

面向智慧水务的排水业务系统设计与实现

谷宏宇

北京排水集团 北京 100000

摘要：随着信息技术的快速发展和广泛利用，智慧水务已成为很多国家完善水资源科学管理的有效载体。本文以北京排水集团为例，围绕北京城市防汛排水系统建设展开了相关分析研究，论述物联网、远程控制、数据分析、网络安全及信息化平台等技术在智慧水务中的应用，旨在探寻开发智慧水务系统的具体途径，为排水企业的综合信息化监管开创新的管理思路与模式。

关键词：智慧水务；智能感知；大数据；数据交换

1 前言

近年来，随着城市建设的快速扩张和气候变化的双重影响，城市内涝频发已经成为中国大中型城市面对新的挑战，部分城市的环境承载力下滑到了临界点。数据显示，我国平均每年有180多座城市受内涝影响^[1]。城市排水防涝工程体系是城市的血管，排涝通道管网通畅，能够极大降低城市内涝的发生风险。为此，北京城市排水集团积极开展防汛指挥调度平台建设，经过多年建设，率先在国内建成了防汛指挥调度系统，在加快硬件改造的同时，进一步提升信息化水平，构建排水系统信息化管控平台、研发城市暴雨内涝监测预警系统、大力加强城市排水设施管理等，充分运用大数据、物联网等新技术，实现内涝实时监测调控，大大提升了防灾减灾能力，将城市防汛排水系统由自动化提升到信息化，数字化，并逐步向智慧化迈进，有效的支撑着北京的防汛工作。

本文以北京排水集团为例，主要介绍城市防汛智慧系统建设内容及主要应用场景，论述物联网、远程控制、数据分析、图像识别、网络安全、信息平台等技术的应用，以及该技术如何实现了多种传感器的数据采集，如何实现排水泵站的少人管理，如何构建多层级的信息化平台，最终成为智慧城市重要组成部分。

2 智慧水务建设需求

党的二十大报告为城市建设明确了发展方向，指出城市建设需着眼于加强城市基础设施建设，打造宜居、韧性、智慧城市。智慧水务作为智慧城市的重要组成部分，是体现城市管理智能化水平的重要标志之一。水务智慧化的发展可有效优化城市运行资源配置，提升政府职能，完善公共服务，为打造智慧城市构建途径。十四五规划也明确指出提升城市智慧化水平的方案，规划推行城市楼宇、公共空间、地下管网等“一张图”数

字化管理和城市运行一网统管，以建设源头减排、蓄排结合、排涝除险、超标应急的城市防洪排涝体系，推动城市内涝治理^[2]。近年来，我国智慧水务行业的政策环境向好。我国相继出台系列政策支持智慧水务行业的发展，从管理办法、重点工程、保障措施、总体目标等角度对智慧水务行业提供了更为针对性的指导。这些政策包括《水污染防治行动计划》^[3]、《关于大力推进智慧水利建设的指导意见》^[4]、《加快推进新时代水利现代化的指导意见》^[5]。同时，住建部等部门联合印发的《“十四五”城市排水防涝体系建设行动计划》可以看出，它涉及源头减排、通道建设、应急管理等多方面，是一项跨地域、跨部门的系统工程^[6]。在城市排水管网和泵站、排涝通道、防洪设施等建设改造的基础上，建立市政排水管网地理信息系统（GIS），实行动态更新，逐步实现信息化、账册化、智慧化管理，满足日常管理、应急抢险等功能需要。北京排水集团在了解信息化建设现状和面临发展形势的基础上，对落实集团发展战略、全面推进智慧水务建设的迫切性和必要性进行了深入分析，总结提炼了智慧水务建设需求和建设思路，率先实现防汛的信息化管控、少人化管理，提升了汛期的快速响应程度，有效的控制了城市内涝的影响。借助模型、AI识别、数据分析等应用，给城区建设提供了数据支撑，为水环境改善提供了科学的解决方法，使北京逐渐向世界一流的宜居城市迈进。

3 智慧水务建设先进技术

智慧水务的目标是围绕城市厂网一体化联合调度的业务应用需要，综合应用地理信息系统、物联网、云计算、大数据等技术，利用在线监测和管网运维数据，以数据平台、应用平台为框架，分阶段建立和完善对排水户、管网、调蓄池、泵站、污水厂等水务基础设施一体化监测、运维、管理和服务平台，实现“自动化监测、

实时化调度、网络化办事、系统化管理、科学化决策、规范化服务”的技术系统^[7,8]。智慧水务建设中可以融合利用信息领域的各类先进技术，具体包括：

(1) 智能感知技术

现场数据是实现智慧水务的基础，数据采集主要通过智能感知设备。智能感知设备包括可联网水位计、流量计、射频RFID标签等。通过建立点、线、面结合的全方位立体感知体系，可全面感知和采集现场数据，通过网络传送到处理中心，技术和管理人员可及时掌握管网运行状态、流量和水质情况。

(2) 大数据技术

大数据分析技术是智慧水务建设的核心技术。智慧水务系统通过智能感知技术收集到大量数据，涵盖了从源头到用户端的所有涉水数据，也包括生产运营与水务用户反馈的各种数据。处理中心采用非传统的数据分类、分析工具，对所收集的有序或无序数据进行挖掘。以一部分数据作为样本，进行数据挖掘，获取数据之间的关联，用另一部分数据进行验证测试，最终能够实现故障检测以及对未来发展趋势进行预测的功能。

(3) 数据交换技术

智慧水务系统以气象系统平台、地理信息平台、GIS平台和数据库管理系统为技术支撑，以排水集团开发的水务平台软硬件环境为基础，利用数据交换技术，获取

降雨信息、交通信息、管线信息等。不同平台所采用的数据接口各异，通过数据接口和交换，可实现水务信息的交互共享功能。

(4) 人工智能技术

水务场景监管对象数量多且分布广泛，通过人工方式巡视，时间长，覆盖范围小、人员投入多，工作量大，投入成本高。人工智能技术是研究、开发用于模拟、延伸、扩展人类智能的理论，方法和技术。如在水务监管中，利用人工智能分析手段，则可在水务信息检测和识别方面发挥积极作用，实现水域识别、设备故障诊断、智能检测，水位线测量、漂浮物监测等智慧水务管理应用。人工智能技术的应用使水务系统正迈向集感知-诊断-决策-控制为一体的智能体系。

4 排水系统智能化实施

4.1 智能化建设总体框架

开展智慧水务建设，需统筹规划，集成整合各类资源数据，并与统筹规划、日常管理、应急指挥、智能决策以及各有关应用系统对接和相互支撑。本系统的建设依托排水集团现有的软硬件环境，要求符合于“北京排水设施运营监控中心与地理信息系统”的总体架构。如图1所示，系统体系框架上分为五层，分别为硬件设备层、数据层、基础软件层、应用层、人机交互层。

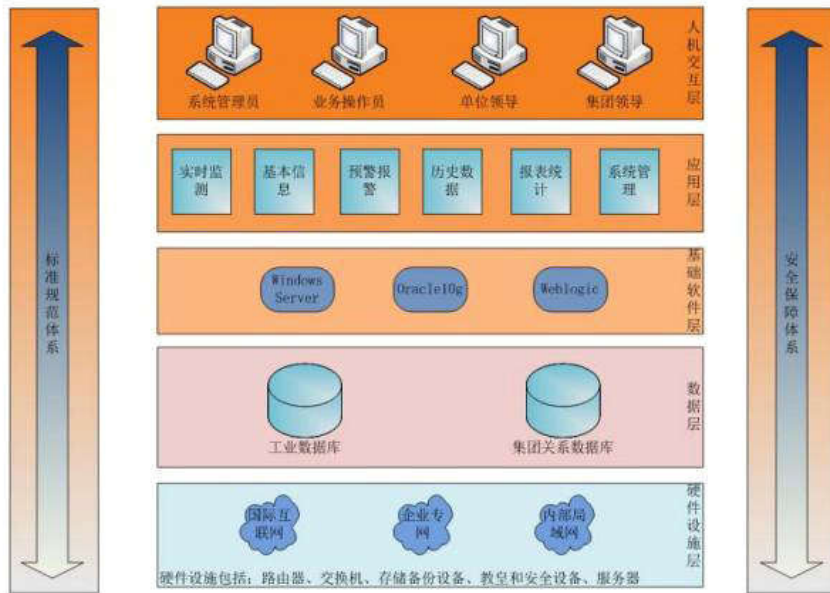


图1 系统总体架构图

4.2 智能化建设具体方案

1) 硬件设备层

智慧水务的实现需要大量的数据支撑，智能感知设

备是实时数据的主要来源。通过建立前端测

点位置与地理空间信息之间的逻辑关系，实现点、线、面三者有机结合，从而实现全方位的信息感知。在

排水系统中，雨、污水泵站在运行数据经智能感知设备进行采集，其信息通过PLC以太网模块及VPDN专网及无线网络共同传输。其中，雨量站实时降雨信息由雨量计采集；退水口液位信息由液位计采集；在泵站集中管控的管网分公司建立远程监控系统，即中心端组态系统，采用SCADA软件实现设备监控和图像采集。硬件系统还包括冗余服务器、客户机、防火墙、网闸、核心交换机等设备。设备监控范围涉及管道、水泵、阀门、配电柜、风机、照明等几方面。

2) 数据与网络层

系统经过实时数据采集层，将数据传送给中间存储层，传输平台包括PLC控制器及OCS采集模块、2台IOSERVER、运行SCADA软件的数据平台等，最后将采集的信息存储在工业数据库中，在经由工业数据库传送给集团关系数据库。北京排水集团数据库构架如图2所示，包括实时数据库，中间存储模块和用于历史查询的数据库。用户通过网络浏览的方式监测泵站的运行数据；其中实时数据和历史数据全都来自于工业库；工业库通过OPC的采集方式从KingSCADA中获取实时数据，并存入历史数据存储。

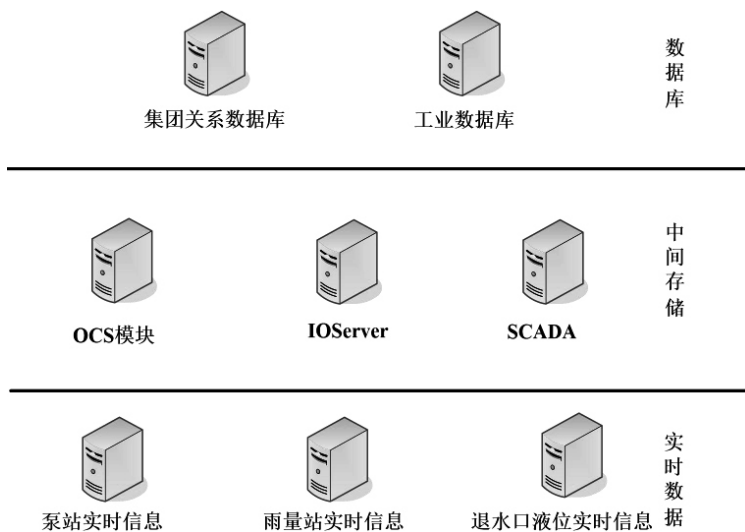
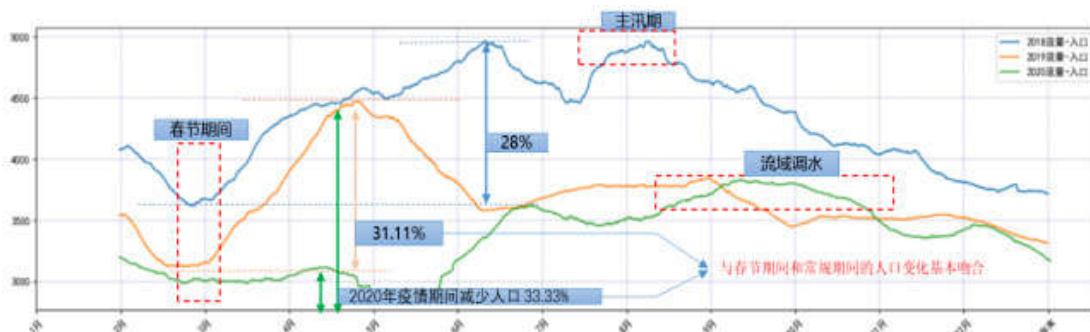


图2 数据存储部署架构图

3) 基础算法与软件层

借助大数据方式，对排水设施运行数据，进行数据挖掘和分析，获取设施的运行负荷程度。例如地下污水管线是重要防洪调蓄设施，通过对其动态填充度的监控，在降雨前将管线积水抽至污水厂，与水厂自动化系统进行联动，保证在降雨时间内，地下管线有最大的调

蓄容量。由于降雨过程中，一些老旧管线是雨污水合流的情况，因此掌握污水流量对把控防汛总体水量具有重要意义。同时，系统借助Python算法对区域整体的排水情况及人口变化情况进行了数据关联分析，从而得到了如图3所示人口迁徙与水量对应的关系模型，为区域的排水设施扩建提供数据依据。



依据《北京市2019年国民经济和社会发展统计公报》，截止至2019年末，北京全市常住人口2153.6万人，比上年减少0.6万人。其中，城镇人口1865万人，占常住人口的比重为86.6%；常住外来人口745.6万人，占常住人口的比重为34.6%。

图3 水量与人口的数据关联关系模型

系统通过如图4所示厂网一体化模型，对区域内积水点及河道还清时间进行了分析，并对不同措施的实施结

果进行了模拟，最终为获得最优解决方案提供了重要的决策依据。

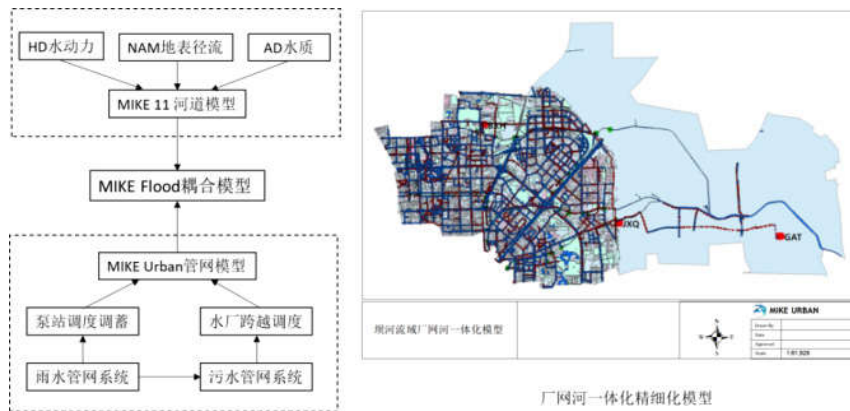


图4 厂网一体模型应用

如图5所示，模型对河道的在降雨后不同时间点补水情况进行了模拟，从图中可以判断出，补水时间点及阀

门位置的选取对河道污染物还清时间起着重要的作用。

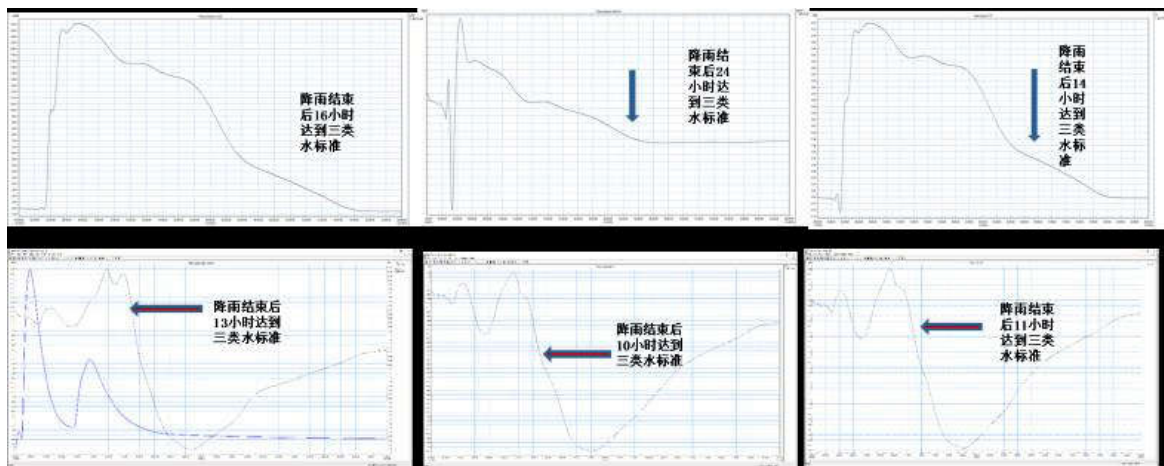


图5 河道还清时间模拟

利用北斗精准定位，为排水管网的数字化提供可靠的时空服务保障，实现外部作业、道路测绘、管网普查等工作的线上开展。通过AI算法进行积水识别，如图6所

示，当积水达到警戒线后自动弹窗报警，同时，实时统计积水点数量，自动汇总统计汛期积水发生数量。



图6 积水识别技术

通过自控逻辑的严谨化和运营策略的参数化,实现如图7所示水厂的全局调控、灵敏反映、智能决策等功能。

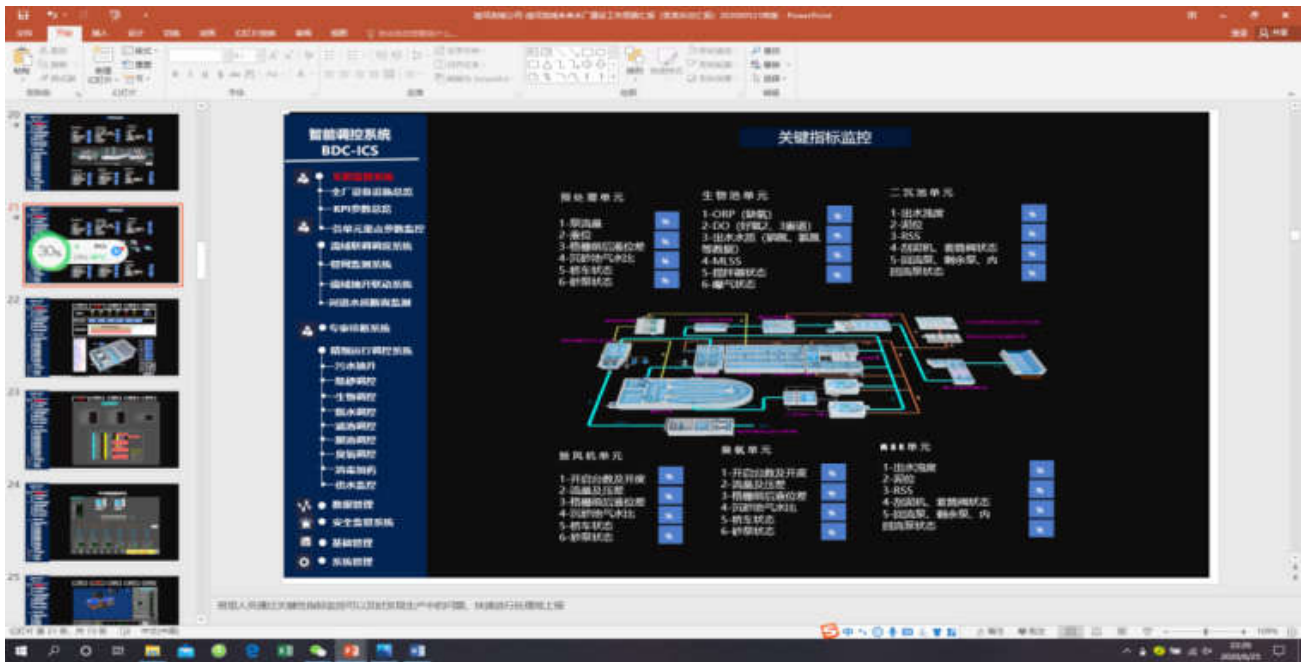


图7 污水厂智能调度

借助数据模型算法,结合工艺运行经验,开发数据分析类软件对问题及故障成因提供判断依据。

4) 安全保障体系

平台对所辖范围内的污水厂及泵站等数据进行跨区域采集,按照等保二级的标准进行系统架构建设,增加了防火墙、网闸、主机安全卫士等一系列网络安全产品,对数据安全进行了多层级的保障,

5 智慧水务系统建设思考与展望

智慧水务是智慧城市的重要载体,是指导城市水务信息化统筹发展和协调建设的重要依据。北京排水集团将在现有工作基础上,在智慧水务总体框架指导下,重点研究排水数据中心建设方案、整合互联互通业务、开展业务应用体系建设等,实现防汛数据与日常业务数据的融合。面向全北京市水务系统的信息共享和业务协同,逐步构建智慧业务、智慧政务、智慧监督、智慧公众等多类应用场景,推进全局统筹、兼顾、协调发展。

参考文献

[1]多措并举治理城市内涝(多棱镜),人民日报,2022.07.08

[2]中华人民共和国国民经济和社会发展第十四个五年规划和2035年远景目标纲要,新华社,2021.3.13

[3]水污染防治行动计划,2015年4月,中央政治局常务委员会会议审议

[4]关于大力推进智慧水利建设的指导意见,水利部,2021.11

[5]加快推进新时代水利现代化的指导意见》水利部,2018

[6]“十四五”城市排水防涝体系建设行动计划,住房和城乡建设部、国家发展改革委、水利部,2022.4.27

[7]孔祥文.城市水环境智慧水务系统建设探索[J].环境与发展,2020,32(2):239-240

[8]梁涛,马雯爽,韩超,牛晗,何琴,陶相婉.智慧水务信息化标准体系探讨[J].中国建设信息化,2020(10):76-78