

# 地铁盾构隧道掘进中的同步注浆施工技术

赵晓东

中铁十九局集团轨道交通工程有限公司 广东 东莞 523000

**摘要:** 地铁盾构隧道作为城市交通建设的重要组成部分,其施工过程中面临着土壤固结和支护、防水等诸多挑战。同步注浆技术作为一种有效的施工方法,在地铁盾构隧道掘进中得到了广泛应用。本文以地铁盾构隧道掘进中的同步注浆施工技术为切入点,对其进行了深入研究和分析。旨在为相关从业人员提供参考,以推动城市交通建设的快速发展。

**关键词:** 地铁盾构隧道;同步注浆;施工技术;原理;运用

## Construction Technology of synchronous grouting in shield tunneling of metro

Zhao Xiaodong

China Railway 19 Bureau Group Rail Transit Engineering Co., Ltd., Dongguan Guangdong, 523000

**Abstract:** As an important component of urban transportation construction, subway shield tunnels face many challenges during the construction process, such as soil consolidation, support, and waterproofing. Synchronous grouting technology, as an effective construction method, has been widely applied in the excavation of subway shield tunnels. This article takes the synchronous grouting construction technology in subway shield tunnel excavation as the starting point, and conducts in-depth research and analysis on it. Intended to provide reference for relevant practitioners to promote the rapid development of urban transportation construction.

**Keywords:** Metro Shield Tunnel; synchronous grouting; construction technology; principle; application

### 前言

地铁交通作为一种高效、便捷的公共交通方式在现代城市中得到了广泛应用。而地铁盾构隧道作为地铁线路建设的重要组成部分,其施工质量和安全性直接关系到整个地铁系统的运行效果和乘客出行体验<sup>[1]</sup>。然而,随着城市化进程的加快和地下空间利用的增加,地铁盾构隧道施工面临着越来越多的挑战和问题。因此,寻找一种高效可靠的施工技术对于提高地铁盾构隧道施工质量至关重要。

### 1 同步注浆技术的分析

同步注浆技术是一种在地铁盾构隧道掘进过程中广泛应用的施工技术。它通过将注浆材料注入到土壤中,实现土壤固结和支护效果,从而保证隧道施工的安全和稳定。首先,同步注浆技术具有较高的适用性。无论是在软弱地层还是在岩石地层,都可以采用同步注浆技术进行施工。对于软弱地层来说,同步注浆可以增加土体的强度和稳定性;对于岩石地层来说,同步注浆可以填充裂缝、减少水流量,并提高整体结构的承载能力<sup>[2]</sup>。其次,同步注浆技术具有良好的环境适应性。在城市地下空间有限且复杂多变的情况下,使用同步注浆技术可以有效控制隧道周围土体的沉降和变形,并防止水和泥浆渗透到隧道内部。这不仅保护了周边建筑物和管

线设施的安全,也减少了对环境造成的影响。此外,同步注浆技术还具有施工效率高、成本相对较低的优势。通过合理选择注浆材料和控制注浆流量,可以在一定程度上提高施工速度,并减少人力和物力资源的消耗。同时,同步注浆技术所需的设备和工艺相对简单,易于操作和管理。

### 2 地铁盾构隧道同步注浆技术的原理

#### 2.1 地铁盾构隧道同步注浆技术的原理

地铁盾构隧道同步注浆技术是指在盾构掘进过程中,通过同时进行土壤固结和支护材料的注入,以增强土壤稳定性、防止水和泥浆渗漏、加固支护结构并控制沉降量。该技术基于土壤力学和注浆原理,通过合理选择注浆材料和施工参数来实现(如图1所示)。首先,在地铁盾构隧道掘进过程中,由于挖掘机械对土体的破坏作用以及周围环境条件的变化,会导致土体失去稳定性。为了保证施工安全和减小对周围环境的影响,需要采取相应的措施来加固土体。同步注浆技术就是一种有效手段<sup>[3]</sup>。其次,在同步注浆技术中,选用适当的注浆材料进行施工。常见的注浆材料包括水泥、膨润土和聚合物等。这些材料具有较好的固结性能和抗渗性能,可以有效地加固土体并防止水和泥浆的渗漏。此外,在同步注浆技术中,需要合理控制注浆参数。包括注浆压力、

注浆速度、注浆量等。通过调整这些参数,可以使注浆材料充分填充土体空隙,并与土体形成一定的胶结强度,从而增强土壤稳定性。

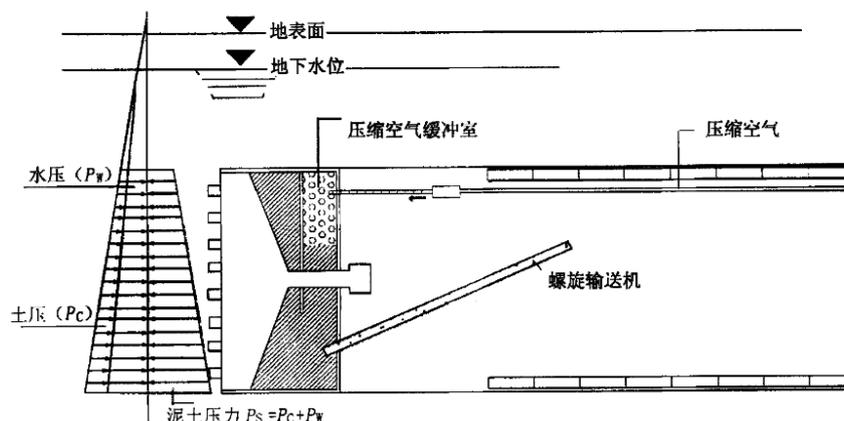


图1 地铁盾构隧道同步注浆技术的原理

## 2.2 同步注浆技术在地铁盾构隧道施工中的作用

### 2.2.1 增强土壤稳定性

同步注浆技术在地铁盾构隧道施工中的一个重要作用是增强土壤的稳定性。在掘进过程中,挖掘机械对土体进行破坏,导致土体失去稳定性。为了保证施工安全和减小对周围环境的影响,需要采取措施来加固土体。同步注浆技术通过将固化材料直接注入到土体中,可以填补土体空隙并形成胶结层,提高整个土体的稳定性。这样可以减少地下水位变动对周围环境造成的影响,并保证盾构机械在掘进过程中的安全稳定运行<sup>[4]</sup>。

### 2.2.2 防止水和泥浆渗漏

同步注浆技术还能够有效防止水和泥浆向地铁盾构隧道内部渗漏。在地铁盾构隧道施工过程中,由于周围地下水位较高或者存在含水层,会导致水和泥浆向隧道内部渗漏。这不仅会影响施工现场的干燥和安全,还可能导致地下水位变动、土体液化等问题。同步注浆技术可以通过注入防渗材料,如聚合物等,形成一层密封屏障,有效阻止水和泥浆的渗漏。这样可以保证施工现场的干燥和安全,并减小对周围环境的影响。

### 2.2.3 控制沉降量

地铁盾构隧道施工过程中会产生一定的土体沉降。如果沉降量超出了设计范围,则可能对周围建筑物和地下管线造成损害。同步注浆技术可以通过调整注浆参数来控制沉降量,减少对周围环境的影响。通过合理选择注浆材料和施工参数,可以使注浆材料充分填充土体空隙,并与土体形成一定的胶结强度,从而增加土体的承载能力并减小沉降量。

### 2.2.4 提高施工效率

同步注浆技术具有操作简便、施工速度快、效果明显等优点,因此能够提高地铁盾构隧道的施工效率<sup>[5]</sup>。相比传统的土壤处理方法,如冻结法或者钢支撑法,同步注浆技术不需要大规模设备和复杂操作流程,只需将固化材料直接注入

到土体中即可。这样可以大幅度缩短施工周期,并减少对周围环境的影响。同时,在施工过程中还能够实时监控注浆情况,并及时调整参数以达到最佳效果。

## 3 地铁盾构隧道掘进中的同步注浆技术的运用

### 3.1 同步注浆材料选择

#### 3.1.1 水泥

水泥是一种常用的同步注浆材料,具有较高的强度和耐久性。它可以通过与水混合形成均匀稠密的浆液,并能够迅速固化。水泥注浆可提供良好的土壤固结效果,增加隧道周围土体的稳定性。使用水泥进行同步注浆时需要注意其凝结时间。由于水泥凝结时间较长,在施工过程中可能会影响到施工进度。因此,在选择水泥作为注浆材料时,需要考虑项目要求、环境条件以及施工计划等因素。

#### 3.1.2 膨润土

膨润土是一种天然矿物质,具有良好的吸附性和胶结性。它可以与水形成黏土状物质,并能够有效填充隧道周围空隙,提高土壤稳定性。膨润土还具有较好的抗渗性能,可防止地下水和泥浆渗入隧道。选择膨润土作为同步注浆材料时,需要考虑其来源、质量以及与其他材料的兼容性。此外,由于膨润土在吸水后会发​​生体积变化,因此需要进行合理的配比和控制。

#### 3.1.3 聚合物

聚合物是一种合成材料,具有优异的粘结性和抗渗性能。它可以与水形成胶状物质,并能够迅速固化。聚合物同步注浆材料通常用于需要快速施工和强度要求较高的地铁盾构隧道。选择聚合物作为同步注浆材料时,需要考虑其特性、品牌信誉以及供应稳定性等因素。同时,在使用过程中需注意控制流量和压力,确保注浆效果达到预期。

### 3.2 同步注浆管理分析

#### 3.2.1 设备操作

在同步注浆施工中,合理、准确地操作设备可以有效提

高施工效率并保证施工质量。首先,需要对同步注浆设备进行调试和检查,确保其正常运行。包括检查管路连接是否牢固、阀门是否灵活等。同时,还需根据具体情况设置合适的注浆压力,并进行相应的调整和监控。其次,在实际操作过程中,需要严格按照规定流程进行操作。例如,在孔洞布置时要注意孔距和孔深的均匀性;在连接管道时要确保密封性良好;在注浆压力控制时要根据土层情况及时调整压力等。此外,设备操作人员需要具备相关技能和经验,并接受专业培训。他们应熟悉设备结构、原理以及各种参数设置方法,并能够快速、准确地处理设备故障和异常情况。

### 3.2.2 质量控制

质量控制是同步注浆施工中不可或缺的一环。通过严格的质量控制,可以保证注浆材料的配比准确、注浆压力稳定以及固结效果良好。首先,需要对注浆材料进行合理的配比。根据土层类型、孔洞尺寸等因素,确定适宜的水泥、膨润土或聚合物用量,并按照规定比例进行混合。其次,在施工过程中要监测和调整注浆压力。通过实时监测注浆压力,可以及时发现并解决可能存在的问题,如管道堵塞或漏损等。同时,还需根据土壤反应情况调整注浆压力,以达到最佳固结效果。此外,在施工结束后需要对固结效果进行评估。可以采用地下水位监测、土壤密实度测试等方法来评估固结效果,并根据评估结果提出改进措施或优化方案。

### 3.2.3 安全保障

在同步注浆施工中,合理的安全保障措施可以有效预防事故发生,保护施工人员和现场环境的安全。首先,需要对施工现场进行全面的安全评估,并制定相应的安全操作规程。包括设立警示标识、设置临时围栏等,以确保施工区域的安全。其次,在设备操作过程中要注意个人防护措施。操作人员应佩戴符合标准的个人防护装备,如手套、口罩、耳塞等,以降低意外伤害风险。此外,在注浆压力调整和管道连接过程中要特别注意高压液体泄漏问题。必须确保管路连接牢固,并采取相应措施来避免高压液体泄漏造成的危险。

## 3.3 同步注浆流程分析

### 3.3.1 注浆孔洞布置

在进行同步注浆之前,需要根据具体工程情况合理布置注浆孔洞。通常情况下,注浆孔洞应均匀分布在隧道周围,并且与盾构机刀盘位置相对应。通过合理的孔洞布置可以确保土壤固结效果均匀和全面。

### 3.3.2 注浆管道连接

一旦完成了注浆孔洞的布置,接下来就需要将管道与这些孔洞连接起来。通常使用柔性管道作为连接材料,以便于调整和适应不同位置的需求。在连接过程中要注意保持管道

畅通无阻,并确保密封良好以防止泥水渗漏。

### 3.3.3 注浆压力控制

在开始进行同步注浆之前,必须确定合适的注入压力。这取决于地层的性质、孔洞的深度和直径等因素。注浆压力应根据实际情况进行调整,以确保注浆材料能够充分渗透到土壤中,并达到预期的固结效果。

### 3.3.4 注浆操作

一旦完成了上述准备工作,就可以开始进行同步注浆操作了。通常情况下,采用连续注浆法进行施工。这意味着在盾构机掘进过程中,同时进行注浆操作。通过与盾构机刀盘位置相对应的孔洞,将注浆材料通过管道送入地下。

### 3.3.5 注浆监控

在同步注浆过程中,需要对注入压力、流量和速度等参数进行实时监控。这可以通过专业设备来实现,在施工现场设置相应的监控仪器和传感器。通过监控数据的收集和分析,可以及时发现问题并采取相应的调整措施。

### 3.3.6 固结效果评估

同步注浆施工完成后,需要对固结效果进行评估。这包括地下水位监测、土壤密实度测试等指标的检查 and 记录。通过评估结果可以判断同步注浆技术是否达到预期目标,并为后续施工提供参考和改进方向。

## 4 结语

综上所述,地铁盾构隧道掘进中的同步注浆施工技术 in 提高施工质量和效率方面具有重要作用。通过合理选择注浆材料、科学管理和严格执行流程,可以实现土壤固结 and 支护效果的最大化。同步注浆技术的应用能够增强土壤稳定性、防止水和泥浆渗透,并提高隧道整体结构强度。未来,需要不断创新并积累经验,如引入自动化控制系统 and 研发新型注浆材料等。只有这样才能更好地满足地铁盾构隧道建设对于安全、可靠 and 高效施工的需求。

## 参考文献

- [1]杨富军. 地铁盾构隧道掘进同步注浆施工技术分析[J]. 江西建材,2022(8):296-297,302.
- [2]颜静,王飞,付春青,等. 地铁盾构隧道同步注浆地表沉降控制效果影响因素的现场试验研究[J]. 城市轨道交通研究,2021,24(10):48-53.
- [3]刘富强. 同步注浆施工技术在地铁盾构隧道掘进中的应用[J]. 工程技术研究,2021,6(7):118-119.
- [4]周大为. 地铁盾构隧道同步注浆工艺原理及流程研究[J]. 工程技术研究,2020,5(16):103-104.
- [5]李杨. 地铁盾构隧道建设中的同步注浆施工技术探析[J]. 江西建材,2020(8):173,175.