

# 地铁盾构联络通道冷冻法施工技术

李建清<sup>1</sup> 王 科<sup>2</sup>

1. 水利部海委引滦工程管理局 天津 300384

2. 江苏盛华工程监理咨询有限公司 江苏 徐州 221000

**摘要:** 设置在铁路区间轨道上的连接通道, 通常具备着连接两条地道、集、排水、灭火与避难等的重要作用, 但有时会因工程需要也设置了集井。由于联系道路施工时不但要顾及本身构造和地面环境安全, 而且还要兼顾盾构轨道的安全和稳定性。所以, 在城市地铁中连接道路在施工时需要对其周围结构进行保护。冻结法的土体, 即有效的保证了工程的顺利进行; 也增加了建筑的质量与时间。配合北京地铁的迅猛发展, 冷冻法的施工工艺必将在地铁施工领域获得更加广阔的运用。

**关键词:** 地铁; 联络通道; 冷冻法; 施工技术

引言: 在地铁盾构区间与隧道暗挖施工的地基处理中, 常常采用的技术有搅拌桩、旋喷桩、高压灌浆等。不过, 即使在较富水的粉细砂质土壤地层中, 也因为很难防止混凝土的损失, 使用上述的施工方式通常达不到预想的加固效果; 联络通道一般都位于繁华大街的路面下, 由于地面道路比较拥挤, 无法利用道路进行开挖和樁体施工, 所以, 冷冻法也就成为了地面加固的较好方法。

## 1 冷冻法技术优势

冷冻法是指先通过冷冻机将冻结水进行降温, 然后再利用在地面铺设的环形通道, 将其送入已被冻结的混凝土岩层内, 同时将低温水向外扩散, 使土体迅速冷却并形成帷幕, 因此具备了保温性混凝土基础的特点, 用于在已完成的混凝土地层基础中利用矿山设备, 进行联络隧道和废水泵房。通过冻结技术处理砗体可能存在工程造价大、工期过长、上覆砗体可能发生冻胀和融沉问题、需要有较高素质的专业队伍施工、需要使用专门的施工机械等缺点, 但是, 冰冻方法所保护的结构, 有着硬度大、封水性强、安全、不浪费道路空间的优势, 所以, 尽管当其它的加固手段都没有采用时, 把冰冻方法应用于联络道路这样较小体量建设工程时, 是非常有效的。

随着工程施工技术的不断发展, 其冷冻法联络方法在实际施工过程中, 应用在国内范围越来越广泛。并且根据建筑土壤结构体的方案设计, 随后将土壤结构体全部进行冷冻固定, 最终形成方案施工的主要结构方向。在工程实施过程中, 由于建筑施工环节存在着相对松散的岩石土壤结构层、相对复杂的水资源地理等相关问题和不足, 所以在地质结构中水资源封锁效果相对比较明显<sup>[1]</sup>。但是现阶段其冻土的整体抗压结构强度、抗剪结构强度以及抗拉强度等相关力学特点产生了显著提升, 最

终有效完成通道建筑不漏水等问题, 除此之外, 冰冻技术能够加固土壤结构体的均匀性, 保证其结构整体性。而针对不稳定地质结构层以及富水层产生大面积岩石断裂等相关问题和不足, 其施工技术具备严重优越性, 而冰冻工程建设完毕后, 其地质结构层会产生自然融化现象, 进而有效恢复初始状态, 不会在地质结构层留下其他类型施工问题和施工风险性, 致使其基础环境水平较高, 无法产生环境污染。而当建筑工程隧道洞口挖掘后, 使用冰冻技术能够帮助建筑施工效率加快, 并且不会受到场地和环境的限制和约束, 进而有利于地下建筑施工。

## 2 冻结施工技术要点

首先在坑道内打透洞, 根据施工的条件和透洞的定位误差来调节冻结洞的参数, 每个冻结洞均须安装一定的洞内管, 并把适当的封闭装置布置在空口的部位, 以避免在钻进过程中产生大量积水。当进行钻孔作业时, 必须测算小孔流出物的数量, 而后结合测量土壤地表沉降的数据进行灌浆和其他作业进行调节。

在进行联络通道挖掘作业时, 冻土结构的强度与厚度都需要满足各项作业的施工要求与设计标准, 最关键的就是喇叭口的冻土结构的厚度, 除此之外, 要进行冻土结构与隧道管片间的衔接施工, 确保两者之间具有一定的粘结功能<sup>[2]</sup>。同时, 配合好相关工作, 对冻土结构进行调整, 使其满足既定的工艺要求。

在隧道管片靠近喇叭口侧安装的保温板材或者冷排管, 这样才能在一定程度上减少因为冻胀对隧道造成的冲击, 在建造过程中, 尽量缩短冻结口和隧道管片之间的长度, 同时通过增加盐水流速, 降低盐水温度, 缩短洞距等手段来加快地质构造的冷却, 同时在相应的地

方设计出泄压口以减少地质构造因为冻胀对隧洞造成的冲击和影响。

通过泄压口和测温通道可完成冻土结构成形情况和实际状态的观察功能,尤其注意洞口和隧道管片间的连接情况。对冻结岩层的温度、隧道的变化情况、岩层沉降的变化状况等进行了实时监控,以保证联络隧道建设的顺利完成。

注浆孔需事先埋在联络通道的顶部、侧面和下方的水泥框架上,必要时还应在隧道管片上钻注浆料孔以便于注浆作业的正常进行,并避免由于冻土分布融化后下沉而造成的区间隧道、联络通道下沉变化和地面沉降<sup>[3]</sup>。

在进行土壤注浆施工时应进行自然解冻融沉注浆后的调整实施方案,对土壤中不平衡的沉降量实现合理调节,从而减少因冻土自然分布融沉所造成的不良效果。



联络通道冻结管打设工程图如图1

### 3 冷冻法建筑工程应用

#### 3.1 施工工序

在进行冻结孔施工作业时需按照定位,开孔,安装孔管,设置孔口装置,打孔,测量,孔底封闭,打压试验的工序进行。

其中确定,开孔,固定孔管首先是根据安装的需要确定在通道的各个孔段的定位,然后再进行混凝土管片的确定,并完成钻孔;在设置孔口装置的工程中,应把这部分结构布置在球阀上,以便增加其安全性,在施工前必须使用枪机和垫片做密封措施;钻孔施工应遵守有关施工规范按工艺要求确定打孔机的定位后进行定位,首先在孔内装置上安好会先,然后把阀门直接到孔内安装上,再在盘根盒中压实盘根<sup>[4]</sup>。在进行钻孔施工之前,首先采取干式钻孔的方法进行施工,当钻孔进行得比较复杂后,如不能再扩大钻孔深度,就可采用注水钻孔进行;孔底封堵是对钻孔底面的封堵施工,将丝堵固定于钻孔底面通过卸扣方式提高丝堵对钻孔的封闭性;当实施了孔底封堵施工后,便可向孔内注水,此项作业需要

用到受压泵设备,在压力达到0.8MPa时停止增压,并开始记录压力值,若能在一定数值不变的情况下保持0.5h,便达到了工程要求。

#### 3.2 工程建设原理

在工程施工过程中,由于盐水循环结构中,会吸收底层结构热量,同时在盐水结构箱内部会将所产生的热量全部传递至蒸发设备中的液氮物质,而液氮物质在热量蒸发设备会进行汽化,进而全面吸收盐水中的基础热量,随后再通过冷水进行全面冷却,经过冷却泵、冷凝设备以及通道线路中开展循环,进而将地面热量以及压缩设备所产生的热量全面传送至大气结构层中,最终有效实现结构层降温<sup>[5]</sup>。

#### 3.3 施工技术工艺

根据现阶段将建筑施工以及地质结构条件,将使用隧道内部钻凿技术,积极开展工程施工不设排水孔洞,而接近水平孔洞建设过程中,需要临时稳定和加固土壤结构体。其中矿山挖掘过程中,需要根据暗挖结构的实际施工方案,并且在实际操作和施工过程中,其地质结构层冻结以及开挖施工过程中,其范围均需要在区间隧道内部开展。其施工主要顺序为:在工程施工之前技术人员应该提前进行建筑施工准备,并且根据建筑实际情况,施工冻结孔洞、安装防冻站点,随后还需要详细连接盐水冻结通道和线路,进而详细安装系统监控和测量系统,从根本上固定隧道通道线路以及防护门等相关设备。在实际施工过程中孔洞进行尝试挖掘,进而完全打开联通结构通道的孔洞阀门,在建筑施工过程中针对其通道挖掘过程中,支撑起临时支撑和防护,进一步维护冻结土层,全面铺设建筑通道基础防水结构层,而当建筑施工过程中,技术人员还需要超出防护门,以及施工通道结构层直至土层冷冻<sup>[3]</sup>。

#### 3.4 冷冻站安装

冷冻站的选择方面,一般建议将它放在隧道之中。而在其他设施中,则包含了盐水泵、清水泵、盐水泵、冷却塔和冷冻机等。道路接口、测量仪器和保温通道需要用法兰进行联接,盐水管通过管架辐射到斜坡上,以防止对隧道实际通过产生干扰<sup>[1]</sup>。在冷却水系统通道和盐水管路上,都必须对伸缩插头、仪表测温、流量计、压力表,以及阀门等设备进行设置。盐水管路在经过试漏、清洗之后,通过聚苯乙烯泡沫塑料进行保温,保温层厚度约为五十mm,并在其外部通过塑料膜进行包扎。此外在联络通道四周的主结冰孔部位,则必须采用两个串联的方法完成,而在其它结冰孔处则必须采用三个一组的进行连接、冷冻机组低温通道以及蒸发器则必须采

用棉花胎进行保温,而盐水干管及盐水箱则必须采用厚聚苯乙烯混凝土试片进行保温。

### 3.5 积极冻结与维护冻结

当该系统配置完成以后,就必须完成调试和试运转操作。在试运转中,必须对环境温度、电压等技术参数进行控制,以确保机组在电气设备的参与和相应工艺流程的运转。在冻结过程中,也需要对流量、冻土帷幕开展情况以及盐水温度变化等做好定时的检测工作,在必要情况下也需要做好对冻结系统运行参数的调节。当整个冷却系统顺利工作以后,就可以转入到积极冷却状态,即使冷冻设备能以满负荷的状态工作。当冻土状态达到设计要求之后,则可以进行开探,并进行试挖以及水文情况的判断<sup>[2]</sup>。在正式开展挖掘工作之后,则需要联系冻土帷幕实时稳定性的基础上适当的对盐水浓度进行提升。而当进入到维护冻结阶段后,则应当保证淡水温度需要控制在-28℃以内。

### 3.6 冻结工程监测

在冷冻法通道施工中,观察工作也是十分关键的一个重要方面,对帷幕施工条件是否能够满足设计要求以及施工期限的判断等,均必须通过监测数据加以确定:冻结系统监测方面,我们通过热电阻传感器的应用对来去回路的盐水温度进行测量,并在该回路对流量计进行了安装;冻土帷幕方面,能够利用测温孔热电阻传感器的应用对帷幕温度进行检测,确保可以在每日检测二次以上,也能够利用泄压管的压力表检测到未冻土空隙的水压情况;在地面隧洞变形检测方面,由于原本施工场地的覆土深度大约为15m,所以,除了需要对地面隧洞在十五m以下的时候对地表沉降和结构裂缝的情况进行检查,同时也需要对隧洞的垂直、水平情况进行检测。

### 3.7 开挖与构筑

在实施联络隧道施工作业过程中必须坚持分段进行的施工方式,一段工程按照孔门的的建设标准实施了施

工作业,以避免孔门交界面的暴露时间过长,在实际进行作业时对混凝土主体也进行做好了支护保温的作业,二段工程则根据实际施工的建设标准开挖,在进行了对面后完成支护施工之后在实施第三段工程进行了施工。至此联络道路施工进行了挂网喷浆施工,随后还将开展对建筑防水的二衬施工。

### 结语

联络通道施工过程将受地貌、周边环境、工期等外在环境干扰,在不改变整个工期的情况下,如何才能更安全、更方便、更有效的完成联络隧道施工,同时也为后期施工创造作业空间。通过对工程设计重难点研究与实施中的问题点研究,总结出具体可行的设计方法,对今后相关的工作带来了较高的参考意义。实践已经证明,在远距离、大跨度、复合地层的联络隧道,只要经过精心规划与设置就是能够同时实现右线盾构,中间联络通道,针对冷冻孔施工过程中和冻结施工时容易产生的风险,只要采取了严格控制各道工序,在事后结合监测数据情况及时比对联络通道,及时进行融沉注浆施工的操作方法,在沉降管理上就发挥着非常良好的效果。

### 参考文献

- [1]杨吕学.天长区间联络通道及泵站冷冻法加固施工补充冻结方案分析[J].居舍, 2020(03):203-204.
- [2]石乾,陈锡然,申建萍.兰州地铁1号线联络通道冷冻法施工技术论述[J].西昌学院学报(自然科学版), 2019, 33(01):55-58.
- [3]石乾,陈锡然,申建萍.兰州地铁1号线联络通道冷冻法施工技术论述[J].西昌学院学报(自然科学版), 2019, 33(01):47-50.
- [4]武鹏.联络通道冷冻法施工技术[J].城市住宅, 2019, 26(05):173-174.
- [5]汤森.地铁联络通道冷冻法施工技术[J].工业, 2016, 000(003):P.90-90, 92