


Measurement and Verification Methods of Energy Savings

节 能 量

测量和验证方法

山东省世行亚行节能减排项目管理办公室  编



华南理工大学出版社
SOUTH CHINA UNIVERSITY OF TECHNOLOGY PRESS

Measurement and Verification Methods of Energy Savings

节 能 量

测量和验证方法

山东省世行亚行节能减排项目管理办公室



华南理工大学出版社
SOUTH CHINA UNIVERSITY OF TECHNOLOGY PRESS

· 广州 ·

图书在版编目(CIP)数据

节能量测量和验证方法 / 山东省世行亚行节能减排项目管理办公室编. —广州:华南理工大学出版社,2015.9
ISBN 978-7-5623-4726-2

I. ①节… II. ①山… III. ①节能-测量 ②节能-计算方法 IV. ①TK01

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2015) 第 185013 号

节能量测量和验证方法

JIENENGLIANG CELIANG HE YANZHENG FANGFA

山东省世行亚行节能减排项目管理办公室 编

出 版 人: 韩中伟

出版发行: 华南理工大学出版社

(广州五山华南理工大学 17 号楼, 邮编 510640)

<http://www.scutpress.com.cn> E-mail: scutc13@scut.edu.cn

营销部电话: 020-87113487 87111048 (传真)

策划编辑: 何丽云

责任编辑: 苏 萍 何丽云

印 刷 者: 广州星河印刷有限公司

开 本: 787mm × 960mm 1/16 印张: 11.5 字数: 207 千

版 次: 2015 年 9 月第 1 版 2015 年 9 月第 1 次印刷

定 价: 30.00 元

版权所有 盗版必究 印装差错 负责调换



编 委 会

主 编 赵旭东 梁振江

副主编 代 兵 孙国忠

编写组 沈龙海 张吉礼 姜子刚 邢济东

胡一新 刘 洋 高 明 朱斌斌

蔡启珍 John Cowan William Lau

陆雪强 程良梅 张 亮 张五一

前 言

改革开放以来，我国经济发展迅猛，但随着经济的发展，能源消耗的不断增加和环境污染的日益加重已成为我国全面建设小康社会的重要障碍和发展瓶颈。在此背景下，用能企业通过开展合同能源管理项目来进行有效节能，从而实现可持续发展。

合同能源管理产生于20世纪70年代中期，目前在国际上得到广泛应用，是一种市场化的节能机制和商业运作模式，其主要内容是：节能服务公司与用能单位以契约形式约定节能项目的节能目标，向用能单位提供必要的技术服务，包括能源诊断、方案设计、技术选择、融资、设备采购、安装调试、运行维护、人员培训、节能量检测等方面的服务；用能单位以减少的能源费用，来支付节能项目全部投资。开展合同能源管理项目的企业越来越多，覆盖范围也越来越广，技术日趋成熟，产生了巨大的经济、社会和环境效益。但在合同能源管理项目的发展过程中，也不可避免地出现了一些问题，其中最突出、最迫切需要解决的问题就是合同能源管理项目节能量测量计算和验证缺乏统一的执行标准、指导性规范和操作方法。

因此，本书结合实际介绍了合同能源管理项目的理论基础，重点论述项目中节能量测量计算和验证方法的基本原则、适用范围、影响因素、仪器精度要求、验证程序和工作流程等，深入分析锅炉节能改造、热泵技术、电机节能改造、中央空调节能改造、余热回收及照明节能改造等项目的节能量测量计算和验证方法，并通过相关案例来举例说明，从而对比不同项目节能量测量



计算和验证方法的差异，探讨方法的适用性和准确性。希望通过本书的应用推广，能帮助节能服务公司和用能企业相关技术人员掌握节能量测量计算和验证的方法以及技巧，指导其工作实践，提高技术能力和评估计算的准确性，为合同能源管理项目更好更快地发展提供必要的理论基础和技术支持。

本书编者山东省世行亚行节能减排项目管理办公室，利用全球环境基金（Global Environment Facility, GEF）赠款在山东省实施了节能量计算方法和试点项目，推进山东省与世界银行/GEF节能减排项目合作，大力做好节能减排工作的具体措施，为编写本书提供了可靠的实践基础。希望读者能从本书中获得有用的知识，更好地应用于工作实践中。知识的发展是永恒的，我们对知识的理解掌握永远是不够的，我们一直在为编好本书而努力，但不足之处在所难免，敬请读者批评指正！

编 者



目 录

第一章 基本概念	1
一、合同能源管理	1
二、基准期	1
三、统计报告期	2
四、节能定义与节能量	2
五、企业节能量	3
六、项目节能量	3
七、能耗基准	4
八、用能设备能量测试	4
九、测量	4
十、节能量测量	4
十一、项目边界	5
十二、校准能耗与调整值	5
十三、验证	5
第二章 节能量测量计算验证方法	6
一、节能量测量计算验证方法适用范围	6
二、节能量测量计算验证方法的原则	6
三、节能量测量计算验证的工作流程	7
四、节能量测量计算验证工作内容	8
五、节能量验证基本要素	12
六、节能量计算方法及案例	13
第三章 锅炉节能改造项目节能量测量计算验证方法应用	24
一、锅炉系统概述	24
二、锅炉及其应用系统节能	24
三、锅炉系统节能改造常见节能技术及应用	26

四、锅炉节能改造项目节能量测量计算验证方法	29
五、锅炉节能改造项目节能量测量计算验证影响因素分析	32
六、锅炉节能改造项目节能量测量仪器及其精度要求	33
七、锅炉节能改造项目节能量测量计算验证程序	34
八、锅炉节能改造项目节能量测量计算验证案例分析	37
第四章 热泵技术项目节能量测量计算验证方法应用	42
一、热泵原理概述	42
二、常见热泵技术及应用	43
三、热泵技术项目节能量测量计算验证方法	43
四、热泵技术项目节能量测量计算验证影响因素分析	48
五、热泵技术项目节能量测量仪器及其精度要求	49
六、热泵技术项目节能量测量计算验证程序	50
七、热泵技术项目节能量测量计算验证案例分析	52
第五章 电机节能改造项目节能量测量计算验证方法	57
一、电机节能概述	57
二、电动机变频节能技术应用	61
三、电机节能改造项目节能量测量计算验证方法	66
四、电机节能改造项目节能量测量计算验证影响因素分析	69
五、电机节能改造项目测量仪器及其精度要求	70
六、电机节能改造项目节能量测量计算验证程序	71
七、电机节能改造项目节能量测量计算验证案例分析	74
第六章 中央空调节能改造项目节能量测量计算验证方法应用	78
一、中央空调节能概述	78
二、中央空调系统节能技术应用	78
三、中央空调节能改造项目节能量测量计算验证方法	83

四、中央空调节能改造项目节能量测量计算验证影响因素分析	88
五、中央空调节能改造项目节能量测量仪器及其精度要求	89
六、中央空调节能改造项目节能量测量计算验证程序	90
七、中央空调节能改造项目节能量测量计算验证案例分析	93
第七章 余热回收项目节能量测量计算验证方法应用	100
一、余热回收原理概述	100
二、余热回收常见技术及应用	102
三、余热回收项目节能量测量计算验证方法	103
四、余热回收项目节能量测量计算验证影响因素分析	107
五、余热回收项目节能量测量仪器及其精度要求	107
六、余热回收项目节能量测量计算验证程序	108
七、余热回收项目节能量测量计算验证案例分析	110
第八章 照明节能改造项目节能量测量计算验证方法应用	117
一、照明技术原理概述	117
二、照明节能改造项目常见技术及应用	120
三、照明节能改造项目节能量测量计算验证方法	121
四、照明节能改造项目节能量测量计算验证影响因素分析	122
五、照明节能改造项目节能量测量仪器及其精度要求	123
六、照明节能改造项目节能量测量计算验证程序	123
七、照明节能改造项目节能量测量计算验证案例分析	125
附录	132
附录一：节能量测量计算验证报告模板	132
附录二：节能量审核报告模板	134
附录三：常用参数	138
附录四：财政部、国家发展改革委关于印发 《合同能源管理项目财政奖励资金管理暂行办法》的通知	173

第一章

基本概念



一、合同能源管理

合同能源管理（Energy Performance Contracting, EPC）产生于 20 世纪 70 年代中期，目前在国际上得到广泛应用，是一种市场化的节能机制和商业运作模式。

合同能源管理主要内容：节能服务公司与用能单位以契约形式约定节能项目的节能目标，向用能单位提供必要的技术服务，包括能源诊断、方案设计、技术选择、融资、设备采购、安装调试、运行维护、人员培训、节能量检测等方面的服务。用能单位以减少的能源费用，来支付节能项目的全部投资。



二、基准期

基准期是指用以比较和确定项目节能量的基础时间段，是反映用能单位在节能项目改造前能耗状况的一段时间。

（1）基准期的选取时间长度应为一年，采用一个完整会计年度的统计资料。如果项目客观条件不具备，时间选取至少不应少于六个月。基准期的选取宜与统计报告期的自然月度相对应。

（2）测试条件下的基准期，是指被测试设备达到稳定运行状态条件，典型工况下正常工作的时间。用能设备、系统的测试时间，不得低于国家能源检测标准对用能设备测量的时间要求。

（3）测量时间的确定。

考虑的因素：节能措施和设施的复杂程度；基准期数据的稳定性；设备



负荷和运行时间的波动性；测量边界以外的未测能耗的影响，其影响量是小于设备整体的。测量是采用长期的连续测量还是短期的节能效果验证，要考虑测量成本与被测项目产生的节能效益。

(4) 专业用能设备能耗测试的时间，要根据生产工艺和设备的特点，由用能单位、节能服务公司、第三方节能量测量与验证机构共同协商约定。



三、统计报告期

统计报告期是指用以比较和确定项目节能量的节能措施实施后的时间段。

(1) 统计报告期选取时间长度应为一年，应采用一个完整的会计年度资料。如果条件不具备，最少不应少于六个月。

(2) 统计报告期的时段选取宜与基准期时段相对应。

(3) 测试条件下的统计报告期和测试条件下的基准期的选取方法相同。



四、节能定义与节能量

(一) 节能的概念

世界能源委员会（World Energy Council, WEC）关于节能的定义：采取技术上可行、经济上合理、环境和社会可接受的一切措施，来提高能源资源的利用效率。

《中华人民共和国节约能源法》所称的节约能源，是指加强用能管理，采取技术上可行、经济上合理以及环境和社会可以承受的措施，从能源生产到能源消费的各个环节，降低消耗、减少损失和污染物排放、制止浪费，有效、合理地利用能源。

(二) 节能量构成

节能量包括由于提高管理水平和技术水平，使单位产品（或产值）能源消耗量下降而直接节约的能源数量；也包括由于产业结构调整、产品结构变化，使能源消耗量下降，间接节约的能源数量。合同能源管理项目所称的节能量是指直接节能量。

（三）节能量

节能量是指满足同等需要或达到相同目的的条件下，能源消费减少的数量。

（1）满足同等需要是指在生产的产品是合格产品的前提下，所生产的产品、产量相同，或所需的工作量、服务相同。

（2）比较基准：产品节能量。①产品节能量，是用统计报告期产品的单耗与基准期产品的单耗的差值，参照统计报告期产品产量来计算节能量。②当项目的生产能力扩大、产量增幅较大时，为了避免由于产量规模扩大引起的产品单耗降低，采用的是统计报告期产品单耗与基准期产品单耗的差值，参照基准期产量来计算节能量。

（3）比较基准：产值节能量。①产值节能量是用统计报告期单位产值能源消耗量与基准期单位产值能源消耗量的差值，参照统计报告期的产值来计算的节能量。②当项目的生产能力扩大、产值增幅较大时，为了避免由于经营规模化、产值增大引起的产值单耗降低，应采用统计报告期单位产值能源消耗量与基准期单位产值能源消耗量的差值，参照基准期的产值来计算节能量。



五、企业节能量

企业节能量是指企业统计报告期内能源消耗量与按各种比较基准值计算的总量之差。

（1）企业节能量一般分为产品节能量、产值节能量、技术措施节能量、产品结构节能量和单项能源节能量。

（2）企业节能量计算的比较基准值。根据不同的目的和要求，一般可选择单位产品综合能耗、单位产值综合能耗作为对比基准。

（3）合同能源管理项目节能量，属于企业节能量中的技术措施节能量，是指实施技术措施前后能源消耗的变化。节能技术措施的效果通常能在企业总综合能耗中反映出来。



六、项目节能量

合同能源管理项目节能量，是指在满足同等需求或达到同等目标的前提



下，通过实施合同能源管理项目，用能单位产品、产值或用能设备、环节的能源消耗相对于基准期能耗的减少量。一般以年度为计算单位，即通称的年度项目节能量。

项目节能量与项目节能能力有区别。项目具有的节能能力中，被有效利用的那部分能量，才能认定为节能量。

合同能源管理项目的节能量不包括扩大生产能力、调整产品结构等途径产生的节能效果。



七、能耗基准

能耗基准是指由用能单位、节能服务公司和第三方节能量测量与验证机构共同认定的，项目边界范围内用能单位或用能设备、环节在实施合同能源管理项目前某段时间的能源消耗量。



八、用能设备能量测试

用能设备能量测试是指依据国家相关标准，对用能设备在稳定的工况下，测试其供给能量、有效能量和损失能量，评价其能源利用效率水平。



九、测量

测量是利用合适的工具对给定对象在给定属性上的量的确定的程序或过程。将被测量与同性质的标准量进行比较，确定两者的比值，从而得到被测量的量值。本书涉及的主要测量对象是能源消耗量。



十、节能量测量

节能量测量是指采用测量的方法，准确地测定出节能改造创造的节能量的过程。

衡量合同能源管理改造项目的成效，主要是对项目改造前后的能源消耗量进行测量与验证。根据用能单位、设备、系统的具体特点，在正常运行条件下，选用各典型工况，对整体或局部进行对比测量，从而得到正确的能源

消耗量。

(1) 节能量测量常采用直接对比测试法。通常在统计报告期，当节能措施可以关闭且不影响项目运行时，进行基准期参数测量。

(2) 为了对比节能效果，当节能措施开启时，再次测量同种工况下，项目边界内的统计报告期能源消耗量。



十一、项目边界

项目边界是指实施节能措施所影响的用能单位、设备、系统的范围和地理位置界限。

在对节能项目进行统计分析与测量时，为了减少测试的投入和工作量，减少测量结果的影响因素，便于分析，从而得到较为准确的测量结果，需要对测试对象划分出隔离边界，使其与其他系统、设备、相关部分隔离开来，成为一个虚拟的独立系统。

边界隔离原则：节能量不受统计数据或测量边界以外的变化因素所影响。



十二、校准能耗与调整值

(1) 校准能耗是指统计报告期内，根据基准期能源消耗状况及统计报告期条件推算得到的，以及项目边界内用能单位、设备系统不采用节能措施时的能源消耗量。校准能耗是根据基准期能耗状况及统计报告期条件，推算得到的统计报告期内的能耗。

(2) 校准能耗调整值 (A_m) 是指在用能系统、设备、环节的测量边界内，通过可识别出来的设备能耗特性的物理参数，计算得到的能耗量。包括常规调整量和非常规调整量。校准能耗调整值是在校准能耗基础上的调整。



十三、验证

验证是指经过检验得到证实。这里指为节能技术改造项目的节能量提供客观证据，使预期要求得到满足的认定。具体说，就是采取统计分析、能源计量、能源消耗测量、计算等多种方式来进行检验，得到一致的结果的过程。



第二章

节 能 量 测 量 计 算 验 证 方 法



一、节能量测量计算验证方法适用范围

本书由山东省世行亚行节能减排项目管理办公室编著，适用于山东省境内。

本书可作为各种节能改造项目的指导用书，对不同类型的节能量确认提供了测量、计算和验证的方法，并从以下两个角度来说明节能措施效果的认证：

(1) 利用现有符合要求的数据对节能效果予以确认的技术。

(2) 披露数据和分析结果，可以被外部证实。相互独立的一方对节能成果进行确定；另一方予以核实。



二、节能量测量计算验证方法的原则

节能量测量计算验证的依据是财政部、国家发改委发布的《节能技术改造财政奖励基金管理暂行办法》、《节能项目节能量审核指南》、《节能量确定和监测方法》、《节能量测量和验证技术通则》（GB/T 28750）、《企业节能量计算方法》（GB/T 13234）以及相关国家能源标准、行业标准、设备标准和企业提交的财政节能奖励资金申请报告。通过勘查节能项目现场、全面核查节能项目涉及的原始资料和台账，对节能项目实施前后的能源利用、能源计量监测、用能设备必要的关键参数测量、生产运行等情况进行审核。通过检查企业（项目）能源消耗的购入、使用、库存记录、台账以及能源统计报表、财务报表、产品生产报表、能源监测报告等内容，客观公正地核定出项目节能量大小。

(1) 节能量测量计算验证的实施的的首要原则为：透明性、完整性、准确性。

(2) 审核机构应当遵循客观独立、公平公正、诚实守信、实事求是的原则开展审核。

(3) 为确保节能量测量及计算验证结果的准确性，还应遵循多角度取证原则，即对任何可能影响审核结论的证据，可采取数据追溯或计算检验等方法，从多个角度予以验证。

(4) 交叉检查原则，如果存在多种确定节能量的方法，应进行交叉检查，提高审核发现问题的水平和审核结论的可信度。

(5) 外部评价原则，在无法进行实际观测或判断的情况下，可以借助第三方的客观评价，例如相关检测机构出具的检测报告等。



三、节能量测量计算验证的工作流程

节能量测量计算验证工作的实施需要遵循一定的流程，根据各审核机构在节能量测量与验证方面的工作经验，我们将此工作流程归纳如下：

(1) 合同签署、审核准备。

(2) 文件审核。

(3) 现场走访，了解项目基本情况。确定边界、基准期、统计报告期，选择测量与验证方法，制定节能量测量与验证方案。

(4) 相关三方对测量验证方案计算方法进行确认。

(5) 能耗基础数据收集，根据测量与验证方案设计、安装、调试测试设备，测量和收集基准期能耗、运行状况等数据并记录分析。

(6) 基准期能耗确定，并且由相关三方确认。

(7) 改造期的验证与审核。根据改造进度，现场验证节能项目实施改造的过程。

(8) 统计报告期能耗数据收集和测试。测量和收集统计报告期能耗、运行状况等相关数据并记录分析。

(9) 出具节能量测量与验证报告。

(10) 相关三方最终确认节能量测量与验证报告。

节能量测量计算验证工作流程如图 2-1 所示。

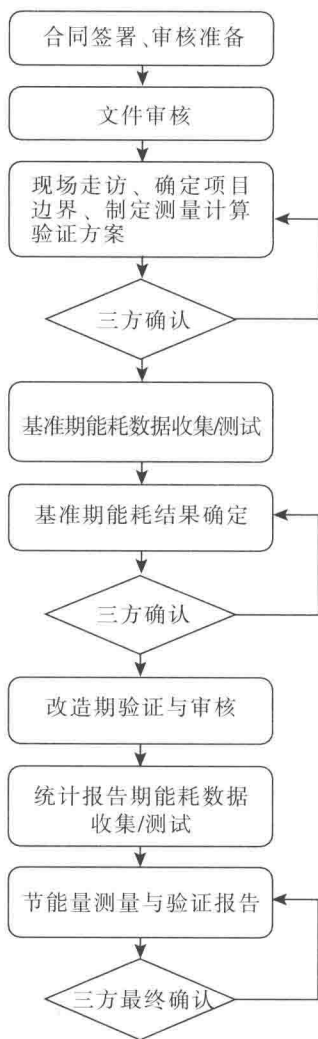


图 2-1 节能量测量计算验证工作流程图



四、节能量测量计算验证工作内容

1. 合同签署及审核准备

第三方节能量测量与验证机构与相关方签订合同后，需要对合同能源管理项目做审核前的准备工作。工作内容包括：组建工作组，根据测量验证工