



节能减排丛书

能源审计原理 与实施方法

华南师范大学 中国环境科学学会 组织编写

方战强 任官平 主编



化学工业出版社



节能减排丛书

能源审计原理 与实施方法

华南师范大学 中国环境科学学会 组织编写
方战强 任官平 主编



化学工业出版社

· 北京 ·

本书讲述了能源、能源审计的基本概念及相关概念等基本知识,重点阐述了能源审计的基本原理、能源审计的基本方法、能源审计的基本程序等。本书又结合化工行业、钢铁行业、建材行业和电镀行业的特点讲述了行业特性,以及能源审计在各个行业中的应用特点,并结合典型案例进行了详细分析。在本书后面摘录了国家有关能源、能源审计的政策、法规。

本书可作为大专院校与能源有关专业的本科生教材、研究生和教师的参考书,又可作为节能服务单位和大型企业开展能源审计工作的指导书,以及能源管理部门工作人员的参考资料。

图书在版编目(CIP)数据

能源审计原理与实施方法/华南师范大学,中国环境科学学会组织编写.方战强,任官平主编.—北京:化学工业出版社,2008.2
(节能减排丛书)
ISBN 978-7-122-01953-0

I. 能… II. ①华…②中…③方…④任… III. 能源-能源管理-审计 IV. F239.62

中国版本图书馆CIP数据核字(2008)第007542号

责任编辑:成荣霞

文字编辑:李锦侠

责任校对:顾淑云

装帧设计:王晓宇

出版发行:化学工业出版社(北京市东城区青年湖南街13号 邮政编码100011)

印刷:北京云浩印刷有限责任公司

装订:三河市前程装订厂

720mm×1000mm 1/16 印张13 $\frac{3}{4}$ 字数254千字 2008年10月北京第1版第1次印刷

购书咨询:010-64518888(传真:010-64519686) 售后服务:010-64518899

网 址: <http://www.cip.com.cn>

凡购买本书,如有缺损质量问题,本社销售中心负责调换。

定 价:36.00元

版权所有 违者必究

本书编写人员

主 编：方战强

任官平

编写人员（按姓氏汉语拼音排序）

戴 凯（北京科信环能科技中心有限公司）

方战强（华南师范大学）

黄 虹（华南师范大学）

李耀威（华南师范大学）

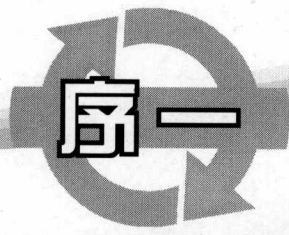
任官平（中国环境科学学会）

许志广（华南师范大学）

曾宝强（香港教育学院）

曾荣华（华南师范大学）

张 臣（华南师范大学）



序一

改革开放以来，在党中央、国务院的领导下，我国经济建设、政治建设、文化建设、社会建设取得了举世瞩目的成就，人民生活快速步入小康水平。但伴随着经济的快速发展，资源匮乏、环境污染日益凸显，经济发展与资源环境的矛盾日趋尖锐。当前我国正处于工业化和城市化加速发展的阶段，经济总量已居世界前列，对资源的需求进一步增加。与此同时，靠大量消耗资源支撑的粗放经济增长模式使资源约束矛盾更加突出，环境形势十分严峻。各种污染物排放大大超过了环境承载能力，环境压力持续加大。各类生态系统整体功能下降，生态恶化的趋势没有得到有效遏制，水、大气、土壤等污染十分突出，生态破坏范围不断扩大，严重阻碍了经济社会的全面、协调、可持续发展。而这种状况与经济结构不合理、经济增长方式粗放密切相关。加快调整经济结构，转变经济增长方式，搞好节能减排，是实现经济社会全面、协调、可持续发展的迫切要求。

党的十七大提出要建设资源节约型、环境友好型社会，这是全面建设小康社会的基本目标，也是一项带有全局性的战略任务。“十一五”规划提出单位GDP能耗和主要污染物排放总量比“十五”期末分别降低20%左右、10%的约束性指标，这是贯彻科学发展观，构建社会主义和谐社会的重大举措，是建设资源节约型、环境友好型社会的重要任务，是推进经济结构调整、转变经济增长方式的客观要求，也是提高人民生活质量、维护中华民族长远利益的必然选择。实践已经证明并将继续证明，只有坚持节约发展、清洁发展、可持续发展，才能实现国民经济又好又快发展。

近年来，温室气体排放引起的全球气候变暖备受国际社会广泛关注。加强节能减排工作，已经成为各国应对全球气候变化的紧迫任务和重要手段。节能减排蕴含着发展理念、发展道路、发展模式的创新和提升，是应对资源短缺和环境容量有限挑战的必然选择。节能减排工作必须从现在做起，从重点领域、重点行业 and 重点企业抓起，把加强技术改造与淘汰落后生产能力结合起来。节

能减排的途径主要有三个方面：一是厉行节约；二是调整产品和产业结构；三是大力推广节能减排技术。国家节能减排手段主要包括运用经济手段、法律手段、行政手段，建立健全节能减排的体制和机制；企业要在节能减排的体制机制的保证和作用下，综合运用管理手段和技术手段，达到节能减排目的。

为推动党和国家节能减排政策的落实，化学工业出版社组织编写了这套《节能减排丛书》，对高耗能、高排放行业的实用节能减排技术进行了系统阐述，拓宽了节能减排的思路，为企业节能减排提供具体的技术指导，有助于企业加快技术创新和技术进步，实现清洁生产，从而最终实现经济社会的全面、协调、可持续发展。

节能减排是一项长期的、艰巨的重大任务，需要全社会的共同努力和支持，应该成为国家、企事业单位和每个公民的自觉行为。我们要坚持不懈，时刻不忘节能减排工作，为我们、也为子孙后代永远保护好人类共有的美好家园。

欧新黔

2008年7月



二

石油和化学工业作为为人类提供物质消费的重要基础产业，为世界经济的发展做出了巨大的贡献，并在世界经济贸易中占有十分重要的地位。石油和化学工业在世界范围的投资、贸易和生产要素配置，使全球日益形成相互依存、彼此互补的完整产业链，构造出利益互补和生产者与消费者共赢的世界石油化工大格局。就我国来说，石油和化学工业是国民经济的重要支柱产业，为我国的经济的发展做出了巨大贡献。

对石油和化学工业来说，石油、天然气、煤炭等能源既是燃料、动力，又是生产用的原材料。石油和化学工业是能源消耗和废弃物产生的大户，每年能源消费量约占全国消费量的 17%，废水、废气和固体废物排放量分别占全国工业“三废”排放的 21.9%、11%和 8.4%。因此，节能减排是石油和化学工业可持续发展的必由之路。“十一五”及未来期间，我国的石油和化学工业将获得新的发展机遇，但资源和环境的压力也更大。石油和化学工业要坚决贯彻“节能优先、效率为本、煤为基础、多元发展、优化结构、保护环境、立足国内、对外开放”的 32 字方针，以保证国民经济和社会发展的需求。“十一五”也对石油和化学工业的发展提出了明确的目标：单位生产总值能源消耗降低 20%、单位工业增加值用水量降低 30%、工业固体废物综合利用率提高到 60%、主要污染物排放总量减少 10%。这就要求我们做到以下四点：一是全行业要把思想认识统一到中央的决策和部署上来，真正把节能减排工作作为行业和企业的首等大事来抓。二是要摸清能源消耗和污染排放的具体情况，制订切实可行的行业节能减排的工作方案。三是要找准工作的切入点，例如技术进步、人才培养、经验推广等。四是要借鉴国外经验，更好地发挥节能减排的市场作用。

通过技术进步实现节能减排是当前工作的关键。研究分析显示，技术进步对节能贡献率达到 40%~60%。要提高能源利用效率，缩小与国际先进水平的差距，必须依靠科技进步，不断增强自主创新能力。要通过节能技术进步，

推进以企业为主体的自主创新体系和创新型行业的建设。同时，要按照走新型工业化道路的要求，大力开发和推广节能减排的先进实用技术，重点是能源节约和替代技术、能量梯级利用技术、延长产业链和相关产业链接技术等等。化学工业出版社组织编写这套《节能减排丛书》，正是为了贯彻国家节能减排政策，指导企业进行节能减排技术改造。这套丛书立足于通过技术进步实现节能减排，详细介绍了相关行业已经成熟的节能减排技术，充分展现了符合现代发展理念的节能减排新技术，借鉴了许多国外的节能应用实例，必将为众多企业的节能减排工作提供广阔的视野和具体的技术指导。这套丛书涉及石化、冶金、交通、电力、轻工等多个行业，其中有炼油、烧碱、硫酸、化肥、炭黑、电石等多个分册涉及到石化行业。这套丛书的出版，必将有助于企业加快技术创新和技术进步的步伐。

节能减排工作需要全社会付出努力，并成为全社会的自觉行动。化学工业出版社组织编写的这套《节能减排丛书》，就是这种努力的一部分；为本丛书撰稿的专家学者以无私奉献的精神，付出了辛勤劳动，也是这种努力的一部分。出版社与作者值得尊敬的这些努力，必将有效促进节能减排先进技术的开发推广，进而推进石油和化学工业节能减排目标的更快、更好实现。

李斌

2008年7月



本书序

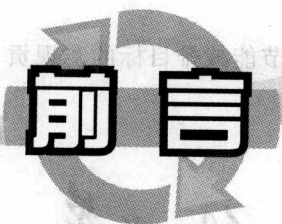
我国改革开放以来,经济持续快速增长,各项建设事业都取得了巨大成就,实现了党和国家确定的预期目标。但我们也十分清醒地看到,在经济、社会快速发展的同时,也付出了昂贵的资源和环境代价,致使经济发展与资源环境的矛盾日趋尖锐,社会民众对此反应强烈。为了缓解和解决我国经济、社会发展与资源环境的矛盾,党和政府高度重视节能减排工作,并把这项工作作为当前加强宏观调控的重点,作为调整经济结构、转变增长方式的突破口,作为落实科学发展观和构建和谐社会的举措来抓,切实予以加强。

在这一新的形势下,华南师范大学和中国环境科学学会组织有关专家、教授编写了《能源审计原理与实施方法》一书,实在是适逢其时。该书就能源审计的概念、沿革;能源审计原理、标准和方法;能源审计程序以及审计报告编写等,在理论与实践相结合的基础上作出了具体、详尽的叙述,内容全面、系统、完整,是当前我国节能减排工作中所急需的重要参考书之一。

为了推动资源节约型、环境友好型社会建设,强化节能减排的监督管理,国家正在加强建立和完善节能减排指标体系、监测体系和考核体系;建立健全各项法规制度以及节能减排工作责任制和问责制;全面推动清洁生产,制定和发布重点行业清洁生产标准和评价指标体系;推动以企业为主体、产学研相结合的节能减排技术创新与成果转化体系建设等。我相信《能源审计原理与实施方法》一书的出版发行,必将对上述各项工作的开展起到积极的指导作用。

与此同时,该书还进行了钢铁、化工、建材等行业能源审计案例分析,为国家有关部门组织制订和执行主要高能耗产品能源环保限额强制性标准,淘汰高能耗行业的落后产能;为加强交通运输、农业机械、新建住宅、公共建筑等行业的节能降耗等工作提供了有价值的参考。该书也可作为有关管理者,科研教学人员的参考书。

21世纪是人与自然不断进行协调并逐步走向和谐的世纪。节能减排是保障能源安全和避免环境污染加剧最有效、最现实的选择,也是推进资源节约型、环境友好型社会建设的必然选择。节约能源资源、保护环境是一项长期而艰巨的任务,也是全社会共同的责任,需要动员全社会的力量积极参与,从现在做起,从我做起,



前言

“十一五”规划《纲要》提出的万元 GDP 能耗降低 20% 和主要污染物排放减少 10% 的目标，是具有法律效力的约束性指标。自 2006 年以来，全国上下加强了节能减排工作，国务院发布了加强节能工作的决定，制定了促进节能减排的一系列政策措施，各地区、各部门相继做出了工作部署，节能减排工作取得了积极进展。对重点用能单位加强监督，凡与政府有关部门签订节能减排目标责任书的企业，必须确保完成目标；对没有完成节能减排任务的企业，强制实行能源审计和清洁生产审核。

作为节能工作的关键环节，能源审计在工业、建筑业等高能耗部门能有效地提高能源使用率，对企业的能源资源投入产出过程进行全面的审计，可准确合理地分析评价企业的能源利用状况和水平，以实现对企业能源消耗情况的监督管理，保证国家能源的合理配置与使用，提高能源利用效率，保护环境，持续地发展经济。

为确保国家能耗指标的落实，重点高能耗企业必须开展能源审计和节能规划工作。为方便企业开展能源审计工作，华南师范大学和中国环境科学学会组织了一批专家，编写了《能源审计原理与实施方法》一书。这本书理论联系实际、内容丰富，可作为企业开展能源审计的指导书，也可以作为能源审计专业人员的参考书。

本书内容力求全面，涵盖了能源与能源审计的基本概念、能源审计的基本原理、能源审计的基本方法、能源审计的基本程序等。本书既注重基本理论的阐述，又注重理论联系实际，重点阐述了化工、钢铁、建材和电镀行业的能源审计特点，并结合典型案例分析了能源审计在各行业中的应用情况，具有较强的操作性和指导性。

本书是集体智慧与努力的结晶，参加编写的单位有华南师范大学、中国环境科学学会、北京科信环能科技中心有限公司、香港教育学院等。在本书的编写过程中，参考了一些单位和个人的著作和资料，在此谨向他们表示衷心的感谢。由于编者水平有限，书中欠妥与疏漏之处敬请广大读者批评指正。

编者

2008 年 5 月于广州大学城

为促进经济、社会、环境全面协调可持续发展而努力。

愿《能源审计原理与实施方法》一书的出版发行，能为节能减排目标的实现贡献一份力量。

解 振 峰

2008年6月

答 辞

2008年6月2日

目录

第1章 能源审计概述	1
1.1 能源的概念及其分类	1
1.1.1 能源的定义	1
1.1.2 能源的分类	1
1.1.3 能源的作用	3
1.1.4 我国能源结构及其现状	5
1.1.5 我国能源消耗状况	7
1.1.6 能源评价	9
1.1.7 能量	10
1.2 能源审计	11
1.2.1 能源审计概念和类型	11
1.2.2 与能源审计有关的几个概念	13
1.2.3 能源审计的基本功能	16
1.2.4 能源审计的重要性	18
1.3 能源审计标准与法律法规	20
1.3.1 我国能源审计的法律法规依据	20
1.3.2 能源审计标准	22
1.4 能源审计的发展	23
第2章 企业能源审计的原理和方法	25
2.1 企业能源审计思路	25
2.1.1 能源审计思路	25
2.1.2 企业能源利用的四个环节	27
2.2 企业能源审计原理	29
2.2.1 物质和能量守恒原理	29
2.2.2 能源成本分析原理	35
2.2.3 分层嵌入原理	35
2.2.4 反复迭代原理	36
2.2.5 穷尽枚举原理	36
2.3 企业能源审计的方法	36

2.3.1	企业能源审计的基本方法	36
2.3.2	企业能源审计的分析方法	39
2.3.3	能源效率的计算分析	40
2.3.4	综合能耗指标核算	44
2.3.5	节能量和节能潜力的分析	45
第3章	能源审计程序	48
3.1	审计准备	48
3.1.1	审计任务的确定	48
3.1.2	组建审计工作小组	48
3.1.3	制订能源审计工作计划	49
3.1.4	开展宣传教育	49
3.2	预审计	51
3.2.1	现状调研	51
3.2.2	现场考察	52
3.2.3	评价能源消耗状况	53
3.2.4	确定审计重点	53
3.2.5	设置能源审计目标	54
3.2.6	提出和实施无偿/低费节能方案	55
3.3	审计	55
3.3.1	编制审计重点的工艺流程图和能流图	56
3.3.2	实测输入能量流	57
3.3.3	建立能量平衡	57
3.3.4	分析能源消耗大和损耗大的原因	58
3.3.5	能源管理状况审计	59
3.3.6	提出和实施无偿/低费方案	64
3.4	节能方案产生和筛选	64
3.4.1	征集节能方案	65
3.4.2	筛选节能方案	65
3.4.3	研制节能方案	66
3.4.4	继续实施无偿/低费节能方案	67
3.5	确定实施节能方案——可行性分析	67
3.5.1	节能方案简述	67
3.5.2	市场预测	67
3.5.3	技术可行性分析	68
3.5.4	环境可行性分析	68

3.5.5	经济可行性分析	69
3.5.6	确定实施节能方案	69
3.6	节能方案的实施	69
3.6.1	制定实施计划	69
3.6.2	节能方案实施	70
3.7	持续能源审计	70
3.7.1	建立和完善能源审计的组织机构	70
3.7.2	完善能源审计的管理制度	71
3.7.3	制订节能规划	71
3.8	编写能源审计报告	71
第4章 化工行业能源审计		74
4.1	化工行业的特点与能源审计的节能意义	74
4.1.1	化工行业的特点	74
4.1.2	国外化工产业发展现状特征与趋势	76
4.1.3	国内化工产业现状特征和趋势	78
4.1.4	化工行业的能源审计与节能意义	81
4.2	化工行业能源审计的重点	82
4.2.1	能源审计的重点	82
4.2.2	主要节能改造技术方法	85
4.2.3	“十一五”化工节能重点	89
4.3	两家化工企业能源审计实例	95
4.3.1	某一化工总厂能源审计报告(项目要点)	95
4.3.2	某碱厂能源审计报告(项目要点)	97
第5章 钢铁行业能源审计		99
5.1	钢铁行业的特点及能耗现状	99
5.1.1	钢铁行业的特点	99
5.1.2	我国钢铁工业能耗现状	100
5.2	钢铁行业生产的主要工艺路线及节能分析	101
5.2.1	技术层面	101
5.2.2	结构层面	102
5.2.3	低温余热回收节能	102
5.2.4	冶金流程新技术	103
5.3	钢铁行业的能源审计步骤与节能技术	104

5.3.1	钢铁企业能源审计	104
5.3.2	主要耗能工艺节能技术与设备	105
5.4	某新建钢铁厂项目的能耗分析及节能措施	108
5.4.1	能源结构	108
5.4.2	节能措施	108
5.4.3	能源绩效分析与评价	110
第6章 建材行业能源审计		111
6.1	建材行业的发展概况和能源消耗状况	112
6.1.1	建材行业的发展概况	112
6.1.2	建材行业能源消耗状况	113
6.2	建材行业能源审计的节能意义	114
6.3	建材行业能源审计的重点与节能技术	115
6.3.1	建材行业能源审计的重点	115
6.3.2	建材行业主要节能技术	117
6.3.3	水泥生产节能潜力分析	118
6.3.4	陶瓷生产企业节能潜力分析	121
6.3.5	“十一五”建材行业节能与技术创新重点	125
6.4	某陶瓷厂能源审计案例分析	127
6.4.1	公司概况	127
6.4.2	能源结构	128
6.4.3	能源消耗水平分析	128
6.4.4	能源消耗存在的主要问题及节能潜力分析	128
6.4.5	审计结论	130
第7章 电镀行业能源审计		133
7.1	电镀行业特点及能源消耗现状	133
7.1.1	我国电镀行业的特点	133
7.1.2	电镀行业能耗现状	134
7.2	电镀行业主要的工艺路线及主要设备	135
7.2.1	主要的工艺路线	135
7.2.2	主要设备	135
7.2.3	主要工艺设备的采用和计算	135
7.3	电镀行业能源审计	137
7.3.1	电镀工艺能源审计	138
7.3.2	电镀设备能源审计	140

7.3.3 操作控制能源审计	145
7.4 某电镀厂能源审计案例分析	147
附录一 中华人民共和国节约能源法	150
附录二 中华人民共和国可再生能源法	160
附录三 温家宝在全国节能减排工作电视电话会议上的 讲话(摘要)	165
附录四 国家发展改革委关于印发节能中长期专项规划的通知	170
附录五 国务院关于加强节能工作的决定	174
附录六 国务院关于印发节能减排综合性工作方案的通知	181
附录七 国家发展改革委办公厅关于印发企业能源审计报告和 节能规划审核指南的通知	193
附录八 民用建筑节能管理规定	197
附录九 各种能源折标准煤参考系数	200
参考文献	201

第1章

能源审计概述

1.1 能源的概念及其分类

1.1.1 能源的定义

“能源”这一术语，过去人们谈论得很少，正是两次石油危机使它成为了人们议论的热点。那么，究竟什么是“能源”呢？关于能源的定义，目前约有 20 种。例如《科学技术百科全书》中指出：“能源是可从其获得热、光和动力之类能量的资源”；《大英百科全书》中指出：“能源是一个包括着所有燃料、流水、阳光和风的术语，人类用适当的转换手段便可让它为自己提供所需的能量”；《日本大百科全书》中指出：“在各种生产活动中，我们利用热能、机械能、光能、电能等来做功，可用来作为这些能量源泉的自然界中的各种载体，称为能源”；我国《能源百科全书》中指出：“能源是可以直接或经转换提供人类所需的光、热、动力等任一形式能量的载能体资源”。可见，能源是一种呈多种形式的，且可以相互转换的能量的源泉。确切而简单地说，能源是自然界中能为人类提供某种形式能量的物质资源。

《中华人民共和国节约能源法》中定义的能源，是指煤炭、原油、天然气、电力、焦炭、煤气、热力、成品油、液化石油气、生物质能和其他直接或者通过加工、转换而取得有用能的各种资源。

能源是经济发展的原动力，是现代文明的物质基础。凡是自然界存在的、通过科学技术手段能转换成各种形式能量（机械能、热能、电能、化学能、电磁能、原子核能等）的物质资源都叫能源。

能源不是一种单纯的物理概念，还含有技术经济的含意。也就是说，必须是技术经济上合理的那些可以得到能量的资源才能称之为能源。所以，能源的内容随时间在变化。我们现在指的能源，包括：天然矿物质燃料（煤炭、石油、天然气）；生物质能（薪柴、秸秆、动物干粪）；天然能（水能、地热、风力、潮汐能等）；以及这些能源的加工转换制品，如焦炭、各种石油制品、煤气、蒸汽与电力等。

1.1.2 能源的分类

人们通常按能源的形态特征或转换与应用的层次对它进行分类。世界能源委员会推荐的能源类型分为：固体燃料、液体燃料、气体燃料、水能、电能、太阳能、生物质能、风能、核能、海洋能和地热能。其中前三个类型统称为化石燃料或化石