

高速公路喀斯特地貌山区隧道防排水施工技术的应用探究

蓝玮

广西南天高速公路有限公司 广西 河池 547000

摘要: 针对喀斯特地貌山区岩溶隧道防排水设计, 以及该类隧道防排水施工技术研究。防排水设计是喀斯特地貌山区岩溶隧道防排水的关键内容, 相关人员可参考制定可靠的防排水方案, 减少渗漏水风险, 完善隧道结构安全性能。本文基于红屯隧道项目建设为例, 明确高海拔隧道区域内渗漏水问题和引发的原因, 科学地设计防排水系统, 并采取先进的防排水施工技术和止水卷材, 提高隧道防排水效果, 保障隧道结构质量。

关键词: 喀斯特地貌; 隧道; 防排水

Research on the application of anti-drainage construction technology in Karst mountain tunnel of expressway

Wei Lan

Guangxi Nantian Expressway Co., LTD. Hechi, Guangxi 547000

Abstract: The design of drainage prevention and drainage of karst tunnels in karst mountain areas and the research on the construction technology of drainage prevention and drainage of such tunnels. The design of drainage prevention and drainage is the key content of karst tunnel drainage prevention and drainage in karst mountain area. Relevant personnel can refer to the formulation of reliable drainage prevention and drainage scheme, reduce the risk of leakage and improve the safety performance of tunnel structure. Based on the construction of Hongtun tunnel project as an example, this paper defines the seepage problem and causes in the high-altitude tunnel area, scientifically designs the anti-drainage system, and adopts advanced anti-drainage construction technology and sealing coil to improve the anti-drainage effect of the tunnel and ensure the quality of the tunnel structure.

Keywords: Karst landform; Tunnel; Anti-drainage

引言

喀斯特地貌属于典型的高海拔山区地质环境, 在该区域修建高速公路隧道, 必须科学地开展隧道内防排水施工, 提高整个隧道内部结构的防水和排水性能, 为后续隧道建设施工安全奠定基础, 实现高速公路隧道建设水平的提升, 为我国高速公路事业发展提供可靠支持。

一、高速公路隧道防排水体系的相关概述

高速公路隧道防排水体系主要分为前期工程支护的排水系统和封砌施工环节的防水系统组成。以初期工程支护阶段的排水系统来说, 一般由透水管、横向排水管和纵向排水管等设施构成。而二次封砌施工环节中的防水系统主要由基础防水板、防水混凝土等设施组成。在高速公路隧道防排水施工中, 应遵循综合治理与防排融合的基本原则, 尤其是在山区隧道的防排水系统施工

中, 不但要提高防水层可靠性, 避免发生渗漏水现象, 同时还要保证排水层畅通, 避免出现过度积水问题, 达到高速公路隧道良好的防排水效果。

二、高速公路隧道防排水施工技术应用——以喀斯特地貌山区红屯 1 号隧道为例

1. 项目概述

以广西南丹至天峨下老高速公路项目为依托, 阐述红屯 1 号隧道防排水施工技术应用, 其地处桂南喀斯特地貌山区, 设计为分离式隧道, 左线 ZK19+338 ~ ZK20+653, 全长 1315m; 右线 K19+323 ~ K20+643, 全长 1320m, 属于中长隧道类型。山区内的围岩结构主要为风化灰岩组成, 同时部分区域还包含变质岩, 主要以厚层结构为主, 仅有少部分为薄层构造, 围岩节理裂隙较发育, 普遍为方解石与砂质物填充, 岩体大部较完整,

局部较破碎,含弱裂隙水,洞内地下水出水状态以滴水、渗水状为主。原设计隧道中心排水沟为 $70 \times 62.5\text{cm}$,设计排水能力 $166580\text{m}^3/\text{d}$,原设计地勘涌水量为 $16767\text{m}^3/\text{d}$,设计排水能力满足地勘涌水量要求。红屯 1 号隧道区涌水段处于地下河水文地质单元中,属珠江流域西江水系,山区隧道的地质结构主要包含泥岩、残坡积层粘土、页岩、灰岩等。在地下水对可溶岩进行化学溶解,将各类裂隙扩大形成溶隙、管道,再经流水不断冲蚀作用下扩展,形成洞穴,进而不断发育形成贯通的洞穴通道系统,当地下工程开挖切割该通道系统,容易产生大水量涌水、突泥事故。红屯 1 号隧道穿越可溶岩区,造成隧道围岩形成破碎带或节理密集发育带,降低了岩石力学强度,在隧道开挖揭穿了该破碎带或节理密集发育带时,富集于各类储水空间的地下水便于揭穿处涌出,形成隧道涌水灾害。

2. 暗洞段隧道防排水系统前期设计

喀斯特地貌山区隧道防排水设计根据其独特的地质水文条件,可通过加宽加深中央排水沟形式,再布设土工布、防水板材、环向盲管、纵向排水管、横向排水管、止水带、止水钢板以及盲沟等方式,主要以“排水为主”为原则。在本项的防排水设计中,需要结合海拔较高的富水隧道区域情况,合理设置排水渠和盲沟。盲沟设置需要在隧道支护的初期完成,采用排水沟和泄水孔将隧道内的水排出,设计人员需要充分考虑隧道衬砌混凝土结构自身的防水能力,保证隧道内混凝土抗侵蚀系数大于 0.8,衬砌厚度 $> 30\text{cm}$ 。在开展复合衬砌施工中,需要对衬砌结构与支护位置设置防水层,以此来避免隧道发生涌水现象。

该项目隧道的防水层设计时,采用 EVA 防水板材和土工织物构成,要求将 EVA 防水板材厚度设置在 1.2mm 左右,土工织物使用量为 $350\text{g}/\text{m}^2$,在防水层设计时,与支护区域搭接宽度超过应 $> 10\text{cm}$ 。在变形缝位置设置止水带,一般选择背贴式或中埋式设置。另外,在进行防排水设计时,可以将排水管设置在隧道侧壁上,排水管采用 160HDPE 打孔波纹管。横向排水管采用无孔双壁波纹管,保证排水管之间的距离处于 20m 之间。保证纵向排水管贯穿隧道周围,拱背位置设置波纹排水管,适当缩短富水区域的排水管间距,提高排水管的分布紧密性。

3. 施工前准备

喀斯特地貌作为典型的高海拔山区,在高速公路隧道防排水施工环节,由于山区隧道引发渗水主要原因是大气降水产生的,因此一般选择在雨季开展防排水施工。施工前准备环节至关重要,是保障后续隧道防排水施工顺利开展的基础环节,因此在正式开展隧道防排水施工前,技术人员需要做好隧道周围的地质勘查,系统分析容易造成后续施工的影响的区域,并开展合理的防排水系统设置,夯实区域地质机构。富水区隧道防排水设置

的核心是利用排水和地表截流装置实现,有效防止地表水深入隧道内,对隧道结构造成影响。为此,在开展隧道防排水施工前,需要严格遵循“因地制宜”的原则,综合设计防排水系统。当面临着较大涌水量的区域施工时,应采用双液注浆形式进行加固,提高大涌水区域隧道的防水能力,有效切断隧道开挖时的水流,实现围岩保护和固结止水的效果,提高隧道结构稳定性。

此外,在施工前准备阶段还要合理做好防水层设置区域的测量工作,结合实际情况调整开挖与支护参数,有效预防隧道涌水现象的发生。当二次衬砌段施工完成 2 个循环时便可以敷设防水层,同时架设临时防水挡板,避免防水板在施工中被破坏,还可以提高隧道掌子面和防水板间距。在防水板敷设之前需要做好锤击检查,如果存在空洞现象应及时采取相应处理措施,避免防水板受损。

4. 隧道防水施工

(1) 富水区域防水施工。喀斯特地貌山区富水段的防水施工需要灵活运用超前局部注浆、超前帷幕注浆以及径向注浆等方式解决隧道渗水问题。

①在使用超前局部注浆施工技术时,施工人员应结合隧道地质条件,调查隧道围岩发育状态,利用珠江之水来解决隧道出水问题,避免出现拱部开挖现象。该技术在实际应用时主要是将合理配比的水泥浆液通过直径 42mm 超小导管导入隧道渗水位置,通过水泥浆液固结效果来达到围岩稳定和防水作业。

②在使用超前帷幕注浆施工时,施工人员需要在超前探孔的基础上合理划分隧道掌子面的富水区域,并使用全断面帷幕注浆进行防水施工。实际施工流程为掌子面清渣 \rightarrow 预埋导管 \rightarrow 止浆墙浇筑 \rightarrow 混凝土浇筑 \rightarrow 钻孔 \rightarrow 浆液制备 \rightarrow 注浆作业等。

③在采取了径向注浆措施之后,就必须在支护初期阶段实施,并在初期保护措施结束之后,对隧洞内的富水区进行了各区域防排水措施。在进行隧洞的初期保护工程时,必须对支护渗水区或线状出流的地方进行注浆封堵措施,并通过向裂缝注浆材料的方法防止地下水泄露,同时通过富水分区和渗流区域能够减少后期模筑衬砌开挖时对生产的干扰。而一般在采用注浆封堵措施时,使用的管道为约长 5m 的钢花管,导管则采取梅花形布置。

(2) 暗洞区域防水施工。在实施该项目的隧道二次模筑衬砌设计工作时,主要采用自防水工程的方法完成暗洞防水的设计工作,在模筑衬砌设计时尽可能选用具有一定防水特性的水泥材料。在支护施工和二次衬砌施工之间设置排水管、防水卷材和土工织物,避免防水板敷设在隧道顶拱。在进行暗洞区域的防水施工环节,应在变形缝位置设置止水带以及膨胀式止水条,保证卷材厚度在 1.2mm 左右,土工织物使用满足 $350\text{g}/\text{m}^2$ 以上。暗洞区域为了避免产生涌水风险,需要在超前勘

探后进行预注浆施工,并使用水阻隔在隧道围岩内,避免涌水对隧道开挖造成影响。隧道防水板材铺设过程中,可以利用作业台车进行铺挂作业,作业台车选用型钢类型,轨道与模板台车共用,作业台车需要符合防水板敷设的作业高度,同时具备辐射状防水板支撑平台。施工人员利用台车设计的基准线完成防水板铺设,固定缓冲层和塑料防水板,实现无孔防水层敷设。

(3) 止水带设置施工。该项目的防水施工中还要合理设置止水带,大部分止水带都需要在二次衬砌施工中使用,实际对止水带的设计应尽可能地选用中埋式进行敷设。在实际施工中,要保证止水带中心和隧道变形缝相连,先对止水带的一端进行安装,随后进行混凝土浇筑,在浇筑前需要利用箱型模板对未固定端止水带进行保护,避免损坏止水带结构,选择恰当位置进行穿孔,但是固定止水带时,需要使用钢筋卡固定止水带,避免出现偏移等问题。施工人员可以沿着二次衬砌设计的轴线进行钻孔,保证每个孔直接的距离为 0.5m,并使用钢筋卡具对止水单进行半面卡紧,剩余半面止水带依靠在挡头板上,当混凝土初凝后拆除挡头板,将止水带拉直,并且使用钢筋卡紧固全部止水带。在止水带安装过程中,需要避免出现接头,如不可避免的接头现象,需要做好接头的有效处理,一般止水带连接可以采用粘接方式。将止水带的接头位置规划到衬砌应力最小的机构中,避免围岩发生壁厚积水等现象。在止水带粘接前,需要对接头位置进行打毛,并且利用硫化法进行热连接止水带,保证搭接长度超过 10cm,止水带连接位置的焊缝宽度不小于 50mm。

5. 隧道排水施工

排水施工作为该项目隧道防排水系统的重要工程,从喀斯特地貌特征来看。该地区的隧道中普遍会出现集中出水现象,因此在进行排水环节的施工时,需要对集中出水环节采取综合治理措施。首先施工人员应严格遵循“引”“排”的处理治理原则,在选择排水治理措施时,需要结合隧道开挖的出水集中区域情况,采用盲管布设的方式,使用盲管将隧道内集中出水区域转移到排水管。施工人员可以在积水区域设置三向排管道,使用墙背盲沟、环向盲沟和横向导水管完成隧道排水作业。在环向排水盲沟的设计中,可以使用双壁波纹管与半圆排水管。在利用防水卷材进行背后排水作业中,相关人员可以将弹簧排水管设置在支护结构和防水板之间,保证排水管的布设间隔为 6m 左右,环向排水管需要保持与纵向水管联通。纵向水管采用 HDPE 波纹管,将管道分布于隧道两侧和防水板底部,贯穿整个隧道。横向排水管应保证布设间距为 20m,始终保持与纵向排水管连接,确保隧道出水集中位置的水能够沿着横向排水管道流入中央水沟,并通过排水沟的方式将积水排出隧道。此外,在隧道排水施工过程中,对于存在断层破碎或接触带的现

象,施工人员可以缩小排水管间距,使用截水沟提高排水效果。

三、高速公路富水区隧道防排水施工注意事项

在开展本项目的防排水施工时,经常面临着隧道渗漏等风险因素,为了有效解决渗漏问题,在开展防排水系统施工时,需要注意以下几点:

(1) 合理调整隧道顶部和洞口排水系统的设计方案,并要求施工人员严格按照最终方案进行施工,保证排水设施在洞口位置和顶部的合理性,提高排水沟的排水能力,避免出现拥堵而影响地表水排水能力;

(2) 提高衬砌施工环节引水排水的合理性。在进行衬砌施工环节的防排水施工中,相关人员需要充分考虑系统设计的要求,对盲沟的管道型号、参数以及性能进行检查,避免由于盲沟质量不达标而影响防排水效果。在进行管线布设过程中,需要合理把控排水管道的敷设距离,做好管线接头的处理工作,盲管和混凝土接触位置使用纱布包裹,从而有效隔离排水盲沟与混凝土。

(3) 提高防水层施工环节的管理水平。首先,积极落实防水卷材的选择,保证选择的材料符合隧道防水要求,尽量满足高强度和具备良好的延展性特征。其次,为了有效规避管道渗漏问题,在进行隧道内防水板材施工中,可以使用无钉的敷设方式,在防水板敷设时做好各类杂物和钢筋端头的清理,避免破坏板材。在防水板粘接过程中需要合理控制固定支点,保障接头位置使用双缝焊接技术,提高焊接质量。最后,在隧道拱顶向两侧设置防水板材时,施工人员应预留固定位置,采用木棍进行逐段定压,提高防水板材的固定效果。当无法将防水板顶压在喷混凝土面时,必须重新对防水板进行铺设,避免衬砌施工时由于防水板破裂而出现渗透水情况。

四、结束语

综上所述,防排水系统作为高速公路隧道的重要工程,在高海拔区域的隧道施工中具有较高的要求。为此,本文基于喀斯特地貌的红屯 1 号隧道工程为例,结合隧道给排水施工的实际要求,采取科学的隧道防排水设计,合理选择防排水施工技术,提高隧道的防排水效果,保障高速公路隧道结构安全性。

参考文献:

- [1] 王兴鸿. 高寒地区隧道防排水施工技术要点 [J]. 工程建设与设计, 2020, 68(11):194 — 196.
- [2] 吕栋梁. 高速公路隧道防排水施工技术研究 [J]. 四川建材, 2018, 55(6):99 — 100.
- [3] 王小敏. 高速公路隧道防排水施工技术 [J]. 交通世界, 2021, 28(8):141 — 143.
- [4] 杨光忠, 王旭东. 高速公路隧道防排水施工技术的应用研究 [J]. 黑龙江交通科技, 2020, 43(2): 147—148.