

YE JIN SHI YONG JI SHU CONG SHU



冶金实用技术丛书

钢铁厂过程测量 及控制仪表

李福进 主编 陈至坤 副主编

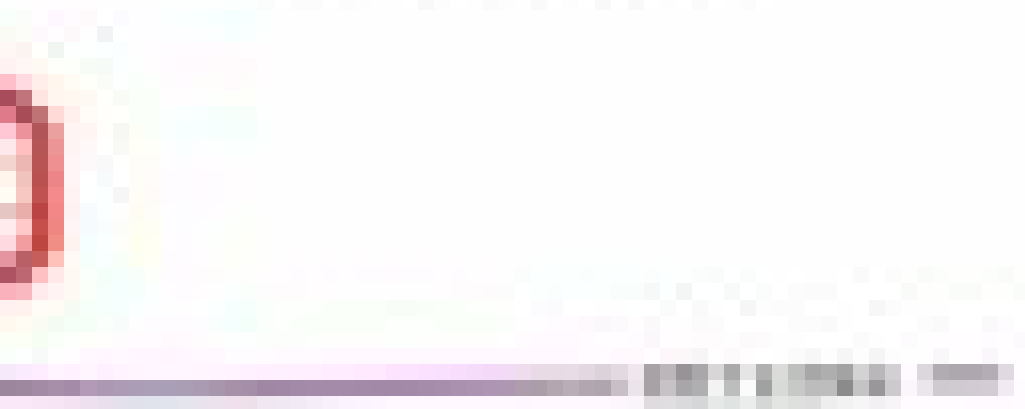
冶金工业出版社



【点赞有礼】

点赞有礼

点赞有礼



冶金实用技术丛书

钢铁厂过程测量及控制仪表

主 编 李福进 副主编 陈至坤

北 京
冶 金 工 业 出 版 社
1995

图书在版编目(CIP)数据

钢铁厂过程测量及控制仪表/李福进主编,陈至坤副主编. —北京:冶金工业出版社,1995,12

(冶金实用技术丛书)

ISBN 7-5024-1764-8

I. 钢… II. 李… III. ①钢铁厂-冶金-生产过程-测量仪表②钢铁厂-冶金-生产过程-自动控制设备 IV. TF31

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (95) 第 14772 号

出版人 卿启云(北京沙滩嵩祝院北巷 39 号,邮编 100009)

三河市双峰印刷厂印刷;冶金工业出版社发行;各地新华书店经销

1995 年 12 月第 1 版,1995 年 12 月第 1 次印刷

850mm×1168mm 1/32; 10.75 印张; 279 千字;331 页;1-3000 册

13.50 元

前 言

为了满足冶金企业广大职工学习技术知识,提高操作水平的愿望,冶金工业出版社组织编写了一套冶金实用技术丛书。本书是这套丛书之一。

近年来,我国钢铁企业得到很大发展,其自动化程度也在不断提高。为适应钢铁生产的需要,我们在对一些大、中、小型钢铁厂做了较全面的调查的基础上,编写了《钢铁厂过程测量及控制仪表》一书,该书对钢铁厂较为常用的测量仪表及控制仪表的工作原理、基本结构及其调校与检修做了较全面介绍。

本书由河北理工学院李福进同志担任主编,陈至坤同志担任副主编,其中1~5章由陈至坤同志编写,6~11章由李福进同志编写。

由于编者水平有限,书中难免有不妥或错误之处,恳切希望读者批评指正。

1995年5月

43529

目 录

1	过程测量仪表概述	(1)
1.1	测量基本知识	(1)
1.2	仪表的基本技术性能	(4)
1.3	测量系统的动态误差	(7)
2	温度测量仪表	(9)
2.1	概述	(9)
2.1.1	温度与温标	(9)
2.1.2	温度标准的传递	(11)
2.1.3	测温方法及测温仪表分类	(11)
2.2	热电偶温度计	(13)
2.2.1	概述	(13)
2.2.2	热电偶的测温原理	(13)
2.2.3	热电偶的基本定律	(17)
2.2.4	常用热电偶的类型	(18)
2.2.5	热电偶的结构	(22)
2.2.6	热电偶冷端的温度补偿	(25)
2.2.7	热电偶测温线路	(29)
2.2.8	热电偶的校验、焊接及常见故障处理	(31)
2.3	热电阻温度计	(36)
2.3.1	热电阻的材料	(37)
2.3.2	热电阻的结构及类型	(37)
2.3.3	热电阻的校验	(42)
2.3.4	热电阻的故障处理	(43)
2.4	接触式温度计的安装	(44)
2.4.1	热电偶或热电阻在管道(设备)上的安装	(44)

2.4.2	电线、电缆与补偿导线的安装	(46)
2.5	辐射式高温计	(48)
2.5.1	光学高温计	(48)
2.5.2	全辐射高温计	(51)
2.5.3	红外线温度计	(53)
2.6	温度测量显示仪表	(55)
2.6.1	动圈式显示仪表	(55)
2.6.2	自动平衡显示仪表	(60)
2.6.3	温度数字式显示仪表	(68)
3	流量测量仪表	(72)
3.1	概述	(72)
3.2	差压式流量计	(73)
3.2.1	差压式流量计的组成	(73)
3.2.2	节流装置测量原理及流量方程	(75)
3.2.3	流量方程中系数的讨论	(79)
3.2.4	标准节流装置	(80)
3.2.5	差压计	(88)
3.2.6	差压式流量计的安装要求	(93)
3.3	涡轮流量计	(95)
3.3.1	涡轮流量变送器的结构	(96)
3.3.2	涡轮流量变送器的工作原理	(98)
3.3.3	涡轮流量计的显示仪表	(100)
3.3.4	涡轮流量计的安装、使用与维护	(103)
3.4	电磁流量计	(104)
3.4.1	电磁流量计的工作原理	(105)
3.4.2	电磁流量计的激磁方式和干扰抑制	(106)
3.4.3	电磁流量变送器的结构	(111)
3.4.4	电磁流量转换器	(112)
3.4.5	电磁流量计的选用安装及使用	(115)
3.5	转子流量计	(117)

3.5.1	转子流量计的工作原理	(117)
3.5.2	转子流量计的结构形式	(119)
3.5.3	转子流量计的使用	(121)
3.6	其他流量计	(123)
3.6.1	靶式流量计	(123)
3.6.2	均速管流量计	(125)
3.6.3	涡街流量计	(126)
3.6.4	超声波流量计	(129)
3.6.5	质量流量计	(130)
3.7	流量计的现场校验法	(136)
4	压力测量仪表	(140)
4.1	概述	(140)
4.2	液柱式压力计	(141)
4.3	弹性式压力表	(142)
4.3.1	弹性元件的结构和特性	(142)
4.3.2	弹性管式压力表	(144)
4.3.3	电接点压力表	(146)
4.3.4	霍尔片式远传压力表	(147)
4.4	电气式压力表	(150)
4.4.1	应变片式压力表	(150)
4.4.2	电容式压力表	(153)
4.5	压力表的选择,校验和安装	(155)
4.5.1	压力表的选择	(155)
4.5.2	压力表的校验	(156)
4.5.3	压力表的安装	(158)
5	气体成分分析仪表	(160)
5.1	概述	(160)
5.1.1	分析仪表的分类及其作用	(160)
5.1.2	工业分析仪表的组成	(160)
5.1.3	分析仪表的主要性能指标	(162)

5.2	热导式气体分析仪	(162)
5.2.1	热导分析的基本原理	(162)
5.2.2	热导分析的测量方法	(164)
5.2.3	热导式 CO ₂ 分析仪	(165)
5.3	热磁式氧分析仪	(167)
5.3.1	气体的磁性质	(168)
5.3.2	热磁式氧分析仪的工作原理	(170)
5.3.3	热磁式氧分析仪检测器的结构	(172)
5.3.4	热磁式氧分析仪的测量电路	(175)
5.4	氧化锆氧量分析仪	(176)
5.4.1	工作原理	(176)
5.4.2	氧化锆探头的结构	(177)
5.4.3	氧化锆氧量分析仪的基本组成及应用	(179)
6	过程控制仪表概述	(182)
6.1	概述	(182)
6.1.1	控制仪表与自动控制系统	(182)
6.1.2	控制仪表的分类和发展	(183)
6.2	电动控制仪表的信号制及传输方式	(184)
6.2.1	信号制	(184)
6.2.2	电信号的传输方式	(185)
7	电动单元组合仪表	(190)
7.1	电动单元组合仪表概述	(190)
7.1.1	电动单元组合仪表的分类	(190)
7.1.2	电动单元组合仪表的命名	(192)
7.1.3	DDZ-I、II型仪表的主要特点	(194)
7.2	防爆及防爆仪表基本知识	(196)
8	变送单元	(200)
8.1	变送器的构成原理	(200)
8.2	变送器的零点调整和零点迁移	(201)
8.3	III型差压变送器	(203)

8.3.1	工作原理	(204)
8.3.2	结构	(204)
8.3.3	低频位移检测放大器	(208)
8.3.4	差压变送器的调校与检修	(212)
8.4	电容式差压变送器	(217)
8.4.1	概述	(217)
8.4.2	测量部分	(218)
8.4.3	转换放大电路	(220)
8.5	温度变送器	(224)
8.5.1	Ⅰ型温度(温差)变送器	(226)
8.5.2	DDZ-Ⅲ型温度变送器	(243)
9	调节单元	(264)
9.1	概述	(264)
9.2	基本调节规律	(265)
9.3	DDZ-Ⅱ型调节器	(268)
9.3.1	概述	(268)
9.3.2	输入回路	(269)
9.3.3	自激调制式直流放大器	(271)
9.3.4	PID 反馈回路及整机动态分析	(272)
9.3.5	手动操作与自动跟踪电路	(275)
9.3.6	输出限幅电路	(277)
9.3.7	DTL-121 调节器的校验及检修	(278)
9.4	DDZ-Ⅲ型调节器	(286)
9.4.1	概述	(286)
9.4.2	基型调节器	(286)
9.4.3	Ⅲ型调节器的调校与故障处理	(297)
10	运算单元	(307)
10.1	概述	(307)
10.2	DDZ-Ⅲ型乘除器	(307)
10.2.1	乘除器实现原理	(307)

10.2.2	■型乘除器的基本结构	(309)
10.3	■型开方器	(311)
11	执行单元	(316)
11.1	概述	(316)
11.2	DDZ-I型电动执行器	(317)
11.2.1	伺服放大器	(317)
11.2.2	执行器	(322)
11.2.3	I型DKJ电动执行器的调校	(326)
	参考文献	(331)

1 过程测量仪表概述

在冶金、电力、化工、炼油等生产过程中,压力、温度、流量等是极其重要的几个参数。为了正确地指导生产操作,保证生产安全,保证产品质量和实现过程自动化,就需要准确而及时地检测出这些参数。目前,对上述几个参数多数实现了自动测量,并与控制仪表、执行机构相配合实现了对生产过程的自动控制。

虽然压力、温度、流量等几个参数,对各类生产过程是必不可少而又极其重要的,但是,对保证产品质量来说,还是间接控制的参数。而采用工业分析仪表,可以自动地、连续地给出与产品质量直接有关的物理性质和物质成分等参数。若将工业分析仪表及上述参数的测量仪表与计算机连用,将会更有效地使生产过程达到优质、高产、低消耗的目标。

工业生产中使用的过程测量仪表琳琅满目多种多样。但是,从其组成来看,基本上由三部分组成:即检测环节;传送、放大环节和显示环节,如图 1-1 所示。检测环节直接感受被测参数,并把它转换成适于进一步测量的信号,然后对此信号进行传送、放大,最后由显示环节对被测参数进行指示、记录。下面只对测量及测量仪表的一些基本知识进行简略介绍。

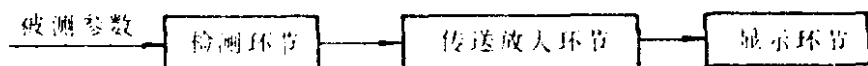


图 1-1 过程测量仪表的组成

1.1 测量基本知识

1. 测量过程

在工业生产过程中,对被测参数进行测量,其方法及所使用的测量仪表的种类很多,但是从测量过程的实质来看,却都有相同之

处。测量过程实质上是被测参数信号能量形式的一次或多次不断变换和传送,并将被测参数与其相应的测量单位(国际或国家公认的)进行比较的过程。而过程测量仪表就是能自动实现这一过程的装置或工具。

例如,通过对弹簧管压力表的标定,将压力测量单位传递到刻度标尺上。当给弹簧管通入被测压力后,它会产生弹性变形,这就把被测压力变换成弹性变形位移,然后通过机械传动放大机构,将位移变成压力表指针的偏转角,并把指针位置与刻度标尺上的测量单位相比较而显示出被测压力的数值。又如对炉温的测量,利用热电偶元件,将其感受的温度变换成直流毫伏信号,然后变为毫伏测量仪表上的指针位移,并与温度标尺相比较而显示出被测温度的数值等。

2. 测量方法

根据最终测量结果获得的方式不同,可将测量分为直接测量和间接测量两种。直接测量就是在使用仪表进行测量时,对仪表的读数不需经过任何运算,就能直接表示出被测参数的量值。例如,用弹簧管压力表测量锅炉压力等为直接测量。直接测量方法是工程上大量采用的方法;间接测量是首先将与被测参数有确定函数关系的几个量进行直接测量,在将直接测量的结果代入上述函数关系中,经过计算得到被测参数的量值。例如,测量管道内气体的质量流量 M ,在很多场合是通过其体积流量 Q 来推导质量流量的, M 与 Q 之间的关系为

$$M = \rho Q \quad (1-1)$$

式中 M ——质量流量,单位为 kg/s ;

ρ ——气体介质的密度,单位为 kg/m^3 ;

Q ——体积流量,单位为 m^3/s 。

介质密度 ρ 与介质压力、温度等因素有关,在实际流体中往往不是一个常数,因此只根据 Q 来确定 M 是不可靠的,需要同时测出介质的 Q 和 ρ 的量值,再代入式(1-1)经乘法运算得到被测参数的量值。间接测量多用于科学实验中的实验室测量,工程测量中亦有应

用。

上述的直接测量与间接测量有时很难区分,尤其是当计算机应用于过程测量仪表以后,从定义上看将有一些间接测量方法转换为直接测量,即由于仪表本身智能化,使测量过程变得更简单、更直接。

3. 测量误差及其分类

(1)测量误差 在工程技术或科学研究中,对某一被测参数进行测量的目的是希望通过测量获取它的真实值。为此,首先考虑的是应该依据什么样的测量原理,使用哪种测量方法。进而要根据具体的测量条件,选取合适的测量仪表,构成测量系统,并着手进行测量,最后得到被测参数的测量值。

由于在测量过程中存在着各种各样的影响因素,测量仪表本身不是绝对准确,测量方法也不十分完善等,造成被测参数的测量值与其真实值之间存在着差别,这一差别就是测量误差 Δ 。即仪表的测量值 X 不能绝对准确地等于被测参数的真实值 L ,而存在 $\Delta = X - L$ 。真实值只是被测参数的理想值,是永远测量不到的。实际上,被测参数的真实值 L 本身也仅仅是经过多次重复精细测量,认为比较可靠的数值而已。例如,在压力表校验中,往往利用准确度较高的标准压力表的指示值代表被测压力的真实值 P_L ,而准确度较低的工业压力表的指示值,则认为是被测压力的测量值 P_X ,那么压力测量误差 $\Delta P = P_X - P_L$ 。 ΔP 越小,被测压力指示值 P_X 的可靠程度越高。因此,求知测量误差的目的就是用来判断测量结果的可靠程度。

(2)测量误差的分类 测量误差按其规律性可分为下列三类:

a. 系统误差 对同一被测量在同一条件下进行多次测量时,绝对值和符号都保持不变或按某种确定规则变化的误差称为系统误差。系统误差通常是由于测量仪表使用不当或测量时外界条件变化等原因所引起的。

必须指出,单纯地增加测量次数,无法减少系统误差对测量结果的影响,但在找出产生误差的原因之后,可以通过对测量结果引

入适当的修正值而加以消除。例如采用标准孔板测量蒸气流量时,如果工作时蒸气压力和温度与设计孔板孔径时的数值不同,就会引起系统误差,如果已知变动后的工作状态的蒸气压力和温度数值,则可以通过一定的关系式的计算,对仪表的指示值进行修正,以消除测量的系统误差。

b. 疏忽误差 由于观察者的主观过失,仪表的误动作等原因以致使该次测量失效的误差,称为疏忽误差。例如读错数据、充水的差压信号管路中偶然存在气泡等。这类误差的数值很难估计,带有这类测量误差的测量结果也毫无意义,因此,必须加强责任感,细心工作,避免发生这类误差。

c. 偶然误差 在对某一参数进行多次重复测量时,即使消除了上述两项误差,每一次测量结果彼此仍不可能完全相等,每一个测量值与被测参数的真实值之间或多或少仍然存在着差别,这类误差就称为偶然误差。偶然误差的存在主要是由于客观事物内部的矛盾运动非常复杂,平时我们无法控制(如电子线路中的噪声干扰),而这些因素正是造成偶然误差的原因。

1.2 仪表的基本技术性能

1. 仪表的精确

任何测量过程中既然存在着测量误差,在应用测量仪表对生产过程中工艺参数进行测量时,不仅需要知道仪表表盘上的指示值,而且还应知道该测量仪表的精度,即所得测量值接近真实值的精确程度,以便估计测量值误差的大小。

测量仪表在其标尺范围内各点读数的绝对误差,一般是标准表(精度较高)和被校表(精度较低)同时对同一参数进行测量时所得到的两个读数之差。一般不用绝对误差来判断仪表的质量,因为仪表的精度不仅与绝对误差有关,而且还与仪表的标尺范围有关。例如,温度测量的绝对误差为 1°C ,若对体温测量来说它到了荒谬的程度;而对钢水温度测量来说它则是目前尚达不到的最好测量结果。这就是说体温计和钢水温度测量仪表的标尺范围不一样,并

且相差很大。因此,工业仪表不采用绝对误差,而采用折合成仪表标尺范围的百分数表示,称为相对误差 δ ,即

$$\delta = \frac{X - X_0}{\text{标尺上限值} - \text{标尺下限值}} \times 100\% \quad (1-2)$$

式中 X ——被测参数的测量值;
 X_0 ——被测参数的标准值;
 $X - X_0 = \Delta X$, 为绝对误差。

例如,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 ,则其最大相对误差为:

$$\delta_{\max} = \frac{14}{1100 - 0} \times 100\% \approx 1.3\%$$

按仪表工业的规定,去掉上式中的“%”,并把所得数值圆整到国家规定的精度等级系列值上,此数值就是该测温仪表的精度等级。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。上例中仪表的精度等级为1.5级,在仪表标尺面板上以 $\textcircled{1.5}$ 或 $\triangle$ 表示。

仪表的基本误差,是指仪表在正常工作条件(例如周围介质温度、湿度、振动、电源电压和频率等)下的最大误差,也用百分比误差表示。如果仪表不在规定的正常工作条件下工作,那么由于外界条件变动的影 响将引起额外误差,称为附加误差。例如,当仪表的工作温度超过规定范围时,将引起温度附加误差。这些附加误差的数值有时可能很大,使用时应按使用条件把附加误差叠加到基本误差上。

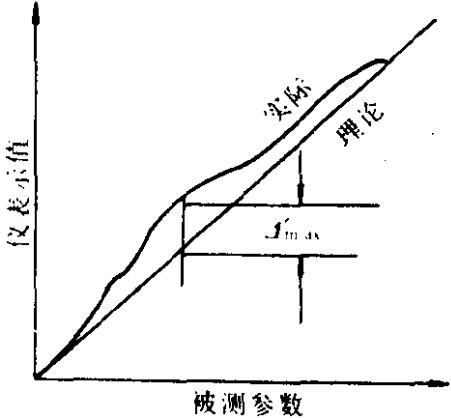


图 1-2 非线性现象

2. 非线性误差

对于理论上具有线性刻度特性的测量仪表,往往会由于各种

因素的影响,使仪表的实际特性曲线偏离其理论上的线性关系,如图 1-2 所示。非线性误差就是衡量偏离线性程度的指标,它取实际值与理论值之间绝对误差最大值 $\Delta'_{\max}$ 和仪表标尺范围之比的百分数来表示,即

$$\text{非线性误差} = \frac{\Delta'_{\max}}{\text{标尺上限值} - \text{标尺下限值}} \times 100\% \quad (1-3)$$

3. 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,如图 1-3 所示。

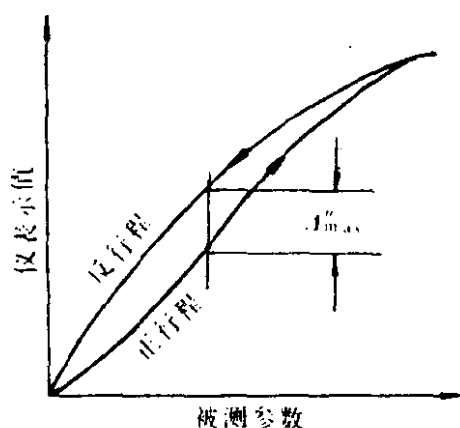


图 1-3 测量仪表的变差

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、弹性元件的弹性滞后的影响等。变差的大小,用仪表各刻度点上正反行程间仪表指示值的绝对误差的最大值 $\Delta''_{\max}$ 与仪表标尺范围之比的百分数来表示,即

$$\text{变差} = \frac{\Delta''_{\max}}{\text{标尺上限值} - \text{标尺下限值}} \times 100\% \quad (1-4)$$

4. 灵敏度和灵敏限

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

$$\text{灵敏度} = \frac{\Delta\alpha}{\Delta X} \quad (1-5)$$

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