

电力需求侧管理系列丛书

国家发展和改革委员会
电力需求侧管理培训推荐用书

节能量和节约电力 测量与核证

国家发展改革委经济运行调节局
国家电网公司营销部 编
南方电网公司市场营销部

DSM



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

节能量和节约电力 测量与核证

国家发展改革委经济运行调节局
国家电网公司营销部 编
南方电网公司市场营销部



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

内 容 提 要

《电力需求侧管理系列丛书》是国家发展和改革委员会开展电力需求侧管理培训工作的推荐用书，丛书共 13 个分册，涵盖电力需求侧管理工作的管理、技术、工具三个层面。本书是其中的《节能量和节约电力测量与核证》分册，具体介绍了《国际节能效果测量和验证规程》(IPMVP)、典型节能技术节电量和节约电力测量与核证、能效测试仪器、电力需求侧管理工具软件等内容。

本丛书可供各地政府主管部门、电网企业、能源服务机构、电力用户相关人员阅读、使用。

图书在版编目 (CIP) 数据

节能量和节约电力测量与核证/国家发展改革委经济运行调节局，国家电网公司营销部，南方电网公司市场营销部编. —北京：中国电力出版社，2013.8

(电力需求侧管理系列丛书)

ISBN 978-7-5123-4707-6

I. ①节… II. ①国… ②国… ③南… III. ①用电管理—节能—测量—技术培训—教材 IV. ①TM92

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2013) 第 158231 号

中国电力出版社出版、发行

(北京市东城区北京站西街 19 号 100005 <http://www.cepp.sgcc.com.cn>)

汇鑫印务有限公司印刷

各地新华书店经售

*

2013 年 8 月第一版 2013 年 8 月北京第一次印刷

710 毫米×980 毫米 16 开本 13.25 印张 195 千字

印数 0001—3000 册 定价 35.00 元

敬 告 读 者

本书封底贴有防伪标签，刮开涂层可查询真伪

本书如有印装质量问题，我社发行部负责退换

版 权 专 有 翻 印 必 究

《电力需求侧管理系列丛书》编委会

主 任 鲁俊岭

副主任 徐阿元 吴建宏 王 勤 胡 光

编 委 (按姓氏笔画排序)

马丽华	王玉萍	王成强	王 林	王宗义	王海龙
王海波	王 榕	王德亮	王 鑫	韦加雄	卞忠庆
左松林	田永军	史景坚	冯小维	朱 炯	朱 清
乔 昆	任 泽	华普校	刘学军	刘宪明	刘继东
关长祥	江 峰	孙红光	李开明	李永宁	李 郁
李绍祥	李洪宾	李家才	李惊涛	杨仁泽	杨锦辉
何 胜	汪穗峰	张庆云	张兴华	张 军	张志飞
张 波	张南娇	张艳红	张继刚	张 磊	陈少江
陈 军	陈 枫	范继臣	林世良	金必煌	金国生
周新民	郑建平	赵小平	赵青山	胡占廷	钟树海
段学民	姜林福	羿宗胤	夏云飞	夏 鑫	顾国栋
徐 兵	徐 磊	卿三红	郭炳庆	朗 琼	陶时伟
黄永斌	黄志明	黄惠英	梅学民	曹念忠	崔海山
董 新	舒旭辉	路民辉	詹 昕	廉国海	颜庆国
薛建虎	檀跃亭	魏宏俊			

《电力需求侧管理系列丛书》编写组

组 长 陈江华

副 组 长 周 珏 徐杰彦

编写人员（按姓氏笔画排序）

丁 胜	王振宇	王 鹤	尹玉霞	吕晓剑
闫华光	吴亚楠	吴在军	李玉琦	李 军
李铁男	李涛永	李德智	邱泽晶	张小松
陈 磊	苗常海	周伏秋	周 莉	周 晖
单葆国	钮文洁	黄学良	曹 荣	蒋利民
谭显东	Wolfgang Eichhammer			

前 言

为深入开展电力需求侧管理工作，增强全社会科学用电、节约用电、有序用电的意识，提高从业人员电力需求侧管理业务水平，国家发展和改革委员会经济运行调节局会同国家电网公司营销部、南方电网公司市场营销部组织有关单位和专家编写出版了《电力需求侧管理系列丛书》。

本丛书共 13 个分册，涵盖电力需求侧管理工作的管理、技术、工具三个层面。其中，管理层面有《中国节约能源法规与政策解析》《综合资源规划与资源选择》等分册；技术层面有《能效电厂理论与实践》《负荷特性及优化》《重点用能行业节能技术》《能源审计》《通用节能技术》《分布式能源与热电冷联产》《空调与热泵技术》《电机系统节能技术》《电蓄冷蓄热技术及技术经济评估》等分册；工具层面有《节能量和节约电力测量与核证》《欧盟能效指令与白色证书》等分册。

本丛书是国家发展和改革委员会开展电力需求侧管理培训工作的推荐用书，可供各地政府主管部门、电网企业、能源服务机构、电力用户相关人员阅读、使用。

丛书的编写得到了国家发展和改革委员会能源研究所、能源基金会、德国国际合作机构、国际自然资源保护协会、国网能源研究院、中国电力科学研究院、东南大学、北京交通大学等单位、机构和专家的大力支持。

本分册为《节能量和节约电力测量与核证》，由中国电力科学研究院主编，苗常海、范滢、闫华光编写了第一章，王鹤、钟鸣、郭艳飞编写了第二章，蒋

利民、苗常海、孟珺遐、刘尧、杨雷娟编写了第三章，李涛永、李飞、陈雷博、张元星编写了第四章，苗常海、何桂雄、许高杰、李德智、杨小彬、石坤、史梦洁、成岭、陈小慧、屈博编写了第五章，全书由中国电力科学研究院周昭茂主审。

由于编写时间仓促，书中难免存在疏漏之处，恳请各位专家和读者提出宝贵意见。

编 者

2013 年 6 月

目 录

前言

第一章 概述	1
第二章 《国际节能效果测量和验证规程》(IPMVP) 介绍	4
第三章 典型节能技术节能量和节约电力测量与核证	9
第一节 供配电系统节能量和节约电力测量与核证	9
第二节 余热利用项目节能量和节约电力测量与核证	28
第三节 锅炉(炉窑)节能量和节约电力测量与核证	38
第四节 电动机系统节能量简易测量与核证	50
第五节 建筑项目节能量和节约电力测量与核证	66
第六节 绿色照明项目节能量简易测量与核证	78
第七节 蓄冷蓄热项目节约电力测量与核证	89
第四章 能效测试仪器	99
第一节 电气参数测量仪器	99
第二节 热工参数测量	103
第三节 其他参数测量	111
第五章 电力需求侧管理工具软件	113
第一节 冷水系统能效分析软件	113
第二节 热电联产能效分析软件	121
第三节 风机系统能效分析软件	130
第四节 工艺用热能分析软件	132
第五节 水泵系统能效分析软件	141

第六节	供配电系统能效评估软件	146
第七节	暖通系统能效分析软件	156
第八节	国际电动机选型和节能分析软件	162
第九节	能效电厂计算器	171
第十节	DLAPSP 配电网损耗分析物理仿真平台	176
第十一节	电力需求侧管理节能减排计算器简介	186
附录	《节能项目节能量审核指南》(发改环资〔2008〕704号)	197
参考文献		201

第一章

概 述

一、节能量和节约电力测量与核证的意义

合同能源管理项目投资收益来自“节能量和节约电力”，能源服务公司、设备销售商、项目开发商以及金融机构均需依靠其所实施或投资的技术和设备创造的“节能量和节约电力”来取得投资收益。节能服务行业的蓬勃发展迫切地需要一个公认的标准来衡量节能项目的实施效果，在这种背景下，能效测量与核证服务逐渐兴起。

节能量审核机构是专门测试和评估节能项目的节能量和节约电力的机构，由国家指定具备相关资质的单位承担。一般，节能量审核机构必须是具有独立承担法律责任能力的法人主体，具有政府计量认证（CMA）或国家实验室认可（CNAS）的节能检测资质。要求其具备节能量审核相关项目的检测能力，并具有丰富的节能检测经验。

节能量和节约电力审核工作一般按照以下基本程序进行：

- （1）被改造单位或节能服务公司与选定的节能量审核机构签订委托协议。
- （2）节能量审核机构依据相关标准制订审核方案，开展节能量检测、审核工作。
- （3）节能量审核机构出具节能量审核报告。

二、基本概念

关于节能量测量工作，一般有以下常用基本概念：

- （1）节能量（energy savings）。指节能措施实施后，用能单位或用能设备、环节能源消耗减少的数量，一般使用单位为吨标准煤（tec）。

(2) 节约电量 (electricity savings)。指节能量为电能或折算为电能, 热能按照全国火力发电平均供电标准煤耗折算为电能, 一般使用单位为 kWh/a。

(3) 节约电力 (power savings)。指节能项目节约的最大电功率, 或者其他功率折算的电功率, 一般使用单位为 kW。

(4) 基期 (baseline period)。确定改造项目能耗基准节能措施实施前的时间段。

(5) 统计报告期 (report period)。确定改造项目节能量的节能措施实施后的时间段。

(6) 能耗基准 (energy consumption baseline)。指基期内, 用能单位或用能设备、用能环节的能源消耗数量。

(7) 校准后能耗基准 (adjusted energy consumption baseline)。指统计报告期内, 根据能耗基准及设定条件预测得到的、不采用节能措施时可能发生的能源消耗。

(8) 统计报告期能耗 (reported energy consumption)。指统计报告期内, 用能单位或用能设备、用能环节的能源消耗数量。

(9) 项目边界 (boundaries of project)。指确定项目节能措施影响的用能设备或系统的范围和地理位置界限。

节能量 (E_s)、能耗基准 (E_b)、统计报告期能耗 (E_r) 和校准后能耗基准 (E_{ab}) 的关系如图1-1所示。

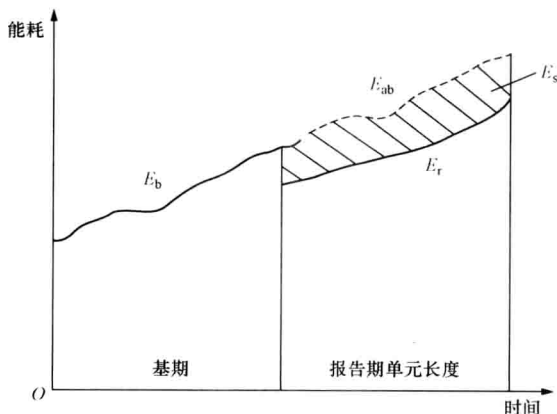


图 1-1 节能量相关参数关系示意图

三、节能量测量与核证过程

节能量测量的对象一般是一个复杂用能系统的一部分经过技术改造后的节能效果。由于涉及与原有生产工艺及各个工序之间的相互影响及联系，其过程是比较复杂的，因此，科学地组织测量程序必将取得事半功倍的效果。

一般地，节能量测量按照以下程序进行：

(1) 划定项目边界及条件。项目边界应包括所有影响项目能源消耗状况的设备和设施（包括附属设备、设施）。

(2) 选择测量和验证方法。根据节能改造项目的特点选择既能保证测量结果精度，又能实现测试成本最小化的测试方法。

(3) 确定基期及统计报告期长度。项目基期、统计报告期应覆盖项目的典型工况，统计报告期单元长度应与基期对应。

(4) 基准期能耗确定。收集、测量能耗基准数据，并加以记录分析，合理确定进行节能技术改造前的平均能耗水平。

(5) 编制测量和验证方案。测量方案要根据现场实际情况指定，具有较强的可操作性。

(6) 仪器准备。根据测量和验证方案选购适合的仪器仪表，并进行现场安装调试，为能耗测量提供技术条件。

(7) 统计报告期能耗确定。测量统计报告期能耗、运行状况等有关数据，并加以记录分析。

(8) 不确定性分析。根据测量和验证方案计算和验证节能量，分析节能量的不确定性，必要时对项目的能耗基准进行调整。

(9) 最终报告。编写节能量评测报告，最终确认节能量。

第二章

《国际节能效果测量和验证规程》 (IPMVP) 介绍

一、简介

《国际节能效果测量和验证规程》是由非营利私人团体国际能效评估组织(EVO)出资赞助出版的一份关于节能量测量与验证的指导性文件。EVO 是全球性会员制组织,会员遍布全球。EVO 预见到重视自然资源的有效使用和提高终端能效,以替代更多新的能源耗用,在全球存在巨大的市场,因此致力于开发和推广标准化的方法学来量化及管理在终端能效、可再生能源和水效项目交易中的风险及收益。

《国际节能效果测量和验证规程》提出了对节能项目达到的节能量的测量、计算和报告的通用方法。《国际节能效果测量和验证规程》为如何透明、可靠、统一地报告项目的节能量,提供了一个框架和四种测量与验证选项方法。其中,节能量测量与验证(M&V)工作包括现场调研、能源计量、监测自变量、计算和报告。

《国际节能效果测量和验证规程》旨在为专家们提供一个进行节能量测量与验证的基础。《国际节能效果测量和验证规程》不是一个标准,因此,文件没有正式的强制性符合机制。针对每一个具体的节能项目的节能量测量与验证,用户根据项目的具体情况建立具体的节能量测量与验证计划。该计划应当符合《国际节能效果测量和验证规程》的基本原则,使用《国际节能效果测量和验证规程》规定的术语和方法。同时,应当明确说明选用的《国际节能效果测量和验证规程》选项方法及其相关计量监测分析、质量保证程序和计划的相关负责人。

二、遵循原则

《国际节能效果测量和验证规程》测量节能量时严格遵循精确性、完整性、保留性和相关性四大基本原则。具体如下：

1. 精确度

节能量测试报告应该在 M&V 预算所允许的范围内尽可能的精确。M&V 的成本与节能量的估值相比，通常是很小的一部分。M&V 费用也应与改造的财务绩效相一致，不可高估或低估项目的成效。

2. 完整性

节能量测试报告应全面考虑项目的所有影响。既要考虑节能量的主要影响因素，也要考虑次要影响因素。既要考虑节能改造设备本身能耗变化，也要考虑与节能改造设备密切相关的上、下游设备的能耗变化。

3. 保守性

对不确定数据的判断，节能量测试报告应对节能值作较保守的设计。

4. 相关性

影响节能量的因素很多，根据其对节能量影响效果的大小应分别对待。对节能量有重大影响的关键因素，必须采用实地测量的方法来量化其影响效果；对于节能量影响微小的因素，可以采用估计的方法来处理以减低测量的成本。

三、工作程序

节能量测量与验证应当与节能改造项目同时设计，同时施工。一般地，节能量测量与验证应包含下列步骤：

(1) 了解 M&V 报告的用户需求，根据用户需求选择适当的测量方法。如果用户关心的是控制整体成本，则应当采用耗能系统整体测量的方法。如果用户关心的是具体的节能措施，则应当采用测量节能改造部分能耗的隔离法。

(2) 在开发节能措施过程中，所选择的《国际节能效果测量和验证规程》选项方法与节能措施的范围、精度要求和 M&V 预算应该是最相符的。

1) 确定所有的能耗数据是否需要调整到报告期工况条件下或其他某个工

况条件下。

2) 确定基期和报告期的长度。

(3) 收集并记录与基期相关的能耗和运行数据，所记录数据在今后应可以复查。

(4) 制订 M&V 计划。

(5) 根据 M&V 计划的要求，设计、安装、校准测量仪器和仪表。

(6) 节能改造完成后，调试测量仪器和仪表，确保其功能正常。

(7) 按照 M&V 计划，收集报告期的能耗与运行数据。

(8) 根据 M&V 计划，计算节能量和经济效益。

(9) 根据 M&V 计划，编写节能量测量与验证报告。

四、四类通用方法

《国际节能效果测量与验证规程》在研究了大量节能项目案例的基础上，创造性地将项目的节能量测量方法归纳为四类，并对各类情况提供了节能量测量计算的一般方法。具体如下：

(一) 第一类项目

1. 选项方法

(1) 通过现场测量关键性能参数来确定节能量，此关键性能参数决定了项目的成功与否，是节能措施作用系统的能耗量的主要影响因素。该关键性能参数可采用短期测量方法，也可采用连续测量方法，这取决于被测参数的预期变化以及统计报告期的长短。

(2) 其他参数通过估计得到，估值的依据可以采用历史数据、设备制造商的性能参数表或工程技术判断。但在节能量测量与验证报告中应记录估值来源，说明估值的合理性，同时还要评估使用估值代替测量值可能出现的节能量误差。

2. 节能量计算方法

通过对关键参数的短期或连续测量，计算基期和统计报告期能耗，然后考虑基期与统计报告期设备运行环境条件差异对基期能耗进行适当调整，对比得

到项目的节能量。

3. 典型案例

(1) 照明改造项目中,耗电功率是关键参数,需要对其进行周期性的测量。

(2) 通过建筑物的运行安排和入住者的行为特点来估计照明系统的运行时间。

(二) 第二类项目

1. 选项方法

对节能改造项目的能耗量所有参数进行现场测量以确定节能量。可以是短期测量,也可以是连续测量,这取决于被测参数的预期变化及统计报告期的长短。

2. 节能量计算方法

对基期和统计报告期的能耗量进行短期或连续测量,或者测量决定能耗量的间接参数,通过工程技术计算得出能耗量,然后对比基期和统计报告期的能耗量得到项目的节能量。

3. 典型案例

(1) 采用变速拖动和控制技术来调节水泵流量。

(2) 在电动机的电源端安装功率表测量电功率,每分钟测量一次。

(3) 在基期,用功率表进行一周的测量来证明是恒定负荷;在统计报告期持续测量以跟踪功率的变化。

(三) 第三类项目

1. 选项方法

通过测量耗能设施整体或子耗能设施来确定节能量。

2. 节能量计算方法

分析耗能设施整体在基期和统计报告期的(市政)表计数据。使用简单比较法或回归分析法进行必要的调整。

3. 典型案例

对某栋建筑的空调系统、采暖系统和照明系统的综合节能改造项目,利用燃气和电力市政表进行为期 12 个月的基期能耗数据测量,并在整个统计报告期进行能耗数据的测量。

(四) 第四类项目

1. 选项方法

通过模拟耗能设施整体或子耗能设施来确定节能量，证明模拟程序可以充分模拟耗能设施真实的能耗性能，此方案通常要求使用者在校准模拟方面具有高超的技巧。

2. 节能量计算方法

模拟能耗状况，并利用小时或月度的能耗费用账单进行校准（能源最终用户的表计可以用来提高输入数据质量）。

3. 典型案例

(1) 综合能源管理计划影响耗能设施中的多个系统，但在基期没有计量表。

(2) 安装了燃气表和电表后，能耗测量值可用来校准模拟结果。

(3) 用经校准的模拟来确定基期能耗量，并与模拟出的统计报告期能耗量进行比较。