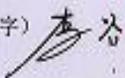
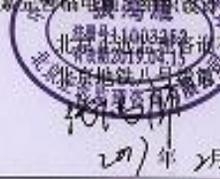


施工组织设计/(专项) 施工方案报审表 表 B2-9(监表 B.0.1)		编号
工程名称	地铁八号线三期工程天桥站~永定门外站区间	
致: <u>北京正远监理咨询有限公司北京地铁八号线第三总办</u> (项目监理机构) 我方已完成 <u>天桥站~永定门外站区间联络通道安全专项施工方案及应急预案</u> 工程施工组织设计或(专项)施工方案的编制, 并按规定已完成相关审批手续, 请予以审查。 附: <input type="checkbox"/> 施工组织设计 <input checked="" type="checkbox"/> 专项施工方案 <input type="checkbox"/> 施工方案		
施工项目经理部 (盖章) 项目经理 (签字) 		
审查意见: 经审查, 该方案符合设计及相关规范要求, 可以用于组织施工。项目需加强方案中各项措施的落实, 以保证冻结效果, 确保施工安全。 专业监理工程师 (签字) 		
		
审核意见: 同意按此方案组织 <u>天永区间联络通道施工</u> 。施工过程中, 请严格按照程序控制, 确保冻结效果满足设计要求; 做好风险监测和预警, 信息化指导施工, 确保安全质量管理有明显提高。考虑本区间联络通道施工用电复杂, 请抓紧完善临时用电专项设计并申报。 项目监理机构 (盖章) 总监理工程师 (签字, 加盖执业印章) 		
		
审批意见 (仅对超过一定规模的危险性较大的分部分项工程专项施工方案): 同意监理意见。 建设单位 (盖章) 建设单位代表 (签字) 		
		 北京市轨道交通建设管理有限公司 第一项目管理中心 2017年2月7日

注: 本表一式五份, 由施工单位填写, 施工、监理、京投公司、轨道公司、运营公司保存。

施工组织设计（施工方案）审批表		编号	
工程名称	地铁八号线三期工程 天桥站~永定门外站区间		
施工单位	中铁五局(集团)有限公司		
编制单位(章)	中铁五局(集团)有限公司 北京地铁八号线三期工程 施工总承包项目经理部	编制人	李曉亮
有关部门会签意见	机电部	做好联络通道冷冻设备的维修与保养工作，确保冷冻期间冷冻设备的正常运转。 签字：李俊 2016年 12月 30日	
	安质部	做好联络通道在钻孔、开挖、衬砌、防水、融沉注浆等阶段安全保障工作，确保联络通道的顺利完成。 签字：杨坤 2016年 12月 30日	
	科技部	做好节能减排和技术创新工作。 签字：马梅 2016年 12月 30日	
	工程部	做好施工方案及现场技术交底的优化工作，加强施工质量管理，确保联络通道施工的安全质量。 签字：胡明 2016年 12月 30日	
主管部门结论	经审查，《天桥站~永定门外站区间联络通道安全专项施工方案及应急预案》基本合理可行。项目需合理分析，调配好各种资源，加强安全和质量的管理，确保施组目标实现。 负责人签字：何晓 2016年 12月 30日		
审批人	签字：李俊 2016年 12月 30日	审批单位(章)	

本表由施工单位内部审批使用，作为向监理单位报审的依据，监理单位、施工单位各保存一份。

危险性较大的分部分项工程专家论证报告

工程名称	地铁八号线三期工程 天桥站~永定门外站区间		
总承包单位	中铁五局(集团)有限公司	项目负责人	李谷阳
分包单位		项目负责人	
危险性较大的分部分项工程名称	区间联络通道工程		
专家一览表			
专家姓名	工作单位		专家编号
金淮	北京城建勘测设计研究院有限责任公司		DTYT028
刘军	北京建筑工程学院		DTYT040
李玲	北京城建地铁地基市政工程公司		DTYT035
曾德光	北京城建设计研究总院有限责任公司		DTYT492
阮兔苗	中国铁道科学研究院		DTYT452
林鸿苞	中煤北京设计研究院		
专家论证结论: 通过 <input type="checkbox"/> 修改后通过 <input checked="" type="checkbox"/> 不通过 <input type="checkbox"/>			
本工程关键节点	支护结构或周边环境变形达到预警值;		
<p>专家建议或修改意见:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1、冻结效果应满足设计要求,开挖前应进行冻结效果专项检测,并通过条件验收。 2、细化管片的拆除方法、顺序、破口处及临近管片的加固措施,并细化冻土的开挖方法。 3、鉴于联络通道及泵房位于含水卵石地层中,冻结孔钻进过程中应有可靠的防喷防漏措施。 4、细化反掏及泵房的施做方法、初衬格栅节点等。 5、根据冻结法特点完善应急预案。 			
<div style="border: 1px solid red; padding: 2px; display: inline-block; margin-bottom: 5px;">安全专项施工方案论证专用章 DTYT028</div> <p>(论证专用章)</p> <p>2017年1月3日</p>			
专家签名	组长:  李玲 阮兔苗 曾德光 林鸿苞		

总承包单位(盖章):



2017年1月3日

北京地铁 8 号线三期土建施工 05 合同段
天桥站~永定门外站区间

联络通道安全专项施工方案及应急预案



中国中铁

编制: 李瑞亮

复核: 李兴阳

审核: 徐斌

中铁五局集团有限公司

二〇一七年一月



目 录

一、编制依据及原则	1
(一) 编制依据.....	1
(二) 编制原则.....	1
(三) 编制范围.....	2
二、工程概况	2
(一) 工程简介.....	2
(二) 工程设计.....	3
(三) 地面环境及管线情况.....	5
(四) 工程地质条件及水文地质条件.....	6
(五) 工程重点难点分析及处理措施.....	8
三、施工部署	9
(一) 施工场地布置.....	9
(二) 技术准备.....	10
(三) 主要劳动力配备计划.....	10
(四) 机械设备及材料供应计划.....	11
(五) 任务划分.....	12
(六) 进度安排.....	13
四、联络通道冻结法施工方案	13
(一) 冻结加固设计.....	14
(二) 冻结孔施工.....	19
(三) 冷冻系统安装.....	25
(四) 联络通道开挖.....	27
(五) 结构施工.....	42
(六) 融沉控制.....	56
五、监控量测	58
(一) 冻结施工监测内容.....	58
(二) 冻结施工监测方法.....	59
(三) 地面环境及隧道监测.....	59
六、安全施工保证措施	64

(一) 现场安全生产、消防、治安施工措施.....	64
(二) 现场潜在火灾危险及防范措施.....	64
(三) 现场潜在触电危险及防范措施.....	65
(四) 氧气瓶、乙炔瓶潜在爆炸危险及防范措施.....	65
(五) 高空坠落和物体打击潜在危险及防范措施.....	66
(六) 现场潜在冻伤危险及防范措施.....	66
(七) 冻结孔施工安全防范措施.....	67
(八) 积极冷冻期间安全防范措施.....	67
(九) 开挖与构筑施工安全防范措施.....	68
(十) 思想保证措施.....	69
(十一) 组织保证措施.....	69
七、文明施工、环保综合治理管理体系及措施.....	70
(一) 文明施工措施.....	70
(二) 冬雨季施工措施.....	70
(三) 环境控制保证措施.....	71
(四) 消防治安综合治理.....	72
八、质量管理体系及措施.....	75
(一) 思想保证体系.....	75
(二) 组织保证体系.....	75
(三) 过程保证体系.....	75
(四) 检验保证体系.....	75
九、工期计划及资源配置.....	75
十、施工应急预案.....	77
(一) 应急组织机构及职责.....	77
(二) 应急响应.....	79
(三) 应急处理方案.....	81
(四) 应急预案处理流程.....	84
(五) 应急演练.....	85
(六) 应急物资设备.....	87
(七) 备用电源紧急切换流程图.....	89

（八）开挖过程中出现的突发事故流程图.....	90
附图 1 联络通道及泵房质量保证体系.....	91
附图 2 天-永区间 1#联络通道冻结孔立面透视图.....	92
附图 3 天-永区间 1#联络通道冻结孔开孔位置图.....	93
附图 4 天-永区间 2#联络通道及泵房冻结孔立面透视图.....	94
附图 5 天-永区间 2#联络通道及泵房冻结孔开孔位置图.....	95
附图 6 施工进度计划表.....	96
附图 7 冻结期间联络通道施工布置图.....	97

天桥站~永定门外站区间联络通道 安全专项施工方案及应急预案

一、编制依据及原则

（一）编制依据

- 1、北京地铁8号线三期工程05标天桥站~永定门外站区间联络通道施工招标文件及设计图纸；
- 2、北京地铁8号线三期工程05标天桥站~永定门外站区间联络通道工程地质、水文地质勘察报告、地下综合管线探测成果报告；
- 3、《天桥站~永定门外站区间联络通道及泵站冷冻法设计图》；
- 4、《天桥站~永定门外站区间区间附属结构施工图》；
- 5、《天桥站~永定门外站区间区间结构防水》；
- 6、其余有关业主、设计院下发的联系单及会议纪要等；
- 7、《城市轨道交通工程监测技术规范》（GB50911-2013）；
- 8、《钢筋焊接及验收规程》（JGJ18-2012）；
- 9、《钢筋机械连接技术规程》（JGJ107-2010）；
- 10、《建筑机械使用安全技术规程》（JGJ33-2012）；
- 11、《施工现场临时用电安全技术规范》（JGJ46-2005）；
- 12、《地铁暗挖隧道注浆施工技术规范》（DBJ01-96-2004）
- 13、《地下防水工程质量验收规范》（GB50208-2011）
- 14、《锚杆喷射混凝土支护技术规范》（GB5008-2001）
- 15、《混凝土结构工程施工质量验收规范》（GB50204-2015）；
- 16、《混凝土结构设计规范》（GB50010-2010）；
- 17、《混凝土质量控制标准》（GB50164-2011）；
- 18、《工程测量规范》（GB50026-2007）；
- 19、相关冻结法施工技术规范
- 20、我公司长期在类似工程中的施工经验。

（二）编制原则

- 1、严格执行国家及北京市市政府所制定的法律、法规和各项管理条例，并做到模范守法、文明施工。

2、针对城市施工的特点，科学安排，合理组织、严格管理、精心施工，以减少对周围环境及居民正常生活的影响。

3、以成熟的施工技术及先进的设备和施工工艺，确保施工安全和工程质量，按期为业主提供一个优质的工程产品。

4、以切实有效的技术措施和先进工艺，防止坍塌，控制地面隆陷，确保建（构）筑物及地下管线等不受损坏，维持正常使用功能。

5、根据责任工期要求，加快施工进度，实现工期目标要求。

6、在原技术标书施工组织设计的基础上，根据现场实际施工条件，优化施工安排，均衡生产，保证工期。

7、以企业诚信、服务为宗旨，以安全为保证，以质量为生命，以管理为手段，实现本工程安全、优质、快速的目标。

8、采用监控量测措施和信息反馈系统指导施工。

（三）编制范围

本方案编制范围为天桥站～永定门外站区间联络通道及泵房冷冻、开挖、防水及支护施工。

二、工程概况

（一）工程简介

北京地铁8号线三期工程05标天桥站～永定门外站区间始自天桥站南端，向南沿天桥南大街、永定门内大街、永定门外大街至永定门外站北侧接收。区间里程K33+381.443m~K35+006.963m，左线全长1626.957，右线1625.41m；区间平面线间距为11m~17m。线路纵断面整体呈“V”字坡，最大纵向坡度为24.122%。为满足疏通消防及排水需要，本标段内共计施工2个联络通道，其中1处与排水泵站合建，采用隧道内冻结法加固，矿山暗挖法施工。

拟构筑联络通道所在位置的隧道管片为钢管片，隧道外径6m，内径为5.4m，管片宽度1.2m，管片厚度300mm。区间联络通道技术参数表如下表：

表 2-1 区间联络通道技术参数表

区间名称	编号	所处位置	线间距 (m)	拱顶埋深 (m)	联络通道 净长度(m)	加固方 式	有无泵 房
天桥站~永定门外站区间	1#	右 K34+134.000m	12	23.6	6.0	冻结法	无
	2#	右 K34+526.000m	12	31.5	6.0	冻结法	有

(二) 工程设计

本工程设计采用水平冻结法加固地层，矿山暗挖法施工以确保施工安全，施工过程中做好必要的保护措施，加强监测，以减轻对周围地面环境的影响。联络通道确定采用冻结法加固地层，地层达到加固效果后，采用二次衬砌方式、临时支护层和永久结构层之间设防水层完成联络通道构筑施工。

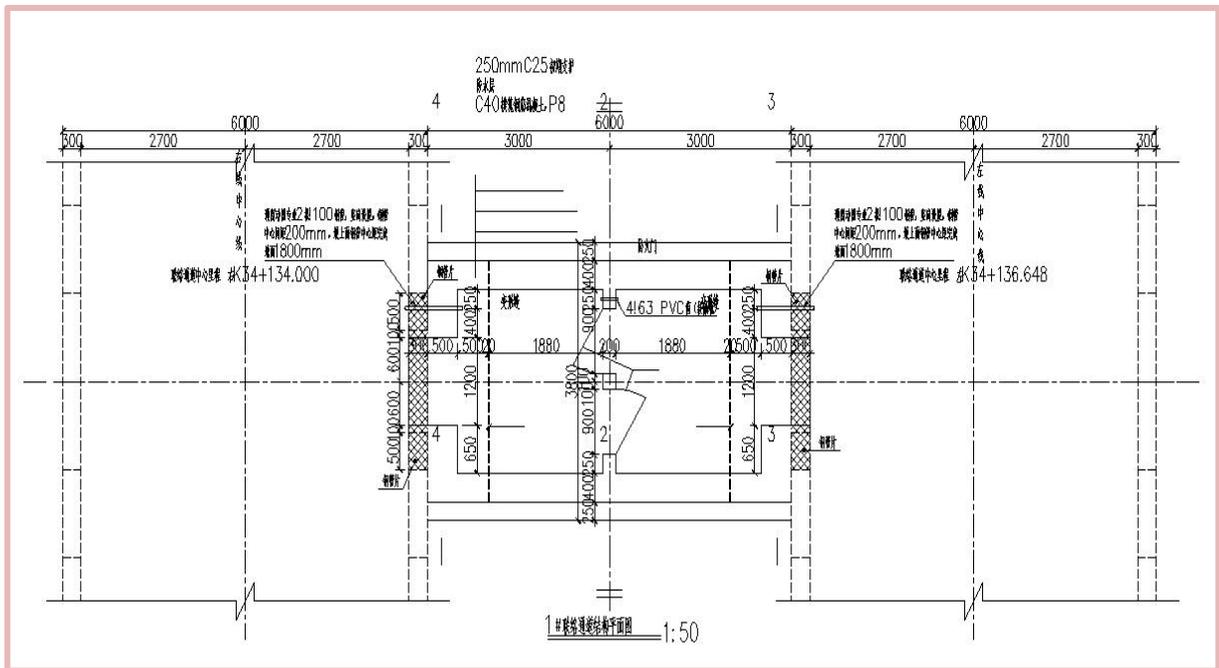


图 2-1 天-永区间 1#联络通道结构平面图

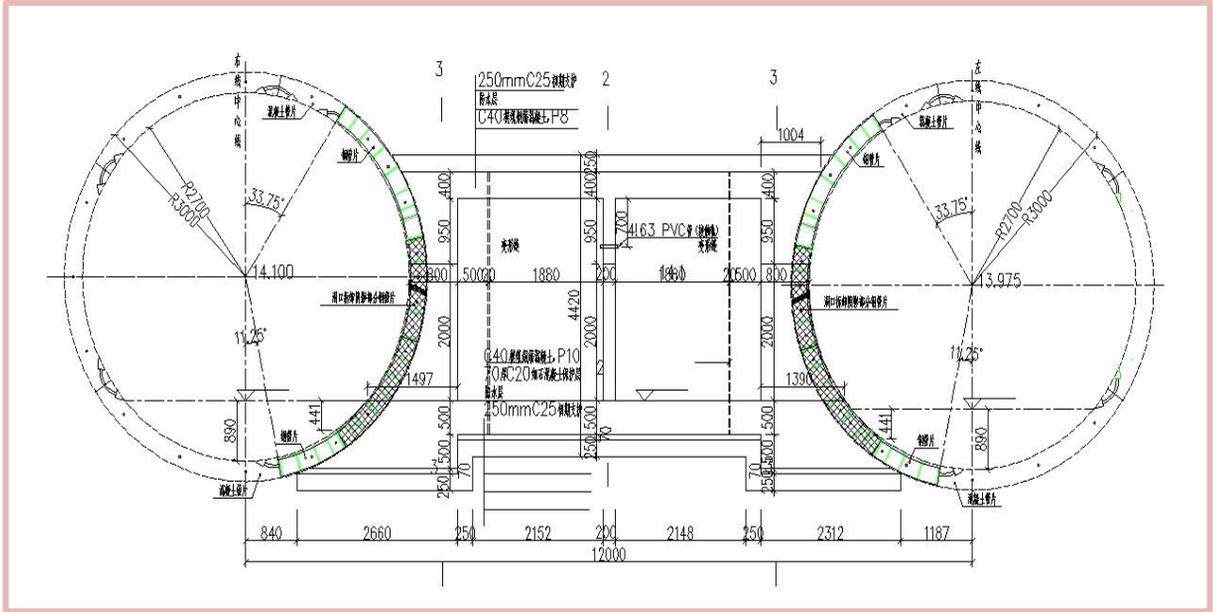


图 2-2 天-永区间 1#联络通道结构剖面示意图

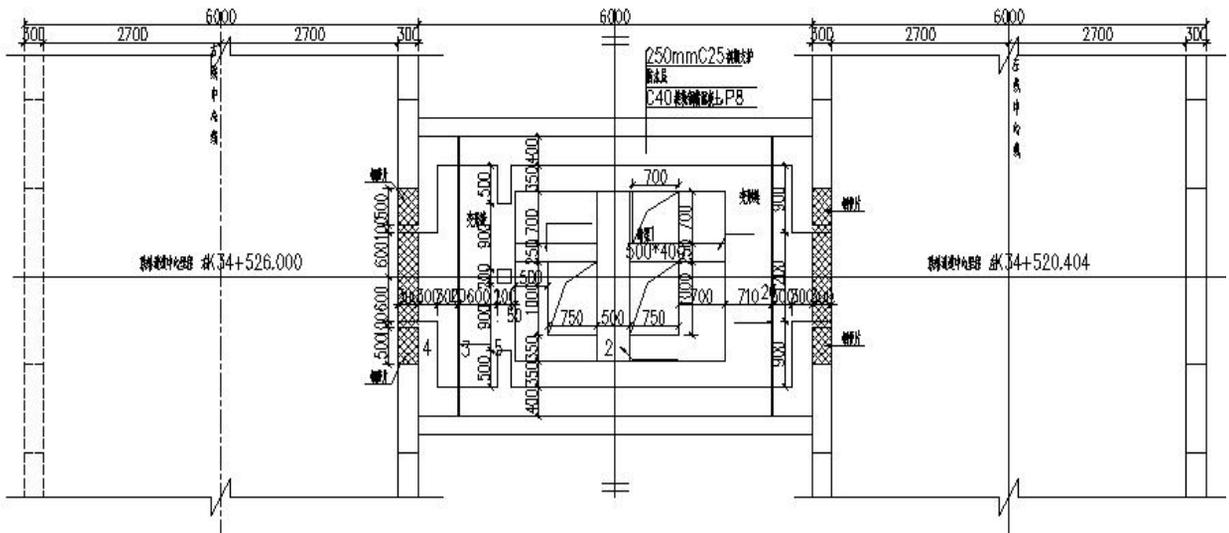


图 2-3 天-永区间 2#联络通道及泵房结构平面图

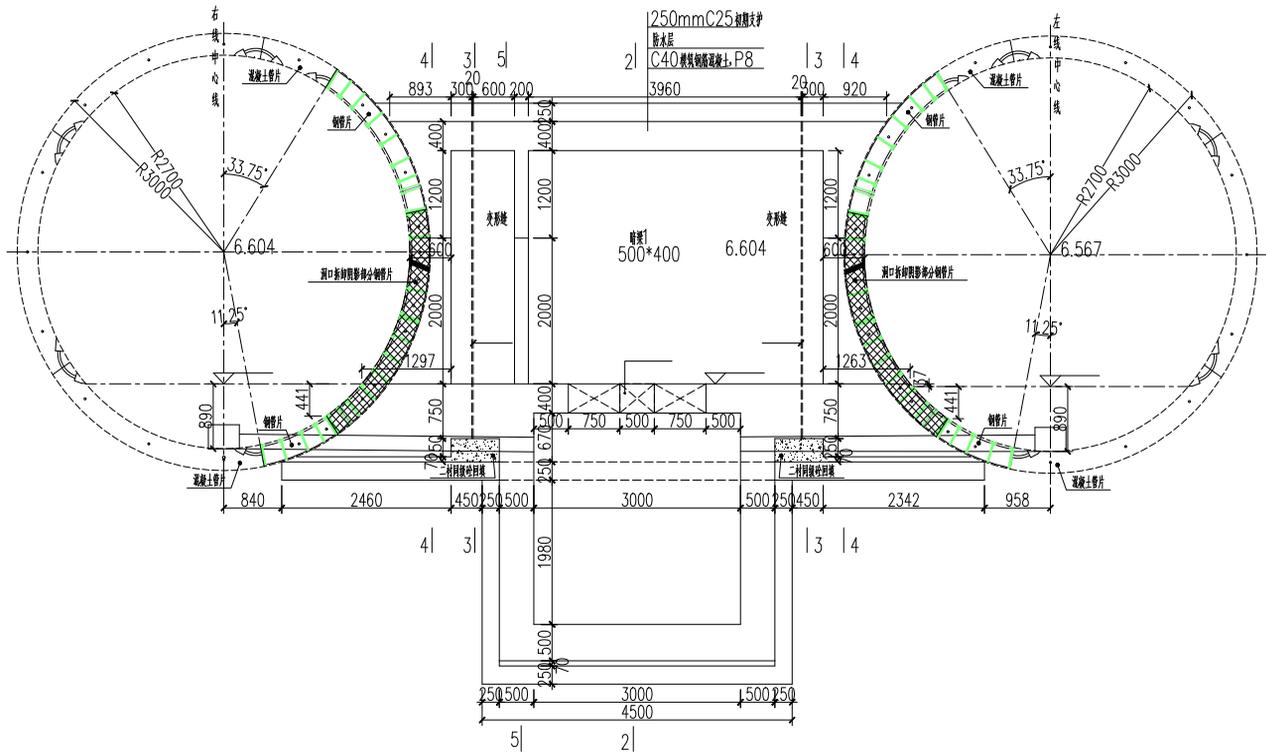


图 2-4 天-永区间 2#联络通道及泵房结构剖面图

(三) 地面环境及管线情况

1#联络通道对应地表位置为永定门内大街，距离先农坛体育场西侧人行通道 13.17m，距东侧人行通道 15.5m。1#联络通道上方范围内无重大管线，对应地表周边环境如下图：

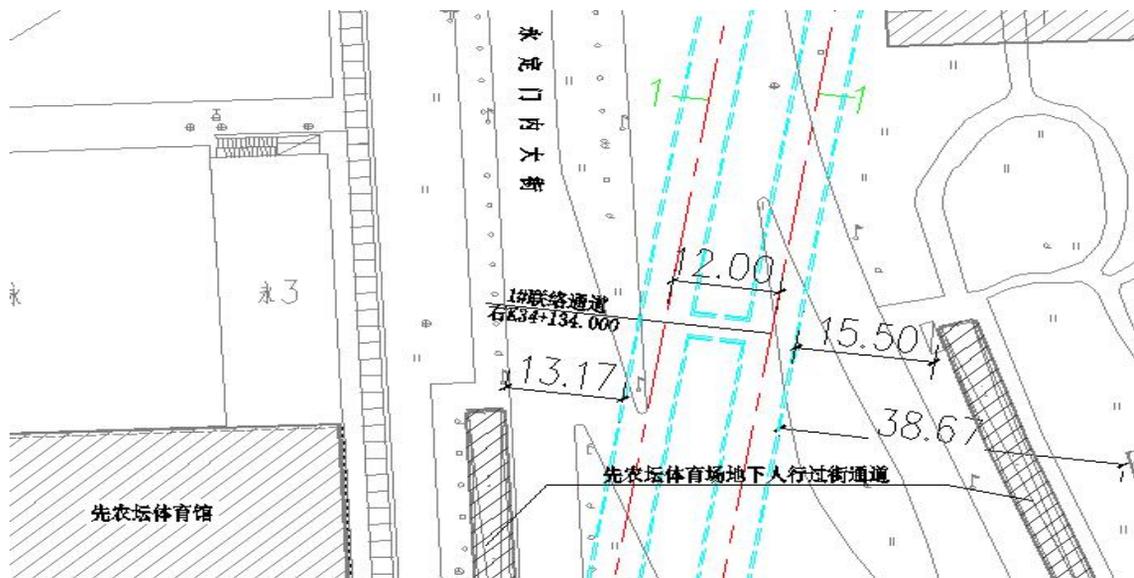


图 2-5 天-永区间 1#联络通道平面位置图

门桥西侧的绿地，通道距永定门桥桩基最近水平距离约 20m。2#联络通道上方范围内含有热力管、污水管、电力管等众多管线，2#联络通道对应地表周边环境如下图：

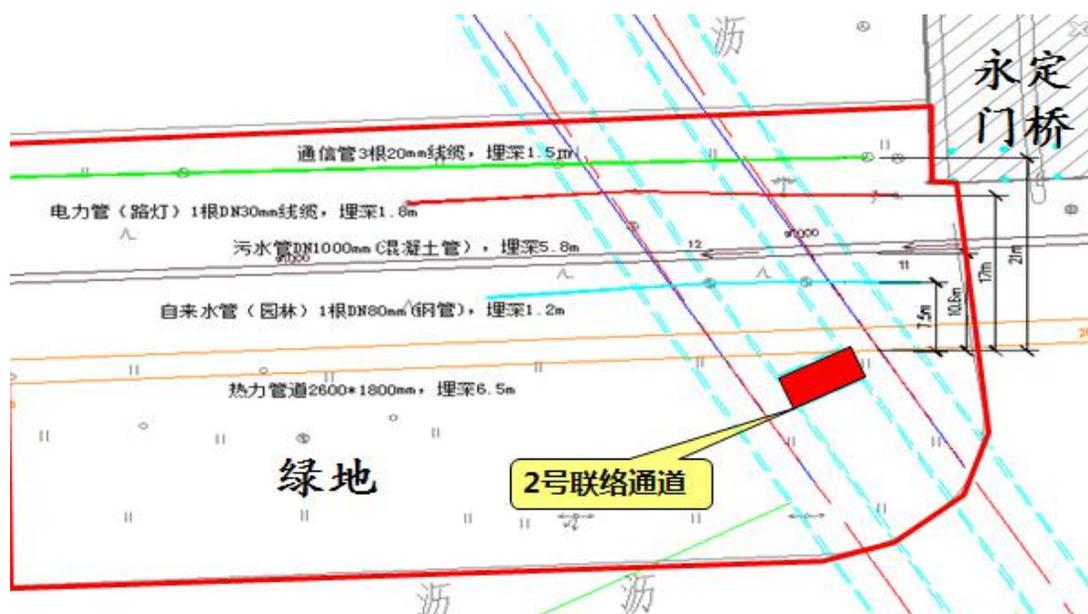


图 2-6 天-永区间 2#联络通道及泵房平面位置图

(四) 工程地质条件及水文地质条件

1、区间联络通道及泵房工程地质条件

(1) 根据天桥站~永定门外站区间勘察资料及盾构掘进过程中对渣土进行观察，1#联络通道处地层与设计基本相符，联络通道范围内地层主要为卵石⑤层。联络通道位置地质纵断面图如下所示：

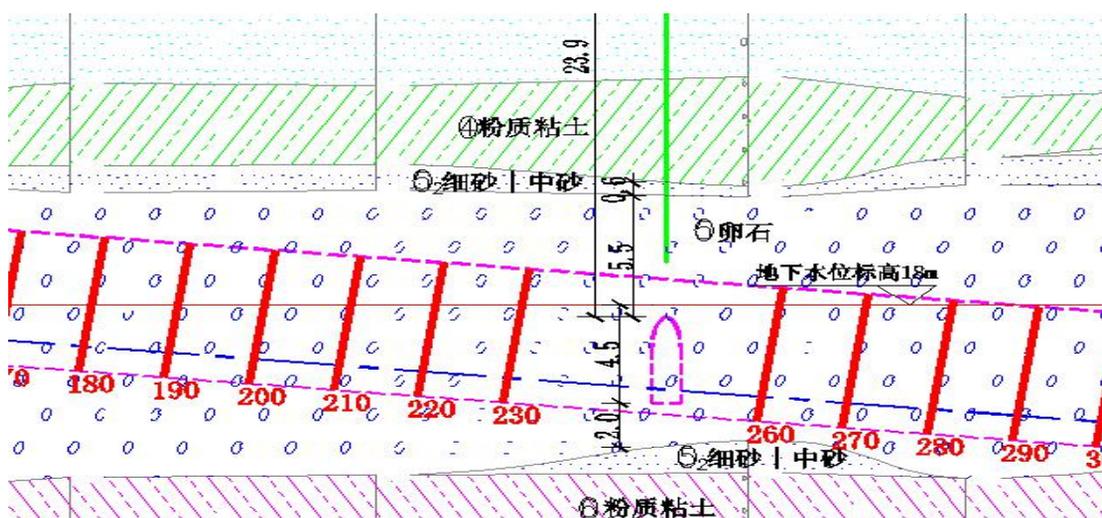


图 2-7 1#联络通道地质纵断面图

(2) 根据天桥站~永定门外站区间勘察资料及盾构掘进过程中对渣土进行观察，2#联络通道及泵房范围内土层主要为⑥粉质粘土层、卵石⑦层。2#联络通道及泵房位置地质纵断面图如下所示：

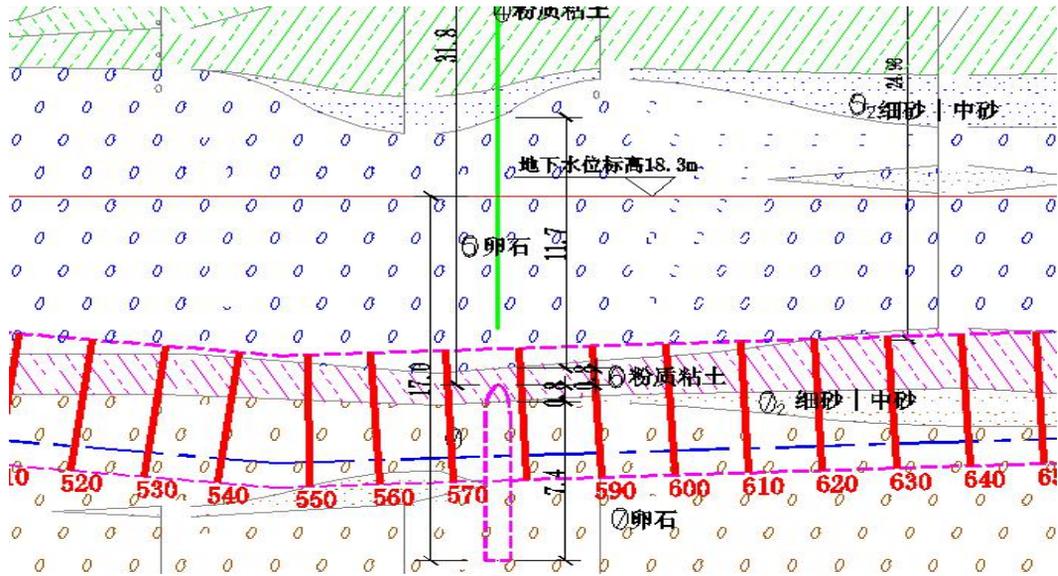


图 2-8 天-永区间 2#联络通道及地纵断面图

2、区间联络通道及泵房工程水文情况

本次详细勘察钻孔最大深度为 55m，在勘察深度范围内，根据区域水文地质资料和现有的勘察资料，本区间线路主要赋存有三层地下水，其类型分别为上层滞水（一）、潜水（二）和层间潜水（三）。地下水详细情况如下：

上层滞水（一）：该层地下水本次勘察施工钻孔未能测得，根据本段线路地层情况及往年勘察资料，该层地下水局部地段可能存在，含水层岩性为粉土层③2层及局部填土层，其分布不连续，透水性较差，主要接受大气降水、绿化灌溉等垂直补给，以蒸发、侧向径流、向下越流补给的方式排泄。

潜水（二）：含水层岩性为粉砂~细砂③3层、圆砾~卵石③6层、粉土④2层，该层地下水分布不连续，在本次勘察范围内未能测得，主要接受侧向径流及越流补给，以侧向径流方式排泄。

层间潜水（三）：含水层岩性为卵石⑤层、卵石⑦层、细砂~中砂⑦2层、卵石⑨层、细砂~中砂⑨2层，水位标高为 16.62~17.36m，水位埋深为 20.50~24.90m，观测时间为 2012 年 9 月或 2013 年 9 月。该含水层由于粉质粘土⑥层的存在而表现有一定的承压性，主要接受侧向径流及越流补给，以侧向径流和人工开采的方式排泄。

结合地勘资料及永定门外站实测的地下水位标高，1#联络通道处地下水位在通道结构底板以上4.5m，2#联络通道兼泵房处地下水位位于泵房结构底板以上约17m。

（五）工程重点难点分析及处理措施

1、保证节点工期顺利完成是本工程的重点

因永定门外站接收端埋深较深且地下水较丰富，为保证盾构的顺利接收，盾构需在汛期来临前达到接收条件，因此保证1#、2#联络通道能按工期节点完成冻结孔成孔，为盾构复推提供条件是本工程的重点。

2、冷冻效果质量保证是本工程的重难点

冷冻效果的质量保证关系到关键节点工期能否完成、关系到开挖质量安全，因此确保冷冻效果质量是本工程的重难点。采取措施如下：

- （1）冻结孔的布置及定位要严格按照设计要求进行，避免冷冻帷幕出现薄弱环节。
- （2）保证冷冻管的密封性，避免盐水进入土体影响冷冻效果。
- （3）积极冷冻期间要保证盐水质量达到设计要求，且不断供。
- （4）开挖前应检测冷冻效果，在冷冻效果达到设计要求后方可进行开挖。
- （5）保证维护冻结期间冷冻效果，避免在开挖过程中出现险情。

3、保证冻结孔施工安全是本工程的重难点

冻结孔施工时可能会出现孔口处涌水涌砂、盐水进入地层使土体难以发生冻结、冻结帷幕出现薄弱环节等情况，导致在冻结管成孔过程中和土体开挖时出现险情。因此保证冻结孔施工安全是本工程的重难点。为防止工程事故的发生，采取措施如下：

（1）冻结孔施工前，在布孔范围内打若干小孔（ $\Phi 38\text{mm}$ ）探孔，以判断地层是否稳定，是否易喷水、涌砂，以便做好各方面的准备工作。冻结孔开孔分两次进行，以此来控制泥浆泥沙涌出。第一次开孔用金刚石取芯钻头，取芯钻进入管片250mm，取芯后，安装孔口管及密封装置。第二次开孔在密封装置的保护下进行，穿透整个管片后，及时地密封孔口。钻孔期间大量涌砂、涌水现象无法进行正常钻孔时应立即压紧密封装置，封闭该孔，通过孔口旁通阀注浆。

（2）在钻孔过程中，严格控制冻结管的焊接质量，经检查合格后方可继续钻进。

（3）钻进结束后，及时对冻结孔进行测斜、打压检漏试验、复测其深度，保证冻结帷幕不存在薄弱环节。

4、开挖过程中保证土体稳定是本工程的重点

联络通道开挖后，地层中原有的应力平衡受到破坏，引起通道周围地层中的应力重新分布，这种重新分布的应力不仅使上部地层产生位移，而且会形成新的附加荷载作用在已加固好的冻结帷幕上，冻结帷幕及冻结管在这种应力作用下会产生蠕变。蠕变变形量过大，则会引起冻结管断裂，使冻结不能继续进行，直至冻结帷幕破坏，因此保证在开挖过程中的土体稳定是本工程的重点。

5、泵房开挖是本工程的重难点

本区间 2#联络通道泵房位于⑦卵石层内，且位于地下水位以下约 7.95m，施做工作面较狭小，因此保证联络通道泵房开挖及支护施做安全是本工程的重难点。采取措施如下：

(1) 待 2#联络通道初支施工完成后再进行泵房的施工。

(2) 泵房开挖前需在泵房开口处施做暗梁以保证泵房开挖过程中对联络通道的保护。

(3) 泵房采用“倒挂井壁法”开挖，严格控制每一次开挖深度，避免引起已完成联络通道较大沉降。

6、节点处防水是本工程的重点

本区间 1#联络通道结构拱顶起拱线以下位于地下水位以下，2#联络通道兼泵房全部位于地下水位以下，联络通道断面小，施工空间小，做好结构防水，尤其是节点处的防水是本工程的重点。

7、交叉运输作业安全保证是本工程的重点

因工期节点的需要，在联络通道积极冷冻期间盾构要恢复推进，在此期间电瓶车会反复于冷冻设备附近来回行驶，在此期间保证交叉运输作业安全是本工程的重点。

三、施工部署

(一) 施工场地布置

联络通道进场后，基本在隧道内施工，钻孔、冻结、开挖等需临时占用隧道内部分场地，场地布置规划统计如下：

1、冻结钻孔施工：场地用途为搭设钻机平台及堆放材料，位置为隧道内联络通道处，面积约为 50 平方米，所需时间约为 25~30 天。

2、冻结站房：场地用途为放置冻结设备及管路、值班室等，位置为隧道内联络通

道旁，面积约为 200 米，所需时间约为 95~105 天。

3、开挖：开始时间为达到开挖条件后，场地用途为放置开挖设备及材料，位置为隧道内联络通道处、位于冷冻站一侧，面积约为 100 平方米，所需时间约为 30~40 天。

4、融沉注浆：场地用途为后期融沉注浆，所需位置为做好的联络通道内，基本不占用隧道内空间。注浆时间约为 3~4 个月。

联络通道施工总平面布置图详见附图 7《施工总平面布置图》。

（二）技术准备

与联络通道相关的施工蓝图已下发，图纸会审、设计交底及专家论证已完成。

已组织有关人员学习设计文件，对设计文件、图纸资料进行了解和研究，使施工人员明确设计者的设计意图，熟悉设计图纸的细节，掌握设计人员收集的各种原始资料，对设计文件和图纸进行现场核对。完成对新进场工人技术交底和安全技术交底工作。

（三）主要劳动力配备计划

按照招标文件提供的工期安排，本标段单个联络通道施工劳动力最高阶段为 35 人，配置如表 3-1；

表 3-1 单个联络通道劳动力配备计划表

序号	工种	按工程施工阶段投入劳动力情况				
		前期筹备	钻孔施工 冻结站安装	积极冻结 期	维护冻结 开挖与构筑	融沉注浆
1	管理人员	2	4	4	4	2
2	测量监测人员	2	2	2	6	3
3	安全人员	2	2	2	2	2
4	试验人员	1	1	1	1	1
5	钻机工	2	15			
6	电焊工	2	2	1	2	
7	电工	1	1	1	1	1
8	冻安工	2	6	6	6	
9	掘进工			10	12	
10	防水工				2	

11	钢筋工				8	
12	模板工				6	
13	混凝土工				6	
14	注浆工					4
15	电瓶车司机	1	1		2	1
合计		15	34	27	58	14

(四) 机械设备及材料供应计划

本工程所需的机械设备和材料计划见下表：

表 3-2 机械设备计划一览表

序号	设备名称	型号规格	数量	国别产地	制造年份	额定功率(KW)	生产能力	用于施工部位	备注
1	螺杆压缩机组	TBSD510.1JF	4	中国南京	2015	90	90%	联络通道	
2	盐水泵	IS200-125-315A	2	中国上海	2015	30	90%	联络通道	
3	清水泵	IS150-125-315	2	中国上海	2015	22	90%	联络通道	
4	冷却塔	KST-80	4	中国上海	2015	4	80%	联络通道	
5	钻机	MD-80A	2	中国无锡	2013	22	90%	联络通道	
6	泥浆泵	BW-250	2	中国天津	2011	14.5	80%	联络通道	
7	电焊机	400A	4	中国佛山	2015	10	90%	联络通道	
8	混凝土输送泵	HBTS 18*4-A	1	中国安徽	2014	22	80%	联络通道	
9	混凝土喷射机	PZ-5-1	2	中国河南	2015	5.5	90%	联络通道	

10	螺杆式空压机	UB22A-8B	2	中国 上海	2015	45	90%	联络 通道	
----	--------	----------	---	----------	------	----	-----	----------	--

表 3-3 材料供应计划一览表（单个联络通道）

序号	材料名称	单位	规格	数量	备注
1	无缝钢管	m	Φ89×8	820	不带泵房 540 米
2	无缝钢管	m	Φ159×4	300	
3	无缝钢管	m	Φ48×3.5	820	不带泵泵 540 米
4	高压胶管	m	Φ51	300	
5	冷冻机油	Kg	46#	1000	
6	氟里昂	Kg	R22	700	
7	氯化钙	T		7	
8	单向阀	只		80	
9	阀门	只	DN40	60	
10	阀门	只	DN50	12	
11	阀门	只	DN150	12	
12	阀门	只	DN125	12	
13	保温材料	m ²	5cm	600	
14	合金钻头	只	Φ130	10	
15	合金钻头	只	Φ91	2	

（五）任务划分

根据本工程特点将施工队伍划分为钻孔施工队、冻结施工队、结构施工队、注浆施工队等 4 个施工队伍，各施工队伍的任务如下：

1、钻孔施工队任务

冻结孔，测温孔、卸压孔的施工，包括：与钻孔有关设备、材料运输和安装，管片开孔、孔口管和密封装置安装，冻结管焊接，钢管片缝焊接等。

2、冻结施工队

冻结站设备的运输，冻结站、冻结系统的安装、调试，冻结车间运转维护，检修，拆除等。

3、结构施工队任务

开挖前材料、设备的准备，土方开挖与外运、临时支护层、防水层、永久结构层施工，后期的拆除等。

4、注浆施工队任务

注浆设备、材料的运输，注浆安装、调试，注浆，撤场等。

(六) 进度安排

施工整体部署：首先进行左线隧道冻结孔钻孔施工及冷冻站安装，然后进行右线隧道钻孔施工，施工完成后立即开机冷冻。根据现场区间隧道施工进度，按照工期要求在2017年1月12日进入场内进行施工至2017年5月20日完成联络通道及泵房的施工。具体施工进度计划见附图六。

四、联络通道冻结法施工方案

冻结法施工可分为冻结孔施工、冻结施工和开挖构筑施工三个主要部分，主体结构完成后，还要及时地进行壁后充填注浆工作。具体的施工顺序安排如下图所示：

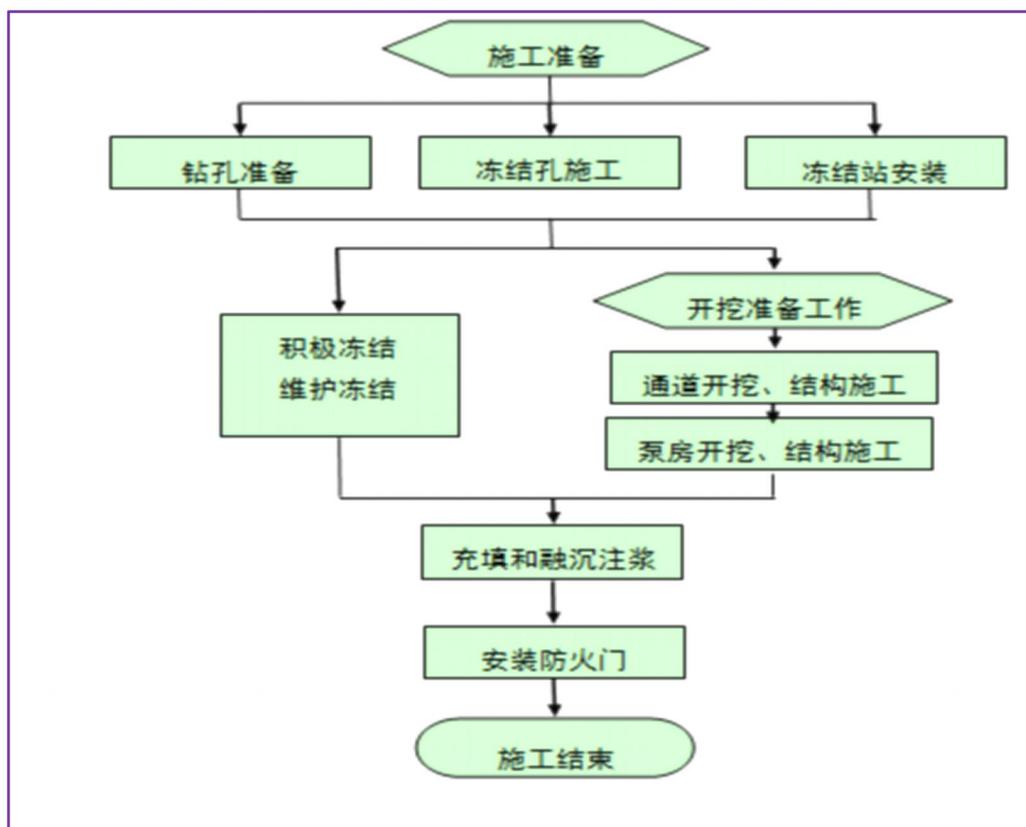


图 4-1 冻结法施工流程图

(一) 冻结加固设计

1、 冻结帷幕的设计

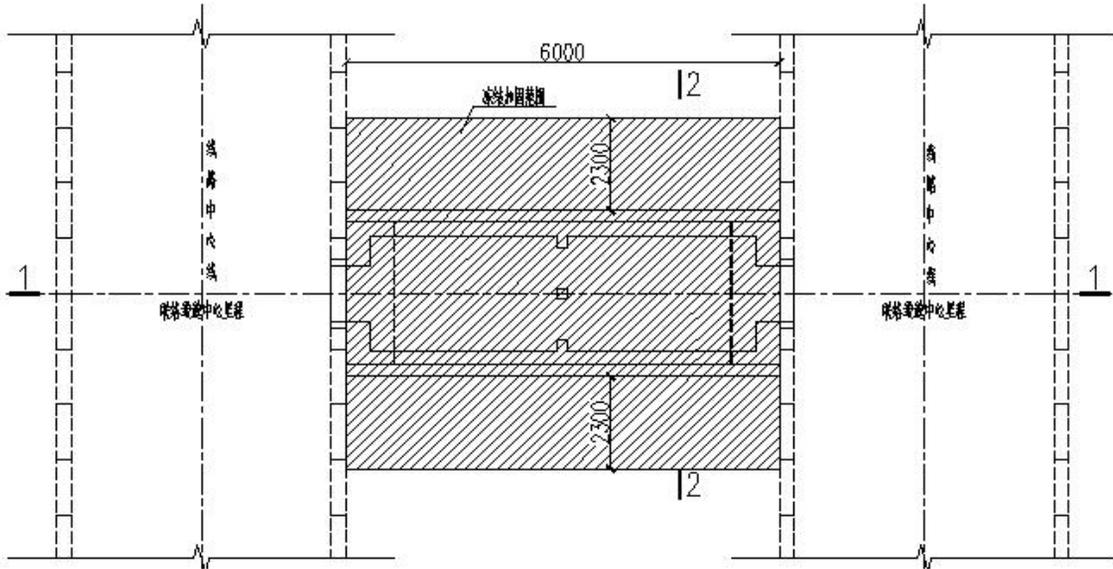


图 4-2 1#联络通道冻结壁平面图

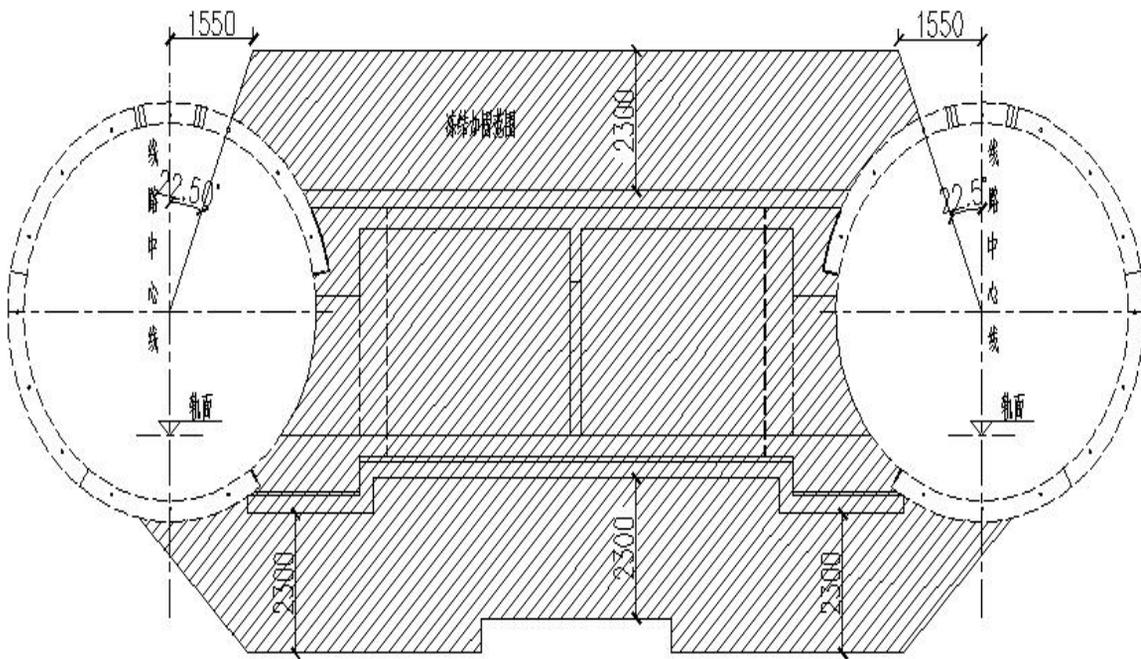


图 4-3 1#联络通道冻结壁剖面图

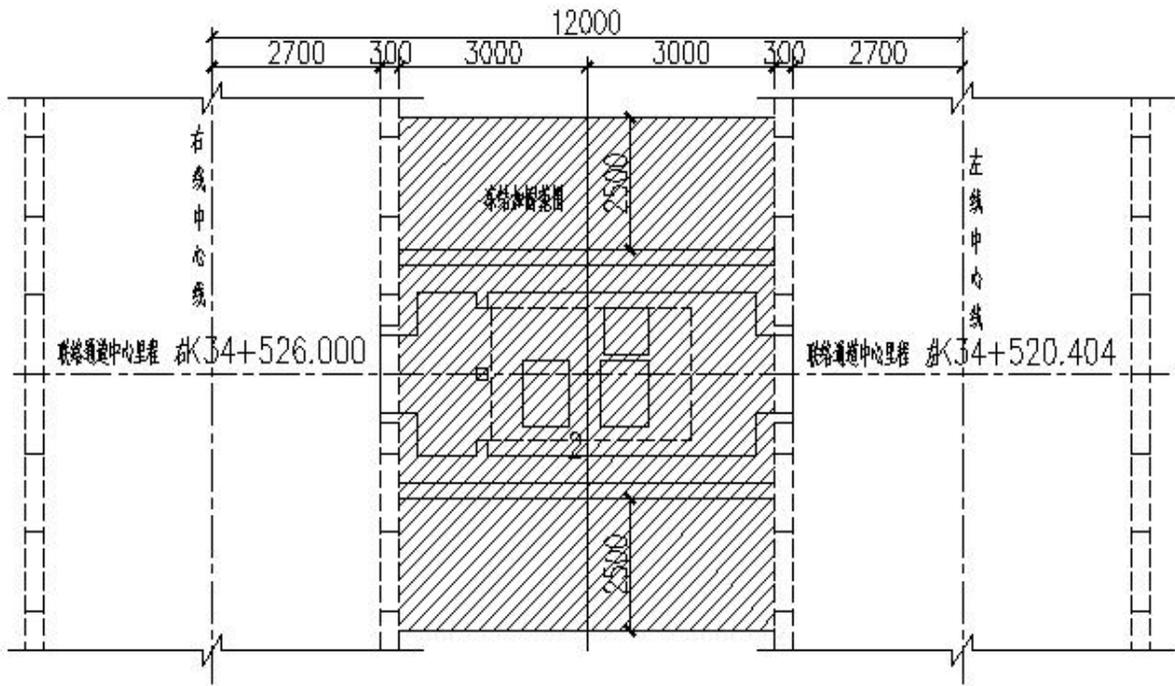


图 4-4 2#联络通道冻结壁平面图

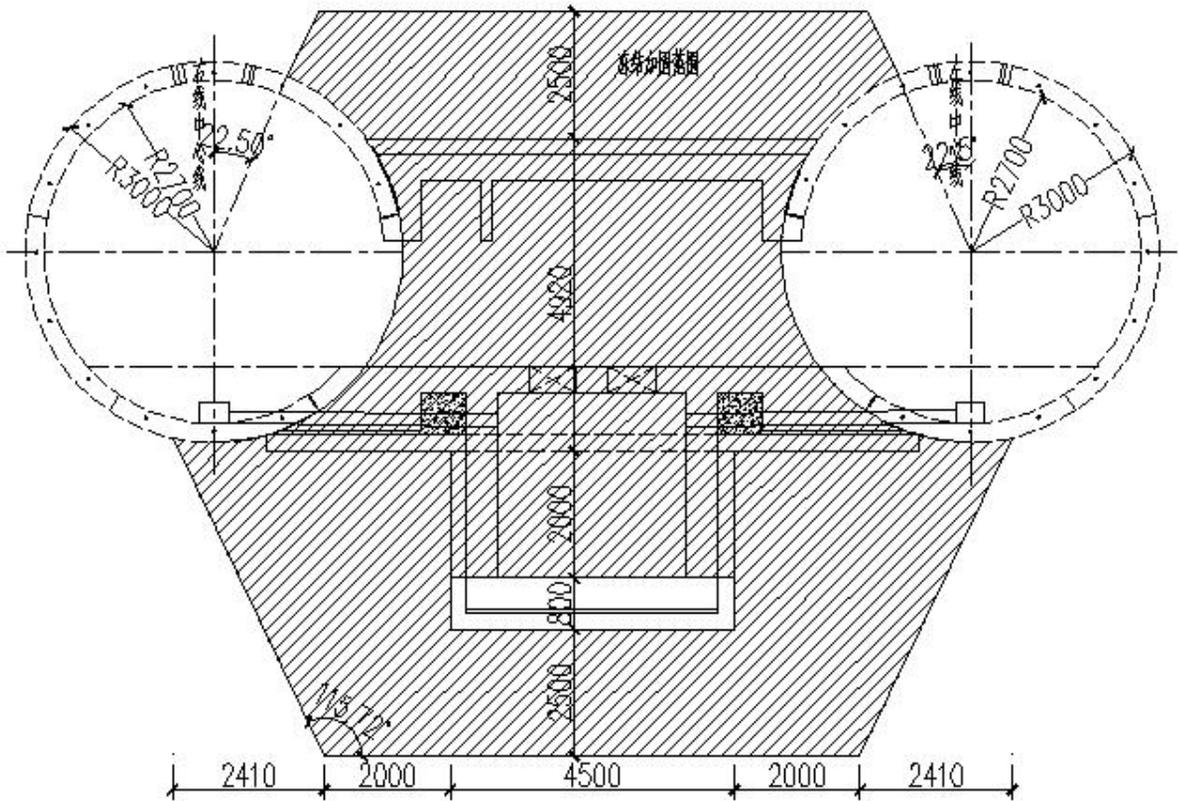


图 4-5 2#联络通道及泵房冻结壁剖面图

设计要求如下：

(1) 开挖区外围冻结孔布置圈上冻结壁与隧道管片交界面处温度不高于 -5°C ，其它部位设计冻结壁平均温度小于等于 -10°C ；

(2) 积极冻结时，在冻结区附近 200m 范围内不得采取降水措施。在冻结区内土层中不得有集中水流。

(3) 在冻结壁附近隧道管片内侧敷设保温层，敷设范围至设计冻结壁边界外 2m。保温层采用阻燃(或难燃)的软质塑料泡沫软板，厚度 50mm，导热系数不大于 0.04W/Mk ；

(4) 冻土强度的设计指标取为：单轴抗压不小于 3.6MPa ，弯折抗拉不小于 1.8MPa ，抗剪不小于 1.6MPa (-10°C)。

2、冻结孔布置

(1) 冻结孔布置

联络通道冻结孔的布置采取从左、右线隧道两侧打孔方式进行。冻结孔按上仰、水平、下俯三种角度布置。冻结孔的布置详见附图 2、附图 3、附图 4、附图 5，相关参数如表 4-1 所示。

表 4-1 冻结孔的布置参数表

序号	项目名称	冻结孔总数(个)	左线孔数(个)	右线孔数(个)	透孔数(个)	测温孔数(个)	卸压孔数(个)	冻结总长度(m)
1	天永区间 1#联络通道	74	48	26	4	10	左右线 各 2 个	436.6
2	天永区间 2#联络通道	95	56	39	6	12	左右线 各 2 个	718.7

施工技术要求：

1) 冻结孔施工前，由盾构推进测量技术人员结合推进实际参数，从测量导线端重新复核联络通道中心高程。根据透孔的施工情况，通过经纬仪测量，计算透孔的实际角度及深度与设计参数比较，如误差大于设计值 100mm，冻结孔角度及长度予以调整并申报监理单位、设计单位审核。

2) 冻结孔开孔位置误差不大于 100mm，应避开管片接缝、螺栓、主筋和钢管片肋板。冻结孔最大允许偏斜(冻结孔成孔轨迹与设计轨迹之间的距离)为 150mm。冻结孔成孔控制最大允许间距为 1300mm。

3) 冻结孔有效深度不小于冻结孔设计深度。冻结管管头碰到冻结站对侧管片的冻结孔，循环盐水的管头长度不得大于 150mm。

4) 冻结管用 $\Phi 89 \times 8\text{mm}$ 的#低碳钢无缝钢管, 冻结管耐压不低于为 0.8Mpa, 并且不低于冻结工作面盐水压力的 1.5 倍。

5) 冻结管接头抗拉强度不低于母管的 75%。

6) 施工冻结孔时的土体流失量不得大于冻结孔体积, 否则应及时注浆控制地层沉降。

(2) 测温孔布置

1#联络通道测温孔布置 10 个, 2#联络通道及泵房测温孔布置 12 个, 均布置在冻结薄弱环节, 目的主要是测量冻结帷幕范围不同部位的温度发展状况, 以便综合采用相应控制措施, 确保施工的安全。

1) 测温管: 长度选用 $\Phi 32 \times 3.5\text{mm}$ 或 $89 \times 8\text{mm}$ 无缝钢管。

2) 管前端焊接密封, 管内不得渗水。

(3) 卸压孔布置

在冻结帷幕封闭区域内布置 4 个卸压孔, 左右线各 2 个。卸压孔应在积极冻结前布置在钢管片开洞位置, 左、右线卸压孔布置位置应相互错开, 并穿透管片壁后的浆液体, 以全面反映冻胀压力。在卸压孔上安装压力表, 可以很直观的监测冻结帷幕内的压力变化情况, 通过每日观测, 及时判断冻结帷幕的形成, 并可直接释放冻胀压力。

卸压管选用 $\Phi 45 \times 3\text{mm}$ 无缝钢管; 管前端开口, 进入土体段管壁上钻若干孔, 呈梅花状分布, 以确保冻结帷幕内的压力有效传递。

3、 制冷设计

(1) 冻结参数

积极冻结 7 天盐水温度降至 -18°C 以下, 积极冻结 15 天盐水温度降至 -24°C 以下, 开挖时盐水温度降至 -28°C 以下; 去、回路温差不大于 2°C 。

冻结孔单孔流量不小于 $5 \sim 8\text{m}^3/\text{h}$ 。

具体冻结参数见表 4-2, 4-3

表 4-2 1#联络通道冻结参数表

序号	参数名称	单位	数量	备注
1	冻土帷幕设计厚度	m	2.3	
2	冻土帷幕平均温度	℃	≤-10	冻结壁与管片交界面平均温度≤-5℃
3	冻土帷幕交圈时间	天	20~23	
4	积冰冻结时间	天	45~55	实际冻结时间以监测结果和专家论证意见为准
5	冻结孔个数	个	74	
6	冻结孔成孔控制间距	m	1.1	
7	冻结孔允许偏斜	mm	150	
8	设计最低盐水温度	℃	-28~-30	冻结7天盐水温度达-18℃以下
9	维护冻结盐水温度	℃	≤-28	
10	单孔盐水流量	m ³ /h	3~5	
11	冻结管规格	mm	φ89?	低合金无缝钢管
12	测温孔	个	10	流孔 φ32? φ89?
13	卸压孔个数	个	4	管片同冻结管 φ45?
14	冻结管总长度	m	436.578	
15	冷冻排管长度	m	141.782	管片同冻结管 φ45?
16	冻结总需冷量	10 ⁴ kcal/h	5.37	根据工况条件确定

表 4-3 2#联络通道冻结参数表

序号	参数名称	单位	数量	备注
1	冻土帷幕设计厚度	m	2.5	
2	冻土帷幕平均温度	℃	≤-10	冻结壁与管片交界面平均温度≤-5℃
3	冻土帷幕交圈时间	天	23~27	
4	积冰冻结时间	天	40~45	实际冻结时间以监测结果和专家论证意见为准
5	冻结孔个数	个	95	
6	冻结孔成孔控制间距	m	1.3	系从1.4内排孔1.5
7	冻结孔允许偏斜	mm	150	
8	设计最低盐水温度	℃	-28~-30	冻结7天盐水温度达-18℃以下
9	维护冻结盐水温度	℃	≤-28	
10	单孔盐水流量	m ³ /h	3~5	
11	冻结管规格	mm	φ89?	低合金无缝钢管
12	测温孔	个	12	流孔 φ32? φ89?
13	卸压孔个数	个	4	管片同冻结管 φ45?
14	冻结管总长度	m	718.708	
15	冷冻排管长度	m	141.782	管片同冻结管 φ45?
16	冻结总需冷量	10 ⁴ kcal/h	8.32	根据工况条件确定

(2) 需冷量计算和冷冻机选型

需冷量计算和冷冻机选型

冻结需冷量计算： $Q=1.2 \cdot \pi \cdot d \cdot h \cdot q$

式中： h —冻结总长度 m ；

d —冻结管直径；

q —冻结管散热系数；

计算得出需冷量和相应冷冻结选型见表 4-4

表 4-4 冻结需冷量及机型表

序号	项目名称	冻结需冷量 (104kcal/h)	冷冻设备选型	冷冻设备数量	备注
1	天桥站~永定门外站区间 1#联络通道	5.37	TBSD510.1JF	2	1 台备用
2	天桥站~永定门外站区间 2#联络通道	8.32	TBSD510.1JF	2	1 台备用

(3) 冻结系统设备配置

1) 盐水循环泵选用 IS200-150~250A 型 2 台，流量 200m³/h。

2) 冷却水循环选用 IS125-100~250A 型 2 台，流量 200m³/h。

(4) 管路选择

1) 供液管选用 $\Phi 48 \times 3.5$ mm 钢管，采用焊接连接。

2) 盐水干管和集、配液圈选用 $\Phi 159 \times 4$ mm 无缝钢管。

3) 冷却水管选用 $\Phi 133 \times 4$ mm 无缝钢管。

4) 冷冻排管选用 $\Phi 48 \times 3.5$ mm 无缝钢管。

(5) 冷冻材料使用

1) 制冷剂选用氟立昂 F-22。

2) 冷媒剂选用氯化钙 (CaCl₂) 溶液。

3) 冻机油选用 N46 冷冻机油；

(二) 冻结孔施工

1、冻结孔施工顺序

先施工透孔，根据穿透孔的偏差，进一步调整相关钻进参数。而后根据联络通道施工的孔位，采用由下向上的顺序进行施工，以防止因下层冻结孔的施工引起上部地层扰

动，减小钻孔施工时的事故发生率。

(1) 施工前应根据旁通道方位和标高放位开孔，冻结孔开孔位置误差不大于 100mm，应避免管片接缝、螺栓、主筋和钢管片肋板。

(2) 开孔用 $\Phi 132\text{mm}$ 金刚石取芯钻头进行钻孔，开孔为两次开孔，第一次不开透，留 5cm，安装好孔口管及密封装置，再二次开通。孔口管必须用 $\Phi 14$ 的膨胀螺栓固定在管片上，固定点不得少于 4 点，用不小于 5mm 的连接钢板与孔口管采用焊接如图 4-6 所示。

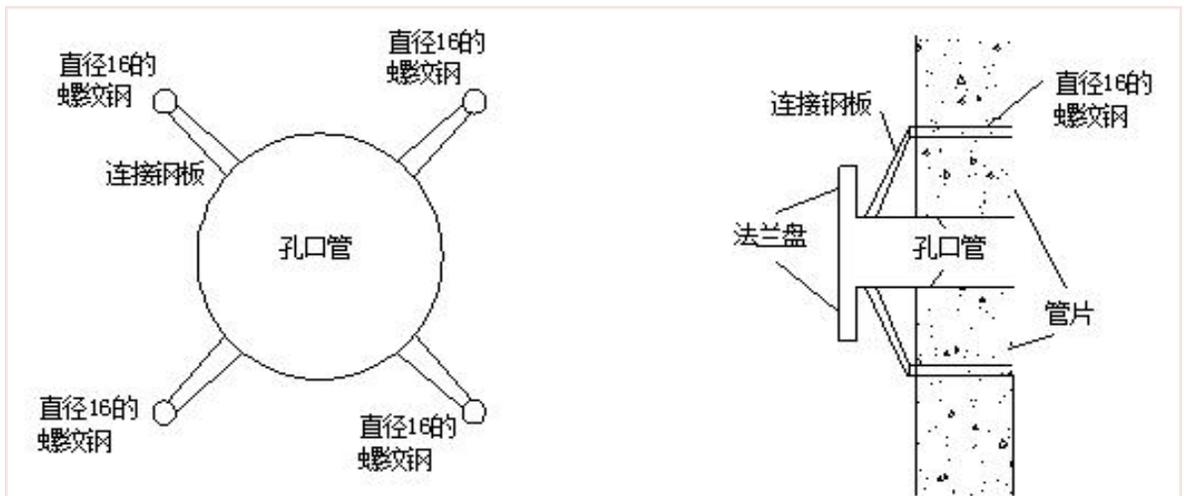


图 4-6 孔口管安装示意图

(3) 冻结孔钻进前安装好孔口密封、防喷装置，安装完毕确认无误后，再进行开孔钻进。开孔选用 J-200 型金刚石钻机，配 $\Phi 130\text{mm}$ 金刚石取芯钻头进行钻孔，深度约 250mm，控制不得钻穿管片。用钢楔破开管片，取出后，打入加工好的孔口管，并用至少有 5 个固定点固定在管片上，然后安装孔口密封装置，密封装置内安装优质纯棉纱牛油盘根进行密封装置与冻结管缝隙处密封，孔口密封装置结构如图 4-7。

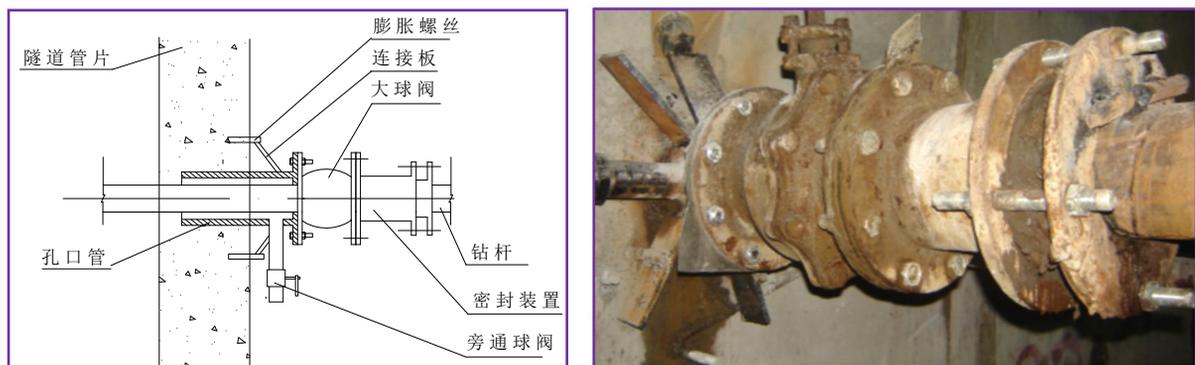


图 4-7 孔口密封装置示意图

(4) 透孔施工：根据冻结孔的布置，联络通道钻孔施工先施工透孔。工艺方法为：

先慢速旋转低压给进，转速控制在 100rpm 左右，同时给进压力控制在 1.0Mpa 左右，防止钻头打滑错位，造成跑位，待进尺 5~10cm 后，采用正常取心钻进，直至打穿对面管片。鉴于本次施工地层比较复杂，漏砂、漏水可能性较大，在钻具触及对面管片，提前派人到对面隧道处作好穿透面的封堵准备工作，一旦钻头穿透管片，立刻封孔。

(5) 穿透孔穿透面的密封

由于本次施工涌砂、涌水事故几率大；为此对穿透孔穿透面的管片密封也必须引起重视，为确保万无一失，根据以往旁通道穿透孔施工经验采用以下方案。

第一步：在钻具和单向阀后加一个长度为 200mm，外径为 $\Phi 94\text{mm}$ ，内径和钻杆相同的锥塞管，进行封堵管片与钻杆之间的间隙。

第二步：穿透孔施工结束后，采用夹板式进行密封，用特制的夹板将麻丝等密封物强行压入冻结管与钻孔的环形间隙，立即用瞬凝水泥封堵孔口，确保孔口位置不发生水、砂泄漏事故，如图 4-8 所示。

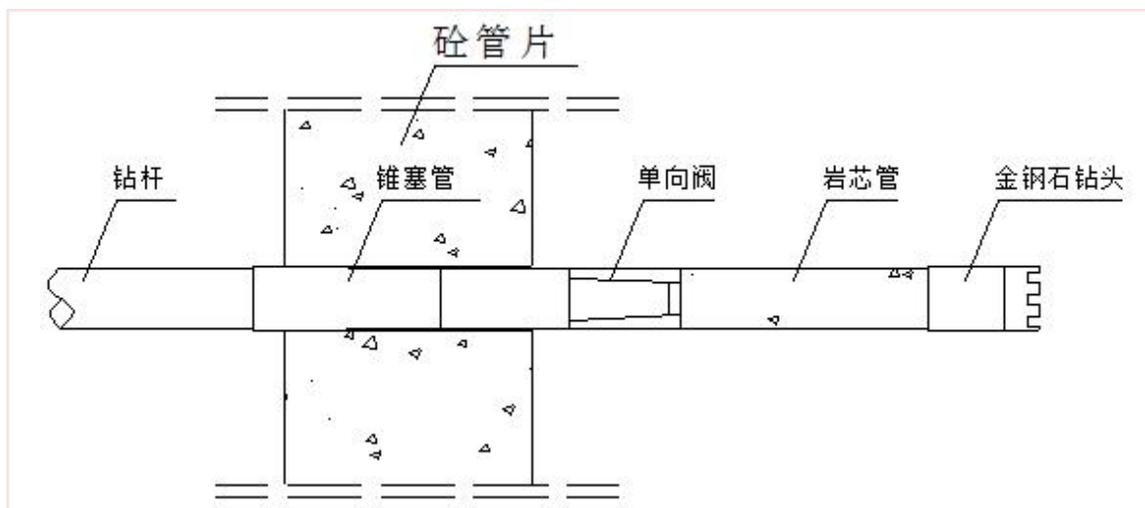


图 4-8 透孔装置

(6) 密封装置安装固定在孔口管上，利用盘根封堵冻结管与密封装置之间的缝隙。

(7) 钻进水压控制，钻进过程中严格控制给进水压，防止水压过大对管片造成破坏。

(8) 钻进过程中给水量与出水量的控制，钻进过程中严格控制进出水量，防止进出水量不平衡，出水砂量过多对管片造成破坏。

(9) 施工冻结孔时土体流失量不得大于冻结孔体积，否则应及时进行注浆控制地层沉降。

2、冻结孔的定位

依据施工基准点，按冻结孔施工图进行冻结孔孔位放线，孔位布置首先要依据管片配筋图和钢管片加强筋的位置，在避开主筋、管缝、螺栓及钢管片肋板的前提下可适当调整，不大于 100mm。

钻孔轴线放样：联络通道的方位轴线如图所示，要先确定出隧道的 A 点和 B 点，测量 A 和 B 点的坐标后，以 AB 的连线做为方位线，做延长线至两侧隧道后管片上，再分别定位出 C 和 D 点，作为施工时定位线。

完成定线后再管片上对应位置做好标识，并上报监理测量工程师进行复核，确认无误后方可进行钻孔施工。

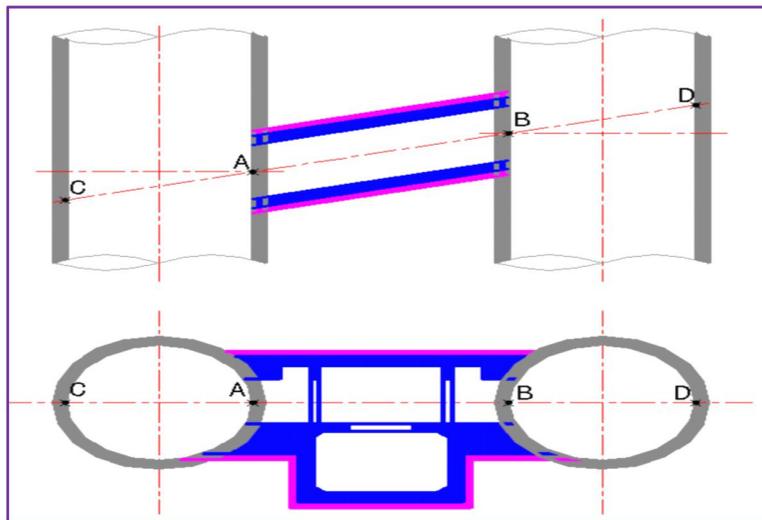


图 4-9 联络通道方位轴线放样示意图

3、钻机定位

钻机定位：钻机钻孔前进行找正，俯仰角度主要利用量角器紧贴钻机底盘，在量角器中心安装指针进行钻机找正，方位角度依据联络通道左右线放样基准点，钻机与基准点连线平行找正。

4、钻孔阶段技术措施

(1) 钻孔的偏斜应控制在 100mm 以内，(冻结孔成孔轨迹与设计轨迹之间的距离) 否则应补孔。为使冻结孔钻孔质量符合要求，采用如下防偏措施：

- 1) 准确确定出开孔孔位，并在隧道两边布点，以便于施工中校验、控制钻孔方向。
- 2) 在施工联络通道时，应先施工穿透孔，验证隧道预留洞门的相对位置，两隧道通道中心线偏差大于 200mm 时，应及时联系设计单位修正冻结孔设计方位。
- 3) 在施工第一个冻结孔时，应分析主要地层的钻进过程的参数变化情况，并检

查地质、水温情况，发现异常，应及时采用针对性措施。

4) 确保冻结管加工质量，应先进行配管确认冻结管连接顺直后再钻进。

5) 应采用牢固、稳定好的施工平台。

6) 孔口段冻结管方位是影响整根冻结管偏斜的关键。在施工第一节冻结管时，由值班技术员负责校验冻结管的方位，确保偏差在允许范围内。

7) 在对接冻结管时应保证同心度和冻结管连接后的顺直。

(2) 冻结孔钻进深度应不小于设计深度。钻头碰到隧道管片的，不参与制冷循环的长度不大于 150mm。

(3) 冻结管长度和偏斜合格后再进行打压试漏，压力控制在不低于 0.8MPa，前 30 分钟压力损失小于 0.05MPa，后 15 分钟压力稳定无变化者为试压合格。试压不合格的，可拔出冻结管进行重新钻孔，或下套管进行处理。

(4) 透孔施工前要认真核对方位角，不能偏差，透孔施工完毕后及时封堵隧道对侧。

(5) 冻结管焊接要严格按照相关技术规程进行焊接，不得有夹砂气孔等。

5、冻结孔钻进与冻结管设置

(1) 钻孔设备为 MD-80A 钻机一台，配用 BW250 型泥浆泵，以 $\Phi 89 \times 8\text{mm}$ 冻结管作钻杆；冻结管之间采用套管丝扣连接，接头螺纹紧固后再用手工电弧焊焊接，确保其同心度和焊接强度。

(2) 每个冻结孔钻进前，先根据各孔的具体参数调整钻机，调整好后，将冻结管慢慢挺进已安装好的密封装置内，拧紧密封装置的螺栓，再将孔口管上的大球阀打开。利用安装在冻结管上的取芯钻头将剩下的管片钻通，取芯后换上一普通钻头再进行正常钻进。

(3) 正常钻进时，采用现场加工的简易钻头，优先采用无水钻进，这样可以减少水土的流失，对控制地面和隧道的沉降十分有利。如钻进困难，在钻头部位安装一个特制单向阀门，采用带水钻进。冻结管到达设计深度后冲洗单向阀，并密封冻结管端部。

(4) 在钻进过程中，如发生水土流失，可根据每日的监测情况，及时通过安装在孔口管部位的旁通阀对土体进行补压浆，以单液浆为主，以控制钻孔对周边环境的影响。

(5) 钻进过程中严格监测孔斜情况，发现偏斜要及时纠偏，下好冻结管后，进行冻结管长度的复测，然后再用灯光测斜仪测斜并绘制钻孔偏斜图。

(6) 在冻结管内下供液管,并焊接冻结管端盖和去、回路羊角。

6、 钻孔质量控制程序

钻孔过程中控制质量,质量控制程序见图 4-10,控制手段见图 4-11、图 4-12 所示。

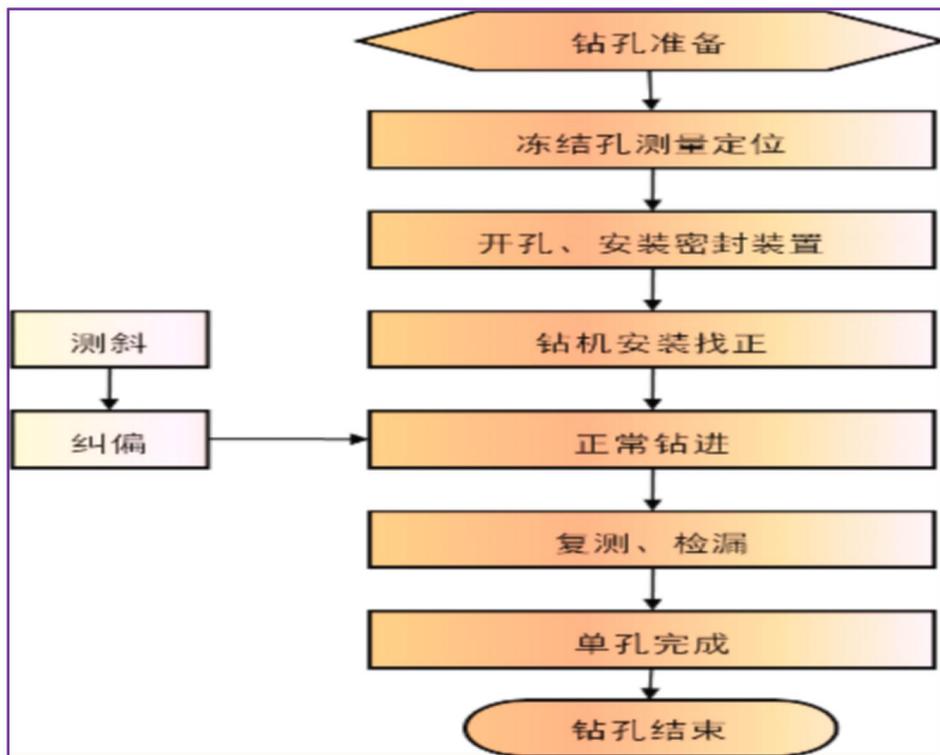


图 4-10 钻孔质量控制程序

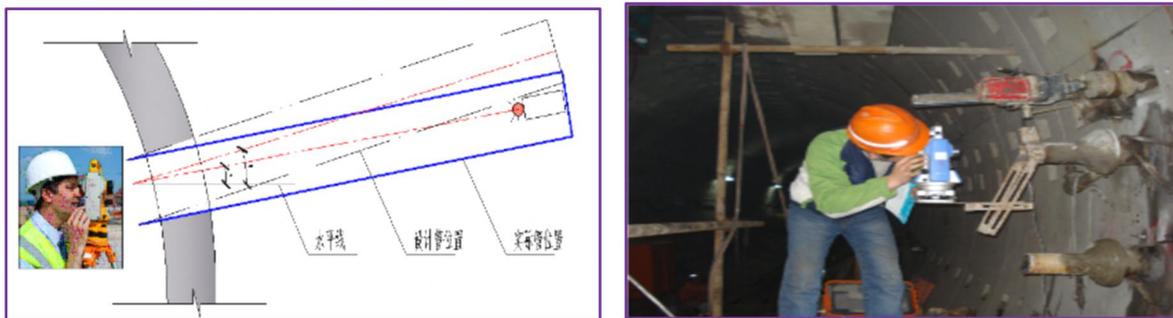


图 4-11 冻结孔测斜示意图



图 4-12 冻结孔试压设备及试压示意图

(三) 冷冻系统安装

1、冻结站布置与设备安装

根据现场施工环境，拟将冻结站安装布置在天[~]永区间左线隧道内靠近联络通道位置附近：1#联络位置设一个冻结站，2#联络通道及泵房位置区间设一个冻结站。站内设备主要包括冷冻机组、盐水箱、盐水泵、清水泵、配电控制柜等。设备安装按照设备使用说明书进行。其平面布置参见(附图 7：冻结站布置图)。

2、管路连接、保温

管路用法兰连接，隧道内的盐水管用管架敷设在隧道管片斜坡上，以免影响隧道通行。在盐水管路和冷却水循环管路上要设置、阀门和测温仪、压力表等测试组件。盐水管路经试漏、清洗后用保温板或棉絮保温，保温厚度为 50mm，保温层的外面用塑料薄膜包扎。集配液圈与冻结管的连接用高压胶管，每组冻结管的进出口各装阀门一个，以便控制流量。

冷冻机组的蒸发器及低温管路用棉絮保温，盐水箱和盐水干管用 30mm 厚的保温板保温。联络通道两侧管片保温：由于混凝土和钢管片相对于土层要容易散热得多，为加强冻结帷幕与管片胶结，联络通道两侧管片表面采取保温措施，以减少冷量损失。将钢管片格栅内用素砼填充密实，然后采用 50mm 厚 PEF 板保温板对冻结帷幕发展区域管片进行隔热保温。在冻结站对侧隧道的冻结管的端部区域范围内布置冷冻排管，同样将钢管片格栅内用素砼填充密实，然后采用 50mm 厚 PEF 板保温板对冻结帷幕发展区域管片进行隔热保温。

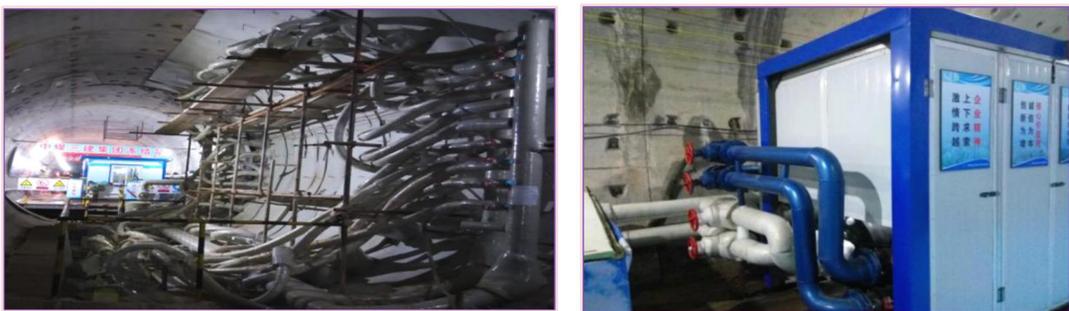


图 4-13 冻结站内管路及通道保温图

3、积极冻结与维护冻结

(1) 冻结系统试运转与积极冻结

设备安装完毕后进行调试和试运转。在试运转时，要随时调节压力、温度等各状态参数，判断制冷剂、冷媒、冷却水循环系统温度、流量、压力是否正常，3~7 日盐水

温度是否逐渐下降并达到设计要求，从表面观察管头、连接软管是否结霜，以使机组在有关工艺规程和设备要求的技术参数条件下运行。冻结系统运转正常后进入积极冻结。冷冻站正式运转前，要做好如下验收工作：1、冻结孔、卸压孔、测温孔是否满足设计要求；2、冷冻站机组调试是否完成；3、冷冻站的风水电是否准备就绪；4、消防器材是否完好齐全；5、管路连接牢靠、试压是否合格；6、备用机组是否已检修；7、值班人员是否已交底；8、电工工具和备用零部件是否齐全。

此阶段为冻结帷幕的形成阶段，积极冻结期盐水温度为 $-28^{\circ}\text{C}\sim-30^{\circ}\text{C}$ ，联络通道初步设计冻结时间为40~50天，要求冻结孔单孔流量不小于 $5\text{ m}^3/\text{h}$ ；积极冻结7天盐水温度降至 -18°C 以下，积极冻结15天盐水温度降至 -24°C 以下，去回路温差不大于 2°C ；开挖时盐水温度降至 -28°C 以下。如盐水温度和盐水流量达不到设计要求，应延长积极冻结时间。

可根据如下所示基于巴霍尔金温度场理论的多排管冻土帷幕平均温度公式来分析每日冻结壁形成规律，判断冻结壁厚度和冻结帷幕交圈效果。

$$t_{cp} = t_c \frac{\frac{2\pi\zeta}{l}}{\ln \frac{l}{2\pi r_0} + \frac{2\pi\zeta}{l}} \left[1 - \frac{\zeta}{2\zeta + (n-1)L} \right]$$

t_{cp} —冻土帷幕的平均温度

t_c —冻结管外壁温度

l —冻结管间距

r_0 —冻结管半径

ξ —单排管冻土厚度的一半

n —冻结管数量

(2) 维护冻结

在积极冻结过程中，要根据实测温度资料判断冻结帷幕是否交圈和达到设计厚度，同时要监测冻结帷幕与隧道的胶结情况，测温判断冻结帷幕交圈并达到设计厚度且与隧道完全胶结后，可进入维护冻结阶段。

维护冻结期温度应不高于 -28°C ，冻结时间贯穿联络通道开挖和主体结构施工始终。

(3) 冻结质量控制程序

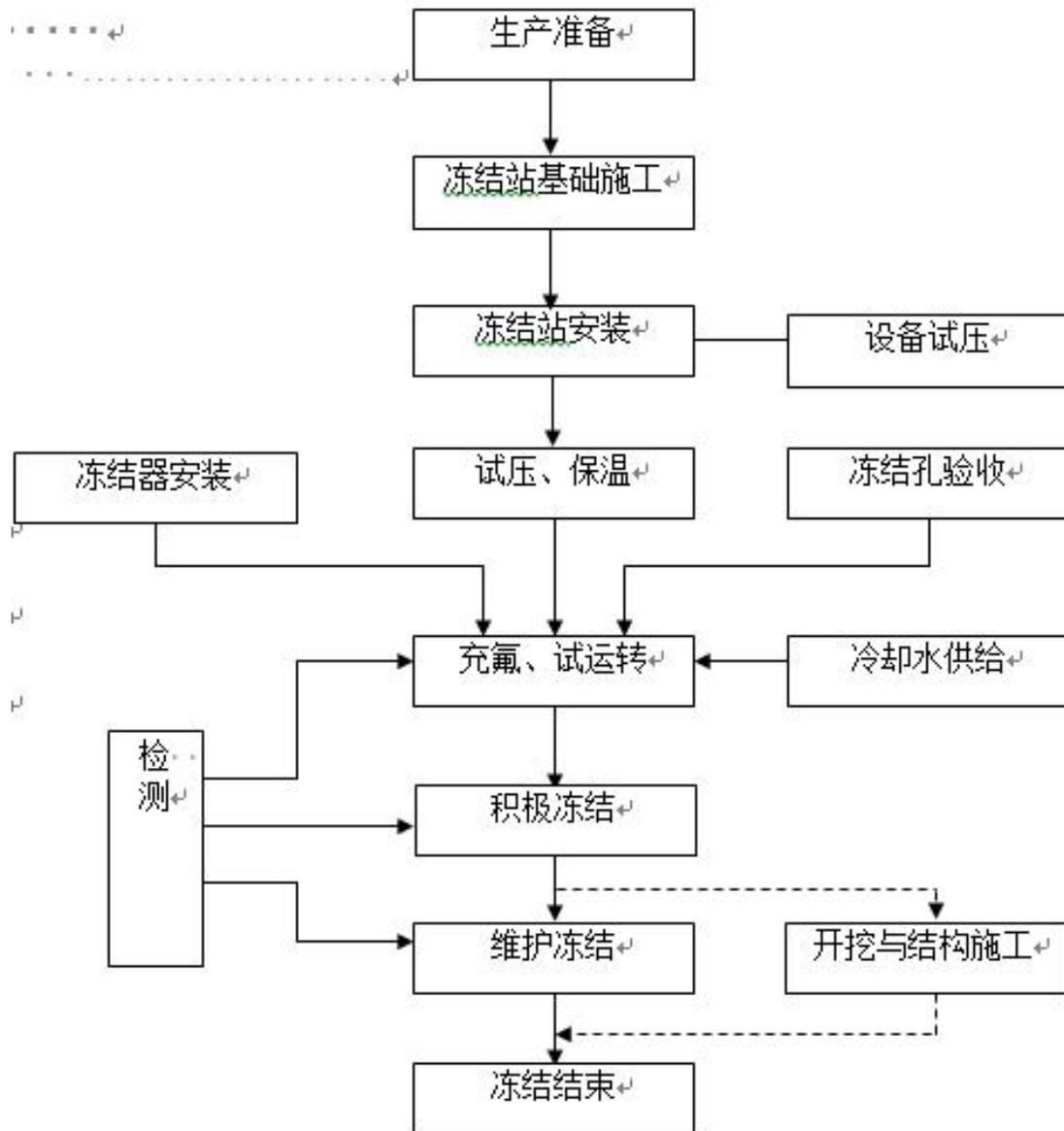


图 4-14 冻结质量控制流程图

(四) 联络通道开挖

1、冻结技术指标

在开管片进行开挖前，还需结合测温孔资料、卸压孔压力、探孔情况等方面综合考虑，需具备如表 4-5 条件，并通过条件验收方可开挖。

表 4-5 开挖技术指标

项目		数值/现场情况	备注
冻结帷幕平均温度		-10℃（冻结壁与管片交界面平均温度≤-5℃）	通过成冰公式计算
冻结帷幕厚度		1#联络通道不小于 2.3m 2#联络通道不小于 2.5m	通过测温资料计算
盐水温度	积极期	-28℃~-30℃（盐水最低温度）	用测温仪监测
	维护期	≤-28℃	
盐水去、回路温差(包括各支路)	积极期	2℃以内	冻结至设计温度时
	维护期	1.0℃以内	
卸压孔	交圈前	静水压力	通过压力表观测
	交圈后	剧增 0.15~0.3MPa	
探孔	开挖前	距冻结孔≥1.0 米，深度 0.5 米，不少于 2 个，探孔内无涌砂、涌水现象且结霜情况良好	

2、施工准备

准备工作是整个工程施工进展顺利的前提和保证，具体工作内容如下：

(1) 隧道内工作平台搭设

按联络通道出口尺寸及施工需要，工作平台由上下两层平台和一斜坡道构成。

1) 在联络通道开口处的隧道支撑架底梁上表面搭设中间工作平台，主要作为通道材料运输车换向之用，面积约为 $4\text{m} \times 15\text{m} = 60\text{m}^2$ 。平台梁可用长 4 m，间距为 2m 的 16# 工字钢，直接搭在砵管片上，端头用焊管焊接成整体，以保证整体稳定性。台面用 50mm 厚木板铺盖而成。

2) 在联络通道运输侧，搭设斜坡道与中间平台相连接，斜坡道高端宽约 3m，坡长约 18m，角度 25 度为佳，坡度以方便运输为原则可以适当调整。

(2) 抢险物资的堆放

为了预防冻结孔施工及开挖构筑过程中可能出现的突发情况，施工现场需堆放一定数量的抢险物资。注浆泵、水泥、双快水泥、 $\Phi 125\text{mm}$ 、 $\Phi 109\text{mm}$ 的木楔、麻丝、棉絮等。应急抢险物资应堆放有序，设立醒目的标识牌，抢险物资还应专项专用，不得随便

挪用，并设有专人看护、保管，定期检查。

（3）钢管片接缝焊接

将联络通道开口部的钢管片之间（欲拉开的管片除外）环向及纵向接缝采用满焊的方式将每条拼装缝一一焊接好，提高其整体稳定性，以控制隧道管片变形。

注意事项：

- 1) 焊接前应首先对拼装缝进行除锈除垢处理，避免虚焊。
- 2) 焊接时，划分区域，采取对称方式焊接，以防止应力集中，引起钢管片变形。
- 3) 焊接材料选 E4303 型结构钢焊条，用手工电弧焊焊接。

（4）预应力支架、安全应急门

在联络通道开管片前，为防止管片发生位移变形，须在联络通道开口环的不开口位置以及开口环两侧管片内布设预应力支架，以减轻联络通道开挖构筑施工对隧道产生不利的影晌。根据结构施工图要求，单个预应力支架由 5 个预应力千斤顶、3 个固定支撑及支撑保护板等部分组成。

安装方法：在区间隧道左、右线联络通道开口环不开口位置各布置一楹，开口环前后的两环管片内各布设两楹，共六楹，并在联络通道两端沿隧道方向对称布置，每楹支架有 8 个支点，由 5 个螺旋式千斤顶提供预应力，施加预应力时每个千斤顶要同时慢慢平稳加压，每个千斤顶以压实支撑点为宜。

同时，为防止开管片及联络通道开挖构筑阶段发生涌水涌砂危及施工安全，须在联络通道开挖侧安装应急门。安全应急门在开管片前进行安装，安装后进行耐压密性试验，并配备风量不小于 $6\text{ m}^3/\text{min}$ 的空压机为防护门供气。安全应急门耐压设计值为 0.42MPa ，打压试验在不停止空压机时，压力能保持在设计试验值 0.55Mpa 为合格。安全应急门是防止开挖过程中发生位移变形超值，或冒泥、涌水，其它措施抢救无效的情况下，为确保隧道安全而使用的。应急门在联络通道初支喷射混凝土全部完成后方可拆除。

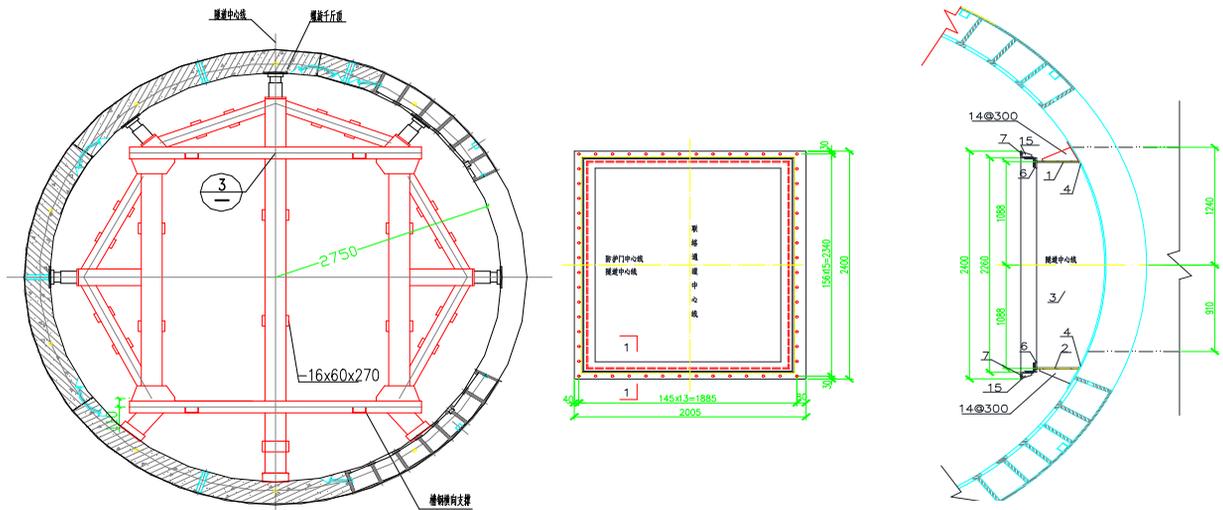


图 4-15 预应力支架及安全门示意图

3、开挖

(1) 钢管片拆除顺序

在钢管片拆除时应先拆除具有内喇叭口的 RS5、RS6，再拆除上方的 RS3、RS4 及下方的 RS7、RS8。钢管片分块示意图如下：

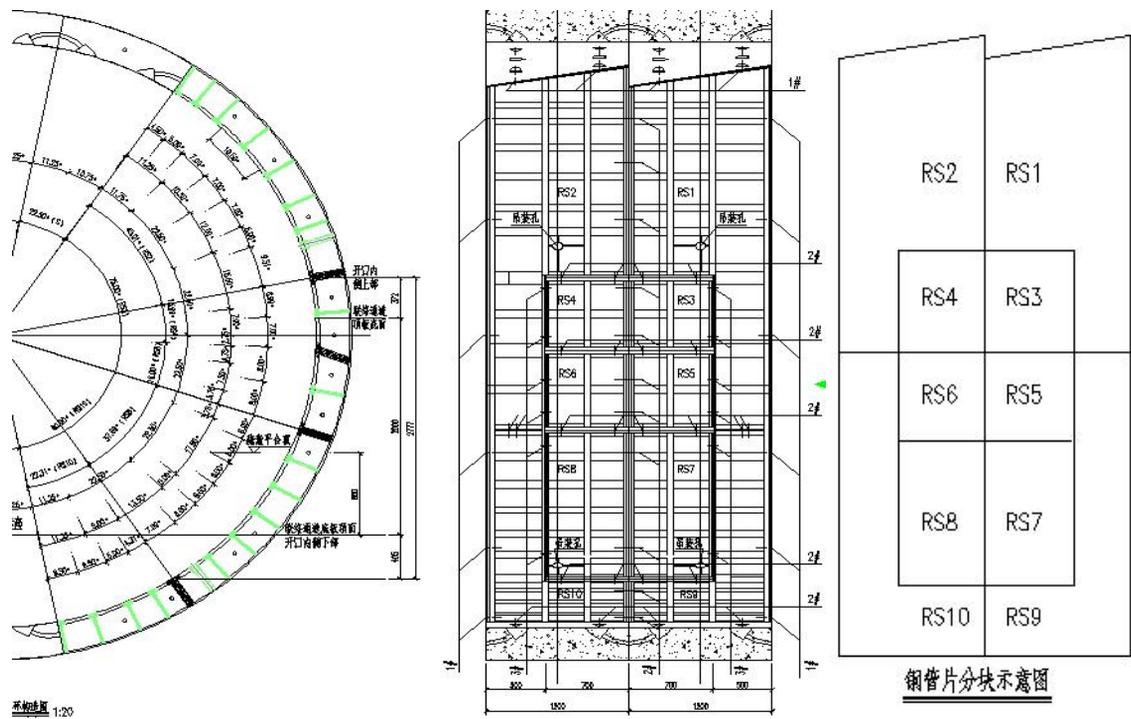


图 4-16 钢管片分块示意图拉

(2) 拉管片

加固土体强度达到设计要求及准备工作就绪后，开挖条件验收合格后，开挖构筑工作就可正式开始。拉管片前，先对开口上下左右相邻管片螺栓再次复紧，防止管片受力转换发生位移变形。准备 2 台 10t 千斤顶，10t 和 2t 手拉葫芦各一个，将两台千斤顶架在被开管片两侧，中间用一根型钢横梁同钢管片直接相连接，通过千斤顶顶推横梁向外顶推钢管片。操作时，要认真观察管片受力及位移情况，消除局部受阻因素，防止管片变形。10t 葫芦作为辅助拉拔管片用，一端挂住欲拆管片，一端系在对面隧道管片上，水平方向稍加力向外（隧道内）拉拔管片，要配合千斤顶操作。2t 葫芦悬吊在欲拆管片的上方，一端钩住欲拆管片，以防管片拉出时突然砸落在工作平台上如下图。钢管片拆除后，及时对钢管片螺栓孔进行焊接封堵。

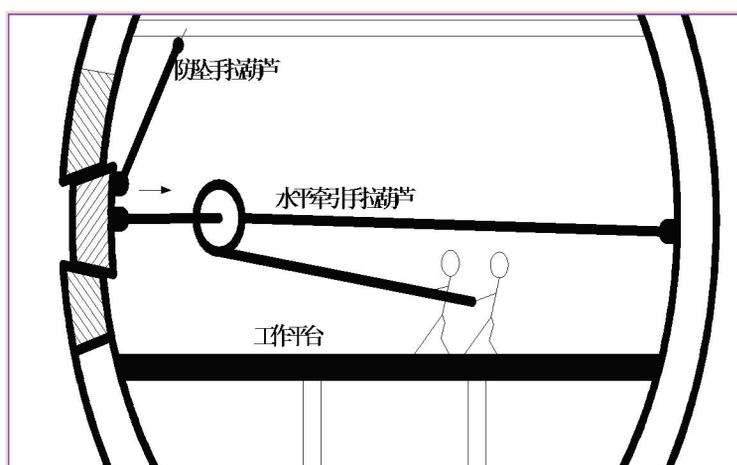


图 4-17 拉钢管片示意图拉

(3) 土方开挖

经探孔确认可以进行正式开挖后，打开钢管片，开挖前按照“先探后挖”的原则。探孔主要布置在预挖去土体四周，探查土体稳定情况，探孔采用电锤钻进，深度为开挖步距，然后采用矿山法进行暗挖施工。根据工程结构特点，联络通道开挖掘进采取分区分层方式进行。开挖顺序如下：

- 1) 开挖侧（左线）喇叭口导洞及支护，在开挖阶段按 1:3 坡度挑高，并及时架设临时格栅支撑。
- 2) 进行通道正常段开挖，并按照设计要求步距及时支护。
- 3) 开挖右线喇叭到设计尺寸并进行支护。
- 4) 待右线喇叭口支护完毕后，再开挖冷冻站侧（左线）的喇叭口并进行支护。

5) 通道结构施工结束后强度达到 60%开挖泵房，在泵房开挖前应在泵房上口先浇筑暗梁，以确保泵房开挖过程中对整个联络通道的保护；泵房采用倒挂井壁法施做，在施做时格栅隔一拆一，并按照设计要求的开挖步距进行支护；开挖泵房时应严格控制每拼开挖深度，避免已完成联络通道有较大沉降；开挖泵房时加强冷冻帷幕效果的监测，保证冻土的温度满足设计要求，避免出现薄弱环境；加强对隧道内部及联络通道的监测，发现异常及时分析并查找问题原因所在，避免险情的出现。其施工顺序如下图所示。

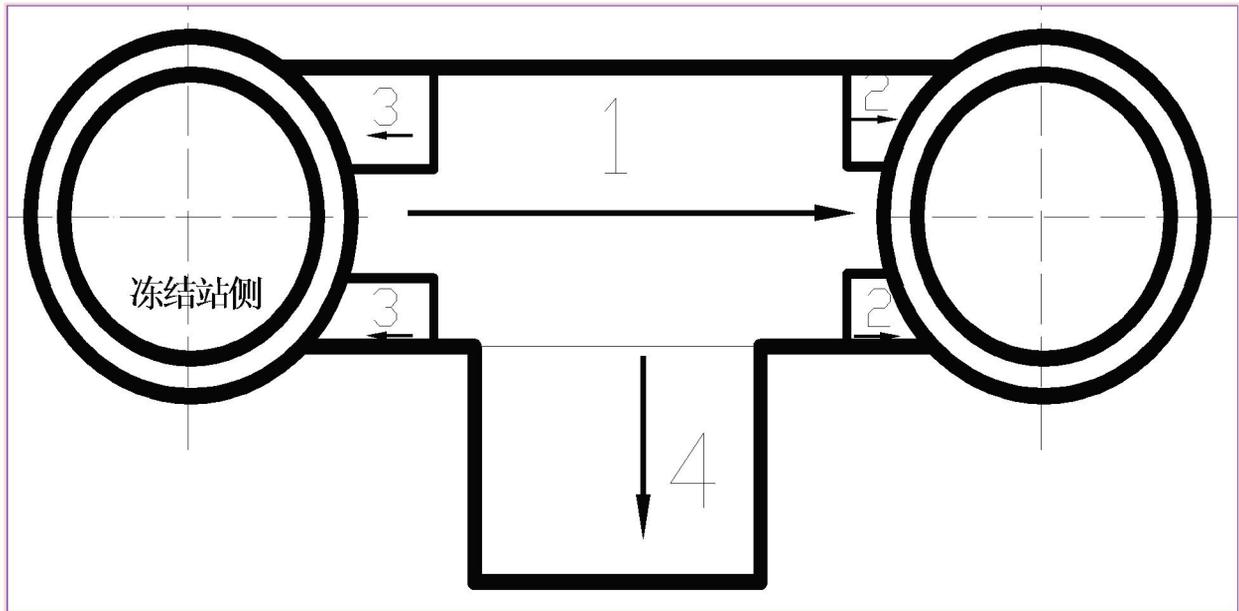


图 4-18 联络通道及泵房开挖顺序图

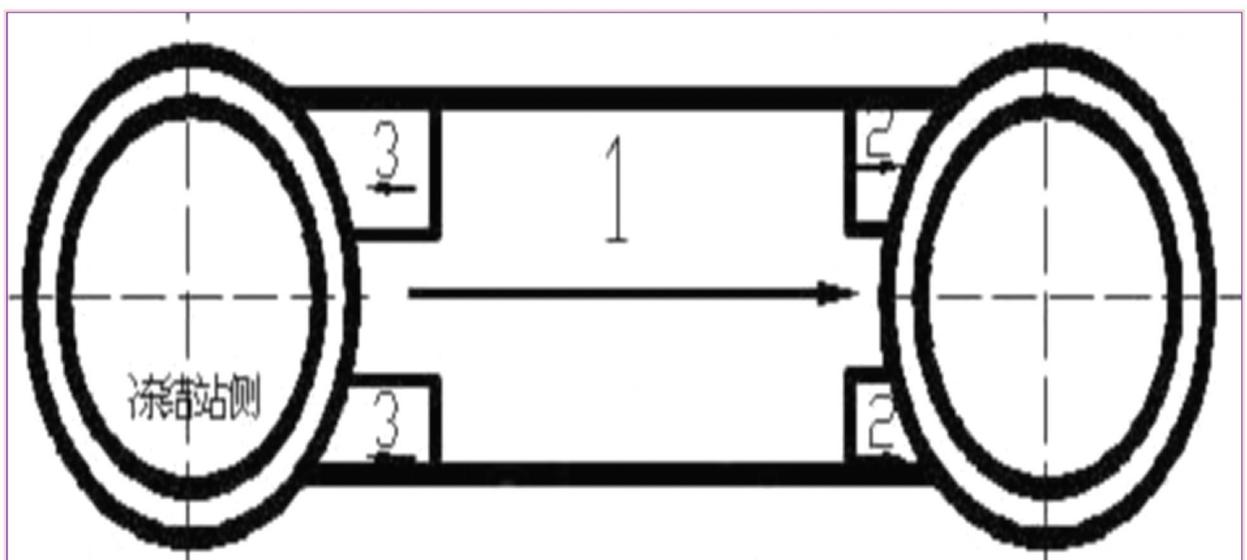


图 4-19 联络通道开挖顺序图

由于土体采用冻结法加固，强度较高，冻结帷幕承载能力大，因而除喇叭口处侧墙和拱顶外可以采用全断面一次开挖，开挖步距不宜大于 0.5m。开挖后应及时施工初期支护，开挖面从开挖至初喷混凝土不宜大于 24 小时，冻结壁暴露面收敛不大于 20mm，开挖断面超挖不大于 30mm，开挖中心线偏差不大于 20mm。喇叭口开挖严格按照设计尺寸挖掘，尤其钢管片上土体清理干净，喇叭口开挖施工必须坚持报验制度，喇叭口部位钢管片背面要设置遇水膨胀止水条，并埋设全断面注浆管，及时注浆，喇叭口开挖与混凝土浇筑过程监理必须旁站监督，并做详细记录。

另外，冻土强度高，韧性好，需采用风镐进行掘进。为了提高掘进效率，加快施工进度，缩短冻土暴露时间，风镐尖需做淬火处理。而且掘进环境温度在 0℃ 以下，输风管路及风镐中的冷凝水容易结冰，需进行除湿处理，一方面把风管悬吊起来，另外每隔 1~2 小时向风管内注入酒精，防止冰屑的出现。并要求每个掘进班配备 5~6 把风镐，以避免不能正常工作而影响施工进度。

在掘进施工中根据揭露土体的加固效果，以及监控监测信息，及时调整开挖步距和支护强度，确保安全施工。在开挖过程中，我们采取短挖短支方式，并且现场配备了套管等相关应急物资来应对断管及盐水泄露等状况的发生。还要及时对暴露的冻结帷幕进行保温。做好通道变形监测，增加盐水温度和土体温度监测频率。开挖的土方用电瓶车运至隧道口，再集中运出场地。

(4) 冻结管暴露保护及应急处理

联络通道及泵站开挖施工过程中，在开挖时容易被凿出处于裸露状态，为确保施工安全，保证冻结效果。联络通道在冻结孔串孔施工时喇叭口上部 3 个冻结孔为一循环系统。每组去回路循环系统由单独阀门控制，开挖施工时发现异常情况及时关闭阀门，防止盐水外泄。根据冻结孔串孔特征，值班技术员跟踪监测开挖面深度，当开挖面距离冻结管约 5~10cm 时，关闭该组冻结管的去、回路阀门，等开挖到设计尺寸，检查该组冻结管暴露部分是否有异常现象，确认完好后再打开关闭的阀门恢复冻结（此过程在 30 分钟左右），裸露部分冻结管采取保温板进行保温措施。

开挖时冻结管打破应急处理：当开挖过程中冻结管打破时，当班施工人员立即通知冻结站值班人员检查本组盐水去回路阀门是否关闭严实，确保盐水不外泄。如有部分盐水外泄，及时清理开挖面盐水。处理人员到位，把事先准备的螺栓、螺帽、棉纱等物资到位。由于冻结管内盐水带压不利于焊接施工，电焊工首先在漏点处焊接螺母，带螺母

焊接完好后用螺栓上紧。盐水去回路阀门打开，恢复冻结。冻结站值班人员做好交接班记录，加强焊接螺母巡查，发现问题及时处理。

(5) 临时支护

采用两次支护方式。第一次支护（临时支护）采用钢格栅+钢筋网+喷射混凝土，第二次支护（永久支护）采用现浇钢筋混凝土。

1) 临时支架的安装

联络通道采取复合式衬砌结构。初期支护采用格栅+钢筋网+喷射混凝土的形式，厚250mm，采用6.5@150×150mm的内侧单层钢筋网，格栅内外保护层厚度为30mm，通道格栅纵向间距500mm；格栅纵向连接筋HRB400 φ22@1000，采用直螺纹进行连接；联络通道初期支护与钢管片相接不能形成封闭断面处，格栅钢筋焊道接到钢管片上；格栅洞外加工成品后，必须做地面试拼装和首件验收工作，经验收后进洞安装，环向长度误差不大于30mm，平面翘曲误差不大于20mm。格栅钢架必须按照强度加工安装，确保其整体性及施工安全。经验收合格后，进行喷射C25早强混凝土。下图为钢格栅施工工艺流程图：

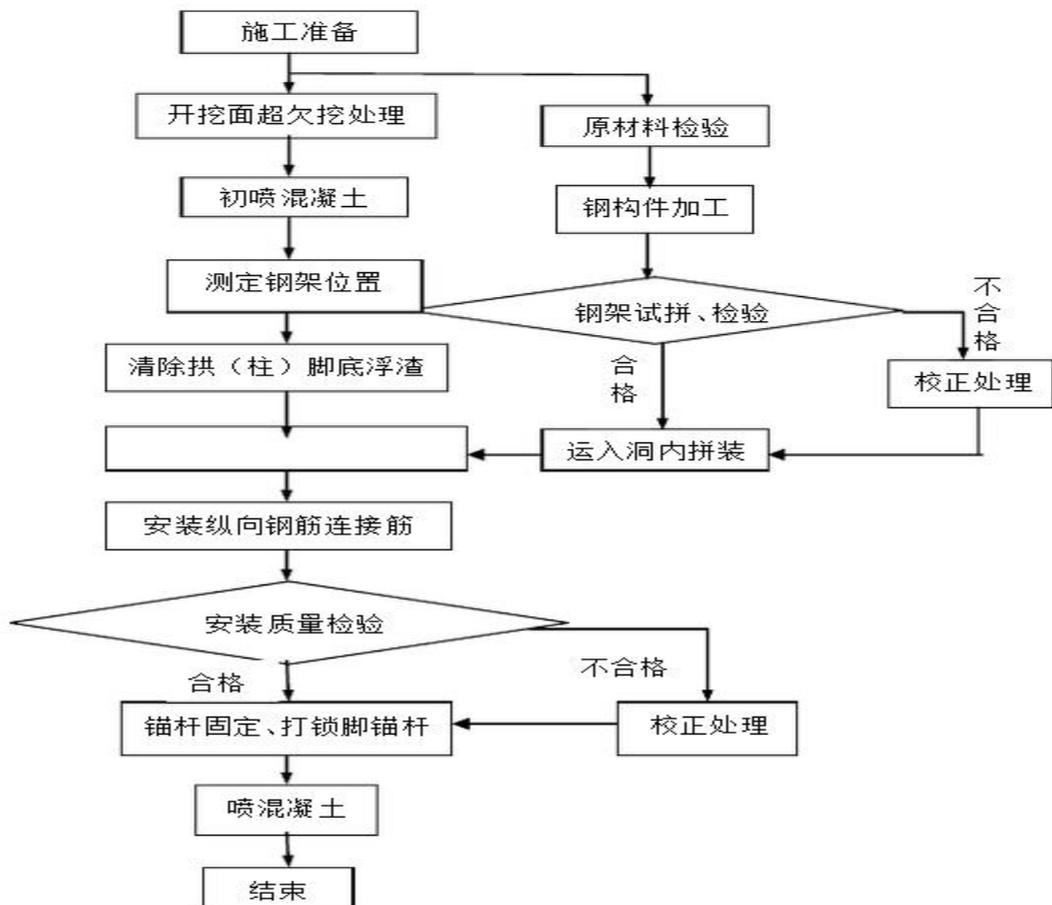


图 4-20 钢格栅施工工艺流程图

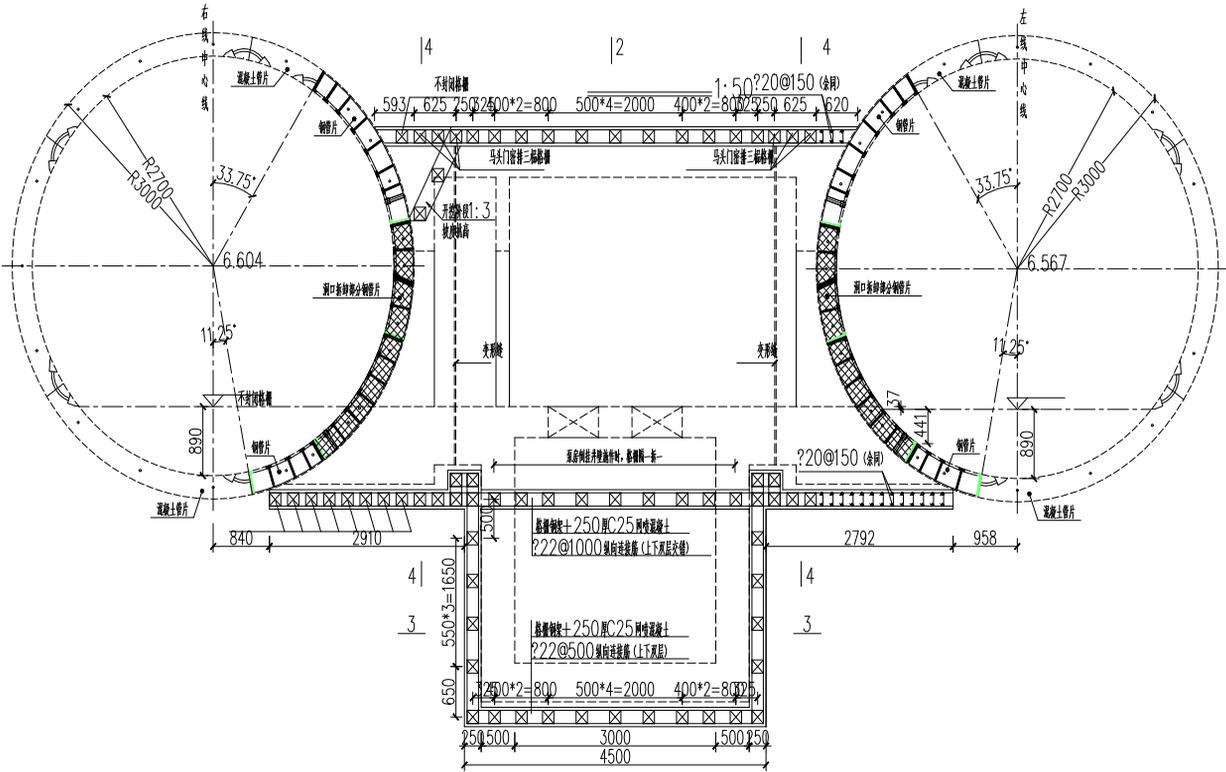


图 4-23 天-永区间 2#联络通道及泵房钢格栅安装布置图

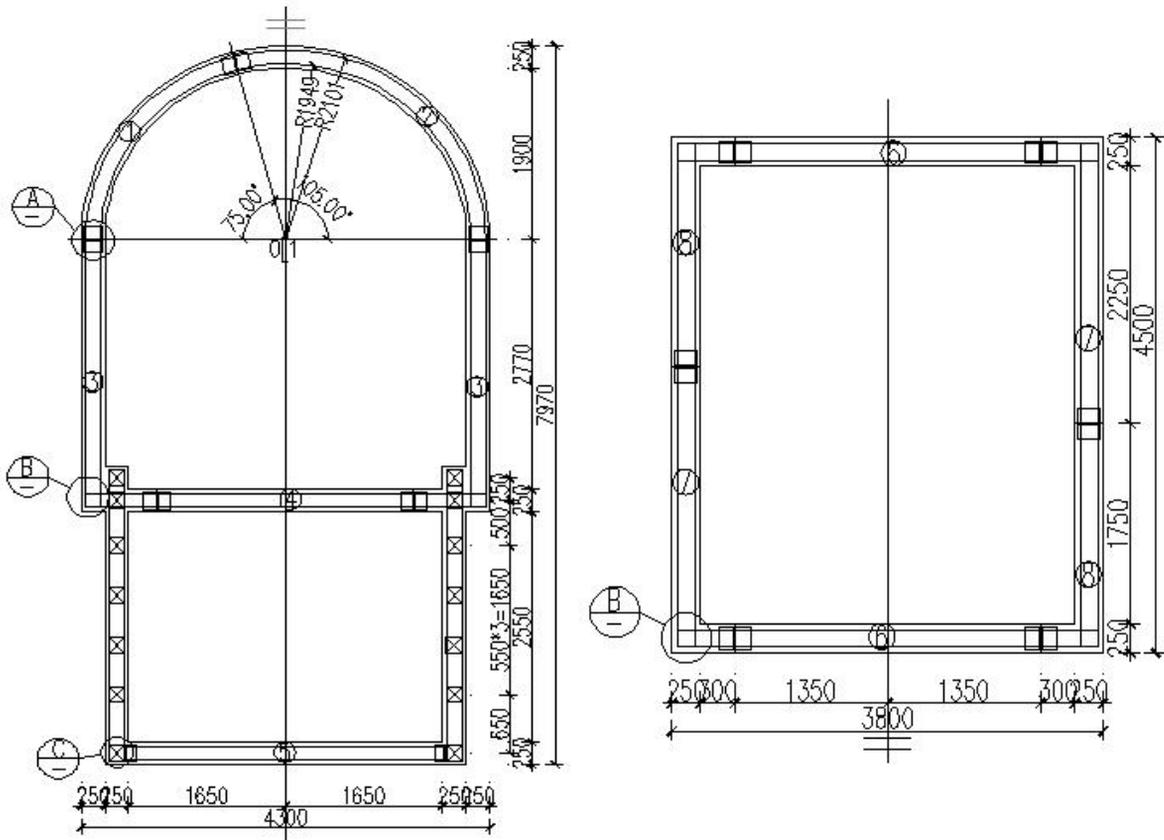


图 4-24 2#联络通道及泵房钢格栅安装断面图

2) 初衬格栅节点处理

A 节点处加焊 4 道 $\Phi 16U$ 型筋，采用双面焊进行节点处加强；连接螺栓采用 M24、螺母采用 M24，每个螺栓螺母配两个平垫圈为一套，格栅连接处的螺栓连接有困难时，可切除角板后采取同直径钢筋进行帮焊，做到等强连接，帮焊应满足焊缝长度的要求。

B 节点处加焊 4 道 $\Phi 22L$ 型筋，采用双面焊进行节点处加强。

C 节点处加焊 4 道 $\Phi 22L$ 型筋及 2 道 $\Phi 14$ 道斜筋，采用双面焊进行节点处加强。

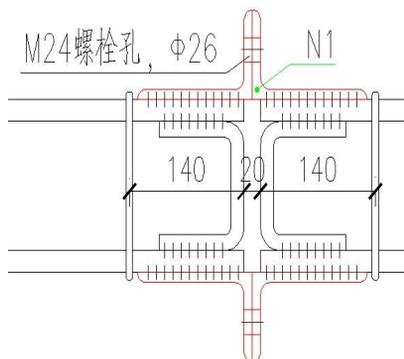


图 4-25 A 节点加强处理

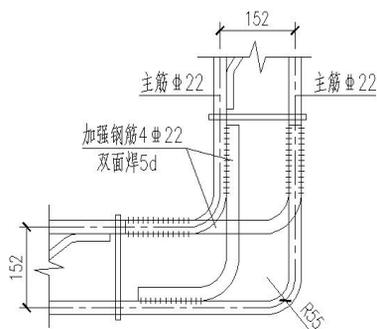


图 4-26 B 节点加强处理

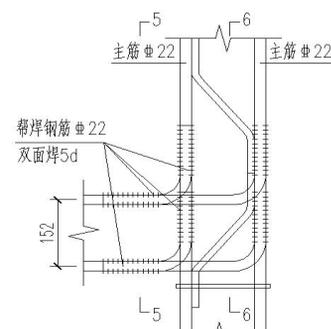


图 4-27 C 节点加强处理

3) 格栅加工质量控制

格栅加工及安装应符合下表标准

表 4-6 格栅钢架加工允许偏差表

格栅钢架加工允许偏差表				
序号	项目	允许偏差	检查方法	
1	拱架矢高及弧长	$\pm 20\text{mm}$	丈量	
2	墙架长度	$\pm 20\text{mm}$	丈量	
3	拱、墙架断面尺寸	10~0mm	丈量	
4	格栅组装试拼	高度	$\pm 30\text{mm}$	丈量
		宽度	$\pm 20\text{mm}$	丈量
		扭曲度	$\pm 20\sim 0$	丈量
5	钢筋间距	$\pm 10\text{mm}$	丈量	
6	钢筋搭接长	$\pm 15\text{mm}$	丈量	

表 4-7 格栅架立允许偏差表

格栅架立允许偏差表			
序号	项目	允许偏差	检查方法
1	横向位置	±30mm	尺量
2	纵向间距	±50mm	尺量
3	垂直度	<5‰	垂球吊线
4	高程	±30mm	测量
5	左右扭曲	20mm	拉线尺量、吊线

4) 喷射混凝土工艺流程

各种材料（不含水）按照设计配比要求进行干拌和→拌和好的松散混凝土直接喂入喷射机料斗→由空压机提供的压缩空气裹携物料通过输料管送到喷头处——在此处加入水与物料混合——在风压作用下喷射到受喷面上。

5) 喷射混凝土材料要求

①骨料粒径

为体现喷射混凝土的综合经济指标，采用骨料粒径不易过大，一般控制在 15mm 内。沙选用中粗沙，模度系数大于 2.5，必要时用 5mm 筛网过筛。石子粒径 5-15mm，必要时用 5mm 和 15mm 筛网分别过筛。

②材料配比

喷射混凝土强度为 C25，水泥：沙：石子：水 = 1：2.3：2.2：0.45。开挖前现场取样送检，根据使用材料试配 C25 配合比。施工时根据试验混凝土配合比通知单配比施工。

③速凝剂

液体速凝剂或粉状速凝剂，初凝时间不大于 5 分钟，终凝时间不大于 10 分钟，28 天强度保持率大于 85%。速凝剂的掺量要严格控制，液体速凝剂 3-4%，粉状速凝剂 3-5%。使用液体速凝剂时须加速凝剂定量输送单元。

6) 混凝土喷射

根据结构要求，按照从下到上的顺序施工，分层喷射混凝土。

施工时要正确地控制喷射机的工作风压和保证喷嘴料流的均匀性。喷射机处的工作风压应根据适宜的喷射速度而进行调整，若工作风压过高，即喷射速度过大，动能过大，使回弹增加，若工作风压过低，压实力小，影响混凝土强度，喷射机的料流要均匀一致，以保证速凝剂在混凝土中均匀分布。喷射完毕，应及时做好表面修整，以方便防水层的施工。

7) 注意事项:

①开挖及支架架设应严格按中腰线控制，防止支架偏移。

②通道底板与隧道结合部位，冻土强度高，作业空间小，容易土体欠挖，土渣清除不干净，使二衬结构薄引起漏水。在开挖施工前对开挖人员进行技术交底，严格按照施工工艺施工。

③在开挖和临时支护过程中，布设通道收敛变形测点（详见监测部分），及时掌握冻结帷幕位移发展速度，通过调整开挖步距和支护强度来控制冻结帷幕的位移量，确保施工安全和施工进度。

④喷射混凝土前，在临时支护层中预埋注浆管，注浆管选用 $\phi 50\text{mm}$ 的焊接管，顶端接管箍，并用丝堵封闭。

⑤浇筑钢管片内格腔混凝土，外露钢构件表面均需涂无溶剂超厚膜型环氧涂料。

(6) 防水层施工

1) 防水材料：采用1.5mm厚EVA合成树脂均质片塑料防水板。

2) 防水层保护：顶拱及边墙在初期支护与防水层间铺设400g/m²的无纺布垫层；底板在初期支护与防水层间铺设一层400g/m²的无纺布垫层，在防水板之上铺设一层400g/m²的无纺布缓冲层，在缓冲层上方再铺设50mm厚C20细石混凝土保护层。

3) 特殊部位处理

①变形缝

顶拱、侧墙及底板变形缝迎水面布置350mm宽中孔型外贴式止水带；

顶拱、侧墙及底板变形缝位置整环设置350mm宽中孔型中埋式钢边橡胶止水带；

在顶拱、侧墙和底板变形缝内侧采用双组聚硫密封胶或单组份聚氨酯密封胶进行嵌缝；并在顶板、侧墙处预留凹槽设置接水盒；

变形缝迎水面均增设一道防水材料加强层。

②施工缝

侧墙、顶拱及底板环向施工缝采用350mm宽中埋式钢边橡胶止水带+预埋全断面注浆管；

纵向水平施工缝采用350mm宽中埋式钢边橡胶止水带+遇水膨胀止水胶，缝结构断面涂刷水泥基渗透结晶防水材料，用量2.0kg/m²；

中板施工缝采用一道20mm*10mm遇水膨胀止水胶；

当无法安装止水带时，施工缝采用一道全断面注浆和两道20mm*10mm遇水膨胀止水胶做法；

施工缝迎水面均增设一道防水材料加强层。

4) 塑料防水板施工技术要求

联络通道采用1.5mm厚的EVA防水板，采用无钉孔铺设双焊缝施工工艺，缓冲层和底板柔性保护层均采用400g/m²的短纤无纺布，与防水板配套使用的材料包括EVA塑料外贴式止水带、注浆系统、塑料圆垫片（暗钉圈）、铁垫片、水泥钉等。

①基层处理

铺设防水板的基面应无明水流，否则应进行初支背后的注浆或表面刚性封堵处理，待基面上无明水流后才能进行下道工序。

铺设防水板的基面应平整，铺设防水板前应对基面进行找平处理，处理方法可采用喷射混凝土或1:2.5水泥砂浆抹面的方法，一般宜采用水泥砂浆抹面的处理方法。处理后的基面应满足如下条件： $D/L \leq 1/10$ ，其中D：相临两凸面间凹进去的最大深度；L：相临两凸面间的最短距离。

基面上不得有尖锐的毛刺部位，特别是喷射混凝土表面经常出现较大的尖锐的石子等硬物，应凿除干净或用1:2.5的水泥砂浆覆盖处理，避免浇筑混凝土时刺破防水板。

基面上不得有铁管、钢筋、铁丝等凸出物存在，否则应从根部割除，并在割除部位用水泥砂浆覆盖处理。

变形缝两侧各500mm范围内的基面应全部采用1:2.5防水水泥砂浆找平。

当底板初衬表面水量较大时，为避免积水将铺设完成的防水板浮起，宜在底板初衬表面设置临时排水沟。

②铺设缓冲层

铺设防水板前应先铺设缓冲层，用水泥钉（或膨胀螺栓）、铁垫片和与防水板相配套的塑料圆垫片将缓冲层固定在基面上，固定时钉头不得凸出垫片平面。固定点之间呈

正梅花形布设，侧墙上的固定间距为800~1000mm，顶拱上的固定间距为500~800mm；底板上的防水板固定间距为1~1.5m；底板与侧墙连接部位的固定间距应适当加密至500mm左右。所有塑料垫片均应选择基层凹坑部位固定，避免固定防水板时局部过紧。

缓冲层采用搭接法连接，搭接宽度50mm，搭接缝可采用点粘法进行焊接或用塑料垫片固定。缓冲层铺设时应与基面密贴，不得拉得过紧或出现过大的皱褶，以免影响防水板的铺设。

③铺设塑料防水板

铺设防水板时，防水板的铺设方向以尽可能少地出现手工焊缝，并不得出现十字焊缝（即不得出现四层材料搭接部位），宜采用沿隧道纵向铺设的方法，具体铺设方向应根据结构形式确定。

防水板采用热风焊枪手工焊接在塑料圆垫片上，焊接应牢固可靠，避免浇筑和振捣混凝土时防水板脱落。焊接时严禁焊穿防水板。

防水板固定时应注意不得拉得过紧或出现大的鼓包，铺设好的防水板应与基面凹凸起伏一致，保持自然、平整、伏贴，以免影响二衬灌注混凝土的尺寸或使防水板脱离圆垫片。

防水板之间接缝采用双焊缝进行热熔焊接，搭接宽度100mm。焊接完毕后采用检漏器进行充气检测，充气压力为0.25Mpa，保持该压力不少于15分钟，允许压力下降10%。如压力持续下降，应查出漏气部位并对漏气部位进行全面的手工补焊。

防水板铺设完毕后应对其表面进行全面的检查，发现破损部位及时进行补焊，补丁应剪成圆角，不得有三角形或四边形等尖角存在，补丁边缘距破损边缘的距离不得小于70mm。补丁应满焊，并采用塑料焊条补强焊缝，不得有翘边空鼓部位，以确保单焊缝的不透水性。

对防水层进行验收合格后，才能进行下道工序的施工。

所有防水板甩槎均应超过预留搭接钢筋最少400mm，也可将甩槎卷起后固定，并注意后期的保护。甩槎过短会导致后期接槎无法操作。

5) 止水带施工技术要求

①止水带采用与防水板同材质的塑料止水带，止水带宽度不小于300mm（具体构造见图）。

②采用外贴式止水带专用焊接机将塑料止水带两端热熔焊接在防水板表面，每道焊

缝宽度不得小于30mm，要求焊接部位牢固、密实、不透水。无法保证焊接质量时，应采用塑料焊条对焊缝进行补强焊接。

③进入现场焊接止水带前，应取0.5~1.0m长度的止水带进行班前试焊，焊接完毕后将两端热熔密封，然后进行充气检测，充气压力0.15MPa，并维持该压力不少于15min，否则应对焊接设备进行检测，并调整焊接工艺，达到要求后才能够进入现场焊接。

④止水带的接头采用现场热熔对接焊接，要求对接牢固、严密、可靠，对接焊接后，接头部位采用厚度2.0mm的自粘层密封胶粘带进行密封加强处理，密封胶粘带在应牢固粘贴在接缝四周的200mm范围内，要求粘贴紧密、牢固、不透水。

（五）结构施工

1、永久支护

永久支护为现浇钢筋砼结构，混凝土强度等级C40，抗渗等级P10。为减少砼施工接缝，联络通道通道开挖及临时支护完成后，一次连续进行浇筑。由于这种结构的特殊性，通道顶板内的砼浇筑较为困难，为提高砼施工质量，采取分段浇筑的施工方式，必要时采用混凝土泵对浇筑空隙进行浇筑。混凝土浇灌时加强振捣，采用内外振捣方式，改善混凝土强度，提高砼密实度。

2、钢筋的进场验收

（1）每批钢筋应具有出厂质量证明书和试验报告单，钢筋表面或每捆（盘）钢筋均应有标识。

（2）钢筋运输至施工现场后，要求进行钢筋翻样，核对钢号、直径、形状、尺寸和数量是否与钢筋翻样单相符；检查每批钢筋的外观质量，钢筋表面不得有裂纹、结疤和折叠，其它缺陷也均应在允许范围内。

（3）在外观检查合格的每批钢筋中任选一根钢筋取试件，作拉伸和冷弯试验。如一项试验结果不合格，在同一批内取双倍试件进行复验，若仍有一个试样不合格，则该批钢筋为不合格品，不得使用。

（4）检查完的钢筋分类堆放。用标识牌标明钢筋规格、产地、检验状态，设专人管理，对不合格的产品应立即退场。

3、钢筋的加工、连接及安装

3.1、钢筋的加工

（1）钢筋加工注意事项

1) 钢筋进场时，应按规定检查产品合格证、出厂检验报告，并按批次抽样做物理力学试验。使用中发生异常（如脆断、焊接性能不良或机械性能显著不正常时），要补充化学成份分析试验；外观检查应平直、无损伤、表面不得有裂纹、油污、颗粒状及片状老锈。

2) 加强对钢筋的管理，按级别、规格分别堆放。严格遵守“先试验、后使用”的原则。对含碳量较高的脆性钢筋不使用碰焊、点焊。

3) 施工过程中如因市场供应的原因或其他因素，钢筋的类别和直径如需调换、替代时必须征得设计单位的同意，并得到监理工程师认可后方可实施。

4) 焊接钢筋使用的焊条、焊剂的牌号、性能以及接头中使用的钢板和型钢均必须符合设计要求和有关规定。

5) 帮条焊和搭接焊：采用双面焊，当不能进行双面焊时，可采用单面焊，（双面焊接不得低于 5D，单面焊接不得低于 10D），帮条级别与主筋相同时，帮条直径可与主筋相同或小一个规格，当帮条直径与主筋相同时，帮条级别可与主筋相同或低一个级别。

6) 对焊或电渣焊：焊接前，焊接夹具的上、下钳口应夹紧在上、下钢筋上；钢筋一经夹紧，不得晃动。

7) 进口的钢筋焊接必须进行化学成份检验和焊接试验，经检验合格后方可使用。

8) 焊接成型时，焊接处无水锈、油渍等。焊接后在焊接处无缺口、裂纹及较大的金属焊瘤，用小锤敲击时，应发出与钢筋同样的清脆声。钢筋端部的扭曲、弯折必须校直或切除。

9) 在钢筋焊接前，必须根据施工条件进行试焊，合格后方可施焊。焊工必须有焊工考试合格证，并在规定的范围内进行焊接操作。

(2) 钢筋调直、切断

1) 采用钢筋调直机调直，调直细钢筋时，要根据钢筋的直径选用调直模，和传送压辊，并要正确掌握调直模的偏移量和压辊的压紧程度，调直后表面伤痕及侵蚀不使钢筋截面积减少。

2) 采用冷拉方法调直钢筋时，Ⅰ级钢筋的冷拉率不宜大于 4%；Ⅱ级钢筋的冷拉率不宜大于 1%。

3) 冷拔低碳钢丝在调直机上调直后，其表面不得有明显擦伤，抗拉强度不得低于设计要求。

4) 钢筋切断时，将同规格钢筋根据不同长度长短搭配，统筹排料，先断长料后断短料，减少短头，减少损耗。断料时应避免用短尺量长料，防止在量料中产生累计误差，应在工作台上标出尺寸刻度线并设置断料尺寸用的挡板。

5) 在切断过程中，如发现钢筋有裂、缩头或严重的弯头等必须切除，断口不得有马蹄形或起弯等现象。

(3) 钢筋弯曲成形

1) 钢筋弯曲前，对形状复杂的钢筋，根据标明的尺寸，用石笔将各变曲点位置划出。

2) 设计要求受力钢筋末端需作 135° 弯钩时，HPB300 级、HRB400 级钢筋的弯弧内直径不应小于钢筋直径的 4 倍，弯钩的弯后平直部分长度应符合设计要求。

3) 受力钢筋作不大于 90° 的弯折时，弯折处的弯弧内直径不应小于钢筋直径的 5 倍。

4) 箍筋弯钩的折角对一般结构不应小于 90°，对有抗震等要求的结构应为 135°；箍筋弯后的平直部分长度：对一般结构，不宜小于箍筋直径，对有抗震等要求的结构不应小于箍筋直径的 10 倍。

5) 钢筋加工的形状、尺寸必须符合设计要求。钢筋的表面确保洁净、无损伤，油污、漆污和铁锈等在使用前清除干净。不使用带有颗粒状或片状老锈的钢筋。

(4) 钢筋加工的允许偏差

钢筋加工允许偏差见下表：

表 4-8 钢筋制作允许偏差、检验数量和方法

序号	项 目		允许偏差	检查单元和数量	单元测点	方法
1	受力钢筋顺长度方向全长的净尺寸		±10mm	按每工班同一类型钢筋、同一加工设备抽检不应少于 3 件	1	用钢尺量
2	弯起钢筋折点位置		±20mm		2	
3	箍筋内净尺寸		±5mm		2	
4	箍筋弯钩尺寸	角度	>135°		2	
		弯后平直部分	>10d			

3.2 钢筋连接的具体要求

(1) 钢筋连接

1) 钢筋搭接部分长度应符合设计要求，且不低于 $35d$ (d 为钢筋直径)，从任一绑扎接头中心至搭接长度的 1.3 倍区段范围内，有绑扎接头的受力钢筋截面面积占受力钢筋总面积的百分率不超过 25%；

2) 在结构砼与钢管片接触部位应按规定焊接锚筋，且纵筋与钢管片搭接处应采用丁字形焊接。

(2) 钢筋的锚固

在墙柱类构件的纵向受力钢筋搭接长度范围内，应按设计要求配箍筋，当设计无具体要求时应符合下列规定：

1) 箍筋直径不应小于搭接钢筋较大直径的 0.25 倍。

2) 受拉搭接区段的箍筋间距不应大于搭接区钢筋较小直径的 5 倍，且不应大于 100mm。

3) 当柱中纵向受力筋直径大于 25mm，应于搭接接头两个端头外 100mm 范围内各设两个箍筋，间距宜为 50mm。

(3) 钢筋接头要求

1) 钢筋的接头宜设置在受力较小处。同一纵向受力钢筋不宜设置两个或两个以上接头。接头末端至钢筋弯起点的距离不应小于钢筋直径的 10 倍。

2) 当受力钢筋采用机械连接接头或焊接接头时，设置在同一构件内的接头宜相互错开。

纵向受力钢筋机械连接接头及焊接接头连接区段的长度为 35 倍 d (d 为纵向受力钢筋的较大直径) 且不小于 500mm，凡接头中点位于该连接区段长度内的接头均属于同一连接区段。

同一连接区段内，纵向受力钢筋的接头面积百分率应符合设计要求；当设计无具体要求时，应符合下列规定：

①在受拉区不宜大于 50%；

②接头不宜设置在有抗震设防要求的框架梁端、柱端的箍筋加密区；当无法避开时，对等强度高质量机械连接接头，不应大于 50%；

3) 同一构件中相邻纵向受力钢筋的绑扎搭接接头宜相互错开。绑扎搭接接头中钢

筋的横向净距不应小于钢筋直径，且不应小于 25mm。

钢筋绑扎搭接接头连接区段的长度为 $1.3l_1$ (l_1 为搭接长度)，凡搭接接头中点位于该连接区段长度内 2 的搭接接头均属于同一连接区段。

同一连接区段内，纵向受拉钢筋搭接接头面积百分率应符合设计要求；当设计无具体要求时，应符合下列规定：

①对梁类、板类及墙类构件，不宜大于 25%；

②对柱类构件，不宜大于 50%；

③当工程中确有必要增大接头面积百分率时，对梁类构件，不应大于 50%；对其他构件，可根据实际情况放宽。

4) 钢筋接头不得设在受拉区域，当无法避免时，应设置在受力较小的 $1/3$ - $1/4$ 跨度内。对于框架主梁接头位置：顶、中梁上部钢筋在跨中，下部钢筋应在支座处；底梁则相反。

(4) 直螺纹连接

套筒由专业生产厂家制作后运至施工现场，经验收合格后方可使用。采用套筒生产厂家提供的配套的直螺纹套丝机加工钢筋，先用直螺纹套丝机将钢筋的连接端头加工成直螺纹，然后通过直螺纹连接套，用扳手把钢筋和连接套拧紧在一起。

连接质量控制

1) 丝头

①钢筋下料时不宜用热加工方法切断，应采用砂轮切割机平头，保证钢筋端面宜平整并与钢筋轴线垂直；不得有马蹄形或者扭曲；钢筋端部不得有弯曲，出现弯曲时应调直；

②丝头有效螺纹长度应满足设计要求；

③标准型接头丝头有效螺纹长度不小于 $1/2$ 连接套筒长度；

④丝头加工完毕经检验合格后，应立即带上丝头保护帽；

⑤丝头表面不得有影响接头性能的损坏及锈蚀；

⑥丝头尺寸的检验：用专用的螺纹环规检验，其环规应能顺利地旋入，环规旋入长度不得超过 $3P$ ；

⑦自检合格的丝头，由现场质检员随机抽样进行检验。以一个工作班加工的丝头为一个检验批，随机抽检 10%，且不少于 10 个。现场丝头的抽检合格率不应小于 95%。

当抽检合格率小于 95%时，应另抽取同样数量的丝头重新检验。当两次检验的合格率不小于 95%时，该批产品合格。若合格率仍小于 95%时，则应对全部丝头进行逐个检验，合格者方可使用。

2) 连接套筒

①连接套筒应按照产品设计图纸要求制造，重要尺寸（外径、长度）及螺纹牙型、精度应符合要求；外观质量：螺纹牙型必须饱满，连接套筒表面不得有裂纹，表面积内螺纹不得有严重的锈蚀及其他肉眼可见的缺陷；

②内螺纹尺寸的检验：用专用的螺纹塞规检验，其塞规应能顺利旋入，塞止规旋入长度不得超过 3p 即三扣丝；

③连接套筒装箱前套筒应有保护端盖，套筒内不得混入杂物；

④连接套筒的外观质量检验应逐个进行；

⑤连接套筒的内螺纹尺寸检验按连续生产的套筒每 500 个为一个检验批，每批按 10%随机抽检，不足 500 个也按一个检验批计算；

⑥连接套筒的抽检合格率不应小于 95%，当两次检验的合格率不小于 95%时，该批产品合格。若合格率仍小于 95%时，则应对全部产品进行逐个检验，合格者方可使用。

3) 接头质量

①钢筋连接工程开始前及施工过程中，应对每批进场钢筋进行接头工艺检验，工艺检验应符合下列要求：①每种规格钢筋的接头试件不应少于 3 根；②钢筋母材抗拉试件不应少于 3 根，且应取自接头试件的同一根钢筋；③3 根接头试件的抗拉强度应符合规定；对于 I 级接头，试件抗拉强度尚应大于钢筋抗拉强度实测值的 0.95 倍；对于 II 级接头，应大于 0.9 倍；

②在进行钢筋连接时，钢筋规格应与连接套筒规格一致，并保证丝头和连接套筒内的螺纹干净、完好无损；

③钢筋接头拧紧后应用力矩扳手按不小于的拧紧力矩值检查，并加以标记。

表 4-9 接头拧紧力矩值

钢筋直径 (mm)	≤16	18~20	22~25	28~32	36~40
拧紧力矩 (N·m)	100	200	260	320	360

接头拧紧力矩值参照《钢筋机械连接技术规程》JGJ107-2010。

④外观质量自检合格的钢筋连接接头，由现场质检员随机抽样进行检验。同一施工条件下采用同一材料的同等级同形式同规格接头，以连续生产的每 500 个为检验批，不足 500 个也按一个检验批计算，每一检验批必须在工程结构中随机截取 3 个试件做单向拉伸试验；钢筋焊接：同一接头形式、同钢筋级别每 300 个接头为一检验批。

4、立模板

4.1 模板设计的主要原则

(1) 首先保证接缝的严密性，然后保证构件的形状尺寸和相互位置的正确性，最后模板的构造相对简单，利于支拆方便；

(2) 保证在施工中不变形，不破坏，不倒塌；

(3) 在确保工期、质量的前提下，尽量减少一次性投入，增加模板周转，减少支拆用工，实现文明施工；

(4) 主体中先浇注通道底板然后在立模板，这样可以增强支撑的稳定性；

(5) 通道顶板与墙同时浇筑，减少施工缝的留置，以满足结构的安全可靠性。

4.2 模板的支设

根据结构尺寸制作木模板、钢模板，拱顶采用加工好的钢模板，通道侧墙及底板采用木模板。立模采用 16#工字钢及 $\Phi 20$ 钢筋制作的碇骨作为模板支撑，间距 900~1200mm，工字钢立设于已浇底板碇面上，底端加横撑，中间用 $\Phi 48$ 焊管加固，碇骨与工字采用螺栓联接。以防浇筑时侧墙内移，工字钢底部加垫一层厚 20mm 的木板增大受力面积，防止支撑下沉。模板安装前每块要用 50mm 的方木加固，间距不大于 500mm。模板就位前应在模板上均匀涂刷脱模剂，按结构特征从一端向另一端顺序安装模板，先安设两侧墙模板，在安装拱顶模板。模板加固前检查模板的垂直度、水平度、标高以及钢筋保护层的厚度，校正合格后，将模板固定。

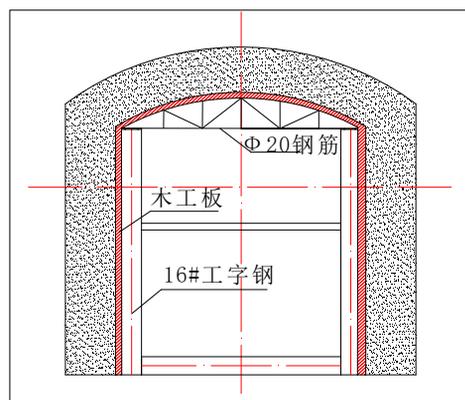


图 4-28 模板安装示意图

5、混凝土浇灌施工

联络通道二衬结构混凝土选用商品防水混凝土，要求混凝土强度等级 C40，抗渗等级 P10。因隧道内长距离运输和结构浇筑时间长，可在混凝土内加入一定量的缓凝剂。混凝土由安装在工作井处的溜灰管输入到隧道口的手推车或翻斗车内，然后运至工作面，通过设置在联络通道位置的地泵将混凝土送入支好的模板内。

为防止混凝土发生离析和硬化现象，隧道内运输混凝土时优先选用翻斗车，缩短运输时间。同时，联络通道底板混凝土浇筑过程中，采用插入式振捣棒反复均匀振捣。侧墙和拱顶部分的混凝土浇筑采用分层分段浇筑的施工方式，并采用外部震捣（即用附着式振动器震捣），以提高工作效率，确保砌筑质量。

5.1 混凝土浇筑顺序及施工缝的处理

联络通道主体结构混凝土浇筑共分两个部分：首先浇筑通道底板，后浇筑通道侧墙及拱顶处混凝土。墙体水平施工缝预留在高于底板表面不小于 300mm 的墙体上，施工缝处采用止水钢板或 350mm 宽中埋式止水带，止水钢板为 30cm 宽 3mm 厚。安装于施工缝正中固定，特殊施工缝（无法安装止水带的施工缝）采用遇水膨胀止水胶加注浆管，施工缝迎水面均设置 50cm 宽的柔性防水加强层。

5.2 通道底板混凝土施工

（1）底板内部结构的插筋严格按放样的尺寸安插，不得遗漏、错位，插筋规格、数量严格按设计图纸要求，并检查预埋件数量；位置是否牢固。经监理验收合格后，方可浇注底板混凝土。

（2）底板混凝土按设计要求控制好配合比，混凝土到现场后应做好到货记录，每批次做好抗压、抗渗试块，并进行标准养护。

（3）混凝土开浇前全面检查准备工作情况并进行技术交底，明确混凝土浇筑部位的次序和混凝土浇筑厚度，混凝土浇筑前清除各种垃圾，施工中严格控制层差，杜绝冷缝出现。浇筑时采用插入式振捣棒振捣，振动器插点均匀排列，以免造成漏振。振动时做到快插慢拔，混凝土分层灌注时，每层混凝土厚度不超过振动棒长的 1.25 倍，在振捣上一层时，插入下层中 50mm 左右，以消除两层之间的接缝，同时在振捣上层混凝土时，在下层混凝土初凝之前进行。使用振动棒时，振动棒距离模板不大于振捣器半径的 0.5 倍，也不能紧靠模板振动，避免碰撞钢筋、预埋件等。加强排水管与钢管片接合位置混凝土的振捣。

(4) 钢筋工、木工加强值班，发现问题及时处理，保证正常施工，交班时应交清振捣情况后才能离岗。

5.3 侧墙混凝土施工

(1) 混凝土浇筑前，做好清仓处理。将仓内各种杂物、纸屑、铁丝、土石块清理干净，混凝土浇筑前对地模进行润湿处理。

(2) 混凝土浇筑方向纵向由新旧的混凝土接触面处向挡头板方向浇筑，竖向分层浇筑，层高为 50-80cm 左右，两侧边墙对称浇筑，控制好两侧混凝土面的高差（不超过 50cm），避免侧墙模板因偏压变形而影响混凝土外观质量。

(3) 混凝土的浇筑方式，采用商品混凝土泵送入模，插入式振捣器振捣。

(4) 严格控制混凝土浇筑速度，浇筑速度不得大于 2.0m/h。

(5) 侧墙施工完毕，按规范要求及时养护。

5.4 拱顶混凝土的浇筑

拱顶混凝土在浇筑过程中，下料要左右对称，高度基本相等，同时用铁锤敲击模板，检查混凝土是否密实，当确认密实后才可继续拔管泵送。混凝土泵送到最后，采取快速抽管堵口法封好拱顶最后一块封板，并用回丝快速堵口，防止混凝土流出造成空洞。

同时，为防止泵送压力过大造成模板支撑体系失稳，在拱顶混凝土浇筑前，须设置导流管，当混凝土灌注满后，会沿导流管溢出，防止泵送压力直接施加到模板上。

5.5 混凝土施工技术要求

(1) 熟悉施工图纸，充分了解和掌握施工及设计要求，做好技术交底，落实岗位责任制。

(2) 底板施工前，将底部的软土或垃圾清除干净，以保证底板结构厚度能满足设计要求。

(3) 板、墙施工时控制好净空尺寸，防止侵线。侧墙宜每边外放 2cm，但应保证侧墙厚度；板面底模标高考虑模板及混凝土自重沉降、净空等因素宜抬高 1-2cm，以保证净空要求。

(4) 主体结构混凝土选用与设计等级相适应的商品混凝土，并须具备高流态的特点，以适应结构混凝土泵送工艺需要和确保结构混凝土质量。

(5) 浇筑竖向结构混凝土前，底部应先填以 50~100mm 厚与混凝土成分相同的水泥砂浆。

(6) 混凝土浇筑的季节措施。在风雨或暴热天气输送混凝土，容器上应加遮盖，以防进水或水分蒸发。夏季最高气温超过 40℃时，应有隔热措施。

(7) 混凝土运送至浇筑地点，如混凝土拌合物出现离析或分层现象，应对混凝土拌合物进行二次搅拌。

(8) 混凝土拌合物运至浇筑地点时的温度，最高不宜超过 35℃；最低不宜低于 5℃。

(9) 本站混凝土采用商品混凝土，混凝土浇筑采用泵送，泵送混凝土应符合下列规定：

1) 由于泵送混凝土的流动性大和施工的冲击力大，因此在设计模板时，必须根据泵送混凝土对模板侧压力大的特点，确保模板和支撑有足够的强度、刚度和稳定性。

2) 浇筑混凝土时，应注意保护钢筋，一旦钢筋骨架发生变形或位移，应及时纠正。混凝土板和块体结构的水平钢筋，应设置足够的钢筋撑脚或钢支架。钢筋骨架重要节点应采取加固措施。

3) 泵送混凝土的浇筑应根据工程结构特点、平面形状和几何尺寸，混凝土供应和泵送设备能力、劳动力和管理能力，以及周围场地大小等条件，预先划分好混凝土浇筑区域。

4) 振捣泵送混凝土时，振动棒插入的间距一般为 400mm 左右，振捣时间一般为 15-30s，并且在 20-30min 后对其进行二次复振。

5) 对于有预留洞、预埋件和钢筋密集的部位，应预先制订好相应的技术措施，确保顺利布料和振捣密实。在浇筑混凝土时，应经常观察，当发现混凝土有不密实等现象，应立即采取措施。

6) 混凝土的供应，必须保证输送混凝土的泵能连续工作；

7) 喂料前，应用中、高速旋转拌筒，使混凝土拌合均匀，避免出料的混凝土分层离析；喂料时，反转卸料应配合泵送均匀进行，且应使混凝土保持在集料斗内高度标志线以上；暂时中断泵送作业时，应使拌筒低转速搅拌混凝土；

8) 预计泵送间歇时间超过 45min 或当混凝土出现离析现象时，应立即用压力水或其他方法冲洗管内残留的混凝土；

9) 当遇到砼压送困难时，泵压力升高、管路产生振动时，不得强行压送，应对管路进行检查，并放慢压送速度或使泵反转。

10) 加强砼的级配管理和坍落度控制，确保砼的可泵性，施工中应按规范严格进行

坍落度检查，若有偏差不合格时，及时与搅拌站联系并处理。

5.6 混凝土浇筑措施

(1) 浇筑混凝土应连续进行。当必须间歇时，其间歇时间宜缩短，并应在前层混凝土凝结之前，将次层混凝土浇筑完毕。若超时应按有关防水要求留置施工缝。采用“一个坡度，薄层浇注，循序推进，一次到顶”的灌注方法来缩小混凝土暴露面，以及加大浇筑强度以缩短浇注时间等措施防止产生浇注冷缝，提高结构混凝土的防裂抗渗能力。

(2) 侧墙混凝土的浇筑必须分层对称地进行，使模板对称受力均匀，避免模板变形移位，以保证结构尺寸的准确性。对于侧墙，模板的安装的稳定性及可靠性见脚手架、符合使用要求。侧墙下部砼采用超长型号的捣固棒捣固。

(3) 混凝土振捣

1) 使用插入式振动器快插慢拔，插点均匀排列，逐点移动，按顺序进行，不得遗漏，做到均匀振实，每点振动 20~30 秒，移动间距不大于振动棒作用半径的 1.5 倍（一般为 300~400mm），振捣上一层时插入下层砼面 50mm，以消除两层间的接缝，以砼表面不再显著下降，不再出现气泡，表面泛出砂浆为准。平板振动器的移动间距能保证振动器的平板覆盖已振实部分边缘。插入振捣器避免碰撞钢筋，更不得放在钢筋上，振捣机头开始转动以后才能插入砼中，振完后，徐徐提出，不能过快或停转后再拔出来，振捣靠近模板时，插入式振捣器机头须与模板保持 5-10cm 距离。

2) 砼振捣均由专业振捣手负责，并防止漏振，班前对振捣区域进行责任承包，施工员给振捣手讲解注意事项，相对分条块浇筑时，振捣人员在分界处振捣过界线不小于 50cm。

3) 在钢筋密集区可采用 $\phi 32$ 小型捣固器，设专人捣固，确保混凝土浇筑质量。要依次捣固密实，应避免漏捣、欠捣及超捣。要注意排除混凝土因泌水在粗骨料、水平钢筋下部生成的水分和空隙，提高混凝土与钢筋的握裹力，防止因混凝土沉落而出现的裂缝，同时又减小内部裂缝，增加混凝土密实度，从而提高抗裂及抗渗性，避免产生渗漏水的路径。

(4) 每节段施工缝在混凝土浇注前必须凿毛及清洗干净。侧墙纵向水平施工缝在续浇前，应灌注与原砼相配的至少 5-10cm 高的水泥砂浆，防止接缝处烂根。

5.7 混凝土的养护

现浇砼在正常条件下通常采用自然养护。自然养护基本要求，在浇筑完成后，12h

以内应进行养护；砼强度未达到 1.2Mpa 以前，严禁任何人在上面行走、安装模板支架，更不得作冲击性或上面任何劈打的操作。

5.8 混凝土的试块制作

(1) 抗压试块。连续浇注砼每 100m³ 或不足 100m³ 时每工作台班（同标号砼）一组标养；结构的底板、侧墙及拱顶分别现场留置一组同条件养护试块，每组三块，养护期 28 天。

(2) 抗渗试块。每连续浇注砼 500m³ 标养试件一组，每结构段留置同条件养护一组，每组六块试件，养护期大于 28 天，小于 90 天。

当对混凝土试件强度的代表性有怀疑时，可采用非破损检验方法或从结构、构件中钻取芯样的方法，按有关标准的规定，对结构构件中的混凝土强度进行推定，作为是否应进行处理的依据，混凝土试块应按照冬季施工混凝土试块数量要求进行留置。

5.9 模板拆除

现场拆除模板时，应遵守下列规定：

- (1) 混凝土强度达到设计强度 60% 才能拆除模板。
- (2) 拆模前应制定拆模程序、拆模方法及安全措施；
- (3) 先拆除侧面模板，再拆除承重模板；
- (4) 组合大模板宜大块整体拆除；
- (5) 支承件和连接件应逐件拆卸，模板应逐块拆卸传递，拆除时不得损伤模板和混凝土。
- (6) 拆下的模板和配件均应分类堆放整齐，附件应放在工具箱内。

5.10 开挖构筑阶段技术措施

(1) 初期支护钢格栅间距为 500mm 左右，掘进段长宜与初期支护钢格栅间距一致，喇叭口处冻结壁为薄弱处，应分步分层开挖，严禁一次开挖成型。

(2) 开挖断面单侧超挖不大于 30mm，开挖中心线偏差不大于 20mm。

(3) 冻结壁暴露时间不大于 12 小时，并要求冻结壁暴露面收敛不大于 20mm。

(4) 初期支护钢格栅垂直度偏差不大于 10mm，标高偏差不大于 20mm，水平高差不大于 20mm。

(5) 钢格栅间距偏差不大于 30mm，支架间拉杆焊接牢固，钢格栅轴线偏差不大于 20mm。

(6) 喷射混凝土厚度不小于 250mm，施工强度 C25，按规范 GB50086 要求进行。

(7) 每天要定时监测初期支护收敛，变形和支护层后冻土温度，发现支护变形或冻土融化应分析原因，及时采取加强措施。

(8) 联络通道开挖应严格控制冻结壁温度升高和变形，可每架 3 榀钢格栅施工一次喷射混凝土，但当温度升高和变形明显时，架设钢格栅后应该立即施工喷射混凝土。

(9) 浇筑完通道混凝土，养护至少 3 天以上，待混凝土强度达到规范要求后才方可开挖泵站。

(10) 联络通道在开挖过程中，检测冻结帷幕的变形，根据变形情况及时调整开挖步距及临时支护方式。检测频率每天 4 次。

(11) 加强临时支护壁后的充填密实，使临时支护层与冻结壁之间没有间隙，可有效控制冻结帷幕的变形。

(12) 在开挖期间不得擅自停止或减少冻结孔供冷。

5.11 收尾工作

(1) 冻结孔封孔

停止冻结后应割除隧道管片上的孔口管和冻结管，隧道管片上割除孔口管深度要求进入管片不得小于 60mm。混凝土管片上割除孔口管或冻结管后留下的孔口应立即用速凝堵漏剂封堵，并预埋注浆管进行注浆堵漏。

冻结孔应用压缩空气吹干管内盐水，用强度不低于 M10 的水泥砂浆压实充填封孔，充填长度应不小于管口以内 1.5m，孔口采用厚度 10mm 的钢板焊接密封，并做好相应的充填、封孔记录。

(2) 钢管片内格腔用 C50 混凝土充填密实，浇筑完成后应抹匀混凝土内表面，使混凝土表面内弧度与原混凝土管片弧度一致，外露钢构件表面均涂厚浆型环氧漆。

(3) 通道地面用 C15 素混凝土做面层。

(4) 拆除隧道内钢支架，再次拧紧特殊衬砌环内所有连接螺栓。

5.12 开挖与构筑质量控制程序

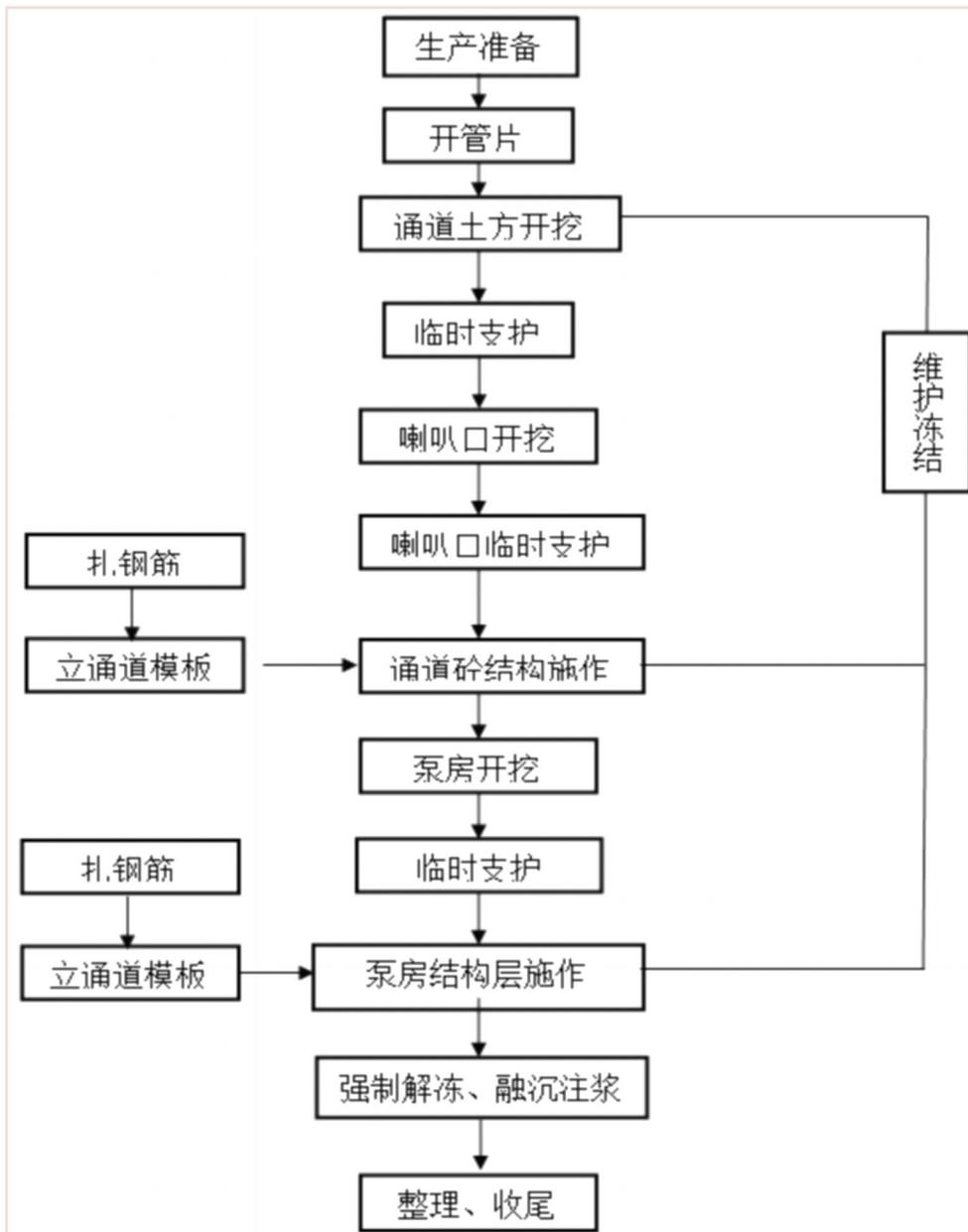


图 4-29 开挖与构筑质量控制流程图

5.13 回填注浆

初期支护背后采用水泥砂浆压浆处理，注浆孔沿拱部及边墙布设，环向间距：拱部 2m，边墙 3m，纵向间距 3m，梅花型布置，注浆深度为初支背后 0.5m，注浆终压 0.5Mpa，压力稳定 3min 后可结束注浆。

初期支护与二次衬砌之间采用微膨胀水泥浆液，注浆孔沿拱部环向间距 3m，纵向间距 5m，梅花型布置，注浆终压 0.2Mpa，水泥浆液的限制膨胀系数不小于 0.25%。

(六) 融沉控制

1、注浆方案及一般规定

联络通道结构施工完成后，考虑到冻结土体将逐渐解冻，为防止上方土体在解冻过程中发生较大沉降，确保地表及管线安全，根据冻结法设计要求及上海城市轨道交通网络建设标准化技术文件《旁通道冻结法融沉注浆加固建设指导意见》(STB-DQ-010004)，须采取自然解冻、跟踪注浆的施工方案。

注浆加固应根据设计要求，采用适当的注浆工艺、注浆材料及注浆工序，注浆过程中应遵照多点、少量、多次、均匀的循序渐进原则，并根据隧道、地面、管线以及建筑物的沉降和解冻温度的监测，适时调整注浆量和注浆时间间隔，确保沉降稳定。

2、融沉控制原则与控制措施

(1) 联络通道位置隧道底部和喇叭口处利用隧道管片注浆孔；

(2) 联络通道结构预埋注浆孔的布置如附图中所示，在联络通道两端喇叭口各布置 1 个注浆断面，通道部位布设四个或多个断面断面；预埋管结构：选用 $\phi 50\text{mm}$ 的焊接管，顶端接带螺纹的管箍，并用丝堵封闭。如下图所示：

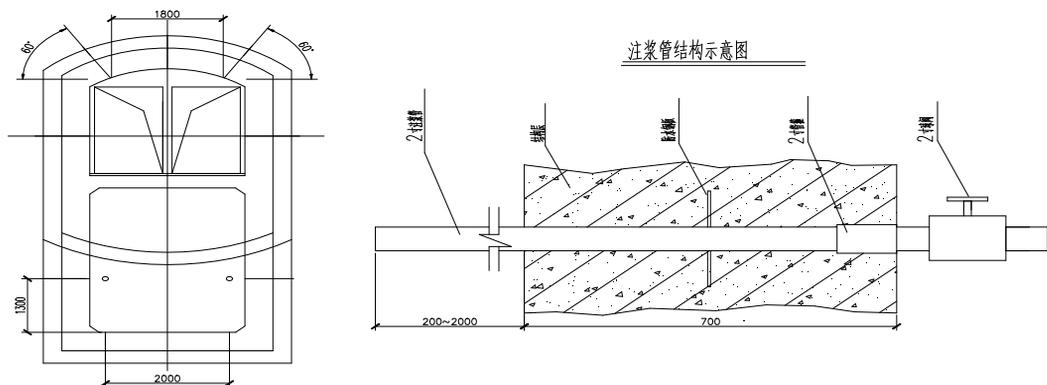


图 4-30 注浆孔布置及结构示意图

3、注浆技术措施

3.1 充填注浆

充填注浆的目的：一是防止冻结壁局部解冻透水后而增加衬砌透水的的可能性，二是通道拱顶混凝土不容易浇注密实，及时充填注浆有利于补强衬砌并减小冻结壁解冻过程中的变形。

(1) 注浆孔布置：采用在结构中预埋的注浆孔及管片上原有注浆孔进行压浆。

(2) 注浆时间：在结构浇筑完毕，封孔结束停止冻结后 3~7 天内，结构混凝土强度达到设计强度 60%以上时开始注浆，直到充填注浆到拱项结束。

(3) 注浆材料：浆液为单液浆，重量配比为：水：水泥=1：0.8~1。

(4) 注浆压力：通道部位注浆压力不得大于静水压力，集水井部位注浆压力不得大于 0.1Mpa。

(5) 注浆顺序：注浆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，直到注到拱项结束。

(6) 注意事项：在注入水泥浆前应先注入清水，检查各注浆孔之间衬砌后间隙是否畅通。

4.2 融沉注浆

(1) 注浆原则

融沉注浆应在充填注浆完成后，根据监测反馈的信息（其沉降报警值设定为-30 mm~+10 mm），迅速组织注浆，并依此控制注浆量。采用在冻结帷幕两侧同时注浆的方式，将整个冻结区域全部进行压密注浆。注浆以少量多次为原则，反复注浆，直至达到控制要求。

(2) 注浆孔布置

采用在联络通道结构中预埋的注浆孔及管片上原有注浆孔进行压浆。详见注浆孔布置图。

(3) 注浆时间

充填注浆结束后，当地层沉降速率大于 0.5mm/d，或累计地层沉降大于 3mm 时应进行融沉补偿注浆。

(4) 注浆材料

浆液为双液浆，材料为水泥与水玻璃混合料。

配合比为水泥浆：水玻璃溶液=1：1，水玻璃溶液采用 B35~B40 加 1~2 倍体积的水稀释；水泥浆的配比为水：水泥=1：1。

(5) 注浆压力

注浆压力不大于 0.5Mpa。

(6) 注浆顺序

根据监测的反馈信息，及时安装每个注浆循环，每个注浆循环按由下而上的顺序进

行，通道底板—通道侧墙—拱项。

（7）注浆施工过程的监测

控制地面的沉降变形是注浆的目的。因此，解冻过程中，要加强地面变形监测。另外，注浆施工过程中，浆液的压力可以通过在相邻注浆孔安装压力表来反映。以上综合监测数据是注浆参数调整的依据。

（8）融沉注浆结束标准

融沉注浆的结束标准为冻结壁已经全部融化，地表沉降连续2次不大于0.5mm/15d，即可停止融沉补偿注浆。

五、监控量测

为了确保水平孔冻结暗挖隧道施工安全优质地按时完成，须对冻结系统、地层和保护结构进行必要的监测，使监测的资料得以及时反馈，指导施工，以便调整施工工艺并采取措施。

（一）冻结施工监测内容

1、水平孔施工监测内容

- （1）钻孔长度；
- （2）铺设冻结管长度；
- （3）冻结管偏斜；
- （4）冻结器密封性能；
- （5）供液管铺设长度。

2、冻结系统监测内容

- （1）冻结器去回路盐水温度；
- （2）冷却循环水进出水温度；
- （3）冷冻机吸排气温度的；
- （4）盐水泵工作压力；
- （5）冷冻机吸排气压力；
- （6）制冷系统冷凝压力；
- （7）制冷系统汽化压力。

3、冻结帷幕监测内容

- (1) 冻结帷幕温度场；
- (2) 开挖后冻结帷幕表面温度；
- (3) 开挖后冻结帷幕暴露时间内冻结帷幕表面位移。

(二) 冻结施工监测方法

1、冻结孔偏斜冻结器密封性能监测

水平冻结孔偏斜的监测使用经纬仪结合灯光进行。冻结器密封性能的监测采用管内注水，试压泵加压的方法试漏，试漏程序符合水平孔冻结器设计要求，每孔测量一次。

2、温度监测

盐水系统和冻结帷幕温度监测，使用测温仪。

制冷系统和冷却水循环以及冻结帷幕帮壁温度使用测温仪并结合精密水银温度计测量，监测频率每天 1~3 次，必要时每 2 小时一次。

3、压力监测

制冷系统和盐水系统的工作压力安装压力表量测，制冷高压系统选用 0~2.5MPa 压力表，中低系统选用 0~1.6MPa 压力表，监测频率，每班一次。

4、盐水液面监测

冻结运转开始前在盐水箱里安装盐水水位报警系统及液位标尺，冻结站值班人员加强盐水液面观察及定期检查盐水水位报警系统，值班人员每 2 小时盐水水位记录一次。盐水箱液面有降幅 10mm，报警系统自动启动。如盐水干管渗漏时，立即停机停泵，对渗漏处焊接加固，并及时恢复冻结；如冻结管渗漏，查找渗漏支管，对渗漏冻结管下套管及时恢复冻结。开挖期间值班人员加强监测，发现异常及时上报、处理。

(三) 地面环境及隧道监测

1、监测目的

(1) 通过将监测数据与预测值作比较，判断上一步施工工艺和施工参数是否符合或达到预期要求，同时实现对下一步的施工工艺和施工进度控制，从而切实实现信息化施工；

(2) 通过监测，及时掌握和提供地表及周边建（构）筑物的变化信息和工作状态，确保本工程联络通道施工期间周边的道路、管线正常运行；

(3) 通过监测及时发现联络通道施工过程中的环境变形发展趋势，及时预报险情，

以便采取措施，达到有效控制施工对道路及管线的影响，防止事故发生；

(4) 将现场监测结果反馈给建设单位、设计单位，使设计能根据现场工况发展，进一步优化方案，达到优质安全、经济合理、施工快捷的目的。

2、监测项目

- (1)地表沉降监测；
- (2)管线沉降及差异监测；
- (3)管片沉降、收敛监测；
- (4)联络通道及泵房开挖支护收敛；
- (5)联络通道及泵房净空收敛。

3、监测仪器

本工程使用监测仪器见下表所示：

表 5-1 监测仪器清单

序号	仪器设备名称	规格型号	精度	单位	数量	生产厂家	标定日期
1	电子水准仪	Trimble Dini03	0.3mm/km	套	2	日本	监测前一周完成
2	全站仪	尼康 352C	1" 1mm+1ppm	套	2	日本	
3	数码照相机	佳能	800 万像素	台	2	日本	
4	收敛仪	20m	0.1mm	台	2	中国	
5	钢尺	30cm	0.1mm	把	2	中国	

4、监测项目及控制标准

本工程中监测控制标准依据《城市轨道交通工程监测技术规范》GB50911-2013 制定，本工程联络通道监测项目及控制标准见下表：

表 5-2 联络通道监测项目及控制值

序号	项目	方法及工具	测点布置	量测频率	控制标准
1	洞内、洞外观察	地质预探、描述，拱架支护状态，建（构）	每一个开挖环一个断面	每次开挖后立即进行	1、人行道 $\leq 20\text{mm}$ ； 行车道 $\leq 15\text{mm}$ ； 速率 $\leq 2\text{mm/d}$ ；

		筑物等观察和记录				差异沉降 $\leq 0.1\%$; 2、普通地表 $\leq 30\text{mm}$
4	预应力支撑	全站仪	联络通道两侧各一道		冷冻开始后	速率 $\leq 2\text{mm/d}$; 不出现积水区域; 管片结构沉降 $\leq 20\text{mm}$;
2	地表沉降	水准仪	在断面中心设置一个监测断面	沿断面中线布设一行纵向监测点	开挖面距量测断面 $0\sim 1B$ 时: 1~2 次/天 开挖面距量测断面 $\leq 2B$ 时: 1 次/天 开挖面距量测断面 $\leq 5B$ 时: 1 次/2 天 开挖面距量测断面 $> 2B$ 时: 1 次/周 基本稳定后: 1 次/月 (B 为隧道开挖跨度)	速率 $\leq 2\text{mm/d}$;
3	拱顶下沉	水准仪		布置不少于 3 个拱部沉降测点		3、管片差异沉降 $\leq 0.04\%L$;
4	净空收敛	收敛仪		断面 1~3 根基线		管片净空收敛 $\leq 0.2\%$; 速率 $\leq 3\text{mm/d}$ 径向变形 $< 15\text{mm}$, 水平、垂直位移 $\leq 10\text{mm}$ 。
5	地面道路、建构筑物、管线变化	水准仪		每 10m 一个测点		

注: 1、当监测值超过有关标准或场地条件变化较大时或有危险事故征兆时, 应加密观测;

2、在施工的不同阶段, 应根据变形量及变形速率对监测频率做适当调整, 当出现下列情况之一时, 应加强监测, 提高监测频率, 并及时向委托方及相关单位报告监测结果:

- (1) 监测数据异常或变化速率较大;
- (2) 存在勘察未发现的不良地质条件, 并影响工程安全;
- (3) 地表周边环境发生较大沉降、不均匀沉降;
- (4) 工程出现异常;
- (5) 工程事故后重新组织施工;

- (6) 暴雨或长时间连续降雨；
- (7) 邻近工程施工、超载、震动等周边环境条件较大改变；
- (8) 周边地表出现突然沉降或较严重的突发裂缝、坍塌；
- (9) 周边地下管线变形突然明显增长或出现裂缝、泄漏等；
- (10) 根据当地工程经验判断，出现其他必须进行警情报送的情况。

5、冻结壁监测

在联络通道及泵房开挖期间每隔 2 小时对开挖断面上部、中部、下部、左部、右部、中心部位井壁温度进行测量，对联络通道及泵房开挖支护拱顶、净空收敛进行监测，监测频率 1 次/天。

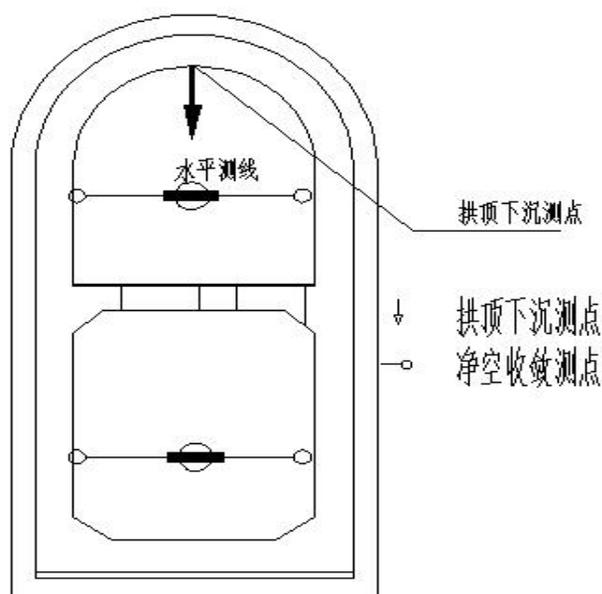


图 5-1 联络通道收敛点布置图

6、地表沉降监测

在联络通道及泵房附近 25m 范围内，联络通道及泵房中心线的地面隆起和沉降量应控制在+10~-30mm 以内。根据监测数据，随时调整监测频率，保证周边环境安全。

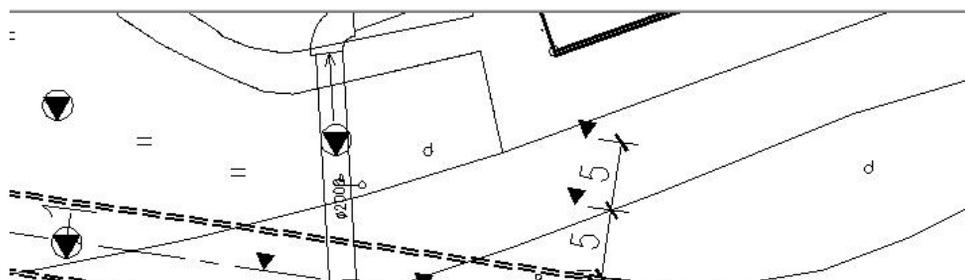


图 5-2 1#联络通道地表监测点布置示意图

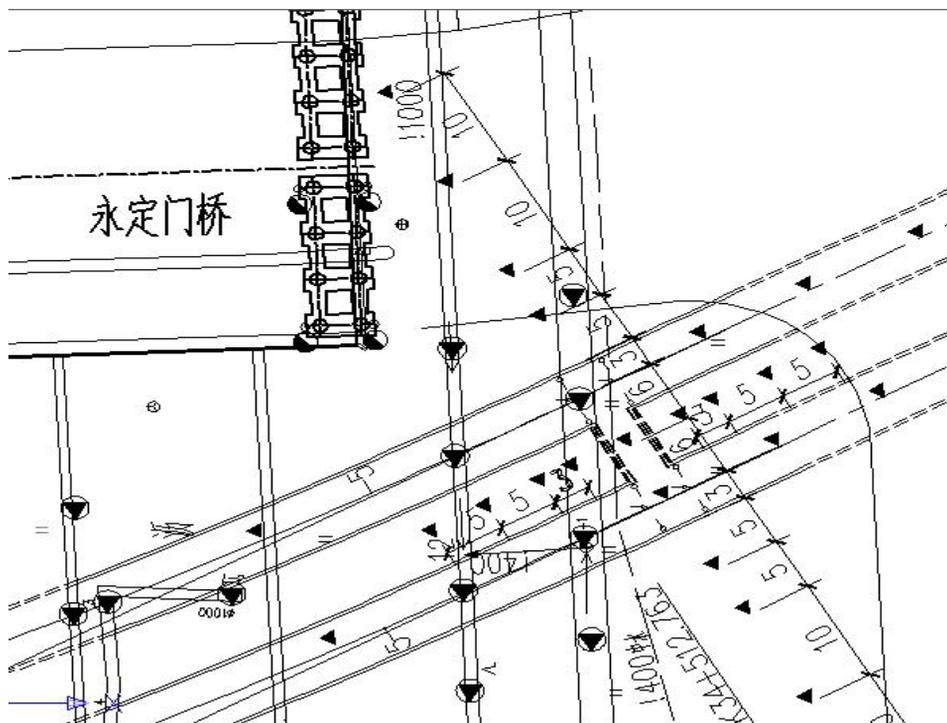


图 5-3 2#联络通道及泵房地表监测点布置示意图

7、地下管线沉降监测

在联络通道及泵房附近 25m 范围内对地表沉降及管线进行沉降监测。

8、隧道收敛监测

对联络通道两侧 25m 范围内，隧道内的水平及垂直方向的收敛变形、沉降变形、防水渗漏进行监测。收敛变形和沉降变形测点每 2 环布设，监测频率同地面沉降监测。

六、安全施工保证措施

（一）现场安全生产、消防、治安施工措施

“百年大计、质量第一”、“工程建设、安全第一”，安全生产始终是项目管理的头等大事。

- 1、制定和实施安全生产责任制，建立健全各项规章制度，并严格执行。
- 2、建立安全生产保证体系，管理有力，保障运行。
- 3、组织工程项目施工的安全教育和技术培训，特殊工种作业人员必须持证上岗，并进行开工前技术交底。
- 4、建立安全检查制度，实行安全生产奖惩制，消除事故隐患，引导职工齐抓共管，提高其安全生产的积极性。
- 5、编制和呈报安全计划、安全技术方案和安全措施，做到组织、制度、措施有效落实。
- 6、加强防火安全，动火前要办好动火证，监护人要在现场进行监护。

（二）现场潜在火灾危险及防范措施

- 1、潜在的火灾危险源主要部位：临时配电点、电气设备及开挖工作面等处设置干粉灭火器或 CO₂ 灭火器。灭火器符合使用场所的条件要求，且不得失效。
- 2、设备试运转前，消防系统配置齐全。
- 3、在易发生火灾的部位设置明显的标志警示，必要时挂设“防火重地”、“严禁烟火”、“禁止烟火”等标牌，并严格管理。任何人员严禁携带火种进入上述防火区域。
- 4、火灾发生时，采取有效措施灭火，并及时向现场消防领导小组汇报；现场消防领导小组及时组织火灾扑救工作，并向公司主管部门以及分管领导汇报。必要时，拨打 119 请求帮助。
- 5、火灾发生时，在组织防灭火的同时，及时疏散现场人员，并对现场进行防护。
- 6、灭火期间发生人员受伤、休克、窒息等情况时，立即采取现场包扎、人工呼吸等方法实施救护，同时拨打 120 实施救助。
- 7、开挖工作面严禁烟火，并在工作面设置灭火器，灭火器符合使用场所的条件要

求，且不得失效。准备压风机一台，一旦发现，立即启动应急措施。

（三）现场潜在触电危险及防范措施

1、在临时配电点等处设置接地装置，电气设备的带电部分设置可靠的防护装置或电气连锁功能。

2、用电设备使用前，检查其绝缘情况，并有专业人员按照操作规程的要求进行操作。

3、任何人员不得对电气设备实施带电检修和维护，必须带电进行检修和维护设备时，须经项目经理批准，在专业人员的监护下进行。

4、操作电气设备时按照规定使用安全防护用品或工具。

5、电工持证上岗，禁止非电工人员装拆电气设备。电气设备的接线要规范，不乱接线。不在任何场所使用电炉。

6、发生触电事故时，在确保救护人员人身安全的前提下，首先切断电源或使触电者脱离电源，然后采用人工呼吸法对触电者实施抢救。

7、及时向公司主管部门以及分管领导汇报。必要时拨打 120 请求帮助。

8、触电事故发生时，在组织救护的同时，及时疏散现场闲杂人员，并对现场进行保护。

（四）氧气瓶、乙炔瓶潜在爆炸危险及防范措施

1、在氧气瓶、乙炔瓶的存放区和使用区等设置干粉灭火器或 CO2 灭火器。灭火器符合使用场所的条件要求，且不得失效。

2、氧气、乙炔瓶实施定点、集中存放，气瓶区周围 10m 范围内严禁明火和其他热源，且通风良好，避免阳光暴晒。氧气瓶和乙炔瓶分区存放。

3、氧气瓶的瓶帽、减压器以及安全阀齐全，且不得沾染油污。乙炔瓶使用时确保有防止回火的安全装置。气瓶应不少于两个减震圈，否则，不允许在地面上滚动。

4、气瓶有合格证，否则，不得使用。

5、施工中使用的气瓶不靠近热源，且氧气瓶、乙炔瓶和明火及时施焊地点之间不得少于 10m 以上的安全距离。气瓶站立使用时防止倾倒的措施，不得敲击或撞击气瓶。

6、严禁在气瓶上焊接引弧或靠近焊接地线使用。

7、当发生气瓶发热时，立即停止使用，并以冷水降温。

8、气瓶发生泄漏时，及时撤离人员，消灭现场的明火和热源，并对泄漏气瓶进行隔离式应急处理。

9、气瓶发生爆炸时，立即疏散和抢救人员，并采取有效措施实施防灭火，并向现场安全工作领导小组汇报；现场安全工作领导小组及时组织抢救和火灾扑救工作，并向公司主管部门以及分管领导汇报。必要时，拨打 119 和 120 请求救助，并对现场进行保护。

（五）高空坠落和物体打击潜在危险及防范措施

潜在的高空坠落和物体打击危险源主要部位：安装吊装工作现场、高空作业场所等。

1、2m 以上的高空作业区域设置明显的安全警示牌，作业人员正确使用安全帽、安全带和安全绳，且安全带严禁低挂高用。若高处作业点不具备挂保险带的条件，设置安全绳或挂设安全网。

2、高空作业所用的跳板两端用铁丝固定牢固，不使跳板位移，跳板的端头不留有超过 0.5m 的探头板。

3、登高用的梯子上下两端固定可靠，且梯子下端有可靠的防滑措施，并在下方设监护人。

4、从高处向地面传递物体使用绳栓牢下方，不得下抛；若有特殊原因必须下抛时必须可能在可能坠落的范围内设置警戒线，并设专人在区域外警戒，严禁行人通过，待警戒人员发出安全信号后，方可下抛。

5、施工现场内的空洞设安全网或改版、围栏发生高空坠落、物体打击事故时，立即停止作业，采用现场包扎、人工呼吸等方法救护伤者，同时拨打 120 实施救护。并立即向分公司安全部门和分管领导汇报。

6、采取措施防止事态扩大，并妥善保护好现场。

（六）现场潜在冻伤危险及防范措施

1、潜在的冻伤危险源主要部位：低温盐水、应急液氮释放和开挖工作面等。

2、冻结期间，操作或检修盐水管路和阀门时，佩戴橡胶手套，防止低温盐水冻伤。

3、当遇到险情，需释放应急液氮时，必须正确穿戴好防护服、防护手套和防护头盔，按照液氮操作规程释放，并加强通风。

4、在开挖施工期间，做好防寒防冻措施，如穿戴防寒服，施工人员每 10~20 分钟

换班一次，不得长时间在低温环境下休息。

5、发生冻伤事故时，立即停止作业，疏散和抢救人员，采用温水等方法救护冻伤部位，严禁揉搓，同时拨打 120 实施救护。并立即向分公司安全部门和分管领导汇报。

（七）冻结孔施工安全防范措施

1、冻结孔施工前，在布孔范围内打若干小孔（ $\Phi 38\text{mm}$ ）探孔，以判断地层是否稳定，是否易喷水、涌砂，以便做好各方面的准备工作。

2、冻结孔开孔分二次进行，以此来控制泥浆泥沙涌出。第一次开孔用金刚石取芯钻头，取芯钻进入管片 300mm，取芯后，安装孔口管及密封装置。第二次开孔在密封装置的保护下进行，穿透整个管片后，及时地密封孔口。钻孔期间大量涌砂、涌水现象无法进行正常钻孔时应立即压紧密封装置，封闭该孔，通过孔口旁通阀注浆。

3、采用强力水平钻机，在条件允许的情况下，优先采用无泥浆钻进。

4、钻孔过程中，严格控制水土流失，最好控制在不大于所有冻结管占用体积量，如流失过多，可在成孔后及时利用密封盒上的注浆管向土体充填压浆。水泥浆采用单液水泥浆。

5、钻孔前，对冻结孔的长度、角度及时校核，并做好记录，钻机找平找正，调整好角度后，及时固定牢固。在钻孔过程中，严格控制冻结管的焊接质量，经检查合格后方可继续钻进。钻进结束后，及时对冻结孔进行测斜、打压检漏试验、复测其深度。及时画出各孔的偏斜图。检漏压力控制在 0.8MPa，稳定 15 分钟为合格。终孔间距超出设计要求的，需打补孔。

6、在冻结孔施工期间，联络通道现场配备 $\Phi 125\text{mm}$ 、 $\Phi 109\text{mm}$ 木楔、棉纱、水泥（3T）、双快水泥（0.5T）等抢险物资。

（八）积极冷冻期间安全防范措施

1、因联络通道的施工危险点多，发生事故损失严重，事故影响大，本工程各联络通道施工用电负荷按二级负荷考虑。位于地面上的现场变电所上源供电采取双电源供电模式。从现场变电所引到各联络通道冻结机组处采取双回路供电。

2、在供水中断的情况下，可利用蓄水箱清水保证冷却用水需求。同时积极联络各方，及时恢复供水。

3、冻结站安装有两套冷冻机组，正常情况下一台运转，一台备用。一旦发生机械

故障，可利用另一台继续维持冻结，同时修复故障机组，及时恢复冻结。平时加强设备的管理与维修，冷冻机运转前安排有熟悉机器性能的设备员对机组进行全面细致的检修，确保其安全性。现场备有各种冻结机组的易损件，配备富经验的制冷机修工人在现场值班，以便及时发现、解决问题。在积极冻结期，当发生停冻后，可通过适当延长冻结时间的方法，以满足冻结帷幕的设计要求；在维护冻结期(开挖阶段)，一台机组运转则满足冷量需求，因机械故障的停车对冻结帷幕的影响并不大。

4、在每个冻结串联支路上的盐水出、入口安装阀门。在冻结过程中，监测各个支路的盐水温差情况，一般各支路的温度差别控制在 2°C 范围内。根据测量温差情况，通过阀门相应地调节各支路的盐水流量，直到各支路的温差满足控制要求。

5、加强对联络通道加固土体区域内的管片的保温。在冻结站的对侧隧道(冻结管的末端处)布置冷冻排管；在此基础上再对整个冻结区域的管片进行铺设保温层保温。在管片与冻结帷幕接合处，布置测温点，有针对性测量冻结情况。

6、加强冻结过程中对盐水浓度的检测，要求其比重控制不小于 $1.26(29.8\text{Be})$ ，其结晶温度在 -38.6°C 。一旦浓度偏小，及时补充 CaCl_2 。

7、加强冻结过程中对盐水箱液面的测量，一旦发现盐水泄漏，及时汇报，并及时对现场所有盐水管路进行检查，首先判断是因冻结管断裂或焊接质量有问题出现的盐水泄漏(此盐水漏入冻结土体内)，还是从冻结胶管或是盐水干管及阀门中泄漏的(此盐水未漏入冻结土体内)。若盐水漏入冻结土体外，直接根据情况及时修复，再恢复冻结；若盐水漏入冻结土体内，则要用排除法进一步确定是哪些组出现了问题，最后确定到具体的冻结管，采用下套管的方法，再恢复冻结。

8、联络通道冻结帷幕内，分别布置4个卸压孔，左、右行线各2个，冻结过程中，加强对卸压孔内压力的观测，当压力上升至 0.3Mpa 时，需及时打开卸压孔，释放因土体冻胀引起的冻胀力，减少对管片的危害。同时在冻结交圈之前，安装预应力支架，进一步控制管片的变形。

(九) 开挖与构筑施工安全防范措施

1、对于因冻结帷幕各部分发展速度的不平衡、冻结土体周围有暗流水流过、冻结管盐水泄漏入冻结土体内、与管片的胶结不好等原因而引起的薄弱点，则在冻结孔期间和冻结期间，积极采取措施，完全得以控制。开挖过程则要求不得超挖，确保冻结帷幕的有效厚度和强度满足设计要求。

2、根据测温孔温度情况，在冻结可能存在的最薄弱部位打若干探孔，以确定冻土强度是否达到设计要求后，方可打开钢管片。

3、联络通道在开挖过程中，检测冻结帷幕的变形，根据变形情况及时调整开挖步距及临时支护方式。检测频率每天4次。

4、加强临时支护壁后的充填密实，使临时支护层与冻结壁之间没有间隙，可有效控制冻结帷幕的变形。

5、为防止隧道变形与破坏，把开口部位的钢管片缝全部焊接；在打开预留钢管片之前，在隧道两侧设有8个支点的钢支架各两榀。

6、安装安全应急门，以防紧急情况发生时使用。

7、在开挖施工前，联络通道冻结设备应配备备用电源、注浆泵、应急沙包（3m³）、水泥（5T）、双快水泥（1T）、棉絮、木板（1m³）等。抢险物资应堆放整齐，搬运方便。

8、开挖过程中，工作面出现不正常现象采取的措施：当发现冻结帷幕变形过大时，则进一步加强冻结，同时减少开挖步距，缩短临时支护间距；当发现有冒砂涌水现象时，应及时采用棉絮、双快水泥、应急砂袋等抢险物资及时充填，必要时用液氮加强局部冻结，控制事故的扩大；当控制无效时，则关闭安全应急门，向通道内打气或注水，确保土体不得坍塌。

9、加强信息化管理，为更好的监控工作面，加强各部门之间的相互联络，强化生产指挥系统，使工作面情况能及时传递，确保施工期间安全、优质、高效运行，在施工现场装内部专用电话和可视探头。

（十）思想保证措施

采取技术表演、技术评比、技术讲座、脱产轮训、上岗教育等多种方式对职工进行质量、安全的思想教育和技术教育，牢固树立安全第一、质量第一、用户第一的思想，坚持贯彻本公司的质量方针与质量目标，坚持照章施工操作。对于特殊工种，进行专业培训考核，持证上岗。实行严厉的奖惩制度，提高职工责任，杜绝事故隐患。

（十一）组织保证措施

实际项目经理负责制，责任到人，从项目经理、班组长到生产工人层层落实。并设立安全与质量管理小组，制定与监督实施有关安全与质量管理制度，收集合理化建议。

七、文明施工、环保综合治理管理体系及措施

（一）文明施工措施

创建文明工地、推行文明施工和文明作业是确保安全生产、树立企业良好形象的基础性工作。实践证明，安全得文明，文明导致安全。必须把创建文明工地，推行文明施工和文明作业为确保施工生产安全、树立企业良好形象的重大基础性工作来抓。创建文明工地、推行文明施工和文明作业，不仅是管理性很强的工作，而且也是技术性很强的工作，同时，它还要求职工具有相应的安全文明生产素质作为其基础，因此，它包括了管理、技术和职工素质培养等三方面工作的建设与发展，而安全文明施工技术是它的重要组成部分。

文明施工不仅是圆满完成工程的一个重要组成部分、共同塑造一个清洁有序文明城市的表现，也是体现施工队伍技术、能力、文化素质的一个侧面。对此，努力从以下方面入手搞好文明施工。

- 1、对全体职工进行文明施工重要性及意义教育，使之成为自觉的行动。
- 2、场地清洁、消防器材齐全到位，从技术上采取切实可行的措施，消除或减少施工可能造成的环境污染及扰民现象。
- 3、职工要做到持证上岗，不违章作业，自检自律，消除安全隐患。
- 4、职工宿舍要实行标准化管理，组织好文明宿舍达标评比活动。
- 5、开展“劳动竞赛”活动，力争精神文明和物质文明建设双丰收。
- 6、工地区域分布合理有序、场容场貌整洁文明施工区域与生活区域严格分隔，场容场貌整齐、整洁、有序、文明、材料区域堆放整齐，并采取安全保卫措施。
- 7、设置醒目安全标志施工区域和危险区域设置醒目的安全警示标志。
- 8、在隧道联络通道站房门口设置“五牌一图”施工标牌
- 9、具有良好的排水系统，设污水沉淀池，妥善处理污水，未处理的污水不得直接排入城市下水道和河流。
- 10、控制工地的尘土、废气、废水和固体废弃物，清理高处废弃物宜使用密封式管道或其它防尘的方式，定期清理废弃物。

（二）冬雨季施工措施

冬季要提前做好管路防冻保暖措施，确保各类管路畅通。在雨季、汛期施工要加强

工作井的排水，确保各项施工的顺利进行。由于联络通道位于隧道最低点，极易造成隧道雨水倒灌，在区间洞门设立 40CM 钢板挡水板。在端头井配备抽水泵，每天派专人巡视一次。

（三）环境控制保证措施

1、噪声控制

施工期间主要的噪声来源是施工机械、施工活动和运输车辆。采取的控制措施为：

（1）施工现场的高噪声主要来源于冻结机组，我们将冻结站内所有设备全部放进隧道内。在地面的设备如噪声超标，需配备和安装相应的消声和屏蔽设施。

（2）采取措施，保证在各施工阶段尽量选用低噪声的机械设备和工法。并且在满足土层施工要求的条件下，尽量选择低噪声的施工机具，避免使用高噪声的机械和工法。

（3）在距居民较近的施工现场，对主要噪声源如空压机、挖掘机、钻机、卷扬机等采用有效的吸声、隔音材料施做封闭隔声或隔声屏，使其对居民的干扰降至规定标准。

（4）对易产生的噪声的施工，尽量安排在白天施工，如要在夜间施工，需经批准领取“夜间施工许可证”。

（5）噪声超标时一定采取措施，并按规定缴纳超标准排污费。对超标造成的危害，要向受此影响的组织和个人给予赔偿。

2、水污染控制

施工期间的水污染来源主要是施工泥浆水、车辆冲洗水、施工人员生活污水、雨季地表径流等。对施工用水采取以下控制措施：

（1）在工程开工前完成工地排水和废水处理设施的建设，并保证工地排水和废水处理设施在整个施工过程的有效性，做到现场无积水、排水不外溢、不堵塞、水质达标。

（2）在季节环保措施中制定有效的雨季排水措施。

（3）根据施工实际，避免废水无组织排放、外溢、堵塞城市下水道等污染事故发生的排水应急响应工作方案，并在需要时实施。

（4）施工现场设置专用油漆料库，库房地面做防渗漏处理，储存、使用、保管专人负责，防止油料跑、冒、滴、漏污染土壤、水体。

3、大气污染控制

大气的主要污染源有：运输、开挖、燃油机械等。采取的控制措施：

（1）对易产生粉尘、扬尘的作业面和装卸、运输过程，在条件允许的情况下设置

防尘棚，制定操作规程和洒水降尘制度，在旱季和大风天气适当洒水，保持湿度。

(2) 严禁在施工现场焚烧任何废弃物和会产生有毒有害气体、烟尘、臭气的物质，熔融沥青等有毒有害物质要使用封闭和带有烟气处理装置的设备。

(3) 水泥等易飞扬细颗粒散体物料应尽量安排库内存放，堆土场、散装物料露天堆放场要压实、覆盖。

(4) 选择合格的运输单位，做到运输过程不洒落；车辆出场冲洗车轮，减少车轮携土。

4、固体废弃物控制

固体废弃物的主要来源是工程弃土、建筑废料和生活垃圾。土方外运严格按照有关规定办理。

对于开挖时产生的渣土，用翻斗车运出隧道，统一处理。按照市有关文明施工要求，弃土车辆驶出施工场地或弃土场必须经洗车台冲洗干净后才能上路，并由专人负责检查督促，实行责任到人。选择有资质的运输单位，及时清运施工弃土和余泥渣土，建立登记制度，防止中途倾倒事件发生并做到运输途中不洒落。

(四) 消防治安综合治理

1、综合治理领导责任制

为确保社会稳定，维护企业内部治安秩序，保一方平安，根据中央五部委 93（16）号和综治工作领导责任制《实施细则》制定。

(1) 将综治工作纳入党政议事日程，定期部署，建立、健全综治工作机构，落实经费。

(2) 综治工作常抓不懈，经常组织有关人员对本单位治安情况进行分析，针对存在问题采取相应措施。

(3) 组织和领导治安、防火工作的展开，并检查督促、定期考核。

(4) 及时处置各类突发性事件、事故，对重大事件（故）视情况亲自到场，妥善解决问题，并及时向上级报告处理情况。

(5) 将综治工作业绩与干部任期目标考核同经济利益相挂钩。

(6) 完成综治工作目标。

(7) 不发生影响企业经济、社会治安稳定的重大事件，特大灾害性事故、特大火灾。

(8) 刑事、民事案件发案数控制在公司两年（去年和前年）的平均水平内，力争有所下降。

(9) 领导公司全员开展社会治安群防群治活动，实现严控员工违法犯罪率按上级规定要求达标。

(10) 领导单位计划生育工作，职工“四项”节育措施。

2、综合治理保证措施

认真贯彻党中央、国务院、全国人大常委会关于加强社会治安综合治理的决定，努力做到群防群治，条块结合的原则，管好自己的人，看好自己的门，做好自己的事，创造一个良好的施工生产秩序和社会治安秩序，做到工地安全、工人放心、施工文明，提高施工企业社会治安综合治理水平，积极推进建筑工地综合治理工作稳步健康发展。

(1) 施工现场和生活区宿舍按规定要求布置防盗措施，使用保险门锁，各层号配备有效的灭火器材。

(2) 工地有消防管理网络（上墙），消防制度齐全，落实三级动火审批手续。

(3) 加强现场防火力量，按照业主要求及其它相关要求布置灭火设备，现场设兼职消防员，落实防火责任制；消防设备配备合理，性能完好可靠，油库、危险品仓库等重点部位应配备足够数量种类合适的灭火器材。

(4) 消防栓、消防器材周围畅通不得堆物，消防器材应有专人负责维护管理。

(5) 焊割作业点与氧气瓶、乙炔瓶的距离不得少于 10m，使用时两瓶距离不少于 5m，氧气瓶和乙炔瓶的安全附件完整有效。

(6) 治安工作必须坚持“预防为主，确保重点，打击敌人”的指导思想，保证工程建设过程的安全。

(7) 治安综合治理工作列入施工大纲，贯穿于施工全过程，保障在整个合同期内，提供、维护正确的安全保卫措施。

(8) 落实治安综合治理领导责任，综合治理工作网络要上墙，完善安全防范制度，实行逐级负责制，将综合治理工作落实到班组、个人，加强门卫制度和巡查制度，在工地实行一天 24 小时的安全保卫工作，并与当地的公安机关合作落实各项规章制度。

(9) 现场设施做到防范要求，保卫部门参与现场布置设计，加强办公室、更衣室及施工现场综治管理；办公室、更衣室、仓库等要严格按照公安局规定管理，工地现场禁止酗酒、吸毒、私藏枪支器械。

(10) 分包工程要有治安承包责任协议书，按规定进行资格审查，加强外来分包队伍民工管理，外来施工人员证件齐全（身份证、暂住证、就业证、健康证）。

(11) 开展“四防”（防火、防盗、防破坏、防治安灾害事故）宣传教育。

(12) 施工工地应与本地区搞好共建联防工作，定期协商，充分利用地区的力量共同做好施工期间的治安保卫工作。

(13) 现场防范，强化自防自管意识，防止人身伤亡事故，防止火灾，重点区域责任明确，人员到位，并组织人员巡逻，同时，项目部根据工程的需要，建立义务消防队，定期和不定期开展正确性业务知识培训。

3、市容环卫保证措施

在工程施工中对市容环境做到：责任人卫生包干挂牌，并在施工场区设置市民监督挂牌制度，主动要求市民进行监督、投诉，并设置投诉箱，发放便民征询单。在以下的措施中保证市容环境良好。

(1) 对施工现场进行全封闭的隔离，场区设置出入口。

(2) 施工区域外的交通道路除与施工区域严格分隔以外，应按交通配合会议和施工组织设计要求严格实施。施工的沿线配备市公安局交警总队统一制作的交通标志。施工路端设置禁止车辆驶入的交通禁令标志。

(3) 施工场区附近的街坊、商店出入口严格按照施工要求和交通配合会议要求实施，确保沿线各出入口畅通，并保证道路平整无积水。

(4) 施工现场应按施工组织设计设置排水系统，严禁把泥浆直接排入窰井和施工通道的隔离围护的外侧。

(5) 对于施工现场的废水、尘毒、噪声、震动进行有效的控制，保证居民交通安全、不污染环境、不破坏生态、切实做到便民、利民、不扰民。

(6) 除每天对施工现场的垃圾、落土有效的控制外，还将采取保洁措施，做到沿线清洁卫生，文明施工。

4、雾霾预警应对措施

项目部将高度重视空气重污染天气应对工作，根据天气预报及政府发布天气内容，积极将预警信息和工作要求全面进行传达。雾霾预警分为蓝色、黄色、橙色、红色预警，黄色预警以上等级（包含黄色预警），则减少室外作业，坚决杜绝土方施工及拆除作业，坚决遏制扬尘违法的发生，现场启动应急小组进行渣土覆盖检查，施工现场清理。

八、质量管理体系及措施

在施工过程中，必须严格按照有关设计图纸和设计文件施工，严格执行国家和行业规范、规程、质量标准及有关规定，按照 ISO9001 质量管理体系要求进行施工质量控制。并采用最新的冻结施工设备、技术，组织安全、文明施工。以达到施工安全、优质、快速、高效，争创全优工程。为了实现这一目标，根据 ISO9001 质量管理体系要求，建立行之有效的施工现场质量保证体系。

（一）思想保证体系

采取技术表演、技术评比、技术讲座、脱产轮训、上岗教育等多种方式对职工进行质量、安全的思想教育和技术教育，牢固树立安全第一、质量第一、用户第一的思想，坚持贯彻本公司的质量方针与质量目标，坚持照章施工操作。对于特殊工种，进行专业培训考核，持证上岗。实行严明的奖惩制度，提高职工责任，杜绝事故隐患。

（二）组织保证体系

实行项目经理负责制，责任到人，从项目经理、班组长到生产工人层层落实。并设立安全与质量管理小组，制定与监督实施有关安全与质量管理制度，收集合理化建议。

（三）过程保证体系

严格按照程序文件、作业指导书、工艺规程和工程管理制度组织施工。抓好施工组织设计会审，施工措施编制、审批、贯彻、材料与设备管理，工序控制，质量检验把关，工程计量等各个环节，及时收集整理施工资料和听取有关方面意见，发现问题，立即处理。

（四）检验保证体系

由项目经理组织职工对工程的安全、质量进行自检和互检。由公司安全与质检部门派人进行专门的安全、质量监督检查。

九、工期计划及资源配置

1、施工进度计划

根据业主对本标段联络通道工程的工期要求，同时我单位参照以往同类工程经验，

对本工程进行了详细分析，对本标段工程的进度计划进行了详细的编排，拟确定本标段工程总工期 100 天全部完工，具体各联络通道工期详见附表施工进度网络图。

2、施工进度计划图

详见附图 6《施工进度计划图》。

3、关键工期节点

根据施工进度计划图，本标段联络通道工程关键工期节点为钻孔工期、积极冻结、开挖工期等，施工过程中合理规划，保证关键节点工期顺利完成。从而保证总工期。

4、工期保证措施

(1) 由项目总工程师全面负责该项目的施工技术管理，及时解决施工中出现的问題，以方案指导施工。实行图纸会审制度；采用新技术、新工艺，尽量压缩工序时间；实行技术交底制度；对各个施工过程做好跟踪技术监控，发现问题及时现场就地解决，防止工序检验不合格而进行返工，延误工期。

(2) 对该工程所需的机械、设备、技术人员、劳动力、材料、资金等资源给予优先保证；对施工机械将做到统筹安排、统一调配、合理使用；制定严格的材料供应计划，根据现场的施工进度情况保证各施工段材料的及时供应，杜绝停工待料的情况出现耽误工期；做好冬季、雨季的材料采购工作，对在恶劣气候条件下必须使用的材料进行充分预购，进场的钢筋随时遮盖，防止锈蚀。

(3) 开工前，严格按照《工程施工承包合同》总工期要求，提出工程施工总进度计划，并进行认真审查；逐月（周）编制出具体的工程施工计划和工作安排；对生产要素认真进行优化组合、动态管理；缩短筹备时间，边筹备，边施工。全线施工，多头并进；在整个工程的实施过程中，坚持“以日保周，以周保月”的进度保证方针，确保总工程进度计划的实现。

(4) 建立合理配套的风、水、电等辅助作业线，保障施工生产的顺利进行。

(5) 避免工序交叉、交通运输困难的应对措施。

(6) 雨季施工保证工期措施

1) 切实做好避雷装置和防漏电措施。对电器、线路、设备进行检查，防止漏电，避免触电事故。

2) 大型设备的走行线路应密实，并满足其相应的安全要求。

3) 作业人员，尤其是高处作业人员要防止滑跌事故。

4) 在潮湿、多水的基坑内作业应穿胶鞋。

5) 雷雨季节要做好设备和人员的防雷措施。

6) 雨季、台风季节,对龙门吊等加强检查,防止发生危险。

(7) 备齐防雨、防洪、防汛、防台风设施,加强对现场便道检查和养护工作,保证雨季运输道路畅通;加强对各种临时设施的巡查,确保临时房屋、用电、用水等设施完好。

(8) 制定雨季施工材料的采购计划,增加材料的储备数量,防止因降雨而停工待料的情况发生。并随时检查材料堆场的封闭状态,漏雨破损之处及时进行修补。

(9) 节假日劳动力安排

1) 本工程施工期间,为确保工程工期,故节假日不休息。由于该工程施工工期较长,其间经历多个国家法定假日,节假日期间为了确保施工生产的正常进行,实行轮班制。

2) 主要管理人员和各工种技术骨干原则上节假日期间不得离开岗位,如确需离开工作岗位,则应有得力的替代者。

3) 节前应备足工力,按施工要求留有一定的余地,防止因工作人员的离开而影响生产。

4) 项目部将在节日之前,工程不紧张阶段,分批安排部分人员回家探亲,并按公司规定的时间按时返回单位。

5) 节日来临之前,加强员工的思想政治工作,让员工从思想上认识到本工程的工期十分紧张,以及现代建筑市场竞争的激烈,工程来之不易,让员工正确处理好公司与个人之间的关系。

6) 节日期间施工,项目部将给工地施工人员发节日慰问金,并安排好节日生活,让员工在工地上既能过上愉快的节日,又能安心地从事施工生产工作。

十、施工应急预案

(一) 应急组织机构及职责

1、应急组织机构

为有效应对天桥站~永定门外站区间联络通道施工过程中的突发事故或应急事件,项目部成立以项目经理为组长,项目其他领导班子成员为副组长,各部门负责人为组员的应急抢险组织机构,当安全事故发生后,各有关职能部门要在应急抢险救援领导小组

的领导下，按要求履行各自的职责，做到分工协作、密切配合，快速、高效、有序地开展应急救援工作。本工程的应急抢险组织机构如下：

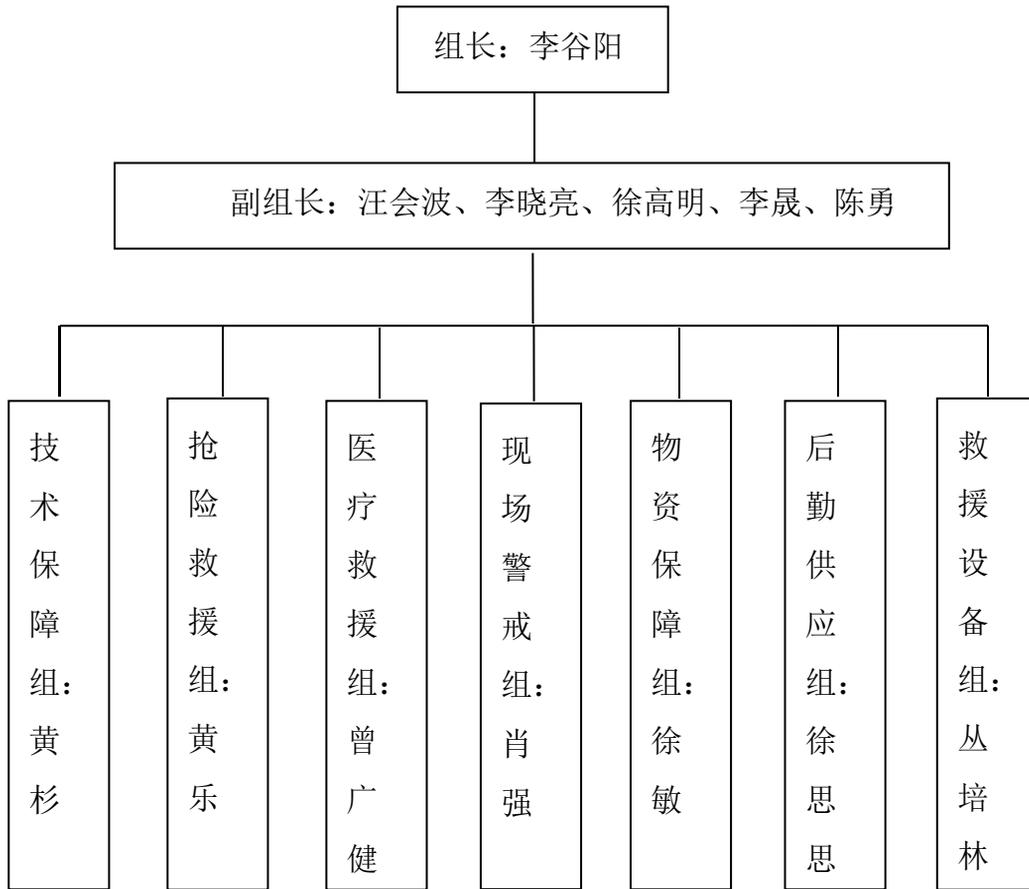


图 10-1 应急抢险组织机构图

相关人员联系方式见下表：

表 10-1 应急组织机构相关人员联系方式

姓名	职务	联系电话
李谷阳	项目经理	18600227122
汪会波	党工委书记	18210618722
李晓亮	总工程师	18640555822
徐高明	生产副经理	18608409696
李 晟	生产副经理	13897906693
陈 勇	安全总监兼安质环保部部	13875802689
徐 敏	物机部部长	15671715997
黄杉	工程管理部部长	13677360346

姓名	职务	联系电话
徐思思	综合部部长	18614036929
黄乐	作业队队长	18642807908
曾广健	财务部部长	18674710567
丛培林	机电部长	18670497771
肖强	安质部负责人	15874155537

2、抢险救援领导小组职责

(1) 组长：接到突发事件应急救援险情报告后，首先用电话向上级领导汇报，告知伤员人数和伤者受伤部位及事故地点、联系电话，并指挥突发事件抢险领导小组成员立即启动紧急救助预案。

(2) 副组长：按项目经理指令及现场报告的情况，召集抢险领导小组成员按照预案分工实施抢救工作，小组成员和抢险救援小分队人员正确有序地组织抢险救援，同时做好与外界的协调工作。

(3) 技术保障组：负责在技术方面制定有效的抢救方案，并妥善安排组织抢险救援。

(4) 抢险救援组：负责组织抢险队员立即赶到事件现场抢救伤员或加入到抢险工作。

(5) 医疗救护组：负责及时联系“120”或“119”急救电话，报告事故地点及伤员受伤情况，并安排护送伤员到医院。

(6) 现场警戒组：负责组织现场安保人员进行警戒，维护现场秩序。并负责与派出所取得联系，取得公安部门的支援。同时负责与配合抢险和提供救援的单位取得联系，通报突发事件求得援助。

(7) 物资保障组：负责组织人员运送抢险所需物资至突发事件现场，避免由于物资保障供应不及时而影响救援工作的开展。

(8) 后勤供应组：负责组织人员做好生活、生产、后勤保障工作。

(9) 救援设备组：负责组织机械人员，启动应急抢险救援备用的发电机、抽水机、通风机、起重机、电焊机、灭火器等机械设备。

(二) 应急响应

1、应急响应分级

(1) 根据事故的性质、严重程度、事态发展趋势和控制能力，事故应急响应实行三级响应机制。

- 1) 一级响应：发生重大及以上安全事故，或发生影响严重的较大安全事故。
- 2) 二级响应：发生较大安全事故，或发生影响严重的一般安全事故。
- 3) 三级响应：发生一般安全事故。

(2) 根据响应级别，现场救援行动实行分级指挥和领导。

1) 一级响应的事故救援，由集团公司主管领导负责指挥和领导，集团公司相关部门参加。

2) 二级响应的事故救援，由集团公司副职领导负责指挥和领导。集团公司相关部门参加。

3) 三级响应的事故救援，由项目经理负责指挥和领导。集团公司相关部门派人参加。

2、应急预案的响应流程

根据本区间联络通道施工的特点及其地质水文、周边环境情况，认真组织对危险源和环境因素的识别和评价，特制定本项目发生紧急情况或事故的应急措施，开展应急知识教育和应急演练，提高现场操作人员的应急能力，减少突发性事件造成的损害和不良环境影响。应急准备和响应流程见图 10-2。

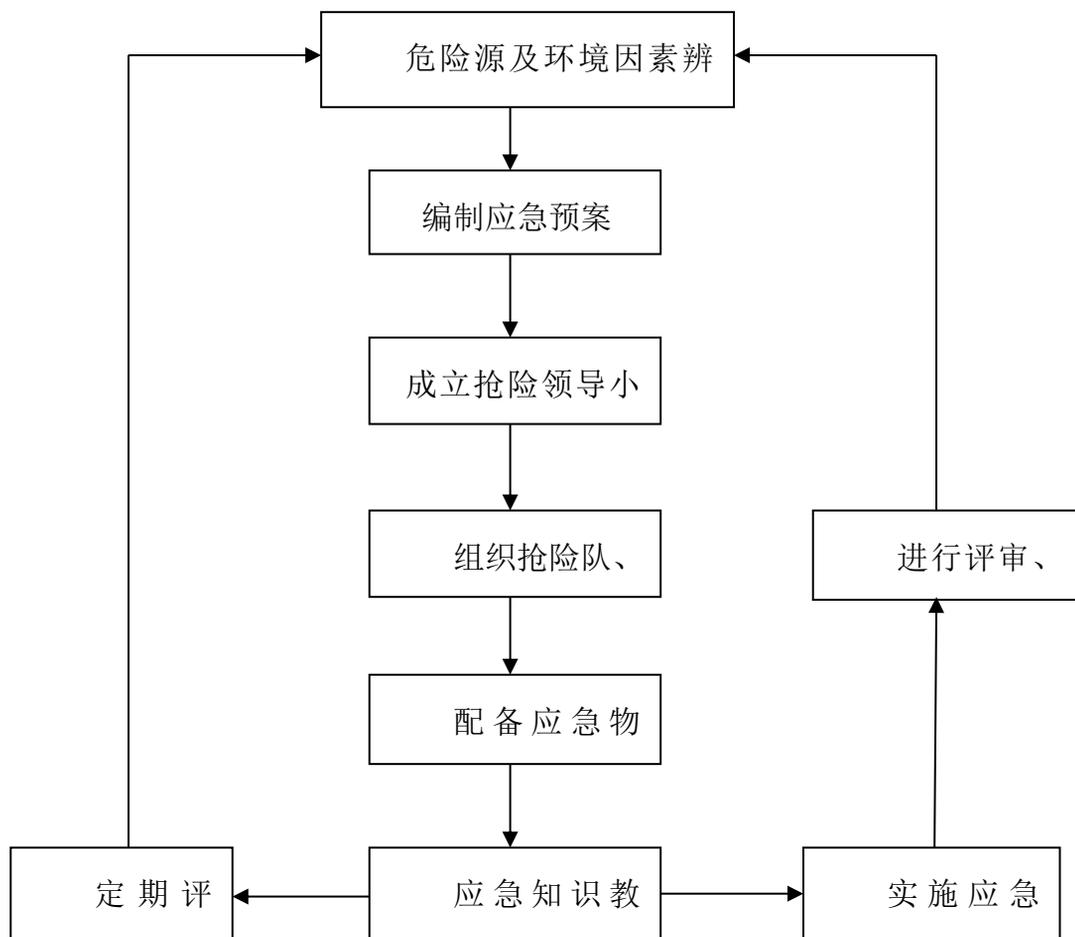


图 10-2 应急准备和响应流程图

(三) 应急处理方案

针对事故中可能发生的紧急情况，编制处理方案。事故发生后根据相应的事故进行处理。

1、冻结孔施工应急预案

为确保本工程在冻结孔施工时发生紧急情况（涌水、喷砂）后，我项目部能迅速有效地组织相关人员对情况进行有效控制，进而将事故风险降低到最小程度。值班人员发现有喷砂现象，由下至上汇报至项目部、总包、业主、监理。根据现场情况，迅速按照应急预案制订相应的抢险措施，并同步安排人员，组成各小组，各司其职。现场视情况用应急材料进行封堵，并跟踪注浆，增加联络通道的各项监测频率。

2、开挖与构筑施工应急预案

在开挖与掘砌过程中，抢险物资应堆放整齐，搬运方便，一旦出现险情封闭开挖面，继续冻结。

开挖施工时，联系好液氮储备单位，在开挖时有渗水点，立即停止施工，采用棉絮和双块水泥封堵或液氮强制制冷直至恢复开挖。

施工过程中，如发现涌水、涌砂，在上述抢救措施无效时，关闭安全门，从预留阀向内注浆，然后继续冻结。

下表为本区间联络通道施工过程中风险源分析及主要应对措施：

表 10-2 风险源分析措施一览表

序号	施工工序	主要风险点	主要措施
1	冻结孔施工期	联络通道所处土层主要为卵石层，且有承压水，冻结孔施工时涌水冒砂的风险	施工冻结孔时安装可靠的孔口防喷装置，保证冻结管材质和焊接质量，冻结孔施工完成后进行打压试验
2	积极冻结期	冻结期间可能会出现冻结管断裂，盐水漏失风险；冻结期间有可能产生较大的冻胀力，使隧道管片产生附加变形；冻胀使地面上抬隆起，影响管线正常使用	在盐水箱位置安装液位指示报警装置，时刻监测盐水箱异常情况，出现盐水漏失现象及时关闭对应冻结管阀门；冻结期间加强隧道管片收敛变形监测，及时安装隧道预应力支架，并根据变形情况调整预应力支架上面的螺旋千斤顶；冻结帷幕交圈完成后及时卸除卸压孔压力；冻结期间加强地面及管线沉降变形监测
3	人工开挖期	开挖时如冻结帷幕未达到设计厚度，冻结帷幕变形过大导致冻结帷幕失效，地面塌陷；开挖变形导致冻结管变形断裂，开挖工作面盐水渗漏；开挖期间停电，冷冻机等设备出现故障停机	根据温度监测情况进行分析，冻结帷幕平均温度、厚度均达到设计要求，防护门安装完好后再进行开挖，泵房开挖时先施工探孔，确认冻结效果良好后再进行开挖；冷冻机、盐水泵留有备用，采用双回路供电或备好发电机
4	冻结封孔期	冻结孔封孔时在割除孔口管期间出现涌水涌砂，严重时导致隧道土层应力重新分布，隧道结构破坏，地面沉降过大	冻结封孔应按照冻结管分组情况逐次进行，每组冻结管停止循环盐水后，应立即割除孔口管和冻结管，迅速进行有效封堵

5	融沉注浆期	跟踪注浆不及时导致地面及管线沉降过大	及时进行充填注浆和跟踪注浆，跟踪注浆期间保持地面监测，注浆直到地层稳定、冻土融化完毕后再停止；注浆结束时，做好注浆管的封堵
---	-------	--------------------	---

3、救援队伍的组成

(1) 应急队伍

为确保本区间联络通道的施工安全，项目部根据实际情况选择具有较强实力的抢险队伍，抢险队伍具备着丰富的地下施工抢险、注浆堵漏、地面跟踪注浆等经验。应急注浆队伍全过程跟踪推进，24小时随时待命，根据本工程的实际情况，应急队伍能够立即作出反应。

(2) 应急注浆

当地表发生持续沉降或累计沉降接近报警值时，在隧道相应的位置进行补压浆施工，首先在注浆孔上安装防喷球阀，再在球阀的保护下钻通注浆孔，然后拔出钻杆，安装注浆管路及接头，开始注浆。注浆压力不超过 0.5MPa，注浆材料一般为单液浆或双液浆，根据现场实际情况调整注浆材料。其注浆的范围和部位视隧道埋深而定。当注浆完毕，通过监测，仍发现有沉降的现象，必须进行二次补压浆施工：

1) 二次补压浆施工方法：

①先安装防喷球阀，用铁锤将注浆钢管打入土体中。

②为使注浆管不让土体堵塞，在注浆管打入后重新拔出，清除注浆管内的土体后再一次打入。

③安装好注浆接头，开始进行压注工作。

④为使注浆达到比较理想效果，在注浆管前端 500mm 范围的管壁上钻直径 15~20mm 孔，另使其在压注时浆液的均匀分布。

2) 注浆视情况采用单液浆或双液浆

3) 施工监护

根据分析确定的危险位置，加强该危险点前后 15 环范围位置的监测和适当范围的临时围蔽保护工作，加强人员巡视，确保地面人员、车辆和构筑物的安全。监测频率：1 次/2 小时，当施工完毕，仍需进行监测，频率为：3 次/天。遇到特殊情况监测频率需加密。

（3）紧急联络措施

在任何情况下，必须事前联络好有关行政部门或单位，发现险情能迅速达到抢险目的，该项工作将在正式施工前加以落实。

（4）施工质量

注浆等回填工作必须使地表处于稳定状态，经一段时间监测后，确认地表稳定为止。否则仍需进行二次注浆回填加固施工。

（5）教育与检查

联络通道施工人员的安全意识和自我保护能力的提高是减少生产安全事故的一个重要方面，因此要加强施工人员的安全思想教育，集团公司月度检查 and 安全教育，针对每个班组安全工作的特点，施工危险因素，做成汇报材料向一线职工交底。

集团公司及项目部建立定期检查制度，联络通道施工执行领导带班下井及班前班后会议制度，现场值班人员做好当天工程施工日记。对联络通道施工中关键部位进行领导现场值班和巡查，对可能发生事故隐患的其它部位和个人行为加强检查，落实整改措施，必须对事故隐患做到“三定”措施，及时消除隐患。

（四）应急预案处理流程

针对事故中可能出现的紧急情况，项目部制定相应的应急预案。事故发生后根据相应的事故处理方案进行处理。

1、处理程序

（1）首先在保证人员安全的情况下抢救受伤人员及国家财产，防止事故进一步扩大，保护好现场，等待救援队伍到来，直到险情得到控制。

（2）根据国家、地方、行业与上级规定确定事故分类及相应的报告程序，按照程序迅速、及时、准确地向上级有关部门报告，经有关人员来现场验证，发出指令后方可清理现场，恢复施工。

（3）根据国家、地方、行业和上级规定确定事故处理程序，组织专人调查事故产生的原因，记录调查结果，经过分析找出主要原因，提出针对性的防止同类事故再发生的纠正措施。

（4）组织实施纠正措施并监督验证其有效性。

（5）事故上报程序：发生工程事故及时上报公司安全部门以及公司主管人员；发生火警事故及综治事件上报公司安全部门。并同时上报监理和业主。

2、紧急安全疏散

当事故发生后，事故情形可能对周边建筑物、社会行人、施工人员以及施工区域建筑物有直接伤害时，必须对行人进行疏散，对施工区域内非事故处理人员同时进行疏散，并在事故区域外设置警戒线，并派相关人员帮助警戒和维持现场秩序，必要时请求上级部门批准启动紧急预案，同时报警，实施社会人员疏散。

3、工程抢险抢修

工程抢险抢修必须在确保社会人员和施工人员人身安全的前提下，对出现的工程险情实施抢险抢修，必要时可报上级部门，请求支援。

4、现场医疗救护

当事故现场出现伤员需救护时，首先预备的担架将伤者抬离危险区域，查清受伤情况，并打 120 救护。同时对受伤者采取行之有效的临时救治。尤其对触电者的救护，需对伤员进行人工呼吸和心脏挤压法实施救治。实施者为现场经过培训的安全员，以确保紧急救治效果，直至救护人员到场连续救治。施工现场必须配备担架一副、急救箱一只等急救用品。

5、危急时的社会援助

当事故发生后，可能危及到施工人员生命和社会人员的生命时，可立即采用危急时社会救助，拨打援助电话。火警：119 急救：120 报警：110

（五）应急演练

开挖前项目部组织联络通道开挖应急演练，应急抢险小组经过关闭安全防护门、开启备用冷冻机组。使应急人员快速进入“实战”状态，熟悉各类应急处理和整个应急行动的程序，明确各自的职责，提高协同救援能力。另外，应对演练的情况进行总结，分析应急预案存在的不足，并予以改进和完善。

1、主要演习内容

- （1）冷冻机组发生故障的应急处理
- （2）24 小时停电事故的紧急供电恢复
- （3）开挖工作面土方塌陷的应急处理

2、现场应具备的条件

- （1）现场所有的抢险应急物资全部准备到位。
- （2）现场的视频监视系统和电话联络系统可用。

(3) 已组织形成一个应急抢险小组，以项目负责人为组长，各成员明确各自的职责，并熟悉所有的抢险组织流程。

(4) 所有的一线施工人员全部接受过联络施工的相关安全技术知识的教育。

(5) 相关的设备、材料提供方熟悉施工可能的需求

3、主要演习内容的处理程序

(1) 备用冷冻机组切换程序

1) 关闭故障机组的电源、吸气阀、排气阀、清水循环和盐水循环管路。

2) 打开备用机组的电源、清水循环和盐水循环管路，并检查电路和管路是否正常。

3) 用兆欧表测量一遍主电机线圈的绝缘电阻情况，低于 $2\text{M}\Omega$ 时，必须对电机进行烘干处理，绝缘电阻 $>2\text{M}\Omega$ 时，方可进行开机。

4) 检查备用机组所有阀门和管路，无异常后按照操作规程要求进行正常开机操作。

5) 在备用机组运行期间，及时安排维修故障机组，以作备用。

(2) 停电事故的紧急恢复供电演习

1) 把地面的变配电室的一路进线电源切断

2) 演习总指挥宣布演练开始

3) 施工人员发现停电事故，冻结站值班人员打开应急灯，及时关闭盐水管路的阀门。同时开挖侧打开应急灯，所有人员撤出联络通道开挖面，立刻向现场管理人员汇报，并留守在开挖现场待命。

4) 项目经理启动应急程序，并组织现场处理。

5) 现场负责人组织现场电工检查现场的所有用电的设备，排除设备引起的跳闸原因后，沿供电线路检查电缆情况直至到地面变配电室，查实断电原因。

6) 经初查，中是常备一组电源整体停电，现场管理人员获知后组织电工至配电室细查，确认后，检查第二路电源有电，即时通知各受电方马上送电，确认后送电，并进一步检查相关供电线路情况。检查无误后，冻结站开机恢复冻结，联络通道恢复开挖施工。

(3) 土方开挖面紧急塌陷的应急处理

因演习时钢管片尚未打开，土体没有开挖，现场也不好找个比较合适的模拟环境。本演习只演练在联络通道土体大量涌出，在前期抢救无效的情况下的紧急处理。

1) 现场指挥下达开始命令。

2) 现场负责人决定并前期各种抢险方法无效，开始准备关闭安全应急门。

3) 立即指挥现场施工人员拆除安全门前的平台板，首先保证门可以随时并闭。同时电话汇报现场发生的情况。

4) 指挥现场施工人员搬运砂袋，充填安全门与钢管片的间隙。

5) 充填满后，及时并闭安全门，扣紧门框上的闭锁机构，并取螺栓进一步加固门框，并逐个拧紧。

6) 现场负责人汇报安全门已关闭，并成功地控制了涌泥，联络通道已进入安全状态。

7) 总指挥宣布学习结束。

8) 事后处理：打开安全门，砂袋运回原堆放处。

(六) 应急物资设备

1、根据危险点分析，针对可能出现的危险点，分析一旦出现险情所需抢险物资，由抢险领导小组提出，物资部统一购置。

2、救援力量：项目部及工区、班组，都是应急救援力量；根据事故的类型及程度，需要社会力量支持时，及时联系救援社会救援力量。

3、救援设备、物资：项目部现有的各种机械设备、生产生活物资、材料一旦应急救援方案启动，根据需要都将成为应急救援的设备和物资，需要社会设备、物资时，再及时联系救援社会救援力量提供必须的设备、物资，应急物资设备清单见表 17-2。

4、交通工具：盾构工区现有车辆 2 台（不包括工程运输车辆），需要时均可调集使用。

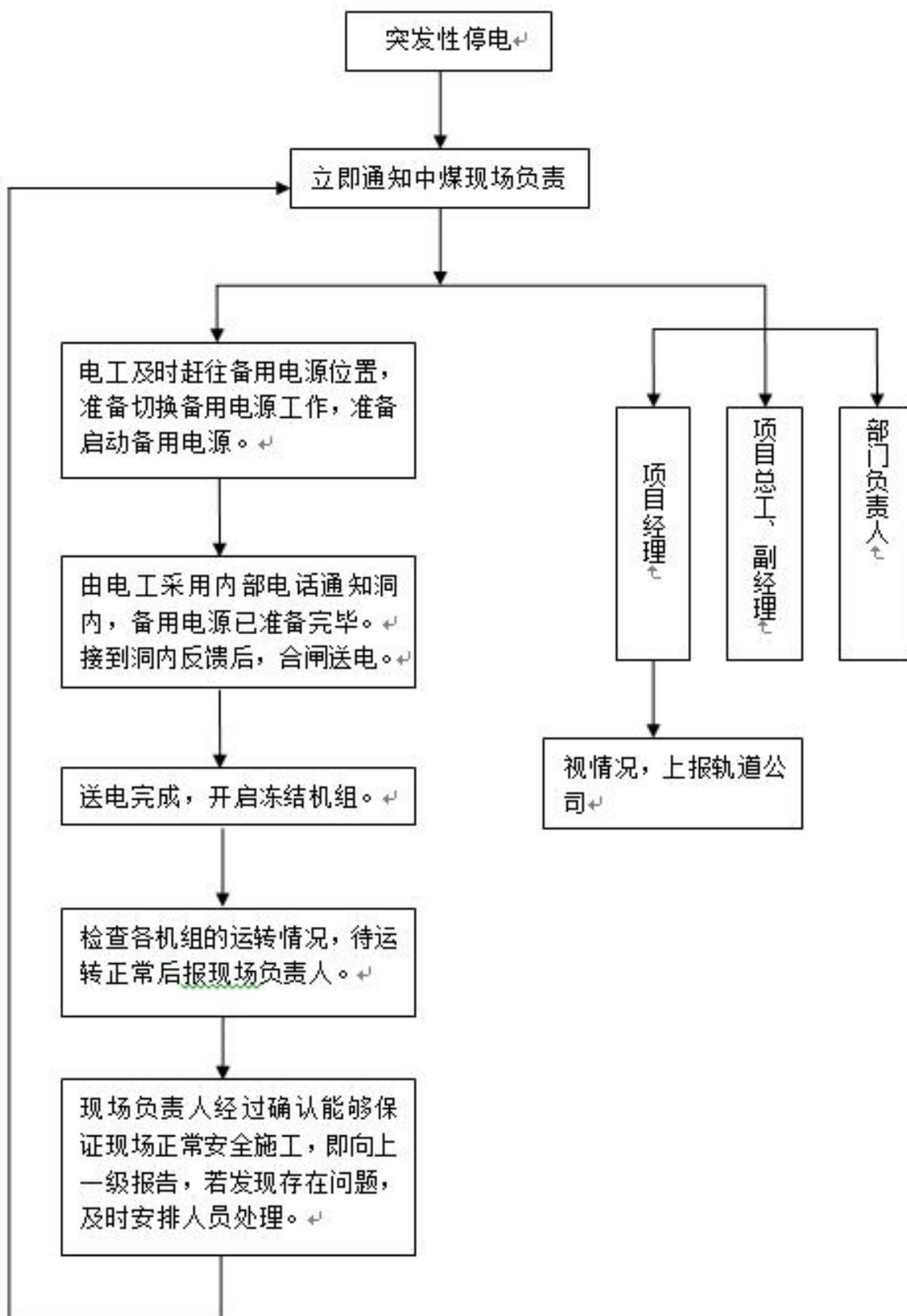
5、检查、维护与更新：由应急救援领导小组办公室和机料科负责。

6、抢险物资管理由抢险领导小组负责，根据危险点可能出现地方，对可能出现危险点附近预置抢险物资。抢险物资由物资部统一管理，对各存放点物资定期检查，各工区及驻地抢险物资由相应辖区负责人指定专人保管，便于险情一旦出现可立即采用。

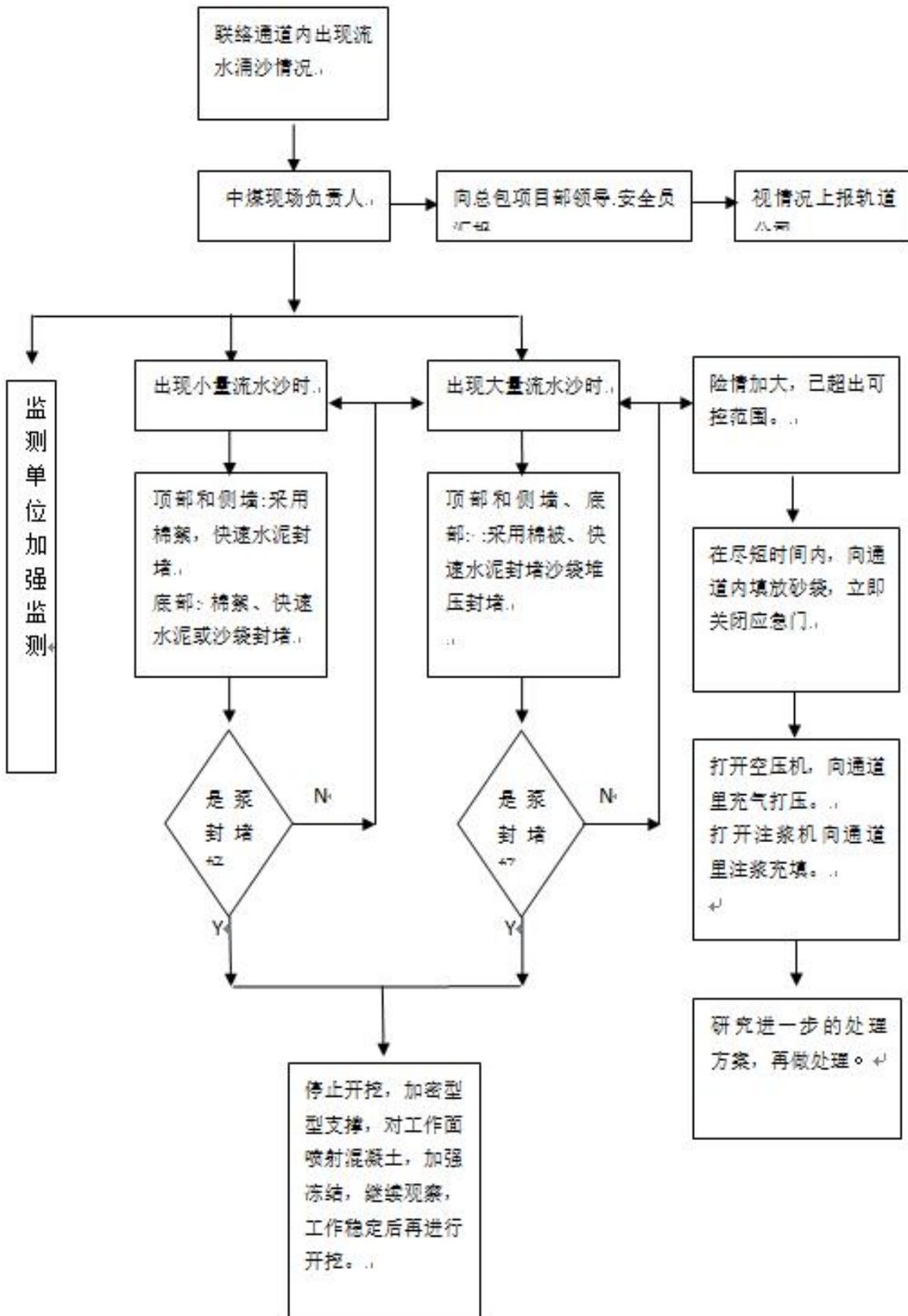
表 10-3 应急物资设备清单

序号	设备名称	单位	数量	存放地点
1	备用冷冻机	台套	1	冻结站
2	喷浆机	台	1	开挖施工平台
3	注浆泵	台	1	现场
4	电焊机	台	2	现场
5	水泵	台	2	现场
6	安全门	套	1	开挖施工平台
7	木板	方	1	开挖施工平台
8	沙袋	方	3	开挖施工平台
9	双快水泥	吨	1	隧道平台工作面
10	普通水泥	吨	5	隧道平台工作面
11	照明灯具	盏	4	地面库房
12	编织袋	只	1000	地面库房
13	棉被	套	4	地面库房
14	棉纱	KG	50	地面库房
15	电缆	米	100	地面库房
16	雨衣	套	10	地面库房
17	手电筒	把	4	地面库房
18	施工标示牌	个	4	总包库房
19	方形锥筒	个	6	总包库房
20	交通指挥棒	根	2	总包库房
21	反光衣	件	10	总包库房
22	发电机	台	1	总包库房

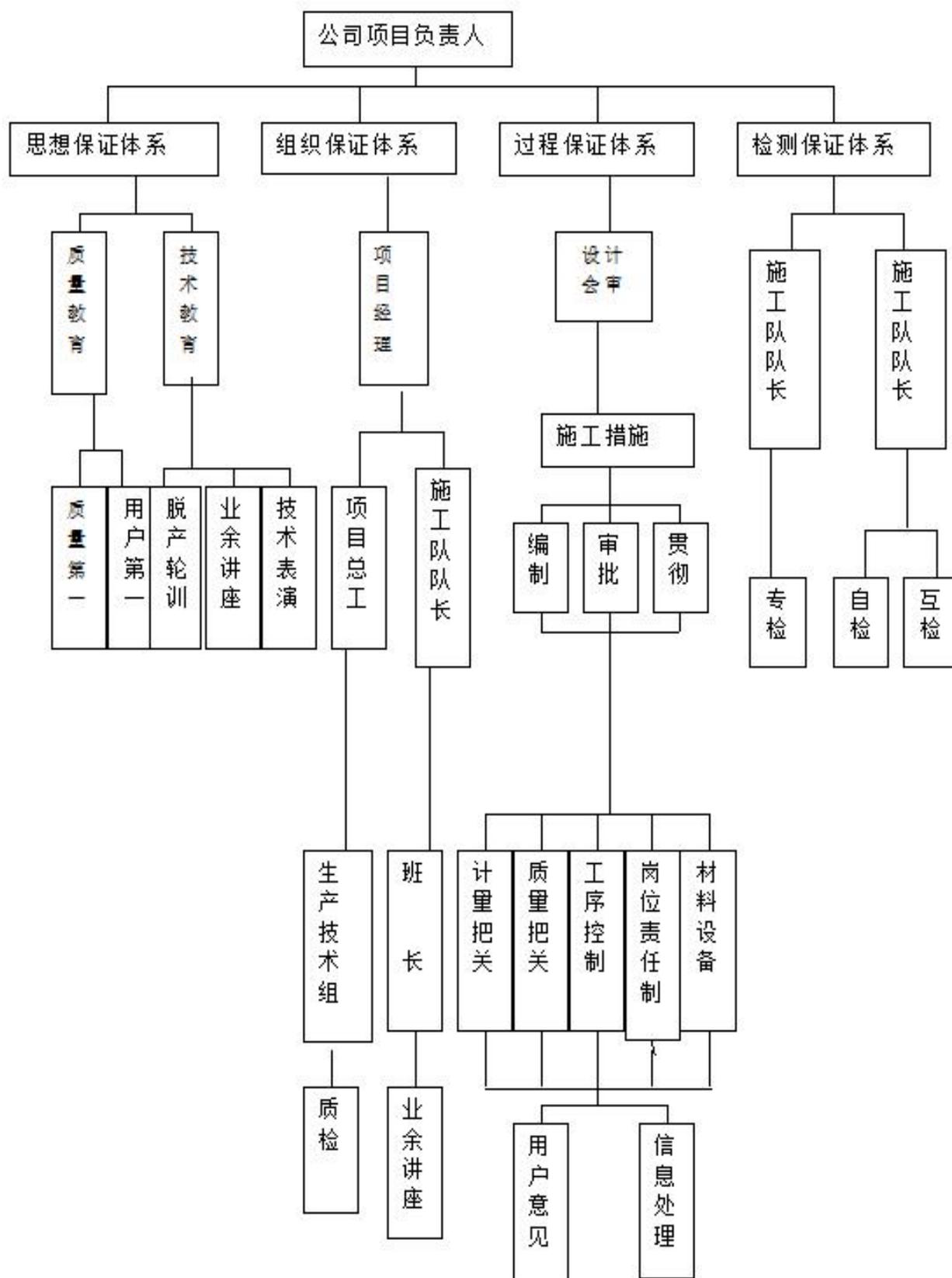
(七) 备用电源紧急切换流程图



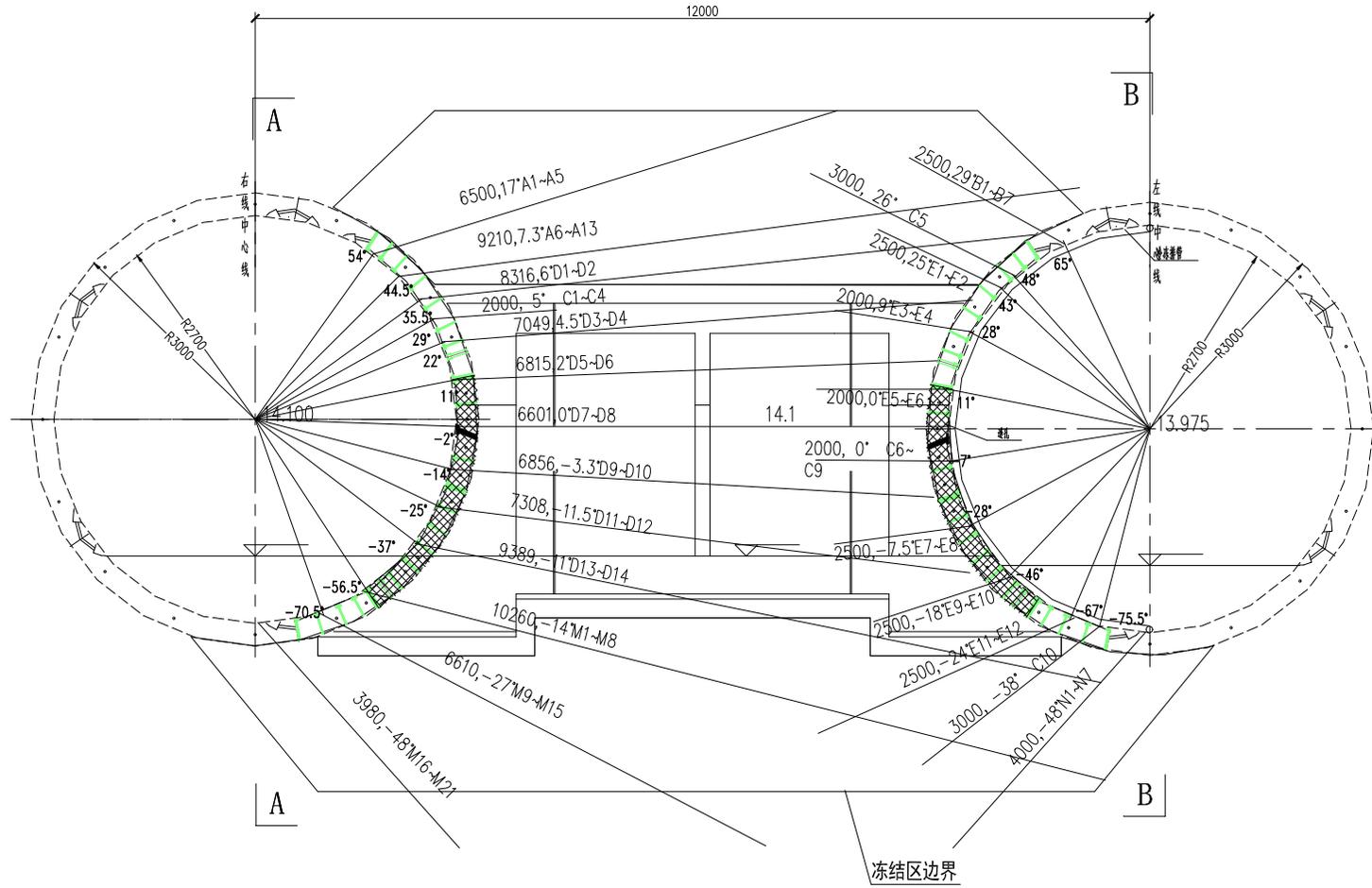
(八) 开挖过程中出现的突发事件流程图



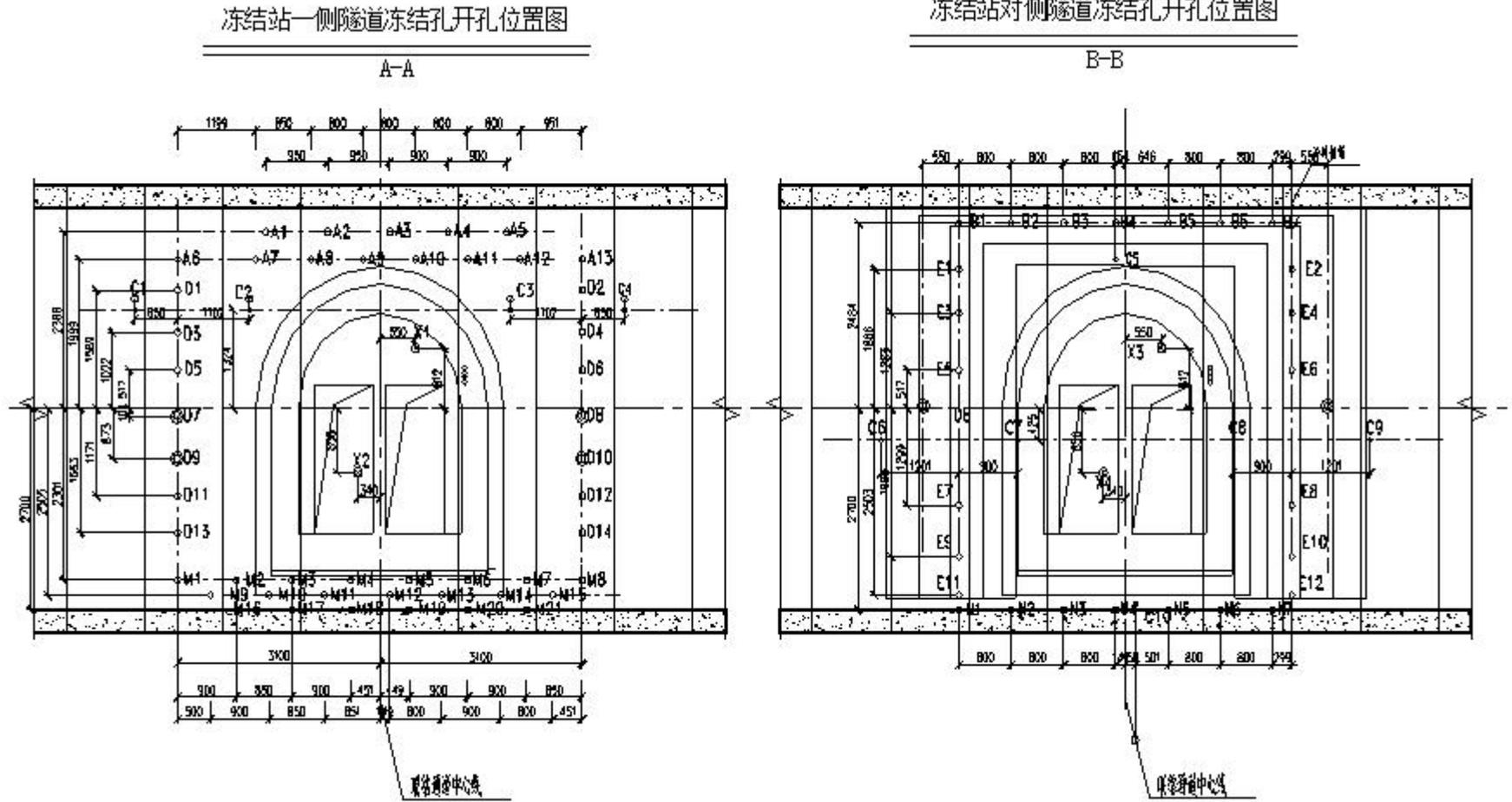
附图 1：联络通道及泵房质量保证体系



附图 2 天-永区间 1#联络通道冻结孔立面透视图

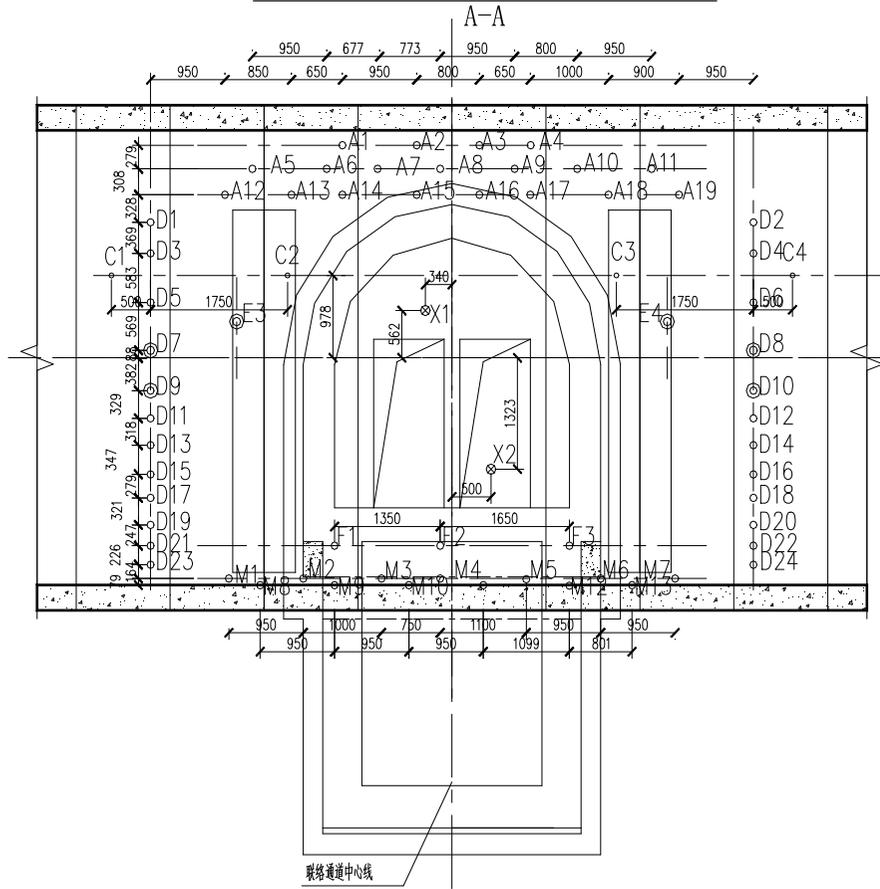


附图 3 天-永区间 1#联络通道冻结孔开孔位置图

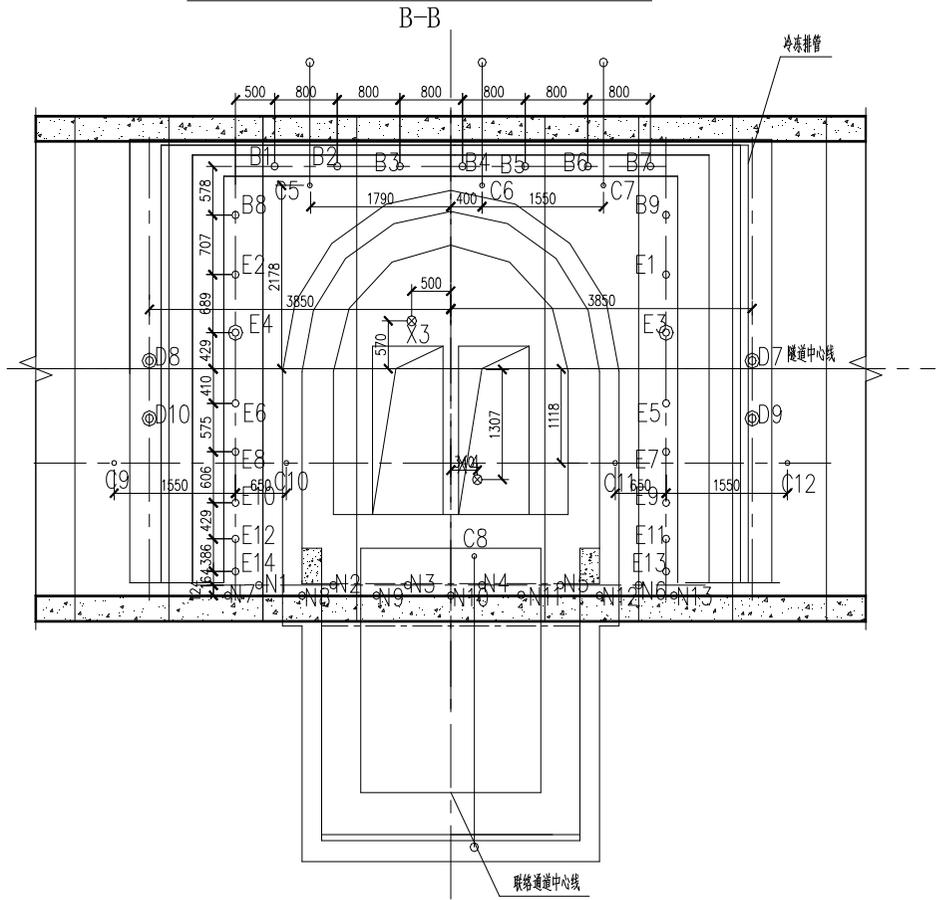


附图 5 天-永区间 2#联络通道及泵房冻结孔开孔位置图

冻结站一侧隧道冻结孔开孔位置图



冻结站对侧隧道冻结孔开孔位置图



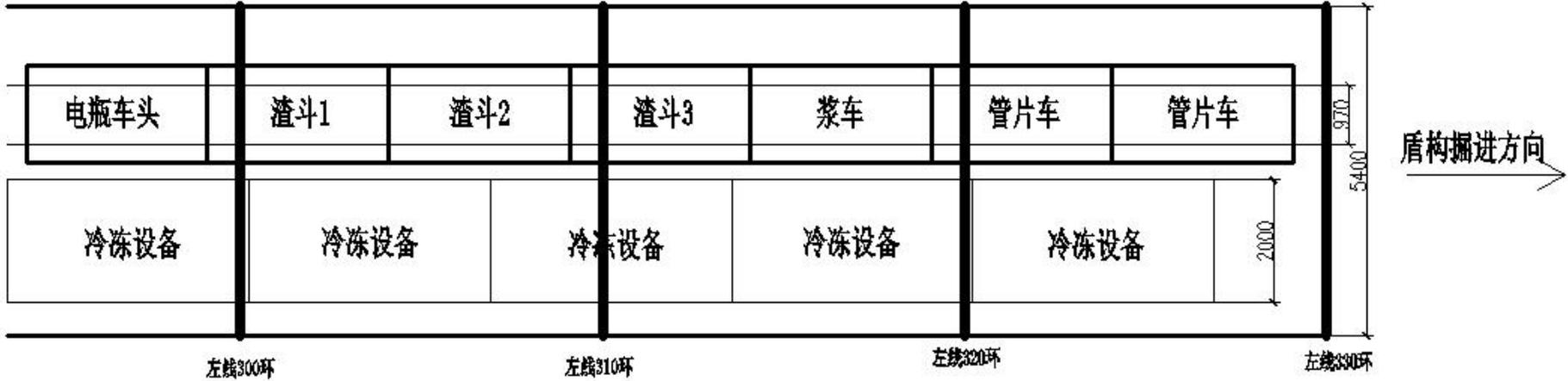
附图 6、施工进度计划表

天~永区间 1#、2#每个联络通道施工进度计划表

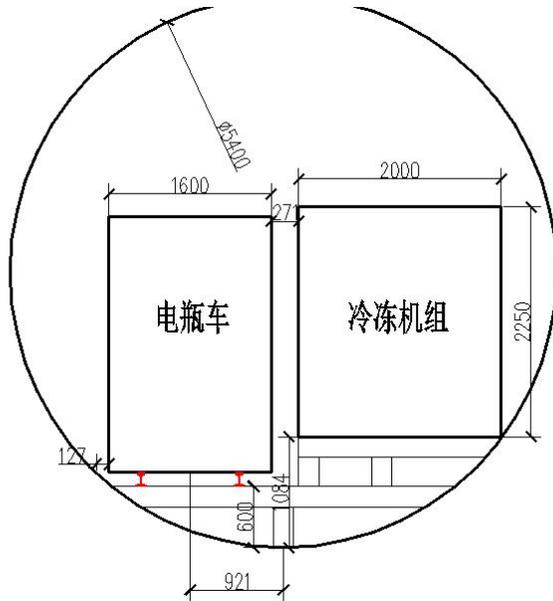
号	工序名称	工期 (天)	工程进度(天)																							
			0	5	0	5	0	5	0	5	0	5	0	5	0	5	0	5	0	5	0	5	00	05	10	15
	施工准备	5																								
	冻结孔施工(左线)及冻结系统安装	20																								
	管路安装、冷冻机组调试	7																								
	积极冻结	45																								
	维护冻结与掘砌	23																								
	工程总工期	100																								

备注：以上工期不包括融沉注浆时间

附图 7 冻结期间联络通道施工布置图



冻结期间联络通道冷冻设备平面布置图



冻结期间联络通道冷冻设备布置断面图