

## 隧道基岩裂隙水及地下水的施工过程控制

王志永 李培林

中交第三航务工程局有限公司交建工程分公司, 上海 200000

**[摘要]**在隧道基岩裂隙水和地下水防控应对中,一个是结构物中的防水方面;一个是结构系统的排水方面,前者是确保隧道防渗漏,后者是将隧道积水正常引流排除。结合青岛至龙城城际铁路V标北山隧道为实例,对隧道工程中防排水施工进行分析研究,重点从防水板的铺设、施工缝、变形缝的安置等细部方法着手制定出合理有效的施工方法,通过过程中的控制来达到增强隧道的防水效果,运用得当的施工方法并配合合理的质量控制标准可以大大的提高了隧道的施工安全、后期维护成本和通车安全。

**[关键词]**防排水;施工缝;变形缝;基岩裂隙水;地下水

DOI: 10.33142/ec.v3i9.2529

中图分类号: U452.11

文献标识码: A

## Construction Process Control of Tunnel Bedrock Fissure Water and Groundwater

WANG Zhiyong, LI Peilin

Traffic Construction Engineering Branch of CCCC Third Harbor Engineering Co., Ltd., Shanghai, 200000, China

**Abstract:** In the prevention and control of tunnel bedrock fissure water and groundwater, one is the waterproofing of the structure; the other is the drainage of the structural system, the former is to ensure the tunnel anti leakage, the latter is to drain the tunnel water normally. Combined with Beishan tunnel of V section of Qingdao Longcheng intercity railway as an example, the waterproof and drainage construction in tunnel engineering is analyzed and studied. The reasonable and effective construction method is formulated from the detailed methods of waterproof board laying, construction joint and deformation joint placement. The waterproof effect of tunnel is enhanced through the control in the process. The proper construction method and reasonable quality are used the control standard can greatly improve the construction safety, maintenance cost and traffic safety of the tunnel.

**Keywords:** waterproof and drainage; construction joint; deformation joint; bedrock fissure water; groundwater

随着工程技术的发展,隧道在铁路中的应用越来越普遍,由于建设数量的日趋增多,隧道结构的防排水问题无疑是目前争论最多的一个问题,做好隧道的防排水是一个隧道能否长久使用的一个关键性因素,防排水能否达到设计要求的效果,是否能确保隧道后期运营安全使用性,是在施工过程中对防水材料及防水施工工作质量的一个评判,因此在防水问题上,主要从施工缝、变形缝、外包防水板以及中心排水的施工方法和安装方面来介绍防排水技术。

### 1 工程概况

新建青岛至荣成城际铁路QRZH-V标段北山隧道,隧道起讫里程DK229+850~DK231+730,全长1880m。隧道洞身范围内,有少量基岩裂隙水,沟谷发育处雨季地下水较丰富,地下水受降水影响较大,地下水对混凝土不具侵蚀性,环境作用等级为T2。隧道整体埋深较浅,尤其进出口及浅埋段,岩体较破碎,易发生坍塌冒顶。本隧道按新奥法设计与矿山法施工,暗挖隧道采用复合式衬砌,复合式衬砌由初期支护,防水隔离层与二次衬砌组成。

### 2 隧道防水

北山隧道整体采用防排水设计,采用“以排为主,防堵相结合”综合治理的原则,因地制宜地制定治理方案,对于隧道穿过断裂破碎带,预计地下涌水量大的区段,施工过程中当以排为主,对于可能对周边环境水土流失有影响地段,结合现场实际情况采用以堵、防为主的原则,从根本上达到堵水有效、防水可靠、经济合理的目的。

#### 2.1 结构防水设计

北山隧道二次衬砌采用防水混凝土浇筑,抗渗等级P10。隧道整个拱圈初支面于仰拱和二衬之间均采用防水层,防水层由ECB防水板和土工布缓冲层组成,防水板厚度大于1.5mm,土工布重量大于400g/m<sup>2</sup>。防水层紧靠拱圈铺设。二次衬砌环向施工缝间距按11.9m一道控制;纵向仰拱和二衬相交处施工缝左右各一道设置,变形缝在明暗分界处、断面明显变化处、地层承载力显著变化处设置。环向施工缝采用背贴橡胶止水带+中埋式橡胶止水带的两道防水措施;纵

向施工缝设中埋式钢板止水带+遇水膨胀止水胶两道防水措施。变形缝设采用背贴橡胶止水带+中埋式钢边止水带两道防水设置。

## 2.2 隧道防水施工

隧道防水施工主要分四个方面进行防水，第一方面是隧道初支与二衬之间的外包防水，第二个方面就是二衬板与板之间的板缝防水，第三个方面是二衬与仰拱之间的纵向施工缝防水，第四个方面就是采用防水混凝土，目的就是不允许地下水和基岩裂隙水流进入隧道内，而应从隧道背后排除，要想做到隧道不漏水、不渗水在施工过程中必须要遵循三个施工要点。

### 2.2.1 原材料的控制

对隧道的施工过程中的防水，首先应严格控制隧道防水卷材的质量，在隧道的施工阶段，对每一批次的防水卷材均要进行严格的试验检测，无论是材料尺寸、防水性能还是材料的力学性质都要符合设计及规范要求，达到规定指标，以确保隧道防水卷材的质量合格，对于防水混凝土防水的关键是提高混凝土的密实度，通过调整配合比，掺入外加剂等手段提高混凝土的抗渗等级，来达到防水目的。

### 2.2.2 防水卷材规范施工

(1) 防水板施工：防水板是保证隧道防水功能的重要措施，所以防水板的铺设质量为隧道防水施工的重中之重，北山隧道的防水板采用的是轨行式作业平台施做，防水层铺设前，应先对隧道初期支护喷射混凝土表面进行处理，切除初支面多余的锚杆头和钢筋网片接头，对于钢架与钢架之间出现排骨肋初喷不饱满的位置要进行补喷，确保初支面平整且不侵线，无尖锐棱角，平整度控制在 1/10 以内。

铺设 400g/m<sup>2</sup>土工布之前先要规划好土工布及防水板的长度、铺设宽度以及隧道中心位置。首先在作业台车上将土工布用热熔垫圈固定在喷射砼表面，平均拱顶 3-4 个/m<sup>2</sup>，边墙 4-5 个/m<sup>2</sup>；铺设应从一侧到另一侧进行铺设，土工布铺设要松紧适度，使其有足够的宽松度密贴围岩，铺设过程中严禁有褶皱、窝边现象，确保铺设区域不存蓄水点，不裸露初支面，土工布幅间搭接宽度大于 15cm。

设计中防水板采用无钉铺设，铺设过程中采用作业台车先将防水板运送到拱顶，在拱顶位置处采用热熔电焊机将防水板热熔到垫圈上，防水板铺设顺序由中间向两侧进行，根据土工布上热熔垫圈的位置沿环向依次进行熔固，防水板在铺设过程中同样严格控制防水板的松紧程度，无褶皱挤压、无卷边情况出现，在施工过程中严格控制热熔温度，防止温度过高熔坏防水板，造成漏水点，防水板纵向搭接处应与环向施工缝应错开 1-2 米，确保漏水薄弱环节不在同一截面处，防水板之间的搭接采用自动双层爬焊机焊接，焊接时严格控制焊接温度、焊接速度，一般温度控制在 400 摄氏度，爬焊速度控制在 1.5-2.0 米/10 秒，两条焊缝宽度均不小于 15cm，焊缝中间留有空气道通过气压检测来确定焊接的质量情况。在每板焊接完成以后，要在台架上对整个防水板进行仔细检查，确保无漏焊，无刺破等位置并预留足够下一板的接长长度，方可进行下一道工序施工。

(2) 止水带施工：北山隧道环向施工缝采用中埋橡胶止水带和背贴式橡胶止水带相结合的方式防水，纵向施工缝采用的是钢板止水带的施工防水，变形缝采用的是中埋式钢边止水带施工防水。因为隧道为全包式防水，而施工缝、变形缝恰恰是隧道防水最薄弱的环节，因此做好施工缝、变形缝的防水对隧道提升整体的防水效果极为重要。

北山隧道的施工缝、变形缝防水根据衬砌的厚度进行埋设，中埋止水带埋置在衬砌厚度中间，背贴式止水带埋置在于防水板位置处与防水板密贴，台车就位后，按照编号安装钢模挡头板，同时将止水带沿隧道环向夹在挡头板中间，两块挡头板用 U 形卡固定。预留一半止水带灌筑在下一循环混凝土衬砌中，止水带埋设位置要准确，其中间空心圆环与变形缝重合。固定止水带时，须防止止水带偏移，以免单侧缩短，影响止水效果。止水带定位时，使其在界面部位保持平展，不得使橡胶止水带翻滚、扭结，如发现有扭结不展现象应及时进行调正。止水带固定时，须防止止水带偏移，以免单侧缩短，影响止水效果。止水带的长度须根据施工要求定制（一环长），尽量避免接头，在变形缝处采用背贴式橡胶止水带+中埋钢边止水带，安设方式和中埋橡胶止水带相同。

纵向施工缝防水采用钢板止水带，防止基岩裂隙水和地下水沿纵向施工缝处渗入仰拱填充面，在仰拱施做过程中进行预埋，埋设采用居中埋设并在钢板与仰拱接触面内侧填充遇水膨胀止水胶加强纵向防水性能，钢板止水带之间尽量减少接口，钢板之间的接口采用搭接焊接，单面焊搭接不小于 100mm，而且焊缝保证大于 6mm。并尽可能的缩减钢板与钢板之间的接头数量以达到纵向防水效果。

### 2.2.3 基岩裂隙水、地下水的引排

隧道的地下水外排是一个系统工程，同隧道防水施工一样，各分项工序中都要交叉和衔接，北山隧道外排水主要是依靠在初支面设置环向盲管进行基岩裂隙水的收集，二衬与仰拱接触位置设置纵向盲管对地下水及引流下来的基岩裂隙水进行汇水、收集，通过纵向盲管排入侧沟，再由侧沟通过预埋在仰拱填充内的横向 PVC 排水管汇水到中心集水井进行外排。

北山隧道环向排水盲管沿纵向设置的间距为 6-8 米一道，在施工过程中要对其布设位置进行划线标注，并应根据洞内渗、漏水多的地方增加设置排水盲管的数量，排水盲管紧贴初支混凝土面安设，安设需牢固采用管卡固定扎丝捆好，防止挂设土工布和防水板时脱落，施工中采取外包土工布的方式进行保护，防止水泥浆窜入、堵塞排水盲管。纵向排水盲管安装坡度应符合设计要求，严禁反坡或固定不到位造成的管路偏移，通向水沟的泄水管应有足够的泄水坡，环向、纵向排水盲管通过变径三通连接在一起，使整个衬砌的初支面与防水板之间形成排水网，将该位置处的水通过纵向排水盲管排入侧沟内。

隧道在进行仰拱填充施工时沿纵向设置中心排水管，管直径 1.0 米，采用套嵌式进行拼接，并在接口处进行外包方水，并沿隧道纵向每 30 米处设置中心集水井和连通到侧沟内的横向排水管，隧道在施工过程中，连接侧沟和集水井的横向排水管和整个隧道的中心排水管均是永久性工程，隧道所有基岩裂隙水和地下水全部由中心排水管进行外排，如果施工过程中隧道内部积水得不到有效的外排的话后果是严重的，所以在施工过程中对隧道积水外排要严格重视，要严格按照图纸的设计要求进行施工，防止连接不牢固、接触不严密所产生的漏水质量事故，执行“三检制度”，做到过程有控制，成品有保证，并在过程中留有影响资料以备查证，在横纵水管的安设过程中，采用全站仪进行放样，用墨线弹出中心水管的中线及边线，采用同标号的混凝土管座固定水管，并在管壁外侧设置定位钢筋加固，在高程控制过程中，施工现场每 10 米进行测点，管的纵向坡度严格控制在±1cm 之内，严禁中心排水管反坡的出现，在仰拱填充浇筑过程中，以中心水管为分界，采用混凝土对称浇筑，让砼对中心水管的挤压受力均匀，在振捣过程中对水管位置处尤其是水管底部加强振捣，确保管底砼密实均匀，不存在脱空的现象出现，每板仰拱填充施工完成后，对预留填充外侧端头水管进行封包隔离保护，防止在隧道内其它作业过程中损伤水管接头。

### 3 结语

通过在北山隧道的施工和学习过程中，对隧道的防水施工有了明确的认识和熟悉的掌握，防排水是永久性工程，在施工过程中如果不仔细、不严谨会导致后期的修补极为困难，这就要求我们不仅设计方案要合理，更要严格按照施工图去施工，注重过程中的控制，解决隧道的防排水问题，可以大大的提高隧道的使用寿命和使用的安全性，为后期的运行使用，为人民出行安全提供坚实有力的保证。

#### [参考文献]

- [1]赵丹.连续梁施工安全控制技术[J].交通世界(运输·车辆),2013(09):106-107.
- [2]何开奎.高原地区软弱围岩隧道施工技术分析[J].低碳世界,2020,10(08):170-171.
- [3]魏东升.高速铁路隧道防水工程施工技术[J].中国建筑防水,2015(09):36-38.
- [4]倪光斌.严格执行《铁路隧道工程施工质量验收标准》全面提高铁路隧道工程施工质量[J].铁道标准设计,2004(07):50-54.

作者简介:王志永(1984.5-),男,吉林建筑工程学院城建学院,中交第三航务工程局有限公司交建工程分公司,助理工程师。李培林(1993.5-),男,重庆交通大学,交通工程,中交第三航务工程局有限公司交建工程分公司,技术员,助理工程师。