

上海市工程建设规范

地铁盾构法隧道施工技术标准

Technical standard for metro shield tunneling construction

DG/TJ 08-2041-2021

J 11317-2021

主编单位：上海申通地铁集团有限公司

上海隧道工程有限公司

批准部门：上海市住房和城乡建设管理委员会

施行日期：2021年3月1日

同济大学出版社

2021 上海

上海市住房和城乡建设管理委员会文件

沪建标定[2021]10号

上海市住房和城乡建设管理委员会 关于批准《地铁盾构法隧道施工技术标准》 为上海市工程建设规范的通知

各有关单位：

由上海申通地铁集团有限公司和上海隧道工程有限公司主编的《地铁盾构法隧道施工技术标准》经我委审核，现批准为上海市工程建设规范，统一编号为DG/TJ08-2041-2021，自2021年7月1日起实施。原《地铁隧道工程盾构施工技术标准》DG/TJ08-2008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，上海申通地铁集团有限公司负责解释。

特此通知。

上海市住房和城乡建设管理委员会
二〇二一年一月七日

前言

根据上海市住房和城乡建设管理委员会《关于印发〈2019年上海市工程建设规范、建筑标准设计编制计划〉的通知》(沪建标定〔2018〕753号)的要求,由上海申通地铁集团有限公司和上海隧道工程有限公司会同有关单位对《地铁隧道工程施工技术规范》DG/TJ 08—2041—2008进行修编。标准编制组经广泛的调查研究,认真总结实践经验,并参照国内外相关标准和规范,在反复征求意见的基础上,形成本标准。

本标准主要内容有:总则;术语;基本规定;盾构施工准备;盾构施工测量;盾构始发接收段地基处理;管片制作;盾构机进退场及组装验收;盾构始发和接收;盾构掘进施工;特殊地段施工;管片拼装;壁后注浆;隧道防水和缺陷处理;盾构施工监测;施工管理;盾构机维修保养;成品隧道验收。

本次修订的主要内容有:

1. 扩充完善“盾构始发接收段地基处理”“盾构掘进施工”“特殊地段施工”“管片拼装”“壁后注浆”“隧道防水和缺陷处理”章节。

2. 新增“基本规定”“盾构始发和接收”“盾构机维修保养”“成品隧道验收”章节。

3. 取消“盾构始发和隧道施工运输”章节,内容在“盾构始发和接收”以及相应施工章节表述。

4. 调整更新“盾构施工准备”“盾构施工测量”“盾构进退场及组装验收”“盾构施工监测”“施工管理”章节。

各单位及相关人员在执行本标准过程中,如有意见和建议,请反馈至上海市交通委员会(地址:上海市世博村路300号1号楼)。

邮编:200125;E-mail:shjthiaozhum@126.com),上海申通地铁集团有限公司(地址:上海市徐汇区桂林路909号1号楼;邮编:201103;E-mail:wd_mtr@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:shgchu@163.com),以供今后修订时参考。

主 编 单 位:上海申通地铁集团有限公司

上海隧道工程有限公司

参 编 单 位:上海地铁盾构设备工程有限公司

上海市基础工程集团有限公司

上海市机械施工集团有限公司

上海城建市政工程(集团)有限公司

中铁二局集团有限公司

宏润建设集团股份有限公司

上海市隧道工程轨道交通设计研究院

上海申通轨道交通研究咨询有限公司

同济大学

上海同济工程建设项目管理咨询有限公司

主要起草人员:陈相利 王志 刘洪波 吴 迪 施耀峰

张 恒 韩伟勇 陈培新 石 宇 王卫东

陆 正 郭杰夫 邓 洪 陈立生 许文明

陈伟林 季 昌 李 刚 朱小龙 黄金弟

林佳民 邓 刚 曹伟巍 李江莉 曾英俊

何巨川 赵国强 李 民 管攀峰 沈张勇

傅富强 李青山 张 顺 高 光 张宏现

卞国强 黄小平 张小会

主要审查人员:徐正良 白 云 宋振华 魏建华 陈昌跃

吴占东 孙九春

上海市建筑建材业市场管理总站

目 次

1	总 则	2
2	术 语	2
3	基本规定	5
4	盾构施工准备	6
4.1	前期调查	6
4.2	技术准备	6
4.3	盾构机设备配置	7
4.4	辅助设施准备	8
4.5	施工场地准备	9
4.6	工作井	9
5	盾构施工测量	10
5.1	一般规定	10
5.2	地面控制测量	10
5.3	联系测量	12
5.4	地下控制测量	12
5.5	掘进施工测量	14
5.6	贯通测量	16
5.7	竣工测量	16
6	盾构始发接收段地基处理	18
6.1	一般规定	18
6.2	水泥系地基加固	18
6.3	水泥系与冻结复合工法地基处理	19
6.4	地基处理质量检查与验收	20

7	管片制作	21
7.1	一般规定	21
7.2	准备工作	21
7.3	原材料	21
7.4	钢模	22
7.5	钢筋骨架	23
7.6	混凝土	24
7.7	钢筋混凝土管片	25
7.8	钢管片	27
7.9	贮存与运输	28
7.10	出厂标准	28
7.11	现场验收	29
8	盾构机进退场及组装验收	30
8.1	一般规定	30
8.2	盾构机进退场	30
8.3	盾构机组装调试	31
8.4	盾构机验收	31
9	盾构始发和接收	32
9.1	一般规定	32
9.2	盾构始发	33
9.3	盾构接收	34
9.4	特殊工况盾构始发和接收	35
9.5	井接头施工	36
10	盾构掘进施工	38
10.1	一般规定	38
10.2	盾构掘进操作	39
10.3	盾构姿态控制	39
10.4	沉降控制	40
10.5	盾构施工监控	41

10.6	盾构掘进中止	41
10.7	盾构平移、调头、过站和空推	42
11	特殊地段施工	43
11.1	一般规定	43
11.2	浅覆土层施工	44
11.3	深覆土层施工	44
11.4	小半径曲线施工	44
11.5	长距离隧道施工	45
11.6	穿越地下管段施工	45
11.7	地下障碍物处理及穿越施工	46
11.8	穿越建(构)筑物施工	46
11.9	穿越水域的盾构隧道施工	47
11.10	小净距隧道施工	47
11.11	交叉隧道施工	48
11.12	复杂地质条件下的盾构隧道施工	48
11.13	有害气体段的盾构隧道施工	49
12	管片拼装	50
12.1	一般规定	50
12.2	拼装准备	50
12.3	拼装作业	51
12.4	管片拼装质量控制	51
13	螺栓注浆	53
13.1	一般规定	53
13.2	注浆材料	53
13.3	同步注浆作业及质量控制	53
13.4	二次注浆作业及质量控制	54
14	隧道防水和缺陷处理	55
14.1	一般规定	55
14.2	防水材料检测	55

14.3	隧道防水施工	56
14.4	渗漏水处理	57
14.5	管片修补	57
15	盾构施工监测	58
15.1	一般规定	58
15.2	隧道周边环境监测	60
15.3	隧道结构监测	61
15.4	监测控制值和预警	62
15.5	资料整理和信息反馈	62
16	施工管理	64
16.1	一般规定	64
16.2	质量管理	64
16.3	安全管理	65
16.4	作业环境管理	65
16.5	应急管理	66
17	盾构机维修保养	67
17.1	一般规定	67
17.2	盾构机首次使用前维修保养	67
17.3	盾构机使用中日常维修保养	68
17.4	盾构机备品备件	68
17.5	盾构机应急保障	68
18	成型隧道验收	69
18.1	主控项目	69
18.2	一般项目	69
本标准用词说明		71
引用标准名录		72
条文说明		73

Contents

1	General provisions	1
2	Terms	2
3	Basic requirements	5
4	Shield construction preparation	6
4.1	Preliminary investigation	6
4.2	Technical preparation	6
4.3	Selection and configuration of shields	7
4.4	Preparation of auxiliary facilities	8
4.5	Construction plant preparation	9
4.6	Working shafts	9
5	Shield construction surveys	10
5.1	General requirements	10
5.2	Ground control surveys	10
5.3	Construction surveys	12
5.4	Underground control surveys	12
5.5	Tunneling construction surveys	14
5.6	Breakthrough surveys	16
5.7	As-built surveys	16
6	Foundation treatment of shield launching section and arrival section	18
6.1	General requirements	18
6.2	Foundation improvement using cement	18
6.3	Foundation treatment using cement and freezing composite construction method	19

6.4	Quality inspection and acceptance of foundation treatment	20
7	Production of shield segments	21
7.1	General requirements	21
7.2	Preparation	21
7.3	Raw material	21
7.4	Moulding of reinforced concrete segment	21
7.5	Rebar skeleton	23
7.6	Concrete	24
7.7	Reinforced concrete segments	25
7.8	Steel segments	27
7.9	Storage and carriage	28
7.10	Factory acceptance criteria	28
7.11	Field acceptance criteria	29
8	Entry and exit of shield machine and assembly acceptance	30
8.1	General requirements	30
8.2	Requirements for entry and exit of shield machine	30
8.3	Shield assembly and commissioning	31
8.4	Shield machine acceptance	31
9	Shield launching and arrival	32
9.1	General requirements	32
9.2	Shield launching	33
9.3	Shield arrival	34
9.4	Construction of shield launching and arrival under special working conditions	35
9.5	Construction of working shaft joints	36
10	Driving construction	38

10.1	General requirements	38
10.2	Shield excavation operation	39
10.3	Shield position and stance control requirements	39
10.4	Settlement control requirements	40
10.5	Monitoring of shield construction	41
10.6	Termination of driving construction	41
10.7	Shield translation, u-turn, station-crossing and empty-push	42
11	Construction of special sections or under complex geology	43
11.1	General requirements	43
11.2	Shallow covering construction	44
11.3	Deep covering construction	44
11.4	Small radius curve construction	44
11.5	Long distance tunnel construction	45
11.6	Construction crossing underground pipelines	45
11.7	Underground obstacle treatment and crossing construction	46
11.8	Construction crossing buildings (structures)	46
11.9	Shield tunnel construction beneath waters	47
11.10	Small clear-distance tunnel construction	47
11.11	Overlap tunnel construction	48
11.12	Shield tunnel construction under complex geological conditions	48
11.13	Shield tunnel construction in toxic gas area	49
12	Segment installation	50
12.1	General requirements	50
12.2	Installation preparation	50

12	Construction site management	51
12,1	General requirements	51
12,2	Site layout	51
12,3	Installation	51
12,4	Installation quality control	51
13	Shield tunnel grouting	53
13,1	General requirements	53
13,2	Grouting material	53
13,3	Synchronous grouting operation and quality control	53
13,4	Secondary grouting operation and quality control	54
14	Tunnel waterproofing and defect treatment	55
14,1	General requirements	55
14,2	Tests of waterproof materials	55
14,3	Tunnel waterproofing construction	56
14,4	Leakage treatment	57
14,5	Segment repairing	57
15	Monitoring surveys	58
15,1	General requirements	58
15,2	Around tunnel monitoring	60
15,3	Tunnel structure monitoring	61
15,4	Control values and early warning	62
15,5	Data processing and feedback	62
16	Construction management	64
16,1	General requirements	64
16,2	Quality management	64
16,3	Safety management	65
16,4	Operating environment management	65
16,5	Emergency management	66
17	Maintenance of shield machine	67
17,1	General requirements	67

17.2	Maintenance of shield machine before reuse	67
17.3	Routine maintenance of shield machine	68
17.4	Spare parts of shield machine	68
17.5	Emergency support of shield machine	68
18	Tunnel acceptance	69
18.1	Master control items	69
18.2	General items	69
	Explanation of wording in this standard	71
	List of quoted standards	72
	Explanation of provisions	73

上海市住房和城乡建设管理委员会信息公共
浏览专用

1 总 则

- 1.0.1** 为规范本市地铁盾构法隧道施工管理,保障工程质量和社会安全,满足安全可靠、经济合理、节能环保、技术先进的要求,制定本标准。
- 1.0.2** 本标准适用于本市地铁工程采用单圆土压平衡盾构机掘进、预制管片拼装的中等断面及以下隧道施工与验收。
- 1.0.3** 地铁盾构法隧道施工与验收除应符合本标准外,尚应符合国家、行业和本市现行有关标准的规定。

2 术 语

2.0.1 土压平衡盾构机 earth pressure balance shield machine, EPB

以渣土为主要介质平衡隧道开挖面地层压力、通过螺旋输送机出渣的盾构机。本标准中简称“盾构”或“盾构机”。

2.0.2 盾构法 shield tunnelling method

用盾构机修筑隧道的暗挖施工方法。

2.0.3 工作井 working shaft

盾构机组装、解体、调头、空推、吊运管片和输送渣土等使用的竖井，包括盾构始发工作井、盾构接收工作井和中间工作井等。

2.0.4 盾构始发 shield launching

盾构开始掘进至盾尾脱离始发工作井的施工过程。

2.0.5 盾构接收 shield arrival

盾构机刀盘靠上围护结构至盾构机进入接收工作井的施工过程。

2.0.6 盾构基座 shield cradle

用于保持盾构始发、接收等姿态的支撑装置。

2.0.7 反力架 reaction frame

为盾构始发掘进提供反力的支撑装置。

2.0.8 管片 segment

隧道预制衬砌环的基本单元。管片的类型有钢筋混凝土管片、纤维混凝土管片、钢管片、铸铁管片、复合管片等。

2.0.9 负环管片 temporary segment

为盾构始发掘进传递推力的临时管片。

2.0.10 开模 mould loosening

打开钢筋混凝土管片模具上部或侧部模板的过程。

2.0.11 出模 demoulding

钢筋混凝土管片脱离模具的过程。

2.0.12 防水密封条 sealing gasket

镶嵌于管片接缝处的条状防水材料。

2.0.13 遇水膨胀止水条 water swelling gasket

粘合于管片接缝外侧的长条状密封垫，具有遇水膨胀性能，可用于阻挡外部泥沙和辅助止水。

2.0.14 壁后注浆 backfill grouting

用浆液填充隧道衬砌环与地层之间空隙的施工工艺，包括盾尾同步注浆和二次注浆。

2.0.15 盾构调头 shield return

双线区间隧道盾构施工完成一侧隧道后调转方向准备推进另一侧隧道的过程。

2.0.16 盾构过站 shield station crossing

利用专用设备将盾构机拖行或顶推通过车站（或工作井）的过程。

2.0.17 盾构空推 shield empty push

盾构机不需要土掌开挖的推进过程。

2.0.18 盾构姿态 shield position and stance

盾构机的空间状态，通常采用水平偏差、高程偏差、盾尾间隙、俯仰角、方位角、滚转角和切口里程等参数描述。

2.0.19 盾构施工参数 shield tunnelling parameters

盾构法施工的控制参数，主要包括土仓压力、刀盘转速与扭矩、总推力、推进速度、螺旋输送机转速及扭矩、油缸行程、同步注浆压力及流量、盾尾油脂压力及流量等。

2.0.20 地层损失率 formation loss rate

隧道开挖过程中单位长度实际开挖土体的体积和结构理论所占体积之差与结构理论所占体积的比值，用千分比表示。

- 2.0.21 椭圆度 ovality**
圆形隧道管片衬砌拼装成环后隧道最大与最小直径的差值。
- 2.0.22 收敛变形 convergence deformation**
圆形隧道管片衬砌环在外部水土压力等荷载作用下直径的变化量。
- 2.0.23 通缝拼装 non-staggered joint erection**
拼装完成后相邻管片纵缝对齐的管片拼装方式。
- 2.0.24 错缝拼装 staggered joint erection**
拼装完成后相邻管片纵缝错开的管片拼装方式。
- 2.0.25 韵台 step**
相邻管片内弧面接缝处的径向偏差。

3 基本规定

- 3.0.1 盾构隧道施工企业应具备施工管理体系，应建立质量控制和检验制度。
- 3.0.2 盾构机设备应符合工程地质、水文地质和环境条件，并应满足线路条件、隧道结构设计和环境保护的要求。
- 3.0.3 盾构始发和接收、盾构正常掘进及特殊区段施工等关键环节应编制专项施工方案和应急预案。专项施工方案和应急预案应根据盾构机特点、工程地质和水文地质条件、周边环境、设计要求及工程实践制定。
- 3.0.4 盾构施工期间应配备应急抢险救援人员和应急设备物资，并加强对储备物资的管理。
- 3.0.5 盾构法隧道施工应实施项目信息化管理，配置远程监控和实时通信系统。
- 3.0.6 施工期间应对附近的建筑物、地下管线、道路、铁路、轨道交通或其他重要设施等进行监测，并采取必要的安全和环境保护措施。

4 质构施工准备

4.1 前期调查

4.1.1 应详细了解施工地段的工程地质和水文地质情况,必要时应进行施工勘查。

4.1.2 应根据工程所在地的环境保护要求,进行工程环境调查。

1 对工程影响范围内的道路、地面建(构)筑物(新建、拟建及已建)及文物等进行现场踏勘和调查。

2 对需加固或基础托换的建(构)筑物应进行详细调查,必要时应进行鉴定,并应做好施工方案。

3 对工程影响范围内的地下障碍物、地下构筑物及地下管线等进行调查,必要时应进行现场踏查。

4.2 技术准备

4.2.1 施工前,应具备下列资料:

1 工程地质和水文地质勘察报告。

2 施工沿线的建(构)筑物(新建、拟建及已建)、地下管线和障碍物等环境调查报告。

3 施工所需的设计图纸资料和工程技术要求文件。

4 隧道工程施工组织设计和风险应急救援预案。

4.2.2 施工组织设计应满足工程质量、安全、工期和环保要求。

4.2.3 施工前,应熟悉设计图纸,掌握设计意图和要求,并应参加设计、勘察及管线等交底会议。

4.2.4 施工前,应根据工程及盾构的特点,进行技术培训和技术交底。

4.2.5 施工前,应按工程特点、环境条件和调查现状完成测量及监测的准备工作。

4.3 盾构机设备配置

4.3.1 盾构机设备配置应包括壳体结构、刀盘刀具、刀盘驱动、推进油缸、管片拼装机、螺旋输送机、铰接装置、渣土改良系统、注浆系统和盾尾密封系统等。

4.3.2 盾构机壳体结构应具有足够的强度与刚度,保证其在所承受的正常施工荷载作用下各部件均处于安全可靠状态。

4.3.3 刀盘刀具应符合下列规定:

1 刀盘结构形式应与地质条件相适应,刀盘面板可根据需要采取耐磨措施,刀盘开口率应能满足盾构掘进和出渣要求。

2 刀盘结构的强度和刚度应满足工程要求。

3 刀具的选型和配置应根据地质条件、开挖直径、切削速度、掘进里程、最小转弯半径及地下水降排水情况等确定。

4 添加剂喷口的数量及位置应根据地质条件、刀盘结构、开挖直径等确定。

4.3.4 刀盘主驱动应符合下列规定:

1 刀盘主驱动形式应根据地质和环境要求确定,最大设计扭矩应满足地质条件和脱困要求。

2 刀盘转速应根据地质条件和施工要求确定,转速应可调。

3 刀盘驱动主轴承密封应根据覆土厚度、地下水压、添加剂注入压力、掘进里程等确定。

4.3.5 推进油缸应采取分区控制,每个分区液压缸应具备行程监测功能。总推力应根据推进阻力的总和及所需的安全系数确定。

4.3.6 管片拼装机的自由度及抓持力应满足拼装要求,各动作应

准确可靠，操作应安全方便。

4.3.7 螺旋输送机的结构和尺寸应根据工程地质和水文地质条件、盾构直径和掘进速度等确定。后闸门应具有可靠的紧急关闭功能。

4.3.8 较接装置应满足隧道轴线曲率半径的要求与承压水作用下的密封要求，最大推力应考虑前后壳体姿态变化引起的阻力，每组铰接液压油缸应具备行程监测功能。

4.3.9 泥土改良系统和注浆系统应与地质条件相适应，注浆系统应具备物料注入速度和注入压力调节功能。

4.3.10 盾尾密封系统应安全可靠，满足抵抗盾构外部泥水侵入的要求。

4.3.11 盾构主机和后配套设备结构应满足隧道系统的安装和通视要求，盾构掘进管理系统应与导向系统实现数据交互。

4.4 辅助设施准备

4.4.1 盾构施工辅助设施应符合下列规定：

1 根据工程需要和环境限制要求，应配置符合盾尾同步注浆需要的拌浆站。

2 应选择高效的水平及垂直运输设备。

3 带电设备应满足盾构掘进施工要求。

4.4.2 盾构始发和接收工作井内辅助设施应符合下列规定：

1 始发工作井内盾构基座应具备盾构组装、调试和始发条件。

2 接收工作井内盾构基座安装应能安全接收盾构，并应满足盾构检修、解体或整体移位的要求。

3 盾构始发和接收基座宜采用定型产品。

4 工作井内应布置必要的排水或泥浆处理设施。

5 洞门密封装置应满足盾构始发和接收密封要求。

4.5 施工场地准备

4.5.1 进场前应做好测量控制桩的交桩，并根据控制桩及相关资料完成初始姿态的测定复核。

4.5.2 盾构施工场地布置应根据现场条件、施工工艺和周边环境要求，合理规划满足工程施工所需的管片堆放场地、渣土存放场地、拌浆站及材料设备堆放场地等。

4.6 工作井

4.6.1 始发工作井的有效长度应大于盾构机长度 3 m，且应为盾构后靠体系预留充足的安全距离；始发工作井的有效宽度应大于盾构直径 3 m。

4.6.2 接收工作井的平面内净尺寸应满足盾构接收、解体和整体移位的要求。

4.6.3 始发、接收工作井的底板标高应满足相关装置安装和拆卸所需的最小作业空间要求。

4.6.4 洞门圈梁和其他预埋件等应在工作井施工时按要求完成预埋安装。

5 墩构施工测量

5.1 一般规定

- 5.1.1 墩构施工测量应包括地面控制测量、联系测量、地下控制测量、掘进施工测量、贯通测量和竣工测量。
- 5.1.2 施工前，应根据隧道线形、地面控制网、隧道长度、贯通精度、盾构自动导向系统和人工测距仪器的精度等，制定施工测量方案。
- 5.1.3 地面控制测量和隧道贯通后地下控制测量应采用附合路线形式或同精度的其他形式布设和施测。
- 5.1.4 地面施工测量控制点应埋设在施工影响的变形区以外。当施工现场条件限制时，埋设在变形区内的控制点使用前应定期进行检核。

5.2 地面控制测量

- 5.2.1 平面和高程控制网应与线路工程整体控制网联测，线路整体控制网应符合现行国家标准《城市轨道交通工程测量规范》GB/T 50308 的规定。
- 5.2.2 平面控制网应分为两个等级，一等控制网宜采用全球导航卫星系统(GNSS)网，二等控制网宜采用导线网。高程控制网可采用水准测量方法一次布网。
- 5.2.3 控制网应符合下列规定：

- 1 当一等平面控制网采用 GNSS 布网时，测量技术要求应符合表 5.2.3-1 的规定。

表 5.2.3-1 一等平面控制网(GNSS)测量技术要求

平均边长 (km)	固定误差 Δ (mm)	比例误差 b (mm/km)	相邻点的相对点 位中误差(mm)	最弱边的相对 中误差
2	≤ 5	≤ 1	± 10	$1/300\,000$

2 当二等平面控制网采用导线法布网时, 测量技术要求应符合表 5.2.3-2 的规定。

表 5.2.3-2 二等平面控制网(导线)测量技术要求

平均 边长 (m)	导线 长度 (km)	每边测 距中误差 (mm)	测距相 对中误差 (mm)	测角中 误差($''$)	测回数		方位角 闭合差 $\Delta\alpha$ ($''$)	全站仪 测角闭 合差 $\Delta\beta$ ($''$)	相邻点的 相对点位 中误差 (mm)
					DJ1	DJ2			
350	3	± 8	$\pm 60\,000$	± 2.5	4	6	± 30	$\pm 35\,000$	± 8 mm

注: α 为导线的角度个数。

3 当高程控制网采用水准法布网时, 测量技术要求应符合表 5.2.3-3 的规定。

表 5.2.3-3 高程控制网(水准)测量技术要求

每千米高差中数 中误差(mm)	路基 高差 (mm)	水准仪 等效 高差 (mm)	尺 长 (mm)	观测次数		往返较差、附和或 环线闭合差(mm)		
				与已知 点联测	附合或 环线	平地 (mm)	山地 (mm)	
± 2	± 2	2~4	DS1	钢尺或 激光测 距仪	往返各 1 次	往返各 1 次	$\pm 8 \sqrt{L}$	$\pm 2 \sqrt{L}$

注:L 为往返段、附和或环线的线路长度(单位:km), $\sqrt{\cdot}$ 为单程的测站数。

5.2.4 矿场始发和接收工作井间应建立统一的施工控制网, 每个工作井应布设不少于 3 个控制点。

5.2.5 当水底路线跨越水域时, 应进行跨水域水准测量, 并应符合现行国家标准《国家一、二等水准测量规范》GB/T 12897 的有关规定。

5.2.6 地面控制网应定期复测, 复测频率每年不应少于 1 次; 当

控制点不稳定时,应增加复测频率或采取其他调整措施。

5.3 联系测量

5.3.1 联系测量应包括地面近井导线测量和近井高程测量,竖井定向测量和导入高程测量,以及地下近井导线和近井高程测量。

5.3.2 地面近井导线和近井高程路线应采用附合路线形式,近井导线测量和近井高程测量技术要求应符合本标准表 5.2.3-3 和表 5.2.3-3 的规定。

5.3.3 每次联系测量应独立进行 3 次,取 3 次平均值作为定向成果。地下近井定向边方位角中误差不应超过 $\pm 15''$,地下近井高程点高程中误差不应超过 $\pm 5 \text{ mm}$ 。

5.3.4 隧道贯通前的联系测量应符合下列规定:

1 联系测量次数不应少于 2 次,宜在隧道掘进至 100 m,1/3 贯通长度和距贯通面 150° 之前分别进行 1 次。

2 当贯通长度超过 100 m 时,应增加联系测量次数或采用高精度联系测量方法,提高联系测量精度。

3 当地下起始边方位角偏差小于 $12''$ 时,可取各次测量成果的平均值作为后续测量的起算数据指导隧道掘进与贯通。

5.3.5 竖井定向测量可采用联系三角形法、陀螺仪与垂准仪组合定向法、竖井定向法、导线直传法和投点定向法。

5.3.6 导入高程测量可采用悬挂钢尺法、电磁波测距三角高程法、水准测量法和电磁波测距法。

5.3.7 地下应埋设永久近井点。近井导线点不应少于 3 个,点间边长宜大于 50 m。近井高程点不应少于 2 个。

5.4 地下控制测量

5.4.1 地下控制测量应包括地下施工导线测量、施工控制导线测

量和地下施工水准测量、施工控制水准测量。

5.4.2 地下控制测量起算点应采用直接从地面通过联系测量传递到井下的平面和高程控制点，地下平面起算点不应少于 3 个，起算方位边不应少于 2 条，高程起算点不应少于 2 个。

5.4.3 控制点应埋设在稳定的隧道结构上，并应埋设强制对中装置。平面控制点应避开强光源、热源、淋水等地方，控制点间视线距隧道壁和洞内设施应大于 0.5 m。

5.4.4 地下控制网可为支导线和支水准路线，当有联络通道时，应形成附合路线或闭合网。贯通长度超过 1 500 m 的长隧道宜布设成交叉双导线。

5.4.5 施工导线和施工水准应随盾构掘进布设，当直线隧道掘进长度大于 200 m 或到达曲线段时，应布设施工控制导线和控制水准。

5.4.6 施工控制导线测量应符合下列规定：

1 直线隧道的导线平均边长宜为 150 m，曲线隧道的导线平均边长宜为 60 m，相邻的长距离边长比不宜大于 3。

2 应采用不低于四等级全站仪观测，左右角应各测 2 测回，左右角平均值之和与 360° 装差应小于 4''，边长应往返观测各 2 测回，往返平均值较差应小于 4 mm。测角中误差为 ±2.5'', 测距中误差不应超过 ±3 mm。

3 导线点横向中误差 m_x 宜满足下式要求：

$$m_x \leq m_p \times \left(0.8 \times \frac{d}{D}\right) \quad (5.4.6)$$

式中： m_x —— 导线点横向中误差（mm）；

m_p —— 贯通中误差（mm）；

d —— 导线长度（m）；

D —— 贯通距离（m）。

5.4.7 施工控制水准的水准点间距宜为 150 m，水准点可利用导线点，也可单独埋设。

5.4.8 延伸地下控制导线和控制水准时,应对现有施工控制点进行检测,并应选择稳定点进行延伸测量。

5.4.9 地下控制导线和控制水准在隧道贯通前应至少测量3次,并应与联系测量同步进行。重合点重复测量坐标分量的较差应分别小于 $30 \times d/D$ (mm),高程较差应小于5 mm。满足要求时,应取其逐次平均值作为最终成果待隧道掘进。

5.4.10 隧道单向贯通距离大于1 500 m时,应在隧道每掘进1 000 m处,通过加测陀螺方位角等方法提高控制网精度。

5.5 圈进施工测量

5.5.1 盾构始发工作井施工完成后,应采用联系测量方法,将平面和高程测量数据传入井下控制点。

5.5.2 基座、反力架和洞门圈的安装测量应符合下列规定:

1 应利用隧道内测量控制点采用极坐标法放样隧道中心线和盾构基座的位置、方向。应采用水准测量方法测设隧道高程控制线以及基座坡度,坐标和高程放样中误差为 ± 5 mm。

2 反力架和洞门圈位置应采用三维放样方法放样,反力架安装后和洞门圈砌筑前应对其经过设计中心的竖直和水平位置进行复测,并应提供相应里程的坐标或与中心的距离,放样和复测中误差应为 ± 10 mm。

5.5.3 盾构机就位后应采用人工测量方法测定盾构的初始姿态。人工测量与盾构导向系统测量较差不应大于 $2\sqrt{E}w$ (w 为点位测量中误差)。

5.5.4 当采用人工测量时,应符合下列规定:

1 盾构测量标志点应牢固设置在盾构上,且不应少于3个,标志点可粘贴反射片或安置棱镜。

2 盾构测量标志点的三维坐标应与盾构结构几何坐标建立换算关系。

3 管构测量标志点测量宜采用极坐标法，并宜采用双极坐标法进行检验，测量中误差为 $\pm 3 \text{ mm}$ 。

5.5.5 当采用自动导向系统测量时，应符合下列规定：

1 始发前，应对输入自动导向系统的线路设计参数进行检查，确认无误后方可输入。

2 输入自动导向系统的线路设计参数导出后应进行复核确认。

3 隧道掘进过程中应采用人工测量方法对导向系统测量成果进行检验。

5.5.6 隧道掘进中测量控制点迁站应符合下列规定：

1 迁站前，应测量盾构姿态，并对相邻控制点的几何关系进行检验，确认控制点位置正确。

2 迁站时，盾构应停止掘进，利用确认的控制点进行迁站测量。

3 迁站后，应对盾构姿态进行复核，迁站前后测定的盾构姿态测量较差应小于 $2\sqrt{E_m}$ (E_m 为点位测量中误差)。

5.5.7 盾构姿态测量应符合下列规定：

1 测量内容应包括横向偏差、竖向偏差、俯仰角、方位角、滚转角和切口里程。

2 盾构姿态计算取位精度应符合表 5.5.7 的规定。

表 5.5.7 盾构姿态计算取位精度

名称	单位	计算取位精度
横向偏差	mm	1
竖向偏差	mm	1
俯仰角	°	1
方位角	°	1
滚转角	°	1
切口里程	m	0.01

3 盾构始发掘进段和接收掘进段，应提高测量频率。

4 盾构姿态应根据测量成果及时调整。

5.5.8 衬砌环姿态测量应符合下列规定：

1 衬砌环拼装后，应进行盾尾间隙测量。

2 衬砌环脱出盾尾后，应测量衬砌环中心坐标、底部高程和前端面里程，测量中误差为±3 mm。

3 衬砌环脱出车架后，应测量衬砌环中心坐标、底部高程、水平直径、竖直直径和前端面里程，测量中误差为±3 mm。

5.6 贯通测量

5.6.1 贯通测量应包括隧道的平面纵横向贯通误差测量和高程贯通误差测量，测量时应在贯通面设置贯通相遇点。

5.6.2 隧道横向贯通测量中误差不应超过±50 mm，贯通测量极限误差应小于100 mm；高程贯通测量中误差不应超过±25 mm，贯通测量极限误差应小于±5 mm。

5.6.3 平面纵横向贯通误差，可利用隧道贯通面两侧平面控制点测定贯通相遇点的坐标闭合差确定，也可利用隧道贯通面两侧中线在贯通相遇点的距离测定；隧道的纵横向贯通误差应投影到线路及其法线上。

5.6.4 高程贯通误差应利用隧道贯通面两侧高程控制点测量。

5.7 竣工测量

5.7.1 隧道贯通后应以始发和接收工作井内的控制点为起算点，对隧道内的导线点和水准点分别重新组成附合路线或附合网，测量结果作为隧道竣工测量以及后续施工测量的依据。

5.7.2 竣工测量应包括隧道轴线平面偏差、高程偏差、衬砌环椭圆度和隧道纵横断面测量等。隧道纵横断面测量应每5环测量

1个断面,测量中误差不应超过 $\pm 10\text{ mm}$ 。

5.7.3 竣工测量可采用全站仪解析法、断面仪法、近景摄影测量法或三维激光扫描法。

6 盾构始发接收段地基处理

6.1 一般规定

6.1.1 盾构始发、接收段地基处理应综合考虑工程地质和水文地质条件、周边环境、施工条件和工程造价等因素，选用安全适用、经济合理的地基处理工法。

6.1.2 盾构始发、接收段地基处理可采用水泥系地基加固法或水泥系与冻结复合的地基处理工法。

6.1.3 盾构始发、接收段加固体应注浆并构成整体有效防水体系，并根据地质条件和周边环境情况考虑应急降水措施。

6.2 水泥系地基加固

6.2.1 水泥系地基加固宜选用三轴搅拌桩工法和（或）三重管旋喷桩工法；如受周边环境条件限制，可采用全方位高压喷射注浆工法（MHP）进行地基加固。

6.2.2 水泥系地基加固范围应根据工程地质和水文地质条件、洞口尺寸与埋深、场地条件、周边环境和造价等因素综合确定。

6.2.3 水泥系地基加固施工应符合下列规定：

- 1 水泥等原材料应有质保书及检测报告。
- 2 应做好钻孔、拌浆、注浆等施工记录。
- 3 必须对加固钻孔位置进行复核，孔位偏差不应大于 20 mm，并确认钻孔位置无地下管线后才能开钻。
- 4 确保施工垂直度偏差不应大于 1/200，全方位高压喷射注

浆(MJS)水平钻孔偏差不应大于 1/150。

6.2.4 加固体质量应符合下列规定：

- 1 加固体应满足均匀性、密封性及自立性要求。
- 2 加固体无侧限抗压强度 q_u (28 d) 应大于 0.8 MPa, 渗透系数应小于 10^{-7} cm/s。
- 3 采用搅拌桩加固时, 弱加固区加固体强度不应低于原状土。

6.2.5 基构工作井围护结构完成后可进行水泥系地基加固施工, 与工作井围护结构接合处加固应在盾构工作井主体结构回筑完成 28 d 后实施。

6.3 水泥系与冻结复合工法地基处理

6.3.1 复合工法地基加固处理应综合考虑盾构工程筹划、工程条件和周边环境等因素, 分别确定水泥系和冻结工法加固处理的功能要求及范围。

6.3.2 应先进行水泥系地基加固施工, 后进行冻结施工, 并应考虑水泥系加固水化热对冻结效果的影响。

6.3.3 水泥系地基加固施工要求应符合本标准第 6.2 节的规定。

6.3.4 冻结地基处理宜按止水作用考虑, 作为水泥系地基加固的辅助措施。有其他要求时, 应结合实际情况制定针对性方案。

6.3.5 冻结孔、测温孔开孔位置偏差不应大于 50 mm, 开孔间距不应大于 75 mm, 最大偏斜率不应超过 1% 且最大倾斜量不应大于 130 mm。

6.3.6 冻结停冻或分组停冻方案、冻结管及测温管拔除方案应考虑盾构始发、接收具体工况和冻结加固形式, 冻结管、测温管拔除后封孔应密实、可靠。

6.3.7 融沉注浆应利用盾构隧道管片上的预留注浆孔进行, 有必要且施工条件具备时, 可进行地面分区分次注浆。融沉注浆应避

插多点、多次、均匀的原则；灌注浆材料以单液水泥浆为主，水泥-水玻璃双液浆为辅。

6.4 地基处理质量检查与验收

6.4.1 地基加固处理质量检查与验收分为施工过程质量检查、加固质量验收两个阶段，应符合下列规定：

1 地基加固施工过程检查项目应包括材料质量、材料用量、施工桩位或钻孔孔位、施工范围等。

2 加固质量验收项目应包括水泥系加固的桩身完整性、强度、抗渗性和均匀性等；复合工法地基处理还应对冻结孔、冻结管、冻结系统、冻土帷幕平均温度、抗渗性能等进行质量验收。

6.4.2 洞门破除前应通过现场钻孔取芯检验水泥系地基加固的桩身完整性、强度、抗渗性和均匀性。应采用垂直和倾斜取芯的检测方法（其中斜孔不少于 2 个）。钻孔取芯孔位宜选在柱体搭接处，取芯深度不应穿透加固体且取芯不侵入隧道断面内。取芯完成后封孔应密实、可靠。

6.4.3 冻结孔和测温孔的开孔位置、开孔间距、偏斜、深度及冻土帷幕平均温度等应符合设计要求。

6.4.4 结构解发、接收前应在洞门处打“米”字形 9 点水平探测孔，探测孔深度应打穿围护结构结合处加固层，距地下墙外侧宜为 70~100mm；如发现渗漏水或夹泥砂的现象，须采取补加固措施。

7 管片制作

7.1 一般规定

- 7.1.1 管片生产企业应具有健全的质量管理体系、质量控制和检验制度，并制定安全生产和绿色生产制度。
- 7.1.2 管片生产设备和设施应满足生产要求，应定期对主要设备进行检定或测试。
- 7.1.3 管片制作应满足设计规定的精度、质量及耐久性等要求。
- 7.1.4 管片生产应编制专项生产技术方案。

7.2 准备工作

- 7.2.1 生产线布置应符合工艺要求。
- 7.2.2 管片生产前应采用三维激光测量进行钢模质量验收。
- 7.2.3 混凝土搅拌、运输、振捣、养护、钢筋成型等设备完成安装调试和安全检查后应进行验收；各种计量器具，设备应通过检定。
- 7.2.4 混凝土经试配确定配合比，其性能应符合设计及本标准要求。
- 7.2.5 管片生产过程宜采用信息化管理。

7.3 原材料

- 7.3.1 钢筋混凝土管片原材料应符合下列规定：
 - 1 具备产品质量证明文件，并根据国家现行相关标准复检合格。

2 宜采用非碱活性骨料;当骨料存在潜在的碱-硅反应危害时,混凝土中碱含量不得大于 3.0 kg/m^3 。

3 细骨料宜采用中砂,细度模数、含泥量、硫化物和硫酸盐含量、氯离子含量等应符合现行国家标准《预制混凝土衬砌管片》GB/T 22082 的规定;设计使用年限 100 年及以上的混凝土结构,砂的氯离子含量不得大于 0.01%。采用人工砂时,总压碎值指标应小于 30%。

4 粗骨料宜采用连续级配的 5 mm—25 mm 碎石,压碎指标、含泥量、针片状含量、硫化物和硫酸盐含量等应符合现行国家标准《预制混凝土衬砌管片》GB/T 22082 的规定。

5 矿粉与粉煤灰的总掺量不得少于胶凝材料总量的 20%。

6 外加剂的性能应符合设计要求。

7 复合纤维外观应色泽均匀,表面无污染,其规格、性能、掺量应符合设计要求及国家现行标准的规定。

8 预埋件规格和性能应符合设计要求。

9 钢筋应平直、无损伤,表面不得有裂纹、油污、颗粒状或片状老锈。

7.3.2 刨管片的刨机、焊接材料、防腐涂料、稀释剂和固化剂等材料的品种、规格、性能等应符合设计要求和国家现行标准的有关规定。

7.4 钢 模

7.4.1 钢模必须具有足够的承载能力、刚度、稳定性和良好的密封性能,并满足管片的尺寸和形状要求;钢模应便于安装和拆卸。

7.4.2 钢模安装后必须进行初验,符合设计要求后可试生产。在试生产的管片中,随机抽取 3 环进行水平拼装检验,合格后方可正式验收。

7.4.3 钢模周转 100 次时,必须进行检验,允许偏差和检验方法

应符合表 7.4.3 的规定。

表 7.4.3 钢模允许偏差和检验方法

序号	检验项目	允许偏差 (mm)	检测数量		检验方法
			范围	点数	
1	宽度(mm)	±0.25	每块	6	专用量具
2	长度(mm)	±0.35	每块	2	专用量具
3	底座夹角(°)	±1	每块	4	专用量具
4	纵环向芯棒中心距(mm)	±0.2	全数	—	专用量具
5	内腔高度(mm)	0~+2	每块	1	专用量具

7.4.4 钢模宜定期采用三维激光测量方法进行检验，并形成三维展示图。

7.5 - 钢筋骨架

7.5.1 钢筋骨架应采用焊接连接，并应在符合要求的胎模上制作成型。

7.5.2 钢筋骨架成型应符合下列规定：

1 骨架连接时，应按下料表格对钢筋级别、规格、长度、根数及胎模编号。

2 采用二氧化碳保护焊等方式焊接时，应根据钢筋级别、直径及焊机性能进行试焊，在确定焊接参数后，方可批量施焊；焊接骨架的焊点设置，应符合设计要求。当设计无规定时，应采用对称跳点焊接。

3 焊接前应对焊接处进行检查，不应有水锈、油渍和污物，焊接后不应有焊接缺陷。

7.5.3 浇筑混凝土前，应进行钢筋隐蔽工程验收。验收内容应包括：

- 1 纵向主筋的品种、规格、数量、位置等。
- 2 拉筋、横向钢筋的品种、规格、数量、间距等。
- 3 预埋件的规格、数量、位置等。
- 4 钢筋保护层垫块的规格、数量、位置等。

7.5.4 钢筋骨架制作允许偏差和检验方法应符合表 7.5.4 的规定。

表 7.5.4 钢筋骨架制作允许偏差和检验方法

序号	检验项目	允许偏差 (mm)	检测数量		检验方法
			范围	抽样数	
1	主筋间距	±5	抽筋≥5 件/相同类型	4	尺量
2	箍筋间距	±5	抽筋≥5 件/相同类型	4	尺量
3	分布筋间距	±5	抽筋≥5 件/相同类型	4	尺量
4	骨架长、宽、高	±5	抽筋≥5 件/相同类型	4	尺量
5	保护层厚度	+5, -3	抽筋≥5 件/相同类型	4	尺量

7.6 混凝土

7.6.1 混凝土配合比设计应符合下列规定：

- 1 混凝土坍落度不宜大于 70 mm。
- 2 在满足设计要求及施工性能的前提下，可适当减少水泥用量。
- 3 混凝土的抗渗等级应符合设计要求。
- 4 混凝土的耐久性指标应符合设计要求。
- 5 混凝土中的氯离子含量不应超过 0.06%。

7.6.2 混凝土生产与运输应符合下列规定：

- 1 首次使用的混凝土配合比应进行开盘鉴定，其工作性能应满足设计要求。生产时应至少留置 1 组标准养护试件，作为验证配合比的依据。

2 应严格按施工配合比投放原材料,其计量偏差应符合现行国家标准《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB 50204 的规定。

3 每工作班至少测定 1 次砂石含水率,并根据测定结果及时调整施工配合比。

4 混凝土应搅拌均匀,和易性良好,应在搅拌或浇筑现场检测坍落度,并逐盘检查混凝土黏聚性和保水性。复合纤维混凝土应控制搅拌时间使纤维充分混合。

5 混凝土运输、浇筑及间歇的全部时间不应超过混凝土的初凝时间。

7.6.3 混凝土浇筑应符合下列规定:

1 混凝土应连续浇筑,并根据生产条件选择适当的振捣方式,振捣密实,不得漏振或过振,每立方米混凝土的振捣时间不得大于 20 min。

2 浇筑混凝土时不得扰动预埋件。

3 管片浇筑成型后,首次初凝前宜再次进行压面。

4 浇筑混凝土时留置的试件应符合现行国家标准《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB 50204 的规定。

7.6.4 混凝土养护应符合下列规定:

1 混凝土浇筑成型后至开模前,应覆盖保湿,可采用蒸汽养护或自然养护。

2 采用蒸汽养护时,应经试验确定养护制度,并监控温度变化,做好记录。

3 管片出模后应先静停降温,再进行水中养护或保湿养护。

7.7 钢筋混凝土管片

7.7.1 应在内弧面角部、端侧面标记管片型号、管片编号、模具编号、生产日期及生产厂家。

7.7.2 管片的质量要求应符合下列规定：

- 1 应按设计要求进行结构性能检验，检验结果应符合设计要求。
 - 2 管片强度和抗渗等级符合设计要求；每班次、每浇筑 100 m³ 混凝土，制作抗压试件 1 组；每浇筑 250 m³ 混凝土，制作抗渗试件 1 组。
 - 3 吊装预埋件首次使用前必须进行抗拉拔试验，试验结果应符合设计要求。
 - 4 管片不应存在露筋、孔洞、疏松、夹渣、有害裂缝、缺棱掉角、飞边等缺陷，麻面面积不得大于管片面积的 1%，气泡直径不得大于 5 mm。
- 7.7.3 单块管片的外观尺寸允许偏差应符合表 7.7.3 的规定。**

表 7.7.3 单块管片的外观尺寸允许偏差

序号	项目	允许偏差 (mm)	检测数量		检验方法
			范围	点数	
1	外环尺寸 (mm)	+2, -1	内外侧各 3 两端面各 1 3	3	尺量
	弧长±1	±1			
	厚度	+3, -1			
2	螺孔直径偏差	±1		3	

7.7.4 管片水平拼装检验标准应符合表 7.7.4 的规定。每 100 环抽查 3 环。

表 7.7.4 混凝土管片水平拼装允许偏差

序号	项目	允许偏差(mm)	检查数量	检验方法	备注
1	环缝间隙	1	每缝随机 3 点	抽测	水平拼装 按无垫片 拼装环 测试
2	端缝间隙	1	每缝随机 3 点	抽测	
3	成环后内径	±2	测 4 条	尺量	
4	成环后外径	0, +4	测 4 条	尺量	
5	漏环由螺栓全部穿进	符合设计要求	全数	目测	

7.7.5 管片应进行检漏测试,每生产 100 环抽检 2 块。按设计抗渗压力保持时间不应少于 3 h,渗水深度应小于 5 cm。

7.8 钢管片

7.8.1 钢管片制作应符合下列规定:

1 侧板(腹板)及外弧板(翼缘板)构件必须采用整块钢板,严禁拼接。

2 钢材如有弯曲应矫正后使用。矫正后钢材表面不应有明显的凹面或损伤,划痕深度不应大于 0.5 mm,且不应大于该钢材厚度负允许偏差的 1/2。

3 钢材焊接宜采用二氧化碳气体保护焊,并符合现行行业标准《二氧化碳气体保护焊工艺规程》GBT 9186 的规定。

4 应预留注浆孔及注浆管。

5 钢管片外露表面的防火、防腐处理和涂层加工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 的规定。

7.8.2 钢管片质量应符合下列规定:

1 钢管片外观尺寸允许偏差和检验方法应符合表 7.8.2 的规定。

表 7.8.2 钢管片外观尺寸允许偏差和检验方法

序号	项目	允许偏差 (mm)	检测数量		检验方法
			范围	点数	
1	宽度	±0.5	每块	内外侧各 3	尺量
2	弧长	±1	每块	内外侧各 1	尺量
3	厚度	+3,-1	每块	3	尺量
4	螺孔直径及孔位	±1	每块	3	尺量
5	环面与端面平整度	0.2	每块	2	尺量
6	环面与端面垂直度	1	每块	4	尺量

2 管片水平拼装和检验方法应符合本标准第 7.7.4 条的规定。

3 主要焊缝应按 50% 比例进行 PT(着色探伤)或 MT(磁粉探伤)检查。

7.9 储存与运输

7.9.1 管片贮存场地应坚实平整，并有专用起吊设备。场地与管片之间的垫条厚度必须一致，放置位置正确。

7.9.2 现场管片堆放应采取防撞措施，管片可采用内弧面向上或单片侧立的方式堆放，每层管片之间应正确设置垫木，堆放高度应经计算确定。

7.9.3 管片贮存时应注意保护，不允许拖拽管片。管片在堆场上的堆放时间在 6 个月以上的，应采取防裂、防冻等措施。

7.9.4 管片在吊装过程中应采取适当的防护措施。管片运输时应放在支垫物上，层与层之间用垫木隔开，每层支点应在同一水平面上，各层垫木与基座物应在同一垂直线上。

7.10 出厂标准

7.10.1 管片出厂必须经过质量检查，检验合格后方可出厂。

7.10.2 管片生产应具有可追溯性，并符合下列规定：

1 管片型号、生产日期、生产编号等标志清晰醒目、无误。

2 管片混凝土的 28 d 抗压强度、抗渗等级、管片检漏、防迷流、抗弯性能、抗拔性能等技术质量指标应符合设计要求。

3 管片应无缺角掉边、无蜂窝麻面、无露筋。

4 管片预埋件完好，埋件表面清洁，定位棒安装正确。

5 管片无单块、整环明显色差。

7.11 现场验收

7.11.1 应检查混凝土试件的强度和抗渗等性能试验报告、管片结构性能检验报告和出厂合格证。

7.11.2 应对管片表观进行检查，并符合下列规定：

- 1 不应有贯穿性裂纹、内表面非贯穿性裂纹、内外表面露筋、孔洞、疏松、夹渣等严重缺陷。
- 2 不应有拼接面方向长度超过密封槽，或宽度大于 0.2 mm 的拼接面裂纹。
- 3 外表面不应有裂纹宽度大于 0.2 mm 的非贯穿性裂纹。
- 4 不应有总面积大于表面积的 5% 的糙皮、麻面、蜂窝。
- 5 不应有缺棱掉角、混凝土剥落。
- 6 环、纵向螺栓孔畅通，内圆面畅通，不得有堵孔。

8 盾构机进退场及组装验收

8.1 一般规定

- 8.1.1 盾构机进场前应确认盾构机规格符合盾构机选型和适应性要求。
- 8.1.2 盾构机进退场应根据盾构机部件情况和场地条件制定专项施工方案,应包括盾构机运输、吊装、临时用电及特殊工况的专项方案。
- 8.1.3 盾构机组装调试及验收应编制组装调试方案及验收大纲。

8.2 盾构机进退场

- 8.2.1 盾构机进退场前,应踏勘施工现场场地,并对吊装场地做地基承载力检测。
- 8.2.2 盾构机进退场前,应确认现场必要的配套设施准备就绪。
- 8.2.3 盾构机进退场前,应对地下管线、周围环境、交通做好防护工作。
- 8.2.4 盾构机进退场前,应确认盾构设备运输车辆的行驶路线。
- 8.2.5 盾构掘进结束前 100 环应进行动态勘验,检查系统设备状态。
- 8.2.6 盾构掘进结束后,整机停电前应进行静态勘验,确认设备满足解体要求。
- 8.2.7 解体过程中应对盾构整机主要零部件进行清点、管线封堵及标识,确认运输设备满足道路运输环保要求。

8.3 盾构机组装调试

8.3.1 盾构机组装时应符合下列规定：

- 1 结构件组装定位准确。
- 2 结构件的连接螺栓应按照设计扭矩和操作规程拧紧并复核。
- 3 液压管线保持清洁整齐。
- 4 电缆连接牢固。

8.3.2 盾构机组装完成后，调试通电前应按照现行国家标准《电气设备交接试验标准》GB 50150 进行电气试验，保证高压系统安全运行。

8.3.3 盾构机组装完成后，应对盾尾间隙度进行测量，满足盾构推进要求。

8.3.4 盾构机通电后应进行系统空载调试，应包括分系统调试、联动调试和整机调试，并确保安全连锁功能完好。

8.4 盾构机验收

8.4.1 盾构机组装调试正常后应进行盾构机井底功能验收；盾构机试掘进过程中应进行负载调试，试掘进完成后应进行试掘进验收。

8.4.2 应按设计的主要功能及使用要求提出验收大纲，按照验收大纲分系统进行逐项验收。

9 盾构始发和接收

9.1 一般规定

9.1.1 工作井移交后,应检查预埋洞门圈渗漏情况,完成洞门中心复测,布置基座,并进行安装固定。

9.1.2 盾构始发和接收应根据洞门钢圈中心与设计轴线的偏差量对推进姿态进行调整。

9.1.3 基座应具有足够的强度、刚度,能满足盾构机装拆、检修以及盾构始发和接收要求。

9.1.4 盾构始发前应根据工作井实际情况和吊装孔的分布情况选择适当的反力架支撑体系形式,反力地及工作井结构的连接节点应进行安全验算。

9.1.5 盾构始发和接收衬砌环应在管片外弧面和端面设置钢板。

9.1.6 洞门周围必须对盾构始发、接收地段基加固质量进行检验,加固效果应满足设计要求;应打设水平探孔,检查渗漏水情况。

9.1.7 盾构始发和接收涉及以下工况时,应结合实际情况采取针对性技术措施:

- 1 富水砂性土层或承压水层等地层中的盾构始发和接收。
- 2 超浅埋(超深埋)条件下的盾构始发和接收。
- 3 邻近重要地下管线、地面建构筑物条件下的盾构始发和接收。
- 4 小半径曲线段盾构始发和接收。

9.1.8 盾构始发和接收阶段应配备应急抢险物资和设备。

9.2 盾构始发

9.2.1 盾构机就位后，应对盾构姿态进行复核。盾构姿态与隧道设计轴线的坡度偏差应小于 2%，盾构切口中心与线路中心位置水平、垂直偏差不应超过 20 mm。

9.2.2 盾构始发时应做好盾构的防扭措施和基座两侧的加固工作，防止盾构的扭转。

9.2.3 负环宜采用整环钢管片，钢管片的加工制作精度要求应与混凝土管片一致。

9.2.4 负环管片定位时，管片环面应与隧道轴线相适应。负环拆除前，应验算成型隧道管片与地层间的摩阻力，并满足盾构掘进反力的要求，宜采用纵向拉紧措施防止洞口管片环缝松动。

9.2.5 盾构分体始发掘进时，应保护盾构机的各种管线，及时跟进后配套设备，并应确定管片拼装、壁后注浆、出土和材料运输等作业方式。

9.2.6 盾构机刀盘切口环上加装止移时，应逐步建立开挖面（正面）初始平衡压力。

9.2.7 盾尾刷进行首次油脂涂抹前应将扎钢丝刷的钢丝去除，应采用机打方式实施首次油脂涂抹，并做好包裹。

9.2.8 盾尾密封刷进入洞门结构后，应进行洞门圆间隙的封堵和填充止水。

9.2.9 采用钢套筒始发时应符合下列规定：

1 钢套筒安装前应对洞门预埋环板进行检查，确保钢套筒与洞门预埋环板可靠连接。

2 钢套筒安装完成后应进行水压试验，检验钢套筒的密封性能，压力不应小于设计切口水压。

3 应加强钢套筒后端与负环管片的连接，负环管片外侧与钢套筒的间隙应填充密实。

- 4 洞门凿除应在钢套筒安装完毕、盾构机调试完成后进行。
- 5 当盾构机刀盘靠近加固土体时，应使用混合浆液填满钢套筒，同时土仓压力应根据地面监测数据及时调整。
- 6 拆除负环管片及钢套筒前，应确保盾构推进反力和洞门密封性满足要求。

9.3 盾构接收

- 9.3.1 应在盾构距离接收工作井不少于 50 m 处及盾构进入加固土体前，根据洞门复测结果合理调整盾构姿态，根据监测结果及时调整盾构施工参数。
- 9.3.2 盾构在加固土体中掘进时不宜过快过偏，应加强掘进速度和土仓压力的控制。
- 9.3.3 盾尾进入加固土体后，应在盾尾后进行壁后环注浆。环注浆位置不宜距盾尾过近，防止喷涌伤人。
- 9.3.4 盾尾脱出洞圈后必须及时做好隧道衬砌环和洞圈的防水密封处理，并及时进行注浆充填施作。
- 9.3.5 盾构接收阶段，应采用双向拉紧措施防止管片环缝松动，直至井接头施工完成。
- 9.3.6 采用钢套筒接收时应符合下列规定：
 - 1 应根据水土压力及相应工况进行钢套筒设计加工，并对与钢套筒相连的预埋钢洞圈进行强度验算。
 - 2 应根据洞门中心和设计轴线进行钢套筒定位，安装后应进行复核。
 - 3 钢套筒拼装后，应安装反力支撑体系和限位斜撑，并设置变形监测点。
 - 4 钢套筒与钢洞圈之间应采取满焊，适当增设筋板，保证密封性及连接强度。
 - 5 钢套筒内宜采用易于切割且渗透性较低的填料填充密实。

实，并应采取措施稳定盾构姿态。

6 填料填充前应对钢套筒进行试压检测，并对钢套筒的结构稳定性和密封性进行检查。钢套筒试压压力应根据盾构接收位置处水土压力进行确定。

7 盾构接收过程中应采取环控往复等措施，封闭管片与加固土体、洞圈间的渗水通道。

8 洞门经检查确认无渗漏后，应及时对洞门进行刚性封堵，随削随封。封堵完毕后方可拆除钢套筒。

9.3.7 采用明洞接收时应符合下列规定：

1 明洞结构的强度、刚度、整体性及防水性能应满足盾构接收要求。

2 明洞侧墙需根据实际情况确定支撑辅助措施。

3 明洞结构内应用砂浆或泡沫混凝土填实，并采取措施防止盾构磕头。

4 盾构接收过程中，应采取环控往复等措施，封闭管片与加固土体、洞圈、明洞结构间空隙。

5 明洞结构应由上而下进行封堵并及时采用弧形钢板依次封闭管片和洞圈连接水通道。

9.4 特殊工况盾构始发和接收

9.4.1 富水砂性土层或承压水层中盾构始发和接收应符合下列规定：

- 1 现场条件许可的情况下，应设置降水井降低地下水位。
- 2 必要时可采取盾尾留置措施。
- 3 必要时可采取发泡聚氨酯封堵渗水通道。
- 4 应采用两次或多次接收施工工艺，必要时可采用钢套筒接收等措施。

5 应做好螺旋机的防喷涌措施，盾尾油脂应采用优质油脂

足量压注，并备好海锦条、弧形钢板等附加止水材料。

9.4.2 超浅埋(超深埋)条件下盾构始发和接收应符合下列规定：

1 盾构超浅埋始发、接收前应验算上覆土层厚度，对于不能满足抗浮要求的，应增加辅助抗浮措施。

2 始发、接收时应严格控制盾构开挖面土压力、掘进速度、出土量等参数。

3 盾构超深埋始发、接收前宜同时采取水泥系和冻结法结合的地基加固形式以加强土体的稳定性以及加固体的防水性能。

4 洞门回注浆时宜采取初期强度高、收缩率小的浆液。

9.4.3 邻近重要地下管线、地面建构筑物条件下的盾构始发和接收应符合下列规定：

1 对重要管线和施工中影响较大的管线，始发和接收前应根据具体情况进行加固或改移。

2 应对危房或一些重要建筑物进行房屋鉴定，对需要保护的建构筑物应委托专业的检测机构进行监测，并出具检测报告。

9.4.4 小半径曲线段盾构始发和接收应符合下列规定：

1 应对隧道轴线偏差进行测线拟合计算，其偏差不宜大于30 mm。

2 盾构进入加固区前，应提前调整盾构姿态和走向，确保盾构中心轴线位置、方向与拟合的测线延长线一致。

3 测线始发和接收无法保证盾构穿过洞圈时，应采取措施确保盾构在加固区与设计轴线拟合。

9.5 井接头施工

9.5.1 隧道贯通后应及时进行井接头施工。

9.5.2 应根据工况条件选择内置式或外置式井接头，风险地层应采用外置式井接头。

9.5.3 应根据井接头型式预先调配管片，确保管片与洞门圈的位置满足要求。

9.5.4 井接头施工前应采用注浆措施确保洞圈处无渗漏。

10 盾构掘进施工

10.1 一般规定

- 10.1.1** 盾构掘进施工可划分为盾构始发掘进、正常掘进和接收掘进3个阶段。应根据各阶段施工特点及工程质、安全和环保要求采取针对性技术措施。
- 10.1.2** 盾构掘进应确保开挖面土体稳定性选择合理的土压力、掘进速度、出土量、同步注浆量及注浆压力等施工参数。
- 10.1.3** 当盾构停止掘进时，应采取保压措施，如遇长时间停机，应编制停机方案，并采取措施防止盾构后退和姿态突变。
- 10.1.4** 在曲线段施工时，应根据掘进曲线半径、盾构姿态、管片姿态等之间的关系设定盾偏角，以减小盾体管片竖向和横向位移对隧道轴线的影响。
- 10.1.5** 应根据水平偏差、高程偏差和滚转角偏差及时调整盾构姿态，勤测勤纠，严禁急纠和过量纠偏。
- 10.1.6** 盾构掘进过程中应及时注浆，应控制好同步注浆量及压力，并根据监测结果及时调整。
- 10.1.7** 应及时对盾构姿态和管片姿态进行复核测量。
- 10.1.8** 应定期对盾构机、水平运输、垂直提升、供水供电系统、抽排水及通风设备等进行检修保养，确保其正常运转，并做好记录。
- 10.1.9** 施工中必须严格按照当班掘进指令控制盾构施工参数，并做好记录。

10.2 盾构推进操作

10.2.1 盾构始发掘进段，应先拟定试掘进参数，并根据监测结果及时调整，合理控制盾构姿态和管片拼装点位，减小盾构施工对周边环境的影响。

10.2.2 盾构正常掘进段施工参数，应根据试掘进参数，并结合地质条件、埋深、平纵断面、周边环境、盾构姿态、盾尾间隙及监测结果进行适当调整。

10.2.3 盾构接收掘进段，应及时进行贯通测量、复核管片里程及轴线偏差，并根据结果及时调整管片型号、调整施工参数及纠偏指令等。

10.2.4 开挖渣土应充满土仓，渣土颗粒的土仓压力应与刀盘外侧水土压力平衡，排土量应与开挖土量相平衡，应避免土仓压力波动过大。

10.2.5 应根据工程地质和水文地质条件，及时向刀盘前方及土仓注入添加剂，确保渣土处于流塑状态。

10.2.6 盾构掘进速度应与进料土量、开挖面土压力及同步注浆参数等相协调。

10.2.7 盾构掘进的同时，应及时压注盾尾油脂，确保盾尾密封效果，防止水、砂土、同步注浆浆液等从盾尾流入隧道内。

10.3 盾构姿态控制

10.3.1 应及时测量盾构里程、轴线偏差、俯仰角、方位角、滚转角和盾尾管片间隙，并根据测量数据和隧道轴线线型，选择管片型号，确定纠偏方法。

10.3.2 盾构掘进姿态应符合下列规定：

- 1 盾构推进坡度与隧道设计轴线的偏差应小于0.3%。

2 盾构轴线横向或竖向偏差不应超过±50 mm。

3 盾构滚转角不应超过±1°。

10.3.3 姿态控制措施应符合下列规定：

1 应通过采取液压缸分区组控制或使用仿形刀适量超挖等措施控制横向或竖向偏差。

2 应通过反转刀盘、调整拼装顺序以及在油缸推靴与管片间垫钢板等措施减小盾体的滚转角。

10.3.4 盾构姿态应勤测勤纠，姿态纠偏应符合下列规定：

1 盾构纵坡和平面的单次最大纠偏量不应超过±5%，应逐环小量纠偏，不得过量纠偏。

2 盾构纠偏不得损坏已安装的管片，并应保证新一环管片的顺利拼装。

3 盾构纠偏应防止盾尾漏浆。

10.3.5 盾构施工中应根据不同地层条件下成型隧道上浮或下沉量，及时调整盾构姿态和施工参数，并加强监测。

10.4 沉降控制

10.4.1 盾构开挖面前方沉降控制应符合下列规定：

1 应根据地质条件、覆土厚度及周边环境监测结果设定土仓压力。

2 土仓内土体应具有良好的流塑性和低透水性。必要时可向刀盘、土仓或螺旋输送机内注入添加剂以改善渣土的性能。

3 应及时记录出土量，避免超挖欠挖。

10.4.2 盾尾后方沉降控制应符合下列规定：

1 衬砌环脱出过程中必须及时进行同步注浆，应选择适当的注浆压力和注浆量，保证管片与地层的间隙填充密实，必要时应进行二次注浆。

2 盾尾与管片的间隙内应充满油脂并满足密封要求，防止

盾尾漏水漏浆。

10.4.3 盾构掘进施工影响区域出现沉降或隆起预警、报警时需加强监测并分析原因和采取相应措施。

10.5 盾构施工监控

10.5.1 应加强盾构施工监控,及时调整施工参数,减少地层损失,并控制好盾构轴线、成型隧道轴线以及隧道设计轴线三者之间的偏差。

10.5.2 盾构施工参数应分级监控,并做好盾构运转情况、施工参数变化和排出渣土状况记录,及时进行分析反馈。

10.5.3 螺旋机出土口、皮带出土口、拼装区域等关键部位应设置视频监控。

10.6 盾构掘进中止

10.6.1 盾构掘进遇下列情况之一时,必须暂停掘进,分析原因并采取措施:

- 1 盾构前方地层发生坍塌或遇有障碍。
- 2 盾构壳体滚转角达到 3° 。
- 3 盾构姿态发生突变。
- 4 盾构偏离设计轴线超过±50 mm。
- 5 盾构推力与预计值相差较大。
- 6 盾构掘进扭矩发生异常波动。
- 7 管片严重开裂或严重错台。
- 8 盾尾卡住隧道衬砌环。
- 9 盾尾同步注浆系统发生故障无法注浆。
- 10 盾尾漏水漏浆严重。
- 11 中间铰接渗漏。

- 12 动力系统、密封系统和控制系统等发生故障。
- 13 盾构掘进引起周边环境变形过量或管线事故等。
- 14 盾构自动导向系统不能测量、未生成测量数据。
- 15 有毒有害气体报警。

10.6.2 遇下列情况，盾构设备应进行停机保养：

- 1 实施盾构机日保养计划时。
- 2 盾构机长时间停机复机前。
- 3 盾构穿越特殊地段施工前。
- 4 盾构接收前。

10.7 盾构平移、调头、过站和空推

10.7.1 盾构平移、调头和过站前，应进行施工现场调查，相关设备应满足强度、刚度及稳定性等要求。

10.7.2 盾构平移、调头和过站时应受限时，应采取针对性措施。

10.7.3 盾构平移、调头和过站前，应安装满足盾体及托架移动的设备。

10.7.4 托架及平台安装完成后，表面焊缝要打磨光滑，并在表面上涂上黄油。

10.7.5 平移、调头和过站时应有专人指挥，专人观察盾构的移动状态，避免方向偏离或碰撞。

10.7.6 盾构空推应符合下列规定：

- 1 导台或导向轨道水平和竖直方向的精度应满足设计要求。
- 2 应合理调整各推进油缸行程，保证盾构沿着导向平台中心前行。
- 3 需采取管片壁后注浆、管片纵向拉紧等措施，注浆时应避免浆液窜至刀盘前方。
- 4 当盾构刀盘重新切割岩土时，应控制盾构旋转角。

11 特殊地段施工

11.1 一般规定

11.1.1 当盾构进入下列特殊地段,应采取针对性施工安全控制措施:

- 1 覆土厚度不大于盾构直径的浅覆土层地段。
- 2 覆土厚度大于 25 m 的深覆土层地段。
- 3 小半径曲线地段。
- 4 隧道长度大于 1 500 m 的地段。
- 5 地下管线地段。
- 6 地下障碍物地段。
- 7 建(构)筑物地段。
- 8 水域地段。
- 9 隧道净间距不大于 0.7 倍盾构直径的地段。
- 10 穿越隧道地段。
- 11 地质条件复杂地段。
- 12 存在有害气体地段。

11.1.2 特殊地段施工应符合下列规定:

- 1 应查明和分析地质状况和隧道周边环境状况,并应确定专项施工技术措施和应急预案。
- 2 盾构机设备适应性应满足对应特殊地段的施工要求。
- 3 应根据隧道所处位置、工程地质和水文地质条件,合理设定开挖面压力;应确定壁后注浆的材料、压力和注浆量,并在施工过程中根据量测结果及时调整,控制地层变形。

4 应对地表、建(构)筑物、管线等变形进行监测分析，并根据监测结果及时调整施工参数。

11.2 浅覆土层施工

11.2.1 盾构隧道顶覆土不大于 1 倍盾构直径为浅覆土施工，应控制盾构开挖面土压、掘进速度等参数，减少施工对环境的影响。

11.2.2 应控制盾构姿态，防止发生盾构抬头和隧道上浮。

11.2.3 地质复杂时，可提前采取地基加固、抗浮板等辅助措施。

11.2.4 壁后注浆应使用快凝早强注浆材料，及时稳定隧道，控制隧道的上浮和管片的变形。

11.2.5 盾构掘进过程中，可采取地面堆载、隧道内堆载、隧道刚度增大等辅助措施。

11.3 深覆土层施工

11.3.1 盾构隧道顶覆土大于 25 m 为深覆土施工。

11.3.2 应加强对盾构机主驱动密封、铰接密封、螺旋机密封、盾尾密封系统功能和性能的设计审查。

11.3.3 应加强开挖面监控和施工参数控制，减少施工对设备和环境的影响。

11.3.4 应采取措施保证盾尾椭圆度和隧道椭圆度满足设计要求，加强施工测量频率并确保盾尾间隙均匀。

11.4 小半径曲线施工

11.4.1 隧道曲率半径小于 400 m 为小半径曲线施工，宜采用铰接式盾构机，启用铰接应严格按照程序规定和制造商要求执行。

11.4.2 应防止由于盾构推进反力不均引起的管片环变形、移动。

错台、碎裂、渗水等。

11.4.3 应根据隧道设计轴线对盾构姿态进行及时纠偏，不应急纠、猛纠。

11.4.4 应控制推进液压油缸行程差、盾尾间隙等参数，防止盾尾与管片之间硬性接触导致纠偏困难、管片碎裂渗漏。

11.4.5 使用超挖装置时，应严格控制超挖量。

11.4.6 整后注浆应使用快凝早强注浆材料，并根据成型隧道平面变化调整曲线内外侧注浆量。

11.4.7 应增加施工测量频率和测量台复核频率。

11.4.8 应采取措施防止后配套车架脱钩或倾覆。

11.4.9 在地层稳定性差的地段，宜提前采取稳定土体辅助措施。

11.5 长距离隧道施工

11.5.1 隧道单次掘进长度大于 500 m 为长距离隧道施工。

11.5.2 应选择满足长距离施工测量精度要求的测量仪器和测量方法，增加测量频率和测量台复核频率。

11.5.3 应选择满足施工要求的水平运输方式和设备，采取合理的运输方案提高运输效率。

11.5.4 应加强通风换气，通风设备必须延伸至拼装工作面，施工过程中应配备气体检测设备，对气体进行监测预警，必要时停止推进，采取隧道内加强通风措施。

11.5.5 应将应急、消防设备和物资布置在盾构工作面附近，发现问题及时处理。

11.6 穿越地下管线段施工

11.6.1 应对地下管线类型、位置、结构、材质、压力、敷设方式、容井围护形式、使用情况、允许变形值等详细调查。

11.6.2 对受施工影响可能产生较大变形的管线,应根据具体情况进行加固、悬吊、改移或停用。

11.6.3 应根据管线隆沉监测反馈及时调整盾构开挖面土压、掘进速度、出渣量、壁后注浆量等施工参数,减少地层土体的隆沉和变形,确保管线安全。

11.7 地下障碍物处理及穿越施工

11.7.1 施工前应详细调查地下障碍物。

11.7.2 从地面处理地下障碍物时,应选择合理的处理方法,将障碍物进行清除并及时回填密实,盾构机应具备应对残留障碍物的能力,确保盾构安全通过。

11.7.3 在开挖面拆除障碍物时,可选择爆破作业或加固地层的施工方法,并配备所需的设备及设施,应防止地层漏气漏水,控制地层的开挖量。

11.7.4 盾构直接切削地下障碍物时,盾构机应具备切割障碍物的能力,并采取针对性技术措施,必要时应对隧道结构进行加强。

11.8 穿越建(构)筑物施工

11.8.1 盾构穿越前,应对建(构)筑物的结构、位置、使用情况、变形等进行详细调查,评估施工对建(构)筑物的影响。

11.8.2 根据建(构)筑物基础与结构的类型、现状和沉降控制值,可采取预加固、隔离或托换等措施。

11.8.3 应加强地层和建(构)筑物变形监测并及时反馈,优化调整盾构施工参数。

11.8.4 应根据建(构)筑物沉降速率进行多次壁后注浆,使用快凝早强注浆材料。

11.8.5 盾构穿越运营地铁、铁路、磁悬浮、机场、古建筑等重要建

(构)筑物时,还应采取下列施工措施:

- 1 设置试验段,以控制地层变形量为目标,确定施工参数。
- 2 进行实时连续监测,及时分析反馈,微调施工参数。
- 3 盾构穿越前应进行全面的设备检修保养,穿越期间应连续施工。
- 4 必要时采取压重等措施,控制隧道上浮。
- 5 盾构穿越后,应根据监测结果及时进行补偿注浆,并遵循“多点、少量、多次、均匀”的原则。

11.9 穿越水域的盾构隧道施工

11.9.1 应详细查明盾构穿越水域段的工程地质和水文地质条件、河床状况、勘察孔位置、水位变化、邻边建(构)筑物情况及保护要求。

11.9.2 穿越前应对盾构密封系统做全面检查和处理,应制定盾尾渗漏、螺旋机喷涌以及盾构接头渗漏处置措施,宜在盾构工作面附近配备应急抢险设备和物资。

11.9.3 应根据水位、覆土厚度变化,调整盾构开挖面土压设定。浅覆土水域穿越段应防止切口冒顶、盾尾渗漏、螺旋机喷涌及盾构接头渗漏。

11.9.4 应控制盾构姿态,保证盾尾间隙均匀。

11.9.5 应采取减小对堤岸影响的措施。

11.9.6 应对河床隆沉进行监测,宜采用测量船作业。

11.10 小净距隧道施工

11.10.1 隧道净间距小于 0.7 倍盾构直径的地段为小净距隧道施工。

11.10.2 施工前,应分析施工对既有隧道的影响或隧道同时掘进

时的相互影响，并采取相应的施工措施。

11.10.3 施工时，应严格控制掘进速度、土仓压力、出渣量、注浆压力等，减小时邻近隧道的影响。

11.10.4 应对先行或既有隧道加强监测，根据反馈调整盾构施工参数。

11.10.5 壁后注浆应使用快凝早强注浆材料。

11.10.6 隧道同时掘进时，应控制相邻盾构机前后的距离，同时增加先行隧道施工测量频率和测量台复核频率。

11.10.7 可采取加固隧道间的土体，在既有或先行隧道内支设钢支撑，增强纵向刚性连接等辅助措施，控制地层和隧道变形。

11.11 叠交隧道施工

11.11.1 两条隧道投影面重合的区域施工为叠交隧道施工。

11.11.2 叠交隧道施工顺序宜先下后上。

11.11.3 先行隧道施工时应严格控制地面变形，确保隧道稳定。

11.11.4 后续隧道施工时，应加强对先行隧道的监测，根据监测结果及时调整盾构施工参数。

11.11.5 壁后注浆应使用快凝早强注浆材料。

11.11.6 施工过程中可采取注浆加固隧道间的土体，在先行隧道内支设钢支撑，增强纵向刚性连接、压重等辅助措施控制隧道变形。

11.12 复杂地质条件下的盾构隧道施工

11.12.1 当盾构在富水砂性地层或承压水层掘进施工时，应符合下列规定：

1 盾构机应具备向密闭土仓加高黏度泥浆、泡沫和聚合物的功能，盾尾密封应确保其密封性能指标达到抵抗盾构底部最高

水土压力及注浆压力的要求,螺旋输送机应设有防喷装置。

2 施工前应对盾构密封系统做全面检查和处理,应制定盾尾渗漏、螺旋机喷涌及盾构铰接渗漏处置措施,宜在盾构工作面附近配备应急抢险设备和物资。

3 应采取向土仓中注入润滑泥浆或泡沫的措施,加强开挖面渣土改良,控制地面变形。

4 应加强施工参数控制,控制盾构姿态,保证盾尾间隙均匀。

5 壁后注浆应使用快凝早强注浆材料,加强注浆控制,确保隧道稳定。

11.12.2 当盾构在富水软弱暗浜地层掘进施工时,应采取聚合物改良正面土体,同时增加壁后注浆,稳定隧道。

11.13 有害气体段的盾构隧道施工

11.13.1 盾构施工前应详细查明盾构穿越段的有毒有害气体种类、分布、压力等情况,评估有害气体对施工的影响。

11.13.2 地层中有害有害气体过多、压力过大时,必须提前进行释放处理。

11.13.3 盾构机应配备有毒有害气体检测设备,施工前应对盾构密封系统进行全面检查和处理。

11.13.4 施工中应加强通风换气,通风设备应延伸至拼装工作面。

11.13.5 施工过程中应对有毒有害气体进行监测预警,建立分级预警机制,有毒有害气体浓度大于安全标准的,必须停止推进,采取隧道内加强通风和隧道开挖面钻孔放气等措施。

11.13.6 在易燃易爆气体地段施工时,相关设备应满足防爆要求。

12 管片拼装

12.1 一般规定

12.1.1 必须使用质量合格的管片和防水密封条,管片防水密封材料应粘贴牢靠,并验收合格。

12.1.2 管片选型应符合下列规定:

1 应依据设计要求,选择管片类型、拼装方式和拼装位置。

2 当在曲线地段或需纠偏时,管片类型和拼装位置的选择应根据隧道设计轴线、前一环管片姿态、盾构姿态、盾尾间隙、推进油缸行程差和校接油缸行程差等多数据综合确定。

12.1.3 应按拼装工艺要求逐块拼装,并及时连接成环。

12.1.4 管片吊卸应采用满足吊装要求的柔性吊带或专用吊具,并定期检修。

12.2 拼装准备

12.2.1 管片吊装下井前应再次检查管片类型、破损情况、防水密封材料粘贴情况和拼装连接件,满足要求后方可吊装下井。

12.2.2 管片在隧道内应按便于拼装的顺序存放,管片与隧道之间应设置柔性隔离。

12.2.3 盾构推进到位后盾构姿态和间隙应符合拼装要求。

12.2.4 应对前一环管片环面进行质量检查和确认。

12.2.5 应对拼装机具和材料进行检查,拼装吊具须拧紧并进行试吊。

12.2.6 管片拼装前须消除前一环环面和盾尾里的垃圾及异物。

12.3 拼装作业

12.3.1 管片拼装应合理选择分块拼装顺序,依次拼装成环,首块管片拼装须准确定位,成环管片满足质量要求。

12.3.2 管片拼装过程中,应严格控制盾构千斤顶的伸缩,使盾构姿态和开挖面稳定。

12.3.3 拼装管片时,应采取措施防止管片及防水密封条损坏。

12.3.4 应对已拼装成环的衬砌环进行椭圆度测量,确保拼装精度。

12.3.5 环纵向螺栓应全部穿进,两侧外螺纹数应一致;螺栓应在管片拼装时拧紧,盾构机推进时复紧。

12.3.6 螺栓复紧不应少于 3 次,而在盾构推进时、管片脱出盾尾及脱出盾构台车之前进行复紧,螺栓复紧应采用扭矩扳手。

12.3.7 管片拼装后发现有大于 0.2 mm 的贯穿性裂缝或严重损坏的管片,应及时调换;漏环后遇有管片缺棱掉角损伤,应检查并按规定方法修补。

12.3.8 在曲线段拼装管片时,应正确使用楔形管片,使各管片环向定位准确。

12.3.9 联络通道等特殊位置拼装管片时,应根据特殊管片的设计位置,预先调整盾构姿态和盾尾间隙,确保管片拼装符合要求。

12.4 管片拼装质量控制

12.4.1 管片应无贯穿裂缝,无大于 0.2 mm 宽度的裂缝,无缺棱掉角现象。

12.4.2 管片防水密封质量应符合设计要求,防水材料应粘贴牢固、平整,不得缺损。

12.4.3 螺栓质量及拧紧度应符合设计要求。

12.4.4 施工阶段管片拼装成环质量允许偏差应符合表 12.4.4 的规定。

表 12.4.4 管片拼装成环允许偏差

序号	项目	允许偏差 (mm)	检测数量		检验方法
			范围	点数	
1	隧道轴线高程	±50	逐环	1 点/环	水准仪或高程尺
2	隧道轴线平面位置	±50	逐环	1 点/环	全站仪或钢尺
3	圆度	±4%D	每 5 环	—	量具或全站仪测量
4	对缝环内错台	4	逐环	5 点/环	尺量
5	对缝环间错台	5	逐环	5 点/环	尺量

注:D 为隧道外径(mm)。

13 壁后注浆

13.1 一般规定

- 13.1.1 施工掘进的同时，必须进行同步注浆。当同步注浆不能达到地层沉降和环境变形控制要求时，应及时进行二次注浆。
13.1.2 应采取措施减少注浆施工对周围环境的影响。

13.2 注浆材料

- 13.2.1 同步注浆浆液宜采用凝胶型厚浆或双液浆。厚浆由砂、粉煤灰、膨润土、石灰、添加剂、水等拌制而成。当地层稳定性较差或周边环境保护要求较高时，可适当添加胶凝材料。
13.2.2 应根据地质条件、地面沉降、变形控制要求、注浆设备的特点，通过试验选择合适的同步注浆浆液配比。
13.2.3 同步注浆浆液的流动性、稳定性、充填性、可泵送性、凝结时间、收缩率和环保等应满足施工要求。
13.2.4 同步注浆浆液宜采用工厂内专门拌制，运送到施工现场，若用现场拌制时，必须满足环保及质量控制的要求。
13.2.5 二次注浆浆液宜采用水泥浆、水泥-水玻璃双液浆。
13.2.6 二次注浆浆液应根据成型隧道的质量和同步注浆的情况等确定浆液配比。

13.3 同步注浆作业及质量控制

- 13.3.1 注浆前，应根据注浆施工要求准备拌浆、储浆、运浆和注

浆设备，并应进行试运转。首次注浆前所有注浆管路均应注水湿润。

13.3.2 注浆前，应对注浆孔、注浆管路和设备进行检查。

13.3.3 注浆时，应按照注浆量和注浆压力双控的原则进行多点匀速注浆，并对注浆量、注浆压力和注浆时间等参数进行记录。

13.3.4 应根据地层条件、施工状态和环境要求通过试验确定注浆率，注浆率宜为 120%—180%。同步注浆压力应大于周边地层压力，应避免压力过大导致密封系统和管片接缝防水失效。注浆速度应根据注浆量和掘进速度确定。

13.3.5 注浆管路应采用膨润土浆液定期清洗。长时间停顿或在浆液材料中添加胶凝材料时应加强清洗。

13.4 二次注浆作业及质量控制

13.4.1 注浆前，宜通过注浆试验确定钻孔工艺、浆液配合比、注浆方法和工艺，并根据试验结果调整注浆参数。

13.4.2 应利用管片预留注浆孔注浆，开孔时应安装孔口防喷装置，注浆后应及时封堵注浆孔。

13.4.3 注浆时间应按照注浆量和注浆压力双控的原则进行注浆，并对注浆量、注浆压力和注浆时间等参数进行记录。

13.4.4 注浆压力应大于周边地层压力，且应避免压力过大导致管片局部破损和管片接缝防水失效。

13.4.5 施工过程中应做好隧道、地面、建(构)筑物等的监测，及时调整注浆量。

14 隧道防水和缺陷处理

14.1 一般规定

14.1.1 隧道防水应包括管片接缝防水、特殊部位防水和管片本身防水。

14.1.2 隧道防水应满足设计和现行国家标准《盾构法隧道施工及验收规范》GB 50446 的要求。

14.1.3 缺陷处理包含渗漏水处理和管片修补。隧道渗漏水处理应符合现行国家标准《地下工程防水技术规范》GB 50108 的规定，管片修补应满足隧道结构安全要求，修补时机宜在隧道贯通后。

14.2 防水材料检测

14.2.1 应对防水密封条、遇水膨胀止水条、螺栓密封圈、自粘性橡胶带片、软木橡胶衬垫、管片孔洞封堵材料和接缝嵌缝材料进行检测。

14.2.2 防水材料检测项目应符合下列规定：

1 防水密封条成品应检测截面尺寸误差、净面积、硬度以及物理性能指标等。

2 遇水膨胀止水条成品应检测截面尺寸误差、硬度、拉伸强度和断裂伸长率、体积膨胀倍率、质量损失率、反复浸水性能。

3 螺栓孔密封圈应采用遇水膨胀橡胶制品，应检测硬度、体积膨胀倍率、质量损失率和反复浸水性能。

- 4 自粘性橡胶薄片成品应检测粘结剪切强度。
 - 5 软木橡胶衬垫成品应检测硬度、拉伸强度、断裂伸长率、恒定形变下的压缩可恢复性、压缩应力。
 - 6 手孔封堵材料包含聚合物水泥砂浆或速凝型快硬水泥、接缝嵌缝材料包含聚合物水泥砂浆、速凝型快硬水泥、遇水膨胀止水胶或聚氨酯建筑密封胶，应各自按现行国家标准要求开展检测。
- 14.2.3 各检测项目的批次、抽样和合格判定应符合现行有关标准的规定。

14.3 隧道防水施工

- 14.3.1 遇水膨胀类防水材料在运输和贮存时，应采取防雨、防潮措施。
- 14.3.2 防水密封条的长度尺寸须与管片接口匹配，粘贴前须做好相应沟槽的清洁工作，且在密封槽内应居中套擦，粘贴牢固。管片角隅处宜加贴自粘性橡胶薄片。
- 14.3.3 粘贴防水密封条后的管片堆放，应设置防雨措施，并尽快使用。
- 14.3.4 管片搬运时要确保防水密封条不脱落、不移位。
- 14.3.5 管片拼装时应严防防水密封条脱槽、扭曲，拼装块拼装时应保持足够的封口尺寸，并按需涂刷符合设计要求的润滑剂，防止防水密封条擦坏、变形。
- 14.3.6 注浆孔及螺栓孔处密封圈应定位准确，并应与密封槽相贴合。
- 14.3.7 当隧道处于侵蚀性介质的地层时，应采取相应的耐侵蚀混凝土或外涂耐侵蚀的外防水涂层措施。当处于严重腐蚀地层时，可同时采用耐侵蚀混凝土和外涂耐侵蚀的外防水涂层措施。

14.4 渗漏水处理

- 14.4.1 渗漏水处理方案应根据渗漏原因、渗漏部位和渗漏量等制定，不应对结构安全和耐久性造成影响。
- 14.4.2 堵漏材料应满足堵水要求，配比应根据地层特性、周边环境、施工工艺等确定。
- 14.4.3 堵漏注浆时，应对注浆压力和注浆量进行双控。
- 14.4.4 注浆封堵结束后，应对注浆孔进行密封防水处理。

14.5 管片修补

- 14.5.1 隧道衬砌表面出现缺棱掉角、混凝土剥落时，应进行修补。
- 14.5.2 混凝土管片的碎裂按此修补，应综合考虑破损原因、修补范围、环境条件、安全性、经济性等因素，有针对性地选择合理、适用的修补方法。
- 14.5.3 修补材料的抗拉强度不应低于 2.0 MPa，抗压强度不应低于管片混凝土强度。

15 盾构施工监测

15.1 一般规定

- 15.1.1 盾构施工监测对象应包括隧道结构和周边环境。
- 15.1.2 施工监测方案和应急预案应根据设计要求，并结合施工环境、工程地质和水文地质条件、掘进速度等制定。
- 15.1.3 施工监测方案应根据监测对象变形量和变形速率等进行调整，对突发的变形异常情况应及时启动应急预案。
- 15.1.4 地面、地下的监测数据以及盾构掘进机施工参数必须同步采集，并进行分析。
- 15.1.5 监测仪器和设备应满足足量测精度、抗干扰性、可靠性等要求，必要时还应满足实时采集和传输要求。
- 15.1.6 隧道施工监测等级、施工巡查内容应符合现行国家标准《城市轨道交通工程监测技术规范》GB 50911 的规定，监测项目应符合表 15.1.6 的规定。穿越江河、建（构）筑物或有特殊要求等地段的监测项目应根据设计要求确定。

表 15.1.6 盾构施工监测项目

序号	监测项目	工程等级			主要监测仪器
		一级	二级	三级	
1	施工区域地表隆沉、盾构建（构）筑物和管线变形	√	√	√	水准仪、全站仪、GNSS 接收机
2	隧道竖向位移	√	√	√	水准仪
3	隧道收敛	√	√	√	收敛仪、全站仪、测距仪

表集15.1.6

序号	监测项目	工程等级			主要监测仪器
		一级	二级	三级	
4	隧道水平位移	√	○	○	全站仪
5	成型隧道管片内力	○	○	○	应力计、应变计
6	管片连接螺栓应力	○	○	○	应力计、应变计
7	土体深层水平位移	○	○	○	测斜仪
8	土体分层竖向位移	○	○	○	水准仪、分层沉降仪
9	隧道周围土压力	○	○	○	压力计
10	孔隙水压力	○	○	○	孔隙水压力计

注:√为必测项目,○为选测项目。

15.1.7 竖向位移监测可采用水准测量方法,水准基点应埋设在变形影响范围外,且不应少于3个。

15.1.8 水平位移监测可采用边角测量或GNSS等方法,并应建立水平位移监测控制网,水平位移监测控制点宜采用具有强制对中装置的观测墩和照准部置。

15.1.9 采用物理传感器进行监测时,应按各类仪器不同的埋设规定和监测方案要求埋设传感器。

15.1.10 当竖向位移监测采用静力水准测量方法时,静力水准的埋设、连接、观测、数据处理等应符合国家现行相关标准要求,测量精度应与水准测量精度要求相同。

15.1.11 监测点应埋设在能够反映变形、便于观测、易于保护的位置。

15.1.12 地表竖向位移监测采用的高程系统应与施工测量的高程系统一致。

15.1.13 监测点布设、监测方法、测量精度应符合现行国家标准《城市轨道交通工程监测技术规范》GB 50911 和《城市轨道交通工程测量规范》GB 50308 的规定。

15.2 隧道周边环境监测

15.2.1 隧道周边环境监测对象应包括邻近建(构)筑物、地表和地下管线等。监测项目应符合表 15.2.1 的规定。

表 15.2.1 隧道周边环境监测项目

监测对象	监测项目
建(构)筑物	高程、超高程、保护建筑、危房等建筑的变形和裂缝 桥梁、轨道交通线路等市政设施的变形和裂缝
地表	地面道路、地表等变形
地下管线	燃气、热力、供水、供电、排水等主要管道变形

15.2.2 建(构)筑物变形监测,应根据其结构状况、重要程度、影响大小有选择地进行变形监测。监测点的布设应能够反映邻近建(构)筑物的不均匀沉降及倾斜情况。

15.2.3 线路纵向地表竖向位移观测点应沿隧道中线按一定间距布设,横向地表竖向位移观测断面应按盾构掘进沿线环境保护要求重点设置,观测点的布设应符合表 15.2.3 的要求。

表 15.2.3 地表竖向位移观测点布设要求

项目	布点范围	布点间距
纵向地表竖向位移观测点	离工作井 50 m 范围内	2 环—4 环
	离工作井 50 m 范围外	5 环
	联络通道上方以通道正投影轮廓轴线为基础加上 H' m 范围内	3 环—5 环或 5 m
横向地表竖向位移观测断面	断面间距	50 m
	观测范围	不少于隧道中心线两侧 H' m
	布点间距	2 m—5 m

注:表中 H' 为不小于 1.5 倍隧道中心埋深。

15.2.4 邻近地下管线监测点应直接设置在管线上,对无法直接观测的管线应采取周边土体分层沉降代替管线沉降监测。

15.2.5 监测初始值应在盾构机掘进影响该监测区域前 10 d 开始,直至观测对象稳定时结束。

15.2.6 竖向位移监测频率在盾构切口前 20 m 至盾尾脱出后 30 m 为重点监测时段,不应少于每天 2 次。盾尾脱出 30 m 后,当变形速率大于 3 mm/d 时,不应少于每天 2 次;当变形速率为 $1 \text{ mm/d} - 3 \text{ mm/d}$ 时,不应少于每天 1 次;当变形速率在 $0.5 \text{ mm/d} - 1 \text{ mm/d}$ 时,每 2 天 1 次;当变形速率小于 0.5 mm/d 以后,可每周 1 次或更长。

15.2.7 盾构穿越建(构)筑物、轨道交通、铁路、桥梁、防汛墙、地下管线等重要构筑物时,除应对被穿越体进行监测外,还宜增加周围土体的变形监测。

15.2.8 对穿越既有轨道交通、重要建(构)筑物等周边环境风险等级较高的工程应提高监测频率,并对关键监测项目进行实时监测和后期监测。

15.3 隧道结构监测

15.3.1 隧道结构监测应包括隧道竖向位移和收敛变形监测,必要时应进行水平位移和应力监测。

15.3.2 隧道竖向位移监测点每 5 环布设 1 点,测点宜设在道床位置两侧的管片上,初测应在隧道衬砌环脱出盾构台车后进行。隧道沉降测量应每月 1 次,区间隧道贯通后应及时提供全线隧道的沉降变化曲线。

15.3.3 隧道收敛监测点每 5 环布设 1 处,初测应在隧道衬砌环脱出盾构台车后进行,隧道收敛测量应每月 1 次,区间隧道贯通后应及时提供全线隧道的收敛变化曲线。

15.4 监测控制值和预警

15.4.1 监测预警标准和预警等级应根据工程特点、监测项目控制值及施工经验等确定。

15.4.2 监测项目控制值应符合现行国家标准《城市轨道交通工程监测技术规范》GB 50911 的规定。

15.4.3 当监测数据达到预警标准时，应及时进行警情报送，并采取处置措施。

15.4.4 预警管理制度应根据监测预警等级和预警标准制定。预警管理制度应包括不同预警等级的警情报送对象、时间、方式和流程。

15.4.5 当现场巡查过程中发现下列警情之一时，应根据警情紧急程度、发展趋势和造成后果的严重程度按预警管理制度进行警情报送：

1 周边地表出现实测明显沉降(隆起)或较严重的突发裂缝、坍塌。

2 建(构)筑物与周边环境出现危害正常使用功能或结构出现过大变形、沉降、倾斜或裂缝等。

3 周边地下管线变形明显增长或出现裂缝、泄漏等。

4 隧道结构出现明显变形、较大裂缝、较严重漏水。

5 根据工程经验判断可能出现的其他警情。

15.5 资料整理和信息反馈

15.5.1 应及时进行监测数据的采集、处理和反馈，并建立监测数据库。

15.5.2 应结合施工和现场环境状况定期进行综合分析，并应绘制出环境变形、地表沉降、隧道沉降等时态曲线图。

15.5.3 应对时态曲线进行基于概论统计的分析，并对变形趋势进行预测。

15.5.4 监测成果应包括现场监测资料、计算分析资料、各种曲线图表和文字报告，资料完整清晰。

15.5.5 当次施测后应及时提交书面监测成果报告。

15.5.6 工程竣工后或监测工作完成后应提供监测技术总结报告。

16 施工管理

16.1 一般规定

- 16.1.1 施工前应成立质量、安全、环境保护管理领导小组，建立、健全管理体系，制定管理目标。
- 16.1.2 施工前应编写施工组织设计，经专家论证并审批后作为指导施工的依据。
- 16.1.3 施工前应对管理人员和施工人员进行分级安全教育与技术交底。
- 16.1.4 施工过程中应加强质构施工信息化管理，进行施工和周边环境影响分析，及时调整施工参数。

16.2 质量管理

- 16.2.1 应制定测量与试验工作计划，并进行完整的测试、检查、试验等记录。
- 16.2.2 对工程主要材料及制品必须进行试验检验工作，确保其重量、形状、尺寸、强度、性能等符合要求。对容易破损、变质的材料，必须进行严格管理。
- 16.2.3 加强施工过程管理，对影响工程质量的主要因素应采取措施，确保工程质量。
- 16.2.4 对检验和监测中发现的不合格品，应按规定进行标识、记录、评价、隔离，防止非预期的使用或者交付。

16.3 安全管理

- 16.3.1** 施工中必须严格遵守有关安全法规、设备操作规程与安全操作规程，严禁违章作业。遵守明火动用规定，做好防火、防爆工作。
- 16.3.2** 作业场所应设置消防通道、消防水源，配备消防设施和灭火器材，并在现场入口处设置明显标志。
- 16.3.3** 施工中应实施监控计划并建立巡视制度，应经常进行安全施工检查，并做好相应的记录和处理。

16.4 作业环境管理

- 16.4.1** 施工作业环境应保证施工现扬及周边环境安全、卫生、文明，减少噪声污染、光污染、水污染；杜绝重大环境污染事件的发生。
- 16.4.2** 应根据盾构设备状况、地质条件、施工方法、进度、隧道掘进长度等选用合适的通风方式和通风设备和洞内降温措施，应设置空气质量监测仪来检测含氧量、可燃性气体、有害气体，确保满足作业人员的健康要求。施工作业气体应符合下列规定：
- 1 空气中氧气含量不得低于 20%。
 - 2 甲烷浓度应小于 0.5%（按体积计）。
 - 3 一氧化碳不应超过 $30 \text{ mg}/\text{m}^3$ ，二氧化碳不应超过 0.5%（按体积计），氮氧化物换算成二氧化氮不应超过 $5 \text{ mg}/\text{m}^3$ 。
- 16.4.3** 作业场所应设置照明设施，洞内、洞口应安置足够的排水设备。
- 16.4.4** 施工过程中应进行垃圾分类，实现固体废弃物的循环利用。设专人按规定处置有毒有害物质，禁止将有毒有害废弃物用于现场回填或混入建筑垃圾中外运。
- 16.4.5** 应加强施工污染排放和资源消耗管理，定期进行检查或

测量，并采取预控或纠偏措施。

16.5 应急管理

- 16.5.1** 施工前应识别可能的风险因素，对工程中重大风险源进行详细排查，编制项目应急预案。
- 16.5.2** 应根据应急预案进行综合演练和专项演练，对有效性和可操作性实施评价并改进。
- 16.5.3** 发生事故时，应立即启动应急预案，实施应急响应，组织应急救援，并按照规定的程序、时间上报。

17 盾构机维修保养

17.1 一般规定

- 17.1.1 盾构机维修保养应包括再次使用前维修保养和施工过程中日常维修保养。
- 17.1.2 再次使用前维修保养应制定专项方案。
- 17.1.3 日常维修保养应遵循预防为主、状态检测、强制保养、按需维修、养修并重的原则。
- 17.1.4 应针对各类型盾构，识别维修过程中的关键工件、关键工序，并对关键工件、关键工序实施过程监控。
- 17.1.5 应做好盾构机维修保养现场的安全、消防、保卫、文明施工、环境保护等工作，并对设备采取防护措施。
- 17.1.6 工厂验收合格后、投入使用前应开展动态保养。

17.2 盾构机再次使用前维修保养

- 17.2.1 再次使用前维修保养应包括：切割刀盘、刀盘驱动系统、盾构机主机、中心回转接头、管片拼装机、螺旋输送机、推进系统、铰接系统、同步注浆系统、盾尾密封系统及各辅助设施设备维修保养。
- 17.2.2 盾构机维修保养后应进行总装及调试，并应符合下列规定：
 - 1 盾构主机应装配合拢，后配套拖车和管线均应安装到位，铰接盾构应满足铰接系统试车条件。

2 盾构机调试应首先进行分系统调试,然后进行整机联动调试并确认连锁控制功能。

17.2.3 盾构机调试结束后应进行工厂验收,工厂验收应符合下列规定:

1 应根据验收大纲进行自检。

2 应审查自检报告、维修过程资料,按照调试验收大纲要求逐项检查盾构机功能指标,出具工厂维修验收合格证书。

17.3 盾构机使用中日常维修保养

17.3.1 试验掘进重载验收通过后,盾构机的保养与维修应由专业人员负责。

17.3.2 根据盾构机的设计、制造相关技术文件,应制定并实施日常保养与维修计划。

17.3.3 施工过程中应每日进行检查和停机维修保养,检查和维修保养工作应及时记录。

17.4 盾构机备品备件

17.4.1 应建立盾构机备品备件管理体系,合理储备备品备件。

17.4.2 盾构机备品备件的规格、质量应符合盾构机设计要求。

17.4.3 盾构机备品备件应按照仓储技术要求存储,并定期检查维护。

17.5 盾构机应急保障

17.5.1 盾构施工过程中应建立 24 h 盾构机应急保障体系,确保人员、物资及时响应。

17.5.2 应急保障工作应及时记录。

18 成型隧道验收

18.1 主控项目

18.1.1 隧道防水应符合设计文件的要求。

检验数量:逐环检验。

检验方法:观察检查及钢尺量测渗水面积,检查施工记录。

18.1.2 管片结构表面应无贯穿裂隙,无缺棱掉角及混凝土剥落现象,管片接缝应符合设计文件要求。

检验数量:全数检验。

检验方法:观察检查、仪器检查、检查施工记录。

18.1.3 衬砌结构严禁侵入建筑限界。

检验数量:每 5 环检查 2 个断面。

检验方法:全站仪、水准仪测量或隧道断面仪测量。

18.1.4 隧道轴线平面位置和高程允许偏差、检验方法和检验数量应符合表 18.1.4 的规定。

表 18.1.4 隧道轴线平面位置和高程偏差

检验项目	允许偏差(mm)	检验方法	检验数量
隧道轴线平面位置	±300	用全站仪测中线	每 10 环
隧道轴线高程	±300	用水准仪测高程	每 10 环

18.2 一般项目

18.2.1 隧道的允许偏差、检验方法和检验数量应符合表 18.2.1 的规定。

表 18.2.1 隧道的允许偏差、检验方法和检验数量

检验项目	允许偏差	检验方法	检验数量	
椭圆度(mm)	±5%D	激光仪、全站仪测量	每 30 路	
环内错台(mm)	10	尺量	每 30 路	4 点/路
环间错台(mm)	15	尺量	每 30 路	4 点/路

本标准用词说明

1 为便于在执行本标准条文时区别对待,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该这样做的用词:

正面词采用“宜”;

反面词采用“不宜”。

4) 表示又选择,在一定条件下可以这样做的用词,采用“可”。

2 条文中间指明应按其他有关标准执行时的写法为“应符合……的规定(或要求)”或“应按……执行”。

引用标准名录

- 1 《国家一、二等水准测量规范》GB/T 12897
- 2 《预制混凝土衬砌管片》GB/T 22082
- 3 《无机防水堵漏材料》GB 23440
- 4 《混凝土结构设计规范》GB 50010
- 5 《普通混凝土拌合物性能试验方法》GB/T 30080
- 6 《地下工程防水技术规范》GB 50108
- 7 《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB 50204
- 8 《钢结构工程施工质量验收规范》GB 50205
- 9 《地铁道工程施工及验收规范》GB 50299
- 10 《城市轨道交通工程测量规范》GB 50308
- 11 《盾构法隧道施工验收规范》GB 50446
- 12 《城市轨道交通工程监测技术规范》GB 50911
- 13 《二氧化硫排放保护性工艺规程》H/T 9186
- 14 《聚氯乙烯建筑密封胶》JC/T 482
- 15 《聚合物水泥防水砂浆》JC/T 984
- 16 《预制混凝土衬砌管片生产工艺技术规程》JC/T 2030
- 17 《施工现场临时用电安全技术规范》JGJ 46
- 18 《遇水膨胀止水胶》JG/T 312