

水利枢纽放水隧洞施工中的关键技术研究

陈 波

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：水利枢纽工程作为调节水资源、发电、灌溉和航运等多元功能于一体的综合性基础设施，其施工质量直接关联到国家水资源的高效利用和人民生活的安全保障。放水隧洞，作为水利枢纽中的核心组成部分，其施工技术的专业性和复杂性对整个工程质量有着决定性影响。本文围绕放水隧洞施工的关键技术进行深入探讨，旨在为相关领域的工程实践提供系统的理论指导和技术支持。

关键词：水利枢纽；放水隧洞；施工技术；关键技术；工程实践

引言

水利枢纽工程的建设对于国家水资源的合理配置、防洪减灾、能源供应以及区域经济发展具有重大意义。放水隧洞，作为实现水利枢纽功能的关键结构之一，其施工质量直接影响到工程的运行效率和安全性能。本文将从隧洞的开挖技术、支护技术、衬砌技术以及防水技术等方面进行深入分析，旨在全面揭示放水隧洞施工中的关键技术要点，为相关工程实践提供有益的参考。

1 放水隧洞开挖技术研究

1.1 开挖方法的选择与优化

由于地质条件、断面尺寸、工期要求以及施工设备等多方面因素的制约，选择合适的开挖方法显得尤为重要。地质条件是决定开挖方法的首要因素。不同的地质条件对开挖方法的适用性有着显著影响。例如，在坚硬岩石地层中，全断面法可能更为高效；而在软弱破碎地层中，台阶法或分部开挖法则可能更为安全稳妥。因此，在选择开挖方法时，必须充分考虑地质条件的特点，确保所选方法能够适应地层的稳定性和变形特性。断面尺寸也是选择开挖方法时需要考虑的重要因素。不同尺寸的断面对于开挖方法的施工效率和安全性有着直接影响。一般来说，较大断面的隧洞可能更适合采用全断面法或台阶法，而较小断面的隧洞则可能更适合采用分部开挖法。因此，在选择开挖方法时，应根据断面尺寸的大小，合理选择能够确保施工效率和安全性方法。工期要求同样对开挖方法的选择产生重要影响。在紧张的工期压力下，需要选择能够快速推进的开挖方法。同时，还需要考虑施工设备的配置和效率。先进的施工设备能够提高开挖效率，缩短工期，因此在选择开挖方法时，也应充分考虑施工设备的性能和效率^[1]。在选择与优化水利枢纽放水隧洞的开挖方法时，应综合考虑地质条件、断面尺寸、工期要求以及施工设备等多方面

因素。通过对比分析不同开挖方法的优缺点，结合现场实际情况和工程经验，选择最适合的开挖方法。同时，通过优化施工参数、提高设备效率等措施，确保开挖过程的安全性和高效性。

1.2 不良地质条件的处理策略

断层、破碎带、岩溶、涌水等复杂地质问题的出现，不仅增加了施工的难度，还对施工安全和工程质量构成了严重威胁。针对断层和破碎带等不良地质条件，超前支护和注浆加固是常用的处理方法。超前支护能够有效地增强围岩的稳定性，防止开挖过程中围岩的坍塌和掉块。注浆加固则能够通过向破碎带中注入浆液，填充裂隙，提高围岩的整体性和强度。这些方法的应用需要结合地质勘察成果和现场监测数据，确保支护和加固的效果达到预期目标。对于岩溶和涌水等不良地质问题，预注浆堵水和排水降压是有效的处理措施。预注浆堵水能够通过向岩溶裂隙中注入浆液，形成固结的土体，从而达到封堵水流的目的。排水降压则能够通过设置排水系统，降低涌水的水压，减少对施工的影响。这些措施的实施需要紧密结合现场实际情况，确保施工安全和工程质量。在处理不良地质条件时，还需要注重施工过程中的动态监测和信息反馈。通过实时监测围岩的变形、应力等参数，及时掌握地质条件的变化情况，为处理策略的调整提供科学依据。同时，加强施工人员的培训和技术交底，提高施工队伍的整体素质和应对能力，也是确保施工安全和工程质量的重要措施。针对放水隧洞开挖过程中遇到的不良地质条件，应采取科学有效的处理策略。通过超前支护、注浆加固、预注浆堵水、排水降压等措施的应用，结合地质勘察成果和现场监测数据，确保施工安全和工程质量。同时，注重施工过程中的动态监测和信息反馈，提高施工队伍的整体素质和应对能力，为放水隧洞施工的顺利进行提供有力保障。

2 放水隧洞支护技术研究

2.1 支护类型的选择与设计

支护类型的选择必须根据隧洞所处的地质条件、断面形状、应力状态以及施工期限等多种因素进行全面而细致的考虑。地质条件是影响支护类型选择的首要因素。不同地质条件下,隧洞围岩的稳定性和变形特性存在显著差异,因此需要针对性地选择适合的支护类型。在坚硬且完整的地层中,锚杆支护可能更为适用,能够有效控制围岩的变形;而在软弱破碎地层中,喷射混凝土支护或钢支撑则可能更为必要,以提供足够的支撑力并防止围岩坍塌。断面形状和应力状态同样对支护类型的选择产生重要影响。不同形状的断面在受力特性上存在差异,因此需要选择能够与之相适应的支护类型。同时,应力状态的分析能够揭示隧洞围岩的受力特点和变形趋势,为支护结构的设计提供科学依据。施工期限也是选择支护类型时需要考虑的因素之一。在紧张的工期要求下,需要选择能够快速施工且效果显著的支护类型,以确保隧洞施工的顺利进行。在设计支护结构时,必须充分考虑其受力特点、变形性能以及耐久性等因素。支护结构需要能够承受来自围岩的压力和变形力,同时保持自身结构的稳定性和完整性。此外,支护结构的耐久性也是设计中不可忽视的因素,需要选择耐久性好的材料和合理的结构形式,以确保支护结构在长期使用过程中能够持续发挥有效的支撑和保护作用。

2.2 支护参数的优化与调整

在进行支护设计时,对参数的精准把控和优化调整显得尤为重要。设计过程中,地质勘察资料和工程经验是不可或缺的基础。这些宝贵的数据和信息为设计者提供了深入了解隧洞地质条件和受力特性的机会。结合这些资料,设计者能够初步确定支护参数的大致范围,为后续的优化调整奠定坚实基础。数值模拟和现场监测数据则是优化调整支护参数的有力工具。通过数值模拟,可以对不同参数组合下的支护效果进行预测和评估,帮助设计者找到安全性和经济性之间的最佳平衡点。而现场监测数据则能够实时反映支护结构的工作状态和围岩的变形情况,为参数的及时调整提供有力依据。具体而言,锚杆的长度和间距、喷射混凝土的厚度和强度、钢支撑的型号和布置等参数都是优化调整的重点对象。这些参数的合理设置不仅能够确保支护结构在受力过程中保持稳定,还能有效控制工程成本,实现经济效益的最大化^[2]。支护参数的优化与调整是一项系统性、复杂性的工作,需要设计者具备丰富的工程经验和深厚的专业知识。通过综合运用地质勘察资料、工程经验、数值模拟

和现场监测数据等多种手段,设计者能够不断优化支护参数,确保支护结构在水利枢纽放水隧洞施工中发挥最佳效能。

3 放水隧洞衬砌技术研究

3.1 衬砌材料的选择与性能要求

衬砌材料不仅需要承受来自水流的压力、冲刷和磨损,还必须抵御地下水的渗透和化学侵蚀。因此,在选择衬砌材料时,必须严格考虑其多方面的性能要求。首先,强度是衬砌材料最基本也是最重要的性能之一。衬砌材料必须具备足够的抗压、抗拉和抗剪强度,以承受隧洞运行过程中的各种应力作用。否则,材料可能因强度不足而发生破坏,导致隧洞结构失稳。其次,耐久性也是衬砌材料不可或缺的性能要求。由于隧洞长期处于潮湿或水下环境中,衬砌材料必须具备优异的耐水性和耐腐蚀性,以抵御地下水和化学物质的侵蚀。此外,材料还应具有良好的耐磨性,以应对水流冲刷和固体颗粒的撞击。抗渗性同样是衬砌材料的重要性能指标。衬砌结构必须能够有效防止地下水渗透到隧洞内部,从而确保隧洞的安全运行。因此,在选择衬砌材料时,应优先考虑那些具有优异抗渗性能的材料。抗冻性也是寒冷地区隧洞衬砌材料必须考虑的性能要求。在低温条件下,衬砌材料可能会因冻融循环而发生开裂或剥落。因此,选择具有良好抗冻性的材料对于确保隧洞在寒冷地区的长期稳定运行至关重要。常用的衬砌材料包括混凝土、钢筋混凝土等。这些材料在强度、耐久性、抗渗性和抗冻性等方面都表现出良好的性能。在实际应用中,应根据工程的具体需求和材料的性能特点进行合理选择,以确保衬砌结构在长期使用过程中能够保持良好的力学性能和耐久性能。同时,还应注重材料的环保性能和施工便捷性,以推动水利工程的可持续发展。

3.2 衬砌施工工艺的改进与创新

传统的衬砌施工方法虽然在一定程度上满足了工程需求,但随着科技的进步和施工要求的提高,其局限性和不足也日益凸显。为了提升衬砌施工的质量,我们必须严格控制施工过程中的各个环节,包括模板制作、混凝土浇筑、振捣密实以及养护等。模板制作应确保尺寸精确、结构稳定,以保证衬砌成型的准确性。混凝土浇筑过程中,应选用优质混凝土材料,并严格控制水灰比、搅拌时间等关键参数,确保混凝土的工作性能。振捣密实环节则需选择合适的振捣设备和方法,确保混凝土在模板内充分密实,避免出现蜂窝、麻面等质量问题。最后的养护工作也至关重要,应通过科学合理的养护方法,确保混凝土达到设计强度,提高衬砌的耐久性

能。在创新方面,我们应积极引进新技术、新工艺和新设备,以推动衬砌施工的现代化进程。例如,自动化浇筑设备能够显著提高混凝土浇筑的效率和均匀性,降低人为误差;智能养护系统则能够实时监控混凝土的温度、湿度等关键参数,为科学养护提供有力支持^[3]。这些新技术的应用不仅能够提升施工效率,还能进一步提高衬砌的质量和安全性。此外,加强施工过程中的质量监控和验收工作也是确保衬砌质量的重要环节。我们应建立完善的质量监控体系,对施工过程中的各个环节进行严格把关,确保每一道工序都符合规范要求。同时,在衬砌完成后,还应进行全面的质量验收工作,确保衬砌质量符合设计要求和相关标准规范的规定。

4 放水隧洞防水技术研究

4.1 防水材料的选择与性能评估

由于隧洞经常处于潮湿或水下环境,因此,防水材料必须具备出色的耐水性和耐腐蚀性,能够抵御长期的水分侵蚀和化学物质的腐蚀,保持其原有的防水性能。常用的防水材料主要包括防水涂料、防水卷材以及止水带等。防水涂料能够形成一层连续的、致密的防水膜,有效阻止水分渗透;防水卷材则以其高强度和优异的耐老化性能,为隧洞提供持久的防水保护;止水带则主要用于施工缝或变形缝处,起到密封止水的作用。在选择防水材料时,除了考虑其基本的防水性能外,还需要关注其粘结性、延展性、抗裂性等其他性能。粘结性强的防水材料能够与基面紧密结合,形成有效的防水屏障;延展性和抗裂性则能确保防水材料在受到外力作用或温度变化时,不易发生断裂或破损,保持隧洞的防水效果。此外,对不同防水材料的性能进行综合评估也是非常重要的。通过对比不同材料的性能指标、价格、施工难易度等方面,可以选择出最适合工程需求的防水材料。在评估过程中,还需要充分考虑工程的具体情况和环境条件,如隧洞的规模、使用功能、地下水状况等,以确保所选防水材料能够满足工程的长期防水要求。

4.2 防水施工工艺的完善与优化

在施工过程中,我们必须对防水施工工艺进行严格的把控和不断的优化。严格按照施工规范进行操作是确保防水层完整性和密实性的基础。从基层处理到防水

材料铺设,再到接缝处理和细部构造处理,每一个环节都需要精心组织和细致施工。基层处理应确保表面平整、无油污、无杂物,为防水材料的铺设提供良好的基础。防水材料铺设时,要保证材料的平整、顺直,避免出现褶皱、空鼓等现象。接缝处理是防水施工中的关键环节,必须采用可靠的接缝技术,确保接缝处的防水性能。细部构造处理则要注重细节,如阴阳角、管根等部位的处理,要做到精细、密实,不留死角。其次,加强施工过程中的质量监控和验收工作也是至关重要的。通过定期的质量检查和不定期的抽查,可以及时发现施工中的质量问题,并采取相应的措施进行整改^[4]。同时,防水施工完成后,还应进行全面的质量验收,确保防水效果达到预期目标。最后,积极引进新技术和新工艺也是提高防水施工质量的有效途径。随着科技的进步和施工技术的不断发展,新的防水施工工艺和材料不断涌现。我们应密切关注行业动态,及时引进和推广新技术、新工艺,以提高防水施工的效率和质量。

结语

本文通过对水利枢纽放水隧洞施工中的关键技术进行深入研究和分析,揭示了开挖、支护、衬砌和防水等关键技术的重要性和实施要点。随着科技的不断进步和新材料、新工艺的不断涌现,水利枢纽放水隧洞施工技术将迎来更加广阔的发展空间和更加严峻的挑战。未来,应继续加强相关领域的理论研究和工程实践,推动水利枢纽放水隧洞施工技术的不断创新和发展。同时,还应加强施工过程中的安全管理和质量控制,确保工程的长期安全运行和人民生命财产的安全保障。

参考文献

- [1]梁武.超长引水隧洞测量控制技术[J].水利科技与经济,2022,28(02):148-152.
- [2]席文欢.超长引水隧洞贯通测量技术的应用研究[J].建材与装饰,2019(06):282-283.
- [3]李彦滨.水利工程隧洞施工排水处理浅析[J].黑龙江水利科技,2021,45(3):126-128.
- [4]徐涛.地下水对水工隧洞施工的影响分析[J].湖南水利水电,2020(1):18-20.