

西门子数字化水务白皮书
Siemens Digital Water
White Paper



序言

目前世界正面临着百年未有之重大变局，而资源和能源始终是一个国家、一个民族发展的头等大事。

从蒸汽机时代、电气化时代、信息化时代到如今的数字化时代，每一次工业革命的出现都给人类社会各领域带来了深远影响。随着制造业升级到了工业 4.0 阶段，数字化水务已经成为水务行业发展的热点，利用 5G、云计算、人工智能和区块链等先进技术提升水务企业的效率和竞争力，代表了未来行业的发展方向。

2021 年 3 月 12 日发布的《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》从国家层面对数字化和水务行业提出了具体要求。《纲要》明确指出：加快推动数字产业化，推动数据赋能全产业链协同转型；加快发展方式绿色转型，全面提高资源利用效率，实施国家节水行动，建立水资源刚性约束制度，强化农业节水增效、工业节水减排和城镇节水降损，鼓励再生水利用，单位 GDP 用水量下降 16% 左右。

在“十四五规划”和“碳中和”目标的宏观愿景之下，水务企业如何在完成自身数字化转型的同时，实现节能环保的绿色可持续发展，以达到社会效益和经济效益的双赢，的确是对我们每一个人智慧的考验。

呈现在读者面前的这本《西门子数字化水务白皮书》集中汇聚了作为水务领域应用专家及数字化解决方案的领先者西门子公司对目前中国水务行业的理解和经验。本书系统分析了水务行业面临的数字化挑战，分享了西门子水务行业数字化转型方面的成功经验，并对水务行业数字化做了详尽的全方位解读，为未来全行业的综合服务提供了一站式的数字化技术解决方案。希望本书能为今后中国的水务行业向数字化方向健康发展，贡献出西门子的智慧与绵薄之力。我们期待和业界一起推动中国水务行业的绿色发展！

西门子数字化工业集团

Mary Heifetz

目录

第一章：数字化 水务行业的未来之路	5
1. 水务行业的现状不容乐观	5
2. 水务行业痛点与挑战	5
3. 水务行业数字化转型 大势所趋	6
第二章：数字化水务第一步 数字化咨询	7
第三章：多维度解读数字化水务	8
1. 什么是水务	8
2. 水务价值链的原理与框架	8
3. 什么是数字化水务	8
4. 数字化水务应用曲线	9
第四章：数字化水务中的使能技术	11
1. 面向未来的使能技术	11
2. 数字化水务中应用的使能技术	11
第五章：数字化水务核心要素	14
1. 数字化水厂一体化运维平台	14
2. 水厂数字化资产管理平台	15
3. 数字化泵站系统	16
4. 供水管线漏损监测解决方案	17
5. 水务人员实时定位系统	18
6. 数字化水务网络架构	19
7. 数字化水厂工艺仿真与优化	19
8. 水务数字化的基石	20
9. 水务数字化的可靠保障	21
10. 水务行业工业物联网平台	22
11. 水务行业设备智能运维	23

目录

第六章：未来，数字化水务的春天	26
1. 数字化潮流势不可挡	26
2. 数字化水务的愿景展望	26
第七章：数字化水务价值案例展示	27
案例一：全生命周期数字化双胞胎打造中国数字化标杆水厂	27
案例二：RTLS 实时定位系统守护地下水厂的人员安全.....	29
案例三：挖掘数据的价值 数字化泵站让供水更高效、更安全	30
案例四：数字化勾勒未来水厂新画卷 成都西汇水环境数字化之路	32
案例五：SIMATIC PCS neo 为庐山水厂插上数字化的翅膀	34
附录：西门子工业数字化领域主要并购、研发大事记.....	36

主 编：姚 峻

副主编：Marcel Glathe 贾晋昭 王晓玲

编 委：秦新鸿 吴文超 徐振胤 李 漓 刘 丹 焦 洋 栗鹏霞
 张建华 岳 圣 李晨辉 范顺杰 闻 博

鸣 谢：本白皮书在撰写过程中得到了 *CONTROL ENGINEERING China* 的大力支持，
在此表示感谢！

第一章

数字化 水务行业的未来之路

1. 水务行业的现状不容乐观

当今的中国正站在“两个一百年”的历史交汇点，但在我们的身边却深藏着一个影响经济发展的巨大隐患——水资源短缺。预计到2030年，我国人口的峰值将达到15亿左右，人均水资源量将接近或达到世界公认的用水警戒线，水资源短缺将日益成为制约我国经济社会发展的重要因素。

根据最新发布的《2021年联合国世界水发展报告》，在过去100年中，全球淡水使用量增长了6倍。全球超过20亿人深陷缺水困境，解决水资源短缺危机刻不容缓。数据显示，到2030年，如果不采取任何措施，人类用水缺口将达到40%。到2050年，全世界将有57亿人每年至少有一个月遭遇严重缺水。

众所周知，我国是一个水资源严重短缺的国家，水资源总量为2.8万亿立方米，人均水资源占有量为2077.75立方米/人（2019年），仅为世界人均水平的25%，甚至低于沙漠国家以色列。气候变化和极端气候现象频发使水资源时空分布更加不均，加之水与人口、土地资源不匹配，水资源空间分布格局与经济社会发展格局不匹配等问题，加剧了我国水安全形势的严峻程度。

随着中国经济的持续高速发展，工业化、城镇化的进程的加快，水资源短缺和污染问题愈发严重。80%的污水未经净化处理而直接流入河流、湖泊和海洋。在全国调查评估的700多条主要河流中，近50%的河流段和90%以上的城市河岸水体受到污染。加大对净水流域和水基础设施的投资，大幅提高用水效率成了水务行业的当务之急。

2021年1月，国家发展改革委联合科技部、工业和信息化部、财政部、自然资源部、生态环境部等九部门共同印发了《关于推进污水资源化利用的指导意见》，对全面推进污水资源化利用进行了部署。《指导意见》明确指出，到2025年，全国污水收集效能显著提升，县城及城市污水处理能力基本满足当地经

济社会发展需要，水环境敏感地区污水处理基本实现提标升级；全国地级及以上缺水城市再生水利用率达到25%以上，京津冀地区达到35%以上；工业用水重复利用、畜禽粪污和渔业养殖尾水资源化利用水平显著提升；污水资源化利用政策体系和市场机制基本建立。到2035年，形成系统、安全、环保、经济的污水资源化利用格局。

从污水治理的工业角度看，没有不能净化的污水，但所有的污水净化都是以付出能源为代价。然而更残酷的现实却是，中国还是一个能源紧缺的国家。今后我们必须从可持续发展的角度审视和处理污水，这就倒逼我们必须以更加科学、更加现代化的方式对待污水这种资源，使其达到再次利用的目的。在“开源”的同时，节约更多的水资源。

2. 水务行业痛点与挑战

从社会和经济发展的角度来看，2020年注定是人类历史上值得铭记的一年。随着新冠疫情的出现，工业时代历经百年形成的全球经济体系和工业体系出现了不同程度的滞缓，与此同时，随着数字化技术的成熟与普及，2020年也成为了工业文明向数字文明演变的一个分水岭。

在这个历史转折点，如果把2002年原建设部发布《关于加快市政公用行业市场化进程的意见》算作中国水务市场化的元年标志，我们不妨回顾一下中国水务行业经过近二十年的发展到今天的现状。

中国水务行业经过近二十年的发展，技术和设施虽然在节能减排、升级换代、助力智慧城市建设方面，都进行了不同程度的改造与提高。在资源整合与共享方面，水务行业的初期，曾经以自动化控制为核心，着眼于工艺优化以及生产效率的升级改造；而近年来开始着眼企业信息化，在企业资源管理、移动应用、算法应用方面进行更新换代。

但同发达国家相比，我国水务行业还基本上处于的初、中级阶段的发展阶段，总体来看整个行业还处于粗放经营层次，很多问题仍然是积重难返。在数字时代如何解决中国目前缺水、水浪费、水污染、能源紧张的现状，水务行业能否实现“弯道超车”依然任重道远。

2020年，中国推出了“新基建”战略，以5G、大数据中心、人工智能和工业互联网列为新型基础设施建设的重点，其核心目标是为了实现数字世界与物理世界连通，构建起强大的数字生产力。即利用数字化技术和方法将工业系统通过虚实融合的方式进行交互展现，加快实现产业的快速迭代更新。

中国“新基建”战略，虽然是对经济发展模式的调整，但并非仅限于拓展市场体系，同时也意味着更为严格的环保管控，更高的成本控制要求，更精细的处理工艺。众多传统领域亦如水务已经进入产能相对过剩阶段，行业洗牌在即。水务行业将面临前所未有的挑战。后疫情时代，我们面临的现状是，自动化和数字化正在重塑工业世界。

随着中国经济规模的快速提升，我国水务行业的发展已经从“增量”走向“提质”，系统化、水厂和管网的整合、一体化进行污水处理、水务工程建设和运营维护的融合已成为今后发展的趋势，水务企业要如何转型才能真正搭上“新基建”这班驶向数字经济彼岸的列车？

3. 水务行业数字化转型 — 大势所趋

随着我国城市化趋势以及在工业化进程中能源与资源矛盾的加剧，水务行业原有的工业模式不同程度都面临着自动化基础薄弱、数据碎片化难于梳理、运营成本无法精细控制、以高能耗为代价等诸多弊病，这也是摆在传统水务企业面前的艰巨挑战。水务企业急需通过数字化转型，提高水资源利用效率，合理利用污水再生资源，减少水资源浪费，以及加强预防性维护，为国计民生提供安全可靠的供水保障，助力中国经济实现可持续发展。

2020年12月，中央经济工作会议确定的八项重点工作，其中第八项做好碳达峰、碳中和工作。我国二氧化碳排放力争2030年前达到峰值，力争2060年前实现碳中和。会议指出，要抓紧制定2030年前碳排放达峰行动方案，支持有条件的地方率先达峰。要继续打好污染防治攻坚战，实现减污降碳协同效

应。碳达峰碳中和目标的提出，有利于加速污染治理领域新工艺、新产品的研发，以降低能耗；还将促进再生水的循环利用，以及污水处理后剩余污泥的综合利用等。

2021年3月发布的《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》对水务行业的新发展提出了明确要求：加快发展方式绿色转型，全面提高资源利用效率，实施国家节水行动，建立水资源刚性约束制度，强化农业节水增效、工业节水减排和城镇节水降损，鼓励再生水利用，单位GDP用水量下降16%左右。

在贯彻“十四五”时期可持续的新发展理念、落实“新基建”战略发展方向的同时，实现碳中和的远景目标，是摆在水务行业面前的严峻的课题和挑战。秉承“创新改变行业、智慧引领发展、数字成就梦想”的理念，水务行业不断趋向“节能、降损、控漏、提效、环保”运营管理方式，向数字化、智能化稳步迈进：

将水务运营工艺与操作流程数字化，将企业内部的人、事、物纳入数字化管理系统来提升管理效率；打造数据一体化、流程整合化、应用集成化、决策科学化管理模式，让水务企业的运维、管理能力得到提升；并通过大数据、云计算等技术将信息在数字层面挖掘水务企业资产的价值提升潜力。从源头一直到用户端，在最大程度上提升水务公司的应急响应能力，涵盖包括管网抢修、水质安全监测在内的整个水循环周期。从而实现全面感知、泛在互联、普适计算与融合应用。在辅助决策之余，智慧水务还将与水环境系统中的实时控制模块相结合，辅助自动化控制。

有鉴于此，未来水务企业的核心竞争力是通过水务物联网获取水网数据，以云计算和大数据分析提供长期决策支持和增值服务，这也是水务企业拥有核心竞争力的主场。随着“新基建”中5G、大数据中心、人工智能、工业互联网不断融入数字化水务的各个环节，水务行业将进一步迎来发展的“黄金时代”。

数字化转型是水务行业迫在眉睫的一场革命，其重要意义可以等同于水务行业中的“二次工业革命”。水务企业应以数字化引领、迈向第二次深度的可持续转型，构建数字化水务新业态。在紧跟趋势、韧性成长、加快数字化转型的过程中，选择适合企业的数字化解决方案也扮演着至关重要的作用。

第二章

数字化水务第一步 数字化咨询

数字化转型不是目的，而是企业解决自身问题和挑战，并释放生产力和效率潜能的重要工具和手段。数字化转型从一开始就要紧扣企业自身实际现状的天然属性，一套“放之四海而皆准”的解决方案显然无法“面面俱到”，满足每一家企业的个性化需求，尤其对于工艺和技术不尽相同的水务工业而言更是如此。因此，在开始水务数字化之前，做到“心中有数”，谋定而后动，才能尽可能保证数字化转型取得成功。

这样，数字化咨询应运而生，它成为水务行业实施数字化转型的第一步。

作为全球电气化、自动化和数字化的领先厂商，西门子为全球水务行业用户提供全面的解决方案，其自身在数字化领域也已实践多年，拥有丰富的实践经验和方法。而如今，西门子已经开始对外提供数字化咨询服务。

西门子水务行业数字化咨询以 IT 和 OT 融合为主线，以省时、节约、高效和安全为四大原则，近期以工厂实际需要为侧重，远期以战略需要为侧重。

服务内容包括：



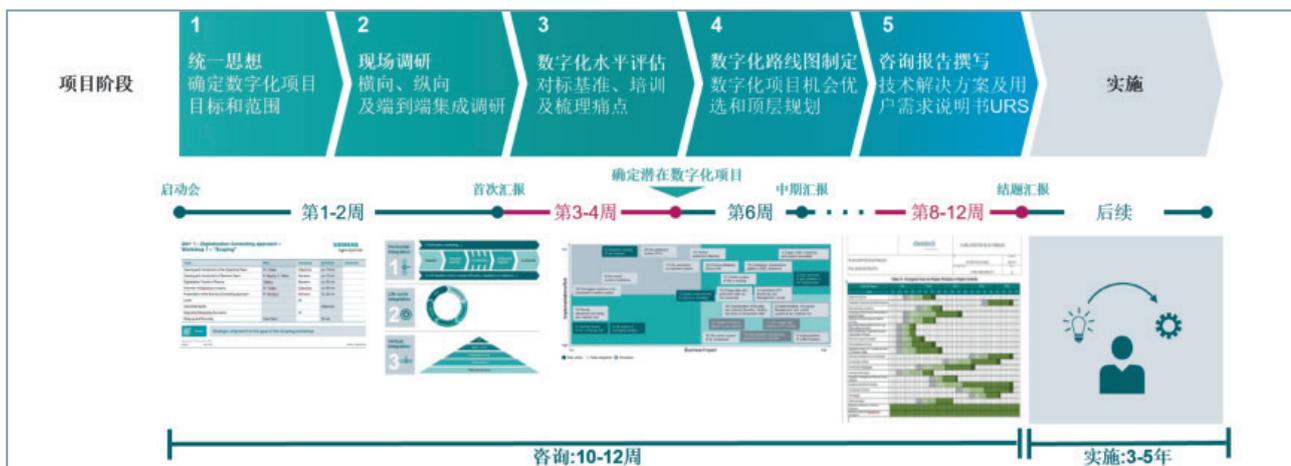
基于标准化和科学的咨询管控流程和步骤，西门子针对水务行业提供专业的数字化工厂顶层设计和咨询规划，帮助客户专业、合理、有序和稳健的推进数字化转型，目前已经具有一套经过实践检验行之有效的的方法论。

西门子通常会分五个阶段来给水务工业企业做数字化咨询，分别为：统一思想、现场调研、数字化评估、数字化路线图制定、咨询报告撰写。

“五步走”数字化咨询方法论帮助企业一步步抽丝剥茧，将宏观的数字化战略转化成可落地实施的方案，并且对每个实施点进行相应的经济性和技术性的可行性分析，确保企业能够科学、顺利地实现数字化转型的目标。

整个周期约为 10 到 12 周。这五个阶段从宏观战略和清晰实施思路角度出发，帮助企业一步一步抽丝剥茧，把战略转化成可落地实施的方案，并且对每个实施点进行相应的经济性和技术性的可行分析，最后确保企业能够非常顺利、合理、科学的来实现数字化转型的目标。

当然，西门子对于客户的价值远不止于通过咨询形成数字化蓝图和实施路线图。更重要的是，西门子还具备可以为客户提供从数字化愿景到落地实施的一站式服务。



第三章

多维度解读数字化水务

1. 什么是水务

在解读什么是数字化水务这个问题之前，我们先要搞清楚“水务”的概念。水务行业通常是指由原水、供水、节水、排水、污水处理及水资源回收利用等构成的产业链。从主要环节来看，水务行业又可分为原水生产与供应、自来水生产和供应、污水收集、污水处理、中水与再生水利用等多个环节。

随着水资源短缺、城市化和基础设施老化日益成为人们的主要关注点，水务部门必须寻求优化工作的新方式，以找到运营成本、资产管理和支持节约用水之间的平衡点。要让水务行业更可持续、更加安全，就必须打造新一代的水务管理系统，接纳先进的数字化技术和解决方案。随着物联网、大数据、云计算及人工智能等新技术不断融入传统行业的各个环节，新兴技术和智能工业的不断融合，为水务行业带来了数字化变革的新契机。

2. 水务价值链的原理与框架

在水务行业的价值链上，环境、水资源与水务公司相互关联，水务公司与其消费者相互关联，消费者又与环境相互关联。无论是物理基础设施、水质、服务还是其它，水务价值链上的所有关键节点都可以应用数字化水务技术。需要注意的是，水务价值链这个概念不仅涉及水务公司，还涉及水源（如流域等源头）和用户（如公共部门和用户）。

国际水协会（IWA）在《流域城市行动议程》（IWA Action Agenda for Basin-Connected Cities）概述了水务价值链的原理，并提供了相应的行动框架，以便协调流域内的城镇、工业、农业和生态需求。

今天我们生活中所用的所有水，都是来源于两个源头，一是大自然的恩赐，包括湖泊/河流等地表水、以及开采的地下水；二是经污水处理厂处理后的再生水。它们通过收集、处理和分配系统的水厂、水处理厂经过泵站与管道输入到终端用户，供农业灌溉、居民生

活、工业、商业使用。而使用过的水，一部分通过自然蒸发和地表渗透又回到了大自然变成了地表水和地下水。一部分通过人工收集与处理变为再生水。二者殊途同归又回到了水源的起点开始了下一个循环，水务链的闭环就是这样周而复始。

在上述整个水务链的闭环动态过程中，除了蒸发与渗透不需要消耗能源外，其它环节和过程都是以耗费能源（尤其是化石能源）为代价完成的。

传统水务链运行的最大弊端在于：在整个过程中产生的不合理的能源消耗、设备损耗以及人员的支出。而数字化的水务链解决方案，可以将现有过程和环节的能耗降至最低，在提升水厂运营安全性和稳定性的同时，以更低的能耗获取更高的效率。随着低碳环保意识的提升及更多推动碳中和目标实现的相关法规的颁布，更多水务企业将积极推进数字化转型升级，以突破现有瓶颈，实现绿色可持续发展。

理论上说起来很简单，但要真正在水务链上实现数字化方案并不简单。因为数字化水务不再是根据人为选取数据得出结论、做出反馈，而是围绕水务链上的三个不同阶段的即时数据，设计、调试、应用不同的数字化解决方案。

其中最大的难点是建模评估。这里的模型，既包含了有明确物理意义的数学模型，也包含了以统计、机器学习为代表的驱动模型。也正因如此，数字化水务对于行业的专业性要求相对较强，行业的壁垒较高，非一般企业能涉足期间。

3. 什么是数字化水务

水务行业通常由原水、输水、净水、供水、售水、排水、污水治理、再生水回收利用和相关管网建设与维护、甚至包括设备生产等一系列产业节点构成。如何在这些阶段和节点实现数字化，是水务企业转型升级中必须面对的挑战。

典型的数字化水务解决方案示例		
水源与环境	收集、处理与分配	终端用户
流域完整性遥感监测 主动遥感监测包括温度、流量、PH值、硝酸盐等，可监测不同的深度。	过程优化 结合算法，水质传感器可以优化处理过程，减少资本和运营成本。	数字化用户参与 通过网络、移动设备、社交等方式实现与客户互动模式的数字化转型。
	预测性维护 使用联网设备和维护方案，减少关键设备与管道的停工期和出错率。	数字化水务产品与服务 扩大水务公司价值主张涉及的范围，提供新的水务管理服务
数字化劳动力 经过数字化培训的专业人员通过利用现场的数字化系统来提高规划效率，更好安排进度，优化物流和更有效的管理。	交互式需求管理 借助用户分析和智能水表来匹配供需，识别用户终端漏水、潜在非付费用户等异常情况。	
数据集成层 指灵活的跨企业集成层、模块化应用程序架构和集成表示层		
数字化双胞胎 指数据集成、分析与可视化能力，帮助水务公司管理人员把控其所部署的智能系统		

在如此庞大的产业链中实现数字化转型，并不是一件容易的事情。以全生命周期的“数字化双胞胎”为核心理念构建起的价值主张和技术路线可以把数字化水务的未来描绘得越来越连贯、越来越清晰。经过多年的探索与实践，数字化水务企业从方法论到路线图，乃至产业全生命周期的数字化，都有了成熟的解决方案和应用案例。

具体到数字化水务，就是水务产业链中的企业从工厂规划设计、工程工艺设计、生产、日常运维到服务的全生命周期所有环节，通过打造 3D 虚拟工厂、工艺仿真和设备资产数字模型等三个维度的数字化双胞胎，实现水厂的运营透明化、生产精益化和工程一体化。



3D 虚拟水厂将整个实际工厂的设施、设备、工艺、管道和仪表等用三维可视化模型展现，还原水厂的真实面貌，实现运维人员的虚拟工厂巡检和操作员仿真培训。

仿真水厂就是整个水厂的工艺机理维度的双胞胎，通过工厂的抽象仿真建模将现实水厂的工艺过程模型化，可以将真实接入的 DCS 与仿真的 DCS 实时对比，达到理论指导生产的目的。

设备资产数字模型数字化双胞胎是水厂的关键设备资产建立全生命周期管理的数据模型，将设备在运维阶段的资料与设计阶段资料无缝衔接起来，运维人员可以直接打开整个产线，或者设备的设计图纸、电气原理图、P&ID 设计图等，而且设备的 3D 模型和 2D 图纸与说明书进行关联，实现了二维设计与 3D 虚拟工厂的交互。

在数字化水务协作平台上，无论是虚拟端、真实端的数据、设计参数、质量参数、工艺参数等都集成在其中，虚拟和现实的结合作为闭环持续改善过程，如果在真实生产过程中发现产品问题，可以在虚拟端把产品设计进行修改并回馈到真实的生产过程中。反之如果在虚拟端出现问题，可根据实际生产时的数据反馈来持续改善原有的设计。

4. 数字化水务应用曲线

水务企业对数字化解决方案和方法的应用程度各有不同。为了深入了解水务行业的数字化程度，国际水协（IWA）对全球 40 家位于行业前沿的水务企业以及 25 家水务机构开展了详尽的调查，结合高德纳公司（Gartner）2017 年的报告，整合出如下数字化水务应用曲线图。

数字化水务应用曲线图旨在为现在和未来的水务企业提供行之有效的工具，帮助各机构评估其数字化程度，并为他们指明接下来的发展方向。该曲线图分为五个阶段，每个不同的阶段各有其典型特征。曲



线图是为现在和未来的水务公司提供行之有效的工具，帮助各机构评估其数字化程度，并为他们指明接下来的发展方向。

第一，尚未开始阶段：处于传统、遗留式基础设施，尚未实施数字化战略或技术。企业将数字化列为未来发展的优先任务，高层管理制定数字化升级战略，开展试点项目，探索数字化技术的应用。

第二，基础阶段：开始在运营流程中运用数字化技术，发展在线监控能力，包括物联网、数据采集与监视控制系统。企业积极推动试点项目，向同行学习，从研究中学习。推动记录、计费等进行无纸化转型。确保用户和员工清楚了解企业的数字化发展方向。

第三，机会阶段：重新设计大多数运营流程，以便实现数字化和自动化控制，使用分析工具进行流程优化。企业在这一阶段将巩固数据基础设施，以便进一步实现数字化应用；围绕数据驱动的目标实时调整水厂设施的运行。

第四，系统阶段：充分部署了数字化技术，实现了流程间的自动化控制，根据数字化基础设施的需要开发内部资源与平台。水务企业通过数字化技术开发革新式的新型产品和服务；建立可不断演化的数字化框架，确保项目和数字化目标与业务战略相一致。

第五，革新阶段：将数字化技术纳入整个企业的业务和运营流程，并将高级分析技术用于决策。在这一阶段，水务企业将通过数字化应用获得更大的效率提升，在不断学习数字化先进经验的同时，实现低能耗、高效益、可持续的绿色发展。

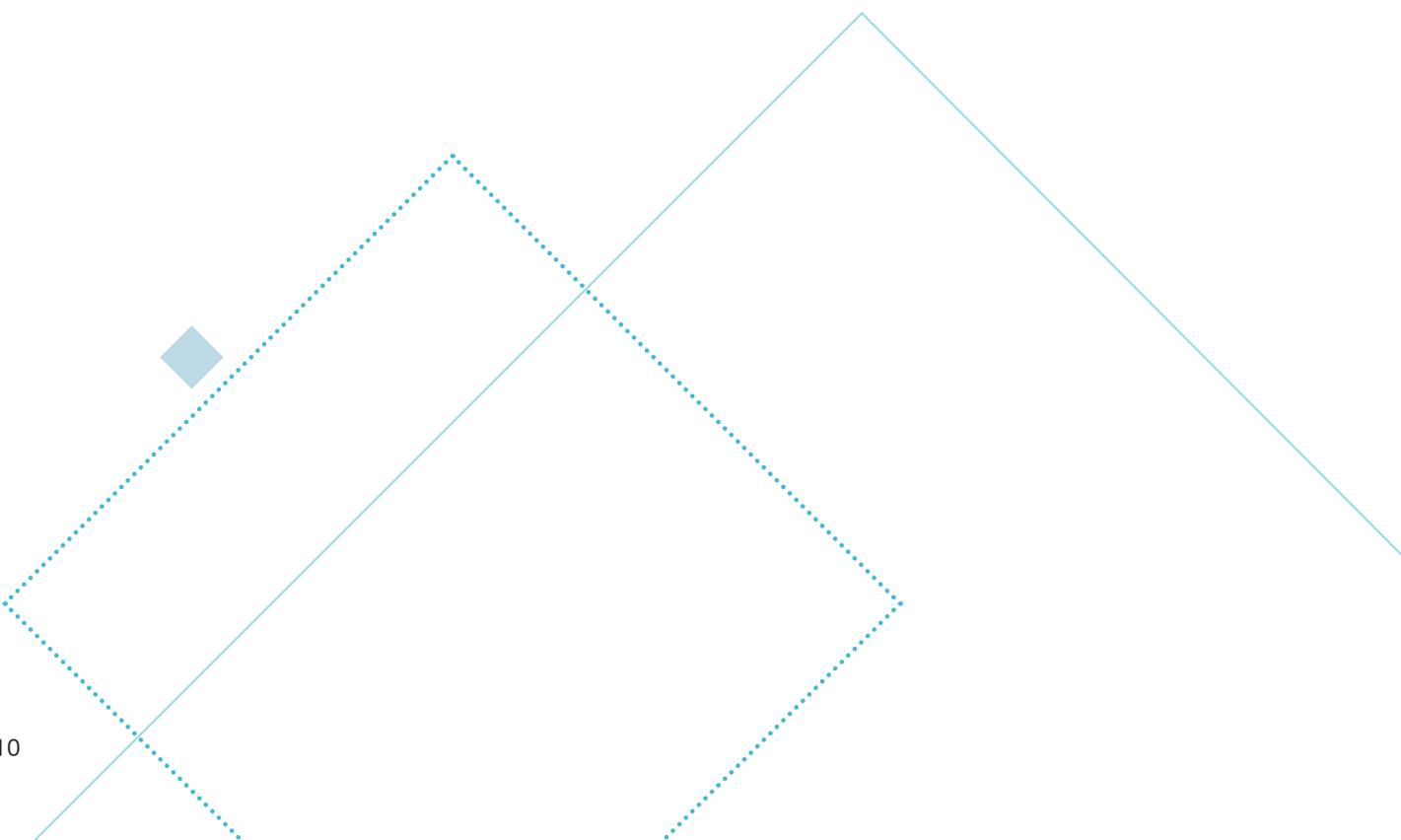
如果说 IWA 的调查报告和高德纳公司绘制的成熟度曲线图比较细致地展示出了水务公司数字化程度的变化，那么在实践中，我们可以把水务公司数字化的进程粗略地划分为三个时期。

早期（基础阶段）发展阶段的水务公司重点在于部署软件平台、新型传感器与智能水表。随着曲线逐渐上扬。

中期（机会阶段）提高自动化程度、集成网络和改进内部基础设施等举措开始应用在系统中。水务公司的数字化程度也越来越高、数字化技术逐渐应用在流程内部和流程之间。

后期（系统和革新阶段）数字化程度更高些的水务公司则成功地将 VR 和大数据等技术与自动化流程、决策制定结合起来。这些水务公司已经开始部署智能方案和构建起新型的数字化商业结构。

这些分析体现了水务企业从几乎没有数字化基础设施，到实施系统性和变革性的数字化系统和战略的过程。



第四章

数字化水务中的使能技术

1. 面向未来的使能技术

什么是使能技术？它是从 Enabling Technology 直译而来。一般而言，使能技术是指一系列创新的、应用面广、具有多学科特性、为完成任务、实现目标的技术体系。

它最明显的特征是：可以在不同领域快速形成衍生技术。使能技术不是一种具体技术，而是从技术创新链发展阶段中的一类技术，它具有举一反三的作用。使能技术对于一个行业的创新发展具有重要价值。使能技术虽然不是单一的一种技术，但它却是能使你快速达到目标的技术。

使能技术还具有关联、交织、重叠等特性。越是在宏观领域，这一特点越是明显。目前我国使能技术的研究与应用主要集中在智慧城市数字平台的运行方面，而水务领域恰恰是智慧城市数字平台的一个方面，也是关系到国家、民生的宏观领域，因此我们必须深入研究 and 加快应用的步伐。

2. 数字化水务中应用的使能技术

数字化的水务体系，可谓是对使能技术集大成最好的诠释，它把“大数据+物联网+云平台+移动化”以及人工智能、边缘计算等十几项最前沿的科技成果有机的融为一体，“使”每一项当今的新技术形成了合力，让以往不可思议的事情“能”了起来。在此“数字化”早已跳脱了二进制的概念，重新组合成为一种人类与世界互动的新方式。

云计算

云计算（Cloud Computing）是一种基于互联网的相关服务的增加、使用和交付模式，通过互联网来提供动态易扩展且经常是虚拟化的资源，它甚至可以提供每秒 10 万亿次的运算能力。

云计算使用户能够通过互联网远程访问和使用计算机硬件和软件，无需在本地购买、安装、运行和维护软

件应用程序，并可根据所使用的服务量及使用时间支付服务费用。

工业云计算是包括业务流程、事物和系统，在水务这个巨大的产业链条中，由于水的流动性，在设计和运行环节中，会产生海量的实时数据。而数字化水务系统基于工业云计算和工业人工智能的完美结合，能够为客户提供覆盖评估、咨询、集成、实施与数据服务一站式完整数字化解决方案。

数字化双胞胎

数字化双胞胎（Digital Twin）实际上是利用数字化技术营造出与现实世界对称的数字化镜像。数字化双胞胎的优势是可以通过一致性数据存储和集成数据模型，实现整个工厂的最新精确虚拟模型。支持在工程阶段运行仿真，从而大大缩短调试时间。

在数字化水务企业的全过程中，数字化双胞胎更多的是要实现 IT 与 OT 的互联互通，打造端到端的价值链，形成从采购、订单、排产、仓储物流到用户的闭环信息流，将从设计、工程、生产、运维到服务的所有数据集成到一个平台，从而实现智能运维。

在虚拟世界如何展现在现实世界中诸多复杂的生产环节与工艺？这就需要依靠数字化双胞胎。只有基于数字化双胞胎技术我们才可以将智能运维中的强化感知、优化控制、锐化运营等应用融入到水务企业的应用场景之中。在产品的设计过程中实现产品质量预警，在产品生产中实现风险预测、参数优化和仿真模拟，以及在性能方面实现预测性维护，如异常预警和智能诊断。

工厂数字化的优势在于其通过若干系统的集成，可生成实际现有工厂的数字化双胞胎模型，并可链接到以数据库结构导入的工程数据。从而可以验证数据，并且工厂运营商可以获得工厂的最新数字画面，进而实现全面优化运行，数字化模型还可以通过交互兼容软件工具为供水系统设计提供可靠的决策支持，并能根据人口增长和需求增加预测污水处理和污水量。

物联网

物联网 (IoT) 是指通过各种传感器、感应器、扫描器、识别技术、定位系统等各种装置与技术, 实时采集需要各种需要的信息, 通过各类可能的网络接入, 并同时可实施监控、连接、互动的过程。从而实现物与物、物与人的泛在连接, 以及对物品和过程的智能化感知、识别和管理。

数字化水务的实现, 必须借助丰富而深厚物联网行业知识与经验, 全面的行业洞察力以及丰富的大型系统实施经验。从战略的制定直至战略的设计与实施, 帮助企业成功重塑其行业的未来, 才可能通过数字化转型助力企业客户实现可持续增长。

基于物联网构架上搭建起来的数字化水务, 从数据精确采集到传输、处理、展现, 每个环节都开启独特的数字化之旅。从战略制定、设计和原型制造, 直至解决方案的制定与实施, 将与客户共同制定、规划和交付, 涵盖整个物联网价值链的端到端解决方案, 包括从应用构思到开发与运行的所有方面。

边缘计算

边缘计算 (Edge Computing), 是指在靠近物或数据源头的一侧, 采用网络、计算、存储、应用核心能力为一体的开放平台, 就近提供最近端服务。其应用程序在边缘侧发起, 产生更快的网络服务响应, 满足行业在实时业务、应用智能、安全与隐私保护等方面的基本需求。边缘计算处于物理实体和工业连接之间, 或处于物理实体的顶端。而云端计算, 仍然可以访问边缘计算的历史数据。

边缘计算是在高带宽、时间敏感型、物联网集成这个背景下发展起来的技术。对物联网而言, 它意味着许多控制处理过程将在本地边缘计算层完成。这无疑将大大提升处理效率。由于更加靠近用户, 还可为用户提供更快的响应, 将需求在边缘端解决。

在数字化水厂部分子系统中的应用, 如 DPS 系统中的泵组预测性维护及故障诊断系统, 泵组预测性维护技术、故障预诊断技术在模型化之后可以实时的对数据进行处理, 一旦发现问题就会生成计算结论或人工的非 AI 诊断请求, 并向云端推送。同时, 第三方 PLC 和 DCS 的数据, 也可以通过边缘端计算向其他子系统、中心系统和云端进行数据交换。边缘计算可节省云端计算的资源、减轻云端的负荷, 也是未来数字化技术的发展方向之一。

虚拟现实 / 3D 仿真

虚拟现实技术 (Virtual Reality), 是利用计算机生成一个三维空间的虚拟世界, 提供用户关于视觉等感官的模拟, 并允许其交互地观察和操作的虚拟世界的技术。虚拟技术在水务行业中生命周期的开始直到周期的结束, 即从设计制造、到培训运营和维护的每个阶段都有所应用。它可以让使用者更好地理解、应用数字化技术, 并减少错误。混合虚拟和现实物理环境的服务, 还能帮助使用者练习和熟悉操作复杂或远程的设备。

通过虚拟现实系统可实现装配工艺的模拟和优化、提高概念设计的效率、精简设计单位和更加有效地进行工厂规划。如果工厂在规划阶段出现问题, 改动设计付出的代价会很高昂。而通过虚拟现实 / 3D 系统, 能够对产品进行制造前的虚拟评估, 以确保相应的设备规格得到满足, 避免代价高昂的错误。

通过沉浸式的虚拟现实 / 3D 仿真系统, 工厂运行人员不仅可以训练在特定的制造环境下如何应对突发的紧急情况, 还可以了解不同的应对措施对于运营的影响。利用虚拟现实技术构建水务安全作业虚拟仿真训练系统, 还支持多人在线交互式训练功能, 能够测试团队协作及沟通能力。虚拟现实技术还提供了在实际环境中不存在的工况下培训运营人员的机会, 无论设施正在建设中, 或是在偏远地方, 都能有效解决员工培训的成本、安全和效果问题。

设备检查、工作指导和员工培训是虚拟现实技术应用的优势领域。制造业中虚拟现实的早期采用者已经证明, 将这些先进的技术用于员工培训将有助于弥合员工技能差距, 并改变员工的培训和评估方式。它有助于降低成本, 以及实现更高效和安全的运维, 这些优势将贯穿在数字化水务管理的每一个环节。

实时定位

实时定位系统是未来智能工厂的关键组件。它通过室内外精确定位, 实现对工厂内设备、人员、工件、物料等实时连续跟踪, 生成轨迹路线图, 并将定位数据发送给上层的软件系统, 结合数据分析, 进而提供可视化及精细化生产管理能力。

实时定位系统解决方案是基于简单架构网络的弹性可扩展定位平台, 可提供定制定位解决方案所需的组和服务, 提供一站式解决方案。该系统可以提高现场巡检维护安全性及工作效率, 实现工作现场可视化和工

作过程自动记录，为数字水厂各创新业务应用提供位置信息采集基础环境，为工人安全与减员增效相结合提供平台保障。

工业识别与定位成为促进制造业数字化的关键技术。帮助企业改善生产过程和整个物流，使全范围、全过程实现数据可视化，提高时效性，并且避免错误。实时定位系统适用于复杂工业环境，真正做到高精度实时定位。

智能分析

智能分析通常是指通过计算机图像视觉分析技术，将场景中背景和目标分离进而分析并追踪在摄像机场景内出现的目标。智能分析技术用于视频监控方案通常有两种：基于智能视频处理器解决方案的嵌入式系统；基于工业计算机的解决方案。在嵌入式系统方案中，视频分析设备被放置在 IP 摄像机之后，而基于工业计算机的解决方案只能控制若干关键的监控点。

基于“云”的应用，数字化水厂可采用很多智能化的技术，通常其智能分析有三个层次：一个是强化感知，从认知到传感；一个是优化控制，从精准到最佳；一个是锐化运营，从专业到协同。

智能分析系统利用水厂海量的历史数据，通过对设备运行状态的预测预警模块与智能排查诊断模块，不仅能及时预测预警运营中的故障风险，还能帮助企业高效诊断故障原因并指导其进行维修维护，从而有效控制风险、达到降本增效的目的。

人工智能

人工智能 (Artificial Intelligence) 是研究、开发用于模拟、延伸和扩展人的智能的理论、方法、技术及应用系统的一门新的技术科学。作为计算机科学的一个分支，AI 领域的研究包括机器人、语言识别、图像识别、自然语言处理和专家系统等。

近年来，随着计算机算力的大规模发展及算法的不断突破，AI 得到了快速发展，这为水环境污染防控、水质安全保障、涉水设施优化重构及流域生态系统管理等技术的研发和创新提供了强大的工具。

借助机器学习和人工智能，结合往年的大数据，可以为特定的水务场景构建 AI 模型，对水质进行自动化监控和评估，从而提升水厂优化水质的空间，为居民提供更好的用水质量。搭载物联网和 AI 的应用技术，有助于彻底解决饮用水水质安全和远程运维难的问题。

水务场景监管对象数量多且分布广泛，基于数据驱动的 AI 模型，可更好的实现水域侵入识别、水位线测量、漂浮物监测等智慧水务管理应用。AI 技术的迅速进步，为水环境风险防控、水质安全保障及水系统优化管理等技术从微观到宏观的发展与应用注入了新的活力。

区块链

区块链 (Blockchain) 本质上是一个去中心化的数据库。是一种分布式数据存储、点对点传输、共识机制、加密算法等计算机技术的新型应用模式。通过区块链技术将全水务的运行数据上链，构建可证可溯的电子证据存证，促进水务涉及的机构间信息的横向流动和多方协作。

水务企业对传感器和大数据的使用需要数据的可靠性、可访问性和分析性，这在一定程度上可以通过区块链系统进行管理，区块链技术可以实现对数据获取的权限管理，为用户的数据提供有效的隐私保护与数据确权，使用这种分布式分类帐技术可以使数字化资产管理更加可靠。安全的区块链系统可以降低黑客攻击、数据破坏的风险，并提高透明度。

区块链正在数据共享、水交易、大坝管理、污水监测和污染控制等水务行业的各个应用层面上进行探索。作为智慧水务环节上的重要一环，区块链技术有助于水务企业能够消除长期嵌入运营成本和资源的中介机构，从根本上改变企业交易互动以及管理和运营资产的方式。

5G 赋能

5G 是新一代信息通信技术，其更大容量、更多连接、更低时延的特性在给用户带来极致网络体验的同时，也为智慧水务注入了新的动能。

智慧水务是通过数采仪、无线网络、水压表等在线检测身上实时感知供排水系统的运行状态，采用可视化系统的方式呈现整个运行流程。传统的无线网络通信无法满足水厂控制类业务安全隔离和差异化的网络需求。5G 技术能够帮助水务行业的运营变得更加灵活并兼顾效率，同时提高安全性并降低维护成本。

依托 5G 高带宽、低时延、大连接的技术特性，结合 NB-IoT 以及网络切片和边缘计算两大关键技术，可方便实现水厂的远程控制、监控及重新配置，让智能装置及设备结合云端优化算法实时自我优化。5G 技术可以满足智慧水厂管理和生产各个环节中对安全性、可靠性和灵活性的需求，为智慧水务的发展带来更优的技术解决方案以及更加丰富的应用场景。

第五章

数字化水务核心要素

1. 数字化水厂一体化运维平台 — 西门子 SIWA Xphere

西门子 SIWA Xphere 是一套可定制的水厂数字化双胞胎平台，是基于仿真模型建立起水厂数字孪生和根据水务特点整合的运维平台。利用模型实现虚拟生产、模型优化、数据整合、仿真培训，并提供对西门子所有子系统模块的数据连接和一键登录。操作员可以在仿真水厂系统里和真实水厂一样地输入控制指令，调整控制参数，观测控效果。除了培训功能以外，该系统可延伸至基于模型的智能生产、智能加药等功能，同时可实现水厂数字化交付，是一个可定制的水厂数字化运管系统。



特点如下：

- 适用水厂 / 污水厂的一体化数字孪生运维平台
- 可一键登录并整合所有西门子水务数字化应用（如 SIMIT, COMOS, SIWA, PCS 7, PCS neo）
- 开放架构可集成水行业常用第三方数字化应用（如 GIS, BIM, DCS，兼容市场主要的 DCS 系统，借助第三方模型提升水厂智能，如：Intouch, Rockwell RS View）
- 支持第三方，如 Bentley BIM 三维到二维的集成
- 真正的多人操作仿真培训考核环境，支持量化的培训考核管理及轻量级的能力管理
- 虚实水厂的实时对比助力运营决策和水厂智能，虚拟化的架构方便日常维护和未来扩展

- 一体化工程方法实现高效无缝的数字化水厂工程实施和交付
- 拖拽式可配置的工作空间，定制化的运营面板及清晰的用户管理
- 真实水厂与虚拟水厂的实时对比

虚拟生产

基于仿真模型建立起水厂数字孪生，利用模型实现虚拟生产。源于水厂模型的运行及全真的 DCS 界面及后台逻辑，虚拟水厂可以反馈与真实水厂相似的控制结果，甚至通过模型的加速获得未来某个时间的控制状态，辅助操作工优化控制策略，校验控制逻辑，为水厂的优化运行提供决策支撑，真正以数字孪生释放生产潜力，达到谋定而后动的效果。



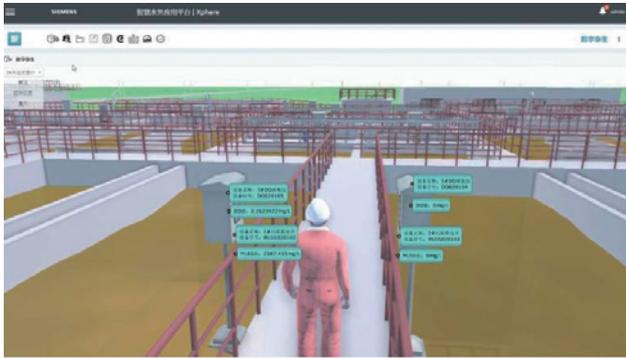
人员能力管理

水厂管理人员通过图表报表等形式更快速直观的了解水厂各个操作人员对水厂各个工艺段的工作能力和工作经验。因此，在量化培训考核的基础上需要对各个操作人员个人培训成果进行图表报表展示，提升管理效率。

系统根据操作人员历次的培训记录统计操作人员对各个工艺段的培训记录了解操作人员的培训完成度，并通过报表展示。统计操作人员各工艺段下个培训场景的培训结果的，并通过图表展示。

定制化的操作手册可根据培训场景自动切换。水厂运营的操作手册可以载入水厂的实际运营规范及要求。

可隐藏式工具条，可快速切换各种培训场景，可调的培训仿真速度，培训时间倒计时，题目浏览、提交、历史培训记录等。提供量化的考试分数，并给出操作错误的步骤。最终形成培训证书，供管理层和个人查看。



强大的平台接口管理功能

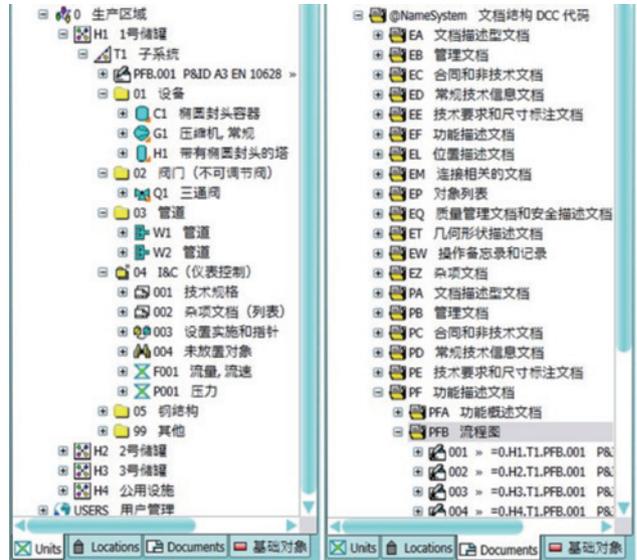


2. 水厂数字化资产管理平台 — 西门子 COMOS Platform

COMOS Platform 是西门子的贯穿全工厂生命周期的一体化软件平台，是实现一体化工厂工程设计和一体化运维管理的基础。COMOS Platform 采用面向对象技术，在一个中央数据库上实现跨专业、跨部门的工厂工程设计和工程数据的管理。COMOS 平台是一种模块化解决方案，可以根据客户需求随意配置，既可以组合使用，也可以单独使用。

以设备为核心的工厂资料库

基于 COMOS 可以形成方便高效的文档管理平台，通过拖拽的方式，可以把各种格式的文档方便快捷的挂在结构树下，包括文本文档、各种设计图纸、PDF、Word 及 Excel 表，甚至三维安装示意图、现场照片和拆装音频视频文件等。



身临其境的三维虚拟现实环境

Walkinside 是西门子 COMOS 下属的一款独立三维模型浏览软件，可以真实再现并支持复杂的三维工厂模型的虚拟现实软件。运用 Walkinside 的 3D 虚拟现实查看器，就可以在工厂的所有生命周期阶段，在运营、维护计划、仿真和工作人员培训方面重复利用工程设计阶段所积累下来的工程数据。这项专门针对运营进行了设计的工具可供操作人员和工程师方便地使用，提供了对复杂模型的快速和现实感强烈的渲染，形成了一种身临其境的感受。COMOS Walkinside 能够将熟知的 3D 设计应用程序设计的 3D 工厂模型转化成适合的格式，为诸如流程工厂构建非常大型的 3D 模型，结合真实感强烈的视图和快速导航功能供诸如操作或维护人员使用。



设备运维管理系统 — COMOS MRO

COMOS MRO 是运营维护管理系统的解决方案。由于具有标准化的 COMOS 数据库，运营和维护可在一个系统上执行并杜绝了介质中断。COMOS 软件解决方案理念的独特优势在于：借助 COMOS MRO，能够实现 COMOS 数字化工厂的工程设计库直接应用在工厂运营维护阶段，这样一来设计阶段与运行阶段就可以保持数据完整的连续性，工厂所有员工可以使用一致性的数据。

虚拟远程巡检

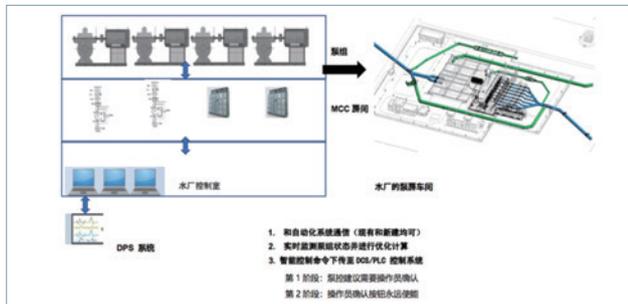
将 Revit 模型转化成 WalkInside VR 三维模型，该模型可以支持单人或多人在一个模型下进行全厂漫游，已实现沉浸式培训。同时，如果能够联通 DCS 系统或 SCADA 系统，该模型也能够实时动态地显示工艺参数的实时读数，这样系统巡检人员可以在虚拟现实下，通过漫游工厂而获得工厂中各个设备和工艺参数的情况，实现虚拟远程巡检。也可以通过联动现场的摄像头，按需调动现场视频综合了解到现场的实况。

与西门子系统或第三方系统集成实现多方位预防性维护

在生产过程中，COMOS 通过西门子特有的优势，架通了运营维护管理系统与控制系统之间的桥梁，可以同如 PCS7 系统实现有机的结合，实时将生产设备的关键数据直接读入到 COMOS 运营维护管理系统中，使设备的维护保养与实际生产运行状态紧密结合，准确记录设备的运行参数。比如动设备的管理：泵的启停、运行时间，阀门开关次数和运行状态可以通过 PCS7 自动导入 COMOS，从而实现运营维护管理系统对设备进行包括实际状态的台账管理。

3. 数字化泵站系统（DPS） — 西门子 SIWA Optim Dynamics

西门子 SIWA Optim Dynamics 系统（俗称西门子数字化泵站 DPS 系统）是一套可用于水厂、污水厂、或一般泵站中的，具备智慧健康监测功能与智慧节能控制策略的系统管理软件及整体解决方案。



SIWA Optim Dynamics 数字化泵站系统包含设备健康运维与泵组运行优化等两大主要功能模块，致力于通过应用面向未来智能制造的先进前沿数字化与智能化技术进一步优化泵站运行以降低能耗和提高运维效率与可靠性。

设备健康运维

西门子数字化泵站 DPS 系统中的设备健康运维模块能

对泵组的健康状态和趋势进行综合分析、风险预警与自动诊断，实现对设备的数字健康管理，降低有经验的专家工程师资源的工作强度，强化并固化企业竞争力与软实力，帮助用户从传统的故障响应模式或基于固定时间的预防维护模式，向面向智能化的预测性维护模式升级。

具体来说，DPS 系统充分综合设备相关多源数据（包括设备相关静态属性数据、动态历史数据、工艺环境数据等，如设备的机械振动、温度、压力、流量、电力等等），即在不对水厂进行大规模升级改造的情况下，对现有数据信息系统中的相关数据进行整合集成利用，包括控制系统、现场设备在线监测系统等，并结合西门子长期对相关设备制造与维护的机理了解与经验积累，开展基于前沿人工智能技术的模型智能学习，并基于该智能模型，对正在运行的设备状态进行评估，对识别到的潜在异常风险及时提示预警，并智能推送故障类型判断，帮助生产现场快速、高效、准确处置，大大降低误判风险，提高运维可靠性，最大程度避免非计划性停车事故的发生。

DPS 系统通过人机交互结合相关工艺设计数据与智能机器学习算法，使得模型能够自动从设备运行历史数据中学习不同运行状态对应的模式，大大提高了智能预警与诊断的准确率，并确保智能预警诊断模型在设备全生命周期的鲁棒性，帮助先进技术在真实工业场景下的有效落地。



泵组运行优化

西门子数字化泵站 DPS 系统中的泵组运行优化模块将基于泵组能耗曲线、泵组额定功率、效率等因素的综合分析，优化泵组控制，使每台泵都尽可能运行于高效状态。

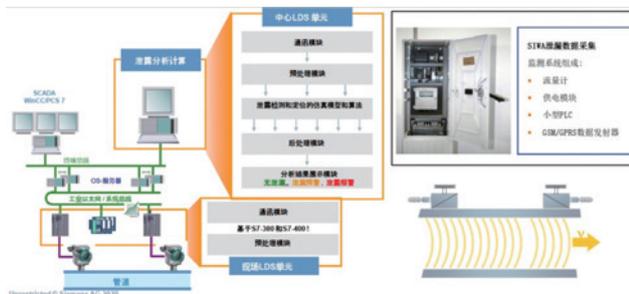
在进行优化之前，首先会收集泵房的结构信息，工程数据以及历史数据来建立泵房模型，为之后的优化做准备。然后系统可以通过产品系统默认部署的 OPC UA

接口连接，或通过数据库读取以及调用用户接口等方式来获取泵房的实时数据。系统可以根据水泵的特性曲线以及实时数据来寻找可高效率运行的水泵运行组合及运转速度。基于水泵当前运行组合，并结合水泵运行健康状态，来选择优化后的水泵组合，实现运行控制优化。同时通过这种方式亦可减少水泵切换造成的水泵损耗和能耗，通过对泵机设备的合理使用控制帮助延长水泵的使用寿命。根据工厂当前运行、设备与管理情况，优化空间或将不同。基于相关经验，当前已实施运行西门子数字化泵站系统的节能空间在 3% 以上。

4. 供水管线漏损监测解决方案 — 西门子 SIWA Leak

基于已建供水管线，西门子 SIWA Leak 管线漏损监测解决方案可进行管线泄漏监测并进行自动漏点定位。在长距离供水管道，根据监测到的流量数据和压力数据，泄漏监测模块识别并定位泄漏点的位置。在短距离供水管道，则根据采集到的噪音信号，识别和定位泄漏点位置，并生成泄漏报警事件，通知管网操作员。

管线泄漏监测模块 LDS (Leakage Detection System)
 泄露监测模块对运行状态下的管线系统进行持续检测，一旦软件检测到任何可能的泄露，系统软件会发出泄露报警，但泄露检测系统并不会自动关闭输水管线。报警的后管线系统的操作完全由系统操作员决定。报警后，泄露检测系统同时提供可能泄露地点的位置信息。泄露检测系统 (LDS) 泄露检测系统安装在过程控制系统服务器上，过程控制系统服务器位于线性阀门站，泵站和水箱站内，在这些站点的控制系统配有 PLC 控制器。泄露检测系统的软件包在流量稳定和停止输水情况下进行检测，检测过程会用到几种不同的检测方法。泄露检测系统是基于在线的泄露检测方法，而不是基于模型进行判断的。对于不同的管线系统，所需泄露灵敏度各不相同。需要视具体的测量值，管线的功能和所需的检测精度而定，并考虑到泄露大小和时间的关系。



泄露检测方法

泄露检测系统使用了几种不同的检测方法。

质量平衡方法:
 质量平衡监测管段的输入和输出。如果之间差值超过限值，表明这段存在泄漏。
 管道输入和输出的流量值在系统设置的时间范围内进行统一计量。评估过程中，对两个值进行比较，如果差值超过客户设置的限制系统就会触发报警。

流量监测方法:
 查询流量快速跌落的单个流量监测点。如果管道存在大的泄漏或者爆管，管道内的流量就会快速的跌落。

压力监测方法:
 查询单个压力监测点的压力快速下降来判定是否有泄漏发生。
 当前采样值与限值比较，如果当前值更小，系统会触发报警。

负压波法: $x^* = (c \times \Delta t + L) / 2$

压力梯度法: $x_s = \frac{(p_1 - p_2) \times r \times (h_1 - h_2) \times K \times g^{-1}}{K \times (m - m_0)}$

$\Delta p + \rho \cdot g \cdot \Delta h = K \cdot q^2 \cdot l$

软件的核心分析模型运行在 LDS 系统的电脑上。其他功能（预处理）则运行在 SIMATIC PLC/RTU 上。基于管道压力或流量的检测方法适用于长距离供水管线的泄露监测与定位，而基于噪音的监测方法用于短距离。

管线的泄漏点的监测和定位

输水状态下：管线的泄露检测 (F > 0)。对于输水状态的管线，质量平衡方法，压力监测方法，流量监测方法，压力波形方法和压力梯度方法都可以应用。在流量稳定的情况下可设定管道完全被水充满。

停水状态下：管线的泄露检测 (F = 0)。在零流量情况下的泄露检测，可以应用压力监测方法和压力波形方法。如果在停水时，管道因为压力过大而破裂，压力会陡然跌落，泄露点的位置也可以被确定。

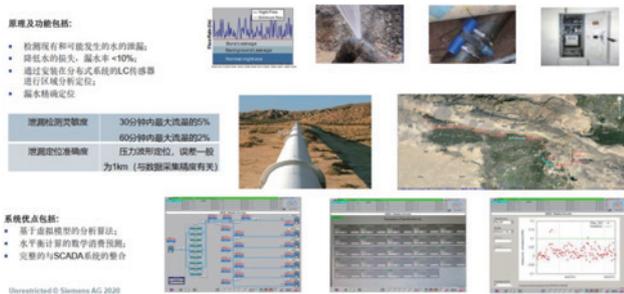
噪音监测是根据管道噪声级（分贝）及背景噪声值件的特定数字关系判断是否存在漏点。

泄露监测系统报警管理

通过部署在单台电脑上的泄露监测系统 (LDS) 核心模块对泄露监测方法所用到的预处理数据进行分析。如果分析出有泄露发生，在 WinCC 警报日志上就会显示出一个警报。LDS 泄露监测方法对监测对象进行连续监测。如果系统发出压力监测报警，流量监测报警等，报警会先记录到日志当中并显示在人机接口 (HMI) 界面上。在设定时间内（一般为 15 秒），系统会重新进行泄露监测。报警发出后 WinCC 需操作员操作处理。采用这种法方式，报警会一直显示在人机接口 (HMI) 界面上，而监测方法一直在后台持续对管道进行泄露监测。而以质量平衡方式进行监测的时候，当质量偏差较大的时候，监测系统发出警报；当质量偏差小于限制值后，系统又会恢复回正常状态。当然，先前的警报会一直保留在人机接口 (HMI) 中，直到操作员知晓此事。泄露监测系统对监测对象持续监测。

管道故障处理

在泄露监测系统中，故障是这样处理的。如果有一个故障发生了（例如测量装置故障），使用这个测量量的功能就会停止运行（LDS 并不发出报警），一旦故障消除时，LDS 监测功能又重新激活。泄露监测系统回归到正常状态工作。如果某个 LDS 方法所用的测量值不能在线读取（没有通讯连接），那么此 LDS 方法在这段时间内停止运行。

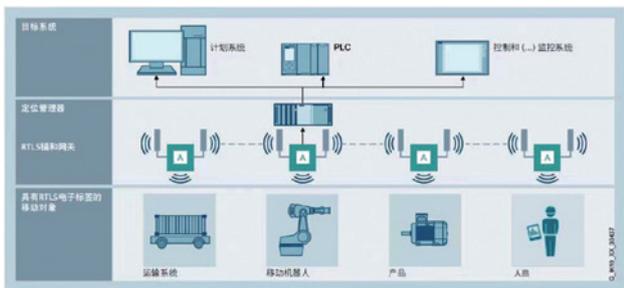


5. 水务人员实时定位系统 — 西门子 RTLS 解决方案

实时定位系统 (RTLS, Real Time Location Systems) 是未来智能工厂的关键组件。RTLS 解决方案通过室内外精确定位, 实现对工厂内设备、人员、工件、物料等实时连续跟踪, 生成轨迹路线图, 并将定位数据发送给上层的软件系统, 结合数据分析, 进而提供可视化及精细化生产管理的能力。

西门子 RTLS 系统架构

实时定位系统是基于简单架构网络的弹性可扩展定位平台, 可提供定制定位解决方案所需的组件和服务, 提供一站式 RTLS 解决方案。系统架构如图所示, 由硬件基础架构、定位管理器和服务集成三部分构成。



硬件基础架构: 人员佩戴的有源标签以预定义的间隔主动发送无线信号。多台锚定基站接收到信号后通过定位网关发至定位服务器。电子标签与工人逻辑绑定

后, 能够以代表工人被实时定位。电子标签还有电子墨水屏, 可以接收和显示上位系统推送的文本信息。

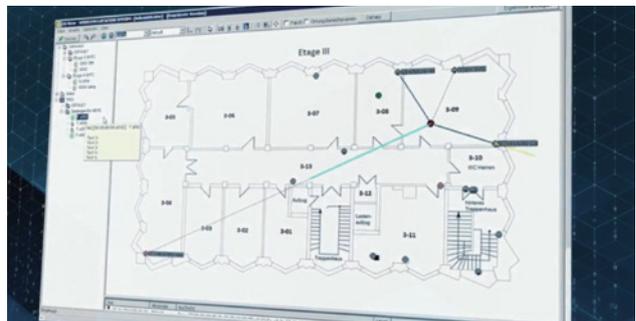
显示内容模板可以自定义: 锚定基站: 接收电子标签无线信号, 附加锚定坐标及时间戳, 并传输标签附带数据。通过至少三个相互同步的锚定基站, 可实现电子标签的三维定位, 精度达厘米级。

网关: 用于将所有记录的数据打包, 并传输到上位定位服务器, 同时可担当锚定基站功能。

定位管理器: 用于计算具体电子标签的实时位置的软件系统, 采用多模融合的定位技术, 并通过指定接口, 根据可定义及配置的规则, 将详细信息传送至上位系统。

服务集成: 定位信息和事件传递给上位系统用于自动控制, 数据统计分析, 实时查找, 自动报警。

在智能水厂中, 实时定位系统服务多样上位智能系统, 来自 RTLS 的 4W (Where 何地, When 何时, Who 何人何物, What 何事件) 定位数据与来自上位系统的 H (how 做什么事、如何操作) 业务数据相集成, 联动工作, 最大化利用生产资源, 提高现场管理效率, 准确性和安全性。



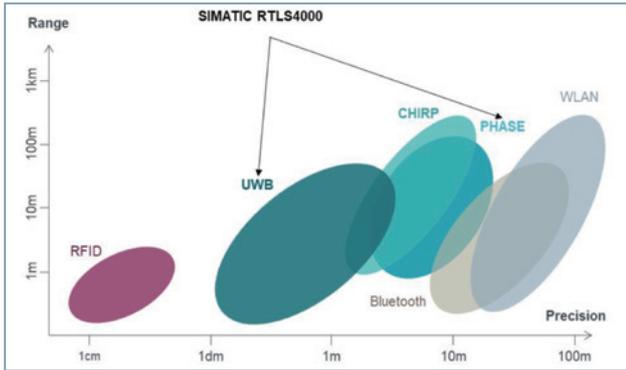
基于 RTLS 的生产现场可视化

RTLS 的技术特性

双向数据传输: 采用双向测距算法 (TWR, Two Way Ranging) 和到达时间差算法 (TDOA, Time Difference of Arrival) 多模融合的定位技术。集成了电子墨水屏的定位标签支持双向数据传输, 提供定位功能外还可以主动刷新屏幕显示内容。双向数据传输为无纸化制造提供技术基础, 上位系统对位置和动作进行分析后做出业务决定, 再反馈到前端, 指导现场人员如何进行下一步的操作。

多模定位技术: 定位基站采用 UWB 超宽带和 2.4GHz Phase 调相两种无线技术融合, 实现厘米级定位精度,

适用于苛刻的工业环境，能同时适应室内和室外应用场景，易于扩展定位到更多工作区域和不同应用场景，工厂全范围覆盖、服务于生产全过程。



无缝综合集成：实时定位系统通过 ISO 标准接口可以与各类 IT 系统集成，同步更新人员位置，优化操作流程，提高现场作业安全性。

6. 数字化水务网络架构

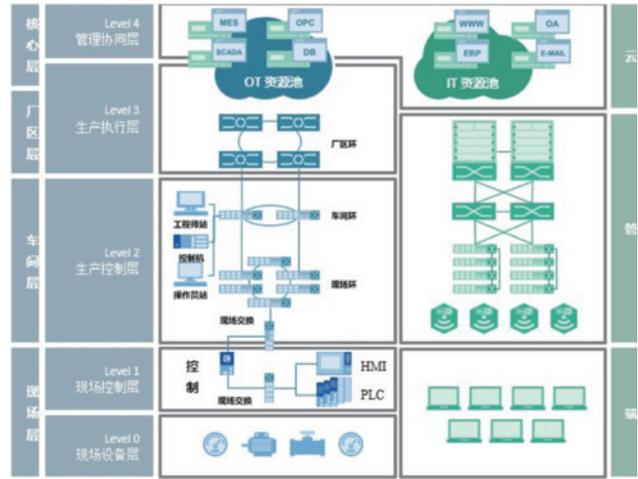
一 西门子 OT 和 IT 融合的网络解决方案

通讯网络是数字化的基础，也是水务数字化中不可或缺的一部分。在水行业，一个安全稳定的通讯网络至关重要，在实现生产数字化的同时，更可为安全和高效的生产提供可靠的保障。

数字化水厂项目需要生产的高度透明性，系统的高度互联性以及管理的高度精益性。例如从装置现场到数据中心服务器直达云服务的集成；在生产中使用智能手持终端来检查生产数据，保证对于生产数据访问的即时性，灵活性和透明性；实现预测性维护功能的中心管理系统，对可能出现的生产问题立即作出反应，大大减少生产停机时间。所有这些面对数字化工厂的需求，都表明工厂对生产数据的需求显著增加。所有的设备都将相互通信，不同生产过程之间的信息交互也在增加，许多处在不同层级上的数据交换需求也越来越多。

实现数字化，需要不断收集实时数据，保持所有数据都是最新的。因此，必须确保网络提供足够的能力和性能，以满足这些数字化的需求。同时生产系统之间的相互的数据交互也带来了安全性的议题。要实现系统间可靠的互通互联，必须注意工业系统整体安全性，构建一个体现纵深防御安全理念的整体的工业网络设计方案。

工业网络架构设计，还需要实现 IT 和 OT 网络技术的融合，同时，在设计网络架构时需要满足工厂对于互操作性，移动性，可扩展性，安全性的要求。整体 OT 和 IT 融合规划架构蓝图如下图所示。



工业网络设计指导架构 OT 和 IT 融合

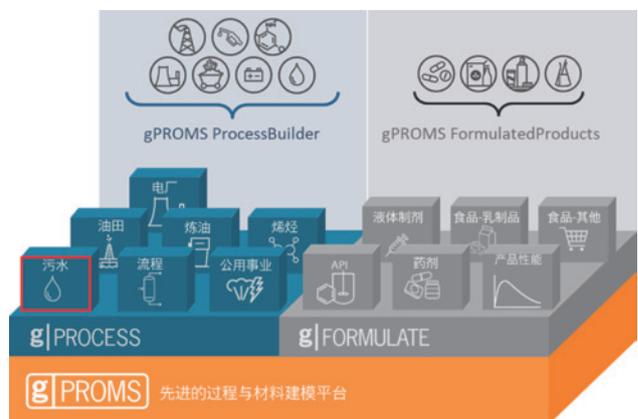
7. 数字化水厂工艺仿真与优化

一 西门子 gPROMS 工艺仿真系统

gPROMS (general PROcess Modelling System) 是西门子 PSE 的高级仿真软件，可以用微分方程进行动态仿真、优化、实验设计和参数估计。gPROMS 建立的模型可以方便地进行封装。

gPROMS 使用高级语言来描述复杂过程，建模过程不像传统方法那样繁琐、易出错。此外，gPROMS 具有独立研发的高级偏微分方程求解器，仿真过程计算和求解优化问题都十分高效。

gPROMS 套件包含两款软件，分别为 gPROMS ProcessBuilder 和 gPROMS FormulatedProducts。两者的应用领域如下图所示。

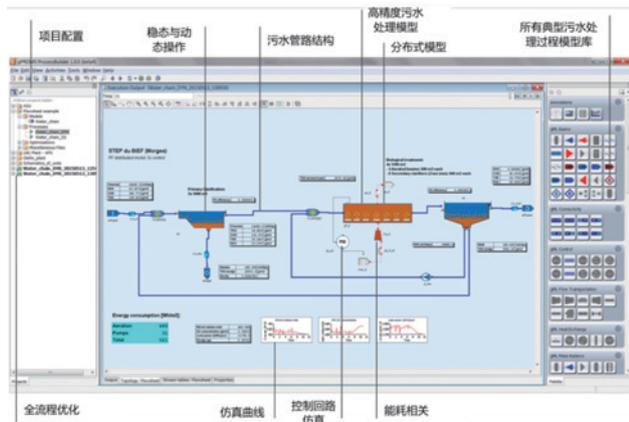


其中，gPROMS ProcessBuilder 是专门针对流程行业的仿真软件，广泛应用于电厂、油田、炼油、水务等行业。污水处理（gWATER）是其中的一个重要模块。该模块配套相应的高级模型库，能方便地仿真绝大多数污水处理工艺。

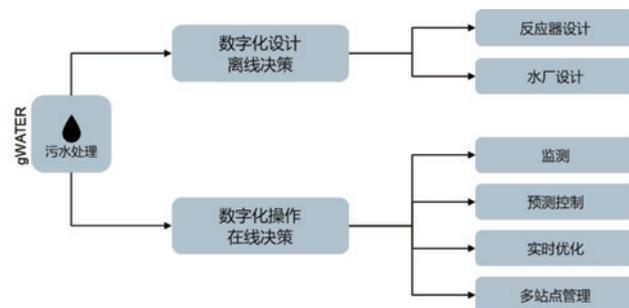
污水处理仿真高级模型库包括：

- 好氧过程，如好氧池和活性污泥工艺
- 缺氧 / 好氧选择器
- 污泥倾析器、厌氧固体 / 污泥消化池
- 沼气处理
- 膜过滤、生物膜反应器（MBR）
- 离子交换
- 颗粒污泥
- 厌氧池
- 序列间歇反应器（SBR）

下图为 gPROMS 的用户界面以及一个污水处理全流程的仿真模型，各个部分解释说明如图所示。



其中，仿真模型所有变量均可作为测点输出，以便于对内部过程参数进行采集和分析。在获得高精度模型之后，gWATER 可以完成数字化设计和数字化操作等应用，如下图所示。

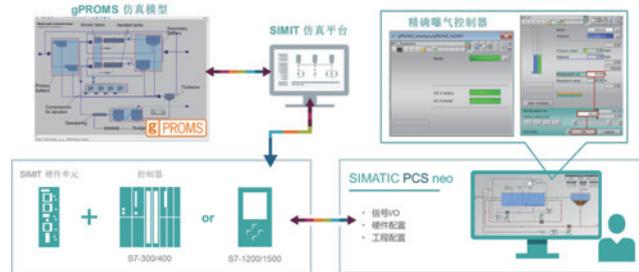


gPROMS 支持精确曝气

西门子 SIMIT 集成了 gPROMS 的接口，可以使其与新一代西门子工业控制系统 SIMATIC PCS neo 直接进行数据交互，而无需第三方数据接口软件。

在 SIMIT 的基础上可以使 gPROMS 与 PCS neo 共享污水处理厂实时数据，以便通过 gPROMS 仿真模型实时预测污水处理厂的参数指标变化，作为模型预测控制（MPC）算法的基础，实时调节曝气量、内回流量等变量，实现污水处理厂的精确曝气。

在项目实施时，精确曝气控制器直接运行在 PCS neo 控制器，并在 WinCC 操作界面中设计独立的控制器界面，用户可以方便地进行操作。系统结构如下图所示。



由此实现污水处理厂曝气量的合理调节，并稳定控制出水水质。在稳定的基础上实施基于模型的先进控制，使出水指标尽量稳定在排放标准以内，降低水厂的电耗和成本。

8. 水务数字化的基石 — 西门子数字化仪表

在现代工业环境中，无时无刻都产生巨量的数据，而这些数据都是由现场仪表进行采集并传输到下一单元。通过对所需数据的整理、分析、反馈、运用进而实现工业环境数字化。

在水务数字化运行过程中，流量、液位、压力的数据采集，实时的把各段工况进行展现、感知并把数据与系统融合。

在水务行业，无论是水源地、水厂、供水管网还是污水厂，西门子为水务行业提供了行业所需的全部过程仪表：

电磁流量计：电磁流量计具有精度高、稳定性好、无阻流部件及易于安装等特点，在水和污水处理及管网运行中都有优异的表现。

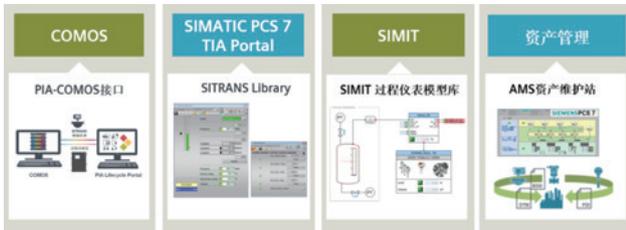
超声波流量计：无论是插入式超声波还是外夹式超声波流量计在安装中具有独特的优势——带压安装。尤其在老旧管网改造中，不需要停水断管即可完成安装。并同时兼有高精度、高稳定性的特点。

超声波液位计：超声波液位计在水务行业中的应用点位是最多的，尤其具有声智能回波处理专利的西门子超声波液位计，因其拥有 1 毫米的测量精度，无论液位测量或是明渠流量测量都能达到满意的结果。

压力变送器：在水和污水处理及管网侧漏中，压力变送器的使用必不可少，使管网能达到所需的压力平衡。



过程仪表与数字化解决方案无缝集成，让 1+1>2



为了助力企业数字化转型，西门子智能仪表做了诸多探索，包括增强仪表本身的测量性能、功能安全和通信方式，强化仪表与数字化整体解决方案的无缝集成，加速基于云的工业应用 app 的开发，统一不同产品的制造平台。通过 PIA-COMOS Interface、SITRANS Library、专用的仿真程序和各种基于云的 app，西门子智能仪表与 COMOS、SIMATIC PCS 7、SIMIT 和 MindSphere 无缝集成，极大的提高了工程效率，降低了控制风险。通过蓝牙、无线 HART、GSM、SIMATIC RTU、SITRANS CC240、SIMATIC PDM Maintenance Station 等各种连接设备，将仪表数据传送至基于 MindSphere 的 SITRANS IQ 数字化平台，为数据的充分挖掘利用提供可能。

产品保持其一贯的高可靠性、高精度、操作便捷等特点外，创新性的融入了数字化元素。比如专利的远程安全调试（即使在功能安全 SIL 应用下也几乎不影响变送器的正常测量）；主变量历史数据记录、存储、分析；通过 QR 二维码获取追溯性记录文件；符合 Namur 的状态图标指示等数字化元素，可以说新一代过程仪表已经具备了迎接数字化时代的需求。

通常情况下，无论是压力、温度还是流量、物位，工程师使用通用的模拟量输入功能块和面板连接现场仪表，仪表在 DCS 中仅仅体现为一个过程数值。实际上仪表除了提供过程数据外，还可以提供很多的维护 and 状态信息。为了充分挖掘仪表功能，提高工程效率，西门子为过程仪表开发了专门的程序块和面板，它们可以免费下载，集成到不同版本的 PCS7 和 STEP7 软件中。

COMOS 为西门子过程仪表预留了相应接口，设计前期工程师在 COMOS 中定义技术要求，既可以选择 COMOS 离线集成的过程仪表，也可以选择 Siemens Online Configurator 选项，连接到西门子 PIA Life Cycle Portal 网站进行详细选型，并将选型结果及其详细技术数据，返回到 COMOS 数据库中，确保了整个生命周期内仪表数据的可用性和一致性。

9. 水务数字化的可靠保障 — 西门子水务行业变频器 G120XA、X 系列

水务系统是一个对可靠性和稳定性要求极高的场景，传动系统的稳定性起着至关重要的作用。西门子 G120XA/X 系列变频器是面向水泵应用的专用变频器，无论是在性能还是可靠性方面都有着得天独厚的优势。

7x24h 的应用场景，连续过程不可间断，意外突发故障的损失和影响不可接受。产品的可靠运行和故障预防维护的能力是及其重要的选择依据。同时，随着绿色可持续发展的趋势，节能减排同样成为一个传动产品的重要任务。

G120XA/X 变频器：矢量控制算法，对电流、力矩等控制精准快速。支持同步电机、磁阻电机等高效电机，整体系统更节能。同时集成了水泵等专业应用功能如：多泵控制、休眠功能、清淤功能、管道泄漏监控、干泵保护、堵转保护等。



G120XA/X 变频器

G120XA 变频柜：高品质单机传动柜 75 ~ 560 kW，尺寸紧凑，75 ~ 250 kW 柜宽仅 400 mm，“抽拉式”设计结构便于维护。完善的标准柜体设计包含例如进线电抗器、主开关、EMC 滤波器、操作面板等部件。出厂时已完成接线，安装方便，真正的“交钥匙”柜。



G120XA 变频柜

CMS1281 振动监测模块：振动监测模块由 S7 1214PLC 控制，通过传感器收集水务系统中水泵、风扇、变速箱、驱动电机等的机械损伤和电气故障，在 X-Tools 软件中进行数据处理和分析，可在机器真正损坏的几周甚至几个月前提前预警用户安排维修计划，用户不必定期进行装置停车维修，节约成本，更加智能便捷。



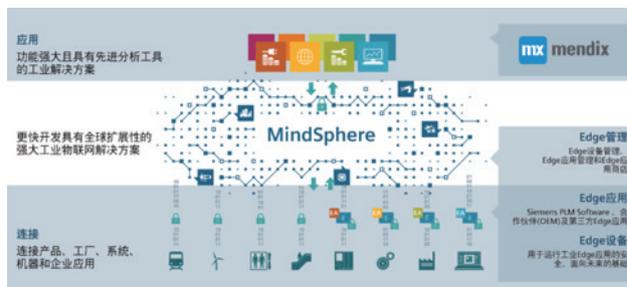
CMS1281 振动监测模块

SINAMICS G120XA/X 系列变频器 / 变频柜，CMS1281 振动监测模块，都可以从变频器、驱动系统及机器设备中采集运行数据，进行评估，实现状态信息可视化和分析，为用户提供有价值的数 据，进而优化流程并

实现预先提醒，有利于优化整个水务系统的性能评估和维护策略。

10. 水务行业工业物联网平台 — 西门子 MindSphere 工业云平台

MindSphere 是行业领先的工业物联网即服务解决方案。MindSphere 使用先进分析工具和人工智能 (AI) 为物联网解决方案提供从边缘计算到云端的全方位支持。它可以将产品、设备、工厂和系统连接在一起，通过云计算技术和高级分析功能来驾驭物联网产生的海量数据，为企业创造新的数据价值，以实现企业数字化转型。



在水务行业，利用 MindSphere 工业物联网平台可以实现：

利用物联网解决方案来连接和监控资产，以实现完全的运营透明度

借助 MindSphere 的部署，水厂可以将原本孤立的关键资产和流程连接起来。即插即用的连接解决方案譬如 MindConnect 2040 可以轻松地连接资产和流程与洞察。借助 MindSphere Asset Manager，可以建立物联网数据模型，从而可以定义物联网数据收集点并管理设备资产。借助 Fleet Manager，可以在云端查看所有工厂、生产线和设备，并通过自定义警报规则和响应事件，以最简单的方式实现了跨工厂和生产线的远程监控。同时有了 Fleet Manager 还可以查看任何资产的运营数据，并通过 Fleet Manager 定义的 KPI 警报，将设备运营信息实时发送给设备提供商，请求设备提供商远程进行设备故障排除，大大提高了故障解决效率。

先进的分析和机器学习 (Machine Learning) 可实现智能维护

依托 MindSphere，基于从鼓风机收集的实时和历史数据，通过机器学习 (ML) 和高级分析，从而使维护人员能够做到早期预警，实现智能维护。

通过先进的分析和机器学习，工厂维修从被动或计划的方法转变为主动的方法。这减少了停机时间，并使资产能够以高可靠性和可用性持续运行。

利用物联网数据分析，实现节约能源消耗

对于污水处理厂而言，鼓风机的能耗占总运营成本的50%，因此，任何能够显著减少鼓风机能耗的方法都将对水厂大有裨益。通过使用 MindSphere 对物联网数据进行全面分析，水厂可以将鼓风机的鼓风量与当前电价进行关联，充分利用错峰电价，从而在确保出水质量的同时，实现对鼓风机输出功率的控制。这样做就可以将鼓风量控制在较低水平，以最大限度地降低电费。

基于 MindSphere 开拓新的商业模式

水厂在解决业务挑战的同时，也可将水务行业知识和经验转化为 MindSphere 应用。将行业知识融入到这些应用中，对整个行业的推动作用都是非常有价值和有意义的。未来，水厂可以将自己开发的应用发布到 MindSphere 应用商店中，从而建立一个新的面向服务的商业模式。不仅可以为设备商提供物联网应用服务，还可以为同类型的污水处理厂提供服务。通过 MindSphere，可以为整个水务行业提供一种新的商业模式：运营即服务。

11. 水务行业设备智能运维

— 预测性分析系统 SiePA、阀门状态监测系统 VM 和变频器健康管理

工厂设备运行和生产过程中会产生海量的数据，西门子深谙工业之道并结合大数据、人工智能等最新数据分析技术，对海量数据进行深度挖掘。

可实现对风机泵、控制阀等设备的预测性维护降低非计划停车风险、提高检维修质量，亦可对生产过程中的 PID 参数与控制系统报警进行分析与优化提高水质、降低能耗。



预测性维护系统 SiePA

西门子 SiePA (Siemens Predictive Analytics) 预测性分析系统是以工业大数据为基础，人工智能技术为工具，面向工业领域的智能预测性维护、智能故障诊断一体化系统。目前，西门子 SiePA 已经在全球发布，与工业领域的用户一同创造价值。

SiePA 系统结合领域经验与工业大数据进行交互式智能分析，建立高效的数字化预测预警、诊断机制，评估生产和设备的健康状态，帮助进行快速的故障风险预测、诊断、维护和修复，保障工厂中关键设备的正常运行，降低非计划停车风险，使用户真正享受人工智能给工业带来的效益与提升。

SiePA 系统主要包括一个平台和两个深化应用模块，即工厂预测性分析平台、设备健康运行状态预测模块与智能排查诊断模块。

设备健康运行状态预测模块基于先进的机器学习、神经网络算法，建立针对工业领域“小数据”、“不平衡数据”等复杂情况的异常检测和预测模型，实现对设备健康状态的实时预测预警。利用机器学习推荐算法及模型融合技术，对所预警的故障案例进行因果关系追溯和推理，并预测设备故障趋势。

智能排查诊断模块基于自然语言处理技术，帮助用户构建设备故障分析知识库，进而基于故障现象进行“中医”模式的诊断，以及基于设备量化状态进行“西医”模式的诊断。“中西医结合”实现智能化、自动化的故障原因诊断和维修方案推荐。

阀门状态监测系统 VM

控制阀对于每个水厂的安全运行至关重要，意想不到的阀门故障会导致工厂非计划停车，扰乱生产，并增加安全事故风险。

系统通过采集智能阀门定位器中的海量数据，运用先进的分析手段，结合西门子全球数百万台阀门定位器的使用经验，让化工厂维保人员对阀门的了如指掌，为维护做到未雨绸缪。



西门子的阀门监测系统可以便捷地获取阀门的健康状态，合理制定维修计划，快速准确地提供阀门维护建议。

作为系统的核心，由于嵌入了西门子多年来成熟的经过验证的阀门监测经验模型，阀门状态监测系统就好像一位经验丰富的医生，可以对阀门产生的故障报警进行诊断，分析报警原因，最终给出合理的维修操作推荐建议。这一过程可以通过手机、平板电脑、PC 等终端平台进行可视化操作。阀门状态监测 APP 既支持本地部署，也支持在西门子基于云的开放式物联网操作系统 MindSphere 上部署，真正实现“云端漫步”的自由。

利用阀门状态监测系统，多种 KPI 参数数据的管理和设置（如压电阀改变的次数、阀门定位器运行时间、开关到位、阀杆摩擦力、控制偏差、电子器件温度、气源漏气等等），能够便捷地获取阀门整体的健康状态，实现对定位器内部报警信息的管理，还可以进一步分析阀门定位器内的诊断信息，合理制定阀门维护计划，实现预测性维护并降低维护成本。

低压变频器的健康管理及数字化双胞胎 — SINAMICS Connect300 智能网关及 MindSphere 标准应用 Analyze MyDrives。



众所周知，MindSphere 是西门子工业云操作系统，Sinamics Connect300 是专为变频器设计的 LoT 网关，为 SINAMICS 变频器集成到 IT 环境中的即插即用解决方案。支持用户根据需求个性化地通过变频器的 USS 端口获取变频器数据，并将这些数据同步到 MindSphere。

通过将全部驱动系统联网，机器制造商和工厂建设者以及用户都可利用数字化双胞胎更精准地对机器和工厂进行虚拟仿真，并根据仿真结果调试和优化，从而减少停机时间，提高生产率。

SINAMICS Connect 300 智能网关亮点：

- WEB 调试页面，MindSphere 以及驱动器的配置非常简单的集成在一起，调试简单。

- 8 个 RS232 接口，可同时连接 8 个不同的驱动器。
- 每个设备多达 40 个驱动器参数可以同时传输到 MindSphere。可以通过搜索功能选择专用参数。
- 通过 RS232 点对点连接，可以减少控制器和通讯总线的负担。
- 在 WEB 页面中连续显示真实的 MindSphere 连接状态。
- 通过集成 web 服务器对设备进行全面的服务管理（CA 证书、许可证管理、固件更新、配置的自动验证等）。
- 使用 https 实现与 MindSphere 的安全通信。

Analyze MyDrives 作为 MindSphere 应用商店中的标准应用，为用户提供功能强大的驱动数据分析、汇总及展示，以实现快速可视化。用户可以自由配置趋势分析的显示方式（例如时间序列图和散点图），也可以查看到每个驱动系统组件的集成变量，包括前次传输值和前次更新时间、测量单位以及所用图表的链接。全新仪表板可直观地显示所有驱动器相关组件的关键状态信息。

Analyze MyDrives 应用让我们可以随时掌握设备的运行状态，需要的时候给予维护预测及改进指南。此应用程序撷取并分析所有运作资料，藉由持续监控耗电量、转矩和频率，探寻最佳维护时机与实际维护需求，如此一来便降低了设备发生停机的机会，换言之，能提高设备使用率和产能，延长维护间隔，并减少停机时间。Analyze MyDrives 亦可测量电力使用状况，作为评估节能方面可行性的基础，以便实施一致的节能最佳化措施。



低压电动机的健康管理及预防性维护 — SIMOTICS CONNECT 400 智能网关和基于 MindSphere 标准应用 SIDRIVE IQ Fleet

众所周知，西门子低压电动机在水行业中处于绝对领先的地位，在国内自来水厂、污水厂已经恒

压二次供水等场合，有着大量应用。为了能够对执行机构——电动机，甚至是水泵、风机等设备转化到数字系统中，达到数字孪生。西门子 SIMOTICS CONNECT 400 智能网关与 SIDRIVE IQ Fleet 应用，共同解决了上述问题。



SIMOTICS CONNECT 400 模块是一个简单易用的电机状态监测与分析系统。使用传感器模块定期测量电机运行状态，通过 Wi-Fi 将定期将数据发送给基于 Mindsphere 的分析应用。对电机状态全面掌控，避免无计划停机，降低维护时间和维护成本。

SIMOTICS CONNECT 400 直接贴合在电机机壳表面，无需二次接线，安装方便，即插即用。内置可更换电池组，包含传感器直接测量值温度、三轴振动数据（轴向、切向、径向）、电机给定频率、转差频率、机壳磁场等数据。



SIMOTICS CONNECT 400 连接模块将运行数据传送到 SIDRIVE IQ Fleet 应用程序，应用会保存并分析这些数据。SIDRIVE IQ Fleet 可以直观地显示驱动系统组件的运行数据，计算出能耗、转速、转矩、电机的输入功率、电机运行状态、总运行时常、启停次数，并提供运行状态的分析结果并给出诸如预防性维护等建议。

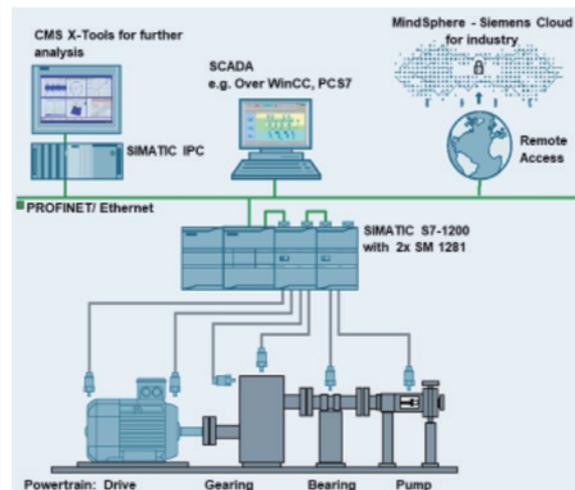


振动监测评估与预维护

— CMS1281 振动监测模块

CMS1281 可监测电机、减速机及机械关键连接部件的振动信息，通过 Ethernet 连接西门子 Web Application，便于用户远程调控 PLC S7 1214 和 CMS 参数。同时 CMS 通过 Ethernet 将数据上传至西门子 Web Application 和 X-Tools 分析软件，实时监测机械振动和转速情况，通过 X-Tools Library 中丰富全面的工业模型和指令对 CMS1281 收集的振动数据进行分析 and 可视化，提前预警，记录机械损坏频率，储存在西门子 MindSphere 中，为用户提供具参考价值的数据，有利于机械性能评估和维护。

Exemplary system structure, today: SIMATIC S7-1200 and SIPLUS CMS1200



第六章

未来，数字化水务的春天

1. 数字化潮流势不可挡

在数字化降临的今天，纵览世界，聚焦水务，数字化转型已经是大势所趋。数字化将会席卷所有行业，当然也包括水务行业。

人类社会的进步依靠的就是技术革命，这是不可逆的趋势，而且这种变革的速度会越来越快。以往的依靠人工经验决策的水务行业，与即将到来的数字化时代极不相符，很快将会被时代抛弃。

如果有企业想要逃避数字化转型，还幻想着自己还在仗着原有所谓的“先进技术”不受影响的话。那么这个企业、甚至这个行业就会遭遇越来越多的经营风险。几年后回头再看，墨守陈规的企业和行业与实行数字化的企业和行业的差距可能是几十倍甚至上百倍。

2. 数字化水务的愿景展望

在二十一世纪的数字化时代，引领水务行业发展的是技术创新和模式的创新。随着物联网、云计算、大数据及移动互联网等新一代信息技术不断融入水务行业的各个环节，数字化水务应运而生，它将带来一种更为精细化、动态化、智能化的水务管理模式。

- **降低运维成本。**通过建设远程在线监控设备的实时运行数据，可根据设备运行情况进行集中控制，实现无人值守，节省大量的人力、物力、财力，有效降低运行维护成本。同时通过全网实时数字分析，找出管网中易出故障点，降低爆管频率、优化供水调度。通过调节出厂水压，可以显著减少供水能耗，从而降低企业整体的运营成本、事故风险与隐患。

- **实现智能调控。**通过一个平台进行展示与监控，对异常情况进行实时预警、快速响应，智能调控设备的运行状态。当异常事件发生时，能够第一时间进行干预和处置，提高水务企业的应急响应能力，确保安全、持续地供水。

- **全面提升效率。**数字化水务可以整合全业务链数据，促进各类水务业务信息交换、共享与高效利用，为智慧决策奠定基础。可以预见，未来数字化水务建设必将在深度和广度上持续深化，全面提升供水企业的管理效率和服务水平。

作为今天能在产品研发与制造过程以及工厂管理的完整价值链上提供解决方案的西门子，正是凭借着“数字化双胞胎”的优势，成为助力水务企业实现数字化转型的典范，其成功应用遍及水务的全行业，如海水淡化、水厂、污水处理厂、长距离输水与泵站等各个领域。

基于在工业 4.0 领域的深厚积淀及成功经验，西门子将先进的数字化技术引入水务行业，其从一体化工程设计到一体化运维的全生命周期数字化技术解决方案为水务企业带来了全方位的效能提升。鉴于中国在节能环保、绿色发展和碳中和方面的战略发展愿景，水务行业也将迎来数字化变革与高速发展的新契机，数字化水务势在必行！

第七章

数字化水务价值案例展示

案例一：

全生命周期数字化双胞胎打造中国数字化标杆水厂

“太行山下小江南”，河南省焦作博爱县位于太行山南侧，沁河下游。这个豫北小县是小有名气的水乡。近年来，在这里孵化出了一个基于全生命周期的数字化双胞胎水厂——博爱县第二污水处理厂。该水厂于2018年开始建设，总投资1.6亿元，总规划污水处理规模6万吨/日，一期建设规模为2万吨/日，目前已经处于试运行状态。水厂负责该地区生活污水的处理，主体工艺采用国内成熟的AAO工艺，出水水质则执行GB18918-2002一级A标准。

作为国家南水北调中线工程的经过地，博爱县的污水处理十分重要，而该项目正是博爱县污水处理及水系提升的重要工程。在建设伊始，中原环保就携手西门子和河南智慧水务，致力打造数字化标杆污水处理厂。在水厂正式运营后，将极大改善周围水体环境，对治理水污染、保护当地流域水质和生态平衡、节省城镇水资源等有十分重要的意义。

与传统水厂相比，博爱县第二污水处理厂作为全面数字化的水务标杆项目，充分展现了西门子从一体化工程到一体化运维的全生命周期管理理念。从电机控制、PLC和DCS、模拟仿真、3D虚拟工厂，再到日常运营平台等，水厂全部采用了西门子的产品。在它高效、平稳运营的背后，还隐藏着西门子数字化赋能的重要内核：一个平台，三对数字化双胞胎。



Xphere 一体化运维平台：架起虚实之桥

水厂采用西门子一体化的水务数字化双胞胎集成运维平台 Xphere。在这个平台里，运维人员可以一键登录包括 SIMIT、SIWA、COMOS、PCS 7 等在内的西门子水务数字化所有应用，也可以兼容第三方数字化应用如 GIS、BIM、DCS，不但解决了传统水厂各独立运营系统缺乏统一的界面和登录管理的问题，而且 Xphere 平台的功能集成极大简化了操作流程，架起了水务数字化双胞胎的虚实之桥，实现了水务行业资产全生命周期管理、机理和数据模型辅助决策、三维和可视化运维等三个最核心的数字化需求。

在整个 Xphere 平台的用户界面中，集成了数字孪生、自控系统、自控仿真、仿真培训、运维管理、系统设计、综合展示、能耗分析和仿真对比 8 大数字化应用场景，基本全面覆盖了水厂的日常运维工作。Xphere 平台拖拽式的工作空间操作灵活可配置，虚拟化的平台架构更方便工厂针对未来规划进行扩展。

利用 Xphere 平台，水厂的中控室只需要一个人就可以完成水厂的日程运维，包括水厂的虚拟巡检、水厂各工艺段的生产状态监测、水厂关键 KPI 指标的监测、能耗状况以及实时控制调整优化水厂的生产参数和指标。

有了这个 Xphere 平台之后，水厂的设备运维实现了无纸化和自动化，设备状态可以实时查看，有故障就会自动报警。设备运维通过“工单”的形式在各个职能部门流转，实时状态和历史信息都有完整记录，一切都清晰明了、有条不紊。



三对数字化双胞胎实现真正的数字化水厂

近年来，将现实世界中复杂的研发、制造和运维过程，转换为用数字化信息进行虚拟仿真的“数字化双胞胎”概念风头无两。在该厂中，这一数字化技术也得到了全方位的体现。以实际污水厂为蓝本，西门子的COMOS Walkinside 平台打造了三维可视化模型，将各工艺处理单元的设备、管道、仪表等用三维模型清晰展现，真实还原了水厂的真实面貌。在日常巡检工作中，运维人员可以在3D视图中快速查看设备位置，直接访问设备的特性、维护历史记录、文档等信息，实时获取设备的真实状态，大大提高污水厂的人员培训和巡检的效率。这就是第一对数字化双胞胎——3D虚拟水厂。

此外，该水厂利用西门子COMOS设计软件，打造了整个水厂的工艺机理维度的双胞胎，通过工厂的抽象仿真建模将现实水厂的工艺过程模型化，达到理论指导生产的目的。运维人员可以直接打开整个产线，或者设备的设计图纸、电气原理图、PID设计图等。通过这个工艺仿真水厂，系统除了可实时显示水厂进出水量、水质等在内的KPI外，还能实时显示水、电、气、药品等的消耗情况，并可以根据历史数据进行分析优化。工艺仿真水厂还可用于操作员仿真培训以及水厂虚拟生产决策推荐，辅助水厂的人员能力提升和智慧决策。

第三个数字化双胞胎是水厂的关键设备资产建立了全生命周期管理的数据模型，将设备在运维阶段的资料与设计阶段资料无缝衔接起来，而且设备的3D模型和2D图纸与说明书进行关联，实现了二维设计与3D虚拟工厂的交互，工程数据与运营数据互相连通和复用，让当下和过去在统一的资产数据模型中交相辉映，在运维工单流转中串联起实时的故障状态和历史上的维修情况。

虚拟水厂、工艺仿真和设备资产数据模型，这三对数字化双胞胎与平台内各大功能高度融合、环环紧扣，



为水厂提供着全场景、广覆盖的极佳体验。数据是通往数字化时代的钥匙，数字双胞胎理念的渗透，为水厂运营提供着坚实的数据支持。除此之外，污水厂内从工艺、管道、电气到自控等统一数据库的建设，让数据得以紧密协同、无缝连接，降低了数据的复杂度，提升了标准化管理水平，最大限度发挥着数据的价值。

水厂副总经理郭颖颖表示：“数据的连续性、一致性和完整性，提高了水厂的资产管理能力，也为未来水质预测、优化运行、提质增效、节能降耗的进一步实现提供数据支持。”在创新解决方案的帮助下，现在水厂的运营仅需一个人，就可完成整个中控室日常的运营，这也为水务行业竖起了数字化创新的标杆。

从一体化设计到一体化运维打造数字化标杆

水处理作为传统的流程行业，各项信息孤立地分布在各大系统中，建设工程数据与运营数据在根本上就无法连通和重用，资产的管理、操作的效果也很难获得精细和可视化的反馈。进入工业物联网时代，传统水务行业的发展迎来了“智慧水务”的热潮。过去存在于不同操作员脑海中的运营知识、现场设备从设计到运行的数据等，都将得到系统化的记录和使用。数字化信号相较模拟信号，拥有更高的准确度和可靠性，可采集的数据量更是传统污水厂的几十倍。这些海量数据在中控室完成汇聚，便于控制设备进行自检测、自诊断、自保护，为后期水厂运维管理节省了时间和成本。

巡检工作是水厂日常运营的最重要工作之一，在数字化技术帮助下，该水厂人员的运维工作可以通过“工单”形式在各个职能部门流转，设备的实时状态和历史信息都会得到完整记录，相较传统纸质资料，更方便调取、全面明了。水厂设备科吴明主任表示：“智慧水务管理平台Xphere的无纸化、电子化管理流程还能帮助我们提高20~30%的维修效率。”在虚拟巡检系统的帮助下，该厂维护人员可以在各大场景穿梭，基本只需每天去一次现场即可。

与一般的数字化水厂不同的是，博爱县第二污水处理厂在设计之初就采用了西门子PCS 7系统，水厂从设计到运维的全生命周期，数字化的便利随处可见。在现场，该水厂用数字化总线Profibus DP代替了传统硬接线，将智能电机、智能阀门、智能仪表通过一根通讯电缆连接起来。不仅告别了复杂布线导致的维护烦恼，双冗余设计更降低了信号丢失等故障风险，解决了传统污水厂故障的排查难题，大大提高了系统安全性。

为响应国家“十四五”规划的数字经济发展，博爱县第二污水处理厂积极拥抱数字化水务新时代，打下了良好的数字化基础，并走在了国内水行业的前列。水厂总经理杨鹏表示：“未来，污水厂的数据也将是水行业数字化发展的宝贵资源，通过数字赋能可以激发数据挖掘、模型预测等产业发展，提高污水厂的数据利用率，推动水行业整体的数字化进程。”

案例二： RTLS 实时定位系统守护地下水厂的人员安全

山国之都贵阳，环山水抱、风景优美，70 多公里的环境林带让其又多了一个美名“林城”。悠悠流淌的南明河像一条绿色的丝带穿城而过，轻飘在林城的脸庞，养育着这一城勤劳的人们。

南明河是贵阳的母亲河，然而随着工业化、城市化快速推进，南明河水质恶化、污染严重，成为一条“失去生命的河流”。近年来，贵阳市持续推进南明河流域水环境系统提升工程，南明河一改往日旧颜，曾经的黑臭的画面已然被水清、岸绿、河畅、景美的生态画卷所替代。

为了“拯救”母亲河，贵阳市新建了 18 座污水处理厂，而国内首座超大型综合体深基坑地下式再生水厂——贵医污水处理厂就是其中之一。

超深埋式再生水厂催生人员安全问题

贵医污水处理厂是在南明河流域综合治理中，吸收中国数千年的顺应自然、天人合一的“梯田智慧”理念，结合城市河流生态补水需求、以及城市建设用地条件限制，统筹规划一系列分散协同处理污水厂中的一座。

该再生水厂是全国首例超深埋式再生水厂，同时也是全亚洲地下最深的污水处理厂。它将地下污水厂与地下停车场、地下商场，以及地面综合建筑包括学生公寓、住宅等在内的盐务街商住综合体、地面景观有机的结合，实现地上地下空间的最大化综合利用，实现了污水厂与城市和谐共生，也是国内第一座自主设计、拥有自主知识产权的超级综合体污水处理厂。

由于贵医污水处理厂位于地下 -4 ~ -5 层，基坑超深达 30 米，地下溶洞复杂、场地条件狭窄，因此 4G、5G 通讯基站的信号也就无法为作业现场提供服

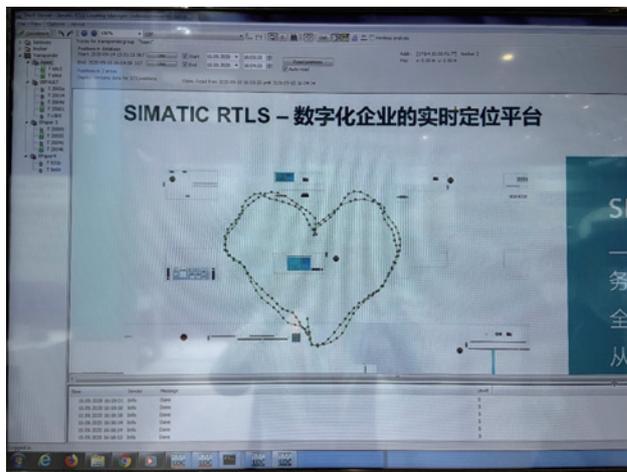
务，现场运维人员的实时状况难以获得有效跟踪，因此水厂的设备资产以及工作人员的生命安全都面临着极大的挑战。而且，目前地下式污水处理厂设计中缺少与之相关配套的劳动保护、消防、安全卫生法律、法规，各专业设计规范也都比较缺乏，因此一个能实时定位水厂运维人员，可进行数字可视化管理的人员定位系统成为了必然选择。



西门子 RTLS 实时定位系统时刻守护地下人员安全

西门子得知这一需求后，考察了地下水厂的实际工况，提出了其独一无二的 SIMATIC RTLS 实时定位系统解决方案，实现水厂运维人员的数字可视化管理，为特定区域的安全管理和巡检人员的生命安全提供了有效保障。

首先，RTLS 可以实时精确定位水厂人员并实现可视化管理。员工佩戴定位标签或用便携的终端设备绑定定位标签（如工作平板电脑，手持终端），运维平台就可以从系统中实时查看人员当前位置，并进行历史移动轨迹追溯。这样不但可以对巡检工作进行智能监管，还可以对巡检人员的越界及滞留预警、长时间静止预警。一旦发生危险，巡检人员可以一键呼救报警，运维人员也可以快速查看到巡检人员的精准位置，从而最大程度保护人员的安全。



第二，运维人员还可以通过 RTLS 对巡检人员进行灵活调度，就近安排工单并监控工作完成情况。对特定区域的现场和危险作业流程管理进行安全管理，审计核查提供最佳依据。由于 RTLS 可以实现真实巡检轨迹的再现，可为水务信息化大数据采集基础人员设备位置信息，这样也使得水厂的巡检可以不断优化，提高运营效率，实现高可靠、精细化运营。

另外，通过 RTLS 的定位还可以实现与视频监控设备之间的联动，快速查找人员。传统方式是通过人工在几十个监控画面中查找员工的情况，费时费力，但在与 RTLS 联动之后，就可以快速从几十个摄像位置的信息中提取到该员工的信息。比如员工移动，系统可以刷新调用他身边的摄像头，如果监控室需要找人，并判断工作人员的生命状态，只需点一下员工的图标，员工身边的摄像头就会把图像提取过来，快捷方便。

西门子 RTLS，地下水厂人员定位的最佳选择

人员实时定位系统在工业领域的应用其实已并不少见，应用的技术也不尽相同，UWB、Phase、蓝牙、WIFI、GPS、RFID、4G 或者 5G 等都有使用。但对于像贵医污水处理厂这样深埋在地下的水厂来说，GPS、4G 和 5G 技术无法达到可靠性要求，而蓝牙、WLAN、RFID 技术的定位精度不够，所以只有 UWB 和 Phase 技术才能胜任。

那为何说西门子的 RTLS 实时定位系统是地下水厂人员定位的最佳选择呢？它到底有什么过人之处，可以实现超深地下环境的精准定位采样呢？

问题的关键就在于西门子的 RTLS 实时定位系统采用了独特创新的 UWB（超宽带无线通信技术）和 2.4GHz Phase 调相两种无线技术的融合，可实现厘米级或者



1-3 米以内的人员精准定位，而且专为苛刻的工业环境开发和优化，无需担心现场复杂的电磁工况和遮挡干扰，具有良好的兼容性和可靠性，所以特别适合地下水厂这样的工业场合。

RTLS 方案的实现方式是用电子墨水屏做成一个胸卡大小的设备带在工作人员身上，在 20-30 米的距离内与无线网关进行数据交换实时定位。

RTLS 不仅可以实现信号的发射，还可以执行信号的接收，实现双向通讯。RTLS 网关集成在定位服务器上，可以根据实时信息生成的数据记录展示人员的行为轨迹坐标。发现场人员的实际的位置，并生成热力图，判断对象停留的区域和时长。通过改变电子墨水屏目的内容，将任务下放给现场人员，指导下一步操作，帮助污水处理厂内部实施精细化管理。

另外，西门子 RTLS 实时定位系统还可以通过 ISO 标准接口与各类 IT 系统集成，同步更新人员位置，优化操作流程，提高现场作业安全性。

当前，在城市建设土地资源稀缺的背景下，更多城市为了节约宝贵的地面土地资源，已经越来越多的开始规划在地下建设污水处理厂。地下污水厂可以就近处理生活污水，是节约城市土地资源的最佳方式。随着西门子 RTLS 实时定位系统在贵医污水处理厂的成功投入使用，相信会有越来越多的地下水厂采用 RTLS。或许，RTLS 将会成为未来数字化水务的标配。

案例三： 挖掘数据的价值 数字化泵站让供水更高效、更安全

长江上游，重庆西部，秀山重叠，巴水环绕，在这种灵毓秀之地藏着一个千年古镇，这里被评为“中国民间文化艺术之乡”。自 2014 年起，撤县改区，这里就此正式融入重庆主城都市区。2019 年，该区的 GDP 已经达到 616 亿，远远超过了许多同等规模的县域。然而在迈向快速发展的道路上，这里却因为水资源拮据、供水不足的短板，限制了工业化、城市化进程的推进。

为此，自 2012 年起，该区就启动了三大水利工程来解决城区供水、防洪、水污染治理等难题。而其中 2014 年竣工的某水厂一期工程日供水 5 万吨，2019

年 8 月二期工程竣工日供水达到 10 万吨，为该区的十多个镇街提供自来水。该水厂的稳定、高效、安全的运行，对保证全区的供水起着举足轻重的作用。



传统泵站面临多重考验

由于自然和人类活动等因素，原水中含有各种各样的杂质。从原水到入户的自来水，水厂承担着搬运和净化处理的重任。而泵站作为水厂的“心脏”，其稳定运行更是供水系统高效运作的重要保障。

该水厂送水泵站共有 8 台水泵，4 台为开关泵和 4 台为变频泵。过去，8 台水泵采用既定的分段调度方案，即各变频水泵同频运行。这也导致在用水的高峰和低谷时，水厂无法适应大幅变化的供水需求，不能及时适应实际情况的变动，并做到最优化调节。

另外，在传统的调度方案里，作为水厂电力消耗的主要设备，水泵的调节高度依赖管控人员的人工经验，能源的浪费情况严重。传统的基于频谱分析的人工监测不仅效率低下，在长期高噪音环境中工作，给人员健康也会带来很大隐患，相应的，人员成本也逐年增加。

除此之外，早期水厂囿于传统的定期保养维护策略，泵组缺乏预测性维护的设备管理手段。基础设施的建设水平不高，由此引发的水泵宕机和损坏，会给水厂带来巨大的经济损失和供水安全隐患。因此，想要同时解决电耗高、预测性维护短板明显这两大“病症”，该水厂亟需一场泵站的数字化革新。

数字化泵站系统让供水更安全

作为在水务数字化积累多年经验的领先企业，西门子的专家团队对该水厂的顽症做出准确诊断。为助力泵站可靠运行、提高运维的可靠性、保障供水安全，针对水厂现存的节能优化和健康运维缺失的问题，西门子为其提供了全新的数字化泵站解决方案——SIWA Optim Dynamics。

借助 SIWA Optim Dynamics 数字化泵站系统，西门子提供了从数据采集到数据传输、数据处理分析的设备预测性维护软硬件整体解决方案。利用泵组上的振动传感器进行实时监测，系统能够对包括轴承早期润滑不良、转子动不平衡、轴承内/外圈磨损等 9 种常见的水泵潜在故障类型进行识别。通过对采集到的泵机运行的可监测关键参数、工作状态、健康度评估和设备维护信息等，进行智能诊断和预测性维护，降低水泵的非计划性停车风险。

SIWA Optim Dynamics 数字化解决方案将数据的价值发挥到了极致，不仅实现了整个泵站的动态监控、管理和数据传送，还能够实现故障报警、工况记录和报表打印等功能。告别过去人工抄表的数据记录和统计的方式，帮助水厂在精减人员、降低人员误操作风险的同时，减少人力开支，提高管理和运营水平。

不仅如此，利用振动监测得到的数据，系统在确保安全的同时，还能直观地给与泵负载转移方案。例如，对于健康度较低的水泵，系统会进行降级使用或退出运行组态操作，这样能将其承担的工作负载转移到其他健康度较高的水泵上，予以补偿，大大降低设备损坏与集体宕机的可能。



创新算法最优化泵站运行

一直以来，水泵的调度都高度依赖人工经验，无法适应经常变化的供水需求，调度的不准确造成了巨大的能源浪费，SIWA Optim Dynamics 的出现打破了这样的僵局。该系统可以获取自控系统中的 KPI 情况，以及市政水务调度中心的生产调度的实时需求信息，并根据独特的最优算法，自动计算出 8 台水泵最佳的泵组配置方案。

用户可以根据泵站的实际情况，在系统中预先配置每台泵机的额定参数，比如流量、扬程、流量-能效特征曲线等。系统会将这些配置信息，以及通过 OPC UA 接口采集到的实时状态信息进行整合，再输入到

优化算法中，进行泵机组态方案的寻优。在调度需求发生变化，必要时系统也会发出需求交互信息弹框，提示用户更新生产需求。

SIWA Optim Dynamics 能够对泵站各部分的节能潜力进行评估，不断从数据中挖掘高效运行的可能性，并给与具有实时性的优化方案。基于泵组的能耗数据曲线、泵组额定功率、效率等因素的综合分析功能，通过创新算法，系统能够让每台泵都尽可能运行于最优状态。始终围绕最优化运行的核心，也正是该解决方案的特点和过人之处。



特别值得一提的是，在过去，泵组优化常采用等间距枚举筛选法，固定精度的软件仿真往往会错过真正的“最佳方案”。而 SIWA Optim Dynamics 根据空间内的梯度，自适应求解的精度步长，最大程度地逼近真实最优解，因此精度更高。在这个多目标的创新算法中，用户还可以通过调节对不同优化目标的权重，来满足对优化结果的偏好。原本的“分段调度方案”，也就这样成为了更灵活的数字化泵组优化方案。

现如今，数字化的改造成果十分显著，在新系统的助力下，该水厂在改造后至今未出现过由于运维不当导致的任何事故。值得一提的是，SIWA Optim Dynamics 解决方案的运用仍基于原有水厂设备的自动化信号，因此无需进行大规模的改造，这也大幅节省了水厂升级的资金与时间成本，帮助水务客户赢在数字化起跑线。

案例四： 数字化勾勒未来水厂新画卷 — 成都西汇水环境数字化之路

都江堰的两大支流——柏条河、徐堰河流经这片平原，宛如两条婀娜多姿的彩带翩翩起舞，给这片神奇的土地注入绿色的盎然生机……，此处是位于四川

成都市近郊的郫都区三道堰镇。为了更大地改善周围水体环境，保护当地流域水质和生态平衡，成都环境集团于 2019 年开始在这里启动建设三道堰第二污水处理厂。作为该项目的总承包方，成都西汇水环境有限公司（以下简称西汇）计划在这一设计处理规模为 2.5 万 m³/d 的工厂采用先进的污水处理工艺，尤其是从设计到运维的整个过程中全面借助数字化的力量，建设一个新时代的智慧水务标杆。

同样在这一年，全球领先的自动化与数字化技术提供商西门子，恰好推出了过程行业首个完全基于 Web 的、面向未来的控制系统——SIMATIC PCS neo，开始打造过程自动化领域的新标杆。

于是，全球首个 PCS neo 实际应用项目便在这二者时间交汇之际应运而生，一个面向未来的过程控制平台开始在此处勾勒出碧水蓝天的美好画卷。

污水处理，挑战纷至

在西汇的数字化转型专家蒋宇亮看来，作为一家污水处理厂，毫无疑问首先满足污水处理的排放标准要求是至关重要的。近年来，随着“水十条”标准的提高，整个污水处理排放标准要求愈发严格。目前，大部分污水处理厂排放标准要求都从国标一级 B 提高到了国标一级 A，甚至更高的地表水 IV 类标准。这意味着污水处理厂需要改进或采用更加复杂而先进的工艺，诸如预处理技术、生物除磷脱氮技术、深度处理技术、出水稳定处理技术和相关设备等，而这不仅意味着整个工厂控制系统需要更高的精度、平稳性和响应及时性等，更需要实现实时的数字化监控以满足 COD（化学需氧量）、BOD（生物需氧量）等各个水质监测指标。

其次，随着城镇化和经济规模的提升，污水处理厂的 实际处理水量越来越多，与设计处理能力相比常常需要满负荷甚至超负荷运行，对工厂控制系统的长期平稳运行是一项挑战。



另外一项主要的挑战则来自于运行成本的压力。“这个也是公司对数字化项目的硬性考核，成本越低公司的利润率才越高，”蒋宇亮说道，“基于数字化的新一代过程控制平台，不但可以节省整个工程、运行和维护成本，优化和改善运行指标。同时还可以通过数字化与信息系统之间安全的数据交互，驱动上层应用实现数字化价值！”

可以说，数字化转型在建设三道堰这样的智慧水处理工厂中，是助力满足合规，高负荷稳定运行，优化工厂成本，提高运行效率方面的必然选择。



面向数字化未来

与大多数同行一样，西汇专注于自控系统的工程师团队资源是相对有限的，而三道堰项目从启动到投产大概只有1年左右的时间，前期的设计、组态、仿真和调试工作非常紧张。基于Web的编程组态是SIMATIC PCS neo的一个飞跃式的创新。通过集中的、面向对象的数据管理，可确保所有参与者始终可以访问并获得一致的数据信息，支持三道堰工程团队基于Web的跨区域合作，实现多人并行工作，提高编程效率，加快工程进度。

在编程组态期间，西门子位于北京、长沙、上海多地的工程师们基于统一的SIMATIC PCS neo平台，共同参与到目前的编程和中间的调试阶段工作中，在任意终端以Web网页访问的形式进行用户校验并进入平台直接进行操作，使用统一的数据库。基于PCS neo解耦项目数据的特性，在保持项目所有数据的一致性的同时把自己的工作成果发布并共享给其他人。

通过这种创新的方式，1,000多个点的三道堰项目仅仅不到一周时间便基本完成了此项工作，至少节省了30%的时间成本。

“对于数字化转型的期待，我们是希望借助西门子的新一代DCS系统和MindSphere一道，为水处理厂打造控件式集中监控体系，通过自动化优化管控实现无

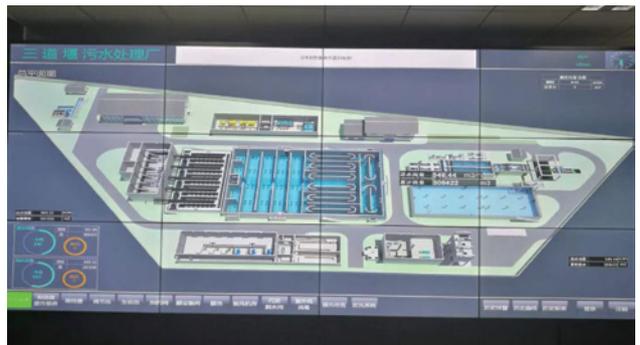
人/少人值守；同时对多源数据和实时数据进行组合分析，实现工艺模拟及控制优化以满足水质要求，并基于数据实现风机、泵等关键设备的智能状态管理，”蒋宇亮表示。

为此，SIMATIC PCS neo与西门子基于云的开放式物联网操作系统MindSphere的安全且无缝的对接，是这一数字化转型标杆项目的核心价值。

传统的DCS通讯方式，往往需要单独的OPC服务器对DCS数据服务器进行封装之后，再提供给更高层级的系统中，通过这种中转的方式以保证数据面向上层IT环境时一定程度的安全性。而这一方式带来的挑战是，数据实时性的降低和更高安全性的要求。

首先基于Web架构的SIMATIC PCS neo平台，面向IT系统天然具有良好的开放性，与MindSphere之间取送数据都十分便捷高效。其次为了确保实时性，其监控服务器可同时作为OPC UA的客户端与服务器，功能上实现了集成。同时，作为更开放的系统，SIMATIC PCS neo在安全方面遵循“纵深防御”理念，同时还融入了Web安全的各种策略（例如引入SSL网络传输加密技术、数字证书验证技术等），其软件开发生命周期遵循安全编码原则，完全符合IACS安全标准，并已经获得了基于IEC 62443-3-3标准的TÜV证书。

在这样的基础上，无论是组态编程数据、仪表数据或者设备状态数据，都可以很方便地在集中展示于监控平台画面上，真正实现项目的无人值守与远程操控，满足人性化的同时也更加方便操作员对设备运维进行数字化管理并及时处理设备故障，从而降低水厂控制中心的运营成本。



作为SIMATIC PCS neo全球首个落地应用的项目，西门子也为该项目提供了一系列极其有力的支持，包括专属的西门子专家咨询服务、深度的技术资料提供、持续的软件升级服务包，乃至西门子全球化的项目工程师团队等。

到 2020 年中之时，SIMATIC PCS neo 已在三道堰污水处理厂开始投运，运行良好。为此，西汇董事长李健表示：“该项目是我们开启智慧水务转型的关键之举，以此打造中国数字化水厂的标杆项目。我们专注水务七十年，希望能携手西门子一起直面挑战，把握未来加速增长与可持续发展的机遇，建设更加稳定可靠的城市基础设施。”

案例五： SIMATIC PCS neo 为庐山水厂插上数字化的翅膀

三叠泉、芦林湖、如琴湖……，处处可见的自然水景环绕之中，位于庐山山顶的牯岭镇一直是被众星捧月一般，矗立于天高云淡的峰岭之间。

拥有国家级风景名胜区、世界文化遗产、国家 5A 级旅游景区等一系列顶级光环的江西庐山之中，水为山带来灵性的同时，也成为庐山核心风景区——海拔 1,167 米的牯岭镇上数万人口的生命之源。

位于这个云中小镇的庐山自来水厂，于 2020 年启动了“庐山智慧旅游建设及景区基础设施提升”的供水改造项目，为这一日供水 2.5 万吨的传统水厂开展智慧水务建设，以数字化力量更好地守护这片净土。

作为这一项目的集成方，江西三鼎水环境（集团）有限公司（以下简称江西三鼎）开创性地采用了西门子面向未来的全新过程控制平台 SIMATIC PCS neo，为庐山自来水公司带来更多价值的同时，也为这一行业的数字化应用转型开拓了新的视野。

面向 IT，开放带来无限可能

庐山自来水厂采用的 SIMATIC PCS neo 控制平台，所面向的控制对象既包括景区周边水库、芦林湖等优质水源地，也包括分布于庐山之中的管网和水厂中的各类净化设施等。这意味着首先需要将这些分散各处、甚至可能无人值守的设备所采集的数据都集中传输到控制平台中。

在此基本架构上，江西三鼎考虑更多的则是如何利用基于 Web 的 PCS neo 平台，将其开放性价值充分发挥，让数据在更高层级的 IT 系统中融合与利用起来。作为一家多年来在市政与水务领域拥有多项大

型项目经验的电气自动化工程集成商和国家高新技术企业，江西三鼎已经基于阿里云建立了一套水厂项目的 MySQL 数据库，并提供一些相关的水厂数据报表。然而问题在于，除了常规的数据集中监视，江西三鼎在庐山项目中是否能够更进一步，做到工程组态与编程数据、仪表数据或者设备状态数据的全面集成，将原来单纯的数据中心扩展成一个真正意义的监控中心，在统一的界面中自由切换，甚至对控制对象加以调整与优化？当然，如何通过并行协同设计，加快自动化工程的效率也是江西三鼎需要考虑的。



这需要传统 DCS 控制系统拥有更好的 IT 开放性。PCS neo 则不仅仅是将操作数据用 Web 网页的方式接入数据和展现，更重要的是其背后保持数据的一致性、安全性和融合性所带来的巨大优势。

由于采用了集中的面向对象的数据管理模式，PCS neo 可以将各类工程组态中间数据、设备数据和过程数据等汇集到上层的集中监控画面中，水厂工作人员可以在集中监控室随时、方便地在工程组态、设备状态、运行监视与控制视图之间切换，只需通过点击鼠标，即可访问每一个应用子程序，真正实现了从数据到界面的 OT 与 IT 融合。

同样的，基于统一的数据库和数据的一致性，江苏三鼎在项目工程开发过程中采用了基于 Web 的协同工作，即基于分级授权管理模式同时并行开展工作。每一位工程师只需要一个账号和密码，以及授信证书，就可以随时随地通过任意终端以 Web 访问的形式进入操作，而无需进行客户端安装，各自的工作成果可以发布并共享给其他人，从而大大提高了整个项目的工程效率和质量。

数字化运维，提升创新价值

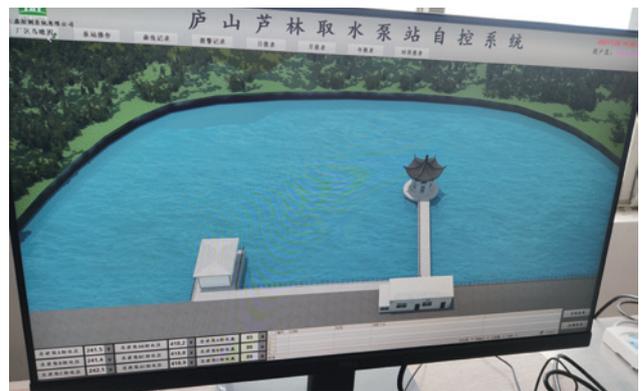
基于数据的 OT 与 IT 融合，为后期水厂的数字化运维带来了极大的创新价值。对于地点分散，自动化程度越来越高的水源地与送水管网运营而言，传统运维的挑战在于人工成本高、到达不便，无法及时准确地判断和排除故障等一系列问题。

通过 Web 接入的方式将运行数据和工程数据集中到中央监控平台，SIMATIC PCS neo 无疑更好地助力庐山自来水厂运维人员的远程监控，甚至通过移动端的方式，更加方便操作员对设备运维进行管理并及时处理设备故障，实现水厂的透明化、数字化运维管理，从而降低水厂控制中心的运营成本。其内置标准化、模块化编程库使水厂的改扩建通过复制、粘贴即可轻松完成，为水厂的数字化建设奠定基础。

对于江西三鼎而言，除了数据监视之外也可以为需要运维支持的水厂用户带来更大的增值服务，大大降低用户运维成本和风险成本。而无论是未来的项目规模扩容、设备升级改造还是工艺优化等任务，江西三鼎同样能够凭借丰富的水厂工艺自动化经验，甚至在不停机的情况下帮助其高效、高质量地加以完成。

SIMATIC PCS neo 不但是面向未来的一种控制平台，对水务集成商和用户来说也意味着新的业务模式、机会和新的合作模式。通过 SIMATIC PCS neo 基于数字化的设计理念，采用各种面向 IT 的创新技术，让整个 OT 与 IT 的互联融合更简单、使用更方便、扩展更灵活、系统更安全，带来更高效灵活和成本优势的水厂运营价值。

“数字化水务是当前中国低碳环保和生态修复大趋势下的必然选择。通过西门子 SIMATIC PCS neo 全新平台，从工程开发到调试运行再到运维，帮助我们全面打造了这一水厂数字化转型的标杆项目，”江西三鼎总经理王涛表示。



附录

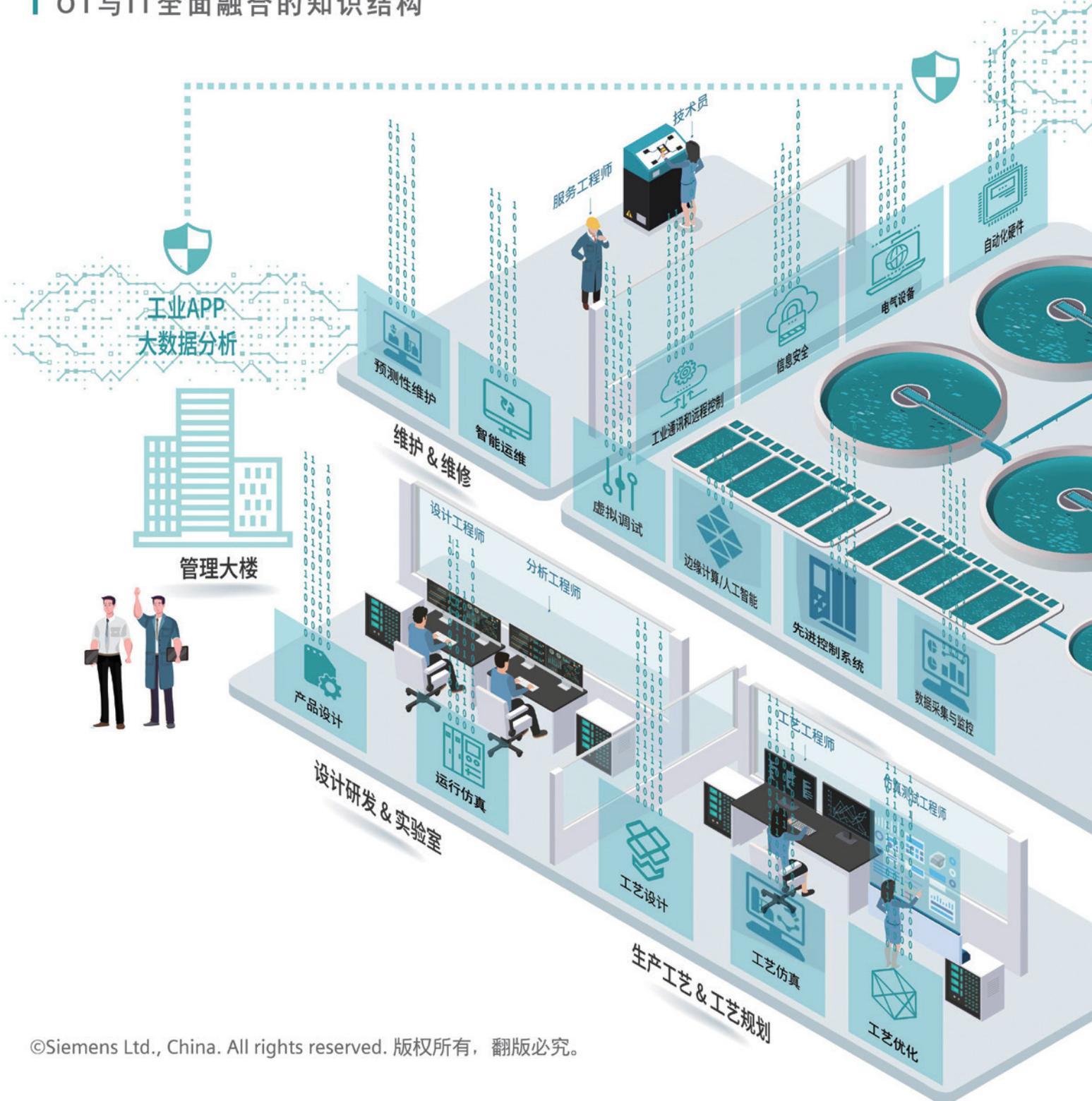
西门子工业数字化领域 主要并购、研发大事记

2001	收购 ORSI	MES 软件
2003	收购 Compex	MES 软件
2006	收购 Berwanger	MES 软件
2007	收购 UGS	全球产品全生命周期管理 (PLM) 领域软件与服务的市场领导者
2008	收购 innotec	过程工业流程行业数字工程软件, COMOS 的前身
2009	收购 Elan Software Systems	MES 软件
2010	整合 MES 软件, 推出 Simatic IT 模块化平台	MES 软件 (2001 年收购的意大利 ORSI)
2011	收购 Active Tecnologia em Sistemas de Automação	生物和制药行业 MES 软件
2011	收购 Vistagy	复合材料分析工具 Fibersim
2012	收购 IBS AG	质量管理软件
2012	收购 Perfect Costing Solutions GmbH	产品成本管理解决方案
2012	收购 Kineo CAM	从装配 / 拆卸间隙无碰撞的机器人的应用验证
2012	收购 VRcontext International S.A	提供 3D 仿真可视化沉浸式现实 (VR) 来实现人机的交互, 之后并入 COMOS
2013	收购 LMS	提供机电仿真软件、测试系统及工程咨询服务的解决方案
2013	收购 TESIS PLMware	SAP Oracle 和 TeamCenter 的无缝链接
2013	收购 Preactor	APS 高级排程软件
2014	收购 Camstar	电子制造业 MES 系统, Omneo 大数据分析
2015	推出 MindSphere	基于云的开放式物联网操作系统

2016	收购 CD Adapco	流体分析等领域有独到竞争优势的 CAE 软件
2016	推出 Mindsphere 工业物联网操作系统	工业物联网操作系统（工业云 PaaS 平台）
2016	收购 Polarion	应用程序生命周期管理 (ALM) 企业解决方案
2016	收购 Materlals Solutions	3D 打印工业组件
2016	收购 Mentor Graphics	EDA 三大巨头之一，在汽车行业 MCU 和线束规划设计有独特的优势
2017	收购 Tass International	面向汽车行业的仿真软件、工程和测试服务供应商，专注于自动驾驶解决方案
2018	收购 Unilab	流程工业实验室数据管理软件
2018	收购 Sarokal Testsystem	前传网络提供创新测试解决方案的供应商
2018	收购 Mendix	云原生低代码应用开发领域的先驱和领导者
2018	收购 Lightwork Design	3D 渲染软件开发及 VR 内容制作公司
2018	收购 COMSA	电气系统设计和线束工程软件开发
2019	收购 Saab Medav NVH	NVH 质量测试解决方案
2019	收购 ESTEQ	南非与阿联酋数字化服务商
2019	收购 Atlas 3D	面向直接金属激光烧结 3D 打印机软件
2019	收购 PSE	流程行业从实验室到运维的仿真软件
2019	收购 MultiMechanics	多尺度材料建模和仿真软件的开发商
2020	收购 Vizendo AB	为汽车制造提供虚拟培训的领先提供商
2020	收购 UltraSoC Technologies	监测和分析解决方案提供商
2020	收购 Avatar	集成电路 IC 布局布线设计软件
2020	与 SAP 公司战略合作	产品端到端数字化无缝集成，形成了产品全产业链数字化链接

污水资源化时代的数字化双胞胎工厂

OT与IT全面融合的知识结构



©Siemens Ltd., China. All rights reserved. 版权所有，翻版必究。

北方区

北京

北京市朝阳区望京中环南路7号
电话: 400 616 2020

包头

内蒙古自治区包头市昆区钢铁大街74号
国贸大厦2107室
电话: (0472) 590 8380

济南

山东省济南市舜耕路28号
舜耕山庄商务会所5层
电话: (0531) 8266 6088

青岛

山东省青岛市香港中路76号
颐中假日酒店4楼
电话: (0532) 8573 5888

烟台

山东省烟台市南大街9号
金都大厦16层 1606室
电话: (0535) 212 1880

淄博

山东省淄博市张店区心环路6号
汇美领域A座2314室
电话: (0533) 218 7877

潍坊

山东省潍坊市奎文区四平路31号
鸢飞大酒店2408房间
电话: (0536) 8221866

济宁

山东省济宁市任城区太白东路55号
万达写字楼1306室
电话: (0537) 239 6000

天津

天津市和平区南京路189号
津汇广场写字楼1401室
电话: (022) 8319 1666

唐山

河北省唐山市建设北路99号
火炬大厦1308室
电话: (0315) 317 9450/51

石家庄

河北省石家庄市中山东路303号
世贸广场酒店1309号
电话: (0311) 8669 5100

太原

山西省太原市府西街69号
国际贸易中心西塔16层1609B-1610室
电话: (0351) 868 9048

呼和浩特

内蒙古呼和浩特市乌兰察布西路
内蒙古饭店10层1022室
电话: (0471) 620 4133

东北区

沈阳

沈阳市沈河区青年大街1号
市府恒隆广场41层
电话: (024) 8251 8111

大连

辽宁省大连市高新园区
七贤岭广贤路117号
电话: (0411) 8369 9760

长春

吉林省长春市亚泰大街3218号
通钢国际大厦22层
电话: (0431) 8898 1100

哈尔滨

黑龙江省哈尔滨市南岗区红军街15号
奥威斯发展大厦30层A座
电话: (0451) 5300 9933

华西区

成都

四川省成都市高新区天华二路219号
天府软件园C6栋112楼
电话: (028) 6238 7888

重庆

重庆市渝中区邹容路68号
大都会商厦18层1807-1811
电话: (023) 6382 8919

贵阳

贵州省贵阳市南明区新华路126号
富中国际广场10楼E座
电话: (0851) 8551 0310

昆明

云南昆明市北京路155号
红塔大厦1204室
电话: (0871) 6315 8080

西安

西安市高新区天谷八路156号
西安软件新城二期A10. 2层
电话: (029) 8831 9898

乌鲁木齐

新疆乌鲁木齐市五一一路160号
新疆鸿福大饭店贵宾楼918室
电话: (0991) 582 1122

银川

银川市北京东路123号
太阳神大酒店A区1505房间
电话: (0951) 786 9866

兰州

甘肃省兰州市东岗西路589号
锦江阳光酒店2206室
电话: (0931) 888 5151

华东区

上海

上海杨浦区大连路500号
西门子上海中心
电话: 400 616 2020

杭州

浙江省杭州市西湖区杭大路15号
嘉华国际商务中心1505室
电话: (0571) 8765 2999

宁波

浙江省宁波市江东区沧海路1926号
上东国际2号楼2511室
电话: (0574) 8785 5377

绍兴

浙江省绍兴市越城区胜利东路375号
鼎盛时代大厦1105室
电话: (0575) 8820 1306

温州

浙江省温州市车站大道577号
财富中心1506室
电话: (0577) 8606 7091

南京

江苏省南京市中山路228号
地铁大厦18层
电话: (025) 8456 0550

扬州

江苏省扬州市邗江区博物馆路547号
德馨大厦1508室
电话: (0514) 8789 4566

扬中

江苏省扬中市前进北路52号
扬中宾馆明珠楼318室
电话: (0511) 8832 7566

徐州

江苏省徐州市泉山区科技大道
科技大厦713室
电话: (0516) 8370 8388

苏州

江苏省苏州市新加坡工业园苏华路2号
国际大厦11层17-19单元
电话: (0512) 8780 3615

无锡

江苏省无锡锡县前东街1号
金陵大饭店2401-2402室
电话: (0510) 8273 6868

南通

江苏省南通市崇川区崇川路88号
国际贸易中心4006室
电话: (0513) 8102 9880

常州

江苏省常州市关河东路38号
九洲寰宇大厦989室
电话: (0519) 8989 5801

盐城

江苏省盐城市盐都区
华邦国际大厦A区2008室
电话: (0515) 8836 2680

昆山

江苏省昆山市前进东路399号
台协大厦1502室
电话: (0512) 5511 8321

华南区

广州

广东省广州市天河路208号
天河城侧粤海天河城大厦8-10层
电话: (020) 3718 2222

佛山

广东省佛山市南海区灯湖东路1号
友邦金融中心2座33楼J单元
电话: (0757) 8232 6710

珠海

广东省珠海市香洲区梅华西路166号
西藏大厦13层1303A号
电话: (0756) 335 6135

南宁

广西省南宁市青秀区民族大道131号
万豪酒店25层朱槿厅
电话: (0771) 552 0700

深圳

深圳前海前湾一路前海嘉里中心
T1-5楼市场部
电话: (0755) 2693 5188

东莞

广东省东莞市南城区宏远路1号
宏远大厦1510室
电话: (0769) 2240 9881

汕头

广东省汕头市金砂路96号
金海湾大酒店19楼1920室
电话: (0754) 8848 1196

海口

海南省海口市滨海大道69号
宝华海景大酒店803房
电话: (0898) 6678 8038

福州

福建省福州市晋安区王庄街道长乐中路3号
福晟国际中心21层
电话: (0591) 8750 0888

厦门

福建省厦门市厦禾路189号
银行中心21层2111-2112室
电话: (0592) 268 5508

华中区

武汉

湖北省武汉市武昌区中南路99号
武汉保利大厦21楼2102室
电话: (027) 8548 6688

合肥

安徽省合肥市濠溪路278号
财富广场首座27层2701、2702室
电话: (0551) 6568 1299

宜昌

湖北省宜昌市东山大道95号
清江大厦2011室
电话: (0717) 631 9033

长沙

湖南省长沙市天心区湘江中路二段36号
华远国际中心24楼2416室
电话: (0731) 8446 7770

南昌

江西省南昌市北京西路88号
江信国际大厦14楼1403/1405室
电话: (0791) 8630 4866

郑州

河南省郑州市中原区中原中路220号
裕达国贸中心写字楼2506房间
电话: (0371) 6771 9110

洛阳

河南省洛阳市涧西区西苑路6号
友谊宾馆512室
电话: (0379) 6468 3519

技术培训

北京: (010) 6476 8958
上海: (021) 6281 5933
广州: (020) 3718 2012
武汉: (027) 8773 6238/8773 6248-601
沈阳: (024) 8251 8220
重庆: (023) 6381 8887

技术支持与服务热线

电话: 400 810 4288

(010) 6471 9990

E-mail: 4008104288.cn@siemens.com

Web: www.4008104288.com.cn

亚太技术支持 (英文服务)

电话: (010) 6475 7575

传真: (010) 6474 7474

Email: support.asia.automation@siemens.com

公司热线

400 616 2020

扫描关注
西门子中国
官方微信



西门子 (中国) 有限公司
数字化工业集团

如有变动, 恕不事先通知
西门子公司版权所有

本样本中提供的信息只是对产品的一般说明和特性介绍。文中内容可能与实际应用的情况有所出入, 并且可能会随着产品的进一步开发而发生变化。仅当相关合同条款中有明确规定时, 西门子公司方有责任提供文中所述的产品特性。

样本中涉及的所有名称可能是西门子公司或其供应商的商标或产品名称, 如果第三方擅自使用, 可能会侵犯所有者的权利。