

# Applications of Internet of Things in Smart Grid

LIU Jian-ming, LI Xiang-zhen, LAI Zheng-tian

(State Grid Information & Telecommunication Company Ltd. NO. 1, 2nd lane, Baiguang Road, Xuanwu district, Beijing. 100761, china)

*jianming-liu@sgcc.com.cn*

**Abstract:** Based on the construction of smart grid, this paper introduces the smart grid applications and pilot projects. It also analyzes the smart grid Internet of Things (IoT) application requirements and mutual support, gives an overview of its fundamental infrastructure, and provides key technologies of IoT to be addressed among smart grid applications. Finally, the typical applications of IoT in smart grid electricity generation, transmission, transformation, distribution, utilization are introduced.

**Keywords:** Smart Grid, Internet of Things, Wireless Sensor Network

## 物联网在智能电网中的应用

刘建明, 李祥珍, 赖征田

*jianming-liu@sgcc.com.cn*

**摘要:** 本文从智能电网的建设出发, 介绍了智能电网的应用及试点工程。首先, 本文分析了智能电网物联网的应用需求以及相互支撑, 介绍了智能电网物联网的基本体系架构, 并给出了面向智能电网应用需要解决的物联网关键技术。最后介绍了物联网在智能电网发、输、变、配、用各环节的典型应用。

**关键词:** 智能电网、物联网、无线传感器网络

### 1 我国坚强智能电网的发展与实践

为了满足经济社会发展的新需求和实现电网的升级换代, 以欧美为代表的各个国家和组织提出了“智能电网”概念, 各国政府部门、电网企业、装备制造者也纷纷响应。智能电网被认为是当今世界电力系统发展变革的新的制高点, 也是未来电网发展的大趋势。

我国能源资源总量匮乏、结构不均衡, 煤炭丰富, 而石油、天然气相对匮乏, 以煤炭为主的能源消费带来严重的污染和气候问题, 发展坚强智能电网有助于推动清洁能源发展。

坚强智能电网以特高压骨干网架和各级电网协调发展的坚强电网为基础, 以通信信息平台为支撑, 以智能控制为手段, 包含电力系统的发电、输电、变电、配电、用电和调度各个环节, 覆盖所有电压等级, 以信息化、自动化、互动化为特征, 实现“电力流、信

息流、业务流”的一体化融合的坚强可靠、经济高效、清洁环保、透明开放、友好互动的现代电网。

国家电网公司制订了智能电网 2020 年发展战略框架, 包括: 六个环节(发、输、变、配、用、调度)、五个内涵(坚强可靠、经济高效、清洁环保、透明开放、友好互动), 四个架构体系(发展基础体系、技术支撑体系、智能应用体系、标准规范体系), 三个发展阶段(2009-2010 年: 规划试点阶段 2011-2015 年: 全面建设阶段 2016-2020 年: 完善提升阶段), 两条发展主线(技术上实现信息化、自动化、互动化, 管理上实现集团化、集约化、精益化、标准化), 明确了一个发展目标(按照“安全可靠、清洁高效、自愈可调”的要求, 构建以特高压电网为骨干网架、各级电网协调发展的中国特色坚强的智能化电网)。

我国智能电网建设的基本原则是: 统筹规划、统一标准、试点先行、整体推进(如图 1)。

为推进智能电网的建设, 2009 年 8 月, 国家电网颁布了《智能电网第一阶段重点项目实施方案》, 包括智能化规划、试点工程、基础建设、专题研究。

资助信息: 国家科技重大专项 2010ZX03006-005-02

**Funding information: National Science and Technology major projects 2010ZX03006-005-02**

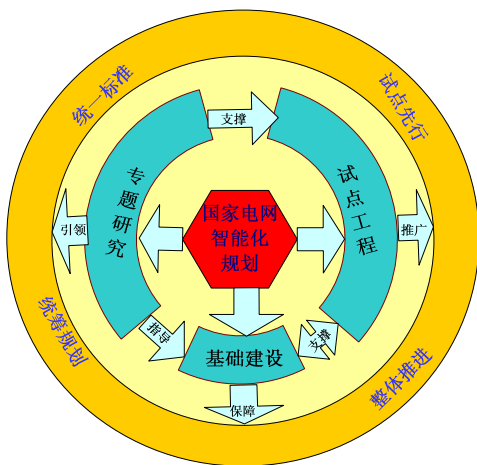


Figure 1, the basic principles of smart grid  
图1 智能电网基本原则

2009年8月，按照“重要领域率先突破和条件成熟地区先行”的原则，在智能电网的六大环节，国家电网公司优先选择了“基础条件好、项目可行度高、具有试点（示范）效应”的9个项目作为第一批试点工程，包括上海世博园智能电网综合示范工程、张北风光储输联合示范工程、常规电源网厂协调试点工程、智能变电站试点工程、配电自动化试点工程、输电线路状态监测中心试点工程、用电信息采集系统试点工程、电动汽车充电站试点工程以及智能电网调度技术支持系统试点工程等。目前第一批试点工程建设已全面展开，进展顺利。

2010年国家电网公司又安排了包括中新天津生态城智能电网综合示范工程、大规模风电功率预测及运行控制试点工程、输电线路直升机/无人机智能巡检试点工程、柔性直流输电示范工程、分布式光伏发电接入及微网运行控制试点工程、省级集中95598供电服务中心试点工程、智能用电小区/楼宇试点工程、信息平台及安全试点工程、电力光纤到户试点工程以及跨专业的电网运行集中监控、输变电设备状态监测、农电营配调管理模式优化试点工程等12个智能电网试点工程。

在标准体系研究方面，国家电网公司紧密结合现有国际电工标准体系，开展坚强智能电网标准体系框架的研究工作，提出了标准体系框架结构，完成了标准体系报告编制工作。目前《风电场接入电网技术规定》、《配电自动化技术导则》、《智能变电站技术导则》、《智能电能表功能规范》（含12项）、《用电信息采集

系统技术标准》（含24项）等150余项智能化标准已作为企业标准或技术文件印发，其余标准正在抓紧制定中。

2010年底前将完成试点项目急需的41项关键技术标准制定工作。此外，国家电网公司还积极参与IEEE、IEC等国际智能电网标准制定工作。

在特高压交直流示范工程建设方面，国家电网公司取得了巨大进展。2008年12月30日建成投运的1000千伏晋东南—南阳—荆门特高压交流试验示范工程包括三站两线，途径山西、河南、湖北三省。线路工程起于山西省长治市境内的晋东南变电站，经河南省南阳市境内的南阳开关站，止于湖北省荆门市境内的荆门变电站，线路全长约645公里，分别跨越黄河和汉江。

向家坝-上海800千伏特高压直流示范工程包括两站一线，途经八省市。额定输送功率640万千瓦，最大输送功率700万千瓦线路工程起于四川复龙换流站，途经四川、重庆、湖南、湖北、安徽、浙江、江苏、上海八省市，止于上海奉贤换流站，全长约2000公里，4次跨越长江，工程动态投资179.98亿元。2010年2月25日，极I低端直流换流器端对端系统送电成功，5月5日极II低端大功率试验圆满成功。

## 2 电力信息通信网络

经过60年的发展，我国电力系统通信，基本形成了完善的通信网络，成为全世界最大的一个电力专业通信网络，公司通信网络分四级，国网公司总部至各网公司、直调电厂、直调变电站、国网公司直属单位之间为一级，网公司至省公司、网公司直调电厂/变电站、网公司直属单位之间为二级，省公司范围为三级，地市公司为四级通信网络。经过多年建设，国家电网公司通信网络基本实现传输媒介光纤化，业务承载网络化。目前，国家电网公司骨干通信网已基本建成覆盖各级电网主网架，满足电网安全稳定运行需要的“三纵四横”通信传输网。

在“十二五”期间，国家电网公司将会开展ERP的深化研究和应用，进一步加大电力信通网络的建设步伐，从电力骨干传输网、中低压通信网、智能无线宽带通信等多方面启动新一轮的通信网络建设，形成以光纤为主，其他通信方式作为有效补充的大容量、宽带化、智能化的立体网络。

## 3 物联网对智能电网各环节的支撑

物联网作为智能电网末梢信息感知不可或缺的基础环节，在电力系统中具有广阔的应用空间，将在电网建设、电网安全生产管理、运行维护、信息采集、安全监控、计量及用户交互等方面发挥巨大作用，可以全方位提高智能电网各个环节的信息感知深度、广度以及密度，为实现电力系统的智能化以及“信息流、业务流、电力流的高度融合”提供基础数据支持。物联网的相应技术和产品将可以广泛应用于电力系统的发、输、变、配、用环节，并产生巨大的经济效益和社会效益。IOT 应用贯穿发、输、变、配、用、调度各环节，全面支撑智能电网的建设。智能电网物联网体系架构如图 2 所示。



Figure 2 Things Smart Grid Architecture  
图 2 智能电网物联网体系架构

物联网对智能电网各环节支撑作用明显，如在发电领域，物联网可用于机组运行监控、新能源并网接入、大坝监测与水情预报、风电厂预测等；在输电环节，物联网可用于输电线路监测、输电走廊保护、巡检、现场作业管理、状态检修、安全预警等；在变电环节，物联网可在变电生产管理、安全评估与监督、可靠性分析、可视化运行、巡检、现场作业管理、设备状态检修、数字化变电站等应用中发挥重要作用；在配电环节，物联网是实现配电生产管理、停电管理、智能故障抢修、配网线损监测、配网自动化、分布式电源及储能系统接入以及电源质量监测的重要技术手段；用电环节的智能用电设备管理、用电信息采集、智能电表及高级计量管理、营销业务应用、TCM 故障抢修管理、互动营销、多渠道智能缴费、智能化需求侧管理、营销辅助决策分析、电动汽车及充电、能效监测与管理更是物联网技术的典型应用场景。

物联网技术可以协助实现电力设备的有效管理和全方位防护。长期以来，电力设施被盗一直是政府和电力企业头痛的问题，每年被盗的电力财产损失超

过数亿元，损失非常巨大。需要通过一些技术手段来实施对电网设备的安全防护部署。

智能电网各方面都需要物联网的技术支撑，从发电环节的可再生能源并网接入到机组运行状态的监控，从输电线路的在线监控，到电力生产管理、安全评估与监督，从智能电表、用电信息采集，到三表抄收、互动营销，从智能用电、智能小区到多网融合，都需要物联网技术的支撑。

#### 4 物联网在智能电网应用中的关键技术

物联网在智能电网应用中需要攻关的关键技术包括：

(1) 智能电网复杂应用环境下的通信可靠性问题。

传感器网络在不同应用环境下的可靠性、自组网特性、信号穿透性、带状传感网可靠组网技术、无线传感网络与电力线载波通信的复合应用技术。

(2) 传感网络节点的环境取电

应用现场环境取电以及低功耗、长寿命、低成本问题。

(3) 高电压强电磁干扰恶劣环境适应性问题

传感网向电网移植，面向实际系统、设备的网络部署、安装等环境适应性、电磁干扰和加固问题。

(4) 多传感器数据融合及可靠的多标签射频识别技术

减少转发传感数据量，减轻网络负担，延长网络生存时间，节约带宽资源；提高标签识别速度和准确率，提高巡检和资产管理工作效率。

(5) 传感器网络的信息安全防范及措施

确保传感信息在感知层、网络层和应用层的安全，避免信息泄露带来的损失。保障业务安全平稳运行。

#### 5 物联网在智能电网中的应用

物联网早就在电力系统中得到应用，国家电网公司多年前已经设立了一个重大专项，研究无线传感的应用。目前开展的高压电气设备状态检测、智能用电、智能小区、智能家居、用电信息采集等就是典型的物联网应用。未来的智能电网建设必然产生世界上最大，最为智能，信息感知最为全面的物联网，它是一个与物联网最为密切的行业之一。

无线传感器网络已有大量的理论和产品成果基础，可以进一步推动物联网在智能电网中的应用。电



网具有良好的自动化以及信息通信网络基础，局部实现了监测功能，物联网技术可以进一步推动这些研究成果和生产、工程经验的应用，推动 ICT 与智能电网的深度融合。

智能电网建设将创造万亿级市场需求，物联网可推动节电和节能减排，可协助实现电网运行安全和设备、人员安全，成熟可复制、可推广的物联网技术方案和平台系统具有广阔的市场，必将在电力系统中得到广泛应用。智能电网物联网应用体系如图 3 所示。

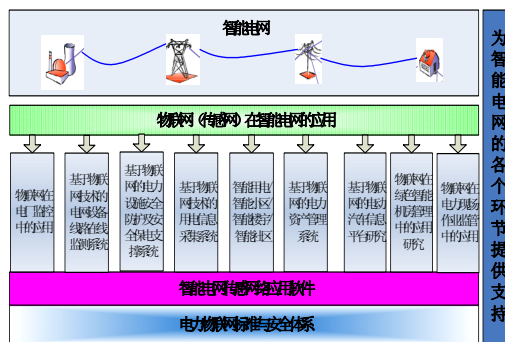


Figure 3 things for smart grid application system

图 3 面向智能电网的物联网应用体系

利用物联网技术在常规机组内部布置传感监测点，可了解机组的运行情况，包括各种技术指标与参数，从而提高常规机组状态监测的水平。通过在坝体部署传感器网络，监测坝体变化情况，可规避水库运行可能存在的风险。同样，物联网技术可以以风电、光伏发电厂所处的微气象地理区域、地理环境为监测对象，以低功耗的数据采集器为核心设备，通过气象传感器进行风速、风向、温度、湿度、气压、降雨、辐射、覆冰等气象要素的实时采集，实现对新能源发电厂的监测、控制和功率预测。

利用物联网技术，可以提高对输电线路、高压电气等电网设备的感知能力，并很好地结合信息通信网络，实现联合处理、数据传输、综合判断等功能，提高电网的技术水平和智能化水平。输电线路状态监测是输电环节的重要应用，主要包括气象环境监测、线路覆冰、导线微风振动、导线温度与弧垂、输电线路风偏、杆塔倾斜、图像监控、绝缘子污秽等监测和预警。这些都需要物联网技术的支持，包括传感器技术、智能分析和处理技术、数据融合技术以及可靠通信技术。

利用物联网技术，可以提高电网设备的自动化和

数字化水平、设备检修水平及设备运行状态自动诊断水平。通过物联网可对设备的环境状态信息、机械状态信息、运行状态信息进行实时监测和预警诊断，提前做好故障预判、设备检修等工作。由于各种原因，电力设备会产生发热现象，设备各部位温度是表征设备运行是否正常的一个重要参数，采用无线传感器网络技术，可实现对设备运行温度的实时监测。同样，物联网技术可以用于电力杆塔或重要设施的全方位防护。通过在杆塔、输电线路或重要设备上部署各种智能传感器和感知设备，组成多传感器协同感知的物联网网络，实现全新的目标识别、多点融合和协同感知能力，可实现对实现高压骨干输电线路、杆塔、重要电力设施侵害行为的有效分类和区域定位，实现对电力设备的全方位防护。

物联网在配电网设备状态监测、预警与检修方面的主要应用有：对配电网关键设备的环境状态信息、机械状态信息、运行状态信息的感知与监测、配电网设备安全防护等。

由于电力现场作业的复杂性和危险性，电力现场作业管理历来是电力安全生产的极其重要的环节，常会出现误操作和安全隐患。物联网技术可在电力现场作业监管方面发挥重要作用：可以进行身份识别、电子标签与电子工作票、环境信息监测、远程监控等，实现确认对象状态，监控工作程序和记录操作过程，减少误操作风险和安全隐患，实现调度指挥中心与现场作业人员的实时互动。

在电力巡检管理方面，通过识别标签辅助设备定位，实现到位监督，指导巡检人员执行标准化和规范化工作流程。利用智能巡检，可监控设备运行环境，掌握运行状态信息，进行辅助状态检修和标准化作业指导等。

作为智能电网直接面向社会、面向客户的重要环节，是社会各界感知和体验智能电网建设成果的重要载体。随着智能电网的发展，用户将实现与电网的双向互动，提高用电效率。同时，大量分布式电源、微电网、电动汽车充放电设施、储能设备也将接入电网。物联网技术能够有力支撑这些业务需求，拥有广泛的应用空间。

利用物联网技术有助于实现智能用电双向交互服务、用电信息采集、智能家居、家庭能效管理、分布式电源接入以及电动汽车充放电，为实现用户与电网的双向互动、提高供电可靠性与用电效率以及节能减排提供技术保障。

物联网技术也可应用于电动汽车及其充电网络的智能化管理。利用物联网技术可以实时感知电动汽车运行状态、电池使用状态、充电设施状态以及当前网内能源供给状态,通过对电动汽车及充电设施的综合监测与分析,实现对电动汽车、电池、充电设施、人员及设备的一体化集中管控、资源的优化配置,保证电动汽车运行在稳定、经济、高效的状态下。

物联网技术可应用于电力资产全寿命周期管理。将射频标签和标识编码系统应用于电力设备,实现对电力资产信息的智能采集、自动识别、资产盘点、自动巡检、智能调配等资产身份管理、资产状态实时监测以及辅助决策等功能,为实现电力资产全寿命周期管理、提高运转效率、提升管理水平提供技术支撑。

为适应智能电网的发展,国家电网公司将开展ERP的深化研究和应用,要启动新一轮的通信网络建设,要建设一个大容量的、宽带化的、智能化的通信网络,形成以光纤为主,其他通信方式作为有效补充的立体网络。

国网信通公司非常重视物联网在智能电网中的应用开发,在国内最早成立从事智能电网物联网研究的专门研发机构和研究团队。针对智能电网物联网应用做了很多工作,提出了物联网应用和发展方向。目前正与国内智能电网以及物联网方面的权威机构合作开展一些深层次的研究工作。在未来几年内,将通过联合开发、共同攻关,依托国家重大科技专项、973项目、国家电网公司重大科技项目和智能电网示范工程,建立物联网研发、测试、仿真验证平台,开展技术研究和应用研究,实现物联网技术在智能电网应用中的重大突破,打造电力物联网芯片设计、应用系统开发、标准规范体系、信息安全、软件及测试平台等完整的产业链。打造智能电网物联网的技术体系、实验体系和应用体系。

## 致谢

基金项目: 国家科技重大专项: 2010ZX03006-005-02 面向智能电网的安全监控、输电效率、计量及用户交互的传感器网络研发与应用验证。

## References (参考文献)

- [1] WANG Mingjun. Promotion Factors, Research and Development Routes and Difficult Problems of Smart Grid[J]. Distribution & Utilization. 2009, 26 (4).  
王明俊. 智能电网的推动因素、研发路线和难点问题[J]. 供用电 2009, 26(4).
- [2] Wang Baoyun. Review on internet of things [J]. Journal of Electronic Measurement and Instrument. Vol. 23, No. 12, 2009.  
王保云. 物联网技术研究综述 [J]. 电子测量与仪器学报. Vol. 23, No. 12. 2009.
- [3] CHEN Shu-yong, SONG Shu-fang, LI Lan-xin, SHEN Jie. Survey on Smart Grid Technology [J]. Power System Technology. 2009 (8).  
陈树勇, 宋书芳, 李兰欣, 沈杰. 智能电网技术综述[J]. 电网技术 2009(8).
- [4] YU Yi-xin. Technical Composition of Smart Grid and its Implementation Sequence [J]. Southern Power System Technology. 2009(2).  
余贻鑫. 智能电网的技术组成和实现顺序[J]. 南方电网技术 2009(2).
- [5] Huang Haikun. Deng Jijia. Discussion on the Technology and Application of IOT Gateway [J]. Telecommunications Science. 2010, 26 (4).  
黄海昆, 邓佳佳. 物联网网关技术与应用[J]. 电信科学 2010, 26(4).