

# 水利枢纽放水隧洞衬砌施工方法与优化

孙正新

新疆兵团水利水电工程集团有限公司 新疆 乌鲁木齐 830011

**摘要:**水利枢纽作为国家基础设施的重要组成部分,其建设质量和效率对于保障水资源利用、防洪减灾等方面具有重要意义。放水隧洞作为水利枢纽中的关键结构,其衬砌施工的质量直接关系到整个工程的安全性和稳定性。本文旨在深入探讨水利枢纽放水隧洞衬砌的施工方法及其优化策略,以期对相关领域的实践和研究提供有价值的参考。

**关键词:**水利枢纽;放水隧洞;衬砌施工;优化策略

## 引言

水利枢纽放水隧洞是水利工程中的重要通道,其主要功能是在需要时调节和放水。衬砌作为隧洞的内壁保护层,不仅要承受水流的冲刷和侵蚀,还要确保隧洞的整体稳定性和安全性。因此,衬砌施工方法的选择和优化至关重要。

## 1 水利枢纽放水隧洞衬砌施工方法分析

### 1.1 滑模施工法

滑模施工法是一种在隧洞内连续浇筑混凝土以形成连续衬砌结构的先进施工方法。该方法主要依赖于特制的滑模设备,这些设备能够在隧洞内沿着预定路径平稳滑动,同时连续浇筑混凝土,确保衬砌结构的整体性和连续性。这种施工方法的显著优点之一是施工速度快。由于滑模设备能够连续作业,减少了传统施工中因模板安装、拆卸等造成的间断,从而大大提高了施工效率。此外,滑模施工法还保证了衬砌结构的整体性,因为混凝土是在滑模设备的引导下连续浇筑的,减少了接缝和裂缝的产生,增强了结构的稳定性和耐久性。滑模施工法特别适用于长距离、大断面的隧洞。在长距离隧洞中,该方法能够减少施工接缝,提高隧洞的整体防水性能;在大断面隧洞中,滑模设备能够灵活适应不同的断面形状和尺寸,确保衬砌结构的准确性和一致性<sup>[1]</sup>。此外,滑模施工法还具有节省材料、降低劳动强度、提高施工安全性等优点。它减少了模板的使用量,降低了材料成本;同时,自动化的滑模设备减轻了施工人员的劳动强度,提高了工作效率;而且,滑模施工法的作业环境相对封闭,减少了施工对周围环境的影响,提高了施工的安全性。

### 1.2 盾构法

盾构法是一种利用盾构机在隧洞内进行挖掘和衬砌施工的先进工艺。盾构机作为一种高度自动化的设备,能够同时进行挖掘、支护和衬砌工作,显著提高了施

工效率。该方法最大的特点是挖掘过程中无需大范围破坏地层,从而最大程度地保持了地质结构的稳定性。盾构法的自动化程度非常高,这意味着施工过程中人力需求大大减少,同时也降低了因人为操作失误而带来的安全风险。此外,由于盾构机挖掘过程中对周围环境的扰动小,因此对于保护周边建筑和地下设施的安全至关重要。然而,盾构法也存在一些局限性,最主要的就是设备成本较高。盾构机的设计制造复杂,需要大量的资金和技术投入。因此,这种施工方法更适合于大型、重要的隧洞工程,尤其是在地质条件复杂的情况下。在复杂地质条件下,盾构机凭借其精确的控制系统和强大的地质适应性,能够确保施工的顺利进行。盾构法凭借其高度的自动化、对周围环境影响小的优点,在地质条件复杂的隧洞工程中具有不可替代的优势。虽然设备成本较高,但从长远来看,盾构法能够确保施工的高质量和高效率,为水利枢纽放水隧洞的建设提供有力的技术保障。

### 1.3 新奥法

新奥法,全称为新奥地利隧道施工方法,是一种充分依托和利用围岩自稳能力的隧洞施工方法。这种方法的核心思想是通过适时的支护手段和混凝土喷射技术,与围岩共同作用形成稳定的衬砌结构。它强调对围岩的尊重和利用,而非传统的完全挖掘后再支护的方式。新奥法的适用性主要取决于地质条件。在地质条件较好、围岩自稳能力较强的隧洞中,新奥法能够发挥其最大优势。这是因为这类隧洞的围岩本身具有较好的承载能力和稳定性,只需要适时的支护和加固,就能确保施工的安全和隧洞的长期使用。在施工过程中,新奥法强调对围岩的实时监测和分析。通过布置各种传感器和监测设备,及时掌握围岩的变形、应力等状态,从而调整支护参数和混凝土喷射时机,确保隧洞的稳定性和安全性。此外,新奥法还注重环保和节能。在施工过程中,尽量减少对周围环境的扰动和破坏,同时采用节能材料和设

备,降低施工能耗。这既符合现代工程建设的绿色理念,也有助于提高工程的综合效益。

#### 1.4 预制装配式衬砌法

预制装配式衬砌法是一种高效且质量可控的隧洞施工方法。在这种方法中,衬砌构件在工厂里进行标准化预制,然后经过严格的质量检测后,被运输到施工现场进行安装。这种方法的出现,极大地改变了传统隧洞施工的模式。一方面,预制装配式衬砌法具有施工速度快的显著优点。因为构件在工厂内集中生产,可以充分利用现代工业化生产的优势,实现高效率、高质量的生产。同时,在施工现场,由于构件已经预制完成,只需要进行简单的安装和拼接,大大缩短了施工周期。另一方面,该方法还有利于质量控制。工厂内的预制过程可以采用先进的生产技术和严格的质量管理体系,确保每一个构件的质量都符合标准。此外,在施工现场的安装过程中,也可以进行有效的质量控制和检测,从而保证了整个隧洞工程的质量和安全性<sup>[2]</sup>。再者,预制装配式衬砌法特别适用于大规模、标准化的隧洞工程。在这些工程中,通过预制装配式施工方法,可以实现构件的标准化和模块化,提高施工效率,降低施工成本,同时也有利于工程的后期维护和管理。

#### 1.5 模筑混凝土衬砌法

模筑混凝土衬砌法是水利枢纽放水隧洞及其他隧洞工程中常用的一种施工方法。在这种方法中,施工人员首先在现场根据设计要求立好模板,然后浇筑混凝土,待混凝土凝固后形成坚固的衬砌结构。该方法具有显著的适应性强的特点。无论是在平原、山区还是水下,无论是面对坚硬岩石还是松软土层,模筑混凝土衬砌法都能通过调整模板形状和混凝土配比来适应不同的地质条件和工程需求。此外,模筑混凝土衬砌法形成的结构整体性好,能够有效抵抗外部压力和变形。混凝土作为一种坚固耐用的建筑材料,在浇筑过程中能够与模板紧密结合,形成一体化的衬砌结构,从而保证了隧洞工程的稳定性和安全性。正因为这些优点,模筑混凝土衬砌法被广泛应用于各种规模和地质条件的隧洞工程中。无论是大型水利枢纽的放水隧洞,还是城市地铁、公路隧道等交通设施,都可以看到模筑混凝土衬砌法的身影。在实际应用中,该方法还常与其他施工方法相结合,以达到更好的施工效果和质量要求。模筑混凝土衬砌法以其适应性强、结构整体性好等优点,在隧洞工程施工中占据了重要地位,为水利枢纽等基础设施的建设提供了有力支持。

## 2 水利枢纽放水隧洞衬砌施工优化策略

### 2.1 施工方法选择优化

在水利枢纽放水隧洞衬砌施工中,选择最合适的施工方法是确保工程顺利进行并达到预期目标的关键。施工方法的选择并非一成不变,而是需要根据工程的具体条件和要求进行综合考量。首先,施工周期是选择施工方法时需要考虑的重要因素之一。不同的施工方法具有不同的施工速度。例如,滑模施工法和盾构法都以其高效的施工速度而闻名,适用于对工期要求较紧的工程。而新奥法则更依赖于围岩的自稳能力,可能需要更多的时间来确保支护和混凝土喷射的质量,因此适用于工期相对宽裕的工程。其次,成本也是决定施工方法选择的关键因素。盾构法虽然自动化程度高、施工速度快,但其设备成本也相对较高,适用于大型、资金充足的工程。相比之下,新奥法和滑模施工法可能在设备成本上更为经济,更适合中小型工程或预算有限的项目。最后,质量是任何工程都不可忽视的要素。在选择施工方法时,必须确保所选方法能够达到预期的工程质量标准<sup>[3]</sup>。例如,在地质条件复杂的隧洞中,盾构法可能凭借其精确的控制系统和强大的地质适应性而更受欢迎。而在地质条件较好、围岩自稳能力较强的隧洞中,新奥法则可能因其对围岩的尊重和利用而更为适用。施工方法的选择优化是一个涉及多个因素的复杂决策过程。在水利枢纽放水隧洞衬砌施工中,必须根据工程的具体条件和要求,综合考虑施工周期、成本和质量等因素,通过科学分析和比较,选择最合适的施工方法。这样的优化决策不仅能够确保工程的顺利进行,还能够提高工程的经济效益和社会效益。

### 2.2 施工材料优化

在水利枢纽放水隧洞衬砌施工中,施工材料的选择直接关系到工程的质量和耐久性。因此,优化施工材料是提高衬砌性能的关键环节。混凝土作为衬砌的主要材料,其性能直接影响着衬砌的抗压、抗渗和抗侵蚀能力。为了提升这些性能,我们应该选择高性能、耐久性好的混凝土材料。这类混凝土具有较高的强度和较低的渗透性,能够有效地抵抗水压力和化学侵蚀,从而延长衬砌的使用寿命。其次,除了基础的混凝土材料外,我们还可以考虑添加纤维、聚合物等增强材料。这些增强材料能够显著提高混凝土的韧性和抗裂性能,使其在受到外力作用时能够更好地保持完整性。纤维的加入可以增加混凝土的延展性,防止裂缝的产生和扩展;而聚合物的添加则能够改善混凝土的内部结构,提高其密实性和耐久性。此外,在施工材料优化过程中,我们还需要关注材料的环保性能和可持续性。选择符合环保标准的混凝土材料和增强材料,不仅可以降低工程对环境的影响,

面影响,还能够推动水利工程建设向绿色、可持续发展的方向<sup>[4]</sup>。施工材料优化是提升水利枢纽放水隧洞衬砌性能的重要举措。通过选择高性能、耐久性好的混凝土材料,并添加纤维、聚合物等增强材料,我们可以显著提高衬砌的抗压、抗渗和抗侵蚀能力,同时增强其韧性和抗裂性能。这不仅有助于保障工程的安全性和稳定性,还能够为水利枢纽的长期运行提供坚实的保障。

### 2.3 施工工艺优化

施工工艺的优化对于提高水利枢纽放水隧洞衬砌的施工效率和质量至关重要。通过改进施工工艺流程,我们可以实现更高效、更精准的施工,从而确保工程的安全性和稳定性。机械化、自动化程度高的施工设备和技术是提高施工效率的关键。传统的施工方法往往依赖于大量的人工操作,不仅效率低下,而且容易出现质量波动。因此,我们应该积极引进和采用先进的机械化、自动化设备和技术,如自动化喷射设备、智能测量仪器等,以减少人工操作环节,提高施工精度和效率。这些设备和技术能够在短时间内完成大量的工作,而且质量稳定可靠,可以大大提高施工进度和质量。加强施工过程的质量控制和管理也是施工工艺优化的重要内容。我们应该建立完善的质量管理体系,明确各个施工环节的质量标准和要求,加强现场监控和检测,确保每一道工序都符合规范要求。同时,对于关键工序和隐蔽工程,应该进行重点把控和验收,确保质量无虞。此外,还应该加强施工人员的培训和管理,提高他们的技能水平和质量意识,确保施工过程的顺利进行<sup>[5]</sup>。施工工艺优化是提高水利枢纽放水隧洞衬砌施工效率和质量的重要途径。通过采用机械化、自动化程度高的施工设备和技术,加强施工过程的质量控制和管理,我们可以实现更高效、更精准的施工,为水利枢纽的安全运行提供坚实的保障。同时,施工工艺的优化还能够推动水利工程建设向更高水平发展,为国家的经济发展和社会进步做出更大的贡献。

### 2.4 施工环境优化

在水利枢纽放水隧洞衬砌施工中,施工环境的优化同样占据举足轻重的地位。一个好的施工环境不仅能够保障施工人员的身体健康,还能有效提高施工效率,确保工程的顺利进行。施工现场的温度、湿度、通风

等环境条件对施工人员的身体健康有着直接影响。在极端温度或湿度过高的环境下施工,不仅会影响施工人员的舒适度,还可能引发一系列健康问题,如中暑、感冒等。因此,我们必须重视施工现场的环境条件改善。可以通过设置合理的通风系统、调节施工现场的温度和湿度等措施,为施工人员创造一个舒适、健康的工作环境。其次,现场安全管理也是施工环境优化的重要内容。水利枢纽放水隧洞衬砌施工是一项复杂的工程,涉及众多机械设备和人员,因此安全管理至关重要。我们应该建立健全的安全管理制度,明确各项安全操作规程,加强现场安全教育和培训,提高施工人员的安全意识和自我保护能力。同时,还应该定期对施工现场进行安全检查,及时发现和消除安全隐患,确保施工过程中的安全稳定。施工环境优化是水利枢纽放水隧洞衬砌施工中不可或缺的一环。通过改善施工现场的环境条件和加强现场安全管理,我们可以为施工人员创造一个健康、安全的工作环境,提高施工效率和质量,确保工程的顺利进行。

### 结语

本文通过对水利枢纽放水隧洞衬砌施工方法与优化的深入研究,提出了针对性的优化策略。这些策略对于提高水利枢纽放水隧洞衬砌施工的质量和效率具有重要意义。未来,随着科技的不断进步和新材料、新工艺的不断涌现,相信水利枢纽放水隧洞衬砌施工方法将更加完善和优化,为保障国家水资源利用和防洪减灾做出更大的贡献。

### 参考文献

- [1]刘孝东.小断面水工隧洞全环衬砌施工工法研究[J].黑龙江水利科技,2021,49(06):162-164,179.
- [2]周万昌,陈伟民.圆形断面水工隧洞衬砌混凝土施工安全防护要点[J].水利水电快报,2020,41(03):83-85.
- [3]黄青富,张霞.输水隧洞衬砌结构数值分析[J].云南水力发电,2022,38(01):146-148.
- [4]任睿.高压水工隧洞衬砌承载结构稳定性分析[J].黑龙江水利科技,2022,50(01):11-15.
- [5]李娟,张海飞.输水工程小断面隧洞衬砌施工[J].山西水利科技,2021(03):26-28.