

水电工程地下洞室群的开挖支护技术研究

王 敏

新疆生产建设兵团建筑工程科学技术研究院有限责任公司 新疆 乌鲁木齐 830011

摘 要：随着我国水利水电工程建设的不断深入，地下洞室群的开挖与支护技术日益成为研究的重点。本文旨在探讨水电工程地下洞室群的开挖支护技术，分析其技术特点、应用难点，并提出相应的技术优化建议，以期为我国水利水电工程的安全高效建设提供理论支持。

关键词：水电工程；地下洞室群；开挖技术；支护技术

引言

水电工程作为国家基础设施的重要组成部分，其建设质量直接关系到国民经济的发展和社会的稳定。地下洞室群作为水电工程中的关键结构，其开挖与支护技术的优劣直接影响到工程的安全性、稳定性和经济性。因此，对水电工程地下洞室群的开挖支护技术进行深入研究，具有重要的理论意义和实际应用价值。

1 水电工程地下洞室群开挖技术研究

1.1 开挖方法分析

水电工程地下洞室群的开挖是整个工程建设的核心环节之一，选择合适的开挖方法对工程的进度、质量、成本以及安全性都有着至关重要的影响。目前，水电工程地下洞室群的开挖方法主要包括全断面开挖法、台阶开挖法、分部开挖法等，以下是对这些方法的详细分析：

1.1.1 全断面开挖法

全断面开挖法是指一次性将整个洞室断面开挖完成的方法。这种方法适用于地质条件较好、洞室断面尺寸适中且施工设备先进的情况。其优点在于施工进度快、作业空间大、便于机械化施工；缺点则在于对地质条件要求较高，若遇到不良地质情况，如断层、破碎带等，可能需要额外的支护措施，增加工程成本。

1.1.2 台阶开挖法

台阶开挖法是将洞室断面分成若干个台阶，分层开挖的方法。这种方法适用于地质条件复杂、洞室断面尺寸较大或需要分部施工的情况。其优点在于可以灵活应对不同地质条件，减少开挖过程中的风险；同时，多个台阶可以同时施工，有利于提高施工效率。然而，台阶开挖法也存在一些缺点，如施工组织较为复杂、上下台阶之间的干扰较大等。

1.1.3 分部开挖法

分部开挖法是将洞室群划分为若干个独立的开挖单元，分别进行开挖的方法。这种方法适用于洞室群规模

庞大、地质条件多变或需要分期施工的情况。其优点在于可以根据实际情况灵活调整施工计划，降低整体工程的风险；同时，各个开挖单元之间可以并行施工，有利于提高整体工程的进度^[1]。然而，分部开挖法也存在一些挑战，如各个开挖单元之间的协调与衔接问题、施工过程中的安全管理难度加大等。

在选择具体的开挖方法时，应综合考虑洞室群的规模、地质条件、施工设备以及工期要求等因素。同时，还应结合工程实际情况进行具体分析，必要时可进行现场试验或咨询专家意见，以确保选择的开挖方法既科学合理又经济可行。

1.2 开挖过程中的技术难点

在水电工程地下洞室群的开挖过程中，技术难点层出不穷，这些难点不仅影响施工进度，更直接关系到工程的安全与质量。首先，地质条件的复杂性是开挖过程中最为突出的技术难点之一。地下洞室群往往穿越多种岩层，这些岩层的物理力学性质各异，如硬度、节理发育程度、风化程度等，导致开挖过程中难以预测和控制岩体的行为。此外，地质构造如断层、褶皱等也可能导致开挖面出现不稳定情况，增加了施工难度。其次，岩体稳定性差是另一个重要的技术难点。在开挖过程中，由于卸荷作用，岩体应力重新分布，可能导致局部岩体失稳，发生崩塌或滑移。这种情况在洞室交叉口、洞顶等关键部位尤为常见，对施工人员和设备构成严重威胁。因此，如何准确评估岩体稳定性并采取有效措施进行加固，是开挖过程中必须解决的关键问题。再者，地下水丰富也是开挖过程中的一大技术难题。地下水不仅影响岩体的物理力学性质，还可能对开挖面造成冲刷和侵蚀，降低洞室的稳定性。同时，地下水还可能携带大量泥沙和有害物质，对施工环境和人员健康造成不利影响。因此，在开挖过程中必须采取有效的排水和防水措施，确保施工安全和洞室稳定。除了上述技术难点外，

开挖过程中还可能遇到其他挑战,如施工空间狭窄、通风条件差等。这些问题虽然不如前述难点突出,但同样不容忽视。它们不仅影响施工效率,还可能对施工人员的身心健康造成损害。因此,在开挖过程中应综合考虑各种因素,制定科学合理的施工方案和应急预案,确保工程顺利进行。

1.3 开挖技术优化建议

1.3.1 加强地质勘探工作

在水电工程地下洞室群的开挖过程中,地质情况是影响开挖技术选择和实施的关键因素。因此,加强地质勘探工作,准确掌握洞室群的地质情况,对于优化开挖技术、确保工程安全至关重要。地质勘探应全面细致。勘探工作不仅应覆盖整个洞室群的范围,还应深入到洞室群周边的地质环境。通过地质钻探、物探、化探等多种手段,获取详尽的地质数据,包括岩层的分布、性质、节理裂隙发育情况,以及地下水的分布和动态变化等。这些数据将为后续的开挖技术选择和施工方案设计提供重要依据。其次,地质勘探应注重时效性。由于地质条件可能随着时间和施工进度的推进而发生变化,因此勘探工作应贯穿整个施工过程。通过定期的地质监测和实时数据分析,及时发现地质条件的变化趋势,为开挖技术的调整提供及时、准确的信息支持^[2]。此外,地质勘探还应与开挖技术紧密结合。勘探人员应与施工人员保持密切沟通,共同分析地质数据对开挖技术的影响。根据地质条件的变化,及时调整开挖方法、支护措施和施工参数,确保开挖过程的安全与高效。

1.3.2 采用先进的开挖设备和工艺

在水电工程地下洞室群的开挖过程中,采用先进的开挖设备和工艺是提高开挖效率和质量的关键。随着科技的不断发展,新型的开挖设备和工艺层出不穷,为地下洞室群的开挖提供了更多的选择和可能性。第一,应优先选择具有高效率、高精度和高稳定性的开挖设备。例如,采用液压凿岩机、潜孔钻等高效钻孔设备,可以大幅度提高钻孔速度和效率;而使用智能化、自动化的装载和运输设备,如轮式装载机、皮带输送机等,则可以实现快速、连续的物料搬运,减少人工干预和作业时间。第二,应注重开挖工艺的优化和创新。例如,采用全断面光面爆破技术,可以实现对洞室断面的精确控制,减少超挖和欠挖现象,提高洞室成形质量;而应用预裂爆破技术,则可以在开挖前对岩层进行预裂处理,降低开挖过程中的岩体应力和变形,提高岩体的稳定性。第三,还应积极推广和应用信息化技术。通过建立地下洞室群开挖施工的信息化管理系统,实现对施工进

度、质量、安全等各方面的实时监控和数据分析。这不仅有助于及时发现和解决问题,还可以为后续的开挖技术优化和施工方案设计提供有力的数据支持。

1.3.3 加强施工过程中的监控和测量工作

在水电工程地下洞室群的开挖过程中,加强施工过程中的监控和测量工作是保障工程稳定性和安全性的关键环节。这一环节涉及对洞室群变形、应力、地下水等多个关键指标的实时监测和数据分析,对于预防工程事故、指导施工决策具有不可替代的作用。一方面,应建立完善的监控测量系统。这包括在洞室群的关键部位布置高精度的监测仪器,如位移计、应力计、渗压计等,以及搭建数据传输和分析平台,确保监测数据的实时性、准确性和可靠性。同时,还应制定详细的监控测量方案,明确监测目标、频率和预警机制,确保监控工作的有序进行^[3]。另一方面,要注重监测数据的分析和应用。通过对监测数据的实时处理和分析,可以及时发现洞室群的变形趋势、应力分布和地下水动态等关键信息。这些信息不仅有助于评估洞室群的稳定性和安全性,还可以为施工方案的调整和优化提供科学依据。例如,当监测数据显示洞室某部位变形超限时,应立即采取加固措施,防止发生坍塌或滑移等事故。再者,应强化监控测量与施工管理的协同作用。监控测量部门应与施工管理部门保持密切沟通,共同分析监测数据反映的问题,及时制定应对措施。同时,施工管理部门也应根据监控测量的反馈,合理安排施工进度和资源投入,确保施工质量和安全。

2 水电工程地下洞室群支护技术研究

2.1 支护方法分析

目前,常用的支护方法主要包括锚杆支护、喷射混凝土支护和钢支撑支护等。锚杆支护是一种通过深入岩体的锚杆来加固洞室围岩的方法。锚杆能够提供强大的锚固力,将不稳定的岩体牢固地锁定在位,有效防止岩体的滑移和崩塌。这种支护方法适用于节理裂隙发育、岩体较破碎的地段,能够显著提高围岩的整体性和稳定性。喷射混凝土支护则是通过在洞室表面喷射一层混凝土来形成保护层,从而增强围岩的承载能力。喷射混凝土具有施工速度快、工艺简单、适应性强的特点,能够迅速封闭开挖面,减少围岩的暴露时间和风化作用。这种支护方法特别适用于软弱破碎的围岩地段,能够有效防止岩体的进一步劣化和坍塌。钢支撑支护是通过在洞室内架设钢支撑结构来承受围岩压力的方法。钢支撑具有强度高、刚度大、稳定性好的优点,能够提供强大的支撑力,确保洞室的稳定性和安全性。这种支护方法常

用于地质条件复杂、围岩压力较大的地段，如断层破碎带、岩溶发育区等。各种支护方法具有不同的支护原理和适用范围，应根据洞室群的具体情况进行选择^[4]。在实际施工中，还需考虑支护成本、施工工期以及环境保护等因素，综合评估各种支护方法的优劣，从而选择出最适合的支护方案。同时，施工过程中还应加强支护结构的监测和维护工作，确保其长期稳定运行，为水电工程的安全运营提供坚实保障。

2.2 支护过程中的技术难点

在水电工程地下洞室群的支护过程中，技术难点层出不穷，这些难点对于确保支护结构的稳定性和安全性至关重要。首先，支护结构的设计与优化是一个复杂而精细的过程。由于地下洞室群的地质条件多变，支护结构需要针对不同的地质情况进行个性化设计。这要求设计人员具备深厚的地质力学知识和丰富的实践经验，能够准确评估围岩的稳定性，并据此设计出既经济又安全的支护方案。同时，随着施工的进行，地质条件可能发生变化，因此支护结构还需要具备灵活性和可调性，以便根据实际情况进行及时调整和优化。其次，支护材料的选择与搭配也是一个技术难题。不同的支护材料具有不同的物理力学性能和适用范围，选择合适的材料对于确保支护效果至关重要。例如，在软弱破碎的围岩中，需要选择具有较高强度和韧性的支护材料，以承受较大的变形和压力。此外，支护材料的搭配使用也需要经过精心设计和试验验证，以确保各种材料之间能够协同工作，发挥出最佳的支护效果。最后，支护施工的质量控制是支护过程中的又一个技术难点。支护施工涉及多个环节和众多因素，如施工工艺的选择、施工设备的调配、施工人员的技能水平等，任何一个环节的失误都可能导致支护质量的下降。

2.3 支护技术优化建议

在水电工程地下洞室群的支护过程中，针对现有的技术难点，提出以下优化建议，旨在提高支护结构的安全性、经济性和耐久性。

2.3.1 加强支护结构的设计与计算工作

支护结构的设计与计算是确保洞室群稳定性的基础。首先，应深入开展地质勘探，准确掌握洞室群的地质情况，为设计提供可靠的数据支持。设计时，应充分考虑地质条件、洞室形状、开挖方式等多种因素，采用先进的设计理念和计算方法，确保支护结构在承受围岩压力、地下水作用等复杂荷载时，仍能保持足够的稳定

性和安全性。同时，经济性也是设计过程中不可忽视的重要因素。在满足安全性的前提下，应通过合理的结构选型、材料选择和优化设计等手段，降低支护结构的造价，提高工程的经济效益。

2.3.2 采用高性能的支护材料

支护材料的性能直接影响到支护结构的承载能力和耐久性。因此，建议选择高性能的支护材料，如高强度钢材、高性能混凝土等，以提高支护结构的整体性能。这些材料具有较高的抗压、抗拉和抗剪强度，能够有效抵抗围岩的变形和压力，确保洞室群的长期稳定^[5]。此外，针对地下水丰富的洞室群，还应选择具有良好抗渗性能的支护材料，防止地下水对支护结构的侵蚀和破坏。

2.3.3 加强支护施工过程中的质量管理和控制工作

支护施工的质量直接关系到洞室群的安全性和使用寿命。因此，必须建立严格的质量管理体系，对施工过程进行全面而细致的控制和监督。具体来说，应制定详细的施工方案和质量控制标准，明确各施工环节的责任和要求；加强施工人员的技能培训和安全教育，提高他们的施工水平和安全意识；定期对施工现场进行检查和评估，及时发现问题并采取措施进行整改。

结语

水电工程地下洞室群的开挖支护技术是一项复杂而系统的工程，涉及到多个学科领域的知识和技术。本文通过对开挖技术和支护技术的深入研究，提出了相应的技术优化建议，旨在为我国水利水电工程的安全高效建设提供有益的参考和借鉴。未来，随着科技的不断进步和创新发展，相信水电工程地下洞室群的开挖支护技术将迎来更加广阔的发展空间和应用前景。

参考文献

- [1]黄勇,刘大军.钻孔爆破技术在水利水电工程隧洞施工中的应用[J].治淮,2022(08):41-42.
- [2]薛俊斌.水利水电工程施工中隧洞钻孔爆破技术[J].河南科技,2022,41(07):63-66.
- [3]漆祖芳,孔建,饶志文,等.乌东德水电站复杂地质条件下大型导流隧洞群开挖支护设计[J].水利水电快报,2022,43(12):41-48.
- [4]肖厚云,杜安朋.复杂地质大型地下洞室开挖与支护技术[J].四川建筑,2021,41(2):177-179.
- [5]王盼.复杂地质条件下地下洞室群开挖支护的效果评价[J].江西水利科技,2019,45(4):260-268.