

浅析公路隧道防排水施工质量控制

昭通先行

昭通先行道路桥梁工程有限公司，云南省昭通市，657000；

摘要：公路隧道为地下结构物，防治水害是隧道施工的重难点之一。根据调查，地处富水区已建成隧道在运营过程中出现渗水漏水的现象比较普遍，严重影响着隧道的运营安全，导致出现此问题的根本原因就是“排水不畅，防水不严”。为了解决此类问题，我公司结合现场隧道施工管理的实践，对隧道防排水施工的一些有效工艺措施及注意事项进行了罗列，供大家参考和借鉴。

关键词：公路隧道；防排水系统；工程质量控制

DOI:10.69979/3029-2727.24.04.005

1 防排水的重要性及施工存在的主要问题

1.1 防排水的重要性

隧道通常穿越大范围的地层，尤其是山区长隧道，地下水的埋藏条件复杂多变，往往在同一座隧道中的不同区段地下水的出露情况差异很大。相对恶劣的隧道地理条件，使隧道面临可能发生渗水漏水的风险，而渗漏水会直接损坏混凝土结构，降低隧道的工作质量及使用寿命，因此在隧道工程建设中，防排水工程质量的好坏，直接关系到隧道工程能否顺利完成和保证其安全运营。隧道防排水工作贯穿隧道设计、前期准备、施工、运营等一系列环节，每一环节出现纰漏，都可能导致隧道防排水出现问题，不能够达到预期防排水目标，因此要从多个方面来把控隧道防排水工程质量。

1.2 隧道防排水施工主要问题

首先是排水系统连接问题：环向、纵向排水管及排水边沟或中心排水管之间的连接不紧密或存在断开；三通管可能因堵塞不畅通，这些因素都导致渗水无法有效排出，增加了衬砌背后的水压，进而引发隧道渗漏水现象。

其次是基面处理不当导致防水层受损：基岩、喷射混凝土表面的处理粗糙或施作衬砌钢筋时未采取有效防水板防损措施，导致在铺设二次衬砌混凝土时，防水板受到挤压和剪切力，导致防水构造层损坏。

2 隧道防排水设计方案

隧道防排水的设计策略是整合“防止、引导、截流、封堵”多重措施，根据实际情况灵活应用，力求达到排水系统高效、防水措施可靠、经济效益优化的目标，避

免潜在问题的产生。

以云南鲁甸至巧家高速公路老店1号隧道为例，其防排水设计方案呈现如下特点：

2.1 防水系统设计

隧道明洞段利用粘土隔水层作为第一道防水措施，以防止地表水渗透，同时在明洞衬砌外部铺设土工布和防水卷材，作为第二道防水措施。在岩性接触带的富水区（灰岩与泥岩交界处）以及基岩裂隙水富水区进行开挖后，根据涌水量的不同，制定相应的堵水注浆方案，采用径向钢花管和局部钢花管注浆方式进行防水处理。隧道暗洞段在初期支护和二次衬砌间采用排水管道、土工布及EVA防水卷材作为防水措施，EVA防水板敷设范围为隧道拱顶至边墙下部纵向排水管。隧道变形缝处设置橡胶止水带，隧道施工缝处设置遇水膨胀止水条进行止水防水。

2.2 排水系统设计

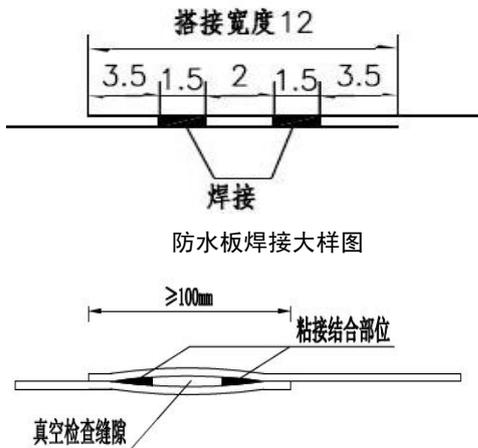
隧道实施洁污分流策略，将环向排水管收集的衬砌外围岩石渗水导入边沟或中心排水沟，实现排水；而隧道内的道路积水、雨雪降水和清洁污水等经由车行道两侧边沟排出隧道区。对于岩层裂隙水丰富的岩性接触带，加密铺设环向排水盲管及横向排水管，以增强排水能力，保证排水顺畅。根据地形情况，在隧道洞口范围设置坡顶天沟和洞顶排水沟，以便将地表汇水引流至附近的沟渠或路基边沟。若隧道洞口处于上坡段，则设计反向排水边沟；若洞口处于下坡段，则将隧道内侧边沟的水流引排至路基边沟；在桥梁与隧道衔接段使用HPDE400管道将水流排出隧道洞外。

3 隧道防排水施工工艺控制

3.1 防水系统施工

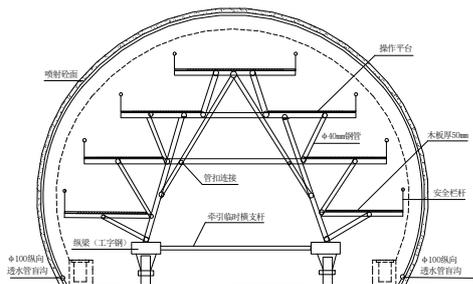
防水层设计通常由 400g/m² 土工布及 1.5mm 厚 EVA 防水板组成。施工过程中，在铺设防水板之前，务必先切除喷混凝土表面的钢筋头和锚杆、在衬砌钢筋安装焊接时采取有效措施防止防水板损坏；现场配备专用的防排水台架，工人站在台架上操作手持砂轮机，整平凹凸不平的部位；对于存在局部渗水的工程部位，应立即进行处治。

施工中混凝土表面先铺设无纺土工布，并用衬垫固定，随后铺设 EVA 防水板，防水板的拼焊采用自动爬焊机双面焊接技术；铺挂 EVA 防水板应采用无钉铺挂工艺，固定土工布时使用的射钉需带有热塑性垫圈，固定间距按照拱部 3~4/m² 点，边墙 2~3/m² 点进行设置；防水板应由拱部向两侧边墙环向展开铺装，下部防水板应压住上部防水板，松紧适宜且留有裕量（通常实铺长度与设计长度的比例为 5:4），以确保防水层能完全贴合初期支护表面，表面平整圆顺。

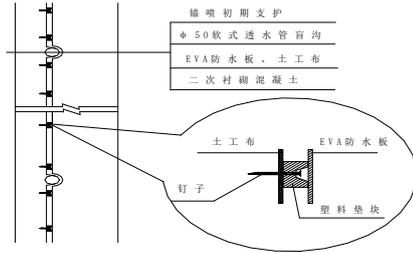


防水板真空检查裂缝示意图

施工作业平台采用自制移动台车，无纺土工布铺挂采用射钉枪直接钉铺固定在初支混凝土表面，EVA 防水板铺挂采用无钉热焊工艺拼接和固定，工艺方法见下图。



防水层铺挂台车图



防水板、土工布固定图

二次衬砌混凝土施工时，应根据初期支护表面的平整度作适当调整，以保证二衬板面与喷涂混凝土之间的贴合度；铺挂 EVA 防水板搭接宽度不得小于 10cm，焊接缝宽度不得小于 2cm，如遇烤焦、焊缝焊穿处，应采用同样的防水板焊贴覆盖；应对漏焊、假焊缝处进行补焊处理。

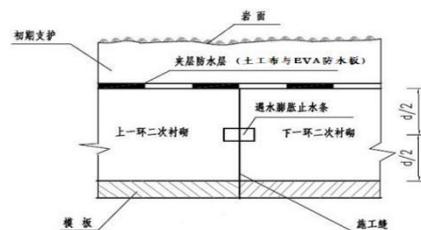
在二衬钢筋施作前，严格检查防水层和底层密贴情况，检查搭接焊缝焊接质量，EVA 防水板之间粘接结合部采用真空加压方式进行检测，在 0.25Mpa 的压力下持续 15 分钟，若压力下降在 10% 以内，则焊缝焊接质量被认定为合格，可以进入下道工序。

3.2 排水系统施工

环向排水管应在初期支护完成之前、铺设挂固定土工布之前施作。环向排水管安装施工前需在初期支护表面测量并划出环向排水管的位置，然后钻孔定位，将膨胀螺栓打入孔中或将预埋钢筋头插入并固定；定位孔的间距一般为拱部 0.5m~0.8m，边墙 0.8m~1.0m。使用钢筋卡扣通过定位孔固定环向盲管，并用无纺布包裹覆盖，以扎丝捆绑固定；纵向排水管则根据设计要求测量定位，确保纵向排水管坡度与线路坡度一致；环向盲沟与纵向盲沟通过三通与横向导水管连接，最终汇入隧道边沟。

3.3 施工缝、沉降缝处止水带施工

在施工缝处通常 12m 设置一道止水带，在沉降缝以及衬砌类型变化位置或通常每 50m 洞身位置设置背贴式和中埋式止水带；中埋式止水带设在衬砌混凝土 1/2 处。



止水条安装示意图

二衬台车拼装就位后,在靠近施工缝或沉降缝的拱架外侧按要求间距安装止水带固定装置在混凝土结构的施工缝处,将止水带的两翼分别埋入结构中,使用钢筋弯制成定位卡扣,固定于挡头模板上;为防止混凝土浇筑时止水带变形或位移,定位卡扣应采用圆钢,并使用两根圆钢将其连成一体穿出挡头板外;混凝土施工时,安排专人通过二衬台车的窗口监控挡头板和止水带,确保挡头部位混凝土的浇筑密实及保证止水带的居中埋设。

在安装过程中,止水带的长度应具备适量余量,不能拉伸过紧。浇筑二衬混凝土时,应时刻关注止水带的位置变化,防止其被混凝土横向压弯变形,同时确保止水带周围的混凝土充分振捣密实。

4 施工注意事项

在进行衬砌钢筋安装、各种预埋管件设置以及二次衬砌挡头模板安装等工序时,必须采取有效措施,避免防水板受到损坏。

防水板的铺设必须在环向上一次施工完成,严禁进行环向搭接。

EVA防水板、土工布的材质、性能、规格必须满足设计及相关规范要求,EVA防水板、土工布进场后,施工质检员、监理工程师应严格按抽检频率对其进行送检,主要技术性能指标必须经过检验合格后才能使用。

施工缝、沉降缝处的橡胶止水带应采用钢筋卡扣固定,严禁在止水带上进行穿孔固定;在拆除二次衬砌混凝土挡头模板后,应及时将另一半止水带和钢筋卡扣清理出来,并按设计要求进行调整和修正。

在固定止水带时,要注意防止止水带发生偏移,避免一侧缩短,影响止水效果、导致渗漏水;止水带定位

安装时务必确保其在界面处平整展开,不得让橡胶止水带发生翻卷或扭结现象,如发现扭结现象,应立即进行调整。

在浇筑振捣靠近止水带的混凝土时,要严格控制浇筑时振捣产生的冲击力,避免因力量过大而损坏橡胶止水带。同时要充分振捣,确保混凝土与止水带紧密结合,如果在施工中发现止水带有破裂现象,应及时修补,否则在接缝变形和水压作用下,止水带抵抗外力的能力会大幅降低,导致导致渗漏水。

衬砌模板拆模后,如果检查发现由于施工跑模导致止水带偏离中心,应适当凿除或填补部分混凝土,对止水带进行纠偏处理。

边墙纵向排水管检查井洞室浇筑混凝土时,不得堵塞纵向排水管出水口和横向排水管的进水口,仰拱填充浇筑时也不得堵塞横向排水管的出水口。

5 结束语

隧道防排水工程质量直接关系到隧道的安全运营,只有我们在施工过程中加强技术交底,落实责任,真正将本文所提的一些有效工艺措施落实到位,隧道渗漏水质量通病才能彻底消除。总的来说,隧道洞内排水施工技术需要综合考虑排水系统的设计、排水沟的施工、排水管的安装、集水井的施工以及排水设备的选择与安装等多个方面,以确保隧道内部能有效排水、保持干燥。

参考文献

- [1] 云南省交通规划设计研究院有限公司.《鲁巧高速公路两阶段施工图设计》(第4册第2分册);
- [2] 《公路隧道施工技术规范》(JTG/T3660-2020);
- [3] 《公路工程质量检验评定标准》(JTG F801-2017)。