

中等专业学校教材

自动调节设备

(第二版)

重庆电力学校 孔元发 主编

水利电力出版社

内 容 提 要

全书共分三篇：第一篇为DDZ-II型电动单元组合仪表，重点介绍机械力变送器、温度变送器、DTL型调节器、DKJ型电动执行器、恒流给定器和电动操作器的组成原理、工作特性及误差分析；第二篇为组装式电子综合控制装置，重点介绍MZ-III系列模块组装仪表中各主要功能组件的电路组成、工作原理及工作特性，此外对TF-900型控制装置中的部分组件也作了扼要介绍；第三篇为其它不同类型的自动调节设备，重点介绍了1151系列电容式变送器、TKZ-2系列调速控制组合装置、气动基地式调节仪表、气动执行机构和调节机构。本书着重基本概念和基本理论的阐述，并力求结合电厂实际和反映当前的先进技术。为加深对各调节设备的原理和线路的理解，各章末都附有一定数量的练习及思考题。

本书除作为中等专业学校“电厂热工测量及自动化”专业的教材外，还可供从事热工自动化方面的工程技术人员和工人参考。

中等专业学校教材

自动调节设备

(第二版)

重庆电力学校 孔元发 主编

*

水利电力出版社出版

(北京三里河路6号)

新华书店北京发行所发行·各地新华书店经售

水利电力印刷厂印刷

787×1092毫米 16开本 23.25印张 523千字 1插页

1981年6月第一版

1985年5月第二版 1985年5月北京第二次印刷

印数14121—22230册 定价4.10元

书号 15143·5682

前 言

本书是根据水利电力部一九八二年召开的“中等专业学校电厂热工测量及自动化专业教学计划和课程教学大纲修订及第二轮教材编审会议”的精神编写的，作为本专业“自动调节设备”课程的教材。

全书分三篇，共有二十章。第一篇为DDZ-II型电动单元组合仪表（第一章～第七章），讲述统一设计的机械力变送器、温度变送器、DTL型调节器、DKJ型电动执行器、恒流给定器和电动操作器的工作原理及线路特点；第二篇为组装式电子综合控制装置（第八章～第十五章），着重讲述MZ-III系列模件组装仪表的特点及主要功能组件的构成、原理、工作特性，也扼要介绍了TF-900型控制装置的部分功能组件；第三篇为其它不同类型的自动调节设备（第十六章～第二十章），讲述了新型的1151系列电容式变送器、TKZ-2系列调速控制组合装置、气动基地式调节仪表、带三断保护的气动执行机构和调节机构。编写时，力求理论联系实际，突出重点，并注意深入浅出，文字通俗易懂。为加深读者对内容的理解，各章末都附有一定数量的练习及思考题。

本书由重庆电力学校孔元发和陈晋杭同志编写，孔元发同志担任主编，由西安电力学校周仁同志主审，重庆电力学校姚天碧同志担任绘图工作。

在编写过程中，西安仪表厂、上海自动化仪表一厂、南京调速电机厂、浙江瑞安仪表三厂、重庆工业自动化仪表研究所等单位热情地提供了资料，并提出了宝贵的意见。对上述各单位的大力支持和帮助，在此表示衷心的感谢。

由于编者水平有限，难免有不妥及错误之处，恳请读者批评指正。

编 者

一九八四年六月

目 录

前 言

绪 论	1
-----------	---

第一篇 DDZ-II型电动单元组合仪表

第一章 概 述	4
第一节 DDZ-II型仪表的特点	4
第二节 DDZ-II型仪表的单元分类	5
第三节 DDZ-II型仪表的命名及型号	5
第四节 DDZ-II型仪表的主要性能指标	7
练习及思考题	7
第二章 机械力变送器	7
第一节 双杠杆机构变送器的基本结构及工作原理	8
第二节 变送器的机械系统和电磁反馈机构	9
一、测量部分(9) 二、杠杆系统(11) 三、电磁反馈机构(17)	
第三节 高频位移检测放大器	18
一、高频位移检测器(20) 二、功率放大器(27)	
第四节 力平衡式变送器的工作特性	29
第五节 力平衡式变送器的误差分析	30
第六节 矢量机构变送器	32
一、基本结构和工作原理(32) 二、低频位移检测放大器(34) 三、工作特性(40)	
练习及思考题	41
第三章 温度变送器	42
第一节 基本结构及工作原理	42
第二节 输入回路	44
一、测温元件采用热电偶时的输入回路(45) 二、低电平直流毫伏信号输入时的输入回路(48)	
三、测温元件采用热电阻时的输入回路(49)	
第三节 自激调制式直流放大器	52
一、场效应管调制器(54) 二、交流放大器(56) 三、检波功率放大器(58)	
第四节 负反馈回路	60
第五节 整机线路综述及工作特性分析	63
第六节 基本误差分析	65
练习及思考题	66
第四章 DTL型调节器	67
第一节 概 述	67
第二节 基本结构及工作原理	68

第三节 输入回路	70
第四节 调零电路	72
第五节 信号综合回路	73
第六节 自激调制直流放大器	74
第七节 上、下限幅回路	77
第八节 反馈回路	80
第九节 调节器的动态特性	82
第十节 PID调节器整定参数的设置	87
第十一节 调节器的几种典型工况及特性分析	88
一、P工况(88) 二、PI工况(89) 三、PD工况(91) 四、PID工况(93)	
第十二节 自动跟踪线路	94
第十三节 整机线路综述	96
练习及思考题	98
第五章 DKJ型电动执行器	99
第一节 基本结构及工作原理	99
第二节 伺服放大器	101
一、前置磁放大器(101) 二、触发器(104) 三、可控硅主回路(106) 四、伺服放大器的静态特性(107)	
第三节 执行器	110
一、两相伺服电动机(110) 二、机械减速器(113) 三、位置发送器(115) 四、执行器的工作特性(120)	
第四节 DKJ型电动执行器整机工作特性	121
一、传递方框图(121) 二、阶跃反应曲线(122) 三、电动执行器的传递函数(123) 四、电动执行器的几种工况(123)	
第五节 整机线路综述	126
练习及思考题	128
第六章 DGA-12型恒流给定器	128
第一节 DGA-12型恒流给定器的工作原理	128
第二节 DGA-12型恒流给定器的线路分析	130
一、可调直流给定电源(131) 二、自激振荡调制放大器(131)	
第三节 DGA-12型恒流给定器的工作特性	132
练习及思考题	132
第七章 电动操作器	133
第一节 DFD-07型电动操作器	133
一、操作开关的切换(133) 二、中途限位(135)	
第二节 DFQ-02型操作器	138
练习及思考题	140

第二篇 组装式电子综合控制装置

第八章 概述	141
第一节 组装式电子综合控制装置的特点	141

第二节 组装式仪表的基本组成	142
一、运算、调节功能组件(143) 二、监视、保护功能组件(143) 三、辅助功能组件和装置(143)	
第三节 模块组装仪表的型号命名	145
第四节 模块组装仪表的主要技术特性	146
一、信号制(146) 二、电源制(146) 三、基本误差(146)	
练习及思考题	146
第九章 元电路及其应用	147
第一节 缓冲电路(A)	147
一、电路组成及工作原理(147) 二、工作特性(148)	
第二节 综合电路(S)	151
一、电路组成及工作原理(151) 二、工作特性(152)	
第三节 比较电路(B)	153
第四节 单向电路(D)	153
第五节 比例电路(P)	155
一、电路组成及工作原理(155) 二、工作特性(155)	
第六节 保持电路(J)	157
一、电路组成及工作原理(157) 二、工作特性(157)	
第七节 开关电路(K)	162
第八节 三角波电路(M)	162
一、电路组成及工作原理(162) 二、工作特性(163)	
第九节 转换电路(Z)	165
一、电路组成及工作原理(165) 二、工作特性(166)	
第十节 电源电路(Y)	166
第十一节 元电路的变换	167
练习及思考题	169
第十章 模块化功能组件	169
第一节 概述	169
一、综合模块MZ- $\frac{01}{02}$ (171) 二、脉冲模块MM-01(172) 三、动态模块MD- $\frac{01}{02}$ (172)	
四、程序板(176)	
第二节 由综合模块MZ-01组成的功能组件	177
一、加减组件ZDJJ-4000(177) 二、平衡组件ZDFE-4000(180) 三、函数组件ZDZT-4000(182)	
第三节 由综合模块MZ-02组成的功能组件	189
一、死区组件ZDFS-1000(189) 二、绝对值组件ZDFA-1000(191) 三、限幅组件ZDFF-1000(192)	
四、选择组件ZDFC- $\frac{1000}{2000}$ (194) 五、比例组件ZDJB-1000(195) 六、偏置组件ZDJP-1000(197)	
第四节 由脉冲模块MM-01组成的功能组件	198
一、乘法组件ZDJX-1000(198) 二、除法组件ZDJN-1000(202) 三、开方组件ZDJK-1000(203)	
第五节 由动态模块MD-01组成的功能组件	205
一、调节组件ZDTL-2050(205) 二、调节组件ZDTL-2070(215)	
第六节 由动态模块MD-02组成的功能组件	217
一、微分组件ZDTW-1100(217) 二、阻尼组件ZDFZ-1000(220) 三、限速组件ZDFV-1000(221)	
四、切换组件ZDKC-1080(225)	

练习及思考题	227
第十一章 断续调节组件ZDTD-1000	228
第一节 电路组成及工作原理	229
第二节 线路分析	231
一、缓冲电路(231) 二、比例电路(231) 三、三位开关电路(232) 四、积分电路(234)	
五、隔离功率放大电路(236)	
第三节 整机特性分析	237
练习及思考题	238
第十二章 操作器及其应用	239
第一节 显示操作器 ZDFQ- $\frac{1000}{2000}$	239
一、电路组成及工作原理(239) 二、应用举例(245)	
第二节 小型操作器ZDFQ-3000	245
一、电路组成及工作原理(245) 二、应用举例(249)	
第三节 直接操作器 ZDFD- $\frac{1000}{2000}$	250
一、电路组成及工作原理(250) 二、应用举例(251)	
练习及思考题	254
第十三章 监视及监控组件	255
第一节 监视组件 ZDGB- $\frac{1000}{2000}$	255
一、电路组成及工作原理(257) 二、动作特性分析(258)	
第二节 监控组件ZDKJ-5000	259
一、电路组成及工作原理(259) 二、电路分析(261) 三、输入输出关系(268)	
第三节 监控组件ZDKJ-1000	268
一、电路组成及工作原理(269) 二、电路分析(269) 三、输入输出关系(272)	
第四节 监控组件的使用及报警过程	272
一、输入信号的引入(272) 二、ZDKJ-5000组件(输出切换开关I、II)与操作器的连接(274)	
三、ZDKJ-5000组件与ZDKJ-1000组件之间的连接(275) 四、低振信号的输入方式(275)	
五、自身故障的消音问题(275) 六、故障的判断(275) 七、报警过程综述(276)	
第五节 监控组件的改进	278
练习及思考题	278
第十四章 辅助组件和装置	280
第一节 触点组件ZDZJ-1000	280
一、电路组成及工作原理(280) 二、工作特性(282)	
第二节 继电组件ZDKJ-9000	284
第三节 保护组件ZDFB-1000	285
第四节 稳压电源ZDFY-2407	286
练习及思考题	289
第十五章 TF-900组装仪表中的转换及调节组件	289
第一节 转换组件	289
一、电流输入转换组件(I_{1s}/E 及 I_{2s}/E)(289) 二、电流输出转换组件(E/I_{1s} 及 E/I_{2s})(292)	
第二节 普通型PID调节组件	294

一、电路组成及工作原理(294)	二、电路分析(296)	三、整机动态特性(302)	
练习及思考题			302

第三篇 其它不同类型的自动调节设备

第十六章 1151系列电容式变送器	304
第一节 概述	304
第二节 基本结构及工作原理	304
一、感测部分(305)	二、测量电路(306)
练习及思考题	312
第十七章 TKZ-2系列调速控制组合装置	312
第一节 DK-2型控制器	312
一、基本结构及工作原理(312)	二、手操电源(314)
三、脉冲移相触发电路(314)	四、可控整流电路(316)
五、速度反馈电路(317)	
第二节 TC-2型同操器	317
第三节 TC-2A型同操器	320
练习及思考题	322
第十八章 气动基地式调节仪表	322
第一节 基本结构及工作原理	322
一、测量部件(323)	二、给定机构(323)
三、差动机构(324)	四、二级功率放大器(325)
五、反馈机构(326)	六、气开关(327)
七、手操机构(327)	八、报警机构(327)
九、整机动作过程(327)	
第二节 动态特性分析	330
练习及思考题	331
第十九章 气动执行机构	332
第一节 气动薄膜执行机构	332
一、气动薄膜执行机构(332)	二、气动阀门定位器(332)
第二节 ZSLD型电信号气动长行程执行机构	334
一、电-气阀门定位器(334)	二、手操机构(335)
三、阀位传送器(336)	四、三断自锁装置(336)
练习及思考题	339
第二十章 调节机构	340
第一节 调节机构的类型和调节阀的基本结构	340
第二节 调节阀的流量方程式与流通能力	341
一、调节阀的流量方程式(341)	二、流通能力的概念(342)
三、流通能力的计算(343)	
第三节 调节阀的结构特性与流量特性	346
一、结构特性(346)	二、流量特性(349)
第四节 调节阀特性的选择	356
一、根据调节系统的调节品质要求选择阀的工作特性(357)	二、按工艺配管情况，
根据阀的工作特性选择阀的结构特性(357)	
第五节 调节阀口径的选择	358
一、求计算流通能力(358)	二、调节阀最大开度的验算(359)
三、可调范围的验算(360)	
练习及思考题	361

绪 论

反馈自动调节系统如图0-1所示。它是由调节对象和自动调节器通过信号的传递和相互作用组成的。这里所说的自动调节器，是指从被调量到调节机构输出之间的全套自动调节设备的广义自动调节器。自动调节系统调节品质的好坏，除取决于调节系统的设计是否合理外，还取决于调节对象特性及调节设备的工作特性和调节器整定参数的选择。因此，学习和掌握自动调节设备的有关理论和使用知识，是每个从事工业自动化人员的基本任务之一。

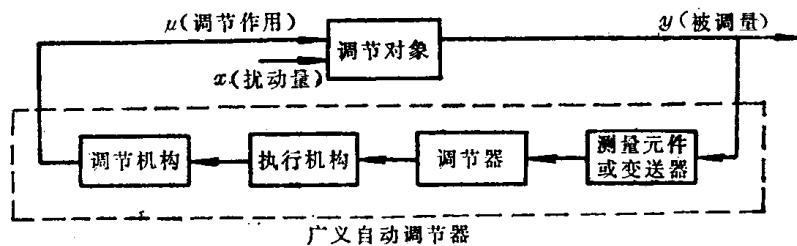


图 0-1 自动调节系统方框图

由于工业生产过程复杂多样，因而相应的自动化类型、方式和程度亦各不相同，所采用的自动调节仪表也是多种多样的。这些调节仪表（指广义自动调节器，以下同）按其使用能源形式的不同可分为下列四大类：

- (1) 气动调节仪表，以压缩空气为能源；
- (2) 液动调节仪表，以高压油或水为能源；
- (3) 电动调节仪表，以电能为能源；
- (4) 混合式调节仪表，同时以上述两种或两种以上的能源进行工作。

这些调节仪表各有优缺点和应用场合。

气动调节仪表的发展已有几十年的历史。在六十年代以前，它是工业自动化的主要技术工具。由于气动调节仪表具有结构简单、易于掌握、性能稳定、可靠性高、天然防爆及使用范围广等特点，所以特别适用于石油、化工等有爆炸危险的场所。目前，气动调节仪表仍广泛用于石油、化工、轻工等部门。在电力部门中只有少数电厂使用了全套气动调节仪表，但气动基地式调节仪表和气动执行器仍广泛地被采用。近年来，气动调节仪表在发展速度和生产使用方面都仅次于电动调节仪表。

液动调节仪表也是发展得较早的一种调节设备，它多用于功率较大的场合，例如目前电厂中的汽机调速几乎都采用液动调节。

气动和液动调节仪表的主要缺点是信息传输滞后较大，不适于快速调节、远距离控制和集中控制。

电动调节仪表是在五十年代才发展起来的一种调节设备。由于它具有信息传送速度快，能实现快速调节，便于远距离控制，容易与其它电动的自动化技术工具连接使用（如

与巡测装置、数据处理装置和电子计算机等配合),并能较方便地组成各种复杂的综合控制系统等优点,因而引起了世界各国的广泛重视,得到了迅速发展。目前电动调节仪表已成为工业自动化的主要技术工具,广泛地应用于石油、化工、轻工、电力、冶金、交通等工业部门。

自动调节仪表按结构形式的不同又可分为基地式调节仪表和单元组合式调节仪表两大类。

基地式调节仪表的特点是:根据调节对象的特性和要求,将测量、调节和执行几部分组合设计成一个整体装置。这种调节仪表的系统成套性很强,但整定参数的变化范围较窄,使用的局限性较大,一般不能互换使用。对于某些单参数、单回路的简单调节系统,采用这种基地式调节仪表则具有简单、可靠和经济等优点。

单元组合式调节仪表的特点是:根据自动检测和调节系统中各组成部分的功能以及现场使用要求,将整套调节设备划分为若干独立的单元,各单元之间采用统一的输入和输出信号,使用时只需将少量单元进行不同的组合,即可得到所需的各种调节系统。由于这种调节仪表具有组成与改组系统方便、灵活、通用性强等特点,因此给调节设备的生产、维修、库存备品等带来很大方便,适合于大规模生产自动化的要求。

我国于五十年代后期就设计、制造了气动单元组合(QDZ型)和电动单元组合(DDZ-I型)两大系列自动化仪表。随着电子技术的发展、半导体器件品种的增加和性能的改善,我国仪表工业在六十年代研制出了以晶体管为基本元件的DDZ-II型电动单元组合仪表;在七十年代研制出了以集成运算放大器为基本元件的DDZ-III型电动单元组合仪表。为了适应大型企业综合自动化的要求,还研制出了TF-900型和MZ-III系列等组装式电子综合控制装置(简称组装式调节仪表)。近年来,我国又成功地引进了1151系列、CPEC200系统等先进调节设备。这些调节设备的生产和应用,大大地提高了工业生产过程自动化的水平。

组装式调节仪表除了具有DDZ型仪表的所有功能外,还从生产过程的整体出发,针对不同调节对象的动态特性和相互关联的控制要求,引进了非线性控制、逻辑控制、数字技术和断续调节技术等,以实现局部过程的综合协调控制。此外,还特别考虑了与工业控制计算机、程序控制装置、图象显示装置等的配套联用问题,以及监控和自动保护等问题,以提高整套仪表的控制性能。

微处理机及电子计算机等先进设备在国外已普遍应用于工业生产过程的综合自动控制,大大地推进了现代工业自动化的水平。目前,国内正大力研究和试验微处理机及微型计算机的总体分散型综合控制系统。可以预料,以微处理机及微型计算机为核心的新型自动化仪表,不久将广泛地应用于各类工业生产的综合控制。

《自动调节设备》是电厂热工测量及自动化专业的主要专业课之一,内容包括DDZ-II型电动单元组合仪表、组装式电子综合控制装置及其它不同类型的自动调节设备。本课程的重点是讲授组装式电子综合控制装置和DDZ-II型电动单元组合仪表。考虑到电厂所需主要调节设备的配套性和先进性,也适当介绍滑差电机控制装置、1151系列电容式变送器、气动基地式调节仪表、气动执行器和调节阀等。

任何一门课程都有它本身的系统性和理论性，要学好一门课程就必须掌握这门课程的基础理论和基础知识的体系。《自动调节设备》这门课程的内容庞杂，发展更新快，每一种调节设备几乎都是一个独立而完整的仪表或装置，它们一般都具有比较复杂的结构形式或电气线路。由于设备的品种繁多，各有不同的用途和特点，因此不仅工作原理有所不同，其结构形式也是千差万别的。但只要我们对各种类型的自动调节仪表进行仔细研究分析，就不难发现，在这些千差万别的模拟量调节仪表中有其共同点：它们都是按负反馈原理构成的，其组成原理如图0-2所示。由图示可直观地看出，按负反馈原理构成的各种模拟量调节仪表或装置主要由输入转换部分、比较部分、放大部分和反馈部分组成，各部分信息的传递与作用方向如图中箭头所示。不管什么类型及其结构如何复杂的模拟量调节仪表或装置，都可以用图0-2所示的原理结构方框图来表示。该结构方框图简明扼要地表示出了这门课程的理论核心是负反馈原理，它是仪表工作的理论基础；内容的主体是输入、比较、放大、反馈四部分，是构成仪表的结构基础。

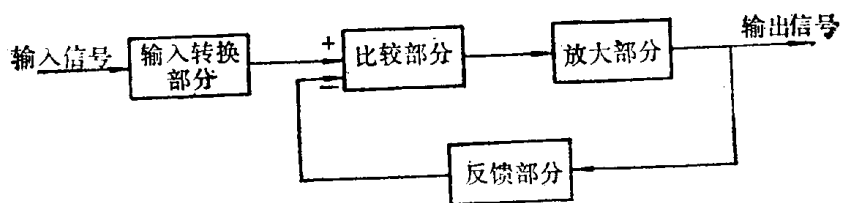


图 0-2 模拟量调节仪表的组成原理方框图

通过图0-2所示结构，利用调节原理的知识可方便地把该类仪表各组成部分的作用、工作原理及特性阐述清楚。输入转换部分是一个线性环节，一般由高稳定性和高精度的元、部件组成；比较部分也都由线性的元、部件组成，用以保证各综合信号在该部分进行线性迭加（或称线性综合）；放大部分是一个高增益的放大器（气动放大、机械放大或电子放大等），用以保证负反馈平衡的精度；反馈部分是由高精度和高稳定度的元、部件所组成的各种运算电路。在放大部分的增益足够大时，仪表的传递特性基本上由反馈回路传递特性的倒数与输入转换部分传递特性的乘积决定。特性参数的调整环节一般都附设在输入转换部分和反馈部分。

在分析每一个具体仪表时，应注重以下两点：

（1）将整体仪表分解为简单的基本部件或环节（以前述的结构框图为基础），弄清它们的工作原理和传递特性，以及保证这些特性的技术条件和调校方法。

（2）懂得怎样由基本部件或环节组成仪表的基本方法和对整机特性的分析。

培养学生既要善于分析，又要善于综合。在教学（或学习）过程中，应始终按唯物辩证法的认识论去系统地分析和掌握每一个仪表的基本内容。具体讲，就是在分析每一个仪表时，本质上应从它们的结构联系、连接、运动以及运动的产生（即动作原理）和消失（即动态或静态平衡）方面去认识，并将整体内容划分为如下六个部分，按照一定顺序依次逐步深化：仪表的基本用途→基本结构组成→工作原理→工作特性→调整环节→误差分析。这就是知识的内容结构，它符合唯物辩证法的认识论，有利于培养学生的逻辑思维能力和分析、综合能力。

第一篇 DDZ-II型电动单元组合仪表

第一章 概 述

DDZ-II型电动单元组合仪表是以电能作为能源驱动的“积木式”仪表。早在1958年我国就开始研制DDZ型仪表，于1964年试制出第一套以电子管作为基本元件的DDZ-I型电动单元组合仪表。由于半导体技术的迅速发展，在七十年代初又研制出以晶体管作为基本元件，采用印刷电路及其它新工艺的DDZ-II型仪表。目前，该型仪表已成为我国工业自动化的重要技术工具之一，它广泛地应用于石油、化工、冶金、电站、轻工等工业部门，特别是在电力系统中，许多新建和扩建火电厂的自动调节设备采用了该型仪表。

目前，在国内工业生产中使用的电动单元组合仪表共有三个类型，即DDZ-I型（电子管型，已停止生产）、DDZ-II型（晶体管型）和DDZ-III型（集成电路型）。在DDZ-II型仪表中有统一设计的产品和非统一设计的产品（后者称旧II型，已停止生产）。本篇只讲述统一设计的DDZ-II型产品。

第一节 DDZ-II型仪表的特点

DDZ-II型仪表具有如下特点：

（1）整套仪表按照自动检测与调节系统中各组成部分的功能和现场使用的要求，划分成若干能独立完成某项功能的典型单元，各单元之间的联系均采用 $0\sim 10\text{mA}$ ，D.C.统一信号，因而联系十分方便，使用时可以根据需要，用为数不多的通用单元，通过不同的组合，即能构成多种多样的自动检测和调节系统。并且只要通过适当的转换就能与QDZ型气动单元组合仪表、各种检测和显示仪表、巡回检测与数据处理装置、控制计算机等配套使用。既能构成简单的自动检测与调节系统，又能构成复杂的综合自动化系统，所以用它来组成（或改组）系统就十分方便、灵活。

（2）各单元仪表采用了负反馈的力平衡或电平衡原理，在机械结构中采用了无转动摩擦的弹性支承，便于提高精度、灵敏度和测量范围。

（3）以直流电信号传输，反应迅速，适合于远距离传输和集中控制。

（4）在技术上采用了半导体元件、印刷电路、磁性元件和其它新元件、新工艺，不仅制造技术比较先进，而且仪表性能也比较稳定可靠。

（5）整套仪表按照全国统一设计总体方案的各项规定制造出厂，实现了命名型号统一、主要技术参数统一、外形尺寸及安装尺寸统一、外部连接件和易损零部件统一，保证了不同制造厂家的同类产品可以互换，大大地有利于使用、维护和成本的降低。

第二节 DDZ-II型仪表的单元分类

根据DDZ-II型仪表各产品在自动检测与调节系统中的作用不同，整套仪表共分八大单元：

(1) 变送单元——将各种被测参数(如温度、压力、流量、液位等)转换成 $0 \sim 10\text{mA}$, D.C.的统一信号，并传送到显示和调节单元，以实现对各种参数的指示、记录和调节。

(2) 调节单元——将变送单元送来的测量信号与给定信号进行比较，并按一定调节规律输出连续的调节信号，控制执行器动作。

(3) 执行单元——根据调节单元送来的调节信号或手操信号，操作各种调节机构(如挡板、阀门等)，以达到调节的目的。

(4) 显示单元——将变送单元或其它单元送来的信号进行显示、记录、报警和积累，以便运行人员监视系统工况之用。

(5) 计算单元——根据需要，对各类单元输出的 $0 \sim 10\text{mA}$, D.C.信号进行各种数学运算(如加、减、乘、除、平方、开方等运算)，以实现生产过程的多参数复合调节，改善调节质量。

(6) 给定单元——将被调参数的给定值，以 $0 \sim 10\text{mA}$ 直流电流的形式送入调节单元，实现定值调节、时间或参数程序调节。

(7) 转换单元——是DDZ-II型仪表与其它系列仪表之间联系的桥梁。能将气动单元组合仪表的 $20 \sim 100\text{kPa}$ 标准气压信号和其它非统一的各种电信号转换成 $0 \sim 10\text{mA}$, D.C.的统一联络信号，或把 $0 \sim 10\text{mA}$, D.C.的统一联络信号转换成 $20 \sim 100\text{kPa}$ 的标准气压信号。利用转换单元，可以组成各种复合调节系统，扩大DDZ-II型仪表的使用范围。

(8) 辅助单元——配合各单元在自动检测、调节和控制系统中起附加或补充作用，以增加系统组合和操作的灵活性及系统运行的安全性，如操作切换、报警、发信号、数值选择、限幅等。

除上述八大基本单元外，为适应电厂大机组的自动调节和其它复杂调节系统调节的需要，还专门设计生产了若干补充品种，如函数发生器等，用以构成较完善的调节系统。

第三节 DDZ-II型仪表的命名及型号

根据各类产品的特点和习惯用语，除用于指示和记录的仪表称为指示仪和记录仪外，其余仪表均称为器，如变送器、转换器、给定器、调节器、执行器等。

整套仪表以电(Dian)、单(Dan)、组(Zu)三字的汉语拼音文字的第一个大写字母为标志，即DDZ，代表电动单元组合之意，其后的罗马数字II代表整套仪表为晶体管型。

DDZ-II型仪表的各类单元型号由两部分组成，其间用短横线分开，组成型式如图1-1

所示。型号的第一部分 1、2、3 为三个汉语拼音大写字母，表示的意义如下：

- 1 —— 均为字母 D，表示该型仪表是以电能驱动的单元组合仪表。
- 2 —— 用下列字母代表产品的大类：B —— 变送单元；T —— 调节单元；K —— 执行单元；X —— 显示单元；G —— 给定单元；Z —— 转换单元；F —— 辅助单元。
- 3 —— 用表 1-1 中的字母代表各大类中的产品小类，同一个字母在不同大类中代表不同的产品。

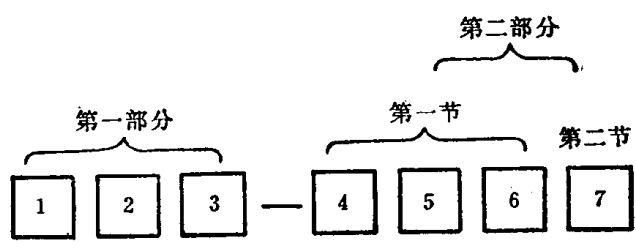


图 1-1 DDZ-II型仪表的命名型号表示法

表 1-1 DDZ-II型仪表各产品小类代用字母

字母	变送单元	调节单元	执行单元	显示单元	计算单元	给定单元	转换单元	辅助单元
W	温度、温差	连续调节	角行程	记录	加 减	分 流	交流毫伏转换 频率转换 气-电转换	高低选择
Y	压 力							限 幅
U	液 位							电动操作
C	差 压							气动操作
L	流 量	断续调节	直行程	积 算 指 示	开 方 乘 除	恒流给定		阻 尼
F								
J								
D								
P								
Q								
K								
S								
Z								
A								

型号的第二部分由两节组成：

第一节 4、5、6 由三位或两位阿拉伯数字组成，变送、显示、调节和执行单元类的产品由三位数字组成，前两位数字代表产品的系列、规格和结构特征，第三位数字代表产品序号。其它各类产品均由两位阿拉伯数字组成，第一位数字代表产品的规格和结构特征，第二位数字代表产品序号。

第二节 7 由一个或几个汉语拼音大写字母组成，标志产品的变形结构或特殊用途。字母的意义如下：M —— 面板式；X —— 现场安装式；J —— 盘后架装式；N —— 气密式；K —— 快速；B —— 防爆；C —— 船用；F —— 防腐。

如果某台仪表具备上述情况中的一种特殊结构，则第二节由一个字母组成；如果兼备两种特殊结构，则用上述两个大写字母组合表示。

第四节 DDZ-II型仪表的主要性能指标

DDZ-II型仪表的主要性能指标如下:

- (1) 统一联络信号—— $0\sim 10\text{mA}$, D.C.;
- (2) 精度等级——整套仪表的基本精度不低于1.0级(即基本误差小于 $\pm 1\%$), 其中变送器、转换器、计算器、给定器等单元在额定电源电压下, 在无振动、无外磁场干扰、 $20\pm 5^\circ\text{C}$ 的室温和规定的工作湿度环境中, 测试精度一般为0.5级;
- (3) 反应时间——整套仪表的反应时间一般不超过1s;
- (4) 负载电阻——变送器、转换器、计算器等的负载电阻为 $0\sim 1.5\text{k}\Omega$, 恒流给定器、调节器等负载电阻为 $0\sim 3\text{k}\Omega$;
- (5) 输入电阻——有统一联络信号输入的仪表, 其输入电阻为 200Ω ;
- (6) 输出值的不稳定性——变送器、计算器等仪表输出值的抖动范围不应超过 $20\mu\text{A}$, 调节器输出值的抖动范围不应超过 $50\mu\text{A}$;
- (7) 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;
- (8) 电源—— 220V , A.C.、 50Hz 工业电源。当电源电压变化 $220\pm 3\%$ 时, 仪表输出值的变化均不应超过允许基本误差的绝对值;
- (9) 环境温度——控制室仪表 $0\sim 45^\circ\text{C}$; 现场安装仪表 $-10\sim +60^\circ\text{C}$ 。

练习及思考题

- (1) DDZ-II型仪表具有什么特点?
- (2) DDZ-II型仪表中有哪几大单元? 各单元的作用是什么?
- (3) DDZ-II型仪表有哪些主要性能指标?

第二章 机械力变送器

机械力变送器是DDZ-II型仪表中两大类变送器之一, 它是按力平衡原理进行工作的, 故又称力平衡式变送器。它是DBC型差压变送器、DBL型差压或靶式流量变送器和DBU型液位变送器的总称。在热工测量及自动调节系统中, 它作为检测、变送环节, 主要用来连续测量蒸汽、水、油、气体等流体介质的差压、压力、液位、流量等热工参数, 并将其转换成 $0\sim 10\text{mA}$, D.C.的统一信号, 送入显示、计算、调节等单元及组装式仪表或其它数字装置、工业控制机等。

为适应各工业部门的需要, 该类变送器有许多品种供用户选择。同一厂家的机械力变

送器，其结构基本相同，只是测量部分不同，如压力变送器的检测元件是弹簧管或波纹管，差压变送器的检测元件是膜片或膜盒等。

目前在电厂中广泛使用的 DDZ-II 型机械力变送器，按其机械结构的不同可分为双杠杆机构变送器和矢量机构变送器。

第一节 双杠杆机构变送器的基本结构及工作原理

目前国内生产和使用的 DDZ-II 型双杠杆机构变送器的品种规格虽然很多，但其结

构和工作原理基本相同。本节主要介绍大连仪表厂生产的差压变送器。

图 2-1 和图 2-2 是 DBC 型差压变送器的结构简图和工作原理图。从图中可以看出，该变送器主要由测量部分、杠杆系统、高频位移检测放大器及电磁反馈装置等四部分组成。

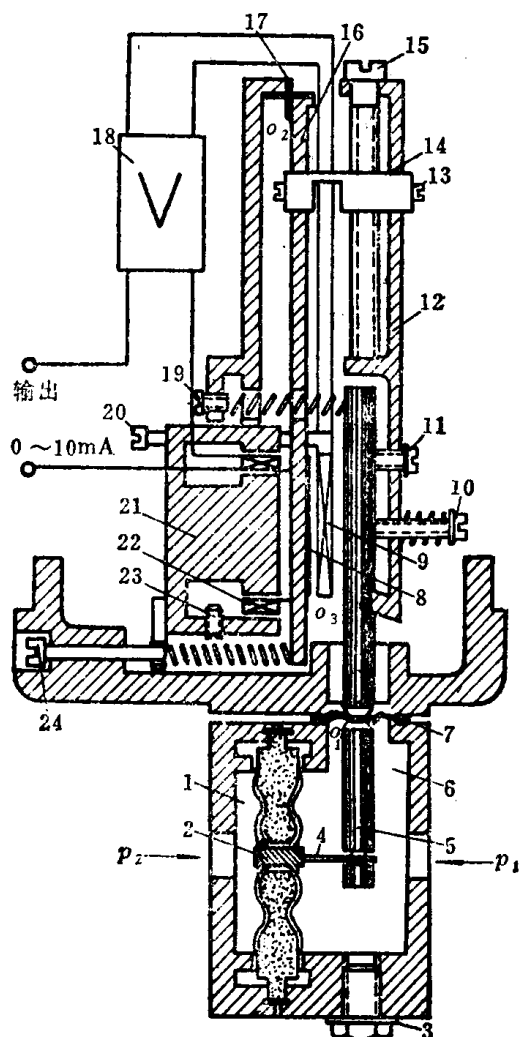


图 2-1 差压变送器结构简图

1—低压容室；2—敏感元件（膜盒）；3—密封螺钉；4—C形簧片；5—引出杠杆；6—高压容室；7—轴封膜片；8—检测铝片；9—检测线圈；10—过载保护机构；11—静压调整螺钉；12—主杠杆；13—紧固螺钉；14—连接簧片；15—量程调整螺钉；16—副杠杆；17—十字簧片；18—高频位移检测放大器；19—迁移机构；20—位移检测调整螺钉；21—永久磁铁；22—反馈线圈；23—磁分路调整螺钉；24—调零装置

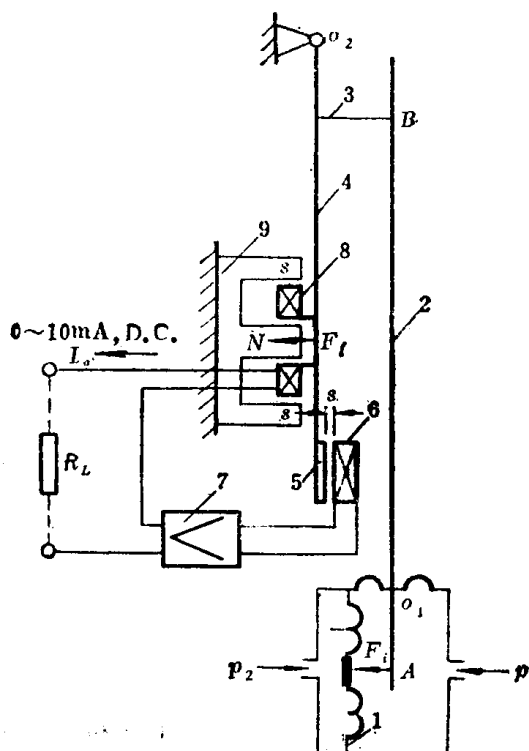


图 2-2 双杠杆差压变送器的工作原理图

1—测量敏感元件；2—主杠杆；3—连接簧片；4—副杠杆；5—检测铝片；6—检测线圈；7—高频位移检测放大器；8—反馈线圈；9—永久磁铁

如图 2-2 所示，输入的差压 $4p$ ($p_1 - p_2$) 经测量敏感元件（膜盒）1 转换成相应的轴向集中测量力 F ，作用于主杠杆 2 的下端 A 点上，对主杠杆产生一相应于轴封膜片为支点 o_1 ，

的测量力矩，使主杠杆以 O_1 为支点偏转。当 Δp 增大时，A端向左偏转，B端向右偏转。主杠杆的偏转通过连接簧片3使副杠杆4以 O_2 为支点作相应偏转，其结果，使刚性连接在副杠杆上的检测铝片5相对于固定的平面检测线圈6产生位移 Δs 。由图示可知，当 Δp 增大时，检测铝片与检测线圈之间的距离 s 减小。检测铝片的位移 Δs 经高频位移检测放大器7转换、放大成为 $0\sim 10\text{mA}$ ，D.C.统一信号输出给负载，并同时流过处于永久磁钢气隙中的反馈动圈8，在反馈动圈8中产生相应的电磁反馈力 F_f 。此力作用于副杠杆上后带动检测铝片5产生反方向位移（与测量力所产生的位移方向相反）。当测量力 F_i 与反馈力 F_f 对杠杆系统所形成的力矩达到平衡时，杠杆系统就停止偏转，检测铝片便停止在某一个位置上。此时，高频位移检测放大器输出一个与被测参数值相对应的稳定电流值，即实现了将被测非电量热工参数转换成直流电流输出的目的。

位移检测放大器的灵敏度很高，在正常的工作过程中，测量元件所产生的位移只有十几微米，而检测铝片的位移只有几微米。对于这样微小位移变化的机械传动系统，在很大程度上可忽略各弹性支承所固有的变形力和其它活动支点的摩擦阻力，所以测量力的变化几乎完全由电磁反馈力的变化来平衡，故这种变送器能得到较高的线性变换。

上述差压变送器的动作过程，可用图2-3所示的方框图表示。

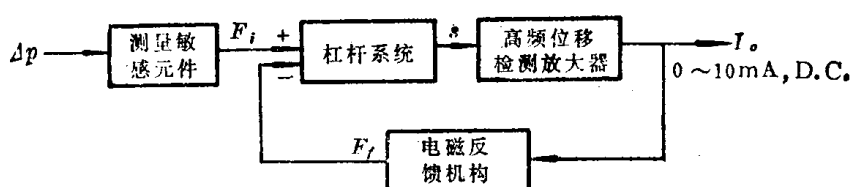


图 2-3 差压变送器的结构原理方框图

第二节 变送器的机械系统和电磁反馈机构

一、测量部分

测量部分的作用就是将被测参数（如差压、压力、液位、流量等热工参数）转换成相应的测量力。力平衡变送器之所以能够测量几个性质不同的参数，关键就在于有各种相应的测量部分。

如图2-4所示，差压变送器的测量部分主要由差压测量室（由低压容室1和高压容室5组成）、差压测量敏感元件（膜盒2）、引出杠杆6、C形簧片4和轴封膜片7组成。

差压信号引入高低压容室后，作用于膜盒（或膜片）的两侧。通过膜盒的有效面积转换成与其成正比的集中测量力，经C形簧片传递给引出杠杆，引出杠杆在该力作用下以轴封膜片为支点产生一测量力矩作用于杠杆系统。在这里，轴封膜片一方面作为引出杠杆的转动支点，另一方面起密封作用，把高压容室与外界隔绝。变送器在工作过程中，由于密封膜片承受着全部静压，所以对密封膜片要求较高，即不仅应有一定的强度和耐腐蚀性能，而且其转角刚度应很小，一般选用镍铬钛合金等弹性薄片材料制成。

在力平衡变送器中，测量差压的弹性敏感元件的结构、尺寸和材料，随被测介质的性质、测量范围和所承受的静压不同而不同。