



国家电网公司
电力科技著作出版项目

智能电网

用电信息采集系统技术与应用

张 晶 徐新华 崔仁涛 编著



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

张 晶

现供职于中国电力科学研究院，教授级高级工程师，硕士生导师。中国电机工程学会高级会员、IEC PC118 WG2电力需求响应工作组召集人。主要从事电力需求侧管理、用电信息采集、智能电网等领域的研究和应用工作。在国内外专业刊物和学术会议上发表论文20余篇，出版《电力需求侧管理技术支持系统》、《电力负荷管理系统技术及应用》、《智能电网200问》等专著。

徐新华

现供职于国网电力科学研究院（南瑞集团公司），信息系统高级架构师。长期从事用电管理、软件结构化设计、信息化平台架构、智能电网用户等领域的研究和开发工作。主持编写了《图形用户界面编程技术》、《Delphi 5高级编程》、《C++ Builder 5高级编程技术:IDE与OOP编程》等专著。

崔仁涛

现供职于积成电子股份有限公司，教授级高级工程师，享受国务院政府特殊津贴专家。主要从事电力营销信息化、配电网自动化、厂站自动化领域的研究和开发工作。在专业刊物和学术会议上发表论文10余篇。研究成果多次获得省部级科技进步奖和国家重点新产品荣誉。

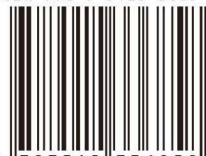
智能电网



用电信息采集系统技术与应用



ISBN 978-7-5123-3685-8



9 787512 336858 >

上架建议：电力工程/综合

定价：55.00元



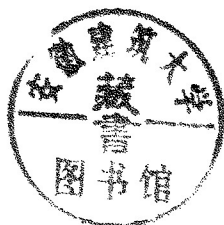
国家电网公司
电力科技著作出版项目

智能电网



用电信息采集系统技术与应用

张 晶 徐新华 崔仁涛 编著



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

内 容 提 要

本书以电力营销现代化和坚强智能电网建设为背景,全面阐述了用电信息采集系统的最新技术与应用。全书共分九章,主要内容包括智能电网与用电服务,用电信息采集系统总述,用电信息采集主站系统,用电信息采集系统通信,用电信息采集系统终端,用电信息采集系统的信息安全,用电信息采集系统业务应用,用电信息采集系统工程实践,用电信息采集系统检验测试。

本书可供从事智能电网、智能用电服务研究和建设的专业人员参考,也可供电力工程和信息技术学科的高校师生参考。

图书在版编目 (CIP) 数据

用电信息采集系统技术与应用 /张晶,徐新华,崔仁涛编著. —北京:中国电力出版社,2012.11

(智能电网)

ISBN 978—7—5123—3685—8

I .①用… II .①张…②徐…③崔… III .①用电管理—管理信息系统 IV .①TM92—39

中国版本图书馆 CIP数据核字 (2012) 第 259612号

中国电力出版社出版、发行

(北京市东城区北京站西街 19号 100005 http://www.cepp.sgcc.com.cn)

汇鑫印务有限公司印刷

各地新华书店经售

*

2012年 11月第一版 2012年 11月北京第一次印刷

710毫米×980毫米 16开本 24.75印张 463千字

印数 0001—3000册 定价 55.00元

敬告读者

本书封底贴有防伪标签,刮开涂层可查询真伪
本书如有印装质量问题,我社发行部负责退换

版 权 专 有 翻 印 必 究

组 长 张 晶

副 组 长 徐新华 崔仁涛

编写成员 （按姓氏笔画排列）

田立亭	皮学军	刘 磊	闫华光	余向前
张 磊	李建岐	李 彬	沙凯旋	陆健友
周子冠	周 敏	赵 兵	郝为民	钟 鸣
钟 博	徐鲲鹏	耿煜竑	袁瑞铭	曹 重
黄建军	舒 彬	董贵山	韩平军	蒲 俊

前言

为应对气候变化、环境压力和能源短缺，世界各国都在努力开发绿色能源、提高能源利用效率、降低化石能源消费，以达到经济可持续发展的目标。智能电网是保障电力可靠供应、接纳可再生能源、发展低碳经济、促进节能减排的物资基础，智能用电是智能电网的终端环节，与社会大众密切相关，是电网与用户联系的桥梁，是提升营销业务水平、开展双向互动服务、促进分布式能源接入、扩大电动汽车应用、提高能源终端利用效率的重要手段。随着智能用电服务体系的建设，集中抄表、缴费和售电、电动汽车充放电、分布式电源管理、需求响应、能效测评等智能用电服务的大量涌现，迫切需要可靠、实时、安全的电力用户侧用电信息采集系统提供基础用电数据支撑。

20世纪80年代后期，全国的电力供应趋紧，为保证电网安全稳定，缓解“限电拉路”的用电紧张局面，电力负荷控制系统应运而生，为实现电网的供需平衡做出了贡献。90年代中期，随着全国发电厂的新建和扩建，供电形势趋于好转，系统从负荷控制逐步转向到负荷管理。2008年10月，国家电网公司启动电力用户用电信息采集系统建设，新的系统整合了原有的负荷管理系统、配电变压器监测系统和集中抄表系统，并在坚强智能电网建设规划中，提出了用电信息采集系统“全覆盖、全采集、全费控”的建设目标。该系统是实现智能电网用户环节基础数据信息采集、监控、统计、分析的管理平台，为营销业务应用、智能用电业务应用、综合业务应用提供了重要的技术支撑。

本书以电力营销信息化和智能电网建设为背景，对用电信息采集系统的发展历程、系统架构、信息安全、系统检验测试等技术层面进行了系统的论述，同时对系统的业务应用和工程实践做了详实的介绍。作者在参考了国内外最新技术文献的基础上，总结了在产品开发、生产调试、系统测试和工程应用的研究和实践成果。相信本书的出版对于从事智能用电、需求侧管理、电力计量、客户服务等电力营销专业人员具有较高的参考价值。

本书在编写过程中得到了有关专家的大力支持和帮助，其中对本书提出修改意见和建议的有安徽省电力公司的马国政、南方电网综合能源公司的李汉明、江苏省电力公司的林航，在此一并致以衷心的感谢！还要感谢对本书编辑、校对、整理中做出贡献的于秀丽、党美琳、项彬、陈宋宋等同学，最后要感谢国家电网公司科技部（智能电网部）林弘宇高级工程师、东南大学电气学院李杨教授、南京新联公司姚肖禹、厦门拓能科技公司许岩冰在书稿审核过程中给予的指点和帮助。本书的出版得到了国家电网公司电力科技著作出版项目的资助，同时还得到了中国电力科学研究院科技出版基金的资助。

由于编著者水平有限，书中疏漏之处在所难免，敬请广大读者批评指正。

编著者

目 录

前言

第一章 智能电网与用电服务	1
第一节 智能电网概述	1
第二节 智能电网条件下的用电服务	11
第三节 用电信息采集系统的定位和作用	14
第二章 用电信息采集系统总述	18
第一节 系统发展历程	18
第二节 需求分析	22
第三节 系统总体要求	30
第四节 系统组成与架构	46
第五节 相关业务系统介绍	50
第三章 用电信息采集主站系统	64
第一节 主站系统基本要求	64
第二节 主站系统网络及软硬件配置	68
第三节 主站功能	76
第四节 主站接口	114
第四章 用电信息采集系统通信	129
第一节 电力通信概述	129
第二节 用电信息采集系统通信网络	136
第三节 典型组网应用	150
第四节 常用通信设备	157
第五节 数据传输协议介绍	163
第五章 用电信息采集系统终端	166
第一节 概述	166
第二节 采集终端设备	167
第三节 终端设计	186
第四节 终端安装与调试	211

第六章 用电信息采集系统的信息安全	224
第一节 概述	224
第二节 采集系统信息安全技术	227
第三节 采集系统信息安全产品	242
第四节 采集系统信息安全防护技术方案	251
第七章 用电信息采集系统业务应用	265
第一节 业务应用需求及架构	265
第二节 营销业务应用	267
第三节 智能用电业务应用	287
第四节 综合业务应用	294
第八章 用电信息采集系统工程实践	301
第一节 系统应用部署方案	301
第二节 集中式系统典型应用（重庆市）	311
第三节 分布式典型应用工程实践（江苏省）	321
第九章 用电信息采集系统检验测试	327
第一节 系统检验概述	327
第二节 主站检验	330
第三节 终端检验	333
第四节 通信检测方案	345
第五节 终端自动化检测系统	355
附录一 用电信息采集相关标准名录	363
附录二 Q/GDW Z 518—2010智能用电服务系统技术导则	366
参考文献	388

智能电网与用电服务

进入 21 世纪以来,新兴工业国家都面临着因人口增加、城市化、经济高速发展带来的能源供应紧张、气候变化、环境污染等问题,而发达国家则主要面临着人口老化、消费严重不足、创新乏力、电网基础设施落后等问题。因此,作为重大的能源技术变革,智能电网已成为世界上主要工业国家研究的热点和焦点。智能电网是现代科学技术、先进管理理念与传统电网的完美结合,是解决能源安全、环境保护、实现经济社会可持续发展的必然选择。本章主要介绍智能电网产生的背景、智能电网条件下的智能用电服务以及用电信息采集系统的定位和作用。

第一节 智能电网概述

智能电网,即电网的智能化,通过采用先进的传感测量、通信网络、自动控制、信息化、新材料等技术对传统电网进行升级改造,使之成为具有高度智能化、信息化、互动化的新一代电网。

智能电网能够充分满足用户的电力需求,确保电力供应的安全性、可靠性和经济性,保证电能质量,保护环境,适应电力市场化发展,从而实现对用户可靠、经济、清洁、互动的电力供应和增值服务。

智能电网是一个完整的基础设施和体系架构,可以实现对电力客户、电力资产、电力运营的持续监视,通过信息化手段提高电网企业的管理水平、工作效率和服务水平。随着经济社会的发展,世界各国的电网规模不断扩大,影响电力系统安全运行的不确定因素和潜在风险随之增加,而用户对电力供应的安全性、可靠性以及电能质量的要求越来越高,电网发展所面临的资源和环境压力也越来越大,发展智能电网已成为全社会的共识。

一、电网发展面临的机遇与挑战

人类进入新世纪以来,社会经济快速发展,电网面临良好的发展机遇,同时也

面临许多挑战，影响电网发展的主要因素是全球性的能源危机和气候变化。经济社会要实现可持续发展，就必须减少对化石能源的依赖，减少城市化、工业化过程中对环境的影响，节能减排就成为可持续发展的必然要求，绿色低碳将是未来经济发展的主导模式。我国“十二五”规划明确提出，要改变以消耗大量能源、破坏环境为代价的经济发展方式，提高可再生能源的应用比例。电网发展正面临着世界能源革命和我国改变经济发展方式的双重机遇。

1. 环境和能源

目前，我国能源供应主要依赖化石能源，由此造成的环境污染和温室气体排放等问题日益严重。随着城市化进程的加快和人口的增长，对能源的需求还将持续增加。而对能源的过度开采和无节制消耗将使化石能源逐渐枯竭，从而可能引发局部冲突或战争，破坏世界和平。降低对化石能源的依赖，接纳更多的清洁能源，优化资源配置是智能电网建设的首要任务。

2. 电网安全稳定运行

电力是最优质、最清洁的二次能源。因此，电力在终端能源消费中所占比例越高，经济社会发展对电力的依赖程度也就越大。现代电网的电压等级越来越高，输送距离越来越长，网络规模越来越大，使电网的安全运行与控制就变得非常复杂，发生大面积停电和重要设备损毁的风险也日益加大。如何提高电网的抗风险能力，确保电网安全可靠，是智能电网必须面对的重大挑战。

3. 市场开放与优质服务

分布式电源及储能、电动汽车的快速发展和广泛应用，对于可再生能源利用、减少化石能源消耗、降低用户用能成本具有重要的意义。可再生能源大量接入电网，将使电力交易模式发生深刻的变化，用户既可以从电网购电，也可以向电网供电。但是，可再生能源的大量接入将使电网企业的成本增加，电动汽车的集中充电将使电网的峰谷矛盾更加突出，市场化的服务需求对电网现有的服务体系提出了更高的要求，这些都是智能电网无法回避的问题。

能源危机使电网的形态和功能定位发生了深刻的变化，对电网的发展模式、业务流程和管理体制也产生巨大的影响。加快技术创新，追求卓越管理，转变发展方式，已成为智能电网的行动目标。

二、美国智能电网

1. 发展动因

美国的能源相对比较丰富，发展智能电网的主要动因是提高供电可靠性，避免美加“8·14”大停电事故的重演。此外，应对气候变化，摆脱对化石能源的依赖，

充分利用可再生能源也是其重要的驱动力。

总的来说，美国发展智能电网的驱动力大致体现在以下几个方面。

(1) 提高供电的可靠性和安全性。由于体制原因，美国没有形成全国性的电网，各区域电网发展不平衡，有的电网设备陈旧，自动化水平低，已经对电网安全稳定运行产生了极大威胁。因此，美国政府急需改造陈旧的电网基础设施，从而实现电网现代化。

(2) 提高能源的利用效率和技术的先进性，充分满足用户对电力的需求。

(3) 适应环境和气候的变化，降低排放量，满足环境保护的要求。据分析，电网的效率每提高 5%，就可以减少 5300 万辆汽车的燃料消耗和碳排放。

(4) 发展可再生能源发电，改善能源结构。美国为减少化石能源消耗，降低温室气体排放，提出要大力开发和利用风能、太阳能等可再生能源。

(5) 通过能源革命带动技术创新，掌握核心技术和标准，提升美国的全球竞争力。美国国会在 2007 年通过了《能源安全与独立方案》，明确指定由美国标准技术研究院（NIST）组织协调美国智能电网标准体系的研究工作，通过制定框架、技术路线图，建立智能电网互操作工作组（SGIP），确定优先行动计划，开展一致性测试和认证等一系列工作，来加强美国在国际标准制定上的话语权。

(6) 美国需要新兴产业来创造更多的就业机会。据研究，投资 100 亿美元建设智能电网，可创造 23.9 万个工作岗位。另外，太阳能等分布式可再生能源、即插即拔式电动车等行业也将创造出大量间接的“绿色就业机会”。

2. 发展战略

为了解决美国电网存在的设备陈旧老化、电网安全运行水平低、时刻受到大停电威胁等问题，同时要应对环境和气候变化带来的挑战，满足大量可再生能源接入和电动汽车广泛应用的需求，适应电力市场化和用户双向互动服务的形势，美国政府和能源行业较早地认识到要利用信息技术、新能源技术和储能技术对电网进行彻底改造，以期望建成一个高效能、低投资、安全可靠、灵活应变的电力系统。

2007 年 12 月，美国《能源独立和安全法案》明确提出，实现美国电网的现代化、创立智能化的电网、推广可再生能源、减少对进口石油的依赖是美国的重要能源政策，这也是美国最早关于智能电网的政策基础。

2009 年 1 月，奥巴马就任美国总统后，提出了以智能电网为核心的美国能源战略，智能电网建设更是被奥巴马政府选择成为刺激美国经济振兴的核心主力和新一轮国际竞争的战略制高点。由奥巴马签署的《复苏和再投资法案》（ARRA）成为推动美国智能电网发展的最有力的政策保障。

2009 年 7 月，美国能源部向国会递交了第一部“智能电网系统报告”，制定了

由 20 项指标组成的评价指标体系，对美国智能电网的发展现状进行了评价，并总结了发展过程中遇到的技术、商业以及财政等方面的挑战。美国的智能电网发展战略模式可归纳为“战略规划领先、立法保障推进、政府主导企业参与”的三阶段模式，是一个典型的国家发展战略推进模式。

美国的智能电网研究重点倾向于三个方面：可再生能源和客户服务、电动汽车以及电网运行控制。其中，可再生能源和客户服务方面重点研究风电、太阳能和生物质能的集中/分布式发电和并网技术、储能技术、双向信息交互和电力交换技术；电动汽车方面重点研究插电式电动汽车等智能装备技术、电动汽车与电网协调运行技术；电网运行控制方面重点研究传感器、向量测量装置安装应用、实时的动态安全评估和控制决策分析技术。

3. 研究与实践

美国发展智能电网重点在配电和用电侧，着重推动可再生能源发展，注重商业模式的创新和客户服务水平的提升，其应用和实践项目主要包括智能电能表、AMI 配电自动化、分布式能源、储能和需求响应等。

2010 年 5 月，GE 公司开展了“能源智能迈阿密”项目，主要内容为协助迈阿密州政府为城市家庭及大多数商家安装 100 万块智能电能表，通过建设 AMI 互动平台，为电力公司和运营商提供远程抄表、需求响应、分布式能源接入、电动汽车充电等服务。

2010 年 11 月，南加州爱迪生（Southern California Edison, SCE）公司建造的一座屋顶太阳能设施竣工，共安装 16 300 块太阳能面板，可直接连入最近的公共电网。

美国电力科学研究院正在组织一个全面集成的、电压等级为 15kV 的智能万用变压器（IU）系统的开发和示范工作，该系统集成储能技术，可为电动汽车充电。据介绍，IU 属于固态功率转换器，可根据需要将各种电压的交流电转化为直流电或者更低（或更高）电压的交流电。

美国的智能电网创新应用及实践项目还包括：

（1）“完美能源系统”项目。美国伊利诺伊理工学院的“完美能源系统”项目正在研发一个满足消费者需求的灵活的电力系统。该项目的关键是微网技术，可以增加电网的可靠性，并使消费者成为电力市场的参与者。

（2）“超级电路”项目。在美国西弗吉尼亚州，阿勒格尼能源公司（Allegheny Energy）的“超级电路”项目将把先进的监测、控制和保护技术结合在一起，从而增强供电线路的可靠性与安全性。该电网将整合生物柴油发电、能量储存以及 AMI 和通信网络，迅速地预测、确定并帮助解决网络问题。

(3) 美国圣迭戈“海滨城市微型智能电网”项目。该项目已在美国圣迭戈得到验证,它能在大规模电网发生故障时使电网与电站实现精确隔离,并在故障修复后实现网络重构,对电力输出几乎不造成影响。该项目的目标是提高配电网馈线和变电站等关键部件的可靠性并减低高峰负荷,不管是集中发电、太阳能发电还是储能装置等都能通过 AMI 连接到变电站中去。

(4) 夏威夷大学的配电管理系统平台 (DIIS)。该能源管理平台将让消费者实现家庭能源管理,并让发电厂的配电系统得到升级,该平台将与 AMI 相结合,实时接收用户端的需求反馈;同时,它与能源自动化系统结合,实现能源节约。

三、欧洲智能电网

1. 发展动因

欧洲发展智能电网的主要动因是节能减排、环保、发展低碳经济和满足《京都议定书》及哥本哈根联合国国际气候大会的环保目标,其发展动因大致体现在以下三个方面。

(1) 供电的安全性问题。欧洲必须大规模投资对电网进行升级改造,才能保障 4.3 亿居民的供电安全。国际能源署预计,到 2030 年,欧洲需要为电网升级改造投入约 5000 亿欧元,其中智能电网的建设费用将占大部分。

(2) 环境问题。2009 年初,欧盟制定新减排目标,计划于 2050 年前,在 1990 年的基础上,削减温室气体排放 80%。而要达到这个目标,必须建设可再生能源大规模接入的智能电网。因此,欧洲将大力发展智能电网,解决风电、太阳能接入难和成本高的问题,还要建设特高压输电网,解决可再生能源长距离传输的问题。

(3) 国际市场问题。欧洲纳税人的权利意识很强,任何一笔大规模的财政支出预案都难以在短时间内获得议会通过。另外,欧洲的“反垄断”情结很浓厚,市场准入机制相当严格,这对欧洲本土的企业不利,从而导致非欧盟区的企业抢占了先机。发展智能电网,对于欧洲来说,是一个不容错失的机会。

2. 发展战略

欧盟的智能电网将能够应对日益增长的挑战和机遇,并为所有电力用户和利益相关方带来利益。它是建立在技术以用户为中心、大规模可再生能源和分布式发电接入基础上,实现电网各类用户(包括发电商和消费者等)智能接入,达到高效、可持续、经济和安全输送电力的目的。欧盟认为智能电网涉及技术、市场、商业、环境、监管框架、标准化、信息通信技术、社会需求和政府政策等内容。

2006~2008 年,欧盟依次发布了“欧洲未来电网的愿景与战略”、“战略性研究计划”、“战略部署文件”3 份战略性文件,构成了欧盟的智能电网发展战略框

架。就其主要成员国来看，英国在 2009 年依次发布了“英国可再生能源发展战略”和“英国低碳转型计划”。德国在 2009 年发布了名为“新思路、新能源——2020 年能源政策路线图”的战略性文件。

欧盟是世界智能电网的领跑者之一，2005 年欧盟成立的“智能电网技术论坛”提出要把电网转换成用户和运营者互动的服务网，以提高欧洲输配电系统的效率、安全性及可靠性，并为分布式可再生能源发电的大规模整合扫除障碍。由于欧洲各国电网运行模式不同，国家间电网互联不够，2010 年 4 月 20 日，“智能电网技术论坛”发布《欧洲未来电网战略部署文件》最终版本，协调欧洲各国智能电网的发展规划，明确指出节能减排、环保统筹、低碳经济是欧洲智能电网发展的主要动因；实现绿色电力是欧洲智能电网建设的重要目标，即达到温室气体排放减少 20%，可再生能源利用占到 20%，能源利用效率提高 20%；强调欧洲智能电网建设应更加关注可再生能源和分布式电源的接入，带动整个行业发展模式的转变。

欧盟在 2006 年推出了“欧洲智能电网技术框架”的研究报告，全面阐述了智能电网的发展理念和思路，未来的智能电网将能源与信息充分融合，以期望获取在供电可靠性、可再生能源接入、终端用户能效和双向互动服务等方面的巨大收益。

3. 研究与实践

欧洲在电网智能化方面的研究更加关注可再生能源接入和分布式发电。风能、太阳能和生物质能等可再生能源发展是欧盟能源政策的基本思路。欧洲电网输配电网络较为发达，有充足的电力供应，有利于商业化运营；分布式发电技术为欧洲丰富的天然气资源和成熟的市场化运作提供了先进的技术手段。

欧洲各国政府根据自身的情况制定了一系列配套政策来推动智能电网建设，形成了由政府主导，研究机构、电力企业、咨询公司积极推动，社会公众广泛参与，研究与应用并重，产学研高度结合的局面。

法国已经将电力用户使用智能电能表进行强制立法。法国电网公司也将加速风电的建设，计划将风电装机容量在 2010 年达到 5GW，2020 年达到 20GW。法国配电公司与美国美信公司于 2008 年 12 月签订合同，共同制定和开发下一代电力线通信规范及解决方案，促进法国自动抄表系统的基础设施建设；意大利监管机构发布决议，所有意大利电力用户必须配备安装自动抄表系统；西班牙出台相关法律，到 2014 年所有配网运营商必须安装自动抄表系统，到 2018 年所有机电式电能表都要更换为智能电能表；德国法律规定，从 2010 年起，新建、改建房屋必须加装智能电能表，到 2020 年可再生能源比例达到 20%；奥地利、瑞士 AMI 试点刚刚开始，由于以水电为主，很容易达到 20% 的减排指标；瑞典已经 100% 安装完成智能电能表。