

# 城市数字化转型

## ——信息化系统在城市排水泵站中的应用

王磊

广州南沙城市排水有限公司运营管理部经理

**摘要：**城市排水泵站是防洪排涝的关键设施，其信息化改造是提升城市管理智慧化水平的重要内容。本文基于广州市南沙区30座泵站的信息化实践，分析了泵站信息化建设的必要性，阐述了系统的总体架构设计和主要功能模块，并重点评估了系统投运后在提升泵站运行效率、优化设备管理维护、助力节能减排、辅助调度决策等方面的显著成效。实践表明，泵站信息化是破解当前泵站管理困境的有效途径，对于提升泵站综合管理水平、保障城市安全运行具有重要意义。未来，在5G、人工智能等新技术的进一步赋能下，泵站信息化将向更高层次发展，为智慧水务建设注入新动能。

**关键词：**城市排水；泵站；信息化；架构设计；系统功能；应用效果

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2024.23.011

### 一、引言

近年来，城市化进程不断加快，城市排水系统面临着巨大的压力。传统的排水泵站凭借人工经验进行管理，效率低下、故障频发，已经无法适应城市发展的需求。随着物联网、大数据等新一代信息技术的兴起，通过数字化手段对排水泵站进行升级改造，成为破解困局的有效途径。信息化系统作为数字化转型的重要载体，在泵站运营管理中得到了广泛应用。引入信息化系统不仅能够实现泵站的实时监控、智能调度、设备管理等功能，大幅度提高泵站的运行效率和安全性，而且可以精细化统计能耗数据，节能减排效果显著，推动泵站运营实现高质量、可持续发展。本文基于广州市南沙区30座示范泵站的信息化建设实践，深入探讨信息化系统在城市排水泵站中的应用价值，旨在为同类泵站的信息化升级提供可资借鉴的思路和经验。

### 二、城市排水泵站信息化的必要性

#### （一）提高城市排水能力的需求

城市排水系统是城市基础设施的重要组成部分，其排水能力直接关系到城市的安全运行。然而，随着城市用地规模的扩张、不透水面积的增加，以及极端天气的频发，城市内涝问题日益突出。传统的排水设施在设计标准、布局规划等方面已经不能满足当前排涝的需求。为缓解“城市看海”的困境，必须加快推进海绵城市建设，提高排水防涝设施的建设标准。而泵站作为排水系统的核心节点，其运行效率和排水能力更需要进一步提升。通过信息化改造，一方面可以精准掌控泵站内部的水位、流量等关键参数，优化泵组调度，另一方面可以基于全市泵站系统的监测大数据，合理规划泵站网络布局，并为水利调度部门制定排涝预案、开展应急调度提供决策支持，从而最大限度地提高城市排水防涝综合能

力。

#### （二）泵站运营管理水平有待提升

长期以来，城市排水泵站普遍存在管理粗放、机电设备事故频发的问题，严重影响了泵站的正常运行。究其原因，很大程度上是由于缺乏必要的监测手段，难以及时发现和处置故障隐患。传统的泵站管理主要依靠值班人员定时巡检，难免有疏漏。一旦遇到突发事件，也只能凭经验被动应对，往往错失最佳处置时机。此外，泵站的能耗成本高、资产管理混乱等问题，也制约着泵站运营水平的提升。因此，亟须引入信息化系统，通过实时监测和大数据分析优化泵站运行，并利用先进的物联网技术实现泵站资产的精细化、动态化管理，最终实现泵站运营的减人增效和成本节约。信息化转型是新时期泵站高质量发展的必由之路。

#### （三）数字化转型趋势下的机遇

当前，数字经济蓬勃发展，新一代信息技术加速赋能各行各业。面对数字化转型浪潮，城市基础设施领域同样迎来重大机遇。一方面，物联网、5G、边缘计算等的快速演进，为泵站信息化建设提供了更加成熟、高效、经济的解决方案。海量传感器的低成本部署、高速率的数据回传、算力的下沉应用，使得泵站的全方位感知和实时分析成为可能。另一方面，国家高度重视新型基础设施建设，出台了一系列支持政策。城市政府也将智慧水务作为智慧城市的重点建设内容，大力推动水务行业数字化发展。凭借政策和市场的双重利好，泵站信息化迎来了难得的发展窗口期。抓住数字化转型机遇，加快泵站信息化建设，对于提升城市治理水平和应对风险挑战具有重要意义。

### 三、泵站信息化系统的整体设计

#### （一）系统架构设计

泵站信息化系统采用先进的架构设计理念，遵循开放、兼容、安全的原则，实现软硬件资源的有机融合和高效协同。系统以物联网为感知层，通过各类传感器和智能设备采集泵站运行数据；以工业以太网为网络层，负责数据的高速、可靠传输；以云平台为应用层，提供数据存储、处理、分析和可视化服务。同时，系统充分考虑了设备接入的灵活性，支持Modbus、OPC等多种通信协议，可以无缝对接泵站内原有的PLC、DCS等控制设备。系统还预留了移动应用接口，可以方便地进行功能扩展和迭代升级。在硬件选型方面，系统采用工业级、防护等级高的设备，确保在恶劣环境下的稳定运行。传感器方面，选用高精度、低漂移的型号，并定期开展校准维护。通信网络采用带管理功能的工业以太网交换机，支持VLAN、QoS等特性，同时配置4G路由作为备份链路。服务器采用高可靠性的工控机，搭配冗余电源、

RAID磁盘阵列等措施，最大限度地提高系统可用性。

表 3-1 泵站信息化系统的架构组成

层级	主要组件	功能说明
感知层	水位传感器、流量计、电量仪表、设备状态传感器等	采集泵站运行参数和设备工况数据
网络层	工业以太网交换机、数据服务器、4G 路由、串口服务器、防恶意代码模块等	实现数据的可靠传输和设备的互联互通
应用层	工控机、云服务器、数据库、应用软件等	负责数据存储、处理、分析和可视化展现

综上所述，泵站信息化系统基于科学合理的架构设计，充分吸纳物联网、云计算、大数据等新技术，严格甄选软硬件产品，从而为泵站智慧化管理提供了坚实的支撑。系统架构开放、灵活、可扩展，为后续的迭代升级奠定了基础。

(二) 主要功能模块

1. 泵站运行监测

泵站信息化系统的核心功能之一是实现泵站运行状态的实时监测。通过在泵站内部署各类传感器，系统可以全面采集水位、流量、电机电流、设备振动等关键参数。监测数据以曲线趋势、图表等形式直观呈现，并支持历史数据的回放查询，大大简化了值班人员的日常巡检工作。当监测指标出现异常时，系统还会自动触发声光报警，并推送告警信息到值班人员手机端，确保第一时间发现和处置问题。借助泵站运行监测功能，管理人员可以直观掌握泵站“健康状况”，并通过关联分析实现对设备工况的趋势预判，从而实现泵站运维由“被动式”向“主动式”的转变。

2. 设备及资产管理

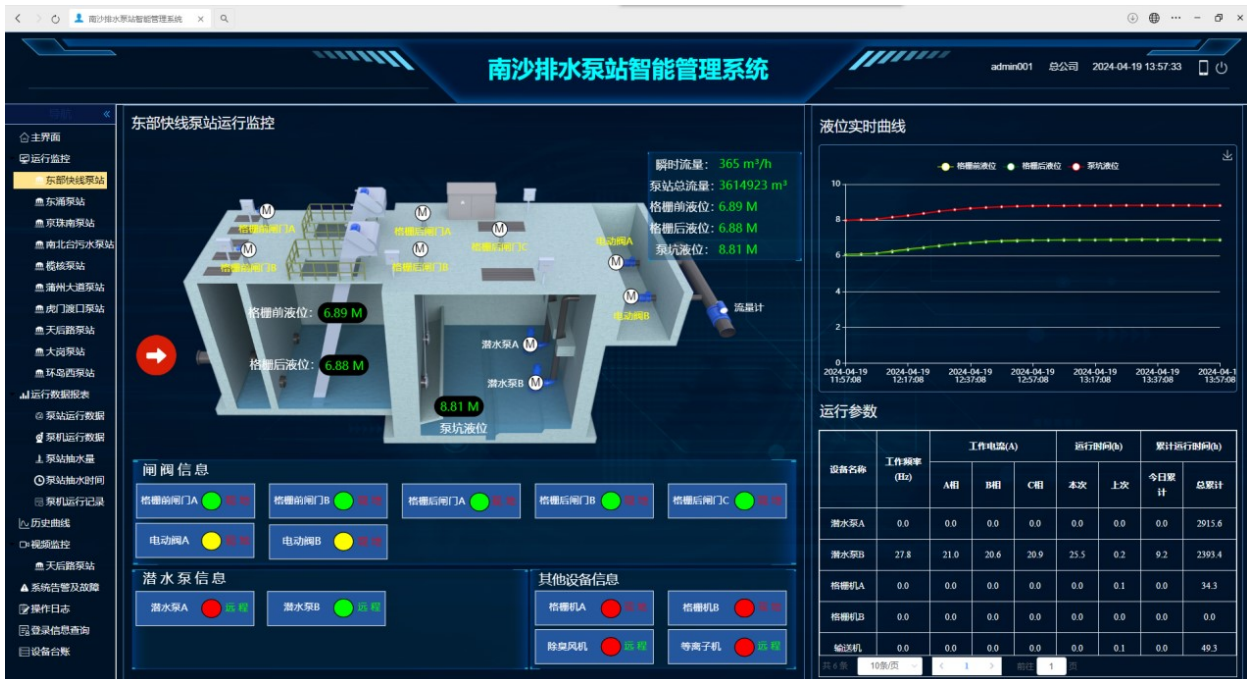
泵站设备种类繁多、金额巨大，因此做好设备全生命周期管理至关重要。泵站信息化系统专门规划了资产管理模块，对泵站内的机泵、阀门、变配电设施等各类资产进行电子化登记，记录设备的规格参数、厂家信息、装机位置、维保记录等，并借助RFID、二维码等物联网技术实现资产的快速盘点和动态管理。系统还内置设备标准操作流程（SOP）库，可以指导运维人员规范开展点检、维修等工作。基于设备的健康状况评价，系统可以科学制定检修计划，并监督检修任务的执行情况，从而减少因“带病运转”导致的非计划性停机。同时系统会自动统计备品备件的库存，在库存量低于安全阈值时及时预警，避免因备件短缺影响检修进度。

3. 能耗及碳排放统计

节能减排、低碳发展已成为新时期泵站管理的重要课题。泵站信息化系统专设能耗统计模块，对泵站水泵、照明等用能设备进行分类监测、分项计量，并将能耗数据与水量、扬程等生产指标相关联，形成单位产水电耗等对标指标，挖掘节能潜力。在碳排放方面，系统参照电网排放因子，结合泵站用电量精确核算泵站的碳足迹，并通过智能调度实现节能减排。此外，系统还设置了能效看板，通过环比、同比等维度直观展示泵站的能源绩效，激发员工节能降碳的积极性。管理者可以据此制定节能降耗目标，并将其分解到车间和班组，形成绿色发展的长效机制。

4. 辅助决策分析

泵站的实时调度和应急处置离不开科学决策的支持。泵站信息化系统嵌入智能算法模型，可以辅助调度人员进行最优决策。比如，系统会基于进水量预测和设备工况诊断，提供泵组优化组合建议，在满足排水需求的同时尽可能降低能耗。再比如，面对极端强降雨天



泵站运行监控界面

气，系统会综合分析各泵站的水位和泵组运行状态，向防汛指挥部推荐最佳调度方案。此外，系统还搭建了一套规则引擎，可灵活配置if-then规则，用于辅助工艺优化和设备故障诊断等。通过数据的深度融合和专家经验的外化固化，泵站信息化系统正在不断提升泵站的智能化水平，让每一次决策都有理有据、经得起推敲。

### （三）关键技术应用

泵站信息化系统的建设离不开多种关键技术的支撑和集成应用。在感知层，系统采用了物联网（IoT）技术，通过水位计、流量计、电力仪表等智能传感器实现泵站运行数据的自动采集。网络层基于工业以太网搭建，利用边缘计算技术在现场实现数据的汇聚和预处理，减轻通信压力。应用层采用云计算架构，引入Docker等虚拟化技术实现计算资源的弹性调度。同时，系统还应用机器学习算法进行设备健康评估和工况预测，并采用虚拟现实（VR）等新兴技术打造沉浸式的三维可视化界面。综合运用这些前沿技术，泵站信息化系统的感知更加敏锐、传输更加高效、计算更加智能，整体性能和用户体验得到大幅提升。

## 四、系统实施效果评估

### （一）提升泵站运转效率

泵站信息化系统投运以来，通过实时采集和分析海量运行数据，显著提升了泵站运转效率。系统根据历史数据建立机泵性能曲线模型，并结合实时工况参数，动态优化泵组启停组合，使泵站始终在高效区运行。同时，系统还会针对设备能效水平提出优化建议，引导操作人员采取节能措施。在供电端，系统通过分析用电负荷特性，合理安排峰谷用电，降低电费支出。经统计，泵站的单位产水电耗平均下降8%，年节约电费几十万元。此外，随着事前预警、事中监测、事后诊断等功能的应用，泵站因设备故障导致的非计划停机时间减少了60%以上，大幅改善了泵站运营的连续性和安全性。

### （二）优化设备维护保养

借助信息化系统，泵站的设备维护保养工作变得更加精准高效。系统基于设备运行参数和健康评价模型，自动生成状态检修工单，并考虑设备重要性、故障率等因素合理排序，使有限的检修资源能够花在刀刃上。维修过程中，系统还能提供详细的操作指引，并智能推荐所需工具和备件，帮助检修人员“对症下药”。针对易损部件，系统支持基于寿命和状态的预测性维护，通过更换时机优化有效延长了设备平均无故障时间（MTBF）。在备品备件管理方面，系统应用智能仓储算法，根据设备数量和故障率等参数，动态调整安全库存水平，在满足检修需求的同时最小化备件资金占用，实现了维修成本与时间的平衡。

### （三）节能减排成效显著

通过部署能耗在线监测终端和能效管理系统，泵站的节能减排工作取得了显著成效。各泵组的单位电耗、吨水峰谷电量占比等指标实现了在线实时监测，并通过看板TV大屏进行公示，极大激发了一线员工的节能意识。泵站还定期开展节能教育培训，传授实用节电妙招。针对照明、空调等辅助设备，系统引入智能控制策

略，根据时间、人员分布等因素自动调节运行功率，在保证舒适度的同时最小化能耗。通过源头减排与过程管控并举，泵站的单位产水碳排放较改造前下降了12%。目前系统已推广应用于多个泵站，累计年节电超过100万度，相当于减排二氧化碳800吨，为水务行业的绿色低碳发展树立了标杆。

### （四）辅助科学调度决策

在汛期和极端天气下，泵站信息化系统的辅助决策功能充分发挥出了优势。系统接入气象部门的降雨预报数据，并结合GIS地形和管网水力模型，提前预判内涝风险，为泵站调度提供参考。汛情来临时，系统根据各泵站的水位变化趋势和机泵运行状态，给出优化的泵站群联合调度方案，并进行在线仿真验证，力求在确保排涝安全的前提下实现能耗最小。同时，系统还为防汛指挥部提供三维可视化支持，并通过移动终端实现随时随地查看泵站运行状况，为科学决策提供了直观依据。在实战中，系统优化调度方案的采纳率超过95%，有力提升了汛期的防洪排涝能力，最大程度减轻了内涝灾害损失。

## 结论与展望

本文系统总结了城市排水泵站信息化建设的实践经验，验证了通过数字化改造提升泵站运营管理水平可行性和有效性。泵站信息化以先进的架构理念为指导，以实时监测、设备管理、能耗统计、辅助决策为核心功能，充分应用了物联网、云计算、大数据等关键技术，实现了泵站由传统管理向智慧化管理的跃升。信息化改造后，泵站的运行更加稳定高效，设备检修更加精准及时，能源利用更加节约环保，调度指挥更加科学智能。系统的成功应用为破解制约行业发展的共性难题提供了“泵站方案”，对于推动水务行业数字化转型具有良好的示范作用。

展望未来，泵站信息化还大有可为。一方面，5G、边缘计算、数字孪生等新技术将不断涌现，为泵站的智慧化升级插上腾飞的翅膀；另一方面，泵站数据的深度挖掘将进一步释放数据价值，衍生出设备剩余寿命预测、泵站群协同优化控制等创新应用。可以预见，随着信息化的不断深化，未来的泵站必将更加智能、更加绿色、更加安全，为助力城市高质量发展提供坚实保障。

## 参考文献

- [1]李文涛,王广华,周建华,等.信息化技术在城市排水运维管理中的应用案例[J].中国市政工程,2022,(04):41-43+121-122.
- [2]赵仲伟.城市排水泵站管护信息化系统设计[D].河北科技大学,2022.
- [3]鄢琳,荣宏伟,谭锦欣,等.“源-网-厂-河”一体化智慧排水系统的构建设计[J].给排水,2021,57(03):150-154.
- [4]蒋磊.城市智慧排水信息化建设初探[J].仪器仪表用户,2021,28(02):110-112.
- [5]蒋佳鑫,李毅,柏小家,等.城市内涝成因及防治对策[J].工业用水与废水,2015,46(05):13-17.
- [6]管新岗.城市排水信息化管理系统的设计与应用[J].信息技术,2013,37(05):173-176.