

热电联产机组技术丛书



热工过程监控与保护

陈莲芳 任子芳 马思乐 等编著
李淑英 审 阅



中国电力出版社
www.cepp.com.cn

参考文献

主要内容

本书主要介绍热电联产机组的自动控制、运行、检修、试验、调试、安全、环保、节能、技术改造等方面的工作。全书共分10章。第1章介绍热电联产机组的发展概况、特点、分类、组成、运行、检修、试验、调试、安全、环保、节能、技术改造等方面的工作。第2章介绍热电联产机组的自动控制。第3章介绍热电联产机组的运行。第4章介绍热电联产机组的检修。第5章介绍热电联产机组的试验。第6章介绍热电联产机组的调试。第7章介绍热电联产机组的安全。第8章介绍热电联产机组的环保。第9章介绍热电联产机组的节能。第10章介绍热电联产机组的技术改造。

热工过程监控与保护

陈莲芳 任子芳 马思乐 等编著
李淑英 审 阅

编辑推荐

本书可作为热工过程监控与保护方面的教材，也可供从事热工过程监控与保护工作的工程技术人员参考。



中国电力出版社

www.cepp.com.cn

内 容 提 要

本书密切结合热电联产技术及运行实际,全面系统地探讨了热电联产机组的热工检测系统、热工自动调节系统及热工保护和顺序控制系统。阐述了热力发电厂中温度、压力、流量等热工参数的检测原理和仪器设备;分析了热力发电厂的热工调节和控制系统,主要包括煤粉锅炉及循环流化床锅炉的自动调节、汽轮机设备自动调节、供热自动调节、机组负荷调节等;对集散控制系统及热工自动控制系统的整定和试验作了阐述;阐述了锅炉和汽轮机设备的安全监控和顺序控制。内容反映了我国及世界上热电联产的新技术、新设备和新成果。

本书可供热电联产从业技术人员和管理人员阅读,也可作为热能工程、环境设备与工程等专业的师生及相关设计、施工、研究人员的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

热工过程监控与保护/陈莲芳等编著. —北京:中国电力出版社, 2008

(热电联产机组技术丛书)

ISBN 978-7-5083-6057-7

I. 热… II. 陈… III. ①热力系统-监视控制②热力系统-保护装置 IV. TK17

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2007) 第 140670 号

中国电力出版社出版、发行

(北京三里河路 6 号 100044 <http://www.cepp.com.cn>)

航远印刷有限公司印刷

各地新华书店经售

*

2008 年 1 月第一版 2008 年 1 月北京第一次印刷

787 毫米×1092 毫米 16 开本 14.75 印张 356 千字

印数 0001—3000 册 定价 28.00 元

敬告读者

本书封面贴有防伪标签,加热后中心图案消失
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

热电联产机组技术丛书

编 委 会

主 编 孙奉仲

副主编 黄新元 张洪禹 张居民 马传利 高玉军

江心光 秦箴林 蔡新春 陈美涛 黄胜利

编 委 (按姓氏笔画为序)

丁兴武 马思乐 王乃华 史月涛 史永春

任子芳 刘伟亮 李光友 李树海 杨祥良

宋 伟 张卫星 张开菊 张 明 陈莲芳

姬广勤 高 明 盖永光 程世庆 潘贞存

前言

提高能源的利用效率,合理利用能源是关系到国民经济发展、建设节约型社会、实施循环经济的重要内容,而且影响到生态环境和人类的生存,也是从事能源研究的学者和工程技术人员重点研究的课题。热电联产和集中供热就是可以达到上述目的的重要技术规划和措施之一。热电联产,已经问世一百多年,我国发展热电联产也走过了半个多世纪的路程。由于热电联产对于节能和环境保护意义重大,尤其是在 21 世纪的今天,世界各国非常重视。1997 年制定的《中国 21 世纪议程》和《中华人民共和国节约能源法》、2000 年制定的《中华人民共和国大气污染防治法》等法规,都明确鼓励发展热电联产。2000 年原国家计划委员会、经济贸易委员会、建设部、环境保护总局联合下发的《关于发展热电联产的规定》,是指导我国热电联产发展的纲领性文件。国家发展和改革委员会 2004 年颁布的《节能中长期专项规划》中,明确把热电联产列入 10 项重点工程。规划指出:在严寒地区、寒冷地区的中小城市和东南沿海工业园区的建筑物密集、有合理热负荷需求的地方将分散的小供热锅炉改造为热电联产机组;在工业企业(石化、化工、造纸、纺织和印染等用热量大的工业企业)中将分散的小供热锅炉改造为热电联产机组;分布式电热(冷)联产的示范和推广;对设备老化、技术陈旧的热电厂进行技术改造;以秸秆和垃圾等废弃物建设热电联产供热项目的示范;对热电联产项目给予技术、经济政策等配套措施;到 2010 年城市集中供热普及率由 2002 年的 27% 提高到 40%,新增供暖热电联产机组 40GW。形成年节能能力 3500 万 t 标准煤。

《国家中长期科学和技术发展规划纲要》中也把能源的综合利用放在了首要位置,在与热电联产技术有关的部分,指出应重点突破基于化石能源的微小型燃气轮机及新型热力循环等终端的能源转换技术、储能技术、热电冷系统综合技术,形成基于可再生能源和化石能源互补、微小型燃气轮机与燃料电池混合的分布式终端能源供给系统。

到 2003 年底,全国已建成 6MW 及以上供热机组 2121 台,总装机容量达到 43.7GW。预计到 2020 年,中国热电联产机组容量将达到 200GW,年节约 2 亿 t 标准煤,减少 SO_2 排放 400 万 t 以上,减少 NO_x 排放 130 万 t,减少 CO_2 排放 718 亿 t。热电联产将为能源节约、环境保护、经济和社会发展作出重大贡献。

《热电联产机组技术丛书》的出版,是应时之作,是应需之作。该套丛书由七个分册组成,包括《热电联产技术与管理》、《热力网与供热》、《锅炉设备与运行》、《汽轮机设备与运行》、《电气设备与运行》、《化学水处理设备与运行》和《热工过程监控与保护》。内容涉及到热电联产机组的最新技术、管理知识;涉及到热力网的运行与管理维护,国内外的发展与政策,环境保护与节约能源,热电联产生产工艺中具体过程和设备的工作原理、基本结构、

工作过程、运行分析、事故处理、最新进展等；涉及到供热的可靠性分析；涉及到供热的分户计量；涉及到代表最新技术发展趋势的热力设备和热工过程的计算机控制技术等。可以说，热电联产的每一个重要环节均涉及到了。其中，不少内容是第一次出现在科技专著上。丛书主要面向热电联产的运行、检修、管理人员，从设备的结构、原理到运行以及事故处理，从系统组成到管理控制，从运行监督到经济性分析、可靠性分析等，既有传统的热力设备理论基础作为铺垫，又有现代科学技术的融入，兼顾到了各个层面，还介绍了具体的运行实例和事故实例。

该套丛书既体现了丛书的系统性、专业性、权威性，又体现了实用性。

随着我国对节约能源和环境保护的重视，热电联产事业将会得到更快的发展，热电联产技术水平也会获得快速提升，一批大容量、高参数的热电联产机组也将逐步建成投产。该套丛书的出版，将对发展热电联产，提高热电联产企业运行、检修技术和管理水平，具有重要意义！

丛书编委会

2007年10月

编者的话

本书是《热电联产机组技术丛书》之一。近几年来，一大批热电联产机组相继投产，为满足广大技术人员和现场生产人员的需要，特编写了本书。

本分册共三篇分十七章，全面阐述了热电联产机组的热工检测系统、热工自动调节系统及热工保护和顺序控制系统。

本书由陈莲芳、任子芳、马思乐、赵元宾、马悦、曲超编著。山东大学李淑英教授对书稿进行了认真的审阅，并提出了许多宝贵意见。山东大学赵元宾博士在材料搜集及整理过程中做了一定的工作。在本书将付梓之际此深表感谢。感谢徐夕仁、王召奎、孙龙、宋占龙、徐扬、闫超等对本书做出的贡献。

限于作者水平，书中疏漏与不足之处在所难免，诚请广大读者批评指正。

编者

2007年12月

Contents

目 录

前言

编者的话

第一篇 热工测量仪表

第一章 热工仪表的基本知识	1
第一节 热工仪表的组成与分类	1
第二节 热工计量标准及考核	3
第三节 测量误差及质量指标	8
第四节 数字式显示仪表简介	11
第二章 温度测量仪表	14
第一节 温度测量的一般概念	14
第二节 热电偶	16
第三节 热电阻	31
第四节 动圈式仪表	38
第五节 自动平衡式仪表的使用	41
第三章 压力测量仪表	45
第一节 压力测量仪表概述	45
第二节 液柱式压力表	46
第三节 弹性压力表	48
第四节 压力表的使用	55
第四章 流量测量仪表	57
第一节 流量测量概述	57
第二节 差压式流量计	59
第五章 特殊测量仪表	62
第一节 液位测量及仪表	62
第二节 转速测量仪表	69
第三节 氧化锆氧量计	72
第四节 皮带电子秤	74

第二篇 热工调节系统及设备

第六章 热工自动调节系统及设备	79
第一节 自动调节系统的组成、分类和基本术语	79
第二节 调节规律	85
第三节 自动调节设备	87
第七章 热工调节系统的整定试验	93
第一节 调节系统的质量指标	93
第二节 调节对象动态特性测试	94
第三节 单回路调节系统的整定方法	97
第四节 复杂调节系统整定	99
第五节 调节系统的试验	101
第八章 调节机构和指示调节仪	104
第一节 调节机构的类型	104
第二节 调节阀的流量方程式和通流能力	105
第三节 调节阀的选择	106
第四节 TKZ-2 系列调速控制组合装置	111
第五节 变频调速装置	114
第九章 集散控制系统	118
第一节 集散控制系统的体系结构	119
第二节 基本控制器	121
第三节 基本控制器的软件及组态	122
第四节 网络结构	125
第五节 集散控制系统的人机联系	128
第六节 集散控制系统操作站	131
第七节 集散控制系统的安装和调试	132
第十章 汽轮机电液调节系统	135
第一节 汽轮机的基本控制	135
第二节 功频电液调节系统	137
第三节 DEH 调节系统	138
第四节 DEH 调节系统的检查和调试	143
第五节 DEH 调节系统的运行维护	145
第十一章 锅炉设备的自动调节	148
第一节 汽包锅炉的给水调节系统	148
第二节 主蒸汽温度调节系统	153
第三节 汽包锅炉燃烧调节系统	156
第十二章 循环流化床锅炉自动控制系统	165
第一节 循环流化床锅炉热工自动控制系统概述	165

第二节	循环流化床锅炉燃烧控制系统方案	166
第三节	应用 DCS 控制系统的 CFB 自动控制系统	171
第四节	CFB 锅炉关键辅助设备的控制	173
第十三章	单元机组负荷控制系统	175
第十四章	供热控制	182
第一节	虚拟仪器技术在锅炉供热系统中的应用	182
第二节	锅炉供热系统 PID 控制简介	184

第三篇 热工保护和顺序控制

第十五章	锅炉设备的安全监控系统	187
第一节	锅炉汽压保护	187
第二节	锅炉水位保护	190
第三节	炉膛安全监视系统	193
第十六章	汽轮机安全监控系统	202
第一节	监视的基本参数和系统配置	202
第二节	传感器	203
第三节	监视系统简要说明	207
第四节	汽轮机监控设备的调试	215
第十七章	顺序控制	218
第一节	概述	218
第二节	可编程序控制器	220
参考文献		225

第一篇 热工测量仪表

热工仪表的基本知识

第一章

第一节 热工仪表的组成与分类

热工测量是指在热力生产过程中,各种热工参数(如温度、压力、流量、液位等)的测量方法,而用来测量热工参数的仪表叫做热工仪表。

从功能与学习方便出发,热工仪表可分为热工测量仪表与自动化仪表两大类,测量仪表不是单独存在的,常包含在自动化仪表中作监测用。热工测量仪表与调节器、执行器组合称作热工自动化仪表。

一、热工仪表的组成

热工仪表尽管在测量原理和结构上各不相同,但就其各个部件的作用来看,基本上都是由传感器、变送器、显示器三大部分组成的。各部分可以独立存在,也可以三部分结合在一起。

1. 传感器

传感器是指将被测量的某物理量按照一定的规律转换成能检测出来的物理量的转换装置,又称敏感元件、一次元件或发送器。亦被直接定义为能感知并检测出被观测对象的信息的机器。也就是说,传感器能代替人的五官的感知功能(视、听、嗅、尝、触),即使人的五官不能感知的信息(如红外线、电磁波、超声波等的信息),仪表传感器也能感知。

热工测量用传感器,都是把非电量的物理量转换成电量。例如热电偶,它是把被测对象的温度变化转换成热电势的变化作为输出信号,再经放大后送给显示、记录装置。

对传感器的要求是:

- (1) 传感器的输出信号必须随被测参量变化而变化。
- (2) 输出信号仅随被测参量变化而变化。
- (3) 输出信号与被测参量之间必须是单值关系(即对应一个被测参数值,传感器只能有一个输出值),而且最好是线性关系。

目前,常用的传感器几乎都不能满足上述三个条件,因此,它们各自都要求有一定的使用条件,否则就会得出错误的测量结果。例如,用热电偶测温时,要求冷端温度恒定,用热电阻温度计测温时,流过热电阻温度计的电流不能太大,否则会带来较大的测量误差。因此,为了保证测量的精确度,在选择和使用传感器时,一定要考虑它的使用条件。

2. 变送器

变送器的作用是将传感器的输出信号传送给显示器。根据不同的应用场合,变送器具有

远距离传送、放大、线性化和转化信号形式等功能。

3. 显示器

显示器的作用是反映被测参数在数值上的变化。常见的显示器有指示式、记录式、累积式、接点式（声光报警）等。在现代大容量、高参数机组上广泛使用的是数字式和屏幕式显示装置。

(1) 数字显示。直接以数码形式给出被测量值，所以不存在读数时的视觉误差，但与模拟显示相比，其直观性较差。

(2) 屏幕显示。这是电视技术在测量显示上的应用，它既能显示模拟曲线，也能显示数值，或两者同时显示。屏幕显示具有形象和易于读数的优点，并有利于进行被测参数间的比较。

二、热工仪表的分类

热工测量仪表的分类方法很多，除将用于研究与单项测量的仪表称作测试仪表或称为仪器，用于生产过程检测与控制热工参数的仪表称作热工仪表外，还可按被测参数的种类来划分（多为使用者采用），即按显示功能划分、按传感器变换原理划分（便于学习与理解）、按仪表的结构与构造原理划分或按能源划分（如气动仪表、电动仪表和液动仪表）。

目前，热工仪表多采用传感器变换原理及所测参数来命名，有时强调其显示方法而加上数字式或记录式等来命名仪表，如数字式温度显示仪表、膜盒式微压记录仪等。

按被测参数分类，热工测量仪表有压力测量仪表、温度测量仪表、湿度测量仪表、流量测量仪表、热流量测量仪表、物位测量仪表，还有转速测量、气体分析、振动测量等特殊测量仪表等。

热工测量仪表与自动化仪表还可按其组成的不同分为基地式仪表、单元组合式仪表和组装式仪表。基地式仪表是将传感、调节、显示、记录及其辅助功能组装在一个表壳里，形成能独立完成某种自动显示、调节功能的仪表。基地式调节仪表成套性强，调节范围窄，通用性差，故使用受到很大的局限，但它具有结构简单、可靠性及经济性好等优点。目前基地式仪表已较少生产，而被单元组合式仪表所代替。单元组合式仪表是将各功能分成若干个独立单元仪表，各单元之间采用统一的输入和输出信号，例如，我国生产的电动单元组合式仪表 DDZ-II 型采用 $0\sim 10\text{mA}$ 信号、DDZ-III 型采用 $4\sim 20\text{mA}$ 信号，气动单元组合仪表采用 $20\sim 100\text{kPa}$ 气压统一信号，使用中将所需单元进行不同的组合，可得到所需的各种测量与调节系统。由于这种系统具有组成与改装方便、灵活，通用性强的特点，给生产、维修、管理等带来很大的方便，因此，广泛应用于现代工业生产过程中。

组装式仪表是将各个单元划分成更小的功能块，它比单元仪表灵活，功能也多，能适应较复杂的模拟和逻辑规律相结合的调节系统的需要。例如，暖通空调专用的 WSZ-2 系列仪表。

气动仪表是以压缩空气为动力进行工作的，具有价廉、易维护、安全、防爆等特点。

液压仪表是以高压油或水进行工作的，多用于大功率场合。

电动仪表响应快速，易于远距离测量与控制，易于与各种电子装置、计算机等配合，可完成各种复杂的综合控制系统，发展十分迅速，已成为工业自动化的主要仪表。

按仪表防爆性能可分为普通型、隔爆型、安全防爆型。按仪表结构形式又可分为以下几种：

(1) 指示仪表。是通过仪表的标尺和指针或液面、光点等的相对位置来反映被测参数瞬时值的显示仪表,如动圈式仪表、弹簧管压力表等。指示仪表还包括目前大量使用的数字显示仪表。

(2) 记录仪表。是能把被测量的瞬时值记录下来的仪表。

(3) 信号仪表。这种仪表只显示被测参数是否超过允许值。当被测参数超过允许值时,就会发出音响或灯光信号,提醒运行人员注意。

(4) 调节仪表。此类仪表除指示被测参数外,还可调节被测参数,使之保持在一定范围内。

(5) 累积仪表。对被测量进行累积叠加,如流量表、皮带电子秤等。

第二节 热工计量标准及考核

根据“电力系统各企业、事业单位内部热工计量仪表和装置的建标考核、检定、管理和计量人员考核,由电力部门执行”,“电力系统热工最高计量标准接受国家计量基准的传递和监督”的规定,电力系统热工仪表及控制装置的量值管理建立四级管理体制,即国家电网公司、网局、省(市、区)电力局、发电厂(电建)四级。量值传递建立三级传递系统,即西安热工研究院建立工作基准,受国家计量部门的传递和监督;各省(市、区)电力试验研究所(院)建立一级标准,计量标准器具受西安热工研究院的传递和监督;各发电厂、供电单位、电建公司建立二级标准,即计量标准器具受主管局电力试验研究院(所)的传递和监督。

一、计量标准

计量标准是计量标准器具的简称,是指准确度等级低于计量基准,并用于检定其他计量标准或工作计量器具的计量器具。

计量标准是把计量基准所复现的单位量值逐级传递到工作计量器具,是可将测量结果在允许误差范围内追溯到国家计量基准的重要器具。计量标准按准确度等级分为若干等级。通过一定的手段和方法开展计量仪器仪表的检定工作,可确保工作计量器具量值的准确和一致。

企业的计量标准通常分为最高计量标准(用于检定低一等级的标准器具)和一般工作用计量标准(用于直接检定现场用计量器具)两种。

二、检定系统

国家基准具有现代科学技术所能达到的最高准确度等级,然而实际测量并不都需要这样高的准确度,除个别情况外,国家基准不直接用于测量。因此要建立相应的计量标准,以把国家基准复现的量值,通过检定程序,科学、合理、经济地逐级传递到工作用计量器具。这种检定程序上的所有技术规定就是检定系统。检定系统是国家法定性技术文件,用图、表结合文字的形式来表达。其规定的主要内容是检定程序,包括检定与被检定的关系,用于检定和被检定的计量器具的名称、测量范围、准确度等级和检定方法等。它是建立计量标准、开展计量检定、组织量值传递的重要依据。

三、常用计量名词术语

1. 计量装置

为确定被测量值所必需的计量器具和辅助设备的总体称为计量装置。

2. 计量器具

凡能用于直接或间接测出被测对象量值的技术装置称为计量器具。计量器具按用途可分为计量基准器、计量标准器和工作用计量器具等。

(1) 计量基准器。一般又分基准、副基准和工作基准。

1) 用来复现和保存计量单位,具有现代科学技术所能达到的最高准确度,经国家鉴定批准,作为统一全国计量单位量值的依据的计量器具,称为基准或国家基准。

2) 通过直接或间接与国家基准比对来确定量值并由国家鉴定批准的计量器具,称为副基准。

3) 经与国家基准或副基准校准或比对,并经国家鉴定,用于检定计量标准器的计量器具,称为工作基准。

(2) 计量标准器具。是指准确度低于计量基准,用于检定其他计量标准或工作计量器具的计量器具。

(3) 工作用计量器具。不用于检定工作而只是用于日常测量的计量器具称为工作用计量器具。

3. 计量检定、校准、比对

(1) 计量检定是指评定计量器具的计量性能、确定其是否合格所进行的全部工作。

(2) 校准是指确定计量器具的示值误差(必要时也包括其他性能)所进行的全部工作。

(3) 比对是在规定条件下,对相同准确度等级的同类基准、标准或工作计量器具之间的量值进行比较。

4. 检定证书、检定结果通知书

(1) 检定证书是证明计量器具检定合格的文件。

(2) 检定结果通知书是证明计量器具检定不合格的文件。

5. 量值传递

量值传递是通过检定,将国家基准所复现的计量单位量值通过计量标准逐级传递到工作计量器具,以保证测量的准确和一致的全部过程。

6. 计量认证

计量认证是政府计量管理部门对有关计量检定机构的计量检定、测试能力和可靠性进行考核和证明的过程。

7. 法定计量单位

计量法规定,国家法定计量单位采用国际单位制单位。法定计量单位的名称和符号,使用 GB 3100~3102—1993 规定的名称和符号。我国法定计量单位的内容包括:

(1) SI 基本单位(见表 1-1)。

表 1-1

SI 基本单位

量的名称	单位名称	单位符号	量的名称	单位名称	单位符号
长度	米	m	热力学温度	开[尔文]	K
质量	千克(公斤)	kg	物质的量	摩[尔]	mol
时间	秒	s	发光强度	坎[德拉]	cd
电流	安[培]	A			

(2) 包括 SI 辅助单位在内的具有专门名称的 SI 导出单位 (见表 1-2)。

表 1-2 包括 SI 辅助单位在内的具有专门名称的 SI 导出单位

量的名称	单位名称	单位符号	其他表示式例
平面角	弧度	rad	
立体角	球面度	sr	
频率	赫 [兹]	Hz	s^{-1}
力	牛 [顿]	N	$kg \cdot m/s^2$
压力, 压强, 应力	帕 [斯卡]	Pa	N/m^2
能 [量], 功, 热量	焦 [耳]	J	$N \cdot m$
功率, 辐 [射能] 通量	瓦 [特]	W	J/s
电荷 [量]	库 [仑]	C	$A \cdot s$
电压, 电动势, 电位 (电势)	伏 [特]	V	W/A
电容	法 [拉]	F	C/V
电阻	欧 [姆]	Ω	V/A
电导	西门 [子]	S	A/V
磁通 [量]	韦 [伯]	Wb	$V \cdot s$
磁通 [量] 密度, 磁感应强度	特 [斯拉]	T	Wb/m^2
电感	亨 [利]	H	Wb/A
摄氏温度	摄氏度	$^{\circ}C$	
光通量	流 [明]	lm	$cd \cdot sr$
光照度	勒 [克斯]	lx	lm/m^2

(3) 由于人类健康安全防护上的需要而确定的具有专门名称的 SI 导出单位 (见表 1-3)。

表 1-3 由于人类健康安全防护上的需要而确定的具有专门名称的 SI 导出单位

量的名称	单位名称	单位符号	其他表示式例
[放射性] 活度	贝可 [勒尔]	Bq	s^{-1}
吸收剂量, 比授 [予] 能	戈 [瑞]	Gy	J/kg
剂量当量	希 特	Sv	J/kg

(4) 国家选定的非国际单位制单位 (见表 1-4)。

表 1-4 国家选定的非国际单位制单位

量的名称	单位名称	单位符号	换算关系和说明
时 间	分 [小] 时 天 [日]	min h d	$1\text{min}=60\text{s}$ $1\text{h}=60\text{min}=3600\text{s}$ $1\text{d}=24\text{h}=86400\text{s}$
[平面] 角	[角] 秒 [角] 分 度	($''$) ($'$) ($^{\circ}$)	$1'' = (\pi/648000) \text{ rad}$ (π 为圆周率) $1' = 60'' = (\pi/10800) \text{ rad}$ $1^{\circ} = 60' = (\pi/180) \text{ rad}$
旋转速度	转每分	r/min	$r/\text{min} = (1/60) s^{-1}$
长 度	海 里	n mile	$1\text{n mile} = 1852\text{m}$ (只用于航程)
速 度	节	kn	$1\text{kn} = 1\text{n mile/h} = (1852/3600) \text{ m/s}$

续表

量的名称	单位名称	单位符号	换算关系和说明
质量	吨 原子质量单位	t u	$1\text{t}=10^3\text{kg}$ $1\text{u}\approx 1.6605655\times 10^{-27}\text{kg}$
体积	升	L, (l)	$1\text{L}=1\text{dm}^3=10^{-3}\text{m}^3$
能	电子伏	eV	$1\text{eV}\approx 1.6021892\times 10^{-19}\text{J}$
级差	分贝	dB	
线密度	特[克斯]	tex	$1\text{tex}=10^{-6}\text{kg/m}$
面积	公顷	hm ²	$1\text{hm}^2=10^4\text{m}^2$

(5) 由以上形式构成的组合形式的单位。

(6) 由 SI 词头（见表 1-5）和以上单位所构成的十进倍数和分数单位。

表 1-5 用于构成十进倍数和分数单位的 SI 词头

所表示的因数	词头名称	词头符号	所表示的因数	词头名称	词头符号
10^{24}	尧[它]	Y	10^{-1}	分	d
10^{21}	泽[它]	Z	10^{-2}	厘	c
10^{18}	艾[可萨]	E	10^{-3}	毫	m
10^{15}	拍[它]	P	10^{-6}	微	μ
10^{12}	太[拉]	T	10^{-9}	纳[诺]	n
10^9	吉[咖]	G	10^{-12}	皮[可]	p
10^6	兆	M	10^{-15}	飞[母托]	f
10^3	千	k	10^{-18}	阿[托]	a
10^2	百	h	10^{-21}	[普托]	z
10^1	十	da	10^{-24}	幺[科托]	y

四、计量标准考核

(一) 计量标准考核的必要性

根据计量法规定，计量标准必须经考核合格后才能开展计量检定工作，才具有相应的法律地位。计量标准考核是保证全国量值统一和计量器具准确可靠的一项重要措施。

(二) 计量标准考核的内容

电力系统各企业、事业单位所建立的各项热工最高计量标准，按隶属关系由有关计量行政部门主持考核，其内容包括四个方面：

1. 计量标准器及配套装置的技术性能和运行状况

(1) 计量标准器的各项技术指标及性能须符合国家计量检定系统表和检定规程的要求，并具有上级计量检定机构的检定合格证书。配套设备应齐全，属于计量器具的应具有计量检定机构的检定合格证书，其他设备还须满足有关技术要求。

(2) 应为各种标准装置填写建标报告，其内容要完整，各项指标的分析 and 评定应与实际相符。

(3) 各种标准装置技术文件应齐全，应有计量标准履历书，标准器及配套设备出厂合格证和产品使用说明书，还应按国家统一规定格式刻制计量检定印（章）、印制检定合格证书、检定记录表格等。

(4) 应具有所建标准溯源和传递到工作计量器具的检定系统图。应有国家、部门或企业颁布的检定规程。

(5) 制定各项计量标准的操作规程。

2. 环境条件

环境条件(室温、湿度、防振、防电磁场、防尘等)须达到有关检定规程的要求。设备布局应合理且清洁卫生。

3. 计量检定人员

计量检定人员应取得所从事的检定项目的计量检定员证。

4. 管理制度

具有完善的管理制度,包括实验室岗位责任制,计量标准使用维护制度,周期检定制度,检定记录及证书核定制度,事故报告制度和卫生制度。

(三) 计量检定人员的职责

(1) 正确使用计量标准,并负责维护、保养,使其保持良好的技术状况。

(2) 执行计量技术法规,进行计量检定工作。

(3) 保证计量检定的原始数据和有关技术资料完整。

(4) 承办政府计量行政部门委托的有关任务。

(四) 计量标准考核表格填写说明

1. 《计量标准考核(复查)申请表》填写说明

(1) 此表由建标单位向隶属计量行政部门填报。

(2) 整套标准装置的总不确定度是指“建标报告中计算出的总不确定度”。

(3) 计量标准装置性能概述:简要叙述装置的构成及其主要技术指标。

(4) 标准等级:指计量标准装置中主标准器的准确度等级。

(5) 所依据的检定规程及代号:指被检定对象的检定规程及代号。

2. 建立计量标准技术报告的填写说明

建立计量标准技术报告(简称建标报告)是计量标准考核的重要技术文件之一。它以文字的形式对所建立的计量标准的技术性能进行论证。针对所选用的标准器、配套设备及采用的检定方法,进行误差分析。说明所建计量标准符合国家检定系统和有关检定规程的要求。

建标报告中各项内容填写说明如下:

(1) 建标的目的和意义。此项应以精练的文字阐明该项建标的依据;装置的总不确定度;明确传递的对象并明确其性质是属社会公用计量标准,还是企业最高标准;说明是否属于强制检定计量器具。

(2) 检定方法及原理图。根据所选定的标准器及配套设备,阐述检定方法。原理图是检定工作原理图或框图,并加以必要的文字说明和解释。

(3) 误差及其来源。误差及其来源包括以下五个方面:

1) 计量标准误差。来源于标准器误差、配套设备误差及各种附件误差。

2) 方法误差。由于测量方法或计算方法不完善所引起的误差。

3) 检定人员视差。

4) 环境条件变化引起的误差。

5) 测量结果数据修约误差。