|  |  |
| --- | --- |
| ICS | ICS 93.020 |
| CCS | P65 |

|  |
| --- |
| DB42 |

湖北省地方标准

DB42/T XXXX—

湖北省城市轨道交通工程联络通道冻结法技术规程

Technical Standard for Freezing Method of Connecting Passages in Urban Rail Transit Engineering of Hubei Province

XXXX - XX - XX发布

XXXX - XX - XX实施

|  |  |
| --- | --- |
| 湖北省住房和城乡建设厅 | 联合发布 |
| 湖北省市场监督管理局 |

目次

[前言 III](#_Toc199235307)

[1 范围 1](#_Toc199235308)

[2 规范性引用文件 1](#_Toc199235309)

[3 术语和定义 1](#_Toc199235310)

[4 符号 4](#_Toc199235311)

[5 基本规定 5](#_Toc199235312)

[6 勘察和试验 6](#_Toc199235313)

[6.1 一般规定 6](#_Toc199235314)

[6.2 冻土试验 6](#_Toc199235315)

[7 冻结设计 6](#_Toc199235316)

[7.1 一般规定 6](#_Toc199235317)

[7.2 冻结壁功能分类及承载力验算 8](#_Toc199235318)

[7.3 盾构始发接收冻结壁结构设计 10](#_Toc199235319)

[7.4 暗挖通道冻结壁结构设计 11](#_Toc199235320)

[7.5 冻结孔设计 12](#_Toc199235321)

[7.6 测温孔设计 13](#_Toc199235322)

[7.7 冻结参数设计 13](#_Toc199235323)

[7.8 暗挖通道结构设计 14](#_Toc199235324)

[7.9 隧道预应力支撑和应急防护门设计 14](#_Toc199235325)

[7.10 制冷系统设计 15](#_Toc199235326)

[7.11 供电设计 18](#_Toc199235327)

[7.12 保温设计 18](#_Toc199235328)

[7.13 冻胀融沉控制措施设计 18](#_Toc199235329)

[8 施工 19](#_Toc199235330)

[8.1 一般规定 19](#_Toc199235331)

[8.2 冻结孔施工 20](#_Toc199235332)

[8.3 冻结器安装 21](#_Toc199235333)

[8.4 冻结站施工 22](#_Toc199235334)

[8.5 盾构始发与接收拔管 25](#_Toc199235335)

[8.6 盾构始发（接收）与冻结的相互配合 26](#_Toc199235336)

[8.7 暗挖通道开挖与构筑 26](#_Toc199235337)

[8.8 充填注浆和融沉注浆 28](#_Toc199235338)

[9 监测 29](#_Toc199235339)

[9.1 一般规定 29](#_Toc199235340)

[9.2 监测内容及要求 29](#_Toc199235341)

[9.3 冻结加固土体监测 31](#_Toc199235342)

[9.4 冻结系统监测 31](#_Toc199235343)

[10 施工质量验收 32](#_Toc199235344)

[10.1 一般规定 32](#_Toc199235345)

[10.2 质量验收 33](#_Toc199235346)

[11 应急管理 37](#_Toc199235347)

[11.1 一般规定 37](#_Toc199235348)

[11.2 应急措施 37](#_Toc199235349)

[11.3 应急设备和物资 38](#_Toc199235350)

[11.4 其他应急条件 38](#_Toc199235351)

[12 标准实施及评价 38](#_Toc199235352)

[附录A （资料性） 钻孔施工原始记录表 40](#_Toc199235353)

[附录B （资料性） 钻孔打压原始记录表 41](#_Toc199235354)

[附录C （资料性） 冻结站运转记录表 42](#_Toc199235355)

[附录D （资料性） 湖北省典型土层（砂土）冻土物理力学试验参考值表 43](#_Toc199235356)

[附录E （资料性） 检验批质量验收记录 44](#_Toc199235357)

[附录F （资料性） 分项工程质量验收记录 45](#_Toc199235358)

[附录G （资料性） 分部工程质量验收记录 46](#_Toc199235359)

[附录H （资料性） 工程质量控制资料核查记录 47](#_Toc199235360)

[附录I （资料性） 湖北省地方标准实施信息及意见反馈表 48](#_Toc199235361)

1. 前言

本文件按照GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

本文件由湖北省住房和城乡建设厅提出并归口管理。

本文件起草单位：武汉市市政工程质量安全中心、中国铁建投资集团有限公司、长江设计集团有限公司、武汉地铁集团有限公司、湖北省市政协会、武汉市市政项目建设事务中心、中铁十二局集团有限公司、武汉市政集团有限公司、中国矿业大学（徐州）、中煤特殊凿井有限责任公司、河南启翔冻结工程有限公司。

本文件主要起草人：李永明 安宏斌 朱敏 王锋 唐传政 陈彦 岳丰田 刘律 余成祥 蒋少武 宣永祥 邓楠 李臻 张庆 冯东阳 朱知文 邹伟彪 陆路 黄超群 付杰 赵亚东 夏占营 夏海城 宋巍 余涛 徐锦斌 黄栋 杨俊义 方兴吾 王许兵

本文件实施应用中的疑问，可咨询湖北省住房和城乡建设厅，联系电话：027-68873088，邮箱：bkc@hbszjt.net.cn。在执行过程中如有意见和建议请邮寄武汉市市政工程质量安全中心，联系电话：027-65660003，邮箱：466121728@qq.com。

湖北省城市轨道交通工程联络通道冻结法技术规程

* 1. 范围

本文件规定了湖北省城市轨道交通工程冻结法勘察与试验、设计、施工、监测、施工质量验收、应急管理的基本技术要求。

本文件适用于湖北省城市轨道交通工程所涉及的盾构始发与接收、联络通道、清障施工等冻结法工程。

湖北省城市轨道交通工程冻结法施工除应符合本规范外，尚应符合国家有关标准的规定。

* 1. 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

GB/T 8163 输送流体用无缝钢管

GB 8624 建筑材料及制品燃烧性能分级

GB 12348 工业企业厂界环境噪声排放标准

GB 50016 建筑设计防火规范

GB 50017 钢结构设计标准

GB 50171 电气装置安装工程盘柜及二次回路接线施工验收规范

GB 50205 钢结构工程施工质量验收标准

GB 50231 机械设备安装工程施工及验收通用规范

GB 50235 工业金属管道工程施工及验收规范

GB 50274 制冷设备、空气分离设备安装工程施工及验收规范

GB/T 50279 岩土工程基本术语标准

GB/T 50299 地下铁道工程施工质量验收标准

GB 50300 建筑工程施工质量验收统一标准

GB/T 50308 城市轨道交通工程测量规范

GB 50911 城市轨道交通工程监测技术规范

JGJ/T 46 建筑与市政工程施工现场临时用电安全技术标准

JGJ 120 建筑基坑支护技术规程

NB/T 10221 盾构始发与接收冻结法施工及验收规范

NB/T 10222 隧道联络通道冻结法施工及验收规范

* 1. 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

冻结法 ground freezing method

在不稳定含水地层中修建地下工程时，用人工制冷手段暂时加固地层和隔断地下水的一种特殊施工方法。

3.2

制冷系统 refrigeration system

冻结机与闸阀、管路组装在一起形成系统，其中清水系统由冷凝器、冷却塔、清水泵、闸阀、管路及相关组件连接形成的冷却水循环系统，其循环媒介为清水，承担对冻结机的冷却作用；盐水系统由蒸发器、盐水箱、冻结器、盐水泵、闸阀、管路及相关组件连接形成的冷媒循环系统，其循环冷媒为氯化钙盐溶液，承担冷量输送作用。

3.3

冻结壁 frozen soil wall

用冻结技术在构筑物周围地层所形成的具有一定厚度和强度的连续冻结岩土体，又称冻土帷幕或冻土墙。冻结壁由两两相交的冻土圆柱组成，相邻冻土圆柱的交界面称冻结壁界面，可分为垂直板式冻结壁、水平板式冻结壁、水平杯式冻结壁、水平环式冻结壁等不同形式。

3.4

冻结壁厚度 frozen soil wall thickness

冻结壁壁面上任一点与另一壁面之间的最小距离。设计冻结壁厚度系指在拟建构筑物开挖面外侧冻结壁所要达到的最小厚度。有效冻结壁厚度为拟建构筑物开挖面外侧冻结壁所达到的厚度。

3.5

冻结壁平均温度 average temperature of frozen wall

平均温度为冻结壁冻结范围内温度分布的平均值。冻结壁的体平均温度为冻结壁整体的平均温度；冻结壁的面平均温度是冻结壁横截面平均温度，为指定冻结管深度位置横截面上冻结壁的平均温度；等效平均温度为相应计算和测算时对应的平均温度取值。

3.6

冻结壁交圈时间 frozen soil wall closing time

从地层冻结开始至构筑物周围主要冻结器布置圈上所有相邻的冻结器所形成的冻土圆柱按设计要求完全相交所需的时间。

3.7

积极冻结期 period of frozen soil wall formation

从地层冻结开始，至冻结壁结构形状和厚度均达到设计要求所需的时间。在该时间段内，制冷站满负荷运行，以最大制冷量对地层进行低温冷量供应，冷媒剂循环流量和温度均应在规定时间内达到设计要求。

3.8

维护冻结期 Period of frozen soil wall maintenance

冻结壁形成达到设计要求后，为服务于地下工程的承载和安全要求，继续向冻结器输送冷量，以维持有效冻结壁的形状、厚度和平均温度，而进行持续冻结施工的时段，也称冻结壁维护期。

3.9

孔口管 borehole orifice-pipe

洞门正常钻孔前，在钻孔位置埋设一段带有法兰的钢管，是安装其他装置的基础，在孔口管上需安装用于防止钻进时泥水或砂喷涌的孔口防喷装置。

3.10

冻结孔 freeze hole

按设计要求布置在加固范围周围用于安装冻结器的钻孔，根据钻孔角度有垂直孔、水平孔、倾斜孔之分。冻结孔一般沿围绕构筑物的周围布置，该环线称冻结孔布置圈。

3.11

冻结孔间距 a space between two adjacent freeze holes

相邻两冻结孔之间的距离。冻结孔不同深度处的冻结孔间距一般也是不同的。相邻冻结孔孔口之间的距离称冻结孔开孔间距。实际施工完成的冻结孔间距称冻结孔成孔间距。

3.12

冻结器 freezing apparatus

安设在冻结孔内，用以循环冷媒剂并与地层进行热交换的装置。冻结器主要由冻结管、供液管、回液管等部件构成。其中，冻结管是一根带有底锥的金属管，能让冷媒剂充分接触并渗透至地层深处。供液管负责将冷媒剂输送到冻结管中，回液管则收集已完成热交换的冷媒剂并将其带回制冷系统再次利用。

3.13

泄压孔 pressure release hole

用来观测和释放土层冻胀压力的孔。

3.14

测温孔 temperature measurement hole

布置在冻结壁及冻结降温区内、用于安装温度传感器监测不同时期地层温度分布状况的钻孔。测温数据用来计算冻结壁扩展速度、冻结壁厚度和冻结壁平均温度等冻结壁形成特性参数。

3.15

探孔 bore hole inspection

用以检查土体冻结效果的检验孔。

3.16

透孔 thru hole

打透两条隧道，向开挖面对侧供盐水的孔。并用来检查隧道线间距、里程及标高。

3.17

冻结站 refrigeration plant

在拟建联络通道附近集中安设制冷设备和设施的场所。冻结站主要由制冷剂（氟利昂等）循环系统、冷媒（盐水等）循环系统、冷却水循环系统及供电系统构成。

3.18

拔管 pull out freezing pipe

对冻结管进行热盐水循环，融解冻结管与土体接触面后，采用吊车、千斤顶等工器具拔出冻结管。

3.19

解冻 thawing

分为自然解冻和强制解冻。自然解冻是冻结法施工完成后，冻土在自然条件下缓慢解冻。强制解冻 是冻结法施工完成后，利用人工制热的方法将原冻结壁强制快速解冻。

3.20

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。

3.21

冻胀 frost heave

人工冻结对地层土体产生的膨胀现象。

3.22

充填注浆 filling grouting

对土体与初期支护、初期支护与二衬之间的空隙用浆液进行充填的方法。

3.23

融沉注浆 thaw settlement grouting

对地层自然或强制解冻造成土体融沉的一种注浆控制方法。

3.24

暗挖通道 underground excavation tunnel

按照矿山法施工而形成的通道，包括联络通道、清障通道等。联络通道是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。本规程中的联络通道是通道和泵站的统称。

3.25

清障工程 clearing project

为清除影响轨道工程施工的桩基、孤石等地下障碍物而实施的工程，主要包括竖井及通道。

3.26

防护门 protective door

安装于开挖洞口用于开挖过程中，防止涌水、涌砂范围扩大的安全门。

3.27

预应力支架 prestressed support

对隧道可施加预应力的一种被动支架，防止因开挖、冻胀、融沉等对隧道作用产生变形。

* 1. 符号

*——*侧向土压力，MPa；

*——*计算点的垂直土压力，MPa；

*——*侧压力系数；

*——*冻结壁应力，MPa；

*——* 冻土的强度指标，MPa；

*——*设计冻结壁有效厚度，mm；

*——*冻结壁单侧平均扩展速度，mm/d；

*——*冻土侵入开挖面以内厚度，mm；

*——*冻结时间，d；

——预计冻结壁交圈时间，d；

——冻结孔成孔控制问距，m；

——冻结管总吸热能力(kJ/h)；

——冻结管吸热系数[kJ/(m²·h)]；

——冻结管总表面积（m²）。

——冻结站需冷量(kJ/h)；

*——*冷量损失系数；

*——*主干管长度调整系数；

*——*主干管单向长度，m；

*——*工况调整系数。

——氯化钙用量（kg）；

——单位盐水体积固体氯化钙含量（kg/m³）；

——固体氯化钙纯度；

——冻结器内盐水体积（m³）；

——干管及集、配集液圈内盐水体积（m³）；

——蒸发器和盐水箱内盐水体积（m³）。

*——* 盐水循环计算总流量、冷却塔循环水量（m³/h）；

—— 冻结站需冷量（kJ/h）；

*——*盐水密度（kg/m³）；

*——*盐水比热（kJ/(kg·℃)）；

*——*去回路盐水温差（℃）；

——盐水泵计算扬程（m）；

——盐水干管和集、配液圈中的压力损失（m）；

——供液管中的压头损失（m）；

——冻结器环形空间的压头损失（m）；

——盐水管路中弯头、三通、阀门等局部阻力，（m）；

——盐水泵的压头损失，可取3m～5m；

——封闭式循环系统中回路盐水管高出盐水泵的高度，宜取1.5m；

——蒸发器内的盐水压头损失（m）。

——盐水管（m）；

——盐水管的长度（m）；

——重力加速度，9.81m/s²；

——盐水流速（m/s）；

——盐水流动阻力系数；

——雷诺数；

——盐水动力粘度系数；

——盐水泵的效率，取0.75；

——电动机的效率，取0.85；

—— 冷却水计算总需用量（m³/h）；

—— 冷凝器冷却水需用量（m³/h）；

—— 冻结机冷却水需用量（m³/h）。

——补充水量（m³/h）；

——冷却塔的飞溅损失水量（m³/h），取0.01～0.02；

——其他排放水量（m³/h）。

——冻结站总制冷能力（kJ/h）；

——冷凝器出水温度（℃）；

——冷凝器进水温度（℃）；

——补充水温度（℃）。

* 1. 基本规定

城市轨道交通工程冻结法相关的施工合同和工程技术文件对施工质量的要求应符合本规程的规定。

冻结法设计和施工应与结构设计和施工相匹配。

冻结法施工应保障周边环境不受损害，确保施工安全。

冻结法施工的设计和施工除应符合本规范所需水文地质勘察资料的规定外，尚需满足常规水文地质勘察资料的要求。

冻结法施工应根据项目总体施工组织设计和冻结施工设计图，编制冻结施工专项方案和施工安全专项应急预案。

工程施工所用的测控设备、仪器、仪表等应在计量检定有效期内。

工程施工中应做好检测、隐蔽工程、质量检查等施工记录，工程竣工时应提交施工总结，竣工资料应真实、有效、齐全。

冻结法施工宜采用经过试验、检测和鉴定，质量和安全可靠的技术。

冻结法施工应符合现行湖北省绿色施工相关规定。

城市轨道交通工程冻结法施工应推广应用成熟的新工艺、新技术、新设备、新材料。

* 1. 勘察和试验
     1. 一般规定

冻结设计可采用已有的勘察资料。对于不满足冻结设计需求部分，应按现行国家标准GB50307中第8.0.3条第7款、第9.6.1条的规定进行施工专项勘察，补充相应的岩土工程资料，冻结法的工法勘察内容和要求按照GB50307第9.6.4条的规定进行。

当拟冻结区域附近含水层地下水活动频繁、地下水流速超过5m/d时，施工专项勘察应提供地下水流向、流速等资料。

施工专项勘察应对拟冻结区域附近的水源井、降水井进行调查，查明用途、数量、方位、距离、深度、抽水层位、抽水时间、日抽水量以及抽水影响半径等。

冻结设计和施工前应通过物探及调查手段查明周边环境及地下管线情况，包括周边地面及地下的建（构）筑物结构、设备、管线特征及其特殊保护要求、与拟建盾构隧道或暗挖通道等冻结加固工程的位置关系等。

施工专项勘察应查明拟冻结区域土体是否采用过其他加固方式，是否进行过注浆以及浆液形式和范围，拟冻结区域原施工过程是否出现地层扰动，是否存在回填土、地下埋藏物、胶质物等及其类型和分布情况。

* + 1. 冻土试验

人工冻土物理力学性能指标宜通过冻土试验获取资料。

特殊地区需对地下水进行化验，明确地下水含盐量、结冰温度等指标。

对未进行冻土试验的项目应采用可靠的工程类比方法对冻结法设计的安全性进行评价。

* 1. 冻结设计
     1. 一般规定

冻结加固中冻结壁形式的选择、冻结孔布置和冻结参数应根据工程特征及水文地质条件，联络通道、清障暗挖等结构形式和施工工艺，以及盾构始发(接收)工艺、盾构机外形参数、工作井结构、周边环境等确定。

冻结设计应确保钻孔施工、土方开挖和结构施工的安全，并使周围环境和建（构）筑物不受损害。

在满足冻结壁强度、变形和构造要求的前提下，宜减小冻结壁体积。

盾构始发、盾构接收冻结加固方式可采用竖向冻结方式（垂直板式冻结、水平板式冻结）、横向冻结方式（水平杯式冻结和水平环形冻结）。

盾构始发接收冻结设计应包含但不限于以下内容：

1. 冻结壁设计，应包括冻结壁形式方案比选、厚度、承载力和变形计算、预估发展速度、等效平均温度、冻土强度等；
2. 冻结孔、测温孔、泄压孔（如有）的布置；
3. 保温设计；
4. 冻结参数设计
5. 冻结站制冷设计；
6. 冻结管拔管技术要求；
7. 冻结壁监测与保护要求；
8. 冻结质量检测技术要求；
9. 洞门混凝土凿除的条件和技术要求；
10. 与盾构工序的协调配合要求；
11. 冻结管割孔和封孔技术要求；
12. 冻胀和融沉控制技术要求；
13. 对冻结有影响的不良或特殊水文地质条件及外界因素的评估和应对措施；
14. 对周边环境和建（构）筑物可能产生的影响的分析及要求；
15. 重大风险的识别和应对措施。

暗挖通道冻结壁宜作为开挖后临时承载结构，并应设置初期支护形成复合承载体系。暗挖通道开挖后，冻结壁应具备临时承载能力，并及时采取初期支护。

暗挖通道地层冻结设计应包含但不限于以下内容:

1. 暗挖通道的结构设计；
2. 冻结壁结构方案比选；
3. 冻结壁设计及承载力、变形验算（I类冻结壁除外）；
4. 冻结孔、泄压孔、测温孔布置设计；
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. 安全门设计；
9. 暗挖工序和工法设计；
10. 冻胀和融沉控制的技术要求；
11. 对冻结有影响的不良或特殊水文地质条件及外界因素的评估和应对措施；
12. 对周围环境和建（构）筑物可能产生的影响的分析；
13. 注浆工艺要求；
14. 混凝土耐久性质量技术要求；
15. 工程风险等级评估等；
16. 重大风险的识别和应对措施。

出现下列情况之一时，设计中应采取针对性措施：

1. 工程特征出现下列情况之一时：
   1. 暗挖通道结构顶部覆土厚度小于6m或大于25m；
   2. 暗挖通道长度大于15m或小于3m；
   3. 联络通道两侧正线隧道直径大于10m；
   4. 采用泥水平衡盾构机、异型盾构机；
   5. 侧式泵房、Z形联络通道等异形结构型式。
   6. 位于江河湖泊等地表大型水域下方的冻结工程。
2. 工程地质与水文地质条件出现下列情况之一时：
   1. 地下水流速大于2m/d、有集中水流或地下水水位有明显波动；
   2. 土层结冰温度低于-2℃或有地下热源可能影响土体冻结。
   3. 土层含水量低于10%；
   4. 在含有承压水砂层中施工；
   5. 存在沼气、暗浜、古河道、地层埋藏物、矿井采空区等不良地质条件或因前期施工遗留的不利因素。
3. 暗挖通道施工区域地面影响范围（影响半径为1倍中心埋深）竖向投影区域内存在下列情况之一时：
   1. 居民住宅、保护建筑、综合管廊及其他重要建（构）筑物或沉降敏感区域等；
   2. 城市主干道、城市高架桥或下立交；
   3. 给水、燃气、航油等压力总管或干管、市政排水总管（合流总管）、11kV及以上高压电缆、军缆、通信等重要管线；
   4. 铁路、高速公路、机场跑道、已运营或已建成的轨道交通设施或大型越江隧道工程；
   5. 江河湖泊；
   6. 同步施工的其它地下工程。
4. 其他情况：
   1. 暗挖通道施工与盾构推进或铺轨等施工交叉作业；
   2. 土体中含有聚氨脂等隔热材料，且范围、分布难以确定；
   3. 涉及温度变化的前序施工影响；
   4. 当采用冻结与水泥系复合加固时，冻结加固滞后水泥系加固不宜小于28天；
   5. 其他施工方法扰动过的地层。

当冻结壁表面直接与大气接触或通过导热物体与大气产生热交换时，应在冻结壁或导热物体表面采取保温措施。

在冻结壁形成期间，冻结工程周边200m区域内的透水砂层中不宜采取降水措施。必须降水施工时，冻结设计应考虑降水产生的不利影响。

* + 1. 冻结壁功能分类及承载力验算

冻结壁按其功能与要求分为三类，见表1。

1. 冻结壁功能分类

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 类别 | 功能与要求 | 适用范围 |
| I | 仅用于止水而无承载要求 | 混凝土界面缝隙和岩石裂隙止水 |
| Ⅱ | 仅用于承载而无止水要求 | 不透水黏性土层的加固 |
| Ⅲ | 既要求承载又要求止水 | 含水砂土层的加固与止水 |

冻结壁设计基础参数的选取应符合下列规定：

1. 冻结壁的荷载计算符合下列规定：
   1. 冻结壁的荷载应包括土压力、水压力、水体压力、土方开挖影响范围内地表建（构）筑物荷载、地表超载及其他临时荷载；
   2. 土压力和水压力，对于地下水位以下的砂土、砂质粉土和碎石土宜按水土分算的原则计算；对于地下水位以下的黏性土、黏质粉土宜按水土合算的原则计算；
   3. 垂直土压力按计算点以上覆土重量及地面超载计算；侧向土压力按朗肯主动土压力计算或经验公式计算；基底土反力可按静力平衡计算。

侧向土压力按经验公式（1）计算：

　　　 （1）

式中：——侧向土压力，MPa；

——计算点的垂直土压力，MPa；

——侧压力系数，可根据岩土工程勘察报告并按照现行国家标准JGJ 120中原则确定。

1. 冻结壁平均温度应根据冻结壁承受荷载大小（或开挖深度）、盐水温度、冻结孔间距、冻结壁厚度冻结管直径、冻结时间等综合确定，可参考表2。
2. 冻结壁平均温度设计参考值

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 开挖深度Hｊ／ｍ | ＜12 | 12～30 | ＞30 |
| 冻结壁平均温度TＰ／℃ | －8～－6 | －10～－8 | ≤－10 |

冻结壁厚度设计及受力验算应符合下列规定：

1. 冻结壁的力学计算模型可按均质线弹性体简化，其力学特性参数宜取设计冻结壁平均温度下的冻土力学特性指标。
2. Ⅱ类和Ⅲ类冻结壁应按承载力要求设计冻结壁厚度，冻结壁内力和变形计算可采用通用力学或有限元等计算方法。
3. 进行冻结壁的强度检验，可只进行抗压、抗折和抗剪强度检验，有特殊要求时应验算冻结壁的变形。强度检验可按公式（2）计算：

（2）

式中：——冻结壁应力，MPa；

——冻土的强度指标，MPa；

——安全系数，Ⅲ类冻结壁强度检验安全系数按表3选取，Ⅱ类冻结壁强度检验安全系数取Ⅲ类冻结壁的0.9倍。

1. Ⅲ类冻结壁强度检验安全系数

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 项 目 | 抗压 | 抗折 | 抗剪 |
| 安全系数 | 2.0 | 3.0 | 2.0 |

冻结壁形成预评估应符合下列要求：

1. 冻结壁有效厚度可按式（3）计算：

　　　 　　　　　　　（3）

式中：——设计冻结壁有效厚度，mm；

　——冻结壁单侧平均扩展速度，mm／d；

　——冻土侵入开挖面以内厚度，mm；

　——冻结时间，d。

冻结壁单侧平均扩展速度可按表4选取或采用测温数据计算。

1. 单排孔冻结壁(或冻土圆柱)单侧扩展速度设计参考值

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 冻结时间t/d | 0～20 | 21～30 | 31～40 | 41～50 | 51～60 |
| 黏性土 冻结壁平均扩展速度/（mm·d-1） | 28～34 | 24～28 | 22～24 | 20～22 | 18～20 |
| 砂性土 冻结壁平均扩展速度/（mm·d-1） | 35～40 | 30～35 | 25～30 | 22～25 | 20～22 |

注：表中数据针对单排孔的情况，当采用双排孔时，扩展速度可适当增加、但不超过50%。

1. 冻站壁交圈时间可按式（4）估算：

　　　　　 　　　　　　　　　（4）

式中： ——预计冻结壁交圈时间，d；

　　　——冻结孔成孔控制问距，m；

　　　 ——冻结壁单侧平均扩展速度，m/d。

1. 冻结壁形成期，预计冻结壁厚度不应小于设计要求值，同时预计冻结壁平均温度不应高于设计要求值，冻结壁平均温度可采用成冰公式法、面积法或数值分析法进行计算。
   * 1. 盾构始发接收冻结壁结构设计

冻结加固形式包括垂直板式冻结壁、水平杯式冻结壁、水平板式冻结壁、水平环形冻结壁等。

垂直板式冻结壁设计应符合下列规定：

1. 应根据冻结壁功能要求分类选择不同形式和安全性能的冻结壁结构。
2. 冻结壁的平均温度设计应符合下列要求：
   1. 冻结壁平均温度应根据冻结壁承受荷载大小（I类冻结壁除外）、冻胀融沉可能对环境造成的影响及工艺合理性确定，冻结壁承受荷载大，安全要求高的工程宜取较低的冻结壁平均温度；
   2. 垂直冻结板块加固类型的冻结壁平均温度宜按-10～-15℃控制。
3. 冻结壁的设计应符合下列要求：
   1. 仅作为对洞门四周工作井井壁封水的I类冻结壁，应保持洞门四周一定范围的封水区域在负温状态，封水区域冻土与围护结构交界面的平均温度不应高于-5℃；
   2. Ⅱ类冻结壁、Ⅲ类冻结壁应经过计算确定；
   3. I类冻结壁洞门四周隧道径向封水区域不宜小于2m，Ⅱ类冻结壁、Ⅲ类冻结壁不宜小于3m，局部封水区域不满足要求时需采取补强措施。
4. 冻结效果预估的计算方法应符合下列要求：
   1. 按照设计的积极冻结时间预估冻结壁厚度，冻结壁厚度的计算可采用基于冻结壁平均发展速度的经验法，也可采用基于地层热学性质的有限元法；
   2. 应根据设计冻结壁类型和冻结管布置方案，计算设计冻结壁厚度条件下的冻结壁平均温度；
   3. 冻结壁平均温度可采用作图法、成冰公式法、解析法或有限元进行计算。
5. 垂直板式冻结孔设计应符合下列要求：
   1. 采用水泥系加固的地层，如果下部位于砂性地层，冻结深度不宜超过水泥系加固深度，宜小于0.5m；
   2. 布置两排或者两排以上冻结管时，排间距不应超过1300mm；
   3. 盾构始发或接收前，洞门圈范围内的垂直冻结管宜一次上拔，如果冻结板块以上地层存在富水地层，洞门圈范围内的冻结管宜上拔洞门圈以上0.3m，并恢复二次冻结；
   4. 第一排冻结孔距离围护结构不宜大于500mm；
   5. 盾构顶部覆土厚度大于15m时，上部宜采用局部冻结；
   6. 洞门圈内垂直冻结管一次上拔后，应及时用预冷的低强度水泥砂浆柱充填密实；
   7. 盾构始发或接收完成后，应拔出地层中的所有垂直冻结管，并用强度不低于M10的水泥砂浆柱充填密实。

水平杯式冻结壁设计应符合下列规定：

1. 当现场条件不具备施工垂直孔时，可采用水平杯式或水平板式冻结壁设计；
2. 对于外圈水平冻结孔形成的杯壁冻结壁，盾构机壳体与冻土帷幕交界面的温度宜为-3～-5℃。这一指标可通过杯壁冻结壁厚度加以控制，不同盾构类型冻结孔布置与外圈冻土帷幕厚度相关参数见表5。
3. 水平杯式冻结壁杯壁厚度控制参考值

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| R=3.35m | R₂/m | 3.9 | 4.0 | 4.1 |
| E/m | 1.46～1.61 | 1.66～1.83 | 1.86～2.04 |
| R=3.55m | R₂/m | 4.1 | 4.2 | 4.3 |
| E/m | 1.47～1.62 | 1.67～1.84 | 1.87～2.05 |

表中：E——杯壁厚度，m；R2——冻结管布置圈的半径，m；R——洞门半径，m。

1. 对于水平冻结的外圈冻结管形成的冻结壁，应保证冻结管之间冻土交圈，且冻结壁厚度不小于1m；
2. 水平杯式冻结孔的设计应符合下列要求：
   1. 对于短孔水平冻结，洞门圈外冻结管入土长度宜比洞门圈内冻结管长1.5m；
   2. 对于有纵向封水要求的长孔水平冻结，洞门圈外冻结管入土长度宜“包住”盾构机，长度一般为盾构机长度加2环管片宽度、且超过盾构机应急注浆孔不小于1.5m；
   3. 冻结管布置应考虑群孔效应，洞门圈内冻结孔的间距不宜超过1300 mm，洞门圈外不宜超过800mm；
   4. 洞门圈内冻结管和测温管拔出后，应立即用预冷的低强度水泥砂浆柱充填密实。
   5. 位于洞门圈外的水平冻结孔在盾构始发或接收完成后，宜割除孔口管和冻结管。

水平板式冻结壁设计应符合下列要求：

1. 冻结壁设计同6.3.2条；
2. 洞门圈内和洞门圈外冻结孔长度相同，其他冻结孔要求应符合本规范及设计要求。

水平环形冻结壁设计应符合下列规定：

1. 水平环形冻结壁不宜用于盾构始发洞门加固；
2. 盾构接收时，盾构机靠上围护结构，只需对洞门周圈封水时可采用水平环形冻结壁；
3. 水平环形冻结孔间距不宜超过800mm。
   * 1. 暗挖通道冻结壁结构设计

冻结壁结构设计应符合下列要求：

1. 冻结壁宜按受压结构设计；
2. 在含水砂性土层中应采用封闭的冻结壁结构形式；
3. 冻结壁结构形式选择应有利于控制土层冻胀与融沉对周围环境的影响。

暗挖通道宜采用直墙拱形或圆形冻结壁，集水井、侧向泵站宜采用满堂加固成采用“V”字形冻结壁冻结加固。

冻结壁厚度设计应符合下列规定：

1. 冻结壁厚度设计应根据暗挖通道的工程地质及水文地质条件、埋藏深度、结构、几何特征和可能达到的冻结壁平均温度等综合条件确定。Ⅱ类和Ⅲ类冻结壁应按承载力要求设计冻结壁厚度；
2. 开挖后应及时进行初期支护，冻结壁的暴露时间不宜大于24h；
3. 有特殊要求的工程冻结壁设计时应验算冻结壁的变形，计算冻结壁最大变形不应超过30mm；
4. 联络通道与管片交界处的冻结壁设计厚度不应小于1.0m，且平均温度不高于-５℃，其他部位的冻结壁设计厚度不应小于1.4m。
   * 1. 冻结孔设计

冻结孔布置应符合下列规定：

1. 冻结孔的布置应满足设计冻结壁的厚度和冻结平均温度要求；
2. 冻结孔布置参数应包括冻结孔开孔孔位、开孔间距、俯仰角、方位角、孔深等；
3. 冻结偏斜控制参数应包括偏斜率、偏值、偏向，最大相邻孔终孔控制间距；
4. 冻结孔最大允许偏斜值即冻结孔钻孔轨迹与设计轨迹之间的距离；
5. 冻结孔钻孔间距应按设计冻结壁厚度、冻结壁平均温度、盐水温度、积极冻结时间和冻结工期要求等确定。

竖向冻结孔布置应符合下列规定：

1. 竖向冻结孔应布置在围护结构或暗挖通道结构外侧；
2. 盾构始发和接收端垂直冻结孔当采用实体冻结时，除贴近洞门的第一排孔外，中间孔应采用梅花形布置；
3. 开孔间距宜控制在1.3m～1.5m，冻结孔布置应避开基坑内支撑位置；
4. 单排冻结孔不能满足冻结壁设计要求时，可布置双排或多排冻结孔；
5. 冻结孔布置应避开地上、地下建（构）筑物及管线等；
6. 冻结孔施工完成后，应根据测斜数据绘制冻结孔偏斜数据表及冻结孔成孔偏斜图。当间距大于设计要求时设计应补充冻结孔；
7. 冻结孔最大偏斜参考值应符合表6的规定；
8. 竖向冻结孔最大偏斜参考值

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 冻结孔竖向深度 H（m） | ≤30 | 30～50 | 50～70 |
| 冻结孔允许最大偏斜值（mm） | 150（0.5％） | 250（0.5％） | 350（0.5％） |

1. 单排竖向冻结孔钻孔控制间距设计值应符合表7规定。
2. 单排竖向冻结孔钻孔控制间距设计值

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 冻结孔竖向深度 H（m） | ≤30 | 30～50 | 50～70 |
| 最大相邻孔控制间距 (mm) | 1400 | 1800 | 2200 |

横向冻结孔布置应符合下列规定：

1. 联络通道两侧区间隧道净间距小于12m时，可采用在隧道的一侧布置主冻结孔，另一侧布置辅助冻结孔；两侧区间隧道净间距大于等于12m时，或设有泵房的联络通道，宜采用在隧道的两侧布置冻结孔；盾构法隧道采用在隧道双侧布置冻结孔时，应精确确定两侧隧道管片预留洞门位置；开孔应避开管片接缝、螺栓孔、主筋和钢管片肋板；
2. 联络通道布置冻结孔时，开孔宜避开支护结构主筋，分段冻结时接续冻结孔应留有搭接位置；
3. 单排冻结孔不能满足冻结壁设计要求时，可布置双排或多排冻结孔。多排冻结孔密集布置时，中间冻结孔距可适当放大；
4. 单侧供冷且联络通道两侧区间隧道净间距小于12m的冻结孔布置，设计时应布置不少于2个透孔；
5. 水平冻结孔偏斜精度要求应符合表8的规定；
6. 横向冻结孔偏斜精度要求

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 冻结孔水平长度 H（m） | ≤15 | 15～30 | 30～60 |
| 横向冻结孔允许最大偏斜值（mm） | 150 | 350 | 600 |

1. 单排水平冻结孔钻孔控制间距设计值应符合表9规定；泵房集水坑冻结深度小于 10m 时，设计冻结孔间距宜为 1400mm。
2. 单排水平冻结孔钻孔控制间距设计值

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 冻结孔水平长度 H（m） | ≤15 | 15～30 | 30～60 |
| 最大相邻孔控制间距 (mm) | 1300 | 1600 | 2200 |

* + 1. 测温孔设计

测温孔布置应符合下列规定:

1. 在能监测冻结壁厚度的位置；
2. 在冻结孔间距较大处或预计冻结薄弱处；
3. 在能监测冻土与结构墙、管片交界面温度、冻土与盾壳交界面温度的位置；
4. 在冻土的盾构切削区和非切削区分别布置。

垂直冻结测温孔应符合下列规定:

1. 测温孔不宜布置在盾构掘进范围内；
2. 有测温孔布置在冻土与围护结构交界面附近。

水平冻结测温孔应符合下列规定:

1. 外圈应布置适当数量的测温孔，测温孔应能监测外圈上下左右冻结壁发展情况；
2. 各圈冻结孔之间都应布置适当数量测温孔；测温孔应布置于孔间距最大处，且应均匀分布，应能监测整个杯底冻结情况；
3. 内圈测温管长度不得大于冻结管长度，短于冻结孔长度不应大于0.2m。

联络通道、暗挖隧道冻结测温孔应符合下列规定：

1. 测温孔应在设计冻结壁内外侧0℃界面处布置；
2. 测温孔应在冻结孔终孔间距最大处布置；
3. 在集水井内部宜布置一个测温孔；
4. 上、下行隧道均应布置测温孔。

测温管宜采用导热良好的无缝钢管。

测温管内温度监测点应布置在最深处、冻结壁与围护结构或管片交界处以及两者之间。垂直冻结测温管监测点应在最深处、上部设计冻土边界处以及两者之间。冻土范围内测温点间距不宜大于2.0m。

* + 1. 冻结参数设计

盐水温度与盐水流量应满足在规定时间内使冻结壁厚度和平均温度达到设计值的需要。

盐水温度应符合下列要求：

1. 最低盐水温度应跟据设计的冻结壁厚度、平均温度、工期、地层环境及气候条件确定，宜按表10选取。设计冻结壁平均温度低且地温高时宜取较低的盐水温度。
2. 最低盐水温度设计参考值

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 冻结壁平均温度TＰ／℃ | －8～－6 | －10～－8 | ≤－10 |
| 最低盐水温度Tｙ/℃ | －26～－25 | －28～－26 | －30～－28 |

1. 积极冻结7d后盐水温度宜降至-18℃以下。
2. 积极冻站15d后盐水温度应降至-24℃以下。
3. 开挖时盐水温度应降至设计最低盐水温度以下，在保证冻结壁平均温度、冻土与结构交界面温度和厚度达到设计要求且实测判定冻结壁安全的情况下，可适当提高盐水温度，但不宜高于-25℃。
4. 开挖时去、回路盐水温差不宜高于2℃。
5. 施工初期支护后冻结盐水温度不宜高于-25℃，并确保冻结壁与隧道管片的交界面不解冻。

盐水流量应符合下列要求：

1. 冻结孔单孔盐水流量应根据冻结管散热要求。去回路盐水温差和冻站管直径确定。冻结管内盐水流动状态宜处于层流与紊流之间，设计参考值符合表11规定。
2. 单孔盐水流量设计参考值

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 冻结孔串联长度 Lk，m | ≤40 | 40-80 | ＞80 |
| 单孔盐水流量 Qyk，m3/h | 3.0-5.0 | 5.0-8.0 | ≥8.0 |

* + 1. 暗挖通道结构设计

暗挖通道一般采用直墙拱形、马蹄形结构，根据地质情况、施工方法、断面尺寸及结构受力等，侧墙可采用曲墙和直墙型式，底板可采用平底板或仰拱型式；在暗挖清障等特殊情况下，也可采用圆形或矩形框架结构。

暗挖通道结构宜采用复合式衬砌。复合式衬砌的外衬为初期支护，初期支护宜采用型钢支架、钢筋格栅、钢筋网和喷射混凝土组成的结构形式，内衬采用钢筋混凝土模筑衬砌，内外层衬砌之间铺设防水层和隔离层。

初期支护应承担一定的荷载，一般为20%～30%的冻结壁承受的荷载。当出现以下情况之一时，初期支护宜按50%冻结壁荷载设计：

1. 结构位置有砂层；
2. 结构长度大于15m或开挖时间需要15d以上；
3. 开挖区附近3m内有特殊变形控制要求的重要建构筑物。

二次衬砌混凝土达到设计强度75%后，应对防水层和二衬之间的空隙，以及初支与土层之间的空隙进行背后充填注浆。

* + 1. 隧道预应力支撑和应急防护门设计

在暗挖通道开挖洞口周边隧道内应采用多边形或环形预应力支撑进行预加固。

在结构设计无明确规定时，隧道预应力支撑的设计应符合下列要求：

1. 两侧区间隧道内每个联络通道处、每侧隧道应设置不少于4榀隧道预应力支撑（洞口两侧各不少于2榀），分别安装在洞口两侧管片中心线处；
2. 隧道预应力支撑宜采用型钢制作，并应符合国家标准《钢结构设计标准》GB50017的要求。隧道预应力支撑之间连接应牢固可靠。
3. 每榀隧道预应力支撑应设置不少于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厚度不小于16mm的钢垫板每个支点可提供的支撑力不应小于500kN。
4. 隧道预应力支撑宜施加预应力。

在联络通道开洞区域或清障隧道开洞区域，应设置应急防护门。

应急防护门的承载能力应根据安装位置处的水土压力设计。

应急防护门应安装在预留洞口隧道管片上或清障井井壁上。若安装在混凝土结构上时，应采取措施固定牢靠且密封完好。应急防护门结构设计和按照应符合《钢结构设计标准》GB50017的规定。

应急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。应急防护门安装后应进行水密性或气密性试验，在不停泵时试验水压或气压应能保持在设计施压值。

暗挖初期支护施工结束后便可拆除防护门。在开挖过程中如发生断管、盐水泄露等特殊情况影响开挖时，不得拆除应急防护门和对面管片，应待不受影响的结构全部施工完毕后再拆除，随后再施工喇叭口结构。

* + 1. 制冷系统设计

冻结需冷量计算：

1. 冻结管吸热能力按式（5）计算：

（5）

式中：——冻结管总吸热能力(kJ/h)；

——冻结管吸热系数[kJ/(m²·h)]，20号低碳钢取值范围为1047～1172 kJ/(m²·h)（黏土中取较大值，砂、砾中取较小值）；

——冻结管总表面积（m²）。

1. 冻结站需冷量按式（6）计算：

（6）

式中：——冻结站需冷量(kJ/h)；

——冷量损失系数，取值范围为1.0～1.1（主干管为钢管时取较大值，为PE管时取较小值；气温较高时取较大值）；盐水干管供盐水单向距离大于500米时，m=1.45～1.6；

——主干管长度调整系数，参考值为1‰/m；

——主干管单向长度，m；

——工况调整系数，参考取值范围为1.1～1.3（根据冷冻机组说明书和机组新旧程度选取）。

冻结机选择应满足下列规定：

1. 制冷剂循环系统的冷凝温度应比冷却水循环系统的出水温度高3℃～5℃；
2. 制冷剂循环系统蒸发温度应低于设计最低盐水温度5℃～7℃；
3. 禁止使用氨制冷剂；
4. 冻结机型号与数量应根据冻结需冷量、制冷剂循环系统的冷凝温度、蒸发温度确定。选定冻结机总的实际工况制冷能力不得小于冻结需冷量，并应配备相同制冷能力的备用机。

冻结盐水应符合下列规定：

1. 冻结用盐水（冷媒）宜采用氯化钙水溶液；
2. 盐水中可掺加氢氧化钠或重铬酸钠；
3. 氯化钙水溶液应充满盐水循环系统中所有的容器和管路。氯化钙用量可按式（7）计算确定：

（7）

式中：——氯化钙用量（kg）；

——单位盐水体积固体氯化钙含量（kg/m³）；

——固体氯化钙纯度，无水氯化钙取96%，晶体氯化钙取70%；

——冻结器内盐水体积（m³）；

——干管及集、配集液圈内盐水体积（m³）；

——蒸发器和盐水箱内盐水体积（m³）。

盐水管路设计应符合下列规定：

1. 盐水干管及集、配液圈可选用普通低碳钢无缝钢管或其他满足要求的新型材料，管壁厚度不宜小于4.5mm。供液管可选用钢管或聚乙烯增强塑料管，供液管接头必须有足够强度；
2. 在盐水干管管路较长时，应安装软接头及截止阀，软接头间距不宜大于100m。

盐水泵设计应符合下列规定：

1. 盐水循环总流量不应小于按式（8）计算的W值 ：

（8）

式中：—— 盐水循环计算总流量（m³/h）；

—— 冻结站需冷量（kJ/h）；

——盐水密度（kg/m³）；

——盐水比热（kJ/(kg·℃)）；

——去回路盐水温差（℃），一般取=1℃～2℃。

1. 盐水泵扬程应按式（9）计算：

（9）

式中：——盐水泵计算扬程（m）；

——盐水干管和集、配液圈中的压力损失（m）；

——供液管中的压头损失（m）；

——冻结器环形空间的压头损失（m）；

——盐水管路中弯头、三通、阀门等局部阻力，（m），取值为（）的20%；

——盐水泵的压头损失，可取3m～5m；

——封闭式循环系统中回路盐水管高出盐水泵的高度，宜取1.5m；

——蒸发器内的盐水压头损失（m）。

其中，

（10）

(紊流) （11）

(层流) （12）

（13）

式中：——盐水管（m）；

——盐水管的长度（m）；

——重力加速度，9.81m/s²；

——盐水流速（m/s）；

——盐水流动阻力系数；

——雷诺数；

——盐水动力粘度系数；

——盐水密度（kg/m²）；

=1，2，3。

1. 盐水泵电动机功率按式（14）确定：

（14）

式中：——盐水泵的效率，取0.75；

——电动机的效率，取0.85。

1. 水泵型号和台数应按盐水循环计算总流量、盐水泵设计扬程和电机设计功率确定，配备的盐水泵在计算扬程下的总流量不得小于计算流量，并应配置满足设计能力的备用泵。

冷却水设计应符合下列规定：

1. 冻结站冷却水总需用量按式（15）计算：

（15）

式中：—— 冷却水计算总需用量（m³/h）；

—— 冷凝器冷却水需用量（m³/h）；

—— 冻结机冷却水需用量（m³/h）。

其中，采用壳管式冷凝器时的冷却水需用量按式(16)计算：

（16）

式中：——冻结站总制冷能力（kJ/h）；

——冷凝器进出水温差（℃）。

蒸发式冷凝器的冷却水需用量和冻结机的冷却水需用量宜参照厂家提供参数确定。

1. 不安装冷却塔时的补充水量可按式（17）计算：

（17）

式中：——补充水量（m³/h）；

——冷却水计算总需用量（m³/h）；

——冷凝器出水温度（℃）；

——冷凝器进水温度（℃）；

——补充水温度（℃）。

1. 采用冷却塔时的补充水量可按式（18）计算：

（18）

式中：——补充水量（m³/h）；

——冷却塔循环水量（m³/h）；

——冷却塔进出水温差（℃）；

——冷却塔的飞溅损失水量（m³/h），取0.01～0.02；

——其他排放水量（m³/h）。

1. 冷却水宜采用不易结垢冷却水，水温不宜高于28℃；
2. 冷却塔型号和台数根据冷却水总循环量确定；
3. 清水泵型号和数量应根据冷却水计算总需用量确定，水泵扬程宜为12m～40m，并应配置满足设计能力的备用泵。

低温容器及管路保温设计除应符合现行国家标准GB 50264的规定外，还应符合下列规定：

1. 制冷剂循环系统的中压和低压容器、管路和盐水循环系统中的盐水箱、盐水干管、集液圈、配液圈等必须进行保温；
2. 低温容器、管路的保温层均应铺设防潮层；
3. 保温层应采用阻燃型材料，燃烧性能等级不低于现行国家标准GB8624中所规定的B1级。
   * 1. 供电设计

供电前期调查应符合下列规定

1. 对周边供电电源进行调查，查明电源位置、电源电压等级等；
2. 确定电源进线距离，变电所或配电室、配电装置、用电设备位置及线路走向。

供电系统设计应符合下列规定:

1. 符合现行行业标准《建筑与市政工程施工现场临时用电安全技术标准》JGJ/T 46；
2. 供电负荷应满足备用机组同时开启所需负荷；
3. 宜按二级用电负荷设计，配备备用电源。备用电源应在断电2h内启用，可采用发电机；发电机容量应满足维护冻结工况下的用电负荷。
   * 1. 保温设计

冻结壁附近的隧道管片或围护结构内侧应敷设保温层，保温层应与管片或围护结构表面密贴，粘结牢固。保温层敷设范围不得小于冻结壁边界外1m。

保温层可采用聚氨酯、橡胶、聚苯乙烯或聚乙烯软质泡沫等阻燃材料，阻烧性能等级不应低于现行国家标准GB 8624 所规定的B1级。

保温层厚度不应小于30mm；导热系数不应大于0.04W/(m·h)，吸水率不应大于2%。

露天条件下裸露的冻结壁应设计保温层和防雨罩，分段冻结施工的两段交接处外露的冻结壁应设计保温层，冻结壁表面温度应维持在设计温度以下。

冻结站设在地面时，去回路干管系统除采用保温设计外，条件允许时宜设计便于维护、检修、检测的沟槽掩蔽等防护措施。

制冷系统的低温容器、内外管路均应进行保温，且铺设防潮层。

* + 1. 冻胀融沉控制措施设计

当冻结壁附近存在敏感管线、既有轨道交通等重要建（构）筑物时，应进行冻胀融沉分析并采取冻胀融沉控制措施。

冻结开始前，可对拟冻结土层及受冻胀或融沉影响区域土层进行注浆。

可在冻结体和受冻胀影响建（构）筑物或管线间布置泄压孔控制冻胀。

冻胀控制可采取以下主要措施及相关技术参数：

1. 设置泄压孔：
   1. 横向冻结的Ⅲ类冻结壁内至少布置2个以上泄压孔，也可与水文观测孔共用；
   2. 冻结工程中的泄压孔，长度、孔径、方位和数量应与冻胀防护要求匹配；
   3. 封闭空间内的泄压孔滤管可不包纱网，在冻胀引起地层压缩时，可从泄压孔排除部分土体。
2. 设置冻结边界温度控制孔；

在冻结壁与临近重要环境保护对象之间可布置温度控制孔，以控制冻结帷幕发展、减小冻胀力。根据冻结壁和冻胀压力的发展情况，及时调整温度控制孔内的盐水流量和温度，必要时可采用正温的盐水进行循环。

1. 采用开放式冻结；

可调整部分冻结孔的冻结顺序和时机，使该处的冻结壁的发展速度滞后于其他冻结孔，在大部分冻结孔交圈时期，冻胀压力有一个释放的通道。

融沉控制可采取以下主要措施及相关技术参数：

1. 融沉注浆
   1. 冻结加固地层在冻结停止后应进行融沉注浆，融沉注浆范围宜为整个冻结区域，根据周边环境及隧道变形监测情况进行信息化施工；
   2. 地表沉降速率大于0.5 mm/d，或累计地表沉降大于3.0 mm时，应进行融沉注浆；当地表隆起达到3.0mm时应暂停注浆；
   3. 冻结壁已全部融化且未注浆时，地表沉降速率连续两次小于0.5mm/15d，可停止融沉注浆；
   4. 融沉注浆可利用隧道管片的预留注浆孔进行注浆，亦可从地面或工作井内进行注浆。
2. 强制解冻
   1. 当周围环境对地层沉降要求较高时，冻结壁可强制解冻，加快冻结壁的融化；
   2. 强制解冻宜分区、对称进行，并应在解冻的同时跟踪注浆；
   3. 强制解冻应有防止冻结管口漏水漏砂的措施；
   4. 强制解冻时应加强对周围环境的监控，并应布置专用测温孔检测冻结壁解冻范围。

冻胀融沉可根据工程实际情况，采取改变土性、错峰冻结、取土卸压等控制措施。

* 1. 施工
     1. 一般规定

冻结施工前应核对冻结范围内的水文地质勘察资料，设计资料。

冻结施工前应核查冻结施工影响范围内的地下管线、建（构）筑物等现状，并应采取保护措施。

分段冻结时应按冻结设计、土建结构设计和总体施工组织设计，划定分段冻结的长度、位置。

地层中含有两层及以上地下水，且采用局部冻结法施工时，应按设计要求确定局部冻结的目标地层部位。

应排查冻结区域周边人工降水、水泥系加固时间等情况，评估其对冻结效果的影响并提出解决方案。

应查明拟加固洞门圈范围内渗漏水情况。可在洞门圈外1m处结构墙打设探孔至围护结构交界处，查明是否存在涌水；探孔打设应有防喷措施，使用完成后应可靠封堵；采用钻孔灌注桩的围护结构，如洞门圈内是喷射混凝土，应检查其质量，如有缺陷应在钻孔施工前处理。

盐水管路的保温层，在运输、安装过程中应采取保护措施，不应破坏绝热层。

冻结施工场地围挡应符合有关规定，地面制冷站应采取降噪措施，噪声排放应符合现行国家标准GB 12348的规定。

冻结施工应不间断供电，并应配备备用电源。

冻结法施工前，应组织施工前条件核查工作。条件核查应包括但不限于下列内容：

1. 冻结法施工应由具备相应资质和类似工程业绩的专业单位进行；
2. 冻结施工单位报验手续齐全，进场前经监理单位审查合格并由总监签字确认；
3. 冻结法技术方案审批手续齐全，并经行政主管部门组织专家论证和按照专家评审意见完善方案，监理单位确认；
4. 应急预案已编制和审批，应急演练已进行并有记录，应急物资现场准备到位；
5. 备用电源和备用冻结机组到位并经过联合验收，试运转满足相关要求，手续齐全；
6. 作业人员安全教育培训、安全技术交底已完成，人员资格满足要求；
7. 开挖前必须进行超前探测、冻结效果确认，确保探孔内无地下水土流失，方可进行开挖施工；超前探测由监理单位人员和施工单位人员共同验收；
8. 开挖前必须安装应急防护门，且须经过密封试验，建设、设计、监理、施工共同验收；
9. 开挖支护体系准备及验收情况；
10. 开挖时应遵循“边探边挖、边挖边支、短挖勤支”的原则，每次开挖进尺不宜大于1000mm；
11. 从冻结开始就须进行地面监测，监测应与施工同步进行，应加强信息化施工，地面变形与冻结、开挖施工相协调；
12. 通风措施、消防措施、有害气体检测等准备情况；
13. 设计及规范规定的其他要求。

冻结期间应加强对冻结区域影响范围内建（构）筑物、地下管线的监测，必要时应采取措施减小冻胀影响。

当需要人工破除洞门围护结构和联络通道管片时，应对外露的冻结器采取保护措施。

* + 1. 冻结孔施工

竖向冻结孔施工

1. 竖向冻结孔钻孔应根据地层条件和环境条件，选用可靠施工方法，并应根据地层特点和钻孔深度选择合适的钻机、钻铤和钻头。钻孔过程中应复核实际地层与勘报告的符合情况，并应根据现场揭示的水文地质情况调整钻孔工艺。
2. 冻结孔在地表施工时，施工场地宜找平并硬化，宜在场地周围施做高度为200 mm～300 mm 矮墙防止泥浆溢出。钻机基础应密实、平整。
3. 钻孔前应进行测量复核，确定基准点，并做好标识和保护。
4. 钻孔护壁泥浆应循环利用，泥浆性能指标应根据地层土质进行调整；粘土等不透水地层中采用循环钻进成孔时，护壁泥浆可采用清水孔内自造浆。
5. 冻结孔开孔位置应符合设计孔位规定，无规定时偏差不宜大于100mm；冻结孔终最大孔偏斜值应符合本标准表8的规定，单排相邻冻结孔的终孔间距应符合本规范表9的规定。
6. 钻孔施工宜事先配管，多节钻杆之间应保持同心度，钻进过程应复核钻孔偏斜度，并确认冻结管连接顺直后再用于施工。
7. 冻结孔钻孔直径和施工工艺应满足冻结器下放安装要求，钻孔直径应考虑冻结管绝热层增加的厚度。
8. 冻结孔施工完成后应及时进行测斜。冻结孔全部施工完成后，应根据测斜数据计算冻结孔偏斜值，绘制成孔偏斜图，模拟冻结壁交圈图，根据成孔偏斜图量出相邻冻结孔间距，冻结孔间距和终孔间距不满足设计要求时应在两孔之间补打冻结孔，补孔后冻结孔成孔间距应满足设计要求。

横向冻结孔施工

1. 横向冻结孔钻孔可选用跟管钻进法、夯管法、泥浆护壁循环钻进法等施工方法。
2. 冻结孔施工平台应在钻孔区域空间搭设，平台搭设应牢固、平整，并应满足钻孔设备的移动和固定要求。
3. 钻孔宜按先冻结孔再测温观测孔、先下部后上部的顺序施工。
4. 冻结孔终孔偏斜值应符合本规范表8的规定，单排相邻冻结孔的终孔间距应符合本规范表9 的规定。
5. 横向钻孔应安装孔口管，孔口管上应安装孔口防喷装置，孔口管安装应符合下列规定：
   1. 孔口管应按设计要求加工预制，验收合格后方可安装。
   2. 孔口管安装应根据设计的数量、位置、角度进行预埋。
   3. 垂直孔孔口板应水平，孔口管应垂直，安装应牢固。
   4. 斜孔孔口管安装应符合设计和施工要求。
   5. 孔口管安装应牢固，角度应符合设计要求。
   6. 混凝土隧道衬砌或管片结构上安装孔口管时，应保留隧道衬砌或管片结构不小于100mm厚度。
   7. 孔口管与衬砌或管片结构间隙应采取措施进行密封。
   8. 孔口管开孔直径应大于管径2mm～4mm，应在孔口管前端鱼鳞扣缠上不小于150mm的麻丝或者棉布条，孔口管插入墙体或管片深度不宜小于200mm。并用不少于3根且直径不小于12 mm的膨胀螺丝固定。孔口管与墙体或管片之间不得渗漏。如围护结构与内衬墙结合处存在漏水漏砂缺陷，孔口管应加长镶嵌至围护结构内或对结合处提前进行处理。
   9. 水平冻结钻孔施工应采用二次开孔工艺，一次开孔不应钻透围护结构，在孔口管安装球阀后再进行二次开孔钻透围护结构。
6. 联络通道钻孔前，应测量复核联络通道中心线与左、右线隧道实际夹角，并应根据实际夹角，调整冻结钻孔的参数。
7. 钻进时钻孔护壁泥浆应符合本规范第7.2.1款第d）条的规定。
8. 冻结孔的钻机对位、偏斜度、钻孔间距及深度应符合设计要求；钻孔应避开隧道衬砌或管片主筋、管片缝、管片螺栓孔、管片吊装孔等。
9. 钻孔穿越隧道两侧衬砌或管片结构时应先施工穿透横向通道两端隧道的透孔，验证隧道预留洞门的位置，当两预留洞门位置偏差大于100mm时，应修正冻结孔设计角度。
10. 冻结孔施工方位应根据实际开孔偏差进行调整，应减小冻结孔的最大孔间距。可通过调整中间冻结孔的设计轨迹，使冻结孔间距均匀。
11. 第一个冻结孔钻孔施工应符合本规范第7.2.1款第e）条的规定，冻结孔施工工艺参数可根据施工情况进行优化。
12. 跟管施工冻结孔时，冻结管连接宜采用螺纹或内接箍接头，且接头应焊接密实。
13. 水平冻结孔深度大于20m时，应根据地层状况，钻孔偏斜量预增设0.5°～1º的仰（俯）角钻进。
14. 冻结孔施工结束后应用密封材料封堵冻结管与隧道衬砌或管片结构之间的缝隙。
15. 冻结孔施工完成后应及时进行测斜，测斜成果应符合设计要求，否则应进行补孔。

施工冻结孔时宜采用下列防偏措施：

1. 冻结孔施工方位可根据实际开孔误差调整，以减小冻结孔的偏斜值。
2. 冻结孔宜间隔施工。
3. 冻结孔开孔孔位和方向应准确，可通过在隧道两侧布点，采用拉线方法校验和控制。
4. 冻结孔施工应先施工穿透联络通道两端隧道的透孔，可验证隧道管片上预留洞门的相对位置，当两预留洞门相对位置偏差大于100mm时应修正冻结孔设计方位。透孔施工宜在取芯钻头后部增加锥塞式钻杆。透孔施工时，在钻透对面墙体或管片时，必须安排人员和应急堵漏物质在对面等待，钻杆钻透墙体或管片并到达设计位置时，应及时封堵漏水，如出现漏水或卡钻时，立即按应急预案处置。
5. 在开始钻进或下入冻结管时，应反复检查钻杆或冻结管的方位与倾角，确保冻结管方位和倾角符合设计要求。
6. 在盾构始发（接收）冻结加固水平冻结孔中外圈冻结孔偏斜不得侵入盾构掘进范围，如有侵入，必须采取措施。
7. 测温孔宜在冻结孔成孔后施工，其位置和方向可根据冻结孔测斜数据进行微调。
   * 1. 冻结器安装

冻结管的安装应符合以下规定：

1. 水平冻结洞门内宜使用没有接头的冻结管。冻结管如需连接，应采用内衬管连接并对接头进行焊接，接头强度不应小于管材强度的75%；垂直冻结管可采用外管箍焊接接头方式，外管箍长度不应小于冻结管直径的2.0倍。
2. 冻结管下入地层深度不应小于设计深度，也不宜大于设计深度0.3 m。盾构始发接收端头加固与内圈冻结管深度应一致。冻结管露出孔口管不宜小于100mm。
3. 冻结管安装进地层后必须试压。试压压力应大于冻结工作面盐水压力的2倍。试压30min后，压力下降不应超过0.05MPa；再持续15min后，压力保持不变为合格。试验不合格的冻结管必须进行处理，达到密封要求后方可使用。

供液管的安装应符合以下规定：

1. 供液管可采用聚乙烯增强塑料管或钢管，应保证在冻结温度下不变形、不缩径。
2. 供液管装入冻结管时，连接应牢固、严密；供液管应安装至距冻结管管底不大于150 mm位置，管端应保留不小于供液管断面面积的回水通道。
3. 垂直冻结中如采用局部冻结，可采用安装深供液管、浅回液管形式，或设置挡板并在挡板上接入供液管、回液管。
4. 冻结器与胶管应连接牢固并有防脱落措施。胶管耐压值应大于工作压力的1.2倍。
5. 冻结器宜采用串、并联方式分组与配液管、集液管连接，每组串联冻结管长度不宜超过50 m，各组长度宜基本一致。盾构始发（接收）水平冻结外圈底部各相邻冻结管应交叉分组。
6. 配液管、集液管的每一组去路和回路接口都应安装阀门，回路应安装温度测点。
7. 冻结器必须编号并绘制分组连接图。

测温系统安装应符合以下规定：

1. 测温管钻进和安装应符合本规范7.2条规定。
2. 测温管内不应有杂物和积水。
3. 垂直冻结竖向测温管安装后，管口宜高出地面不小于0.3m。
4. 测温管应测斜、测深。
5. 测温管应检测合格后安装测温电缆和测温元件；测温元件位置应符合设计要求，测温元件和仪器应经过标定， 温度测量精度应达到±0.5℃。
6. 测温管安装完成后，管口应进行密封和保护，应防止测温元件及电缆被移位、损坏。
7. 测温系统宜采用自动化温度采集装置，实时记录温度。
   * 1. 冻结站施工

冻结站位置应符合以下规定：

1. 冻结站位置应便于运输，供水、供电、通风，可选择在地铁车站地面、车站中板、车站地下平台或冻结工作面附近的隧道内。条件具备时，宜优先选择距离作业面较近位置，当距离较远时宜采用高压供电。
2. 冻结站设在地面时，必须搭建临时厂房，临时厂房标准可根据有关规程规定执行。
3. 冻结站厂房防火应符合GB50016的规定。
4. 冻结站应通风良好，采用冷却塔散热时，冻结站要加强通风排热，必要时可安装轴流风机强制通风。
5. 各种设备的位置与管路设计应便于施工、维护、维修，并应符合安全文明施工标准化的要求。
6. 冻结站场地或厂房、冻结现场应设置围栏，应禁止无关人员进入。

冻结站安装应符合以下规定：

1. 冻结站制冷设备、盐水泵、冷却水泵及管路系统的安装，应符合GB50274、GB50231及GB50235有关规定。配电系统安装及调试应符合GB50171规定。
2. 冻结站采用的设备、压力容器及管道阀门必须清洗干净并经压力试验合格。浮球阀、液面指示器、安全阀等安装前应进行灵敏性试验。
3. 冷却水源水质不符合冷凝器等设备的使用要求时，应安设冷却水水质处理装置。
4. 冻结站盐水系统的管路应采用低碳无缝钢管或PE管，弯头、法兰盘应采用耐低温的碳素钢制作。
5. 冻结站宜采用串、并联方式分组与配、集液管连接，每组盐水流保和串联冻结器长度应符合表7的规定。冻结器与配、集液管之间宜用软管连接，软管在工况温度下耐压不应小于1MPa。在冻结器与配、集液管之间的连接管路上应安装控制阀门和温度测点，管路连接应便于安装流量计监测单孔盐水流量。
6. 盐水循环系统最高部位处应设置排气阀，盐水箱应安设盐水液面可视自动预警装置，干管上及位于配液管首尾冻结器的供液或回液管上，应设置流量计、温度计、压力表。
7. 管路上的测温孔插座位置、尺寸及角度应符合有关规定和设计要求。
8. 冻结站制冷剂循环系统、盐水干管、配集液管的密封性试验，可按照下列规定进行：
   1. 盐水管路系统必须进行压力试验，试验压力不得小于冻结工作面盐水压力的1.5倍，并待续15min压力不下降为合格。
   2. 充入制冷剂前，制冷系统各部位必须进行试漏检验，并应符合表12的规定和设备说明书的要求。
9. 试漏检验参数压力

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 部位 | 高压系统 | 低压系统 |
| 试验表压力（MPa） | 1.6-1.8 | 1.2 |
| 试验时间（h） | 12-24 | 12-24 |

1. 冻结站管路密封性试验合格后，制冷系统的低压、中压容器、管路及盐水箱、盐水干管、配集液管等应按设计要求铺设保温层和防潮层，保温施工应符合现行国家标准GB50126 的有关规定。
2. 设备标识应当完整、清晰。制冷系统及管路应刷漆。管路应采用不同颜色以区分去路和回路，并在管路上标识流向。集液圈、配液圈阀门应编号，并绘制冻结孔连接分组示意图。
3. 冷冻站应按规定配置消防设备。
4. 冻结区应设置封闭围栏，应有防洪、防涝措施；地面暴露的冻结期夏季宜在冻结器上部设置防晒装置。

冻结站运转应符合以下规定：

1. 冻结站正式运转前应符合下列条件：
   1. 冷却水、冷媒剂及制冷系统应进行试运转；
   2. 补充水量、水温及水质应达到设计要求且循环系统运转正常；
   3. 盐水浓度及总流量应达到设计要求且循环系统正常运转，空气放净，无杂物堵塞；
   4. 冷却水、盐水系统试运转后可充制冷剂。正式充制冷剂前应进行试充，系统压力应控制在0.2～0.3MPa，并采用专用仪器检测，合格后才能正式充制冷剂，制冷剂充量应达到设计要求。
2. 冻结站正式运转应符合下列条件：
   1. 在充制冷剂过程中，制冷剂、盐水、冷却水系统应运转正常且盐水温度逐渐下降；
   2. 配电系统应能连续正常供电；
   3. 冻结站内灭火器材、防雷装置、电气接地等安全设施应齐全；
   4. 冻结机易损件、仪表应做到备件充足，冻结机油均应预备一次充满量的0.5倍。
3. 冻结站正常运转应符合下列条件：
   1. 制冷剂、盐水、冷却水循环系统温度、流量、压力应正常，盐水温度应逐渐下降并达到设计要求，各冻结器回液温度正常、基本一致、头部、胶管结霜应均匀；
   2. 制冷剂冷凝压力和蒸发压力应与冷却水温度、盐水温度相对应；
   3. 冷媒温度比制冷剂蒸发温度应高5～7℃，冷凝温度应高于冷却水出水温度3～5℃；
   4. 冷却水进出水温差宜为3～5℃；
   5. 达到冻结效果时，盐水去回路温差不宜大于2℃。
4. 冻结站运转日志应包括下列内容：
   1. 冻结机及其辅助设备中的温度、压力、流量、液面、电流、电压等的班记录、运转日记、每次制冷剂充量及冻结润滑油加油量的记录；
   2. 冷媒泵班运转日志、冷媒泵压力、流量、冷媒箱水位计温度的班记录；
   3. 配集液管冷媒温度、冻结器头部冷媒温度以及冻结器头部胶管结霜情况的班记录；
   4. 循环水水泵班运转日志、循环水的流量及水温，冷凝器进、出水温度的班记录。

积极冻结期和维护冻结期应符合以下规定：

1. 冻结开始前，冻结器安装应全部验收合格；冻结站系统调试各项技术指标应符合设计规定。
2. 积极冻结应符合下列规定：
   1. 设计规定时间内，冻结站制冷量、盐水循环流量应达到设计要求；
   2. 设计规定时间内，盐水循环温度应达到最低设计温度，冻结壁达到设计要求盐水去回路温差不应大于2℃；
   3. 积极冻结应确保冻结壁能达到设计厚度和最低平均温度要求；
   4. 积极冻结应按设计指标进行运行，并进行监控、检验，达不到设计要求时应及时进行调整。
3. 维护冻结应符合下列规定：
   1. 维护冻结应符合设计制冷参数，确保冻结壁的功能和围护结构的安全，不应停止或减少供冷；
   2. 当施工需要停止个别或单组冻结孔供冷时，应分析对冻结壁整体稳定性的影响，并应制定相应的技术措施，确保开挖和结构施工安全；
   3. 维护冻结盐水温度不应高于-25℃，单个冻结器盐水流量不应小于3m³/h；
   4. 竖向冻结时，土方开挖和结构施工过程中应采取措施保护冻结器，避免冻结器被损坏；
   5. 横向冻结时，土方掘进和初支施工应在施工组织设计规定的时长内封闭；
   6. 局部冻结时，如因开挖土方需临时切除部分冻结器时，未切除的冻结器应继续维护冻结；割除后需要恢复运转的冻结器，应进行试压，合格后方可恢复供冷继续冻结；根据冻结壁检测判定，确定恢复冻结器后的制冷量的负荷配置；
   7. 盾构始发与接收时，如盾构掘进应在施工组织设计规定的时长内完成，或盾构始发或接收过程中若发生盾构机停机时，应维持维护冻结。

停冻与解冻应符合以下规定：

1. 土方开挖期间不得停止冻结器供冷；
2. 基坑竖向冻结，停冻应在主体结构完成到静水位500mm以上，且结构混凝土强度符合设计规定后方可停冻；
3. 隧道横向冻结，停冻应根据冻结壁的功能，仅作为加固土体作用时可在初支完成后停冻；既加固土体又有止水作用时应在二衬结构施工完成且完成冻结孔割除和封孔后，方可停冻；
4. 盾构始发和接收停冻应符合下列规定：
   1. 盾构始发端应在盾尾脱出冻结区，且洞门与正环管片间隙封堵完成后方可停冻；
   2. 盾构接收端应在最后一环管片拼装完成，且洞门与管片间的间隙封堵完成后方可停冻。
5. 强制解冻应符合下列规定：
   1. 停冻后影响后续施工时应强制解冻；
   2. 盐水应集中回收处理，防止污染环境；
   3. 宜先采用热盐水循环加热土体，加热土体至可扭动冻结管即可停止，热盐水最高温不宜大于80℃。

冻结管充填应符合以下规定：

1. 对于不拔除或遗弃在地层中的冻结管必须进行充填，充填时要排出冻结管内盐水，其充填方式、材料等应符合设计要求；
2. 充填冻结管材料可采用强度等级M10以上水泥砂浆或强度等级Cl5以上混凝土，也可采用水泥浆，水泥浆的水灰比不应大于0.8，浆液应防止受冻。向下的冻结管，充填的浆液体积不应小于冻结管容积的95%，向上的冻结管应从孔口充填至少1.5m；
3. 隧道管片上的孔口管和冻结管在停冻后应尽快割除，应防止孔口管和冻结管周围冻结壁解冻漏水。混凝土隧道管片上割除孔口管和冻结管深度应进入管片，且不得小于100mm；
4. 混凝土管片上割除孔口管或冻结管后留下的孔口，应用两个或两个以上膨胀螺栓紧贴割断的冻结管打入孔壁混凝土，然后按设计要求封堵管口，并应预埋注浆管进行注浆堵漏；
5. 钢管片上的孔口应焊接厚度不宜小于12mm钢板，并应按设计要求采用混疑土填满钢管片格仓；
6. 冻结管充填和封孔应有原始记录。

冻结站拆除应符合以下规定：

1. 冻结站拆除时，应回收盐水和制冷剂，严禁任意排放污染环境；
2. 拆除设备、管路应有安全技术措施；
3. 设备、容器、管理应清洗、防腐后入库。
   * 1. 盾构始发与接收拔管

冻结站运转、探孔施工与停止冻结应符合以下规定：

1. 冻结系统试运转与积极冻结及检测应符合本标准第7.4.4条的规定；
2. 根据测温孔温度推测冻结加固体平均温度和厚度达到设计值后，应在盾构始发与接收范围内的围护结构内侧均匀布置不少于6个探孔，探孔深度应进入土体不少于100mm；
3. 冻结管拔除、盾构始发与接收工作应满足下列条件后进行：
   1. 打开探孔确认无泥水涌出；
   2. 实测探孔在围护结构与冻土交界面温度满足设计要求；
   3. 盾构机位置、推进参数、姿态、设备情况等完好。
4. 停止冻结需在盾构机完全始发和接收后进行。

冻结孔拔除应符合以下规定：

1. 垂直冻结管拔除应符合下列要求：
   1. 盾构接收始发推进范围内垂直冻结管拔除应根据地层条件、盾构机位置、推进速度等因素确定；
   2. 冻结管一次性直接拔除适用于局部垂直冻结；当垂直冻结为全深冻结时，冻结管可拔除至盾构机壳上方；
   3. 垂直冻结管拔除盐水加热方式可与水平冻结管拔除一致，拔除工具可采用吊车或拔管器具等；
   4. 采用一次性直接拔除时，与冻结孔孔径匹配预冷的低强度水泥砂浆柱或预制的粘土柱应预先准备并及时回填；
   5. 盾构始发与接收范围外未拔除冻结管，应按本标准第7.4.6款的规定进行处理。
2. 水平冻结管拔除应符合以下规定：
   1. 由隧道中心向外设置的冻结孔，第1圈中心孔及外侧第2圈上部冻结孔应先拔除，其它冻结孔继续冻结；第2圈冻结孔应间隔拔除；盾构机始发与接收完成后，最外圈水平冻结孔应按设计要求进行处理；
   2. 拔除冻结管前，应在现场提前备好加热用盐水箱、循环胶管、与冻结孔孔径匹配预冷的低强度水泥砂浆柱或预制的粘土柱、拔管器等物资。热盐水最高温度不宜大于80℃，冻结管拔除应先采用热盐水循环加热土体至可扭动冻结管后进行，严禁土体过度加热；
   3. 拔除的冻结管产生的土体孔应立即用预先准备的与冻结孔孔径匹配预冷的低强度水泥砂浆柱或预制的粘土柱回填，回填长度不得小于土体孔长的70%；
   4. 拔管过程中如果出现断管现象，应采取防止回冻的有效措施。
      1. 盾构始发（接收）与冻结的相互配合

洞门凿除直至盾构始发(接收)结束阶段，应由专人统一指挥冻结和盾构掘进，应建立盾构技术负责人和冻结技术负责人共同值班制度。

盾构始发(接收)应符合以下规定:

1. 盾构机位置和相关准备工作符合本标准及相关施工方案要求；
2. 现场应急物资设备齐全，通信、监控等条件满足本标准和应急预案要求；
3. 盾构机已到达预定位置，冻结管拔除和封堵后，宜在24 h内割除剩余钢筋并掘进。盾构接收采用钢套筒等辅助措施的，应立即进行填仓作业；
4. 盾构机宜在72h内始发(接收)完毕。

盾构机在冻结加固区停机超过48h，应评估冻结壁状况，必要时应恢复冻结。

应制定冻结体内掘进刀盘、螺旋机、盾壳冻住的预防措施和冻住后的应急处理措施。

盾构区间接收和始发段，在冻结体内和冻结体外至少2环应采用增加注浆孔的管片。

冻结体内同步注浆应饱满，材料应适用低温工况。

在水压较大地层，除采用橡胶帘布折页板外，还应增加辅助密封措施；应有密封装置从压住盾壳过渡到压住管片的技术措施。

盾构始发时，应有土仓压力控制和预防掌子面塌陷措施。

盾构接收时，应通过土仓压力变化等判断纵向来水通道是否封堵，确认封堵成功后方可顶破洞门。

* + 1. 暗挖通道开挖与构筑

隧道预应力支撑和应急防护门

1. 采用冻结法施工联络通道时，隧道支撑应按联络通道结构设计要求在冻结壁交圈之前（或泄压孔压力未增长前）安装完成。联络通道结构设计无明确规定时，隧道预应力支撑应满足下列要求：
   1. 隧道内每个联络通道预留口应设2榀隧道支撑，每榀隧道支撑宜设7-8个支撑点均匀地支撑隧道管片上，每个支撑点应提供最大到500kN的支撑力。
   2. 支撑上半部的4-5个支撑点上应安装最大顶力500kN的千斤顶以调整支撑力。
   3. 隧道支撑框架应用型钢制作，且应满足GB50017中的各项要求。
   4. 隧道支撑安装偏离隧道管片中线处截面不宜大于20mm。
   5. 安装隧道支撑后应顶实千斤顶，但每个千斤顶的顶力不得大于100kN，且各个千斤顶的顶力应基本均匀。
   6. 应根据实测隧道收敛变形调整各个千斤顶的顶力，收敛大的部位要增大千斤顶顶力，不收敛的部位千斤顶顶力保持不变。隧道收敛达到预警值10mm时千斤顶顶力应达到设计最大值500kN。
   7. 如千斤顶顶力达到设计最大值后隧道仍继续收敛，则应采取其它措施加强隧道支撑。
2. 暗挖通道应在开挖侧通道预留洞口上安装应急防护门。防护门设计、安装与使用应符合下列要求：
   1. 防护门应能灵活开关，关闭后应能承受安装位置的地下水土压力，且能有效阻止通道内水、土流出，开启后不得影响正常的开挖和结构施工。
   2. 防护门上应安设压风管、排水管、注浆管及控制阀门，并应配备风量不小于6m³/min的空压机为防护门内供气。
   3. 防护门可安装在通道预留洞口或隧道管片上，防护门框和防护门应分别使用钢丝绳连接到管片或围护结构的固定吊点上，防护门结构设计和安装应符合本规范和设计的规定。
   4. 防护门安装好后应进行气密性试验，要求在不停空压机时试验气压能保持在设计值。
   5. 防护门开关应便于人工操作，应现场准备紧固螺栓、风管及连接件、扳手等配件及操作工具。
   6. 当通道开挖时发生透水、冒砂事故，所采取的措施无法控制时，应立即关闭防护门并采取应急措施。
   7. 通道挖通并施工初期支护完成后方可拆除防护门；对于含水和透水性好的砂性地层，应在主体结构完成后拆除防护门。
3. 在集水井位置有透水的砂性土层时，应在集水井井口设置防护门（或盖板）。开挖集水井时如发生透水冒砂事故，无法控制时，应立即关闭防护门，并向集水井内压气或注入聚氨脂等注浆充填材料。防护门应能承受所在深度的地下水压。

开挖前的条件核查

1. 开挖前应进行冻结效果评价和开挖条件验收。
2. 冻结效果评价应符合以下规定：
   1. 冻结过程符合设计要求；
   2. 盐水温度、去回路盐水温差符合设计要求；
   3. 泄压孔压力变化符合设计要求；
   4. 经计算冻结壁厚度符合设计要求；
   5. 经计算冻结壁等效平均温度符合设计要求；
3. 开挖条件核查应符合以下规定：
   1. 开挖平台搭设完成；
   2. 预应力支架、安全门安装符合设计要求；
   3. 井上下视频和电话通讯畅通，必须有一个摄像头正对开挖工作面；
   4. 开挖内部非冻结区存水已放出；
   5. 开设至少两个探孔，探孔不小于100\*100mm，探孔内无有压力的水土流出；
   6. 正式开挖前应将探孔扩大为探窗，在探窗内试挖，在侧壁、拱顶和掌子面稳定的情况下方可拉开管片正式开挖。

通道开挖

1. 经开挖条件验收通过并判定具备开挖条件后可进行通道开挖。
2. 管片或墙体破除应有安全措施。
3. 开挖面土体稳定可采取全断面开挖方式，开挖面土体难以自立时应分台阶进行开挖。
4. 开挖后应先施工导洞，导洞两侧和顶部采用型钢和木板支护，在保证安全的前提下可进行洞身开挖。
5. 通道开挖应采取短进尺、快支护施工方式，随挖随支，严格控制冻结壁温度升高和变形。
6. 通道开挖宜采用以下施工顺序：
   1. 通道施工顺序：开挖侧隧道钢管片拆除→通道开挖和初期支护→喇叭口开挖（刷大）和初期支护→对侧隧道钢管片拆除→外防水施工→钢筋绑扎、预埋件安设和立模→混凝土浇筑。
   2. 通道衬砌施工完成后再行施工集水井（泵房）。
   3. 集水井（泵房）施工顺序：开挖和初期支护→外防水施工→钢筋绑扎、预埋件安设和立模→混凝土浇筑。
   4. 开挖区内的冻结管应在施工完初期支护后、施工外防水或衬砌之前进行割除。
7. 开挖与支护施工参数应满足下列要求：
   1. 初期支护可采用由喷射混凝土、型钢（或格栅）支架、砂浆充填层组成的结构形式。
   2. 初期支护的承载力应经过计算并应符合有关结构设计规范的规定。

质量控制与验收

1. 土方开挖质量控制与验收指标应符合下列要求：
   1. 开挖横断面方向尺寸应符合设计要求，且单侧超挖不得大于30mm；
   2. 最大空帮距（没有支护的冻结壁暴露段长）不宜大于二榀支架支护段长。重要建筑物下应适当减小最大空帮距；
   3. 冻结壁暴露时间应控制在24h内；
   4. 冻结壁暴露面最大收敛位移不应大于20mm；
   5. 通道开挖中心线偏差不应大于20mm。
2. 初期支护质量控制与验收指标应符合下列要求：
   1. 型钢（格栅）支架制作应符合有关钢结构和混凝土结构施工质量验收规范的规定，支架安装应整齐美观；
   2. 型钢（格栅）支架安装的垂直度偏差不应大于20mm，标高偏差不应大于±20mm，支架轴线偏差不应大于20mm，相邻支架间距偏差不应于30mm，同一支架横梁两端水平高差不应大于20mm，相邻支架间拉杆应连接牢固；
   3. 喷射混凝土强度等级应符合设计要求，厚度误差不应大于±10mm。

结构施工

1. 通道结构及防水层应严格按照设计和有关规范施工。
2. 混凝土入模温度、初凝时间等参数应根据施工工序安排、混凝土运送及冻结法施工环境温度情况，按混凝土施工有关规定确定。
3. 通道拱部混凝土应按有关规定施工并采取措施确保浇筑密实。
4. 通道集水井应在通道部分衬砌混凝土浇筑完毕，且在不拆除模板的条件下养护不少于48h后方可开挖。
   * 1. 充填注浆和融沉注浆

盾构始发与接收融沉注浆应符合下列规定：

1. 融沉注浆应在盾构始发与接收完成后配合周边环境及隧道变形监测进行；
2. 注浆范围应为冻结影响区域，可利用盾构隧道衬砌结构（管片）上的预留注浆孔作为地层融沉注浆孔，有条件时可采用地面打孔分区注浆；
3. 融沉注浆应以水泥单液浆为主，当地层漏浆严重，沉降控制效果不理想时，可采用水泥～水玻璃双液浆，双液浆配比根据设计或者经过现场试验确定；
4. 注浆压力不宜大于0.5MPa或结构设计要求的允许值。

通道充填和融沉注浆应符合下列规定：

1. 衬砌背后充填注浆和融沉注浆应在停止冻结并完成冻结孔封孔工序后进行；
2. 注浆孔宜在通道结构施工时预埋，注浆管预埋深度应穿透结构层，布孔密度应符合设计要求；
3. 衬砌后充填注浆宜在停止冻结后3～7d内进行；
4. 衬砌后充填注浆宜采用水灰比为0.8:1～1:1单液水泥浆。注入水泥浆前应先注清水，检查各注浆孔之间砌后间隙是否畅通。注浆宜按由下而上的顺序进行，当上一层注浆孔连续返浆后即可停止下一层注浆，直至注到拱顶结束；
5. 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注浆。融沉注浆应循“少量、多点、多次、均匀”的原则；
6. 融沉注浆浆液宜以单液水泥浆为主，水泥～水玻璃双液注浆为辅，水泥浆与水玻璃溶液体积比宜为1:1，其中水泥浆水灰比宜为0.8:1～1:1，水玻璃波美度可根据设计浆液凝结时间进行调整。注浆压力不宜大于0.5MPa或通道结构设计要求的允许值。注浆范围应为整个冻结区域。

地层沉降大于0.5mm/d或累计地层沉降大于3mm时，应进行融沉补偿注浆。地层隆起达到3mm时应暂停注浆。

冻结壁已全部融化，且实测地层沉降速率连续2次小于0.5mm/15d 时，可停止融沉注浆。

* 1. 监测
     1. 一般规定

冻结法施工监测应符合国家标准GB50911和湖北省相关规定，并符合设计文件要求。

第三方监测单位和施工监测单位应分别编制专项监测方案，监测点数量应保持一致。

监测单位应对监测数据和现场巡查情况分析整理，确保数据正确、可靠，按时提交监测报表，当监测值达到预警值时，应立即发出预警通知。

* + 1. 监测内容及要求

开始冻结后的施工期间应监测施工影响范围内的周边环境，包括地下管线、地表及邻近建（构）筑物的变形监测。

开始冻结后的施工期间应对附近的隧道管片的收敛和沉降进行监测。

开始冻结后的施工期间应对冻结干管去、回路盐水温度、干管流量、测温孔的温度、盐水液位等进行监测。

监测点应在施工开始前连续采集3次稳定的数据平均值作为初始值。施工监测频率宜按表13确定，并可根据监测数据变化幅度进行适当调整。

1. 监测频率

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 监测内容 | 监测频率 | | | |
| 钻孔期间 | 冻结期间 | 冻结后施工期间 | 融沉注浆 |
| 自然融沉 |
| 地下管线垂直位移监测 | 1次/d | 1次/2d | 1次/d | 前3个月1次/（2～5）d；第4、5个月1次/（5～10）d；第6个月1次/（10～15）d |
| 邻近建（构）筑物垂直位移监测 | 1次/d | 1次/2d | 1次/d |
| 地表剖面垂直位移监测 | 1次/2d | 1次/2d | 1次/d |
| 隧道垂直位移监测 | 1次/2d | 1次/2d | 1次/d |
| 隧道收敛监测 |  | 1次/2d | 1次/d |
| 盐水温度 |  | 1次/d | 1次/d |  |
| 测温孔监测 |  | 1次/d | 2次/d |  |
| 流量监测 |  | 1次7/d | 1次/7d |  |
| 泄压孔监测 |  | 1次/d |  |  |
| 盐水液位监测 |  | 2次/d | 2次/d |  |

监测应从钻孔开始至融沉注浆结束后3个月，且满足监测数据收敛的要求。

盾构始发（接收）端头加固施工监测范围应符合下列规定：

1. 地面及周围建（构）筑物和管线变形监测范围应以洞门中心为圆心、半径不小于洞门埋深的1.5倍，且不小于洞门正上方地面投影外侧20m。
2. 地面监测点应布设在同一平面内，按排、行布置，纵向间距宜为10～50m，横向间距宜为2～10m。
3. 隧道冻结段掘进完毕后应进行隧道位移及隧道收敛监测。隧道位移监测应采用中腰线布点方式，隧道收敛监测应采用环形布点方式。

暗挖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应小于联络通道两侧隧道管片各50m。
2. 地面及周围建（构）筑物和管线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埋深的1.5倍。地面及周围建（构）筑物和管线变形监测范围不小于联络通道正上方地面投影外侧20 m。
3. 地面监测点应在隧道纵向和横向上布设成监测剖面，并分别布设深层监测点。在地面布设深层监测点时应穿透路面结构硬壳层，埋设进入原状土600 mm以上的沉降标杆。
4. 隧道垂直位移监测点宜先密后疏布置，应在联络通道中心线对应钢管片的拱底位置布设1个测点，联络通道中心线两侧10环范围内每2环布设1个测点，10环范围外每4环布设1个测点，监测点宜按环号进行编号。
5. 隧道收敛监测点应在联络通道两侧第一个混凝土管片上布设1个断面，然后在联络通道中心线两侧10环范围内每2环布设1个断面，10环范围外每4环布设1个断面，监测点宜按环号进行编号。

隧道管片监测预警值应符合表14的规定。

1. 监测频率

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 监测内容 | 监测预警值 | | | | |
| 日预警值/（mm·d-1） | | | | 累计预警值/mm |
| 钻孔期间 | 冻结期间 | 冻结后施工期间 | 融沉注浆 |
| 隧道垂直位移监测 | ±1 | ±1.5 | ±2 | ±2 | ±10 |
| 隧道收敛监测 | ±2 | | | | ±10 |

开始冻结后的施工期间周边地下管线监测预警值应在调查分析管线功能、材质、工作压力、敷设年代等的基础上，结合工程经验综合确定，也可参照表15确定。

1. 地下管线监测预警值

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 监测对象 | | 日预警值/（mm·d-1） | 累计预警值/mm |
| 刚性管线 | 压力管 | ±2 | ±10 |
| 非压力管 | ±2～±3 |
| 柔性管线 | | ±3～±5 |

开始冻结后的施工期间地表剖面沉降及邻近建（构）筑物的监测预警值应根据相关产权单位的要求确定，也可参照表16确定。

1. 地表沉降及邻近建（构）筑物监测预警值

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 监测内容 | 监测预警值 | | | | |
| 日预警值/（mm·d-1） | | | | 累计预警值/mm |
| 钻孔期间 | 冻结期间 | 冻结后施工 | 融沉注浆 |
| 地表沉降 | ±3 | ±2 | ±3 | ±3 | ﹢10～-30 |
| 邻近建（构）筑物垂直位移 | ±2 | ±2 | ±2 | ±2 | 10～30 |

建（构）筑物垂直位移的累计预警值应根据建（构）筑物对变形的适应能力另行确定。

建（构）筑物的变形控制指标应满足GB 50007中的要求。

当冻结壁已全部融化，且不注浆的情况下实测地表沉降持续一个月且每半个月不大于0.5mm时，可停止监测。

* + 1. 冻结加固土体监测

冷冻机开机后应监测冻结土体温度、冻结壁与维护结构或隧道管片接触界面温度。

测温点布设应符合设计要求。测定冻结壁与围护结构或隧道管片界面温度时，测点距离界面不大于50 mm，必要时可增加测点。

采用康铜线测温系统，测温前应提前按标准制备冰水混合物，线接头应导电良好。应保留电势原始记录。采用电子温度计时，温度可用温度采集器读取，也可接入计算机读取。

开始冻结前应测量原始地温。

温度监测应自冻结开始至结束不间断进行，应每天至少记录1次。在洞门凿除、拔管、盾构始发和接收期间、联络通道或清障隧道开挖期间应每天至少记录2次。应在每天相同时间点采集并比较分析，有异常状况时应增加监测频率。

* + 1. 冻结系统监测

冷冻机运转监测应包括下列内容:

1. 冷冻机吸气、排气压力、油压、油温、出水温度、电压、电流等情况；
2. 制冷剂液位、机油液位、每次制冷剂补充量及机油补充量记录。

盐水系统监测应包括下列内容:

1. 盐水泵运转状况；
2. 盐水箱液位、盐水相对密度和盐水补充记录；
3. 盐水出水温度、流量与压力和盐水回水温度；
4. 集液管盐水回水温度，冻结器结霜情况；
5. 管路排气情况。

清水系统监测应包括下列内容:

1. 清水泵、冷却塔运转情况；
2. 清水去路温度、压力，清水回路温度；
3. 清水箱液位及清水补充情况。

配电及通风系统监测应包括下列内容:

1. 配电系统电流、电压和运转情况；
2. 通风系统运转情况，天气状况、温度和湿度。

冻结系统监测应随时巡查，应每天至少记录1次。洞门凿除、拔管、盾构始发和接收期间联络通道或清障隧道开挖期间应每天至少记录2次。非开挖面隧道处冻结器应每天至少记录1次，应在相同时间点记录，并进行比较分析，有异常状况时应增加监测频率。

监测结果应符合设备使用说明和冻结系统设计要求，发现异常应及时调整系统运行参数或检修。

* 1. 施工质量验收
     1. 一般规定

施工过程中，应对冻结孔、孔口管、冻结器、测温孔及装置、水文观测孔及装置、泄压孔及装置、冻结壁、充填注浆、融沉注浆进行质量验收，验收合格后，再转入下一道施工工序。

为保证工程施工质量和安全，冻结法施工应在开始冻结前、冻结壁形成、进行土方和结构施工前、充填和融沉注浆前进行施工条件验收。

工程施工质量应按照检验批、分项工程、子分部工程的顺序进行验收。

子分部工程、分项工程和检验批的划分宜符合表17的规定。

1. 子分部工程、分项工程、检验批划分

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 子分部工程 | 分项工程 | 检验批 |
| 基坑竖井、横向通道、盾构始发  和接收冻结支护 | 冻结孔、测温孔、水文观测孔、泄压孔 | 每 20 个孔 |
| 孔口管安装 | 每 20 个孔 |
| 冻结器安装 | 每 20 个孔 |
| 测温装置安装 | 每 10 个孔 |
| 水文观测孔、泄压孔及装置安装 | 每 10 个孔 |
| 制冷站 | 每座 |
| 制冷（积极冻结和维护冻结） | 每座制冷站 |
| 充填注浆、融沉注浆 | 每一施工段 |
| 施工测量 | 每一施工段 |
| 监控量测 | 每一监测断面 |

检验批质量验收合格应符合下列规定：

1. 主控项目的质量经抽样检验应全部合格；
2. 一般项目的质量经抽样检验应合格；当采取计数检验时，一般项目的合格点率应达到80%以上，且不合格点的最大偏差值不应大于规定允许偏差的1.5倍；
3. 应具有完整的施工操作依据、质量验收记录。

验收记录表应参照现行国家标准GB50300附录E～附录G规定执行。

施工测量的质量验收应符合现行国家标准GB/T 50308的规定。

监控量测的质量验收应符合现行国家标准GB 50911的规定。

土方开挖和结构施工的质量验收应符合现行国家标准《地下铁道工程施工质量验收标准》GB/T 50299 的规定。

制冷系统、冷却水系统、盐水系统安装质量验收应符合现行国家标准GB 50274、GB 50231 及GB 50235 的规定。

配电系统安装及调试应符合现行国家标准GB 50171 的规定。

质量验收标准应满足设计要求，同时应满足现行国家标准以及湖北省相关规定。

* + 1. 质量验收

冻结孔施工质量验收

1. 主控项目
   1. 孔的位置、数量应符合设计规定。

检查数量：全数检查。

检查方法：现场实测。

* 1. 孔的深度不应小于设计深度，且不宜大于设计深度500mm。

检查数量：全数检查。

检查方法：根据现场每次钻杆进尺记录，统计核算；采用带有长度刻度的测管进行量测。

1. 一般项目
   1. 孔的偏斜值、成孔间距控制应符合本规范规定及设计规定。

检查数量：全数检查。

检查方法：现场实测。

* 1. 孔的开孔位置误差不应大于100mm，开孔间距误差不应大于150mm。

检查数量：全数检查。

检查方法：现场量测。

* 1. 横向冻结钻孔孔壁间注浆量应符合设计规定。

检查数量：全数检查。

检查方法：现场实测。

孔口管安装质量验收

1. 主控项目
   1. 孔口管的材质、规格，应符合设计规定。

检查数量：全数检查。

检查方法：现场检查、实测。

* 1. 孔口管安装位置应符合设计规定。

检查数量：全数检查。

检查方法：现场实测。

* 1. 孔口板安装的水平度和孔口管安装的垂直度，应符合设计规定。

检查数量：全数检查。

检查方法：现场检测。

* 1. 孔口管安装应牢固；孔口管安装的阀门及防喷装置，应符合设计规定。

检查数量：全数检查。

检查方法：现场检查。

* 1. 孔口管与结构之间的环形空间封堵，应符合设计规定。

检查数量：全数检查。

检查方法：现场检查。

1. 一般项目
   1. 检修后重复使用的孔口管，应符合设计规定。

检查数量：全数检查。

检查方法：现场检测。

冻结器安装质量验收

1. 主控项目
   1. 冻结器安装材料品种、规格、质量应符合设计规定。

检查数量：按检验批检查，每批不少于3组。

检验方法：现场抽查和检查材料出厂合格证、抽查的检验批试验报告。

* 1. 冻结管接箍、底锥、焊条的规格材质及焊接后机械力学性能指标应符合设计规定。

检查数量：逐批检查。

检验方法：检查出厂合格证和有关试验检验报告。

* 1. 冻结管的压力试验应符合冻结设计规定。

检查数量：全数检查。

检验方法：现场打压检验。

* 1. 冻结管的下放安装深度应符合设计规定，焊缝或螺纹连接位置等应符合设计规定。

检查数量：逐个检查。

检验方法：现场实测检验。

* 1. 所有冻结器安装完毕并用清水清洗后，应进行全部冻结器试压、检漏，试压值不应小于正常盐水循环系统压力的1.2倍。

检查数量：逐个（组）冻结器检查。

检验方法：现场检查和打压检验。

1. 一般项目
   1. 冻结器头部安装、阀门控制装置、放空设置以及冻结器分组，应易于操作。

检查数量：全数检查。

检验方法：现场检查。

* 1. 冻结器供回液管应采用聚乙烯塑料管或钢管，下置深度应符合设计规定。

检查数量：全数检查。

检查方法：现场检查、实测。

测温孔施工与装置安装质量验收

1. 主控项目
   1. 测温孔的数量应符合设计规定。

检查数量：全数检查。

检查方法：现场实测。

* 1. 测温孔深度不应小于设计深度。

检查数量：全数检查。

检查方法：根据现场每次钻杆进尺记录，统计核算；采用带有长度刻度的测管进行量测。

* 1. 测温信号线下放深度、测温点数、位置应符合设计规定。

检查数量：全数检查。

检查方法：现场实测检查。

* 1. 测温传感器的型号、各测点传感器误差标定应符合设计规定。

检查数量：全数检查。

检查方法：现场检查。

1. 一般项目
   1. 测温孔孔位置误差不应大于 100mm。

检查数量：全数检查。

检查方法：现场量测。

* 1. 测温系统采集设备型号、数量，现场运行情况应符合设计规定。

检查数量：全数检查。

检查方法：现场检查测量记录。

* 1. 孔口密封保护的密实、牢固情况应符合设计规定。

检查数量：全数检查。

检查方法：现场检查。

* 1. 测温系统调试运行的验收记录应符合设计规定。

检查数量：全数检查。

检查方法：现场检查。

1. 测温孔成孔施工质量验收应符合本规范第9.2.1节的规定。

水文观测孔、泄压孔施工与装置安装质量验收

1. 主控项目
   1. 水文观测孔管及过滤器的材质、规格，应符合设计规定。

检查数量：全数检查。

检查方法：现场检查产品合格证，现场量测过滤器花管。

* 1. 过滤器外包层数应符合设计规定，过滤器的上下端光管与钻孔壁之间的密封材料和密封，应符合设计规定。

检查数量：全数检查。

检查方法：现场实检。

* 1. 泄压装置的位置、数量，应符合设计规定， 安装压力表、阀门应符合设计规定。

检查数量：全数检查。

检查方法：现场查验，量测检查。

* 1. 水文观测孔及泄压孔孔管、过滤器及泄压装置下放的位置、数量，应符合设计规定。

检查数量：全数检查。

检查方法：现场检查测量记录。

1. 一般项目
   1. 清洗水文观测孔（管）应排出清水。

检查数量：全数检查。

检查方法：现场检查。

* 1. 初始水压和水文地质勘查资料比较，压力应一致。

检查数量：全数检查。

检查方法：对照勘查资料进行比对。

* 1. 监控采集装置的检测数据应有检测记录。

检查数量：全数检查。

检查方法：对照专项施工方案，检查检测记录。

* 1. 压力表量程和精度，应符合规定。

检查数量：全数检查。

检查方法：查验检测报告、现场检查。

1. 水文观测孔、泄压孔成孔施工质量验收应符合本规范第9.2.1节的规定。

制冷站安装工程质量验收

1. 主控项目
   1. 制冷系统、冷却水系统、盐水系统的设备型号、规格、数量应符合冻结设计规定。

检查数量：全数检查。

检查方法：现场按项进行检测，检验产品说明书、出厂合格证等。

* 1. 盐水流量应满足设计要求。

检查数量：检查盐水泵的总流量。

检查方法：现场检查流量表的流量、数值及记录。

* 1. 盐水浓度应符合设计要求。

检查数量：全数检查。

检查方法：现场提取盐水样品，进行化验检测。

* 1. 制冷系统的低温设备、管路和地面盐水管路的保温质量应符合冻结施工设计要求。

检查数量：分项检查。

检查方法：对照设计检查制冷站内、外低温设备、管路的安装记录和验收记录。

* 1. 冻结站的制冷系统、盐水系统的压力试漏应符合本规范6.9条、7.4条相关的规定。

检查数量：全数检查。

检查方法：检查制冷系统和盐水系统压力试漏记录。

* 1. 主冻结管、辅助冻结管、防片帮冻结管的压力试漏应符冻结设计要求。

检查数量：全数检查。

检查方法：逐孔检查。

1. 一般项目
   1. 冻结站的安装位置应符合施工组织设计要求。

检查数量：全数检查。

检查方法：现场检查。

* 1. 制冷站通风系统、照明系统，应符合施工组织设计要求。

检查数量：全数检查。

检查方法：现场对制冷站、沟道、工作面进行检查。

* 1. 冻结站的防护、罩棚等设施安装，应符合施工组织设计要求。

检查数量：全数检查。

检查方法：现场检查。

制冷工程质量验收

1. 主控项目
   1. 制冷剂、盐水、冷却水循环系统温度、流量、压力应符合本规范规定。

检查数量：全数检查。

检查方法：检查冻结期间运行记录。

* 1. 冻结壁的交圈时间应符合设计规定。

检查数量：全数检查。

检查方法：检查交圈记录。

* 1. 冻结壁有效厚度和平均温度，应满足破除洞门的要求。

检查数量：全数检查。

检查方法：检查积极冻结期间测温记录和预测报告。

* 1. 冷媒温度应高于制冷剂蒸发温度5～7℃，冷却温度应高于冷却水温度3～5℃。

检查数量：全数检查。

检查方法：检查冻结期间运行记录。

* 1. 冻结壁形成期的盐水温度不应高于设计值，盐水流量应符合施工设计规定。

检查数量：每班不少于1次，分项验收时抽查总数不少于3%。

检查方法：检查冻结期间运行记录。

1. 一般项目
   1. 冷却水进出水温差宜为3℃～5℃。

检查数量：每班不少于1次，分项验收时抽查总数不少于3%。

检查方法：检查冻结期间运行记录。

充填与融沉注浆工程质量验收

1. 主控项目
   1. 注浆材料及配比应符合设计规定。

检查数量：批量检查。

检查方法：现场取样送试验室检验。

* 1. 注浆时机应符合设计规定。

检查数量：全数检查。

检查方法：现场检查充填注浆记录。

* 1. 注浆压力应符合设计规定。

检查数量：全数检查。

检查方法：现场检查充填注浆记录。

1. 一般项目
   1. 注浆量应符合设计规定。

检查数量：全数检查。

检查方法：现场检查注浆记录。

* 1. 应急管理
     1. 一般规定

应根据环境条件、地质条件、设计文件、施工工艺和设备、相关工程建设标准，结合施工经验，进行安全分析和评估，并编制应急预案。应急预案应在开工前编制并审批。

应急预案应按施工阶段对应风险源进行识别分析，并采取针对性措施。

应急预案应包括以下内容:

1. 周边环境调查情况；
2. 工程施工风险分析；
3. 工程施工风险的防范措施；
4. 工程施工突发事件的监控与应急处理方案；
5. 工程施工风险管理的组织机构与资源配置；
6. 应急处置流程；
7. 应急演练。

应急预案应与上一级应急预案相匹配。

应急预案应开展有针对性的教育和演练。

* + 1. 应急措施

冻结施工应包含但不限于针对以下质量安全问题与突发事件制定防范措施:

1. 冻结孔施工过程中由于孔口管脱落、冻结管断裂、钻头逆止阀损坏等因素发生孔口水砂涌出；
2. 发生严重机电事故或停电引起长时间停冻；
3. 盾构始发（接收）端头加固发生下列情况：
   1. 冻结和洞门凿除过程中发生冻结管断裂和盐水漏失；
   2. 冻结管拔除过程中发生断管造成拔除失败和拔除时间过长引起冻结壁失效；
   3. 水平冻结管拔除时孔内漏水、漏砂；
   4. 盾构机机电故障造成刀盘、盾壳、螺旋机被冻住等；
   5. 盾构始发和接收过程中漏水、漏砂；
   6. 地层水土流失、冻胀、融沉引起周边隧道管片、地下管线、地面道路、设备及建(构)筑物严重变形甚至破坏；
   7. 洞门与管片空隙封堵失效造成涌水、涌砂。
4. 联络通道或清障隧道冻结过程中发生下列情况：
   1. 开挖过程中漏水、漏砂；
   2. 冻结或开挖过程中出现冻结管断裂、盐水漏失；
   3. 开挖过程中出现冻土或初支表面有连续水流；
   4. 开挖过程中出现拱顶沉降、洞身收敛超过监测预警值；
   5. 开挖平台出现垮塌、模板支架发生变形；
   6. 有害气体超标；
   7. 冻结孔割除和封孔过程出现漏水、漏砂；
5. 施工过程中出现地面沉降超出监测预警值，冻胀对周边影响超过监测预警值；
6. 施工过程中出现工作面水淹；
7. 施工过程中发生重大人身伤亡事故。
   * 1. 应急设备和物资

冻结法施工时，冷冻站主要设备包括冷冻机、盐水泵、清水泵等均应安装备用设备并能随时切换。应储备足量氯化钙和氟利昂，应在管路破损造成盐水流失后6 h之内恢复冻结。在洞门凿除、隧道开挖时应有备用电源。

端头现场、开挖现场应配备包含但不限于以下设备和足够数量的物资：双液注浆泵、喷浆机、电焊机、聚氨酯泵、蒸汽机、热盐水制备箱、灭火器、脚手架管及扣件、槽钢或工字钢、模板、千斤顶、倒链、丝锥、套管、水泥、水玻璃、双快水泥、聚氨酯、沙袋、棉被、棉纱和应急医疗物资等。

盾构始发和接收时，盾构机内应配备双液注浆泵、聚氨酯泵和足够数量的水泥、水玻璃、聚氨酯。

* + 1. 其他应急条件

应保证洞门或隧道开挖现场附近场地具备水平和垂直运输条件。

场地内有应急材料和设备的堆放空间。

应有足够的现场照明。

应有视频监控和通信设备。

应有人员紧急撤离通道。

应有控制端头周边联络通道上方交通的围栏、标识和广播设备。

应有紧急抢救的医疗药品、器械。

* 1. 标准实施及评价

12.1 结合实际，准备标准实施，包括但不限于标准实施的方案准备、组织准备、知识准备、手段准备和物质条件准备等。

12.2 制定标准实施方案，应明确适用对象和场景、提供实施必备条件和保障（组织、制度、资金、人员和设施设备等）、推荐方法路径，确定资源要素配置、关键环节和控制点，提出标准实施中的注意事项。

12.3 针对相关方和具体对象/岗位进行标准宣贯和培训，结合标准要求，落实责任制，做到横向到边、纵向到底。

12.4 标准实施主要在湖北省城市轨道交通工程冻结法施工中开展应用。

12.5 标准实施的检查主要是检查标准实施方案的落实情况，需要逐条检查标准实施内容的落实，并记录未实施内容的理由或原因。标准实施检查应检查标准实施的支持手段和物质条件的落实情况。应做好标准实施验证记录，畅通标准实施信息采集的方式方法和反馈渠道，定期整理并处理收集到的意见建议。

12.6 标准实施评价的基本依据为《中华人民共和国标准化法》等法律法规。

12.7 在标准实施一定时间后，对照标准实施方案，开展标准实施效果评价分析，总结实施经验成效，梳理存在的薄弱环节，标准实施的评价主要是评价标准实施的效果，主要从技术进步、质量水平提高、用户满意度、规范现场施工、施工效率提高、标准化提升、安全保障有效等方面进行有益性评价，还应评价标准实施带来的问题，以便为未来改进提供参考。

12.8 适时向专业标准化技术委员会和标准归口管理单位反馈情况，提出标准推广、修改、补充、完善或者废止等意见建议。

12.9 标准实施信息及意见反馈表相关示例见附录I。

1. （资料性）  
   钻孔施工原始记录表

钻孔施工原始记录表如表A.1所示。

* 1. 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  (m包括钻头长度) | 余尺 (m) | 实际深度 (m) | 注浆时间 (时/分) | 注浆压力 (Mpa) | 注浆量 (m3) |
| 1 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 2 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 3 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 4 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 5 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 6 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 备注： | | | | | | | | | | | | | | |

1. （资料性）  
   钻孔打压原始记录表

钻孔打压原始记录表如表B.1所示。

* 1. 钻孔打压原始记录表

|  |
| --- |
| 工程名称： |
| 施工日期： 年 月 日 班 当班班长： 当班技术员： 试压工： |

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 孔号 | 设计压力（MPa） | 初始压力（MPa） | 30min压力（MPa） | 45 min压力（MPa） | 压力降（MPa） | 是否合格 |
| 1 |  |  |  |  |  |  |  |
| 2 |  |  |  |  |  |  |  |
| 3 |  |  |  |  |  |  |  |
| 4 |  |  |  |  |  |  |  |
| 5 |  |  |  |  |  |  |  |
| 6 |  |  |  |  |  |  |  |
| 7 |  |  |  |  |  |  |  |

1. （资料性）  
   冻结站运转记录表

冻结站运转记录表如表C.1所示。

* 1. 冻结站运转记录表

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 班别 | 时间 | 吸气压力（Mpa） | | 排气压力（Mpa） | | 盐水  液位（cm） | 排气温度（℃） | | 盐水温度 | | 盐水压力（Mpa） | 清水温度（℃） | 清水压力（MPa） | 环境温度（℃） | 盐水流量（m3/h） | 交接班签字 |
| 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 | |  | | | | | | | | | | | | | | |

1. （资料性）  
   湖北省典型土层（砂土）冻土物理力学试验参考值表

湖北省典型土层（砂土）冻土物理力学试验参考值表如表D.1所示。

* 1. 湖北省典型土层（砂土）冻土物理力学试验参考值表

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 编号 | 土质 | 干密度  （g/cm3） | 含水量  （%） | 试验  温度  （℃） | 抗压强度  （MPa） | 破坏应变  (%) | 弹性模量  （MPa） | 泊松比 | 冻胀率  % | 导热系数  w/(m•K) | 比热  kJ/(kg•K) | 导温系数  M2/S | 导热系数  w/(m•K) | 比热  kJ/(kg•K) | 导温系数  M2/S |
| 22℃  融土 | -10℃  冻土 | 22℃  融土 | 22℃  融土 | -10℃  冻土 | 22℃  融土 |
| 试验组一 | 1 | 中粗砂 | 1.76（干密度） | 17.2 | -10.0 | 6.86 | 12 | 475 | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 2 | 中粗砂 | 1.76（干密度） | 17.2 | -10.0 | 6.61 | 13 | 304 | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 3 | 粉细砂 | 1.86（干密度） | 14.5 | -10.0 | 9.07 | 9 | 370 | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 4 | 粉细砂 | 1.88（干密度） | 14.5 | -10.0 | 8.90 | 9 | 364 | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 5 | 中粗砂 | 1.78（干密度） | 16.2 | -10.0 | 7.87 | 7 | 361 | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 6 | 中粗砂 | 1.77（干密度） | 16.2 | -10.0 | 7.78 | 8 | 323 | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 7 | 粉细砂 | 1.68（干密度） | 19.4 | -10.0 | 7.11 | 11 | 302 | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 8 | 粉细砂 | 1.67（干密度） | 19.4 | -10.0 | 7.23 | 9 | 357 | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 试验组二 | 1 | 中粗砂 | 1.77（干密度） | 17.25 | -10.0 | — | — | — | 0.26 | — | — | — | — | — | — | — |
| 2 | 中粗砂 | 1.76（干密度） | 17.25 | -10.0 | — | — | — | 0.23 | — | — | — | — | — | — | — |
| 3 | 粉细砂 | 1.88（干密度） | 14.47 | -10.0 | — | — | — | 0.21 | — | — | — | — | — | — | — |
| 4 | 中粗砂 | 1.77（干密度） | 16.25 | -10.0 | — | — | — | 0.24 | — | — | — | — | — | — | — |
| 5 | 粉细砂 | 1.68（干密度） | 19.38 | -10.0 | — | — | — | 0.21 | — | — | — | — | — | — | — |
| 试验组三 | 1 | 中粗砂 | — | — | -10.0 | — | — | — | — | 1.50 | — | — | — | — | — | — |
| 2 | 中粗砂 | — | — | -10.0 | — | — | — | — | 1.23 | — | — | — | — | — | — |
| 3 | 粉细砂 | — | — | -10.0 | — | — | — | — | 2.54 | — | — | — | — | — | — |
| 4 | 中粗砂 | — | — | -10.0 | — | — | — | — | 1.12 | — | — | — | — | — | — |
| 5 | 粉细砂 | — | — | -10.0 | — | — | — | — | 2.87 | — | — | — | — | — | — |
| 试验组四 | 1 | 粉细砂 | 1.54（干容重） | 13.52 | — | — | — | — | — | — | 1.318 | 1.686 | 1.234 | 0.926 | 0.61×10-6 | 1.041×10-6 |
| 2 | 粉细砂 | 1.57（干容重） | 18.51 | — | — | — | — | — | — | 1.522 | 1.909 | 1.371 | 0.978 | 0.597×10-6 | 1.049×10-6 |
| 3 | 中粗砂 | 1.74（干容重） | 15.35 | — | — | — | — | — | — | 1.486 | 1.929 | 1.289 | 0.96 | 0.572×10-6 | 0.999×10-6 |
| 4 | 中粗砂 | 1.76（干容重） | 16.87 | — | — | — | — | — | — | 1.615 | 2.127 | 1.325 | 0.971 | 0.592×10-6 | 1.063×10-6 |

1. （资料性）  
   检验批质量验收记录

检验批质量验收记录如表E.1所示。

* 1. 检验批质量验收记录

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 单位（子单位）  工程名称 | | |  | | 分部（子分部）  工程名称 |  | 分项工程名称 |  |
| 施工单位 | | |  | | 项目负责人 |  | 检验批容量 |  |
| 分包单位 | | |  | | 分包单位  项目负责人 |  | 检验批部分 |  |
| 施工依据 | | |  | | | 验收依据 |  | |
| 主控项目 | 验收项目 | | | 设计要求及规范规定 | | 最小/实际抽样数量 | 检查记录 | 检查结果 |
| 1 |  | |  | |  |  |  |
| 2 |  | |  | |  |  |  |
| 3 |  | |  | |  |  |  |
| 4 |  | |  | |  |  |  |
| 5 |  | |  | |  |  |  |
| 6 |  | |  | |  |  |  |
| 7 |  | |  | |  |  |  |
| 8 |  | |  | |  |  |  |
| 9 |  | |  | |  |  |  |
| 10 |  | |  | |  |  |  |
| 一般项目 | 1 |  | |  | |  |  |  |
| 2 |  | |  | |  |  |  |
| 3 |  | |  | |  |  |  |
| 4 |  | |  | |  |  |  |
| 5 |  | |  | |  |  |  |
| 施工单位  自检结论 | | | | 专业工长：  项目专业质量检查员：  年 月 日 | | | | |
| 监理单位  验收结论 | | | | 专业监理工程师：  年 月 日 | | | | |

1. （资料性）  
   分项工程质量验收记录

分项工程质量验收记录如表F.1所示。

* 1. 分项工程质量验收记录

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 单位（子单位）  工程名称 | |  | | | 分部（子分部）  工程名称 | |  | | | | |
| 分项工程数量 | |  | | | 检验批数量 | |  | | | | |
| 施工单位 | |  | | | 项目负责人 | |  | | 项目技术负责人 | |  |
| 分包单位 | |  | | | 分包单位  项目负责人 | |  | | 分包内容 | |  |
| 序号 | 检验批名称 | | | 检验批容量 | | 部位/区段 | | 施工单位检查结果 | | 监理单位验收结论 | |
| 1 |  | | |  | |  | |  | |  | |
| 2 |  | | |  | |  | |  | |  | |
| 3 |  | | |  | |  | |  | |  | |
| 4 |  | | |  | |  | |  | |  | |
| 5 |  | | |  | |  | |  | |  | |
| 6 |  | | |  | |  | |  | |  | |
| 7 |  | | |  | |  | |  | |  | |
| 8 |  | | |  | |  | |  | |  | |
| 9 |  | | |  | |  | |  | |  | |
| 10 |  | | |  | |  | |  | |  | |
| 11 |  | | |  | |  | |  | |  | |
| 12 |  | | |  | |  | |  | |  | |
| 13 |  | | |  | |  | |  | |  | |
| 14 |  | | |  | |  | |  | |  | |
| 15 |  | | |  | |  | |  | |  | |
| 说明： | | | | | | | | | | | |
| 施工单位  自检结论 | | | 项目专业技术负责人：  年 月 日 | | | | | | | | |
| 监理单位  验收结论 | | | 专业监理工程师：  年 月 日 | | | | | | | | |

1. （资料性）  
   分部工程质量验收记录

分部工程质量验收记录如表G.1所示。

* 1. 分部工程质量验收记录

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 单位（子单位）  工程名称 | |  | | | | 子分部工程  数量 | | |  | 分项工程  数量 | | |  |
| 施工单位 | |  | | | | 项目负责人 | | |  | 技术（质量）  负责人 | | |  |
| 分包单位 | |  | | | | 分包单位  负责人 | | |  | 分包内容 | | |  |
| 序号 | 子分部工程名称 | | 分项工程名称 | | 检验批  数量 | | 施工单位检查结果 | | | | 监理单位验收结论 | | |
| 1 |  | |  | |  | |  | | | |  | | |
| 2 |  | |  | |  | |  | | | |  | | |
| 3 |  | |  | |  | |  | | | |  | | |
| 4 |  | |  | |  | |  | | | |  | | |
| 5 |  | |  | |  | |  | | | |  | | |
| 6 |  | |  | |  | |  | | | |  | | |
| 7 |  | |  | |  | |  | | | |  | | |
| 8 |  | |  | |  | |  | | | |  | | |
| 质量控制资料 | | | | | | |  | | | |  | | |
| 安全和功能检验结果 | | | | | | |  | | | |  | | |
| 观感质量检验结果 | | | | | | |  | | | |  | | |
| 综合验收结论 |  | | | | | | | | | | | | |
| 施工单位  项目负责人：  年 月 日 | | | | 勘察单位  项目负责人：  年 月 日 | | | | 设计单位  项目负责人：  年 月 日 | | | | 监理单位  总监理工程师：  年 月 日 | |

1. （资料性）  
   工程质量控制资料核查记录

工程质量控制资料核查记录如表H.1所示。

* 1. 工程质量控制资料核查记录

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 工程  名称 |  | 施工单位 | |  | | | |
| 序号 | 资料名称 | 份数 | 施工单位 | | | 监理单位 | |
| 核查意见 | | 核查人 | 核查意见 | 核查人 |
| 1 | 钢材出厂合格证 |  |  | |  |  |  |
| 2 | 钢材力学试验报告 |  |  | |  |  |  |
| 3 | 焊条（剂）合格证 |  |  | |  |  |  |
| 4 | 焊接试（检）验报告 |  |  | |  |  |  |
| 5 | 水泥出厂合格证或出厂试验报告 |  |  | |  |  |  |
| 6 | 水泥试验报告 |  |  | |  |  |  |
| 7 | 砂子试验报告 |  |  | |  |  |  |
| 8 | 碎石试验报告 |  |  | |  |  |  |
| 9 | 外加剂出厂合格证 |  |  | |  |  |  |
| 10 | 防水材料出厂质量证明文件 |  |  | |  |  |  |
| 11 | 防水材料试验报告 |  |  | |  |  |  |
| 12 | 混凝土试块力学试验报告 |  |  | |  |  |  |
| 13 | 商品混凝土出厂合格证 |  |  | |  |  |  |
| 14 | 喷射混凝土强度测试记录 |  |  | |  |  |  |
| 15 | 隐蔽工程检查验收记录 |  |  | |  |  |  |
| 16 | 施工技术方案 |  |  | |  |  |  |
| 17 | 混凝土配合比通知单 |  |  | |  |  |  |
| 18 | 工序质量验收表 |  |  | |  |  |  |
| 19 | 分项工程质量验收表 |  |  | |  |  |  |
| 20 | 工程质量验收表 |  |  | |  |  |  |
| 21 | 施工图 |  |  | |  |  |  |
| 22 | 设计变更通知单 |  |  | |  |  |  |
| 23 | 竣工图 |  |  | |  |  |  |
| 24 | 施工总结 |  |  | |  |  |  |
| 结论  施工单位项目负责人： 总监理工程师：  年 月 日 年 月 日 | | | | | | | |

1. （资料性）  
   湖北省地方标准实施信息及意见反馈表

湖北省地方标准实施信息及意见反馈表如表I.1所示。

* 1. 湖北省地方标准实施信息及意见反馈表

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 标准名称及编号 | |  | | | |
| 总体评价 | 适用性 | | 该标准与当前所在地的产业或社会发展水平是否相匹配？ | | C:\Users\ADMINI~1.USE\AppData\Local\Temp\ksohtml11916\wps1.png是 C:\Users\ADMINI~1.USE\AppData\Local\Temp\ksohtml11916\wps2.png否 |
| 协调性 | | 该标准的特色要求与其他强制性标准的主要技术指标、相关法律法规、部门规章或产业政策是否协调？ | | C:\Users\ADMINI~1.USE\AppData\Local\Temp\ksohtml11916\wps3.png是 C:\Users\ADMINI~1.USE\AppData\Local\Temp\ksohtml11916\wps4.png否 |
| 执行  情况 | | 标准执行单位或人员是否按照标准要求组织开展相关工作？ | | C:\Users\ADMINI~1.USE\AppData\Local\Temp\ksohtml11916\wps5.png是 C:\Users\ADMINI~1.USE\AppData\Local\Temp\ksohtml11916\wps6.png否 |
| 实施信息 | 标准实施过程中是否存在阻力和障碍？ | | | | C:\Users\ADMINI~1.USE\AppData\Local\Temp\ksohtml11916\wps7.png是 C:\Users\ADMINI~1.USE\AppData\Local\Temp\ksohtml11916\wps8.png否 |
| 实施过程中存在的主要问题 | | |  | |
| 修改意见 | 总体  意见 | | C:\Users\ADMINI~1.USE\AppData\Local\Temp\ksohtml11916\wps9.png适用 C:\Users\ADMINI~1.USE\AppData\Local\Temp\ksohtml11916\wps10.png修改 C:\Users\ADMINI~1.USE\AppData\Local\Temp\ksohtml11916\wps11.png废止 | | |
| 具体修  改意见 | | 需修改章节：  具体修改意见： | | |
| 反馈渠道 | C:\Users\ADMINI~1.USE\AppData\Local\Temp\ksohtml11916\wps12.png标准化行政主管部门  C:\Users\ADMINI~1.USE\AppData\Local\Temp\ksohtml11916\wps13.png省直行业主管部门  C:\Users\ADMINI~1.USE\AppData\Local\Temp\ksohtml11916\wps14.png专业标准化技术委员会（工作组）  C:\Users\ADMINI~1.USE\AppData\Local\Temp\ksohtml11916\wps15.png标准起草组（牵头起草单位） | | | | |
| 反馈人 | 姓名： 单位： 联系方式： | | | | |

填表说明：为及时掌握标准实施情况，了解地方标准实施过程中存在的问题，并为标准复审提供科学依据，特制定《湖北省地方标准实施信息及意见反馈表》。可根据实际情况在表格中对应方框打勾，有需要文字说明的反馈意见可在相应位置进行文字描述，也可另附页。

本规范用词说明

1 为便于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，非这样做不可的用词：

正面词采用“必须”，反面词采用“严禁”；

2）表示严格，在正常情况下均应这样做的用词：

正面词采用“应”，反面词采用“不应”或“不得”；

3）表示允许稍有选择，在条件许可时首先应这样做的用词：

正面词采用“宜”，反面词采用“不宜”；

4）表示允许有选择，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”。