

# 温州市从“数字排水”到“智慧排水”的思考与实践

郑春华<sup>1</sup>, 翁献明<sup>1</sup>, 姜 恺<sup>2</sup>, 马晓宇<sup>1</sup>

(1. 温州市排水有限公司, 浙江 温州 325000; 2. 上海昊沧系统控制技术有限责任公司, 上海 200232)

**摘 要:** 随着城市规模的不断发展, 城市污水处理能力及排水设施规模不断扩大, 季节性城市防涝形势日益严峻。温州排水公司充分意识到智能化、信息化建设对于企业运营管理带来的巨大作用和价值, 并在原有“数字排水”的基础上, 结合自身现状, 提出了从“数字排水”向“智慧排水”的过渡和转变的设计思想, 基本实现了集物联网、大数据、云计算及互联网移动应用为核心架构的智慧化综合管理平台, 在日常业务管理、信息集成共享、排水和智能防汛调度及辅助决策方面起到了重要作用, 为实现企业管理目标奠定了坚实的基础。

**关键词:** 智慧排水; 数据中心; SOA 应用集成; VR 技术

**中图分类号:** TU992 **文献标识码:** B **文章编号:** 1000-4602(2017)12-0030-06

## Thinking and Practice of Transition from ‘Digital Drainage’ to ‘Intelligent Drainage’ in Wenzhou City

ZHENG Chun-hua<sup>1</sup>, WENG Xian-ming<sup>1</sup>, JIANG Kai<sup>2</sup>, MA Xiao-yu<sup>1</sup>

(1. Wenzhou Drainage Co. Ltd., Wenzhou 325000, China; 2. Shanghai Haocang System Control Technology Co. Ltd., Shanghai 200232, China)

**Abstract:** With the development of urban scale, the capacity of municipal wastewater treatment process and drainage facility continues to expand. As a seasonal city, the situation of typhoon and flood protection in Wenzhou City becomes more and more severe. The Wenzhou Drainage Company fully realized the evident effect of intelligent and information construction in business operation management. On the base of ‘digital drainage’, Wenzhou Drainage Company presents the transition from ‘digital drainage’ to ‘intelligent drainage’. Then, the intelligent integrated management platform has been put forward, which includes IOT, big data, cloud computing and internet mobile application as the core structure. The platform plays an important role in the daily business management, information integration and sharing, intelligent flood control and decision-making, and has laid a solid foundation for the achievement of management objective.

**Key words:** intelligent drainage; data center; SOA application integration; VR technology

温州市排水有限公司(以下简称温州排水公司)于2010年开展数字排水一期项目建设,主要建设内容包括GIS平台建设和机房硬件设备采购。数字排水一期项目已在实际工作中得到应用并发挥了重要的作用,同时受到了国家住建部、省住建部等各级领导与专家的充分肯定。但是,随着信息化管理

水平的提升,温州排水公司逐步认识到信息化建设管理工作在实际工作中的重要意义。为了提高信息化水平,打造排水设施“分散运营、统一管理”的信息化管理模式,实现企业管理信息真正共享,打破业务流程之间的障碍,保证数据安全传输,逐步实现资源统一监控、统一调控,从而构筑运转高

效、成本节约的管理和调控体系。

温州排水在“数字排水”的基础上提出了“智慧排水”的构想。智慧排水围绕信息采集自动化、传输网络化、管理智慧化、决策科学化的目标,主要完成以下几方面内容:

① 在建立数据中心的基础上,所有生产数据、业务信息无缝整合并实现全面可视化。例如,在排水综合管理平台上可同时查阅地理信息数据、视频安防数据和生产运行管理数据,同时,还可以查阅设备运行情况、故障情况,与该设备关联的所有业务数据,包括台账数据、维修保养数据、工单数据等。

② 实时动态掌握全市排水管网、泵站、污水处理厂的运行情况,迅速有效地发挥调度中心的指挥作用,排水泵站正在实施“无人值守”改造,在实现数据远程监测的同时还能实现远程控制,为保障城市道路通畅、排水管网正常运行等方面提供了强有力的辅助决策作用。

③ 围绕排水行业的不同业务领域,运用建模仿真技术,建立相关的数学模型,并通过模拟来获得相应的决策调度方案,从而具备决策支持能力,实现防汛调度、汛情或排放预警、工艺优化等目的,完成从数字排水向智慧排水的关键转型。

④ 结合最新的“移动和互联网+”的理念,可实现整个智慧排水管控“尽在掌握”,将整个调度中心和日常业务管理的应用通过手机移动端实现。

## 1 “数字排水”的现状和挑战

### 1.1 现状

温州排水公司于2009年成立后,为了摸清家底,让深埋地下的排水管“看得见、摸得着”,在开展市区范围内排水管线普查工作的同时,利用GIS、自动化设备、远程监测和无线传输等技术,在公司的“大脑中枢”——调度中心搭建排水“数字化”管理平台,该平台以排水GIS系统、水位远程监测系统、泵站自动化系统、路面积水监控系统、移动指挥系统和排水案卷处置系统等为主,初步形成排水“数字化”的管理平台。

① GIS系统:温州市区道路下有4 245.7 km的排水管道,利用排水GIS系统能快速定位、查询排水管线资料,实现管径、埋深和标高等管道属性的“可视化”查阅。该系统能直观地展现管线脉络,尤其是CCTV管道机器人和管道潜望镜的使用,使巡检人员不用下井就能连续、详细地观测管道的内部

形状,通过视频图像评估管道状态,从而为管道规划设计、工程建设和日常维养提供详实的基础数据。

② 水位远程监测系统:在水位远程监测系统中,选中监测点便可了解此时检查井的水位情况。根据设计和运行经验,系统中设置黄色警戒水位线,红色危险水位线,实现排水管线水位的实时掌握和及时预警,从而初步实现科学调度排水设施的运行。

③ 案卷处置系统:2014年经排水案卷处置系统处理的案卷达到17 872件,目前日均处理案卷50余件,涵盖井盖破损、缺失、管道堵塞和路面积水等问题,在快速解决民生问题的同时,为日常和台风、暴雨天气下排水设施的安全、畅通运行提供保障。

④ 路面积水监测系统:路面积水监控系统对市区主要铁路、公路下穿段及低洼地段积水情况进行全天候监控和智能采集,一旦发现险情,可迅速组织总应急能力达 $2.97 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{h}$ 的11辆排涝泵车、49台便携式排水泵等防汛设备和49支260余人的防汛抢险队进行抢险;同时,主要铁路、公路下穿段LED显示屏警示来往车辆和市民,为市区安全度汛提供保障。此外,还使用灾害预警信息网、温州气象网、水文网等收集雨情、水情信息,为指导排水系统运行和防汛防台预警响应提供数据支持。

⑤ 移动指挥系统:移动指挥系统通过单兵设备和车辆图像采集与传输系统,将现场情况传输到车内;同时在车内构建移动式排水设施运行监控系统,通过视频会商系统与指挥中心连线互动,制定方案,直击汛情现场,提高了指挥系统的机动性和指挥决策的信息化水平,保证了在不可抗拒因素影响下指挥系统的正常运转。

### 1.2 挑战

数字排水虽然为运营管理带来了便利,但随着业务需求的扩大,该系统面临如下问题<sup>[1]</sup>:

① 业务系统信息化程度有待提高。目前温州排水公司信息的电子化程度仍有一定的提升空间,如部分污水厂生产报表及设备管理数据、管网巡查养护业务过程数据等仍采用纸质表单记录管理,并没有实现信息化管理,没有建立起流程化、精细化的管理模式,未实现全过程跟踪监管。此外,无法应对更多的业务管理子系统的接入,包括排水设施/设备管理、管网设施的维修保养、巡查及巡检管理、流程和工单的建立和查询等,原有业务还不具有完整性。

② 基础设施和硬件建设时间已久,现有机房

无法满足日益剧增的数据业务需求,没有足够承载信息系统的服务器设备、网络设备等。有些单位基础设施建设不足、设备陈旧,造成数据丢失频发。

③ 数据标准不统一,数据分析和资源整合能力严重不足。由于缺乏统一的信息标准和技术规范,各系统有各自的标准和规范,甚至有些系统没有专门的标准和规范,这就造成数据“烟囱”,业务系统互联互通性差、数据交换难以开展。

④ 在配合无人值守泵站的改造时,原有 SCADA 系统不能满足三级调度指挥(现场手动、本地自动、远程控制)的要求。同时,监控系统数据集成度有限。虽然各污水厂均具备中控系统,但各污水厂在线数据尚未实现全面多厂的集成,仅有污水厂部分在线数据集成至公司调度 SCADA 平台。

⑤ 基础数据整合、共享机制不健全。温州排水公司在建及现有信息化系统建设总体规划不足,缺少统一的信息管理规范等,各管理系统之间数据类型、格式各异,无法实现数据导入与数据共享,无法实现科学的数字化管理模式,形成信息孤岛。

⑥ 数据分析和决策支持能力不足。现有的日常业务管理工作,如排水管网巡查养护、报装审批等,主要以结果数据记录为主,缺乏过程数据,且对于数据的分析处理能力还不够,还没有建立有效的指标体系评估工具,无法有效进行更高层次的决策

支持和信息挖掘。此外,没有预留模型模拟和大数据智能辅助决策的接口、系统不支持大数据分析,辅助决策支持仅仅停留在 GIS 数据和 SCADA 数据采集后的人工经验判断上,因此系统应用和决策支持能力较为初级<sup>[1]</sup>。

对于信息系统建设成熟度的评价,一般采用五维结构图来表示(见图 1),该图描述了数字排水的现状及其智慧排水应达到的目标(红色线代表数字排水,紫色线代表智慧排水)。因此,要从“数字排水”到“智慧排水”的过渡和转变,必须从这张五维结构图上实现全面的突破和完善。

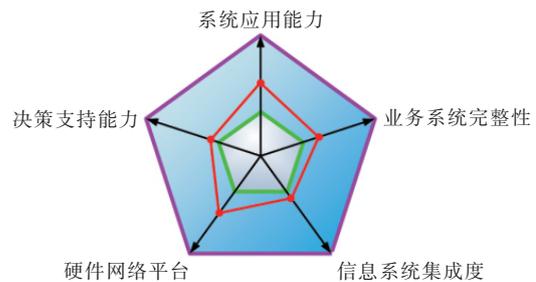


图 1 五维结构图

Fig. 1 Five dimensional structure diagram

## 2 智慧排水的设计与实施

### 2.1 智慧排水的总体框架

智慧排水总体框架包括基础层、数据服务层、业务应用层和人机交互层四层结构<sup>[2]</sup>,具体见图 2。



图 2 智慧排水系统总体框架

Fig. 2 General framework of intelligent drainage

### ① 硬件基础平台

硬件基础平台是智慧排水的载体,是智慧排水正常运行的基础保障<sup>[2]</sup>,主要包括硬件基础建设与网络安全建设两方面内容,高性能的基础硬件设施、畅通无阻的网络通信支撑了智慧排水的高效运行。

### ② 数据服务层

应用集成平台架起了智慧排水业务系统信息共享的通道,使各业务系统协同运行,保证基础数据畅通无阻、业务流程无障碍流转,有效提升业务系统的运行效率、打破企业信息孤岛,以系统集成技术支撑重点应用平台的建设<sup>[2]</sup>。

### ③ 业务应用层

业务系统是智慧排水的组成部件,整个智慧排水由各种业务系统组成,其中规划的业务系统主要是新建系统,通过新建系统与原有系统集成的方式不断完善业务信息化的完整性,提升公司业务的应用能力。

### ④ 人机交互层

人机交互层是用户使用 PC 或移动终端浏览系统,使用用户包括排水公司、运营中心团队以及员工等。

## 2.2 智慧排水的系统功能及关键技术

### 2.2.1 系统功能

#### ① 排水综合管理平台

排水综合管理平台是一套排水设施信息展示与管理平台,采用成熟的 BS 系统架构,以监测点的信息展示为重心,集成视频监控、GIS 系统、GPS 公车管理等信息进行集中展示,逐步实现全市排水管网、泵站、污水处理厂等排水设施资源统一管理、统一监测,系统支持 Oracle、SQL 等主流数据库应用。平台首页以门户形式展示平台 logo、用户登录信息、报警信息、发布信息、常用链接等相关内容,平台支持温州排水公司原有 GIS 系统接入,实现单点登录功能。

该系统可以实现排水管网、泵站、污水处理厂等监测信息的实时状态、历史状态和报警状态的形象化展示和简单分析。所有监测信息需基于 GIS 地图服务上展示,并满足虚拟全国地图的方式和三维地图服务的扩展开发应用。系统支持的测点数量没有限制,允许根据工程的规模任意扩展,数据监测点与设备档案信息库之间应建立链接关系。

该系统包含了管网管理(GIS)、水位监测(数字排水的数据整合)、井盖监测、气体监测、管网及河

道流量监测、闸门监测、水质监测、管道沉降监测、淤积监测等子系统的数据整合。同时,涵盖了业务管理子系统的所有内容,包括污水厂及泵站的设施/设备的台账管理、维修保养管理、巡查管理、工程及安全台账管理、防汛监测和管理、案卷管理(社会应急联动等)、报表管理、模型模拟及管网决策等业务子系统,真正实现了在一个集成平台上的综合无缝管理。

#### ② 排水生产监控平台

排水生产监控平台主要满足“监”和“控”的功能,对于实时性要求较高,同时要配合无人值守泵站的改造,全面实现厂站的监控,主要完成了 28 座泵站数据的监测,实现对泵站供电系统电量参数、液位(进水池、格栅池、泵池)、出水流量、气体、工艺运行设备(开停状态、轴温、电量参数、保护装置、故障信息、台时)、温湿度等数据进行实时监控。同时,根据调度需求,监控中心人员可实现对水泵、格栅机、进出水闸门、除臭设备、空压机等工艺设备的远程控制,实现对关键性设备的历史数据查询、统计、趋势图分析、打印、导出等常规功能。

#### ③ 移动终端应用

移动终端的应用提高了管理人员的日常巡检及监控管理能力,公司领导、管理人员在移动终端上可以随时、随地查询系统信息,对于公司日常业务开展及突发性、应急性事件的处理具有重要意义。

a. 管网数据查询:随着手持移动端用户的移动,系统自动定位并搜索附近的排水管网于地图上显示,方便管理人员查看。

b. 生产监测:将排水管网、泵站、污水处理厂等排水设施的主要监测数据传输至移动端进行查询。

c. 设备二维码扫描:系统支持现场设备条形码扫描,自动弹出对应设备的档案信息,针对权限许可用户可提供转存、编辑、上报等功能。

d. 巡检轨迹:系统自动记录巡检人员的 GPS 轨迹信息,并发送到服务器端,管理人员可以随时查看巡检人员的实时位置及历史巡检轨迹。

e. 巡检报告:手持移动端用户可浏览上报的各类报告,也可将现场照片、问题反馈、巡检记录、语音留言等信息上传。

f. 数据报警:将各类报警信息推送到移动终端,方便手持移动端用户及时掌握各种风险。

### 2.2.2 关键技术描述

#### ① 大型关系数据库的海量数据存储及工业实

### 时数据库的应用

传统 GIS 图层的维护管理是采用文件服务器的方式来实现的,在用户管理安全性方面,与数据库相比还存在很大的差距。该系统采用空间数据引擎(ArcSDE)可以轻松实现空间数据库(GeoDatabase)和大型关系型数据库的连接访问,图形和数据的显示、查询、编辑十分迅速。同时,工业级实时历史数据库 Historian 完成了数据中心的 SCADA 数据的快速存储、归档、无损压缩及其快速检索和查询,大大提高了实时数据的存储和历史数据的查询效率。

#### ② 统一的用户管理认证中心

实行统一的用户管理,在分散、异构的系统环境中实现统一用户管理的前提条件便是要实现用户基本信息的归一化,包括对不同应用子系统用户信息的格式转换、集中存储;与此同时,系统还提供了规范一致的注册与认证机制,以保障实现单点登录的目标。

#### ③ 国际化的统一接口标准

该系统可以采用国际化的标准数据传输方式 Web Service 来实现监管数据的上行传输。Web Service 是一种新的面向函数和方法的应用集成技术,也是一种标准的、开放的应用集成技术。它基于 XML 文档进行服务描述、服务请求并反馈结果,基于 HTTP 协议进行信息传递、易于被访问并返回结果,基于 WSC 的开放协议独立于平台和操作系统,实现不同平台操作系统上的互操作性,使得异构平台上的应用易于集成。

#### ④ 基于 SOA 的应用系统集成

SOA 既是一种企业架构又是一个组件模型,它将应用程序的不同功能单元(称为服务)通过这些服务之间定义良好的接口和契约联系起来。接口采用中立的方式进行定义,独立于实现服务的硬件平台、操作系统和编程语言,比如 Web Service 方式。这使得构建在各种这样系统中的服务能够以一种统一和通用的方式进行交互。SOA 提倡将软件的功能组件化,在组件之间以提供服务/消费服务的方式实现松散耦合,以方便组件被重用。

### 2.3 与原有“数字排水”系统的整合和迁移

新建的智慧排水系统,将在地理信息系统层面保留已有 GIS 系统的所有数据,同时通过 Web Service 技术接口,将 Web GIS 的数据通过网页的方式整合到新的智慧排水门户系统中,同时,GIS 与其他业

务子系统都整合至同一平台,根据公司各部门使用权限采用单点登录、全局访问的方式,保证了系统的安全和全面的信息整合。

### 2.4 智慧排水的“智慧”在实际工作中的体现

① 对于城市排水管网,通过建立相应的管网模型,在水文信息、降雨情况和气象信息以及城市地理信息的基础上,对不同降雨强度下的城市内涝、积水状况进行定量、可视化的分析,对汛情做出及时预警,并辅助水务部门做出合理的调度预案<sup>[3]</sup>。基于管网模型的城市防汛调度系统如图 3 所示。



图 3 基于模型的防汛调度系统

Fig. 3 Flood protection dispatching based on model

如图 3 所示,在某降雨强度下,对城市特定区域积水情况的模拟预测(包括降雨量、区域内的积水量、积水深度,以及在地图上标识积水区域的实时变化,并能结合雨量及当地雨水泵站的实际运行状况,给出合适的开泵台数作为应对降雨积水的运行方案。

② 对于污水处理厂,通过建立相应的污水处理工艺模型,模拟不同进水或运行工况下的出水水质及能耗状况,对潜在的水质超标进行预警,并检验各种运行方案的合理可行性,实现工艺优化。

基于在线工艺模拟的污水厂模型,可结合实时进水状况,对未来数小时内的出水指标、工艺指标等进行短期预测,从而提前预知不利工况,便于及时调整运行方案,提高决策能力。

③ 基于对污水厂的工艺和能耗仿真,结合鼓风机的基础信息,可推算曝气池的曝气量及对应的鼓风机开启数量,参照这一运行方案可实现在保证出水达标排放的前提下节约能耗,避免过量曝气带来的浪费。

管网、工艺模型的运用使得智慧排水系统不再局限于对采集信息的单纯展示,而是基于采集信息之上的进一步分析、预测并提出解决方案,体现决策

支持能力<sup>[3]</sup>, 因此颠覆了传统信息技术支持下的“数字排水”的概念, 使得“智慧”二字名至实归, 也基本达到了五维结构图中“决策支持能力”的要求。

### 3 智慧排水技术的远期拓展

随着国家对虚拟现实( VR) 和人工智能等前沿技术的重视和推广, 温州排水也在积极考虑如何应用这些前沿技术提高企业未来的科技发展, 并大胆设想了一种基于 BIM 和 VR 技术的实施设备运维管理系统, 通过该系统可以将与设施设备、管线等相关的所有信息和虚拟模型相关联, 用户可以在虚拟场景中查看这些信息, 使设施设备的管理更方便、快捷, 大大提高设施设备的运维保养效率, 实现对设施设备管理的数字化、实时化、可视化, 为管理人员和设备维护人员提供一种精准、高效、直观的设施管理模式与方法。

基于 BIM 和 VR 技术的设施漫游和管理架构如图 4 所示。



图 4 基于 BIM 和 VR 技术的设施漫游和管理

Fig. 4 Facility roaming and managing based on BIM and VR technology

在基于 BIM 与 VR 的设施设备管理系统中, 用户可以在虚拟污水厂或泵站中漫游, 根据工作需要, 查看构筑物空间、工艺设备、能源或水质等信息, 搜索查阅设施设备的全生命周期资料, 维修保养计划、查看设备操作手册、观看检修模拟动画等, 同时可以

实现远程虚拟式的移动巡检, 以“千里眼”的方式, 在人员不必到达现场的情况下, 实时掌握现场动态并根据实际情况制定巡检计划。

### 4 结语

温州排水公司自成立至今, 一直在探索如何利用现代化科技手段来实现排水智慧化管理和运营, 如何在保障民生和安全生产的情况下增效创收; 从“数字排水”到“智慧排水”的思考与实践, 有效解决了实际工作中存在的效率低、响应慢、信息掌握不全、紧急情况下应对不及时等种种问题, 为企业未来的快速发展打下坚实的基础。

### 参考文献:

- [1] 梅丹, 艾伟. 水务数字化管理模式在水务集团的应用[J]. 给水排水, 2014, 40( S1): 395 - 397.
- [2] 董海天. 关于“智慧水务”平台系统的构建及关键技术分析[J]. 水利规划与设计, 2017, ( 2): 22 - 23.
- [3] 张世滨. 智慧水务构想[J]. 城镇供水, 2014, ( 4): 56 - 60.



作者简介: 郑春华( 1967 - ), 男, 浙江温州人, 给排水高级工程师, 主要从事给排水专业设计和管理工作。

E - mail: zhengch917@ 163. com

收稿日期: 2017 - 03 - 30