

# 暗挖地铁隧道施工技术

徐海龙

中电建铁路建设投资集团重庆有限公司 重庆 400000

**摘要：**本文深入剖析了暗挖地铁隧道施工技术的核心要素，涵盖开挖、支护、防水排水等关键技术，以及辅助工法、机械化施工、监控量测与信息化手段的应用。文章强调，在实际施工过程中，必须紧密结合地质条件、工程需求与施工环境，灵活选择和调整技术策略，以确保施工安全无虞，同时保障隧道的稳固耐用。这一研究为地铁建设提供了宝贵的理论与实践指导。

**关键词：**暗挖；地铁隧道；施工技术

## 引言

在城市交通日益繁忙的背景下，地铁以其高效便捷的特性成为城市公共交通的骨干。而暗挖地铁隧道施工技术，作为地铁建设的核心技术之一，对于保障施工安全、提升隧道质量至关重要。本文旨在全面梳理暗挖技术的精髓与应用要旨，为地铁建设领域的研究与实践铺设坚实的基石，为未来的城市地铁建设提供有力的技术支撑与参考指引。

### 1 暗挖地铁隧道的定义和重要性

暗挖地铁隧道，即在地下进行隐蔽性挖掘以构建地铁通道的技术。这种建设方式最显著的优势在于其对地面交通的零干扰，使得繁忙的城市交通得以顺畅运行。由于施工活动主要在地下进行，暗挖技术还能显著减少因建设需要而进行的地面拆迁，从而降低了对市民生活和城市景观的影响。在城市地铁建设中，暗挖隧道施工技术扮演着至关重要的角色。随着城市化进程的加速，地面交通压力日益增大，地铁作为高效、便捷的公共交通工具，其需求也随之增长。而暗挖技术正是满足这一需求的关键手段之一。通过暗挖方式建设的地铁隧道，不仅能够有效缓解城市交通压力，还能提高城市交通的整体效率，为市民提供更加便捷、舒适的出行体验。因此，暗挖地铁隧道在城市交通建设中具有不可替代的重要性<sup>[1]</sup>。

## 2 暗挖地铁隧道施工技术

### 2.1 开挖技术

在暗挖地铁隧道施工技术中，开挖技术是至关重要的一环。全断面法、台阶法和分部开挖法（如CD法、CRD法）作为常用的开挖方法，在不同的地质条件和隧道跨度下展现出了各自的优势。全断面法，适用于地质条件良好、围岩稳定的隧道。该方法将隧道断面一次开挖成形，具有施工速度快、效率高的优点。但在不良地

质条件下，全断面法可能会引发围岩失稳、坍塌等安全风险。台阶法，则是一种更为灵活的开挖方式。它将隧道断面分成多个台阶进行开挖，适用于地质条件相对较差或隧道跨度较大的情况。台阶法可以分为长台阶、短台阶和微台阶等，根据具体的地质条件和工程要求选择合适的形式。这种方法能够有效控制围岩变形，保证施工安全。分部开挖法，包括CD法（中隔壁法）和CRD法（交叉中隔壁法）等，是针对大断面、软弱围岩或需要特别控制变形的隧道而设计的。通过将隧道断面分成多个小部分进行开挖和支护，能够更好地适应软弱围岩的变形特性，确保隧道的稳定性和安全性。在实际施工中，选择合适的开挖方法对于确保隧道稳定性和施工安全至关重要。施工团队需要根据地质勘探资料、工程要求和施工条件进行综合分析，确定最合适的开挖方法。同时，在开挖过程中，还需要密切关注围岩的变形情况，及时采取措施进行调整和优化，确保施工安全和隧道质量。

### 2.2 支护技术

在暗挖地铁隧道施工技术中，支护技术是确保隧道稳定性和安全性的关键环节。支护技术主要包括初期支护、临时支撑和二次衬砌等步骤，每一步骤都对隧道的稳定和安全起着至关重要的作用。初期支护是隧道开挖后首先进行的支护工作，其目的在于迅速封闭围岩，防止围岩风化、松动和坍塌，从而维护隧道的稳定性。初期支护通常采用喷射混凝土、锚杆、钢筋网等材料，这些材料能够有效地与围岩粘结在一起，形成一个坚固的支护体系。喷射混凝土能够快速硬化，提供及时的支护作用，而锚杆和钢筋网则能够增强支护结构的整体性和稳定性。临时支撑是在初期支护的基础上进行的辅助性支护工作。由于初期支护可能无法完全承受隧道开挖后产生的荷载，因此需要设置临时支撑来辅助初期支护，

增加隧道的稳定性。临时支撑通常采用钢支撑、木支撑等材料,这些材料能够提供额外的支撑力,防止隧道在开挖过程中发生变形或坍塌。二次衬砌是在初期支护稳定后进行的永久性衬砌工作。二次衬砌的目的是确保隧道的长期使用安全,因此其材料选择和施工质量要求都非常高。二次衬砌通常采用模筑混凝土或钢筋混凝土等材料,这些材料具有高强度、耐久性好等特点,能够满足隧道长期使用的需求。在施工过程中,需要严格控制二次衬砌的厚度、平整度和平直度等指标,确保隧道质量和安全性<sup>[2]</sup>。

### 2.3 防水与排水技术

防水与排水技术在暗挖地铁隧道施工中占据着举足轻重的地位。这不仅关乎隧道的建设质量,更直接影响到隧道未来的运营安全和乘客的舒适体验。因此,在隧道施工过程中,对防水与排水技术的要求极为严格。防水技术是隧道建设的首要任务。为了防止地下水渗入隧道,施工人员会在隧道壁面和底部铺设专用的防水材料。这些防水材料多种多样,包括但不限于防水板、止水带等。防水板能够有效地阻隔水分,确保隧道内部的干燥;而止水带则能在隧道结构的接缝处形成一道密不透水的屏障,防止水分从这些薄弱环节渗入。这些防水材料的选用和铺设都需遵循严格的技术标准,以确保其防水效果达到最佳。除了防水技术,排水技术同样不容忽视。隧道内部难免会有少量渗水或地下水涌入,这时就需要一套高效的排水系统来及时将这些水分排出。排水系统通常包括排水沟、排水管等组成部分。排水沟一般设置在隧道的底部,用于收集隧道内的渗水;而排水管则负责将这些水分引导至隧道外部的安全区域。这样,即便在极端情况下隧道内部出现大量渗水,这套排水系统也能迅速应对,确保隧道的安全运营。防水与排水技术的紧密结合,为暗挖地铁隧道施工提供了一道坚固的保障。它们共同作用,确保隧道在建设和运营过程中始终保持干燥、安全的状态。这不仅延长了隧道的使用寿命,也为乘客提供了一个更加舒适、便捷的出行环境。因此,在暗挖地铁隧道施工中,对防水与排水技术的重视和应用是不可或缺的。

### 2.4 辅助工法

在暗挖地铁隧道施工技术中,辅助工法扮演着至关重要的角色。这些工法旨在提高围岩的自稳能力,确保施工过程中的安全,并为隧道的长期使用奠定坚实的基础。预加固技术是辅助工法中的重要一环。其中,地表注浆加固是一种常用的方法,它通过在地表钻孔并注入特制的浆液,使浆液在围岩中扩散、凝固,从而增强围

岩的整体性和强度。这种技术能够有效地防止隧道开挖过程中围岩的坍塌和失稳,提高施工的安全性。另一种预加固技术是超前小导管注浆,它在隧道开挖前沿钻孔并安装小导管,然后通过导管注入浆液,形成加固圈,为隧道的开挖提供稳定的支护。除了预加固技术,洞内加固技术也是辅助工法中不可或缺的一部分。径向注浆加固是其中一种常用的方法,它在隧道内部钻孔并注入浆液,使浆液在围岩中径向扩散,形成加固层。这种方法能够增强隧道周边围岩的强度,提高隧道的承载能力。另一种洞内加固技术是锚索加固,它通过在隧道内部安装锚索,并将锚索固定在稳定的围岩中,利用锚索的拉力来增强隧道的稳定性。这种技术适用于围岩条件较差、自稳能力不足的隧道段,能够有效地提高施工的安全性。辅助工法的应用需要根据具体的工程地质条件、隧道设计要求和施工条件等因素进行综合考虑。通过合理地选择和应用预加固技术和洞内加固技术,能够有效地提高隧道的稳定性和安全性,为隧道的顺利施工和长期使用提供有力的保障。同时,随着科技的不断进步和新技术的不断涌现,辅助工法也将不断完善和发展,为地铁隧道建设带来更多的可能性和便利<sup>[3]</sup>。

### 2.5 机械化施工技术

在暗挖地铁隧道施工技术中,机械化施工技术以其高效、准确的特性,成为现代隧道建设不可或缺的一部分。其中,盾构法和TBM(隧道掘进机)法是最具代表性的两种机械化施工方法,它们在不同地质条件下的隧道开挖和衬砌施工中展现出了卓越的性能。盾构法,一种主要应用于软土地层的机械化施工方法。盾构机作为一种专用的隧道掘进设备,能够在软土地层中高效、稳定地进行隧道开挖。它通过在盾构机前部设置刀盘,旋转切削土体,同时利用盾构机内部的传输系统将切削下来的土体运出隧道。在盾构机推进的过程中,同步进行隧道衬砌的施工,确保隧道的稳定性和安全性。盾构法具有施工速度快、对周围环境影响小等优点,因此在软土地层的地铁隧道建设中得到了广泛应用。TBM法,即隧道掘进机法,则更适用于硬岩地层的隧道开挖。TBM是一种能够在硬岩地层中进行高效掘进的专用设备。它利用强大的旋转刀盘和推进系统,在硬岩地层中破岩掘进,同时进行隧道衬砌的施工。与盾构法相比,TBM法具有更高的掘进速度和更强的适应性,能够在各种复杂地质条件下进行隧道建设。这些机械化施工方法不仅提高了隧道建设的施工速度,还能够在保证隧道质量的同时,减少对周围环境的影响。在实际应用中,需要根据具体的地质条件和工程要求选择合适的机械化施工方

法。同时,随着科技的不断进步和新型设备的研发,机械化施工技术将不断完善和发展,为地铁隧道建设提供更加高效、安全的技术支持。

### 2.6 监控量测与信息化技术

监控量测与信息化技术在暗挖地铁隧道施工中扮演着至关重要的角色,它们是确保施工安全、提高工程质量、优化施工流程不可或缺的手段。在暗挖地铁隧道的过程中,由于地质条件复杂多变,隧道结构承受着巨大的地应力和变形风险。因此,通过监控量测技术对隧道变形、支护结构应力等关键指标进行实时监测显得尤为重要。这些监测数据能够直观反映隧道结构的稳定性和安全性,帮助施工人员及时发现潜在的安全隐患,从而迅速采取有效措施予以排除。信息化技术则在这些监测数据的处理和分析中发挥着关键作用。通过计算机技术的运用,可以将大量的监测数据进行整理、分类和存储,进而利用专业的分析软件对这些数据进行深入挖掘和分析。这样,施工人员就能够更加准确地掌握隧道结构的变形规律、应力分布等关键信息,为施工决策提供科学、可靠的依据。此外,信息化技术还可以实现监测数据的实时传输和共享,使得施工管理人员能够随时随地了解隧道的施工状态和安全性。这不仅提高了施工管理效率,也有助于及时发现并解决施工过程中的问题,从而确保隧道施工的顺利进行<sup>[4]</sup>。

### 2.7 特殊地质条件处理技术

在暗挖地铁隧道施工中,经常会遇到各种特殊地质条件,如断层、破碎带、软土层等。这些不良地质段给施工带来了巨大的挑战,需要采取特殊处理技术来确保施工的安全和顺利进行。当隧道穿越断层或破碎带时,由于这些区域的岩石破碎、节理发育,地应力分布复杂,隧道结构容易失稳。因此,在这些区域施工前,必须进行详细的地质勘察,准确掌握断层或破碎带的分

布、规模和性质。根据勘察结果,可以采取超前支护、注浆加固等特殊处理技术来增强隧道结构的稳定性。例如,通过超前小导管注浆或管棚法,可以在隧道开挖前对断层或破碎带进行预加固,提高围岩的自稳能力。此外,涌水和突泥是暗挖地铁隧道施工中常见的地质灾害。当隧道穿越富含地下水的地质层或泥质软弱地质层时,可能会发生大量的涌水或突泥现象,给施工带来极大的困难。为了应对这些风险,必须制定详细的应急措施。首先,要在施工前进行水文地质勘察,了解地下水的分布和动态变化。其次,要设置完善的排水系统,确保隧道内的涌水能够及时排出。同时,还要准备足够的抢险材料和设备,如砂袋、水泵、注浆机等,以便在发生突泥或涌水时能够迅速采取措施进行处理。

### 结语

在深入探讨了暗挖地铁隧道施工技术的多个关键环节后,我们不难发现,这项技术在实际应用中展现出了其复杂性与多面性。从开挖到支护,从防水排水到辅助工法,每一个步骤都需要精准把控,确保隧道的稳固与安全。展望未来,随着科技的不断突破与新型材料的涌现,我们有理由相信,暗挖地铁隧道施工技术将迎来更加完善与创新的发展,为城市地铁建设贡献更为卓越的力量。

### 参考文献

- [1]李俊杰.暗挖区间隧道近接既有地铁隧道施工变形影响及控制措施研究[J].现代隧道技术,2019,56(4):168-174.
- [2]彭学军,吴彪,杨文国.浅谈地铁暗挖大断面隧道二衬三步施工技术[J].企业技术开发,2019,38(8):36-39.
- [3]张毅.浅埋暗挖地铁隧道全断面帷幕注浆施工技术[J].中国高新科技,2019(10):70-72.
- [4]梁晓峰.浅埋暗挖地铁隧道施工技术与风险探讨[J].产业与科技论坛,2019,18(10):78-79.