

中等專業學校教學用書

冶煉廠用熱工測量儀器 和調節儀器

Н. И. ТОПЕРВЕРХ, М. Я. ШЕРМАН 著
中華人民共和國重工業部工業教育司譯校

高等教育出版社

台灣電力工業發展史 與電力工業

THE HISTORY OF THE DEVELOPMENT OF
THE ELECTRICITY INDUSTRY IN TAIWAN

中等專業學校教學用書



冶煉廠用熱工測量儀器 和調節儀器

Н. И. 托彼爾維爾赫，М. Я. 舍爾曼著
中華人民共和國重工業部工業教育司譯校

高等教育出版社



本書係根據蘇聯國立黑色與有色冶金科技書籍出版社(Государственное научно-техническое издательство литературы по черной и цветной металлургии)出版的托彼爾維爾赫和舍爾曼(Н. И. Теперверх и М. Я. Шерман)合著的“冶煉廠用熱工測量儀器和調節儀器”(Теплотехнические измерительные и регулирующие приборы на металлургических заводах) 1951年版譯出。原書經蘇聯黑色冶金工業部教育司審定為冶金中等技術學校的教科書。亦可供冶煉車間的技術人員之用。

本書討論檢測儀器、調節儀器和冶煉爐熱制度的自動調節系統。引述了安裝儀器的基本知識。

冶煉廠用熱工測量儀器 和調節儀器

書號27(課25)

托彼爾維爾赫等著

中華人民共和國重工業部工業教育司譯校

高等教育出版社出版

北京琉璃廠一七〇號

(北京市書刊出版業營業許可證出字第〇五四號)

新華書店總經售

京華印書局印刷

北京南新華街甲三七號

開本850×1168—1/32 印張12 3/8 字數317,000

一九五四年六月北京第一版 印數5,501—7,500

一九五五年二月北京第四次印刷 定價¥20,500

熱檢查和自動調節的任務

蘇維埃冶煉業是社會主義工業中一個先進的部門。

在冶煉業的所有部門裏都在採用或推廣新的操作過程、新的機器和設備，它們都是根據科學和技術上的最近成就設計的。同時也正在發展檢查和控制設備的最完善方法的應用，使能精確遵行在生產上和經濟上最有效的制度。

冶煉工廠是燃料的大量消費者；燃料利用的每一即使不大的改進都會給祖國節約大量可貴的燃料。另外，冶煉廠主要產品（生鐵、鋼、鋼材）的獲得都和熱過程密切有關，熱過程的最好狀況能保證最高的質量指標和經濟指標。所以檢查和控制熱過程的問題在冶煉廠裏顯得十分重要。

當具備大量熱工設備和各種輔助裝備時，檢查和控制的形式和任務非常繁多。

基本上它們歸結如下：

- 1) 保證裝置有正確的熱狀況；
- 2) 保證各設備附近的工作安全；
- 3) 試驗工作中的設備以說明工作性質，尋求更經濟地工作的可能，試驗大修後的設備，試驗新的、重新使用的設備；
- 4) 求得為設計新裝置和改裝舊裝置所需的各種數據；
- 5) 獲得計算產品成本用的和工業統計用的數據。

爲了保證有正確的熱狀況，現在主要採用兩種控制設備的方法；

- 1) 各過程直接由工作人員來控制，2) 用特殊儀器——調節器——來自動控制。

還在不久以前，冶煉廠裏是以第一種控制方法佔絕對優勢的。這

時的設備裝備有相應的一套指示式或自動記錄式的測量儀器，來幫助工作人員正確管理某一過程。

這時各有關閥門的控制不是用手就是用相隔一個距離的馬達傳動。在個別情形裏，控制機構（閘門、換向閥）閉塞成那樣：只要一按按鈕就夠了，然後整個循環就會自動進行。例如在轉換馬丁爐閥門時就有這種可能。但就在這種情形裏，第一個動力仍是工作人員直接發出的。

在第二種控制方法裏，必需的熱狀況是用調節器來自動保持的，不需工作人員直接參加。工作人員的任務只在於為調節器確定某種任務，然後調節器就會自動完成任務，保持設備的所需工作狀況。

近幾年的特徵是在黑色冶煉業中廣泛地採用自動機器。早在1944年，在我們蘇聯，就有65%的生鐵和64%的鋼是由自動設備熔煉出來的。

在社會主義社會的條件下，自動化能提高生產率，減輕工人的勞動。蘇聯生產的綜合自動化是共產主義的一個技術基礎，是消除體力勞動和智力勞動間的矛盾的先決條件之一。熱過程的自動化能改進熱的利用，促使生產技術總的提高。

在冶煉廠裏有各色各樣構造的許多測量儀器和調節儀器。要討論儀器現有的一切構造是不可能的，而且也沒有必要。所以以後將只討論冶煉廠裏最常用儀器的測量方法和構造，以及現在推廣的最新的儀器。

儀器的分類

冶煉廠用的熱工儀器，按用途不同可分為兩大類：

- 1) 測量儀器；
- 2) 調節儀器。

1. 測量儀器用來測量各種數量，它又分爲：

- 1) 指示式；
- 2) 自動記錄式；
- 3) 總計式(計數器)。

指示式儀器指示待測量在測量時的數值。讀數按指針在儀器標尺上的位置讀。這種儀器大多裝在設備的附近。根據工作條件，它的標尺和指針應當做得大而明顯，儘可能使工作人員在工作時的任一所在地都能十分精確並方便地讀數。裝置指示式儀器時最好裝得比人的身材稍高一些，這樣裝置能夠看得清楚，並且大大減少了機械損害的可能。

自動記錄式儀器自動記錄在儀器全部工作時間內的測量結果。這是在運動着的紙帶或圓盤上用特殊裝置來記錄的。根據所得的記錄曲線能夠判斷某段時期裏待測量的一切變化，因而判斷過程的進行、設備的情況和工作人員的工作。自動記錄式儀器也有做成幾條曲線記錄的。這時在紙帶或圓盤上同時記錄幾個待測量的數值。這些量可能是同類的(如設備上各點的溫度)，也可能是不同類的(如蒸汽的流量、壓力和溫度)。

總計式儀器(計數器)用計數機構算出待測量的總值^①。知道有關時期起末時(如班次的起末)計數機構的兩示數，即可由它們的差得到這時期裏的總量。通常，這些數據對於單位用量的計算、技術表報和產品成本的計算都是需要的。計數器可以做成單獨的儀器，也可以跟指示式或自動記錄式儀器裝在一個外殼裏。

熱工測量儀器隨所測的量不同分爲以下幾種主要類別^②：

- 1) 測量溫度的儀器；
- 2) 測量壓力的儀器；
- 3) 測量氣體、蒸汽和液體的流量的儀器；
- 4) 分析氣體的儀器；
- 5) 測定氣體中塵埃含量和濕度的儀器。

上面的每一類又包括很多在作用原理和構造形式上都不同的儀器。

① 一定時期內的流量總值也可用求得流量計的圖形面積的方法來確定。面積是用測面儀這種特別儀器來求的。

② 所舉的項目並未包括熱工儀器的全部名目。有許多儀器，主要是用在熱力方面的，這裏都沒有列入。

測量儀器可以是個固定式的，用作各種設備的經常測量，或者是便攜式的，主要用作研究和試驗設備的短時測量。後者在作用原理上一般跟相當的固定式儀器沒有差別，可是應當有十分高的示數精度並能使於攜帶。便攜式儀器常用作標準儀器去校驗生產中的固定式儀器。

2. 調節儀器或自動調節器自動保持測量的數值於規定的水平上。規定的制度因某種原因而被破壞時，自動調節器應作用在有關的調節機構上（閘門、節流閥、換向閥等等），以恢復被破壞的平衡。

自動調節器用來調節溫度、壓力、流量、液面、濕度和流量比等等不同的量。按作用原理和構造形式說來，自動調節器的種類非常多。詳細分類列於第六章，這裏沒有必要加以重複。

調節儀器往往還備有讀數的裝置（標尺、自動記錄裝置、計數機構）。這時調節儀器同時也就起測量儀器的作用。

度量學^①的基本術語及其定義

在以後的敘述中會遇到某些術語和定義，最好對它們先作一精確表述。

表述係根據於 ГОСТ 3951—47^②。

標尺的分度值 跟標尺的一分度相當的待測量的數值。

儀器的真正示數 由原器或標準測量儀器所定的該儀器示數。

待測量的真正數值 由測量儀器的真正示數所定的數值。

示數誤差 儀器示數和待測量的真正數值之間的差數。比如，根據儀器示數的溫度是 610° ，而實際上根據標準儀器的示數是 615° ，則示數誤差是 -5° 。

相對額定誤差 以儀器測量上限的分數或百分數表示的示數誤差。

例 儀器的測量上限是 1000°C ，示數誤差是 -5° ，即儀器指示 995° ，則相對額定誤差等於

$$-\frac{5}{1000}, \text{ 或 } -0.5\%.$$

① 度量學是關於測量的科學。

② ГОСТ 是全蘇國家標準的縮寫。——譯者

如果標尺是正負兩方向的，示數誤差就應被標尺上下限之和來除。如果標尺不自零起始，應除以測量上限和相當於標尺起點的待測量的數值之差。

補正值 要使測量儀器的示數變成待測量的真正數值而需加的數值。例如在上例中補正值等於 $+5^\circ$ 。不難看出，補正值等於帶負號的示數誤差。

一切儀器都按示數的精度分成等級。

精度級以相對額定誤差(百分數)的數值來表示。

例如，有一壓力計，精度級是 2.5，標尺極大值是 100 千克/厘米²，那末它能有的最大誤差就是 100 千克/厘米² 的 2.5%，也就是 2.5 千克/厘米²。

最常見的儀器有底下幾種精度級：0.2，0.5，1，2.5，4。其中精度級為 0.2 的儀器主要是作校驗和刻度用的。在工業測量中，絕大多數情形裏採用精度級 1，1.5 和 2.5 的儀器。

測量技術的一頁發展史

我國學者、工程師和技術人員的富有成效的工作大大促進了測量技術和自動調節的發展，這裏首先必須指出偉大的俄國學者 Д. И. 門德雷業夫的作用，他曾長期領導過俄國的最高度量機關——度量衡檢定所。他提出的許多儀器直到現在還不失它的意義。

其次應當指出 И. С. 庫爾納科夫，第一個記錄用高溫計的發明人；И. И. 西道羅夫，壓力測量方面的多年工作者；В. И. 捷姆金；М. М. 波波夫。

第一個能作工的調節器是天才的俄國機械工作者 И. И. 波耳宗諾夫在 1765 年提出的。調節原理的基本原則是 И. А. 維雪涅格拉特斯基教授在 1877—1878 年間初次敘述的。

在斯大林五年計劃時期裏達到的成就特別巨大。建立了新的儀器製造廠，科學研究機關（蘇聯科學院自動機器和遙遠控制機構學院、中央自動機器實驗室等等），以及（“儀器設計安裝”，“熱檢查”等等）設計安裝機構。

許多傑出的工作應歸功於 А. А. 安德羅諾夫院士，И. И. 伏茲涅

斯基教授(已故)、С.Г. 格拉西莫夫教授等人。

由於自動機器的有效應用和新型儀器的發明，大批工作人員榮膺了斯大林獎金獲得者的光榮稱號，其中因發明和應用馬丁爐、高爐熔煉過程的自動控制儀器而獲得的有下列同志：Ю.Ф. 科史卡爾，П.М. 馬斯洛夫斯基，С.С. 古多西科夫，К.А. 竹茨，Л.А. 施涅葉羅夫，А.Н. 馬卡羅夫，Г.А. 菲耳采爾，В.М. 茲維尼戈羅特斯基。

目 錄

熱檢查和自動調節的任務	i
儀器的分類	ii
度量學的基本術語及其定義	iv
測量技術的一頁發展史	v
第一章 測量溫度	1
1 溫標和測量單位	1
2 測量溫度的儀器及其分類	2
3 膨脹溫度計	2
4 壓力溫度計	5
5 熱電高溫計	6
A 熱電偶	8
B 熱電偶的構造形式	12
B 毫伏特計	19
a) 指示式毫伏特計	19
б) 自動記錄式毫伏特計	25
Г 電位計	30
a) ПП型便攜式電位計	32
б) 自動電位計	34
B) CII型自動記錄電位計	35
r) 電子電位計	40
6 用熱電高溫計測量溫度的主要誤差	47
A 熱電偶自由端溫度的影響	47
B 外路電阻和毫伏特計電阻的改變的影響	51
B 沿熱電極和熱電偶保護管的熱流的誤差	54
Г 測量氣體溫度時的輻射的誤差	55
7 抽氣熱電偶	57

8	熱電偶的校正	59
A	定點校正	60
B	跟標準儀器比較校正	61
9	電阻溫度計	62
A	電阻溫度計	63
B	電阻溫度計的測量裝置	66
a)	不平衡電橋	66
b)	平衡電橋	67
B)	比率計	69
10	輻射高溫計	72
A	加熱體的輻射定律	73
B	光學高溫計	77
a)	燈絲隱滅式高溫計	77
b)	光電高溫計	81
B)	光學法測量溫度的補正值	84
B	全輻射高溫計	88
Г	全輻射高溫計的裝置	92
第二章 測量壓力和負壓力		100
11	測量單位	102
12	測量壓力和負壓的儀器	103
A	液體壓力計	103
a)	U形壓力計	103
b)	微壓計	105
B)	補償式微壓計	109
г)	鐘罩壓力計	110
Д)	環天平	112
B	彈簧壓力計	114
a)	管彈簧壓力計	114
b)	螺管彈簧壓力計	116
B)	膜壓力計和膜吸力計	117
г)	補償式膜壓力計 ЭДМ-52	122

13 彈簧壓力計的選擇、裝置和校驗	123
第三章 測量氣體、蒸氣和液體的流量	126
14 測量氣體、蒸汽和液體的流量的儀器	126
A 壓力管	126
B 節流儀器	134
a) 孔板	134
б) 孔板的特殊構造	153
B) 孔板的裝置	158
r) 噴嘴	161
Д) 流量管(文脫里管)	164
B 流量計(壓差計)	167
a) 便攜壓差計	167
б) “環天平”流量計-壓差計	168
B) 浮標壓差計	171
r) 鐘罩壓差計	178
Д) 手風琴式彈簧壓差計	179
e) 壓差計的標尺	180
15 壓差計的裝置	182
16 測量脈動流束的流量	185
17 定壓降流量計	187
A 定壓降活塞流量計	188
B 轉子流量計	190
18 容積流量計	190
19 速度流量計	192
第四章 分析氣體的成分	194
20 氣體分析	194
A 氣體的成分	194
B 取樣	197
B 選擇取樣地點	198
Г 取樣管	199

Д 儲存氣體樣品的容器	201
21 分析氣體的儀器	202
A 人工氣體分析器	202
а) IX-1 型氣體分析器	203
б) 波勃羅夫斯基氣體分析器	209
в) 完全分析的氣體分析器	210
B 自動氣體分析器	211
а) 化學的氣體分析器	211
б) 電的氣體分析器	214
в) 磁的氧分析器	223
22 自動氣體分析器的裝置	225
A 取樣	225
B 選擇裝置儀器的地點	225
B 氣體分析器的附屬設備	226
第五章 測定氣體的濕度	229
23 基本概念	229
24 測定濕度的儀器	235
A 重量法	235
B 冷凝法	235
B 乾濕泡濕度計	236
Г 毛髮濕度計	239
第六章 自動調節	241
25 基本概念	242
26 調節對象的基本性質	244
A 對象的容量	244
B 自衡	247
B 滯後	251
Г 對象的負荷	253
27 自動調節器的基本性質和特性	253
28 調節器的構造	263

A 液壓調節器	263
a) 壓力調節器	264
б) 流量調節器	274
B) 比例調節器	274
r) 正比調節器和再調調節器	277
B 氣壓調節器	279
a) 溫度調節器 ЧИПН	281
б) 流量調節器	285
B 電動調節器	287
a) 接點毫伏特計	288
б) 自動調節用電位計	295
B) 電動執行機構	300
r) 電動再調裝置	303
д) 壓力調節器 РДМ-3	309
e) 調節閥	313
第七章 冶煉廠主要車間內測量儀器和調節儀器的裝置	315
29 總說	315
30 高爐車間	316
31 馬丁爐車間	325
A 馬丁爐熱制度的自動調節	327
a) 調節爐內燃料的供給量	328
б) 調節燃燒	329
B) 調節爐子熔腔內的壓力	334
r) 自動轉換換向閥	337
B 熱檢查和自動調節的系統	340
32 軋鋼車間	344
A 均熱爐	345
B 連續式加熱爐	347
附錄 1	349
1 用孔板測定流量的公式和實例	349

2 計算孔板孔徑的公式和實例	361
表 1. 標準孔板的理想流量係數 α_H	370
表 2. 由 X 求 $\frac{d}{D}$	370
附錄 II	372
表 1. 氣體的重度	372
表 2. 飽和水蒸氣的重度 γ 與絕對壓力 P_{a6c} 的關係	372
表 3. 過熱水蒸氣的重度與絕對壓力和溫度的關係(據 M. II. 伏卡洛維奇)...	373
參考書籍	375
譯名對照表	377

冶煉廠用熱工測量儀器和調節儀器

第一章 測量溫度

冶煉廠裏進行的各種測量中，溫度測量無疑是最重要的一種。因為所有基本過程（煉鐵、煉鋼、軋鋼）和幾乎所有的輔助過程（製造水蒸氣、壓縮空氣、耐火磚）都需要一定的溫度情況，而且總有一種最適宜的、普通是溫度區間不大的溫度情況使過程進行得最良好。把合金鋼加熱和加以壓延時，要獲得質量高的產品，其必要條件就是檢查溫度。

在鑄鋼生產和高爐生產中，檢查溫度的作用也不小（如檢查鑄鋼的溫度，蓄熱室格子磚、爐頂的溫度，送入高爐去的風溫，熱風爐的穹頭溫，高爐氣溫等等）。

再說在各種研究和試驗中也都需要溫度的多次測量，更可見其在冶煉廠中作用之大了。

1. 溫標和測量單位

蘇聯採用國際溫標，即熱力學的百度溫標；在這種溫標裏，以 0° 和 100° 各表示標準大氣壓下冰的溶點和水的沸點。

溫度測量單位“度”是國際溫標中 0° 跟 100° 兩點間溫度間隔的百分之一。

按國際溫標測得的溫度用符號 $^{\circ}\text{C}$ 表示。