

机械制造者

和

中国工业出版社

机械制造者手册

(共六卷)

第二卷

主編 技术科学博士、教授 阿切尔康

(根据机械工业出版社原型重印)

*

机械工业图书编辑部編輯 (北京苏州胡同 141 号)

中国工业出版社出版 (北京佟麟阁路 10 号)

(北京市书刊出版事业许可证出字第 110 号)

机械工业出版社印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行·各地新华书店經售

*

开本 $850 \times 1168^{1/32}$ · 印張 $23^{5/8}$ · 插頁 2 · 字数 784,000

1958 年 9 月北京第一版

1963 年 10 月北京新一版 · 1963 年 10 月北京第一次印刷

印数 0,001—1,433 · 定价 5.10 元

*

統一书号: 15165 · 2761(一机-588)

机 械 制 造 者 手 册

(共 六 卷)

第 二 卷

主編 技术科学博士、教授 阿切尔康

中国工业出版社

出版者的話

这部《机械制造者手册》共六卷，第一卷是关于数学、理論力学、机械原理三方面的資料。第二卷是关于热工学、化学、光学、声学、水力学等方面的資料。第三卷是机械强度計算。第四卷是机械零件的設計和計算。第五卷是供机械設計師参考的制造工艺方面的資料。第六卷是关于机械制造用的材料方面的資料。中譯本是根據 1954 年修訂二版譯出的。第二版很多章作了修改，有几章从新写过，或作了补充；对于实际应用价值不大的材料都刪去了。所以新版可以說取材既全面又精煉，無論从理論方面說或是从实用方面說，都照顧得很适当。各种重要的原理、公式及計算方法書中有丰富的应用举例。

本手册是从事机械制造的工程师及研究人員必备的参考書。

本卷著者

技术科学博士、教授符卡洛維奇 (М. П. Вукалович)，法印集利別尔 (Э. М. Файнзильбер)，技术科学碩士彼士霍夫 (Б. С. Петухов)，科列林 (А. Е. Корелин)，拉扎列夫 (Л. П. Лазарев)，斯米里亞金 (А. П. Смирятин)，哈利捷夫 (Г. П. Хализев)，馬邱欣 (В. М. Матюхин)，波特維茲 (Л. Г. Подвидэ)，揚申 (Б. И. Янышин)，潘尼奇金 (И. А. Паничкин)，工程师克里彼茨 (Э. С. Крипец)，馬孜林 (И. В. Мазырин)，西蒙諾夫 (А. Ф. Симонов)，物理数学科学碩士安采費罗夫 (М. С. Анцыферов)，尼基琴 (Н. Н. Никитин)，教授阿斯塔霍夫 (К. В. Астахов)

本卷譯者

宋懿昌、陈克鏗、虞 昊、涂象初、童寿生、陶 坤、裘益鍾、李有章

目 次

热 学

(宋懿昌、陈克鏗譯)

第一章 物体的一般热学性質	符卡洛維奇 9
温度	9
电阻温度计	15
热电偶	18
压力	21
测量压力的仪表	21
比容	26
热膨胀	32
热容量	34
熔化温度和汽化温度。熔化热和汽化热	55
临界状态	57
第二章 工程热力学	符卡洛維奇 60
符号	60
热力学第一定律	61
热力学第二定律	62
不可逆性导致功的损失	63
热力函数	64
热力学微分方程式	65
理想气体	67
混合气体	69
主要的气体过程	72
气体发动机的循环	78
活塞式发动机的循环	80
喷气发动机的循环	83
单缸压气机中的压缩过程	90
离心式增压器	94
实际气体	95
水蒸汽	96
气体和蒸汽的流动	101
气体和蒸汽的节流	131

蒸汽动力裝置的循环	133
人工制冷的热力学基础	139
制冷机循环	148
热泵	152
供热和制冷的联合循环	152
变温器	153
湿空气	154
参考文献	162
第三章 傳热学	彼土霍夫 163
緒論	163
导热	165
对流换热	198
輻射换热	220
换热器的計算基础	236
参考文献	244
燃燒。燃料。水。潤滑剂	
(宋龔昌, 陈克鏗譯)	
第四章 燃燒过程的理論和計算	法印集利別尔 245
普通原理和定义	245
燃燒过程的計算	246
参考文献	253
第五章 苏联的燃料	科列林 254
緒論	254
固体燃料	257
气体燃料	275
第六章 水	克里彼茨 278
水的組成	278
水質的改进	281
参考文献	292
第七章 潤滑剂	馬致林 293
緒論	293
液体潤滑油	293
濃稠潤滑脂	304

其他潤滑劑	311
潤滑劑的更換	312
潤滑劑的加料	314
参考文献	315

光学和声学

(虞昊、涂象初、童寿生譯)

第八章 光学	拉扎列夫 316
基本定义	316
光源	316
物理光学	319
几何光学	322
光学零件的裝法	334
光具組的基本类型	337
光学仪器	346
参考文献	354
第九章 声学	安采費罗夫 355
基本定义	355
声的現象及它引起的听觉	357
防止噪音	368
参考文献	374

化学部分

(陶坤譯)

第十章 化学	阿斯塔霍夫 375
引言	375
周期律和元素的周期表	375
原子結構和原子常数	378
双原子分子的鍵能	386
元素及其重要化合物的性質	386
离子晶格的能量	413
自由状态下元素的和一些無機化合物的熔化热和蒸發热	413
一些有机化合物的性質	418
重要化合物的自由能和形成热	429
金屬对金屬的扩散	445

参考文献	448
第十一章 純金屬的物理化学性質与机械性能 ··· 斯米里亞金	449
参考文献	466

电 工 学

(裴益鍾譯)

第十二章 电工原理	哈利捷夫和西蒙諾夫	467
电学和磁学各个量的符号和單位		467
电場、电容器		469
磁与电磁		472
基本定律。直流电路		482
交流		486
电工材料		492
布綫		500
电解液中的电流		506
化学电源		509
电子学		516
电工測量		529
参考文献		538
第十三章 电机学	馬邱欣	539
概說		539
直流电机		543
变压器		557
感应电动机		559
同步电动机		573
通用电动机		579
参考文献		580
第十四章 电力拖动	哈利捷夫	581
机械特性曲綫和起动电阻的計算		581
發电机-电动机系統的静态机械特性曲綫		595
电力拖动的动力学		596
电动机的选择		604
参考文献		612
第十五章 电器和电动机的控制綫路	哈利捷夫	613

电器概說	613
电动机的控制綫路	618
参考文献	634

水力学。流体空气动力学与气体动力学

(李有章譯)

第十六章 水力学	波特維茲和揚申 635
液体的一些物理性質	635
液体內的压力, 压力的單位	644
測量压力的仪器	646
靜止液体作用于壁上的总压力	648
阿基米德原理。物体在液体中平衡的条件	651
液体的相对靜止	652
实际液体流动的普遍方程式	656
有压等速流动	663
無压等速流动	676
孔口和管嘴的出流	678
夾縫出流	684
变水头下的出流	685
堰	688
管路上的局部阻力	689
管路的水击	699
管路上用的流量計	702
管路計算	707
液流作用在界壁上的力	711
参考文献	714
第十七章 流体空气动力学与气体动力学	尼基琴、潘尼奇金 715
流体空气动力学	715
气体动力学	740
参考文献	756



热 学

第一章 物体的一般热学性质

温 度

按物体性质的统计规律所确定的量——温度、压力——叫做宏观的或热力学的物性量。

这些物性量标志着常由大量质点组成的宏观物体的特性。

决定物体或物系状况的热力学物性量，也叫做热力学参数，或简称物系参数。

温度是确定物体或物系宏观状况的基本的热力学参数之一。

利用仪表测定温度是基于物质任一特性对温度的关系，例如：热膨胀、饱和汽压、气态物质在定容下的压力、或与此相反气态物质在定压下的容积、金属的电阻、热电偶的电动势、辐射强度等等。

温度的读数由温标确定。

温标的建立方法是：任意选取两个恒定的温点，叫做基准点；在温度计所指示的这两个基准点之间分成若干等分，叫做度。

在两基准点之间所规定的每一分间隔就是温度一度。

因为选取恒定的温点和温标等分的数目都是任意的，所以有好几种温标。

列氏温标(R)、摄氏温标(ℓ)和华氏温标(F)都是把温度计上冰融点和水沸点之间的间隔分成若干等分：在列氏温标中，分为80等分，并把冰融点定为0°，水沸点定为80°；在摄氏温标中，分为100等分(0°及100°)；在华氏温标中，分为180等分(+32°及212°)。

从某一种温标换算到另一种温标的公式如下：

$${}^{\circ}\ell = \frac{5}{9}({}^{\circ}\text{F} - 32^{\circ}) = \frac{5}{4}{}^{\circ}\text{R};$$

$${}^{\circ}\text{F} = 32^{\circ} + \frac{9}{5}{}^{\circ}\ell = 32^{\circ} + \frac{9}{4}{}^{\circ}\text{R};$$

$${}^{\circ}\text{R} = \frac{4}{5}{}^{\circ}\ell = \frac{4}{9}({}^{\circ}\text{F} - 32^{\circ}).$$

列氏、攝氏及華氏溫標是根据液体（水銀或酒精）的体積膨脹現象而建立的。

这些溫標的缺点是：溫度計的指度和所用測溫物質的特性有关，因为各种物質随溫度各有其独特的感溫性質的变化。

做精密測量時，水銀溫度計的讀數必須進行下列修正：

1) 微管剖面沿長度不均勻一致的影响；

2) 冰融點和水沸點刻度的不準確性；

上述兩項影响可以用标准儀器（标准溫度計）修正；

3) 外界壓力對於溫度計水銀容器的影响；

4) 溫度計安放位置的影响；

這兩項修正數值微小，可以忽略不計；

5) 熱力惰性的修正；這項修正數值只在溫度变化相当迅速時才比較显著；

6) 因玻璃的熱力滯性使零點移动；這項修正可在測量溫度前后檢驗 0°C 來判定（取平均值）；

7) 露在外面的那段水銀柱与被測物質的溫度不同。

修正露出水銀柱的公式如下：

$$\Delta t = \alpha(t - t_1)L。$$

式中 α ——玻璃中水銀的可見膨脹系數；

t ——測得溫度；

t_1 ——露出的那段水銀柱的平均溫度；

L ——露出的那段水銀柱的長度，以溫標上的度數表示。

修正舉例 一水銀溫度計在液体中浸到刻度 120°C ，而指示溫度 $t = 170^{\circ}\text{C}$ 。用輔助溫度計（圖1）測得露出的那段水銀柱的平均溫度為 $t_1 = 54^{\circ}\text{C}$ 。測量前零點的移動等於 $+0.1^{\circ}\text{C}$ ，測量後零點的移動是 $+0.06^{\circ}\text{C}$ 。溫度計用伊納玻璃製造。

求露出水銀柱的修正值：

$$\begin{aligned}\Delta t &= \alpha(t - t_1)L \\ &= 0.000164(170 - 54)(170 - 120) \\ &= 0.95^{\circ}\text{C}.\end{aligned}$$

根据上面的修正，溫度 $170 + \Delta t = 170 + 0.95 = 170.95^{\circ}\text{C}$

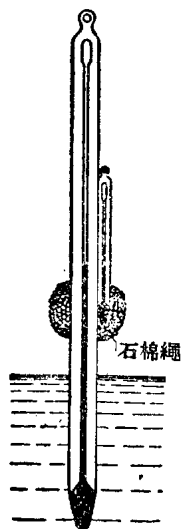


圖1 修正露出的水銀柱時溫度計的布置。

具有误差量 -0.95°C 和属于零点位移的 -0.05°C 。零点位移的变化总计有 $-0.05 - \left[\frac{(+0.1) + (+0.06)}{2} \right] = -0.13^{\circ}\text{C}$ 。

温度为 170.95°C 时，计入零点移动的新的修正，现在总计有 $-0.25 + (-0.13) = -0.38^{\circ}\text{C}$ 。这样一来，实际温度将等于

$$t = 170.95 + (-0.38) = 170.57^{\circ}\text{C}。$$

应用具有实际感温物质的测温设备而量出的物体温度，叫做经验温度，以区别于所谓热力学温度。

热力学温标是根据热力学第二定律，而与感温物质的性质无关的。

热力学温标的温度是从绝对零度算起的，并用符号 $\text{T}^{\circ}\text{a6c.}$ 或 $^{\circ}\text{K}$ 表示。

绝对温度和热力学温度是同样的。在绝对零度时，分子的热运动就停止了。根据它的定义，可知绝对温度 T° 总是正值。

物体的绝对温度可以借助一种测温设备量出，在这种测温设备中以极稀薄的气体或理想气体[⊙]作为感温物质，也就是说，借助于气体温度计，其中装填着极稀薄的气体，例如氢、氮、氦。

这种稀薄气体所占有的容积及其压力都是和它的绝对温度成正比的，因此，理想气体温标就是绝对温标。

国际温标

1933年经第八次国际度量衡会议采用，并在苏联全联邦标准 (OCT BKC 6954) 中载入的国际温标，是热力学百度温标的实际体现，在这种温标上，标准大气压力下的冰融点和水沸点分别指定为 0° 和 100° 。

国际温标依据不变的和精确复制而给予数值的平衡温度（固定点）的体系。求定中间温度时就用按照这些固定点刻度的中插性仪器。

按国际温标测量的温度用符号 $^{\circ}\text{C}$ 表示。

绝对温度和百度温标上温度之间的关系式是 $\text{T}^{\circ}\text{a6c.} = t^{\circ}\text{C} + 273.16^{\circ}$ ，由此可知，绝对零度等于百度温标的 -273.16° 。

表 1 中给出国际百度温标的主要的固定点；而在表 2 和表 3 中给出另外一些常用的固定点，这些是用来作为相应的热力学仪器的校验和刻度的，也借以获得十分确实的温度。

表 4 中给出从定容气体温度计读数转变为标准温度计热力学温标的修正

⊙ 极稀薄的气体就接近于理想气体。——译者

表1 温标的主要固定点[12]

物質名称	化学符号	平衡状态	温度(°C)	温度和压力的关系式, 压力 $p=680\sim 780$ 公厘水銀柱
氧	O ₂	沸 騰	-182.97	$t=t_{760}+0.0126(p-760)$ $-0.000065(p-760)^2$
冰	H ₂ O	融 化	0.000	
水	H ₂ O	沸 騰	100.000	$t=t_{760}+0.0367(p-760)$ $-0.000023(p-760)^2$ $t=t_{760}+0.0909(p-760)$ $-0.000048(p-760)^2$
硫	S	沸 騰	444.60	
銀	Ag	凝 固	960.5	
金	Au	凝 固	1063.0	

表2 輔助的温标固定点[12]

物質名称	化学符号	平衡状态	温度(°C)	物質名称	化学符号	平衡状态	温度(°C)
乙 醚	C ₂ H ₅ ·O· C ₂ H ₅	凝固	-123.6	氯化錳	MnCl ₂ · 2H ₂ O	轉交点	+ 50.09
二硫化碳	CS ₂	凝固	-112.0	萘	C ₁₀ H ₈	沸騰	+217.96
二氧化碳	CO ₂	升华	-78.52	錫	Sn	凝固	+231.85
三氯甲烷	CHCl ₃	凝固	-63.7	二苯甲酮	C ₆ H ₅ ·CO· C ₆ H ₅	沸騰	+305.9
氯苯	C ₆ H ₅ Cl ₃	凝固	-45.5	鎘	Cd	凝固	+320.9
汞	Hg	凝固	-38.87	鋅	Zn	凝固	+419.45
硫酸鈉	Na ₂ SO ₄ · 10H ₂ O	轉交点	-32.38	銻	Sb	凝固	+630.5
				銅	Cu	凝固	+1083
				鈀	Pd	凝固	+1555
				鎢	W	融化	+3400

值 Δt 。

表 5、表 6 和表 7 中列出各种溫度計的标度。

表 8 中列出實驗室用和工程用溫度計讀数的容許誤差。

在苏联, 由 ВНИИМ 进行国际溫标的复制和保存。

表3 在很低的温度区域中适用的温标固定点[12]

物质名称	化学符号	平衡状态	温度 (°K)	温度和压力间的关系式
氮	N ₂	沸 騰	77.35	压力从 760 到 150 公厘水銀柱: $\lg p = 7.781845 - 0.0062649T - \frac{341.619}{T}$
氢	H ₂	沸 騰	20.38	压力从 760 到 54 公厘水銀柱: $\lg p = 4.80204 + 0.0167335T - \frac{46.1045}{T}$
氦	He	沸 騰	4.22	压力从 760 到 0.3 公厘水銀柱: 温度 $T > 2.19^\circ\text{K}$: $\lg p = -\frac{3.024}{T} + 2.208 \lg T + 1.217$; 温度 $T < 2.19^\circ\text{K}$: $\lg p = -\frac{3.018}{T} + 2.484 \lg T - 0.00297$ $\times T^4 - 1.197$

表4 从定容气体温度计读数转变为标准温度计热力学温标的修正数 Δt , 当 $p = 1000$ 公厘水銀柱 (0°C) 时[12]

$t (^\circ\text{C})$	He	H ₂	N ₂	$t (^\circ\text{C})$	He	H ₂	N ₂
+450	0.061	—	0.190	-80	0.004	0.005	0.033
+400	0.016	—	0.150	-90	0.005	0.007	0.042
+350	0.034	—	0.110	-100	0.006	0.009	0.052
+300	0.023	—	0.080	-110	0.007	0.011	0.064
+250	0.015	0.032	0.050	-120	0.008	0.013	0.077
+200	0.008	0.017	0.027	-130	0.009	0.016	—
+150	0.003	0.007	0.011	-140	0.011	0.019	—
+100	0.000	0.000	0.000	-150	0.013	0.022	—
+75	-0.001	-0.001	-0.002	-160	0.015	0.026	—
+50	-0.001	-0.003	-0.004	-170	0.017	0.030	—
+25	-0.001	-0.001	-0.002	-180	0.019	0.035	—
0	0.000	0.000	0.000	-190	0.021	0.040	—
-10	0.000	0.000	0.002	-200	0.024	0.046	—
-20	0.001	0.001	0.004	-210	0.027	0.053	—
-30	0.001	0.001	0.007	-220	0.030	0.062	—
-40	0.002	0.002	0.011	-230	0.033	0.072	—
-50	0.002	0.002	0.015	-240	0.037	0.083	—
-60	0.003	0.003	0.020	-250	0.041	0.10	—
-70	0.003	0.004	0.025	-260	0.045	—	—

注 1. 对应于热力学温标的实际温度等于 $t = t_{\text{表}} + \Delta t$ 。2. 气体温度计可应用于广大的温度范围: 从 -270°C 到 1500°C , 或更高些。

表5 几种典型温度计的标度[11]

主要标度(°C)		辅助标度(°C)		分度值 (°C)	标度的容许 误差(°C)
从	到	从	到		
-30	+25	—	—	0.1	±0.3
-2	+52	—	—	0.1	±0.2
+48	+102	-1	+1	0.1	±0.2
+98	+202	-1	+1	0.2	±0.4
+198	+302	-1	+1	0.2	±0.8

表6 实验室用温度计的
标度[11]

标度范围 (°C)	分度值 (°C)	总长度(公厘) (公差±10公厘)	
		杆 长	包括插 入部分
0~100	1	220	220
0~150	1	220	250
0~250	1	280	300
0~350	1	320	350
0~400	1	—	—
0~500	1	—	—

表7 工程用温度计的
标度[11]

标度范围 (°C)	分度值 (°C)	标度范围 (°C)	分度值 (°C)
0~50	0.5或1	0~300	2
0~100	0.5或1	0~350	2
0~150	1	0~400	2或5
0~200	1或2	0~450	5
0~250	2	0~500	5或10

表8 实验室用和工程用温度计读数的容许误差[11]

温度范围(°C)		各种分度值下的容许误差(°C)				
从	到	0.1和0.2	0.5	1	2	5和10
-30	0	±0.3	±1	±1	±2	±5
+1	+100	±0.2	±1	±1	±2	±5
+101	+200	±0.4	±1	±1	±2	±5
+201	+300	±1.0	±2	±1	±4	±10
+301	+400	—	—	±3	±4	±10
+401	+500	—	—	±4	±5	±10

为了把国际温标上不同温度区域中的正确数值转换到实用的测温仪表上,可用各种型式的仪表。

电阻温度计

电阻温度计的作用原理是根据感温物体的电阻随着温度变化而改变的关系。

被采用为感温物质的主要是纯金属，首先是白金，这种物质最能符合感温材料的所有要求：化学稳定性，显著的电阻温度系数，电阻随温度变化的规律比较简单、具有性质不变的重复性。

电阻温度计所用白金的品质应当是这样：比值 $\frac{R_{100}}{R_0}$ 不小于 1.390，而比值 $\frac{R_{444.6}}{R_0}$ 不小于 2.645，这里 R_0 、 R_{100} 和 $R_{444.6}$ 各相当于在冰的融点、水的沸点和硫的沸点温度时温度计的电阻值。

在 -30°C 到 $+660^{\circ}\text{C}$ 的温度范围内，纯白金的电阻对温度的关系决定于方程式

$$R_t = R_0(1 + at + bt^2). \quad (1)$$

式中 R_0 ——白金在冰融点温度 (0°C) 时的电阻； t ——在百度温标上的温度； a 、 b ——这一种白金的常数，根据在冰融点 (0°C)、水沸点 (100°C) 和硫沸点 (444.6°C) 时温度计的刻度来确定。

通常 $a = 3.94 \times 10^{-3}$ ， $b = -5.8 \times 10^{-7}$ ；但这些常数随着白金的品质有一些变化。

在 0° 到 -190°C 的温度范围内，应当采用方程式

$$R_t = R_0[1 + at + bt^2 + c(t-100)t^3]. \quad (2)$$

式中 R_0 、 a 、 b ——也都和方程式 (1) 中的系数一样，但系数 c 可由在氧沸点温度 (-182.97°C) 下温度计的额外刻度来决定。

当温度计在这样的温度范围内工作时，白金的品质应当满足下列要求

$$\frac{R_{-182.97}}{R_0} \leq 0.25.$$

下列物质被用作电阻温度计的感温材料：铜（温度在 $100 \sim 150^{\circ}\text{C}$ 以下）、镍（ $200 \sim 250^{\circ}\text{C}$ 以下）、铁（ $100 \sim 150^{\circ}\text{C}$ 以下）、铅（在低温时）和磷青铜（在更低的温度区域）。

表 9 和表 10 给出的数据，使我们根据相当于 0°C 及被测温度 $t^{\circ}\text{C}$ 的已知温度计电阻 R_0 和 R_t ，能够立即求出被测温度，而不必按方程式 (1) 或 (2) 推算。

应用电阻温度计时引起下列误差：