

企业能源审计方法

(第二版)

孟昭利 编著

清华大学出版社

(京)新登字 158 号

内 容 简 介

本书从理论与实践两个方面介绍了企业能源管理方法。建议我国政府在市场经济条件下,加强对企业用能的管理与监督,开展企业能源审计工作。作者提出一种企业能量平衡模式,用以分析企业用能水平,寻找企业节能方向,改善企业能源管理;提高能效,保护环境,有效地利用资源,降低生产成本,提高企业竞争能力;并介绍了相关的企业能源管理国家标准与企业能源审计方法。

全书包括:企业能源审计、企业能源统计、企业能量平衡、企业节能技术经济评价方法、节约能源与保护环境、高效照明产品能效评价方法和亚洲开发银行项目管理等七章。

本书可作为能源管理专业大学生与研究生教材和参考书,也可作为节约能源和企业能源管理人员的培训教材与参考书。

版权所有,翻印必究。

本书封面贴有清华大学出版社激光防伪标签,无防伪标签者不得销售。

书 名:企业能源审计方法(第二版)

作 者:孟昭利

出 版 者:清华大学出版社(北京清华大学学研大厦,邮编:100084)

<http://www.tup.tsinghua.edu.cn>

印 刷 者:清华大学印刷厂

发 行 者:新华书店总店北京发行所

开 本:850×1168 1/32 印张:12.25 字数:307千字

版 次:2002年3月第2版 2002年3月第1次印刷

书 号:ISBN 7-302-05253-0/F·395

印 数:0001~5000

定 价:29.00元

再 版 前 言



《企业能源审计》是对企业用能状况进行考察与审核的一种管理方法。建立一套企业能源审计方法对企业用能过程的节能、环保与经济效益进行科学的、规范的分析与评价是十分重要的。它可以帮助企业寻找节能技术改造方向，确定节能方案，加强能源管理，降低生产成本，提高企业市场竞争能力。同时，也可以帮助政府对企业用能进行监督与管理。

1982—1985 年国家经委就组织了《企业能源审计》的试点工作。同时，亚太经社会(ESCAP)、联合国开发计划署(UNDP)、欧盟(EC)等国际组织在我国都举办过《企业能源审计》的培训班。1989 年我国向亚洲开发银行(ADB)申请了第一个《工业节能》技术援助项目(TA—1021)，对五个行业(造纸、纺织、化工、炼油与水泥)的企业进行了企业能源审计，建立了一套定量的企业能源审计方法，得到亚行的认可，并在以后的亚行对华《工业节能与环保》贷款项目中使用。亚行贷款项目由原来的五个行业扩展到钢铁、有色与交通三个行业，先后有 30 多个企业进行过企业能源审计。其企业能源审计报告已成为申请贷款的必备资料。1996 年国家技术监督局发布了三项有关企业能源审计的国家标准。国家经贸委在大连节能教育中心进行了全国培训，并讨论了国家的企业能源审计管理办法。这就是 1997 年出版的《企业能源审计方法》一书的基础。

1998 年我国开始实施《节约能源法》，2000 年颁布了《大气污染防治法》第二次修正案，加大了我国节能与环保的执法力度。2001 年我国加入了世贸组织(WTO)，加速了我国经济向市场机制的转化，我国政府探索市场经济条件下的节能与环保政

策与管理机制。同时，国内兴起节能环保服务产业，要签订商务合同，特别是我国在执行亚行(ADB)的《清洁生产》、《工业节能与环保》项目以及与其他国际组织的《节能自愿协议》、《绿色照明工程》、《电机挑战计划》、《节能促进计划》、《减排CO₂》等国际合作项目，都需要发展一套节能效果的技术经济与环保效益的评价方法。而且，这套评价方法要从原来对企业用能过程的评价，扩展到高效节能产品的评价。

2000年6月国家经贸委资源司提出开展《企业能源审计》的研究与试点，并且得到了美国能源基金会的支持。全国许多城市都要进行《企业能源审计》的培训。国家技术监督局于1997年颁布了《企业能源审计技术通则》国家标准(GB/T17166—1997)；2001年河南省质量技术监督局颁布了《企业能源审计方法》地方标准(DB41/T270—2001)，1999年国家经贸委发布了第7号令《重点用能单位节能管理办法》。形势的发展推动了我们再版《企业能源审计方法》一书。

利用再版的机会，对原书做了较大修改与补充。采用2000年的能源与环保的数据替换了原书的数据。第1章企业能源审计，做了较大的修改；第2章企业能源统计，增加了单位产品能耗计算；第4章企业节能技术经济评价方法，增加亚行对华贷款项目的案例和高效节能变压器经济技术评价方法；第6章高效照明产品能效评价方法，是新增加的内容。结合《中国绿色照明工程》介绍高效节能产品的节能、经济与环保效益的评价方法。同时，也介绍了我国高效照明产品能效标准与标识。第7章亚洲开发银行项目管理也是新增加的一章。缘由许多企业在为节能寻找资金，亚行等国际组织的节能贷款是一个很好的渠道，急于了解亚行的项目管理程序，故在这里做了一个简要的介绍。

全书再版的编写过程中，得到了国家经贸委资源司、美国能源基金会、中国标准研究中心、北京能源效率中心、全国节能监

测管理中心、河南省节能监测中心和国际铜业协会(中国)的领导同志与能源工作者的多方面支持与帮助,在此表示衷心地感谢。颜立潮、梅元红、李崇明和白磊同志参加了本书(第二版)的部分编写工作。辛定国、王庆一、尹锡勋、李均升、蒋芸、赵跃进、李宝才等同志对本书再版提出过有益的建议,以及陈克强教授为本书编辑与出版做了大量工作,在此一并表示谢意。

由于本人水平有限,书中必定会有错误,敬请读者批评指正。

孟 昭 利

2002 年 2 月 2 日

前 言

(第一版)

我们都在企盼《中华人民共和国节约能源法》出台，最近国家计委、国家经贸委和国家科委颁布了《中国节能技术政策大纲》，明确提出“加强能源计量、控制、监督和能源科学管理”的政策要求。其中，要求基本建设与节能技改项目的可行性报告增列节能篇(章)，进行节能审查。我国工业企业用能占全国能源消费总量的 $2/3$ ，用电占全国发电量的 $3/4$ ，节能工作重点在工业企业。因此，在我国开展企业能源审计是十分必要的。

全书共分五章，第1章企业能源审计，第2章企业能源统计，第3章企业能量平衡，第4章企业节能技术经济评价方法，第5章节约能源与环境保护。

第1章介绍企业能源审计工作的意义、内容与基本方法(包括政策法规、国家标准、审计程序以及审计报告的编写)。在近十年间(1988—1997年)逐步地将本项研究成果用于所参加执行的8项亚洲开发银行对华《工业节能与环保》技术援助与贷款项目(包括造纸、化工、炼油、纺织、水泥、钢铁和有色金属等行业)，编写与评审相关企业能源审计报告。从1994年开始编入清华大学、中国节能教育中心教材，进行企业能源审计培训工作，逐渐得到有关方面的认可。当前，我国企业能源审计方法尚需做更多的研究探索工作，通过典型示范、逐渐完善。

第2、3章介绍一种新型的企业能量平衡模式与方法。根据现行的国家标准 GB 3484—83《企业能量平衡通则》(1993年进行过修订)，是把企业用能系统看做黑箱模型，只研究系统的能源收入与支出量的平衡关系，是以耗能设备的能量测试计算为主的企业能量平衡模式，实践中已经发现诸多弊端。在国家计委，

国家经贸委的支持下,从1986年开始组织专家小组进行企业调查,提出了以统计计算为主的企业能量平衡模式。直接研究企业用能系统内部各用能环节和单元之间的能量平衡关系,进行综合分析评价,为改进能源管理,实行节能技术改造,提高能源利用率提供科学依据。同时,将企业能源管理与日常的企业能源统计工作结合起来,并为引入电子计算机技术,建立企业能源管理信息系统,为开展企业能源审计工作打下基础。

在本书出版前,得知国家技术监督局于1996年11月28日正式发布,并于1997年7月1日开始实施的国家标准:《企业能量平衡统计方法》(GB/T16614—1996)、《企业能量平衡表编制方法》(GB/T16615—1996)、《企业能源网络图绘制方法》(GB/T16616—1996),必将有力地推动我国企业能源管理工作。这三项国家标准是由孟昭利、黄志杰、蔡子群、杨志荣、张管生等5人编写的。

第4、5章介绍的内容,是为企业能源管理者提供一些节能技术经济评价方法和节能工作对环境保护的影响及其计算方法与参数。作为一本实用手册,推荐给读者。

全书编写过程中,得到了国家计委、国家经贸委、国家技术监督局,有关工业部门与企业的领导同志和能源工作者的多方面支持与帮助,在此表示诚挚的谢意。

清华大学核研院能源系统工程教研室、清华大学能源训练中心和中国节能教育中心的老师们、同学们,李均升、李沈生、王庆一、黄志杰和英国专家泰那(B. G Tunnah)先生对本书编写提出过宝贵意见,以及尹芳平老师为本书编辑出版做了大量工作,在此一并表示致谢。

企业能源审计方法尚处研究探索阶段,加之作者水平有限,必然有些不妥之处,敬请读者指正。

孟昭利

1997年10月5日

目 录

第 1 章 企业能源审计方法	1
1.1 中国节能管理	1
1.1.1 中国能源系统	1
1.1.2 中国节能工作	3
1.1.3 中国节能政策法规发展进程	13
1.1.4 中国近期推广的节能技术措施	19
1.2 能源管理基础	25
1.2.1 能源管理	25
1.2.2 能源供应与需求管理	25
1.2.3 政府宏观能源管理	27
1.2.4 能源标准化管理	29
1.2.5 企业能源管理	34
1.2.6 综合资源规划与需求侧管理	37
1.2.7 能源消耗定额管理	38
1.2.8 节能监测	39
1.3 企业能源审计	40
1.3.1 企业能源审计概述	40
1.3.2 企业能源审计机构与职责	41
1.3.3 企业能源审计的主要内容	42
1.3.4 企业能源审计管理程序	43
1.3.5 企业能源审计类型	44
1.3.6 企业能源审计过程	45

1.3.7	企业能源审计报告	47
1.3.8	便携式仪表	48
1.4	实例	49
1.4.1	亚洲开发银行对华贷款项目(PPTA2087-PRC) 能源审计报告目录	49
1.4.2	亚洲开发银行对华贷款项目(PPTA2087-PRC) 企业能源审计报告(项目建议要点)	51
第2章	企业能源统计方法	61
2.1	能源统计	61
2.1.1	能源统计特点	61
2.1.2	基本概念	63
2.1.3	所用单位	65
2.1.4	燃料发热量计算	69
2.1.5	能量单位换算	75
2.2	企业能源统计	80
2.2.1	企业能源统计系统	80
2.2.2	企业能源统计工作	81
2.2.3	企业能源计量考核指标	86
2.3	企业能源统计指标体系	86
2.3.1	企业能源购入贮存量统计	86
2.3.2	企业能源加工转换量统计	88
2.3.3	企业能源输送分配量统计	90
2.3.4	企业最终用能统计	93
2.3.5	非生产用能统计	94
2.3.6	企业节约能源量统计	95
2.4	企业能源统计原始记录与报表	97
2.4.1	企业能源消耗原始记录	97

2.4.2	企业能源统计台账	99
2.4.3	企业能源统计报表	101
2.5	能源统计图形	108
2.5.1	曲线图	108
2.5.2	直方图	109
2.5.3	饼形图	110
2.6	单位产品能耗统计数据分析	111
2.6.1	重点企业单位产品能耗统计	111
2.6.2	数学关系式	121
2.6.3	举例	124
第3章	企业能量平衡	127
3.1	企业能量平衡模式	127
3.1.1	目的	127
3.1.2	企业能量平衡模式	128
3.1.3	企业能量平衡系统	130
3.1.4	企业能量平衡方法	132
3.1.5	技术评价指标	134
3.1.6	有效利用能计算	137
3.1.7	工作程序	137
3.2	企业能量平衡表	139
3.2.1	用途	139
3.2.2	编制原则	140
3.2.3	填写说明	140
3.2.4	企业能源统计表	141
3.2.5	企业能量平衡表	143
3.2.6	企业能量平衡表格式	146
3.2.7	编制企业能量平衡表的数据	147

3.2.8	文字说明	147
3.3	企业能源网络图	150
3.3.1	网络图论简介	150
3.3.2	网络图的表示法	150
3.3.3	企业能源网络图	152
3.3.4	企业能源网络图的作用	153
3.3.5	企业能源网络图的绘制方法	155
3.4	企业能流图	158
3.4.1	企业能流图及其用途	158
3.4.2	企业能流图绘制原则	158
3.4.3	企业能流图绘制方法	159
3.4.4	文字说明	160
3.4.5	实例	160
3.4.6	非标准企业能源图	168
第4章	企业节能技术经济评价方法	170
4.1	静态评价方法	170
4.1.1	企业节能技术改造的经济效果评价	170
4.1.2	财务评价中的费用和收益计算	174
4.1.3	静态计算方法	176
4.2	动态评价方法	178
4.2.1	基本概念	178
4.2.2	复利计算关系式	181
4.2.3	动态评价方法	189
4.3	投资回收与固定资产折旧	198
4.3.1	企业固定资产折旧	198
4.3.2	几种折旧计算方法	200
4.3.3	我国现行的企业固定资产折旧方法	204

4.4	案例	206
4.4.1	某水泥股份有限公司节能项目技术 经济分析	206
4.4.2	某水泥厂节能项目技术经济分析	209
4.4.3	某碱厂节能项目技术经济分析	211
4.4.4	某钢厂节能项目技术经济分析	215
4.4.5	配电变压器技术经济评价方法	218
第5章	节约能源与环境保护	230
5.1	节能与环保	230
5.1.1	引言	230
5.1.2	排放	231
5.1.3	环保	236
5.2	中国环境管理	237
5.2.1	中国环境状况	237
5.2.2	中国环境管理体系	246
5.2.3	中国环境管理法规	246
5.3	环境排放系数及其计算方法	253
5.3.1	排放系数	253
5.3.2	工业企业固体废弃物排放	255
5.3.3	工业企业污染气体排放	259
5.3.4	温室气体 CO ₂ 排放	262
5.3.5	放射性废弃物处理	268
第6章	高效照明产品能效评价方法	269
6.1	中国绿色照明工程	269
6.1.1	实施《中国绿色照明工程》重要意义	269
6.1.2	中国绿色照明工程活动内容	271

6.2	高效照明产品能效评价方法	273
6.2.1	紧凑型荧光灯能效评价方法	273
6.2.2	荧光灯节能型电感镇流器能效评价方法	281
6.2.3	中国照明产品的能效标准	289
6.3	中国高效照明产品标识与认证	296
6.3.1	高效照明产品标识	296
6.3.2	中国高效照明产品质量认证	300
第7章	亚洲开发银行项目管理	307
7.1	亚洲开发银行	307
7.1.1	概况	307
7.1.2	资金	312
7.1.3	亚行业务政策	314
7.2	亚行贷款业务	318
7.2.1	贷款	318
7.2.2	亚行贷款项目周期	326
7.2.3	技术援助	338
7.3	亚行项目管理	341
7.3.1	项目管理任务	341
7.3.2	聘用咨询专家	349
7.3.3	亚行贷款项目采购	353
附录1	企业能源审计技术通则 (国家标准 GB/T17166—1997)	363
附录2	企业能源审计方法 (河南省地方标准 DB41/T270—2001)	369
参考文献		375

第 1 章 企业能源审计方法

1.1 中国节能管理

1.1.1 中国能源系统

节约能源是中国经济发展的一项长期战略方针，节约能源不仅是为了缓解能源供需矛盾，更是为了促进国民经济持续、健康、快速地发展和保护环境。

2000 年中国能源消费总量已达到 12.80Gtce，其中煤炭占 67.0%，石油占 23.6%，其余为天然气和水电。2000 年全国发电量达到 1 355.6TW·h，中国加强节能管理，提高能源效率，对世界的能源消费与保护环境都将产生巨大的影响。

2000 年中国能源生产与消费总量居世界第 2 位，但是人均能源消费水平很低。1999 年中国人口总数为 12.6 亿人，人均能耗为 1.04tce，低于世界平均值的 1/2；人均用电量为 982kW·h，约为世界平均值的 1/4。

中国能源消费中工业企业是主要能源消费部门，占全国能源消费总量的 2/3，其电力消耗占全国电力消费量的 4/5。由于中国企业设备陈旧、技术落后，特别是管理水平低等原因，中国主要工业产品的能耗比世界平均水平要高 30% ~ 90%，同时也说明节能潜力很大。因此，节能工作的重点在工业企业。

1. 中国能源生产量（见表 1.1）

2000 年中国一次能源生产量达到 1.08Gtce，其中煤炭产量为 998Mt，居世界第 1 位，产量约占世界产量的 1/4；石油产量为 163Mt，居世界第 5 位；2000 年发电量为 1 355.6TW·h，居世界第 2 位；2000 年能源生产总量比 1999 年略有减少，但是，电

力生产增加 9.4%。

表 1.1 中国能源生产量

年 份	原 煤 (Mt)	原 油 (Mt)	天然气 (Gm ³)	发电量 (TW·h)	水 电	能源生产总量 (Mtce)
1978	618	104.05	13.73	256.6	44.6	627.70
1979	635	106.15	14.51	282.0	50.1	645.62
1980	620	105.95	14.27	300.6	58.2	637.35
1981	622	101.22	12.74	309.3	65.5	632.27
1982	666	102.12	11.93	327.7	74.4	667.78
1983	715	106.07	12.21	351.4	86.4	712.70
1984	789	114.61	12.43	377.0	86.8	778.55
1985	872	124.90	12.93	410.7	92.4	855.46
1986	894	130.69	13.76	449.5	94.5	881.24
1987	928	134.14	13.89	497.3	100.0	912.66
1988	980	137.05	14.26	545.2	109.2	958.01
1989	1 054	137.64	15.05	584.8	118.3	1 016.39
1990	1 080	138.31	15.30	621.2	126.7	1 039.22
1991	1 087	140.99	15.49	677.5	124.7	1 048.44
1992	1 116	142.10	15.79	753.9	130.7	1 072.56
1993	1 151	145.24	16.77	839.5	151.9	1 112.63
1994	1 240	146.08	17.56	928.1	167.4	1 187.29
1995	1 361	150.05	17.95	1 007.0	190.6	1 290.34
1996	1 397	157.33	19.90	1 081.3	188.0	1 326.16
1997	1 373	160.74	22.70	1 135.6	196.0	1 324.10
1998	1 250	161.00	23.30	1 167.0	208.0	1 242.50
1999	1 045	160.00	25.20	1 239.3	203.8	1 091.26
2000	998	163.00	27.73	1 355.6	214.3	1 090.00

2. 中国能源消费量 (见表 1.2)

表 1.2 中国能源消费总量及其构成

年 份	能源消费总量 (Mtce)	构成 (以能源消费总量为 100)			
		煤炭	石油	天然气	水电
1978	571.44	70.7	22.7	3.2	3.4
1979	585.88	71.3	21.8	3.3	3.6
1980	602.75	72.2	20.7	3.1	4.0
1981	594.47	72.7	20.0	2.8	4.5
1982	620.67	73.7	18.9	2.5	4.9
1983	660.40	74.2	18.1	2.4	5.3
1984	709.04	75.3	17.4	2.4	4.9
1985	766.82	75.8	17.1	2.2	4.9
1986	808.50	75.8	17.2	2.3	4.7
1987	866.32	76.2	17.0	2.1	4.7

续表

年 份	能源消费总量 (Mtce)	构成 (以能源消费总量为 100)			
		煤炭	石油	天然气	水电
1988	929.97	76.2	17.0	2.1	4.7
1989	969.34	76.0	17.1	2.0	4.9
1990	987.03	76.2	16.6	2.1	5.1
1991	1 037.83	76.1	17.1	2.0	4.8
1992	1 091.70	75.7	17.5	1.9	4.9
1993	1 159.93	74.6	18.2	2.0	5.2
1994	1 227.37	75.0	17.4	1.9	5.7
1995	1 311.76	74.6	17.5	1.8	6.1
1996	1 387.48	74.7	18.0	1.8	5.5
1997	1 377.98	71.5	20.4	1.7	6.2
1998	1 322.14	69.6	21.5	2.2	6.7
1999	1 301.19	68.0	23.2	2.2	6.6
2000	1 280.00	67.0	23.6	2.5	6.9

3. 中国能源系统特点

(1) 能源生产与消费总量很大，但是人均占有水平低。

(2) 能源生产量与能源消费量的增长基本同步，供需总量基本平衡。近期石油进口增加。

(3) 电力生产发展强劲，1999 年底总装机容量达到 298.77GW。其中，水电 72.97GW，火电 223.43GW，核电 2.1GW。

(4) 2000 年原油产量达到 163Mt。1993 年中国首次成为石油净进口国，原油和石油制品进口 33.19Mt，比上年增长 73.4%；出口量为 23.99Mt，比上年减少 12.7%，净进口石油量达到 9.2Mt，石油进口幅度过大。2000 年原油和石油制品净进口量达到 69.60Mt。

(5) 中国能源消费中煤炭所占比重约为 3/4，能源利用率低，节能潜力很大；同时能源运输和环境保护的负担沉重。

1.1.2 中国节能工作

1. 中国节能工作成就