

浅析水利隧洞施工技术管理的重点

李佩佩

中国水利水电第六工程局有限公司西北公司 陕西 西安 513200

摘要：本文全面探讨水利隧洞施工，阐述其技术特点如地质复杂、空间受限、风险高、质量严及工序繁等。深入分析管理影响因素，包括人员、材料、设备、环境和方案等。重点论述管理重点，细致解析衬砌、挖掘、锚杆、喷射混凝土和回填灌浆等技术措施，旨在为水利隧洞施工提供科学、系统的技术与管理指导，确保工程实现质量、安全与进度目标，推动水利工程建设顺利发展。

关键词：水利隧洞；施工技术；管理重点

引言

水利工程对水资源调配至关重要，其中水利隧洞施工质量和技术管理直接影响工程安全与效益。随着建设规模扩大和技术要求提高，研究水利隧洞施工技术及管理方法尤为重要。本文通过系统分析水利隧洞施工技术的各个方面，旨在为相关从业人员提供有益参考，助力提升施工质量和效率，确保水利隧洞乃至整个水利工程的安全稳定运行，充分发挥其效益，为水利事业的发展贡献力量。

1 水利隧洞施工技术特点

(1) 地质条件复杂。水利隧洞施工面临着多样且复杂的地质条件，如不同硬度的岩石、断层、破碎带、地下水等。在穿越软岩地层时，岩石的强度较低，容易发生变形和坍塌，需要采取特殊的支护措施来确保施工安全和隧洞的稳定性。而在硬岩地层中，虽然岩石强度高，但可能存在节理裂隙发育的情况，这也会对隧洞的稳定性产生影响，并且增加了钻孔、爆破等施工难度。

(2) 施工空间受限。隧洞内部空间相对狭小，这给施工设备的布置和人员的操作带来诸多不便。大型机械设备在洞内的移动和掉头困难，限制了施工效率的提高。同时，有限的空间使得通风、照明、排水等辅助作业的难度增大，不良的通风条件可能导致施工人员缺氧、有害气体积聚等问题，影响施工人员的身体健康和施工安全。(3) 施工安全风险高。由于地质条件复杂和施工空间受限，水利隧洞施工存在较高的安全风险。除了可能发生的塌方、冒顶等地质灾害外，爆破作业、施工用电、机械设备运行等环节也存在着潜在的安全隐患。例如，爆破作业如果操作不当，可能引发飞石伤人、爆炸事故等；施工用电线路的铺设和维护不当，容易引发触电事故。(4) 施工质量要求高。水利隧洞作为水利工程的重要组成部分，其施工质量直接关系到整个水利工程

的安全和功能的发挥。隧洞的衬砌要具备良好的防渗性能，防止地下水渗漏对隧洞结构造成破坏；隧洞的支护结构要能够承受围岩的压力，确保隧洞的长期稳定性。一旦施工质量出现问题，如衬砌出现裂缝、渗漏，支护结构失效等，将会对水利工程的运行产生严重的影响，甚至可能导致工程失事。(5) 施工工序复杂。水利隧洞施工包括开挖、支护、衬砌、灌浆等多个工序，各工序之间相互关联、相互影响。例如，开挖后需要及时支护，以防止围岩坍塌，而支护的质量又会影响到后续衬砌的施工。衬砌施工前需要对隧洞进行清理和测量放线，确保衬砌的位置和尺寸准确无误。各工序的施工顺序和时间间隔都需要合理安排，否则会影响施工进度和质量。

2 水利隧洞施工技术管理影响因素

(1) 人员因素。施工人员的技术水平、工作经验和责任心是影响水利隧洞施工技术管理的关键因素之一。技术熟练、经验丰富的施工人员能够更好地应对施工过程中出现的各种技术问题，确保施工质量和安全^[1]。而责任心强的施工人员会严格按照施工规范和操作规程进行作业，减少人为失误和违规操作的发生。相反，如果施工人员技术水平参差不齐，缺乏必要的培训和经验，或者责任心不强，就容易导致施工质量下降、安全事故频发等问题。(2) 材料因素。水利隧洞施工所使用的材料，如钢材、水泥、砂石料、外加剂等，其质量的好坏直接影响到隧洞的施工质量。如果使用了不合格的材料，如强度不达标的钢材、安定性不良的水泥等，可能会导致衬砌混凝土出现裂缝、强度不足等质量问题，影响隧洞的结构安全和防渗性能。此外，材料的供应是否及时、充足也会对施工进度产生影响。如果材料供应中断或延迟，会造成施工停滞，增加施工成本。(3) 机械设备因素。施工机械设备的性能、可靠性和配套性对水

利隧洞施工技术管理至关重要。先进、高效的机械设备能够提高施工效率和质量,如大型隧道挖掘机、混凝土喷射机等设备的应用,可以加快开挖和支护速度,保证施工质量。然而,如果机械设备性能落后、故障频繁,或者设备之间不配套,就会影响施工的正常进行,增加维修成本和停机时间,降低施工效率。(4)施工环境因素。水利隧洞施工环境包括地质环境、气候环境等。复杂的地质条件如前所述会给施工带来诸多困难和风险,需要采取相应的技术措施和管理手段来应对。气候环境方面,如高温、低温、潮湿等条件也会对施工产生影响。在高温环境下,混凝土的水化反应加快,容易导致混凝土开裂;在低温环境下,混凝土的凝结时间延长,强度增长缓慢,需要采取保温措施,否则会影响混凝土的质量。(5)施工技术方案因素。合理、科学的施工技术方案是水利隧洞施工技术管理的重要依据。施工技术方案应根据隧洞的工程特点、地质条件、施工要求等因素进行制定,包括开挖方法、支护形式、衬砌结构、施工进度计划等内容。如果施工技术方案不合理,如开挖方法选择不当,可能会导致围岩过度扰动、塌方等问题;施工进度计划安排不合理,可能会造成资源浪费、工期延误等情况。

3 水利隧洞工程施工技术管理重点

3.1 水利隧洞中衬砌施工技术的管理

(1)衬砌模板的安装要确保其平整度、垂直度和密封性。模板的平整度直接影响到衬砌混凝土的外观质量,垂直度偏差过大可能导致衬砌厚度不均匀,影响结构的承载能力。在安装过程中,要严格控制模板的拼接缝宽度,防止漏浆现象的发生。同时,要采用合适的支撑系统,确保模板在混凝土浇筑过程中不发生变形和位移。(2)钢筋的加工要符合设计要求的规格、型号和尺寸,钢筋的焊接质量要保证,避免出现焊接接头不牢固、烧伤钢筋等问题。在安装过程中,要确保钢筋的间距、位置准确无误,保护层厚度符合设计要求。钢筋的绑扎要牢固,防止在混凝土浇筑过程中钢筋移位。(3)衬砌混凝土的配合比要根据设计要求和施工条件进行优化设计,确保混凝土具有良好的和易性、强度和耐久性。在浇筑过程中,要控制好浇筑速度和高度,防止混凝土出现离析现象。振捣要密实,避免出现蜂窝、麻面等质量缺陷。同时,要注意混凝土的养护,保持混凝土表面湿润,养护时间要符合规范要求,以确保混凝土的强度增长和防止裂缝的产生。

3.2 水利隧洞挖掘施工技术的管理

(1)根据隧洞的地质条件、断面尺寸、埋深等因素

选择合适的开挖方法,如全断面开挖法、台阶法、CD法、CRD法等。在施工过程中,要根据实际情况对开挖方法进行优化,例如,当遇到围岩稳定性较差的地段时,应及时调整为更安全、可靠的开挖方法,减少对围岩的扰动,确保施工安全。(2)要采用先进的测量仪器和技术,准确控制隧洞的开挖轮廓线,避免超挖和欠挖现象的发生。超挖会增加混凝土衬砌的工程量和成本,欠挖则会影响衬砌的厚度和结构的安全性。在开挖过程中,要定期对开挖轮廓进行测量复核,及时调整开挖参数,保证开挖精度^[2]。(3)爆破作业是隧洞开挖的重要环节,要严格控制爆破参数,如炸药用量、炮孔间距、起爆顺序等,确保爆破效果良好,同时减少对围岩的破坏。在爆破前,要对周边环境进行详细的勘察,采取有效的防护措施,防止飞石、地震波等对周围建筑物和人员造成伤害。爆破后,要及时对爆破效果进行检查和评估,为后续施工提供参考。

3.3 水利隧洞锚杆施工技术管理

隧洞围岩的锚杆支护施工,需遵循严格的标准和流程,以确保工程质量与安全。(1)锚杆材质与规格的选择是支护效果的基础。在选择锚杆时,必须兼顾高强度和抗腐蚀性,以确保其在复杂地质环境下的稳定性和耐久性。规格方面,需依据设计要求精准确定,确保锚杆能够提供足够的锚固力,满足隧洞围岩支护的需求。在采购过程中,对质量证明文件的查验至关重要,只有符合国家和行业标准的产品才能进入施工现场,从源头上保障支护效果。(2)钻孔作业的精准性对锚杆支护的成败具有决定性影响。钻孔的位置、角度和深度必须与设计图纸高度契合,以确保锚杆能够准确安装到预定位置。同时,要保持钻孔的直线度,避免偏斜和弯曲现象,这有助于提高锚杆的锚固效果。在安装锚杆时,锚固长度必须达到设计要求,且锚杆与孔壁间隙需用水泥砂浆或树脂锚固剂等材料密实填充,以增强锚杆与围岩的结合力。(3)锚杆安装完毕后,拉力检测是不可或缺的一环。这一步骤旨在验证锚杆的锚固力是否达到设计要求。检测时应按照既定比例和频率进行,确保检测结果的代表性和准确性。一旦发现锚固力不足的情况,需迅速剖析原因,并采取补打锚杆、重新锚固等有效措施加以处理。这有助于确保锚杆支护的有效性,为隧洞施工筑牢安全防线,使其能够长期稳定地发挥作用,抵御围岩可能出现的变形与失稳风险。

3.4 水利隧洞喷射混凝土技术管理

喷射混凝土施工过程涉及多个关键环节,各环节紧密相连,共同影响着工程质量。(1)首先是原材料的

选择。水泥需具备良好的安定性与早期强度，这是确保混凝土初期性能稳定及快速凝结硬化的基础；砂石料的粒径和级配应精准契合要求，为混凝土提供坚实的骨料支撑；外加剂的选用则要依据混凝土的性能期望进行科学合理的调配，例如速凝剂可加快凝结时间，增强剂可提升强度等。配合比设计更是重中之重，必须充分考量喷射工艺的独特性，保障混凝土在喷射过程中展现出优良的可喷性，确保顺利施工，同时保证强度达标以及具备长久的耐久性，使其能在不同环境条件下稳固服役。

（2）喷射前的准备工作不可或缺。对受喷面的清理至关重要，需彻底清除松动的岩石和各类杂物，保证喷射面达到规定的平整度和粗糙度，这不仅有利于混凝土与受喷面紧密贴合，还能增强附着力，为后续喷射作业筑牢根基。（3）在喷射作业时，精准掌控喷射机的工作风压、喷射距离与喷射角度是关键。合适的风压能使混凝土均匀、高速地喷射而出，恰当的距离和角度则保证混凝土密实附着于受喷面，避免出现空洞或疏松区域^[3]。遵循分层喷射原则，严格控制每层喷射厚度符合设计要求，防止因一次喷射过厚致使混凝土因自重或内部应力不均而脱落，确保喷射质量稳定可靠。（4）喷射完成后，养护环节不容忽视。应立即采取喷水、覆盖养护膜等有效养护措施，使混凝土表面始终保持湿润状态，养护时间不得少于规范要求的天数。充足的养护可有效防止混凝土因失水而产生裂缝，切实保障其强度稳步增长以及耐久性持续提升，从而使喷射混凝土在工程中充分发挥其应有的作用，确保整个工程结构的稳固与安全。

3.5 水利隧洞回填灌浆施工技术管理

回填灌浆是隧洞施工中的关键环节，其施工质量直接关系到隧洞的稳定性与耐久性。（1）材料方面，主要采用水泥浆，必须选用符合国家标准的水泥，并依据设计要求精准确定水灰比。在浆液制备过程中，要严格遵循配合

比，通过充分搅拌等方式保证浆液均匀、稳定，杜绝沉淀与离析情况发生，确保其性能符合灌浆需求。（2）灌浆孔的布置至关重要。需依据隧洞的结构形式和衬砌厚度进行科学合理设计，孔距与排距应严格符合规范标准。钻孔时，务必保证钻孔垂直于衬砌表面，确保孔深达到设计深度，同时采取有效措施防止塌孔、卡钻等问题，从而保障钻孔质量，为后续灌浆作业奠定良好基础。（3）灌浆施工要遵循分序加密原则。先灌注外层孔，再进行内层孔作业，同一排孔则按逐渐加密顺序依次灌注。灌浆压力需结合衬砌结构和地质条件合理调控，压力过大易致使衬砌变形或损坏，过小则难以保证灌浆效果。在灌浆全程，要密切留意灌浆压力与吸浆量的变化，当达到设计灌浆量或灌浆压力后，仍需持续灌注一定时间，以此确保灌浆饱满，使回填灌浆充分发挥其加固隧洞衬砌的作用，保障隧洞的长期稳定与安全运行。

结束语

水利隧洞施工技术的复杂性和管理至关重要。精准把握施工技术特点、全面分析影响因素及严格把控管理重点，能有效应对施工挑战，确保工程顺利实施。未来水利工程建设需持续关注技术创新和管理水平提升，优化施工工艺和流程，加强质量监督与安全管理，不断积累经验，适应水利建设需求增长，推动水利行业可持续发展，发挥水利工程在经济社会发展中的更大作用，为国家水资源开发和利用提供有力支撑。

参考文献

- [1]李枫.水利隧洞施工技术管理重点分析[J].工程技术研究,2021,6(18):197-198.
- [2]王发.水利隧洞施工技术管理的重点分析[J].内蒙古煤炭经济,2021(8):175-176.
- [3]张文进.水利隧洞施工技术管理的重点[J].中国科技期刊数据库工业A,2022(5):4.