

# 数字水务

Industry leaders chart the  
transformation journey

行业领袖勾勒转型之路

Powered by

**xylem**  
Let's Solve Water

# 数字水务

---

Industry leaders chart the  
transformation journey

行业领袖勾勒转型之路

本报告由国际水协和赛莱默有限公司 (Xylem Inc) 共同编制。

报告主要作者：

**Will Sarni** Water Foundry首席执行官

**Cassidy White** Water Foundry咨询顾问

**Randolf Webb** 赛莱默有限公司战略和市场营销总监

**Katharine Cross** 国际水协战略项目经理

**Raul Glotzbach** 国际水协战略项目官

以上作者向《致谢》中列出的所有邀请作者和贡献者致以最诚挚的谢意。

# 前言

from the International  
Water Association  
国际水协会



从互动到财务管理，生活的方方面面都有着数字革命的身影，水务行业也毫不例外，其管理方法正朝“一体化水务”转变，有望做到事半功倍地摆脱水资源的消费型经济增长模式。

国际水协会（International Water Association, IWA）2019-2024年五年战略计划指出，要应对全球性水资源挑

战，创新必不可少。因此，本报告《数字水务：行业领袖勾勒转型之路》的发表令我们IWA激动万分。本报告既是一份指南，可帮助各水务公司评估自身数字化程度，指引其进一步推动数字化进程，也是IWA数字水务计划的基石。数字水务计划作为IWA的新近计划，旨在打造一个信息获取门户，以方便各水务公司从中获悉有关数字水务的各类研究信息、技术信息和创新情况。

全球变化造成水资源日益短缺，供给越来越不稳定，因而未来城市对水资源的管理压力也就越来越大。面对这些日益严峻的全球压力，发展数字水务经济有望促进城市水务管理的转型，为水务行业及其消费者带来一场全新的变革。要发展数字水务经济，就需要直接部署全新的体系结构配置，为此，我们可以制定相应的发展规划，将地表水、地下水和雨水统一整合为潜在水源进行管理；应用革新方案来进行垃圾源头分类，创新并应用回收方案（包括污水回收、营养物质回收和能量回收方案）；进行土地混合用途开发，进一步发展梯级用水。

IWA鼓励全球水务行业采用更智能的方法管理水务。智能设计：适应性的“离网型”分散式供水系统可提供多元化、模块化的特征，提高供水弹性；智能应用：将不同用途的水资源与资源回收利用（水资源、能源、污水营养物质）等概念结合起来；智能（数字）控制：运用支持物联网的数据模型，集成并优化智能水泵、阀门、传感器和制动器，实现设备之间的彼此“交流”或与用户手机的交互，实现设备云端信息实时共享，方便用户随时访问查阅。

借本报告发表之契机，IWA充分运用我们全球成员的专业知识，指引新一代水务公司采用数字技术并将技术结合到水务服务中。IWA作为一个平台，可以帮助各水务公司认识新兴数字技术和方案，学习将这些技术和方案应用于水务公司价值链的方法，并从中吸取经验教训，接纳并适应变化，从而创造新的价值。

我在水务行业和IWA已经二十多年了，对于我来说，鼓励水务行业接纳数字创新是一大乐事，因为我们很有信心，数字技术将掀起一场变革，提高供水行业的弹性，促进其高效的经济发展，帮助人类和自然找到可持续发展的道路，在各种各样的变化中适应生存并实现转型。

**Kalanithy Vairavamoorthy**  
国际水协会首席执行官

# 前言

from Xylem Inc.

赛莱默有限公司



全球水资源问题给水务管理者及其服务的水务行业带来了前所未有的挑战。人们购水能力、水资源短缺、水资源恢复能力（即对气候变化造成的极端天气模式的适应能力）以及水质问题等都对全球水系统和人类产生深刻的影响。

尽管如此，我们有充足的理由相信，水务行业的未来是光明的。数字创新为我们利用数据及分析手段创造了前所未

有的有利环境，有助于我们在系统层面做出更好的选择，为流域管理、运营、维护、资本规划和用户服务争取更光明的未来。

这种变革性的决策智慧对水务行业有优化作用，其效果从首批“吃螃蟹”的水务公司身上便可看出——他们所取得的成果扭转了格局，令人瞩目。从每年合流制管道溢流减少十亿加仑，到供水产销差大幅减少，足可见水务运营人员正在对水务管理进行大刀阔斧的变革，由此创造的水资源效率、能量效率以及成本效率是十年前人们远不能想象的。

我们知道，为了解决水务行业的当务之急，许多科技应运而生，因此，我们需要所有水务同行共聚一堂，一起推进这些数字方案的应用进程，让更多水系统和水务部门从中获益。赛莱默是一家国际水务科技公司，在水务创新领域处于领先地位，作为本领域最大的专注于提供水技术的服务商，我们为水循环的各个环节提供解决方案，致力于号召各方参与对话，共同探讨数字水务的潜能和力量。

很荣幸能与国际水协会、Water Foundry合作，共同开展本次水务数据深入调查。本报告集合了来自全球40家数字化水务公司的洞察见解，旨在为所有水务管理人绘制一份蓝图，指引各位开启或进一步探索水务之旅。

孤掌难鸣，因此，我们在水务公司中选定了数十家数字化先驱，对他们的数字化进程进行了跟踪，并对其经验进行了记录，建立了一个知识体系，当各位水务管理人阅读这份报告时，你们其实是开启了一场对话，愿你们有所收获，深受鼓舞。

水务数字化势不可挡。让我们所有人汇聚一堂，共享经验，致力变革，推动数字化进程，一起解决水资源问题，共造更可持续的世界。

**Patrick Decker**

赛莱默有限公司总裁兼首席执行官

# 目录

## Table of Contents

### 1 什么是数字水务 Defining Digital Water

---

- 1.1 数字水务的基本要素 6
- 1.2 数字水务的使能技术 9
- 1.3 数字水务的生态圈 12
- 1.3 探索数字水务的定义 12

### 2 数字化对水务经济的影响 Digital's Impact on the Economics of Water and Wastewater

---

- 2.1 数字水务的价值案例 14
- 2.2 数字水务的变革潜力 16
- 2.3 水务公司以外的情况 18

### 3 探索数字之旅 Navigating the Digital Journey

---

- 3.1 数字水务应用曲线 21
- 3.2 水务公司同行的经验教训 23
- 3.3 建设组织数字文化 25

### 4 推进水务数字化进程 Accelerating Digital Water Adoption

---

- 4.1 应用数字技术的主要障碍 27
- 4.2 数字化的推动力 29

### 5 数字水务之旅结语 Concluding Remarks on the Digital Water Journey

---

- 5.1 未来的蓝图 30
  - 5.2 国际水协对数字之旅的贡献 33
  - 5.3 水务行业对数字之旅的贡献 34
-

# 执行摘要

Executive Summary

在采访了来自全球的水务公司高层和前沿专家后，我们清楚地意识到“数字水务时代已经降临”。从大数据解决方案到先进的集散网络管理再到数字用户参与计划，几乎所有被采访的水务公司都开始了数字化变革。虽然面临着基础设施老化、投资资金不足、气候变化、人口变化等挑战，数字转型障碍重重，但目前我们别无选择，数字水务势在必行。

多年来，水务服务的基础要素——资源可持续性、基础设施管理和金融稳定性饱受威胁。水务部门的常规操作已不足以支撑其服务，要让水务行业更可持续、更加安全，就必须打造新一代的水系统，接纳数字方案，创造有利条件，支持数字方案的有效实施。

数字技术不仅深刻地改变了我们的世界 - 大到城市，小到我们的家庭和个人生活，也深刻地改变了水务行业。在数字技术的影响下，我们和水资源的关系会有什么变化呢？这里所指的“我们”，不仅指水务公司，更是指所有与水资源有关、涉及水资源管理的相关人员。

本报告主要根据对近50位水务公司高层与20多位领域内专家的访谈、调查等资料编制而成。从水务公司的经验出发，报告研究了数字化对水务行业产生的变革性影响，旨在概述水务行业的数字化现状，挖掘数字方案的潜在价值，分享数字化过程中的经验教训。本报告内容丰富详尽，对40家水务公司的数字化进程进行了汇总分析，希望能对各位水务决策者以及所有有兴趣加强全球水务安全、促进水资源可持续发展的人士有所帮助。

**第一章《什么是数字水务》**概述了数字水务的基础要素，包括数据、技术以及推动价值在水务公司价值链流转的实践。本章介绍了数字水务公司的组织结构和技术结构，扩展了价值链的定义，将用户参与、水资源供应也涵盖在该定义内，同时对水务公司的数字专家和方案供应商生态系统进行了探索。

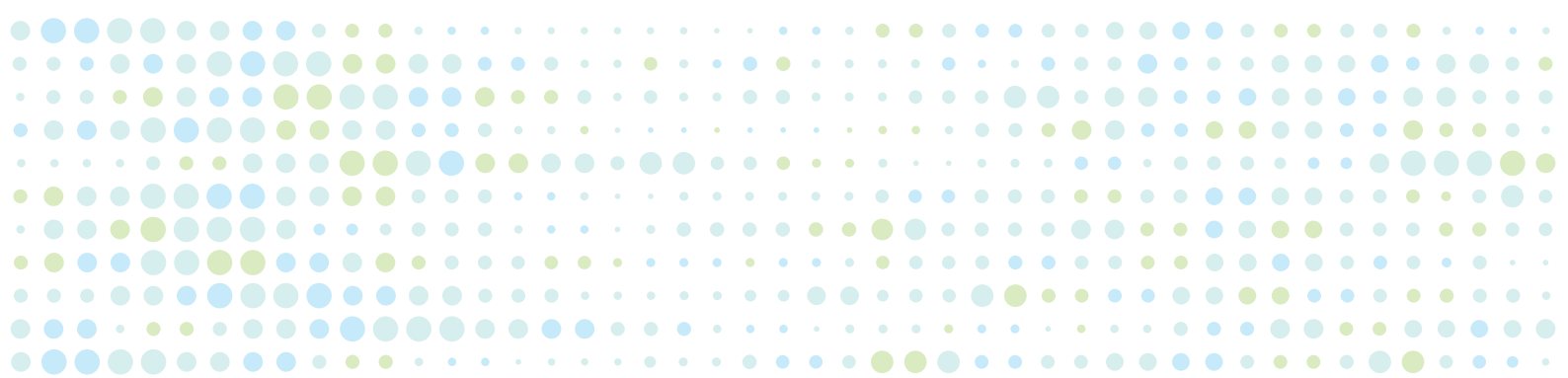
**第二章《数字化对水务经济的影响》**阐述了数字方案带来的深远影响，包括水务公司内部因此实现的价值（如过程得到优化、资本支出得到缩减等）以及外部因此实现的价值（如法规得到遵循、透明度得到提高、监管体系得到改善等），随后本章从更宏观的视角出发，分析数字化为劳动力、城市和家居带来的变革性影响，指出水务行业可以进行更深层的转型。

**第三章《探索数字之旅》**根据来自全球40家水务公司的洞察见解，包括与15家水务公司的高层进行的深入访谈资料，对数字之旅进行了剖析，提炼出了数字水务应用曲线。该曲线既可用于评估数字化程度，也可作为指南指导水务公司推动数字化进程。曲线从左到右表示水务公司的数字化程度依次递增，随着曲线逐渐朝右上扬，意味着相应的水务公司数字化程度趋于成熟，形成了企业数字文化，并在决策过程中采纳了数字技术。各水务公司在其数字之旅中学到了许多经验教训，但其中最重要的两点是：让CEO和董事会决心进行数字化探索；一开始迈步要小，多做试验。

**第四章《加快推动数字化进程》**阐述了水务公司接受并应用数字水务需要做的事情。客户需求、市场竞争、水资源日益短缺等外部压力，加上对效率、节省开支、优化风险把控等内部需求压力一同促使水务公司敞开心怀接受数字技术，开展数字化进程，从而解决水务行业的新旧挑战。

**第五章《数字水务之旅综述》**是本报告的最后一章。本章总结了目前水务行业运用数字技术所取得的巨大进展，并对报告主要发现进行了汇总。正如报告开端所述：“数字水务时代已经降临。”尽管如此，我们需要认识到水务行业所涉甚广，数字化还有很长的路要走，我们需要让更多水务公司参加到数字化的进程中，加快推广数字方案。由此可见，国际水协会（IWA）以及整个水务行业任重而道远。

本报告之编制初衷不仅为指路，也希望能让水务行业有所启发，齐心协力探索数字之旅，借助数字方案劈斩眼前的重重荆棘。从积极管理老化的基础设施，到保证水质（从源头到水龙头），再到提高水权公平等等，实践已经证明，很多数字方案的确可以高效低廉地扫平眼前的挑战。事实上，水务公司的黄金时代就在今朝。



# 什么是数字水务

## Defining Digital Water

数字水务、智能水务、水务互联网、水务4.0等名词其实指的是同一事物，即水务行业正在发生的变革。用什么术语来描述这场激动人心的变革并不重要，重要的是从最广泛的意义上对其进行定义，以便了解这场变革的真正潜力。

### 1.1 数字水务的基本要素

每当讲起最坏的情况，我们总会提到南非开普敦“归零日”（城市陷入断水绝境之日）的倒计时，而在开普敦挣扎着解决水资源短缺问题的同时，全球各地相继出现了类似的噩梦：巴西圣保罗水资源供应不足；中国深圳面临控制雨季溢流污染的挑战；美国迈阿密海平面上升；印度尼西亚雅加达地下水资源日益短缺，诸如此类，不胜枚举。

鉴于水资源问题如此严峻，水务公司不得不寻求新的革新性解决措施——数字技术。南非德班的一家水务公司 Umgeni Water 就借助数字技术来优化水资源管理过程，保护其消费者远离开普敦式的困境。该机构还使用了水文模型和监测设备，提高了水坝和水库的蓄水量。与之类似，拉斯维加斯河谷水资源管理局（Las Vegas Valley Water District）也采用了数字技术，从而减少了无收益水量，加大了水资源保护力度，并为客户实现了水资源供应的优化。深圳水务集团则使用了水质监测传感器和水力模型系统，大幅提高了深圳地表水的水质。如果未来各类刺激因素导致全球水资源问题进一步恶化，那么要解决这些问题，确保消费者能获得合格可靠的服务，水务公司就必须采用数字方案。

数字技术拥有无限潜力，可对全球水系统产生变革性影响，提高水务公司的适应力、创新力和效率，帮助水务公司建立更强大、更具经济可行性的发展基础。水务公司如果能充分发掘数据、自动化和人工智能的价值，就能获益颇丰，如增加手中的水资源、减少无收益水量、延长基础设施的寿命、巩固财务安全的基础等。

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）。IWA的《流域城市行动议程》(*IWA Action Agenda for Basin-Connected Cities*) 就体现了此点，其中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。

理论说起来容易，但要真正在广义价值链及其节点上部署数字方案并不简单。水务公司是复杂的组织机构，由多个不同目标的部门、组织层级、物理资产网络以及数据孤岛体系组成。如图1所示，水务公司一般具有如下技术输入和解决方案。





图1. 数字水务公司典型的技术输入和解决方案

“我们计划将深圳打造为中国第一个具备高品质水龙头直饮水的城市，为此，我们必须引进水质监测传感器，充分运用信息技术、物联网技术及数据集成技术，加强网络监控的主动性，从而优化饮水网络的管理。”

**金俊伟**

中国深圳水务集团管网部副部长

鉴于水系统和水务管理越来越复杂，变革性数字方案变得越来越有必要，相关的应用机会也越来越多：遥感技术和数字孪生可以实现水务公司与其各供水系统的互联；运用不同的数字技术，可以实现水务公司内部运营的互联；用户服务和分析工具可以加强水务公司与其用户的联系；开放性数据平台、公民科学项目可以实现用户与其供水系统的互联。上述解决方案都运用了最先进的使能技术，包括云端、移动技术、智能基础设施、传感器、通讯网络、分析和大数据等。

## 1.2 数字水务的使能技术

水务公司涉及的数字方案有很多，但致力于改进方案设计、部署方式和运营方式的技术供应商和初创公司更多。许多数字方案都运用了各行各业最先进的创新技术、高级传感器、数据分析技术、区块链集成技术以及人工智能。鉴于这些激动人心的基础技术日新月异，本文仅列举出目前最先进的创新技术，若读者发现信息不够及时，还请见谅。

### 传感器：监控与预测

传感器、遥感器、地理信息系统（geographic information systems, GIS）技术及可视化工具正逐渐成为管理服务区域、流域和地区水资源的关键要素。如卫星、无人机等远程传感/成像技术，无论单独使用还是结合使用，都能进行数据收集，方便绘制水资源地图、测量水通量以及管理水务公司的资产。有了这些数据，水资源管理人员和水务公司就能准备得更加充分，更自如地应对暴雨径流（如调整方案以防止污水外溢）；这些数据还有助于确定旱灾期间采取保护措施时机，确保所有处理好的水资源可以重新分配到各个用户手中。此外，使用卫星，还可以收集水质数据（如浑浊度、赤潮数据等），进行水文预测，乃至将水文预测和现场测量结合起来，以便水务公司运营人员更充分地做好准备，更从容地处理水质问题和其他挑战。

新设置的和已有的传感器，无论是固定设备也好，还是移动设备也好，都可以提供水质、流量、水压、水位等几近实时的数据。我们可以在系统中分散部署传感器，通过优化资源使用（如水处理用的化学药剂）来优化日常运营。这些传感器还能检测、诊断和主动预防事故（如管道爆裂、水体变色、下水道坍塌或堵塞等），为预防性维护提供实用的参考信息，提高水务公司规划的适用时长和合理性（比如通过帮助设定老化基础设施修复和替换的优先级来实现这一目的）。传感器还可以记录管道腐蚀情况，一旦水质不达标，就会警告业主和水务公司。此外，智能水表可以直观地记录用户的用水情况，并将数据发送给用户和水务公司，进一步提高了水务管理的力度。

## 数据处理的力量

机器学习和人工智能（AI）不仅可以处理由传感设备等技术获取的数据，还可优化劳动力，确保用户需求得到满足。AI技术能够识别数据规律模型模式，不断学习，随着信息更新根据新的数据不断升级算法，而一旦与软件即服务（SaaS）平台、传感器以及通讯网络相结合时，AI就能帮助水务公司运营的在战略性和成本效益的指导下进行运营，包括让水务公司使之更好地进行规划，使之更好地执行项目，更好地实时跟踪和掌握资源损耗动态，形成更有效高效的集水和配水集散网络，实现营收和客户满意度最大化。由此可见，机器学习/AI技术有助于解决水务行业虽富有数据却匮乏信息利用不善于提取信息这一关键难题。此外，AI服务还包括聊天机器人，这类机器人可提供可靠的全天候服务，可以及时为用户答疑解惑，有利于客户满意度的提高。

## AR、VR以及数字孪生技术

增强现实与虚拟现实（AR和VR）技术对数字水务自有其独特的贡献。通过提供管道、线缆等资产的全息图像，为员工开展浸入式场景培训，AR和VR技术对于决策制定有着相当大的帮助。如果将数字孪生技术与GIS、传感器和VR应用结合起来，就可以生成物理系统的运行副本，将物理数据（卫星图片）和实时实测数据（传感器/物联网）结合起来，对水务公司的功能进行模拟。数字孪生技术有助于水务公司直观地监控现状，发现问题并预测现实场景。

## 水务区块链应用

各种区块链应用可有望实现资源供应商、用户、业内人士、水务公司等水务行业人士之间的直接、安全交易。水务行业现在已有若干个区块链项目和试点，其中部分项目还结合了能源应用，如：有个某项目整合了澳大利亚弗里曼特尔的能源和水资源分布式系统；有个澳大利亚政府资助的一个项目致力于开发区块链支持系统，以便监控水权交易并自动更新国家登记信息；美国一家水处理技术供应商称，为开发国际化水处理工厂，其自己正着手创建新的区块链新付款协议的创建，以便发展国际化水处理工厂的发展。

遥感技术、高级实测传感器、AI、机器学习、AR/VR、数字孪生技术和区块链共同形成了数字水务的基石，而随着新兴数字技术的涌现，一些市场参与者、组织及协会则成为了关键参与者，代表了数字水务的典型群体。

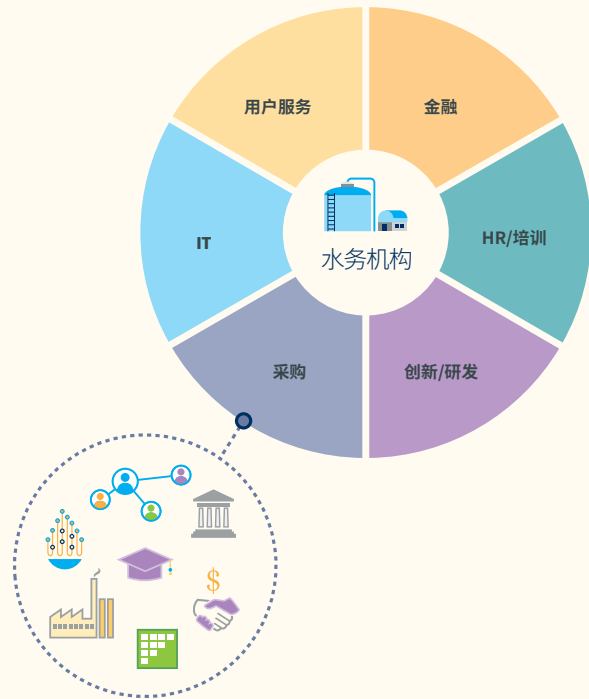
## 交易型

与组织的联系仅是临时性的，或联系比较微弱。组织与之所以关注专注于由限定项目或水务行业需求驱动的数字方案，是因为水务领域有相关的项目或需求。而这些组织主要是出于项目或水务行业的需求而采用了数字方案。



## 过渡型

与数字方案供应商的联系是线性的，且关联性比较强，此时数字方案供应商的动力源于水务公司领导或水务公司关键功能部门，如采购部门和IT部门。



## 动态流动型

此类型的特点在于整个生态圈呈开放式特征，大家都可以参与进来，水务公司外部与其它水务公司的相关方都可以对生态圈进行数字输入。



- 业内团体与互联网
- 投资者
- 行业协会
- 学术机构
- 水务技术中心
- 技术与商业方案
- 公共部门

注：图示线条只体现了利益相关方成员之间的典型联系，而非所有联系

图2. 数字水务生态的模式演变

## 1.3 数字水务的生态圈

IWA等专业协会正在推动其价值链上的供排水部门进行数字化变革。

IWA数字水务计划旨在为水务行业提供指南与蓝图，指引水务公司变革水系统，走向更加安全、更可持续的水务未来。

此外，IWA拥有多个专家组，这些专家组致力于为数字变革提供专业支持，其专业范围覆盖多个领域，包括**水信息学、仪表控制与自动化、建模与综合评估、战略资产管理**等。

专家组为IWA成员提供了信息共享和同行合作平台，方便大家从中学学习，并进一步扩大数字水务的生态圈。

**要了解更多，请访问**  
<https://iwa-network.org/>

数字水务生态圈由水务公司的价值链及其利益相关方组成，而水务公司则位于数字水务生态圈的核心，生态圈各水务公司的数字需求不同，数字化进程不同，因而生态圈其数字水务利益相关方组成的圈子也各具特色，但基本上各生态圈都包括水务部门的利益相关方，如私营水务公司以及国营水务公司同行、政府机构、技术方案供应商、学术机构、咨询公司、行业协会和技术推动组织等。各水务公司的数字化程度不同（见3.1节），与其生态圈互动的方式也就各不相同，但毋庸置疑的是，一旦水务公司应用了数字方案，他们的生态圈就不再是局限的线性体系了，届时，体系会演化得更加完备，其内部关联性也会更强，如图2所示。

如图2所示，“交易型”数字水务生态圈是最基础的模型，其特点在于数字水务技术方案供应商、行业协会和学术界等与该生态圈的干涉是点对点的。一旦水务公司开始应用数字水务方案，在水务公司领导层（如CEO、董事会等）或功能部门（如IT部门、采购部门等）的推动下，就会形成过渡型生态圈。如果过渡型生态圈进一步演变，就会进入下一阶段，此时一些先进的水务公司会发挥催化剂的作用，动员数字利益相关方一起合作、试点并推广这些极具影响力的数字方案，建立动态流动型的生态圈。

无论水务或污水水务公司的生态圈有多复杂，一个成功的生态圈总是离不开最核心的那部分相关方群体：全球水务基础设施和技术公司在数字水务生态圈中扮演着相当重要的角色，毕竟他们是这个领域的专家，拥有许多通过市场检验的方案；商业方案供应商、SaaS供应商和通讯供应商等也与数字水务公司常有互动；除此之外，为了开发创新平台和技术并从中获益，水务公司与初创企业、水务技术中心和推动组织的合作也日益增多。

因为学术机构、行业协会、水务技术中心和推动组织不仅推动各方开展合作并学习新的研究方法和技术，而且提供了相应的技术和平台应用工具，所以他们也是生态圈的主要相关方。此外，投资商也自成一个生态圈，其中包括天使投资人、风险投资、家庭办公室以及参与到识别和推广数字水务技术创新方案过程中的社会责任基金。

公共部门在水务公司数字生态圈中扮演的角色也不容忽视。在大多数国家中，当地政府和联邦政府是监管水务公司的最后一道防线，他们制定了相应的标准和法规来规范水务公司的运营活动，因此，就资金和行业需求这方面的事务，水务公司需要与公共部门频繁互动。

## 1.4 探索数字水务的定义

有时候，这个广义的“数字水务”概念看起来十分晦涩难懂，毕竟该定义涉及数字水务公司的组织结构、上游用户和下游终端用户以及整个数字水务生态圈，但在概念探索一事上，水务公司并非踽踽独行，专业机构和行业机构也可以参与进来，水务公司间还可以开展同行对话，届时，广义的“数字水务”概念将不再是一团乱麻，而是一张藏宝图，一旦我们成功解读，就有机会实现水务管理经济的变革。

表1. 数字水务价值创造概览

## 社区价值



### 提高购买力

- 提高费率结构的长期购买力
- 提高水费收益的使用透明度
- 减少意外账单、非付费用户和服务骤止的发生概率



### 用户体验

- 提高用户参与度和问询响应速度
- 降低中断水务服务的概率
- 减少破坏性建设项目的数量



### 环境保护

- 降低污水外溢到环境里的风险
- 减少水务公司排放的温室气体
- 加强关键水资源的管理和保护

## 运营价值



### 流程效能

- 基于数据进行运营和决策，减少失误
- 借助高效的数据处理和分析，提高决策效率



### 预测性维护

- 减少紧急出工的次数
- 缩减关键资产停工期



### 规章遵循

- 减少故障和外溢事件
- 降低管网水质不合规的风险

## 金融价值



### 减少运营支出

- 优化运营，减少能源成本和维护成本
- 降低临时现场维护的成本和风险



### 提高资本效率

- 针对性地修复故障基础设施，使现金流得到改善
- 减少因主水管意外破裂和污水外溢生成的责任和成本



### 增加营收

- 针对性地修复故障水表，从而增加营收
- 散装水用户可获得数字增值服务

## 长期适应力价值



### 提高适应力

- 对气候变化和人口变化的运营适应能力得到提高
- 客户可快速参与公共安全问题的解决过程，因此提高了安全性



### 优化劳动力

- 系统集成加强了跨部门合作
- 紧急出工的次数减少了，劳动力的安全风险也就降低了



### 品牌与创新

- 提高水务公司在水务行业的品牌形象和参与度
- 水务公司可以更方便地试行并采纳最新技术

## 2

# 数字化对水务经济的影响

## Digital's Impact on the Economics of Water and Wastewater

“在水务行业中应用数字技术，不仅能为用户和水务公司带来价值，也能惠及整个经济。”

**Dan Naidoo**

南非Umgeni 水务战略支持部高级经理

台湾一直面临着干旱和水资源短缺的问题。2002年，一场异常重大的旱灾促使台北自来水事业处开始寻求数字方案的帮助。“自从采用了数字方案以后，在传感器、智能水表以及压力控制系统的帮助下，水资源的保护力度有所加强，缓解了整个城市的水资源压力，台北都会区已经有17年没有出现水资源短缺了。”台北自来水事业处处长陈锦祥说道。

台北自来水事业处之所以采用数字方案，是为了解决水资源短缺的问题，除此之外，还有许多重要的商业考虑促使水务公司应用数字技术。在为公共部门和私营部门提供服务时，水务公司主要考虑的是水资源的充足性、安全性和恢复力这三大因素。因此，如何充分运用有限的资金和人力，保证关键服务的质量和可靠性，同时兼顾对技术、人资和倡议的投资以满足日后的需求，就成为了重中之重。这就意味着水务公司必须确保每一分钱都花在刀刃上，使每个项目能为水务公司及其用户、社会带来最大的价值。

### 2.1 数字水务的价值案例

如上节所述，广义上的水务公司应用数字技术能创造出各种各样的价值。常见的价值有：“减少运营支出”、“提高劳动效率”、“提高客户参与度与满意度”以及“成为行业领袖”。

如表1所示，应用数字方案可能会形成各种各样的价值，而且这些价值影响相当深远，水务公司、社区和环境都能从中获益。对于水务公司而言，数字方案不仅能带来运营价值和金融价值，也能带来劳动力和品牌等方面的价值。

当然，不同水务公司有不同的处境，因而不同数字方案为其带来的长期价值和短期价值也是各有千秋，以下是数字方案为水务公司带来的一些典型价值：

#### 社区价值

- **购买力上升**：（通过上述数字方案）优化资本和运营开支，再结合其它数字方案，如以用户为导向的数据分析、购买力场景建模等，就有望建立一个具备长期购买力的费率结构，减少意外账单和非付费用户，降低弱势用户突然被终止服务的可能性。
- **用户体验**：与“减少运营开支”和“提高资本效率”类似，几乎所有可以改善水务公司运营和财务情况的数字方案都有利于提高用户体验，如配水管网数字孪生实时技术可优化资本开支，减少破坏性建设项目的数量；高级计量架构（advanced metering infrastructure, AMI）结合数据分析技术则可提高用户的用水参与度。
- **环境保护**：有所提高的运营效率（通过上述数字方案实现），结合一些数字技术（如污水收集系统的实时数字孪生、智能水泵系统、流域传感器网络等），可尽可能减少污染，以最大的力度保护我们的水资源。

“加纳自来水公司采用了数字技术后，不仅提高了水费的收取效率，而且用户付费方式也有了变化，同时允许移动支付和银行借记卡直接支付，公司营收因此增加了14%。”

**Richard Appiah Otoo**

加纳自来水公司首席技术官

“数字技术改变了水务公司的劳动力结构，减少了工作量，简化了运营流程，将人为失误降到了最低。跨国水务技术供应商VA Tech WABAG指出，他们的项目以前需要10-15位运营人员，但进行数字化后，现在只需3-4位运营人员，多出来的人手可以开展其它更重要的任务（如需要人类互动、处理情绪、制定决策和涉及多种复杂技能的任务）。”

**Gyanendra S. Saxena**

印度VA Tech WABAG副总裁

## 运营价值

- **流程效能**：传感器、智能设备、边缘计算以及AI等数字方案既可以优化水务公司的各运营环节，也可以优化水务公司价值链的所有关联流程。
- **预测性维护**：算法、现场泄露检测、资产管理平台以及AR/VR等数字方案可以提高预防性和预测性维护能力，缩短关键资产停工时间，最大化运营效果和效率。
- **规章遵循**：基于线上监控和水质模型的源头到水龙头实时数字孪生、决策支持技术以及场景建模等数字方案有助于提高水务公司价值链的规章遵循程度。

## 金融价值

- **减少运营开支**：几乎所有数字方案都可以减少运营开支，如：智能设备可以进行自我优化，尽可能减少能源使用；处理工厂应用实时数字孪生来优化能源和化学品用量；数据分析和智能决策平台则有助于提高决策效率。
- **提高资本效率**：与“减少运营开支”类似，几乎所有数字方案都可以提高资本效率，如：算法和现场泄漏检测技术有助于精准替换管道；对污水收集管网应用实时数字孪生则可以优化既有资产，减少资本密集型建设项目。
- **增加营收**：高级计量架构（AMI）和计量管网高级数据分析等数字方案可以提高水表准确性，最大化收费空间，满足用户需求甚至提供增值服务，从而为推销增值服务创造机会。

## 适应力价值

- **提高适应力**：传感器密集网络、智能设备、源头到水龙头实时数字孪生、数据分析和高级模拟工具等数字方案都有助于水务公司更好地适应不断变化的环境。此外，结合使用天气、交通等外部数据集，也能提高水务公司应对气候变化和人口变化的运营能力。
- **优化劳动力**：与“用户体验”类似，几乎所有数字方案，在改善水务公司运营和财务情况的同时，都能优化水务公司的劳动力，如：对多个数据孤岛进行系统集成，提高跨部门合作力度；使用数据分析和智能决策工具，缓解运营人员的压力；采用预测性维护方案（如前文所述），减少紧急出工的需要。
- **品牌和创新**：同理，几乎所有数字方案都有利于提升水务公司的品牌形象，有利于促使水务公司采用最新的创新技术。水务公司采用的数字方案越多，其能力和文化就越能得到优化，也就能以更快的速度从未来创新中获益。

全球许多前沿水务公司逐渐意识到数字方案的确可以创造价值。国际水务智库（Global Water Intelligence, GWI）指出，一旦应用数字方案，五年内（2016-2020），全球在饮用水治理、分配、用户服务、计量和计费方面共可节省开支约1760亿美元，污水行业则可节省1430亿美元。



“要远程监控供排水管网就离不开数字方案，设备管理、水资源损失以及人类用水水质的把控也离不开数字方案。这些方案既是与用户建立信任的基础，也是保持高质量商业服务的基础。”

### Nuno Campilho

葡萄牙SIMAS Oeiras e Amadora  
公司副总监

## 2.2 数字水务的变革潜力

数字技术可以变革水务部门的经济。通过优化流程、变革劳动力、提高用户参与度、加强规章制度程度、提高可持续性、适应力和流域连通性、保证公共卫生、提高透明度以及进行恰当的治理，数字技术可以直接为水务公司节省开支，为整个水务公司供应链带来内部价值和外部价值。随着数字技术对水务行业的影响日益加深，水务公司的数字化程度将得到飞速提升，但数字变革并不仅仅作用于传统的水务公司运营部门，还会变革劳动力运营的本质，改变水务公司在可持续城市中的地位，提高绿色基础设施的潜能，优化用户与水务公司的关系。不仅如此，数字技术还能加强水务日常管理，提高对灾难和气候变化的长期适应力，从而加强工业、商业、农业和民族产业的水资源安全，进而对经济安全和发展产生直接影响。

上述深层次变革包括：

### “无领”（no-collar）劳动力

新兴的“无领”劳动力意味着要在人机混合的环境中，重新设计工种以及工作实现形式。当今，数字技术的发展要求水务公司劳动力适应变化，学习新技能，以便跟上全球经济和贸易体系演变脚步。除了雇佣精通信息技术的新人才，各公司还需要培训现有员工，努力适应新体系，避免运营流程因转型而中断。

要理解数字劳动力，还可以从“无领”劳动力与公司运营结合的方式入手。就算应用“无领”劳动力，大多数人类工人也不一定会被机器人和AI取代，相反，有了这些工具，很多重复性的低端工作都可以实现自动化。或许更重要的是，自动化智能解决方案还可以增强人类的表现，一旦部分工作任务实现了自动化，人们就可以把更多精力放在更需要人类的工作上，比如那些需要情商解决问题能力、社交能力以及高情商的任务。

VR和AR应用也能为水务公司劳动力带来益处。这类技术可以减少风险，节省数十亿的维护成本、工程测试成本和创新成本，允许用户测试或模拟真实情景，避开大型工程项目经常出现的危险，节省这类项目的成本。借助VR技术，资产维护专家可以沉浸式地精准体验现实生活的模拟场景。此外，VR还能高效识别设计错误等潜在问题，将问题扼杀在摇篮之中。

由于越来越多数字技术得到应用，水务公司对人才的需求急剧攀升，企业和员工的角色出现了变化，而且未来还会随着水资源管理方式的演变而继续演变。无论是开发水务基础设施物理网络，还是部署数字技术，都离不开人力资源，因此员工对VR、AR和AI技术的运用能力变得至关重要。水务行业是否能扩展、是否能变得更加可持续都将与这一能力的高低脱不开关系。

### 适应力与可持续城市

面对日益频繁和严重的洪灾和旱灾，水务公司和各城市都在努力寻求提高适应力的办法。鉴于自然灾害和人为灾难造成的损失不断攀升，各国政府每年在这方面的开支高达三千多亿美元，有些企业开始提供监控服务，实时监控洪水发生的可能性和影响，从而降低洪水带来的伤亡和经济损失，为灾后重建提供帮助；借助现有的基础设施，智能雨水系统也越来越普及；同时，由于地表水资源精准建模等技术存在，在干旱时期保护水资源的难度有所降低，人们的保护习惯也有所提高。

数字技术有助于城市规划和重设，提高城市适应力。现在我们有遥感技术，可以预测洪水，还有各种各样的设计工具，可以建设水力模型，通过这些方法，我们可以更好地管理雨水径流和极端天气事件造成的洪流。城镇水系统十分脆弱，一旦遇到极端天气事件，净水分配、污水治理和雨水管理往往会出现问题，但如今这些系统从电力部门获得了灵感，开始采用微网策略，即微型水网，也称“micronets”，这种方法可以保证充足的水资源，提高系统适应力，保障水资源的供应。

## 数字化与绿色基础设施

数字技术为实时监控绿色基础设施提供了方法。城市和水务公司在投资绿色基础设施后，或许需要想办法监控这类大规模投资的效益，比如伊利诺伊州的芝加哥市政当局就希望可以更好地监控生态植草沟（一种景观元素，如为收集或移除地表径流水中的碎屑和污染而设计的沟渠）以及透水沥青在暴雨中的表现。为此，当局组建了一支团队，负责研究如何更好地监控城市绿色基础设施的投资效益。该团队在四种雨水管理绿色方案——生态植草沟、透水沥青、透水铺筑材料与渗滤花圃组合、透水铺筑材料与透水树池组合上安装了监控设备，并在18个月的时间里，借助基于云端的雨水管理分析和控制软件，收集了多个绿色基础设施雨水方案的实时数据。在此期间，监控系统不仅为研究人员和城市提供了信息，还向公众发布了测试区域的性能数据。

另一个案例则是佛罗里达州的奥蒙德海滩。通过实时数据分析，自动调整储水池的水位，从而防止了洪水泛滥。在2017年飓风厄玛席卷佛罗里达之前，奥蒙德海滩在五处可能发生洪灾的湖泊上安装了传感器。当时，传感器和软件检测到暴雨即将来临，于是系统提前排水，自动降低了储水池的水位，而湖泊排水系统上的天气感应阀门则在暴雨前自行启动，避免了一场洪灾的发生。

## 智能家居和消费者

随着数字技术越来越普及，消费者生活的方方面面都受到了影响（如移动设备、通信和娱乐），消费者与供水商的关系也发生了变化，因此我们有理由推断，水务公司等服务供应商现在也是数字变革的一份子。

为了提高可持续性，加大水资源保护力度，水务公司开始制定创新战略，以便提高消费者参与度，重塑人们的用水观念。研究和案例都显示，要让消费者更乐于改变用水习惯，就要将新战略设计得易于部署和实现，尽量降低节水行为对消费者日常生活习惯的影响。

“智能家居”这一概念为提高水资源可持续性带来了一系列全新的机会。智能家居应用的种类越来越多，人们进行可持续活动越来越方便，对可持续性的关注也就越来越高。例如：新加坡公共事业局（PUB）的一项研究发现，使用智能淋浴设备，每人每天可以节约多达五升的水；昆士兰麦凯区市政府则引入了自动抄表技术，帮助消费者更好地管理用水，节约开支。如果出现漏水现象，数字水表还能及时警告消费者和当局，方便当局尽早解决问题，减少水资源的浪费。

应用了这些技术来提供客户服务的公司受益颇丰。AI聊天机器人等新数字技术可以随时为消费者答疑解惑，为加强用户参与提供了极大的可能，同时还能推送用户快讯，提供用水和节水信息。水务公司在应用这些技术后，不仅用户服务质量不断得到提高，还能满足消费者的各种高端需求。

## 2.3 水务公司以外的情况

数字技术在能力和性能方面呈指数性增长，成本却呈反比下降，因此在发达经济体和新兴经济体中普及得越来越快。有了这些指数型的技术，各国可以直接跨过去一个世纪的传统方案，直接建设离网型、去中心化的分布式水务基础设施。与此类似，智能设备和线上交易普及速度越来越快，消费者和其他利益相关方对这类技术的期待也越来越大。这些在相关行业发生的数字革命不仅影响了水务公司对数字技术的接受过程，也进一步推动了水务行业的数字化变革进程。

数字变革已经席卷了市场，深刻地改变了消费者与商品、服务供应商的互动方式。消费者越来越需要用户友好的全天候多功能服务、简单方便的信息获取渠道以及即时交易功能，而且越来越希望服务供应商能提供灵活实时的功能服务。如今，消费者已经可以随时管理财务（线上银行）、购物（亚马逊）、订餐（DoorDash）、监控家居（Nest）和安排行程（优步），他们迟早会意识到，自己有权利要求其它领域也提供同样的数字便利。随着越来越多行业开启了数字化进程，水务公司最好提前打好数字基础，打造数字文化，以便更好地适应未来。

然而，数字变革并不仅仅由企业与各行各业推动而行，各种新兴的智慧城市倡议也推动了各行业的数字化进程。各城市要想通过提高连通性，加强政府、公民和企业的参与度，从而优化基础设施、各个行业和各类服务，就需要解决一些新的挑战，而这首先就需要数字方案的参与。因此，我们可以以水务公司的特点为打造“智慧城市”的跳板，毕竟给排水是一座城市能提供的最重要服务之一，是经济稳定性的基石。在发达国家中，水务公司几乎涉及每一位公民、每一个家庭和每一家企业，这就意味着，借助数字水务公司的通讯网络、用户群和直接价值主张，发达国家的城市就可以成为一个互联互通的组织，在内部充分共享大家的收益和成果。随着城镇数字化不断发展，各城市越来越智能化，彼此关联越来越强，基于传感器的基础设施网络也越来越完善，那些在运营流程中充分应用数字技术的水务公司将更具优势，更能适应新的需求，为智慧城市倡议做出更积极的贡献。

新兴市场也对水务公司的数字化起到了促进作用。在亚洲和太平洋地区，微电子和制药行业已经实现了高度数字自动化，而且数字革命正在朝水务服务进军，因此水务行业在扩张的同时，对数字技术的需求也可能不断增加；同理，由于全球正努力赶在2030年前达成可持续发展目标6（SDG6），亚洲、非洲、拉丁美洲和中东这些城镇人口密集、水资源短缺的地区将不乏对数字技术的需求；而在南美和西欧地区，虽然已经有了相当范围的基础设施体系，但设备老旧的问题也随之而来，因而对数字技术的需求也在不断增加。总的来说，据国际水务智库一项研究预测，到2021年，全球对监控方案的需求将上涨至301亿美元。如果水务公司能够提前打造数字平台，那未来便能在这个市场中更如鱼得水。

在描述公司的数字化进程时，加纳自来水公司首席技术官Richard Appiah Otoo说得极是，“世界在逐渐拥抱科技，加纳自来水承担不起逆流而行的代价。”加纳自来水公司是全球少数几个意识到数字技术价值的水务公司之一，该公司清楚，只有应用数字技术，才能更好地为未来市场做好准备，满足消费者未来的需求。在未来，像加纳自来水等现在就开始数字化的水务公司将从数字水务中收获更多的价值。

仅凭数字技术，就能为水务公司创造新价值，促进其它技术的应用，如收集水源的新技术（空气水分捕获技术、水资源回收/再利用等）、分散式水处理系统（如建筑和社区规模的系统）等。不仅如此，数字技术还能将极度中心化的社区系统转为多方案组合的体系，充分发挥传统系统和数字技术创新方案的优点。

若要进一步了解水务行业应用数字技术的潜能，可以参考能源领域应用微网和智能传感器的效果。借助这些技术，大型发电厂对气候变化的适应力有所提升，运营复杂性有所下降，整个能源部门的适应力、可靠性、灵活性和资源充足性都有所提高；除此之外，还可以参考微网（微型水网，即分散式的供排水系统）带来的益处：通过削减水厂和治理设施的规模，缩小服务范围，我们就能降低监控和维护的难度，削减监控和维护成本，从而提高部署新数字技术的可能性。

人们之所以对推广数字水务技术方案的兴趣日益高涨，归根究底是因为气候变化的影响越来越恶劣，导致人们对水资源的需求越来越高，为了发展经济和企业，保障社会和生态福祉，保障水资源的供给就成了重中之重，而这就将水务公司的重要性推到了一个新的高度。

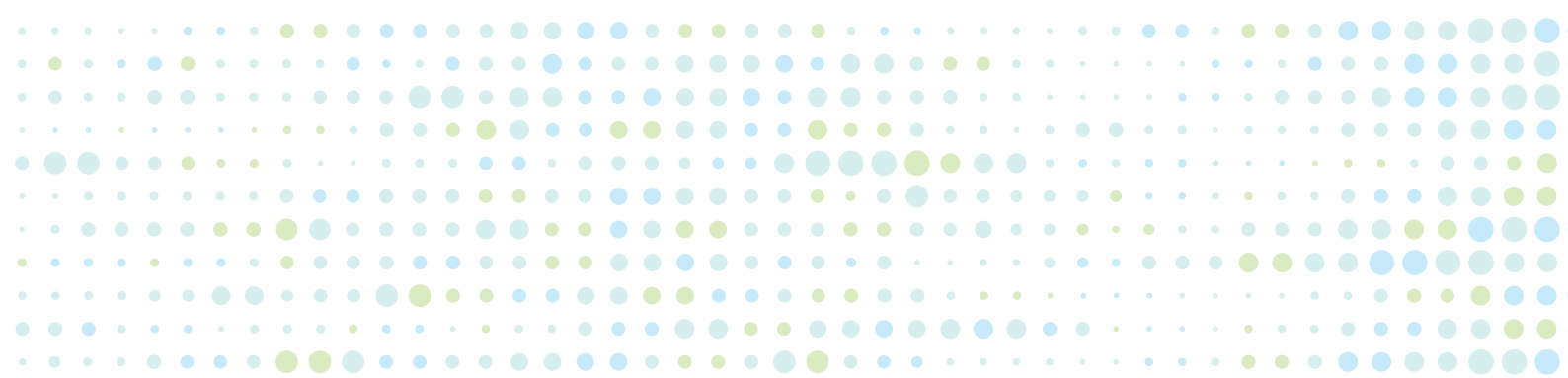
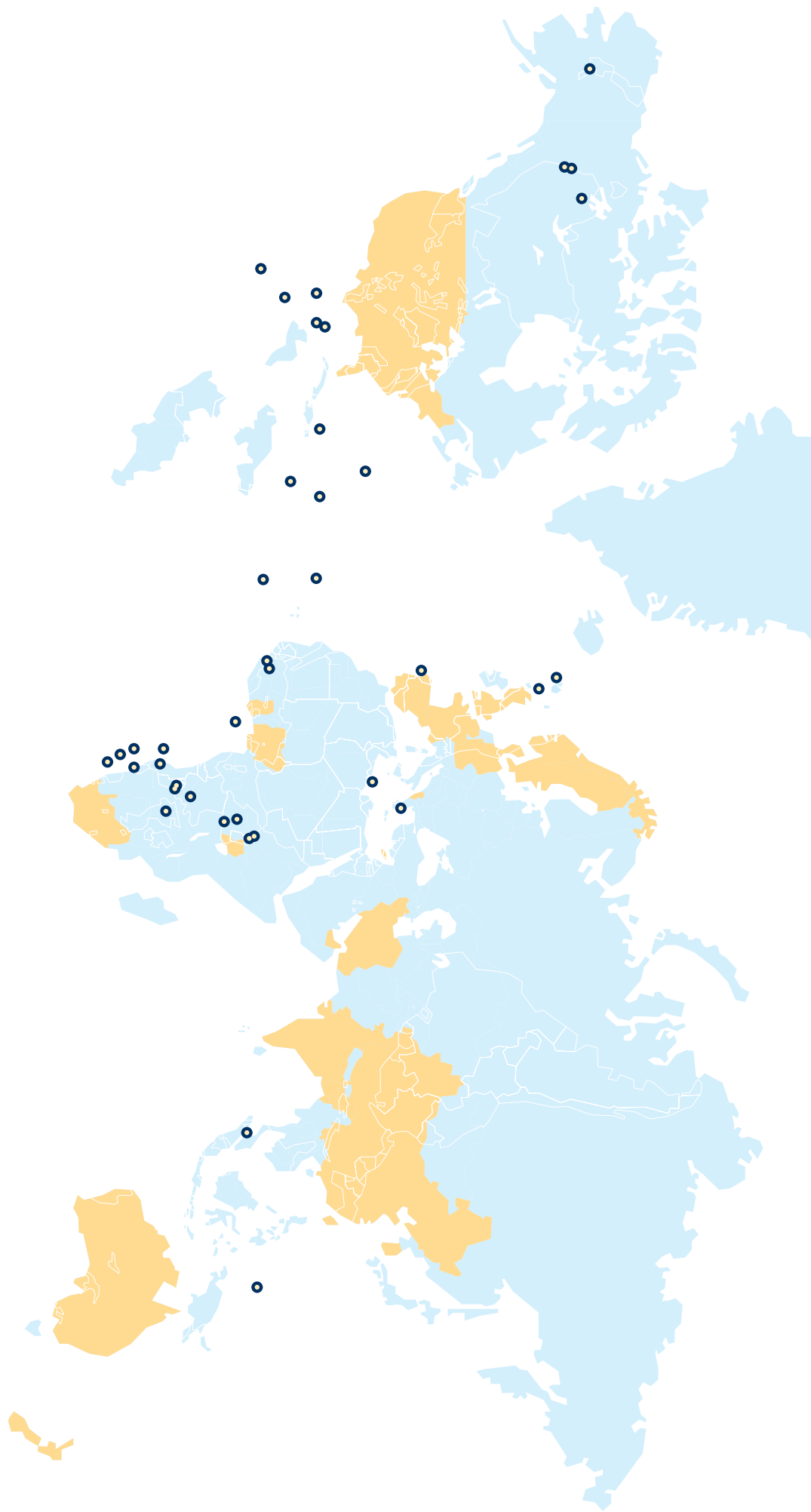


图3. 受调研水务公司的分布图



“那些抓住了机会、采用新数字技术的城市和水务公司可以加速整个准备过程，缩小乃至补齐短板，更好地应对未来所有人对可持续供排水服务的需求。”

**Silver Mugisha**

乌干达国家供水与水处理公司总经理

在水务公司实施新型数字方案、更新商业模式以适应数字时代的过程中，往往会发现自己处于不同的数字化水平。数字化的方式有很多，比如应用分析技术，从现有数据中汲取新价值；利用软硬件来实施基于系统（模拟）的解决方案；以及建设通讯和IT基础设施，发展人力资本等推动力，从而促进智能系统的发展。

### 3.1 数字水务应用曲线

水务公司对上述数字方案和方法的应用程度各有不同。为了解水务行业的数字化程度，我们采访了全球40家位于行业前沿的水务公司，其中，我们与15家机构的管理高层进行了深入访谈，并对其余25家机构开展了详尽的调查。在他们的帮助下，我们完成了本报告。图3为上述机构在全球的分布情况，各机构贡献详情请见《致谢》。

下一页的图4为数字水务应用曲线，根据高德纳公司（Gartner）2017年的报告修改而成，该图整合了各水务公司的数字技术应用情况，旨在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。

曲线一开始代表的是数字化程度低的水务公司，随着曲线逐渐向右上扬，相应水务公司的数字化程度也越来越高，此时机构慢慢意识到数字化的重要性，开始在流程内部和流程之间应用数字技术。一直到曲线最右边，此处对应的水务公司建成了灵活的新型商业结构，完全实现了数字化。

曲线体现了水务公司数字化程度的变化。水务公司从几乎没有数字基础设施到拥有投机性、系统性、变革性的数字系统和策略。在对行业领先的水务公司进行访谈和调研的过程中，我们让各位管理高层审视自己的组织，评估其所处的数字化程度，而他们的答案在数字水务应用曲线上各有分布——有些水务公司起步较为保守，有些则已经应用了大部分数字技术。不过总的来说，水务公司普遍处于“投机性”的数字化阶段，也就是说，许多受访的水务公司的确已经开启了数字水务变革之旅。

处于早期发展阶段的水务公司重点在于部署软件平台（乌干达国家供水与水处理公司）、新型传感器与智能水表（中国深圳水务集团）。当然，提高遥控自动化程度（德国柏林水务）、集成网络（南非Umgeni Water）和改进内部基础设施等举措也是重中之重。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，从而更好地部署智能方案（中国澳门自来水股份有限公司）。还有一些水务公司已经不再局限于自身，开始向外部水务公司提供服务和支持（葡萄牙AGS Water）。

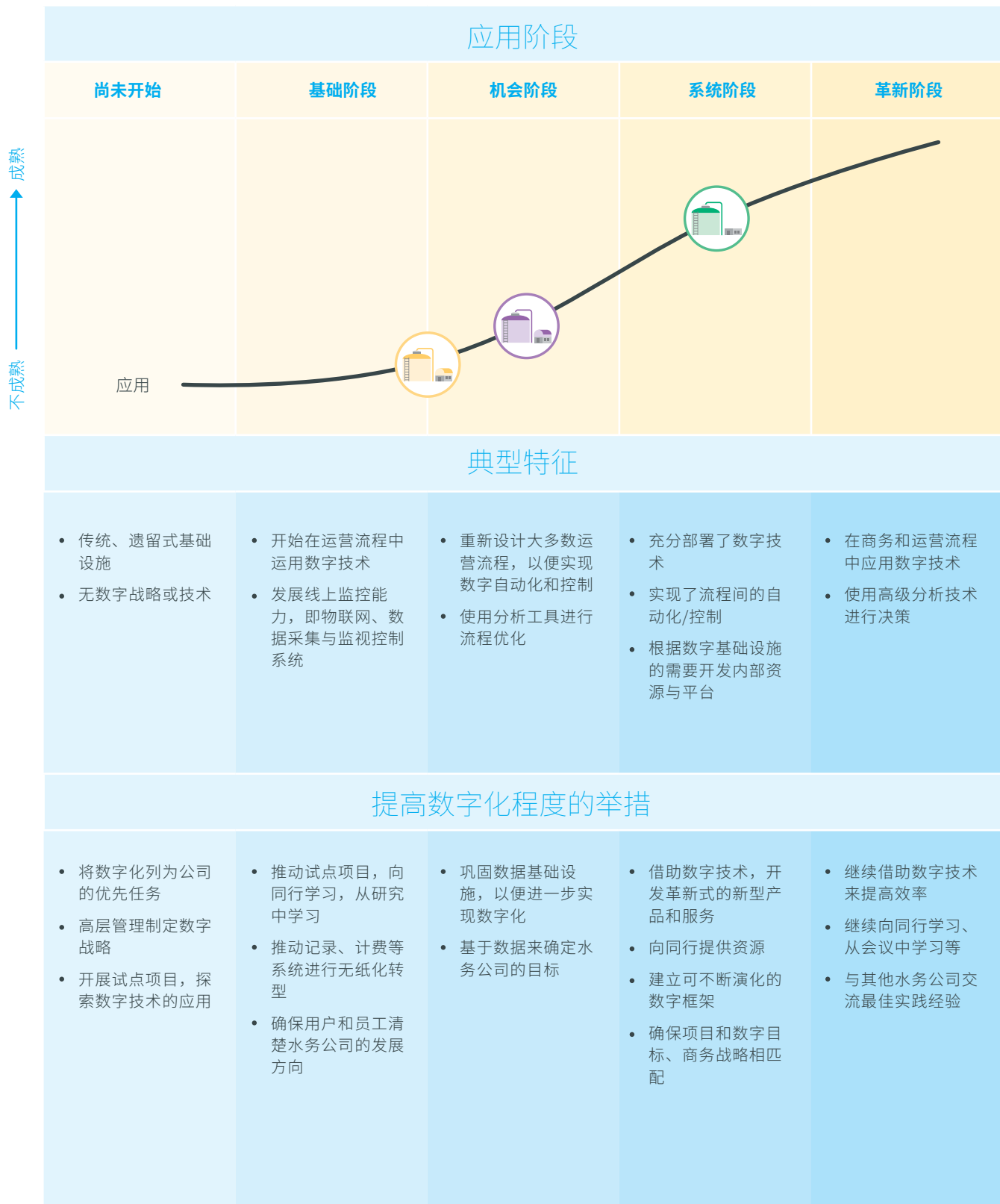


图4. 数字水务应用曲线



#### 典型水务公司1:

- 在部分管网上部署了在线传感器，对水质进行了监控
- 正在为其供应领域开发流域预测模型
- 其它数字项目已经开始了试点测试阶段



#### 典型水务公司2:

- 已经应用了SCADA系统和自动化流程，而且部署了远程监控技术
- 使用GIS、在线水力模型和虚拟智能技术来辅助决策
- 使用云端服务、数字化计费系统和集成数据库，开发了用户服务应用，加强了办公室间的沟通



#### 典型水务公司3:

- 充分部署了数字技术，公司内部实现了数字化
- 借助数字技术收集实用数据，使用虚拟智能技术和数据分析工具进行决策
- 具备发达的服务和工具，可支撑机构内部和外部水务公司的需要
- 使用数字技术来管理工单，进行实时监控，检测并应对事件，优化流程，生成报告等

无论如何，所有水务公司都有进一步数字化的空间。由于未来（气候、人口、需求等）会不断变化，技术也会不断演变，因此应用并优化数字基础设施的过程是永无止境的。受访的水务公司领导根据自身经历，为进一步提高数字化程度提出了最好的建议，指出在水务公司运营过程中应用数字技术的必要步骤，提出了对数字化潜力的真知灼见，并分享了一些重要的经验教训，从而帮助水务公司开启或进一步推动数字化进程。

## 3.2 水务公司同行的经验教训

数字水务变革已经开始。无论如何，变革传统方法和基础设施都需要投入精力和承诺。从访谈和调查的情况来看，要加快推动水务公司的数字化进程，可采取六大措施：

**CEO和董事会需下定数字化决心:** 水务公司管理团队和董事会的支持和引导是应用数字技术的关键推动力。来自领导层的阻力是最难克服的障碍之一，但是水务公司要进行数字变革，就需要对整个组织的运营和战略流程进行调整，没有董事会的授权，水务公司就无法开始数字化进程。拉斯维加斯河谷水务管理局的董事领导层已经设定了公司层面的革新目标和数字方案。David Johnson指出：“作为公共水务公司，让我们的董事会接纳（数字化）目标，并将该目标列为优先发展方向，对项目资金的分配大有帮助。”他还指出，就因为董事会坚持数字化，管理局面临的数字化阻力大幅降低。这家水务公司的领导层达成了共识，一致认为项目要成功，管理高层必须清楚数字技术的风险和收益，必须支持并带头推动大数据和数字基础设施的应用。

**绘制数字化整体蓝图:** 水务公司接受变化，开启水务数字化进程的同时，如果能制定完善的数字化蓝图和清晰的商务战略，对其数字化进程也大有裨益，而且，机构内部必须建立良好的沟通，让大家都认识到机构的发展方向，就实现数字化的方式、始终以用户和商业成果为导向这两点达成一致。乌干达国家供水与水处理公司总经理 Silver Mugisha指出，他们公司“最大的成功就在于实现了技术创新与商业流程的结合，特别是成功地打造了持久的用户体验。”此外，要成功实现数字化，水务公司在绘制蓝图时，不仅要让用户、政界人士、股东、管理层和员工明白数字技术的成本效益，更要让这些群体了解机构的转型意愿。美国华盛顿哥伦比亚特区供水与污水管理局（DC Water）的Biju George指出，“必须让数字战略成为全公司的战略，守株待兔等不来数字化，你必须主动规划，必须培训你的职员，让他们为数字化做好准备，必须重新审视每一个流程，必须设计好系统，以便获取数量充足、足够多元（次重点）的数据来进行高效决策。”

**建设创新文化:** 纵观水务公司价值链，新型技术和数字方案层出不穷。组织必须对新技术怀有好奇心，才能开始寻找、评估并探索这些技术。运营人员、IT人员、财务人员、技术人员和管理高层等必须积极寻找最开始要引入的技术。

数字方案不断演变，水务公司也应随之而变。探索并应用这些数字方案，有利于建设创新文化，而水务公司只有掌握了最新的数字方案，才能开启下一轮的业务转型，继续新一轮的数字化进程。法国Nova Veolia的首席执行官Claire Falzone强调，要进一步以用户为导向，借助新技术，为适应不断演变的现有挑战和未来挑战做好准备。



## 企业数字核心战略

水务公司的领导常说：成功应用数字水务战略的诀窍在于将数字化战略与商务战略结合起来。南非 Umgeni Water 的 Dan Naidoo 就指出，要推动数字化进程，就需要将中央系统去中心化，以便为更大的用户群体提供服务，同时，要将数字战略与商务战略结合起来——不少领导人认为，推进数字化进程，后者相当关键：VA Tech WABAG 的 Gyanendra S. Saxena 认为，在推行数字战略的过程中，将重心放在“以商务和市场为主要考虑的战略”是十分重要的；葡萄牙 AGS 的 João Feliciano 则称，“要加快数字水务战略的应用，就要制定两到三个长期战略愿景，专门推动数据和信息战略的应用”；苏伊士集团（SUEZ Group）的 Meriem Riadi 则建议，“要与关键的业务利益相关方共同绘制数字化蓝图，确定 2-3 个重点数字项目和机会，以便获取最大的商业回报。”

**建立包容心态，利用项目试点：**试点项目有助于新技术的探索，能帮我们在大规模应用技术之前，更全面地了解技术为公司运营带来的实物影响和财务影响。南非 Rand Water 公司科学服务部总经理 Hamanth Kasan 博士指出，水务公司可以利用案例研究、试点项目以及从试点项目初始测试中获取的成功经验，进一步推动数字化进程。

**设计结构，优化数据的使用方法：**只有当你建立了数据结构并从中汲取价值，数字方案收集的数据才能派上用场。要高效实现水务公司基础设施数字化，开发数据仓库是相当关键的一步，只有如此，财务人员、工程师和 IT 专家才能访问并利用运营数据集，实现对业务流程的优化。苏伊士集团的首席数字官 Meriem Riadi 指出，“要推进数字化，水务公司需要与数据充分对接，也就是说，要把数据转化为智能用例与业务用例，而且，更重要的是要发展数据文化（比如让机构成员了解数据，明白数据的价值和各种使用方式）。”

**与水务公司同行合作：**你需要认识到很重要的一点——在面对挑战、探索数字新方案时，你并非独自一人。无论你的水务公司是大小，刚刚成立还是成立已久，地处发达国家还是发展中国家，总有别人和你面临一样的数字化障碍。所幸，水务行业是个开放而又乐于共享信息的地方，因此水务公司应主动寻找这些经验，毕竟全球的水务公司有着共同的目标：为每一个人提供安全、可靠的水服务。拉斯维加斯河谷水务管理局的 Dave Johnson 指出，在他们的数字化进程中，有两点很重要，一是来自水务技术中心/加速器及其利益相关方生态圈的支持和合作，二是向电力部门（如 Nevada Power 公司）学习的能力。

总而言之，数字水务公司的新时代已经降临，而且在不断地更新换代，因此，建立实用的业务案例和数字化蓝图有助于获取用户、股东、水务公司员工和政界人士的信任和支持。要怀着开放的心态，向其它水务公司及其生态圈学习，拥抱创新，尽可能地分享信息。正如法国 Nova Veolia 的 Claire Falzone 所说，“无论你有什么疑虑，试一试再说，可以先小规模地试点。现在还只是数字时代的开端，就算你不采用数字技术，总有人会的。”

“用户和利益相关方不断变化的期望、行业的变革和深入员工内心的创新文化共同促进了项目的发展。此外，学习和创新——NWSC 5年战略方向中的重点内容为企业带来了翻天覆地的变化，改变了以往循规蹈矩的做事方式，推动了数字水务方案的创新，从而实现了卓越的服务供应。”

#### **Silver Mugisha**

乌干达国家供水与水处理公司总经理

### 3.3 将数字化融入组织文化

不能单纯地将数字技术看作流于表面的方案，要高效地运用这些技术，就必须把它们和水务公司的核心牢牢结合起来。数字技术可以、也应该与水务公司运营的各个流程进行结合，如物理基础设施、业务服务、数据管理、用户关系等等。虽说不管起点如何，数字化总要进行，但通过与各公共事业机构的管理高层对话，我们发现了三种将数字技术嵌入“组织DNA”的主要机制。

第一种，让水务公司的管理团队带头参与，这是建设数字技术基石、推动组织数字化的根本。管理高层以及监督董事会应讨论水务公司的发展方向，确定如何在机构中应用数字技术并付诸实施。无论是什么样的管理团队，要带领其机构实现数字化变革，就必须确定优先任务，制定战略，绘制蓝图并为数字化实践分配预算。与此同时，董事会需要支持这类目标、愿景和预算。管理高层和董事会必须对彼此负责，保证目标能够实现，资源得到高效分配以及机构使命得到贯彻。

第二种，开发或扩展既有职位的职能，如首席数字官（Chief Digital Officer, CDO）可以保证数字技术在管理高层眼中的优先地位，从而推进数字化进程。苏伊士集团设置了CDO一职后，其管理高层Meriem Riadi得以专心地打造数字团队，绘制数字化蓝图，研究数字技术在水务行业的发展趋势，促进数字项目的交付，更高效地与搭档合作，进行创新，为公司创造整体价值，提高数字项目的成功率。

不过，并不是只有管理高层才能推动数字项目的开展，实际上，能否促进项目开展与个人职位无关。在Biju George的故事中，Biju曾经也只是运营人员或中层，但因为他是一个干劲十足、对创新满怀好奇的个体，所以仍带来了很大的影响。在Biju开始于华盛顿哥伦比亚特区供水与污水管理局担任现有职位之前，他在辛辛那提的多个供排水部门担任过不同职位，从工程师到管理层都有。因为他对数字技术怀有极大的兴趣，所以主动探索了那些新兴的创新方案，最终促使辛辛那提的Metropolitan Sewer Department和Water Works两家机构相当早地应用了智能通讯服务以及能提供实用信息的软件程序。

“在水务行业中，你要遵守规章，以公众安全、公众卫生为重，这就意味着你要百分百保证正在开展的业务经过了检验，可以行得通。”

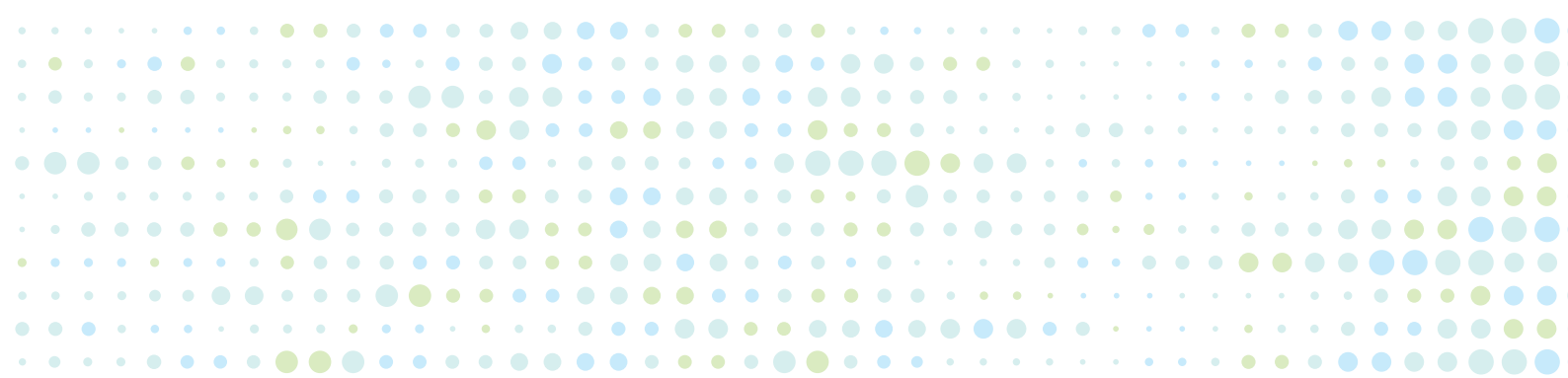
**Biju George**

美国华盛顿哥伦比亚特区供水与污水管理局执行副总裁

Biju积极地让员工接触数字创新，努力改变员工对新技术的看法。他还发起了下水道数字化项目，与供应商合作，一起根据Biju机构的需求开发产品。与此同时，Biju还在Metropolitan Sewer Department创立了流域运营部。由于他意识到技术专家是学习、设计和部署新兴数字技术的最佳人选，所以他还聘请了该公司的首席信息官来管理该部门。作为哥伦比亚特区供水与污水管理局的执行高层，Biju不断地探索和推动数字项目的应用，但早在他成为管理层之前，他就已经有许多成功的实践了，他的故事充分体现了一个事实——任何个体，只要对创新有足够的耐心和远见，愿意主动面对挑战，就能成为水务公司应用数字技术的内部推动力，帮助机构推动数字化进程。

第三种，可以通过自下而上的方法，从水务公司内部将数字项目与水务公司的基础设施结合起来。Umgeni Water的Dan Naidoo指出，技术团队之所以考虑数字方案，主要是因为机构有提高运营效率、优化运营流程、提高适应力的需求。随着水务公司内部逐渐普及数字系统和工具，开始有了相应的投资回报，新一轮数字项目的投资收益就成了下一轮数字投资的催化剂。除此之外，数字基础设施的发展促进了跨部门网络的融合，水务公司内部的数据得到了进一步的收集和共享。Naidoo指出，虽然项目一开始是出于运营、效率和经济效益的考虑展开的，但其影响力最终会扩展到CEO/董事会，届时，数字变革将在决策层面与水务公司的商务战略牢牢地结合在了一起。

在大规模推广数字技术之前，水务公司应谨慎行事，先对数字技术进行充分探索（如开展试点项目），了解数字技术的应用方法及其对水务公司运营的影响，毕竟水务公司对其用户负有责任，而数字技术会直接影响机构社区的公共卫生和经济稳定性。无论如何，受访的利益相关方指出，水务行业进行数字化不仅极有必要，且势在必行。随着越来越多水务公司开始进行数字化，与水务公司领导人员进行的深入访谈为我们揭示了一个事实：水务公司内部的任何一个层级都可以发起数字项目，使机构核心实现数字化。只有当数字技术成为水务公司“DNA”不可分割的一部分时，我们才能解决水资源问题，应对层出不穷的挑战，满足未来一个世纪不断攀升的需求。



# 4

## 推进水务数字化进程

### Accelerating Digital Water Adoption

“纵观历史，我们见证了水务行业好几次技术革命，如今，数字变革带来的创新热潮也将成为其中的一员。”

#### Biju George

美国华盛顿哥伦比亚特区供水与污水管理局执行副总裁

每一天都有数十亿人无法承担供排水服务的费用，数百万升干净的水白白流入大地，数千升未处理污水被排放到环境中——这些数据实在是触目惊心，而应用数字技术则有望带来巨大的价值，既然如此，我们应该争分夺秒，加快推进这些技术的应用进程。鉴于这个过程不会一帆风顺，水务行业必须尽可能地利用一些关键的推动因素。

### 4.1 应用数字技术的主要障碍

数字水务的应用之路遍布荆棘，这些障碍轻则延缓数字方案的应用速度，重则致使极具潜力的革新方案连试点都寸步难行。要加快推开数字水务，牢牢把握机会，水务行业必须解决三大挑战：监管挑战、技术挑战以及组织挑战。

#### 系统集成与互用性

如第一章所述，水务公司都是相当复杂的组织，存在无数数据孤岛。此外，大多数水务公司还具有遗留系统——这些系统不仅保留了机构的关键信息，还难得地记录了城镇流域变化的历史信息。这些数据孤岛和机电循环设备（通常来自不同供应商，需要遵守不同的通信协议）形成了越来越大的障碍，阻碍了系统集成的过程和互用性的提高。这些障碍并非没有方案解决，但如果能采用开放式架构，推行标准化实践，那解决的效率可以更高。

#### 人力资源的影响

数字方案的成功往往与技术无关，而与运用方案的人、执行方案的过程有关。在采纳数字技术的过程中，可能出现技能缺口、劳动力变革和变更管理等人力资源问题，但正如第二章所述，数字方案能带来更多劳动力发展机会，促进跨部门合作，从而为劳动力市场创造价值。南非Rand Water的Hamanth Kasan就曾称：“文化很重要”、公共事业必须“克服对数据和透明化的恐惧。”随着新一代工程师进入劳动力市场，人们对探索数字技术的接受程度越来越高。除此之外，还有一个办法可以改变文化、克服对透明化的恐惧，也即取得CEO和董事会的承诺，并制定清晰明了的战略。同理，公共事业的运营孤岛也是机遇与挑战并存。正如加纳自来水公司的Richard Appiah Otoo所说，“孤岛式思维是个问题”，只有克服了这种思维，数字方案才能得到采用。技术方案供应商无论制定什么数字方案，都要充分考虑劳动力市场的情况，开展更多的研究，分析劳动力在数字水务应用过程中的最佳发展实践，以便水务行业中的更多人从中获益。

## 融资方案没有明确的价值主张

如第二章所述，数字方案可以带来各种各样的价值，其中有些价值可以明确地界定（如减少运营开支），有些则不然（如增强适应力）。在预算有限的情况下，往往很难抉择是将预算用于传统的维护活动，还是用于部署数字方案，以便提高总资产的长期管理效率，因此，技术方案供应商应明确界定数字方案的总价值，而水务行业则需要提供更多的研究案例和证据要点，以便衡量那些较不明确的价值。除此之外，我们还要建立新的商业模式，以便更好地从数字方案的资本支出中获取价值。不过，妄图一次性做好所有事情是很危险的想法，正如乌干达国家供水与水处理公司的Silver Mugisha所说，“罗马并非一日建成”。相关人员必须达成一致，确定要优先对哪些系统和流程进行数字化，以便获取最大的商业价值。

## 网络安全

在部署数字方案的过程中，网络安全和用户数据保护是两大重点。到目前为止，要解决这两大难题，一是可以借由新技术方案（如网络安全系统）入手，二是可以将用户数据匿名化，从而实现隐私的保护，但除此之外，要保护关键水资源的安全，我们需要不断地优化技术、标准以及流程。

或许你会觉得这些障碍听起来十分棘手，跟水务公司的管理高层谈谈吧，你会听到无数攻克障碍的故事。以柏林水务为例，尽管对数据、劳动力和遗留系统有所保留，柏林水务还是实现了下水道维护半自动化，以期借助数字技术识别故障。柏林的下水道系统部署了机器人，这些机器人会对基础设施进行拍摄，将情况记录下来，分析并发送给运营人员，确定维护方案，从而提高了维护需求的解决速度和效率，而这只是许多案例中的一个，由此可见，在克服部署数字方案的障碍时，坚持不懈、创造性地解决问题以及管理层的领导是三剂良方。

“成功的要素之一是‘速度’。我们启用了原型方法，比如敏捷方法，和运营人员、初创企业合作，共同制定水务数字化方案。之所以采用原型方法，是为了在不明确定义设计方案的前提下，优化开发流程。虽然操作起来难度不低，但我们已经开发出了一些新型的‘辅助工具’。不过在这个过程中，要真正为数字技术创造有利的应用环境，就需要调整公开招标的典型流程。”

### Regina Gnirss

德国柏林水务研发部主任

## 4.2 数字化的推动力

正如上章所述，因为一些重要促成因素的存在，许多水务公司不断地想办法从数字方案中汲取价值，而且，每个水务公司都会根据自己的情况和地理位置，利用这类因素来克服上述障碍。

### 鼓励数字化的水务法规和公共政策

新形势下（如气候变化），旱灾时间延长导致水资源短缺，为此，全球各地开始制定新的水务法规和公共政策。例如，《加州地下水可持续管理法案》（the California Sustainable Groundwater Management Act）中要求制定长期用水战略。这就萌生了实时测量用水的需要，促使水务行业开发并应用低成本高效益的数字技术。在这些新法律的要求下，当地农民、城市和水务公司都需要减少用水量，因此缺水地区的水务公司不得不采用创新技术和商业模式，以便在不断满足需求的同时保护水资源。英国的水务监管局（Water Services Regulation Authority, OFWAT）要求水务公司至少为其用户提供五种联系方式，且其中三种必须是电子类的。OFWAT还有一个类似的项目，对于那些用户满意度高的水务公司，项目予以奖励，反之则予以惩罚，由此鼓励水务公司采用数字技术，实现流程自动化，以便提高水务处理服务的质量。

### 调整数据结构，解决遗留系统的缺陷

如今，水务公司需要处理大量的数据，这些数据来源不同，有些具备结构，有些则不然。大多数水务公司的报告指出，要访问遗留系统的数据并不容易。其实，充分利用大数据的关键就在于——在应用需要的时候，相关人员可以访问正确的数据。我们可以发现，应用程序编程接口（application programming interfaces, APIs）的使用频率越来越高，这是因为有了这类接口，任何软件应用都可以借助程序来获取数据，因此，不同水务公司的不同软件应用可以借助APIs，访问存储于遗留系统、传感器等应用中的目标数据，而不用考虑数据位置、水务公司部门或目标功能。同样的数据集可以重复利用以满足不同的需求，这也就为数字方案带来了更多的价值。

### 人口数字化

最强大的促成因素可能要属数字用户和劳动力了。代际变化可以推动数字技术的应用进程——新一代的用户和水务公司专家会期望甚至要求电力、水务等核心服务商将其产品、服务和数字创新技术结合起来。有了代际变化带来的推动力，加上无领劳动力的出现，水务公司的数字化越发势在必行。

### 数字之旅的机遇性推动力

水务公司的处境发生变化——通常由外部事件引发，比如人口变化、大型洪灾或水资源短缺更严重等，往往是数字化的推动力量。例如，用户对水资源的需求不断增加，加上劳动力短缺，迫使深圳水务集团不得不加快其数字化进程；在南非，大都会朝偏远地区扩张，促使Umgeni Water努力优化流程；有些机构为了提高用户参与度而开启了数字化进程，有些则为了提高其行业竞争力，不想在数字时代中落后他人，才踏上了数字之旅。

纵观整个水务公司部门，越来越多迹象表明，解决水务难题刻不容缓，水务行业应确保全球用户都能获取水务服务，为此我们必须灵活变通，提高适应能力，以便应对人口增加、城镇化和气候变化带来的影响，而这种必要性本身也是促成变化的推动力，在未来，水务公司领导、监管机构和各类协会等也将在该必要性的推动下，采取必要措施，保证为其用户提供可靠、可持续的水务服务。

# 5

## 数字水务之旅结语

### Concluding Remarks on the Digital Water Journey

“无论你有什么疑虑，试一试再说。先小规模地试点。现在还只是数字时代的开端，就算你不采用数字技术，总有人会的。”

**Claire Falzone-Allard**  
法国NovaVeolia首席执行官

数字时代已经降临，这一点毋庸置疑。如今，在我们的日常生活中，数字技术无处不在，深刻地变革了通讯、交通、娱乐、教育、制造和医疗卫生等领域。

基础设施老化且资金不足、公共政策不够与时俱进以及气候变化等加剧了水资源短缺、水质问题以及水安全问题，提高了人们对水资源的需求，面对这些新风险，水务公司别无选择，只能变革。水务公司对数字技术的需求只会越来越高，毕竟只有应用数字技术，水务公司才能提高服务质量，提供更可靠、更安全、更高效以及更具成本效益的水务服务。

虽然对于水务公司而言，这些风险乍看之下相当棘手，但在数字水务技术的帮助下，水务公司有望为经济持续发展、行业发展和福祉做出更深远的贡献。通过部署以数字方案为主的指数型技术，我们就可以保证水资源的充足性，从而确保SDG 6的实现，保障所有人的水务服务，并以SDG 6为跳板，实现其它与水务有关的可持续发展目标。

但是，数字变革不可能自动实现。要应用数字水务技术，水务公司的员工、用户以及价值链上其它部门的现有企业、初创企业和新成员都要投入到这个过程中来，共履承诺。如今，来自不同部门的利益相关方共聚水务行业，目的就是推广数字方案，推进水务方案的应用进程。

数字技术也带来了网络安全等新挑战，因此，推行数字创新技术的创业者要取得成功，就必须在制定方案时将安全因素也考虑进来，同时系统地管理风险，降低运营网络发生故障的风险和业务网络的软性风险（如数据被盗、数据遗失、内部业务系统遭受破坏等风险）。摆在水务行业面前的选择很简单：要么就逆着数字化潮流行走，在水务挑战的压力下捉襟见肘；要么就完全接纳数字革命，与创新人士合作，共同开启一个拥有充足水资源的新时代。

## 5.1 未来的蓝图

数字技术被认为是指数型技术，这类技术（如增材制造、非传统能源系统和生物科技）往往促使能力大幅增长、成本大幅下降，但是，应用指数型技术有两个问题：一是线性思维和经验会阻碍这类技术的应用；二是投资的优先级，要考虑如何投资才有利于长期方案的开发。受上述问题的局限，我们发现水务行业的数字化水平高低不一。

随着各水务公司的数字化程度不断提高，我们需要找到更和缓的转型方式，让水务公司在实现数字化的同时保证服务的提供。为了帮助水务公司进行数字转型，我们对全球领先的一些水务公司开展了访谈和调查，收集了全新的研究资料，充分参考了各水务公司专家和管理高层的知识、见解、经验和教训，为水务公司绘制了蓝图，并以数字水务应用曲线的形式为数字化程度进行了定性。作为工具，该曲线可以为现有和未来的水务公司提供帮助，和本报告列举的其它见解相结合，一同指导水务公司开启或推动数字化进程。

## 主要发现

根据我们的研究、经验和访谈调研数据，要推动水务公司的数字化进程，主要靠八大措施：

**1.CEO和董事会需下定数字化决心：**水务公司领导一致认为，要推动数字技术的应用进程，水务公司领导团队和董事会就必须起支持和带头的作用。

**2.制定完善的数字化蓝图和清晰的商务战略：**水务公司内部必须达成一致，确定如何开启数字化进程，如何保证在数字化过程中，始终以用户和业务成果为导向，以及如何为关键利益相关方（用户、政界人士、股东、管理层和员工）开展培训。

**3.建设创新文化：**水务公司运营人员、IT人员、财务人员、技术人员、管理人员等必须主动发掘新技术。不仅如此，要推进数字化进程，水务公司必须培养机构全员对数字创新的兴趣，打造技术创新能力。

**4.建立包容心态，利用项目试点：**试点项目有利于探索新技术，创造推动力，帮助我们在大规模应用技术之前，更全面地了解技术为公司运营带来的物理影响和财务影响。

**5.设计结构，优化数据的使用方法：**开发数据仓库，方便财务人员、工程师、IT专家等功能部门访问运营数据集，利用数据优化业务流程，只有这样才能从数据中汲取价值，高效实现水务公司基础设施的数字化和互联。

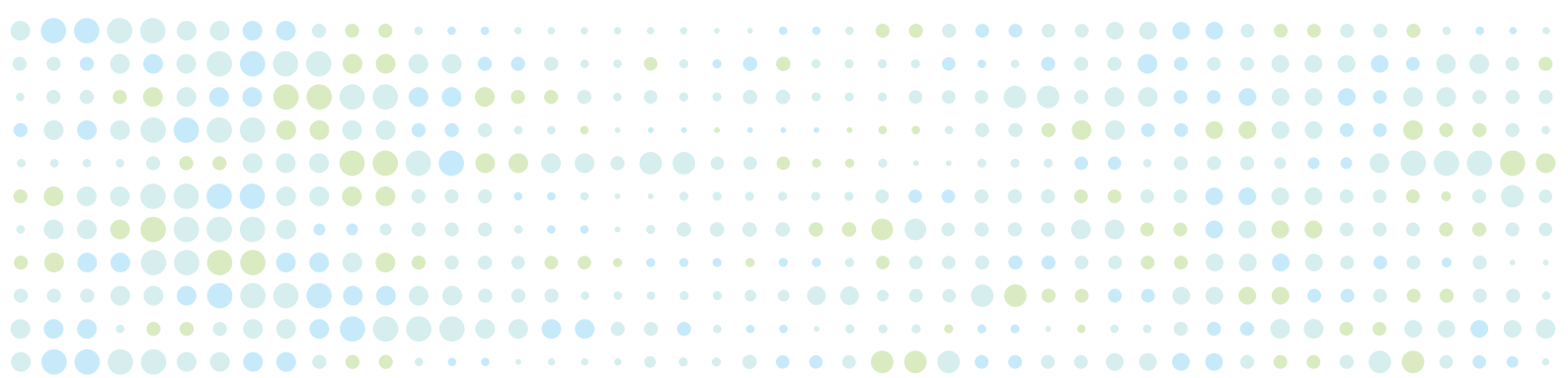


**6.发展属于你的数字生态圈：**水务公司应充分利用数字化程度比自己高的同行、行业协会、学术界和技术中心/加速器对数字化的洞察见解。所幸，水务行业是个开放而又乐于共享信息的地方，因此水务机构应主动寻找这些经验。

**7.学习数字水务价值案例：**长期来看，数字水务能为水务公司、周边社区带来各种各样的颠覆性价值，对数字化进程有极大的推动作用。这些由数字技术带来的社区价值、运营价值、金融价值、适应力价值等让水务公司获益匪浅。

**8.水务行业必须团结一致，共同解决关键障碍：**整个水务行业必须共同解决互用性、规章制度、文化和网络安全等薄弱环节。

水务公司在应用数字技术时，无论借助什么平台，都必须先对这些技术有全面的了解，必须认识到自身面临的挑战，并利用新的创新技术和实践，制定解决挑战的方案并贯彻到底。但是请谨记，技术不会一成不变，因此，所谓方案指的不是技术本身。是否能真正解决水务公司面临的棘手挑战（如无收益水、雨水和污水外溢等），取决于技术的应用方式及其创造价值的方法。



在水务行业实现数字化的过程中，水务公司必须确保数字项目的成果有利于业务发展，有利于提高用户服务的质量。要做到这一点，就需要制定数字战略，绘制数字蓝图，把数字化目标与水务公司的商务战略结合起来，确保战略和蓝图得到宣贯和执行。在数字化早期，取得管理高层（CEO、董事会等）的支持对于推进数字项目，发展或优化IT/数字技术团队也相当重要。同理，要充分利用数字技术生成的批量数据，水务公司还需要打下坚实的技术基础，建设足够的数据中心/平台。

这样一来，水务公司才能更好地做好准备，开发新项目，应对新挑战，探索新技术，不断推进基础设施数字化的进程。若你希望加入各位水务机构同行，一起踏入数字时代，那么本报告高度建议你参照上述指南开展数字化进程。

## 5.2 国际水协会在数字化之旅中的角色

IWA作为水务专家汇聚的平台，可以影响并推动数字化进程。IWA开展深入研究，在创意伙伴关系中打造思想领导力，比如本报告的诞生就是IWA与国际水务技术供应商赛莱默公司的合作成果。在这个复杂而又不断变化的世界中，IWA致力于在孤岛之间搭建桥梁，将不同部门的成果联结起来，培养意识，让他们意识到实现数字化的迫切性。正是在这种思路的指导下，再辅以前沿领域的科学突破、技术发展和创新性思维，我们得以应对水务行业现在和未来的复杂挑战。

IWA五年战略计划指出，全球水务行业要应对全球变化带来的挑战，就要进行创新。IWA意识到，变革不可能无端开始，要为这些挑战制定解决方案，水协各机构和成员需要通力合作，慎重、公开、有序地进行探讨。

IWA数字水务计划以本报告为开端，开启了信息共享的数字化征程。数字水务计划为促进创新、积累知识和最佳实践经验贡献了一份力量，本计划可作为经验共享平台，发展领导力，推动水务方案数字化进程。计划分享了水务行业数字化过程的推动力量和方式方法，为水务机构汇总了经验教训，指导各机构开启或继续推动数字化进程。IWA在水务价值链中涉及的生态成员包括：水务公司、监管机构、技术公司、软件公司、研究人员和学术界等，这些成员都将站在应用新兴技术的第一线，努力运用技术来解决水务服务过程中出现的情况紧急、代价不菲的问题（运营、责任、用户服务等）。

以数字水务计划为媒介，IWA将充分发挥其全球成员的专业知识，指导新一代水务公司开展数字之旅，采纳数字技术以提供更好的水务服务。

## 5.3 水务行业对数字之旅的贡献

水务公司所涉及之利益相关方的生态圈日益扩大，不断演变，涵盖了各行各业、各学术机构、技术供应商等公共和私营部门成员。水务处理领域的这场数字化变革将迟早席卷所有利益相关方，届时，大家都有责任迎难而上，共同应对水务行业的挑战，保障人类未来的水资源。更重要的是，无论面临什么挑战，水务公司都应当确保其用户能获得可靠的、可支付的高质服务。

水务公司始终肩负着提供关键服务的责任，这些服务涉及基本人权——人类对水和卫生的权利，对人类健康、社会社区福祉至关重要。要保障这些人权，水务公司必须起带头作用，加快打造一个更加数字化、更具关联性的未来。水务公司必须探索新的可能和方案，逐渐淘汰传统的遗留基础设施，以便继续为社会提供足够的服务，满足社会的需求。本报告已提供了相关建议和指南，因此现在的问题不在于如何进行数字化，而在于谁第一个“吃螃蟹”，谁要加入同行，一起应对21世纪及未来的挑战和机遇。尽管数字技术潜能无限，但若不秉持着开放的心态，我们永远也无法充分发挥水务创新的潜能。

**水务公司必须接纳数字方案。**

**除此之外，别无选择。**

# 致谢

水务行业瞬息万变、缺乏监管、竞争激烈，要探索其中数不胜数的挑战，一份指南成为当务之急，因此《数字水务：行业领袖勾勒转型之路》报告应运而生。报告对水务公司应用数字方案的有利环境进行了研究，满足了大家评估并研究水务公司数字化程度的需求，有助于水务公司实现从应用单一数字方案到建设数字文化的转变，以便打造新一代的业务模式。

首先，感谢赛莱默有限公司的大力支持，没有赛莱默，就没有本报告，感谢赛莱默贡献的研究和图表分析，感谢赛莱默不断推动水务行业的数字化进程。

感谢 Water Foundry 的 William Sarni 和 Cassidy White、赛莱默的 Randolph Webb 主笔本报告，感谢 KWR Watercycle 研究所的 Dragan Savic 和国际水协的 Kalanithy Vairavamoorthy、Katharine Cross、Raul Glotzbach、Marta Jimenez、Rui Veras 以及 Diana Guio 为本报告提供的指导和评审工作。

特别感谢以下邀请作者在短时间内提供的宝贵贡献（按字母和章节顺序排序）：Eva Martinez Diaz、Graham Symmonds、Oliver Grievson 和 Zoran Kapelan（数字水务的基本要素）；Jay Iyengar（数字水务的生态圈）；Cheryl Davis（数字水务的深远影响）；以及 Albert Cho、Djeevan M. Schiferli 和 George Bauer（推进数字化进程的技术）。

感谢各位水务公司的代表，感谢你们同意接受访谈，感谢你们对本报告的贡献（按字母排序）：Biju George（华盛顿哥伦比亚特区供水与污水管理局）、陈锦祥（台北自来水事业处）、Claire Falzone（Veolia）、Dan Naidoo（Umgeni Water）、David Johnson（拉斯维加斯河谷水务管理局 / 南内华达水资源管理局）、Gyanendra S. Saxena（VA Tech Wabag）、Hamanth Kasaan（Rand Water）、Jacky Lei（澳门自来水股份有限公司（属苏伊士集团））、João Feliciano（Administração e Gestão de Sistemas de Salubridade）、金俊伟（深圳水务集团）、Kyong Ho Mun（韩国水资源公社 K Water）、Meriem Riadi（苏伊士集团）、Regina Gnirss（柏林水务）、Richard Appiah Otoo（加纳自来水公司）、Silver Mugisha 以及 Mahmood Lutaaya（乌干达国家供水与水处理公司）。感谢各位分享了独一无二的数字化经验。我们还要感谢其他诸多水务公司的贡献，他们为我们的调研提供了可量化信息，使本报告得以更深入地研究全球数字变革情况。

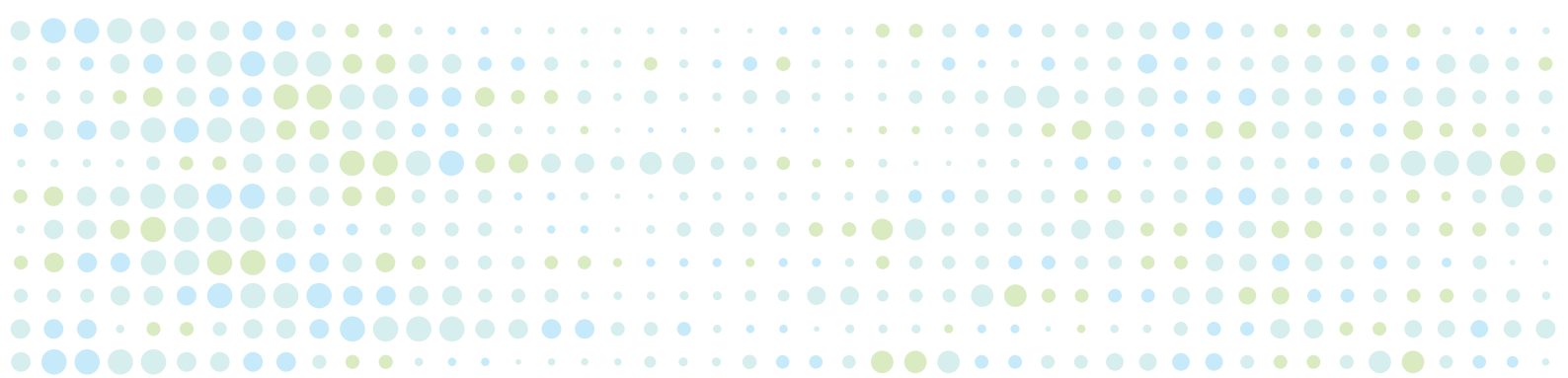
感谢 Vivian Langmaack 对本报告的润色工作。

感谢珠海卓邦科技有限公司许冬件、柯泽淳和中国科学院生态环境研究中心徐强，对中文稿的翻译整理。

感谢本报告没有明确提及，但亦为本报告作出贡献的各位人士。

# 参考文献

- “68% of the World Population Projected to Live in Urban Areas by 2050, Says UN.” (2018). *United Nations*. <https://www.un.org/development/desa/en/news/population/2018-revision-of-world-urbanization-prospects.html> (accessed 29 April 2019).
- Affleck, M., Allen, G., Bozalongo, C. B., Brown, H., Gasson, C., Gasson, J., González-Manchón, C., Hudecova, M., McFie, A., Shuttleworth, H., Tan, M., Underwood, B., Uzelac, J., Virgili, F., and Walker, C. (2016). *Water's Digital Future*. Oxford: Media Analytics Ltd.
- Augmented and Virtual Reality in Operations. (2018). *Capgemini Research Institute*. <https://www.capgemini.com/wp-content/uploads/2018/09/AR-VR-in-Operations1.pdf>.
- “Augmented Reality for Utilities Surges Ahead: Toronto Water Pilots Holographic GIS.” (2018). *vGIS*. <https://www.vgis.io/2018/01/24/augmented-reality-utilities-surges-ahead-toronto-water-pilots-holographic-gis/> (accessed 29 April 2019).
- Bailey, J., Harris, E., Keedwell, E., Djordjevic, S., and Kapelan, Z. (2016). Developing decision tree models to create a predictive blockage likelihood model for real-world wastewater networks. *Procedia Engineering*, 154: 1209–16.
- Biswas, Biplab. (2017). “Is Blockchain a Reality of an Innovation Wish List in Utilities?” *Capgemini*. <https://www.capgemini.com/2017/11/is-blockchain-a-reality-or-an-innovation-wish-list-in-utilities/#> (accessed 29 April 2019).
- “Digital to the Rescue: Making Water Management Smarter in City Networks.” (2017). <https://www.veolia.com/anz/rethinking-sustainability/rethinking-sustainability-blog/digital-rescue-making-water-management> (accessed 29 April 2019).
- “Digital Water Programme.” (2019). *International Water Association*. <http://www.iwa-network.org/projects/digital-water-programme/> (accessed 29 April 2019).
- “Digitalisation Can Solve Water and Climate Crisis.” (2018, April 23). *The Nation*. <http://www.nationmultimedia.com/detail/opinion/30343725> (accessed 29 April 2019).
- Eggers, W. D., and Skowron, J. (2018, March). “Forces of Change: Smart Cities.” *Deloitte Insights*. <https://www2.deloitte.com/insights/us/en/focus/smart-city/overview.html> (accessed 2019 April 2019).
- Falco, G. J., and Webb, R. (2015). Water microgrids: The future of water infrastructure resilience. *Procedia Engineering*, 118: 50–57.
- Fields, N. (2015, April). “Non-Revenue Water Loss: the Invisible Global Problem.” *University of Denver Water Law Review*2. <http://duwaterlawreview.com/non-revenue-water-loss-the-invisible-global-problem/> (accessed 29 April 2019).



Gan, N. (2014). "Offshore Water Quality in Shenzhen Worst of Guangdong's Coastal Cities." *South China Morning Post*. <https://www.scmp.com/news/china/article/1633536/offshore-water-quality-shenzhen-worst-guangdongs-coastal-cities> (accessed 29 April 2019).

"Gartner Survey Shows Organizations Are Slow to Advance in Data and Analytics." (2018). *Gartner*. <https://www.gartner.com/en/newsroom/press-releases/2018-02-05-gartner-survey-shows-organizations-are-slow-to-advance-in-data-and-analytics>.

"Global Smart Water Leakage Management Solutions Market Report 2018-2025." (2018, October 24). *PR Newswire*. <https://www.prnewswire.com/news-releases/global-smart-water-leakage-management-solutions-market-report-2018-2025-300737280.html> (accessed 29 April 2019).

Goodman, R. (2018). "Innovative Ways of Working: Digital Twins in the U.K. Water Industry." *Hexagon*. <https://www.hexagonsafetyinfrastructure.com/blog/2018/09/24/innovative-ways-working-digital-twins-in-the-uk-water-industry> (accessed 29 April 2019).

Grievson, O. (2017). "Smart Wastewater Networks, From Micro to Macro." *Water Online*. <https://www.wateronline.com/doc/smart-wastewater-networks-from-micro-to-macro-0001> (accessed 29 April 2019).

Hagel, J., Brown, J. S., and Samoylova, T. (2013). *From Exponential Technologies to Exponential Innovation*. <https://www2.deloitte.com/insights/us/en/industry/technology/from-exponential-technologies-to-exponential-innovation.html>.

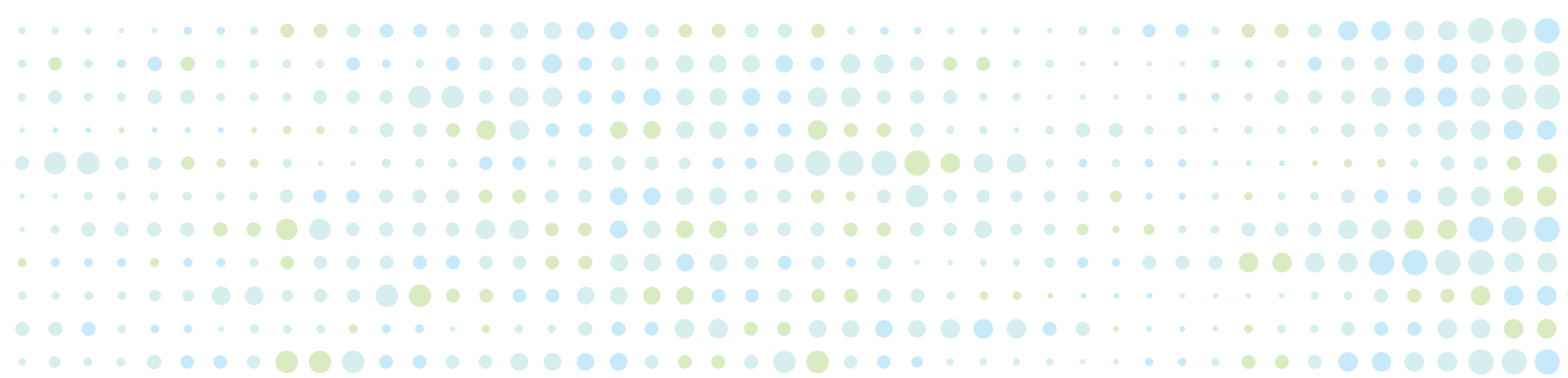
Hill, T. (2018). "How Artificial Intelligence Is Reshaping the Water Sector." *Water Finance and Management*. <https://waterfm.com/artificial-intelligence-reshaping-water-sector/> (accessed 29 April 2019).

"Identify Sources of Water Loss." (n.d.). <https://eng.mst.dk/nature-water/water-at-home/water-loss/> (accessed 29 April 2019).

Impact Report. 2017. Niamey. <https://www.scribd.com/document/358684949/CityTaps-Social-Impact-Report>.

Kane, Gerald C., Anh Nguyen Phillips, Jonathan R. Copulsky, and Farth R. Andrus. (2019). *The Duct Tape Guide to Digital Strategy: Adapted from the Technology Fallacy*. [https://www2.deloitte.com/content/dam/insights/us/articles/5047-the-duct-tape-guide-to-digital-strategy/DI\\_Duct-tape-guide-to-digital-strategy.pdf](https://www2.deloitte.com/content/dam/insights/us/articles/5047-the-duct-tape-guide-to-digital-strategy/DI_Duct-tape-guide-to-digital-strategy.pdf).

Kelly, E. (2015). "Introduction: Business Ecosystems Come of Age." *Deloitte Insights*. <https://www2.deloitte.com/insights/us/en/focus/business-trends/2015/business-ecosystems-come-of-age-business-trends.html> (accessed 29 April 2019).



Khoury, M., Gibson, M., Savic, D., Chen, A. S., Vamvakieridou-Lyroudia, L., Langford, H., and Wigley, S. (2018). A serious game designed to explore and understand the complexities of flood mitigation options in urban-rural catchments. *Water*, 10(12): 1885.

Mariana, J., and Kaji, J. (2016). "From Dirt to Data: The Second Green Revolution and the Internet of Things." *Deloitte Insights*. <https://www2.deloitte.com/insights/us/en/deloitte-review/issue-18/second-green-revolution-and-internet-of-things.html> (accessed 29 April 2019).

Meyers, G., Kapelan, Z., and Keedwell, E. (2017). Short-term forecasting of turbidity in trunk main networks. *Water Research*, 124: 67–76.

Myrans, J., Kapelan, Z., and Everson, R. (2018). Automated detection of faults in sewers using CCTV image sequences. *Automation in Construction*, 95: 64–71.

Naujok, N., Fleming, H. L., and Srivatsav, N. (2018). "Digital Technology and Sustainability: Positive Mutual Reinforcement." *Strategy + Business*. <https://www.strategy-business.com/article/Digital-Technology-and-Sustainability-Positive-Mutual-Reinforcement?gko=37b5b> (accessed 29 April 2019).

Nemo, L. (2018). "Digital Stormwater Management puts Valuable Information in the Cloud." <https://stormwater.wef.org/2018/09/digital-storm-water-management-puts-valuable-information-in-the-cloud/> (accessed 29 April 2019).

Nonnecke, B., Bruch, M., and Crittenden, C. (2016). *IoT & Sustainability: Practice, Policy and Promise*.

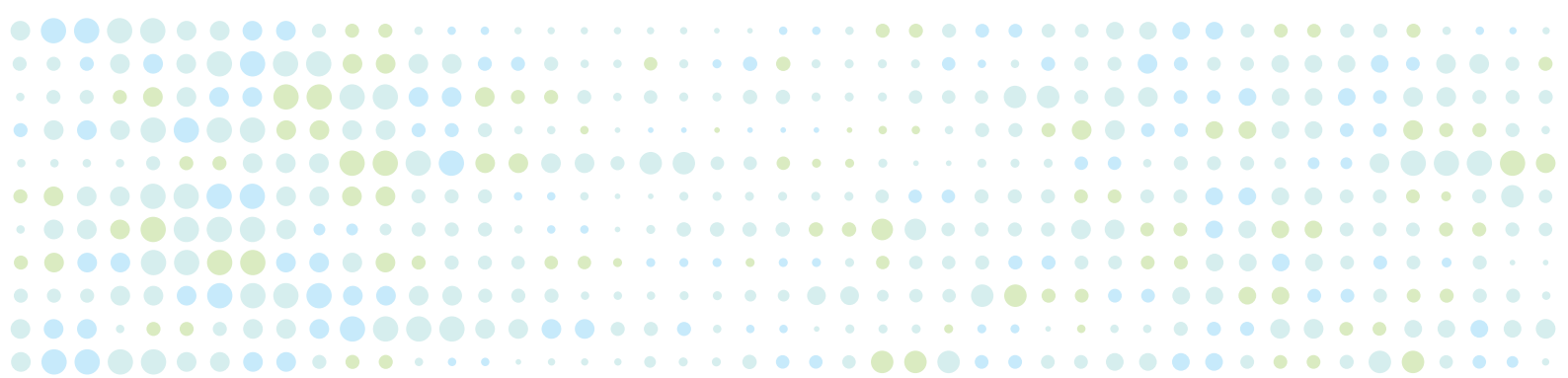
*OECD Environmental Outlook to 2050: The Consequences of Inaction*. (2012). <https://www.oecd.org/g20/topics/energy-environment-green-growth/oecdenvironmentaloutlookto2050theconsequencesofinaction.htm> (accessed 29 April 2019).

Pasti, Francesco. (2018). *State of the Industry Report on Mobile Money*. London. <https://www.gsma.com/r/wp-content/uploads/2019/02/2018-State-of-the-Industry-Report-on-Mobile-Money-1.pdf>.

*PR19 Customer Measure of Experience: (C-Mex): Policy decisions for the C-Mex shadow year 2019-2020*. (2019). Birmingham. <https://www.ofwat.gov.uk/wp-content/uploads/2019/03/PR19-cmex-shadow-year.pdf>.

"Reduction of Non-Revenue Water Around the World." (2015). <http://www.iwa-network.org/reduction-of-non-revenue-water-around-the-world/> (accessed 29 April 2019).

Sarni, W. (2015). "Deflecting the Scarcity Trajectory: Innovation at the Water, Energy, and Food Nexus." *Deloitte Review* (17): 130–47. [https://www2.deloitte.com/content/dam/insights/us/articles/water-energy-food-nexus/DUP1205\\_DR17\\_DeflectingtheScarcityTrajectory.pdf](https://www2.deloitte.com/content/dam/insights/us/articles/water-energy-food-nexus/DUP1205_DR17_DeflectingtheScarcityTrajectory.pdf).



Sarni, W., and Sperling, J. (2019). "A Call to Cities: Run Out of Water or Create Resilience and Abundance?" *Intech Open*. <https://www.intechopen.com/online-first/sustainable-and-resilient-water-and-energy-futures-from-new-ethics-and-choices-to-urban-nexus-strate> (accessed 29 April 2019).

Savic, D. A., Morely, M. S., and Khoury, M. (2016). Serious gaming for water systems planning and management. *Water*, 8(10): 456.

Scott, K. (2017, October 6). "This Company Wants to Stop Floods Before they Happen." *CNN Business*. <https://money.cnn.com/2017/10/06/technology/opti-anti-flooding-system-hurricane/index.html> <https://www.unisdr.org/archive/53332>.

"Space-O." (2017). *Space-O*. <https://www.space-o.eu/> (accessed 29 April 2019).

The Future of Food and Agriculture: Trends and Challenges. (2017). Rome. <http://www.fao.org/3/a-i6583e.pdf>.

*UN Disaster Resilience Scorecard to Target Cities*. (2017). Cancun. <https://www.unisdr.org/archive/53332> (accessed 29 April 2019).

Wavish, R. (2018). "What Can Blockchain Do for the Water Industry?" *MHC*. <http://www.marchmenthill.com/qs-online/2018-03-28/can-blockchain-water-industry/> (May 3, 2019).

Weisbord, E. (2018). "Blockchain: The Final Drop in the Wave of Digital Water Disruption – Part 2." *International Water Association*. <https://iwa-network.org/blockchain-the-final-drop-in-the-wave-of-digital-water-disruption-part-2/> (May 3, 2019).

Xie, H., and Wang, X. (2018). Applications of remote sensing / GIS in water resources and flooding risk managements." *Water*, 10(5): 220.

#### 联系作者：

**Will Sarni**

[will@waterfoundry.com](mailto:will@waterfoundry.com)  
<https://www.waterfoundry.com/>

**Randolf Webb**

[Randolf.Webb@xylem.com](mailto:Randolf.Webb@xylem.com)  
<https://www.xylem.com>

**Katharine Cross**

[katharine.cross@iwahq.org](mailto:katharine.cross@iwahq.org)  
<https://iwa-network.org/>





**INTERNATIONAL WATER ASSOCIATION**

Alliance House • 12 Caxton Street  
London SW1H 0QS United Kingdom  
Tel: +44 (0)20 7654 5500  
Fax: +44 (0)20 7654 5555  
E-mail: [water@iwahq.org](mailto:water@iwahq.org)

Company registered in England No.3597005  
Registered Office as above  
Registered Charity (England) No.1076690

inspiring change  
[www.iwa-network.org](http://www.iwa-network.org)