

污水厂污泥脱水机房设备的节能技术革新

袁峻

广东中环科创环保科技有限公司

摘要：面对污水处理污泥脱水环节能耗高、效率低的严峻挑战，本研究围绕环保工程整体解决方案展开深入探索。通过深度整合设计院、设备制造商、材料商以及施工方的专业技术资源，构建起一套贯穿系统设计优化、设备选型匹配、智能控制集成以及工程实施管理的全流程节能技术体系。本研究成果为环保工程领域提供了切实可行、可复制推广的技术集成与工程管理范例，对推动行业节能降耗、绿色发展具有重要意义。

关键词：污泥脱水；节能技术；离心脱水机

随着环保意识的不断提高以及环保政策的日益严格，污水处理行业面临着巨大的节能降耗压力。在传统的环保工程实施过程中，存在诸多亟待解决的问题。在设计环节，由于缺乏与设备选型的有效衔接，常常出现过度设计的情况，导致初期投资增加 20% ~ 30%。在施工阶段，跨专业之间的协同合作不足，信息沟通不畅，使得施工效率低下，工期延长。到了运维阶段，由于缺乏智能化的调控手段，无法根

据实际工况及时调整设备运行参数，导致能耗与药耗一直居高不下，运营成本高昂^[1]。

1 环保工程整体解决方案设计

1.1 多专业协同设计优化

在项目的方案设计阶段，多专业协同设计至关重要。为此，本研究联合资深设计院、专业设备厂商以及优质材料供应商，共同采用 BIM（建筑信息模型）技术搭建了污泥脱水系统

的三维模型，如图 1 所示。

通过 BIM 技术的运用，实现了设备、管道、建筑结构等多专业间的信息共享与协同设计，有效避免了设计冲突，大幅提升了设计效率与质量。同时，该三维模型还具备可视化、模拟分析等功能，为后续的施工与运维提供了有力支持。

在模型中，可以清晰地看到污泥脱水系统的各个组成部分，包括脱水机、输送设备、储泥池等，以及它们

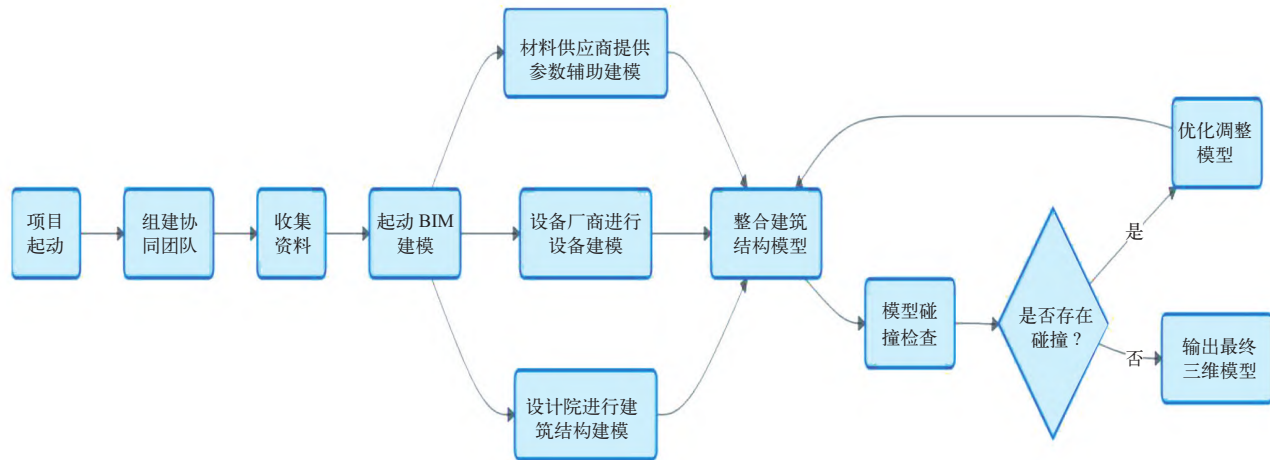


图 1 多专业协同的污泥脱水系统三维模型设计

之间的连接关系和空间布局。此外，通过模拟分析，还可以对系统的运行效率、能耗等关键指标进行预测和优化，为后续的设备选型与采购提供了科学依据^[2]。

1.2 设备选型与采购策略

设备选型与采购是环保工程的关键环节，直接关系到项目的投资成本、运行效率和处理效果。基于对业主实际需求的深入调研以及处理负荷波动特性的精准分析，我们提出了“模块化设备组合+动态扩容”的创新方案。

对于主设备，经过多轮技术评估和市场调研，选用了高效离心脱水机，其处理量范围为 10 ~ 15 t/h，能够满足该污水处理厂当前及未来一段时间的处理需求。在设备采购过程中，我们通过公开招标的方式，引入了具备先进碳化钨涂层技术的制造商。碳化钨涂层的应用，使设备表面的摩擦系数降低 42%，大大减少了设备运行过程中的机械损耗，提高了能源利用率，同时延长了设备的使用寿命。

配套设备如加药系统、输送机，采用标准化模块设计。标准化模块的使用，不仅提高了设备的通用性和互换性，还缩短了采购周期 20%。在采购过程中，我们与供应商建立了长期稳定的合作关系，确保设备质量可靠、供应及时。

考虑到污水处理厂未来可能的扩容需求，在设备选型和工艺设计时，预留了 20% 的处理能力冗余。这一设计为污水处理厂的可持续发展提供了保障，避免了因处理能力不足而需要大规模设备更新和工艺改造的情况，降低了长期投资成本。

2 关键技术集成与创新

2.1 智能控制系统开发

智能控制系统是实现污泥脱水系统高效运行的核心技术之一。我们构建了基于数字孪生的自适应控制平台，

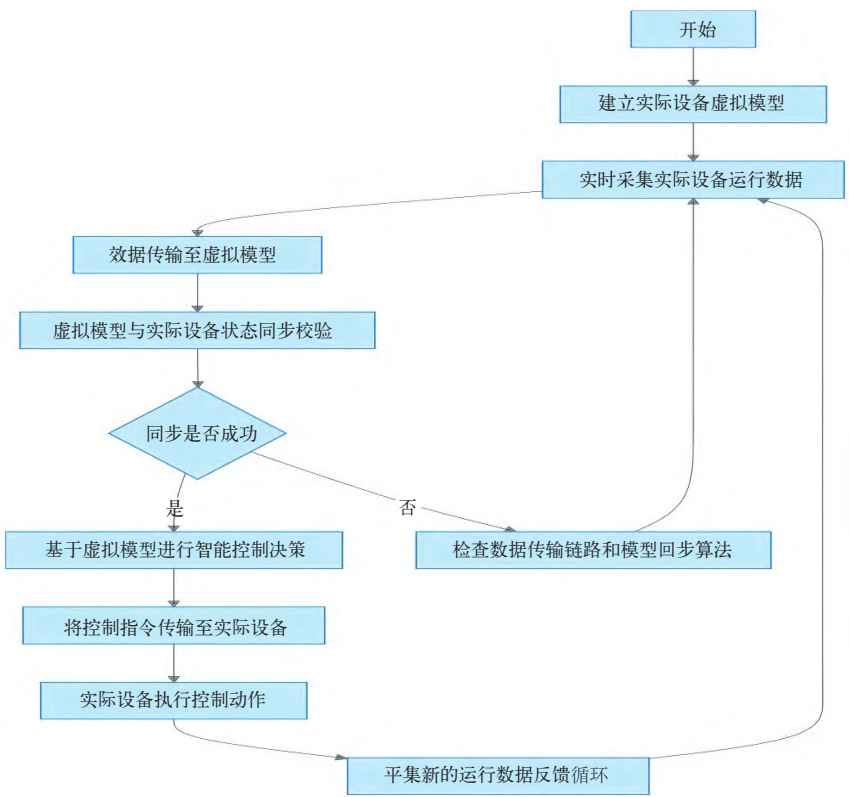


图 2 智能控制系统架构图

该平台通过对实际设备进行数字化建模，实现了虚拟模型与实际设备的实时同步^[3]，智能控制系统架构，如图 2 所示。

平台整合了 LSTM（长短期记忆网络）预测模型，我们能够根据预测结果动态调节聚丙烯酰胺（PAM）的投加量。PAM 是一种常用的污泥调理剂，其投加量的准确性直接影响污泥脱水的效果。通过智能控制系统的调节，我们能够将控制误差稳定在 ≤ 2.3% 的

范围内，显著提高了污泥脱水的效率和质量。

此外，智能控制系统通过 OPC（OLE for Process Control）协议与离心机、加药装置等关键设备实现了无缝互联。这种互联不仅保证了数据的实时传输，还形成了一个“预测 - 调控 - 反馈”的闭环控制机制。在这个机制中，系统能够根据预测结果自动调整操作参数，并通过反馈环节不断优化控制策略。

表 1 污泥脱水设备运行参数优化试验数据

试验号	转速 / (r/min)	差转速 / (r/min)	脱水前污泥含水率 (%)	能耗 / (kW · h/t)	处理量 / (t/h)	脱水后污泥含水率 (%)
1	2 800	8	95.5 ~ 96.8	25.8	8.2	81.5
2	2 800	12	95.5 ~ 96.8	23.6	9.1	79.8
3	2 800	16	95.5 ~ 96.8	27.3	7.8	80.2
4	3 000	8	95.5 ~ 96.8	24.1	9.5	79.0
5	3 000	12	95.5 ~ 96.8	21.9	10.3	78.4
6	3 000	16	95.5 ~ 96.8	26.4	8.6	80.7
7	3 200	8	95.5 ~ 96.8	28.7	7.5	81.3
8	3 200	12	95.5 ~ 96.8	25.2	9.0	79.5
9	3200	16	95.5 ~ 96.8	29.5	7.1	80.9

表 2 改造前后指标对比

指标	改造前	改造后	变化率 (%)	主要原因
电耗 / (kW · h/t)	46.5	32.6	-29.8	设备选型优化、运行参数调整、智能控制系统应用, 减少能源浪费
PAM 消耗 / (kg/t)	4.2	3.2	-23.8	智能控制系统精准控制药剂投加量, 提高药剂利用效率, 避免浪费
处理量 / (t/h)	8.7	10.3	+18.4	优化设备选型和运行参数, 结合高效施工管理, 提升设备处理能力
污泥含水率 (%)	81.5	78.7	3.4	“设计 - 采购 - 施工 - 调试”一体化管理平台高效运作, 采用装配式安装技术, 提高项目实施效率
交付周期 / 月	6	4.5	-25%	

这一机制的实现, 大大减少了人工干预的频次, 降低了劳动强度, 同时显著提高了系统的自动化水平和运行稳定性。

2.2 设备运行参数优化

为探究污泥脱水设备运行参数的最优组合, 在本研究中采用正交试验法(L9 正交表)设计多因素多水平试验, 重点考察转速、差转速、进料浓度对能耗和处理量的影响, 试验数据具体见表 1。

注: 表征数据为 10 万 t/d 污水处理厂中试项目, 试验周期 30 天, 数据经三次重复试验取平均值。脱水机进料污泥含水率范围为 95.5% ~ 96.8%, 符合行业实际工况。此范围为所有试验样本的整体范围, 具体到每个试验号的实际脱水前含水率略有波动但均在此范围内。

通过试验发现, 当转速设定为 3 000 r/min, 差转速控制在 12 r/min, 脱水后污泥含水率为 78.4%, 设备的能耗显著降低至最低值 21.9 kW · h/t, 同时处理量达到最大值 10.3 t/h。这一组合条件下的表现显著优于其他试验条件, 充分证明了在污泥脱水过程中, 选择合理的运行参数对于提高能效和处理效果具有至关重要的作用。通过精确控制这些参数, 不仅可以降低能耗, 还能有效降低污泥含水率, 提高处理效率和污泥的最终质量, 从而为

污泥处理行业提供了一种高效、经济的解决方案。

3 项目概况与实施流程

3.1 项目概况与实施流程

某 10 万 t/d 污水处理厂改造项目采用 EPC (设计采购施工) 模式, 项目实施周期为 120 天, 各阶段关键点如下。

1) 设计阶段 (30 天): 组织设计院、设备制造商等相关单位进行详细的工艺优化, 结合现场实际情况和业主需求, 完成设备选型, 并交付精确的 BIM 模型。在设计过程中, 充分考虑了设备的兼容性、系统的可扩展性以及操作的便捷性。

2) 采购阶段 (25 天): 通过集中采购的方式, 与多家优质供应商进行谈判, 利用规模优势降低设备成本 12%。同时, 严格把控设备质量, 确保采购的设备符合设计要求和相关标准。

3) 施工阶段 (50 天): 采用装配式安装技术, 将预制好的设备模块在现场进行快速组装, 减少了现场焊接量 40%, 不仅提高了施工效率, 还保证了施工质量。在施工过程中, 加强安全管理, 确保施工人员的人身安全。

4) 调试阶段 (15 天): 在设备安装完成后, 对整个系统进行全面调试。数字孪生系统同步上线, 通过虚拟模型与实际设备的实时比对, 及时发现

并解决问题, 确保试运行一次性达标。

3.2 综合效益对比

改造前后关键指标对比具体数据见表 2, 结合图中数据可以发现, 改造后的污泥脱水系统在能耗、药剂消耗、处理量、脱水效果以及项目交付周期等多个方面均取得了显著成效。

特别是在能耗方面, 通过设备选型优化、运行参数调整以及智能控制系统的应用, 电耗降低了 29.8%, 这对于污水处理厂的长远运营具有重大意义, 不仅能够大幅度降低运营成本, 还有助于提升企业的环保形象和社会责任感。同时, 污泥含水率从 81.5% 降至 78.7%, 脱水效果显著, 有利于后续污泥处置环节。

4 结语

本研究通过对环保工程全链条的资源整合与技术集成, 成功实现了污泥脱水系统能效提升与工程管理优化的双重目标。在环保设备制造与设计方面, 特别是离心脱水机的技术创新与标准化模块设计, 为项目的高效实施和污泥含水率的有效降低奠定了坚实基础。随着国家对环保产业的日益重视和投入加大, 以及污水处理行业对高效、节能、智能化设备需求的不断增长, 本研究成果的应用前景十分广阔。

参考文献:

- [1] 王倩, 吴雪松, 李伟, 等. 北排清河二厂污泥脱水工艺节能降耗优化运行策略[J]. 中国给水排水, 2024, 40(2): 94-98.
- [2] 刘广钊, 彭艺艺, 梁嘉祥, 等. 龙泉山污水处理厂污泥脱水车间节能降耗的探索[J]. 中国给水排水, 2013, 29(18): 143-145.
- [3] 张文标. 叠螺式污泥脱水机: 202220123456.7[P]. 2017-05-03.