

上海市工程建设规范

钢结构制作与安装规程

Specification for fabrication and installation of steel structures

DG/TJ 08—216—2016

J 11103—2016

主编单位：上海市金属结构行业协会

上海建工集团股份有限公司

批准部门：上海市住房和城乡建设管理委员会

施行日期：2016 年 11 月 1 日

同济大学出版社

2016 上海

图书在版编目(CIP)数据

钢结构制作与安装规程 / 上海市金属结构行业协会,
上海建工集团股份有限公司主编. —上海: 同济大学
出版社, 2016. 12

ISBN 978-7-5608-6577-5

I. ①钢… II. ①上… ②上… III. ①钢结构—结构
构件—制作—技术规范 ②钢结构—建筑安装—技术规范
IV. ①TU391-65 ②TU758.11-65

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2016)第 252890 号

钢结构制作与安装规程

上海市金属结构行业协会
上海建工集团股份有限公司 主编

策划编辑 张平官

责任编辑 朱 勇

责任校对 徐春莲

封面设计 陈益平

出版发行 同济大学出版社 www.tongjipress.com.cn

(地址: 上海市四平路 1239 号 邮编: 200092 电话: 021-65985622)

经 销 全国各地新华书店

印 刷 浦江求真印务有限公司

开 本 889mm×1194mm 1/32

印 张 12.375

字 数 333 000

版 次 2016 年 12 月第 1 版 2016 年 12 月第 1 次印刷

书 号 ISBN 978-7-5608-6577-5

定 价 120.00 元

本书若有印装质量问题, 请向本社发行部调换 版权所有 侵权必究

上海市住房和城乡建设管理委员会文件

沪建标定[2016]412 号

上海市住房和城乡建设管理委员会 关于批准《钢结构制作与安装规程》 为上海市工程建设规范的通知

各有关单位：

由上海市金属结构行业协会、上海建工集团股份有限公司主编的《钢结构制作与安装规程》，经审核，现批准为上海市工程建设规范，统一编号为 DG/TJ 08—216—2016，自 2016 年 11 月 1 日起实施，原标准《钢结构制作与安装规程》(DG/TJ 08—216—2007)同时废止。

本规范由上海市住房和城乡建设管理委员会负责管理，上海市金属结构行业协会负责解释。

特此通知。

上海市住房和城乡建设管理委员会

二〇一六年五月二十七日

前 言

本规程是根据上海市城乡建设和交通委员会沪建交[2013]1260号批文《2014年上海市工程建设规范和标准设计编制计划》的要求,由上海市金属结构行业协会和上海建工集团股份有限公司共同担任主编单位编制的。

本规程在2007年编制的上海市标准《钢结构制作与安装规程》基础上进行了修订,新增第4、12、16、17、18、19、20、24、26、28章,将原规程第5章内容放入新规程第6章,原规程第6章拆分为第6、7章,增加了施工详图与工艺设计、耐候钢焊接、数字化预拼装、特种构件制作、热浸锌、热喷涂、钢筋桁架楼承板等新材料、新工艺,补充了工程资料编制管理要求,并倡导对建筑信息模型(BIM)、焊接机器人等新技术的推广应用。

本规程共分28章和9个附录,包括总则,术语,符号,基本规定,施工详图与工艺设计,材料,零部件加工,构件组装,焊接,紧固件连接,管桁架制作,空间格构结构制作,特种构件制作,预拼装,涂装,包装,标记及运输,施工阶段设计,基础,支承面和预埋件,起重设备和吊具,施工测量,构件安装,单层钢结构安装,多层与高层钢结构安装,大跨度空间钢结构安装,高耸钢结构安装,压型金属板施工,施工监测,安全和环境保护,工程资料编制与管理等内容。

各单位及相关人员在执行本规程时,如发现问题,或有意见和建议,可及时反馈至:(制作部分)上海市金属结构行业协会(地址:上海市四平路257号永融企业中心20H室;邮编:200081;E-mail:web@shanghaisteel.org);(安装部分)上海建工集团股份有限公司(地址:上海市东大名路666号;邮编:200080;E-mail:

scgbzgfs@163.com),或上海市建筑建材业市场管理总站(地址:上海市小木桥路 683 号;邮编:200032;E-mail:shgcjsgf@sina.com)。

主 编 单 位:上海市金属结构行业协会
上海建工集团股份有限公司

参 加 单 位:(制作部分)

宝钢钢构有限公司
上海中远川崎重工钢结构有限公司
中船钢构工程股份有限公司
上海建工钢结构(江苏)有限公司
浙江东南网架股份有限公司
江苏沪宁钢机股份有限公司
中建钢构有限公司
上海通用金属结构工程有限公司
巴特勒(上海)有限公司
美建建筑系统(中国)有限公司
上海洪铺钢结构工程有限公司
巨力索具股份有限公司

(安装部分)

上海市机械施工集团有限公司
同济大学
上海市建筑建材业市场管理总站
中建钢构有限公司
巴特勒(上海)有限公司
浙江东南网架股份有限公司
上海同恩土木工程科技咨询有限公司
上海建工一建集团有限公司
上海建工二建集团有限公司
上海建工四建集团有限公司

上海建工七建集团有限公司
上海同济建设工程质量检测站

主 要 起 草 人:(制作部分)

陈荣林	贺明玄	陈建平	刘春波	刘绪明
张关兴	傅水忠	梁学锋	丁佩良	徐文敏
周观根	倪志刚	沈 峰	沈洪宇	毕 辉
张晋文	龙 云	吴再鸣	周长海	朱立平
张耀林	漆蔚波			

(安装部分)

龚 剑	吴欣之	陈晓明	罗永峰	贾宝荣
郑祥杰	周 锋	沈洪宇	吴再鸣	周观根
王 磊	崔晓强	伍小平	周 涛	张 立
李 松				

主 要 审 查 人:楼松年 贺贤娟 姚健安 顾 军 赵金城
徐晓明 包联进

上海市建筑建材业市场管理总站

2016 年 4 月

目 次

1	总 则	1
2	术语、符号	2
2.1	术 语	2
2.2	符 号	3
3	基本规定	5

上 篇 制作部分

4	施工详图与工艺设计	9
4.1	一般规定	9
4.2	施工详图设计	10
4.3	工艺设计	12
5	材 料	13
5.1	一般规定	13
5.2	钢 材	14
5.3	焊接材料	17
5.4	连接紧固件	19
5.5	涂装材料	21
5.6	空间格构结构材料、压型金属板和其他材料	21
5.7	材料管理和储存	23
6	零部件加工	25
6.1	放样和号料	25
6.2	切 割	26
6.3	矫正和成型	28
6.4	边缘机加工	31

6.5	制 孔	32
7	构件组装	36
7.1	一般规定	36
7.2	部件拼接	36
7.3	构件组装	37
7.4	构件矫正	38
7.5	构件端部加工	39
8	焊 接	40
8.1	一般规定	40
8.2	焊材选用	41
8.3	焊接连接构造	42
8.4	焊接工艺	50
8.5	现场焊接	59
8.6	焊接质量检验	60
9	紧固件连接	73
9.1	一般规定	73
9.2	连接件加工及摩擦面处理	73
9.3	普通螺栓连接	75
9.4	高强度螺栓连接	76
10	管桁架制作	84
10.1	一般规定	84
10.2	杆件加工	84
10.3	组装及预拼装	89
10.4	节点焊接	91
11	空间格构结构制作	102
11.1	一般规定	102
11.2	杆 件	102
11.3	焊接空心球节点	104
11.4	螺栓球节点	107

11.5	钢板节点	112
11.6	短圆柱节点	113
11.7	嵌入式榫节点	114
11.8	销轴式节点	115
11.9	组合结构节点	116
11.10	支座与支托	118
11.11	空间格构结构试拼装	118
12	特种构件制作	120
12.1	异型柱	120
12.2	钢板剪力墙	121
12.3	铸钢件	123
12.4	索、钢拉杆	128
13	预拼装	131
13.1	一般规定	131
13.2	实体预拼装	131
13.3	数字化预拼装	132
13.4	预拼装质量要求	132
14	涂 装	134
14.1	一般规定	134
14.2	表面处理	134
14.3	防腐涂装	135
14.4	防火涂装	140
15	包装、标记及运输	143
15.1	包 装	143
15.2	标 记	144
15.3	运 输	145

下 篇 安装部分

16	施工阶段设计	149
----	--------------	-----

16.1	一般规定	149
16.2	施工组织设计	150
16.3	施工阶段结构分析	150
16.4	结构预变形	151
16.5	建筑信息模型技术应用	152
17	基础、支承面和预埋件	153
17.1	一般规定	153
17.2	施工工艺	153
18	起重设备和吊具	155
18.1	一般规定	155
18.2	起重设备	156
18.3	吊具	157
19	施工测量	159
19.1	一般规定	159
19.2	平面控制网	159
19.3	高程控制网	160
19.4	测量工艺	161
20	构件安装	163
20.1	一般规定	163
20.2	施工工艺	164
21	单层钢结构安装	168
21.1	一般规定	168
21.2	施工工艺	168
21.3	质量要求	170
22	多层与高层钢结构安装	171
22.1	一般规定	171
22.2	施工工艺	171
22.3	质量要求	174
23	大跨度空间钢结构安装	175

23.1	一般规定	175
23.2	施工工艺	176
23.3	质量要求	179
24	高耸钢结构安装	180
24.1	一般规定	180
24.2	施工工艺	180
24.3	质量要求	181
25	压型金属板施工	182
25.1	一般规定	182
25.2	施工工艺	182
25.3	质量要求	183
26	施工监测	184
26.1	一般规定	184
26.2	仪器设备要求	185
26.3	数据采集与处理	185
26.4	施工状态评估、预警与控制	186
27	安全和环境保护	187
27.1	一般规定	187
27.2	登高作业	188
27.3	安全通道	188
27.4	洞口和临边防护	188
27.5	施工机械和设备	189
27.6	吊装区安全	189
27.7	消防安全措施	190
27.8	环境保护措施	190
28	工程资料编制与管理	192
28.1	一般规定	192
28.2	工程文件的编制要求	192
28.3	工程文件收集范围与整理	193

28.4	工程声像、电子文件的编制	195
28.5	工程文件管理与移交	197
附录 A	常用焊材推荐表	198
附录 B	全焊透坡口接头尺寸及允许偏差	206
附录 C	部分焊透坡口接头尺寸及允许偏差	215
附录 D	箱形柱(梁)内隔板电渣焊焊缝焊透宽度的测量 ...	223
附录 E	圆管 T、K、Y 节点焊缝的超声波探伤方法及缺陷分级	225
附录 F	推荐采用的箱形柱焊接工艺	230
附录 G	推荐采用的三箱柱制作工艺	236
附录 H	铸钢件材料性能	239
附录 J	建筑钢结构工程文件归档范围	242
	本规程用词说明	250
	引用标准名录	251
	条文说明	257

Contents

1	General provisions	1
2	Terms and symbols	2
2.1	Terms	2
2.2	Symbols	3
3	Basic requirement	5

The former section

4	Detail drawings for construction and process design	9
4.1	General requirement	9
4.2	Detail drawings	10
4.3	Process design	12
5	Materials	13
5.1	General requirement	13
5.2	Steel materials	14
5.3	Welding materials	17
5.4	Fastener for connection	19
5.5	Coating materials	21
5.6	Spatial lattice structure material, extruded metal plates and others	21
5.7	Materials management and store	23
6	Processing of steel parts and components	25
6.1	Setting out and marking-off	25
6.2	Cutting	26
6.3	Rectification and formation	28

6.4	Trimming of edge	31
6.5	Holing	32
7	Assembling of elements	36
7.1	General requirement	36
7.2	Assembling of components	36
7.3	Assembling of elements	37
7.4	Rectification of elements	38
7.5	Milling of element ends	39
8	Welding	40
8.1	General requirement	40
8.2	Selection of welding consumables	41
8.3	Welding connections	42
8.4	Welding procedures	50
8.5	Site welding	59
8.6	Inspection of welding quality	60
9	Connecting of fasteners	73
9.1	General requirement	73
9.2	Preparation of connecting pieces and friction surface treatment	73
9.3	Connecting of ordinary fasteners	75
9.4	Connecting of high strength bolts	76
10	Processing of tubular truss	84
10.1	General requirement	84
10.2	Fabrication of tubular member	84
10.3	Assembly and preassembling	89
10.4	Joints welding	91
11	Processing of spatial lattice structure	102
11.1	General requirement	102
11.2	Tubular member	102

11.3	Welded hollow spherical joints	104
11.4	Bolted spherical joints	107
11.5	Welded plate joints	112
11.6	Short cylindrical joints	113
11.7	Embedded hub joints	114
11.8	Pin joints	115
11.9	Joints of composite structure	116
11.10	Bearing supports	118
11.11	Test assembling of spatial lattice structure	118
12	Processing of special elements	120
12.1	Special-shaped column	120
12.2	Steel shearing wall	121
12.3	Steel casting	123
12.4	Cable and steel tension bar	128
13	Preassembling	131
13.1	General requirement	131
13.2	Preassembling of steel structures	131
13.3	Preassembling of computer assistance simulation	132
13.4	Quality requirements of preassembling	132
14	Coating of steel structures	134
14.1	General requirement	134
14.2	Surface treatment	134
14.3	Corrosion-prevetion coating	135
14.4	Fire-prevetion coating	140
15	Packaging, marking and transportation	143
15.1	Packaging	143
15.2	Marking	144
15.3	Transportation	145

The latter section

16	Design of construction stage	149
16.1	General requirement	149
16.2	Construction organization and design	150
16.3	Structure analysis of construction stage	150
16.4	Preset deformation of structure	151
16.5	Application of building information modeling	152
17	Foundation, bearing surface and embedded parts	153
17.1	General requirement	153
17.2	Construction technology	153
18	Hoisting equipment and hoisting mechanisms	155
18.1	General requirement	155
18.2	Hoisting equipment	156
18.3	Hoisting mechanisms	157
19	Construction survey	159
19.1	General requirement	159
19.2	Plan control network survey	159
19.3	Elevation control network survey	160
19.4	Processing of survey	161
20	Installation of elements	163
20.1	General requirement	163
20.2	Construction technology	164
21	Installation of single-story steel structures	168
21.1	General requirement	168
21.2	Construction technology	168
21.3	Quality requirements	170
22	Installation of multi-story and tall steel structures ...	171
22.1	General requirement	171

22.2	Construction technology	171
22.3	Quality requirements	174
23	Installation of long span spatial steel structures	175
23.1	General requirement	175
23.2	Construction technology	176
23.3	Quality requirements	179
24	Installation of high-rising steel structures	180
24.1	General requirement	180
24.2	Construction technology	180
24.3	Quality requirements	181
25	Extruded metal plates	182
25.1	General requirement	182
25.2	Construction technology	182
25.3	Quality requirements	183
26	Construction monitoring	184
26.1	General requirement	184
26.2	Requirements of instruments and equipments	185
26.3	Collection and processing of data	185
26.4	Assessment, early warning and control of structure construction condition	186
27	Construction safety and environmental protection	187
27.1	General requirement	187
27.2	Climb up	188
27.3	Safety channel	188
27.4	Protection of holes and sides	188
27.5	Construction machinery and equipment	189
27.6	Safety of site hoisting area	189
27.7	Measures of fire security	190
27.8	Measures of environmental protection	190

28	Preparation and management of construction project documents	192
28.1	General requirement	192
28.2	Requirements of construction project documents	192
28.3	Scope of collection and collation of construction project documents	193
28.4	Requirements of audio-visual, electronic documents	195
28.5	Management and hand over of construction project documents	197
Appendix A	Table of commonly welding consumables recommended	198
Appendix B	Table of full penetration joint size	206
Appendix C	Table of partial penetration joint size	215
Appendix D	Testing of ESW weld of box members	223
Appendix E	Ultrasonic test method and classification of defects for T,K,Y joints of pipe	225
Appendix F	Recommend welding process of box column	230
Appendix G	Recommend fabrication process of 3 boxes column	236
Appendix H	Material properties of steel casting	239
Appendix J	Range of construction project documents ..	242
	Explanation of words and in this specification	250
	List of quoted standards	251
	Explanation of provisions	257

1 总 则

1.0.1 为了规范钢结构工程制作和安装过程,做到安全适用、质量可靠、技术先进、经济合理、节能环保,特制定本规程。

1.0.2 本规程适用于工业、民用建筑和构筑物钢结构工程的制作与安装。

1.0.3 钢结构工程的制作与安装,除执行本规程的规定外,尚应符合国家现行有关标准的规定。



2 术语、符号

2.1 术语

2.1.1 施工图 design drawings

由设计单位编制的作为工程施工依据的技术图纸。

2.1.2 施工详图 shopping drawings

依据钢结构施工图和施工工艺技术要求,绘制的用于直接指导钢结构制作和安装的细化图纸。

2.1.3 设计文件 design document

设计图纸、设计说明和设计变更文件等技术文件的统称。

2.1.4 工艺设计 procedure plan

钢结构制作或安装前,根据设计文件和相关标准要求,对加工制作或安装的施工方法、流程、标准等过程的策划,并编制相应书面文件。

2.1.5 零件 part

组成部件或构件的最小单元,如节点板、翼缘板、腹板等。

2.1.6 部件 component

由若干零件组成的单元,如焊接 H 型钢、牛腿等。

2.1.7 构件 element

由零件或零件和部件组成的钢结构基本单元,如柱、支撑、梁等。

2.1.8 高强度螺栓连接副 assemble of high strength bolt

高强度螺栓和与之配套的螺母、垫圈的总称。

2.1.9 免于焊接工艺评定 prequalification of WPS

在满足现行国家标准《钢结构焊接规范》GB 50661 规定的某

些特定焊接方法和参数、钢材、接头形式和焊接材料组合的条件下,可以不经焊接工艺评定试验,直接采用规范规定的焊接工艺。

2.1.10 焊钉(栓钉)焊接 stud welding

将焊钉(栓钉)一端与板件(或管件)表面接触通电引弧,待接触面熔化后,给焊钉(栓钉)一定压力完成焊接的方法。

2.1.11 抗滑移系数 slip coefficient of faying surface

高强度螺栓摩擦面滑移时,滑动外力与连接中法向压力的比值。

2.1.12 空间格构结构 space frame, space lattice structure

按一定规律布置的杆件、构件通过节点连接而构成的空间结构,包括网架、曲面型网壳以及立体桁架等。

2.1.13 预拼装 preassembling

为检验构件形状和尺寸是否满足设计、安装质量要求而预先进行的拼装。对于验证网架、网壳等结构批量制作通用杆件和节点的拼装称为试拼装。

2.1.14 数字化预拼装 digital preassembling

将构件外形尺寸的三维测量信息,搭建或反馈到计算机构件模型,并对带有构件实际尺寸信息的模型进行计算机模拟预拼装的方法。

2.1.15 防腐涂装体系 coating system

由设计单位确定的包括表面处理要求、涂料类型、涂装道次、漆膜厚度及总体防腐年限要求的系统总称。

2.1.16 钢结构工程文件 project document of steel structure

在钢结构施工过程中形成的信息记录,包括工程准备阶段文件、施工文件、竣工图和竣工验收文件。

2.2 符 号

2.2.1 尺寸

A——吊点至梁或桁架中心的距离;

Δa ——间隙、增量；
 b ——宽度；
 d ——直径；
 H ——柱高度；
 h ——截面高度；
 h_e ——焊缝计算厚度；
 h_f ——焊脚尺寸、构件(墙面)断面高度；
 l ——长度、跨度；
 ΔL ——附加长度；
 P ——焊缝坡口钝边高度；
 R ——焊缝余高；
 r ——半径；
 T' ——连接板层总厚度；
 t ——板、壁的厚度；
 z ——焊缝计算厚度折减值；
 $\Delta\alpha$ ——起拱偏差。

2.2.2 作用及载荷

P_c ——高强度螺栓预拉力设计值；
 T_{ch} ——高强度螺栓检查扭矩；
 T_o ——高强度螺栓初拧扭矩；
 T_c ——高强度螺栓终拧扭矩；
 P ——高强度螺栓预拉力设计值。

2.2.3 其他

θ ——角度；
 $\Delta\theta$ ——角度偏差；
 S_t ——手工或动力工具除锈等级；
 S_a ——喷射或抛射除锈等级；
 R_a ——粗糙度参数；
 f ——弯曲矢高。

3 基本规定

3.0.1 钢结构工程施工单位(包括制作单位和安装单位)应具备相应的施工资质,施工质量管理应有相应的施工技术标准、质量管理体系、施工技术文件及检验制度。

3.0.2 施工和验收时,应使用经计量检定、校准合格的计量器具,各专业施工单位以及检查验收单位应统一计量标准。

3.0.3 施工使用的机具设备应定期进行检查,且应标明其性能参数,机具设备应处于正常工作状态并应在性能参数范围内进行使用。

3.0.4 施工人员应接受职业培训,特殊工种应持特殊工种操作证上岗,焊接作业人员应持有焊工资格证书,并应从事许可范围内的焊接工作。

3.0.5 施工前,施工单位应以建设单位提供的经审查通过的设计文件为依据,进行施工详图的设计。

3.0.6 施工前,施工单位应按照设计文件、施工详图和相关规范的要求,结合制作单位或施工现场的实际条件,编制施工组织设计。

3.0.7 焊接作业前,除符合现行国家标准《钢结构焊接规范》GB 50661 规定的免于评定条件外,施工单位首次采用的钢材、焊材及焊接工艺等各种参数的组合条件,应进行焊接工艺评定。

3.0.8 原材料或成品进场后应进行检查和验收,国家现行有关标准规定要求进行复验的材料或成品,应按相关标准的规定进行复验。

3.0.9 施工过程中,应按施工方案和施工技术标准的要求对各工序进行质量控制。隐蔽工程应在隐蔽前进行检查验收,并应形

成验收文件。

3.0.10 施工质量验收应符合设计文件和现行国家标准《钢结构工程施工质量验收规范》GB 50205 的相关要求。

3.0.11 构造复杂或设计、合同中要求进行预拼装的构件应在制作单位或安装现场进行预拼装。设计或合同中有工艺性试验要求的钢结构,制作单位还应对构件进行工艺性试验。

3.0.12 钢结构工程质量验收应在施工单位自检合格的基础上,按照国家现行有关标准进行验收。

3.0.13 钢结构施工现场的安全、职业健康和环保应符合国家现行有关法规、标准的规定。

3.0.14 钢结构施工宜采用建筑信息模型(BIM)技术。

3.0.15 构件加工、安装宜采用电子标签进行数字化管理。

版权所有，不得转载翻印

上篇 制作部分

版权所有，不得转载翻印

版权所有，不得转载翻印

版权所有，不得转载翻印

版权所有，不得转载翻印

版权所有，不得转载翻印

版权所有，不得转载翻印

4 施工详图与工艺设计

4.1 一般规定

4.1.1 钢结构施工详图设计应做到精细准确、经济合理、实施性强,制图高效、规范,图面表达清晰。

4.1.2 施工详图应根据施工图和设计文件编制,符合制作及安装工艺要求,并应符合现行国家标准《钢结构设计规范》GB 50017、《钢结构工程施工质量验收规范》GB 50205、《钢结构焊接规范》GB 50661、《钢结构工程施工规范》GB 50755 及相关标准的规定。

4.1.3 钢结构施工详图编制采用的图线、字体、比例、符号、定位轴线、图样画法、尺寸标注及常用建筑材料图例等应符合现行国家标准《房屋建筑制图统一标准》GB/T 50001、《建筑制图标准》GB/T 50104 和《建筑结构设计制图标准》GB/T 50105 的规定。

4.1.4 钢结构工艺设计应做到低耗高效、及时准确、精细严谨、先进实用,并应符合企业的技术装备水平。

4.1.5 钢结构工艺设计文件应经过内部评审,并应经企业技术负责人审核批准后报监理工程师或建设单位代表审批。

4.1.6 钢结构工艺设计应覆盖施工详图设计前与施工详图设计后两个阶段,施工详图设计前应结合安装方案、吊装方案确定钢构件分段原则、吊装用耳板设计、现场焊缝坡口设计、钢构件运输等;施工详图设计后应确定工厂焊缝坡口设计、装配工装措施、大跨度或大型组合构件工厂预拼装等。

4.2 施工详图设计

4.2.1 施工详图设计应以结构设计文件和相关技术要求为依据,并应符合国家现行有关标准,需修改时应经原设计单位书面批准。

4.2.2 施工详图应经原设计单位确认。

4.2.3 施工详图设计应考虑钢结构与其他相关专业的衔接。施工详图设计前总承包单位应组织相关专业单位编制技术条件图,技术条件图可包括下列内容:

- 1 安装专业的构件分段分节、安装临时措施等。
- 2 土建专业的钢筋连接技术要求,混凝土浇筑孔、流淌孔等设计技术要求。

- 3 机电设备专业的预留孔洞技术要求。

- 4 幕墙及擦窗机专业的连接技术要求。

- 5 其他专业的相关技术要求。

4.2.4 施工详图设计应满足构造、施工工艺、构件运输等有关技术要求。

4.2.5 施工详图设计宜采用专业软件进行。

4.2.6 构件应根据工程结构特点制定编号规则。

4.2.7 施工详图应包括图纸目录、设计总说明、构件布置图、构件详图、安装节点详图和焊接节点详图等内容。

4.2.8 施工详图设计总说明除应包括结构设计图纸中的技术要求外,还应包括以下内容:

- 1 材料说明,包括钢材、焊接材料、紧固件等的性能、执行标准和复验要求。

- 2 焊缝等级及焊接质量检查要求。

- 3 高强度螺栓摩擦面技术要求,包括处理方法、摩擦系数等。

4 涂装技术要求,包括涂装系统说明及使用部位;构件表面处理方法及技术要求;油漆的品种、厚度、颜色、防腐年限及施工技术要求等;防火涂料的品种、涂层厚度、耐火时间及施工技术要求等。

5 构件的编号规则。

6 图例和符号说明。

4.2.9 构件布置图宜包括为平面图、立面图和剖面图,布置图中应标明构件准确的空间位置关系。

4.2.10 施工详图应清晰表达构件的详细信息,包括零件标识号、尺寸标注、焊缝标注、螺栓孔标注、标高标注、端面加工要求等,异形构件宜标注重心位置。

4.2.11 空间复杂构件详图宜采用定位点坐标值辅助定位和三维轴侧图表示。

4.2.12 施工详图应明确焊接技术要求,特殊要求和现场焊缝宜在施工详图中注明,施工详图的焊接技术标注应满足以下要求:

1 焊缝标注应以施工图为准,确有不合理要求时,应提出合理化建议,经原设计单位认可后实施。所有焊缝原则上均应在构件图中体现,并宜配以焊缝通图作为补充。

2 对设计施工图中所有焊接技术要求进行详细标注,明确构件相交节点的焊接部位、焊接方法、有效焊缝长度、焊缝坡口形式、焊脚尺寸、部分焊透焊缝的焊透深度、焊后热处理要求。

3 对于重型、大型钢结构,明确工厂制作单元和工地拼装焊接的位置,标注工厂制作或工地安装焊缝。

4 构件分段位置、拼接节点要求及现场拼接焊缝应根据运输条件、安装能力、焊接可操作性设计允许范围及设计规范的相关规定进行设计,并应提交原设计单位进行结构安全审核。

4.2.13 施工详图应包含构件材料表和螺栓/栓钉表,并应符合下列要求:

1 构件材料表应包括零件编号、规格尺寸、材质、数量和重

量,构件的数量和重量。

2 螺栓/栓钉表应包括名称、规格尺寸、性能等级、数量和重量等。

4.2.14 构件重量应在钢结构施工详图中计算列出,钢板零部件重量宜按矩形计算,焊缝重量应在施工详图中列出,宜以焊接构件重量的 1.5% 计算。

4.3 工艺设计

4.3.1 工艺设计应包括制作工艺设计与安装工艺设计,并应满足设计文件及国家现行有关标准要求。

4.3.2 在施工详图设计前,施工单位应对施工图进行工艺审查。

4.3.3 施工详图设计前阶段的工艺设计应根据钢构件工厂、现场的可装配、可焊接、可操作性及运输条件确定构件分段、现场坡口设计、吊耳布置及其工艺要求。

4.3.4 施工详图设计后阶段的工艺设计应结合施工详图设计总说明、深化图纸编制施工组织设计,施工组织设计经施工单位内部评审后应报建设单位、监理单位审批,特殊、复杂构件应编制专项作业指导书。

4.3.5 施工详图设计后阶段的工艺设计应根据设计提供的零件清单、零件图、深化图编制材料采购计划、工艺放样文件和排版文件。

4.3.6 工艺设计应包括划分制作工序、确定工序内容和工序顺序,配套工具设备及其精度要求,质量检查标准和要领等。

4.3.7 施工阶段的详细工艺设计,应包括施工组织设计编制、施工阶段结构分析和验算、结构预变形分析等,并应符合本规程第 16 章的要求。

5 材 料

5.1 一般规定

5.1.1 钢结构制作和安装所用的材料应符合设计文件和国家现行有关标准的规定。

5.1.2 高规格或高级别材料不得用低规格或低级别材料代替，当需要采用低规格或低级别材料代用高规格或高级别材料时，应取得设计单位的书面批准。

5.1.3 钢结构制作和安装所用的材料，必须具有合格的《质量证明书》、中文标志、检验报告等，其品种、规格、性能指标应符合国家产品标准和订货合同条款，且应满足设计文件的要求。

5.1.4 钢结构制作和安装所用的材料，应按相关标准验收合格后使用。

5.1.5 钢结构制作和安装所用的材料，国家标准规定要求进行复验的，应按照国家现行有关标准和订货合同条款的规定进行相关性能指标的复验，并应在复验合格后使用。

5.1.6 钢结构制作和安装采用进口材料时，必须有材料《质量证明书》，其品种、规格、性能指标应符合供货国产品标准、订货合同条款和设计文件要求，并按订货标准或合同条款进行复验合格后使用。

5.1.7 当采用本规程第 5.1.4、5.1.6 条以外的材料时，应符合相应技术条件要求、征得设计单位的认可；用于焊接结构的主材应有材料的碳当量报告，并应进行冷加工、热加工和焊接工艺性等相关试验。

5.2 钢 材

5.2.1 钢结构制作和安装使用的钢材应符合下列规定：

1 钢结构制作和安装常用的钢材应符合表 5.2.1-1 所列现行国家标准的规定。

表 5.2.1-1 钢材标准

标准编号	标准名称
GB/T 699	《优质碳素结构钢》
GB/T 700	《碳素结构钢》
GB 912	《碳素结构钢和低合金结构钢 热轧薄钢板及钢带》
GB/T 3077	《合金结构钢》
GB/T 1591	《低合金高强度结构钢》
GB/T 3274	《碳素结构钢和低合金结构钢 热轧厚钢板和钢带》
GB/T 4171	《耐候结构钢》
GB/T 19879	《建筑结构用钢板》
GB/T 5313	《厚度方向性能钢板》
GB/T 12755	《建筑用压型钢板》
GB/T 11352	《一般工程用铸造碳钢件》
GB/T 7659	《焊接结构用铸钢件》
JB/T 6402	《大型低合金钢铸件》

2 钢结构制作和安装使用的管材、热轧 H 型钢等型材应符合表 5.2.1-2 所列国家现行标准的规定。

表 5.2.1-2 型材标准

标准编号	标准名称
GB 3094	《冷拔异型钢管》
GB/T 706	《热轧型钢》
GB/T 6725	《冷弯型钢》
GB/T 8162	《结构用无缝钢管》
GB/T 11263	《热轧 H 型钢和剖分 T 型钢》
GB/T 13793	《直缝电焊钢管》
GB/T 3277	《花纹钢板》
GB/T 20118	《一般用途钢丝绳》
GB/T 18365	《斜拉桥热挤聚乙烯高强钢丝拉索技术条件》
GB/T 17101	《桥梁缆索用热镀锌钢丝》
GB/T 20492	《锌—5%铝—混合稀土合金镀层钢丝、钢绞线》
GB/T 20934	《钢拉杆》
YB 3301	《焊接 H 型钢》
YB/T 152	《高强度低松弛预应力热镀锌钢绞线》
YB/T 5295	《密封钢丝绳》
SY/T 5037	《普通流体输送管道用埋弧焊钢管》
JG/T 137	《结构用高频焊接薄壁 H 型钢》
JG/T 200	《建筑用不锈钢绞线》
JG/T 330	《建筑工程用索》
CJ/T 297	《桥梁缆索用高密度聚乙烯护套料》

5.2.2 钢材的表面质量要求应符合下列规定：

- 1 钢材的表面质量要求和包装、标志、尺寸、外形、重量及允许偏差，应符合表 5.2.2 所列现行国家标准的要求。
- 2 钢材表面不得有裂纹、结疤、折叠、麻纹和气泡。
- 3 钢材表面有锈蚀、麻点、划伤、压痕等缺陷时，其深度不得大于该钢材厚度负允许偏差值的 $1/2$ 。

4 钢材端边或断口处不得有分层、夹渣等缺陷。

5 钢材表面的锈蚀等级应符合现行国家标准《涂覆涂料前钢材表面处理 表面清洁度的目视评定 第 1 部分：未涂覆过的钢材表面和全面清除原有涂层后的钢材表面的锈蚀等级和处理等级》GB/T 8923.1 规定的 C 级及 C 级以上等级，使用 C 级时应彻底除锈。

表 5.2.2 钢材的表面质量要求和包装、
标志、尺寸、外形、重量及允许偏差

标准编号	标准名称
GB/T 14977	《热轧钢板表面质量的一般要求》
GB/T 17505	《钢及钢产品交货一般技术要求》
GB/T 247	《钢板和钢带包装、标志及质量证明书的一般规定》
GB/T 702	《热轧钢棒尺寸、外形、质量及允许偏差》
GB/T 708	《冷轧钢板和钢带的尺寸、外形、重量及允许偏差》
GB/T 709	《热轧钢板和钢带的尺寸、外形、重量及允许偏差》
GB/T 2101	《型钢验收、包装、标志及质量证明书的一般要求》
GB/T 2102	《钢管验收、包装、标志及质量证明书》
GB/T 6728	《结构用冷弯空心型钢尺寸、外形、重量及允许偏差》
GB/T 17395	《无缝钢管尺寸、外形、重量及允许偏差》

5.2.3 钢材的复验应符合下列规定：

1 对属于下列情况之一的钢材，应进行抽样复验：

- 1) 结构安全等级为一级的重大建筑主体结构用钢材；
- 2) 结构安全等级为二级的建筑，当其结构跨度大于 60m 或高度大于 100m 时或承受动力荷载需要验算疲劳的主体结构用钢材；
- 3) 板厚不小于 40mm，且设计有 Z 向性能要求的厚板；
- 4) 强度等级 $\geq 420\text{MPa}$ 高强度钢材；
- 5) 进口钢材、混批钢材，或质量证明文件不齐全的钢材；

6) 设计文件或合同文件要求复验的钢材。

2 钢材的复验应按批量验收,检验批组成和检验批的大小应按现行国家标准《钢结构工程施工质量验收规范》GB 50205 的有关规定执行。

3 进口材料应按照设计文件和合同规定进行复验。对海关已商检合格的材料可免除复验。

4 钢材的力学性能和化学成分分析复验、试样、取样及试验方法,应符合表 5.2.3 所列现行国家标准的规定。

表 5.2.3 钢材的力学性能和化学成分分析试验标准

标准编号	标准名称
GB/T 20066	《钢和铁 化学成分测定用试样的取样和制样方法》
GB/T 222	《钢的成品化学成分允许偏差》
GB/T 223	《钢铁及合金化学分析方法》
GB/T 2975	《钢及钢产品 力学性能试验取样位置及试样制备》
GB/T 228.1	《金属材料 拉伸试验 第1部分:室温试验方法》
GB/T 13239	《金属材料 低温拉伸试验方法》
GB/T 229	《金属材料 夏比摆锤冲击试验方法》
GB/T 232	《金属材料 弯曲试验方法》
GB/T 231.1	《金属材料 布氏硬度试验 第1部分:试验方法》
GB/T 244	《金属管 弯曲试验方法》
GB/T 246	《金属管 压扁试验方法》

5.3 焊接材料

5.3.1 钢结构制作和安装使用的焊接材料应符合表 5.3.1 所列现行国家标准的规定。

表 5.3.1 焊接材料标准

标准编号	标准名称
GB/T 5117	《非合金钢及细晶粒钢焊条》
GB/T 983	《不锈钢焊条》
GB/T 5293	《埋弧焊用碳钢焊丝和焊剂》
GB/T 12470	《埋弧焊用低合金钢焊丝和焊剂》
GB/T 17854	《埋弧焊用不锈钢焊丝和焊剂》
GB/T 8110	《气体保护电弧焊用碳钢、低合金钢焊丝》
GB/T 10045	《碳钢药芯焊丝》
GB/T 17493	《低合金钢药芯焊丝》
GB/T 17853	《不锈钢药芯焊丝》
GB/T 14957	《熔化焊用钢丝》
GB/T 10432.1	《电弧螺柱焊用无头焊钉》
GB/T 10433	《电弧螺柱焊用圆柱头焊钉》

5.3.2 焊接切割所使用的气体应按表 5.3.2 所列的国家现行标准要求选用。

表 5.3.2 焊接切割用气体标准

标准编号	标准名称
GB/T 4842	《氩》
GB/T 6052	《工业液体二氧化碳》
HG/T 2537	《焊接用二氧化碳》
HG/T 3728	《焊接用混合气体 氩—二氧化碳》
GB/T 3863	《工业氧》
GB 16912	《深度冷冻法生产氧气及相关气体安全技术规程》
GB 6819	《溶解乙炔》
GB/T 13097	《工业用环氧氯丙烷》
HG/T 3661.1	《焊接切割用燃气 丙烯》
HG/T 3661.2	《焊接切割用燃气 丙烷》

5.3.3 电渣焊材料应参照相应的埋弧焊用焊丝、焊剂牌号、规格选用,并应符合现行国家标准《埋弧焊用碳钢焊丝和焊剂》GB/T 5293 和《埋弧焊用低合金钢焊丝和焊剂》GB/T 12470 的规定。

5.3.4 电弧螺柱焊用栓钉和栓钉焊瓷保护环材料,应符合现行国家标准《电弧螺柱焊用圆柱头焊钉》GB 10433 和《电弧螺柱焊用无头焊钉》GB 10432.1 的规定。

5.3.5 用于重要焊缝的焊接材料,或对质量合格证明文件有疑义的焊接材料,应进行抽样复验,复验时焊丝宜按 5 个批(相当炉批)取一组试验,焊条宜按 3 个批(相当炉批)取一组试验。

5.4 连接紧固件

5.4.1 钢结构用普通螺栓、高强度大六角头螺栓连接副、扭剪型高强度螺栓连接副和钢网架用高强度螺栓应符合表 5.4.1 所列现行国家标准的规定。

表 5.4.1 钢结构用连接紧固件标准

标准编号	标准名称
GB/T 5780	《六角头螺栓 C 级》
GB/T 5781	《六角头螺栓 全螺纹 C 级》
GB/T 5782	《六角头螺栓》
GB/T 5783	《六角头螺栓 全螺纹》
GB/T 1228	《钢结构用高强度大六角头螺栓》
GB/T 1229	《钢结构用高强度大六角螺母》
GB/T 1230	《钢结构用高强度垫圈》
GB/T 1231	《钢结构用高强度大六角头螺栓、大六角螺母、垫圈 技术条件》
GB/T 3632	《钢结构用扭剪型高强度螺栓连接副》
GB/T 3098.1	《紧固件机械性能 螺栓、螺钉和螺柱》
GB/T 16939	《钢网架螺栓球节点用高强度螺栓》

5.4.2 钢结构连接用普通螺钉、铆钉、自攻钉、拉铆钉、射钉、锚栓(机械型和化学试剂型)、地脚螺栓等紧固件及螺母、垫圈等标准配件,其品种、规格、性能等应符合现行国家产品标准和设计要求。

5.4.3 连接紧固件的包装标志和验收检查应满足下列规定:

1 连接紧固件的包装、标志和验收,应符合表 5.4.3 所列现行国家标准的规定。

表 5.4.3 连接紧固件的包装、标志、验收检查标准

标准编号	标准名称
GB/T 90.1	《紧固件 验收检查》
GB/T 90.2	《紧固件 标志与包装》

2 高强度大六角头螺栓连接副和扭剪型高强度螺栓连接副应有扭矩系数和紧固轴力的检验报告。

3 高强度大六角头螺栓连接副、扭剪型高强度螺栓连接副,应按现行国家标准《钢结构工程施工质量验收规范》GB 50205 的规定进行扭矩系数和紧固轴力(预拉力)的复验,高强度螺栓的试验样本应在现场交货的实物中随机抽取,每个进场验收检验批应抽取 8 套连接副进行复验。

4 高强度螺栓连接副应按包装箱配套供货,包装箱上应标明批号、规格、有效期及生产日期,螺栓、螺母、垫圈外表面应进行保护,不应出现锈蚀和沾染脏物,螺纹不应有损伤。

5 建筑结构安全等级为一级,跨度 40m 及以上的螺栓球节点空间格构结构,其连接高强度螺栓应按现行国家标准《钢网架螺栓球节点用高强度螺栓》GB/T 16939 进行拉力载荷试验。对规格为 M39~M60×4 的螺栓可用硬度试验代替拉力载荷试验。进行表面硬度试验时,8.8 级的高强度螺栓其表面硬度应为 HRC21~29,10.9 级的高强度螺栓其表面硬度应为 HRC32~36,且不得有裂纹或损伤。

6 锚栓和地脚螺栓除螺纹以外的部分,不得涂油。

7 连接薄钢板采用的自攻钉、拉铆钉、射钉等,其规格、尺寸应与被连接的钢板相匹配。

8 普通螺栓作为永久性连接螺栓,且设计文件要求或对其质量有疑义时,应进行螺栓实物最小拉力载荷复验,复验数量每一规格螺栓应抽查 8 个。

5.5 涂装材料

5.5.1 防腐涂料应符合下列规定:

1 钢结构工程的防腐涂料、稀释剂和固化剂,应按现行国家标准《涂料产品分类、命名和型号》GB 2705 和设计文件的要求选用。其品种、规格、性能等应符合现行国家标准及设计文件要求。

2 涂料产品的包装,应符合现行国家标准《涂料产品包装标志》GB 9750 的要求。

5.5.2 热喷涂和热浸锌材料应符合下列规定:

1 用于热喷涂的线材应符合现行国家标准《热喷涂 火焰和电弧喷涂用线材、棒材和芯材 分类和供货技术条件》GB/T 12608 的规定。锌材的 Zn 含量不应低于 99.99%,铝材的 Al 含量不应低于 99.98%;当选用锌合金或铝合金时,其元素质量分数应符合设计和现行国家标准的规定。

2 用于钢结构热浸锌的锌锭应符合现行国家标准《锌锭》GB/T 470 的规定,其锌含量不应低于 99.99%。

5.5.3 钢结构工程所用的防火涂料应符合现行国家标准《钢结构防火涂料》GB 14907 和设计文件的要求。

5.6 空间格构结构材料、压型金属板和其他材料

5.6.1 焊接球、螺栓球、封板、锥头和套筒等空间格构结构材料

的品种、规格、性能等应符合国家现行标准和设计要求及本规程第 11.2、11.3 节规定。

5.6.2 压型金属板应符合下列规定：

1 压型金属板和制造压型金属板、泛水板、包角板和零配件等所采用的原材料，其品种、规格、性能等应符合现行国家标准《压型金属板工程应用技术规范》GB 50896 和设计要求。

2 压型金属板的规格尺寸及允许偏差、表面质量、涂层质量等应符合设计要求和现行国家标准《压型金属板工程应用技术规范》GB 50896 及《钢结构工程施工质量验收规范》GB 50205 的规定。

3 用于外墙面的压型金属板应使用同一批号、同一色号的涂层。

5.6.3 钢结构用拉索、钢拉杆，以及制作拉索、钢拉杆所采用的材料，其规格、性能等应符合现行国家标准和设计要求。

1 半平行钢丝束拉索的材料及性能，应符合国家现行标准《斜拉桥热挤聚乙烯高强钢丝拉索技术条件》GB/T 18365、《桥梁缆索用热镀锌钢丝》GB/T 17101、《桥梁缆索用高密度聚乙烯护套料》CJ/T 297 的规定。

2 钢绞线拉索的材料及性能，应符合国家现行标准《锌—5%铝—混合稀土合金镀层钢丝、钢绞线》GB/T 20492、《高强度低松弛预应力热镀锌钢绞线》YB/T 152 和《建筑用不锈钢绞线》JG/T 200 的规定。

3 钢丝绳拉索的材料及性能，应符合国家现行标准《一般用途钢丝绳》GB/T 20118、《密封钢丝绳》YB/T 5295 的规定。

4 钢拉杆的材料及性能，应符合现行国家标准《钢拉杆》GB/T 20934 和现行行业标准《建筑用钢质拉杆构件》JG/T 389 的规定。

5 拉索及钢拉杆用锚具原材料，应符合表 5.2.1-2 所列国家现行标准的要求。

5.6.4 其他特殊材料应符合以下规定：

1 钢结构用橡胶垫的品种、规格、性能等应符合国家现行标准和设计要求。

2 用于钢结构抗震耗能的低屈服强度钢板，应符合现行国家标准《建筑用低屈服强度钢板》GB/T 28905 的规定；当选用其他材料时应进行相关的技术鉴定，并有钢厂提供的材料质量证明书和焊接工艺试验数据。钢结构制作和安装单位应按照现行国家标准《钢结构焊接规范》GB 50661 的规定，选用相匹配的焊接材料，并应进行焊接工艺评定。

3 钢结构工程所涉及的其他特殊材料，其品种、规格、性能等应符合国家现行标准和设计要求。

5.7 材料管理和储存

5.7.1 材料的管理和储存应符合下列规定：

1 材料管理应有专人负责，材料管理人员应经相关专业知识的培训，熟悉材料管理基本业务。

2 材料入库前必须办理入库检验手续，检验人员应核对材料的牌号、规格、批号、《质量证明书》或《质量检验证明书》，检查表面质量、包装等，未经检验的材料，或检验不合格的材料不得入库。

3 检验合格的材料应按品种、牌号、规格、批号分类，整齐堆放、做好标识。

4 材料的入库和发放应有记录，发料、领料时应核对材料的品种、规格、牌号和数量。

5 剩余材料应回收管理，材料回收入库时必须核对材料的品种、规格、牌号和数量，分类保管。

5.7.2 钢材应符合以下规定：

1 钢材宜成垛堆放，妥善储存，底层宜放置垫木、垫块。

2 堆放的钢材应有标签或颜色标识。

5.7.3 焊接材料应符合以下规定:

1 焊接材料的管理,应符合现行行业标准《焊接材料质量管理规程》JB/T 3223 的规定。

2 焊条、焊丝、焊剂等焊接材料,应按牌号、规格和批号,分别存放在干燥、通风的焊接材料储藏室内保存。

3 焊条、焊剂和栓钉焊瓷环在使用前应按焊接工艺或出厂说明书上的规定进行烘焙和保温;当暴露于大气中的时间超过规定的时间时,应重新烘焙,但焊条烘焙的次数不得超过 2 次。

4 药皮开裂、脱落,焊芯锈蚀的焊条,锈蚀的焊丝,受潮结块、已熔烧过的焊剂,以及受污、受损的焊接材料应停止使用。

5.7.4 连接紧固件应符合以下规定:

1 连接紧固件应按规格、批号分类储存在室内,且应具备防潮、防锈条件。

2 高强度螺栓连接副存放超过 6 个月时,在不破坏出厂状态情况下,可按照现行国家标准《钢结构工程施工质量验收规范》GB 50205 的规定,重新进行扭矩系数和紧固轴力的检测,检测合格后使用。

3 锈蚀、碰伤、混批和复验不合格的连接紧固件材料,不得用于钢结构工程。

5.7.5 涂料应符合以下规定:

1 涂料的型号、名称、批号应与其质量证明文件相符。

2 涂料应在有效期内使用,开启后,不应存在结皮、结块等现象。

3 涂料存储应符合国家危险品存储和消防的要求。

5.7.6 防火涂料应符合以下规定:

1 涂料的型号、名称、批号应与其质量证明文件相符。

2 涂料应有防火监督部门核发的产品型式证书。

3 涂料应在有效期内使用。

4 涂料存储应在干燥、通风处,且防止雨淋、曝晒。

6 零部件加工

6.1 放样和号料

6.1.1 钢结构零部件放样应根据施工详图和工艺文件的要求进行,并预留焊接收缩、切割和端铣等余量。

6.1.2 放样和样板(样杆)的允许偏差应符合表 6.1.2 的规定。

表 6.1.2 放样与样板允许偏差

项 目	允许偏差
平行线距离和分段尺寸	$\pm 0.5\text{mm}$
样板长度	$\pm 0.5\text{mm}$
样板宽度	$\pm 0.5\text{mm}$
样板对角线差	1.0mm
样杆长度	$\pm 1.0\text{mm}$
样板的角度	$\pm 20'$

6.1.3 钢结构零部件号料应满足以下要求:

1 号料划线时线条精度应满足零件加工精度要求。一般零件的线条宽度不应大于 0.8mm;精度要求高的零件的线条宽度不应大于 0.3mm。

2 弯曲加工零件的弧形外表面及重要受力构件的受拉面,不得有中心冲点和伤痕缺陷。

3 当设计或工艺有要求时,应按钢材轧制方向进行号料。

4 号料应方便切割。

6.1.4 号料与样板的允许偏差应符合表 6.1.4 的规定。

表 6.1.4 号料的允许偏差(mm)

项 目	允许偏差
零件外形尺寸	±1.0
孔距	±0.5

6.1.5 号料后,钢零件和钢部件应按施工详图和工艺要求进行标识。

6.2 切 割

6.2.1 切割可采用剪切、冲切、锯切或采用自动切割机、半自动切割割炬、手工气割。切割方法可按照表 6.2.1 选用。

表 6.2.1 钢材的切割方法

类别	使用设备	适用范围	使用气体
机械切割	剪板机、型钢冲剪机	板厚小于或等于 12mm 的零件钢板、压型钢板	
	砂轮锯	切割厚度小于 4mm 的薄壁型钢及小型钢管	
	锯床	切割各种型钢	
气割	自动切割	钢板和型钢	氧气; 乙炔、丙烷或丙烯等
	半自动切割	钢板和型钢	
	手工切割	修正下料	
等离子切割	等离子切割机	薄钢板、钢条	氮气、空气或氧气等

6.2.2 切割面或剪切面应无裂纹、夹渣、分层或大于 1mm 的缺棱。

6.2.3 锯切时应根据零件的外形尺寸、板厚,选择锯割设备和锯切速度。锯切的允许偏差应符合表 6.2.3 的规定。

表 6.2.3 机械锯切的允许偏差 (mm)

项 目	允许偏差
零件长度	± 3.0
型钢端部垂直度	2.0

6.2.4 机械剪切的零件厚度不宜大于 12mm, 剪切面应平整。当碳素结构钢在环境温度低于 -20°C 、低合金结构钢在环境温度低于 -15°C 时不得进行剪切加工; 当零件边缘设计有特殊要求时, 剪切后应机加工去除冷作硬化层。机械剪切的允许偏差应符合表 6.2.4 的规定。

表 6.2.4 机械剪切的允许偏差 (mm)

项 目	允许偏差
零件宽度、长度	± 3.0
边缘缺棱	1.0
型钢端部垂直度	2.0

6.2.5 火焰切割应符合下列规定:

- 1 切割时应根据零件的板厚和材质选择割嘴型号、气体压力、切割速度等参数。
- 2 切割厚钢板或高强钢前应先进行预热或遵照工艺文件要求进行切割。
- 3 零件切割宜采用自动或半自动切割机进行切割。
- 4 火焰切割的允许偏差应符合表 6.2.5 的规定。

表 6.2.5 火焰切割的允许偏差

项 目	允许偏差
零件宽度、长度	$\pm 3.0\text{mm}$
切割面垂直度	$0.05t$, 且不应大于 2.0mm
割纹深度	0.3mm

续表 6.2.5

项 目	允许偏差
局部缺口深度	1.0mm
坡口角度	T 接： $-5^{\circ}\sim+10^{\circ}$ ； 对接、角接单侧： $-2.5^{\circ}\sim+5^{\circ}$
坡口钝边	$\pm 1.0\text{mm}$

注： t 为切割面厚度。

6.2.6 采用等离子弧切割时，切割面质量和允许偏差要求应与火焰切割一致。

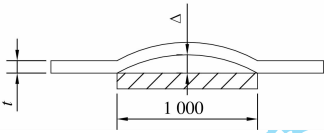
6.2.7 切割后应清除切割熔渣，并应对切割面进行清理。

6.3 矫正和成型

6.3.1 原材料、零部件宜采用机械矫正、加热矫正、加热和机械联合矫正等方法进行矫正，矫正时应根据材料的不同类型选择矫正方法。

6.3.2 矫正后的钢材表面，不应有明显的凹痕或损伤，划痕深度不应大于钢材厚度负偏差的 $1/2$ ，且不得大于 0.5mm 。钢材矫正后的允许偏差应符合表 6.3.2 的规定。

表 6.3.2 钢材矫正后的允许偏差 (mm)

项 目		允许偏差	图例
钢板的 局部平 面度	$t\leq 6$	3.0	
	$6 < t \leq 14$	1.5	
	$t > 14$	1.0	
型钢弯曲矢高		$l/1000$ 且 不应大于 5.0	

续表 6.3.2

项 目	允许偏差	图例
角钢肢的垂直度	$b/100$, 但双肢栓接角钢的角度不得大于 90°	
槽钢翼缘对腹板的垂直度	$b/80$	
工字钢、H 型钢翼缘对腹板的垂直度	$b/100$ 且不大于 2.0	

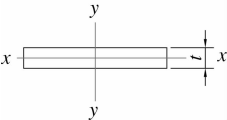
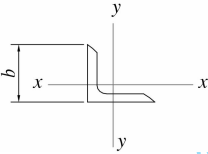
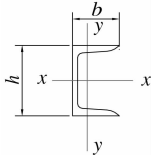
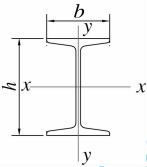
注: Δ 为允许偏差。

6.3.3 碳素结构钢在环境温度低于 -16°C 、低合金结构钢在环境温度低于 -12°C 时, 不应进行冷矫正和冷弯曲。碳素结构钢和低合金结构钢在加热矫正时, 加热温度应为 $700^\circ\text{C} \sim 800^\circ\text{C}$, 最高温度严禁超过 900°C , 最低温度不得低于 600°C 。

6.3.4 钢材和零部件成型应根据材质、零部件的截面形状尺寸和曲率选择加工方法。

6.3.5 型钢冷矫正和冷弯曲的最小曲率半径和最大弯曲矢高应符合表 6.3.5 的规定。

表 6.3.5 冷矫正和冷弯曲的最小曲率半径和最大弯曲矢高(mm)

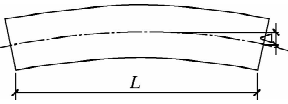
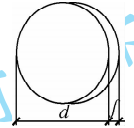
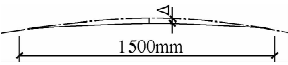
钢材类别	图例	对应轴	矫正		弯曲	
			r	f	r	f
钢板扁钢		$x-x$	$50t$	$\frac{l^2}{400t}$	$25t$	$\frac{l^2}{200t}$
		$y-y$ (仅对扁钢轴线)	$100b$	$\frac{l^2}{800b}$	$50b$	$\frac{l^2}{400b}$
角钢		$x-x$	$90b$	$\frac{l^2}{720b}$	$45b$	$\frac{l^2}{360b}$
槽钢		$x-x$	$50h$	$\frac{l^2}{400h}$	$25h$	$\frac{l^2}{200h}$
		$y-y$	$90b$	$\frac{l^2}{720b}$	$45b$	$\frac{l^2}{360b}$
H 型钢 或工字钢		$x-x$	$50h$	$\frac{l^2}{400h}$	$25h$	$\frac{l^2}{200h}$
		$y-y$	$50b$	$\frac{l^2}{400b}$	$25b$	$\frac{l^2}{200b}$

注: r 为曲率半径; f 为弯曲矢高; l 为弯曲弦长; t 为钢板厚度; b 为宽度; h 为高度。

6.3.6 当零件采用热加工成型时,应根据材料的含碳量选择加热温度。加热温度应控制在 $900^{\circ}\text{C} \sim 1000^{\circ}\text{C}$; 碳素结构钢和低合金结构钢在温度分别下降到 700°C 和 800°C 之前,应结束加工。低合金结构钢应自然冷却。严禁在温度冷却到 $200^{\circ}\text{C} \sim 400^{\circ}\text{C}$ 时进行锤打、弯曲和成型。

6.3.7 钢管加工弯曲成型的允许偏差应符合表 6.3.7 的规定。

表 6.3.7 钢管弯曲成型的允许偏差 (mm)

项 目	允许偏差	检查方法	图 例
直径	$\pm d/200$ 且 $\leq \pm 3.0$	卡尺	
钢管、箱形杆件侧弯	$\Delta \leq 2.0 (L < 4000)$ $\Delta \leq 3.0 (4000 \leq L < 16000)$ $\Delta \leq 5.0 (L \geq 16000)$	用拉线和钢尺检查	
椭圆度	$f \leq d/200$, 且不大于 3.0	用卡尺、游标卡尺或样板检查	
曲率 (弧长 >1500)	$\Delta \leq 2.0$	用样板(弦长 ≥ 1500)检查	

6.4 边缘机加工

6.4.1 当零部件外形尺寸有加工精度要求时,宜采用机械刨边或铣边。

6.4.2 气割或机械剪切的零件需要进行边缘机加工时,其刨(铣)削量不应小于 2.0mm。

6.4.3 边缘机加工的允许偏差应符合表 6.4.3 的规定。

表 6.4.3 边缘机加工的允许偏差

项 目	允许偏差
零件宽度、长度	$\pm 1.0\text{mm}$
加工边直线度	$l/3000$, 且不应大于 2.0mm
相邻两边夹角	$\pm 6'$
加工面垂直度	$0.025t$, 且不应大于 0.5mm
加工面表面粗糙度	$R_a \leq 50\mu\text{m}$
坡口角度	T 接: $-5^\circ \sim +10^\circ$; 对接、角接单侧: $-2.5^\circ \sim +5^\circ$
坡口钝边	$\pm 1.0\text{mm}$

6.5 制 孔

6.5.1 制孔可选用钻孔、铣孔、冲孔、铰孔、镗孔、铤孔和火焰切割等方法,加工时应根据孔的使用要求、孔径尺寸、零部件截面形状等进行选择。

6.5.2 制孔方法的选用应符合下列原则:

- 1 制孔方法宜优先选用高精度数控钻床制孔。
- 2 同类孔群较多时,宜采用模板制孔。
- 3 长圆孔可采用“钻孔+火焰切割”或者铣孔制孔,火焰切割面应打磨至符合要求。
- 4 孔径大于 50mm 的穿筋孔可采用火焰切割法制孔。

5 主要构件连接和直接承受动力荷载重复作用且需要进行疲劳计算的构件,其连接高强度螺栓孔应采用钻孔成型。次要构件连接且板厚不大于 12mm 时可采用冲孔成型,冲孔边应无飞边、毛刺。

6.5.3 当采用模板制孔时,模板应符合下列要求:

- 1 模板孔群精度应高于构件上对应的孔群精度要求。
- 2 模板上应划出定位基准线。
- 3 模板或者钻套应具有足够的硬度,使用前应检查其磨损情况。

6.5.4 当同一零部件上有多组孔群时,多组孔群应采用同一基准线(面)。

6.5.5 制孔后需要进行组装、焊接的零部件,制孔时应加放焊接收缩余量。

6.5.6 制孔应符合下列规定:

1 A、B 级螺栓孔(I 类孔即精制螺栓孔)应具有 H12 的精度,孔壁表面粗糙度 R_a 不应大于 $12.5\mu\text{m}$,其孔径的允许偏差应符合表 6.5.6-1 的规定。

2 C 级螺栓孔孔壁表面粗糙度 R_a 不应大于 $25\mu\text{m}$,其中普

通螺栓孔允许偏差应符合表 6.5.6-2 的规定。

3 高强度螺栓孔允许偏差应符合表 6.5.6-3 的规定。

4 制孔完成后应清除孔周边毛刺和切屑。

5 螺栓孔孔距的允许偏差应符合表 6.5.6-4 的规定。

表 6.5.6-1 A、B 级螺栓孔径的允许偏差 (mm)

序号	螺栓公称直径 螺栓孔直径	螺栓公称直径 允许偏差	螺栓孔直径 允许偏差
1	10~18	0.00 -0.18	+0.18 0.00
2	18~30	0.00 -0.21	+0.21 0.00
3	30~50	0.00 -0.25	+0.25 0.00

表 6.5.6-2 普通螺栓孔的允许偏差 (mm)

项 目	允许偏差
螺栓孔直径	+1.0 0.0
圆度(最大和最小直径差)	2.0
垂直度	0.03 λ 且不应大于 2.0

表 6.5.6-3 高强度螺栓孔的允许偏差 (mm)

公称直径			M12	M16	M20	M22	M24	M27	M30
孔 型	标准 圆孔	直径	13.5	17.5	22.0	24.0	26.0	30.0	33.0
		允许偏差	+0.43 0	+0.43 0	+0.52 0	+0.52 0	+0.52 0	+0.84 0	+0.84 0
		圆度	1.00		1.50				
	大圆 孔	直径	16.0	20.0	24.0	28.0	30.0	35.0	38.0
		允许偏差	+0.43 0	+0.43 0	+0.52 0	+0.52 0	+0.52 0	+0.84 0	+0.84 0
		圆度	1.00		1.50				

续表 6.5.6-3

公称直径			M12	M16	M20	M22	M24	M27	M30	
孔型	槽孔	长度	短向	13.5	17.5	22.0	24.0	26.0	30.0	33.0
			长向	22.0	30.0	37.0	40.0	15.0	50.0	55.0
		允许偏差	短向	+0.43 0	+0.43 0	+0.52 0	+0.52 0	+0.52 0	+0.84 0	+0.84 0
			长向	+0.84 0	+0.84 0	+1.00 0	+1.00 0	+1.00 0	+1.00 0	+1.00 0
中心线倾斜度			应为板厚的 3%，且单层板应为 2.0mm，多层板叠组合应为 3.0mm							

表 6.5.6-4 螺栓孔孔距允许偏差(mm)

螺栓孔孔距范围	≤500	501~1200	1201~3000	>3000
同一组内任意两孔间距离	±1.0	±1.5	—	—
相邻两组的端孔间距离	±1.5	±2.0	±2.5	±3.0

注：在节点中，连接板与一根杆件相连的所有螺栓孔划为一组。

6.5.7 按本规程第 13.4.2 条进行预拼装检查时，量规不能通过的孔，经设计单位同意后，可进行扩钻或补焊后重新钻孔。扩钻后的孔径不应超过 1.2 倍螺栓直径。补焊时，应采用与母材相匹配的焊材，严禁用钢块、钢筋、焊条等填塞，补焊应按经评定合格的焊接工艺进行。每组孔中经补焊重新钻孔的数量不得超过该组螺栓数量的 20%。处理后的孔应作出记录。

6.5.8 钻孔后需要铰孔时，切削余量应符合表 6.5.8 的规定。

表 6.5.8 扩孔、镗孔、铰孔余量(mm)

序号	螺栓公称直径	扩孔或镗孔	粗铰	精铰
1	6~10	0.8~1.0	0.1~0.15	0.04
2	10~18	1.0~1.5	0.1~0.15	0.05
3	18~30	1.5~2.0	0.15~0.2	0.05
4	30~50	1.5~2.0	0.2~0.3	0.06

7 构件组装

7.1 一般规定

7.1.1 构件组装前应按照施工详图、组装工艺及有关技术文件的要求,核对组装用的零部件的材质、规格、外观、尺寸、数量等。

7.1.2 当原材料的尺寸不足或技术要求需要拼接时,宜在构件组装前拼接完成。

7.1.3 构件的组装宜在部件组装、焊接、矫正并经检验合格后进行。

7.1.4 组装应根据设计文件要求、构件形式、连接方式、焊接方法和焊接顺序等确定合理的组装顺序。

7.1.5 构件的隐蔽部位应在该部位焊接和涂装完成,并经检验合格后进行封闭。

7.1.6 除非因构造原因影响焊接,构件应在组装完成并经尺寸检验合格后再进行焊接。

7.1.7 设计和工艺文件要求进行的端面加工应在焊接、矫正完成后进行。

7.1.8 构件组装的尺寸偏差,应符合设计文件和现行国家标准《钢结构工程施工质量验收规范》GB 50205 的有关规定。

7.1.9 构件组装完成后,应按照施工详图要求对安装定位进行标记。

7.2 部件拼接

7.2.1 焊接 H 型钢的翼缘板拼接缝和腹板拼接缝的间距不应小

于 200mm,翼缘板拼接长度不应小于 2 倍板宽且不小于 600mm;腹板拼接宽度不应小于 300mm,长度不应小于 600mm。

7.2.2 箱形构件的侧板拼接长度不应小于 600mm,相邻两侧板拼接缝的间距不宜小于 200mm;侧板在宽度方向不宜拼接,当宽度超过 2400mm 确需拼接时,最小拼接宽度不宜小于板宽的 1/4。

7.2.3 设计无特殊要求时,热轧型钢可采用直口全熔透焊接拼接接长,其拼接长度不应小于 600mm。

7.2.4 钢管接长时每个节间宜为一个接头,最短接长长度应符合下列规定:

1 当钢管直径 d 小于或等于 500mm 时,不应小于 500mm。

2 当钢管直径大于 500mm 且不大于 1000mm 时,不应小于直径 d 。

3 当钢管直径 d 大于 1000mm 时,不应小于 1000mm。

4 当钢管采用卷制方式加工成型时,可有若干个接头,但最短接长长度应符合本条第 1~3 款的要求。

7.2.5 有缝钢管接长时,相邻管节的纵向焊缝应错开,错开的最小距离(沿圆周方向)不应小于钢管壁厚的 5 倍;当杆件直径不大于 130mm 时,不应小于 70mm;当杆件直径大于 130mm 时,不应小于 200mm。

7.2.6 部件拼接焊缝应符合设计文件的要求;当设计文件无要求时,应采用全熔透等强对接焊缝。

7.3 构件组装

7.3.1 构件组装宜在组装平台、组装支架或专用设备上进行,组装平台及组装支架应有足够的强度和刚度,并应便于构件的装卸、定位。在组装平台或组装支架上宜画出构件的中心线、端面位置线、轮廓线和标高线等基准线,组装前应检查定位胎具的尺寸。

7.3.2 构件组装方法的选择宜根据构件的结构特性和技术要求、制造厂的加工能力、机械设备等情况,选择能有效控制组装质量、生产效率高的方法进行。

7.3.3 构件组装间隙应符合设计和工艺文件要求,当设计和工艺文件无规定时,组装间隙不宜大于 2.0mm。

7.3.4 焊接构件组装时应预设焊接收缩量,并应对各部件进行合理的焊接收缩量分配。重要或复杂构件宜通过工艺性试验确定焊接收缩量。

7.3.5 设计要求起拱的构件,应在组装时按设计规定的起拱值和施工变形值进行起拱,构件成形后的起拱允许偏差应为起拱值的 0~10%,且不应大于 10mm。设计未要求但施工工艺要求起拱的构件,构件成形后的起拱允许偏差不应大于施工工艺起拱值的 10%,且不应大于 10mm。

7.3.6 桁架结构组装时,杆件轴线交点偏移不应大于 3mm。

7.3.7 构件组装后应对首件(或首批)构件进行检查,合格后可继续批量组装;在批量组装中,应随时检查构件组装质量,复查定位装置的正确性。

7.3.8 吊车梁和吊车桁架组装,焊接完成后不应下挠。吊车梁的下翼缘和重要受力构件的受拉面不得焊接工装夹具、临时定位板、临时连接板等。

7.3.9 临时用工装夹具、定位板、连接板的焊接应符合被焊钢材的焊接工艺要求;拆除临时用工装夹具、定位板、连接板等,严禁用锤击落,应在距离构件表面 3mm~5mm 处采用气割切除,对残留的焊疤应打磨平整,且不得损伤母材。

7.4 构件矫正

7.4.1 构件外形矫正宜采取先总体后局部、先主要后次要、先下部后上部的顺序。

7.4.2 构件外形矫正可采用冷矫正和热矫正。当设计有要求时,矫正方法和矫正温度应符合设计文件要求;当设计文件无要求时,矫正方法和矫正温度应符合本规程第 6.3 节的规定。

7.5 构件端部加工

7.5.1 构件端部加工应在构件组装、焊接完成并经检验合格后进行。构件的端面铣平加工可用端铣床加工。

7.5.2 构件的端部铣平加工应符合下列规定:

1 端部铣削量应根据工艺要求预先确定,铣削量不宜小于 2mm。

2 铣平面的平面度和垂直度应按设计文件及现行国家标准《钢结构工程施工质量验收规范》GB 50205 的有关规定控制。

7.5.3 端部铣平的允许偏差和检查方法应符合表 7.5.3 的规定。

表 7.5.3 端部铣平的允许偏差和检查方法(mm)

项 目	允许偏差	检验方法和工具
两端铣平时构件长度	± 2.0	用钢卷尺检查
两端铣平时零件长度	± 0.50	用钢卷尺检查
铣平面平面度	0.30	用直尺和塞尺检查
铣平面的倾斜度(正切值)	不大于 $l/1500$, 且不大于 0.50	用角尺和塞尺检查

7.5.4 构件端部铣平后有顶紧接触面要求的应有 75% 以上的面积密贴,可采用 0.3mm 厚的塞尺检查,其塞入面积应小于 25%,边缘最大间隙不应大于 0.8mm。

8 焊 接

8.1 一般规定

8.1.1 从事钢结构工程焊接的焊工应符合以下规定：

1 焊工必须经考试合格，并取得资格证书，证书中包括焊工的身份、施焊条件、焊接位置和有效期限等信息。

2 焊工从事的焊接工作的范围不应超出资格证书规定的范围。

3 焊工持续中断焊接操作时间超过 6 个月，应重新进行考核。

4 焊工应严格按照焊接工艺文件规定的焊接接头形式和接头准备条件、焊接方法、焊接材料、焊接工艺参数、施焊温度及施焊措施进行焊接。

8.1.2 焊接技术人员应符合以下规定：

1 焊接技术责任人员应接受过专门的焊接技术培训并取得中级或中级以上的技术职称，应具有 2 年以上焊接生产或施工实践经验。

2 焊接质检人员应接受专门的焊接检验技术培训，并应经岗位培训取得质量检验资格证书。

3 无损检测人员必须由国家授权的专业考核机构考核合格，其相应的等级证书应在有效期内，并按考核合格项目及权限从事无损检测和审核工作。

8.1.3 焊接工艺文件与工艺评定试验应符合以下规定：

1 钢结构进行焊接前，应编制焊接工艺方案或焊接工艺文件，报建设单位或施工监理审查备案。

2 焊接工艺评定或免于评定应按照现行国家标准《钢结构焊接规范》GB 50661 的有关规定执行。

3 焊接工艺评定试验的试验标准、内容及结果应得到施工监理或相关单位认可。

4 焊接工艺文件应以合格的焊接工艺评定试验结果或现行国家标准《钢结构焊接规范》GB 50661 规定的免于评定工艺参数为依据,结合企业的设备和资源状况进行编制。

8.1.4 钢结构制作和安装过程中,宜根据现场条件使用焊接机器人及其他高效焊接新技术,新技术应经工艺评定合格。

8.2 焊材选用

8.2.1 焊接填充材料的选用应通过焊接工艺评定确定,并应符合设计要求和现行国家标准《钢结构焊接规范》GB 50661 的规定,当所用焊接材料超出设计要求范围时,应经设计单位同意。

8.2.2 焊接材料的选择应与母材的力学性能相匹配,焊缝金属应具有优良的塑性、韧性和抗裂性;当不同强度等级的钢材焊接时,选用的焊接材料的强度宜与低强度钢材相适应,焊接材料的工艺性和抗裂性应满足高强度钢材要求。

8.2.3 常用钢材采用焊条电弧焊、实心焊丝气体保护焊、药芯焊丝气体保护焊和自动埋弧焊进行焊接时,焊接材料可按附录 A 表 A.0.2~A.0.5 的规定选用。耐候钢采用焊条电弧焊、实心焊丝气体保护电弧焊和埋弧焊进行焊接时,焊接材料可按附录 A 表 A.0.6-1~A.0.6-2 的规定选用。

8.2.4 对重要结构选用的焊接材料应经过焊接工艺评定进行验证和确认。

8.2.5 焊接用混合气体必须使用仪器将气体按比例混合均匀。

8.2.6 焊接材料的标准要求及入库检验、复验、存储、烘焙等应

按本规程第 5 章的规定执行。

8.3 焊接连接构造

8.3.1 全焊透焊缝坡口及焊接接头连接构造应符合以下规定：

1 采用双面坡口的全焊透焊缝，其两面坡口深度可不相等，但较浅一面的坡口深度不应小于连接的较薄件厚度的 $1/4$ 。

2 采用单面坡口加衬垫板的全焊透焊缝，母材与衬垫板之间应密贴，最大间隙不应超过 2mm 。

3 不同厚度的板材或管材对接接头受拉时，其允许厚度差值(t_1-t_2)应符合表 8.3.1 的规定。当厚度差值(t_1-t_2)超过表 8.3.1 的规定时应将焊缝焊成斜坡状，其坡度最大允许值应为 $1:2.5$ ，或将较厚板的一面或两面及管材的内壁或外壁在焊前加工成斜坡，其坡度最大允许值应为 $1:2.5$ (图 8.3.1-1)；当承受动荷载且需要进行疲劳计算的结构，其坡度不应大于 $1:4$ 。

表 8.3.1 不同厚度钢材对接的允许厚度差(mm)

较薄钢材厚度 t_2	$5 \leq t_2 \leq 9$	$9 < t_2 \leq 12$	$t_2 > 12$
允许厚度差 t_1-t_2	2	3	4

4 不同宽度的板材对接时，应根据施工条件采用热切割、机械加工或砂轮打磨的方法使之平缓过渡，其连接处最大允许坡度值应为 $1:2.5$ (图 8.3.1-2)，当承受动荷载且需要进行疲劳计算的结构，其坡度不应大于 $1:4$ 。

5 全焊透对接、角接及 T 型接头的坡口尺寸应符合附录 B 的规定。

8.3.2 角焊缝焊角尺寸及施焊要求应符合以下规定：

1 角焊缝最小焊脚尺寸应符合表 8.3.2-1 的规定要求。

表 8.3.2-1 角焊缝最小焊脚尺寸要求

母材厚度 t (mm)	最小焊脚尺寸 (mm)
$t \leq 6$	3
$6 < t \leq 12$	5
$12 < t \leq 20$	6
$20 < t$	8

注:1 t 为接头中较薄件的厚度。

2 焊脚尺寸不应超过接头中较薄构件的厚度。

3 最小焊脚尺寸宜为单道焊缝尺寸。

4 承受动荷载的角焊缝最小焊脚尺寸为 5mm。

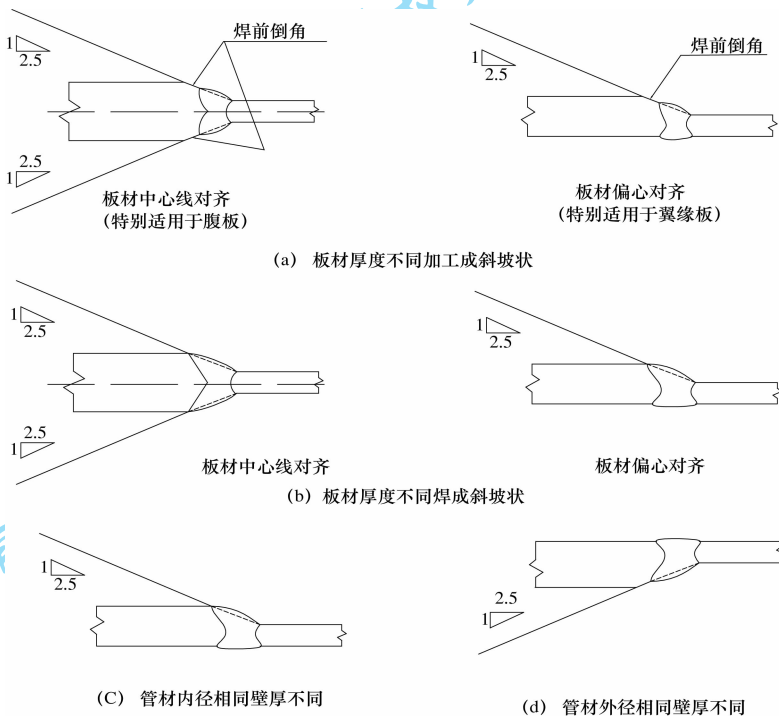


图 8.3.1-1 对接接头部件厚度不同时的平缓过渡要求

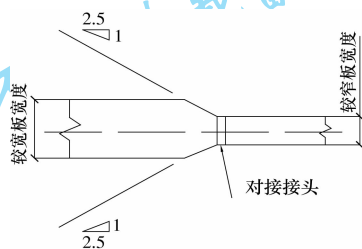


图 8.3.1-2 对接接头部件宽度不同时的平缓过渡要求

2 间断角焊缝的焊缝尺寸应按设计图纸标示的要求焊接。每一焊段的最小长度不应小于 40mm, 焊段之间的最大间距不应超过较薄件厚度的 24 倍, 且不应大于 300mm。

3 由角焊缝连接的部件应密贴, 根部间隙不应大于 5mm。当接头的根部间隙为 2mm~5mm 时, 角焊缝的焊脚尺寸应根据根部间隙值而增加; 当间隙大于 5mm 时, 应在待焊板端表面堆焊并修磨平整使其间隙符合要求。

4 搭接焊缝沿母材棱边的最大焊脚尺寸规定为: 当材料厚度小于等于 6mm 时, 最大焊脚尺寸应为母材厚度; 当材料厚度大于 6mm 时, 最大焊脚尺寸应为母材厚度减去 1mm~2mm (图 8.3.2)。

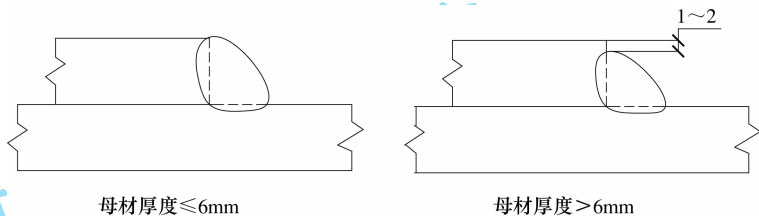


图 8.3.2 搭接焊缝沿母材棱边的最大焊脚尺寸

5 角焊缝的端部宜连续绕焊, 起弧和熄弧点不宜在端部和棱角处, 宜距端部 10mm 以上。

6 等边角焊缝的两侧焊脚尺寸不应有明显的差异; 对不等边角焊缝应确保焊脚尺寸并使焊趾处平滑过渡。

7 要求凹面形状的角焊缝应采用船形位置进行施焊,或采用其他措施使焊缝金属与母材平滑过渡,且应确保角焊缝的有效厚度不低于设计规定值。

8 当被焊构件中腹板厚度不小于 25mm 或角焊缝的焊脚尺寸不小于 15mm 时,宜采用开局部坡口的角焊缝。

8.3.3 搭接接头应符合以下规定:

1 搭接接头可采用角焊缝、塞焊和槽焊的方法进行焊接,必须至少用 2 条横向或纵向角焊缝、2 排塞焊缝或槽焊缝连接;

2 构件端部搭接接头仅使用纵向角焊缝时,每一角焊缝长度不宜小于两焊缝之间的垂直距离,两焊缝之间的横向距离不宜超过所连接较薄件厚度的 16 倍。当搭接贴角焊缝的横向距离超过所连接较薄件厚度的 16 倍时,可在横向间距之间进行塞焊或槽焊。在塞焊孔或槽焊孔内进行贴角焊时,从孔或槽孔的边缘到开孔件邻近边的净距离不应小于此部件厚度的 5 倍,并不应小于孔或槽孔直径或宽度的 2 倍。

3 搭接接头的最小搭接长度应为较薄板厚的 5 倍,且不得小于 25mm,并应施焊横向或纵向双角焊缝(图 8.3.3-1)。

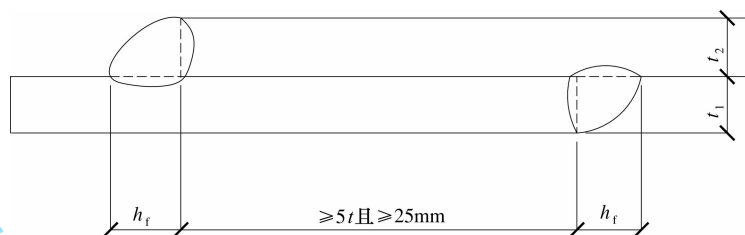


图 8.3.3-1 双角焊缝搭接接头

t — t_1 和 t_2 中较小者; h_f —焊脚尺寸,按设计要求

4 单独用纵向贴角焊缝连接型钢杆件端部时,型钢杆件的宽度 B 不应大于 200mm;当宽度 B 大于 200mm 时,应加横向角焊或中间塞焊。型钢杆件每一侧纵向角焊缝的长度 L 不应小于 B (图 8.3.3-2)。

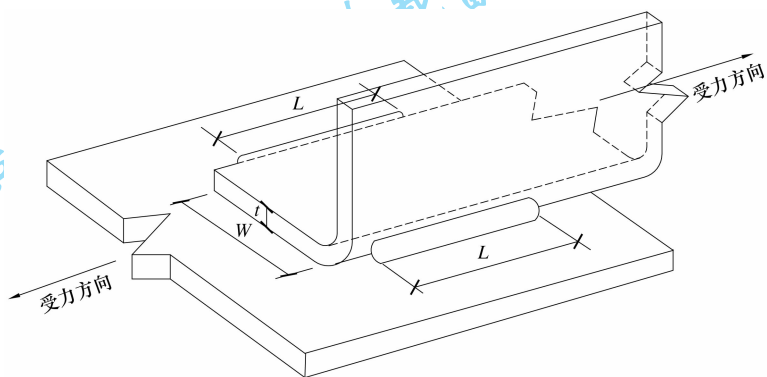


图 8.3.3-2 纵向搭接角焊缝的最小长度示意

5 钢杆件搭接接头采用围焊时,在转角处应连续施焊。杆件端部搭接角焊缝作绕焊时,绕焊长度不应小于 2 倍焊脚尺寸,并应连续施焊。

6 搭接焊缝传递荷载的套管接头可以只焊一条角焊缝,其管材搭接长度 L 不应小于 $5(t_1 + t_2)$,且不得小于 25mm。搭接焊缝焊脚尺寸 h_f 应符合设计规定(图 8.3.3-3)。

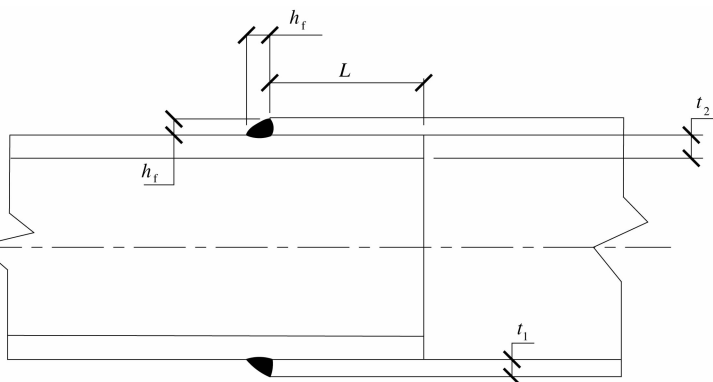


图 8.3.3-3 管材套管连接的搭接焊缝的最小长度

7 搭接接头上的角焊缝应避免在同一搭接接触面上相交

(图 8.3.3-4)。

此处焊缝不应相连

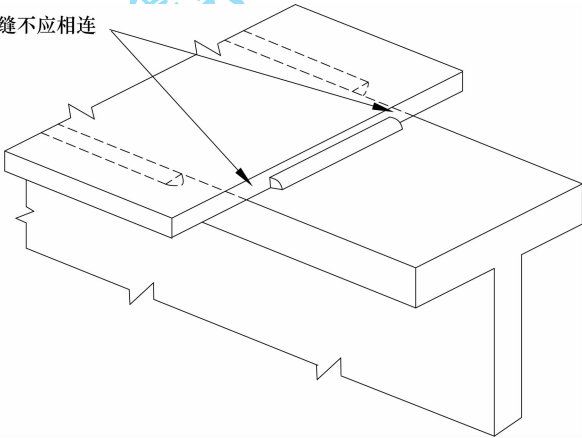


图 8.3.3-4 搭接接触面上避免相交的角焊缝

8.3.4 部分焊透焊缝坡口及焊接要求应符合以下规定：

- 1 采用部分焊透焊缝时,设计施工图纸上必须明确标示部分焊透焊缝的焊透深度。详细的坡口尺寸应符合附录 C 的规定。
- 2 接头部分焊透坡口焊缝的最小有效焊缝厚度应满足表 8.3.4-1 的有关规定要求。

表 8.3.4-1 部分焊透坡口焊缝最小有效焊缝厚度

母材厚度 $t(\text{mm})$	最小有效焊缝厚度 (mm)
$6 \leq t \leq 12$	5
$12 < t \leq 20$	6
$20 < t \leq 38$	8
$38 < t \leq 57$	10
$57 < t \leq 150$	12
$t > 150$	16

注： t 为接头中较薄件的厚度。

- 3 部分焊透坡口焊缝连接的部件应密贴，两部件根部间隙

最大值不应超过 3mm。当两部件根部间隙超过 3mm 时,应在施焊前进行局部修整。

4 当 T 型接头中角焊缝的焊脚尺寸不小于 15mm 或被焊构件中较薄板厚度不小于 25mm 时,宜采用部分焊透的对接与角接组合焊缝代替角焊缝,替代要求应为组合焊缝的计算厚度不小于角焊缝的计算厚度。

8.3.5 塞焊与槽焊焊缝的尺寸、间距、焊缝高度应符合以下规定:

1 塞焊和槽焊的有效面积应为贴合面上圆孔或长槽孔的标称面积,塞焊焊缝和槽焊焊缝的尺寸应根据贴合面上承受的剪力计算确定。

2 塞焊和槽焊接头中,其两块接触面之间的间隙不得超过 2mm,严禁使用填充板材。

3 塞焊焊缝的最小中心间距应为孔径的 4 倍,槽焊焊缝的纵向最小间距应为槽孔长度的 2 倍,垂直于槽孔长度方向的两排槽孔的最小间距应为槽孔宽度的 4 倍。

4 除槽孔延伸至部件边缘以外时,槽孔的端部宜为半圆形或具有半径不小于开孔件厚度的圆角。

5 塞焊孔的最小直径不得小于开孔部件厚度加 8mm,最大直径应为最小直径加 3mm 和开孔部件厚度的 2.25 倍两值中较大者。

6 槽焊孔的长度不得超过开孔部件厚度的 10 倍。槽焊孔的最小及最大槽宽规定应与塞焊孔的最小及最大孔径规定相同。

7 当开孔部件厚度等于或小于 16mm 时,塞焊和槽焊孔的填焊高度应与母材厚度相同;当开孔部件厚度大于 16mm 时,塞焊和槽焊孔的填焊高度不应小于开孔部件母材的厚度的一半和 16mm 两值中较大者。

8 塞焊焊缝和槽焊焊缝可采用焊条电弧焊、实心焊丝气体保护焊和药芯焊丝气体保护焊进行焊接。

8.3.6 圆管相贯线焊缝应符合以下规定：

- 1 圆管相贯线焊接接头可分为角焊缝和全焊透坡口焊缝。
- 2 圆管相贯线全熔透焊缝和角焊缝的计算厚度应符合本规程第 10.4.4 条的规定。

8.3.7 箱型柱隔板电渣焊接头应符合以下规定：

- 1 箱型柱隔板电渣焊接头的钢衬垫板使用的材质宜与母材材质相同或化学成分相同，衬垫板厚度不应小于 25mm，衬垫板与母材之间的间隙应小于 1mm。

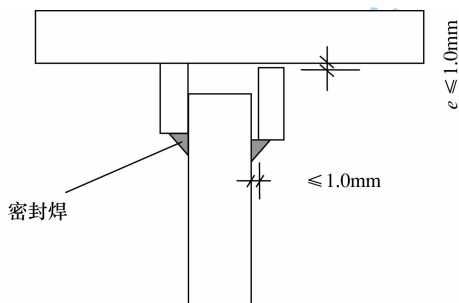


图 8.3.7-1 电渣焊接头衬垫板间隙与密封焊示意

- 2 箱型柱隔板电渣焊接头的截面宜为矩形(图 8.3.7-2)，接头的坡口间隙 b 与接头中隔板厚度 t 之间的关系应符合表 8.3.7 要求。

表 8.3.7 电渣焊接头间隙 b 与板厚 t 关系(mm)

接头中被焊母材厚度 t	接头间隙尺寸 b
$t \leq 32$	25
$32 < t \leq 45$	28
$t > 45$	30~32

- 3 箱型柱隔板电渣焊时柱面板厚度不宜小于 25mm；当面板厚度较薄时，应采取水冷等降温措施或采用贯通隔板。

8.3.8 焊接接头的制备应符合以下规定：



图 8.3.7-2 电渣焊接头坡口示意

1 焊接接头的坡口制备可采用机械、热切割、碳刨、凿槽和打磨等方法进行。

2 接头中焊接坡口的表面和边缘约 30mm~50mm 范围内不应有氧化皮、水分、油脂、涂料等对焊接质量有影响的杂质；焊接接头的表面和边缘应光滑、匀称，且应无毛刺、撕开、裂纹和其他对焊缝质量与强度有不利影响的缺陷。

3 焊接接头的坡口切割面的切割粗糙度应低于 $50\mu\text{m}$ ，局部不应超过 $100\mu\text{m}$ ；对 1mm~3mm 深度的缺口和沟槽应采用打磨方法使其与周围平滑过渡；当坡口面上的缺口和沟槽深度超过 3mm 时，应进行补焊，然后打磨平滑。

4 接头中焊接坡口和尺寸应满足施工设计图纸的规定。当设计图表述不详时，应按附录 B 及附录 C 执行，同时还应符合现行国家标准《气焊、焊条电弧焊、气体保护焊和高能束焊的推荐坡口》GB/T 985.1 和《埋弧焊的推荐坡口》GB/T 985.2 的规定。

8.4 焊接工艺

8.4.1 定位焊应符合以下规定：

1 构件的定位焊缝应与正式焊缝有相同的焊接工艺和焊接

质量要求,但下列情况可以除外:

- 1) 当钢材强度等级在 Q390 及以下时,被埋弧自动焊或电渣焊重新熔化的单道定位焊,可不进行预热;
- 2) 定位焊缝最终由埋弧自动焊或电渣焊重新熔化前,除裂纹外,对咬边、气孔、弧坑等缺陷可不予清除。

2 定位焊必须由持证合格焊工施焊。多道定位焊缝的端部应为阶梯状。

3 定位焊缝必须避免在产品的棱角和端部等部位进行;T形接头的定位焊,应在两侧进行。

4 钢衬垫的定位焊宜在接头坡口内进行焊接。

5 定位焊缝采用的焊接材料应与正式焊缝的焊接材料相当;焊缝厚度不宜大于设计尺寸的 $2/3$,且不宜大于 8mm。

6 定位焊的长度和间距,应根据母材的厚度、结构型式和拘束度确定,无特别规定时宜按表 8.4.1 的规定执行。

表 8.4.1 定位焊缝的长度和间距要求

板厚 t (mm)	定位焊缝长度(mm)		定位焊间距 (mm)
	焊条电弧焊、气体保护焊	埋弧自动焊、电渣焊	
$t \leq 6$	≥ 30	≥ 40	300~500
$6 < t \leq 25$	≥ 40	≥ 50	
$t > 25$	≥ 50	≥ 70	

8.4.2 引弧板和引出板应符合以下规定:

1 在对接、T 接和角接等主要焊缝的引弧端和熄弧端,应装配与母材化学成分相同或类似材料的引弧板和引出板,引弧板和引出板的坡口形式宜与构件相同。

2 焊条电弧焊及气体保护焊引弧板和引出板的长度应为 25mm~50mm;半自动焊引弧板和引出板的长度应为 40mm~60mm;埋弧自动焊引弧板和引出板的长度应为 50mm~100mm。

3 焊缝完全冷却后,焊缝无损检测前,可用气割方法将引弧

板和引出板割去,气割时一般在距母材 2mm~5mm 处割去,然后用砂轮打磨平整,严禁用锤击落。

8.4.3 焊接环境要求应符合以下规定:

1 当焊缝附近的环境温度低于 -20°C 时,不得进行焊接。
2 因降雨、雪等使空气相对湿度大于 80%或大风天气,不得进行露天焊接。

3 构件被焊部分表面温度在 0°C 以下时,距离焊缝 100mm 以内的母材部分应加热至 20°C 以上时再进行焊接。

4 当采用 CO_2 半自动气体保护焊环境风速大于 2m/s、采用焊条电弧焊和自保护药芯焊丝电弧焊环境风速大于 8m/s 时,应采取挡风措施或采用抗风式焊机。

5 处于险恶环境条件下不得进行焊接操作。

8.4.4 预热和道间温度应符合以下规定:

1 钢结构接头的焊接,应根据钢材的碳当量(化学成分)、板厚、接头的拘束状态、焊缝金属中的含氢量水平及焊接线能量高低等因素来确定合适的预热温度和道间温度。

2 焊接接头板厚不同时,应按接头中较厚的钢板厚度确定预热温度;焊接接头材质不相同,应按高强度、高碳当量的钢材确定预热温度。

3 常用钢材焊接最低预热和道间温度要求应符合表 8.4.4 的规定要求;通过钢材可焊性试验和焊接工艺评定试验确定预热温度时,焊接预热的最低温度可低于表 8.4.4 的要求。道间温度的最大值宜控制在 230°C 以下。

4 焊接预热及道间温度的保持宜采用电加热、火焰及红外线加热等方法,并应采用专用的测温仪进行测量。预热区应在焊道两侧,其宽度应为各焊件厚度 1.5 倍以上,且不应小于 100mm。温度测量点应距离焊缝或焊道中心线不小于 75mm 处。所有要求预热的焊缝进行焊接时,焊接过程的道间温度不应降至预热温度以下。

5 定位焊及焊缝返修处的预热温度应高于正常预热温度 50℃左右,预热区域宜加宽 50mm。

表 8.4.4 常用结构钢材最低预热和道间温度要求

钢材牌号	接头中较厚部件的板厚(mm)				
	$t \leq 20$	$20 < t \leq 40$	$40 < t \leq 60$	$60 < t \leq 80$	$t > 80$
Q235、Q235GJ、 Q235NH、Q265GNH、 Q295NH、Q295GNH	—	—	40℃	50℃	80℃
Q345、Q345GJ、 Q355NH、Q355GNH	—	20℃	60℃	80℃	100℃
Q390、Q390GJ、 Q420、Q420GJ、 Q415NH	20℃	60℃	80℃	100℃	120℃
Q460、Q460GJ	20℃	80℃	100℃	120℃	150℃

注:1 当采用非低氢焊接材料或焊接方法时,预热温度应提高 20℃。

2 接头附近母材温度低于 0℃时,应提高预热温度 20℃。

3 “—”表示焊接环境在 0℃以上时,可不采取预热措施。

8.4.5 焊后消氢热处理应符合以下规定:

1 当合同或设计文件有焊后消氢处理要求时,应对规定的焊接接头进行焊后消氢热处理。

2 消氢热处理的加热温度应为 250℃~350℃,保温时间依据焊接接头的厚度应按每 25mm 厚度不小于 0.5h,且总保温时间不少于 1h 确定;达到规定的保温时间后应缓慢冷却至常温。

3 消氢热处理的加热和温度测量方法宜与预热相同。

8.4.6 焊接变形的控制应符合以下规定:

1 下料、装配时,根据构件焊接接头形式和尺寸,应预留焊接收缩量;对有较大变形量的接头应采用反变形方法控制收缩和变形。

2 所有零件的变形应在装配前矫正合格。

3 装配和焊接时,宜使用胎架、工装夹具、工艺隔板及撑杆控制焊接变形。

4 在同一构件上焊接时,应采用热量分散、对称分布的方式施焊。

5 构件焊接方向应从拘束度大的部位向拘束度小的部位进行焊接。

6 收缩量较大的焊接接头应先焊。

7 当立角焊和平角焊同时存在时,应先进行立角焊,再进行平角焊。

8 制作大型复杂的组装构件时,宜先进行部件装配焊接,部件变形矫正完成后再进行总装焊接;焊接型钢应在腹板和翼板对接焊缝焊接完成后再进行总装焊接。

9 焊接接头在严重拘束状态下进行施焊或进行焊缝返修时,焊接过程中严禁接头的温度降至规定的最低预热温度以下。

8.4.7 焊后消应力处理应符合以下规定:

1 当合同或设计文件对焊接接头有消除应力处理要求时,应对规定的焊接接头进行焊后消应力处理。

2 焊后消应力处理可采用焊后消应力热处理、振动法消应力处理及超声波消应力处理。对焊接接头或焊缝密集的节点或构件宜采用电加热器局部退火和加热炉整体退火进行消应力处理;当仅为稳定结构尺寸时,可采用振动法消应力处理。

3 采用焊后消应力热处理应符合现行行业标准《碳钢、低合金钢焊接构件焊后热处理方法》JB/T 6046 的规定要求;当采用电加热器对焊接构件进行局部消除应力热处理时,构件焊缝每侧面加热板(带)的宽度应至少为钢板厚度的 3 倍,且不应少于 200mm。

4 采用振动法消除应力时,应符合现行行业标准《焊接构件振动时效工艺参数选择及技术要求》JB/T 10375 的有关规定。

8.4.8 厚板角接坡口焊接接头或工字接头防止层状撕裂的工艺措

施应符合下列规定：

1 翼板板厚大于 35mm 的角接头,宜将焊接坡口加工在角接头的翼板侧,翼板侧的坡口宽度宜超过翼板厚度中心;也可同时在腹板侧开一定角度的焊接坡口以便于焊接操作(图 8.4.8-1)。

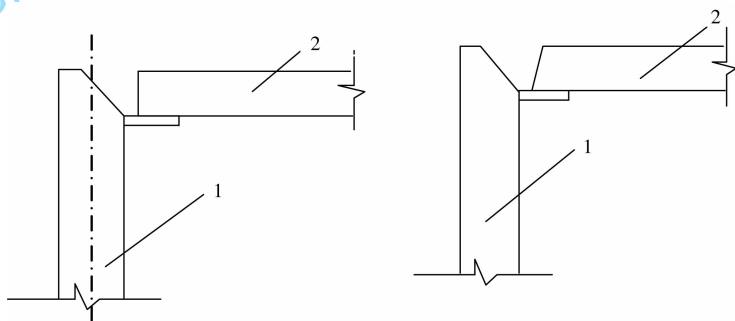


图 8.4.8-1 厚板焊透角接头防层状撕裂坡口选用

1—翼板;2—腹板

2 当翼板板厚大于 35mm 时,对低合金高强钢角接头中翼板自由端面(边)火焰切割时应进行切割前预热,气割表面硬度应小于 350HV;用于角接头中的自由端面宜采用机械或打磨的方式除去切割淬硬层(图 8.4.8-2)。

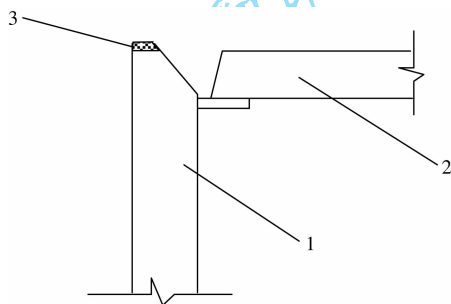


图 8.4.8-2 厚板角接头防层状撕裂工艺措施

1—翼板;2—腹板;3—火焰切割淬硬层

3 降低板厚方向的焊接收缩应力宜减小坡口尺寸。

4 根部或底部焊道焊接时宜提高预热温度并避免采用较大线能量进行焊接。

5 选择低氢、低硫、低磷焊接材料进行焊接,应控制焊接材料的储存、发放、回收和暴露时间。

6 盖面焊道焊接时,焊道分布的顺序宜由翼板侧向腹板侧排列方向进行焊接;当翼板较厚时,焊后应采取缓冷措施。

8.4.9 电渣焊接应符合以下规定:

1 电渣焊接应采用专用的电渣焊机进行焊接。

2 电渣焊可采用熔化嘴或非熔化嘴进行焊接。当采用熔化嘴电渣焊进行焊接时,应防止熔化嘴上的药皮受潮和脱落,受潮的熔化嘴应经过 120℃ 约 1.5h 的烘焙后使用,药皮脱落和有油污的熔化嘴不得使用。

3 电渣焊被焊区域内应彻底清除油、锈、水分、切割氧化皮等。电渣焊焊接接头受潮或气温较低或空气湿度较大时,应采用火焰加热的方法除去接头的潮气;对于 T 字接头,当翼板与腹板的厚度相差较大时,宜从引弧端开始约 300mm 长度区域对翼板进行补充焊前加热。受潮或生锈的焊剂和焊丝不得用于焊接。

4 电渣焊焊接时,应在引弧块的底部加入 1mm×1mm 的碎焊丝,并应加入电渣焊焊剂。电渣焊使用的铜制引熄弧块长度不应小于 100mm,引弧槽的深度不应小于 50mm,引弧槽的截面积应与正式电渣焊接头的截面积一致。

5 焊接过程中发生电弧中断或焊缝中间存在缺陷,应采用钻孔的方法清除已焊焊缝后重新进行焊接,当缺陷位于焊缝中部时可刨开面板后采用其他焊接方法进行局部修复焊接。

8.4.10 栓钉焊接应符合以下规定:

1 栓钉焊接宜采用专用的栓钉焊机进行焊接。

2 栓钉表面不应有锈、锈蚀坑、氧化皮、油脂等；焊接端引弧头应完好，焊接端引弧头脱落的栓钉不得使用；栓钉和保护瓷环的存放应保证无油和无锈；受潮的保护瓷环应在 $120^{\circ}\text{C} \sim 150^{\circ}\text{C}$ 范围内烘焙 $1\text{h} \sim 2\text{h}$ 。

3 待焊母材表面与邻近焊缝的表面必须没有疏松或厚的氧化皮、焊渣、潮湿水分、油脂和其他妨碍正常焊接的外来物质。对于镀锌压型金属板的穿透焊，应选用栓钉穿透焊专用大齿型瓷环进行焊接。

4 栓钉焊焊前可不进行预热。

5 每班焊接作业前，应至少试焊 3 个栓钉，并应检验合格后，再正式施焊。

6 栓钉焊接完成后应敲碎和清除保护瓷环，对栓钉焊缝进行检验。

7 采用栓钉焊机进行焊接时，当挤出焊脚不足 360° 或外观检查不合格时，应进行补焊；当需要重新焊接时，应将拆除栓钉区域磨平后重新进行焊接。

8 由于焊接位置和空间的条件限制而无法采用栓钉焊机进行焊接时，可采用焊条电弧焊、气体保护电弧焊方法进行栓钉焊接。采用上述方法焊接栓钉时，焊接工艺要求应满足对应方法的工艺要求和质量检验要求，此时栓钉的焊接端部应磨平后装配。

8.4.11 焊接缺陷的返修应符合以下规定：

1 不合格焊缝的返修可选择去除整条焊缝后重新进行焊接的方法进行，也可选择对缺陷部位进行局部返修的方法进行。重焊或返修的焊缝应按原检查方法进行再检测，并应使用同样的技术和质量合格判断标准。

2 复杂或拘束度较大构件上焊缝的返修，在返修工作开始之前，应制定详细的返修工艺方案。

3 局部返修应符合下列规定：

- 1) 焊缝或母材上裂缝应采用无损探伤确定裂纹的范围及深度,并应清除裂纹及两端各 50mm 长度的完好金属后,重新焊接;对拘束度较大的焊接接头的裂纹用碳弧气刨清除前,宜在裂纹两段钻止裂孔。延迟裂缝的返修应在查明原因并制定方案后进行;
- 2) 焊缝尺寸不足、凹陷、咬边超标缺陷应用砂轮打磨清除缺陷后补焊;但对于母材厚度大于 60mm 的低合金钢焊缝的补焊焊缝应进行 100% 磁粉探伤检查;
- 3) 超标夹渣、气孔、未焊透缺陷应在确定不连续性的尺寸大小、深度及方位后,用碳刨刨除,并应按工艺规定的要求进行补焊;
- 4) 焊缝过溢或焊瘤缺陷可用磨光机打磨焊缝至与母材圆滑过渡;
- 5) 临时定位焊焊缝应采用碳刨将定位焊缝清除,并用磨光机打磨至与母材平齐。

4 清除焊缝内部缺陷时的刨槽应确保焊接缺陷彻底清除,刨槽的范围应满足返修焊接施工操作,刨槽的两端应具有一定的斜坡,斜坡角度宜为 $30^{\circ} \sim 35^{\circ}$ 。刨槽的表面应修整,并磨除碳刨渗碳层,可采用磁粉或渗透探伤确认无残留缺陷存在。

5 焊接返修宜采用与母材匹配的低氢焊条进行焊接,焊条直径不应大于 4.0mm;或采用原焊接方法及工艺规定补焊,并应比焊缝的原预热温度提高 50°C 。

6 焊接返修时引弧和熄弧的弧坑应填满,多层焊的焊层之间的接头和引熄弧的弧坑应错开。

7 返修焊缝应连续焊接直至完成。当中间中断焊接时,应采取后热、保温等措施,防止产生裂纹。再次焊接前宜采用磁粉或渗透探伤确认无裂纹后再继续焊接。

8 同一部位的焊缝返修不宜超过 2 次,2 次返修后仍不合格

时,应重新制定返修工艺方案,并经焊接技术负责人、监理认可后实施。

8.5 现场焊接

8.5.1 现场焊接在满足本章 8.1~8.4 节要求的同时,还应符合以下规定:

1 现场焊接宜采用抗风性能较好的药芯焊丝 CO_2 气体保护焊或自保护药芯焊丝气体保护焊方法。

2 现场焊接接头处于较高拘束状态下或在环境温度低于 0°C 的条件下进行焊接时,应采取提高接头的预热温度、采用低氢焊接材料等措施进行焊接。

3 从事超高层和大型重要钢结构焊接的焊工,应根据现场焊接接头的形式进行附加考试。

8.5.2 现场焊接工艺流程应符合图 8.5.2 的规定。

8.5.3 现场焊缝焊接顺序应符合以下规定:

1 现场焊接接头应在构件矫正、安装定位后进行焊接。

2 现场焊缝较多时,应先焊拘束度较大而不能自由收缩的焊缝,后焊拘束度较小而能自由收缩的焊缝。

3 框架结构现场接头的焊接顺序应先焊上层梁接头,其次焊下层梁接头,再焊柱间接头,最后焊中层梁焊接接头;平面接头应从中心部位对称向外施焊。

4 单元接头应根据构件截面大小对称施焊。

5 长焊缝宜采取分段退焊,分段长度宜为 400mm~500mm。

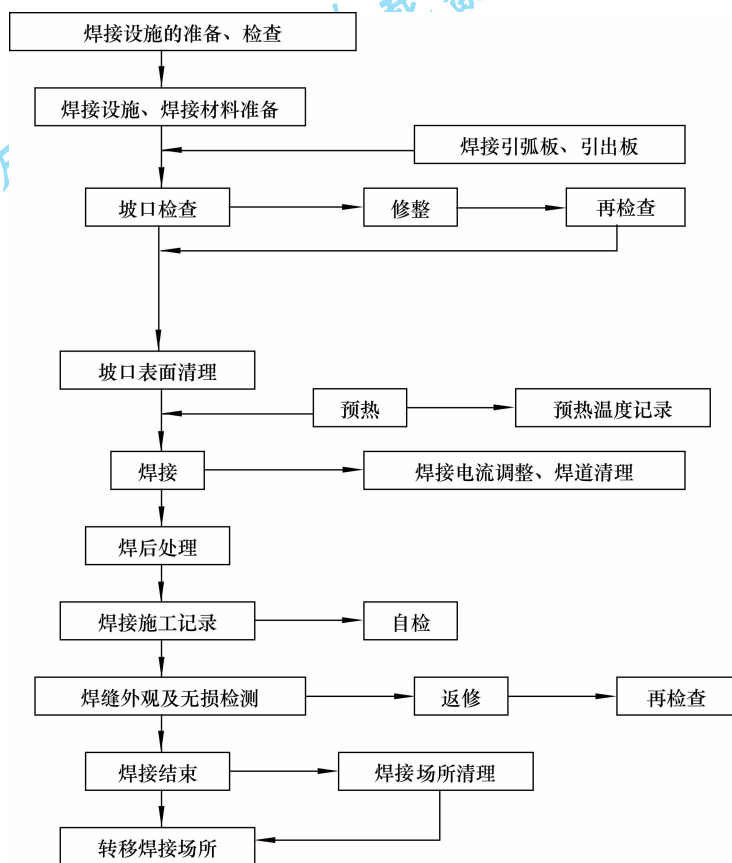


图 8.5.2 现场焊接工艺流程

8.6 焊接质量检验

8.6.1 焊接质量检验应符合以下规定：

1 焊接质量检验应根据合同文件规定的质量要求、技术规范要求、钢结构所承受的载荷性质以及施工图纸规定的焊缝质量

等级要求编制检验和试验计划,并按计划进行检验。

2 焊接质量检查应包括下述内容:

- 1) 所用钢材及焊接材料应进行检查,其规格、型号、材质以及外观应符合图纸和相关规程、标准的要求;
- 2) 焊工合格证书及认可的施焊范围应进行检查;
- 3) 焊工应按照焊接工艺技术文件及焊接程序要求进行施焊;
- 4) 焊缝尺寸、焊缝外观质量和焊缝内在质量的检测和验收应按设计技术规定的质量等级要求进行。

3 焊缝外观检测应符合以下规定:

- 1) 所有焊缝应冷却到环境温度后再进行外观检测;
- 2) 外观检测可采用目测方式,裂纹的检查应辅以 5 倍放大镜进行;也可采用磁粉探伤或渗透探伤,尺寸的测量应采用焊缝量规、卡规;
- 3) 栓钉焊接接头的外观质量应符合表 8.6.1-1 或 8.6.1-2 的要求。外观质量检验合格后进行打弯抽样检查,当栓钉弯曲至 30° 时,焊缝和热影响区不得有肉眼可见的裂纹,检查数量不应小于栓钉总数的 1% 且不应少于 10 个;

表 8.6.1-1 栓钉焊接接头外观检验合格标准

外观检验项目	合格标准	检验方法
焊缝外形尺寸	360°范围内焊缝饱满 拉弧式栓钉焊:焊缝高 $K_1 \geq 1\text{mm}$; 焊缝宽 $K_2 \geq 0.5\text{mm}$ 电弧焊:最小焊脚尺寸应符合表 8.6.1-2 的规定	目测、钢尺、 焊缝量规
焊缝缺欠	无气孔、夹渣、裂纹等缺欠	目测、放大镜(5 倍)
焊缝咬边	咬边深度 $\leq 0.5\text{mm}$, 且最大长度不得大于 1 倍的栓钉直径	钢尺、焊缝量规
栓钉焊后高度	高度偏差 $\leq \pm 2\text{mm}$	钢尺
栓钉焊后倾斜角度	倾斜角度偏差 $\theta \leq 5^\circ$	钢尺、量角器

表 8.6.1-2 采用电弧焊方法的栓钉焊接接头最小焊脚尺寸 (mm)

栓钉直径	角焊缝最小焊脚尺寸
10,13	6
16,19,22	8
25	10

- 4) 电渣焊、气电立焊接头的焊缝外观成形应光滑,不得有未熔合、裂纹等缺陷;当板厚小于 30mm 时,压痕、咬边深度不得大于 0.5mm;板厚大于或等于 30mm 时,压痕、咬边深度不得大于 1.0mm。

4 焊缝无损检测报告签发人员必须持有现行国家标准《无损检测人员资格鉴定与认证》GB/T 9445 规定的 2 级或 2 级以上资格证书。

5 超声波检测应符合以下规定:

- 1) 超声波检测设备及工艺要求应符合现行国家标准《焊缝无损检测 超声检测 技术、检测等级和评定》GB/T 11345 中的规定;
- 2) 对接及角接接头的检验等级应根据质量要求分为 A、B、C 三级,应根据结构的材质、焊接方法、使用条件及承受载荷的不同,合理选用检验级别;
- 3) 对接及角接接头 A 级检验可采用一种角度的探头在焊缝的单面单侧进行检验,只对能扫查到的焊缝截面进行探测,一般不要求作横向缺欠的检验。母材厚度大于 50mm 时,不得采用 A 级检验。B 级检验应采用一种角度探头在焊缝的单面双侧进行检验,受几何条件限制时,可在焊缝单面、单侧采用两种角度探头(两角度之差大于 15°)进行检验。母材厚度大于 100mm 时,应采用双面双侧检验,受几何条件限制时,可在焊缝双面单侧,采用两种角度探头(两角度之差大于 15°)进行检验,检验应覆盖整个焊缝截面。

条件允许时应作横向缺欠检验。C级检验应采用至少两种角度探头在焊缝的单面双侧进行检验。同时应作两个扫查方向和两种探头角度的横向缺欠检验。母材厚度大于100mm时,应采用双面双侧检验。检查前应将对接焊缝余高磨平,以便探头在焊缝上作平行扫查。焊缝两侧斜探头扫查经过母材部分应用直探头作检查。当焊缝母材厚度不小于100mm,或窄间隙焊缝母材厚度不小于40mm时,应增加串列式扫查(图8.6.1)。

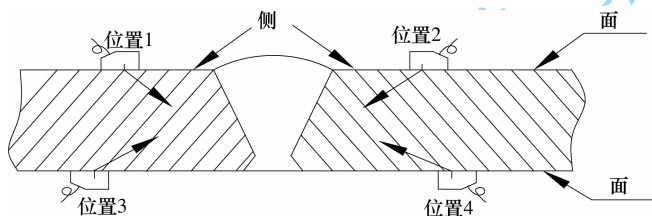


图 8.6.1 超声波检测位置示意

6 抽样检验的结果判定应符合以下规定:

- 1) 抽样检验的焊缝数不合格率小于2%时,该批应验收合格;
- 2) 抽样检验的焊缝数不合格率大于5%时,该批应验收不合格;
- 3) 除本款第5)项情况外,抽样检验的焊缝数不合格率为2%~5%时,应加倍抽检,且必须在原不合格部位两侧的焊缝延长线各增加一处,在所有抽检焊缝中不合格率不大于3%时,该批应验收合格,大于3%时,该批应验收不合格;
- 4) 当批量验收不合格时,应对该批余下焊缝的全数进行检验;
- 5) 当检验出1处裂纹缺陷时,应加倍抽查,在加倍抽检焊缝中未检查出其他裂纹缺陷时,该批验收合格;当检验

出多于 1 处裂纹缺陷或加倍抽查又发现裂纹缺陷时,该批验收不合格,应对该批余下焊缝的全数进行检查。

7 所有检查出的不合格焊缝应按规定进行返修。

8.6.2 承受静荷载结构焊接质量的检验应符合以下规定:

1 焊缝外观质量应满足表 8.6.2-1 的规定。

表 8.6.2-1 焊缝外观质量要求

焊缝质量等级 检验项目	一级	二级	三级
裂纹	不允许		
未焊满	不允许	$\leq 0.2\text{mm} + 0.02t$ 且 $\leq 1\text{mm}$, 每 100mm 长度焊缝内未焊满累积长度 $\leq 25\text{mm}$	$\leq 0.2\text{mm} + 0.04t$ 且 $\leq 2\text{mm}$, 每 100mm 长度焊缝内未焊满累积长度 $\leq 25\text{mm}$
根部收缩	不允许	$\leq 0.2\text{mm} + 0.02t$ 且 $\leq 1\text{mm}$, 长度不限	$\leq 0.2\text{mm} + 0.04t$ 且 $\leq 2\text{mm}$, 长度不限
咬边	不允许	深度 $\leq 0.05t$ 且 $\leq 0.5\text{mm}$, 连续长度 $\leq 100\text{mm}$, 且焊缝 两侧咬边总长 $\leq 10\%$ 焊缝 全长	深度 $\leq 0.1t$ 且 $\leq 1\text{mm}$, 长度 不限
电弧擦伤	不允许		允许存在个别电弧擦伤
接头不良	不允许	缺口深度 $\leq 0.05t$ 且 $\leq 0.5\text{mm}$, 每 1000mm 长度焊缝 内不得超过 1 处	缺口深度 $\leq 0.1t$ 且 $\leq 1\text{mm}$, 每 1000mm 长度焊缝内不 得超过 1 处
表面气孔	不允许		每 50mm 长度焊缝内允许存 在直径 $< 0.4t$ 且 $\leq 3\text{mm}$ 的气 孔 2 个; 间距应 ≥ 6 倍孔径
表面夹渣	不允许		深 $\leq 0.2t$, 长 $\leq 0.5t$ 且 $\leq 20\text{mm}$

注: t 为接头较薄件母材厚度。

2 焊缝外观尺寸应符合以下规定：

- 1) 对接与角接组合焊缝(图 8.6.2),加强角焊缝尺寸 h_f 不应小于 $t/4$ 且不应大于 10mm,允许偏差为 $h_f^{+0.4}_0$;对于加强角焊缝尺寸 h_f 大于 8.0mm 的角焊缝其局部焊脚尺寸允许低于设计要求值 1.0mm,但总长度不得超过焊缝长度的 10%;焊接 H 形梁腹板与翼缘板的焊缝两端在其两倍翼缘板宽度范围内,焊缝的焊脚尺寸不得低于设计要求值;

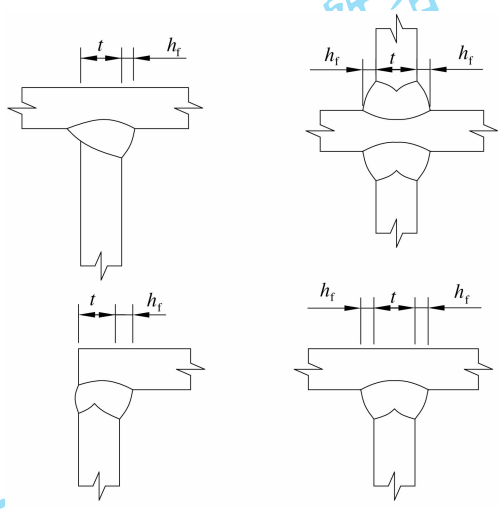
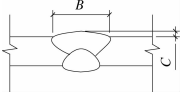
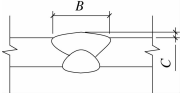
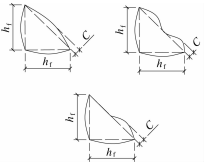
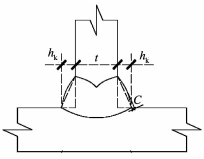


图 8.6.2 对接与角接组合角焊缝示意

- 2) 对接焊缝与角焊缝余高及错边应符合表 8.6.2-2 的规定。

表 8.6.2-2 焊缝余高和错边允许偏差(mm)

序号	项目	示意图	允许偏差	
			一、二级	三级
1	对接焊缝余高(C)		$B < 20$ 时, C 为 $0 \sim 3$; $B \geq 20$ 时, C 为 $0 \sim 4$	$B < 20$ 时, C 为 $0 \sim 3.5$; $B \geq 20$ 时, C 为 $0 \sim 5$
2	对接焊缝错边(Δ)		$\Delta < 0.1t$ 且 ≤ 2.0	$\Delta \leq 0.15t$ 且 ≤ 3.0
3	角焊缝余高(C)		$h_f \leq 6$ 时 C 为 $0 \sim 1.5$; $h_f > 6$ 时 C 为 $0 \sim 3.0$	
4	对接和角接组合焊缝余高(C)		$h_k \leq 6$ 时 C 为 $0 \sim 1.5$; $h_k > 6$ 时 C 为 $0 \sim 3.0$	

注: t 为对接接头较薄件母材厚度。

3 无损检测应符合以下规定:

- 1) 无损检测应在外观检测合格后进行。按现行国家标准《钢结构焊接规范》GB 50661 中规定属于Ⅲ、Ⅳ类钢材及焊接难度等级为 C、D 级的结构应以焊接完成 24h 后无损检测结果作为验收依据;当钢材标称屈服强度不小于 690MPa 或供货状态为调质状态时,应以焊接完成 48h 后无损检测结果作为验收依据;
- 2) 一级焊缝应进行 100% 的检测,其合格等级不应低于表

8.6.2-3 中 B 级检验的Ⅱ级或Ⅱ级以上要求；二级焊缝应进行抽检，抽检比例应不小于 20%，其合格等级不应低于表 8.6.2-3 中 B 级检测的Ⅲ级或Ⅲ级以上要求；三级焊缝应根据设计要求进行相关的无损检测；

表 8.6.2-3 超声波探伤缺欠等级评定

评定等级	检验等级		
	A	B	C
	板厚 t (mm)		
	3.5~50	3.5~150	3.5~150
I	$2t/3$ ；最小 8mm	$t/3$ ；最小 6mm 最大 40mm	$t/3$ ；最小 6mm 最大 40mm
Ⅱ	$3t/4$ ；最小 8mm	$2t/3$ ；最小 8mm 最大 70mm	$2t/3$ ；最小 8mm 最大 50mm
Ⅲ	t ；最小 16mm	$3t/4$ ；最小 12mm 最大 90mm	$3t/4$ ；最小 12mm 最大 75mm
Ⅳ	超过Ⅲ级者		

3) 二级焊缝检测比例的计数方法应按以下原则确定：工厂制作焊缝按照焊缝长度计算百分比，且探伤长度不小于 200mm；当焊缝长度小于 200mm 时，应对整条焊缝探伤；现场安装焊缝应按照同一类型、同一施焊条件的焊缝条数计算百分比，且不应少于 3 条焊缝。

4 超声波检测应符合以下规定：

1) 检验灵敏度应符合表 8.6.2-4 距离-波幅曲线的要求；

表 8.6.2-4 距离-波幅曲线

厚度(mm)	判废线(dB)	定量线(dB)	评定线(dB)
3.5~150	$\varphi 3 \times 40$	$\varphi 3 \times 40-6$	$\varphi 3 \times 40-14$

- 2) 缺欠等级评定应符合表 8.6.2-3 的规定；
- 3) 当检测板厚在 3.5mm~8mm 范围时，其超声波检测的技术参数应按现行行业标准《钢结构超声波探伤及质量分级法》JG/T 203 执行；
- 4) 焊接球节点空间格构结构、螺栓球节点空间格构结构及圆管 T、K、Y 节点焊缝的超声波探伤方法及缺陷分级应符合现行行业标准《钢结构超声波探伤及质量分级法》JG/T 203 的规定，并按照附录 E 要求进行；
- 5) 箱形构件隔板电渣焊缝无损检测，除应符合本条第 3 款的相关规定外，还应按附录 D 进行焊缝焊透宽度、焊缝偏移检测；
- 6) 当对超声波探伤检测结果有疑义时，可采用射线探伤进行检测、验证；
- 7) 发现钢板有夹层缺欠，翼、腹板厚度大于等于 20mm，非厚度方向性能钢板以或腹板厚度大于翼缘板的节点，且垂直于该翼板厚度方向的工作应力较大情况时，宜在焊前用超声波探伤方法对焊接坡口两侧钢板和 T 形、十字形接头焊缝处的翼板或在焊后进行翼板的层状撕裂检测。

5 射线探伤应符合现行国家标准《金属熔化焊焊接接头射线照相》GB/T 3323 的规定，射线照相的质量等级应符合 B 级的要求。一级焊缝评定合格等级不应低于 II 级要求，二级焊缝评定合格等级不应低于 III 级要求。

6 表面检测应符合以下规定：

- 1) 外观检测发现裂纹时，应对该批中同类焊缝进行 100% 的表面检测；外观检测怀疑有裂纹时，应对怀疑的部位进行表面检测；
- 2) 铁磁性材料应采用磁粉探伤进行表面缺欠检测。确因结构原因或材料原因不能使用磁粉探伤时，可采用渗透探伤。

7 磁粉探伤应符合现行行业标准《无损检测 焊缝磁粉检测》JB/T 6061 的规定,合格标准应符合本条中外观检测的有关规定。

8 渗透探伤应符合现行行业标准《无损检测 焊缝渗透检测》JB/T 6062 的规定,合格标准应符合本条中外观检测的有关规定。

8.6.3 需疲劳验算结构的焊缝质量检验应符合下列规定:

1 焊缝外观质量应无裂纹、未熔合、夹渣、弧坑未填满及超过表 8.6.3-1 规定的缺欠。

表 8.6.3-1 焊缝外观质量要求

焊缝质量等级 检验项目	一级	二级	三级
裂纹	不允许		
未焊满	不允许	$\leq 0.2\text{mm} + 0.02t$ 且 $\leq 1\text{mm}$, 每 100mm 长度焊缝内未焊 满累积长度 $\leq 25\text{mm}$	
根部收缩	不允许	$\leq 0.2\text{mm} + 0.02t$ 且 $\leq 1\text{mm}$, 长度不限	
咬边	不允许	$\leq 0.05t$ 且 $\leq 0.3\text{mm}$, 连 续长度 $\leq 100\text{mm}$, 且焊缝 两侧咬边总长 $\leq 10\%$ 焊 缝全长	深度 $\leq 0.1t$ 且 $\leq 0.5\text{mm}$, 长度不限
电弧擦伤	不允许	不允许	允许存在个别电弧擦伤
接头不良	不允许	不允许	缺口深度 $\leq 0.05t$ 且 $\leq 0.5\text{mm}$, 每 1000mm 长度 焊缝内不得超过 1 处
表面气孔	不允许	不允许	直径 $< 1.0\text{mm}$, 每米不多 于 3 个, 间距 $\geq 20\text{mm}$
表面夹渣	不允许	不允许	深 $\leq 0.2t$, 长 $\leq 0.5t$ 且 $\leq 20\text{mm}$

注:1 t 为接头较薄件母材厚度。

2 桥面板与弦杆角焊缝、桥面板与 U 形肋角焊缝(桥面板侧)、竖向加劲肋角焊缝(腹板侧受拉区)的咬边缺欠应满足一级焊缝的质量要求。

2 焊缝的外观尺寸应符合表 8.6.3-2 的规定。

表 8.6.3-2 焊缝外观尺寸要求 (mm)

项目	焊缝种类	质量标准
焊脚尺寸	主要角焊缝 (包括对接角接组合焊缝)	$h_f^{+2.0}_0$
	其他角焊缝	$h_f^{+2.0^a}_{-1.0}$
焊缝高低差	角焊缝	$\leq 2.0\text{mm}$ (任意 25mm 范围高低差)
余高	对接焊缝	$\leq 2.0\text{mm}$ (焊缝宽 $b \leq 20\text{mm}$)
		$\leq 3.0\text{mm}$ ($b > 20\text{mm}$)
余高铲磨后表面	横向对接焊缝	不高于母材 0.5mm
		不低于母材 0.3mm
		粗糙度 $50\mu\text{m}$

注: a 为焊条电弧焊角焊缝全长的 10% 允许 $h_f^{+3.0}_{-1.0}$ 。

3 无损检测应符合以下规定:

- 1) 无损检测应在外观检查合格后进行。按现行国家标准《钢结构焊接规范》GB 50661 中规定属于 I、II 类钢材及焊接难度等级为 A、B 级的结构的焊缝应以焊接完成 24h 后检测结果作为验收依据, III、IV 类钢及焊接难度等级为 C、D 级的结构应以焊接完成 48h 后的检查结果作为验收依据。
- 2) 板厚不大于 30mm 的对接焊缝除应按本条第 3 款用超声波探伤外, 还须用射线抽探其数量的 10%; 厚度大于 30mm 的对接焊缝除应按本条第 3 款用超声波探伤外, 还应按接头数量的 10% 增加检验等级为 C 级、质量等级为一级的超声波检验。此时焊缝余高应磨平, 使用的探头折射角应有一个为 45° , 探伤范围为焊缝两端各 500mm。焊缝长度大于 1500mm 时, 中部加探 500mm。当发现超标缺欠时应加倍检验。

3) 用射线和超声波两种方法检验的焊缝均达到各自的质量要求时,该焊缝可认为合格。

4 超声波检测应符合以下规定:

1) 检测范围和检验等级应符合表 8.6.3-3 的规定。

表 8.6.3-3 焊缝超声波探伤范围和检验等级

焊缝质量级别	探伤比例	探伤部位	板厚 $t(\text{mm})$	检验等级
一、二级横向对接焊缝	100%	全长	$10 \leq t \leq 46$	B
			$46 < t \leq 80$	B(双面双侧)
二级纵向对接焊缝	100%	焊缝两端 1000mm	$10 \leq t \leq 46$	B
			$46 < t \leq 80$	B(双面双侧)
二级角焊缝	100%	两端螺栓孔部位并延长 500mm,板梁主梁及纵、横梁跨中加探 1000mm	$10 \leq t \leq 46$	B(双面单侧)
			$46 < t \leq 80$	B(双面单侧)

2) 距离-波幅曲线及缺欠等级评定应符合表 8.6.3-4 及 8.6.3-5 的规定。

表 8.6.3-4 超声波探伤距离-波幅曲线灵敏度

焊缝质量等级		板厚(mm)	判废线	定量线	评定线
对接焊缝 一、二级		$10\leq t\leq 46$	$\varphi 3\times 40-6\text{dB}$	$\varphi 3\times 40-14\text{dB}$	$\varphi 3\times 40-20\text{dB}$
		$46< t\leq 80$	$\varphi 3\times 40-2\text{dB}$	$\varphi 3\times 40-10\text{dB}$	$\varphi 3\times 40-16\text{dB}$
全焊透对接、角接 组合焊缝一级		$10\leq t\leq 80$	$\varphi 3\times 40-4\text{dB}$	$\varphi 3\times 40-10\text{dB}$	$\varphi 3\times 40-16\text{dB}$
		$\varphi 6$	$\varphi 3$	$\varphi 2$	
角焊缝 二级	部分焊透对接、 角接组合焊缝	$10\leq t\leq 80$	$\varphi 3\times 40-4\text{dB}$	$\varphi 3\times 40-10\text{dB}$	$\varphi 3\times 40-16\text{dB}$
	贴角焊缝	$10\leq t\leq 25$	$\varphi 1\times 2$	$\varphi 1\times 2-6\text{dB}$	$\varphi 1\times 2-12\text{dB}$
		$25< t\leq 80$	$\varphi 1\times 2+4\text{dB}$	$\varphi 1\times 2-4\text{dB}$	$\varphi 1\times 2-10\text{dB}$

注:1 角焊缝超声波探伤采用铁路钢桥制造专用柱孔标准试块或与其校准过的其他孔形试块。

2 $\varphi 6$ 、 $\varphi 3$ 、 $\varphi 2$ 表示纵波探伤的平底孔参考反射体尺寸。

表 8.6.3-5 超声波探伤缺欠等级评定

焊缝质量等级	板厚 t (mm)	单个缺欠指示长度	多个缺欠的累计指示长度
对接焊缝一级	$10 \leq t \leq 80$	$t/4$, 最小可为 8mm	在任意 $9t$, 焊缝长度范围不超过 t
对接焊缝二级	$10 \leq t \leq 80$	$t/2$, 最小可为 10mm	在任意 $4.5t$ 焊缝长度范围不超过 t
全焊透对接、角接组合焊缝一级	$10 \leq t \leq 80$	$t/3$, 最小可为 10mm	/
角焊缝二级	$10 \leq t \leq 80$	$t/2$, 最小可为 10mm	/

注:1 母材板厚不同时,按较薄板评定。

2 缺欠指示长度小于 8mm 时,按 5mm 计。

- 5 焊缝的射线检测应符合现行国家标准《金属熔化焊焊接接头射线照相》GB/T 3323 的规定;射线照相质量等级为 B 级,焊缝内部质量为 II 级。
- 6 磁粉探伤应符合现行行业标准《无损检测 焊缝磁粉检测》JB/T 6061 的规定,合格标准应符合本节中外观检验的有关规定。
- 7 渗透探伤应符合现行行业标准《无损检测 焊缝渗透检测》JB/T 6062 的规定,合格标准应符合本节中外观检测的有关规定。

9 紧固件连接

9.1 一般规定

9.1.1 构件的紧固件连接节点和拼接接头,应在节点或接头安装检验合格后进行紧固施工。

9.1.2 高强度螺栓连接副应按批配套进场,并应附有出厂质量保证书。高强度螺栓连接副应在同批内配套使用。

9.1.3 经验收合格的紧固件连接节点与拼接接头,应按设计文件的规定进行防腐和防火涂装。接触腐蚀性介质的接头应采用防腐腻子等材料封闭。

9.2 连接件加工及摩擦面处理

9.2.1 连接件螺栓孔应按本规程第 6 章的有关规定进行加工。螺栓孔孔距超过第 6 章规定的允许偏差时,可采用与母材相匹配的焊条补焊,并应经无损检测合格后重新制孔,每组孔中经补焊重新钻孔的数量不得超过该组螺栓数量的 20%。

9.2.2 高强度螺栓连接处的钢板表面处理方法及除锈等级应符合设计要求。连接处钢板表面应平整、无焊接飞溅、无毛刺、无油污。经处理后的摩擦型高强度螺栓连接的摩擦面抗滑移系数应符合设计要求。

9.2.3 高强度螺栓连接处的摩擦面可根据设计抗滑移系数的要求选择处理工艺,抗滑移系数必须满足设计要求。采用手工砂轮打磨时,打磨方向应与受力方向垂直,且打磨范围应不小于螺栓孔径的 4 倍。

9.2.4 经处理后的摩擦面应采取防止沾染脏物和油污的保护措施,严禁在高强度螺栓连接处摩擦面上做标记。

9.2.5 钢结构制作和安装单位应按现行国家标准《钢结构工程施工质量验收规范》GB 50205 和行业标准《钢结构高强度螺栓连接技术规程》JGJ 82 的规定,分别进行高强度螺栓连接摩擦面的抗滑移系数试验和复验,现场处理的构件摩擦面应单独进行摩擦面抗滑移系数试验,其结果应符合设计要求。当高强度螺栓连接节点按承压型连接或张拉型连接进行强度设计时,可不进行摩擦面抗滑移系数的试验。

9.2.6 摩擦面的抗滑移系数应按下列规定进行检验:

1 制造厂和安装单位应分别以钢结构制造批为单位进行抗滑移系数检验。检验批可按分部工程或子分部工程所含高强度螺栓用量划分:每 5 万个高强度螺栓用量的钢结构为一批,不足 5 万个高强度螺栓用量的钢结构视为一批。选用含有涂层摩擦面的两种及两种以上表面处理工艺时,每种处理工艺均需检验抗滑移系数,每批 3 组试件。

2 抗滑移系数试验用的试件应由制造厂加工,试件与所代表的钢结构构件应为同一材质、同批制作、采用同一摩擦面处理工艺、具有相同的表面或涂层状态,应在同一环境条件下存放。

3 抗滑移系数试件宜采用双摩擦面的 2 栓拼接拉力试件(图 9.2.6),钢板厚度 $2t_2 \geq t_1$;试件的设计应保证摩擦面在滑移之前,试件钢板的净截面处于弹性状态。

4 抗滑移系数应在拉力试验机上进行并测出其滑移荷载,试验时,试件的轴线应与试验机夹具中心严格对中。

5 抗滑移系数 μ 应按式(9.2.6)计算,抗滑移系数 μ 的计算结果应精确到小数点后 2 位,高强度螺栓预拉力实测值 P_i 误差应小于或等于 2%,试验时应控制在预拉力值 P 的 0.95~1.05 倍之间。

$$\mu = \frac{N}{n_t \cdot \sum P_i} \quad (9.2.6)$$

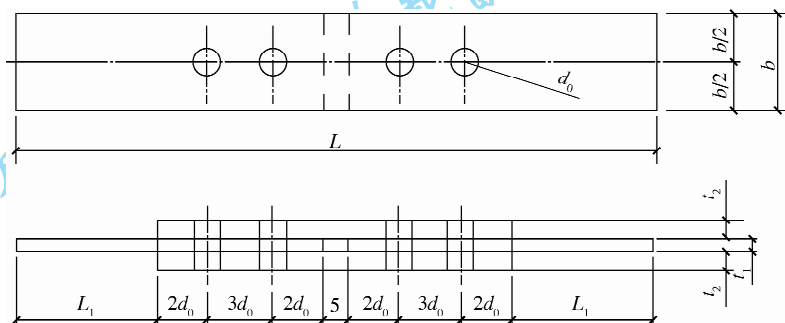


图 9.2.6 抗滑移系数试件

式中： N ——滑移荷载；

n_f ——传力摩擦面数目， $n_f=2$ ；

P_t ——高强度螺栓预拉力实测值；

$\sum P_t$ ——强度与试件滑移荷载一侧对应的高强度螺栓预拉力之和。

6 抗滑移系数检验的最小值严禁小于设计规定值。当不符合上述规定时，构件摩擦面应重新处理，处理后的构件摩擦面应按规定重新检验。

9.3 普通螺栓连接

9.3.1 普通螺栓可使用普通扳手紧固，螺栓头和螺母应与构件的表面及垫圈密贴。普通螺栓紧固应从中间对称向两侧施拧，大型节点宜采用初拧、复拧的方式紧固。

9.3.2 普通螺栓作为永久性连接螺栓时，紧固连接应符合下列规定：

1 螺栓头和螺母侧应分别放置平垫圈，螺栓头侧放置的垫圈不应多于 2 个，螺母侧放置的垫圈不应多于 1 个。

2 承受动力荷载或重要部位的螺栓连接，设计有防松动要

求时,应采取有防松动装置的螺母或弹簧垫圈,弹簧垫圈应放置在螺母侧。

3 对工字钢、槽钢等有斜面的螺栓连接,宜采用斜垫圈。

4 同一连接接头螺栓数量不应少于 2 个。

5 螺栓紧固后外露丝扣不应少于 2 扣,紧固质量检验可采用锤敲检验。

9.3.3 连接薄钢板采用的自攻钉、拉铆钉、射钉等,其规格尺寸应与被连接板相匹配,其间距、边距应符合设计要求。钢拉铆钉和自攻螺钉的钉头部分应靠在较薄的板件一侧。自攻螺钉、钢拉铆钉、射钉等应与连接钢板应紧固密贴,外观应排列整齐。

9.3.4 自攻螺钉(非自攻自钻螺钉)连接板上的预制孔径 d_0 应符合下列公式要求:

$$d_0 = 0.7d + 0.2t_t \quad (9.3.4-1)$$

$$\text{且} \quad d_0 \leq 0.9d \quad (9.3.4-2)$$

式中: d ——自攻螺钉的公称直径(mm);

t_t ——连接板的总厚度(mm)。

9.3.5 射钉施工时,穿透深度应小于 10mm。

9.4 高强度螺栓连接

9.4.1 高强度大六角头螺栓连接副的使用组合应按表 9.4.1 的规定。

表 9.4.1 高强度大六角头螺栓连接副组合

螺栓	螺母	垫圈
10.9s	10H	HRC35~45
8.8s	8H	HRC35~45

9.4.2 高强度螺栓连接副的规格应按使用部位领取和使用,同时应建立发放领取的档案台账,严禁将已使用过的高强度螺栓连接副再用作永久性高强度螺栓连接副。高强度螺栓连接副的保管时间不应超过 6 个月,当保管时间超过 6 个月时,必须按本规程第 5.7.4 条规定重新进行扭矩系数或紧固轴力的试验,试验合格后再使用。

9.4.3 高强度螺栓长度 l 应保证在终拧后螺栓外露丝扣为 2 扣~3 扣,并按下式计算:

$$l = l' + \Delta l \quad (9.4.3)$$

式中: l' ——连接板层总厚度(mm);

Δl ——附加长度(mm), $\Delta l = m + n_w s + 3p$;

m ——高强度螺母公称厚度(mm);

n_w ——垫圈个数;扭剪型高强度螺栓为 1,高强度大六角头螺栓为 2;

s ——高强度垫圈公称厚度(mm);

p ——螺纹的螺距(mm)。

当高强度螺栓公称直径确定之后, Δl 可按表 9.4.3 取值。但采用大圆孔或槽孔时,高强度垫圈公称厚度 s 应按实际厚度取值。根据式(9.4.3)计算出的螺栓长度应按修约间隔 5mm 进行修约,修约后的长度为螺栓公称长度。

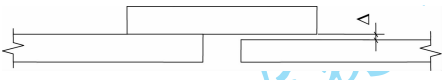
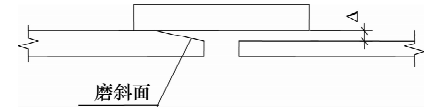
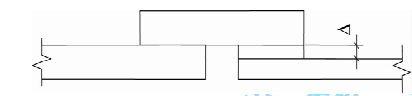
表 9.4.3 高强度螺栓附加长度 Δl (mm)

螺栓公称直径	M12	M16	M20	M22	M24	M27	M30
高强度螺母公称厚度	12.0	16.0	20.0	22.0	24.0	27.0	30.0
高强度垫圈公称厚度	3.00	4.00	4.00	5.00	5.00	5.00	5.00
螺纹的螺距	1.75	2.00	2.50	2.50	3.00	3.00	3.50
高强度大六角头螺栓附加长度	23.0	30.0	35.5	39.5	43.0	46.0	50.5
扭剪型高强度螺栓附加长度	—	26.0	31.5	34.5	38.0	41.0	45.5

9.4.4 高强度螺栓连接处摩擦面采用喷砂(丸)后生赤锈处理方法时,安装前应以细钢丝刷除去摩擦面上的浮锈,去除方向应垂直于构件受力方向。

9.4.5 高强度螺栓连接板摩擦面的接触面间隙,应按表 9.4.5 的规定进行处理。

表 9.4.5 接触面间隙处理

项目	示意图	处理方法
1		$\Delta < 1.0\text{mm}$ 时不予处理
2		$\Delta = (1.0 \sim 3.0)\text{mm}$ 时将厚板一侧磨成 1 : 10 缓坡,使间隙小于 1.0mm
3		$\Delta > 3.0\text{mm}$ 时加垫板,垫板厚度不小于 3mm,最多不超过 3 层,垫板材质和摩擦面处理方法应与构件相同

9.4.6 高强度螺栓连接安装时,应在每个节点上穿入临时螺栓和冲钉,数量由安装时承担的荷载计算确定,并应符合下列规定:

- 1 数量不得少于安装总数的 1/3。
- 2 数量不得少于 2 个临时螺栓。
- 3 冲钉穿入数量不宜多于临时螺栓的 30%。

9.4.7 安装过程中不得使用螺纹损伤及沾染脏物的高强度螺栓连接副,严禁用高强度螺栓兼作临时螺栓。

9.4.8 高强度螺栓应在构件安装精度调整后进行拧紧,其穿入

方向应一致。高强度螺栓连接副组装时,螺母带圆台面的一侧应朝向垫圈有倒角的一侧。对于高强度大六角头螺栓连接副组装时,螺栓头下垫圈有倒角的一侧应朝向螺栓头。

9.4.9 安装高强度螺栓时,严禁强行穿入。当不能自由穿入时,该孔应用铰刀进行修整,修整后孔的最大直径不应大于 1.2 倍螺栓直径,且修孔数量不应超过该节点螺栓数量 25%。修孔前应将四周螺栓全部拧紧,并使板迭密贴后再进行铰孔。严禁气割扩孔。

9.4.10 按标准孔型设计的孔,当修整后孔的最大直径超过 1.2 倍螺栓直径或修孔数量超过该节点螺栓数量 25%时,应在修整前征得设计单位同意。扩孔后的孔型尺寸应作记录,并提交设计单位,按大圆孔、槽孔等扩大孔型进行折减后复核计算。

9.4.11 高强度螺栓安装时,构件的摩擦面应保持干燥,不得在雨中作业。

9.4.12 高强度大六角头螺栓连接副施拧时可采用扭矩法或转角法,拧紧时,应只在螺母上施加扭矩。

9.4.13 高强度大六角头螺栓施工所用的扭矩扳手,班前必须校正,其扭矩相对误差不得超过 $\pm 5\%$ 。校正用的扭矩扳手,其扭矩相对误差不得超过 $\pm 3\%$ 。

9.4.14 高强度大六角头螺栓的施工终拧扭矩可由下式计算确定:

$$T_c = k P_c d \quad (9.4.14)$$

式中: d ——高强度螺栓公称直径(mm);

k ——高强度螺栓连接副的扭矩系数平均值,该值取 0.110~0.150;

P_c ——高强度螺栓施工预拉力(kN),按表 9.4.14 取值;

T_c ——施工终拧扭矩(N·m)。

表 9.4.14 高强度大六角头螺栓施工预拉力 (kN)

螺栓性能等级	螺栓公称直径						
	M12	M16	M20	M22	M24	M27	M30
8.8s	50	90	140	165	195	255	310
10.9s	60	110	170	210	250	320	390

9.4.15 高强度大六角头螺栓连接副的拧紧应分为初拧、终拧，大型节点应在初拧和终拧间增加复拧。初拧扭矩和复拧扭矩可取终拧扭矩的 50%。初拧或复拧后的高强度螺栓应用颜色在螺母上标记。高强度大六角头螺栓连接副的终拧应按本规程第 9.4.14 条规定的终拧扭矩值进行，终拧后的高强度螺栓应用另一种颜色在螺母上标记。

9.4.16 当采用转角法施工时，高强度大六角头螺栓连接副应按现行行业标准《钢结构高强度螺栓连接技术规程》JGJ 82 的规定对扭矩系数检验合格，且应按本规程第 9.4.15 条的规定进行初拧、复拧。初拧(复拧)后连接副的终拧角度应按表 9.4.16 的规定执行。

表 9.4.16 初拧(复拧)后高强度大六角头螺栓连接副的终拧转角

螺栓长度 L 范围	螺母转角	连接状态
$L \leq 4d$	1/3 圈(120°)	连接形式为一层 芯板加两层盖板
$4d < L \leq 8d$ 或 200mm 及以下	1/2 圈(180°)	
$8d < L \leq 12d$ 或 200mm 以上	2/3 圈(240°)	

注：1 螺母的转角为螺母与螺栓杆之间的相对转角。

2 当螺栓长度 L 超过螺栓公称直径 d 的 12 倍时，螺母的终拧角度应由试验确定。

9.4.17 扭剪型高强度螺栓连接副的拧紧应分为初拧、终拧，大型节点宜在初拧和终拧间增加复拧。初拧扭矩和复拧扭矩值可按式 (9.4.17) 计算或按表 9.4.17 选用。初拧或复拧后的高强度螺栓应用颜色在螺母上标记，并应用专用扳手进行终拧至拧掉螺栓尾部梅花头。对不能用专用扳手进行终拧的扭剪型高强度螺栓，应按本规

程第 9.4.15 条规定的方法进行终拧,扭矩系数可取 0.13。

$$T_0 = 0.065 P_c d \quad (9.4.17)$$

式中: T_0 ——初拧扭矩值(N·m);

P_c ——施工预拉力(kN),按表 9.4.14 取值;

d ——螺栓公称直径(mm)。

表 9.4.17 扭剪型高强度螺栓初拧(复拧)扭矩值(N·m)

螺栓公称直径	M16	M20	M22	M24	M27	M30
初拧扭矩	115	220	300	390	560	760

9.4.18 高强度螺栓在初拧、复拧和终拧时,应由螺栓群中央顺序向外拧紧,并应从接头刚度大的部位向约束小的方向拧紧(图 9.4.18)。螺栓施拧顺序应符合下列规定:

1 一般接头应从接头中心顺序向两端进行(图 9.4.18a)。

2 箱形接头应按 A、C、B、D 的顺序进行(图 9.4.18b)。

3 工字梁接头螺栓群应按①~⑥顺序进行(图 9.4.18c)。

4 工字形柱对接螺栓紧固顺序应为先翼缘板后腹板。

5 两个或多个接头螺栓群的拧紧顺序应为先主要构件接头,后次要构件接头。

6 初拧、终拧应按同一顺序进行。

9.4.19 高强度螺栓和焊接混合用的连接节点,当设计文件无规定时,宜按先螺栓紧固后焊接的施工顺序。

9.4.20 高强度螺栓连接副的初拧、复拧、终拧,宜在 24h 内完成。

9.4.21 高强度大六角头螺栓连接施工紧固质量应符合下列规定:

1 用扭矩法施工时,应进行下列质量检查:

1) 用小锤(约 0.3kg)敲击螺母对高强度螺栓进行普查,不得漏拧;

2) 终拧扭矩应按节点数抽查 10%,且不应少于 10 个节点;对每个被抽查节点应按螺栓数抽查 10%,且不应少于 2 个螺栓;

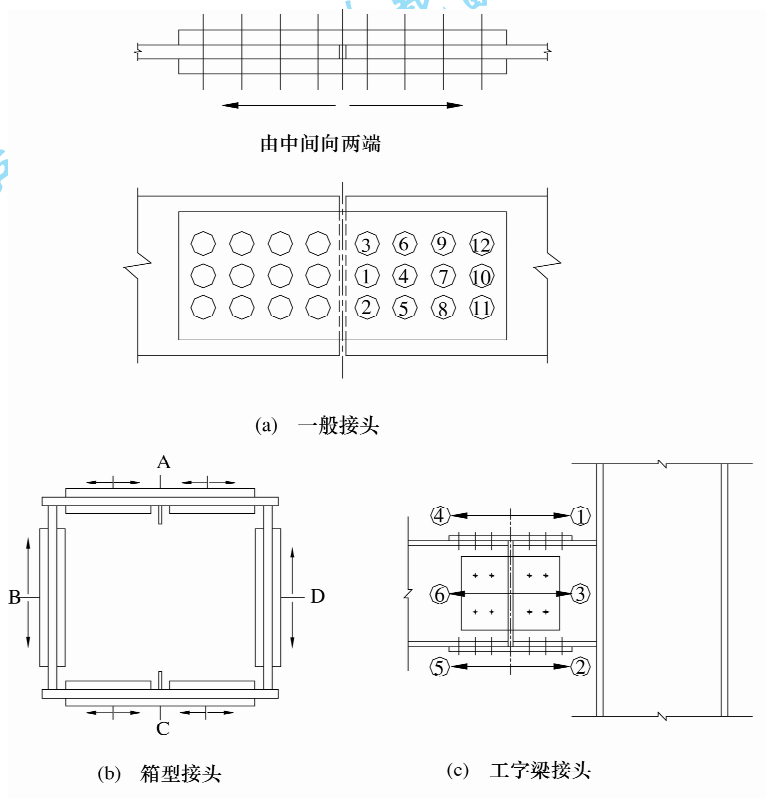


图 9.4.18 常见螺栓连接接头施拧顺序

- 3) 检查时应先在螺杆端面和螺母上画一直线,然后将螺母拧松约 60° ;再用扭矩扳手重新拧紧,使两线重合,测得此时的扭矩应在 $0.9T_{ch} \sim 1.1T_{ch}$ 范围内。 T_{ch} 应按下式计算:

$$T_{ch} = kPd \quad (9.4.21)$$

式中: d ——高强度螺栓公称直径(mm);

k ——扭矩系数;

P ——高强度螺栓预拉力设计值(kN),按现行行业标准《钢

结构高强度螺栓连接技术规程》JGJ 82 中表 3.2.5 取用；

T_{ch} ——检查扭矩(N·m)。

- 4) 发现有不符合规定的,应再扩大 1 倍检查,若仍有不合格者,则整个节点的高强度螺栓应重新施拧;
 - 5) 扭矩检查宜在螺栓终拧 1h 以后、24h 内完成;检查用的扭矩扳手,其相对误差应为 $\pm 3\%$ 。
- 2 用转角法施工时,应进行下列质量检查:

- 1) 检查终拧颜色标记,同时应用约 0.3kg 重小锤敲击螺母对高强度螺栓进行逐个检查;
- 2) 终拧转角应按节点数抽查 10%,且不应少于 10 个节点;对每个被抽查节点按螺栓数抽查 10%,且不应少于 2 个螺栓;
- 3) 在螺杆端面和螺母相对位置画线,然后全部卸松螺母,应再按规定的初拧扭矩和终拧角度重新拧紧螺栓,测量终止线与原终止线画线间的角度,应符合本规程表 9.4.17 的要求,且误差应不大于 $\pm 30^\circ$;
- 4) 发现有不符合规定的,应再扩大 1 倍检查,仍有不合格者,整个节点的高强度螺栓应重新施拧;
- 5) 转角检查宜在螺栓终拧 1h 以后、24h 内完成。

9.4.22 扭剪型高强度螺栓连接副终拧检查,应以目测尾部梅花头拧断为合格。不能用专用扳手拧紧的扭剪型高强度螺栓,应按本规程第 9.4.21 条的规定进行终拧紧固质量检查。

9.4.23 螺栓球节点网架总拼完成后,高强度螺栓与球节点应固定连接,螺栓拧入螺栓球内的螺纹长度不应小于螺栓直径的 1.1 倍,连接处不应出现有间隙、松动等未拧紧情况。

10 管桁架制作

10.1 一般规定

10.1.1 管桁架结构的构件或节点所采用的材料应符合设计和本规程第 5 章的规定。

10.1.2 管桁架结构施工详图中应明确支管搭接顺序、隐蔽焊缝焊接方法以及设计起拱值要求。

10.1.3 大型或复杂管桁架结构宜按本规程第 13 章规定在工厂进行预拼装,预拼装可采用计算机模拟预拼装或实体预拼装。

10.2 杆件加工

10.2.1 杆件接长应符合本规程第 7.2.4、7.2.5 条的规定。

10.2.2 圆钢管接长加工宜采用车床或多维数控相贯线切割机下料、加工坡口,并宜在专用胎架上进行焊接;接头处应设衬管,焊缝应达到一级质量要求。

10.2.3 矩形管的接长加工可采用锯切或气割的方式下料、加工坡口,也可采用仿形切割机进行加工。方钢管的接长加工可采用数控相贯线切割机下料、加工坡口。

10.2.4 圆钢管的平端口加工宜采用车床或数控相贯线切割机下料、加工坡口。矩形管的平端口可采用仿形切割或手工切割下料和加工坡口;方钢管的平端口可采用数控相贯线切割机下料、加工坡口。

10.2.5 圆钢管的相贯线加工宜采用数控相贯线切割机下料、加工坡口,相贯线的坡口应为带有连续渐变角度的光滑坡口。

10.2.6 矩形管的相贯线加工宜采用数控相贯线切割机下料、加工坡口,坡口应连续光滑;不能使用切割机加工的矩形管的相贯线可采用仿形切割或手工气割下料、加工坡口,加工时可按 1:1 放样并制作样板,号料划线后进行切割。

10.2.7 钢管弯曲加工成型后,不应存在裂纹、过烧、分层等缺陷,表面不应有明显皱褶,局部凹凸度不应大于 1mm。

10.2.8 直缝焊接钢管弯曲时,其纵向焊缝宜避开受拉区,可放置在侧面区域。

10.2.9 钢管弯曲宜优先采用冷弯,当冷弯不能满足要求时,可采用热弯,热弯可采用中频弯曲。

10.2.10 钢管冷弯曲时对环境的应符合本规程第 6.3.3 条的规定。

10.2.11 钢管的冷弯宜采用型弯机或液压机等进行弯曲加工;当钢管规格小于 $d550\text{mm}\times 25\text{mm}$ 时,可采用型弯机弯曲,当钢管规格大于 $d550\text{mm}\times 25\text{mm}$ 时可采用大吨位的液压机弯曲。钢管的冷弯曲应根据工艺试验确定回弹量。

10.2.12 中频弯管速度宜为 $100\text{mm}/\text{min}$,弯曲时宜连续进行,中途不宜停顿。

10.2.13 钢管中频弯曲成形后应冷却,对碳素结构钢可采用空气强迫冷却或水冷;对低合金高强度结构钢应采用空气强迫冷却,严禁用水冷却。

10.2.14 在管桁架结构中,直径较大、壁厚较厚的钢管可采用卷制或压制成型方法进行加工,其质量应符合现行国家标准《钢结构工程施工质量验收规范》GB 50205 的规定。

10.2.15 钢管卷制宜采用卷板机沿钢板纵向卷曲成型,并应采用埋弧焊或 CO_2 气体保护焊方法制成管节。钢管的纵向和环向对接焊缝应为全熔透焊缝,并按本规程第 8.6 节要求进行无损检测。

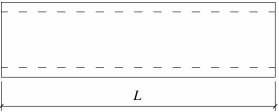
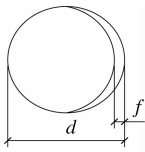
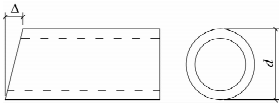
10.2.16 钢管压制宜采用专用生产线沿垂直于钢板轧制方向逐

步折弯成型。压下量、压下力和钢板进给量应根据钢材强度等级、板厚、板宽控制,应保证在压制过程中钢板全长方向的平直度。成型时钢板的送进步长应均匀。

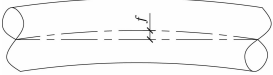
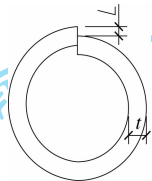
10.2.17 钢管压制成型后应采用埋弧自动焊方法进行纵缝的焊接。

10.2.18 圆钢管加工允许偏差应符合表 10.2.18-1 的要求;矩形管的加工允许偏差应符合表 10.2.18-2 的要求;钢管弯曲加工允许偏差应符合表 10.2.18-3 的要求。

表 10.2.18-1 圆钢管加工允许偏差(mm)

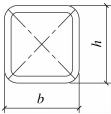
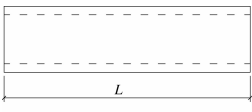
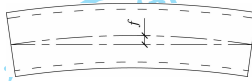
项 目		允许偏差	检验方法	图例
直径	$d \leq 250$	± 1.0	用钢尺和卡尺检查	—
	$d > 250$	$\pm d/250$, 且不大于 ± 4.0		
长度	$L \leq 5000$	± 1.0	用钢尺检查	
	$5000 < L \leq 10000$	± 2.0		
	$L > 10000$	± 3.0		
圆度	$d \leq 250$	1.0	用卡尺和游标卡尺检查	
	$d > 250$	$d/250$, 且 不大于 4.0		
相贯线切口	$d \leq 250$	± 1.0	用套模和游标卡尺检查	—
	$d > 250$	± 2.0		
管端面对管轴线的垂直度		$d/500$, 且 不大于 3.0	用角尺、塞尺和百分表检查	

续表 10.2.18-1

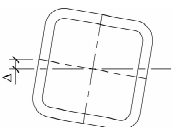
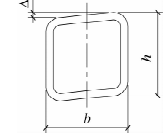
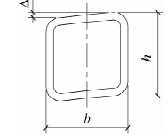
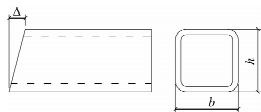
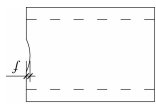
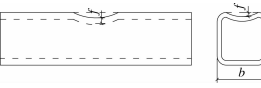
项 目	允许偏差	检验方法	图例
弯曲 矢高	$L/1500$, 且 不应大于 5.0	用拉线、直角尺 和钢尺检查	
对口 错边	$t/10$, 且 不大于 3.0	用焊缝 量规检查	
壁厚	$t/10$	用卡尺检查	—
坡口角度	$0 \sim +5^\circ$	用焊缝量 规检查	—

注: d 为钢管直径; L 为钢管长度; t 为钢管壁厚。

表 10.2.18-2 矩形管加工允许偏差 (mm)

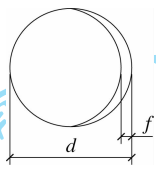
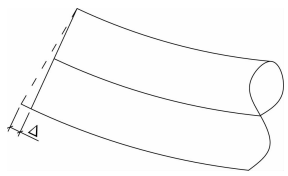
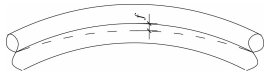
项目		允许偏差 (mm)	检查方法	图例
截面 尺寸	$b(h) \leq 500$	± 2.0	用钢尺检查	
	$b(h) > 500$	± 3.0		
对角线差		3.0	用钢尺检查	—
长度	$L \leq 5000$	± 1.0	用钢尺检查	
	$5000 < L \leq 10000$	± 2.0		
	$L > 10000$	± 3.0		
弯曲矢高		$\leq L/1500$, 且 ≤ 5.0	用拉线和 钢尺检查	

续表 10.2.18-2

项目		允许偏差 (mm)	检查方法	图例
扭曲		$h(b)/250$, 且 ≤ 5.0	用拉线和 钢尺检查	
相贯 线切 口	$b(h) \leq 250$	± 1.0	用套模和游标 卡尺检查	
	$b(h) > 250$	± 2.0		
翼缘 板倾 斜度	$b(h) \leq 400$	1.5	用直尺、角尺 和钢尺检查	
	$b(h) > 400$	3.0		
端面对轴线垂直度		$h(b)/500$, 且 ≤ 3.0	用直尺、角尺 和钢尺检查	
端面局部不平度		1.0	用游标卡尺 检查	
板面 局部 变形	$t < 14$	3.0	用直尺和 钢尺检查	
	$t \geq 14$	2.0		

注: b, h 为矩形管截面尺寸; L 为矩形管长度; t 为矩形管壁厚。

表 10.2.18-3 圆钢管弯曲成型后尺寸允许偏差(mm)

项目		允许偏差 (mm)	检查方法	示意图
直径	$d \leq 250$	± 1.0	用钢尺和卡尺检查	—
	$d > 250$	$\pm d/250$, 且 不大于 ± 4.0		
管口及连接处圆度	$d \leq 250$	1.0	用卡尺和游标卡尺检查	
	$d > 250$	$\pm d/250$, 且 不大于 4.0		
其他处圆度	$d \leq 250$	2.0		
	$d > 250$	$\pm d/125$, 且 不大于 6.0		
管端面对管轴线的垂直度		$d/500$, 且 不大于 3.0	用角尺、塞尺和百分表检查	
弯曲矢高		$L/1500$, 且 不大于 5.0	用拉线、直角尺和钢尺或样板检查	
弯管平面度(扭曲、平面外弯曲)		$L/1500$, 且 不大于 5.0	用水准仪、经纬仪、全站仪检查	—

注: d 为钢管直径; L 为钢管长度。

10.3 组装及预拼装

10.3.1 管桁架结构组装应符合下列规定:

- 1 组装前应对全部组装构件进行检查。

2 胎架应按工艺文件要求制作搭设。胎架设置完成后应在胎架上标注管桁架结构组装用的定位基准线。

3 组装时应按工艺规定的顺序进行组装,对支管相互搭接的节点应严格按施工详图或工艺文件要求的顺序进行组装。

4 在组装时,应根据管桁架结构的焊接收缩变形情况,预放收缩余量;对要求起拱的管桁架结构,应在组装时根据设计要求、焊接变形、自重下挠等情况设定起拱值进行起拱。

5 矩形管桁架结构组装焊接时,应避免在钢管角部进行定位焊或以角部作为焊接的起始或终止点。

10.3.2 管桁架结构的组装方法应根据结构或构件型式、组装场地条件、起重设备能力等确定,宜采用立装法或卧装法。

10.3.3 管桁架结构组装时应按照胎架上的定位基准线进行定位、组装,应先定位主管、后定位支管。

10.3.4 管桁架结构组装质量应符合现行国家标准《钢结构工程施工质量验收规范》GB 50205 的规定。组装尺寸的允许偏差应符合表 10.3.4 的要求。

10.3.5 管桁架结构无法整体出厂时,宜在散件出厂前进行部分或全部构件的预拼装。

10.3.6 管桁架结构预拼装除应符合本规程第 13 章的规定外,还应符合以下要求:

1 管桁架结构的预拼装方法应根据结构或构件型式、预拼装场地条件、起重设备能力等确定,宜采用立装法或卧装法。

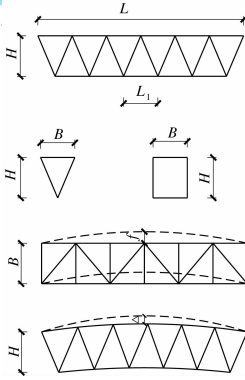
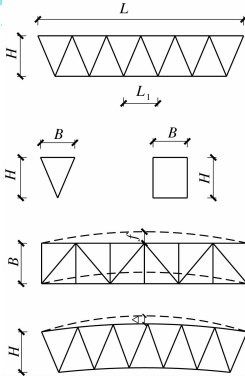
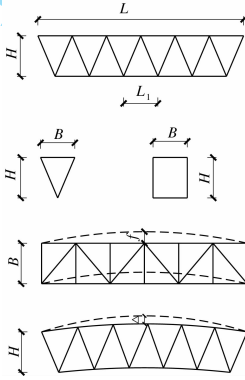
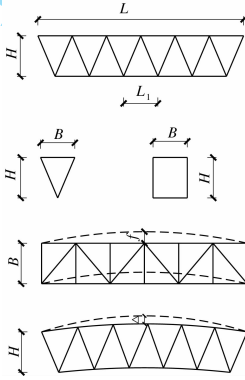
2 预拼装胎架应按工艺文件要求制作,胎架支撑点应设置在管桁架节点位置或附近,便于构件定位和起吊。胎架设置完成后应在胎架上标注预拼装用的定位基准线。

3 对接管口或相贯口预拼装间隙应符合工艺文件的规定,并应预放焊接收缩量。

4 预拼装时对接管口或相贯口可采用临时连接螺栓或定位焊临时固定。预拼装完成后宜对各接口或相贯节点进行标记。

10.3.7 预拼装尺寸的允许偏差应符合表 10.3.4 的要求。

表 10.3.4 管桁架结构预拼装尺寸允许偏差 (mm)

项 目		允许偏差		检查方法	示意图
结构高度 H		$H \leqslant 5000$	± 2.0	用钢尺 检查	
		$H > 5000$	± 3.0		
结构宽度 B		$B \leqslant 5000$	± 2.0		
		$B > 5000$	± 3.0		
节间距离 L_1		$L_1 \leqslant 5000$	± 2.0	划线后用 钢尺检查	
		$L_1 > 5000$	± 3.0		
节点处杆件 轴线错位		$d(b) \leqslant 200$	2.0	用钢尺 检查	
		$d(b) > 200$	3.0		
		长度 L			
$24\text{m} < L \leqslant 80\text{m}$	$+5.0,$ -10.0				
$L > 80\text{m}$	$+10.0,$ -20.0				
侧向弯曲 f		$L/5000$, 且不应大于 20.0		用拉线和 钢尺检查	
拱度 偏差 值 Δ	设计要求 起拱	起拱值的 10%, 且不大于 10.0			
	设计未要 求起拱	起拱值的 $\pm 10\%$, 且不大于 ± 10.0			
对口错边		$t/10$, 且不应大于 3.0		用焊缝 量规检查	

注: d 为钢管直径; b 为杆件截面边长; t 为钢管壁厚。

10.4 节点焊接

10.4.1 管桁架结构节点可采用 T 形、X 形、Y 形、K 形、T-K 形和 T-Y 形(图 10.4.1)。

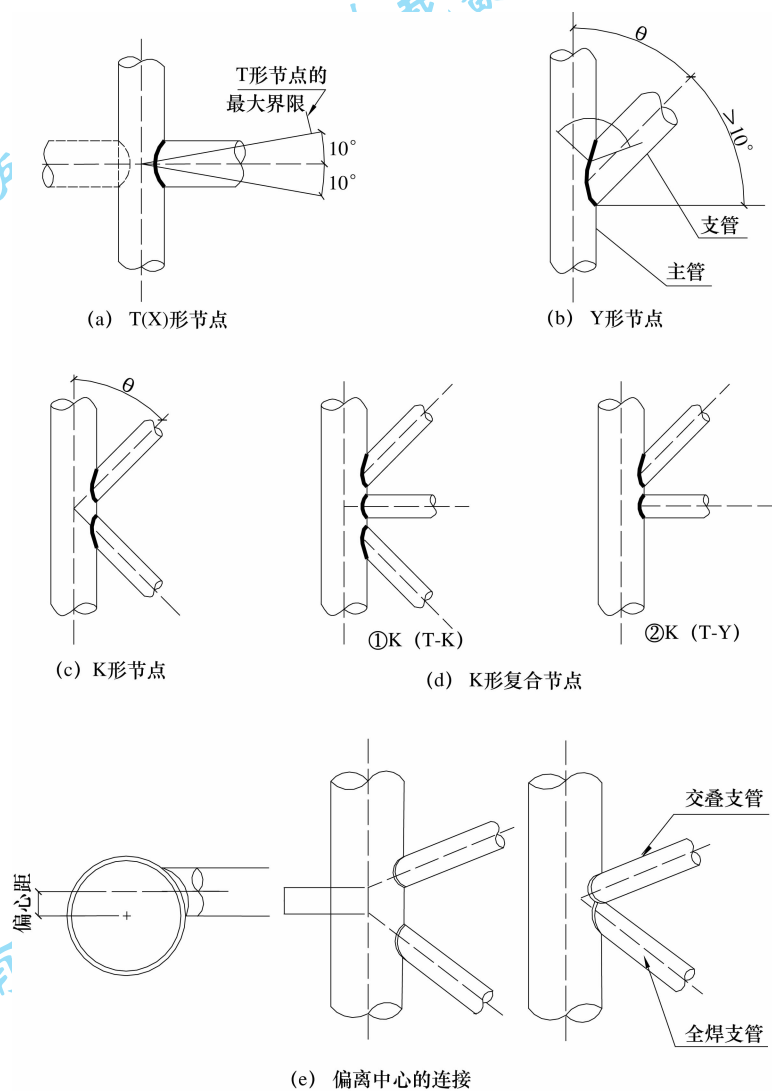


图 10.4.1 管桁架结构节点形式示意

10.4.2 管桁架结构节点构造应符合下列规定：

1 主管的直径不应小于支管的直径，主管的壁厚不应小于支管的壁厚，在支管与主管连接处不宜将支管插入主管内。

2 主管与支管或两支管轴线之间的夹角不宜小于 30° 。

3 支管与主管的连接节点处，除搭接节点外，应避免偏心。

4 支管与主管的连接焊缝应沿全周连续焊接并平滑过渡，焊缝要求应符合设计或现行国家标准《钢结构焊接规范》GB 50661 的规定。

10.4.3 管桁架结构节点处有多根支管搭接时，宜采用如下构造措施：

1 多根钢管搭接时，其搭接顺序应符合下列规定：

1) 直径较大支管作为被搭接管；

2) 管壁较厚支管作为被搭接管；

3) 承受轴心压力的支管作为被搭接管。

2 管壁较薄支管作为被搭接管时，对搭接区的管壁抗弯承载力应进行计算；不能满足强度要求时，搭接部位应考虑加强措施。

3 对不需进行疲劳验算的节点以及抗震设防烈度不大于 7 度地区的节点，被搭接管的隐蔽部位焊缝可不进行焊接。

4 被搭接管隐蔽部位焊缝必须焊接时，可在搭接管上设焊接手孔，在隐蔽部位施焊结束后封闭，或将搭接管在节点附近断开，等隐蔽部位施焊完成后再接上杆件。

10.4.4 管桁架结构 T、Y、K 形相贯节点的焊缝计算厚度 h_e ，应根据局部两面角 Ψ 的大小，按相关节点趾部、侧部、根部各区 and 局部细节(图 10.4.4-1、图 10.4.4-2)计算取值，且应符合下列规定：

1 T、Y、K 形相贯节点全焊透焊缝的计算厚度宜根据各分区的形式及尺寸细节(图 10.4.4-3)计算取值，并应符合表 10.4.4-1 的规定。

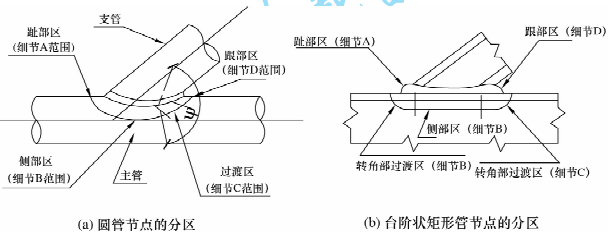


图 10.4.4-1 相贯节点焊缝分区示意

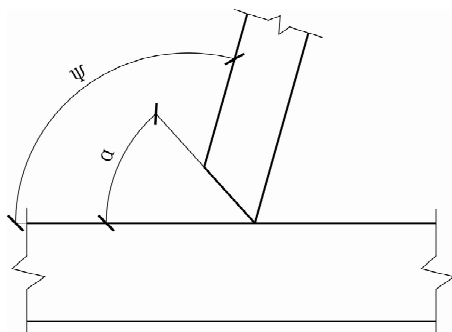


图 10.4.4-2 两面角 Ψ 和坡口角度 α

表 10.4.4-1 圆管 T、K、Y 形相贯节点全焊透焊缝坡口尺寸及计算厚度

坡口尺寸		趾部 $\Psi=180^\circ\sim135^\circ$	侧部 $\Psi=150^\circ\sim50^\circ$	过渡部分 $\Psi=75^\circ\sim30^\circ$	跟部 $\Psi=40^\circ\sim15^\circ$
坡口角度 α	最大	90°	$\Psi\leq 105^\circ: 60^\circ$	40°; Ψ 较大时 60°	—
	最小	45°	37.5°, Ψ 较小时 $1/2\Psi$	$1/2\Psi$	—
支管端部 斜削角度 ω	最大	—	90°	根据所需的 α 值确定	—
	最小		10°或 $\Psi>105^\circ: 45^\circ$	10°	

续表 10.4.4-1

坡口尺寸		趾部 $\Psi=180^\circ\sim135^\circ$	侧部 $\Psi=150^\circ\sim50^\circ$	过渡部分 $\Psi=75^\circ\sim30^\circ$	跟部 $\Psi=40^\circ\sim15^\circ$
根部间隙 b	最大	5mm	气体保护焊: $\alpha>45^\circ$:6mm; $\alpha\leq 45^\circ$:8mm 焊条电弧焊和自保护 电弧焊:6mm	—	—
	最小	1.5mm	1.5mm		
打底焊后 坡口底部 宽度	最大	—	—	焊条电弧焊和自保护电弧焊: $\alpha=25^\circ\sim40^\circ$:3mm; $\alpha=15^\circ\sim25^\circ$:5mm。 气体保护焊: $\alpha=30^\circ\sim40^\circ$:3mm; $\alpha=25^\circ\sim30^\circ$:6mm; $\alpha=20^\circ\sim25^\circ$:10mm; $\alpha=15^\circ\sim20^\circ$:13mm。	
焊缝计算厚度 h_e		$\geq t_b$	$\Psi\geq 90^\circ$ 时, $\geq t_b$; $\Psi<90^\circ$ 时, $\geq \frac{t_b}{\sin\phi}$	$\geq \frac{t_b}{\sin\phi}$, 最大 $1.75t_b$	$\geq 2t_b$
h_L		$\geq \frac{t_b}{\sin\phi}$, 最大 $1.75t_b$	—	焊缝可堆焊 至满足要求	—

注:1 坡口角度 α 小于 30° 时应进行工艺评定。2 由打底焊道保证坡口底部必要的宽度 b' 。

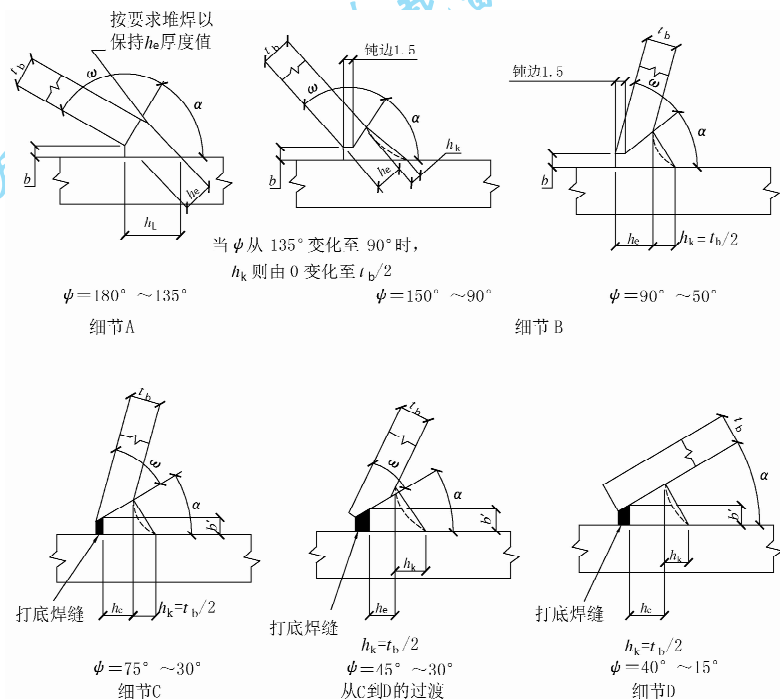


图 10.4.4-3 相贯节点全熔透焊缝各区形式及尺寸

注:1 尺寸 $h_e, h_L, b, b', \psi, \omega, \alpha$ 见表 10.4.4-1。

2 最小标准平直状焊缝剖面形状如实线所示。

3 可采用虚线所示的下凹状剖面形状。

4 支管厚度 t_b 小于16mm。

5 h_k :加强焊脚尺寸。

2 T、Y、K形相贯节点角焊缝的计算厚度宜根据各分区的形式及尺寸细节(图 10.4.4-4)计算取值,并应符合表 10.4.4-2 的规定。

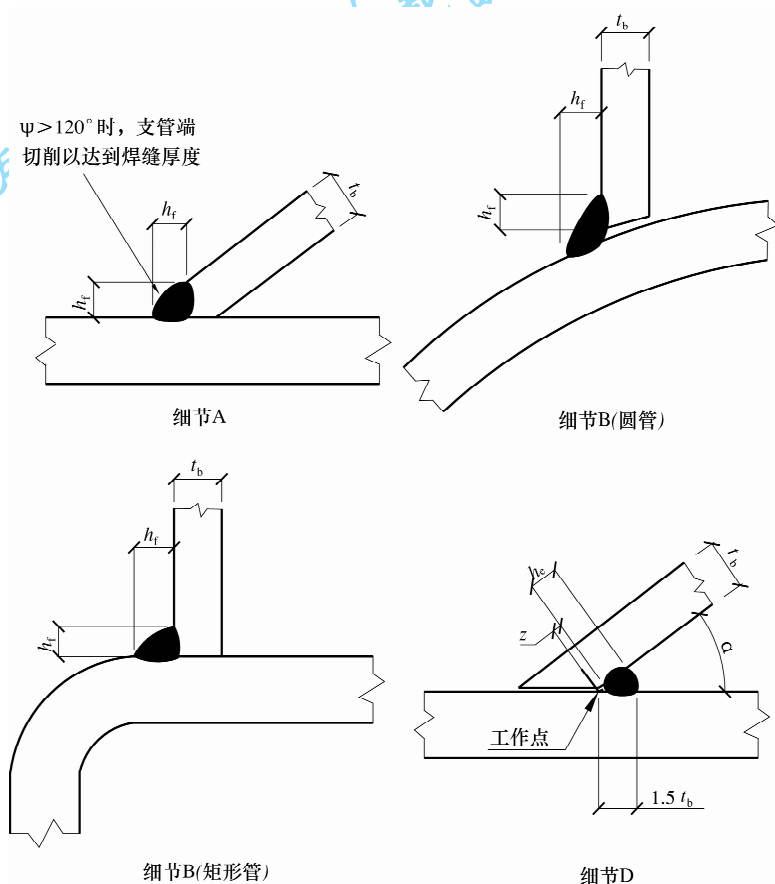


图 10.4.4-4 相贯节点角焊接接头各区形状与尺寸

注: 1 t_b 为较薄件厚度。

2 h_f 为最小焊脚尺寸。

3 根部间隙 $0\text{mm} \sim 5\text{mm} \pm 1.5\text{mm}$ 。

4 α 最小值为 15° , 当 $\alpha < 30^\circ$ 时, 应进行焊接工艺评定; $30^\circ \leq \alpha < 60^\circ$ 时, 焊缝计算厚度应采用表 10.4.4-2 的折减系数 z 。

表 10.4.4-2 T、Y、K 形相贯节点角焊缝的计算厚度

坡口 尺寸		趾 部	侧 部			跟 部	焊缝计算 厚度(h_e)
		$>120^\circ$	$110^\circ\sim120^\circ$	$100^\circ\sim110^\circ$	$\leq 100^\circ$	$<60^\circ$	
h_f	最小	支管端部切斜 t_b	$1.2t_b$	$1.1t_b$	t_b	$1.5t_b$	$0.7t_b$
		支管端部切斜 $1.4t_b$	$1.8t_b$	$1.6t_b$	$1.4t_b$	$1.5t_b$	t_b
		支管端部整个切斜 $60^\circ\sim90^\circ$ 坡口角	$2.0t_b$	$1.75t_b$	$1.5t_b$	$1.5t_b$ 或 $1.4t_b+z$ 取较大值	$1.07t_b$

注:1 低碳钢($ReH\leq 280\text{MPa}$)圆管,要求焊缝与管材超强匹配的弹性工作应力设计时 $h_e = 0.7t_b$;要求焊缝与管材等强匹配的极限强度设计时 $h_e = 1.0t_b$ 。

2 其他各种情况 $h_e = t_c$ 或 $h_e = 1.07t_b$ 中较小值(t_c 为主管壁厚)。

3 T、Y、K 形相贯节点部分焊透焊缝的计算厚度宜根据各分区的形式及尺寸细节(图 10.4.4-5、图 10.4.4-6)计算取值,其折减值 z 应符合表 10.4.4-3 的规定。

表 10.4.4-3 $30^\circ\leq\Psi<60^\circ$ 时的焊缝计算厚度折减值 z

两面角 Ψ	焊接方法	折减值 $z(\text{mm})$	
		焊接位置 V 或 O	焊接位置 F 或 H
$60^\circ>\Psi\geq 45^\circ$	焊条电弧焊	3	3
	药芯焊丝自保护焊	3	0
	药芯焊丝气体保护焊	3	0
	实心焊丝气体保护焊	3	0
$45^\circ>\Psi\geq 30^\circ$	焊条电弧焊	6	6
	药芯焊丝自保护焊	6	3
	药芯焊丝气体保护焊	10	6
	实心焊丝气体保护焊	10	6

10.4.5 管桁架结构焊接时,应采取工艺措施控制焊接变形,减小焊接残余应力。

10.4.6 矩形钢管端头角部或沿矩形钢管角部进行焊接时,应先

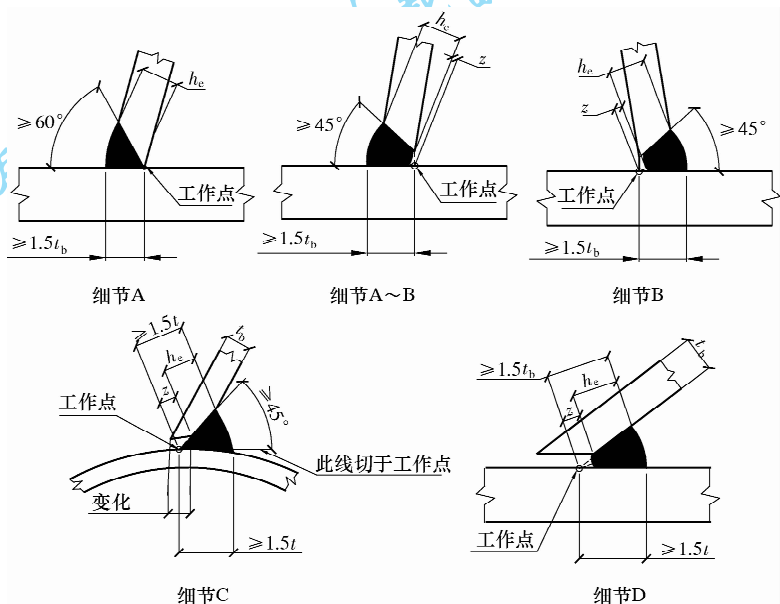


图 10.4.4-5 相贯节点部分焊透焊缝各区坡口形式与尺寸(一)

注:1 t 为 t_b 、 t_c 中较薄截面厚度。

2 除过渡区域或跟部区外,其余部位斜到边缘。

3 根部间隙 $0 \sim 5\text{mm}$ 。

4 坡口角度 $\alpha < 30^\circ$ 时应进行工艺评定。

5 焊缝计算厚度 $h_e > t_b$, z 折减尺寸见表 10.4.4-3。

6 方管截面角部过渡区的接头应制作成从一细部圆滑过渡到另一细部,焊接的起点与终点都应在方管的平直部位,转角部位应连续焊接,转角处焊缝应饱满。

对该部位打磨,并应用放大镜或磁粉探伤检查,确认无表面裂纹后再进行焊接。

10.4.7 管桁架结构节点处的环焊缝、纵焊缝和节点焊缝宜避免焊缝交叉,相贯焊缝与环焊缝间距宜大于或等于 100mm,相贯焊缝与纵焊缝间距宜大于或等于 80mm(图 10.4.7)。

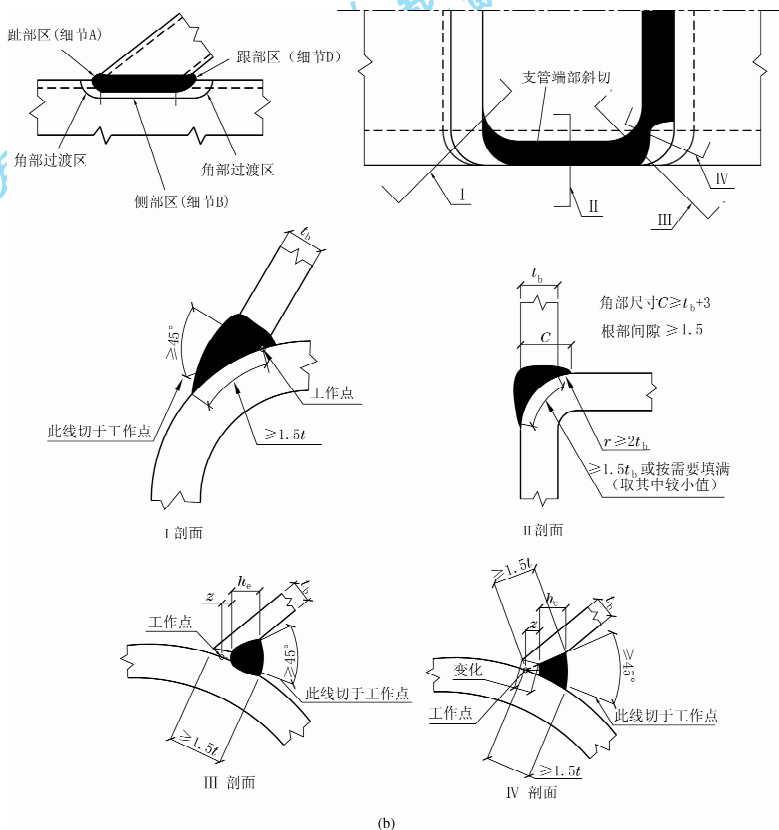


图 10.4.4-6 相贯节点部分焊透焊缝各区坡口形式与尺寸(二)

注:1 t 为 t_b 、 t_c 中较薄截面厚度。

2 除过渡区域或跟部区外,其余部位削斜到边缘。

3 根部间隙 $0 \sim 5$ mm。

4 坡口角度 $\alpha < 30^\circ$ 时应进行工艺评定。

5 焊缝计算厚度 $h_e > t_b$, z 折减尺寸见表 10.4.4-3。

6 方管截面角部过渡区的接头应制作成从一细部圆滑过渡到另一细部,焊接的起点与终点都应在方管的平直部位,转角部位应连续焊接,转角处焊缝应饱满。

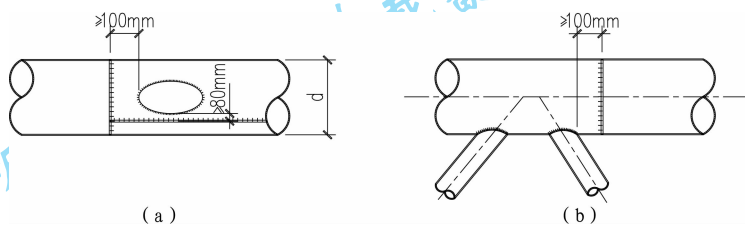


图 10.4.7 管桁架结构节点焊缝间距要求

11 空间格构结构制作

11.1 一般规定

11.1.1 空间格构结构的杆件或节点使用的材料应符合设计和本规程第 5 章的规定。

11.1.2 空间格构结构的杆件需要接长时,拼接焊缝应满足设计图纸要求,焊缝质量等级应为一级。每根杆件只允许有一个接头,接头距节点的距离不得小于 $1.0d$, d 为杆件直径,且不得小于 500mm。拼接杆件总数不应超过杆件总数的 10%,且不得集中布置。

11.1.3 重大、复杂工程的空间格构结构产品出厂前,宜进行试拼装,试拼装可采取单元试拼装、部分结构试拼装或整体结构预拼装。

11.2 杆 件

11.2.1 空间格构结构杆件加工应包括杆件接长和端部加工。

11.2.2 杆件接长加工应符合本规程第 7.2.4、7.2.5 条的规定。

11.2.3 圆钢管杆件宜采用车床或数控相贯线切割机下料并加工坡口,坡口角度应符合设计图纸要求,当设计图纸无要求时,坡口角度宜为 30° ;杆件下料时应预放焊接收缩量。杆件加工后的允许偏差应符合表 11.2.3 的规定。

表 11.2.3 杆件加工允许偏差(mm)

项 目	允许偏差	检验方法
长 度	± 1.0	用钢卷尺或标准量块和游标卡尺检查
端面对管轴的垂直度	$0.005r$	用百分表和 V 形块检查
弯曲矢高	$L/1500$, 且不应大于 5.0	用拉线、吊线和钢尺检查
管口曲线	1.0	用套模和游标卡尺检查
坡口角度	$0^{\circ} \sim +5^{\circ}$	用焊缝量规检查

注: r 为杆件半径; L 为杆件长度。

11.2.4 方钢管端部加工宜采用数控相贯线切割机或仿形切割机切割并加工坡口。矩形钢管的端部加工宜采用仿形切割机切割下料、加工坡口, 加工时可按 1:1 比例先制作样板并放样、号料、划线后切割, 坡口应连续光滑。

11.2.5 螺栓球节点空间格构结构杆件端部锥头或封板与钢管对接焊缝应按设计图纸要求施焊, 当设计无要求时, 应符合二级焊缝质量等级要求。焊接后杆件允许偏差应符合表 11.2.5 的要求。

表 11.2.5 杆件焊接允许偏差(mm)

项目	允许偏差	检验方法
长度 L	± 1.0	用钢卷尺或标准量块和游标卡尺检查
焊缝余高	$+2.0, 0$	焊缝量规检查
两端孔中心与钢管轴线同轴度	1.0	用百分表和芯棒检查
两端面与钢管轴线垂直度	$0.005r$	用百分表和 V 形块检查
弯曲矢高	$L/1500$, 且不应大于 5.0	用拉线、吊线和钢尺检查

注: r 为杆件半径; L 为杆件(含锥头或封板)长度。

11.3 焊接空心球节点

11.3.1 焊接空心球节点应由焊接空心球和杆件焊接而成。根据工艺要求在杆件与焊接空心球焊缝连接处应设置衬管,如图 11.3.1 所示。

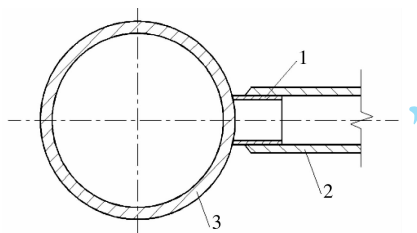


图 11.3.1 焊接空心球节点

1—衬管;2—杆件;3—焊接空心球

11.3.2 焊接空心球材质应符合设计和相关标准的规定,常用焊接球规格应符合现行行业标准《钢网架焊接空心球节点》JG/T 11 的规定。

11.3.3 空间格构结构焊接空心球的外径与壁厚之比宜取 25~45,单层网壳宜取 20~35;焊接空心球外径与主钢管外径之比宜取 2.4~3.0;焊接空心球壁厚与主钢管壁厚之比宜取 1.5~2.0。焊接空心球壁厚不宜小于 4mm。

11.3.4 焊接空心球由两个半球焊接而成,可分为无肋焊接空心球(图 11.3.4-1)和加肋焊接空心球(图 11.3.4-2)。

11.3.5 焊接空心球半球展开圆形坯料钢板宜采用半自动气割机或数控切割机下料,坯料直径允许偏差应为 0mm~+2.0mm。

11.3.6 坯料钢板宜在加热炉内加热,对碳素结构钢和低合金高强度结构钢加热温度应控制在 950℃~1050℃,温度测量可采用红外测温仪,也可通过观察炉内火焰的颜色与标准色卡比对确定加热温度。

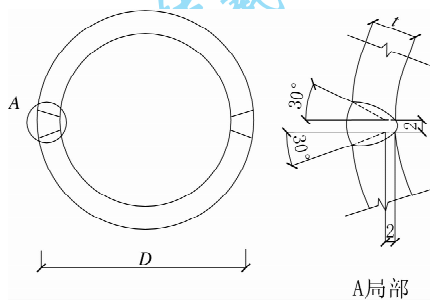


图 11.3.4-1 无肋焊接空心球

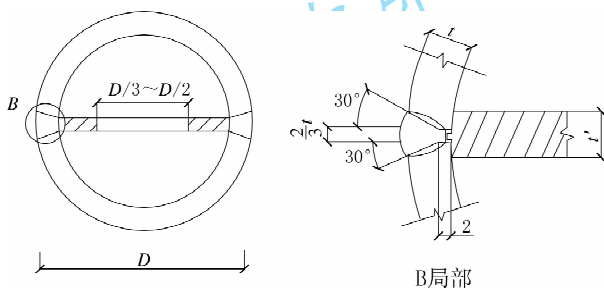


图 11.3.4-2 加肋焊接空心球

11.3.7 加热后的坯料钢板宜在液压机上采用模具压制成半球，半球外表面应光滑平整，不得有局部凸起或褶皱等缺陷。对碳素结构钢和低合金高强度结构钢，在温度分别下降到 700℃ 和 800℃ 之前，应结束加工；低合金高强度结构钢严禁用水冷却。

11.3.8 半球毛坯(图 11.3.4-1 和图 11.3.4-2)宜在专用车床上切边、加工坡口。

11.3.9 加工完成的半球应在专用胎架或设备上装配成整球并焊接。焊接可采用焊条电弧焊或 CO₂ 气体保护焊；焊缝质量应符合设计要求，当设计无要求时，应符合二级焊缝质量等级要求。

11.3.10 无肋焊接空心球的环缝应加垫板焊接；加肋焊接空心球的肋板位置应在两个半球的拼接环形缝处。

11.3.11 肋板宜采用半自动气割机或数控切割机下料,外径应预留机加工余量,内孔可采用气割成型,内孔孔径宜为 $D/3 \sim D/2$, D 为焊接空心球外径(图 11.3.11),肋板的边缘宜加工成平台或凸台,当加工成凸台时,高度不宜大于 1mm,加工后的肋板外径允许偏差为 $-1.0\text{mm} \sim 0\text{mm}$ 。

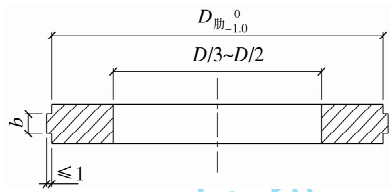


图 11.3.11 肋板示意图

b —见图 11.3.4-2 中的值, $D_{肋}$ —肋板外径

11.3.12 成型后的焊接空心球尺寸允许偏差应符合表 11.3.12 的要求。

表 11.3.12 焊接空心球尺寸允许偏差(mm)

项 目	规格	允许偏差
直径	$D \leq 300$	± 1.5
	$300 < D \leq 500$	± 2.5
	$500 < D \leq 800$	± 3.5
	$D > 800$	± 4.0
圆度	$D \leq 300$	± 1.5
	$300 < D \leq 500$	± 2.5
	$500 < D \leq 800$	± 3.5
	$D > 800$	± 4.0

续表 11.3.12

项 目	规格	允许偏差
壁厚减薄量	$t \leq 10$	$\leq 18\%t$, 且不应大于 1.5
	$10 < t \leq 16$	$\leq 15\%t$, 且不应大于 2.0
	$16 < t \leq 22$	$\leq 12\%t$, 且不应大于 2.5
	$22 < t \leq 45$	$\leq 11\%t$, 且不应大于 3.5
	$t > 45$	$\leq 8\%t$, 且不应大于 4.0
对口错边量	$t \leq 20$	$\leq 10\%t$, 且不应大于 1.0
	$20 < t \leq 40$	2.0
	$t > 40$	3.0
焊缝余高	—	0~1.5

注: D 为焊接空心球的外径; t 为焊接空心球的壁厚。

11.3.13 焊接空心球应进行承载力试验, 试验方法及试验结果应符合现行行业标准《钢网架焊接空心球节点》JG/T 11 的规定。

11.3.14 衬管宜采用与杆件规格相同的钢管经剖切加工后成型, 也可直接采用相近规格的钢管。衬管长度宜为 30mm~50mm, 外径宜比杆件内径小 1.0mm~2.0mm, 壁厚不宜小于 3.0mm。

11.3.15 钢管杆件与焊接空心球焊接处宜开 30° 坡口, 杆件与焊接空心球之间应有间隙, 间隙可取 2.0mm~6.0mm。连接焊缝应为全熔透焊缝, 并达到等强连接。杆件与焊接空心球的焊接宜在安装现场进行, 可采用焊条电弧焊或 CO_2 气体保护焊。

11.4 螺栓球节点

11.4.1 螺栓球节点应由螺栓球、高强度螺栓、套筒、锥头或封板、紧固螺钉组成(图 11.4.1)。常用螺栓球规格应符合现行行业标准《钢网架螺栓球节点》JG/T 10 的规定。

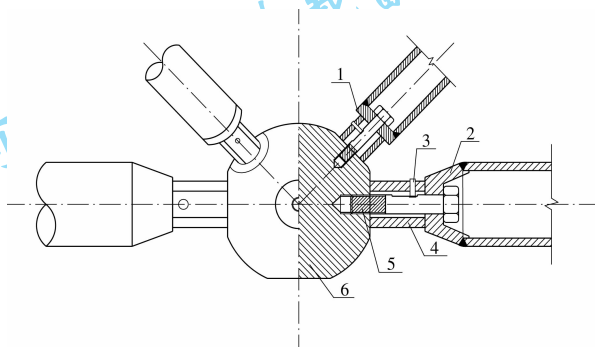


图 11.4.1 螺栓球节点

1—封板;2—锥头;3—紧固螺钉;4—套筒;5—高强度螺栓;6—螺栓球

11.4.2 用于螺栓球节点的螺栓球、高强度螺栓、套筒、锥头或封板、紧固螺钉的材料宜按表 11.4.2 的规定选用,并应符合相应标准的技术条件。产品质量应符合现行行业标准《钢网架螺栓球节点》JG/T 10 的规定。

表 11.4.2 螺栓球节点零件选用材料

零件名称	选用材料	材料标准名称与编号	备注
螺栓球	45 号钢	《优质碳素结构钢》 GB/T 699	毛坯球由 圆钢锻造而成
锥头、 封板	Q235B、Q235C、Q235D	《碳素结构钢》 GB/T 700	钢号应与杆件一致
	Q345B、Q345C、Q345D	《低合金高强度结构钢》 GB/T 1591	
套筒	Q235B、Q235C、Q235D	《碳素结构钢》 GB/T 700	适用于 M16~M30 的高强度螺栓
	Q345B、Q345C、Q345D	《低合金高强度结构钢》 GB/T 1591	适用于所有的 高强度螺栓
	45 号钢	《优质碳素结构钢》 GB/T 699	适用于所有的 高强度螺栓

续表 11.4.2

零件名称	选用材料	材料标准名称与编号	备注
紧固螺钉	20MnTiB	《合金结构钢》 GB/T 3077	应经热处理
	40Cr		
高强度螺栓	20MnTiB、40Cr、35CrMo	《合金结构钢》 GB/T 3077	适用规格 M16~M24
	40Cr、35CrMo、35VB		适用规格 M27~M36
	42CrMo		适用规格 M39~M64×4

11.4.3 螺栓球宜采用圆钢加热后锻压而成。圆钢宜采用锯床下料,下料后宜在加热炉内加热,加热温度宜为 1050~1150℃,并应控制终锻温度不低于 800℃。加热温度可采用红外测温仪测量,也可通过观察炉内火焰的颜色与标准色卡比对确定。

11.4.4 锻压成型后的毛坯球不应有过烧、褶皱、裂纹等缺陷。

11.4.5 螺栓球宜采用车床或数控加工中心加工。螺栓孔的螺纹应采用专用丝锥攻丝,螺纹尺寸应符合现行国家标准《普通螺纹 基本尺寸》GB/T 196 的规定,螺纹允许偏差应符合现行国家标准《普通螺纹 公差》GB/T 197 中 6H 级精度的规定。螺栓球加工尺寸允许偏差应符合表 11.4.5 的规定。

11.4.6 螺栓球加工后应进行抗拉强度试验,试验方法和试验结果应符合现行行业标准《钢网架螺栓球节点》JG/T 10 的规定。

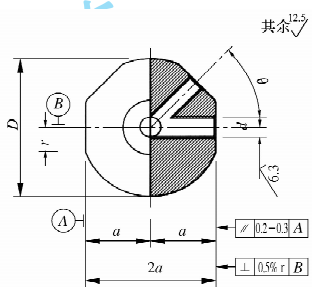
11.4.7 高强度螺栓应符合现行国家标准《钢网架螺栓球节点用高强度螺栓》GB/T 16939 的规定。对 M16~M36 的高强度螺栓,其性能等级应按 10.9s 选用,对 M39~M85×4 的高强度螺栓,其性能等级应按 9.8s 选用。

11.4.8 高强度螺栓的螺纹应符合现行国家标准《普通螺纹 基本尺寸》GB/T 196 的规定,螺纹允许偏差应符合现行国家标准《普通螺纹 公差》GB/T 197 中 6g 级的规定。

11.4.9 锥头或封板与钢管焊接后形成螺栓球节点的杆件;当钢管直径 d 不小于 76mm 时,应采用锥头连接;当钢管直径 d 小于

76mm 时,宜采用封板连接。

表 11.4.5 螺栓球加工允许偏差(mm)

项 目		允许偏差	检验方法	图例
直径	$D \leq 120$	+2.0 -1.0	用卡尺和 游标卡尺检查	 D—螺栓球外径 r—铰平面半径
	$D > 120$	+3.0 -1.5		
圆度	$D \leq 120$	1.5	用卡尺和 游标卡尺检查	
	$120 < D \leq 250$	2.5		
	$D > 250$	3.0		
同一轴线上 两铰平面 平行度	$D \leq 120$	0.2	用百分表 和 V 形块检查	
	$D > 120$	0.3		
铰平面距球中心距离 a		± 0.2	用游标卡尺 检查	
相邻两螺纹孔夹角 θ		$\pm 30'$	用分度头检查	
铰平面与螺栓孔轴线 垂直度		$0.5\%r$	用百分表检查	

11.4.10 锥头宜采用圆钢加热后模压成形。圆钢宜用锯床下料,下料后宜在加热炉内加热,加热温度宜为 $900^{\circ}\text{C} \sim 1000^{\circ}\text{C}$;对碳素结构钢和低合金高强度结构钢在温度分别下降到 700°C 和 800°C 之前应结束加工。加热温度可采用红外测温仪测量,也可通过观察炉内火焰的颜色与标准色卡比对确定。封板宜用圆钢直接加工而成。

11.4.11 锥头与封板宜采用车床加工,与杆件焊接处的坡口角度宜为 $15^{\circ} \sim 30^{\circ}$ 。

11.4.12 锥头与封板加工允许偏差应符合表 11.4.12 的规定。

表 11.4.12 锥头与封板加工允许偏差 (mm)

项 目	允许偏差	检验方法
厚度	-0.2 +0.5	用卡尺和游标卡尺检查
同轴度	0.2	用百分表检查
图 例		
a) 封板 b) 锥头		

11.4.13 套筒可采用六角钢加工,也可采用圆钢经加热后模锻成形。套筒的六角尺寸应符合扳手开口尺寸或国家相关标准的规定。

11.4.14 套筒宜采用车床或数控加工中心加工。当采用模锻成形时,其加热温度和加热方法应符合本规程第 11.4.3 条和 11.4.10 条规定。

11.4.15 套筒加工允许偏差应符合表 11.4.15 的规定。

表 11.4.15 套筒加工允许偏差(mm)

项 目	允许偏差	检验方法	图例
长度	± 0.2	用卡尺和 游标卡尺检查	
两端平面与 轴线垂直度	$0.5\%r$	用百分表检查	
两端面 平行度	± 0.2	用百分表检查	

11.4.16 紧固螺钉直径可取高强度螺栓直径的 0.16~0.18 倍，但不宜小于 M3，宜取 M5~M10。

11.4.17 紧固螺钉宜采用仪表车床加工，加工完后应进行淬火处理，表面硬度值应达到 HRC32~37。

11.5 钢板节点

11.5.1 钢板节点可由 2 块带企口的钢板对插后焊接而成，或由 3 块钢板焊接而成(图 11.5.1)。

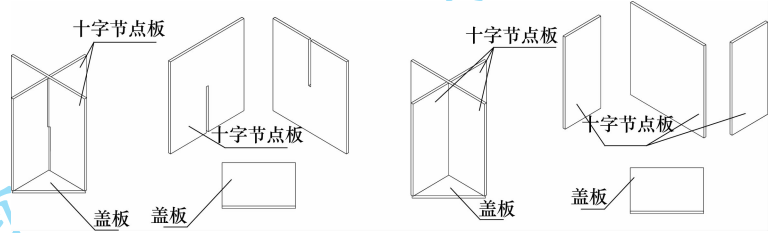


图 11.5.1 钢板节点

11.5.2 钢板节点的十字节点板、盖板的下料、坡口、开槽等加工宜采用气割或机械加工，钢板切割后应清理割渣、飞溅、毛刺等，切割质量应符合现行国家标准《钢结构工程施工质量验收规范》GB 50205 的规定。

11.5.3 钢板节点宜采用专用胎模具进行组装,宜先组装十字节点板,然后再与盖板组装。

11.5.4 钢板节点的 T 形或十字接头焊接时,宜采用焊条电弧焊或 CO₂ 气体保护焊,焊缝质量应符合设计及现行国家标准《钢结构焊接规范》GB 50661 的规定。

11.5.5 钢板节点允许偏差应符合表 11.5.5 的规定。

表 11.5.5 钢板节点允许偏差

项 目	允许偏差	检查方法
零件宽度、长度	$\pm 1.0\text{mm}$	用钢卷尺或游标卡尺检查
十字节点板与盖板间垂直度	$\leq 2.0\text{mm}$	用百分表检查
十字节点板间夹角	$\pm 1^\circ$	用分度头或角度尺检查

11.5.6 小跨度空间格构结构的受拉节点可不设盖板。

11.6 短圆柱节点

11.6.1 短圆柱节点可由钢管段、内部加肋板和连接杆件组成(图 11.6.1)。

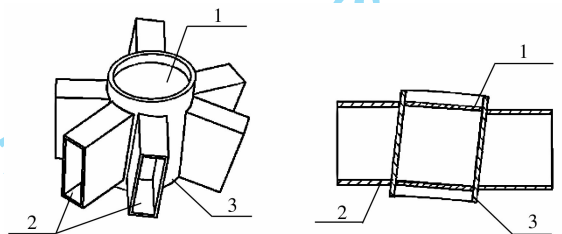


图 11.6.1 短圆柱节点

1—内部加肋板;2—连接杆件;3—钢管段

11.6.2 钢管段可采用管子车床或多维数控相贯线切割机加工;杆件端部加工宜采用多维数控相贯线切割机切割、坡口,矩形钢

管和 H 型钢杆件端部加工宜按 1:1 放样并制作检验样板划线后,采用仿形或半自动气割机进行切割、坡口。杆件端部相贯线的坡口角度应连续顺滑。

11.6.3 短圆柱节点内部加劲板焊接宜采用焊条电弧焊或 CO₂ 气体保护焊,焊缝质量应符合设计及现行国家标准《钢结构焊接规范》GB 50661 的规定。

11.6.4 钢管段与杆件之间连接焊缝应符合设计或现行国家标准《钢结构焊接规范》GB 50661 的规定。

11.7 嵌入式毂节点

11.7.1 嵌入式毂节点可由毂体、杆端嵌入件、盖板、中心螺栓、平垫圈和弹簧垫圈等组成(图 11.7.1)。

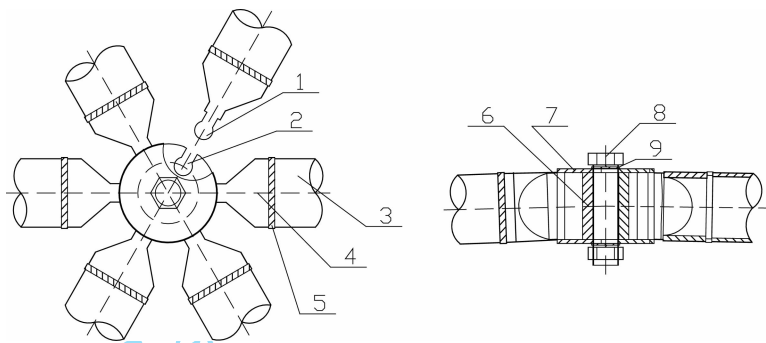


图 11.7.1 嵌入式毂节点

1—嵌入棒;2—毂体嵌入槽;3—杆件;4—杆端嵌入件;5—连接焊缝;

6—毂体;7—盖板;8—中心螺栓;9—平垫圈、弹簧垫圈

11.7.2 嵌入式毂节点的毂体、杆端嵌入件、盖板、中心螺栓的材料应符合设计和相应标准的规定。产品质量应符合现行行业标准《单层网壳嵌入式毂节点》JG/T 136 的规定。

11.7.3 杆端嵌入件铸造时,钢水应连续浇铸,浇注温度与型壳

温度应适宜。铸造完成后宜用数控机床精密加工成型。

11.7.4 杆端嵌入件表面不应有裂纹、凹陷和突刺等缺陷。

11.7.5 杆件与杆端嵌入件对接焊缝宜采用焊条电弧焊或 CO_2 气体保护焊方法焊接,焊缝质量应符合设计或现行国家标准《钢结构焊接规范》GB 50661 的规定。杆端嵌入件组装后允许偏差应符合表 11.7.5 的规定。

表 11.7.5 杆端嵌入件组装允许偏差(mm)

项 目	允许偏差
杆件组装长度 L	± 1.0
焊缝余高	$0, +2.0$
杆端嵌入件倾角 φ (嵌入榫的中线与嵌入件轴线的垂线之间的夹角)	$\pm 30'$

11.7.6 榫体宜采用圆钢用锯床下料,并采用数控机床进行榫体嵌入槽的加工。

11.7.7 嵌入式榫节点尺寸允许偏差应符合表 11.7.7 的规定。

表 11.7.7 嵌入式榫节点尺寸允许偏差

项 目	允许偏差
嵌入槽圆孔对分布圆中心线的平行度	0.3mm
分布圆直径	$\pm 0.3\text{mm}$
直槽部分对圆孔平行度	0.2mm
榫体嵌入槽间夹角	$\pm 20'$
榫体端面对嵌入槽分布圆中心线的端面跳动	0.3mm
端面间平行度	0.5mm

11.8 销轴式节点

11.8.1 销轴式节点可由销板Ⅰ、销轴和销板Ⅱ组成(图 11.8.1)。

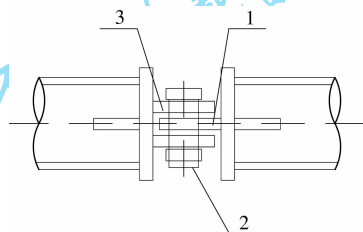


图 11.8.1 销轴式节点

1—销板 I；2—销轴；3—销板 II

11.8.2 销轴材料应符合设计和现行国家标准《销轴》GB/T 882 的规定。销板材料应符合设计和相关标准的规定。

11.8.3 销轴式节点应保证销轴的抗弯强度和抗剪强度、销板的抗剪强度和抗拉强度满足设计要求，同时应保证在使用过程中杆件与销板的转动方向一致。

11.8.4 销轴式节点销板孔宜采用机械精密加工。同一销轴连接的销板孔宜一起加工，销板孔径宜比销轴直径大 1mm~2mm，各销板之间宜预留 2mm~5mm 间隙。

11.9 组合结构节点

11.9.1 组合结构的节点可采用下列三种形式之一：

1 焊接十字板节点可由焊接十字形板和角钢杆件组成(图 11.9.1-1)。

2 焊接球节点可由上盖板、圆形钢板、球缺和连接杆件组成(图 11.9.1-2)。

3 螺栓环节点可由上盖板、圆形钢板、螺栓环节点和连接杆件组成(图 11.9.1-3)。

11.9.2 组合结构节点零部件材料及其品种、规格，应符合设计及国家现行有关材料标准的要求。

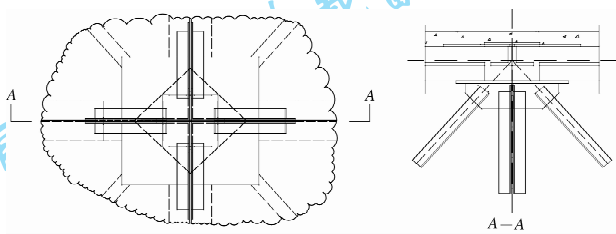


图 11.9.1-1 焊接十字板节点构造

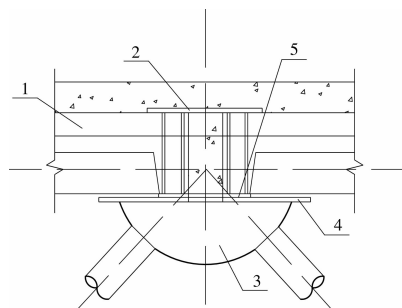


图 11.9.1-2 焊接空心球节点构造

1—钢筋混凝土带肋板;2—上盖板;3—球缺节点;
4—圆形钢板;5—板肋底部预埋钢板

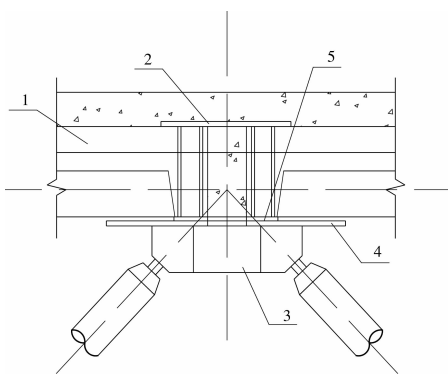


图 11.9.1-3 螺栓环节点构造

1—钢筋混凝土带肋板;2—上盖板;3—螺栓环节点;
4—圆形钢板;5—板肋底部预埋钢板

11.9.3 组合结构节点的加工尺寸允许偏差应符合现行国家标准《钢结构施工质量验收规范》GB 50205 的规定。

11.10 支座与支托

11.10.1 支座底板、劲板等宜采用半自动气割机或数控切割机下料,钢管宜采用管子车床下料、剖口;支座宜在专用胎具上组装、焊接;焊接可采用焊条电弧焊或 CO₂ 气体保护焊,焊缝应符合设计和现行国家标准《钢结构焊接规范》GB 50661 的规定。

11.10.2 支托板、劲板等宜采用半自动气割机或数控切割机下料,钢管宜采用管子车床下料、剖口。支托宜在专用胎具上组装、焊接;焊接可采用焊条电弧焊或 CO₂ 气体保护焊,所有焊缝应符合设计和现行国家标准《钢结构焊接规范》GB 50661 的规定。

11.11 空间格构结构试拼装

11.11.1 所有进行试拼装的构件应经检验合格,相同构件应可互换,并应在自由状态下进行试拼装。

11.11.2 试拼装用的场地应平整,并应满足试拼装承载力要求;拼装胎架应牢固、可靠,满足受力需要。

11.11.3 焊接空心球节点空间格构结构试拼装时,杆件与球节点宜采取点焊固定,拼装间隙应满足设计或有关规范要求。当试拼装结束拆除杆件时,宜采用砂轮磨光机打磨定位焊缝,应确保杆件两端口的坡口光滑,焊接空心球表面无损伤。

11.11.4 螺栓球节点空间格构结构试拼装时,高强度螺栓应拧紧,拧紧时应在自由状态下进行。当试拼装结束拆除杆件时,应确保高强度螺栓及螺栓球的螺纹完好。

11.11.5 空间格构结构试拼装小拼单元的允许偏差应符合表 11.11.5 的要求。

表 11.11.5 空间格构结构试拼装小拼单元允许偏差(mm)

项 目	允 许 偏 差	
节点中心偏移	$D \leq 500$	2.0
	$D > 500$	3.0
杆件中心与节点中心偏移	$d(b) \leq 200$	2.0
	$d(b) > 200$	3.0
杆件轴线的弯曲矢高	$L_1/1500$, 且不大于 5.0	
空间格构结构尺寸	$L \leq 5000$	± 2.0
	$L > 5000$	± 3.0
锥体(桁架)高度	$h \leq 5000$	± 2.0
	$h > 5000$	± 3.0
对角线长度	$A \leq 7000$	± 3.0
	$A > 7000$	± 4.0
平面桁架节点处杆件轴线错位	$d(b) \leq 200$	2.0
	$d(b) > 200$	3.0

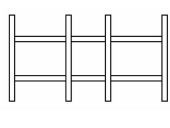
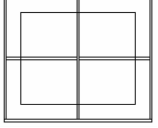
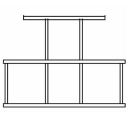
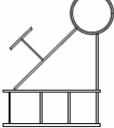
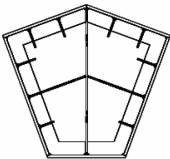
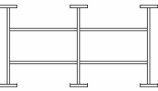
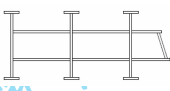
注: D 为球直径; d 为杆件直径, b 为杆件截面边长; L_1 为杆件长度; L 为空间格构结构边长尺寸; h 为锥体(桁架)高度; A 为对角线长度。

12 特种构件制作

12.1 异型柱

12.1.1 异型柱可包括三箱、田字、多腔、五边及复合截面型式（表 12.1.1）。

表 12.1.1 异型柱截面型式

			
三箱型	田字型	多腔型	箱型圆管工字复合型
			
五边型	复合二箱型	复合三箱型	十字圆筒复合型

12.1.2 异型柱制作应编制专项工艺方案，其零部件加工、组装、焊接应符合本规程第 6、7、8 章的规定。三箱型柱的装配、焊接工艺可按照本规程附录 G 执行。

12.1.3 对于截面大且结构复杂的异型柱，宜采用先部件后总装的方法。

12.1.4 根据截面型式和构件长度，异型柱的组装可选用立装和卧装两种方式。

12.1.5 异型柱外形尺寸的允许偏差应根据设计文件要求,制订专项验收标准。

12.2 钢板剪力墙

12.2.1 钢板剪力墙构件在制作前应制订专项工艺方案。

12.2.2 钢板剪力墙的制作除应符合本规程第 6、7、8 章要求外,还应满足以下要求:

1 下料应符合下列规定:

- 1) 钢板剪力墙的本体钢板下料时,应按照焊接要求及现场连接方式预留端铰及焊接收缩量,确保制作及安装完成后满足设计尺寸要求;
- 2) 下料及坡口加工时宜采取同步对称切割等措施,钢板下料后的平整度和旁弯变形应满足设计和相关标准要求。

2 制孔应符合下列规定:

- 1) 底板的地脚螺栓孔、灌浆孔可采用数控火焰切割进行加工,切割时应预设切割缝补偿。现场地脚螺栓埋设偏差时,宜待现场实测后调整开孔及定位尺寸;
- 2) 剪力墙与柱或剪力墙之间采用高强度螺栓连接的,可采取连接板数控套钻,在后续装配或预拼装时,应将连接板定位于节点区域进行套钻,并做好编号和定位标记。

3 钢板剪力墙在整体组装前,宜对暗柱、暗梁等部件进行单独组装、焊接和矫正,合格后再进行大组装焊接(图 12.2.2)。

4 整体组装应符合下列规定:

- 1) 组装顺序应先装配暗梁和墙板,并进行焊接、矫正;再装配、焊接外侧暗柱,焊接暗梁与立柱间的焊缝,使主框架形成整体;再定位焊接剪力墙钢板;最后装配预先钻孔及焊好栓钉的侧向钢板剪力墙;
- 2) 钢板剪力墙的连接板,宜采用分段连接板;连接板可采

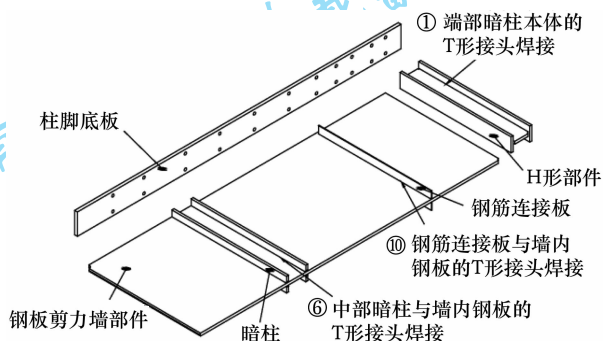


图 12.2.2 钢板剪力墙组装

用铰链形式连接在主体构件上；钢板剪力墙上的高强度螺栓连接面可采用二次抛丸。

5 焊接应符合下列规定：

- 1) 钢板剪力墙与暗柱、暗梁或底板的焊接宜采用分段退焊；
- 2) 在焊接过程中，对钢板剪力墙的自由边可采用角钢加强控制焊接变形措施；
- 3) 对厚度较薄的钢板剪力墙，栓钉焊接宜在钢板周围与其他零件焊接完毕，组合成整体后进行，栓钉可采用隔行跳焊的方式。

6 端铣应符合下列规定：

- 1) 对采用横向现场焊接连接的钢板剪力墙的上表面，应进行端铣加工；
- 2) 端铣应在构件加工完成后整体进行，当构件截面尺寸较大时，也可采取暗柱、剪力墙等部件分别端铣，再以端铣面为基准进行整体组装；
- 3) 端铣前应以暗梁或暗柱牛腿上表面为基准面，确定端铣位置基准线。

7 矫正应符合下列规定：

1) 钢板剪力墙在制作过程中,应在全部零件、部件切割、焊接完成后进行矫正;

2) 构件或部件应在矫正合格后进行端铣。

12.2.3 钢板剪力墙的预拼装应符合下列规定:

1 钢板剪力墙宜在出厂前进行预拼装。

2 根据工艺要求,部分零件的切断尺寸和高强度螺栓孔的定位尺寸可留至预拼装时进行确定,剪力墙钢板上的螺栓孔可在预拼装时通过相应连接板进行定位套钻。

3 参与预装的构件,除应预装确定的尺寸及螺栓孔外,必须装配、焊接、矫正合格。

4 通过预拼装完成的定位尺寸应在钻孔等相应处理完成后进行尺寸复测。

5 预拼装的过程控制和检验要求应按本规程第 13 章执行。

12.3 铸钢件

12.3.1 用于钢结构节点和支座的铸钢件除应符合设计文件和本规程规定外,尚应符合现行国家标准《钢结构工程施工质量验收规范》GB 50205 和《钢结构焊接规范》GB 50661 的规定。

12.3.2 铸钢件材料选用应符合下列规定:

1 焊接结构用铸钢件材料应符合国家标准《焊接结构用铸钢件》GB/T 7659—2010 规定的 ZG230—450H、ZG270—450H,或附录 H 规定的 G17Mn5QT、G20Mn5N、G20Mn5QT 铸钢。焊接结构用铸钢件的化学成分、机械性能以及碳当量应符合附录 H 的规定。铸钢件碳当量计算公式和实际数值应在质量证明书中标明。

2 非焊接用铸钢件材料应符合国家标准《一般工程用铸造碳钢件》GB/T 11352—2009 规定的 ZG230—450、ZG270—500、ZG310—570、ZG340—640,铸钢件的化学成分、机械性能应符合

附录 H 的规定。

12.3.3 铸钢件宜按钢液熔炼→铸造→表面清理→外观和无损检测→焊接修补(如果有)→外观和无损检测(如果有)→热处理→无损检测→出厂或机加工(如果有)的流程制造。

12.3.4 钢液熔炼、铸造工艺、铸造方法、热处理、无损检测等应符合供需双方商定的规范和技术要求的规定。当订货方要求时,供方应提供除铸件质量证明文件外,尚需提供热处理记录曲线。

12.3.5 铸钢件尺寸要求应符合下列规定:

1 铸钢件毛坯尺寸和壁厚公差、未注尺寸公差应符合设计文件的规定,当设计无规定时,尺寸公差应符合现行国家标准《铸件 尺寸公差与机械加工余量》GB/T 6414 中 CT11 级的要求,壁厚公差和错型值不应大于 1.5mm。

2 铸钢件打磨、气割和机械加工的尺寸偏差应符合设计文件的规定。当设计无规定时,打磨或气割加工的允许偏差应符合表 12.3.5-1 的规定。

表 12.3.5-1 气割、坡口的允许偏差(mm)

项 目	允许偏差
零件宽度、长度	± 3.0
切割面平面度	$0.05t$,且不大于 2
割纹深度	0.3
局部缺口深度	1.0
端面垂直度	2.0
坡口角度	$+5^{\circ}$ 0
钝边	± 1.0

注: t 为切割面厚度。

3 车削、镗铣等机械加工尺寸允许公差应符合现行国家标准《产品几何技术规范(GPS) 极限与配合 第 1 部分:公差、偏

差和配合的基础》GB/T 1800.1 中 IT11 级的要求,且表面粗糙度 R_a 不应大于 $25\mu\text{m}$ 。

4 端口圆和孔的机械加工允许偏差应符合表 12.3.5-2 的规定。

表 12.3.5-2 端口圆和孔的机械加工允许偏差(mm)

项目	允许偏差
端口圆直径	0 -2.0
孔直径	+2.0 0
圆度	$d/200$, 且不大于 2.0
端面垂直度	$d/200$, 且不大于 2.0
管口曲线	2.0
同轴度	1.0
相邻两轴夹角	$30'$

注: d 为铸钢节点端口圆直径或孔径。

5 平面、端面、边缘等机械加工允许偏差应符合表 12.3.5-3 的规定。

表 12.3.5-3 平面、端面、边缘机械加工允许偏差(mm)

项目	允许偏差
宽度、长度	± 1.0
平面平行度	0.5
加工面对轴线的垂直度	$L/1500$, 且不大于 2.0
平面度	$0.3/\text{m}^2$
加工边直线度	$L/3000$, 且不大于 2.0
相邻两边夹角	$30'$

注: L 为平面的边长。

12.3.6 铸钢件外部和内部质量要求与无损检验应符合下列规定:

1 铸钢件应逐件进行外观目视检查和合同规定的内部质量检验。

2 铸钢件表面应清理干净,不得有粘砂、氧化皮、裂纹等缺陷。对不符合验收规范要求的表面气孔、冷隔、疏松、缩孔、夹砂和凹坑应按规定的程序进行返工或修补。铸钢件表面的粗糙度 R_a 应达到 $25\mu\text{m}\sim 50\mu\text{m}$ 。

3 铸钢件内部不得有超过设计文件或现行规范、规程规定的缩孔、缩松、疏松、气孔、夹杂物、裂纹等缺陷。有不合格缺陷时,宜采用机械方法或碳弧气刨彻底去除,并应按照批准的焊补工艺规程进行焊补。焊补工艺规程应进行工艺评定并报订货方或监理工程师批准。清除缺陷后的焊补坡口角度不应小于 45° ,且底部边角应为不小于 $R6\text{mm}$ 的圆弧状。对焊接用铸钢件,当为焊补制备的凹坑深度超过铸件壁厚的 40% 或 25mm (二者中取较小者)时,应经设计同意并报监理工程师备案。对铸造裂纹深度超过铸钢件壁厚 70% 或两次焊补达不到设计或规范要求的铸钢件应拒收。

4 铸钢件内部质量应按照现行国家标准《铸钢件 超声波检测 第1部分 一般用途铸钢件》GB/T 7233.1 的规定进行超声波检验,铸钢件与其他钢构件连接处 150mm 范围内缺欠合格等级应为 2 级,其他部位应为 3 级。铸钢件表面目视检查有疑义、设计规范或合同规定需要进行表面无损检测时,应按照现行国家标准《铸钢件磁粉检测》GB/T 9444 或《铸钢件渗透检测》GB/T 9443 的规定进行,其合格等级为铸钢件与其他钢构件连接部位应为 2 级,其他部位应为 3 级。

12.3.7 铸钢件的涂装体系应符合钢结构设计要求,涂装施工应符合现行国家标准和本规程第 14 章的要求。

12.3.8 铸钢件焊接应符合下列规定:

1 铸钢件与钢构件之间焊接时,所选焊接材料必须满足性能较低母材的要求,并应按照本规程第 13 章要求进行焊接工艺评定。当相同牌号材料生产厂家不同时,也应进行焊接工艺评定。

2 铸钢件组装、焊接材料准备、焊接施工工艺等要求应符合本规程第 8 章的要求。

3 铸钢件和钢结构件焊接后,焊缝及热影响区超声波检查验收标准应符合设计文件和现行国家标准《钢结构焊接规范》GB 50661 的要求。对发现铸钢件侧热影响区存在线状不合格缺欠时,应返工并重新检查;对非线状缺欠,应按照现行国家标准《铸钢件 超声波检测 第 1 部分 一般用途铸钢件》GB/T 7233.1 规定的 2 级要求,重新进行检查和判定。当对铸钢件侧焊接热影响区进行返工两次及以上时,应进行返工工艺评定。

4 对因焊接导致的变形进行矫正时,不宜对铸钢件侧进行局部加热。

12.3.9 铸钢件出厂前,应进行以下项目的检查,合格后再出厂:

1 实物表面质量的检查,包括表面清理、表面粗糙度、是否存在表面缺陷等。当设计有要求时,应进行表面无损检查。

2 同炉试样的化学成分和力学性能试验。

3 外形尺寸检查。

4 实物内部质量检查。

5 构件标识,包括构件编号、装配标记等供方需要的信息。

6 设计或现行国家标准规定的其他检查。

12.3.10 铸钢件出厂时应提供以下文件:

1 质量证明书,包括但不限于供货单位名称、构件号、构件名称、熔炼批号、化学成分、机械性能。

2 外观、尺寸、无损检测报告。

3 热处理曲线或报告。

4 焊补工艺评定报告和不合格缺陷的修补记录(如果有)。

5 合同约定或工程验收需要的其他文件。

12.3.11 铸钢件进厂(场)验收应符合下列规定:

- 1 对出厂文件应进行 100% 的检查与确认。
- 2 对实物质量应进行 10%, 且不少于 3 件的抽样检查, 包括外观、尺寸、内部质量。
- 3 铸钢件交货时, 供方应提供用于化学成分和机械性能试验用的同炉试样。
- 4 设计或现行国家标准规定应进行的其他检查。

12.4 索、钢拉杆

12.4.1 索及钢拉杆零部件所使用的原材料应符合本规程第 5.6.3 条的规定。索及钢拉杆出厂时, 应具备下列资料:

- 1 锚具及其他原材料的质量证明书及检测报告。
- 2 锚具力学性能、化学成分、无损探伤检测报告。
- 3 成品索、钢拉杆超张拉检测报告。
- 4 成品索、钢拉杆合格证。

12.4.2 索应符合下列要求:

- 1 索应由锚具、索体组成。
- 2 锚具的加工和检测应符合下列规定:
 - 1) 锚具的本体可采用铸造或锻造工艺, 其技术要求应符合现行行业标准《大型低合金钢铸件》JB/T 6402、《冶金设备制造通用技术条件锻件》YB/T 036.7 的规定;
 - 2) 锚具受力构件应进行超声波探伤检测, 当锚具采用锻件时, 超声波探伤应按现行国家标准《钢锻件超声检测方法》GB/T 6402 的规定执行, 达到 3 级合格, 或按现行国家标准《锻轧钢棒超声波检验方法》GB/T 4162 的规定执行, 达到 B 级合格; 当锚具采用铸件时, 超声波探伤应按现行国家标准《铸钢件 超声检测 第 1 部分: 一般用途铸

钢件》GB/T 7233.1 的规定执行,达到 3 级合格;

- 3) 锚具受力构件应进行磁粉探伤检测,当锚具采用锻件时,磁粉探伤应按现行行业标准《重型机械通用技术条件 锻钢件无损检测》JB/T 5000.15 的规定执行,达到 2 级合格;当锚具采用铸件时,磁粉探伤应按现行国家标准《铸钢件磁粉检测》GB/T 9444 的规定执行,达到 2 级合格;

- 4) 锚具的几何尺寸应符合设计图纸的要求。

3 成品索的加工和检测应符合下列规定:

- 1) 半平行钢丝束拉索的索体直径允许偏差为: $\pm 1\text{mm}$,钢绞线及钢丝绳拉索的索体直径偏差符合相应现行国家标准规定;
- 2) 钢绞线及钢丝绳索体在定长切断前,应进行预张拉消除非弹性变形,预张拉荷载为索体公称破断荷载的 55%;
- 3) 制锚时应采用工装,以保证索体与锚具的夹角为 $(90 \pm 0.5)^\circ$;
- 4) 每根拉索出厂前应进行超张拉检测,超张拉索力应为公称破断荷载的 50%,张拉后冷铸锚锚板回缩值应小于 5mm,热铸锚铸体回缩值应小于锚具锥体长度的 2%;
- 5) 成品拉索交货长度应为设计长度,长度偏差 ΔL 应符合表 12.4.2-1 规定;
- 6) 成品索的弹性模量应符合表 12.4.2-2 的规定;
- 7) 成品拉索宜以脱胎成盘或钢盘卷绕的形式包装运输,盘绕内径不得小于 20 倍拉索外径,最大外形尺寸应满足相应的运输要求;

表 12.4.2-1 拉索长度允许偏差

拉索长度 $L(\text{m})$	允许偏差 $\Delta L(\text{mm})$
$L \leq 100$	≤ 20
$L > 100$	$(1/5\,000)L$

表 12.4.2-2 成品索弹性模量

索体类型	弹性模量 E (MPa)
钢丝绳拉索	1.2×10^5
钢绞线拉索	1.5×10^5
半平行钢丝束拉索	1.9×10^5

- 8) 成品拉索宜采用不损伤拉索表面质量的材料缠包保护,并盘卷整齐,两端锚具应进行固定和保护;
- 9) 成品拉索均应贴有合格证并挂上标牌,标牌应牢固可靠地系于包装层外的两端锚具处,牌上应注明:制造厂名、工程名称、拉索编号、规格型号、长度和重量及生产日期等。

12.4.3 钢拉杆应符合下列规定:

- 1 钢拉杆应由锚具及杆体组成。
- 2 钢拉杆的锚具制作应符合本规程第 12.4.2 条中第 2 款规定。
- 3 杆体的加工和检测应符合下列规定:
 - 1) 杆体应进行整体调质处理,每热处理炉均依据现行国家标准《钢及钢产品 力学性能试验取样位置及试样制备》GB/T 2975 进行取样,所测力学性能应符合设计要求;
 - 2) 杆体喷涂前,应进行抛丸除锈处理,达到现行国家标准《涂覆涂料前钢材表面处理表面清洁度的目视评定 第 2 部分:已涂覆过的钢材表面局部清除原有涂层后的处理等级》GB/T 8923.2 中的 Sa2.5 级;
 - 3) 杆体应按现行国家标准《钢锻件超声检测方法》GB/T 6402 的规定执行,达到 3 级合格;
 - 4) 杆体螺纹部分磁粉探伤,应按现行行业标准《重型机械通用技术条件 锻钢件无损检测》JB/T 5000.15 的规定执行,达到 2 级合格。

4 钢拉杆出厂前,应按现行国家标准《钢拉杆》GB/T 20934 的规定抽检进行拉力检测,张拉力应为 0.85 倍的杆体屈服载荷。

13 预拼装

13.1 一般规定

13.1.1 合同要求或设计文件规定进行预拼装的构件应在出厂前进行预拼装,构件预拼装可采用实体预拼装和数字化预拼装方法。

13.1.2 预拼装的构件应制作完毕并经验收合格。

13.1.3 当相同构件批量制作时,可选择首批或 $1\% \sim 10\%$ 数量的代表性构件进行预拼装。

13.1.4 预拼装可采用整体预拼装或累积连续预拼装。当采用累积连续预拼装时,两相邻单元连接的构件应分别参与两个单元的预拼装。

13.1.5 预拼装应在自由状态下进行验收。

13.2 实体预拼装

13.2.1 预拼装时应合理选择基准面和预拼装几何形态,预拼装场地应平整、坚实;预拼装所用的支承胎架应经测量准确定位,并应符合工艺文件要求。重型构件预拼装所用的胎架应进行结构安全验算,应具有足够的承载强度和安全措施。

13.2.2 预拼装中所有构件应按设计图的控制尺寸进行定位;对有预起拱、焊缝收缩等要求的构件,应按预起拱值或收缩量的大小对尺寸定位进行调整。

13.2.3 高强度螺栓或普通螺栓连接的多层板叠,宜先使用不少于螺栓孔总数 10% 的冲钉定位,应再采用临时螺栓紧固,临时螺

栓在一组孔内不得少于螺栓孔数量的 20%，且不应少于 2 个，预拼装时应使板层密贴。

13.2.4 采用螺栓连接的空间角度节点连接件，可在预拼装定位后进行钻孔。

13.2.5 预拼装时可采用临时连接螺栓或定位焊临时固定。预拼装检验合格后，宜在构件上标注中心线、控制基准线等标记，现场安装定位难度大的可设置定位器。

13.2.6 当预拼装结束拆除构件时，应采用砂轮磨光机打磨定位焊缝。

13.3 数字化预拼装

13.3.1 数字化预拼装宜用于安装时采用焊接连接的结构件。

13.3.2 构件的拼装位置与理论位置的偏差及拼装接口尺寸的偏差应符合表 13.4.3 的规定。

13.4 预拼装质量要求

13.4.1 预拼装检查时应拆除与构件相关的临时固定和拉紧装置。

13.4.2 高强度螺栓或普通螺栓连接的多层板叠，应采用试孔器检查，用比孔公称直径小 1.0mm 的试孔器检查时，每组孔通过率不应小于 85%；用比螺栓公称直径大 0.3mm 的试孔器检查时，通过率应为 100%。

13.4.3 构件预拼装的允许偏差应符合表 13.4.3 的规定，表中未涵盖的构件类型应在预拼装前制订专项验收标准。

表 13.4.3 预拼装允许偏差

项次	构件类型	项 目	允许偏差(mm)	
1	多节柱	预拼装单元总长	±5.0	
2		预拼装单元弯曲矢高	$l/1500$,且不应大于 10.0	
3		接口错边	2.0	
4		预拼装单元柱身扭曲	$h/200$,且不应大于 5.0	
		顶紧面至任一牛腿距离	±2.0	
5	梁、桁架	跨度最外两端安装孔或 两端支承面最外侧距离	+5.0 10.0	
6		接口截面错位	2.0	
7		拱度	设计要求起拱	± $l/5000$
			设计未要求起拱	$l/2000$ 0
		节点处杆件轴线错位	4.0	
8	管构件	预拼装单元总长	±5.0	
9		预拼装单元弯曲矢高	$l/1500$,且不应大于 10.0	
		对口错边	$t/10$,且不应大于 3.0	
10		坡口间隙	+2.0 -1.0	
11	构件平面 总体预拼装	各楼层柱距	±4.0	
12		相邻楼层梁与梁之间距离	±3.0	
13		各层间框架两对角线之差	$H/2000$,且不应大于 5.0	
14		任意两对角线之差	$\sum H/2000$,且不应大于 8.0	

14 涂 装

14.1 一般规定

14.1.1 钢结构涂装应包括防腐与防火涂装,涂装施工前应编制施工工艺,并应符合设计文件和国家现行有关标准的规定。

14.1.2 防腐涂装施工宜在钢结构构件组装、预拼装或钢结构安装工程检验批施工质量验收合格后进行。

14.1.3 防火涂装应在钢结构安装和钢结构防腐涂装检验批施工质量验收合格后进行。设计规定不进行防腐涂装的钢构件,安装验收合格后可直接进行防火涂装施工。

14.1.4 涂装施工前,钢材表面应按照设计文件要求进行表面处理。当设计文件未提出具体要求时,可根据防腐或防火涂料产品对钢材表面的要求,采用抛丸、喷砂或人工打磨处理方法。

14.1.5 涂装施工质量应符合现行国家标准《钢结构工程施工质量验收规范》GB 50205 的规定。

14.1.6 涂装施工的安全、职业健康、环境保护应符合国家现行法规、标准的要求。

14.2 表面处理

14.2.1 涂装施工前,应进行结构处理、表面清理和表面粗糙度处理。

14.2.2 结构处理时应清除材料表面缺陷、焊接飞溅物和氧化渣等。当设计要求对材料切割边角磨圆时,应按设计要求磨圆,设计无要求时,边角磨圆 R 不宜小于 2mm。

14.2.3 构件表面的除锈可采用抛射、喷射、手动或动力工具等方法进行。处理等级应符合设计文件和现行国家标准《涂覆涂料前钢材表面处理 表面清洁度的目视评定 第1部分:未涂覆过的钢材表面和全面清除原有涂层后的钢材表面的锈蚀等级和处理等级》GB/T 8923.1的有关规定。

14.2.4 构件表面处理后应进行清洁度和粗糙度检查。构件表面清理后,应去除钢材表面的氧化皮、铁锈、可溶性盐、油脂、水分等影响防腐保护的有害物质。

14.2.5 构件表面粗糙度的检查可按照现行国家标准《涂覆涂料前钢材表面处理 喷射清理后的钢材表面粗糙度特性 第2部分:磨料喷射清理后钢材表面粗糙度等级的测定方法 比较样块法》GB/T 13288.2的规定进行检查。

14.2.6 摩擦型高强度螺栓连接面的处理应满足设计规定的抗滑移系数要求。

14.3 防腐涂装

14.3.1 防腐涂装可采用涂料防腐、热浸锌或热喷涂等方法。

14.3.2 涂料防腐应符合下列规定:

1 防腐涂装体系应符合设计要求,且应具备产品合格证明书、使用说明书和材料安全数据手册。存放过期的涂料严禁使用。

2 防腐涂装可采用刷涂法、滚涂法、空气喷涂法和高压无气喷涂法,并应满足涂料供应商对施工方法的要求。

3 涂装环境应符合下列规定:

1) 环境温度和相对湿度应符合涂料产品说明书的要求,产品说明书无要求时,环境温度宜在 $5^{\circ}\text{C}\sim 38^{\circ}\text{C}$ 之间,相对湿度不应大于85%;

2) 钢材表面温度应高于露点温度 3°C 以上,且钢材表面温

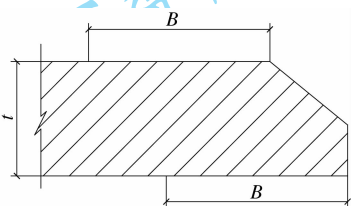
度应不高于 40℃；

- 3) 涂装时构件表面不应有结露；
- 4) 在雨、雾、雪和较大灰尘的条件下，不应进行现场施工；
- 5) 安装现场喷涂时，风力超过 5 级时不宜使用无气喷涂，涂装后 4h 内应防止雨淋。

4 工厂不涂装的部位应符合下列规定：

- 1) 安装现场焊接部位及焊道两侧，宜留出暂不涂装区域，暂不涂装区域应符合表 14.3.2 的规定，当设计要求防腐处理时，可在焊接部位或焊缝两侧刷涂可焊漆，且厚度不大于 $50\mu\text{m}$ ；
- 2) 除设计要求外，高强度螺栓摩擦连接面严禁涂装。当设计要求采用具有高抗滑移系数的防腐体系时，应在施工前进行抗滑移系数试验，试验合格后再施工；
- 3) 当设计无要求时，埋入混凝土内的部分及其接触面可不进行涂装；
- 4) 紧密接触部位或为了旋转而经过车削的部分严禁涂装；
- 5) 被封闭的部分可不进行涂装；
- 6) 设计注明的其人不涂装部位可不进行涂装。

表 14.3.2 现场焊接部位周边不涂装区域 (mm)

图示	钢板厚度 t	不涂装宽度 B
	$t < 50$	50
	$50 \leq t < 90$	70
	$t \geq 90$	100

5 构件表面处理与首道底漆涂装施工之间的间隔不应超过 4h。

6 涂料的混合与配比应按照涂料供应商规定的要求进行施工,且加入的稀释剂应符合产品说明书的规定。

7 涂料混合后应搅拌均匀,且符合涂料产品说明书规定的熟化时间。当涂料说明书有要求时,应边喷涂边搅拌。对超过混合使用期的涂料不得使用。

8 涂装施工的重涂间隔应符合涂料产品使用说明书的要求。不同涂层间的处理和要求应符合涂料供应商的规定。

9 涂装后涂料色泽应符合设计要求。涂装施工前应由涂料供应商提供色卡对比样板或预先制作实物颜色对比样板。

10 构件补涂与漆膜损伤的修补应符合下列规定:

- 1) 构件局部区域的补涂和漆膜损伤的修补应按照设计规定的涂装体系进行。当原涂装体系中的涂料不能用于修补时,应使用涂料供应商推荐的涂料进行修补;
- 2) 对多层漆膜的损伤,应从损伤层开始修补。修补前宜采用动力工具将损坏的涂层完全清除,损坏区域和完好区域宜用砂纸打磨成搭接坡度。最后一道涂层宜用喷涂的方式进行施工;
- 3) 构件因制作工艺要求进行预涂时,可对因组装损伤和后续焊接部位采用局部动力处理的方法除锈,除锈的等级应达到设计的规定。

11 防腐涂装质量要求和检查应符合下列规定:

- 1) 构件的涂装表面应色泽均匀,无可视的流挂、漆雾,无污染,无针孔、气泡、漏喷、起皮、起皱等漆膜缺陷;
- 2) 涂料、涂装遍数、涂层厚度均应符合设计要求。当设计对涂层厚度无要求时,涂层干漆膜总厚度:室外应为 $150\mu\text{m}$,室内应为 $125\mu\text{m}$,允许偏差应为 $-25\mu\text{m}$ 。每遍涂层干漆膜厚度的允许偏差应为 $-5\mu\text{m}$ 。

14.3.3 热浸锌应符合以下规定:

- 1 钢结构热浸锌构件设计时,应对密闭、空洞构件设置足够

大的透气孔,复杂构件应设置流锌孔。钢材的重叠面应密封焊,当重叠面积大于 $20\text{mm} \times 20\text{mm}$ 时,应开设透气孔,热浸锌后宜对透气孔采用密封材料进行密封。构件在热浸锌前应对焊缝根部未焊透、焊缝裂纹等缺陷进行检查与修补。

2 构件热浸锌应符合现行国家标准《金属覆盖层 钢铁制件热浸镀锌层技术要求及试验方法》GB/T 13912 的有关规定。用于热浸锌的锌锭应符合本规程第 5.5.3 条的规定。

3 热浸锌漏镀面的总面积大于构件表面积的 0.5% 或单个损伤面积超过 1000mm^2 时,构件应重新热浸锌。

4 热浸锌引起的构件变形宜采用机械矫正,当需要热矫正时,宜采取保护构件镀锌层的措施。

5 漏镀面及在搬运或矫正过程中引起的局部表面镀层损伤时,应采用富锌涂料进行修补。

6 热浸锌构件的表面应平滑,无滴锌、粗糙和锌刺、无起皮、无漏镀、无残留的溶剂渣,在可能影响热浸镀锌工件的使用或耐腐蚀性能的部位不应有锌瘤和锌灰。当镀层厚度大于规定值时,被镀构件表面允许存在发暗或浅灰色的色彩不均匀区域。

7 构件表面单位面积的热浸锌质量应符合设计文件规定的要求,检查方法宜采用现行国家标准《磁性金属基体上非磁性覆盖层 覆盖层厚度测量 磁性法》GB/T 4956 规定的方法。

8 当设计或合同规定需要进行镀层附着力检查时,可按现行国家标准《输电线路铁塔制造技术条件》GB/T 2694 附录 E 给出的“落锤试验方法”进行检查。

14.3.4 热喷涂应符合以下规定:

1 对金属热喷涂构件除锈前,应进行构件表面处理,包括对焊缝表面的焊瘤、飞溅物、焊渣、气孔等的处理;对锋利的边角,应处理成半径 2mm 以上的圆角。构件表面除锈等级应符合设计要求和国家现行有关标准的规定。

2 用于金属热喷涂的材料应符合设计文件或本规程第

5.5.2条的规定。热喷涂涂层厚度应符合设计文件的规定。

3 钢结构表面金属热喷涂施工应符合以下规定：

- 1) 大气温度低于 5°C 或钢结构表面温度低于露点温度 3°C 时,应停止施工;
- 2) 采用的压缩空气应干燥、洁净且不含油气;
- 3) 正式施工前,宜在喷涂基体表面选择 $1\text{m}^2\sim 5\text{m}^2$ 的钢板作喷涂试验,评定确定正式施工的工艺参数;
- 4) 喷枪与钢结构表面应成直角,无法垂直的部位斜度不宜小于 45° ,距离宜保持在 $120\text{mm}\sim 160\text{mm}$ 范围内,喷枪移动应均匀;
- 5) 一次喷涂的涂层厚度宜为 $25\mu\text{m}\sim 80\mu\text{m}$,同一层内各喷涂带间应有 30% 的重叠宽度;
- 6) 当金属喷涂层超过 $100\mu\text{m}$ 时,宜采用分层喷涂,前后层的喷涂方向应垂直或 45° 交叉,以保证涂层的均匀与高粘性;
- 7) 喷涂过程中,应控制钢结构表面的温度,对小件或薄件,基体表面温度不宜超过 70°C 。

4 当设计要求对热喷涂涂层进行封闭或进行复合涂层防腐时,应符合下列规定：

- 1) 热喷涂施工达到规定的涂层厚度后,应在金属涂层吸潮前喷涂封闭漆或设计规定的复合涂层底漆,时间间隔不宜超过 4h;
- 2) 大面积喷涂封闭漆或底漆前,宜预涂所有边角和不易喷涂的部位;
- 3) 封闭漆或复合涂层的施工应符合本章第 14.3 节的规定。

5 金属喷涂施工质量应符合下列规定：

- 1) 热喷涂表面金属层应颗粒细密、厚薄均匀,不得有固体杂质、气泡、孔洞、裂缝等可视缺陷存在;

- 2) 热喷涂涂层和封闭漆或复合涂层干膜厚度应分别符合设计文件的规定,热喷涂涂层厚度和附着力的检测方法应按照现行国家标准《热喷涂 金属和其他无机覆盖层 锌、铝及其合金》GB/T 9793 的有关规定执行。封闭漆或复合涂层干膜厚度的检测应符合本章第 14.3 节的规定。

6 金属热喷涂环境保护除应符合国家环保和安全的法规和规定外,还应符合下列规定:

- 1) 热喷涂施工人员应采取个人安全防护措施,以免受到噪声、粉尘和灼伤的伤害;
- 2) 车间或工地周围有其他人员工作或居民时,应加装隔音防护装置;
- 3) 热喷涂施工区域应通风,预防金属粉尘在空中浓度超标,防止金属粉尘爆燃;
- 4) 工地喷涂时,应对施工现场及附近的土地和植被进行保护,可采取隔离措施,防止污染和破坏。

14.4 防火涂装

14.4.1 防火涂料应符合下列规定:

1 防火涂料应满足绝热性能好,具有一定抗冲击能力,能牢固地附着在构件上,不腐蚀钢材的要求。

2 耐火极限应符合设计文件和现行国家标准《钢结构防火涂料》GB 14907 的规定。

3 防火涂料不应含石棉,不应使用苯类溶剂,涂膜干燥后应无刺激性气味。

4 防火涂料不应与防锈底漆产生化学反应。

5 每使用 100t 或不足 100t 薄涂型防火涂料,应进行一次粘结强度抽检。每使用 500t 或不足 500t 厚涂型防火涂料,应进行

一次粘结强度和抗压强度抽检。

14.4.2 防火涂装施工前,应检查涂装基层不得有油污、灰尘和泥砂等污垢。钢材表面除锈或防锈底漆干膜厚度和外观,应符合设计文件的要求和现行国家标准的规定。

14.4.3 双组份薄涂型防火涂料应按说明书在现场进行调配;单组份防火涂料也应充分搅拌;厚涂型防火涂料配料时,应按照涂料供应商规定的配合比配料或加稀释剂,并使稠度适宜,边配边用。一次调配的防火涂料应在规定的时间内用完。喷涂后,不应发生流淌和下坠。

14.4.4 钢构件连接处的缝隙应用防火涂料或其他防火材料填平。

14.4.5 薄涂型防火涂料的底涂层或主涂层宜采用重力式喷枪喷涂。局部修补和小面积施工时宜用手工抹涂。厚涂型防火涂料宜采用压送式喷涂机喷涂。面层装饰涂料宜刷涂、喷涂或滚涂。

14.4.6 当对下列结构构件进行厚涂型防火涂料施工时,宜在涂层内设置与构件相连的钢丝网连接措施:

- 1 承受冲击、振动荷载的钢梁。
- 2 涂层厚度大于或等于 40mm 的钢梁和桁架。
- 3 涂料粘结强度小于或等于 0.05MPa 的构件。
- 4 钢板墙和腹板高度超过 1.5m 的钢梁。

14.4.7 喷涂遍数、涂层厚度应根据设计要求确定。每一涂层施工完成干燥后,应对涂层厚度进行检测,并应在检测合格后进行下一层的施工。

14.4.8 当设计要求涂层表面平整光滑时,涂装完最后一遍后,应用抹灰刀将其表面抹平。

14.4.9 涂装施工中,可使用电磁式测厚仪检测超薄型和薄型防火涂料干膜厚度,应使用测厚针检测厚型防火涂料干膜厚度。

14.4.10 防火涂料有下列情况之一时,应铲除重喷或补涂:

- 1 涂层干燥固化不良,粘结不牢或粉化、空鼓、脱落。
- 2 钢结构的接头、转角处的涂层有明显凹陷。
- 3 涂层厚度小于设计规定厚度的 85%时,或涂层厚度虽大于设计规定厚度的 85%,但未达到规定厚度的涂层其连续长度超过 1m。

15 包装、标记及运输

15.1 包 装

15.1.1 构件的包装应根据构件的性能要求、结构形状、尺寸、重量、刚度、运输路程、运输方式及地区气候条件等具体情况进行，同时应符合国家有关车、船运输法规规定。

15.1.2 构件的包装应在漆膜完全干燥、构件检验合格后进行。

15.1.3 构件的包装应具有足够强度，保证在装卸、运输过程中无损坏、变形，包装的尺寸和规格应符合下列要求：

1 包装设计的尺寸结构和选用形式应科学合理、重量适宜，便于封装、开启、搬运、堆放，并经济美观。

2 构件包装单位的重量和长度应按合同约定或装卸起重能力决定，当构件重量不大于 5t，长度不大于 12m 时，可作为一个包装单位，同类、同层、段、节的构件可合并成一个包装单位。当构件总重量 $Q_{\text{总}}$ 不大于 5t 时，不同类或不同部位的构件可归并成一个包装单位。

15.1.4 包装方法应符合下列要求：

1 散件出厂的构件，应采用钢带打捆，钢带应用专用打包机打紧，构件较长时，应设置多个捆扎点，运输时，构件应无窜动且坚固可靠。

2 大型的钢柱和钢梁，应采取单独包装，在构件的上下应配有木块，并采用双头螺栓将木块固定在构件上，每个包装应至少配置两处，包装后应注明吊点位置。

3 高强度螺栓和连接螺栓按成套形式进行供货时，可采用木箱单独包装。包装成箱的标准件应保证箱内构件在运输过程

中无窜动,且箱体密封防水、坚固可靠。

4 同一构件的散件应包装在一起,打包时应注意保护涂装油漆,且每一包构件均应有相应的清单,以便于现场核查、装配。

15.1.5 包装的注意事项如下:

1 打包应在构件油漆干燥,标记书写正确后进行;包装时应保护构件涂层不受伤害。

2 包装时应保证构件不变形、不损坏、不散失,构件宜水平放置。

3 待运构件堆放应平整、稳妥、垫实,堆放处应干燥、无积水;构件应按种类、安装顺序分区存放,以便于查找。

4 相同、相似的构件叠放时,各层构件的支点应在同一垂直线上。底层垫枕应有足够的支承面积。

15.1.6 带螺纹的产品应对螺纹部位涂上防锈剂,并加包裹或用塑料套管护套。经镗铣加工的连接平面、销轴和销轴孔、管类端部内壁等宜加以保护。

15.1.7 对超长、超宽、超重及特殊结构形状构件应进行包装设计。

15.1.8 包装应检验合格后发运,包装清单应与实物一致。

15.2 标 记

15.2.1 构件的标记应在包装前进行。构件包装完成后,应对包装进行标记。

15.2.2 构件标记应按施工图或深化图纸规定的构件编号、代号进行。构件标记可用标签方式附带在构件上,也可用油漆笔直接写在构件上或包装箱上。用于标记的油漆颜色应不同于构件面漆色,且字迹应清楚整齐。

15.2.3 重量超过 5t 的大型构件应标明重量、重心位置和吊点位置等标记。

15.2.4 出口的钢结构产品,应按海运要求和国际通用标准进行编号、标记。

15.3 运 输

15.3.1 构件运输应按收货地点及构件几何形状、重量等确定运输方式。

15.3.2 构件运输应满足合同和现场安装进度的要求,并应制定详细的运输计划。

15.3.3 运输过程中应采取保证构件不发生变形的有效措施。

15.3.4 超宽、超高、超长、超重构件的运输,应事先作路线踏勘,对沿途路面、桥梁、涵洞、公共设施做有效防护、加固、避让,并取得相关管理单位的许可。

15.3.5 构件运输必须遵守国家对于水路、陆路和铁路运输管理的各项规定。

版权所有，不得转载翻印

版权所有，不得转载翻印

版权所有，不得转载翻印

版权所有，不得转载翻印

版权所有，不得转载翻印

下篇 安装部分

版权所有，不得转载翻印

版权所有，不得转载翻印

版权所有，不得转载翻印

版权所有，不得转载翻印

版权所有，不得转载翻印

版权所有，不得转载翻印

16 施工阶段设计

16.1 一般规定

16.1.1 钢结构施工阶段设计包括施工组织设计文件编制、施工阶段结构分析和验算、结构预变形分析等。

16.1.2 施工组织设计应由项目负责人主持编制,并应经单位技术负责人审批后报监理工程师或建设单位代表审批。

16.1.3 钢结构施工阶段设计中的设计指标应符合设计文件、现行国家标准的有关规定。

16.1.4 施工阶段进行结构分析和验算时,荷载应符合下列规定:

1 恒荷载应包括结构自重、预应力等,其标准值应按实际计算。

2 施工活荷载应包括施工堆载、操作人员 and 小型工具重量等,其标准值可按实际计算。

3 风荷载可根据工程所在地和实际施工情况,按不小于 10 年一遇风压取值,风荷载的计算应按现行国家标准《建筑结构荷载规范》GB 50009 的有关规定执行;当施工期间可能出现大于 10 年一遇风压取值时,应制定应急预案。

4 起重设备和其他设备荷载标准值宜按设备产品说明书取值。

5 温度作用宜按当地气象资料所提供的温差变化计算;结构由日照引起向阳面和背阳面的温差,宜按现行国家标准《高耸结构设计规范》GB 50135 的有关规定执行。

6 本条第 1~5 款未规定的荷载和作用,可根据工程的具体

情况确定。

16.2 施工组织设计

16.2.1 施工组织设计应包括编制依据、工程概况、施工部署、施工进度计划、施工准备与资源配置计划、主要施工方法、施工现场平面布置及主要施工管理计划等基本内容。

16.2.2 施工准备应包括人员、机具设备、材料、场地、技术等准备项目。

16.2.3 施工现场平面布置图应包括下列内容：

- 1 工程施工场地状况。
- 2 拟建建(构)筑物的位置、轮廓尺寸、层数等。
- 3 工程施工现场的加工设施、存储设施、办公和生活用房等的位置和面积。

4 布置在工程施工现场的垂直运输设施、供电设施、供水供热设施、排水排污设施和临时施工道路等。

5 施工现场必备的安全、消防、保卫环境保护等设施。

6 相邻的地上、地下既有建(构)筑物及相关环境。

16.2.4 钢结构施工方案应包括总体施工程序,设备选用、场地布置、劳动力及材料配置、总体计划等相关内容。

16.2.5 钢结构施工专项方案应包括现场焊接专项方案、现场涂装专项方案、安全专项方案、起重设备装拆专项方案、测量专项方案以及质量控制专项方案等。

16.3 施工阶段结构分析

16.3.1 当钢结构工程施工方法或施工顺序对结构的内力和变形产生较大影响,或设计文件有特殊要求时,应进行施工阶段结构分析,并应对施工阶段结构的强度、稳定性和刚度进行验算,其

验算结果应满足设计要求。

16.3.2 施工阶段分析的荷载效应组合和荷载分项系数取值,应符合现行国家标准《建筑结构荷载规范》GB 50009 等的有关规定。

16.3.3 施工阶段分析结构重要性系数不应小于 0.9,重要的临时支承结构其重要性系数不应小于 1.0。

16.3.4 施工阶段的荷载作用、结构分析模型和基本假定应与实际施工状况相符合。施工阶段的结构宜按静力学方法进行弹性分析。

16.3.5 施工阶段的临时支承结构和措施应按施工状况的荷载作用,对结构进行强度、稳定性和刚度验算,对连接节点应进行强度和稳定验算。当临时支承结构作为设备承载结构时,应进行专项设计;当临时支承结构或措施对结构产生较大影响时,应提交原设计单位确认。

16.3.6 临时支承结构的拆除顺序和步骤应通过分析和计算确定,并应编制专项施工方案,必要时应经专家论证。

16.3.7 对吊装状态的构件或结构单元,宜进行强度、稳定性和变形验算,动力系数宜取 1.1~1.4。

16.3.8 索结构中的索安装和张拉顺序应通过分析和计算确定,并应编制专项施工方案,计算结果应经原设计单位确认。

16.3.9 支承移动式吊装设备的地面或楼面,应进行承载力和变形验算。当支承地面处于边坡或临近边坡时,应进行边坡稳定性验算。

16.4 结构预变形

16.4.1 当在正常使用或施工阶段因自重及其他荷载作用,发生超过设计文件或国家现行有关标准规定的变形限值,或设计文件对主体结构提出预变形要求时,应在施工期间对结构采取预变形

措施。

16.4.2 结构预变形计算时,荷载应取标准值,荷载效应组合应符合现行国家标准《建筑结构荷载规范》GB 50009 的有关规定。

16.4.3 结构预变形值应结合施工工艺,通过结构分析计算,并应由施工单位与原设计单位共同确定。结构预变形的实施应进行专项工艺设计。

16.5 建筑信息模型技术应用

16.5.1 对于结构或施工工艺复杂的钢结构,宜使用建筑信息模型(BIM)技术。在正式施工前,宜建立建筑信息模型,并应对施工全过程及关键工艺进行信息化模拟。

16.5.2 建筑信息模型应能够正确反映其几何尺寸和空间定位。

16.5.3 施工全过程信息化模拟宜综合考量各专业之间的施工界面、施工流程以及施工工期衔接等。

16.5.4 施工关键工艺信息化模拟宜综合考量构件安装工序以及节点拼装工艺等。

17 基础、支承面和预埋件

17.1 一般规定

17.1.1 钢结构安装前应对建筑物的定位轴线、基础轴线和标高、地脚螺栓位置等进行检查,并办理交接验收手续。

17.1.2 当基础工程分批进行交接时,每次交接验收不应少于一个安装单元的柱基基础,并应符合下列规定:

- 1 基础混凝土强度应达到设计要求。
- 2 基础周围回填夯实应完毕。
- 3 基础的轴线标志和标高基准点应准确、齐全。

17.2 施工工艺

17.2.1 钢柱脚采用钢垫板作支承时,应符合下列规定:

1 钢垫板面积应根据混凝土抗压强度、柱脚底板承受的荷载和地脚螺栓(锚栓)的紧固拉力计算确定。

2 垫板应设置在靠近地脚螺栓(锚栓)的柱脚底板加劲板或柱肢下,每根地脚螺栓(锚栓)侧应设1组~2组垫板,每组垫板不得多于5块。

3 垫板与基础面和柱底面的接触应平整、紧密。当采用成对斜垫板时,其叠合长度不应小于垫板长度的 $2/3$ 。

4 柱底二次浇灌混凝土前垫板间应焊接固定。

17.2.2 钢柱脚采用调节螺母作支承时,可利用柱底螺母和垫片调节标高,并应符合下列规定:

- 1 螺母的面标高应为钢柱底板的底标高。

2 钢柱或钢柱底板安装就位后应复测底板或钢柱的定位轴线与垂直度,可通过微调底板下螺母调整偏差。

3 底板面上的螺母应在底板或钢柱复测完成后拧紧,钢柱临时固定完成后应灌浆固定。

17.2.3 地脚螺栓(锚栓)及预埋件安装应符合下列规定:

1 地脚螺栓及预埋件安装宜采用定位支架、定位板等辅助固定措施。

2 地脚螺栓(锚栓)和预埋件安装到位后,应可靠固定;当埋设精度较高时,可采用预留孔洞、二次埋设等工艺。

3 地脚螺栓(锚栓)应采取防止损坏、锈蚀和污染的保护措施。

4 钢柱地脚螺栓(锚栓)紧固后,应采取防止螺母松动和锈蚀的措施。

5 当地脚螺栓需要施加预应力时,可采用后张拉方法,张拉力应符合设计文件的要求,并应在张拉完成后进行灌浆处理。

17.2.4 基础顶面直接作为柱的支承面、基础顶面预埋钢板或支座作为柱的支承面时,其支承面、地脚螺栓(锚栓)的允许偏差应符合表 17.2.4 的规定。

表 17.2.4 支承面、地脚螺栓(锚栓)的允许偏差(mm)

项目		允许偏差
支承面	标 高	± 3.0
	水平度	1/1000
地脚螺栓(锚栓)	螺栓中心偏移	5.0
	螺栓露出长度	+30.0 0
	螺纹长度	+30.0 0
预留孔中心偏移		10.0

18 起重设备和吊具

18.1 一般规定

18.1.1 钢结构安装宜采用塔式起重机、履带式起重机、汽车起重机等标准起重设备。选用非标准起重设备时,应先进行产品检验和调试,经过专项验收后使用。

18.1.2 起重设备的选型应根据起重设备性能、结构特点、现场环境、作业效率等因素综合确定。

18.1.3 钢结构吊装作业必须在起重设备的额定起重量范围内进行。

18.1.4 安装和拆除塔式起重机时,应有专项技术方案。

18.1.5 当构件重量超过单台起重设备的额定起重量范围,可采用双机抬吊的方式吊装,并应符合下列规定:

1 构件重量不得超过两台起重设备额定起重量总和的75%,单台起重设备的负荷量不得超过额定起重量的80%。

2 起重设备应进行合理的负荷分配。

3 吊装作业应进行安全验算并采取安全措施,应有经批准的抬吊作业专项方案。

4 吊装操作时应保持两台起重设备升降和移动同步,两台起重设备的吊钩、滑车组均应保持垂直状态。

18.1.6 用于吊装的钢丝绳、吊装带、卸扣、吊钩等吊具应检查合格,并应在额定许用荷载范围内使用。

18.2 起重设备

18.2.1 多层及高层钢结构在选择起重设备时应符合下列要求:

1 高度不大于 250m 的高层钢结构宜选用附着式塔式起重机;高度大于 250m 的高层钢结构宜选用爬升式塔式起重机。

2 塔式起重机的起重性能应能满足施工工况要求。

3 附着式塔式起重机应根据塔身的最高高度选用;爬升式塔式起重机应根据爬升所需最小空间尺寸及塔身悬臂的最大高度选用,并应按照土建模架体系与爬升式塔式起重机的搭接顺序确定起重机的爬距。

4 起重设备的数量应根据起重机吊钩的升降速度,通过测算施工效率进行配置。

5 选择起重设备前应踏勘现场,了解施工环境,塔式起重机回转半径内应无障碍物限制。

18.2.2 塔式起重机布置位置应符合下列要求:

1 塔式起重机应布置在便于现场组织施工,对下道工序影响最小的部位。

2 塔式起重机应布置在施工阶段结构刚度相对较大的部位。

3 塔式起重机应布置在吊装构件最有利的位罝,避免产生吊装死角。

4 当布置多台塔式起重机时,应防止相互干涉。

5 布置位置应便于塔式起重机的安装和拆除。

18.2.3 大跨度空间钢结构施工在选择起重设备时应符合下列要求:

1 可根据结构特点及施工要求选用履带式起重机、汽车式起重机、行走式塔式起重机以及门式起重机等起重设备。

2 行走式塔式起重机和门式起重机的行走轨道可采用直轨

道或弯轨道。

18.3 吊 具

18.3.1 吊具的选用应符合下列规定：

1 吊装索具可选用钢丝绳、吊装带或吊链,对于构件表面有外观保护要求的,可优先选用吊装带。

2 吊装索具固定可采用捆扎固定法、夹具固定法、吊耳固定法等方式。对于重型构件,宜采用焊接吊耳或工具式吊耳固定。

18.3.2 钢丝绳的直径应按钢丝绳所要求的安全系数选择,钢丝绳最小安全系数应参见表 18.3.2,所选钢丝绳的承载力应按下式计算:

$$S_{\max} \leqslant S_p / n \quad (18.3.2)$$

式中: $S_{\max}$ ——钢丝绳承载力(kN);

S_p ——钢丝绳破断力(kN);

n ——钢丝绳最小安全系数,应按表 18.3.2 取值。

表 18.3.2 钢丝绳最小安全系数

类型	特性和使用范围		最小安全系数
臂架式起重机	机构的工作级别	M1~M3	4
		M4	4.5
		M5	5
各种用途的钢丝绳	缆风绳		4
	捆绑构件		8~9
	绳索		6~8

18.3.3 当钢丝绳中一股出现多丝折断时,应立即报废;当整根钢丝绳纤维芯被挤出时,应立即报废。

18.3.4 使用钢丝绳夹时,应把绳夹的夹座扣在钢丝绳的工作段上,U型螺栓扣在钢丝绳的尾段上。钢丝绳夹不得在钢丝绳上交

替布置。钢丝绳夹之间的距离宜取 6 倍~7 倍钢丝绳直径。

18.3.5 对于封闭式吊索,采用编结固接时,编结长度不宜小于钢丝绳直径的 30 倍;对于开口式吊索,采用编结固接时,编结长度不宜大于钢丝绳直径的 25 倍。

18.3.6 选用特殊吊具时,应先进行设计和试验,在经过专项验收后使用。

18.3.7 施工详图设计时应根据构件安装中选用的吊具,设计相匹配的吊点构造形式。

19 施工测量

19.1 一般规定

19.1.1 钢结构工程的施工测量应包括平面控制、高程控制和细部测量等。

19.1.2 施工测量前,应根据设计施工图和钢结构安装要求,编制测量专项方案。

19.1.3 钢结构安装前应设置施工控制网。

19.2 平面控制网

19.2.1 平面控制网可根据场区地形条件和建筑物的结构形式,布设十字轴线或矩形控制网,平面布置为异形的建筑可根据建筑物形状布设多边形控制网。

19.2.2 建筑物的轴线控制桩应根据建筑物的平面控制网测定,定位放线可选择直角坐标法、极坐标法、角度(方向)交汇法、距离交汇法等方法。

19.2.3 当建筑物高度为4层以下时,平面控制网宜采用外控法;当建筑物高度为4层及以上时,建筑物平面控制网宜采用内控法。上部楼层平面控制网,应以建筑物底层控制网为基础,通过仪器竖向垂直接力投测。竖向投测宜以每50m~80m设一转换点,控制点竖向投测的允许误差应符合表19.2.3的规定。

表 19.2.3 控制点竖向投测的允许误差(mm)

项目		测量允许误差
每层		3
总高度 H	$H \leq 30\text{m}$	5
	$30\text{m} < H \leq 60\text{m}$	8
	$60\text{m} < H \leq 90\text{m}$	13
	$90\text{m} < H \leq 150\text{m}$	18
	$H > 150\text{m}$	20

19.2.4 轴线控制基准点投测至中间施工层后,应进行控制网平差校核。调整后的点位精度应满足边长相对误差达到 $1/20\,000$ 和相应的测角中误差 $\pm 10''$ 的要求。设计有特殊要求时应根据限差确定其放样精度。

19.3 高程控制网

19.3.1 首级高程控制网应按闭合环线、附和路线或结点网形布设。高程测量的精度,不宜低于三等水准的精度要求。

19.3.2 钢结构工程高程控制点的水准点,可设置在平面控制网的标桩或外围的固定地物上,也可单独埋设。水准点的个数不应少于 3 个。

19.3.3 建筑物标高的传递宜采用悬挂钢尺的测量方法,钢尺读数应进行温度、尺长和拉力修正。标高向上传递时宜从两处分别传递,面积较大或高层结构宜从三处分别传递。当传递的标高误差不超过 $\pm 3.0\text{mm}$ 时,可取其平均值作为施工楼层的标高基准;超过时,则应重新传递。标高竖向传递投测的测量允许误差应符合表 19.3.3 的规定。

表 19.3.3 标高竖向传递投测的测量允许误差 (mm)

项 目	测量允许误差
每 层	± 3
总高度 H	$H \leq 30\text{m}$
	$30\text{m} < H \leq 60\text{m}$
	$H > 60\text{m}$

注:表中误差不包括沉降和压缩引起的变形值。

19.4 测量工艺

19.4.1 安装施工前应进行基础复测,复测应符合下列规定:

1 钢结构安装前应对柱基的定位轴线间距、柱基面标高和地脚螺栓位置进行技术复核。

2 定位轴线应设置控制桩。结构定位线应与原定位轴线重合、封闭。

3 柱基地脚螺栓检查应符合下列规定:

- 1) 螺栓的螺纹长度应满足钢柱安装后螺母拧紧的需要;
- 2) 螺栓垂直度误差超过规定时必须矫直;
- 3) 螺纹不应有损伤,检查合格后在螺纹部分应采取涂油、帽套等保护措施;
- 4) 螺栓间距应满足设计要求。

4 标高复测应符合下列要求:

- 1) 基准标高点的设置位置四周应加以妥善保护;
- 2) 钢柱柱基表面应进行标高实测,测得的标高偏差应在平面图上标示,作为调整的依据。

19.4.2 钢柱测量应满足下列要求:

1 钢柱安装前,应在柱身四面分别画出中线或安装线,弹线允许误差应为 $\pm 1\text{mm}$ 。

2 每节钢柱的控制轴线应从基准控制轴线的转点引测。

3 竖直钢柱安装时,应采用经纬仪在相互垂直的两轴线方向上,同时校测钢柱垂直度。当观测面为不等截面时,经纬仪应安置在轴线上;当观测面为等截面时,经纬仪中心与轴线间的水平夹角不得大于 15° 。

4 倾斜钢柱安装时,可采用水准仪和全站仪进行三维坐标校测。

19.4.3 钢梁测量应满足下列要求:

1 安装钢梁前,应测量钢梁连接的钢柱及邻近柱的垂直度;在整个区域构件安装完成后,应进行整体复测。

2 复杂构件的定位可由全站仪直接架设在控制点上,进行三维坐标测定,也可采取水准仪对标高、全站仪对平面坐标的方式共同测控。

20 构件安装

20.1 一般规定

20.1.1 钢结构安装现场宜设置专门的构件堆场,并应采取防止构件变形及表面污染的保护措施。

20.1.2 构件分段应结合工厂制作、现场安装工艺及运输方案确定,并在工厂预先设置吊装耳板或吊装孔。

20.1.3 吊点设置应符合下列规定:

1 构件吊装前,应根据构件的外形、重量、安装现场条件等确定吊点位置及形式,验算构件起吊过程的稳定性,并应根据计算结果采取防止构件失稳的临时措施。

2 构件的吊点应设置在重心位置的上方。

20.1.4 钢结构安装前应完成下列准备工作:

1 钢结构构件出厂应进行检查,并应有合格证。

2 运送至现场的钢构件应进行复检,应按照构件明细表核对进场构件的规格、品种和数量,并应依照安装顺序运到安装范围内。

3 安装前应复核工厂预拼装小拼单元的质量验收合格证文书。

4 安装前应去除接头上的污垢和铁锈。

5 安装前应在钢柱的底部和上部应标出两个方向的轴线,并应在柱身的四面分别标出中线或安装线,在钢柱底部标出标高基准线,弹线允许误差应为 $\pm 1\text{mm}$ 。

20.1.5 安装施工前应进行下列工艺试验和工艺评定:

1 焊接工艺评定。

2 高强度螺栓连接副摩擦面及扭矩系数或轴力复试。

3 焊接材料复验。

4 特殊构件的安装技术及施工用设备改装调试工艺。

20.1.6 后安装构件应根据设计文件或吊装工况的要求进行安装,其加工长度宜根据现场实际测量数据确定;当后安装构件与已完成结构采用焊接连接时,应采取减少焊接变形和焊接残余应力措施。

20.2 施工工艺

20.2.1 钢柱安装应满足下列要求:

1 柱脚安装时,地脚螺栓(锚栓)宜使用导入器或护套。

2 首节钢柱安装后应进行垂直度、标高和轴线位置校正,钢柱的垂直度可采用经纬仪或线锤测量;校正合格后钢柱应可靠固定,并应进行柱底二次灌浆,灌浆前应清除柱底板与基础面间杂物。

3 首节以上的钢柱两端应设置临时固定用的连接板,并采用安装螺栓与连接板作临时固定。

4 钢柱宜采用两点就位,一点起吊。起吊可采取双机抬吊法或单机旋转回直法;钢柱起吊时,必须垂直。

5 首节以上的钢柱定位轴线应从地面控制轴线直接引上,不得从下层柱的轴线引上;钢柱校正垂直度时,应确定钢梁接头焊接的收缩量,并应预留焊缝收缩变形值。

6 倾斜钢柱可采用三维坐标测量法进行测校,也可采用柱顶投影点结合标高的方法进行测校,校正合格后宜采用刚性支撑固定。

20.2.2 钢梁安装应满足下列要求:

1 钢梁宜采用两点起吊,吊点位置应符合表 20.2.2 的规定;当单根钢梁长度大于 21m,且采用两点吊装不能满足构件强

度和变形要求时,宜设置 3 个~4 个吊装点吊装或采用平衡梁吊装,吊点位置应通过计算确定。

表 20.2.2 钢梁的吊点位置

$L(m)$	$A(m)$
$15 < L \leq 21$	2.5
$10 < L \leq 15$	2.0
$5 < L \leq 10$	1.5
$L \leq 5$	1.0

注: L 为梁的长度; A 为吊点至梁中心的距离。

2 吊索与钢梁连接宜选用下列方式:

- 1) 使用捆扎法时,应在钢丝绳与钢梁的棱角处采取保护措施;
- 2) 使用专用吊具;
- 3) 钢梁上预设吊装连接板或吊装孔;预设的连接板或吊装孔应经过设计计算。

3 钢梁可采用一机一吊或一机串吊的方式吊装,就位后应立即采用与永久螺栓同直径的安装螺栓作临时固定连接,安装螺栓的数量不应小于永久螺栓总量的 $1/3$,且不应少于 2 个。临时固定完成后,应拆除索具。

4 钢梁面的标高及两端高差可采用水准仪与标尺进行测量,校正完成后应进行永久性连接。

20.2.3 支撑安装应满足下列要求:

- 1 交叉支撑宜按照从下到上的顺序组合吊装。
- 2 无特殊规定时,支撑构件的校正宜在相邻结构校正固定后进行。
- 3 屈曲约束支撑应按设计文件和产品说明书的要求进行安装。

20.2.4 桁架安装应满足下列要求:

1 桁架安装前应编制专项方案。
2 桁架应在工厂进行实物或计算机模拟预拼装,消除加工偏差。

3 桁架可采取整体或分段吊装,分段吊装时应设置临时支撑,并经计算复核。

4 现场接头宜采用焊接、栓接相结合的连接形式。

5 安装前应检查复核桁架牛腿、埋件及相连构件尺寸和位置。

6 桁架安装宜采用单机吊装,采用双机抬吊应按照本规程第 19.1.5 条的规定执行。

7 桁架宜采取对称、由下至上的吊装顺序,校正后临时固定。待整个桁架层安装完成后,应进行焊接或螺栓终拧。

20.2.5 钢板剪力墙安装应满足下列要求:

1 钢板剪力墙起扳和吊装时应防止平面外变形。

2 钢板剪力墙应进行分段安装,分段位置及尺寸精度应满足设计要求。劲性剪力墙中的钢板应根据土建施工工艺进行专项构造设计。

3 焊接时应采取防止焊接变形的措施。

4 钢板剪力墙的安装顺序应满足设计文件要求。

20.2.6 屋架安装应满足下列要求:

1 钢屋架可采用整榀或分段安装。

2 钢屋架应在起扳和吊装过程中防止产生变形。

3 单榀钢屋架安装时应采用缆绳或刚性支撑增加侧向临时约束。

20.2.7 支座安装应满足下列要求:

1 支座应采用专门的工装进行吊装和安装。

2 支座总成不宜解体安装,就位后应采取临时固定措施。

3 支座安装及锁定顺序应符合设计文件或施工阶段结构分析的要求。

4 支座安装完毕后应进行成品保护。

20.2.8 钢铸件或铸钢节点安装应满足下列要求：

1 出厂时应标识清晰的安装基准标记。

2 现场焊接应严格按焊接工艺专项方案施焊和检验。

20.2.9 延迟构件安装应满足下列要求：

1 延迟构件在结构施工过程中的承载时机应符合设计文件要求。延迟构件可随主体结构同步安装,但应采用特殊的连接构造。

2 延迟安装构件的施工顺序应符合设计文件的要求。当施工顺序与设计文件不一致时,施工单位应补充专项方案,经设计单位确认后再施工。

21 单层钢结构安装

21.1 一般规定

21.1.1 钢结构厂房吊车梁与轨道安装测量应根据厂房平面控制网,采用平行借线法测定吊车梁的中心线;吊车梁中心线投测允许误差应为 $\pm 3\text{mm}$,梁面垫板标高允许偏差应为 $\pm 2\text{mm}$ 。

21.1.2 吊车梁上轨道中心线投测的允许误差应为 $\pm 2\text{mm}$,中间加密点的间距不得超过柱距的两倍,并应将各点平行引测到牛腿顶部靠近柱的侧面,作为轨道安装的依据。

21.1.3 吊车梁与轨道安装时,应在柱牛腿面架设水准仪按三等水准精度要求测设轨道安装标高。标高控制点的允许偏差应为 $\pm 2\text{mm}$,轨道跨距允许偏差应为 $\pm 2\text{mm}$,轨道中心线投测允许偏差应为 $\pm 2\text{mm}$,轨道标高点允许偏差应为 $\pm 1\text{mm}$ 。

21.2 施工工艺

21.2.1 厂房钢结构安装宜采用综合安装法。

21.2.2 单层钢结构宜逐跨进行吊装,可按从跨端一侧向另一侧的顺序进行吊装,也可按从中间向两端或两端向中间的顺序进行吊装。

21.2.3 多跨单层工业厂房,宜按先主跨后副跨,先高跨后低跨的顺序吊装。

21.2.4 悬挂脚手架、吊篮、梯子、工作台等设施应在吊装前安装完毕。

21.2.5 吊车梁吊装应符合下列规定:

1 吊车梁应采取分件吊装。当起重能力允许时,也可采取将吊车梁与制动桁架等组成一体进行整体吊装。

2 吊车梁的校正应在钢柱校正后进行,可按厂房伸缩缝分区进行校正,也可在厂房全部吊装完成后再进行校正。

3 吊车梁的校正应包括标高、垂直度、中心线和跨距。

21.2.6 钢屋架吊装应符合下列规定:

1 钢屋架吊装宜采用高空旋转法吊装,并应用牵引溜绳控制就位。

2 钢屋架吊装时必须进行临时固定,第一榀屋架安装后,应用缆风钢丝绳拉紧;第二榀及以后的屋架吊装后,应用拉撑与已安装的屋架连接,形成稳定的空间结构。

3 屋架临时固定应采用临时螺栓,每个节点穿入数量不应少于安装孔数的 $1/3$,且至少应穿入 2 个临时螺栓。

4 钢屋架校正时应进行垂直度与侧向弯曲的检验。

21.2.7 天窗架吊装宜采用下列方式之一:

1 天窗架采用单榀组装;待屋架吊装完成后安装,校正并固定。

2 单榀天窗架与单榀屋架应在地面组合,组合可采用平拼或立拼方式,焊接或加固后整体吊装。

21.2.8 檩条吊装应符合下列规定:

1 吊装前应校正檩条、拉杆的自身平直度。

2 檩条吊装宜采用一钩多吊或成片吊装方法。

21.2.9 单层钢结构在安装过程中,应安装柱间支撑或稳定缆绳,应在形成空间结构稳定体系后再扩展安装。

21.2.10 单层钢结构安装过程中形成的临时空间结构稳定体系应能承受结构自重、风荷载、雪荷载、施工荷载以及吊装过程中冲击荷载的作用。

21.3 质量要求

21.3.1 单层钢结构施工质量应符合设计要求和现行国家标准《钢结构工程施工质量验收规范》GB 50205 的有关规定。

21.3.2 运输、堆放和吊装等造成钢构件变形及涂层脱落时,应进行矫正和修补。

21.3.3 钢结构表面应干净,表面不应有疤痕、泥沙等污垢。钢柱等主要构件的中心线及标高等标记应齐全。

21.3.4 设计要求顶紧的节点,紧贴的接触面不应少于 70%,且边缘最大间隙不应大于 0.8mm。

22 多层与高层钢结构安装

22.1 一般规定

22.1.1 钢结构堆场或中转堆场的选址应符合下列要求:

- 1 堆场宜靠近工程现场,应满足运输车辆的要求。
- 2 场地应平整,并应有电源、水源和排水管道,堆场的面积应满足工程进度需要。
- 3 钢构件堆场应在吊机半径范围内,宜布置专用的构件卸料吊机。

22.1.2 采用 2 台或 2 台以上的塔式起重机施工时,应按其不同的起重半径划分各自的施工区域。

22.2 施工工艺

22.2.1 结构安装宜以每节钢柱形成的框架为单位,划分多个流水作业段,并应符合下列规定:

- 1 吊装机械的起重性能应满足流水段内的最重构件的吊装要求。
- 2 塔式起重机爬升高度应满足下一节流水段的构件起吊高度。
- 3 每节流水段内的柱长度应根据工厂加工、运输堆放、现场吊装等因素确定,长度宜取 2 个~3 个楼层高度,分节位置宜在梁顶标高以上 1.0m~1.3m 处。
- 4 流水段的划分应与土建施工相适应。
- 5 每节流水段可根据结构特点和现场条件在平面上划分流

水区进行施工。

6 特殊流水区的划分应符合设计文件的要求。

22.2.2 标准节框架的安装宜采用节间综合安装法和按构件分类的大流水安装法,并应符合下列规定:

1 框架吊装时,可采用整个流水段内先柱后梁或局部先柱后梁的顺序,并应先组成主框架;应避免单柱长时间处于悬臂状态。

2 钢筋桁架楼承板安装宜落后框架一个节段。

3 特殊流水作业段内的吊装顺序应按安装工艺确定,并应满足设计文件的要求。

22.2.3 带伸臂桁架的高层钢结构,其伸臂桁架的斜腹杆应采用先就位后终固的安装顺序,并应满足下列要求:

1 伸臂桁架的终固施工应满足设计文件要求。

2 伸臂桁架就位时,斜腹杆的连接节点应具有一定的自由伸缩行程,伸缩行程量应满足设计要求。

22.2.4 高层、超高层钢结构安装的测量校正应按流水段进行,并应符合下列规定:

1 每节钢柱的控制轴线应从基准控制轴线的转点引测,不得从下层柱的轴线引出。

2 钢结构安装时,应分析日照、焊接等因素可能引起的构件伸缩或变形,并应采取相应措施。安装过程中,宜对下列项目进行观测,并应作记录:

1) 柱、梁焊接收缩引起柱身垂直度偏差值;

2) 钢柱受日照温差、风力影响的变形;

3) 塔吊附着或爬升对结构垂直度的影响。

3 主体结构整体垂直度的允许偏差应为 $H/2500+10\text{mm}$ (H 为高度),但不应大于 50.0mm ;整体平面弯曲允许偏差应为 $L/1500$ (L 为宽度),且不应大于 25.0mm ;对于体型复杂的结构体系,应由建设、设计、监理、施工等有关单位共同讨论确定允许

偏差值。

4 高度在 250m 以上的建筑钢结构,整体垂直度宜采用全球卫星定位系统或相应方法进行测量复核。

22.2.5 钢柱的校正应符合下列要求:

1 钢柱的测量校正仪器宜采用激光经纬仪或高精度的经纬仪。

2 钢柱的测量校正工具宜采用钢丝绳缆索、千斤顶、钢楔、倒链等。

3 应在全部柱测量校正完毕并填写校正记录后,终拧柱与柱、柱与梁之间的高强度螺栓。

22.2.6 斜柱的校正应符合下列要求:

1 在下节立柱的顶部和上节底部对应位置应分别划线。

2 倾斜钢柱柱顶空间位置应采用全站仪坐标法测控。

3 校正完成后应复核钢柱相应连接牛腿位置及钢柱的扭转偏差。

22.2.7 标高调整应符合下列要求:

1 对于高度不超过 300m 的高层钢结构,每安装一节钢柱后,应对柱顶作一次标高实测,标高偏差值超过 5mm 应进行调整,调整应符合下列规定:

1) 一次调整不宜超过 5mm;

2) 钢柱的截短、填板的制作,应在制作厂内完成;

3) 安装时柱顶标高宜控制在负公差内。

2 对于高度超过 300m 的高层钢结构,应考虑结构竖向压缩变形,并根据结构特点及影响程度对钢柱标高进行标高补偿,补偿值应通过设计计算确定。

22.2.8 对于立面呈倾斜或扭曲形式的不规则高层钢结构,结构在竖向荷载作用下产生的水平变形较大时,应进行平面内变形控制,水平预变形量值应通过设计计算确定。

22.3 质量要求

22.3.1 多层与高层钢结构的施工质量应符合设计要求和现行国家标准《钢结构工程施工质量验收规范》GB 50205 的相关规定。

22.3.2 钢构件变形、涂层脱落以及设计要求顶紧的节点等应与单层钢结构安装质量要求相同。

23 大跨度空间钢结构安装

23.1 一般规定

23.1.1 大跨度空间钢结构可采用高空散装法、分条分块吊装法、滑移法、单元或整体提升(顶升)法、整体吊装法、折叠展开式整体提升法、高空悬拼安装法等安装方法。在满足质量和安全的前提下,应根据结构受力和构造特点、施工技术条件,综合确定安装方法。

23.1.2 在进行形式复杂的大跨度空间结构施工前,施工单位应会同设计单位进行安装全过程施工验算。

23.1.3 大跨度钢结构安装宜采取大流水节拍施工。

23.1.4 大跨度空间钢结构宜在工厂进行整体预拼装或单元节间试拼装。

23.1.5 采用吊装、提升或顶升的安装方法时,吊点或支点的位置、数量应符合下列规定:

- 1 施工阶段的结构受力状况应与使用阶段接近。
- 2 吊点或支点的最大负载不应大于起重设备的负荷能力。
- 3 各起重设备的负荷能力应接近。
- 4 吊装(提升)单元的变形应在允许范围之内。

23.1.6 采用整体顶升法、整体滑移法、整体提升法施工时,结构上升或落位的瞬间应严格控制其加速度。

23.1.7 大跨度空间钢结构施工应分析环境温度变化对结构的影响,并应根据分析结果选取适当的时间段和环境温度进行结构合拢施工。设计对合拢温度有要求时,合拢温度应满足设计要求。

23.1.8 有特殊施工要求的重要空间格构结构,应对施工期间发生最不利内力的永久结构和临时支撑进行应力和位移监测,并形成监测报告。

23.1.9 大跨度空间钢结构在安装过程中应设置合理的临时支撑体系,并应通过计算分析,确定卸载方案和合理的拆除临时支撑的顺序和步骤。

23.2 施工工艺

23.2.1 拼装施工应符合下列规定:

1 复杂的焊接桁架结构拼装宜以平面段形式在专用胎架上进行,焊接工作量大的节点可单独先行组装焊接,然后将已交验的平面段在总装胎架上进行总装合拢。

2 施焊应按照焊接工艺进行,焊接工艺应明确环境温度、焊接方法、焊接顺序和焊接工艺参数。

3 施焊时,宜先焊接下弦节点,再焊接上弦节点;同一杆件严禁两端同时施焊。

4 复杂的螺栓球节点网架结构拼装过程中杆件应始终处于非受力状态,严禁强行就位。螺栓不宜一次拧紧,应沿建筑物纵向、横向安装一排或两排结构单元,经测量无误后将螺栓球节点全部拧紧到位。

23.2.2 高空散装法施工应符合下列规定:

1 采用小单元或杆件直接在高空拼装时,其安装顺序应能保证拼装精度,减少累积误差。悬挑法施工时,应先拼装成可承受自重的稳定结构体系,然后逐步扩展。

2 临时支撑的支承点应设在下弦节点处。支撑及主体结构的承载力和稳定性应经过验算,并满足地基承载力要求,同时应在支撑上设置可调节标高的装置。

23.2.3 吊装法(分块或整体)施工应符合下列规定:

1 结构吊装宜采用起重机吊装就位。

2 起重机的行走道路应满足地耐力要求。

3 将结构分为若干单元吊装时,临时支撑的设置及拆除过程应符合本规程第 23.1.9 条的规定。

4 结构单元应具有足够刚度和几何尺寸稳定性。

5 多点吊装时,应保证各吊点同步起升及下降。

23.2.4 高空滑移法施工应符合下列规定:

1 高空滑移施工可采用牵引或顶推的施工工艺。

2 顶推施工可在永久结构上设置临时反力支座,也可直接放置自平衡顶推装置。

3 施工前应对滑移工况进行分析,强度不足时应采取加固措施。

4 滑轨可固定于梁顶面的预埋件、地面或楼面上,滑轨与预埋件、地面、楼面的连接应牢固可靠,轨道铺设区域内应平滑过渡。当结构或工作平台的支座板直接在滑轨上滑移时,其两端应做成圆倒角,滑轨两侧应无障碍。

5 滑移可采用滑动或滚动方法,可采用卷扬机、电动葫芦或液压千斤顶等动力装置。

23.2.5 提升法施工应符合下列规定:

1 提升吊点及支承位置应根据被提升结构的变形控制和受力分析确定,并应根据各吊点处的反力值选择提升设备和设计(或验算)支承柱。

2 提升设备宜根据结构特点布置在结构支承柱顶部,也可设置在临时支撑柱顶。

3 当采用液压千斤顶提升时,各提升点的额定负荷能力应不小于使用负荷能力的 1.25 倍,宜为使用负荷能力的 1.5 倍以上。

4 结构提升时应控制各提升点之间的高度偏差,使其提升过程偏差在允许范围内。

23.2.6 顶升法施工应符合下列规定:

- 1 顶升时应使被顶升结构具有足够的刚度。
- 2 顶升时宜利用结构柱作为顶升时的支承结构,也可在其附近设置临时顶升支架。
- 3 顶升用的支承柱或临时支撑上的缀板间距,应为千斤顶使用行程的整数倍,其标高偏差不应大于 5mm。
- 4 顶升千斤顶可采用丝杠千斤顶或液压千斤顶,其使用负荷能力应根据额定负荷能力和折减系数确定。
- 5 顶升时各项升点的升差值应控制在允许范围内。
- 6 千斤顶或千斤顶合力的中心应与柱轴线对准,其允许偏移值不应大于 5mm;千斤顶应保持垂直。
- 7 顶升前及顶升过程中,结构支座中心对柱基准轴线的水平偏移值不应大于柱截面短边尺寸的 1/50 及柱高的 1/500。

23.2.7 折叠展开法施工应符合下列规定:

- 1 各分块结构在提升至设计高度附近时,结构接近瞬变状态,必须采取有效措施防止结构发生瞬变。
- 2 各分块结构提升时,可动铰应共线,各铰轴应平行,各提升点的升差值应控制在允许范围内。
- 3 对提升过程进行监测时,监测内容应包括提升点高差、分块结构水平偏移值、提升架垂直度以及液压千斤顶压力值等。
- 4 各分块结构在提升过程中应对其稳定性进行验算。

23.2.8 索(预应力)结构施工应符合下列规定:

- 1 索(预应力)结构施工前应检查钢索、锚具及零配件的出厂报告、产品质量保证书、检测报告,以及对索的品种、规格、色泽、数量等进行验收。
- 2 索(预应力)结构施工张拉前,应按本规程第 16.3.8 条进行施工阶段结构分析,并应确定张拉顺序。
- 3 索(预应力)结构施工张拉前,应进行钢结构分项验收,验收合格后才可进行预应力张拉施工。

4 索(预应力)张拉应符合分阶段、分级、对称、缓慢匀速、同步加载的原则,并应根据结构和材料特点确定张拉要求。

5 索(预应力)结构宜进行索力和结构变形监测,监测应符合本规程第 26 章规定。

23.3 质量要求

23.3.1 大跨度空间钢结构的施工质量应符合现行国家标准《钢结构工程施工质量验收规范》GB 50205 的相关规定。

23.3.2 现有验收规范不能覆盖相关工程时,应在施工前由建设、设计、监理、施工等有关单位共同讨论制定相应的验收规范作为施工验收依据。

24 高耸钢结构安装

24.1 一般规定

24.1.1 高耸钢结构的安装可采用高空散件流水安装法、高空分块流水安装法、整体起扳安装法、整体提升(顶升)安装法等。

24.1.2 高耸钢结构安装机械可选择桅杆、地面起重机、塔式起重机(附着自升式、内爬式)或专用的双臂抱杆等。

24.1.3 高耸钢结构安装中应采取控制构件变形和温度效应的措施,确保施工过程结构安全及最终形态。

24.1.4 高耸钢结构的施工控制网宜在地面布设成田字形、圆形或辐射形,并应符合下列规定:

1 由平面控制点投测到上部直接测定施工轴线点,应采用不同测量法校核,其测量允许误差为 4mm。

2 高耸钢结构标高低于 100m 时,宜在塔身中心点设置铅垂仪;标高为 100m~200m 时,宜设置四台铅垂仪;标高为 200m 以上时,宜设置包括塔身中心点在内的五台铅垂仪。铅垂仪的点位应从塔的轴线点上直接测定,并应用不同的测设方法进行校核。

3 高耸钢结构施工到 100m 高度时,宜进行日照变形观测,并绘制出日照变形曲线,列出最小日照变形区间。

4 高度在 150m 以上的高耸钢结构,整体垂直度宜采用全球卫星定位系统进行测量复核。

24.2 施工工艺

24.2.1 高空散件(分块)流水安装应符合下列规定:

- 1 散件安装应按由下至上的顺序流水作业。
- 2 高空安装应在下部已安装构件形成稳定、安全的结构后，再往上安装。

24.2.2 整体起扳安装应符合下列规定：

- 1 安装前应对整体起扳过程中结构的不同施工倾斜角度或结构倾斜状态进行结构分析验算。
- 2 各起扳作用点数量及位置应通过计算确定，强度和稳定性不足时应进行加固处理。
- 3 起扳系统应专门设计，施工前应编制专项方案。

24.2.3 整体提升(顶升)安装应符合下列规定：

- 1 安装前应对提升(顶升)的结构安全进行分析验算。
- 2 提升(顶升)施工时应控制结构姿态。
- 3 整体提升(顶升)安装应设置抗倾覆结构。
- 4 提升(顶升)系统应专门设计，施工前应编制专项方案。

24.3 质量要求

24.3.1 高耸钢结构的施工质量应符合现行国家标准《钢结构工程施工质量验收规范》GB 50205 的相关规定。

24.3.2 现有验收规范不能覆盖相关工程时，应在施工前由建设、设计、监理、施工等有关单位共同讨论制定相应的验收规范作为施工验收依据。

25 压型金属板施工

25.1 一般规定

25.1.1 本章适用于工业和民用建筑楼层或平台中组合楼板的压型金属板施工。

25.1.2 压型金属板施工详图设计时,应对施工阶段压型金属板进行强度和变形验算,同时应满足产品的构造要求。

25.1.3 压型金属板施工应编制专项方案。

25.1.4 压型金属板铺设应在楼层钢结构安装、校正、焊接完毕后进行。

25.2 施工工艺

25.2.1 压型金属板应按不同材质、板型分别堆放,堆放场地应平整。

25.2.2 压型金属板应使用专用吊具吊装,严禁直接采用钢丝绳绑扎吊装。

25.2.3 支撑压型金属板的钢梁表面应保持清洁,压型金属板与钢梁顶面应密贴。

25.2.4 安装前应在安装压型金属板的主、次梁上按排板图尺寸标出安装位置。铺设时,相邻压型金属板端部的波形槽口应对齐。

25.2.5 压型金属板点焊固定在钢梁上,焊条应与原材料相匹配。

25.2.6 收边、边模等收尾工程应在浇捣混凝土前完成;混凝土浇筑时应避免在压型金属板部位集中堆载。

25.2.7 压型金属板开孔宜使用等离子切割或空心钻;开孔位置

宜在波谷平板处,不得破坏波肋;开孔方法不得采用火焰切割。

25.3 质量要求

25.3.1 压型金属板成型后,表面应干净,不应有影响承载力的凹凸或皱褶。

25.3.2 压型金属板制作尺寸允许偏差应符合表 25.3.2 的规定。

表 25.3.2 压型金属板的尺寸允许偏差(mm)

项目		允许偏差	
波高	截面高度 ≤ 70	± 1.5	
	截面高度 > 70	± 2.0	
覆盖宽度	截面高度 ≤ 70	$+10.0^{①}$ -2.0	$+3.0^{②}$ -2.0
	截面高度 > 70	$+6.0^{①}$ -2.0	
板长		$+9.0$ 0	
波距		± 2.0	
横向剪切偏差(沿截面全宽)		$1/100$ 或 6.0	
侧向弯曲	在测量长度范围内	$1/500$, 且 ≤ 20.0	

注:①是搭接性金属压型钢板偏差;②是扣合型、咬合型压型金属板偏差。

25.3.3 压型金属板安装允许偏差应符合下列规定:

1 压型金属板与支承结构的锚固支承长度应符合设计要求,其长度不允许负偏差。

2 压型金属板侧向在钢梁上的搭接长度不应小于 25mm。

3 压型金属板在钢梁上相邻列的错位不应大于 15mm。

26 施工监测

26.1 一般规定

26.1.1 对于高层结构、大跨度空间结构、高耸结构等大型重要钢结构工程,应按设计要求和合同约定进行施工监测。

26.1.2 施工过程监测应根据结构特点和施工技术方法制定施工过程监测专项方案。

26.1.3 施工监测对象除应包括设计文件中的主体结构外,还应包括施工过程中所采用的临时支承结构及其基础、施工设备及其基础以及其他临时施工措施。

26.1.4 施工全过程监测的周期,宜取整个结构安装施工时期。

26.1.5 施工过程监测的参数,除应包括能反映结构施工系统安全性的参数以及反映主体结构施工精度的参数外,尚宜包括影响施工作业及结构施工系统性态的环境参数。

26.1.6 监测参数及其测点分布应根据对结构具体施工技术方案的施工过程模拟计算结果确定;施工环境监测参数,宜根据现场实际条件确定。

26.1.7 施工过程监测内容应包括下列参数:

- 1 应力最大的构件或节点零部件的应变。
- 2 结构变形或位移最大的部位的位移。
- 3 应力变化最大的构件或节点零部件的应变。
- 4 结构变形或位移变化最大的部位的位移。
- 5 反映结构某种失效特征的结构变形或位移、构件应力及支座反力。

- 6 对有移动或运动的安装施工过程,尚应包括移动位移、移

动速度、运动同步差及牵引力。

26.1.8 施工过程监测内容宜包括下列参数：

- 1 施工场地现场的环境温度和湿度。
- 2 施工现场结构表面的风向和风速。
- 3 相连接混凝土结构构件的变形。
- 4 施工现场场地地基及相邻建筑物的变形。

26.1.9 施工过程监测测点的布置宜根据施工过程模拟计算结果确定,并可根据施工现场具体条件和施工安装程序与环境状况进行修正和调整。

26.1.10 施工过程监测方法应根据实际工程的结构特点、施工工艺技术以及施工周期确定。

26.1.11 施工过程监测主要监测参数的数值宜进行同周期与同步采集、存储、分析处理。

26.2 仪器设备要求

26.2.1 施工过程监测的仪器和设备,应根据施工现场条件、数据采集要求进行选择。

26.2.2 监测仪器和设备在使用前应进行校准。

26.3 数据采集与处理

26.3.1 施工过程监测数据采集的间隔或周期应满足施工进度连续变化的要求。

26.3.2 施工过程监测数据应按时间顺序、分类实时保存,且应保证所有实测数据可溯源、查询。

26.3.3 施工过程的实时监测数据应根据施工控制需要实时进行分析处理,并应得到反映结构及施工系统状态的有效数值及曲线。

26.3.4 结构施工过程实时监测数据的分析处理方法,宜根据监

测数据的特征或类型选择。

26.3.5 结构施工完成后,应形成结构施工过程监测数据库。

26.4 施工状态评估、预警与控制

26.4.1 施工系统的状态评定可分为施工系统的安全性评定和主体结构的施工安装精度评定。

26.4.2 施工系统的安全性应根据施工系统的受力状态进行评定。

26.4.3 施工系统的安全性可根据主要施工监测参数的有效数值分三级进行预警。一级预警监测参数有效值宜为参数临界值的 0.7 倍;二级预警监测参数有效值宜为参数临界值的 0.8 倍;三级预警监测参数有效值宜为参数临界值的 0.9 倍。

26.4.4 当施工系统的安全性达到一级预警时,宜密切关注预警参数有效值的变化;当达到二级预警时,宜停止相关预警部位与环节的施工,且应查明预警参数数值变化的原因;当达到三级预警时,应停止施工,且应查明预警监测参数数值变化的原因,并提出修正或调整施工技术路线的方法。

26.4.5 主体结构的施工安装精度,应根据结构及构件的安装偏差及变形进行评定,结构安装偏差及变形应根据施工监测的有效数值确定。

26.4.6 施工变形监测的等级划分及精度要求应符合现行国家标准《钢结构工程施工规范》GB 50755 第 15 章的规定。

26.4.7 结构施工过程的伺服控制应以施工监测参数的有效数值与施工过程模拟计算数值为依据。

26.4.8 施工控制的允许偏差应根据现行国家标准《钢结构工程施工质量验收规范》GB 50205 的规定确定。

26.4.9 当结构的施工技术路线发生变化或修正后,应根据修正后的技术路线重新进行施工过程模拟计算,并应以新的计算值作为监测参数修正以及伺服控制偏差值计算的依据。

27 安全和环境保护

27.1 一般规定

27.1.1 钢结构施工前,施工单位应编制施工安全、环境保护专项方案和应急预案,必须明确安全生产、消防、劳动保护等责任制。

27.1.2 施工单位必须对作业人员进行安全生产教育和培训,焊接、切割、行车、起重、叉车、电工及压力容器、低温压力容器的管理等特殊工种、岗位,必须由经过培训、考试合格的人员,按照规定的范围进行操作。

27.1.3 新上岗的作业人员必须经过三级安全教育。变换工种时,作业人员应先进行操作技能及安全操作知识的培训,未经安全生产教育和培训考试合格的作业人员不得上岗作业。

27.1.4 施工时,施工单位必须为作业人员提供符合国家现行有关标准规定的合格劳动保护用品,并应培训和监督作业人员正确使用。

27.1.5 对易发生职业病的作业,应对作业人员采取专项保护措施,并应定期进行职业病体检,建立员工职业病健康档案。

27.1.6 当高空作业的各项安全措施经检查不合格时,严禁开展高空作业。

27.1.7 立体施工时应协调各工种的交叉作业,当有明火作业时,应避开与明火作业相抵触的其他施工作业。

27.1.8 高度在 300m 以上的高层及高耸构筑物施工时,应有防雷措施。

27.2 登高作业

27.2.1 搭设登高脚手架应符合现行行业标准《建筑施工扣件式钢管脚手架安全技术规范》JGJ 130、《建筑施工碗扣式钢管脚手架安全技术规范》JGJ 166 及《建筑施工工具式脚手架安全技术规范》JGJ 202 的有关规定；当采用其他登高措施时，应进行结构安全计算。

27.2.2 多层及高层钢结构施工应采用人货两用电梯登高，对电梯尚未到达的楼层应搭设合理的安全登高设施。

27.2.3 钢柱吊装松钩时，施工人员宜通过钢挂梯登高，并应采用防坠器进行人身保护。钢挂梯应预先与钢柱可靠连接，并应随柱起吊。

27.3 安全通道

27.3.1 多层及高层钢结构安装所需的平面安全通道应分层平面连续搭设，从本层梁面起至上一层梁底止为一个单元。

27.3.2 吊装大型桁架前应预先在其上搭设行走通道。

27.3.3 钢结构施工的平面安全通道宽度不宜小于 600mm，且两侧应设置安全护栏或防护钢丝绳。

27.3.4 在钢梁或钢桁架上行走的作业人员应佩戴双钩安全带。

27.4 洞口和临边防护

27.4.1 边长或直径为 200mm~400mm 的洞口应采用刚性盖板固定防护；边长或直径为 400mm~1500mm 的洞口应架设钢管脚手架、满铺脚手板等；边长或直径在 1500mm 以上的洞口应张拉设置密目安全网防护并加护栏。

27.4.2 建筑物楼层钢梁吊装完毕后,应分区铺设安全网。

27.4.3 楼层周边钢梁吊装完成后,必须在每层临边设置防护栏,且防护栏高度不应低于 1.2m。

27.4.4 搭拆临边脚手架、操作平台、安全挑网等时必须可靠固定在结构上。

27.5 施工机械和设备

27.5.1 钢结构施工使用的各类施工机械,应符合现行行业标准《建筑机械使用安全技术规程》JGJ 33 的有关规定。

27.5.2 起重吊装机械应安装限位装置,并按设备操作手册要求进行检查。

27.5.3 安装和拆除塔式起重机时,应有专项技术方案。

27.5.4 所有塔式起重机附墙支撑、基础处的混凝土必须进行强度检测,并应出具报告。塔吊的承重钢牛腿焊接质量,必须有专人检查,确认合格后再爬升。

27.5.5 群塔作业应采取防止塔吊相互碰撞措施。

27.5.6 塔吊应有接地装置。

27.5.7 采用非定型产品的吊装机械时,必须进行专项设计、制造,并应经专项验收后方可使用。

27.6 吊装区安全

27.6.1 吊装区域应设置安全警戒线,非作业人员严禁入内。

27.6.2 吊装物吊离地面 200mm~300mm 时,应进行全面检查,并应确认无误后再正式起吊。

27.6.3 当风速达到 10m/s 时,宜停止吊装作业;当风速达到 15m/s 时,不得吊装作业。

27.6.4 高空作业使用的小型手持工具和小型零部件应采取防

止坠落措施。

27.6.5 施工用电应符合现行行业标准《施工现场临时用电安全技术规范》JGJ 46 的有关规定。

27.6.6 施工现场应有专业人员负责安装、维护和管理用电设备和电线路。

27.6.7 吊至高空待安装的板材,应采取临时固定措施。

27.6.8 当出现极端气候条件时,对已铺设的压型金属板及堆放于高空的压型金属板应采取有效的安全措施。

27.6.9 压型金属板表面有水、冰、霜或雪时,应进行清除,并采取防滑保护措施。

27.7 消防安全措施

27.7.1 钢结构施工前,应有消防安全管理制度。

27.7.2 现场施工作业用火应经相关部门批准。

27.7.3 施工现场应设置安全消防设施及安全疏散设施,并按消防安全管理制度规定进行防火巡查。

27.7.4 气体切割和高空焊接作业时,应清除作业区危险易燃物,并采取防火措施。

27.7.5 现场油漆涂装和防火涂料施工时,应按产品说明书的要求进行产品存放和防火保护。

27.8 环境保护措施

27.8.1 施工期间应控制噪声,应合理安排施工时间,并应减少对周边环境的影响。

27.8.2 施工区域应保持清洁。

27.8.3 夜间施工应提前进行申报,应按政府相关部门批准的要求进行施工。

27.8.4 夜间施工灯光应向场内照射；焊接电弧应采取防护措施。

27.8.5 现场油漆涂装和防火涂料涂装施工时，应采取防污染措施。

27.8.6 钢结构安装现场的废料和余料应妥善分类收集，并应统一处理和回收利用，不得随意搁置、堆放。

28 工程资料编制与管理

28.1 一般规定

28.1.1 施工单位应建立健全工程技术、质量文件与资料管理制度,并应根据建设项目工程的需要建立建设工程文件的计算机管理系统。

28.1.2 施工工程文件的编制应符合国家和上海市有关设计、施工、监理等标准的规定。

28.1.3 施工单位应收集、汇总、整理、核查相应的工程文件,并应分类立卷保管、传递和移交。

28.1.4 施工单位在工程文件编制与管理中,宜采用建筑信息模型(BIM)技术。

28.2 工程文件的编制要求

28.2.1 施工工程文件应包括施工管理文件、施工技术文件、进度造价文件、施工物资出厂质量证明及进场检测文件、施工记录文件、施工试验记录及检测文件、施工质量验收文件、施工验收文件八个部分。

28.2.2 工程文件内容应与施工实际相符合,反映施工工序的操作依据,并应随施工进度同步形成。

28.2.3 工程质量检查验收记录表中的检查、验收内容和偏差值应满足设计要求和规范规定。

28.2.4 工程文件中,工程施工质量检查、验收记录表格的填写应符合下列要求:

1 现场验收原始记录宜采用移动验收终端原始记录,或采用手写检查原始记录。

2 分部(子分部)工程、分项工程、检验批的质量验收记录表的对应代码编号表示方法,应按现行国家标准《建筑工程施工质量验收统一标准》GB 50300 规定的代码进行。

3 自检、抽检、试验资料中各种检验的时间、内容、数据应根据施工工序的顺序如实填写,并应符合施工逻辑关系。

4 质量控制资料应按《钢结构工程质量控制资料核查记录》进行逐项核查并记录。

5 见证检验或抽样检验应按《钢结构分部(子分部)工程有关安全和功能检验和见证检测项目》规定进行逐项核查并记录。

6 总监理工程师应组织对分部工程观感质量进行验收,确定观感质量等级,记录质量评价结果。

7 每次检验逐项抽查验收合格时,应分别由参与该次验收的有关人员在相关验收栏填写检查数据、验收意见,并由本人签名确认。

8 每次验收检查都要做记录和检验,不得漏项。资料中数据不应涂改、漏填。

28.2.5 工程文件的纸张应采用能够长期保存的韧力大、耐久性强的纸张,纸面整洁、纸张规格统一。

28.3 工程文件收集范围与整理

28.3.1 制作工程应在分部工程竣工验收前收集并提供下列文件:

1 钢结构工程制作竣工图纸及相关设计文件。

2 原材料、半成品的质量合格证明文件,检查记录及性能检测报告。

3 制作各分项工程所含的现场验收检查原始记录和检验批

质量验收记录。

- 4 制作各分项工程质量验收记录。
- 5 隐蔽工程检验项目检查验收记录。
- 6 焊工合格证书。
- 7 制作工艺文件、焊接工艺评定报告和焊接工艺。
- 8 焊接预热和焊后热处理的质量记录。
- 9 无损检测和理化试验报告。
- 10 高强度螺栓连接摩擦面的抗滑移系数试验报告。
- 11 不合格项的处理记录及验收记录。
- 12 重大质量、技术问题实施方案及验收记录。
- 13 工程工作总结。
- 14 其他有关文件和记录。

28.3.2 安装工程在分部工程竣工验收前应收集并提供下列文件：

- 1 钢结构工程安装竣工图纸及相关设计文件。
- 2 施工现场质量管理检查记录。
- 3 钢构件、原材料、半成品的质量合格证明文件、检查记录

及性能检测报告。

- 4 有关安全及功能的检验和见证检测项目检查记录。
- 5 有关观感质量检验项目检查记录。
- 6 分部工程质量验收记录。
- 7 分部工程所含各分项工程质量验收记录。
- 8 分项工程所含各检验批质量验收记录。
- 9 现场验收检查原始记录。
- 10 强制性条文检验项目检查记录及证明文件。
- 11 隐蔽工程检验项目检查验收记录。
- 12 焊工合格证书。
- 13 安装工艺文件、焊接工艺评定报告和焊接工艺。
- 14 焊接预热和焊后热处理的质量记录。

- 15 无损检测和理化试验报告。
- 16 高强度螺栓连接副复验报告。
- 17 高强度螺栓连接摩擦面的抗滑移系数复验报告。
- 18 不合格项的处理记录及验收记录。
- 19 重大质量、技术问题实施方案及验收记录。
- 20 工程工作总结。
- 21 其他有关文件和记录。

28.3.3 竣工后归档的工程文件范围应按现行国家有关规定和本规范附录 J 进行。

28.3.4 竣工资料的工程文件应按工程所在地的规定进行整理、分类汇总。

28.3.5 形成钢结构施工工程竣工资料档案的工程文件应为原件。

28.3.6 当部分资料缺失时,应委托有资质的检测机构按有关标准进行相应的实体检验或抽样试验,并应出具检验报告。

28.3.7 钢结构施工工程文件的用纸规格宜为 A4 幅面,小于此规格的资料应进行托裱。

28.3.8 钢结构施工工程文件的组卷厚度不宜超过 30mm,整卷为 A4 幅面的纸张应少于 200 张。

28.3.9 钢结构施工工程竣工图纸应全部加盖竣工图章,并应按分部(子分部)组卷。竣工图纸不应装订,并应按 A4 幅面的规格折叠,图面朝里,图标折叠外露。

28.3.10 钢结构施工工程文件整理归档案卷的构成应按现行国家标准《建设项目文件归档规范》GB/T 50328 和工程所在地的地方有关规定进行。

28.4 工程声像、电子文件的编制

28.4.1 施工单位应按相关标准制作及移交工程声像文件。

28.4.2 制作工程声像文件应包括以下内容：

- 1 主要钢构件的制作情况。
- 2 隐蔽工程的制作工艺过程及处理情况。
- 3 预拼装现场的整体预装施工情况。
- 4 制作工程加工中主要的质量检查、验收。

28.4.3 安装工程声像文件应包括以下内容：

- 1 钢结构工程开、竣工仪式。
- 2 钢结构工程施工现场整体施工情况。
- 3 主要钢构件的安装、节点连接施工情况。
- 4 隐蔽工程的安装工艺过程及处理情况。
- 5 安装工程中主要的质量检查、验收。
- 6 钢结构安装工程整体外形。

28.4.4 每个建设工程(项目)应编制一套工程电子文件,并应符合下列要求：

1 按照竣工档案要求收集、整理、组卷后的各种格式的
工程电子文件应采用表 28.4.4 所列开放式文件或通用格式进行
存储。

2 专用软件产生的非通用格式工程电子文件应转换成通用
格式。

表 28.4.4 工程电子文件存储格式

文件类别	格式
文本(表格)文件(Text)	PDF、XML、TXT
图像文件(Image)	JPEG、TIFF
图形文件(Graphics)	DWG、PDF、SVG
影像文件(Video)	MPEG2、MPEG4、AVI
声音文件(Audio)	WAV、MP3

28.4.5 工程电子文件应采用电子签名等方法,所载内容应真
实、可靠,并应与相应纸质文件的内容一致。

28.4.6 工程电子文件的归档范围应与纸质文件的归档范围一致。其编制排序可按纸质文件整理要求进行,并与纸质文件建立关联。

28.5 工程文件管理与移交

28.5.1 施工单位应建立工程文件保存室(库)保存、管理工程文件。

28.5.2 施工单位在施工过程中应对列入建设单位、城建档案馆保存范围的建设工程文件进行自检、整理、立卷与管理。

28.5.3 除施工单位归档保存的文件应按国家和本市规范的有关规定单独立卷归档外,移交给施工总包单位、建设单位、城建档案馆保存范围的建设工程文件可先按建设单位归档保存的文件要求立卷归档。在工程文件移交后,应由施工总包单位或建设单位统一整理归档。

28.5.4 根据建设工程的程序和工程特点,制作工程归档文件在钢构件出厂时可分阶段、分期向合同签订单位或钢结构安装单位移交,也可在钢结构分部工程通过竣工验收后进行移交。

28.5.5 施工工程归档文件移交一般不应少于 3 套,其中 2 套为原件;移交后应由总包单位或钢结构安装单位保管,其中 2 套原件应由总包单位在单位工程竣工验收后向建设单位移交。

28.5.6 归档工程文件在移交时,应编制移交清单,双方签字、盖章后交接。

附录 A 常用焊材推荐表

A.0.1 本附录给出常用钢材焊接材料选用推荐表。对 Q345 级别以上钢材,厚板时宜考虑板厚效应使钢板强度标准值的降低,匹配低一级焊材仍能满足焊缝金属强度高于母材,同时可获得更好的综合性能。

A.0.2 常用结构钢材焊条电弧焊焊接材料宜按表 A.0.2 选用。

表 A.0.2 常用结构钢材焊条电弧焊焊接材料推荐表

钢材 牌号	焊条型号	焊条电弧焊焊条				
		焊缝金属性能最低要求				
		屈服强度 R_{eL}	抗拉强度 R_m	伸长率 A	冲击功 KV2	
		(MPa)	(MPa)	(%)	(J)	$T(^{\circ}\text{C})$
Q235 Q235GJ	E4303 ^①	330	430	20	27	0
	E4319、E4328					—20
						—30
Q345 Q345GJ	E5015	400	490	20	27	—30
	E5016					
	E5018					
	E50XX-G ^②				②	②
Q390 Q390GJ	E5015、E5016	390	490	22	27	—30
	E5018					
	E5515-3M3	460	550	17	27	—50
	E5516-3M3					
	E55XX-G ^②				②	②

续表 A.0.2

钢材 牌号	焊条型号	焊缝金属性能最低要求				
		屈服强度 R_{eL}	抗拉强度 R_m	伸长率 A	冲击功 KV2	
		(MPa)	(MPa)	(%)	(J)	$T(^{\circ}\text{C})$
Q420 Q420GJ	E5515-3M3	460	550	17	27	-50
	E5516-3M3					
	E55XX-G ^②				②	②
Q460 Q460GJ	E5515-3M3	530	620	15	—	—
	E5516-3M3					
	E5716					
	E57XX-G ^②				②	②
	E62XX-G ^②					

注：① 用于一般钢结构及板厚小于 25mm 的钢结构焊接；

② 按双方协议进行采购，以确保焊缝金属冲击功满足要求。

A.0.3 常用结构钢材实心焊丝 CO_2 气体保护焊焊丝宜按表 A.0.3 选用。

表 A.0.3 常用结构钢材实心焊丝 CO_2 气体保护焊焊丝的推荐表

钢材 牌号	焊丝型号	CO_2 气体保护焊焊丝				
		焊缝金属性能最低要求				
		屈服强度 R_{eL}	抗拉强度 R_m	伸长率 A	冲击功 KV2	
		(MPa)	(MPa)	(%)	(J)	$T(^{\circ}\text{C})$
Q235 Q235GJ	ER49-1 ^①	372	490	20	47 ^④	常温
	ER50-3	420	500	22	27	-20
	ER50-2、-6、-7					-30
	ER50-G ^②				②	

续表 A.0.3

钢材 牌号	焊丝型号	CO ₂ 气体保护焊焊丝				
		焊缝金属性能最低要求				
		屈服强度 R_{eL}	抗拉强度 R_m	伸长率 A	冲击功 KV2	
		(MPa)	(MPa)	(%)	(J)	$T(^{\circ}\text{C})$
Q345 Q345GJ	ER49-1 ^①	372	490	20	47 ^④	常温
	ER50-3	420	500	22	27	-20
	ER50-2、-6、-7					-30
	ER50-G ^②				②	
Q390 Q390GJ	ER49-1 ^①	372	490	20	47 ^④	常温
	ER50-3	420	500	22	27	-20
	ER50-2、-6、-7					-30
	ER50-G ^②				②	
Q420 Q420GJ	ER55-D2、 ER55-D2-Ti	470	550	17	27	-30
	ER55-G ^②				②	②
Q460 Q460GJ	ER55-D2	470	550	17	27	-29
	ER55-D2-Ti					
	ER55-G ^②				②	②
	ER62-G ^②					

注：① 用于一般钢结构及板厚小于 25mm 的钢结构焊接；

② 按双方协议进行采购，以确保焊缝金属性能满足设计或母材要求；

③ 当采用富氢气体代替 CO₂ 气体使用时，采用上述焊丝焊接时应通过工艺评定验证。

④ 对于 Q235A、Q345A 级钢材，虽然钢材无冲击要求，但焊材标准规定的最低要求应满足。

A.0.4 常用结构钢材药芯焊丝气体保护焊焊丝宜按表 A.0.4 选用。

表 A.0.4 常用结构钢材药芯焊丝气体保护焊焊丝的推荐表

钢材 牌号	焊丝型号	气体保护焊焊丝				
		焊缝金属性能最低要求				
		屈服强度 R_{eL}	抗拉强度 R_m	伸长率 A	冲击功 KV2	
		(MPa)	(MPa)	(%)	(J)	T(°C)
Q235 Q235GJ	E431T-13 ^①	—	415	—	—	—
	E501T-1	400	480	22	27	—20
	E431T1-Ni1C,-Ni1M	340	430	22	27	—30
Q345 Q345GJ	E501T-1	400	480	22	27	—20
	E491T1-Ni1C,-Ni1M	400	490	22	27	—30
Q390 Q390GJ	E501T-1	400	480	22	27	—20
	E491T1-Ni1C,-Ni1M	400	490	22	27	—30
Q420 Q420GJ	E551T1-Ni1C,-Ni1M	470	550	19	27	—30
Q460 Q460GJ	E551T1-Ni1C,-Ni1M	470	550	19	27	—30
	E621T1-Ni2C,-Ni2M	540	620	17	27	—40

注：① 只规定了抗拉强度，主要用于单道焊接，而不适用于多道焊接。

C—保护气为 CO_2 ；M—保护气为 80%Ar+20% CO_2 。

A.0.5 常用结构钢材埋弧自动焊焊接材料宜按表 A.0.5 选用。

表 A. 0. 5 常用结构钢埋弧焊焊接材料推荐表

钢材 牌号	等 级	埋弧焊焊丝和焊剂					
		填充金属等级	焊缝金属性能最低要求				
			屈服强度 R_{eL}	抗拉强度 R_m	伸长率 A	冲击功 $KV2$	
			(MPa)	(MPa)	(%)	(J)	$T(^{\circ}C)$
Q235 Q235GJ	A	F4A0-H08A ^①	330	415	22	27	0
	B	F4A0-H08MnA					
	C	F4A2-H08A ^①				27	-20
	D	F4A2-H08MnA					
Q345 Q345GJ	A	F48A0-H08MnA	400	480	22	27	0
	B	F48A0-H10Mn2					
	C	F48A2-H08MnA				27	-20
		F48A2-H10Mn2					
	D	F48A3-H10Mn2 F48A3-H10Mn2A				27	-30
	E	②				②	②
Q390 Q390GJ	A	F48A0-H10Mn2	400	480	22	27	0
		F48A0-H10Mn2A					
	B	F48A0-H08MnMoA				27	-20
	C	F48A2-H10Mn2					
		F48A2-H10Mn2A					
		F48A2-H08MnMoA				27	-30
	D	F48A3-H10Mn2 F48A3-H10Mn2A F48A3-H08MnMoA					
	E	②				②	②

续表 A.0.5

钢材 牌号		等 级	埋弧焊焊丝和焊剂					
			填充金属等级	焊缝金属性能最低要求				
				屈服强度	抗拉强度	伸长率	冲击功	
				R_{eL}	R_m	A	KV2	
			(MPa)	(MPa)	(%)	(J)	$T(^{\circ}C)$	
Q420 Q420GJ	A	F55A2-H10Mn2A	470	550	20	27	-20	
	B	F55A2-H08MnMoA						
	C	F55A3-H10Mn2A					-30	
	D	F55A3-H08MnMoA						
	E	②				②	②	
Q460 Q460GJ	C	F55A3-H08MnMoA	470	550	20	27	-30	
	D	F55A3-H08Mn2MoVA						
	E	②				②	②	

注：① 用于一般钢结构及板厚小于 25mm 的钢结构焊接；

② 按双方协议进行采购，以确保焊缝金属性能满足设计或母材要求。

A.0.6 耐候钢焊接常用焊接材料宜按表 A.0.6-1 和表 A.0.6-2 选用。

表 A.0.6-1 耐候钢焊条电弧焊焊接材料推荐表

钢材 牌号	焊条电弧焊焊条					
	焊条型号	焊缝金属性能最低要求				
		屈服强度	抗拉强度	伸长率	冲击功	
		R_{eL} (MPa)	R_m (MPa)	A (%)	$KV2$ (J)	$T(^{\circ}C)$
Q235NH Q295NH Q295GNH	E5003-NC,-CC,-NCC,-NCC1	390	490	20	27	0
	E5016-NC,-CC,-NCC,-NCC1,-NCC2					
	E5018-NCC2					
	E5028-NC,-CC,-NCC,-NCC1,-NCC2					
Q355NH Q355GNH	E5003-NC,-CC,-NCC,-NCC1	390	490	20	27	0
	E5016-NC,-CC,-NCC,-NCC1,-NCC2					
	E5018-NCC2					
	E5028-NC,-CC,-NCC,-NCC1,-NCC2					

续表 A.0.6-1

钢材 牌号	焊条型号	焊条电弧焊焊条				
		焊缝金属性能最低要求				
		屈服强度	抗拉强度	伸长率	冲击功	
		R_{eL} (MPa)	R_m (MPa)	A (%)	$KV2$ (J)	$T(^{\circ}C)$
Q415NH	E5516-NCC1	460	550	17	27	-20
	E5518-NCC1					
	E5716-NC,-CC,-NCC,-NCC1,-NCC2	490	570	16	27	0
	E5728-NC,-CC,-NCC,-NCC1,-NCC2					
Q460NG	E5716-NC,-CC,-NCC,-NCC1,-NCC2	490	570	16	27	0
	E5728-NC,-CC,-NCC,-NCC1,-NCC2					

表 A.0.6-2 参照 TB/T 2374 的耐候钢焊接材料推荐表

钢材 牌号	焊接 方法	焊材		焊缝金属性能最低要求				
		型号	牌号	屈服强度 R_{eL}	抗拉强度 R_m	伸长率 A	冲击功 $KV2$	
				(MPa)	(MPa)	(%)	(J)	$T(^{\circ}C)$
Q235NH Q295NH Q295GNH	GMAW	ER44-G	H08MnSiCuCrNi II、 H08MnSiCuCr II	340	440	22	27	-40
Q355NH Q355GNH	SMAW	E5003-G	J502WCu、 J502NiCrCu、J502NiCu	390	490	22	27	-40
		E5011-G	J505NiCrCu					
		E5015-G	J507NiCu、J507NiCrCu					
		E5016-G	J506WCu、J506NiCu					
			J506NiCrCu	400	500	22	60	-40
	GMAW	ER50-G	H08NiCuMnSiII	380	500	22	27	-40
			TH500-NQ-II	400	500	22	60	-40
	SAW	EW	H08NiCuCrNiIII	380	490	22	27	-40
			TH500-NQ-III	400	500	22	60	40

续表 A.0.6-2

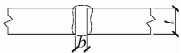
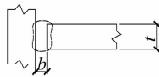
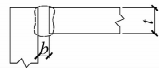
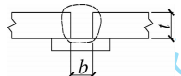
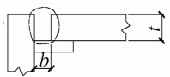
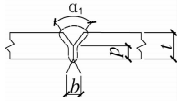
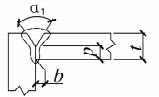
钢材 牌号	焊接 方法	焊材		焊缝金属性能最低要求				
		型号	牌号	屈服强 度 R_{eL}	抗拉强 度 R_m	伸长率 A	冲击功 KV_2	
				(MPa)	(MPa)	(%)	(J)	$T(^{\circ}C)$
Q415NH	SMAW	E5516-G	J556NiCrCu	450	550	22	60	-40
	GMAW	ER55-G	TH550-NQ-II					
	SAW	EW	TH550-NQ-III					
Q460NG	SMAW	E6016-G	J606NiCrCu	500	600	20	60	-40
	GMAW	ER60-G	TH600-NQ-II					
	SAW	EW	TH600-NQ-III					

注：Ⅱ-富氩气体保护，Ⅲ-表示埋弧焊，推荐 H08NiCuCrNiⅢ 焊丝采用 SJ301 焊剂，其余埋弧焊丝采用 SJ101 焊剂。

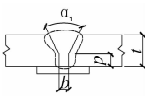
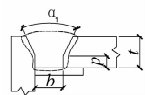
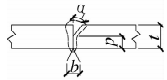
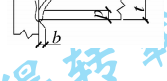
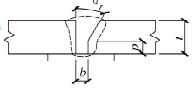
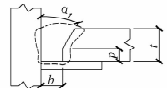
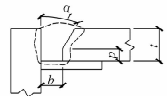
附录 B 全焊透坡口接头尺寸及允许偏差

B.0.1 焊条电弧焊全焊透坡口形式和尺寸应符合表 B.0.1 的要求。

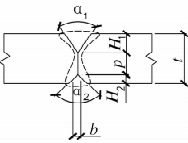
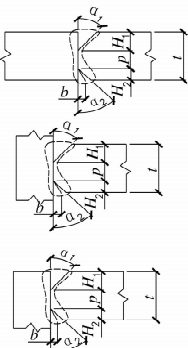
表 B.0.1 焊条电弧焊全焊透坡口尺寸表

序号	标记	坡口形状示意图	板厚 (mm)	焊接 位置	坡口尺寸 (mm)	允许偏差 (mm)	备注
1	MC-BI-2		3~6	F H V O	$b=t/2$	-3, +1.5	清根
	MC-CI-2						
	MC-TI-2						
2	MC-BI-B1		3~6	F H V O	$b=t$	-1.5, +6	
	MC-CI-B1						
3	MC-BV-2		≥ 6	F H V O	$b=0\sim 3$ $\rho=0\sim 3$ $a_1=60^\circ$	-3, +1.5 不限制 -5°, +10°	清根
	MC-CV-2						

续表 B.0.1

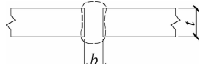
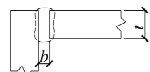
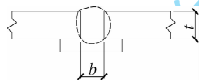
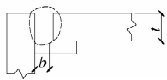
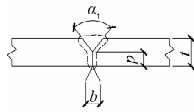
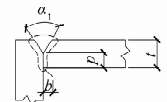
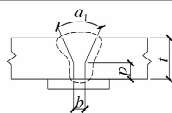
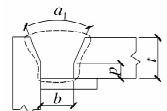
序号	标记	坡口形状示意图	板厚 (mm)	焊接位置	坡口尺寸 (mm)	允许偏差 (mm)	备注	
4	MC-BV-B1		≥6	F H V O	b a 6 45°	b_1 : -1.5, +6		
	MC-CV-B1			F V	10 30° 13 20°	a_1 : -5°, +10°		
				O	$p=0\sim2$	0, +2		
5	MC-BL-2		≥6	F H V O	$b=0\sim3$ $p=0\sim3$ $a_1=45^\circ$	b_1 : -3, +1.5 0, +2 -5°, +10°	清根	
	MC-CL-2			F V	10 30° 13 20°	a_1 : -5°, +10°		
	MC-TL-2			O	$p=0\sim2$	0, +2		
6	MC-BL-B1		≥6	F H V O	b a_1 6 45°	b_1 : -1.5, +6		
	MC-TL-B1				10 30°	a_1 : -5°, +10°		
					$P=0\sim2$	b_2 : 0, +2		
	MC-CL-B1							

续表 B.0.1

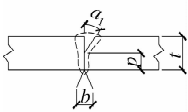
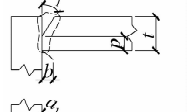
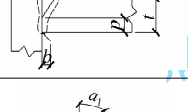
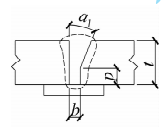
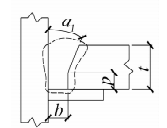
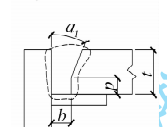
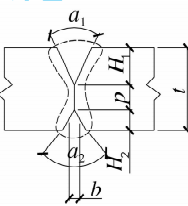
序号	标记	坡口形状示意图	板厚 (mm)	焊接 位置	坡口尺寸 (mm)	允许偏差 (mm)	备注
7	MC-BX-2		≥ 16	F H V O	$b=0\sim 3$ $H_1=2/3(t-p)$ $p=0\sim 3$ $H_2=1/3(t-p)$ $a_1=60^\circ$ $a_2=60^\circ$	$-3,+1.5$ $0,+3$ $0,+2$ $0,+3$ $-5,+10^\circ$ $-5,+10^\circ$	清根
8	MC-BK-2 MC-TK-2 MC-CK-2		≥ 16	F H V O	$b=0\sim 3$ $H_1=2/3(t-p)$ $p=0\sim 3$ $H_2=1/3(t-p)$ $a_1=45^\circ$ $a_2=60^\circ$	$-3,+1.5$ $0,+3$ $0,+2$ $0,+3$ $-5,+10^\circ$ $-5,+10^\circ$	清根

B.0.2 气体保护焊、自保护焊全焊透坡口形式和尺寸宜符合表 B.0.2 的要求。

表 B.0.2 气体保护焊全焊透接头坡口尺寸表

序号	标记	坡口形状示意图	板厚 (mm)	焊接 位置	坡口尺寸 (mm)	允许偏差 (mm)	备注	
1	GC-BI-2		3~8	F H V O	$b=0\sim3$	$-3,+1.5$	清根	
	GC-CI-2							
	GC-TI-2							
2	GC-BI-B1		6~10	F H V O	$b=t$	$-1.5,+6$		
	GC-CI-B1							
3	GC-BV-2		≥ 6	F H V O	$b=0\sim3$ $P=0\sim3$ $A_1=60^\circ$	$-3,+1.5$ $0,+2$ $-5^\circ,+10^\circ$	清根	
	GC-CV-2							
4	GC-BV-B1		≥ 6	F V O	b	a_1	$b: -1.5,+6$ $a_1: -5,+10^\circ$ $p: 0,+2$	
	GC-CV-B1		≥ 12		6	45°		
					10	30°		
					$p=0\sim2$			

续表 B.0.2

序号	标记	坡口形状示意图	板厚 (mm)	焊接 位置	坡口尺寸 (mm)	允许偏差 (mm)	备注			
5	GC-BL-2		≥6	F H V O	$b=0\sim3$ $p=0\sim3$ $a_1=45^\circ$	$-3, +1.5$ $0, +2$ $-5^\circ, +10^\circ$	清根			
	GC-CL-2									
	GC-TL-2									
6	GC-BL-B1		≥6	F H V O	b	a_1	$b: -1.5, +6$ $a_1: -5^\circ, +10^\circ$ $p: 0, +2$			
	GC-TL-B1				6	45°				
					10	30°				
	GC-CL-B1				$p=0\sim2$					
7	GC-BX-2		≥16	F H V O	$b=0\sim3$	$-3, +1.5$	清根			
					$H_1=2/3(t-p)$ $P=0\sim3$ $H_2=1/3(t-p)$ $a_1=60^\circ$ $a_2=60^\circ$	$0, +3$ $0, +2$ $0, +3$ $-5, +10^\circ$ $-5, +10^\circ$				

续表 B. 0. 2

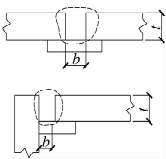
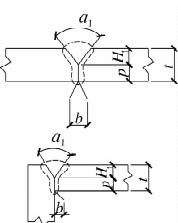
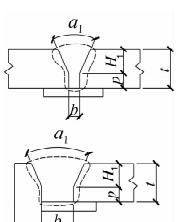
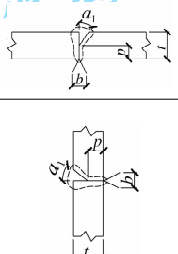
序号	标记	坡口形状示意图	板厚 (mm)	焊接 位置	坡口尺寸 (mm)	允许偏差 (mm)	备注
8	GC-BK-2		≥16		$b=0\sim3$	$-3, +1.5$	清根
	GC-TK-2			F	$H_1=2/3(t-p)$	$0, +3$	
	GC-CK-2			H	$p=0\sim3$	$0, +2$	
				V	$H_2=1/3(t-p)$	$0, +3$	
				O	$a_1=45^\circ$	$-5, +10^\circ$	
					$a_2=60^\circ$	$-5, +10^\circ$	

B. 0. 3 埋弧焊全焊透坡口形式和尺寸应符合表 B. 0. 3 要求。

表 B. 0. 3 埋弧焊全焊接头坡口尺寸表

序号	标记	坡口形状示意图	板厚 (mm)	焊接 位置	坡口尺寸 (mm)	允许偏差 (mm)	备注
1	SC-BI-2		6~12	F	$b=0$	$0, +1.5$	清根
	SC-TI-2		6~10				
	SC-CI-2		6~10				

续表 B.0.3

序号	标记	坡口形状示意图	板厚 (mm)	焊接 位置	坡口尺寸 (mm)	允许偏差 (mm)	备注
2	SC-BI-B1 SC-CI-B1		6~10	F	$b=t$	-1.5, +6	
3	SC-BV-2 SC-CV-2		≥ 10	F	$b=0$ $H=t-p$ $p=6$ $a_1=60^\circ$	0, +1.5 0, +2 0, +2 -5°, +10°	清根
4	SC-BV-B1 SC-CV-B1		≥ 10	F	$b=8$ $H=t-p$ $p=2$ $a_1=30^\circ$	-1.5, +6 ± 1.5 ± 1.5 -5, +10°	
5	SC-BL-2		≥ 12 ≥ 10	F H	$b=0$ $H=t-p$ $p=6$ $a_1=55^\circ$	0, +2 ± 1.5 ± 1.5 -5, +10°	清根

续表 B.0.3

序号	标记	坡口形状示意图	板厚 (mm)	焊接 位置	坡口尺寸 (mm)	允许偏差 (mm)	备注	
5	SC-TL-2		≥ 8	F	$b=0$ $H=t-p$ $p=6$ $a_1=60^\circ$	$0, +2$ ± 1.5 ± 1.5 $-5, +10^\circ$	清根	
	SC-CL-2		≥ 8	F	$b=0$ $H=t-p$ $p=6$ $a_1=55^\circ$	$0, +2$ ± 1.5 ± 1.5 $-5, +10^\circ$		
6	SC-BL-2		≥ 10	F	b	a_1	$b:$ $-1.5, +6$ $a_1:$ $-5^\circ + 10^\circ$ $p:$ $-2, +2$	
	6	45°						
	10	30°						
	$p=2$							
7	SC-BX-2		≥ 20	F H V O	$b=0$ $H_1=2/3(t-p)$ $P=6$ $H_2=1/3(t-p)$ $a_1=60^\circ$ $a_2=60^\circ$	$0, +1.5$ $0, +3$ $0, +3$ $0, +3$ $-5, +10^\circ$ $-5, +10^\circ$	清根	

续表 B.0.3

序号	标记	坡口形状示意图	板厚 (mm)	焊接 位置	坡口尺寸 (mm)	允许偏差 (mm)	备注
8	SC-BK-2		≥ 20	F	$b=0$ $H_1=2/3(t-p)$	$0, +1.5$ $-2, +3$	清根
			≥ 12	H	$P=6$ $H_2=1/3(t-p)$ $a_1=55^\circ$ $a_2=60^\circ$	$-2, +3$ $-2, +3$ $-5, +10^\circ$ $-5, +10^\circ$	
	SC-TK-2		≥ 20	F	$b=0$ $H_1=2/3(t-p)$ $P=6$ $H_2=1/3(t-p)$ $a_1=60^\circ$ $a_2=60^\circ$	$0, +1.5$ ± 1.5 ± 1.5 ± 1.5 $-5, +10^\circ$ $-5, +10^\circ$	
	SC-CK-2		≥ 20	F	$b=0$ $H_1=2/3(t-p)$ $P=6$ $H_2=1/3(t-p)$ $a_1=55^\circ$ $a_2=60^\circ$	$0, +1.5$ ± 2 ± 2 ± 2 $-5, +10^\circ$ $-5, +10^\circ$	

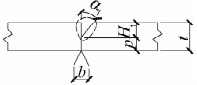
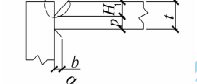
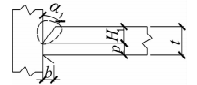
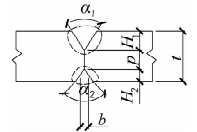
附录 C 部分焊透坡口接头尺寸及允许偏差

C.0.1 焊条电弧焊部分焊透坡口形式和尺寸应符合表 C.0.1 的要求。

表 C.0.1 焊条电弧焊部分焊透坡口尺寸表

序号	标记	坡口形状示意图	板厚 (mm)	焊接位置	坡口尺寸 (mm)	允许偏差 (mm)	备注
1	MP-BI-1		3~6	F	$b=0$	0, +1.5	
	MP-CI-1			H V O			
2	MP-BI-2		3~6	F	$b=0$	0, +1.5	
	MP-CI-2		6~10	H V O	$b=0$	0, +3	
3	MP-BV-1		≥ 6	F H V O	$b=0$ $H_1 \geq 2\sqrt{t}$ $P=t-H_1$ $\alpha_1 = 60^\circ$	0, +3 0, +3 0, +3 $-5^\circ, +10^\circ$	
	MP-BV-2						
	MP-CV-1						
	MP-CV-2						

续表 C.0.1

序号	标记	坡口形状示意图	板厚 (mm)	焊接 位置	坡口尺寸 (mm)	允许偏差 (mm)	备注
4	MP-BL-1		≥ 6	F H V O	$b=0$ $H_1 \geq 2\sqrt{t}$ $P=t-H_1$ $\alpha_1 = 45^\circ$	$0, +3$ $0, +3$ $0, +3$ $-5^\circ, +10^\circ$	
	MP-BL-2						
	MP-CL-1						
	MP-CL-2						
5	MP-TL-1		≥ 10	F H V O	$b=0$ $H_1 \geq 2\sqrt{t}$ $P=t-H_1$ $\alpha_1 = 45^\circ$	$0, +3$ $0, +3$ $0, +3$ $-5^\circ, +10^\circ$	
	MP-TL-2						
6	MP-BX-2		≥ 25	F H V O	$b=0$ $H_1 \geq 2\sqrt{t}$ $H_2 \geq 2\sqrt{t}$ $P=t-H_1-H_2$ $\alpha_1 = 60^\circ$ $\alpha_2 = 60^\circ$	$0, +2$ $0, +3$ $0, +3$ $0, +2$ $-5^\circ, +10^\circ$ $-5^\circ, +10^\circ$	

续表 C.0.1

序号	标记	坡口形状示意图	板厚 (mm)	焊接 位置	坡口尺寸 (mm)	允许偏差 (mm)	备注
7	MP-BK-2		≥25	F	$b=0$ $H_1 \geq 2\sqrt{t}$	0, +2 0, +3	
	MP-TK-2	H		$H_2 \geq 2\sqrt{t}$	0, +3		
	MP-CK-2	V		$P=t-H_1-H_2$	0, +2		
		O		$\alpha_1=45^\circ$ $\alpha_2=45^\circ$	-5°, +10° -5°, +10°		

C.0.2 气体保护焊、自保护焊部分焊透坡口形式和尺寸应符合表 C.0.2 的要求。

表 C.0.2 气体保护焊部分焊透坡口尺寸表

序号	标记	坡口形状示意图	板厚 (mm)	焊接 位置	坡口尺寸 (mm)	允许偏差 (mm)	备注
1	GP-BI-1		3~6	F	$b=0$	0, +1.5	
	GP-CI-1			H V O			

续表 C.0.2

序号	标记	坡口形状示意图	板厚 (mm)	焊接 位置	坡口尺寸 (mm)	允许偏差 (mm)	备注
2	GP-BI-2		3~10	F H V O	$b=0$	$0, +1.5$	
	GP-CI-2		10~12				
3	GP-BV-1		≥ 6	F H V O	$b=0$ $H_1 \geq 2\sqrt{t}$ $P=t-H_1$ $a_1=60^\circ$	$0, +3$ $0, +3$ $0, +3$ $-5^\circ, +10^\circ$	
	GP-BV-2						
	GP-CV-1						
	GP-CV-2						
4	GP-BL-1		≥ 6	F H V O	$b=0$ $H_1 \geq 2\sqrt{t}$ $P=t-H_1$ $a_1=45^\circ$	$0, +3$ $0, +3$ $0, +3$ $-5^\circ, +10^\circ$	
	GP-BL-2						
	GP-CL-1		6~24				
	GP-CL-2						

续表 C.0.2

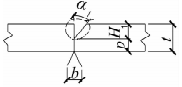
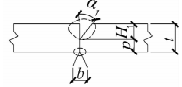
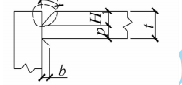
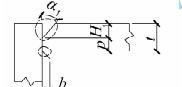
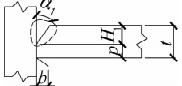
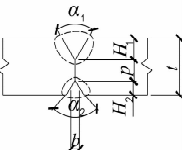
序号	标记	坡口形状示意图	板厚 (mm)	焊接 位置	坡口尺寸 (mm)	允许偏差 (mm)	备注
5	GP-TL-1		≥ 10	F	$b=0$	$0, +3$	
				H	$H_1 \geq 2\sqrt{t}$	$0, +3$	
	GP-TL-2			V	$P=t-H_1$	$0, +3$	
				O	$a_1=45^\circ$	$-5^\circ, +10^\circ$	
6	GP-BX-2		≥ 25	F	$b=0$	$0, +2$	
				H	$H_1 \geq 2\sqrt{t}$	$0, +3$	
				V	$H_2 \geq 2\sqrt{t}$	$0, +3$	
				O	$P=t-H_1-H_2$	$0, +2$	
					$a_1=60^\circ$	$-5^\circ, +10^\circ$	
					$a_2=60^\circ$	$-5^\circ, +10^\circ$	
7	GP-BK-2		≥ 25	F	$b=0$	$0, +2$	
				H	$H_1 \geq 2\sqrt{t}$	$0, +3$	
	GP-TK-2			V	$H_2 \geq 2\sqrt{t}$	$0, +3$	
				O	$P=t-H_1-H_2$	$0, +2$	
					$a_1=45^\circ$	$-5^\circ, +10^\circ$	
	GP-CK-2				$a_2=45^\circ$	$-5^\circ, +10^\circ$	

C.0.3 埋弧焊部分焊透坡口形式和尺寸宜符合表 C.0.3 的要求。

表 C.0.3 埋弧焊部分焊透接头坡口尺寸表

序号	标记	坡口形状示意图	板厚 (mm)	焊接 位置	坡口尺寸 (mm)	允许偏差 (mm)	备注
1	SP-BI-1		6~12	F	$b=0$	0, +1	
	SP-CI-1						
2	SP-BI-2		6~20	F	$b=0$	0, +1	
	SP-CI-2						
3	SP-BV-1		≥14	F	$b=0$ $H_1 \geq 2\sqrt{t}$ $P = t - H_1$ $\alpha_1 = 60^\circ$	0, +1.5 0, +3 0, +3 -5°, +10°	
	SP-BV-2						
	SP-CV-1						
	SP-CV-2						

续表 C.0.3

序号	标记	坡口形状示意图	板厚 (mm)	焊接 位置	坡口尺寸 (mm)	允许偏差 (mm)	备注
4	SP-BL-1		≥14	F H V O	$b=0$ $H_1 \geq 2\sqrt{t}$ $P=t-H_1$ $a_1=60^\circ$	$0, +1.5$ $0, +3$ $0, +3$ $-5^\circ, +10^\circ$	
	SP-BL-2						
	SP-CL-1						
	SP-CL-2						
5	SP-TL-1		≥14	F H	$b=0$ $H_1 \geq 2\sqrt{t}$ $P=t-H_1$ $a_1=60^\circ$	$0, +1.5$ $0, +3$ $0, +3$ $-5^\circ, +10^\circ$	
	SP-TL-2						
6	SP-BX-2		≥25	F H	$b=0$ $H_1 \geq 2\sqrt{t}$ $H_2 \geq 2\sqrt{t}$ $P=t-H_1-H_2$ $a_1=60^\circ$ $a_2=60^\circ$	$0, +1.5$ $0, +3$ $0, +3$ $0, +2$ $-5^\circ, +10^\circ$ $-5^\circ, +10^\circ$	

续表 C.0.3

序号	标记	坡口形状示意图	板厚 (mm)	焊接 位置	坡口尺寸 (mm)	允许偏差 (mm)	备注
7	SP-BK-2		≥ 25	F H	$b=0$	$0, +1.5$	
	SP-TK-2				$H_1 \geq 2\sqrt{t}$	$0, +3$	
	SP-CK-2				$H_2 \geq 2\sqrt{t}$	$0, +3$	
					$P=t-H_1-H_2$	$0, +2$	
					$a_1=45^\circ$	$-5^\circ, +10^\circ$	
					$a_2=45^\circ$	$-5^\circ, +10^\circ$	

附录 D 箱形柱(梁)内隔板电渣焊焊缝 焊透宽度的测量

D.0.1 箱形柱(梁)内隔板电渣焊焊缝焊透宽度测量应采用垂直探伤法,测量时应以使用的最大声程作为探测范围调整时间轴,应将在被探工件无缺陷的部位将钢板的第一次底面反射回波调至满幅的 80% 高度作为探测灵敏度基准,扫查方式应垂直于焊缝方向从焊缝的终端开始以 100mm 间隔进行,并应对两端各 $50\text{mm} + t_1$ 范围进行全面扫查(图 D.0.1)。

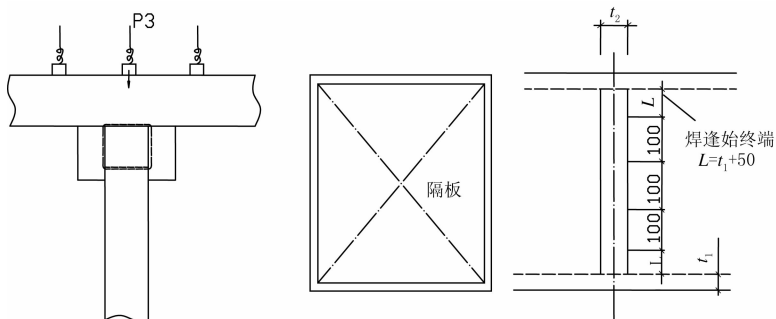


图 D.0.1 扫查方法示意

D.0.2 焊接前必须在面板外侧标记上焊接预定线,探伤时应以预定线为基准线。

D.0.3 测量时应把探头从焊缝一侧移动到另一侧,底波高度达到 40% 时的探头中心位置作为焊透宽度的边界点,两侧边界点间距即为焊透宽度。

D.0.4 缺陷指示长度的测定应符合下列规定:

- 1 焊透指示宽度不足时,应按本规程第 D.0.3 条规定扫查

求出的焊透指示宽度小于隔板尺寸的沿焊缝长度方向的范围作为缺陷指示长度。

2 焊透宽度的边界点错移时,应将焊透宽度边界点向焊接预定线内侧沿焊缝长度方向错位超过 3mm 的范围作为缺陷指示长度。

3 缺陷在焊缝长度方向的位置应以缺陷的起点表示。

附录 E 圆管 T、K、Y 节点焊缝的超声波探伤方法及缺陷分级

E.0.1 本附录适用于支管管径不小于 150mm、壁厚不小于 6mm、板厚外径之比在 13% 以下的圆钢管分支节点焊缝的超声波探伤。

E.0.2 本附录未述及的内容应符合现行国家标准《焊缝无损检测 超声检测 技术、检测等级和评定》GB/T 11345 和现行行业标准《钢结构超声波探伤及质量分级法》JG/T 203 的规定。

E.0.3 圆管 T、K、Y 节点焊缝的超声波探伤探头应采选用小晶片、短前沿、高频率及大折射角(或 K 值)探头,且应能完成 1 跨距范围内整个焊缝截面的检测。

E.0.4 选用的耦合剂应具有良好透声性和适当流动性的液体或糊状物,并应对材料和人体没有损伤作用,且应便于检测后的清除,可在耦合剂中加入适量的表面活性剂,以提高其润湿性能。

E.0.5 确定圆管相贯节点曲面探测灵敏度的修正量时,应使用规格相同的两只探头在平面试板上作一跨距一收一发测试,读取增益(或衰减)值 G_1 ,再在工件表面上(支管外壁)沿轴向和实际探伤最大偏角方向分别作一跨距一收一发测试,读取 G_2 、 G_3 。当 TG 小于 2dB 时,可不作修正;当 $|G_2 - G_3|$ 不大于 4dB 时,应按 TG 进行耦合修正;当 $|G_2 - G_3|$ 大于 4dB 时,应进一步分区测试,取相应的区间分别进行修正(图 E.0.1)。TG 值按下式计算:

$$TG = \frac{(G_2 + G_3)}{2} - G_1 \quad (\text{E.0.5})$$

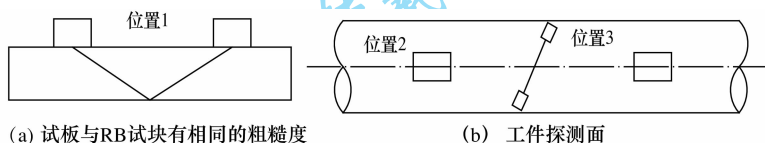


图 E.0.5 曲面探测灵敏度修正量的确定

E.0.6 圆管相贯节点探伤面及探伤方法应符合下列规定：

1 圆管相贯节点焊接接头探伤应以支管表面作为探伤面，扫查时探头在①②③位置时，均应与焊缝垂直(图 E.0.6)。

2 根据主管直径、支管直径、壁厚及主管的交叉角，利用相应软件或根据本附录第 E.0.7 条“圆管相贯节点焊缝超声波探伤几何临界角和修正系数”相关规定提供的计算方法，绘制“相贯角与几何临界角的关系曲线”图，用曲线将焊缝划分为若干检测区域，每一检测区选用相应折射角的探头。

3 应根据工程中管节点的主、支管直径 D_1 、 D_2 ，壁厚 δ_1 、 δ_2 ，主、支管交叉角 θ ，采用探头的折射角 β 等参数，利用相关软件或根据本附录 E.0.8 提供的计算方法绘制出探伤的“相贯角与距离修正系数关系曲线”。

E.0.7 圆管相贯节点焊缝超声波探伤几何临界角和修正系数的确定应符合如下规定：

1 探伤部位的偏角 θ_B 可采用实测或计算机辅助计算方式求出，并按下式求出该部位探测方向的曲率半径 ρ ：

$$\rho = \frac{D}{2\sin^2 \theta_B} \quad (\text{E.0.7-1})$$

式中： θ_B ——偏角，单位为度(°)；

D ——钢管外径，单位为毫米(mm)。

2 根据公称折射角 45° 、 60° 、 70° 或 K 值(K_1 、 K_2 、 K_3)各自能探测的范围，应将焊缝划分为若干检测区，每一检测区应选用相应折射角(或 K 值)的探头。对应于某一曲率半径的几何临界角

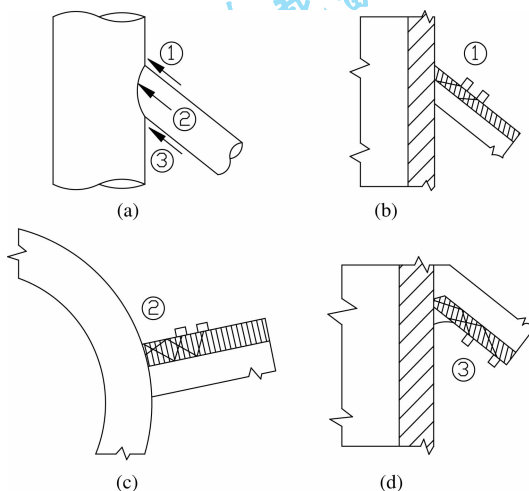


图 E.0.6 扫查方法示意图

(a) 探伤时波束方向: 保持波束垂直于焊缝; (b)、(c)、(d) 探伤方法: 采用直射波法或一次波法且配合各种角度以覆盖包括根部区域在内的整个焊缝。

$\beta_{\max}$ (直射波能扫查到焊缝根部的最大探头折射角) 应按下式计算:

$$\beta_{\max} = \sin^{-1} \left(1 - \frac{\delta}{\rho} \right) \quad (\text{E. 0. 7-2})$$

式中: β ——斜探头在钢中折射角, 单位为度($^{\circ}$);

δ ——支管壁厚, 单位为毫米(mm)。

3 探伤时应按式 E. 0. 7-3 计算半跨距声程修正系数 K , 按

式 E. 0. 7-4 计算水平距离修正系数 m :

$$K = \left(\frac{\rho}{\delta} - 1 \right) \left[\frac{\sin \left(+ \sin^{-1} \left(\frac{\rho}{\rho - \delta} \sin \beta \right) \right)}{\tan \beta} \right] \quad (\text{E. 0. 7-3})$$

$$m = \left[\pi - \beta - \sin^{-1} \left(\frac{\rho}{\rho - \delta} \sin \beta \right) \right] \frac{\rho}{\delta} \cot \beta \quad (\text{E. 0. 7-4})$$

式中: β ——斜探头在钢中折射角, 单位为度($^{\circ}$);

δ ——支管壁厚, 单位为毫米(mm)。

4 缺陷位置的判定方法应符合下列要求：

1) 探伤过程中当检测到缺陷时，应根据探头所处位置的相贯角，通过计算或查“相贯角与距离修正系数关系曲线”得到该点的半跨距声程修正系数 K 和水平距离修正系数 m 。

2) 半跨距点和 1 跨距点的声程 $W_{0.5}$ 、 $W_{1.0}$ 以及探头与焊缝水平距离 $Y_{0.5}$ 、 $Y_{1.0}$ 应分别按下列公式计算：

$$W_{0.5} = (\delta / \cos \beta) K \quad (\text{E. 0. 7-5})$$

$$W_{1.0} = 2W_{0.5} \quad (\text{E. 0. 7-6})$$

$$Y_{0.5} = (\delta \tan \beta) m \quad (\text{E. 0. 7-7})$$

$$Y_{1.0} = 2Y_{0.5} \quad (\text{E. 0. 7-8})$$

3) 探头与缺陷的距离 Y 及缺陷深度 d ，应根据读取的声程 W 和扫查侧的钢管壁厚 δ ，按比例由式 (E. 0. 8-9) 与式 (E. 0. 8-10) 求出：

当 $W < W_{0.5}$ 时，

$$Y = Y_{0.5} \times W / W_{0.5} \quad d = \delta \times W / W_{0.5} \quad (\text{E. 0. 7-9})$$

当 $W_{0.5} < W < W_{1.0}$ 时，

$$Y = Y_{0.5} \times W / W_{0.5} \quad d = 2\delta - \delta \times W / W_{0.5} \quad (\text{E. 0. 7-10})$$

5 对于中上部体积性缺陷，应根据缺陷的指示长度按表 E. 0. 7-1 予以评定，对于根部缺陷的评定应符合表 E. 0. 7-2 的规定。

表 E. 0. 7-1 全焊透焊缝中上部缺陷的评定

级别	允许的最大缺陷指示长度
I	$\leq \frac{1}{3}t$ ，最小为 10mm 的 II 区缺陷
II	$\leq \frac{2}{3}t$ ，最小为 15mm 的 II 区缺陷，点状的 III 区缺陷
III	$\leq t$ ，最小为 20mm 的 II 区缺陷， $\leq 10\text{mm}$ 的 III 区缺陷
IV	超过 III 级者

表 E.0.7-2 全焊透焊缝根部缺陷的评定

级别	允许的最大缺陷指示长度	
	波高为Ⅱ区的缺陷	波高为Ⅲ区的缺陷
I	$\leq \frac{1}{3}t$, 最小可为 10mm	$\leq 10\text{mm}$
II	$\leq 10\%$ 周长	$\leq \frac{2}{3}t$, 最小可为 15mm
III	$\leq 20\%$ 周长	$\leq t$, 最小可为 20mm
IV	超过Ⅲ级者	超过Ⅲ级者



附录 F 推荐采用的箱形柱焊接工艺

F.0.1 箱形柱在楼层处与梁连接部位的加劲隔板,应采用电渣焊进行焊接,在制作前应制定详细的工艺流程指导生产。

F.0.2 箱形柱主要工序技术应满足以下要求:

1 箱形柱零件下料按照本规程第 6 章要求进行。腹板下料和坡口加工时,应预留电渣焊通道孔(图 F.0.2-1)。

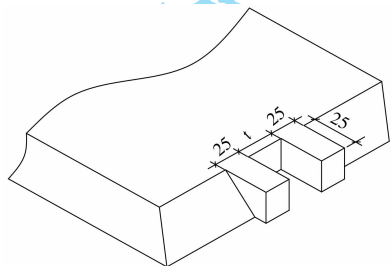


图 F.0.2-1 腹板电渣焊预留通道

2 箱形柱内隔板与隔板衬垫板的组装应符合设计要求(图 F.0.2-2)。

3 U 型组装应符合设计图纸要求(图 F.0.2-3~图 F.0.2-5)。

4 内隔板与两侧腹板宜采用气体保护焊进行焊接,焊后应进行超声波探伤检测(图 F.0.2-6)。

表 F.0.2 隔板 L_1 、 L_2 的焊接收缩量

L_1 、 L_2 (mm)	焊接收缩量 (mm)
400~600	1~1.5
600~800	1.5~2
800~1000	2~3

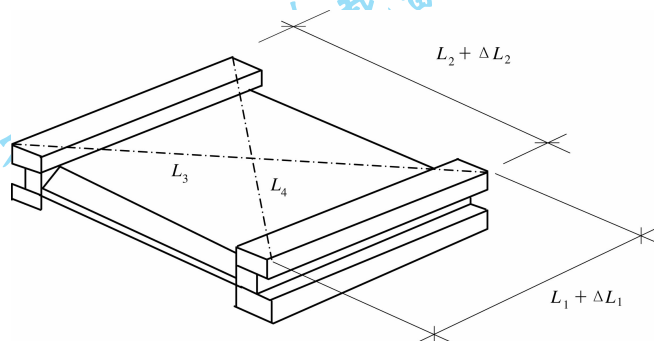


图 F.0.2-2 内隔板和衬垫、垫板的组装

注:1 隔板和衬板或垫板必须组装密贴,间隙 $\leq 1\text{mm}$,防止电渣焊漏渣。

2 隔板四周在必要时需经铣削加工,铣削余量为每边 $2\text{mm} \sim 3\text{mm}$ 。

3 $L_1 + \Delta L_1, L_2 + \Delta L_2$: $0 < \Delta L \leq 1\text{mm}$

$|L_3 - L_4| \leq 1.5\text{mm}$

$L_1 \perp L_2 \leq 1.0\text{mm}$

4 隔板 L_1, L_2 的焊接收缩余量见表 F.0.2。

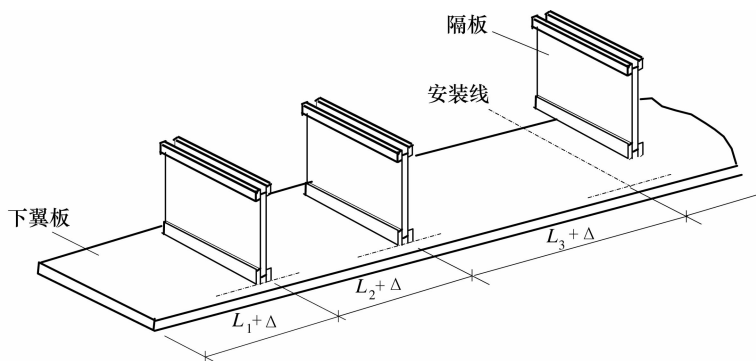


图 F.0.2-3 内隔板与下翼板组装

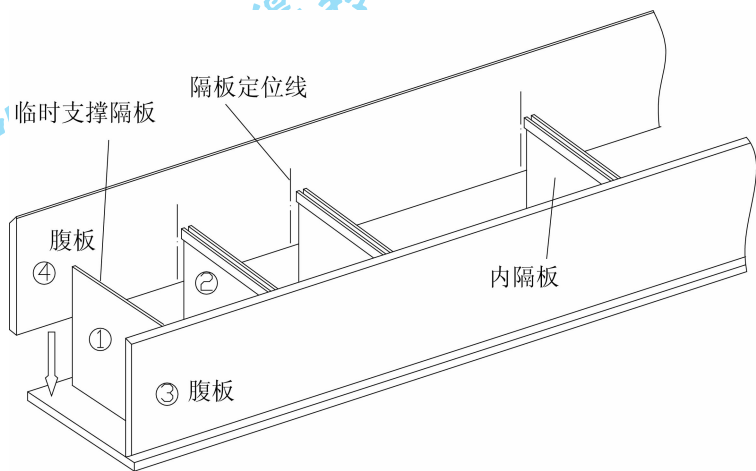


图 F.0.2-4 箱形柱腹板的组装

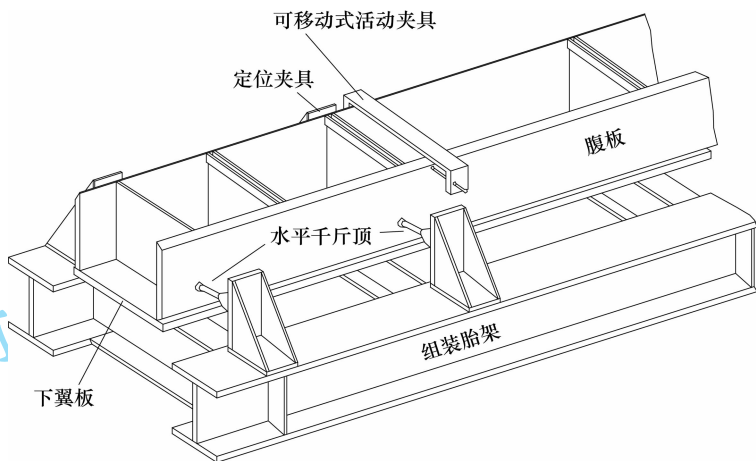


图 F.0.2-5 U 型组装胎架和夹具

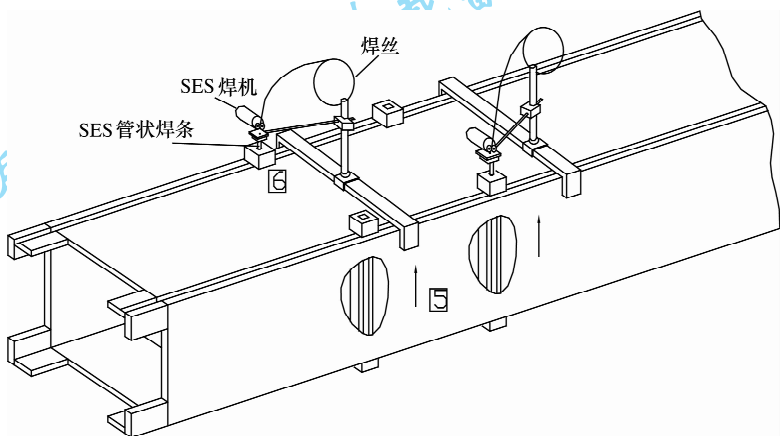


图 F.0.2-8 隔板电渣焊焊接

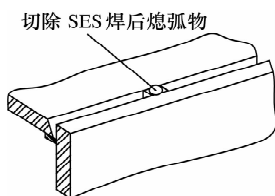


图 F.0.2-9 纵缝坡口内电渣焊引熄弧端焊缝余高清除

8 焊接箱形柱的四条纵缝时,必须遵守两两焊缝同向、同步、规范进行焊接原则(图 F.0.2-10)。

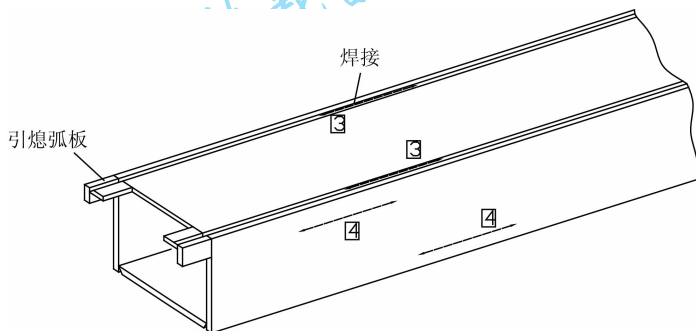


图 F.0.2-10 箱形柱纵缝埋弧自动焊焊接

F.0.3 箱形柱制造加工流程应按照图 F.0.3 进行。

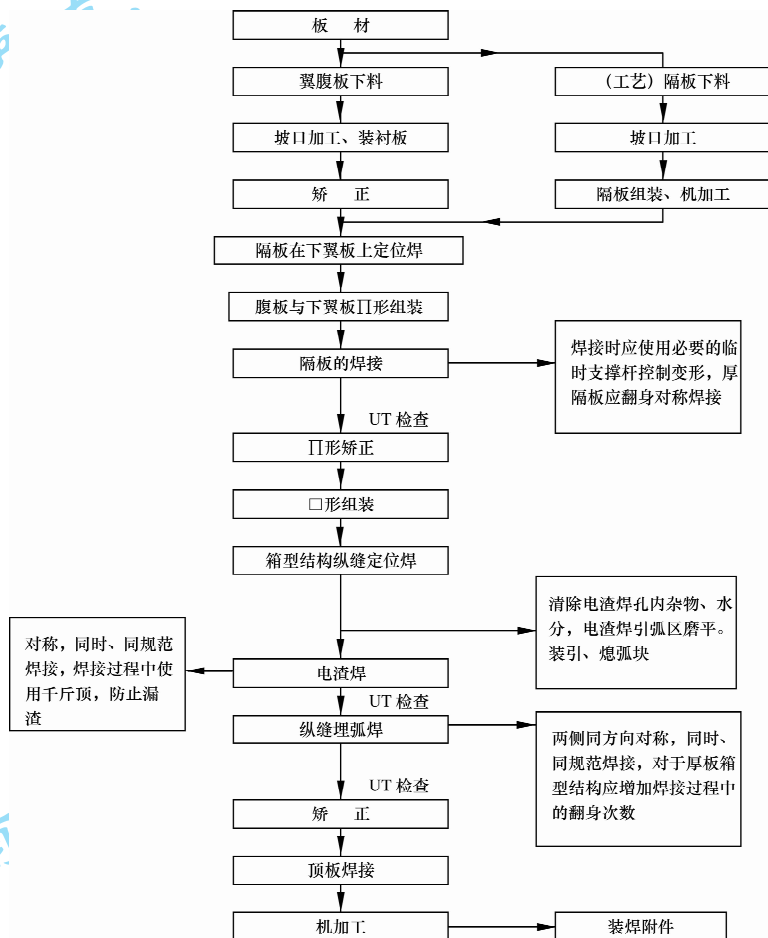


图 F.0.3 箱形柱制造加工流程

附录 G 推荐采用的三箱柱制作工艺

G.0.1 三箱柱的制作流程应按照图 G.0.1 进行。

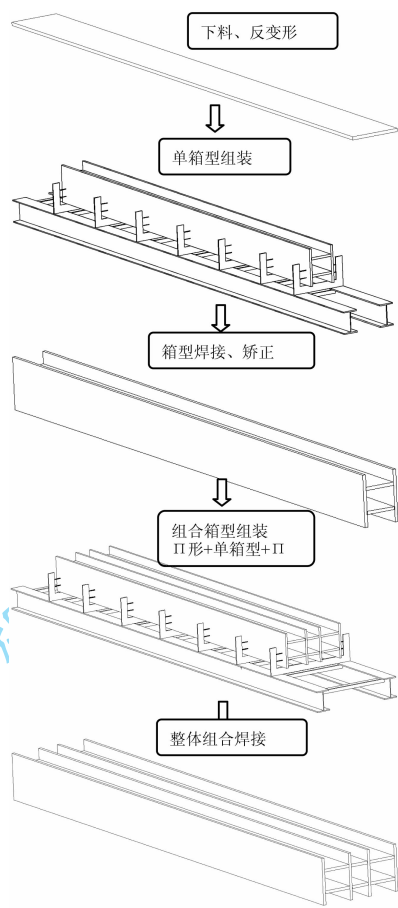


图 G.0.1 三箱柱的制作程图

G.0.2 三箱柱的装配、焊接应符合下列要求：

1 下料及反变形应符合下列规定：

- 1) 下料时长度方向宜放加工余量和焊接收缩余量 30mm，翼缘板宽度方向预留 2mm~3mm 焊接收缩余量，腹板宽度方向收缩余量按每条全熔透焊缝 2mm 设置，当采用衬垫焊时，腹板宽度尺寸应扣减；
- 2) 组装前应采用大功率油压机进行预制反变形，反变形参数应根据工艺试验确定(图 G.0.2-1、图 G.0.2-2)。

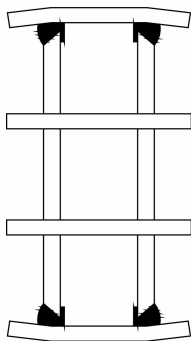


图 G.0.2-1 不对称结构产生的
焊接角变形

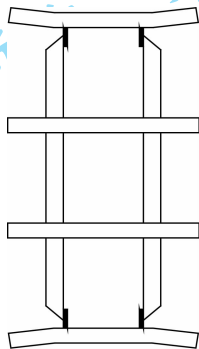


图 G.0.2-2 反变形设置

2 单箱型组装可按照本规程附录 F 执行。

3 腹板焊接前应进行预热，其预热温度应根据板厚、材质及焊接工艺试验确定，并应符合国家相关规范的要求；预热宜使用电加热方式进行加热，当预热位置受限时可采用火焰加热。

4 单箱型内部腹板与翼缘板的 T 接焊缝宜采用单面坡口反面贴衬垫形式；单箱形的四条纵缝宜先采用气体保护焊打底焊接，再采用埋弧焊填充、盖面的方法进行焊接。打底焊时应两两对称、同时、同方向焊接。埋弧自动焊时，箱体两条纵缝应同向、同规范、同时焊接，根据变形情况进行翻身；焊接时应采用小焊接线能量进行。应先对称施焊上侧两纵缝至 $1/3$ 腹板厚度，再翻身

对称焊接下侧两纵缝至 $1/3$ 腹板厚度,依次轮流施焊直至焊接全部完成。

5 焊后箱型矫正宜采用热矫正方法,其矫正温度宜控制在 $600^{\circ}\text{C}\sim 800^{\circ}\text{C}$,当钢材对矫正温度有限定时,按钢材的限定温度进行矫正;加热矫正后宜采用自然冷却,低合金钢在矫正温度高于 650°C 时严禁急冷。

6 II 形部件组装、焊接应符合下列规定:

- 1) II 形部件宜采用箱型切割开的方式进行制作,下料时腹板宽度已设置 3mm 割缝余量,其余制作、焊接应与单箱型相同;
- 2) 箱型切割时宜采用断点切割的方式(图 G.0.2-3);

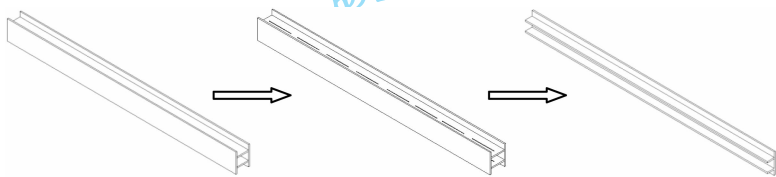


图 G.0.2-3 II 形断点切割

3) II 形部件矫正应在切割和坡口加工完成后进行。

7 三箱柱整体组装应在单箱型和 II 形部件焊接、矫正合格后进行。

8 三箱柱两侧剩余 4 条主焊缝焊接时,每条焊缝的焊接方法应与单箱型的焊接相同,且应采取两侧对称焊缝同向、同规范、同时焊接。

G.0.3 其他异型柱的制作,可根据具体结构形式,参考三箱柱的制作流程进行。

附录 H 铸钢件材料性能

H.1 焊接结构用铸钢

H.1.1 焊接结构用铸钢 ZG 200-400H、ZG 230-450H、ZG275-485H 的化学成分和碳当量应符合表 H.1.1-1 的规定,室温下的力学性能应符合表 H.1.1-2 的规定。

表 H.1.1-1 化学成分质量分数上限值(%)

铸钢牌号	C≤	Si≤	Mn≤	S≤	P≤	残余元素						碳当量 ≤
						Ni	Cr	Cu	Mo	V	总和	
ZG200-400H	0.20	0.50	0.80	0.04	0.04	0.30	0.30	0.30	0.15	0.05	0.80	0.38
ZG230-450H	0.20	0.50	1.20	0.04	0.04	0.30	0.30	0.30	0.15	0.05	0.80	0.42
ZG270-480H	0.25	0.50	1.20	0.04	0.04	0.30	0.30	0.30	0.15	0.05	0.80	0.46

注:1 C 的质量分数每降低 0.01%,允许 Mn 质量分数上限增加 0.04%,但 Mn 总质量分数增加不得超过 0.20%。

2 碳当量 CE 应根据铸钢的化学成分(质量分数,%)按公式 $CE=C+Mn/6(Cr+Mo+V)/5+(Ni+Cu)/15$ 计算。

表 H.1.1-2 室温力学性能

铸钢牌号	拉伸性能				冲击吸收能量	
	R_{eL} 或 $R_{p0.2}$	R_m	A	Z	$KV_2(J)$	KU_2 (J/cm ²)
	MPa		%			
	≥				≥	
ZG200-400H	200	400	25	40	30	59
ZG230-450H	230	450	22	35	25	44
ZG270-480H	275	485	20	35	22	34

注:1 表中各力学性能指标适用于厚度不超过 100mm 的铸件;当铸件壁厚超过 100mm 时,表中规定的 R_{eL} 或 $R_{p0.2}$ 屈服强度仅供设计使用;

2 当需从经过热处理的铸件或从代表铸件的大型试块上取样时,其性能指标由供需双方商定。

H.1.2 焊接结构用铸钢 G17Mn5、G20Mn5 的化学成分应符合表 H.1.2-1 的规定,力学性能应符合表 H.1.2-2 的规定。

表 H.1.2-1 化学成分 (%)

铸钢钢种		C	Si≤	Mn	P≤	S≤	Ni≤
牌号	材料号						
G17Mn5	1.1131	0.15~0.20	0.60	1.00~1.60	0.020	0.020	—
G20Mn5	1.6220	0.17~0.23					0.8

注:1 铸件厚度 t 小于 28mm 时,可允许 S 含量不大于 0.03%。

2 非经订货方同意,不得随意添加本表中未规定的化学元素。

表 H.1.2-2 力学性能

铸钢钢种		热处理条件			铸件 壁厚 (mm)	室温下			冲击试验	
牌号	材料号	状态 与代 号	正火或奥 氏体化 (℃)	回火 (℃)		屈服强 度 $R_{p0.2}$ (MPa)	抗拉强 度 R_m (MPa)	伸长 率 A (%)	温度 (℃)	吸收能 量(J) ≥
G17Mn5	1.1131	调质 QT	920~ 980 ^{①②}	600~ 700	$t \leq 50$	240	450~ 600	≥24	室温 -40℃	70 27
G20Mn5	1.6220	正火 N	900~ 980 ^①	—	$t \leq 30$	300	480~ 620	≥20	室温 -30℃	50 27
G20Mn5	1.6220	调质 QT	900~ 980 ^②	610~ 660	$t \leq 100$	300	500~ 650	≥22	室温 -40℃	60 27

注:1 热处理条件栏内的温度值仅为资料性数据。

2 本表对冲击功列出了室温与负温两种值,由买方按使用要求选用其中的一种。
当无约定时,按保证室温冲击功指标供货。

3 N 为正火处理的代号,QT 表示淬火(空冷或水冷)加回火。

4 ① 为空冷;② 为水冷。

H.2 非焊接结构用铸钢

H.2.1 非焊接结构用铸钢的化学成分应符合表 H.2.1 的规定。

表 H.2.1 化学成分(上限值)(质量分数,%)

铸钢牌号	C≤	Si≤	Mn≤	S≤	P≤	残余元素				
						Ni	Cr	Cu	Mo	V
ZG200-400	0.20	0.50	0.80	0.04	0.30	0.35	0.30	0.20	0.05	
ZG230-450	0.30									
ZG270-500	0.40									
ZG310-570	0.50	0.60	0.90							
ZG340-640	0.60									

注:1 对上限每减少 0.01% 的碳,允许增加 0.04% 的锰。对 ZG200—400 锰的质量分数最高至 1.00%,其余 4 个牌号锰的质量分数最高至 1.20%。

2 残余元素量不超过 1.00%。如需方无要求,残余元素可不进行分析。

H.2.2 非焊接结构用铸钢的力学性能应符合表 H.2.2 的规定。

表 H.2.2 常温下的力学性能(最小值)

铸钢牌号	屈服强度 R_{eL} 或 $R_{p0.2}$ (MPa)	抗拉强度 R_m (MPa)	断后 伸长率 A (%)	根据合同选择		
				断面收缩 率 Z(%)	冲击吸收能量	
					AV2(J)	AU2(J/cm ²)
ZG200-400	200	400	25	40	30	59
ZG230-450	230	450	22	32	25	44
ZG270-500	270	500	18	25	22	34
ZG310-570	310	570	15	21	15	30
ZG340-640	340	640	10	18	10	20

注:表中的力学性能适用于厚度为 100mm 以下的铸钢件。当铸钢件厚度超过 100mm 时,表中规定的 R_{eL} 或 $R_{p0.2}$ 屈服强度仅供设计使用。

附录 J 建筑钢结构工程文件归档范围

表 J 钢结构分部工程文件归档范围

类别	归 档 文 件	保 存 单 位			
		建设 单位	施工 单位	监理 单位	城建 档案馆
工程准备阶段文件(A类)					
A4	招投标文件				
1	施工招投标文件	▲	▲	△	
2	施工合同	▲	▲	△	▲
3	工程监理招投标文件	▲		▲	
4	监理合同	▲		▲	▲
A5	开工审批文件				
1	建设工程规划许可证及其附件	▲	△	△	▲
2	建设工程施工许可证	▲	▲	▲	▲
A6	工程造价文件				
1	合同价格文件	▲	▲		△
2	结算价格文件	▲	▲		△
A7	工程建设基本信息				
1	工程概况信息表	▲	△		▲
2	监理单位工程项目总监及监理人员名册	▲		▲	▲
3	施工单位工程项目经理及质量管理人员名册	▲	▲		▲
监理文件(B类)					
B1	监理管理文件				
1	监理规划	▲		▲	▲

续表 J

类别	归 档 文 件	保 存 单 位			
		建设 单位	施工 单位	监理 单位	城建 档案馆
工程准备阶段文件(A类)					
A4	招投标文件				
2	监理实施细则	▲	△	▲	▲
3	监理月报	△		▲	
4	监理会议纪要	▲	△	▲	
5	监理工作日志			▲	
6	监理工作总结			▲	▲
7	工作联系单	▲	△	△	
8	监理工程师通知	▲	△	△	△
9	监理工程师通知回复单	▲	△	△	△
10	工程暂停令	▲	△	△	▲
11	工程复工报审表	▲	▲	▲	▲
B2	进度控制文件				
1	工程开工报审表	▲	▲	▲	▲
2	施工进度计划报审表	▲	△	△	
B3	质量控制文件				
1	质量事故报告及处理资料	▲	▲	▲	▲
2	旁站监理记录	△	△	▲	
3	见证取样和送样人员备案表	▲	▲	▲	
4	见证记录	▲	▲	▲	
5	工程技术文件报审表		△		
B4	造价控制文件				
1	工程款支付	▲	△	△	

续表 J

类别	归 档 文 件	保 存 单 位			
		建设 单位	施工 单位	监理 单位	城建 档案馆
2	工程款支付证书	▲	△	△	
3	工程变更费用报审表	▲	△	△	
4	费用索赔申请表	▲	△	△	
5	费用索赔审批表	▲	△	△	
B5	工期管理文件				
1	工期延期申请表	▲	▲	▲	▲
2	工期延期审批表	▲		▲	▲
B6	监理验收文件				
1	竣工移交证书	▲	▲	▲	▲
2	监理资料移交书	▲		▲	
施工文件(C类)					
C1	施工管理文件				
1	工程概况表	▲	▲	▲	△
2	施工现场质量管理检查记录		△	△	
3	企业资质证书及相关专业人员岗位证书	△	△	△	△
4	分包单位资质报审表	▲	▲	▲	
5	建设单位质量事故勘查记录	▲	▲	▲	▲
6	建设工程质量事故报告书	▲	▲	▲	▲
7	施工检测计划	△	△	△	
8	见证试验检测汇总表	▲	▲	▲	▲
9	施工日记		▲		
C2	施工技术文件				
1	工程技术文件报审表	△	△	△	
2	施工组织设计及施工方案	△	△	△	△

续表 J

类别	归 档 文 件	保 存 单 位			
		建设 单位	施工 单位	监理 单位	城建 档案馆
3	危险性较大分部分项工程施工方案	△	△	△	△
4	技术交底记录	△	△		
5	图纸会审记录	▲	▲	▲	▲
6	设计变更通知单	▲	▲	▲	▲
7	工程洽商记录(技术核定单)	▲	▲	▲	▲
C3	进度造价文件				
1	工程开工报审表	▲	▲	▲	▲
2	工程复工报审表	▲	▲	▲	▲
3	施工进度计划报审表		△	△	
4	施工进度计划		△	△	
5	人、机、料动态表		△	△	
6	工程延期申请表	▲	▲	▲	▲
7	工程款支付申请表	▲	△	△	
8	工程变更费用报审表	▲	△	△	
9	费用索赔申请表	▲	△	△	
C4	施工物资出厂质量证明及进场检测文件				
	出厂质量证明文件及检测报告				
1	钢材、焊接材料、紧固件、网架球、压型金属板、防腐、防火材料出厂证明文件	▲	▲	▲	△
2	其他物资出厂合格证、质量保证书、检测报告和报关单或商检证等	△	▲	△	
3	材料的相关检验报告、型式检测报告	△	▲	△	
4	进口的材料商检的证明文件	△	▲	▲	

续表 J

类别	归 档 文 件	保 存 单 位			
		建设 单位	施工 单位	监理 单位	城建 档案馆
5	涉及消防、安全、卫生、环保、节能材料检测报告或法定机构出具的有效文件	▲	▲	▲	△
6	其他施工物资产品合格证、出厂其他物资出厂合格证、质量保证书、检测报告△检测报告				
	进场检验通用表格				
1	材料、构配件进场检验记录		△	△	
	进场复验报告				
1	钢材试验报告(首次冶炼钢材)	▲	▲	▲	▲
2	钢材复试报告	▲	▲	▲	▲
3	防火涂料复试报告	▲	▲	▲	▲
4	焊接材料复试报告	▲	▲	▲	▲
5	高强度大六角头螺栓连接副复试报告	▲	▲	▲	▲
6	扭剪型高强度螺栓连接副复试报告	▲	▲	▲	▲
7	其他物资进场复验报告				
C5	施工记录文件				
1	隐蔽工程验收记录	▲	▲	▲	▲
2	施工检查记录		△		
3	交接检查记录		△		
4	工程定位测量记录	▲	▲	▲	▲
5	建筑物垂直度、标高观测记录	▲	▲	△	△
6	沉降观测记录	▲	▲	△	▲
7	大型构件吊装记录	▲	△	△	▲
8	焊接材料烘焙记录		△		
9	钢结构施工记录	▲	▲	△	

续表 J

类别	归 档 文 件	保 存 单 位			
		建设 单位	施工 单位	监理 单位	城建 档案馆
10	网架(索膜)施工记录	▲	▲	△	▲
11	其他施工记录文件				
C6	施工试验记录及检测文件				
	建筑与结构工程				
1	锚杆试验报告	▲	▲	△	△
2	后置埋件抗拔试验报告	▲	▲	△	△
3	超声波探伤报告、探伤记录	▲	▲	△	△
4	射线探伤报告	▲	▲	△	△
5	磁粉探伤报告	▲	▲	△	△
6	渗透探伤报告	▲	▲	△	△
7	高强度螺栓抗滑移系数检测报告	▲	▲	△	△
8	焊接工艺评定		△	△	△
9	网架节点承载力试验报告	▲	▲	△	△
10	防腐、防火涂料厚度检测报告	▲	▲	△	△
11	围护结构现场实体验收	▲	▲	△	△
12	其他建筑与结构施工试验记录与检测文件				
C7	施工质量验收文件				
1	检验批质量验收记录	▲	△	△	
2	分项工程质量验收记录	▲	▲	▲	
3	钢结构分部(子分部)工程质量竣工验收记录	▲	▲	▲	▲
4	钢结构分部(子分部)工程质量控制资料核查记录	▲	▲	▲	▲
5	钢结构分部(子分部)工程安全和功能检验资料核查及主要功能抽查记录	▲	▲	▲	▲

续表 J

类别	归 档 文 件	保 存 单 位			
		建设 单位	施工 单位	监理 单位	城建 档案馆
6	钢结构分部(子分部)工程观感质量检查记录	▲	▲	▲	▲
7	施工资料移交文件	▲	▲		
8	其他施工验收文件				
C8	施工验收文件				
1	单位(子单位)工程竣工预验收报审表	▲	▲		▲
2	单位(子单位)工程质量竣工验收记录	▲	▲		▲
3	单位(子单位)工程质量控制资料核查记录	▲	▲		▲
4	单位(子单位)工程安全和功能检验资料核查 及主要功能抽查记录	▲	▲		▲
5	单位(子单位)工程观感质量检查记录	▲	▲		▲
6	施工资料移交书	▲	▲		
7	其他施工验收文件				
竣工图(D类)					
1	建筑竣工图	▲	▲		▲
2	结构竣工图	▲	▲		▲
3	钢结构竣工图	▲	▲		▲
主体结构钢结构子分部工程竣工验收文件(E类)					
E1	竣工验收与备案文件				
1	设计单位工程质量检查报告	▲	△	△	▲
2	施工单位工程竣工报告	▲	▲	△	▲
3	监理单位工程质量评估报告	▲	△	▲	▲
4	分部(子分部)工程竣工验收报告	▲	▲	▲	▲
5	分部(子分部)工程竣工验收会议纪要	▲	▲	▲	▲
6	分部(子分部)工程竣工验收备案表	▲	▲	▲	▲

续表 J

类别	归 档 文 件	保 存 单 位			
		建设 单位	施工 单位	监理 单位	城建 档案馆
E2	竣工决算文件				
1	施工决算文件	▲	▲		△
2	监理决算文件	▲		▲	△
E3	工程声像、电子文件等				
1	工程施工阶段、竣工面貌	▲	△	△	▲
2	工程建设过程中的录音、录像资料(重大工程)	▲	△	△	▲
3	与纸质归档文件相一致的工程电子文件	▲	△	△	▲
E4	其他工程文件				

注:表中符号“▲”表示必须归档保存,“△”表示选择性归档保存。

本规程用词说明

1 为便于在执行本规程条文时区别对待,对要求严格程度不同的用词说明如下:

1) 表示很严格,非这样做不可的用词:

正面词采用“必须”;

反面词采用“严禁”。

2) 表示严格,在正常情况下均应这样做的用词:

正面词采用“应”;

反面词采用“不应”或“不得”。

3) 表示允许稍有选择,在条件许可时首先应这样做的用词:

正面词采用“宜”;

反面词采用“不宜”。

4) 表示有选择,在一定条件下可以这样做的用词,采用“可”。

2 本规程中指明应按其他有关标准、规范执行的写法为“应符合……要求或规定”或“应按……执行”。

引用标准名录

- 1 《房屋建筑制图统一标准》GB/T 50001
- 2 《建筑结构荷载规范》GB 50009
- 3 《钢结构设计规范》GB 50017
- 4 《建筑制图标准》GB/T 50104
- 5 《建筑结构制图标准》GB/T 50105
- 6 《高耸结构设计规范》GB 50135
- 7 《钢结构工程施工质量验收规范》GB 50205
- 8 《建筑工程施工质量验收统一标准》GB 50300
- 9 《钢结构焊接规范》GB 50661
- 10 《钢结构工程施工规范》GB 50755
- 11 《压型金属板工程应用技术规范》GB 50896
- 12 《紧固件 验收检查》GB/T 90.1
- 13 《紧固件 标志与包装》GB/T 90.2
- 14 《普通螺纹 基本尺寸》GB/T 196
- 15 《普通螺纹 公差》GB/T 197
- 16 《钢的成品化学成分允许偏差》GB/T 222
- 17 《钢铁及合金化学分析方法》GB/T 223
- 18 《金属材料 拉伸试验 第1部分:室温试验方法》GB/T 228.1
- 19 《金属材料 夏比摆锤冲击试验方法》GB/T 229
- 20 《金属材料 布氏硬度试验 第1部分:试验方法》GB/T 231.1
- 21 《金属材料 弯曲试验方法》GB/T 232
- 22 《金属管 弯曲试验方法》GB/T 244

- 23 《金属管 压扁试验方法》GB/T 246
- 24 《钢板和钢带包装、标志及质量证明书的一般规定》GB/T 247
- 25 《镀锌》GB/T 470
- 26 《优质碳素结构钢》GB/T 699
- 27 《碳素结构钢》GB/T 700
- 28 《热轧钢棒尺寸、外形、质量及允许偏差》GB/T 702
- 29 《热轧型钢》GB/T 706
- 30 《冷轧钢板和钢带的尺寸、外形、重量及允许偏差》GB/T 708
- 31 《热轧钢板和钢带的尺寸、外形、重量及允许偏差》GB/T 709
- 32 《销轴》GB/T 882
- 33 《碳素结构钢和低合金结构钢 热轧薄钢板及钢带》GB 912
- 34 《不锈钢焊条》GB/T 983
- 35 《气焊、焊条电弧焊、气体保护焊和高能束焊的推荐坡口》GB/T 985. 1
- 36 《埋弧焊的推荐坡口》GB/T 985. 2
- 37 《钢结构用高强度大六角头螺栓》GB/T 1228
- 38 《钢结构用高强度大六角螺母》GB/T 1229
- 39 《钢结构用高强度垫圈》GB/T 1230
- 40 《钢结构用高强度大六角头螺栓、大六角螺母、垫圈 技术条件》GB/T 1231
- 41 《低合金高强度钢结构》GB/T 1591
- 42 《产品几何技术规范(GPS) 极限与配合 第1部分:公差、偏差和配合的基础》GB/T 1800. 1
- 43 《型钢验收、包装、标志及质量证明书的一般要求》GB/T 2101
- 44 《钢管验收、包装、标志及质量证明书》GB/T 2102
- 45 《输电线路铁塔制造技术条件》GB/T 2694
- 46 《涂料产品分类、命名和型号》GB 2705
- 47 《钢及钢产品 力学性能试验取样位置及试样制备》GB/T 2975

- 48 《合金结构钢》GB/T 3077
- 49 《冷拔异型钢管》GB 3094
- 50 《紧固件机械性能 螺栓、螺钉和螺柱》GB/T 3098.1
- 51 《碳素结构钢和低合金结构钢 热轧厚钢板和钢带》GB/T 3274
- 52 《花纹钢板》GB/T 3277
- 53 《金属熔化焊焊接接头射线照相》GB/T 3323
- 54 《钢结构用扭剪型高强度螺栓连接副》GB/T 3632
- 55 《工业氧》GB/T 3863
- 56 《锻轧钢棒超声波检验方法》GB/T 4162
- 57 《耐候结构钢》GB/T 4171
- 58 《氩》GB/T 4842
- 59 《磁性金属基体上非磁性覆盖层 覆盖层厚度测量 磁性法》GB/T 4956
- 60 《非合金钢及细晶粒钢焊条》GB/T 5117
- 61 《埋弧焊用碳钢焊丝和焊剂》GB/T 5293
- 62 《厚度方向性能钢板》GB/T 5313
- 63 《六角头螺栓 C级》GB/T 5780
- 64 《六角头螺栓 全螺纹 C级》GB/T 5781
- 65 《六角头螺栓》GB/T 5782
- 66 《六角头螺栓 全螺纹》GB/T 5783
- 67 《工业液体二氧化碳》GB/T 6052
- 68 《钢锻件超声检测方法》GB/T 6402
- 69 《铸件 尺寸公差与机械加工余量》GB/T 6414
- 70 《冷弯型钢》GB/T 6725
- 71 《结构用冷弯空心型钢尺寸、外形、重量及允许偏差》GB/T 6728
- 72 《溶解乙炔》GB 6819
- 73 《铸钢件 超声波检测 第1部分 一般用途铸钢件》GB/T 7233.1

- 74 《焊接结构用铸钢件》GB/T 7659
- 75 《气体保护电弧焊用碳钢、低合金钢焊丝》GB/T 8110
- 76 《结构用无缝钢管》GB/T 8162
- 77 《涂覆涂料前钢材表面处理 表面清洁度的目视评定 第1部分:未涂覆过的钢材表面和全面清除原有涂层后的钢材表面的锈蚀等级和处理等级》GB/T 8923.1
- 78 《涂覆涂料前钢材表面处理 表面清洁度的目视评定 第2部分:已涂覆过的钢材表面局部清除原有涂层后的处理等级》GB/T 8923.2
- 79 《铸钢件渗透检测》GB/T 9443
- 80 《铸钢件磁粉检测》GB/T 9444
- 81 《无损检测人员资格鉴定与认证》GB/T 9445
- 82 《涂料产品包装标志》GB 9750
- 83 《热喷涂 金属和其他无机覆盖层 锌、铝及其合金》GB/T 9793
- 84 《碳钢药芯焊丝》GB/T 10045
- 85 《电弧螺柱焊用无头焊钉》GB/T 10432.1
- 86 《电弧螺柱焊用圆柱头焊钉》GB/T 10433
- 87 《热轧 H 型钢和剖分 T 型钢》GB/T 11263
- 88 《焊缝无损检测 超声检测 技术、检测等级和评定》GB/T 11345
- 89 《一般工程用铸造碳钢件》GB/T 11352
- 90 《埋弧焊用低合金钢焊丝和焊剂》GB/T 12470
- 91 《热喷涂 火焰和电弧喷涂用线材、棒材和芯材 分类和供货技术条件》GB/T 12608
- 92 《建筑用压型钢板》GB/T 12755
- 93 《工业用环氧氯丙烷》GB/T 13097
- 94 《金属材料 低温拉伸试验方法》GB/T 13239
- 95 《直缝电焊钢管》GB/T 13793

- 96 《金属覆盖层 钢铁制件热浸镀锌层技术要求及试验方法》
GB/T 13912
- 97 《钢结构防火涂料》GB 14907
- 98 《熔化焊用钢丝》GB/T 14957
- 99 《热轧钢板表面质量的一般要求》GB/T 14977
- 100 《深度冷冻法生产氧气及相关气体安全技术规程》GB 16912
- 101 《钢网架螺栓球节点用高强度螺栓》GB/T 16939
- 102 《桥梁缆索用热镀锌钢丝》GB/T 17101
- 103 《无缝钢管尺寸、外形、重量及允许偏差》GB/T 17395
- 104 《低合金钢药芯焊丝》GB/T 17493
- 105 《钢及钢产品交货一般技术要求》GB/T 17505
- 106 《不锈钢药芯焊丝》GB/T 17853
- 107 《埋弧焊用不锈钢焊丝和焊剂》GB/T 17854
- 108 《斜拉桥热挤聚乙烯高强钢丝拉索技术条件》GB/T 18365
- 109 《建筑结构用钢板》GB/T 19879
- 110 《钢和铁 化学成分测定用试样的取样和制样方法》GB/
T 20066
- 111 《一般用途钢丝绳》GB/T 20118
- 112 《锌—5%铝—混合稀土合金镀层钢丝、钢绞线》GB/T 20492
- 113 《钢拉杆》GB/T 20934
- 114 《建筑用低屈服强度钢板》GB/T 28905
- 115 《建设项目文件归档规范》GB/T 50328
- 116 《桥梁缆索用高密度聚乙烯护套料》CJ/T 297
- 117 《焊接用二氧化碳》HG/T 2537
- 118 《焊接切割用燃气 丙烯》HG/T 3661.1
- 119 《焊接切割用燃气 丙烷》HG/T 3661.2
- 120 《焊接用混合气体 氩—二氧化碳》HG/T 3728
- 121 《焊接构件振动时效工艺参数选择及技术要求》JB/T 10375
- 122 《焊接材料质量管理规程》JB/T 3223

- 123 《重型机械通用技术条件 锻钢件无损检测》JB/T 5000.15
- 124 《碳钢、低合金钢焊接构件焊后热处理方法》JB/T 6046
- 125 《无损检测 焊缝磁粉检测》JB/T 6061
- 126 《大型低合金钢铸件》JB/T 6402
- 127 《钢网架螺栓球节点》JG/T 10
- 128 《钢网架焊接空心球节点》JG/T 11
- 129 《单层网壳嵌入式榫节点》JG/T 136
- 130 《结构用高频焊接薄壁 H 型钢》JG/T 137
- 131 《建筑用不锈钢绞线》JG/T 200
- 132 《钢结构超声波探伤及质量分级法》JG/T 203
- 133 《建筑工程用索》JG/T 330
- 134 《建筑用钢质拉杆构件》JG/T 389
- 135 《空间网格结构技术规程》JGJ 7
- 136 《建筑机械使用安全技术规程》JGJ 33
- 137 《施工现场临时用电安全技术规范》JGJ 46
- 138 《钢结构高强度螺栓连接技术规程》JGJ 82
- 139 《建筑施工扣件式钢管脚手架安全技术规范》JGJ 130
- 140 《建筑施工碗扣式钢管脚手架安全技术规范》JGJ 166
- 141 《建筑施工工具式脚手架安全技术规范》JGJ 202
- 142 《普通流体输送管道用埋弧焊钢管》SY/T 5037
- 143 《焊接 H 型钢》YB 3301
- 144 《冶金设备制造通用技术条件 锻件》YB/T 036.7
- 145 《高强度低松弛预应力热镀锌钢绞线》YB/T 152
- 146 《密封钢丝绳》YB/T 5295

上海市工程建设规范

钢结构制作与安装规程

DG/TJ 08-216-2016

J 11103-2016

条文说明

2016 上海

版权所有，不得转载翻印

版权所有，不得转载翻印

版权所有，不得转载翻印

版权所有，不得转载翻印

目 次

3	基本规定	269
4	施工详图与工艺设计	271
4.1	一般规定	271
4.2	施工详图设计	272
4.3	工艺设计	277
5	材 料	280
5.1	一般规定	280
5.2	钢 材	280
5.3	焊接材料	282
5.4	连接紧固件	282
5.6	空间格构结构材料、压型金属板和其他材料	284
5.7	材料管理和储存	285
6	零部件加工	286
6.1	放样和号料	286
6.2	切 割	288
6.3	矫正和成型	290
6.4	边缘机加工	291
6.5	制 孔	292
7	构件组装	294
7.1	一般规定	294
7.2	部件拼接	294
7.3	构件组装	295
7.5	构件端部加工	296
8	焊 接	299

8.1	一般规定	299
8.2	焊材选用	300
8.3	焊接连接构造	300
8.4	焊接工艺	302
8.5	现场焊接	303
8.6	焊接质量检验	304
9	紧固件连接	307
9.1	一般规定	307
9.2	连接件加工及摩擦面处理	307
9.3	普通螺栓连接	308
9.4	高强度螺栓连接	308
10	管桁架制作	312
10.1	一般规定	312
10.2	杆件加工	313
10.3	组装及预拼装	315
10.4	节点焊接	315
11	空间格构结构制作	318
11.1	一般规定	318
11.3	焊接空心球节点	319
11.4	螺栓球节点	319
11.7	嵌入式毂节点	321
11.11	空间格构结构试拼装	322
12	特种构件制作	323
12.1	异型柱	323
12.2	钢板剪力墙	324
12.3	铸钢件	326
12.4	索、钢拉杆	328
13	预拼装	330
13.1	一般规定	330

13.2	实体预拼装	330
13.3	数字化预拼装	331
13.4	预拼装质量要求	332
14	涂装	333
14.1	一般规定	333
14.2	表面处理	333
14.3	防腐涂装	337
15	包装、标记及运输	341
15.1	包装	341
15.3	运输	341
16	施工阶段设计	342
16.1	一般规定	342
16.3	施工阶段结构分析	342
16.4	结构预变形	344
16.5	建筑信息模型技术应用	345
17	基础、支承面和预埋件	346
17.1	一般规定	346
17.2	施工工艺	346
18	起重设备和吊具	348
18.1	一般规定	348
18.2	起重设备	348
19	施工测量	350
19.2	平面控制网	350
19.3	高程控制网	350
20	构件安装	351
20.1	一般规定	351
20.2	施工工艺	351
21	单层钢结构安装	353
21.1	一般规定	353

21.2	施工工艺	353
22	多层与高层钢结构安装	354
22.1	一般规定	354
22.2	施工工艺	354
23	大跨度空间钢结构安装	356
23.1	一般规定	356
23.2	施工工艺	357
24	高耸钢结构安装	360
24.1	一般规定	360
25	压型金属板施工	361
25.1	一般规定	361
25.2	施工工艺	362
25.3	质量要求	362
26	施工监测	363
26.1	一般规定	363
26.2	仪器设备要求	364
26.3	数据采集与处理	365
26.4	施工状态评估、预警与控制	365
27	安全和环境保护	367
27.6	吊装区安全	367
28	工程资料编制与管理	368
28.1	一般规定	368
28.2	工程文件的编制要求	368
28.3	工程文件收集范围与整理	373
28.4	工程声像、电子文件的编制	374
28.5	工程文件管理与移交	374

Contents

3	Basic requirement	269
4	Detail drawings for construction and process design ...	271
4.1	General requirement	271
4.2	Detail drawings	272
4.3	Process design	277
5	Materials	280
5.1	General requirement	280
5.2	Steel materials	280
5.3	Welding materials	282
5.4	Fastener for connection	282
5.6	Spatial lattice structure material, extruded metal plates and others	284
5.7	Materials management and store	285
6	Processing of steel parts and components	286
6.1	Setting out and marking-off	286
6.2	Cutting	288
6.3	Rectification and formation	290
6.4	Trimming of edge	291
6.5	Holing	292
7	Assembling of elements	294
7.1	General requirement	294
7.2	Assembling of components	294
7.3	Assembling of elements	295
7.5	Milling of element ends	296

8	Welding	299
8.1	General requirement	299
8.2	Selection of welding consumables	300
8.3	Welding connections	300
8.4	Welding procedures	302
8.5	Site welding	303
8.6	Inspection of welding quality	304
9	Connecting of fasteners	307
9.1	General requirement	307
9.2	Preparation of connecting pieces and friction surface treatment	307
9.3	Connecting of ordinary fasteners	308
9.4	Connecting of high strength bolts	308
10	Processing of tubular truss	312
10.1	General requirement	312
10.2	Fabrication of tubular member	313
10.3	Assembly and preassembling	315
10.4	Joints welding	315
11	Processing of spatial lattice structure	318
11.1	General requirement	318
11.3	Welded hollow spherical joints	319
11.4	Bolted spherical joints	319
11.7	Embedded hub joints	321
11.11	Test assembling of spatial lattice structure	322
12	Processing of special elements	323
12.1	Special-shaped column	323
12.2	Steel shearing wall	324
12.3	Steel casting	326
12.4	Cable and steel tension bar	328

13	Preassembling	330
13.1	General requirement	330
13.2	Preassembling of steel structures	330
13.3	Preassembling of computer assistance simulation	331
13.4	Quality requirements of preassembling	332
14	Coating of steel structures	333
14.1	General requirement	333
14.2	Surface treatment	333
14.3	Corrosion-prevention coating	337
15	Packaging, marking and transportation	341
15.1	Packaging	341
15.3	Transportation	341
16	Design of construction stage	342
16.1	General requirement	342
16.3	Structure analysis of construction stage	342
16.4	Preset deformation of structure	344
16.5	Application of building information modeling	345
17	Foundation, bearing surface and embedded parts	346
17.1	General requirement	346
17.2	Construction technology	346
18	Hoisting equipment and hoisting mechanisms	348
18.1	General requirement	348
18.2	Hoisting equipment	348
19	Construction survey	350
19.2	Plan control network survey	350
19.3	Elevation control network survey	350
20	Installation of elements	351
20.1	General requirement	351

20.2	Construction technology	351
21	Installation of single-story steel structures	353
21.1	General requirement	353
21.2	Construction technology	353
22	Installation of multi-story and tall steel structures ...	354
22.1	General requirement	354
22.2	Construction technology	354
23	Installation of long span spatial steel structures	356
23.1	General requirement	356
23.2	Construction technology	357
24	Installation of high-rising steel structures	360
24.1	General requirement	360
25	Extruded metal plates	361
25.1	General requirement	361
25.2	Construction technology	362
25.3	Quality requirements	362
26	Construction monitoring	363
26.1	General requirement	363
26.2	Requirements of instruments and equipments	364
26.3	Collection and processing of data	365
26.4	Assessment, early warning and control of structure construction condition	365
27	Construction safety and environmental protection	367
27.6	Safety of site hoisting area	367
28	Preparation and management of construction project documents	368
28.1	General requirement	368
28.2	Requirements of construction project documents	368

28.3	Scope of collection and collation of construction project documents	373
28.4	Requirements of audio-visual, electronic documents	374
28.5	Management and hand over of construction project documents	374

版权所有，不得转载翻印

版权所有，不得转载翻印

版权所有，不得转载翻印

版权所有，不得转载翻印

3 基本规定

3.0.1 钢结构工程的施工包括制作和安装两部分,制作和安装都属于钢结构施工的组成部分。

3.0.2 施工和验收时,应使用经计量检定、校准合格,且在有效期内的计量器具,并按有关规定正确使用,制作单位、安装单位和土建单位的计量器具宜互校。

3.0.3 钢结构吊装作业必须在起重设备的额定起重量范围内进行。用于吊运的钢丝绳、吊装带、卸扣、吊钩等吊具应经检查合格,并应在其额定许用荷载范围内使用。

3.0.5 施工详图应包括图纸目录、设计总说明、构件布置图、构件详图和安装节点详图等内容。

3.0.6 施工方案应包括:施工依据、采用的标准与规范、材料与外购件检验、工艺设计、施工工艺、质量检验方法、质量保证体系、施工场地布置、采用的加工(安装)设备和工艺装备、生产进度计划、劳动力计划、安全生产措施、文明施工与环境保护等内容。

3.0.7 焊接作业前,施工单位应进行焊接工艺评定试验,并按工艺评定结果编制焊接工艺规程,用于指导焊接作业。当免于焊接工艺评定试验时,除按规定办理相关手续外,还应以现行国家标准《钢结构焊接规范》GB 50661 规定的焊接工艺参数为依据,编制焊接工艺规程。

3.0.14 建筑信息模型(Building Information Modeling,简称“BIM”)技术是在计算机辅助设计(CAD)等技术基础上发展起来的多维建筑模型信息集成管理技术,是传统的二维设计建造方式向三维数字化设计建造方式转变的革命性技术,是促进绿色建筑发展、提高建筑产业信息化水平、推进智慧城市建设和实现建筑

业转型升级的基础性技术。推行 BIM 技术应用,发挥其可视化、虚拟化、协同管理、成本和进度控制等优势,将极大地提升工程决策、规划、设计、施工和运营的管理水平,减少返工浪费,有效缩短工期,提高工程质量和投资效益。

3.0.15 由于现在工程形式多样、节点连接复杂,建议构件加工、安装时采用电子标签(如构件空间坐标、构件尺寸、材料、连接方式、与其连接构件信息等),只需扫描二维码就可获取相关信息,可避免出现差错。

4 施工详图与工艺设计

4.1 一般规定

4.1.1 施工详图设计是联系原结构设计与施工的桥梁,详图设计过程中要以原设计施工图为依据,并应符合国家现行有关规范、图集的规定。施工详图是用于指导工厂加工和现场安装的依据,在设计过程中对设计施工图中不合理的地方如节点连接形式、焊缝形式及尺寸、构造处理等提出合理化的建议,并征得原设计的许可后再修改。详图设计要求做到精细准确、经济合理、可操作性强。

施工详图作为项目竣工资料的一部分,在设计过程中对详图做好分类整理,符合资料存档的要求。

4.1.4 钢结构加工单位必要时应对构造复杂的构件进行工艺性实验,并以此作为指导生产的依据,除规范要求的焊接工艺评定等试验、高强度螺栓摩擦面系数试验外,可能需要进行火焰切割试验、等离子切割试验等,尤其是对新工艺、新材料,做好工艺试验可以有效地为后续工艺开展提供参考,避免走弯路。

为提高工效,制定科学合理的制作方案,对没有类似制作经验的构件,应在正式构件制作前进行相关工艺试验,获取相关制作参数。

需进行工艺试验的情况主要有以下几种:

- 1) 焊接变形不易控制的复杂构件和节点;
- 2) 新材料的运用和异种材料焊接;
- 3) 径厚比小的圆管、锥管卷制、压制;
- 4) 大截面厚壁构件的弯曲成型;

5) 应用新的焊接、制孔、涂装等技术;

6) 超厚钢板切割及高精度切割等。

工艺试验方案内容应具体、详细,题目可列为:某某工程复杂节点工艺试验方案、某某工程焊接工艺评定方案,工艺试验应按设计要求做好相关项目的检验,如拉伸、弯曲、冲击、微观金相、化学成分等,设计无特殊说明时,按现行相关标准执行。

工艺试验结果出来后,应编制工艺试验报告,报告应反映整个工艺试验从开始到结论的全过程内容。完成后应对过程资料进行收集整理、归档。

4.1.5 钢结构工艺设计文件是用于指导钢结构工程制作、施工的指导性文件,一般包含有施工组织设计、焊工考试方案、焊接工艺评定方案、焊接专项方案等,鉴于此类方案的特殊性、重要性,方案实施前企业内部需经过评审并经企业技术负责人批准,报监理工程师、发包单位代表审批通过后再实施。

4.2 施工详图设计

4.2.1 结构设计文件和相关技术要求是施工详图设计的主要依据,不得擅自更改。在详图设计前,要对设计文件进行工艺性审查,主要审核内容包括:已给定焊接要求的合理性、整理未给定焊接要求的部位,构件加工制作的工艺性优化、涂装防腐要求的合理性以及安装的工艺性考虑等。若存在不合理的地方,应提出合理化建议,在征得原设计单位同意,并有经批准的正式书面文件才能修改。

施工详图是依据结构设计施工图进行设计的。目前国内设计院提供的结构设计图纸上的节点一般不够完善或没有提供,这时可按照合同要求通过两条途径解决:①让原设计单位提供;②施工详图设计人员自行进行设计。

当合同要求施工单位进行节点设计时,需要原结构设计人员

提供设计内力或设计原则。施工详图设计人员设计的节点应有节点设计图和计算书等设计文件,报原设计单位审核确认后才能执行。

1 节点深化设计应严格按照结构设计图纸的节点详图进行深化设计。当结构设计图纸中的节点需要优化时,施工单位应以书面形式提交原设计单位,经原设计单位确认后才可进行深化设计。

2 节点深化设计应做到构造简单,传力明确,整体性好,安全可靠,经济合理,施工方便,连接破坏不应先于被连接构件破坏。

3 当在正常使用或施工阶段因自重或其他荷载作用,发生超过设计文件或国家现行有关标准规定的变形限值,或者设计文件对主体结构提出预变形要求时,在施工详图设计过程中应对结构进行变形预调设计。预调值的设计需符合现行国家标准《钢结构设计规范》GB 50017 的规定。结构预变形值应结合施工工艺,通过结构分析计算,并由施工单位与原设计单位共同确定。在详图设计中一般通过两种方式反映结构预变形:①直接在建模阶段考虑因预变形导致的杆件长短变化;②预变形值直接在图纸上标注出来,通过施工工艺实现。对于第二种结构预变形的实施应进行专项工艺设计,包含对节点的调整、构件的尺寸和角度调整、安装坐标定位预设。

4.2.2 根据合同约定的情况,施工详图应经原设计单位审核;若合同无约定,也宜由原设计单位对施工详图进行确认,其目的是验证施工详图与结构设计施工图的符合性、与相关专业条件图的符合性以及协调管理等。各有关单位具体审核内容如下:

1 原设计对施工详图是否符合设计施工图要求进行确认,尤其对构件分段及重要节点方案的确认以及构件定位(平面和立面)、截面、材质及节点(断点位置、形式、连接板、螺栓等)等的确认。

2 钢结构安装单位确认施工详图中构件的分段分节及焊接空间等是否满足现场吊装和焊接等要求;构件施工临时措施设置是否符合现场要求等。

3 总承包单位确认施工详图中与土建相关连接节点(钢筋连接器、连接板、灌浆孔、透气孔等)是否满足现场要求;机电设备单位确认预留孔洞的位置及大小是否符合要求;幕墙及擦窗机单位确认连接节点及方式是否满足要求等。

4 建设单位确认详图设计是否按照设计及总包要求执行,同时协调各方,确保详图设计审核工作顺利进行。

4.2.3 施工详图设计涉及制作工艺、过程运输、现场安装,同时还涉及与土建、机电、幕墙等专业的交叉配合。主要有:

1 与安装专业配合

构件的分段分节对详图设计有很大影响。影响构件分段分节的因素较多,包括起重设备的起重能力、运输条件、受力要求等。另外,构件的安装临时措施包括吊耳、连接板、安全网挂钩、压型钢板支撑托架等设置也要在详图中反映出来。

2 与土建专业配合

在劲性钢骨结构中,钢筋与钢构件之间的交叉矛盾比较突出。通常钢筋与钢骨构件之间的连接方式主要有以下三种:钢筋搭接板连接、钢筋连接器连接和钢构件穿孔。土建专业应做好钢筋布置图,确定钢筋的连接方式。而且,针对超高层建筑中的巨柱、钢板剪力墙等,还应考虑灌浆孔、流淌孔、透气孔等的设置要求。

3 与机电设备专业配合

主要考虑机电设备管道穿过钢梁事先要预留洞口。

4 与幕墙及擦窗机等专业配合

主要考虑幕墙与钢结构的连接形式以及擦窗机轨道与钢结构的连接等。

因此,在详图设计前总承包单位要求各相关专业编制与钢结

构相关的条件图,以正式技术文件提供给钢结构施工单位作为详图设计依据,确保钢结构在施工过程中的便利以及与其他专业的无缝衔接。

4.2.4 本条规定施工详图设计时需重点考虑的施工构造、施工工艺等相关要求,下列列举了一些施工构造及工艺要求。

1 封闭或管截面构件应采取相应的防水或排水构造措施;混凝土浇筑或雨期施工时,水容易从工艺孔进入箱型截面内或直接聚集在构件表面低凹处,应采取措施以防止构件锈蚀、冬季结冰构件胀裂,构造措施要求在结构设计施工图中绘出。

2 钢管混凝土结构柱底板和内隔板应设置混凝土浇筑孔和排气孔,必要时可在柱壁上设置浇注孔和排气孔;排气孔的大小、数量和位置满足设计文件及相关规定的要求;中国工程建设标准化协会标准《矩形钢管混凝土结构技术规程》CECS 159 规定,内隔板浇注孔径不应小于 200mm,排气孔孔径宜为 25mm。

3 构件加工和安装过程中,根据工艺要求设置的工艺措施,以保证施工过程装配精度、减少焊接变形等。

4 管桁架支管可根据制作装配要求设置对接接头。

5 铸钢节点应考虑铸造工艺要求。

6 安装用的连接板、吊耳等宜根据安装工艺要求设置,在工厂完成;安装用的吊装耳板要求进行验算,包括平面外受力。

7 与索连接的节点,应考虑索张拉工艺的构造要求。

8 桁架等大跨度构件的预起拱以及其他构件的预设尺寸。

9 构件的分段分节。

4.2.5 运用于钢结构施工详图设计的主要软件有:AutoCAD、TekLA Structures、StruCAD、PKPM、ProSteel 3D、3D3S、YJCAD 系列软件等,其中 AutoCAD 及 Tekla Structures 软件是目前应用最为广泛的钢结构施工详图设计软件。

4.2.6 构件编号的目的一方面为区分不同的构件;另一方面为便于施工组织管理。构件编号一般包括构件类型代号、流水号

等。针对具体构件,如钢梁宜体现楼层号,钢柱宜体现构件节次和轴线编号,具体见表1。

X	GKZ-X-X	X	GGL	X
钢柱节次编号	钢柱平面位置轴线编号	钢梁批次编号	钢梁流水编号	
	钢柱类型		钢梁类型	

表 1 构件类型代号

构件	代号	构件	代号
柱	Z	水平支撑	SC 或 F
框架柱	KZ	吊车梁	DL
屋架	WJ	檩条	LT
钢梁	GL	楼梯	T
连系梁	LL	雨棚	YB
柱间支撑	ZC	屋面板	YW
垂直支撑	CC 或 V	墙面板	YQ

4.2.7 钢结构施工详图作为制作、安装和质量验收的主要技术文件,包括图纸目录、设计总说明、构件布置图、构件详图和安装节点详图。

图纸目录需要反映图纸的图号、图名、构件图页数、版本号等信息;设计总说明是钢结构加工制作和现场安装需强调的技术文件和对施工安装的相关要求;构件布置图为构件在结构布置图的编号,包括构件编号原则、构件编号和构件表;构件详图为构件及零部件的大样图以及材料表;安装节点主要标明构件与外部构件的连接形式、连接方法、控制尺寸和有关标高等。

4.2.11 空间复杂构件通常是指弯扭异形构件、牛腿多且方向各异的柱构件等。空间复杂构件施工详图一般提供两类坐标,一类为便于工厂加工,基于构件最佳拼装姿态所确定的坐标系得到的相关点坐标,即工厂加工坐标;另一类为服务现场安装,基于整个项目确定的安装坐标系得到的相关点坐标,即现场安装坐标。在复杂构件加工过程中,弯扭异形构件的工厂加工坐标用于设置胎

架;复杂柱构件的工厂加工坐标用于精确定位牛腿。复杂构件增加三维轴侧图可以直观地显示构件中零件的相对位置关系等信息,有利于工人施工。

4.3 工艺设计

4.3.2 工艺性审查的目的:一般设计院提供的设计图纸无法直接用来进行钢构件的加工制作,需要先将其转化成钢构件深化详图,对设计图纸进行施工详图设计之前应先进行工艺可行性审查,通过工艺性审查,及时调整和解决工艺性方面的问题,加快工艺技术文件编制的速度,缩短产品生产准备周期,提前安排定货和设计关键零件或关键加工工序所需的设备和工装,减少或避免在生产过程中发生重大技术问题(表2)。

表 2 工艺性审查内容

序号	审查类别	工艺性审查内容
1	图纸审查	设计文件是否齐全,设计文件包括设计图、施工图、图纸说明和设计变更通知单等
2		构件的几何尺寸标注是否齐全
3		相关构件的尺寸是否正确
4		节点是否清楚,是否符合国家现行标准
5		标题栏内构件的数量是否符合工程总数量
6		构件之间的连接形式是否合理
7		加工符号、焊接符号是否齐全
8		结合本单位的技术和设备条件考虑,能否满足图纸上的技术要求
9		图纸的标准化是否符合国家规定
10	技术要求	查看了解相关材质、制作、焊接、制孔、涂装等技术信息从材料采购、复验、加工、运输等方面提出合理化建议,并结合具体的生产条件来考虑整个生产工艺能否适应产品制作的技术要求

续表 2

序号	审查类别	工艺性审查内容
11	结构合理性	尽量避免焊缝过于集中
		尽量采用合理的接头形式。对于重要的焊接接头应采用开坡口的焊缝,防止因未焊透而产生应力集中。应设法将角接接头和 T 形接头,转化为应力集中较小的对接接头
		尽量避免构件截面的突变。在截面变化的地方必须采用圆滑过渡或平缓过渡,不要形成尖角
		应用复合结构。复合结构具有发挥各种工艺长处的特点,它可以采用锻造和压制工艺,将复杂的接头简化,把角焊缝改成对接焊缝。不仅降低应力集中,而且改善了工艺性
		尽可能地减少结构上的焊缝数量和焊缝的填充金属量
		尽可能地选用对称的构件截面和焊缝位置。这种焊缝位置对称于构件截面的中性轴或使焊缝接近中性轴时,在焊后能得到较小的弯曲变形
		尽可能地减小焊缝截面尺寸。在不影响结构的强度与刚度的前提下,尽可能地减小焊缝截面尺寸,减少塑性变形区的范围,使焊接应力与变形减少
		采用合理的装配焊接顺序。对复杂的结构应采用分部件装配法尽量减少总装焊缝数量并使之分布合理,这样能大大减少结构的变形。为此,在结构设计时就要合理地划分部件,使部件的装配焊接易于进行和焊后经矫正能达到要求,这样就便于总装。由于总装时焊缝少,结构刚性大,焊后的变形就很小
		尽量避免各条焊缝相交
12	工艺可行性分析	结合企业加工能力、设备和场地等条件,从下料、成型、装配、焊接、制孔及涂装等方面深入分析制作工艺是否可行
13	经济性分析	从节约材料、缩短焊接时间、装配复杂程度、吊运便利性等方面考虑

4.3.4 施工详图设计后阶段的工艺设计还应考虑以下内容:

1 构件工厂组装顺序、坡口方向及大小、操作空间的深化考虑。在施工详图设计建模过程中,应充分考虑构件受力特点、组

装顺序,根据工艺方案对零部件单元进行合理划分,同时考虑焊缝形式,如坡口的大小及方向,确保施焊空间满足操作要求。

2 厚板构造深化设计处理。对高强度超厚板碳当量高,淬硬倾向较为严重,对冷裂纹尤其延迟裂纹较为敏感,焊接性较差,在边缘位置两侧板与中间板焊接时容易产生裂纹,深化设计时应从构造上合理处理。

4.3.5 按照深化图纸要求和设计文件的要求,编制材料采购计划,采购计划必须明确材质以及板材的定尺与非定尺要求,编制相关制造验收标准、质量计划、检验规程、工艺规程等作为内控标准来指导和控制钢结构件制造的全过程,并对制造验收标准进行分解细化,编制各个工序的工艺文件用于指导生产,控制施工质量。

4.3.6 制作工序的合理划分包含作业人员安排、原材料准备、机械设备、动力和运输、场地等方面,具体如下表 3 所示。

表 3 制作工序的合理划分

序号	准备事项	内容
1	作业人员	对各技术工种工人的配备、工作轮班的安排、各班组及工地工人的临时调配等,都要按生产作业计划的要求作好安排
2	原材料准备	原材料应在规格、品种、数量、质量、到货期等方面满足和保证生产现场的需要
3	机械设备	设备类型、数量及正常运转是完成生产作业计划的重要保证。在制定作业计划时,要考虑设备维护、保养、检查、修理等需要,贯彻设备预修制度,准备好易损备件,保证设备处于良好运行状态
4	动力和运输	动力供应和物资运输都是正常生产的基本条件。动力供应需备好燃料,维护好输变电设备,使其保持正常运转。物资运输准备需做好运输车辆、设备设施的维护保养,合理安排运输路线
5	场地准备	根据各工序流水顺序安排生产场地,避免倒流水,尽量减少车间倒运工作量。场地安排时应考虑留有一定间距,以便操作和零件堆放,保证成品能顺利运出

5 材 料

5.1 一般规定

5.1.1 钢结构制作和安装所用的材料品种多,涉及的产品范围广,为便于应用和管理,将其分为主材和辅材。主材包括用于结构承载的主要原材料,包括钢板、钢管、热轧 H 型钢等型材和铸钢;辅材包括连接材料、防腐涂料、防火涂料以及其他辅助材料。钢结构工程主材和辅材对结构的承载、安全、功能性以及使用寿命均有重要影响,均应按照规定的要求进行管理。

5.1.6 钢结构制作和安装采用进口材料时,由于供货国标准和我国标准之间的差异,应以供货国标准或订货合同规范进行验收和商检。

5.1.7 因结构或设计需要而采用新的材料时,应制定相应的材料验收规范,必要时应进行技术评审,包括但不限于材料的冷加工、热加工工艺性。当材料采用焊接连接时,还要对材料的碳当量进行限制、焊接工艺性进行评定。

5.2 钢 材

5.2.1 钢材标准

基于钢结构工程应用的材料类别较多,结合钢材基础标准类别,将钢材分为一般钢材和型材。

1 表 5.2.1-1 和表 5.2.1-2 是钢结构制作和安装所使用的材料基础标准和型材标准。承重结构的焊接、厚板 T 型或十字型结构较复杂的接头焊接,为防止钢材的层状撕裂,应采用有 Z 向

性能要求的钢材。需要验算疲劳强度的焊接结构用钢材,应具有冲击韧性的要求和合格证明。根据结构的环境工作温度、设计要求,应分别采用 B、C、D 或 E 级的钢材。

2 热轧板条用于 H 型钢的翼缘板时,应按照设计规定的要求,对材料质量等级进行规定,其冲击韧性达到相应的规定。轧制板条的尺寸、外形、种类及允许偏差,应符合现行国家标准《热轧扁钢尺寸、外形、质量及允许偏差》GB 704 的规定。

4 若采用一般工程用铸造碳钢,其性能应符合现行国家标准《一般工程用铸造碳钢》GB 11352 的规定;若采用焊接结构用铸钢件,其性能应符合现行国家标准《焊接结构用碳素钢铸件》GB 7659 的规定;除上述之外,还可选用设计认可的其他牌号铸钢,但应制订相应的质量验收规范。当铸钢件采用焊接连接时应规定其碳当量要求,并按规定进行焊接工艺评定,合格后用于钢结构工程。

5.2.2 钢材的质量要求

4 钢材端边或断口处不得有分层、夹渣等缺陷。钢材断口处有夹渣等缺陷时,应征得设计单位或部门的认可后使用。

5 钢材表面的锈蚀等级是轧制钢材表面被锈蚀的程度,分为 A、B、C、D 四个等级,见表 4。使用 C 级的钢材时,应彻底除锈,D 级的钢材不得使用。

表 4 钢材表面锈蚀程度

等级	腐蚀程度
A	钢材表面完全被紧密的轧制氧化皮覆盖,几乎无锈蚀
B	钢材表面已开始发锈,部分轧制氧化皮已经剥落
C	钢材表面已大量生锈,轧制氧化皮因锈蚀而剥落,并有少量点锈
D	钢材表面已全部生锈,轧制氧化皮已全部脱落,并普遍发锈

5.2.3 钢材的复验应按照现行国家标准《钢结构工程施工质量验收规范》GB 50205 的规定进行。

3 进口材料的复验应按照设计文件和合同规定的规定。对海关已商检合格的材料且与设计要求项目一致时,经建设单位代表或监理工程师认可后,可免除复验,商检报告可作为有效的材料复验结果。当商检不能全部涵盖设计文件要求的内容时,应再补复验,合格后方能使用。

5.3 焊接材料

5.3.5 焊接材料对焊接质量的影响重大,因此,钢结构工程中所采用的焊接材料应按设计要求选用,同时产品应符合相应的国家现行标准要求。由于不同生产批号的焊接材料,质量往往存在一定的差异,对于下列情况之一的钢结构所采用的焊接材料应按其产品标准的要求进行抽样复验,复验结果应符合国家现行标准和设计要求:

- 1 结构安全等级为一级的一、二级焊缝。
- 2 结构安全等级为二级的一级焊缝。
- 3 需要进行疲劳验算构件的焊缝。
- 4 未商检或商检缺项的进口焊材、材料混批,或质量证明文件不齐全的焊接材料。
- 5 设计文件或合同文件要求复检的焊接材料。

5.4 连接紧固件

5.4.3 高强度大六角螺栓连接副、扭剪型高强度螺栓连接副的复验应按以下要求进行:

- 1 高强度大六角头螺栓连接副应进行扭矩系数、螺栓楔负载、螺母保证载荷检验,其检验方法和结果应符合现行国家标准《钢结构用高强度大六角头螺栓、大六角螺母、垫圈技术条件》GB/T 1231的规定。高强度大六角头螺栓连接副扭矩系数的平均值及标准偏

差应符合表 5 的要求。高强度大六角头螺栓施工前应按出厂批次复验高强度螺栓连接副的扭矩系数,每批应抽取 8 套连接副进行复验。8 套连接副扭矩系数的配件值应为 0.110~0.150,其标准偏差小于或等于 0.010。扭矩系数 K 可按下式计算:

$$K=T/(Pd) \tag{1}$$

式中: T ——施拧扭矩($N \cdot m$);

d ——高强度螺栓的公称直径(mm);

P ——螺栓预拉力(kN)。

2 扭剪型高强度螺栓连接副应进行紧固轴力、螺栓楔负载、螺母保证载荷检验,检验方法和结果应符合现行国家标准《钢结构用扭剪型高强度螺栓连接副》GB/T 3632 的规定。扭剪型高强度螺栓连接副的紧固轴力平均值及标准偏差应符合表 6 的要求。扭剪型高强度螺栓施工前,应按出厂批复验高强度螺栓连接副的紧固轴力,每批应抽取 8 套连接副进行复验。8 套紧固轴力的平均值和标准偏差应符合表 6 的规定。

表 5 高强度大六角头螺栓连接副扭矩系数平均值及标准偏差值

连接副表面状态	扭矩系数平均值	扭矩系数标准偏差
符合现行国家标准《钢结构用高强度大六角头螺栓、大六角螺母、垫圈技术条件》GB/T 1231 的要求	0.110~150	≤0.0100

注:1 每套连接副只做一次试验,不得重复使用。

2 试验时,垫圈发生转动,试验无效。

表 6 扭剪型高强度螺栓连接副紧固轴力平均值及标准偏差值

螺栓公称直径		M16	M20	M22	M24	M27	M30
紧固轴力值 (kN)	最小值	100	155	190	225	290	355
	最大值	121	187	231	270	351	430
标准偏差(kN)		≤10.0	≤15.4	≤19.0	≤22.5	≤29.0	≤35.4

注:1 每套连接副只做一次试验,不得重复使用。

2 试验时,垫圈发生转动,试验无效。

5.6 空间格构结构材料、压型金属板和其他材料

5.6.3 索及钢拉杆材料应符合下列规定：

1 半平行钢丝束拉索索体采用 $d5\text{mm}$ 或 $d7\text{mm}$ 高强度、热镀锌钢丝，抗拉强度宜为 1670MPa 、钢丝束断面呈正六边形或缺角六边形，外层缠绕绕包带，然后热挤单层或双层聚乙烯护套。索体规格符合现行国家标准《斜拉桥热挤聚乙烯高强钢丝拉索技术条件》GB/T 18365 的规定。

3 钢结构用钢丝绳宜选用锌—5%铝—混合稀土合金镀层的单捻钢丝绳，即高钒索，国内标准中未包含钢丝绳技术指标可参照欧盟标准《钢丝绳——安全 第十部分 一般结构用途用单捻钢丝绳》EN 12385—10 的规定。

4 钢拉杆根据材料的不同，可分为合金结构钢拉杆和不锈钢拉杆。

5.6.4 近年来，用于高层和超高层建筑的减震阻尼器，越来越多地采用了低屈服点材料，目前国内也开发出与日本相接近的低屈服点钢（也称为软钢）。从工程实际的应用来看，主要有三个级别，化学成分和机械性能见表 7 和表 8。

表 7 低屈服点钢化学成分

牌号	化学成分					
	C≤	Si≤	Mn≤	P≤	S≤	N≤
LY100	0.03	0.10	0.40	0.025	0.015	0.006
LY160	0.05	0.10	0.50	0.025	0.015	0.006
LY225	0.10	0.10	0.60	0.025	0.015	0.006

表 8 低屈服点钢力学性能

牌号	拉伸试验 ^{a,b}				V 型冲击试验 ^d	
	下屈服强度 ^c R_{eL} (MPa)	抗拉强度 R_m (MP)	断后伸长率 A_{50mm} (%) 不小于	屈强比 不大于	试验温度 (℃)	冲击吸收能量 KV_2 (J) 不小于
LY100	80~120	200~300	50	0.60	0	27
LY160	140~180	220~320	45	0.80	0	27
LY225	205~245	300~400	40	0.80	0	27

- 注:1 拉伸试验规定值适用于横向试样。
- 2 拉伸试样尺寸:厚度 $\leq 50\text{mm}$,采用 $L_0=50\text{mm}$, $b=25\text{mm}$;厚度 $>50\text{mm}$,采用 $L_0=50\text{mm}$, $d=14\text{mm}$ 。对于厚度为 $25\text{mm}\sim 50\text{mm}$,也可采用 $L_0=50\text{mm}$, $d=14\text{mm}$,但仲裁时为 $L_0=50\text{mm}$, $b=14\text{mm}$ 。
- 3 屈服现象不明显是,屈服强度采用 $R_{p0.2}$ 。
- 4 冲击试验规定值适用于纵向试样。

5.7 材料管理和储存

5.7.3 焊条药皮和焊剂吸潮及污染后焊接时容易造成焊缝气孔,增加焊缝含氢量而引发氢致裂纹;生锈焊丝容易造成焊缝气孔;焊材牌号混淆后造成焊缝强度不匹配。在入库前对焊接材料进行检验并分类堆放,必要时进行复试验证是确保焊缝质量的必要措施。

焊接材料合理存放和保管,以及使用前进行规定要求的烘焙是为了确保焊接材料的水分降至最低,以避免焊接冷裂纹产生。

6 零部件加工

6.1 放样和号料

6.1.1 本条强调了放样人员的准备工作和放样图应达到的要求。

1 放样人员在进行放样前应熟悉、掌握下列技术文件：

- 1) 熟悉构件的施工详图；
- 2) 掌握构件施工工艺文件中的焊接收缩余量和切割、端铣及现场施工所需要的余量；
- 3) 掌握构件加工成型后二次切割的余量；
- 4) 掌握构件的加工流程与加工工艺。

2 根据批准的施工详图和施工工艺文件绘制零件放样图。放样图应满足下列要求：

- 1) 正确标示各零件的外形尺寸(含工艺余量)、数量与编号；
- 2) 标明零件的材质和所使用的钢材规格；
- 3) 标明零件坡口型式和尺寸；
- 4) 标明零件切割下料后需进行弯曲加工的各种加工符号，质量检验所需的各种校核线、基准线。
- 5) 标明零件弯曲加工后需进行二次切割下料的各种切割线、坡口型式和尺寸。

3 如发现施工图有遗漏或错误，以及其他原因需要更改施工图时，必须取得设计单位签具设计变更文件，放样人员不得擅自修改。

4 特殊零件需要 1 : 1 足尺放样的，放样人员使用的钢尺，

必须经计量单位检验合格,并与土建、安装等有关方面使用的钢尺核对。丈量尺寸,应分段叠加,不得分段测量后相加累计全长。

6.1.3 将放样图上所示零件的外形尺寸、坡口形式和尺寸、各种加工符号、质量检验线、工艺基准线等绘制在相应钢板上即为号料。号料注意事项:

1 号料前号料人员应熟悉放样图,采用样杆和样板号料时,应理解上面标注各种符号和标记的意思,核对所用钢材的材质、炉批号、规格和外形尺寸是否与排版图相符。

2 号料时,检查使用材料的外观质量,如发现材料外观质量不符要求者,须及时报相关部门处理。材料不平度超差影响后续加工质量的,应先矫正后号料。型材端部存在倾斜等缺陷的,号料时应剔除缺陷部分长度或对倾斜端刨、铣加工后再号料。

3 因原材料长度或宽度不足需焊接拼接时,必须在拼接件上注出相互拼接编号和焊接坡口形状,如拼接件有眼孔,宜待拼接件焊接、矫正后加工眼孔。

4 弯曲件的取料方向,一般应使弯折线与钢材轧制方向垂直,以防止出现裂纹;弯曲件的外表面及重要受力构件的受拉面,不应有冲点和伤痕缺陷。

5 号料工作前应考虑切割的方法和条件,便于切割下料工序的进行。对于特殊要求的构件,应遵照工艺要求按照钢材轧制方向进行号料。

6 采用样杆或者样板号料时,除号出外形尺寸外还应号出零部件的各种装配和二次加工基准线。

当采用数控切割下料或批量靠模下料时,可不进行号料,但应注意以下事项:

1 型钢号料:各种型钢的号料,可直接在各种锯切设备或数控切割加工流水线上进行切割。

2 相同规格较多、形状规则的零件宜采用定位靠模下料,使用定位靠模下料时必须随时检查定位靠模和下料的准确性。

3 如采用 CAM 制造软件进行排版,一般来说将数据输入电脑,由电脑根据实际钢板情况进行排版和放样,并将编程输入数控切割机中,在钢板上直接下料切割,无须放样和号料程序,加工精度高,质量好。

6.2 切 割

6.2.1 钢材切割面或剪切面应无裂纹、夹渣、分层和大于 1mm 的缺棱,这些缺陷在气割后都能较明显地暴露出来,一般用肉眼观察检查即可。

6.2.2 钢材的切割应保证工艺的合理性,对不同截面规格、不同技术要求材料应采用不同设备和加工方法。如 H 型钢下料应优先选用锯床,角钢下料应优先选用角钢冲剪机,中厚板下料应优先选用自动、半自动火焰切割机,薄板下料应优先选用等离子切割机,手工切割建议不直接用于下料,只能作为对零件进行修正。高层建筑钢结构制作中,H 型钢梁采用锯切下料时,切割面一般不需再加工,从而可大大提高生产效率,宜普遍推广使用。

6.2.3 锯切设备的选用应根据零件的截面类型、外形尺寸和板厚,并应选择合适的锯切速度。

6.2.4 机械剪切属脆性切断,因此规定剪切零件的厚度不宜大于 12mm;对较厚的钢材或直接受动荷载的钢板不应采用剪切,如确实需要机械剪切或设计有特殊要求的构件,如承压顶紧面,应将冷作硬化区刨除,机加工铣削量应 $\geq 2.0\text{mm}$;当剪切边为焊接边时可不作处理。机械剪切对环境温度有一定要求,碳素结构钢在环境温度 $< -20^{\circ}\text{C}$,低合金结构钢在环境温度 $< -15^{\circ}\text{C}$ 时剪切面容易出现裂纹。

6.2.5 影响火焰切割质量的因素很多,主要有割嘴型号、氧气压力、切割速度等。低合金钢或者厚板切割前应进行预热。

钢管相贯线切割程序的编制:

1 建立结构三维立体模型,将切割时所需的各种参数在模型中准确地表达出来。

2 判断每个节点上杆件间相贯顺序。现在有些相贯线切割机的配套辅助程序已经能自动确定相贯顺序,其判断依据的原理主要有:

- 1) 直径小的管子和直径大的管子相贯;
- 2) 内力小的管子和内力大的管子相贯;
- 3) 角度小的管子和角度大的管子相贯(这里的角度指桁架中腹杆与主弦杆之间的夹角)。

3 单根构件切割参数的确定:

一个完整的切割程序应包括以下五个参数:

- 1) 杆件的轴线长度:根据杆件几何尺寸计算出或从立体模型中量出;
- 2) 确定杆件切割的开始端(S端)和结束端(E端),无具体要求,设计编程人员可自行确定,并且在图中表示出来;
- 3) 确定支管两端与每个主管间平面内的相交角。角度大小取 $\leq 90^\circ$,无正负之分。如果主管为曲线,取与之切线方向相交角。这里的主管指支管在此节点处所要贯的杆件;
- 4) 确定初始切割角:所谓初始切割角,指与支管相贯不同的主管其开始切割点之间的夹角,此夹角规定从支管的S端投影到E端,顺时针方向为正,逆时针方向为负。初始切割角在管子相贯切割中至关重要,方向大小均不能出错,特别是在空间相贯节点中,此角度无法通过计算得出,只能利用所建的空间模型来判断;
- 5) 确定扭转角:扭转角指支管S端中主管开始切割点的方向与E端中主管开始切割点的方向间的夹角,此角度规定:从S端投影到E端,顺时针方向为负,逆时针方向为正。

以上参数由专业技术人员从三维模型中提取,并输入到切管机配套的切割程序里,形成钢管切割所需要的切割数据程序。以上程序既可以在管口切割机上直接编制,也可通过专用计算机批量编制,再通过联网、软盘等方式将程序转移到切割机中。

对于钢管相贯形式和桁架结构比较规则(基本上全部为钢管构件,包括多管直接相贯,且没有钢管与钢板相贯、加强板开槽等特殊形式)、较大批量的管口切割程序编制,一般可采用切割设备配套的切割数据转化程序直接生成。这种转化程序一般可将图形文件(* dxf)自动转化成切割数据文件(* dat),其具体控制过程如下:

方式一:用计算机辅助设计软件(多为 AutoCAD、Xsteel 等绘图软件)建立一个空间管桁架的立体模型,然后将此模型转化为(* dxf)格式。利用转化程序,将(* dxf)格式文件中的单个的杆件进行参数的设定,软件会自动生成切管机所需要的格式(* dat)的切割数据文件。

方式二:用计算机辅助设计软件(多为 AutoCAD、Xsteel 等绘图软件)建立一个空间管桁架的立体模型,然后通过对其具体加工杆件的端部相贯轮廓线形状进行提取,并由程序转化为切割数据文件。

6.3 矫正和成形

6.3.1 钢结构制作,从钢材进厂到制作构件完成,一般有三次要矫正工序:

从轧钢厂到结构制造厂,因运输、装卸、搬运等原因使钢材产生较大变形,以及钢板本身内应力,给放样、加工等造成困难,在使用前应对钢材进行矫正,即原材料的矫正;

经过切割、弯弧等成型加工后,零件往往产生变形,应对零件进行矫正;

零件经过组装成构件,由于焊接等原因产生变形,当这些变形超过现行规范规定,或超过设计图纸的要求时,则应加以矫正。

机械矫正是利用机械力的作用矫正零件变形,如利用钢板矫平机、角钢矫直机、油压机、螺旋拉力器、千斤顶、翼缘矫正机等矫正;加热矫正是利用热胀冷缩原理矫正零件变形,如火焰加热、电加热。

6.3.3 对冷矫正和冷弯曲的最低环境温度进行限制,是为了保证钢材在低温情况下受到外力时不致产生冷脆断裂,在低温下钢材受外力而脆断要比冲孔和剪切加工时断裂更敏感,故环境温度限制较严。

6.3.4 钢板弯曲成型可以采用油压机,截面和曲率较小的型钢弯曲成型可以采用钢板矫平机,径厚比大于 35 的型钢弯曲可以在常温下采用专用模具和油压机联合成型,径厚比小于 35 且板厚小于 40mm 的型钢弯曲成型可以采用中频弯管机。

6.3.5 型钢冷矫正和冷弯曲的最小曲率半径和最大弯曲矢高的规定是根据钢材的截面特性、厚度、工艺的可行性以及成形后外观质量的限制而作出的。

6.3.6 零件的弯曲成型加工可以在常温下进行,也可以在高温时进行,但高温加热温度应加以控制,不允许超过固相线,并且应在奥氏体转变为珠光体前结束加工。兰脆区段施加外力容易引起材料脆断,应加以禁止。

6.3.7 钢管弯曲成型,宜采用地样法检验。零件弯曲成型,宜采用样板法检验。当零件弦长大于 1500mm,应用弦长不小于 1500mm 的弧形样板检查;零件弦长小于 1500mm 时,样板的弦长不应小于零件的弦长的 $\frac{2}{3}$,其间隙不得大于 2.0mm。

6.4 边缘机加工

6.4.1 零部件根据受力情况和加工工艺要求,应选择合适的边

缘机加工方法。

重级工作制吊车梁受拉翼缘,为防止切割缺陷和硬化,切割后对翼缘两侧边应进行铣削加工;吊车梁端部支承板以及所对应的柱牛腿腹板上边应进行铣削加工。

精度要求高的箱型构件内隔板,为了保证箱体矩形度以及与面板的密贴度,其四个边缘应进行铣削加工。

设计要求刨平顶紧的零部件,为了保证顶紧面的密贴度,应进行边缘铣削(刨)加工。

6.4.2 气割或机械剪切的零件,需要进行边缘加工时,其刨削量不应小于 2.0mm,机械加工边缘的深度,应能保证把表面的缺陷清除掉,但不能小于 2.0mm,加工后表面不应有损伤和裂缝,在进行砂轮加工时,磨削的痕迹应当顺着边缘。

6.4.3 本条参考了现行国家标准《钢结构工程施工及验收规范》GB 50205。考虑到坡口机加工还是普遍存在的,因此增加了坡口角度机加工的允许偏差。

6.5 制 孔

6.5.1~6.5.2 主要介绍了制孔方法以及如何选用这些方法。

根据孔的作用和要求,增加了长圆孔和孔径大于 50mm 的穿筋孔的制孔方法。

当板厚时,冲孔工艺会使孔边产生微裂纹和变形,钢板表面的不平整降低钢结构疲劳强度。随着冲孔设备及加工工艺的提高,允许板厚小于等于 12mm 时可冲孔成型,但对于承受动力荷载及需进行疲劳计算的构件连接以及主体结构梁、柱等构件连接不应采用冲孔成型。孔边的毛刺和飞边将影响摩擦面板层密贴。

6.5.3 本条主要对采用模板制孔时,对模板的制作提出了明确的要求。

6.5.4 本条是零件孔群定位划线的基本原则:为了确保构件能

够准确连接,同一个零件有且只能有一组基准线。

6.5.5 制孔工序放在零部件装配、焊接工序之前还是之后,这取决于一个公司的工艺水平和生产管理水平。一般部件组孔间焊接量大、变形难以控制,宜先装焊后制孔,反之部件间焊接量小,变形容易控制,可以先制孔后装焊,但是也应考虑应有的焊接收缩余量。

6.5.6 为了与现行国家标准《钢结构设计规范》GB 50017 一致,保证加工质量,对 A、B、C 级螺栓孔的质量作了规定,根据现行国家标准《紧固件公差螺栓、螺钉和螺母》GB/T 3103.1 规定,产品等级为 A、B、C 三级,为了便于操作和严格控制,对螺栓孔直径 10mm~18mm、18mm~30mm 和 30mm~50mm 三个级别的偏差值直接作为条文。

条文中 R_a 是根据现行国家标准《产品几何技术规范(GPS) 表面结构 轮廓法 表面粗糙度参数及其数值》GB/T 1031 确定的。

根据现行行业标准《钢结构高强度螺栓连接技术规程》JGJ 82 第 4.3.3 条,增加大圆孔和槽孔两种孔型,同时参照该标准第 6.2.1 条,又给出了高强度螺栓连接构件制孔的允许偏差,故在现行国家标准《钢结构工程施工质量验收规范》GB 50205 中 C 级螺栓孔允许偏差的基础上,另行给出了高强度螺栓连接构件制孔的允许偏差。

6.5.8 本条主要强调补孔必须要有相应的补孔工艺评定支持,不得随意补孔,严禁采用钢块堵塞。

6.5.9 本条对钻孔后需要再进行扩孔、镗孔、铰孔加工的,明确规定了应该留出的合理切削加工余量。

7 构件组装

7.1 一般规定

7.1.1 构件组装前,要求对组装人员进行技术交底,交底内容包括施工详图、组装工艺、操作规程等技术文件。组装之前,组装人员应检查组装用的零件、部件的编号、清单及实物,确保实物与图纸相符。

7.1.5 本条规定主要是为了减少焊接变形和焊接内应力,当因为构造原因无法做到先完成部件再组装为构件时,也可直接将零件组装为部件。当有复杂构造不易施焊时,亦可采用边组装边焊接的方法来完成组装和焊接工作。

7.1.6 确定组装顺序时,应按组装工艺进行。编制组装工艺时,应考虑设计文件要求、构件形式、连接方式、焊接方法和焊接顺序等因素。对桁架结构应考虑腹杆与弦杆、腹杆与腹杆之间多次相贯的焊接要求,特别对隐蔽焊缝的焊接要求。

7.2 部件拼接

7.2.3 随着焊接技术和焊接工艺的成熟,全熔透焊接可保证型钢拼接的等强要求。同时参考国外相关标准,提出在设计无特殊要求时,热轧型钢可采用直口焊接拼接接长,对其最小接长度做出了要求。

7.2.4 本条文适用于所有直径的圆钢管和锥形钢管的接长。钢管可分为焊接钢管和无缝钢管,焊接钢管一般有三种成型方式:即卷制成型、压制成型和连续冷弯成型(即高频焊接钢管)。当钢

管采用卷制成型时,由于受加工设备(卷板机)加工能力的限制,大多数卷板机的宽度最大为4000mm,即能加工的钢管长度(也称管节或管段)最长为4000mm,因此一个构件一般需要2~5段管节对接接长。所以规定当采用卷制成型时,在一个节间(即两个节点之间)允许有多个接头。

7.3 构件组装

7.3.2 构件组装一般可采用地样法、仿形复制装配法、胎模装配法和专用设备装配法等方法;组装时可采用立装、卧装等方式。

地样法是用1:1的比例在组装平台上放出构件实样,然后根据零件在实样上的位置,分别组装后形成构件。这种组装方法适用于批量较小的构件。

仿形复制装配法是先用地样法组装成平面(单片)构件,并将其定位点焊牢固,然后将其翻身,作为复制胎模在其上面装配另一平面(单片)构件,往返两次组装。这种组装方法适用于横断面对称的构件。

胎模装配法是将构件的各个零件用胎模定位在其组装位置上的组装方法。这种组装方法适用于批量大、精度要求高的构件。

专用设备装配法是将构件的各个零件直接放到设备上进行组装的方法。这种组装方法精度高、速度快,效率高、经济性好。

立装是根据构件的特点,选择自上而下或自下而上的组装方法。这种组装方法适用于放置平稳、高度不高的构件。

卧装是将构件放平后进行组装的方法,这种组装方法适用于断面不大、长度较长的细长构件。

7.3.5 设计要求或施工工艺要求起拱的构件,应根据设计起拱值和施工变形值的大小在施工详图设计或组装工艺中考虑。当设计要求起拱时,构件成形后的起拱允许偏差应为正偏差(不允

许负偏差)。

7.3.9 鉴于高强度和特厚板的应用日益广泛,临时工装夹具、临时定位板、临时连接板的焊接在预热、低氢焊材选用等方面均应符合被焊钢材的焊接工艺要求。拆除时,严禁用锤击落,否则会引起母材损伤等问题。

7.5 构件端部加工

7.5.1 设计要求支承顶紧传力的受压构件、工艺要求的多节柱顶端以及大截面梁端部,应该进行端部铣削加工。

为了保证加工面的平面度和与部件轴线的垂直度,本条规定了在部件矫正合格后才能进行端部加工。刨削时直接在工作台上用螺栓和压板装夹工件。通用工艺如下:

1 多件划线毛坯同时加工时,装夹中心必须按工件的加工线找正到同一平面上,以保证各工件加工尺寸的一致。

2 在龙门刨床上加工重而窄的工件,需偏于一侧加工时,应尽量两件同时加工或在另一侧加配重,以使机床的两边导轨负荷平衡。

3 在刨床工作台上装夹较高的工件时,应加辅助支撑,以使装夹牢靠和防止加工中工件变形。必须合理装夹工件,以工件迎着走刀方向和进给方向的两个侧边紧靠定位装置,而另两个侧边应留有适当间隙。

4 关于铣刀和铣削量的选择,应根据工件材料和加工要求决定,合理的选择是加工质量的保证。

为保证刨削加工质量和安全,必须遵守通用工艺规则,如刨削特殊形状和薄板件时,还必须考虑装夹稳定性和防止应力变形,选择合理的刀具和磨好刀刃,调整好行程开关等,都是刨削加工基本守则,常见精刨表面产生波纹原因和消除措施参见表 9。

表 9 精刨表面常见波纹产生原因和消除措施

表面波纹形状	波纹产生原因	消除措施
有规律的直纹	外界振动引起 切削速度偏高 刨削钢构件时前角过小,刃口不锋利 刀具后角过大	减少外界振动 适当降低切削速度 刃磨刀具,适当增大前角 增加消振倒棱
鳞状波纹	刀杆与刀托,刀托与刀架体、刀托轴等接合不良 工作台传动蜗杆与齿条间隙过大 刀具后角过小 工件定位基面不平	装刀时注意仔细调整 修理机床 增大刀具后角 修平工件定位基面
交叉纹	导轨在水平面直线度超差 两导轨平度超差引起工作台移动倾斜	修理机床 修理机床

铣加工时具体选用哪一种铣刀,应根据被加工工件的形状、材料、加工部位和加工要求等因素而确定,铣刀直径应根据被铣削面的宽度和铣削的深度选择,一般被铣削的表面越宽,铣刀直径也应越大,这样既能提高效率,也能提高加工质量。选择铣削用量的顺序:

1 铣削深度

用高速钢圆柱铣刀加工余量小于 5mm,表面粗糙度要求 R_a 值大于 $6.3\mu\text{m}$,取切削深度等于加工余量。 R_a 值等于 $6.3\mu\text{m}$ 时,粗铣后精铣一次,若 R_a 值小于 $6.3\mu\text{m}$ 时,粗铣后精铣应分两次切削,最后一次切削深度取 $0.3\text{mm}\sim 0.5\text{mm}$,如果加工余量较大,粗铣可分两次切削或采用阶梯铣刀一次铣去全部余量。

2 进给量

铣削进给量通常用每分钟进给量或每齿进给量,而每分钟进给量取决于每齿进给量、铣刀齿数和转速。

在机床效率、刚度和铣刀刀齿强度许可的条件下,尽量选取

大的每齿进给量。

铣削时常用的每齿进给量如表 10 所示。

表 10 每齿进给量(mm/齿)

工件材料	工件硬度 HB	硬质合金		高速钢			
		端铣刀	三面刃铣刀	圆柱铣刀	立铣刀	端铣刀	三面刃铣刀
低碳钢	150	0.2~0.4	0.15~0.30	0.12~0.20	0.04~0.2	0.15~0.30	0.12~0.20
	150~200	0.2~0.35	0.12~0.25	0.12~0.20	0.03~0.18	0.15~0.30	0.10~0.15
中、高碳钢	120~180	0.15~0.50	0.15~0.30	0.12~0.20	0.05~0.2	0.15~0.30	0.12~0.20
	180~220	0.15~0.4	0.12~0.25	0.12~0.20	0.01~0.2	0.15~0.25	0.07~0.15
	220~300	0.12~0.25	0.07~0.20	0.07~0.15	0.03~0.15	0.10~0.20	0.05~0.12

3 铣削速度

铣削速度可根据构件材料的硬度和刀具材料来决定。参见表 11,常用的铣削速度精铣时,切削速度比表中数值相应提高 30%左右。

表 11 常用的铣削速度

材料	硬度 HB	切削速度 (cm/min)	
		硬质合金铣刀	高速钢铣刀
低、中碳钢	<220	60~150	20~40
	225~290	55~115	15~35
	300~425	35~75	10~15
高碳钢	<220	66~130	20~35
	225~325	50~105	15~25
	325~375	35~50	10~12
	375~425	35~45	5~10
合金钢	<220	55~120	15~25
	225~325	35~80	10~25
	325~425	30~60	5~10

8 焊 接

8.1 一般规定

8.1.1~8.1.2 对焊接工作中的焊工和焊接工艺、质检、检测人员提出了要求。

1 焊接工作是钢结构制作中非常重要的一环,焊接质量直接影响构件的内在质量和外观质量,关系到构件的稳定和安全性。焊缝的内在质量依靠焊工的技能水平来保证和实现,只有具备资质的合格焊工按规定的工艺要求进行焊接,焊接质量方能充分保证。

2 焊接技术人员承担构件焊接制作的总体规划,设计者对焊缝的要求需通过焊接技术人员结合本单位的实际制定具体的焊接指导文件用于焊接施工,以确保构件焊接满足设计要求。探伤人员只有具有规定的资质才能对焊缝内在质量做出正确的评定。

8.1.3 焊接工艺评定试验是对采用的焊接工艺参数进行的验证,只有通过工艺评定试验验证合格的工艺才能用于指导焊接生产。工艺评定试验应根据本单位的实际并结合工程的技术要求进行。根据现行国家标准《钢结构焊接规范》GB 50661 第 6.6 节规定,免于焊接工艺评定项目的钢材表面及坡口处理、焊接材料储存及烘干、引弧板及引出板、焊后处理、焊接环境、焊工资格等要求必须严格按照相关规定。

8.1.4 高效焊接新技术是提高焊接质量、提高焊接效率、降低焊接成本的有效措施。在解决钢结构机器人自动焊接程序编制、现场识别跟踪的基础上,应大力推广焊接机器人在钢结构制作、安

装过程中的应用。特别在安装现场焊接过程中：

- 1 在恶劣工况条件下,可采用焊接机器人代替手工焊接。
- 2 在厚板、长焊缝、焊接量大,且适宜焊接机器的焊接工位,可应用焊接机器人技术。

8.2 焊材选用

8.2.1 焊接材料的选用应满足设计要求和现行规范的要求,应与所焊接的母材相匹配,考虑到我国钢材标准的制定与焊接材料标准在机械性能数据上存在差异和不协调。为便于使用,在本规程中给出了焊材选用指导,以确保焊接接头满足母材的最低要求。

8.2.3 考虑耐候钢应用的日益推广,附录 A 中增加了耐候钢常用焊材的推荐表。因相关国家标准焊材型号不完善,故引用了现行行业标准《铁道车辆用耐大气腐蚀钢及不锈钢焊接材料》TB/T 2374 中部分焊材。

8.2.5 气体保护焊焊接时应充分注意气体改变对焊缝性能的影响,同样的焊丝采用 CO_2 气体保护焊与采用富氩气体 ($80\% \text{Ar} + 20\% \text{CO}_2$) 保护焊接所得焊缝的化学成分和机械性能有较大变化,当改变气体种类时应进行工艺评定,合格后使用。

8.3 焊接连接构造

8.3.1 完全熔透坡口焊缝的定义为从两面施焊或仅从一面在有衬垫上施焊的坡口焊缝,在接头的整个厚度内焊缝金属与母材完全熔透并充分熔合。全焊透焊接接头包括对接接头、T 接接头和角接接头,一般用于主要或重要构件的受力较大部位的焊接连接,其焊缝质量要求较高,应在焊接过程中严格进行控制。对于埋弧焊,若采用 X 或 Y 型坡口,按焊接工艺评定结果进行(含反面

仅刨槽,不作清根)焊接。

采用双面焊接的全熔透焊缝,正面焊接后反面焊接前,如采用焊条电弧焊或半自动气体保护焊接时,反面碳刨清根至正面完整焊缝金属后施焊;当采用埋弧自动焊时,按工艺评定合格的工艺参数焊接时,可省去清根。

8.3.2 对于角焊缝,当焊脚尺寸较大,被焊构件中腹板厚度大于等于 25mm 或角焊缝的焊脚尺寸 $\geq 15\text{mm}$ 时,为降低焊接填充量和减少焊接变形,应开 K 型部分焊透坡口取代。但焊缝的有效焊厚应相同,确保接头承载能力不降低。

8.3.4 部分焊透焊缝的有效焊缝厚度与坡口的深度是不同的,只有在坡口角度不小于 60° 才是相等的;在其他条件下,焊缝的有效厚度等于坡口深度减去 3mm。一般设计图在部分焊透坡口符号旁标识的尺寸为有效焊缝厚度尺寸,实际加工坡口时应考虑上述因素。

8.3.5 塞焊和槽焊也是焊接连接中常用的一种接头形式,主要用于部件面与面之间的焊接连接。

8.3.7 电渣焊主要用于箱型构件内横隔板的焊接,由于箱体空间的限制,焊工无法进入箱体内进行正常焊接。电渣焊不是一种电弧焊焊接方法,其原理是利用电阻热对焊丝溶化建立溶池,再利用溶池的电阻热对填充焊丝和接头母材进行溶化而形成焊接接头。调节规范和焊接填充量以建立合适大小的熔池是确保电渣焊焊缝质量的关键。电渣焊由于是采用电阻热对周围的母材和填充的焊丝进行溶化而形成焊接接头。焊接热量较大,在引弧时为防止引弧块被溶化而造成溶池建立失败,一般采用铜制引熄弧块,且规定不小于 100mm。另外,本规程中规定引弧槽的截面与接头的截面大致相同,是考虑到在引弧槽中建立的熔池转换到正式接头时,如果截面积相差较大,将造成正式接头的熔合不良或衬垫板烧穿,导致电渣焊失败。

8.3.8 要进行焊接的部位一旦含有油、水分、锈等物质,焊接时

将会造成气孔、凹坑甚至裂纹,在焊前进行清理是确保焊缝质量有效途径之一。

8.4 焊接工艺

8.4.1 当钢种强度等级在 Q390 及以下时,埋弧自动焊由于焊接电流较大和熔深大,填充时可以对定位焊进行完全重熔,此时定位焊预热不强行限制,定位焊缝咬边、气孔及弧坑等可不予清除。高强度级别钢种定位焊不预热易出现焊趾或焊道下裂纹并有可能扩展至母材而不能被埋弧自动焊重新熔化,鉴于高强钢应用日益广泛,传统采用的工艺宜慎用。对于后续填充焊道不是采用埋弧自动焊,而是采用其他焊接方法,由于使用电流的限制,不能对定位焊缝进行重熔,上述规定不适用。

8.4.2 焊接开始和焊接熄弧时由于焊接电弧能量不足、电弧不稳定,容易造成气孔、弧坑及弧坑裂纹等缺陷,为确保正式焊缝的焊接质量,在焊缝两端引熄弧区域装配引熄弧板,将缺陷引至正式焊缝之外。

8.4.3 环境温度越低,金属材料变得越脆,在低温环境下焊接时容易造成母材冷裂纹的产生。

8.4.4 钢板厚度增加与散热速度成正比关系,接头冷却速度过快,焊缝热影响区易形成淬硬组织,产生焊接残余应力,使得焊缝金属及热影响区产生裂缝。因此,预热和道间温度控制是十分必要的。预热的主要作用为:

- 1 防止焊接区周围金属的温度梯度突然变化,减慢冷却速度。
- 2 降低焊接残余应力。
- 3 有利于氢的逸出。

8.4.6 焊接变形的产生是由于构件的受热不均匀而引起的,对于无法采用对称和均匀受热的构件应采用反变形、合理安排焊接

次序等降低变形量。

8.4.8 焊接后的层状撕裂对结构的安全造成较大的安全隐患,且该缺陷的修复极其困难,应尽可能避免该缺陷的产生。一般对板厚方向承受较大焊接应力的钢板,当板厚大于 35mm 时,应选用 Z 向性能钢板。在焊接时应尽可能避免在钢板厚度方向上焊接较大填充量的接头,选用低氢焊接材料,制定合理的焊接次序,降低接头的焊接应力,减少层状撕裂产生的机率。

8.4.10 本标准所指焊钉焊接为采用圆柱头焊钉与呈水平面的母材形成 $75^{\circ}\sim 90^{\circ}$ 夹角、焊枪口朝向下方的方式焊接。若采用两支或两支以上焊钉枪时应有自动切换装置,以保证同一时间只能有一把焊枪工作。栓钉焊的施焊环境对接头质量有一定影响,当环境温度较低时,增加打弯测试栓钉的数量以加强质量监督控制。另外,当栓钉离构件边缘距离较小时,应采取措施防止电弧磁偏吹对焊接质量的影响。

8.4.11 焊接裂纹产生的原因较复杂,在焊接过程中或焊接后焊缝出现裂纹,切不可随意进行返修焊接,应报告焊接工程师进行原因分析,找出裂纹产生原因,制定正确的防止措施和焊接返修工艺后按工艺进行修复,以避免裂纹重复出现及裂纹的进一步扩展。

8.5 现场焊接

8.5.1 由于现场焊接不同于工厂焊接,受外部环境影响及施焊位置限制,需采取相应的焊接工艺措施,来保证焊接质量。大厚度钢板(板厚在 80mm 及以上)坡口焊接以及受现场装配影响,接头坡口不能满足 CO_2 气体保护焊要求时,用 CO_2 气体保护焊可能造成根部未焊透现象产生,可采用手工电弧焊条打底,然后再用 CO_2 气体保护焊焊接。当对接头焊缝有外观要求时,宜采用焊条电弧焊或药芯焊丝 CO_2 气体保护焊盖面。

现场焊接接头处于较高拘束状态下或在环境温度低于 0°C 的条件下进行焊接时,应采取提高接头的预热温度、采用超低氢焊接材料等措施进行焊接,当焊缝方法为焊条电弧焊或药芯焊丝气体保护焊时,应做好低氢焊条或药芯焊丝的防潮、烘焙等措施。

8.6 焊接质量检验

8.6.1 焊缝在结构中所处的位置不同,承受荷载不同,破坏后产生的危害程度也不同,因此对焊缝质量的要求理应不同。如果一味提高焊缝的质量要求将造成不必要的浪费。参照现行国家标准《钢结构焊接规范》GB 50661,根据承受荷载不同将焊缝分成动载和静载结构,并提出不同的质量要求。同时要求按设计图及说明文件规定荷载形式和焊缝等级,在检查前按照科学的方法编制检查方案,并由质量工程师批准后实施。设计文件对荷载形式和焊缝等级要求不明确的应依据现行国家标准《钢结构设计规范》GB 50017 及《钢结构焊接规范》GB 50661 的相关规定执行,并须经设计单位签认。

3 焊接接头在焊接过程中、焊缝冷却过程及以后相当长的一段时间内均可产生裂纹,但目前钢结构用钢由于生产工艺及技术水平的提高,产生延迟裂纹的概率并不高,同时,在随后的生产制作过程中,还要进行相应的无损检测。为避免由于检测周期过长使工期延误造成不必要的浪费,本规程参考现行国家标准《钢结构焊接规范》GB 50661,规定外观检测应在焊缝冷却以后进行。由于裂纹很难用肉眼直接观察到,因此在外观检测中应用放大镜观察,并注意应有充足的光线。

4 无损检测是技术性较强的专业技术,按照我国各行业无损检测人员资格考核管理的规定,1 级人员只能在 2 级或 3 级人员的指导下从事检测工作。因此,规定 1 级人员不能独立签发检测报告。

5 超声波检测的检验等级分为 A、B、C 三级,与现行国家标准《钢焊缝手工超声波探伤方法和探伤结果分级》GB 11345 和现行行业标准《钢结构超声波探伤及质量分级法》JG/T 203 基本相同,只是对 B 级的规定做了局部修改。修改的原因是上述两标准在此规定上对建筑钢结构而言存在缺陷,易增加漏检比例,GB 11345 和 JG/T 203 中规定:B 级检验采用一种角度探头在焊缝单面双侧检测。母材厚度大于 100mm 时,双面双侧检测。条件许可应作横向检测。但在钢结构中存在大量无法进行单面双侧检测的节点,为弥补这一缺陷,本规程规定:受几何条件限制时,可在焊缝单面、单侧采用两种角度探头(两角度之差大于 15°)进行检验。

6 本条参考现行国家标准《钢结构焊接规范》GB 50661,引入允许不合格率的概念,事实上,在一批检查个数中要达到 100%合格往往是不切实际的,既无必要,也浪费大量资源。本着安全、适度的原则,并根据近几年来钢结构焊缝检验的实际情况及数据统计,规定小于抽样数的 2%为合格,大于 5%时为不合格,2%~5%之间时加倍抽检,不仅确保钢结构焊缝的质量安全,也反映了目前我国钢结构焊接施工水平。

8.6.2 焊缝的质量检验包括外观检验和焊缝内部无损检测,外观检测包括焊缝外观缺陷检测和焊缝几何尺寸测量两部分,无损检测必须在外观检测合格后进行。

3 Ⅰ、Ⅱ类钢材产生焊接延迟裂纹的可能性很小,因此规定在焊缝冷却到室温进行外观检测后即可进行无损检测。Ⅲ、Ⅳ类钢材若焊接工艺不当则具有产生焊缝延迟裂纹的可能性,且裂纹延迟时间较长,有些国外规范规定此类钢焊接裂纹的检查应在焊后 48h 进行。考虑到工厂存放条件、现场安装进度、工序衔接的限制以及随着时间延长,产生延迟裂纹的概率逐渐减小等因素,本规程参考现行国家标准《钢结构焊接规范》GB 50661,对Ⅲ、Ⅳ类钢材及焊接难度等级为 C、D 级的结构,规定以 24h 后无损检测

的结果作为验收的依据。对钢材标称屈服强度大于 690MPa(调质状态)的钢材,考虑产生延迟裂纹的可能性更大,故规定以焊后 48h 的无损检测结果作为验收依据。

本规程规定要求一级焊缝 100% 检验,二级焊缝为抽样检验。钢结构工厂制作焊缝一般较长,对每条焊缝按规定的百分比进行探伤,且探伤长度不小于 200mm 的规定,对保证每条焊缝的质量是有利的。但钢结构安装焊缝大部分为梁-柱连接焊缝,一般都比较短,每条焊缝的长度大多在 250mm~300mm 之间,按照焊缝条数抽样检测是可行的。本处规定与现行国家标准《钢结构工程施工质量验收规范》GB 50205 一致。

4 目前钢结构节点设计大量采用局部熔透对接、角接及纯贴角焊缝的节点形式,除纯贴角焊缝节点形式的焊缝内部质量国内外尚无现行无损检测标准外,对于局部熔透对接及角接焊缝均可采用超声波方法进行检测,因此,应与全熔透焊一样对其焊缝的内部质量提出要求。

参考现行国家标准《钢结构焊接规范》GB 50661 对承受静荷载结构焊缝的超声波检测灵敏度及评定缺陷的允许长度作了适当调整,放宽了评定尺度。这样做的主要目的:一是区别对待静载结构与动载结构焊缝的质量评定;二是尽量减少因不必要的返修造成的浪费及残余应力。

8.6.3 参考现行国家标准《钢结构焊接规范》GB 50661,承受疲劳荷载结构的焊缝质量检验标准基本采用了现行行业标准《铁路钢桥制造规范》TB 10212 及《公路桥涵施工技术规范》JTG/T F50 的内容,增加了磁粉和渗透探伤作为检测表面缺陷的手段。

9 紧固件连接

9.1 一般规定

9.1.2 高强度螺栓生产厂必须对每一批高强度螺栓出具质量证书。由于高强度螺栓生产厂是按批保证高强度螺栓连接副扭矩系数或紧固轴力,所以在使用时应在同批内配套使用。

9.1.3 高强度螺栓连接副在生产厂制造时,虽经表面防锈处理,有一定的防锈能力,但远不能满足长期使用的防锈要求,故在高强度螺栓连接处,不仅对钢板进行涂漆防锈,对高强度螺栓连接副也应按照设计要求进行涂漆防锈、防火保护。

9.2 连接件加工及摩擦面处理

9.2.1 对于摩擦型高强度螺栓连接,除采用标准孔外,还可以根据设计要求,采用大圆孔、槽孔(椭圆孔)。当设计荷载不是主要控制因素时,采用大圆孔、槽孔便于安装和调节尺寸。但大圆孔和槽孔仅限于盖板或芯板之一,两者不能同时采用大圆孔和槽孔。

9.2.5 本条规定了摩擦面抗滑移系数必须由制造厂和安装单位分别检验,并符合设计要求后出厂和安装。

1 制造厂必须保证摩擦面抗滑移系数符合设计规定,安装单位必须按构件批次检验摩擦面抗滑移系数,符合设计要求后再施工。

2 抗滑移系数检验必须通过与钢结构构件相同材质和加工工艺制造的试件进行模拟测定,要保证真实地反映钢结构构件的

实际状态。

3 抗滑移系数测试试件采用双面对接拼接形式,为使试件能真实反映实际构件的状态,试件的连接计算应符合有关规定,检测试件滑移时仍能处于弹性状态,避免偏心引起测试误差。

4 抗滑移系数检验采用拉力试验,要求测试试件的中轴线与试验机夹具中心线严格对中,避免轴线偏移产生试验数据的偏差。

5 高强度螺栓预拉力值的大小对测定抗滑移系数有一定的影响,在计算抗滑移系数时,注意高强度大六角头螺栓 P_t 为拉力试验前施拧在试件上的高强度螺栓实测预拉力值,试验时每个高强度螺栓的施拧的预拉力值要在规定的范围。

6 抗滑移系数的最小值必须等于或大于设计值,否则认定构件表面摩擦面不符合设计要求,必须重新处理检验,直至合格。处理期间钢构件不能进入拼装工序。监理工程师可将试验合格的摩擦面样板,对照检查评判构件表面的处理结果。

9.3 普通螺栓连接

9.3.2 根据现行国家标准《钢结构工程施工规范》GB 50755 要求,普通螺栓紧固后外露丝扣不少于 2 扣,美标等国外标准中也有允许螺栓与螺母平齐的情况。

9.3.4 自攻螺钉分自攻自钻螺钉(带自钻头)和非自攻自钻螺钉两种,本条适用于非自攻自钻螺钉;而自攻自钻螺钉是不需要预钻孔的。

9.3.5 射钉的穿透深度是指射钉尖端到基材表面的深度。

9.4 高强度螺栓连接

9.4.1 高强度大六角头螺栓连接副由一个螺栓、一个螺母和两

个垫圈组成,扭剪型高强度螺栓连接副由一个螺栓、一个螺母和一个垫圈组成。

9.4.2 现行国家标准《钢结构用高强度大六角头螺栓、大六角螺母、垫圈技术条件》GB/T 1231 和《钢结构用扭剪型高强度螺栓连接》GB/T 3632 规定高强度螺栓的保质期 6 个月。在不破坏出厂状态的情况下,对超过 6 个月再次使用的高强度螺栓,需重新进行扭矩系数或紧固轴力的复验,合格后再使用。

9.4.3 在选择高强度螺栓连接副长度时,一般规定以螺栓拧紧后外露 2~3 扣螺纹为标准。螺纹不露出或陷入螺母对螺栓连接性能有不良影响,但外露过长则不美观、不安全、不经济,甚至影响螺栓的紧固和施工的困难。

9.4.5 由于板厚公差和构件制作尺寸的误差及安装偏差等原因,连接接头摩擦面间会产生间隙,有间隙一侧的螺栓紧固力就会有部分以剪力的形式通过拼接板传向较厚板一侧,造成有间隙一侧摩擦面间的正压力减少,摩擦承载力减低。因此,接触面间隙要控制在 1.0mm 以内,在 1.0mm~3.0mm 之间按要求处理。

9.4.6 构件安装时,应用冲钉来对准连接节点各板层的孔位,用临时螺栓和冲钉是保证安装精度的必要措施。

9.4.7 高强度螺栓连接副螺纹损伤和污染物将使其扭矩系数大幅度增大,致使扭矩终拧后达不到螺栓设计的预拉力,影响结构的安全性。而用高强度螺栓替代临时螺栓,会导致增大扭矩系数变化和螺纹损伤的概率,并由于螺栓安装至终拧相隔时间较长,构件内因环境等各种因素的影响(如下雨等)严重影响高强度螺栓终拧预拉力的准确值,因此,高强度螺栓连接副禁止兼作临时螺栓。

9.4.8 对于高强度大六角头螺栓连接副,垫圈设置内倒角是为了与螺栓头下的过渡圆弧相配合,因此在安装时垫圈带倒角的一侧必须朝向螺栓头,否则螺栓头就不能很好与垫圈密贴,影响螺栓的受力性能。对于螺母一侧的垫圈,因倒角侧的表面较为平

整、光滑,拧紧时扭矩系数较小,且离散率也较小,所以垫圈有倒角一侧应朝向螺母。

9.4.9 高强度螺栓强行穿入必然损伤螺纹,影响扭矩系数从而达到设计的预拉力。用气割扩孔随意性太大,切割面粗糙,严禁使用。

9.4.10 过大孔,对构件截面局部削弱,且减少摩擦接触面,与原设计不一致,需经设计核算。

9.4.11 高强度螺栓安装时,摩擦面表面的清洁质量将影响构件摩擦面的抗滑移系数。因此,规定了严禁在雨中作业和构件污染状态下的处理方法。

9.4.13 高强度大六角头螺栓,采用扭矩法施工时,影响预拉力因素除扭矩系数外,就是拧紧机具及扭矩值,所以规定了施拧用的扭矩扳手和矫正扳手的误差。

9.4.14 高强度螺栓连接副在拧紧后会产生预拉力损失,为保证连接副在施工阶段达到设计预拉力,在施拧时必须考虑预拉力损失值,施工预拉力比设计预拉力增加 10%。

9.4.15 高强度螺栓紧固应分两次进行,第一次为初拧,第二次为终拧,这是因为接头板材总有些翘曲和不平造成板层之间的不密贴。当高强度螺栓连接节点有两个以上螺栓时,先紧固的螺栓就有一部分预拉力损耗在钢板的变形上;当邻近螺栓紧固板缝消失后,其预拉力就会松弛。为减少这种损失,提高螺栓预拉力的均匀受力,一般规定高强度螺栓紧固至少分两次进行,即初拧和终拧。对于大型螺栓群当单排(列)螺栓数量超过 15 个或接头刚度较大、翘曲严重的接头需分多次进行紧固。

9.4.16 在某些情况下,高强度大六角头螺栓也可采用转角法施工。高强度螺栓连接副首先须经本规程第 9.3.14 条检验合格后再应用转角法施工。大量转角试验在用一层芯板、两层盖板基础上得出,所以作出三层板规定。本条是参考国外(美国和日本)标准及中冶建筑研究总院有限公司试验研究成果得出。作为国内

第一次引入转角法施工,对其适用范围有较严格的规定,应符合下列要求:

- 1 螺栓直径规格范围为:M16、M20、M22、M24。
- 2 螺栓长度在 $12d$ (d 为螺栓公称直径)之内。
- 3 连接件(芯板和盖板)均为平板,连接件两面与螺栓轴垂直。
- 4 连接形式为双剪接头(一层芯板加两层盖板)。
- 5 采用转角法施工前应按本规程第 9.4.2 条检验合格,按本规程第 9.4.15 条初拧(复拧)。

9.4.17 扭剪型高强度螺栓连接副不进行扭矩系数检验,其初拧(复拧)扭矩值参照高强度大六角头螺栓连接副扭矩系数的平均值(0.13)确定。

9.4.18 高强度螺栓施拧要按顺序进行,这是因为一般连接板都有些翘曲不平的误差,随意紧固从一端或两端开始紧固,会使接头产生附加内力,也可能造成摩擦面间空鼓,影响摩擦力的传递。

9.4.21 考虑到在进行施工质量检查时,高强度螺栓的预拉力损失大部分已经完成,故在检查扭矩计算公式中,高强度螺栓的预拉力采用设计值。现行国家标准《钢结构工程施工质量验收规范》GB 50205 中终拧扭矩的检验是按照施工扭矩值的 $\pm 10\%$ 以内为合格,由于预拉力松弛等原因,终拧扭矩值基本在 $1.0 \sim 1.1$ 倍终拧扭矩标准值范围内(施工扭矩值等于 1.1 倍终拧扭矩标准值)。

9.4.22 不能用专用扳手拧紧的扭剪型高强度螺栓,应根据所采用的紧固方法(扭矩法或转角法)按本规程第 9.4.5 条的规定进行检查。

9.4.23 由于螺纹损伤等原因,螺栓拧入螺栓球的螺纹长度不足 $1.1d$ 时。也就是通常所说的未拧紧(假拧),当网架结构受力后,该节点会松动,造成结构变形(挠度)增大,以致超过设计允许的范围。

10 管桁架制作

10.1 一般规定

10.1.1 管桁架结构的选材应符合设计和相关标准的要求,一般情况下应满足以下要求:

1 管桁架结构的钢管所采用的材料性能应符合现行国家标准《碳素结构钢》GB/T 700 规定的 Q235、《低合金高强度结构钢》GB/T 1591 规定的 Q345、Q390、Q420 和《建筑结构用钢板》GB/T 19879 规定的 Q235GJ、Q345GJ、Q390GJ、Q420GJ 钢,其质量等级宜采用 B 级及 B 级以上。

2 管桁架结构的杆件可采用圆钢管、矩形管等;圆钢管可采用无缝钢管和直缝焊接钢管,其性能应分别符合现行国家标准《结构用无缝钢管》GB/T 8162 和《直缝电焊钢管》GB/T 13793 的规定;矩形管性能应符合现行行业标准《建筑结构用冷弯矩形钢管》JG/T 178 的规定。

3 当管桁架结构的杆件采用圆钢管时,宜优先采用直缝焊接钢管,因为无缝钢管采取顶管成型工艺,不如钢板轧制工艺对钢材性能有更大的改善作用,与同牌号、同厚度钢板和焊管相比,虽其残余应力低,作压杆时可按 a 类截面计算,但屈服强度也低,对径厚比大的钢管,其冲击韧性略差。此外,无缝钢管的碳当量不是交货的基本条件,且规格少,壁厚公差大,价格也比较高。

10.1.2 当管桁架结构的支管相互搭接时,应在施工详图中注明各支管搭接的顺序和相互关系,并明确被搭接管的焊缝(即隐蔽焊缝)要求和焊接方法。当隐蔽焊缝必须焊接时,应采取相应措施进行焊接。

10.1.3 管桁架结构的预拼装一般可分成两种情况,一种是分段单元在制作厂内组装,焊接完后运至现场进行整榀拼装,此时应在制作厂内对各分段单元进行整榀桁架的预拼装。另一种情况是杆件在制作厂加工完后直接运至施工现场进行组装、焊接,此时应在制作厂内对整榀桁架进行散件预拼装。

10.2 杆件加工

10.2.1 杆件的加工主要包括杆件接长、杆件端口加工(平端口加工和相贯线加工)、杆件弯曲(弯管加工)和大直径厚壁直缝圆钢管的卷制或压制加工。管桁架结构的杆件一般可分为弦杆(即主管)和腹杆(即支管),弦杆一般需要进行接长、平端口和弯管加工;腹杆一般需要进行接长和相贯线的加工。当弦杆或腹杆的直径较大或壁厚较厚时可采用卷制或压制方法加工成型的圆钢管。

采用卷制方式成型的钢管,其成型长度即为钢板的宽度,因此,用于管桁架结构的杆件钢管需要接长,且在一个节间接头数量不止一个,采取钢管卷制时,允许在一个节间有多个接头,但最短接长长度应满足设计和本规程的要求。

10.2.5 圆钢管端部相贯线加工一般均应采用数控五维或六维相贯线切割机下料、坡口,而且下料、坡口应一次完成。

10.2.9 钢管弯曲加工时需考虑径厚比、最小弯曲半径,应优先采用冷弯,因热弯效率低、费用高,但当钢管弯曲曲率半径很小时,冷弯已无法满足要求时,此时宜采用热弯(即中频弯曲)。

10.2.11 采用型弯机弯曲钢管时应根据钢管规格选用相应的模具,钢管在型弯机上为连续弯曲,弯曲半径可通过模具(即滚轴)间的距离进行调整。

采用液压机弯曲钢管时应根据钢管规格选用相应模具,钢管在液压机上为逐步渐进式弯曲,当弯曲量较大时,为保证钢管的圆度,可分多次弯曲,一般可分3~5次。当弯曲量较小时,也可

一次完成弯曲,具体可根据工艺试验确定。钢管每次进给量宜控制在 500mm~700mm。钢管下压量可由液压机行程控制,下压量的大小应根据曲率半径确定,一般可分 3~5 次成形。表 12~表 14 为不同成型次数的下压量参考值,下压量应包含回弹量。

表 12 分三次成型时下压量参考值

第一次	第二次	第三次
$H/2$	$H/3$	$H/6$

表 13 分四次成型时下压量参考值

第一次	第二次	第三次	第四次
$H/3$	$H/3$	$H/6$	$H/6$

表 14 分五次成型时下压量参考值

第一次	第二次	第三次	第四次	第五次
$H/3$	$H/3$	$H/6$	$H/12$	$H/12$

注: H 为压弯钢管长度范围内的总压下量。

10.2.12 钢管中频弯曲是采用中频电流使一小段钢管迅速加热升温,然后采用夹具使加热段钢管弯曲,这样边加热边弯曲,最终达到整根钢管弯曲。采用这种方法弯曲时,一定要控制好弯曲量,以免过弯或弯曲量不够。

10.2.13 中频弯曲速度与加热速度、钢管截面规格、材质、弯曲曲率半径等有关。中频弯曲采用中频电流加热,如中途停顿,则需重新加热,这样既浪费能耗,又影响弯曲质量,因此要求连续作业。

10.2.15 在管桁架结构中,当一些钢管的规格在现行国家标准《直缝电焊钢管》GB/T 13793 和《结构用无缝钢管》GB/T 8162 中没有相应规格或难以采购时,可采用卷制或压制的方法进行加工,其质量应符合上述国家标准或其他现行国家、行业标准规定的要求。

10.2.16 钢管卷制时由于卷制成型后的钢管段(即管节)一般均较短(不大于4m),需要多个管节接长。因此,在卷制时应严格控制各管节的尺寸(特别是直径和圆度),因为管节在卷制时如果过卷(即多次重复卷),则半径加大壁厚减薄。

10.2.17 钢管压制目前国内有专门的生产线,不同的生产线有不同的生产能力(主要取决于折弯成型机)。生产线设备主要有钢板铣边机、钢板预弯机、电液伺服数控折弯成型机、合缝预焊机、钢管内焊机、钢管外焊机、钢管精整机和钢管校直机等,为自动化的钢管生产线。

10.3 组装及预拼装

10.3.1 管桁架结构组装当有多根支管相互搭接时,必须按照施工详图和工艺文件的要求顺序进行组装,对隐蔽焊缝的焊接应严格按照规定要求施焊。

10.3.2 立装法是指按照管桁架结构的安装位置进行组装的方法;卧装法是指把管桁架结构放平后进行组装的方法。管桁架结构的组装应优先采用卧装法,因为卧装法可减少胎架的用量、降低组装高度、容易定位和临时固定等。

10.3.5 管桁架结构构件的外形尺寸较大,对于工厂制作或异地安装的工程,无法整体组装运输出厂,需要在构件散件出厂前进行部分或全部构件的预拼装。

10.3.6 当预拼装为分段单元预拼装时,可采用临时连接螺栓固定;当预拼装为散件预拼装时可采用点焊固定。

10.4 节点焊接

10.4.1 管桁架结构的节点形式可分成两类:平面管节点和空间管节点,而空间管节点可以看成是由两个或两个以上平面管节点

组合而成,如空间 KK 形节点可以看成是由两个平面 K 形节点组合而成。本条文图示均为平面管节点。

10.4.2 根据美标和日标相关规定,圆管支管与圆管主管相贯焊缝上坡口部位焊缝根部 $2\text{mm}\sim 3\text{mm}$ 范围内的焊缝检测可不作全熔透要求,但应增加焊脚尺寸 $2\text{mm}\sim 3\text{mm}$ 。AWS D 1.1 : 2000《钢结构焊接规范》图 3.5 和 AIJ2002 年版(日本建筑学会)《钢管桁架结构设计施工指南与解说》5.3 节,相贯焊缝也可采用全周角焊缝。当按坡口焊要求施工时,由于相贯部位支管内难以设置衬管,因此全熔透的要求实际上是难以达到的。因此,AWS 规范将符合构造要求的部分熔透焊缝也作为可以免除评定的焊缝来对待。

AWS D 规范和 AIJ 指南对相贯焊缝的构造要求基本相同,可参照 AIJ2002 年版指南图 5.1。

10.4.3 工程实践表明,被搭接支管的隐蔽部位焊接难度很大。日本建筑学会(AIJ)1990 年版《钢管结构设计指南与解说》在第 6.7 条解说中指出“组装后的隐蔽部位即使不焊也没有什么影响”。国内一些研究单位(如同济大学等),开展了这方面的研究,已进行了数十个节点的试验,包括承受低周反复荷载和隐蔽部位焊接与否的对比试验。试验结果表明:隐蔽部位焊接与否对节点的最后破坏模式是有影响的,在工程建设协会标准《钢管结构技术规程》CECS 280 中提供了相应的计算公式。

因尚缺乏疲劳实验的支持,本条文关于隐蔽部位可以不焊的规定不适用承受高周疲劳荷载的节点。

10.4.4 相贯节点焊缝的趾部区(即 A 区)和侧部区(即 B 区)的全熔透焊缝实际是指焊缝根部 $2\text{mm}\sim 3\text{mm}$ 范围内不作全熔透要求的全熔透焊缝(实际应称为部分熔透焊缝)。

如要真正达到全熔透焊缝的要求,一般有两种方法:

1 采用单面焊接双面成型的方法,但这种方法要求焊工具有非常好的技术,否则很难达到这种要求,且焊接效率非常低,成

本比较高。

2 当支管的直径足够大时(如 $d \geq 800\text{mm}$),焊工进入钢管内,先焊内侧焊缝,再焊外侧焊缝,这样能保证做到全熔透的要求。但一般的管桁架结构支管直径都较小,焊工无法进入钢管内进行焊接。因此,上述两种情况是特例,一般的管桁架结构都不具备这样的条件或不需要这样操作,此时可以用部分熔透和加强角焊缝来代替全熔透焊缝的要求。

10.4.9 矩形钢管在冷成型时四个角部应力比较集中,存在冷作硬化的影响,容易产生裂纹,因此应加强角部的检测,确认合格后才能进行焊接。



11 空间格构结构制作

11.1 一般规定

11.1.1 空间格构结构的构件或节点所采用的材料应符合设计和相关规范标准的规定。

1 空间格构结构杆件用钢材性能应符合现行国家标准《碳素结构钢》GB/T 700 规定的 Q235、《低合金高强度结构钢》GB/T 1591 规定的 Q345、Q390、Q420 和《建筑结构用钢板》GB/T 19879 规定的 Q235GJ、Q345GJ、Q390GJ、Q420GJ 钢,其质量等级宜采用 B 级及 B 级以上。

2 空间格构结构杆件可采用普通型钢或薄壁型钢,有条件时应优先采用管型截面。圆钢管宜采用直缝焊管和无缝钢管,在条件允许时应优先采用直缝焊接钢管,原因同本规程第 10.1.1 条条文说明。其性能应分别符合现行国家标准《直缝电焊钢管》GB/T 13793 和《结构用无缝钢管》GB/T 8162 的规定。

3 杆件的最小截面尺寸应根据结构跨度与网格尺寸等条件经计算确定,普通角钢不宜小于 $L50 \times 3$,钢管不宜小于 $d48\text{mm} \times 3\text{mm}$;对大、中跨度空间格构结构,钢管不宜小于 $d60\text{mm} \times 3.5\text{mm}$ 。上述最小截面尺寸是根据多年的工程实践确定的,但并不是所有空间格构结构都可以采用本条规定的最小截面尺寸,具体每个工程应根据计算分析来确定杆件最小截面尺寸(但不能小于本条规定的最小截面尺寸)。

11.1.2 空间格构结构杆件在接长时,杆件的对接焊缝必须保证达到等强要求,焊缝等级要求为一级。对接杆件不应布置在支座腹杆、跨中的下弦杆部位及承受疲劳荷载的杆件。

11.3 焊接空心球节点

11.3.2 焊接空心球材质宜与杆件相同,宜采用现行国家标准《碳素结构钢》GB/T 700 规定的 Q235、《低合金高强度结构钢》GB/T 1591 规定的 Q345 和《建筑结构用钢板》GB/T 19879 规定的 Q235GJ、Q345GJ 钢,其质量等级宜采用 B 级及 B 级以上。

11.3.3 根据理论分析和试验研究表明,焊接空心球在受压时会产生失稳而破坏,因此在本条文中规定了相应的构造要求。

11.3.6 钢板的加热温度是指热轧钢板的加热温度,当钢板为正火板时应按钢厂的产品说明书规定的温度加热。钢板在加热炉中的加热和保温时间不宜过长,时间过长会产生过热和过烧现象,从而影响钢材性能。

11.3.12 焊接空心球允许偏差值中的壁厚减薄量允许偏差由两部分组成:一是钢板负偏差;二是在压制过程中空心球局部拉薄量,是根据生产厂家长期生产实践统计计算确定的。

11.3.13 当焊接空心球需做抗拉、抗压承载力试验时,试验值应按现行行业标准《钢网架焊接空心球节点》JG/T 11 的表 3、表 4 确定。当焊接空心球需做拉弯、压弯承载力试验时,试验值应按《钢网架焊接空心球节点》JG/T 11 中第 5.1.3 条确定。试验方法应按《钢网架焊接空心球节点》JG/T 11 中图 4、图 5、图 6 要求进行。

11.4 螺栓球节点

11.4.2 螺栓球节点材料选用时应考虑以下因素:

(1) 螺栓球的硬度可略低于高强度螺栓的硬度,材料强度也较高强度螺栓低,因而球体材料选用 45 号钢,可以满足设计要求和便于加工制作。

(2) 锥头或封板是圆钢管杆件通过高强度螺栓与螺栓球连接的过渡零件,它与钢管焊接成一体,因此其材料钢号应与钢管材料一致,以方便施焊。

(3) 套筒主要传递压力,因此对于与较小直径高强度螺栓(不大于 M33)相配的套筒,可选用 Q235 钢。对于与较大直径高强度螺栓(不小于 M36)相配的套筒,为避免由于套筒承压面积的增大而加大螺栓球直径,宜选用 Q345 或 45 号钢。

(4) 高强度螺栓的钢材应保证其抗拉强度、屈服强度与淬透性满足设计技术条件的要求。结合目前国内钢材的供应情况和实际使用效果,推荐采用 40Cr 钢、35CrMo 钢和 42CrMo 钢,同时考虑到多年使用和螺栓生产厂家习惯用材,对于 M16~M24 的高强度螺栓还可采用 20MnTiB 钢, M27~M36 的高强度螺栓可采用 40Cr 或 35CrMo 钢, M39~M64×4 的高强度螺栓可采用 42CrMo 或 40Cr 钢。

(5) 紧固螺钉也应选用高强度钢材,以免拧紧高强度螺栓时被剪断。

11.4.4 螺栓球由圆钢经加热后锻压而成,在锻压过程中有时会产生表面微裂纹,一般深度 2mm~3mm。表面微裂纹可经打磨处理。严禁存在深度更深或内部的裂纹。

11.4.5 螺栓球宜采用车床或数控加工中心加工,应先加工工艺孔,然后以工艺孔为基准,加工各弦杆孔,最后加工各腹杆孔。

11.4.6 螺栓球进行抗拉强度试验时与高强度螺栓组合组成拉力试件,试件在批量产品中随机抽取,采用单向拉伸试验方法。试件形式见现行行业标准《钢网架螺栓球节点》JG/T 10 中图 8 所示,试验结果应符合《钢网架螺栓球节点》JG/T 10 中表 5 的要求。

11.4.7 现行国家标准《钢网架螺栓球节点用高强度螺栓》GB/T 16939 将高强度螺栓的性能等级按照直径大小分为 10.9s 和 9.8s 两个等级,这是根据我国高强度螺栓生产的实际情况而确定的。

高强度螺栓在制作过程中要经过热处理,热处理的方式是先

淬火,再高温回火。淬火可以提高钢材强度,但降低了它的韧性,再回火可恢复钢的韧性。对于采用标准规定材料的高强度螺栓,影响其能否淬透的主要因素是螺栓直径的大小。当螺栓直径较小(M16~M36)时,其截面芯部较易淬透,因此在此直径范围内的高强度螺栓性能等级定为 10.9s。对大直径高强度螺栓(M39~M64×4),由于芯部不易淬透,从安全考虑将其性能定为 9.8s。

11.4.8 高强度螺栓的螺纹宜采用滚压或搓压方法加工成形,螺纹应符合现行国家标准《普通螺纹 基本尺寸》GB/T 196 的规定,螺纹允许偏差应符合现行国家标准《普通螺纹 公差》GB/T 197 中 6g 级的规定。高强度螺栓加工后应进行淬火处理,高强度螺栓应进行拉力载荷试验,其值应符合现行国家标准《钢网架螺栓球节点用高强度螺栓》GB/T 16939 的规定;螺纹规格为 M39~M64×4 的螺栓可用硬度试验代替拉力载荷试验,表面硬度值应达到 HRC32~37;如有疑问时,应进行芯部硬度测试,其硬度值不应低于 HRC28。高强度螺栓表面应进行氧化处理。

11.7 嵌入式毂节点

11.7.2 嵌入式毂节点的毂体、杆端嵌入件、盖板、中心螺栓的材料可按表 15 的规定选用,并应符合相应标准的技术条件。

表 15 嵌入式毂节点零件推荐材料

零件名称	选用材料	材料标准名称与编号	备注
毂体	Q235B	《碳素结构钢》GB/T 700	毂体直径宜采用 100mm~165mm
盖板			—
中心螺栓			
杆端嵌入件	ZG230-450H	《焊接结构用铸钢件》GB/T 7659	精密铸造

嵌入式毂节点几何尺寸计算方法及构造要求可参考现行行

业标准《空间网格结构技术规程》JGJ 7 中第 5.4.4 条。

11.7.3 杆端嵌入件的构造比较复杂,嵌入樁的倾角也各不相同,采用普通机械加工工艺难以实现,一般铸钢件又不能满足精度要求,故要求采用精密铸造和精密机床加工工艺生产嵌入件。

11.7.6 毂体是嵌入式毂节点的主体部件,毛坯可采用圆钢经机械加工而成。为保证交汇于毂体的杆件可靠地连接在一起,毂体应有足够的刚度和强度,嵌入樁的尺寸精度应保证各嵌入件能顺利嵌入并良好吻合。

11.11 空间格构结构试拼装

11.11.1 对结构或形状简单的空间格构结构可以不进行试拼装,但对国外工程的空间格构结构宜进行试拼装。

对单元相同的格构结构,可进行单元试拼装;对单元不同但结构对称的空间格构结构,可进行部分结构试拼装;对单元不同、结构不对称的空间格构结构,宜进行整体结构试拼装。

12 特种构件制作

特种构件主要指 H 型、箱型、十字型、管状类构件之外的,截面较大、板厚较厚或者由多个截面组合而成的构件型式。

特种构件的制作工艺应充分考虑构件的分段,其主要原则有:满足设计要求,尽可能减少现场焊接工作量;构件各分段重量应满足车间及现场起重能力的要求;构件长度、宽度和高度应符合安全运输的要求,且满足沿途各种运输限制要求等。

12.1 异型柱

12.1.3 对于截面大且结构复杂的异型柱,宜用工艺隔板控制部件端口尺寸、用临时支撑固定各部件的相对位置,以利于保证截面总体尺寸、有效控制每个接口的错边量。

12.1.4 异型柱的组装方式的选择,应根据截面型式和构件长度确定,通常较短构件宜采用立式组装,较长构件宜采用卧式组装。

12.1.5 当设计和合同没有明确异型构件的验收标准时,可参照表 16 和表 17,或者以专项论证的形式确定。

表 16 构件本体单部件的允许尺寸偏差(mm)

类型	项目		允许偏差	检验方法
所有类型	截面尺寸 $h(b)$	连接处	± 3.0	钢尺检查
		非连接处	± 4.0	
工字型	翼板、腹板的垂直度	连接处	1.5	直角尺和钢尺检查
		其他处	$b/100$,且 ≤ 5.0	
箱型	截面对角线差	连接处	3.0	钢尺检查

续表 16

类型	项目		允许偏差	检验方法
箱型、十字型	本体板间的垂直度	连接处	$h(b)/150$, 且 ≤ 5.0	直角尺和钢尺检查
圆管	直径 d	连接处	$\pm d/500$, ± 5.0	钢尺检查
	管口圆度	连接处	$d/500$, 且 ≤ 5.0	
	管面对管轴的垂直度	连接处	$d/500$, 且 ≤ 3.0	焊缝量规检查

注: h 为截面高度; b 为翼板宽度; h 为部件长度。

表 17 组合截面外形尺寸允许偏差(mm)

项 目	允许偏差
构件长度 H	± 3.0
柱身弯曲矢高 f	$H/1500$, 且 ≤ 5.0
柱身扭曲	$h/250$, 且 ≤ 5.0
柱身各零部件组装位置偏移量	± 3.0
组合截面尺寸	$H(b)/250$, ± 10.0

注: h 为截面高度; b 为截面宽度; H 为构件长度。

12.2 钢板剪力墙

12.2.1 钢板剪力墙制作工艺方案应充分考虑分段、变形控制措施及高强度螺栓穿孔率保证措施。

钢板剪力墙由于其板厚相对较薄,且宽度较大,高度涉及多个楼层,无法整体运输,加工制作时需要对其进行竖向及横向分段,分段位置采用现场连接,连接形式主要有高强度螺栓连接、焊接、安装螺栓栓焊组合连接等形式。

钢板剪力墙分段的影响因素比较多,一般需要考虑的有运输尺寸、焊接变形控制、现场连接形式、现场起吊能力及施工操作等,需要加工单位在施工详图设计阶段进行确定,同时应和现场施工单位充分沟通。

12.2.2 钢板剪力墙的制作

钢板剪力墙的制作过程,通过下料、分步装配焊接、主焊缝分段退焊、栓钉跳焊、临时加固支撑等措施,主要解决以下 3 个难点:①焊接不对称引起的镰刀弯的问题;②焊接后钢板剪力墙平面度超差的问题;③现场连接的高强度螺栓孔穿孔率问题。

1 下料

由于钢板剪力墙的分段较多、钢板相对较薄,下料时应特别注意焊接收缩余量的预留及切割变形措施。

2 制孔

由于钢板剪力墙对应的地脚螺栓分布面积大,相对累积误差大,对底板地脚螺栓孔的影响也大,因此建议根据现场实测地脚螺栓定位情况后调整开孔及定位尺寸。

4 整体组装

针对钢板剪力墙单片尺寸大、墙身暗柱、暗梁较多等特点,为有效控制焊接变形,保证焊接质量及构件几何尺寸精度,宜对暗柱、暗梁等部件进行单独组装、焊接和矫正,合格后再进行大组装焊接。

5 焊接

为控制钢板剪力墙的焊接变形,钢板剪力墙在焊接过程中应采取分段退焊、自由边加强等措施。由于大量的栓钉焊接会造成钢板扭曲变形,难以矫正,栓钉焊接宜在钢板周围与其他零件焊接完毕,组合成整体后进行;栓钉可采用隔行跳焊的方式,减少焊接变形。

7 矫正

由于钢板剪力墙的结构形式,加工焊接过程中极易变形,必须及时对超标变形矫正处理。

12.2.3 钢板剪力墙的预拼装

保证钢板剪力墙的高度和宽度方向的连接尺寸,特别是现场高强度螺栓的穿孔率,钢板剪力墙宜在出厂前进行预拼装。钢板剪力墙的出厂前预拼装主要考虑以下因素:

1 钢板剪力墙的外形尺寸(高度、宽度)都比较大,现场分段

连接位置比较多。

2 由于钢板剪力墙的结构形式特点,大面积的钢板四周不对称焊接,焊接变形非常大。

3 考虑现场安装方便,钢板剪力墙较多地采用高强度螺栓的现场连接方式,这种大面积长距离的高强度螺栓孔群的穿孔率控制难度大。

4 由于上述原因,加工时一般将焊接变形较大、控制困难的定位尺寸留到预拼装时再进行确定。

12.3 铸钢件

12.3.1 随着建筑结构的复杂化,用于结构承载的铸钢节点、支座越来越多,现行行业标准《铸钢节点应用技术规程》CECS 235 对此作了较详细的规定。现行国家标准《钢结构工程施工验收规范》GB 50205 和《钢结构焊接规范》GB 50661 也对铸钢件做了要求,因此在满足现行国家和协会标准的前提下,铸钢件的质量基本能够得到控制。

12.3.2 用于建筑钢结构的铸钢件材料焊接时,严格控制碳当量是必要的。为了证明铸钢件实物符合设计或规范的要求,以及工程完工后资料的存档,要求在铸钢件质量证明书中标明碳当量计算公式和数值,也为制作和安装单位在施工中制订焊接施工工艺提供依据。

12.3.3 对铸钢件制造流程加以明确,是基于对其内部质量和交货状态的要求。铸钢件需要在热处理后交货,为了防止铸造缺陷和热处理缺陷流入下一道工序,所以在热处理前后均要进行外观和铸钢件内部质量检查。如果有不合格缺陷存在而焊补,还需进行无损检查,因此铸钢件供需双方应在合同签约时明确铸钢件的制作和检查流程。

铸钢件任何工序间的无损检测均包括内部和浅表面的检测。

12.3.4 铸钢件订货时,供需双方可根据现行行业标准《铸钢节点应用技术规程》CECS 235 对钢液熔炼、铸造工艺、铸造方法、热处理、无损检测等进行规定。

为有效控制铸钢件质量,当订货方要求时,供方除了应提供除铸件质量证明文件外,还应提供热处理记录曲线。作为原始质量证明资料,热处理记录曲线是最有说服力的。

12.3.6 铸钢件外部和内部质量要求与无损检验

3 铸钢件缺陷的焊补应按照工艺评定合格的焊补工艺规程进行,焊补工艺规程需经订货方或监理工程师批准。根据焊接要求,焊补坡口角度不小于 45° ,且底部边角为不小于 $R6$ 的圆弧状,以确保焊接质量。对焊接用铸钢件,当为焊补制备的凹坑深度超过铸件壁厚的 40% 或 25mm(二者中取较小者)时,为重大焊补,故应经设计同意并报监理工程师备案。

4 铸钢件与其他钢构件连接部位是指支管管口焊接坡口处、耳板上销孔连接处等受力集中的部位,其他部位是指铸钢件本体等部位。

12.3.8 铸钢件焊接包括铸钢件之间的焊接和铸钢件与钢构件之间的焊接,由于焊接对象不同,因此在施工过程中应采取不同的焊接工艺。

铸钢件生产厂家的设备、工艺、质量控制水平均对铸钢件的化学成分、力学性能产生较大的影响,因此同一材料牌号,由不同生产厂家生产时,需要重新进行焊接工艺评定。

铸钢件和钢构件焊接后,对焊缝及热影响区应按照现行国家标准《钢结构焊接规范》GB 50661 要求进行检查。当发现在铸钢件侧焊缝热影响区存在不合格缺陷时,应区分缺陷性质。如果是线性(状)缺陷应进行返工,并重新检查;如果是非线性(状)缺陷,可按照铸钢件的验收标准重新对缺陷判定是否合格。由于铸钢件焊接后一般不再具备进行热处理的条件,所以对铸钢件侧焊接热影响区的不合格缺陷返工超过两次以上时,应进行返修工艺评定。

12.3.9 对因焊接导致的变形进行矫正时,不宜对铸钢件侧进行局部加热。除非有足够的热矫正工艺验证外,对铸钢件的局部加热矫正温度应控制在 600℃ 以下。

12.3.11 设计或现行国家标准规定的进厂(场)检查指出厂或进厂的见证检查、第三方检查,包括外观、尺寸、无损检测和力学性能试验或复验。

12.4 索、钢拉杆

12.4.1 一般规定

2 索及钢拉杆在制作过程中还应保留生产、检测记录表,以备查,包括锚具热处理及硬度检测记录、锚具几何尺寸检测记录、锚具表面镀层或涂层厚度的检测记录、半成品索各制作工序的生产记录。

- 1) 其他原材料包括钢丝、聚乙烯护套料(若有)。聚乙烯护套料复检方法应根据每批次的吨位确定,当每批次吨位小于 20t 时,只检查生产企业的出厂检测资料及质保资料;当每批次吨位大于 20t 时,应按照现行行业标准《桥梁缆索用高密度聚乙烯护套料》CJ/T 297 的规定进行复检;
- 2) 锚具的无损探伤检测报告包括超声波探伤和磁粉探伤报告;
- 3) 锚具的化学成分、力学性能应按每一原材料的炉批号进行抽样检验。

12.4.2 索

2 锚具

- 1) 锚具的主要受力构件是指与钢结构节点相连接的接头、销轴、螺纹杆、浇铸接头;
- 2) 锚具受力构件进行超声波探伤检测的抽检比例为 100%;

- 3) 锚具受力构件进行磁粉探伤检测的抽检比例为 100%；
- 4) 锚具几何尺寸的未注线性和角度尺寸公差宜低于现行国家标准《一般公差 未注公差的线性和角度尺寸的公差》GB/T 1804 中 m 级，未注形状和位置公差宜低于现行国家标准《形状和位置公差 未注公差值》GB/T 1184 中 K 级。

3 成品索

- 2) 预张拉次数不少于 3 次，每次持荷时间不应小于 60min。消除非弹性变形的判定依据为：最后两次预张拉的非弹性变形量之差不大于预张拉长度的 0.15%；
- 4) 超张拉前先加载至公称破断荷载的 10%，持荷 3min 后卸载，测量铸体或锚板回缩值，再加载至超张拉载荷，持荷 5min 后卸载，测量铸体或锚板回缩值，两次之差为最终回缩值；
- 6) 成品拉索长度分为零应力索长和指定应力索长。零应力索长的测量可采用经超张拉检测后的成品拉索，卸载至超张拉载荷的 20% 时测量长度，然后再换算成零应力时的长度；指定应力索长的测量可采用经超张拉检测后的成品拉索，卸载至指定应力时测量长度。

12.4.3 钢拉杆

3 杆体

- 1) 杆体经过热处理后，每一热处理炉抽样 20% 做力学性能检测，且不少于 10 件。若有 1 件检验不合格，则在该炉批中再随机加倍抽取，抽样全部检验合格，则该批检验可评定为合格，否则，该批评定为不合格；
- 3) 杆体超声波检测每批抽检 10%，且不少于 10 件。评定标准同 1)；
- 4) 杆体磁粉检测每批抽检 10%，且不少于 10 件。评定标准同 1)。

13 预拼装

13.1 一般规定

13.1.1 构件出厂前预拼装应按照设计或合同要求进行;但对连接形式复杂、外形尺寸不易保证的构件,应根据企业自身加工质量控制情况,合理进行预拼装,预拼装前应编制工艺文件。

13.1.2 当工艺要求通过预拼装确定部分装配定位尺寸或钻孔位置时,可在预拼装定位后继续完成加工,再进行检查验收。

13.1.3 对于同一类型构件较多时,因制作工艺没有较大的变化、加工质量较为稳定,在满足设计和合同要求情况下,可选用一定数量的代表性构件进行预拼装。对于构件尺寸和编号都相同的构件,宜能互换,如通过预拼装确定了具体安装位置而不能互换时,应对构件进行标记或给出单独的构件编号和安装位置,并和安装现场做好沟通。

13.1.4 预拼装方法选择主要根据构件预拼装单位的尺寸范围和场地条件确定。

13.1.5 为保证预拼装测量的准确性,构件应在自由状态下进行拼装。每一根构件(特别是较大构件)与胎架的接触点不得小于2处。

13.2 实体预拼装

13.2.1 根据预拼装范围内构件的结构特点、空间坐标系的高差,按照最大限度降低预拼装胎架高度、方便构件定位测量的原则,合理选择预拼装的基准面,可最大限度降低预拼装胎架高度、

方便构件定位测量;根据场地条件、起重设备等选择合适的预拼装几何形态,预拼装的几何形态主要包括立装、卧装、倒装等,除空间结构为立体预拼装并可设卡、夹具外,其他结构一般均应进行平面预拼装。

13.2.5 为配合现场的安装,宜做好各连接接口处的对合标记、中心线、对合线、标高线、水平线标记,并用中心冲标记,提交监理验收。同时做好各种数据的测量记录表,提供现场安装用。

13.3 数字化预拼装

13.3.1 数字化计算机辅助模拟预拼装具有速度快、精度高、节能环保、经济适用等优点,但目前数字化预拼装的方法和过程还不统一。由于现有测量技术和计算机软件的发展,数字化预拼装还不能对高强度螺栓群连接的构件进行准确模拟预拼装,因此目前还仅限于现场焊接结构的模拟预拼装。当采用数字化预拼装的偏差超过现行国家标准《钢结构工程施工质量验收规范》GB 50205 的规定时,应按本规程第 13.2 节的要求进行实体预拼装。

数字化预拼装的主要过程为:

1 前期准备和条件

- 1) 构件三维 CAD 模型,模型需包含被测构件的坐标点;
- 2) 全站仪、扫描仪等测量设备,以及配套使用的测量附件;
- 3) 单体构件精度分析软件和预拼装模拟分析软件。

2 预拼装范围及构件选择

- 1) 在模型中选取构件预拼装范围内的构件;
- 2) 对选取的构件模型调整坐标系,选定构件测量控制点或位置并编号。

3 现场测量

- 1) 按照测量工艺文件要求,通过测量设备获取构件实体尺寸信息;

2) 通过专用软件将构件实体尺寸信息导入计算机模型。

4 单根构件比对

1) 通过专用软件,将构件实体尺寸信息与模型理论尺寸进行比对;

2) 对照构件尺寸允许偏差标准,给出比对结论;

3) 将对比超标的信息反馈制作和检验部门进行后续调整工作。

5 模拟预拼装

1) 逐一把带有构件实际尺寸信息的单构件模型数据导入预拼装模拟分析软件进行预拼装;

2) 在预拼装模拟分析软件中,根据接口两侧的构件实际尺寸信息,检验各构件接口位置的匹配度;

3) 得出每一个接口部位的模拟预拼装间隙检验结果,对超标尺寸反馈制作和检验部门进行后续调整工作;

4) 全部模拟预拼装完成,且尺寸合格后,输出模拟预拼装检测报告。

13.4 预拼装质量要求

13.4.1 为使构件在检查验收时处于自由状态,应拆除与构件连接的临时强行固定和拉紧装置。

13.4.2 构件预拼装如为螺栓连接时,所有节点板均应装上,除检查各部尺寸外,还应采用试孔器检查板叠孔的通过率。

13.4.3 本条规定了预拼装的偏差值。

14 涂 装

14.1 一般规定

14.1.1 影响涂层质量的因素很多,不仅与设计的涂装体系(涂料类别、涂层厚度等)有关,而且与涂料本身的质量、涂装施工等均有关系;另外,由于涂装防腐寿命在施工阶段无法测量,所以在钢结构施工过程中常作为特殊工序进行控制。根据影响涂层质量的因素,对涂装施工的各个阶段进行控制是非常必要的,因此在施工前,应按照设计文件、标准规范和防腐或防火涂料产品使用说明书的要求,编制涂装施工规程或管理要领书和检查计划进行管理和控制。

14.1.2~14.1.3 内容与现行国家标准《钢结构工程施工质量验收规范》GB 50205 中的有关规定是一致的。

14.1.6 由于钢结构涂装施工所使用的涂料,大多数会产生对人体和环境有害的挥发性物质,且易燃易爆,所以对施工环境、个人防护、防火等应符合国家法律、法规的要求,以做到安全、文明施工。

14.2 表面处理

14.2.1~14.2.2 为了充分发挥涂料对底材的保护和装饰的美观性,除涂料本身的质量外,涂装前钢材表面处理质量是影响涂层使用寿命的主要因素,是确保涂装质量的关键要素。

表面处理包括结构处理、表面清理和表面粗糙度三个部分。

构件的结构处理主要是指材料表面缺陷的处理、锐角的打

磨、角部的磨圆、飞溅的去除、焊缝表面的清理,这些问题对涂层的完整性、附着力均有较大的影响。

构件表面的清理主要是去除影响防腐层寿命的有害物质,包括金属表面的氧化皮、铁锈、可溶性盐、油脂、水分等。如果在涂装前彻底去除这些有害物质,将大大提高涂层的保护效果。

表面粗糙度主要是影响涂层的附着力。粗糙度大可以增加涂层的接触表面并有机机械咬合作用。但是粗糙度过大会在波峰处引起膜厚不足,从而导致早期的点蚀,并且在较深的凹坑里截留气泡,成为涂层鼓泡的根源。

14.2.3 涂装前钢材表面处理的方法目前常用的有抛丸、喷砂和打磨(手工与动力)三种。从施工的工序来看有原材料预处理、分段处理和构件整体处理,但不管哪种方法或工序,都需要达到设计规定的除锈质量等级。

目前中国使用的《涂覆涂料前钢材表面处理 表面清洁度的目视评定》GB/T 8923 等同采用了《涂覆涂料前钢材表面处理 表面清洁度的目视评定》ISO 8501,该国家标准和瑞典工业标准《涂装钢材表面的预处理等级》SIS 05 5900 以及国际标准《色漆和清漆—防护涂料体系对钢结构的防腐蚀保护》ISO 12944 等同。标准对抛射(抛丸和喷砂)除锈、手工和动力除锈、火焰除锈后的钢材表面规定了相应的除锈等级,分别以 Sa、St、F1 表示,字母后的数据表示清除氧化皮和涂层等附着物的程度等级。各种除锈方法和除锈等级的对应见表 18 所示,表 19 列出了各国除锈等级的对应关系。因钢结构工程除锈方法已不再采用活火焰和酸洗除锈(热浸锌除外),所以在表 18 和表 19 不再列出。

14.2.4 钢材表面的清洁度包括可视清洁度(锈蚀、氧化皮)和不可视清洁度(油脂、盐类、灰尘等),对钢结构表面清洁度的评定用除锈等级。对于可视清洁度可以用对比样板进行检查和确认,而对于不可视清洁度的检查,则需要专门的试验仪器或特殊方法。

灰尘清洁度的检查可按照现行国家标准《涂覆涂料前钢材表

面处理 表面清洁度的评定试验 第 3 部分:涂覆涂料前钢材表面的灰尘评定(压敏胶带法)》GB/T 18570.3 的规定执行。

表 18 钢材的除锈方法和除锈等级

除锈方法		除锈等级		要求
抛 射	抛射钢丸、 钢丝段、棱 角钢砂等	Sa1	轻度的喷射或抛射除锈	钢材表面应无可见的油脂和污物,并且没有附着不牢的氧化皮、铁锈和涂层等附着物
		Sa2	彻底的喷射或抛射除锈	钢材表面应无可见的油脂和污物,并且氧化皮、铁锈和涂料涂层等附着物已基本清除,其残留物应是牢固附着的
		Sa2.5	非常彻底的喷射或抛射除锈	钢材表面应无可见的油脂、污物、氧化皮、铁锈和涂料涂层等附着物,任何残留的痕迹应是点状或条纹状的轻微的色斑
		Sa3	使钢材表面洁净的喷射或抛射除锈	钢材表面应无可见的油脂、污物、氧化皮、铁锈和涂料涂层等附着物,其表面应显示均匀的金属光泽
手 工 和 动 力 工 具	用铲刀、钢丝刷、机械钢丝刷、砂轮等	St2	彻底的喷手工和动力工具除锈	钢材表面应无可见的油脂和污物,并且没有附着不牢的氧化皮、铁锈和涂层等附着物
		St3	非常彻底的喷手工和动力工具除锈	钢材表面应无可见的油脂和污物,并且没有附着不牢的氧化皮、铁锈和涂层等附着物。除锈比 St 2 更彻底,底材显露部分的表面应具有金属光泽

表 19 各国除锈等级对应关系表

描述	GB 8923	ISO 8501	SISO 5590	SSPC	DIN 55928	BS 4232	NACE
轻度的喷射或抛射除锈	Sa 1	Sa 1	Sa 1	SP-7	Sa 1		4
彻底的喷射或抛射除锈	Sa 2	Sa 2	Sa 2	SP-6	Sa 2	3 级	4
非常彻底的喷射或抛射除锈	Sa 2.5	Sa 2.5	Sa 2.5	SP-10	Sa 2.5	2 级	2

续表 19

描述	GB 8923	ISO 8501	SISO 5590	SSPC	DIN 55928	BS 4232	NACE
使钢材表面洁净的 喷射或抛射除锈	Sa 3	Sa 3	Sa 3	SP-5	Sa 3	1 级	1
彻底的手工和动力 工具除锈	St 2	St 2	St 2	SP-2	St 2		
非常彻底的手工和 动力工具除锈	St 3	St 3	St 3	SP-3	St 3		

注:1 在美国 SSPC VIS 3 中,对于动力工具和手动工具清理标准分别进行了区分,但是在 ISO 8501-1:1988 和 GB 8923-88 中没有对此进行区分,St 2 和 St 3 分别可以是动力工具和手动工具清理达到的标准。因此,在实际上 SP 3 或 SP 2 分别对应的标准有可能是 St 2/St 3 两个级别标准。

- 2 其中 SSPC SP 10 与 ISO Sa 2.5 相对应,但是在某些招标文件或某些涂装规范中会发现与 ISO Sa 2.5 相对应的可能是 SSPC SP 6。在实际应用中,如果是大气环境的钢结构,就取 SSPC SP 6 与 ISO Sa 2.5 相对应,如果是水下或严酷的腐蚀环境,就取 SSPC SP 10 与 ISO Sa 2.5 相对应。

当设计对构件表面清洁度要求时,应对构件表面油脂进行清理;钢材表面除油程度的评定方法很多,根据国家标准和钢结构行业的特点,目前一般选择规范测试法。规范测试法主要有硫酸铜的浸渍法和点滴法、自由能(表面能力)测试法和较常用的验油试纸法。

可溶性盐分的测定是基于钢材的锈蚀较为严重,经过抛丸处理后,即使达到了 Sa2.5 或 Sa3 级,钢材表面仍会残留无色的可溶性盐分或氯化物。这种残留物往往集中在腐蚀麻坑的底部,如果涂装前不将其清除干净,化学反应会造成腐蚀产物的大量积聚,从而使底材和涂层之间的结合受到破坏。目前对一些使用环境恶劣的钢结构,常要求对除锈后钢材表面的可溶性氯化物进行检测。检测的方法可按照《涂料和有关产品施工前钢质底材的预处理 表面清洁度评价测试 第 2 部分:清洁表面的氯化物实验

室测试法》ISO 8502—2 进行。

14.2.5 对钢材预处理粗糙度的评定方法国际标准化组织(ISO)已经制订了相应的评定标准,即《涂覆涂料前钢材表面处理 喷射清理后的钢材表面粗糙度特性》ISO 8503—1998,我国近几年先后等同采用上述 ISO 标准,制定了国家标准《涂覆涂料前钢材表面处理 喷射清理后的钢材表面粗糙度特性》GB/T 13288。该国家标准分为五部分,分别为:

第 1 部分:用于评定喷射清理后钢材表面粗糙度的 ISO 粗糙度比较样块的技术要求和定义;

第 2 部分:磨料喷射清理后钢材表面粗糙度等级的测定方法 比较样块法;

第 3 部分:ISO 表面粗糙度比较样块的校准和表面粗糙度测定方法 显微镜调焦法;

第 4 部分:ISO 表面粗糙度比较样块的校准和表面粗糙度测定方法 触针法;

第 5 部分:表面粗糙度的复制粘带测定法。

14.2.6 对采用摩擦型高强度螺栓连接面,除要求达到涂装的要求外,还应达到一定的粗糙度要求,以保证抗滑移系数的要求。因此对同一构件可按要求分别处理,当然也可按同一粗糙度要求作处理,但不经济。

14.3 防腐涂装

14.3.1 参照相关标准,本节将涂料防腐涂装、热浸锌、热喷涂统一归类为防腐涂装。

14.3.2 《油漆材料安全数据手册》(MSDS)涵盖了油漆的识别数据,识别数据、材料性质、物理及化学性能、饱和蒸汽浓度、火灾危害及防护装备资料、健康危害资料、运搬储存方法、紧急应变、泄漏及废弃物处理等信息,这对安全管理和正确使用具有重要意义。

3 涂料作为一种化工产品,在施工、干燥、固化过程中受温度、湿度等气候条件的影响非常敏感,因此必须严格控制。控制的项目包括施工环境的温度、相对湿度、钢板表面温度和露点温度等。

除了规程中规定的环境因素外,还要考虑底材和涂料温度。在阳光下和在冬季施工时,除要考虑环境温度外,还要控制钢板温度。其原因是:

- 1) 夏季阳光下,钢板温度过高会产生气泡、针孔和橘皮等外观缺陷;
- 2) 冬季钢板温度过低,即使天气晴好,有时也会在钢板表面细孔处产生肉眼看不见的冰霜,这对涂层会产生极其不利的影响,严重时会发生涂膜脱落的现象。特别是环境温度低于 0°C 时,更加要严格控制涂装施工。

8 重涂间隔的控制主要涉及最小和最大涂装间隔,以及涂层长时间暴露后的情况。涂装间隔与温度、涂料类别、漆膜厚度、涂层道数、施工方法等有关,一般涂料使用说明书中均有规定或说明。

最小重涂间隔是指涂料达到可以进行下一道涂层施工的最短时间,这取决于前一道涂层的干燥和硬度状态。对最大重涂间隔而言,主要取决于表面温度,对附着力的影响。这是因为超过最大重涂间隔,漆面变得光滑坚硬,这时不得做表面拉毛处理,以增加涂层之间的结合力。另外,有些涂料对重涂间隔要求并不重要,只是出于对底漆保护的要求,而将重涂间隔适当控制。

特别需要注意的是环氧系和聚氨酯类涂料,对湿气和二氧化碳非常敏感,特别在低温和高湿的环境里,会在表面产生黏性物质而影响后道漆的附着力。

11 涂装后的检查包括外观检查、干膜厚度、附着力、漏涂点等项目。

- 1) 干膜厚度测量方法和判定原则应符合表 20 的规定;
- 2) 干膜厚度测量:

干膜厚度测量方法有两种:破坏性检查和非破坏性检查。

表 20 防腐涂装干膜厚度测量方法和判定原则

No.	面积	测量方法
1	$\geq 10\text{m}^2$	测量 5 个点, 每个点测 3 个读数, 取其平均值
2	$10\text{m}^2 \sim 30\text{m}^2$	每 10m^2 按 No. 1 测量
3	$30\text{m}^2 \sim 100\text{m}^2$	选 3 个区域, 每个区域 10m^2 , 每个区域按 No. 1 测量
4	大于 100m^2	第 1 个 100m^2 按 No. 3 测量, 以后第 100m^2 随意选 10m^2 进行测量
备注		在上面 No. 3 和 No. 4 的情况下, 如发现测量结果不符合规范要求, 那么每 10m^2 都要进行测量

干膜厚度的破坏性检查是用锋利的刀片划破漆膜, 然后用特制的显微镜观察并计算漆膜厚度。

钢结构领域主要以非破坏检查为主, 即使用干膜测厚仪进行测量。常用的仪器有磁性测厚仪、电子测厚仪、涡流测厚仪。目前国际上通用的方法有 ISO 2898 和美国的 SSPC PA2, 为了便于测量和判定, 本规程采用了 SSPC PA2 给定的方法和原则。

3) 附着力测试:

当设计或合同要求时, 应进行漆膜附着力的测试, 测试方法应按照现行国家标准《色漆和清漆 漆膜的划格试验》GB/T 9286 或《色漆和清漆 拉开法附着力试验》GB/T 5210 的规定执行。

涂层的附着力包括两个方面, 即涂层和金属基体的附着力, 涂层间的附着力。涂层附着力的测试方法和相关标准见表 21。本规程规定了最常用的划格法和拉开法两种。

14.3.3 热浸锌防腐与其他金属防腐或油漆防腐相比, 有其自身的特点。为了控制热浸锌质量, 应在构件设计、制作、热浸锌工艺、热浸锌后的修正等方面进行控制。其中构件结构的设计最为重要, 包括透气孔、流锌孔等。

热浸锌构件的根部应焊透且焊缝无焊接裂纹, 避免热浸锌后构件开裂, 严重时产生较大的裂缝。

表 21 涂层附着力测试方法和标准

测试方法	相关标准
划 X 法	ASTM D3359 方法 A——划 X 法胶带试验
划格法	GB/T 9286 色漆和清漆漆膜的划格法试验
	ASTM D3359 方法 B——划格法胶带试验
	ISO 2409 划格法试验
拉开法	GB 5210 拉开法附着力试验
	ISO 4624 附着力拉开法试验
	ASTM D 4514 附着力拉开法试验
划圈法	GB 1720 涂膜附着力测定法

钢结构构件热浸锌变形是不可避免的,但后期的矫正以机械矫正为宜。但当构件复杂或不能采用机械矫正时,可以采用火焰矫正,但应征得客户或监理的同意。

14.3.4 钢结构表面选择热喷涂防腐时,应考虑热喷涂施工的可达性,宜避免狭窄的空间。

6 金属热喷涂涂层一般不进行孔隙率检查。当设计或合同规定需要进行热喷涂涂层孔隙率检查时,可采用化学反应方法。首先清理涂层表面并进行干燥,然后用浸有 10g/L 氰化钾和 20g/L氯化钠溶液的滤纸覆盖在喷涂层上(5~10)min,观察滤纸是否出现蓝斑点,检测面积不宜少于总面积的 5%。

7 金属热喷涂的安全管理应按照国家相关的法律、法规和规范的要求进行施工。

- 1) 防止噪声污染:噪声源主要来自于空压机、喷砂机、电弧喷枪、高压无气喷涂机等。工地喷涂时应尽量将空压机放置在居民较少的一带,减少夜间施工,必要时加装隔音防护。
- 2) 防止粉尘爆燃:工厂喷涂车间长时间施工后,会产生金属粉尘堆积情况,需及时清理,防止爆燃。
- 3) 工地喷涂时,对工程范围附近的土地及植被注意保护,采取必要的隔离措施,防止污染和破坏。

15 包装、标记及运输

15.1 包 装

15.1.3 构件的包装设计经常被企业忽视,构件制作完全符合设计要求,却因包装不善引起不良后果,造成经济损失,故包装设计因引起企业的充分重视。

15.3 运 输

15.3.3 防止构件运输变形是主要关键,在制定运输方案时应重点考虑防范措施。

16 施工阶段设计

16.1 一般规定

16.1.1 本条规定了钢结构工程施工阶段设计的主要内容,包括施工阶段的结构分析和验算、结构预变形设计、临时支承结构和施工措施的设计、施工详图设计等内容。对于一般工程,应编制施工组织设计;对于大型和特大型工程,应编制施工大纲、施工组织设计、专项方案和实施细则。

16.1.5 第2款中当无特殊情况时,高层钢结构楼面施工活荷载宜取 $0.6\text{kN/m}^2 \sim 1.2\text{kN/m}^2$ 。

施工期间如遇台风天气,此时的风压值往往大于10年一遇的风压值,应制定应急预案,做好施工机械设备、吊装设备、高空作业等防台风措施。吊篮应落地,汽车吊应收起吊臂。龙门吊、脚手架、工地围墙等设施应按相关技术要求进行防大风处理,增设侧面支撑,防止倒塌和脱落。

16.3 施工阶段结构分析

16.3.1 对结构安装成形过程进行施工阶段分析主要为保证结构安全,或满足规定功能要求,或将施工阶段分析结果作为其他分析和研究的初始状态。在进行施工阶段的结构分析和验算时,验算应力限值一般在设计文件中规定,结构应力大小要求在设计文件规定的限值范围内,以保证结构安全;当设计文件未提供验算应力限值时,限值大小要求由设计单位和施工单位协商确定。

16.3.3 重要的临时支承结构一般包括:当结构强度或稳定达到

极限时可能会造成主体结构整体破坏的承重支架、安全措施或其他施工措施等。

16.3.4 本条规定了施工阶段结构分析模型的结构单元、构件和连接节点与实际情况相符。当施工单位进行施工阶段分析时,结构计算模型一般由原设计单位提供,目的为保持与设计模型在结构属性上的一致性。因施工阶段结构是一个时变结构系统,计算模型要求包括各施工阶段主体结构与临时结构。

16.3.5 当临时支承结构作为设备承载结构时,如滑移轨道、提升牛腿等,其要求有时高于现行有关建筑结构设计标准,本条规定应进行专项设计,其设计指标应按照设备标准的要求。

16.3.6 通过分析和计算确定拆撑顺序和步骤,其目的是为了使主体结构变形协调、荷载平稳转移、支承结构的受力不超过预定要求和结构成形相对平稳。为了有效控制临时支承结构的拆除过程,对重要的结构或柔性结构可进行拆除过程的内力和变形监测。实际工程施工时可采用等比或等距的卸载方案,经对比分析后选择最优方案。

16.3.7 吊装状态的构件和结构单元未形成空间刚度单元,极易产生平面外失稳和较大变形,为保证结构安全,需要进行强度、稳定性和变形验算;若验算结果不满足要求,需采取相应的加强措施。

吊装阶段结构的动力系数是在正常施工条件下,在现场实测所得。本条规定了动力系数取值范围,可根据选用起重设备而取不同值。当正常施工条件下且无特殊要求时,吊装阶段结构的动力系数可按下列数值选取:液压千斤顶提升或顶升取 1.1;穿心式液压千斤顶钢绞线提升取 1.2;塔式起重机、拔杆吊装取 1.3;履带式、汽车式起重机吊装取 1.4。

16.3.9 移动式设备主要指移动式塔式起重机、履带式起重机、汽车式起重机、滑移驱动设备等,设备的支承面主要是指支承地面和楼面。当支承面不满足承载力、变形或稳定的要求时,需进

行加强或加固处理。

16.4 结构预变形

16.4.1 本条对主体结构需要设置预变形的情况做了规定。预变形可按下列形式进行分类:根据预变形的对象不同,可分为一维预变形、二维预变形和三维预变形,如一般高层建筑或以单向变形为主的结构可采取一维预变形;以平面转动变形为主的结构可采取二维预变形;在三个方向上都有显著变形的结构可采取三维预变形。根据预变形的实现方式不同,可分为制作预变形和安装预变形,前者在加工厂制作时就进行预变形,后者是在现场安装时进行的结构预变形。根据预变形的预期目标不同,可分为部分预变形和完全预变形,前者根据结构理论分析的变形结果进行部分预变形,后者则是进行全部预变形。

16.4.3 结构预变形值通过分析计算确定,可采用正装法、倒拆法等方法计算。实际预变形的取值大小一般由施工单位和设计单位共同协商确定。

正装法是对实际结构的施工过程进行正序分析,即跟踪模拟施工过程,分析结构的内力和变形。正装法计算预变形值的基本思路为:设计位形作为安装的初始位形,按照实际施工顺序对结构进行全过程正序跟踪分析,得到施工成形时的变形,将该变形反号叠加到设计位形上,即为初始位形。类似迭代法,若结构非线性较强,基于该初始位形施工成形的位形将不满足设计要求,需要经过多次正装分析反复设置变形预调值才能得到精确的初始位形和各分步位形。

倒拆法与正装法不同,是对施工过程的逆序分析,主要是分析所拆除的构件对剩余结构变形和内力的影响。倒拆法计算预变形值的基本思路为:根据设计位形,计算最后一施工步所安装的构件对剩余结构变形的影响,根据该变形确定最后一施工步构

件的安装位形。如此类推,依次倒退分析各施工步的构件对剩余结构变形的影响,从而确定各构件的安装位形。

体形规则的高层钢结构框架柱的与变形值(仅预留弹性压缩量)可根据工程完工后的钢柱轴向压应力计算确定。体形规则的高层钢结构每楼层柱段弹性压缩变形 ΔH ,按公式(2)进行计算:

$$\Delta H = H\sigma/E \quad (2)$$

式中: ΔH ——每楼层柱段压缩变形;

H ——为该楼层层高;

σ ——为竖向轴力标准值的应力;

E ——为弹性模量。

本条规定的专项工艺设计是指在加工和安装阶段为了达到预变形的目的,编制施工详图、制作工艺和安装方案时所采取的一系列技术措施,如对节点的调整、构件的长度和角度调整、安装坐标定位预设等。结构预变形控制值可根据施工期间的百年星监测结果进行修正。

16.5 建筑信息模型技术应用

16.5.1 对于结构复杂或施工过程复杂的钢结构,宜使用建筑信息模型(BIM)技术。目前 BIM 技术在钢结构工程中的应用主要包括碰撞检查、加工制作管理、进度计划安排以及安装工艺模拟等方面。

17 基础、支承面和预埋件

17.1 一般规定

17.1.1 本章适用于单层钢结构、多高层钢结构、大跨度空间结构及高耸结构等工程的安装。

17.2 施工工艺

17.2.1 为了便于调整钢柱的安装标高,一般在基础施工时,先将混凝土浇筑到比设计标高略低 40mm~60mm,然后根据柱脚类型和施工条件,在钢柱安装、调整后,采用一次或二次灌注法将缝隙填实。由于基础未达到设计标高,在安装钢柱时,当采用钢垫板作支承时,钢垫板面积的大小应根据基础混凝土的抗压强度、柱底板的荷载(二次灌浆前)和地脚螺栓的紧固拉力计算确定,取其中的较大者。

钢垫板的面积推荐按公式 3 进行近似计算:

$$A = (Q_1 + Q_2)\epsilon / C \quad (3)$$

式中: A ——钢垫板面积(cm^2);

ϵ ——安全系数,一般为 1.5~3;

Q_1 ——二次浇筑前结构重量及施工荷载等(kN);

Q_2 ——地脚螺栓紧固力(kN);

C ——基础混凝土强度等级(kN/cm^2)。

17.2.2 钢柱脚采用调节螺母作支承时,可利用柱底螺母和垫片的方式调节标高,精度可达 1mm,如图 1 所示。在钢柱校正完成后,因独立悬臂柱容易产生偏差,所以要求可靠固定,并用无收缩

砂浆灌实柱底。

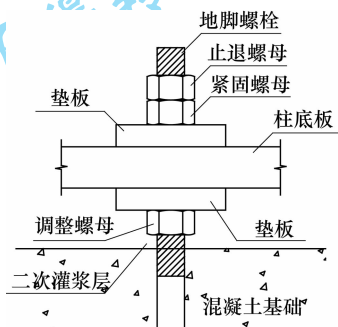


图1 柱脚底板标高精确调整

17.2.3 考虑到地脚螺栓(锚栓)和预埋件的安装精度容易受到混凝土施工的影响,而钢结构和混凝土的施工允许误差并不一致,所以要求对其采取必要的固定支架、定位板等辅助措施。

18 起重设备和吊具

18.1 一般规定

18.1.1 非定型产品主要是指采用卷扬机、液压油缸千斤顶、吊装拔杆、龙门吊机等作为吊装起重设备,属于非常规的起重设备。

18.1.3 进行钢结构吊装的起重设备,必须在其额定起重量范围内吊装作业,以确保吊装安全。若超出额定起重量进行吊装作业,易导致生产安全事故。

18.1.5 抬吊适用的特殊情况是指:施工现场无法使用较大的起重设备;需要吊装的构件数量较少,采用较大起重设备经济投入明显不合理。当采用双机抬吊作业时,每台起重设备所分配的吊装重量不得超过其额定起重量的 80%,并应编制专项作业指导书。在条件许可时,可事先用较轻构件模拟双机抬吊工况进行试吊。

18.1.7 吊装用钢丝绳、吊装带、卸扣、吊钩等吊具,在使用过程中可能存在局部的磨损、破坏的缺陷,使用时间越长存在缺陷的可能性越大。因此,本条规定应对吊具进行全数检查,以保证质量合格要求,防止安全事故发生,并在额定许用荷载的范围内进行作业,以保证吊装安全。

18.2 起重设备

18.2.3 当起重设备附着于或支承于永久结构上时,应进行结构验算,并应得到设计单位的同意。结构验算应按下列规定执行:

1 结构验算应对履带式起重机工作路径下的地基承载力进

行复核,当地基承载力不满足要求时,应进行地基加固处理。

2 汽车式起重机或履带式起重机在在楼面上开行时应对应楼板的承载力进行复核;汽车式起重机在在楼面上定点吊装时应对应楼面梁的承载力进行复核。

3 结构验算应对附着式塔式起重机附着处的主体结构的承载力进行复核。

4 结构验算应对爬升式塔式起重机爬升框搁置处的主体结构承载力进行复核。



19 施工测量

19.2 平面控制网

19.2.2 本条规定了四种定位放线的测量方法,选择测量方法应根据仪器配置情况自由选择,以控制网满足施工需要为原则,各种方法的适用范围如下:

1 直角坐标法适用于平面控制点连线平行于坐标轴方向及建筑物轴线方向时,矩形建筑物定位的情况。

2 极坐标法适用于平面控制点的连线不受坐标轴方向的影响(平行或不平行于坐标轴),任意形状建筑物定位的情况,以及采用光电测距仪定位的情况。

3 角度(方向)交会法适用于平面控制点距待测点位距离较长、量距困难或不便量距的情况。

4 距离交会法适用于平面控制点距待测点距离不超过所用钢尺的全长且场地量距条件较好的情况。

19.2.3 本条规定的允许误差的依据为现行国家标准《工程测量规范》GB 50026 的轴线竖向传递允许偏差的规定,以及现行国家标准《钢结构工程施工质量验收规范》GB 50205 中规定的施工要求限差的 0.4 倍。竖向投测转点在 50m~80m 之间选取时,当设备仪器精度低时取小值,精度高时取大值。

19.3 高程控制网

19.3.3 对于建筑物标高的传递,要对钢尺进行温度、拉力等的校正。引测的允许偏差是参考现行国家标准《工程测量规范》GB 50026 第 8.3.11 条的有关规定。

20 构件安装

20.1 一般规定

20.1.1 本章适用于钢结构安装工程中柱、梁等常规构件以及阻尼器、支座、延迟构件等特殊构件的安装。

20.1.2 设计文件无特殊要求时,吊装耳板和吊装孔可保留在构件上,需去除耳板时,可采用气割或碳弧气刨方式在离母材 3mm~5mm 位置切除,严禁采用锤击方式去除。

20.1.6 后安装构件一般仅承受部分结构恒载作用或不承受结构恒载作用,设计文件通常会对后安装构件的安装顺序作出明确的要求。屈曲约束支撑(BRB)其实就是一种常见的后安装构件,这类支撑仅承受水平荷载作用,设计文件一般不允许这类支撑随层安装。

20.2 施工工艺

20.2.1 双机抬吊法的特点是起吊时用两台起重机将钢柱悬空起吊,钢柱底部不着地。一般钢柱较重或带有比较大的挑翼时,采用此种方法。单机旋转回直法的特点是起吊时钢柱回转成直立状态,其底部必须垫实不可拖拉。

20.2.2 捆扎法:适用于自重较轻的钢梁。工具式吊具:此法劳动强度低,装拆方便,能提高工效,对构件与索具的磨损较小。吊具需有防止松脱的保险装置。在梁上设钢吊装连接板:适用于大而重的钢梁。

20.2.3 支撑构件安装后对结构的刚度影响较大,故要求支撑的

固定一般在相邻结构固定后,再进行支撑的校正和固定。

20.2.4 屈曲约束支撑(BRB)应按照相关产品验收标准进行验收。

20.2.5 钢板墙属于平面构件,易产生平面外变形,所以要求在钢板墙堆放和吊装时采取相应措施,如增加临时肋板,防止钢板剪力墙的变形。钢板剪力墙主要为抗侧向力构件,其竖向承载力较小,钢板剪力墙开始安装时间应按设计文件的要求进行,当安装顺序有改变时应经设计单位的批准。设计时宜进行施工模拟分析,确定钢板剪力墙的安装及连接固定时间,以保证钢板剪力墙的承载要求。对钢板剪力墙未安装的楼层,即钢板剪力墙安装以上的楼层,应保证施工期间结构的强度、刚度和稳定满足设计文件要求,必要时应采取相应的加强措施。

20.2.7 成品支座、关节轴承以及调谐质量阻尼器(TMD)应按照相关产品验收标准进行验收。

20.2.8 钢铸件与普通钢结构构件的焊接一般为不同材质的对接。由于现场焊接条件差,异种材质焊接工艺要求高。本条规定对于铸钢节点,要求在施焊前进行焊接工艺评定试验,并在施焊中严格执行,以保证现场焊接质量。

21 单层钢结构安装

21.1 一般规定

21.1.1 本章适用于单层钢结构主体结构的安装工程。

21.2 施工工艺

21.2.1 所谓综合安装法：系首先吊装各列钢柱及其柱间支撑，再吊装吊车梁、制动梁（桁架）及托梁（托架），随吊随调整，然后再逐节间地依次吊装屋架、天窗架及其水平和垂直支撑、屋面板等构件，随吊随调整固定，如此逐段逐节间进行，直至全部安装完厂房结构的施工方法。

21.2.5 吊车梁的校正应在屋盖吊装完成并固定后进行，以免因屋架吊装校正引起钢柱跨间移位。校正可用千斤顶、撬杠、钢楔、倒链、花篮螺栓等工具进行。

21.2.6 钢屋架吊装机械可用履带式起重机、塔式起重机或桅杆起重机等进行。钢屋架的绑扎点要保证屋架吊装的稳定性，否则应在吊装前进行临时加固。当钢屋架与钢柱的翼缘连接时，应保证屋架连接板与柱翼缘板接触紧密，否则应垫入垫板使其密贴。钢屋架校正时，垂直度可采用挂线锤的方法检验，弯曲度可用经纬仪加标尺或拉紧测绳进行检验。

21.2.9 单层钢结构安装过程中，采用临时稳定缆绳和柱间支撑对于保证施工阶段结构稳定非常重要。要求每一施工步骤完成时，结构均具有临时稳定的特征。

22 多层与高层钢结构安装

22.1 一般规定

22.1.1 本章适用于多层与高层钢结构的主体结构、地下钢结构等安装工程。

22.2 施工工艺

22.2.1 由于制作和吊装的需要,对整个建筑应从高度方向须划分若干个节。在吊装时,除须保证单节框架自身的刚度外,还须保证自升式塔式起重机(特别是内爬式塔式起重机)在爬升过程中的框架稳定。

22.2.2 可将高层钢结构在立面上划分为若干节框架(一般以三层为一节)。多数节的框架其结构类型基本相同,这类框架可称为标准节框架,其余框架可称为特殊节框架。

特殊节框架不同于标准节框架。由于其建筑和结构上的特殊要求,其施工有不同的要求,如设备层、结构加强层、底层大厅、旋转餐厅层、屋面层等,为此应制定特殊构件吊装的施工技术方案。

节间综合安装法是针对标准节框架而言,施工时首先选择一个节间作为标准间。安装若干根钢柱后立即安装框架、次梁和支撑等,由下而上逐间构成空间标准间,并进行校正和固定。然后以此标准间为依靠,按规定方向进行安装,逐步扩大框架,直至该施工层完成。

构件分类大流水安装法是在标准节框架中先安装钢柱,再安

装框架梁,然后安装其他构件,按层进行,从下到上,最终形成框架。国内目前多数采用此法,主要原因是:

- 1 影响钢构件供应的因素多,构件配套供应有困难。
- 2 在构件不能按计划供应的情况下尚可继续进行安装,有机动余地。
- 3 管理工作相对容易。

两种不同的安装方法各有利弊。但是,只要构件供应能够确保,质量又合格,其生产工效的差异不大,可根据实际情况进行选择。

22.2.3 当设计文件没有明确伸臂桁架的终固时间时,施工单位应进行结构竖向压缩变形分析,并与设计单位沟通协商,制定伸臂桁架安装专项方案。

22.2.7 柱顶的标高误差产生原因主要有以下几个方面:

- 1 钢柱制作误差。
- 2 吊装后垂直度偏差造成。
- 3 钢柱电焊对接造成焊接收缩。
- 4 钢柱与混凝土结构的压缩变形。
- 5 基础的沉降。

调整的方法是:如果标高偏高,必须在后节柱上截去相应的误差长度;如果标高偏低,须采用填塞相应厚度的钢板,钢板必须与原钢柱同种材质。

由于钢柱截短相对繁琐,因此施工时应将柱顶标高尽可能控制在负公差内。

高层钢结构安装时,随着楼层升高结构承受的荷载将不断增加,这对已安装完成的竖向结构将产生竖向压缩变形,同时也对局部构件(如伸臂桁架杆件)产生附加应力和弯矩。在编制安装方案时,根据设计文件的要求,并结合结构特点以及竖向变形对结构的影响程度,考虑是否需要采取预调整安装标高、设置构件后连接固定等措施。

23 大跨度空间结构安装

23.1 一般规定

23.1.1 本章适用于空间格构结构、悬索结构、膜结构等大跨度空间钢结构的安装工程。确定大跨度空间结构安装方法要考虑结构的受力特点,使结构完成后产生的残余内力和变形最小,并满足原设计文件的要求。同时考虑现场技术条件,重点使方案确定时能够考虑到现场的各种环境因素,如与其他专业的交叉作业、临时措施实施的可行性、设备吊装的可行性等。

本条列出了几种典型的大跨度空间钢结构的安装方法:

1 高空散装法适用于满堂支撑拼装的各种大跨度空间钢结构,也可根据结构特点选用部分支撑的悬挑拼装方法。

2 分条或分块安装法适用于分割后结构的刚度和受力状况改变较小的大跨度空间钢结构,分条或分块的大小根据设备的起重能力确定。

3 滑移法适用于能设置平行滑轨的各种大跨度空间钢结构,尤其适用于跨越施工(待安装的屋盖结构下部不允许搭设临时支撑或行走起重机)或场地狭窄、起重运输不便等情况,当大跨度空间钢结构为大面积大柱网或狭长平面时,可采用滑移法施工。

4 整体提升法适用于平板空间钢结构,结构在地面整体拼装完成后提升至设计标高、就位。

5 整体顶升法适用于支点较少的大跨度空间钢结构,结构在地面整体拼装完成后顶升至设计标高、就位。

6 整体吊装法适用于中小型空间钢结构,吊装时可在高空

平移或旋转就位。

7 折叠展开式整体提升法适用于柱面网壳结构,在地面或接近地面的工作平台上折叠起来拼装,然后将折叠的结构用提升设备提升到设计标高,最后在高空补足原先去掉的杆件,使机构变成结构。

8 高空悬拼安装法适用于大悬挑空间钢结构,目的为减少临时支承数量。

23.1.6 采用整体顶升法、整体滑移法、整体提升法施工时,瞬时的加速度会对被提升构件或结构以及提升支架产生附加动荷载,建议提升加速度应控制在 $0.1g$ 以内。

23.1.7 温度变化对钢构件有热胀冷缩的影响,因此应选取适当的时间段进行结构的合拢施工,避免次应力的产生。

23.1.9 确定拆撑顺序和步骤的目的是为了使主体结构变形协调,荷载平稳转移。为了有效控制临时支撑的拆除过程,对重要的结构或柔性结构宜进行拆撑过程的内力和变形监测。

23.2 施工工艺

23.2.1 螺栓球节点与支座或屋面系统支管焊接时,应按照焊接工艺要求进行预热。螺栓球节点和支座焊接时的预热比较方便,但和屋面系统的支管焊接时由于螺栓球已和杆件安装而导致预热困难,施工时应加以注意,以保证焊接质量。

23.2.3 吊装法施工

1 当被吊装的结构不能保证其刚度时应采取临时加固措施。

2 其目的是使结构能满足受力及变形要求。相邻两拔杆或相邻吊组的合力点间的提升高差允许值可取吊点间距离的 $1/400$,且不宜大于 100mm ,或通过验算确定。

23.2.4 高空滑移法施工

4 从滑移对象分,可分为工作平台滑移法和结构滑移法。工作平台滑移法是指采用在地面或楼面设置滑轨,将结构拼接在工作平台上,由工作平台在滑轨上移动,从而将结构滑移至设计位置的方法。从滑移物的大小分,可分为单元滑移法和区间累计滑移法。

5 从滑移所需动力源相对于滑移物的位置分,可分为牵引法和顶推法。牵引和顶推力宜有 $10\% \sim 20\%$ 的富余。滑移时应防止由静摩擦力转为动摩擦力时的突然滑动。从滑移的轨迹分,又可分为直线滑移法和旋转滑移法。旋转滑移法是一种较为新颖的滑移方式,施工时应有较好的控制内外滑移轨迹的施工措施。

23.2.5 提升法施工

1 提升阶段的验算内容应包括被提升结构的整体稳定性,提升支架的强度和稳定性以及结构柱的强度和稳定性。

3 其目的是为了保证提升设备有足够的负荷能力,防止意外因素的干扰影响施工。当采用电动螺杆升板机提升时,负荷能力的折减系数可取 $0.7 \sim 0.8$,其他设备通过试验确定。

4 相邻两个提升点允许升差值应符合下列规定:使用升板机时,为相邻点距离的 $1/400$,且不大于 15mm ;使用穿心式液压千斤顶或钢索式液压提升千斤顶时,可为相邻点距离的 $1/250$,且不大于 25mm 。最高点与最低点允许升差值:使用升板机时应小于等于 35mm ;使用穿心式液压千斤顶或钢索式液压提升千斤顶时,应小于等于 50mm 。也可通过验算确定相邻两提升点和最高与最低提升点的允许升差值。

23.2.6 顶升法施工

4 丝杠千斤顶时可取 $0.6 \sim 0.8$;液压千斤顶时取 $0.4 \sim 0.6$ 。各千斤顶的行程和提升速度必须一致。

5 允许升差值可按以下值选取:

1) 小于相邻两个顶升用的支承结构间距的 $1/1000$,且不

应大于 15mm;

- 2) 支承结构上有两个或两个以上千斤顶时,取千斤顶间距的 $1/200$,且不应大于 10mm。

6~7 这是为了保证被顶升结构与支座能顺利对接。

23.2.7 折叠展开法施工

1 当网壳提升至设计高度附近,机构接近瞬变状态。瞬变发生时铰部位的运动速度很快,提升力迅速减小,提升索松弛,网壳杆件内力增大直至破坏。在施工中必须采取有效措施防止机构出现瞬变。

2~3 若分块结构在提升过程中,可动铰不共线、铰线不平行或者提升不同步,都会导致结构内部产生附加内力,对结构整体产生不利影响。因此,在安装和提升过程中应提高精度,采取先进的施工手段,确保一条铰线上的铰共线,各铰线平行,严格控制提升时各吊点的高差。

23.2.8 因材料、制作、安装等原因,使拉索张拉力和结构外形同时达到设计要求有一定困难。因此,应与设计单位商讨相应的控制标准,使张拉力和结构外形能兼顾达到要求。

对钢索施加预应力可采用液压千斤顶直接张拉;也可采用顶升撑杆、结构局部下沉或抬高、支座位移、横向牵拉或顶推拉索等多种方式。一般情况下,张拉时不将所有拉索一次张拉到位,而采用分批分级进行张拉的方法。根据整个结构特点将预应力张拉力分为若干级,使得相邻构件变形、应力差异较小,对结构受力有利,同时也易于控制最终张拉力。

24 高耸钢结构安装

24.1 一般规定

24.1.1 本章适用于自立式塔式结构和桅式结构的高耸钢结构的安装工程。

24.1.4 受测量仪器的仰角限制和大气折光的影响,高耸结构的标高和轴线基准点应逐步从地面向上转移。由于高耸结构刚度相对较弱,受环境温度和日照的影响变形较大,转移到高空的测量基准点经常处于动态变化的状态。一般情况下,若此类变形属于可恢复的变形,则可认为高空的测量基准点有效。

25 压型金属板施工

25.1 一般规定

25.1.1 本章适用于工业和民用建筑和一般构筑物的组合楼盖与组合平台结构中压型金属板制作和铺设施工,也可作为浇筑混凝土所需的永久性模板用途的非组合板的压型金属板施工。

25.1.2 压型金属板施工详图设计时,应对施工阶段压型金属板进行强度和变形验算。

验算时应计算压型金属板与钢筋、混凝土自重等永久性荷载及施工荷载和附加荷载等可变荷载。计算的结果应作为选择经济的压型金属板厚度、断面等的依据。当验算结果不满足强度要求时,可加临时支撑以减小板跨,并重新对压型金属板进行验算。梁跨度大于 7m 时设不少于三个支承点;小于等于 7m 时设 1~2 个支承点。

压型金属板安装前应绘制排板图。标出柱、梁与压型金属板的相互关系及连接方法。

压型金属板铺设的纵向末端不足处,其空隙在 250mm 以内时应由收边板填充处理,超过时按正常板块设计。压型金属板端部垂直搁置于钢梁翼缘上时,其搁置长度不小于 50mm。边模封口板安装应和压型金属板波距对齐,偏差小于等于 3mm。压型钢板铺设末端距钢梁上翼缘或预埋件边不大于 200mm 时,可用收边板收头。

25.2 施工工艺

25.2.1 压型金属板应有明确的材质标签,确保使用中不会混用;堆放时应用枕木架空,并应有一定倾斜度,以防止积水。堆放时应多设支点,钢筋楼承板堆放高度不宜超过 2m。

25.2.4 压型金属板安装铺设时,相邻压型金属板端部的波形槽口应对齐,必要时应扣紧,防止楼板浇筑时砂浆渗漏。压型金属板公母扣扣合处以夹扣或点焊方式扣合夹紧,相邻间距不应大于 900mm。压型金属板应按排板图由下往上、由近及远顺序依次对号铺设,铺设时应以压型金属板母扣件为基准起始边,母扣中心至钢梁翼缘边应为 15mm~50mm。

25.2.5 压型金属板搁置于主、次梁的位置处,均应在每个波谷处点焊。压型金属板及收边侧向与钢梁之间的焊点间距不应大于 900mm。

25.3 质量要求

25.3.3 压型金属板安装允许偏差中,压型金属板与支承结构的锚固支承长度应符合设计要求,在钢梁上的支承长度不应小于 50mm,其支承长度的偏差值不能为负值;端部锚固件连接应可靠,设置位置应符合设计要求。

26 施工监测

26.1 一般规定

26.1.1 本章适用于高层结构、大跨度空间结构、高耸结构等大型重要钢结构工程,按设计要求和合同约定进行的施工监测。

26.1.4 整个结构安装施工时期从结构第一个零部件安装开始,到建筑物竣工为止。

26.1.5 结构施工过程监测参数的确定,依赖于具体的施工技术方案,应与实际实施的施工方法完全一致;当施工过程中施工技术方案有变更时,应重新进行施工过程模拟计算,并应重新评估监测参数及其测点布置。

结构施工所采用的技术方案,应通过施工过程模拟计算验证能够保证施工过程安全及结构的施工精度。对于特殊或新型钢结构施工技术方案,应针对具体施工技术方案进行施工过程模拟计算,尚宜根据计算结果补充其他必需的监测参数。

26.1.7 结构施工过程中,反映结构施工系统失效特征的现象通常主要包括:结构失稳、体系几何瞬变、构件应力及支座反力的突变;

26.1.8 结构施工过程监测,可按下列要求选择监测仪器:

- 1 构件或零部件的应变,可采用应变计测量。
- 2 结构变形或位移,可采用全站仪、经纬仪等仪器测量,测量方法应符合本规程第 29 章及现行国家标准《钢结构工程施工规范》GB 50755 第 15 章的规定。
- 3 移动单元的运动,可采用加速度传感器测量。
- 4 施工现场环境,可采用温度计、湿度计及风向风速仪

测量。

26.1.9 施工过程监测测点的布置,除根据施工过程模拟计算结果确定外,尚需根据施工现场具体条件和施工安装程序与环境状况进行修正和调整。

26.2 仪器设备要求

26.2.1 结构施工过程监测的仪器和设备,应符合下列要求:

- 1 量程及频率,应满足实际工程施工监测的要求。
- 2 灵敏度及分辨率,应满足实际监测测试的要求。
- 3 采集或输出数据的精度,应满足施工过程监测与控制的要求。
- 4 采集或输出的数据,应准确、稳定。
- 5 应具有抗腐蚀性与抗电磁波干扰性能。
- 6 使用寿命应不小于结构的施工周期。
- 7 供电方式宜灵活多样。
- 8 应技术成熟、性能可靠。
- 9 宜体积小、重量轻。

同时,结构施工过程监测系统,应符合下列要求:

- 1 数据采集设备与监测元件的性能应匹配。
- 2 数据采集频率与传输速度应符合具体工程监测的要求。
- 3 系统应具有无线传输数据的功能。
- 4 系统应具有实时数据接收、处理与分析、传输的功能。
- 5 系统应能为施工过程实时控制提供有效的监测数据。
- 6 当监测数据采集或传输出现故障或中断时,系统应能及时报警。

26.2.2 监测仪器和设备的布置方式,应根据被监测结构或构件的几何特征、受力特点与移动或变形模式确定。

26.3 数据采集与处理

26.3.1 结构施工过程监测数据采集的间隔或周期,应反映结构状态随施工进程的连续变化特征,一个施工安装步内至少应采集一次监测数据。

26.3.3 对结构施工过程的实时监测数据,应实时判定其有效性,并应及时确定和标记异常数据,且应及时确定异常数据产生的原因。结构施工过程监测数据的有效数值,可采用图形、表格、曲线的方式实时显示。提供结构施工过程监测数据的有效数值时,应给出其误差界限及适用范围。

26.3.4 对于连续的监测数据链,可采用回归拟合的方法获得有效数值及其曲线;对于因某种故障而导致数据采集中断或部分数据缺失的数据链,宜根据故障原因及缺失数据的特征或类型,选择相应的插值方法补偿缺失数据,并得到有效数值及其曲线。

26.3.5 对结构施工过程的实时监测数据及经过分析处理的有效数据,应根据施工步骤和数据类型进行存储,由此形成结构施工过程监测数据库。结构施工过程监测数据库的测点位置与数量、数据类型和格式,应符合结构使用阶段健康监测与结构性能状态评定的要求。

26.4 结构施工状态评估、预警与控制

26.4.2 结构施工系统的受力状态,应根据主要施工监测参数的有效数值确定,并应与数值模拟计算结果比较判定。

26.4.3 结构施工系统安全性预警监测参数的临界值,应通过结构施工过程模拟计算并结合现行国家标准《钢结构设计规范》GB 50017 确定。对于强度条件控制的构件或节点的监测参数,可取材料屈服强度作为临界值;对于稳定性控制的构件或结构,可取

稳定性计算得到的临界荷载作为监测参数的临界值;对于具有移动或运动特征的施工过程,可取最大移动速度或动力稳定临界状态对应的参数值作为监测参数的临界值。

26.4.5 主体结构安装偏差及变形,应根据施工监测的有效数值确定。

26.4.7 结构施工过程的伺服控制,宜分两级进行预警。当施工监测参数有效数值的偏差(绝对值)达到允许偏差的 0.9 倍时,宜仔细检查产生偏差的原因;当施工监测参数有效数值的偏差(绝对值)达到或超过允许偏差时,应停止施工,且应查明产生偏差的原因,并应修正或调整施工技术路线。

结构施工监测参数有效数值的偏差,应根据施工监测参数的有效数值与施工过程模拟计算数值的差值确定。

27 安全和环境保护

27.6 吊装区安全

27.6.8 对堆放于高空或虽已经铺设完毕,但还未浇筑混凝土的压型金属板,当出现强对流天气、台风等极端气候条件时,都有被气流掀翻或吹落的危险,应采取有效的安全措施,对压型金属板进行固定,以确保施工过程及人身财产安全。

28 工程资料编制与管理

28.1 一般规定

28.1.1 钢结构施工单位应建立必要的工程文件质量管理责任制度和计算机管理系统。通过施工过程的运行、内部的审核与评审,找出工程文件管理方面存在的问题,并制定改进措施加以跟踪检查与落实,使其不断提高工程文件编制与管理质量的基本保证。

28.1.3 由于钢结构施工单位在工程项目中的施工范围内容属于分部(子分部)工程,因此其在工程文件编制的内容只是单位(子单位)工程中一分部,在工程文件分类立卷后应向合同发包方移交。

28.1.4 信息技术已广泛应用于工程文件与资料的管理,故作此规定。

28.2 工程文件的编制要求

28.2.1 建筑工程文件归档范围包括工程准备阶段文件、监理文件、施工文件、竣工图、工程竣工验收文件等内容。其中施工文件分八个部分。施工工程文件内容和深度应按现行的国家规范和项目所在地关于建筑工程质量竣工资料的规定与要求进行编制,对质量记录内容不全的部分可按上海市金属结构行业协会所编制的质量记录表格或自编表格补齐有关内容。

28.2.2 工程文件填写的内容必须符合实际,才能真正起到文件的作用。

28.2.3 工程质量检查验收时,对主控项目检查验收不能满足“验收规范”规定或一般项目超过验收偏差限值的样本数量不符合“验收规范”规定,应及时进行处理。允许施工单位在采取相应的措施后重新验收,如能符合“验收规范”规定和设计要求或在不影响安全和主要使用功能条件下符合技术处理方案和协商文件要求的验收,应认为验收合格。

28.2.4 根据我国现行国家标准规定和施工实际情况与条件,对工程施工质量检查、验收记录表格内容填写作了一定的质量要求。

1 目前“现场验收原始记录”可采用移动验收终端原始记录或采用手写检查原始记录,建议使用移动验收终端原始记录形式。

手写检查原始记录的填写必须是手工填写,禁止机打;移动验收终端原始记录生成后必须有效储存、评定,严禁擅自修改。参加现场检查的施工单位专业工长、专业质量检查员和专业监理工程师应分别由本人共同签署确认该原始记录。

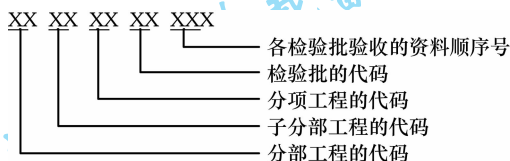
“现场验收原始记录”应在钢结构分部工程竣工验收前存档备查,以便建设、施工、监理等单位及监督部门对验收结果进行追溯、复核。

2 根据现行国家标准《建筑工程施工质量验收统一标准》GB 50300 中关于分部工程、分项工程、检验批划分的代码规定,对质量验收记录表的填写提出要求:

1) 检验批质量验收记录表的填写

(1) 检验批质量验收记录表的编号统一为 11 位数的数码编号,其表示方法如下所示,其中,分部工程、子分部工程、分项工程、检验批的代码按现行国家标准《建筑工程施工质量验收统一标准》GB 50300 中关于分部工程、分项工程、检验批划分的规定代码进行。

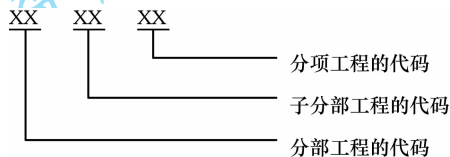
(2) 应正确填写本次检验的检验批部位、容量。



- (3) 应按规范和设计要求填写本次检验批抽查规定的最小抽样数量和实际抽样数量。
- (4) 应按本次检验批规定的条文验收项目填写检查记录。其中主控项目应按“验收规范”要求作文字说明，一般项目应填写抽查数量、合格数量、整改情况。
- (5) 检查结果中，主控项目一般以“√”符号表示合格，“×”号表符号表示不合格，一般项目应统计合格数量的百分比后填入。
- (6) “施工单位检查结果”栏内填写“主控项目全部合格，一般项目符合验收规范要求”或“符合要求”等评语。分别由专业工长和项目专业质量检查员本人签名确认。
- (7) 当本次检验批逐项抽查验收合格时，专业监理工程师应及时在“监理单位验收结论”栏填写“合格”或“同意验收”结论，并由本人签名确认。

2) 分项工程质量验收表格的填写

- (1) 分项工程质量验收记录表的编号统一为 6 位数的数码编号，其表示方法为：



其中，分部工程、子分部工程、分项工程的代码按现行国家标准《建筑工程施工质量验收统一标准》GB 50300 中关于分部工程、分项工程划分的规定代码进行。

- (2) 表格中“序号”栏的填写按检验批的排列顺序依次排号

进行,当检验批项目多于一页时,则增加表格,顺序排号。

- (3) 表格表头所列工程名称等其他各栏项目内容,检验批名称、容量、部位/区域、施工单位检查结果栏由施工单位项目专业质量检查员填写,对检验评定合格的检验批在“施工单位检查结果”栏内填写“符合要求”或“验收合格”。
- (4) “说明”栏中,应说明该分项工程所含检验批的质量验收记录是否完整。
- (5) 由施工单位项目专业技术负责人组织进行自检,分项工程合格后在“施工单位检查结果”栏内填写“符合要求”的结论,并由本人签名确认。
- (6) 由项目专业监理工程师组织对分项工程各检验批检查项目内容逐项审查,对同意项在“监理单位验收结论”栏内填写“合格”结论。
- (7) 对同意验收的分项工程,项目的专业监理工程师应及时在分项工程“监理单位验收结论”栏内签署“合格”或“符合要求”结论,并由本人签名确认。

3) 分部工程质量验收表格的填写

- (1) 分部工程质量验收记录表的编号统一为 2 位数的数码编号。其中,分部工程的代码按现行国家标准《建筑工程施工质量验收统一标准》GB 50300 中关于分部工程划分的规定代码进行。
- (2) 表格中“序号”栏的填写按分项工程的排列顺序依次排号进行,当分项工程项目多于一页时,则增加表格,顺序排号。
- (3) 表格表头所列工程名称等各栏项目内容,子分部工程名称、分项工程名称、检验批数量由施工单位项目专业质量检查员填写,其应与检验批、分项工程的名称相一

致,有分包单位时应填写分包单位全称(与合同及图章相一致)。

(4) 检查内容填写:

① 施工单位对检查合格的分项工程在“施工单位检查结果”栏内填写“符合要求”。

② 质量控制资料的项目填写前,应按《钢结构工程质量控制资料核查记录》对质量控制资料逐项进行核查,其内容为:

- a. 查资料是否齐全,有无遗漏;
- b. 查资料的内容有无不合格项;
- c. 查资料横向是否相互协调一致,有无矛盾;
- d. 查资料的分类整理是否符合要求,案卷目录、份数页数及装订等有无缺漏;
- e. 查各项资料盖章签字是否齐全,日期是否符合施工逻辑,签名是否为本人签署。

核查合格后,施工单位应在“施工单位检查结果”栏内填写资料的份数和核查意见,监理工程师应在“监理单位验收结论”栏内填写“合格”。

③ 安全和功能检验结果的项目填写前,应按《钢结构分部(子分部)工程有关安全和功能检验和见证检测项目》规定逐项进行核查,其内容为:

- a. 查工程施工过程中,是否对规定或确定的检验项目全部进行了检测;
- b. 要逐一对每份检测报告进行核查。检查检测报告的检测方法、程序是否符合有关标准的规定;检测结论是否达到规范的要求;检测报告的审批程序及签字是否完整等;
- c. 凡是按规范规定或约定需要在钢结构分部(子分部)工程竣工时进行抽样检测的项目,应在钢结构分部(子分

部)工程竣工验收时进行检测,并达到合格要求。

当确认能够基本反映工程质量情况,达到保证结构安全和使用功能的要求后,施工单位应在“施工单位检查结果”栏内填写资料的份数和“检查合格”,总监理工程师应在“监理单位验收结论”栏内填写“合格”。

- ④ 观感质量检验结果的项目填写前,由总监理工程师组织对观感质量进行验收,并确定观感质量等级。当达到“好”或“一般”时,则视为合格,可在“观感质量”验收意见栏内填写质量等级;
- ⑤ “综合验收结论”填写前,由总监理工程师与各方协商,确定符合规定时在表各栏分项填写,并在“综合验收结论”栏填写“钢结构分部工程验收合格”;
- ⑥ 签字栏:按规定参加分部工程质量竣工验收的有关单位代表亲自签名,表示确认并负质量责任。

28.3 工程文件收集范围与整理

28.3.1~2 工程文件的收集范围应符合本单位工程承接范围和合同约定的竣工资料归档文件内容要求。

28.3.3 形成工程竣工后档案的工程文件不全部是竣工验收时所需要的工程文件。其归档内容各有不同的范围要求,在收集、整理时应分别立卷。对不属于归档范围、没有保存价值的工程文件,在竣工验收合格后,可由文件形成的施工单位自行组织销毁。

28.3.5 形成工程竣工档案的工程文件应至少为三份(其中两份应为原件),该三份竣工档案工程文件应属于施工单位今后向合同发包单位移交的工程文件,并应按归档范围要求分别立卷。

28.3.6 施工资料必须齐全完整,这是质量验收的必要条件。正常情况下施工资料不应缺失,但由于管理不善各种原因导致施工资料缺失,其将影响工程正常的竣工验收。为了解决这个矛

盾,本条规定可以委托有资质的检测机构对施工资料缺失部分按有关标准进行相应的实体检验或抽样试验,此检验报告可用于工程验收。

对于建设手续不全,违章建筑等工程不能用本条规定完成工程竣工验收。

28.3.9 钢结构工程竣工图的编制应同时按照现行国家标准《建设工程文件归档规范》GB/T 50328 和项目所在地的有关规定进行。

28.3.10 归档案卷的构成在现行国家标准《建设工程文件归档规范》GB/T 50328 和项目所在地的有关规定中已作较详细的规定,本条文不再另作规定。

28.4 工程声像、电子文件的编制

28.4.1~28.4.4 施工单位应按国家现行规范规定或建设工程合同规定的内容制作工程声像文件和工程电子文件。

28.5 工程文件管理与移交

28.5.1 施工单位应按本单位的规模建立自己的工程文件保存室(库),以适应资料的长期保存与管理工作。

28.5.3 由于钢结构施工单位所承担的施工项目往往来自施工总包单位或建设单位,其施工工程文件只是单位工程文件的一部分,应由施工总包单位或建设单位统一整理归档。

28.5.4 根据建设工程的程序和工程特点,制作单位在钢构件出厂时应先提供构件出厂质量证明及钢结构安装单位所需的制作工程质量资料文件,其余可在钢结构分部工程通过竣工验收后进行移交。

28.5.5 施工工程归档资料移交的数量应根据工程需要和合同规定进行。

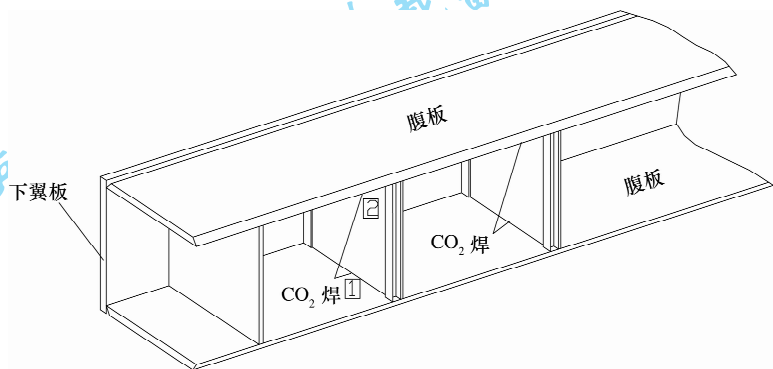


图 F.0.2-6 内隔板的气体保护焊焊接

5 四条纵缝应在装配上翼板、组装成箱形后进行焊接,纵缝焊接宜采用气体保护焊进行打底焊接(图 F.0.2-7)。

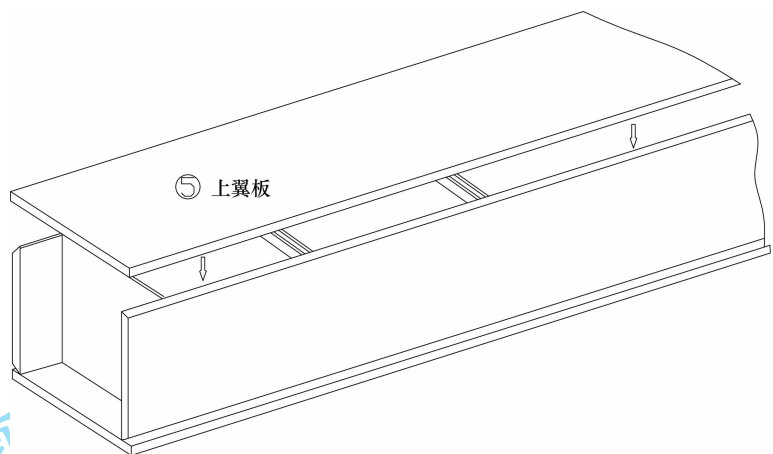


图 F.0.2-7 装配成箱形

6 两条对称隔板焊缝应采用电渣焊,两条电渣焊缝应同时进行焊接(图 F.0.2-8)。

7 电渣焊完成后,应清除纵缝坡口内电渣焊缝的引熄弧端焊缝(图 F.0.2-9)。