



智能电网 关键技术研究与应用丛书

深入理解智能电网

基本原理、关键技术 与解决方案

Smart Grids
Fundamentals and Technologies
in Electricity Networks

[德] 贝恩德·M.巴克霍尔兹(Bernd M.Buchholz) 著
兹比格涅夫·斯蒂琴斯基(Zbigniew Styczynski) 著
张莲梅 等译

智能电网关键技术研究与应用丛书

深入理解智能电网

基本原理、关键技术与解决方案

[德] 贝恩德·M. 巴克霍尔兹 (Bernd M. Buchholz) 著
兹比格涅夫·斯蒂琴斯基 (Zbigniew Styczynski)
张莲梅 等译

机械工业出版社

Translation from the English language edition:
Smart Grids – Fundamentals and Technologies in Electricity Networks

by Bernd M. Buchholz and Zbigniew Styczynski

Copyright © 2014 Springer Berlin Heidelberg

Springer Berlin Heidelberg is a part of Springer Science + Business Media

All Rights Reserved.

This title is published in China by China Machine Press with license from Springer. This edition is authorized for sale in China only, excluding Hong Kong SAR, Macao SAR and Taiwan. Unauthorized export of this edition is a violation of the Copyright Act. Violation of this Law is subject to Civil and Criminal Penalties.

本书由 Springer 授权机械工业出版社在中华人民共和国境内（不包括香港、澳门特别行政区及台湾地区）出版与发行。未经许可的出口，视为违反著作权法，将受法律制裁。

北京市版权局著作权合同登记 图字：01-2015-8402 号。

图书在版编目 (CIP) 数据

深入理解智能电网：基本原理、关键技术与解决方案 / (德) 贝恩德·M. 巴克霍尔兹 (Bernd M. Buchholz), (德) 兹比格涅夫·斯蒂琴斯基 (Zbigniew Styczynski) 著; 张莲梅等译. —北京: 机械工业出版社, 2019.6

(智能电网关键技术研究与应用丛书)

书名原文: Smart Grids – Fundamentals and Technologies in Electricity Networks
ISBN 978-7-111-62664-0

I. ①深… II. ①贝…②兹… ③张… III. ①智能控制-电网 IV. ①TM76

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2019) 第 083786 号

机械工业出版社 (北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

策划编辑: 刘星宁 责任编辑: 闫洪庆

责任校对: 潘蕊 封面设计: 鞠杨

责任印制: 张博

三河市国英印务有限公司印刷

2019 年 9 月第 1 版第 1 次印刷

169mm × 239mm · 22 印张 · 4 插页 · 464 千字

标准书号: ISBN 978-7-111-62664-0

定价: 119.00 元

电话服务

客服电话: 010-88361066

010-88379833

010-68326294

网络服务

机工官网: www.cmpbook.com

机工官博: weibo.com/cmp1952

金书网: www.golden-book.com

封底无防伪标均为盗版

机工教育服务网: www.cmpedu.com

► 作者简介

Bernd M. Buchholz 博士，分别于1973年和1976年在莫斯科动力工程学院/技术大学获得硕士和博士学位。1975~1989年，他在德国德累斯顿的能源供应研究所工作。他于1981年成为“电网自动化”部门经理，并于1987年担任董事。1990~2006年，他在西门子股份公司工作，前十年作为“电力自动化”分部的副总裁和研发经理。2000~2005年，他曾任位于爱尔兰根的“电网分析与咨询”商业分支机构的总裁。1995~2000年，他也是通信标准 IEC 61850第4部分(系统管理)和7-4 (数据模型)的主编。2004~2009年，他是“智能电网”欧洲咨询委员会的执行成员。他于2006年从西门子公司退休，但仍积极担任NTB技术服务的首席顾问。自2010年以来，他担任欧洲灯塔项目、Web2Energy项目的技术和战略顾问。他以6种语言发表了180篇国际文献。因其卓越的科学贡献，CIGRE (两次)、IEEE 和 VDE 授予其相关荣誉。

Zbigniew Styczynski 博士、教授，于1985年在波兰弗罗茨瓦夫理工大学担任教授。他在斯图加特大学工作了8年。自1999年以来，他一直在德国奥托·冯·格里克马格德堡大学担任电网和可再生能源教授。2002~2006年，他是学院院长。在2006年，他当选为萨克森-安哈尔特可再生能源中心主席，于2008年成为奥托·冯·格里克马格德堡大学电力系统研究所执行主任。他是联合弗劳恩霍夫协会(Fraunhofer)工厂运行和自动化研究所(IFF) /奥托·冯·格里克马格德堡大学电力系统和可再生能源中心的共同创始人和科学协调员，也是Steinbeis基金会转移中心ENRE的创始人和主任。自2004年以来，他一直是Conrad Adenauer基金会的研究员。自2010年以来，他成为CRIS的主席。他是200多篇国际期刊论文的作者或合著者，并在许多国际科学会议上发表过讲话。

► 本书特色

有效输送和分配电能是可持续发展和繁荣的基本要求之一。在21世纪，在可再生能源可靠并网方面，全世界正面临着巨大的挑战。未来电力系统要求根本性的创新和增强，以应对这些挑战。针对电能输送、分配和供应方面的合适的深度模式变化，欧盟的“智能电网”愿景第一个提供了这方面的全面性描述。

本书从智能电网、基于可再生能源和/或高效发电原理的新型发电厂的特点开始，汇集了这些领域的共同的主题。其涵盖了当前在输电网和配电网中采用的先进技术和创新解决方案，在年度能量平衡中不稳定的可再生能源所占份额较大的情况下，这些先进技术和创新解决方案可保持当前高质量的供电。除了考虑输电网和配电网的新的一次和二次技术解决方案和控制设施，本书还讨论了未来电力市场环境，此环境允许电网运营商和电网用户获得利益。本书调研了信息和通信技术的日益增长的作用。本书强调了新标准的重要性，并详细叙述了目前国际上为制定一套一致的标准所做的努力。本书还总结了采用新的智能电网解决方案进行电网运行实践的国际经验。

本书作者多年来一直致力于在国内和国际项目中开发智能电网解决方案，并在电网运行实践中引入这些方案。

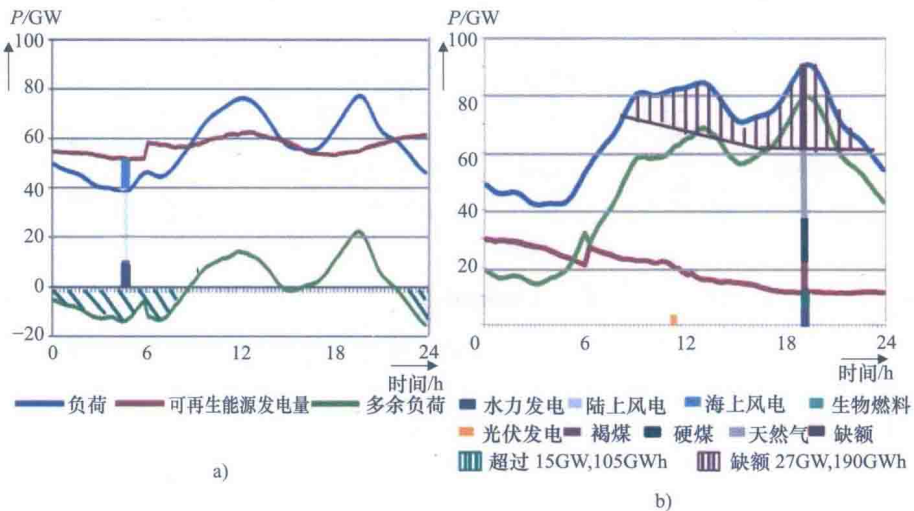
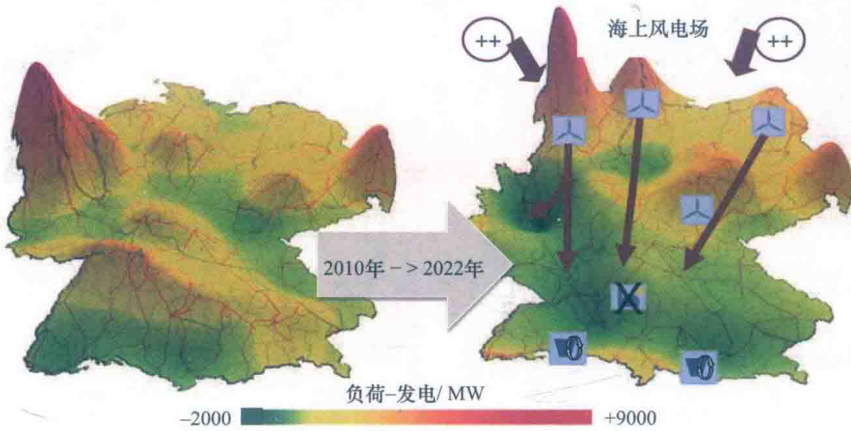
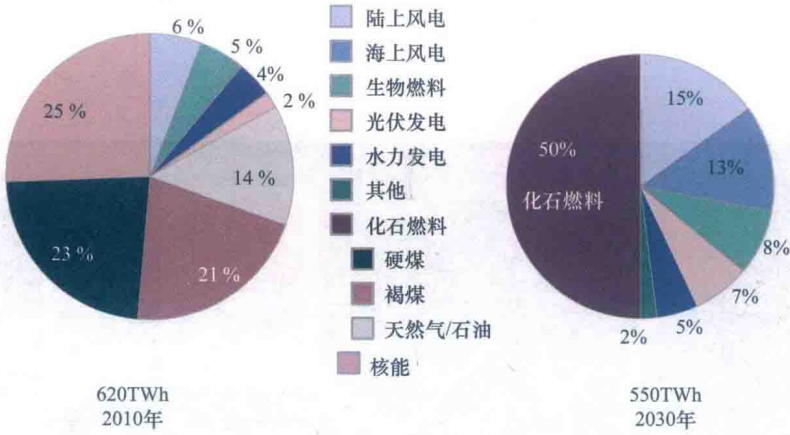




图 2.2 满足全球和地区性的电力需求的可再生能源网——沙漠地图 (来源: 沙漠基金会^[6])

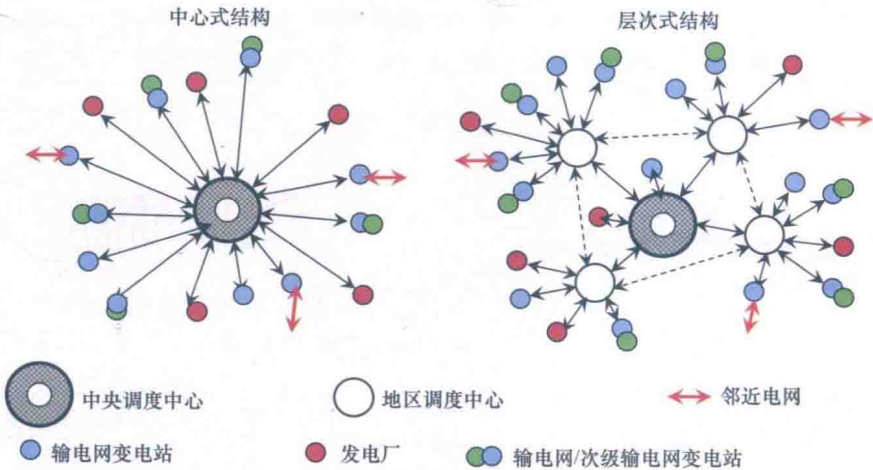


图 3.35 电力系统控制的中心式和层次式结构

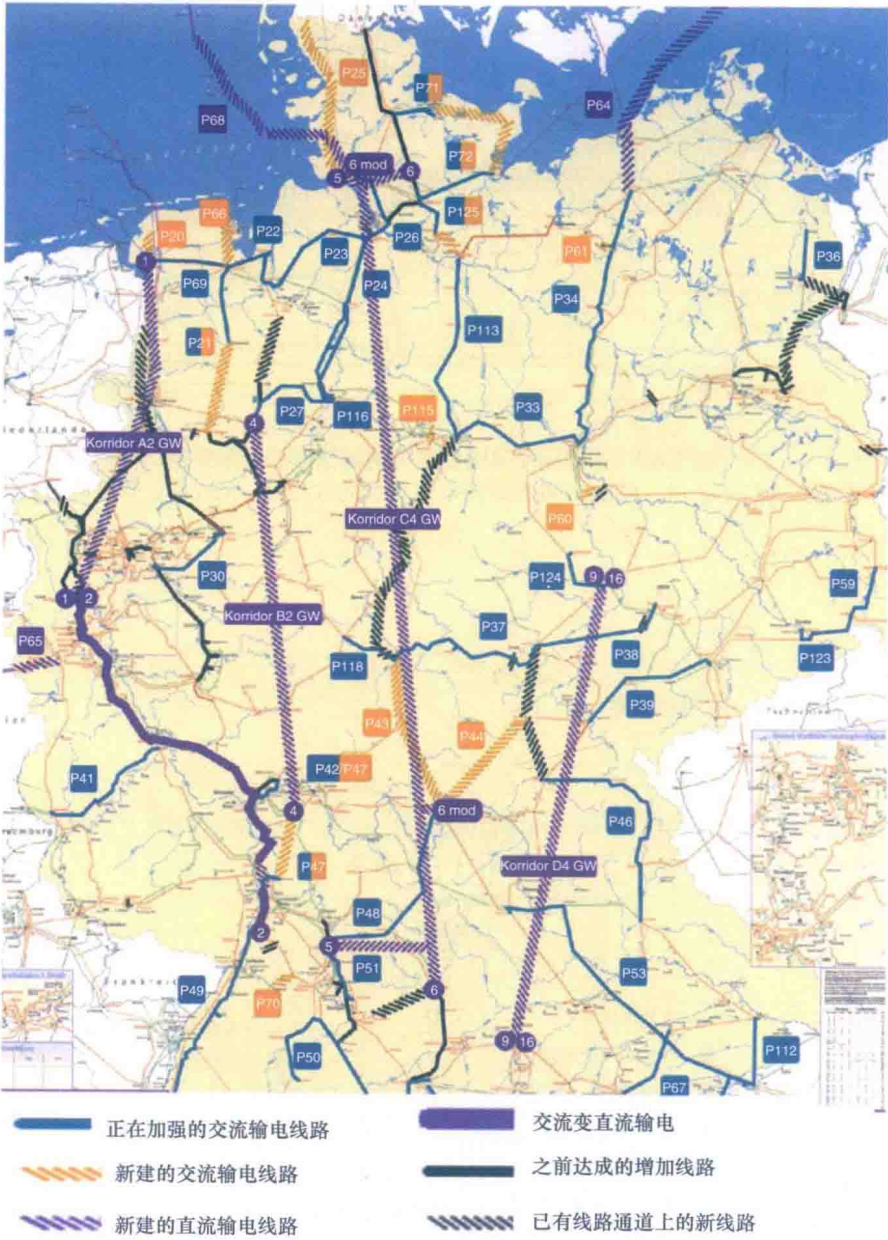


图 3.59 德国 2013 年输电网发展规划 (来源: NEP 2013, 2013 年 7 月第 2 版, www.netzentwicklungsplan.de [4])

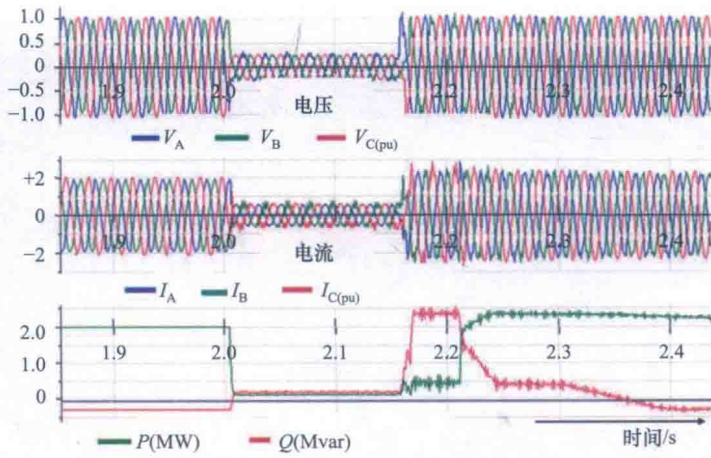


图 3.62 连接同步风力发电机的换流器的故障穿越
 (来源: 西门子公司, PSSE—没有短路电流增加的方法时, Netomac 软件的仿真)



图 4.14 20kV 城市电网接线地图

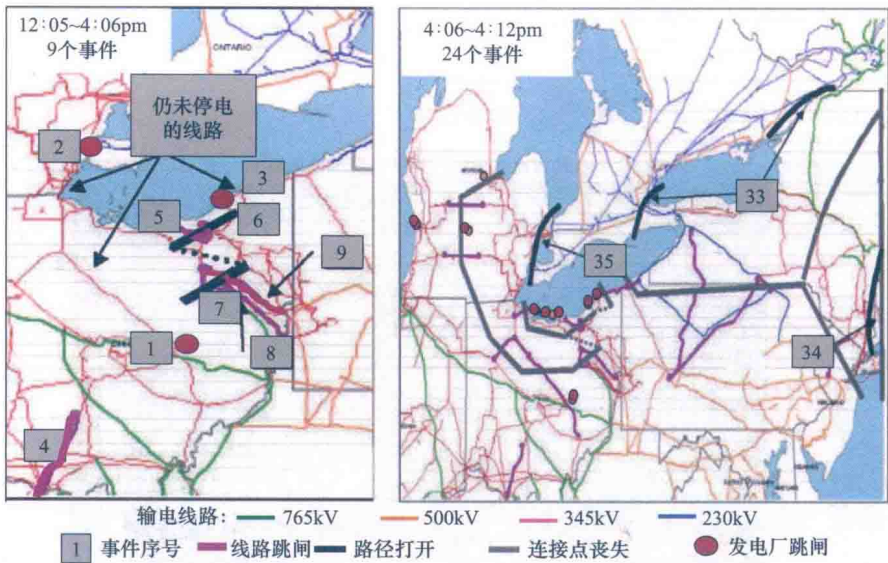


图 5.6 直到 4:06 时刻的事件序列和 6min 后的最终停电情况^[1]

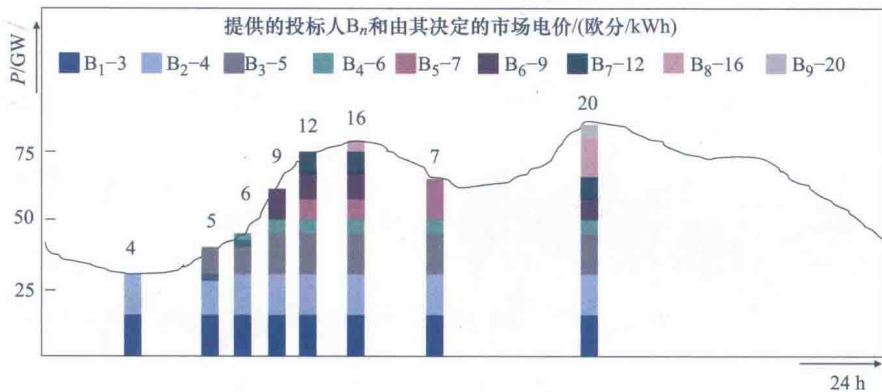


图 5.19 价值顺序原则下负荷曲线包络图^[12]

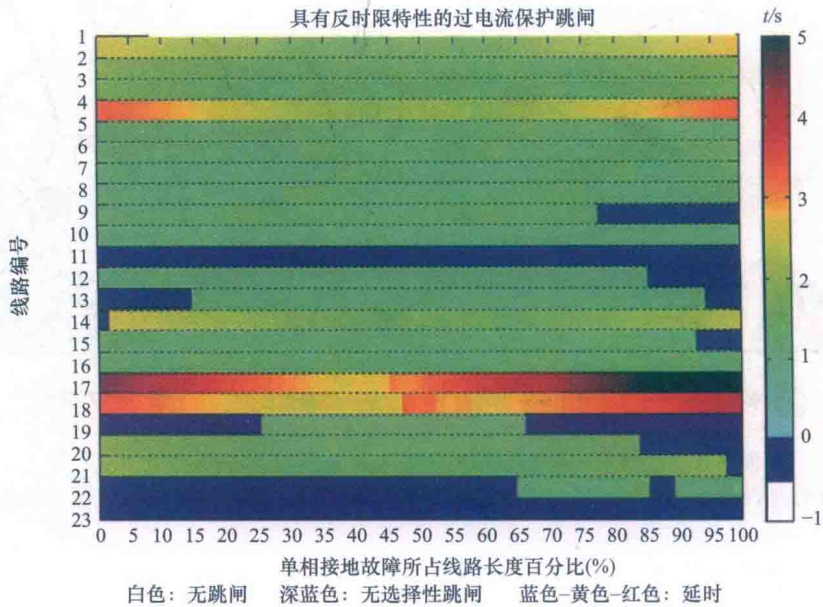


图 5.35 110kV 电网 PSA 图, 后备过电流保护^[15]

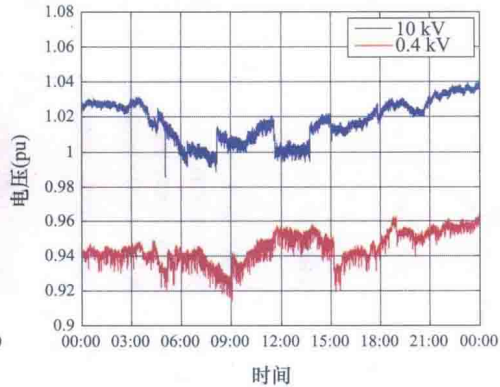
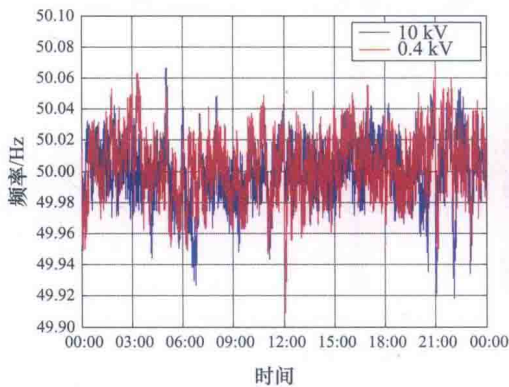


图 6.16 在 10kV 和 0.4kV 电网, 一天内的频率和电压的偏差

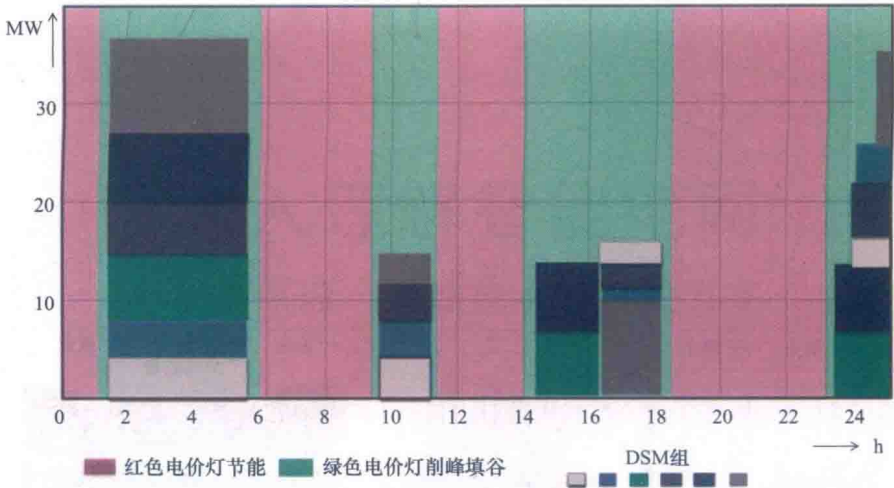


图 6.25 配备六个 DSM 组的需求侧管理

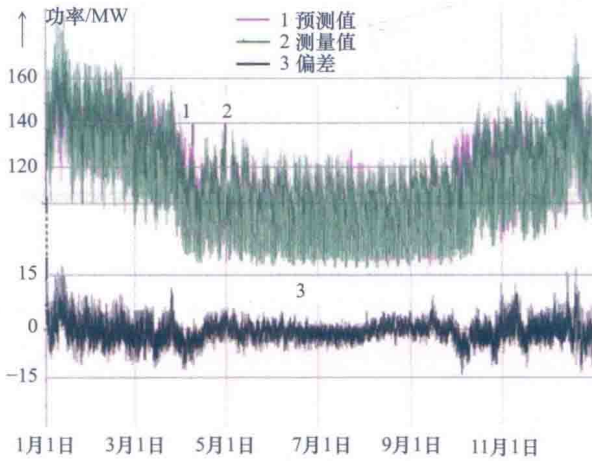


图 6.27 平衡组偏差

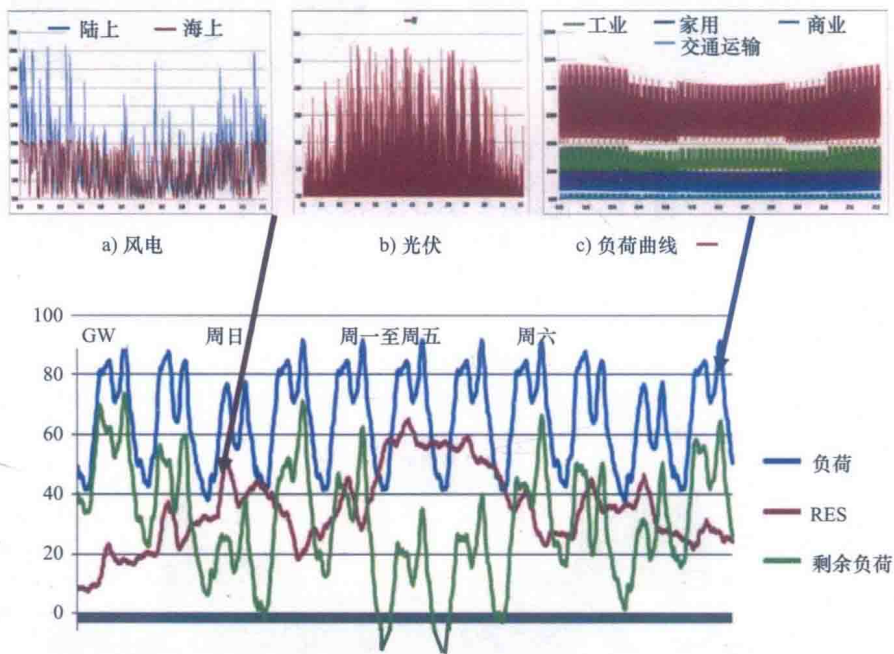


图 7.6 负荷和发电曲线，匹配方案 2B-2030^[9]。a) 风电，b) 光伏，c) 负荷曲线
 (来源：a), b) —FraunhoferIWES 长期统计数据，c) —BDEW 标准曲线)

本书是智能电网领域的重要的介绍性著作，涵盖智能电网的所有相关主题。

本书描述了未来电力供应的挑战、所引发的问题、未来的前景、智能电网的驱动因素、基本原理、概念、新出现的解决方案等。具体包括：智能发电的资源、种类和潜力；输电网和变电站的智能电网新技术；智能配电网的设计；广域范围内输电网智能运行、保护和监测；智能配电网的三大支柱；智能能源市场；先进信息和通信技术的原理和新进展。

本书关注实践经验，针对采用新的智能电网解决方案，总结了大量的各国的工业经验、领导经验。

对于电力行业的实践工程师、研发者、管理者、政策制定者，以及高等院校电力系统等相关专业师生来说，本书都极具参考价值。



译者序

发展智能电网是一种全球性趋势，智能电网为未来电网的发展带来新视野、新机遇和巨大挑战。

智能电网涵盖的范围是宽广的，具有巨大的复杂性。研究、开发、调度和运行经验等各个方面都有研究文献不断涌现。本书作为智能电网知识的综合来源，可以涵盖智能电网的各个领域。本书详细地介绍了在建设最终智能电网的漫长过程中应当采取的重要步骤。

本书按智能电网项目的逻辑顺序编写，含有丰富的图表，使本书内容更易懂、更易用。本书中的大量知识、工业经验和领导经验可用作智能电网这一激动人心的领域的学习基础资料。尽管当前智能电网领域的理论和技术发展迅速，但本书也具有相当的前瞻性，所涉及内容在今后相当长的一段时间内对于实践工程师、研发者、管理者和政策制定者来说都大有裨益。

本书由张莲梅组织翻译，并完成最后的审校和统稿。

下列人员参加了本书的翻译工作，具体分工如下：

李明月、赵子豪负责第1章；

潘笑怡、高泽璞负责第2章；

赵子豪、潘笑怡负责第3章；

高泽璞、潘笑怡负责第4章；

赵子豪负责第5章；

潘笑怡、高泽璞负责第6章；

高泽璞负责第7章；

李明月、胡国雄负责第8章；

潘笑怡、胡国雄负责第9章。

上述人员也参与了书中所有图表的翻译。

对这些参与翻译的人员，深表谢意。高泽璞在整个翻译过程中态度积极、认真负责，专业素养良好，特此表示感谢。胡国雄认真负责的态度和良好的翻译水平，在此再一次表示感谢。



感谢机械工业出版社刘星宁编辑的大力帮助和指导，促使本书最终得以顺利出版。

译者在翻译过程中，囿于专业知识和翻译水平，若有疏忽与错误之处，恳请读者批评指正。

张莲梅
于武汉大学

原 书 序

发展智能电网是一种全球性趋势。世界上不同地区对智能电网的建设反映了该区域的资源储备和需求。我们已看见电网整合了大规模的风力发电和太阳能发电设施。大型离岸风电场即将出现。越来越多的国家使用了自动化和虚拟智能配电网。在输电侧,大量的相量测量单元(PMU)正在收集大量的信息用来监测电力系统的动态。电力工业正发展和增强需求侧响应和其他程序以供用户选择。为了保证需求侧响应正常进行和用户服务质量,上百万的智能电表正采集用户的电力消费数据。电网的这些新的智能特性依赖于信息和通信技术(ICT),用这种技术连接智能电网的所有元件,这对于智能电网来说是至关重要的。智能电网中可再生能源发电与电网(从输电网到配电网)和从智能电表到配电网的整合程度不断加深,为未来电网的发展带来新视野和新机遇。我们正在顺利地迈向这些史无前例的创新,但是,我们也应当意识到智能电网正面临巨大的挑战,这些挑战来自于科技、经济、社会和公共政策等不同的角度。

智能电网涵盖的范围是宽广的,具有巨大的复杂性。研究、开发、调度和运行经验等各个方面都有研究文献不断涌现。与此同时,我们也亟需一个知识的综合来源,可以涵盖智能电网的各个领域。本书详细地介绍了我们在建设最终智能电网的漫长过程中应当采取的重要步骤。本书中的大量知识、工业经验和领导经验可用作智能电网这一激动人心的领域的学习基础资料,相信对于实践工程师、研发者、管理者和政策制定者来说都大有裨益。

本书按智能电网项目的逻辑顺序编写。在第1章中,构建了未来智能电网的前景。在第2章中,讨论了多种可再生能源和储能设备。在第3章中,讲述了输电网和变电站的新技术。在第4章中,阐述了配电网的工程设计,包括网络配置、接地、继电保护和电能质量的相关问题。在第5章中,讨论了广域范围内输电网运行、保护和控制的相关问题。在第6章中,讨论了在应用分布式和可再生能源装置时智能配电网的性能,包括电压控制、潮流控制、能量管理、馈线保护和供电恢复