

水利水电工程隧洞喷锚支护及衬砌施工技术

王静

中国水利水电第十一工程局有限公司

DOI:10.12238/hwr.v8i9.5721

[摘要] 水利水电工程是关乎国计民生的重要基础设施,在水资源调配、防洪抗旱、发电等方面发挥着巨大作用。隧洞作为水利水电工程的关键组成部分,其施工质量直接影响着整个工程的安全稳定运行,而隧洞衬砌及喷锚支护加固施工技术是确保隧洞施工安全、提高结构稳定性的重要手段。因此,做好相关施工技术的研究,对于提高水利水电工程质量有着极其重要的作用和意义。

[关键词] 水利水电工程; 隧洞衬砌; 喷锚支护加固

中图分类号: TV543+.3 **文献标识码:** A

Construction technology of shotcrete and anchor support and lining for tunnels in water conservancy and hydropower projects

Jing Wang

China 11th Water Conservancy and Hydropower Engineering Bureau Co., Ltd

[Abstract] Water conservancy and hydropower project is an important infrastructure related to the national economy and people's livelihood, which plays a great role in water resources allocation, flood control and drought relief, and power generation. As a key part of water conservancy and hydropower project, the construction quality of tunnel directly affects the safe and stable operation of the whole project, and the construction technology of tunnel lining and shotcrete and anchor support is an important means to ensure the safety of tunnel construction and improve the structural stability. Therefore, it is of great significance to do a good job in the research of related construction technologies for improving the quality of water conservancy and hydropower projects.

[Key words] water conservancy and hydropower engineering; Tunnel lining; Shotcrete and anchor support reinforcement

1 工程概况

某水利水电工程建设规模庞大,主要包括大坝、水电站、输水隧洞等设施,其主要功能为防洪、灌溉、发电和供水。工程的建设对于当地经济社会发展具有重要意义。隧洞长度为2500m,断面呈圆形,直径为4m。隧洞埋深在50m—150m,最大埋深达到180m。隧洞穿越的地质条件复杂多样。岩层类型主要有花岗岩、砂岩和泥岩等。其中,花岗岩质地坚硬,强度高,但节理裂隙发育;砂岩强度适中,易受水的侵蚀;泥岩强度较低,遇水易软化。断层分布较为广泛,主要有一号断层、二号断层等,断层带宽在2m至5m之间。地下水位较高,对隧洞施工带来了较大的难度。

2 隧洞衬砌施工技术研究

2.1 衬砌材料选择

结合工程实际,本工程选择钢筋混凝土作为衬砌材料。主要是考虑到隧洞穿越的地质条件复杂、地质环境恶劣,围岩压力和

内水压力较大,需要强度高、抗渗性好的衬砌材料来保证隧洞的稳定运行,钢筋混凝土衬砌具有足够的强度和抗渗性,能够满足工程的安全要求。其次钢筋混凝土衬砌的成本相对较低,在保证工程质量的前提下,更符合工程的经济效益要求。

2.2 衬砌施工工序

2.2.1 模板安设

(1) 模板类型选择。采用钢模板和木模板相结合的方式。钢模板具有强度高、刚度大、重复使用次数多等优点,适用于隧洞直段的衬砌施工;木模板则具有灵活性好、便于加工等优点,适用于隧洞弯道和特殊部位的衬砌施工。如在隧洞直段采用厚度为5mm的钢模板,模板之间采用螺栓连接,确保模板的平整度和垂直度。在隧洞弯道和特殊部位采用厚度为20mm的木模板,模板表面进行防水处理,防止混凝土渗漏^[1]。

(2) 模板安装要求。模板安装前,先对隧洞断面进行测量放线,确保模板安装位置准确。模板安装时,严格控制模板的平整

度和垂直度,模板之间的连接要紧密,不得出现漏浆现象。模板安装完成后,进行检查验收,确保模板的安装质量符合设计要求。例如,模板的平整度误差不得超过3mm,垂直度误差不得超过5mm。模板之间的缝隙不得超过2mm,采用密封胶进行密封处理。

2.2.2 钢筋制作安装

(1) 钢筋规格和材质。钢筋采用直径为20mm的热轧带肋钢筋,材质为HRB400。钢筋的质量应符合国家标准和设计要求。例如,钢筋的屈服强度不得低于400MPa,抗拉强度不得低于540MPa。钢筋的表面应无锈蚀、油污等缺陷。

(2) 钢筋制作。钢筋制作在加工厂进行,严格按照设计图纸进行下料和加工。钢筋的弯曲半径、长度、间距等尺寸应符合设计要求。钢筋制作完成后,进行编号分类,便于现场安装。例如,钢筋的弯曲半径不得小于钢筋直径的4倍,钢筋的长度误差不得超过10mm,钢筋的间距误差不得超过10mm。

(3) 钢筋安装。钢筋安装时,先在模板上弹出钢筋位置线,然后按照位置线进行钢筋安装。钢筋的间距、位置和保护层厚度应符合设计要求。钢筋之间的连接采用焊接或机械连接,连接质量应符合规范要求。如钢筋的保护层厚度不得小于50mm,钢筋的焊接长度不得小于10倍钢筋直径,机械连接的拧紧力矩不得小于规定值。

2.2.3 混凝土衬砌

根据隧洞衬砌的设计要求和施工条件,通过试验确定合理的混凝土配合比。混凝土配合比一般为水泥:砂:石子:水=1:2.5:3.5:0.5,并加入适量的外加剂,以提高混凝土的性能。混凝土浇筑采用泵送方式,从隧洞底部开始,分层对称浇筑。每层浇筑厚度不宜超过500mm,振捣要密实,不得出现漏振和过振现象。混凝土浇筑完成后,要及时进行抹面处理,保证混凝土表面平整光滑^[2]。如采用插入式振捣器进行振捣,振捣器的插入深度要超过每层混凝土的厚度,振捣间距不宜超过振捣器作用半径的1.5倍。混凝土表面的抹面次数不得少于3次,抹面后的混凝土表面平整度误差不得超过5mm。

2.2.4 养护和拆模

混凝土浇筑完成后,及时进行养护。养护方式采用洒水养护和覆盖塑料薄膜相结合的方式,养护时间不少于14天。在养护期间,要保持混凝土表面湿润,不得出现干燥现象。例如,每天洒水次数不得少于3次,塑料薄膜要覆盖严密,不得有破损和漏盖现象。混凝土强度达到设计强度的75%后,方可进行拆模。拆模时,要小心谨慎,不得损坏混凝土结构。拆模后,要及时对混凝土表面进行检查,发现问题及时处理。例如,拆模时要先拆除侧模,再拆除底模。拆除后的模板要及时清理和保养,以备下次使用。

2.3 施工质量控制

2.3.1 混凝土配合比设计

(1) 严格控制混凝土的配合比误差,水泥、砂、石子和水的计量误差不得超过±2%。例如,采用电子计量设备进行计量,定期对计量设备进行校准和维护。

(2) 采用插入式振捣器进行振捣,振捣器的插入深度要超过每层混凝土的厚度,振捣间距不宜超过振捣器作用半径的1.5倍。例如,振捣器的插入深度为500mm,振捣间距为300mm。

(3) 振捣时间要适当,一般以混凝土表面不再出现气泡和泛浆为准。例如,振捣时间为20秒至30秒。

(4) 在振捣过程中,要避免振捣器碰撞模板和钢筋,以免影响混凝土的质量和结构的稳定性。例如,振捣器与模板的距离不得小于50mm,与钢筋的距离不得小于30mm。

3 喷锚支护加固施工技术研究

3.1 喷锚支护原理

喷锚支护是一种主动支护方式,通过锚杆的锚固作用和喷射混凝土的封闭作用,将围岩与支护结构形成一个整体,共同承受围岩压力。在隧洞开挖后,及时进行喷锚支护,可以有效地控制围岩的变形和松动,提高围岩的稳定性。锚杆的作用主要是通过锚固在围岩中,提供抗拔力,限制围岩的变形。锚杆还可以将浅层围岩的应力传递到深层稳定岩层中,提高围岩的整体稳定性。例如,锚杆的长度一般为3m至6m,直径为25mm^[3]。锚杆的锚固力要根据围岩的性质和设计要求进行确定,一般不得小于100kN。

喷射混凝土的功能主要是及时封闭围岩,防止围岩风化和松动,提高围岩的强度和稳定性。喷射混凝土还可以与锚杆形成组合支护结构,提高支护结构的承载能力。例如,喷射混凝土的厚度一般为100mm至150mm,强度等级为C25。喷射混凝土的配合比要根据围岩的性质和设计要求进行确定,一般为水泥:砂:石子:水=1:2:2:0.5。

3.2 锚杆施工技术

根据隧洞穿越的地质条件和围岩类别,本工程选择全长粘结型锚杆。锚杆直径为25mm,长度为4m。锚杆的规格应根据围岩的松动圈范围和锚杆的锚固力确定,确保锚杆能够深入稳定岩层。通过地质勘察和现场试验,确定本工程隧洞围岩的松动圈范围为1.5m至2m,因此选择长度为4m的锚杆,可以保证锚杆深入稳定岩层的长度不小于2m。锚杆采用HRB400螺纹钢,具有良好的耐腐蚀性能和抗拉强度。锚杆的材质应符合国家标准和设计要求,锚杆的屈服强度不得低于400MPa,抗拉强度不得低于540MPa,并且锚杆的表面应进行防腐处理^[4]。

3.3 锚杆施工

(1) 钻孔。采用风动凿岩机进行钻孔,钻孔直径为40mm。钻孔时,要严格控制钻孔的位置、孔径和孔深,确保钻孔质量符合设计要求。钻孔位置的偏差不得超过100mm,孔径偏差不得超过5mm,孔深偏差不得超过50mm。在钻孔前,要进行测量放线,确定钻孔的位置和角度。钻孔过程中,要定期检查孔径和孔深,发现问题及时调整。

(2) 清孔。钻孔完成后,及时进行清孔。清孔采用高压风吹孔和水洗孔相结合的方式,清除孔内的岩粉和杂物。清孔后,孔内的残留物不得超过50mm。先用高压风吹孔,将孔内的岩粉吹出,然后用水洗孔,将孔内的杂物冲洗干净,清孔完成后,要进行检

查验收,确保孔内干净无杂物。

(3) 安设锚杆。将锚杆插入孔内,确保锚杆的位置正确。然后采用水泥砂浆进行锚固,确保锚杆的锚固力满足设计要求。锚杆的锚固力不得小于100kN。将锚杆插入孔内后,要调整锚杆的位置和角度,使其符合设计要求,然后采用水泥砂浆进行注浆,注浆压力为0.5MPa,注浆完成后,要进行养护,确保锚杆的锚固效果。

(4) 注浆。采用水泥砂浆进行注浆,注浆压力为0.5MPa。注浆时,要严格控制注浆压力和注浆量,确保注浆饱满度。注浆饱满度不得小于90%。注浆过程中,要定期检查注浆压力和注浆量,发现问题及时调整,注浆完成后,要进行检查验收,确保注浆饱满度符合要求。

3.4 喷射混凝土施工

通过试验确定合理的配合比,牛骨的配合比为:水泥:砂:石子:水:速凝剂=1:2:2:0.5:0.04。配合比应根据围岩的性质和喷射混凝土的强度要求进行调整。在软弱围岩中,可适当增加水泥用量,提高喷射混凝土的强度;在干燥的围岩中,可适当减少水的用量,提高喷射混凝土的密实性。

喷射混凝土的厚度应根据隧洞的地质条件、设计要求以及喷射混凝土的强度等级来确定。一般情况下,喷射混凝土的厚度在80mm至150mm之间。在实际施工中,要严格控制喷射厚度,避免过厚或过薄。过厚的喷射混凝土容易出现开裂、脱落等问题,而过薄则无法满足支护要求^[5]。在本工程中,根据地质勘察报告 and 设计要求,确定喷射混凝土的厚度为120mm。在施工过程中,采用分层喷射的方法,每次喷射厚度控制在30mm至50mm之间,确保喷射混凝土的密实度和强度。同时,在喷射过程中,要不断检查喷射厚度,使用测厚仪等工具进行测量,确保喷射厚度符合设计要求。喷射混凝土施工完成后,及时进行养护至关重要。养护

方式采用洒水养护和覆盖塑料薄膜相结合的方式。在喷射混凝土终凝后的2小时内开始洒水养护,洒水次数应根据气候条件和混凝土表面的湿润状态确定,一般每天不少于3次。同时在混凝土表面覆盖塑料薄膜,以保持混凝土表面的湿度,防止水分蒸发过快,养护时间不少于14天。在养护期间,要密切关注天气变化,如遇高温、干燥天气,适当增加洒水次数,并定期检查塑料薄膜的覆盖情况,如有破损及时更换,确保混凝土始终处于良好的养护状态。

4 结语

为了确保水利水电工程的施工质量,在施工中需要加强对隧洞衬砌及喷锚支护加固施工技术研究,严格控制混凝土配合比、钢筋安装、锚杆施工及喷射混凝土施工等各个环节的施工质量,有效保证隧洞结构的稳定性和安全性。

[参考文献]

- [1]张生武.水利工程隧洞衬砌及喷锚支护加固施工[J].科学技术创新,2024,(07):161-164.
- [2]林雄伟.引水隧洞衬砌施工工艺及质量控制措施[J].云南水力发电,2024,40(02):123-125.
- [3]王红霞.隧洞衬砌混凝土质量控制常见问题及应对措施[J].东北水利水电,2023,41(12):54-56.
- [4]熊昕.水利工程隧洞衬砌及喷锚支护加固施工探讨[J].黑龙江水利科技,2023,51(10):46-47+62.
- [5]邱春阳,陈璞.特长隧洞衬砌结构的选择及支护措施[J].内蒙古水利,2016,(09):37-38.

作者简介:

王静(1987—),女,汉族,河南新乡人,大学本科,副高级工程师、水利水电工程管理及工程造价。