

火电工程调试技术手册

热工卷

010 1

0101 100 01010101

河南省电力公司 编

010 1 01 1

01011 0101 01



中国电力出版社

www.cepp.com.cn

火电工程调试技术手册 热工卷

河南省电力公司 编



中国电力出版社

www.cepp.com.cn

内 容 提 要

《火电工程调试技术手册 热工卷》分为十篇，共五十六章。具体内容
包括热工测量、热控设备、模拟量控制系统、锅炉燃烧管理、汽轮机和给水
泵汽轮机控制与保护、旁路系统控制、辅机和外围系统的逻辑控制、数据采
集和处理。此外，在全书的最后，将热工专业调试常用数表、单位换算、英
文缩写、标准和规程目录等作为附录列出，以供参考。本手册以文字叙述为
主，并配以大量的图、表和公式，以方便读者阅读。

本手册可供从事热工控制和测量方面的电力建设调试，设备技术改造，
科研、设计、检修工作的专业人员，及有关专业的大、中专院校在校学生参
考；特别适合大型火电机组的现场调试人员阅读。

图书在版编目 (CIP) 数据

火电工程调试技术手册 热工卷/河南省电力公司编.
北京: 中国电力出版社, 2003

ISBN 7-5083-1198-1

I. 火... II. 河... III. ①火力发电-电气工程-调
试-技术手册 ②火力发电-热力系统-调试-技术手
册 IV. TM621-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2003) 第 074656 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>)

北京市铁成印刷厂印刷

各地新华书店经售

*

2004 年 9 月第一版 2004 年 9 月北京第一次印刷

787 毫米 × 1092 毫米 16 开本 30.25 印张 737 千字

印数 0001—4000 册 定价 66.00 元

版 权 专 有 翻 印 必 究

(本书如有印装质量问题，我社发行部负责退换)

《火电工程调试技术手册》编委会

主任 吴华斌

副主任 尚全忠 方志民 刘毓珣

委员 (按姓氏笔画排列)

马淮军 石光 白明九 刘韶林 刘遵义

刘静宇 张强 李炳军 李庆渝 李春茂

李春林 陈守聚 时进荣 邱武斌 易绪涛

郭子仁 袁立平 崔文涛 阎留保

编辑 尚全忠 李庆渝 白明九

《火电工程调试技术手册》

(热工卷) 编写人员

李炳军	徐占胜	郭为民	张渡	李朝晖
高建红	杨培成	孙晓黎	蔡云贵	刘海宝
胡毅	刘郁	田均明	宋艳亭	姚红翌
孙治强	刘恪	宋毅	高延章	戴震
贺翔	单英雷	何玉红	郑辉	胡玉霞
连化峰	施书建	孙宇良		

前言

电力工程调整试运行工作是电力基本建设不可替代的重要环节。调试工作既是一个相对独立的阶段，同时又贯穿于整个工程建设全过程。通过对整套设备的调整试运行，可使各系统单个设备形成具有活力和生产力的有机整体。

在长期的电力建设中，广大电力工程调试工作者善于学习、勇于探索、勤于实践、开拓创新，积累了丰富的调试经验，为电力建设整体水平的不断提高奠定了坚实的基础。随着现代化、大容量、高参数火电机组迅猛的发展，新设备、新技术、新工艺、新材料广泛运用，对电力工程调整试运行工作提出了更高、更新的要求。

“工欲善其事，必先利其器。”为适应调试技术不断发展的需要，提高电力调试队伍的整体素质和调试技术水平，我们组织了电力工程调试战线上的一批专家和工程技术人员，立足电力工程基本建设的实际，重视经验的总结和积累，努力跟踪国内外电力工程调试前沿新技术，从大量纷繁零散的资料中综合提炼，融会贯通，历时两年，几易其稿，终于完成了这套火电工程调试技术手册的编辑出版工作。

该《手册》详细阐释了火电工程中汽轮机、锅炉、金属、热工、化学、电气等各系统基础知识、基本原理、技术参数、经济指标以及调试的标准、方法、步骤等等。其内容既是电力工程调试工作经验的升华，又充分反映了当今国际国内调试技术的最新成果，具有较强的科学性、实用性，对指导电力建设工程调试工作、提高工程调试人员的综合素质都大有裨益。

本套技术手册能在 21 世纪的开元之际如期付梓，要感谢各位作者以科学、严谨的治学态度，满腔热情投入资料的整理和编写中，为确保手册的高质量完成，付出了辛勤的汗水。要感谢各位专家，他们的学术造诣和敬业精神令人钦佩，使本套手册既有较强的实用性，又具有较高的学术价值。同时还要感谢出版社各位编辑的辛勤劳动。在此谨向他们致以诚挚的谢意和崇高的敬意。

火电工程调试是一个复杂的系统工程。电力调试工作的技术含量之高、配合分工之严，使我们在编写过程中感到压力和责任。尽管经过专家和编者的认真审查和核校，百密一疏，错误和纰漏在所难免，敬请各位同仁和广大调试工作者斧正，以期在今后的修订中不断完善。

吴华斌

2002 年 1 月 3 日于郑州

编写说明

《火电工程调试技术手册》的编写是一项全新的工作，热工专业又是发展迅速、新技术含量较多的一个专业，因此《火电工程调试技术手册 热工卷》编写工作的难度是很大的。本手册以文字叙述为主，并附有多幅插图和部分表格、公式，以求简明扼要、方便阅读。

本卷分为十篇，共五十七章。各篇的主要内容如下：第一篇介绍计量基础知识，压力、温度、物位、流量、机械量的测量；第二篇介绍分散控制系统、可编程逻辑控制器，可编程单回路控制器，执行机构，报警仪表和操作器；第三篇介绍模拟量控制基础知识，各主要模拟量控制系统的调试；第四篇介绍锅炉炉膛安全监控系统的基础知识，火焰检测，锅炉安全保护逻辑，燃烧器控制逻辑，BMS的调试内容和方法；第五篇介绍汽轮机电液控制系统的功能，汽轮机自启停逻辑，热应力计算及寿命管理，给水泵汽轮机控制系统，汽轮机控制系统试验程序和静态、动态试验项目；第六篇介绍主机保护系统，给水泵汽轮机保护系统，汽轮机保护的试验程序和静态、动态试验项目；第七篇介绍苏尔寿、西门子、国产旁路控制系统及其试验程序、项目，调试与运行的注意事项；第八篇介绍顺序控制的基础知识，进口350MW、国产300MW单元机组的典型逻辑；第九篇介绍数据采集系统的基本知识，调试的范围和内容；第十篇介绍输煤程控系统，飞灰输送控制系统，补给水和凝结水处理控制系统的调试方法和试验内容。此外，在附录中还列出了热电偶分度表、热电阻分度表、常用计量单位及其换算、热工专业常用英文缩写、热工调试常用标准和规程的目录等。

在本手册的完成过程中，我们采用了分工编写、集中审核的方法。编写的分工是：第一、三章宋艳亭，第二章、附录C刘郁，第四章、附录A姚红翌，第五、六、五十三、五十五、附录张渡，第七章、附录B胡毅，第八、九章徐占胜，第十、五十六章孙治强，第十一、三十六刘恪，第十二章宋毅，第十三章田均明，第十四章郭为民，第十五、十六章高延章，第十七、十八章蔡云贵，第十九至二十一章刘海宝，第二十二章李炳军，第二十三章戴震，第二十四、二十五、二十七章高建红，第二十六、三十一章连化峰，第二十八章贺翔，第二十九、三十章单英雷，第三十二、三十三、三十七、三十八章杨培成，第三十四、三十五、三十九章李朝晖，第四十章何玉红，第四十一至四十六章孙晓黎，第四十七至五十章徐占胜、施书建、宋毅，第五十一至五十二章郭为民、田均明，第五十四章郑辉。各篇的总协调由张渡负责。审核工作的分工是（每组排在第一的为主审）：李炳军、贺翔审第五、六、七、九篇，刘海宝、高延章、张渡审第三、十篇，徐占胜、高建红、施书建审第二、四、八篇，刘郁、李炳军审第一篇、附录。

由于编者水平有限、经验不足，且时间仓促，故本手册难免存在缺点、错误和疏漏之处，恳请广大读者批评指正。

前言
编写说明

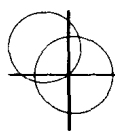


第一篇

热工测量

第一章 概述	3
第二章 计量基础知识	4
第一节 计量常识	4
第二节 国际单位制和法定计量单位	7
第三节 误差与不确定度的评定及表示	13
第四节 数据处理	20
第三章 压力测量	24
第一节 基础知识	24
第二节 液体压力计	26
第三节 弹性式压力仪表	27
第四节 压力(差压)变送器	32
第五节 数字压力计	36
第四章 温度测量	38
第一节 温度与温标	38
第二节 热电偶	38
第三节 热电阻	41
第四节 膨胀式温度计	45
第五节 辐射式高温计	49
第六节 测温系统	50
第七节 动圈式仪表	51
第八节 自动平衡式显示仪表	55
第九节 数字式热工显示仪表及温度变送器	57
第五章 物位测量	60
第一节 综述	60
第二节 用于汽包水位测量的平衡容器及差压变送器与压力变送器	61
第三节 汽包水位的补偿计算	62
第四节 补偿计算回路设计举例	63
第五节 汽包压力测量值的两项校正	64
第六节 现场调试的步骤和方法	65
第七节 常见故障的消除	66
第六章 流量测量	68
第一节 基本概念	68

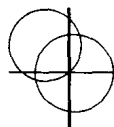
第二节	差压式流量计	69
第三节	非差压式流量计	74
第四节	差压式流量测量所用的仪表	77
第五节	节流式差压流量仪表的校验	79
第六节	标准节流装置不符合标准时的处理办法	82
第七节	冷凝器和仪表导压管的安装检查	82
第八节	流量测量系统的投入和故障排除	83
第七章	机械量测量	84
第一节	基础知识	84
第二节	汽轮机机械量测量仪表传感器的选择与安装	87
第三节	基本配置	90
第四节	注意事项	93



第二篇

热控设备

第八章	概述	97
第九章	分散控制系统	100
第一节	发展概述	100
第二节	简要介绍	100
第三节	国外分散控制系统介绍	102
第四节	我国火电厂 DCS 应用业绩	112
第十章	可编程序控制器	117
第一节	概述	117
第二节	工作原理	118
第三节	编程方法	121
第四节	调试	122
第十一章	可编程型单回路调节器	126
第一节	概述	126
第二节	特点	126
第三节	功能和应用	127
第十二章	执行机构	131
第一节	电动执行机构	131
第二节	气动执行机构	135
第十三章	报警装置和操作器	138
第一节	报警装置	138
第二节	操作器	140

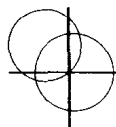


第三篇

模拟量控制系统

第十四章	概述	149
第十五章	基础知识	151

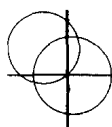
第一节	模拟量控制系统	151
第二节	热工调节对象和自动调节器	153
第三节	系统分析和整定	159
第十六章	模拟量控制系统的试验和整定	163
第一节	概述	163
第二节	静态试验	163
第三节	动态整定	164
第十七章	机炉协调控制系统	167
第一节	概述	167
第二节	系统分类	168
第三节	单元机组协调控制系统实例	171
第四节	系统现场调试及投入	172
第十八章	主蒸汽压力控制系统	174
第一节	概述	174
第二节	类型	174
第三节	实例	176
第四节	系统现场调试及投入	178
第十九章	氧量和送风调节系统	180
第二十章	炉膛压力控制系统	187
第二十一章	一次风压控制系统	191
第二十二章	汽包炉给水自动控制系统	193
第一节	汽包水位动态特性	193
第二节	串级三冲量给水控制系统	194
第三节	调节阀和调速泵	196
第四节	全程给水控制系统	197
第五节	调整试验	200
第二十三章	主蒸汽温度与再热蒸汽温度控制系统	203
第一节	系统简介	203
第二节	主蒸汽温度控制系统	203
第三节	再热蒸汽温度控制系统	209
第二十四章	高压加热器水位、低压加热器水位控制系统	210
第一节	热力系统简介	210
第二节	系统原理	211
第三节	连锁保护逻辑	214
第四节	系统调试	214
第二十五章	凝汽器热井水位控制系统与除氧器水位控制系统	217
第一节	系统简介	217
第二节	系统原理	218
第三节	连锁保护逻辑	219
第四节	系统调试	220



第四篇

锅炉炉膛安全监控系统

第二十六章	概述	223
第二十七章	基础知识	227
第一节	锅炉炉膛爆燃的理论分析	227
第二节	防止锅炉炉膛爆燃的措施	228
第三节	锅炉燃烧设备	229
第二十八章	火焰检测	231
第一节	综述	231
第二节	红外火焰检测器	233
第三节	可见光火焰检测器	234
第四节	火焰检测器的实际应用	236
第五节	其他型号的火焰检测器	237
第二十九章	锅炉炉膛安全保护逻辑	239
第一节	简述	239
第二节	主燃料跳闸	239
第三节	炉膛吹扫和燃油泄漏试验	249
第四节	锅炉火焰监视和火焰检测冷却风机	251
第五节	FSSS 系统调试中的常见故障	252
第三十章	燃烧器控制逻辑	254
第一节	燃烧器控制系统简介	254
第二节	暖炉油枪启停控制	255
第三节	磨煤机顺序启停及保护逻辑	260
第四节	其他重要连锁保护逻辑	266
第三十一章	BMS 的调试	269

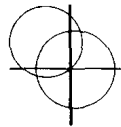


第五篇

汽轮机电液控制系统与给水泵汽轮机电液控制系统

第三十二章	概述	277
第三十三章	汽轮机电液控制系统	280
第一节	基础知识	280
第二节	汽轮机的配汽方式和启动、运行方式	282
第三节	转速与负荷控制原理概述	282
第四节	DEH 与相关系统的接口	285
第五节	DEH 液压系统简介	287
第三十四章	汽轮机自启停逻辑	288
第一节	概述	288
第二节	启停逻辑及判据监视	288
第三节	调试方法及步骤	290
第三十五章	热应力计算及寿命管理	291

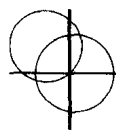
第一节	热应力计算简述	291
第二节	调试过程中的处理	291
第三十六章	给水泵汽轮机电液控制系统	293
第一节	系统原理及组成	293
第二节	调试方法和步骤	295
第三十七章	汽轮机控制系统试验程序和项目	297
第一节	前期准备工作	297
第二节	控制装置及功能试验	298
第三节	系统投运及动态试验	300



第六篇

汽轮机保护系统与给水泵汽轮机保护系统

第三十八章	汽轮机保护系统	303
第一节	概述	303
第二节	跳闸保护项目的设置	303
第三节	跳闸保护动作后的主要动作项目	304
第四节	电超速保护及快关保护	305
第五节	汽轮机保护系统与其他系统的接口	306
第六节	跳闸保护电磁阀的接线方式	309
第七节	提高保护系统可靠性的措施	310
第三十九章	给水泵汽轮机保护系统	312
第一节	概述	312
第二节	给水泵汽轮机跳闸保护项目	312
第三节	给水泵汽轮机跳闸保护的相关动作项目	313
第四十章	汽轮机保护系统的试验程序和项目	314
第一节	概述	314
第二节	分系统调试阶段的试验	314
第三节	系统投入及动态试验	315
第四节	给水泵汽轮机跳闸保护系统的调试	316
第五节	调试中需要特别关注的几个问题	316

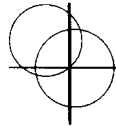


第七篇

旁路控制系统

第四十一章	概述	319
第四十二章	苏尔寿旁路控制系统	321
第一节	简介	321
第二节	AV6型旁路控制系统	321
第四十三章	西门子旁路控制系统	328
第一节	简介	328
第二节	TMEA型旁路控制系统	328
第四十四章	国产旁路控制系统简介	336

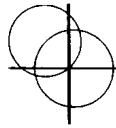
第四十五章 旁路控制系统的静态和动态试验	337
第一节 静态检查与试验	337
第二节 动态试验	339
第四十六章 旁路控制系统的调试与运行	341



第八篇

辅机顺序控制系统

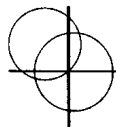
第四十七章 概述	345
第四十八章 基础知识	347
第一节 基本概念	347
第二节 控制级	347
第三节 系统整定	348
第四十九章 进口 350MW 单元机组 SCS 典型逻辑	349
第五十章 国产 300MW 单元机组 SCS 典型逻辑	363



第九篇

数据采集系统

第五十一章 基础知识	373
第五十二章 调试的范围与内容	376
第一节 调试范围	376
第二节 数据采集装置的调试	376
第三节 操作员站的调试	378
第四节 历史数据站的调试	380
第五节 SOE 的调试	382



第十篇

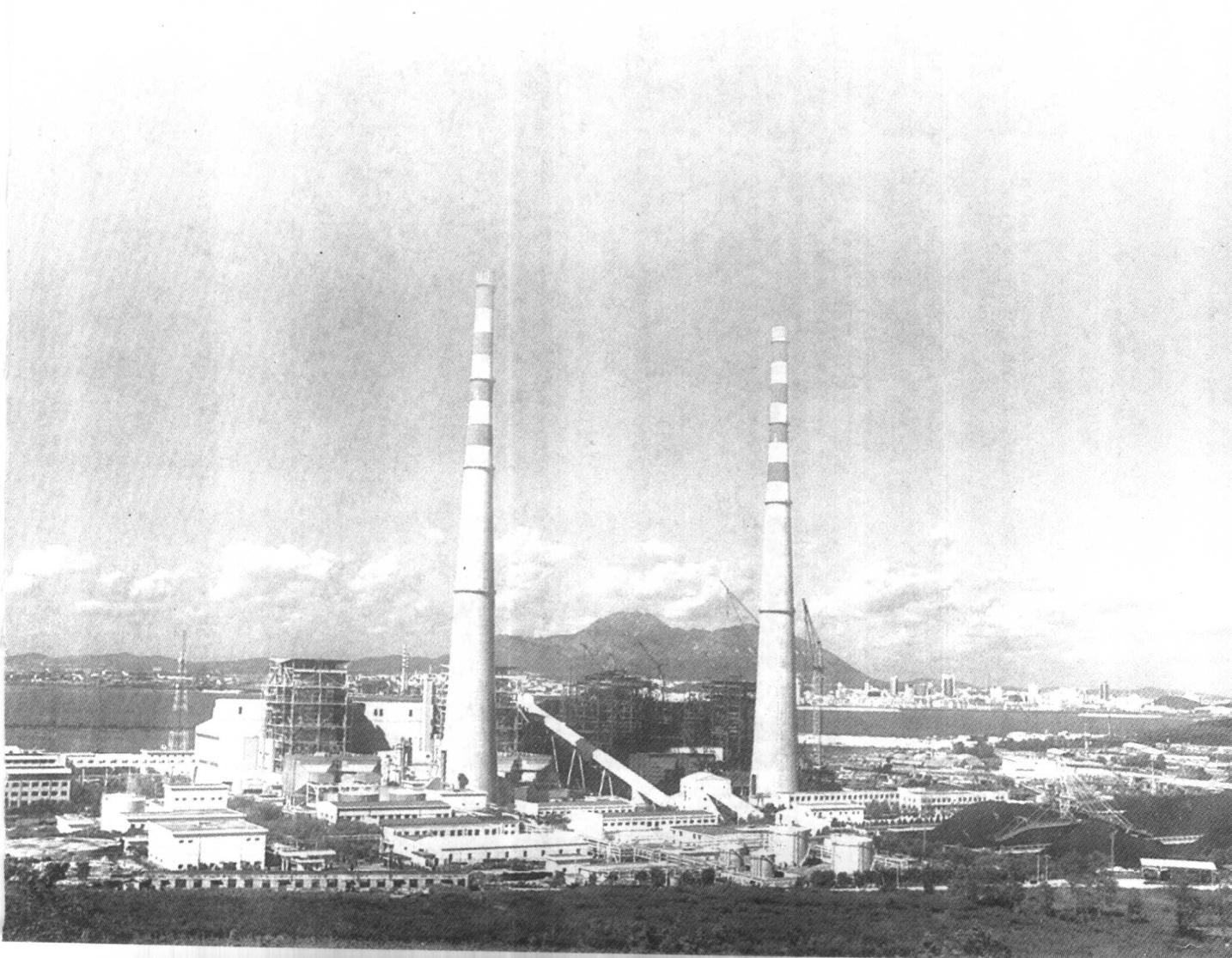
外围设备控制系统

第五十三章 概述	385
第五十四章 输煤控制系统	386
第一节 概述	386
第二节 上煤、配煤系统的控制	387
第三节 控制系统组成	388
第四节 程序控制系统的操作	389
第五节 工业电视监视系统的应用	389
第六节 程序控制的调试和故障	390
第五十五章 飞灰输送控制系统	391
第一节 设备和运行	391
第二节 试验项目	398
第三节 常见故障处理	399
第五十六章 补给水和凝结水处理控制系统	402
第一节 概述	402

第二节 工艺说明	402
第三节 设计说明	403
第四节 调试过程及注意事项	405
附录 调试方案的编写	406
附表 A 热电偶分度表	409
表 A1 铂铑 10-铂热电偶 (S 型) 分度表	409
表 A2 铂铑 13-铂热电偶 (R 型) 分度表	415
表 A3 铂铑 30-铂铑 6 热电偶 (B 型) 分度表	421
表 A4 镍铬-镍硅热电偶 (K 型) 分度表	428
表 A5 镍铬硅-镍硅热电偶 (N 型) 分度表	434
表 A6 镍铬-铜镍合金 (康铜) 热电偶 (E 型) 分度表	440
表 A7 铁-铜镍合金 (康铜) 热电偶 (J 型) 分度表	445
表 A8 铜-铜镍合金 (康铜) 热电偶 (T 型) 分度表	450
表 A9 八种热电偶整百度热电势标准值	454
附表 B 热电阻分度表	455
表 B1 Pt100 铂热电阻分度表	455
表 B2 Pt10 铂热电阻分度表	457
表 B3 Cu100 铜热电阻分度表	461
表 B4 Cu50 铜热电阻分度表	462
附表 C 常用英文缩写	464
参考文献	470

第一篇

热工测量



第一章 概 述

在火力发电厂的生产中,热工测量是热力过程控制系统的一个组成部分。热工测量在控制系统中具有重要的地位,通过对热工参数的测量,可及时反映出热力设备的运行情况,以便为运行人员提供必要的操作依据,为热工自动化装置准确、及时地提供信号,为运行的经济性计算提供数据。因此,热工测量是保证热力设备安全、经济运行及实现自动化的必要条件,亦是进行经济管理、环境保护、新型热力生产系统和设备研究的重要条件。其质量的好坏直接影响自动化水平的高低,也影响着发电机组的安全性和经济效益。

随着火力发电厂热力设备日益向大容量、高参数的方向发展,电厂的自动化水平也日益提高,对热工测量的准确性和可靠性要求越来越高,测点数量也越来越多;并且随着新材料和新技术的使用,新型热工测量仪表不断涌现。据统计,300MW火力发电机组的热工测点已多达4000~5000个,需使用分散控制系统才能对大量的测量数据进行处理。

在火力发电厂的运行中,要求整个测量系统长期处于投入状态,正确而及时地反映热力设备的运行情况,并改善运行人员的劳动条件。所以,从事热工测量工作的技术人员必须充分熟悉热工测量仪表和测量系统,掌握正确的测量方法,对热力设备(即被测对象)的结构和性能也要有一定的了解。

由于测量中总是存在着测量误差,测量工作者的任务之一就是要尽量使之减小,因此应选择合理的测量方法;所用的测量单位必须是相对固定的,并且是国家法定计量单位;所用的测量工具必须足够精确,并事先经过检验。

本篇主要讲述火力发电厂热工参数的基本测量方法,传感器的原理和性能,仪表的选用和测点的选择原则,测量系统的组成,仪表的校验和维护,以及计量的基础知识等。这些内容涉及面较广,而本篇只能介绍常用的测量方法和仪表,希望读者能举一反三,在各种实际的测量工作中,根据不同的对象来分析和解决测量问题。

第二章 计量基础知识

第一节 计量常识

一、计量术语及定义

计量：为实现单位统一、量值准确可靠的活动。

法制计量：计量的一部分，即与法定计量机构所执行工作有关的部分，涉及到对计量单位、测量方法、测量设备和测量实验室的法定要求。

测量仪器、计量器具：单独地或连同辅助设备一起用以进行测量的器具。

测量系统：组装起来以进行特定测量的全套测量仪器和其他设备。

例如：(1) 测量半导体材料电导率的装置。

(2) 校准体温计的装置。

说明：(1) 测量系统可以包含实物量具和化学试剂。

(2) 固定安装着的测量系统称为测量装备。

测量设备：测量仪器、测量标准、参考物质、辅助设备以及进行测量所必需的资料的总称。

测量传感器：提供与输入量有确定关系的输出量的器件。

例如：(1) 热电偶。

(2) 压力传感器。

(3) 振动传感器。

[测量] 标准、[计量] 基准、标准：为了定义、实现、保存或复现量的单位或一个或多个量值，用作参考的实物量具、测量仪器、参考物质或测量系统。

例如：(1) 1kg 质量标准。

(2) 100Ω 标准电阻。

(3) 标准电流表。

说明：(1) 一组相似的实物量或测量仪器，通过它们的组合使用所构成的标准称为集合标准。

(2) 一组其值经过选择的标准，它们可单个使用或组合使用，从而提供一系列同种量的值，称为标准组。

国际 [测量] 标准、国际 [计量] 基准：经国际协议承认的测量标准，在国际上作为对有关量的其他测量标准定值的依据。

国家 [测量] 标准、国家 [计量] 基准：经过国家决定承认的测量标准，在一个国家内作为对有关量的其他测量标准定值的依据。

基准、原级标准：具有最高的计量学特性，其值不必参考相同量的其他标准，被指定的或普遍承认的测量标准。

说明：基准的概念同等地适用于基本量和导出量。