

UDC

中华人民共和国行业标准



P

RFJ 02 - 2009

轨道交通工程人民防空设计规范

Code for design on civil air defence of rail transit

2009 - 07 - 14 发布

2009 - 07 - 14 实施

国家人民防空办公室 发布

中华人民共和国行业标准

轨道交通工程人民防空设计规范

Code for design on civil air defence of rail transit

RFJ 02 - 2009

主编部门：总参工程兵第四设计研究院

批准部门：国家人民防空办公室

施行日期：2009年7月14日

中国计划出版社

2009 北 京

中华人民共和国行业标准
轨道交通工程人民防空设计规范

RFJ 02-2009

☆

总参工程兵第四设计研究院 主编

中国计划出版社出版发行

(地址:北京市西城区木樨地北里甲11号国宏大厦C座4层)

(邮政编码:100038 电话:63906433 63906381)

世界知识印刷厂印刷

850×1168毫米 1/32 4.25印张 108千字

2009年8月第1版 2010年3月第2次印刷

印数1001—2000册

☆

统一书号:1580177·233

定价:25.00元

(限内部发行)

关于颁布《轨道交通工程 人民防空设计规范》的通知

国人防〔2009〕283 号

各军区人民防空办公室,各省、自治区、直辖市人民防空办公室,中央直属机关、中央国家机关人民防空办公室:

《轨道交通工程人民防空设计规范》已经通过审查,现批准为人民防空行业标准,编号为 RFJ 02—2009,自即日起施行。其中,第 4.4.2、5.7.3、5.8.1、5.8.2、5.8.5、5.8.6、5.9.9、5.10.1、5.10.5、6.2.1、8.0.2、9.0.7 条为强制性条文,必须严格执行。

本标准由国家人民防空办公室负责管理,总参工程兵第四设计研究院负责解释。

国家人民防空办公室

2009 年 7 月 14 日

前 言

本规范是根据国家人民防空办公室下达的《地铁兼顾人民防空工程设计标准》、《地下铁道设防技术研究》任务书编制的。

本规范依据中华人民共和国《人民防空法》、《人民防空工程战时技术要求》编制,新建轨道交通工程人民防空设计除执行本规范外,还应参照执行现行国家标准《地铁设计规范》GB 50157。本规范是对轨道交通工程的人民防空设计作出的具体规定,以使轨道交通工程在战时具有人民防空防护的功能。

本规范共分九章,主要内容有:总则、术语、基本规定、建筑、结构、孔口防护设备、通风、给排水、电气。

本规范以黑体字标志的条文为强制性条文,必须严格执行。

本规范在执行过程中,如发现需要修改和补充之处,请将意见和有关资料寄送总参工程兵第四设计研究院(地址:北京市海淀区太平路24号;邮政编码:100850),以便今后修订时参考。

本规范的主编单位、参编单位和主要起草人:

主 编 单 位: 总参工程兵第四设计研究院

参 编 单 位: 北京城建设计研究总院

上海市隧道工程轨道交通设计研究院

主要起草人: 王阳明 高明亮 王月桂 黄静华 郝景华

潘 峰 刘宜平 杨海杰 陈海峰 解 峰

杨海平 周时洪 卢树芬 叶思辉 张家清

朱林华 齐文新 陈培友 褚敬止 王明昌

目 次

1 总 则	(1)
2 术 语	(2)
3 基本规定	(8)
4 建 筑	(9)
4.1 一般规定	(9)
4.2 主体	(10)
4.3 口部	(10)
4.4 防护功能平战转换	(12)
5 结 构	(14)
5.1 一般规定	(14)
5.2 材料	(14)
5.3 常规武器作用计算的一般规定	(16)
5.4 防常规武器的结构荷载计算	(17)
5.5 核爆炸地面空气冲击波及土(岩)体压缩波参数	(26)
5.6 核爆炸动荷载	(30)
5.7 结构动力计算	(38)
5.8 内力分析和截面设计	(41)
5.9 防护设备门框墙的设计与计算	(44)
5.10 构造规定	(50)
5.11 平战转换设计	(55)
6 孔口防护设备	(57)
6.1 一般规定	(57)
6.2 人员出入口	(57)
6.3 通风口	(58)

6.4	正线	(58)
6.5	连通口	(59)
6.6	平战功能转换	(60)
7	通 风	(61)
8	给排水	(64)
9	电 气	(67)
附录 A	钢筋混凝土板柱结构设计要点	(69)
A.1	一般规定	(69)
A.2	承载能力计算	(69)
A.3	构造要求	(71)
A.4	反托板的设计要点	(73)
附录 B	钢管混凝土柱的设计要点	(75)
B.1	承载能力计算	(75)
B.2	构造要求	(76)
附录 C	钢筋混凝土反梁设计要点	(78)
C.1	承载能力计算	(78)
C.2	构造要求	(79)
本规范用词说明		(80)
附:条文说明		(81)

1 总 则

1.0.1 轨道交通工程地下部分的建设应兼顾人民防空的需要,为使轨道交通工程的人防设计符合战时及平时的功能要求,做到安全、适用、经济、合理,依据中华人民共和国《人民防空法》和《人民防空工程战术技术要求》制定本规范。

1.0.2 本规范适用于下列抗力级别范围内的新建、改(扩)建轨道交通工程地下部分的人民防空设计。

1 防常规武器抗力级别 5 级和 6 级;

2 防核武器抗力级别 5 级和 6 级。

轨道交通工程人民防空设计的范围应包括:地下车站、地下区间,以及附属属于轨道交通地下车站主体及区间隧道以外,独立设置的安装重要设备的地下工程。

1.0.3 兼顾人民防空(以下简称人防)需要的轨道交通工程必须统一规划、同步设计,并应纳入城市人防防护体系。轨道交通工程人防设计应在保障平时使用的前提下,充分利用轨道交通工程平时的设施、设备,完善战时人防防护功能。

1.0.4 轨道交通工程人防设计,除应符合本规范外,尚应符合国家现行有关标准的规定。

2 术 语

2.0.1 平时 peacetime

和平时期的简称。国家或地区既无战争,又无明显战争威胁的时期。

2.0.2 战时 wartime

战争时期的简称。国家或地区自开始转入战争状态直至战争结束的时期。

2.0.3 临战 imminence of war

临战时期的简称。国家或地区从转入战争状态至战争爆发或战役、战斗即将进行的时期。

2.0.4 紧急人员掩蔽部 exigent personnel shelter

轨道交通工程中,战时保障待疏散人员掩蔽的场所。

2.0.5 防护单元 protective unit

在轨道交通工程中,其防护设施和内部设备均能自成体系的使用空间。

2.0.6 主体 main part

在轨道交通工程中,能满足战时防护和主要功能要求的部分。如有人员掩蔽要求的轨道交通工程最里一道密闭门以内的部分。

2.0.7 口部 gateway

轨道交通工程主体与地表面或与其他地下建筑的连接部分。对于有防毒要求的轨道交通工程,口部一般包括竖井、扩散室、缓冲通道、防毒通道、密闭通道、洗消间或简易洗消间、预滤室、滤毒室和出入口最外一道防护门或防护密闭门以外的通道等。

2.0.8 孔口 opening

轨道交通工程主体与外部空间相通的孔洞。包括车站出入

口、通风口、排烟口以及区间通往地面的出入线口等。

2.0.9 主要出入口 main entrance

战时人员、设备或物资进出有保障,且使用方便的出入口。

2.0.10 垂直式出入口 vertical entrance

口部通道中有竖井的出入口。

2.0.11 穿廊式出入口 porch entrance

口部通道出入端从两个方向通至地面的出入口。

2.0.12 直通式出入口 straight entrance

口部通道在水平方向上没有转折通至地面的出入口。

2.0.13 单向式出入口 entrance with turning

口部通道在水平方向上经转折,并从一侧通至地面的出入口。

2.0.14 防倒塌棚架 collapse-proof shed

设置在出入口敞开段上方,用于防止口部堵塞的棚架。棚架能在预定的冲击波和地面建筑物倒塌荷载作用下不致坍塌。

2.0.15 防护密闭门 airtight blast door

既能阻挡冲击波,又能阻挡毒剂进入的门。

2.0.16 密闭门 airtight door

能阻挡毒剂,但不能阻挡冲击波进入的门。

2.0.17 防护密闭隔断门 airtight blast partition door

设置在两个防护单元之间,可双向分别受力的防护密闭门。

2.0.18 出入段线防护密闭门 airtight blast partition door for the exit of subway vehicle

也称牵出线防护密闭门。设置在出入段线、正线隧道内,作为防护单元与非防护区的分界、单向受力的防护密闭门。

2.0.19 临空墙防护密闭封堵板 airtight blast plate for blastproof partition wall

用于平时使用、战时不用的孔口,平时不安装(但要加工好放在附近的指定位置),战时根据事先设定的转换时限进行快速安装,以满足防护、密闭要求的防护设备。

2.0.20 防爆波活门 blast valve

简称活门。设置在通风口或排烟口处,在冲击波到来时能迅速关闭的防冲击波设备,如悬摆式防爆波活门、胶管式防爆波活门等。

2.0.21 自动排气活门 automatic exhaust valve

靠阀门两侧空气压差作用,自动启闭的排风控制设备。同时具有防冲击波功能的自动排气活门称为防爆超压排气活门。

2.0.22 缓冲通道 buffering passage

出入口的防护门与防护密闭门或两道防护门之间的通道。

2.0.23 防毒通道 air-lock

出入口相邻的防护密闭门与密闭门或相邻的两道密闭门之间,靠通风超压阻挡毒剂等侵入工程内部的通道。该通道在工程外染毒情况下,允许人员出入。

2.0.24 密闭通道 airtight passage

出入口相邻的防护密闭门与密闭门或相邻的两道密闭门之间,靠密闭来阻挡毒剂等侵入工程内部的通道。该通道在工程外染毒情况下,不允许人员出入。

2.0.25 洗消间 decontamination room

战时供受沾染人员通过和消除全身有害物的房间。通常由脱衣室、淋浴室和检查穿衣室组成。

2.0.26 简易洗消间 simple decontamination room

战时供受沾染人员清除局部皮肤上有害物的房间。

2.0.27 清洁区 uncontaminated area

轨道交通工程中能满足防毒要求的区域。

2.0.28 染毒区 contaminated area

轨道交通工程中允许短时间染毒的区域。

2.0.29 冲击波 shock wave

空气冲击波的简称。核爆炸或常规武器爆炸在空气中形成的具有空气参数强间断面的纵波。

2.0.30 冲击波超压 positive pressure of shock wave

冲击波压缩区内超过周围环境大气压的压力值。

2.0.31 消波系统 attenuating shock wave system

设在轨道交通工程战时进风口、排风口或排烟口处用于削弱冲击波压力的消波设备、设施。如冲击波到来即能自动关闭的防爆波活门和利用空间扩散作用削弱冲击波压力的扩散室等。

2.0.32 消波率 attenuating shock wave ratio

通过消波系统后,降低的冲击波超压与进入消波系统前的冲击波超压的百分比。

2.0.33 扩散室 room for reducing shock wave

利用内部空间来降低由通风口或排烟口进入的冲击波超压的房间。

2.0.34 滤毒室 gas-filtering room

装有通风滤毒设备的专用房间。

2.0.35 预滤室 dust-removing room

装有通风预滤器的专用房间。

2.0.36 防护密闭隔墙 protective airtight partition wall

简称防护密闭墙。既能抗御预定的爆炸冲击波作用,又能隔绝毒剂的隔墙。一般采用整体浇筑钢筋混凝土结构。

2.0.37 密闭隔墙 airtight partition wall

简称密闭墙。能隔绝毒剂的隔墙。一般采用整体浇筑混凝土结构。

2.0.38 临空墙 blastproof partition wall

一侧直接承受空气冲击波作用,另一侧不接触岩、土的墙。

2.0.39 建筑面积 floor area of works

轨道交通工程建筑面积指各层外边缘所包围的水平投影面积之和。

2.0.40 有效面积 effective floor area

主体内能提供人员、设备、物资存放使用的面积,一般为主体

建筑面积与主体结构所占面积之差。

2.0.41 掩蔽面积 sheltering area

主体的有效面积与楼梯、厕所、设备房间等辅助房间面积之差。

2.0.42 平战结合 dual-utilization of peacetime and wartime

统筹规划和组织轨道交通工程的人防建设等,使其应在平时产生的经济效益、社会效益与应在战时发挥的战备效益相结合。

2.0.43 平战转换 exchange between peacetime and wartime

人民防空工程平战功能转换的简称。轨道交通工程同时具有平战两种功能,根据需要,采取可靠技术措施后,这两种功能可以互相转换。一般包括使用功能转换、防护功能转换、内部环境转换和设备设施转换。

2.0.44 预留设计 obligated design

轨道交通工程设计中平战转换技术措施的初步设计及施工图设计。预留设计必须与工程设计同步进行,并应满足各阶段设计文件的要求和深度。

2.0.45 二次施工 secondary construction

轨道交通工程中平战功能转换技术措施的施工,可分为两个阶段实施,土建施工时按设计要求预埋转换部位的预埋件,预留转换所需的孔槽,临战转换时按转换时限和设计文件的要求完成转换工作量,达到预定的防护、密闭等功能。

2.0.46 静荷载 static load

简称静载。其作用力变化引起结构振动的惯性力可以忽略不计的荷载。

本规范所指静荷载,主要是土(岩)体压力、回填材料自重、地下水静压力、永久设备重量及结构自重等。

2.0.47 动荷载 dynamic load

简称动载,其作用力变化引起结构振动的惯性力必须加以考虑的荷载。

本规范所指动荷载,主要是核爆炸或常规武器爆炸所产生的冲击波荷载、压缩波荷载。

2.0.48 等效静载 equivalent static load

与动荷载对结构产生的效应相当的静荷载。

2.0.49 防爆波地漏 blastproof floor drain

能防止冲击波和毒剂由排水管进入工程内部的地漏。

2.0.50 防爆波清扫口 blastproof floor meatus

能防止排水管外部的冲击波和毒剂由排水管进入工程内部,打开后可以清扫、排水的口。

2.0.51 应急电源 lash-up power source

设置在轨道交通工程内部,具有防护功能的电源。一般为柴油发电机组、蓄电池组和其他新型电源等。按其与用电工程的相互关系可分为区域电源和自备电源。

2.0.52 自备电源 self-reserve power source

设置在用电工程内部的电源。

2.0.53 区域电源 regional power source

能供给某范围内多个用电工程的内部电源。一般是内部电站。

3 基本规定

3.0.1 轨道交通工程战时在拟定的核武器、生化武器、常规武器袭击和袭击后的城市次生灾害作用下,应具有保障人员安全交通、转移和物资运输的功能,车站战时宜作为紧急人员掩蔽部,也可作为物资储备场所。

3.0.2 防护单元的抗力级别和防化等级应按国家确定的人防城市类别和城市人防建设规划确定。

3.0.3 轨道交通工程兼顾人民防空设计应同时满足战时的防护和使用要求以及平时的使用要求,当平时的使用要求与战时防护要求不一致时,设计中可采取防护功能平战转换措施。采取的转换措施应符合本规范第4.4节的规定,且其临战时的转换工作量应与城市的战略地位相协调,并符合当地战时的人力、物力条件。

3.0.4 轨道交通工程宜与附近人防工程和人防主干道、支干道相连通,暂时不能连通时,应根据当地人防工程总体规划预留人防连通口。

4 建 筑

4.1 一般规定

4.1.1 轨道交通工程口部的设置,应符合战时及平时使用要求和地面建筑规划要求。

4.1.2 人员出入口防护段门孔尺寸应根据平时、战时人员出入流量和相关宽、高限值确定,通风口防护段门孔尺寸应根据通风量和相关宽、高限值确定。

4.1.3 轨道交通工程与相邻地下工程,有连通规划的或相邻地下工程有商业开发需要,连通道和连通口应一次设计、施工到位。无连通规划的可预留连通口。

4.1.4 轨道交通工程防早期核辐射应符合下列规定:

1 防核武器抗力级别为5级的工程,其顶盖厚度和覆土换算厚度之和,应满足表4.1.4的要求;

2 防核武器抗力级别为6级的工程,可不验算早期核辐射的防护层厚度;

3 出入口第一道防护门或防护密闭门外通道长度应按防核武器抗力级别计算确定。

表 4.1.4 换算成混凝土的防护层厚度

海拔 h_0 (m)	≤ 200	200~1200	> 1200
防护层厚度 h (mm)	360	430	500

注:材料厚度换算成混凝土厚度的换算系数,钢筋混凝土、岩石、干砌块石和浆砌块石可取1.0,土、沥青路面和砖砌体可取0.7。

4.1.5 轨道交通工程的人员出入口防护段内宜设置不影响防护设备启闭、便于人防设备平时维护检修、利于平战转换和战平转换

与周围环境相协调的装修措施。

4.2 主 体

4.2.1 防护单元的划分应符合下列规定:

1 一个车站与一个相邻区间宜为一个防护单元;

2 换乘车站宜分线划分防护单元(包括相邻的区间隧道),当各换乘线设防等级不同时,应分线划分防护单元;

3 附属于轨道交通地下车站主体及区间隧道以外,独立设置的安装重要设备的地下工程,宜单独划分防护单元。

4.2.2 防护单元内可不划分抗爆单元。

4.2.3 单线防护单元的紧急掩蔽人数应符合表 4.2.3 的规定。多线换乘车站合并设置防护单元时,紧急掩蔽人数最多不超过 3000 人。

表 4.2.3 每个防护单元的紧急掩蔽人数

车站的掩蔽面积(m ²)	紧急掩蔽人数(人)
4000~5000	≤800
5000~8000	≤1200
8000 以上	≤1500

4.3 口 部

4.3.1 战时人员出入口的设置应符合下列规定:

1 每个防护单元战时人员出入口不应少于 2 个(不含连通口和垂直式出入口),并应有不少于 1 个直通室外地面的战时主要人员出入口(垂直式除外),各战时人员出入口之间的距离不宜小于 15m,并宜设置成不同朝向;

2 战时人员出入口通道净宽度应不小于 1.50m,净高度应不小于 2.20m;门洞净宽度应不小于 0.80m,净高度应不小于 2.00m。战时人员出入口门洞净宽度之和(不含连通口和垂直式出入口),应按掩蔽人数每 100 人不小于 0.30m 计算确定;

3 战时人员出入口采用阶梯式时,坡度不宜大于 35° ,并不得采用扇形踏步。阶梯净宽度在 2.00m 以下时,应在一侧设置扶手;在(2.00~2.50)m 时,应在两侧设置扶手;大于 2.50m 时,还应在中间设置扶手;

4 直通室外地面的战时主要人员出入口宜设置在地面建筑倒塌范围之外,当不能设置在倒塌范围之外时,口部应有防倒塌堵塞措施。

4.3.2 地面建(构)筑物倒塌范围,可按表 4.3.2 确定。

表 4.3.2 地面建(构)筑物倒塌范围

地面建筑结构类型	砌体结构	钢筋混凝土结构、钢结构
倒塌范围	0.5 倍建筑高度	5.00m

注:1 表中“钢筋混凝土结构”系指剪力墙和框架结构;

2 表中“建筑高度”系指室外地面至地面建筑檐口或女儿墙顶部的高度;

3 当毗邻出地面段的地面建筑外墙为钢筋混凝土剪力墙结构时,可不考虑其倒塌影响。

4.3.3 简易洗消间可设置在防毒通道内。

4.3.4 通风竖井的设置应符合下列规定:

1 室外进风口应设置在安全和空气清洁的地点,并应设置在排风口、排烟口的上风侧和地面建筑倒塌范围之外或设置防倒塌棚架;

2 通风口不宜设置在人员出入口内;

3 战时通风竖井应采取防雨、防堵措施,进风口下沿距地坪距离不宜小于 2.00m,当布置于绿化带时,不宜小于 1.00m;

4 通风道内第一道人防门框墙与竖井口的相对位置关系,应保证人防设备与上方井口投影之间的最小距离不小于平时门扇开启长度加 0.20m。

4.3.5 车站出入口出地面的垂直电梯应设在口部防护密闭门以外,设在防护区内通向外部的电梯井和检修、安装等其他孔口应采取防护密闭措施,或采取战前封堵措施。

4.4 防护功能平战转换

4.4.1 防护功能平战转换措施应符合下列各项规定:

- 1 采用的转换措施应能满足战时的各项防护要求,并应在规定的转换时限内完成;
- 2 平战转换设计应符合本规范第 5.11 节的有关规定;
- 3 当转换措施中采用预制构件时,应在设计中注明:预埋件、预留孔(槽)等应在工程施工中一次就位,预制构件应与工程施工同步做好,并应设置构件的存放位置;
- 4 平战转换设计应与工程设计同步完成。

4.4.2 轨道交通工程的下列项目应在工程施工、安装时一次完成,不得实施预留设计和二次施工:

- 1 战时使用的出入口、通风口的防护设施;
- 2 区间正线上的防护设施;
- 3 钢筋混凝土或混凝土浇筑的结构或构件;
- 4 防爆波地漏、防爆波清扫口、给水引入管和排水出户管。

4.4.3 专供平时使用的人员出入口,临战时采用的垂直封堵措施,应满足战时的抗力、密闭、防早期核辐射等防护要求,且应在 3d 转换时限内完成。对临战时采用预制构件垂直封堵的平时人员出入口,其洞口净宽不宜大于 7.00m,净高不宜大于 3.00m。临战时采用预制构件进行垂直封堵的平时人员出入口在一个防护单元中的总数不宜超过 2 个。专供平时使用的人员出入口不宜采用水平封堵措施。

4.4.4 专供平时使用的进风口、排风口,临战封堵措施应满足战时的抗力、密闭、防早期核辐射等防护要求。采用垂直封堵措施时应在 3d 转换时限内完成;采用水平封堵措施时应在 15d 转换时限内完成。车站每端至少应有一个平时专用通风口采用防护密闭门封堵。对临战时采用预制构件垂直封堵的平时通风口,其洞口净宽不宜大于 7.00m,净高不宜大于 3.50m;对临战时采用预制构件

水平封堵的平时通风口,其洞口净宽不宜大于 5.00m。临战时采用预制构件进行封堵的平时通风口在一个防护单元中不宜超过 4 个,采用水平封堵的平时通风口不宜超过 1 个。对临战时采用预制构件垂直封堵的平时通风口,应设置安装人员实施封堵后的撤退路径。

4.4.5 因平时使用的需要,在车站顶板上或在多层车站中的防护密闭楼板上开设的采光窗、平时风管穿板孔和设备吊装口,其净宽不宜大于 3.00m,净长不宜大于 6.00m。在顶板上或在防护密闭楼板上采用的封堵措施应满足战时的抗力、密闭等防护要求。在顶板上采用的封堵措施应在 3d 转换时限内完成;在防护密闭楼板上采用的封堵措施应在 15d 转换时限内完成。专供平时使用的楼梯、自动扶梯以及净宽大于 3.00m 的穿板孔,宜将其设置在防护密闭区之外。

4.4.6 大型设备安装口的设置及其封堵措施,应满足车站的战时防护要求。若大型设备需在临战时安装,该设备安装口的封堵措施,应符合本节相关要求。

4.4.7 对防护单元隔墙上开设的平时通行口以及平时穿墙孔,所采用的封堵措施应满足战时的抗力、密闭等防护要求,并应在 15d 转换时限内完成。对于临战时采用预制构件封堵的平时通行口,其洞口净宽不宜大于 7.00m,净高不宜大于 3.00m。

4.4.8 当防护单元内的空间跨度较大、因平时使用功能需要设柱、梁受限时,可按临战时设置后加柱、梁设计。临战时后加柱、梁的安装应在 15d 转换时限内完成。

4.4.9 防护功能转换设计宜优先采用标准化、通用化、定型化的防护设备和构件。

5 结 构

5.1 一 般 规 定

5.1.1 轨道交通工程结构选型,应根据防护要求、战时和平时使用功能、工程地质和水文地质条件以及材料供应和施工条件等因素综合确定。

5.1.2 轨道交通工程结构设计,应根据防护要求和受力情况,做到结构各个部位抗力相协调。

5.1.3 轨道交通工程结构计算,应分为平时(包括施工期间)和战时两种使用状况计算,并应取其中不利情况进行构件截面设计。

5.1.4 平时使用状况的结构设计荷载,应包括土(岩)体压力、水压力、结构自重等静荷载以及汽车压力等活荷载。其荷载(效应)组合,应按照国家现行有关标准执行。

5.1.5 战时使用状况的结构设计荷载,应包括规定的武器一次作用(动荷载)以及土(岩)体压力、水压力、结构自重等静荷载。轨道交通工程的动荷载应按规定的常规武器一次作用和规定的核武器一次作用中的不利情况取值。

5.1.6 轨道交通工程结构设计应根据承载能力极限状态及正常使用极限状态的要求,分别按下列规定进行计算或验算:

1 所有结构构件均应进行平时使用状况和战时使用状况的构件承载力计算;

2 当工程底板位于地下水位以下时,应进行平时使用状况下的结构漂浮验算;必要时,尚应进行平时使用状况下的结构倾覆及滑移验算。

5.2 材 料

5.2.1 轨道交通工程结构材料选择,应符合下列要求:

- 1 应采用坚固耐久、符合环保和防火要求的建筑材料；
- 2 与土(岩)体相接触的外墙,宜采用钢筋混凝土、混凝土材料；
- 3 当与有侵蚀性的介质接触时,材料应采取防腐蚀措施；
- 4 宜采用耐久性混凝土；
- 5 宜采用 HRB400 级和 HRB335 级钢筋；
- 6 钢纤维混凝土的抗压强度不宜小于 70MPa,钢纤维的体

积含量宜为 3%~4%。

5.2.2 在静荷载作用下的材料强度设计值、弹性模量及泊松比,应按照国家现行有关标准执行。

5.2.3 在动荷载单独作用下或动荷载和静荷载同时作用下,材料强度设计值可按下列公式计算：

$$f_d = \gamma_d f \quad (5.2.3)$$

式中： f_d ——动荷载作用下材料强度设计值(N/mm²)；

f ——静荷载作用下材料强度设计值(N/mm²)；

γ_d ——动荷载作用下材料强度综合调整系数,可按表 5.2.3 采用。

表 5.2.3 动荷载作用下材料强度综合调整系数 γ_d

材 料		动荷载作用下材料强度综合调整系数 γ_d
钢材	HPB235 级	1.50
	HRB335 级	1.35
	HRB400 级	1.20
	RRB400 级	1.20
混凝土	C55 及以下	1.50
	C60~C80	1.40
砌体	料石	1.20
	混凝土预制块	1.30

注：1 同一材料的强度综合调整系数,可适用于拉、压、弯、剪、扭等不同受力状态；

2 采用蒸汽养护或掺入早强剂的混凝土,其强度综合调整系数应乘以 0.9 的折减系数。

5.2.4 在动荷载和静荷载同时作用下或动荷载单独作用下,混凝土和砌体的弹性模量可取静荷载作用时的 1.2 倍;钢材的弹性模量以及各种材料的泊松比,可取静荷载作用时的数值。

5.3 常规武器作用计算的一般规定

5.3.1 常规武器爆炸空气冲击波作用在结构受爆面上的超压波形,可按等冲量简化为无升压时间的三角形(图 5.3.1)。

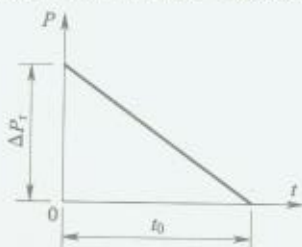


图 5.3.1 常规武器爆炸空气冲击波超压简化波形

ΔP_r —超压峰值(MPa); t_0 —超压等效作用时间(s)

5.3.2 常规武器爆炸地冲击作用在土中结构上的动荷载波形,可按等冲量简化为有升压时间的三角形(图 5.3.2)。

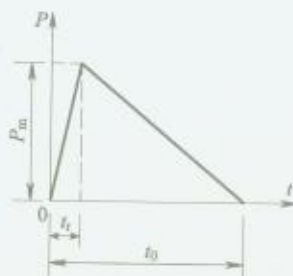


图 5.3.2 常规武器爆炸土中结构动荷载简化波形

P_m —动荷载峰值(MPa); t_r —动荷载等效升压时间(s);

t_0 —动荷载等效作用时间(s)

5.4 防常规武器的结构荷载计算

5.4.1 常规武器在地面爆炸时产生的地面冲击波超压参数可按下列公式计算：

当 $0.596 \leq L_i / \sqrt[3]{C} \leq 9.58$ 时

$$\Delta P_i = 1.316 \left(\frac{L_i}{\sqrt[3]{C}} \right)^{-3} + 0.369 \left(\frac{L_i}{\sqrt[3]{C}} \right)^{-1.5} \quad (5.4.1-1)$$

$$\tau_i = 0.4 \times 10^{-3} \cdot (\Delta P_i)^{-0.5} \cdot \sqrt[3]{C} \quad (5.4.1-2)$$

式中： ΔP_i ——常规武器地面爆炸时，距装药中心水平距离为 L_i 处的地面冲击波超压值(MPa)；

L_i ——装药中心至计算点的水平距离(m)；

C ——常规武器的等效 TNT 装药量(kg)；

τ_i ——地面冲击波波形按等冲量突加线性衰减荷载等效的超压作用时间(s)。

5.4.2 当常规武器地面爆炸时(图 5.4.2)，作用在土中结构上的均布等效静荷载标准值可按下列公式计算：

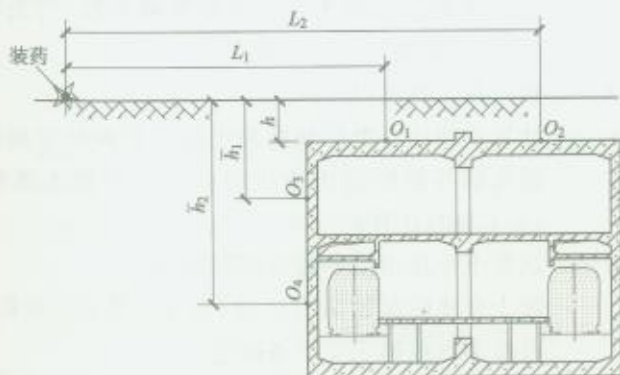


图 5.4.2 常规武器地面爆炸示意图

1 平顶结构顶盖计算板块上的均布等效静荷载标准值，可按下列公式计算：

$$q_1 = C_s K_{d1} K_r P_h \quad (5.4.2-1)$$

$$P_h = \Delta P_i \exp\left(-n \cdot \sqrt[3]{\frac{h}{1000\tau_i}}\right) \quad (5.4.2-2)$$

$$t_r = (\gamma_c - 1) \frac{h}{c_0} \quad (5.4.2-3)$$

$$t_0 = t_r + \theta \tau_i \quad (5.4.2-4)$$

式中: q_1 ——顶盖计算板块的均布等效静荷载标准值(N/mm²);

C_s ——土体拱效应系数,可按表 5.4.2-1 采用;

K_{d1} ——顶盖计算板块的动力系数,可按本规范第 5.7.4 条确定;

K_r ——顶盖的综合反射系数,当覆土厚度 $h=0$ 时,可取 $K_r=1.0$;当 $h \geq 2.0\text{m}$ 时,可取 $K_r=1.5$;当 $0 < h < 2\text{m}$ 时, K_r 可取线性内插值;

P_h ——计算板块中心处的土中压缩波峰值压力(MPa);

ΔP_i ——计算板块中心在地表投影点处的地面冲击波超压值(MPa),可按本规范公式(5.4.1-1)计算;

n ——感生地冲击在覆土介质中的衰减系数,当无实测资料时,可按表 5.4.2-2 采用;

h ——顶盖覆土厚度(m);

τ_i ——计算板块中心处的地面冲击波按等冲量突加线性衰减荷载等效的超压作用时间(s),可按本规范公式(5.4.1-2)计算;

t_r ——顶盖土中压缩波等效升压时间(s);

c_0 ——覆土介质的起始压力波速(m/s),当无实测资料时,可按本规范第 5.5.2 条确定;

γ_c ——波速比,当无实测资料时,可按本规范第 5.5.2 条确定;

θ ——土中压缩波正压作用时间延长系数,当 $0 \leq h \leq 2\text{m}$ 时,可取 $\theta=1.0+0.5h$;当 $h > 2\text{m}$ 时,可取 $\theta=2.0$;

t_0 ——作用在顶盖上的动荷载等效作用时间(s)。

表 5.4.2-1 土体拱效应系数 C_s

允许延性比 $[\beta]$	土体内摩擦角($^\circ$)		
	40	30	20
≤ 1.5	1.00	1.00	1.00
2、2.5、3	0.85	0.90	0.95
5	0.70	0.80	0.90

注:1 本表为顶盖覆土大于或等于结构计算跨度时的拱效应系数值,当覆土厚度小于0.2倍计算跨度时,可取1.0;当覆土厚度为(0.2~1.0)倍结构计算跨度时,拱效应系数可取线性内插值;

2 饱和土的拱效应系数可取1.0。

表 5.4.2-2 感生地冲击在覆土介质中的衰减系数 n

土类	碎石土、砂土	粉土、黏性土	饱和土 ($\alpha_1=4\%$)	饱和土 ($\alpha_1=1\%$)	饱和土 ($\alpha_1=0\%$)
n	2.0~2.5	1.5~2.0	1.5	1.0	0.5

注:1 α_1 为饱和土的含气量,可根据饱和度 S_r 和孔隙比 e ,按 $\alpha_1 = \frac{e}{1+e}(1-S_r)$ 计算确定;当无实测资料时,可取 $\alpha_1 = 1\% \sim 1.5\%$,地下水位常年稳定时,宜取小值;

2 当饱和土的 α_1 为中间值时,其 n 可取线性内插值;

3 碎石土、砂土土体密实时, n 宜取小值;

4 粉土、黏性土为坚硬状态时, n 宜取小值。

2 拱形结构顶拱的均布等效静荷载标准值可取平顶结构均布等效静荷载标准值的0.9倍;

3 外墙计算板块上的均布等效静荷载标准值可按下列公式计算:

$$q_z = K_{dz} \xi P_1 \quad (5.4.2-5)$$

$$P_{\bar{h}} = \Delta P_0 \cdot \exp \left[-n \cdot \sqrt[3]{\frac{\bar{h}}{1000\tau}} \right] \quad (5.4.2-6)$$

$$t_r = (\gamma_c - 1) \frac{\bar{h}}{c_0} \quad (5.4.2-7)$$

$$t_0 = t_r + 2\tau \quad (5.4.2-8)$$

式中: q_s ——外墙的均布等效静荷载标准值(N/mm²);

K_{d2} ——外墙的动力系数,可按本规范第 5.7.4 条确定;

ξ ——土的侧压系数,当无实测资料时,可按本规范表 5.6.1 取值;

t_r ——作用在外墙上的动荷载等效升压时间(s);

t_0 ——作用在外墙上的动荷载等效作用时间(s);

\bar{h} ——外墙计算板块中点处的覆土厚度(m);

ΔP_0 ——外墙处的地面冲击波超压值(MPa),可按表 5.4.2-3 采用;

τ ——外墙处的地面冲击波按等冲量突加线性衰减荷载等效的超压作用时间(s),可按表 5.4.2-3 采用。

表 5.4.2-3 外墙处的地面冲击波设计参数

工程防常规武器的抗力级别	ΔP_0 (MPa)	τ (s)
5	0.55	3.49×10^{-3}
6	0.28	3.70×10^{-3}

4 底板的均布等效静荷载标准值可按下列公式计算:

$$q_s = K_{d3} \eta \frac{q_1}{K_{d1}} \quad (5.4.2-9)$$

式中: q_s ——底板的均布等效静荷载标准值(N/mm²);

K_{d3} ——底板的动力系数,应按表 5.4.2-4 采用;

η ——底压系数,可按本规范第 5.6.1 条确定;

q_1 ——顶盖中心板块的均布等效静荷载标准值(N/mm²);

K_{d1} ——顶盖中心板块的动力系数。

表 5.4.2-4 底板动力系数 K_{d0}

[β]	η_1	$\omega \eta_1 t_0$										
		≤ 0.5	1.0	2.0	4.0	6.0	8.0	10.0	20.0	30.0	40.0	50.0
1.0	≤ 0.5	0.14	0.27	0.51	0.83	0.98	1.06	1.12	1.22	1.27	1.27	1.28
	1.0	0.19	0.37	0.69	1.08	1.26	1.36	1.42	1.54	1.60	1.62	1.64
	2.0	0.22	0.44	0.81	1.24	1.43	1.54	1.60	1.74	1.79	1.82	1.83
	4.0	0.24	0.47	0.87	1.31	1.50	1.61	1.68	1.82	1.87	1.89	1.91
	6.0	0.25	0.48	0.88	1.32	1.52	1.63	1.69	1.83	1.88	1.91	1.92
	≥ 8.0	0.25	0.48	0.89	1.33	1.53	1.63	1.70	1.84	1.89	1.92	1.93
2.0	≤ 0.5	0.08	0.17	0.32	0.53	0.65	0.72	0.77	0.88	0.92	0.94	0.95
	1.0	0.11	0.22	0.41	0.67	0.81	0.89	0.94	1.05	1.09	1.12	1.13
	2.0	0.13	0.26	0.47	0.76	0.91	0.99	1.04	1.15	1.19	1.22	1.23
	4.0	0.14	0.27	0.51	0.80	0.94	1.02	1.08	1.19	1.23	1.25	1.27
	6.0	0.14	0.28	0.51	0.81	0.95	1.03	1.09	1.20	1.24	1.26	1.27
	≥ 8.0	0.14	0.28	0.52	0.81	0.96	1.04	1.09	1.20	1.24	1.27	1.28
3.0	≤ 0.5	0.07	0.14	0.26	0.45	0.57	0.64	0.69	0.81	0.86	0.89	0.91
	1.0	0.09	0.18	0.33	0.56	0.69	0.77	0.83	0.95	0.99	1.02	1.03
	2.0	0.10	0.20	0.38	0.62	0.76	0.84	0.90	1.02	1.06	1.09	1.10
	4.0	0.11	0.21	0.40	0.65	0.79	0.87	0.93	1.05	1.09	1.11	1.13
	6.0	0.11	0.22	0.40	0.66	0.80	0.88	0.93	1.05	1.10	1.12	1.13
	≥ 8.0	0.11	0.22	0.40	0.66	0.80	0.88	0.93	1.06	1.10	1.12	1.14
4.0	≤ 0.5	0.06	0.12	0.23	0.40	0.52	0.60	0.65	0.78	0.84	0.87	0.89
	1.0	0.08	0.15	0.29	0.48	0.63	0.71	0.76	0.89	0.95	0.97	0.99
	2.0	0.09	0.17	0.32	0.54	0.68	0.77	0.82	0.95	1.00	1.03	1.04
	4.0	0.09	0.18	0.34	0.57	0.71	0.79	0.84	0.97	1.02	1.05	1.07
	6.0	0.09	0.18	0.34	0.57	0.71	0.79	0.85	0.98	1.03	1.05	1.07
	≥ 8.0	0.09	0.18	0.34	0.58	0.71	0.80	0.85	0.98	1.03	1.06	1.07

续表 5.4.2-4

[β]	η_s	$\omega_s t_0$										
		≤ 0.5	1.0	2.0	4.0	6.0	8.0	10.0	20.0	30.0	40.0	50.0
5.0	≤ 0.5	0.06	0.11	0.21	0.37	0.49	0.56	0.62	0.76	0.82	0.85	0.87
	1.0	0.07	0.14	0.26	0.45	0.58	0.66	0.72	0.86	0.91	0.94	0.96
	2.0	0.08	0.15	0.29	0.50	0.63	0.71	0.77	0.91	0.96	0.99	1.01
	4.0	0.08	0.16	0.30	0.51	0.65	0.73	0.79	0.93	0.98	1.01	1.03
	6.0	0.08	0.16	0.30	0.52	0.65	0.74	0.80	0.93	0.98	1.01	1.03
	≥ 8.0	0.08	0.16	0.30	0.52	0.66	0.74	0.80	0.93	0.99	1.01	1.03

注:1 η_s 为底板的辐射阻尼系数, $\eta_s = \frac{\rho' c'_1}{m \omega_s}$; ρ' 为地基土的质量密度 (kg/m^3); c'_1 为地基土的峰值压力波速 (m/s), 当无实测资料时, 可按本规范第 5.5.2 条确定; m 为结构单位面积的质量 (kg/m^2);

2 ω_s 为底板自振圆频率 ($1/\text{s}$);

3 t_0 为常规武器爆炸地冲击作用在顶盖上的动荷载等效作用时间 (s)。

5.4.3 设置下沉式广场的轨道交通工程, 当常规武器地面爆炸时 (图 5.4.3), 爆炸空气冲击波作用在临空墙上的均布等效静荷载标准值应按下列式计算:

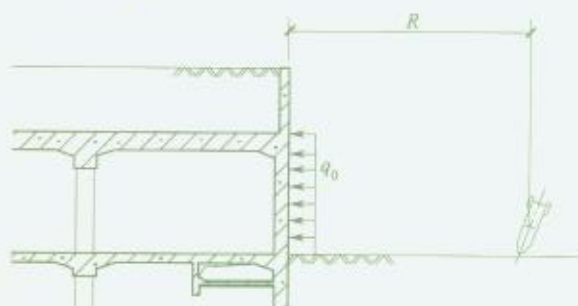


图 5.4.3 常规武器爆炸作用在临空墙上的荷载

$$q_c = \bar{K}_d \Delta P, \quad (5.4.3)$$

式中: q_c ——常规武器爆炸空气冲击波作用在临空墙上的均布等

效静荷载标准值(N/mm^2)；

\bar{K}_d ——临空墙的动力系数，可按本规范第 5.7.4 条确定；

ΔP_r ——常规武器爆炸空气冲击波作用在临空墙上的反射超压峰值(MPa)，可按表 5.4.3 采用。

表 5.4.3 常规武器爆炸作用在临空墙上的动荷载参数

工程防常规武器的抗力级别	ΔP_r (MPa)	t_0 (s)
5	2.21	3.18×10^{-3}
6	0.95	4.04×10^{-3}

注： t_0 为反射冲击波按等冲量突加线性衰减荷载等效的超压作用时间(s)。

5.4.4 当常规武器在出入口外爆炸时，爆炸冲击波作用在第一道防护门(防护密闭门)及其门框墙上的均布等效静荷载标准值可按下列公式计算：

$$q_l = \bar{K}_{dl} \Delta P_r \quad (5.4.4-1)$$

$$q_e = \bar{K}_{de} \Delta P_r \quad (5.4.4-2)$$

式中： q_l ——常规武器爆炸空气冲击波作用在第一道防护门(防护密闭门)上的均布等效静荷载标准值(N/mm^2)；

\bar{K}_{dl} ——第一道防护门(防护密闭门)的动力系数，可按本规范第 5.7.4 条确定，其中，平板防护门的允许延性比 $[\beta]$ 可取 3.0，平板防护密闭门的 $[\beta]$ 可取 1.0，活门的 $[\beta]$ 可取 3.0；

q_e ——爆炸空气冲击波直接作用在第一道防护门(防护密闭门)门框墙上的均布等效静荷载标准值(N/mm^2)；

\bar{K}_{de} ——第一道防护门(防护密闭门)门框墙的动力系数，可按本规范第 5.7.4 条确定；防护门门框墙的 $[\beta]$ 可取 1.5；防护密闭门门框墙的 $[\beta]$ 可取 1.0；活门门框墙的 $[\beta]$ 可取 1.5；

ΔP_r ——常规武器爆炸空气冲击波作用在第一道防护门(防

护密闭门)及其门框墙上的反射超压峰值(MPa)。

5.4.5 当常规武器在出入口外爆炸时,空气冲击波作用在第一道防护门(防护密闭门)及其门框墙上的反射超压峰值及反射冲量可按下列公式计算:

$$\Delta P_r = n_p \cdot \Delta P \quad (5.4.5-1)$$

$$t_0 = \left(\frac{1 + 0.86 \Delta P^{1.83}}{1 + 1.58 \Delta P^{1.83}} \right) t_{0i} \quad (5.4.5-2)$$

$$n_p = 2 + \frac{6 \Delta P}{0.7 + \Delta P} \quad (5.4.5-3)$$

式中: ΔP_r ——常规武器爆炸空气冲击波作用在第一道防护门(防护密闭门)及其门框墙上的反射超压峰值(MPa);

ΔP ——常规武器在出入口外爆炸时,第一道防护门(防护密闭门)所在位置的人射冲击波超压峰值(MPa);

n_p ——压力反射系数;

t_0 ——反射冲击波按等冲量突加线性衰减荷载等效的超压作用时间(s);

t_{0i} ——人射冲击波按等冲量突加线性衰减荷载等效的超压作用时间(s)。

5.4.6 当常规武器在出入口外爆炸(图 5.4.6)时,作用在第一道防护门(防护密闭门)及其门框墙上的人射冲击波超压峰值 ΔP 及作用时间 t_{0i} 可按下列公式计算:

$$\Delta P = K_1 D^{-K_2} L^{-K_3} \quad (5.4.6-1)$$

$$t_{0i} = K_4 \times 10^{-3} D^{K_5} L^{K_6} \quad (5.4.6-2)$$

式中: ΔP ——常规武器在出入口外爆炸时,第一道防护门(防护密闭门)所在位置的人射冲击波超压峰值(MPa);

t_{0i} ——人射冲击波按等冲量突加线性衰减荷载等效的超

压作用时间(s);

D ——出入口通道的等效直径(m);

L ——第一道防护门(防护密闭门)至出入口的轴线距离(m);对弧形通道, L 为第一道防护门(防护密闭门)至出入口轴线处的弧线长度;对折线通道, $L=L_1+L_2$,此处 L_1 为通道拐弯点至出入口的距离(m), L_2 为第一道防护门(防护密闭门)至通道拐弯点的距离(m);

$K_1 \sim K_8$ ——比例爆距和出入口形式对入射波的影响系数,可按表 5.4.6 采用。

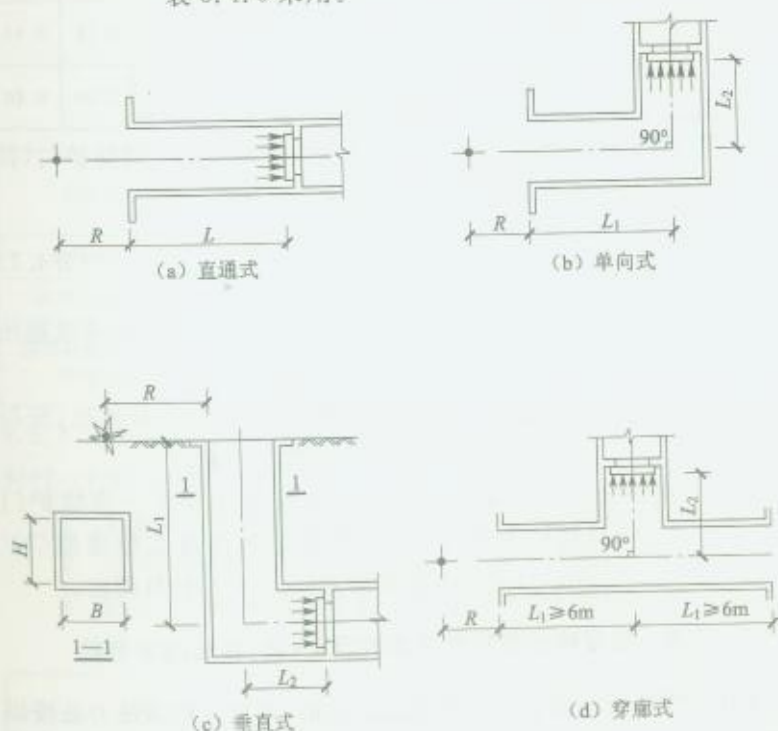


图 5.4.6 常规武器在出入口外爆炸

表 5.4.6 $K_1 \sim K_6$ 系数

工程防常规武器 抗力级别	出入口形式	K_1	K_2	K_3	K_4	K_5	K_6
5	直通式	1.05	0.15	0.54	1.64	0.25	0.71
	单向式或垂直式	0.94	0.38	0.46	1.47	0.62	0.60
	穿廊式	0.52	0.32	0.46	1.08	0.84	0.58
6	直通式	0.55	0.17	0.48	2.29	0.21	0.60
	单向式或垂直式	0.42	0.43	0.35	2.07	0.59	0.43
	穿廊式	0.31	0.58	0.33	1.55	1.00	0.40

5.4.7 当常规武器在出入口外爆炸时,作用在第一道防护门(防护密闭门)上的等效超压可按下式计算:

$$\Delta P_e = \frac{2[\beta] - 1}{2[\beta]} \cdot q_t \quad (5.4.7)$$

式中: ΔP_e ——作用在第一道防护门(防护密闭门)上的等效超压(MPa);

$[\beta]$ ——第一道防护门(防护密闭门)的允许延性比,应与计算 q_t 所采用的允许延性比一致;

q_t ——常规武器爆炸空气冲击波作用在第一道防护门(防护密闭门)上的均布等效静荷载标准值(N/mm²),应按本规范公式(5.4.4-1)计算确定。

5.5 核爆炸地面空气冲击波及土(岩)体压缩波参数

5.5.1 核爆炸地面空气冲击波超压波形,可取在峰值压力处按切线或按等冲量简化成无升压时间的三角形(图 5.5.1),其主要设计参数可按表 5.5.1 采用。

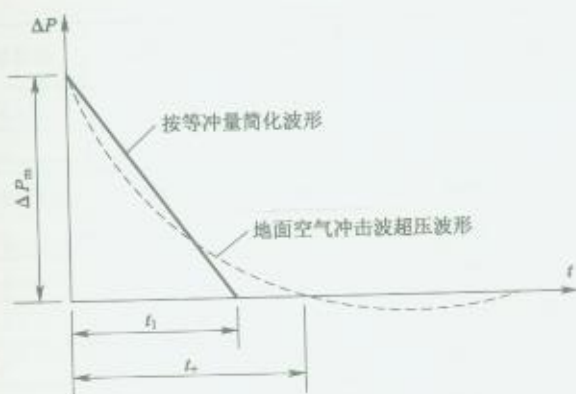


图 5.5.1 核爆炸地面空气冲击波波形及简化波形

表 5.5.1 核爆炸地面空气冲击波主要设计参数

主要设计参数	工程防核武器的抗力级别	
	6	5
负压峰值 (MPa)	0.010	0.011
正压作用时间 t_1 (s)	1.42	1.19
按等冲量简化等效正压作用时间 t_1 (s)	1.04	0.78

5.5.2 土(岩)体的物理力学参数应按实测资料确定,当无实测资料时,可按下列规定确定:

- 1 非饱和土的物理力学参数可按表 5.5.2-1 采用;
- 2 岩体的物理力学参数可按表 5.5.2-2 采用;
- 3 饱和土的物理力学参数可按表 5.5.2-3 采用。

表 5.5.2-1 非饱和土的物理力学参数

土的类型		起始压力波速 c_0 (m/s)	波速比 γ	应变恢复比 δ
碎石土	卵石、碎石	300~500	1.2~1.5	0.9
	圆砾、角砾	250~350	1.2~1.5	0.9

续表 5.5.2-1

土的类别		起始压力波速 c_0 (m/s)	波速比 γ_c	应变恢复比 δ
砂土	砾砂	350~450	1.2~1.5	0.9
	粗砂	350~450	1.2~1.5	0.8
	中砂	300~400	1.5	0.5
	细砂	250~350	2.0	0.4
	粉砂	200~300	2.0	0.3
粉土		200~300	2.0~2.5	0.2
黏性土 (粉质黏土、 黏土)	硬塑	300~400	2.0	0.1
	可塑	150~250	2.0	0.1
	软塑	300~500	2.0	0.1
老黏性土		300~400	1.5~2.0	0.3
红黏土		150~250	2.0~2.5	0.2
湿陷性黄土		200~300	2.0~3.0	0.1
淤泥质土		120~150	2.0	0.1

注:1. 黏性土:坚硬状态 c_0 可取硬塑状态的大值; γ_c 、 δ 同硬塑状态;流塑状态 c_0 可取 1500m/s, γ_c 可取 1, δ 可取 1;

2. 碎石土、砂土土体密实时, c_0 应取大值, γ_c 应取小值。

表 5.5.2-2 岩体的物理力学参数

围岩级别	起始压力波速 c_0 (m/s)	波速比 γ_c	应变恢复比 δ
I	>5000	1.0	1.0
II	3700~5200	1.1	0.9
III	3000~4500	1.2	0.9
IV	2000~3500	1.3	0.8
V	<2000	1.4	0.8

表 5.5.2-3 饱和土的物理力学参数

含气量 α_i (%)	4	1	0.1	0.05	0.01	0.005	<0.001
起始压力波速 c_2 (m/s)	150	200	370	640	910	1200	1500

注:1 α_i 为饱和土的含气量,可根据饱和度 S_r 、孔隙比 e ,按 $\alpha_i = \frac{e}{1+e}(1-S_r)$ 计算

确定,当无实测资料时,可取 $\alpha_i = 1\% \sim 1.5\%$,地下水位常年稳定时,宜取小值;

2 $\Delta P_m \leq 16\alpha_i$ 时, c_0 可取表中值, γ_c 可取 1.5; δ 同非饱和土;

3 $\Delta P_m \geq 20\alpha_i$ 时, c_0 可取 1500 (m/s), γ_c 可取 1, δ 可取 1;

4 $16\alpha_i < \Delta P_m < 20\alpha_i$ 时, c_0 , γ_c , δ 可取线性内插值。

5.5.3 土(岩)体中压缩波波形,可简化成有升压时间的三角形(图 5.5.3)。最大压力及升压时间可按下列公式计算:

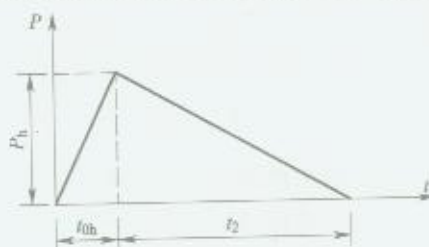


图 5.5.3 土中压缩波简化波形

$$P_h = \left[1 - \frac{h}{c_1 t_2} (1 - \delta) \right] \Delta P_m \quad (5.5.3-1)$$

$$t_{0h} = (\gamma_c - 1) \frac{h}{c_0} \quad (5.5.3-2)$$

$$\gamma_c = \frac{c_0}{c_1} \quad (5.5.3-3)$$

式中: P_h ——压缩波峰值压力(MPa);

ΔP_m ——地面空气冲击波超压峰值(MPa);

h ——土(岩)体的计算深度(m);计算顶板时,应取顶板的

覆土厚度；计算外墙时，可取各层外墙的中点至地表的深度；

c_0 ——土的起始压力波速(m/s)；

c_1 ——土的峰值压力波速(m/s)；

γ_c ——波速比；

δ ——土的应变恢复比；

t_{0h} ——压缩波升压时间(s)；

t_2 ——降压时间(s)，可按等冲量简化等效正压作用时间取值。

5.6 核爆炸动荷载

5.6.1 当采用等效静荷载设计轨道交通工程结构时，周边等效静荷载宜按同时作用设计，其标准值可按下列公式计算：

$$q_1 = K_{d1} K P_h \quad (5.6.1-1)$$

$$q_2 = K_{d2} \xi P_h \quad (5.6.1-2)$$

$$q_3 = K_{d3} \eta \frac{q_1}{K_{d1}} \quad (5.6.1-3)$$

式中： q_1 、 q_2 、 q_3 ——分别为结构顶盖、外墙、底板的均布等效静荷载标准值(N/mm²)；

K_{d1} 、 K_{d2} 、 K_{d3} ——分别为结构顶盖、外墙、底板的动力系数，应按本规范第5.7.4条或第5.7.5条确定；

P_h ——顶盖覆土深度 h 处压缩波峰值压力(MPa)，应按本规范公式(5.5.3-1)计算；

P_h ——各层外墙中点处压缩波峰值压力(MPa)，应按本规范公式(5.5.3-1)计算；

K ——顶盖综合反射系数；

ξ ——土的侧压系数，可按表5.6.1采用；

η ——底压系数，非饱和土可取0.7~0.8(覆土厚度小或多层结构时，取小值)，饱和土可取0.8~1.0(含气量 $\alpha_1 \leq 0.1\%$ 时，取大值)。

表 5.6.1 土的侧压系数 ξ

土的类别		侧压系数 ξ
碎石土		0.15~0.25
砂土	地下水位以上	0.25~0.35
	地下水位以下	0.70~0.90
粉土		0.33~0.43
黏性土	坚硬、硬塑	0.20~0.40
	可塑	0.40~0.70
	软塑、流塑	0.70~1.00
老黏性土		0.20~0.33
红黏土		0.30~0.45
深陷性黄土		0.25~0.40
淤泥质土		0.70~0.90

注:1 碎石土及非饱和砂土;密实、颗粒粗的宜取小值;

2 非饱和黏性土;液性指数低的宜取小值;

3 饱和土;含气量 $\alpha_1 \leq 0.1\%$ 时宜取大值。

5.6.2 顶盖综合反射系数可按下列规定确定:

1 覆土厚度 h 为 0 时, $K=1.0$;

2 覆土厚度 h 等于或大于结构不利覆土厚度 h_m 时,非饱和土的 K 值可按表 5.6.2 采用;饱和土的 K 值可按下列规定确定:

1) 当 $P_b \geq 20\alpha_1$ 时,平顶结构可取 $K=2.0$,非平顶结构可取 $K=1.8$;

2) 当 $P_b \leq 16\alpha_1$ 时, K 值应按非饱和土确定;

3) 当 $16\alpha_1 < P_b < 20\alpha_1$ 时, K 值可按线性内插法确定。

3 覆土厚度 h 小于结构不利覆土厚度 h_m 时, K 值可按线性内插法确定。

表 5.6.2 $h \geq h_m$ 时非饱和土的综合反射系数 K 值

工程防核武器的 抗力级别	基础形式	覆土厚度 $h(m)$						
		1	2	3	4	5	6	7
5 级及以下	箱形、筏形、壳体基础	1.45	1.40	1.35	1.30	1.25	1.22	1.20
	条形或独立基础	1.42	1.30	1.20	1.15	1.10	1.05	1.00

注:1 双层及多层结构综合反射系数取表中数值的 1.05 倍;

2 非平顶结构综合反射系数取表中数值的 0.9 倍,但不应小于 1.0。

5.6.3 结构不利覆土厚度,可按表 5.6.3 采用。

表 5.6.3 结构不利覆土厚度 $h_m(m)$

土的类别	$[\beta]$ $l_0(m)$	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	5.0
黏性土	≤ 2.0	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
	3.0	1.06	1.14	1.28	1.32	1.46	1.80
	4.0	1.18	1.42	1.64	1.76	1.98	2.40
	5.0	1.30	1.70	2.00	2.20	2.50	3.00
	6.0	1.60	1.93	2.34	2.63	2.88	3.72
	7.0	1.80	2.19	2.63	2.94	3.25	4.15
	8.0	2.00	2.44	2.91	3.25	3.63	4.58
	≥ 9.0	2.20	2.70	3.20	3.60	4.00	5.00
砂土 碎石土 饱和土	≤ 2.0	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
	3.0	1.10	1.26	1.42	1.50	1.64	2.40
	4.0	1.30	1.58	1.86	2.10	2.32	3.20
	5.0	1.50	1.90	2.30	2.70	3.00	4.00
	6.0	1.82	2.23	2.65	2.97	3.38	4.72
	7.0	2.05	2.49	2.93	3.32	3.75	5.15
	8.0	2.28	2.74	3.22	3.66	4.13	5.58
	≥ 9.0	2.50	3.00	3.50	4.00	4.50	6.00

注:1 h_m 为结构不利覆土厚度;

2 l_0 为顶板净跨,对双向板和壳体结构应取短方向净跨,对多跨结构应取最大短边净跨;

3 $[\beta]$ 为顶盖允许延性比。

5.6.4 土体卸荷拱的成拱厚度应符合表 5.6.4-1 的规定;核爆炸

作用下的最小安全防护层厚度应符合表 5.6.4-2 的规定。

表 5.6.4-1 土体卸荷拱的成拱厚度(m)

土的类别	毛洞跨度 L (m)	成拱厚度
碎石土(中密、密实)	2.5~5.0	2.6L
粉土(密实)	≤ 2.5	7.5L
粉质黏土(坚硬、硬塑)	2.5~5.0	4.0L
黏土(坚硬、硬塑)	2.5~5.0	3.0L

表 5.6.4-2 最小安全防护层厚度(m)

土的类别	毛洞跨度 L (m)	工程防核武器的抗力级别 5 级
碎石土(中密、密实)	2.5~5.0	2.6L
粉质黏土(坚硬、硬塑)	2.5~3.0	5.6L
黏土(坚硬、硬塑)	2.5~5.0	3.9L

5.6.5 当采用暗挖法施工的毛洞拱顶以上土层厚度小于成拱厚度时,结构荷载应按明挖法施工的有关规定确定。

5.6.6 当采用暗挖法施工的毛洞拱顶以上土层厚度不小于最小安全防护层厚度时,衬砌可只按静荷载作用进行设计。土压力标准值可按表 5.6.6 计算确定。

表 5.6.6 土压力标准值(N/mm^2)

土的类别	竖向压力标准值	水平压力标准值
碎石土	$(0.32 \sim 0.40)(L+H/2)\gamma \times 10^{-3}$	$(0.26 \sim 0.30)q$
粉土	$(0.70 \sim 1.20)(L+H/2)\gamma \times 10^{-3}$	$(0.50 \sim 0.70)q$
粉质黏土(坚硬、硬塑)	$(0.55 \sim 0.65)(L+H/2)\gamma \times 10^{-2}$	0.40q
黏土(坚硬、硬塑)	$(0.40 \sim 0.50)(L+H/2)\gamma \times 10^{-3}$	0.30q

注:1 L 为毛洞跨度(m), H 为毛洞高度(m), γ 为土的重力密度(kN/m^3), q 为竖向压力标准值(N/mm^2);

2 同类土中土质较好时宜取小值;

3 土压力未包括超挖回填物的自重。

5.6.7 当采用暗挖法施工的毛洞拱顶以上土层厚度不小于成拱厚度,且小于最小安全防护层厚度时,衬砌荷载可按下列规定

确定:

1 顶拱竖向等效静荷载标准值可按下列公式计算:

$$q_1 = K_{d1} K (P_h - q_m / k_{dy}) \quad (5.6.7-1)$$

$$q_m = \frac{f_v \tan(45^\circ - \varphi_k / 2) (h - h_1) - W \times 10^{-3}}{l} \quad (5.6.7-2)$$

$$\varphi_k = \arctan \left[\frac{1}{2} \tan \varphi + \frac{1}{2} \sqrt{\tan^2 \varphi + \frac{8c}{3(1 - \sin \varphi)}} \right] \quad (5.6.7-3)$$

$$h_1 = \frac{L + 2H \tan(45^\circ - \varphi_k / 2)}{2 \tan \varphi_k} \quad (5.6.7-4)$$

$$l = L + (2H + h) \tan(45^\circ - \varphi_k / 2) \quad (5.6.7-5)$$

$$W = \gamma \left\{ lh - \frac{2}{3} h_1 [L + 2H \tan(45^\circ - \varphi_k / 2)] \right\} \quad (5.6.7-6)$$

当 $h \leq 15\text{m}$ 时

$$k_{dy} = 2 - 0.053h \quad (5.6.7-7)$$

当 $h > 15\text{m}$ 时

$$k_{dy} = 1.2 \quad (5.6.7-8)$$

式中: q_1 ——顶拱的竖向等效静荷载标准值(N/mm^2);

K_{d1} ——结构顶拱的动力系数,应按本规范第 5.7.4 条确定;

K ——顶拱综合反射系数,可取 1.2;

P_h ——深度为 $h(\text{m})$ 处压缩波超压峰值(MPa),应按本规范第 5.5.3 条确定;

k_{dy} ——卸荷拱荷载动力系数;

q_m ——卸荷拱承载力(N/mm^2);

f_v ——动荷载作用下土体极限抗压强度(N/mm^2),可取 $f_v = 3 \tan \varphi_k$;

φ_k ——土体的计算摩擦角;

φ ——土体的内摩擦角;

c ——土体的内聚力(N/mm^2);
 h ——毛洞拱脚以上土体厚度(m);
 h_1 ——卸荷拱高度(m);
 W ——卸荷拱的自重(kN/m);
 l ——卸荷拱的跨度(m);
 L ——毛洞跨度(m);
 H ——毛洞高度(m);
 γ ——土的重力密度(kN/m^3)。

2 外墙及顶拱水平等效静荷载标准值可按式计算:

$$q_2 = \xi \frac{K_{d2}}{K_{d1}} q_1 \quad (5.6.7-9)$$

式中: q_1 ——外墙及顶拱的水平等效静荷载标准值(N/mm^2);

ξ ——侧压系数,应按本规范表 5.6.1 采用;

K_{d2} ——外墙及顶拱的动力系数,应按本规范第 5.7.4 条确定。

3 底板的等效静荷载标准值,应根据基础形式按下列规定确定:

1) 整体基础底板的等效静荷载可按式计算:

$$q_3 = \eta \frac{K_{d3}}{K_{d1}} q_1 \quad (5.6.7-10)$$

式中: q_1 ——底板的等效静荷载标准值(N/mm^2);

η ——底压系数,应按本规范第 5.6.1 条确定;

K_{d3} ——底板的动力系数,应按本规范第 5.7.4 条确定。

2) 当为条形基础时,可不计入底部压力的作用。

5.6.8 开敞式防倒塌棚架,由核爆空气冲击波动压产生的水平等效静荷载标准值,工程防核武器的抗力级别为 5 级时可取 $0.046\text{N}/\text{mm}^2$,工程防核武器的抗力级别为 6 级时可取 $0.012\text{N}/\text{mm}^2$,由房屋倒塌产生的垂直等效静荷载标准值可取 $0.05\text{N}/\text{mm}^2$,两者应按不同时作用计算。

5.6.9 第一道防护门或第一道防护密闭门以外的出入口通道结

构荷载应按下列规定确定:

1 有顶板的通道结构应按承受土中压缩波产生的等效静荷载作用计算,可不计入内压力的作用;

2 无顶板敞开段通道结构可不计入土中压缩波作用;边墙宜按挡土墙确定的荷载进行验算。

5.6.10 出入口的多跑式楼梯踏步和休息平台的荷载,应按构件正面和反面不同时受荷分别计算,作用方向与构件表面垂直,等效静荷载标准值可按表 5.6.10 采用。

表 5.6.10 楼梯踏步和休息平台的等效静荷载标准值(N/mm^2)

荷载部位	工程防核武器的抗力级别	
	6	5
正面荷载	0.06	0.12
反面荷载	0.03	0.06

5.6.11 第一道防护门(防护密闭门)上的核爆空气冲击波超压,应按表 5.6.11-1 采用,等效静荷载标准值应按表 5.6.11-2 采用。

表 5.6.11-1 第一道防护门(防护密闭门)上的核爆空气冲击波超压 ΔP_0 (MPa)

口部形式	工程防核武器的抗力级别	
	6	5
穿廊式或垂直式	0.10	0.20
直通式或单向式	0.12	0.30

表 5.6.11-2 第一道防护门(防护密闭门)的等效静荷载标准值 q_f (N/mm^2)

防护设备类型	防护门	防护密闭门	活门
q_f	$1.2\Delta P_0$	$1.5\Delta P_0$	$1.2\Delta P_0$

注: ΔP_0 为作用在第一道防护门(防护密闭门)上的核爆空气冲击波超压(MPa),应按表 5.6.11-1 采用。

5.6.12 核爆空气冲击波超压直接作用在第一道防护门(防护密闭门)门框墙上的等效静荷载标准值应按下列公式计算:

$$q_e = K_d \Delta P_e \quad (5.6.12)$$

式中: q_e ——核爆空气冲击波超压直接作用在第一道防护门(防护密闭门)门框墙上的等效静荷载标准值(N/mm²);

K_d ——第一道防护门(防护密闭门)门框墙的动力系数,当第一道门为防护门时,可取 $K_d = 1.5$;为防护密闭门时,可取 $K_d = 2.0$;为活门时,可取 $K_d = 1.5$;

ΔP_e ——作用在门框墙上的空气冲击波超压(MPa),应按表 5.6.11-1 采用。

5.6.13 临空墙的等效静荷载标准值应按下列公式计算:

$$q_b = K_d \Delta P_e \quad (5.6.13)$$

式中: q_b ——临空墙的等效静荷载标准值(N/mm²);

K_d ——临空墙的动力系数,应按本规范第 5.7.4 条确定;

ΔP_e ——作用在临空墙上的空气冲击波超压标准值(MPa),应按表 5.6.11-1 采用。

5.6.14 扩散室的等效静荷载标准值应按下列规定确定:

1 扩散室与土(岩)体直接接触的外墙、顶板和底板的荷载,应按承受土中压缩波作用确定;

2 扩散室与工程内部相连的隔墙,等效静荷载标准值应按下列公式计算:

$$q_r = 1.30 \Delta P_r \quad (5.6.14)$$

式中: q_r ——扩散室与工程内部相连隔墙的等效静荷载标准值(N/mm²);

ΔP_r ——扩散室的余压(MPa)。

5.6.15 轨道交通工程相邻防护单元之间的隔墙应按两侧不同时受荷分别计算(图 5.6.15),其水平等效静荷载标准值可按表 5.6.15 采用。

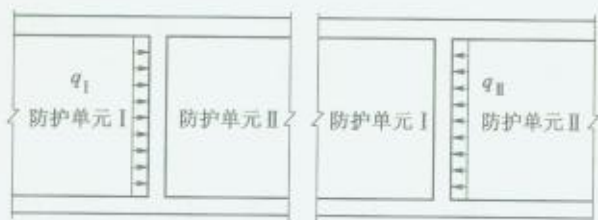


图 5.6.15 相邻防护单元之间隔墙荷载

表 5.6.15 相邻防护单元之间隔墙水平等效静荷载标准值 (N/mm^2)

防护单元 I 防核武器的抗力级别	防护单元 II 防核武器的抗力级别	q_I	q_{II}
6	6	0.05	0.05
6	5	0.10	0.05
5	5	0.10	0.10

5.7 结构动力计算

5.7.1 轨道交通工程结构动力计算,可采用等效静荷载法,并可按单自由度体系,进行弹性或弹塑性工作阶段的计算。必要时也可按多自由度体系进行计算。

5.7.2 当采用等效静荷载计算结构内力时,可将复杂结构简化为基本结构或构件,分别计算出等效静荷载标准值后,按静荷载作用下结构内力的计算方法,计算原结构的内力。

5.7.3 对砌体结构或构件,允许延性比 $[\beta]$ 值应取 1.0;对钢筋混凝土结构或构件,允许延性比 $[\beta]$ 取值应按表 5.7.3 采用。

表 5.7.3 钢筋混凝土结构或构件的允许延性比 $[\beta]$ 值

使用要求	动荷载类别	受力状态			
		受弯	大偏心受压	小偏心受压	轴心受压
密闭、防水要求高的结构或构件	核武器爆炸动荷载	1.0	1.0	1.0	1.0
	常规武器爆炸动荷载	2.0	1.5	1.2	1.0

续表 5.7.3

使用要求	动荷载类别	受力状态			
		受弯	大偏心受压	小偏心受压	轴心受压
密闭、防水要求一般的结构或构件	核武器爆炸动荷载	3.0	2.0	1.5	1.2
	常规武器爆炸动荷载	4.0	2.5	1.5	1.2
战时无人员掩蔽且无密闭和防水要求的结构或构件	核武器爆炸动荷载、常规武器爆炸动荷载	5.0	3.0	1.5	1.2

5.7.4 结构或构件的动力系数 K_d ，应根据结构或构件的工作状态、等效单自由度体系自振圆频率 ω 和动荷载的波形确定。

1 当核爆动荷载的波形简化为无升压时间的三角形时，动力系数 K_d 应按下列公式计算：

$$K_d = \frac{2[\beta]}{2[\beta] - 1} \quad (5.7.4-1)$$

式中： $[\beta]$ ——结构或构件的允许延性比。

2 当核爆动荷载的波形简化为有升压时间的三角形时，动力系数 K_d 可按下列公式计算：

$$K_d = \frac{[\beta] + \sqrt{[\beta]^2 - (2[\beta] - 1)(1 - \epsilon^2)}}{2[\beta] - 1} \quad (5.7.4-2)$$

当 $\omega t_{0h} \leq \pi$ 时

$$\epsilon = \frac{2 \sin\left(\omega t_{0h} \cdot \frac{90^\circ}{\pi}\right)}{\omega t_{0h}} \quad (5.7.4-3)$$

当 $\omega t_{0h} > \pi$ 时

$$\epsilon = \frac{2}{\omega t_{0h}} \quad (5.7.4-4)$$

式中： K_d ——结构或构件的动力系数，当 $K_d < 1.05$ 时，应取 $K_d = 1.05$ ；

t_{0h} ——核爆土中压缩波升压时间(s)。

3 当常规武器爆炸动荷载的波形简化为无升压时间的三角

形时,动力系数 \bar{K}_d 应按下列式计算:

$$\bar{K}_d = \left[\frac{2\sqrt{2[\beta]-1}}{\omega t_0} + \left(\frac{2[\beta]-1}{2[\beta]} \right) \cdot \left(\frac{\omega t_0}{\omega t_0 + 4} \right) \right]^{-1} \quad (5.7.4-5)$$

式中: t_0 ——动荷载等效作用时间(s)。

4 当常规武器爆炸动荷载的波形简化为有升压时间的三角形时,动力系数 K_d 应按下列公式计算:

$$K_d = \bar{\xi} \bar{K}_d \quad (5.7.4-6)$$

$$\bar{\xi} = \frac{1}{2} + \frac{\sqrt{[\beta]}}{\omega t_r} \sin\left(\frac{\omega t_r}{\sqrt{[\beta]}} \cdot \frac{90^\circ}{\pi}\right) \quad (5.7.4-7)$$

式中: t_r ——动荷载等效升压时间(s);

$\bar{\xi}$ ——动荷载升压时间对结构动力响应的影响系数,当 $\bar{\xi} <$

$$\frac{2[\beta]-1}{2[\beta]} \text{ 时,应取 } \bar{\xi} = \frac{2[\beta]-1}{2[\beta]};$$

\bar{K}_d ——无升压时间的三角形动荷载作用下结构的动力系数,应按公式(5.7.4-5)计算。

5.7.5 当工程采用明挖法施工,且顶盖覆土厚度小于或等于结构不利覆土厚度的两倍时,核爆作用下钢筋混凝土结构的动力系数 K_d 可按表 5.7.5 采用。

表 5.7.5 动力系数 K_d

结构部位	允许延性比 $[\beta]$				
	1.5	2.0	2.5	3.0	5.0
顶盖	1.50~1.40	1.33~1.20	1.25~1.15	1.20~1.05	1.11~1.00
外墙	1.35~1.26	1.20~1.08	1.13~1.04	1.08~1.00	1.00
底板	1.20	1.00	1.00	1.00	1.00

注:1 当顶盖覆土厚度为 0 时,顶盖和外墙的动力系数应取大值;

2 当顶盖覆土厚度为不利覆土厚度的两倍时,顶盖和外墙的动力系数应取小值;

3 当顶盖覆土厚度小于不利覆土厚度的两倍时,顶盖和外墙的动力系数可取线性内插值。

5.7.6 结构等效单自由度体系的自振圆频率的计算应符合下列规定:

1 自振圆频率的计算,可不计入土(岩)体的质量;

2 计算自振圆频率时,其振型可取与动荷载峰值分布相似的静荷载作用下的挠度曲线。

5.8 内力分析和截面设计

5.8.1 平时使用状况下的轨道交通工程结构或构件承载力计算,应按国家现行有关标准执行。

5.8.2 战时使用状况下的轨道交通工程结构或构件承载力计算,应符合下列表达式的要求:

$$\gamma_0(\gamma_G S_{GK} + \gamma_Q S_{QK}) \leq R \quad (5.8.2-1)$$

$$R = R(f_{cd}, f_{yd}, \alpha_k \dots) \quad (5.8.2-2)$$

式中: γ_0 ——结构重要性系数,可取 1.0;

γ_G ——永久荷载分项系数,当其效应对结构不利时,可取 1.2,有利时可取 1.0;

S_{GK} ——永久荷载效应标准值;

γ_Q ——等效静荷载分项系数,可取 1.0;

S_{QK} ——等效静荷载效应标准值;

R ——结构构件的承载力设计值;

$R(\cdot)$ ——结构构件的承载力函数;

f_{cd} ——在动荷载作用下混凝土轴心抗压强度设计值;

f_{yd} ——在动荷载作用下钢筋的抗拉强度设计值;

α_k ——几何参数的标准值。

5.8.3 当轨道交通工程采用钢筋混凝土板柱结构、钢管混凝土柱或钢筋混凝土反梁时,设计中除应符合现行国家标准的有关规定外,尚应分别符合本规范附录 A、附录 B 或附录 C 的规定。

5.8.4 当板的周边支座横向伸长受到约束时,梁板体系中板的跨中截面计算弯矩值可乘以折减系数 0.7,板柱结构中板的跨中截

面计算弯矩值可乘以折减系数 0.9;如在板的计算中已计入了轴力作用时,则不应再乘以折减系数。

5.8.5 当按等效静荷载进行梁、柱斜截面受剪承载力验算时,混凝土及砌体在动荷载作用下的强度设计值应乘以折减系数 0.8。

5.8.6 当按等效静荷载进行墙、柱正截面受压承载力验算时,混凝土及砌体在动荷载作用下的轴心抗压强度设计值应乘以折减系数 0.8。

5.8.7 当按等效静荷载法进行钢筋混凝土受弯构件斜截面承载力验算时,应符合下列规定:

1 矩形、T 形和 I 形截面的受弯构件,其受剪截面应符合下列条件:

当 $h_w/b \leq 4$ 时

$$V \leq 0.25\beta_c\beta_k f_{cd}bh_0 \quad (5.8.7-1)$$

当 $h_w/b \geq 6$ 时

$$V \leq 0.2\beta_c\beta_k f_{cd}bh_0 \quad (5.8.7-2)$$

当 $4 < h_w/b < 6$ 时,可按线性内插法确定。

式中: V ——构件斜截面上的最大剪力设计值(N);

β_c ——混凝土强度影响系数:当混凝土强度等级不超过 C50 时,应取 $\beta_c = 1.0$;当混凝土强度等级为 C80 时,应取 $\beta_c = 0.8$;其间可按线性内插法确定;

β_k ——动荷载效应影响系数:当构件动力系数 $K_d \geq 1.0$ 时,可取 $\beta_k = 1.0$;当构件动力系数 $K_d < 1.0$ 时,可取 β_k

$$= \frac{K_d}{0.75K_d + 0.25};$$

f_{cd} ——动荷载作用下混凝土轴心抗压强度设计值(N/mm²),应按本规范第 5.8.6 条的规定取值;

b ——矩形截面宽度、T 形和 I 形截面的腹板宽度(mm);

h_0 ——截面有效高度(mm);

h_w ——截面的腹板高度(mm);对矩形截面,应取有效高度;
对T形截面,应取有效高度减去翼缘高度;对I形截面,应取腹板净高。

2 不配置箍筋和弯起钢筋的一般板类受弯构件,其斜截面的受剪承载力应符合下式规定:

$$V \leq 0.7\beta_h\beta_k f_{td} b h_0 \quad (5.8.7-3)$$

式中: β_h ——截面高度影响系数,可按表 5.8.7 采用;

f_{td} ——动荷载作用下混凝土抗拉强度设计值(N/mm²),应按本规范第 5.8.5 条的规定取值。

表 5.8.7 截面高度影响系数 β_h

h_0 (mm)	≤ 800	1000	1200	1400	1600	1800	≥ 2000
β_h	1.000	0.946	0.904	0.869	0.841	0.816	0.795

3 矩形、T形和I形截面的一般受弯构件,当仅配置箍筋时,其斜截面的受剪承载力应符合下式规定:

$$V \leq 0.7\beta_k f_{td} b h_0 + 0.95\beta_k f_{yd} \frac{A_{sv}}{s} h_0 \quad (5.8.7-4)$$

式中: f_{yd} ——动荷载作用下箍筋的抗拉强度设计值(N/mm²);

A_{sv} ——配置在同一截面内箍筋各肢的全部截面面积(mm²); $A_{sv} = n A_{sv1}$, 此处, n 为在同一截面内箍筋的肢数, A_{sv1} 为单肢箍筋的截面面积(mm²);

s ——沿构件长度方向的箍筋间距(mm)。

对集中荷载作用下(包括作用有多种荷载,其中集中荷载对支座截面或节点边缘所产生的剪力值占总剪力值的 75% 以上的情况)的独立梁,应将公式(5.8.7-4)改为下式进行计算:

$$V \leq \frac{1.75}{\lambda + 1} \beta_k f_{td} b h_0 + 0.75\beta_k f_{yd} \frac{A_{sv}}{s} h_0 \quad (5.8.7-5)$$

式中: λ ——计算截面的剪跨比,可取 $\lambda = a/h_0$, a 为集中荷载作用点至支座或节点边缘的距离(mm);当 $\lambda < 1.5$ 时,应取 $\lambda = 1.5$, 当 $\lambda > 3$ 时,应取 $\lambda = 3$;集中荷载作用点至

支座之间的箍筋,应均匀布置。

5.8.8 当钢筋混凝土结构或构件按弹塑性工作阶段设计时,受拉钢筋的配筋率不宜超过 1.5%。当必须超过时,受弯构件或大偏心受压构件的允许延性比应按下列公式确定,且受拉钢筋最大配筋率不宜超过表 5.8.8-1 的规定。

$$[\beta] \leq \frac{0.5}{x/h_0} \quad (5.8.8-1)$$

$$\frac{x}{h_0} = (\rho - \rho') \frac{f_{yd}}{\alpha_c f_{cd}} \quad (5.8.8-2)$$

式中: $[\beta]$ ——允许延性比;

x ——混凝土受压区高度(mm);

h_0 ——截面的有效高度(mm);

ρ ——纵向受拉钢筋配筋率;

ρ' ——纵向受压钢筋配筋率;

f_{yd} ——动荷载作用下钢筋受拉强度设计值(N/mm²);

f_{cd} ——动荷载作用下混凝土轴心抗压强度设计值(N/mm²);

α_c ——系数,应按表 5.8.8-2 取值。

表 5.8.8-1 受拉钢筋最大配筋率(%)

混凝土强度等级	C25	≥C30
HRB335 级钢筋	2.2	2.5
HRB400 级钢筋	2.0	2.4
RRB400 级钢筋	2.0	2.4

表 5.8.8-2 α_c 值

混凝土强度等级	≤C50	C55	C60	C65	C70	C75	C80
α_c	1.00	0.99	0.98	0.97	0.96	0.95	0.94

5.9 防护设备门框墙的设计与计算

5.9.1 门框墙应根据周边嵌固情况及门洞相对尺寸,划分为门框

侧墙、上挡墙和门槛等独立部分(图 5.9.1), 并应分别设计与计算。门框侧墙、上挡墙和门槛可加强配筋, 形成暗柱、暗梁, 必要时也可设置加强柱、加强梁。

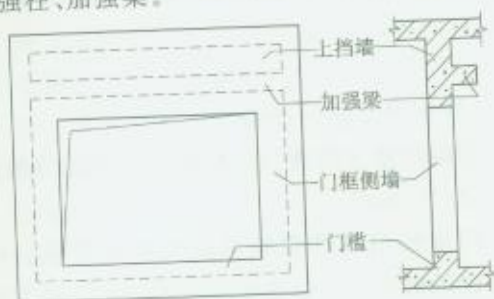


图 5.9.1 门框墙的划分

5.9.2 门框墙应按门扇传给等效静荷载标准值 q_i 和直接作用在门框墙上的等效静荷载标准值 q_a 同时作用进行计算(图 5.9.2); 直接作用在门框墙上的等效静荷载标准值 q_a 应按本规范第 5.4.4 条、第 5.6.12 条确定。

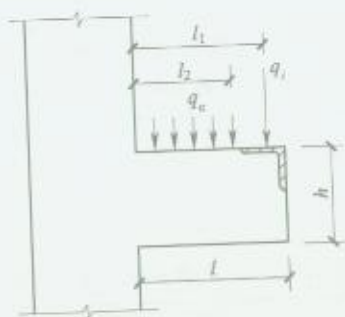


图 5.9.2 平板门门框墙荷载分布

l ——门框墙悬挑长度(mm);

l_1 ——门扇传来的等效静荷载标准值 q_i 作用点至牛腿(或悬臂梁)根部的距离(mm), 其值为门框墙悬挑长度减去 $1/3$ 门扇搭接长度;

l_2 ——直接作用在门框墙上的等效静荷载分布宽度(mm),其值为门框墙悬挑长度减去门扇搭接长度。

5.9.3 平板门门扇传给门框墙的等效静荷载标准值,可按下列公式计算:

$$q_{ia} = \gamma_a q_i a \quad (5.9.3-1)$$

$$q_{ib} = \gamma_b q_i b \quad (5.9.3-2)$$

式中: q_{ia} ——门扇传给上挡墙和门槛单位长度的等效静荷载标准值(N/mm);

q_{ib} ——门扇传给门框侧墙单位长度的等效静荷载标准值(N/mm);

γ_a 、 γ_b ——分别为沿上挡墙、门槛和门框侧墙的反力系数;单扇平板门应按表 5.9.3-1 采用,双扇平板门应按表 5.9.3-2 采用;

q_i ——作用在门扇上的等效静荷载标准值(N/mm²);应按本规范第 5.4.4 条、第 5.6.12 条和第 5.6.13 条确定;

a 、 b ——分别为单个门扇的宽度和高度(mm)。

表 5.9.3-1 单扇平板门反力系数

a/b	0.40	0.50	0.60	0.70	0.80	0.90	1.00	1.25	1.50
γ_a	0.37	0.37	0.37	0.36	0.36	0.35	0.34	0.31	0.28
γ_b	0.48	0.47	0.44	0.42	0.39	0.36	0.34	0.29	0.24

表 5.9.3-2 双扇平板门反力系数

a/b	0.40	0.50	0.60	0.70	0.80	0.90	1.00	1.25	1.50
γ_a	0.51	0.50	0.48	0.47	0.44	0.42	0.40	0.35	0.31
γ_b	0.65	0.60	0.54	0.49	0.44	0.40	0.36	0.30	0.25

5.9.4 当门框墙处采用防护密闭封堵板进行封堵时(图 5.9.4),封堵板传给门洞周边的等效静荷载标准值应按下列公式计算:

1 封堵板传给两支承侧门框墙的等效静荷载标准值可按下列式计算:

$$q_{cl} = 0.5 q_t c_h \quad (5.9.4-1)$$

式中: q_{cl} ——封堵板传给两支承侧门框墙的单位长度等效静荷载标准值(N/mm);

q_t ——作用在封堵板上的等效静荷载标准值(N/mm²);应按本规范第5.4.4条、第5.6.12条中防护密闭门荷载取值;

c_h ——封堵板跨度方向的门洞尺寸(mm)。

2 封堵板传给边侧门框墙等效静荷载标准值可按下列式计算:

$$q_{cl} = q_t b_1 \quad (5.9.4-2)$$

式中: q_{cl} ——封堵板传给边侧门框墙的单位长度等效静荷载标准值(N/mm);

b_1 ——边侧单块封堵板宽度(mm),当无边侧单块封堵板宽度尺寸资料时,可取 $b_1 = 1000\text{mm}$ 。

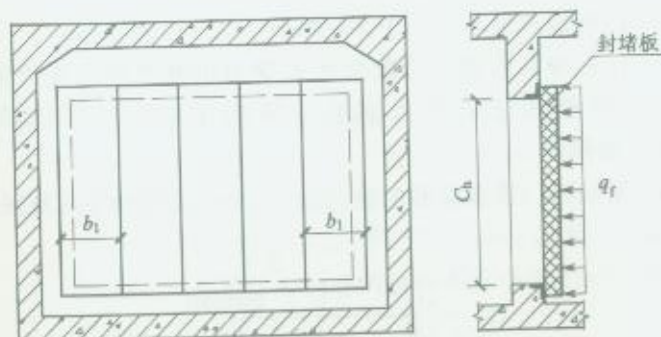


图 5.9.4 采用防护密闭封堵板进行封堵的示意

5.9.5 当门框墙(图 5.9.2)的悬挑部分符合 $C/h_0 \leq 1$ 时,应按牛腿进行设计;当 $C/h_0 > 1$ 时,可采用下列公式按悬臂梁进行设计。

$$C = \frac{M}{V} \quad (5.9.5-1)$$

$$M = q_i l_1 + \frac{1}{2} q_e l_2^2 \quad (5.9.5-2)$$

$$V = q_i + q_e l_2 \quad (5.9.5-3)$$

式中：C——换算剪跨；

M——牛腿或悬臂梁根部单位长度的弯矩设计值(N·mm/mm)；

V——牛腿或悬臂梁根部单位长度的剪力设计值(N/mm)；

q_i ——门扇或封堵板传给门框墙的力，应按本规范第5.9.3条、第5.9.4条确定；

q_e ——直接作用在门框墙上的等效静荷载标准值(N/mm²)。

5.9.6 上挡墙和门槛除按水平荷载作用计算外，还应进行竖向荷载作用下的承载力验算。水平荷载和竖向荷载可按不同时作用考虑。

5.9.7 门框墙的构造应符合下列规定：

1 门框墙混凝土强度等级不应低于 C30；

2 门框墙厚度不应小于 300mm；

3 门框墙的两面均应配置水平受力钢筋和竖向受力钢筋，水平受力钢筋和竖向受力钢筋宜采用 HRB335、HRB400 或 RRB400 级钢筋；

4 平板门门框侧墙的配筋(图 5.9.7-1)应符合下列规定：

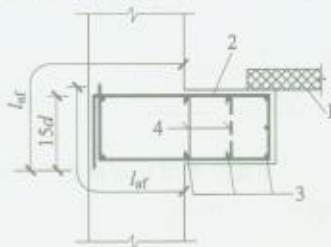


图 5.9.7-1 平板门门框侧墙的配筋

1—防护设备；2—水平受力钢筋；3—竖向受力钢筋；4—拉结筋

1) 水平受力钢筋截面面积应由计算确定, 且配筋率不应小于 0.25%, 直径不应小于 12mm, 间距不应大于 250mm; 竖向受力钢筋的直径不应小于 12mm, 间距不应大于 250mm。

2) 应设置拉结筋, 其直径不应小于 6mm, 间距不应大于 500mm, 应呈梅花形布置。

5 上挡墙和门槛的配筋(图 5.9.7-2)应符合下列规定:

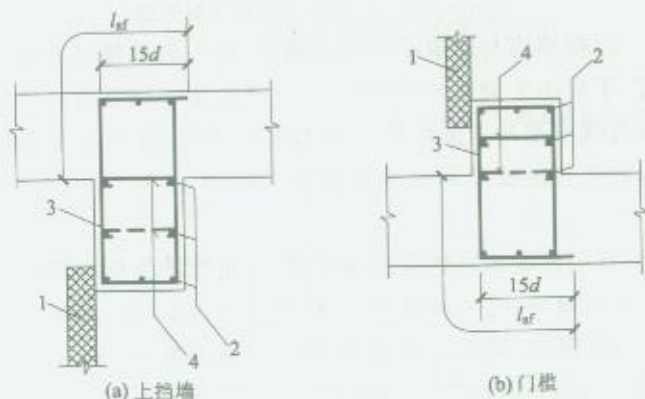


图 5.9.7-2 上挡墙和门槛的配筋

1—防护设备; 2—水平受力钢筋; 3—竖向受力钢筋; 4—拉结筋

1) 竖向受力钢筋截面面积应由计算确定, 且配筋率不应小于 0.25%, 直径不应小于 12mm, 间距不应大于 250mm。水平受力钢筋的直径不应小于 12mm, 间距不应大于 250mm。

2) 应设置拉结筋, 其直径不应小于 6mm, 间距不应大于 500mm, 应呈梅花形布置。

6 门洞四角的内外层, 均应配置 HRB335 的斜向加强钢筋, 斜向加强钢筋直径不应小于 16mm, 长度不应小于钢筋直径的 60 倍(图 5.9.7-3)。

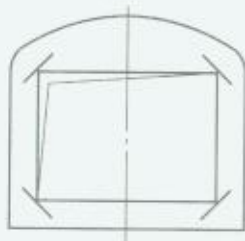


图 5.9.7-3 门洞四角斜向加强钢筋

5.9.8 门框墙应与通道结构整体浇筑,受力钢筋伸入通道结构内的长度,不应小于钢筋的锚固长度,且不应小于钢筋直径的 30 倍;门框墙直接承受冲击波作用一侧的受力钢筋,其伸入通道结构内弯折后的平直段长度不应小于钢筋直径的 15 倍(图 5.9.7-1、图 5.9.7-2)。

5.9.9 与门框墙连接的通道墙等结构,应能承受由牛腿或悬臂梁根部传来的弯矩、剪力和轴力,门框墙门前门扇(板)启闭操作范围至密闭门段通道,通道的顶板、侧墙和底板厚度不应小于 300mm。

5.9.10 门框墙预埋穿墙套管外径大于 150mm 时,除对孔洞采取防护密闭措施外,还应对洞周采取加强措施。

5.9.11 逆作法或盾构法施工条件下,门框墙与周边结构无法同步整体浇筑时,门框墙钢筋可采用后植筋连接或钢筋接驳连接。植筋连接应满足现行国家标准《混凝土结构加固设计规范》GB 50367 的相关要求。

5.9.12 正线上防护密闭隔断门与过江(河)段两端防淹门合并设置时,隔断门处门框墙计算还应满足国家现行标准《水工混凝土结构设计规范》DL/T 5057 的相关要求。

5.10 构造规定

5.10.1 轨道交通工程结构选用的材料除满足现行国家标准《地

铁设计规范》GB 50157 的要求外,还应满足以下要求:

1 不得采用硅酸盐砌体;

2 当结构设置在严寒地区或饱和土中时,与土(岩)接触的混凝土或钢筋混凝土构件的混凝土强度等级不应低于 C30。

3 防水混凝土基础底板的混凝土垫层,其强度等级不应低于 C15。

5.10.2 承受动荷载作用的结构构件截面厚度应由计算确定,且不应小于表 5.10.2 的规定。

表 5.10.2 结构构件截面的最小厚度(mm)

构件 \ 材料	钢筋混凝土		现浇混凝土	混凝土砌块	喷射混凝土
	现浇	预制			
板	200	120	—	—	—
壳	200	100	200	250	80
外墙	250	—	250	250	80
内墙	200	—	200	250	—
防护密闭墙, 防护单元隔墙	250	—	—	—	—
防护设备门框墙	300	—	—	—	—

注:1 表中最小厚度不包括防早期核辐射对结构厚度的要求;

2 表中板的最小厚度系指实心截面,如为密肋板,其厚度不宜小于 100mm。

5.10.3 轨道交通工程,由防护密闭门至密闭门的防护密闭段,应采用整体现浇钢筋混凝土结构,不得设置沉降缝、伸缩缝。

5.10.4 钢筋混凝土受力钢筋以及非受力钢筋的最小保护层厚度(钢筋外边缘至混凝土表面的距离)应符合现行国家标准《地铁设计规范》GB 50157 的规定。

5.10.5 承受动荷载作用的钢筋混凝土结构构件,纵向受力钢筋的最小配筋率应符合表 5.10.5 的规定。

表 5.10.5 钢筋混凝土结构构件纵向受力钢筋的最小配筋率(%)

分 类	混凝土强度等级		
	C25~C35	C40~C55	C60~C80
受压构件的全部纵向钢筋	0.60	0.60	0.70
受压构件的一侧纵向钢筋、 偏心受拉构件中的受压钢筋	0.20	0.20	0.20
受弯构件、偏心受拉及轴心受拉构件 一侧的受拉钢筋	0.25	0.30	0.35

注:1 受压构件全部纵向钢筋最小配筋率,当采用 HRB400 级、RRB400 级钢筋时,应按表中规定减少 0.1;

2 轴心受压墙体的全部纵向受力钢筋的最小配筋率可取 0.4%;

3 受压构件的全部纵向钢筋和一侧纵向钢筋的配筋率以及轴心受拉构件和小偏心受拉构件一侧受拉钢筋的配筋率,应按构件全截面面积计算;受弯构件、大偏心受拉构件一侧受拉钢筋的配筋率,应按全截面面积扣除受压翼缘面积后的截面面积计算;

4 对卧置于地基上的结构底板,当其内力由平时设计荷载控制时,板中受拉钢筋最小配筋率可适当降低,但不应小于 0.15%;

5 当钢筋沿构件截面周边布置时,“一侧纵向钢筋”系指沿受力方向两个对边中的一边布置的纵向钢筋。

5.10.6 承受动荷载作用的钢筋混凝土梁、板、墙、壳等构件应双面配筋。梁、板等受弯构件,应在受压区配置构造钢筋,配筋率不宜小于纵向受拉钢筋的最小配筋率,在连续梁和框架节点处,且不应小于受拉主筋的 1/3。整体现浇钢筋混凝土板、墙、壳每面的非受力钢筋的配筋率不宜小于 0.15%,间距不应大于 250mm。

5.10.7 连续梁及框架梁在距支座边缘 1.5 倍梁截面高度范围内,宜采用封闭式箍筋,箍筋配筋率不应低于 0.15%,间距不宜大于 $h_0/4$ (h_0 为梁截面计算高度),且不宜大于主筋直径的 5 倍。对受拉钢筋搭接处,宜采用封闭式箍筋,箍筋间距不应大于主筋直径的 5 倍,且不应大于 100mm。

5.10.8 承受动荷载的钢筋混凝土柱纵向受力钢筋应符合下列规定:

1 直径不宜小于 14mm,全部纵向钢筋的配筋率不应超过 5%;

2 圆柱中纵向钢筋宜沿周边均布布置,根数不应少于 8 根;

3 纵向钢筋的净间距不应小于 50mm,中距不宜大于 300mm。

5.10.9 承受动荷载的钢筋混凝土柱箍筋应符合下列规定:

1 柱中箍筋应做成封闭式;当柱全部纵向受力钢筋配筋率大于 3%时,箍筋应焊成封闭环式;

2 柱中箍筋间距不应大于 250mm 及柱截面的短边尺寸,且不应大于 $15d$ (d 为纵向受力钢筋的最小直径);

3 当纵向受力钢筋配筋率小于 3%时,直径不应小于 6mm,且不应小于 $d/4$ (d 为纵向受力钢筋的最大直径);

4 当纵向受力钢筋配筋率大于 3%时,直径不应小于 8mm,间距不应大于 200mm,且不应大于 $10d$ (d 为纵向受力钢筋的最小直径)。

5.10.10 梁柱节点区应设置水平箍筋,箍筋应符合本规范第 5.10.9 条的规定。

5.10.11 承受动荷载作用的钢筋混凝土板、墙及壳,应设置梅花形排列的拉结筋,直径不应小于 6mm,拉结筋的长度应能拉住最外层受力钢筋,两端弯钩角度不应小于 135° ,弯钩的直线长度不应小于 6 倍箍筋的直径,且不应小于 50mm,间距不应大于 500mm。当拉结筋兼作受力箍筋时,直径和间距应符合箍筋的计算和构造要求。

对卧置于地基上的结构底板,当其内力由平时设计荷载控制时,可不设置拉结筋。

5.10.12 防护单元隔墙应采用现浇钢筋混凝土结构,墙体应配置双排钢筋网,每排钢筋网的竖向和水平分布钢筋的配筋率均不应小于 0.25%,拉结筋应符合本规范第 5.10.11 条规定。防护单元隔墙上的孔洞应采取可靠的防护密闭措施。防护单元隔墙上供战

时使用的防护密闭门门框部位,应局部加厚,厚度不应小于500mm。

5.10.13 对双层及多层明挖车站,中间楼板应配置双层钢筋网,每层钢筋网的每个方向受力钢筋的配筋率应按计算确定,且不应小于0.25%,拉结筋应符合本规范第5.10.11条规定。

5.10.14 轨道交通工程结构纵向受力钢筋的锚固和连接接头应符合下列要求:

1 纵向受拉钢筋的锚固长度 l_{aE} 应按下列式计算:

$$l_{aE} = 1.05l_a \quad (5.10.14-1)$$

式中: l_a ——纵向受拉钢筋的锚固长度,按现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50367的有关规定确定。

2 当采用绑扎搭接接头时,纵向受拉钢筋的搭接长度 l_{lE} 应按下列式计算:

$$l_{lE} = \zeta \cdot l_{aE} \quad (5.10.14-2)$$

式中: ζ ——纵向受拉钢筋搭接长度修正系数,可按表5.10.14采用。

表 5.10.14 纵向受拉钢筋搭接长度修正系数 ζ

纵向钢筋搭接接头面积百分率(%)	≤25	50	100
ζ	1.2	1.4	1.6

3 纵向受力钢筋的连接可分为两类:绑扎搭接、机械连接或焊接。宜按不同情况选用合适的连接方式。

4 纵向受力钢筋连接接头的位置宜避开梁端、柱端箍筋加密区;当无法避开时,应采用满足等强度要求的高质量机械连接接头,且钢筋接头面积百分率不应超过50%。

5.10.15 轨道交通工程,其非承重墙可采用砌体墙,非承重砌体墙与钢筋混凝土柱(墙)交接处,沿墙高每隔500mm应设置2根直径为6mm的拉结钢筋,拉结钢筋埋入钢筋混凝土柱(墙)内的长度不应小于240mm,伸入砌体墙内的长度不应小于1000mm(图5.10.15)。非承重砌体墙的转角及交接处,应咬槎砌筑,并沿墙高

每隔 500mm 应设置 2 根直径为 6mm 的拉结钢筋,拉结钢筋每边伸入墙内的长度不应小于 1000mm。

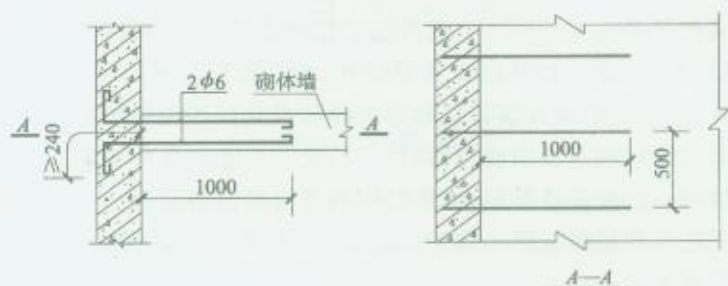


图 5.10.15 砌体墙与钢筋混凝土柱(墙)的拉结

5.10.16 轨道交通工程,其防护设备门框与门框墙钢筋的连接,应满足国家现行标准《地铁杂散电流腐蚀防护技术规程》CJJ 49 的要求。正线上的隔断门门框墙钢筋应保证与整体道床中设置的排流钢筋网非电气连接。

5.11 平战转换设计

5.11.1 轨道交通工程应进行一次性的平战转换设计。实施平战转换的结构构件在设计中应满足转换前、后两种不同受力状态的各项要求,并在设计图纸中说明转换部位、方法及具体实施要求。

5.11.2 临战时实施平战转换不应采用现浇混凝土;对所需的预制构件应在工程施工时一次做好,并做好标志,就近存放。

5.11.3 常规武器和核武器爆炸动荷载作用下,临战垂直封堵构件的等效静荷载标准值可按本规范第 5.4.4 条、第 5.6.12 条中防护密闭门荷载取值;临战水平封堵构件的等效静荷载标准值可取与水平封堵构件跨度相同的顶板等效静荷载标准值;防护单元之间隔墙上封堵构件的等效静荷载标准值,可按本规范表 5.6.15 中隔墙水平等效静荷载标准值采用。

5.11.4 防护单元内采用后加柱设计时,后加柱与主体结构的顶、

底板(梁)应有可靠连接,连接件应在主体结构的顶、底板(梁)施工时按设计要求预埋。后加柱可采用型钢柱、钢管柱、钢管混凝土柱或其他可靠的支撑构件。后加柱宜按轴心受压构件设计计算。

5.11.5 设置后加柱的交叉梁结构,加柱前应按平时荷载进行设计计算,加柱后应按静荷载和等效静荷载共同作用进行验算,构件截面设计应满足加固前、后两种不同受力状态的各项要求。

5.11.6 当受条件限制,主体结构的外墙或顶盖无覆土,且其厚度小于防早期核辐射最小防护厚度时,应在紧急转换时限内按设计要求覆土。

6 孔口防护设备

6.1 一般规定

6.1.1 作用在孔口防护设备上的等效静荷载标准值应按本规范第 5.4.4 条、第 5.6.11 条、第 5.6.12 条和第 5.6.13 条确定。

6.1.2 孔口防护设备的选用应符合下列规定：

1 防护设备的设计压力值不应小于作用在防护设备上的空气冲击波超压设计值；

2 防护设备应优先选用平战转换快捷、方便的产品；

3 防护设备应选用经国家人民防空办公室批准的产品。

4 当选用的防护设备无对应抗力级别的定型产品时，不得用两道或多道低抗力的防护设备代替，可选用较高一级抗力的定型产品；当消波系统选用较高一级抗力的悬摆式防爆波活门时，消波率应乘以 0.8 的折减系数。

6.2 人员出入口

6.2.1 战时人员出入口应设置防护密闭门和密闭门各一道。

6.2.2 非战时人员出入口，宜采用防护密闭门封堵，当采用其他封堵措施时，应满足战时的抗力、密闭等防护要求，并应在 3d 转换时限内完成。

6.2.3 防护密闭门、密闭门和封堵类型的选择应兼顾人员出入口平时使用的要求。

6.2.4 防护单元有滤毒式通风要求时，可选择战时人员出入口兼做超压排风口，战时人员出入口兼做战时超压排风口时还应满足本规范第 6.3.3 条的规定。

6.3 通 风 口

6.3.1 当进、排风口设置消波系统时,进、排风系统的防护密闭,应符合下列要求:

1 采用建筑风道时,防护密闭门和密闭门的设置应与战时人员出入口设置的防护密闭门和密闭门数量相一致;

2 采用钢板风管时,应设置两道密闭阀门。

6.3.2 战时清洁式通风宜采用门式通风系统。

6.3.3 宜在与滤毒式进风道对角布置的战时人员出入口进行超压排风,自动排气活门不应设置在防护设备的门扇上。

6.3.4 专供平时使用的进、排风口,战时的防护密闭应与出入口防护密闭措施相适应。

6.4 正 线

6.4.1 轨道交通工程相邻防护单元之间应设置一道防护密闭隔断门。

6.4.2 防护密闭隔断门宜设置在靠近站端的线路直线段内,向下坡方向开启,避开线路小半径、大坡度地段。防护密闭隔断门的门孔尺寸应按所在线路的曲线半径和隧道结构形式,根据设备限界、安全间隙、道岔和曲线地段的加宽、加高值等因素,综合归纳合并,确定为几种定型尺寸。

6.4.3 过江(河)段两端的防淹门宜与正线上的防护密闭隔断门合并设置;合并后的隔断门应分别进行空气冲击波超压荷载组合工况下的结构计算和防淹水荷载组合工况下的结构计算,取其中不利结果进行设计。合并后的隔断门结构计算还应满足以下要求:

1 空气冲击波超压设计值按本规范第 6.4.6 条规定执行;空气冲击波超压荷载组合工况下的结构计算按现行防护设备技术规范执行;

2 防淹设计水头高度按隔断门设置处钢轨顶面至过江(河)段百年一遇洪水位的水头高度计算;防淹水荷载组合工况下的结构计算按国家现行标准《水利水电工程钢闸门设计规范》SL 74—95 有关规定执行。

6.4.4 道床排水沟经防护密闭隔断门处,应在该门的一侧设置一道可内外分别承受荷载的排水沟防护密闭闸板,其设计荷载同该处的防护密闭隔断门。

6.4.5 线路出入段线应设置出入段线防护密闭门和出入段线密闭门各一道。

6.4.6 防护密闭隔断门和出入段线防护密闭门的设计荷载应根据表 6.4.6 确定。

表 6.4.6 防护密闭隔断门和出入段线防护密闭门设计荷载

防护设备类型	空气冲击波超压设计值(MPa)	
	5 级	6 级
出入段线防护密闭门	0.30	0.12
防护密闭隔断门	0.10(等效静载)	0.05(等效静载)

6.4.7 防护密闭隔断门、出入段线防护密闭门和出入段线密闭门必须有可靠的定位锁定装置。

6.5 连 通 口

6.5.1 连通口的主体结构应与相连的人防工程抗力级别相协调。

6.5.2 相邻防护单元之间的隔墙应为钢筋混凝土防护密闭墙,厚度应通过结构计算确定。当隔墙上开设连通口时,应在隔墙的两侧各设置一道防护密闭门,两门之间的净距不应小于 500mm。当相邻防护单元的抗力级别不同时,高抗力的防护密闭门应设置在低抗力防护单元一侧,低抗力的防护密闭门应设置在高抗力防护单元一侧。

6.5.3 连通口采用隐式预留时,主体结构墙内应预设暗梁、暗柱。

6.6 平战功能转换

6.6.1 人员出入口、通风口和连通口中设置的防护密闭门、密闭门、临空墙防护密闭封堵板等不同类型的防护设备应在 3d 转换时限内关闭或完成封堵。

6.6.2 线路出入段线中设置的出入段线防护密闭门和出入段线密闭门应在 3d 转换时限内关闭；设置于防护单元之间的防护密闭隔断门应根据战时交通和疏散的要求及时关闭。

7 通 风

7.0.1 战时通风设计应符合下列规定:

1 通风方式应符合下列规定:

- 1) 当紧急人员掩蔽部防化级别为丁级时,应设置清洁式通风和隔绝式防护,当车站仅作为物资储备场所时,应隔绝式防护;
- 2) 当紧急人员掩蔽部防化级别为丙级时,应设置清洁式通风、滤毒式通风和隔绝防护时的内循环通风;
- 3) 清洁式通风进风系统应设置油网滤尘器,滤毒式通风进风系统应设置油网滤尘器和过滤吸收器。

2 风量标准及隔绝式防护时间应符合下列规定:

- 1) 清洁式通风新风量应不小于 $5\text{m}^3/\text{p} \cdot \text{h}$,滤毒式通风新风量应不小于 $2\text{m}^3/\text{p} \cdot \text{h}$;
- 2) 紧急人员掩蔽部隔绝式防护时间不宜小于 3h。

3 滤毒式通风时,主要人员出入口防毒通道最小换气次数应为(40~50)次/h,工程内部超压应不小于 30Pa。

7.0.2 战时通风新风量应符合下列规定:

1 清洁式通风新风量应按车站清洁区掩蔽人数和清洁式通风新风量标准设计;

2 滤毒式通风新风量应按以下两种方法分别计算,并选用较大值:

- 1) 按车站清洁区掩蔽人数和滤毒式通风新风量标准计算新风量;
- 2) 按战时主要人员出入口最小防毒通道换气所需排风量和维持车站清洁区防毒超压所需的风量之和确定。

$$L_R = L_i \times n \quad (7.0.2-1)$$

式中: L_R ——按掩蔽人员计算所得的新风量(m^3/h);

L_i ——掩蔽人员新风量设计计算取值 $[\text{m}^3/(\text{p} \cdot \text{h})]$;

n ——工程内掩蔽总人数。

$$L_H = V_F \times K + L_i \quad (7.0.2-2)$$

式中: L_H ——工程内保持超压值所需的新风量(m^3/h);

V_F ——工程内主要出入口处的最小防毒通道有效容积(m^3);

K ——工程主要出入口处的最小防毒通道的设计换气次数(次/h);

L_i ——工程内保持超压值的漏风量(m^3/h);设计计算时,超压值为(30~50)Pa时取清洁区有效容积的4%。

7.0.3 战时通风系统应符合下列规定:

1 进风应采用机械送风方式;消波宜选用门式活门。

2 宜结合平时新风井道设置战时进风井道和除尘、滤毒室以及进风机房;宜结合平时排风井道设置战时清洁式排风井道和排风机房;应结合战时主要人员出入口设置滤毒式通风时的超压排风。

3 战时送风宜利用平时环控送风系统的风管和风口;战时清洁式排风宜利用平时环控排风系统的风管和风口。

4 战时进、排风口宜分别设置在车站的两端,且宜呈斜对角形式布置。

5 滤毒式通风系统的进风管上应设置两道密闭阀门,第一道密闭阀门应设置在染毒区,最后一道密闭阀门应设置在清洁区;战时排风应设置防爆超压排气活门和密闭阀门。

滤毒式通风时,战时进风系统和战时人员主要出入口宜分别布置在车站的两端,并宜作斜对角布置。

送风宜利用平时环控送风系统的风管和风口。

6 滤毒式通风系统应设置测压装置。测压管一端应直通第一道门外,弯头应向下,另一端应与设置在进风机室的测压装置相

连,测压管应采用 DN15 的镀锌钢管,并应设置闸阀开关。

7 除尘和滤毒室宜在适当部位设置吊钩;滤毒室过滤吸收器前的风管宜设置换气短管,应满足滤毒室 15 次/h 的换气要求。

8 当滤毒式与清洁式通风合用一台风机时,安装在清洁式进风管道上两个密闭阀门之间的清洁区管段处应设置增压管;增压管应采用 DN25 的镀锌钢管,并应设置铜球阀。

9 战时人员出入口、通风口的防护密闭门和密闭门的门框墙上应设置气密测量管,气密测量管应采用 DN50 的镀锌钢管,且两端应有防护密闭措施。

10 染毒后的油网过滤器和过滤吸收器不得通过清洁区;活门型号除应满足风量要求外,门孔应能通过除尘器和过滤吸收器。

7.0.4 通风系统的平战结合设计应符合下列规定:

- 1 平战功能转换措施必须满足战时的防护要求和使用要求。
- 2 在规定的临战转换时限内完成战时功能转换。
- 3 专供平时使用的进风口、排风口和排烟口,战时采取的防护密闭措施,应满足战时的抗力、密闭等防护要求。

4 战时人防通风系统的滤毒设备平时可不安装,但应与轨道交通工程设计同步完成;战时使用的设备应采用国产定型设备;通风管道、阀门等支、吊架预埋锚固铁件应在平时施工完成。

8 给 排 水

8.0.1 一般规定:

- 1 战时给、排水系统应利用轨道交通工程平时给水系统供水;
- 2 各防护单元战时给、排水系统应能独立使用;
- 3 应在防护单元内的站台层贮存战时人员饮用水;
- 4 防护阀门不应采用蝶阀,阀门与管道的连接应采用法兰连接或丝扣连接。

8.0.2 平时和战时进、出工程的消防水管、空调冷却水管、排水出户管等给排水管道应按下列规定设置公称压力不小于 1.0MPa 的防护阀门:

- 1 穿越围护结构时应在工程内侧,靠近穿越处设置闸阀;
- 2 穿越防护段时应在靠近第一道防护门(防护密闭门)门框墙的内侧设置闸阀;
- 3 管道穿过防护单元隔墙时,应在墙两侧分别设置闸阀;
- 4 管道穿过密闭墙时,应在墙两侧分别设置闸阀。

8.0.3 战时人员饮用水水质应符合表 8.0.3 的规定。

表 8.0.3 战时饮用水水质

项 目	单 位	限 值
色		无明显异色
浑浊度		可有轻度浑浊
臭和味		不得有明显异臭、异味
肉眼可见物		不得含有
pH 值		5.0~9.0

续表 8.0.3

项 目	单位	限 值
砷	mg/L	0.5
汞	mg/L	0.1
氰化物(以 CN 计)	mg/L	1.5
细菌总数	个/mL	100
大肠菌群	个/100mL	1
游离余氯	mg/L	接触 30min 不得低于 1.5mg/L, 生物战剂污染情况下, 接触 30min 不得低于 5.0mg/L
沙林	mg/L	0.07
梭曼	mg/L	0.025
维埃克斯	mg/L	0.01
芥子气	mg/L	1.5
路易氏剂	mg/L	1.0
毕兹	mg/L	0.005
放射性(核沉降)物质	Bq/L	2×10^5

8.0.4 战时人员用水标准及储水时间,应符合表 8.0.4 的规定。

表 8.0.4 战时人员用水标准及储水时间

工程类别	用水标准(L/人·d)		储水时间(d)	
	饮用水	生活用水	饮用水	生活用水
紧急人员掩蔽部	3	0	3	0
其他配套工程	3	0	3	0

8.0.5 战时贮水容器可采用快速装配式水箱,在临战时 15d 转换时限内安装,也可贮存桶(瓶)装饮用水。

8.0.6 战时洗消给水定额、贮水量、洗消人数,应符合表 8.0.6 的规定。

表 8.0.6 洗消给水定额、贮水量、洗消人数

洗消方式	洗消人数与掩蔽人数之比(%)	简易洗消盥洗盆数量(个)	人员洗消贮水量(m^3)	口部洗消标准(L/m^2)
简易	根据需要	1	0.6~0.8	5~10

8.0.7 口部洗消宜采用移动泵加压供水。

8.0.8 有洗消要求的战时主要出入口应设置冲洗阀,并应配备橡胶软管,服务半径不宜大于 25m;软管出口处水压不宜低于 0.1MPa;冲洗水量应符合表 8.0.6 的规定,并按战时主要出入口一次冲洗用水贮存。

8.0.9 洗消(染毒)排水系统应单独设置,染毒污水不得流入清洁区。

8.0.10 洗消染毒污水集水坑宜在防毒通道内设置,其有效容积应不小于 $1.0m^3$,可用移动式污水泵将集水坑收集的洗消污水排至城市污水管网;需洗消的通道和房间有冲击波余压处宜设置金属清扫口或防爆波地漏;第一道防护门或防护密闭门以外的通道和穿廊,宜设置防爆波清扫口或防爆波地漏;地漏和清扫口直径不宜小于 75mm。

8.0.11 给水管、排水管材,应符合下列规定:

1 穿越工程围护结构处的给、排水管材应采用金属管材或给水铸铁管,管道配件与接口应与所选用的管材相匹配,管线穿越防护段处的管材连接方式应采用焊接、法兰连接、丝扣连接等方式。

2 穿越工程防护围护结构处的给、排水管材的额定工作压力应不小于 1.0MPa,并应作防护密闭处理;穿越密闭墙的给、排水管线应作密闭处理。

8.0.12 平时设置的生活给排水设施可兼顾工程战时功能,但污水池的积水应有临战前排空的措施。

9 电 气

9.0.1 战时供电电源宜由下列三部分组成:

- 1 电力系统电源;
- 2 车站平时配备的蓄电池组;
- 3 区域电源和自备电源。

9.0.2 战时负荷应按下列规定划分为三级:

- 1 一级负荷:应急照明、通信报警设备;
- 2 二级负荷:重要的通风设备、电动密闭阀门、电动防护设备;
- 3 三级负荷:不属于一级和二级的战时人防其他负荷。

9.0.3 战时各级负荷的供电应符合下列规定:

- 1 一级负荷应由车站两路电力系统电源和平时配电的蓄电池组供电;
- 2 二级负荷宜由车站一路电力系统电源和平时配电的蓄电池组供电;
- 3 三级负荷由电力系统电源供电;
- 4 由区域电源和自备电源供电。

9.0.4 车站平时配备的蓄电池组对战时一级负荷的连续供电时间不应小于隔绝防护时间。蓄电池组满足不了供电要求时,应引用自备电站和移动电站。

9.0.5 战时供电系统应符合下列规定:

- 1 应利用平时节电照明配电系统转换成战时正常照明配电系统;应利用平时应急照明配电系统转换成战时应急照明配电系统;
- 2 战时配电电源宜从就近的平时配电箱和战时应急配电箱

引接,平时配电箱应按战时需要预留配电回路。

3 区域战时配电电源宜从区域电源引接,各站可从自备电源或从就近人防工程自备电源引接。

4 应在口部预埋管线,引接地面应急移动电源,以备战时临时供电。

9.0.6 战时照明应符合下列规定:

1 战时正常照明可利用车站平时节电照明;

2 战时应急照明可利用车站平时应急照明。

9.0.7 线路敷设应符合下列规定:

1 所有穿过防护密闭墙的电气管线均应预埋防护密闭穿墙套管,并应有防护密闭措施。

2 电缆桥架不得直接穿过临空墙、防护密闭隔墙、密闭隔墙。当必须通过时应改为穿管敷设,并应符合防护密闭要求。

3 从防护区引到非防护区的照明回路,应在防护区内设置短路保护措施,或单独设置照明回路。

附录 A 钢筋混凝土板柱结构设计要点

A.1 一般规定

A.1.1 板柱结构的柱网宜为正方形或矩形,区格内长短跨之比不宜大于 1.5。

A.1.2 当板柱结构板的配筋符合本附录规定时,其允许延性比可取 3。

A.2 承载能力计算

A.2.1 在等效静荷载和静荷载共同作用下,当按弹性受力状态计算板柱结构的内力时,宜按下列方法对板的内力值进行修正:

1 当用直接方法计算时,对中间区格的板,宜将支座负弯矩与跨中正弯矩之比,从 2.0 调整到 1.3~1.5;对边跨板,也宜相应降低负、正弯矩的比值。

2 当用等代框架方法计算时,宜将支座负弯矩下调 10%~15%,并应按平衡条件将跨中正弯矩相应上调。

3 支座负弯矩在柱上板带和跨中板带的分配可取 3:1 到 2:1;跨中正弯矩在柱上板带和跨中板带的分配可取 1:1 到 1.5:1。

4 当板柱结构的板与钢筋混凝土边墙整体浇筑时,边跨板支座负弯矩与跨中正弯矩之比,可按中间区格板进行修正。

A.2.2 沿柱边、柱帽边、托板边、板厚变化及抗冲切钢筋配筋率变化部位,应按下列规定进行抗冲切验算:

1 当板内不配置箍筋和弯起钢筋时,抗冲切可按下列式验算:

$$F_l \leq 0.7\beta_h f_{ts} \eta u_m h_0 \quad (\text{A.2.2-1})$$

公式(A.2.2-1)中系数 η ,对底板,可取 1.0;对顶板或楼板,应

按下列公式计算,并取其中较小值:

$$\eta_1 = 0.4 + \frac{1.2}{\beta_s} \quad (\text{A. 2. 2-2})$$

$$\eta_2 = 0.5 + \frac{\alpha_s h_0}{4u_m} \quad (\text{A. 2. 2-3})$$

式中: F_1 ——冲切荷载设计值(N),可取柱所承受的轴向力设计值减去柱顶冲切破坏锥体范围内的荷载设计值;

β_h ——截面高度影响系数;当 $h \leq 800\text{mm}$ 时,可取 $\beta_h = 1.0$;
当 $h \geq 2000\text{mm}$ 时,可取 $\beta_h = 0.9$,其间按线性内插法
取用;

f_{td} ——混凝土在动荷载作用下抗拉强度设计值(N/mm^2);

u_m ——冲切破坏锥体上、下周边的平均长度(mm),可取距
冲切破坏锥体下周边 $h_0/2$ 处的周长;

h_0 ——冲切破坏锥体截面的有效高度(mm);

η_1 ——局部荷载或集中反力作用面积形状的影响系数;

η_2 ——临界截面周长与板截面有效高度之比的影响系数;

β_s ——局部荷载或集中反力作用面积为矩形时的长边与短
边尺寸的比值, β_s 不宜大于4;当 $\beta_s < 2$ 时,可取 $\beta_s =$
2;当面积为圆形时,可取 $\beta_s = 2$;

α_s ——板柱结构中柱类型的影响系数:对中柱,取 $\alpha_s = 40$;
对边柱,取 $\alpha_s = 30$;对角柱,取 $\alpha_s = 20$ 。

2 当板内配置箍筋或弯起钢筋时受冲切截面应符合下式条
件:

$$F_1 \leq 1.05 f_{td} \eta u_m h_0 \quad (\text{A. 2. 2-4})$$

1)当板内配置箍筋时,受冲切承载力可按式验算:

$$F_1 \leq 0.35 f_{td} \eta u_m h_0 + 0.6 f_{yd} A_{sv} \quad (\text{A. 2. 2-5})$$

2)当板内配置弯起钢筋时,弯起钢筋数量不应少于3根,
受冲切承载力可按式验算:

$$F_1 \leq 0.35 f_{td} \eta u_m h_0 + 0.6 f_{yd} A_{sb} \sin \alpha \quad (\text{A. 2. 2-6})$$

式中: f_{yd} ——在动荷载作用下抗冲切箍筋或弯起钢筋的抗拉强度设计值(N/mm^2);

A_{sv} ——与呈 45° 冲切破坏锥体斜截面相交的全部箍筋截面面积(mm^2);

A_{sb} ——与呈 45° 冲切破坏锥体斜截面相交的全部弯起钢筋截面面积(mm^2);

α ——弯起钢筋与板底面的夹角($^\circ$)。

A.2.3 当板柱结构的跨度大于 6m , 或其相邻跨度不等时, 冲切荷载设计值应取按等效静荷载和静荷载共同作用下求得的冲切荷载的 1.1 倍; 当板柱结构的相邻跨度不等, 且长短跨之比超过 $4:3$, 或柱两侧节点不平衡弯矩与冲切荷载设计值之比超过 $0.05(c+h_0)$ (c 为柱边长或柱帽边长) 时, 应增设箍筋。

A.3 构造要求

A.3.1 板柱结构的板内纵向受力钢筋的最小配筋率不应小于 0.3% 和 $0.45f_{ui}/f_{yd}$ 中的较大值。

A.3.2 板柱结构的板内纵向受力钢筋宜通长布置, 间距不应大于 $1.5h$ (h 为板厚) 且不应大于 250mm , 并应符合下列规定:

1 邻跨之间的纵向受力钢筋宜采用焊接接头, 或伸入邻跨内锚固。

2 底层钢筋宜全部拉通, 并不宜弯起; 顶层钢筋不宜采取在跨中切断的分离式配筋。

3 当相邻两支座的负弯矩相差较大时, 可将负弯矩较大支座处的顶层钢筋局部截断, 但被截断的钢筋截面面积不宜超过顶层受力钢筋总截面面积的 $1/3$, 且被截断的钢筋应延伸至按正截面受弯承载能力计算不需设置钢筋处以外, 延伸的长度不应小于 20 倍钢筋直径。

A.3.3 顶层钢筋网和底层钢筋网之间应设梅花形布置的拉结筋, 其直径不应小于 6mm , 间距不应大于 500mm , 弯钩直线段长

度不应小于拉结筋直径的 6 倍, 并不应小于 50mm。

A. 3. 4 混凝土板中配置抗冲切箍筋或弯起钢筋时, 应符合下列构造要求:

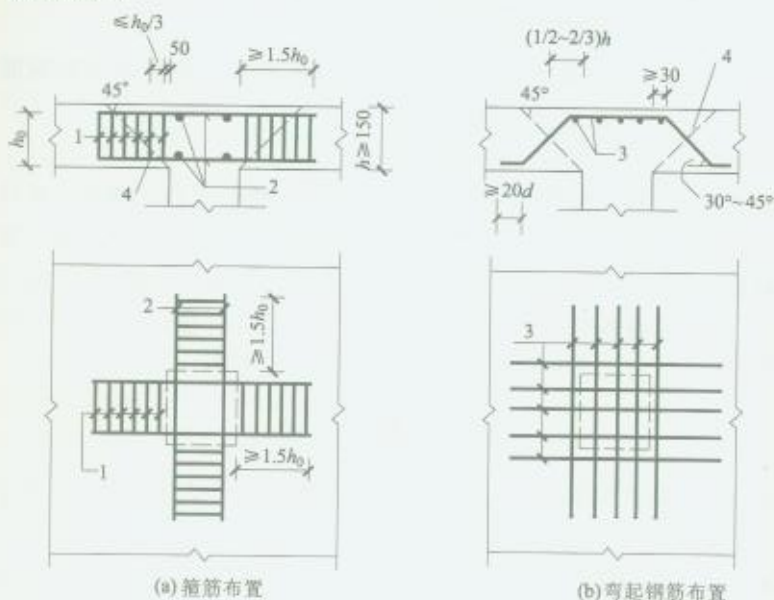


图 A. 3. 4 板中抗冲切钢筋布置

1—箍筋; 2—架立钢筋; 3—弯起钢筋; 4—冲切破坏锥体斜截面

1 按计算所需的箍筋 A_{sv} 及相应的架立钢筋应配置在与 45° 冲切破坏锥面相交的范围内, 且从集中荷载作用面或柱截面边缘向外的分布长度不应小于 $1.5h_0$, A_{sv} 不应小于 $0.2u_m h_0 f_{sd}/f_{yd}$, 箍筋直径不应小于 6mm, 间距不应大于 $h_0/3$ [图 A. 3. 4(a)]; 当板的厚度小于 350mm 时, 箍筋应做成封闭式; 当板的厚度不小于 350mm 时, 箍筋可做成开口式, 并可用拉结筋部分代替部分箍筋, 但其截面积不得大于所需箍筋截面面积的 25%。

2 按计算所需弯起钢筋的弯起角度可根据板的厚度在 $30^\circ \sim 45^\circ$ 之间选取; 弯起钢筋的倾斜段应与冲切破坏锥面相交, 其交点应在集中荷载作用面或柱截面边缘以外 $(1/2 \sim 2/3)h$ 的范围内

[图 A.3.4(b)]。弯起钢筋直径不宜小于 12mm,且每个方向不宜少于 3 根。

A.4 反托板的设计要点

A.4.1 板柱结构底板可采用反托板(图 A.4.1)。反托板宽度或圆形托板直径,宜取大于或等于板柱结构跨度的 50%,且小于或等于板柱结构跨度的 60%;反托板顶面抗冲切宽度宜按下列公式确定:

$$b_0 = a + 2(h_1 + h_2) \quad (\text{A.4.1})$$

式中: b_0 ——反托板顶面抗冲切宽度(mm);

a ——柱宽或圆柱直径(mm);

h_1 ——底板厚度(mm);

h_2 ——托板厚度(mm)。

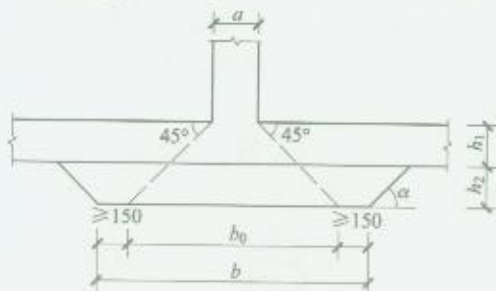


图 A.4.1 反托板

α —模角,可取 $45^\circ \sim 60^\circ$

A.4.2 反托板承载能力计算应符合本附录第 A.2 节的规定。

A.4.3 反托板的横向钢筋配筋量应符合下式规定:

$$F \leq A_{\text{abt}} f_{\text{yd}} \sin \alpha + A_{\text{ast}} f_{\text{yd}} \quad (\text{A.4.3})$$

式中: F ——单柱承受的轴向力设计值(N);

A_{abt} ——四周吊筋和弯起钢筋总截面面积(mm^2);

f_{yd} ——在动荷载作用下钢筋抗拉强度设计值(N/mm^2);

α ——反托板的模角,可取 $45^\circ \sim 60^\circ$;

A_{svt} ——箍筋截面面积总和(mm^2)。

A.4.4 当反托板中配有弯起钢筋和箍筋时,受冲切承载力可按下列式验算:

$$F_l \leq 0.35 f_{td} u_m h_0 + 0.8 f_{yd} A_{sb} \sin \alpha + 0.8 f_{td} A_{sv} \quad (\text{A.4.4})$$

式中: F_l ——冲切荷载设计值(N);

F_{ld} ——在动荷载作用下混凝土抗拉强度设计值(N/mm^2);

u_m ——冲切破坏锥体上、下周边的平均长度(mm),可取距冲切破坏锥体上周边 $h_0/2$ 处的周长;

h_0 ——冲切破坏锥体截面的有效高度(mm);

A_{sb} ——与呈 45° 冲切破坏锥体斜截面相交的全部弯起钢筋截面面积(mm^2);

A_{sv} ——与呈 45° 冲切破坏锥体斜截面相交的全部箍筋截面面积(mm^2)。

A.4.5 反托板的构造应符合下列规定(图 A.4.5):

1 反托板底层钢筋最小配筋率应大于 0.3%, 间距应不大于 150mm, 直径应不小于 12mm;

2 反托板底层吊筋和弯起钢筋伸入板内锚固的水平段长度应不小于钢筋直径的 30 倍。

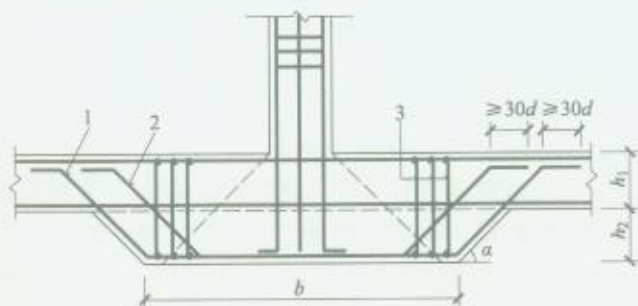


图 A.4.5 反托板构造

1—吊筋; 2—弯起钢筋; 3—箍筋

附录 B 钢管混凝土柱的设计要点

B.1 承载力计算

B.1.1 在动荷载作用下轴心受压钢管混凝土柱的承载力可按下列公式计算:

$$N_0 = A_c f_{cd} (1 + \sqrt{\theta} + \theta) \psi_1 \quad (\text{B.1.1-1})$$

$$\theta = \frac{A_s f'_{yd}}{A_c f_{cd}} \quad (\text{B.1.1-2})$$

式中: N_0 ——钢管混凝土柱的承载力(N);

θ ——套箍指标;

A_c, f_{cd} ——分别为核心混凝土的截面面积(mm^2)和在动荷载作用下抗压强度设计值(N/mm^2);

A_s, f'_{yd} ——分别为钢管的横截面面积(mm^2)和在动荷载作用下抗压强度设计值(N/mm^2);

ψ_1 ——钢管混凝土柱的稳定系数。

B.1.2 钢管混凝土柱的稳定系数可按下列规定计算确定:

1 当钢管混凝土柱的上、下端与钢筋混凝土梁、板整体连接,且柱的计算长度与柱的外径之比小于4时,稳定系数可取1.0;

2 当柱的计算长度与柱的外径之比大于或等于4时,稳定系数可按下列公式计算:

$$\psi_1 = 1 - 0.115(l/D - 4)^{1/2} \quad (\text{B.1.2})$$

式中: ψ_1 ——稳定系数;

l ——柱的计算长度(mm);

D ——柱的外径(mm)。

B.1.3 当钢管混凝土柱偏心受压时,其承载力应乘以折减系数。折减系数可按下列式计算:

$$\varphi_e = \frac{N_e}{N_0} = \frac{1}{(1 + 1.85e_0/r_c)} \quad (\text{B.1.3})$$

式中: φ_e ——折减系数;

N_0 、 N_e ——分别为轴心和偏心受压时的钢管混凝土柱承载力(N);

e_0 ——钢管混凝土柱上端或下端偏心距中的较大值(mm);

r_c ——核心混凝土横截面半径(mm)。

B.2 构造要求

B.2.1 钢管混凝土柱的设计应符合下列规定:

- 1 钢管壁厚不宜小于 8mm,外径与壁厚之比宜取 20~100;
- 2 钢管可采用直缝焊接管、螺旋形缝焊接管和无缝钢管;焊接必须采用对接焊缝,焊接强度不应低于管材强度;

3 钢管和混凝土材料的选用应符合现行国家标准《钢结构设计规范》GB 50017 和《混凝土结构设计规范》GB 50367 的规定,混凝土强度等级不应低于 C30。

B.2.2 钢管混凝土柱上、下端部与钢筋混凝土梁或板的连接处应设置连接构造钢筋,并应验算连接面上的混凝土局部受压承载力。连接构造钢筋的截面面积之和不应低于钢管截面积的 25%。

B.2.3 当承压面的混凝土局部承载力不满足要求时,应在钢筋混凝土梁或板内设置钢筋网。

B.2.4 当钢管混凝土柱端设置相同壁厚的钢管混凝土柱帽时,柱帽的坡度宜大于 45°,且柱帽最大直径与柱直径之比不宜超过 2.5。

B.2.5 应在柱帽根部与柱相接 $d/3$ 的区段内(图 B.2.5),设置钢筋网套箍。套箍的体积含钢率不宜低于钢管柱的含钢率。

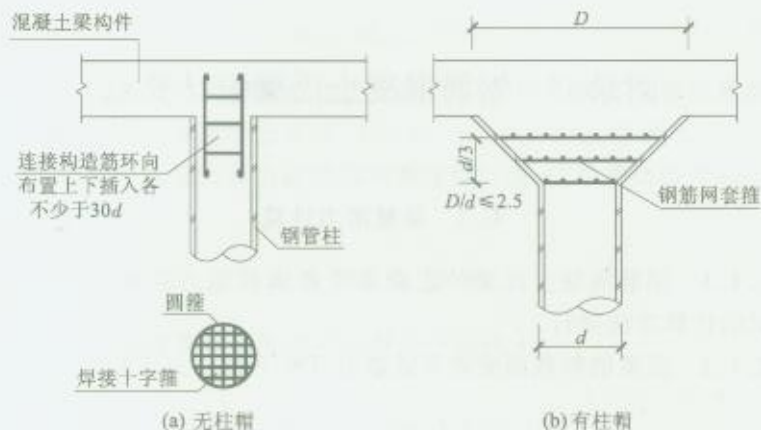


图 B.2.5 柱端构造图

B.2.6 钢管制作及质量要求,应符合国家现行标准《钢管混凝土结构设计与施工规程》CECS 28:90 的规定,并不得与相连的底部构件同时进行浇灌。

附录 C 钢筋混凝土反梁设计要点

C.1 承载能力计算

C.1.1 钢筋混凝土反梁的正截面受弯承载能力的验算,可按正梁的计算方法进行。

C.1.2 反梁的斜截面受剪承载力可按下列公式计算:

$$V = 0.4\psi_1\beta_k f_{td}bh_0 + 0.95\beta_k f_{yd} \frac{A_{sv}}{s} h_0 \quad (\text{C.1.2-1})$$

$$\psi_1 = 1 + 0.1 \frac{l_0}{h_0} \quad (\text{C.1.2-2})$$

式中: V ——等效静荷载和静荷载同时作用下梁斜截面最大剪力设计值(N);

A_{sv} ——配置在同一截面内箍筋各肢的全部截面面积(mm^2);

s ——沿构件长度方向上箍筋间距(mm);

h_0 ——梁截面的有效高度(mm);

b ——梁的宽度(mm);

f_{td} ——动荷载作用下混凝土抗拉强度设计值(N/mm^2);

ψ_1 ——梁跨高比影响系数,当 $l_0/h_0 > 7.5$ 时,可取 $l_0/h_0 = 7.5$,并应按式(C.1.2-2)计算;

β_k ——动荷载效应影响系数;当构件动力系数 $K_d \geq 1.0$ 时,可取 $\beta_k = 1.0$;当构件动力系数 $K_d < 1.0$ 时,可取 β_k

$$= \frac{K_d}{0.75K_d + 0.25};$$

f_{yd} ——动荷载作用下箍筋抗拉强度设计值(N/mm^2);

l_0 ——梁的计算跨度(mm)。

C.1.3 反梁的箍筋设计应符合下式规定:

$$V \leq 0.4\beta_k f_{yd} \frac{A_{sv}}{s} l_0 \quad (\text{C. 1. 3})$$

C. 1. 4 当对只承受静荷载作用下的反梁进行斜截面受剪承载力验算时,可按本附录公式(C. 1. 2-1)、(C. 1. 2-2)及公式(C. 1. 3)计算,但式中的最大剪力设计值和强度设计值,应取静荷载作用下的相应值。

C. 2 构造要求

C. 2. 1 反梁箍筋体积配筋率应符合下式规定:

$$\rho_{sv} \leq 1.5 \frac{f_{td}}{f_{yd}} \quad (\text{C. 2. 1})$$

式中: ρ_{sv} ——梁中箍筋体积配筋率。

C. 2. 2 在动荷载作用下,反梁的构造要求应符合本规范的有关规定。

本规范用词说明

1 为便于在执行本规范条文时区别对待,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:

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:

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:

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,采用“可”。

2 条文中指明应按其他有关标准执行的写法为:“应符合……的规定”或“应按……执行”。

中华人民共和国行业标准

轨道交通工程人民防空设计规范

RFJ 02 - 2009

条文说明

目 次

1 总 则	(85)
3 基本规定	(87)
4 建 筑	(89)
4.1 一般规定	(89)
4.2 主体	(90)
4.3 口部	(92)
4.4 防护功能平战转换	(94)
5 结 构	(97)
5.1 一般规定	(97)
5.2 材料	(100)
5.3 常规武器作用计算的一般规定	(101)
5.4 防常规武器的结构荷载计算	(101)
5.5 核爆炸地面空气冲击波及土(岩)体压缩波参数	(103)
5.6 核爆炸动荷载	(104)
5.7 结构动力计算	(108)
5.8 内力分析和截面设计	(111)
5.9 防护设备门框墙的设计与计算	(113)
5.10 构造规定	(115)
5.11 平战转换设计	(117)
6 孔口防护设备	(118)
6.1 一般规定	(118)
6.2 人员出入口	(118)
6.3 通风口	(118)
6.4 正线	(119)

6.5	连通口	(120)
6.6	平战功能转换	(120)
7	通 风	(121)
8	给排水	(125)
9	电 气	(127)

1 总 则

1.0.1 随着国家人民防空法的颁布和城市轨道交通地下工程的发展,完善轨道交通地下工程自身的防护能力,开发地下空间的防护功能,提高城市整体防护能力,在未来的战争中造福人民,保护人民生命财产的安全,轨道交通地下工程设防势在必行。

《人民防空法》第十四条规定:城市的地下交通干线以及其他地下工程的建设,应当兼顾人民防空的需要。依据中华人民共和国《人民防空法》、《人民防空工程战术技术要求》,总结历年轨道交通地下工程设防的经验,通过对已建轨道交通地下工程设防的调研,参考国外民防有关资料,在此基础上制定本规范。

1.0.2 现行国家标准《人民防空工程设计规范》GB 50225 和《人民防空地下室设计规范》GB 50038 均不能完全适合轨道交通地下工程设防。前者用于单建式、坑、地道人防工程,后者是地面高层或多层地下室设防。在平战功能的关系上,是在满足战时功能的基础上,如何为平时服务的平战结合人防工程。而轨道交通地下工程的特点是:

1 线形工程路线长。少则数千米,多则数十千米长;

2 车站规模大。一般车站均为地下两层,有的车站结合物业开发设地下三层;建筑规模一个车站少则数千平方米,多则1万平方米以上;

3 开口多。一个车站人员出入口一般在4个以上,进、排风井口有的多达6个;

4 设备多。除风、水、电设备以外,还有通信、信号,因而管线多。

轨道交通地下工程的特殊性决定了在防护单元、抗爆单元划分,掩蔽人数,风、水、电的设计标准等都作了相应的放宽规定。但

轨道交通地下工程战时又是人防工程,而轨道交通地下工程主体结构具备了相应的抗核武器、航弹、生化武器的能力,只需在防护的薄弱部位、孔口完善防护设施,即能达到人防的相应抗力,加上防护单元的风、水、电设备的配套自成体系,从而具备人防的功能。定位轨道交通地下工程兼顾人防是合适的。不能完全按现有的人防规范执行,同样,轨道交通地下工程标准也不完全适用于单建式和附建式人防工程。

轨道交通地下工程的设防范围,应根据城市总体规划、轨道交通线网规划及城市设防要求,结合工程具体条件,与有关部门研究确定。

本规范适用于设防范围内的轨道交通连续长度的地下工程,包括新建和改扩建的地下车站、区间隧道等主体工程。本规范不适用所有的地面和高架工程地段,以及利用自然通风的区间隧道和半敞开式的车站。对于轨道交通地下车站及区间隧道(至洞口)连续长度不足 3km,或少于两座车站的情况,可参照本规范相关要求会同有关部门研究确定是否设防。

适用抗力级别防常规武器、防核武器定为 5 级和 6 级,是考虑到轨道交通地下工程的自身抗核武器、航弹、生化武器的能力,以及国内普遍确定的抗力级别而确定的,既满足了《人民防空工程战术技术要求》对城市地铁防核武器级别不低于 6B 级、防常规武器级别不低于 6 级的要求,又不会使工程投资增加太多。

其他轨道交通制式的地下部分,地下交通干线、交通隧道、城市交通地下换乘站和城市轨道交通地下工程有共同点又有不同点,参照执行更具有可行性和灵活性。

1.0.3 轨道交通地下工程防护设计一般由轨道交通地下工程专业设计院和人防专业设计院联合设计,前者考虑平时功能,后者考虑战时使用。为使两者结合起来,人防设计从方案开始就和轨道交通地下工程设计同步进行,对统一技术措施、统一设防标准、减少防护设备型号的种类都是必要的。

3 基本规定

3.0.1 轨道交通地下工程战时功能是轨道交通地下工程的使用性质决定的,也是城市防护的需要。城市轨道交通地下工程大都设在市区的繁华中心区,城市片区的人防工程,需要疏散干道连片成网,利用轨道交通地下工程的运输功能作为人防的疏散干道,正是平战功能的高度结合。

轨道交通工程战时的主要功能是保障人员安全交通、转移和物资运输,这是人民防空工程战术技术要求所规定的。战时在供电仍有保障、确保运行安全的情况下,轨道交通工程可发挥人员疏散转移快速,疏散、运输能力强的优势,继续保持有限运行,即使机车不运行,通过轨道平车、人员步行仍可以完成疏散、运输功能。当待疏散人员遇到威胁不能继续疏散时,可在就近车站内进行紧急掩蔽,车站的大空间战时转换为紧急人员掩蔽部,这样既解决了城市人员掩蔽部的不足,同时也解决了城市中流动人口在战时的临时掩蔽问题,还可利用车站的大空间储存部分生活物资,解决掩蔽人员战时的食品问题,使轨道交通地下工程从平时到战时转换,无需作大的调整即可快速转换。

3.0.2 轨道交通地下工程各防护单元的抗力级别和防化等级是由当地人防主管部门根据属地人防建设规划、各防护单元地理位置及人防重要性不同而确定的。当地人防主管部门可以根据重点经济目标防护的原则和方法,确定重点设防站和一般设防站,提出不同的战时功能要求,设计时可采取不同的设防标准和措施,从而更好地贯彻“长期准备、重点建设、平战结合”的方针。

3.0.3 轨道交通地下工程的设计首先应满足平时的交通运营需要,其次才是兼顾人民防空的战时要求,满足预定级别的防护要求

和战时使用要求。由于战时与平时的功能要求不同,往往容易产生一些矛盾。对于规模大、站点多、孔口多的轨道交通工程,规范允许采取一些转换措施,使得工程可在临战时经过必要的改造,也即防护功能平战转换措施,就能使其满足战时的防护要求和使用要求。为了使设计中所采用的转换措施在临战时能够实现,不仅对转换措施技术方面的可行性需要给出限定,对临战时的转换工作量也要进行控制。当地人防主管部门在审批转换措施时,可根据当地的战略地位、人力物力条件以及当地有关政策综合确定。

3.0.4 轨道交通地下工程与附近人防工程和人防主干道、支干道是否连通首先应该根据当地的人防建设规划确定。为更好地发挥轨道交通工程作为城市地下空间发展轴、人防工程连接骨干网的作用,设计时应在预留人防连通口方面做好预留条件。

4 建 筑

4.1 一 般 规 定

4.1.1 地下车站的地下一层一般是站厅层,地下二层及以下一般是站台层,为方便人员出入和平时运营,人员出入口通道应直接与站厅层相连,相邻人防工程原则上应与地下车站的站厅层连通,仅战时连通且受位置、高程影响时,也可与站台层连通,通风口则不作要求。口部的设置要考虑到周围环境条件、地区特点、建筑标准、平战转换等问题,地下、地上综合考虑确定,是关系到战备、社会、经济三个效益能否全面发挥的关键。

4.1.2 人员出入口防护段门孔尺寸实际为防护设备的门孔尺寸,人员出入口防护段门孔尺寸应根据平时、战时人员出入流量和相关防护设备的尺寸以及建筑限高等确定,通风口防护段门孔尺寸则应根据通风量和相关防护设备的尺寸以及建筑限高等确定,一旦设备尺寸得到确定,再考虑设备启闭的土建条件,出入口和通风道的断面尺寸也就确定下来了。

4.1.3 轨道交通地下工程与相邻地下工程有连通规划的,连通口应该一次设计施工到位,相邻地下工程有商业开发需要的,连通道和连通口一次设计、施工到位可减轻之后连通的工作量,且有利于商业开发,无连通规划的则根据设计要求设置部分预留连通口,避免之后连通对车站围护结构造成破坏。

4.1.4 各种建筑材料对 γ 射线和中子的衰减系数和半衰减厚度有详细的研究成果,详尽计算既繁琐又不方便,也很难掌握。根据城市核爆炸的统计资料,平均估算屏蔽系数,是在小区有建筑群,其距离和高度之比不大于1.5的情况下给出的。对于建筑物距离和高度之比大于3.0的情况,四周有一半以上无建筑物时,可不计

建筑物的屏蔽系数,按开阔地面剂量。对于轨道交通地下工程防护层厚度,一般情况下,只要计算满足 γ 射线剂量的防护层厚度,即可满足中子剂量所需防护层厚度,因此不必再计算防护中子剂量所需防护层厚度。表4.1.4中给出的是空旷条件下、剂量限值为0.2Gy时的防护层最小厚度。

4.1.5 轨道交通地下工程的人员出入口防护段是人员平时出入的必经之路,防护设备安装后,如不作装修伪装,不仅保密性差、防护设备易损,也影响美观,设置不影响门扇启闭、与周围环境相协调的伪装门等措施则较好地解决了问题;各类孔口出地面的建筑应与周边环境相协调不仅是工程伪装要求,也是整体建筑和谐的需要。

4.2 主 体

4.2.1 防护单元划分所以按一个车站加相邻区间为一个防护单元,是轨道交通地下工程的特殊性决定的。按车站的规模,以现行国家标准《人民防空工程设计规范》GB 50225的规定,按人均掩蔽面积 1m^2 ,一个车站应划分为数个甚至十数个人员掩蔽单元,把车站分割成若干块。这和轨道交通地下工程平时使用的人流集散地所需要的大空间,是极不相称的。如果按战前转换设防护隔墙,时间也不允许,更何况有轨道通过车站,无法实施。其次,每个单元风、水、电设备自成系统难以实现,无论平时转战时,还是战时转平时都有困难,每个单元的人员出入口也无法解决。从区间看,有下锚段、消防水箱、岔线、曲线段等诸多因素,为避开这些不利因素设置隔断门,因此,只提在区间设防护密闭隔断门,以便于统一协调诸多因素,达到既方便平时使用,又满足防护要求的目的,这和《人民防空法》规定的轨道交通地下工程兼顾人防的要求是一致的。

轨道交通地下工程的换乘车站、地下交通换乘枢纽,当采取上下层换乘、同站台换乘或主要的人员出入口共用时,不易实现分线划分防护单元,这时可将各线车站合并为一个防护单元,但是由于

合并后的防护单元规模偏大,且各线车站风、水、电设备基本自成系统,应充分考虑合并为一个防护单元后,紧急掩蔽人数的确定,战时人员出入口位置、数量的控制以及风、水、电设备自成体系满足战时功能需要等问题。

由于合并后的防护单元一旦遭到破坏,各线防护功能的完整性均受影响,故有条件时换乘车站防护单元的划分应尽可能遵循分线划分防护单元的原则,当各换乘线设防等级不同时,则应遵循分线划分防护单元的原则。

轨道交通地下工程折返站的地下折返线或停车线、地下牵引变电站等轨道交通地下建筑,一般位于主体结构所属防护单元以内,不需再对其单独划分防护单元。

附属轨道交通地下车站主体及区间隧道以外,独立设置的安装重要设备的地下工程,其出入口和风、水、电等设施可独立自成体系,宜单独划分防护单元。当受条件限制,安装重要设备的地下工程虽独立设置,但与车站主体连接,其出入口和风、水、电等设施不能独立自成体系,此种条件下可将其纳入相连主体所在防护单元,也可将连接处做防护密闭处理,将其置于防护区外不设防。

4.2.2 防护单元内可不划分抗爆单元出于下面的考虑:一是车站的站厅层设抗爆隔墙,战前设置和战后拆除都很难,二是车站分层楼板已具备抗爆的功能,无需再分隔。在人员紧急掩蔽时,待疏散人员可尽量在站台层掩蔽,这样可充分利用分层楼板的抗爆功能。这也使得战时不需对车站做大的改造和临战加固,而且也是安全的。

4.2.3 按三个档次划分紧急掩蔽人数是考虑各车站的规模不一致,给出车站面积指标和相应的掩蔽人数,以示区别。既考虑了车站的容量大小,同时对掩蔽人数也作了限量,以减少一个单元(车站)的破坏对人员伤害的程度。掩蔽 800 人~1500 人,是考虑到车站的大容量,增大掩蔽人数,按隔绝式通风,人员也有足够的生存空间。在战时,地下毕竟比地上安全,近期内,我国的人员掩蔽

面积还远远达不到人均 1m^2 的要求。掩蔽人数越多,战时通风、给排水、供配电都会相应增加难度。对于换乘车站,存在多线车站和区间合并为一个防护单元的情况,其掩蔽面积往往远大于单线车站的掩蔽面积,此时可根据防护单元内出入口、战时通风、给排水、供配电的平战结合情况适当考虑增加掩蔽人数,本规范结合换乘车站实际情况提出最多不超过 3000 人的限值。

4.3 口 部

4.3.1 口部数量:要求每个防护单元战时人员出入口不少于 2 个,直通地面人员出入口(垂直式出入口除外)应不少于 1 个,2 个以上时,其中一个为主要人员出入口,每个车站一般均设有 4 个左右的人员出入口,足以提供战时人员出入口的需要;各口之间的距离不宜小于 15m 是为了防止一枚炸弹同时破坏两个口,各口设置成不同朝向是为了战时提高生存概率和方便人员进出;在选设主要人员出入口时,应避开临近高大建筑的口部,以避免战时堵塞口部通道,如确有困难,口部敞开段临近地面建筑为砖混结构,距离小于 0.5 倍建筑物高度,其敞开段应设置防倒塌棚架,确保战时人员出入口的畅通,同时采取必要的防雨水措施,以免影响使用;框架结构不考虑倒塌影响,是因为框架结构具有抗震能力,不至于倒塌堵塞口部。口部设置原则:战时人员出入口应与轨道交通地下工程平时人员出入口兼顾使用,既可节省土建造价,又便于平战转换。口部净宽度的规定是根据我国人防部门组织进行的多次战备演习实测数据得来,并取其高限。具有人员掩蔽功能工程的出入口,一般具有使用时间短,人员流量大,情况紧急等特点,为避免人员摔倒而引发踩踏事故进而影响掩蔽到位时限,本条作了阶梯式出入口坡度不能过陡,设置相应扶手以及不得采用扇形踏步的规定。

4.3.2 在核爆炸冲击波作用下地面建筑物是否倒塌,主要取决于冲击波的超压大小和建筑物结构类型。根据有关资料,造成地面

建筑物严重破坏的冲击波超压值(MPa)见表1。

表1 造成地面建筑物严重破坏的冲击波超压值(MPa)

结构类型	非抗震砖混	抗震型砖混	钢筋混凝土结构
冲击波超压	$\geq 0.035 \sim 0.042$	$\geq 0.072 \sim 0.120$	≥ 0.200

从表1数据可以看出,在5级以下核爆炸冲击波荷载作用下,钢筋混凝土地面建筑的主体结构还不会倒塌。由于钢筋混凝土结构的延性和整体性,即使命中一、两枚炸弹,整个建筑物也不会彻底倒塌。所以本条规定不考虑钢筋混凝土结构地面建筑的倒塌影响,只规定了必要的安全距离。对于砖混结构地面建筑物,从安全考虑,不论其是否属抗震型均按可能倒塌考虑。其倒塌范围取值为0.5倍建筑物高度。

4.3.3 当工程战时功能作为人员掩蔽部,防化要求设三种通风方式(清洁式、滤毒式和隔绝式)时,可在战时人员出入口的防毒通道内设简易洗消间,解决战时个别人员进出掩蔽部的消毒问题。洗消人数可按防护单元总掩蔽人数的0.5%考虑。战时严格控制人员出入掩蔽部,多数掩蔽人员没有必要也不允许进出掩蔽部,按人防战术技术要求,人员掩蔽部的简易洗消间可与防毒通道合并设置。

4.3.4 通风竖井的设置原则,一是尽可能设在地面建筑倒塌范围之外,否则应设置防倒塌棚架,二是不得将进风口设置在空气污染源处或其附近下风向处。通风口与人员出入口合并设置,易形成短路,使新风量得不到保证。进风口底部标高距室外地坪距离的规定是参照民用建筑对进、排风口的设置要求而确定的。战时通风竖井与轨道交通地下工程平时通风竖井兼顾使用既可节省土建造价,又便于平战转换。通风竖井或与站厅层相通,或与站台层相通,因此必须采取防雨水倒灌措施。

4.3.5 由地面引入地下的垂直电梯设在口部防护密闭门以外,一是据战时实际情况确定,二是意在减少防护设备和战前孔口的封堵工作量,三是垂直电梯设在口部防护密闭门以里时,电梯井的防

护密闭处理较为复杂,而且井壁需做成钢筋混凝土结构,有可能会影响景观。其他设在防护区内通向外部的电梯井和检修、安装等其他孔口必须采取防护密闭措施,以保证工程的整体防护密闭性能。

4.4 防护功能平战转换

4.4.1 根据《人民防空工程战术技术要求》的有关规定,并参照《人民防空工程防护功能平战转换设计标准》的相关规定,本条对轨道交通地下工程的防护功能平战转换作了较具体的规定。

当转换措施中采用预制构件时,由于大多数预制构件的加工制作周期不低于15d甚至超过30d,对于量大面广的轨道交通地下工程而言,临战加工也会给临战时带来巨大的工作量,而且封堵构件作为防护设备的一种,必须由为数不多的具备防护设备生产资质的企业来完成,在临战时加工制作封堵构件是不可靠的,所以本条规定要求预制构件必须与工程施工同步做好,由于是临战时才实施平战转换,所以在平时应解决预制构件的存放问题。

在满足平时功能要求的前提下,兼顾轨道交通地下工程的战时防护要求,保证工程能在规定的转换时限内按时、可靠地转换到战时使用状态,保证轨道交通地下工程防护功能的完整性、平战转换的可实施性,必须在工程设计阶段就根据平战转换的相关设计标准进行一次性平战转换设计。

4.4.2 现代战争的特点之一是战前准备时间短,军力运送快,打击速度快,所以平战结合人防工程的转换时限必须严格遵守,否则就要付出代价。轨道交通地下工程战时使用的出入口、通风口等密闭防护段和防倒塌设施等有混凝土或钢筋混凝土浇注作业,施工周期长,工程量大,不能满足转换时限的要求;区间正线上的防护设施如防护密闭隔断门加工精度高、难度大,加工制作周期超过30d,同时设备尺寸大,运输、安装调试困难,如按预留设计和二次施工,则临战时不能在规定转换时限内完成转换;防爆波地漏和清扫口、给水管和排水管需要预埋或穿防护墙,须与主体结构同时施

工,二次施工需剔凿,会破坏防护整体性,同样有施工周期长,工程量大的问题,故不得实施预留设计和二次施工。

4.4.3 由于一般轨道交通地下工程线路长、车站多,车站出入口数量也相应较多,对平时出入口临战时采取封堵的做法会给工程临战时的平战转换带来巨大的工作量,应该严格控制。除保证一定数量的战时人员出入口外,本条也对临战时采用封堵措施的平时出入口数量作了限制。另外,考虑到不同封堵方法的技术特点,本条也对不同的封堵方法作出了不同限制。对于平时出入口采用以防护和密闭门为主进行封堵的做法,战时平战转换快,不会给临战时造成太大工作量,而且战后(从战时状态转入平时状态)可逆性好,应积极加以推广。

4.4.4 由于一般轨道交通地下工程通风口数量较多,通风口要求的通风面积较大,封堵构件尺寸也较大,对平时通风口临战时采取封堵的做法给工程临战时的平战转换带来的工作量一般比出入口的封堵量还要大,而且战后(从战时状态转入平时状态)可逆性差,应该严格控制。考虑到不同封堵方法的技术特点,本条对不同的封堵方法作出了不同限制,尤其是通风口水平封堵,由于存在尺寸大、转换量大、预制构件存放困难、可逆性差等诸多问题,在实际设计中更应严格控制,同时还应注意当地人防主管部门对采用封堵措施的一些政策限制。

由于在进入战时状态时预警时间可能会比较长,远超过工程的隔绝式防护时间,这样就存在虽通往防护区以外的孔口已封闭、但地下区间正线防护设备处于开启状态、列车仍然在运营行使其安全疏散转移功能的情况,保证车站每端至少有一个通风口采用防护密闭门封堵,就可以在外界未染毒、没有袭击警报的情况下,临时打开防护密闭门进行自然通风或小风量的机械通风,短时间内改善站内通风环境和空气质量。如平时通风口全部采用预制构件封堵,则无法实现战时这一特殊要求,不利于充分发挥轨道交通地下工程战时主要人员安全转移、疏散的功能。

另外,对于平时通风口采用以防护密闭门为主进行封堵的做法,战时平战转换快,不会给临战时造成太大工作量,而且战后(从战时状态转入平时状态)可逆性好,应积极加以推广。

4.4.9 采用标准化、通用化、定型化的防护设备和构件有利于批量化生产,降低工程造价,也有利于防护设备和构件平时的维护保养,有利于提高战时的平战转换效率。

5 结 构

5.1 一般规定

5.1.1 轨道交通地下工程防护设计的主要特点是,其结构选型除满足平时使用功能外,还要考虑核武器、常规武器爆炸动荷载这两种偶然荷载的不同特点和作用。

5.1.2 结构各个部位抗力相协调是轨道交通地下工程防护设计的指导原则。所谓抗力相协调,即在规定的动荷载作用下,轨道交通地下工程的结构各部位都能正常工作,防止由于存在个别薄弱环节致使整个结构抗力明显降低。

5.1.3 轨道交通地下工程结构在平时使用状况与战时使用状况所受到的作用有很大差异,安全储备也不尽相同,对轨道交通地下工程这样抗力级别较低的工程而言,结构截面设计有可能由平时使用状况下的荷载控制。因而,本条规定了结构计算应包括两种不同使用状况的计算。一般而言,结构平时使用状况计算应按弹性阶段设计,战时使用状况计算可按弹塑性或塑性阶段设计。

5.1.4 轨道交通地下工程平时使用状况结构设计荷载包括土(岩)体压力、水压力、结构自重等静荷载以及汽车压力等活荷载,而不包括地震荷载,只在建筑布置和结构构造措施上予以考虑。这一方面是由地下工程自身特点所决定的,唐山和阪神等地震震后的调查表明,地下结构具有较好的抗震性能。另一方面,轨道交通地下工程结构在战时设计时要承受规定的武器一次作用,其效应一般比地震作用效应要大得多。除了不考虑地震荷载、风荷载和雪荷载组合外,轨道交通地下工程平时使用状况下的荷载组合与一般地下工程相同。

5.1.5 轨道交通地下工程一般处于大城市的路网交通骨干区,而一般建设地下轨道交通的城市同时也是人民防空的重点城市,因此本规范要求轨道交通地下工程应按《人民防空工程战术技术要求》既防常规武器作用,又防核武器作用进行设计。两种荷载在战争时不考虑同时作用,因此,设计时应取其中一种最不利的情况进行设计,而不必叠加。

轨道交通地下工程战时使用状况的结构设计荷载包括规定的武器一次作用,这是与一般工业与民用建筑的最大区别。其设计内容和特点包括:

1 设计内容主要指防规定的武器作用设计及对承受动、静荷载同时作用的设计。

2 对于轨道交通地下工程,常规武器作用可只考虑整体作用。整体作用是结构或构件在常规武器冲击、爆炸动荷载作用下,整个结构或构件产生变形和内力,如梁板产生弯曲、剪切变形,柱产生压缩及基础下陷等;其特点是使结构或构件整体产生变形和内力,结构破坏是由于过大的变形或裂缝。从力学的观点,整体作用是动荷载引起的振动效应。

3 和一般工业与民用建筑结构不同,本规范所指的动荷载是指核爆炸冲击波荷载、压缩波荷载以及常规武器爆炸(简称化爆)荷载;静荷载是指土(岩)压力、回填材料自重、地下水静压力、战时物资堆放荷载、固定设备重量以及结构自重等。

4 承受动荷载与静荷载同时作用的结构或只承受动荷载作用的结构设计方法,是本规范的重点内容,详见本章有关条文的说明。

5 工程承受动荷载、静荷载或动、静荷载同时作用的情况都是存在的。工程口部、出入口、孔口等关键部位,主要承受动荷载的作用。车站和区间隧道主体结构一般承受动、静荷载的同时作用。

6 对常规武器作用,在轨道交通地下工程结构设计时,只考

考虑整体作用,这是一个战术技术标准问题。对核爆炸冲击波荷载、压缩波荷载,在轨道交通地下工程结构设计时,只考虑一次作用,而不考虑重复作用。

由于只考虑一次作用,在满足轨道交通地下工程战时使用功能的前提下,宜按弹塑性工作阶段计算结构内力,以便节约建筑材料,充分发挥结构的潜力。

5.1.6 一般工业与民用建筑中的钢筋混凝土结构,依其性能和使用要求,要进行两种极限状态的验算,即:承载能力极限状态(包括强度、稳定和疲劳验算)和正常使用极限状态(包括变形、裂缝出现和裂缝宽度验算)。而轨道交通地下工程结构在战时使用状况时的情况不同,这里,只要在规定的武器作用下不破坏、不掉块,保证结构强度,保存有生力量就达到了目的。另外,为了保证人防工程防水、密闭性能,在本规范中对结构或构件的允许延性比 $[\beta]$ 值已作了有关的规定。因此,在战时使用状况时,只验算结构强度(包括稳定),可不进行结构变形、裂缝宽度和地基变形的验算。

轨道交通地下工程结构底板一般均位于地下水位以下,应验算工程的抗浮能力。根据工程所处地段的地层条件、结构特点、地下水补给量与降水量变化情况以及施工方法等,不同的结构具有不同的抗浮能力。对于一些仅在施工过程中地下水的浮力大于结构的自重,而工程覆土后,其抗浮能力大于地下水的浮力时,可在施工过程中采取临时性的抗浮措施。对一些车站工程,经验算覆土后工程的抗浮能力仍不能满足地下水浮力的要求时,应采取永久性的抗浮措施。

可供工程采用的抗浮措施有三类:

1 压力法。如加厚结构顶盖、底板及墙体的厚度,增加工程的覆土厚度或在工程内临时压载等。

2 排水法。如降低地下水位,加速地面径流,避免地面水过多地浸入地层等。

3 采取设置附加结构的办法,提高工程的附加抗浮能力。如

采用抗浮摩擦锚杆桩和抗浮爆扩桩。

抗浮措施的选择应根据工程性质,工程所处地段的水文地质条件,地下水的变化幅度,工程本身加、卸载的重复次数及可能采取的材料等,经过技术经济比较后择优采用。

5.2 材 料

5.2.1 为保证工程质量,本条对材料提出了严格要求,所采用的建筑材料应符合国家有关规范和标准的要求及本规范的要求。为适应轨道交通地下工程的特点并与现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010—2002相一致,本条规范规定在钢筋方面宜采用 HRB400 级。

根据工程调查,采用砖或料石等材料构筑的地下工程,普遍存在墙体脱皮剥落甚至严重松酥破损,工程内部潮湿、渗漏水严重等现象,故本条规定,与土(岩)体相接触的外墙,宜采用钢筋混凝土、混凝土,而不宜采用砖和料石等砌体材料。另外,在常规武器作用下,砖砌体结构易产生次生灾害,故本规范限制采用砖砌体。

侵蚀性介质对混凝土及其他建筑材料有腐蚀作用,被腐蚀的混凝土及其他材料,松酥、脱皮剥落,有的蚀成大空洞。故本条规定当与有侵蚀性介质接触时,各种材料均应采取防腐蚀措施。

配制耐久性混凝土的硅酸盐类水泥应为品质稳定的硅酸盐水泥、普通硅酸盐水泥或矿渣硅酸盐水泥,其强度等级宜为 42.5,硅酸盐水泥和普通硅酸盐水泥宜与矿物掺和料一起使用。

钢纤维混凝土有优越的抗爆性能,根据试验研究,当钢纤维的体积含量为 5% 及以上时,施工搅拌比较困难;当钢纤维的体积含量低于 3% 时,与同等级的混凝土相比,其抗常规武器侵彻能力提高很少。而当钢纤维体积含量为 3%~4% 时,施工比较容易,采用标准养护,其立方体强度一般高于 70MPa。

相对于混凝土和钢筋混凝土,钢纤维混凝土的价格比较高,从建设费用角度,轨道交通地下工程主体结构宜采用混凝土和钢筋

混凝土,承载力要求较高的工程宜采用钢纤维混凝土。

5.2.2 动荷载作用下材料强度综合调整系数,是由三个因素决定的:其一是现行国家标准《建筑结构可靠度设计统一标准》GB 50068 规定的材料分项系数,其二是材料在快速加载作用下的动力强度提高和有些材料的后期强度提高,其三是根据防护工程结构构件的受力特点进行的可靠度分析。

与核爆动荷载相比,常规武器爆炸动荷载有所不同,其作用时间短,加载速率更高,因而材料在常规武器爆炸动荷载作用下的强度提高系数比核爆情况下要高,但与核爆动荷载作用下的强度提高系数相比,两者相差不到 10%,为减小结构设计人员工作量,本规范将核爆和常规武器爆炸动荷载作用下的强度提高系数统一取核爆动荷载作用下的强度提高系数。

5.2.4 试验证明,动荷载作用下钢筋弹性模量与静荷载作用下相同;混凝土的弹性模量和砖石砌体的弹性模量是静荷载作用时的 1.2 倍;动荷载作用下的各种泊松比,均同静荷载作用下的数值。

5.3 常规武器作用计算的一般规定

5.3.1 常规武器爆炸空气冲击波升压时间非常短,几乎为零,计算表明,用等冲量无升压时间的三角形波形代替实际波形,对结构动力响应的计算结果相差无几,但对防护门或防护密闭门的反弹计算影响较大。

5.3.2 常规武器爆炸土中压缩波有一定的升压时间,对浅埋工程而言,虽然升压时间较小,但对结构的动荷载计算有明显的影响,不能忽略。

5.4 防常规武器的结构荷载计算

5.4.2 当常规武器距离土中结构外墙一定距离的地面爆炸时,自由场可分为三个区,如图 1,Ⅰ区为直接地冲击区,对应的 α_i 为

$30^{\circ}\sim 45^{\circ}$ ；Ⅱ区为混合区，直接地冲击和感生地冲击同时起作用；Ⅲ区为表面影响区，对应的 α_2 为 $20^{\circ}\sim 25^{\circ}$ ，主要由空气冲击波引起的感生地冲击起作用。

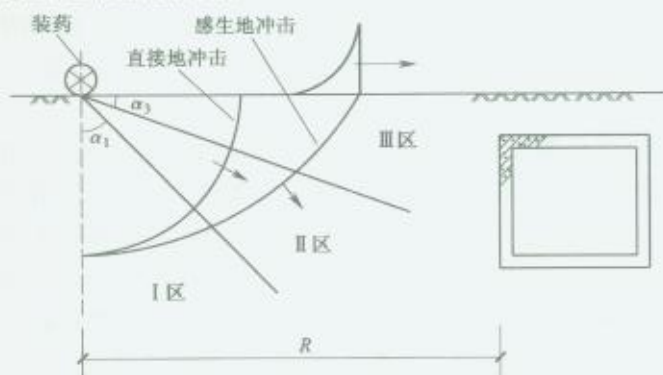


图1 常规武器地面爆炸土中自由场分区示意

对常见浅埋轨道交通地下工程和规定的爆距(装药中心至外墙的距离)而言,工程一般处在表面影响区,作用在顶盖上的荷载主要由感生地冲击产生,直接地冲击所产生的顶盖荷载可以忽略;而作用在侧墙上的荷载则比较复杂,有可能是感生地冲击产生的荷载占主要地位,也可能是直接地冲击产生的荷载占主要地位,具体情况视爆距、结构埋深以及介质特性等因素决定。

试验和数值计算结果均表明,土中压缩波压力作用时间,比地面冲击波正压作用时间延长很多,一般延长系数达到 $1.5\sim 2.0$ 。从试验结果和数值计算结果看,在埋深 2m 左右,作用时间延长系数达到 2.0 左右,更深处延长系数增长比较缓慢,故本条规定在埋深 2m 处,取 $\theta=2$,埋深超过 2m ,也取 $\theta=2$ 。

根据已有的试验和数值模拟计算结果,本规范规定常规武器作用下的土中结构荷载按感生地冲击荷载计算,由于考虑了波长延长因素,实际上也就考虑了结构外墙下半部分直接地冲击的影响。

当结构柱网布置均匀时,计算板块可选择边跨板块,第二跨板

块的等效静荷载可近似取计算板块等效静荷载的 0.75 倍,第三跨板块及其他中间跨板块的等效静荷载可近似取计算板块等效静荷载的 0.50 倍。

当结构柱网布置不均匀时,计算板块可选择边跨板块和第二跨板块,第三跨板块及其他中间跨板块的等效静荷载可近似取边跨板块等效静荷载的 0.50 倍。

结构底板荷载是由于常规武器爆炸作用在结构顶盖上的感生地冲击,使得结构向下运动而产生的地基反力。

5.4.3 设置有下沉式广场的工程,当常规武器在下沉式广场爆炸时,空气冲击波遇到结构临空墙时产生反射,反射压力即是作用在临空墙上的动荷载。

5.4.4~5.4.6 常规武器在出入口外爆炸时,空气冲击波可能对孔口及防护设备造成严重破坏。本规范采用了总参工程兵第四设计研究院等单位对常规武器在出入口外爆炸冲击波沿通道的传播规律的研究成果,针对一般轨道交通地下工程出入口的情况,本规范公式(5.4.6-2)未考虑出入口外壁面的影响,对设置梯段或坡道的出入口,计算公式中的 L 应取斜线长度。

5.4.7 防护门、防护密闭门和活门等的设计抗力,是以核爆空气冲击波超压来定义的,这对超压峰值高、作用时间短的常规武器爆炸空气冲击波是不适宜的。为便于设计人员正确选择常规武器爆炸作用下门的设计抗力,本条给出了常规武器爆炸空气冲击波超压等效为突加平台型动荷载超压的换算公式,等效原则是两种动荷载作用在门上的等效静荷载相等,即公式(5.4.7)。运用该公式计算等效超压应注意:计算 q_t 时所采取的允许延性比应与公式(5.4.7)中的 $[\beta]$ 一致。

5.5 核爆炸地面空气冲击波及土(岩)体压缩波参数

5.5.1 地面空气冲击波参数与核武器爆炸当量和爆炸高度有关。为便于结构计算,通常用线性衰减等效波形来表示超压随时间的

变化规律,因为工程结构在冲击波超压作用下,其最大响应往往发生在超压波形的早期,并且对土(岩)体中压缩波来说,其升压和降压规律都可近似为线性,故提出在峰值处按切线或按等冲量原理简化比较合理。何时用切线,何时用等冲量,应根据结构特性和受力特性确定。当结构最大响应发生在超压已衰减到零之后,应按等冲量简化;如结构最大响应发生在超压波形早期,应按切线简化。

5.5.2 在土中结构荷载的计算中,往往是土性参数的精度决定着计算结果的精度,而表 5.5.2-1~表 5.5.2-3 是就一些典型情况给出的非常简单的数据表,一般轨道交通地下工程设计时,如有实际测定的土性参数,应根据实际测定的土性参数进行设计。

5.5.3 核爆土中压缩波波形,主要取决于土的应力-应变关系,其升压规律容易根据波动理论给出,而降压规律根据试验确定是方便的,工程设计中,都可简化为直线。

5.6 核爆炸动荷载

5.6.1、5.6.2 为提高结构设计计算精度,计算时应尽量采用工程所在地的实测土体动力性质参数值。

当结构顶盖覆土厚度 h 大于或等于结构不利覆土厚度 h_m 时,综合反射系数 K 主要考虑了不动刚体的反射系数、结构位移影响系数和结构变形影响系数等因素。表 5.6.2 是根据黏性土(c_0 取为 250m/s, γ 取为 2.0, ρ 取为 1800kg/m³)、砂土(c_0 取为 300m/s, γ 取为 1.5, ρ 取为 2000kg/m³)中各类常见结构按综合反射系数公式计算并分析归纳后提出的,计算中各参数按不利情况取值。

顶盖覆土厚度 h 大于或等于 h_m 时,结构最大变形发生时间 t_m 不大于反射压力作用时间 t_d ,反射压力全起作用,因此,顶盖荷载波形(图 2)可视为三角形,此时,综合反射系数可以直接求出。而当 h 小于 h_m 时,则属于 t_m 大于 t_d 或 t_m 大于或等于 t_d 的情况,此时,反射压力对结构变形起部分作用或起很小作用,如把结构顶

盖荷载波形仍按三角形考虑,反射压力的动力效果可以通过调整综合反射系数来体现;当覆土 h 为零时, K 取 1.0;覆土 h 在 $0 \sim h_m$ 时, K 可按线性内插。

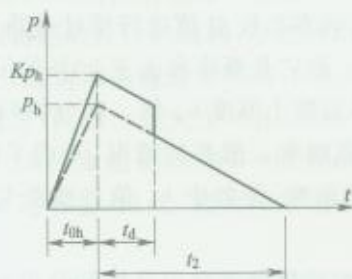


图2 核爆作用下土中结构顶盖荷载简化波形

本规范考虑到轨道交通地下工程的抗力级别比较低,应变硬化介质中传播的是冲击波,所以结构按不动刚体考虑,土可按线性弹性介质考虑。因而规定:当 P_b 大于或等于 $20\alpha_1$ 时,平顶结构的综合反射系数取 2.0。

5.6.3 由于土中压缩波随传播距离的增加,峰值压力减小而作用时间增长,相应的结构动力效应逐渐降低;另一方面,当压缩波遇到结构顶盖时将产生反射,反射压缩波朝相反方向传播,当它到达自由地表时形成拉伸波。拉伸波所到之处压力迅速降低,当拉伸波遇到结构顶盖时,顶板压力随之下降。如果结构埋深较深,在拉伸波到达结构顶板之前,顶板可能已经达到最大变形,因而,拉伸波不能起到卸载作用;若顶板埋深较浅,由于拉伸波产生的卸载作用,将会抵消大部分入射波在顶板形成的反射作用。按以上多种影响因素综合考虑,承受压缩波作用的土中浅埋结构,会有一个顶盖不利覆土厚度。

研究表明,顶盖不利覆土厚度主要与地面超压、结构自振圆频率及结构允许延性比等因素有关,表 5.6.3 中数据是根据计算并分析归纳后提出的。土性参数取值与表 5.6.2 基本相同,结构自振周期 T 取小值,亦即结构自振圆频率 ω 取较大值时, h_m 值偏

小,则综合反射系数偏大,所以偏于安全。由于同一抗力级别的工程结构的 ω 值随结构类型、跨度、截面厚度不同,会有很大的差别,这里根据对各类结构截面厚度变化的大量计算结果(5244种)和各类结构自振圆频率系数 Ω 值进行统计分析,给出概率和大于90%的 ω 上限值(一般它是概率和大于90%的下限值的1.5~2.0倍左右),来确定不利覆土厚度 h_m 值。在分析归纳表5.6.3时,对跨度小、结构自振圆频率 ω 值高的情况,考虑了结构整体位移、土应变速率等因素的影响,使表中 h_m 值比按简化公式计算的值略大。

5.6.4 土体卸荷拱成拱厚度取值是按卸荷拱承载能力为0时确定的。防核武器最小安全防护层厚度,是指在核爆动荷载作用下,结构上的动荷载为零时的毛洞顶以上土层厚度。

5.6.5 当采用暗挖法施工的毛洞拱顶以上土层厚度小于成拱厚度时,顶拱以上土层的承载能力较小,可以忽略,故应按明挖法施工的有关规定确定荷载。

5.6.6 当采用暗挖法施工的毛洞拱顶以上土层厚度大于防核武器最小安全防护层厚度时,土体卸荷拱可以承受核爆压缩波荷载,衬砌结构只承受静荷载作用。

5.6.8 开敞式防倒塌棚架由承重的顶板、梁、柱和非承重轻质围护墙(围护墙不与柱子和梁锚固)组成。所谓开敞式防倒塌棚架是指在核爆冲击波到达的一瞬间,四周的围护墙首先遭到破坏被吹走,只剩下承重结构。开敞式防倒塌棚架所承受的荷载包括两部分:首先承受核爆地面冲击波荷载,后承受地面建筑物的倒塌荷载。对于棚架中细长形梁、柱构件,主要承受核爆空气冲击波动压作用,水平等效静荷载标准值是按不规则反射区空气冲击波动压

值计算公式 $q = \frac{3.75\Delta P_m^2}{0.72 + \Delta P_m}$ 求得,构件允许延性比 $[\beta] = 1.5$ 。当

棚架位于不规则反射区时,冲击波传播方向与顶面平行,因而顶板上下合成荷载等于零,顶板只承受地面建筑物的倒塌荷载。

5.6.9 在核爆动荷载作用下,室外出入口通道结构,既受土中压缩波外压,又受自口部直接进入的冲击波内压,由于两者作用时间不同,难以综合考虑。对无顶板的敞开段通道,试验表明,仅按外部土压和地面堆积物超载设计的结构,在核爆动荷载作用下,没有出现破坏堵塞情况,因而本条规定敞开段不考虑核爆动荷载。对有顶板的封闭段通道,内压一般大于外压,但在内压作用下,土中通道结构受周边土体约束阻碍作用,一般只出现裂缝而不致向通道内侧倒塌使通道堵塞,因此,封闭段通道只考虑承受外压作用。

5.6.10 试验表明,无论对中间有支撑墙的封闭楼梯间或中间无支撑墙的开敞式楼梯间,在休息平台或踏步板正面受冲击波作用后,经过几毫秒时间冲击波就绕射到反面,使平台和踏步板几乎同时受到两个方向相反的动荷载。在冲击波作用初期,平台板和楼梯板所承受的正面压力大于反面压力,而在冲击波作用后期,反面压力大于正面压力。因此,对楼梯间休息平台和踏步板应按正面和反面不同时受荷分别计算。本条是在试验资料基础上,取构件正面反射系数 1.2,考虑到楼梯踏步板与休息平台板为非主要受力构件,动力系数取 1.05,反面荷载取正面荷载的一半,由此得出表 5.6.10 中的荷载标准值。

5.6.11 表 5.6.11-1 中的第一道防护门(防护密闭门)上的空气冲击波超压设计值是按经验公式计算,并结合试验资料得出的。表 5.6.11-2 中的等效静荷载标准值是根据门的类型和功能,取不同的允许延性比计算动力系数而得出的。允许延性比取值:平板防护门和活门取 3.0;平板防护密闭门取 1.5。

5.6.12 第一道防护门(防护密闭门)门框墙的等效静荷载标准值是按防护门门框墙允许延性比取 1.5,活门门框墙允许延性比取 1.5,防护密闭门门框墙允许延性比取 1.0 计算得出的。主要基于以下考虑:

- 1 出入口是整个工程的薄弱环节,第一道防护门或防护密闭

门是整个工程重要的防护设备,门框墙作为门的支撑构件,其重要性是不言而喻的,一旦门框墙出现问题,整个工程就很难保证其应有的功能;

2 门框墙的受力比较复杂,规范所提供的方法是简化方法,与实际情况有所差异;

3 门框墙的造价在整个工程造价中所占比例很小,适当提高其设计标准,对工程造价不会产生大的影响。

5.6.13 作用在临空墙的动荷载是空气冲击波反射压力,其等效静荷载标准值可根据临空墙内房间的重要性的功能,选择其允许延性比,确定其动力系数。

5.6.14 扩散室与土(岩)体直接接触的外墙、顶板和底板,与通道封闭段一样承受内压和外压作用,内压一般大于外压,在内压作用下,结构受周边土体约束阻碍作用,一般只出现裂缝而不致向扩散室内倒塌,因此,扩散室与土(岩)体直接接触的构件只考虑承受外压作用。扩散室与工程内部相连的隔墙则只承受余压作用,本条动力系数取 1.30 是按隔墙的允许延性比取 1.5,考虑到扩散室的扩散作用,余压作用的动力效应降低,动力系数乘了一个 0.85 的折减系数。

5.6.15 轨道交通地下工程相邻防护单元之间隔墙的水平等效静荷载标准值来源于总参工程兵第四设计研究院的研究成果。

5.7 结构动力计算

5.7.1、5.7.2 轨道交通地下工程结构的弹塑性动力分析方法,目前常用的有两种:等效静荷载法、有限自由度体系动力分析方法。

1 等效静荷载法是将结构简化为一个单自由度体系,用结构动力学方法求动力系数,再用动力系数乘以荷载峰值压力,给出等效静荷载,将动荷载表示为静荷载的形式,然后按静力结构的设计计算方法进行内力计算。对于复杂结构,它允许将其拆成简单结

构或单个构件进行动力分析,求得动力系数,进而求得简单结构或构件上的等效静荷载。一般而言,将复杂结构拆为简单结构或构件所带来的误差,与等效静荷载法本身误差相协调。

等效静荷载法简单适用,一般可以满足工程设计要求。与土性参数的误差相比,等效静荷载法带来的误差是可以接受的。所以,本规范推荐采用等效静荷载法。

2 采用多自由度体系分析内力,往往将结构简化为有限个自由度体系,然后按结构动力学方法求解,直接求出各控制断面的内力。

对于轨道交通地下工程结构,在荷载确定的前提下,采用多自由度动力分析方法,可以提高计算精度。当 ωt_{0h} 小于 4 并且跨度大于 5m 时更为明显。

对于动荷载作用下的常用结构(如直墙拱、圆形等衬砌)和基本结构构件(如梁、板、拱、壳等)的内力计算,我国许多科研设计单位、高等院校等单位已做过许多工作,编制了不少计算程序和一些应用图表,可供设计时使用。

3 如果结构动力分析的目的是分析结构的运动状态,或者是重要的人防工程结构,可采用数值计算方法。

5.7.3 结构或构件的允许延性比 $[\beta]$,系指结构或构件允许出现的最大变位与弹性极限位移的比值。显然,当 $[\beta]$ 小于或等于 1 时,结构或构件处于弹性工作阶段,当 $[\beta]$ 大于 1 时,结构或构件处于弹塑性工作阶段。允许延性比虽不能完全反映结构或构件的强度、挠度及裂缝开展等情况,但与这三者都有密切的关系,且能直接表明结构或构件所处极限状态。根据国内外大量试验资料,用允许延性比表示结构或构件的工作状态,既简单适用,又比较合理,故本规范采用允许延性比 $[\beta]$ 表示结构或构件的工作状态。结构或构件的允许延性比主要与结构材料、受力特征和功能要求等有关。如结构或构件的允许延性比取值较大,则能较多地吸收动能,对抗爆非常有利。表 5.7.3 中 $[\beta]$ 取值是在综合国内外研究成

果基础上,结合轨道交通地下工程特点得出的。考虑到常规武器对结构的破坏局限在一定的范围,因而,在常规武器动荷载作用下,对结构或构件的允许延性比要求适当降低了一些。

5.7.4 当结构或构件简化为等效单自由度体系时,结构或构件的动力系数可根据动力响应分析得出。对理想弹塑性结构或构件,其动力系数大小与动荷载波形、结构或构件的自振圆频率和允许延性比相关:

1 当核爆动荷载简化为无升压时间的三角形时,由于其有效正压作用时间远远大于结构或构件达到最大变位的时间,因此,动荷载波形可进一步简化为突加平台型。从结构动力学可以得知,在突加平台型荷载作用下,结构或构件的动力系数仅与允许延性比有关,与结构或构件的其他特性无关。

2 当核爆动荷载简化为有升压时间的三角形时,由于作用时间往往比结构达到最大变形时间大很多,甚至几倍到十几倍以上,因而,土中压缩波形可简化为有升压时间的平台型,这样处理明显简化了计算,误差也在允许范围内。

3 当常规武器爆炸动荷载波形简化为无升压时间的三角形时,由于其等效作用时间较短,结构或构件达到最大变位的时间可能超过动荷载作用时间,结构或构件的动力系数表达式(5.7.4-5)为结构动力响应解析解。

4 当常规武器爆炸动荷载波形简化为有升压时间的三角形时,由于升压时间和作用时间都较短,结构或构件的动力系数可近似地表示为式(5.7.4-6)的形式,误差一般不超过10%。

5.7.5 对防核武器抗力级别较低的土中明挖施工的人防工程,总参工程兵科研三所进行了深入研究,表5.7.5中数据采用了该研究成果。

覆土厚度 $h=0\sim 2h_m$ 时的结构顶盖动力系数 K_{d1} 是和结构不利覆土厚度 h_m 配套使用的。当 $h=0$ 时, K_{d1} 是确定值(表5.7.5中 K_{d1} 的上限),由公式(5.7.4-1)计算,它取决于顶盖结构或构件

的允许延性比 $[\beta]$ 。当 $h=h_m$ 时,总动力系数主要取决于 $[\beta]$,从中提出综合反射系数,剩下的就是 K_{d1} 。由于按统计概率和为90%的结构自振圆频率上、下限比为1.5~2.0,所以相应的结构不利覆土厚度的上、下限之比也应为1.5~2.0,为偏于安全,认为结构自振圆频率下限值和不利覆土厚度下限,对应着不利覆土厚度处的 K_{d1} 值的下限,并取结构不利覆土厚度下限等于2倍不利覆土厚度上限,即取 $2h_m$ 。显然,这对90%以上的结构都是安全的。

5.7.6 结构自振圆频率要采用结构等效单自由度体系的自振圆频率,且不需要作附加质量的修正。这是因为在土体—结构的相互作用研究中,已把其影响考虑到结构荷载中去了。

在动载作用下,只有当动载的分布形式与惯性力的分布形式始终一致时,或者说只有当动载作为静力作用时的挠曲线形状与动载的分布形式完全一致时,才能产生一个不变的振型即主振型而可将构件看成为单自由度体系。因此,从将一个具有分布质量(具有无限多自由度)的真实构件简化为等效单自由度体系的推导过程中,关键的一步是假设真实结构是按与动荷载相应的静荷载作用下的挠曲线作为振型,从而简化为单自由度体系。并以此振型所对应的频率求得动力系数,进而求得变形和内力。

5.8 内力分析和截面设计

5.8.2 现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010—2002、《钢结构设计规范》GB 50017—2003 等相关规范均已根据现行国家标准《建筑结构可靠度设计统一标准》GBJ 50068—2001的规定进行了相应的修订。鉴于轨道交通地下工程结构在进行防护设计时其结构可靠度设计方法上有明显的特殊性,又考虑到与其他规范的相关性,本条的公式是根据现行国家标准《建筑结构可靠度设计统一标准》GBJ 50068—2001,并考虑了轨道交通地下工程结构在进行防护设计时的特点而提出的。

5.8.4 梁板体系和板柱结构中板的内力计算,一般要考虑塑性内力重分布。当板的周边支座横向伸长受到约束时,板内产生面力效应(又称拱效应或薄膜效应),板平面内的推力,对提高板的抗弯承载能力是有利的。为计算简便,在计算内力时不考虑推力的有利作用,仅对跨中截面的计算弯矩予以折减。

5.8.5、5.8.6 试验表明,属脆性破坏构件的安全储备小,属延性破坏构件的安全储备大,为了各构件安全储备接近,本规范对动荷载计算时的材料强度设计值作了调整。

5.8.7 动荷载作用下钢筋混凝土受弯构件斜截面受剪性能相当复杂,国内外对钢筋混凝土构件的抗剪能力进行了大量研究,提出了不少实用计算方法。为了设计人员使用方便,本规范规定的动荷载作用下钢筋混凝土受弯构件斜截面受剪承载力计算公式,仍采用了现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010—2002的设计表达式,材料强度采用了动荷载作用下的材料强度值,并吸收了近几年国内外的有关研究成果。

1 抗爆结构设计的基本原则之一是构件的破坏必须是弯曲破坏而不是剪切破坏,即必须保证构件的抗剪能力大于抗弯能力。试验表明,在瞬间强动载作用下,钢筋混凝土构件更易产生剪切破坏,这种情况在常规武器爆炸作用下容易出现,与核爆荷载相比,常规武器爆炸荷载作用时间短,分布范围小,高次振型影响大。为防止构件的剪切破坏发生在先,本规范引入了一个动荷载效应影响系数 β_d 。

2 在动荷载作用下箍筋的抗拉强度设计值取 $0.75f_{yd}$ 。

5.8.8 当受拉钢筋配筋率大于 1.5% 时,按公式(5.8.8-1)和公式(5.8.8-2)的规定,只要增加受压钢筋的配筋率,受拉钢筋配筋率可不受限制,显然不够合理。本规范对此进行了限制,表 5.8.8-1 中数值是按 C30 混凝土和 HRB335 级钢筋的受拉钢筋最大配筋率为 2.5%,并与单筋截面混凝土受压区高度比相等的原则,推导出其他混凝土和钢筋等级所对应的受拉钢筋最大配筋率。

5.9 防护设备门框墙的设计与计算

5.9.1 门框墙为开孔平板或拱板,门洞尺寸相对较大,整体计算相当复杂。为简化计算,将其门框侧墙、上挡墙和门槛划分为独立的构件,进行内力分析是可以满足工程设计要求的。

5.9.2 防护设备的门框墙,一方面承受空气冲击波直接作用,另一方面,门框墙作为门的支撑构件,还要承受门传来的荷载;故本条规定了门框墙要同时考虑这两种荷载。另外,在荷载作用下,平板门与门框墙接触处要产生横向摩擦力,由于试验数据不足而难以考虑,为偏于安全,本规范没有考虑平板门与门框墙接触处的摩擦有利作用。

5.9.3 平板门传给门框墙的切向力是按弹性薄板理论求解得出的,另外,为避免设计人员出错,本条规定了 a 为单个门扇的宽度, b 为单个门扇的高度。

5.9.4 轨道交通地下工程中采用防护密闭封堵板封堵的情况较多,封堵板模数化宽度一般在 1000mm 左右,可视作两边简支受弯构件。按规范第 5.4.4 条和 5.6.11 条中的防护密闭门等效静荷载标准值,即封堵板的动力系数为 2.0,与防护密闭门门框墙的动力系数相同,也即作用在防护密闭封堵板上的等效静荷载标准值可按防护密闭门门框墙上等效静荷载标准值取用。

5.9.5 平板门或拱拉板门门框墙的受力特征与剪跨比有关,一般而言,当 C/h_0 大于 1 时,弯曲应力占主导地位,其受力机理接近悬臂梁;而当 C/h_0 小于或等于 1 时,其受力机理接近牛腿。

5.9.6 上挡墙和门槛的受力比较复杂,一方面承受水平荷载(空气冲击波直接作用和门传来的荷载),另一方面,还要承受顶板或底板传来的竖向荷载。设计人员往往注重前者而遗漏后者,为确保门框墙设计不出错,本条对此进行了强调。由于顶板或底板传来的竖向荷载有一定的升压时间,与水平荷载不同步,可以分开考虑。

5.9.7 防护设备门框墙在整个工程中占的比例不大,但非常重要,为此,本条对门框墙的构造要求进行了严格的规定。考虑在常规武器作用下,门的反弹作用较大,本规范对门框侧墙水平受力钢筋的锚固作了更为严格的规定。

5.9.8、5.9.9 通道结构为门框墙的支撑结构,为满足防护和密闭要求,门框墙应与通道结构整体浇筑,通道结构还应能够承受门框墙传来的弯矩、剪力和轴力,否则,门框墙设计得再好,也无法起到其应有的作用。

5.9.10 轨道交通地下工程中,穿越各口部门框墙的管线较多,部分管线如冷冻机房的水管管径达 DN300 以上,在对套管、管线采取防护密闭措施的同时,如不采取洞周加强措施将对门框墙的防护密闭性能造成破坏。

5.9.11 在逆作法或盾构法施工条件下,门框墙与周边结构无法同步整体浇筑(如车站出入口或风道采用盖挖逆作时,门框墙无法和通道结构同步施工完成;再如区间隔断门处,因保证盾构机先期组装或拆解、掘进或出洞需要,隔断门门框墙结构不能随盾构工作井结构一同施工),门框墙钢筋也无法一次绑扎成型,这种情况下一般采取在先期施工的结构中预埋门框墙钢筋的锚固段和钢筋接驳器,后期施工门框墙结构时将门框墙钢筋与锚固段接驳,然后再浇筑门框墙混凝土;有些先期施工的门框墙连接结构具备植筋连接条件和满足植筋条件下的受力要求,也可采用后植筋连接方式进行钢筋连接。植筋连接的详细技术要求在现行国家标准《混凝土结构加固设计规范》GB 50367 中有详细规定。

5.9.12 正线上防护密闭隔断门与过江(河)段两端防淹门合并设置时,隔断门处门框墙除了要考虑冲击波荷载作用外,还要考虑防淹水荷载的作用。防淹水荷载是静荷载,冲击波荷载是动荷载,两者不同时作用,应分别计算两种荷载组合效应,取其中的不利结果对门框墙进行设计。防淹水荷载作用下的门框墙计算应满足国家现行标准《水工混凝土结构设计规范》DL/T 5057 的相关要求。

5.10 构造规定

5.10.2 工程围护结构(衬砌)或构件,其截面厚度除按计算确定外,尚不应小于表 5.10.2 所规定的数值,截面最小厚度是根据工程围护结构(衬砌)或构件防护、防水及施工要求确定的。

5.10.3 防护密闭门至密闭门的防护密闭段,既是工程口部,又是工程最重要部位,结构防护、密闭要求高,应采取整体现浇钢筋混凝土结构。考虑到轨道交通地下工程口部一般尺寸较大,施工受影响因素较多,整体现浇比较困难,具体施工时可能分段浇筑,但对施工缝必须采取可靠的处理措施保证分段浇筑的密闭可靠性。防护密闭段不得设置沉降缝和伸缩缝。

5.10.4 现行国家标准《地铁设计规范》GB 50157 根据工程设计使用年限 100 年对材料耐久性的要求对钢筋混凝土受力钢筋以及非受力钢筋的最小保护层厚度已经作了较严格的规定。

5.10.6 因承受动荷载作用的钢筋混凝土结构梁、板、柱、墙、拱等构件将产生往复振动,故应双面配筋。鉴于一些整体现浇钢筋混凝土人防工程结构(衬砌)因分布钢筋配置量较少而出现温度伸缩裂缝的教训,以及近些年来的工程实践经验,本规范建议整体现浇钢筋混凝土板、墙、拱每面的分布钢筋配筋率不宜小于 0.15%,且间距不应大于 250mm。

5.10.7 为了使钢筋混凝土连续梁支座及框架、刚架节点部位在动荷载作用下具有较好的延性,避免因箍筋配置不够而在这些部位过早地产生脆性破坏,本条对箍筋最小体积配筋率及其构造要求作了较严格的限制。

5.10.8、5.10.9 两条对圆柱纵向钢筋最低根数和圆柱纵向钢筋宜沿截面周边均匀布置作了规定。

根据动荷载试验,柱的配筋率超过 2.5% 时,仍有较好的延性。国外有关资料规定,钢筋混凝土柱在动荷载作用下,纵向钢筋配筋率可达 8%。根据国内外的有关资料并参照现行国家标准

《混凝土结构设计规范》GB 50010—2002 的有关规定,本条规定在动荷载作用下柱中全部纵向钢筋配筋率不得超过 5%,当柱中的纵向受力钢筋配筋率超过 3%时,应对柱的箍筋直径、间距及配箍方式作严格的限制。

5.10.11 双面配筋的钢筋混凝土顶板、楼板、底板、墙及壳,为保证构件在动力响应过程中钢筋与受压区混凝土共同工作,在上、下层或内、外层钢筋之间设置一定数量的拉结筋是必要的。

5.10.12 对轨道交通地下工程而言,战时有可能发生常规武器“误中”的情况,为了减少常规武器直接命中对工程内部人员和物资所造成的损失,必须对轨道交通地下工程划分防护单元。

当常规武器直接命中工程时,可能发生两种情况:

第一种情况,工程埋深较深,结构顶板厚度较大,或常规弹头的侵彻能力较弱,弹头在工程顶盖上爆炸,可能在顶盖上炸出一个大洞,有一部分爆炸冲击波和碎片进入工程内部。由于防护单元内部空间的扩散作用,进入工程内部的冲击波峰值超压会大大降低,爆炸冲击波和碎片通过孔洞进入工程内部,按照规范规定的防护单元面积和常见工程结构顶盖厚度,250mm 厚的钢筋混凝土隔墙是可以抵抗住工程内部超压和碎片的。

第二种情况,常规弹头进入工程内部后爆炸,这种情况下,被命中的防护单元内部空气冲击波超压非常大,防护单元内部将遭到严重破坏,如果要使防护单元隔墙免遭破坏,防护单元隔墙厚度必须设计得很厚。由于设置防护单元的工程本身没有考虑常规武器直接命中,若将防护单元隔墙的抗力提高得过高,这不仅会增加工程造价,而且会造成防护单元隔墙与主体结构其他部位抗力不相适应。

综合考虑防护单元隔墙防常规武器、防核武器、防生化、防火、结构刚度等要求,本规范提出了防护单元隔墙最小厚度,且应双面配筋,每面配筋率不小于 0.25% 的要求。

5.10.13 对双层及多层明挖车站,在动荷载作用下,楼板产生惯

性往复运动,故应双面配筋,为保证楼板在动力响应过程中钢筋与受压区混凝土共同工作,在上、下层钢筋之间设置一定数量的拉结筋是必要的。

5.10.15 轨道交通地下工程在动荷载作用下,结构的整体运动较小,砌体材料构筑的非承重墙只要有可靠的连接措施,可确保其在结构整体运动中不发生倒塌。故本条对砌体材料构筑的非承重墙与结构的连接提出了较为严格的要求。

5.10.16 轨道交通地下工程杂散电流腐蚀防护的问题非常重要,如果处理不好将直接影响防护设备的正常使用性能和使用寿命,尤其是处于正线上的防护密闭隔断门的杂散电流腐蚀防护处理。杂散电流同时对门框墙的防护密闭性能也有极大的威胁。一般轨道交通地下工程在整体道床中设置排流钢筋网作为主排流网,在隧道结构中通过结构钢筋的电连接作为辅排流网,两者非电气连接,有各自的接地处理。在轨道交通地下工程防护设计中,正线上的隔断门门框墙钢筋是与隧道结构中的辅排流网电气连接的,为保证工程的杂散电流防护要求,必须保证正线上的隔断门门框墙钢筋与整体道床中设置的排流钢筋网非电气连接。

5.11 平战转换设计

5.11.1 轨道交通工程的一次性平战转换设计对保证工程的战时功能至关重要,是保证工程战时功能正常发挥的基本前提。

5.11.2 临战时实施平战转换如采用现浇混凝土,由于混凝土达到设计强度需要较长的养护时间,无法保证工程在规定的转换时限内完成平战功能转换,因此规范限制临战时采用现浇混凝土实施平战转换。要求预制构件工程施工时一次做好、就近存放,也是为了保证工程能在规定的转换时限内完成平战功能转换。

6 孔口防护设备

6.1 一般规定

6.1.2 为保证实现轨道交通地下工程人防平时防灾、战时防空的功能,根据国家人民防空办公室的相关要求,防护设备应选用国家人民防空办公室许可定点企业的产品。

6.2 人员出入口

6.2.1 战时人员出入口是设防的重点,设置一道防护密闭门和一道密闭门既可确保防护密闭功能的实现,同时在防护密闭门和密闭门之间可形成密闭通道或防毒通道,或兼做简易洗消间。

6.2.2 轨道交通地下工程的临战封堵量大面广,非战时人员出入口的封堵优先选用防护密闭门,可确保战时的快速转换,提高整个工程的平战转换效率,同样,战后转为平时使用也方便。若采用防护密闭封堵板进行封堵,为确保战时在规定的平战转换时限内完成平战功能转换,其封堵板必须一次设计、加工到位。

6.2.3 为保障工程的平时使用功能,方便人员的进出,人员出入口的防护设备应保证其门框平面与装修后的地坪平齐,具备此种功能并已在轨道交通地下工程中应用的防护设备类型有活门槛式、升降式和无门槛式。

6.3 通风口

6.3.2 门式清洁式通风系统是目前解决轨道交通地下工程平时风量很大、战时风量较小矛盾,实现平战转换快捷、节省土建和设备投资的最好方案。具体做法是在平时风道内由外向内依次设置带消波系统的防护门如胶管活门防护门、带密闭阀门的防护密闭

门和带风机的密闭门各一道。战时关门实现隔绝式防护和清洁式通风的要求,平时把门打开,最大限度地满足轨道交通地下工程大风量的需求,平战及战平转换极为方便。根据工程的具体情况,也可设置一道集消波、防护和密闭功能为一体的清洁式通风门和一道带风机的密闭门。

6.3.3 为保证战时超压排风的顺利进行,自动排气活门(或防爆超压排气活门)、密闭阀门等用于进行超压排风的设备不应设置在出入口防护设备的门扇上,一般可设置在防护设备四周的门框墙上。

6.4 正 线

6.4.1 防护单元之间应设置一道防护密闭隔断门是基于轨道交通地下工程防护单元划分的特点和其位置的特殊性而确定的。作为防护单元分界的防护密闭隔断门一般设置在车站端部的区间隧道正线上或站端正线上,埋深大,两侧连接空间大,对冲击波的空间扩散削减能力强,防毒稀释能力强,同时防护密闭隔断门设计为双向可承受冲击波荷载作用,所以设置一道防护密闭隔断门是满足工程安全防护要求的。

6.4.2 防护密闭隔断门的设置尽量靠近站端,便于维护管理,具体位置应尽量避免平、竖曲线段,特别要避开凹形竖曲线、大坡度地段,同时避开轨道交通地下工程有关下锚段、消防水箱、岔线等设备,方便防护密闭隔断门的设置。门开向下坡方向以确保门扇的开启。

6.4.3 将过江(河)段两端的防淹门与正线上的防护密闭隔断门合并设置,把战时的防护和平时的防灾合为一体,既可节省工程的土建和设备投资,又方便平时的维护和管理。合并后的隔断门要考虑冲击波和水压力两种不同的荷载效应组合,取其中不利结果进行隔断门设计。

6.4.5 线路出入段线的战时防护应与战时人员出入口设置的防护密闭门和密闭门数量相一致,故须设置出入段线防护密闭门和出入段线密闭门各一道。

6.4.7 由于防护密闭隔断门和出入段线防护密闭门、密闭门设置于正线上,与行车安全息息相关,如其定位锁定装置不可靠将给平时的交通运营带来极大的安全隐患。

6.5 连 通 口

6.5.1 连通口的主体结构及防护设备应与所连的防护单元的抗力级别协调一致,这里的防护单元可以是相邻的单独设置的人防工程,也可以是与其它线路换乘的车站。

6.5.2 连通口两道防护密闭门之间设不小于 500mm 的净距,是为了保证当有人员通过时能够持续隔绝。

6.5.3 由于连通口隐式预留无凸出外墙的通道结构,对车站围护结构以及防水没有破坏,给主体结构的平时施工带来很大的方便,将来实施连通口施工时,为了保证主体结构开洞处洞周的强度要求,应在主体结构墙内预设暗梁、暗柱。

6.6 平战功能转换

6.6.1 人员出入口、通风口和连通口中设置的各种门式设备在设计时均要求启闭操作简单、快捷,临战时可以很快关闭,按紧急转换时限要求完成转换是有保证的;这里所说的临空墙防护密闭封堵板通常是指自带周圈密闭功能,战前靠紧固螺栓、楔紧挤紧块就可完成封堵的预制构件,由于封堵板之间有密闭措施,而且封堵板平时随工程同步施工并就近放置,按紧急转换时限要求完成封堵转换也是有保证的。

6.6.2 由于在进入战时状态时预警时间可能会比较长,远超过工程的隔绝式防护时间,因而就存在这样一种情况:通往防护区以外的孔口已封闭,但地下区间正线防护设备(即防护单元之间的防护密闭隔断门)处于开启状态,列车可以保持小规模运营,行使其安全疏散、转移和运输功能。何时关闭防护密闭隔断门应根据战时交通和疏散的要求而定,这也是轨道交通地下工程与一般人防工程的不同之处。

7 通 风

7.0.1 轨道交通地下工程的战时通风设计应符合下列规定:

1 通风方式由车站的防化等级决定:

1) 紧急人员掩蔽部,丁级防化时,按《人民防空工程战术技术要求》和现行国家标准《人民防空工程设计规范》GB 50225 规定,应按清洁式和隔绝式两种通风方式设计,进风系统应设置油网滤尘器;车站仅作为物资储备场所时,没有人员掩蔽要求,战时只要求采取隔绝式防护;

2) 丙级防化应按清洁式通风、滤毒式通风和隔绝式防护时的内循环通风方式设计;滤毒式进风系统应设油网滤尘器和过滤吸收器。

丁级防化与丙级防化相比较,由于没有滤毒式通风,投资可以略小。但它是一种不完全的通风方式,存在显而易见的缺陷:①不能维持工程防毒超压,人员易受染毒伤害;②防毒区人员不能出入,废水不能排放;丙级防化虽比丁级防化投资略大,但可采取临战前才安装滤毒设备的方式,在建设期的投入是极有限的。重要的是给工程留下今后改造、提高的条件。

在轨道交通地下工程防护设计时,一般根据人防规划和各车站重要性的不同划分为重点设防站(重要站)和一般设防站(次要站)。当重点设防站(重要站)和一般设防站(次要站)的防化等级均为丁级时,考虑到轨道交通地下工程车站空间大、公共区人均掩蔽面积远大于 1m^2 的情况,车站即使不进行清洁式通风也可以掩蔽相当长的时间,空气质量仍然可以满足要求,因此对于一般设防站(次要站)当设置战时清洁式进排风系统极为困难时,可仅作为物资储备场所,不作为紧急人员掩蔽部,可只采取隔绝式防护。

2 风量标准及隔绝防护时间,按《人民防空工程战术技术要求》所列二等人员掩蔽部工程的战时新风量标准和隔绝防护时间采用:

- 1) 清洁式通风新风量应不小于 $5\text{m}^3/\text{p}\cdot\text{h}$;
- 2) 隔绝式防护时间:紧急人员掩蔽部不宜小于 3h;
- 3) 滤毒式通风新风量应不小于 $2\text{m}^3/\text{p}\cdot\text{h}$ 。

3 滤毒通风时,主要人员出入口最小防毒通道换气次数及工程内部超压均按现行国家标准《人民防空工程设计规范》GB 50225 所列丙级防化的换气次数和工程应保持超压值采用。

7.0.2 战时通风新风量应符合下列规定:

1 清洁式通风风量标准如第 7.0.1 条规定,掩蔽人数按表 4.2.3 规定,清洁式通风风量按清洁式通风风量、掩蔽人数二者之乘积。

2 滤毒式通风的目的是供给人员新鲜空气,满足最小防毒通道换气和维持清洁区超压等项任务,故应按二种计算风量的大者确定:

1) 车站清洁区掩蔽人数如表 4.2.3 规定,滤毒式通风风量标准如本规范第 7.0.1 条规定,滤毒式通风的第一种计算风量按二者的乘积;

2) 战时主要人员出入口最小防毒通道换气所需风量按最小防毒通道体积与本规范 7.0.1 条规定的换气次数之乘积确定;维持清洁区超压所需的风量可按清洁区体积的 4% 计算。该百分率与工程的密闭性(包括工程结构、施工、通道数量及大小、各种管线及管孔的密闭性)和维持的超压值有关,对于轨道交通地下工程,建议采用 4%。

7.0.3 本条是对战时通风系统的要求。

1 人防工程进风系统配置有消波活门、油网滤尘器、过滤吸收器(丙级防化)等设备,通风系统阻力较大,必须设置机械进风。

由于人防通风进风量通常为平时环控通风进风量的数十分之

一(以某轨道交通地下工程为例,一个车站两个环控进风口,每个口的环控通风进风量约为 $150000\text{m}^3/\text{h}$,风道断面面积不小于 10m^2 ,而人防通风进风量为 $7500\text{m}^3/\text{h}$,仅为环控通风进风量的 $1/20$),因面临战前利用平时环控进风井、进风道改造为战时人防进风井、滤尘滤毒室及进风机室,在建筑空间方面是足够的;在作好预留、预埋工作的前提下,也是可行的,在某轨道交通地下工程的人防通风设计中,已经得以实现。

这种利用平时环控通风井道为战时所用,平时只做好设计和必要的预留、预埋,临战快速安装的做法,由于不设战时进风井道和除尘、滤毒及进风机房,可以缩小建筑面积,省去一大笔一次投资及经常性的维护费用。

3 平时环控送排风设有一套完整的系统,可向站台、站厅各处送排风。战时的人防通风系统设于平时进排风道内,已经纳入了平时环控通风系统,故可以利用平时通风系统,不必另行再设战时人防送排风系统。

4 要求战时进风系统(包括进风井、进风道、进风机室)和战时主要人员出入口分别布置在车站的两端,并作斜对角布置的原因是尽量拉开人防进、排风口的距离,以利于战时通风的气流组织,避免出现通风死角而影响战时人员掩蔽。

5 滤毒式通风时,进风管上应设置两道密闭阀门,第一道密闭阀门应设置在染毒区,最后一道密闭阀门应设置在清洁区;战时排风应设置防爆超压排气活门和密闭阀门,防爆超压排气活门密闭阀门宜设置在门框墙上。

滤毒通风时,主要人员出入口的防毒通道要求有 $(40\sim 50)$ 次/h 的排风换气,故人防通风的排风口选择布置在主要人员出入口。

6 设置测压管用以测定工程内外压差,控制和维持工程超压,确保工程防毒密闭性能。

7 规定除尘、滤毒室在适当位置设吊钩,主要是为了方便战

时滤尘、滤毒设备的出入和施工安装;设置换气短管,满足滤毒室15次/h的换气要求是人防设计规范的要求。

8 滤毒和清洁通风共用一台风机时,连接风机出风口段和清洁式管段之间的连管称为增压管。设增压管是一种防止清洁式管段在滤毒式通风时可能出现含毒空气向工程密闭区内渗漏的简便而有效的措施。

9 设置气密测量管是按《人民防空工程防化设计规范》的要求,用以测定工程口部的防毒气密性能。

10 染毒后的滤尘器和过滤吸收器拟由就近的新风井拆除到地面,不应经过内部清洁区。要求胶管活门门宽应能满足滤尘、滤毒设备通过,是为便于拆除上述设备。

7.0.4 本条是对通风系统的平战结合设计的规定。

战时通风设计必须立足于平战功能快速转换。选用国产定型设备是必须的,否则不能保证快速到货安装。管道的支、吊架要做到定形式、定位置,以便平时做好预埋、预留,把战时的安装工作量减到最小。

8 给 排 水

8.0.1 轨道交通地下工程战时给、排水系统应利用轨道交通地下工程平时系统。轨道交通地下工程的防护单元一般由一个车站(换乘站)及相邻区间段组成,车站平时都设有完整的给、排水系统,在轨道交通地下工程兼顾人民防空工程设计时,应充分利用平时已有的给水系统按人防要求做好防护设计,确保战时各防护单元给、排水系统能独立使用。

设计时应预留战时人员饮用水与战时人员出入口口部洗消用水贮水箱位置,宜预留水箱给水管接口,若不预留水箱接口,水箱预留位置应便于通过软管引接水源。

因蝶阀易受压力波动产生启闭动作,所以蝶阀不宜用作防爆波阀门。

8.0.2 本条为强条,为轨道交通地下工程兼顾人防工程设计中给排水专业与工程防护功能关系最紧密的一部分。

8.0.4 轨道交通地下工程战时的主要功能是保障人员安全交通、转移和物资贮运,轨道交通地下工程车站战时可作为人员紧急掩蔽场所,所以只考虑防护单元内紧急掩蔽人员的饮用水贮存;人员饮用水标准按每人每天 3L 确定也是按战时二等人员掩蔽部人员饮用水标准的下限选取的,贮水时间是按紧急转换时间确定的,紧急掩蔽为人员临时掩蔽,所以只考虑保证紧急掩蔽期间的人员饮用水贮存,不考虑人员生活用水的贮存;战时给水系统应利用平时给水系统,在战时市政管网未遭破坏污染的情况下,在清洁式通风时,可利用平时给水系统供水。

8.0.8~8.0.10 战时有人员出入要求的主要出入口(设防毒通道的出入口)应设置单独的染毒污水排水系统,口部受污染的通道应

设置防爆波清扫口或防爆波地漏。应在防护密闭门和密闭门之间设置染毒污水集水坑,其有效容积不小于 1.0m^3 ,采用移动式污水泵将洗消染毒污水排至城市污水管网;战时有滤毒通风要求的进风竖井底部或水平风道防护密闭门(或防护密闭封堵板)外适当位置应设置集水坑,其有效容积不小于 1.0m^3 ,采用移动式污水泵将洗消染毒污水排至城市污水管网。

9 电 气

9.0.1 轨道交通地下工程无论是平时还是战时都是城市重要的交通动脉,其供电系统有着可靠的保障,如设有多个降压变电站、混合变电站等,每个电站均有两路以上独立城市供电线路引入工程主体,变电站大都设在地下防护区域。对特别重要又对电能质量要求不太高的负荷,采用蓄电池组供电。

目前全国各地轨道交通地下工程各防护单元建筑面积大都大于 5000m^2 ,考虑到其战时主要功能为人员和物资的紧急掩蔽和疏散,而且战时人防负荷通过平时设计均有着可靠保证,因此不强制要求设置地下柴油发电机组。但有条件的城市,人防区域电源和自备电源仍然可以作为战时供电电源的一种选择。

9.0.2 本条文对轨道交通地下工程的战时人防负荷等级作出规定,以正确反映各等级负荷对供电可靠性要求的界限,以利于设计人员进行设计。

9.0.3 本条文明确各级负荷的供电方式,以满足战时各种用电设备的供电需要。

9.0.4 轨道交通地下工程战时隔绝式防护的时间均不小于 3h ,因此对战时一、二级负荷的连续供电时间作出相应要求。

9.0.5 《人民防空工程战术技术要求》规定,城市地下空间的建设应兼顾人民防空的需要。因此,轨道交通地下工程的防护单元、抗爆单元划分,掩蔽人数、风、水、电系统设计标准的确定,应充分考虑轨道交通地下工程的特殊性,基本设防原则就是充分利用轨道交通地下工程自身条件,完善薄弱部位及孔口防护设施,满足人防抗力要求,充分利用现有的风、水、电设备系统,使地下轨道交通工程能够形成比较完整的防护体系,具备比较完整的防护功能。尽

可能少添加甚至不添加人防专用设备。战时供电系统的设计即体现了这一原则。

9.0.6 考虑到轨道交通地下工程平时正常照明和应急照明设计均能满足战时正常照明和战时应急照明要求,本着“兼顾”的原则,对轨道交通地下工程平时电气设计提出要求。

9.0.7 本条对线路敷设作出规定。

1 电气管线进出工程的处理一定要与工程防护、密闭功能相一致,当进出管线的防护密闭措施不到位时,会造成冲击波泄漏进入工程以及漏气、漏毒等现象。

2 如果电缆桥架直接穿过临空墙、防护密闭隔墙和密闭墙,则轨道交通地下工程的防护、密闭性能均被破坏,所以在此处改为电缆穿管方式。

3 保证防护密闭门内的照明和门外的照明互不影响。

S/N:1580177•233



统一书号 1580177-233