

智能电网

——21世纪国际能源新战略

主 编 周渝慧

副主编 胡文杰 许 蔚 刘 畅



清华大学出版社
<http://www.tup.tsinghua.edu.cn>



北京交通大学出版社
<http://press.bjtu.edu.cn>

智能电网

——21 世纪国际能源新战略

Intelligent Grid—A New Strategy of International Energy in 21st Century

主 编 周渝慧

副主编 胡文杰 许 蔚 刘 畅

清 华 大 学 出 版 社
北 京 交 通 大 学 出 版 社

• 北 京 •

内 容 简 介

本书立足于 21 世纪国际能源安全、国家节能战略和电网技术创新,介绍了智能电网的起源、基本概念、特征、现状及目标任务,阐述智能电网核心技术框架,探索国际国内智能电网技术及其当前在我国电网技术中的定位、构成体系,分析其内外环境、发展障碍、关键要素,电网技术创新及其现代化发展战略,分析中国智能电网技术发展战略,研究国际智能电网技术引进、我国智能电网的投资和效益,并分析投融资风险及应对措施。智能电网是电力系统技术主动适应全球化经济、能源、环境、资源和信息技术变革与发展的必然结果。

本书适合能源技术与能源经济、电力技术、电气工程、电力经济、技术经济与管理、技术创新及与智能电网技术相关的信息、传感、电网、发电等领域的专业人士及大中专在校学生阅读。

本书封面贴有清华大学出版社防伪标签,无标签者不得销售。

版权所有,侵权必究。侵权举报电话:010-62782989 13501256678 13801310933

图书在版编目(CIP)数据

智能电网:21 世纪国际能源新战略/周渝慧主编. —北京:清华大学出版社;北京交通大学出版社,2009.10

ISBN 978-7-81123-780-1

I. 智… II. 周… III. 智能控制-电力系统-研究 IV. TM76

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 188742 号

责任编辑:赵彩云

出版发行:清华大学出版社 邮编:100084 电话:010-62776969

北京交通大学出版社 邮编:100044 电话:010-51686414

印刷者:北京交大印刷厂

经 销:全国新华书店

开 本:185×260 印张:13.25 字数:337 千字

版 次:2009 年 10 月第 1 版 2009 年 10 月第 1 次印刷

书 号:ISBN 978-7-81123-780-1/TM·24

印 数:1~2 000 册 定价:29.00 元

本书如有质量问题,请向北京交通大学出版社质监组反映。对您的意见和批评,我们表示欢迎和感谢。

投诉电话:010-51686043, 51686008; 传真:010-62225406; E-mail: press@bjtu.edu.cn。

我们将亲眼目睹一场旷日持久的电网技术和全新电力市场运营体系正在产生的巨大裂变和聚变，它将成为人类走出能源短缺阴影的途径，并且成为支撑世界经济在本世纪可持续发展的动力。

智能电网技术是传统电网技术的进化，它的解决方案的形成和方法论将是传统电网的简单判断式决策的智能化升级，它代表建立在信息经济基础上的新型电网规划、运营、交易、节能和服务等业务开始作为网络型、复杂型、模糊型、综合型的现代电力决策出现在人们眼前。

《智能电网——21 世纪国际能源新战略》

编 委 会

主 编：周渝慧

副主编：胡文杰 许 蔚 刘 畅

编 委：王 智 程 璐 朱洁琳

序

智能电网的研究在中国刚刚起步，作者长期在电力系统及其自动化、电力信息化、电力市场运营、电价、配电网投融资和电力营销等领域进行教学、实践、科学研究。面对正在全世界电力工业兴起的智能电网战略与技术，作者认为它将掀起一场世界范围内融合能源与信息的双重技术变革，将对各国能源战略和能源技术与管理产生重要而深远的影响，对电力系统及其自动化学科的进步具有划时代的理论意义和实践价值。

本书是中国智能电网研究的一份简约的序言，中国智能电网研究的大幕才刚刚拉启，作为这一研究领域的一员，我们愿将所看到的、听到的、学习到的和感受到的一些有关智能电网的知识和信息，以及我们团队在研究过程中所讨论到的一些新观点与读者们倾心交流，学术上我们奉行“重在参与”的价值观，也期待此书能够起到抛砖引玉之效。

智能电网在中国的推广和应用还有待进一步深入研究与探索，书中若有不成熟的观点，敬请读者多多见谅并热忱欢迎讨论，希望能为中国电网的技术与管理奉献一份微薄的力量。

感谢中外智能电网研究领域所有专家与学者的智慧与辛勤的劳动！诚挚地感谢天津大学余贻鑫教授在中国智能电网领域的开创性研究成果发布，感谢书中引用和未曾引注的所有文献的作者的辛勤劳动！

感谢中国电机工程学会和中国国际供电大会组委会给予相关学术会议论文发表的机会！

感谢国家电网能源研究院副院长、中国电机工程学会动经专委会主任胡兆光教授、单葆国所长、韩新阳所长、王耀华秘书长、曹军辉常务秘书为作者提供多次学术交流的机会！感谢周峰、孙薇、徐仁武、亓艳萍、胡婧、徐敏杰、谭显东、焦晓佑等专家的科研合作！

感谢北京交通大学基础产业研究中心为本书的出版提供的资金支持！感谢宋守信教授、张秋生教授、张梅青教授、杜佳副教授、袁绿夏和谭克虎等老师在配电网投融资方面的专业指导及其与本书相关的学术交流！

感谢北京交通大学电气学院郑琼林、范瑜、王毅、和敬涵、刘明光、王立德、姜久春、黄梅、吴俊勇等多位教授在数次电力系统专业学术活动中不吝赐教！感谢电气学院、经管学院所有同仁在教学工作中的相互提携与共同进步。在北交大电气学院这个集体中，我们团队中的每一位成员天天都在成长，学海无涯，我们一路和大师们对话，分

享着教学相长、不断进步的感动！在这里也要感谢电气学院电力市场运营实验室里的历届硕士毕业生：唐庆博、刘晓东、李路、杨晓花、徐瑞卿、程晓鑫、韩正华、余刚、王智、赵飞、罗欣、郭金伟、王蓉蓉、付慧颖、雷娜、白杨、梁钟晖、顾洪凤、王玉梁、胡正海及经管学院诸位 MBA 同学。

感谢赵彩云编辑为本书顺利出版所付出的劳动。

本书第 1、2、3、6、8 章由周渝慧编写，第 4 章由胡文杰、刘畅、许蔚编写，第 5 章由周渝慧、胡文杰、刘畅、许蔚编写，第 7 章由周渝慧、王智、赵飞、程晓鑫、程璐、朱洁琳编写，附录由许蔚整理并翻译。参与本书撰写与讨论的还有梁钟晖、陈向婷、段炜、连莲莲、杨建、王腾、王晟等。

由于智能电网尚在不断的发展与探索之中，加之作者编写水平有限，书中难免存在缺点和错误，恳请读者批评指正。

周渝慧

2009 年仲夏于北京交通大学红果园

目 录

第 1 章 智能电网起源	1
1.1 智能电网起源于国家安全和反对恐怖主义	1
1.2 美加“8·14”大停电后的电网技术创新理念——自愈电网.....	2
1.3 国际油价上涨和经济危机催生智能电网国家战略	3
1.4 气候变化挑战电网技术进步	4
1.5 中国智能电网研究	4
第 2 章 美国智能电网	6
2.1 美国政府与智能电网	6
2.2 建设智能电网的里程碑	8
2.2.1 从发展时间阶段看智能电网	9
2.2.2 从新技术应用阶段看智能电网	9
2.2.3 从网络特点上看智能电网	9
2.2.4 从效益上看智能电网发展的里程碑	10
2.3 电网新的价值传递系统.....	11
2.3.1 输电网投资与运营规模问题	12
2.3.2 智能电网的主要功能定位在配电市场	13
2.3.3 零售电力市场是智能电网的用武之地	13
2.3.4 智能电网如何实施电力需求侧管理	15
2.4 美国智能电网的运营.....	16
第 3 章 电力产业智能化的发展与创新	17
3.1 电力产业的发展.....	17
3.2 传统电网与智能电网.....	19
3.2.1 传统电网存在的关键难题.....	19
3.2.2 建设智能电网的哲学意义.....	20
3.2.3 智能电网技术是 21 世纪电网的主导设计	22
3.2.4 智能电网的目标和任务	24
3.3 智能电网生产函数模型.....	31
3.3.1 技术系数与智能电网技术.....	32
3.3.2 技术进步是智能电网效益的真正来源	32

3.4 开放复杂的智能巨系统与电网进化	33
3.4.1 智能电网是复杂巨系统	33
3.4.2 智能电网的自愈性	34
3.4.3 智能电网巨系统的非常规层次性	35
3.4.4 智能电网的社会属性	36
3.4.5 智能电网的灵活性	37
3.4.6 智能电网催生电力工业进化	37
3.5 智能电网带动电网技术与管理创新	37
3.6 用商务智能打造新时代智能电网	39
3.7 全球气候变化下的电力监管变革	52
3.7.1 全球气候变化与电力监管	52
3.7.2 电力监管与智能电网技术	52
3.7.3 智能电网技术将推动电力监管效率提升	54
第4章 智能电网核心技术	55
4.1 综合开放的通信系统	56
4.1.1 通信系统是通道	56
4.1.2 综合通信系统技术现状	56
4.1.3 前景展望	59
4.1.4 综合通信系统的效益	61
4.2 先进的传感与计量技术	62
4.2.1 传感与计量技术是基础	62
4.2.2 传感与计量技术现状	62
4.2.3 前景展望	66
4.2.4 传感与计量技术的效益	67
4.3 高级智能的系统部件	67
4.3.1 系统部件是支撑	67
4.3.2 高级系统部件技术现状	68
4.3.3 发展趋势	73
4.3.4 高级系统部件的效益	76
4.4 先进的控制方法	77
4.4.1 控制方法是灵魂	77
4.4.2 先进控制方法技术现状	77
4.4.3 前景展望	81
4.4.4 先进控制方法的效益	83
4.5 智能化的界面决策支持技术	84
4.5.1 界面决策支持技术是手段	84
4.5.2 智能界面决策技术发展现状	85

4.5.3	智能界面决策支持技术的发展趋势	85
4.5.4	实施界面决策支持技术的效益	91
4.6	智能电网的标准化建设	92
4.7	国外智能电网研究机构	92
4.7.1	美国能源技术实验室 (NETL)	92
4.7.2	美国电力科学研究院 (EPRI)	95
4.7.3	美国能源部电力输送与能源可靠性研究室 (OE)	96
4.7.4	欧洲智能电网技术平台	98
4.7.5	国外智能电网相关网络	100
第5章	智能电网的核心框架	101
5.1	基于智能电网技术实现电力市场公平交易	102
5.1.1	现代智能电网的使命	103
5.1.2	智能电网开启多元网络融合	103
5.1.3	智能电网是电力交易的基础平台	104
5.2	先进用电运营 (AUO)	104
5.2.1	AUO 系统的概念	106
5.2.2	AUO 的技术构成	107
5.2.3	AUO 的应用途径	109
5.2.4	AUO 的效益	110
5.3	先进配电运营 (ADO)	113
5.3.1	ADO 的组成	114
5.3.2	ADO 的功能要求	117
5.3.3	ADO 的应用前景	121
5.3.4	ADO 的效益	123
5.4	先进输电运营 (ATO)	124
5.4.1	ATO 的五大功能	125
5.4.2	ATO 的技术构成	126
5.4.3	ATO 的应用障碍	129
5.4.4	ATO 的效益	129
5.5	先进资产管理 (AAM)	130
5.5.1	智能电网的资产	130
5.5.2	智能电网的资产管理系统解决方案	132
5.5.3	智能电网下的资产管理扩展	133
5.5.4	智能电网的资产管理效益	134
第6章	建设中国智能电网的技术战略与策略	135
6.1	中国电力系统现有技术水平	135
6.1.1	大容量交/直流输电技术	136

6.1.2	大电网互联的运行控制技术	137
6.1.3	交流柔性输电 (FACTS) 技术	139
6.1.4	电力系统分析和仿真技术	141
6.1.5	新能源发电技术	142
6.1.6	电力系统信息化技术	147
6.2	中国智能电网的使命	148
6.3	智能电网的规划	149
6.3.1	电力综合资源规划	149
6.3.2	智能电网决策支持系统数据库规划	150
6.3.3	智能电网交易决策支持系统规划	152
6.4	智能电网优化效益	154
6.5	电力需求服务效益	154
6.6	中国智能电网发展障碍	155
6.6.1	现行组织管理体制	155
6.6.2	电力市场机制不健全	155
6.6.3	标准化水平较低	156
6.6.4	智能电网人才短缺	156
6.6.5	智能电网资金障碍	156
6.6.6	智能电网技术障碍	157
6.7	建设智能电网的途径	157
6.7.1	塑造智能电网的新商业模式	157
6.7.2	制定智能电网新战略	158
6.7.3	完善智能系统的功能及评价指标体系	159
6.8	智能电网人才成长模式	160
第7章	智能电网投融资	161
7.1	智能电网投融资背景介绍	161
7.1.1	电网的智能化发展对电网投融资提出新的要求	161
7.1.2	传统配电网投融资模式及存在的问题	162
7.1.3	智能电网投融资特点	165
7.2	智能电网新型投融资模式分析	166
7.2.1	智能电网新技术的项目融资	166
7.2.2	智能电网借融资租赁拓展资本运营渠道	168
7.2.3	智能电网证券化融资设计	170
7.2.4	智能电网投融资实物期权决策	172
7.2.5	政府职能在智能电网投融资中的重要作用	177
7.3	我国建设智能电网的投融资风险分析	178
7.3.1	电网企业资本结构所带来的风险	178

7.3.2 智能电网投资融资政治风险 179

7.3.3 智能电网投资融资获准风险 180

7.3.4 智能电网项目运营效益风险 180

7.3.5 智能电网投资技术风险 180

第 8 章 智能电网展望..... 182

附录 A 各种技术标准列表..... 184

附录 B 英文简语表..... 191

参考文献..... 194

第 1 章

智能电网起源

1948 年工程师克劳德·香农奠定了信息论的基础，指出通信存在极限。基于这一理论，产生了数据压缩技术、纠错技术等各种应用技术，新技术提高了数据传输和存储的效率。在我们今天的生活中，从 DNA 到个人电脑，从卫星通信到文传，信息几乎在每一个领域都扮演着重要的角色。

当人们将信息论应用于电网管理，所带来的就会是一场史无前例的技术浪潮，从而有力地焕发人类的智慧，以推动社会进步。对电网来说，如果通过引入信息与网络技术带动这场全新的电网翻新革命，将会使得更多的电网信息被挖掘和利用，使发电、输电、配电和终端用电在新的智能电网系统中实现无缝链接，这是一项关系到整个中国和世界在 21 世纪获得高效、清洁能源、经济和社会可持续发展优势的重大决策。

进入 21 世纪，能源成为世界各国在武力、外交关系、财富、领地等方面引起争端的起因。人类怎样才能凝练出新的智慧，带领世界摆脱或缓解能源资源短缺困境，并从自给自足的消费模式中脱颖而出，保持优势并且后来居上，成为世界各国领导者们思考的焦点。智能电网即将开辟电力工业的一个崭新发展阶段，它将改变传统电网以单向输送为主的现状，从而建立一张互联电网，智能电网将成为引领中国电力工业走上可持续发展道路的新的科学目标。

1.1 智能电网起源于国家安全和反对恐怖主义

自 2000 年开始，美国麻省理工学院（MIT）、加州伯克利（UC Berkeley）大学、加拿大麦吉尔（McGill）大学开始了无线传感器（Wireless Sensor Network）的研究。该研究的重点是国家安全和防控恐怖主义的袭击，其中“无线微尘项目”是该研究的第一个启动项目，致力于研究在有限的区域里，撒布成千上万无线传感器器件来实时采集数据，动态分析环境变化，及时作出预警和报警。这是世界上第一个体现智能电网研究内容的起始点。

在发生极端事件时，应急管理是电网的一项重要功能。它要求电网对故障具有

判断、定位、重构和恢复等瞬时响应的“自愈”特性。因此，通过信息和网络建立对现场数据采集、监控、分析、管理等高效的决策支持系统便成为电网技术中一个新的技术方向。

1.2 美加“8·14”大停电后的电网技术创新理念——自愈电网

随着电网的不断发展，用电负荷的不断增加，电网的安全稳定问题越来越受到人们的重视。北美电力可靠性协会（North Energy Reliability Conference, NERC）就美国 1984—1997 年的电网停电事故统计，在每年中，影响 1 万~10 万用户的停电次数为 5~10 次；影响 10 万~100 万用户的停电次数为 1~5 次；影响 100 万~1 000 万用户的停电次数为 0.1~1 次。其中，40% 的大停电事故由级联事件演变而成。2003 年纵贯美国和加拿大地区的“8.14”大停电，影响到 5 000 万人口的用电，每天损失高达 300 亿美元。这就引发了人们的一些新的思考：电网规模不断扩大的优势是毋庸置疑的，并且区域之间甚至国际间的互联电网所获得的时空错峰互补等联网效益更是相当可观的，但是，这种具有联动效应的大电网，却存在着发生大面积停电的潜在风险。

自愈电网（Self-Health Grid, SHG）是指在传统电网基础上经过翻新的、从传统电网的“保护跳闸”概念进化到“主动防止断电，减少影响”的新理念。在此背景之下，由美国国防部牵头，美国电力科学院（Electricity Power Research Institute, EPRI）和华盛顿大学（University of Washington）等多家单位参与研发了电力基础设施战略防护系统（Strategic Power Infrastructure Defense system, SPID）。该项目投资近 3 000 万美元，它是美国就电力、电信、金融、交通等影响国民经济的巨大的复杂系统所开展的“政府—电力工业—大学”协同研究项目之一。整个项目将于 2025 年完成，最终达到具有承受、应对各种意外及快速恢复的自愈能力。该系统采用 3 层多智能体（Multi-Agent）结构。

- 底层是反应层。其功能是：发电、保护。
- 中层是协作层。其功能是：事件及警报过滤、模型更新、故障隔离、频率稳定、命令翻译。
- 高层是认知层。其功能是：事件预测、脆弱性评估、隐藏故障监视、网络重构、恢复、规划、通信。

这一多智能体的总体功能是进行电网的脆弱性评估（电力和通信系统的快速在线评估）、故障分析（隐藏故障监视）、自愈战略（自适应卸负荷、发电、解列和保护）、信息和传感（卫星、因特网、通信系统监视和控制）等，以此防护来自自然灾害、人为错误、电力市场竞争、信息和通信系统故障、蓄意破坏等对电力设施的威胁。

2003年初到2004年,历时18个月先期完成的综合能源及通信系统体系结构(Integrated Energy and Communication Architecture, IECA),和随后延伸的智能电网体系结构,都是由美国电力科学研究院 EPRI 创建的,由美国通用电气公司(General Electric Co, GE)管理,有思科(SISCO)等公司参与的有关研究未来电力系统体系结构的国际科学合作项目。

在电力基础设施战略防护系统 SPID 和综合能源及通信系统体系 IECA 的基础平台研究之上,当前一种集分布式能源(Distribute Energy Resource, DER)、分布式控制于一体的智能化自愈电网(SHG)理念逐步呈现在人们眼前。随着美国的电力技术、网络信息技术的不断进步和几次大停电的经验积累,自愈型电网的“SHG 理念”将得到不断的提高和完善。

实现资源优化配置的大电网,主要从宏观上保证电网的安全性、经济性和优质运行。而 SHG 则主要是从用户角度出发,提供安全、优质和廉价的电力供应。因此,大电网的建设运行与 SHG 的理念和方法相结合,将能够实现目标一致的功能互补,可以成为未来中国智能电网发展的可借鉴的电网新型商业模式之一。

1.3 国际油价上涨和经济危机催生智能电网国家战略

2008年国际金融危机爆发之前,纽约石油期货价格从2002年末每桶30多美元,短短五年多上涨到2008年7月每桶147美元的水平,是2002年末油价的五倍。受金融危机的影响,国际油价开始迅速下降,在不到一年的时间内降至每桶30多美元,作为能源产品价格基准的纽约石油期货价格的这种巨幅波动,已经向人类提出能源短缺和环境压力的预警。

21世纪是人类在20世纪电气化、机械化的基础上建立网络化、信息化社会的时代,电力市场将通过其价格机制带动世界的能源新技术革命,并且自身也将成为这次新技术革命的组成部分之一。能源系统有两大阵营——传统的化石能源和可再生能源,而后者将会成为带动人类社会在新世纪进步的技术引力。

一个国家的电网是重要的能源通道,是承担各种电源输送功能的基础设施,电网以其特殊的高效率的传输和交易功能成为接纳并展示新能源革命进程的平台。传统的电网运营方式已经成为世界各国能源革命和科技进步的瓶颈之一。

如果将电网信息化和互联网的能效合并,构建智能化的电网,用网络和信息渗透进电网的构造、运行、技术和管理等,将给电力工业带来一次新生,更能够为世界能源产业带来一次解决全球化能源短缺及其技术创新问题的新空间。电网技术和全新电力市场运营体系正在产生着一场旷日持久的巨大裂变和聚变,它将成为人类走出能源短缺阴影的途径,并且成为支撑世界经济在21世纪可持续增长的动力。

智能电网将促成人类对于电能的更优化利用,促进电力系统、电力市场中的科

学与技术通过更适宜的交流模式得到普及,智能电网将通过信息与网络的交互式实施终端响应的功能,成为人类解决能源和电力问题的先决条件。

如今,智能电网可以成为建设和启动中国国内经济复苏的一项重要的技术战略——启动具有自愈、灵活和需方响应的初级智能化电网新战略。

1.4 气候变化挑战电网技术进步

气候变化迅速影响着世界能源生产和消费以及经济增长,导致气候变化的重要原因之一是传统的电力生产和使用,尤其是化石燃料发电的大批量生产方式导致了温室气体的排放和全球气候变化,表现为以下几个方面。

第一,大量用电方式对气候变化的影响。在城市里,人们建设高层的塔楼、林立商业大厦和写字楼、开发区等,决定了我国的电力消费方式在很大程度上是由人口的居住习惯所决定的,由于中国的人口众多,所以中国的城市用电负荷具有非常明显的集中化、峰谷差的特点。

第二,传统发电方式决定气候变化的程度。通常认为,在电力工业中发电厂是导致气候变化的重要因素之一,当调度员实施电力系统供需平衡时,由于没有电力市场竞争和价格机制的选择性、响应性和淘汰制,使得电网调度偏重于选择温室气体排放高的燃煤机组上网,但是,目前谁发电和谁不发电这个关键问题的决策权很大程度上在于电网调度。

第三,电网可以是能源消费以至于气候变化的一道控制阀。因为电网可以引导发电结构调整、可再生能源和负荷管理这三个方面的改善,是起着决定性作用的环节。

智能电网将为光伏发电、风电和水电等可再生能源的人网和非人网建立畅通的渠道和价格参照机制。这就需要智能电网通过其系统的运转、分析与决策,针对发电机启动时刻、发电容量及其发电持续时间进行预测,也就是说,在电力市场和综合资源规划的大前提下,必须对电力供应端和需求端同时进行双向的预测与决策。这种决策是建立在高度灵敏的信息集成和响应基础之上的。因此,电网的智能化方向可以在降低电力工业的温室气体排放、减缓气候变化上发挥极为重要的导向作用,与此同时,电网也是政府协调温室气体减排的重要关口和推行 21 世纪国际减排公约的重要工具,具有重要的历史意义。

1.5 中国智能电网研究

在中国,早在 2001 年,中国科学院院士、清华大学卢强教授提出了“数字电

力 (Digital Power System, DPS)”的新概念^①。在 2008 年 CICED^②年会上天津大学余贻鑫院士做了关于《建设具有“高级计量、高级配电管理、高级输电和资产管理”的自愈型智能电网》^③的报告,成为中国研究智能电网的开端。

与现在的智能电网的概念相符的中国电网信息化的真正起源是 20 世纪 90 年代,主要表现在用电环节的管理信息系统,被称为是“用电 MIS (Management Information System)”。在用电 MIS 中,地理信息系统和配电自动化控制系统相结合,成为我国配电网智能化的一个开端。

综上所述,人们在经历了美加“8·14”大停电后认识到,出于对国家安全与反恐主义的考虑而催生的智能电网,需要进一步拓展电网智能化及其自愈功能的研究,并且在此基础上针对全球环境变化的大背景、国际政治、经济、军事的格局,在提高电网技术水平的同时,不断地修正和完善国家战略。可以断言,智能电网的起源与发展与一个国家的发展战略密切相关,对智能电网进行深入的研究,有助于更快、更好地了解信息经济中对电网这一基础设施所提出的新功能的本质所在。

① 21 世纪电力科学技术讲座。北京:中国电力出版社,2001.

② CICED 为中国国际供电会议简称。

③ 2008 年中国国际供电会议报告集。