

中等专业学校试用教材

自动控制仪表

李家昌 主编



武汉工业大学出版社

〔内容简介〕

全书共分八章。第一章介绍热工测量的基础知识和仪表的分类；第二章至第六章介绍各种控制仪表的结构、工作原理和使用方法；第七章介绍气动和电动执行器的结构、工作原理和使用方法；第八章介绍热工参数的测量方法和自动调节方案，自动控制系统的的设计和投运参数整定方法，并列举了硅酸盐工业热工参数测量和自动调节的实例。

本书可作为中等专业学校工业电气自动化专业的专业课教材和硅酸盐工艺专业的《化工自动化仪表》课的教材，亦可作为高等工业专科学校学生和厂矿企业从事自动化仪表工作的工程技术人员的参考书以及岗位技术培训教材。

中等专业学校试用教材

自动控制仪表

李家昌 主编

责任编辑 田道全

武汉工业大学出版社出版(武昌街道口)

新华书店湖北发行所发行 各地新华书店经售

中南三〇九印刷厂印刷(湖北安陆九号信箱)

开本: 787×1092毫米1/16 (照排胶印) 印张: 25.25 字数: 614千字

1990年7月第一版 1990年7月第一次印刷

印数: 1—3000册

ISBN 7-5629-0370-0/T P·0008

定价: 4.45元

前 言

本书是为建筑材料中等专业学校电气化专业编写的专业课教材。为了适应建材中专电气化专业教学的需要,国家建材局教材办公室建材中专电气化专业教材编审组,于1987年7月在秦皇岛召开审定的《工业自动化仪表》教学大纲和1988年8月在绵阳通过的《自动控制仪表》教材编写提纲,本书是根据该提纲而写成的。

全书共分八章。其中第一章介绍热工测量的误差、热工仪表的技术性能和分类;第二章介绍常用的温度检测仪表和温度变送器;第三章介绍常用的压力检测仪表和压力变送器;第四章介绍常用的流量检测仪表和流量变送器;第五章介绍常用的物位检测仪表和接触式玻璃液面计;第六章重点介绍了DDZ-Ⅱ型电动单元组合仪表调节器,同时也对DDZ-Ⅲ型电动单元组合仪表调节器、TA型简易调节器和基地式调节仪表作了简介;第七章介绍电动执行器和气动执行器;第八章介绍硅酸盐工业中热工参数的测量和自动调节,其中包括窑压、炉温、燃油系统等各种自动调节系统,并对自动控制系统的设计和参数整定作了简要介绍。书中带“*”者为选修部分,各单位可根据具体情况决定取舍。总学时暂定为70—100学时。

本书把检测仪表和控制仪表融为一体,从而给读者一个完整的调节系统。本书对基本内容的讲述,从分析仪表特点入手,重点讲述仪表的结构和工作原理,同时对各类控制仪表的使用和调校作简单介绍,至于一些繁锁的公式本书直接引用,不作推导。

本书由河北省秦皇岛市玻璃厂李家昌高级工程师主编,秦皇岛耀华职工大学、河北建材工业学校杨贤书讲师和四川绵阳建材工业学校秦自秋讲师参加编写。全书编写分工如下:第一、七章由杨贤书编写;第二、六、八章由李家昌编写;第三、四、五章由秦自秋编写;全书的思考和附录由秦皇岛市玻璃厂范一杰编写。

本书由燕山大学齐广学副教授主审。参加审稿的还有燕山大学王珏讲师;秦皇岛耀华职工大学、河北建材工业学校遇丕海副教授;北京建材工业学校与春森高级讲师和杨树森高级讲师;绵阳建材工业学校刘宪昌高级讲师和湖南建材工业学校周怀武高级讲师。国家建材总局人才开发司范令惠和周功亚同志对本书的编写给予大力地支持和协助,在此表示诚挚的感谢。

在本书编写过程中,得到秦皇岛耀华职工大学、河北建材工业学校的领导和有关同志的支持和协助,特别是祝迪英和李翠英二位同志,绘制了书中大部分插图,在此一并致谢。

由于水平有限,加之时间匆促,谬误之处在所难免,衷心希望读者批评指正。

编 者

1989年7月

目 录

第一章 测量技术基础	1
§ 1-1 测量误差及分类	1
一、测量误差	1
二、误差的分类	1
§ 1-2 仪表的基本技术性能	3
一、精度和精度等级	3
二、灵敏度	3
三、变差	4
§ 1-3 控制仪表的分类	4
§ 1-4 电动单元组合仪表的发展概况	5
一、DDZ-II型电动单元组合仪表简介	5
二、DDZ-III型电动单元组合仪表简介	7
思考与练习	9
第二章 温度控制仪表	10
§ 2-1 概述	10
一、温度检测仪表的分类	10
二、温标	10
§ 2-2 热电偶温度计	11
一、概述	11
二、热电偶测温原理	12
三、常用热电偶	15
四、热电偶的结构	16
五、热电偶自由端温度补偿	20
六、实用热电偶测温线路	23
§ 2-3 热电阻温度计	24
一、概述	24
二、热电阻温度计的工作原理	24
三、热电阻温度计的分类	24
四、热电阻温度计的构造	26
§ 2-4 温度显示仪表	27

一、动圈式指示仪表	27
二、自动平衡显示记录仪	31
三、数字式温度显示仪表	52
四、接触测温元件的安装和使用	53
§ 2-5 辐射式温度计	55
一、概述	55
二、全辐射高温计	56
三、光学高温计	58
§ 2-6 DDZ-II型温度变送器	63
一、概述	63
二、DBW型温度变送器的工作原理	63
三、DBW型温度变送器的安装与调校	71
§ 2-7 二线制温度变送器	72
一、概述	72
二、二线制温度变送器的工作原理	75
思考与练习	82
第三章 压力控制仪表	83
§ 3-1 概述	83
一、压力表的分类	83
二、压力表的计量单位	83
§ 3-2 液柱式压力计	84
一、U型管压力计	84
二、杯型压力计	85
三、倾斜式微压计	85
四、补偿式微压计	86
§ 3-3 弹性压力计	86
一、弹簧管压力计	88
二、波纹管压力计	89
三、膜式压力计	89
§ 3-4 活塞压力计	90
一、结构与工作原理	90

二、使用	90	和安装	132
§3-5 压力传感器	92	一、流量计的校验	132
一、电位器式压力传感器	92	二、流量仪表的安装	133
二、应变式压力传感器	93	思考与练习	136
三、霍尔式压力传感器	95	第五章 物位控制仪表	137
§3-6 DDZ-II 型压力变送器	95	§5-1 液位计	137
一、DBY 型压力变送器的组成	96	一、浮力式液位计	137
二、工作原理	97	二、差压式液位计	139
三、高频位移检测放大器	98	三、电容式物位计	139
四、电磁反馈机构	102	§5-2 非射线物位计	141
五、功率放大器	103	一、工作原理	141
§3-7 压力控制仪表的校验		二、使用方法	147
与安装	105	思考与练习	148
一、压力表的校验	106	第六章 调节仪表	149
二、安装	107	§6-1 自动调节系统的基本概念	149
思考与练习	108	一、自动调节系统的概述	149
第四章 流量控制仪表	110	二、基本调节规律	150
§4-1 概述	110	§6-2 DDZ-II 型调节仪表	161
一、流量仪表的分类	110	一、DTL-121 型调节器	161
二、流量计量单位	111	二、DTL 型调节器的调校	168
§4-2 节流式流量计	112	§6-3 基地式电动调节仪表	169
一、工作原理	112	一、XCT 系列动圈式指示	
二、取压方法	114	调节仪	169
三、孔板结构	115	二、TA 系列简易电子调节器	177
§4-3 容积式流量计	121	三、自动平衡式记录调节仪	197
一、椭圆齿轮流量计	121	§6-4 DDZ-III 型调节器	202
二、罗茨流量计	122	一、概述	202
§4-4 其他流量计	122	二、工作原理	205
一、转子流量计	122	三、仪表校验与调整	213
二、电磁流量计	124	四、仪表的投运	217
三、冲击式流量计	125	思考与练习	218
四、涡轮流量计	127	第七章 执行器	219
五、靶式流量计	128	§7-1 电动执行器	219
§4-5 DDZ-II 型流量变送器	128	一、概述	219
一、DBL 型流量变送器	128	二、DKJ 角行程电动执行器	221
二、开方器电路	129	三、DKZ 直行程电动执行器	233
三、靶式流量变送器	130	四、简易式电动执行器	235
§4-6 流量控制仪表的校验		§7-2 气动执行器	244

一、气动执行机构的结构	244
二、气动调节机构	247
三、阀门定位器	248
四、气动执行器的选择	252
思考与练习	254

第八章 硅酸盐工业自动控制系统及其设计

设计	255
§8-1 玻璃池窑及其热工制度	255
一、玻璃熔窑简介	255
二、作业制度	263
§8-2 窑炉温度测量与调节系统	267
一、窑炉温度测量	267
二、窑炉温度自动调节	274
§8-3 窑炉压力的测量与调节系统	283
一、窑内压力分布及控制概况	284
二、窑压测量	286
三、窑压调节装置	288
四、窑压自动调节系统	289
§8-4 燃油系统的自动调节	294
一、重油温度、压力、流量的测量和调节	294
二、雾化气和助燃空气的压力、流量的测量和调节	300
三、复杂的燃油调节系统	303
四、燃油窑炉的自动调节系统	312
§8-5 成形部温度自动调节系统	318
一、玻璃熔窑作业室温度自动调节系统	318
二、玻璃徐冷温度自动调节系统	320
§8-6 玻璃液面自动调节	323
一、探针式玻璃液面调节系统	324
二、光电式液面调节系统	328
§8-7 蓄热式玻璃熔炉火焰自动换向	330
一、概述	330
二、换向装置的工作原理	330
§8-8 自动控制系统的设计	335

一、自动控制流程图的绘制	336
二、仪表选型	340
三、仪表柜及仪表室的设计	340
四、供电和供气系统的设计	343
五、施工图的设计	343
§8-9 调节系统参数整定	344
一、经验法	345
二、临界比例度法	347
三、衰减曲线法	347
四、反应曲线法	348
五、各法比较	350
思考与练习	351
附录 计量器具、仪表的检定设备	353
一、光学高温计	353
二、工作用辐射感温器	353
三、工作用铂铑(10)-铂铑电偶	354
四、工作用铂铑(30)-铂铑(6)热电偶	354
五、工作用镍铬-镍铬-考铜热电偶	354
六、工业铂、铜热电阻	355
七、电子自动平衡电桥	355
八、电子自动电位差计	355
九、配热电阻用动圈式温度指示及位式调节仪表	356
十、配热电偶用动圈式温度指示及位式调节仪表	356
附表1 铂铑(10)-铂热电偶分度表	357
附表2 铂铑(30)-铂铑(6)热电偶分度表	362
附表3 镍铬-镍硅(镍铬-镍铝)热电偶分度表	367
附表4 镍铬-考铜热电偶分度表	372
附表5 铂热电阻分度表($R_0 = 46\Omega$)	375
附表6 铂热电阻分度表($R_0 = 100\Omega$)	378
附表7 铜热电阻分度表($R_0 = 50\Omega$)	381
附表8 铜热电阻分度表($R_0 = 100\Omega$)	382
参考文献	383

第一章 测量技术基础

在科学研究和工业生产中,人们常常借助于测量仪表或装置对某些现象或过程进行检测,以便正确地认识这些现象或过程的变化规律,进而控制其发展,使其达到人们预想的目的。而在实现测量过程中,测量的精度是至关重要的,它是实现工业控制及保证产品质量的关键。由此可见,研究测量及测量误差,提高测量精度是一项很重要的任务。

本章就怎样提高测量精度和选用测量仪表作一简单介绍。

§ 1—1 测量误差及分类

一、测量误差

在测量过程中,人们总希望得到一个正确无误的测量结果,但由于被测对象、检测元件、信号的传递放大,显示仪表都会不同程度地受到周围各种因素的影响,测量方法选取是否合适,操作者技术的熟练程度等方面,都会影响到测量结果,使仪表的示值与被测量的真值间存在差异,这个差异就是测量误差:

$$\Delta = M - T \quad (1-1)$$

式中: Δ ——误差;

M ——测量仪表示值;

T ——被测量的真实值。

在式(1-1)中,误差 Δ 与仪表表示值同量纲,又称作绝对误差,它反映了仪表表示值偏离真实值的大小。

二、误差的分类

为了便于研究和分析,现从不同的角度对误差进行分类如下。

(一)按误差出现的规律分类

1. 系统误差

在同一条件下,多次测量同一量时,误差的绝对值和符号保持恒定;或在条件改变时,按某一确定的规律变化的误差称为系统误差。系统误差产生的原因有:

①工具误差 也称仪器误差或简称仪差。这是由于测量所采用的仪表本身不完善产生的误差。

②装置误差 由于测量仪表和电路的安装、布置、调整不得当而产生的误差。

③人身误差 也称人为误差或简称人差。由于测量人员的感觉器官和运动器官的差异而产生的误差。这类误差因人而异,并与个人当时的生理和心理状态密切相关。

④外界误差 也称环境误差。由于外界环境(如温度、湿度、电磁场等)的影响而产生的误差。

⑤方法误差 也称理论误差。由于测量方法本身所形成的误差,或者是由于测量所依据

的理论本身不完善等原因而导致的误差。有时,可能由于对被测量定义不明确,而形成一种理论误差。所以也称定义误差。

为了减小系统误差,在测量系统的设计、仪表选型、安装和使用要正确,仪表的工作环境要符合规定,如温度、湿度和能源(电源或气源)等变化不超过仪表的允许范围等。例如,在用热电偶和电子电位差计组成热电阻温度计测量温度时,为了保持热电偶冷端温度恒定,采用延伸补偿导线,把显示仪表移至仪表室。

系统误差的特点是有规律可循的,通过分析研究可以找出误差产生的原因,事先采取措施,设法减小系统误差,或者在误差产生之后引入修正值,以减弱或消除系统误差。

2. 随机误差

在相同条件下,多次测量同一量时,误差绝对值和符号的变化,时大时小,时正时负,没有确定的规律,也不可以预测,但多次测量具有抵偿性的误差叫随机误差。

随机误差是一种统计误差,具有随机性,由于这种误差不能预测,所以不能用校正的方法加以消除。但通过大量数据的统计实验,可以得出某些规律,采用合理的数据处理方法,可以大大削弱它对测量结果的影响。

(二) 按被测量随时间变化的速度分类

1. 静态误差 指在被测量稳定不变的条件下进行测量时所产生的误差。

2. 动态误差 指在被测量随时间变化的过程中进行测量时所产生的误差。

(三) 按误差本身量纲分类

1. 绝对误差

绝对误差是仪表示值与真实值之差。它的量纲与被测量相同。例如:①用活塞压力计测量压力 $100 \times 10^5 \text{ Pa}$ 时的绝对误差为 $\pm 0.05 \times 10^5 \text{ Pa}$;②用弹簧管压力表测量压力 $1 \times 10^5 \text{ Pa}$ 时的绝对误差为 $\pm 0.05 \times 10^5 \text{ Pa}$;③用电阻温度计测量温度 200°C 时的绝对误差为 $\pm 0.5^\circ\text{C}$ 。

很明显,绝对误差不能作为不同量程的同类仪表(例①、②)和不同类型仪表(例①、③)之间测量精确度的比较尺度。上例①、②绝对误差数值大小相等,但两者的测量精确度却相差很大。例①、③绝对误差量纲不同,根本无法比较。为此引入了相对误差的概念。

2. 相对误差

相对误差是指绝对误差 Δ 与真实值 T 之比值,通常以百分数来表示:

$$\gamma = \frac{\Delta}{T} \times 100 \approx \frac{\Delta}{M} \times 100 \quad (1-2)$$

式中: γ ——相对误差,无量纲;

M ——测量仪表示值。

在前面例子中,活塞压力计的相对误差为 $\gamma_1 = \pm 0.05\%$;弹簧管压力计的相对误差为 $\gamma_2 = \pm 5\%$;电阻温度计的相对误差为 $\gamma_3 = \pm 0.25\%$ 。现在,三种仪表的精确度就可以比较了。

同一台仪表在整个量程范围内相对误差并不是一个常数,它是随被测量的大小而变化的,在接近仪表量程下限值附近,相对误差都比较大,而在仪表量程 $2/3 \sim 4/5$ 附近,相对误差比较小。相对误差的这种变化不利于仪表之间的比较,为此引入了引用误差的概念。

3. 引用误差

引用误差是指绝对误差 Δ 与仪表量程 B 或量程上限值 $x_{\max}$ 的比值,并以百分数表示。

$$\gamma_0 = \frac{J}{B} \cdot 100 \quad (1-3)$$

式中: γ_0 ——引用误差, 以百分数表示, 无量纲

§ 1-2 仪表的基本技术性能

一、精度和精度等级

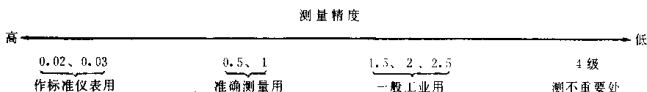
(一) 精度

仪表的精度通常用上一节讲过的引用误差来表示, 即仪表示值与真实值之差与仪表量程的比值, 并以百分数表示, 见(1-3)式。

(二) 精度等级

通常用引用误差 γ_0 的最大值 γ_{0max} 来划分仪表的精度等级。

我国常用仪表的精度等级有下列数种:



仪表精度等级数的高低, 主要决定于仪表制造厂的产品质量, 它是仪表本身固有的指标。

在选择仪表时, 不应脱离实际需要盲目选用精度过高的仪表, 因为仪表越精密, 构造都比较复杂和精细, 需要特别加以维修, 价格也较贵。

精度等级标明了仪表的最大引用误差不能通过的界线, 如果仪表的精度等级为 A 级, 则表明仪表最大引用误差不超过 A%, 而不能认为该仪表在刻度范围内各点的示值误差都具有 A% 的精度, 当测量值越接近仪表的量程上限时, 精度越高。选用仪表时, 要注意到这一点。

【例 1-1】 某介质温度稍低于 100℃, 现有 0.5 级 0 ~ 300℃ 和 1.0 级 0 ~ 100℃ 两个温度计, 试问采用哪一个温度计测量精度高?

【解】 采用 0.5 级表测量时, 最大相对误差为:

$$\gamma_1 = \frac{300 \times 0.5\%}{100} = 1.5\%$$

采用 1.0 级表测量时, 最大相对误差为:

$$\gamma_2 = \frac{100 \times 1.0\%}{100} = 1.0\%$$

通过计算比较, 显然此例采用 1.0 级表测量精度高。

二、灵敏度

仪表的灵敏度是反映仪表对被测参数变化的灵敏程度。常用单位被测参数的变化引起仪表指示机构的角位移或线位移来表示。仪表的灵敏度为:

$$S = \frac{\Delta a}{\Delta x} \quad (1-4)$$

式中: Δa ——仪表指示机构的直线位移或角位移;

JA——被测参数的变化量

仪表的灵敏度愈高,就愈能观察微小的参数变化。要提高仪表的灵敏度,可以采用增加放大系统(机械或电子的)的放大倍数来达到。

三、变差

变差是标志仪表恒定性的指标。对于直接读数的仪表,可以认为是在同一外界条件下,同一台仪表当指针从上限或下限两个方向接近这个读数时,会得到不同的结果,也就是在同一个校验点上,仪表正行程指示值和仪表反行程指示值之差称为变差。例如:实际温度由低温升到100℃时,仪表的读数为99℃,而由高温降到100℃时,仪表的读数为101℃,可见在校验点100℃处有两个读数,其差值为2℃,这个差值被仪表的量程除,得到的百分数表示仪表的变差。如果仪表的量程为0~100℃,精度为1.0级,其变差为:

$$\frac{2\text{ }^{\circ}\text{C}}{400\text{ }^{\circ}\text{C}} \times 100\% = 0.5\%$$

该仪表的变差不超过仪表的精度,这个变差是允许的。当仪表的变差超过仪表的精度时,表示仪表的恒定性变坏,需要校验和修理。

§ 1—3 控制仪表的分类

控制仪表种类很多,其分类如下:

(一)按能源供给形式来分类:有气动仪表和电动仪表。气动仪表以压缩空气作能源;电动仪表以电源作为能源。气动仪表又有QDZ-I、QDZ-II和QDZ-III三个类型;同样,电动仪表也有DDZ-I、DDZ-II和DDZ-III三个类型。

(二)按对被参数的处理来分类:可将控制仪表分成显示仪表和调节仪表。显示仪表可以对被测对象进行显示、记录和积算;调节仪表可以对被测对象进行控制。

(三)根据被测参数来分类:有温度计、压力表、流量计、液位计及成分分析仪等,总称为工业用测量仪表。

(四)根据仪表具体显示方式分类:指示型(有指针、刻度、能反应出参数的瞬时值);数字显示型;记录型(有记录笔和记录纸,能反应参数的瞬时值和它随时间的变化情况);累积型(能使参数的瞬时指示值按时间累加起来,因而能反映在某个时间间隔内被测参数的总和);信号型(仪表能发生警报的灯光或音响信号,例如电接点压力表等);调节型(仪表附带调节器,当与阀门等执行机构相配合时,能对工艺过程进行自动调节)等。实际仪表有时是上述几种型式的混合,既能指示、又能记录、发信号、调节和累积。

(五)按仪表的实际用途分为:标准仪表(也叫范型仪表),它又可分为I级(叫初级范型仪表),II级(叫次级范型仪表),它们都是用来作校准、标定刻度用的。

与标准仪表相对应的是实用仪表,它可分为:工业用(要求简单、可靠。准确度要求不太高);实验室用(要求准确度高,但结构复杂);便携式仪表(性能介于工业用和实验室用之间)。

(六)根据仪表是否直接装在工艺对象上,又可分为:

就地仪表 直接装在工艺对象上或设备附近,只能就地读数,例如水银温度计、U形管

压力计、转子流量计、差压式流量计等。

远方仪表 不直接装在工艺对象上，在远方仪表盘上进行读数的。例如，利用长的导压管把压力引入装在远方仪表盘上的压力表中进行读数。

远传仪表 这是一种把被测参数转换成便于远距离传送的气信号或电信号后，再传送到远方的仪表盘上进行读数的仪表。对于这类仪表，把那个直接装在工艺对象上感受被测参数的变化、并把变化转换成另一种气信号或电信号的部分叫变送器，也有时称为一次敏感元件或一次仪表；把那个在远方、接受变送器发来的气信号或电信号，并加以显示的仪表叫二次仪表。例如，用热电偶测量温度，则装在工艺对象上的热电偶本身就是一次敏感元件，在远方仪表盘上接受热电偶发来的电信号、并加以指示或记录的毫伏计就是二次仪表。

§ 1—4 电动单元组合仪表的发展概况

我国从1958年开始设计、试制电动单元组合仪表，经过反复试制和改进，不断提高仪表的性能，至1964年全套仪表投入生产，称为DDZ—I型电动单元组合仪表。这套仪表采用 $0 \sim 10 \text{ mA} \cdot \text{DC}$ 作为统一联络信号，以磁放大器和电子管作为主要放大元件。可靠性较高，在我国各有关工业部门中获得广泛的应用。

从1965年开始设计和试制以晶体管为主要放大元件的DDZ—II型电动单元组合仪表。在仪表的设计中，尽量利用DDZ—I型电动单元组合仪表已经取得的成果，考虑到与工业控制机的配合，使DDZ—II型电动单元组合仪表不仅可以组成简单的调节系统，而且还可以组成电—气复合调节系统和更复杂的调节系统。到1970年，DDZ—II型电动单元组合仪表已经能够大量生产，对我国工业生产自动化起到了有力的促进作用。

一、DDZ—II型电动单元组合仪表简介

DDZ—II型电动单元组合仪表采用晶体管为主要放大元件，以 $0 \sim 10 \text{ mA} \cdot \text{DC}$ 为统一联络信号，允许的负载电阻为 $0 \sim 1500 \Omega$ 。当负载电阻在规定范围内变化时，信号电流保持恒定。若采用 0.6 mm 直径的电线，其信号的传输距离可达 2 km 以上。DDZ—II型电动单元组合仪表又采用 $0 \sim 10 \text{ mV}$ 和 $0 \sim 2 \text{ V}$ 直流电压作为辅助联络信号，以便于和其它仪表配套使用。

DDZ—II型电动单元组合仪表的单元划分、技术特点、主要性能指标和型号命名规则如下：

（一）单元划分和技术特点

根据DDZ—II型电动单元组合仪表在自动调节系统中的作用和特点的不同，可将全套仪表划分为变送单元、转换单元、计算单元、显示单元、给定单元、调节单元、辅助单元和执行单元等八大类。各单元作用如下：

（1）变送单元：变送单元能将将被测参数转换成 $0 \sim 10 \text{ mA} \cdot \text{DC}$ 电流信号，传送到显示单元和调节单元，以供指示、记录和调节。变送单元主要有温度变送器、压力变送器、差压变送器、流量变送器等。

（2）转换单元：转换单元是DDZ—II型电动单元组合仪表与其它系列仪表之间联系的桥梁，把不同系列的仪表与DDZ—II型仪表的调节系统联结起来。转换单元的品种有直流毫伏转换器、频率转换器、气—电转换器等。

(3) 计算单元: 计算单元的作用是将几个 $0 \sim 10\text{mA} \cdot \text{DC}$ 电流信号进行加、减、乘、除、开方、平方等数学运算, 适用于多参数综合调节。计算单元主要有加减器、乘除器和开方器等。

(4) 显示单元: 显示单元对被测参数起指示、记录、积算和报警作用, 供运行管理人员操作、监视调节系统工况之用。显示单元主要有比例积算器和开方积算器。

DDZ-II 型仪表系统中的指示、报警仪表可配用 DXZ 型指示仪表和 DXB 型指示报警仪。记录仪可配用 XWC 型、XWD 型等电子电位差计记录仪。

(5) 给定单元: 给定单元输出 $0 \sim 10\text{mA} \cdot \text{DC}$ 电流作为被调参数的给定值送到调节单元, 实现定值调节或时间程序调节等。给定单元的输出也可以供给其它仪表作为参考基准值。给定单元主要有恒流给定器和分流器。

(6) 调节单元: 调节单元将被调参数信号与给定信号进行比较, 按着偏差的情况给出调节信号, 控制执行器的动作实现自动调节。调节单元主要有比例-积分调节器、比例-积分-微分调节器。

(7) 辅助单元: 辅助单元用来增加系统组合的灵活性, 如操作器和选择操作器用于手动操作, 阻尼器用于压力或流量信号的平滑阻尼, 限幅器用于限制 $0 \sim 10\text{mA}$ 信号的上下极限。

(8) 执行单元: 执行单元按照调节器发生的控制信号或手动操作信号, 操作阀门之类的执行机构, 控制调节对象的工况。执行单元主要有角行程电动执行器和直行程电动执行器。

DDZ-II 型电动单元组合仪表的统一信号, 可以通过电-气转换器转换成气动单元组合仪表的统一信号 [$19.6 \sim 98.1\text{kPa}$ ($0.2 \sim 1\text{kgf/cm}^2$)], 驱动 QDZ 系列的气动执行器或气动调节阀。 $0 \sim 10\text{mA} \cdot \text{DC}$ 电流还可以通过电气阀门定位器直接操作气动执行器。

DDZ-II 型电动单元组合仪表系统如图 1-1 所示。

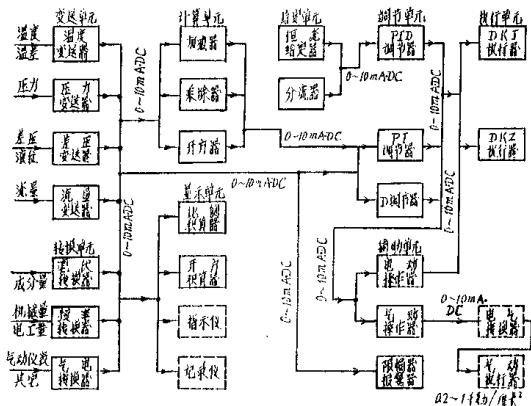


图 1-1 DDZ-II 型电动单元组合仪表系统示意图(虚线框内为配套仪表)

(二) 统一性能指标

- (1) 统一信号: $0 \sim 10 \text{ mA} \cdot \text{DC}$;
- (2) 辅助信号: $0 \sim 10 \text{ mV} \cdot \text{DC}$ 和 $0 \sim 2 \text{ V} \cdot \text{DC}$ 两种;
- (3) 基本精度: 0.5级和1.0级;
- (4) 负载电阻: $0 \sim 1.5 \text{ k}\Omega$;
- (5) 恒流精度: $0.5\% \sim 1.5 \text{ k}\Omega$;
- (6) 灵敏度: $\sim 0.1 \mu\text{A}$;
- (7) 长期漂移: 预热4h(小时)后长期漂移 $\leq 0.5\%$;
- (8) 抗干扰性能: 纵向干扰 $220 \text{ V}, 50 \text{ Hz}$;
横向干扰 输入信号满量程的 1% (不小于 5 mV), 50 Hz ;
- (9) 供电电源: $220_{-30}^{+20} \text{ V}, 50 \pm 1 \text{ Hz}$;
- (10) 环境条件:
 - ① 环境温度: 室内仪表 $0 \sim 45^\circ\text{C}$;
室外仪表 $-10 \sim +60^\circ\text{C}$;
 - ② 相对湿度: 室内仪表 $\leq 85\%$;
室外仪表 95% ;
 - ③ 环境振动: 频率 $\leq 25 \text{ Hz}$, 双振幅 0.1 mm ;
- (11) 绝缘电阻: 信号回路对地 $\geq 20 \text{ M}\Omega$;
供电电源回路对信号回路 $\geq 50 \text{ M}\Omega$;
- (12) 绝缘强度: 信号回路对地 $500 \text{ V}, 50 \text{ Hz}, 1 \text{ min}$;
电源回路对地 $1000 \text{ V}, 50 \text{ Hz}, 1 \text{ min}$ 。

(三) 型号命名规则 DDZ-II型仪表根据各单元的习惯用语, 将指示、记录单元称为指示仪、记录仪, 其余各单元都称为“器”, 如变送器、转换器、计算器、给定器、调节器、执行器等。

整套仪表以电(Dian)、单(Dan)、组(Zu)三字的汉语拼音第一个大写字母为标志, 如DDZ-II代表晶体管型的电动单元组合仪表。

各大类产品的代表符号:

B——变送单元; T——调节单元; K——执行单元; X——显示单元; J——计算单元; G——给定单元; Z——转换单元; F——辅助单元。

各小类产品的代表符号:

Y——压力; C——差压; U——液位; L——流量; W——温度; F——成分分析; L——连续调节; Z——指示; J——记录; D——电动操作; Q——气动操作; F——分流; P——频率; Q——气-电转换; A——恒流给定; S——积分; S——除法; J——角行程; Z——直行程; J——加法。

型号举例:

DBY-110代表压力变送器, 其量程范围为 $0 \sim 9806.65 \text{ Pa}$ 至 $0 \sim 98066.5 \text{ Pa}$ ($0 \sim 0.1$ 至 $0 \sim 1 \text{ kgf/cm}^2$)。

二、DDZ-III型电动单元组合仪表简介

为了适应国民经济高速度发展,我国在广泛推广使用DDZ-Ⅱ型仪表的基础上,又成功地研制出具有先进水平的新型仪表,DDZ-Ⅲ型电动单元组合仪表,并已在现场正常运行使用。经实践证明,这套仪表性能稳定可靠。

(一) DDZ-Ⅲ型电动单元组合仪表的特点

(1) 采用国际标准信号制: 现场传输信号为 $4 \sim 20 \text{ mA} \cdot \text{DC}$, 控制联络信号为 $1 \sim 5 \text{ V} \cdot \text{DC}$ 信号电流与电压转换电阻为 250Ω 。这种信号制的零点不是从零开始, 其优点是充分利用了晶体管的线性段, 有利于识别断电、断线等故障, 而且信号范围大, 有利于提高变送器的性能。

(2) 扩大了调节器的功能: 在基型调节器的基础上, 增加不同的附加单元就可以构成各种不同品种的调节器。如间歇调节器、前馈调节器、自选调节器、自动/手动外部切换调节器、SPC给定调节器、DDC备用调节器等。

(3) 采用线性集成电路: 由于集成电路均采用差动放大器, 故输入级对称性好、漂移小、增益高、功耗小, 而且由于采用直接耦合, 使线路简单, 可靠性大大提高。

(4) 采用 $24 \text{ V} \cdot \text{DC}$ 集中供电: 采用 $24 \text{ V} \cdot \text{DC}$ 集中供电并与备用电池构成不停电装置, 其优点是不直接用工频电源供电, 各单元之间无需用电源变压器, 有利于防爆, 可实现二线制。

(5) 整套仪表构成本质安全防爆系统, 可用于危险场所。

(二) DDZ-Ⅲ型电动单元组合仪表的品种与分类: 根据各单元功能及结构特点, DDZ-Ⅲ型仪表大体有下列八个基型品种:

- (1) 差压二线制变送器;
- (2) 温度变送器;
- (3) 安全保持器;
- (4) 调节器;
- (5) 指示记录仪;
- (6) 计算单元;
- (7) 电气转换器;
- (8) 电源箱。

按仪表在自动调节系统中的作用和特点, DDZ-Ⅲ型仪表可分为变送单元、转换单元、显示单元、调节单元、计算单元、安全单元和辅助单元。

DDZ-Ⅲ型仪表的产品名称及型号命名基本上采用了DDZ-Ⅱ型仪表的规定, 而规格编号和附件编号是重新规定的。

DDZ-Ⅱ型仪表与DDZ-Ⅲ型仪表的性能比较见表1-1。

表1-1 DDZ-Ⅱ型仪表与DDZ-Ⅲ型仪表性能比较

系列 性能	DDZ-Ⅱ	DDZ-Ⅲ
1. 信号制	$0 \sim 10 \text{ mA} \cdot \text{DC}$	$4 \sim 20 \text{ mA} \cdot \text{DC}$
2. 电源	$220 \text{ V} \cdot \text{AC}$	$24 \text{ V} \cdot \text{DC}$
3. 现场变送器	四线制	二线制
4. 传输方式	串联制	并联制

续表 1-1

5.防爆形式	隔爆型	安全火花型HII
6.电气元件	分立元件	集成电路
7.手动方式	硬手动	硬手动和软手动
8.自动 手动切换	需先平衡	直接切换
9.温度变送器	非线性化电路	有线性化电路
10.差压变送器	双杠杆机构	矢量机构
11.调节器	无保持电路	有保持电路
12.调节器指示	偏差指示	全刻度及偏差指示
13.与计算机联用	兼容性差	兼容性好
14.互换性	差	好
15.稳定性	差	好
16.可靠性	一般	高
17.维护检修	较难	方便

思考与练习

1. 仪表的测量误差共分几类? 每种误差值的大小与哪些因素有关?
2. 仪表的精度等级有什么意义? 常用仪表通常有哪几级?
3. 要测量某介质的温度, 已知其温度在450℃左右, 现有精度等级为1级, 测量范围分别为0~500℃和300~600℃两种仪表, 试问选用哪一种测量精度高?
4. 仪表的相对误差和变差有何区别?
5. 仪表通常分成哪几类? 各有什么用途?
6. DDZ-Ⅱ型仪表与DDZ-Ⅲ型仪表有哪些主要区别?

第二章 温度控制仪表

§ 2—1 概述

温度是人们感觉器官所感觉到的周围物体冷热程度的一个物理参数。从微观上看,温度高低是物体内部分子无规则运动剧烈程度的标志,温度愈高,分子运动愈剧烈。温度测量是利用物体的某些物理参数与温度有关的性质,如几何尺寸、密度、粘度、弹性、硬度、电导率、热导率、热电势、辐射强度等的测量来实现的。当测得这些参数中某一个随温度的变化,就可以间接测得被测物体的温度。

一、温度检测仪表的分类

测量温度的仪表一般可以分成两大类:

一类是接触测温仪表,测温元件直接与被测物体或介质接触,通过热交换与周围介质达到热平衡,而完成温度测量。属于该类测温的仪表有:

(1)膨胀式温度计 它是利用物体受热后体积膨胀的原理。

(2)电阻温度计 它是利用导体或半导体的电阻随温度变化的原理。

(3)热电偶温度计 它是利用两种性质不同的金属材料组合在一起,当两端温度变化时,回路中产生的热电势不同来测温。

另一类是非接触测温仪表,测温元件不与被测物体或介质直接接触,而是利用被测物体或介质的热辐射原理进行测温。属于这类测温的仪表有:

(1)全辐射高温计 它是通过测量物体的全部辐射能量的方法来测量温度。

(2)光学高温计 它是利用经过温度刻度的钨丝灯发出的单色亮度和被测物体单色亮度比较来测量物体温度。

(3)比色温度计 它是根据两个波长的亮度比随温度变化的原理来测温的。

这类仪表是以光辐射为测温依据,这些光的波长通常选在红外区,所以这类仪表常被称为红外辐射测温仪表。

二、温标

温标就是量度温度的标尺。它是量度物体温度高低而对温度零点和分度方法所作的一种规定,是温度的单位制。

日常用的温标有摄氏温标与华氏温标两种。摄氏温标又称“百分温标”,规定在大气压为101325Pa下水的冰点为0度,沸点为100度,中间分为100等分,每等分代表1度,用 $^{\circ}\text{C}$ 表示。华氏温标规定在大气压为101325Pa下水的冰点为32度,沸点为212度,中间分为180等分,每等分代表1度,用 $^{\circ}\text{F}$ 表示。摄氏温度($^{\circ}\text{C}$)与华氏温度($^{\circ}\text{F}$)之间的换算关系为:

$$1^{\circ}\text{F} = \frac{9}{5}^{\circ}\text{C} + 32 \text{ 或 } 1^{\circ}\text{C} = \frac{5}{9}(^{\circ}\text{F} - 32)$$

目前国际上统一使用的温标是1967年第13届国际计量大会通过,1968年制定的国际实用

温标(IPTS—68), 简称“68温标”。我国自1973年起已正式采用“68温标”。该温标规定: 热力学温度是基本温度, 用符号 T 表示, 其单位是开尔文, 符号为K。并定义1开尔文等于水三相点热力学温度的 $1/273.16$ 。水的三相点是一个固定点, 等于273.16K, 它是热力学温标和国际实用温标的共同值^①。国际实用开尔文温度及国际实用摄氏温度用符号 T_{93} 和 t_{93} 来区别, 两者的关系是

$$\begin{aligned} t_{93}(^{\circ}\text{C}) &= T_{93}(\text{K}) - T_0(\text{K}) \\ &= T_{93}(\text{K}) - 273.15(\text{K}) \end{aligned}$$

T_{93} 和 t_{93} 的单位与热力学温度 T 和摄氏温度 t 一样, 仍为开尔文(K)和摄氏度($^{\circ}\text{C}$)。实际工作中, T_{93} 和 t_{93} 均用 T 和 t 表示, 可不必另加“68”角码。

“68温标”是用11种化学纯净物质的三相点(气、液、固态三相共存点)、凝固点或沸点作为基准而建立起来的。例如规定氢的三相点为 -259.34°C , 水的三相点为 0.01°C , 水的沸点为 100°C , 锌的凝固点为 419.58°C , 金的凝固点为 1064.43°C 。另外, 还规定了在不同温度范围内使用不同的基准温度计。基准点之间的温度则根据基准温度计的指示值, 按国际实用温标所规定的插补公式进行计算得到。

常用测温仪表的分类、测温原理及测温范围见表2-1。

表2-1 常用测温仪表的分类

测温仪表分类	测温原理	测温范围($^{\circ}\text{C}$)	测量方法	应用
膨胀式温度计(水银、酒精、双金属片)	利用液体或固体受热膨胀的性质	$-80 \sim +500$	接触法	测量室温及干燥器介质的温度
电阻温度计	利用导体受热后电阻值的变化	$-200 \sim +500$		测量低温介质的温度, 如重油等
热电高温计	利用热电偶的热电效应	$-50 \sim +2300$		广泛应用于各种窑炉的测温
辐射高温计	利用加热物体所发出的辐射能、辐射强度与温度有一定关系	$800 \sim 2000$	非接触法	隧道窑、倒焰窑、玻璃窑、电热窑炉的测温

§2-2 热电偶温度计

一、概述

两种不同的导体 A 、 B 接合在一起, 形成一个闭合回路, 如图2-1所示。当两个接点的温度 T 和 T_0 不等时, (设 $T > T_0$), 则在该闭合回路中产生电流, 这个物理现象叫热电效应。这个电流叫热电流, 它的大小与导体的材料及接点温度有关。与此同时, 在回路中产生一个与接点温度 T 、 T_0 有关的电动势 $E_{AB}(T, T_0)$, 这个电动势称热电势。导体 A 、 B 称为热电极;

注①对温度间隔或温差进行单位换算时, 应采用的单位方程为: $1^{\circ}\text{F} = \frac{5}{9}^{\circ}\text{C} = \frac{5}{9}\text{K}$