

上海市工程建设规范

大跨度建筑空间结构抗连续倒塌设计标准

Design standard for large-span spatial structures to resist progressive collapse

DG/TJ 08—2350—2021

J 15559—2021

主编单位：华东建筑设计研究院有限公司

同济大学

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7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〕11号

上海市住房和城乡建设管理委员会
关于批准《大跨度建筑空间结构抗连续倒塌
设计标准》为上海市工程建设规范的通知

各有关单位：

由华东建筑设计研究院有限公司、同济大学主编的《大跨度建筑空间结构抗连续倒塌设计标准》，经我委审核，现批准为上海市工程建设规范，统一编号为DBJ/T 08-2350—2021，自2021年7月1日起实施。

本规范由上海市住房和城乡建设管理委员会负责管理，华东建筑设计研究院有限公司负责解释。

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

本标准根据上海市住房和城乡建设管理委员会《关于印发〈2016 年上海市工程建设规范编制计划〉的通知》(沪建管〔2015〕871 号)的要求,在经过广泛调研和征求意见的基础上,由华东建筑设计研究院有限公司、同济大学会同有关单位编制而成。

本标准共 8 章,主要内容包括:总则;术语和符号;基本规定;拆除构件法抗连接倒塌能力评估;爆炸作用下抗连续倒塌设计;撞击下抗连续倒塌设计;火灾下抗连续倒塌设计;隔离与防护措施。

各有关单位和人员在执行本标准过程中,如有意见和建议,请反馈至上海市住房和城乡建设管理委员会(地址:上海市大沽路 100 号;邮编:200031;E-mail:shjsbgs@163.com),华东建筑设计研究院有限公司(地址:上海市海防路 600 弄 18 号;邮编:200011;E-mail:jeh_yin@163.com),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:shgechu@163.com),以便修订时参考。

主编单位:华东建筑设计研究院有限公司

同济大学

参编单位:上海建筑设计研究院有限公司

上海建工集团股份有限公司

上海交通大学

上海通正钢结构建设科技有限公司

上海机场集团有限公司

上海建筑空间结构工程技术研究中心

上海建科铝合金结构建筑研究院

主要起草人:王平山 张其林 周健 崔家春 陈素文
王春江 蒋首超 高振铎 安东亚 李亚明
欧阳元文 王晓鸿 肖建庄 邱枕戈
罗晓群 徐晓明 宋振森 尹健 徐自然
主要审查人:丁洁民 杨联伟 吴欣之 果斯 花炳灿
陈务军 王卓琳

上海市建筑建材业市场管理总站

目 次

| | | |
|-----|----------------------|----|
| 1 | 总 则 | 1 |
| 2 | 术语和符号 | 2 |
| 2.1 | 术 语 | 2 |
| 2.2 | 符 号 | 4 |
| 3 | 基本规定 | 6 |
| 3.1 | 一般规定 | 6 |
| 3.2 | 概念设计 | 8 |
| 4 | 拆除构件抵抗连续倒塌能力评估 | 9 |
| 4.1 | 一般规定 | 9 |
| 4.2 | 拆除构件选择 | 10 |
| 4.3 | 计算分析 | 10 |
| 4.4 | 能力评估 | 12 |
| 5 | 爆炸作用下抗连续倒塌设计 | 14 |
| 5.1 | 一般规定 | 14 |
| 5.2 | 爆炸荷载 | 16 |
| 5.3 | 材料动态特性 | 18 |
| 5.4 | 构件抗爆分析 | 18 |
| 5.5 | 直接动力法 | 21 |
| 5.6 | 提高措施 | 22 |
| 6 | 撞击下抗连续倒塌设计 | 23 |
| 6.1 | 一般规定 | 23 |
| 6.2 | 撞击荷载 | 24 |
| 6.3 | 构件抗撞击分析 | 25 |
| 6.4 | 直接动力法 | 26 |

| | |
|----------------------------------|----|
| 6.5 提高措施 | 26 |
| 7 火灾下抗连续倒塌设计 | 27 |
| 7.1 一般规定 | 27 |
| 7.2 设计参数 | 27 |
| 7.3 抗火灾连续倒塌计算 | 29 |
| 7.4 提高措施 | 29 |
| 8 隔离与防护措施 | 31 |
| 8.1 一般规定 | 31 |
| 8.2 隔离阻挡装置 | 31 |
| 8.3 结构构件防护装置 | 33 |
| 附录 A 建造和改造阶段抗连续倒塌设计 | 34 |
| 附录 B 封闭矩形建筑物的前墙、侧墙及屋面、后墙上的爆炸荷载参数 | 38 |
| 附录 C 常用建筑材料的动力力学特性 | 44 |
| 附录 D 高温下钢材的动力学参数 | 49 |
| 本标准用词说明 | 52 |
| 引用标准名录 | 53 |
| 条文说明 | 55 |

Contents

| | | |
|-----|---|----|
| 1 | General provisions | 2 |
| 2 | Terms and symbols | 2 |
| 2.1 | Terms | 2 |
| 2.2 | Symbols | 4 |
| 3 | Basic requirements | 6 |
| 3.1 | General requirements | 6 |
| 3.2 | Conceptual design | 8 |
| 4 | Evaluation of resisting progressive collapse with alternate load path method | 9 |
| 4.1 | General requirements | 9 |
| 4.2 | Selection of remaining components | 10 |
| 4.3 | Analysis | 10 |
| 4.4 | Evaluation | 12 |
| 5 | Resisting progressive collapse design for explosion | 14 |
| 5.1 | General requirements | 14 |
| 5.2 | Explosion load | 16 |
| 5.3 | Dynamic effect parameters of materials | 18 |
| 5.4 | Explosion analysis for components | 18 |
| 5.5 | Direct dynamic time-history analysis method | 21 |
| 5.6 | Measures for improving structural ability | 22 |
| 6 | Resisting progressive collapse design for vehicle impact | 23 |
| 6.1 | General requirements | 23 |
| 6.2 | Impact load | 24 |

| | | |
|------------|---|----|
| 6.3 | Impact analysis for components | 25 |
| 6.4 | Direct dynamic time-history analysis method | 26 |
| 6.5 | Measures for improving structural ability | 26 |
| 7 | Resisting progressive collapse design for fire | 27 |
| 7.1 | General requirements | 27 |
| 7.2 | Design parameters | 27 |
| 7.3 | Resisting progressive collapse analysis for fire | 29 |
| 7.4 | Measures for improving structural ability | 29 |
| 8 | Isolation and protection | 31 |
| 8.1 | General requirements | 31 |
| 8.2 | Anti-ram device | 31 |
| 8.3 | Protection device for structural components | 33 |
| Appendix A | Resisting progressive collapse design in construction and reconstruction stage | 34 |
| Appendix B | Explosion load parameters of front wall, side wall, roof and back wall of closed rectangular building | 38 |
| Appendix C | Dynamic strength increasing coefficient of common building materials | 44 |
| Appendix D | Mechanical properties of steel at high temperature | 49 |
| | Explanation of wording in this standard | 52 |
| | List of quoted standards | 53 |
| | Explanation of provisions | 55 |

1 总 则

- 1.0.1** 为贯彻国家与本市有关建筑工程法律法规,避免大跨度空间结构在偶然事件中发生连续倒塌破坏,减少人员伤亡及经济损失,特制定本标准。
- 1.0.2** 本标准适用于民用建筑中的大跨度空间结构在建造、使用或改造过程中因爆炸、撞击、火灾、施工不当等偶然事件产生的荷载与作用下的抗连续倒塌设计。
- 1.0.3** 大跨度空间结构的连续倒塌设计,除应符合本标准外,尚应符合国家、行业和本市现行的有关标准的规定。

2 术语和符号

2.1 术语

2.1.1 偶然事件 accidental events

在建筑结构建造阶段、使用阶段、加固改造阶段不一定发生，而一旦发生，可能引起建筑结构严重破坏甚至倒塌的事件。

2.1.2 偶然荷载 accidental load

在结构设计使用年限内不一定出现，而一旦出现，其量值很大，且持续时间很短的荷载。

2.1.3 连续倒塌 progressive collapse

因单个构件或局部结构破坏，进而引起其他构件的连续破坏，最终导致与初始局部破坏不成比例的结构破坏。

2.1.4 失效 loss of load-carrying capacity

构件、节点或支座等结构部件因发生失稳、强度破坏或超过允许变形，不能继续承载而退出工作的状态。

2.1.5 关键构件 key structural component

失效后可能引发结构严重破坏或连续倒塌的结构构件。

2.1.6 剩余结构 remaining structure

利用拆除构件法进行抗连续倒塌分析时，去除选定的构件以后，剩余的结构部分。

2.1.7 撞击荷载 impact load

汽车等快速移动大质量物体撞击建筑时产生的冲击力。

2.1.8 爆炸荷载 blast load

炸药爆炸后形成的冲击波对建筑的动力作用。

2.1.9 超压 overpressure

爆炸产生的压力与大气压的差值。

2.1.10 动态强度增大系数 dynamic increase factor(DIF) for strength

考虑材料强度随应变率的增大而提高的系数。

2.1.11 等效静载法 equivalent static load method

将动荷载简化为静荷载且通过动力系数计算构件动荷载效用的方法。

2.1.12 拆除构件法 alternate load path method

在抗连续倒塌分析时,有选择性地拆除承重构件,然后分析剩余结构的力学响应,根据剩余结构的破坏程度评价结构发生连续倒塌的风险程度。

2.1.13 改进拆除构件法 improved alternate load path method

考虑爆炸对周边构件动力效应的拆除构件法,即考虑爆炸作用下拆除构件周边构件的初始速度、初始位移和初始损伤的分析方法。

2.1.14 直接动力法 direct dynamic time history analysis method

在整体计算模型中模拟撞击、爆炸、火灾、超载等偶然事件产生的作用,采用非线性动力分析方法进行全过程抗连续倒塌分析的方法。

2.1.15 防撞等级 rating of barrier impact performance

描述隔墙阻挡装置防止汽车撞击能力的等级。

2.1.16 风险分析 risk analysis

对建筑物或关键结构构件可能遭受的威胁(爆炸、汽车撞击、非法侵入等)以及可能产生的后果(包括人员伤亡、经济损失、功能影响和社会影响等)进行分析评估。

2.1.17 安全规划 safety planning

为预防可能发生的威胁或减轻威胁可能造成的后果所制定的安全管理系统和防护措施。

2.1.18 隔离阻挡装置 anti-ram device

用于阻抗车辆撞击的建筑防护结构。

2.2 符 号

- A —— 撞击物体的接触面积(m^2)；
 E —— 撞击物体的等效弹性模量(kN/m^2)；
 f_d —— 材料动态强度；
 f_s —— 材料强度标准值；
 G_k —— 永久荷载标准值；
 k —— 撞击物与结构之间的等效刚度(kN/m)；
 K_d —— 构件的受弯动力系数；
 K_s —— 构件的剪力动力系数；
 L —— 撞击物体的长度(m)；
 L_c —— 荷载组合的设计值；
 m —— 撞击物的总质量(t)；
 P —— 物体撞击结构产生的等效撞击荷载(kN)；
 $\sum P$ —— 各楼面的永久荷载标准值与可变荷载标准值之和；
 P_0 —— 作用于构件的超压峰值(kPa)；
 p_s —— 原结构重力荷载产生的被拆除构件端点结构整体坐标系的内力向量；
 $p(t)$ —— 作用在剩余结构与被拆除构件的连接节点的动力荷载向量时程；
 Q_{Ss} —— 用于构件变形计算的均布等效静荷载标准值(kPa)；
 Q_{Ls} —— 楼面可变荷载标准值；
 Q_{Rs} —— 屋面可变荷载标准值；
 Q_s —— 用于构件剪力计算的均布等效静荷载标准值(kPa)；
 R_d —— 构件承载力设计值；
 S —— 荷载效应组合的设计值；
 S_{sd} —— 偏向偶然作用效应设计值；
 S_d —— 荷载组合的效应设计值；

- S_{ek} ——永久荷载效应标准值；
 S_k ——雪荷载标准值；
 $S_{ek,0}$ ——按可变荷载标准值计算的荷载效应；
 S_m ——作用效应组合的设计值；
 S_{qk} ——活荷载标准值的效应；
 S_{gk} ——爆炸荷载效应标准值；
 S_m ——火灾下结构的温度作用效应标准值；
 S_w ——风荷载效应标准值；
 t ——时间(s)；
 t_0 ——正压作用时间(s)；
 t_1 ——被拆除构件的失效时间(s)；
 t_2 ——动力荷载向量时程作用时间(s)；
 Δt ——撞击作用时间(s)；
 v ——撞击物的速度(m/s)；
 φ_l ——楼面或屋面活荷载的频遇值系数；
 φ_s ——楼面或屋面活荷载的准永久值系数；
 φ_{ek} ——楼面可变荷载频遇值系数；
 φ_{gk} ——屋面可变荷载频遇值系数；
 φ_{qs} ——雪荷载准永久值系数；
 B_u ——剪向荷载动力放大系数；
 Z ——结构抗火重要性系数；
 γ_m ——材料动态强度增大系数；
 γ_c ——永久荷载分项系数；
 $\gamma_{G,0}$ ——可变荷载分项系数；
 $\gamma_{G,1}$ ——爆炸荷载分项系数；
 $\gamma_{M,0}$ ——材料强度调整系数；
 $[\mu]$ ——允许延性比；
 a_0 ——构件的基本频率(1/s)。

3 基本规定

3.1 一般规定

3.1.1 大跨度空间结构在建造阶段、使用阶段、改造阶段均宜进行抗连续倒塌设计。

3.1.2 大跨度空间结构的抗连续倒塌设计，应以结构概念设计为主、抗连续倒塌分析为辅助手段，结合运动机理采取必要的隔离与防护措施。

3.1.3 大跨度空间结构抗连续倒塌设计宜包括以下内容：

- 1 风险分析，确定可能的危险源及影响到的结构构件。
- 2 结构体系和构造设计。
- 3 关键构件判别与剩余结构抗倒塌性能分析。
- 4 偶然荷载作用下构件强度及其防护设计。
- 5 必要的建筑隔离阻挡装置设计。

3.1.4 大跨度建筑空间结构按照抗连续倒塌重要性可分为三级。

一级：特别重要建筑，屋面坍塌将导致极大的人员伤亡或重大社会不良影响，建筑使用功能不能中断。

二级：重要建筑，人员密集型或屋面坍塌将导致人员伤亡或社会不良影响，一旦发生局部构件失效，建筑使用功能需要尽快恢复。

三级：一般建筑，非人员密集型或屋面坍塌一般不会造成人员伤亡，社会影响较小。

3.1.5 大跨度空间结构抗连续倒塌设计时，应根据建筑重要性分类和可能发生的偶然事件类型，选择合适的偶然荷载工况、目标

构件和分析方法。

3.1.6 大跨度空间结构的抗连续倒塌设计,可考虑恒荷载、活荷载、风荷载和偶然荷载参与组合,对应的荷载组合系数应根据现行国家标准《建筑结构可靠性设计统一标准》GB 50068、《建筑结构荷载规范》GB 50009 的相关规定进行选取。

3.1.7 大跨度空间结构的抗连续倒塌分析,可采用拆除构件法或直接动力分析法。

3.1.8 大跨度空间结构抗连续倒塌分析,宜考虑几何非线性效应;当采用非线性动力分析方法时,宜同时考虑几何非线性和材料非线性效应。

3.1.9 当采用非线性动力方法进行大跨度空间结构抗连续倒塌分析时,宜采用荷载的标准组合,并采用材料强度标准值对构件进行强度校核。

3.1.10 为避免发生偶然事件时建筑结构发生连续倒塌破坏,应采取措施防止建筑结构遭受偶然事件或减小偶然事件对建筑结构的影响,同时应通过抗连续倒塌设计使建筑结构具有抗连续倒塌能力。

3.1.11 防止建筑结构遭受偶然事件或减小偶然事件对建筑结构的影响,可采取避让、隔离、控制等措施。

3.1.12 大跨度空间结构的建造、改造和拆除,在编制施工方案时应开展抗连续倒塌设计,可根据本标准附录 A 进行。

3.1.13 可采取以下措施降低结构发生连续倒塌的可能性:

1 对关键构件进行保护与隔离,避免偶然事件的发生或降低其可能性。

2 对关键构件进行加强,降低其失效的可能性。

3 调整结构布置,降低结构因构件失效发生连续倒塌的可能性。

3.2 概念设计

3.2.1 大跨度空间结构宜选用冗余度高的结构体系，且应满足以下基本要求：

- 1 具有较好整体稳固性。
- 2 具备多条传力路径。
- 3 具有承受偶然荷载的能力和传递偶然荷载的途径。
- 4 关键受力部位应具有较多的冗余约束。
- 5 结构构件宜有足够的塑性变形能力。
- 6 对防止结构倒塌起关键作用的构件、连接及支座应具有足够的承载力。
- 7 下部支撑结构应有较多的冗余度及备用传力途径。

3.2.2 大跨度空间结构的连接宜满足以下要求：

- 1 宜采用塑性破坏模式的连接节点，应避免节点发生脆性破坏。
- 2 当采用半刚性连接节点时，应在设计分析模型中考虑节点刚度对结构变形和极限承载能力的影响，且应避免节点失效引起结构的连接倒塌。

3.2.3 大跨度空间结构的支座应满足以下要求：

- 1 承载力应具备一定的安全储备。
- 2 对于重要的承压型支座，应同时具备一定的抗拉承载力；当采用只能承受压力的支座时，应有支座受拉时的应对措施。
- 3 可滑移支座设计应预留足够的可滑动距离，并设置可靠的限位装置或防跌落装置。

4 拆除构件法抗连续倒塌能力评估

4.1 一般规定

4.1.1 当不考虑直接遭受外力或作用的首根或首排构件的失效过程时,可采用拆除构件法进行大跨度空间结构的抗连续倒塌分析评估。

4.1.2 采用拆除构件法对大跨度空间结构在偶然事件中的抗连续倒塌能力进行计算评估时,可采取以下步骤:

1 根据风险分析结果初步确定需要拆除的构件。

2 逐个拆除被选择的构件,对拆除构件后的剩余结构进行抗连续倒塌计算。

3 根据剩余结构构件的内力、变形、塑性发展水平,按本标准第4.4节的规定判定结构是否满足抗连续倒塌设计要求。

4 当第3条的评估结果不能满足要求时,可直接对结构或构件进行调整后再次计算,直至满足要求;也可对拆除的构件进行加强或采用直接动力分析法进行全过程抗连续倒塌分析,再次评估并采取针对性措施。

4.1.3 拆除构件后的剩余结构的抗连续倒塌计算,可根据结构体系特点选用静力弹性、静力弹塑性或动力弹塑性分析方法。

4.1.4 抗连续倒塌分析时,计算模型的几何尺寸、计算参数、边界条件等,应根据结构实际情况确定,各种假定和简化应符合偶然事件发生时结构的实际工作状况。

4.1.5 采用拆除构件法进行抗连续倒塌分析时,应根据被拆除构件的失效特征考虑其对剩余结构可能产生的反向作用。

4.2 拆除构件选择

4.2.1 采用拆除构件法进行大跨度空间结构抗连续倒塌设计时，宜选择经初步风险分析判断得到的关键构件。

4.2.2 大跨度空间钢结构可选择下列构件作为被拆除构件：

- 1 下部支撑结构的角柱、中柱等承重构件。
- 2 屋盖结构靠近支座的构件、受力较大的构件或特殊节点。
- 3 代表性支座。

4.2.3 当偶然事件较为明确时，也可根据以下原则确定被拆除构件：

- 1 根据建筑内的可燃物数量、燃烧速率及蔓延可能性结合标准升温曲线确定，也可取为耐火时间要求较高的构件。
- 2 根据爆炸可能发生位置和瞬间抗爆炸分析的结果确定。
- 3 根据交通流线规划情况和汽车可能到达的位置进行判断后确定。

4.3 计算分析

4.3.1 抗连续倒塌分析应建立三维有限元模型。材料模型根据不同方法，应符合如下要求：

1 采用静力弹性方法时，可采用考虑线弹性材料的计算模型。

2 采用静力弹塑性方法或动力弹塑性方法时，应建立考虑材料非线性的应力-应变模型或构件非线性力-变形模型。

4.3.2 采用静力方法进行抗连续倒塌计算时，荷载施加应符合如下要求：

1 通过等效方法考虑动力效应的放大，可对相关影响区域的重力荷载乘以动力系数后再进行效应计算。

2 在拆除构件的剩余结构上分步施加楼面(屋面)重力荷载以及水平荷载进行结构计算。

4.3.3 采用动力弹性方法进行杭连续倒塌计算时,应符合下列规定:

- 1 通过动力荷载向量作用过程模拟直接考虑动力效应。
- 2 采用剩余结构的阻尼。
- 3 时程分析的积分步长应满足计算精度的要求。

4.3.4 采用动力弹性方法进行杭连续倒塌计算时,剩余结构作用的动力荷载向量时程可按下列规定确定:

- 1 作用点为剩余结构与被拆除构件的连接节点。
- 2 作用方向与原结构重力荷载产生的被拆除构件端点内力设计值向量的方向相反。
- 3 荷载向量时程可按下式确定:

$$p(t) = \begin{cases} p_0(1-t/t_1) & (0 \leq t \leq t_1) \\ 0 & (t > t_1) \end{cases} \quad (4.3.4)$$

式中: $p(t)$ ——作用在剩余结构与被拆除构件的连接节点的动力荷载向量时程;

p_0 ——原结构重力荷载产生的被拆除构件端点结构整体坐标下的内力向量;

t ——时间;

t_1 ——被拆除构件的失效时间,即动力荷载向量由 p_0 减至 0 的时间,不大于 $0.1T_1$, T_1 为剩余结构的基本周期;

t_2 ——动力荷载向量时程作用时间,通过试算确定,可计算到结构响应基本趋于稳定。

4.3.5 采用动力弹性方法进行杭连续倒塌分析时,应首先采用静力方法在原结构上分步施加重力荷载与水平荷载的组合,在此受力状态下采用动力弹性方法模拟杆件失效后剩余结构的响应。

4.4 能力评估

4.4.1 采用静力弹性方法进行大跨度空间结构抗连续倒塌计算时,通过验算剩余结构构件的承载力来评估结构体系的抗连续倒塌能力。

4.4.2 采用弹塑性分析方法进行结构抗连续倒塌计算时,结构倒塌失效判断标准如下:

1 倾向失效。主要竖向构件侧向位移角超过限值,框架柱为1/30,框架柱为1/20,剪力墙为1/70。

2 竖向失效。屋盖竖向变形与跨度的比值超过限值,且越过区域的面积比例达到30%以上;单层网壳和格构式拱结构为1/150,网架为1/120,立体桁架为1/60。

4.4.3 构件的失效可采用以下判别标准:

1 水平构件:刚梁的塑性转角超过 $\text{Max}(1/50, \text{跨高比}/200)$;钢筋混凝土梁塑性转角超过1/35;竖向变形呈发散趋势或影响安全使用。

2 竖向构件:净截面压弯破坏的混凝土构件混凝土压应变超过极限应变,或钢筋拉应变超过12倍屈服应变,钢构件塑性应变超过12倍屈服应变。

4.4.4 当拆除某支撑构件不能满足结构抗连续倒塌设计要求时应调整方案或采取加强防护措施。当采用加强措施时,可在该构件表面附加 $80 \text{ kN}/\text{m}^2$ 侧向偶然作用设计值,此时其承载力应满足下列公式要求:

$$R_d \geq S_d \quad (4.4.4-1)$$

$$S_d = S_{ck} + 0.6S_{gk} + S_{sk} \quad (4.4.4-2)$$

式中: R_d —— 构件承载力设计值;

S_d —— 荷载组合的效应设计值;

S_{GK} ——永久荷载效应标准值；
 S_{QK} ——活荷载标准值的效应；
 S_{AS} ——侧向偶然作用效应设计值。

5 爆炸作用下抗连续倒塌设计

5.1 一般规定

5.1.1 符合下列条件之一的大跨度空间结构应进行抗爆炸连续倒塌设计：

- 1 抗连续倒塌重要性等级为一级。
- 2 抗连续倒塌重要性等级为二级且爆炸危险性较大。

5.1.2 抗爆炸倒塌设计可按下列步骤进行：

- 1 通过爆炸风险分析确定抗爆目标构件和设计爆炸荷载。
- 2 对目标构件进行抗爆分析。如构件失效，可判断结构满足抗爆炸倒塌设计，否则，可按第3步进行结构抗连续倒塌分析，或按第4步重新进行抗爆炸倒塌设计。
- 3 采用拆除构件法、改进的拆除构件法或直接动力法进行结构抗连续倒塌分析。如满足抗爆炸倒塌设计要求，则结束；否则，按第4步重新进行抗爆炸倒塌设计。

5.1.3 大跨度空间结构抗爆炸倒塌分析可采用拆除构件法、改进的拆除构件法或直接动力法。当爆炸对失效构件周边构件可能产生较严重影响时，可采用改进的拆除构件法或直接动力法进行抗连续倒塌分析。当采用改进的拆除构件法时，应首先施加结构初始条件和构件初始损伤以模拟爆炸荷载对周边构件影响，再在此基础上进行拆除构件法分析。

5.1.4 对于抗连续倒塌重要性为一级的大跨度空间结构，宜采用直接动力法全过程模拟爆炸作用和结构动力响应。

5.1.5 改进的拆除构件法分析步骤如下：

- 1 建立结构的有限元模型。
- 2 对结构施加本标准第5.1.6条规定的荷载，并使结构达到静力平衡。
- 3 确定炸药起爆位置和爆炸当量。
- 4 确定要移除的目标构件，以及作用在移除构件周围构件上的爆炸荷载。
- 5 通过构件抗爆分析，确定移除构件周围构件的初始损伤。
- 6 移除目标构件，同时对周围构件施加初速度和初始位移，对构件损伤区域的材料属性进行修正。
- 7 继续按常规的拆除构件法进行分析。

5.1.6 采用拆除构件法或改进拆除构件法进行结构抗连续倒塌分析时，荷载组合的设计值应按式(5.1.6)计算：

$$L_c = Q_N (Y_G G_k + \varphi_{Gk} Q_{Gk} + \varphi_{Qk} Q_{Qk} + \varphi_{Sk} S_k) + 0.002 \sum P \quad (5.1.6)$$

式中： L_c ——荷载组合的设计值；

Y_G ——永久荷载的分项系数，当其效应对结构不利时可取1.3，有利时可取0.94；

φ_{Gk} ——楼面可变荷载频遇值系数，按现行国家标准《建筑结构荷载规范》GB 50009 的有关规定取值；

φ_{Qk} ——屋面可变荷载频遇值系数，按现行国家标准《建筑结构荷载规范》GB 50009 的有关规定取值；

φ_{Sk} ——雪荷载准永久值系数，按现行国家标准《建筑结构荷载规范》GB 50009 的有关规定取值；

G_k ——永久荷载标准值；

Q_{Gk} ——楼面可变荷载标准值；

Q_{sk} ——屋面可变荷载标准值；

S_k ——雪荷载标准值；

D_N ——竖向荷载动力放大系数(当采用线性静力法时，对拆除构件相连跨且位于拆除构件以上楼层的构件取 2.0，其他位置构件取 1.0；采用非线性静力法时，对拆除构件相连跨且位于拆除构件以上楼层的钢结构构件取 1.35，混凝土框架结构构件取 1.5，混凝土剪力墙结构构件取 2.0，其他位置构件取 1.0；当采用非线性动力法和改进拆除构件法时，所有构件均取 1.0)；

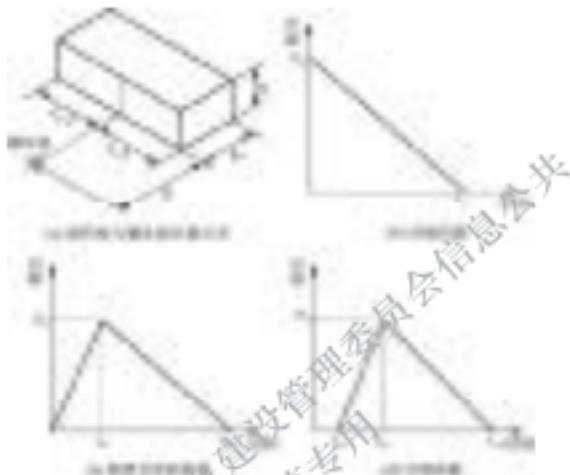
$\sum P$ ——各楼面的永久荷载标准值与可变荷载标准值之和。

5.2 爆炸荷载

5.2.1 设计爆炸荷载的当量和爆炸位置：应根据建筑所在地社会环境、爆炸物管控制度、建筑及周边环境、建筑功能布局、防爆减爆措施等情况，通过爆炸风险分析确定。

5.2.2 爆炸荷载应按三硝基甲苯(TNT)炸药爆炸产生的冲击波效应进行计算。其他炸药种类应换算成等效 TNT 当量。

5.2.3 对于靠近距离室外爆炸，作用在封闭矩形建筑物的前墙、侧墙及屋面、后墙上的爆炸荷载，其正压作用按图 5.2.3 所示的规定变化，结构抗爆分析时可不考虑其负压作用。相关取值见本标准附录 B。



L_w —前墙宽度(m); B_d —建筑深度(m); H_d —建筑高度(m); P_w —前墙正面作用超压峰值(kPa); t_0 —前墙正面作用持续时间(s); P_u —侧墙和屋面正面作用超压峰值(kPa); t_1 —侧墙和屋面正面作用升压时间(s); t_2 —侧墙和屋面正面作用结束时间(s); P_u —后墙正面作用超压峰值(kPa); t_3 —后墙正面作用开始时间(s); t_4 —后墙正面作用升压时间(s); t_5 —后墙正面作用结束时间(s)

图 5.2.3 时间矩形建筑物上的爆炸荷载

5.2.4 当满足以下条件时,宜采用试验或数值方法确定作用于构件的爆炸荷载:

- 1 爆炸物周边情况复杂。
- 2 爆炸冲击波受障碍物阻挡后发生不规则反射或折射。
- 3 近距离爆炸。
- 4 接触爆炸。

5.3 材料动态特性

5.3.1 在爆炸作用下材料的动态强度应按下列式计算：

$$f_d = \gamma_{se} \gamma_{de} f_s \quad (5.3.1)$$

其中： f_d ——材料动态强度；

f_s ——材料强度标准值；

γ_{se} ——材料强度调整系数，按本标准表 C.0.1 确定；

γ_{de} ——材料动态强度增大系数，按本标准表 C.0.2-1—表 C.0.2-3 确定。

5.3.2 混凝土动态弹性模量取静态弹性模量的 1.2 倍，钢材、钢材料动态弹性模量取静态弹性模量。

5.3.3 采用数值模拟方法进行构件或结构抗爆分析时，应采用材料动态本构模型，材料强度调整系数取 1.0。

1 混凝土的动态本构模型可采用考虑应变率效应、损伤效应、应变强化和软化的本构模型。

2 钢筋和钢材的动态本构模型可采用双线性随动强化模型，或采用考虑应变率效应和损伤效应的本构模型。

5.3.4 采用数值模拟方法进行构件或结构抗爆分析时，混凝土、钢筋和钢材的动态强度增大系数可按本标准附录第 C.0.3—C.0.6 条确定。

5.4 构件抗爆分析

5.4.1 结构构件抗爆分析应包括抗剪承载力验算和变形验算。

5.4.2 构件抗爆分析可采用等效静载法或非线性动力分析法；近距离爆炸或接触爆炸时，应采用试验法或非线性动力分析法。

5.4.3 构件抗爆分析时,荷载效应组合应按下式计算:

$$S = \gamma_{G0} S_{G0k} + \gamma_G S_{Gk} + \sum_{i=1}^n \gamma_{IGi} S_{IGik} \quad (5.4.3)$$

式中: S ——荷载效应组合的设计值;

γ_{G0} ——爆炸荷载分项系数,取 1.0;

S_{G0k} ——爆炸荷载效应标准值;

γ_G ——永久荷载分项系数,当其效应对结构不利时取 1.0,有利时取 0.9;

S_{Gk} ——按永久荷载标准值计算的荷载效应;

γ_{IGi} ——可变荷载分项系数,第 1 个可变荷载取频遇值系数,

其余可变荷载取准永久值系数,按现行国家标准《建筑结构荷载规范》GB 50009 规定取值;

S_{IGik} ——按可变荷载标准值计算的荷载效应,风荷载不参加组合。

5.4.4 采用等效静载法计算构件变形和剪力时,作用于构件的爆炸作用分别按式(5.4.4-1)和式(5.4.4-2)将图 5.2.3 确定的超压峰值简化为均布静荷载;构件材料参数采用动态强度和动态弹性模量。

$$Q_{ES} = K_d P_0 \quad (5.4.4-1)$$

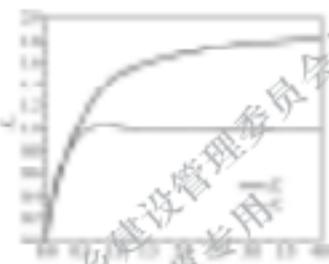
$$Q_S = K_S P_0 \quad (5.4.4-2)$$

$$K_d = \left[\frac{2}{\alpha_0 t_0} \sqrt{2[\mu] - 1} + \frac{2[\mu] - 1}{2[\mu] \left(1 + \frac{4}{\alpha_0 t_0} \right)} \right]^{-1} \quad (5.4.4-3)$$

式中: Q_{ES} ——用于构件变形计算的均布等效静荷载标准值
(kPa);

Q_S ——用于构件剪力计算的均布等效静荷载标准值
(kPa);

K_d ——构件的受弯动力系数；
 K_s ——构件的剪力动力系数，按图 5.4.4 确定；
 P_0 ——作用于构件的超压峰值 (kPa)；
 ω_0 ——构件的基本频率 (1/s)；
 t_0 ——正压作用时间 (s)，前墙取 t_{sd} ，侧墙和屋面取 t_m ，
后墙取 $t_{sh} = t_{sd}$ ；
[μ] ——允许延性比，按本标准第 5.4.6 条确定。



K_s ——剪力动力系数； K_d ——构件的受弯动力系数

图 5.4.4 剪力动力系数

5.4.5 采用数值模拟方法进行构件抗爆分析时，爆炸作用可按本标准第 5.2.3 条或第 5.2.4 条确定。构件材料宜按本标准第 5.3.3 条采用动态本构模型。

5.4.6 结构构件的变形超过表 5.4.6 规定的允许弹性转角或允许延性比，可认为结构构件失效。

表 5.4.6 结构构件的允许变形值

| 结构构件 | 允许变形 | 允许变形值 |
|--------------------|----------|---------------|
| 钢筋混凝土柱、钢筋混凝土墙(平面外) | 塑性性转角[θ] | 2°(0.035 rad) |
| | 延性比[ρ] | 6 |
| 钢筋混凝土梁 | 塑性性转角[θ] | 4°(0.07 rad) |
| | 延性比[ρ] | 8 |
| 钢筋混凝土板 | 塑性性转角[θ] | 8°(0.14 rad) |
| | 延性比[ρ] | 16 |
| 钢柱 | 塑性性转角[θ] | 2°(0.035 rad) |
| | 延性比[ρ] | 8 |
| 钢梁 | 塑性性转角[θ] | 8°(0.14 rad) |
| | 延性比[ρ] | 20 |

5.5 直接剪力法

5.5.1 结构分析应按本标准第 5.3.3 条采用材料的动态本构模型，阻尼比可按构件材料取值：钢筋混凝土构件 0.05，钢构件 0.02，型钢混凝土构件 0.035。

5.5.2 永久荷载和可变荷载组合的设计值应按下式计算：

$$L_c = \gamma_c G_k + \psi_{qk} Q_{sk} + \max(\psi_{qk} Q_{ek}, \psi_{qk} S_k) \quad (5.5.2)$$

L_c ——荷载组合的设计值；

γ_c ——永久荷载的分项系数，当其效应对结构不利时可取 1.3，有利时可取 0.9；

ψ_{qk} 、 ψ_{ek} 、 ψ_{sk} ——楼面可变荷载频遇值系数、屋面可变荷载频遇值系数、雪荷载准永久值系数，均按现行国家标准《建筑结构荷载规范》GB 50009 规定采用；

G_k ——永久荷载标准值；

Q_{sk} ——楼面可变荷载标准值；

Q_{sk} ——屋面可变荷载标准值；

S_k ——雪荷载标准值。

5.5.3 直接动力法可按下列步骤进行：

- 1 假定结构为刚体，建立炸药、空气和刚体结构的数值模型。
- 2 模拟爆炸冲击波的传播过程，确定作用于刚体结构的爆炸荷载。
- 3 建立结构的数值模型，按本标准第 5.5.2 条施加荷载。
- 4 对结构施加爆炸荷载，进行动力分析。
- 5 根据分析结果判断结构是否发生连续倒塌。

5.6 提高措施

5.6.1 应从减小爆炸威胁和加强结构抗爆能力两个方面提高大跨空间结构的抗爆炸连续倒塌能力。

5.6.2 可采取下列措施减小爆炸对结构的威胁：

- 1 加强安检措施，增大建筑防护安全距离。
- 2 设置隔离屏障装置，阻止爆炸物靠近关键结构构件。
- 3 设置防爆墙等防护设施，避免关键结构构件直接承受爆炸作用。

5.6.3 可采取下列措施提高结构抗爆能力：

- 1 增加结构替代传力路径，形成冗余度高的结构形式。
- 2 优化结构布置或增强连接性能，提高结构整体性。
- 3 通过外包钢板、改进截面设计等措施提高关键构件的抗爆性能。
- 4 通过减小构件迎爆面、设置吸能缓冲层等减爆措施，降低关键构件承受的爆炸荷载。

6 撞击下抗连续倒塌设计

6.1 一般规定

6.1.1 同时符合下列条件的大跨度空间结构，应进行撞击下的抗连续倒塌设计：

- 1 抗连续倒塌重要性等级为一级、二级；
- 2 承重构件暴露于车辆可撞击范围。

6.1.2 大跨度空间结构的抗撞击倒塌设计，应进行风险分析和安全规划设计，减少汽车撞击发生的概率。

6.1.3 撞击下抗连续倒塌设计应按下列步骤进行：

1 通过风险分析撞击发生的可能位置和撞击路线、撞击角度，确定撞击荷载和抗撞击构件。

2 根据结构特点和撞击荷载特征，选择合适的分析方法。当撞击力对结构整体可能产生较大破坏或变形时，进入第5步，否则进入第3步。

3 采用拆除构件法进行抗连续倒塌分析，如果结构整体安全，则抗撞击倒塌设计结束；如果存在连块倒塌的危险，则进入下一步骤，对可能失效的构件进行抗撞击能力分析，或提出相应的隔离、保护措施。

4 计算汽车撞击荷载的大小、位置和作用方向，对可能失效构件进行抗撞击分析。如果构件不失效，则结构满足抗撞击倒塌设计要求；如果构件失效，则对失效构件进行重新设计或采取其他技术和管理措施。

5 采用直接动力法进行全过程抗撞击倒塌分析。

6 根据分析结果进行抗连续倒塌能力评估，并提出优化措施。

6.1.4 大跨空间结构的抗撞击倒塌设计应采取的一般原则：

- 1 应包括构件抗撞击设计和结构抗撞击连续倒塌设计。
- 2 可选取与基础直接连接或支座底面标高小于 1.5 m 的构件进行抗撞击分析。
- 3 可采用等效静力荷载或直接动力荷载进行构件的抗撞击能力分析。

4 根据可能的汽车类型、撞击速度、撞击方向等因素，确定撞击荷载的大小。

5 根据撞击荷载和结构特性选择撞击分析方法。

6 根据分析结果，对构件重要性进行分类，并采取相应的技术和管理措施。

6.1.5 采用等效静力荷载进行汽车撞击倒塌分析时，动力放大系数可取 2.0。

6.1.6 抗撞击分析时，应分别独立考虑正面撞击和侧向撞击两种工况。

6.1.7 汽车撞击作用下的结构抗连续倒塌分析，可采用线性静力分析方法、非线性静力分析方法或非线性动力分析方法。

6.2 撞击荷载

6.2.1 应根据撞击高度、总质量、撞击速度、撞击角度等因素确定汽车撞击荷载。

6.2.2 对普通轿车和卡车，可根据表 6.2.2 选用撞击荷载标准值。

表 6.2.2 汽车撞击荷载的标准值

| 序号 | 汽车类型 | 正面撞击荷载 (kN) | 侧向撞击荷载 (kN) | 撞击力作用位置 (cm) |
|----|------|----------------|----------------|-----------------|
| 1 | 普通轿车 | 50 | 25 | 路面以上 0.5 |
| 2 | 卡车 | 1 500 | 750 | 路面以上 0.5~1.5 |

6.2.3 撞击荷载可采用下式进行简化计算：

$$P = mv / \Delta t \quad (6.2.3-1)$$

$$\Delta t = \sqrt{m/k} \quad (6.2.3-2)$$

$$k = EA/L \quad (6.2.3-3)$$

其中： P —— 物体撞击结构产生的等效撞击荷载(kN)；

v —— 撞击物的速度(m/s)；

k —— 撞击物与结构之间的等效刚度(kN/m)；

m —— 撞击物的总质量(t)；

Δt —— 撞击作用时间(s)；

E —— 撞击物体的等效弹性模量(kN/m²)；

A —— 撞击物体的接触面积(m²)；

L —— 撞击物体的长度(m)。

6.2.4 当撞击荷载较大或被撞击处结构刚度较弱时，在计算撞击荷载时应考虑被撞击部位的结构刚度以及撞击发生处构件的塑性变形。被撞击处的结构刚度应根据相关专业数据或试验等研究确定。

6.3 构件抗撞击分析

6.3.1 预制构件抗撞击分析应包括抗弯承载力、抗剪承载力和变形验算。

6.3.2 可以把目标构件单独建模进行抗撞击分析，但边界与荷载条件应与其在整体结构中的情况一致。

6.3.3 构件抗撞击分析可采用等效静载法或非线性动力分析法。采用等效静载法，应按本标准第4章抗倒塌验算的相关公式计算；对于大吨位汽车撞击或高速撞击，应采用非线性动力分析法或试验验证法。

6.3.4 采用非线性动力分析方法时，作用于构件的撞击动力按本

标准第 6.2 节确定。构件材料参数宜采用动态强度和动态弹性模量。

6.3.5 采用非线性动力分析方法时,应先施加使用阶段荷载,然后进行撞击荷载的非线性动力分析,分析时间不少于被撞击构件第一阶自振周期的 5 倍。

6.3.6 在撞击荷载作用下,可按本标准第 4.4 节对构件进行失效判断和能力评估。

6.4 直接动力法

6.4.1 大吨位汽车撞击、高速撞击、水平撞击对结构局部或整体可能产生较大破坏或变形时,应采用直接动力法进行抗撞击倒塌分析,以考虑撞击碰撞对结构整体受力的影响。

6.4.2 采用直接动力法进行抗撞击倒塌分析时,应采用非线性单元模型和材料本构模型。

6.4.3 采用直接动力法进行抗撞击倒塌分析时,应先施加正常使用阶段的静荷载并进行计算,然后进行撞击荷载的非线性动力分析。

6.5 提高措施

6.5.1 抗撞击连续倒塌设计时,应选用水平抗力冗余度高的结构体系。

6.5.2 对关键承重构件可采用钢-混凝土组合的截面形式,提高其抗撞击能力。

6.5.3 抗撞击倒塌设计时,应考虑主要受力构件的反向荷载作用,特别是拉杆在撞击荷载作用下变为压杆的情形,要通过设计防止撞击荷载下杆件屈曲的发生。

6.5.4 可对重点构件采用隔离、设置防撞设施等措施,避免其遭受汽车撞击,或提高抗撞击能力。

7 火灾下抗连续倒塌设计

7.1 一般规定

7.1.1 符合下列条件之一的大跨度空间结构应进行抗火灾连续倒塌设计：

- 1 火灾危险性较大。
- 2 抗连续倒塌重要性等级为一级、二级。

7.1.2 抗火灾连续倒塌设计的目标为火灾时，在设计要求的耐火极限内，结构不发生连续倒塌。

7.1.3 大跨度建筑结构的抗火灾连续倒塌设计可以采用拆除构件法和全过程分析法，当采用拆除构件法时，剩余结构的承载能力放大系数可取 1.0。

7.2 设计参数

7.2.1 大跨度建筑结构抗火灾连续倒塌设计时的设计火灾场景可按以下原则选取：

- 1 建筑空间不符合大空间的特性时，采用标准火灾。
- 2 建筑空间符合大空间特性时，采用考虑建筑内可燃物数量与燃烧特性、空间几何特性和建筑物物理特性的设计火灾场景。

7.2.2 火灾作用的范围可按以下原则选取：

- 1 大跨度建筑内的独立功能区间范围。
- 2 大跨度建筑内的防火分隔区间范围。

7.2.3 设计火灾作用的持续时间可按下列原则确定：

1 采用拆除构件法进行设计时,根据建筑内的可燃物数量、燃烧速率及蔓延可能性,结合标准升温曲线确定,也可取结构构件耐火极限要求的较大值。

2 采用全过程分析法进行设计时,根据建筑内的可燃物数量、燃烧速率及火灾蔓延情况确定,也可取设计要求的结构构件耐火极限的较大值的 1.3 倍。

7.2.4 结构构件的温度根据设计火灾的升温曲线,由传热学原理计算得到,钢构件的温度可根据现行国家标准《建筑钢结构防火技术规范》GB 51249 中的方法确定。

7.2.5 进行抗火灾连续倒塌设计时,应按偶然设计工况进行荷载效应组合,采用下列较不利的设计表达式:

$$S_n = \gamma_c (S_{ck} + S_{Tn} + 0.5S_{nk}) \quad (7.2.5-1)$$

$$S_n = \gamma_c (S_{ck} + S_{Tn} + 0.4S_{nk} + 0.4S_{nk}) \quad (7.2.5-2)$$

式中: S_n ——作用效应组合的设计值;

S_{ck} ——永久荷载效应标准值;

S_{Tn} ——火灾下结构的温度作用效应标准值;

S_{nk} ——楼面或屋面活荷载效应标准值;

S_{nk} ——风荷载效应标准值;

γ_c ——楼面或屋面活荷载的频遇值系数,按现行国家标准《建筑结构荷载规范》GB 50009 的规定取值;

γ_c ——楼面或屋面活荷载的准永久值系数,按现行国家标准《建筑结构荷载规范》GB 50009 的规定取值;

γ_c ——结构抗火重要性系数,对于重要性等级为一级的建筑取 1.15,对于其他建筑取 1.05。

7.2.6 计算结构的承载力和刚度时,结构材料的力学特性可根据现行国家标准《建筑钢结构防火技术规范》GB 51249 或本标准附录 D 确定。

7.3 抗火灾连续倒塌计算

7.3.1 采用拆除构件法进行抗火灾连续倒塌计算时,应符合下列规定:

- 1 根据构件的温度和构件的组合效应,对结构的构件进行失效判定。
- 2 拆除火灾持续时间内抗力小于组合效应或温度大于临界温度的构件。
- 3 对拆除构件后的结构进行结构分析与承载力验算,验算时应考虑温度对构件效应和抗力的影响。

7.3.2 采用全过程分析法进行抗火灾倒塌计算时,应符合下列规定:

- 1 应考虑热膨胀、材料力学特性随温度变化对火灾下结构反应的影响。
- 2 应选择最不利的设计火灾场景,并考虑降温过程中的不利影响。
- 3 同一防火分区内的各构件降温过程中的温度按比例同步从最高温度降低至受火前的温度。
- 4 应考虑几何非线性、材料非线性的影响,结构中如有构件失效,其承担的荷载应分配到相邻构件上。

7.4 提高措施

7.4.1 可以通过下列措施降低火灾下大跨度建筑结构的连续倒塌风险:

- 1 减少建筑内的可燃物数量,降低建筑内物品的燃烧性能。
- 2 在建筑内设置主动灭火措施。
- 3 增加结构的传力路径。

- 4 提高受火构件的耐火极限。
- 5 增加构件的承载力余量。
- 6 提高连接的抗火性能。

7.4.2 对于钢筋混凝土构件，可采用下列措施提高其抗火灾倒塌能力：

- 1 对构件进行防火保护或加大防火保护程度。
- 2 增加构件截面尺寸。
- 3 增加构件钢筋保护层厚度。

7.4.3 对于钢或其他金属材料构件和连接，可采用下列措施提高其抗火灾倒塌能力：

- 1 提高构件、连接和支座的防火保护程度。
- 2 增大构件截面。
- 3 增加连接强度。

8 隔离与防护措施

8.1 一般规定

8.1.1 大跨度空间结构的隔离与防护措施包括建筑外围隔阻挡装置和结构构件的防护装置。

8.1.2 抗连续倒塌重要性等级为一级或二级的建筑，应进行风险分析和安全规划，并确定建筑外围隔阻挡装置的布置和防撞等级。必要时，可设置结构构件的防护措施。

8.1.3 抗连续倒塌重要性等级为三级的建筑，可在建筑外围设置隔阻挡装置，或在重要结构构件周围设置防护措施。

8.2 隔离阻挡装置

8.2.1 隔离阻挡装置的设计原则：

- 1 隔离阻挡装置应根据防撞等级设计。
- 2 隔离阻挡装置可采用防撞墩或防撞墙。
- 3 防撞墩可采用固定式或可移动式、可自动升降式、可折叠式等非固定式。
- 4 隔离阻挡装置兼作交通护栏时，还应满足交通护栏相关设计要求。

8.2.2 外围隔阻挡装置的防撞等级划分为 L1、L2、L3、M1、M2、M3、H1、H2 和 H3 九级。各防撞等级对应的碰撞条件和碰撞动能可按表 8.2.2 采用。

表 8.2.2 隔离阻挡装置的防撞等级划分

| 防撞等级 | 碰撞条件 | | 碰撞动能 (kJ) |
|------|---------------------|----------------|--------------|
| | 车辆类型 (车辆质量) | 碰撞速度 (km/h) | |
| L1 | 轿车 (1 500 kg) | 65 | 222~245 |
| | 轻型卡车 (2 300 kg) | 50 | |
| L2 | 轿车 (1 500 kg) | 80 | 320~325 |
| | 轻型卡车 (2 300 kg) | 65 | |
| L3 | 轿车 (1 500 kg) | 50 | 568~579 |
| | 轻型卡车 (2 300 kg) | | |
| M1 | 重型卡车 (15 000 kg) | 50 | 656 |
| M2 | | 65 | 1 110 |
| M3 | | 80 | 1 460 |
| H1 | 重型卡车 (25 000 kg) | 50 | 2 411 |
| H2 | | 65 | 4 075 |
| H3 | | 80 | 6 173 |

8.2.3 隔离阻挡装置可基于试验或计算分析的结果进行设计。当车辆侵入距离不大于 0 m 时,可以认为隔离阻挡装置达到设计所需的防撞等级。



1—隔离防护装置; 2—背面侧面部; 3—车辆夹缝部; 4—车辆侵入距离

图 8.2.3 车辆侵入距离定义

8.3 结构构件防护装置

8.3.1 应进行关键结构构件的试验分析, 确定关键结构构件的防护需求, 设计防护装置。

8.3.2 结构构件的防护装置可选用隔离装置、加强装置和防撞吸能装置。

8.3.3 防护装置可基于试验或计算分析的结果进行设计。

附录 A 建造和改造阶段抗连续倒塌设计

A.1 一般规定

A.1.1 大跨度空间结构建造、加固、改造及拆除时，施工方案应包含结构抗连续倒塌设计相关内容，并制定明确的施工路线，包括施工工况、工序安排、主要机械及其他施工荷载布置和结构受力分析，并应考虑施工次序、位移、温度变化、初始应力或残余应力等因素的影响。

A.1.2 大跨度空间结构加固、改造前，应对原结构进行可靠性鉴定，并作为确定技术路线的依据，其内容宜包含下列内容：

- 1 建筑结构改动历史、建筑使用现状、构件变形、损伤状况、支座情况、沉降变形等；
- 2 主要结构材料力学性能；
- 3 抗震验算、结构安全性评定；
- 4 周边环境安全影响因素分析；
- 5 特殊结构应进行专项试验。

A.1.3 大跨度空间结构加固、改造阶段，应由第三方机构进行结构检测和监测，检测单位应根据设计要求编制专项检测和监测方案。

A.1.4 在建造及加固、改造阶段，主体结构构件和临时设施结构构件的承载力应符合下列公式：

$$\gamma_0 S_d \leq R_d \quad (\text{A.1.4})$$

式中： S_d ——荷载组合的效应设计值；

R_d ——结构构件的承载力设计值；
 γ_0 ——结构重要性系数，主体结构构件不应小于 1.0，临时设施结构构件可取 0.9—1.0。

A.2 结构建造过程抗连续倒塌设计

- A.2.1** 大跨度空间结构建造过程的抗连续倒塌设计应包括建造过程的主体结构和临时支撑结构，并进行施工过程模拟分析。
- A.2.2** 大跨度空间结构施工验算模型的边界条件应与实际相符。
- A.2.3** 施工过程中应对临时支撑、地基承载力、附着在永久结构上的施工设施进行计算分析，并防止连续倒塌的发生。
- A.2.4** 建造过程中的抗连续倒塌设计应考虑周边条件实施的影响，施工单位编制的实施方案应和设计状况一致。
- A.2.5** 当采用多机联动共同作此空间结构平移和提(顶)升等施工工艺时，施工前应分析个别施工机械或构件失效，以及平移和提(顶)升过程中不同步效应的影响，避免结构在施工过程中发生连续倒塌。

A.3 结构加固、改造施工阶段抗连续倒塌设计

- A.3.1** 大跨度空间结构改造、加固宜遵循先加固后拆除的施工顺序。当采取先拆除、后加固改造时，应对拆除过程进行抗连续倒塌分析。
- A.3.2** 既有建筑改造时，应在结构鉴定的基础上分析初始变形对改造后结构受力的影响，且宜采用施工模拟分析方法。
- A.3.3** 大跨度空间结构加固、改造施工过程抗连续倒塌设计的荷载效应组合，可按如下公式确定：

$$S_a = \gamma_d (S_{ak} + \sum \phi_v S_{vk}) + \phi_e S_{ek} \quad (A.3.3)$$

式中： S_d ——荷载效应设计值；
 S_{ek} ——永久荷载效应标准值；
 $S_{qk,i}$ ——竖向可变荷载效应标准值；
 S_{ak} ——风荷载效应标准值；
 ϕ_d ——第*i*个竖向可变荷载的准永久值系数；
 ϕ_w ——风荷载组合值系数，取 0.2；
 η_i ——动力放大系数，当构件直接与被拆除竖向构件相连时取 2.0，其他构件取 1.0。

A.3.4 主体结构拆除或改建工程的施工方案，应符合下列规定：

- 1 施工前应通过施工过程分析评估拆除工艺、拆除流程的合理性和安全性。
- 2 拆除过程中，应重点监测相邻、相关结构的稳定性和已有损伤的重要构件的安全性。
- 3 在拆建或拆建与增层交叠施工的过程中，应对拆建前、拆建中、拆建后、增层施工中等关键工况进行整体和局部的应力、变形预分析、监测和控制。
- 4 应对基础沉降及围护结构的裂缝进行监测。

A.3.5 对改变墙肢传力路径的改造施工，应对下列内容进行监测和控制：

- 1 改造部位主要构件的变形和应力。
- 2 临时支撑结构的变形和应力。
- 3 整个卸载过程的变形和应力。

A.3.6 大跨度空间结构施工出现下列状况时，应立即停止施工，并应在查清原因且明确下一步方案后方可重新开始施工：

- 1 现场出现原建筑结构检测鉴定报告中未涉及的影响结构安全的情况。
- 2 现场条件与设计假设工况不符。
- 3 现场条件与施工过程分析假设工况不符。
- 4 在无重大施工状态和荷载变化的情况下，监测结果突变。

5 主要项目的监测数据超过预警值。

A.3.7 大跨度空间结构加固、改造阶段,应采取下列防连续倒塌措施:

1 建筑中的可燃物应全部移出或彻底清除。

2 建筑中的可燃物宜全部移出,当不能全部移出时,除应按相关规定设置临时消防设施或消防防护措施外,尚宜按本标准第 7 章的规定进行抗火灾连续倒塌判别。

A.3.8 具有复杂性或特殊性工艺的改造、拆除施工项目,应进行施工过程的抗连续倒塌专项评审。

附录 B 封闭矩形建筑物的前墙、侧墙及屋面、后墙上的爆炸荷载参数

B.0.1 室外爆炸荷载应根据目标墙面的比例距离确定。不同目标墙面的比例距离应分别按式(B.0.1-1)～式(B.0.1-4)计算。

1 前墙：

$$Z_1 = \frac{R}{W^{1/3}} \quad (\text{B.0.1-1})$$

2 侧墙：

$$Z_2 = \frac{\sqrt{R^2 + \left(\frac{L}{2}\right)^2}}{W^{1/3}} \quad (\text{B.0.1-2})$$

3 屋面：

$$Z_3 = \frac{\sqrt{R^2 + (H_s)^2}}{W^{1/3}} \quad (\text{B.0.1-3})$$

4 后墙：

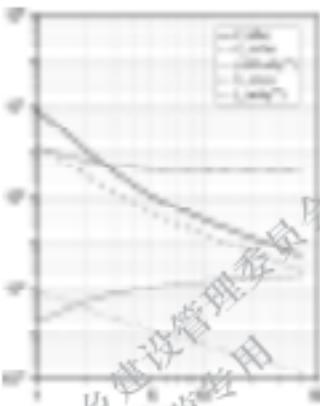
$$Z_4 = \frac{R + R_s}{W^{1/3}} \quad (\text{B.0.1-4})$$

式中， W ——等效 TNT 当量(kg)。

B.0.2 作用在前墙上的超压峰值 P_d 应按图 B.0.2 中 P_d 值确定，结束时间 T_d 应按式(B.0.2)计算：

$$T_d = \frac{2i_d}{P_d} \cdot W^{1/3} \quad (\text{B.0.2})$$

式中： i_{α} ——前墙超压正压作用的比例冲量($\text{kPa} \cdot \text{s}/\text{kg}^{1/2}$)，按图B.0.2中 i_{α} 值确定。



Z —目标墙面的比例冲量($\text{m}^{1/2}$)； Z_1 —侧墙取 Z_{α} ，屋面取 Z_{β} ，后墙取 Z_{γ} 。
 P_{α} —超压正压作用的峰值(kPa)； P_m —入射超压正压作用峰值(kPa)； i_{α} —超压正压作用的比例冲量($\text{m}^{1/2} \cdot \text{kg}^{1/2}$)； U_{α} —冲击波波速(m/s)； L_{α} —比例波长($\text{m} \cdot \text{kg}^{1/2}$)

图 B.0.2 正压作用荷载参数

图 B.0.3 作用在侧墙或屋面的超压峰值 P_{α} 、升压时间 T_{α} 和结束时间 $T_{\alpha e}$ 应分别按式(B.0.3-1)~式(B.0.3-3)计算：

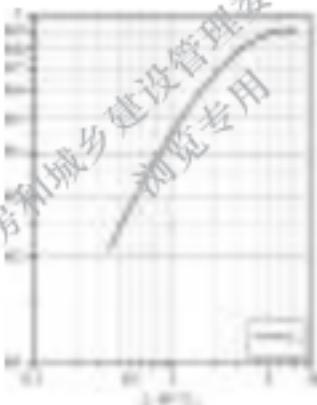
$$P_{\alpha} = C_{\alpha} \cdot P_m + C_d \cdot g_m \quad (\text{B.0.3-1})$$

$$T_{\alpha} = i_{\alpha} \cdot W^{1/2} \quad (\text{B.0.3-2})$$

$$T_{\alpha e} = i_{\alpha e} \cdot W^{1/2} \quad (\text{B.0.3-3})$$

式中： C_{α} ——正压作用等效荷载系数，按图 B.0.3-1 确定；

- P_m ——侧墙或屋面入射超压正压作用峰值(kPa),按图B.0.2中 P_m 的值确定;
 C_d ——拖曳力系数,当 $0 \text{ kPa} \leq q_o < 172 \text{ kPa}$ 时取-0.4,当 $172 \text{ kPa} \leq q_o < 345 \text{ kPa}$ 时取-0.3,当 $345 \text{ kPa} \leq q_o < 896 \text{ kPa}$ 时取-0.2;
 q_m ——侧墙或屋面动压峰值(kPa),按图B.0.3-2中 q_m 的值确定;
 t_m ——侧墙或屋面正压作用的比例升压时间($\text{s}/\text{kg}^{1/2}$),按图B.0.3-3中 t_m 的值确定;
 t_0 ——侧墙或屋面正压作用的比例作用时间($\text{s}/\text{kg}^{1/2}$),按图B.0.3-4中 t_0 的值确定。



L_t ——目标表面冲击波前进方向的长度(m),侧墙或屋面取 H_s ,后墙取 H_s 。

图 B.0.3-1 等效荷载系数

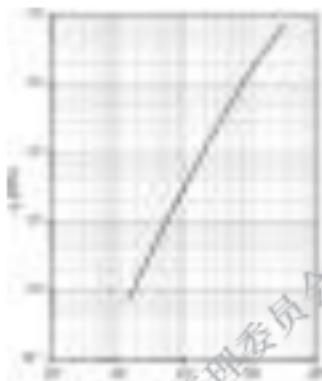


图 8.0.3-2 正压峰值

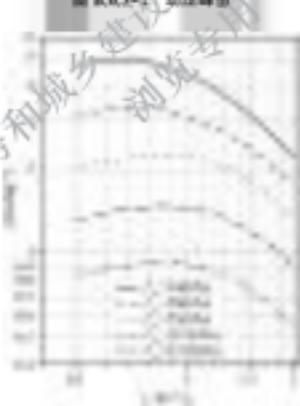


图 8.0.3-3 正压作用的比例升压时间

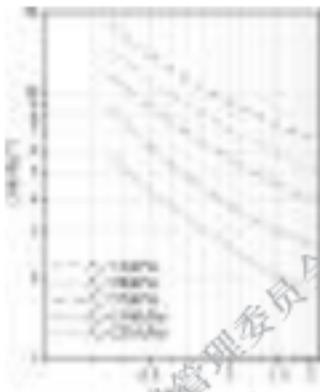


图 B.0.3-4 升压作用的比例修正时间

B.0.4 作用在后墙的超压峰值 P_{sh} 、开始时间 T_{sh} 、升压时间 T_{sh} 和结束时间 T_e 应分别按式(B.0.4-1)~式(B.0.4-4)计算:

$$P_{sh} = C_1 \cdot P_{sh} + C_2 \cdot q_{sh} \quad (\text{B.0.4-1})$$

$$T_{sh} = \frac{B_0}{U_s} \quad (\text{B.0.4-2})$$

$$T_{sh} = t_{sh} \cdot W^{1/2} \quad (\text{B.0.4-3})$$

$$T_e = t_{sh} \cdot W^{1/2} + T_{sh} \quad (\text{B.0.4-4})$$

式中: P_{sh} ——后墙入射超压正压作用峰值(kPa), 按图 B.0.2 中 P_{sh} 的值确定;

q_{sh} ——后墙动压峰值(kPa), 按图 B.0.3-2 中 q_o 的值确定;

t_{b} ——后墙正压作用的比例升压时间 ($\text{s}/\text{kg}^{1/2}$)，按图 B.0.3-3 中 t_c 的值确定；

t_{ch} ——后墙正压作用的比例作用时间 ($\text{s}/\text{kg}^{1/2}$)，按图 B.0.3-4 中 t_c 的值确定。

附录 C 常用建筑材料的动态力学特性

C.0.1 材料强度调整系数应按表 C.0.1 采用。

表 C.0.1 材料强度调整系数(γ_m)

| 材料属性 | γ_m |
|-----------|------------|
| 混凝土抗压强度 | 1.1 |
| 混凝土抗拉强度 | |
| 钢筋、钢材屈服强度 | 1.1 |
| 钢筋、钢材极限强度 | 1.0 |

C.0.2 混凝土、钢筋和钢材的动态强度增大系数可依据构件的受力状态,按表 C.0.2-1—表 C.0.2-3 采用。

表 C.0.2-1 混凝土的动态强度增大系数

| 受力状态 | 强度 | 强度等级 | γ_m |
|------|-------|---------|------------|
| 受压 | 抗压 | C55 及以下 | 1.2 |
| | | C60~C80 | 1.1 |
| | 抗拉 | C55 及以下 | 1.2 |
| | | C60~C80 | 1.1 |
| 受压 | 抗压 | C55 及以下 | 1.1 |
| | | C60~C80 | 1.0 |
| 斜剪 | 抗压、抗拉 | C55 及以下 | 1.0 |
| | | C60~C80 | 1.0 |
| 直剪 | 抗压 | C55 及以下 | 1.1 |
| | | C60~C80 | 1.0 |

表 C.8.2-2 钢筋的动态强度增大系数

| 受力状态 | 强度 | 强度等级 | γ_{sp} |
|------|------|---------|---------------|
| 受弯 | 屈服强度 | HFB235 | 1.3 |
| | | HFB300 | 1.2 |
| | | HFB335 | 1.2 |
| | | HFB355 | 1.2 |
| | | HRB400 | |
| | | HRBF400 | 1.1 |
| | 极限强度 | HRB400 | |
| | | HRB500 | |
| | | HRBF500 | 1.2 |
| | | HFB235 | 1.2 |
| 受压 | 屈服强度 | HFB300 | 1.1 |
| | | HFB335 | 1.1 |
| | | HFB355 | 1.1 |
| | | HRB400 | |
| | | HRBF400 | 1.1 |
| | | HRB400 | |
| | 极限强度 | HRB500 | |
| | | HRBF500 | 1.1 |
| | | HFB235 | 1.2 |
| | | HFB300 | 1.1 |
| 斜剪 | 屈服强度 | HFB335 | 1.1 |
| | | HFB355 | 1.1 |
| | | HRB400 | |
| | | HRBF400 | 1.0 |
| | | HRB400 | |
| | | HRB500 | 1.0 |
| | 极限强度 | HFB235 | 1.2 |
| | | HFB300 | 1.1 |
| | | HFB335 | 1.1 |
| | | HRB400 | |
| | | HRBF400 | 1.0 |
| | | HRB400 | |
| | | HRB500 | 1.0 |
| | | HRBF500 | 1.0 |

表 C.8.3-2

| 受力状态 | 强度 | 强度等级 | r_{ow} |
|------|------|------------------|----------|
| 斜剪 | 极限强度 | HFB25 | 1.1 |
| | | HFB300 | 1.0 |
| | | HKB355 HKB335 | 1.0 |
| | | HKB400 | |
| | | HKB500 KRB400 | 1.0 |
| | | | |
| | | HKG600 HKB500 | 1.0 |
| | | | |
| | | 屈服强度 | 1.2 |
| | | HFB25 | |
| | | HFB300 | |
| | | HKB355 HKB335 | 1.1 |
| | | HKB400 | |
| | | HKB500 KRB400 | 1.0 |
| | | | |
| | | HKG600 HKB500 | 1.0 |
| | | | |

表 C.8.3-3 钢材的初步强度增大系数

| 受力状态 | 强度 | 牌号 | r_{ow} |
|------|------|--------|----------|
| 受弯 | 屈服强度 | Q235 | 1.3 |
| | | Q355 | 1.2 |
| | | Q355GJ | 1.2 |
| | | Q390 | |
| | | | |
| | | Q420 | 1.1 |
| | | Q460 | 1.1 |
| | | | |
| | | 极限强度 | 1.1 |
| | | Q235 | |
| | | Q355 | |
| | | Q355GJ | 1.1 |
| | | Q390 | |
| | | | |
| | | Q420 | 1.05 |
| | | Q460 | 1.05 |
| | | | |

表 C.0.3-3

| 受力状态 | 强度 | 牌号 | γ_{sf} |
|----------|------|--------|---------------|
| 受压、受拉、受剪 | 屈服强度 | Q235 | 1.2 |
| | | Q355 | 1.1 |
| | | Q355GJ | 1.1 |
| | | Q390 | 1.0 |
| | | Q420 | 1.0 |
| | 极限强度 | Q460 | 1.0 |
| | | Q235 | 1.4 |
| | | Q355 | 1.3 |
| | | Q355GJ | 1.3 |
| | | Q390 | 1.0 |
| | | Q420 | 1.0 |
| | | Q460 | 1.0 |

C.0.3 混凝土抗压强度增大系数可按下式确定：

$$\gamma_{sf} = \begin{cases} 1 & \dot{\epsilon} \leq 30 \text{ s}^{-1} \\ \left(\frac{\dot{\epsilon}}{\dot{\epsilon}_u}\right)^n & 30 \text{ s}^{-1} < \dot{\epsilon} \leq 300 \text{ s}^{-1} \\ \lambda \left(\frac{\dot{\epsilon}}{\dot{\epsilon}_u}\right)^{1/3} & 10 \text{ s}^{-1} < \dot{\epsilon} \leq 300 \text{ s}^{-1} \end{cases} \quad (\text{C.0.3})$$

式中： $\dot{\epsilon}$ —— 应变速率；

混凝土抗压强度静态应变速率常数，取 $30 \times 10^{-6} \text{ s}^{-1}$ ；

n 、 λ —— 常数，均取 0.012。

C.0.4 混凝土抗拉强度增大系数可按下式确定：

$$\gamma_{sf} = \begin{cases} 1 & \dot{\epsilon} \leq \dot{\epsilon}_u \\ \left(\frac{\dot{\epsilon}}{\dot{\epsilon}_u}\right)^n & \dot{\epsilon}_u < \dot{\epsilon} \leq 1.0 \text{ s}^{-1} \\ \lambda \left(\frac{\dot{\epsilon}}{\dot{\epsilon}_u}\right)^{1/3} & 1.0 \text{ s}^{-1} < \dot{\epsilon} \leq 300 \text{ s}^{-1} \end{cases} \quad (\text{C.0.4})$$

式中： $\dot{\epsilon}_0$ ——混凝土抗拉强度静态应变率常数，取 10^{-5} s^{-1} ；
 a_1, λ ——常数，分别取 0.0018 和 0.0062。

C.0.5 钢筋和钢材屈服强度增大系数可按下列公式确定：

$$\gamma_{sf} = \left(\frac{\dot{\epsilon}}{10^{-5}} \right)^{a_1} \quad 10^{-4} \text{ s}^{-1} \leq \dot{\epsilon} \leq 255 \text{ s}^{-1} \quad (\text{C.0.5-1})$$

$$a_1 = 0.074 - 0.040 \frac{f_y}{414} \quad 235 \text{ MPa} \leq f_y \leq 690 \text{ MPa} \quad (\text{C.0.5-2})$$

式中： f_y ——钢筋或钢材的静态屈服强度 (MPa)。

C.0.6 钢筋和钢材极限强度增大系数可按下列公式确定：

$$\gamma_{sf} = \left(\frac{\dot{\epsilon}}{10^{-5}} \right)^{a_2} \quad 10^{-4} \text{ s}^{-1} \leq \dot{\epsilon} \leq 255 \text{ s}^{-1} \quad (\text{C.0.6-1})$$

$$a_2 = 0.019 - 0.009 \frac{f_y}{414} \quad 235 \text{ MPa} \leq f_y \leq 690 \text{ MPa} \quad (\text{C.0.6-2})$$

附录 D 高温下钢材的力学参数

D.0.1 高温下结构钢的强度设计值应按下列公式计算：

$$f_T = \gamma_{\sigma T} f \quad (\text{D.0.1-1})$$
$$\gamma_{\sigma T} = \begin{cases} 1.0 & 20^{\circ}\text{C} \leq T_s < 300^{\circ}\text{C} \\ 1.24 \times 10^{-3} T_s - 2.096 \times 10^{-6} T_s^2 & 300^{\circ}\text{C} \leq T_s < 600^{\circ}\text{C} \\ +9.228 \times 10^{-3} T_s - 0.2168 & 600^{\circ}\text{C} \leq T_s < 800^{\circ}\text{C} \\ 0.5 - T_s/2000 & 800^{\circ}\text{C} \leq T_s \leq 1000^{\circ}\text{C} \end{cases} \quad (\text{D.0.1-2})$$

式中： T_s —— 钢材的温度($^{\circ}\text{C}$)；

f_T —— 高温下钢材的强度设计值(N/mm^2)；

f —— 常温下钢材的强度设计值(N/mm^2)，应按现行国家规范《钢结构设计规范》GB 50017 的规定取值；

$\gamma_{\sigma T}$ —— 高温下钢材的屈服强度折减系数。

D.0.2 高温下结构钢的弹性模量应按下列公式计算：

$$E_T = \gamma_{E T} E_s \quad (\text{D.0.2-1})$$

$$\gamma_{E T} = \begin{cases} \frac{7T_s - 4780}{6T_s - 4760} & 20^{\circ}\text{C} \leq T_s < 600^{\circ}\text{C} \\ \frac{1000 - T_s}{6T_s - 2800} & 600^{\circ}\text{C} \leq T_s \leq 1000^{\circ}\text{C} \end{cases} \quad (\text{D.0.2-2})$$

式中： E_T —— 高温下钢材的弹性模量(N/mm^2)；

E_s ——常温下钢材的弹性模量(N/mm²)，应按照现行国家标准(钢结构设计规范)GB 50017 的规定取值；

χ_{et} ——高温下钢材的弹性模量折减系数。

D.0.3 高温下耐火钢的强度可按本标准式(D.0.1-1)确定。其中，屈服强度折减系数 η_{et} 应按下式计算：

$$\eta_{et} = \begin{cases} \frac{6(T_s - 768)}{5(T_s - 918)} & 20^\circ\text{C} \leq T_s < 700^\circ\text{C} \\ \frac{1000 - T_s}{8(T_s - 600)} & 700^\circ\text{C} \leq T_s \leq 1000^\circ\text{C} \end{cases} \quad (\text{D.0.3})$$

D.0.4 高温下耐火钢的弹性模量可按本标准式(D.0.2-1)确定。其中，弹性模量折减系数 χ_{et} 应按下式计算：

$$\chi_{et} = \begin{cases} 1 - \frac{T_s - 20}{2520} & 20^\circ\text{C} \leq T_s < 650^\circ\text{C} \\ 0.75 - \frac{7(T_s - 650)}{2500} & 650^\circ\text{C} \leq T_s < 900^\circ\text{C} \\ 0.5 - 0.0005 T_s & 900^\circ\text{C} \leq T_s \leq 1000^\circ\text{C} \end{cases} \quad (\text{D.0.4})$$

表 D.0.4 为按本标准有关公式计算的各温度下钢材的屈服强度折减系数 η_{et} 和弹性模量折减系数 χ_{et} 。

表 5.4 加湿下解样的湿润强度折减系数 η_s 和湿润性指标折减系数 χ_s

| 温度(℃) | | 20 | 100 | 200 | 300 | 400 | 450 | 500 | 550 | 600 | 650 | 700 | 750 | 800 | 850 | 900 | 950 | 1 000 |
|-------|-------------|------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|-------|
| 结构 | 参数 | Z_{eff} | 1,300 | 0.831 | 1,349 | 0.987 | 1,351 | 0.991 | 1,325 | 0.6232 | 1,250 | 0.3118 | 0.2714 | 0.1442 | 0.1401 | 0.0335 | 0.0300 | |
| 解样 | η_s | 1,300 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 0.912 | 0.912 | 0.912 | 0.6283 | 0.458 | 0.381 | 0.225 | 0.145 | 0.101 | 0.050 | 0.030 | |
| 风干 | χ_s | 1,300 | 0.986 | 0.979 | 0.965 | 0.950 | 0.935 | 0.920 | 0.905 | 0.890 | 0.796 | 0.710 | 0.783 | 0.649 | 0.185 | 0.129 | 0.090 | |
| 风干 | η_{sf} | 1,300 | 0.986 | 0.940 | 0.940 | 0.930 | 0.930 | 0.930 | 0.930 | 0.930 | 0.930 | 0.930 | 0.930 | 0.930 | 0.930 | 0.930 | 0.930 | |
| 风干 | χ_{sf} | 1,300 | 0.986 | 0.940 | 0.940 | 0.930 | 0.930 | 0.930 | 0.930 | 0.930 | 0.930 | 0.930 | 0.930 | 0.930 | 0.930 | 0.930 | 0.930 | |

本标准用词说明

1 为了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语说明如下:

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 条文中说明应按其他有关标准、规范执行时,写法为:“应符合……的规定”或“应按……执行”。

引用标准名录

- 1 《建筑结构荷载规范》GB 50009
- 2 《钢结构设计规范》GB 50017
- 3 《建筑结构可靠性设计统一标准》GB 50068
- 4 《建筑钢结构防火技术规范》GB 51249

上海市住房和城乡建设管理委员会信息公共
浏览专用