



ENERGY
BIG DATA ERA

能源大数据 时代

北京国电通网络技术有限公司 / 组编

孙艺新 吴文焰 等 / 编著

国电通公司集10年大数据之功磨练而成

—— 国内能源研究专家倾力打造 ——



中国工信出版集团



人民邮电出版社
POSTS & TELECOM PRESS

ENERGY
BIG DATA ERA

能源大数据 时代

北京国电网络技术有限公司 / 组编

孙艺新 吴文昭 等 / 编著

人民邮电出版社
北京

图书在版编目 (C I P) 数据

能源大数据时代 / 北京国电通网络技术有限公司组
编 ; 孙艺新等编著. — 北京 : 人民邮电出版社,
2019.3

ISBN 978-7-115-50801-0

I. ①能… II. ①北… ②孙… III. ①能源—数据—
研究 IV. ①TK01

中国版本图书馆CIP数据核字(2019)第027497号

-
- ◆ 组 编 北京国电通网络技术有限公司
编 著 孙艺新 吴文炤 等
责任编辑 李彩珊
责任印制 彭志环
 - ◆ 人民邮电出版社出版发行 北京市丰台区成寿寺路 11 号
邮编 100164 电子邮件 315@ptpress.com.cn
网址 <http://www.ptpress.com.cn>
大厂聚鑫印刷有限责任公司印刷
 - ◆ 开本: 720×960 1/16
印张: 16.5 2019 年 3 月第 1 版
字数: 305 千字 2019 年 3 月河北第 1 次印刷
-

定价: 89.00 元

读者服务热线: (010) 81055488 印装质量热线: (010) 81055316

反盗版热线: (010) 81055315

内容提要

本书以能源发展面临的新命题为切入点，分析信息技术变革与能源变革交汇下的组织、个人面临的机遇与挑战，深入剖析能源大数据的概念、内涵与应用趋势，研判能源大数据的创新驱动因素与路径，以平台化应用与多元化产品服务为重点，深入分析了能源大数据的应用模式，最后从技术支撑、应用推广等方面为政府、社会各界提出决策建议。

本书适合供从事相关专业的企业管理人员、管理咨询人员、科研工作者以及对新趋势、新技术感兴趣的读者参考使用。

编 委 会

主 编：孙艺新 吴文昭

副 主 编：白明月 杨 旻

编委会成员：马云高 张 晖 王智敏

亚 静 杨 倩 孔祥栋

在能源大数据时代可以大有作为

《能源大数据时代》一书的作者，一部分是我现在在国网能源研究院的同事，其他是我过去在国网信通公司工作时的同事。“同事”这个词在我心里分量很重，并不是因为在一起工作就可以泛泛地称为“同事”。“同事”是具有“共同的事业”的人才应该有的称谓。而能称为事业的，自有其标准。人们常引用《易经》中的一段话来表达“事业”的定义：“是故形而上者谓之道，形而下者谓之器，化而裁之谓之变，推而行之谓之通。举而措之天下之民，谓之事业。”也就是说，把好的观念与想法知行合一、与时俱进，所做的事情使天下的老百姓受益，就叫作事业。能源是服务国家和人民的，有很多事情需要做好也应该做好，能源工作者有干事业的时代机遇。我很欣慰我的这些同事们用文字证明了他们的事业心。

他们为了这本书努力了三个年头，历时两年多。这期间无论是能源还是大数据领域都变化很快，而“能源”与“大数据”相融合更是留有较多的空白和较大的挑战。这也使得写作团队总是想精益求精，始终不能完稿。这次交付出版，也是在我的力促之下。我的看法是，“能源大数据”仍属于新生事物，是时代发展的产物，亟需思想的贡献，而思想未必要完美，只要能给人以启发、于事业有推动，就已经算尽了责任、发挥了作用。

在这本讲能源大数据发展现状和展望的专业书籍里面，我感受到了我的同事们更高远的志向和更深远的情怀，字里行间充满忧患。相较于我们本可以取得的进步，相对于能源大国的地位，差距是显而易见的。通过这样一本书，至少我们知道了奋起直追的方向。

虽非遥不可及，但观念的解放从来都是第一位的。只停留在概

念和修修补补的量变层面是没有实质意义的，只有真正颠覆性的创新，能源大数据的价值才能够得以充分的释放。从这个意义上，我的这些年轻同事用自己的真诚，温暖着在这条路上从未放弃的更多的“同事”。书名冠以“时代”，我想同事们只是希望表明，他们愿意在这个时代有个问心无愧的交代。

王广辉

国网能源研究院有限公司总经理

大数据将为能源开启一个崭新的时代

随着信息技术的不断发展，各领域的数据类型日益增多，数据规模急剧增长，自然科学、社会科学、政府决策、商业实践等各领域的研究人员开始探讨本领域在大数据场景下面临的机遇与挑战，尝试将大数据技术与不同的学科与领域进行交叉、融合，产生新的发现。面对已经到来的能源互联网时代，迫切需要释放能源大数据的潜力，在重大的时代转型中，为能源领域提供创新的驱动力，开启一个崭新的时代。

在快速发展、充满变革的“大数据”时代，面对能源互联网的发展契机，《能源大数据时代》一书回顾了能源与信息技术的发展历程，从能源最初的形成到对未来能源的展望，从信息技术的起源到智能时代的开启。随着能源产业的快速发展，所产生的数据具有海量、高增长率以及多样化等特征，其发展变革必然面临大数据的采集、管理和信息处理的挑战，未来大数据技术的发展将会成为能源行业新的爆发点。这种新的趋势已推动大数据在能源行业逐渐展开应用，促使能源的生产、传输和销售以及能源管理和组织发生深刻的变化。

身处能源领域，在这个大数据蓬勃发展的重要时代，北京国电网络技术有限公司（以下简称国电通）作为能源信息通信领域的践行者，将能源大数据视作一项大有作为的事业，凝心聚力，砥砺前行。国电通是在能源领域最早开展大数据技术研究的团队之一，开展了一系列能源大数据的探索与实践，参与了国家标准《信息技术大数据分析系统基本功能要求》的编制、“863”计划项目“智能配用电大数据应用关键技术”、国家能源局首批互联网+能源示范项目“基于电力大数据的能源公共服务建设与应用工程”。经过前期的培育及5

年的探索、研究和实践，国电通形成了覆盖大数据处理、数据分析挖掘、业务咨询、可视化展现的业务体系，能够提供真正适用于电力大数据全业务的应用和整体解决方案。目前，国电通的大数据业务已对国网业务形成稳定支撑，同时，积极探索并实现大数据在国家能源投资集团、华能集团、华电集团等能源企业的应用，积累了良好的口碑，树立了公司大数据品牌形象，成为能源大数据领域的先行者。

在开展大数据工作的同时，我们也在不断思考和探索大数据为能源行业带来的变革。随着能源供给多元化、分布式能源的发展、售电侧改革等一系列变化，未来能源呈现多样化的发展趋势。在此过程中，我们将立足能源行业，强化数据运营能力，整合多方面的数据资源，打造能源行业专属的大数据运营平台。同时，紧密结合人工智能的专家系统、神经网络等功能，将能源大数据与人口、经济、气象等其他领域数据进行深度融合，进一步扩展能源大数据在智慧能源、智慧交通、智慧城市等多方面的应用，为社会的进步与可持续发展提供强有力的支撑。

随着未来智能时代的全面开启，大数据在能源行业应用的前景将越来越广阔。能源大数据时代需要进行持之以恒的工作和思考，浅尝辄止是远远不够的。《能源大数据时代》一书的出版只是一个开始，提供了一些创新的见解与思路，希望它能引发更多能源与大数据领域的企业管理者和专业人士的思考与探索，共同推进能源行业的发展。本书的写作参阅了国内外大量的文献资料，但由于对能源大数据的研究尚处于起步阶段，书中疏漏或不足之处在所难免，诚恳希望同行和读者们批评指正。

吴文昭

北京国电通网络技术有限公司董事长

大数据优化赋能能源新时代

全球知名咨询公司麦肯锡公司最早提出“大数据”时代的到来：“数据，已经渗透到当今每一个行业和业务职能领域，成为重要的生产因素。”《大数据时代》一书中指出，大数据是人们获得新的认知、创造新的价值的源泉；大数据还是改变市场、组织机构以及政府与公民关系的方法。

作为经济腹地的能源行业，数据量可谓十分惊人。随着数据向能源行业不同业务领域的渗透，对海量数据的挖掘和运用必将成为推动产业发展的重要因素。随着能源互联网、特高压等新兴业务形态的发展，能源行业的数据量将逐步呈现爆发式增长，如果将大数据技术在能源领域深入应用，充分发挥数据价值，能源行业势必会出现新的爆发。能源大数据不仅是大数据技术在能源领域的深入应用，也是能源生产、消费及相关技术革命与大数据理念的深度融合，将加速推进能源产业发展及商业模式创新。

在数字经济时代，数据自动化获取、采集方式的变迁，数字化应用对能源生产、传输、利用的力量的迭代升级，对已有能源生产流程的优化改造等都具有深远意义。数据不仅能够帮助人们更好地组织和规划能源生产经营，更有效地进行判断和预测，数据本身即生产要素，赋予了能源行业的信息属性。

在大数据时代，数据不仅能优化能源行业的生产流程，其本身就能参与其中，所以数据本身即具有能源属性。举例而言，诸如Google一类的大型数据中心承载了全球80%的数字消费市场；全球石油定价在很大程度上取决于支付交易数据规模；贵阳水电站附近出现做比特币挖掘的小型数据中心……当本地耗能转换可以实现在数据

中心传输,人类可以操控不同能源属性的分配,从而完成对能源基础设施的有效配置,实现工业4.0阶段按需生产的定制化生产,精准行业生产。

物联网、云计算、大数据及人工智能的赋能,如同给传统的能源行业插上腾飞的双翅,从基础设施的有效分配到生产流程的优化再造,大数据可以辅助决策者决策、代替消费者反馈,通过有效利用能源生产的海量数据建立预测模型,从而实现能源耗损、报废预警,为能源行业避免数以千万元计的损失,赋能于能源行业,并且大有所为。

能源行业是国民经济和社会发展基础的产业。能够为能源决策提供参考的行业数据涉及电力、石油、燃气等能源领域及人口、地理、气象等其他领域。“能源大数据”的提出打破了行业数据壁垒,将大数据的核心“预测”应用到能源领域,并对商业模式提出了创新,从这一方面来讲,本书特别具有实践价值和研究意义。希望能有更多关于能源大数据方面的优秀作品面世,因为无论是从社会发展还是从行业本身的与时俱进,大数据对能源的优化赋能,都将势在必行。

雷涛

天云融创数据科技(北京)有限公司 CEO

未来学家们对于 21 世纪末的情景有着各种不同的描绘。杰里米·里夫金、克劳斯·施瓦布、凯文·凯利等人对工业革命的阶段划分不尽相同，但都将未来的发展趋势集中在了以能源互联网为标志的能源革命以及以大数据为标志的信息革命。为什么能源与信息对人类的影响这么大，它们又将在 21 世纪中继续扮演什么样的角色？从科技与产业界的视角看，也许这个世纪最具革命性的变化来自能源与信息的交互融合以及在其中涌现出的知识与认知革命，这些变化足以影响整个人类的发展。

能源与信息内涵深远。从宇宙发展的角度看，能源的产生甚至可以追溯到宇宙的起源。按照目前主流科学界的说法，宇宙始于大约 137 亿年前的大爆炸，一切物质都是从那次能量爆发中逐渐形成的，随着太阳系与地球的形成，能量才逐渐在地球中积累，形成了可供人类开发利用的能源。从人类发展的角度，人类的进化发展与对能源的开发利用密不可分，从利用柴薪产生人工用火，人类每一次能源革命都改变了生产效率乃至社会文化结构。里夫金提到，第一次工业革命创造出了密集的城市核心区以及拔地而起的工厂，第二次工业革命催生了城郊大片的房地产和工业区的兴盛，第三次工业革命将把每一栋楼房改变为住房以及小型发电厂。可以想象，在 21 世纪末，能源互联网将会把全球各地的分布式电源连接在一起，一个智能、互动、高效的能源系统将对生产、消费带来全方位的影响。

发展离不开信息。信息贯穿了物质流变的始终，华裔物理学家张首晟先生认为万物来自于信息，西方学者称之为“*It from Bit*”。

从元素周期表到 DNA，正是信息的传递交互带来了物质的多样性。人类对信息的记录，标志性事件是语言的产生，这使人类能够将知识积累传承，并最终获得地球竞争态的统治地位。电子计算机特别是互联网产生以来，信息的发展突飞猛进，在摩尔定律和麦特卡夫定律共同作用下，信息无处不在，一切行为、状态、交易都可以被数据化，终于使人类进入大数据时代。

将能源与大数据进行融合，正是我们对 21 世纪的畅想，也是本书试图构建的蓝图远景，我们将此称为能源大数据。我们相信，能源大数据不仅能够重塑绿色、低碳、高效、智能的能源系统，而且在系统中涌现出的商业模式与生产经营模式的创新升级必将推动人类生产消费的全面升级。

然而，能源大数据的涌现、演化以及传播的机制是什么？能源智能业务将如何发生变化？智能化能源综合服务再造将面临什么样的要求与挑战？应当如何调整能源智能决策系统，才能成功应对这些挑战？这些问题的解决，不仅有利于发现信息和能源交融的新疆域与新知识，也可以揭示大数据时代下的能源智能管理和决策的内在规律，并且将会为能源可持续发展确立理论和技术基础。本书正是以此为思考的起点，运用大数据理论与应用方法，分析能源与信息技术融合下的时代机遇，提出能源大数据的概念、内涵与应用路径，为新时代提供创新发展的路径与模式。

作者

2018 年 11 月于北京

第一章 能源大数据时代来临 / 001

- 第一节 能源发展的历史变革 / 001
- 第二节 信息技术开创能源智能时代 / 016
- 第三节 能源与信息技术加速融合 / 020

第二章 能源大数据内涵与应用潜力 / 025

- 第一节 大数据概论 / 026
- 第二节 能源大数据内涵 / 055
- 第三节 应用价值与潜力 / 061

第三章 创新驱动因素与路径 / 075

- 第一节 创新驱动因素 / 075
- 第二节 创新路径 / 085

第四章 数字化平台与智慧化应用 / 109

- 第一节 数字化平台概述 / 109
- 第二节 建设智慧城市 / 113
- 第三节 构建智慧能源系统 / 121

第四节 工业制造平台 / 129

第五节 数据交易平台 / 135

第五章 多元化产品与服务 / 139

第一节 创新模式概述 / 140

第二节 面向企业的产品与服务 / 141

第三节 面向政府的数据服务 / 151

第四节 面向用户的增值体验 / 163

第六章 面向能源大数据应用的技术实现 / 173

第一节 大数据技术应用 / 173

第二节 能源大数据基础设施技术 / 198

第七章 能源大数据应用实施推广与保障 / 209

第一节 面向能源大数据的政策与资源支持 / 209

第二节 多方参与的能源大数据应用模式 / 221

第三节 能源大数据应用推广实施路径 / 227

第八章 能源大数据时代开启 / 233

第一节 全球能源新格局 / 235

第二节 新经济与新业态 / 237

第三节 开启应用新模式 / 239

参考文献 / 245

能源大数据时代来临

人类对能源的利用贯穿整个文明发展史。高效、低碳、清洁、安全和可持续的能源发展观将为人类发展开创全新局面，能源革命对经济社会意义深远。面对未来，能源与信息革命高度融合而催生能源大数据时代来临，并将对生产力与生产关系进行重组与优化，改变社会经济的面貌。

第一节 能源发展的历史变革

能源系统可以描述为执行有关能源发展、分析、规划和改进等工作，并且在技术上开发并确定与人类活动相匹配的能源。能源系统是一个利用自身能源，通过能量流动产生有效作用的系统，它包括机械能、光能、热能和电能。

一、能源演进贯穿人类文明

获取能量是生物的本能，使用能源是人类文明的开端。

能源发展的趋势伴随着经济发展和文明形态的演进。整个能源生产与消费的历史贯穿人类文明史，并仍将在可见的未来中延续。从技术视角看，每一次人类社会的科技进步都以能源生产与消费的升级为标志。

在石器时代，钻木取火是人类最早开创的技术革命。人类平均每天可以从食物、营火中获取 4 000 卡路里的热量。

农耕文明时代，除了利用薪柴以外，人类也开始利用风力、水力以及驯化畜力以获取能源，完成纺纱、织布等简单的农业以及部分手工业活动。“刀耕火种”就是发明农业工具与发现作物知识的过程。农业科学技术革命将人类从狩猎与游牧的原始社会带入农业社会，这个期间经历了上千年的历史发展。

第一次工业革命（18 世纪 60 年代至 19 世纪 40 年代），技术革命主要体现在机械力、蒸汽、电力、石油等相关动力方面的变革，实现了人类在体力上的解放，提高了人类的劳动生产率，这是一场能源上的技术革命。蒸汽机的发明，意味着人类逐步以大规模的机械动力替代人力与畜力，也使得工业文明的主体能源由薪柴转变为煤炭。煤炭资源分布广泛，具有热值高、生产批量化特征，可以较好地匹配人类对能源的持续性需求。

第二次工业革命（19 世纪 70 年代至 20 世纪初），机械化与电气化创造出的社会化大工业生产方式，将人类彻底带入了“工业社会”。电能可以通过煤炭、石油、水力等一次能源转换而来，然后通过电网输送到城镇与乡村，以满足城乡发展与生活的需求。此外，比燃气机更为高效、清洁的内燃机的发明又使得燃油成为主体能源。

第三次工业革命（二十世纪四五十年代开始），由于电子计算机和通信技术的融合发展，开始了信息化的科学技术革命，信息迅速超越材料、能源，成为一种可以影响人类社会发展的决定性力量，信息资源的开发使用也逐步