

# 海相沉积、富水地层地质条件下地铁施工防水技术探讨

孙德志

中铁投资集团有限公司

**摘要：**海相沉积地层中地下水丰富，因此对地下水治理及保护的工作是整个防水工程中最为重要的环节，本文结合工程实例，详细分析了地铁结构防水易失效的因素，以防水易失效的因素为基础，提出在海相沉积、富水地层明挖地铁结构防水施工技术要点，并重点对海相沉积地质条件下地铁车站各特殊部位防水措施以及地铁车站防水工程的验收等内容进行了探讨。

**关键词：**防水施工技术；地铁车站；海相沉积；富水地层

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2022.16.068

## 一、工程概况

该工程位于天津市，地铁车站结构由地下两层组成，车站埋深约12~15m，主体结构总长250m。车站主体基坑围护结构采用地连墙+内支撑形式，地连墙宽800mm，深度31~34m，接头为锁口管形式，基坑开挖深度16.572m~18.835m。根据《建筑防水设计规范》（GB50015-2013）4.2.11条规定“建筑的主要承重结构包括房屋及其墙体、屋顶和基础等主要承重构件”、5.3.4条“建筑物的基础和柱”中明确指出：基础是指建筑物的地平面外或内圈直接承受上部荷载作用的结构部分。该工程车站主体结构采用明挖法施工，地下连续墙为钢筋混凝土墙及内支撑，该工程防水等级为二

级。

该工程段地质条件为第I陆相层（第四系全新统上组河床~河漫滩相沉积Q/43/a1）；第I海相层（第四系全新统中组浅海相沉积Q/42/m）；第II陆相层（第四系全新统下组沼泽相沉积Q/41/h）；第III陆相层（第四系上更新统五组河床~河漫滩相沉积Q/3e/a1）；第II海相层（第四系上更新统四组滨海~潮汐带相沉积Q/3d/mc）；第III海相层（第四系上更新统二组浅海~滨海相沉积Q/3b/m）。

海相沉积、富水地层与其他地层的不同：含水量较大、分布不均、氯离子含量高，地基承载力差等特点。

针对现场地质条件和地铁车站验收的要求，工程进行了防水专项设计、针对设计采取了针对性措施。

## 二、车站防水设计

车站结构防水设计遵循“以防为主、刚柔结合、多道防线”的原则，以自身结构性能防水为基础，重点加强特殊部位防水，再补充额外的防水材料提升结构的防水能力，从而达到防水设计等级2级，防水体系具体实施方法见表1。

### （一）结构自防水

结构自防水从围护结构到主体结构均采用有抗渗要求的C35P8、C45P8混凝土，围护结构为厚度800mm地下连续墙，垂直允许偏差不大于3%，施工时严格控制接

表1 地铁车站结构防水体系

|      |         |  |
|------|---------|--|
| 防水体系 | 结构自防水   | 将防水卷材预先铺在地面上，用沥青麻刀将防水层与钢筋混凝土地面接触部分刮平，铺好卷材后铺设防水层，并对卷材表面进行压实，最终保证自身结构抗渗等级不小于P8。  |
|      | 防水材料    | 防水材料应符合设计要求，不得有“鼓包”、“气泡”及“裂纹”现象，如不合格，必须重新拌制，达到标准后方可使用。施工过程中应控制以下几个关键点：涂膜防水材料应充分振捣，防水材料表面不得有裂纹或鼓包现象；涂膜防水涂料须满涂，不得出现漏涂、透层现象。防水砂浆的配合比必须按设计要求进行拌制。  |
|      | 接缝和节点防水 | 防水卷材与防水层结合处、变形缝，穿墙管，墙与地面交接处，屋面防水层及其接缝处等部位均应进行重点施工控制。防水施工缝（或结构缝）与防水层之间的填充和嵌固是实现防水功能的重要环节，施工过程中应注意保证缝隙填嵌严密、平整，同时保证缝隙间填嵌密封材料的厚度符合设计要求。对于防水层施工缝处（或结构缝处），让其宽度与防水卷材宽度相同，为200-250 mm。防水施工缝采用结构型（柔性）涂料做保护层、防水层与混凝土界面处理。当防水施工缝长度较长时，采用分格缝方式进行连接。对于铺设密封材料的部位如：伸缩缝、人孔、通风井、排风管口等位置采取封闭措施或填充防水材料进行处理。对于铺贴防水卷材的接缝，采取适当措施减少其接缝面积（不大于5 mm）并避免产生较大裂缝和变形量；对铺贴接缝处（含伸缩缝）的密封材料，其厚度和尺寸应符合设计要求；对于搭接缝铺贴部位，搭接长度应符合设计参数。 |

头质量,减少接缝漏水,在接缝处采用结构厚度400mm的防水混凝土,底板采用300mm厚的C25垫层,其中防水混凝土的配合比和拌合要求,需满足混凝土和易性和强度等级的要求以外,还需满足混凝土密实性、抗渗透性和抗裂性能的要求,并且与土体的接触面裂缝宽度不能超过0.2mm,背土面不能超过0.3mm。

### (二) 外包防水设计

采用全包防水,用丙纶橡胶复合改性沥青防水卷材做防渗结构层,采用丙纶(聚酰胺)+丁苯(或丙烯-丁酯)+丙纶长丝进行改性后作为防水层;用橡胶沥青油毡和高分子自粘防水胶做保护层、防水层,并对铺贴部位进行处理。

底板、侧墙施工时采用高分子自粘胶膜防水卷材,主材厚1.5mm,材料执行标准GB/T 23457-2017。顶板改性沥青防水卷材厚度4mm,聚酯胎厚1.2mm,自粘聚合物改性沥青厚2×1.4mm,配置使用原生橡胶作为掺和物。非固化橡胶沥青涂料厚2mm,用量不小于2.5kg/m<sup>2</sup>。

侧墙、底板施工时采用预埋反粘法施工;混凝土表面不允许有裂缝和蜂窝麻面及缩孔现象,混凝土表面及水泥砂浆保护层表面应平整,不应有积水、露筋现象并保证砂浆饱满牢固;防水材料铺设后要严格按照施工规范要求施工和养护,并应注意防止材料受冻或受潮;铺贴接缝部位要注意不允许产生裂缝,接缝两侧的接头应错开,并保证接缝处的严密。防水层完工后,按规定进行验收。

侧墙卷材施工时,为使防水卷材张贴完整、平顺,在施工时要进行固定,对于固定位置处,也要对其进行覆盖;混凝土浇筑时,要严格按照施工方案要求进行且不得损伤防水层。结构底板垫层混凝土部位的卷材可采用空铺法点粘法施工,铺贴卷材前,应在基层上洒水润湿,使卷材表面湿润;铺贴施工后,应将基层清理干净;铺贴时,上下搭接处不得出现漏涂现象;涂刷施工时,要严格按照施工规范要求施工及养护。卷材搭接长度不小于150mm,且搭接接头不宜大于2个接头;防水涂料的涂刷施工完毕后应立即进行养护,时间不小于7d;铺贴卷材前先用吸尘器将基层上多余的浮土、浮灰等杂物清除干净;铺贴过程中,如有接缝应错开。

顶板聚合物改性沥青防水卷材铺设时基层表面要平整、干净,无油污等污物;基层有无空鼓,不允许出现裂缝;阴阳角要水平垂直,偏差≤1mm;附加层表面必须平整干净,不得有裂缝;附加层和底层要密实不漏灰,无明显离析缺陷。所有节点部位要按设计要求做防水层和附加层;防水卷材的搭接宽度为150mm,不符合设计要求的防水卷材宜采取加强措施;有条件时,用压力注浆方法封堵裂缝。喷涂非固化橡胶沥青涂料时可一次成型,并及时覆盖防水卷材。

### (三) 接缝和节点防水

接缝和节点防水主要由中埋式止水带、钢板橡胶(丁基橡胶)腻子止水带、防水加强层、遇水膨胀止水条、预埋注浆管组成,辅以单租风聚氨酯密封胶封口,变形缝位置增加外贴式止水带、接水槽、衬垫板等。

当混凝土厚度大于15mm时要设置伸缩缝,采用柔性橡胶沥青胶泥材料进行粘贴处理;当混凝土厚度小于15mm时采用嵌缝密封处理。接缝止水带选用柔性橡胶沥青黏结胶泥材料。伸缩缝设计宽度为20~30mm。止水带按要求采用弹性体沥青止水带,并设置横向水平接缝以保证伸缩间隙的连续和密封。在伸缩缝位置设置伸缩调节阀以控制施工过程中的伸缩,避免裂缝扩大或撕裂防水卷材及接缝材料。

### 三、易造成防水失效因素

防水工程质量控制是地铁施工中的一项复杂的系统工程,防水失效因素可从围护结构开始分析,分为三大类。

#### (一) 结构自防水失效

结构自防水失效可为要因之一,本工程地下连续墙采用的锁口管接头工艺拥有成本低可循环使用的优点,但对于地连墙接头施工质量要求较高,围护结构渗漏多发生于接缝处,地连墙施工中垂直度超限、接头刷壁次数不足或不刷壁,导致结构自防水失效。主体结构施工中往往存在混凝土浇筑时间存在不一致现象,先浇筑的混凝土已发生收缩变形,之后浇筑的混凝土会受到先浇筑混凝土的应力,这样会在混凝土表面产生裂缝;另一方面,由于地基承载力或结构重力等因素的影响,基础不均匀沉降也会使结构产生裂缝;同时,大面积混凝土浇筑放热产生内外温差,从而导致产生温缩裂缝,结合海相沉积地层中地下水丰富且多含有高碱性,助长裂隙发育,最终导致结构自防水失效。

#### (二) 结构缝渗漏

施工缝的渗漏水,一般是施工质量控制不严格导致,一是施工时施工缝位置夹杂其他杂质,凿除不干净;二是施工缝处的止水装置被破坏,止水条或止水带安装不符合要求,粘贴不牢固,遇水膨胀条在浇筑前受水浸泡先行膨胀,无法起到关键作用;三是变形缝处止水带未按设计要求安装,止水带不顺直,安装固定时被洞穿,部分或全部失去防水效果。

#### (三) 外包防水失效

大部分情况为施工质量控制不严格导致,一是防水卷材张贴不完整,或者搭接长度不够,在接缝处未按设计要求进行特殊处理;二是顶板、底板、侧墙等结构未做砂浆找平层,或保护层厚度不符合设计要求,基面不平整导致防水材料张贴不平整;三是在潮湿环境下施工,导致防水卷材粘贴不牢固,且没有采取有效的措施

来避免产生卷材下滑移动的现象；四是防水层施工完毕后未做好保护工作，而进行其他施工工序时对防水卷材产生破坏，甚至产生漏洞等问题，而施工单位对此现象未进行及时的修补，这些现象最终导致外包防水失效。

#### 四、施工过程控制要点

##### （一）地下连续墙施工要点

加强地连墙垂直度控制，控制成槽质量，确定首开、闭合幅，控制接头放置时间，加强刷壁质量。挖槽过程中派专人控制槽内泥浆液面高度，液面下降及时补浆，还应保持导墙顶面以下300mm~500mm；为保证泥浆护壁效果，需选择适合地质条件的泥浆；浇筑过程连续不中断，避免形成冷缝。

##### （二）外包防水卷材施工要点

###### 1. 基面处理

控制找平层施工质量，表面坚实、干燥，无酥松、掉灰、空鼓、裂缝等，将垫层混凝土表面和地连墙表面清理干净、无明水。所有阴角部位采用1:2.5的水泥砂浆做成50mm×50mm的倒角。

###### 2. 卷材材料选择

①卷材的性能要求应符合 GB/T50323 《石油沥青工程塑料卷材》，要求沥青的高温抗裂性、低温抗冻性、抗老化性等指标必须符合相应标准的规定②应选用无毒、无味、无污染的防水卷材，避免含有铅（Pb）、汞（Hg）等有害物质；③应选用耐老化性能好且具有良好弹性效果的沥青卷材。

###### 3. 卷材铺设

①卷材表面无明显翘边；②每层屋面卷材厚度不大于200 mm；③卷材之间要粘接牢固；④卷材接缝处应严密、平整，不允许出现漏涂和鼓包；⑤采用沥青油毡和橡胶油毡的卷材搭接长度不小于150 mm；⑥底板范围的防水层采用预铺法施工，在防水层上直接施作底板结构，防水层需采取严格的保护措施；施工时底板钢筋笼的采用圆角垫块，确保不破坏防水层。

###### 4. 涂料施工

①非固化橡胶沥青防水涂料厚度2mm，用量不小于2.5kg/m<sup>2</sup>。接槎宽度不小于100mm；②涂刷非固化橡胶沥青涂料时一次成型，并及时覆盖防水卷材。涂料厚度检测采用针测法；③在恶劣天气条件下，例如大风、大雨、高温、低温天气条件下，不进行涂料防水层施工；④在涂刷时，涂刷位置如果存在接缝等特殊部位时，要先进性粉刷，然后在进行其他部位粉刷，粉刷多次并保证各位置、各部位粉刷层厚度均匀，满足设计规范的要求，涂刷完成后搭设帐篷进行遮盖，保护涂层不受损坏；⑤顶板防水层采用C20细石混凝土保护，保护层厚80mm。防水层与保护层之间设置隔离层。在施工过程中，要加强施工质量控制，派专人盯控保护层施工工

作，提高工程质量，避免发生防水层破坏和保护层开裂的问题影响防水效果。

#### （三）结构缝施工要点

##### 1. 施工缝

①施工缝选用钢板橡胶（丁基橡胶）腻子止水带；②防水卷材加强层：与防水层相同材料，宽度500mm，骑缝布置；③为预防后期渗漏，提前预埋注浆管，注浆管选用橡胶材质注浆管，注浆导管采用PVC软管，注浆材料选用超早强自流平水泥浆。根据渗漏情况，注浆时在主体结构施工完成后两个月开始注浆，在装修施工前完成；④清理垂直施工缝和纵向水平施工缝表面，粉刷界面处理剂或防水材料，以保证防水要求。

##### 2. 变形缝施工要点

①变形缝部位铺设防水加强层，加强层骑缝两侧等宽设置，材料同防水层，加强层宽度为1000mm；②变形缝内的止水材料安装位置要准确，符合设计规范要求；③伸缩缝、变形缝处要先在变形缝附近用水泥砂浆做一道防水层进行封闭。防水施工完成后，待基层干燥后方可进行附加层与保护层施工；④附加层表面应平整、无孔洞。保护层应用细石混凝土做一道防水层。节点部位的防水处理应根据具体情况，采用不同的施工方法和质量控制措施，节点处的防水层应设在结构外或墙体上，并要有一定的坡度；⑤对嵌缝材料性能要严格把关，其需要具有良好的防渗性能、高韧性性能，并且与接缝处粘连效果要好，不易老化；⑥防水施工完成后，应对节点部位进行全面检查，发现问题及时处理。

#### 五、结论

海相沉积地质条件下地下车站防水技术要求较高，防水施工质量关系后期运营，对此必须要引起高度的重视。通过加强过程管控，严格落实相关措施，车站防水效果才会整体变好。本文以实际的工程实例，指出地铁施工结构防水失效的因素，并结合工程实际情况，对结构防水易失效的问题和部位提出积极有效的技术措施，以供各技术人员参考。采取本文推荐的防水技术措施可降低地铁运营期内发生结构漏水渗水现象的概率，对以后地铁正常运营打下基础，也为我国地铁防水施工做出贡献。

#### 参考文献

- [1] 燕添羽. 富水地层地铁车站防水堵漏施工技术探讨[J]. 智能城市, 2020, 6(13): 2.
- [2] 李纪仁. 不同富水地层的地铁车站防水施工技术[J]. 建筑建材装饰, 2018, 000(012): 87.
- [3] 贺望宇. 富水圆砾地层条件下盾构小净距立体下穿既有地铁线路施工技术[J]. 四川建筑, 2020, 40(6): 3.