



普通高等教育“十二五”规划教材
智能电网信息工程专业规划教材

智能电网通信技术

Smart Grid Communication Technologies

唐良瑞 吴润泽 孙 毅 李 彬 编著



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS



普通高等教育“十二五”规划教材
智能电网信息工程专业规划教材

智能电网通信技术

Smart Grid Communication Technologies

唐良瑞 吴润泽 孙 毅 李 彬 编著
苏 菲 主审



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

内 容 提 要

本书为普通高等教育“十二五”规划教材、智能电网信息工程专业规划教材。

本书在我国建设统一坚强智能电网的背景下,较为全面地介绍了智能电网通信关键技术及相关理论,内容广泛,涵盖了国内外的最新研究成果及其发展方向。全书共9章,主要内容包括概论、智能电网、智能电网信息技术、电力通信网、通信网技术与发展、电力通信骨干网、智能配用电通信技术、电力数据网、物联网技术。

本书可作为电气工程及其自动化、智能电网信息工程专业的本科教材,也可供从事电力系统通信研究和规划建设的科技人员参考,同时可供电子、电气等相关学科的师生学习参考。

图书在版编目(CIP)数据

智能电网通信技术/唐良瑞等编著. —北京:中国电力出版社, 2015.1

普通高等教育“十二五”规划教材. 智能电网信息工程专业规划教材

ISBN 978-7-5123-6990-0

I. ①智… II. ①唐… III. ①智能控制-电力通信网-高等学校-教材 IV. ①TM73

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2014) 第 298282 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>)

北京市同江印刷厂印刷

各地新华书店经售

*

2015 年 1 月第一版 2015 年 1 月北京第一次印刷

787 毫米×1092 毫米 16 开本 15.75 印张 377 千字

定价 42.00 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



前言

现代电网作为目前世界上结构最复杂、规模最大的人造系统和能量输送网络,为人类社会和经济的发展做出了巨大的贡献,同时也给人类带来了一系列问题和挑战:化石能源的大量使用造成的环境问题日益突出;分布式电源的接入带来的并网问题仍需解决;随着电网运行与控制的复杂程度越来越高,实现电能安全输送、可靠供应的挑战越来越大。在此背景下,智能电网应运而生。关于智能电网的定义,并无统一明确的说法,从技术和应用的角度看,智能电网就是为电网注入新的技术,其中包括信息通信技术、计算机技术、能源电力技术、自动控制技术等,赋予电网智能化的特点,成为一个自动化的新型现代化供电网络。在建设智能电网所需的关键技术中,综合开放的通信技术是实现其他应用技术的前提,也是智能电网必不可少的环节。

在智能电网中,数据的获取与传输、电网的保护与控制都需要在通信技术的配合下完成,因此建设智能电网的重要一步就是要建设高效现代的通信系统。目前,我国智能电网正处于全面建设阶段,先进的通信技术正逐步应用到电网中,且应用范围逐渐扩大,其中主要包括无线通信技术、下一代网络技术、电力线载波通信技术、光纤通信技术、IP 技术和物联网技术。我国的电力通信网经过几十年的建设,形成了以光纤通信为主,微波、载波、卫星等多种通信技术并存的企业专用网络,覆盖了全国大部分电网。骨干传输网承载能力和可靠性水平的提升,为电力生产业务的安全性提供了充分保障,为综合管理业务的发展铺平了道路,这与光纤通信等先进技术在电力通信网中的应用不无关系。然而,中低压配电网通信依旧是电力通信网络中的薄弱环节,存在网络覆盖率低、网架结构相对薄弱、运行维护管理人员不足等问题,需要综合利用先进的通信、信息和控制技术,实现配电网自动化建设和现代化管理,同时为分布式电源和具有不同特征的电力用户的灵活接入提供可靠保障。总之,先进的电力通信网是提高电网资源优化配置能力和服务能力的重要保障,是电力系统安全、稳定、经济运行的重要支撑。

本书较为全面系统地介绍了智能电网通信关键技术和我国电力通信网的现状及发展。全书共 9 章,第 1 章介绍了智能电网下电力通信的发展和标准体系进展;第 2 章详细介绍了智能电网产生的背景、国内外智能电网的发展及特性和智能电网关键技术;第 3 章是智能电网信息技术,介绍了空间信息技术、流媒体技术、信息智能处理技术、信息融合技术、并行与分布式计算、云计算、信息安全共 7 类技术;第 4 章对电力通信网的现状和体系结构进行了分析,并从传输网、业务网、支撑网三个方面进行了详细阐述,同时介绍了电力传统业务及智能电网新型业务;第 5 章进一步介绍了通信网的技术与发展,包括光纤通信新技术、下一代网络技术、无线通信技术、电力线载波技术、IP 技术;第 6 章介绍了电力通信骨干传输网中的光纤与光缆技术以及传送技术,传送技术包括基于 SDH 的多业务传送平台、分组传送技术、密集波分复用技术、自动交换光网络及光传送网;第 7 章介绍了智能配用电通信技术及其应用,包含 xPON 技术、工业以太网技术、电力线宽带技术、宽带无线通信技术、

卫星通信和用户感知互动技术，并提出了相关案例分析；第8章主要介绍了电力数据网的结构及相关技术，包括综合数据网和调度数据网，分析了智能电网数据业务，包括电动汽车、分布式电源接入、视频监控等；第9章主要介绍了物联网的关键技术（RFID技术和传感器网络技术）以及物联网在智能电网中的研究和发展现状及其应用。

本书的完成涉及智能电网各个方面的知识和信息，全课题组成员为此付出了大量劳动，包括参考国内外最新的技术文献，研究国际、国内标准，深入了解业界最新发展动态等，因此本书是全课题组成员不懈努力的共同成果。希望本书对读者了解智能电网通信技术的现状和发展有所帮助。

由于智能电网通信技术日新月异，许多通信技术还在不断研究中，书中难免存在不足之处，恳请广大专家、读者批评指正。

编 者

2014 年 11 月



目 录

前言

第1章 概论	1
1.1 现代电网概述	1
1.1.1 电网发展现状	1
1.1.2 智能电网的提出	2
1.1.3 我国智能电网研究现状	4
1.2 现代通信技术概述	5
1.2.1 现代通信的主要技术	5
1.2.2 现代通信技术的发展趋势	5
1.3 智能电网与信息通信	6
1.3.1 智能电网下的电力通信	6
1.3.2 电力系统的通信方式	6
1.3.3 电力通信标准体系	8
1.3.4 我国电力通信的发展分析	8
1.4 ICT 支撑智能电网发展	9
第2章 智能电网	11
2.1 智能电网定义	11
2.1.1 目前电网面临的挑战	11
2.1.2 智能电网的基本定义	12
2.2 国内外智能电网发展	14
2.2.1 美国智能电网发展	14
2.2.2 欧洲智能电网发展	15
2.2.3 我国智能电网发展	16
2.3 智能电网特性	17
2.3.1 美国智能电网发展的主要特性	17
2.3.2 欧洲智能电网发展的主要特性	18
2.3.3 我国坚强智能电网的主要特性	18

2.4 智能电网关键技术	18
2.4.1 传感与量测技术	18
2.4.2 先进的控制方法	22
2.4.3 电力电子技术	23
2.4.4 分布式电源接入技术	25
2.5 智能电网通信技术	27
2.5.1 无线通信技术	27
2.5.2 电力线载波通信技术	28
2.5.3 光纤通信技术	29
2.5.4 IP 接入网技术	31
2.5.5 物联网技术	32
第3章 智能电网信息技术	34
3.1 空间信息技术	34
3.1.1 地理信息系统	34
3.1.2 全球卫星定位系统	36
3.1.3 遥感技术	37
3.2 流媒体技术	39
3.2.1 流媒体协议	39
3.2.2 流传输方式	40
3.2.3 流媒体在电力系统中的应用	40
3.3 信息智能处理技术	41
3.3.1 专家系统	41
3.3.2 模糊理论	41
3.3.3 神经网络理论	42
3.3.4 遗传算法	42
3.3.5 Petri 网络	43
3.3.6 智能信息处理技术综合应用	43
3.4 信息融合技术	44
3.4.1 信息融合技术简介	44
3.4.2 信息融合的处理过程	44
3.5 并行与分布式计算	45
3.5.1 网络计算的概念	45
3.5.2 网络的应用领域	45

3.5.3 网络的特点	46
3.6 云计算	47
3.6.1 云计算定义	47
3.6.2 交付模式	47
3.6.3 云计算体系结构	48
3.7 信息安全	51
3.7.1 信息安全的定义	51
3.7.2 信息安全技术	52
3.7.3 智能电网信息安全需求	52
第4章 电力通信网	54
4.1 电力通信网络	54
4.1.1 电力通信网现状分析	54
4.1.2 电力通信网体系结构	56
4.2 传输网	58
4.2.1 电力传输网的发展	58
4.2.2 电力光纤传输网技术	59
4.2.3 电力传输网的网络结构	62
4.3 业务网	64
4.3.1 交换网	64
4.3.2 数据网	65
4.4 支撑网	66
4.4.1 信令系统	66
4.4.2 网管系统	67
4.4.3 同步网	68
4.5 电力业务分析	69
4.5.1 传统电力业务	69
4.5.2 智能用电新型业务	72
4.6 电力通信网新型体系结构	74
第5章 通信网技术与发展	76
5.1 光纤通信新技术	76
5.1.1 光交换技术	76
5.1.2 光孤子通信	77
5.1.3 相干光通信	78

5.1.4	自动交换光网络	79
5.2	下一代网络技术 NGN	81
5.2.1	软交换技术	82
5.2.2	IMS 技术	82
5.2.3	光传输技术	83
5.2.4	宽带接入技术	83
5.3	无线通信技术	83
5.4	电力线载波技术	85
5.4.1	电力线载波通信概述与特点	85
5.4.2	电力线载波通信系统	85
5.4.3	电力线载波通信方式与转接方式	86
5.4.4	PLC 技术应用展望	88
5.5	IP 技术	88
5.5.1	IP 层协议	89
5.5.2	传输层协议	89
5.5.3	TCP/IP 高层应用和协议	89
5.5.4	多媒体通信协议	90
5.5.5	IPv6	91
第 6 章	电力通信骨干网	92
6.1	光纤与光缆技术	92
6.1.1	电力特种光纤技术	92
6.1.2	光纤组网技术	95
6.2	电力光纤传输网	97
6.2.1	基于 SDH 的多业务传送平台	97
6.2.2	分组传送网技术	103
6.2.3	密集波分复用技术	108
6.2.4	自动交换光网络	112
6.2.5	光传送网	116
6.3	传输网生存性	118
6.4	同步网	120
第 7 章	智能配用电通信技术	125
7.1	xPON 技术及应用	125
7.1.1	下一代无源光网络 (xPON) 系统模型及关键技术	125

7.1.2	xPON 技术的分类	128
7.1.3	xPON 系统的应用	136
7.1.4	xPON 应用于配电网自动化系统的可行性	138
7.2	工业以太网及其应用	140
7.2.1	工业以太网技术简介及关键技术	140
7.2.2	工业以太网应用	142
7.2.3	工业以太网应用于配电网自动化系统的可行性	143
7.3	电力线宽带技术及应用	144
7.3.1	中压电力线通信	144
7.3.2	低压宽带电力线通信	146
7.4	宽带无线通信技术	150
7.4.1	LTE 技术	150
7.4.2	3G/4G 技术	153
7.4.3	McWiLL 宽带无线接入技术	160
7.5	卫星通信	166
7.5.1	卫星通信概述	166
7.5.2	卫星通信系统的技术体制	169
7.5.3	VSAT 卫星通信技术	171
7.5.4	卫星通信在智能电网中的应用	173
7.6	用户感知互动技术	174
7.6.1	用户感知双向互动服务	174
7.6.2	用户感知双向互动支撑技术	175
7.6.3	用户感知双向互动实现	178
7.7	应用方案分析	179
7.7.1	中压 PLC 组网应用方案	179
7.7.2	McWiLL 电力系统应用方案	180
第 8 章	电力数据网	183
8.1	综合数据网	183
8.1.1	综合数据网概述	183
8.1.2	网络拓扑与互联通道分析	185
8.1.3	路由选择	185
8.1.4	多协议标签交换虚拟局域网组网	186
8.1.5	可靠性保证	186

8.1.6	电力综合业务平台	187
8.2	调度数据网	189
8.2.1	调度数据网概述	189
8.2.2	调度数据网建设中需要解决的关键问题	189
8.2.3	技术体制特点	196
8.2.4	多协议标签交换技术	197
8.2.5	跨域 MPLS VPN	202
8.2.6	网络拓扑结构	204
8.2.7	组建电力调度数据网的基本要求	204
8.2.8	典型网络架构	204
8.3	智能电网数据业务	206
8.3.1	电动汽车	206
8.3.2	智能电网中分布式电源的接入	209
8.3.3	电力视频监控	212
8.3.4	电力应急视频系统	213
8.4	网络建设要求	213
第9章 物联网技术		214
9.1	物联网	214
9.1.1	物联网概念	214
9.1.2	物联网体系结构	215
9.1.3	物联网关键技术	215
9.1.4	物联网的现状与未来	216
9.2	我国“电网物联”的研究和发展现状	217
9.2.1	我国“电网物联”的研究	217
9.2.2	我国“电网物联”的发展现状	217
9.3	RFID 技术原理	218
9.3.1	RFID 系统构成	218
9.3.2	RFID 关键技术	221
9.3.3	RFID 应用及未来发展	222
9.4	传感器网络技术	223
9.4.1	传感器网络综述	223
9.4.2	传感器网络标准	225
9.4.3	传感器网络关键技术	225

9.4.4 WSN 未来发展趋势	227
9.5 智能电网的物联网分层架构	228
9.6 物联网技术在智能电网中的应用	229
9.6.1 物联网技术在智能电网中的应用框架	229
9.6.2 物联网在智能电网中的应用模型	231
9.6.3 面向智能电网的物联网解决方案	233
参考文献	237

第1章 概 论

随着全球经济的迅猛发展,社会对电能的需求不断增加,电网规模逐步扩大,影响电力系统安全运行的不确定因素和潜在风险也随之加大,而各级用户对电力供应的质量和可靠性要求越来越高,电力发展所面临的资源和环境压力越来越大,迫使电力经营者不断提高企业运营效率,力求在安全可靠、优质高效、绿色环保等方面开辟新的发展空间。建设智能电网是开发清洁能源、建设合理能源利用体系的迫切要求,是关系社会经济发展和民生、满足社会可持续发展的重要选择。智能电网建设是一项复杂的工程,其发展离不开通信技术,电力通信专网将实现所有电力系统环节的全覆盖,实现与用户的双向互动。随着电力系统自动化的广泛应用,电力通信系统已成为电力系统安全、稳定、经济运行的重要支撑,在未来电力市场的发展中,电力通信网将充当越来越重要的角色,为实现传统电网向高效、经济、清洁、互动的现代电网的跨越提供有力的支撑。

1.1 现代电网概述

1.1.1 电网发展现状

近年来,随着世界经济形势以及能源发展格局的变化,以电力为核心的能源革命已拉开序幕。电网是输送和分配电能的中间环节,是由输电、变电、配电设备及相应的辅助系统组成的联系发电与用电的统一整体。随着先进的智能设备、通信技术、信息技术、传感测量技术、自动控制技术在电网中的深入发展与灵活运用,电网的智能化发展正不断渗透到各个环节中。电力信息与通信网是电网运营智能化、电网管理手段信息化和保障电力系统自动化的重要支撑网络之一。

各国开始重新审视电网的功能定位,除了传统的输电供电能力外,电网也是资源优化的载体,是实现综合运输体系和网络经济的重要组成部分,电网的发展面临着前所未有的机遇与挑战。

1. 电网发展面临的挑战

(1) 环境和能源。目前,发电主要依赖化石能源。化石能源为不可再生能源,不断消耗将造成枯竭。人口的不断增加、经济的发展造成能源需求量大增,化石能源的大量利用造成环境污染和大量温室气体排放,环境问题日益突出。提高能源利用率、优化能源结构、发展清洁能源,从而降低对化石能源的依赖是世界各国应对气候变化、解决环保问题的共同选择。适应清洁能源的发展需求,提高电网的可靠性、安全性、灵活适应性和能源优化配置能力,成为电网发展面临的紧迫任务。

(2) 安全可靠与经济高效。随着经济发展对电能日益增强的依赖程度,电能占能源消耗中所占比例越来越大。电网的日益扩大使得电网运行与控制的复杂程度越来越高,发生电网运行故障的风险也越来越大,实现电能安全运输、可靠供应的挑战越来越大。促进电能清洁生产,降低传输损耗,全面优化电能生产、输送和消费全过程,成为电网发展的必然选择。

经济高效的电网必将极大地推动低碳电力、低碳能源以及低碳经济的发展。

(3) 电网优质服务。分布式电源的接入,对电网引入清洁能源、利用可再生能源、减少化石能源的利用、优化能源结构具有重要的意义。同时用户由单纯的电力消费者转变为电力生产者和消费者。电网与用户形成新型的供用电关系。同时,市场化改革的深入和用户身份的重新认定使得电力流、信息流、业务流的单向流动模式转化为双向信息互动模式,使得用户对于电力业务的需求增加。这对于电网构建新型商业模式、提供电力增值服务、有效兼容各类电源和用户接入提出了更大的挑战。

(4) 技术创新与高效管理。当前,在新一轮世界能源革命的推动下,不断实现以电网为可信的低碳经济。将先进技术与传统电网技术相结合,实现电网运行模式的转型,提高资源优化配置能力,保障电力运行的安全可靠,提供灵活便捷的优质服务,是新形势下电网面临的新课题。

2. 电网发展的驱动力

坚强的网架结构、强大的电力输送能力是电网发展的驱动力之一。以坚强为基础来发展电网可以提高电网防御多重故障、防止外力破坏和防灾抗灾的能力,能够增强电网供电的安全可靠性,可以提高电网对新能源的接纳能力,推动分布式电源的发展;可以提高电网更大范围的能源资源优化配置能力,充分发挥其在能源综合运输中的重要作用。

解决能源安全环保问题,应对气候变化,是电网发展的核心驱动力。首先,要适应电力市场要求,提高企业运行、管理水平和效益,增加市场竞争力,充分满足经济快速发展和电力负荷高速增长的需求;其次,提高供电质量,为用户提供多样的优质电力服务和增值服务,确保电力供应的安全性、可靠性、经济性;最后,解决能源问题,提高电网接入可再生能源的能力和安全性,并且满足环境保护的要求。

1.1.2 智能电网的提出

在现代电网的发展过程中,各国结合自身电力发展的现状,在不同领域进行研究和实践,形成各国独特的智能电网发展模式,国际上对其没有达成统一明确的定义。从技术和应用的角度看,各国专家普遍认同,智能电网就是为电网注入新的技术,其中包括信息技术、计算机技术、能源电力技术、自动控制技术等,赋予电网智能化的特点,成为一个自动化的新型现代化供电网络。

统一坚强智能电网是以坚强网架为基础,以通信信息平台为支撑,以智能控制为手段,包含发电、输电、变电、配电、用电和调度六大环节,覆盖所有电压等级,实现“电力流、信息流、业务流”的高度一体化融合,是坚强可靠、经济高效、清洁环保、透明开放、友好互动的现代电网。这种新型电网,是在大量交互式数据的基础上实现的精细化管理、智能化运营的电网,本质上就是能源替代和兼容利用。

信息化、数字化、自动化、互动化是坚强智能电网的四个基本技术特征。其中,信息化是指实时和非实时信息的高度集成、共享和利用;数字化是指电网对象、结构及状态的定量描述和各类信息的精确高效采集与传输;自动化是指电网控制策略的自动优选、运行状态的自动监控和故障状态的自动恢复等;互动化是指电源、电网和用户资源的友好互动和协调运行。“四化”是一个相辅相成的有机整体,信息化、数字化、自动化是手段,互动化是目的。应该科学规划,保证“四化”建设齐头并进,才能确保智能电网更好、更快的建设。

传统电网整体的智能化程度较低。电源接入与退出、电能传输等都缺乏弹性,电网动态

柔性及重组性较差；垂直的多级控制机制反应迟缓，无法构建实时、可配置和可重组的系统，自愈及自恢复能力完全依赖于物理冗余；对用户的服务简单、信息单向；系统内部存在多个信息孤岛，缺乏信息共享，相互割裂和孤立的各类自动化系统不能构成实时的统一整体。

与传统电网相比，智能电网将实现对电网整体、准确、实时的信息获取，以坚强、可靠的物理电网和信息交互平台为基础，整合实时生产、运营信息，通过加强对电网业务流的动态分析、诊断和优化，为电网运行和管理人员提供全面的电网运行状态，同时提供相应的辅助决策支持、控制实施方案和应对预案。

智能电网的智能化主要体现在：可观测——采用先进的传感量测技术，实现对电网的准确感知；可控制——可对观测对象进行有效控制；实时分析和决策——实现从数据、信息到智能化决策的提升；自适应和自愈——实现自动优化调整和故障自我恢复。一般认为，智能电网的特征主要包括坚强、自愈、兼容、经济、集成和优化等，具体特征主要体现在如下方面：

(1) 坚强。当电网发生大故障或者大扰动时，仍然能保持对用户的供电能力；在自然灾害或极端气候下仍能保证电网的安全运行；具有确保电力信息安全的能力。

(2) 自愈。通过对电网的实时监测、在线预测和连续的安全评估和分析以及自动故障诊断、故障隔离和系统自我恢复，及时发现故障、消除故障、自我恢复，避免发生大面积停电，提高电网运行可靠性。

(3) 兼容。支持风能、太阳能等可再生能源的有序、合理接入，为用户提供丰富的清洁能源，能够实现电网与用户信息的双向互动，满足用户多样化的电力需求并提供增值服务。

(4) 经济。支持电力市场运营和电力交易的有效开展，实现资源的优化配置，从而降低电网损耗，并提高能源利用效率。

(5) 集成。实现电网信息的高度集成和共享，采用统一的平台和模型，促进电力用户的积极作用，使需求侧功能更完善，实现规范化、标准化和精益化的管理。

(6) 优化。优化资源配置，降低投资和运行维护成本，提高设备利用率及传输容量；平衡不同区域间的电力供应缺口；实行动态浮动电价制度，满足电力市场竞争的要求。

智能电网是将先进的传感量测技术、信息与通信技术、电力电子技术、分析决策技术和分布式电源接入技术相结合并与电网基础设施高度集成而形成的新型现代化电网。

1. 传感量测技术

智能电网是一个极其复杂的系统，要对这个系统进行有效控制，就必须能够观测这个系统。传感量测技术作为智能电网基本的组成部分，是智能电网系统检测、分析、管理的基础技术。传感量测技术利用传感器获得数据并将其转换成数据信息，以供智能电网的各个方面使用。这些电力数据包括功率因数、电能质量、相位关系、设备健康状况和能力、表计的损坏、故障定位、变压器和线路负荷、关键元件的温度、停电确认、电能消费和预测等数据。电网利用这些信息在广泛的地理范围内进行电力系统运行状况的监测，保障智能电网信息的完整性和决策的正确性。

2. 信息与通信技术

信息与通信技术是电力系统信息交互的网络支撑。要形成集成的信息与通信系统，需通过各种载体实现各种信息和应用的集成和连接，使数据在发电、输电、配电和用户等不同主

体及各类应用系统之间高速传递。通信技术的研究主要包括：通信方式的多样化，包括互联网、光纤、卫星、无线、第三代移动通信技术（3G）、传感器网络等通信方式；精确的数据定时和同步能力；重视电磁兼容，降低对外部的辐射和电磁干扰；提高抵御外部通信干扰的能力，提高系统的安全性。除此之外，还需要研究能被各界广泛接受的通信标准。

3. 电力电子技术

电力电子技术是一种使用电力电子器件对电能进行交换和控制的技术，它将电力技术、电子技术和控制技术相融合，具有较快响应能力、高可控性和强大的控制功能，为电网快速、连续、灵活控制提供有效的技术手段。在电力系统中应用的电力电子技术主要包括高压直流输电（HVDC）、柔性交流输电系统（FACTS）、定制电力（CP）和柔性直流输电（VSC-HVDC），这些技术是智能电网的先进控制和调节手段。电力电子技术在智能电网中主要应用在提升电网资源优化配置能力、提高安全稳定运行、提高清洁能源并网运行控制能力、提高电网服务能力以及城市配电网增容改造等方面。

4. 分析决策技术

分析决策技术主要是对电网的运行状态进行分析、决策和控制，保障电网安全可靠、稳定经济的运行。电网运行分析与决策支持系统使电力企业内部网及广域网授权用户能够迅速、准确、全面地分析电网运行信息，辅助决策。

5. 分布式电源接入技术

分布式电源的种类很多，包括小水电、风力发电、光伏电源、燃料电池和储能装置等。一般来说，其容量从 1kW~10MW。配电网中的分布式电源由于靠近负荷中心，降低了对电网扩展的需要，并提高了供电可靠性，因此得到广泛采用。

1.1.3 我国智能电网研究现状

近年来，我国电力行业紧密跟随欧美发达国家电网智能化的发展趋势，着力技术创新，研究与实践并举，在智能电网发展模式、理念和基础理论、技术体系以及智能设备等方面开展了大量卓有成效的研究和探索。把电网转换成用户和运营商互动的服务网，以提高输配电系统的效率以及安全性和稳定性，这有利于分布式和可再生能源的大规模应用。

2005 年以来，国家电网公司在可再生能源并网建设、数字化电网建设、智能电网技术架构等前沿领域进行研究。2007 年，华东电网启动了高级调度中心、统一信息平台建设。2008 年，华北电网、上海电网启动了数字电能表试点。2009 年 5 月，在北京召开的“2009 特高压输电技术国际会议”上，国家电网公司正式发布了“坚强智能电网”发展战略。2009 年 8 月，国家电网公司启动了智能化规划编制、标准体系研究与制定、研究检测中心建设、重大专项研究和试点工程等一系列工作，正式启动了我国坚强智能电网建设的第一阶段。在 2010 年 3 月召开的全国“两会”上，温家宝总理在《政府工作报告》中强调：“大力发展低碳经济，推广高效节能技术，积极发展新能源和可再生能源，加强智能电网建设”。2010 年 9 月，国家电网公司正式发布了《“十二五”电网智能化规划》，报告在分析智能电网发展基础上，明确了指导思想和发展目标，重点从发电、输电、变电、配电、用电、调度、通信信息七个方面提出电网智能化的规划目标、重点项目、建设规模及预期目标、投资估算。根据《“十二五”电网智能化规划》，将分阶段稳步推进电网智能化建设，其中 2009~2010 年为规划试点阶段，2011~2015 年为全面建设阶段，2016~2020 年为引领提升阶段。这标志着智能电网的研究和实践得到了政府高度重视和全社会的关注，建设智能电网已成为国家的基本

发展战略。

1.2 现代通信技术概述

通信技术融入计算机技术和数字信号处理技术后发生了革命性的变化,它和计算机技术、数字信号处理技术相融合是现代通信技术的标志,通信技术作为信息传递的支柱,已成为信息时代社会发展和经济活动的生命线。

1.2.1 现代通信的主要技术

(1) 短波与超短波通信技术。主要包括现代调制解调技术、数据传输相关技术、高频自适应通信技术、扩展频谱技术、调频技术、差错控制技术、分集接收技术等,主要应用于政府、军事、外交、气象、通信、商业等部门,用来传输语言、文字、图像、数据等信息。

(2) 数字移动通信技术。是当今通信的主流方向之一,主要包括蜂窝组网技术、多址技术、语音编码技术、数字调制解调技术、分集技术、自适应均衡技术、卫星通信技术等。移动通信技术带动着通信产业的发展。

(3) 光纤通信技术。目前光纤已遍及长途干线、海底通信、局域网、有线电视等领域,主要包括多信道光纤通信技术、光放大技术、光交换技术、智能光网络技术等,发展之快、应用之广、规模之大充分显示了光纤通信强劲的发展势头和广阔的应用前景。

(4) 数据通信与数据通信网技术。数据通信是计算机和通信相结合而生的一种通信方式,是以传送“数据”为业务的电信系统,随着数据通信的发展,通信网络由一个以语音传输为主、附带传输数据的传统模式发展为以数据传输为主、附带传送话音的网络。主要包括接入网技术、IP 电话技术、蓝牙技术、WiFi 技术等。

1.2.2 现代通信技术的发展趋势

通信技术、计算机技术和信号处理技术相结合,它们在微电子技术的支撑下,交叉融合、相互促进、相互支持,大大加速了社会信息化的进程。现代通信技术是以光纤通信为主体,以卫星通信、无线电通信为辅助的宽带化、综合化、智能化的通信网络技术。宽带化是指通信系统能够传输的频率范围越宽越好,通信线路能够传输的数字信号的比特率越高越好,而要传输极宽频带的信号,非光纤莫属;综合化就是把各种业务和各种网络综合起来,包括视频、语音和数据业务等,把这些业务数字化后,通信设备易于集成化和大规模生产,在技术上便于与微处理器进行处理和用软件进行控制和管理;智能化就是要建立先进的智能网,即能够灵活方便地开设和提供新业务的网络。

通信网由模拟到数字、由单一走向综合业务、由窄带迈向宽带、由封闭式走向开放式的网络结构,现代通信技术主要是朝着宽频带、大容量、多用户、高效率、高可靠性的数字化、综合化、宽带化、智能化的方向发展。

数字通信系统是一个必然的趋势,尤其是大容量的数字微波中继通信系统将成为近年来通信系统的发展方向。卫星通信可以实现多址通信,它是理想的通信手段,数字卫星通信与其他方式相结合是今后卫星通信发展的重要方向。随着信息源种类和信息量的不断增加,光纤以宽频带、大容量的特点将用于多种有线通信,以高速光传输技术、宽带光接入技术、节点光接入技术、智能光联网技术为核心,面向互联网应用的光波技术将成为现代光纤通信的研究热点。