

建材企业节能
基础知识



戴永春 编

J J J
C N C
Q Z
S

武汉工业大学出版社

前 言

节能综合工程是建材行业“八五”期间的一项战略任务，在建材企业进行节能意识和基础知识的培训是开展节能综合工程的一项基础工作，为此，编写了这本《建材企业节能基础知识》，目的是通过培训与自学，向建材企业职工传授节能基础知识，强化建材企业职工的节能意识。为了使本书通俗易懂，特别采用了大量的图、表、实例来讲解说明。

在编写过程中，国家建材局人才开发司副司长张礼本教授、生产司能源计量处处长陈敏高级工程师、国家计委暨中国科学院能源研究所杨志荣教授、武汉工业大学出版社副总编曹文聪副教授、北京建材工业总公司设备能源处王修文高级工程师等给予大力帮助和悉心指导，杨志荣教授还担任了本教材的主审，编者在此向他们表示衷心的感谢。并感谢武汉工业大学出版社对本书出版给予的帮助和支持。

本教材中不少材料取自同行们的编著、论文和研究报告，限于教材的格式，不可能一一指出原文的出处，编者对他们表示衷心的感谢！

由于编写时间仓促，不妥之处敬请读者批评指正。

编 者

1991年4月于北京

目 录

第一章 能源概论.....	1
第一节 能源的基本知识	1
第二节 能源在国民经济发展中的地位	7
第三节 我国能源供需矛盾及节能重要意义	9
第二章 中国建材工业能耗状况分析及节能途径	11
第一节 中国建材工业能耗状况分析.....	11
第二节 中国建材工业节能途径.....	13
第三节 中国建材工业节能综合工程.....	19
第三章 企业能源管理	22
第一节 企业能源管理的内容.....	22
第二节 建立健全企业能源管理体系.....	24
第三节 企业能源管理制度.....	26
第四节 制定企业节能规划 开展节能技术改造.....	27
第五节 能源的标准化管理.....	35
第六节 能源消耗定额管理.....	38
第七节 消除跑、冒、滴、漏.....	41
第八节 职工节能小组活动的开展.....	44
第四章 能源计量与能源统计	50
第一节 能源计量.....	50
第二节 能源统计和分析.....	52
第三节 能源统计分析指标.....	57
第五章 企业能量平衡	66
第一节 企业能量平衡及其目的.....	66
第二节 企业能量平衡中的常用术语.....	67
第三节 能量平衡模型.....	68
第四节 开展企业能量平衡的范围、步骤和方法.....	71

第五节 企业能量平衡实例	76
第六章 能源审计与节能监测	84
第一节 能源审计	88
第二节 节能监测	89
第七章 工业窑炉节能	89
第一节 工业窑炉的基本知识	89
第二节 工业窑炉的热平衡及热效率	90
第三节 工业窑炉节能的途径和措施	94
第八章 工业锅炉节能	113
第一节 工业锅炉的基本知识	113
第二节 工业锅炉的热平衡及热效率	120
第三节 工业锅炉节能的途径和措施	127
第九章 工业企业节约用电	134
第一节 工业企业用电的基本知识	134
第二节 电动机的节能	143
第三节 变压器的节能	150
第四节 照明节能	152
第十章 微机在节能中的应用	154
第一节 微机的基本知识	154
第二节 微机在能源管理中的应用	158
第三节 微机在用能控制过程中的应用	163
第十一章 企业节能先进经验的案例	166
第一节 案例一：广东石湾建筑陶瓷厂节能经验	166
第二节 案例二：日本企业的节能经验	171
第三节 案例三：第一重型机械厂创建“无泄漏”企业的经验	173
附录	178
附录 1 常用法定计量单位与非法定计量单位换算表	178
附录 2 建材工业节约能源管理办法	180

附录 3 建材企业能量计量管理暂行规定	188
附录 4 建材工业企业节能升级（定级）管理暂行办法	193
附录 5 水泥企业能耗等级定额	198
附录 6 建筑卫生陶瓷能耗等级定额	204
附录 7 烧结砖瓦能耗等级定额	206
附录 8 水泥制品能耗等级定额	209
附录 9 平板玻璃能耗等级定额	213
主要参考文献	217

第一章 能源概论

第一节 能源的基本知识

一、能源的基本定义

能源是能够转换成为机械能、热能、光能、电磁能、化学能等各种能量的资源。它是发展农业、工业、国防、科学技术和提高人民生活的重要物质基础。

二、能源的分类

1. 按形成条件分

按能源形成条件可分为两大类：一类是自然界中以天然的形式存在的能量资源，如原煤、原油、植物秸秆、水能、风能、太阳能、地热能等，叫做“一次能源”，也就是天然能源；另一类是由一次能源直接或间接转换成为其它种类和形式的能源，如煤气、焦炭、汽油、柴油、电力、蒸汽、热水等，叫做“二次能源”，也就是人工能源。

“一次能源”还可以根据它们是否能够“再生”而分为两类：再生能源和非再生能源。再生能源是指能重复产生的自然能源，如太阳能、水能、风能等等。这些能源可以供给人类经常使用，永远不会枯竭。非再生能源是指那些贮藏在地球上不能重复使用的能源，如原煤、原油、天然气等，这些能源开采一点少一点，总有一天会被人类用完。

2. 按使用性质分

按能源使用性质可分为燃料能源和非燃料能源两种。属于燃料能源的有矿物燃料（煤、油、气等），生物燃料（木材、沼气等），以及核燃料（铀、钍等）三种。属于非燃料能源的有风能、水能、潮汐能等等。

3. 按利用技术状况分

按能源的利用技术状况可分为常规能源和新能源。常规能源（亦称传统能源）是指在现阶段的科学技术水平条件下，人们已经广泛使用且技术比较成熟的能源，如煤炭、石油、天然气、水能等。地热能、风能、太阳能、核能、海洋能等能源是近十几年来才受到人们的重视，在利用技术等方面还有待于完善，人们称它们为新能源。

表 1-1 列出了各类能源的分类。

表 1-1 能源分类表

按使用 状况分	按 性 质 分	按 成 因 分	
		一次能源	二次能源
常 规 能 源	燃 料 能 源	泥 煤(化学能) 褐 煤(化学能) 烟 煤(化学能) 无烟煤(化学能) 石 煤(化学能) 油页岩(化学能) 油 砂(化学能) 原 油(化学能) 天然气(化学能) 生物燃料(化学能)	煤 气(化学能) 余 能(化学能、热能、机械能等) 焦 炭(化学能) 油 油(化学能) 煤 油(化学能) 柴 油(化学能) 重 油(化学能) 液化石油气(化学能) 丙 烷(化学能) 甲 醇(化学能) 酒 精(化学能) 苯 胺(化学能) 火 药(化学能)
	非 燃 料 能 源	水 能(机械能)	电 (电能) 汽(热能、机械能) 水(热能) 余 热(热能、机械能)

续表 1-1

按使用 状况分	按 性 质 分	按 成 因 分	
		一次能源	二次能源
新 能 源	燃料 能源	核燃料(核 能)	沼 气(化学能) 氢 (化学能)
	非 燃料 能源	太阳能(光能) 风 能(机械能) 地热能(热能) 潮汐能(机械能) 海水热能(热能) 海流、波浪动能(机械能)	激光(光能)

三、能量和能源的计量单位及换算

过去,对不同的能量采用不同的计量单位。如,机械能的计量单位用千克力·米和马力时,电能的计量单位用千瓦·小时,热能的计量单位用千卡,等等。在国际单位制(SI)中能量的统一计量单位用焦耳(J),为我国实行的法定计量单位。各种能量单位的换算关系见表 1-2。

对不同的能源也常用不同的计量单位。如,煤炭以吨为单位,石油以吨、桶为单位,天然气以米³ 为单位,电以千瓦·小时(度)为单位等。根据不同能源所含能量的多少,可以对各种能源进行相互换算,我国一般采用吨标准煤作为统一计量标准。

四、常用名词术语及基本概念

1. 热量

物体所吸收或放出的热能称为热量,常用 Q 表示。例如烧开水时,水吸收的热能,就是加热过程中,水吸收的热量;淬火时,灼热的工件放到水中被水冷却,放出的热能,就是放热过程中,工件所放出的热量。

能量单位换算表

单 位	焦(J)	千克力·米 (kgf·m)	尔 格 (erg)	千瓦·时 (kW·h)	米制马力·时 (PS·h)
焦耳 (J)	1	0.1019716	1×10^7	2.777778×10^{-7}	3.776727×10^{-7}
千克力·米 (kgf·m)	9.80665	1	9.80665×10^7	2.724069×10^{-6}	3.703704×10^{-6}
尔 格 (erg)	1×10^{-7}	1.019716×10^{-8}	1	2.777778×10^{-14}	3.776727×10^{-14}
千瓦·时 (kW·h)	3.6×10^6	3.670978×10^5	3.6×10^{13}	1	1.359622
米制马力·时 (PS·h)	2.647796×10^6	2.7×10^5	2.647796×10^{13}	0.73549875	1
国际蒸汽表千卡 (kcal _{IT})	4.1868×10^3	4.269348×10^2	4.1868×10^{10}	1.163×10^{-3}	1.581240×10^{-3}
热化学千卡 (kcal _{th})	4.184×10^3	4.266493×10^2	4.184×10^{10}	1.162222×10^{-3}	1.580182×10^{-3}
20℃千卡 (kcal ₂₀)	4.1816×10^3	4.2640×10^2	4.1816×10^{10}	1.1616×10^{-3}	1.5793×10^{-3}
15℃千卡 (kcal ₁₅)	4.1855×10^3	4.2680×10^2	4.1856×10^{10}	1.1626×10^{-3}	1.5807×10^{-3}
英热单位 (Btu)	1055.06	107.586	1.05506×10^{10}	2.93072×10^{-4}	3.98467×10^{-4}

续表 1-2

单 位	国际蒸汽表千卡 (kcal _{IT})	热化学千卡 (kcal _{th})	20°C千卡 (kcal ₂₀)	15°C千卡 (kcal ₁₅)	英热单位 (Btu)
焦 耳 (J)	2.388459×10^{-4}	2.390057×10^{-4}	2.3914×10^{-4}	2.3892×10^{-4}	9.47814×10^{-4}
千克力·米 (kgf·m)	2.342278×10^{-3}	2.343846×10^{-3}	2.3452×10^{-3}	2.3430×10^{-3}	9.29489×10^{-3}
尔 格 (erg)	2.388459×10^{-11}	2.390057×10^{-11}	2.3914×10^{-11}	2.3892×10^{-11}	9.47814×10^{-11}
千瓦·时 (kW·h)	8.598452×10^2	8.604206×10^2	8.6091×10^2	8.6011×10^2	3.41213×10^3
米制马力·时 (PS·h)	6.324151×10^2	6.328382×10^2	6.3320×10^2	6.3261×10^2	2.50962×10^3
国际蒸汽表千卡 (kcal _{IT})	1	1.000569	1.0012	1.0003	3.96830
热化学千卡 (kcal _{th})	0.9993312	1	1.0006	0.99964	3.96566
20°C千卡 (kcal ₂₀)	0.99876	0.99943	1	0.99967	3.96343
15°C千卡 (kcal ₁₅)	0.99969	1.0004	1.0009	1	3.96707
英热单位 (Btu)	2.51997×10^{-1}	2.52165×10^{-1}	2.52307×10^{-1}	2.52075×10^{-1}	1

过去,热量的常用单位采用卡路里,简称卡。它是指1克纯水温度升高1摄氏度所吸收的热量。

国际单位(SI)制和《中华人民共和国法定计量单位》规定:功、能、热的单位均采用焦耳,简称焦。卡与焦耳的换算关系为:1卡(热化学 20°C) = 4.1816 焦耳;1卡(国际蒸汽表) = 4.1868 焦耳。

2. 高位发热量和低位发热量

高位发热量:燃料完全燃烧,并当燃烧后的水蒸气(包括燃料中所含水分生成的水蒸气和燃料中氢燃烧时生成的水蒸气)凝结为水时的反应热。其值由测量获得,要求反应前后温度相同。

低位发热量:燃料完全燃烧,其燃烧产物中的水蒸气仍以气态存在时的反应热。它等于从高位发热量中扣除水蒸气凝结热后的热量。

3. 热效率

设备热效率是指热设备为达到特定目的,供给能量利用的有效程度在数量上的表示,它等于有效热量对供给热量的百分数。

计算设备热效率 η (%) 使用下列公式:

$$\eta = \frac{\text{有效热量}}{\text{供给热量}} \times 100\%$$

或
$$\eta = \left(1 - \frac{\text{损失热量}}{\text{供给热量}}\right) \times 100\%$$

4. 标准煤

对能源进行综合计算的一种统一计量单位。通常以千克标准煤来表示。千克标准煤是由质量单位和热值组成的计量单位。凡低位发热量等于 29.27 兆焦(或 7000 千卡)的固体燃料,称为 1 千克标准煤。在计量时也可采用吨或万吨标准

煤。各种热值的能源都可换算成标准煤，折算参考系数见表 1-3。

表 1-3 各种能源折算标准煤参考系数

能源名称	平均低位发热量	折算标准煤系数
原煤	2.09×10^7 J/kg (5 000 kcal/kg)	0.7143kg 标准煤/kg
洗精煤	2.63×10^7 J/kg (6 300 kcal/kg)	0.9000kg 标准煤/kg
洗中煤	8.36×10^6 J/kg (2 000 kcal/kg)	0.2857kg 标准煤/kg
焦炭	2.84×10^7 J/kg (6 800 kcal/kg)	0.9714kg 标准煤/kg
原油	4.18×10^7 J/kg (10 000 kcal/kg)	1.4286kg 标准煤/kg
汽油	4.31×10^7 J/kg (10 000 kcal/kg)	1.4714kg 标准煤/kg
煤油	4.31×10^7 J/kg (10 300 kcal/kg)	1.4714kg 标准煤/kg
柴油	4.18×10^7 J/kg (10 000 kcal/kg)	1.4571kg 标准煤/kg
重油	4.18×10^7 J/kg (10 000 kcal/kg)	1.4571kg 标准煤/kg
液化石油气	5.02×10^7 J/kg (12 000 kcal/kg)	1.7143kg 标准煤/kg
天然气	3.89×10^7 J/m ³ (9 310 kcal/m ³)	1.3300kg 标准煤/m ³
焦炉煤气	1.80×10^7 J/m ³ (4 300 kcal/m ³)	0.6143kg 标准煤/m ³
城市煤气		0.5714kg 标准煤/m ³
电力	3.59 $\times 10^6$ J/kwh (860 kcal/kwh)	0.1229kg 标准煤/kw · h
热力	4.18×10^7 J/kg (1 000 kcal/kg)	0.1429kg 标准煤/kg
其它石油制品	3.83×10^7 J/kg (9 158 kcal/kg)	1.3083kg 标准煤/kg

注: 1cal $\approx$ 4.18J

5. 热力学第一定律

即能量守恒定律。它指明: 能量具有多种形式, 它们能够互相转换, 但不能自生, 也不能消灭, 其总量始终不变。热力学第一定律指明了能量转换的数量关系。

6. 热力学第二定律

这个定律指明: 各种形式的能量互相转换有难有易, 有些能够自发转换, 有些不能自发转换。热量不可能自发地由低温传向高温。热力学第二定律指明了能量转换的方向性。

第二节 能源在国民经济发展中的地位

现代社会的生产与生活, 依赖于能源的大量消费。如果说, 农业为人们提供粮食, 那么能源工业就是为所有部门的机

器设备提供“粮食”，是发展国民经济的“先行官”。有些能源不仅作为燃料动力，也是重要的化工原料，如氮肥、塑料、合成纤维、合成橡胶等等，都是以煤炭、石油、天然气等为原料制造出来的；水泥、砖瓦和玻璃等建筑材料的生产，也需要消耗相当数量的能源；至于人们的日常生活，如煮饭、取暖、照明、交通等，都离不开能源。在现代化生产中，能源的作用就更为重要，如果能源供应不足，就会给生产带来重大损失，即使是能源供应瞬间中断，机器设备也就停止运转，先进的运输工具也将寸步难行。对于现代化的军队来说，如果没有能源，汽车、坦克、飞机、火箭、导弹、军舰等全都启动不了，而丧失其现代化武器装备的威力。因此，能源是发展国民经济的重要物质基础。

国民生产总值的增长速度与能源消费量的增长速度在一般情况下成正比例。1950~1975年，在主要工业发达国家中，日本的国民生产总值增长最快，平均每年增长8.7%，它的能源消费量也增长最快，平均每年8.8%；英国的国民生产总值增长最慢，平均每年为2.6%，它的能源消费量也增长最慢，平均每年只有1.2%。我国第一个五年计划时期，国民生产总值的增长速度最快，平均每年为10.9%，能源消费量的增长速度也最快，平均每年为15%。

每人的平均能源消费水平与每人的国民生产总值也呈正比例关系。以1985年为例，在主要工业发达国家中，美国每人年平均国民生产总值为11481美元，每人年平均能源消费量为10.54吨标准煤，人均耗电10444千瓦·小时；英国年平均国民生产总值为9846美元，每人年平均能源消费量为4.89吨标准煤。我国1988年每人年平均能源消费量为0.9吨标准煤，仅为世界平均水平（2.3吨标准煤/人年）的2/5，因而每人年平均国民生产总值也很低，只有253美元，在世

界上名列 100 位以后。由此可见，为了提高每人的国民生产总值，就必须保证有较充足的能源供应。

能源是创造国民生产总值很重要的条件，能源供应不足，就会直接影响国民经济的发展。以 1973 年爆发的世界能源危机来看，当时美国因为能源短缺 1.16 亿吨标准煤，国民生产总值减少 930 亿美元；日本能源短缺 0.6 亿吨标准煤，国民生产总值减少 485 亿美元。据分析，由于能源不足所引起的工业产值损失，大约为能源本身价值的 20~60 倍。我国也是一样，假如能源短缺 1000 万吨标准煤，工业产值就减少 160 多亿元。前几年我国每年缺电约 1000 亿千瓦·时，相当于减少产值 2000~3000 亿元。因此坚持能源发展与能源节约并重是我国的一项基本策略。

第三节 我国能源供需矛盾及节能重要意义

我国煤炭保有储量约 6400 亿吨，其中可开采储量约 1700 亿吨，仅次于苏联和美国，占世界第三位。我国的水力资源丰富，全国理论蕴藏量达 6.18 亿千瓦，其中可开发的为 3.7 亿千瓦，全部利用可发电 1.9 万亿度，居世界第一位。我国探明的石油地质储量为 71.4 亿吨，其中可采储量 25.24 亿吨，居世界第十一位，天然气探明储量 3898 亿米³，其中可采储量 1800 亿米³，居世界第十六位。

虽然我国能源探明储量不少，但我国人口众多，按人口平均能源资源占用量，不到世界平均数的 1/2，是美国的 1/10，苏联的 1/7。

建国 40 多年来，我国的能源工业得到了迅速的发展。1980 年与解放初期相比，煤炭产量增加了 18 倍，石油 880 多

倍，天然气 1200 多倍，水力发电 80 多倍，在这期间，工农业总产值增长了 13 倍。而能源消费量却增长了 24 倍，比世界平均增长速度要高 6 倍。

近年来，我国的能源供应是十分紧张的，据有关部门初步统计，目前每年大约缺煤 2000 万吨，缺油 1000 万吨，缺电 1000 亿千瓦·小时，全国约有 20%~30% 的生产能力，因能源短缺而不能发挥作用。今后相当长的时期内，能源都将制约着我国的经济的发展，按 1980 年的总产值和能源消耗量之间的比例关系推算，到 2000 年工农业总产值翻两番，所需能源折合标准煤约 17~18 亿吨。根据国家的财力及能源建设周期推算，到 2000 年一次能源产量只能比 1980 年翻一番多，达到 14 亿吨标准煤左右，缺口 3~4 亿吨标准煤。这就是说，产值翻两番所需的能源，在一定程度上要靠节约来解决，这是一项十分艰巨的任务。

从另一方面来看，我国工业节能潜力很大，由于不少部门和地区生产技术落后，设备陈旧，管理水平低，生产规模小及产业结构不合理等原因，我国能源利用率低，单位产值能耗高。据有关部门统计，我国平均能源利用率只有 28% 左右，而国外先进水平为 50%，相差将近一倍。我国单位产值能耗是世界平均水平的 2.7 倍，日本的 6.5 倍。1985 年，我国每单位国民生产总值消耗的能源分别为美国、日本、印度的 5.08、7.9 和 2.05 倍。主要工业产品的能耗比国际先进水平高一倍左右。

此外，搞好节能工作不仅能有效利用自然资源，提高微观及宏观经济效益，还有利于治理环境污染，推动技术进步。

第二章 中国建材工业能耗状况 分析及节能途径

第一节 中国建材工业能耗状况分析

一、建材工业能源消耗总量与构成

建材工业的主要产品大都是用工业炉窑经煅烧、焙烧、熔融、烘烤等热加工过程制造出来的，所以建材工业又有窑业之称，能源消耗很高。1989年建材工业总的能源消耗量为11860万吨标准煤。全行业总能源消耗量仅次于电力工业居各工业部门的第二位，是国家耗能大户。

建材工业总能耗中，1989年煤耗约9000万吨标准煤，电耗357亿千瓦·小时，油耗250万吨。在建材工业总的能源消耗中，砖瓦行业的能耗占53%，水泥行业的能耗占36%，玻璃及玻璃纤维的能耗占3%，其它产品的能耗约占8%。

能源消耗是建材产品生产最重要的物质消耗，在生产成本中所占的比重很大，如水泥能源费用占产品成本35%~45%，砖瓦能源费用占产品成本的25%~35%，平板玻璃能源费用占产品成本20%~30%。

能源消耗是建材工业一项重要技术经济指标，节约能源，降低建材产品的能耗，是提高建材企业经济效益的重要方面。

二、建材工业主要产品能源单耗与国际先进水平的比较

1. 水泥产品能源单耗比较

建国40年来，我国的水泥工业取得了很大成绩，已由解

放前的 35 家水泥厂，年产 66 万吨水泥，发展到现在的 6400 多家水泥厂，1989 年的产量达到 21000 万吨，跃居世界第一位。应该看到：虽然我国水泥产量的增长速度在世界上最快，从 1949 年到 1988 年平均水泥产量增长率 15.9%，但技术进步方面相对较慢，与国外先进水平相比差距较大。1988 年大中型水泥厂平均熟料热耗为 5.6×10^6 焦耳/千克 (1338.4 千卡/千克)，比 80 年代中期的国际先进水平高 67.3%，比 1984 年日本平均水平高 79.2%。如果我国所有水泥企业的平均熟料热耗达到日本 1984 年的全国平均水平，大约可节约 1000 万吨标准煤。

2. 平板玻璃能源单耗比较

1988 年我国平板玻璃生产企业平均每重量箱耗标准煤为 31.5 千克，比日本 1983 年全国平均水平高 86.5%，比英国皮尔金顿公司、美国 PRG 公司高出一倍多，详见表 2-1。

表 2-1 中外平板玻璃单位产品能耗比较

	中国 (1988)	日本 (1983)	英国皮尔金顿 (1985)	美国 PRG (1985)
平板玻璃能耗 千克标煤/重箱	31.5	18.5	14.1	14.9
中外差距		86.5%	144.7%	131.5%

3. 砖瓦

1988 年我国砖瓦产量的 95% 为粘土实心砖，年产量达到 4700 亿块，总能耗大约 5610 万吨标准煤，占建材工业总能耗的 53%。国外以生产空心砖为主，而且生产技术先进，因此每米³ 砖瓦产品的能耗，我国比国外要高好几倍。