

基于全施工周期管理的污水处理厂多阶段高效施工技术研究

卢芳龙 孙子超 李阳 张震 张子晗

中建一局集团建设发展有限公司

DOI:10.12238/jpm.v6i8.8356

[摘 要] 北京某水池项目建设目标为污水日均处理规模为 1.2 万立方米/日，再生水回用高日水量为 2.0 万立方米/日。为满足污水处理厂快速施工，通过前期准备，整体管控及创新施工方法等手段，进行全施工周期高效管理，满足工期进度要求。同时，针对项目施工全周期进行详细总结，可以提升项目整体形象，保障施工安全，显著提升社会、经济效益，为后续各类似施工项目提出有效解决方案。

[关键词] 快速施工；全施工周期；整体管控；经济效益

Research on Multi-stage Efficient Construction Technology of Sewage Treatment Plants Based on Full Construction Cycle Management

Lu Fanglong Sun Zichao Li Yang Zhang Zhen Zhang Zihan

China Construction First Engineering Group Construction and Development Co., Ltd.

[Abstract] The construction goal of a certain water treatment facility in Beijing is to handle an average daily sewage volume of 12,000 cubic meters and recycle 20,000 cubic meters of reclaimed water per day. To meet the rapid construction requirements of the sewage treatment plant, through pre-preparation, overall control, and innovative construction methods, efficient management throughout the entire construction period was carried out to meet the schedule requirements. At the same time, a detailed summary of the entire construction period of the project can enhance the overall image of the project, ensure construction safety, significantly improve social and economic benefits, and provide effective solutions for subsequent similar construction projects.

[Key words] Rapid construction The entire construction period Overall control and management Economic benefit.

引言

基于市政工程提质增效政策，本研究聚焦污水处理厂全周期施工管理关键技术，系统化实证提出创新方案，通过验证多工艺协同效能、优化设备选型与管理、完善质量安全体系及创新工艺，达成缩短工期、提升质量安全水平的目标。

一、污水处理厂全施工周期理论框架

1.1 全周期管理内涵与特征

工程企业应根据污水处理厂的建设工程施工要求，制订可行且有效的进度计划，对各个施工环节的施工进度加以全面把控[1]，实现全周期管理，全周期管理的核心在于构建无缝衔接的责任链条与工艺流程，通过制度化协同与标准化传递，实现

设计、采购、施工、调试、验收五大环节的深度咬合。

1.2 污水处理厂施工阶段划分

污水处理厂施工可分为 1、地基与主体结构阶段 2、工艺设备安装阶段 3、管道与电气系统集成阶段 4、调试与试运行阶段。

1.3 多阶段协同管理机制

污水处理厂多阶段施工依托“责任深度确认”与“各方协同管理”机制，通过业主、设计、施工、监理四方权责精准配置实现全周期质控。

业主：主导要求，严控标准，全程检查方案与质量。

设计：提供可建造性服务，优化问题，将规范转化为施

工指令。

施工：固化工序责任，数据化管理工人，明确流程，高效执行。

监理：全程见证（材料进场、隐蔽验收、设备调试、试运行），核验闭环。

实践表明，该体系加快指令响应，提升变更效率，减少缺陷，构建“业主控标准、设计导转化、施工落动作、监理核闭环”的责任链生态，实现了从碎片化管控到系统性质控的跃迁。

二、多阶段高效施工关键技术体系

2.1 设计阶段技术优化

在水厂设计阶段，通过系统性整合前沿技术可显著提升工程效能、经济性与可持续性。从选址及地质勘探阶段，通过地质模拟，对现场环境进行勘探处理。从工艺设计方面，通过工艺链（如臭氧-生物活性炭、膜集成系统等），提升水质。污水处理阶段，通过沉淀、氧化、膜处理等流程推动资源循环，实现能耗与药耗协同削减。

2.2 施工阶段核心技术

污水处理厂 PPP 项目绩效评价体系中，最关注的环节还是建设期，移交期和运营期也占有较大比重。[2]面对复杂施工环境与精细化建造需求，现代水厂建设依托核心技术突破实现工程效能跃升。一下将从技术优化，系统管理等方面，归纳支撑高质量落地的关键技术路径。

2.2.1 水池快速施工技术

水池施工以工序压缩与动态跟进为核心、将池体分解为底板、池壁、顶板三级流水段，底板施工完成后安装池壁侧膜，保证立体交叉施工。主体结构施工完成后对水池池体内部表面做好“打磨-清洁-底涂”确保防水、防腐施工顺利进行。因水池对抗渗要求较高，因此在浇筑混凝土阶段，采用抗渗等级不低于 P8 的混凝土，浇筑过程中及时振捣，前后混凝土浇筑的时间间隔不宜超过 2 小时，且保证振捣均匀保证混凝土施工质量。高温天气施工时，需要加盖塑料铺盖进行保湿，低温天气施工时则需要做好防冻措施，以避免在初凝时受冻造成结构隐患[3]。施工过程中具体控制内容如下。

2.2.1.1 水池池体施工缝控制

在污水处理厂这类对水密性和耐久性要求极高的工程中，施工缝的有效控制至关重要。核心思路是通过构造设计、材料优化和精细化施工的综合手段，确保接缝的密封性和结构整体性。具体控制如下。

（1）严格遵循设计要求，将水平缝设置在池壁高于底板一定距离，避免应力集中的底板腋角处，并避开转角、孔洞边缘等薄弱部位。同时，通过优化施工组织，尽量减少不必要的施工缝数量。

（2）在先浇混凝土达到足够强度后，必须彻底清除表面的水泥浮浆和松散颗粒，暴露出坚实、粗糙的骨料面。随后进行严格清洁，确保界面无尘、无油污、无积水，并保持适宜的湿润状态。在浇筑新混凝土前，可涂刷一层专用的水泥基界面粘结剂，以显著增强新旧混凝土之间的结合力。

2.2.1.2 水池连续浇筑

在污水处理厂大型混凝土池体施工中，确保结构整体性和耐久性的关键在于实现混凝土的连续供应、实施精细化养护并有效控制池体伸缩应力。

混凝土高效施工关键控制：深度协同搅拌站保障供应，确保现场待浇料充足；同一结构层采用同配比、同批次原料，精确控制膨胀剂掺量，强度 $\leq$ C35；采用斜面分层推进工艺，初凝前覆盖相邻层；膨胀加强带内（微膨胀）外（常规）混凝土交替投料、同步振捣，整体一次成型消除冷缝。终凝后立即覆盖保水薄膜+隔热土工布密封保湿，底板 48 小时后转浅水蓄养，池壁带模喷淋养护，总养护 $\geq$ 14 天；植入温度传感器监控，芯表温差近 25℃ 自动启动降温，防止温度裂缝，确保结构整体性。

2.2.1.3 后浇带改膨胀加强带

在大型污水处理厂底板等大体积混凝土结构中，传统后浇带虽能释放早期收缩应力，但存在留缝时间长、清理困难、界面易弱化等问题。采用膨胀加强带替代后浇带，是一种更高效的抗裂控制技术。其核心原理是，通过在结构应力集中区域设置一条连续浇筑的微膨胀混凝土带，利用膨胀剂产生的补偿收缩效应，主动抵消混凝土硬化过程中的收缩拉应力，从而避免有害裂缝产生。

其核心施工要点包括：

（1）加强带混凝土与两侧普通混凝土在同一施工段内连续浇筑，消除传统后浇带需等待的养护空档期。

（2）掺加高剂量膨胀剂，形成主动膨胀压应力区，坍落度略高于带外，增强流动性。

（3）振捣棒从带外斜插入带内混凝土，消除界面冷缝，保证整体密实。

通过后浇带改膨胀加强带可以消除后浇带接缝的薄弱界面，提升抗渗性和抗震性能，大幅缩短工期。利用膨胀压应力抵消收缩拉应力，实现“无缝抗裂”。

2.2.2 基坑支护优化

国内环保政策日益严格，加强对城市污水处理建设项目的质量监督和管控显得尤为迫切和重要。[4]因此项目采用创新性施工方法，污水处理厂地下水池基坑大放坡开挖坡面喷锚工程量、工序多，且雨季施工难度大，需确保支护快速施工。项目创新采用柔性水泥毯优化方案：如地毯般铺设便捷，遇水快速水化形成坚固防水结构，并提供可靠支撑，显著节省工时与成本。

复合柔性水泥毯采用无纺布/编织布复合结构增强抗压抗裂性，核心为混凝土混合物保证稳固耐久，增强抗压性，减少开裂可能。施工时展开固定后浇水即可快速固化（“一铺一淋”），形成基坑边坡支护结构。相较传统方法，此法能降低操作风险、提升质量、缩短工期。

2.2.3 大型设备吊装方案

污水处理厂存在较多有限空间，有限空间进出口狭窄、封闭，大型设备无法进入安装。设备吊至洞口后需二次转运，人工搬运困难。因此，亟需一种新型可拆卸、可调节的转运装置，实现狭小空间内设备转运与不同高度安装。项目创新发明三维动态自适应调节移动装置，辅助水池施工。

本装置包含：

(1) 导轨装置：底部为通长 18# 工字钢，顶部为角钢对角焊接的矩形型钢导轨。

(2) 移动挂锁设备：装于导轨上，含沿矩形导轨运行的双轨道轮，及沿工字钢左右交错布置的导向轮。

(3) 吊环：HPB300 圆钢制，用于连接设备吊环。

(4) 三角支撑桁架：钢管焊接，固定导轨两端。

(5) 模块化矩形桁架：钢管焊接，螺栓连接组装（可按设备尺寸调整），与三角桁架焊接，底部带滑动轮便于整体移动。

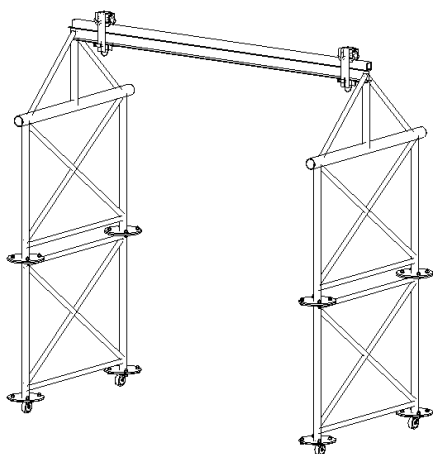


图 3.2.3.1 设备概念模型

2.2.4 交叉作业协同技术

施工中的交叉作业是指在同一或相邻作业区域内，多个不同工种、工序或分包单位为实现效率提升与工期压缩而进行的同步或交替作业。该模式虽为现代工程（尤其大型复杂项目）的常态，却显著加剧了施工的复杂性与安全风险，是现场管理的核心挑战。其显著特征在于空间重叠引发干扰、时间并行导致冲突、多主体协同增加协调难度以及信息流复杂化。这些特性直接诱发了风险的叠加放大，如高处坠落、物体打击、机械伤害、触电及火灾等事故概率显著升高，同时亦对质量控制和进度管理构成严峻考验。

为保证交叉作业“相互协调、互不干涉”，项目采取系统化管理措施，根据工期要求合理安排

2.2.4 水池快速闭水实验

污水处理厂水池闭水试验高效策略：采用类似“永临结合”的方式，提前将永久集水坑改造为试验核心枢纽。试验前在坑内储备用水，利用潜水泵和临时管道将水内部循环抽升至池体充水，大幅减少外供水量并缩短注水时间。试验中，集水坑兼作渗漏收集池，便于直观观测和量化渗漏。试验后，池水可排回集水坑暂存周转供其他水池使用。试验阶段在集水坑设置的临时孔洞，采用素混凝土（如 C20）分层回填密实，回填前需凿毛界面确保结合，恢复永久功能。该方法集节水、提速、降本、精准于一体，特别适合多水池串联项目。

三、全周期管理实施路径与保障机制

城镇污水处理厂施工中土建和安装专业人员如果没有必

要的协调或者管理不好，就容易出现工期落后甚至返工等现象，这既耗费了大量的人力、物质和资金资源，也阻碍了工程推进、质量管控活动的开展和设计使用功能的实现。[5]

水厂施工全周期管理通过精细化流程与责任闭环实现高效管控：计划层面分解总工期为周节点目标并动态干预偏差；质量管控转化技术标准可为执行指导书，实行工序双签确认；成本控制推行主材“按需申领+日耗清算”以减少浪费；现场问题建立分级响应并设节点奖励。保障机制包括：1) 设立联合指挥部整合各方决策链快速解决质量问题；2) 采用“成本+激励”计价模式，设置节点奖励，动态监控危险源，高危作业执行项目经理带班制。该体系通过“计划→执行→资源优化→组织赋能”的管理循环显著降低变更率、实现重大安全事故归零、缩短工期、提升材料周转效率。

四、实证研究：北京某水厂项目应用

北京某水厂项目工程污水日均处理规模为 1.2 万立方米/日，再生水回用高日水量为 2.0 万立方米/日。总占地面积 20 907.96 m²，总建筑面积 6568.74 m²。该项目通过创新技术、深度控制，提高了污水处理厂施工效率，同时较高质量的完成了施工任务。项目团队凭借敬业、专业的工作态度，对施工内容高效执行，为工程顺利进展提供了坚实的技术基础，得到了业主、监理等各方的认可，取得了良好效果，提高了经济效益和品牌形象，并为类似污水处理厂施工项目提供了优秀的范例。

五、结束语

污水处理厂水池快速施工技术创新实践通过设计、工艺、管理协同驱动实现效能跃升：设计优化融入可施工性分析，优化分缝节点；工艺升级引入水泥毯支护、新型运输设备提升效率精度；管理革新推行精细化流水作业与全过程监控保障资源与风险管控。该体系有效破解了传统施工周期长、质量风险高的难题，在保障本质安全与耐久性的前提下，显著缩短工期并创造经济效益。但面对工程复杂性和不确定性，未来技术也需革新。

[参考文献]

- [1] 巩浩. 污水处理厂建设施工管理研究[J]. 工程建设与设计, 2021, (10): 181-184. DOI: 10.13616/j.cnki.gcjsysj.2021.05.263.
- [2] 张会坤. 污水处理厂 PPP 项目的绩效评价研究[D]. 西安理工大学, 2021. DOI: 10.27398/d.cnki.gxalu.2021.000931.
- [3] 李一平, 郑可, 周玉璇, 唐春燕, 陈霞, 伍彬, 李金华, 温慧峰, 蒋海砖. 南方城市污水处理系统效能评估与提质增效策略制定[J]. 水资源保护, 2022, 38 (03): 50-57.
- [4] 毕研奎. J 县市政污水处理厂建设项目施工质量管理研究[D]. 太原理工大学, 2023. DOI: 10.27352/d.cnki.gylgu.2023.001402.
- [5] 刘刚. 城镇污水处理厂土建施工技术和质量控制要点[J]. 四川水泥, 2023, (02): 153-155.