

[智慧配电网]

新型电力系统下“智慧配电网+”的实践

文/姜慧兰 蒋鹏飞 张绍海
国网青海省电力公司海北供电公司

“智慧配电网+”是一种新型的电力系统管理方式，对我国的电力行业发展具有重要意义。在现实生活中，很多国家或地区都对“智慧配电网+”进行了积极的探索与实践。随着智能电表、智能变压器和智能配电装置等智能仪表的投入使用，在数据云平台和智能监测系统等方面的投入，各区域电力系统均有较大的创新发展。将智能装置和系统引进到配电网的更新改造工程中，使其能够使电网的运转效率得到显著提升，从而减少能耗，提升电网的供电品质，为人们创造一个更为安全、可靠的用电环境。文章对新型电力系统下“智慧配电网+”的实践作出分析。

“智慧配电网+”是新型电力系统中的一个关键组成部分，它不仅是一项单纯的科技更新，同时也是以大数据分析、人工智能和互联网等为基础的一种崭新的电力能源管理方式。“智慧配电网+”通过智能装备与系统，能够对供电、用能及电力装置的工作状况进行实时监控与分析，对提升电力能源使用效益，减少能源消耗，确保电力网络的安全与稳定运行具有重要意义。本文以我国某省智慧配电网试点项目为例，该项目旨在通过先进的智能配电技术，提升配电网的智能化水平、可靠性和经济性。项目覆盖了多个城市和区域，安装了超过50万台智能电表，涉及到智能设备的升级、数据监测和分析以及用户互动等多个方面。项目实施后，配电网的供电可靠性指标提高了15%；电力损耗率降低了约3%；支持大量分布式可再生能源接入，促进了清洁能源的发展。

“智慧配电网+”分析

“智慧配电网+”是以现代信息通信、大数据分析和人工智能等技术为核心，以新型电力系统为

基础，构建以智慧化为核心的配电网体系结构。实现了实时监控、遥控、数据分析和辅助决策的工作。通过“智慧配电网+”技术应用，达到对分布式电源接入、负荷预测与调度以及故障检测与诊断等多个环节的精确控制，提高供电可靠性，降低能耗，优化供电品质。如图1所示。



图1 智慧电网现场

以一次设备和二次设备为基础，融合电力电子、计算机和通信等技术的“智慧配电网+”，是一种综合电力系统各个方面的技术。从技术层面上看，新能源发电、电力市场化、电能质量和电网自

愈等是当前电网与“智慧配电网+”的区别。“智慧配电网+”的实现是以信息技术为基础，通过对信息技术的深入研究，建立一个具有自主知识产权的智慧化电网。“智慧配电网+”可以使电网进行智慧化操作和控制，依据供电目标，建立一种以实时信息为基础的大范围保护与应急控制相结合的新型安全防护系统^[1]。针对电力系统大范围动态变化的特征，提出以数据交互为基础的防护控制策略，以协调整体和部分功能、速度协调为目标，解决协调分布和电力防护和广域控制等方面存在的问题。

“智慧配电网+”在新型电力系统应用中的优势

(1) 提高供电质量，保障信息交互

从电力调度的角度分析，“智慧配电网+”已经很好地融入到网络技术之中。因此，可以让用户充分地参与到配电网络的运营和利用之中，从而极大地增强配电网络的互动性。在这一基础上，根据客户的真实用电需要，根据实际的供电要求，实现对电力的统一调度与管理。同时，通过对用电装置的真实操作进行监控，可以获得对客户所给予的电能进行有效的回收，从而为今后改善供电业务奠定坚实基础。因此，总体来说，目前国内的“智慧配电网+”运用，展现出了高智慧化水平和互动性的特征和优点，这将会对保证新型电力系统的供电品质起到十分重要的作用。

(2) 保障配电网安全，增强灾害抵御能力

从长远来看，在国家大力推动新型电力系统的发展中，可靠性始终是一个很大的问题，而安全性能又是影响“智慧配电网+”实际应用的关键因素。从目前“智慧配电网+”的应用现状来看，智慧表计、智慧运行和智慧决策三个环节的作用在某种意义上决定了新型电力系统的作用。也是由于这三个环节的支撑，使得电力系统运行的安全可靠得到很大提高。特别是5G时代的到来，推动了“智慧配电网+”的进一步优化与提升。比如，电力无线专用网络就是当前国家为提升配电网络的可靠性而采用的一种主要手段，它的优点是可以极大地增强配电网络抵御自然灾害的能力，保证配电网络和供电装置正常工作，避免停电。另外，在分配速率方面，该方法还具备明显的优点，可以避免其

他线路对自身运营造成影响。因此，“智慧配电网+”必将是今后国家新型电力系统发展的一个重点发展方向。

(3) 效率高，经济效益良好

配电网络的建设毫无疑问属于大型项目，在施工过程中耗费大量的人力、物力和财力，特别是在常规的配电网络中，更是如此。配电网络具有高频、高密度和易受外部环境干扰等特点。在此条件下，其发生故障的几率将大大增加，进而加快了配电网络的老化与破坏，降低了配电网络的服务年限。而对于“智慧配电网+”而言，它可以对电网中所有的资源进行有效的开发，在其投入使用之后，可以产生一套高品质的产品与服务，从而在降低配网运营费用的同时，还可以提高配网的供电品质^[2]。在“智慧配电网+”的运行方式下，工作人员可以通过计算机及相关的智慧操作平台，对整个配电网实施一体化的管理与实时监控，并对设备在工作中是否发生了一些异常的现象进行判定，进而对整个配网进行优化，从而提升分配的速率和科学分配。

新型电力系统下“智慧配电网+”系统功能实践

(1) 配电网测量控制终端

配电系统终端由配电装置、供料器、智慧终端、GPS及通信网组成。该终端的实践，能够实时高准确度地获取电力系统中的各种仿真数据以及各种状态数据，快速地对电力系统中的各种参数进行探测，对其进行过滤并传输到配电网络监控屏幕上，由智慧终端来完成故障的诊断。当遇到突发事件或者在软件开发阶段没有考虑到该问题时，该智慧终端可以为解决故障问题提供方法和数据参考。在此基础上，新型电力系统的配电线路计量控制终端，可以通过一个接口来访问原始的数据，利用SCADA的实时数据来表示整个系统的状态，并将其与当前的拓扑联系起来，提取出该地区的实时拓扑，并对该网络的各种状态进行优化，从而得到各种静态极限、切换状态等参数。配电网络计量与控制终端系统，其特征在于：通过对数据的输入和输出来实现配电网络的闭环处理，具体的计量终端负责在规定的范围之内采集配电网络的运行状况，并

对其进行故障诊断；为电网设备的运行状态、检修状态和停运状态提供精确的电力供应通路，实现了大规模配电设备的分级和模糊查询的可视化，如图2所示。



图2 智慧配电网测量控制终端

(2) 配电网调度智慧化实践

“互联网+”这一新的发展方式正在全国各行各业中被大力推进应用，说明与网络技术相结合，必然会是今后“智慧配电网+”系统发展的一个重大趋势和目标。目前，基于物联网技术的“智慧配电网+”系统已被广泛应用于新型电力系统中，通过构建庞大的网络化电力体系，可以实现对区域内大范围的电力覆盖，大幅提高电力系统的运行效率。本质上，通过与物联网技术相结合的“智慧配电网+”，对电力系统进行电力调度的优化，其核心是基于无线感知技术与射频技术，快速了解电力消费者的实际用电需求，并对其进行实时监控，将所获得的实测数据上报给智慧决策层。最终通过大数据的分析，对客户的电力消费行为进行深入的分析，从而制定更加科学、经济和有效的供电管理策略。推进配电系统的智慧管理，主要是为了实现对电力市场的整体优化，尽可能地降低电能和各种资源的损耗，从而给供电公司带来更高的经济效益和社会效益。

(3) 继电保护功能

在配电网的扩展和“智慧配电网+”的实际应用中，传统的继电保护方案多采用当前的差动保护方式。但是，过去的电流差动保护充分发挥了“智慧配电网+”的优势，要求在每条线路两侧分别设置一个独立的电流互感器和断路器，增加了系统的投资成本。所以，“智慧配电网+”的维修和

操作工作必须将重点放在对过去电流差动保护的科学性改进上。另外，全面考虑高电阻接地的情况。在“智慧配电网+”中，差动保护存在明显的滞后现象，使得采用当前型差动保护作为继电保护方式，增加了传输通路因需要维修的因素而带来的传输困难。而在“智慧配电网+”系统中，由于导线太长，故将快速切断保护的反应速度提高到最高，无法解决因网路不流畅而导致的防护延时问题。基于上述分析，在构建基本的“智慧配电网+”系统的保护和操作的实际过程中，要逐渐实现电动式的工作形态和当前安全防护工作形态的充分融合和运用。这两种保护工作方式已经成为“智慧配电网+”系统的主流保护结构，说明过去传统的电流差动工作方式已经成为“智慧配电网+”系统的后备保护。特别是在保护方式上，可以同时推导出当前电流速度的保护，从而获得相应的保护输出值，有效地保证“智慧配电网+”系统的安全和平滑运行。

(4) 智慧化配电网通信系统

智慧配电网通信系统的设计，将配电网与现代智能技术及通信技术相结合，极大地提高了其经济效益与先进度，更符合目前5G的迅速发展。通过对目前国内配电网的总体规划分析，该系统具备如下优点：首先，是能够高效地访问各类业务，对供电市场的业务进行进一步的优化，使之可以为客户创造更加便捷的信息交流环境。在智慧配电网通信中，首先要对通信线路进行合理的分割，并在此过程中进行科学的信息监控；其次，要注重区域内的线形划分，在施工阶段要注重各个等级控制，要严格控制8个等级之内；再次，要根据就近原则，对交接柜的选址进行合理的安排；最后，要加强网络整体的安全防护，建设坚固有力的环形网络。在此背景下，要使安全保护的作用最大化，必须要实行终端验证，即设计者要使用适当的安全标识技术来增强访问终端的安全性^[3]。另外，要对不同的用户采取合适的服务隔离措施，防止用户之间出现各种不良服务，同时要增强通信的安全性。还有就是深入排查，从多个方面对网络安全隐患进行全面排查，保证各类终端服务在法律上符合规定，为推动“智慧配电网+”的良性发展奠定良好的基础。

(5) 电力系统数据采集与监控

在“智慧配电网+”系统中，数据的采集和监测是一个很重要的问题。在实践设计过程中，旨在实现对整个“智慧配电网+”的实际运行进行全程监测，它所收集的资料、系统的背景分析计算的数据应用与可视化现实之间存在着某种必然的关系，这些都是使“智慧配电网+”在出现故障时能够迅速地确定出故障问题点，并进行相应解决的有效方法，从而使其能够恢复正常的电力供应。在这个领域中，必须要有光纤和载波支撑，才能够对所有的节点进行监测和防护，这样才能够将监测和保护区域全部都纳入到“智慧配电网+”当中^[4]。通过这种方式，能够借助网络监测的数据来完成整个智慧配电网的计算。通过以上所说的智能技术，当智慧配电网出现故障，相应的数据参数就会出现异常，就可以进行实时的数据收集，并将这些异常的信息发送到系统的后台，技术人员能够对这些问题进行分析，或是通过系统逻辑来进行故障诊断，找出问题根源，以便能够在最短的时间内解决问题。

新型电力系统下“智慧配电网+”实践应用

(1) “智慧配电网+”应用于城镇电网

“智慧配电网+”技术能够有效提高城市电力系统的供电可靠性、能源利用率以及电力系统的安全运行。比如，利用智慧传感、大数据等手段，精确地预估电力系统的负载变化，并进行最优的调

度，解决过负荷、电压失稳等问题。智慧配电网+能够有效地接入与管理新能源，推动新能源高效开发，支撑我国城镇电网的网络化发展。这对于改善电力系统的电力供应品质、减少能耗和提升电力系统抵御灾害的能力具有重要意义。除此之外，“智慧配电网+”技术能够有效地解决我国农村电网供电问题，保障其供电安全。在此基础上，通过将智能监测设备以及智能电力监控技术应用到农村新型电力系统当中，可以精准识别故障因素和危险节点。同时，“智慧配电网+”也有利于推进我国乡村分布式新能源的接入与使用，减少对传统电网的依赖，增强供电的可持续发展能力。同时，“智慧配电网+”还将支撑农村电网与智慧农业、农村电商等产业的深度结合，为农村经济发展提供有力的支撑^[5]。

(2) 工业电力系统应用“智慧配电网+”

在工业电力系统中，“智慧配电网+”能够有效地缓解工业电力负荷高、负荷复杂的特点。采用智慧传感与监控方法，实现对工业设备用电状态的实时监控，实现对电网的智慧负荷预报与调度，达到最大限度的节能降耗。另外，“智慧配电网+”还能够为用户提供精确的电量测量与结算技术，增强对企业用电状况的监督与治理作用。“智慧配电网+”技术的实施，极大地提高了工业电力系统的供电可靠性，并对能耗进行有效的控制，为工业生产提供可靠的电力支持，如图3所示。

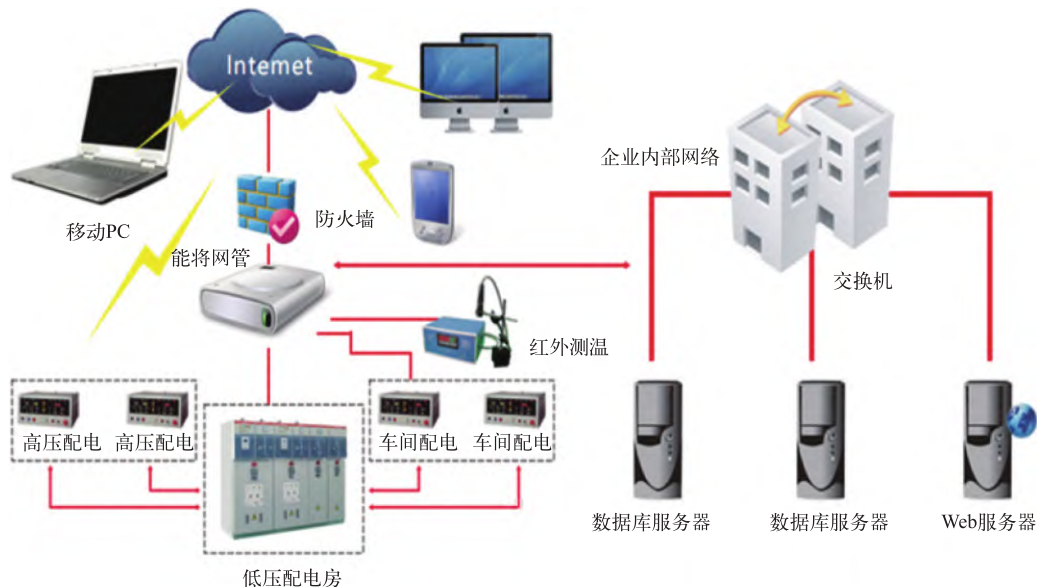


图3 企业智慧电网系统示意图

(3) 自动化技术应用

首先，是使用者自动化，即有关工作人员能利用网络科技，对使用者所需电力资料加以处理，从而节省许多人力与资源。在过去，供电公司以收取电费方式获取经济效益，抄表收费是其收费的重要基础。转录操作繁琐，占用了很多人力物力，而且不能有效地提高工作效率。为了保障电网的升级和适应社会发展的需要，采用自动抄表技术可以极大地降低故障率，提高供电公司的总体工作效率。而且，随着最近几年国内电力用户数量的不断增加，自动抄表还可以解决因为大量业务而导致的服务升级速度慢的问题，从而推动电力公司的发展。其次，是用计算机来实现对电网的控制，可以在计算机上直观地看到各部件的工作状况。然而，在以往的电网运行中，往往都是由专门的工程师来完成各项工作。手工操作容易造成人为失误，而采用自动控制方式则能有效地降低失误率，从而大大地改善了工作效率^[6]。

(4) 微电网中应用“智慧配电网+”

微电网是由分布式电源、储能设备及负载构成的规模较小的分布式电源系统，“智慧配电网+”在其中发挥着关键作用。基于“智慧配电网+”的智慧传感与控制策略，能够对微电网中各节点进行监控、控制与协调。比如，采用智慧传感技术准确地检测微电网能源的输入与输出，实现微电网运行状况的在线监控。采用大数据分析预测方法，对微电网的负载与供电进行智慧管理与优化调度。通过“智慧配电网+”技术，可以使微电网与主站网络相互协调，达到微电网与主站能源交换和最优配置。

结束语

综上所述，“智慧配电网+”的实施，具有很

大的发展前景。在此基础上，利用智慧控制理论，可以对新型电力系统进行有效调度，最大限度地提高电网的供电效率、可靠性和经济性。但是，要真正达到“智慧配电网+”的目标，还需要政府、企业以及全社会的通力合作。国家应加强扶持，出台相应的政策法规，为其发展与改革奠定坚实的基础。企业要主动投资于研究与创新，促进智慧科技的运用与普及，持续提高电网的智慧程度。同时，全社会都应该增强对“智慧配电网+”建设的理解与支持，以推动我国电力行业的可持续发展。EA

(收稿日期：2024-08-30)

参考文献

- [1] 吴兆顺. 新型电力系统下“智慧配电网+”的探索与实践[J]. 现代工业经济和信息化, 2023, 13(10): 81-83.
- [2] 刘志, 孔繁宇, 樊国旗, 等. 新型电力系统下“智慧配电网+”的探索与实践[J]. 大众用电, 2022, 37(11): 55-55.
- [3] 耿立宏, 冯义华, 盛万兴. 建设现代智慧配电网助力新型电力系统发展[J]. 农电管理, 2024(4): 5-7.
- [4] 闫银芳, 李春林, 李晓峰. 数据中心供配电系统智慧运维探讨[J]. 网络安全和信息化, 2024(5): 70-72.
- [5] 王小磊. 智慧电力系统在实训室用电管理中的应用[J]. 福建电脑, 2024, 40(2): 101-104.
- [6] 包英捷, 郝杰勇, 余长开, 等. 新型电力系统中火电机组运营智慧决策系统[J]. 热力发电, 2024, 53(1): 183-187.

