

能源计量百问

张万路 赵奕奕 张穹希 温 雄 编著

NENGYUAN
JILIANG BAIWEN



中国计量出版社
CHINA METROLOGY PUBLISHING HOUSE

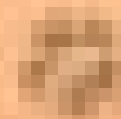


能源计量百问

能源计量百问 / 能源计量百问 / 能源计量百问

NENGYUAN
JILIANG BAIWEN

000000



能源计量百问

张万路 赵奕奕 编著
张穹希 温 雄

中国计量出版社

图书在版编目(CIP)数据

能源计量百问/张万路等编著. —北京:中国计量出版社,2007. 10

ISBN 978 - 7 - 5026 - 2726 - 3

I. 能… II. 张… III. 能源 - 计量 - 问答 IV. TK01 - 44

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 145102 号

内 容 提 要

本书以问答的形式,介绍了与能源计量相关的问题。主要由三部分组成。第一部分为能源计量基础,主要内容包括能源计量的定义、特征、理论依据、研究方法、研究对象、研究目的等;第二部分是对强制性国家标准 GB 17167—2006《用能单位能源计量器具配备和管理通则》中的有关问题进行了进一步深化介绍;第三部分为主要的常见能源计量器具选型注意事项。

本书可供广大用能单位的科技人员、管理人员和能源计量人员参考和使用。

中国计量出版社出版

北京和平里西街甲 2 号

邮政编码 100013

电话(010)64275360

<http://www.zgjl.com.cn>

北京寿昌印刷有限公司印刷

新华书店北京发行所发行

版权所有 不得翻印

*

787 mm × 1092 mm 16 开本 印张 16.75 字数 334 千字

2007 年 10 月第 1 版 2007 年 10 月第 1 次印刷

*

印数 1—5 000 定价: 58.00 元

序

《中共中央关于制定国民经济和社会发展第十一个五年规划的建议》中指出：“十一五”期末单位国内生产总值能源消耗比“十五”期末降低20%。这是对落实科学发展观，加快经济增长方式转变，建设资源节约型、环境友好型社会和实现可持续发展的具体要求。要实现这一目标，必须动员各行各业和社会各界的力量，并做出巨大努力。

20多年来，我国的节能工作逐步实现了由计划管理向政府管理与市场调节相结合的转变。1998年全国人大通过了《中华人民共和国节约能源法》，节能工作逐步纳入了法制化管理的轨道。在各级政府的倡导下，各地采取了多种节约能源措施，各级政府对节能工作越来越重视，加强了节能立法、节能监测和节能管理等基础性工作，推进了节能和综合利用新技术、新产品的研究开发，开展了建筑节能，推进了资源综合利用等工作，并且取得了显著成效，这些措施的落实都离不开能源计量。加强能源计量管理，提高能源利用率是减少资源消耗、保护环境的有效途径，是走新型工业化道路的重要内容。能源计量涵盖了社会生活的各个方面，尤其在工业生产领域，从原材料采集、运输、物料交接、生产过程控制到产品出厂，都需要通过测量控制能源的使用。能源计量涉及到热工量、力学量、电学量、光学量、化学量等诸多学科参量的有机结合和相互渗透，是企业生产经营管理必不可缺的基本条件。离开了计量数据的管理，就不能量化各生产环节的能源消耗，各项节能措施就无法实施。

能源计量是计量学的一个分支学科，其本质特征是关于能源量及能源使用程度的计量，但它又不同于普通的计量，而是在特定的条件下，具有特定含义、特定方法、特定目的和特殊形式的计量。能源计量是一项非常复杂的社会活动，是技术与管理的结合体。能源形式的多样性、能源利用的广泛性决定了能源计量的边缘性、复杂性和跨学科性。计量学从学科角度分为几何量、热学、力学、电磁学、光学、声学、化学、无线电、时间频率、电离辐射等多种学科，这种分类方法是根据测量量值的属性来分类的，适合于量值传递和器具管理。能源计量是根据测量对象的用能属性来分类的，它涉及几乎现有计量学的各

个学科,并根据能量守恒定律及熵增原理来考核用能设备、用能系统的用能情况,内容纷繁复杂,博大精深,既不是传统计量专业的堆砌,亦不是现行计量器具的简单组合,而是有着自身的学科特点、研究方法和应用目的的。

企业能源计量管理的基础工作包括建立能源计量的组织机构,建立能源计量管理制度,明确企业领导的职责和能源计量队伍的建设等。要提倡生产过程中的能源计量。能源计量并不仅仅是简单的进出厂的能源量的计量,而是伴随在企业生产的全过程之中,通过计量的量化跟踪和量化考核发现工艺缺陷、技术潜力和管理漏洞,及时加以改进提高,促进技术进步,把节能挖潜落到实处。

在社会主义市场经济条件下,国家通过法律、法规、政策、标准对社会经济活动进行调控和管理。用能单位要把能源计量的有关法律、法规、政策、标准作为本单位能源计量管理的准绳,遵守这些要求,有利于提高企业的竞争力。同时,自觉依法节约资源,节约能源,保护环境,也是我们每个公民应尽的义务。

GB 17167—2006《用能单位能源计量器具配备和管理通则》是一项强制性国家标准,对企业的能源计量器具的配备和管理提出了一些基本要求。不久前,国家发展改革委、国家能源办、国家统计局、国家质检总局、国务院国资委联合印发了《千家企业节能行动实施方案》(发改环资[2006]571号),要求企业认真贯彻实施 GB 17167—2006《用能单位能源计量器具配备和管理通则》,并把其作为对企业节能工作进行检查和考核的重要依据。国家质检总局还要根据各重点耗能行业的特点,陆续出台分行业的能源计量器具配备和管理的具体要求。

希望出版《能源计量百问》一书,能有助于广大企业和社会各界贯彻落实《中华人民共和国节约能源法》和《中华人民共和国计量法》,有助于广大企业和能源计量领域的工作人员学习贯彻 GB 17167—2006《用能单位能源计量器具配备和管理通则》。全民共同参与,节约能源资源,建设和谐社会,造福子孙万代,这是我们大家共同的心愿。

中国计量科学研究院院长

张玉宽

2007年7月12日

前 言

能源计量与节能监测、能源审计、能源统计、能源利用状况分析是企业能源管理和节能工作的基础,而能源计量又是能源审计、能源统计、能源利用状况分析这些基础的基础。如果企业没有合理配备能源计量器具,能源管理部门就难以获得准确可靠的能源计量数据,对企业的能源利用状况就难以进行科学的分析和统计,从而无法为企业的能源管理和节能工作提供可靠、准确的指导方向,可能造成企业能源严重浪费,增加生产成本。由于企业能源的浪费,随之还会带来对环境的污染和破坏。

《中华人民共和国节约能源法》第二十二条明确规定“用能单位应当加强能源计量管理”,作为节能法的配套法规,1999年原国家经贸委第七号令《重点用能单位节能管理办法》第十三条规定“重点用能单位应健全能源计量、监测管理制度,配备合格的能源计量器具、仪表,能源计量器具的配备和管理应达到国家标准规定的要求”。制定并实施 GB 17167—2006《用能单位能源计量器具配备和管理通则》是贯彻落实这些法律法规的重要措施,该标准是一项强制性国家标准,用能单位必须执行并达到这些要求。

改革开放 20 多年来,我国经济发展取得了举世瞩目的成就,随着经济的快速发展,对能源的依赖程度也越来越大。由于我国能源供应短缺,依靠进口大量能源,国家又不可能无限制地开发能源,能源问题也影响到国家的经济安全。党中央、国务院提出建设和谐社会,以人为本,人民群众对环境的要求也越来越高。经济社会发展对企业的节能降耗工作提出了更高的要求,而企业能源计量工作是节能降耗的基础,计量工作必须与国家对企业节能、环保的要求相适应。1997 年制订的 GB/T 17167—1997《企业能源计量器具配备和管理导则》(以下简称 97 版标准),由于当时经济社会条件的局限,已不适应经济社会发展对企业节能、环保的新要求。

随着科学技术的不断进步,能源计量器具的种类不断增加,能源计量器具的数字化、自动化、智能化水平不断提高,能源计量器具的准确度也不断提高。一些企业在经济效益提高后,提升了对配备能源计量器具的要求,引进了一些国外先进的能源计量器具,因此 97 版标准中规定的一些能源计量器具配备率、准确度要求,已不适应这些企业的需要。另一方面,也有一些企业特别是一些承包性

的企业和民营企业不重视能源计量器具管理工作,能源计量器具的配备率、准确度又远远达不到 97 版标准的基本要求。因此,必须在充分调研的基础上,科学合理地规定能源计量器具的配备率、准确度要求,以适应新形势的需要。

在从计划经济向社会主义市场经济的转变过程中,国家对企业的管理机制发生了很大的变化,有的行业主管部门被撤销,对国有企业实行政企分开、企业重组、股份制改造等措施,外资企业、合资企业和民营企业迅速发展,企业的组织结构和管理机制发生了根本性变化。在我国,不同性质的企业、企业不同的组织结构和不同的管理机制同时并存。由于上述原因,我国企业的能源计量管理模式差异很大,因此,标准中的企业能源计量器具管理要求,也要随着经济社会发展适当地合理调整。

国家质量监督检验检疫总局、国家发展和改革委员会联合下发的《加强能源计量工作的意见》中指出:“能源计量工作是企业加强能源管理、提高能源管理水平的重要基础,是企业贯彻执行国家节能法规、政策、标准,合理用能,优化能源结构,提高能源利用效率,提高经济效益和市场竞争力的重要保证,是国家依法实施节能监督管理,评价企业能源利用状况的重要依据。进一步加强企业能源计量管理,建立和完善能源计量管理制度,对于减少能源消耗、保护环境、降低成本、增加效益具有十分重要的意义。”能源计量工作几乎涉及国民经济和社会生活的各个领域。在制定 GB 17167—2006《用能单位能源计量器具配备和管理通则》的过程中,充分考虑了多年来各领域能源计量工作的成功经验和存在的问题。《用能单位能源计量器具配备和管理通则》是一项基础性国家标准,必将对我国的节能工作起到积极的技术保障作用。

能源计量作为能源节约的基础性技术支撑已为政府能源管理机构、企业管理者、科技工作者和全社会所共识。在强制性国家标准 GB 17167—2006《用能单位能源计量器具配备和管理通则》的宣贯过程中,用能单位的广大科技人员提出了很多技术和管理问题,为了回答这些问题,笔者根据多年从事能源计量工作的经验编著了本书。应当说能源计量作为计量学的一门分支,内涵丰富,既自成严谨的学科体系又涉及很多物理学的前沿知识和生产过程中的实验科学。本书尽可能的收集进一些与能源计量相关的知识,但由于篇幅的限制,没有涉及耗能设备的具体能量平衡的测试方法和节能专用仪器仪表的相关内容。

在本书编写过程中,得到了杜文伟、李景仪等同志的大力支持和帮助,在此表示衷心感谢。

由于编者的水平所限,书中难免有不妥和错误之处,请广大读者批评指正。

编 者
2007 年 9 月

目 录

第一部分 能源计量基础

一、什么是能源计量,它的外延和内含是什么? 它有什么特征?	(1)
二、能源计量覆盖范畴的外延性是指什么?	(1)
三、能源计量发展过程的活跃性是指什么?	(2)
四、能源计量测量方法的动态性是指什么?	(3)
五、能源计量学科领域的边缘性是指什么?	(5)
六、能源计量测量对象的综合性是指什么?	(5)
七、能源计量测量目的的功利性是指什么?	(10)
八、能源计量测量结果的互补性是指什么?	(11)
九、能源计量的计量单位有什么特点?	(11)
十、什么是能源的实物量计量单位?	(13)
十一、什么是能源的当量单位,什么是能源的等价单位?	(14)
十二、能源计量的理论依据是什么?	(20)
十三、什么是能源计量中的热平衡及烟平衡?	(23)
十四、能源为什么要分类计量?	(25)
十五、什么是用能设备能效指标的能源计量?	(26)
十六、什么是能源,它是如何分类的?	(33)
十七、为什么说准确的能源计量是履行《京都议定书》的必要条件?	(40)
十八、为什么说能源计量在国民经济中有“四两拨千斤”的作用?	(41)
十九、为什么说能源计量是企业节能工作的基础?	(41)
二十、我国企业的能源计量现状如何?	(42)
二十一、能源计量的任务是什么?	(45)
二十二、为什么说节能监测是能源计量的有效形式?	(48)

第二部分 GB 17167—2006《用能单位能源计量器具配备和管理通则》

- 二十三、GB 17167—2006《用能单位能源计量器具配备和管理通则》中强制性条款的理由是什么？ (52)
- 二十四、GB 17167—2006《用能单位能源计量器具配备和管理通则》与旧标准的主要差异是什么？ (54)
- 二十五、怎样理解标准的适用范围？ (57)
- 二十六、标准中引用的三个规范性引用文件的主要内容是什么？ (58)
- 二十七、什么是能源计量器具？ (60)
- 二十八、什么是能源计量器具配备率？ (61)
- 二十九、什么是次级用能单位和主要次级用能单位？ (62)
- 三十、标准中所指的能源种类是什么？ (63)
- 三十一、标准中所指的计量范围是什么？ (63)
- 三十二、标准中“能源分类计量”的含义是什么？ (64)
- 三十三、为什么说用能单位能源计量器具的配备要满足分级分项考核的要求？ (64)
- 三十四、为什么重点用能单位应配备必要的便携式能源检测仪表？ (65)
- 三十五、为什么把“用能单位应加装能源计量器具”作为第一项强制条款？ (66)
- 三十六、主要次级用能单位是如何确定的？ (67)
- 三十七、主要用能设备是如何确定的？ (68)
- 三十八、为什么说“对于可单独进行能源计量考核的用能单元(装置、系统、工序、工段等),如果用能单元已配备了能源计量器具,用能单元中的主要用能设备可以不再单独配备能源计量器具”？ (69)
- 三十九、为什么说“对于集中管理同类用能设备的用能单元(锅炉房、泵房等),如果用能单元已配备了能源计量器具,用能单元中的主要用能设备可以不再单独配备能源计量器具”？ (70)
- 四十、标准中能源计量器具配备率应如何理解？ (70)
- 四十一、如何理解“对从事能源加工、转换、输运性质的用能单位(如火电厂、输变电企业等),其所配备的能源计量器具应满足评价其能源加工、转换、输运效率的要求”？ (71)
- 四十二、如何理解“对从事能源生产的用能单位(如采煤、采油企业等),其所配备的能源计量器具应满足评价其单位产品能源自耗率的要求”？ (72)
- 四十三、为什么“用能单位的能源计量器具准确度等级应满足表4的

要求”？	(73)
四十四、为什么不采用“测量结果不确定度”而采用仪表的“准确度等级”？ ...	(79)
四十五、如何理解“主要次级用能单位所配备能源计量器具的准确度等级 (电能表除外)参照表 4 的要求,电能表可比表 4 的同类用户低一 个档次的要求”？	(81)
四十六、如何理解“主要用能设备所配备能源计量器具的准确度等级(电能表 除外)参照表 4 的要求,电能表可比表 4 的同类用户低一个档次的 要求”？	(82)
四十七、为什么“能源作为生产原料使用时,其计量器具的准确度等级应满足 相应的生产工艺要求”？	(83)
四十八、如何理解“能源计量器具的性能应满足相应的生产工艺及使用环境 (如温度、温度变化率、湿度、照明、振动、噪声、粉尘、腐蚀、电磁干扰等) 要求”？	(83)
四十九、用能单位为什么应建立能源计量管理体系,形成文件,并保持和持续 改进其有效性？	(83)
五十、用能单位为什么要建立、保持和使用文件化的程序来规范能源计量人员 行为、能源计量器具管理和能源计量数据的采集、处理和汇总？	(84)
五十一、为什么用能单位应设专人负责能源计量器具的管理,负责能源计量 器具的配备、使用、检定(校准)、维修、报废等管理工作？	(85)
五十二、用能单位为什么应设专人负责主要次级用能单位和主要用能设备 能源计量器具的管理？	(86)
五十三、为什么用能单位的能源计量管理人员应通过相关部门的培训考核, 持证上岗;用能单位应建立和保存能源计量管理人员的技术档案？	(86)
五十四、为什么要求能源计量器具检定、校准和维修人员应具有相应的 资质？	(86)
五十五、如何理解“用能单位应备有完整的能源计量器具一览表。表中应列出 计量器具的名称、型号规格、准确度等级、测量范围、生产厂家、出厂 编号、用能单位管理编号、安装使用地点、状态(指合格、准用、停用等)。 主要次级用能单位和主要用能设备应备有独立的能源计量器具一览表 分表”？	(87)
五十六、如何理解“用能设备的设计、安装和使用应满足 GB/T 6422、GB/T 15316 关于用能设备的能源监测要求”？	(88)
五十七、用能单位为什么要建立能源计量器具档案制度？	(90)
五十八、如何理解“用能单位应备有能源计量器具量值传递或溯源图,其中作为	

- 用能单位内部标准计量器具使用的,要明确规定其准确度等级、测量范围、可溯源的上级传递标准”? (90)
- 五十九、如何理解“用能单位的能源计量器具,凡属自行校准且自行确定校准间隔的,应有现行有效的受控文件(即自校计量器具的管理程序和自校规范)作为依据”? (91)
- 六十、如何理解“能源计量器具应实行定期检定(校准)。凡经检定(校准)不符合要求的或超过检定周期的计量器具一律不准使用。属强制检定的计量器具,其检定周期、检定方式应遵守有关计量法律法规的规定”? (91)
- 六十一、为什么在用的能源计量器具应在明显位置粘贴与能源计量器具一览表编号对应的标签? (92)
- 六十二、为什么用能单位应建立能源统计报表制度,并要求能源统计报表数据应能追溯至计量测试记录? (92)
- 六十三、如何理解“能源计量数据记录应采用规范的表格式样,计量测试记录表格应便于数据的汇总与分析,应说明被测量与记录数据之间的转换方法或关系”? (94)
- 六十四、如何理解“重点用能单位可根据需要建立能源计量数据中心,利用计算机技术实现能源计量数据的网络化管理”? (95)
- 六十五、如何理解“重点用能单位可根据需要按生产周期(班、日、周)及时统计计算出其单位产品的各种主要能源消耗量”? (95)

第三部分 通用能源计量器具选型简介

- 六十六、某些能源的寄载体的计量器具是衡器,其称重原理是什么? (96)
- 六十七、衡器是如何分类的? (97)
- 六十八、称重系统的常用术语和名词有哪些? (98)
- 六十九、衡器的主要计量要求是什么? (99)
- 七十、选用衡器的注意事项是什么? (100)
- 七十一、选择电子案秤的注意事项是什么? (102)
- 七十二、选择电子台秤的注意事项是什么? (105)
- 七十三、选择机械台秤应注意什么? (108)
- 七十四、选择汽车衡应注意什么? (110)
- 七十五、吊秤的选择应注意什么? (113)
- 七十六、静态轨道衡的选择应注意什么? (116)
- 七十七、皮带秤的选择应注意什么? (118)

七十八、动态轨道衡的选择应注意什么？	(120)
七十九、称重轨的结构与特点是什么？	(123)
八十、动态汽车衡的选择应注意什么？	(124)
八十一、电能表是如何分类的？	(126)
八十二、电能表是如何选用的？	(128)
八十三、什么是流量计量器具？	(130)
八十四、电力行业中流量测量的特点是什么？	(131)
八十五、石油和化工行业中流量测量的特点是什么？	(131)
八十六、供水行业中流量测量的特点是什么？	(132)
八十七、天然气流量测量的特点及其对仪表的要求是什么？	(132)
八十八、电磁流量计的选用应注意什么？	(133)
八十九、浮子流量计的选用应注意什么？	(134)
九十、容积式流量计的选用应注意什么？	(135)
九十一、差压式流量计的选用应注意什么？	(137)
九十二、涡街流量计的选用应注意什么？	(137)
九十三、超声波流量计的选用应注意什么？	(140)
九十四、热式质量流量计的选用应注意什么？	(144)
九十五、油流量表(装置)的选用应注意什么？	(145)
九十六、气(汽)体流量表(装置)的选用应注意什么？	(148)
九十七、为什么要进行湿空气干部分流量测量？	(152)
九十八、水流量表(装置)的选用应注意什么？	(152)
九十九、温度计量器具的选用应注意什么？	(155)
一〇〇、热电偶的选用和安装应注意什么？	(156)
一〇一、热电阻的选用和安装应注意什么？	(158)
一〇二、压力仪表的选用原则是什么？	(161)
一〇三、压力仪表是如何分类的？	(162)
一〇四、压力仪表的安装及注意事项是什么？	(163)
附录 1 工业锅炉热工仪表的选择配置举例	(165)
附录 2 有关的节能监测国家标准	(178)
GB 15316—1994《节能监测技术通则》	(178)
GB/T 15317—1994《工业锅炉节能监测方法》	(182)
GB/T 15318—1994《工业热处理电炉节能监测方法》	(186)
GB/T 15319—1994《火焰加热炉节能监测方法》	(191)

GB/T 15910—1995《热力输送系统节能监测方法》 (196)

GB/T 15911—1995《工业电热设备节能监测方法》 (200)

GB/T 15912—1995《活塞式单级制冷机组及其供冷系统节能监测方法》 (204)

GB/T 15913—1995《风机机组与管网系统节能监测方法》 (208)

GB/T 15914—1995《蒸汽加热设备节能监测方法》 (213)

GB/T 16664—1996《企业供配电系统节能监测方法》 (226)

GB/T 16665—1996《空气压缩机组及供气系统节能监测方法》 (233)

GB/T 16666—1996《泵类及液体输送系统节能监测方法》 (238)

GB/T 16667—1996《电焊设备节能监测方法》 (242)

GB/T 17751—1999《运输船舶能源利用监测评价方法》 (247)

参考文献 (253)

| 第一部分 |

能源计量基础

一、什么是能源计量,它的外延和内含是什么? 它有什么特征?

能源计量是为了确定用能对象的能源利用完善程度而对能源及相关量的计量。

这里所说的用能对象可以是系统、设备、过程,甚至是微元;也可以是国家、地区、企业等行政区划或法人单位。

这里所说的能源利用的完善程度可以是设备效率、能效比、制冷系数(指制冷机),亦可以是单位产品能耗、单位产值能耗、单位 GDP 能耗乃至一个国家或地区的能源弹性系数。

计量学包括科学计量、法制计量及工业计量,能源计量属于工业计量类。

能源计量是计量学的一个分支学科,其本质特征是关于能源量及能源使用程度的计量,但它又不同于普通的计量,而是在特定的条件下,具有特定含义、特定方法、特定目的和特殊形式的计量。

能源计量是一项非常复杂的社会活动,是技术与管理的结合体。它与一般的法制计量的关系体现在以下几个方面:

- (1)覆盖范畴的外延性;
- (2)发展过程的活跃性;
- (3)测量方法的动态性;
- (4)学科领域的边缘性;
- (5)测量对象的综合性;
- (6)测量目的的功利性;
- (7)测量结果的互补性。

二、能源计量覆盖范畴的外延性是指什么?

法制计量是建立在国家计量立法基础之上的,它强调计量量值的统一性、准确性、社

会性、公正性和法制性。为了法制的严肃和量值的准确可靠,法制计量对计量单位、计量器具、计量的组织管理、计量检定、计量监督、计量的法律责任都有明确而详实的规范性文件予以约束,从狭义上讲能源计量是法制计量的一个组成部分,它要受到法制计量的约束,也就是说能源计量的单位、器具检定、器具管理、实验室要求等涉及现行有效规范性文件约束的计量内容都必须符合计量法及其相关法规的要求,必须合法。从广义上来讲,能源计量的内含和外延纷繁复杂,任何政策性文件和技术标准都不可能完全规范它的全部。

下面仅以能源计量单位为例。

按能源的存在形态分,能源分为载体能源和过程能源。所谓载体能源是指提供能量的含能物质,如各种燃料、蒸汽等可以直接储存和运输的物质。煤、石油、天然气是目前使用最广的载体能源,随着科学技术的发展,氢和微波会成为重要的载体能源。载体能源所用的计量单位为实物形计量单位,如 t, kg, m³ 等。所谓过程能源是指提供能量的物质运动,如水流、风力、潮汐、波浪等,过程能源存在于物质的运动过程中,一般很难储存和运输。过程能源一般使用法制能量计量单位,如 J, kW·h 等。

为了使各种载体能源和过程能源有一个量之间的比较基础,出现了千克标准煤(kgce)、吨标准油(toe)等能源计量单位。这些单位不属于国家法定计量单位,然而《中华人民共和国节约能源法》、与能源有关的国家标准、国家有关政策文件及国家统计局部门都在使用,可以说千克标准煤(kgce)等能源计量单位是具有法制单位地位的非法定计量单位。

在生产和生活实践中,人们在涉及能源知识和能源算法中积累了大量的经验公式,这些经验公式多是非线性的,它是用以往的工程单位为基础的,如 20℃ 卡(cal₂₀)、国际蒸汽表卡(cal_{IT})、热化学卡(cal_{th})。

$$1\text{cal}_{20} = 4.1816\text{J}$$

$$1\text{cal}_{IT} = 4.1868\text{J}$$

$$1\text{cal}_{th} = 4.1840\text{J}$$

由于经验公式非线性特点,将这些经验公式化作法制单位的形式,一是难度较大,二是形式较繁,三是人们还不习惯。

为了体现不同种类的能源其品质品位的不同,能源计量中还出现了能源量的当量单位和等价单位,这些都超出了法制计量单位的范畴。

三、能源计量发展过程的活跃性是指什么?

如果说法制计量的有关规范性约束属于上层建筑的话,能源计量的丰富内容则多属于经济基础。上层建筑一旦形成总有一个相对稳定的时期,而经济基础则是最为活跃的,它发展到一定阶段一定会超越上层建筑的约束。

法制计量对测量、检定、计量器具都有明确的规范,能源计量在自身的发展过程中不

断创新。这种创新特别体现在计量量值和计量器具的创新上,如导热式热流计、辐射式热流计、燃烧效率分析仪、水泵效率分析仪、风机效率分析仪、地温空调能效测试仪等。这些仪表和量值是无法用现有的检定规程和校准规程进行量值传递和溯源的,这就要求有关的能源和计量技术机构不断拓展和完善这方面的工作。

四、能源计量测量方法的动态性是指什么?

为了保证量值的统一和准确可靠,以往法制计量工作将其重点主要集中在制度建设、器具管理、量值溯源、计量检定、计量监督等内容上,其目的主要是保证计量器具的准确可靠。换言之,在一般情况下,法制计量的关注点主要是计量器具本身,其实实验室检定(校准)过程主要是高精度的静态计量。而能源计量是现场工业计量的一部分,其计量对象多是动态的、多因素的,其测量结果的不确定度分量主要来源于测量方法。

以用温度计测量燃烧室内的温场为例。

在使用裸露热电偶测量高温气流时,高温气流以对流换热方式把热量传递给测温元件,同时测温元件又以辐射方式把热量传递给温度较低的四周的水冷壁管。当热电偶的对流受热量等于其辐射散热量时,热电偶达到某一平衡温度。可见该指示温度必低于气的真实温度,造成了测温误差。如用裸露的 K 型热电偶测得炉膛的烟气温度为 792°C 。已知水冷壁面的温度为 600°C ,烟气对热电偶表面的对流换热系数为 $58.2\text{W}/(\text{m}^2 \cdot ^{\circ}\text{C})$,热电偶头的表面黑度系数为 0.3 。我们可以用能量的守恒和转换定律估算一下其测温误差。

由于热电偶工作端为凸表面,它的面积相对于水冷壁管来说是很小的, $F_1/F_2 = 0$,即相对角系数为 1 ,以热电偶测头为热平衡对象,其对流受热和辐射散热的能量平衡方程式为

$$q = \alpha(t_f - t_1) = \varepsilon_1(E_{\text{bl}} - E_{\text{bw}}) \quad (1-1)$$

$$\begin{aligned} t_f &= t_1 + \frac{\varepsilon_1 C_0}{\alpha} \left[\left(\frac{t_1}{100} \right)^4 - \left(\frac{t_w}{100} \right)^4 \right] \\ &= 792 + \frac{0.3 \times 5.67}{58.2} \times \left[\left(\frac{1065}{100} \right)^4 - \left(\frac{873}{100} \right)^4 \right] = 998.2 \end{aligned} \quad (1-2)$$

其中: F_1 ——热电偶凸表面积;

F_2 ——水冷壁管面积;

q ——热电偶凸表面与冷壁管表面的换热量;

α ——热电偶凸表的对流换热系数;

t_f ——烟气温度;

t_1 ——热电偶凸表温度;

t_w ——水冷壁管表面温度;

C_0 ——黑体辐射系数;