

任庚坡 | 楼振飞

主编

# 能源大数据

## 技术与应用

TECHNOLOGY  
AND APPLICATION OF  
ENERGY BIG DATA



上海科学技术出版社

# 能源大数据技术与应用



任庚坡 楼振飞  
主编

上海科学技术出版社



图书在版编目(CIP)数据

能源大数据技术与应用/任庚坡,楼振飞主编. —  
上海:上海科学技术出版社,2018.7

ISBN 978-7-5478-3975-1

I. ①能… II. ①任… ②楼… III. ①能源—数据—  
研究 IV. ①TK01

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2018)第 081776 号

能源大数据技术与应用  
任庚坡 楼振飞 主编

上海世纪出版(集团)有限公司 出版、发行  
上海科学技术出版社  
(上海钦州南路 71 号 邮政编码 200235 www.sstp.cn)

印刷

开本 787×1092 1/16 印张 19.75

字数 480 千字

2018 年 6 月第 1 版 2018 年 6 月第 1 次印刷

ISBN 978-7-5478-3975-1/TP·58

定价: 98.00 元

---

本书如有缺页、错装或坏损等严重质量问题, 请向工厂联系调换

# 编委会



## 主 编

任庚坡 楼振飞

## 编 委

毛俊鹏	余 潇	印海文	范 狄
王 祺	巫 蓓	孟思齐	黄 楠
刘珈铭	赵万里	葛志松	申 超
张敬周	赵紫贤	邢 颖	支建杰

# 内容提要

随着能源资源的日趋紧张和能源需求量的增加,节能绩效的科学有效管理及能源效率的持续改进成为当前能源工作重点追求的目标,而“互联网+能源”“大数据”“人工智能”等新领域新技术的快速发展和能源信息化管理的成熟应用提出了一个新的课题:如何利用能源大数据来驱动能效的提升,推动产业转型升级,创造巨大的经济效益和社会效益。

本书具体介绍了能源大数据相关技术手段和可能的应用路线,对推动能源管理模式的创新发展、温室气体减排及新兴信息技术应用示范有着重要意义。第1、2、3章提出了能源大数据建设的核心理念以及“互联网+能源”“人工智能”等新理念新趋势,并围绕电力、石油、煤、天然气等不同品种的能源,简要介绍能源生产、传输、消费环节产生的各种数据,数据采集、传输、存储和分析处理的多种手段和工具;第4、5、6章从政府、市场、企业的角度介绍了目前最新的产业能效情况,深入剖析各参与主体的角色和定位,以及能源大数据在各个主体的应用发展情况;第7、8、9、10章对能源大数据在电力、分布式能源、机械制造、饮料食品行业的具体应用进行了系统的论述,包含生产工艺、能效对标方法、智能电网、新能源分布式供能及多能互补、智能制造等,并对典型的能源大数据案例进行了描述;第11、12章从平台思维的角度,论述了建立能源大数据公共服务平台的可行性和具体方案,并探讨了能源大数据建设路径,为能源大数据的整合和发展提供了新的思路。

本书的主要读者为各级政府部门能源管理的决策人员、企事业单位领导和动力部门,以及各节能服务机构、行业协会、高等院校相关专业师生,也可供关注大数据、人工智能和能源形势的广大读者阅读。

# 前 言

随着“大数据”时代的到来，“数据”这种抽象的东西，在我们的日常生活中变得越来越具体和重要。能源行业作为关系国计民生的关键行业，在“大数据”时代也爆发出新的生命力，能源大数据呼之欲出。伟大革命先驱孙中山先生曾经说过：“世界潮流，浩浩荡荡；顺之则昌，逆之则亡。”面对来势汹涌的能源大数据的发展和需求，《能源大数据技术与应用》应运而生。

能源是支撑国民经济社会发展的重要基础。20 世纪 80 年代以来，随着计算机数据库技术和产品的日益成熟以及计算机应用的普及和深化，目前信息化手段已广泛应用于工业领域，工业企业通过信息化手段采集数据形成海量数据。而在能源生产、加工转换、传输、消费环节等传统能源利用环节，以及能源交易、销售方式方面，对节能服务单位、研发机构、融资机构等企业存在数据壁垒，从而导致信息孤岛，能源数据得不到有效的整合利用，数据内在的价值得不到体现。通过调研发现许多企业在这方面均有较大需求，怎样使用能源大数据来驱动能效的提升成为一个值得探讨的问题。本书正是在上述发展动向和背景下进行编写的。本书的完成将有助于相关产业利用自身数据信息资源进行能效管理、能效对标、节能潜力挖掘等服务，实现数据化、信息化、智能化的高层次能源管理，积极探索创新的能源服务模式，并形成企业能源智慧管理、政府能源高效管理、新的能源服务模式快速发展的局面，从而获得经济效益和社会效益的双赢。

本书在编写过程中，作者十分重视深入企业和政府部门实地调研，获得了丰富翔实的第一手资料，并尽量以通俗易懂的文字组织编写，使读者能够深入浅出地了解能源大数据如何影响能源行业发展，同时合理添加大数据理论知识，紧跟“互联网+能源”“人工智能”等领域的新动向，使内容达到一定的深度和广度，能满足不同读者对象进行阅读；在书籍内容上，本书着眼于整个工业产业能源大数据应用及能效提升服务，而非仅

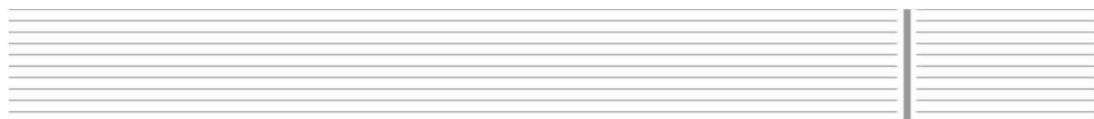


限于大数据在单个工业行业的利用;在书籍编排上,书中安排了重点用能行业举例及相关案例介绍,使得如何利用能源大数据驱动能效提升的阐述更加详细具体,也使读者更容易理解和接受;书籍最后探讨了能源大数据公共服务平台和能源大数据建设路径,为读者清晰呈现了能源大数据建设的脉络。

本书旨在推动中国能源大数据的建设和发展,论述能源大数据的理念、特点和建设的核心内容,为中国政界、产业界、教育界以及社会各界人士打开一扇了解“能源大数据”的窗户。在此,我们向为尽快把国内外最新、最权威动态成果介绍给读者而付出努力的各界人士,表示一并感谢。

作者

# 目 录



---

## 第1章 能源大数据概述 1

---

- 1.1 大数据发展与能源信息化管理建设 2
  - 1.2 能源大数据的信息资源 7
    - 1.2.1 能源大数据信息简介 7
    - 1.2.2 能源大数据信息特征与价值 16
  - 1.3 能源大数据应用意义 19
    - 参考文献 21
- 

## 第2章 能源数据采集 23

---

- 2.1 能源数据采集概念 24
  - 2.1.1 能源管理系统与数据采集 24
  - 2.1.2 能源数据采集方式 25
- 2.2 能源数据采集流程 25
- 2.3 能源数据采集技术及装置 27
  - 2.3.1 能源数据采集技术 27
  - 2.3.2 能源数据采集装置 27
  - 参考文献 34



<b>第3章 能源数据传输、存储和分析处理</b>	35
• 3.1 能源数据传输技术	36
3.1.1 能源数据传输方式	36
3.1.2 能源数据传输接口协议及标准	39
• 3.2 能源数据存储技术	43
3.2.1 传统存储技术在能源行业中的发展现状	44
3.2.2 分布式数据库	44
3.2.3 分布式文件系统	52
3.2.4 数据的访问接口及查询语言	61
• 3.3 能源大数据分析处理平台	61
3.3.1 能源行业中大数据技术的需求	61
3.3.2 虚拟环境下的大数据分析处理平台	64
3.3.3 大数据分析处理平台发展趋势	72
参考文献	74
<b>第4章 能源大数据应用——政府服务</b>	77
• 4.1 上海市工业能效概况	78
4.1.1 上海市用能情况及特点	78
4.1.2 能源大数据应用于政府服务	79
• 4.2 能效对标	82
4.2.1 企业能效对标管理方法	82
4.2.2 能效对标活动中标杆对象的选定方法	83
4.2.3 PDCA 管理方法在能效对标管理中的应用	86
• 4.3 产品单耗对标	87
4.3.1 产品单耗对标的说明	87
4.3.2 产品单耗标杆值	88
4.3.3 产品单耗行业平均水平	90
4.3.4 产品单耗限额值	91

• 4.4	产值能效对标	102
4.4.1	产值能效对标的说明	102
4.4.2	分类能效	103
4.4.3	工业各行业产值能效	104
<hr/>		
• 4.5	能耗预测预警	110
4.5.1	能耗预测预警背景及意义	110
4.5.2	能耗预测预警方法	112
	参考文献	113
<b>第5章</b>	<b>能源大数据应用——碳排放权交易</b>	<b>115</b>
<hr/>		
• 5.1	碳排放交易市场的发展和现状	116
5.1.1	碳排放交易的起源与发展	116
5.1.2	全球碳排放交易市场	119
5.1.3	中国碳排放交易市场	124
<hr/>		
• 5.2	碳排放交易市场机制	131
5.2.1	交易流程	132
5.2.2	市场结构	138
5.2.3	相关机制	141
<hr/>		
• 5.3	大数据在碳排放交易市场的价值、应用和发展	145
5.3.1	碳排放交易数据的价值	145
5.3.2	碳排放交易数据的使用现状	149
5.3.3	碳排放交易大数据发展的建议	151
	参考文献	156
<b>第6章</b>	<b>能源大数据应用——能源管理中心</b>	<b>159</b>
<hr/>		
• 6.1	能源管理中心产生的背景及意义	160
• 6.2	金属加工行业能源管理中心	161
6.2.1	金属加工行业能源管理中心概况	161
6.2.2	金属行业能源管理中心主要功能	162
<hr/>		

• 6.3 电力行业能源管理中心	165
6.3.1 电力行业能源管理中心概况	165
6.3.2 电力行业能源管理中心主要功能	167
• 6.4 建筑用能分项计量与监测系统	172
6.4.1 建筑用能分项计量与监测系统概况	172
6.4.2 上海市国家机关办公建筑和大型公共建筑能耗监测平台	172
• 6.5 国家城市能源计量中心	175
6.5.1 我国能源计量现状及发展趋势	175
6.5.2 国家城市能源计量中心的建设意义	176
6.5.3 国家城市能源计量中心的建设内容	177
6.5.4 国家城市能源计量中心(上海)	181
参考文献	182
<b>第7章 能源大数据应用——电力行业</b>	<b>183</b>
• 7.1 电力大数据特征	185
• 7.2 电力大数据在传统发电企业的应用	186
• 7.3 大数据在太阳能、风能等新能源领域的应用	188
• 7.4 大数据在电力输送和分配环节的应用——电网大数据	193
7.4.1 大数据在智能电网中的应用	193
7.4.2 大数据在智能电表中的应用	196
7.4.3 大数据在国家电网商业模式创新的应用	198
7.4.4 智能电网出现的问题	199
• 7.5 电力大数据在信息服务领域的应用	200
• 7.6 电力大数据应用瓶颈	203
参考文献	204
<b>第8章 能源大数据应用——分布式能源及多能互补</b>	<b>207</b>
• 8.1 分布式能源的概念及发展现状	208
8.1.1 分布式能源的概念及应用	208
8.1.2 国外分布式能源发展的现状	210

8.1.3	我国分布式能源发展的现状	211
<hr/>		
• 8.2	分布式能源多能互补技术	212
8.2.1	基于分布式电源的多能互补系统的构成	212
8.2.2	多能互补系统的物理构成	213
<hr/>		
• 8.3	分布式能源及多能互补案例	215
8.3.1	上海市光伏开发情况	215
8.3.2	上海虹桥商务核心区区域供能系统	220
8.3.3	中国科学院高等研究院绿色智能城网示范	221
8.3.4	老港工业区分布式能源项目	221
8.3.5	腾讯青浦数据中心分布式能源项目	222
	参考文献	222
<hr/>		
<b>第9章</b>	<b>能源大数据应用——机械制造业</b>	<b>225</b>
<hr/>		
• 9.1	机械制造业工艺介绍	226
9.1.1	钢锭的炼钢生产工艺	226
9.1.2	铸件的炼钢生产工艺	226
9.1.3	铸件生产工艺	227
9.1.4	锻件生产工艺	228
9.1.5	金属切削加工工艺	229
9.1.6	金属结构件生产工艺	229
<hr/>		
• 9.2	主要供能或耗能工质系统情况	230
9.2.1	供电系统	230
9.2.2	天然气系统	230
9.2.3	能源加工转换系统	231
<hr/>		
• 9.3	机械制造业产品及工序能效对标	231
9.3.1	能效对标指标组成	231
9.3.2	术语和定义	232
9.3.3	计算范围和计算方法	233
9.3.4	指标影响因素和最新节能技术	234
<hr/>		

• 9.4 智能制造	236
9.4.1 智能制造与新一轮工业革命	236
9.4.2 智能制造标准体系建设	237
9.4.3 工业能源大数据与智能制造	243
<hr/>	
• 9.5 基于大数据的节能技术改造案例	245
9.5.1 企业概况	245
9.5.2 项目概述	245
9.5.3 技术原理	246
9.5.4 节能减排效果分析	250
9.5.5 项目投资额	251
9.5.6 项目推广和复制潜力	252
参考文献	253
<hr/>	
<b>第10章 能源大数据应用——饮料食品行业</b>	<b>255</b>
<hr/>	
• 10.1 饮料食品行业介绍	256
10.1.1 轻工业与饮料食品行业概况	256
10.1.2 饮料食品行业工艺介绍	256
<hr/>	
• 10.2 典型供能或耗能工质系统情况	259
10.2.1 主要消费的能源及耗能工质	259
10.2.2 典型能源管理及节能技术	260
<hr/>	
• 10.3 电力需求侧管理平台	263
10.3.1 系统架构	263
10.3.2 平台功能	264
<hr/>	
• 10.4 电力需求侧管理平台应用	267
10.4.1 项目概述	267
10.4.2 主要设备	268
10.4.3 项目投资规模及回收期	268
10.4.4 投用效果	268
参考文献	268

<b>第11章 能源大数据公共服务平台建设</b>	<b>269</b>
• 11.1 背景与意义	270
• 11.2 平台建设	274
11.2.1 能源大数据公共服务平台数据采集流程	274
11.2.2 能源大数据公共服务平台建设特点及架构	274
11.2.3 能源大数据公共服务平台建设关键技术	276
• 11.3 平台服务政府、企业功能	284
11.3.1 产业转型	284
11.3.2 能效对标及能效整体评价指标体系的构建	286
11.3.3 企业能效提升专家系统	286
11.3.4 政府部门和相关企业的数据采集方式的创新	288
• 11.4 能源大数据公共服务平台的社会经济效益	289
参考文献	290
<b>第12章 能源大数据路径建设探讨</b>	<b>293</b>
• 12.1 能源大数据路径建设思路	294
12.1.1 研究思路分析	294
12.1.2 研究原则	294
12.1.3 研究时序	294
• 12.2 能源大数据路径建设内容	295
12.2.1 现有历史能源信息资源数据挖掘研究	295
12.2.2 能源大数据平台数据库底层设计建设	296
12.2.3 能源大数据平台功能应用顶层建设	297
12.2.4 能源大数据生态系统	299
参考文献	300

# 第1章

## 能源大数据概述

## 1.1 大数据发展与能源信息化管理建设

大数据并非一个确切的概念。最初,这个概念是指需要处理的信息量过大,已经超出了一般计算机在处理数据时所能使用的内存量,因此工程师们必须改进处理数据的工具。这导致了新的处理技术的诞生,例如谷歌的 MapReduce 和开源 Hadoop 平台(最初源于雅虎)。这些技术使得人们可以处理的数据量大大增加。更重要的是,这些数据不再需要用传统的数据库表格来整齐地排列。

严格来说,到目前为止,“大数据”在学术界还没有一个统一的定义,大多数人比较认同的说法是,“超过典型数据库工具的硬件环境和软件工具所能获取、存储、管理和分析能力者”即被视为大数据。更为简单的说法是,“大数据”指的是无法以传统流程或工具所处理、分析的数据。

为什么以往的数据处理方式无法处理大数据?这是因为在这些数据中,除了少部分是结构化(structured)数据外,其他绝大多数都属于半结构化(semi-structured)与非结构化(unstructured)数据。

结构化数据是指具有明确关联性定义的固定结构数据,也就是经过编码后存放在数据库应用系统内的数据。在以往的数据库应用中,“数据”必须完全以明确的预定格式被存放,通常是以表格的形式呈现。也就是说,数据库中的每一笔数据都要以事先设定好的格式按指定的顺序出现。以某企业的能源管理数据库为例来说明,该企业能源消耗计量的表格呈现形式如图 1-1 所示。

能源名称	计量单位	期初库存量	购进量		合计	消费量			期末库存量	折标系数(等价)	折标系数(当量)
			实物量	金额(千元)		工业生产消费量	用于原材料	非工业生产消费			
天然气(气态)	万 m <sup>3</sup>									12.99710	12.99710
汽油	t									1.47140	1.47140
柴油	t									1.45710	1.45710
电力	万 kW·h									3.00000	1.22900
能量合计	当量值									1.00000	1.00000
	等价值									1.00000	1.00000

图 1-1 能源消耗计量表格形式

表格中的各项数据由人工录入后存入能源管理数据库中,供相关人员进行能耗数据的分析和处理。

半结构化数据既不同于表格型数据,又不同于纯文本型数据,例如 XML 或 HTML 格式的网页数据、电子邮件和电子文档等。虽然半结构化数据具有程序编码既定的逻辑和格式,但不容易被数据库分类存储和分析处理,尤其是其包含有许多不必要的格式不同的数



据内容。

非结构化数据是指没有固定格式、难以用统一的概念或逻辑处理分析的数据,这类数据主要包括文件、图像、音频、影像等。单以文件为例,就有纯文本文档、Word 文件、PDF 文档等不同格式。

目前,大数据分析技术应用最成功的莫过于商业领域,一些大型的电商开始利用大数据分析打造实时、个性化的服务,比如通过消费者的网络点击流,来追踪个体消费者的行为,更新其偏好,并实时模拟后续的购买倾向。这种实时性的精准营销,不仅可预测客户再次光顾的时间,同时可以针对个人需求,促使客户购买高利润率的商品。

随着大数据技术在各领域的兴起,一些学者开始探索如何在能源管理领域应用大数据技术。工业作为经济与社会发展的基础,正在受到大数据的深刻影响,尤其是在我国大力提倡节能减排的今天,工业企业如何通过有效手段降低企业的能源消耗、提高能源利用效率,是政府与企业需要共同关注的焦点。大数据技术为企业进行能源优化配置、能源效率水平提升、优质服务和辅助社会管理提供了坚实的数据基础。可以说,大数据技术在工业企业的应用,对节能减排、资源节约型和环境友好型社会建设意义重大。

众所周知,大数据技术是一种数据处理手段,因此要发挥大数据的作用,必须依托相应完备的信息管理系统。尤其是将大数据技术应用到能源管理领域,则需要相关方建立相适应的能源管理系统(中心)(energy management system,EMS),以此来满足大数据技术实施前所必需的软硬件条件。目前,国际上对能源管理系统还未形成统一的定义。维基百科指出,能源管理系统属于计算机辅助系统范畴,用来监测、控制以及优化能源的转换、使用与回收,提高能源利用效率。其中监测与控制类似于常见的监视控制与数据采集系统(supervisory control and data acquisition,SCADA),优化功能常通过先进技术(先进控制、人工智能)实现。有时将EMS与SCADA分开表述,此时EMS不包括监视与控制功能,而更多的指发电或生产蒸汽控制,能源计划与调度。

美国国家可再生能源实验室(National Renewable Energy Laboratory,NREL)对能量系统集成(energy systems integration,ESI)进行了研究。能量系统不仅包括可再生能源、核能、化石能源等资源,还包括电、热、燃料等用于转换和传递能量的不同能量形式,以及能源和各种能量形式之间、能量系统与其他系统(数据与信息网络、水系统)之间的相互作用。ESI正是在技术、经济、法规和社会方面对能量系统和相互作用进行分析、设计和控制,最优化能量系统及与能量系统相关的相互作用,提高能量系统的稳定性与效率,减少消耗,最小化对环境的影响。ESI更加重视各能量系统之间及各能量系统和数据、信息网络、水系统之间的交互与集成。

加拿大自然资源部能源效率办公室指出,能源管理信息系统(energy management information system,EMIS)是全面能源管理程序(energy management program,EMP)的一个重要组成部分,是紧密集成到企业系统之中的用于过程监视、控制和信息管理的软件解决方案。它为能源审计提供支持,通过监控保证效率的实现与持续,对运行效率进行分