

引水隧洞开挖及支护施工技术

卜纪明

中国水利水电建设工程咨询西北有限公司 陕西 西安 710100

摘要: 引水隧洞开挖及支护施工技术是水利工程建设的关键环节。在开挖过程中,需精确掌握地质信息,选用合适方法,如钻爆法或机械开挖,以确保施工效率和安全性。同时,支护结构的选型与施工质量同样重要,需结合地质条件和开挖情况科学设计。协同施工技术则是关键,需确保开挖与支护作业的紧密配合,优化施工流程,提高整体稳定性。总之,引水隧洞开挖及支护施工技术需综合考虑多种因素,确保施工顺利进行和工程质量达标。

关键词: 引水隧洞; 开挖技术; 支护施工技术

引言: 引水隧洞作为水利工程的重要组成部分,其开挖及支护施工技术的有效应用直接关系到工程的安全与稳定。在引水隧洞建设中,开挖技术的选择需充分考虑地质条件、施工环境等因素,确保施工效率与安全;支护结构的设计与施工则需针对不同地质特点,确保隧洞的长期稳定运行。此外,随着科技的不断进步,新型开挖与支护技术不断涌现,为引水隧洞施工提供了更多可能性。因此,深入研究和探讨引水隧洞开挖及支护施工技术具有重要意义。

1 引水隧洞开挖技术研究

1.1 地质勘察与隧洞设计

(1) 地质勘察的内容和方法。地质勘察是引水隧洞开挖前的首要任务,旨在全面了解和掌握隧址区的地质条件、岩性特征、构造分布以及水文地质情况等信息。地质勘察的内容主要包括地层岩性、地质构造、水文地质条件、不良地质现象等方面。在勘察方法上,常采用地质测绘、钻探、物理探测等手段进行综合分析。地质测绘是通过实地观察和测量,绘制出详细的地质图件,反映隧址区的地层分布、岩性变化和构造特征等信息。钻探则是通过在隧址区布置钻孔,获取不同深度的岩石样品,分析岩石的物理力学性质、含水量以及地下水的分布和运移规律。物理探测则是利用地震波、电磁波等物理方法,探测隧址区的地质构造、岩层界面和不良地质体等信息。(2) 隧洞设计的原则和要求。隧洞设计应遵循一定的原则和要求,以确保隧洞的稳定性和安全性。首先,隧洞轴线应尽量选择地质条件稳定、岩石强度高、避开断裂带、软弱岩层等不良地质体。其次,隧洞断面尺寸应根据功能需求、施工条件以及岩石力学性质等因素综合考虑,既要满足输水或发电的需求,又要考虑施工的便捷性和经济性^[1]。此外,隧洞设计还应充分考虑防水、排水等工程措施,防止地下水渗漏

和侵蚀对隧洞结构造成破坏。在隧洞设计过程中,还需对支护结构进行合理设计。支护结构的选择应根据地质条件、施工方法和工期要求等因素确定,确保支护结构的稳定性和安全性。同时,支护结构的材料选择、尺寸设计以及连接方式等也应符合相关标准和规范的要求。

1.2 开挖方法的选择

引水隧洞的开挖方法多种多样,常用的包括钻爆法、机械开挖法以及其他新型开挖方法。不同的开挖方法具有各自的特点和适用条件,选择合适的开挖方法对于提高施工效率、保障施工安全具有重要意义。(1) 钻爆法开挖。钻爆法是一种传统的开挖方法,适用于岩石较坚硬、地质条件复杂的隧洞。该方法通过钻孔、装药、爆破等步骤,利用爆炸能量破碎岩石,实现隧洞的开挖。钻爆法具有施工灵活、适应性强的优点,但施工过程中产生的噪音、震动和粉尘等对环境和施工人员健康有一定影响。(2) 机械开挖法。机械开挖法主要适用于岩石较软、地质条件相对简单的隧洞。该方法利用挖掘机、装载机等机械设备进行岩石的破碎和挖掘,具有施工效率高、对周边环境影响小的优点。但机械开挖法对机械设备的要求较高,需要确保设备的性能稳定、操作灵活^[2]。(3) 其他新型开挖方法。除了传统的钻爆法和机械开挖法外,还有一些新型开挖方法如盾构法、顶管法等。这些新型开挖方法在某些特定地质条件和施工环境下具有较高的应用价值。例如,盾构法适用于软土地层中的隧洞开挖,能够实现对周边环境的较小扰动;顶管法则适用于浅埋隧洞或穿越障碍物的隧洞开挖。

1.3 开挖过程中的质量控制和安全措施

(1) 爆破参数的优化。在钻爆法开挖过程中,爆破参数的优化是实现质量控制的关键。爆破参数的优化包括炸药量的选择、孔距的确定、装药结构的设计等。通过合理的参数设置,可以控制爆破能量的大小和分布,

从而实现对岩石的精确破碎,减少超挖和欠挖现象的发生。同时,还需对爆破震动进行监测和控制,确保爆破作业对周边环境和支护结构的影响在可控范围内。(2)塌方、涌水等风险的预防措施。在引水隧洞开挖过程中,塌方和涌水是常见的风险。为了预防这些风险,首先需要加强对隧洞地质条件的了解和分析,对可能出现的不良地质体进行提前识别和预警。其次,制定合理的施工方案和进度计划,避免在地质条件较差或不稳定的地段进行过度开挖。此外,加强支护结构的设计和施工,确保支护结构的稳定性和承载能力。在出现涌水情况时,应及时设置排水设施,防止涌水对隧洞结构和施工造成不利影响。(3)通风、除尘等环境保护措施。在引水隧洞开挖过程中,通风和除尘是保障施工人员健康和环境质量的重要措施。首先,应设置合理的通风系统,确保施工现场空气流通,降低粉尘浓度。其次,采用湿式作业、洒水除尘等方法,减少粉尘的产生和扩散。此外,对于产生的废水、废渣等污染物,应进行分类收集和处理,防止对环境造成污染。

2 引水隧洞支护施工技术

2.1 支护结构类型及选择

在引水隧洞支护施工中,支护结构的类型多种多样,常见的包括喷锚支护、钢拱架支护以及其他新型支护结构。每种支护结构都有其适用的工程条件和特点,需要根据实际情况进行选择。(1)喷锚支护。喷锚支护以其施工简便、适应性强等优点,在引水隧洞支护中得到了广泛应用。它主要依靠喷射混凝土和锚杆共同作用,形成稳定的支护体系。在软弱岩层和破碎带中,喷锚支护能够有效约束围岩变形,提高隧洞的整体稳定性。(2)钢拱架支护。钢拱架支护在地质条件复杂、岩石破碎严重的隧洞中表现出色。它采用钢结构作为支撑骨架,通过焊接或螺栓连接成整体,具有较高的承载能力和稳定性。钢拱架支护可以抵抗较大的围岩压力,防止隧洞坍塌,确保施工安全。(3)其他新型支护结构。随着科技的不断进步,新型支护结构也不断涌现,如自稳式支护结构、预应力支护结构等。这些新型支护结构具有更高的承载能力和稳定性,能够适应更复杂的工程条件。在实际工程中,应根据具体情况选择合适的新型支护结构。

2.2 支护材料的选择与性能要求

支护材料的选择直接关系到支护结构的效果和隧洞的稳定性。因此,在选择支护材料时,需要充分考虑其物理和力学性能要求。(1)支护材料类型。常见的支护材料包括混凝土、钢材、锚杆等。混凝土作为喷射支护

的主要材料,需要具有良好的工作性能和强度;钢材则主要用于钢拱架等支护结构的制作,需要具备足够的强度和韧性;锚杆则用于固定支护结构与围岩,需要有较强的锚固能力。(2)材料的物理和力学性能要求。支护材料应满足一定的物理性能要求,如混凝土的流动性、黏聚性和保水性等;钢材则需要具有良好的焊接性能和防腐性能。在力学性能方面,支护材料应具有较高的抗压、抗拉和抗剪强度,以承受来自围岩的压力和变形。此外,材料还应具备较好的耐久性和稳定性,以确保支护结构在长期使用过程中的安全稳定^[3]。

2.3 支护施工流程及要点

支护施工是一个复杂而精细的过程,需要严格按照施工流程和要点进行操作。(1)准备工作。在进行支护施工前,需要做好充分的准备工作。这包括对隧洞围岩进行详细的地质勘察,了解地质条件和岩性特点;根据勘察结果确定合适的支护方案和材料选择;准备必要的施工设备和工具,如喷射机、锚杆钻机、钢拱架加工设备等;组织施工队伍进行技术培训和安全教育,确保施工人员具备相应的技能和安全意识。(2)施工步骤和方法。支护施工的具体步骤和方法因支护结构类型的不同而有所差异。以喷锚支护为例,其施工步骤通常包括安装锚杆、喷射混凝土底层、安装钢筋网片、再喷射混凝土面层等。在施工过程中,需要注意控制喷射混凝土的厚度和均匀性,确保锚杆的安装位置和角度符合设计要求。对于钢拱架支护,则需要先按照设计要求加工制作钢拱架,然后在隧洞内进行安装和固定。在安装过程中,需要确保钢拱架的位置准确、连接牢固^[4]。(3)质量控制和验收标准。支护施工的质量控制是确保隧洞稳定性的关键。在施工过程中,应严格按照施工规范和设计要求进行操作,对每道工序进行质量检查和控制。例如,对喷射混凝土的强度和厚度进行抽样检测;对锚杆的拉拔力进行测试;对钢拱架的焊接质量和安装位置进行检查等。同时,还需要建立完善的验收制度,对支护结构进行全面检查和评估,确保支护施工质量符合设计要求和相关标准。

3 引水隧洞开挖与支护的协同施工技术

3.1 协同施工原理及意义

协同施工原理在引水隧洞建设中占据重要地位,它强调开挖与支护两大环节的紧密协同,通过科学规划与组织,使两者在施工过程中相互配合、相互促进,以达到优化流程、提升质量、降低成本的目标。具体而言,协同施工的实现依赖于对开挖与支护作业的精确掌控与有效衔接。在施工过程中,开挖作业与支护作业不再是

孤立的两个环节，而是形成了一个相互依赖、相互影响的整体。开挖完成后，支护作业立即跟进，对裸露的岩体进行及时加固，防止岩体失稳，确保施工安全。同时，支护作业的质量和效率也会影响到后续开挖作业的进行，两者在相互作用中不断优化、完善。协同施工的意义十分显著。首先，它能够确保施工安全。通过合理的施工顺序安排，协同施工能够有效预防因开挖导致的岩体失稳现象，降低安全风险。其次，协同施工有助于提高施工效率。开挖与支护的紧密配合减少了施工过程中的等待时间和资源浪费，使得整体施工进度得以加快。此外，协同施工还有助于优化资源配置。通过对人力、物力、财力等资源的科学调配，协同施工能够降低施工成本，提高工程的经济效益和社会效益。

3.2 开挖与支护的相互配合

在引水隧洞施工过程中，开挖与支护的相互配合至关重要。这种配合主要体现在开挖进度与支护时机的协调以及开挖面保护与支护质量的协同控制两个方面。

(1) 开挖进度与支护时机的协调。在引水隧洞开挖过程中，应根据地质条件、开挖方法、机械设备等因素，合理控制开挖进度。同时，应根据开挖面的稳定性和变形情况，及时调整支护时机，确保在岩体出现失稳迹象前完成支护工作。在协同施工中，开挖与支护队伍应保持密切沟通，及时传递现场信息，以便根据实际情况灵活调整施工方案。(2) 开挖面保护与支护质量的协同控制。开挖面的保护对于确保支护效果具有重要意义。在开挖过程中，应采取有效措施保护开挖面的完整性和稳定性，如控制爆破震动、减少超挖和欠挖等。同时，在支护施工过程中，应严格控制支护材料的质量和施工工艺，确保支护结构的稳定性和承载能力。通过开挖面保护与支护质量的协同控制，可以进一步提高隧洞施工的安全性和稳定性。

3.3 协同施工中的关键技术问题

在引水隧洞开挖与支护的协同施工中，存在一些关键技术问题需要特别关注和解决。(1) 爆破震动对支护结构的影响。爆破作为引水隧洞开挖的主要方法之一，

其震动效应会对周边的支护结构产生不利影响。为了减少爆破震动对支护结构的破坏，应优化爆破参数、采用减震爆破技术、合理安排爆破顺序等措施。同时，在支护结构设计中，应考虑爆破震动的影响，提高支护结构的抗震能力。(2) 支护结构的稳定性与变形控制。支护结构的稳定性和变形控制是协同施工中的关键问题。为了确保支护结构的稳定性，应根据地质条件和开挖面的变形情况，合理选择支护类型和参数，确保支护结构能够有效地支撑和固定开挖面。同时，应加强对支护结构的监测和检测，及时发现并处理可能出现的失稳和变形问题。此外，针对支护结构的变形控制，可以采用预应力支护、加强支撑等措施来增强支护结构的刚度和稳定性。同时，通过合理的施工组织和工艺流程设计，减少施工荷载和外力对支护结构的影响，也是实现变形控制的有效方法。

结束语

引水隧洞开挖及支护施工技术的深入研究和应用，对于保障水利工程的顺利进行和长期稳定运行具有重要意义。通过不断优化开挖方法、提升支护结构的性能与设计，我们可以确保施工过程的高效与安全。同时，面对新的施工挑战和技术需求，我们应持续创新，积极引进新技术、新材料，提升施工水平。展望未来，我们期待在引水隧洞开挖及支护施工技术领域取得更多突破，为水利工程建设繁荣发展贡献力量。

参考文献

- [1]陈克霖,梁庆国,李海宁,周彩贵.基于引水隧洞安全和经济施工的支护参数优化分析[J].水资源与水工程学报,2021,32(06):143-151.
- [2]王国威,董夔蛟.穿越复杂地层超长引水隧洞的开挖及支护[J].建筑施工,2021,4(08):159-160.
- [3]张亚平.水电站引水隧洞开挖及支护施工技术[J].居舍,2021(09):55-56.
- [4]王磊.水电站引水隧洞开挖及支护施工技术[J].科技创新与应用,2020(35):144-145.