

热工测量和仪表

鍾家一編

南京工学院热工设备教研组校訂

*

中国工业出版社出版(北京佟麟阁路丙10号)

(北京市书刊出版事业许可证出字第110号)

中国工业出版社第二印刷厂印刷

新华书店科技发行所发行 各地新华书店經售

开本787×1092 1/16 印张17 字数400,000

1961年7月北京第一版 1961年7月北京第一次印刷

印数0001—3,033 定价(10-6) 1.65元

统一书号 15165-35 35-563

說 明

一、本书是根据1961年3月水利电力部召开的高等学校水利电力类专业教材工作会议的决定、由我院就原有讲义进行修改补充而編成的，目的是为了了解决当前高等学校教材的需要問題。本书适用于高等学校热工类专业的“热工仪表”課程，特別适用于“发电厂热能动力装置”专业。其内容和安排基本上是以1959年拟訂的热能动力装置专业热工仪表課程教学大綱为依据的。

二、关于本书的内容，还需作如下說明：

1. 为了适应其他专业的要求和适当滿足科学研究的需要，本书也介紹了对某些特殊对象的测量方法和比較新型的热工仪表，这些都用小号字排印；

2. 由于国产仪表的型号尚未統一制訂(仅有草案)，考虑到国内一般技术人員对苏联生产的热工仪表型号比較熟悉，故在介紹具体仪表时暫称以“相当苏联×××型”；

3. 各参数所用单位均按不同場合依从习惯，沒有严格按照SI制的規定。考虑到本书讀者是高等学校高年級的同学，想来不致引起混乱。

三、由于編写期限比較仓促，同时对热工仪表方面的实际工作經驗也感缺乏，在全体系和具体内容方面难免有不恰当的地方。我們衷心希望使用本书的教师、同学或其他讀者提出批評和指正。

南京工学院热力設備教研組

1961年4月·

緒 言

一、測量技術、熱工測量和熱工測量儀表

測量技術就是有關測量方法和測量工具的科學技術。

由於測量技術對科學技術的各部門都具有重要意義，現在它已發展成為一門學科——計量學。

測量技術隨著測量工作對象的不同而分成若干部門，如長度測量、力學測量、熱工測量、電學測量等等。熱工測量通常是指熱力過程中各參數(如溫度、壓力、流量等)的測量方法。

在熱能動力工程中，對熱力設備工作情況進行連續的生產檢查是通過熱工測量來進行的，因而熱工測量也被稱為熱檢查。熱工測量(或熱檢查)所用的儀表也就稱作熱工測量儀表(或熱檢查儀表)。

本書的內容就是介紹熱工測量方法及其儀表，更具體地說，也就是介紹熱力過程中各參數的測量方法和儀表。

二、熱工測量技術對熱工生產的意義

熱工測量技術與國民經濟中的很多部門有關，因為熱力過程中的各參數也是很多工農業生產過程中的重要參數。在熱工生產過程中，熱工測量對保證設備的安全和經濟運行所起的作用極為重要。

隨著熱力設備本身的发展，對熱工測量的要求也愈來愈高。近代熱力設備的發展趨勢是容量大、參數高、安全係數低、連續運行的要求嚴。這一切都要求運行人員有高度的責任感和熟練的操作技能，而正確、可靠的熱工測量方法和儀表又是運行人員的耳目。運行人員如果沒有儀表，就實際上無法判斷設備的工作情況。例如對現有的大型汽鼓鍋爐來說，如停止給水，只要半分鐘到一分鐘就會使汽鼓中的水全部燒干，如果沒有連續監督汽鼓水位的儀表，就沒有控制給水的依據；又如新汽溫度、凝汽器的真空度、煙氣中的二氧化碳或氧的含量對熱力設備運行的經濟性都有重大影響，這些參數都是無法用人們的感覺器官直接察知其數量上的變化的，如果沒有連續測量這些參數的儀表，運行人員也就沒有操作的根據。我們常說“儀表是工業的眼睛”，這並不是誇大的。

可靠的熱工測量技術也是熱工生產過程自動化的必要條件。測量是調節的根據，調節是測量的目的。生產過程自動化就是根據測量設備所提供的訊號來發出指令，對設備自動地進行必要的操作，使生產過程按預定的、最安全和最經濟的工况運行。顯然，如沒有完善的測量方法，就沒有自動化的可能。我們知道，當過去只能用玻璃管溫度計、玻璃水位計等就地測量設備來對鍋爐的工作進行監督時，是不能提出鍋爐設備自動化的任務的。即使在現在，由於對火力發電廠給水處理過程中各參數(特別是化學成分)還缺乏可靠、自動、快速的連續測量方法，火力發電廠的綜合自動化方面還存在著一定的困難的。

如上所述，熱工測量技術已是現代熱工生產安全、經濟的必要保證，熱工測量儀表已是各種熱力裝置中不可或缺的輔助設備。作為現代的熱工技術工作者，就必須掌握有

关热工测量的知識和技术。在有关热工专业的教育計劃中列入“热工测量”这一課程，也正是反映了这种要求。

三、热工测量技术的发展現况

热工测量技术在最近几十年中，特别是在第二次世界大战以后，发展得非常快。目前世界各国生产的热工测量仪表，品种达数千种，其准确度、自动和連續的程度也較战前大为提高。例如对鍋炉设备來說，过去对运行的檢查只能依靠一些就地测量的簡單仪表，运行人員必須定时記錄仪表讀数，以便进行事后的分析和檢查；某些参数（例如烟气和給水的成分）只能依靠复杂而費时的化学分析，根本沒有可以連續、自动地指出讀数的仪表。而現在，已有了成套的自动遙测設備，从而可能实现設備的集中檢查和管理。近年来，由于特殊冶金、半导体、計算技术、和原子能等科学技术的飞速发展，对测量技术提出了新的要求，也由于这些新技术成果在测量技术中的应用，相互推动、彼此促进，热工测量技术的发展更是一日千里。現在已有了各种超高参数（例如达百万度的温度）、超低参数（例如 2°K 左右的温度）、高频脉动参数的测量方法；已經用电子計算装置来直接反映牽涉很多参数的綜合結果；用放射性同位素来实现参数的快速、連續、自动和不接触测量；在热力設備中已日益广泛地使用数字化仪表，以及把测量和調节过程合而为一的数据处理装置等等。

值得提出的是：我国的科学技术工作者在中国共产党的领导下也已掌握或即将掌握这些热工测量技术的近代成就。

解放前的旧中国是根本沒有仪表制造工业的，而且当时仅有的一些热工装备也缺乏成套的测量仪表。解放以后，在党的正确领导下，在苏联和其他兄弟国家的无私帮助下，只經過不长的时期，在热工测量技术方面就取得了很大的成績。

在第一个五年計劃期間所建設的許多重点企业都装备着成套的新型仪表。为了适应各工农业生产部門的需要，党在同时也着手建設了第一批热工测量方面的科学研究机构和热工仪表的生产基地，并筹备建立了我国的最高計量监督机关——中华人民共和国国家計量局。^①

在党的社会主义建設总路綫的光輝照耀下，1958年在热工测量技术方面也出現了大跃进。在1958年，我国已能自己生产成套的热工测量仪表，同时在我国的大部分地区都建立了国家計量管理部門，建立了各种量具計器的国家标准，并制定了各种标准的傳遞系統；也就是在1958年，我国在历史上第一次統一了全国的計量标准单位。1958年的大跃进，使我国的热工测量技术水平向前跃进了一大步。

1959年以后，全国各方面的工作都在持續跃进，热工测量技术也繼續飞速向前发展。我們已能生产各种极精密的自动檢查仪表，例如气动单元組合、电子单元組合、各种型式的电子电位計……以及代表世界先进水平的巡回檢測和数据处理仪表等。

与此同时，一支巨大的热工测量技术人員的队伍也正在形成。現在已在不少高等学校里設置了有关专业，并已有了一大批毕业生在从事热工测量方法的研究和热工仪表的生产工作；几乎在各省市都設有热工仪表研究所，培养了很多专业研究人員；此外，各地还广泛地开展了有关测量技术的專門活动，通过国家和各地方举办的訓練班、讲习班和

① 即現在的中华人民共和国科学技术委员会計量局。

某些专业技术团体組織(如前第一机械工业部工具科学研究所领导下的各地温度計量协作組等), 訓練了成千上万的热工測量技术人員。

1958年全民大炼鋼鐵运动中, 广泛需要測量工具来檢查小高炉的运行情况; 1960年号召計量工作要为农业服务, 号召各行各业开展一个以机械化、半机械化、自动化、半自动化为中心的技术革新和技术革命的羣众运动。这样就使測量仪表对生产的作用为广大羣众所認識, 通过羣众的創造, 土洋結合的热工仪表遍地开花。凡此都直接間接地推动了热工測量技术的发展, 促成了热工測量技术队伍的壮大。如同其他各項工作一样, 我們的热工測量技术也是采取专业队伍与羣众活动相結合的方式, 在广泛的羣众性的基础上发展起来、并向高、精、尖迈进。

应该看到: 这些不仅單純地反映了在热工測量技术方面的成就, 更重要的是由此可以看出我国在热工生产各部門的技术水平飞速进展的面貌。

全国解放不过十一年多, 回顾这十一年来所取得的巨大成就, 我們深信: 在不长的時間內, 热工測量技术方面很快就要赶上世界最先进的水平。

四、热工測量的主要内容:

热力过程中的主要参数大致包括五个量, 即温度、压力、流量、液体和固体粉末的表面位置、以及化学成分。本书的主要内容也就是介紹上述各参数的測量方法和仪表。在发电厂和其他工业部門中, 为了保証热工測量仪表的工作可靠, 都有專門的机构負責, 例如发电厂中的热工室以及其他企业的計器科或中央試驗室等。

作为一个現代的热工技术工作者, 必須在熟悉热工生产过程的基础上掌握生产过程中各参数的測量方法, 具备有关測量仪表的知識。应该善于选用正确的測量方法和仪表, 熟悉这些測量方法和仪表的使用条件, 正确判断測量誤差的可能来源及其消除方法。并在这些知識的基础上具有使測量仪表在正确、可靠的状态下运行的知識和技能。热工仪表課程的設置和本书的編写, 其目的即在于介紹这方面有关的知識和技术。

应该指出, 为了保証热力設備的安全、經濟运行, 除了上述五个参数外, 还可能必須进行連續檢查的其他参数, 例如电力拖动設備的电流、电压; 汽輪机轉子的軸向位移等等, 但是其中有些測量仪表已包括在别的課程內容之內, 有些測量仪表的装設量远較上述五个参数的測量仪表为少, 因此, 本书不拟一一討論。

目 录

緒言.....	5
---------	---

第一篇 仪表的作用元件和有关計量工作的基本知識

第一章 仪表的作用元件	8
§ 1-1 仪表的三个作用元件.....	8
§ 1-2 测量仪表的感受件.....	9
§ 1-3 仪表的效用件.....	9
§ 1-4 仪表的中間件.....	11
第二章 有关計量工作的基本知識	12
§ 2-1 仪表讀数的准确度.....	12
§ 2-2 判断仪表工作性能的計量工作.....	14
§ 2-3 仪表使用时可能引起的誤差.....	15

第二篇 溫度的测量方法和仪表

第三章 温标、国际温标和测温方法概述.....	17
§ 3-1 温度和温标.....	17
§ 3-2 1948年国际实用温标.....	19
§ 3-3 国际百度温标(1948年温标).....	19
§ 3-4 常用测温仪表的介紹.....	21
第四章 玻璃液体溫度計.....	22
§ 4-1 玻璃液体溫度計的工作原理.....	22
§ 4-2 玻璃液体溫度計的构造型式.....	23
§ 4-3 玻璃液体溫度計的使用.....	27
第五章 热电高溫計	29
§ 5-1 热电现象和热电偶的基本定律.....	29
§ 5-2 热电高溫計的感受件——热电偶.....	31
§ 5-3 热电偶冷端溫度的影响及其补偿方法.....	37
§ 5-4 用磁电式仪表——毫伏計——测量热电势.....	43
§ 5-5 用补偿方法——电位計——测量热电势.....	50
§ 5-6 热电高溫計的使用.....	59
附录	63
第六章 电阻溫度計	65
§ 6-1 概說.....	65
§ 6-2 电阻溫度計的感受件——测温电阻和半导体热敏电阻.....	65
§ 6-3 在实验室内测量电阻的方法.....	73
§ 6-4 测量电阻用的直讀式仪表.....	76
§ 6-5 电阻溫度計的使用.....	82
附录	86

第七章	其他接触测温方法和仪表	83
§ 7-1	固体膨胀温度计	88
§ 7-2	压力计式温度计	89
§ 7-3	其他的接触测温方法	92
第八章	接触测温方法的讨论	96
§ 8-1	用接触法测量温度时的静态误差	96
§ 8-2	在几种典型测量条件下静态测量误差的讨论	97
§ 8-3	几种特殊对象的测量问题	107
§ 8-4	测温时动态测量误差的简单讨论	110
第九章	非接触式测温方法和仪表	111
§ 9-1	常用非接触式高温计的原理和仪表型式	111
§ 9-2	常用非接触式高温计的构造	115
§ 9-3	光学高温计和辐射高温计的使用	119
§ 9-4	比色高温计	120
§ 9-5	其他非接触测温方法	124

第三篇 压力和真空的测量方法和仪表

第十章	液柱式压力计和真空计	127
§ 10-1	液柱式压力计的工作原理与基本构造	127
§ 10-2	液柱式压力计所用的封液及影响封液重度的因素	129
§ 10-3	液柱式压力计的构造	130
§ 10-4	将液面的位置变化转换为机械位移的液柱式压力计	132
	附录	134
第十一章	活塞式压力计	135
§ 11-1	活塞式压力计的构造	135
§ 11-2	活塞式压力计的使用	138
第十二章	弹性压力计	139
§ 12-1	弹性压力计的感受件——弹性元件	139
§ 12-2	弹性压力计的传动方式，一次仪表的构造	146
§ 12-3	压力讯号的远距离传送——位移讯号的转换方法	149
§ 12-4	弹性压力计的使用	154
第十三章	其他型式的测压仪表和特殊对象的测量方法	158
§ 13-1	利用某些物质受压后其他物理参数发生相应变化的现象 来制成的压力感受件举例	158
§ 13-2	高频脉动压力的测量方法	159
§ 13-3	超高压的测量方法	161
§ 13-4	高度真空的测量方法	162

第四篇 流体流量的测量方法和仪表

第十四章	流量测量方法概论	164
§ 14-1	流量测量的意义	164
§ 14-2	流量的常用单位和与此适应的仪表形式	164

§ 14-3	流量的測量方法	165
第十五章	节流变压降流量計	179
§ 15-1	通論	179
§ 15-2	节流变压降流量計的标准感受件——标准节流件	181
§ 15-3	非标准节流件的形式	202
§ 15-4	节流变压降流量計的效用件——差压計	206
§ 15-5	节流变压降流量計的连接件——差压訊号管路的安裝規則	214
§ 15-6	在使用节流变压降流量計时的注意事項	216
附录		221
第十六章	通流截面变化的节流式流量計	224
§ 16-1	罗托計(或轉子流量計)	225
§ 16-2	浮塞式流量計	229
§ 16-3	回轉擋板式流量計	230
第十七章	通用的流量計	231
§ 17-1	慣性式流量計	231
§ 17-2	电磁式流量計	232
§ 17-3	超声波流量計	233
§ 17-4	离子式流量計	235

第五篇 容器中液体和固体粉末的表面位置測量

第十八章	液体和固体粉末的表面位置測量	236
§ 18-1	机械式位置发訊器	236
§ 18-2	差压式液面位置指示器	237
§ 18-3	物料表面位置的电測仪表	237
§ 18-4	利用放射性同位素測量物料表面位置	239

第六篇 化学成分分析方法和仪表

第十九章	气体成份分析仪表	243
§ 19-1	各种气体的物理性质和作成自动分析仪表的可能方法	243
§ 19-2	热导式气体成份分析仪表	244
§ 19-3	磁性气体成份分析仪表	248
§ 19-4	輻射式气体成份分析仪表	251
§ 19-5	气体成份的质谱分析方法	252
第二十章	液体和蒸汽品質的检查仪表	253
§ 20-1	液体和蒸汽品質的測量方法概述	253
§ 20-2	电导式測量方法和仪表	254
§ 20-3	測量溶液濃度的电磁式仪表	261
§ 20-4	电位式測量方法(氢离子濃度計)	262
§ 20-5	輻射式溶液濃度計	265
§ 20-6	液体中气体溶解物的成分測量方法	265
参考文献		267

說 明

一、本书是根据1961年3月水利电力部召开的高等学校水利电力类专业教材工作会议的决定、由我院就原有讲义进行修改补充而編成的，目的是为了了解决当前高等学校教材的需要問題。本书适用于高等学校热工类专业的“热工仪表”課程，特別适用于“发电厂热能动力装置”专业。其内容和安排基本上是以1959年拟訂的热能动力装置专业热工仪表課程教学大綱为依据的。

二、关于本书的内容，还需作如下說明：

1. 为了适应其他专业的要求和适当滿足科学研究的需要，本书也介紹了对某些特殊对象的测量方法和比較新型的热工仪表，这些都用小号字排印；

2. 由于国产仪表的型号尚未統一制訂(仅有草案)，考虑到国内一般技术人員对苏联生产的热工仪表型号比較熟悉，故在介紹具体仪表时暫称以“相当苏联×××型”；

3. 各参数所用单位均按不同場合依从习惯，沒有严格按照SI制的規定。考虑到本书讀者是高等学校高年級的同学，想来不致引起混乱。

三、由于編写期限比較仓促，同时对热工仪表方面的实际工作經驗也感缺乏，在全体系 and 具体内容方面难免有不恰当的地方。我們衷心希望使用本书的教师、同学或其他讀者提出批評和指正。

南京工学院热力設備教研組

1961年4月·

目 录

緒言.....	5
---------	---

第一篇 仪表的作用元件和有关計量工作的基本知識

第一章 仪表的作用元件	8
§ 1-1 仪表的三个作用元件.....	8
§ 1-2 测量仪表的感受件.....	9
§ 1-3 仪表的效用件.....	9
§ 1-4 仪表的中間件.....	11
第二章 有关計量工作的基本知識	12
§ 2-1 仪表讀数的准确度.....	12
§ 2-2 判断仪表工作性能的計量工作.....	14
§ 2-3 仪表使用时可能引起的誤差.....	15

第二篇 溫度的测量方法和仪表

第三章 温标、国际温标和测温方法概述	17
§ 3-1 温度和温标.....	17
§ 3-2 1948年国际实用温标.....	19
§ 3-3 国际百度温标(1948年温标).....	19
§ 3-4 常用测温仪表的介紹.....	21
第四章 玻璃液体溫度計	22
§ 4-1 玻璃液体溫度計的工作原理.....	22
§ 4-2 玻璃液体溫度計的构造型式.....	23
§ 4-3 玻璃液体溫度計的使用.....	27
第五章 热电高溫計	29
§ 5-1 热电现象和热电偶的基本定律.....	29
§ 5-2 热电高溫計的感受件——热电偶.....	31
§ 5-3 热电偶冷端溫度的影响及其补偿方法.....	37
§ 5-4 用磁电式仪表——毫伏計——测量热电势.....	43
§ 5-5 用补偿方法——电位計——测量热电势.....	50
§ 5-6 热电高溫計的使用.....	59
附录	63
第六章 电阻溫度計	65
§ 6-1 概說.....	65
§ 6-2 电阻溫度計的感受件——测温电阻和半导体热敏电阻.....	65
§ 6-3 在实验室内测量电阻的方法.....	73
§ 6-4 测量电阻用的直讀式仪表.....	76
§ 6-5 电阻溫度計的使用.....	82
附录	86

第七章 其他接触测温方法和仪表	83
§ 7-1 固体膨胀温度计	88
§ 7-2 压力计式温度计	89
§ 7-3 其他的接触测温方法	92
第八章 接触测温方法的讨论	96
§ 8-1 用接触法测量温度时的静态误差	96
§ 8-2 在几种典型测量条件下静态测量误差的讨论	97
§ 8-3 几种特殊对象的测量问题	107
§ 8-4 测温时动态测量误差的简单讨论	110
第九章 非接触式测温方法和仪表	111
§ 9-1 常用非接触式高温计的原理和仪表型式	111
§ 9-2 常用非接触式高温计的构造	115
§ 9-3 光学高温计和辐射高温计的使用	119
§ 9-4 比色高温计	120
§ 9-5 其他非接触测温方法	124

第三篇 压力和真空的测量方法和仪表

第十章 液柱式压力计和真空计	127
§ 10-1 液柱式压力计的工作原理与基本构造	127
§ 10-2 液柱式压力计所用的封液及影响封液重度的因素	129
§ 10-3 液柱式压力计的构造	130
§ 10-4 将液面的位置变化转换为机械位移的液柱式压力计	132
附录	134
第十一章 活塞式压力计	135
§ 11-1 活塞式压力计的构造	135
§ 11-2 活塞式压力计的使用	138
第十二章 弹性压力计	139
§ 12-1 弹性压力计的感受件——弹性元件	139
§ 12-2 弹性压力计的传动方式，一次仪表的构造	146
§ 12-3 压力讯号的远距离传送——位移讯号的转换方法	149
§ 12-4 弹性压力计的使用	154
第十三章 其他型式的测压仪表和特殊对象的测量方法	158
§ 13-1 利用某些物质受压后其他物理参数发生相应变化的现象 来制成的压力感受件举例	158
§ 13-2 高频脉动压力的测量方法	159
§ 13-3 超高压的测量方法	161
§ 13-4 高度真空的测量方法	162

第四篇 流体流量的测量方法和仪表

第十四章 流量测量方法概论	164
§ 14-1 流量测量的意义	164
§ 14-2 流量的常用单位和与此适应的仪表形式	164

§ 14-3	流量的測量方法	165
第十五章	节流变压降流量計	179
§ 15-1	通論	179
§ 15-2	节流变压降流量計的标准感受件——标准节流件	181
§ 15-3	非标准节流件的形式	202
§ 15-4	节流变压降流量計的效用件——差压計	206
§ 15-5	节流变压降流量計的连接件——差压訊号管路的安裝規則	214
§ 15-6	在使用节流变压降流量計时的注意事項	216
附录		221
第十六章	通流截面变化的节流式流量計	224
§ 16-1	罗托計(或轉子流量計)	225
§ 16-2	浮塞式流量計	229
§ 16-3	回轉擋板式流量計	230
第十七章	通用的流量計	231
§ 17-1	慣性式流量計	231
§ 17-2	电磁式流量計	232
§ 17-3	超声波流量計	233
§ 17-4	离子式流量計	235

第五篇 容器中液体和固体粉末的表面位置測量

第十八章	液体和固体粉末的表面位置測量	236
§ 18-1	机械式位置发訊器	236
§ 18-2	差压式液面位置指示器	237
§ 18-3	物料表面位置的电測仪表	237
§ 18-4	利用放射性同位素測量物料表面位置	239

第六篇 化学成分分析方法和仪表

第十九章	气体成份分析仪表	243
§ 19-1	各种气体的物理性质和作成自动分析仪表的可能方法	243
§ 19-2	热导式气体成份分析仪表	244
§ 19-3	磁性气体成份分析仪表	248
§ 19-4	輻射式气体成份分析仪表	251
§ 19-5	气体成份的质谱分析方法	252
第二十章	液体和蒸汽品質的检查仪表	253
§ 20-1	液体和蒸汽品質的測量方法概述	253
§ 20-2	电导式測量方法和仪表	254
§ 20-3	測量溶液濃度的电磁式仪表	261
§ 20-4	电位式測量方法(氢离子濃度計)	262
§ 20-5	輻射式溶液濃度計	265
§ 20-6	液体中气体溶解物的成分測量方法	265
参考文献		267

緒 言

一、測量技術、熱工測量和熱工測量儀表

測量技術就是有關測量方法和測量工具的科學技術。

由於測量技術對科學技術的各部門都具有重要意義，現在它已發展成為一門學科——計量學。

測量技術隨着測量工作對象的不同而分成若干部門，如長度測量、力學測量、熱工測量、電學測量等等。熱工測量通常是指熱力過程中各參數(如溫度、壓力、流量等)的測量方法。

在熱能動力工程中，對熱力設備工作情況進行連續的生產檢查是通過熱工測量來進行的，因而熱工測量也被稱為熱檢查。熱工測量(或熱檢查)所用的儀表也就稱作熱工測量儀表(或熱檢查儀表)。

本書的內容就是介紹熱工測量方法及其儀表，更具體地說，也就是介紹熱力過程中各參數的測量方法和儀表。

二、熱工測量技術對熱工生產的意義

熱工測量技術與國民經濟中的很多部門有關，因為熱力過程中的各參數也是很多工農業生產過程中的重要參數。在熱工生產過程中，熱工測量對保證設備的安全和經濟運行所起的作用極為重要。

隨着熱力設備本身的发展，對熱工測量的要求也愈來愈高。近代熱力設備的發展趨勢是容量大、參數高、安全係數低、連續運行的要求嚴。這一切都要求運行人員有高度的責任感和熟練的操作技能，而正確、可靠的熱工測量方法和儀表又是運行人員的耳目。運行人員如果沒有儀表，就實際上無法判斷設備的工作情況。例如對現有的大型汽鼓鍋爐來說，如停止給水，只要半分鐘到一分鐘就會使汽鼓中的水全部燒干，如果沒有連續監督汽鼓水位的儀表，就沒有控制給水的依據；又如新汽溫度、凝汽器的真空度、煙氣中的二氧化碳或氧的含量對熱力設備運行的經濟性都有重大影響，這些參數都是無法用人們的感覺器官直接察知其數量上的變化的，如果沒有連續測量這些參數的儀表，運行人員也就沒有操作的根據。我們常說“儀表是工業的眼睛”，這並不是誇大的。

可靠的熱工測量技術也是熱工生產過程自動化的必要條件。測量是調節的根據，調節是測量的目的。生產過程自動化就是根據測量設備所提供的訊號來發出指令，對設備自動地進行必要的操作，使生產過程按預定的、最安全和最經濟的工况運行。顯然，如沒有完善的測量方法，就沒有自動化的可能。我們知道，當過去只能用玻璃管溫度計、玻璃水位計等就地測量設備來對鍋爐的工作進行監督時，是不能提出鍋爐設備自動化的任務的。即使在現在，由於對火力發電廠給水處理過程中各參數(特別是化學成分)還缺乏可靠、自動、快速的連續測量方法，火力發電廠的綜合自動化方面還存在着一定的困難的。

如上所述，熱工測量技術已是現代熱工生產安全、經濟的必要保證，熱工測量儀表已是各種熱力裝置中不可或缺的輔助設備。作為現代的熱工技術工作者，就必須掌握有

关热工测量的知識和技术。在有关热工专业的教育計劃中列入“热工测量”这一課程，也正是反映了这种要求。

三、热工测量技术的发展現况

热工测量技术在最近几十年中，特别是在第二次世界大战以后，发展得非常快。目前世界各国生产的热工测量仪表，品种达数千种，其准确度、自动和連續的程度也較战前大为提高。例如对鍋炉设备來說，过去对运行的檢查只能依靠一些就地测量的簡單仪表，运行人員必須定时記錄仪表讀数，以便进行事后的分析和檢查；某些参数（例如烟气和給水的成分）只能依靠复杂而費时的化学分析，根本沒有可以連續、自动地指出讀数的仪表。而現在，已有了成套的自动遙测設備，从而可能实现設備的集中檢查和管理。近年来，由于特殊冶金、半导体、計算技术、和原子能等科学技术的飞速发展，对测量技术提出了新的要求，也由于这些新技术成果在测量技术中的应用，相互推动、彼此促进，热工测量技术的发展更是一日千里。現在已有了各种超高参数（例如达百万度的温度）、超低参数（例如 2°K 左右的温度）、高频脉动参数的测量方法；已經用电子計算装置来直接反映牽涉很多参数的綜合結果；用放射性同位素来实现参数的快速、連續、自动和不接触测量；在热力設備中已日益广泛地使用数字化仪表，以及把测量和調节过程合而为一的数据处理装置等等。

值得提出的是：我国的科学技术工作者在中国共产党的领导下也已掌握或即将掌握这些热工测量技术的近代成就。

解放前的旧中国是根本沒有仪表制造工业的，而且当时仅有的一些热工装备也缺乏成套的测量仪表。解放以后，在党的正确领导下，在苏联和其他兄弟国家的无私帮助下，只經過不长的时期，在热工测量技术方面就取得了很大的成績。

在第一个五年計劃期間所建設的許多重点企业都装备着成套的新型仪表。为了适应各工农业生产部門的需要，党在同时也着手建設了第一批热工测量方面的科学研究机构和热工仪表的生产基地，并筹备建立了我国的最高計量监督机关——中华人民共和国国家計量局。^①

在党的社会主义建設总路綫的光輝照耀下，1958年在热工测量技术方面也出現了大跃进。在1958年，我国已能自己生产成套的热工测量仪表，同时在我国絕大部分省市都建立了国家計量管理部門，建立了各种量具計器的国家标准，并制定了各种标准的傳遞系統；也就是在1958年，我国在历史上第一次統一了全国的計量标准单位。1958年的大跃进，使我国的热工测量技术水平向前跃进了一大步。

1959年以后，全国各方面的工作都在持續跃进，热工测量技术也繼續飞速向前发展。我們已能生产各种极精密的自动檢查仪表，例如气动单元組合、电子单元組合、各种型式的电子电位計……以及代表世界先进水平的巡回檢測和数据处理仪表等。

与此同时，一支巨大的热工测量技术人員的队伍也正在形成。現在已在不少高等学校里設置了有关专业，并已有了一大批毕业生在从事热工测量方法的研究和热工仪表的生产工作；几乎在各省市都設有热工仪表研究所，培养了很多专业研究人員；此外，各地还广泛地开展了有关测量技术的專門活动，通过国家和各地方举办的訓練班、讲习班和

① 即現在的中华人民共和国科学技术委员会計量局。

某些专业技术团体組織(如前第一机械工业部工具科学研究所领导下的各地温度計量协作組等), 訓練了成千上万的热工測量技术人員。

1958年全民大炼鋼鐵运动中, 广泛需要測量工具来檢查小高炉的运行情况; 1960年号召計量工作要为农业服务, 号召各行各业开展一个以机械化、半机械化、自动化、半自动化为中心的技术革新和技术革命的羣众运动。这样就使測量仪表对生产的作用为广大羣众所認識, 通过羣众的創造, 土洋結合的热工仪表遍地开花。凡此都直接間接地推动了热工測量技术的发展, 促成了热工測量技术队伍的壮大。如同其他各項工作一样, 我們的热工測量技术也是采取专业队伍与羣众活动相結合的方式, 在广泛的羣众性的基础上发展起来、并向高、精、尖迈进。

应该看到: 这些不仅單純地反映了在热工測量技术方面的成就, 更重要的是由此可以看出我国在热工生产各部門的技术水平飞速进展的面貌。

全国解放不过十一年多, 回顾这十一年来所取得的巨大成就, 我們深信: 在不长的時間內, 热工測量技术方面很快就要赶上世界最先进的水平。

四、热工測量的主要内容:

热力过程中的主要参数大致包括五个量, 即温度、压力、流量、液体和固体粉末的表面位置、以及化学成分。本书的主要内容也就是介紹上述各参数的測量方法和仪表。在发电厂和其他工业部門中, 为了保証热工測量仪表的工作可靠, 都有專門的机构負責, 例如发电厂中的热工室以及其他企业的計器科或中央試驗室等。

作为一个現代的热工技术工作者, 必須在熟悉热工生产过程的基础上掌握生产过程中各参数的測量方法, 具备有关測量仪表的知識。应该善于选用正确的測量方法和仪表, 熟悉这些測量方法和仪表的使用条件, 正确判断測量誤差的可能来源及其消除方法。并在这些知識的基础上具有使測量仪表在正确、可靠的状态下运行的知識和技能。热工仪表課程的設置和本书的編写, 其目的即在于介紹这方面有关的知識和技术。

应该指出, 为了保証热力設備的安全、經濟运行, 除了上述五个参数外, 还可能必須进行連續檢查的其他参数, 例如电力拖动設備的电流、电压; 汽輪机轉子的軸向位移等等, 但是其中有些測量仪表已包括在别的課程內容之內, 有些測量仪表的装設量远較上述五个参数的測量仪表为少, 因此, 本书不拟一一討論。

第一篇 仪表的作用元件和有关計量工作的基本知識

能連續地、自动地对被测热工量給出讀数的仪表叫做热檢查仪表，在本书中，我們將具体介紹各种常用热檢查仪表的原理、构造和正确的使用方法。为了便于对各种仪表进行具体的分析，我們將先介紹一些有关构成測量仪表的各个必要元件的概念，同时对于計量工作上常用的术语和基本知識也准备先作一些說明，以便讀者能更好地了解以后各章的内容。

第一章 仪表的作用元件

§1-1 仪表的三个作用元件

仪表的构造是相当复杂的，同一类仪表在外观上可能有很大的差別，也有同样外观、同样结构的仪表，而其作用却完全不同。例如装有保护套管的热电偶和电阻溫度計的測溫电阻，在外形上几乎是一样的，很难加以区分。在热力发电厂的仪表板上有很多測量压力、溫度、流量的仪表，虽然所測量的对象不同，可是这些仪表可能都是同样结构的比率計。又例如金属电阻溫度計和半导体热敏电阻溫度計，虽然它們都用来測量溫度，而且都是依据电阻随溫度变化的原理，可是在外观上却是完全不一样的。由此看来，似乎很难对各种仪表作一般的分析。但是，如果从仪表本身的作用来看，实际上可以指出一些共同点，这对我們具体分析各种仪表來說，有着很大的帮助。

从作用上看，任何仪表都包括有下列三个必要元件：

1. 感受件，它直接与被測对象发生联系(但不一定直接接触)，它的作用是“感受”被測参数的变化，同时对外界发出一个相应的訊号。例如压力計的彈簧管，它能感受被測压力的变化，并按照变化的大小而发出某个大小的位移訊号；

2. 效用件，它直接与观测者发生联系，它的作用是根据感受件发出訊号的大小向观测者指出被測参数在数量上变化了多少。例如仪表的标尺和指針，或积分式仪表的字盘等等；

3. 中間件，它的作用是将感受件发出的訊号(改变或者不改变这种訊号的性质)直接地或者按比例地傳給效用件。例如压力計中的杠杆齒輪傳动机构等。

如上所述，这三个元件的相互关系就如图1-1所示。

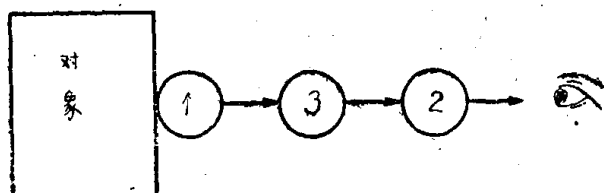


图 1-1 測量仪表各元件的作用示意图
1—感受件；2—效用件；3—中間件。

应当指出，仪表各作用元件在某些最简单的仪表中是分得不很清楚的，例如在水銀溫度計中，下部的測溫泡(水銀和玻璃)显然起着感受件的作用，而毛細管中的水銀柱却同时起着中間件和效用件的作用。但是对热檢查系統中常用的仪表來說，一般都是分得比較清楚的，这在以后将得到具体的印証。

由于各元件的作用不同，我們对各元件的要求也不一样。下面我們將分別討論这些元件的特点，这对我們从原則上了解各具体仪表的工作性能是有好处的。

§1-2 測量仪表的感受件

根据上面所說的感受件的作用，作为仪表感受件首先必須滿足的条件是：它必須随着被测参数的变化而发生一个相应的内部变化（这个内部变化就是感受件向外界发出的訊号）。这个条件是容易滿足的，因为各种現象之間的普遍联系和相互依存是客观存在的事实，例如被测参数是温度，則温度变化时，几乎各种物质却会发生体积、电阻、和其他物理性质的改变。

但是这还不是作为仪表感受件的充分条件，作为仪表的感受件，还必须有一个条件，就是它只能随着被测参数的变化而发出訊号。如果被测参数是温度，那么感受件就只能在温度变化时才发出訊号，在压力改变时就不应该发出同样的訊号。正是因为現象間的普遍联系和相互依存，所以这个条件很难完全滿足，我們如用气体的膨胀来測量温度，則当温度变化时气体的比容固然会改变，而在被测介质的压力变化时，气体的比容也会改变。这就給測量工作造成困难。在实践上，找到同时能滿足上述两个条件的感受件是不容易的，在仪表的設計上，一般只能做到以下各項之一：1. 找到一种感受件，它对被测参数的反应特別强烈，而对被测介质的其他变化虽也有反应，但反应很弱，以致在通常情况下可以对其他变化略去不計。例如用金属电阻的变化測量温度，金属电阻虽也会随压力的变化而改变，但在压力变化时，电阻的改变量非常小，在通常情况下可以略去不計；2. 創造条件，使能干扰測量結果的被测介质的其他性质保持不变或加其他补偿，例如盐类溶液的导电率不仅随溶液的濃度变化，也会随溶液的温度而变化，在这种情况下，我們就想法使溶液的温度保持定值或者另加温度补偿的附件，当然这样也就使仪表的构造更为复杂；3. 将被测介质的其他性质对仪表讀数的关系用理論方法或实验方法确定下来，然后对仪表讀数加上修正值。例如各种电測仪表都会因仪表周圍环境温度的变化而使讀数改变，此时我們就要根据环境温度而对仪表讀数加一个修正值（温度每变化1度而对仪表讀数需加的修正系数一般称作仪表的温度系数）。

作为仪表感受件的第三个条件是：感受件发出的訊号与被测对象之間必須有单值的函数关系。例如我們不能用水的密度变化来測量 $+4^{\circ}\text{C}$ 左右的温度，因为在这种情况下水的同一个密度大小可以代表两个不同的温度。

以上关于測量仪表感受件的討論，不論对于設計仪表或是使用仪表來說都是有实际意义的。上面的原則，指出了选择感受件时应考虑的問題，同时也告訴我們：仪表的感受件不会是十全十美的，它都有一定的使用条件，如果不加注意，就会得到錯誤的測量結果。

§1-3 仪表的效用件

感受件发出的訊号通过效用件向观测者反映被测参数在数量上的变化。最簡單而常見的仪表效用件是指示件，它通过标尺和指針（或液面、光綫等）的相对位置来反映被测参数的瞬时值，有这种效用件的仪表也就被称作指示式仪表。

指示式仪表只能指出被测参数当时的瞬时值，在实践上，人們还不能滿足，有时还