

# 装配式水池技术经济综合评价

高等利<sup>1</sup> 王勤学<sup>2</sup>

1. 中建一局集团第三建筑有限公司 北京 100166

2. 水利部水利水电规划设计总院 北京 100120

**摘要：**随着建筑行业对高效、环保、优质建设的需求日益增长，装配式建筑理念不断拓展，装配式水池应运而生。本文聚焦装配式水池，首先介绍了装配式玻璃钢、钢结构、钢筋混凝土水池的分类；接着阐述其关键技术，涵盖连接、防水、防腐、抗裂设计及满水试验技术。随后开展技术经济分析，从结构、防水、耐久性等方面剖析技术性能，从建设、维护及全生命周期成本探讨经济性能。最后提出技术经济综合评价方法，包括构建综合评价框架，以及经济性、技术性、综合效益和应用场景适应性评价方法，为装配式水池的合理应用提供全面参考。

**关键词：**装配式；水池技术；经济综合；评价

引言：在建筑工程领域，水池作为重要的基础设施，其建设质量与成本备受关注。传统水池施工方式存在周期长、质量不稳定等问题。装配式水池作为一种新型水池形式，凭借其标准化设计、工厂化生产、装配化施工等特点，逐渐受到重视。它不仅能够有效缩短施工周期，还能提高施工质量，减少现场作业对环境的影响。然而，装配式水池技术多样，不同类型在性能与成本上存在差异。因此，对装配式水池进行技术经济综合评价十分必要，有助于全面了解其优势与不足，为工程实践中的合理选型和应用提供科学依据。

## 1 装配式水池概述

装配式钢筋混凝土水池是一种独具优势的水池类型，它将钢筋的抗拉性能与混凝土的抗压性能完美结合。这种结合赋予了水池较高的结构强度和稳定性，使其能够轻松承受较大的水压力以及外部荷载，无论是小型社区水池，还是大型工业用水池等各类规模的水池工程，它都能胜任。从耐久性方面来看，钢筋混凝土材质表现出色，具有极佳的抗侵蚀和抗老化能力，在正常使用并做好维护的前提下，其使用寿命可长达数十年甚至更久，大大降低了长期的使用成本。同时，该类型水池还具备一定的经济性，其造价相对较低，且钢筋和混凝土这两种材料来源广泛，易于获取，能有效控制建设成本。然而，装配式钢筋混凝土水池也存在一些不足。由于其自身重量较大，对地基承载力有着较高的要求。这意味着在建设过程中，需要投入更多的精力和资金进行基础处理，增加了基础处理的成本和施工难度。若地基处理不当，还可能影响水池的整体稳定性和安全性。总体而言，装配式钢筋混凝土水池优缺点并存，在实际应用中需根据具体情况综合考量<sup>[1]</sup>。

## 2 装配式水池的关键技术

### 2.1 连接技术

装配式水池的连接技术是确保结构整体性的核心，直接影响水池的强度与密封性。常见的连接方式包括螺栓连接、焊接连接和胶结连接。螺栓连接通过高强度螺栓将预制构件固定，具有安装便捷、可拆卸的优点，但需对螺栓孔周边进行局部加强以防止应力集中。焊接连接利用电弧焊或气体保护焊将构件熔接，形成连续的整体结构，适用于钢结构水池，但需严格控制焊接工艺以避免变形和裂纹。胶结连接采用环氧树脂等胶粘剂填充拼接缝，具有密封性好、应力分布均匀的特点，但对基层处理要求严格，需确保粘结面干燥、清洁。

### 2.2 防水技术

防水技术是装配式水池长期稳定运行的关键。由于水池由多个预制构件拼接而成，拼接缝是防水薄弱环节。常用的防水方法包括涂抹防水涂料、铺设防水卷材和设置止水带。防水涂料如聚氨酯涂料，可在基层形成连续的弹性膜，适应构件微小变形，但需控制涂层厚度和施工环境湿度。防水卷材如三元乙丙橡胶卷材，具有耐老化、抗撕裂性能，适用于大面积防水处理，但需确保卷材搭接严密。

### 2.3 防腐技术

防腐技术对延长装配式水池使用寿命至关重要，尤其是钢结构水池和处于腐蚀性环境中的混凝土水池。钢结构水池常采用涂刷防腐涂料、热镀锌或电镀锌等方式，形成保护层以隔绝腐蚀介质。例如，环氧富锌涂料可提供阴极保护，延缓钢材腐蚀。混凝土水池则需防止钢筋锈蚀，可通过控制混凝土水灰比、添加阻锈剂或采用环氧涂层钢筋等措施实现。对于强腐蚀性环境，可采

用衬里防腐技术,如铺设玻璃钢衬里或橡胶衬里,形成物理屏障。

#### 2.4 抗裂设计技术

抗裂设计技术旨在减少装配式水池因温度变化、收缩或地基沉降等引起的裂缝。设计时需合理选择结构形式,避免长宽比过大导致应力集中。通过设置伸缩缝或沉降缝,将水池分割为独立单元,允许各单元自由变形。在构件中配置适量钢筋,尤其是细密的小直径钢筋,可提高混凝土抗拉强度,限制裂缝开展。对于混凝土水池,还可采用添加纤维或膨胀剂等措施,改善混凝土性能,增强其抗裂能力。

#### 2.5 满水试验技术

满水试验是检验装配式水池防水性能和结构强度的关键环节。试验前需确保水池结构混凝土达到设计强度,防水层和防腐层施工完成,且预留孔洞和穿墙管口已封堵严密。试验时向池内缓慢注水,分阶段进行观测,首次注水至设计水深的1/3,观察24小时无异常后继续注水至2/3,再观察24小时,最后注满水并浸泡48小时。注水过程中需记录水位变化和渗漏情况,若发现渗漏,应立即标记并修补。试验合格标准为钢筋混凝土水池渗水量不超过 $2\text{L}/(\text{m}^2 \cdot \text{d})$ ,砖石砌体水池不超过 $3\text{L}/(\text{m}^2 \cdot \text{d})$ 。满水试验不仅能验证水池的防水性能,还可通过观测结构变形,评估其整体稳定性<sup>[2]</sup>。

### 3 装配式水池技术经济分析

#### 3.1 技术性能分析

(1) 结构性能装配式水池的结构性能优势显著,以钢结构装配式水池为例,钢材强度高,能轻松构建大跨度、大容量的水池,满足大型工业或市政用水需求。其构件在工厂预制,尺寸精度高,现场组装误差小,可保证结构的整体性和稳定性。玻璃钢装配式水池质量轻,结构自重小,对地基承载力要求低,且能通过合理设计结构形式,如采用夹层结构,提高抗弯、抗剪能力。钢筋混凝土装配式水池结合了钢筋的抗拉和混凝土的抗压性能,结构坚固,能承受较大水压力和外部荷载。不过,不同材质水池在结构性能上也有差异,如玻璃钢水池刚度相对较低,需合理设计以避免变形过大。(2) 防水性能。防水是装配式水池的关键性能,玻璃钢水池本身材质致密,具有较好的防水性,但在拼接缝处需采用胶结或密封胶等措施加强防水。钢结构水池通常采用焊接连接,若焊接质量高,可保证较好的密封性,但焊接缺陷易导致渗漏,需进行严格的无损检测。此外,还需在钢结构表面涂刷防水涂料或铺设防水卷材进一步防水。钢筋混凝土水池的防水主要依赖混凝土自身的抗渗

性和防水层,通过优化混凝土配合比、添加防水剂提高抗渗性,再在外表面设置防水涂料或卷材,形成多重防水体系。(3) 耐久性。装配式水池的耐久性受材质和环境影响较大。钢结构水池在干燥环境中耐久性较好,但在潮湿或腐蚀性环境中,钢材易生锈,需定期进行防腐处理,如涂刷防腐涂料、热镀锌等,以延长使用寿命。玻璃钢水池耐腐蚀性强,能抵抗多种化学物质侵蚀,但在紫外线长期照射下会老化,需添加抗紫外线剂或进行表面防护处理。钢筋混凝土水池耐久性主要取决于混凝土的碳化和钢筋锈蚀情况,良好的混凝土保护层厚度和质量控制可减缓钢筋锈蚀速度。

#### 3.2 经济性能分析

(1) 建设成本。装配式水池的建设成本涵盖多个方面,材料成本上,不同材质差异明显,钢结构水池钢材价格波动会影响成本,玻璃钢水池原料成本相对稳定但可能受市场供需影响,钢筋混凝土水池则主要取决于水泥、砂石等价格。制作成本中,工厂预制构件虽能提高生产效率,但需投入模具、设备等费用,且规模越大,单位构件制作成本可能降低。运输成本与构件尺寸、重量和运输距离相关,大构件运输难度大、费用高。安装成本方面,钢结构水池安装相对简便,成本较低;玻璃钢和钢筋混凝土水池安装需专业设备和人员,成本较高。(2) 维护成本。装配式水池的维护成本包括日常检查、清洁、防腐、防水修复等。钢结构水池需定期检查钢材锈蚀情况,及时涂刷防腐涂料,维护频率和成本较高。玻璃钢水池抗腐蚀性强,日常维护主要是清洁和检查表面损伤,成本相对较低,但若出现老化、开裂等问题,修复难度大、费用高。钢筋混凝土水池要关注混凝土碳化和钢筋锈蚀,定期进行外观检查和结构检测,对裂缝进行修补,维护成本适中。防水维护方面,各类水池都需定期检查防水层,如有渗漏及时修复,否则可能导致更严重的损坏,增加维修成本。(3) 全生命周期成本。全生命周期成本包括建设成本、维护成本以及拆除成本等。从建设初期看,钢结构水池可能因钢材价格和安装优势,建设成本相对较低,但长期维护成本高;玻璃钢水池建设成本适中,若使用环境适宜,维护成本较低,全生命周期成本可能较优;钢筋混凝土水池建设成本较高,但耐久性好,维护成本相对稳定。拆除成本方面,钢结构水池拆除较容易,成本较低;玻璃钢和钢筋混凝土水池拆除难度大、费用高。综合考虑,在全生命周期内,需根据水池的使用年限、环境条件、维护管理水平等因素,对不同材质装配式水池的成本进行综合评估,选择经济合理的方案,以实现成本效益最大化。

#### 4 装配式水池技术经济综合评价方法

##### 4.1 技术经济综合评价框架构建

构建装配式水池技术经济综合评价框架,需明确评价目标为全面衡量其技术可行性与经济合理性。从技术、经济两大维度展开,技术维度涵盖结构性能、防水性能、耐久性等指标;经济维度包含建设成本、维护成本、全生命周期成本等。同时,考虑不同应用场景对水池的特殊要求,如工业水池对耐腐蚀性要求高,市政水池注重环保性等。将各维度指标细化并确定权重,形成层次分明的评价框架,为后续分析提供清晰的结构指引,确保评价全面、客观、科学。

##### 4.2 经济性分析方法

经济性分析主要采用成本效益分析法。先核算装配式水池的建设成本,包括材料、制作、运输、安装等费用;再估算维护成本,涵盖日常检查、清洁、修复等支出;最后计算全生命周期成本,将建设与维护成本总和分摊到水池使用年限。同时,评估水池带来的经济效益,如减少传统水池建设时间带来的工期效益、降低维护频率节省的人力物力效益等。通过对比成本与效益,计算净现值、内部收益率等指标,判断装配式水池在经济上是否可行,为投资决策提供依据。

##### 4.3 技术性分析方法

技术性分析运用多指标综合评价法。针对结构性能,通过有限元分析评估水池在不同荷载下的应力应变情况;防水性能采用满水试验检测渗漏率,结合防水材料性能测试综合评价;耐久性则依据材料老化试验、环境模拟试验等确定使用寿命。同时,引入专家打分法,邀请行业专家对各项技术指标进行评分,结合试验数据和评分结果,确定各技术指标的量化值,以此全面、准确地评估装配式水池的技术水平,明确其技术优势与不足。

##### 4.4 综合效益评价方法

综合效益评价采用层次分析法与模糊综合评价法相结合。先利用层次分析法确定技术、经济、环境、社会等各效益指标的权重,明确不同效益的重要性程度。

再运用模糊综合评价法,将定性指标量化,考虑评价过程中的模糊性。通过建立评价矩阵,计算各指标的隶属度,得出综合效益评价结果。该方法既能考虑多因素对装配式水池效益的影响,又能处理评价中的不确定性,全面、客观地反映装配式水池的综合效益,为项目的综合评估和决策提供科学支持。

##### 4.5 应用场景适应性评价

应用场景适应性评价采用对比分析法。明确不同应用场景的特点和需求,如工业场景对水池的耐腐蚀、大容量要求,市政场景对环保、美观要求等。将装配式水池的技术经济指标与各场景需求进行对比,分析其不同场景下的优势与劣势。通过综合对比,确定装配式水池在不同应用场景中的适应性等级,为项目的选址、设计和选型提供参考,确保装配式水池能在合适场景中发挥最大效益<sup>[3]</sup>。

#### 结束语

综上所述,对装配式水池展开技术经济综合评价意义重大且十分必要。通过构建科学合理的评价框架,运用多元分析方法,从技术、经济、综合效益及应用场景适应性等多维度全面剖析,我们能够清晰洞察装配式水池的优势与不足。这不仅有助于优化设计方案、合理控制成本,还能为不同应用场景下装配式水池的选型与推广提供有力依据。未来,随着技术不断进步和 market 需求的演变,持续完善评价方法,将推动装配式水池行业朝着更高效、更经济、更适配的方向发展,为各类工程建设提供更优质的水池解决方案。

#### 参考文献

- [1]王腾龙.装配式水池的关键技术价[J].智能城市,2021,4(06):101-102.
- [2]郭晶鑫,王森杰,李静.浅谈一次性建成再生水厂过程管理特点[J].居舍,2022(02):156-157.
- [3]周阳,许文博,张国栋.污水处理厂中水池结构设计要点的分析[J].建材与装饰,2022(41):168-169.