

地铁车站主体结构施工渗漏水的控制技术

何建国

中铁建大桥工程局集团第五工程有限公司

摘要: 地铁车站作为城市重要的交通枢纽,其主体结构的安全与稳定直接关系到城市交通的正常运行和乘客的出行安全。然而,地铁车站主体结构施工渗漏水问题长期存在,给车站结构安全和运营带来了一定的影响,地下水含有丰富的随着水中电离子腐蚀降低结构的安全性及使用年限。本文通过结合西安地铁六号线万寿南路站分析渗漏水对地铁车站结构安全和运营的影响,探讨了渗漏水的成因,并提出了相应的控制技术,包括主体结构混凝土施工工艺流程控制、细部构造处理、防水层施工质量控制、渗漏水监测与预警系统及维护与修复措施。

关键词: 地铁车站; 渗漏水; 结构安全; 控制技术

【DOI】10.12252/j.issn.2096-627X.2022.10.043

引言: 地铁作为现代城市重要的公共交通工具,为城市居民出行提供了便利。而地铁车站作为地铁线路的重要组成部分,其结构安全直接关系到城市交通的正常运行和乘客的出行安全。然而,地铁车站主体结构施工渗漏水问题一直是困扰城市轨道交通建设者和运营者的难题。渗漏水不仅会导致地铁车站结构的损坏,还可能影响到乘客的乘坐体验,甚至危及到乘客的人身安全。因此,针对地铁车站主体结构施工渗漏水问题,有必要研究和探讨相应的控制技术,以提高地铁车站的结构安全性和运营效率。

一、工程概况

西安地铁六号线万寿南路站为地铁六、八号线“T”型换乘站,六号线车站为地下三层14m岛式站台车站,总长度为161.89m,标准段宽22.9m,底板最大埋深26.5m。八号线车站为地下两层14m岛式站台车站,总长510.04m,标准段宽23.1m,车站底板最大埋深为22.5m。

车站场地地形较为平坦,南高北低,地面高程介于425.41m~429.30m。地貌单元属沙坡洼地。地下水位高程介于409.61~413.89m。八号线车站结构底板底标高410.482~408.547,六号线车站结构底板底标高400.271~399.373,车站结构层部分在水位线以下。

二、地铁车站主体结构渗漏水的成因分析

(一) 结构设计因素

地下工程防水设防等级根据使用功能、使用年限、水文地质、结构形式等确定,所以车站防水设防组合与设计人员对当地环境调查及工作经验息息相关。

一是设计人员考虑防水组合时未结合现场实际情况,导致选用防水组合效果不佳;二是设计人员按照相关规范要求只考虑主体结构混凝土自防水和防水卷材防水,一般不考虑围护结构防水;三是设计人员未在主体结构于附属接口部位设置止水带,由于地基沉降及温度变化等原因,接口部位经常漏水。

(二) 材料质量与选用

材料选用与质量是车站是否渗漏水的根源,往往与供应商、季节性气候、业务人员知识储备等有关。一是业务人员采购供应商资质及业绩把关不严;二是材料进场验收把关不严,未及时进行复试;三是未按照施工进度提前选用及储备适应季节性施工的材料。

(三) 施工质量问题

施工质量控制是车站是否渗漏水的核心,这与施工组织,企业质量保证体系、操作人员态度等有关。一是混凝土配合比不合理或未定期验证;二是结构施工段落划分不当;三是对作业人员培训教育不够,未严格按照交底实施;四是施工组织、浇筑方法不当;五是施工单位偷工减料未按照设计及规范要求实施;六是基面不平整、不整洁、不干燥;七是未及时进行保温、保湿养护;八是附加层及特殊部位处理不到位。

(四) 环境因素影响

恶劣环境中施工存在极大风险,以至于影响作业人员判断及心理。主要原因如下:一是施工过程中照明不足;二是作业平台简易搭设不规范;三是作业面潮湿、设备老旧易引发触电。

三、地铁车站主体结构施工渗漏水的控制技术

(一) 优化防水设计

设计严格遵循“防、排、截、堵相结合,刚柔相济,因地制宜,综合治理”的原则。在设计阶段应充分考虑地铁车站的地址条件、地下水位等因素,合理设计防水结构,选择合适的防水材料及组合形式,增加防水的可靠性。主体结构混凝土采用抗渗等级混凝土,细部构造部位加强设计,尤其是车站接缝、阴阳角、变形缝、穿墙管、诱导缝等易漏部位,采用特殊的防水措施,如增设防水附加层,嵌填密封材料,穿墙管增加止水翼环等。允许结构在一定范围内自由变形,减少沉降或温度变化的影响,出入口与车站接口位置设置后浇带,待沉降稳定后在进行浇筑,减少裂缝产生,进而降低渗漏水的概率。

(二) 严把材料关口

用适宜的防水材料对地铁车站主体结构施工质量和运营安全起着至关重要的作用。合适的防水材质能良好地阻止水分子侵入，进而保障地铁站的安全结构与平稳运作。

(1) 选择厂家资质与业绩：首先要严格筛选具有地铁施工业绩的防水材料和混凝土的供应商。了解他们在市场上的声誉和以往项目中的表现，选择有良好口碑和可靠质量保证的厂家。

(2) 进场材料验收与复试：对进场的防水材料的品种、规格及相关资料等施工单位与监理单位联合验收，对主要材料的性能拉伸性能、伸长率、强度等必须进行复试，合格后方可使用。

(3) 混凝土原材及外加剂：混凝土的原材质量，包括水泥、骨料、砂等。同时，要重视混凝土外加剂的选择和使用。外加剂可以改善混凝土的性能，如增加流动性、提高强度、延长凝结时间等。在选择外加剂时，要根据工程需求和实际情况进行合理选型，并严格控制其添加量和使用方法。

通过严把材料关口，从厂家选择、进场验收到混凝土的原材及外加剂等方面进行全面把控，可以有效保障工程项目的质量和安全。这样的严格管理有助于避免材料问题导致的质量事故，提高工程的可靠性和耐久性。

(三) 施工质量控制

地铁车站的防水体系主要是混凝土自防水、接缝防水、附加防水层、辅助排水措施。从基坑开挖、主体结构施工、防水施工等方面着手，严格控制每道工序施工质量。

(1) 基坑开挖期间，做好降水施工，对围护桩大面积堵漏，采用抹面堵漏法。

(2) 首次使用的混凝土配合比要进行开盘鉴定，其原材料、稠度、凝结时间、强度等满足设计混凝土配合比要求。自粘防水卷材施工要控制好关键工序的质量，如基面处理，复杂部位的处理，卷材接头粘贴，卷材末端收口处理等。

(3) 变形缝、施工缝防与砼牢固结合，止水带处砼不出现粗骨料集中或漏振。

1. 结构自防水

混凝土浇筑前制定浇筑方案并对作业班组进行交底，浇筑过程中混凝土自由倾落高度小于2.0m，超过2m时采用水平溜槽，防止砼产生离析。侧墙混凝土浇筑模板支架要均衡受力，两侧须对称浇筑，高差不超过1m，分层厚度不大于0.5m且两层浇筑间隔时间不大于1.5h，严格控制在混凝土初凝时间内。浇筑过程中控制混凝土坍落度确保在 $180\pm 20\text{mm}$ ，振捣时间振捣棒插入下层0.1m，振捣时间不小于30s并达到三个条件结束振捣：A、砼表层开始泛浆；B、不再冒泡；C、砼表面不再下沉。在炎热季节混凝土入模前温度不大于 30°C ，冬期混

凝土入模温度不应低于 5°C 。混凝土初凝前，要提浆、压实、抹光，初凝后终凝之前进行二次压光，浇注后及时覆湿麻袋养生，养生期不少于14天。

2. 特殊部位防水

施工缝、变形缝及穿墙管等要做好细部防水处理，如做好上次混凝土面的凿毛，加强涂料防水施工工序控制，降低渗漏水概率。

(1) 为了最小化水渗透的概率，建筑结构的分段长度应控制在30米以内，且施工缝应位于承受剪切力和弯曲力最小的区域。对于墙体，避免在剪切力较大或底板与侧墙交接的位置设置水平施工缝，而应选择底板表面以上不少于300mm的位置。对于拱形或板结构，水平施工缝最好设置在拱墙或板墙的接缝线以下150-300mm的位置。若墙体设计有预留孔洞，施工缝需与孔洞边缘保持至少300mm的距离。

(2) 在浇筑水平施工缝之前，必须清除表面的浮浆和杂质，然后应用水泥基渗透结晶型防水涂料，并铺设30至50mm厚的水泥砂浆（1:1比例）。对于垂直或环向施工缝，在浇筑前也应清除表面浮浆并涂刷同样的防水涂料，随后及时进行混凝土浇筑。

(3) 在环向施工缝中，使用钢边橡胶止水带和遇水膨胀止水胶，外侧再增设600mm宽的防水加强层；而在水平施工缝中，则应使用丁基橡胶钢板腻子止水带和遇水膨胀止水胶。止水带的安装位置需要精准，且固定要可靠。

(4) 在变形缝处，除了辅助外防水层外，还需要设置三层独立的止水线，包括外贴式止水带、带有气孔的钢边橡胶止水带以及不锈钢接水槽（后者位于拱部或侧墙内侧），以便将渗水有效地引导至车站或区间的废水泵房；同时，结构内侧应涂覆密封胶。

(5) 针对不同的变形量，可选用固定式或套管式防水法。无论采用哪种方法，都应在套管（或主管）周围设置止水环以确保防水效果。

3. 辅助附加外防水层

在地铁车站防水工程中，侧墙和底板都会使用防水卷材，施工过程中要控制好搭接长度及阴阳角加强层部位。首先基面必须保持洁净、干燥；阴、阳角部位设置附加层宽度约0.5m。侧墙防水卷材铺贴采用机械固定法固定于桩表面，固定点距卷材边缘2cm处，钉距不大于50cm，垫片直径不小于2cm，避免浇筑混凝土时脱落。防水卷材搭接长度为10cm，相邻搭接时将钉孔部位覆盖住。

4. 辅助排水措施

(1) 变形缝内侧接水系统要有组织地与车站排水系统联通并排水通畅。

(2) 基坑降水系统应在整个施工过程中运转正常，保证将地下水位降至垫层下500mm以下。

(3) 为保证车站中板排水，挡水坎用钢筋混凝土

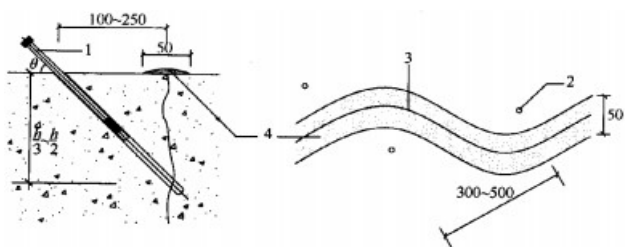
与中板一起浇筑成型，不得后浇施工。

5. 封堵治理技术

渗漏治理的施工遵循“以堵为主，堵排结合，因地制宜，多道设防，综合治理”的原则。本车站主要采用先止水在设置刚性防水层，做到标本兼治。通过深部注浆堵漏使混凝土结构抗渗能力提高，加强混凝土的密实性，采用注浆为主和表面涂刷涂料封堵相结合的方案。

治理时首先进行现场调查，主要渗漏水发生部位，现状及影响范围，对结构稳定情况及损害程度，现场作业条件，是否有降水井等，同时收集工程的技术资料。其次制定治理方案，方案实施时宜先止水或引水再在基层表面设置刚性防水层。根据现场渗漏水状况制定以下堵漏方法：

一是水压或渗漏量大的裂缝采取钻孔注浆止水，注浆孔宜交叉布置在裂缝两侧并钻孔穿过裂缝，垂直深度为混凝土结构厚度的 $1/3 \sim 1/2$ ，间距 $0.3\text{m} \sim 0.5\text{m}$ ，钻孔距裂缝位置 $0.1\text{m} \sim 0.25\text{m}$ ，注入环氧树脂灌浆材料。对于厚度不足 0.2m 的混凝土结构，应垂直裂缝钻孔，深度为结构厚度的 $1/2$ 。



钻孔注浆布置图

二是水压与渗漏量小的裂缝，先用速凝型无极防水堵漏材料快速止水，沿裂缝走向在基层表面切割出深度 $0.04 \sim 0.05\text{m}$ ，宽 0.04m 的“U”凹槽，然后在凹槽中嵌填速凝型无极防水堵漏材料止水，预留深度不小于 0.02m 的凹槽，再用水泥基渗透结构型防水材料的聚合物防水砂浆找平。

三是存在潮湿但无明显渗水的裂缝，施工方法是贴置注浆嘴，并使用环氧树脂灌浆浆材进行注浆，此种材料特别适用于湿润环境中，并能有效固化。

最后是实施刚性防水处理，在裂缝周围各 0.2m 的基底表面，首先应用一层水泥基透水结晶型防水涂层，然后覆盖上一层压实的聚合物水泥防水砂浆作为最终的防水层。

四、施工渗漏控制技术在西安地铁六号线万寿南路站的应用

(一) 防水设计标准

对于车站核心区域、进出口通道、空气流通通道以及未开挖隧道的防水要求，都被定为最高等级，即一级防水。这意味着这些结构严禁出现任何形式的水渗透，表面应保持干燥，不得有湿渍出现。另一方面，通过开

挖方法建造的连通隧道的防水等级定为二级。在这种情况下，虽然顶部严禁水渗入，整体结构也应防止水漏，但允许结构表面出现有限的湿渍。这些湿渍的总面积限制在防水面积的 $2/1000$ 以内。在任何 100m^2 的防水表面上，湿渍数量限制在不超过三处，且每个湿渍的面积不能超过 0.2m^2 。对于隧道工程的特殊要求，平均水渗量必须控制在每天每平方米不超过 0.05L 的范围内，且在任何 100m^2 的防水表面上，渗水量的标准相同。

(二) 渗漏水的控制方法

万寿南路站采用围护结构、全包柔性防水层、防水钢筋混凝土组成的三道防水防线。

(1) 围护结构采用 $\phi 1000@1500\text{mm}$ 钻孔灌注桩+ 100mm 桩间挡土墙进行止水。

(2) 全包柔性防水层：底板侧墙均采用非黑色非沥青基预铺高分子自粘胶膜防水卷材（ $\geq 1.5\text{mm}$ 厚），顶板采用 2.5mm 厚的优质单组分聚氨酯防水涂料，并设III型隔离油毡。

(3) 结构自防水：结构采用C40混凝土抗渗等级为P8；

(4) 细部构造：设置三道各自成环的止水线：外贴式止水带、中埋式止水带，拱部和边墙内侧设置接水槽，仰拱内侧设置密封胶穿墙管：采用固定式防水法和套管式防水法，套管应设置止水环，采用固定式防水法时在管外设置一圈遇水膨胀止水胶

(5) 车站与附属接口部位设置后浇带。

施工过程中，每道关键工序施工控制严格按照方案及设计实施，隐蔽前严格执行三检制度，混凝土浇筑过程中实施监理及施工员旁站监督制度，项目完工时车站关键部位渗漏水现象得到了极大的提高。

五、结论

通过对地铁车站主体结构施工渗漏水问题的分析和探讨可以看出，这一问题的解决涉及多方面的因素，需要综合运用各种控制技术。只有在防水材料选择、施工工艺和质量控制等方面全面把关，才能有效降低地铁车站主体结构施工渗漏水的风险，保障地铁车站的安全运营。未来，需要不断探索创新，提升技术水平，为地铁车站的建设和运营提供更加可靠的保障。

参考文献

- [1] 黄良冰. 地铁暗挖车站主体结构渗漏水有效防治技术[J]. 国防交通工程与技术, 2023, 21(02): 77-80.
- [2] 董文武. 地铁车站主体结构渗漏水处理施工技术[J]. 工程机械与维修, 2023, (02): 115-117.
- [3] 张永琛. 探析地铁车站主体结构施工渗漏水的控制技术[J]. 科学技术创新, 2020, (24): 154-155.
- [4] 何振华. 地铁车站主体结构施工渗漏水的控制技术[J]. 山西建筑, 2013, 39(07): 95-96.