



高等学校试用教材

# 电动调节仪表

上海化工学院等合编

吴勤勤 主编

化学工业出版社

高等学校试用教材

# 电动调节仪表

上海化工学院等合编

吴勤勤 主编

化学工业出版社

高等学校试用教材

电动调节仪表

上海化工学院等合编

吴勤勤 主编

\*

化学工业出版社出版

(北京和平里七区十六号楼)

化学工业出版社印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行

\*

开本 $787 \times 1092^{1/16}$ 印张 $21\frac{1}{2}$ 插页 1 字数538千字印数5,151—21,350

1980年11月北京第1版1982年7月北京第2次印刷

统一书号15063·3061(K-227)定价2.20元

# 目 录

## 第一篇 DDZ-Ⅰ型电动单元组合仪表

|                            |    |
|----------------------------|----|
| <b>第一章 DDZ-Ⅰ型仪表总体概述</b>    | 1  |
| 第一节 电动单元组合仪表概况             | 1  |
| 一、电动单元组合仪表与自动调节            | 1  |
| 二、电动单元组合仪表发展概况             | 2  |
| 第二节 DDZ-Ⅰ型仪表信号制、主要性能、分类与命名 | 2  |
| 一、信号制及传输方式                 | 2  |
| 二、DDZ-Ⅰ型仪表的主要性能指标          | 3  |
| 三、品种分类                     | 3  |
| 四、单元命名                     | 5  |
| <b>第二章 变送单元</b>            | 7  |
| 第一节 差压变送器                  | 7  |
| 一、概述                       | 7  |
| 二、差压变送器工作原理                | 8  |
| 三、差压变送器的结构及静态特性            | 9  |
| 四、高频位移检测放大器                | 14 |
| 第二节 温度(温差)变送器              | 21 |
| 一、概述                       | 21 |
| 二、输入回路                     | 22 |
| 三、自激调制式直流放大器               | 25 |
| 四、负反馈回路                    | 32 |
| <b>第三章 调节单元</b>            | 36 |
| 第一节 概述                     | 36 |
| 一、调节器的调节规律                 | 36 |
| 二、调节器的构成原理                 | 38 |
| 第二节 调节器的工作原理和线路分析          | 40 |
| 一、输入回路                     | 41 |
| 二、自激调制式直流放大器               | 42 |
| 三、PID反馈电路                  | 44 |
| 四、整机的动态分析                  | 47 |
| 五、手动操作与自动跟踪电路              | 55 |
| 第三节 DTL-321型调节器            | 58 |
| 一、限幅作用                     | 58 |
| 二、软操作和遥控操作                 | 59 |

|                 |     |
|-----------------|-----|
| <b>第四章 运算单元</b> | 62  |
| 第一节 加减器         | 62  |
| 一、概述            | 62  |
| 二、工作原理和线路分析     | 62  |
| 第二节 乘除器         | 67  |
| 一、概述            | 67  |
| 二、工作原理和线路分析     | 67  |
| 第三节 开方器         | 78  |
| 一、概述            | 78  |
| 二、工作原理与线路分析     | 79  |
| <b>第五章 显示单元</b> | 94  |
| 第一节 概述          | 94  |
| 第二节 比例积算器       | 96  |
| 一、比例积算器的组成      | 96  |
| 二、工作原理和线路分析     | 97  |
| <b>第六章 执行单元</b> | 107 |
| 第一节 概述          | 107 |
| 第二节 工作原理和整机分析   | 108 |
| 一、伺服放大器         | 108 |
| 二、执行器           | 111 |
| 三、电动执行器整机线路     | 116 |
| <b>第七章 其它单元</b> | 118 |
| 第一节 恒流给定器       | 118 |
| 一、概述            | 118 |
| 二、工作原理和线路分析     | 118 |
| 第二节 Q型操作器       | 120 |
| 一、概述            | 120 |
| 二、工作原理和线路分析     | 121 |

## 第二篇 DDZ-Ⅰ型电动单元组合仪表

|                         |     |
|-------------------------|-----|
| <b>第八章 DDZ-Ⅰ型仪表总体概述</b> | 124 |
| 第一节 DDZ-Ⅰ型仪表特点          | 124 |
| 一、采用线性集成电路              | 124 |
| 二、采用国际标准信号制             | 124 |
| 三、集中统一供电                | 125 |
| 四、结构合理、功能多样             | 125 |
| 五、整套仪表可构成安全火花型防爆系统      | 125 |
| 第二节 DDZ-Ⅰ型仪表品种分类和型号命名   | 126 |
| 一、品种分类                  | 126 |
| 二、单元命名                  | 127 |

|                           |     |
|---------------------------|-----|
| 第三节 安全火花型防爆仪表的基本知识 .....  | 128 |
| 一、安全火花型防爆仪表的基本概念 .....    | 128 |
| 二、安全火花型防爆仪表的品种和防爆系统 ..... | 128 |
| 三、安全火花型防爆仪表的使用环境温度 .....  | 128 |
| 四、仪表的防爆等级标志 .....         | 129 |
| <b>第九章 变送单元</b> .....     | 130 |
| 第一节 差压变送器 .....           | 130 |
| 一、概述 .....                | 130 |
| 二、差压变送器工作原理和结构 .....      | 130 |
| 三、低频位移检测放大器 .....         | 134 |
| 第二节 温度变送器 .....           | 140 |
| 一、概述 .....                | 140 |
| 二、放大单元工作原理 .....          | 141 |
| 三、直流毫伏变送器量程单元 .....       | 147 |
| 四、热电偶温度变送器量程单元 .....      | 149 |
| 五、热电阻温度变送器量程单元 .....      | 155 |
| 六、安全火花型防爆措施 .....         | 157 |
| <b>第十章 调节单元</b> .....     | 162 |
| 第一节 概述 .....              | 162 |
| 第二节 基型调节器的工作原理和线路分析 ..... | 163 |
| 一、输入电路 .....              | 164 |
| 二、比例微分电路 .....            | 166 |
| 三、比例积分电路 .....            | 168 |
| 四、整机的PID传递函数 .....        | 172 |
| 五、输出电路 .....              | 174 |
| 六、手动操作电路及无平衡、无扰动切换 .....  | 176 |
| 七、指示电路 .....              | 178 |
| 第三节 特种调节器 .....           | 181 |
| 一、间歇调节器 .....             | 181 |
| 二、自动选择调节器（自选调节器） .....    | 185 |
| 三、偏差反馈型积分限幅调节器 .....      | 186 |
| 四、前馈调节器 .....             | 187 |
| 第四节 附加单元 .....            | 188 |
| 一、输入报警单元 .....            | 189 |
| 二、偏差报警单元 .....            | 190 |
| 三、输出限制单元 .....            | 192 |
| 第五节 调节器和计算机的联用 .....      | 192 |
| 一、SPC系统用调节器 .....         | 192 |
| 二、DDC系统用调节器 .....         | 193 |
| <b>第十一章 运算单元</b> .....    | 195 |

|                          |     |
|--------------------------|-----|
| 第一节 加减器 .....            | 195 |
| 一、概述 .....               | 195 |
| 二、工作原理和线路分析 .....        | 195 |
| 第二节 乘除器 .....            | 201 |
| 一、概述 .....               | 201 |
| 二、工作原理和线路分析 .....        | 201 |
| 三、应用问题 .....             | 211 |
| 第三节 开方器 .....            | 218 |
| 一、概述 .....               | 218 |
| 二、工作原理和线路分析 .....        | 218 |
| <b>第十二章 显示单元</b> .....   | 226 |
| 第一节 比例积算器 .....          | 226 |
| 一、概述 .....               | 226 |
| 二、工作原理和线路分析 .....        | 227 |
| 第二节 电动指示记录仪 .....        | 234 |
| 一、磁平衡式指示记录仪 .....        | 234 |
| 二、旋转变压器式指示记录仪 .....      | 248 |
| <b>第十三章 其它单元</b> .....   | 258 |
| 第一节 安全栅 .....            | 258 |
| 一、概述 .....               | 258 |
| 二、隔离式安全栅 .....           | 260 |
| 第二节 手动操作器 .....          | 266 |
| 一、概述 .....               | 266 |
| 二、固定式手动操作器的组成及工作原理 ..... | 269 |
| 三、便携式手动操作器的组成及工作原理 ..... | 270 |
| 第三节 电-气阀门定位器 .....       | 273 |
| 一、概述 .....               | 273 |
| 二、结构及工作原理 .....          | 274 |
| 三、静态传递函数 .....           | 275 |
| 四、防爆措施 .....             | 278 |

### 第三篇 组装式电子综合控制装置和基地式仪表

|                                  |     |
|----------------------------------|-----|
| <b>第十四章 TF型组装式电子综合控制装置</b> ..... | 279 |
| 第一节 概述 .....                     | 279 |
| 第二节 TF控制装置的基本组成 .....            | 279 |
| 一、基本结构 .....                     | 279 |
| 二、基本构成件 .....                    | 280 |
| 第三节 功能组件工作原理简介 .....             | 282 |
| 一、输入转换组件 .....                   | 282 |
| 二、输出转换组件 .....                   | 283 |

|                                 |     |
|---------------------------------|-----|
| 三、调节组件 .....                    | 284 |
| 四、“手动-自动”切换组件及跟踪原理 .....        | 295 |
| 五、显示操作器 .....                   | 296 |
| 六、监控器 .....                     | 297 |
| 七、TF-JS联接装置 .....               | 299 |
| <b>第十五章 TA系列简易式电子调节器</b> .....  | 301 |
| 第一节 概述 .....                    | 301 |
| 第二节 输入回路 .....                  | 302 |
| 一、配热电偶的输入回路 .....               | 302 |
| 二、配热电阻的输入回路 .....               | 306 |
| 第三节 直流放大器 .....                 | 309 |
| 一、矩形波发生器 .....                  | 311 |
| 二、场效应管调制器 .....                 | 312 |
| 三、交流放大器 .....                   | 312 |
| 四、晶体管解调器 .....                  | 312 |
| 五、PID调节器 .....                  | 314 |
| <b>第十六章 XCT 系列动圈式调节仪表</b> ..... | 318 |
| 第一节 概述 .....                    | 318 |
| 第二节 动圈式双位调节仪 .....              | 319 |
| 一、双位调节仪特性 .....                 | 319 |
| 二、位式调节电路 .....                  | 320 |
| 第三节 电流输出PID调节仪 .....            | 324 |
| 一、电流输出PID调节仪构成原理 .....          | 324 |
| 二、电流输出PID调节仪的传递函数 .....         | 327 |
| <b>思考题与习题</b> .....             | 330 |
| <b>附录 本书主要符号说明</b> .....        | 336 |

# 第一篇 DDZ-II 型电动单元组合仪表

## 第一章 DDZ-II 型仪表总体概述

### 第一节 电动单元组合仪表概况

#### 一、电动单元组合仪表与自动调节

在石油、化工以及其它各工业部门中，常用的自动调节仪表有气动调节仪表和电动调节仪表两种不同类型。而按其结构形式，一般又可分为基地式仪表和单元组合式仪表两类。

基地式仪表一般以指示、记录仪表为主体，附加调节机构而组成。这样，在一台仪表中，不仅能对某参数进行指示或记录，而且还具有调节的功能。这类仪表一般用于简单的调节系统。

单元组合式仪表是根据自动检测和调节系统中各个环节的不同功能和使用要求，将整套仪表划分成若干个具有独立作用的单元，各单元之间用统一的标准信号来联系。单元的品种为数不多，但可按照生产工艺的需要加以组合，构成多种多样的、复杂程度各异的自动检测和调节系统。

由电动单元组合仪表构成的简单调节系统如图 1-1 所示。图中调节对象代表生产过程中的某个环节，调节对象输出的是被调参数，如压力、流量、温度等工艺参数。这些工艺参数经变送单元转换成相应的电信号后，一方面送到显示单元供指示或记录，同时又送到调节单元中，与给定单元送来的给定值相比较。调节单元按照比较后得出的偏差经某种运算后发出调节信号，控制执行单元的动作，将阀门开大或关小，改变控制量，如生产工艺中的燃料油、蒸汽等介质流量的多少，直至被调参数与给定值相等为止。从图 1-1 中可以看出，对于不同的调节对象只需更换一个或几个单元，如更换变送单元、调节单元等，就可以满足不同的调节要求。但是组成一个简单的调节系统需要好几个单元，不如基地式仪表那样简单。

电动单元组合仪表不仅可以灵活地组成各种调节系统，还可以和气动单元组合仪表、巡回检测、数据处理装置以及工业控制机等配合使用，而且这套仪表的制造、使用、维护工作也比较方便。因此在石油、化工、冶金、电力等工业部门中得到了广泛的应用。

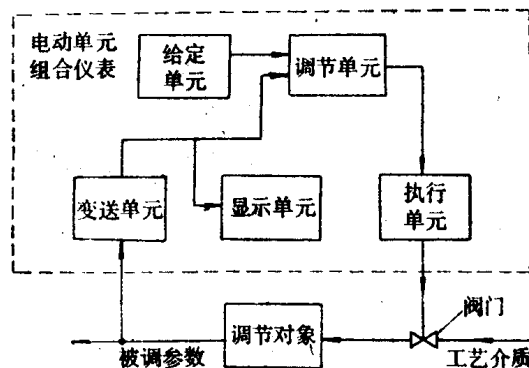


图 1-1 由电动单元组合仪表构成的简单调节系统方框图

## 二、电动单元组合仪表发展概况

我国从1958年开始设计、研制电动单元组合仪表。六十年代初期, DDZ-I 型仪表开始在我国有关工业部门中应用, 并取得了一定效果。但是, DDZ-I 型仪表笨重, 体积较大, 所需电压高, 耗电量大, 易于引燃引爆。随着半导体器件和电子技术的发展, 不久就被 DDZ-II 型所代替了。I 型仪表使用时间不长, 但为 II 型仪表的设计提供了借鉴, 并积累了使用电动单元组合仪表的经验。

1965年我国开始研制的 DDZ-II 型仪表, 以晶体管作为主要放大元件, 与 I 型相比较, 不但扩充了品种, 而且采用了半导体器件、磁芯元件、印刷电路等新器件和新工艺, 尽量少采用接插件和有触点元件, 因而使仪表性能改善, 体积缩小, 重量减轻; 同时调节器改由一个单元独立完成比例、积分、微分调节作用, 电路构成方式比较简单。此后, 又对 II 型仪表作了多次现场考验和反复改进, 使其性能日臻完善。十年来, II 型仪表的大量生产和广泛应用, 对我国工业自动化起了有力的促进作用。

随着现代工业和科学技术的发展, 大型现代化炼油厂和化工厂的不断出现, 要求电动调节仪表不但具有良好的稳定性和可靠性, 而且应具有先进的, 可靠的防爆结构。在任何偶然的情况下, 不允许产生足以引燃的电火花。此外, 电子计算机在工业中的推广应用, 又要求电动单元组合仪表能够更加灵活地与其配合。为此, 在总结前两种电动单元组合仪表结构与使用经验的基础上, 并吸取国外同类仪表的先进技术, 我国又研制了 DDZ-III 型仪表。III 型仪表不仅采用了最新的电子器件——线性集成电路作为线路中的核心组件, 而且采取了安全火花型防爆措施。此外还为接受电子计算机信息提供了更为有效的技术手段。实践证明, III 型仪表性能较之 II 型更为优越, 应用范围更广。

## 第二节 DDZ-II 型仪表信号制、主要性能、分类与命名

### 一、信号制及传输方式

DDZ-II 型仪表以  $0\sim 10\text{mA}$  的直流电流作为统一的标准信号。信号统一规定后, 既便于各单元之间的联系, 也有利于与气动、数字式等仪表配合使用。

DDZ-II 型仪表的信号传输采用电流传送-电流接收的串联制方式, 这种传输方式如图 1-2 所示。现场变送器与控制室仪表之间采用电流信号 ( $0\sim 10\text{mA}$ ) 进行传输, 而控制室接受同一信号的各仪表则串联在电流信号回路之中, 图中四个仪表分别用负载电阻  $R_{L1}$ 、 $R_{L2}$ 、 $R_{L3}$  及  $R_{L4}$  来表示。

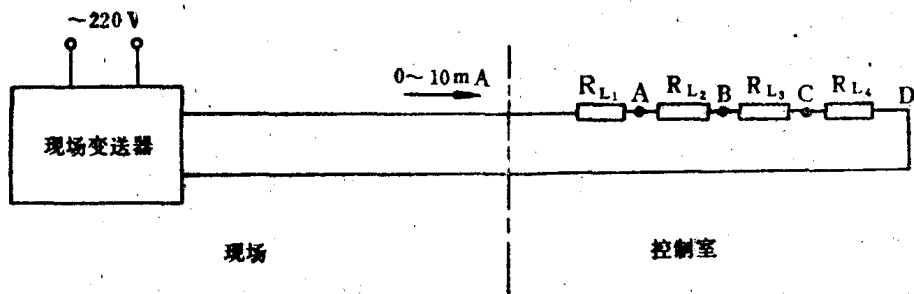


图 1-2 DDZ-II 型仪表信号传输示意图

这种信号制和传输方式的优点是：

- (1) 信号从零开始，便于模拟量的加、减、乘、除、平方、开方等数字运算。
- (2) 便于采用通用刻度的指示、记录仪表。

它的缺点是：

(1) 由于接受同一信号的各仪表均应串联，不能有公共接地点，这就给使用带来了麻烦。例如，当与计算机、巡回检测装置等配合使用时，其输入端都要有接地点，但上述连接方式，只允许有一个接地点，如图 1-2 所示。若 D 点接地则 A、B、C 点就不允许接地，否则会造成短路。所以，在这种情况下，若要配用计算机等装置，还必须采用信号隔离装置，使各负载互相隔离。

(2) 由于信号可能是零，在判断仪表是否发生故障，传输线是否断线等便发生困难。

(3) 由于负载串联，使仪表工作在较高的电压状态（供电电压  $> 50\text{V}$ ）。因此，变送器的功率级必须选取耐压高的功率管，否则易被击穿损坏。而且这样高的供电电压输送到危险场所也是不允许的。

## 二、DDZ-I 型仪表的主要性能指标

- (1) 统一标准信号  $0\sim 10\text{mA DC}$ 。
- (2) 辅助联络信号  $0\sim 10\text{mA DC}$ ； $0\sim 2\text{V DC}$ 。
- (3) 基本误差  $\pm 0.5\%$  和  $\pm 1\%$  两种<sup>①</sup>。
- (4) 反应时间 不超过 1 秒。
- (5) 负载电阻 变送单元、转换单元、运算单元等的负载电阻为  $0\sim 1.5\text{K}\Omega$ 。给定单元、调节单元等的负载电阻为  $0\sim 3\text{K}\Omega$ 。
- (6) 恒流性能 负载电阻在规定范围内变化时，仪表的附加误差不得超过允许的基本误差。
- (7) 输出交流分量  $0.5\sim 1\%$ 。
- (8) 环境温度 控制室仪表  $0\sim 45^\circ\text{C}$ ；现场安装仪表  $-10\sim +60^\circ\text{C}$ 。

## 三、品 种 分 类

根据 DDZ-I 型仪表在自动化系统中的作用和特点，整套仪表可划分为变送单元、转换单元、调节单元、运算单元、显示单元、给定单元、执行单元和辅助单元等八大类。各类单元的作用与品种如下：

### 1. 变送单元类

它能将各种被测参数，如温度、压力、流量、液位等物理量变换成相应的  $0\sim 10\text{mA}$  直流电流，传送到显示、调节等单元，以供指示、记录或调节。变送单元的主要品种有：温度变送器、压力变送器、差压变送器、流量变送器等。

### 2. 转换单元类

转换单元是 DDZ-I 型仪表与其它系列仪表之间联系的桥梁，它能将电压、频率等电信号，或者  $0.2\sim 1\text{kgf/cm}^2$  的标准气压信号转换成相应的  $0\sim 10\text{mA}$  直流电流，从而与 DDZ-I 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

① 不包括流量变送器和微差压变送器。

换器等。

### 3. 调节单元类

它将来自变送单元的测量信号与给定信号进行比较，按照偏差给出调节信号，控制执行器的动作，实现自动调节。调节单元的品种有：比例积分微分调节器、比例积分调节器、微分调节器等。

### 4. 运算单元类

它将几个 $0\sim 10\text{mA}$ 直流电流信号进行加、减、乘、除、开方、平方等数学运算，适用于多参数综合调节，配比调节，流量信号的温度压力校正计算等。运算单元的品种有：加减器、乘除器和开方器。

### 5. 显示单元类

它对各种被测参数进行指示、记录、报警和积算，供操作人员监视调节系统工况之用。显示单元的品种有：比例积算器和开方积算器。

### 6. 给定单元类

它输出 $0\sim 10\text{mA}$ 直流电流，作为被调参数的给定值送到调节单元，实现定值调节。给定单元的输出也可以供给其它仪表作为参考基准值。其品种有：恒流给定器和分流器。

### 7. 执行单元类

它按照调节器输出的调节信号或手动操作信号，操作阀门之类执行元件，控制调节对象的工况。执行单元的品种有：角行程电动执行器和直行程电动执行器。

### 8. 辅助单元类

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；限幅器用以限制 $0\sim 10\text{mA}$ 电流信号的上下极限。

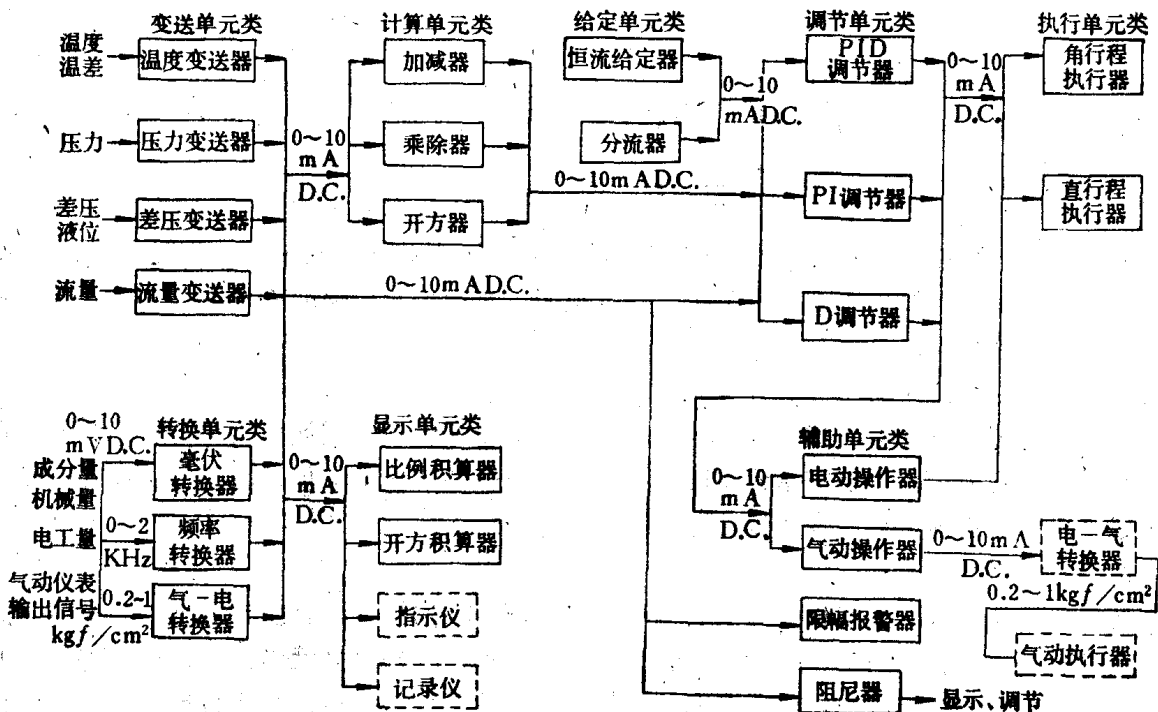


图 1-3 DDZ-II 型电动单元组合仪表系统示意图

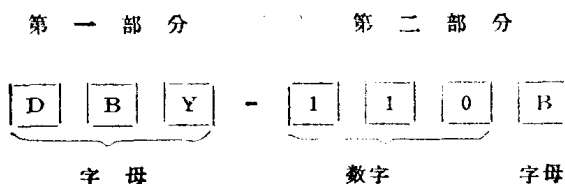
DDZ-Ⅰ型仪表的统一标准信号(0~10mA直流电流),可以通过电-气转换器转换成气动单元组合仪表的统一标准信号(0.2~1kgf/cm<sup>2</sup>),驱动QDZ系列的气动执行器或气动调节阀。0~10mA直流电流还可以通过电-气阀门定位器直接操作气动执行器。

DDZ-Ⅰ型电动单元组合仪表系统示意图如图1-3所示。

#### 四、单元命名

DDZ-Ⅰ型仪表根据各类单元的习惯用语,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、调节器、积算器、执行器等等。

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。以DDZ-Ⅰ代表晶体管型电动单元组合仪表。各类单元的型号由两部分组成,两部分之间用短横线隔开。



第一部分由三个汉语拼音大写字母所组成。

第一个字母均为D,表示属于电动单元组合仪表。

第二个字母代表仪表大类,字母的意义如下:

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

第三个字母代表各大类中的产品小类,同一个字母在不同大类中有不同的含义,如:

在变送单元中:W——温度和温差;Y——压力;C——差压;L——流量;F——液位。

在转换单元中:J——交流毫伏;Z——直流毫伏;P——频率;Q——气电。

在调节单元中:L——连续;D——断续。

在运算单元中:J——加减;S——乘除;K——开方。

在显示单元中:Z——指示;J——记录;B——报警;S——积算。

在给定单元中:A——恒流;F——分流。

在执行单元中:J——角行程;Z——直行程。

在辅助单元中:D——电动操作;Q——气动操作;Z——阻尼;F——限幅;C——选择。

第二部分又分为两节。

第一节由两位或三位阿拉伯数字组成。变送、调节、显示和执行四种单元均由三位数字组成。前两位代表仪表系列、规格和结构特征。第三位数字代表序号。其余四种单元,则由两位数字组成。第一位数字代表规格和结构特征。第二位数字代表序号。

第二节由一个或两个汉语拼音大写字母所组成,表示产品的变型结构或特殊用途。字母

的意义如下:

X——现场安装式; J——盘后架装式; N——气密式; C——船用; K——快速;  
F——防腐; B——防爆。

若某项产品兼有两种特殊结构则连用两个字母表示。

型号举例:

DBY-110B代表防爆型压力变送器、其量程范围为 $0\sim 0.1$ 至 $0\sim 1\text{kgf/cm}^2$ 。

## 第二章 变送单元

### 第一节 差压变送器

#### 一、概 述

差压变送器在自动调节系统中作为测量部分，将液体、气体或蒸汽的差压、流量、液位等工艺参数，转换成  $0\sim 10\text{mA}$  的直流电流，作为指示记录仪、运算器和调节器的输入信号，以实现生产过程的连续检测和自动调节。

差压变送器的结构如图 2-1 所示。它由测量部分、杠杆系统、位移检测放大器及电磁反馈装置四部分组成。图 2-2 为其构成方框图。测量部分将被测差压  $\Delta p_i$  转换成相应的输入力  $F_i$ ，该力与电磁反馈力  $F_f$  一起作用于杠杆系统，使杠杆产生微小的偏移，最后经位移检测放大器转换成  $0\sim 10\text{mA}$  直流电流输出。

差压变送器是基于力矩平衡原理工作的，其实质是以电磁反馈力产生的力矩去平衡输入力产生的力矩。由于采用深度负反馈，因而测量精度较高，反应速度也较快，而且保证了被测差压  $\Delta p_i$  和输出电流  $I_o$  之间线性关系。

主要性能指标如下：

(1) 测量范围 有  $0\sim 6$ 、 $60\text{mmH}_2\text{O}$ ； $0\sim 100$ 、 $1000\text{mmH}_2\text{O}$ ； $0\sim 600$ 、 $6000\text{mmH}_2\text{O}$ ； $0\sim 2500$ 、 $25000\text{mmH}_2\text{O}$  等品种。

(2) 输出电流  $0\sim 10\text{mA DC}$ 。

(3) 基本误差 一般为  $\pm 0.5\%$ ，低差压为  $\pm 1\%$ ，微差压为  $\pm 2.5\%$ 。

(4) 灵敏度  $\pm 0.1\%$ 。

(5) 变差 不大于基本误差。

(6) 反应时间 小于 1 秒。

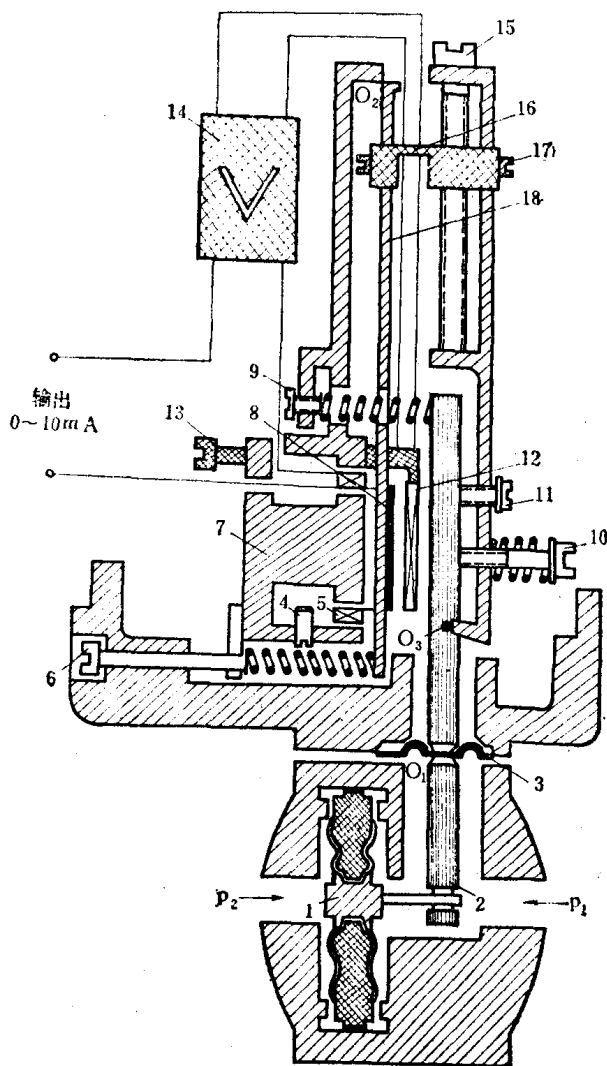


图 2-1 差压变送器结构简图

1—敏感测量元件；2—主杠杆；3—轴封膜片；4—量程范围细调（磁分路）螺钉；5—反馈线圈；6—零点调整装置；7—永久磁铁；8—铝检测片；9—零点迁移装置；10—过载保护装置；11—静压调整螺钉；12—平面检测线圈；13—调整检测线圈位置的螺钉；14—位移检测放大器；15—量程范围调整螺钉；16—连接簧片；17—固定螺钉；18—副杠杆

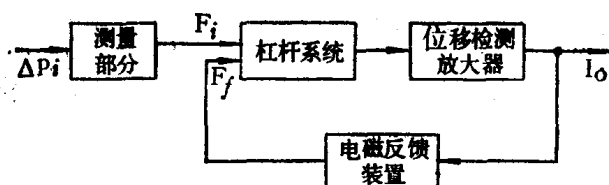


图 2-2 差压变送器的构成

的输入力  $F_i$ ，以  $O_1$  为支点产生力矩  $M_i = F_i l_1$ 。在  $M_i$  作用下，主杠杆按顺时针方向偏转，并通过连接簧片 16 带动副杠杆 18 一起偏转，这就使固定在副杠杆上的铝检测片 8 和平面检测线圈 12 之间的距离发生变化。其变化量再通过位移检测放大器 14 转换并放大为  $0 \sim 10\text{mA}$  的直

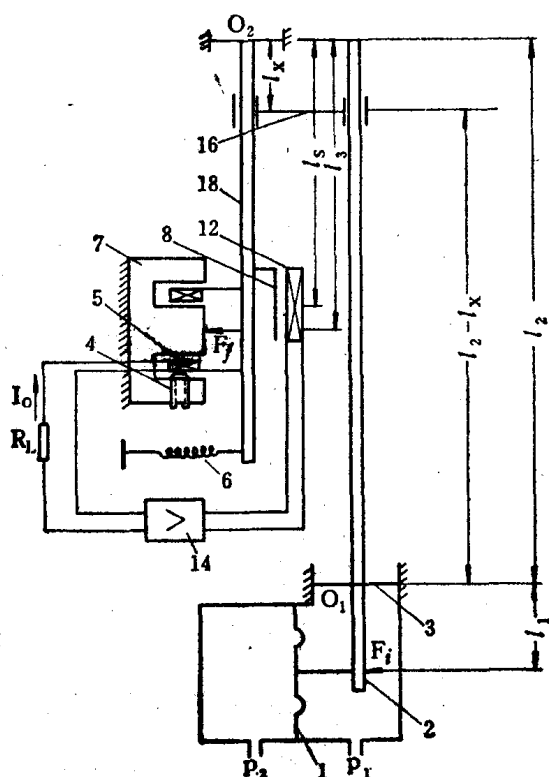


图 2-3 差压变送器工作原理示意图 (图中件号代表意义同图2-1)

(7) 负载电阻  $0 \sim 1.5\text{K}\Omega$ 。

## 二、差压变送器工作原理

差压变送器的工作原理可用图 2-3 来说明。

被测差压  $\Delta p_i (\Delta p_i = p_1 - p_2)$  由敏感测量元件转换成作用于主杠杆 2 下端的

电流  $I_o$ ，作为变送器的输出信号。同时，该电流又流过反馈动圈 5，产生一个电磁反馈力  $F_f$ ，作用于副杠杆。当输入力与反馈力对杠杆系统所产生的力矩达到平衡时，主、副杠杆停止偏转。此时，位移检测放大器的输出电流即反映了所测压差的大小。

杠杆系统的受力情况 (不考虑调零弹簧和零点迁移装置等的影响) 如图 2-4 所示。图中  $F_i$  和  $F_f$  如前所述分别为输入力和电磁反馈力， $F_x$  为主、副杠杆通过连接簧片的相互作用力， $l_1$ 、 $l_2$ 、 $l_3$  和  $l_x$  为各作用力的臂长。由图可知，以  $O_1$  为支点的主杠杆力矩平衡关系为

$$F_i l_1 = F_x (l_2 - l_x) \quad (2-1)$$

以  $O_2$  为支点的副杠杆力矩平衡关系为

$$F_i l_3 = F_x l_x \quad (2-2)$$

又知，输入力  $F_i$  和所测差压  $\Delta p_i$  之间的关系为

$$F_i = A \Delta p_i \quad (2-3)$$

式中  $A$ ——敏感测量元件的有效面积。

电磁反馈力  $F_f$  和变送器输出电流  $I_o$  之间的关系为

$$F_f = K_f I_o \quad (2-4)$$

式中  $K_f$ ——电磁反馈装置的结构系数。

由式 (2-1)、(2-2)、(2-3)、(2-4) 可求得差压变送器输入与输出之间的关系为

$$I_o = \frac{l_1 l_x A}{l_3 (l_2 - l_x) K_f} \Delta p_i \quad (2-5)$$

设

$$k_p = \frac{l_1 l_x A}{l_3 (l_2 - l_x) K_f}, \quad \text{则式 (2-5) 可写为}$$

$$I_o = k_p \Delta p_i \quad (2-6)$$

由上式可以看出:

(1) 在量程一定的情况下,  $k_p$  为常数, 故变送器的输出电流  $I_o$  与被测差压  $\Delta P_i$  成正比。

(2) 改变  $l_x$  或  $K_f$  值, 即改变比例系数  $k_p$ , 就可以在相同的  $\Delta P_i$  作用下得到不同的输出电流  $I_o$ , 这就是该变送器能方便地改变量程的依据。

由图 2-1 可知,  $l_x$  的改变是通过调节量程调整螺钉 15 来实现的, 例如调节螺钉使连接簧片向下移动,  $l_x$  增大, 则  $I_o$  增大, 也就是量程变小。相反, 使连接簧片向上移动,  $l_x$  减小, 则  $I_o$  减小, 也就是量程增大。由于  $l_x$  的改变范围较大, 对  $I_o$  的影响较显著, 故起着量程粗调作用。 $K_f$  的改变是通过调节磁分路螺钉 4, 以改变磁钢气隙中的磁感应强度来实现的。因调节范围很小, 故起量程细调作用。该变送器最大和最小量程之比为 10:1, 可根据实际需要进行调整, 以实现一台变送器具有多种量程的要求。

由于采用了力矩平衡原理, 而且放大器具有足够大的放大倍数, 所以杠杆的偏转位移很小, 这就在很大程度上避免了机械传动结构固有的摩擦阻力所引起的误差。

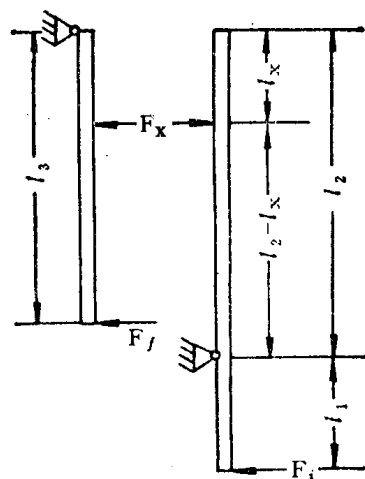


图 2-4 杠杆系统受力分析图

### 三、差压变送器的结构及静态特性

#### 1. 测量部分

差压变送器测量部分的作用, 是把被测差压  $\Delta P_i$  转换成作用于主杠杆下端的输入力  $F_i$ 。它由高、低压测量室, 敏感测量元件 (膜片或膜盒), 连接敏感测量元件和主杠杆的 C 型簧片, 轴封膜片以及主杠杆 (轴封膜片以下部分) 等部分组成。测量部分的结构如图 2-5 所示。

膜盒内充有硅油。它一方面传递压力差, 另一方面对膜盒起保护作用。

当高、低压室引入的被测压力  $P_1$ 、 $P_2$  作用于膜盒两侧时, 就有作用力  $F_i = A(P_1 - P_2)$  产生, 并通过 C 型簧片传递给主杠杆 5, 主杠杆在该力作用下以轴封膜片 10 为支点而偏转。在这里, 轴封膜片一方面作为主杠杆的支点, 另一方面又起密封作用, 把高压室与外界隔离。

#### 2. 杠杆系统

杠杆系统是差压变送器中的机械传动和力矩平衡部分, 它的作用是把输入力  $F_i$  作用于主杠杆所产生的力矩与电磁反馈力  $F_f$  作用于副杠杆所产生的力矩进行比较, 然后转换成铝检测片的位移。杠杆系统包括主、副杠杆, 量程调整装置, 零点调整装置, 零点迁移装置, 静压调整装置及过载保护装置等部分。杠杆系统的受力分析和量程调整已在工作原理部分阐明。下面对杠杆系统的其它有

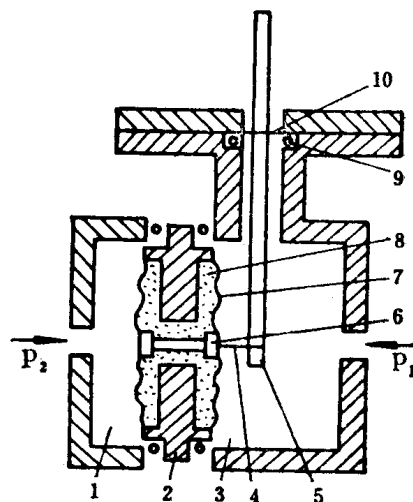


图 2-5 测量部分结构原理图

1—低压室; 2—膜盒体; 3—高压室;  
4—C 型簧片; 5—主杠杆; 6—膜盒硬芯;  
7—金属膜片; 8—硅油; 9—密封圈; 10—轴封膜片