

# 隧道衬砌结构缝防水施工技术分析

陈亮

粤水电轨道交通建设有限公司

**摘要:**针对公路山岭隧道结构缝大都采用橡胶止水带和钢板止水带两种措施防水,本项目基于前期研究成果,对止水带作用机理进行深入研究,揭示隧道结构缝渗渗漏的成因,提出可伸缩式止水带模板,以改善其在隧道环向结构缝止水带的平整度,并通过设计止水带定位夹具,以改善纵向施工缝处止水带的顺直程度,确保止水带的安装精度。

**关键词:**高速公路;隧道工程;衬砌;施工缝;防水

【DOI】10.12252/j.issn.2096-6288.2022.08.199

在隧道施工中,主要包含了隧道工程的预埋空间、施工缝变形缝、衬砌结构缝等。施工期间,要对各个环节的问题进行全方位的检测,并针对发生的漏水问题,制定相应的防水处理方案。以免给以后的隧道工程的正常运营安全带带来不利的影响。

## 一、隧道结构缝防水的重要性

隧道二次衬砌中的环形结构缝是施工缝和变形缝组成的,在混凝土先后浇筑过程中产生的,既有施工缝,也有变形缝。二次衬砌变形缝是指为满足抗震需求而在衬砌内部预留一定间距或随温度变化或结构沉降而发生变化的环形变形缝,但由于混凝土填充,其对变形缝的防渗需求比施工缝更高。隧道防渗是由隧道二层结构自身防水破坏引起的,其主要原因是施工缝、变形缝处的防水破坏。但是,由于对其防水机制的研究还不够深入,其设计方法仍有待完善。

隧道衬砌防水施工技术是隧道建设中最重要的一道工序,其防水技术的好坏,将直接影响到隧道的安全性和使用年限。隧道衬砌防水施工工艺是一种安全、经济、简便的施工方法,经过多年的实践,证实了其良好的防水效果。然而,在实际建设中,一些难以避免的关键部位防水薄弱部位的防水工作十分繁重,因此有必要系统地分析隧道衬砌防水施工技术的实施要点。

## 二、隧道衬砌结构缝防水施工要求

在隧道工程中,衬砌结构的施工要求很高。施工企业应根据工程设计的需要,选用适宜的施工技术,同时要做好科学的组织计划,使各施工环节之间的联系更加紧密,从而提升工程的整体水平。施工企业在进行防水施工的时候,要针对地区的环境条件,制订出一套行之有效的防水措施,并且要建立健全的排水和防水体系,并要充分考虑到雨水的影响,从而确保既有建筑物在使用过程中的安全性和稳定性,为隧道工程的建设提供有力的支撑。施工单位应强化防水技术的管理,在施工过

程中采用结构自身防水,并辅之以板、注浆,注重接缝防水,这样可以防止后期返工等问题的发生。

## 三、隧道工程项目防水体系构建

为适应隧道建设的实际需求,需建立一种特殊的、可防止地下水渗透的特殊结构的隧道自防水体系,确保其在隧道中的使用安全性,并确保其地下水的完全受控。比如,在隧道中使用防水混凝土,或者在衬砌结构中设置防水板和防水层等,在隧道衬砌结构中,主要是以本体防水处理工作方式为主,而施工缝等防水措施方面则是重点,因此,在隧道工程中,一定要从表层入手,把岩体结构防渗透、防水层防水、衬砌结构自防水等工作做好。本文以无纺布(300g/m<sup>2</sup>)、1mm厚(300g/m<sup>2</sup>)防水面板(300g/m<sup>2</sup>)为主要材料,在明洞内壁外缘设置防水层,明洞与暗洞部分与防水层相接,接头处应紧密结合,明洞周边回填区应增设一层粘滞隔水层,可有效阻止地表雨水入渗,提升隧道工程自身的防渗能力与稳定性。

## 四、隧道衬砌结构缝防水施工技术要点分析

### (一)原材料质量控制要点

在隧道工程正式开始之前,要对使用的各种原材料的质量进行全方位的检查,保证每一种进入工地的原料都符合项目的施工规范和要求,对于过期的和质量不合格的原料要及时进行替换。

### (二)洞身防水施工技术要点

1) 安装环形盲管。在隧道工程中,安装环向排水管道时,需要满足设计规范,将拱墙地下水直接导入支护面与衬砌土工布材料之间的转角纵向导入到排水盲管之中。并确保排水盲管间距尺寸满足工程建设的要求。对水体密度大的地区,应采取相应的加密措施。在盲管施工过程中,要用土工织物将其完全包裹保护起来,防止沙子物质渗入管内堆积而阻碍排水工作。隧道拱顶部位应尽量避开高低不平的地段,并尽量将其设置在初支

喷的凹陷区及出水点较为集中的地方。

2) 纵向排水管在安装。在隧道两侧衬砌墙角的外缘处,有必要沿纵向布置一道满足规范的单向波纹管,并用土工织物将其完全包覆。利用土工布材料的边角料,或采用预先制备好的无砂混凝土材料,对施工期间纵向的盲管迎水面部分、边墙部分和顶面部分空隙进行填充,同时,还需对下渗的地下水进行过滤,从而有效地避免顶板因混凝土材料的挤压而造成严重损伤。

### (三) 洞口防排水施工质量控制要点

#### 1. 截水沟施工质量

边坡仰坡上的天沟截水沟,要按照永久排水系统的建设条件预先修建,出水口的设置应避免水流沿坡面扩散等现象,并且要将门洞与水沟与路基边沟相连,构成一个入口的排水工作系统,既不会影响到废弃的废料,又不会危害到周围的水利设施。天沟的中线与边坡仰坡的扩展线应间隔5m,坡面大小要视地势情况而定,最低坡降不能小于3%,以免产生较多的淤积。若洞外的路堑相对于隧道内部构成下滑状态,则需保证路堑沟的开挖可使其沿相反方向排出,若有需要,则需在出口外部设置相应的横截沟,以保证水的高效排放和稳定性。

#### 2. 排水体系施工质量

在对隧道工程洞室外部进行明挖法时,为了有效地预防地下水的冻结,明洞的埋深必须超过冻土50cm以上,在实际应用中,盲管应该沿着纵向布置,并且要与隧洞中的盲管对齐,管卡的间隔要保证在盲管的位置上固定,为了避免在回填工作中,杂物会直接掉进盲管,所以在安装盲管时,要先用土工布将其包好,用钢丝绑扎,再用管卡进行适当的加固,明洞附近的一端要与洞体内的盲管相连,渗漏部位要用土工布将其包起来,以防止有大量的杂物进入管内造成堵塞。

### (四) 洞内防排水施工质量控制要点

#### 1. 排水沟设置

1) 洞口内设有双面排水沟,管沟与排水沟分别单独布置。在排水沟两侧的沟壁处开有泄水孔,用于将洞室墙后的地下水引至排水沟中排出;排水沟每20-30米设一道格栅,并设置砂井。2) 洞口内设有双面排水沟、中央排水沟,中央排水沟与两侧排水沟是相互独立的。在中央排水沟的两侧,开有排水孔,以使隧洞的衬砌和仰拱的地下水通过中央排水沟排出;中央排水沟每50-200米设置一道排水孔,排水孔及排水孔盖板均采用预制的办法。3) 沟槽开挖:沟要挖到合适的位置,在

浇注基础的时候,要保持直线和光滑,防止积水。

#### 2. 排水沟浇筑

在混凝土浇注时,为了使原料不发生显著沉降,不使物料表面出现泡沫、翻浆,应采用振捣棒对原材料进行充分振捣,实现压实。接着,全面平整混凝土的表面进行。在这段时间内,要对排水沟的施工方式及具体的工程量进行严格的控制,将混凝土的施工缝安排在竖向缝内,并在二次衬砌的仰拱施工缝处增设相关设备。二次浇注前,先将未固结的水泥灰浆及疏松的泥土清理掉,再用清水清洗干净。

#### 3. 排水沟维护

混凝土养护应由专业人员进行,养护期不少于7天。要经常清除排水沟中的垃圾,保持水管的通畅,并经常清扫排水沟,以便于排水。

#### 4. 排水沟盖板安装

排水沟的盖板是在洞口外预先制作好的,然后由车辆倒车到洞口进行人工安装。所有盖板应平整,连续,无抖动,无悬空,边缘应平整,两侧缝隙应用砂浆填平。排水沟的检查:设置好排水渠(沟)后,要进行放水试验,发现有渗漏现象,要及时处理。

### (五) 衬砌结构缝防水处理要点

1) 设置施工缝:采用全断面衬砌模架台车,使施工缝尺寸控制在6~12mm范围内,并结合周围岩体的具体构成,进行相应的调整。在隧道工程中,采取外侧粘贴止水板及填缝材料的方法,可以防止混凝土开裂后出现的漏水问题,同时在纵、横支构造的接缝处增设纵向止水带,从而达到密封、防渗的目的。

2) 对变形缝进行定位。在明洞衬砌与隧道内衬砌的交接部位,增设一处与隧道轴线垂直的、宽度不小于20mm的、位于隧道入口5-12m处的沉降缝。在隧道内软、硬岩层的分界处,应设置对应的沉降缝,在连续的软弱岩体结构中,每30-100m设置一道沉降缝。在断层破裂带的前、后及中部,应每30-50m设一条沉降缝。在距洞口100-200米处,温差大的地区,应按工程要求设置伸缩缝。

3) 要精确地设置止水带的预埋位置。止水带在放置时,必须要确保接口处的足够平坦,为了避免止水带发生扭曲、翻滚等现象,在施工中,要防止止水带发生偏差,防止止水带单边缩短,从而影响止水工作的效果,可以采用定型档头模板对止水带进行加固,从而有效地改善止水的施工质量。

### 五、如何提升隧道衬砌结构缝防水施工质量

### （一）核心技术工人队伍及施工管理人员

要加强对隧道工程技术人才、施工生产人才和管理人才的培训，形成一支成熟稳定的专业人才团队。强化日常操作能力训练，引导基层管理者取得相关职称证书，不断提高自身的职业技能水平。施工企业应积极培养自己的建筑工人，吸纳具有一定技能的熟练工人，逐步形成一支比较稳固的骨干技能人才队伍，只有施工技术成熟，工人经验老道，才能有效的加强隧道衬砌结构缝防水施工质量。

### （二）检测工程质量

前些年，由于豆腐渣工程频频发生，国家对工程质量的监控越来越重视。工程质量能否达标，是一项工程能否安全、能否顺利投产的关键指标。由于施工中的不确定因素很多，因此，我们不能一成不变，要灵活运用各种方法，对施工的设备 and 材料进行适当的改进，从而大大地提高了项目的质量。通常来说，这是“三检”，也就是所谓的自检、专检、联检，每个环节都要经过严格的检验，然后再进行下一步。检验的标准，要符合规划初期的要求，原料的选用要符合国家的要求，不得有任何的偷工减料，使用不合格的原料。才能有效杜绝因为检测不严导致隧道衬砌结构缝渗漏的问题。

### （三）建设合理的管理制度

隧道建设是一个巨大的项目，其中衬砌结构缝渗漏问题尤为重要，要想确保所有的工作都能顺利进行，就需要建立一种有效的管理制度。在工程建设中，要结合工程实际，合理安排工程工期，避免因工程进度而忽视了该工程的质量。建立相应的管理体系，适时地加以调整、完善。建立一支高质量的管理团队，在有关人员的统一领导下，进行分工，管理到位，职责到岗位，在有关部门的监管下，确保隧道衬砌结构缝工程的顺利实施。

### （四）融入先进技术

不管是在该工程的施工建设，还是在各种安全事故的防治上，都要依靠先进的科技手段。将先进的技术方法应用于实际施工中，不仅可以加速隧道施工，还可以减少施工单位的建设成本。同时，还能提高该工程的总体质量和使用寿命。另外，将先进的技术手段运用到隧道衬砌结构缝防水施工中，也可以大大提高安全事故的防范能力，减少各种意外的发生概率，保证了隧道工程在规定的时间内高质量的完成。

### （五）将隧道衬砌结构缝防水技术不断的提高

裂缝是隧道中最薄弱的部分，要充分发挥各种防水

措施。虽然在建设期间，有着严格的防水体系，或者采取了比较完善的防水措施，但在施工期间，由于某些意外原因，还是会导致部分地区发生漏水，站在建筑工地的视角来看，最容易发生漏水的地方，就是隧道的接缝。因此，在工程设计及施工中应加大加固力度，保证工程缝处的防渗效果持续改善。

## 六、结语

在公路隧道工程施工中，衬砌结构缝处的渗水现象时有发生，水体渗漏是其中较为普遍的一种病害，受到了业主的极大关注。要想有效地提升隧道的防排水工作，就必须综合分析隧道工程的施工技术要点，综合归纳出常见的渗漏问题的原因，特别是要掌握好隧道衬砌结构缝防水施工的技术要点以及管理方法，才能有效解决隧道衬砌结构缝渗漏问题。

## 参考文献

- [1] 滕召顺. 公路隧道工程中防水防渗施工技术的应用[J]. 交通世界, 2021, 28(8): 139-140.
- [2] 胡东. 浅析铁路隧道工程施工中防水施工技术及其质量控制[J]. 居舍, 2021, 41(17): 55-56.
- [3] 刘金鑫. 公路隧道土木工程中的防水防渗施工技术[J]. 四川水泥, 2020, 42(8): 151, 153.
- [4] 陆明. 明挖法隧道全包防水与接缝防水设计优化[J]. 施工技术, 2020, 63(21): 24-28.
- [5] 刘强. 隧道衬砌结构缝防水施工技术分析[J]. 四川建材, 2023, 49(02): 111-112.
- [6] 尤杰. 隧道防水板新型铺装工艺应用及衬砌环向结构缝防水技术优化[J]. 中国建筑防水, 2022, No. 448(03): 42-46.
- [7] 胡震宇. 严寒地区隧道工程中防水施工技术与质量控制[J]. 黑龙江交通科技, 2021, 44(04): 141-142.
- [8] 汪意. 低温条件下隧道工程防水注浆施工技术[J]. 佳木斯职业学院学报, 2016, No. 161(04): 492-494.
- [9] 王梦恕. 水下交通隧道发展现状与技术难题——兼论“台湾海峡海底铁路隧道建设方案”[J]. 岩石力学与工程学报, 2019, 11: 2161-2172.
- [10] 龚彦峰, 肖明清. 我国高速铁路隧道技术要点与有关建议[J]. 铁道工程学报, 2018, 12: 67-71.
- [11] 孙钧. 对兴建台湾海峡隧道的工程可行性及其若干技术关键的认识[J]. 隧道建设, 2018, 02: 131-144.