

地下工程防水抗渗施工技术研究

戴国钧

上海益宇建设集团有限公司，上海 200439

DOI:10.61369/ERA.2026060010

摘 要： 地下工程防水抗渗性能直接影响到结构安全、使用功能以及工程耐久性。针对当前地下工程在高水位条件下易发生的渗漏、节点构造复杂、防水体系协同不足等情况，本文系统的分析防水抗渗对结构稳定性、功能完整性，在总结常见防水失效的原因基础上，重点的探讨了弹性体改性沥青防水卷材、结构自防水混凝土及关键节点多道设防等施工技术。结合嘉定新城马陆社区学校地下工程的实例，对桩头、施工缝、后浇带及高水位抗浮等复杂工况下的防水构造进行针对性分析，为类似地下工程防水抗渗的施工提供技术参考。

关 键 词： 地下工程；防水抗渗；施工技术

Research on Waterproof and Anti-Permeability Construction Techniques for Underground Engineering

Dai Guojun

Shanghai Yiyu Construction Group Co., Ltd., Shanghai 200439

Abstract： The waterproof and anti-permeability performance of underground engineering directly affects structural safety, functional integrity, and engineering durability. In response to the issues of leakage, complex node structures, and insufficient coordination of waterproofing systems that commonly occur in underground engineering under high water level conditions, this paper systematically analyzes the impact of waterproofing and anti-permeability on structural stability and functional integrity. Based on a summary of common causes of waterproofing failure, it focuses on discussing construction techniques such as elastomer-modified bitumen waterproofing membranes, structural self-waterproofing concrete, and multi-layered defenses at key nodes. Using the underground engineering project of Malu Community School in Jiading New City as an example, this paper provides targeted analysis of waterproofing structures under complex conditions such as pile heads, construction joints, post-pouring strips, and anti-floating in high water levels, offering technical references for the construction of waterproofing and anti-permeability in similar underground engineering projects.

Keywords： underground engineering; waterproof and anti-permeability; construction techniques

随着城市空间向立体化、集约化方向不断的发展，地下工程在公共建筑、市政基础设施及综合体项目中的应用也越来越普遍。受复杂地质条件、高地下水位及施工环境受限等原因影响，地下工程渗漏问题存在节点集中、修复难度大、重复发生率高等特点，会削弱结构耐久性。如今的防水技术在高水位环境和复杂节点条件下仍存在适应性不足的问题，新材料、新工艺的应用缺少系统的总结。因此，需要结合具体工程实例，对地下工程防水抗渗施工技术进行针对性的研究，以此来提升防水体系的整体可靠性和适用性。

一、地下工程防水抗渗的重要性及现状

（一）地下工程长期处于地下水及土壤水的压力作用之下

防水抗渗性能是保障结构的安全和耐久性的关键因素。水分侵入混凝土的内部会加速钢筋的锈蚀与混凝土的劣化，也会降低结构承载力并诱发裂缝扩展。在使用层面，渗漏易造成地下空间湿度失控，会影响设备运行以及使用的舒适性，尤其对实验室及数据用房等功能空间的影响十分显著。从全生命周期角度来看，防水的失效往往会导致后期的维修成本远高于初期的投入，甚至影响城市的基础设施的正常运行。因此，构建可靠且耐久的地下

工程防水抗渗体系具有社会价值。

（二）地下工程防水抗渗施工现状问题

防水体系协同性不足，卷材防水、涂料防水与结构自防水之间的衔接不紧密，多道设防流于形式，导致整体的防水性能难以充分发挥。防水材料耐久性的差异明显，部分的材料在长期水压、温差变化及化学侵蚀作用下容易出现老化、开裂等情况。混凝土振捣的不密实、卷材搭接处理不规范、涂料厚度不均等情况普遍存在，成为渗漏隐患的主要原因。当前地下工程防水失效的主要原因并非是因为单一的材料性能不足，而是多种的防水技术在高水位、复杂节点条件下缺乏有效协同，尤其在施工缝、桩

头及穿墙管等部位。这使得地下工程防水效果存在着较大不确定性。

二、项目概述

本工程名称为嘉定新城马陆社区27-2地块九年学校新建工程,地址为上海市嘉定区嘉定新城马陆社区。竣工日期:2022年9月30日,合同价:27288.5026。本项目包括1#楼小学部,2#楼文化中心,3#楼中学部,4#楼综合楼以及外环境等多处单体,总建设用地面积约46166 m²,总建筑面积约43120 m²,地下建筑面积约4500 m²。项目地上结构类型为装配式结构,地下为现浇混凝土结构,地下工程防水等级为防水等级为一级,抗渗等级为P6,合理使用年限为50年。



图1 马陆学校鸟瞰图

三、地下工程防水抗渗关键施工技术

(一) 弹性体改性沥青 SBS 防水卷材热熔满粘施工技术

本工程地下室防水采用的是3+3mm厚SBS改性沥青防水卷材(Ⅱ型),通过热熔满粘工艺来形成连续、封闭的防水层。工程实践表明,SBS改性沥青防水卷材的防水效果不仅取决于材料类型,更依赖于基层的平整度控制、热熔满粘工艺稳定性及搭接密封质量,施工过程的技术控制是决定卷材体系的防水可靠性的关键因素。

底板基层施工时,先浇100厚的C15混凝土垫层,用平板振捣器振捣密实后养护7天,等强度达到 $\geq 10\text{MPa}$ 才行。接着进行20厚DP20水泥砂浆找平层,阴阳角要抹成半径50mm的小圆角。例如4#楼综合楼底板和工程桩的交接处,需把浮土清理干净,再用高压水枪冲洗晾干。地下室外墙是P8防水钢筋混凝土,拆模后把表面的浮浆和模板杂物清理掉。一次性止水螺杆留下的孔,用1:2的防水砂浆分两次封堵压光,之后再施工20厚DP20找平层。顶板使用P6防水钢筋混凝土,养护14天以后进行机械磨光,把浮灰和油污去掉。预留洞口周边500mm范围内要做2%的找坡,20厚DP20找平层沿着后浇带分段施工。

热熔铺贴采用“高压喷灯热熔+滚压排气”的工艺,喷灯用

5000W的,按照地下车库后浇带①区→②区的顺序来(比如4#楼车库就先贴后浇带两侧)。底板施工得两个人配合,侧墙就从下往上铺贴。

搭接密封方面,长短边搭接宽度要 $\geq 100\text{mm}$,搭接缝处热熔沥青溢出 $\geq 5\text{mm}$ 后刮平就行。顶板是“3+3厚SBS卷材+4厚SBS耐根穿刺卷材”的双层体系,接缝要错开1/3幅宽,第二层和第一层错开300mm。

(二) 地下工程关键节点防水抗渗构造技术

本项目地下工程最容易漏水的地方,主要是工程桩桩头、地下室外墙施工缝、底板和外墙后浇带,以及穿墙管等节点。针对这些部位,采用了“多重设防+定制构造”的技术,并通过项目的隐蔽验收。地下车库基坑里的工程桩数量不少,桩头和底板连接的部位,混凝土收缩易出现裂缝,所以使用“涂料+砂浆+止水条+密封胶”四重防护措施。先凿平修补桩头,清理松动的石子并用高压风吹干净灰尘,桩顶上露出来的钢筋也需用砂纸除锈。接着刷上1.5mm厚的水泥基渗透结晶型防水涂料,等干燥后抹20厚掺了5%抗裂纤维的聚合物水泥防水砂浆,验收时检查涂料厚度和砂浆平整度。然后在桩顶的锚固钢筋上缠30mm宽的遇水膨胀止水条,底板的SBS卷材要延伸到桩侧50mm的位置并加热压实,最后在浇筑40厚细石混凝土之前,给桩侧阴角打上10mm直径的单组分水膨胀聚氨酯密封胶。

底板和地下室外墙的施工缝留在底板往上翻300mm的位置,选用3mm厚300mm宽的镀锌钢板止水带,要放在中间位置,和墙体钢筋点焊固定好,像4#楼综合楼施工时,就用2m靠尺检查垂直度,确保 $\leq 3\text{mm}$;浇筑外墙混凝土之前,先清理施工缝的浮浆,用高压水冲洗,再刷上水泥基界面剂,铺上30mm厚和混凝土同配合比的砂浆,然后分层浇筑,注意振捣棒距离施工缝要 $\geq 50\text{mm}$,1#楼小学部验收的时候没发现空鼓。地下室的后浇带分两种,一种是沉降型的,比如4#楼和车库连接的位置,设置钢板网、300mm宽的外贴止水带,嵌入遇水膨胀止水条,用C35P8微膨胀混凝土浇筑后养护28天;另一种是收缩型的,例如车库底板跨中位置,就不用外贴止水带,用C30P8微膨胀混凝土养护 ≥ 14 天。地下工程的渗漏风险高度集中于桩头、施工缝及后浇带等关键节点,并且单一的防水构造是难以满足长期服役要求,通过防水涂料、防水砂浆、止水材料与密封材料组合应用形成多道设防,是提高节点防水安全裕度的有效技术路径。

(三) 防水混凝土与多道防水层施工技术

本项目中的防水混凝土是结构自防水的核心,再配合SBS卷材的柔性防水,形成“刚柔结合”的体系。关键是把混凝土施工、防水层衔接和养护这三个环节抓好,这样才能确保它们一起发挥抗渗作用。地下室底板和侧墙用的是P8防水混凝土,顶板用的是P6防水混凝土。原材料方面,选的是P.O42.5普通硅酸盐水泥、Ⅱ级粉煤灰、5~25mm连续级配碎石和中砂,加入1.2%的聚羧酸系高效减水剂以及8%的膨胀剂。浇筑的时候,底板用汽车泵分层浇筑,用 $\Phi 70$ 型振动棒振捣,例如4#楼地下车库底板,由3名振捣工分区作业,防止漏振。侧墙要“分层浇筑(每层 $\leq 1.5\text{m}$)+对称振捣”,并且振捣棒要插入下层50mm,避免混

凝土离析。养护的话,12小时内就得盖上土工布浇水,底板养护时间 ≥ 14 天,2#楼文化中心的地下室外墙使用湿度传感器,保证相对湿度 $\geq 80\%$ 。底板防水层验收完24小时内,要浇筑40厚C20细石混凝土保护层,1#楼小学部地下车库的底板保护层,48小时内不能让人踩踏。侧墙的防水混凝土拆模后,清理掉浮浆,再做20厚DP20找平层,贴上3+3厚SBS卷材,然后施工40厚聚苯板保护层,4#楼综合楼地下室外墙的聚苯板施工完后,还设置了临时防护栏。顶板养护好后,做20厚DP20找平层,贴上3+3厚SBS卷材和4厚SBS耐根穿刺卷材,验收后浇筑70厚C20细石混凝土保护层,同时做好2%的排水坡度,防止积水。采用防水混凝土与柔性防水层相结合的“刚柔复合防水体系”,可在限制结构裂缝发展的同时,提高防水层对变形与水压波动的适应能力,从而显著提升地下工程整体抗渗性能。

四、项目难点与解决对策

(一) 复杂节点防水处理难度大

地下工程存在大量桩头、穿墙管、施工缝等细部节点,这些地方结构复杂、应力集中,是防水渗漏的高发区,桩头和底板交接处容易因为混凝土收缩形成缝隙,穿墙管和墙体之间的空隙很难密封严密,施工缝处新旧混凝土结合面容易形成渗漏通道,传统的防水处理方法不能保障长久的防水效果。

解决对策:桩头处,先对桩顶进行修补,然后保证基层平整,涂刷水泥基渗透结晶型防水涂料,最后用聚合物水泥防水砂浆处理,锚固钢筋底端设置遇水膨胀止水条,底板防水层铺贴到桩侧之后,在细石砼保护层浇筑之前用单组分水膨胀聚氨酯密封胶封闭桩侧阴角,穿墙管处用套管式防水法,套管加焊10厚钢板止水环,止水环与主管满焊密实且居墙中,管道安装后在预留凹槽里用嵌缝材料嵌填密实,施工缝设置在底板上翻300mm处,放置3mm厚,300mm宽的止水钢板,保证止水钢板与混凝土结合紧密,浇筑前清理施工缝表面的浮浆和杂物,涂刷界面剂以加强粘结。

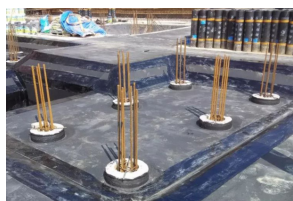


图2 桩头防水处理图



图3 地下室外墙+300设置止水钢板图

(二) 大面积卷材铺贴质量把控难

地下室底板、外墙和顶板要大面积铺贴3+3厚SBS改性沥青防水卷材,施工面积大而且作业环境复杂,基层平整度,干燥度难以均匀控制,很容易产生卷材铺贴空鼓,搭接不严密等情况,卷材热熔铺贴的时候,温度控制不当就会造成卷材老化或者粘结不牢固,进而影响到整体的防水性能,而且分区域施工时搭接处理也不容易做到完美无缺。

解决对策:施工前要严格检查基层,保证基层干燥(含水率

不大于10%)、平整坚实,阴阳角抹成半径50~100mm的圆弧,涂刷基层处理剂时要均匀不露白,干燥4~6小时后才能铺贴,采用分区流水施工,按先远后近、先低后高、先节点后大面的顺序铺贴,用高压喷灯均匀加热卷材和基层夹角处,保证卷材与基层、卷材之间100%热熔满粘,卷材长短边搭接宽度均不小于100mm,搭接缝边缘溢出热熔改性沥青并压实,上下层卷材接缝错开1/3幅宽,安排专人实时检查铺贴质量,对空鼓部位及时切开排气并重贴,保证卷材与基层紧密结合。

(三) 高水位环境下抗浮与防水协同控制难

本项目地下水位较高,根据勘察报告地下水位埋深1.2~2.5m,在结构施工及使用阶段需同时考虑浮力荷载和地下水渗透压力。高水位易造成底板混凝土浇筑时泌水、离析,产生蜂窝麻面等渗漏通道,且水位波动加速防水材料老化,传统的单防水措施难以兼顾抗浮稳定性和防水可靠性,易发生结构上浮变形或渗漏。

解决对策:施工前布置直径300mm、间距8~10m的管井降水,将地下水位降至底板以下500mm,并配合自动监测仪维持浇筑期内水位的稳定性。底板采用U型膨胀剂补偿收缩混凝土,掺量为补偿量的2~4%(膨胀率 $2\sim 4\times 10^{-4}$),粉煤灰作为水泥部分,20%粉煤灰取代水泥以控制水化热,分层振动捣实混凝土,插入下层50mm防止泌水离析,防水层选用“1.5mm水泥基渗透结晶涂料+4mmSBS卷材”复合,水泥基渗透结晶涂料刷前应将基层表面清理干净,阴、阳角处设置500mm宽的附加卷材,热熔后粘贴满贴,保证贴合紧密,接缝压实封边;按 $2.5\text{m}\times 2.5\text{m}$ 设置抗浮锚杆,进入岩层不得少于1.5m,并与底板钢筋相连接,采用抗浮、防水相互结合的方法,平衡结构浮力、形成多道防渗防线,以保持结构的稳定和防水功能。在高地下的水位条件下,防水设计需要与结构抗浮的措施同步考虑,通过降水控制、补偿收缩混凝土、复合防水层及抗浮锚杆的协同实施应用,以此可以实现结构稳定性与防水可靠性的双重保障。

五、个人心得体会

在这个项目的防水抗渗施工过程当中,我体会到地下工程防水属于一种系统工程,要兼顾材料性能,施工工艺以及结构特性,从开始规划方案一直到现场施工,每一个环节都可能会影响到最后的防水效果,处理那些复杂的节点的时候,我发现不能死守着以前的经验,要结合项目实际情况来创新处理办法,桩头部分就采用了“防水涂料+防水砂浆+止水条+密封胶”这种多重设防体系,把桩头渗漏问题给解决了,这才明白技术创新并不是凭空想象出来的,而是要针对工程难点展开深入剖析,还要搞清楚各种材料的性能才行。

在把控大面积卷材铺贴质量的时候,我主导创建了“三检”制度,通过自检,交接检以及专检逐级把关,我及时察觉并改正了许多处铺贴瑕疵,这让我领悟到,质量管理不能单纯依靠后期验收,过程控制才是重点,高水位环境下的施工经历,也让我体会到“抗浮和防水协同”的根本逻辑,降水系统稳固水位,补偿

收缩混凝土改善结构自防水，复合防水层加强防渗性能，抗浮锚杆维持荷载均衡，这些举措共同做到“结构安全+防水可靠”的目的，以后碰到类似工程的时候，我要更多重视前期勘察和方案预估，持续改良防水施工技术，加强地下工程防水抗渗的可靠性。

六、结语

地下工程防水抗渗是涉及材料性能、结构设计与施工的系统

性工程。通过嘉定学校项目的实践可以得知，在高水位和复杂节点条件下，单一防水措施是难以满足长期的使用需求，必须通过结构自防水与柔性防水相结合、多道设防协同控制的方式来构建可靠的防水体系。工程实践表明，针对渗漏风险点进行精细化设计与过程的质量控制，是提升地下工程防水耐久性的关键。地下工程防水抗渗的可靠性并非依赖单一的材料或工艺，而是通过对风险的识别，节点的强化以及体系的协同这一整个过程控制的技术路径，该方法对类似的地下工程具有普遍指导意义。

参考文献

- [1] 苏俊. 土木工程施工中防水防渗技术探究 [J]. 建材发展导向, 2025, 23(10): 91-93.
- [2] 张浩, 李小溪. 小米武汉总部东湖1号项目地下防水工程设计与施工 [J]. 中国建筑防水, 2025, (06): 30-36. DOI: 10.15901/j.cnki.1007-497x.2025.06.007.
- [3] 李坤洋. 高层住宅建筑地下防水工程施工技术研究 [J]. 居舍, 2024, (24): 26-29.
- [4] 宋海波. 深基坑防水抗渗施工探讨——以汉口火车站广场地下室主体工程防水抗渗工程为例 [J]. 工程技术研究, 2022, 7(10): 49-51.
- [5] 柳聪娟, 秦萍. 地下防水工程施工技术应用 [J]. 江西建材, 2021, (12): 280-281+284.