

95502

基本館藏

中等專業學校教學用書

热工測量

上 册

苏联 Г. А. 穆林著



電力工業出版社

中等專業學校教學用書

热 工 測 量

上 册

苏联 Г.А.穆林著

薛邦迈 丁爵曾 陸天瑜譯

錢 鍾 韓校

苏联电站部教育司審定作为动力工業學校教科書

电 力 工 業 出 版 社

中等專業學校教學用書

热 工 測 量

下 册

苏联 Г. А. 穆林著

薛邦迈 丁爵曾 陆天瑜译

錢 鍾 韓校

苏联电站部教育司审定作为动力工業学校教科書

电力工業出版社

內 容 提 要

本書是动力工業学校热工專業“热工測量”課程的教科書，也可作为其他有关学校的教学参考書。

書中闡明热工測量的基本概念，並对热力动力設備中廣泛採用的各种仪表的作用原理、構造、用途、使用及檢驗方法作了敘述。

Г. А. МУРИН

ТЕПЛОТЕХНИЧЕСКИЕ ИЗМЕРЕНИЯ

根据苏联國立动力出版社 1951 年莫斯科版翻譯

热 工 測 量 上册

薛邦迈 丁爵曾 陸天瑜譯

錢 鍾 韓校

*

397R88

电力工業出版社出版 (北京市右街26号)

北京市書刊出版營業證許可証出字第082号

北京市印刷一厂排印

新華書店發行

*

787×1092^{1/2}开本 * 78印張 * 150千字 * 定价 (第10类) 1.00元

1956年9月北京第1版

1956年9月北京第1次印刷 (1—8,400册)

內 容 提 要

本書是动力工業学校热工專業“热工測量”課程的教科書，也可作为其他有关学校的教学参考書。

書中闡明热工測量的基本概念，并对热力动力設備中广泛采用的各种仪表的作用原理、構造、用途、使用及檢驗方法作了敘述。

本書分上下兩册出版。上册的內容包括热工測量的基本理論，溫度的測定和压力的測定。下册包括数量及流量的測定、烟氣分析、水和蒸汽品質的決定、水位測定和其他特殊的測量。

Г. А. МУРИН

ТЕПЛОТЕХНИЧЕСКИЕ ИЗМЕРЕНИЯ

ГОСЭНЕРГОИЗДАТ МОСКВА 1951

热 工 測 量 下 册

根据苏联国立动力出版社1951年莫斯科版翻譯

薛邦迈 丁爵曾 陆天瑜譯

錢 鍾 韓校

*

638R159

电力工業出版社出版(北京府右街26号)

北京市書刊出版業營業許可証出字第082号

北京市印刷一厂排印 新华書店發行

*

787×1092 $\frac{1}{2}$ 开本 * 72印張 * 143 F字 * 定价(第10类)1.00元

1957年 8月北京第1版

1957年 8月北京第1次印刷(0001—5,100册)

原 序

本書是按照动力工業学校热工專業“热工測量”課程的教学大綱編寫的。

此課程的目的是給未來的热工技術員以热动力方面最廣泛应用的測量仪表的作用原理、構造、用途和使用方法的基本知識。

書中講述热工測量的基本原理，並討論实际通行的測量方法——溫度、压力、数量及流量、爐烟气成分、水及蒸汽的品質、水位等。此外並敘述热力裝置中所用的某些特殊仪表。

在敘述仪表时，主要是說明祖國(指苏联)仪表制造工業所制造的仪表的型式和結構。

在編寫这本教科書时，著者尽可能地努力敘述苏联設計家最近所完成的新型热工測量仪表。同时在本書中並沒有刪去若干虽已过时但仍較流行的仪表型式。

在許多地方，著者簡化了个别問題的說明，但未損及其要点。著者也換用了若干新的術語及仪表名称，所換去的大部分原來是外來語。

最后，M. T. 尤开維奇工程师在校閱本書时，提供了十分宝贵的意見和建議，並對本書的編寫十分关怀，著者謹對他表示感謝。

著 者

目 錄

原 序

緒 言	1
-----	---

第一章 热工測量的基本原理	3
---------------	---

1-1. 發电厂中的热工檢查	3
----------------	---

1-2. 热工檢查仪表的特性	8
----------------	---

第二章 溫度的測定	14
-----------	----

2-1. 溫度測定方法和溫标	14
----------------	----

2-2. 膨脹溫度計	18
------------	----

2-3. 压力計式溫度計	31
--------------	----

2-4. 热电高溫計	33
------------	----

2-5. 电阻溫度計	94
------------	----

2-6. 輻射高溫計	118
------------	-----

第三章 压力的測定	132
-----------	-----

3-1. 压力測定的單位和方法	132
-----------------	-----

3-2. 压力計	136
----------	-----

3-3. 通風計	171
----------	-----

3-4. 真空計	181
----------	-----

3-5. 气压計和絕對压力計	193
----------------	-----

目 录

第四章 数量及流量的测定	193
4-1. 数量及流量测定的单位及方法	193
4-2. 天平	194
4-3. 容积式计数器	207
4-4. 速度式计数器及速度式流量计	213
4-5. 节流式流量计	230
4-6. 固定压降式流量计	287
4-7. 热量计	292
第五章 烟 气 分 析	297
5-1. 烟气成份的检查	297
5-2. 手动化学式分析仪	300
5-3. 化学式自动气体分析仪	310
5-4. 机械式气体分析仪	323
5-5. 电气式气体分析仪	330
5-6. 自动气体分析仪的附件	337
5-7. 自动气体分析仪的装置	341
5-8. 烟级仪	342
第六章 水和蒸汽品质的确定	345
6-1. 确定水和蒸汽品质的方法	345
6-2. 干度计	349
6-3. 盐量计	352
6-4. 氧量计	356
第七章 水位测定	360
7-1. 汽锅的低位水位计	360
7-2. 贮液器中的液面指示器	367
第八章 特殊的测量	369
8-1. 转速计和转数计数器	369
8-2. 汽轮机轴的轴向移动指示器	371
8-3. 面积仪	373
8-4. 湿度计	381

緒 言

在發展測量技術的工作中，俄國、尤其是蘇聯的科學與技術工作者的許多成就是具有重大意義的。

俄國儀表製造技術的發展是和十八及十九世紀的革新者，即俄國學者及機械師的光榮的名字分不開的。不同用途的儀表的許多首創的結構是偉大的俄國學者 М. В. 羅蒙諾索夫 (1711—1765 年) 所創造的。其中有一些就是現代還在應用的同類儀表的原型，例如測定物質黏度的儀器(用點滴數目研究液體黏度的器具)。

在祖國(指蘇聯)儀表製造方面的許多創造者中，佔首要地位之一的是傑出的俄國機械師 И. П. 庫利賓 (1735—1818 年)，他有許多有價值的發明，在儀表製造的領域中是羅蒙諾索夫的直接繼承者。他並且製造了大量的不同種類的測量儀表(溫度計，氣壓計，精密天平等等)，流行在俄國的許多地方。

工業上第一個蒸汽鍋爐的給水自動調節器，一種同時進行調節和測定鍋內水位的器具，是天才的俄國機械師 И. И. 波爾索諾夫 (1728—1766 年) 所創造的。

祖國(指蘇聯)儀表製造方面特別迅速的發展開始於第一個斯大林五年計劃的年代。從這時起，蘇聯科學家和技術人員研究出並且在生產中掌握了許多在結構上是新型的、近代化的和獨創的熱工測量儀表，它們超過了最好的外國型式，並得到了廣泛的實際應用。

熱工測量被廣泛地應用在許多工程領域中。在動力生產部門中，熱工測量的地位尤為重要。

近代熱力發電廠的合理運行，如果沒有使用大量的不同構造

和作用原理的热工测量仪表，即所謂热工檢查仪表，乃是不可想像的事。为了走向更完美的电能和热能生產的技術过程而進行必要的科学研究和調整工作时，热工测量仪表也有用处。

在裝有十分复雜設備的大發电厂內，在生產电能和热能的近代技術条件下，热工檢查与各机組的工作有机地联系着，並且是發电厂內运行人員所掌握的一个十分重要的管理環節。

在祖國(指苏联)的發电厂內，热工測量技術是在苏联动力工業飛躍進步的影响下發展起來的，动力工業的飛躍進步表現在：發电厂中主要机組——蒸汽鍋爐与汽輪机——容量的增加，高参数蒸汽的应用，热化作为动力生產最有利的方法的發展，以及其他現代科学及技術的成就。

由於發电厂的热力設備的增大和顯著的改善，使所用的各种热工測量仪表在数量和質量上都有很大的改变。从过去少数的原始而且不十分准确的仪表，到現在我們已大量採用了准确而完美的仪器，其中大多数裝有远距离傳送讀数的設備。

为了对發电厂內大量的热工檢查仪表進行正确的維護，需要有很好的熟悉热工測量及仪表的工程技術干部，及时的培养这方面的專家將會推动苏联动力工業不斷前進。

第一章 热工测量的基本原理

1-1. 发电厂中的热工检查

在热能装置中，热工测量是为了对所装置的设备的工作情况进行連續的生產檢查和觀察，因而也就称为热工檢查。同时热工测量也廣泛地应用在校整工作和研究工作中。

近代的热力发电厂是燃燒燃料來產生电能和热能的巨大而複雜的工業企業。按其所装置的设备的特性，发电厂可分为兩部分——热力部分和电气部分。

在热力部分中，主要的是鍋爐和汽輪机分場，其中裝置主要的机組——蒸汽鍋爐和汽輪机。在这些分場中还有輔助設備，如煤粉制备系統、通風机、引風机、循环水泵、凝結水泵、給水泵、热水鍋爐、蒸發器和蒸汽發生器、除氧器、加热器、減压減温設備、水箱、管道等等。

此外，燃料管理、除塵、供水和化学水处理等方面均裝有特殊設備，它們也屬於发电厂的热力部分。

在主要的和輔助的机組內，照例裝有大量的热工檢查仪表。其中絕大多數是將讀数远距离傳送到值班人員所在地的机組操作盤上。

发电厂中热力部分值班人員的主要任务是管理各种設備的工況以保證它得到最合理的運轉。为了順利执行這項十分重要的任务，以及实施各項設備和整个发电厂工作的技術統計，如果不用热工測量仪表每日作有效的檢查，是不可能的。

a) 热工检查的目的

热工检查是为了保证:

- 1) 设备运行的安全性与可靠性;
- 2) 设备在经济上最有利的工况;
- 3) 各机组和整个发电厂的工作情况统计的组织工作。

热力设备可靠的和安全的运行主要决定於设备的完善状态和安全工作。发电厂中意外事故的发生,在絕大多数情形下是由於管理人員違反了技術操作規程,热工检查仪表裝置得不充分,或仪表的不完善状态所造成。

連續檢查工質(燃料、水、蒸汽、空气、烟氣等)的压力、温度及流量,观察水位、汽輪机轉速、水及蒸汽的品質等等可以大大地提高设备工作的可靠性及其維護人員的安全性。例如檢查鍋爐蒸汽压力及汽鼓中的水位可以保护鍋爐及其附件使不致於毀坏。水位的过度降低会引起管子的过热和損伤鍋爐接縫,而水位太高又会引起湿蒸汽進入过热器中,以致使汽輪机發生事故。檢查鍋爐產生蒸汽的湿度和含鹽量可以預防在过热器、汽輪机調節閥和叶片上沉積鹽类,以致造成过热管的燒坏及汽輪机組的容量及其运行的經濟性的顯著降低。

不断地观察汽輪發电机、水泵、通風机及引風的軸承中油的温度,在很大程度內可以确定此类机組工作的可靠性;而測定發电机綫卷及其冷却气体(空气或氫)的温度可以使綫卷不致於过热和損坏絕緣,由是可以避免發生重大事故。

为了保証設備可靠而安全的工作,在許多情形下測量仪表是和預告事故的信号設備同时並用的,如此可以使值班人員很容易地預防和消滅事故的發生。

大家知道,发电厂的基本經濟指标是它的效率,这和电能及热能(輸出給用戶的)生產中的热耗率的大小有关。发电厂效率的

提高是靠基本機組(鍋爐和汽輪機)中熱損失的降低和廠用電及廠用熱量的減少而達到的。

鍋爐機組的熱損失比較大，因此嚴重地影響到熱力設備的經濟性，但在合理運行時，這損失可以大大減少。根據這個理由，在發電廠的檢查系統中，鍋爐分場的熱工檢查是使發電廠達到最好經濟指標的主要環節。

大家知道，蒸汽鍋爐的熱損失主要是由煙氣帶走的損失，由漏煤或飛灰中所帶走的機械熱損失，以及燃料燃燒不完全的化學損失所組成。如在不同的負荷下，能對機組工況作適當的檢查和管理，以及觀察受熱面的光潔程度、磚襯的狀態等，就可以把這些損失縮減到最小。檢查燃料的燃燒過程和正確地調節鍋爐設備的工作都是一些最重要的任務。當鍋爐所產生的蒸汽的各項參數、壓力和過熱溫度已被指定時，它的調節工作就不外乎是維持蒸汽生產量，燃料耗量，進入爐中的空氣量和抽氣量四者之間的最有利的配合。在受熱面的內外表面上的污物會使傳熱嚴重地惡化，並且引起生產量下降，增加煙氣帶走的損失，最後就使燃料消耗過多。

檢查蒸汽鍋爐工作的經濟性是按照測量儀表的讀數來進行的。根據這些讀數可以確定：燃燒燃料的質和量，蒸汽、給水和空氣的壓力，溫度和數量；燃燒室中和鍋爐煙道中氣體的溫度和壓力(負壓)，煙氣的成分，蒸汽和給水的品質等等。

汽輪機組的熱力損失主要地是和凝汽設備的工作效力有關，因此檢查凝汽器冷卻面的狀態(光潔程度)，真空系統的嚴密性和真空泵(抽氣器)的工作質量有重大的實際意義。觀察預熱器、蒸發器、除氧器和熱水設備的工作也起着頗為重要的作用，它可以使能量生產的煤耗率降低。為此目的，就利用測量方法來檢查蒸汽，凝結水，給水和管道中水的壓力、溫度和數量，凝汽器中的真空度和冷卻水溫度等等。

热力发电厂工作的定期的(每月每年)技术统计按下列各项主要的技术经济指标进行: 发电量和供热量, 生产每一瓦时及供热一百万大卡的标准煤耗率; 锅炉分场、汽轮机分场主要机组和整个发电厂的效率; 厂用电的消耗量。依各种运行指标来完成技术定额是每班都应检查的, 并且依照这些数据每天做成日报表。

发电厂的技术统计主要依靠自动记录的(记录式)仪表和积数的仪表(计数器)来完成。此外, 最重要的一些仪表读数每隔 30 分钟由值班人员登入日报表中(工作日志)。

为了作出锅炉分场中各机组的技术统计, 需要进行下列各项测定: 产生蒸汽的压力、温度和数量; 在锅炉本体后及锅炉设备后的二氧化碳(CO_2)的含量; 在空气预热器前后的空气温度; 在省煤器前后的给水温度; 烧去燃料的数量, 它的发热量、湿度、灰分和煤粉细度; 煤渣中和烟气中带走的可燃物的含量。

在汽轮机分场中所要统计的数字是: 在汽轮机前面和抽汽处蒸汽的数量、压力和温度; 凝汽器的真空度; 在凝汽器前后的冷却水温度; 凝结水、给水、热力网中的水和化学洁水的数量和温度。

6) 热工测量的组织

随着热力发电厂容量的提高, 测量的方法和所用仪表的型式也在不断地发展。发电厂中使用测量仪表的程度也提高了。

在较早时期, 各种量的测定一般是用装在测量地点的仪表直接进行。因为发电站容量的增长和主要设备与辅助设备的扩大, 仅依现场的仪表读数来管理设备的工作就开始感到困难。因此需要采用一种把读数远距离传送到特殊的仪表板上的测量仪表, 而仪表板则放在值班人员所在的地方。

在近代的巨大发电厂中, 对大量热工检查仪表的日常管理是

在發電廠中特設的熱工測量(熱工)試驗室中進行的。所有裝在發電廠內的熱工測量儀表和自動設備都是在試驗室的管理範圍內的。

熱工測量試驗室通過不斷地觀察測量儀表的工作，實行定期的校驗和修理來保證它們準確地和可靠地工作。

為了對儀表管理和觀察它們的工作情況，熱工測量試驗室通常建立了值班制度。值班人員對於儀表的職責，除了一般地監視它們的情況外，還要就地消除所發現的毛病，更換儀表的圖紙，將墨水注入記錄筆，和開動自動記錄儀表的時鐘機構，更換試劑等。

在每種儀表經過了它的規定的使用時期以後，熱工試驗室就按期直接在裝置儀表的地方組織校驗，或在試驗室內有特殊設備的工作台上進行校驗。在試驗室內檢驗儀表通常是在所屬熱力設備的年度大修時進行。發電廠所裝設的一切熱工測量儀表的校驗記錄和證件都保存在試驗室中。

熱工檢查儀表在受到損傷以及讀數準確度降低到容許限度以下時，即進行修理和調整。為了進行儀表的檢修，在試驗室中裝有工具機，附有特殊器具及全套工具。在儀表整修後須進行校驗，有時還要在標尺上重新刻度。

必要時，熱工測量試驗室還要安裝新的測量儀表，以及更換現有的儀表，此外還要供給必要的測量儀表來保證在發電廠內所進行的熱力設備的校整和試驗工作。

為了領導熱工試驗室的工作並給予指導，在大型動力系統的地區管理局中設立了自動裝置與熱工測量的中心試驗所。它們在儀表和自動裝置的調整工作上給各發電廠以幫助，並且對新測量儀表的安裝工作進行檢查。在中心試驗所通常有一個工廠，對複雜的測量儀表進行修理和校驗，並製造新儀表的試驗模型。

1-2. 热工检查仪表的特性

絕大多數的測量設備是由三個主要元件組成：原始件，二次儀表，和連接件。

原始件是測量設備的感受部分，一般放在被測地點，並且直接受到被測的量的訊號^①。

二次儀表，或量計部分，給出被測的量的讀數，將原始件所感受的訊號變成指針，記錄筆或積數器的相應移動。照例二次儀表是裝在值班人員鄰近地方的儀表板上。

連接件，或稱測量設備的傳達件（連接導綫及連管），是用來把讀數（訊號）從原始件傳達到二次儀表上。

原始件有時還有附加的設備，用來把儀表發生的機械訊號變為電的訊號，並用連接電綫傳送到二次儀表上。這種設備稱為發訊器。具有發訊器的原始件可能帶有量計器具（刻度和指針），作為二次儀表讀數的復本，但大多數帶有發訊器的原始件是沒有刻度的（盲的）。

測量儀表的品質主要由測量的準確度，儀表的靈敏度和測量設備讀數的時滯來決定。

測量儀表的靈敏度就是指示器（指針或筆尖）的直綫或角度移動和引起這移動的被測的量的變化之間的比例。儀表所能指出的被檢查量的變化愈小，則靈敏度愈高。

測量儀表讀數的時滯表現出它的慣性，就是從被測的量開始變化的時候起到儀表指出這變化的時候止所經過的時間。這個滯延的時間愈小，則測量儀表的品質愈好。

熱工檢查儀表必需儘可能的具有較簡單的結構，有清楚易讀

^① 譯者註：ИМПУЛЬС，照字義直譯是“沖擊”。但在儀表術語中，這是指所測參數的變化情況，它可能是劇烈變動的，亦可能是穩定持續的。這與“沖擊”的字義不合，故譯作“訊號”。

的刻度和讀數器(指針, 液体面等), 以及不需要工作人員的繁复照顧。

热工檢查仪表的安裝应尽可能避免由於測量时条件与刻度时条件不同而必須進行校正。仪器应不受振动和过高温度的影响。

儀器的安裝要保證能在裝設地点進行測量設備的校驗。

a) 測量仪表的分类

热工測量仪表可按照它們的用途和結構特征从几方面來分类。

依仪表所用以測定的量的种类來分有:

- 1) 温度測定;
- 2) 压力測定;
- 3) 数量和流量測定;
- 4) 烟氣成分測定;
- 5) 水、蒸汽和空氣的品質測定;
- 6) 水位測定;
- 7) 機器轉速測定。

按照被測的量的种类來進行分类是基本的方法。此外測量仪表还可依下列特征來進行分类:

依用途而分:

- 1) 工程用的或运行用的(工作的);
- 2) 檢查用的;
- 3) 試驗室用的;
- 4) 标准的;
- 5) 原始标准的。

依讀數的特性而分:

- 1) 指示式的;
- 2) 自动記錄式的(記錄式);