

大变形隧道施工中的支护技术与施工管理研究

赵建波

中国水利水电第七工程局有限公司 四川 成都 610213

摘要：大变形隧道施工中的支护技术与施工管理研究，旨在探索适应复杂地质条件下隧道掘进的高效支护方案与精细化管理策略。研究聚焦于新型支护材料的研发、支护技术的智能化升级、信息化管理平台的构建以及施工组织管理的精细化，以期提高施工效率、保障施工安全、降低施工成本。研究成果将为大变形隧道施工提供科学依据和技术支撑，推动隧道工程领域的创新发展。

关键词：大变形隧道；支护技术；施工管理；隧道安全

引言：大变形隧道施工面临复杂地质条件、高难度支护要求及严格的安全生产管理挑战。随着隧道工程规模的不断扩大和地质条件的日益复杂，传统的支护技术和施工管理方法已难以满足实际需求。开展大变形隧道施工中的支护技术与施工管理研究，对于保障施工安全、提高施工效率、降低施工成本具有重要意义。本研究将深入探索支护技术的创新与应用，以及施工管理的精细化策略。

1 大变形隧道支护技术基础

1.1 大变形隧道的定义与特点

“大变形”是相对于“小变形”而言的。在物体受力后，“小变形”指的是物体各点位移和形变都很微小甚至可忽略不计，产生的应变和转角远远小于1。然而，“大变形”的绝对定义至今尚不十分明确，一般采用变形值来作为判定标准，主要指围岩的变形量超出了预留或允许变形量。大变形的来源主要是围岩变形承载超出了围岩-支护体系的共同承载力，具有明显时间效应和塑性变形特性，严重影响隧道工程的正常使用性，最终导致隧道丧失整体结构稳定性。大变形隧道的特点主要包括：初始变形速率大，变形持续时间长，以及最终变形量大。这些特点使得大变形隧道的支护技术成为一项具有挑战性的任务。在隧道开挖后，围岩会迅速产生变形，导致围岩结构不断恶化，自承能力下降。

1.2 支护技术的基本原理

支护工程是地下工程中不可或缺的一部分，它涉及到在地下空间开挖过程中，为保持岩土体的稳定和防止坍塌而采取的一系列加固措施。支护技术的基本原理包括几个方面：（1）恢复或增强岩土体的稳定性。支护工程的主要目的是恢复或增强岩土体的稳定性，防止其因开挖作业而失稳或坍塌。（2）分散和转移荷载。支护结构能够分散和转移来自岩土体的荷载，减轻围岩的受

力状态，从而控制围岩的变形^[1]。（3）提供临时或永久的支撑。支护结构可以为地下工程提供临时或永久的支撑，确保施工过程中的安全稳定。（4）适应围岩变形。支护结构需要具有一定的柔性和适应性，能够随着围岩的变形而调整自身形态，保持支护效果。

2 大变形隧道支护技术研究

2.1 钢拱架支护技术

钢拱架支护技术，作为大变形隧道支护领域的核心手段之一，主要通过采用型钢材料加工成所需形状的拱架结构，实现对隧道围岩的有效加固。这种支护方式利用L、U、I型钢和钢轨、钢管等型钢，通过整榀安装或杆件拼装的方式，构建出具有高强度和刚度的支护体系。钢拱架支护的即时强度和刚度显著，能有效遏制围岩的过度变形，特别是在浅埋、偏压、自稳时间极短的围岩条件下，以及面对松散、破碎、有涌水、膨胀性岩土等复杂地质情况时，展现出强大的适应性和支护效果。其中，可缩性钢拱架因其能够根据围岩的持续变形进行相应调整，减少支护结构因围岩变形而产生的应力集中，从而成为大变形隧道支护中的优选方案。

2.2 锚杆与锚索支护技术

锚杆与锚索支护技术在大变形隧道支护中扮演着至关重要的角色。锚杆支护通过将锚杆深入围岩内部，将围岩与支护结构紧密相连，显著提升了围岩的整体性和稳定性。长短锚杆组合支护方式的出现，更是将这一技术的支护效果推向了新的高度。短锚杆主要负责限制隧道近区围岩的膨胀变形，阻止破裂面的进一步发展，从而形成具有一定承载能力的加固组合拱结构；而长锚杆则深入围岩深部，控制加固组合拱之外围岩的变形，并将加固组合拱结构悬吊于更为稳定的岩体之上。与此同时，锚索支护以其更强的承载能力和更大的变形适应性，成为控制大变形隧道深部围岩变形的有力武器。通

过精确计算锚杆与锚索的长度、直径、间距等参数,结合具体地质条件和变形特点,可以确保支护结构的有效性和安全性。

2.3 喷混凝土与网片支护技术

喷混凝土与网片支护技术是大变形隧道支护中不可或缺的辅助手段。喷射混凝土能够迅速在围岩表面形成一层致密的保护层,有效封闭围岩表面的裂隙和空隙,防止风化、潮解和剥落等不利因素的影响。喷射混凝土还能显著提高围岩的整体强度和稳定性,为后续的支护结构提供坚实的基础。网片支护则通过铺设钢筋网或钢板网等增强材料,进一步增加支护结构的刚度和承载能力。在大变形隧道中,喷混凝土与网片支护技术常被用于浅埋、软弱、破碎等地质条件下的隧道支护。通过精确计算喷射混凝土的厚度、强度、配比等参数,以及网片的规格、排列方式等,可以确保支护结构满足设计要求,实现预期的支护效果^[2]。

2.4 特殊地质条件下的支护技术

在大变形隧道工程中,特殊地质条件如断层、破碎带、软弱夹层、涌水等的存在,对支护技术的选择和应用提出了更为严苛的要求。针对断层和破碎带等地质条件,超前支护技术如超前小导管注浆、超前锚杆注浆等被广泛应用,以提前加固围岩,提高其稳定性和承载能力。注浆加固技术也常被用于填充围岩裂隙和空隙,提高围岩的整体强度和稳定性。对于软弱夹层和涌水等地质条件,则需要采取更为特殊的支护措施。在特殊地质条件下进行支护施工时,还需要加强监测和预警工作,及时发现和处理支护结构中的异常情况,确保隧道工程的安全和稳定。通过综合运用多种支护技术和手段,可以实现对特殊地质条件下大变形隧道的有效支护。

3 大变形隧道施工管理研究

3.1 施工前的准备工作

大变形隧道的施工管理,从施工前的准备工作开始便显得尤为关键。这一阶段的工作主要包括地质勘察与评估、施工方案的制定与审核、人员与设备的调配以及应急预案的制定等。地质勘察是首要任务,通过对隧道沿线地质条件的全面调查与分析,准确掌握围岩的物理力学性质、水文地质条件以及可能存在的断层、破碎带等特殊地质构造,为施工方案的制定提供科学依据。施工方案的制定需综合考虑地质条件、隧道长度、断面尺寸、工期要求以及经济成本等因素,确保方案的科学性、可行性和经济性。施工方案还需经过专家评审和相关部门审批,确保其符合国家和行业的安全规范和技术标准。在人员与设备的调配方面,需根据施工方案的要

求,合理配备具有丰富经验和专业技能的施工队伍,以及先进的施工设备和检测仪器,确保施工过程的顺利进行。针对大变形隧道施工中可能遇到的各种风险和挑战,还需制定详细的应急预案,包括应急响应流程、救援措施、物资储备等,以应对突发情况,确保施工安全。

3.2 施工过程中的管理

施工过程中的管理是大变形隧道施工管理的重要环节。这一阶段的工作主要包括现场安全管理、进度控制、质量控制以及成本控制等。现场安全管理是首要任务,需建立健全的安全管理体系,明确各级管理人员和作业人员的安全职责,加强安全教育和培训,提高全员安全意识。还需加强现场安全巡查和隐患排查,及时发现和处理安全隐患,确保施工安全。进度控制方面,需根据施工方案的要求,制定详细的施工进度计划,并严格按照计划进行施工,确保工期目标的实现。在质量控制方面,需建立健全的质量管理体系,明确质量标准和检验要求,加强原材料和构配件的质量控制,以及施工过程的质量检验和验收,确保工程质量符合设计要求。成本控制方面,需加强成本预算和核算,优化施工方案,降低材料消耗和人工成本,提高施工效率,确保工程的经济效益。

3.3 施工安全的保障

施工安全的保障是大变形隧道施工管理的核心任务。为确保施工安全,加强安全教育和培训,提高全员安全意识,使施工人员了解施工安全的重要性和必要性,掌握基本的安全知识和技能。建立健全的安全管理制度和操作规程,明确各级管理人员和作业人员的安全职责,规范施工行为,防止违章作业和冒险蛮干。加强现场安全巡查和隐患排查,及时发现和处理安全隐患,确保施工安全。还需加强施工过程中的安全监测和预警,利用先进的检测仪器和技术手段,实时监测围岩变形、支护结构受力等关键参数,及时发现异常情况,并采取有效措施进行处理^[3]。在特殊地质条件下,还需采取针对性的安全措施,如加强超前支护、注浆加固等,确保施工安全。加强应急管理和救援能力建设,建立健全的应急预案和救援体系,提高应对突发情况的能力,确保施工安全。

4 大变形隧道支护技术与施工管理的改进建议

4.1 新型支护材料的研发与应用

在大变形隧道的支护技术中,新型支护材料的研发与应用是提升支护效果、降低施工成本、保障施工安全的重要途径。针对传统支护材料在复杂地质条件下的局限性,应加大科研投入,开发具有高强度、高韧性、

耐腐蚀、易施工等特点的新型支护材料。应注重材料的环保性和经济性，推动绿色支护材料的应用，减少对环境的影响。在应用方面，应加强对新型支护材料的性能测试和现场试验，确保其在实际工程中的适用性和可靠性。还应建立完善材料采购、储存、运输和使用管理制度，确保新型支护材料的质量和安

4.2 支护技术的智能化与自动化

随着信息技术的快速发展，支护技术的智能化与自动化成为提升施工效率、保障施工安全的重要方向。应充分利用物联网、大数据、人工智能等先进技术，实现对支护结构的实时监测和预警。例如，通过在支护结构中安装传感器，实时监测围岩变形、支护结构受力等关键参数，利用大数据分析技术，对监测数据进行处理和分析，及时发现异常情况，为施工决策提供依据。应研发智能化支护设备，如自动化锚杆钻机、智能注浆系统等，以提高施工效率和安全性。在支护技术的智能化与自动化方面，应注重技术的集成和创新，推动支护技术与信息技术的深度融合，形成具有自主知识产权的智能化支护技术体系，还应加强技术培训和人才培养，提高施工人员的智能化技术水平。

4.3 信息化管理平台的构建与应用

信息化管理平台的构建与应用对于提升大变形隧道施工管理的水平具有重要意义。应建立包含地质勘察、施工方案设计、施工进度管理、质量控制、安全管理、成本控制等多个模块的信息化管理平台，实现施工管理的信息化、数字化和智能化。通过信息化管理平台，可以实现对施工过程的全面监控和管理，提高管理效率和决策水平。例如，利用信息化管理平台，可以实时掌握施工进度和质量控制情况，及时发现和解决问题；可以实现对安全风险的实时监测和预警，提高施工安全性；可以实现对成本控制的精细化管理，降低施工成本^[4]。在信息化管理平台的构建与应用方面，应注重平台的易用性和可扩展性，方便施工人员的操作和管理。同时还应加强数据安全和信息保密工作，确保平台的安全性和可

靠性。

4.4 施工组织与管理的精细化

施工组织与管理的精细化是大变形隧道施工管理的重要保障。应建立科学的施工组织管理体系，明确各级管理人员的职责和权限，加强施工过程的协调和管理。在施工组织方面，应优化施工方案，合理安排施工顺序和施工进度，确保施工过程的连续性和稳定性。应注重施工资源的合理配置和有效利用，提高施工效率。在施工管理方面，应加强对施工质量的控制和监督，建立完善的质量管理体系和质量检验制度，确保工程质量符合设计要求。应加强对施工安全的监管和管理，建立健全的安全管理制度和安全操作规程，加强安全教育和培训，提高施工人员的安全意识，还应注重施工成本的精细化管理，加强成本控制和核算，降低施工成本，提高工程的经济效益。在施工组织与管理的精细化方面，应注重管理的创新和实践，不断总结经验教训，推动施工管理的持续改进和优化。

结束语

本研究通过对大变形隧道施工中的支护技术与施工管理进行全面深入的分析，提出了针对性的改进建议和创新策略。未来，随着科技的不断进步和工程实践的不断深入，支护技术和施工管理方法将不断得到优化和完善。期待通过持续的研究与实践，为大变形隧道施工提供更加安全、高效、经济的解决方案，推动隧道工程领域的持续健康发展。

参考文献

- [1]林辉.全风化断层破碎带公路隧道施工技术分析[J].工程建设与设计,2020,68(16):151-152,157.
- [2]张平.浅埋软岩公路隧道开挖施工技术优化措施[J].设备管理与维修,2021(12):136-137.
- [3]朱剑.高地应力软岩隧道开挖工法研究[J].公路交通科技:应用技术版,2020,16(10):339-341.
- [4]张兴辉.公路隧道软岩大变形成因及其施工处理技术[J].建筑技术开发,2021,48(18):104-105.