



节能减排技术丛书

J I E N E N G J I A N P A I



建筑节能技术 与工程基础

山东大学智能建筑与节能技术研究中心

蔡文剑 贾磊 王雷 杜晓通

编著



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

TU111.4/31

2008

节能减排技术丛书

建筑节能技术与工程基础

山东大学智能建筑与节能技术研究中心

蔡文剑 贾磊 王雷 杜晓通 编著

机械工业出版社

本书以介绍国内外先进的建筑物节能技术和节能工程方法为主要内容,共分17章,第1~5章介绍了建筑物节能技术的概念和经济分析、审计以及测量与验证的方法与技术;第6~15章按建筑物耗能系统的各个环节,分别介绍了建筑护围、电动机、照明设备、电气系统、风机系统、泵系统、供热系统、制冷系统、增湿过程、除湿过程等环节的改进和节能方法;第16章和第17章介绍了HVAC(暖通空调)系统的综合节能和楼宇系统的综合再整定技术。

本书适合于从事建筑智能化、建筑节能、建筑电器自动化控制专业的工程人员以及设计院所、系统集成商、产品供应商、物业管理部门的有关工程技术人员阅读和参考,本书也可供大专院校电气工程、机械工程和土木工程与节能相关专业的本科生和研究生作为辅助教材使用。

图书在版编目(CIP)数据

建筑节能技术与工程基础/蔡文剑等编著. —北京:机械工业出版社, 2007. 10

(节能减排技术丛书)

ISBN 978-7-111-22499-0

I. 建... II. 蔡... III. 建筑—节能 IV. TU111.4

中国版本图书馆CIP数据核字(2007)第154455号

机械工业出版社(北京市百万庄大街22号 邮政编码100037)

策划编辑:舒雯 责任编辑:舒雯 版式设计:霍永明

责任校对:李婷 封面设计:饶薇 责任印制:杨曦

三河市国英印务有限公司印刷

2008年2月第1版第1次印刷

169mm×239mm·16.75印张·577千字

0001—4000册

标准书号:ISBN 978-7-111-22499-0

定价:48.00元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

销售服务热线电话:(010)68326294

购书热线电话:(010)88379639 88379641 88379643

编辑热线电话:(010)88379732

封面无防伪标均为盗版

本书中常用的物理量单位转换表

加速度

$$1 \text{ m/s}^2 (\text{米/平方秒}) = 3.281 \text{ ft/s}^2 (\text{英尺/平方秒})$$

$$1 \text{ ft/s}^2 (\text{英尺/平方秒}) = 0.3048 \text{ m/s}^2 (\text{米/平方秒})$$

面积

$$1 \text{ m}^2 (\text{平方米}) = 10.76 \text{ ft}^2 (\text{平方英尺})$$

$$1 \text{ ft}^2 (\text{平方英尺}) = 144 \text{ in}^2 (\text{平方英寸}) = 0.0929 \text{ m}^2 (\text{平方米})$$

$$1 \text{ km}^2 (\text{平方公里}) = 0.386 \text{ mile}^2 (\text{平方英里})$$

$$1 \text{ mile}^2 (\text{平方英里}) = 2.590 \text{ km}^2 (\text{平方公里})$$

$$1 \text{ ha} (\text{公顷}) = 10000 \text{ m}^2 (\text{平方米}) = 2.471 \text{ acre} (\text{英亩})$$

$$1 \text{ acre} (\text{英亩}) = 43\,560 \text{ ft}^2 (\text{平方英尺}) = 4050 \text{ m}^2 (\text{平方米})$$

密度

$$1 \text{ kg/m}^3 (\text{千克/立方米}) = 0.0624 \text{ lb/ft}^3 (\text{磅/立方英尺})$$

$$1 \text{ lb/ft}^3 (\text{磅/立方英尺}) = 16.02 \text{ kg/m}^3 (\text{千克/立方米})$$

热功

$$1 \text{ J} (\text{焦}) = 1 (\text{kgm}^2) / \text{s}^2 (\text{千克平方米/平方秒}) = 10^7 \text{ erg} (\text{尔格}) = 0.948 \text{ Btu} (\text{英制热单位})$$

$$1 \text{ Btu} (\text{英制热单位}) = 778.16 \text{ ft} \cdot \text{lbf} (\text{英尺磅力}) = 1.055 \text{ kJ} (\text{千焦})$$

$$1 \text{ kW} \cdot \text{h} (\text{千瓦时}) = 3.6 \text{ MJ} (\text{兆焦})$$

$$1 \text{ therm} (\text{撒姆}) = 10^5 \text{ Btu} (\text{英制热单位}) = 105.5 \text{ MJ} (\text{兆焦})$$

$$1 \text{ cal} (\text{卡}) = 4.187 \text{ J} (\text{焦})$$

$$1 \text{ quad} (\text{夸特}) = 10^{15} \text{ Btu} (\text{英制热单位}) = 1.055 \times 10^{18} \text{ J} (\text{焦})$$

$$1 \text{ ft} \cdot \text{lbf} (\text{英尺磅力}) = 1.3558 \text{ J} (\text{焦})$$

流速 (质量)

$$1 \text{ kg/s} (\text{千克/秒}) = 2.2048 \text{ lb/s} (\text{磅/秒})$$

$$1 \text{ lb/s} (\text{磅/秒}) = 0.454 \text{ kg/s} (\text{千克/秒})$$

$$1 \text{ kg/s} (\text{千克/秒}) = 132.3 \text{ lb/min} (\text{磅/分})$$

$$1 \text{ lb/min} (\text{磅/分}) = 7.56 \times 10^{-3} \text{ kg/s} (\text{千克/秒})$$

$$1 \text{ kg/s} (\text{千克/秒}) = 7937 \text{ lb/h} (\text{磅/小时})$$

$$1 \text{ lb/h} (\text{磅/小时}) = 0.1256 \times 10^{-3} \text{ kg/s} (\text{千克/秒})$$

流速 (体积)

$$1 \text{ m}^3/\text{s} (\text{立方米/秒}) = 2119 \text{ ft}^3/\text{min} (\text{立方英尺/分})$$

IV

$$1 \text{ ft}^3/\text{min} (\text{立方英尺/分}) = 0.4719 \text{ L/s} (\text{升/秒})$$

$$1 \text{ m}^3/\text{s} (\text{立方米/秒}) = 1.589 \times 10^4 \text{ USgal/min} (\text{加仑/分})$$

$$1 \text{ USgal/min} (\text{加仑/分}) = 2.228 \times 10^{-3} \text{ ft}^3/\text{s} (\text{立方英尺/秒}) = 0.0631 \text{ L/s} (\text{升/秒})$$

力

$$1 \text{ N} (\text{牛顿}) = 10^5 \text{ dyne} (\text{达因}) = 0.2248 \text{ lbf} (\text{磅力})$$

$$1 \text{ lbf} (\text{磅力}) = 16 \text{ ozf} (\text{盎司力}) = 4.4482 \text{ N} (\text{牛顿})$$

热流

$$1 \text{ W/m}^2 (\text{瓦/平方米}) = 0.3170 \text{ Btu}/(\text{h} \cdot \text{ft}^2) [\text{英制热单位}/(\text{平方英尺} \cdot \text{时})]$$

$$1 \text{ Btu}/(\text{h} \cdot \text{ft}^2) [\text{英制热单位}/(\text{平方英尺} \cdot \text{时})] = 3.155 \text{ W/m}^2 (\text{瓦/平方米})$$

$$1 \text{ W/m}^2 (\text{瓦/平方米}) = 0.0929 \text{ W/ft}^2 (\text{瓦/平方英尺})$$

$$1 \text{ W/ft}^2 (\text{瓦/平方英尺}) = 10.76 \text{ W/m}^2 (\text{瓦/平方米})$$

建筑物热损失系数

$$1 \text{ W/K} (\text{瓦/开尔文}) = 1.895 \text{ Btu}/(\text{h} \cdot ^\circ\text{F}) [\text{英制热单位}/(\text{时} \cdot \text{华氏度})]$$

$$1 \text{ Btu}/(\text{h} \cdot ^\circ\text{F}) [\text{英制热单位}/(\text{时} \cdot \text{华氏度})] = 0.528 \text{ W/K} (\text{瓦/开尔文})$$

换热系数

$$1 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K}) (\text{瓦/平方米} \cdot \text{开尔文}) = 0.1761 \text{ Btu}/(\text{h} \cdot \text{ft}^2 \cdot ^\circ\text{F}) [\text{英制热单位}/(\text{小时} \cdot \text{平方英尺} \cdot \text{华氏度})]$$

$$1 \text{ Btu}/(\text{h} \cdot \text{ft}^2 \cdot ^\circ\text{F}) [\text{英制热单位}/(\text{小时} \cdot \text{平方英尺} \cdot \text{华氏度})] = 5.678 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K}) (\text{瓦/平方米} \cdot \text{开尔文})$$

照明度

$$1 \text{ lx} (\text{勒克斯}) = 1 \text{ lm/m}^2 (\text{流明/平方米}) = 0.0929 \text{ fc} (\text{英寸烛光})$$

$$1 \text{ fc} (\text{英寸烛光}) = 1 \text{ lm/ft}^2 (\text{流明/平方英尺}) = 10.76 \text{ lx} (\text{勒克斯})$$

长度

$$1 \text{ m} (\text{米}) = 3.281 \text{ ft} (\text{英尺}) = 39.37 \text{ in} (\text{英寸}) = 1.094 \text{ yd} (\text{码})$$

$$1 \text{ ft} (\text{英尺}) = 12 \text{ in} (\text{英寸}) = 1/3 \text{ yd} (\text{码}) = 0.3048 \text{ m} (\text{米})$$

$$1 \text{ km} (\text{千米}) = 0.621 \text{ mile} (\text{英里})$$

$$1 \text{ mile} (\text{英里}) = 1.609 \text{ km} (\text{千米})$$

$$1 \text{ cm} (\text{厘米}) = 0.01 \text{ m} (\text{米}) = 0.394 \text{ in} (\text{英寸})$$

$$1 \text{ in} (\text{英寸}) = 0.0254 \text{ m} (\text{米}) = 2.54 \text{ cm} (\text{厘米})$$

质量

$$1 \text{ kg} (\text{千克}) = 1000 \text{ g} (\text{克}) = 2.205 \text{ lb} (\text{磅})$$

$$1 \text{ lb} (\text{磅}) = 16 \text{ oz} (\text{盎司}) = 0.454 \text{ kg} (\text{千克})$$

$$1 \text{ grain} (\text{格令}) = 1/7000 \text{ lb} (\text{磅}) = 0.0648 \text{ g} (\text{克})$$

功率

1 W (瓦) $\approx$ 3.412 Btu/h (英制热单位/时)

1 Btu/h (英制热单位/时) $\approx$ 0.293071 W (瓦)

1 kW (千瓦) $\approx$ 1.341 hp (英马力)

1 hp (英马力) $\approx$ 550 (ft · lbf) / s (英尺 · 磅力) / 秒 $\approx$ 0.7457 kW (千瓦)

1 kW (千瓦) $\approx$ 0.2844 ton refrigeration (冷吨)

1 ton refrigeration (冷吨) $\approx$ 3.516 kW (千瓦)

1 hp (英马力) $\approx$ 7.81 kW (千瓦) $\approx$ 33 475 Btu/h (英制热单位/时)

压力

1 Pa (帕) $\approx$ 1 N/m² (牛顿/平方米) $\approx$ 10⁻⁵ bar (巴) $\approx$ 1.45 $\times$ 10⁻⁴ Psi (磅/平方英寸)

1 Psi (磅/平方英寸) $\approx$ 6.895 kPa (千帕) $\approx$ 27.7 inH₂O (英寸水柱)

1 Pa (帕) $\approx$ 4.019 $\times$ 10⁻³ inH₂O (英寸水柱)

1 atm (标准大气压) $\approx$ 101 325 Pa (帕)

1 英寸水柱 (inH₂O) $\approx$ 249.1 帕 (Pa) $\approx$ 0.0361 磅/平方英寸 (Psi)

1 标准大气压 (atm) $\approx$ 14.696 Psi Psi = lb/in²

1 Pa (帕) $\approx$ 2.088 $\times$ 10⁻² lb/ft² (磅/平方英尺)

1 inHg (英寸汞柱) $\approx$ 3.3772 kPa (千帕) $\approx$ 0.49115 Psi (磅/平方英寸)

1 mmHg (毫米汞柱) $\approx$ 0.01934 Psi (磅/平方英寸)

1 inH₂O/100ft (英寸水柱/100 英尺) $\approx$ 8.17 Pa/m (帕/米)

比焓

1 kJ/kg (千焦/千克) $\approx$ 0.4299 Btu/lb (英制热单位/磅)

1 Btu/lbm (英制热单位/磅) $\approx$ 2.3266 kJ/kg (千焦/千克)

比热容

1 kJ/kg · K [千焦/ (千克 · 开尔文)] $\approx$ 0.2389 Btu/lb · °F (英制热单位/磅 · 华氏度)

1 Btu/lbm · °F (英制热单位/磅 · 华氏度) $\approx$ 4.1868 kJ/kg · K [千焦/ (千克 · 开尔文)]

温度

°C (摄氏度) $\approx$ (°F (华氏度) - 32) $\times$ 5/9

°F (华氏度) $\approx$ 5/9°C (摄氏度) + 32

K (开尔文) $\approx$ °C (摄氏度) + 273.15

°R (兰氏温度) $\approx$ °F (华氏度) + 459.67

热导和热阻

1 W/m · K [瓦/ (米 · 开尔文)] $\approx$ 0.5778 Btu/ (h · ft · °F) [英制热单位/ (小时 · 英尺 · 华氏度)]

1 Btu/ (h · ft · °F) [英制热单位/ (小时 · 英尺 · 华氏度)] $\approx$ 1.731 W/m · K [瓦/ (米 · 开尔文)]

VI

$1 \text{ W/m} \cdot \text{K}$ (瓦/(米·开尔文)) = $6.934 \text{ Btu/ (h} \cdot \text{ft} \cdot ^\circ\text{F)}$ [英制热单位/(小时·英尺·华氏度)]

$1 \text{ Btu/ (h} \cdot \text{ft} \cdot ^\circ\text{F)}$ [英制热单位/(小时·英尺·华氏度)] = $0.144 \text{ W/m} \cdot \text{K}$ [瓦/(米·开尔文)]

1 K/W (开尔文/瓦) = $0.5275 \text{ (h} \cdot ^\circ\text{F) /Btu}$ [(小时·华氏度)/英制热单位]

$1 \text{ (h} \cdot ^\circ\text{F) /Btu}$ [(小时·华氏度)/英制热单位] = 1.896 K/W (开尔文/瓦)

序

随着世界经济的飞速发展，能源危机与环境污染是当今社会的两大难题。能源已经成为制约我国国民经济健康持续发展的重要因素，在国民经济总能耗中，建筑能耗占的比重也越来越大，过多的建筑能耗不仅对国家的经济安全造成了威胁，也造成了使用成本的增加，因此建筑节能具有巨大的社会效益和经济效益。

建筑节能主要体现在两个方面，一是建筑结构和建筑材料的节能，二是在建筑物中机电设备使用过程中的节能。建筑材料和建筑结构的节能在建筑物建成后，节能程度就确定了，继续改善的余地很小。建筑节能主要是依靠机电设备在运行过程中的节能。若要解决机电设备运行过程中的节能，要解决好以下几个问题。

建筑中的机电设备种类和数量很多，让机电设备能够节能的关键在于设备的高效率运行，但由于建筑中机电设备的负荷变化范围较大，如何进行设备选型，怎样在负荷变化范围内提高设备的运行效率，是建筑节能的关键。

中央空调系统是建筑中主要的机电设备，也是建筑能耗的大户，因此对中央空调系统进行节能研究尤其重要。中央空调的节能除了与构成系统机电设备的效率有关外，还要依赖于系统整体运行效率的提高，也就是说中央空调系统的节能更多的要依靠整个中央空调系统运行的高效率。

此外，建筑节能不仅表现在机电设备上，还与设备的运行管理和人们的用能习惯有关，因此建筑节能不仅要考虑设备的高效运行，还要有措施和方法进行节能管理，让管理出效益。

《建筑节能技术与工程基础》一书对建筑中的机电设备性能、能量检测及节能等问题作了详细的论述，特别是本书以从事工程的读者为对象，从便于工程实施的角度入手来介绍和讲解节能问题，对于建筑节能的工程应用具有指导作用。

李维钧

中国自动化学会智能建筑与楼宇自动化专业委员会主任

2007年12月

前言

自改革开放以来，我国的经济飞速发展，人们的生活水平日益提高，对居住和办公环境舒适性的要求也越来越高。那些在 20 世纪 70 年代末 80 年代初被认为是高档奢侈品的空调装置，现在已经普及到大部分的公共建筑及家庭之中。据统计，空调系统的耗电量大约占全国总耗电量的 40%，造成了供电系统的空前紧张。同时，也使我们的环境遭到了严重的污染。

终端的节能是减少能源消耗最重要的因素。世界各地对终端节能方面的研究从 20 世纪 70 年代石油危机以来一直在持续地进行，从最初的能效问题到后来的室内空气质量对人类健康和生产力的影响等问题都得到了研究人员的广泛关注。新的科技，包括材料、电子、通信、计算机等，从根本上改变了楼宇系统的设计、运行及维护。人们逐渐认识到楼宇节能必须综合考虑楼宇护围、空调系统、电气系统、机械系统、用户行为和管理人员之间的相互影响等因素。而优化整个系统不仅仅是对某个部分的局部改造，其效果是进行局部改造的几倍甚至数十倍。

综合介绍与楼宇节能相关的国内外技术，并给出系统的节能步骤和方法，以指导读者实现最佳的节能效果是本书的主要宗旨。书中每个章节所涉及的内容都能在相关领域内找到上百万字的专著对其进行技术上的详细论述，而本书的主要目的是探讨能耗系统各部分的基本原理、与其他部分的相互关系、对能耗的影响以及节能的方法和步骤。让不同行业的人员对节能工程有一个全面系统的了解，以便更好地进行楼宇系统的节能改造。

本书的另一特点是广泛采纳了全世界楼宇节能领域的最新研究成果，涵盖了楼宇节能工程中的审计、分析、设计、安装及测量与验证方法。为满足室内环境需求，达到节能的目的，实现最低的总使用周期成本，提出了在不同情况下所应采纳的解决方案，并以多个工程实例对所提出的节能方法进行示范和论证。

对整个系统进行整体优化的节能工程是一个系统工程，它需要不同专业的人员紧密配合，包括电气、机械、土木、财务等。如土木专业既要了解建筑结构和建筑材料对楼宇能耗的影响，又要了解建筑结构对电气系统和机械系统效率的影

响。同样,机械专业既要了解机械设备的选型和操作对楼宇能耗的影响,又要了解电气系统质量和建筑结构对机械系统效率的影响等。

本书根据作者多年来从事节能工程的经验和体会,用简单的语言和通俗的概念介绍了国内外节能技术和节能工程方法的最新进展。全文共分 17 章,第 1~5 章介绍了建筑物节能技术的概念和经济分析、审计以及测量与验证的方法;第 6~15 章按建筑物节能的各个环节,分别介绍了建筑护围、电动机、照明设备、电气系统、风机系统、泵系统、供热系统、制冷系统、增湿过程、除湿过程等环节的改进和节能方法;第 16、17 章介绍了 HVAC(暖通空调)系统的综合节能方法、楼宇系统的综合整定和综合再整定。本书可以作为大专院校电气工程、机械工程和土木工程等与节能相关方向的本科生或研究生教材,也适合于作为建筑设计院、节能工程公司、系统集成商、产品供应商、物业管理部門的有关工程技术人员,以及从事建筑智能化、建筑电气控制等专业的工程技术人员的参考用书。

在本书编写的过程当中,山东大学控制科学与工程学院、山东大学智能建筑与节能技术研究中心和新加坡南洋理工大学的同仁们给予了极大的帮助,在此表示衷心的感谢。本书是在南洋理工大学(山东大学客座教授)蔡文剑博士的英文讲义的基础上加工修改翻译而成,由于时间仓促,疏漏之处在所难免,敬请读者和专家批评指正。我们也诚挚地希望读者能够对本书提出宝贵建议,使本书的内容不断得以完善。

编 者

目 录

本书中常用的物理量单位转换表

序

前言

第1章 绪论	1
1.1 节能的重要性	1
1.1.1 能量转换效率的定义和重要性	1
1.1.2 节能的潜力	3
1.1.3 节能改造的投资回报	5
1.2 节能的意义	6
1.2.1 国家能源安全	7
1.2.2 能源与国际贸易	8
1.2.3 能源与经济发展	8
1.2.4 增加就业机会	10
1.2.5 有利于环境保护	11
1.3 节能工作的挑战	12
1.3.1 社会障碍	12
1.3.2 资本障碍	12
1.3.3 市场障碍	13
1.4 节能工作的机遇	14
1.4.1 市场机遇	14
1.4.2 社会机遇	16
1.5 本书内容介绍	19
1.5.1 节能技术的概念、经济分析、审计以及测量与验证	19
1.5.2 建筑物能耗系统的节能方法	21
1.5.3 楼宇系统节能的综合方法	25
参考文献	27

第2章 节能工程的经济分析	29
2.1 概述	29
2.2 投资回报率分析	30
2.3 现金流模型	31
2.4 经济评估方法	34
2.5 折旧率	38
2.6 税后分析	40
2.7 燃料价格上涨的影响	41
2.8 总服务周期经济分析	44
2.9 LCC 方法指导的工程投资选择	47
2.10 经济核算的一般程序	51
参考文献	52
第3章 能量审计	54
3.1 概述	54
3.2 能量审计的规划	56
3.2.1 能量审计的设计标准	56
3.2.2 能量的初审	57
3.2.3 能量审计的任务	57
3.3 数据收集过程	58
3.3.1 初审	58
3.3.2 详审	59
3.4 能量分析	61
3.4.1 能耗量	62
3.4.2 能耗时间分布图	64
3.4.3 分时电价	66
3.4.4 能量平衡	67
3.4.5 基本负荷和季节性负荷	68
3.4.6 建立一个年基准线	70
3.4.7 建筑物概况和详细目录	70
3.5 能量管理控制系统的评估	71
3.5.1 评估标准	71

3.5.2 潜在节能方案初步分析	73
3.6 审计报告的书写	74
3.7 后期工作	76
3.8 制定节能实施计划	77
参考文献	77
第4章 节能工程的测量与验证	79
4.1 概述	79
4.2 节能工程的测量与验证方案的一般指导原则	80
4.2.1 固定设备使用率, 测量效率 (方案 A)	81
4.2.2 测量设备使用率, 测量功效性能 (方案 B)	83
4.2.3 整个区域 (或建筑物) 的测量 (方案 C)	84
4.2.4 有参数校正的仿真 (方案 D)	86
4.2.5 选择节能工程测量与验证的指导方针	86
4.3 节能工程的测量与验证过程综述	87
4.3.1 节能工程测量与验证的过程	88
4.3.2 节能工程的测量与验证的现场规划	88
4.3.3 开始节能工程的测量与验证	89
4.3.4 节能工程安装竣工报告	90
4.3.5 定期 (年度) 报告	91
4.4 节能工程的测量与验证计划的构成	92
4.5 节能工程的测量	94
4.5.1 背景	94
4.5.2 设备	94
4.5.3 传感器和仪表校准	95
4.5.4 测量和监测协议	95
4.5.5 测量持续时间	95
4.5.6 采样	96
4.6 综合整定	97
4.6.1 概述	97
4.6.2 相关标准	98
4.6.3 直接数字控制的综合整定	98

4.6.4 综合整定文档	99
4.6.5 采用能量管理系统或数据记录仪	99
4.6.6 检查	99
4.7 基线特征描述 (Baseline Characterization)	100
4.7.1 概述	100
4.7.2 基线调整	100
4.7.3 最小能量标准	102
4.7.4 维修服务质量	102
4.8 相互影响	102
4.9 计算能耗费用	103
4.10 书写报告	103
4.10.1 标准格式	103
4.10.2 提交测量数据	104
4.10.3 对节能工程的测量与验证行为与业主的沟通	104
4.11 节能工程的测量与验证计划审核	104
4.11.1 评估步骤	104
4.11.2 检查节能工程	105
4.11.3 节能工程测量与验证步骤的审核	105
4.11.4 假定/约定的评估	105
4.11.5 节能工程的测量与验证成本估计	106
4.11.6 第三方审核	106
参考文献	106
第5章 测量仪器	108
5.1 概述	108
5.2 电气参数的测量	108
5.3 温度测量	113
5.4 流量测量	117
5.5 压力测量	121
5.6 照明测量	123
5.7 燃烧系统的测量	125
5.8 湿度和周围环境的测量	128

5.9 数据记录仪	129
参考文献	131
第6章 建筑护围的改进	132
6.1 概述	132
6.2 通过建筑护围热的获得/损失	133
6.2.1 基本定义	133
6.2.2 影响热散失的因素	135
6.2.3 通过度-日方法确定总的热散失/获得	137
6.2.4 节能估算	138
6.2.5 BLC、 DD_H 及 DD_c 的估计	139
6.3 建筑护围审计	140
6.3.1 概述	140
6.3.2 准备工作	141
6.3.3 审计	141
6.3.4 报告	142
6.4 建筑护围的改进	143
6.4.1 减少空气渗透	143
6.4.2 建筑护围的绝缘	144
6.4.3 节能计算	146
6.5 窗体的改进	147
6.5.1 概述	147
6.5.2 窗体框架	150
6.5.3 窗体玻璃	151
6.5.4 其他方法	153
6.5.5 节能计算	154
参考文献	155
第7章 电动机的节能	156
7.1 概述	156
7.2 基本概念	157
7.2.1 电动机的种类	157
7.2.2 电动机的调速	157

7.2.3 转矩和功率	158
7.2.4 负载特性	158
7.3 电动机效率	159
7.3.1 高效率电动机	159
7.3.2 高效率电动机的成本分析	161
7.3.3 电动机转速与负载关系	162
7.4 电动机评估技术	164
7.4.1 效率与载荷的关系	164
7.4.2 电动机负载计算	164
7.5 电动机的节能改造	166
7.5.1 概述	166
7.5.2 节能的简便计算方法	168
7.5.3 额定机械功率节能计算方法	168
7.5.4 现场测量法计算节电量	169
7.6 电动机的调速	169
7.6.1 概述	169
7.6.2 负载考虑	170
7.6.3 应用中的问题	172
7.6.4 经济可行性	173
7.7 变转矩下 ASD 性能测试	174
7.7.1 基本信息	174
7.7.2 ASD 输出功率	175
7.7.3 节能计算	177
7.8 测量与验证	178
7.8.1 应用测量与验证的环境	178
7.8.2 基线能耗的确定	179
7.8.3 基线能耗的调整	179
7.8.4 新设备的测量与验证	179
7.8.5 电动机运行时间的测量	181
7.8.6 节能计算	182
7.8.7 现场特定的测量与验证计划	183

7.8.8 ASD 的测量与验证举例	183
参考文献	184
第8章 照明设备的节能	186
8.1 概述	186
8.2 一般概念	187
8.2.1 基本定义	187
8.2.2 镇流器	188
8.2.3 光源	189
8.2.4 灯光质量	190
8.3 灯具的类型和效率	191
8.3.1 荧光灯	191
8.3.2 小型荧光灯	193
8.3.3 卤钨灯	194
8.3.4 钠灯	194
8.3.5 金属卤素灯	195
8.3.6 钠氙灯	195
8.3.7 电磁无极感应灯	196
8.3.8 高频电子镇流器	196
8.3.9 能效概述	197
8.4 照明系统能量审计	199
8.4.1 目标	199
8.4.2 照明标准	200
8.4.3 照明系统的评估	201
8.4.4 定量鉴定	201
8.5 照明设备的改造	202
8.5.1 通用技术	202
8.5.2 感应传感器	204
8.5.3 可调照度系统	205
8.5.4 照明设备的管理	205
8.6 测量与验证	206
8.6.1 照明节能工程 (ECM) 的定义	206