

博物馆地下室防水防渗施工技术研究

张辉

故宫博物院

摘要：近年来，随着经济社会的快速发展，博物馆越来越多，其中很多博物馆都有地下室，施工人员必须充分注意地下室的防水问题。特别是在每年的雨季，做好地下室的防水工作是非常重要的，地下室一旦受潮，不仅会损坏放置在这里的物品，也会损坏建筑物本身。在这篇文章中，为博物馆地下室防水施工技术提供一些参考，以便进行研究，希望能提高中国建筑的质量。

关键词：地下室；博物馆；防渗透；施工技术

【DOI】 10.12254/j.issn.2096-6539.2023.17.015

一、地下防水工程地下室防水防渗的重要性

某博物馆新馆地下防水工程设防等级为一级，总防水施工面积26000m²。主体结构自防水混凝土抗渗等级为 P8；结构底板最低厚度800mm，结构墙体最低厚度 600mm，结构顶板厚度400mm。首先，博物馆设计有地下室，对建筑的整体稳定性起着重要作用。因此，确保防水工程到位是很重要的。如果防水层有渗漏现象，雨水、地下水就会进入建筑物，对建筑物质量产生极其严重的影响，如果长期不加检查，甚至可能导致建筑物倒塌或其他情况。在其他情况下，如果建筑物的墙体长期暴露在湿气中，会影响其稳定性，导致墙体大面积坍塌，有可能危及人命。博物馆地下室往往存放着诸多历史文物以及相关资料，并且这些历史资料随着时间的推移已经变得十分脆弱，在长时间接受水分浸泡的影响下，文物资料会变得更加模糊，文物也会丧失其原有的色彩以及光泽，完全不符合博物馆保护文物的初衷，也正因如此，博物馆的地下室防水防渗工程要求相较于其他普通建筑更高，需要完全隔绝外界水分对历史文物资料的影响

二、地下室渗漏水的成因分析

（一）由于设计因素引起的地下室漏水

（1）后浇带和伸缩缝的位置不对，无法实现地下室建筑的全部功能，墙体和楼板设置的长度较高，导致伸缩缝间距较宽，水分渗入的可能性较大。

（2）对地下水作用的详细设计不足，柔性防水层的黏结力较弱，容易发生切割和开裂，如果柔性防水层

受到严重影响，就会出现漏水问题。

（3）在地下水位较高、地表水源丰富的情况下，已铺设好的卷材在未进行施工保护层之前，暴露时间越长，受地下水压的影响越大，容易产生起鼓、搭接边胀裂等缺陷。

（二）由于材料因素，水渗入地下室

（1）防水材料质量不达标，在防水材料市场需求大的情况下，防水材料生产厂家要求低，无法保证防水材料的应用性能，防水效果受到直接影响。

（2）越来越多的项目无法使用测量工具来清楚地确定各类原材料的比例，在某些情况下，存在着沙子或砾石数量不满足标准要求的情况，在这些条件下混凝土强度也会受到影响。

三、地下室防水施工技术研究

（一）混凝土施工技术

（1）材料的质量保证。混凝土是由各种材料制成的，其质量取决于各种材料的组成。加入沙子或砾石这类材料时，必须控制黏土的比例；购买水泥必须保障其性能满足使用施工要求，确保混凝土原材料的质量符合要求。

（2）应控制材料的比重。为保证混凝土的质量，防止安全隐患，应充分加强其强度，在施工前应地下室防水的要求进行调查分析，并结合材料形成科学得到搅拌方案。为了实现材料的最佳使用效果。也可加入防水剂，以提高材料的防水能力。

（3）控制混合过程。混合后，应让材料在规定时间内固化，以提高材料的强度。在随后的准备阶段，应控制冷却时间。因此，在搅拌时，一方面应严格遵守标准流程，另一方面应使用高水平的搅拌设备，以保证材料固化的及时性，不影响相关工作。

（4）浇筑过程的控制。近年来，大部分的博物馆工程都是采用现浇混凝土，采用各种方法，可以根据不同的材料来划分。浇筑可分为两种情况：

第一，浇筑外墙的混凝土。应注意控制混凝土的自由落体高度，并做好振捣工作。振捣棒的移动距离应小于40厘米，振捣棒在外墙的插入位置应如图1所示。振动的持续时间应根据可见抬升的表面而变化，振动棒应

插入下层混凝土5厘米，以确保上层和下层之间的接缝牢固黏合。在预留孔洞、埋设管道等情况下，应同时振动孔洞的两边，以固定振动。

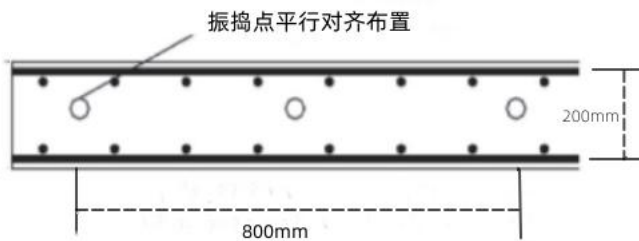


图1 外墙振捣棒插入点布置图

第二，浇筑底层板的混凝土。浇筑前，将模板与钢筋之间的杂物清理干净，浇水湿润。采用倾斜、分层、渐进、一次浇筑的方法，倾斜 1.5° 到 1.6° ，层厚40厘米到50厘米，逐层浇筑，控制好进度，使第二层混凝土先于第一层混凝土浇筑，即上下两层的浇筑时间不应超过初凝时间。混凝土应连续浇筑，避免在结构中形成接缝，尽量减少混凝土的暴露面，在最短时间内使混凝土的强度最大化。如图2所示，第一层应放置在出口处，使混凝土流入自然坡面，第二层应放置在坡面的角度，使混凝土在底部密集，第三层应放置在坡面中间。为保证混凝土的密实度，振动过程应快慢适中，在10-30秒内振动一个点。此外，为了巩固密集钢筋和交叉点的振动，防止出现斑点，避免漏振或过度振动，应将混凝土倒入模具，在整个模具充满混凝土后进行振动。

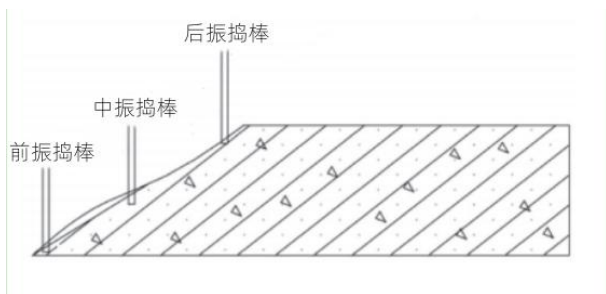


图2 地板混凝土振捣图

(5) 混凝土养护。混凝土硬化后，容易受到外部环境温度、湿度等因素的影响，甚至会出现裂缝等现象，从而损害结构的质量。此外，必须在一定时期内进行维护，确保产品的质量不会受到影响。

四、地下室结构防水设计质量控制

(一) 地下室主体结构防水设计

(1) 防水混凝土

混凝土的腐蚀、自身的吸水性和不同的土层密切相关，设计者通常通过使结构不透气和添加防渗防水外加

剂来提高混凝土的防水性。防水等级一般根据混凝土所能承受的水压上限来确定，从P6、P8、P10、P12开始。排水阻力等级与地下室埋设位置的关系见表1。在混凝土搅拌过程中，应根据实际情况和施工条件进行调整，确保材料满足排水阻力水平。

表1 不同埋置深度对应的结构抗渗等级

基础埋置深度h (m)	抗渗等级
$H < 10$	P6
$10 \leq h < 20$	P8
$20 \leq h < 30$	P10
$h \geq 30$	P12

用自密实混凝土建造的博物馆地下室必须考虑以下因素：

第一个因素是结构的厚度。结构的厚度不仅影响到结构的稳定性，而且还影响到其防渗漏的能力。根据建筑细则，地下室防水结构的厚度必须至少为250毫米。专家表示，地下室楼板厚度的确定是调节其防水系统的控制因素。

第二个是缝隙的宽度。由于温度引起的裂缝会导致穿透性裂缝，缩短混凝土的寿命，因此在混凝土结构设计过程中，需要控制裂缝宽度以保证结构的准确性，防止穿透混凝土的裂缝发生。

第三是保护层的厚度。混凝土外部保护层会作用于钢筋，加快腐蚀速度，有效降低钢筋腐蚀的风险，因为钢筋腐蚀会导致结构出现裂缝。保护层的厚度应通过检查环境，并考虑混凝土结构的使用寿命、使用的钢筋等级和抗震等级来进行适当调整。

四是混凝土的结构强度。由于混凝土承载博物馆地下室结构上部全部荷载的等级要求较高，在养护过程中高强度混凝土的基层较高，导致内部水分蒸发热量大，内部与外界温差大，同时，混凝土收缩明显。根据实际研究，大多数地下室结构采用C30-C45级混凝土，因为在地下室工程初期，对混凝土强度要求不高，其加载时间通常较慢，需要为混凝土结构预留足够的时间来建立强度。

(2) 抗浮设计

地下结构设计中的岩土工程调查主要用于确定地下水位的变化和底土层的结构，设计抗水结构。浮力水平通常由最高地下水位来确定，最高地下水位是在历史最高水位的基础上增加0.5厘米，并考虑最不利的因素，或者对于保守的设计，通过测量外部高程来确定。一般来说，当地下室的底部低于地下水位和地下室经常

出现地表水渗漏问题时，可以用阿基米德原理来确定地下水的浮力。

（二）地下室细部防水抗渗设计

（1）施工缝

结构缝有两种类型：水平缝和垂直缝。结构缝一般位于结构的剪力和弯矩相对较小的地方，必须埋设保水钢板或橡胶膨胀带，并且可以通过增加地下水从外部渗入的程度来进行防水。在设计结构时，接头一般采用平接头。虽然平接缝操作简单，便于后期维修，但也有缺点，如使用混凝土材料时，对接缝的附着力差，橡胶膨胀带变形、脱落，保水钢板损坏等，容易造成地下水渗漏。因此，为了解决现有结构缝设计中遇到的问题，设计人员在平缝的基础上开发了新的范式，以立缝和曲缝为主。新旧范式的设计原理没有明显区别，只是在施工和防水性能上有所改进。为了满足对混凝土结构的高标准和严要求，在设计时必须充分考虑建筑环境对结构性能的影响。

（2）后浇带

模后带的种类很多，主要有温度模后带和模后定型带。一般来说，由于混凝土广泛使用，而且材料对温度敏感，容易发生冷缩，对浇筑的博物馆建筑有较严重的损害，使用温度后模带可以有效解决这个问题，减少开裂的可能性。温度衰退区对整个建筑结构的影响不大，需要的施工时间也较短。沉降区通常用于两个相邻结构之间存在重量差异，出现差异性沉降的情况，用于控制内力，减少开裂。这种方法可以用来调整内部干扰力，减少开裂。沉降后退区的使用寿命很长，对整体性能有很大的影响，它们是在施工后期覆盖在主体结构上，或者在沉降已经稳定的情况下使用。

（3）穿墙套管

由于博物馆地下室内有大部分建筑物的独特设备，因此地下室内通常有大量的内部管道，而地下室的大部分内部和外部管道都是连接在一起的，这样才能顺利运行。管道是如何穿过墙壁的？一般来说，在管道和混凝土之间插入一个钢管套筒，根据管道的设计特点预埋在混凝土中，并在管套中间插入一个水密环。水密环的厚度和高度由建筑工程适当要求，设计中可采用固定的钢套管，以防止管套旋转或脱落。在填充管套与管道之间的缝隙时，应结合管套的位置和尺寸特征等实际情况，综合分析和选择合适的回填或密封材料。

（4）使用橡胶沥青防水卷材

为了满足博物馆地下室在保护历史文物资料方面的

需求，可以使用自粘橡胶沥青防水卷材，并使用平面拉铺法进行铺设。在具体操作的过程中，需要施工人员展开卷材对准基准线进行试铺，随后从一端揭开卷材，顺着中线完成对折之后，利用裁纸刀将隔离纸从中间划开，并将隔离纸从卷材的背面撕开500毫米长的距离，再将隔离纸的卷材揭开，对准基准线进行定位，随后将半幅卷材重新拉铺就位，拉住已经揭开的隔离纸均匀用力向后拉扯，随后使用压辊针对卷材中存在的气体进行排空处理，随后按照对应的方法进行另外半幅卷材的粘铺。对于拉铺薄弱的部位，比如常见的卷材长短边搭接、卷材收头这类部位需要使用密封胶进行密封处理。

六、结语

博物馆地下防水工程应该严格控制混凝土原材料的质量、浇筑振捣、及时养护、施工缝、伸缩缝和后浇带等部分，同时认真处理高分子改性沥青铺设和防水卷材，严格控制施工过程中的质量，认真做好施工后的工作，施工单位和监理单位一起进行蓄水试验验收。在工程实施过程中，材料、施工两者相互配合，加上优质的项目管理，为高质、高效完成博物馆地下室防水工程提供了前提条件。

参考文献

- [1] 谷艳春. 加强施工管理解决地下室渗水问题[J]. 福建建材, 2012(5): 80-81, 88.
- [2] 刘杰胜, 李东来. 地下室防水研究[J]. 水科学与工程技术. 2011(01).
- [3] 朱是菡. 高层住宅建筑工程地下室防水结构设计与施工技术[J]. 城市建筑, 2013(18): 46.
- [4] 吴伟标. 自防水混凝土在高层住宅地下室底板结构施工中的应用研究[J]. 建材与装饰, 2016(28).
- [5] 陈聪必. 初探高层建筑地下室防水工程的施工要点及应用[J]. 福建建材, 2015(2): 80-82.
- [6] 马鹤. 浅谈高层建筑地下室防水工程施工要点及注意事项[J]. 建材与装饰, 2019, 567(6): 20-21.
- [7] 刘志荣, 李强, 李国干. 中国国家博物馆工程防水技术[C]//新防水堵漏工程标准宣贯与技术研讨会论文集. 中国建筑学会; 中国防水技术网, 2011.
- [8] 谭武, 周明, 涂根林. 广东省新博物馆地下室防水工程技术[J]. 中国建筑防水, 2011(14): 3.

作者简介：张辉，男，生于1971年5月，汉族，祖籍福建福州，故宫博物院北院区项目工程指挥部副指挥长兼总工程师，主要从事基建项目施工及技术管理工作。