

职业技术学院教学用书

冶金过程检测与控制

(第2版)

郭爱民 主编



YEJIN GUOCHENG JIANCE YU KONGZHI



冶金工业出版社
Metallurgical Industry Press

职业技术学院教学用书

冶金过程检测与控制

(第2版)

主 编 郭爱民

副主编 李勇刚 王国华 孔祥彪

北 京

冶金工业出版社

2010

内 容 提 要

本书为高等职业院校钢铁冶金、有色金属、金属压力加工、冶金工程、材料科学与工程等专业的教学用书。全书共分14章,按参数检测、轧制测试技术、过程控制、计算机应用四部分编写,主要内容分别包括:温度测量,压力压差测量,流量测量,物料称量和物位检测;零件应力应变与扭矩测量,轧制力与张力测量,宽度与厚度测量;过程控制原理及系统,调节器、执行器和生产中常规仪表的检测与控制;计算机系统在烧结、炼铁、炼钢、连铸生产中的应用等。

本书也可供相关专业技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

冶金过程检测与控制/郭爱民主编—2版.—北京:冶金工业出版社,2010.6

职业技术学院教学用书

ISBN 978-7-5024-5290-2

I. ①冶… II. ①郭… III. ①冶金—过程—自动检测—专业学校—教材 ②冶金—过程控制—专业学校—教材
IV. ①TF01

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 093977 号

出 版 人 曹胜利

地 址 北京北河沿大街嵩祝院北巷 39 号,邮编 100009

电 话 (010)64027926 电子信箱 postmaster@cnmip.com.cn

责任编辑 俞跃春 美术编辑 李 新 版式设计 葛新霞

责任校对 王贺兰 责任印制 牛晓波

ISBN 978-7-5024-5290-2

北京百善印刷厂印刷;冶金工业出版社发行;各地新华书店经销

2004 年 9 月第 1 版;2010 年 6 月第 2 版,2010 年 6 月第 1 次印刷

787mm×1092mm 1/16;16 印张;422 千字;240 页

30.00 元

冶金工业出版社发行部 电话:(010)64044283 传真:(010)64027893

冶金书店 地址:北京东四西大街 46 号(100711) 电话:(010)65289081

(本书如有印装质量问题,本社发行部负责退换)

第2版前言

为了适应人才培养以及教学改革的需要及根据职业教育发展与教育改革的要求,编者在总结多年教学实践经验的基础上,对本书进行了修订。本次修订的主要内容包括:增加了煤粉喷吹、多功能非真空感应炉炼钢的计算机应用内容,删减了可编程调节器的结构、功能等部分内容;为了兼顾金属压力加工专业的需要,还增加了轧制测试技术的内容。

全书由郭爱民担任主编,李勇刚、王国华、孔祥彪担任副主编。本书由山西工程职业技术学院郭爱民编写概述、第1~11章,山西太钢不锈钢股份有限公司李勇刚、王国华、高志岗编写第12章,晋西集团有限责任公司孔祥彪、太钢集团临汾钢铁有限公司景东亮编写第13章,山西太钢不锈钢股份有限公司李勇刚、王国华、任昌、杨瑞军、赵鸿燕、侯建忠合编第14章。

北京科技大学黎景全教授对本书进行了审稿,编者在此表示衷心的感谢并向所引用参考文献的编著者表示感谢。

由于编写水平所限,书中还存在不足之处,恳请读者批评指正。

编 者
2010年3月

第1版前言

本书是为适应职业教育的需要,根据职业技术学院的教学要求编写的,为钢铁冶炼专业教学用书。

本书以适应我国冶金生产操作的需要为前提,以提高职业教育教学质量为目的,结合生产过程,介绍了工艺参数的检测和控制的基本知识。全书按自动检测、过程控制和计算机应用三个方面进行了编写,适于炼铁、炼钢、轧钢、有色冶金等专业使用。

通过对本书的学习,可使学生熟悉冶金生产过程中主要工艺参数的检测原理和方法;初步掌握选择仪表、使用仪表的基本知识;熟悉生产过程中自动控制的基本原理和方法;了解过程控制技术在冶金生产中的具体应用;为学生在工作岗位上组织正常的冶炼操作,打下必备的基础。

本书由郭爱民任主编。参加该书编写工作的有山西工程职业技术学院郭爱民(编写概述、第1、2、3、4、5章)、曹秀敏(编写第7、8章),太钢杨莉、李勇刚和晋机厂孔祥彪(编写第6、9、10章)。在编写过程中,我们引用了国内部分专家学者的研究成果,在此谨表感谢。

由于编者水平所限,书中不妥之处,敬请读者批评指正。

编 者
2004年5月

目 录

0 概述	1
0.1 测量仪表的测量误差	1
0.2 测量仪表的品质指标	1
0.2.1 精度(精确度、准确度)	2
0.2.2 变差	2
0.2.3 灵敏度	2
0.3 测量仪表的选择原则	3
0.4 测量仪表的分类	3
复习思考题	3

第1篇 参数检测

1 温度测量	5
1.1 温度和温标	5
1.1.1 摄氏温标与热力学温标	5
1.1.2 国际实用温标	5
1.2 热电偶	6
1.2.1 测温原理	6
1.2.2 中间导体定律	7
1.2.3 常用热电偶	8
1.2.4 快速微型热电偶	11
1.2.5 冷端温度补偿	11
1.2.6 热电偶测温线路	14
1.2.7 常见故障及处理	15
1.3 热电阻	15
1.3.1 热电阻结构	15
1.3.2 测温原理	16
1.3.3 使用中的故障处理	18
1.4 温度显示仪表	18
1.4.1 动圈式仪表	18
1.4.2 电子电位差计	21
1.4.3 自动平衡电桥	23
1.4.4 数字式温度显示仪表	26
1.4.5 新型显示仪表	27
1.5 温度变送器	29

1.5.1	DDZ - III 型温度变送器	29
1.5.2	一体化温度变送器	31
1.6	接触式测温仪表的选择与安装	32
1.6.1	温度计的选择	32
1.6.2	感温元件的安装	32
1.6.3	布线要求	33
1.7	带计算机的温度测量	33
1.8	辐射测温	33
1.8.1	热辐射测温的基本概念	33
1.8.2	热辐射的基本定律	35
1.8.3	辐射式温度计	37
	复习思考题	44
2	压力(差压)测量	45
2.1	概述	45
2.2	弹性压力计	45
2.2.1	弹性元件	45
2.2.2	弹簧管压力表	46
2.2.3	电接点压力表	47
2.2.4	压力计选择与安装	47
2.3	压力传感器	49
2.3.1	霍尔片压力传感器	49
2.3.2	电容式压力传感器	50
2.4	压力(压差)变送器	51
2.4.1	力平衡式压力变送器(III型)	51
2.4.2	电容式差压变送器	53
2.4.3	1151 智能式差压变送器	55
2.4.4	压力变送器主要技术性能	56
2.5	带计算机的压力测量系统	57
	复习思考题	57
3	流量测量	59
3.1	概述	59
3.2	差压式流量计	59
3.2.1	节流装置的类型及特点	59
3.2.2	节流原理和流量方程式	59
3.2.3	方程中系数讨论	61
3.2.4	标准节流装置孔板	61
3.2.5	差压式流量计流量测量系统	63

3.2.6 差压式流量计的选用	64
3.3 转子流量计	66
3.3.1 工作原理	66
3.3.2 示值修正与安装	67
3.4 电磁流量计	68
3.4.1 工作原理	68
3.4.2 电磁流量变送器的结构	69
3.4.3 电磁流量计的选用、安装和使用	70
3.5 其他流量计	71
3.5.1 靶式流量计	71
3.5.2 均速管流量计	72
3.5.3 涡街流量计	73
复习思考题	74
4 物料称量	76
4.1 电阻应变式自动称量仪表	76
4.1.1 电阻应变荷重传感器	76
4.1.2 显示仪表	78
4.2 工业电子秤的应用	79
4.2.1 电子皮带秤	79
4.2.2 吊车秤	80
4.2.3 料斗秤	80
复习思考题	80
5 物位检测	81
5.1 浮力式液位计	81
5.1.1 恒浮力式液位计	81
5.1.2 变浮力式液位计	81
5.2 差压式液位计	82
5.2.1 用普通差压变送器测量液位	82
5.2.2 用法兰式差压变送器测量液位	83
5.3 电容式物位计	84
5.3.1 检测原理	84
5.3.2 电容物位传感器	84
复习思考题	86
第2篇 轧制测试技术	
6 轧制测试技术的电测方法	87
6.1 测试技术综述	87

6.1.1	测试技术的基本概念	87
6.1.2	测试技术在轧制生产中的作用	87
6.1.3	测试方法的分类	88
6.2	电测法的基本原理和电测装置的组成	89
6.3	电阻应变片及其测量电路	89
6.3.1	电阻应变片的构造和工作原理	89
6.3.2	测量电路	93
6.4	电阻应变仪	97
6.4.1	应变仪的组成	97
6.4.2	应变仪的工作原理	99
6.5	计算机测试系统的组成	99
	复习思考题	100
7	应力应变与扭矩测量	101
7.1	零件的应力应变测量	101
7.1.1	应力应变测量的目的和方法	101
7.1.2	拉伸(或压缩)的应力应变测量	101
7.1.3	弯矩的测量	103
7.2	扭矩的测量	105
7.2.1	扭转应变的测量	105
7.2.2	扭矩的计算	106
7.3	各种载荷的布片、组桥与计算公式的列表	106
	复习思考题	108
8	轧制力与张力测量	109
8.1	轧制力测量	109
8.1.1	电容式传感器测量法	109
8.1.2	压磁式传感器测量法	110
8.1.3	电阻应变式传感器测量法	112
8.1.4	传感器的标定	115
8.2	轧件张力测量	117
8.2.1	单机座可逆式冷轧机张力测量	117
8.2.2	连轧机张力测量	119
8.2.3	挤压力测量	120
8.2.4	拉拔力测量	120
	复习思考题	121
9	厚度与宽度测量	122
9.1	板带材厚度的在线测量	122

9.1.1 用放射性元素仪表对板带材厚度在线测量	122
9.1.2 用激光测厚仪对板带材厚度的在线测量	126
9.2 板带材宽度的在线测量	128
9.2.1 光电测宽仪	128
9.2.2 线型 CCD 测宽仪	129
9.3 管、棒、型和线材直径在线测量	131
9.3.1 管、棒、线材的直径测量	131
9.3.2 型材尺寸测量	133
复习思考题	134

第3篇 过程控制

10 过程控制原理及系统	135
10.1 过程控制概述	135
10.1.1 自动控制系统的组成	135
10.1.2 自动控制系统的分类	136
10.2 控制系统过渡过程及品质指标	137
10.2.1 自动控制系统的过渡过程	137
10.2.2 过渡过程的品质指标	137
10.3 被控对象的动态特性	139
10.3.1 放大系数	139
10.3.2 时间常数	139
10.3.3 滞后时间	140
10.4 调节器的控制作用	141
10.4.1 双位控制作用	141
10.4.2 比例、积分、微分控制作用	142
10.5 单回路控制系统	146
10.5.1 被控量与操纵量的选择	146
10.5.2 调节器控制作用的选择	148
10.5.3 调节器参数的工程整定	148
10.6 系统投运和故障判别	151
10.6.1 投运步骤	151
10.6.2 系统运行中的故障判别	151
复习思考题	152
11 调节器与执行器	153
11.1 调节器	153
11.1.1 概述	153
11.1.2 DDZ - III型调节器	153
11.2 执行器	156

11.2.1	概述	156
11.2.2	电动执行器	156
11.2.3	气动执行器	159
11.2.4	调节阀	160
11.2.5	智能执行器简介	168
复习思考题		171
12	冶金过程仪表检测与控制	172
12.1	炼铁生产过程仪表检测与控制	172
12.1.1	高炉本体检测与控制	173
12.1.2	送风系统检测与控制	174
12.1.3	热风炉煤气燃烧自动控制	174
12.2	炼钢生产过程仪表检测与控制	176
12.2.1	供氧系统检测与控制	176
12.2.2	烟气除尘系统检测与控制	177
12.2.3	原料系统检测与控制	178
12.2.4	钢水终点温度和终点碳量的检测	179
12.2.5	连续铸锭系统检测与控制	179
12.3	轧钢生产过程仪表检测与控制	181
12.3.1	连续加热炉检测与控制	181
12.3.2	均热炉热工参数检测与控制	183
复习思考题		185

第4篇 计算机应用

13	计算机控制技术的应用	187
13.1	计算机系统的组成与特点	187
13.1.1	计算机控制系统的组成	187
13.1.2	计算机控制系统的特点	190
13.2	计算机在过程控制中的典型应用	190
13.2.1	巡回检测数据处理系统	191
13.2.2	操作指导控制系统	191
13.2.3	直接数字控制系统(DDC)	191
13.2.4	监督控制系统(SCC)	192
13.2.5	微机分布式控制系统(DCS)	193
13.2.6	可编程控制器(PLC)	195
13.2.7	现场总线技术简介	196
13.3	智能控制	198
13.3.1	智能控制的发展	198
13.3.2	专家控制	198

13.3.3 模糊控制	199
复习思考题	201
14 冶金过程检测控制与操作	202
14.1 高炉炼铁检测控制与操作	202
14.1.1 综述	202
14.1.2 高炉本体检测控制与操作	203
14.1.3 上料系统的检测与控制	208
14.1.4 炉顶系统检测控制与操作	209
14.1.5 热风炉及送风系统的检测与控制	211
14.1.6 煤粉喷吹系统的检测与控制	213
14.1.7 高炉专家系统简介	218
14.2 转炉炼钢检测控制与操作	219
14.2.1 氧枪系统检测、控制与操作	219
14.2.2 汽化冷却系统的检测与控制	220
14.2.3 煤气回收系统的检测与控制	221
14.2.4 原料系统的检测与控制	221
14.3 多功能非真空感应炉炼钢检测控制与操作	223
14.3.1 综述	223
14.3.2 非真空感应炉本体的检测与控制	224
14.3.3 操作班长的日常调剂操作	226
14.3.4 系统登录与退出	229
14.4 连铸生产检测与控制简介	229
14.4.1 综述	229
14.4.2 连铸生产常用控制画面和操作	231
14.5 烧结生产检测与控制简介	235
14.5.1 概述	235
14.5.2 烧结生产主要画面介绍	236
复习思考题	239
参考文献	240

0 概 述

在冶金、电力、化工等工业生产过程中,为了有效地进行生产操作,就需要对生产过程中的工艺参数(温度、压力、流量等)进行自动的检测与控制。比如,在高炉炼铁生产中,透气性指数是判断炉况顺行与否的一个重要参数,即:

$$\text{透气性指数} = \text{风量} / (\text{热风压力} - \text{炉顶压力})$$

它的值在某一范围,表示炉况顺行;小于某一数值,表示炉况难行,更小时就表明炉子悬料了。如果没有仪表检测就不能及早发现,有效操作。当高炉恶性悬料时,就会给生产带来严重的后果。我们要检测生产过程中的工艺参数,就要选择合适的测量仪表,采用正确的检测方法进行测量。下面将有关测量仪表的一些基本知识作简略介绍。

0.1 测量仪表的测量误差

测量(检测)是指人们借助于专门设备通过实验的方法,对客观事物取得数值观念的认识过程。生产中我们使用仪表把被测参数与该参数已知测量单位相比较,得出被测参数数值的这一过程,就是仪表测量。

在测量过程中,由于测量仪表的准确性、观测者的主观性、外界环境条件的变化以及某些偶然因素等的影响,使得测量结果与被测量的真值之间存在一定的差值,这一差值称为测量误差。测量误差为:

$$\gamma = x - x_0 \quad (0-1)$$

式中 γ ——绝对误差;

x ——测量值;

x_0 ——真实值。

真实值 x_0 指所测参数的理论值或定义值,其数值难以得到,在常规测量中,真实值常用比所用测量仪表更精确的标准仪表的测量值 A 代替, A 称为实际值。这样测量绝对误差通常表示为:

$$\gamma = x - A$$

除了绝对误差表示形式之外,测量误差还可以用相对误差表示。

相对误差是指测量的绝对误差与约定值之百分比,是一个无量纲的值。随着采用的约定值不同,相对误差常见有三种表示方式:

(1) 实际相对误差,表示测量的绝对误差与被测量的实际值之百分比。

(2) 标称相对误差,表示测量的绝对误差与仪表示值之百分比。

(3) 引用相对误差,它是指测量的绝对误差与仪表的量程之百分比。所谓仪表的量程,是指仪表测量范围的上限值与下限值之差。引用相对误差 δ 表示为:

$$\delta = \frac{x - x_0}{a - b} \times 100\% \quad (0-2)$$

式中 x_0 和 x ——被测量的真实值和仪表的测量值;

a 和 b ——仪表测量范围的(标尺)上限值和下限值。

0.2 测量仪表的品质指标

一台测量仪表的好坏,是由它的品质指标来衡量的,常用来评价仪表的品质指标有精度、变

差和灵敏度。

0.2.1 精度(精确度、准确度)

仪表的精度是指仪表的允许误差与仪表量程之百分比,表示为:

$$\text{精度} = \frac{\text{仪表允许误差}}{\text{仪表的量程}} \times 100\% = \frac{(x - x_0)_{\max}}{a - b} \times 100\% \quad (0-3)$$

例如,一台测温仪表,测量范围为 $0 \sim 1200^{\circ}\text{C}$,如果允许误差为 $\pm 12^{\circ}\text{C}$,则这台测温仪表的精度为 $\pm 1.0\%$,精度等级为 1.0 级。按仪表工业的规定,精度去掉“%”,并把所得数值圆整到国家规定的精度等级系列值上,此数值就是该仪表的精度等级。国家规定精度等级有:0.1,0.2,0.5,1.0,1.5,2.5,4.0 级等。如一台测温仪表,测量范围为 $0 \sim 1100^{\circ}\text{C}$,如果在这个标尺范围内,绝对误差最大不超过 14°C ,则这台测温仪表的精度为 $\pm 1.3\%$,精度等级为 1.5 级。每块仪表的精度通常都用符号 $\bigcirc$ 或 $\triangle$ 标志在仪表标尺面板上,以方便识别。如上例中 1.5 级的仪表,在标尺面板上,以 $\bigcirc_{1.5}$ 或 $\triangle_{1.5}$ 标志。一般工业上所用仪表的精度等级为 0.5 ~ 4.0 级。

0.2.2 变差

在外界条件不变的情况下,使用同一仪表对某一被测参数进行正反行程(即逐渐由小到大和逐渐由大到小)测量时,相同的被测参数所得到的仪表指示值不相等,二者之差即为变差。变差的大小,用同一仪表测量同一个量时,正、反行程测量的指示值之间绝对误差的最大值与仪表量程之百分比表示,如图 0-1 所示。

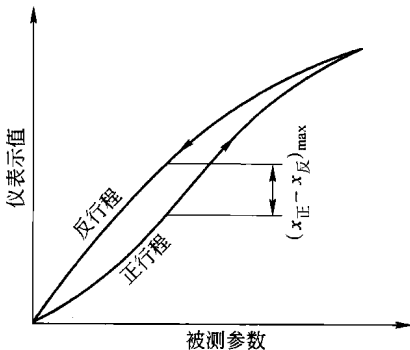


图 0-1 测量仪表的变差

$$\text{变差} = \frac{(x_{\text{正}} - x_{\text{反}})_{\max}}{a - b} \times 100\% \quad (0-4)$$

式中, $x_{\text{正}}$ 、 $x_{\text{反}}$ 分别为正行程和反行程测量的示值; a 和 b 符号意义与式(0-2)相同。

变差用来衡量测量仪表的恒定程度(不一定程度)。造成变差的原因很多,例如传动机构的间隙、运动部件的摩擦、弹性组件的弹性滞后的影响等。通常要求仪表的变差不超过仪表精度允许的误差。

需要指出,随着仪表制造技术的不断改进,特别是微电子技术的引入,许多仪表全电子化了,无可动部件,模拟仪表改为数字仪表等,所以变差这个指标在智能型仪表中显得不那么重要和突出了。

0.2.3 灵敏度

测量仪表的灵敏度反映了仪表示值对被测参数变化的灵敏程度,一般用仪表输出变化量(例如指针的线位移或角位移) $\Delta\alpha$ 与引起此变化的被测参数的变化量 Δx 之比来表示,即

$$\text{灵敏度} = \frac{\Delta\alpha}{\Delta x} \quad (0-5)$$

测量仪表的灵敏度可以用增大放大系统(机械的或电子)放大倍数的办法来提高。但必须指出仪表的性能主要取决于仪表的基本误差,如果单纯地从加大仪表灵敏度来企图达到更准确读数,这是不合理的。反而会出现灵敏度似乎很高,但精度实际上却下降的虚假现象。为了防止

这种虚假灵敏度,常规定仪表标尺上的分格值不能小于仪表允许误差的绝对值。

0.3 测量仪表的选择原则

选用测量仪表时,原则上应满足两个条件:

- (1)满足工艺要求。
- (2)所选仪表量程上限应尽量接近于要测参数的上限值(但弹性压力计除外)。

[例 0-1] 某加热炉最高温度为 1000℃,工艺要求仪表测量的最大绝对误差不大于 10℃,问怎样选表,如果选择 1.5 级或选择 0.5 级仪表行不行?

解:根据测量仪表的选择原则,选量程为 0~1000℃ 的温度表,由于:

$$\text{精度} = \frac{\pm 10}{1000 - 0} \times 100\% = \pm 1.0\%$$

确定所选仪表的精度等级为 1.0 级。

如果选择 1.5 级仪表,测量中的最大绝对误差大于 10℃,不能满足工艺要求,所以不行。如果选择 0.5 级仪表,测量中的绝对误差虽然不大于 5℃,能满足工艺要求,但是测量精度高的仪表,价格也高,且维护技术也要求高,所以也不选用。也就是说,在选择仪表精度等级时,应根据工艺上的实际需要,在满足测量的前提下,不能片面追求高精度,以免造成浪费。(弹性压力计的量程选择,我们在第 2 章压力测量中说明)。

0.4 测量仪表的分类

在钢铁生产中使用的仪表种类很多,分类方法也不相同,这里介绍几种常见的分类方法:

- (1)按所测参数的不同,分为温度、压力、流量、液位、成分分析等测量(检测)仪表。
- (2)按显示方式的不同,分为指示式、记录式、累积式、远传式、信号式等仪表。
- (3)按工作原理的不同,分为模拟式、数字式、图像式等仪表。
- (4)按作用的不同,分为实用型、范型和标准型仪表。实用型仪表是供实际使用的测量仪表,包括工业生产现场和实验室用的各种仪表。范型仪表用来复现和保持计量单位,或者用来对实用仪表进行校验或刻度。而具有更高准确度的范型仪表称为标准仪表,这种仪表一般在具有良好工作环境的标准计量室内使用,用来定期检定范型仪表。

复习思考题

- 0-1 通常用来评价仪表质量的品质指标有哪些,它们是如何定义的?
- 0-2 有两台测温仪表,其测量范围分别是 0~800℃ 和 600~1100℃,已知其绝对误差的最大值均为 ±6℃,试求它们的精度等级。
- 0-3 有一台测量范围为 0~160kPa 的压力表,其校验结果如下:

被校表刻度值/kPa	0	40	80	120	160
正行程示值/kPa	0	39	80	120	159
反行程示值/kPa	1	41	81	121	160

试计算此被校表的变差。此表表盘上的标志为 1.0 级,问该表是否合格,根据校验得结果计算,你认为应该定为哪一个精度级?
- 0-4 参阅本书的冶金过程仪表检测与控制内容(见第 12 章)。

第1篇 参数检测

1 温度测量

温度是工业生产、科学实验中最普遍、最重要的物理量之一。温度的测量和控制直接与安全生产、保证产品质量、提高生产效率、节约能源等重大技术经济指标相联系。如在炼钢生产中,钢水温度就是衡量钢水质量的主要参数之一。

1.1 温度和温标

温度是表征物体冷热程度的物理量。用来衡量物体温度高低的标尺叫温度标尺,简称“温标”。它是使用数值表示温度的一种方法或一套规则。它规定了温度的始点(即零点)和测量温度的基本单位。现在使用的温度计,温度测量仪表的刻度数值均由温标来确定。下面介绍几种常用温标。

1.1.1 摄氏温标与热力学温标

摄氏温标是根据水银受热后体积膨胀,并认为体积膨胀随温度的变化是线性关系为基础而建立起来的。它规定标准大气压下纯水的冰点为 0 度,水的沸点为 100 度,中间线性等分为 100 格,每格为摄氏 1 度,符号为 $^{\circ}\text{C}$ 。

热力学温标又称开氏温标,它以热力学第二定律为基础,规定分子运动停止(即没有热存在)时的温度为绝对零度(0K)。热力学温标是一种纯理论的、与物体任何物理性质无关的温标,存在实验上的困难,不便于实际应用。因此,应当建立一种既符合热力学温标原理,使用上又方便的温标,这就是已在世界通行的国际实用温标。

1.1.2 国际实用温标

国际实用温标是国际协议性的温标。它是 1927 年国际权度大会提出并采用的(简称 ITS—27),国际温标多年来经多次修改(1948 年,1960 年,1968 年),一直使用至今。我国从 1973 年起正式采用了这种温标,现行的国际温标是 1990 年国际实用温标 ITS—90。

在 1990 年国际实用温标中指出,热力学温度是基本温度,用符号 T 表示。温度的单位是开尔文,用符号 K 表示,它规定水的三相点热力学温度为 273.16K,定义开尔文一度等于水三相点热力学温度的 $1/273.16$ 。

在 1990 年国际实用温标中,同时使用国际实用开尔文温度(T_{90})和国际实用摄氏温度(t_{90}),作为计量温度的标准。

T_{90} 与 t_{90} 间的关系为:

$$t_{90}(^{\circ}\text{C}) = T_{90}(\text{K}) - 273.15(\text{K})$$