

# 地铁区间联络通道冻结法施工技术

曹阳

南京地铁建设有限责任公司

**摘要：**冻结法作为地铁隧道施工的创新手段，不仅在复杂地质条件下展现了强大的支护能力，同时通过合理的施工过程和全面的效果评估，确保了对周边环境和地下结构的最大程度保护。文章旨在深入探讨地铁区间联络通道冻结法施工技术，着重介绍其施工过程以及在实际工程中的应用，期望为地铁工程领域的从业者和研究人员提供有价值的参考，推动地铁建设技术的不断进步。

**关键词：**地铁区间；联络通道；冻结法施工；质量控制

【DOI】10.12252/j.issn.2096-627X.2023.06.111

## 引言

在现代城市交通建设中，地铁系统作为一种高效、便捷的公共交通工具，得到了广泛的应用和发展。然而，随着城市人口的增长和交通需求的不断提升，地铁线路的拓展和改造亦变得尤为迫切。在地铁线路的扩建或联络通道的修建中，区间联络通道的设计和施工显得至关重要。为了应对地铁建设中的一系列技术难题，地铁区间联络通道冻结法施工技术应运而生。地铁区间联络通道的建设不仅涉及工程结构的稳定性和安全性，还需要考虑城市地下空间的合理利用和周边环境的保护。在这一背景下，冻结法施工技术以其独特的优势成为地铁工程中备受关注的方法之一。

## 一、地铁区间联络通道施工技术的发展历程

地铁区间联络通道施工技术的发展历程可以追溯到地铁建设的初期，经过多年的实践和技术创新，逐步形成了成熟的施工流程。最初，地铁隧道的建设主要采用传统的盾构法和钻爆法。这两种方法在稳定性和速度方面存在一些限制，特别是在需要穿越复杂地质条件和市区建筑群的情况下。因此，工程师们开始寻求更为灵活和高效的施工方法。随着工程技术的不断进步，冻结法逐渐引起了人们的关注。冻结法施工技术在20世纪中期得到了广泛的应用。这种方法利用低温冻结地下水，形成冻土屏障，从而固化土层，提供了一个相对稳定的施工环境。冻结法在处理高水位、松软土质和大规模的区间联络通道时展现了明显的优势。

在发展的过程中，工程师们逐步改进了冻结法的施工设备和材料，提高了施工效率和施工质量。同时，针对冻结法施工过程中可能出现的问题，也逐渐形成了一套完善的质量控制和安全管理体系统。近年来，随着数字化和智能化技术的应用，地铁区间联络通道的施工进一步迎来了创新。先进的监测系统、无人化设备的应用以及数据分析技术的运用，为提高施工过程的可控性和安全性提供了新的手段。

## 二、冻结法在地铁建设中的应用

冻结法在地铁建设中的应用主要体现在解决复杂地质条件下的区间联络通道施工问题。以下是冻结法在地铁建设中的具体应用：

首先，冻结法广泛应用于地下水位较高、土质较松散、岩层不稳定等特殊地质条件下的地铁隧道建设。通过冻结法，可以在施工过程中有效地控制地下水位，减少水流对隧道的影响，提高施工安全性。

其次，在地铁建设中，可能会遇到多层次、多种类型的地质层，如软土、硬岩、泥岩等。冻结法能够在这些复杂地质条件下稳定地下土体，为隧道穿越提供支护，降低隧道施工风险。

当地铁隧道施工需要贯穿城市建筑区域时，为了保护周围建筑物的稳定性，冻结法可用于控制施工现场周围土壤的稳定，避免因施工而引起的沉降和结构损坏。

另外，冻结法施工过程中，相比传统的挖掘方法，振动和噪音产生较少。这对于需要在城市繁忙区域进行地铁施工的情况尤为重要，有助于减小对周围环境和建筑物的不利影响。

最后，在需要地铁隧道穿越水体时，冻结法可以有效地形成水平支护，防止水体渗透进隧道。这种应用可在河道、湖泊等地区发挥重要作用。

总体而言，冻结法在地铁建设中的应用为处理复杂地质条件、保护周边环境、提高施工安全性等方面提供了一种有效的解决方案，使得在城市地铁建设中更容易克服各种地质和工程难题。

## 三、技术关键点和创新之处

冻结法在地铁区间联络通道施工中涉及一些关键点和创新之处，这些方面对于确保施工的高效性、安全性和可持续性至关重要。

其一，技术关键点之一是冻结介质的选择。不同的冻结介质具有不同的冷却效果和适用范围。在选择冻结介质时，需要考虑施工区域的地质条件、气候环境以及

冻结介质的成本和环保性。技术人员需要进行详尽的研究和实验，确保选择的冻结介质能够在特定条件下达到理想的冻结效果。

其二，冷却管道的布置和设计是冻结法成功实施的关键因素。管道的合理布置影响着冷却介质在地下的均匀分布，从而影响整个地下土体的冷却效果。工程师需要根据地质勘察结果和施工需求，精确设计冷却管道的布局，确保在整个施工区域形成均匀的冻结结构。另一个关键点是控制冻结速度和温度。冻结过程中，过快或过慢的冷却速度都可能导致施工问题。合理的冻结速度有助于形成坚固的冻土结构，而适当的温度控制能够避免过度冷冻引起的不利影响，如地下水的结冰。

其三，施工期间的实时监测和调整是确保冻结法施工成功的创新之处。通过使用先进的监测技术，可以实时监测冻结区域的温度、土壤变形等参数，以及冻结介质的流动情况。这样的实时监测系统使工程人员能够随时调整施工参数，确保冻结效果符合设计要求，提高施工的可控性和安全性。

其四，在技术创新方面，近年来的发展趋势包括智能化施工技术的应用。通过引入先进的传感器、数据分析和人工智能技术，可以实现对施工过程的更精准控制和实时监测，提高施工的效率 and 精度。

#### 四、施工步骤与流程

##### （一）地铁区间联络通道冻结法施工前的准备工作

地铁区间联络通道冻结法施工前的准备工作是确保施工顺利进行的关键步骤，它包括多个方面的准备措施。

第一，进行地质勘察和土壤测试。在冻结法施工之前，必须对施工区域进行详细的地质勘察，了解地下土层的结构、水文地质情况以及可能存在的地质隐患。土壤测试将提供有关土壤的物理性质、含水量、渗透性等关键信息，有助于冻结方案的设计和调整。

第二，进行环境影响评估。在冻结法施工前，必须对施工区域周边环境进行全面的影响评估，包括对地下水、地表水、周边建筑物等的潜在影响，这有助于确定施工方案中的环保措施，并采取必要的预防措施来减小对周边环境的不利影响。

第三，施工方案的设计与优化。基于前期的地质勘察和环境影响评估，工程师需要设计冻结法的具体施工方案。这包括冷却管道的布置、冻结介质的选择、施工参数的确定等。在设计阶段，需要综合考虑施工的安全性、效率性以及周边环境的影响。

第四，进行预试验与模拟分析。在正式施工之前，通常会进行小范围的试验以验证设计方案的可行性。这可能包括在实验室中对土壤样本进行冻结试验，以及通

过数值模拟分析来评估施工方案在实际工程中的效果。

第五，冻结设备和材料的准备。根据设计方案，准备好冻结设备，包括冷却管道、注冷介质的设备等。同时，确保有足够的冷却介质供应，通常采用液态氮或液态氨。这需要提前协调和准备，以确保施工过程中设备和材料的充分供应。

第六，进行安全管理和施工人员培训。在冻结法施工前，进行全面的安全培训，确保施工人员了解冻结法的工作原理、操作规程，以及在紧急情况下的应急处理措施。制定详细的安全管理计划，包括施工现场的安全设施和操作规范，以最大限度地降低施工风险。

通过以上准备工作，地铁区间联络通道冻结法施工可以更有秩序地进行，确保在施工阶段能够应对各种复杂情况，同时最大限度地保障施工的安全性和成功性。

##### （二）冻结法施工的具体步骤

冻结法施工的具体步骤是一个系统而复杂的过程，涉及多个关键环节。以下是冻结法施工的连贯步骤：

首先，进行地下管道布置。在施工区域进行地下管道的布置，这些管道将用于引入冷却介质。管道的布局需要根据地质勘察和施工需求精确设计，确保冷却介质能够均匀地冷却整个施工区域。其次，进行孔道的钻掘。在预定的位置和布局下，使用钻机对地下进行孔道的钻掘。这些孔道贯穿整个施工区域，形成一个网络结构。孔道的直径和深度取决于具体的冻结方案和施工需求。

随后，引入冻结介质。通过布置好的管道系统，将冷却介质（通常是液态氮或液态氨）引入孔道中。冷却介质在孔道中循环流动，与地下土壤进行热交换，吸收土壤中的热量。

在冷却介质的作用下，土层中的水分逐渐结冰。当水分降至冰点以下时，土壤中形成了坚固的冻土结构，成为临时的支护体。这一步骤需要仔细控制冷却介质的温度和流速，以确保冻结效果符合设计要求。完成冻结过程后，可以进行地下结构施工。在冻土结构的支护下，可以进行地铁隧道等地下结构的施工。这包括隧道壁体、地下墙体、地下通道等的建设，施工过程需要小心操作，以不破坏冻土结构。

施工完成后，停止冻结介质的注入，进行冻土结构的融化。通过引入温暖的空气或其他方式，使冻土结构逐渐融化。这一过程需要谨慎进行，以避免因迅速融化引起的土体不稳定问题。

整个冻结法施工的过程需要精密的计划和操作，确保在施工过程中能够克服各种挑战，保障施工的安全性和成功性。由于冻结法在地铁建设中的应用通常发生在城市繁忙区域，因此对施工过程的精准控制显得尤为重

要。

### （三）施工过程中的质量控制与安全保障

在冻结法施工过程中，质量控制与安全保障是至关重要的环节，以确保施工的成功和施工现场的安全。建立完善的质量控制体系是保障施工质量的基础。在施工前，制定详细的工程质量管理计划，明确施工目标、技术要求、验收标准等。建立质量控制体系，包括监测和记录冻结过程中的关键参数，如地下温度、冷却介质流速等。

在施工现场，进行实时监测和数据记录。通过先进的监测技术，实时监测冻结区域的温度、土壤变形等关键参数。这些数据用于及时发现问题，调整施工参数，并确保冻结效果符合设计要求。同时，建立完善的数据记录系统，为后续的质量评估和分析提供依据。

质量控制还包括对冻结介质的质量监测。确保冻结介质的纯度、流速等符合设计要求，以防止因介质问题引起的施工质量不稳定。此外，冷却介质的使用量也需要根据实际情况进行精确控制，以避免资源浪费。

在安全保障方面，建立全面的安全管理体系至关重要。在施工前，进行详细的安全评估，确定潜在的安全风险，并采取相应的预防和应急措施。制定并强制执行安全规程，确保施工人员了解并遵守相关的安全操作规范。

在施工现场设置安全设施。包括明显的安全标志、隔离区域、防护装置等，以确保施工区域的安全性。特别是在城市繁忙区域进行施工时，需要采取额外的安全措施，保障周边居民和交通的安全。并建立紧急响应机制。预先制定应急处理方案，确保在发生突发事件时能够迅速、有效地采取措施，保障施工人员和周边环境的安全。

通过这些质量控制和安全保障的措施，可以有效地降低冻结法施工过程中的风险，保障施工的顺利进行并达到设计要求。

## 五、成果与效果评估

成果与效果评估是地铁区间联络通道冻结法施工过程中的关键环节，用于验证施工的成功性、安全性以及对周边环境的影响，这一评估过程涵盖了多个方面的考虑。

一方面，对冻结效果进行地下土体的检测和分析。通过对冻结区域进行地质和结构检测，可以评估冻结效果是否符合设计要求。这包括冻结深度、冻结范围以及冻土的强度等参数。实地测量和取样分析是常用的手段，确保冻结区域的稳定性和可靠性。

另一方面，进行施工对周边环境的影响评估。监测地下水位、地表沉降等参数，分析施工对周边环境的潜

在影响。比较施工前后的环境数据，确保施工不会引起不可逆的环境问题，并采取相应的修复和补救措施。

在安全性方面，对施工过程中的事故、意外情况进行事故调查和分析。通过分析施工过程中的安全记录、监测数据，评估施工中是否发生了不良事件，以及对人员和设备的影响。这有助于总结经验教训，提升施工的安全水平。

此外，对施工项目的工程质量进行全面评估。包括对冻结区域的支护结构、土体的稳定性、施工材料的使用等方面的检查，以确保施工达到预期的工程质量标准。最终，根据上述评估结果，制定详细的成果报告。报告应包括对冻结效果、环境影响、安全性、工程质量等方面的定量和定性评估。这一报告不仅对施工成果的验证起到重要作用，也为未来类似工程提供了经验教训和改进建议。

通过综合的成果与效果评估，可以确保地铁区间联络通道冻结法施工在技术、安全和环保等方面都能取得良好的效果，为城市地铁建设提供可靠的支护和施工解决方案。

## 结语

在地铁区间联络通道冻结法施工的全过程中，准备工作、具体施工步骤以及成果与效果评估共同构成了一个完整而复杂的工程体系。通过地质勘察、冻结方案设计、冻结介质注入等环节的有机结合，冻结法成功实施，为地铁建设提供了可靠的地下结构支护。在准备工作中，详尽的地质勘察为施工提供了必要的数据库，而设计冻结方案则要综合考虑地质条件、环境影响和施工要求。施工过程中，科学布设冷却管道、精确注入冻结介质以及实时监测与调整是保障施工成功的重要环节。而在施工完成后，对冻结效果、环境影响、安全性以及工程质量的全面评估，进一步确保了整个施工过程的可控性和可持续性。在城市地铁建设中，冻结法的成功应用为解决复杂地质条件下的隧道施工问题提供了一种可行的解决方案。通过不断的技术创新和经验积累，地铁建设将更加高效、安全、环保，为城市交通发展注入新的活力。

## 参考文献

- [1] 王鹏耀. 地铁车站区间联络通道冻结法施工技术探讨[J]. 江西建材, 2023, (01): 288-289+292.
- [2] 陈金刚, 郭强, 周海龙等. 地铁区间盾构与联络通道冻结加固同步施工技术方案及应用分析[J]. 现代隧道技术, 2023, 60(01): 233-241+248.
- [3] 郭力. 地铁区间联络通道冻结法施工技术分析[J]. 四川水泥, 2022, (11): 245-247.