

智能用电技术在智慧城市中的应用

孙厚涛^{1,2}, 朱金大^{1,2}, 武迪^{1,2}, 陈璐瑶^{1,2}, 骆健^{1,2}

(1. 南瑞集团(国网电力科学研究院)有限公司 江苏 南京 211006; 2. 国电南瑞科技股份有限公司 江苏 南京 211006)

摘要: 由于新型传感网络、物联网、云计算、大数据处理和信息融合技术的飞速发展, 智慧城市的概念被提出来用以解决城市管理、规划、交通和基础设施建设等方面的问题。智能用电技术在中国智慧城市建设方面的应用已经进行了诸多的理论研究和实践探索。首先介绍智能用电技术在智慧城市中的应用体系架构, 其次针对中国智慧城市建设出现的问题提出一系列解决方案, 最后对在武汉和南京的两个智慧城市建设中的实际工程案例展开介绍, 为智能用电技术在智慧城市中的应用提供参考和前期探索。

关键词: 智慧城市; 智能用电技术; 体系架构; 解决方案; 工程建设

DOI: 10.3969/j.issn.1000-3886.2019.04.001

[中图分类号] TN915.853; TM73 [文献标识码] A [文章编号] 1000-3886(2019)04-0001-04

Application of Technique for Intelligent Use of Electricity in Smart Cities

Sun Houtao^{1,2}, Zhu Jinda^{1,2}, Wu Di^{1,2}, Chen Luyao^{1,2}, Luo Jian^{1,2}

(1. NARI Group Corporation (State Grid Electric Power Research Institute) Co., Ltd., Nanjing Jiangsu 211006, China;

2. NARI Technology Co., Ltd., Nanjing Jiangsu 211006, China)

Abstract: Because of rapid development of new types of sensor networks, Internet of Things, cloud computing, big data processing and information fusion technology, the concept of smart city has been proposed to deal with such problems as city management, planning, transportation and infrastructure. A lot of theoretical research work and practical exploration has been made in the respect of application of the technique for intelligent use of electricity in the construction of smart cities in China. Firstly, an introduction was made of the application architecture of the technique of intelligent use of electricity in smart cities. Then, a series of solutions were put forward for the problems appearing in the construction of smart cities in China. Finally, two practical engineering cases of construction of smart cities in Wuhan and Nanjing were described, as reference and preliminary exploration of the application of the intelligent use of electricity in smart cities.

Keywords: smart city; technique for intelligent use of electricity; system structure; solution; engineering project

0 引言

随着中国城镇化建设进程的加快, 城市承载了前所未有的经济、政治、文化、科技和民生使命, 绿色、智能、高效成为城市发展的必然要求, 因此“智慧城市”的建设成为我国城市发展的重要命题, 同时也为我国城镇化进程实现历史性的弯道超车提供了机遇^[1]。但与此同时, 我国许多城市仍面临着环境污染、交通堵塞、能源紧缺和建筑能耗高等方面的挑战, 而电力作为城市能源结构中最重要的一部分, 已经渗透到城市运行中的方方面面, 因此电力系统已成为解决智慧城市发展综合问题的重要突破口^[2-3]。

从电力行业发展的角度看, 世界各国都在积极研究并提出电力行业数字化、智能化的发展方向^[4]。美国能源部“Grid 2030”计划提出了一个完全自动化的电力网络愿景, 要求对每一个用户和节点都能够实现监控, 保证电能和信息能够在电网任意两点之间双向流动。该计划注重于电力网络基础设施的更新升级, 最大限度地利用通信技术实现机器智能化。欧洲智能电网项目报告指出: 2020年后欧洲电网将变得更加可靠、经济和智能, 更加易于新能源的接入。欧洲电力行业注重可再生能源和分布式电源

的发展, 带动了整个行业发展模式的转变。中国电力行业紧密结合中国能源供应和用电服务的需求, 着眼于建设以特高压电网为骨干, 各级电网协调发展, 具有信息化、数字化和自动化特征的坚强智能电网^[5]。中国电力行业关注于电力生产、信息管理的数字化获取和整合, 促进系统安全可靠、企业效益和服务水平的持续提高。

从技术发展的角度看, 智能用电技术涵盖了实时通信、数据分析、双向交互和需求响应等多方面的技术, 是计算机应用技术、现代通信技术、高级量测技术、控制理论和图形可视化等学科交叉的技术集群。随着更多的分布式电源、微电网和电动汽车接入电网, 配电网作为城市电力系统的载体要求具有更强的主动优化调度能力和自愈保护与控制能力, 并能够对大型电力用户提供智能用电技术以达到节约用电的目的, 这也给智能用电产业带来新的机遇和挑战^[6-7]。

1 智慧城市体系架构

1.1 整体规划

智慧城市可以解决城市人口聚集与城市竞争所带来的各项挑战, 促使城市服务更加均等、更加高效, 同时优化城市产业系统, 增加城市居民幸福感。如何运用丰富多元的城市建设内容,

定稿日期: 2018-07-12

基金项目: 南瑞集团科技项目(52460817A035)

结合现代通信手段,促成产业走向硬件、软件、内容、服务的跨域整合与创新的产业模式,推动跨域整合的产业生态,构建智慧生活产业链,成为城市治理的主要课题^[8]。目前,由于各城市发展现状、区域条件和发展重点不同,且城市区域特性、商业形态及目标导向也不同,如何在城市建设过程中凝聚各方意见形成共识显得尤为重要。在现有的智慧城市众多框架标准中,由英国标准协会提出的智慧城市框架(smart cities framework, SCF)实施指南是相对普遍接受的国际标准,它为城市治理者提供了一个智慧城市的实施框架,供城市治理者参考。

1.2 技术框架

智慧城市通用技术框架一般由感知层、传输层、平台层和应用层组成,并在此基础上衍生出各类应用,其技术体系结构如图1所示。

智慧城市技术架构从上到下依次为应用层、数据层、传输层和感知层。

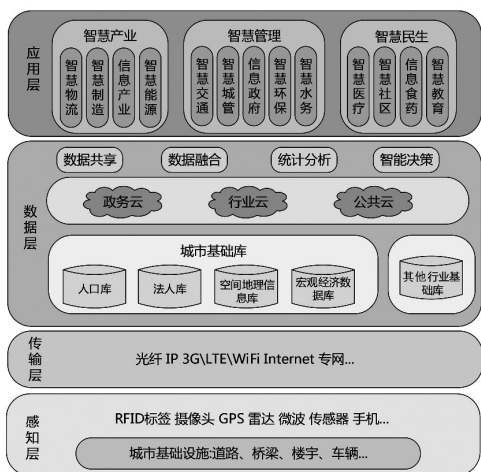


图1 智慧城市技术架构

感知层通过各种传感设备对城市静态属性(如物体基础设施状态等)和动态属性(如城市环境、经济状态等)进行感知和标识,将感知到的城市数据转换为适合网络传输的数据格式。感知层是城市体现出“智慧”的基础。感知层之上是传输层,主要负责对感知层获取的数据进行传送和处理。传输层由多种网络系统构成,为提升数据传输量 and 提高服务质量提供基础。数据层将感知层获取到的城市原始数据整合到按照时间、空间等维度建立的城市模型数据库中。传输层采用大数据存储、大数据分析等技术实现高吞吐率、高传输率的数据交互,满足上层应用需求。顶层的应用层直接面向智慧城市终端用户,通过与数据层共享数据实现业务功能,为终端用户提供多样化的应用和服务。

2 智能用电技术应用

2.1 智慧电力

智慧城市的内涵决定了城市电力系统,对城市配电网提出了更高要求:①更加安全可靠的能源供应,保证城市功能的正常运转;②更加清洁环保的能源品质,减少城市污染物排放;③更加优化的信息资源整合,促使城市管理 with 公共服务更加高效。智慧电力的设计定位也从这几个方面进行开展。智慧电力以强化城市配电网整体运营管理水平为重点,以配网智能综合管理系统为核心,建设高可靠性配电自动化、分布式电源、微电网接入控制与配网智能的综合管理平台。智慧电力系统架构由5部分组成,分别是信息集成、主站系统、通信网络、配电终端和一次设备,如图2所示。



图2 智慧电力整体架构

智慧电力以建设一次网架和配电设备为基础,以配网智能综合管理为平台,以增强电网综合服务能力,实现能源优化配置为目标,覆盖配网调度、运行、生产和检修的全过程,支持客户互动服务,实现配电综合应用的一体化,具备配电自动化控制、分布式电源/微电网接入控制和故障抢修指挥管理等多种业务应用模块。

智慧电力方案提供完整的智能配电解决方案,采用自愈控制技术为供电提供高可靠性保障,基于协调优化控制技术为分布式电源提供即插即用服务,以适应能源互联网结构下的分布式电源智能管理,服务智慧城市多元化和和谐发展,支撑智慧城市能源供给安全可靠和低碳发展。

智慧电力方案不仅可实现配电网运行监控管理信息化、优化运行方式和降低线路损耗,而且还能及时发现、快速诊断并消除隐患,实现自我恢复,抵御各类型故障,从而提高电力供应可靠性,同时具备灵活的配电网运行控制能力,实现多元化负荷和分布式电源即插即用,助力清洁能源及绿色城市建设可持续发展。通过智慧电力解决方案可实现电网、电源和客户之间电力流、信息流、业务流的多向互动,提供多样化电力服务,以友好电力丰富智慧城市服务内涵。

2.2 电动汽车充电网

智能用电技术在交通运输领域的应用是以电动汽车充电服务网络建设、车载终端研制和充电设施建设等为基础,按照“资源重用、信息共享、互动服务、提高效率、统一标准”的规划原则,针对各种不同用户的充电需求及特性,全方位地提高电动汽车充电设施的公共服务能力,进一步加强电动汽车用户与电网的互动水平^[9]。电动汽车充电网络结构如图3所示。

电动汽车充电服务平台集成了数据采集、数据存储、数据分析、资源调度和用户管理等方面,综合运用以云计算为核心的互联网技术,包括:海量数据泛在接入融合技术、专家决策分析知识平台、云数据管理及海量存储技术、云计算安全决策管理、分布式资源虚拟化技术、采用网格协同和主动需求预测的电动汽车客户增值服务管理技术等。

电动汽车充电网络建设可以提高电动汽车和电网的互动能力,提供及时全面的充电服务,使电动汽车充电更加快捷方便,提

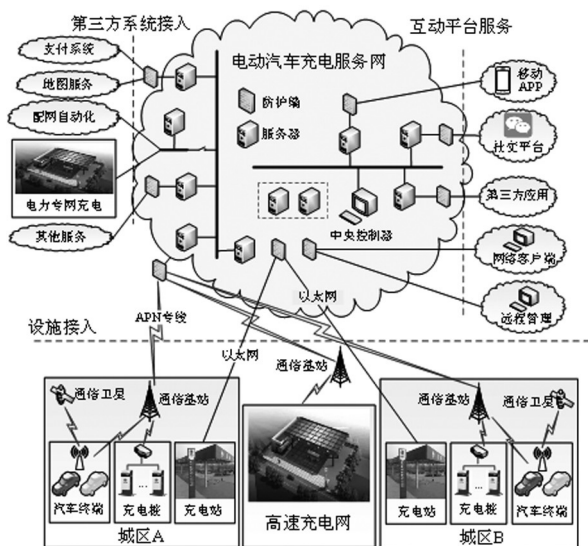


图3 电动汽车充电服务网

高电动汽车车主的用户体验。智慧城市车载终端提供全面的车-车、车-网、车-站信息互通,使城市基础网络的互联互通能力更加安全,信息处理和信息资源整合能力更加高效。充电服务网络建设为电网提供监测、预警、分析、预测和决策能力,为远距离、智能化执行电动汽车应用服务提供平台支撑。

2.3 港口电力系统

港口电力系统由综合能源管控平台、港口交直流配电网和港口船舶岸电三大部分组成。

港口综合能源管控平台通过集成了港口供电监测、港口售电和港口能效管理等功能,实现了港区电力和能源信息的全面监测分析和经济评估,将港口能源消耗管理信息化、可视化,为港口综合能源应用提供业务基础。四表集抄实现对港区能源信息的采集与分析,对港区供电系统、生产设备和生产辅助设备的实时监测与控制,对港区水、电、气、冷、热、新能源的综合优化调度,对港区能源消耗、成本和指标等情况的统计分析。同时,随着中国电力体制改革的深入,港口可逐步成为拥有配电资产的售电公司,通过售电系统参与购售电交易,以降低企业用电成本。港口配电网运行控制框架如图4所示。

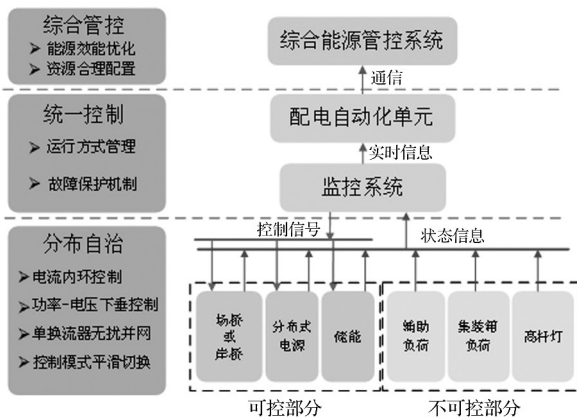


图4 港口配电网运行控制框架

港口配电网是基于运行优化控制及稳定裕度提升的交直流混联配电网,它分为三个层级:第一层控制称为调度控制层,主要用来实现港区综合能源调度及配电网功率优化调节;第二层控制称为统一控制层,主要用来调整本地控制带来的电压及频率偏差以及实现系统优化运行等;第三层为分布自治层,用来实现交直流配电网系统内场桥等子系统的稳定运行。

港口船舶岸电由船岸连接系统、岸电功率主设备和岸电电源系统构成,其中岸电电源系统包括高压开关柜、隔离变压器和高压变频器三部分,10 kV/50 Hz电源经开关柜、隔离变压器到高压变频器,高压变频器输出6.6 kV/60 Hz供船舶负载使用。高压变频器采用交-直-交电压源型为核心,采用的高压变频技术主要有两电平拓扑技术、二极管嵌位型三电平技术及H桥级联式多电平拓扑变频技术,主要区别体现在模块的输出电压及容量上,两电平技术模块输出电压为690 V,故需要额外变压器升压供船舶使用,而二极管钳位型三电平技术能提供更好的模块输出电压,适合于高压大容量系统。

港口以智能电力设备为基础构建港口多元能源接入和综合利用的新型绿色高效港口,有效整合港口多元能源资源、服务信息资源,建设一体化能源数据中心,实现港区水、电、气和热等能源相关数据的统一存储、分析与管理,实现港口人、物资、设备和能源的广泛互联共享,实现港口全方位精细化管理,空间上横向贯通和能级上纵向可控。港口交直流混联配电网利用多端直流配电网实现港机负荷和新能源的柔性接入,可实现港口配电网的优化供电及综合调度管控,大大提升港口环境友好度及能源利用率,促进港口绿色发展。

2.4 智能工业园

智能工业园区以“智慧城市”为模型,以“前瞻考虑、整体设计、自上而下、全局应用”为设计原则。智能工业园区从园区的建设和服务两方面出发,以园区基础设施和智能电网建设为基础、园区综合监控管理平台为核心,通过对园区运营数据的采集、存储和分析,构建园区低碳、节能和环保的能源网,结合各类智能化系统集成,为工业园区管理者、入驻商企业和入住居民提供针对性的智慧服务。智能工业园体系结构如图5所示。

智能工业园区技术方案以综合管理平台为核心,将各系统科学地整合在一起,利用一体化集成、混合架构、云计算和大数据挖掘等技术为园区居民、企业、政府和电力公司打造全新的综合监控管理平台,实现集中化管理、统一化运营和互动化服务。

智能工业园区整体解决方案主要特色如下:①基于能源互联网的绿色低碳智慧园区。园区大量分布式能源采集和储存装置构成新型能源供应网络,通过先进的能量管理技术实现园区内产能和用能的统筹调控,保证能源供应的可靠性;②三位一体的智慧化管理、工作和生活。搭建园区综合监控管理平台,集成各类智能化服务系统,通过对园区能源、环境、安防等数据的采集、存储和分析,提供针对性的智慧服务;③基于大数据挖掘分析技术提供园区公共服务。基于大数据处理、深度挖掘各类业务模式和应用场景,为园区管理者提供管理、服务和数据支撑,为企业、居民建立深度数据共享、人性化能源管理和互动营销服务等;④先进的可视化手段实现园区的整体监控和互动体验。基于综合平



图5 智能工业园体系结构

台实时监控、虚拟现实技术,关键信息、各服务入口嵌入其中,实现园区业务的可视化管理与互动体验。

3 典型案例

武汉未来科技城致力于打造一个世界级的集科技创新、新兴产业和高端人才的工业园区,是中国中西部地区唯一获批建设的“未来科技城”。

武汉未来科技城按照保障电网高效可靠运行和服务低碳智慧城市的思路进行总体规划,以坚强中压配电网为基础,以智能电网通信网及城市一体化物联网通信管理平台作为信息传输支撑,集成多个智能子系统,构建可视化城市运行管理平台,推行城市动态的多维可视化展示,实现智慧城市信息化、自动化和互动化的新特征,打造“安全、互动、干净”的新型未来科技城。

3.1 智慧园区建设

为满足入驻企业对能源、服务的需求,便于园区管理者的运行管理,武汉未来科技城工业园以智能电网为核心,提供包括能源保障、低碳节能和园区智能化应用等管理服务^[10]。

武汉未来城工业园区以电网为核心,在园区开闭所和配电房(10 kV及0.4 kV低压配网)部署智能配电终端,实现配电网运行状态监视、停电监控和故障分析诊断等应用功能。在未来城公寓实现自动抄表和电费计算等功能,并最终统一接入园区综合能效管理平台。在未来城的地标建筑上建设光伏发电系统一套,装机容量380 kWh,在主塔楼中心顶部装设2 kW垂直轴风力发电机组,同时配置总容量为100 kWh的全钒液流储能系统组成微电网,能够在主网停电时与主网断开,独立组网供应大楼重要设施的用电,提高安全可靠。采用以太网无源光网络技术,在未来城建立了一套安全、高速、功能丰富和配置灵活的全光纤接入网络。

武汉未来城智慧园区融合了网络通信技术、新型传感器技术、微电网、高可靠智能设备、配电自动化、快速预警及自愈等技术,大幅度提高园区供电可靠性和供电质量,供电可靠率达国际先进水平。武汉未来城智慧园区通过大量采用节能设备和楼宇综合能效优化管理技术,在未来科技城实现了综合能源利用效

率,提高了清洁能源使用率,减少了温室气体排放。

3.2 智能家居建设

武汉未来城智能家居建设以智能家居样板房为基础,开展智能家居应用推广示范,对居民提供家庭能耗管理服务。实现中央控制、远程控制、环境感知、视频监控、可视对讲、安防告警、智能开关、灯光窗帘、智能用电和智慧云社区等在内的功能。

家庭能耗管理系统帮助用户监测并统计用电量,提供详细的用户用电信息,建立用户能耗信息数据库,帮助用户分析能耗构成,挖掘用户节能潜力,引导用户自觉养成节能习惯。用户可以根据需要设定每月用电预算,当实际用电量接近用电预算时,该系统将会对用户发布用电报表,提供节能建议,自动切换家庭用电节能模式。

3.3 智慧楼宇建设

智慧楼宇建设项目位于武汉未来城新能源研究院B塔楼,通过智能楼宇集成管理系统将能效管理和楼宇控制管理系统无缝集成,实现物理、逻辑和功能上的衔接,有效地实现楼控子系统、暖通、能效管理、照明管理、背景音乐及应急广播等子系统的集中管理、信息互通、资源共享和联动操作。同时,系统可全方位、多形式、多层次地展示楼宇的实时情况,为楼宇智能化管理提供协调统一的平台。

4 结束语

未来城市的发展必然是向着数字化、智能化的方向发展,智能用电技术的研究与应用已经涵盖了城市的电力、交通、水务、家居和照明等各个方面,为城市真正实现智能化提供综合解决方案。本文分析总结了智能用电技术在电力、交通和港口等领域的应用模型,最后详细介绍了智能用电技术在武汉等地智慧城市建设过程中的应用探索。

参考文献:

- [1] 许庆瑞,吴志岩,陈力田. 智慧城市的愿景与架构[J]. 管理工程学报, 2012, 26(4): 1-7.
- [2] 冯际辉. 智能用电技术的应用研究[D]. 北京: 华北电力大学, 2012.
- [3] 仇保兴. 中国智慧城市发展研究报告[M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2013.
- [4] 王国春,杨健. 基于现状分析的智能用电技术发展趋势研究[J]. 陕西电力, 2016, 41(12): 49-51; 61.
- [5] 王倩,李强,孙芊. 智能电网支撑智慧城市发展[J]. 河南电力, 2013, 41(4): 5-7.
- [6] 张楠,陈雪燕,宋刚. 中国智慧城市发展关键问题的实证研究[J]. 城市发展研究, 2015, 22(6): 27-33.
- [7] COCCHIA A. Smart and digital city: a systematic literature review[M]. Cham: Springer International Publishing, 2014: 13-43.
- [8] ANTHOPOULOS L G, VAKALI A. Urban planning and smart cities: interrelations and reciprocities[M]. Berlin: Springer, 2012: 178-189.
- [9] 陈一凡,刘廷章,金勇,等. 电动汽车充电调度综述[J]. 电气自动化, 2017, 39(3): 26-29.
- [10] 郭剑虹,王慧霞,侍必胜,等. 基于智慧城市的园区综合管理系统设计[J]. 电气自动化, 2015, 37(3): 30-32.

【作者简介】孙厚涛(1988-),男,江苏盐城人,通信作者,硕士生,研究方向为微电网运行技术。朱金大(1964-),男,江苏常州人,研究员级高工,研究方向为电动汽车与电网互动技术。