

Analysis on Water Seepage Control of Tunnel Lining in Karst Developed Area

YanJun Tu

The Fifth Engineering Branch of CCCC Second Navigation Engineering Bureau Co., Ltd., Wuhan, Hubei, 430056, China

Abstract

In the process of tunnel construction through karst development area, due to the existence of karst cave, downhole and large mountain cracks in the surrounding rock of the tunnel lining, rainwater will flow into the karst cave and downhole through the cracks in the rainy season, resulting in water seepage in the tunnel lining at the crossing area. In serious cases, water will seep at the lining construction joint, which has a great impact on the safety, quality and service life of the tunnel. Combined with the actual situation of the construction site of the tunnel passing through the karst development area, the water seepage prevention and treatment technology of the tunnel lining are analyzed.

Keywords

karst; tunnel; lining water seepage; prevention; treatment

岩溶发育区隧道衬砌渗水控制分析

涂艳军

中交第二航务工程局有限公司第五工程分公司, 中国 · 湖北 武汉 430056

摘 要

穿越岩溶发育区隧道施工过程中, 隧道衬砌因围岩中存在溶洞、落水洞及较大型的山体裂隙, 在雨季中雨水会通过裂隙径流至溶洞、落水洞中, 造成穿越该处隧道衬砌出现渗水, 严重时会出现水流在衬砌施工缝位置渗出, 对隧道安全质量及使用寿命造成极大影响。结合隧道穿越岩溶发育区施工现场实际情况, 对隧道衬砌渗水预防和治理技术进行分析。

关键词

岩溶; 隧道; 衬砌渗水; 预防; 治理

1 引言

中国云南省文山州境内多为岩溶(峰林谷地)地貌区, 该地貌区谷地周围为溶丘环绕, 岩溶强发育, 地表谷地中分布有岩溶漏斗、落水洞、溶蚀洼地、溶洞等典型地表岩溶形态。平面上多呈“串珠状”且密集分布, 地下则伴有大型隐伏溶洞、暗河等地下岩溶形态。

根据公路隧道技术规范要求中对高速公路渗水要求衬砌拱部、边墙、路面、设备箱洞不渗水要求, 在该地质条件下隧道衬砌防排水施工难度大, 质量要求高, 同时还需对溶洞积水等问题进行预防提前采取排水措施^[1]。滇南喀斯特山区地貌, 见图 1。

2 溶岩区衬砌渗水类型及原因分析

2.1 主要渗水类型

经过对隧道二次衬砌外观等渗水部位进行查看观测发

现, 渗水主要出现在以下部位。

①仰拱填充面渗水, 多出现在仰拱填充施工缝处, 地下水丰富延施工缝向上渗出, 多表现为填充面湿润表象, 严重时多呈流水现象。

②二衬底部渗水, 位于二衬底部与仰拱填充面交接处渗水, 以浸湿填充面为表象, 雨季期间多表现为股装流水现象。

③施工缝、变形缝边墙位置渗水, 雨季期间渗水较为严重, 如图 2 所示。

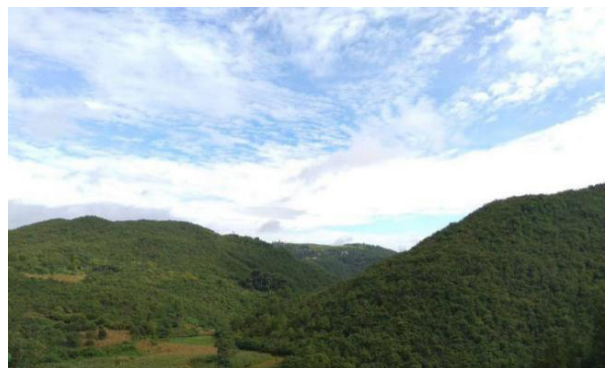


图 1 滇南喀斯特山区地貌

【作者简介】涂艳军(1986-), 男, 中国湖北枣阳人, 本科, 工程师, 从事道路与桥梁研究。

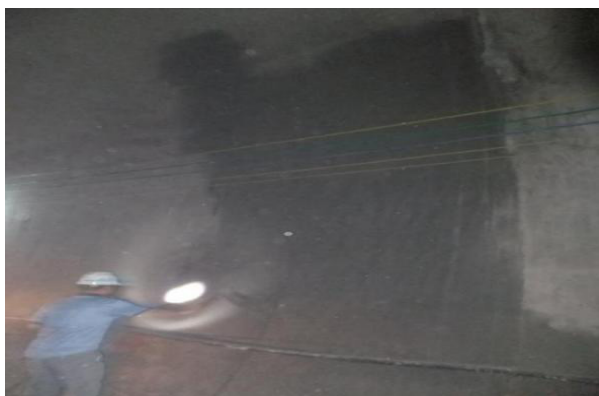


图2 边墙、施工缝渗水

④拱腰及拱顶部位渗水，渗水部位主要在接线盒、设备箱及施工缝位置，以浸湿二衬混凝土为表象，严重时呈滴水现象。

2.2 渗水原因分析

本隧道区属喀斯特地貌，隧道成洞段渗水主要为地下岩溶水及地表水延发育松散裂隙下渗至隧道内，岩溶水赋存于裂隙、溶洞中，日常大气降水又对岩溶水起到了补给作用，导致隧道已施工二衬在防水体系薄弱环节处出现不间断渗水。其次是在雨季期间岩溶水压力过大，围岩水在重力作用下未能沿设计的排水体系及时排出，继而导致渗水部位出现严重现象。衬砌具体渗水部位原因分析如下^[3]。

2.2.1 隧道基底处理不当

隧道仰拱施工缝与底板施工缝及地板开裂形成的缝隙极易导致渗出水现象。在设计图纸中，仰拱与底板施工缝及基底处理未设置防水措施，基底防排水主要靠混凝土进行防水。但施工中基底处理往往控制不到位，基底存在的虚渣、积水等机械无法清除干净，人员清理又较为费工时，极易导致出现质量隐患；在砼浇筑时，混凝土未能与基底岩层紧密结合，导致拱圈出现不均匀沉降，仰拱及底板施工缝出现裂隙等现象，严重破坏仰拱与底板砼的完整性及防水功能，极易导致基底岩溶水过多延施工缝向上渗出。

2.2.2 施工缝、变形缝处理不当

二衬施工缝、变形缝因数量较多，平均为十米一道，往往在处理过程中易出现质量隐患，导致二衬砼整体性较差，施工缝、变形缝渗漏水频发。在实际施工中施工缝、变形缝的处理均存在以下偷工减料等现象；主要表现为以下几点：

①未按设计要求施工缝与变形缝中的聚苯板、泡沫棒、自粘式防水板等防水措施。

②中埋止水带扭曲、变形固定不牢、落底位置不到位等，如图3所示。



图3 施工缝止水带安装扭曲、不顺直

③止水带埋设垂直度差浇筑混凝土有卷起现象未能与混凝土有效固结。

2.2.3 纵、环向排水管排水不利

纵、环向排水管是衬砌背后的主要排水系统，减轻衬砌背后周围积水的压力，确保衬砌背后积水不对砼造成侵蚀。在施工后纵、环向排水管失效造成积水的主要原因为有以下几点：

①排水管强度不够，混凝土浇筑时被砼挤压破坏，排水受到影响。

②排水管搭接处包裹不密实，砼浇筑时极易堵塞排水管渗水孔。

③后期在二衬背后注浆施工中，水泥浆液易堵塞排水管，导致排水管无法起到排水作用。多种原因造成的积水无法排出导致衬砌背后岩溶隙水越积越多，积水压力也越来越大，导致渗水对衬砌砼缝隙位置渗排出来。

2.2.4 防水板破损、搭接不良等

防水板是复合衬砌结构防水中一道重要的防线，防水板的主要作用为隔离二衬砼背后积水的随意侵蚀，将积水集中引致纵、横向排水管向外排放；而防水板在施工过程中往往出现质量隐患，主要表现为以下情况：

①现场施工人员施工质量意识不强，为了加快施工进度在防水板施工时为了省工省时直接采用射钉将防水板钉在初支面，而对穿透的钉孔不做任何处理。

②采用挂带法施工，使防水板未能密贴初支面，在浇筑混凝土时将防水板向下拉裂，导致拱腰至拱顶以上出现砼背后脱空及厚度不足等现象。

③焊接工艺较差，焊接不到位、焊焦、焊穿等现象。

④对铺设好的PVC防水板保护不够，主要为有钢筋衬砌段在钢筋绑扎焊接过程中烧穿防水板，且未进行修补。

⑤初期支护表面平整度差，铺设质量不过关，松铺系数不足或铺设过松，砼浇筑中防水板拉裂或在衬砌背面形成

空腔气囊。

3 衬砌施工前渗水预防

为防止成洞段二次衬砌施工后出现渗水现象,首先在隧道开挖前及开挖中需要做好洞体周围岩溶水的堵排措施。隧道开挖前首先要对地表渗水及地下涌水高度重视,利用超前地质预报等先进仪器预测掌子面前方地质情况,是否有岩溶发育及赋水情况,对可能存在的重大安全隐患提前预防,如发现渗漏水,应寻找水源,如是地表水,应进行及时引排,防止大气降水与山坡汇流水在洞顶周围形成积水情况;像是地下水,如渗水量较小,未对隧道开挖造成影响,开挖前则不必进行处理,如水量较大,则进行注浆处理进行封堵。洞身开挖后,边墙以上部位渗漏水应及时使用 Ω 型透水盲管紧贴岩面进行定点引排至拱脚临时排水处,排水盲管采用土工布条固定在岩面上,喷射于初期支护砼背后,如隧底涌水,可在仰拱端头挖出积水坑进行抽排至洞外。在施做仰拱时根据设计要求施做纵、横向排水盲沟进行永久性排水。

隧道防排水的最重要环节即为施工中过程控制,对各工序施工需严格把关,严格要求,针对隧道实际地质情况与水量的大小进行动态施工动态调整,把防排水工作做到万无一失。严格把控防排水的施工质量是排水施工中的重中之重,主要控制要点为以下几点:

①防水板施工后保证防水板的完整性,确保防水板无破损。

②按照设计要求铺设纵、横向排水管,对初支面有渗水位置使用 Ω 型排水管进行定点引排至两侧排水沟,并要根据实际渗水量的大小控制横向排水管布设间距和数量。排水管连接处必须使用大一号排水管进行包裹连接密实,防止有水泥浆堵塞排水管,纵向排水管安装后必须使铺设至拱脚处的防水板、土工布进行包裹,以更好地阻挡和排泄防水板背后渗水。并确保纵向排水管铺设平顺,使其能更好地起到排水效果排水不淤积。

③对二衬施工缝及变形缝的处理严格按照设计要求施工,严格杜绝偷工减料现象,对施工缝与变形缝中的防水材料做到施之有效,尤其对中埋止水带的埋设必须做到居中、顺直、垂直于端头面,并做到埋设落底,做到拱脚薄弱部位防水有效。二衬浇筑前必须对仰拱矮边墙进行凿毛后清理干净,保证二衬砼与矮边墙的紧密结合,使砼施工缝起到防水作用。若渗水较大地段可在仰拱施工前在矮边墙处增加一道宽一米的纵向防水板,矮边墙砼浇筑覆盖50cm,防水板外露50cm,纵向排水管设置在外露50cm防水板背后,外

露防水板部分与二衬防水板落底处进行纵向焊接搭接,确保矮边墙施工缝防水万无一失。

④防水板的铺挂采用热熔垫片进行焊接,保证防水板紧贴岩面在浇筑砼时不易变形移位,防水板铺设完成后进行检查,防止有破损现象,确保防水板的完整性,使其达到更好的防水效果。

⑤仰拱、底板的基底处理必须做到无虚渣、积水、淤泥等杂物,保证仰拱砼或底板砼与基底岩面有效紧密结合,以起到封堵基底渗水作用。

4 衬砌渗水施工期间处治措施

针对二次衬砌渗水处治宗旨以“堵排结合,以排为主”的原则进行综合治理。

4.1 衬砌两侧边墙渗水

边墙渗水点主要以施工缝与变形缝处为主,此处渗水处理较为方便及效果较好,处理方法以排为主,主要处理方法为沿出水点向下开凿一道引水小槽引至两侧排水沟内。开槽后将沟槽四周修整顺畅,平顺。槽内使用软式透水管进行引排,排水管安装后使用环氧树脂砂浆等高防渗性的材料将槽内填实并抹平。

4.2 拱腰与拱顶渗漏水处理

因拱顶与拱腰渗漏水引排较为不易和效果不佳等情况,治理措施主要以堵为主,堵漏方法为采用注浆法进行堵截处理。钻孔时根据渗水量的大小布设注浆孔,孔深应严格不大于各段钢筋混凝土衬砌厚度,不能打透初期支护,孔径为42mm,埋设注浆管。如是表面潮湿现象,可打设一个小孔,用小型灌浆机注入堵水剂或环氧树脂砂浆等高防渗性的材料,注浆压力根据实际渗水情况控制,一般注浆压力为0.4~0.6Mpa^[2]。

4.3 仰拱填充面渗漏水处理

因填充面与底板表面渗水使用堵截方式处理往往呈现处理一处,渗水部位出现一处,无法达到预期效果。现场处理方式主要仍以引排为主,在渗水部位按照图纸盲沟设计要求开凿出横、纵向沟槽并连接至两侧排水沟,沟内铺碎石并用土工布包裹,形成排水系统,将渗水引致两侧永久排水沟内。

4.4 边墙纵向施工缝渗水处理

仰拱与衬砌纵向接缝处渗水主要通过引排进行处理,及时疏通隧道两侧横向排水管,对堵塞的泄水孔进行疏通。若横向排水管畅通便对渗水处进行凿槽埋管进行引排处理,如图4所示。先在渗水处二衬边墙底部凿出纵向沟槽,并

凿出通向永久水沟的横向沟槽，纵向沟槽长度以渗水部位为准，槽内使用软式透水管进行引排至排水沟。排水管安装后使用环氧树脂砂浆等高防渗性的材料将槽内填实并抹平。



图 4 纵向施工缝渗水处理

5 结语

在岩溶发育区隧道衬砌渗水情况严重，在隧道运营期间是严重的安全质量隐患，在后期治理过程中需花费大量人力、物力和不良的社会影响。只有在源头对隧道衬砌渗水进行控制和预防才能对有效地减少其造成的危害。通过对岩溶区隧道衬砌渗水类型及原因分析和对其预防处治措施分析研究，以期对今后同类型隧道施工过程衬砌渗水问题做到参考借鉴

参考文献

- [1] JTG F60—2009公路隧道施工技术规范[S].北京:人民交通出版社,2009.
- [2] 王清江,王悦.隧道衬砌背后注浆防水及裂缝渗水整治技术研究[J].国防交通与技术,2012(1):72-74.
- [3] 赵亮,靳云杰.试论隧道衬砌裂缝及渗漏水病害整治技术[J].工程建设与设计,2019(4):151-152.