

文献标识码: B 文章编号: 1003-0492 (2022) 04-072-04 中图分类号: TM76

智能配电系统在水务行业的现状及发展趋势

Development History and Trend Prospect of Intelligent Distribution System in Water Industry

★ 徐进 (中国市政工程华北设计研究总院有限公司, 天津 300182)

摘要: 在构建智慧水务和“双碳”时代背景下, 智能配电系统在水务行业中发挥日益突出的重要作用。本文首先回顾了智能配电系统在水务行业的发展历程, 并对其应用现状进行了分析, 进而展望了智能配电系统在水务行业的发展趋势。

关键词: 智能配电系统; 水务; 现状; 趋势

Abstract: Under the background of building smart water and "double carbon" era, intelligent power distribution system plays an increasingly prominent role in the water industry. Firstly, this paper reviews the development process of intelligent power distribution system in water industry, analyzes its application status, and then looks forward to the development trend of intelligent power distribution system in water industry.

Key words: Intelligent power distribution system; Water industry; Current situation; Trend

1 引言

智能配电是随着技术进步和用户需求提升而出现的一个新的理念。智能配电系统将智能化手段应用于常规配电系统, 不仅有助于提高系统的安全性、可靠性, 提高能源利用效率, 还有助于用户提升管理水平。本文首先探讨了智能配电系统的起源和定义, 分析了其组成要素、架构、功能。继而回顾了智能配电在水务行业不同阶段的应用状况。最后对数字化、智能化及“双碳”背景下, 智能配电系统在水务行业中的发展方向和亟待解决的问题进行了分析和探讨。

2 智能配电系统的起源和定义

2003年6月, 在美国“未来能源联盟智能电网工作组”发表的报告中首次出现了“智能电网”一词。该报告将智能电网定义为“集成了传统的现代电力工程技术、高级传感和监视技术、信息与通信技术的输配电系统, 具有更加完善的性能并且能够为用户提供一系列增值服务”^[1]。我国对智能电网的研究虽然起步相对较晚, 但推进速度很快。这场智能化变革已经逐渐从输配电网扩展至用户端, 从高压配电系统扩展至低压配电系统。虽然目前国内尚无智能配电系统权威的、明确的定义, 各种文献资料及集成商的表述亦不尽相同, 但经过归纳、整理可以发现其在组成要素及特征、基本架构和功能等方面的相似之处。

2.1 智能配电系统的组成要素及特征

智能配电系统与传统配电系统的不同之处体现在其智能化。所谓智能化指具有感知能力, 具有记忆和思维能力, 具有学习能力和自适应能力, 具有行为决策能力。智能配电系统在传统配电系统基础上集成了计算机、网络、通信、信息、传感、自动控制、电力电子等领域的先进技术, 具有数字化、智能化、网络化、融合化特征。集成先进技术的智能化硬件、软件产品是智能配电系统的基本组成要素。

2.2 智能配电系统的基本架构

尽管对智能配电系统的描述和配置各不相同, 但梳理归纳起来智能配电系统的基本架构大致相同, 都是由底层的智能设备层和上层的监控管理层组成。近年来随着网络技术、大数据的应用, 又增加了云端应用层。如图1所示。

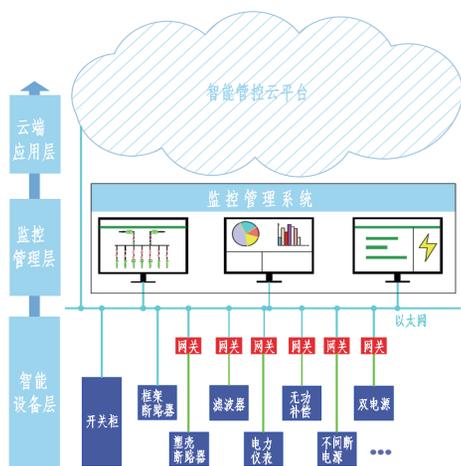


图1 智能配电系统的基本架构

2.2.1 智能设备层

智能设备层是智能配电系统的基石，是实现智能化的前提条件。智能设备层由具备通信接口的各种智能电气元件和设备组成，包括智能型断路器、电力仪表、无功补偿装置、滤波装置、微机继电保护装置等电器元件，以及智能型高、低压开关柜等电气成套设备。智能设备层包含传感单元和执行单元，既可实时为系统决策提供完整、准确、可靠的依据，又可及时、准确地实施系统下达的各项指令。

作为数据采集者，智能设备层可实时上传：设备运行参数（电压、电流、频率、有功功率、无功功率、功率因数、谐波含量等）、设备运行信息（断路器分/合闸状态、手车位置等）、设备整定信息（断路器定值参数等）、设备维护信息（温度、设备型号、序列号、固件版本号等）等。

作为指令执行者，智能设备层可根据监控管理层的指令执行参数设定、定值调整、分/合闸操作等。

2.2.2 监控管理层

监控管理层是智能配电系统的核心，是系统的“大脑”，直接影响配电系统的智能化水平的高低。监控管理层通常采用模块化设计的软件，结合网络通信技术、计算机控制技术，接收、处理设备层上传的信息，经过处理、数据挖掘，通过画面呈现、控制指令输出、信息提示等方式实现不同的功能。由于每个软件模块对应不同的功能，因此软件模块的数量和质量是决定配电系统智能化水平的关键。

2.2.3 云端应用层

云端应用层通过云端服务平台进行大数据分析、处理，为用户提供高级的决策指导及技术支持。

也有一些生产商将监控管理层的功能置于云端，这样可有

效降低系统的初期投资和后期的运行维护成本、易于扩展。

2.2.4 通信网络

智能设备层与监控管理层之间的数据交换通常采用现场总线或以太网形式。具备RS485接口的电气装置加装通讯模块可采用总线连接，通过网关进行协议转换后利用以太网连接至上层系统；具备以太网接口的电气装置加装通讯模块可直接连接至上层系统。

2.3 智能配电系统的功能

智能配电系统实现了配电系统从功能化向智能化升级，自动化程度高、可靠性、稳定性强、界面友好，可为用户提升能源利用效率和管理水平提供多维度支持。智能配电系统的功能因集成商的理解和侧重不同而存在差异，归纳起来主要有能效管理、电能质量管理、电气资产管理和运行维护管理等方面。前两者为基本功能，后两者为更高级别的功能，且上述功能在不同配置下实现的层级也不同，如表1所示。

表1 智能配电系统功能

功能名称	功能描述	功能描述	
		基础	高阶
基本功能	能效管理	实时采集用电信息，进行趋势分析、指标追踪、提供报警信息并输出报表，进行能耗深度分析。	提供优化节能建议，帮助用户提升能效管理水平。
	电能质量管理	实时采集电能质量信息，对电压偏差、三相不平衡、电压波动与闪变、谐波等进行分析、诊断。	做出预判、及时发布报警信息。
高级功能	电气资产管理	提供电气资产查询，生成资产报告。	分析评估元件、设备的健康状态，提示备品备件需求。
	运行维护管理	系统可视化，进行故障预测、事故预判，提供预防性维护指导和计划，帮助用户实现主动性维护。	提供保护定值优化建议、快速进行故障诊断，提供恢复指导意见。

3 智能配电系统在水务行业的发展历程和趋势

3.1 智能配电系统在水务行业的发展历程

水务是城市基础设施重要的组成部分，直接影响城市能否正常运转。而电力供应是否可靠、稳定，则是影响水务行业运行的关键。

水务行业在传统的配电方式下，电气系统的运行维护主要依赖运行人员的专业水平和责任心。凭借运行人员日常巡视的眼观（设备外观和仪表读数）、耳听（设备异响）、鼻嗅（焦臭异味）、手扫（扫描温度），工作量巨大且难以发现潜在隐患。如果管理存在不足，如原始资料缺失、调整未存档、台账

不清、人员更替等，电气系统的实际情况形同盲区，存在极大的安全隐患。

2000年左右，高压系统的微机继电保护和多功能电力仪表的出现，打破了长期以来高压系统二次回路用各种继电器搭建，上传电量参数只能通过互感器加装变送器的做法。

10kV~35kV配电系统在开关柜上装设微机继电保护装置和多功能电力仪表，通过通信与后台监控系统连接，可显示电气参数、断路器分/合闸状态，进行各种保护定值的调整、设定以及控制断路器分/合闸等，实现系统的遥测、遥信、遥调、遥控，即“四遥”。高压配电系统具备了基本的智能化要素，具有智能设备层和监控管理层的架构，可实现能效管理和电能质量管理的基本功能。

在0.4kV级的低压配电系统中，多功能电力仪表采集的数据通常上传至高压的监控系统后台或水务企业的中控室上位机，仅用于显示和生成报表，未形成低压智能配电系统。

但此时的配电系统比传统的常规系统已有很大进步，不仅免去了运行人员日常抄表的繁重工作，还有助于及时发现问題，以及在事故发生后作出准确判断。

2010年之后，基于多功能电力仪表的能源管理系统逐渐在水务行业得到应用。这类系统可实现实时及历史能耗数据查询、展示、打印，简单的数据分类管理与分析等功能。这类系统偏重可视化，对数据的分析与处理能力低，只能算作低级别的智能化系统。

此后，为实现低压系统的遥控，出现了基于PLC的低压智能配电系统。即在装设多功能电力仪表的基础上，低压断路器装设电操，采用硬接线的方式与PLC连接，通过软件实现断路器远程分合闸，并且可通过上位机进行控制。这类系统实现了水务行业远程场站的无人值守，极大降低了人工成本，但存在接线数量多、故障率高、维护检修困难等问题，只适用于逻辑关系简单的小规模系统。

3.2 智能配电系统在水务行业的发展现状

水务行业配电系统智能化，因厂商擅长的领域不同，主要有以下几种类型：

(1) 多功能电力仪表型

智能配电系统基于多功能电力仪表，并纳入生产运行所需的其他监测仪表，提供便捷的数据查询功能，并能根据用户需求定制超限报警等功能。能实现能效管理和电能质量管理的基本功能，但缺乏对数据的深入分析与挖掘，难以实现资产管理和运维管理功能。特点是投资低，满足用户基本的能源管理需求、帮助用户降低人工成本。这类系统在水务行业智能配电系统中应用相对较多。基于仪表的智能配电系统架构如图2所示。



图2 基于仪表的智能配电系统架构

(2) 微机继电保护型

生产商在35kV~10kV电气系统保护方面有较强的实力，熟悉、了解系统运行问题和用户的运维需求。高压侧除常规的功能外，还可实时监测分/合闸线圈、储能电机、电动底盘车和电动接地刀电机，监测断路器触头温度、母线接头温度等；同时低压侧也采取多项监测措施并在监控平台配置相应的软件。这类系统具备智能配电系统的四项管理功能，在规模大、高压设备多的水务企业有明显应用优势。

(3) 低压电气元件型

这类生产商依靠对低压断路器等元件的强大研发能力不断对产品进行智能化升级，夯实智能设备层。更有公司针对小型智能配电系统研发了智能配电一体机，能够实现“四遥”，且成本低，适用于水务行业管网上小型排涝泵站、污水提升泵站等。这种一体机还可通过以太网连接上层监控系统，适用于水务行业中单体小、数量多、范围大的使用场景，如井群等。智能一体机架构如图3所示。



图3 智能一体机架构图

(4) 开关柜型

这类厂商一般是实力较强的开关柜制造商。他们发挥自身优势，以智能型开关柜为基础结合监控平台组成智能配电系统。柜内设有通信设备专属空间，线路简洁。动力、控制、通信电缆各行其道，避免信号干扰，保证了数据传输稳定、可靠。此类智能开关柜的价格较高，厂商通常建议配套同品牌的

监控平台降低综合造价。但其监控平台的功能选择性小，用户需求受限。智能开关柜系统架构如图4所示。

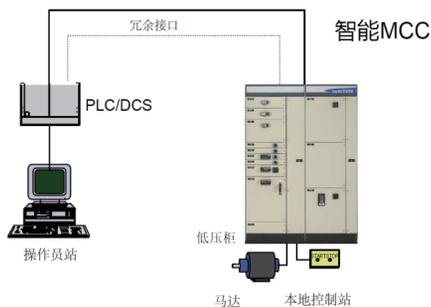


图4 智能开关柜系统架构图

(5) 全产品线型

这类生产商具备全部或大部分高、低压及通信产品的软硬件研发能力，具有多年的电气和自控技术积淀，对配电系统智能化有深刻的认识和解读。搭建的智能配电系统品类齐全、配置灵活，能满足用户的不同需求，可实现智能配电系统全部管理功能的各层级功能。具备这些能力的往往是国内外知名的电气品牌，在水务行业属于高端应用。

3.3 智能配电系统在水务行业的发展趋势

近年来，随着水务行业面临外部条件日益复杂、出水指标不断提高、运行成本压力加大、人员老化等问题，原先的粗放型管理模式难以应对，水务行业急需向精细化管理转变。2020年8月，国务院国资委发布《关于加快推进国有企业数字化转型工作的通知》，要求加快推进国有企业数字化转型工作。

“十四五”规划提出通过推进智慧城市建设，推进市政公用设施等物联网应用和智能化改造，构建智慧水利体系。在国家政策的大力推动和水务行业内生动力作用下，水务行业的数字化、智能化需求迎来大规模增长。

随着技术进步和用户理念的更新，智能配电系统的深度、广度和智能化程度都在不断拓展、升级。

在智能设备层，智能型产品种类不断增多，智能化程度不断提高，具备互联互通特性的产品层出不穷。如采用无线传感技术、具备智能测温功能的真空断路器，能判断电容器容量衰减程度并实现超阈值及时切除的智能控制器，智能测温母线等。智能设备层的扩充和深化，不仅为监控管理层提供更丰富的信息，且执行力更强。

在监控管理层，出现了更多针对水务行业节能降耗的软件产品，如智能泵控系统、曝气控制、加药控制等，实现了节能与工

艺控制相结合。监控平台还综合了企业的电、水、热、气、药及其他监测数据，实现一张图总览全局，为搭建智慧水务平台提供了可靠的技术支撑。

在云端，出现了更多分析与应用增值服务。网络亦由互联网向物联网发展。

智能化三大关键要素：数据、算力、算法。智能设备层的发展使得底层数据的收集不再是障碍；计算机技术和网络技术的发展，算力也已经不是问题；唯独智能化的核心——算法，需要长期、大量的投入，不具开放性且进展相对缓慢。可以预见，未来生产商在智能配电系统的竞争将集中于算法，这也是体现智能配电系统价值的关键。

智能配电系统在水务行业的发展还有一个值得关注的问题：数据安全。水务行业的数据存在敏感性，对数据安全要求高。未来如何保证数据安全，打消用户的疑虑，将是生产商需要努力解决的问题。

在“双碳”目标驱动下，减碳将成为水务行业的重中之重。对水务行业来说，一方面要充分利用新能源，另一方面要深入挖掘企业自身的节能潜力。光伏、生物质能（沼气）是水务行业较易取得的清洁能源。与之相适应，智能配电系统需要满足新能源接入、微网运行等方面的需求。水务行业智能配电改造的运行实践证明，智能配电在节能降耗方面具有极大优势，今后需要通过深入挖掘数据价值，帮助用户进一步深化、细化工作，提高能源利用效率。

4 结语

数字化、低碳双转型背景下，研究智能配电系统在水务行业的应用，分析其存在的问题和发展趋势，对于提高水务行业能源利用水平、管理水平具有重要意义。智能配电系统在水务行业的应用虽然取得一些成绩，但依然明显落后于时代发展的要求，需要产品研发、生产，工程投资、设计、建设、运营各方的推动与支持，促进智能配电系统在水务行业的应用与推广，为水务行业的智慧化建设和低碳运行提供有力保障。AP

作者简介：

徐进（1973-），女，上海人，高级工程师，硕士，现就职于中国市政工程华北设计研究总院有限公司，从事市政行业电气设计及研究工作。

参考文献：

[1] 张玮亚. 智能配电系统分区电压控制技术的研究[D]. 天津大学, 2015.