浅析轨道交通工程地下车站结构防水的质量控制

Analysis on Quality Control of Structural Waterproofing of Underground Stations in Rail Transit Engineering

武智

Zhi Wu

上海斯美科汇建设工程咨询有限公司
中国·上海 200000
Shanghai Simeikehui Construction Engineering
Consulting Co., Ltd.,
Shanghai, 200000, China

【摘要】随着中国城市化发展进程的加快,城市规模的不断扩大,为改善市民出行的机动性便利性,提升城市的品质,各主要城市掀起了建设轨道交通的热潮,以满足日益增长的城市交通需求。论文结合中国合肥地铁4号线站点施工中的主要技术控制要求点进行阐述,在工程实践的基础上,为监理工作的开展提供切实可行的经验,仅供参考。

【Abstract】With the acceleration of urbanization and the continuous expansion of city scale in China, the construction of Rail Transit has become a hot issue in major cities in order to improve the mobility of citizens and enhance the quality of cities to meet the growing demand for urban transportation. Based on the engineering practice, the paper provides the practical experience for the supervision work in the construction of Hefei Metro line 4 Station for reference.

【关键词】轨道交通;地下车站;结构防水;质量控制

【Keywords】rail transit; underground station; structural waterproofing; quality control

【DOI】10.36012/etr.v2i1.971

1 工程概况

中国合肥市轨道交通4号线4标土建施工总承包工程的承建范围是5个车站4个区间,总长约8公里,车站形式为两层双跨或三层三跨钢筋混凝土箱型框架结构。结构防水体系有钢筋混凝土结构自防水、附加防水层(即外包防水层)、接缝防水、辅助排水措施(有排水要求的部位)。结构自防水混凝土强度等级为C35,抗渗等级为P8;外包防水层,根据结构部位选用不同厚度的预铺式沥青基聚酯胎防水卷材;接缝防水主要包括施工缝、变形缝、穿墙管、后浇带及各型接头的接缝;辅助排水措施主要采用排水槽进行有组织排水并引入轨行区两侧设置的排水沟内,辅助排水措施主要使用部位为诱导缝、车间与区间交接处^[1]。

2 地下车站结构防水质量控制的意义

随着施工技术的不断发展进步及逐渐成熟,轨道交通地下车站结构防水在设计、施工、监理的过程中,各个环节都必须进行严格的质量控制。轨道交通地下车站结构防水对于地下车站结构的耐久性、稳固性及安全性起着至关重要的作用,如果地下车站长期出现渗水、漏水的情况,轻则影响车站的观感及使用寿命,重则影响结构的使用安全,甚至会造成重大的经济损失和社会损失^[1]。

为了确保轨道交通地下结构的质量,必须从设计、施工、监理等各个角度全面完善轨道交通地下车站结构防水工程管理工作。实践表明,只有科学合理的防水设计和各种结构防水质量控制措施的有效运用,才能达到预期的防水效果,才能确保轨道交通地下车站结构的耐久性、稳定性和安全性。同时,能有效地节约运营间的维护费用,相应地提高经济效益和社会效益。

3 轨道交通工程地下车站结构防水设计

3.1 防水设计的原则

防水结构是根据工程地质和水文地质条件、车站结构特点、施工工艺、运营管理要求等因素进行设计,遵循“以防为主、刚柔结合、多道设防、因地制宜、综合治理”的原则^[1]。

3.2 防水设计的标准等级

轨道交通工程为百年工程,防水等级为一级,要求不得渗漏,结构表面无湿渍。结构自防水在裂缝控制方面要求裂缝宽度迎水面小于0.2mm,背水面小于0.3mm,且不得有贯穿裂缝;结构自防水抗渗等级根据结构埋深0~20m不低于P8,20~30m时不低于P10,不小于30m时不低于P12。外包防水:底板、侧墙采用4mm沥青基聚酯胎防水卷材;顶板采用高渗透性环氧树脂防水底涂加2.5mm厚单组分聚氨酯防水涂料。接缝处理采用钢卷边橡胶防水止水带,部分部位采用膨胀

橡胶止水条。

3.3 防水设计的其他技术要求

因车站长度较长,为减小因混凝土收缩徐变产生裂缝导致渗漏水现象的发生,设计时增加了后浇带,后浇带采用补偿收缩膨胀混凝土,以增强结构自防水的性能。为增加接缝防水的性能,特殊部位施工缝、车站与盾构隧道永久收口处全断面均增加了后注浆方式的技术措施进行处理。接缝表面施涂 1.5kg/m^2 水泥基渗透结晶防水涂料。

4 轨道交通车站结构防水主要施工措施

设计防水等级虽为一级,但如果施工措施不到位或方法不当,车站结构防水效果将大打折扣,可能会出现渗漏水情况,从而影响车站的稳固性、耐久性及安全性。因此,相关部门需重视结构防水各项施工技术的落实工作。下面主要从外包防水、结构自防水、接缝防水、有组织排水及其他防水技术方面进行阐述。

4.1 轨道交通车站结构外包防水

外包防水主要工艺有基层处理、防水层的铺贴、防水层的保护、防水层的细部处理等方面。

4.1.1 基层的处理措施

基层主要有水平基层和竖向基层两种类型。水平基层主要有底板底部防水层基层处理措施、顶板结构顶面基层处理措施;竖向基层面主要是围护结构外面层的处理。

防水层铺贴前,基层应做到有足够的强度、表面平整光洁、干燥无明水、无凹凸不平、无钢筋等突出物等。基层的主要处理措施有:①基层表面凹坑部位需采用1:2.5的水泥砂浆进行修补;②基层表面凸出部位出现表面疏松、起皮、起砂等情况时,应凿除并用1:2.5的水泥砂浆进行修补;③基层修补完成后需加强养护,以保障基层的强度发展环境;④平面有高差处,应用水泥砂进行顺坡处理,做到平滑顺接;⑤垂直平面基层转角处的阴阳角部位均需进行倒角处理,做直小圆角,小圆角半径不小于5mm;⑥围护结构锚喷表面较粗糙且局部会出现松散现象,需在喷射混凝土完成后用铁抹子抹平压实,或表面用水泥砂进行找平处理;⑦围护结构上的渗水点需进行封堵处理;⑧围护结构表面如出现无法封堵的漏水点时,需在漏水点处理设排水软管,并进行引排处理;⑨顶板结构需在混凝土浇筑时采用电动磨光机进行收光,这样可保障面层的密实性、平整度、光洁度。

4.1.2 外包防水的施工工艺要求

外包防水主要包括卷材防水与顶板涂料防水两类。防水卷材在轨道交通车站工程中主要应用于底板与侧墙部位;防

水涂料主要用于结构顶板。在卷材铺贴前需做好技术准备、组织准备、物资设备准备工作,铺贴过程中要严格按照施工工艺要求进行施工,铺贴完成后还需做好成品保护工作。

技术准备主要做好下列各项工作:施工方案的编制报审、原材料的试验检测、技术交底、基层的验收、铺贴基准线的放线工作、样板施工及总结。组织准备工作主要为技术员、施工员、作业人员等各类人员的准备,人是防水结构施工成败最重要的因素,故参与管理及作业的人员必有丰富的工程施工经验。物资设备必须能满足防水工程施工的需求。人员、设备、材料等各种要素资源必须匹配,只有这样才能将技术措施、设计要求变成完美的实体。

各种准备工作完成后即可转入全面施工,施工应选在晴好的天气条件下施工,基面禁止有明显的水迹,渗漏水的点位处理效果满足铺贴要求。卷材铺贴应做到表面平整、与基面结合严密、接口处理及搭接处密合、预埋件等细部结合严密、无空鼓、不翘边、无褶皱。要达到上述效果需采取的主要技术措施有:①根据卷材规格在基面上进行排板放样,按照施放的基线带线作业,这样可做到接缝线条顺直优美;②大面积铺贴时需胶辊反复挤压,将基面与卷材间的空气挤出;③搭接处搭接宽度不小于10cm,接头处用橡胶锤敲实或胶辊挤压,挤压时由大面向接缝方向行进,这样可把空气赶出,从而保证搭接处接合严密,不出现开口、翘边、空鼓现象;④平立面交接处由平面向立面推进,铺贴立面卷材时需平面角部采取压重临时固定措施;⑤立面卷材铺贴时,采用水泥钉加垫片固定,固定点用耐候性防水胶进行密封处理;⑥立面铺贴接头粘接时,需采用方木压加斜支撑的方式进行临时固定,待粘贴密实不易脱落时取消,而后采用铁钉在每一幅的水平接头处固定;⑦立面铺贴时应用胶辊反复挤压,排除接合面的空气且与基面粘贴牢固;⑧温度低于 10°C 时或接头效果不良时,接缝范围内的胶粘层可进行加热处理增强胶粘性,但严禁热熔粘接(为了保证卷材的耐久性,热熔后卷材会局部结构会受到破坏);⑨所有甩搓需搭接部位的保护膜在进行搭接前严禁提前撕去,卷材表面的保护膜应在下道工序施工前撕去,以避免卷材长期暴露;⑩卷材表面受外力受损时需进行修补,底板卷材保护层混凝土施工前需铺一层沥青油毡保护防水卷材。

顶板施工聚氨酯防水涂料时采用涂刷法,涂膜防水层应涂刷均匀,厚度偏差不宜过大,做到厚薄一致;涂膜不得出现露底、开裂、脱皮、鼓泡、皱皮、孔洞等质量缺陷;大面积施工前需对基面裂缝先进行涂刷一遍防水涂料,以增强该处防水能力;应根据气温的变化对防水涂料的配方进行调整,以适应不同温度下的成膜速度和质量。

4.2 轨道交通车站结构自防水

在轨道交通车站结构防水中一般用抗渗等级较高的防渗钢筋混凝土,自防水结构能有效地从建筑整体结构内部控制防渗漏问题。要达到预期的防水效果,混凝土结构实体质量的控制是关键,因此,要对混凝土的裂缝、麻面、蜂窝、空洞、漏筋、缺棱掉角、夹层等质量通病提前制定防治措施。其中,裂缝这一质量通病对防水混凝土的质量危害极大。为此,必须对混凝土的原材料、配合比、拌制、运输、浇筑、养护等全过程进行控制。

4.2.1 混凝土原材料

①水泥宜选用硅酸盐水泥或普通硅酸盐水泥,水泥的比表面积应在 $300\sim 350\text{m}^2/\text{kg}$,严禁使用温度大于 60°C 的水泥,水泥储存期超过三个月应按复试后的结果使用。②骨料。细骨料宜选用中砂,细度模数宜大于 2.3,含泥量不应大于 2%,泥块含量不应大于 0.5%,云母、轻物质含量各小于 0.5%,不宜使用细砂,否则易造成混凝土表面水泥浆过厚,不得使用海砂、山砂及风化严重的多孔砂;粗骨料宜选用粒径 $5\sim 25\text{mm}$ 粒形良好质地坚固的连续级配的洁净碎石,含泥量应小于 1%,针片状含量不得大于 10%;采用非碱活性骨料,碱含量控制在 $3\text{kg}/\text{m}^3$ 以内,粗、细骨料氯离子含量均不大于 0.02%。③外加剂。外加剂的品种及掺量必须根据混凝土性能的要求、施工气候条件、混凝土所采用的原材料、配合比及对水泥的适用性等因素经试验确定,膨胀剂不允许使用复合型。④掺和量。粉煤灰的级别不应低于 II 级,严禁使用 C 类和 II 级以下的粉煤灰;矿渣掺合料比表面积应小于 $450\text{m}^2/\text{kg}$ 。⑤搅拌用水。原材料引入氯离子含量不应超过胶凝材料总重量的 0.06%,混凝土总碱含量应符合有关标准的规定。

4.2.2 配合比控制

①混凝土试配强度应提高一个等级进行配制。混凝土拌合物入泵的坍落度宜控制在 $140\text{mm}\pm 20\text{mm}$,结构断面较小、钢筋较密时坍落度宜控制在 $180\text{mm}\pm 20\text{mm}$ 。根据配合比的要求,混凝土进场后,监理工程师检查其和易性、工作性能,不得存在泌水、离析、分层现象,见证检测坍落度,一旦发现异常情况,立即给予退场处理。②水灰比不宜过大。水灰比不宜大于 0.50,在保证混凝土强度的前提下,尽量减少水泥用量,也可以掺加活性物质代替部分水泥用量。③电通量。地铁运营期间会产生静电,除采取防迷流措施之外,为提高混凝土的耐久性,本工程要求车站主体结构与水土直接接触的混凝土的耐侵蚀系数不应小于 0.8,混凝土 56d 电通量应小于 1200,若过高则容易引起化学腐蚀。④砂率宜控制在 38%~42%。

4.2.3 混凝土的搅拌运输

①掺合料、外加剂、水泥及骨料要一起投入搅拌机,既可

采用一次投料方式,也可采用二次投料方式;②搅拌时间应比普通混凝土延长 10s,搅拌时间不得少于 30s,具体时间以检测的坍落度满足配合比要求为原则来确定;③搅拌设备采用强制式搅拌机;④搅拌站计量系统标定误差需满足规范要求,且要对计量结果进行核查;⑤搅拌站混凝土出厂前需进行坍落度检测,检测符合配合比要求方可允许出场;⑥混凝土运输时需采取适当的保温隔热措施,防止夏季混凝土吸热升温过快和冬季混凝土散热过快及受冻;⑦运输期间需保持不间断地慢速搅拌,保证混凝土不产生离析、泌水,保证规定的坍落度、和易性、工作性能满足浇筑和振捣的要求;⑧运输线路路径要短,以缩短运输时间。同时,浇筑时间应避免交通高峰时段。

4.2.4 混凝土浇筑

①浇筑前必须对模板的稳固性、强度、拼缝的严密性等进行确认检查,检查确认支架体系是否按审批的方案实施。②混凝土施工前必须了解掌握天气变化,并尽量避开恶劣气候的影响。遇大雨、大雪、极端异常天气,若无良好的防护措施,就会影响混凝土质量。③新旧混凝土接合处需用同配比的砂将进行处理。④混凝土浇筑过程中,应对混凝土的坍落度、和易性、稠度等工作性能进行查验并做好记录工作,结果不合格则进行退场处理,严禁现场加水拌和;还要对进场混凝土出厂合格证进行核验,查验强度、配合比等技术指标是否符合本次浇筑要求。⑤混凝土必须采用机械振捣密实,振捣时间宜为 10~30s,以混凝土开始泛浆不冒气泡为准,并应避免漏振、欠振和超振;掺引气剂或引气型减水剂时,应采用高频插入式振捣器振捣。⑥浇筑时应分层分段连续浇筑,分层分段浇筑时层间间隔时间必须控制在混凝土初凝时间内,防止产生冷缝。⑦振捣时需进行反插复振,这样可增加混凝土的密实性,减少欠振、露振现象的发生。

4.2.5 养护控制措施

①根据季节、混凝土结构部位选用科学合理的养护方式:底板、中板、顶板使用覆盖保湿的养护方式,侧墙需用不间断的洒水养护或表面喷洒养生液的方式养护。②为提高顶板抗渗性能,顶板宜采用蓄水养护。③为让水泥充分水化,加速混凝土的硬化,混凝土浇筑完毕后的 12h 内加以覆盖并保温保湿养护,保持混凝土表面湿度,避免因高温、雨淋、干燥、寒冷引起混凝土过度收缩导致裂缝现象;养护周期不少于 14d;养护期间每天要检查养护效果,如发现局部养护不到位应及时采取措施。④冬季施工时板面采用薄膜加盖保温层的覆盖养生方式,这样可达到保温保湿的效果。⑤当日平均气温低于 5°C ,不得浇水养护。

4.2.6 其他控制措施

①混凝土浇筑入模温度控制夏季不宜大于 30℃,冬季不低于 5℃,尽量避开高温时段浇筑混凝土,尽量选择夜间施工。②混凝土的内外温差不得大于 25℃,表面温度与大气温度的温差不得大于 20℃。③冬季需采取保温措施,控制混凝土浇筑体的降温速率不大于 2℃/d。④加强施工中温度控制,并且由专人负责测温作业管理,监督督促落实。⑤高温季节施工时,水温不宜大于 20℃。⑥防水混凝土内部设置各种钢筋或绑扎铁丝,不得接触模板,严格控制混凝土结构的保护层厚度。⑦混凝土浇筑前需严格落实验收程序,对模板、钢筋、支架、预留预埋等工程进行综合验收,各项保障、应急措施需落实到位。

4.3 轨道交通地下结构细部防水措施

地下结构细部防水主要包含施工缝、诱导缝、伸缩缝、沉降缝、穿墙预埋等部位的防水,这些部位为防水的薄弱环节和控制的重点、难点。本工程细部防水主要采用的防水材料有钢边橡胶防水材料、遇水膨胀型橡胶止水条、水泥渗透型防水涂料,要根据材料性能做好这些部位的防水工作需采取如下一些技术措施。①钢边橡胶止水带安装固定:先用钢筋加工成 U 型卡进行固定,然后用分布钢筋将 U 型卡绑扎成 U 型钢筋网片,最后利用钢筋将 U 型卡钢筋与主筋进行焊接固定,这样止水带就能固定牢固不易出现移位现象。②接头处理。橡胶部分采用耐候性胶粘剂粘接,钢边进行焊接,应保证不能出现漏焊的现象;焊接时要保护好橡胶部分不受损伤;“十”字接头处采用厂家加工的专用十字接头。③接缝处新旧混凝土界面的处理:先浇筑的混凝土表面应凿至新鲜混凝土且需将表面残留的模板、塞缝用材料彻底清理干净并用清水对表面进行冲洗。④诱导缝处顶板、侧墙应按要求安装接水盒,接水两侧需做好密封处理。⑤止水带的保护:不得随意用铁丝、铁钉穿孔固定,钢边焊接时不得灼伤橡胶部分,如因受外力作用致使止水带受损时应进行修补。⑥接缝处外侧需增加附加止水带,增强该部位的防能力,粘贴时需涂胶粘剂赶压铺贴。⑦伸缩、沉降等缝间需注浆处理部位环向注浆孔需均匀布设,注浆时从结构的最低处先行注浆,根据溢浆孔出浆情况由两侧对称向上逐步至顶部不断注浆,这样可将环向空腔内的空气排除;注浆材料根据设计要求选定。⑧穿墙、板处的套管需加焊止水环,止水环需与套管满焊,等套管内管线安装完成后在套管内用沥青胶结材料进行封堵。

5 监理在防水工程质量控制中的作用

为加强地下结构防水工程质量控制,除了将上述的技术

措施落实外,还应加强组织管理控制工作。首先,施工单位的自控体系应运转良好,将试验检测、交底、“三检”等各项质量管控制度执行到位,充分发挥施工施工单位质量控制的主观能动性;其次,还要发挥监理在施工全过程的监管作用。监理在地下结构防水质量控制中主应做好以下各项工作:①督促施工单位编制地下结构防水工程专项施工方案的编制工作,并对上报的方案进行审批;参与施工单位的技术交底工作,对于新材料、新工艺督促施工单位做好教育培训工作。②监理由同施工方、第三方检测单位共同对防水材料进行见证取样、送检,同时,应做好取样材料的封样工作。③做好过程控制管理工作。在施工单位施工期间要加强巡视检查工作,对于过程中发现的问题或质量缺陷及时通知施工方落实整改;对于重点部位、关键工序进行全过程旁站监理,在旁站监理时要求施工单位严格按工艺要求组织施工。④做好首件验收工作。本工程施行首件验收制,目的是通过首件质量控制情况检验施工班组的技能、施工工艺的可行性、施工单位质量控制水平等方面是否满足本工程质量控制标准的要求,为此监理要对首件施工的全过程进行监督管理。⑤做好工序验收工作,严格落实验收程序。严格按验收规范及图纸要求进行验收,既要进行实测实量,也要对观感质量进行验收。⑥做好监理工作总结。主要从施工准备、人员组织、技术措施、工艺要求、资源配置、工况条件、组织管理、计划、过程控制等方面进行总结,通过总结不断地改进工作方法、提高工作技能、提高监理管理水平。

6 结语

由于轨道交通工程所处地质条件、水文条件、区域条件、工况条件等环境的复杂性及差异,这就要求人们针对不同的环境采取不同的防水措施,既要发挥已总结的工程施工、管理经验,又要不断改进和创新,结合科学的防水理念和先进的防水材料的运用,利用新技术、新工艺不断地提高轨道交通地下结构的防水性能,充分发挥轨道交通工程在城市发展中的积极作用。

参考文献

- [1]耿利军.北京地铁 16 号线 PBA 法地下车站防水设计与施工技术探讨[J].中国建筑防水,2018(16):8-11.
- [2]陈斌.宁波轨道交通 2 号线一期工程防水设计与优化探讨[J].中国建筑防水,2017(10):119-124.
- [3]时世跃,孙艳茹.地铁施工中地下车站防水施工技术探究[J].中国住宅设施,2016(1):214-217.