

节能系统技术

微型计算机
在节能中的应用

〔日〕 高松武一郎 编著
吉田 总夫

化学工业出版社

本书是以生产第一线从事节能工作的技术人员和管理人员为对象,系统地介绍了有效利用能源的方法。书中大部分章节都力求照顾到高中毕业程度的数学水平,易于理解。

全书共十二章主要包括系统节能方法、数据分析、能耗变化因素的分析及评价的数学方法、数据的测定方法和物性值的数学模型、用微型电子计算机进行燃烧、热平衡的计算、保温绝热和废热回收、有效能分析的应用、能耗成本分析和设备投资的评价方法以及节能实例。

本书由吴润荣、顾德荣翻译,部分章节由陈丙珍作了审阅,千万鹤对全书进行整理。本书在翻译出版过程中曾得到了曾广安同志的大力支持。

高松武一郎 吉田總夫

パソコンによる省エネルギーシステム技術

日刊工業新聞社東京都千代田区九段北一丁目

8 番10号1983年版

节能系统技术

微型计算机在节能中的应用

吴润荣 顾德荣 译

责任编辑:谢丰斌

封面设计:郑小红

化学工业出版社出版发行

(北京和平门内大街七区十六号楼)

化学工业出版社印刷厂印刷

新华书店北京发行所经销

开本 $787 \times 1092^{1/16}$ 印张 $9^{1/4}$ 字数215千字

1989年4月第1版 1989年4月北京第1次印刷

印 数 1—2,310

ISBN 7-5025-0377-3/TP·10

定 价3.00元

前 言

技术是不同于科学的，它的评价标准是实用性。尤其是节能技术，它是一门能解决实际问题，而又是立即取得成果的技术。对于具有这种性质的技术，不仅是单元技术，而且包括综合性的系统技术，都有很强的实用性。

本书即从这一观点出发，以生产第一线的从事节能工作的技术人员和管理人员为对象，系统地介绍了有效利用能源的方法论。首先在序言和第1章中概括地介绍了节能工作的方法和存在的主要问题；其次在第2~10章中就主要课题逐一详细地加以讨论；最后在第11章和第12章中分别介绍了上述方法论的应用实例及为节能对策编制的核检一览表。

本书的大部分章节内容，都力求照顾到高中毕业程度的数学水平，所以容易理解。

在序篇中全面地涉及了有关节能的各种问题。尤其就节能工作中应该解决的重点问题作了深入浅出的介绍。本书不仅通俗地解释和说明了能源的数据分析基本方法即回归分析法和时间序列数据分析法，还介绍了将其应用于节能的方法以及借助微电脑能够迅速地进行燃烧和热平衡计算的方法，同时也详细地介绍了能源费用的分析方法和节能设备投资的经济评价方法以及在使用熔化炉的铸件厂中已经实践的节能事例。另外，在各章节中尽可能列入了计算中必不可少的物性数据，因此，不必去翻阅其他手册去查找，只用本书就可以进行节能计算。

本书将围绕节能技术的软件方面进行介绍，故我们确信，对从事节能工作的技术人员，不论其能源种类和行业如何，本

书都有参考价值。如果应用本书的知识于今后的节能工作中并取得某些实际效果的话，我们将感到荣幸。

此外，应该注意的问题是，节能技术并不只是涉及到热能，也与压力能以及其它形式的能，或物质本身的有效利用有关，范围极广。我们相信，有效利用能源的科学技术一定会有更新的进展。

最后，我们做为组织编写者，衷心地感谢执笔的各位学者和为出版本书给序协助的日刊工业新闻出版社的全体有关人员。

高松武一郎

吉田 総 夫

1983年3月

目 录

前言

节能的一般性问题	1
0.1 能源问题与节能	1
0.2 节能对策的现状	3
0.3 推进节能工作时应克服的问题	5
0.4 节能课题	7
1. 系统节能法	9
1.1 系统节能法意义	9
1.2 系统节能法	11
1.2.1 节能对策的三个阶段	11
1.2.2 节能诊断、分析和实施的方法	13
2. 数据分析的目的和基本事项	30
2.1 数据分析的目的	30
2.2 基本统计量及其意义	33
2.2.1 数据的代表值	33
2.2.2 数据分布的尺度	35
2.2.3 数据的关联尺度——相关系数	37
2.2.4 偏相关系数	42
3. 数据分析的基本方法	46
3.1 回归分析	46
3.1.1 回归平面	47
3.1.2 相关系数矩阵及多重相关系数	49
3.2 时间序列数据的分析	51
3.2.1 周期性变化和整体趋势的检出	52
3.2.2 不规则变化的模型化——自回归模型	57

3.3 数据分析的步骤及应用实例	63
4. 单位能耗变化因素的分析和评价	74
4.1 单位能耗	74
4.2 单位能耗的变化因素分析及评价的数学方法	75
4.2.1 单位能耗的变化因素	75
4.2.2 产量和能耗的直线近似法	76
4.2.3 单位能耗变化因素参数的定义	79
4.2.4 单位能耗的时间序列分析	82
4.2.5 单位能耗变化因素的评价与节能对策	86
4.3 单位能耗与热效率的关系	87
4.4 分析对象设备的范围和评价期间的选择方法	88
4.5 单位能耗变化因素分析的框图	89
5. 数据的测定方法和物性值的数学模型	93
5.1 测定项目的选择	93
5.2 测定位置和测定点的选择	94
5.3 测量仪器的选择及测量准备	95
5.3.1 主要测量仪器的选择及其备品	95
5.3.2 安全措施	97
5.4 测定方法	99
5.4.1 温度	99
5.4.2 流量	101
5.4.3 压力	101
5.4.4 气体分析	104
5.4.5 利用微型计算机的数据处理装置	105
5.4.6 测量误差和精度	109
5.5 测量仪器的管理方法	111
5.6 物性值数学模型的编制方法	114
6. 燃烧计算和燃烧管理	119
6.1 燃烧计算的基础	119

6.1.1	燃烧	119
6.1.2	燃烧反应方程式	123
6.2	热值的计算	123
6.2.1	高热值和低热值	123
6.2.2	固体和液体燃料的热值	124
6.2.3	气体燃料的热值	125
6.2.4	电的热值	126
6.3	空气量、燃烧气体量及燃烧气体组成的计算	126
6.3.1	理论空气量、空气比和过剩空气率	126
6.3.2	干燃烧气体量和湿燃烧气体量	131
6.3.3	空气比的计算	132
6.3.4	燃烧气体组成	134
6.3.5	燃烧计算的框图和计算例	137
6.4	燃烧管理	144
6.4.1	排气热损失及低空气比燃烧	144
6.4.2	炉压的调整	148
6.4.3	燃烧管理的注意事项	151
7.	热量衡算方法	154
7.1	热量衡算的目的	154
7.2	热量平衡方法	154
7.2.1	基本程序	154
7.2.2	热量衡算的一般计算式	156
7.2.3	热量衡算的注意事项	159
7.3	每台设备的热量衡算方法	160
7.3.1	每台设备通用的计算式	160
7.3.2	热处理炉、加热炉	165
7.3.3	轻合金、铜合金熔化炉及保持炉	169
7.3.4	蒸汽锅炉、热水锅炉	173
7.4	热量衡算例	181

8. 保温、绝热和废热回收	191
8.1 保温、绝热	191
8.1.1 保温、耐火、绝热材料的种类和传热特性	191
8.1.2 散热量和温度分布的计算方法	191
8.1.3 保温材料经济厚度	195
8.1.4 计算例	196
8.2 废热回收	199
8.2.1 废热的种类和利用方法	199
8.2.2 废热的回收方法和回收效果的计算式	201
8.2.3 涉及废热回收的有关问题	208
9. 有效能分析的应用	212
9.1 能量的评价	212
9.2 有效能的评价	212
9.3 有效能损失	215
9.4 有效能的系统节能法	219
9.5 结束语	227
10. 能耗成本分析和设备投资的评价方法	229
10.1 能耗成本分析和设备投资评价的意义	229
10.2 能耗成本分析	229
10.2.1 成本管理的重要性	229
10.2.2 能耗成本的重要性	231
10.2.3 能耗成本的分析方法	233
10.2.4 能耗成本的因素分析——能量机会损失	239
10.2.5 能耗成本差异的分析	240
10.3 节能设备投资的经济评价	243
10.3.1 设备投资评价的基本方法	243
10.3.2 经济计算的基本公式	245
10.3.3 设备投资的经济评价方法	247
10.4 设备投资和盈亏平衡点分析	257

10.4.1	盈亏平衡点分析	258
10.4.2	用盈亏平衡点的分析, 进行设备投资的 经济性评价	259
11.	铸件厂的节能工作	263
11.1	前言	263
11.2	能耗情况的分析	264
11.2.1	铸造厂的能耗情况	264
11.2.2	集中熔化炉的能耗情况	267
11.2.3	保持炉的能耗情况	269
11.3	节能措施前的热量衡算	271
11.4	节能措施的研究	275
11.4.1	降低废气损失热的措施	275
11.4.2	操作程序的修改和熔化炉的最佳操作	277
11.4.3	其它措施	278
11.5	节能措施的效果	278
11.6	结束语	280
12.	节能用核检表	281

节能的一般性问题

0.1 能源问题与节能

1973年秋季发生的所谓第一次石油危机，因石油价格急剧上涨而引起能源危机。从此，象水一样使用的石油变成为稀有性资源。但当经过1980年秋季的第二次石油危机后，由于世界经济在各领域均出现了萧条景象，因而石油的需求没有增长，甚至呈现了石油价格下跌的现象。然而这并不意味着能源问题获得了解决。实际上，大石油公司和OPEC(石油输出国组织)的矛盾，从南北问题之类的国际政治、经济问题，到日本国内能源消费结构的问题，使能源问题更加深刻而复杂。这关系到现代文明和人类未来的长远问题。

在这一动荡中，为了应付远期中期的能源问题，力图开发代用能源；从近期看，应积极促进节能，近期节能之所以有效，是因为节能工作的开展能迅速地发挥作用，经济效益明显。在节能工作的开始阶段，技术课题容易确立，难度小。自从石油涨价被视为重要的稀有性资源以来，对以能源消耗型产业为中心的企业负责人来说，“节能”一词所含的内容，已由原来的“Save energy”即单纯节能的消极意义转变为“energy conservation”即能源管理，以较少的投资产生新能的积极意义。

因此，面对这些节能对策，系统地掌握节能设备的能流（包括物流）是非常必要的。同时为将这些对策付诸实施，应全面系统地开展节能工作。总面言之，节能对策的关键是硬件

(3) 降低所需要的能量

图 0.1 所示为节能在能源的基本系统中所处的地位。绝大部分的一次能源（太阳能、风力等能源除外），一旦转变为热能后，便可进一步转换为电、机械、蒸汽等二次能源，最后以三次能源的形态被消耗掉。节能就是在这种转变、转换和消费的过程中实现的，所以提高转变和转换的效率，降低消耗的本身就是节能对策。尤其是占二次能源70%的热能的有效利用和排热的回收利用是节能的重点。

0.2 节能对策的现状

第一次石油危机以后，节能对策的实施是在以耗能大的耗能型产业为中心进行的，主要是大型企业。中型企业则是在第二次石油危机后才开始采取具体对策的。然而，对小型零散企业来说，则刚刚开始认识到节能的重要性，但对能源问题几乎没有人从正面进行研究。预料今后中小企业和零散企业也会很快强调节能的重要性。

表 0.1 所示为按主要行业已实施节能对策的概况。由表可知，主要行业的单位能耗已有大幅度地下降。然而，它的成果主要出自以大型企业为中心的耗能型产业所作的努力，也是由

表 0.1 耗能型企业节能对策的概况

行业	单位能耗 的下降情况 (1980年/ 1973年)	节能对策的概况	代表性的节能设备等
钢 铁	88.0%	①操作技术的改进 ②排能的回收 ③生产过程的改进 ④能量使用效率的提高	①高炉炉顶压力回收发电设备 ②连续铸造设备 ③焦炭干式消火设备

续表

行 业	单位能耗的 下降情况 (1980年/ 1973年)	节能对策的概况	代表性的节能设备等
制铝	90.0%	①排液回收 ②加强保温 ③加强燃烧管理 ④电极的改进	①熔化·恒温炉蓄热器 ②均热·加热炉蓄热器
石油化工 (乙烯装置)	81.4%	①排热回收 ②压缩机的改进 ③降低蒸馏系统的回流比	①裂解炉排热的回收设备 ②裂解产物排热的回收设备 ③高效压缩机
水泥	79.1%	①NSP转换 ^{注)} ②原料磨碎机、精磨机的改进 ③排热的利用 ④改进燃烧管理	①SP、NSP窑
造纸、纸浆	91.4%	①排热的回收 ②改进操作管理 ③生产过程的连续化 ④扩大废纸的利用	①连续蒸煮锅 ②全密闭式抄纸机 ③降膜型真空蒸发器
染色整理	81.0%	①提高节能意识及进行全面的节能管理 ②热排水及排热的回收利用 ③引进低浴比染色机等节能设备 ④改善加工条件	①液-液换热器 ②节能型洗涤装置 ③低浴比染色机

注) 所谓NSP转换指的是把水泥焙烧炉转换为带有NSP(原材料预热装置)的炉子。

于实施了节能效果大的改进措施而取得的。因而也促进了落后的中小企业开展节能工作。

0.3 推进节能工作时应克服的问题

在以前的节能活动中，未达到预定目标的工厂为数不少。其中多数都是把节能看作是节约运动，只是急于抓熄灯、节水等，随着时间的流逝，往往又回到原来的状态。下面举例说明在过去开展节能活动中起阻碍作用的几个问题。

节能工作责任制及职工教育

经理、厂长、技术部长等有关方面的负责人，没有把节能工作当成自己的重要任务，并未感到组织管理的必要性，因而节能管理体制不健全，也没有积极开展职工教育。总之，可能在推进节能工作的责任制方面存在着问题。

提出改进计划及实施的具体措施

多数企业仅仅提出千篇一律的降耗目标，但没有提出达到目标的可能性和具体措施，而且将其束之高阁，改进工作只凭主观想象，往往缺乏计划。

调整各部门之间的联系

制造部门只进行制造部门的节能活动，生产技术、土建、设施部门则通过自动化，节省劳力开展增能活动，管理部门也搞自己的一套。各个部门各自进行节能活动，有时便会发生相互抵消节能效果的事情。此外，由于动力部门的热管理人员不懂生产过程，而生产管理人员不关心热能管理，相互不能协作，因此，常常发生只搞局部不顾全局的倾向。

为实施技术改进而进行技术支援

虽有改进措施，但在实施时却得不到制造技术和装置技术的支援，故成画饼而已。

为实施节能对策应确保必要的资金

节能运动的口号喊得多，但由于未安排改进所需的资金，因而研究具体改进方案的工作落空。应避免这类事情的发生。

〈尤其在中小企业〉

不懈地努力

在竭尽全力完成产品的质量和产量指标，而不安排节能工作，这是应努力解决的问题。

能作到的便立即实行

在能源的进出口处很容易进行温度补偿，对使用能量的质和量也容易掌握，但就是没有统计记录。

热设备的正确使用方法

应向操作人员讲解热设备的基础知识和操作方法。

节能无界限

在未做能耗实态的数据化工作，又不了解能耗情况下，则不宜讲节能的界限问题。

节能应适合本单位的情况

未经仔细研究而盲目引进节能设备，导致过程总体平衡的破坏时有发生。而且，所谓的“炉有生命”，是指每台炉各具不同的个性，不研究符合其特性的改进方法，而照搬照套其他

公司成功的東西，則結果很少成功，這一點是值得重視的。

換句話說，上述問題的解決是推進節能的必要條件。然而，由於能量具有不被肉眼看到，不易定量掌握等特點，所以不易捕捉到效率低下的使用狀態，而且發生損失的因素很多，故一個部門的有關人員能改進的方面有限。因而，為使節能產生實際效果，有必要了解單元過程，整個工藝過程，甚至整個工廠的情況，把製造、生產技術和土建部門作為一個整體，而求得生產體系的節能，各有關部門的有關人員應制定計劃，進行系統地改進。

0.4 節 能 課 題

節能活動是進行能量使用情況的“變革”，需要不斷地提出課題，單靠老一套辦法是不行的，必須向新的節能對策階段發展。

已搞完作為初期階段節能對策的改進操作，提高能量效率的某些企業，應考慮今后的節能課題如下：

（1）建立適合於開展節能活動的組織系統

多年來開展節能活動的大型企業，已經有了比較可靠的組織系統。但為臨時的對策而組織或今後將要考慮節能對策的中小企業，與大型企業不同，有必要建立適合於本企業規模的不是臨時而是從長遠考慮的組織。該組織的負責人最好選擇既懂經營又懂技術的人才。

（2）節能型生產過程和生產體系的開發

過去節能對策的重點往往放在已建裝置上，今後應基於熱力學知識為出發點的化學工程學基礎和技術，來開發最小余量的設計方法並尋求最佳狀態的方法。即要研究根本不同於過去的設備和工藝以及原理的改變等多種因素。

此外，经济评价所占的重要性也在提高。

(3) 向节能型生产结构的转变

不仅要有以主要单元过程的变革、生产体系的变革以及原料或产品质量的变革等为中心的开发因素，而且还要有政策性因素很强的生产结构的变革，这将需要大量的投资和较长的时间。

(4) 向代用能源的转换

在促进向有利于经济性和供应稳定性的能源转换的同时，也有必要考虑能源种类太分散的不利方面。代替石油能源可以考虑煤和自然能源的利用，但随着向这些代替能源转换的同时，也有必要解决生产过程和生产体系方面技术上的课题。

参 考 文 献

- 1) 藤井隆宏:省エネルギー,工業加熱,19(3),1(1982)
- 2) 大谷康夫:省エネルギーのための燃焼管理入門,省エネルギーセンター(1979)