

备案号 J 1xxxx-20xx

浙江省工程建设标准 **DBJ**

DBJ 33/T xxxx-20xx

城市轨道交通联络通道工程 技术规程

Technical specification for linkage tunnel engineering of
urban rail transit engineering

(征求意见稿)

202x-xx-xx 发布

202x-xx-xx 施行

浙江省住房和城乡建设厅 发布

前 言

根据浙江省住房和城乡建设厅《关于印发<2022年度浙江省建筑节能与绿色建筑及相关工程建设标准制修订计划>的通知》（浙建设发〔2022〕121号）的要求，标准编制组通过深入调查研究，参考国内外的有关标准，并结合实际工程经验，制定了本标准。

本规程共分为11章。主要包括：总则，术语和符号，基本规定，勘察，设计，施工准备，土体加固施工，开挖及构筑，安全监测，安全文明施工，验收。

本规程由浙江省住房和城乡建设厅负责管理，中国电建集团华东勘测设计研究院有限公司负责具体技术内容的解释。在执行过程中如有意见或建议，请寄送中国电建集团华东勘测设计研究院有限公司（地址：浙江省杭州市余杭区高教路201号；邮编：311120，邮箱：1050696211@qq.com），以供修订时参考。

本规程主编单位、参编单位、主要起草人和主要审查人：

主 编 单 位：中国电建集团华东勘测设计研究院有限公司
杭州市地铁集团有限责任公司

参 编 单 位：

主要起草人：沈霄云 赵 毅 刘长宝 吴 勇 赵良云
施云琼 赵 焕 陈 缘 张雄健

主要审查人：

目 次

1	总 则	1
2	术语和符号	2
	2.1 术语	2
	2.2 符号	3
3	基本规定	6
4	勘 察	8
	4.1 环境调查	8
	4.2 专项勘察	9
5	设 计	12
	5.1 一般规定	12
	5.2 荷 载	12
	5.3 土体加固设计	17
	5.4 矿山法结构设计	20
	5.5 机械法结构设计	23
	5.6 构造要求	27
	5.7 抗震设计	30
6	施工准备	32
	6.1 一般规定	32
	6.2 地层加固	32
	6.3 矿山法	33
	6.4 机械法	33
7	土体加固施工	35
	7.1 地层注浆加固	35
	7.2 地层冻结加固	35
8	开挖及构筑	43
	8.1 矿山法施工	43

8.2	机械法施工	45
8.3	融沉注浆	50
9	安全监测	52
9.1	一般规定	52
9.2	矿山法	55
9.3	机械法	57
9.4	信息化管理	59
10	安全文明施工	61
10.1	一般规定	61
10.2	安全管理	61
10.3	文明施工	62
10.4	应急预案	62
11	验收	65
11.1	矿山法联络通道	65
11.2	机械法联络通道	69
附录 A	地层冻结加固施工应急材料检查记录	70
附录 B	地层冻结加固施工应急设备维修保养记录	71
附录 C	钻孔施工原始记录	72
附录 D	冷冻站运转记录	73
	本规程用词说明	74
	引用标准名录	75
附：	条文说明	77

Contents

1	General provisions	1
2	Terms and symbols	2
	2.1 Terms	2
	2.2 Symbols	3
3	Basic requirements	6
4	Survey	8
	4.1 Environmental investigation	8
	4.2 Engineering investigation	9
5	Design	12
	5.1 General requirements	12
	5.2 Load	12
	5.3 Soil reinforcement design	17
	5.4 Mine method structure design	20
	5.5 Mechanical structure design	23
	5.6 Structural requirement	27
	5.7 Seismic design	30
6	Construction preparation	32
	6.1 General requirements	32
	6.2 Formation consolidation	32
	6.3 Mining method	33
	6.4 Mechanical process	33
7	Soil strengthening construction	35
	7.1 Stratum grouting reinforcement	35
	7.2 Formation freezing reinforcement	35
8	Excavation and support	43
	8.1 Mining method construction	43

8.2	Mechanical process construction	45
8.3	Melt settling grouting	50
9	Safety monitoring	52
9.1	General requirements	52
9.2	Mining method	55
9.3	Mechanical process	57
9.4	Information management	59
10	Safe and civilized construction	61
10.1	General requirements	61
10.2	Safety managemen	61
10.3	Civilized construction	62
10.4	Emergency plan	62
11	Acceptance	65
11.1	Mining method linkage tunnel	65
11.2	Mechanical process linkage tunnel	69
Appendix A Check record of emergency materials for ground freezing reinforcement construction		70
Appendix B Maintenance records of emergency equipment for freezing and strengthening construction		71
Appendix C Original borehole construction records		72
Appendix D Refrigerating station operation records		73
Explanation of wording in this standard		74
List of quoted standards		75
Addition: Explanation of provisions		77

1 总 则

1.0.1 为规范城市轨道交通联络通道工程的技术要求，做到安全可靠、节能环保、技术先进、经济适用，编制本规程。

1.0.2 本规程适用于浙江省城市轨道交通联络通道工程的勘察、设计、施工、监测及验收。

1.0.3 城市轨道交通联络通道工程的技术要求除应符合本规程外，尚应符合国家现行相关标准的规定。

2 术语和符号

2.1 术语

2.1.1 联络通道 cross passage

隧道之间设置的横向逃生通道。通道及泵站因其紧急疏散和汇集、排放区间积水的双重功能而被相辅应用。本规范中的联络通道是通道和泵站的统称。

2.1.2 矿山法 mine tunnelling method

修筑隧道的一种暗挖施工方法。传统的矿山法指用钻眼爆破的施工方法，又称钻爆法，现代矿山法包含软土地层浅埋暗挖法及其衍生的其他暗挖方法。

2.1.3 机械法 mechanical excavation method

机械法施工是采用顶管机或盾构机成套设备在主线管片支护状态下，进行线路掘进施工的一种工法。

2.1.4 正线隧道 main line tunnel

地铁区间上下行隧道，连接工作竖井与联络通道，作为联络通道施工时设备及材料等运输的通道。

2.1.5 地层冻结加固 ground freezing method

在施工地下构筑物之前，用人工制冷的方法，将构筑物周围含水地层进行冻结，形成具有临时承载和隔水作用并满足工程施工安全需要的冻结壁，然后在冻结壁的保护下进行构筑物掘砌作业的一种施工工法。

2.1.6 工作井 working shaft

掘进机组装、拆卸、吊运管片(管节)和渣土等使用的工作竖井。

2.1.7 融沉 thawing settlement

冻土融化时的下沉现象。包括与外荷载无关的融化沉降和与

外荷载直接有关的压密沉降。

2.1.8 掘进机 boring machine

机械法联络通道掘进机的简称，特指采用盾构法或顶管法进行联络通道施工的机械设备，由主机和后配套组成的机电一体化设备。

2.1.9 掘进机始发 boring machine launching

掘进机开始掘进的施工过程，指从刀盘开始接触始发侧洞门特殊管片到完全穿透的过程。

2.1.10 掘进机接收 boring machine arriving

掘进机到达接收位置的施工过程，指从刀盘开始接触接收侧洞门特殊管片到指定停机位置的施工过程。

2.1.11 壁后注浆 back-fill grouting

用浆液填充隧道管片（管节）环与地层之间空隙的施工工艺。

2.1.12 收敛值 convergence value

圆形联络通道管片（管节）拼装成环后直径的最大变化量的绝对值。

2.2 符号

2.2.1 荷载及荷载组合

C ——结构或构件达到正常使用要求的规定限值（变形、裂缝等）；

J ——盾构最大总顶推力；

M ——永久荷载和可变荷载作用下的弯矩；

m ——参与组合的永久荷载数；

N ——轴向力；

n ——参与组合的可变荷载数；

n_j ——千斤顶组数

p ——每组千斤顶顶推力；

S_c ——人防荷载作用效应值；

S_d ——荷载组合的效应设计值，包括组合的弯矩、剪力和轴力设计值等；

S_{EHK} 、 S_{EVK} ——水平和竖向地震作用效应值；

S_{G_jk} ——按第 j 个永久荷载标准值 G_jk 计算的荷载效应值；

S_{Q_ik} ——按可变荷载标准值 Q_ik 计算的荷载效应值；

U ——上浮力；

V_W ——通道结构排开水的体积；

W_S ——通道结构自重；

W_a ——通道覆盖层的有效压重。

2.2.2 材料性能和抗力

R ——抗浮力；

R_a ——初期支护喷射混凝土的抗压极限强度；

R_d ——结构构件抗力的设计值；

R_L ——喷射混凝土抗拉极限强度；

R_s ——冻土的强度指标；

f_c ——混凝土轴心抗压强度设计值；

2.2.3 几何参数

A_b ——局部受压计算底面积；

A_{ln} ——局部受压面积；

a ——局部受压区宽度；

B ——计算单元宽度；

b ——局部受压区高度；

c ——千斤顶撑靴沿宽度方向与管片边缘的距离；

E_{qr} ——冻土侵入开挖面以内厚度；

E_{yj} ——计冻结壁有效厚度；

e ——千斤顶撑靴沿高度方向相对于管片中心线的偏心距；

e_o ——截面偏心距；

h ——管片高度；

L_0 ——不能循环盐水的冻结管端部长度；

L_1 ——冻结管端部冻结削弱影响深度；

L_{ks} ——冻结孔深度；

L_{sj} ——从冻结孔孔口到冻结壁设计边界的距离；

l ——相邻计算单元长度平均值；

S_{max} ——冻结孔成孔控制间距；

2.2.4 设计参数和计算系数

K ——冻结壁强度检验安全系数；

K_f ——抗浮稳定安全系数；

α ——轴向力的偏心影响系数；

β_c ——混凝土强度影响系数；

β_l ——混凝土局部受压时的强度提高系数；

γ_o ——重要性系数；

γ_{EH} 、 γ_{EV} ——水平和竖向地震作用分项系数；

γ_l ——千斤顶顶推力分项系数；

γ_{Li} 、 γ_{Gj} ——第 i 个可变荷载考虑设计使用年限的调整系数；

γ_{Qi} ——第 i 个可变荷载的分项系数；

φ ——构件的纵向弯曲系数；

2.2.5 其他

k ——地基法向弹簧刚度；

K_n ——地层法向基床系数；

\bar{k}_h ——地层平均水平基床系数；

\bar{k}_v ——地层平均垂直基床系数；

3 基本规定

3.0.1 联络通道勘察设计应综合考虑线路技术标准、环境保护、运营养护、防灾救援等方面的因素，合理确定联络通道位置、结构形式、施工方法、建设工期、工程投资等，保证联络通道工程的安全、可靠、耐久。

3.0.2 联络通道设计应依据完整的资料，针对地形、地质和环境的特征，综合考虑运营和施工条件，通过技术、经济比较分析，使选定的方案、设计原则和建筑结构符合安全适用、经济合理和环境保护的要求。

3.0.3 联络通道设计应根据施工过程中的超前地质预报和现场揭示地质、监测信息开展信息化设计。

3.0.4 联络通道施工应具有施工管理体系，应有健全的质量管理体系、质量控制和检验制度，并应采取安全和环境保护措施。

3.0.5 联络通道专项施工方案和应急预案应根据施工工法、地质条件、设备选型和工程实践制定。

3.0.6 联络通道施工应实施项目信息化管理，应配置远程监控系统。矿山法、机械法通道监控量测应作为关键工序纳入现场施工组织，应对正线隧道结构、联络通道结构、周围岩土体及周边环境进行工程监测。

3.0.7 联络通道工程施工质量控制应符合下列规定：

1 施工材料、设备和构件应符合设计要求和有关规范，并应具有合格证明；

2 主要材料、半成品、成品、构配件应符合设计要求，并进行现场验收，按有关规定复验，并应经监理单位确认；

3 各工序质量控制应符合施工技术标准，每道工序完成后应进行质量检查并形成记录。

3.0.8 工程施工中应建立技术档案，并应做好各种检测记录、隐

蔽工程记录、质量检查记录等文件资料的收集、整理工作。工程竣工时应做好施工总结，竣工资料应真实、准确、齐全。

4 勘 察

4.1 环境调查

4.1.1 联络通道设计前应对通道穿越和通道施工影响范围内的建（构）筑物进行调查。

4.1.2 联络通道工程建（构）筑物调查范围应为以通道中心线为对称轴的条带状区域。建（构）筑物调查范围边线与通道衬砌外边缘之间距离不应小于 30m、3 倍通道顶板埋深和 3 倍通道外径中的最大值。

4.1.3 地上建（构）筑物应调查建筑层数、高度、结构形式、基础形式、基础埋深（标高）、基底附加压力。对采用复合地基、桩基的建（构）筑物，应包括地基基础的结构参数、施工工艺。

4.1.4 地下建（构）筑物及人防工程应调查工程的平面布置、外轮廓尺寸、顶板和底板标高、施工方法、结构形式、变形缝设置、围护结构和抗浮措施。人防工程应调查防护等级、出入口位置。

4.1.5 路基结构应调查轨道交通或道路等级、路面材料、路面宽度、路堤高度、支挡结构形式及地基与基础结构。

4.1.6 桥梁结构应调查桥梁类型、结构布置、桥长、桥宽、跨度、墩柱基础形式、桩基或地基加固设计参数、运营年限。

4.1.7 市政地下管线应调查管线的类型、平面位置、埋深（或高程）、断面尺寸、敷设方式、材质、管节长度、接口形式、介质类型、工作压力、工作井及阀门位置、运营年限。

4.1.8 水工建（构）筑物调查应包括下列内容：

1 枢纽布置、特征水位、隧道泄洪或导流标准、水库调度运行方式、河道取（用）水原则；

2 机电设备及调压（减泄压）、闸（阀）门设置；

3 水工建（构）筑物的类型、结构形式、基础形式、衬砌情

况、运营年限。

4.1.9 架空高压线塔（杆）调查应包括电压等级、悬高、走廊宽度、高压线塔（杆）基础形式、埋置深度，以及电缆与隧道的交汇点坐标。

4.1.10 文物调查应包括其名称、等级、文物保护控制范围、结构形式、基础形式、埋置深度等，并应包括古木名树。

4.1.11 地下障碍物调查应包括影响通道施工的地下空洞、古井、降水井、取水井、古墓葬、遗留桩基、锚杆（锚索）、抛石、沉船等。

4.2 专项勘察

4.2.1 联络通道工程专项勘察可包含在轨道交通工程各建（构）筑物的岩土工程勘察中，专项勘察工作量的布置应符合拟建（构）筑物设计、施工等相关规范的规定。

4.2.2 联络通道专项勘察应为下列工作提供资料：

- 1 联络通道位置选择；
- 2 联络通道施工工艺选择，设备选型；
- 3 联络通道结构与地层加固设计；
- 4 工程风险评估、周边环境保护及工程监测设计。

4.2.3 联络通道专项勘察应符合下列规定：

1 应查明场地岩土类型、成因、工程性质与分布，应查明高灵敏度软土层、松散砂土层、高含水量的黏性土层、含承压水砂层、软硬不均地层、含漂石或卵石地层等的分布和特征，并应分析评价其对通道结构设计、施工和运营的影响；

2 基岩地区应查明岩土分界面位置、岩石坚硬和风化程度、构造破碎带、岩面分布与特征，并应评价其对通道施工的影响；

3 应查明砂、卵石层的颗粒组成、最大粒径、曲率系数、不均匀系数及土层的钻粒含量；

4 应查明岩石裂隙特征、岩石质量指标（RQD值）、饱和

抗压强度、矿物成分、耐磨矿物成分及含量；

5 应查明沿线水文地质条件、含水层类型和性质等；对于分布有多层含水层或承压含水层的区段，应查明含水层渗透性及承压水头高度等水文地质参数；

6 应查明对工程有影响的地表水体的分布和地下水的埋藏条件，应查明地下水腐蚀性，并应评价其对通道施工及衬砌的影响；

7 下穿水域的联络通道应查明水文条件、水下地形、河（海）床演变、基床冲刷深度资料；

8 当联络通道沿线场地存在活动断裂、地裂缝、岩溶、地面沉降区、有害气体、采空区、孤石、球形风化体等对工程设计方案和施工有重大影响的不良地质或特殊地质且无法规避时，应进行专项勘察并提出地质评价和处理建议；

9 应进行场地地震效应勘察，应分析评价通道下伏淤泥层及易产生液化地层对联络通道施工及运营的影响，并提出处理措施的建议。

4.2.4 勘探孔布置应符合下列规定：

1 至少应有 2 个钻孔，并应绘制沿联络通道纵向的地质剖面；

2 当地质条件复杂时，勘探孔间距不应大于 10m；

3 连续取土孔不应少于 1 个，当受地形地貌等因素限制时，应利用钻孔和物探相结合的方式查明地层情况；

4 一般性勘探孔深度不宜小于隧道底部以下 $1.5D_0 \sim 2.0D_0$ 或隧道底部以下中风化岩或微风化岩 3m，控制性勘探孔深度不宜小于隧道底部以下 $2.5D_0 \sim 3.0D_0$ 或隧道底部以下中风化岩或微风化岩 5m；

5 在地貌、地质单元交接部位和地层变化较大地段应加密勘探孔，当遇到岩溶或破碎带时，勘探孔深度应加深；

6 勘察完成后应对勘探孔进行封孔处理，并应记录钻孔内有遗留物。

4.2.5 联络通道专项勘察应满足现行国家标准《城市轨道交通岩

土工程勘察规范》GB 50307 中详细勘察阶段的相关要求。当采用地层冻结加固时，专项勘察应符合现行国家有关标准的规定。

5 设计

5.1 一般规定

5.1.1 联络通道沿隧道纵向的设置间距、净空尺寸应满足相关行业标准要求，并宜选在地质条件和环境条件较好、工程实施风险较小的位置。

5.1.2 联络通道结构施工工法应根据工程地质、周边环境和现场情况，经技术经济比较后确定，可采用矿山法或机械法施工。

5.1.3 联络通道衬砌类型、工程材料应和该处的正线隧道相适应，矿山法联络通道衬砌宜采用复合式衬砌。

5.1.4 联络通道与正线隧道连接处宜设置变形缝，接口部位应设置膨胀止水条、预埋注浆管等防水措施。

5.1.5 联络通道地层加固措施应根据工程地质、周边环境、现场情况，经技术经济比较确定，可采用地层注浆加固或地层冻结加固等方法。

5.1.6 联络通道的工程材料应符合现行国家标准《地铁设计规范》GB 50157 的规定。

5.1.7 联络通道内应设并列反向开启的甲级防火门，门扇的开启不应侵入限界。防火门参数及要求应符合现行国家建筑标准设计图集《防火门窗》12J609 的规定。耐火极限应大于 1.2h，防火门及其连接件应满足 1.2KPa 活塞风往复荷载下疲劳试验要求。

5.2 荷载

I 荷载分类及荷载效应组合

5.2.1 联络通道的荷载分类应符合表 5.2.1 的规定

表 5.2.1 联络通道荷载分类

荷载类型		荷载名称	
永久荷载		结构自重	
		地层压力	
		通道上方和破坏棱体范围内的设施及建筑物压力	
		外水压力	
		预加应力	
		设备重量	
		地基下沉影响	
		可变荷载	
基本可变荷载	通道内部管道支架水平推力		
	通道内人群荷载		
	通道内车辆荷载及其动力作用		
	内水压力		
其他可变荷载	温度作用		
	冻胀力和膨胀力		
	施工荷载		
	水锤压力		
	地震作用		
	人防荷载		
偶然荷载		沉船、抛锚或河道疏浚产生的撞击力等其他偶然荷载	

5.2.2 联络通道结构设计应根据使用过程中在结构上可能同时出现的荷载，按承载能力极限状态和正常使用极限状态分别进行组合，并应取各自最不利的组合进行设计。

5.2.3 对于承载能力极限状态，应按荷载的基本组合或偶然组合计算荷载组合的效应设计值，并按下式计算：

$$\gamma_0 S_d \leq R_d \quad (5.2.3)$$

式中： γ_0 ——重要性系数；

S_d ——荷载组合的效应设计值，包括组合的弯矩、剪力和轴力设计值等；

R_d ——结构构件抗力的设计值。

5.2.4 重要性系数应符合下列规定：

1 安全等级为一级和二级的结构构件，重要性系数应分别取 1.1 和 1.0；

2 当进行施工阶段承载力验算时，重要性系数应取 1.0；

3 当进行偶然组合验算时，重要性系数应取 1.0。

5.2.5 荷载基本组合的效应设计值应按下列式计算：

$$S_d = \sum_{j=1}^m \gamma_{Gj} S_{Gjk} + \sum_{i=1}^n 1.1 \gamma_{Qi} S_{Qik} \quad (5.2.5)$$

式中： γ_{Gj} ——第 i 个永久荷载的分项系数；

γ_{Qi} ——第 i 个可变荷载的分项系数，除施工荷载分项系数应取 1.2 外，其他可变荷载分项系数应取 1.50；
当可变荷载效应对结构有利时应取 0；

S_{Gjk} ——按第 j 个永久荷载标准值 G_{jk} 计算的荷载效应值；

S_{Qik} ——按可变荷载标准值 Q_{ik} 计算的荷载效应值；

m ——参与组合的永久荷载数；

n ——参与组合的可变荷载数。

5.2.6 荷载效应偶然组合的设计值应按下列式计算：

地震组合：

$$S_d = \sum_{j=1}^m \gamma_{Gj} S_{Gjk} + \sum_{i=1}^n \gamma_{Qi} \psi C_i S_{Qik} + \gamma_{EH} S_{EHk} + \gamma_{EV} S_{EVk} \quad (5.2.6-1)$$

人防组合：

$$S_d = \sum_{j=1}^m \gamma_{Gj} S_{Gjk} + S_c \quad (5.2.6-2)$$

式中： ψC_i ——第 i 个可变荷载的组合值系数，应取 0.6；

γ_{EH} 、 γ_{EV} ——水平和竖向地震作用分项系数；

S_{EHk} 、 S_{EVk} ——水平和竖向地震作用效应值；

S_c ——人防荷载作用效应值。

5.2.7 永久荷载的分项系数应按表 5.2.7 采用。

表 5.2.7 永久荷载分项系数

永久荷载	结构自重、地下水压力	其他永久荷载
当永久荷载效应对结构不利时	1.25	1.35
当永久荷载效应对结构有利时	1.0	1.0

5.2.8 水平和竖向地震作用分项系数的确定应符合表 5.2.8 的规定。

表 5.2.8 地震作用分项系数

地震作用	水平地震作用分项系数 γ_{EH}	竖向地震作用分项系数 γ_{EH}
仅计算水平地震作用	1.4	—
同时计算水平和竖向地震作用（水平地震为主）	1.4	0.5
同时计算水平和竖向地震作用（竖向地震为主）	0.5	1.4

5.2.9 对于正常使用极限状态，应根据不同的设计要求，采用荷载的标准组合和准永久组合，并按按下式计算：

$$S_d \leq C \quad (5.2.9)$$

式中：C——结构或构件达到正常使用要求的规定限值。例如变形、裂缝等的限值。

5.2.10 荷载标准组合和准永久组合的效应设计值应分别按下列公式计算：

标准组合：

$$S_d = S_{GK} + \sum_{i=1}^n S_{Q_{ik}} \quad (5.2.10-1)$$

准永久组合：

$$S_d = S_{GK} + \sum_{i=1}^n \varphi_{qi} S_{Q_{ik}} \quad (5.2.10-2)$$

式中： φ_{qi} ——第*i*个可变荷载的准永久值系数，应取 0.8。

II 永久荷载

5.2.11 结构自重应按结构设计尺寸及材料计算重度确定，应包括通道内部道板、分隔墙板、管道及支架等自重荷载。

5.2.12 当联络通道位于岩石中时，地层压力宜根据围岩分级按现行行业标准《铁路隧道设计规范》TB 10003 确定。

5.2.13 位于碎石土、砂土、标贯击数大于 8 的粉土或黏性土中的联络通道，竖向地层压力的计算方法应符合下列规定：

1 对于覆盖层厚度不大于 2 倍通道外径的浅埋联络通道，竖向地层压力应按全土柱重量计算；

2 对于覆盖层厚度大于 2 倍通道外径的深埋联络通道，竖向地层压力宜计及土体卸载拱作用的影响。

5.2.14 联络通道长期使用阶段的水平地层压力宜按静止土压力计算。

5.2.15 外水压力和浮力计算应符合下列规定：

1 联络通道外水压力应根据施工阶段和长期使用过程中的地下水位的变化按静水压力计算；

2 黏性土地层中的外水压力宜按水土合算的方法确定，砂性土地层中的外水压力应按水土分算的方法确定。

5.2.16 设备荷载和荷载作用范围应根据设备实际重量、动力影响、设备位置及安装运输路径确定。

5.1.17 当联络通道上方存在不对称竖向荷载时，或侧向水平荷载可能出现偏载时，应按荷载的实际分布情况计算。

III 可变荷载

5.2.18 联络通道使用期间地面超载不应小于 20kPa；施工期间联络通道周边地面超载应根据实际情况分析后取用，且不应小于 30kPa。

5.2.19 位于道路下方的联络通道，当覆盖层厚度小于 1.5m 时，应按现行行业标准《公路桥涵设计通用规范》JTG D60 确定地面车辆荷载；当覆盖层厚度不小于 1.5m 时，地面车辆荷载宜按 20kPa 的均布荷载取值。

5.2.20 人群均布荷载应按 4.0kPa 计算。

5.2.21 施工荷载应包括设备运输及吊装荷载、施工机具及人员活载、施工堆载、千斤顶推力及注浆压力。

IV 偶然荷载作用

5.2.22 地震作用应按现行国家标准《中国地震动参数区划图》GB 18306 规定的本地区抗震设防要求确定；对进行过工程场地地震安全性评价的，应采用经国务院地震工作主管部门批准的建设工程的抗震设防要求确定，但不应低于本地区抗震设防要求确定的地震作用。

5.2.23 人防荷载计算应符合现行国家标准《人民防空工程设计规范》GB 50225 的规定。

5.2.24 沉船荷载应按工程水域可能通航的最大船舶类型分析确定。

5.3 土体加固设计

I 地层注浆加固

5.3.1 采用地层注浆加固的联络通道，应在正线隧道施工前完成联络通道地层注浆加固的专业设计。

5.3.2 地层注浆加固设计应综合考虑工程特征、周边环境和工程地质条件及水文地质条件，选择合理的注浆加固工艺，保证联络通道结构施工的安全，并使周围环境和建（构）筑物不受损害。

5.3.3 地层注浆加固设计应满足加固体抗压、抗剪、抗冲切等强度要求及整体稳定性要求；地层注浆加固工法及施工辅助措施应进行现场或室内试验检验其实施效果。

5.3.4 地层注浆加固设计应符合现行国家标准《建筑地基处理技术规范》JGJ 79 的规定。

II 地层冻结加固

5.3.5 采用冻结法加固的联络通道，应在正线隧道施工前完成联

络通道地层冻结的专业设计。

5.3.6 冻结设计应综合考虑工程特征、周边环境和工程地质条件及水文地质条件，选择合理的冻结壁结构和冻结工艺，保证联络通道结构施工的安全，并使周围环境和建（构）筑物不受损害。

5.3.7 冻结设计应包括下列内容：

- 1 工程风险等级评估；
- 2 对周围环境和建（构）筑物产生影响的分析；
- 3 冻结壁设计，包括冻结壁的承载力、变形验算、冻结壁形成验算等；
- 4 冻结孔、泄压孔、测温孔、冷排管、透孔、注浆孔设计；
- 5 冻结制冷系统设计；
- 6 对冻结壁的监测与保护要求；
- 7 初期支护设计；
- 8 防护门结构设计；
- 9 隧道预加固支架设计；
- 10 充填、融沉注浆工艺及要求；
- 11 对周围环境和建（构）筑物的影响监测与保护要求；
- 12 结构防水与注浆系统设计；
- 13 当联络通道附近含水层地下水活动频繁时，冻结设计应采取相应的技术措施；

14 特殊环境条件、混凝土运输条件与浇捣工艺对保证混凝土耐久性质量的附加措施与技术要求。

5.3.8 冻结壁的几何形状宜与拟建地下结构的轮廓接近。

5.3.9 冻结孔宜均匀布置并避开地层中的障碍物。在隧道管片上布置冻结孔时，开孔位置应避开管片接缝、螺栓孔，并且宜避开钢筋混凝土管片主筋和钢管片肋板。

5.3.10 不能循环盐水的冻结管端部长度不应大于 150mm；冻结管端部冻结削弱影响深度不宜小于 200mm。

5.3.11 应在冻结孔未穿透的隧道管片内表面敷设冷冻排管，以

补强冻结壁与隧道管片的交接面。冷冻排管的敷设范围不应小于冻结壁设计厚度，冷冻排管的内径不应小于 30mm，管间距不应大于 0.5m。冷冻排管应密贴隧道管片且应敷设保温层。

5.3.12 局部冻结时，可采用局部冻结管保温或冻结管内供液管与回液管组合形式。

5.3.13 测温孔的设计应符合下列规定：

1 在冻结区域内应设置测温孔监测冻结壁厚度、冻结壁平均温度、冻结壁与隧道管片界面温度和开挖区附近地层冻结情况；

2 测温孔应布置在冻结孔间距较大的冻结壁界面上或预计冻结薄弱处；

3 检测冻结壁厚度的测温孔不得少于 4 个，在冻结壁内、外设计边界上均应布置测温孔，测温孔深度不应小于 2m；

4 检测冻结壁平均温度的测温孔不宜少于 4 个，在冻结壁内、外设计边界和冻结壁中部均应布置测温孔；在冻结壁的上、下设计边界上均应布置测温孔，深度不应小于 2m；

5 在集水井中部应布置测温孔，深度应与相邻的冻结孔深度一致。

5.3.14 冻结壁交圈后的温度分布可简化为稳态温度场计算。冻结壁扩展过程和平均温度可采用通用数值方法、图解法、解析法或通用经验公式计算。

5.3.15 冻结壁、冻结孔布置、地层冻结加固设计应符合现行国家有关标准的规定。

5.3.16 隧道管片保温措施设计应符合下列规定：

1 在冻结壁附近隧道管片内侧应敷设保温层，保温层应与管片表面密贴，粘结牢固，保温层敷设范围不应小于设计冻结壁边界外 1m；

2 隧道管片保温应采用导热系数和吸水率小的保温材料；导热系数不应大于 $0.04\text{W}/\text{m}\cdot\text{h}$ ，吸水率不应大于 2%；可采用聚氨酯、橡塑、聚苯乙烯和聚乙烯软质泡沫等保温材料，保温层厚

度不应小于 30mm，可取 30mm~50mm；保温层的吸水率小于 1%为宜，且不得浸泡在水中；在 7 月~9 月间施工，保温层厚度不宜小于 40mm；

3 保温层应采用阻燃型材料，燃烧性能等级不应低于现行国家标准《建筑材料及制品燃烧性能分级》GB 8624 规定的 B1 级；保温板材应采用专用胶水密贴在隧道管片上，板材之间不得有缝隙。

5.4 矿山法结构设计

I 初期支护设计

5.4.1 矿山法联络通道初期支护设计参数可采用工程类比法确定，施工中通过监测进行修正，并应通过理论验算。

5.4.2 矿山法联络通道在预设计和施工阶段，应对初期支护的稳定性进行判别。

5.4.3 采用地层冻结加固时，初期支护应能承受 20%~30%的冻结壁承受的荷载，当出现下列情况之一时，初期支护宜按承受 50%冻结壁荷载设计：

- 1 通道位置有砂土层；
- 2 通道长度大于 15m 或通道开挖时间需要 15d 以上；
- 3 通道开挖区附近 3m 内有特殊变形控制要求的重要建（构）

筑物。

5.4.4 联络通道开挖轮廓形状应尽可能保持平整、圆顺，避免出现隅角及局部应力集中，确保地层与初期支护的共同承载效应。

5.4.5 考虑结构耐久性要求，提高混凝土密实性，初期支护抗渗等级不应低于 S6，内外侧钢筋保护层厚度不应少于 40mm。

5.4.6 初期支护结构计算模型应符合下列规定：

- 1 计算初期支护强度时，宜采用“荷载—结构”计算模式；
- 2 初期支护结构强度计算时，应考虑地层对初期支护结构变

形的约束作用。按局部变形理论，约束作用力 σ_p 为其向地层方向产生的位移 δ 与地层弹性抗力系数 k 的乘积，并应按下式计算：

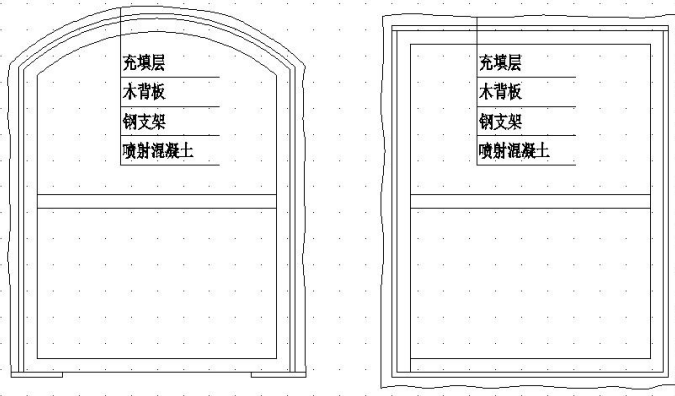
$$\sigma_p = k\delta \quad (5.4.6)$$

式中： k ——地层的弹性抗力系数（MPa/m），可用地质勘察部门提供的基床系数代替。

3 计算初期支护后地层变形及支护刚度时，宜采用“地层—结构”计算模式。在分析施工过程中的地层变形情况时，还应考虑超前支护和超前加固的作用。

5.4.7 采用“荷载—结构”模型验算初期支护强度时，作用在初期支护上的荷载有永久荷载的地层压力、结构自重，可变荷载的地面车辆荷载及其动力作用，不计水压力、偶然荷载等其他荷载。

5.4.8 采用地层冻结加固时，初期支护可采用钢筋格栅、钢筋网和喷射混凝土层组成的复合结构形式，也可采用由喷射混凝土，型钢支架、木背板和砂浆充填层组成的结构形式，如图 5.4.8 所示。



(a) 通道

(b) 集水井

图 5.4.8 初期支护形式示意图

5.4.9 格栅钢架喷射混凝土初期支护应按每延米支护结构的钢筋

量换算成钢筋混凝土矩形截面。

5.4.10 初期支护截面安全系数应符合现行行业标准《铁路隧道设计规范》TB 10003 中素混凝土或钢筋混凝土结构施工阶段强度安全系数规定。

5.4.11 预加固支架设计应符合现行国家有关标准的规定。

II 二次衬砌设计

5.4.12 联络通道的二次衬砌应采用钢筋混凝土结构。

5.4.13 复合式衬砌的二次衬砌应按主要承载结构设计，宜承受使用期的全部荷载，其设计参数可采用工程类比法确定，并应通过理论验算。

5.4.14 作用在复合式结构上的水压力应由二次衬砌承担。

5.4.15 当初期支护强度及刚度足够时，应在初期支护的位移收敛稳定后施作二次衬砌，但在下列场合应提前施作二次衬砌，促使联络通道趋于稳定：

1 接近其他地面建筑物或地下构筑物施工，有荷载作用的场合；

2 初期支护位移不收敛，初期支护的承载能力不足的情况。

5.4.16 联络通道穿越地面建筑物或地中构造物时，衬砌结构给予适当加强，除应满足建筑物或地中构造物附加荷载下的强度要求外，还应满足地面建筑物或地中构造物允许的不均匀沉降要求。

5.4.17 二次衬砌结构计算方法应符合下列规定：

1 在第四纪土层中的浅埋复合式结构，宜按二次衬砌承担全部外荷载（永久荷载、可变荷载和偶然荷载）计算；

2 衬砌结构按“荷载—结构”模式计算，采用破损阶段法按钢筋混凝土矩形截面偏心受压构件验算截面强度，并验算钢筋混凝土结构裂缝宽度；

3 根据结构特性按表 5.2.1 所示荷载，按其不同荷载组合情况计算；

4 考虑地层对衬砌结构变形的约束作用，按局部变形理论公式 5.4.6 计算地层被动压力；

5.4.18 隧道衬砌按破损阶段验算构件截面强度时，根据所受的不同荷载组合，在计算中应分别选用不同的安全系数，并符合表 5.4.18 的规定。

表 5.4.18 钢筋混凝土衬砌结构的强度安全系数

荷载组合		永久荷载+可变荷载	永久荷载+可变荷载+偶然荷载
破坏原因	钢筋达到计算强度或混凝土达到抗压或抗剪极限强度	2.4	2.0
	混凝土达到抗拉极限强度	3.6	3.0

5.4.19 裂缝宽度验算在永久荷载和可变荷载作用下，二类环境中二次衬砌结构裂缝宽度（迎土面）应不大于 0.2mm，一类环境（非迎土面及内部混凝土构件）衬砌结构的裂缝宽度均应不大于 0.3mm。当计及地震、人防或其他偶然荷载作用时，可不验算结构的裂缝宽度。

5.5 机械法结构设计

I 横向内力计算

5.5.1 机械法联络通道横向内力计算应分别选取覆盖层最厚和最薄、地下水位最高和最低、存在超载或偏压、穿越地层条件突变处等不利位置进行。

5.5.2 机械法联络通道结构计算模型应根据衬砌构造特点、施工工艺、衬砌与地层相互作用及装配式管片衬砌接头形式等确定。管片横向内力计算模型宜采用匀质圆环模型、弹性铰模型、梁—弹簧模型或梁—接头模型。

5.5.3 管片衬砌应根据横向内力计算结果进行相应截面承载力计

算，对于钢筋混凝土管片，可按现行国家标准《混凝土结构设计标准》GB/T 50010 中矩形截面偏心受压构件进行承载能力极限状态和正常使用极限状态计算；对钢管片或复合式管片，可按现行国家标准《钢结构设计标准》GB 50017 和《球墨铸铁件》GB/T 1348 的相关规定进行计算。

5.5.4 钢（铸铁）管片面板和背板应作为承受均匀分布荷载的构件，根据管片的材料特性和结构特性进行设计。

5.5.5 当联络通道内部结构对管片衬砌结构使用期的横向受力状态有明显影响时，应合理确定内部结构与管片衬砌结构的连接方式及计算模型。

II 纵向内力计算

5.5.6 当遇下列情况之一时，应对联络通道纵向强度和变形进行计算：

- 1 联络通道覆盖层厚度或地层沿隧道纵向有较大变化；
- 2 穿越重要建（构）筑物或直接承受较大局部荷载；
- 3 地基沿联络通道纵向产生不均匀沉降；
- 4 联络通道下穿水域，河（海）势有较大变化，河（海）床有较大冲淤变化。

5.5.7 管片衬砌结构纵向内力计算模型可采用梁弹簧模型、等效刚度模型或三维壳体模型，应符合下列规定：

1 当采用梁—弹簧模型计算时，应将管片衬砌结构沿纵向模拟为由弹性节点连接在一起的地基梁，管片环缝接头及纵向螺栓作用应由弹性节点的轴向、剪切和转动刚度模拟；

2 当采用等效刚度模型计算时，应将管片衬砌结构沿纵向模拟为地基梁，并通过折减地基梁刚度模拟管片环接头对纵向刚度的削弱；

3 纵断面方向管片结构与地层间的相互作用可根据弹性地基梁理论采用地基弹簧模拟；

4 当内部结构对管片衬砌结构使用期的纵向受力状态有明显影响时，应合理确定内部结构与管片衬砌的连接方式及计算模型。

III 变形计算

5.5.8 机械法联络通道衬砌结构应按荷载效应准永久组合进行变形计算。

5.5.9 机械法联络通道结构收敛变形和接缝张开量限值应符合表 5.5.9 的规定。

表 5.5.9 联络通道收敛变形和接缝张开量限值

类别	限制
收敛变形	$\leq 2\%D_0$ （错缝拼装）或 $\leq 3\%D_0$ （通缝拼装）
接缝张开量	$\leq 2\text{mm}$ （岩质地层或周边存在重要建（构）筑物）或 $\leq 4\text{mm}$ （软土地层），且小于弹性密封垫的允许张开量

注：1 表中 D_0 指通道外径；

2 表中收敛变形和接缝张开量限值不含管片拼装误差造成的变形量。

IV 抗浮稳定性验算

5.5.10 位于地下水位以下且覆盖层厚度小于通道外径的联络通道，应按最不利工况进行抗浮稳定验算。抗浮稳定性应按式进行验算：

$$k_f = \frac{R}{U} \quad (5.5.10-1)$$

$$R = W_s + W_a \quad (5.5.10-2)$$

$$U = \gamma_w V_w \quad (5.5.10-3)$$

式中： k_f ——抗浮稳定安全系数；

R ——抗浮力（kN/m）；

U ——上浮力（kN/m）；

W_s ——通道结构自重（kN/m）；

W_a ——通道覆盖层的有效压重 (kN/m)；

γ_w ——地下水重度 (kN/m³)，可按 10kN/m³ 采用；

V_w ——通道结构排开水的体积 (m³/m)。

5.5.11 联络通道抗浮稳定性验算应符合下列规定：

1 施工期间应按常水位计算，正常使用期间应按抗浮设防水位计算；

2 施工期间结构自重应按管片自重计算，正常使用期间结构自重可按管片自重与道床自重等永久荷载之和计算；

3 抗浮稳定安全系数在施工期间不应小于 1.1，在使用期间不应小于 1.2。

V 管片接头计算

5.5.12 机械法联络通道衬砌结构应进行管片接头计算，并应符合下列规定：

1 管片接头计算内容应包括接管片接头强度验算及接缝张开量计算；

2 管片接头强度验算应包括连接螺栓抗拉强度、抗剪强度、混凝土局部受压强度验算，并宜包括螺栓手孔处管片本体的抗剪和抗冲切承载力验算；

3 当管片接头处设有凹凸榫槽时，可不进行螺栓的抗剪强度验算。

5.5.13 管片衬砌环向螺栓强度验算应符合下列规定：

1 钢筋混凝土管片的环向螺栓应按现行国家标准《混凝土结构设计标准》GB/T 50010 中矩形截面偏心受压构件的承载能力极限状态模型计算螺栓拉应力；

2 钢管片的环向螺栓应采用以管片边缘为回转中心的模型计算螺栓拉应力。

5.5.14 管片衬砌纵向螺栓强度验算应符合下列规定：

1 纵向螺栓应进行管片拼装阶段抗剪强度验算；

2 位于7度及以上地震设防区的隧道应进行地震作用下的纵向螺栓抗拉强度验算。

5.5.15 千斤顶作用下管片环缝接头应进行局部受压强度验算：

5.5.16 当进行钢筋混凝土管片螺栓手孔设计时，应对螺栓连接处混凝土环肋、端肋结构进行抗剪和抗冲切承载力验算，并应符合现行国家标准《混凝土结构设计标准》GB/T 50010 规定。

5.5.17 当进行钢管片接头设计时，应对接头钢板进行抗压强度、抗剪强度、局部稳定性验算，并应符合现行国家标准《钢结构设计标准》GB 50017 的规定。

VI 二次衬砌计算

5.5.18 当符合下列情况之一时，应对二次衬砌结构进行受力计算：

1 二次衬砌为结构主体，而管片衬砌为某一特定时期使用的临时结构；

2 二次衬砌与管片衬砌同时作为联络通道主体结构协同受力；

3 二次衬砌用于对管片衬砌补强或加同作用。

5.5.19 当二次衬砌用于联络通道防蚀、抗渗、校正中心线偏离及联络通道内部装饰等，可不进行结构计算。

5.5.20 当管片衬砌与二次衬砌之间结合面较平滑或者存在防水板时，应按复合式衬砌进行计算。当管片衬砌与二次衬砌之间结合面不平整、不光滑或设有抗剪措施时，应按叠合式衬砌进行计算。

5.5.21 联络通道内有竖向隔墙等内部承载结构且与衬砌结构有连接时，应对通道结构进行整体结构的稳定性和强度计算，并应对连接位置局部节点结构强度进行验算。

5.6 构造要求

I 矿山法构造要求

5.6.1 防护门宜安装在通道预留洞口隧道钢管片上；若安装在混凝土管片上，应采取措施固定牢靠且密封完好；防护门结构设计和安装应符合现行国家标准《钢结构设计标准》GB 50017 的规定；

5.6.2 在防护门上应安装排气管、注浆管及控制阀门，并配备注浆泵为防护门内供水。防护门安装后应进行水密性试验或气密试验，在不停泵时试验水压或气压应能保持在设计试压值。

5.6.3 承受荷载的联络通道各部结构截面最小厚度不应小于表 5.6.3 的规定。

表 5.6.3 截面最小厚度 (cm)

建筑材料种类	隧道（暗洞、明洞）衬砌	洞门端墙、翼墙
混凝土	25	30

5.6.4 混凝土基础台阶的坡线和竖直线之间的夹角不应大于 45°。

5.6.5 钢筋混凝土构件中最外侧钢筋的混凝土保护层厚度和受拉区域钢筋的净距应符合现行国家标准《地铁设计规范》GB 50157 和行业标准《铁路混凝土结构耐久性设计规范》TB 10005 的规定。

5.6.6 联络通道衬砌钢筋混凝土结构一侧受力钢筋最小配筋率不小于 0.2%，全部受力钢筋最小配筋率不小于 0.4%。其他钢筋混凝土结构受力钢筋的截面最小配筋率应符合现行国家标准《混凝土结构设计标准》GB/T 50010 的规定。

5.6.7 钢筋的连接应符合下列规定：

1 隧道衬砌受力钢筋接头宜设置在受力较小处，受拉钢筋宜采用套筒机械连接方式，其他钢筋可采用绑扎搭接；

2 隧道衬砌拱部及边墙钢筋接头不宜采用焊接，不可避免时应采取保证安全的措施；

3 钢筋的连接还应符合现行国家标准《混凝土结构设计标准》GB/T 50010 的规定。

II 机械法构造要求

5.6.8 衬砌环宜由多块标准块、两块邻接块和一块封顶块组成，其分块方式应根据管片制作、运输、千斤顶布置、拼装方式、结构受力与变形、防水要求等因素综合确定。

5.6.9 钢筋混凝土管片宜为平板型管片，钢管片宜为箱形管片；除楔形环外，管片的平面投影形状宜为矩形。

5.6.10 管片宽度应根据联络通道直径、管片制作、运输、管片拼装工艺以及千斤顶行程等因素综合确定，并宜采用较大的管片宽度。

5.6.11 封顶块接头角和插入角应根据截面内力传递、拼装方式、掘进设备及管片生产条件等因素综合确定。在满足施工要求下宜采用较小的接头角和插入角。

5.6.12 管片螺栓手孔、定位孔、起吊孔、注浆孔的位置与尺寸，应根据管片连接、起吊和拼装方式以及壁后注浆要求和结构受力等因素确定。

5.6.13 管片螺栓孔直径宜按表 5.6.13 选用。

表 5.6.13 管片螺栓孔直径 (mm)

螺栓直径	20	24	27	30	36	40
螺栓孔最小处直径	23~26	27~30	30~33	33~36	39~42	43~46

5.6.14 管片上宜预埋壁后注浆预埋件，注浆预埋件设计应有利于施工及运营阶段注浆孔外水压力的有效封堵。当采用抓举头吊装时，起吊孔宜与注浆孔合并设置。

5.6.15 采用真空吸盘吊装的管片，应在内弧面预留拼装定位孔；每块管片上定位孔数量不应少于 2 个，定位孔宜为杯状结构，杯口直径不宜小于 100mm，定位孔深度不宜小于 150mm。

5.6.16 管片接头构造应符合下列规定：

1 管片接头构造可根据联络通道变形要求、接头张开量限值、千斤顶受力要求等采用平板型、凹凸榫槽型等形式；

2 当隧道所处地层为深厚软土地层时，管片环缝接头环面构造宜采用凹凸榫槽形式；

3 管片纵缝接头可采用定位棒辅助拼装定位。

5.6.17 每块管片上应清晰标注不易被磨损的标识。

5.6.18 联络通道与主线隧道连接部位的特殊环管片应符合下列规定：

1 当采用全环钢管片形式时，钢管片应分为衬砌开口部位的可拆卸临时钢管片和永久结构钢管片，全部钢管片通过钢材精加工制作，钢管片材料应符合现行国家标准《地铁设计规范》GB 50157 规定；

2 当采用钢筋混凝土管片加钢管片形式时，衬砌开口部位应采用钢管片，其余部位可采用钢筋混凝土管片；

3 当采用全环钢筋混凝土管片形式时，衬砌开口部位可通过切割钢筋混凝土管片形成开口，开口周边应施作加强环梁。

5.7 抗震设计

5.7.1 位于设防烈度 6 度地区的中、小直径联络通道，除另有规定外，可不进行抗震计算，但应按本节的规定采取抗震措施。

5.7.2 联络通道的抗震设防类别应为重点设防类，并应符合现行国家标准《建筑工程抗震设防分类标准》GB 50223 的规定。

5.7.3 设计地震动参数应符合现行国家标准《中国地震动参数区划图》GB 18306 的规定；已进行工程场地地震安全性评价的隧道工程，设计地震动参数值应根据场地地震安全性评价报告选取，但不应低于本地区抗震设防烈度确定的地震动参数。

5.7.4 联络通道抗震计算应符合下列规定：

1 简化计算模型应能反映隧道在地震作用下的实际工作状态；

2 计算分析时应考虑联络通道几何形体及地震动输入方向等最不利工况的影响；

3 计算结果应经分析判断，确认其合理且有效后方可用于联

络通道工程设计。

5.7.5 联络通道抗震计算方法应根据地层条件、隧道几何形体、输入地震动等因素确定。

5.7.6 管片衬砌及联络通道与隧道连接处应进行地震作用下的结构强度和变形验算。

5.7.7 联络通道在下列位置应设变形缝或采取增强环缝变形能力的措施：

- 1 联络通道与主线隧道相接处；
- 2 联络通道周边地层或荷载发生较大变化处。

5.7.8 联络通道的接头构造应能减小地震时管片接头的错动和防止管片变位引起的磕碰破坏。

5.7.9 联络通道内部构件的抗震构造措施应符合现行国家标准《建筑抗震设计标准》GB/T 50011 的规定。

6 施工准备

6.1 一般规定

6.1.1 施工前，应对施工地段的工程地质和水文地质情况进行调查，必要时应补充地质勘察。

6.1.2 对工程影响范围内的地面建(构)筑物应进行现场勘探和调查，对需加固或基础托换的建(构)筑物应进行详细调查，必要时应进行鉴定，并应提前做好施工方案。

6.1.3 对工程影响范围内的地下障碍物、地下构筑物及地下管线应进行调查，必要时应进行探查。

6.1.4 对联络通道所在的区间成型隧道和工作井施工条件进行调查。

6.1.5 根据工程所在地的环境保护要求，应进行工程环境调查。

6.2 地层加固

6.2.1 地层冻结加固前，施工准备应符合下列规定：

1 冻结法加固需要的冻土试验资料，包括土层的热物理特性指标应包括原始地温、结冰温度、导热系数、比热、冻胀率和融沉率等；冻土的物理力学特性指标应包括弹性模量、泊松比、抗压强度、剪切强度、抗折强度、蠕变参数等；

2 应复核联络通道的中心标高与施工基准点；

3 应全面检查联络通道附近隧道管片的状况，应及时对存在渗漏的管片采取注浆封堵；

4 冻结法加固需结合供电、场地、排水、通风等条件规划冻结站位置，针对冻结管路系统专项设计，合理排布冻结管；

5 地层冻结加固施工应急材料和设备检查记录应按照本规范附录 A 和附录 B 的规定形成原始记录，并留存相应影像资料。

6.3 矿山法

6.3.1 矿山法开挖前应具备下列资料：

- 1 地层检查孔报告及地层剖面图；
- 2 采用冻结法加固地层时，应具有冻结壁形成检测分析报告；
- 3 工程监测阶段报告；
- 4 经审批的施工技术方案、安全技术措施及应急预案；
- 5 经会审的联络通道施工图。

6.3.2 矿山法开挖前应完成以下施工准备工作：

- 1 开挖构筑人员到位，并已完成安全技术交底；
- 2 按设计要求安装隧道支撑和防护门；
- 3 搭设开挖和构筑施工平台；
- 4 施工材料与施工机具准备就绪；
- 5 水、电供应能满足施工需要；
- 6 按应急预案准备好应急材料与设备，并已完成应急演练；
- 6 周边环境监测监护实施到位；
- 8 地面应设置开挖工作面的视频监控值班室，并具备与冻结和开挖工作面的可靠通讯联络系统。

6.3.3 矿山法开挖前应具备下列条件：

- 1 地层加固达到设计要求；
- 2 开挖前应在联络通道入口未冻区内管片上开设直径80mm~120mm的探孔，深度为进入土层不小于500mm，检查孔内无泥、水连续流出；
- 3 隧道预加固支架和防护门按设计要求安装完成且通过验收；
- 4 应急预案已落实并按规定通过验收；
- 5 开挖相关准备工作已完成；
- 6 编制开挖条件分析报告并经相关单位批复确认。

6.4 机械法

6.4.1 机械法联络通道施工前，应完成下列主要工作：

- 1 复核洞门特殊管片预留洞门精度和安装后的里程及坐标；
- 2 根据联络通道计划轴线，计算钢管片(管节)调节环宽度；
- 3 掘进机基座、负环管片(管节)、内支撑体系和反力架等设施及定向测量数据的检查验收；
- 4 管片(管节)储备；
- 5 掘进施工的各类报表；
- 6 洞门密封装置检查验收。

6.4.2 联络通道掘进机选型及配置应适用、可靠、先进、经济，其中盾构机配置应包括刀盘、推进液压缸、管片拼装机、螺旋输送机、渣土改良系统、注浆系统、内支撑体系和反力系统等；顶管机配置应包括刀盘、推进液压缸、螺旋输送机、铰接装置、渣土改良系统、注浆系统、内支撑体系和反力系统等。

6.4.3 辅助设施应根据掘进机类型、掘进方法和施工工艺要求等配置。

6.4.4 掘进机组装前应完成下列准备工作：

- 1 根据掘进机的部件情况和场地条件，制定组装方案；
- 2 根据部件尺寸和重量选择组装设备和洞内运输设备；
- 3 核实起吊位置的地基承载力；
- 4 核实掘进机组装、洞内运输作业面的净空尺寸。

6.4.5 掘进机现场组装完成后应对各系统进行调试并验收，当掘进机各系统验收合格并确认整机正常运转后，方可开始掘进施工。

7 土体加固施工

7.1 地层注浆加固

7.1.1 地层加固采用常规水泥注浆法应符合下列规定：

1 浆液配合比设计应根据工程要求、水文地质情况确定，施工前应进行配比试验；

2 浆液材料不得污染地下水；

3 注浆加固后地层无侧限抗压强度不宜小于 1.0MPa，应对加固效果进行检测。

7.1.2 地层加固采用深层搅拌法应符合下列规定：

1 施工前应根据要求进行成桩试验，并应确定深层搅拌的注浆配比和注浆量、搅拌提升速度等施工参数；

2 搅拌桩的垂直度偏差不得大于 1.5%，桩位偏差不得大于 50mm，桩径偏差不得大于 4%；

3 深层搅拌桩 7 天无侧限抗压强度不应低于 0.2MPa，加固后地层无侧限抗压强度应大于 1.0MPa，应对加固效果进行检测。

7.1.3 地层加固采用高压喷射注浆法应符合下列规定：

1 高压喷射注浆钻孔垂直度允许偏差不得大于 1.0%，位和桩体直径偏差不得大于 50mm，桩身中心允许偏差不得大于桩身设计直径的 20%；

2 加固后地层无侧限抗压强度宜大于 1.0MPa，应对加固效果进行检测。

7.2 地层冻结加固

I 冻结孔施工

7.2.1 地层冻结加固施工应符合现行行业标准《隧道联络通道冻结法施工及验收规范》NB/T 10222 的规定。

7.2.2 冻结孔应根据前后视点位置进行放样，保证孔位纵向坐标

位于前后视点环线上，并根据横向坐标将放样孔位编号标记于开孔管片上。

7.2.3 透孔设计时，应先施工穿透联络通道两端隧道的透孔，并结合测斜数据和实际透孔接收位置，计算隧道管片上预留洞门的相对位置、隧道线间距长度等参数，若计算后透孔实际位置与设计值差距较大时，应及时联系设计单位对设计参数进行修正。

7.2.4 冻结孔施工应符合下列规定：

1 钻孔前应全面检查联络通道附近隧道管片的状况，应及时对存在渗漏的管片采取注浆封堵；

2 联络通道开口位置两侧各 10m 管片与交接面应进行注浆加固，保证管片与土体交界面的密实；

3 钻机施工平台的搭设应牢固平整，并有利于冻结孔成孔设备的移位和固定，确保钻孔精度；

4 冻结孔成孔方法可采用跟管钻进法、夯管法、顶管法等施工方法。在地层沉降控制要求高的地层中采用钻进法时，宜实施保压钻进；

5 冻结孔施工应采取二次开孔工艺，先安装孔口管和阀门后再钻透隧道管片；应按照先下后上的施工顺序，并宜进行间隔施工，调整中间冻结孔的施工轨迹；

6 冻结孔孔口应避开隧道管片接缝、螺栓孔、主筋和钢管片肋板；冻结孔开孔位置误差不应大于设计冻结孔允许最大偏斜值，且不宜大于 100mm；冻结孔开孔间距误差不应大于 150mm；

7 开孔孔位、方向和冻结孔后视点应准确布设，及时校验、控制冻结孔施工方向，根据实际开孔误差进行调整，以减小冻结孔的最大偏斜值；

8 冻结孔施工过程中应及时测斜，测斜可采用经纬仪灯光测斜法或水平陀螺测斜仪等方法；

9 钻孔施工记录应按照本规范附录 C 的规定形成原始记录，并留存相应影像资料。

7.2.5 冻结管的安装应符合下列规定：

1 冻结管接头可采用螺纹连接或内管箍连接。冻结管接头强度不宜小于母管强度的 80%；跟管钻进时冻结管连接宜采用螺纹接头或带丝扣的内管箍连接，并焊接补强密封坡口接头缝；夯管时冻结管宜采用不带丝扣的内管箍对焊接头；

2 跟管钻进时冻结管最前端应安装单向阀；

3 接头内管箍应与冻结管材的材质一致，选用焊条应与管材材质相匹配，焊缝应饱满且与管壁齐平；

4 冻结管下入地层深度不应小于设计深度，不宜大于设计深度 0.5m，冻结管管口露出孔口管不宜小于 100mm；

5 冻结管下入地层后应进行试压，试验压力应为冻结工作面盐水压力的 1.5 倍~2 倍，且不宜低于 0.70MPa；经试压 30min 压力下降不超过 0.05MPa，再延续 15min 压力保持不变为合格；

6 冻结管周围及冻结区域不应漏水漏泥，出现漏水漏泥时应采用注浆方法封堵；

7 渗漏的冻结管处理应符合下列规定：

1) 试压不合格的冻结管应进行处理达到密封要求后方可使用，无法处理时应补孔；

2) 向下倾斜的冻结管出现渗漏时，可在漏管中下入小直径冻结管的方法进行处理，并在小直径冻结管外侧充满清水或泥浆；小直径冻结管应采用低碳钢无缝钢管，内径不应小于 57mm，管壁厚度宜为 3mm~4mm，采用直接对焊连接；

3) 下套管的冻结孔数不应多于冻结孔总数的 5%，小直径冻结管下放深度和耐压要求应与普通冻结管相同，并在后续冻结过程中对该孔进行单独串接，保证该孔的流量需求；

4) 向上倾斜的冻结管漏管不应采用下入小直径冻结管的方法处理。

7.2.6 供液管可采用聚乙烯增强塑料管或钢管， $\phi 89\text{mm}$ 冻结管的配套供液管管径与壁厚可按表 7.2.6 选用。

表 7.2.6 供液管的管径与壁厚

供液管品种	外径 (mm)	壁厚 (mm)
焊接钢管	≥38	3~4
聚乙烯增强塑料管	≥40	≥4

7.2.7 供液管下入冻结管时连接应牢固、严密，并应下放到冻结管管底。供液管管端应留有断面面积不应小于供液管断面的回水通道。

7.2.8 冻结器端头与盐水去回路管的连接应牢固、严密，不应渗漏。

7.2.9 冻结器宜采用串、并联方式分组与配、集液圈连接，每组串联冻结器长度宜相等，以保证各冻结期盐水流量均匀并满足设计要求。冻结器与配、集液圈之间宜用软管连接，软管在工况温度下耐压不应低于 1MPa。

7.2.10 每组冻结器应分别安装盐水流量计、控制阀门和温度测点，便于对单孔盐水流量的监测与控制。

7.2.11 盐水流量计的安装应设置过桥，便于修复与更换。

II 冷冻站施工与运转

7.2.12 冷冻站应根据实际需冷量设置，需冷量可由冻结管吸热能力和冷量损失系数进行计算。

7.2.13 冷冻机的型号与数量应根据冷冻站需冷量、制冷剂循环系统的冷凝温度、蒸发温度确定。选定冷冻机的总制冷能力不应小于冷冻站需冷量。

7.2.14 冷冻站的位置应综合考虑冻结效果以及对开挖期间的影响等，可设置在联络通道附近的隧道内、车站地下站厅层或地铁车站地面广场。

7.2.15 冷冻站厂房防火应符合现行国家标准《建筑设计防火规范》GB 50016 的规定。

7.2.16 冷冻站应通风良好，通风条件不能满足设备降温需求时

可安装轴流风机强制通风。

7.2.17 冷冻站制冷设备、盐水泵、冷却水泵及管路系统的安装，应符合现行国家标准《制冷设备、空气分离设备安装工程施工及验收规范》GB 50274、《机械设备安装工程施工及验收通用规范》GB 50231 及《工业金属管道工程施工规范》GB 50235 中的有关规定。配电系统安装及调试应符合现行国家标准《电气装置安装工程盘、柜及二次回路接线施工及验收规范》GB 50171 的规定。

7.2.18 冷冻站正式运转前应符合下列规定：

1 在充制制冷剂过程中，制冷剂、盐水、冷却水系统应运转正常，盐水温度逐渐下降；

2 配电系统应能连续正常供电；

3 冷冻站内灭火器材、防雷装置、电器接地等安全设施应齐全；

4 冷冻机易损件、仪表、制冷剂和冷冻机油均应有足够备用，单个联络通道工程，冷冻机组不宜少于 2 套（1 用 1 备），出厂年限不得超过 5 年，具备远程监控功能；

5 备用发电机组不应少于 1 套，功率不应小于 400KW，并应满足施工期间的最大使用功率。

7.2.19 在开挖期间不应擅自停止或减少冻结孔供冷，冷冻站运转应按照本规范附录 D 的规定形成原始记录。如在积极冻结期间发生短暂停冻，应按停冻时间的 2 倍相应延长积极冻结时间；如确因施工需要停止个别冻结孔供冷时，应分析对冻结壁整体稳定性的影响，并制定相应技术措施，确保开挖和结构施工安全。

III 冻结壁检测

7.2.20 预加固支架的安装应符合下列规定：

1 在冻结壁交圈前，应按设计要求完成预加固支架安装；

2 隧道支撑安装完毕后，应采用千斤顶将预加固支架与管片

紧密接触，每个千斤顶的预加顶力不应大于 100kN，且各个千斤顶的顶力应均匀；

3 根据实测隧道收敛变形，各个千斤顶的顶力应进行调整，收敛大的部位要求千斤顶的顶力大，不收敛的部位千斤顶不施加；隧道收敛达到报警值 10mm 时千斤顶顶力应达到设计最大值 500kN；

4 千斤顶顶力达到设计最大值后隧道仍继续收敛时，应采取其它加固措施。

7.2.21 测温孔的布置应符合设计要求，测温孔内应安装测温管，测温管宜采用具有良好导热性的钢管，且不应存在渗漏情况，测温管的规格应方便安装测点。

7.2.22 温度测量精度应达到 $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ ，测温元件和仪器应经过标定。

7.2.23 测温管内安装测温电缆和测温元件后，管口应进行密封和保护，防止测温元件及电缆被移位、损坏。

7.2.24 泄压孔应符合下列规定：

1 应按照设计要求在预留洞门的隧道管片上开设泄压孔，且每侧泄压孔个数不宜少于 2 个；

2 泄压孔应布置在开挖区非冻土内，并宜深入地层不小于 1.0m；

3 泄压孔孔径不宜小于 38mm，泄压孔孔口应安装压力表和用于泄水的旁通管、控制阀门，压力表的精度应达到 $\pm 0.02\text{MPa}$ ；

4 在冷冻站运转前，应检测地层初始水压，并与泄压孔附近地层水文勘察资料比较，发现异常必须查明原因并及时进行处理，确保泄压孔畅通；

6 泄压孔水压上涨超过初始压力 0.2MPa 时应放水泄压，泄压孔中有水成线流持续流出时，应立即关闭阀门，待压力上升超过初始压力 0.2MPa 后再泄压，压力重复上涨三次以上才可持续泄压，以保证冻结壁的形成质量。

7.2.25 地层冻结效果验证应符合下列规定：

1 冻结壁的厚度、平均温度以及与相关结构的交界面温度应满足设计要求；

2 冻结封水区内的水文情况可根据探孔的出水情况和温度判定；

3 地层冻结加固效果应根据冻结壁的厚度、平均温度、与相关结构的交界面温度以及冻结封水区内的水文情况等指标综合判定。

7.2.26 开挖前，泄压孔压力应上涨超过 7d，且水压值应升高超过初始水压值 0.2MPa 以上；打开泄压孔 24h 以上除少量滴水外，应无水持续流出；盐水去回路温差不大于 2℃，且积极冻结时间不少于设计要求。

7.2.27 对冻结供冷发生异常或冻结效果难以确定的部位应打探孔，检测冻结壁温度及检测开挖区内土体的稳定情况。

7.2.28 联络通道施工期间应对冻结干管去、回路盐水温度，干管流量，测温孔温度，泄压孔的压力以及盐水液位等项目进行监测。

IV 冻结孔封孔

7.2.31 冻结孔封孔应符合下列规定：

1 封孔时要求分组停止冻结，并尽快割除隧道管片上的停冻的孔口管和冻结管，防止孔口管和冻结管周围冻结壁解冻漏水；

2 观察无渗漏后，割除孔口管、冻结管至钢管片内深度不小于 100mm；

3 对遗弃在地层中的冻结管应进行充填，充填前采用压缩空气吹干管内盐水；充填冻结管材料应采用 M10 以上水泥砂浆或 C20 以上混凝土，对于上仰角冻结管充填管长度应不小于管口以内 1.5m，对于下俯角冻结管原则上应全段充填；

4 孔口管割除部位采用 10mm 厚钢板进行焊接封堵，焊缝高

度 6mm。焊缝处涂抹遇水膨胀止水胶后，在割除区域侧壁施工 M12 以上膨胀螺栓 2 根(外侧预留长度不小于 3cm)，并与孔口管残留部分焊接连接，遇到肋板时应与肋板进行焊接；

5 采用 C30 硫铝酸盐微膨胀水泥充填剩余空间与钢管片内齐平；钢管片表面焊接 12mm 厚钢板，焊缝高度 8mm。钢板应覆盖钻孔格仓，并与格仓肋板搭接不小于 50mm。钢板与钢管片之间的空隙应采用环氧树脂进行密实充填。钢板表面涂刷与钢管片同材质防锈漆；

6 取出非钻孔格仓保温材料并采用 C30 硫铝酸盐微膨胀混凝土进行挂网充填、找平，挂网要求同第 5 条。

8 开挖及构筑

8.1 矿山法施工

I 应急防护门

8.1.1 防护门安装与使用应符合下列规定：

1 开挖前，应在开挖侧通道预留洞口隧道钢管片处安装应急防护门；

2 防护门焊缝质量等级为二级，水密处焊缝应进行探伤检测，并应符合设计及相关验收规范要求，出具焊缝探伤报告；

3 防护门安装后应进行水密性试验或气密试验，在不停泵时试验水压或气压应能保持在设计压力值；

4 防护门应能灵活开关，关闭后应能承受安装位置的水土压力，有效阻止联络通道内水、土流出，开启后不得影响正常的开挖和结构施工；

5 防护门开关应便于人工操作，紧固螺栓、气动扳手等配件及操作工具应准备到位；

6 联络通道开挖时发生透水、冒砂事故时，应立即关闭防护门，并向防护门内压水，使防护门内水压维持在设计压力；

7 正常情况下，通道挖通初期支护施工结束后便可拆除防护门，利于永久结构的施工；特殊情况下，如开挖过程中出现断管、盐水泄漏等影响开挖的情况，防护门和对面管片不得拆除，待结构全部施工完后再拆除并施工喇叭口结构。

II 开挖施工

8.1.2 开挖前应进行试挖，深度宜为 500mm，应在判定达到条件后，进行正式开挖工作。

8.1.3 联络通道开挖应采取短段掘砌的作业方法，随挖随支。采

用地层冻结加固时，开挖应严格控制冻结壁温度升高和变形，冻结壁暴露时间不应大于 24h，冻结壁暴露面最大收敛位移不得大于 20mm。联络通道喇叭口开挖暴露出来的冻结管应采取保温措施；无特殊情况，联络通道应由主冻结孔向副冻结孔方向开挖。

8.1.4 开挖横断面方向尺寸应满足设计要求，通道开挖中心线偏差应不大于 20mm，且单侧超挖不得大于 30mm；开挖循环进尺应取 500mm~800mm，并应与初期支护的钢支架或钢格栅间距一致。

III 初期支护及结构施工

8.1.5 钢筋格栅安设应符合下列规定：

1 钢筋格栅应垂直通道中线，允许偏差为：横向 $\pm 30\text{mm}$ ，纵向 $\pm 50\text{mm}$ ，高程 $\pm 30\text{mm}$ ，垂直度 5‰；

2 钢筋格栅与壁面应楔紧，每片钢筋格栅节点及相邻格栅纵向必须分别连接牢固。

8.1.6 初期支护应符合下列规定：

1 钢支架制作应符合现行国家标准《钢结构设计标准》GB 50017 的规定，钢支架内侧净尺寸宜按联络通道结构轮廓外放 20mm~30mm 计算；

2 木背板背后应采用中粗砂或水泥砂浆填充密实；

3 喷射混凝土应分片依次自下而上进行并先喷钢筋格栅与壁面间的混凝土，然后再喷两钢筋格栅之间的混凝土。每次喷射厚度为：侧墙 70mm~100mm，拱顶 50mm~60mm，以和初支喷射同一平面为准则。

8.1.7 集水井开挖应在浇筑完通道结构混凝土且其强度达到设计值的 60%以上后再进行施工。

8.1.8 混凝土浇注宜采用整体钢模板及混凝土输送泵，浇筑施工时应考虑低温环境对混凝土强度增长的影响，同时应采取保护措施确保通道拱部混凝土浇筑密实。

8.1.9 联络通道防水施工应符合现行国家标准《地下工程防水技术规范》GB 50108 的规定，防水层应在初期支护完工，经隐蔽检查验收合格后进行施工。

8.2 机械法施工

I 掘进施工

8.2.1 掘进施工划分为始发、掘进和接收阶段。掘进参数应根据地质情况、洞门结构类型和工程实践确定。施工中，应根据各阶段施工特点及施工安全、工程质量和环保要求等采取针对性施工技术措施。

8.2.2 始发掘进应符合下列规定：

1 必须采取洞门密封措施保证始发安全；应对密封措施进行质量检查，合格后方可始发掘进；

2 反力系统应进行安全验算，对反力系统影响范围内的正线隧道壁后进行补充注浆；

3 应对掘进机姿态进行复核，掘进机姿态应与联络通道计划轴线相适应；

4 应保护掘进机的各种管线，并应确定管片（管节）拼装、壁后注浆、出土及材料运输等作业方式；

5 始发洞门圈间隙应进行填充注浆；

6 始发掘进时应控制掘进机的姿态、推力、扭矩、土仓压力等参数，加强监测，并应根据监测结果调整掘进参数。

8.2.3 掘进施工应严格控制排土量、掘进机姿态和地层变形；开挖渣土应充满土仓，渣土形成的土仓压力应与刀盘开挖面外的水土压力平衡，并应使排土量和开挖土量相平衡。

8.2.4 应根据工程地质和水文地质条件，向刀盘前方及土仓注入添加剂，渣土应处于流塑状态。

8.2.5 掘进中应监测和记录掘进机运转情况、掘进参数变化和排出渣土状况，并应及时分析反馈，调整掘进参数和控制掘进机姿

态。盾构施工应对管片姿态进行测量和复核，并记录。顶管施工应对管节姿态进行测量和复核，并记录。

8.2.6 掘进过程中应对已成环管片（管节）与地层的间隙填充注浆。顶管法施工时应根据联络通道长度、顶管直径、工程地质和水文条件，向管节外空隙加注触变泥浆，触变泥浆应在顶进过程中得到补充。

8.2.7 盾构法应通过调整盾构掘进液压缸的行程控制盾构姿态，顶管法应通过调整铰接液压缸的行程控制顶管姿态。可采取铰接系统或反转刀盘等措施调整顶管机的轴线偏差及滚动角。管片（管节）拼装时应停止掘进，并应保持掘进机姿态稳定。

8.2.8 应实时测量盾构或顶管里程、轴线偏差、俯仰角、方位角、滚动角，每环测量盾尾间隙（管节与洞门间隙），根据测量数据和隧道轴线线型，选择管片拼装点位或铰接液压缸的行程。

8.2.9 顶管施工时首环管节拼装应严格控制错台量，避免顶进过程中偏心受力。纠偏时应控制单次纠偏量，应及时纠偏和小量纠偏，不得过量纠偏。

8.2.10 掘进过程中，掘进机与后配套设备、导向系统、抽排水设备、水平运输与垂直运输设备和供电系统等应能正常运转。

8.2.11 掘进机掘进过程中遇到下列情况时，应及时处理：

- 1 掘进机前方地层发生坍塌或遇有障碍；
- 2 掘进机本体滚动角达到 3° ；
- 3 掘进机轴线偏离计划轴线达到50mm；
- 4 掘进机推力与预计值相差较大；
- 5 管片（管节）严重开裂或严重错台；
- 6 壁后注浆系统发生故障无法注浆；
- 7 掘进机扭矩发生异常波动；
- 8 动力系统、密封系统、导向系统和控制系统等发生故障。

8.2.12 掘进应按设定的掘进参数沿计划轴线进行，并应进行记录。在曲线段施工时，应采取措施减小已成环管片竖向位移和横

向位移对轴线的影晌。当停止掘进时，应采取措施稳定开挖面并对掘进机姿态与管片（管节）状态进行复核测量。

8.2.13 掘进机接收需符合以下规定：

1 接收前，必须采取洞门密封措施保证接收安全，应对密封措施进行质量检查，合格后方可接收掘进；

2 掘进机刀尖接触接收洞门前，应对掘进机姿态进行测量和调整；掘进机撤除反力前，应使管片（管节）环缝挤压密实，确保密封防水效果；

3 掘进机尾部经过洞门后，应及时密封管片（管节）与洞门间隙。

8.2.14 平移和过站前，应进行施工现场调查、专项方案编制，并根据方案完成现场准备工作。平移和过站设备应满足安全要求，平移和过站时应有专人指挥，专人观察掘进机的移动状态，避免方向偏离或碰撞。

8.2.15 掘进机解体时应采取下列措施：

1 应对始发洞门圈和接收洞门圈间隙的填充注浆效果进行检验，检验合格后方可拆机；

2 应制定解体方案，并准备解体使用的吊装设备、工具、材料等；

3 应对各部件进行检查，并应对流体系统和电气系统进行标识；

4 对已拆卸的零部件应进行清理。

8.2.16 掘进机进入下列特殊地段时，应采取施工安全措施：

1 建（构）筑物的地段；

2 地下管线和地下障碍物地段；

3 水域地段；

4 存在有毒有害气体地段。

8.2.17 特殊地段施工应符合下列规定：

1 应查明和分析地质状况和联络通道周边环境状况，并应制

定专项施工技术措施和应急预案；

2 根据联络通道所处位置与地层条件，应合理设定开挖面压力，并应控制地层变形；

3 根据联络通道所处位置与工程地质和水文地质的条件，应确定壁后注浆的材料、压力和注浆量，在施工过程中应根据量测结果及时调整；

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

II 衬砌拼装与注浆

8.2.18 管片选型应符合下列规定：

1 应根据设计要求，选择管片类型、排版方法、拼装方式和拼装位置；

2 当曲线地段或需纠偏时，管片类型和拼装位置的选择应根据联络通道计划轴线和上一环管片姿态、盾构姿态、盾尾间隙、推进油缸行程差和铰接油缸行程差等参数综合确定。

8.2.19 拼装前，管片（管节）防水密封材料的粘贴效果应验收合格，应对上一管片（管节）环面进行清理。管片（管节）应按便于拼装的顺序存放，存放场地基础应满足承载力要求。

8.2.20 管片拼装时应符合下列规定：

1 应控制推进液压缸的压力和行程，并应保持盾构姿态和开挖面稳定；

2 应有顶管止退措施，应保持顶管姿态和开挖面稳定；

3 应根据管片（管节）位置和拼装顺序，逐块依次拼装成环；

4 应防止管片（管节）及防水密封条损坏；

5 作业范围内不得站人和穿行。

8.2.21 施工中管片（管节）拼装允许偏差和检验方法应符合表 8.2.21 的规定。

表 8.2.21 管片（管节）拼装允许偏差和检验方法

检测项目	允许偏差 (mm)	检验方法	检查环数	检查点数
衬砌环收敛值	5%D	丈量后计算	逐环	4点/环
衬砌环内错台	5	用尺量	逐环	4点/环
衬砌环内错台	6	用尺量	逐环	4点/环

注：D指联络通道的外直径，单位：mm。

8.2.22 管片（管节）连接螺栓紧固扭矩应符合设计要求。管片拼装完成，脱出盾尾后，应对管片螺栓及时复紧。管节顶推完成后，应对上一环管节螺栓及时复紧。螺栓质量及拧紧度应符合设计要求。

8.2.23 对已拼装成环的衬砌环应进行收敛值检查，并应符合下列规定：

1 管片（管节）不得有内外贯穿裂缝、宽度大于 0.2mm 的裂缝及混凝土剥落现象；

2 管片（管节）防水密封质量应符合设计要求，不得缺损，粘结应牢固、平整；

3 管片（管节）拼装过程中应对联络通道轴线和高程进行控制，其允许偏差和检验方法应符合表 8.2.23 的规定。

表 8.2.23 联络通道轴线和高程允许偏差和检验方法

检测项目	联络通道允许 偏差 (mm)	检验方法	检查环数	检查点数
轴线平面位置	±50	用全站仪测中线	逐环	1点/环
轴线高程	±50	用水准仪测高程	逐环	1点/环

8.2.24 粘贴管片（管节）防水密封条前应将管片（管节）密封槽清理干净，粘贴后的防水材料应牢固、平整和严密、位置应正确、不得有起鼓、超长和缺口现象。

8.2.25 螺栓孔密封圈安装应符合设计要求，不得遗漏，且不宜外露。管片（管节）嵌缝及手孔封堵防水应符合设计要求。当无设计要求时，应符合国家现行标准《地下工程防水技术规范》

GB 50108 的规定。

8.2.26 当已拼装完成的钢筋混凝土管片（管节）表面一般缺陷时，应及时修补。修补后质量应符合验收要求。

8.2.27 应根据工程地质条件、地表沉降状态、环境要求及设备性能等选择注浆方式。管片（管节）与地层间隙应填充密实。同时应采取措施，减少壁后注浆对周围环境的影响。

8.2.28 壁后注浆应符合下列规定：

- 1 根据注浆要求，应通过试验确定注浆材料和配比；
- 2 可按地质条件、联络通道条件和工程环境选用单液或双液注浆材料；注浆材料的强度、流动性、可填充性、凝结时间、收缩率和环保等应满足施工要求；
- 3 应根据注浆量和注浆压力控制壁后注浆过程，注浆速度应根据注浆量和掘进速度确定；
- 4 二次注浆的注浆量和注浆压力应根据环境条件和沉降监测结果等确定；
- 5 注浆前，应根据注浆施工要求准备拌浆、储浆、运浆和注浆设备，应进行试运转并对注浆孔、注浆管路和设备进行检查；
- 6 合理制定壁后注浆的工艺，并应根据注浆效果调整注浆参数；
- 7 应配备对注浆量、注浆压力、注浆时间等参数进行记录的仪器；
- 8 注浆作业应连续进行，作业后应及时清洗注浆设备和管路；
- 9 采用管片（管节）注浆孔注浆后，应封堵注浆口。

8.2.29 机械法联络通道防水应包括管片（管节）自防水、管片（管节）接缝防水和特殊部位防水。

8.3 融沉注浆

8.3.1 采用冻结法加固地层时，冻结停止并完成冻结孔封孔后，应进行壁后注浆充填，并进行地层融沉注浆。采用地层冻结加固

的联络通道壁后充填及融沉注浆施工方案应进行方案报审及专项评审。

8.3.2 注浆管应在联络通道结构施工时预埋，注浆管预埋深度应穿透初期支护层，布孔密度宜为 1 个/（ $2\text{m}^2\sim 4\text{m}^2$ ），可利用隧道联络通道区域的管片预留注浆孔进行融沉注浆。

8.3.3 衬砌后充填注浆应在停止冻结后 3d~5d 内进行。充填注浆结束后，应根据地层沉降监测情况进行冻结壁融沉补偿注浆。

8.3.4 融沉补偿注浆应遵循“多点、少量、多次、均匀”的原则，融沉补充注浆时应采用自然解冻。注浆设备宜采用双液注浆泵，注浆泵应配备压力表、流量计等量测仪表。

8.3.5 注浆参数调整应符合下列规定：

1 每次实际注入量可根据地表沉降监测和温度场监测反馈进行适当调整；

2 注浆压力可根据实际情况进行调整，但稳定后压力应符合设计压力值；

3 当在设计压力下注浆确实有困难时，可在分析原因后，对注浆压力或者注浆量进行合理调整。

8.3.6 注浆过程中应填写各项注浆记录表与质量抽检报告，并作为注浆加固质量验收依据。

8.3.7 预留注浆管应进行注浆封孔。融沉注浆结束后，应割除露出结构表面的注浆管，并在管口段填充深度不小于 100mm 的速凝堵漏剂。

9 安全监测

9.1 一般规定

9.1.1 联络通道施工开始前，应根据施工环境和方法、工程地质和水文地质条件编制专项监测方案，经审批完成后实施并做好监测记录。

9.1.2 联络通道施工期监测对象应在满足工程支护结构安全和周边环境保护要求的条件下，针对不同施工方法，根据支护结构设计方案、周围岩土体及周边环境条件综合确定。宜包括以下内容：

- 1 联络通道施工影响范围内的正线隧道管片。
- 2 监测范围内的周边环境的变形，包括地面、地下管线及邻近建（构）筑物等。
- 3 联络通道自身结构；
- 4 冻结法加固应对施工期间的冻结效果进行监测，包括对冻结干管去、回路盐水温度，干管流量，测温孔温度，泄压孔的压力以及盐水液位等项目。

9.1.3 联络通道的施工监测范围应符合下列规定：

- 1 隧道管片变形监测范围不宜小于联络通道洞门两端正线隧道前后各 50m；
- 2 地下管线、地面沉降及邻近建（构）筑物变形监测范围应以联络通道中心为圆心、半径不小于联络通道底部埋深的 1.5 倍，且不小于联络通道正上方地面投影外侧 20m。

9.1.4 联络通道施工期间隧道结构及周边环境监测点应的布设应符合下列规定：

- 1 联络通道自身结构竖向位移监测点、净空收敛监测点宜布设在同一断面，通道结构拱底、拱顶、腰中应各布设一个测点。结构监测断面间距 2~6m，且在联络通道中部及两端洞门应布设

监测断面。

2 正线隧道结构竖向位移监测点、净空收敛监测点宜布设在同一断面，隧道底、拱顶、腰中应各布设一个测点。在联络通道两侧各 50m 范围内按先密后疏布设，联络通道两侧第一个混凝土管片上各布设 1 个断面，10 环以内每 2 环布设一个测点，10 环以外每 4 环布设一个测点。

3 地表沉降观测应沿联络通道线路中线按断面布设，纵断面间距 2m~6m 且不少于 3 个（联络通道轴线正上方及左右侧各一个），横断面间距 2m~6m 且不少于 7 个（联络通道中间位置、联络通道洞门、主隧道左右线轴线、主隧道左右线外侧正上方各一个），监测的纵断面长度及横断面宽度应大于变形影响范围，监测点间距宜为 2m~6m，且离联络通道越近点宜越密。对于特殊地段，地表沉降监测断面和监测点的设置应编制专项方案。

4 临近建构筑物、地下管线等周边环境监测点布设应根据环境对象的类型和特征、环境风险等级、监测方案等要求综合确定，可利用隧道施工期间的环境监测点。

9.1.5 监测方法、技术要求应符合现行国家标准《城市轨道交通工程测量规范》GB/T 50308、《工程测量标准》GB 50026、《城市轨道交通工程监测技术规范》GB 50911 和现行行业标准《建筑变形测量规范》JGJ 8 等规定。

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

- 1 周边地表出现突然明显沉降（隆起）或较严重的突发裂缝、明塌；
- 2 建（构）筑物等周边环境出现危害正常使用功能或结构出现过大大变形、沉降、倾斜或裂缝等；
- 3 周边地下管线变形明显增长或出现裂缝、泄漏等；
- 4 隧道结构出现明显变形、较大裂缝、较严重漏水；

5 根据工程经验判断可能出现的其他警情。

9.1.7 对联络通道施工中风险较大的部位宜进行远程视频监控，且视频监控现场应有适当的照明条件，当无条件时可采用红外设备进行监控。系统应接入现场视频监控实时画面，并具备录像回放功能。现场视频监控设备宜覆盖联络通道主线与副线侧安全门、开挖作业面、冷冻站等关键区域。

9.1.8 冻结法加固的冻结效果监测宜采用自动化监测，并定期进行人工复核；当采用人工监测时，监测频率宜按照表 9.2.2 确定。

9.1.9 施工监测数据应结合施工和现场环境状况进行综合分析，并应绘制变形时态曲线图。

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

9.1.11 监测完成后应及时向有关单位提供阶段性监测成果。

9.1.12 监测工作完成后应提供监测技术总结报告。

9.2 矿山法

9.2.1 矿山法联络通道在施工开始前连续采集 3 次稳定的数据作为初始值。隧道变形及周边环境应完成采集，其中冻结法加固应从钻孔施工开始前采集；联络通道自身结构应在衬砌拼装完成后 24h 内采集。

9.2.2 矿山法联络通道在施工过程中，监测频率可按表 9.2.2 确定。遇特殊情况或监测数据达到预警值时，应适当进行加密监测。

表 9.2.2-1 地层注浆加固监测频率要求

监测内容	地层加固期间	开挖与结构回筑期间	工后阶段
地下管线 竖向位移	1 次/3 天	1 次/天	第 1 个月 1 次/3 天； 第 2 个月后 1 次/(10 ~ 15) 天。
邻近建（构） 筑物竖向位移	1 次/3 天	1 次/天	
地表竖向位移	1 次/3 天	1 次/天	
正线隧道 竖向位移	1 次/3 天	1 次/天	
正线隧道 净空收敛	1 次/3 天	1 次/天	
联络通道结构 竖向位移	/	/	
联络通道结构 净空收敛	/	/	

表 9.2.2-2 地层冻结加固监测频率要求

监测内容	监测频率				
	钻孔期间	冻结期间	开挖与结构施工期间	融沉阶段	
				自然解冻	强制解冻
地下管线竖向位移	1次/天	1次/2天	1次/天	前3个月1次/(2~5)天; 第4、5个月1次/(5~10)天; 第6个月1次/(10~15)天	第1个月1次/天; 第2个月1次/(10~15)天
邻近建(构)筑物竖向位移	1次/天	1次/2天	1次/天		
地表竖向位移	1次/天	1次/2天	1次/天		
正线隧道竖向位移	1次/2天	1次/2天	1次/天		
正线隧道净空收敛	1次/2天	1次/2天	1次/天		
联络通道结构竖向位移	/	/	/		
联络通道结构净空收敛	/	/	/		
干管去回路盐水温度	/	1次/天	1次/天	/	4次/天
测温孔温度	/	1次/2天	1次/天	/	4次/天
干管流量	/	1次/7天	1次/7天	/	/
泄压孔压力	/	1次/天	/	/	/
盐水液位	/	2次/天	2次/天	/	/

9.2.3 联络通道监测控制值的确定应符合下列规定：

- 1 联络通道及影响范围内隧道管片的竖向位移、净空收敛和

地表沉降应根据工程地质条件、设计参数以及当地经验确定。

2 周边地下管线监测报警值应在调查分析管线功能、材质、工作压力、铺设年代等的基础上，结合当地工程经验综合确定。

3 临近建（构）筑物应在调查分析基础上，考虑其使用功能、建筑规模、修建年代、结构形式、基础类型和地基条件，并依据建（构）筑物与工程的空间位置关系、已有沉降变形及当地水文地质条件进行确定。

4 对于风险较大或有特殊要求的建（构）筑物或地下管线，宜通过调查分析、安全评估后确定。

5 当无地方经验和特殊要求时，可按表9.2.3确定。

表 9.2.3 矿山法联络通道监测控制值

监测内容		累计值（mm）	变化速率（mm/d）
联络通道结构竖向位移		±10	±2
联络通道结构净空收敛		±10	±2
正线隧道竖向位移		±10	±2
正线隧道净空收敛		±10	±2
地下管线竖向位移	刚性压力管线	±10	±2
	刚性非压力管线	±10	±2~±3
	柔性管线	±10	±3~±5
临近建（构）筑物竖向位移		+10~-30	±2
地表沉降		+10~-30	±2~±3

9.2.4 冻结加固联络通道，施工期间冻结温度可根据设计文件要求确定控制值。当无具体报警值时，可参照表 9.2.4 确定。

表 9.2.4 冻结温度监测报警值

监测项目	积极冻结	开挖阶段	维持冻结
去、回路盐水温度	-24℃	-28℃	-25℃
去、回路盐水温差	1℃~4℃	2℃	1℃~4℃
冻结孔温度	/	-10℃	

9.2.5 融沉注浆期间，单次注浆工况前后监测数据差控制值为2mm。

9.2.6 地层注浆加固联络通道结构施工完成后，周边环境变形监测趋于稳定时，可结束监测工作。冻结法加固联络通道监测，融沉注浆监测时间至少需满足6个月；当冻结壁完全融化，在无注浆工况情况下，实测周边环境稳定时，可申请停止融沉注浆监测。

9.3 机械法

9.3.1 机械法联络通道隧道变形及周边环境应在始发前完成初始值采集，连续采集3次稳定的数据作为初始值。联络通道自身结构应在衬砌拼装完成后24h内完成采集。

9.3.2 机械法联络通道在施工过程中，监测频率可按表9.3.2确定。遇特殊情况或监测数据达到预警值时，应适当进行加密监测。

表 9.3.2 机械法联络通道监测频率要求

监测内容	施工准备期	机械掘进期间	工后阶段
地下管线 竖向位移	1次/3天	1次/天	第1个月1次/3天； 第2个月 后1次/(10~15)天。
邻近建（构） 筑物竖向位移	1次/3天	1次/天	
地表竖向位移	1次/3天	1次/天	
正线隧道 竖向位移			
正线隧道 净空收敛			
联络通道结构 竖向位移	/	/	
联络通道结构 净空收敛	/	/	

9.3.3 机械法联络通道监测控制值应根据工程特点、设计参数及当地施工经验等综合评估确定。当无地方经验时，可按表 9.2.3 确定。

9.3.4 联络通道贯通、机械设备撤场后，周边环境变形监测趋于稳定时，可结束监测工作。

9.4 信息化管理

9.4.1 联络通道施工安全风险宜引入信息化管理系统，信息化管理内容应能准确反映联络通道工程状态、安全及现场的管理状况。

9.4.2 系统应具有广泛的兼容性，便于模块化升级和横向扩展，并保持整体架构的稳定性。

9.4.3 系统采用的软件系统和硬件设施应满足稳定可靠、安全、易维护的要求；

9.4.4 联络通道安全管理系统的的功能应符合下列规定：

1 当施工现场各类设备数据接入系统时，应采取加密措施，确保数据传输安全；

2 系统应设置权限管理和访问控制，限制不同用户角色对系统资源的访问；

3 系统运行的服务器环境应设置防火墙，对计算机病毒应能进行实时监控并发出报警提醒；

4 系统数据库服务器应具备自动备份功能或人工定期进行备份工作。

9.4.5 监测管理模块应具备人工、自动化监测数据的上传入库、统计分析、图表绘制、超限预警等功能，实现隧道结构及周边环境监测数据采集、处理、查询与管理。

9.4.6 冻结温度监控模块应具备自动测温数据集成接入、实时展示、统计分析、接入异常提示、温度超限预警等功能，实现对主/副线侧冻结壁测温孔、盐水去回路温度变化情况实时监测与分

析功能。

9.4.7 机械法施工的联络通道宜监控机械设备掘进参数，掘进参数监控模块应具备关键参数集成接入、实时展示、统计分析、接入异常提示、数据超限预警等功能，实现掘进关键参数的实时监控、分析、查询功能。监控参数宜包括下列内容：

1 盾构法设备的刀盘压力、掘进速度、刀盘扭矩、掘进姿态等关键参数；

2 顶管法设备的顶进压力。

9.4.8 视频监控模块应具备视频实时展示、接入异常提示功能，实现关键作业面的实时监控。有条件可配置视频智能识别算法，实现安全隐患自动预警提示。

10 安全文明施工

10.1 一般规定

10.1.1 工程项目应根据工程特点制定各项安全生产管理制度，建立健全安全生产管理体系。

10.1.2 工程项目应根据工程特点及环境条件进行安全分析、危险源辨识及风险评价，编制重大危险源清单并指定相应的预防和控制措施。

10.1.3 施工现场应合理设置安全生产宣传标语和标牌，标牌设置应牢固可靠。应在主要施工部位、作业层面、危险区域以及主要通道口设置安全警示标识。

10.1.4 施工人员应经培训及安全技术交底，熟悉施工范围内的危险源及控制措施，正确使用劳保用品。

10.2 安全管理

10.2.1 联络通道、冷冻站作业场所应设置照明和消防设施，并应配备通信、监控设备，确保作业面与外界保持联系。

10.2.2 当存在可燃性或有害气体时，应使用专用仪器进行检测，并应加强通风措施，气体浓度应控制在安全允许范围内。

10.2.3 施工作业环境气体应符合下列规定：

- 1 空气中氧气含量不得低于 20%（按体积计）；
- 2 甲烷浓度应小于 0.5%（按体积计）；
- 3 有害气体容许浓度应符合下列规定：
 - 1) 一氧化碳不应超过 $30\text{mg}/\text{m}^3$ 。
 - 2) 二氧化碳不应超过 0.5%（按体积计）。
 - 3) 氮氧化物换算成二氧化氮不应超过 $5\text{mg}/\text{m}^3$ 。
 - 4) 硫化氢不应超过 $10\text{mg}/\text{m}^3$ 。

10.2.4 粉尘容许浓度，空气中含有 10%及以上的游离二氧化硅的粉尘不得大于 $2\text{mg}/\text{m}^3$ ，空气中含有 10%以下的游离二氧化硅的矿物性粉尘不得大于 $4\text{mg}/\text{m}^3$ 。

10.2.5 联络通道空气温度不应高于 26°C 。

10.2.6 联络通道施工噪声不应大于 $85\text{dB}(\text{A})$ ，超过 $85\text{dB}(\text{A})$ 应采用防护措施。

10.2.7 涉动火作业应专门设置动火作业区，配置足够的灭火器。同时在隧道内应设置专门的氧气、乙炔瓶存放点，使用完毕后将氧气乙炔瓶放回存放点。

10.2.8 使用液氮冻结加固时应符合现行行业标准《低温液体储运设备使用安全规则》JB/T 6898 的规定。

10.3 文明施工

10.3.1 打孔过程中产生的泥浆应排放到特定的沉淀池，并进行循环利用；废浆应集中处理，不得随意排放。

10.3.2 施工过程中冻结管割除时，应对冷媒剂回收利用，减少材料消耗和对环境的污染。

10.3.3 开挖时应及时清理操作平台及隧道内的掉土，保持冷冻区域内管片干燥，防止冷冻管浸泡在水中，在施工完毕后应及时清理现场，保证作业面干净整洁。

10.3.4 建筑垃圾应集中、分类堆放，及时清运。

10.4 应急预案

10.4.1 联络通道开挖前，建设单位按规范要求开展风险辨识评估、编制应急预案，并组织专家评审。应急预案应具有针对性、可操作性。应急预案宜包括下列内容：

- 1 总则；
- 2 应急组织机构及职责；
- 3 响应启动；

- 4 处置措施；
- 5 应急保障；
- 6 附件。

10.4.2 针对下列工程质量安全问题与突发事件，应制订防范与应急处理措施：

1 冻结孔施工过程中孔口管脱落、冻结管断裂、钻头逆止阀损坏和孔口发生水砂突出；

2 冻结和开挖过程中发生冻结管断裂和盐水漏失；

3 发生严重机电事故或停电引起长时间停冻；

4 开挖过程因冻结壁不交圈、解冻或破坏引起出水冒泥，因冻结壁严重变形引起初期支护严重变形或破坏；

5 地层水土流失、冻胀、融沉和开挖引起周边隧道管片、地下管线和地面道路、设备及建（构）筑物严重变形甚至破坏；

6 施工过程中发生重大人身伤亡事故。

10.4.3 各参建单位按照应急预案和相关规范要求开展应急演练和演练评估，基本流程包括计划、准备、实施、评估总结、持续改进等五个阶段。

10.4.4 应急物资准备应符合下列规定：

1 根据实际联络通道施工的性质、特点、备足沙袋、水泥、聚氨酯等材料，放置于距离开挖面最近的操作平台上作为应急备用；

2 应急材料现场应备足，每天检查补充，并填写应急材料检查记录；

3 现场常备应急设备包括冷冻机、清水泵、盐水泵、污水泵、双液注浆机、聚氨酯泵等，要定期检查维修保养，并填写应急设备维修保养记录。

10.4.5 接报应急信息后，根据事故性质、严重程度、影响范围和可控性，结合响应分级明确的条件，由应急领导小组做出响应启动的决策，或根据事故信息达到响应启动的条件时即时启动。

10.4.6 应急处置时应根据施工现场事故类型和特征，在不危及人身安全时采取阻断或隔离危险源措施，严重危及人身安全时，迅速停止现场作业，现场人员采取必要的或可能的应急措施后撤离危险区域。

10.4.7 生产安全事故超出本级应急机构处置能力和范畴时，应启动应急救援程序，并包括下列内容：

- 1 向外部救援力量请求支援的程序和要求；
- 2 向外部联动的程序和要求；
- 3 与外部救援力量到达后的指挥关系。

10.4.8 应急处置结束后，应急处置机构应及时组织现场清理。

11 验收

11.1 矿山法联络通道

I 主控项目

11.1.1 模板的材质、结构、强度、规格、刚度应符合设计、施工方案及有关规范的规定。

检查数量：按批检查。

检验方法：对照设计、规范的规定进行检查。由施工单位自行设计、加工的非定型模板，应在出厂前进行整体组装、调试、检测，由监理单位组织检查验收。

11.1.2 模板安装后和浇筑混凝土过程中，应对模板及其支架进行观察和维护。发生异常情况时，应按施工方案及时进行处理。

检验方法：现场实测。

11.1.3 采用组合模板，组装规格尺寸应符合设计要求，其允许偏差为：净宽+10mm~+30mm；净高+10mm~+30mm。

检查数量：每 3m 为一个检查点。

检验方法：尺量检查。

11.1.4 模板到岩土的距离应不小于设计值。

检查数量：每 3m 为一个检查点。

检验方法：尺量最小值。

11.1.5 钢筋和钢筋加工件的品种、规格、质量、性能必须符合设计要求和规范的有规定。

检查数量：按批检查。

检验方法：检查产品合格证、出厂检验报告和进场复检报告。

11.1.6 立模前，应进行钢筋隐蔽工程验收，其内容包括：

- 1 纵向、横向钢筋的品种、规格、数量、位置等；
- 2 钢筋的连接方式、接头位置、接头数量、接头面积百分率

等；

3 钢筋的品种、规格、数量、间距等；

4 预埋件的规格、数证、位置等。

检验方法：检查钢筋隐蔽验收记录。

11.1.7 焊条、焊剂的牌号和性能应符合设计要求和规范的有关规定。

检验方法：检查出厂合格证。

11.1.8 钢筋加工的规格质量应符合设计要求。

检验方法：尺量检查。

11.1.9 钢筋搭接长度应符合设计要求，搭接接头应错开。

检查数量：施工班组全数检查。

检验方法：尺量检查。

11.1.10 钢筋的焊接接头应按现行行业标准《钢筋焊接及验收规程》JGJ 18 的规定抽取试件做力学性能检验，其质量应符合有关规程的规定。

检查数量：按有关规程确定。

检验方法：检查接头力学性能试验报告。

11.1.11 预拌混凝土进场时应对其设计强度等级、防渗等级、配合比、坍落度进行检查。

检查数量：按罐检查。

检验方法：设计强度等级、防渗等级、配合比，根据设计及供货协议，对照预拌混凝土发货单及出厂合格证进行检查；现场检查坍落度并做好坍落度试验记录。

11.1.12 混凝土强度及抗渗等级应符合设计要求。

检查数量：按每班组现场取样一组试块，但不少于一组试块。

检验方法：检查混凝土试验报告及混凝土抗渗试验报告。

11.1.13 钢筋混凝土工程的规格应符合设计要求，净宽、净高的允许偏差为整±50mm。

检查数量：每 3m 一个检查点，但不少于 3 个检查点。

检验方法：挂线尺量检查。

11.1.14 混凝土壁厚应符合设计要求，其允许偏差为 0mm~+30mm。

检查数量：每 3m 一个检查点，但不少于 3 个检查点。

检验方法：抽查模板分项工程验收记录。

11.1.15 混凝土支护的表面质量应符合以下规定：无明显裂缝，1m²范围内蜂窝、孔洞等不超过 2 处。

检查数量：每 3m 一个检查点，但不少于 3 个检查点。

检查方法：现场实查。

11.1.16 壁后充填注浆材料及配比应符合设计要求，并应充填饱满密实。

检查数量：逐孔检查。

检验方法：检查注浆记录。

11.1.17 联络通道建成后表面可有少量偶见湿渍但不允许滴水。

检查数量：全数检查。

检查方法：现场观察。

II 一般项目

11.1.18 组合模板组装允许偏差和检验方法应符合表 11.1.18 的规定。

表 11.1.18 组合模板组装允许偏差和检验方法

项次	项目	允许偏差 (mm)	检查方法
1	截面内部尺寸	±10	钢尺检查
2	墙身垂直	±10	钢尺检查
3	相邻模板表面高度	≤5	钢尺检查
4	平面平整度	5	2m 靠尺和塞尺检查

11.1.19 钢筋安设位置允许偏差和检验方法应符合表 11.1.19 的规定。

表 11.1.19 钢筋安设位置允许偏差

项次	项目		允许偏差 (mm)
1	受力钢筋	间距	±20
2		排距	±10
3	箍筋、构造筋间距		±30
4	受力钢筋保护层		±10

检查数量：每 3m 为一个检查点。

检验方法：模板安装前丈量间距最大、最小值。

11.1.20 钢筋的绑扎质量应符合以下规定：扎丝规格符合设计规定；缺扣、松扣的数量不超过应绑扎量的 20%，且不连续。

检查数量：全数检查。

检验方法：现场观察。

11.1.21 混凝土支护工程允许偏差和检验方法应符合表 11.1.21 的规定。

表 11.1.21 混凝土支护工程允许偏差和检验方法

项次	项 目	允许偏差 (mm)	检验方法
1	接茬(限值)	≤15mm	丈量检查点一模两端接茬最大值
2	表面平整度(限值)	≤10mm	用 2m 直尺检查点上最大值
3	预埋件(孔)中心线偏移(限值)	≤20mm	挂中心线丈量

检查数量：表 11.1.21 中，前两项每 3m 一个检查点，但不少于 3 个检查点；后一项全数检查。

11.1.22 施工缝的位置应在混凝土浇筑前按设计要求和施工技术方案确定。施工缝的处理应按施工技术方案执行。

检查数量：全数检查。

检验方法：观察，检查施工记录。

11.2 机械法联络通道

I 主控项目

11.2.1 结构表面无贯穿性裂缝、无缺棱掉角，管片（管节）接缝应符合设计要求。

11.2.2 联络通道防水符合设计要求。

11.2.3 成型联络通道结构不应侵入行车限界。

11.2.4 联络通道轴线平面位置和高程偏差应符合表 11.2.4 的规定。

表 11.2.4 联络通道轴线平面位置和高程偏差

检测项目	联络通道允许偏差 (mm)	检测方法	检查数量
轴线平面位置	±100	用全站仪测中线	每 5 环
轴线高程	±100	用水准仪测高程	每 5 环

II 一般项目

11.2.5 联络通道允许偏差值应符合表 11.2.5 的规定。

表 11.2.5 联络通道允许偏差值

检测项目	联络通道允许偏差 (mm)	检测方法	检查频率
盾构法联络通道 衬砌环收敛值	平均值 6%D 最大值 10%D	测距仪或尺 量后计算	每 5 环，不 少于 3 环
顶管法联络通道 衬砌环收敛值	6%D	测距仪或尺 量后计算	每 5 环，不 少于 3 环
衬砌环内错台	10	丈量	4 点/环
衬砌环间错台	15	丈量	4 点/环

注：D 指联络通道的外直径，单位 mm。

附录 A 地层冻结加固施工应急材料检查记录

表 A 地层冻结加固施工应急材料检查记录表

应急材料检查记录表					
名称	数量	存放地点	检查日期	检查人员	备注
木楔					
普通水泥					
双快水泥					
棉被					
聚氨酯					
备用水					
砂袋					
棉被					
木板					
钢支撑					
水玻璃					

附录 B 地层冻结加固施工应急设备维修保养记录

表 B 地层冻结加固施工应急设备维修保养记录表

应急设备维修保养记录表					
名称	数量	存放地点	维保日期	维保人员	备注
备用冷冻机					
备用发电机					
盐水泵					
清水泵					
聚氨酯泵					
污水泵					
双液注浆泵					
空压机					
千斤顶					
手拉葫芦					
电锯					
电焊机					

附录 C 钻孔施工原始记录

表 C 钻孔施工原始记录表

工程名称														
施工日期: 年 月 日			班: 当班班长:			电焊工:								
序号	孔号	开孔时间 (时:分)	终孔时间 (时:分)	设计仰俯角/ (*)	实际仰 俯角 / (°)	设计水 平角/ (*)	实际水平角 / (°)	设计 深度/ m	钻进加尺 (包括钻头长 度) /m	余尺/m	实际深度/m	注浆 时间 (时:分)	注浆 压力/ MPa	注浆量/ m ³
1														
2														
3														
4														
5														
备注:														

附录 D 冷冻站运转记录

表 D 冷冻站运转记录表

班别	时间	吸气压力 (Mpa)		排气压力 (Mpa)		盐水液位 (cm)	油压 (Mpa)		油温 (°C)		盐水温度		盐水压力 (Mpa)	清水温度 (°C)	清水压力 (MPa)	环境温度 (°C)	盐水流量 (m ³ /h)	交班字	接签
		1号机	2号机	1号机	2号机		1号机	2号机	1号机	2号机	去	回							
白班	8:00																		
	10:00																		
	12:00																		
	14:00																		
	16:00																		
	18:00																		
夜班	20:00																		
	22:00																		
	0:00																		
	2:00																		
	4:00																		
	6:00																		
备注																			

本规程用词说明

1 为便于在执行本规程条文时区别对待，对要求严格程度不同的用词说明如下：

1) 表示很严格，非这样做不可的：

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”。

引用标准名录

- 《碳素结构钢》 GB/T 700
- 《中国地震动参数区划图》 GB 18306
- 《建筑结构用钢板》 GB/T 19879
- 《混凝土结构设计标准》 GB/T 50010
- 《建筑抗震设计规范》 GB 50011
- 《建筑设计防火规范》 GB 50016
- 《钢结构设计标准》 GB 50017
- 《工程测量标准》 GB 50026
- 《地下工程防水技术规范》 GB 50108
- 《地铁设计规范》 GB 50157
- 《电气装置安装工程盘、柜及二次回路接线施工及验收规范》
GB 50171
- 《建筑工程抗震设防分类标准》 GB 50223
- 《人民防空工程设计规范》 GB 50225
- 《机械设备安装工程施工及验收通用规范》 GB 50231
- 《工业金属管道工程施工规范》 GB 50235
- 《制冷设备、空气分离设备安装工程施工及验收规范》
GB 50274
- 《城市轨道交通工程测量规范》 GB/T 50308
- 《城市轨道交通工程监测技术规范》 GB 50911
- 《盾构隧道工程设计标准》 GB/T 51438
- 《建筑变形测量规范》 JGJ 8
- 《公路桥涵设计通用规范》 JTG D60
- 《铁路隧道设计规范》 TB 10003
- 《铁路混凝土结构耐久性设计规范》 TB 10005

《铁路工程不良地质勘察规程》 TB 10027

《隧道联络通道冻结法施工及验收规范》 NB/T 10222

《注浆技术规程》 YS/T 5211

浙江省工程建设标准

城市轨道交通联络通道工程技术规程

Technical specification for linkage tunnel engineering of urban
rail transit engineering

DB/T ××××-××××

条文说明

目 录

1	总 则	80
2	术 语	81
3	基本规定	82
4	勘 察	83
4.1	环境调查	83
4.2	专项勘察	83
5	设计	84
5.1	一般规定	84
5.2	荷 载	84
5.3	土体加固设计	85
5.4	矿山法结构设计	86
5.7	抗震设计	87
6	施工准备	92
6.1	一般规定	92
6.4	机械法	92
7	土体加固施工	94
7.1	地层注浆加固	94
7.2	地层冻结加固	94
8	开挖及构筑	96
8.1	矿山法施工	96
8.2	机械法施工	96
8.3	融沉注浆	98
9	安全监测	101
9.1	一般规定	101
9.2	矿山法	101
9.3	机械法	102

9.4	信息化管理	102
10	安全文明施工	105
10.2	安全管理	105
10.3	文明施工	105
10.4	应急预案	105
11	验收	107
11.2	机械法联络通道	107

1 总 则

1.0.1 本条为制订本规范的目的。

1.0.2 本条为明确本规范的适用范围，本标准基于浙江省内城市轨道交通工程建设环境和联络通道设计管理实践经验编制，契合当前轨道交通工程现场情况，适用于指导浙江省轨道交通工程联络通道的管理。

1.0.3 本条规定在执行本规程时，要掌握与现行的国家标准、行业标准和浙江省的相关标准的衔接性，因此设计时除执行本标准外，尚应符合国家和浙江省现行有关标准的规定。

2 术 语

2.1.1 本规程所指联络通道为连接单洞单线隧道之间的通道（不含单洞双线连接通道）。

3 基本规定

3.0.2 地下轨道交通工程空间狭小，人员设备密集，为满足有关防火和疏散要求，国家标准《地铁安全疏散规范》GB/T 33668-2017中规定连贯长度大于600m的隧道之间需设置联络通道。

3.0.3 一般工程地质条件下，联络通道开挖前需要采取加固措施，分步开挖，及时支护，以保证联络通道安全、高效施工。但因工程地质环境多变、加固缺陷、支护失效、违规违章作业等不安全因素广泛存在，稍有不慎就会引发安全事故。另一方面轨道交通工程通常在城区施工，地面交通繁忙，管线复杂，联络通道事故可能导致地面沉降、塌陷，造成人身财产损失和重大社会影响。因此有必要采用信息化设计和信息化施工，并建立统一管理标准等措施，有效降低施工风险。

4 勘 察

4.1 环境调查

4.1.1 建（构）筑物调查应在取得工程沿线地形图、管线及地下设施分布图等资料的基础上，采用实地调查、资料调阅、现场勘查与探测等多种手段相结合的方法进行。

4.2 专项勘察

4.2.1 勘察单位在专项勘探工作前，应与设计单位对接，充分了解联络通道具体布置位置。勘察大纲应包含联络通道范围勘察钻孔布置原则（为充分体现联络通道范围地质情况，必要时加密钻孔），取孔完成后应充分回填密实，勘察监理单位进行旁站监督，并做好相关封孔记录，工程实施前，向建设单位、设计单位、施工单位进行勘察交底。

4.2.5 根据《城市轨道交通工程冻结法应用技术规程》DBJ 33/T 的要求，勘探孔的布置与勘探深度应符合下列规定：

1 结合拟建物冻结法施工区域布置勘探线，勘探点位于结构外侧 3m~5m 布置，孔间距不大于 30m，每条勘探线上布置不少于 2 个勘探孔；

2 勘探孔以取土样钻孔为主，针对冻结法施工影响土层采取土样。当地存在影响冻结法施工的有不良地质和特殊岩土应进一步取样查明；

3 勘探孔深度不小于隧道底以下 3.0 倍隧道直径深度，遇基岩或稳定厚层硬土层可适当减小，但不应小于冻结层深度以下 10m。

5 设计

5.1 一般规定

5.1.1 联络通道位置选择应充分的考虑地质条件、水文条件等，避开不良地质、地质较差地段。

5.1.2 目前浙江省范围内联络通道施工工法以矿山法为主，机械法联络通道仅在部分砂土、粉土和黏性土中有应用经验，在其他地层中采用机械法施工应先进行深入研究。

5.1.3 联络通道需设衬砌，其衬砌类型、建筑材料和该处的正线隧道相适应。当地质条件较差时，还应考虑对连接处的正线隧道结构进行加强。

5.1.4 联络通道与正线隧道连接处易出现应力集中，当连接处差异沉降大时，应设置变形缝。同时，接口部位设置遇水膨胀橡胶条、必要时预埋注浆管，做到防水可靠。

5.1.5 地层冻结加固适用于含盐量较少、地下水水流速较小的含水地层。目前在采用矿山法施工的联络通道工程中，地层加固措施以冻结加固为主。

5.2 荷 载

I 荷载分类及荷载效应组合

5.2.5 荷载基本组合效应值计算参照国家标准《盾构隧道工程设计标准》GB/T 51438，考虑联络通道设计使用年限均为 100 年，可变荷载考虑设计使用年限的调整系数均按 1.1 执行。

5.2.8 水平和竖向地震作用分项系数参照国家标准《建筑抗震设计标准（2024 年版）》GB/T 50011 执行。

5.3 土体加固设计

I 地层注浆加固

5.3.2 根据工程经验总结：注浆加固适用于砂土、粉土、粘性土、强全风化岩和一般填土层，以及软弱围岩破碎带；深层搅拌加固适用于淤泥质黏土、淤泥质粉质黏土、黏土、粉质黏土、黏质粉土等软土地层；高压喷射注浆加固适用于淤泥质黏土、淤泥质粉质黏土、黏质粉土、砂质粉土、粉砂等地层。

II 地层冻结加固

5.3.7 联络通道及冻结范围处在透水砂层中时，冻结设计应考虑周围降水对施工的影响；处于承压含水层，应详细分析其与联络通道结构或冻结钻孔的相对位置，考虑其对设计与施工的影响。

5.3.9 冻结孔深度可按下式计算：

$$L_{ks} = L_{sj} + L_0 + L_1 \quad (5.3.11)$$

式中： L_{ks} ——冻结孔深度（m）；

L_{sj} ——从冻结孔孔口到冻结壁设计边界的距离（m）；

L_0 ——不能循环盐水的冻结管端部长度，不能循环盐水的冻结管端部长度不应大于 150mm；

L_1 ——冻结管端部冻结削弱影响深度，不宜小于 200mm。

5.3.14 参照《城市轨道交通工程冻结法应用技术规程》DBJ 33/T，冻结壁厚度和交圈时间计算应符合下列规定：

1 冻结壁有效厚度可按下式计算：

$$E_{yj} = 2v_{dp}t - E_{qr} \quad (5.3.14-1)$$

式中： E_{yj} ——计冻结壁有效厚度（m）；

v_{dp} ——冻结壁平均扩展速度（m/d）；

E_{qr} ——冻土侵入开挖面以内厚度（m）；

t ——冻结时间（d）。

2 冻结壁交圈时间可按下式估算：

$$t_{jq} = \frac{S_{\max}}{2v_{dp}} \quad (5.3.14-2)$$

式中： t_{jq} ——预计冻结壁交圈时间（d）；

S_{\max} ——冻结孔成孔控制间距（m）；

v_{dp} ——冻结壁平均扩展速度（m/d）。

3 冻结壁形成期应不少于预计冻结壁厚度和平均温度达到设计要求的时间；

5.4 矿山法结构设计

I 初期支护设计

5.4.11 预加固支架可采用多边形支撑或环形支撑。在结构设计无明确规定时，预加固支架的设计应符合下列规定：

1 联络通道预留口两侧分别设置 1 榀预加固支架；当出现下列情况之一时，两侧分别设置 2 榀预加固支架：

1) 联络通道处于高风险地层（砂层、承压水层、圆砾层、流塑或者软塑高灵敏地层等）；

2) 联络通道位于水体（河、湖或者江）下；

3) 联络通道埋深超过 30m 的或者埋深小于 10m 的。

2 每榀预加固支架应设置不少于 7 个支撑点均匀地支撑在隧道管片上，支撑点与管片之间宜设置不小于 16mm 厚的钢垫板，每个支撑点可提供的支撑力不应小于 500kN。

3 预加固支架框架宜采用型钢制作，并应符合现行国家标准《钢结构设计标准》GB 50017 的要求。预加固支架之间连接应牢固可靠，确保其稳定性。

II 二次衬砌设计

5.4.19 考虑裂缝宽度分布不均匀性及荷载长期作用影响后的最大裂缝宽度 $\delta_{f\max}$ (cm)，可按下列式计算：

$$\delta_{f\max} = 2.0\psi \frac{\sigma_g}{E_g} l_f \quad (5-1)$$

$$\sigma_g = \frac{M}{0.87A_g h_0} \quad (5-2)$$

$$\psi = \left(1 - \frac{0.235R_f b h^2}{M} \right) \quad (5-3)$$

$$l_f = \left(6 + 0.06 \frac{d}{\mu} \right) v \quad (5-4)$$

式中： E_g ——钢筋的弹性模量

ψ ——裂缝间纵向受拉钢筋应变不均匀系数，当
 $\psi < 0.4$ ，取 $\psi = 0.4$ ；当 $\psi > 1.0$ 时，取 $\psi = 1.0$ ；

M ——永久荷载和可变荷载作用下的弯矩；

b ——矩形截面宽度；

R_f ——混凝土的极限抗拉强度；

h ——截面高度；

σ_g ——纵向受拉钢筋应力；

A_g ——纵向受拉钢筋面积；

h_0 ——截面的有效高度， $h_0 = h - a$ ；

l_f ——平均裂缝间距（以厘米计）；

d ——纵向受拉钢筋的直径（以厘米计）。

5.7 抗震设计

5.7.3 当基本地震动峰值加速度不小于 0.3g 时，设计地震动参数应通过工程场地地震安全性评价确定，并不应小于本条文规定的数值；当基本地震动峰值加速度小于 0.3g 时，设计地震动参数可按下列规定取值，或通过工程场地地震安全性评价确定。

1 II 类场地地表设计地震动峰值加速度 $a_{\max\text{II}}$ 应按表 5-1 的规定确定。

5-1 II类场地地表设计地震动峰值加速度

地震动峰值加速度分区	0.05	0.10	0.15	0.20	0.30	0.40
EI 地震作用	0.03	0.05	0.08	0.10	0.15	0.20
E2 地震作用	0.05	0.10	0.15	0.20	0.30	0.40
E3 地震作用	0.12	0.22	0.31	0.40	0.51	0.62

2 其他类别工程场地地表水平向设计地震动加速度 a_{\max} 应按下式确定：

$$a_{\max} = F_a \cdot a_{\max\text{II}} \quad (5-5)$$

式中： a_{\max} ——地表水平向设计地震动峰值加速度（g）；

F_a ——场地地震动峰值加速度调整系数；

$a_{\max\text{II}}$ ——II类场地地表设计地震动峰值加速度（g）。

3 场地地震动峰值加速度调整系数 F_a ，可按表 5-2 所给数值分段线性插值确定。

5-2 场地地震动峰值加速度调整系数 F_a

II类场地设计地震动峰值加速度	场地类别				
	I0	I1	II	III	IV
≤0.05	0.72	0.80	1.00	1.30	1.25
0.10	0.74	0.82	1.00	1.25	1.20
0.15	0.75	0.83	1.00	1.15	1.10
0.20	0.76	0.85	1.00	1.00	1.00
0.30	0.85	0.95	1.00	1.00	0.95
≥0.40	0.90	1.00	1.00	1.00	0.90

4 II类场地地表设计地震动峰值位移 $u_{\max\text{II}}$ 。应按国家标准《中国地震动参数区划图》GB 18306-2015 中地震动峰值加速

度分区值及地震等级确定，并应符合表 5-3 的规定。

5-3 II类场地地表设计地震动峰值位移 $u_{\max\text{II}}$ (m)

地震动峰值加速度分区	0.05	0.10	0.15	0.20	0.30	0.40
E1 地震作用	0.02	0.04	0.05	0.07	0.10	0.14
E2 地震作用	0.03	0.07	0.10	0.13	0.20	0.27
E3 地震作用	0.08	0.15	0.21	0.27	0.35	0.41

5 其他类别工程场地地表水平向设计地震动峰值位移。
 $u_{\max\text{II}}$ 应按下式确定：

$$u_{\max} = F_u \cdot u_{\max\text{II}} \quad (5-6)$$

式中： u_{\max} ——地表水平向设计地震动峰值位移 (m)；

F_u ——场地地震动峰值位移调整系数；

$u_{\max\text{II}}$ ——II类场地地表设计地震动峰值位移 (m)。

6 场地地震动峰值位移调整系数 F_u 。可按表 5-4 所给数值分段线性插值确定。

5-4 场地设计基本地震动峰值位移调整系数 F_u

II类场地设计地震动峰值加速度	场地类别				
	I0	I1	II	III	IV
≤0.03	0.75	0.75	1.00	1.20	1.45
0.07	0.75	0.75	1.00	1.20	1.50
0.10	0.80	0.80	1.00	1.25	1.55
0.13	0.85	0.85	1.00	1.40	1.70
0.20	0.90	0.90	1.00	1.40	1.70
≥0.27	1.00	1.00	1.00	1.40	1.70

5.7.4 联络通道抗震计算方法且宜按表 5-5 采用。

表 5-5 联络通道抗震计算方法

维度	地层情况	输入地震动	抗震计算方法
横向	均质地层	设防烈度或峰值加速度	静力法
		场地地表峰值位移	解析法/横向反应位移法
		地震动时程曲线	静力法/横向反应位移法/时程分析法
	成层地层	设防烈度或峰值加速度	静力法
		场地地表峰值位移	横向反应位移法
		地震动时程曲线	静力法/横向反应位移法/时程分析法
复杂地层	设防烈度或峰值加速度	静力法	
	地震动时程曲线	时程分析法	
纵向	均质地层	场地地表峰值位移	解析法/纵向反应位移法
	地质或地形突变	地震动时程曲线	纵向反应位移法/时程分析法
三维	均质/成层/地质或地形突变/复杂地层	地震动时程曲线	时程分析法

6 施工准备

6.1 一般规定

6.1.1 由建设单位组织设计、施工、监理等单位在施工前进行设计交底和图纸会审，并形成图纸会审记录。

6.1.2 施工设计方案经过专家论证，论证意见要明确，根据专家意见对原方案进行修订完善并经过原专家组同意后方可实施。

6.1.4、6.1.5 为防止资料与实际工程条件不符，施工前应对工程地质、周边环境进行调查，为制定施工组织设计提供足够的依据。勘察资料除了说明勘察孔全深范围内的土层分布图、土层名称、层顶标高、层厚、取样点位置、土体性状外；还要说明含水层及地下水活动特征，包括含水层埋深、厚度、渗透系数、地下水水位及其变化幅度，以及含水层与地表水体的水力联系等，尤其对于承压含水层，详细分析其与地下结构的相对位置及其对设计与施工的影响。采用冻结法施工的地下工程，需要在详勘基础上开展专项勘察。

6.4 机械法

6.4.5 掘进机组装后，应先进行各系统的空载调试，然后应进行整机空载调试。掘进机现场验收应满足掘进机设计的主要功能及工程使用要求，当掘进机现场验收时，应记录运转状况，并进行评估，满足技术要求后方可验收通过。验收项目应包括下列内容：

- 1 掘进机壳体；
- 2 刀盘；
- 3 管片拼装机（盾构）；
- 4 管片（管节）吊机；

- 5 螺旋输送机（土压平衡盾构）；
- 6 出渣系统（土压平衡盾构）；
- 7 注浆系统；
- 8 集中润滑系统；
- 9 推进系统（盾构）；
- 10 顶进系统（顶管）；
- 11 铰接装置；
- 12 电气系统；
- 13 渣土改良系统；
- 14 盾尾密封系统（盾构）；
- 15 始发与接收套筒；
- 16 导向系统；
- 17 内支撑体系。

7 土体加固施工

7.1 地层注浆加固

7.1.1~7.1.3 地层注浆加固措施一般作为联络通道施工的辅助措施，技术应用较为成熟，除满足设计要求外，尚应满足现行国家标准《铁路工程地基处理技术规程》TB 10106 的相关要求。

7.2 地层冻结加固

I 冻结孔施工

7.2.2~7.2.3 根据杭州地铁工程联络通道地层冻结加固时冻结孔的放样要求：

1 钻孔前要复核联络通道两端钢管片是否安装在同一个里程断面上，里程位置偏差应符合设计及规范要求；

2 预先按施工图纸结合现场实际情况将冷冻孔位排好位置且编号，现场放线定位要考虑到联络通道实际中线和设计中线的偏差，及时调整钻孔位置和方向；

3 用全站仪将编号的开孔位置标记于开孔管壁上，误差应满足设计要求，控制点应采用贯通测量成果；施工时，钻机首端瞄准开孔点，末端瞄准定向点，以保证钻孔精度；

4 反向延长冷冻孔方向，将定向编号点用全站仪标记于对面管片壁上，误差应满足设计要求；施工时，钻机首端瞄准开孔点，末端瞄准定向点，以保证钻孔精度。

7.2.4 根据杭州地铁工程联络通道地层冻结加固时冻结孔的施工要求：

1 钻机平台搭设应牢固平整，并有利于冻结孔成孔设备移位和固定；采用建筑钢管扣件搭设施工平台，应符合行业标准《建筑施工扣件式钢管脚手架安全技术规范》JGJ 130-2011 的规定，脚手架应与隧道或墙体在水平方向固定牢固；采用自制升降施工

平台时，应进行承载力验算，并应设置防止升降平台掉落的保险装置；

2 冻结孔开孔施工应该符合行业标准《隧道联络通道冻结法施工及验收规范》NB/T 10222-2019 和杭州地铁标准化图集《盾构区间联络通道冻结开孔及封孔技术要求》等相关规范和文件的要求；

3 冻结孔成孔方法可采用跟管钻进法、夯管法、顶管法等施工方法；在地层沉降控制要求高的地层中采用钻进法时，宜实施保压钻进；

4 冻结孔施工过程中应及时测斜，测斜可采用经纬仪灯光测斜法或水平陀螺测斜仪等方法。

7.2.18 冷冻站正式运转前应对冷却水、冷媒剂及制冷剂系统进行试运转，各系统应符合相关规范及设计要求。

7.2.19 初期支护结构完成后或冻结壁各项参数达到设计值又由于各种原因暂时无法开挖时，可进入维护冻结。维护冻结的盐水温度不宜高于 -25°C ，单个冻结孔盐水流量不小于 $3\text{m}^3/\text{h}$ 。联络通道主体结构施工结束后方可停止冻结，拆除制冷设备和管路。

III 冻结壁检测

7.2.21 测温孔测点布置应符合下列规定：

- 1** 测点的布置应满足判断冻结壁形成质量的要求；
- 2** 在冻结壁最薄弱的部位应有测点；
- 3** 测定冻结壁与隧道管片界面温度时，测点距离界面不得大于 50mm ；
- 4** 测点布置应能满足冻结、开挖构筑及融沉注浆施工的其它要求。

8 开挖及构筑

8.1 矿山法施工

II 开挖施工

8.1.3~8.1.4 采用地层冻结加固时，联络通道掘进应小尺寸分段作业，随掘进、随支护、随喷锚加固，严格控制冻结壁温度升高和变形。

8.1.7 联络通道衬砌段混凝土浇筑完成后，混凝土必须养护 48h 以上，在不拆除衬砌模板的条件下，方可进行泵房集水井开挖。

8.1.8 在一般情况下联络通道结构施工环境温度不会对混凝土强度增长产生明显影响，不同龄期的混凝土强度可按标准养护条件预计。但是，在施工结构时如果初期支护表面有明显结霜，则应监测混凝土浇筑后的温度变化，根据实测温度预计不同龄期的结构混凝土温度强度。结构混凝土一般可不加防冻剂。

8.1.9 防水层应按照设计图纸和有关规范要求，经验收合格后方可进行施工，防水层的施工基面应平顺、无漏水、无毛刺、无尖锐物。

8.2 机械法施工

I 掘进施工

8.2.1 掘进机组装应按照作业安全操作规程和组装方案进行。掘进机洞内运输过程必须有专人负责观察安全间隙变化情况。现场应配备消防设备，动火作业时，必须有专人负责。

8.2.5 应根据联络通道工程地质和水文地质条件、埋深、线型、地表环境、施工监测结果、掘进机姿态和类似工程施工经验，设定盾构刀盘转速、掘进速度和土仓压力等掘进参数。

8.2.17 针对不同特殊地段施工可参照下列规定：

1 建（构）筑物地段施工应符合下列规定：

1) 施工前，应对建（构）筑物地段进行详细调查，评估施工对建（构）筑物的影响，并应采取相应的保护措施，控制地表变形；

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

3) 应加强地表和建（构）筑物变形监测及反馈，及时调整掘进参数；

4) 盾构法施工时，壁后注浆应使用快凝早强注浆材料。

2 地下管线与地下障碍物地段施工应符合下列规定：

1) 应查明地下管线和障碍物的类型、位置、允许变形值等，并应制定专项施工方案；

2) 对受施工影响可能产生较大变形的管线，应根据具体情况情况进行保护；

3) 应及时调整掘进速度和出渣量；

4) 当从地面处理地下障碍物时，应选择合理的处理方法，处理后应进行回填。

3 水域地段施工应符合下列规定：

1) 应查明工程地质、水文地质条件和河床状况，并应设定适当的开挖面压力，加强开挖面管理与掘进参数控制；

2) 应配备足够的排水设备与设施；

3) 盾构法施工时，应采用快凝早强注浆材料，加强壁后注浆；穿越前，应对掘进机密封系统做全面检查和处理；

4) 长距离穿越江河时，应根据地层条件预测刀具和盾尾密封的磨损，制定刀具配置方案和盾尾密封更换方案；

5) 应采取防止对堤岸和周边建（构）筑物影响的措施。

4 存在有害气体地段施工应符合下列规定：

1) 施工前应对掘进机密封系统进行全面检查和处理；

2) 施工中应加强通风换气，必要时可采取提前排放等措

施：

- 3) 应对有害气体进行监测预警；
- 4) 当存在易燃易爆气体地段施工时，相关设备应满足防爆要求。

II 衬砌拼装与注浆

8.2.26 管片（管节）修补时，应分析管片（管节）破损原因及程度，制定修补方案。修补材料强度不应低于衬砌混凝土强度。

8.2.28 注浆用浆液应按设计配合比拌制，浆液的相对密度、稠度、和易性、杂物最大粒径、凝结时间、凝结后强度和浆体固化收缩率均应满足工程要求；拌制后浆液应易于压注。

8.3 融沉注浆

8.3.1 应重点针对冻结土体进行融沉注浆。对于隧道管片结构融沉注浆，宜在隧道管片底部如下四个点位进行均衡、对称注浆；综合考虑注浆对隧道的偏转影响，严禁对 5#点位单点注浆。

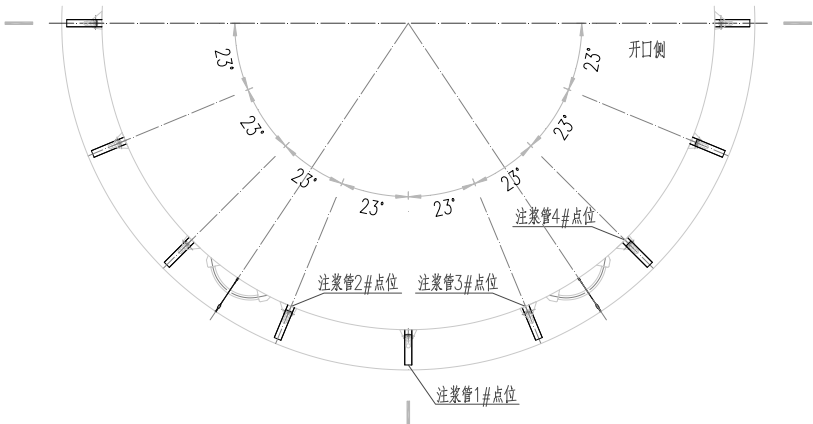


图 8-1 推荐的管片底部 4 个注浆点位（未铺轨前）

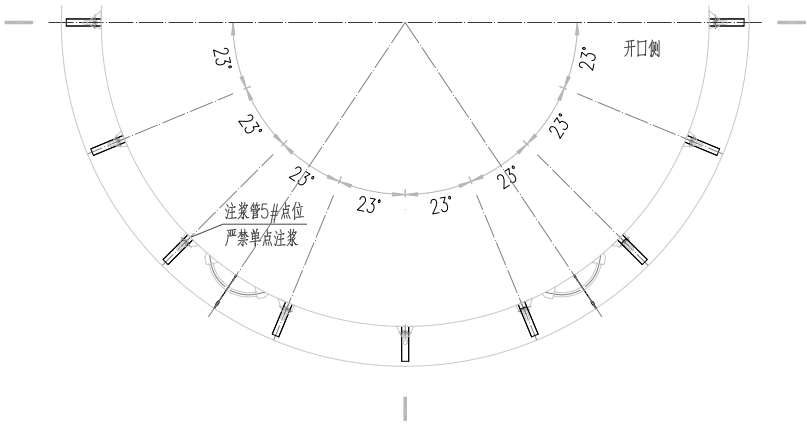


图 8-2 管片底部 5#点位严禁单点注浆（未铺轨前）

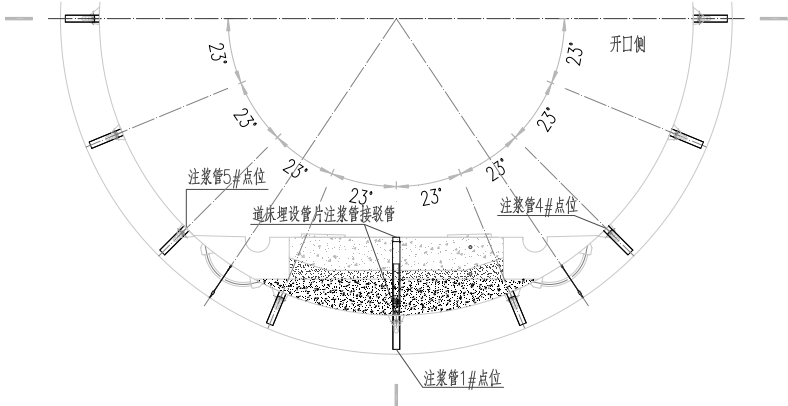


图 8-3 推荐的管片底部 3 个注浆点位（铺轨后严禁 5#点位单点注浆）

8.3.2 通道内融沉注浆顺序：联络通道泵站底板及侧壁→通道底板→通道两侧→通道顶板；隧道管片融沉注浆顺序：隧道底部→隧道两侧（约 3~4 个点位，应均衡、对称注浆）；如出现地表及构筑物沉降过大情况，需进一步考虑管片顶部及肩部注浆。融沉注浆浆液初期以单液水泥浆为主，之后注浆以水泥-水玻璃

双液浆为主。水泥-水玻璃双液浆配比建议为水泥浆和水玻璃溶液体积比为 1: 1，其中水泥浆水灰比为 1: 1，具体可根据地层情况及注浆效果进行适当调整。

融沉注浆压力应结合地层及监测情况进行调整，初始注浆压力建议不大于 0.5MPa；管片及通道自身融沉注浆在预留注浆管的基础上，采用打孔、插管形式，由内向外逐层注浆，注浆深度不应小于冻结壁设计厚度。

8.3.4 融沉补偿注浆通过联络通道结构预埋的注浆管和隧道内的管片注浆管同步进行，联络通道前后各 20 环管片均需预留管片全环注浆孔。在冻结融沉未完成前，联络通道前后 20 环管片范围内道床不宜提前敷设，可采用临时轨、框架板等进行过渡；如因铺轨工期要求，轨道道床在融沉注浆结束前需提前进行铺设时，应在道床对应位置留设管片底部的注浆管接驳管，以保证融沉注浆效果。

9 安全监测

9.1 一般规定

9.1.4 联络通道自身结构监测点布设宜在联络通道贯通后实施，监测点布设应根据设计要求及联络通道长度决定，联络通道洞门及中间位置应布设监测点。

主线隧道施工期间已布设完成的监测点满足联络通道施工方案要求的可直接采用。

9.1.6~9.1.7 本条给出了巡查的主要对象及内容。实际现场巡查工作中应包括但不仅限于此内容，要根据实际情况进行适当增加。监测基准点、监测点、监测元器件的稳定或完好状况，直接关系到数据的准确性、真实性及连续性，因此，这也是现场巡查的内容之一。针对重要建构筑物、重要道路、富水砂层易塌陷区等宜进行地下空洞探测。

9.2 矿山法

9.2.3 监测报警值是工程施工过程中对工程自身及周边环境的安全状态或正常使用状态进行判断的重要依据，也是工程设计、工程施工及施工监测等工作的重要控制点。监测预警值的大小直接影响到工程自身和周边环境的安全，对施工方法、监测手段的确定以及对施工工期和造价都有很大的影响。因此，合理地确定监测预警值是一项十分重要的工作。实际中应针对工程自身和周边环境两类监测对象分别确定相应的监测预警值，同时应考虑两类监测对象间的相互影响

9.2.5 建（构）筑物沉降稳定标准，由沉降量与时间关系曲线判定，当最后 100d 的沉降速率小于 $0.01\text{mm/d} \sim 0.04\text{mm/d}$ 时，认为已进入稳定阶段；当 30~60d 的沉降速率小于 $0.01\text{mm/d} \sim$

0.04mm/d 且沉降整体趋势趋于收敛时，也可认为已进入稳定阶段；具体取值宜根据各地区地基上的压力性能确定，也可按现行行业标准《建筑变形测量规范》JGJ 8-2016 的有关规定执行。道路和地下管线等其他周边环境的沉降稳定标准宜根据地方经验或评估结果确定。

9.3 机械法

9.3.2 联络通道两端受施工影响的正线隧道沉降监测应在联络通道施工准备前完成初始值的采集；联络通道施工期间受通行限制，无法观测时，应加强对监测点的保护，条件允许时应分别从两端进行观测；联络通道施工设备拆卸后，应及时开展正线隧道沉降监测及数据分析。

9.4 信息化管理

9.4.2 城市轨道交通安全管理信息化系统一般由数据采集层、功能模块层、应用终端层、数据接口层构成。结合联络通道工程安全信息化管理场景，数据采集层应能集成联络通道施工现场布设的监测仪器、测温设备、施工设备、监控设备等电子设备或传感器数据，并具备实时传输功能。功能模块层宜根据安全管理需要开发监测管理、温度监控、掘进监控、视频监控、预警提醒等功能，同时系统应具备数据管理和分析能力。数据接口层应通过标准化接口形式具备与外部业务系统的跨平台数据传输和联动能力，实现数据共享。

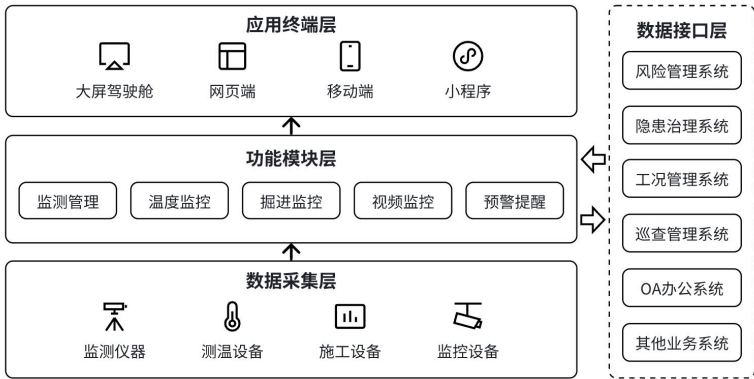


图 9-1 联络通道安全管理信息化系统架构图

9.4.4 城市轨道交通联络通道安全管理信息敏感，面临网络安全的问题，信息采集系统不宜直接接入系统，需要有分级安全措施，且采用加密的通信协议，系统资源的访问需要采用身份认证和经过授权。

9.4.5 为便于监测工作管理，提升监测信息反馈时效性，监测管理模块应能自动处理分析监测数据，自动形成时程曲线、断面曲线图等可视化图件，便于参建各方单位及时查询、分析监测成果。同时，随着自动化监测技术的发展与应用，监测管理模块开发应能兼顾人工监测与自动化监测并存的情况。

9.4.6 冻结温度是反映地层冻结情况的重要指标，为提升联络通道地层冻结情况的监控能力，宜根据冻结设计布设自动化测温传感器，实时掌握冻结温度。同时为确保自动化测温数据的有效性，施工单位应定期进行人工测温进行复核。

在杭州地铁三期规划建设过程中，区间联络通道以冻结法加固为主。杭州地铁在现场施工中推广应用自动化测温系统并集成至安全风险管理系统，可实现冻结温度的实时监控与自动预警，及时发现和处置冻结系统故障和隐患，提升安全管理水平。如 2021 年 4 月 28 日，某区间 2#联络通道开挖，近 2 小时盐水回路

温度上升 12℃（每小时上升 6℃），最高上升至-19.3℃，经现场排查发现，启动柜故障未能及时修复，现场且无备用，盐水循环中断，存在重大安全隐患，随即紧急关闭安全门，暂停作业，待盐水温度恢复正常后继续开挖，保障项目建设安全。

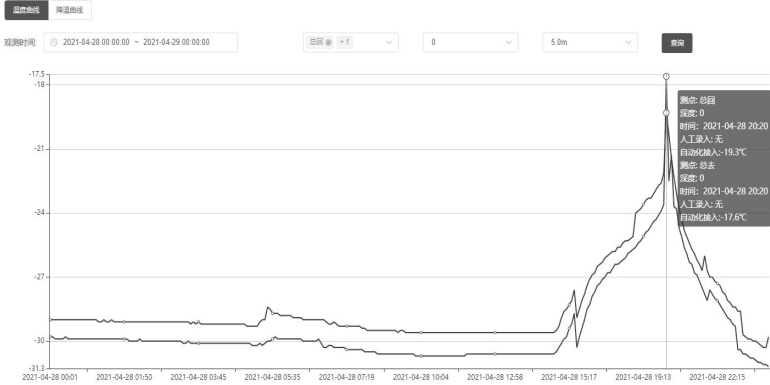


图 9-2 监测冻结温度曲线图

9.4.8 鼓励有条件的企业升级完善视频智能分析系统，汇集固定视频、移动视频、无人机视频、红外成像等，及时发现人的不安全行为、物的不安全状态。

10 安全文明施工

10.2 安全管理

10.2.1~10.2.6 条相关数据是根据行业标准《铁路隧道工程施工安全技术规程》TB 10304-2020 的有关规定和实际施工经验确定。

10.3 文明施工

10.3.4 施工产生的废渣、废水应分类定点存放，及时清运处理。施工现场的渣土池、排水设施、污水处理设施布置合理。

10.4 应急预案

10.4.1 应急预案编制应当遵循以人为本、依法依规、符合实际、注重实效的原则，以应急处置为核心，体现自救互救和先期处置的特点，做到职责明确、程序规范、措施科学，尽可能简明化、图表化、流程化。

本条对应急预案编制宜涵盖的内容提出要求：

1 应急预案总则明确应急预案编制的目的、依据、适用条件等；

2 应急组织机构及职责，明确应急组织形式（可图示）及构成单位（部门）的应急处置职责；应急组织机构以及各成员单位或人员的具体职责；应急组织机构可设置相应的应急工作小组，各小组具体构成、职责分工以及行动任务建议以工作方案形式作为附件；

3 响应启动明确应急启动后的程序性工作，包括发生险情时的组织方案；发生险情时的汇报方案；发生险情时的处理方案等；

4 处置措施针对可能发生的事故风险、危害程度和影响范围，明确应急处置指导原则，制定相应的应急处置措施；

5 应急保障根据应急工作需求明确保障内容，包括应急设备物资保障、通信保障、应急队伍保障等；

6 附件包括除上述正文以外的其他相关事项；例如风险辨识评估结果（可用列表）、应急物资装备清单名录、各有关应急部门、机构或人员的联系信息、关键路线、标识和图纸等。

10.4.3 实施过程应按照以下要求进行：

1 应急演练正式开始前，应对参演人员进行交底，使其了解应急演练规则、场景及主要内容、岗位职责和注意事项等。

2 应急演练过程应严格按照应急预案执行，有序推进各个场景，完成各项应急演练，妥善处理各类突发情况，并开展现场点评。

3 演练实施过程中，应安排专门人员通过文字、照片和音像等手段记录演练过程。

4 应急演练结束后，应根据演练记录、演练评估报告、应急预案、现场总结等材料，对演练进行全面总结，并形成演练书面总结报告。

11 验收

11.2 机械法联络通道

11.2.1 当发现有本条所指质量问题时，采取可行的技术措施修补或加强处理。修补或加强处理方案需经业主和设计单位认可。

11.2.2 发现隧道防水效果达不到设计要求时，应采取注浆、堵漏等可行的技术措施予以处理。处理方案需经业主和设计单位认可。

11.2.4 因盾构法联络通道管片拼装操作空间狭小，充分考虑到管片拼装困难，联络通道管片异于常规管片设计，故在不影响结构受力安全的情况下，将收敛值的平均值定为 $6\%D$ ，最大值不大于 $10\%D$ 。