

水工输水隧洞衬砌结构裂缝成因及预防

张 军

浙江省水电建筑安装有限公司 浙江 杭州 310051

摘 要: 隧洞衬砌裂缝是隧洞工程最大的病害之一,其产生的时间各有差异,通常发生在浇筑完成后的短期内或隧洞贯通后的早期,也有可能产生在运营后几十年内。隧洞围岩压力是隧洞外部荷载的主要原因,然而隧洞承载抵抗力主要依赖于隧洞周边围岩和初期喷锚支护结构组成的综合结构层,其体现出弧形拱力。因此,本文将首先分析水工输水隧洞衬砌结构裂缝成因,之后提出处理及预防措施,希望提高裂缝防治效果。

关键词: 水工; 输水隧洞; 衬砌结构; 裂缝成因; 预防措施

前言:水工输水隧洞衬砌一般采用钢筋混凝土结构,充分利用了钢筋的抗拉性能和混凝土材料的抗压性能。在各种内外应力作用下,混凝土超过抗拉强度不可避免地会发生裂缝,混凝土裂缝会对其耐久性产生负面影响。当隧洞的二次衬砌受到的应力超过其设计承受的应力时,导致二次衬砌表面将会出现竖向、斜向及水平等不同方向的裂缝。根据以上隧洞衬砌裂缝的受力状况分析,我们可以知道隧洞衬砌裂缝的产生原因不仅仅有内部原因,还有外部原因引起衬砌裂缝,造成隧洞存在安全隐患,导致安全事故的发生。

1 水工输水隧洞衬砌结构裂缝特征

从裂缝的形态来看,裂缝可以分为纵向裂缝、横向裂缝和斜裂缝等。纵向裂缝一般沿着隧洞的纵向方向延伸,横向裂缝一般垂直于隧洞的纵向方向延伸,而斜裂缝则呈斜向延伸。其次,从裂缝的宽度和长度来看,裂缝可以分为宽度较小的毛细裂缝和宽度较大的粗裂缝。此外,裂缝的分布位置和密度也是衡量裂缝特征的重要指标。对于存在的裂缝,可以采用注浆、填缝等方法进行修复。另一方面,在隧洞的设计和施工过程中,应该采取一系列的措施,如合理的衬砌结构设计、施工监测和质量控制等,以减少裂缝的产生。

2 水工输水隧洞衬砌结构裂缝形成原因

2.1 温度因素

温度是影响水工输水隧洞衬砌结构的重要因素之一,水工输水隧洞中,由于外部环境因素的影响,隧洞内部的温度会发生较大的变化。当外部温度发生变化

时,由于很多材料的热膨胀性质,衬砌结构会产生相应的热胀冷缩变形。在温度升高的时候,材料会因为热膨胀而发生拉伸变形;而在温度降低的时候,材料因为收缩而产生压缩变形。这些变形过程会导致衬砌结构产生应力,如果应力过大,就容易出现裂缝的情况^[1]。除了环境温度的变化外,水工输水隧洞中水体的温度也会对衬砌结构产生一定的影响。当水体流经隧洞时,隧洞衬砌结构会与水体接触并受到水温的影响。如果水温发生变化,衬砌结构也会受到影响,从而产生相应的变形和应力。特别是在输水过程中,水体的温度变化更加明显,这也会增加衬砌结构产生裂缝的风险。

2.2 材料与配比因素

输水隧洞的衬砌材料通常是水泥浆或者混凝土,如果选择的材料质量不符合要求或者存在缺陷,就容易出现裂缝。例如,如果水泥浆的强度不够高,或者混凝土中的骨料存在过多的细颗粒,就会引起衬砌结构的不均匀收缩,从而导致裂缝的形成。混凝土的配比是指混凝土中水、水泥、骨料和掺合料等各个组分的比例。如果配比不合理,比如水泥用量过多或者水水泥比过高,就会导致混凝土的收缩和膨胀系数发生变化,引起裂缝的产生。此外,如果在配制过程中没有控制好各个组分的配比比例^[2],也会造成衬砌结构质量的下降,进而导致裂缝的形成。

2.3 水文地质条件

水文地质条件包括地下水位、地下水压力、地质构造以及岩性等方面的因素。当隧洞所经过的地质构造带有断层、褶皱等构造异常时,地下水在地质构造的作用下会发生变化,导致衬砌结构的应力分布不均匀,从而形成裂缝。此外,在地下水位较高的地区,水压差也会对隧洞衬砌结构产生影响,过大的水压差会使衬砌产生位移,从而形成裂缝。当隧洞穿越不同的地质构造和

通讯作者: 张军, 出生年月: 1990年3月19日, 民族: 汉, 性别: 男, 籍贯: 江西宜春, 单位: 浙江省水电建筑安装有限公司, 职位: 员工, 职称: 工程师, 学历: 本科, 邮编: 310051, 研究方向: 水利水电工程施工管理。

岩性带时,地质构造的变化和岩性的不均匀性会导致隧洞围岩的应力产生差异,从而导致衬砌结构产生应力集中,产生裂缝。尤其是当隧洞通过地层接触面时,不同地层的变形和应力释放会使衬砌结构受到较大的影响,使裂缝的形成更加显著。

2.4 施工工艺

隧洞衬砌施工过程中,如果操作不规范或者控制不精确,容易造成衬砌结构内部应力分布不均匀,进而导致裂缝的发生。比如,在浇筑混凝土衬砌时,如果混凝土的浇筑速度过快,会导致衬砌表面裂缝的生成;而如果浇筑速度过慢,则可能会造成混凝土的凝固不均匀,同样也容易引发裂缝。此外,如果对于衬砌结构的温度和湿度控制不当,也会加剧裂缝的形成。施工过程中,如果施工荷载超过设计荷载的承载能力,就容易导致结构的变形和破坏,从而引发裂缝。另外,如果隧洞所处的地质环境较差^[3],存在较大的地应力变化或者地震等影响因素,同样也会增加结构的裂缝风险。

3 水工输水隧洞衬砌结构裂缝处理必要性

水工输水隧洞是指为了完成水利工程中的输水任务而建造的隧道,隧洞在水利工程中发挥着非常重要的作用,既能保证水资源的稳定供应,又能实现水资源的地区调剂,对于水利工程的发展至关重要。然而,由于隧洞长期承受水压和地压的作用,容易导致结构裂缝的产生,影响隧洞的正常运行和使用寿命。因此,预防隧洞结构裂缝的发生至关重要。隧道长期承受水压和地压的作用,如果隧洞结构裂缝得不到及时修补,会导致渗漏、渗水等问题的发生,进而可能导致隧洞坍塌,对周围环境和人员造成严重威胁。隧洞作为输水的通道,一旦出现结构裂缝,会导致水资源的泄漏和浪费,不仅会影响水资源的供应,还会增加维护和修缮的成本。而且,隧洞结构裂缝还可能会进一步扩大,导致隧洞无法正常使用,给水利工程带来严重影响^[4]。因此,预防隧洞结构裂缝的发生,能够延长隧洞的使用寿命,提高输水效率。

4 水工输水隧洞衬砌结构裂缝处理与预防措施

4.1 使用固结灌浆与回填灌浆方法

固结灌浆主要通过灌注水泥浆来填充裂缝,增强隧洞的整体结构强度。施工过程中,施工单位要对裂缝进行清理,并确保裂缝表面干燥和清洁;在裂缝附近打孔,并使用灌浆针将水泥浆注入孔洞中,直到填充裂缝;等待水泥浆充分凝固,固结裂缝。回填灌浆主要通过将适量的填充材料灌注到裂缝中,以填补裂缝,使其恢复到原有的结构状态。使用过程中,施工单位要选择

合适的填充材料,如沙子、砾石等;然后,对裂缝进行清理,并确保裂缝表面干燥和清洁;将填充材料灌注到裂缝中,直到填满整个裂缝;等待填充材料充分凝固,回填裂缝。

4.2 表面修复

修复水工输水隧洞裂缝表面时,有几种常见的方法可以采用。第一,修复涂层。这种方法通过喷涂或刷涂一层修复材料在裂缝表面,以加强结构的抗渗性和密封性。修复涂层材料可以是聚合物涂料、聚合物胶黏剂等,具有良好的耐水性和粘接性,能够有效地填充和封闭裂缝,防止水的渗漏。第二,填缝胶修复。填缝胶是一种高强度的胶黏剂,能够迅速固化形成一层弹性体,填补和封闭裂缝。填缝胶修复方法适用于裂缝较小的情况,其优点是施工简单、操作方便。填缝胶具有良好的粘结性和韧性,能够在水工输水过程中承受一定的变形,有效地修复裂缝表面的损坏。第三,碳纤维加固修复。碳纤维是一种高强度、高模量的材料,具有轻质化、抗拉强度高优点。在碳纤维加固修复方法中,先将碳纤维布粘贴在裂缝表面,然后使用特定的胶黏剂将其固定,形成一层加固层。碳纤维加固修复方法能够有效地增强隧洞结构的承载能力和抗裂性能,提高整体的结构稳定性。第四,钢筋加固修复。钢筋是一种常见的构筑材料,具有良好的强度和韧性。在钢筋加固修复方法中,首先在裂缝表面开凿一定的槽口,然后将钢筋固定在槽口内,最后使用特定的修复材料将其封闭^[5]。钢筋加固修复方法能够提高隧洞结构的整体强度和抗震性能,使其更加耐久和稳定。

4.3 喷浆修复

喷浆修复方法是一种常见且有效的水工输水隧洞裂缝修复方法,喷浆是指将专用材料制成浆料,通过喷射的方式将浆料填充到裂缝中,使其充分填补和粘结。这种修复方法具有操作简便、修复效果好、成本较低等优点。喷浆材料应具备耐压、耐水、抗渗性好的特性。常用的喷浆材料包括水泥基材料、环氧树脂材料等。在选择材料时,应根据裂缝情况和施工环境的要求进行选择。裂缝处理是喷浆修复方法中非常重要的一步。施工单位需要清除裂缝周围的杂物和污垢,以便保证修复材料与原材料的粘结性。然后,需要对裂缝进行加固处理,可以采用加固带、网格布等加固材料,提高裂缝的稳定性。喷浆修复可以分为手工喷填和机械喷填两种方式。手工喷填适用于较小的裂缝,通过手工工具将喷浆材料填充到裂缝中,然后用刮板平整表面。机械喷填适用于较大的裂缝,通过喷射机将喷浆材料喷射到裂缝

中,以提高施工效率和修复质量。养护期间,应避免施工区域受到外部冲击和振动的影响,以保证修复材料的固化和完整性。通常,修复材料需要进行一定时间的养护,以确保修复效果的稳定。

4.4 结构加固

混凝土是一种具有良好的抗压能力和耐久性的材料,可以有效提高输水隧洞的承载能力和稳定性。在进行混凝土衬砌时,需要结合隧洞的实际情况和设计要求,选择合适的混凝土配方和施工方式。同时,还需要注意混凝土的密封性和防水性,以确保隧洞内的水不会渗漏。钢筋混凝土是一种同时具有钢材和混凝土优点的材料,具有较高的抗拉能力和抗剪能力。在进行钢筋混凝土衬砌时,需要根据隧洞的不同部位和受力情况进行钢筋的布置和混凝土的浇筑,以确保衬砌结构的强度和稳定性。在加固输水隧洞的衬砌结构时,可以考虑使用钢片衬砌。钢片衬砌具有较高的抗冲刷能力和耐久性,可以有效保护隧洞的内部结构不受冲击和侵蚀。在进行钢片衬砌时,需要根据实际情况选择合适的钢材和衬砌方式,以确保衬砌结构的可靠性和稳定性。

4.5 积极开展施工过程管控

水工输水隧洞的施工中,合理选择施工方案是预防裂缝的重要一环。要根据地质条件、水文条件和工程要求等因素,选择合适的隧洞衬砌材料和衬砌结构类型。要合理布置施工孔洞,确保衬砌结构的密实性和牢固性。同时,要合理安排施工进度,避免施工速度过快或过慢造成的不均匀应力分布。合理选择施工设备和施工工艺,提高施工效率,降低施工过程中的地质应力。为及时发现和处理衬砌结构的裂缝问题,在施工后和投入使用前,需要加强监测和检测工作。要加强对施工过程中的应力变形的监测,及时掌握结构变形的情况。要进行定期巡视和检测,发现问题及时进行处理。

4.6 加强材料控制

水工输水隧洞的衬砌结构常用材料有混凝土和钢筋。选择混凝土时,需要考虑其抗裂性能和抗渗透性能。一般来说,使用高强度的混凝土可以减少裂缝的产生,并具有较好的抗渗透性能。此外,采用合适的配料比例和控制混凝土的水灰比也能有效降低裂缝的发生。钢筋的选择也是非常重要的,要选择具有良好延展性和强度的钢筋,以增加隧洞的整体抗裂能力。施工人员应

该严格按照设计要求进行材料的配制和使用。在混凝土施工过程中,要保证搅拌均匀,避免出现水泥凝聚体或骨料堆积现象。同时,要注意施工现场的环境温度和湿度,避免出现快速干燥或潮湿的情况,对混凝土会产生不良影响。

4.7 做好人员培训教育

隧洞衬砌工程需要经验丰富、技术过硬的施工人员进行操作。通过培训教育,可以使施工人员掌握正确的操作方法和技巧,了解衬砌过程中可能出现的问题和隐患,并学会相应的应对措施。只有经过专业的培训和教育,施工人员才能具备足够的技能和知识,保证隧洞衬砌结构的质量和安全性。输水隧洞的施工过程中,存在着一定的安全风险,如高空作业、机械设备操作等。通过培训教育,可以让施工人员了解和掌握安全生产知识,提高对各类安全隐患的识别和防范能力,培养安全意识和遵守规章制度的习惯,减少事故发生的可能性,保障施工人员的人身安全。此外,人员培训教育还能够提高施工人员的团队合作和沟通能力。隧洞衬砌工程通常需要多个岗位的人员协同作业,需要各个环节之间的密切配合和有效的沟通。通过培训教育,可以加强施工人员之间的沟通交流,培养他们的团队精神和协作能力,使得工作更加有序、高效。

结语:水工输水隧洞衬砌结构稳定性十分重要,因此施工单位应做好施工控制、材料控制、人员培训,深入分析裂缝成因,选用适宜裂缝处理方法并做好裂缝防治,才可提高水工输水隧洞衬砌结构建设质量与稳定性。

参考文献

- [1]杨明.水工隧洞可伸缩型二衬结构特性研究[D].西南交通大学,2021.DOI:10.
- [2]古群涛.苗坑水库工程引水隧洞稳定性及应力分析[J].水利科技与经济,2021,27(04):46-49.
- [3]陆丽丽.寒区引水隧洞衬砌病害分析及安全状态评价[D].兰州交通大学,2021.DOI:10.
- [4]李泽发.水工输水隧洞衬砌结构裂缝成因及预防[J].河南水利与南水北调,2019,48(06):50-52.
- [5]史洁,曹小武.水工输水隧洞衬砌结构裂缝成因及温度应力敏感性分析研究[J].中国农村水利水电,2012,(07):118-121.