

Creating
COMPETITIVE
Power Markets: the PJM Model
美国PJM电力市场

[美] 杰里米 D. 兰伯特 著
胡江艳 盛艳 姜新凡 潘力强 译
张小伍 审校



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

责任编辑：王志媛

E-mail: wzy@waterpub.com.cn



作者简介

杰里米 D. 兰伯特，华盛顿特区Shook, Hardy & Bacon LLP合伙人，美国国家电力工业（包括PJM互联LLC公司在内）客户代表认证律师。近年来，他致力于电力市场改革方面的研究工作，并担任了NYMEX公司电能期货交易合同顾问。兰伯特先生为普林斯顿大学优等毕业生、美国大学优等生荣誉学会会员，曾为哥本哈根大学富布莱特法案基金学者。兰伯特先生还是耶鲁大学法学院毕业生，曾担任耶鲁法学杂志编辑。兰伯特先生同时也是哥伦比亚特区议员、纽约律师业会员，并被录入美国名人录。

封面设计 | 北京瑞兴文化艺术中心 / 何玉晓
Tel: (010) 68311017 63202266-2701
E-mail: art@waterpub.com.cn
www.waterpub.com.cn/art

ISBN 978-7-5084-4297-6



9 787508 442976 >

定价：35.00 元

Creating
COMPETITIVE
Power Markets: the PJM Model

美国PJM电力市场

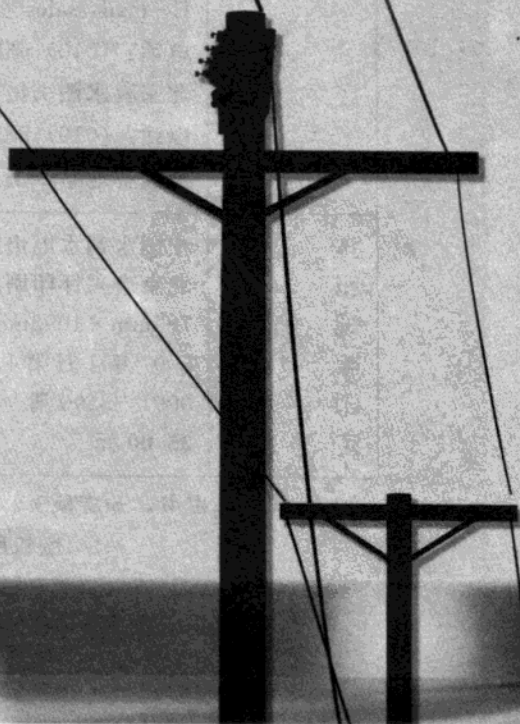
[美] 杰里米 D. 兰伯特 著

胡江艳 盛艳 姜新凡 潘力强 译

张小伍 审校



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn



图书在版编目 (CIP) 数据

美国 PJM 电力市场/ (美) 兰伯特著; 胡江艳等译.
北京: 中国水利水电出版社, 2007

书名原文: Creating Competitive Power Markets:
the PJM Model

ISBN 978 - 7 - 5084 - 4297 - 6

I. 美... II. ①兰... ②胡... III. 电力工业—市场
—研究—美国 IV. F471.266

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2006) 第 149883 号

书 名	美国 PJM 电力市场
作 者	[美] 杰里米 D. 兰伯特 著 胡江艳 盛艳 姜新凡 潘力强 译 张小伍 审校
出版 发行	中国水利水电出版社 (北京市三里河路 6 号 100044) 网址: www.waterpub.com.cn E-mail: sales@waterpub.com.cn 电话: (010) 63202266 (总机)、68331835 (营销中心)
经 售	北京科水图书销售中心 (零售) 电话: (010) 88383994、63202643 全国各地新华书店和相关出版物销售网点
排 版	中国水利水电出版社微机排版中心
印 刷	北京市兴怀印刷厂
规 格	787mm×1092mm 16 开本 13 印张 200 千字 1 插页
版 次	2007 年 1 月第 1 版 2007 年 1 月第 1 次印刷
印 数	0001—3500 册
定 价	35.00 元

凡购买我社图书, 如有缺页、倒页、脱页的, 本社营销中心负责调换

版权所有·侵权必究

内 容 提 要

PJM 是美国也是目前世界上最大的、技术最先进的、极具超前思维的电力竞争市场。本书是作者杰里米 D. 兰伯特在 PJM 的全力合作下,通过比较研究 PJM 和其他 ISO 在市场监管、组织体系和输电定价等方面的关键环节后所完成的。全书共分九章,对 PJM 市场及其发展历程、构建 PJM 电力竞争市场(包括输电网所有者协议、中大西洋市场运营协议、备用分摊协议、独立系统运营机构协议、PJM 仲裁协议等在内的各种协议)的发展演变、PJM 输电费率及 PJM 组织机构的发展演变与功能进行了系统介绍。同时还对 PJM 市场定价体系及市场规则、PJM 电网运行可靠性管理、PJM 市场工具使用等进行了重点介绍。

PJM 从一个紧密型电力联营体逐步演变成为一个成功的 ISO,其发展过程、运行模式与成功运作经验为整个电力工业改革提供了可供借鉴的模板。因此,本书是我国电力、经济、法律等专业的工作人员、管理人员和政府相关管理部门的一本有益的参考书,也是大专院校相关专业研究电力市场建设及其运营的学习参考书。

本书专家顾问组名单

Robert E. Larson 江源 于尔铿

Chuck Wells Alain Steven

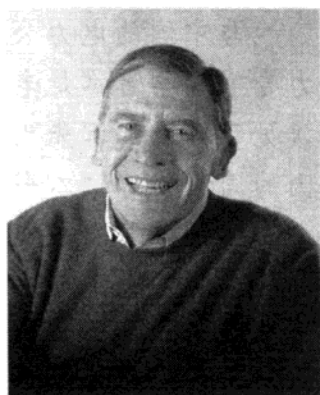
Kenneth Laughlin 王明俊 方恭寿

资源知识

开放的电力市场是新经济的推动力

——致中国读者

30 多年前，当我和合作伙伴在加州硅谷创建 SCI 公司（Systems Control Inc.）时，500 多位美国最优秀的电力专家和计算机软硬件工程师加入了该公司。在 100 多位拥有博士学位的高级工程师和系统分析员中，有很多是华裔。20 世纪 70 年代初，由 SCI 公司开发的第一代实时电网调度自动化 SCADA/EMS 系统平台，开始在美国的电力公司投入运行。



1980 年访问中国时，我在清华大学作了关于“基本实时控制技术”的讲学，这也是我当时在斯坦福大学教授的一门课。在此期间，我结识了许多中国科技界的领导，其中一位是后来担任中国国家领导人的江泽民先生。随后，我制定了一个计划，安排中国的技术领导人，其中包括 4 位清华大学的教授到 SCI 公司接受详尽的技术培训。同时，我在斯坦福大学所任教的系里，开始录取来自中国的研究生。当时我即将担任 IEEE 的理事长，我帮助建立了 IEEE 和中国科技界一种良好的交流关系。

由于这种关系，SCI 公司向中国电力公司介绍了实时电网调度自动化 PCS32 系统，并在中国很多省级调度中心投入运行。

随后 20 多年，我和我的朋友与合作伙伴——江源先生，投入了很大的精力和资源，致力于与中国电力同行进行多渠道技术交流

和全面合作。我们惊讶地发现，在短短 20 年左右的时间内，中国电力公司建成了覆盖全国五级调度电网的、结合了现代通信技术的、世界一流的电力调度自动化系统（SCADA/EMS）网络。更为令人惊讶的是，中国电力公司培养出了一支高水平的电力自动化系统维护、管理和应用开发的工程师队伍。为持续支持这种发展，相关专业的高等教育课程和系统开发与集成公司也配套形成。中国在电力和电网自动化领域取得的巨大成果，令我十分敬佩。

我与中国的电力公司（原电力部、能源部）的很多高级领导、电力专家和学者都是老朋友。1991 年，江泽民主席在人民大会堂专门接见了我和江源先生，以褒奖我们为中国新经济所作的贡献。向中国的同行推荐这本书，也是我们继续努力的一部分。

PJM 是美国最大的电网，也是全球最大的、开放透明的、具有竞争机制的电力市场。在哈里斯博士的领导下，PJM 电力市场产生的激励机制，不但给电网公司、输配电公司、发电公司等带来了新的经济活力，还给其他的社会参与者和投资者带来了新的机会。

电力体制改革是消除垄断和不公平竞争的发展趋势。除了美国、英格兰、威尔士、澳大利亚、加拿大、挪威和瑞典等国家和地区，越来越多的国家的电力联营体已按类似于 PJM 的模式来运行一个开放和具有竞争性质的电力市场。

本书全面介绍了 PJM 电力市场的各个方面。我深信，PJM 的经验一定会给当前阶段的中国电力体制改革，提供一些非常有用、可供借鉴的参考信息。

罗伯特 E. 拉森 (Robert E. Larson) 博士

美国 IEEE 前理事长

OSI 公司合作创建人，前总裁

斯坦福大学工程经济系统系前教授

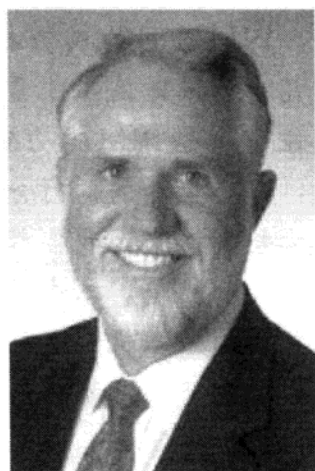
美国拉森集团董事长

2006 年 7 月



致中国读者

首先，我祝贺本书的中文版能在中国出版。本书英文版首次出版于 2001 年。PJM 充满竞争的电力市场模式已成功应用于一个开放的电力市场之中。本书对该 PJM 市场模式进行了全面介绍。我们的电力市场模式完全避免了其他市场模式发展过程中所面临的问题，这得益于我们在 PJM 市场中所使用的技术，而且，这些技术继续在巩固和完善我们的日前和实时小时现货交易市场。



我们创记录地成功实施了电力市场，这使 PJM 在发展真正的充满竞争的电力批发市场方面，已经成为世界的领先者。通过这个市场，我们不但向用户提供稳定可靠的电能，而且激励发电商和输电商进行持续投资。同时，我们也正在需求侧响应、容量市场和输电技术发展等方面开辟新的领域。

PJM 电力市场成功的关键因素之一，是信息的开放和利用互联网进行交易。这个特征为市场交易参与者提供了完全透明的信息，确保了 PJM 市场是一个公平的和不偏不倚的电力交易市场。

同时，PJM 还不断采用新的技术手段来增强电网的可靠性，并向 PJM 成员提供财务指导以促进市场活力和提高市场效率。例如，我们正在开发下一代先进的能量管理和市场管理系统（EMMS）。这个系统的关键技术，将包括先进的可视化技术和开放的体系结

构，这使得在系统中可以集成各种最新技术，例如，用于实时动态安全分析和监控的高冗余分布式计算方法、智能报警和需求响应解决方案。

随着对可再生能源的日益重视，PJM 也正在进行技术开发，以处理来自于风能、太阳能和其他类似发电资源的、波动频繁且分散分布的发电容量。利用电力市场的激励机制，促使发电和供电公司双方，积极地对这些有助降低全球变暖的技术进行投入。

PJM 公司的成功发展，得益于我们高素质的专家团队，他们花了几十万人时的工作量来仔细规划和实施这个电力市场工程。本书抓住了一些 PJM 电力市场核心的基本概念，并且延续了 PJM 的传统：与全世界的同行分享 PJM 所取得的经验。

长期以来，我们都致力于发展同中国朋友的友谊和技术交流关系。我们相信，本书能够帮助我们的中国同行更好地了解 PJM 电力市场的基本机制。同时，本书能够为我们的中国同行提供发展电力市场的坚实基础信息，从而支持中国发展本国宏伟的能源事业。

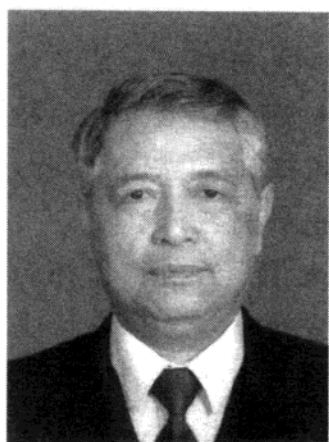
菲利浦 G. 哈里斯 (Phillip G. Harris) 博士

PJM 电网公司总裁兼 CEO

2006 年 7 月

新华书店
PDG

序^{*}



在近 10 多年世界范围的许多电力市场的探索者中，美国 PJM 电网公司是成功的典型。电力市场建设是市场理论与电力系统特点结合的实验过程，本书介绍的 PJM 电力市场发展历程，也正是美国形成标准电力市场（设计）的过程。

《美国 PJM 电力市场》总结了规范 PJM 市场运行的关键性法律法规，如公平开放协议、输电所有者协议、运营协议与可靠性协议等。一个健全的法规体系是有效电力竞争市场形成的基础，这也正是我们电力市场建设中遇到的比较困难的课题。

本书概念性地介绍了 PJM 电力市场中的许多创造性的技术，如计及电能与输电服务的

* 本序作者于尔铿教授系中国电力科学研究院教授级高级工程师，国家有突出贡献的专家。长期从事能量管理系统和电力市场研发工作，出版有《能量管理系统》、《电力市场》等专著。

序

节点边际电价、各种类型的输电权原理及交易、辅助服务定价以及市场结算体制等，值得我们借鉴。

我们曾忧虑电力市场两大问题：一是怕给电网安全带来威胁；二是怕影响电力工业的持续发展。PJM 电力市场既保证了安全运行，又吸引了足够的发电与输电的新投资。

感谢本书的作者杰里米 D. 兰伯特律师和菲利浦 G. 哈里斯博士与罗伯特 E. 拉森博士对中国人民的情谊和对中国电力市场的深切关心，此书凝聚了 PJM 高水平专家多年来电力市场的创新成果和丰富的实践经验，对中国电力市场建设者的参考价值不亚于让我们看到了月球上的岩石。

本书的翻译流畅，易于理解，是一本对电力市场设计、运行与培训相关的管理人员和工程技术人员及研究电力市场的经济学家们的好参考书。

于尔铿

2006 年 8 月

新华书店
PDG

译者的话

目前我国正在逐步建立一个具有真正市场机制的电力市场，特别是当电力的供需矛盾基本得到解决以后，电力基础设施建设投资者的利益和电力消费者的呼声将推进这个进程的发展。从这一点来看，各个国家没有什么区别。

从一个传统的电力市场走向一个公平、公正、具有竞争机制和开放的电力市场，是当前各国，特别是经济发达和经济高速发展国家的一种趋势。在这方面，美国的 PJM 电力市场已经取得了成功的经验。

建立具有竞争机制和开放的电力市场，对传统的电力管理体制、电力法规和电力销售模式将带来很大的改变。怎样平衡各方利益，如发电、电网输配电及电力消费者等，在竞争环境下怎样制定电力销售价格，怎样提高和保证供电的可靠性，要建立哪些技术系统来为电力市场运转提供支撑，特别是要建立哪些法规来规范电网、发电、输配电等各方的权利与义务，是建立具有竞争机制的电力市场所面临的一些重要问题。

本书的内容，正是美国 PJM 电力市场从最初发展阶段到初步成形的一个总结性的介绍，PJM 的解决方案是我国电力市场发展当前阶段值得研究和可以借鉴的。

感谢国际和国内著名的电力专家罗伯特 E. 拉森 (Robert E. Larson) 博士，菲利浦 G. 哈里斯 (Phillip G. Harris) 博士和于尔铿教授为本书写序和向中国的读者进行推荐。



本书译者

2006 年 6 月



目 录

开放的电力市场是新经济的推动力——致中国读者

致中国读者

序

译者的话

第一章 电力竞争市场发展历程 The Road to Competitive

Electric Markets 1

联邦电力管制设想 Federal Regulatory Initiatives 1

电力竞争市场的产生 Emergence of competitive markets 2

输电开放 Open access transmission 4

第 888 号法令 Order No. 888 5

电力联营体 Power pools 6

FERC 要求 FERC requirements 8

独立系统运营商 Independent system operators 9

地区输电组织 Regional transmission organizations 11

第 2000 号法令 Order No. 2000 12

PJM 按第 2000 号法令要求提交的申请及 FERC 的批复 PJM's

Compliance filing under order No. 2000

and FERC's response 13

注释 15

第二章 PJM 的演变与发展 PJM's Evolution and Development 17

PA-NJ 协议 PA-NJ agreement 18

1956 年的 PJM 协议 PJM Agreement of 1956 19

装机容量要求和义务 Installed capacity requirements

and obligations 20

运行容量要求和义务 Operating capacity requirement

and obligations 21

PJM 组织	<i>PJM's organization</i>	23
协调运行	<i>Coordinated operation</i>	24
规划和可靠性	<i>Planning and reliability</i>	25
EHV 协议	<i>EHV agreement</i>	27
PJM 互联组织	<i>PJM Interconnection association</i>	27
注释		29
第三章 PJM 的 ISO 之路	<i>PJM's Tansition to ISO Status</i>	31
输电网所有者协议	<i>Transmission owners agreement</i>	32
PJM 费率	<i>PJM tariff</i>	33
大西洋中部市场运营协议	<i>Mid - Atlantic market operations agreement</i>	38
备用分摊协议	<i>Reserve sharing agreement</i>	39
PJM 独立系统运营商协议	<i>PJM independent system operator agreement</i>	41
PJM 仲裁协议	<i>PJM dispute resolution agreement</i>	42
FERC 命令	<i>FERC order</i>	42
ISO		43
TOA、MOA、RSA 和 ISOA		44
进一步的程序步骤	<i>Further procedural steps</i>	44
PJM 费率	<i>PJM tariff</i>	45
FERC 临时法令	<i>FERC's interim order</i>	47
PJM 的角色转变	<i>Transformation of PJM</i>	47
运营协议	<i>Operating agreement</i>	48
技术会议	<i>Technical conference</i>	49
1997 年 6 月 2 日的申请文件	<i>The June 2, 1997 filing</i>	51
运行协议	<i>Operating agreement</i>	52
输电网所有者协议	<i>Transmission owners agreement</i>	53
PJM 费率	<i>PJM tariff</i>	53
可靠性保障协议	<i>Reliability assurance agreement</i>	53
遵守 ISO 原则	<i>Compliance with ISO criteria</i>	55
PJM 董事会的评论	<i>Comments of the PJM board</i>	55
PJM 电力交易市场	<i>PJM interchange energy market</i>	57

注释	60
第四章 FERC 授权 FERC Authorization	69
PJM 输电费率 <i>The PJM transmission tariff</i>	69
输电阻塞收费 <i>Transmission congestion charges</i>	70
电能交易 <i>Power exchange</i>	76
地区输电发展规划 <i>Regional transmission expansion plan</i> ...	77
可靠性保障协议 <i>Reliability assurance agreement</i>	77
输电网所有者协议 <i>Transmission owners agreement</i>	78
EHV 协议 <i>EHV agreement</i>	79
现有双边协议 <i>Existing bilateral agreement</i>	79
市场监管计划 <i>Market monitoring plan</i>	80
结论 <i>Conclusion</i>	80
注释	81
第五章 PJM 市场定价 PJM Market Pricing Rules	85
市场导向投标 <i>Market-based bids</i>	86
制订电能及输电价格 <i>Setting prices for energy</i> <i>and transmission</i>	86
平衡与可靠性 <i>Balance and reliability</i>	86
固定输电权 <i>Fixed transmission rights</i>	87
节点边际价格 <i>Locational marginal price</i>	87
固定输电权 <i>Fixed transmission rights</i>	92
FTR 拍卖 <i>FTR auction</i>	96
边际 FTR <i>Incremental FTRs</i>	99
关口与 LMP <i>Flowgates V. LMP</i>	100
容量权利交易 <i>Trading in capacity rights</i>	101
容量互联权利交易 <i>Trading in capacity</i> <i>interconnection rights</i>	102
市场导向定价权利 <i>Market-based pricing authority</i>	102
调频服务的市场定价 <i>Market-based pricing</i> <i>of regulation service</i>	104
两步结算制 <i>Two-settlement system</i>	106

注释	111
第六章 可靠性 Reliability	121
再调度的权力 <i>Re-dispatch authority</i>	129
批准输变电设备检修计划 <i>Transmission maintenance approval</i>	133
批准发电设备的检修 <i>Generation maintenance approval</i>	134
设备的额定值 <i>Facility ratings</i>	134
可靠性标准和长期规划 <i>Reliability standards and long-term planning</i>	134
可靠性保障协议 (RAA) 和可靠性委员会 <i>Reliability assurance agreement and reliability committee</i>	136
区域间协作 <i>Interregional coordination</i>	139
输电网络升级改造 <i>Transmission enhancement</i>	143
长期发电容量 <i>Long-term generating capacity</i>	145
注释	149
第七章 发电机组互联和运营 Generator Interconnections and Operations	155
新增或扩建发电厂 <i>New or changed generation</i>	156
可行性研究 <i>Feasibility studies</i>	157
系统影响研究 <i>System impact studies</i>	157
设备研究 <i>Facilities Studies</i>	158
互联服务协议 <i>Interconnection service agreement</i>	158
电能计量设备的要求 <i>Metering requirement</i>	158
容量性能的要求 <i>Capacity performance related requirements</i>	159
输电网络所有者的影响 <i>Influence of transmission owners</i>	159
电量市场 <i>Energy markets</i>	159
市场工具 <i>Marketing tools</i>	160
电能计量 <i>Grid accounting</i>	162
预计划和计划 <i>Pre-scheduling and scheduling</i>	162
发电调度 <i>Dispatching of generation</i>	163