

模块化拼装式雨水调蓄池抗浮施工技术

梁圣伟,刘艳虹,王振兴,谢 朋,刘建泰

(北京城建北方集团有限公司,北京 101301)

[摘要] 雨水调蓄池在海绵城市建设中具有雨水收集、储存、洪峰规避、污染控制及排水调度优化等功能。但模块化雨水调蓄池在不考虑抗浮计算的情况下可以考虑使用,当考虑抗浮计算时采用现浇结构工期长,成本高,利润低。提出一种模块化拼装式雨水调蓄池抗浮施工技术,通过将现浇结构与模块化进行组合设计,解决了模块化雨水调蓄池在地下水位高、抗浮要求高地区的应用难题,优化了施工工艺,提高了施工效率。

[关键词] 装配式;雨水调蓄池;模块化;抗浮;施工技术

[中图分类号] TU992

[文献标识码] A

[文章编号] 2097-0897(2026)10-0063-05

Anti-floating Construction Technology of Modular Assembled Rainwater Storage Tank

LIANG Shengwei, LIU Yanhong, WANG Zhenxing, XIE Peng, LIU Jiantai

(Beijing Urban Construction Northern Group Co., Ltd., Beijing 101301, China)

Abstract: The rainwater storage tank has the functions of rainwater collection, storage, flood peak avoidance, pollution control and drainage scheduling optimization in the construction of sponge city. However, the modular rainwater storage tank can be used without considering the anti-floating calculation. When considering the anti-floating calculation, the cast-in-place structure has a long construction period, high cost and low profit. An anti-floating construction technology of modular assembled rainwater storage tank is proposed. By combining the cast-in-place structure with modularization, the application problems of modular rainwater storage tank in areas with high groundwater level and high anti-floating requirements are solved. The construction technology is optimized and the construction efficiency is improved.

Keywords: prefabricated; rainwater storage tank; modularization; anti-floating; construction

0 引言

模块化拼装式雨水调蓄池虽具有施工便捷的优点,但在地下水位高、抗浮要求高的地区,由于每个模块分别承担浮力导致抗浮计算难以通过,无法应用;而现浇结构虽能满足抗浮要求,但存在施工工艺复杂、周期长、成本高、利润低的问题。本项目针对抗浮水位高的地区采用模块化雨水调节池工艺,解决了模块化雨水调节池在抗浮水位高地区的使用问题,提升了施工效率和效益。

1 工程概况

中关村温泉科技园二期项目位于北京市海淀区温泉镇,雨水调蓄池位于施工场区东北角。本工

程±0.000绝对高层为47.500m,抗浮设防水位绝对标高为47.000m,雨水调蓄池基坑深度约为7.00m,有效容积760m³,基础形式为筏板基础。

根据现场勘察及室内土工试验成果,将本工程勘探深度(最深37.00m)范围内的土层,按成因类型、沉积年代划分为人工堆积层、新近沉积层和第四纪沉积层。

工程场区潜水天然动态类型属渗入-径流型,主要接受地下水侧向径流方式补给,以地下水侧向径流及人工开采为主要排泄方式;其水位年动态变化规律一般为:11月份至次年3月份水位较高,他月份水位相对较低,水位年变幅一般为1~2m。工程场区层间水主要接受地下水侧向径流及越流补给,以地下水侧向径流为主要排泄方式,天然动态类型属渗入-径流型,水位年变化一般在1~3m。

近 3~5 年最高地下水位在自然地面下 2.000m 左右(不包括上层滞水),这一数据表明该地区地下水位虽有一定波动,但整体处于相对较高的水平,对雨水调蓄池的抗浮设计提出了较高要求。

2 预制模块调蓄池功能

1) 雨水调蓄

在降雨期间,预制模块调蓄池可收集和储存一部分雨水,减少雨水在短时间内大量涌入排水系统,降低排水管网的负荷,避免内涝的发生。储存的雨水可经过适当处理后,用于灌溉、景观用水、洗车等非饮用用途,实现水资源的节约和循环利用。

2) 控制径流污染

降雨初期,雨水中往往含有较多的污染物,如浮物、有机物、重金属等。调蓄池可收集初期雨水,进行沉淀、过滤等处理,减少污染物进入受纳水体,保护水环境质量。

3) 提高排水系统的可靠性

通过调蓄池的缓冲作用,降低了极端天气和突发事件对排水系统的影响,提高了排水系统的可靠性和稳定性。

4) 节约土地资源

预制模块调蓄池采用模块化设计,可在工厂预制生产,现场组装。施工周期短,占地面积小,能有效节约土地资源。

3 模块化雨水调蓄池设计

3.1 设计参数

模块化雨水调蓄池由单块模块和现浇结构组成,其中现浇结构包括素混凝土垫层、钢筋混凝土底板、钢筋混凝土顶板、现浇钢筋混凝土柱。依据本项目地质勘察报告及相关设计规范,考虑到场地空间限制、雨水收集量需求及与周边设施的协调性等因素,1 号模块化雨水调蓄池尺寸确定为 25.80m×9.35m×5.30m。本工程抗浮水位标高 47.000m,底板标高 40.480m,1 号调蓄池覆土深度 1.07m。

3.2 设计原理

原传统模块化拼装式雨水调蓄池由混凝土预制模块池体、现浇混凝土顶板和覆土共同抗浮,根据 JGJ 476—2019《建筑工程抗浮技术标准》抗浮设计等级为甲级进行计算,判定标准如表 1 所示。

传统模块化拼装式雨水调蓄池抗浮计算为:

$$K_3 = \frac{G}{N_{w,k}} = 1.05 < 1.10$$
,不符合《建筑工程抗浮技术标准》中使用期稳定性系数 ≥ 1.10 的要求。

本项目针对高水位的模块化拼装式雨水调蓄

表 1 建筑工程抗浮稳定状态判定标准

Table 1 Judgment standard of anti-floating stability state of construction engineering

抗浮设计等级	施工期稳定性系数 K_{wi}		使用期稳定性系数 K_{wi}	
	不稳定	稳定	不稳定	稳定
甲级	<1.05	≥ 1.05	<1.10	≥ 1.10
乙级	<1.00	≥ 1.00	<1.05	≥ 1.05
丙级	<0.95	≥ 0.95	<1.00	≥ 1.00

池抗浮进行深化设计,通过在模块间的空隙中增加现浇混凝土柱,将雨水调蓄池的顶板和底板连接为一个整体。充分利用了现浇结构的整体性和模块的灵活性,既保证了结构的抗浮性能,又不影响模块化施工的高效性。从力学原理上分析,增加的现浇混凝土柱能有效地将顶板所受的浮力传递到底板,使整个结构共同抵抗浮力,提高结构的稳定性。

深化后模块化拼装式雨水调蓄池抗浮计算为:

$$K'_3 = \frac{G}{N_{w,k}} = 1.11 > 1.10$$
,满足《建筑工程抗浮技术标准》中使用期稳定性系数 ≥ 1.10 要求。

4 模块化雨水调蓄池施工工艺

4.1 雨水调蓄池施工工序流程

工艺流程为:测量放线→基坑支护→基坑开挖→地基处理→底板施工→进出水井定位→第 1 步模块拼装→第 1 步肥槽回填→第 1 步连接柱浇筑→内支撑拆除→第 2 步模块拼装→柱、顶板钢筋绑扎→柱、顶板混凝土浇筑→配水管连接→电缆线铺设→土方回填→机电设备安装→系统调试运行。1 号模块化雨水调蓄池的施工平面如图 1 所示。

测量放线是施工的基础,为后续的基坑支护和开挖提供准确的位置依据;基坑支护与开挖需紧密配合,确保施工安全和质量。进行模块拼装时,要注意模块的定位和拼装精度,这直接影响到后续连接柱浇筑和顶板施工的质量。而内支撑拆除需在确保结构稳定的前提下进行,避免对已施工部分造成破坏。各工序之间相互关联,任何环节出现问题都可能影响整个雨水调蓄池的施工质量和进度。

4.2 施工技术要点

4.2.1 基坑支护

由于本工程地下水位高,需要支护结构同时具备支护和止水功能。经对比分析钻孔灌注桩、土钉墙等支护形式,考虑到钢板桩具有强度高、防水性能好、施工周期短、施工速度快且可重复使用等优点,最终选用(SKSP-IV)拉森钢板桩作为支护结构。其宽 400mm,高 170mm,厚 15.5mm 的尺寸参数能满足本工程对支护结构的强度和稳定性要求。调蓄池基坑支护设计参数如表 2 所示。1 号调蓄池

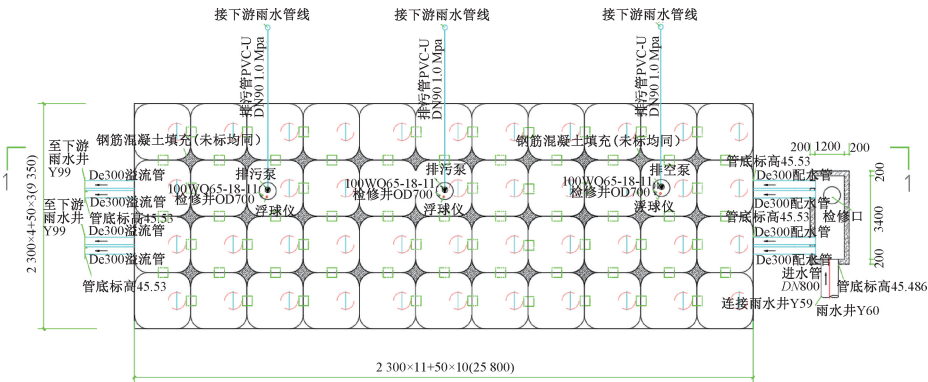


图 1 1 号雨水调蓄池平面
Fig. 1 Rainwater storage tank I plane

钢板桩布置平面及剖面如图 2 所示。

表 2 调蓄池基坑支护设计参数

Table 2 Design parameters of foundation excavation support for storage tank

剖面	桩长 L/m	支撑横向 间距 B/m	支撑竖向间距/m			嵌固深 度 d/m	适用 范围
			H ₀	H ₁	H		
1—1	12.0	3.5	3.0	4.32	7.32	4.68	1 号调蓄池

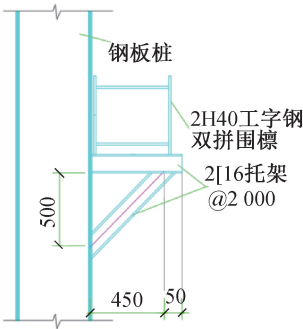


图 3 钢围檩与钢板桩连接

Fig. 3 Connection between steel purlin and steel sheet pile

4.2.2 基坑开挖

基坑开挖自上而下进行,每层开挖深度应在 0.5m 范围内,严禁超挖。土方开挖施工与基坑支护交叉作业,各工序互不影响,互相配合。严禁机械设备磕碰支护结构,留 30cm 保护土层采用人工配合机械清槽作业,严防扰动地基土层。

4.2.3 底板与现浇混凝土柱施工

清槽完成后,浇筑 100mm 厚 C20 素混凝土垫层,垫层平整度误差应控制在±5mm 以内,以便为后续钢筋混凝土底板施工提供良好的基础。然后浇筑 300mm 厚 C30 钢筋混凝土底板(φ12@200 双层双向搭接),底板浇筑时要严格控制钢筋间距和保护层厚度,钢筋间距误差应不超过±10mm,保护层厚度误差控制在±5mm 以内,确保调蓄池模块安装平稳。底板平面及剖面如图 4 所示。

根据模块定位确定连接柱位置,底板混凝土浇筑时对柱钢筋进行固定,避免偏位。连接柱钢筋采用 8φ12(距混凝土外壁 30mm),箍筋间距为 φ8@100/200(见图 5),分步进行浇筑。

4.2.4 水泥预制模块拼装

1) 水泥预制模块由托盆式模块的底部和顶部及贯通式模块的中间部位组成。托盆式模块底部

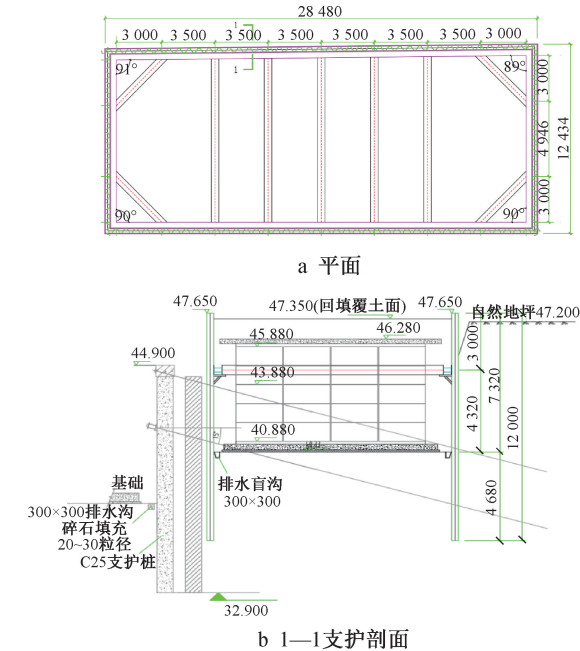


图 2 1 号调蓄池钢板桩布置平面及剖面
Fig. 2 Layout plane and profile of steel sheet pile in storage tank I

水平支撑管/内角撑采用 Q235B φ500×14 钢管。安装时要确保钢管的垂直度和连接牢固性,焊条采用 E43 系类,焊缝质量等级为三级,焊接时应严格按照相关规范进行操作,保证焊缝的饱满度和均匀性,以确保支撑结构的承载能力,钢围檩与钢板桩连接如图 3 所示。

加强建设项目雨水利用工作的通知》(海规发[2011]109号)、《关于加强雨水利用工程规划管理有关事项的通知》(市规发[2012]791号)及DB11/685—2013《雨水控制与利用工程设计规范》要求,硬化面积达10 000m²以上时,按每万m²配建不小于500m³的雨水调蓄设施,本项目硬化面积29 841.35m²,共需设置雨水调蓄设施1 493m³,本项目设置2个雨水调蓄池,每个雨水调蓄池有效容积均为760m³。现深化的水泥预制模块雨水调蓄池1 537m³,比原设计有效容积超出17m³,满足设计要求。

6.2 缩短工期

与原设计雨水调蓄池相比,现优化后将现浇结构和模块化相结合,解决了雨水调蓄池现浇结构的工期长及工艺繁琐的问题;模块化侧壁成了现浇结构模板,现浇结构将模块捆绑为整体,共同抗浮。

6.3 节约成本

在高水位地区,无法使用常规模块化雨水调蓄池拼装工艺,只能采用现浇结构,而现浇结构工期长,钢筋、模板、混凝土传统工艺施工措施多,同时效益空间有限。而采用本工艺,有效解决了上述问题,缩短了工期,大大降低了人工成本和施工措施费用,采用模块化雨水调蓄池的效益空间远大于现浇结构。

7 结语

本文提出的模块化雨水调蓄池抗浮施工方法,将模块与现浇两种工艺相结合,采用现浇柱将底板和顶板做刚性连接,而模块在底板和顶板中间成为整体,共同抗浮,有效解决了模块化雨水调蓄池在高水位地区无法使用的问题。应用在施工现场,既推动了绿色发展,又利于海绵城市理念的发展与实践。

参考文献:

[1] 李成志,王东杰,王天宇,等. 模块化雨水调蓄池的应用研究[J]. 山西建筑,2022,48(24):123-126.
LI C Z, WANG D J, WANG T Y, et al. Application of modular rainwater storage tank[J]. Shanxi architecture, 2022, 48(24): 123-126.
[2] 许锦林,宫经成,陈泽锐,等. 南方城市水环境综合整治技术

路径研究[J]. 施工技术(中英文),2022,51(5):105-109.
XU J L, GONG J C, CHEN Z R, et al. Research on technical path of comprehensive improvement of urban water environment in Southern China[J]. Construction technology, 2022, 51(5): 105-109.
[3] 刘伟,李永峰,董斌,等. 火神山医院配套雨水系统调蓄池建造技术[J]. 施工技术,2020,49(12):90-92.
LIU W, LI Y F, DONG B, et al. Construction technology of rainwater storage tank in Huoshenshan hospital[J]. Construction technology, 2020, 49(12):90-92.
[4] 王成强,张婷. 地下结构抗浮稳定性合理计算方法研究[J]. 建材世界,2024,45(5):68-71.
WANG C Q, ZHANG T. Research on reasonable calculation method for stability against uplift of underground structures[J]. The world of building materials, 2024, 45(5):68-71.
[5] 王健,周玉文,刘嘉,等. 雨水调蓄池在国内外应用简况[J]. 北京水务,2010(3):6-9.
WANG J, ZHOU Y W, LIU J, et al. Application of rainwater storage tanks at home and abroad[J]. Beijing water, 2010(3):6-9.
[6] 邓贵华. 面向城区水质改善的最佳雨水调蓄池工程方案研究[J]. 水利科技与经济,2025,31(8):118-123.
DENG G H. Research on the optimal rainwater storage tank engineering scheme for improving water quality in urban areas[J]. Water conservancy science and technology and economy, 2025, 31(8):118-123.
[7] 陈浩,孙克俭,孟庆遥. 城市更新背景下沧州中心城区雨水泵站改造研究[J]. 新城建科技,2025,34(2):122-124.
CHEN H, SUN K J, MENG Q Y. Study on reconstruction of rainwater pumping station in Cangzhou central city under the background of urban renewal[J]. Neotype urban construction technology, 2025, 34(2):122-124.
[8] 杨百锁,王奇恩,乔彩霞,等. 杭州亚运会棒球主场大跨度屋面重力流钢柱雨水系统施工技术[J]. 施工技术(中英文),2022,51(24):5-8.
YANG B S, WANG Q E, QIAO C X, et al. Construction technology of gravity flow steel column rainwater system for large-span roof of baseball stadium in Hangzhou Asian Games[J]. Construction technology, 2022, 51(24):5-8.
[9] 张鸿涛,于宝国,邓方园,等. 城市景观湿地系统去除初期雨水污染物效果研究[J]. 施工技术(中英文),2021,50(15):78-82.
ZHANG H T, YU B G, DENG F Y, et al. Study on the effect of urban landscape wetland system on the removal of initial rainwater pollutants[J]. Construction technology, 2021, 50(15):78-82.