

大体积工业水池抗浮措施的研究与应用

王艳军 申 振

绵阳巨星永磁材料有限公司 四川 成都 610000

【摘要】：大体积埋地工业水池在施工及运营阶段普遍面临地下水与地表水抬升引发的抗浮风险，南方多雨地区雨季施工尤为突出。本文以四川绵阳某大型环保污水处理水池为工程实例，系统分析自重抗浮、配重抗浮、抗浮锚杆、排水减压四种常用抗浮方案，结合水文地质条件、施工工艺及经济指标开展对比分析，量化估算各方案造价，明确不同工况下方案选型原则。

【关键词】：工业水池；大体积；埋地水池；抗浮稳定性；方案比选

DOI:10.12417/2811-0528.26.15.076

引言

随着国家对环境保护要求的不断提高，大型储水池、污水处理池等环保设施的建造规模日益扩大^[1]。水池设计种类繁多，按埋地深度可分为埋地式水池、半埋地式水池、地上式水池^[2]。其中大体积埋地式水池埋深较大、自重相对较小，易受地下水、上层滞水及地表雨水汇集影响，出现整体上浮、底板隆起、侧壁开裂等安全隐患，严重影响结构安全与正常使用。

四川地区降雨充沛，雨季集中，施工期基坑积水、地表水倒灌、基岩裂隙水富集进一步加剧抗浮风险。因此，抗浮稳定性验算与措施设计已成为大体积工业水池结构设计的核心控制环节。本文结合实际工程案例，对比分析多种抗浮方案的技术适用性与经济性，提出优化建议，为类似工程提供借鉴。

1 项目基本情况

本工程位于四川省绵阳市，为工业厂区大型环保污水处理池，平面尺寸 67.2 m × 39.2 m，池深 6.3 m，总有效容积约 15000 m³，采用整体钢筋混凝土结构，埋地式布置。

1.1 地质与水文条件

场地为开挖区，持力层为中等强风化~中等风化泥岩、砂岩，地基承载力良好。场地无稳定地下含水层，但雨季地表水径流、上层滞水及基岩裂隙水发育，设计抗浮水位按室外地坪标高考虑（高出底板底 6.3 m），施工期基坑积水风险高。

1.2 抗浮稳定性验算

水池结构自重：底板厚 0.5 m、侧壁厚 0.4 m、隔墙厚 0.3 m，折算等效底板厚度 1.0 m。

$$G_k = \rho_c HA = 25 \times 1.0 \times 67.2 \times 39.2 = 65856(\text{kN})$$

浮力标准值：

$$N_k = \rho_w h_w A = 10 \times 6.3 \times 67.2 \times 39.2 = 165957(\text{kN})$$

根据整体抗浮验算公式：

$$K_w = \frac{G_k}{N_k} = \frac{65856}{165957} = 0.40 < 1.05$$

结论：不满足整体抗浮稳定要求，必须采取抗浮措施。

2 常用抗浮措施及原理

为避免水池在施工和使用过程中出现抗浮问题，必须考虑相应的抗浮设计措施。目前常用的抗浮设计方法主要有自重抗浮^[3]、配重抗浮、抗浮锚杆或抗拔桩等，具体要根据项目的地质水文条件，结合经济指标综合选用。

2.1 自重抗浮

通过加厚底板、侧壁及隔墙，增加结构自重抵消浮力。适用于浮力较小、自重富余的小型水池；大体积水池采用此方案混凝土用量大、造价高、工期长。

2.2 配重抗浮

通过底板外挑后在上面覆土压重、顶板覆土、上部设备压重等方式增加总抗浮力。顶板覆土适用于有顶板的水池，且覆土会增加顶板厚度及配筋；底板外挑覆土是埋地水池最常用形式，施工简便、可靠性高，但需额外开挖与回填。

2.3 抗浮锚杆/抗拔桩

利用锚杆（或桩）将底板锚固于基岩或稳定土层，提供抗拔力抵消浮力。适用于基岩埋深浅、承载力高的场地，抗浮效果可靠，但造价高、施工周期长、对地基本要求高。

作者简介：王艳军（1989-），男，硕士，一级注册结构工程师，注册土木工程师（岩土），一级建造师（房建），PMP，主要从事房屋建筑结构（含农业厂房）和工程项目管理研究。

申振（1990-），男，学士学位，主要从事工业工程，住宅规划建筑工程项目设计管理工作。

2.4 排水减压抗浮

在水池周边及底部设置排水盲沟、集水井、降水井，主动疏排地下水与地表水，降低地下水位、减小浮力。适用于雨季积水、上层滞水发育、无稳定承压水的场地，造价低、工期短、维护简便。

3 各方案造价估算与对比

结合本工程尺寸、地质条件及绵阳地区 2026 年造价水平，对四种方案进行工程量与费用估算：

3.1 自重抗浮

满足抗浮要求需将等效底板厚度由 1.0 m 增至 2.65 m，新增混凝土体积约 4350 m³，C30 商混综合单价 600 元/m³。

费用：4350×600≈261 万元

此外，还需计入加厚底板导致的钢筋量大幅增加、地基承载力验算（可能需要加强）及土方开挖量增加等费用，总成本将远超此数。

3.2 配重抗浮

（底板外挑+覆土）底板四周外挑 3.0 m，外挑范围开挖+回填土夹石，综合单价 60 元/m³；外挑底板混凝土 0.5 m 厚，选用具有一定渗水性且易于夯实的土夹石作为回填材料，C30 商混及多出的钢筋、模版等综合单价 600 元/m³。

开挖回填量：(67.2+39.2)×2×3.0×5.8≈3702.72 m³

开挖回填费用：638.4×60≈22.22 万元

外挑底板混凝土：(67.2+39.2)×2×3.0×0.5×600≈19.15 万元

合计：41.37 万元

3.3 抗浮锚杆

在池底均匀布置抗浮锚杆，锚杆中心距 2.0m×2.0m。为锚入稳定岩层，有效锚固长度 L=12.0m。采用二次注浆工艺，单根造价按 1200 元。

锚杆数量：67.2×39.2/2.0/2.0≈659 根

费用：659×1200≈79.08 万元

3.4 排水盲沟+集水井

于底板垫层外侧设置环通式碎石盲沟，断面尺寸 300mm×300mm，纵坡 i=0.5%汇水。在池体四角设置集水井（兼作检修口），配潜水泵排水，自动将汇水抽排至厂区雨水管网。盲沟、集水井材料及施工费：约 10.50 万元

各抗浮方案综合对比详见表 1。

表 1 抗浮方案对比

方案	主要做法	估算造价 (万元)	优点	缺点
自重抗浮	加厚底板至 2.65 m	261	结构整体性好、可靠性高	混凝土用量大、造价高、自重重大
配重抗浮	底板外挑 3 m+覆土压重	41.37	结构整体性好、可靠性高	需额外开挖回填、占用场地
抗浮锚杆	池底布置抗浮锚杆	79.08	抗浮效果可靠、适用基岩场地	造价高、施工复杂、工期长
盲沟+集水井	池周布置抗浮锚杆	10.50	造价极低、工期短、维护简单	需长期运维、雨季需可靠排水

4 方案选型与工程应用

本工程场地无稳定承压水，雨季以地表水及上层滞水为主，持力层为中风化砂岩，适合采用排水减压为主、临时配重为辅的联合方案。

4.1 实施方案要点

池周排水系统：底板外侧设置环形碎石盲沟，坡度 0.5%，连通四角集水井，配自动启停潜水泵，将积水排至厂区雨水管网。

回填材料控制：池壁外侧采用黏性土分层夯实回填（压实度≥0.96），阻断地表水入渗；盲沟区域采用级配碎石。

施工期临时抗浮：雨季施工时，池内注水至 1/2 水深，利用水重临时抗浮，避免上浮。

长期监测：设置水位观测井，定期监测地下水位，确保排水系统正常运行。

4.2 实施效果

本工程采用排水减压方案后，总造价仅 10.50 万元，较自重抗浮节省约 94%，较其他方案也有较大幅度节省，经济性显著。

5 总结和建议

(1) 大体积工业水池抗浮设计应结合水文地质条件、施工季节、运维条件综合比选, 优先采用技术可靠、经济合理、运维简便的方案。

(2) 对于无稳定承压水、雨季积水为主的南方地区大体积水池, 排水盲沟加集水井主动减压方案具有显著技术经济

性, 可大幅降低工程造价。

(3) 采用排水减压方案时, 需严格控制回填质量、完善排水系统设计、加强施工期临时抗浮措施, 确保长期稳定运行。

(4) 施工期应避免雨季基坑长期暴露, 必要时采用池内注水、临时压重等措施, 防范短期暴雨引发的上浮风险

参考文献:

- [1] 高伟, 陆体勇. 工业水池设计中的问题浅析[J]. 江苏建材, 2008(3): 45-46.
- [2] 郭晓品, 曾江等. 水池抗浮稳定性设计方案与分析[J]. 玻璃, 2019, 46(8): 33-37.
- [3] 李光辉, 张丙印. 大型地下水池抗浮设计方法比较及工程应用[J]. 岩土工程学报, 2018, 40(9): 1687-1694.