

# 水利工程隧洞施工技术研究

夏瑞燕

湖北省水利水电规划勘测设计院有限公司 湖北 武汉 430000

**摘要:** 水利工程隧洞施工技术研究旨在优化与创新隧洞施工的关键技术,以提高施工效率、确保施工质量和安全。研究内容包括智能化施工技术的引入、环保型施工技术的研发、预制构件技术的应用以及数字化施工管理与模拟技术等。这些技术不仅有助于提升隧洞工程的性能,还能促进水利工程的可持续发展。

**关键词:** 水利工程; 隧洞施工; 技术

引言: 水利工程隧洞施工技术研究对于提升水利工程建设质量、保障隧洞运行安全具有重要意义。随着科技的不断进步,隧洞施工技术也面临着新的发展机遇与挑战。本文旨在探讨当前水利工程隧洞施工技术的优化与创新,分析新技术在隧洞施工中的应用,以此为水利工程建设提供更为高效、环保、安全的施工方案。

## 1 水利工程隧洞的重要性

水利工程隧洞作为水利工程建设的重要组成部分,其重要性不容忽视。隧洞作为水利工程中的关键设施,承担着引水、排水、发电、泄洪等多重功能,对于保障水资源安全、促进经济社会发展、保护生态环境等方面都具有至关重要的作用。第一,水利工程隧洞在保障水资源安全方面发挥着关键作用。水资源是人类生存和发展的基础,而水利工程隧洞作为水资源调配的重要通道,能够有效地将水资源从水源地输送到需要的地方,满足人们的生产和生活需求。特别是在干旱、洪涝等自然灾害发生时,隧洞能够及时排放洪水、调节水位,保障人民群众的生命财产安全。第二,水利工程隧洞对于促进经济社会发展具有重要意义。水利工程隧洞的建设,不仅能够带动相关产业的发展,创造大量的就业机会,还能够促进当地经济结构的调整和转型升级。通过隧洞引水、发电等功能,可以为当地提供稳定可靠的能源供应,支持当地工业、农业和服务业的发展,推动经济社会的全面进步。第三,水利工程隧洞在保护生态环境方面也发挥着重要作用<sup>[1]</sup>。隧洞的建设可以减少对地表水资源的过度开采和破坏,保护水源地的生态环境,隧洞在泄洪过程中能够减少洪水对地表环境的冲刷和破坏,保护河流、湖泊等水体的生态环境。

## 2 水利工程隧洞施工的关键技术

### 2.1 开挖技术

开挖技术涉及到多个方面,包括地质勘探、开挖方法选择、爆破技术、支护措施等。一方面,在隧洞施工

前,必须进行详尽的地质勘探,了解隧洞穿越区域的地质构造、岩性、地下水情况等信息。这些信息是选择开挖方法、制定施工方案的重要依据。通过地质勘探,可以预测可能出现的地质问题,提前采取相应措施,确保施工安全。另一方面,开挖方法的选择至关重要。根据地质勘探结果和工程要求,选择合适的开挖方法。常见的开挖方法包括全断面法、台阶法、分部开挖法等。在选择开挖方法时,需要综合考虑隧洞断面尺寸、岩石硬度、施工设备条件等因素。合理的开挖方法能够提高施工效率,减少施工成本,同时确保隧洞的稳定性和安全性。除此之外,爆破技术是开挖过程中的重要手段。在岩石较硬的区域,通常需要采用爆破技术来破碎岩石。爆破技术包括钻孔、装药、起爆等步骤。在爆破过程中,需要严格控制爆破参数,如药量、药包位置、起爆顺序等,以避免对周围岩石和隧洞结构造成损伤。在开挖过程中,支护措施也是必不可少的。随着隧洞的不断开挖,周围岩石的平衡状态会被破坏,容易产生变形和崩塌。为了保持隧洞的稳定性和安全性,需要采取支护措施来加固岩石。常见的支护措施包括钢支撑、锚杆支护、喷射混凝土等。

### 2.2 支护技术

在隧洞开挖过程中,随着岩石的移除,原有的应力平衡被打破,洞壁和顶部岩石容易产生变形、松动甚至坍塌。支护技术的选择需要根据隧洞的地质条件、洞室尺寸、施工方法和设计要求等因素综合考虑。常见的支护技术包括钢支撑、锚杆支护、喷射混凝土支护等。另外,钢支撑是隧洞支护中最常见的方式之一。它通过在洞壁和顶部安装钢架或钢拱架,利用钢材的高强度和稳定性来支撑岩石。钢支撑具有施工方便、强度高、刚度大等优点,特别适用于岩石较破碎或地质条件较差的隧洞。再者,锚杆支护是另一种常用的支护技术。它通过在岩石中钻孔并安装锚杆,利用锚杆与岩石之间的摩擦

力或粘结力来提供支撑力<sup>[2]</sup>。锚杆支护可以有效地提高岩石的整体性和稳定性,减少岩石的变形和破坏。接着,喷射混凝土支护是一种快速有效的支护方式。它利用喷射机械将混凝土直接喷射到洞壁和顶部,形成一层坚固的混凝土层。喷射混凝土支护具有施工速度快、强度高、耐久性好等优点,特别适用于需要快速封闭和加固的隧洞。

### 2.3 掘进作业管理

掘进作业是隧洞施工的核心环节,直接关系到隧洞的施工进度、质量和安全。对掘进作业进行科学合理的管理,是确保隧洞施工顺利进行的关键。掘进作业管理涉及多个方面,首先是掘进计划的制定。在隧洞施工前,需要根据隧洞的地质条件、洞室尺寸、施工设备等因素,制定详细的掘进计划。掘进计划应明确掘进速度、掘进方向、掘进方式等关键参数,并考虑到可能遇到的地质风险和技术难题,制定相应的应对措施。接下来,掘进作业管理的核心是掘进过程的监控与调整。在掘进过程中,需要对掘进速度、掘进方向、掘进质量等关键指标进行实时监控。通过采用先进的监测设备和技术手段,可以实时获取掘进过程中的数据,并进行分析和处理。一旦发现掘进过程中出现偏差或异常情况,应立即采取相应的调整措施,确保掘进作业按照预定的计划进行。在掘进作业管理中,还需要注重安全生产。掘进作业是危险性较高的施工过程,需要严格遵守安全生产规定和操作规程。通过加强安全教育、制定安全防范措施、加强现场监管等措施,可以有效地降低掘进作业的安全风险,保障施工人员的生命安全。

### 2.4 施工质量控制

在水利工程隧洞施工中,施工质量控制是确保隧洞结构安全、功能完善以及使用寿命长久的关键技术之一。水利工程隧洞作为水利系统的重要组成部分,其质量直接关系到整个水利系统的安全运行。若施工质量控制不到位,可能导致隧洞结构出现裂缝、渗漏等问题,严重影响隧洞的使用功能和安全性。因此,加强施工质量控制,确保隧洞施工质量符合设计要求和相关标准,是水利工程隧洞施工中的首要任务。施工准备阶段的质量控制:在施工前,应对施工图纸、技术文件等进行详细审核,确保施工图纸的准确性和完整性。此外,还应制定详细的施工方案和质量控制计划,为施工过程中的质量控制提供依据。施工材料的质量控制:隧洞施工所使用的材料应符合相关标准和规范要求。在材料采购时,应对供应商进行考察和评估,选择信誉良好、质量可靠的供应商。在材料进场时,应对材料进行严格的质

量检查,确保材料质量符合要求。在施工过程中,还应

对材料进行抽样检测,确保材料质量始终符合标准。施工过程的质量控制:在施工过程中,应严格按照施工图纸和施工方案进行施工。对于关键工序和特殊工序,应制定专门的技术措施和控制办法,确保施工质量。对于质量问题严重的部位,应及时进行整改和修复。质量验收和评估:在完成隧洞施工后,应进行质量验收和评估。验收时应按照相关标准和规范进行检查和测试,确保隧洞结构的安全性和使用功能。

## 3 水利工程隧洞施工技术的优化与创新

### 3.1 智能化施工技术的引入

随着科技的飞速发展和信息化时代的到来,智能化施工技术逐渐在水利工程隧洞施工中崭露头角,其引入不仅极大地提升了施工效率,还确保了施工质量和安全。(1)智能化施工技术的核心之一是智能化监测与预警系统。通过在隧洞施工过程中安装传感器和监测设备,实时收集并传输各项施工数据,如地质变化、水位变化、温度湿度等。这些数据经过智能分析系统处理后,能够实时反映隧洞施工的状态,为施工人员提供准确、及时的施工信息。(2)智能化施工机械与设备的应用也是智能化施工技术的重要体现。例如,采用智能掘进机、智能支护设备等,这些设备具备自动化、智能化特点,能够按照预设的施工参数和程序自动完成掘进、支护等作业。这不仅提高了施工效率,还减少了人为因素对施工质量的影响。(3)智能化施工管理系统是智能化施工技术的又一重要组成部分。该系统集成了施工计划、进度管理、质量管理、安全管理等多个模块,实现了对隧洞施工全过程的智能化管理。通过该系统,施工人员可以实时了解施工进度、质量状况和安全情况,及时调整施工方案和措施。

### 3.2 环保型施工技术的研发

随着全球对环境保护意识的日益增强,水利工程隧洞施工技术的优化与创新也逐渐聚焦于环保型施工技术的研发。环保型施工技术旨在减少施工过程中的环境污染、资源浪费和生态破坏,实现可持续发展。一是在环保型施工技术的研发中,绿色材料的选择与应用是首要任务,绿色材料是指在生产、使用和废弃过程中对环境影响较小的材料。在水利工程隧洞施工中,应选择环保性能优良的建筑材料,如环保型水泥、绿色涂料等,减少施工过程中产生的有害物质排放。二是节能技术是实现环保型施工的关键,在水利工程隧洞施工中,应充分利用太阳能、风能等可再生能源,降低对传统能源的依赖<sup>[3]</sup>。例如,在施工现场设置太阳能发电系统,为施工设

备提供清洁能源；采用节能型施工设备，减少能源消耗和碳排放。三是水利工程隧洞施工过程中往往涉及大量的水资源，为保护水资源，应采取有效措施减少施工过程中的水污染和浪费。例如，设置污水处理设施，对施工废水进行处理后再排放；采用节水型施工技术和设备，降低施工过程中的水耗。四是施工完成后，对施工现场进行生态恢复是环保型施工的重要环节，在水利工程隧洞施工中，应采取有效措施恢复生态环境，如植被恢复、土壤改良等。这些措施有助于恢复生态系统的稳定性和多样性，减少施工对生态环境的影响。

### 3.3 预制构件技术的应用

预制构件技术通过预先在工厂或特定场地制作隧洞所需的构件，然后在施工现场进行组装，极大地提高了施工效率，降低了施工成本，同时也提升了工程质量。预制构件技术采用工厂化生产方式，实现了隧洞构件的标准化、系列化和模块化。这种方式可以大大提高生产效率，缩短施工周期。与传统现场浇筑方法相比，预制构件技术的施工周期可以缩短约30%至50%，从而显著提高了施工效率。另外，在预制构件的制作过程中，可以采用更严格的质量控制措施和检测手段，确保构件的质量符合设计要求<sup>[4]</sup>。由于预制构件的尺寸和形状可以精确控制，因此在组装过程中可以减少误差，提高隧洞的整体质量。此外，预制构件技术还可以减少施工现场的湿作业，降低施工过程中的不确定性和风险。接着，预制构件技术的应用可以降低施工成本。首先，工厂化生产可以降低材料浪费和人工成本；其次，预制构件可以减少施工现场的湿作业和脚手架使用量，进一步降低施工成本。

### 3.4 数字化施工管理与模拟技术

在水利工程隧洞施工中，数字化施工管理与模拟技术的优化与创新已经成为推动行业发展的重要力量。数字化施工管理技术通过整合各种信息技术，如物联网、云计算、大数据和人工智能等，实现施工过程的全面数字化监控和管理。首先，通过安装传感器和监控设备，

实时收集隧洞施工过程中的各种数据，如温度、湿度、地质变化等。然后，利用云计算和大数据技术对这些数据进行处理和分析，为施工决策提供科学依据。此外，人工智能技术还可以实现施工过程的智能调度和优化，确保施工进度的顺利进行。通过远程监控系统，施工管理人员可以实时了解施工现场的情况，及时发现和解决问题。数字化施工模拟技术利用三维建模和虚拟现实技术，对隧洞施工过程进行模拟和预测<sup>[5]</sup>。通过模拟技术，施工人员可以事先了解隧洞施工过程中的各种情况，如地质条件、施工难度等，从而提前制定施工方案和措施。此外，模拟技术还可以对施工方案进行反复优化和调整，确保施工过程的顺利进行。另外，在隧洞施工过程中，数字化施工模拟技术还可以实现对施工进度、施工管理、施工安全和施工质量的实时监控和预测。通过模拟技术，施工管理人员可以实时了解施工进度和完成情况，及时调整施工计划和资源分配，确保施工进度的顺利进行。

### 结语

总的来说，水利工程隧洞施工技术研究展示了行业内的技术进步与创新，为隧洞施工提供了更为高效、安全、环保的解决方案。随着技术的不断发展，相信未来隧洞施工技术将更加成熟与完善，为水利工程建设注入新的活力。同时，我们也应持续关注新技术、新材料的应用，推动隧洞施工技术向更高水平迈进。

### 参考文献

- [1]梁秋.水利工程引水隧洞施工技术探析[J].江西建材,2021(11):194-195.
- [2]王玉琦.水利工程中引水隧洞的施工技术与质量控制分析[J].城市建筑,2019,16(29):147-148.
- [3]杜令玺,杜令钊.水利工程小断面隧洞综合开挖支护方案与措施[J].四川建材,2019,45(12):127-128.
- [4]钟黎平,邹云唐剑.水利工程隧洞V类围岩不良地质段治理技术[J].工程建设与设计,2019(23):108-110.
- [5]邵伟.钻爆隧洞方案和水利工程TBM的造价比选研究[J].黑龙江水利科技,2019,47(11):47-50.