

# 水利水电工程水工隧洞渗水问题研究

李承中

中水北方勘测设计研究有限责任公司 天津 300222

**摘要:**我国水利水电工程中渗水的隧洞数量相对较多,可能引起一系列问题,甚至影响到结构的安全。分析了隧道渗水的危险、原因以及相应的处理和应用措施。隧道后渗水的主要原因是,目前许多设计方案并未规定特殊处理,而是规定了在衬砌混凝土施工阶段和衬砌后采用的处理措施,建议有关单位提出渗水处理措施,以降低处理成本,节约混凝土路面设计的资源。

**关键词:**水利;水电工程;水工隧洞;渗水问题

我国十分重视水电工程建设的生态经济效益,但为了满足工程内部的建设用水需求,隧道通常设计用于泄洪、导流、引流和发电等多种用途。然而,经过调查发现,在隧道的许多质量问题中,渗水更为普遍,威胁到隧道结构的安全。为确保其安全,主要采用了衬砌技术,但衬砌混凝土中渗漏的频率更高,而且具有季节性特征,更易渗水是在雨季。渗水对隧道造成了很大破坏,造成了水工建筑物的安全事故。因此,在修建隧洞时,必须对主要为预防目的而进行的风险和常见原因进行深入分析,采取必要的处理措施,以便在衬砌后渗水,从而维持水利工程结构稳定<sup>[1]</sup>。

## 一、岩土工程施工特质及要点

1. 整体隐蔽性较强。岩土工程本身具有相对较强的工程隐蔽特征,大部分是在地下、水下等地方完成的,一旦出现施工质量问题,后续维护就变得非常困难,有时也无法根据工程特点准确确定。因此,岩土工程应注重设计图纸的可靠性和施工规范的规范性,明确施工各个环节可能存在的各种问题,以避免岩土工程施工质量对其隐蔽性产生负面影响。

2. 施工过程变动很大。岩土工程施工过程中波动比较大,由于施工期间岩土体本身的多样性,影响岩土工程条件各方面、复杂性和可变性的因素非常多,对其勘察工作的要求也越来越高。这种工期的变化不仅影响施工过程的参数,而且直接影响整个岩土工程的施工质量,如果处理不充分,工程的安全性和稳定性将不能令人满意。

3. 科技依存度很高。岩土工程本身具有相对较高的科技依赖性,通常科技进步可以最大限度地提高岩土工程施工的时效性、稳定性、安全性,工程成本节约效果显著。因此,必须确信科技进步必然有助于岩土工程的施工效率,但必须认为该技术有助于解决岩土工程中出现的实际工程问题。

例如20世纪60年代末高压射流技术的提出和应用,它直接使高压喷射灌浆成为工程实践中的常规施工技术;增加的真空泵技术和喷射泵技术等实践工作,后续优化更新,岩土工程特有的真空预压法,大大促进了岩土工程施工行业

的整体发展速度;还有超声波检测等科技的出现和应用,有效提高了岩土工程质量检测的有效性等。这些技术对岩土工程的发展具有不可替代的促进作用。岩土工程本身具有相对较高的科技潜力,必须根据具体情况,在实际操作期间选择科学合理的施工工艺,使施工质量和施工成本在整个过程中得到有效控制。

## 二、水工隧洞渗漏危害

地下水穿过混凝土进入缝、变形缝内,对洞内工程和变形构成相当大的风险,包括:

1. 渗水带走了渗水通道周围的水泥砂浆,以及存在大量水,特别是多点和片状水,是重要的原因;混凝土区域的通道成永久排水干,从而降低混凝土密度或在浸渍点形成空气结构,从而在混凝土中造成冷缝。衬砌混凝土结构的完整性和安全性受到影响<sup>[3]</sup>。

2. 隧洞衬砌施工完成后,施工前隧道渗漏导致衬砌混凝土钙化和提涌水通道逐渐增大;工程开始后,结构可能会受到破坏,因为混凝土钙化渐出和锈蚀钢筋,混凝土内部空洞越来越大,基础不稳定。

3. 渗水带走止水条、止水带两侧的混凝土中,止水不能起到预期的效果,渗水在接缝越来越严重。

4. 在隧洞输配水时,可能引起内水外渗,渗漏量过大,严重的情况下,可能导致边坡和山坡不稳定,引发安全事故。

5. 地下水排泄被排入洞内,该地区的地下水水位下降,这可能使当地居民难以获得安全饮用水。对于供水工程,饮用水污染<sup>[4]</sup>。

## 三、水工隧洞常见渗漏原因

1. 隧洞渗涌水的问题。一般而言,地质影响对岩体有很大影响,往往影响基底应力和表面变形,岩体结构稳定性易受扰动、断层、裂缝和断裂等影响,而岩体的破碎部分则受大量水或水的流入和流出的影响。隧道开挖通常需要爆破,在爆破过程中,岩石的一部分被破坏,形成排水管道,然后大量地下水被排放到外部,从而渗涌水的产生<sup>[5]</sup>。

2. 衬砌混凝土的设计问题。相应衬砌混凝土因工作条

件而异。例如，隧道的混凝土强度通常大于 C20；因此，在实际施工过程中，有关人员必须根据实际工作条件选择适当的混凝土防渗水平。变形缝主要用于地质变化区域，施工缝用于其他施工区域。对于变形裂缝，通常使用铜片止水板；对于变形缝，通常使用膨胀止水条。隧道开挖完成后，通常需要解决孔壁渗透问题，以确保后续工程顺利进行。防排水结构是较为常见的反措施，主要安装在钢筋混凝土外部，具有防洪作用。然而，在水电项目方面，许多建筑工人并不重视水的渗水，在许多情况下，没有采取防洪措施。混凝土衬砌完成后，通常需要堵水进行排水和水处理。最常用的方法是固结和回填灌浆。为了保证施工质量，必须进行良好的控制和管理，以防止洞内过度渗透性影响隧道的正常使用<sup>[6]</sup>。

3. 衬砌后混凝土渗水的原因。水工隧洞施工中，渗水问题在衬砌混凝土施工中也常见，主要内容如下。一、埋管引出时处理不当，首先处理部分渗水（带等）时，容易受到钢筋浇筑安装作业的影响，位置不准确；其次施工单位不重视排水工程，最后，许多监理在施工中不履行职责和义务，综合质量必须提高。第二，用防水方式进行混凝土浇筑不太好。衬砌混凝土强度达不到标准，难以保证其防水性能，同时在实际工程中防水措施不足，排水管安装位置不当，浇筑混影响排泄的正常工作，压力增大，水泥浆会损失相当大的一部分。第三，衬砌施工缝、变形缝渗漏。为了保证水工隧洞的质量和施工安全，对其施工和设计有严格的规范要求，特别是在隧洞防水方面，一般止水方法主要采用止水带。在常规隧道施工中，安装止水带通常需要在砌块浇筑工作完成后人工形成切槽，用止水条可以实现有效的施工缝封堵，然后还需要进行砌块浇筑工作。然而，这种方法在水工隧洞施工中通常不如预期的有效。为了达到所需强度（10 MPa），切槽的混凝土需要 2-3d，并受隧道实际施工条件的限制。由于隧道采用了后退浇筑，很难保证混凝土有适当的凝固期，在这种情况下，如果继续安装止水条，其止水效果一定会受到损害。此外，如果不能有效固定止水带，也会产生后浇带施工的影响，导致止水带移位<sup>[7]</sup>。

#### 四、衬砌后渗水处理措施及效果

如果隧道衬砌混凝土完成后发生了渗、涌水，通常最好在隧道回填和固结灌浆阶段解决。换句话说，渗水点由在灌浆孔或加孔灌浆附近设计堵水的，或在渗水时通过化学灌浆处理。从实地情况来看，这些处理方法费用昂贵，通常效率低下。

1. 回填及固结灌浆处理效果的设计范围。隧洞衬砌后的总体设计要求进行填方固结灌浆。灌浆区是顶拱 120° 的区域，每个环中的梅花形为 1~2 个孔，通常距离为 3m，灌

浆压力为 0.3 MPa；灌浆固结通常灌浆压力为 0.5 MPa 间隔为 3m 的梅花形式；两种灌浆方式通常使用纯泥浆。目前，这两个灌浆孔数量有限，对孔的位置偏差有严格要求（它们通常不能自由移动），灌浆压力低，不能堵水。此外，隧道固结灌浆长度的测量正在进行中，施工单位的单价一般较低，专业水平和隐蔽性强。

2. 目前隧道渗水和水处理措施。回填、固结灌浆后，还有渗透和水如果是施工质量方面的缺陷，必须及时处理以满足验收要求。施工人员通常接受处理请求，但如果客户不支付相关费用，潜水处理往往半途而废。一般来说，渗透率高的水是用纯水泥块浇筑的，细小的渗水是用化学灌浆处理的，缝面渗水两侧的水是用灌浆处理的，堵水后，表面处理是用环氧砂浆处理的，依此类推。工程实践表明，单纯性渗透和容积水处理效果明显，线性片状渗水效果较低，需要投入大量人力、物力和其他资源。化学灌浆在止水方面发挥着重要作用，但不能完全防止渗水，而且往往费用高昂<sup>[8]</sup>。

鉴于上述情况，隧道的特点决定了隧道开挖以及衬砌施工后经常出现的渗水问题，这些问题威胁到隧道结构的质量和施工安全。为此，应注意隧道防渗的设计和施工，尽可能妥善处理衬砌前孔壁渗水问题，采取积极措施防止衬砌后渗水，充分利用回填、固结、化学灌浆提高水利工程整体质量。

#### 参考文献：

- [1] 王江. 水利水电工程水工隧洞渗水问题浅析[J]. 水利规划与设计, 2018(1): 145-148.
- [2] 胡瑞. 水利水电工程水工隧洞渗水问题研究[J]. 河南建材, 2019(6): 160-161.
- [3] 李涛. 长距离水工隧洞施工过程中渗漏水防护技术探讨[J]. 东北水利水电, 2019, 37(12): 14-16.
- [4] 孙彦亮. 水工隧洞防渗排水措施探讨[J]. 水利水电工程设计, 2018, 37(01): 30+54.
- [5] 王瑞. 江西省某水工隧洞渗水原因分析及整改措施[J]. 水利规划与设计, 2018(1): 145-148.
- [6] 李林. 水工隧洞衬砌混凝土施工缝渗水问题的防治及处理[J]. 河南建材, 2019(6): 160-161
- [7] 孙建勋, 赵彦贤, 丁兆亮. 水工隧洞防渗排水措施探讨[J]. 水利水电工程设计, 2018,(1),30-31
- [8] 胡林林. 水工隧洞衬砌混凝土施工缝渗水问题的防治及处理[J]. 河南建材, 2016,(6),160-161.

通讯作者：李承中，出生年月：1982年7月，男，汉族，籍贯：天津 学历：本科，职称：高级工程师，研究方向：水文地质勘察。邮箱：410606130@qq.com