

# 案例 1

北控水务（中国）投资有限公司

和利时科技集团

## 北控水务 BECloud™ 智慧水务云平台

北控水务集团是北京控股集团有限公司旗下专注于水资源循环利用和水生态环境保护事业的旗舰企业。北控水务集产业投资、设计、建设、运营、技术服务与资本运作为一体，是综合性、全产业链、领先的专业化水务环境综合服务商，业务涵盖市政水、流域水、工业水、村镇水、海淡水及环卫固废、科技服务、金融服务、清洁能源等领域。2017 年起，集团将全面创新提到集团战略层面，在行业内率先践行智慧化运营管理理念，通过将行业专业理论经验与工业互联网平台以及云计算、大数据、机器学习等 IT 与 OT 技术的融合，链接水务行业的实际需要导向和技术领域的可能性，引领开发了包括智慧水务运营管理平台 BECloud™、数字双胞胎、全流程智能控制系统等智慧化的大数据解决方案，紧扣水厂关键工艺环节智能化、生产过程智能优化控制、建设水务行业智能水厂，建立智能水厂标准体系和信息安全标准体系，推动水务行业的整体提升与大跨步发展。

和利时作为中国领先的自动化解决方案供应商，20 多年来始终围绕工业现场生产制造和企业运营提供技术、产品和服务，累计实施了几万个各类工业自动化项目，包括流程、离散和运营等不同类型工业领域和门类，深刻理解企业面临的生产和运营问题。随着云计算、大数据、人工智能、物联网、边缘计算等新一代信息技术的迅猛发展，和利时不断开发出融合新 ICT 技术或顺应技术发展趋势的产品，今天已经基本形成了包括边缘控制器、边缘智能控制系统、边缘网关、数字化工厂生产运营管理系统、工业云为一体的工业互联网平台（数字工厂操作系统 HolliCube），并基于该平台实现了中药调剂设备云、通用设备云、智慧水务

运营管理平台、轨道交通综合运维管理平台等多个典型行业和示范性应用。和利时通过 HolliCube 产品、智能制造解决方案和数字化服务，助力客户打破各种自动化信息孤岛，实现两化深度融合和数字化转型，引领和满足市场对数字化、智能化的新需求。在此背景下，和利时与北控水务强强联合，基于和利时 HolliCube 打造了智慧水务运营管理云平台 BECloud™。

## 一、项目概况

---

基于北控水务在行业内专业理论经验及和利时 HolliCube 数字工厂操作系统，建立智慧水务运营管理平台 BECloud™，构建海量工业数据采集、处理、存储、汇聚、分析和服务体系，支持水务企业数字化能力的快速提升，引领水务行业发展，探索水务行业业务新模式，形成资源富集、多方参与、合作共赢、协同演进的水务行业服务新生态。

### 1. 项目背景

近年来，水务行业的大跨步发展给全体从业者即带来了挑战和机遇，在十九大上提出开启生态文明建设新时代，行业标准逐年提升，社会关注度不断增强，市场竞争日趋充分，各业态趋向“一张图”统一管理，业务技术能力提升需要突破，经济效益与社会效益统筹协调，企业发展与行业发展方向一致，行业实现与高新技术创新融合。

水务行业的模式转型，需要从数字化转型入手，专业、高效、开放的行业工业互联网平台，容易被行业普遍接收和使用，助力行业的数字化转型，实现高效可复制的行业新模式。

无论何种平台亦或是创新模式，都脱离不开业务背景。目前大多数水厂运行与管理严重依赖经验，该方式调控粗放，控制精度低，时效性弱，造成电、药的大量浪费，使水厂运行成本居高不下。开发可有效实现污水厂稳定、低碳、高效运行的全流程智能控制策略变得日益迫切。然而，智能控制技术要以大量水厂实际运行数据为依托。目前各地水厂数据管理松散，各地区各水厂各自为战，数据存储形式各不相同。阻碍了标准智能控制技术的推广。水厂数据质量参差不齐，严重影响了水厂的现代化管理和生产。解决这一问题的根本就在于形成面向水务

行业的数字化、网络化、智能化需求，构建基于海量数据采集、汇聚、分析和服务体系，支撑制造资源泛在连接、弹性供给、高效配置的开放式平台。

### 2. 项目简介

北控水务面向水行业数字化、网络化、智能化需求，建设智慧水务运营管理平台 BECloud™，构建基于海量数据采集、汇聚、分析和服务体系，支撑水行业业务能力提升、资源配置的开放式平台，构建水务行业生态体系的核心。其本质是通过构建精准、实时、高效的数据采集互联体系，建立面向工业大数据存储、集成、访问、分析、管理的开发环境，实现工业技术、经验、知识的模型化、标准化、软件化、复用化，不断优化研发设计、生产制造、运营管理等资源配置效率，形成资源富集、多方参与、合作共赢、协同演进的水务行业新生态。

### 3. 项目目标

通过云计算、大数据和人工智能等新一代的互联网 IT 技术，叠加上北控水务多年积累的行业知识和工艺技术，以及结合北控水务的卓越运营管理理念，开发出一套面向水务行业的智慧水务运营管理平台 BECloud™，面向北控水务集团的水厂，建立“数字化”应用和标准化运营体系，实现运营管理能力的深度提升。未来将运营管理平台从集团内，推动集团外，不仅提升集团智慧水务核心竞争能力，同时还赋能给同行企业，提高整体水务行业的运营水平。

通过智慧水务运营管理平台 BECloud™ 的建设，能够在污水处理环节快速、全面融入北控水务在运营管理上的成熟理念和丰富经验，利用人工智能和大数据、云平台等先进技术，配套建设、应用集智能感知、智能预警、智能调度、智能处置和智能服务等智慧化功能于一体智慧水务运管系统；通过将水务机理模型和大数据科学相结合，深入发掘海量工业数据，揭示传统技术方式难以展现的关联关系，提升整体数据分析能力，为有效处理复杂运管问题提供新的手段，实现水厂智能预测和决策支持、工艺优化、精确控制、无人值守等功能提供平台支撑。

## 二、项目实施概况

---

### 1. 项目总体架构和主要内容

### (1) 系统总体架构设计

智慧水务运营管理平台在技术创新上采用了融合边缘计算和云计算的基础架构，包括设备层、PaaS层和 SaaS 层和模式层。

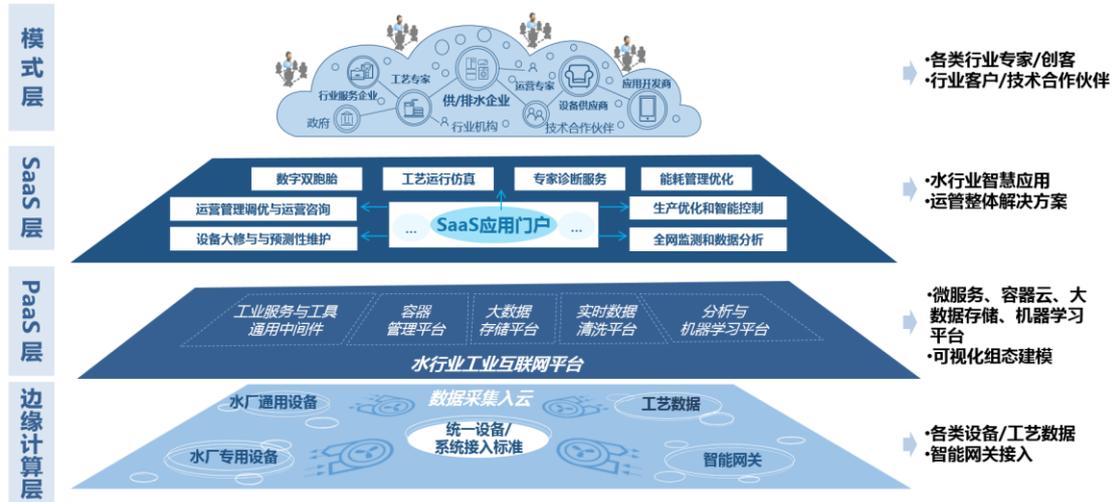


图 1 系统总体架构图

边缘计算层在靠近物或数据源头的边缘侧，通过大范围、深层次的数据采集，以及异构数据的协议转换与边缘处理，构建智慧水务运营管理平台 BECloud™ 的数据基础，包括通过各类通信手段接入不同的设备、系统和产品，采集海量数据，以及依托协议转换技术实现多源异构数据的归一化和边缘集成；

工业 PaaS 层在通用 PaaS 层之上叠加工业模型、数据管理、大数据处理、工业数据分析、工业微服务等创新功能，构建可扩展的开放式云操作系统。工业 PaaS 层主要有以下三个功能：一是提供工业数据管理能力，将数据科学与工业机理结合，帮助水务企业构建工业数据分析能力，实现数据价值挖掘；二是将大量的工业技术原理、行业知识、基础工艺、模型工具等规则化、软件化、模型化，封装成为微服务组件，可重复使用；三是构建应用开发环境，借助微服务组件和工业建模和应用开发工具，帮助用户快速构建定制化的工业 APP。

SaaS 层针对水务行业场景，开发业务逻辑功能，通过调用边缘层和平台层的微服务，推动工业技术、经验、知识和最佳实践的模型化、软件化和再封装，从而形成满足不同场景的工业 APP，包括数字双胞胎、工艺运行仿真、专家诊断服务、能耗管理优化、运营管理调优与运营咨询、生产优化和智能控制、设备大修与预测性维护、全网监测与数据分析等，从而形成智慧水务运营

管理平台 BECloud™ 的最终使用价值。

通过打造智慧水务运营管理平台 BECloud™，创造新的业务开发和商业模式：开发沉淀专业模型以平台服务的模式开放，建立服务盈利模式，并通过基于模型开发的专业 APP，建立流量盈利模式；打造开发者社区，激发创新活力，部分专业激励算法模型开源，吸引行业开发者共同迭代，提升开发效率；探索数据商品化，将运营数据脱敏后以平台资源模式开放。

### (2) 主要内容

- 水务行业工业互联网平台构建整体规划；
- 建立水厂数据的统一编码、标识规则和元数据模型；
- 基于 OPC UA 构建水厂信息模型、各类设备模型以及工艺模型；
- 分布在全国各地的污水、供水、水环境、村镇污水等数据的接入和预处理；
- 水务行业工业互联网平台 IaaS、通用 PaaS、工业 PaaS 服务的建立和部署；
- 数据清洗和大数据分析平台的建立和部署；
- 开发面向水务生产运营管理的典型 APP，包括生产过程远程监视、多水厂 KPI 指标分析、综合运营管理驾驶舱等工作。

## 2. 平台数采/数据存储架构

### (1) 数据采集方案设计

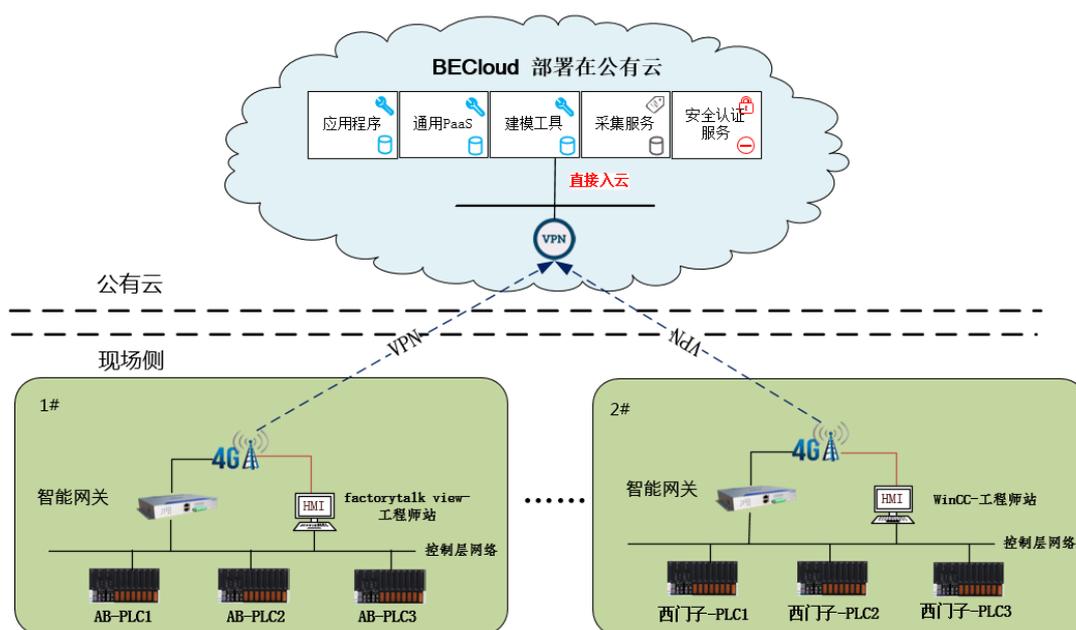


图 2 数据采集方案设计

- 在水厂侧部署智能网关，支持多品牌 PLC 协议接入，设备接入协议可定制开发。
- 智能网关通过 4G 将数据直接传输入云。
- 数据传输过程中通过 VPN 等手段进行安全加密。
- 云平台端通过标准协议支持更多厂家智能网关接入，提供接口开发 SDK

## (2) 数据存储架构设计



图 3 数据存储架构设计

针对工业数据异构性、海量规模的特点，根据每种数据特性选择合适的存储方式，采用数据湖技术(SQL/NoSQL/NewSQL/图关系/分布式索引/内存数据/文件数据等)实现数据统一存储方案，满足了水务行业场景下异构、海量数据高并发、高吞吐、低延时、高可用的数据使用要求。

## 3. 具体应用场景和应用模式

### (1) 基于物联网平台功能和专业数据模型管理，实现工业实时大数据的采集、监控和分析

对污水处理厂不同种工艺段图形化展示，可以实时展示每种工艺段中设备实时状态和仪表实时数据。提高数据反馈时效性，将实时数据最新的变化情况及时展示，当现场出现设备或仪表的告警时，可实时获取这些告警信息，在第一时间展示给现场操作人员。

将关键工艺参数以趋势曲线方式展示数据实时情况，分析实时数据当前及过去曲线走势，可以对同一个数据指标进行环比和同比数据分析，通过分析数据对现场的设备和仪表运行维护提供数据分析支持。

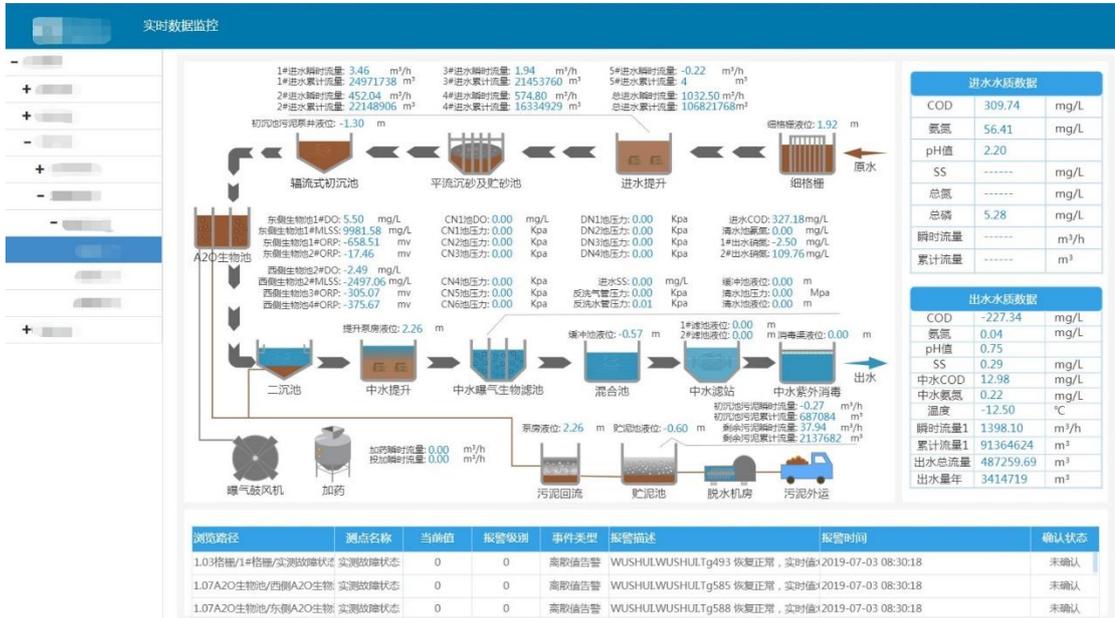


图 4 工艺流程及实时监控图

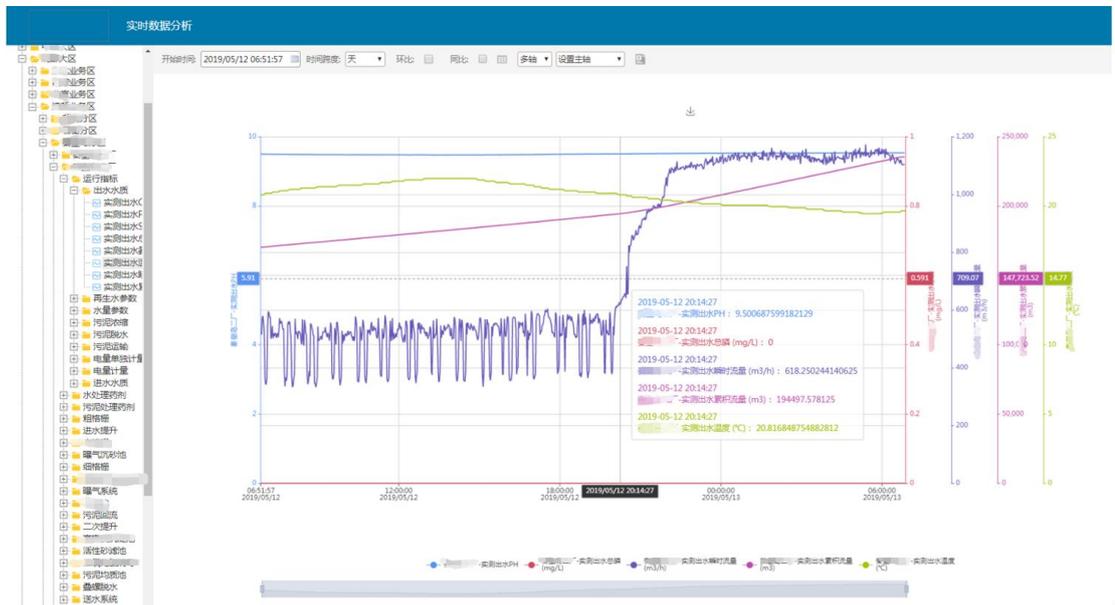


图 5 实时数据分析

## (2) 基于大数据分析技术，实现数据质量判别和清洗

判别异常的数据通图形化方式展示，通过对异常数据的统计分析，延长设备和仪表使用寿命，降低设备维护成本，择优选择更可靠的品牌产品。在地图上看到所有污水厂分布以及在线情况，多维度对异常数据进行统计，全方位剖

析数据异常统计情况。

平台能够实现按照各类清洗规则对大数据的清洗功能，为大数据分析、实现数据挖掘、开发大数据模型等创造数据条件。

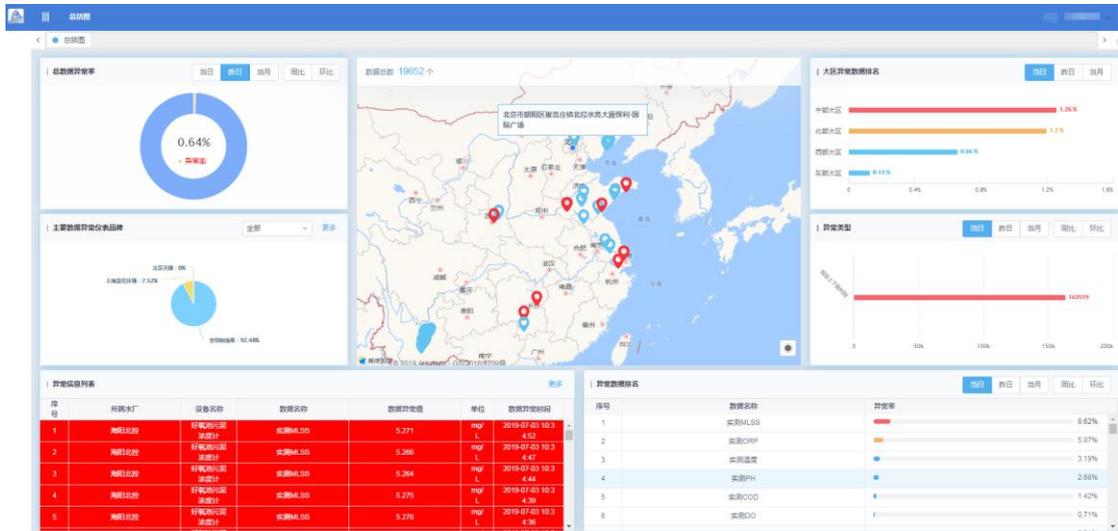


图 6 生产数据质量判别与清洗

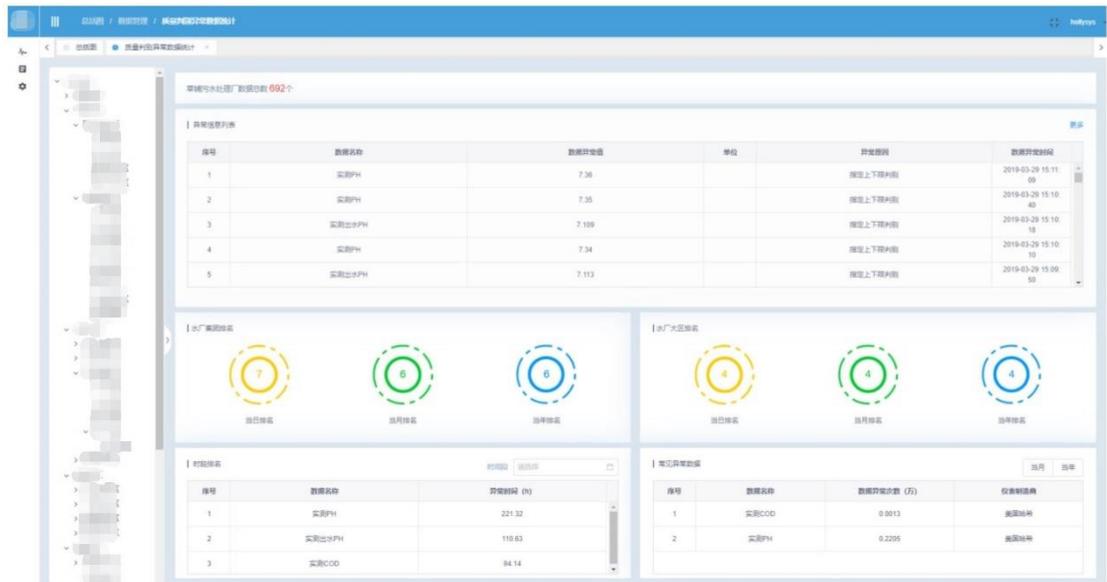


图 7 生产数据质量判别统计分析

### (3) 基于平台，整合数据、模型、工具，开发实现污水厂数字双胞胎

作为北控水务集团卓越运行“智慧大脑”的核心模块，数字双胞胎其实质是通过 BECloud™ 将水厂实时数据、静态数据与机理模型、BIM 模型进行整合开发，实现物理资产及其运营状态的数字全方位透彻可感知的呈现。结合水厂业务和大数据分析技术，通过建模和数据挖掘，将水厂的数据分析、水质预测、生化分析、控制参数优化、设备状态监测、能效分析等进行深入剖析和可视化展示，结合各类工况预测、仿真模拟和控制优化等功能，为水厂的运营管

理提供全方位的运营辅助决策，并探索基于云端的实时控制，追求实现极致的高效、稳定运行和人工的最优化利用。数字双胞胎将为北控水务建立起集团的卓越运营模式，提升运营管理能力提供工具支撑。

2018年4月22日，在第八届中国水业院士论坛上，北控水务将自主开发的“污水厂数字双胞胎”概念版向水行业内进行了发布，以三维虚拟水厂为基础的数据可视化形式，基于企业云及IoT、大数据的高效数据/业务流转体系，创新的运用在线模拟与大数据分析技术打造该系统智慧内核，实现数据转化为信息，辅助人员决策，引起与会者浓厚的兴趣与强烈反响。



图 8 污水厂数字双胞胎

#### (4) 开发全套云化管理系统，实现大集团高效数字化全业态管控模式

基于 BECloud™，北控水务开发部署了污水厂运营管理成套系统、村镇污水智慧化管理系统、供水业务运营管理成套系统、水环境运营管理系统、统一数据管控系统、自控专业化管控系统等运营管理全套云化系统，并基于系统的快速应用，探索、实现了广东数字化“组团式”管理模式、广西贵港供水“全打通”管理模式、鹤山“六个一体化”管理模式及秦皇岛“厂网一体化”管理模式等行业先进管理理念的试点，并依托 BECloud™，开始推进各类先进管理模式的快速复制。

#### (5) 基于大数据、人工智能等技术，结合平台实现各类业务解决方案

北控水务将大数据、人工智能等技术与业务理论和经验相结合，开发污水生化全流程智能控制解决方案，实现精准保证厌氧、缺氧、好氧等各工艺段的工艺环境；利用大数据技术与业务数据的合理关联，对水厂进水流量进行精准

预测，实现智能提升控制；开发总磷虚拟仪表，实现对生化除磷的精确预测和智能加药控制；基于人工智能及其识别基础，开发虫脸识别系统，对活性污泥中的指示性生物进行分析判别为工艺人员提供水厂运行依据，为水厂运行提供预判信息。

### （6）搭建远程协助平台，实现远程指导设备运维模式

水厂和村污工作人员缺乏专业技术能力，难以独立开展设备的日常运维，如对专业设备维修等，需要专业人员的远程指导和实时监督。

结合 AR、远程协助和及其识别等技术，配合成套辅助工具实现远程实时指导系统，针对水厂、村污、乡镇泵站的远程维护和日常巡检，提供远程视频指导，富媒体双向推送，增强现实（AR）指导等创新交互。



## 4. 安全及可靠性

### （1）租户管理安全

平台基于 OAuth2 在应用与服务访问控制安全方面提供用户统一认证与授权服务。

### （2）漏洞扫描安全

平台的镜像库服务基于 Clair 技术提供了镜像漏洞扫描安全服务功能，对平台中容器镜像安全漏洞进行扫描，扫描内容包括操作系统补丁、常用端口服务等，可以帮助用户发现容器镜像中的安全漏洞，及时采取防范措施。

### （3）数据存储安全

平台的数据存储主要包括容器平台层的数据存储与大数据平台的工业数据存储，均采用分布式数据存储技术，缺省启用了多副本存储机制，保证了数据存储安全：

### （4）通信传输安全

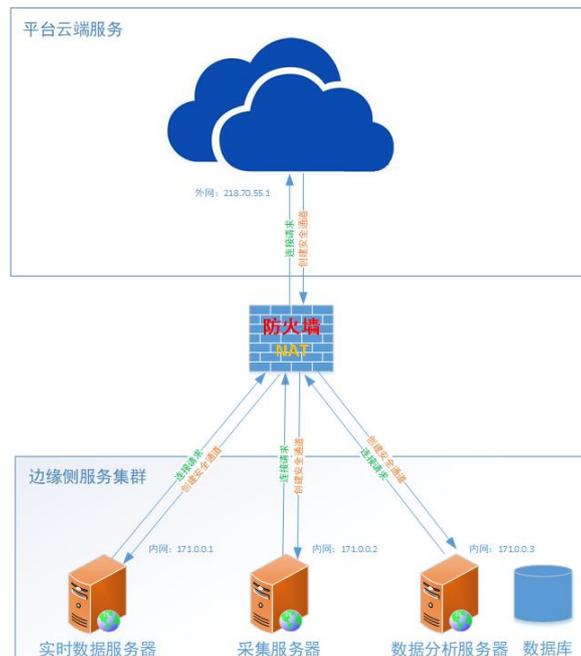
平台支持用 SSL/TSL 等安全传输协议等相关技术手段来保证通信传输过程中的机密性、完整性和有效性，防止数据在网络传输过程中被窃取或篡改，并保证合法用户对信息和资源的有效使用。

### (5) 应用与服务访问安全

平台基于 OAuth2 在应用与服务访问控制安全方面提供用户统一认证与授权服务。

### (6) 反向连接

提供 NAT 或防火墙应用场景下边云互连的解决方案：在互联网环境下，处于 NAT 或防火墙后端的边缘侧服务不能暴露于公网或需与外界做单向的安全隔离，这就要求边缘侧和云端不能采用常规的互连机制，平台使用反向连接技术，由边缘侧向云端主动发起连接请求，然后服务端在此通道基础上构建安全连接，从而跨越防火墙或 NAT 连接障碍，同时又不降低连接的安全性。



## 5. 边云协同

**模型同步：**平台提供统一的建模工具，对物理世界的对象抽象化和数字化，通过模型信息下发机制，使边缘侧和云端可共享统一的模型结构。边缘侧也可根据物联网设备的接入情况，上报物联网设备模型，云端根据上传信息自动创建对应的设备实例，实现物联接入的即插即用。

**数据同步：**边缘侧提供实时数据采集、实时报警管理、实时计算等功能，

其实时性、短周期、局部性的特点可更好地支撑本地业务的实时智能化决策与执行，同时通过 MQTT、OPC UA、WebAPI 等多种协议或接口方式，将边缘端的短周期数据上报云端，充分利用云端提供的大数据分析与处理能力，将优化和分析后的决策数据下发至边缘侧，从而实现边云的数据共享和协同。

### 6. 其他亮点

- 通过打造集团级生产数据物联采集平台，支持各水厂多厂家控制系统的接入，形成数据采集标准体系，统一提供数据给应用开发+数据挖掘。
- 平台提供了一套开发、测试和生产运行环境，提供了通用服务和工业服务，大大提高开发效率。
- 提供统一身份管理和单点登录，集团的用户、角色、组织机构在平台统一维护。
- 沉淀水行业设备模型+工艺模型+工厂模型（可扩展、可复用），支持 600 家以上不同工艺水厂数据上云。
- 通过建模+可视化应用开发工具+算法编排工具+数据质量判别及清洗工具，无需开发经验，工程人员即可完成应用的开发。
- 提供了机器学习与数据分析平台，为水务集团基于行业大数据分析提供支撑。
- 提供一套“数、用”分离的工业互联网平台。即基于统一标准，集成商完成数据入云，建模。应用开发商使用服务、工具、基于数据开发各类创新应用。解决数据应用都由一个开发商完成的壁垒。

## 三、下一步实施计划

---

### 1. 生产数据的全面采集

未来集团下属的市政污水厂、村镇污水厂、再生水厂、供水厂、污水提升泵站的生产数据的全面收集。

### 2. 水行业应用推广

将紧密围绕智慧水务开发行业 APP，在完成集团数字化转型之后，将能力向行业输出，为中小型水务公司提供一体化运营服务。

## 四、项目创新点和实施效果

---

### 1. 项目先进性及创新点

#### (1) 先进性

充分融合机理模型、数据模型，构建数据至价值的高效转化体系，充分发挥大数据、云计算等前沿技术在水务行业的效能，打造水行业第一个行业云平台，聚合水务行业 IT 开发能力，快速形成能够承接水务行业需求的开发生态，构建以数据驱动为核心的生态联动体系，打造开发及应用为一体化的平台，实现互生共赢，同时为全面提升水务行业运营管理水平提供各类工具。

- 平台针对工业互联网应用场景，提供了特色的工业服务，比如模型服务、时序服务，工业事件服务；
- 构建了边云协同的一体化运营管理平台；
- 预置通用服务，应用使用一键订阅即部署，方便快速完成应用开发；
- 预置机器学习与深度学习的算法/模型及复用机制，提高数据分析工作效率；
- 可视化建模及应用快速开发工具，无开发经验也可作创新应用的开发。

#### (2) 创新点：

依托北控水务多年运营数据及运营管理经验，通过横向打造基于数据联动的 1+N 管控体系、纵向打造基于智能控制的全流程控制体系，形成水行业智慧转型顶层框架，通过技术创新与模式创新结合，实现水务企业卓越运营，同时依托能力输出及服务外溢，实现水务行业管理水平的全面提升。

- 开发沉淀专业模型以平台服务的模式开放，建立服务盈利模式
- 研发基于模型开发的专业 APP，建立流量盈利模式
- 将水行业算法模型开源，吸引行业开发者共同迭代，提升开发效率
- 探索数据商品化，将运营数据脱敏后以平台资源模式开放

- 不仅给本企业带来运营管理提升，而且通过平台将行业工厂模型、数据、机理模型等能力输出，让水行业企业快速复制提升。

## 2. 实施效果

通过智慧水务运营管理平台 BECloud™ 的建设，实现运营大数据的收集；通过大数据分析开发出与项目实际条件和工况相适应的管理模型和机理模型，建立厂级数字双胞胎和专家系统，实现运营辅助决策和精确控制；应用智慧化全业务管理系统，建立高效流转的运营管理体系，实现一体化、组团式管理模式；基于人机协同的全方位可靠性配套方案，打造固若金汤的水厂智慧化安全管理模式。

例如广州东莞数字化水厂项目启动试运行，通过污水厂全流程的智能管控，区域中心的集中监控，移动巡检的智能管理，运维平台的信息化管理，实现以自控系统代替人的工作，曝气、提升、加药等重点工艺智能控制，运营、设备、设施、巡检、维修等流程互联互通，打破信息孤岛。全厂移动化、无纸化的办公方式，极大提高一线工作效率的同时，也实现总部、大区及水厂的有效协同。该案例最终节省人力 30%，综合运营成本减少 6%。