

# 地铁盾构隧道渗漏水病害的成因与措施探讨

刘新铭

中煤第三建设(集团)有限责任公司

DOI: 10.12238/jpm.v4i3.5774

**[摘要]** 渗漏水问题在地铁隧道工程中比较多见,对地铁隧道工程质量的影响也非常重大,要想避免该问题的出现,就要切实提高隧道工程防水施工水平。若防水、堵漏施工不规范、管控不到位,接缝、孔洞等薄弱位置极易出现渗漏水,危及隧道结构的安稳承荷与使用寿命。本文通过对不同渗漏情况和特征进行分类分析,制定相应的应急高效处置措施,最大程度地保障了隧道交通运行畅通。

**[关键词]** 地铁盾构隧道; 渗漏水害; 有效措施

**中图分类号:** U416 **文献标识码:** A

## Discussion on the causes and measures of water leakage disease in subway shield tunnel

Liu xinming

China Coal Third Construction (Group) Co., LTD., Anhui Hefei 230000

**[Abstract]** The problem of water leakage is more common in subway tunnel engineering, and the impact on the quality of subway tunnel engineering is also very significant. In order to avoid the problem, it is necessary to improve the waterproof construction level of tunnel engineering. If the waterproof and plugging construction is not standard, the control is not in place, the joints, holes and other weak positions are easy to appear water leakage, endangering the stable bearing and service life of the tunnel structure. This paper analyzes different leakage conditions and characteristics, and formulates the corresponding emergency efficient disposal measures to ensure the smooth operation of tunnel traffic to the greatest extent.

**[Key words]** subway shield tunnel; water leakage and damage; effective measures

### 引言

我国已建成的隧道中,由于各种因素的影响,部分隧道在使用过程中出现了衬砌渗漏水、开裂等多种病害,不同程度地影响了隧道的行车安全及使用年限。而渗漏水是隧道最常见的病害类型,业内有“十隧九漏”之说。针对隧道渗漏水病害,要根据隧道穿越山体的地层岩性、水文地质等情况,查清病害产生的成因和机理,确定相对应的维修加固方法,才能获得良好的整治效果。隧道渗漏水问题突出,在运营之初就出现了严重的渗漏水问题,曾引起了当地媒体和市民的广泛关注,业主单位对渗漏水问题进行了多次处治。

### 1 防水施工设计原则

为了确保地铁车站隧道施工获取显著性的防水效果,相关施工单位需将以防为主的基本原则贯彻到底,并在充分考虑多种外界因素的前提条件下构建出一系列防水体系,通过设置多道防护措施,确保车站防水技术施工的科学性、规范性及实用性。与此同时,还需要始终坚持因地制宜的基本原则,针对地铁车站周边场所展开全方位、深层次的检查勘测,进而确定最终的明挖施工措施和防水施工方案,以满足综合化治理优化的

基本标准。地铁车站明挖隧道防水体系需要重点关注以下几方面内容:第一,明确混凝土结构的自身防水效果和质量,促使其呈现出基本性的抗渗能力和防裂效果。这也是明挖车站有效防水的关键保障。第二,做好外包防水处理,利用一系列科学化措施方法安装全包式柔性防水层,在根本上加强明挖车站的防水质量。第三,重点注意关键位置的防水处理,主要涉及到变形缝、施工缝等。相关施工团队需要结合实际情况,为其创建出针对性的防水策略。

### 2 铁路隧道渗漏水害出现的原因

#### 2.1 防水材料问题

当前公路隧道工程的发展非常迅速,对防水材料有了更大的需求,目前建材市场上的防水材料类型多样,但是每种防水材料的质量存在差异,如果防水材料质量不符合要求,将会对整体隧道工程施工质量造成不良影响。部分施工单位只追求高额的经济利润,工程施工成本一再降低,隧道施工中使用的防水材料,如止水带和塑料橡胶防水板等与施工要求严重不符;或者由于没有严格全面地对防水材料开展验收就进入施工现场,施工中混入了一部分不合格材料,使得反水层出现了质量

问题, 导致渗水情况出现。

### 2.2 管片接缝处渗漏

隧道管片接缝防水主要是依靠密封垫、嵌缝填料完成, 在受到压力、温度、侵蚀的作用下, 易出现老化、蠕变以及应力松弛等不良情况, 导致接缝处密封垫与嵌缝料防水性大大降低而出现渗漏水。在盾构管片的运输或拼装过程中, 因碰撞、挤压导致管片出现掉角等, 会对管片的拼装质量造成一定影响, 以致出现拼装缝隙不紧密, 导致渗漏水。在盾构管片顶进施工中, 没有控制好管片顶进姿态, 以致相邻管片间搭接存在错台, 会形成渗漏水通道。管片拼装过程中, 止水带间泥砂等杂质清理不彻底, 以致拼装后管片密封效果差, 并在管片环向接缝处形成渗漏水。拼装完成的管片没有及时拉紧对拉螺栓, 或是在竖曲线顶进、纠偏时出现误差, 均会导致环缝张开超限, 管片出现松弛渗漏。管片衬砌背后注浆不密实、不及时, 若此时管片密封条未贴合紧密, 就会导致管片与地层贴合度不好, 并在管片顶部出现积水, 此时管片壁后的填充材料无法形成止水环, 就会在密封垫压实的薄弱位置出现渗漏病害。

### 2.3 排水系统问题

公路隧道工程施工活动中因为整个隧道工程排水系统不是非常完善, 排水系统局部位置没有办法将水正常排出, 导致积水渗透到隧道中, 对隧道施工质量产生不良影响。造成隧道工程排水系统不够完善的主要原因是注浆环节没有对排水管道采取相应的保护措施, 使得排水管道有堵塞情况出现, 无法正常发挥其排水功能, 另外衬砌施工结束之后地下水不断积累, 积聚的水难以通过排水系统排出, 从而导致渗水问题发生。

## 3 铁路隧道防水施工技术

### 3.1 洞内防排水

在组织单线隧道排水时最好在施工现场设置双侧水沟, 如果采取是双线隧道排水, 在设置双侧排水沟之外还必须将中心暗管铺设好, 以便更好地将排水效果发挥出来。对于单线特长隧道, 在将左右两侧隧道排水系统连接起来时, 要用到横向通道, 这样能够将排水系统运行能力有效提升。在施工缝和变形缝防水作业活动中最好采用两种以上的防水结构, 常用的防水结构有外贴止水带、中埋式止水带、界面剂、遇水膨胀止水胶及嵌缝材料等。假如使用的是外贴止水带和中埋式止水带, 最好结合使用, 以形成复合防水构造, 从而更好地解决现场环向施工缝防水问题。假如采用的是界面剂或者钢板橡胶止水带, 如果将其组合作为防水构造使用, 将使纵向施工缝问题得到有效解决。

### 3.2 防水层施工

(1) 处理基面防水。防水层正式铺设施工开始前, 需要整平初期支护, 必须切除所有裸露的锚杆并进行打磨, 然后再利用水泥砂浆开展封堵及找平作业。(2) 处理出水点。防水板正式铺设作业前, 必须处理好初级支护阶段喷层表面出现的漏水点, 比如铺设好排水管以便让废水顺利地排放到边沟里, 保

证基面处于干燥的状态。(3) 铺设好防水板。铺设防水板时最常用的方法就是无钉铺设方法, 在调整实际铺设长度时, 要结合混凝土循环浇筑长度执行, 铺设活动正式开始前必须先开展试铺作业, 试铺数据能够为优化正式施工提供参考。提前将无纺布放置在铺设区域, 然后连接电热熔接器以便更好地开展加热处理, 无纺布专用热熔垫连接防水板时, 其搭接长度不能小于 15cm。在铺设防水板时, 对于隧道拱顶防水板松弛度和固定程度要特别关注, 防止由于拱顶二衬混凝土厚度不够造成施工问题。(4) 焊接防水板和处理接缝。可以采用热合机或者是专业胶对防水板进行焊接, 处理焊缝时也可以采用这两种方法。对于纵向接缝、环向接缝等可以采取十字形接缝的焊接方式, 纵向接缝以外的区域要及时进行清理, 确保台阶处于干净、平整的状态。

### 3.3 外包防水施工技术

在明挖车站隧道外墙防水阶段中, 相关人员需要优先筛选宽度为 1.5mm 的预铺式材料, 切记不可筛选传统沥青防水材料, 以避免后续出现各类渗漏安全问题。防水卷材的施工方法, 通常以“内贴外防”为基本核心, 以此来提升整体防水层的稳定性及牢固性。在防水卷材施工项目开展前, 相关施工团队需要提前做好侧墙结构基面的作业处理, 以此来精准定位明挖车站隧道的最佳围护模式。通常, 围护模式运用旋喷桩止水帷幕结构或地下连续墙等方式。在旋喷桩止水帷幕结构应用中, 相关人员需要提前做好车站隧道基坑的跟踪检测工作, 以此来熟练掌握动态化基面优化数据和信息, 促使桩间挂网喷混工序的平整度满足设计需求。堵漏处理也是极其关键的步骤, 在明挖车站围护结构当中, 渗漏问题的发生通常以面形式或点形式为主。如果发现渗漏问题, 相关工作者需要在第一时间运用水泥材料加以封堵处理。如果出现大规模渗漏现象, 则需要在注浆封堵的辅助下予以解决。一般选择聚氨酯等作为基本材料, 如果最终的渗漏处理效果不够显著, 则需要结合实际情况增加注浆遍数。对于明挖车站侧墙来说, 为了充分发挥出防水卷材的价值效用, 需要确保基面结构处理效果满足清洁、平整等基本需求, 其配比应控制在 1~2.5 范围内。

### 3.4 自防水施工技术

自防水施工技术在实践应用过程中需要重点关注以下两方面内容: 一是混凝土材料的配比、数量等需要满足明挖车站隧道施工的标准需求。二是自防水混凝土施工管控。为了在根本上获取显著性防水效果, 相关人员需要在混凝土拌和阶段中增添适当数量的胶凝材料。对于具体材料的投入数量、配合比及材料组成成分等参数而言, 需要由相应的设计单位结合一系列试验成果, 确定胶凝材料的配合比。一般情况下, 地铁工程项目对混凝土的抗渗性能要求相对较高。与此同时, 车站混凝土自防水施工中, 要重点关注混凝土的抗裂、抗腐蚀, 以此来保障水泥、外加剂和胶凝材料用量的合理性; 混凝土施工项目涉及到诸多繁杂内容, 在明挖车站隧道混凝土施工阶段, 需要

合理把控不同作业质量和效率。在搅拌环节,需要在满足混凝土泵送标准的前提条件下精准控制坍落度。在浇筑环节,需要重点把控入模温度的变化趋势,一般情况下入模温度不可超出 $30^{\circ}\text{C}$ ,尽可能规避高温环境,并采用冷却管等措施方法将混凝土内部温度控制在允许范围内,内外环境彼此间的温度差不可超过 $25^{\circ}\text{C}$ ,以此来确保防水性能处于最佳状态。在养护阶段,需要结合明挖车站隧道的混凝土施工标准,确保养护时间维持在14d范围内,使用频率较高的养护手段为覆盖湿润。除此之外,还需要运用科学化收面压光作业,以此来消除表层结构的龟裂现象。

#### 4 铁路隧道渗漏防治措施

##### 4.1 管片接缝处渗漏水的预防

优化盾构管片设计。对管片对接的接触面进行优化设计,以有效提高盾构管片的抗裂能力。例如,于管片接触面位置设置传力面,在盾构顶进施工时,使管片所受应力远离边角位置并均匀传递,以免边角受力掉块而形成渗漏点。保证管片预制精度。在管片预制阶段,利用三维激光扫描测量设备,对管片的尺寸予以精准测量,便于发现常规测量手段难以发现的尺寸误差,对测量发现的问题应及时调整,以确保管片拼装的精准对正。严控盾构掘进姿态。根据隧道线形设计及盾构掘进姿态,利用计算机将盾构机掘进姿态与设计轴线对比,若盾构掘进存在偏差,应找出偏差值并调整盾构千斤顶,对盾构掘进曲线进行纠正,使掘进曲线与设计轴线尽量保持一致。纠偏时应避免“蛇形纠偏”以及紧急纠偏,以免千斤顶压力过大导致管片受损。规范管片拼装施工。管片拼装前应彻底清理接触面上杂质,然后依照自下而上、左右交互、最后封顶的顺序拼装管片,并调整使其与上环管片对接平顺,螺栓孔对正,螺栓穿插、紧固。封顶块拼装前,应先润止水条,然后径向插入安装,位置调整无误后纵向顶推,完成封顶块安装后,应利用略大于管片稳定力的顶推力顶紧管片,以免后期应力松弛导致环缝渗水。

##### 4.2 变形缝防水处理

明挖车站隧道的主体结构规模大,内部设有诸多车站附属结构,在沉降差的影响下会引发一系列变形缝问题。在此情况下,需要重点关注变形缝的处理与防护。对于变形缝,通常的防水措施有两种:一是运用止水带处理。在迎水面采用止水带,通常以外贴式为主。中埋式止水带一般能够在整环布置项目中凸显出优势。部分止水带通常会根据变形缝的水平方向,加以调整划,可将其布设为盆式状态,以此来保障后续振捣作业可以有效排出气泡。二是运用密封胶处理。对于内侧缝隙问题来说,相关人员可以运用密封胶(一般以聚氨酯为主)处置方法,并将接水盒合理放置于固定位置处。

##### 4.3 水害处治对策

(1) 采取地表和洞内结合的处治方法,地表处治以截排水为主,对地表塌陷进行封堵以及对地表截排水系统进行修复

与重建,应先清理塌陷处原来的地表硬化混凝土,然后采取低渗透性材料进行回填、压实,地表采用混凝土密封隔水,同时完善地表排水沟系统,确保大气降雨汇聚后及时、顺畅地向远离隧道位置的低洼处排泄,而不是就地下渗;隧道内以边墙钻泄水孔引排水为主。(2) 对隧道周边围岩内的溶洞进行注浆处治。(3) 地表处治完成后,日常养护应加强对洞顶塌陷巡查,及时解决发现的问题;同时雨季应对洞内排水系统加强养护,确保隧道排水通畅。

##### 4.4 质量控制

首先,优化防水板性能。高速公路隧道工程施工过程中使用比较广泛的是EVA防水板,缓冲层厚度最好控制在 $2.6\sim 3.2\text{mm}$ ,防水板厚度在 $1\sim 2\text{mm}$ 范围内最优。在施工前还应对施工防水板进行外观与性能检测,尤其应对贮存时间较长的防水板材料进行严格抽检,在其拉伸性能与防水性能方面进行针对性检测,保证防水板性能符合项目施工要求。其次,处理锚杆头部。如果在混凝土表面有突出锚杆出现,会对防水板完整性造成影响,必须把外露锚杆清除干净,同时,还要进行及时处理现场缓冲材料,确保防水板质量符合要求。同时还应对混凝土结构表面的其他凸起结构进行清理,例如有杂物、毛刺、麻面等会导致混凝土表面铺设防水层破损的结构物都应做好处理,为防水板铺设提供有利条件。再次,张挂防水板。在组织防水板铺设的过程中,要对厚度进行准确控制,避免出现防水板破裂问题。浇筑混凝土的过程中可能会有拱顶变形的问题出现,比如出现拉裂、收缩问题,为了防止出现这些问题,铺设过程中必须将松弛度控制在 $6\%\sim 8\%$ 范围内。防水膜搭接时,中间位置两层膜总搭接厚度不能低于 $10\text{cm}$ 。将自动爬行热合机引用到隧道工程中来能够有效提升焊接质量。焊接作业完毕后还得粘贴起来,将折叠位置妥善地固定在防水板上。

#### 5 结束语

盾构隧道的渗漏水病害成因多、根治难、危害大,故须重点防控。应全面分析渗漏水出现的种种诱因,并结合项目实际细致排查与针对性防控,规范薄弱部位的防水、堵漏施工,确保防治措施合理、可靠,使盾构隧道实现“零渗漏”。

##### [参考文献]

- [1]钟文文.运营地铁盾构隧道洞门渗漏水病害整治[J].现代隧道技术,2020,57(03): 182-188.
- [2]刘庭金,林少群.盾构隧道病害分析及上方架空轻质回填研究[J].铁道工程学报,2019,36(07): 64-69.
- [3]关淑萍.吊出井区段盾构隧道结构病害及成因分析[J].北方交通,2019(02): 88-90+94.
- [4]董飞,房倩,张顶立,徐会杰,李宇杰,牛晓凯.北京地铁运营隧道病害状态分析[J].土木工程学报,2017,50(06): 104-113.
- [5]毕景佩.堆土导致的地铁盾构隧道病害及处治对策分析[J].中外公路,2017,37(01): 180-183.