 DOI: https://doi.org/10.12349/edc.v6i3.2240

Concrete Application of Freezing Method Construction Technology in the Construction of Water-rich Sand Layer Subway Connection Passage

Jiaqi Liu

College of Civil Engineering and Hydraulic Engineering, Heilongjiang Bayi Agricultural University, Daqing, Heilongjiang, 163000, China

Abstract

In the construction process, the subway contact channel of the water-rich sand layer has the characteristics of high construction difficulty, high risk and long cycle due to the very complex construction environment and geological conditions. In practice, the freezing construction technology can reduce the soil pressure in the construction process and improve the safety. So the main analysis of water rich sand layer and freeze the characteristics of the construction technology, explore the concrete application of freeze construction technology in the subway contact channel, and from the construction preparation, construction site management and construction monitoring put forward some effective measures in the construction of quality management, in order to provide some theoretical reference for the smooth construction of the subway project.

Keywords

water-rich sand layer; subway link; freezing method construction technology

富水砂层地铁联络通道施工中冻结法施工技术的具体应用

刘加奇

黑龙江八一农垦大学土木水利学院，中国·黑龙江 大庆 163000

摘　要

富水砂层地铁联络通道在施工过程中，由于施工环境和地质条件十分复杂，具有施工难度大、风险高、周期长的特点。在实践中采用冻结法施工技术，可以减轻施工过程中土层压力，提高安全性。因此，开展论文的研究工作主要分析富水砂层和冻结法施工技术的特点，探究冻结法施工技术在地铁联络通道中的具体应用流程，并从施工准备、施工现场管理以及施工监测等方面提出几点在施工中质量管理的有效措施，以期能够为地铁工程的顺利建设提供些许理论参考。

关键词

富水砂层；地铁联络通道；冻结法施工技术

1 引言

富水砂层的含水量高，具有强渗透性，增加了地铁施工的难度，在联络通道施工中可以应用冻结法进行地层辅助加固，提高施工的安全性。在具体应用中，可以根据施工现场设置合适参数，布置相关材料，开展冻结施工工作，对联络通道基础进行加固处理，并做好施工监测工作，获得相关数据，保障施工的整体质量，并做好最后的验收工作。在冻结法施工技术的支持下。确保施工现场更加安全可靠，提高富水砂层地铁联络通道工程的建设质量。

【作者简介】刘加奇（1996–），男，中国吉林白城人，硕士，助教，从事制冷及低温工程研究。

2 富水砂层地铁和冻结法施工技术的概述

2.1 富水砂层

富水砂层砂粒含量达 30% 以上，孔隙比较大，含水量大，具有流动性大自稳性差的特点。在施工过程中，富水砂层会出现沉降情况，主要是由于孔隙水压力降低和开挖过程中产生的土体位移。外载荷作用于土体上，一部分是由孔隙水承担压力，另一部分是土骨架承担 [1]。在隧道开挖的过程中，由于地面井点降水，地下水流失等情况导致孔隙水的压力降低，而作用会转移到土骨架上面，土骨架发生错动引起沉降问题。富水砂层的土体并不稳定，流动性强，水土分离存在液化危险。

2.2 冻结法

冻结法是在地下构筑物施工前对含水地层进行人工冻结操作，可以形成临时承载和隔水效果的冻结为目的，提高

支护效果保护施工的一种方法。主要是由于纯水地层冷却至零度以下，其中的水分冻结成冰，会使岩土的物理性质发生重塑。经过冷冻加固地层形成具有较高强度和绝对丰水性的结构 [2]。根据地质条件不同，可以分为硬质冻结法、液态氮冻结法、盐水冻结法等多种方法。它能够提高周围土体的稳定性，缓解周围地层受到的压力，在施工过程中，该方法的使用带来的压力也远远小于其他方法，而且也能有效避免对环境的污染和对周围居民的影响，有着良好的应用价值。

3 富水砂层地铁联络通道施工中冻结法施工技术的应用流程

3.1 管孔布置

在富水砂层地铁联络通道施工中，使用冻结法需要进行管控的合理布设，包括冻结孔、测温孔和卸压孔等。设置冻结口可以按照上仰、水平、下俯三种角度，根据施工特点确定具体的数量。测温孔的设置用于测量冻结温度的温度，深度各不相同，控制在 2~6cm 之间。根据冻结帷幕的设置，确定测温孔的位置，从而掌握不同部位的温度，为冻结帷幕安全施工提供一定的保障。在布置卸压孔时要安装压力表，测定冻结帷幕的压力值做出准确判断，适当地释放冻胀压力。确保冻结帷幕的稳定性 [3]。管孔布置示意图如图 1 所示。

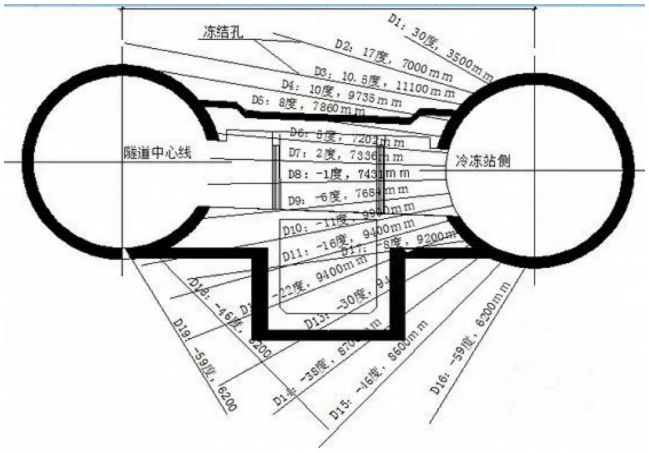

图 1 管孔布置示意图

3.2 冻结帷幕参数

在冻结帷幕施工时需要确定具体参数，根据这一参数规范施工，提高冻结帷幕的整体质量。冻结帷幕分为积极冻结期和维护冻结期两个阶段。在前期阶段要将温度控制在 -30℃ ~-28℃，后期的温度是 -28℃ ~-25℃，要根据地铁隧道开挖和结构的施工进度调整，维护冻结期，确保积极冻结区和维护冻结期相一致 [4]。冻结帷幕设计厚度为 2.0m，喇叭口处线及厚度为 1.9m。积极冻结时间为 35~45 天，冻结孔偏斜，误差为 150mm。

3.3 辅助设备和管路材料

考虑到冻结法技术特点，选择合适的辅助设备和管路材料。冻结制冷系统包括冻结管路与冻结的通道地层，冻结站系统中包含有冷冻机、盐水箱、盐水泵、清水泵、冷却塔、配电柜等诸多设备。冻结管使用低碳钢材质无缝钢管，钢管连接处要使用丝扣进行连接。冻液管使用普通钢管焊接连接。冷却水循环管、盐水干管冷冻排管使用无缝钢管，根据施工需求选择适当型号尺寸。

3.4 冻结孔施工

在冻结孔的施工中，首先要进行定位和开孔操作，在前期的设置要求中确定具体位置，然后使用金刚石钻机开孔，控制好冻结孔的尺寸，符合前期的设计要求。需要注意的是冻结孔需要避开隧道的管片缝、螺栓、主筋等位置，在前期做好勘察设计工作，保障冻结口的施工质量。开孔后在孔中安装提前制成的孔口管固定在隧道管片上，然后安装密封装置，确保有足够的密封性。冻结口完成后打压试漏压力不大于 0.8MPa，测温孔和泄压孔的施工与冻结孔一致。在钻孔时要采取自上而下的顺序有序钻孔施工，适当地调整钻进的参数，提高钻孔作业的质量，避免对上部地层带来扰动情况 [5]。此外，要做好质检工作。在钻孔作业中存在诸多干扰因素，因此要开展监测工作，获得作业数据，及时发现孔位的偏斜情况，做好纠正工作，保障整体质量。打压试漏维持 15min 后没有异常波动情况，便完成了冻结孔和冻结管的安装工作。

3.5 冷冻站的安装

开展冷冻站的安装工作，首先要进行合理的布设，在上行线隧道内临近联络通道的位置设置冷冻站，安装好冷冻机、清水泵、盐水泵、冷却塔、配电控制柜等配套的设备。其次，进行管路连接及保温操作，可以利用法兰连接沿水管路，清水管路与机组，设置阀门。每组冻结管的出口部位设置一个阀门，可以灵活地调节阀门开度，有效控制流量 [6]。清水管与盐水干管之间，在调整处利用法兰连接其他位置进行焊接。在安装时要使用合适的保温板，对沿水管路进行包扎，外层包裹塑料膜，从而达到良好的保温效果。蒸发器和低温管路可以使用棉絮，包裹构成保温层。联络通道两侧管片表面也进行保温，减少温度损失。在管片处可以设置 PEF 板，起到保温隔热的作用。

3.6 冻结施工

在设备安装与管路连接结束后进行适当的调试，确保冷冻系统能够达到设计参数。进入积极冻结期，将单孔流量控制在 5m³/h 以上，主动冷冻 7 天盐水温度应降到 -18℃以下，开挖前盐水温度降于 -28℃以下。借助于测温孔，查看实时温度，检查冻结帷幕是否达到了预计温度。在泄压孔查看压力表的压力情况。确保各项参数符合设计要求，判定开挖条件。在联络通道初支施工时，便开始维护冻结期，主动监测暴露冻土帷幕的表面温度和位移情况，要严格控制好盐水温度及盐水流量，提高联络通道开挖支护的整体稳定性 [7]。

3.7 结构施工

在联络通道的结构施工中，主要进行混凝土浇灌施工。

先浇筑通道底板，然后是侧墙及拱顶处的混凝土。施工缝处使用止水钢板或中埋式止水带，安装在郑州部位亲固定，如果是特殊施工缝还需要使用密封胶和注浆管结合应用。在混凝土施工前对浇筑部位进行清洁工作清除各种垃圾，在施工过程中要控制好层差，采用插入式振捣棒进行振捣，确保浇筑均匀，提高混凝土浇筑的整体质量。采用连续分层浇筑方法，每层的厚度不能超过振捣棒的 1.25 倍。下一层施工时要在混凝土初凝之前进行。掌握施工要点，提高结构施工的稳定性。

3.8 收尾工作

在二次衬砌混凝土浇筑结束后可以停止冻结。冻结后先割除冻结管，使用充填和防渗操作，处理冻结孔。二衬浇筑 3~7 天，混凝土的强度达到 70% 以上后，对冻结孔采用充填注浆施工方法。从底板到拱顶先中间后两侧的顺序进行注浆，直到注浆孔冒出浆液方可停止施工。联络通道混凝土结构逐渐成型，强度符合要求后拆除钢支架，要拧紧连接螺栓，提高整体的稳定性。使用混凝土浇筑钢管片内隔栅，外露的钢构件可以涂环氧沥青漆，形成一定的保护层。通过最后收尾处理完善冻结法的施工，提高富水砂层地铁联络通道工程的施工质量。

4 富水砂层地铁联络通道施工中冻结法施工的质量控制措施

4.1 做好前期施工准备

富水砂层地铁具有特殊性，增加了施工的难度，因此在前期工作中，需要结合施工区域的地质特点开展优化设计工作，明确施工技术和重难点因素，制定详细的施工方案，为后续工程的顺利开展奠定良好基础。此外，进行技术交底使用冻结法施工技术需要提前进行技术交底，明确冻结法的各项工作要点以及工程中的一些施工重点内容，做好人员安排工作。根据施工要求选择施工材料，仪器设备等加强质量控制工作排除各类隐患，保证冻结法的优秀效果。

4.2 加强施工现场质量控制

在现场施工中，需要生物人员掌握各项重点，严格遵守规章制度，规范自身操作，提高联络通道冻结法的施工质量。一方面，在正式施工前进行适当培训，讲解关于冻结法施工的各项要点，增强施工人员的质量意识和安全意识，严格遵守冻结法的施工流程落实设计图纸的各项参数，保障工程的建设质量。另一方面，加强现场监管与巡视，在完成一道工序后进行质检工作，确保符合设计要求，才可进行下一道工序的施工，避免埋下隐患。尤其是各项参数的控制，如果超出规定的范围，会对冻结法施工造成严重影响，在后期变更时十分困难，也要增加工程整体造价。

4.3 做好施工监测

施工监测尤为重要，可以注重一些先进技术的引进，加强对现场环境的监测工作，合理布设监测点，形成有效网络，监督施工过程中的结构位移变形情况，收集数据进行综合分析，能够及时发现一些问题，为支护作业、混凝土浇筑、冻结法施工等提供一定依据，及时调整方案，提高现场施工的安全性和稳定性，确保冻结法能够发挥效用，提高联络通道的建设质量。例如，可以委托第三方专业机构，开展测试工作，获得相关数据信息，从而分析判断冻结法的具有效果，有效控制各项参数。利用新型软件开展沉降计算分析，对施工现场进行实时监控，分析基础结构的荷载情况以及不均匀沉降的发生概率。为相关工作提供依据，进行适当的调整，可以减少整体的不均匀沉降，有效规避其中隐患。

5 结语

综上所述，在富水砂层地铁联络通道的施工中，需要建设单位做好前期调研工作，了解工程建筑的具体特点，引进优良的冻结法，开展冻结工程的施工建设，严格遵守技术标准和施工流程，一步步推进。严格控制冻结法的各项施工参数，可以提前实验验证冻结发展，满足设计要求，合理布设测温孔，冻结孔和泄压孔。加强冷冻站的建设和管道的有效连接，确保整个系统能够稳定运行，从而提高冻结帷幕的整体质量，能够充分发挥作用，实现原有基础的有效加固，为研磨通道施工提供一定保障。在施工现场也要加强控制工作，明确施工要点，开展现场监督管理，获得各项数据信息，有效规避风险，能够充分发挥冻结法施工技术的优势，确保联络通道工程的建设符合预期目标。

参考文献

[1] 卢志润,魏蒙恩.兰州地铁联络通道疏松砂岩地层工程地质特性及冻结法施工浅析[J].甘肃科技,2023,39(9):37-40.

[2] 南美观.西安地铁富水砂层联络通道施工技术探讨[J].砖瓦世界,2021(6):216-217.

[3] 李宏飞.人工冻结法在软弱富水砂层地铁联络通道施工中的应用[J].建筑机械化,2022,43(1):70-74.

[4] 万小飞,高振.北京地铁富水砂层中盾构区间联络通道水平冻结施工技术[J].特种结构,2021,38(1):97-101+123.

[5] 刘海鹏.冻结法在富水砂层地铁联络通道施工中的应用[J].商品与质量,2021(1):109-110.

[6] 冯彦朋.冻结法在富水砂层地铁联络通道施工中的应用[J].商品与质量,2021(25):75-76.

[7] 韩子越,吴凤元,王文来,等.富水砂层地铁联络通道冻结法施工重难点技术研究[J].建筑与施工,2023,2(12):65-68.