复杂地质条件下水工隧洞结构设计要点

王亚东

长江勘测规划设计研究有限责任公司, 中国·湖北 武汉 430010

摘要: 在复杂的地质条件下, 给水工隧洞结构与施工带来了很大的困难。断层、岩溶、软弱夹层等是影响隧洞稳定与安全的重要因素。所以, 在进行水工隧洞结构设计时, 应从水文地质条件、施工工艺和经济性等方面进行考虑。因此, 论文将探讨在这些复杂地质条件下, 如何进行水工隧洞的结构设计, 以确保工程的可靠性和耐久性。

关键词: 复杂地质条件; 水工隧洞结构; 设计要点

Key Points for Structural Design of Hydraulic Tunnels under Complex Geological Conditions

Yadong Wang

Changjiang Survey, Planning, Design and Research Co., Ltd., Wuhan, Hubei, 430010, China

Abstract: Under complex geological conditions, the design and construction of water supply tunnel structures have brought great difficulties. Faults, karst, and weak interlayers are important factors that affect the stability and safety of tunnels. Therefore, when designing the structure of hydraulic tunnels, considerations should be given to hydrogeological conditions, construction techniques, and economic feasibility. Therefore, this paper will explore how to design the structure of hydraulic tunnels under these complex geological conditions to ensure the reliability and durability of the project.

Keywords: complex geological conditions; hydraulic tunnel structure; design points

0 前言

水工隧洞是水利工程中必不可少的一环, 其结构设计直接关系到工程的安全性和经济性。在复杂地质条件下, 采用常规分析手段很难达到实际应用要求。这些情况包括高应力区域、破碎岩体以及地下水活动频繁的地带。为了保证隧洞的安全、可靠, 设计人员需要运用最新的施工工艺和手段, 对隧洞结构进行合理的设计。

1 影响水工隧洞结构设计的地质因素

1.1 断层

在水工隧洞结构设计中, 断层是一种十分常见的工程地质影响因素。由于断层的出现, 使基础岩石的强度和稳定性下降, 可压缩性增加, 从而引起严重的沉降, 导致结构的破坏和变形。断层是岩石边坡和桥梁结构的不稳定滑动表面。在水工隧洞施工过程中, 通过断层等复杂的地质条件, 极易出现塌方等灾害。另外, 在工程施工过程中, 如果碰到断层, 往往会出现涌水的问题。所以, 在设计水工隧洞时, 要综合分析断层对隧洞结构的作用, 并对其进行加固处理, 以保证隧洞的安全稳定^[1]。

1.2 破碎带

在水工隧洞结构设计中, 破碎带对其也有不可忽略的作用。破碎带的机械性能差、可压缩性高, 极易产生大的变形, 造成工程截面和钢拱架的过渡变形, 初支及二衬产生裂缝和脱落等问题。在山岭地区, 隧洞施工是高速公路施工的重点, 因此在进行路线选择时, 必然要经过破碎带。在破碎带的隧

洞施工中, 这些病害频发, 会降低破碎带引发的致灾效应, 对保障工程施工和运营期间的安全性和稳定性至关重要。为改善隧洞的承载力及耐久性能, 在工程中必须充分考虑围岩的非均匀性及失稳特性, 并采用合理的支护和加固措施。

1.3 不同性质的岩土交互地层

由于工程地质条件的差异, 造成了隧洞工程的非均匀性差异。这样的岩土交互作用会造成地应力不均匀, 从而对隧洞的稳定产生不利影响。在此类地层中, 隧洞结构设计要兼顾地质结构的简易性、岩石的完整性与稳定性, 并尽可能避免向斜、断裂等不良地质构造的影响。同时, 隧洞轴线应与地层、构造断层面和重要薄弱区方向成一定角度, 以降低隧洞的横向应力。另外, 为保证隧洞施工及运行期间的安全, 必须进行细致的地质调查, 评价其对隧洞的稳定作用。

2 水工隧洞结构设计原则

2.1 安全性原则

在进行水工隧洞结构设计时, 应以安全性为第一原则。设计人员要保证隧洞在不同条件(如极端天气和地质变化)下的稳定, 避免塌方和泥石流等灾害。这就需要设计人员对隧洞的构造形式进行正确判断, 选用适当的防渗材料, 建立良好的排水体系。为了保证隧洞的安全, 必须结合工程地质及水文地质情况, 采取适当的支护方法, 并对其进行稳定性分析^[2]。

2.2 经济性原则

经济性原则是指在保证安全条件下, 最大限度地降低

工程造价,发挥隧洞的经济效益。因此,在进行水工隧洞的结构设计时,必须对材料、结构形式及施工技术进行合理的选择,使工程造价达到最低。例如,在保证功能性和耐用性的前提下,通过对结构进行优化,以达到最大的经济效率。另外,经济性原则还与隧洞的运行与维修费用有关,所以在进行隧洞结构的全寿命期时,应将其纳入考量,以保证隧洞结构设计的性价比。

2.3 可施工性原则

可施工性原则是指在工程设计阶段综合考虑实际情况及工艺水准,以保证工程的正常运行。在此基础上,对施工方法的选择、施工设备的使用性和施工工艺的可行性等方面进行全面评价。例如,在水工隧洞中布置平面或竖向的隧洞,其曲率半径要根据工程技术及大型工程机械的需要而定。另外,隧洞的纵向纵坡要根据运营要求、上下游衔接关系、沿线建筑物底面高度、施工与维修状况等方面进行全面的分析,才能保证工程的顺利进行。这样,既保证了设计的合理性,又确保了工程的可行性和顺利进行,可以有效解决工程施工中由于施工难度大、工期长、造价高等问题。

3 复杂地质条件下水工隧洞结构设计要点

3.1 地质条件评价与勘察

在复杂地质条件下水工隧洞结构设计中,地质条件评估与勘察是一个非常重要的步骤。该方法要求对隧洞工程地质条件、地层岩性和水文地质情况有较好的认识。通过对各影响因子的综合研究,可以评价断层、破裂带、软弱围岩、膨胀岩等各种不利的地质环境,判断其危险性。在隧洞工程中,应对其进行全面的分析与评价。地质勘察成果不但可以为工程的安全评价、合理支护方案的制定和实施奠定基础,还可以有效的预测工程风险,并制定相应的防治对策。在高渗透率地层中,要求其具有较好的防渗等特性^[1]。同时,对围岩的受力状况进行评价,对其安全运行具有十分重要的意义。通过对隧洞地应力的测试与分析,可以对隧洞在施工期间发生的岩爆、坍塌等灾害进行预警,从而制定合理的支护方案。另外,地下水条件的评估也是不可忽视的一环,地下水的存在会增加地层的不稳定性,对支护结构的设计和施工造成影响。为此,对隧洞工程的地质情况进行评价和勘察,是保证隧洞工程设计科学合理、安全运行的前提,应引起设计人员足够的重视。

3.2 洞室开挖与支护设计

在复杂的地质条件中,洞室开挖与支护设计是保证隧洞施工安全、稳定运行的重要步骤。首先,针对工程实际,选取合理的开挖方式十分关键。例如,硬岩可用钻孔爆破方法;如果遇到松软的岩石或者是破碎的岩石,就有必要采用掘进机法。不同支护方式的选用,对整个工程顺利进行及整体稳定和变形控制具有重要的意义。因此,在进行洞室开挖时,应严密监测围岩周围的变化,以便对工程进行合理的处

理,保证工程的安全。同时,设计合理的支护措施也是保证施工安全的关键。为了保证工程的安全,必须对其进行超前小导管、长管棚、钢架支护等支护手段。在充分了解地层结构、岩层类型、地下水埋深等因素的基础上,提出合理的支护方案。例如,对于高压地层,支护结构需要具备良好的防水性能和足够的抗渗能力。地应力状态的评估同样至关重要,因为它直接影响隧洞的稳定性和支护结构的设计参数。通过地应力测量和分析,可以预测隧洞施工过程中可能出现的岩爆、塌方等风险,并采取相应的支护措施。地下水条件的评估也是不可忽视的一环,地下水的存在会增加地层的不稳定性,对支护结构的设计和施工造成影响。因此,支护结构的设计必须考虑到地质条件的动态变化,并具有一定的灵活性和可调整性,以适应地质条件的变化。

3.3 结构防排水设计

对于具有复杂地质的隧洞,其结构防排水设计是保证隧洞施工安全性与耐久性的重要一环。首先,为保证隧洞施工的安全运行,必须采取全封闭或半封闭的防渗措施,以阻止地下水进入隧洞,减少由于水压升高引起的隧洞结构失效。这就需要勘察人员对隧洞所经地区的地下水位、流向及流速等情况有较深刻的认识,才能采取相应的防治对策^[4]。同时,采取有效的堵水措施是防止地下水渗漏的关键。注浆堵水是一种常见的堵水措施,它是将水泥砂浆、高分子堵堵剂或聚氨酯海绵等物质灌注于隧洞内,以防止地下水渗入。另外,为了改善隧洞的防渗效果,采用挡水板将其置于隧洞内壁,构成一层不透水的屏障。除采取堵水措施外,还要有合适的排水系统。为使隧洞中的积水能在短时间内排出,减小冲蚀破坏,设计人员应在隧洞中设置排水沟和集水井等排水设计。因此,在进行结构防排水设计时,必须充分利用隧洞的坡度、流量以及可能发生的阻塞等因素,以保证工程有效的排水。因此,对隧洞进行防渗处理时,应充分考虑其地质条件、水文地质特点和工程的具体要求,使其在复杂地质条件下的安全性与稳定性得到保证。同时,这既与隧洞的选材、工艺选用有关,也与隧洞的合理布置有关。

3.4 衬砌结构设计

对于具有复杂地质条件的水工隧洞,衬砌结构设计是保证隧洞安全性与耐久性能的关键。依据隧洞的功能要求、地质条件及水压等情况,确定合理的衬砌形式,如混凝土衬砌、钢筋混凝土衬砌等。这种衬砌可以在一定程度上保证隧洞的强度,抵御地下水的水压和地质结构的破坏。在进行隧洞施工时,衬砌结构设计也应充分考虑隧洞在各种地质情况下的稳定性与承载力。所以,隧洞衬砌的厚度及钢筋配置是十分关键的。隧洞衬砌的厚度及配筋方式,不但直接决定了隧洞的承载力,而且也关乎其变形性能。同时,为保证隧洞的长期稳定及耐久性能,对衬砌的防腐、抗渗等也提出了相应要求。通过对衬砌进行加固,可以有效防止地下水流的冲刷及腐蚀,提高隧洞的使用年限。例如,在高渗透率地层中,

要求衬砌具有较好的防渗性能,以避免因水压而引起的建筑物破坏。另外,隧洞衬砌结构还需要充分考虑复杂多变的地质环境和强震等极端环境因素,保证其安全可靠。因此,隧洞衬砌设计是一项多要素的综合考虑,应充分考虑地质条件、水文地质特点和工程实际要求,通过科学的设计与施工,保证隧洞在复杂地质条件下的安全性与稳定性。

3.5 闸门与启闭设备设计

在复杂地质条件下的水工隧洞结构设计中,闸门与启闭设备的设计是确保隧洞正常运行和安全的关键。设计人员应依据隧洞的使用要求及来流情况,选用适当的闸门型式,如工作闸门、检修闸门等。这种类型的闸门既要达到强度、耐久等性能指标,又要能适应多变的来流工况及运行工况。工作闸门一般是用来调节流量的,检修闸门是在维修过程中切断水流的,以保证人身的安全。在各种工况下,闸门的布置位置和启闭方式设计是必不可少的^[5]。通过设计合适的闸门位置,可以减小来流对闸门的冲击,减小检修的难度,延长闸门的使用年限。在选用启闭方式时,要注意方便和安全,常用的启闭方式有手动,电动,液压等,各有其适用场合及优点。另外,选用合适的启闭设备及控制设备是保证闸门安全运行的关键。启闭设备既要有足够的承载能力,又要有高的准确性、可靠度,才能在突发事件中迅速做出反应。为了保证生产的高效、安全,应对生产过程中的各个环节进行详细分析。因此,这些设备和系统的设计必须考虑到复杂地质条件可能带来的额外挑战,如地下水的影响、地质不稳定等,确保在各种情况下都能可靠地工作。

3.6 施工监测与反馈

对于具有复杂地质条件的隧洞,对其进行有效的施工监测与反馈,对保证隧洞的安全性及品质,具有十分重要的意义。在工程施工中,进行实时监测是评价围岩变形、支护效果和渗漏量的重要手段。根据实测资料,能够实时掌握隧洞施工全过程的动态反应,为评价与验证设计假设,调整施工方案与支护方案提供依据。例如,当监控发现隧洞周围的位移超过了预计值时,为了保证隧洞的稳定与安全,就要加

大对隧洞的支护力度或者换一种形式。同时,在工程施工中,必须建立实时的监控信息反馈系统。通过建立完善的施工反馈机制,可以及时总结经验教训,为后续施工提供参考。该方法可以有效地降低施工成本,减少施工风险,为项目管理人员及时进行管理决策。又如,对工程地质情况的复杂性进行分区,有助于识别监控水平,为工程监控提供依据。在地质条件复杂时,监测等级可提高一级,以确保施工安全。另外,在施工过程中,还应考虑到城市道路、地下管线等环境因素的作用,同时还要考虑复杂的地形条件。由于各种原因,均会对隧洞的整体稳定与安全造成一定影响,应纳入监控与反馈机制。通过这些措施,施工监测与反馈不仅能够提高施工的安全性,还能够为未来的工程设计和施工提供宝贵的数据和经验。

4 结语

总之,在复杂地质条件下,水工隧洞结构设计是一个涉及多学科和多因素综合考虑的复杂项目问题。为了保证隧洞工程的稳定与安全,必须对其进行详细的分析,并采取相应的设计措施。同时,通过对隧洞工程的实际情况进行详细研究,并结合实际情况进行合理的施工方案,可以进一步改善隧洞的施工品质,降低工程的风险,为工程施工成功进行奠定良好的基础。

参考文献:

- [1] 王鹏.水工隧洞受力特性研究和结构设计思路[J].黑龙江水利科技,2019,47(2):122-123.
- [2] 舒恒.水工压力隧洞结构设计若干关键问题分析[J].工程建设与设计,2018(10):149-150.
- [3] 邓建,肖明,陈俊涛.水工隧洞混凝土衬砌地震响应过程分析[J].工程科学与技术,2017,49(2):36-44.
- [4] 汪宾舟,陈彪,熊杨.水工隧洞封堵体设计理论简析[J].河南水利与南水北调,2015(12):44-45.
- [5] 汪宾舟,陈彪.水工隧洞封堵体设计理论浅析[J].吉林水利,2015(4):10-12.