

# 引水隧洞施工关键技术及其优化研究

裴玉磊

浙江中通文博服务有限公司杭州分公司 浙江杭州 310000

DOI: 10.12238/jpm.v5i6.6886

**[摘要]** 近年来,随着我国经济的快速发展和城市化进程不断推进,水资源短缺问题日益突出。为了解决这一问题,越来越多的水利工程开始建设。在众多水利工程中,引水工程因其能够有效缓解区域用水紧张、改善生态环境等优点而受到了广泛关注。由于引水工程往往位于山岭地区,地形复杂多变,因此,施工难度大,安全风险高。为保证引水工程的顺利进行,需要采用合适的施工技术对隧道结构进行加固,同时控制围岩变形及渗流破坏。本文主要分析该工程的地质特点,并探讨相关的施工关键技术与优化措施。

**[关键词]** 引水隧洞; 关键技术; 优化

## Research on key technologies and optimization of diversion tunnel construction

Pei Yulei

Zhejiang Zhongtong Wenbo Service Co., Ltd. Hangzhou Branch, Hangzhou 310000, Zhejiang

**[Abstract]** In recent years, with the rapid development of China's economy and the continuous advancement of urbanization, the problem of water shortage has become increasingly prominent. In order to solve this problem, more and more water conservancy projects have been built. Among many water conservancy projects, water diversion projects have attracted extensive attention because they can effectively alleviate regional water stress and improve the ecological environment. Because water diversion projects are often located in mountainous areas, the terrain is complex and changeable, therefore, the construction is difficult and the safety risk is high. In order to ensure the smooth progress of the water diversion project, it is necessary to use appropriate construction technology to strengthen the tunnel structure, and at the same time control the deformation and seepage damage of the surrounding rock. This paper mainly analyzes the geological characteristics of the project, and discusses the related key construction technologies and optimization measures.

**[Key words]** diversion tunnel; key technologies; optimize

## 引言

随着国家对水利工程的重视,多个大型水利工程相继开工建设,极大地推动了我国水利水电事业的发展。对于一项水利工程来说,是否能够合理有效地施工非常重要。如果没有科学先进的施工工艺作为支撑,那么水利工程项目就无法顺利完成,这不仅会造成大量资源的浪费,还可能给人们的生命财产安全带来威胁。因此,为了保证水利工程的正常运行和使用年限,需要不断探索更加先进、可靠的施工方法,为水利工程的顺利开展提供有力保障。本文将主要提出引水隧洞施工关键技术优化的具体策略,希望为相关人员提供参考。

### 1 引水隧洞施工关键技术的特点

#### 1.1 地质条件复杂

引水隧洞工程施工环境比较复杂,地质情况非常差,在施工过程中经常遇到大面积的溶隙、溶洞以及断层等不良地质条件。在这种复杂地质条件下,如果要对隧洞进行开挖,则必须选择合理的支护形式,同时还要采用较好的施工方法。否则,

会影响整个工程的施工进度和质量,甚至还会造成塌方或者是涌突水事故,威胁到施工人员的人身安全。

#### 1.2 围岩变形及地下水条件复杂

引水隧洞施工期间,围岩变化很大,主要表现为围岩位移变形剧烈,局部地段存在拉裂与滑塌现象,因此,当围岩体受到扰动时,就会产生大量的渗流,这对隧洞的安全运行产生了极大的威胁,也增加了施工难度。为了避免出现严重的灾害,需要在施工前做好充分准备工作,并优化施工方案,尽量减少围岩变形量,从而降低施工风险。此外,地下水对引水隧洞的施工也具有一定的影响,虽然目前我国大部分地区的地下水位都比较稳定,但是仍有一部分地区存在季节性干旱或雨季降水过多等问题,这就导致施工区域的地下水位高度不一致,容易造成周围土壤流失,进而引发地面沉降或滑坡等自然灾害,对工程的顺利开展造成了很大的阻碍<sup>[1]</sup>。

#### 1.3 施工难度大

引水隧洞在施工过程中,为了保障其能够顺利运行,需要

进行一系列的支护措施。而在实际施工时，会受到多种因素影响，例如地质条件、水文条件、机械设备等。尤其是在遇到复杂地质条件时，会造成施工难度增加。因此，要想保证引水隧洞施工的安全与质量，就必须加强对施工关键技术的研究，通过提高技术水平，来减少施工风险，降低施工难度。

#### 1.4 作业时间长

引水隧洞一般采用爆破掘进施工，在整个隧洞施工过程中，多项技术联合使用。而要想保证开挖质量和进度，则需要对各种技术的时间进行合理分配，但这是非常困难的。特别是对于长距离、大断面、高水压等复杂地质条件下的引水隧洞来说更是如此。此外，由于引水隧洞存在岩爆、涌水、突泥、塌方、软岩变形等施工风险，所以施工周期会受到一定影响。

#### 1.5 机械化程度低

引水隧洞的施工方法有很多种，比如钻爆法、巷道式、矿山法凿井等。与其他隧洞施工相比，引水隧道机械化程度较低，多采用人工或半机械化施工。在一些地区，特别是西部偏远山区，由于受地形条件和施工条件限制，引进大型机械设备成本太高，因而只能使用小型设备进行开挖和支护。因此，引水隧道工程在建设中应加强对大型设备的应用研究。

## 2 引水隧洞施工关键技术的现存问题

### 2.1 支护方式不合理

引水隧洞的施工，普遍采用“机械化、自动化”施工模式，这在一定程度上能够有效提高隧洞施工的质量和效率。然而，在具体实施过程中却存在着很多问题：第一，由于受工期紧、任务重等因素影响，大部分施工人员都没有严格按照相关要求来进行支护作业，导致支护方式较为随意；第二，支护方式选择不当，主要体现在衬砌厚度不达标，进而影响到整个工程项目的安全性与稳定性；第三，为了加快施工进度，采取了盲目开挖的方式，以至于出现洞顶坍塌现象。此外，还有一些施工单位在开挖过程中未对地质情况进行详细勘察，并据此确定合理的支护方案，这样不仅会增加不必要的成本支出，还会造成支护效果不佳，严重影响到引水隧洞的后续使用效果<sup>[2]</sup>。

### 2.2 安全管理体系不完善

在引水隧洞施工中，需要对其安全问题给予高度重视。然而目前的安全管理体系还存在很多缺陷，缺乏完善的管理制度，造成施工过程中安全事故频发。另外，由于一些施工单位安全意识淡薄，盲目追求经济效益而忽视施工现场的安全管理工作，导致施工人员人身安全受到威胁，并影响到工程质量和进度。因此，必须建立健全科学有效的安全管理体系，使安全生产有章可循、有据可依。

### 2.3 机械设备配置不合理

在引水隧洞施工中，机械设备配置不合理是导致施工效率低下的重要原因之一。当前，国内隧道掘进机技术虽然已经取得了显著进展，但与国外先进水平相比还有一定差距。例如，现阶段我国使用的盾构机主要以进口产品为主，国产产品发展缓慢，无法满足实际需求；而且部分盾构机刀盘直径小，切削深度浅，造成开挖面稳定性差等问题。因此，需加大资金投入力度，加快科研攻关步伐，努力实现核心零部件国产化，同时

积极引进国外先进技术，加强合作交流，促进隧道掘进机技术的快速发展。

### 2.4 信息化水平较低

在引水隧洞施工中，信息化技术应用不足。一方面是因为施工人员缺少对新技术的了解，另一方面也是由于施工人员综合素质的不足，导致信息化技术没有得到全面应用。特别是在隧洞爆破开挖过程中，经常出现爆破振动与掌子面稳定性之间的矛盾。通常情况下，施工单位会采取降低爆破振动的方式来保证掌子面的稳定，然而这种方式却容易造成二次坍塌。因此，在施工过程中需要将信息化技术充分应用起来，保证施工质量。

### 2.5 技术人才缺乏

引水隧洞工程施工人员在实际的施工过程中，对相关技术的应用能力普遍较差，这就会导致整个工程建设质量无法得到有效保障。究其原因，主要是因为目前我国很多水利工程的施工单位都存在着技术人才缺失现象，工程技术人员缺乏也是我国水利水电事业发展的一个重要瓶颈。因此，要想促进我国水利水电事业的长远发展，就必须加大对专业技术人才的培养力度。只有这样才能够为我国水利水电事业的快速发展奠定坚实的基础<sup>[3]</sup>。

### 2.6 隧洞开挖断面小

据了解，我国在水利工程建设中，引水隧洞是一个重要的组成部分。通常情况下，这类隧洞的开挖断面设计较为标准，大约为20米，以确保工程的顺利进行。然而，受限于复杂多变的地质条件、地理地形等多种因素，并非所有隧洞的断面都能达到预期的宽度。例如，一些特定的水电站引水隧洞由于受到地下岩层性质和应力分布的影响，其开挖断面有时并不能精确地达到预定的尺寸，这样不仅会增加施工难度，也可能影响到整个工程的进度和质量。具体来说，某水电站项目中的引水隧洞就遇到了断面尺寸偏小的问题，这种状况直接导致了进洞工作的复杂性和风险性。隧道难以深入，从而影响了整体的施工计划和资源投入。针对这种情况，工程技术人员需要根据实际工程的特点和需求，对现有的开挖设备进行优化配置。通过精细调整机器设备的参数和布局，可以有效提高施工效率，同时减少因设备配置不当而带来的潜在风险。除了开挖设备的优化之外，对围岩稳定性的监测也同样关键。在施工过程中，必须定期检查和评估围岩的状态，及时发现并处理任何可能存在的隐患。一旦监测到围岩有松动或塌方的迹象，就应该立即采取相应措施，比如加固支护结构，或者更改开挖方案，以避免事态恶化并确保工程安全。

## 3 引水隧洞施工关键技术优化的具体策略

### 3.1 做好前期准备工作

在启动引水隧洞工程的建设项目时，首要任务便是对前期的准备工作进行周密的规划与实施。通常，这些准备工作涵盖了多个方面，主要集中于以下几个关键步骤：首先，施工设备的准备和优化是基础环节。这涉及到对施工机械、测量工具以及安全防护设备等进行全面检查和升级改造，以确保其性能符合高标准的施工需求。先进的机械设备不仅能提高施工效率，

还能降低事故风险，保障工人的人身安全。其次，施工人员的专业培训至关重要。通过系统的培训计划，不仅可以提升他们的技术能力。此外，增强对新材料、新工艺的理解和掌握，还能够培养团队协作精神和解决问题的能力。这样的人才储备对于确保工程质量和进度具有不可忽视的作用。最后，制定一个科学合理的施工方案是成功的关键。方案需要考虑到地质条件、水文环境、气候变化等多种因素，并结合实际情况，选择最合适的施工工艺。这包括但不限于开挖方法、支护结构的设计、混凝土浇筑技术等。只有当所有这些要素都得到妥善安排和执行时，才能保证整个工程按预定计划稳步推进，达到预期的目标。通过上述三个重要步骤的精心准备和执行，引水隧洞施工才能有有条不紊地展开，从而为后续的隧道掘进、衬砌安装、运营维护等一系列工作奠定坚实的基础<sup>[4]</sup>。

### 3.2 注重地质勘探和测绘

在引水隧洞施工过程中，要注重地质勘探工作的开展。为了提高地质勘探工作的质量，施工单位可以引进先进的设备和技术，对工程周边的地质情况进行详细勘测，通过数据分析获得更多有价值的信息，并将其作为实际施工的依据。比如，在实际施工之前，施工单位需要掌握隧洞所处位置的地形地貌特征，同时还要了解地下的水文、地质情况，从而确保施工能够顺利开展。另外，还要重视隧洞周边环境的测绘，比如水文情况、地形图等都要及时记录下来，为后续施工提供有力保障。

### 3.3 优化隧洞施工方法

引水隧洞工程的施工需要按照不同地质条件选择不同的施工方法，以保证隧洞施工质量。针对富水地段的引水隧洞工程，在进行开挖之前，首先要对围岩稳定状态和地下水情况进行全面调查分析，根据具体情况采用合理的施工方法。目前我国比较常用的方法主要有爆破法、潜孔锤钻进法、旋喷钻机成孔钻爆法等。在应用这些施工方法时，一定要结合实际情况，在确保施工安全的前提下，尽可能减少对周围环境的破坏，降低对周围居民生活的影响<sup>[5]</sup>。

### 3.4 加强技术交底

为了确保施工过程中的安全无虞，必须强化对施工人员进行技术细节的明确传达。这种做法的核心在于派遣一位经验丰富的领导或工程师亲自上阵，他将率领一组相关的项目负责人和技术员深入施工现场，不仅要指导工人们如何进行施工，还要对他们进行现场监督，确保每个人都清楚自己在工程中扮演的角色、承担的技术职责以及工作流程中可能遇到的各种问题。通过这样细致周到的交底，施工人员能够获得详尽而精确的信息，从而有效提升他们的自我防护意识和操作技能。这样的工作模式，不仅可以大幅降低施工现场安全事故的发生率，还能进一步提升工程质量。当每一个环节都经过精心准备和严格执行时，工程的各个方面都会更加符合质量标准和安全规范。在此基础上，施工团队的整体协调性和应对突发情况的能力也会得到显著增强，这对于保证工程顺利完成并达到预期目标至关重要。

### 3.5 强化施工现场管理

引水隧洞施工管理的优化需要结合现场实际情况，针对各个环节进行充分地考虑和分析，以确保工程施工的顺利开展。因此，要对施工现场进行合理地规划，建立起完善、科学的现场管理制度，在安全施工的基础上，保证工程质量。另外，还可以结合信息化技术来提升施工现场管理水平。随着我国经济水平的不断提高，信息技术也得到了较快发展，其中互联网技术具有覆盖面广、及时性等特点，将其应用于施工现场管理中，能够有效降低人力成本投入，同时还能够保证信息传递的准确性和实时性。因此，要对施工现场的各项数据进行实时监控，并及时反馈给相关部门，便于管理人员根据具体情况做出相应调整，从而确保整个施工过程都处于受控状态，进而推动引水工程整体建设水平的提升。

### 3.6 做好施工安全措施

为了保障施工人员的生命财产安全，在引水隧洞施工过程中应加强对施工安全问题的重视，做好安全措施。首先，要制定完善的安全措施方案，并严格按照方案要求开展工作；其次，强化施工现场安全管理力度，加强施工人员的安全教育培训，增强其安全意识与安全素质，降低安全事故发生概率；最后，建立健全安全检查机制，定期对施工现场进行全面检查，发现问题及时处理，避免安全隐患出现。

### 结语

引水洞的施工是一个复杂而困难的过程，需要考虑到多方面因素，如地质条件、环境影响以及材料选择等。本文旨在探讨引水隧洞施工中的关键技术，并提出相应优化措施，以提高工程质量和效率。通过研究，我们发现在引水隧洞开挖过程中，采用合理的支护方法和控制爆破技术可以有效地控制围岩变形和稳定性，减少支护成本。同时，引入高强度混凝土材料可以改善围岩的力学性能，确保开挖过程的安全性。此外，强化监测与管理也是保证引水隧洞施工质量的关键，应充分利用现代信息技术手段，建立健全的质量管理体系，实现对工程建设全过程的实时监控和管理。最终，通过以上优化措施的实施，可以显著提升引水隧洞施工的经济效益和社会价值，为其他类似工程提供参考和借鉴。

### [参考文献]

- [1]肖逸飞.某 TBM 施工引水隧洞塌方特征与施工方案[J].水利科学与寒区工程, 2024, 7(02): 133-137.
- [2]林雄伟.引水隧洞衬砌施工工艺及质量控制措施[J].云南水力发电, 2024, 40(02): 123-125.
- [3]陆亮, 王成华.水工隧洞施工对围岩变形影响分析[J].水利技术监督, 2024, (01): 223-225+247.
- [4]郭新强.超长深埋引水隧洞安全管理的风险与对策[J].人民黄河, 2023, 45(S2): 146-147.
- [5]陈新.引水隧洞大坡度斜井井底车场设计与施工优化研究[J].江西建材, 2023, (12): 317-318.