



大型地下空间上方游艇港池防水止水系统研究

傅瑜

(上海国际航运服务中心开发有限公司, 上海 200082)

摘要: 上海国际航运服务中心项目中, 大面积游艇港池位于大型地下空间上方, 港池防水止水系统的设计关系到地下空间的正常使用。从混凝土结构自防水、外贴式防水、水汽疏导3个方面, 对防水止水系统进行研究, 提供了可靠方案。

关键词: 防水止水; 混凝土防水; 外贴式防水; 水汽疏导; 港池; 地下空间

中图分类号: TU 922

文献标志码: A

文章编号: 1002-4972(2013)09-0074-05

Waterproof system for yacht dock basin above large-scale underground space

FU Yu

(Shanghai International Shipping Service Center Development Co., Ltd., Shanghai 200082, China)

Abstract: In Shanghai international shipping service center project, the large-area yacht dock basin locates above large-scale underground space, so the waterproof system for the dock basin is essential to the use of the underground space. The waterproof system is studied through the waterproof of RC structure, waterproof using external material and steering of vapor.

Key words: waterproof; waterproof of RC structure; waterproof using external material; steering of vapor; dock basin; underground space

上海国际航运服务中心项目的一大特点是围绕建筑群设计的大面积游艇港池(图1, 2)。1)增加了公共空间的丰富性和趣味性, 形成内部开放空间, 并与西侧国际客运中心大绿地一起, 在北海滩地区形成“西绿东水”的开放空间整体格局。

2)进一步强调了本地块的航运文化氛围, 成为航运功能的展示平台。游艇港池与黄浦江之间为50 m宽放射形布局的滨江公共绿地, 二者之间通过船闸相连, 港池水体与黄浦江水体形成极具趣味性的互动关系。

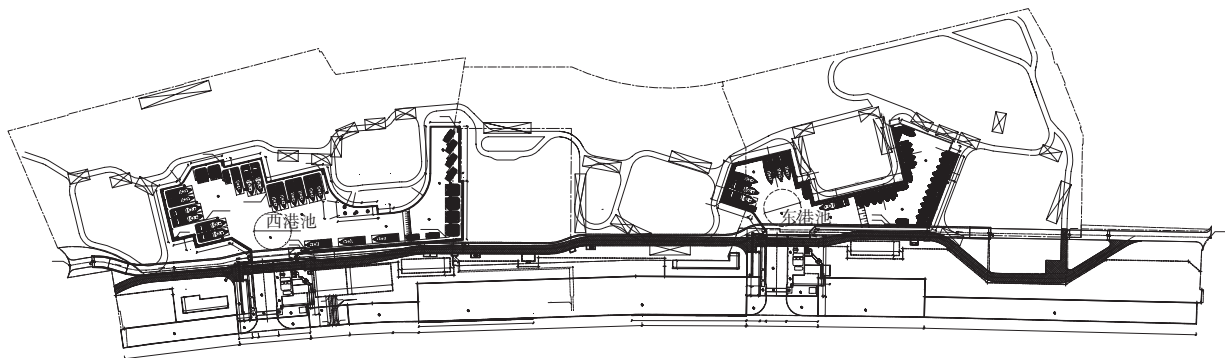


图1 港池平面图

收稿日期: 2013-01-30

作者简介: 傅瑜(1981—), 男, 工程师, 主要从事港口工程方面的研究。

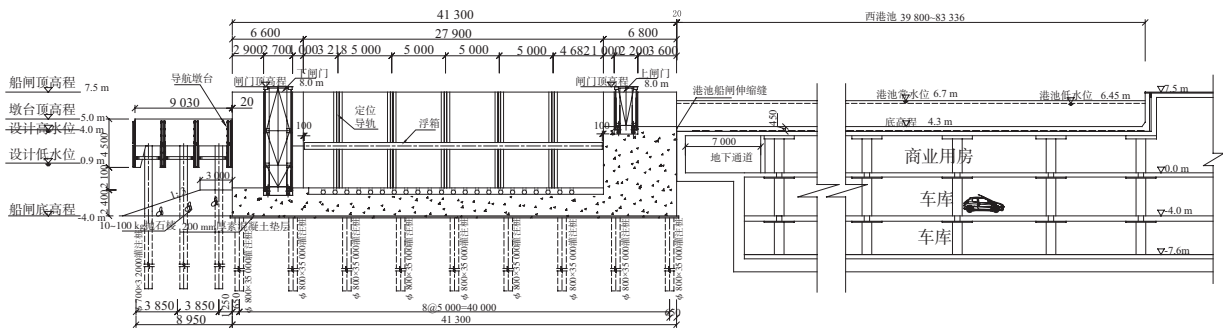


图2 港池断面图

根据项目总体规划，港池作为该项目的一个重要景观元素，建设规模应与陆域建筑布局有机结合；港池内在满足行船和调头要求的条件下应尽量增加泊位数量，最大程度发挥港池作用。本工程港池建设规模确定为：新建东西港池各一座，东港池面积0.7万m²，设置33游艇泊位；西港池面积1.1万m²，设置37个游艇泊位。

本项目港池下方为3层地下空间，作为地下车库和地下商场使用，港池防水和止水问题是本项目成败的关键因素，所以，针对港池防水和止水问题，进行专门研究。

1 结构防水止水

1.1 双壁结构

为防止港池水汽凝结向下方地下空间渗透，将港池设计为双壁结构（图3）。即地下空间顶板、侧墙与港池底板、侧壁分别独立设置；地下空间顶板侧墙厚度均为500 mm，而港池底板、侧壁为300~450 mm，结构分离，形成地下空间结构包裹的港池内胆结构。地下空间结构与港池结构预留一定空间，作为水汽传输的通道。

1.2 混凝土选择

港池底板厚350~450 mm，混凝土强度选择

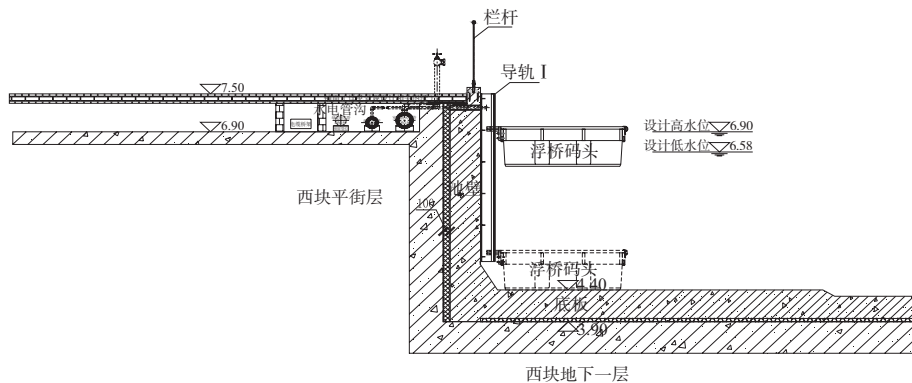


图3 港池双壁结构

C30；最大作用水头与混凝土厚度比值约为10，根据《钢筋混凝土水池设计规程》，混凝土抗渗等级选择为S6；考虑到水池外露使用，混凝土抗冻等级选择F150^[1]。

混凝土水灰比不大于0.5，骨料选择良好的级配，粗骨料粒径不大于40 mm，含泥量按质量计不超过1%，砂子的含泥量及云母含量按质量计不超过3%。

抗渗混凝土内掺入HEA混凝土抗裂防水剂，

掺量8%。要求如下：1) HEA的活性较大，称量误差大会影响混凝土的强度及坍落度，且不易控制，所以混凝土拌和时严格控制称量误差，称量误差在±1%。2) 由于HEA具有与自身相容性的高效减水成份，搅拌时间控制应比普通混凝土延长30~60 s。3) 保湿养护至关重要，混凝土初凝后即开始浇水和盖麻袋养护，养护期不少于14 d，要始终保持表面湿润状态，以不见白为原则。4) 振捣必须密实，不能过振或漏振，采用专人专区负

责制，以混凝土开始泛浆和不冒泡为原则。5) 严格控制混凝土塌落度在(120+10)mm左右。

为减少混凝土裂缝产生，混凝土内钢筋按“细密”的原则布设，本项目按直径12/14间距100 mm布置钢筋。

1.3 变形缝处理

为防止温度作用导致混凝土产生裂缝，港池总体按20 m分块设置变形缝(图4)；由于港池混凝土厚度350~450 mm，缝宽设置为30 mm。

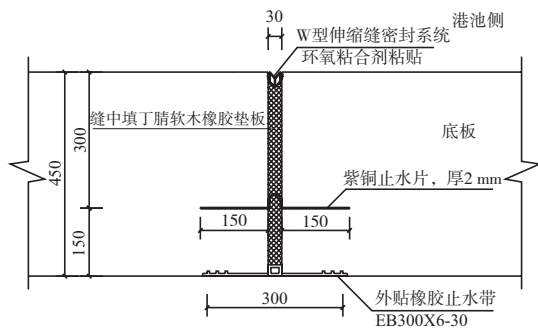


图4 港池变形缝

由于港池内变形缝较多，纵横交错，所以变形缝的止水处理尤其重要；本项目变形缝设置了3道防线：即临水设置内嵌式W型橡胶止水带，中埋紫铜止水片，背水侧设置外贴式EB型橡胶止水带。3道防线中，橡胶类止水带使用年限需达到50 a，而紫铜止水片使用年限要求达到100 a。

变形缝应满足以下要求^[2-3]：1) 止水带选材和施工需满足设计要求和《给水排水工程混凝土构筑物变形缝设计规程》、《地下工程防水技术规范》内相关要求。2) 止水带的各种交叉连接节点应在工厂中做成配件，仅直线段可在施工现场连接。3) 在现场连接的接头，对塑料止水带应采用热压或焊接，不得采用冷粘结，其接头外观应平整光洁。4) 紫铜止水带的接头焊接采用搭接满焊，搭接长度应大于20 mm。焊接应采用黄铜焊条。5) 在绑扎钢筋和支模时，止水带必须可靠固定在正确位置上，浇注混凝土时不得发生移位。6) 变形缝处混凝土必须捣固密实，止水带下部不应产生空洞、气孔等隐患。7) 填缝板应在工厂中加工成需要的尺寸，现场拼接时宜采用粘结。8) 变形缝两侧的混凝土宜分为先后浇注，填缝板应在先浇注的混凝土浇注前安装并固定在模板内侧，不

得在浇筑混凝土后粘帖在混凝土上。9) W型变形缝密封系统填嵌时间，应在构筑物主体全部完工后进行。10) 密封变形缝前，应对接缝处有缺欠的混凝土进行修补。密封时，必须保证缝内混凝土干净、干燥。

2 外贴式防水

2.1 地下空间顶板、侧墙防水

地下空间顶板、侧墙作为地下空间的临水面，同时又作为港池的背水面，是本项目最后一道防线，需要满足1级防水要求。

根据现场实际情况和防水要求，选择柔性防水。柔性防水分为防水卷材和防水涂料两大类，从防水效果角度出发，选择防水卷材。防水卷材分为合成高分子防水卷材(橡胶类、树脂类、橡塑共混类)、聚合物改性沥青防水卷材(弹性体改性、塑性体改性、自黏性橡胶沥青卷材)、膨润土防水卷材等，综合考虑安全与工期，进行多方案比选后，选择自黏性橡胶沥青卷材作为地下空间顶板、侧墙防水材料。

防水卷材施工前，基面应干净、干燥，并应涂刷基层处理剂；当基面潮湿时，应涂刷湿固化型胶黏剂或潮湿界面隔离剂。基层处理剂的配制与施工应符合下列要求^[4]：1) 基层处理剂应与卷材及其粘结材料的材性相容。2) 基层处理剂喷涂或刷涂应均匀一致，不应露底，表面干燥后方可铺贴卷材。3) 基层表面应平整、干净、干燥、无尖锐突起物或孔隙。4) 排除卷材下面的空气，应辊压粘贴牢固，卷材表面不得有扭曲、皱折和起泡现象。5) 应铺设卷材加强层。6) 卷材与基面、卷材与卷材间的粘结应紧密、牢固，铺贴完成的卷材应平整顺直，搭接尺寸应准确，不得产生扭曲和皱折。7) 卷材搭接处和接头部位应粘贴牢固，接缝口应封严或采用材性相容的密封材料封缝(图5)。8) 铺贴双层卷材时，上下2层和相邻两幅卷材的接缝应错开1/3~1/2幅宽，且2层卷材不得相互垂直铺贴。

2.2 港池内壁防水

港池内壁作为本项目的第一道防线，具有非常高的防水要求；由于本道防线直接外露，与水

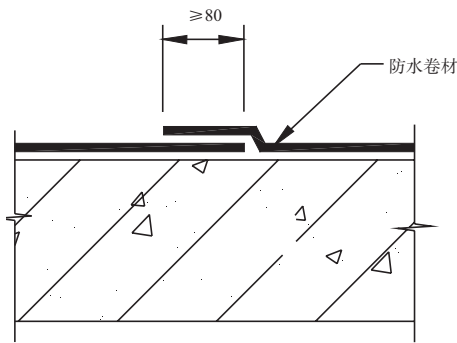


图5 防水卷材搭接示意图

长期接触，并承受紫外线照射，所以要求防水层除满足防水相关要求外，还需具备环保、美观、耐久性能。

综合研究多种方案，详细分析各方案的优缺点后，最后采用喷涂聚脲作为港池内壁防水层。喷涂聚脲是指由异氰酸酯组分（简称A组分）与胺类化合物（简称R组分）反应生成的一种弹性体物质。该技术是国外近20 a来发展起来的一种反应型、无溶剂、无污染的采用专门的机械喷涂成型的施工技术，主要特点有：固化速度快、施工效率高、施工环境适应性强、强度高、耐老化性能优良、耐盐腐蚀性好、不含溶剂。

要求产品应符合《喷涂聚脲防水涂料》中各项指标要求，产品为喷涂（纯）聚脲防水涂料（代号JNC），型号为外露I型，在港池内喷涂厚度为1.5 mm。设计使用年限为10 a。使用环境为淡水环境，但长期储水，要求不起泡、脱落；使用环境为室外外露环境，要求长期在紫外线作用下色彩相对稳定；使用环境为高档楼宇环绕，要求施工期间及使用期间无挥发气体，人体接触无任何不良反应，对水体及周边环境不产生任何附加影响。

聚脲防水涂料按以下要求实施^[5]：1）清理基层。基层面应平整、坚硬，不得有明水，油脂及其他异物，不得有开裂、起砂、脱皮等缺陷，表面凹凸处误差不应超过2 mm。2）现场防护。对施工现场周围所涉及到的非喷涂区要进行防护处理，用防护布遮挡，对工作面所预留的埋件要进行封套处理。3）喷涂底漆。聚脲在混凝土上应用必须使用专门的封闭底漆。封闭底漆的黏度一般较低，以保证其渗透性，底漆一般为100%固含量

的环氧类涂料。4）喷涂聚脲。施工前，底材上的渣子和杂物要清理干净，喷涂施工要分区域完成，施工时，下一道要覆盖上一道的50%，俗称“压枪”，同时下一道和上一道的喷涂方向要垂直，才能保证涂层均匀。5）平面施工。除注意压枪和喷涂方向外，还要注意及时清理底材上未处理干净的渣子以及喷涂过程中落到底材上的杂物。在每一道喷涂完毕后，马上进行检查，找到缺陷并进行处理。

3 水汽疏导

3.1 导水层设置

港池虽然具有自防水功能并设置了外贴式防水材料，但仍然避免不了在长期压力水作用下水汽的垂直渗透，为避免港池底部渗透的水汽收集，在地下空间混凝土结构与港池混凝土结构之间设置50 mm的“夹层”，作为水汽传输的通道（图6）。

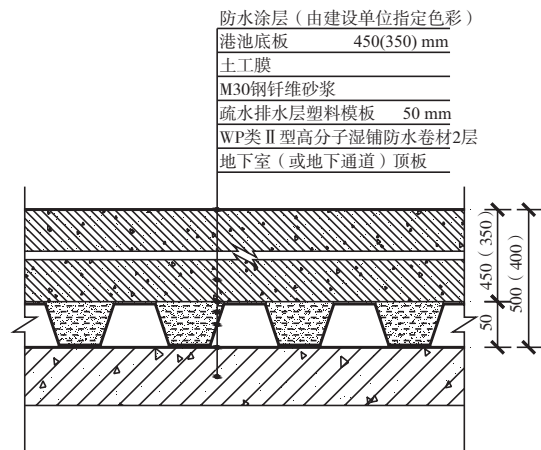


图6 水汽传输通道

在港池顶板上布置高度50 mm高的疏水排水层塑料模板，在该模板内部填充M30钢纤维砂浆形成密布的圆柱脚用于均匀支撑港池荷载；该通道有50%的排水空间，能够及时将凝结的水汽排出，避免进一步渗透进入下部地下空间。

3.2 水气收集系统

在港池南面沿线紧邻水汽传输通道设置一道排水盲沟用于疏导港池下渗的水汽（图7），并在排水盲沟端头设置集水井用于收集港池下渗的水汽，最终以水泵外排至周边的雨水管网系统。

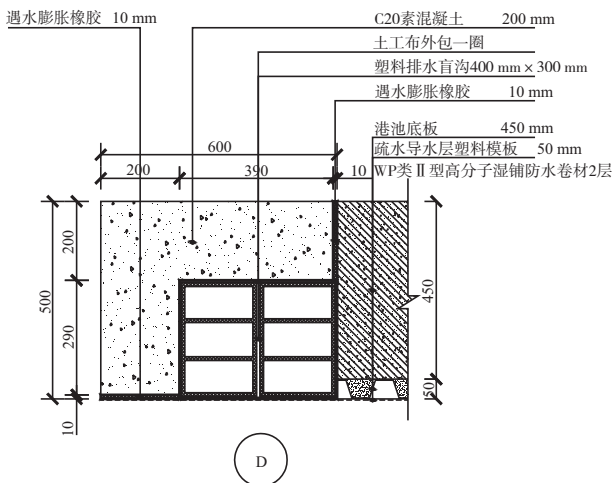


图7 港池南面排水盲沟

4 结论

在大型地下空间顶板上方设置游艇港池在国内属首创，在确保结构安全的前提下，如何达到防水止水的目标是项目成败的关键因素。

（上接第63页）

9 结语

本项目经过3年建设已顺利完成。基坑炸礁开挖和码头结构干施工顺利，围堰安全稳定，基坑渗流量小于2.1万m³/d，排洪设计合理。开港后，货运船舶进出安全，靠泊稳定，滚装码头吞吐能力已达预期。目前，二期工程仍采用此技术进行建设。本项目选择泻湖，采用围堰止水，干施工建港的建设理念取得了巨大的经济和社

（下转第73页）

参考文献:

[1] Pos J D, Kilner F A. Breakwater gap wave diffraction: An experimental and numerical study [J]. Harbor and Coast Engrg, 1987, 113(1): 1-21.

[2] 吴宋仁. 海岸动力学[M]. 北京: 人民交通出版社, 2000: 56-62.

[3] Zwamborn J A, Greve G. Wave attenuation and concentration associated with harbor approach channels [J]. Int Conf of Coast Eng, 1974, 120: 2 068 -2 085.

[4] 张华昌, 饶永红. 东营港防波堤平面设计及整体模型试验[J]. 海岸工程, 1999, 18 (4): 50-58.

[5] 刘海源, 张慈珩. 三亚南山港波浪数模与物模试验对比研究[J]. 水道港口, 2006, 27 (4): 231-235.

本项目防水止水体系由混凝土自防水、外贴式防水、水汽疏导3个层次组成，每个层次均确保达到其自身功能要求，从而确保防水止水系统的长效运行，最终达到港池下方大型地下空间的一级防水要求，创造地下空间良好的使用环境。

本文的研究成果可广泛应用于滨江产业开发，实现立体空间的多功能的综合利用。

参考文献:

[1] CECS 138:2002 给水排水工程钢筋混凝土水池结构设计规程[S].

[2] CECS 117:2000 给水排水工程混凝土构筑物变形缝设计规程[S].

[3] GB 50108—2001 地下工程防水技术规范[S].

[4] GB 23441—2009 自粘聚合物改性沥青防水卷材[S].

[5] GB 23446—2009 喷涂聚脲防水涂料[S].

（本文编辑 武亚庆）

会效益。

参考文献:

[1] BS 6031 Code of practice for earthworks[S].

[2] SL189—1996 小型水利水电工程碾压式土石坝设计导则[S].

[3] SL274—2001 碾压式土石坝设计规范[S].

（本文编辑 郭雪珍）

[6] 杨会利, 刘海源, 郑宝友. 青岛造船基地防波堤工程防浪效果研究[J]. 水道港口, 2008, 29 (1): 36-38.

[7] 刘欣明, 刘海成, 迟杰. 复杂水域波浪物理模型与数学模型对比研究[J]. 水道港口, 2010, 31 (3): 170-174.

[8] 栾英妮, 刘海源, 张华庆. 青岛港董家口港区防波堤工程防浪效果研究[J].水道港口, 2010, 31 (4): 266 -269.

[9] 陈国平, 杨越, 严士常. 广东平海电厂一期工程配套码头工程波浪整体物理模型试验报告[R]. 南京: 河海大学港口、海岸与近海工程学院, 2006.

[10] 陈国平, 严士常. 揭阳港惠来沿海港区靖海作业区通用码头工程波浪整体物理模型试验报告[R]. 南京:河海大学港口、海岸与近海工程学院, 2011.

（本文编辑 郭雪珍）