95503
基本館藏

中等專業学校教学用書

热工测量

上　册

苏联Г.А.穆林著

电力工業出版社

中等專業学校教学用書

热工测量

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学校教科書

电力工業出版社

中等專業学校教学用書

热工测量

下册

苏联Г. А. 穆林著
薛邦迈　丁儒曾　陆天瑜譯
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，並对热力动力設备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叙述。

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（北京帝右街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　　新華書店發行

*

787×1092 1/25开本 * 7張印張 * 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—8,100册）

内 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，并对热力动力設备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叙述。

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，温度的測定和压力的測定。下册包括数量及流量的測定、烟气分析、水和蒸汽品質的决定、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)

北京市書刊出版業营業許可証出字第082号

北京市印刷一厂排印 新华書店發行

*

787×1092公开本 * 7$\frac{2}{3}$印張 * 143千字 * 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)

此为试读，需要完整PDF请访问：www.ertongbook.com

原　序

本書是按照动力工業学校热工專業"热工测量"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能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——温度、压力、数量及流量、爐烟气成分、水及蒸汽的品質、水位等。此外並叙述热力裝置中所用的某些特殊仪表。

在叙述仪表时，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，著者尽可能地努力叙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，提供了十分宝貴的意見和建議，並对本書的編寫十分关怀，著者謹对他表示感謝。

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　温度的測定……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. 眞空計……181
3-5. 气压計和絕对压力計……188

目　录

第四章　数量及流量的測定 …… 193
4-1. 数量及流量測定的單位及方法 …… 193
4-2. 天平 …… 194
4-3. 容积式計数器 …… 207
4-4. 速度式計数器及速度式流量計 …… 213
4-5. 节流式流量計 …… 230
4-6. 固定压降式流量計 …… 287
4-7. 热量計 …… 292
第五章　烟气分析 …… 297
5-1. 烟气成份的檢查 …… 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. 自动气体分析仪的裝置 …… 341
5-8. 烟級仪 …… 342
第六章　水和蒸汽品質的确定 …… 345
6-1. 确定水和蒸汽品質的方法 …… 345
6-2. 干度計 …… 349
6-3. 鹽量計 …… 352
6-4. 氧量計 …… 356
第七章　水位測定 …… 360
7-1. 汽鍋的低位水位計 …… 360
7-2. 貯液器中的液面指示器 …… 367
第八章　特殊的測量 …… 369
8-1. 轉速計和轉数計数器 …… 369
8-2. 汽輪机軸的軸向移动指示器 …… 371
8-3. 面积仪 …… 373
8-4. 湿度計 …… 381

緒　言

在發展測量技術的工作中，俄國、尤其是苏联的科学与技術工作者的許多成就是具有重大意义的。

俄國仪表制造技術的發展是和十八及十九世紀的革新者，即俄國学者及机械师的光荣的名字分不开的。不同用途的仪表的許多首創的結構是偉大的俄國学者 М. В. 罗蒙諾索夫（1711—1765年）所創造的。其中有一些就是現代还在应用的同类仪表的原型，例如測定物質黏度的仪器（用点滴数目研究液体黏度的器具）。

在祖國（指苏联）仪表制造方面的許多創造者中，佔首要地位之一的是傑出的俄國机械师 И. П. 庫利賓（1735—1818年），他有許多有价值的發明，在仪表制造的領域中是罗蒙諾索夫的直接繼承者。他並且制造了大量的不同种类的測量仪表（温度計，气压計，精密天平等等），流行在俄國的許多地方。

工業上第一个蒸汽鍋爐的給水自动調節器，一种同时進行調節和測定鍋內水位的器具，是天才的俄國机械师 И. И. 波尔索諾夫（1728—1766 年）所創造的。

祖國（指苏联）仪表制造方面特別迅速的發展开始於第一个斯大林五年計划的年代。从这时起，苏联科学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、近代化的和独創的热工測量仪表，它們超过了最好的外國型式，並得到了廣泛的实际应用。

热工測量被廣泛地应用在許多工程領域中。在动力生產部門中，热工測量的地位尤为重要。

近代热力發电厂的合理运行，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，热工測量仪表也有用处。

在裝有十分复雜設备的大發电厂內，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环節。

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备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备。

为了对發电厂內大量的热工檢查仪表進行正确的維护，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会推动苏联动力工業不断前進。

第一章　热工測量的基本原理

1-1. 發电厂中的热工檢查

在热能裝置中，热工測量是为了对所裝置的設备的工作情况進行連續的生產檢查和观察，因而也就称为热工檢查。同时热工測量也廣泛地应用在校整工作和研究工作中。

近代的热力發电厂是燃燒燃料來產生电能和热能的巨大而复雜的工業企業。按其所裝置的設备的特性，發电厂可分为兩部分——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备，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、減压減温設备、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的設备，它們也屬於發电厂的热力部分。

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

發电厂中热力部分值班人員的主要任务是管理各种設备的工况以保証它得到最合理的运轉。为了順利执行这項十分重要的任务，以及实施各項設备和整个發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。

此为试读，需要完整PDF请访问：www.ertongbook.com

a) 热工檢查的目的

热工檢查是为了保証:

1)設备运行的安全性与可靠性;

2)設备在經济上最有利的工况;

3)各机組和整个發电厂的工作情况統計的組織工作。

热力設备可靠的和安全的运行主要决定於設备的完善狀态和安全工作。發电厂中意外事故的發生，在絕大多数情形下是由於管理人員違反了技術操作規程，热工檢查仪表裝置得不充分，或仪表的不完善狀态所造成。

連續檢查工質(燃料、水、蒸汽、空气、烟气等)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設备工作的可靠性及其維护人員的安全性。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济性的顯著降低。

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。

为了保証設备可靠而安全的工作，在許多情形下測量仪表是和預告事故的信号設备同时並用的，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，發电厂的基本經济指标是它的效率，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。發电厂效率的

提高是靠基本机組(鍋爐和汽輪机)中热損失的降低和厂用电及厂用热量的減少而达到的。

鍋爐机組的热損失比較大，因此嚴重地影响到热力設备的經济性，但在合理运行时，这損失可以大大減少。根据这个理由，在發电厂的檢查系統中，鍋爐分場的热工檢查是使發电厂达到最好經济指标的主要环節。

大家知道，蒸汽鍋爐的热損失主要是由烟气帶走的損失，由漏煤或飛灰中所帶走的机械热損失，以及燃料燃燒不完全的化学損失所組成。如在不同的負荷下，能对机組工况作適当的檢查和管理，以及观察受热面的光潔程度、磚襯的狀态等，就可以把这些損失縮減到最小。檢查燃料的燃燒过程和正确地調節鍋爐設备的工作都是一些最重要的任务。当鍋爐所產生的蒸汽的各項参数、压力和过热温度已被指定时，它的調節工作就不外乎是維持蒸汽生產量，燃料耗量，進入爐中的空气量和抽气量四者之間的最有利的配合。在受热面的內外表面上的污物会使傳热嚴重地惡化，並且引起生產量下降，增加烟气帶走的損失，最后就使燃料消耗过多。

檢查蒸汽鍋爐工作的經济性是按照測量仪表的讀数來進行的。根据这些讀数可以确定：燃燒燃料的質和量，蒸汽、給水和空气的压力，温度和数量；燃燒室中和鍋爐烟道中气体的温度和压力(負压)，烟气的成分，蒸汽和給水的品質等等。

汽輪机組的热力損失主要地是和凝汽設备的工作效力有关，因此檢查凝汽器冷却面的狀态(光潔程度)，眞空系統的嚴密性和眞空泵(抽气器)的工作質量有重大的实际意义。观察預热器、蒸發器、除氧器和热水設备的工作也起着頗为重要的作用，它可以使能量生產的煤耗率降低。为此目的，就利用測量方法來檢查蒸汽，凝結水，給水和管道中水的压力、温度和数量，凝汽器中的眞空度和冷却水温度等等。

热力發电厂工作的定期的(每月每年)技術統計按下列各項主要的技術經济指标進行：發电量和供热量，生產每一瓩时及供热一百万大卡的标准煤耗率；鍋爐分場、汽輪机分場主要机組和整个發电厂的效率；厂用电的消耗量。依各种运行指标來完成技術定額是每班都应檢查的，並且依照这些数据每天做成日报表。

發电厂的技術統計主要依靠自动記錄的(記錄式)仪表和積数的仪表(計数器)來完成。此外，最重要的一些仪表讀数每隔30分鐘由值班人員登入日报表中(工作日誌)。

为了作出鍋爐分場中各机組的技術統計，需要進行下列各項測定：產生蒸汽的压力、温度和数量；在鍋爐本体后及鍋爐設备后的二氧化碳(CO_2)的含量；在空气預热器前后的空气温度；在省煤器前后的給水温度；燒去燃料的数量，它的發热量、湿度、灰分和煤粉細度；煤渣中和烟气中帶走的可燃物的含量。

在汽輪机分場中所要統計的数字是：在汽輪机前面和抽汽处蒸汽的数量、压力和温度；凝汽器的眞空度；在凝汽器前后的冷却水温度；凝結水、給水、热力網中的水和化学潔水的数量和温度。

6) 热工測量的組織

随着热力發电厂容量的提高，測量的方法和所用仪表的型式也在不断地發展。發电厂中使用測量仪表的程度也提高了。

在較早时期，各种量的測定一般是用裝在測量地点的仪表直接進行。因为發电站容量的增長和主要設备与輔助設备的擴大，僅依現場的仪表讀数來管理設备的工作就开始感到困难。因此需要採用一种把讀数远距离傳送到特殊的仪表板上的測量仪表，而仪表板則放在值班人員所在的地方。

在近代的巨大發电厂中，对大量热工檢查仪表的日常管理是

在發电厂中特設的热工測量(热工)試驗室中進行的。所有裝在發电厂內的热工測量仪表和自动設备都是在試驗室的管理范圍內的。

热工測量試驗室通过不断地观察測量仪表的工作，实行定期的校驗和修理來保証它們准确地和可靠地工作。

为了对仪表管理和观察它們的工作情况，热工測量試驗室通常建立了值班制度。值班人員对於仪表的职責，除了一般地監視它們的情况外，还要就地消除所發現的毛病，更換仪表的圖紙，將墨水注入記錄筆，和开动自动記錄仪表的时鐘机構，更換試剂等。

在每种仪表經过了它的規定的使用时期以后，热工試驗室就按期直接在裝置仪表的地方組織校驗，或在試驗室內有特殊設备的工作台上進行校驗。在試驗室內檢驗仪表通常是在所屬热力設备的年度大修时進行。發电厂所裝設的一切热工測量仪表的校驗記錄和証件都保存在試驗室中。

热工檢查仪表在受到損伤以及讀数准确度降低到容許限度以下时，即進行修理和調整。为了進行仪表的檢修，在試驗室中裝有工具机，附有特殊器具及全套工具。在仪表整修后須進行校驗，有时还要在标尺上重新刻度。

必要的时候，热工測量試驗室还要安裝新的測量仪表，以及更換現有的仪表，此外还要供給必要的測量仪表來保証在發电厂內所進行的热力設备的校整和試驗工作。

为了領導热工試驗室的工作並給予指導，在大型动力系統的地区管理局中設立了自动裝置与热工測量的中心試驗所。它們在仪表和自动裝置的調整工作上給各發电厂以帮助，並且对新測量仪表的安裝工作進行檢查。在中心試驗所通常有一个工厂，对复雜的測量仪表進行修理和校驗，並制造新仪表的試驗模型。

1-2. 热工檢查仪表的特性

絕大多数的測量設备是由三个主要元件組成：原始件，二次仪表，和連接件。

原始件是測量設备的感受部分，一般放在被測地点，並且直接受到被測的量的訊号❶。

二次仪表，或量計部分，給出被測的量的讀数，將原始件所感受的訊号变成指針，記錄筆或積数器的相应移动。照例二次仪表是裝在值班人員鄰近地方的仪表板上。

連接件，或称測量設备的傳达件(連接導綫及連管)，是用來把讀数(訊号)从原始件傳达到二次仪表上。

原始件有时还有附加的設备，用來把仪表發生的机械訊号变为电的訊号，並用連接电綫傳送到二次仪表上。这种設备称为發訊器。具有發訊器的原始件可能帶有量計器具(刻度和指針)，作为二次仪表讀数的复本，但大多数帶有發訊器的原始件是沒有刻度的(盲的)。

測量仪表的品質主要由測量的准确度，仪表的灵敏度和測量設备讀数的时滯來决定。

測量仪表的灵敏度就是指示器(指針或筆尖)的直綫或角度移动和引起这移动的被測的量的变化之間的比例。仪表所能指出的被檢查量的变化愈小，則灵敏度愈高。

測量仪表讀数的时滯表現出它的慣性，就是从被測的量开始变化的时候起到仪表指出这变化的时候止所經过的时間。这个滯延的时間愈小，則測量仪表的品質愈好。

热工檢查仪表必需尽可能的具有較簡單的結構，有清楚易讀

---

❶ 譯者註：ИМПУЛЬС，照字义直譯是“冲击”。但在仪表術語中，这是指所測参数的变化情况，它可能是剧烈变动的，亦可能是穩定持續的。这与“冲击”的字义不合，故譯作“訊号”。

的刻度和讀数器(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保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。

仪器的安裝要保証能在裝設地点進行測量設备的校驗。

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)烟气成分測定；

5)水、蒸汽和空气的品質測定；

6)水位測定；

7)机器轉速測定。

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。

依讀数的特性而分：

1)指示式的；

2)自动記錄式的(記錄式)；

此为试读，需要完整PDF请访问：www.ertongbook.com