



高等专科学校教材

模拟调节仪表

陈荣主编

化学工业出版社

高等专科学校教材

模拟调节仪表

陈 荣 主编

化学工业出版社

(京)新登字039号

内 容 提 要

本书介绍工业自动化中常用模拟调节仪表的原理、特性和应用。内容包括气动和电动仪表,且以电动仪表为主;电动仪表中以DDZ-Ⅲ型仪表为主。具体仪表是以正在普遍应用与近期将被广为使用的典型、实用仪表为重点。教材中增编了工程上配套必须的辅助仪表装置及防爆防腐基本知识、调节仪表的应用、常用仪表的调校原理以及主要仪表的故障分析。每章后附有丰富的思考题与习题,帮助读者对常规仪表进行学习掌握。

本书除作高等工业专科学校和职工大学工业自动化及仪表专业教材外,亦可作高级仪表工培训教材或作为仪表自动化工程技术人员和仪表工学习参考。

高 等 专 科 学 校 教 材

模 拟 调 节 仪 表

陈 荣 主 编

责任编辑:郑永吉

封面设计:季玉芳

*

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 $26^{3/4}$ 插页1字数633千字

1992年5月第1版1992年5月北京第1次印刷

印 数 1-3,400

ISBN 7-5025-0988-7/G·268

定 价6.84元

前 言

为了尽快解决专科层次教材的需要,全国高等专科类《工业自动化及装置》专业教学研究会,在调查研究的基础上,经化工部教育司批准,教材编审组于1989年开始组织、编审和推荐一批自动化及仪表专业的教材,它包括有:《过程控制原理》、《过程控制工程》、《微型计算机原理及应用》、《过程测量仪表》、《模拟调节仪表》和《数字调节仪表》等。

本书是根据全国高等工程专科类工业自动化及装置专业教学研究会制订的《模拟调节仪表》教材编写大纲要求编写的。

本教材从高等工程专科学校培养生产第一线的高等工程技术应用型专门人才前提出发,以反映典型性、针对性、实用性和够用为度的原则,突出常规模拟调节仪表的原理、特性和应用。教材的结构体系,采取电、气仪表合一,以电动仪表为主;DDZ-Ⅰ型、DDZ-Ⅱ型仪表,以DDZ-Ⅱ型仪表为主;并按功能分类组织教材,以基本组成回路的仪表(变送器、调节器、执行器)为重点。变送器和执行器在本教材中有所增强。为了建立与加强总体概念,本书还将概论独立一章。在教材的深广度处理上,对部分繁琐公式的推导过程和电子线路工作过程的分析适当进行了简化,删除了陈旧内容,增加了近几年发展起来的新型仪表。本书还增编了工程上配套必须的辅助仪表装置及仪表的防爆、防腐等内容;增加模拟调节仪表的应用、常用仪表的调校原理以及主要仪表的故障分析。每章后还附有丰富的思考题与习题,帮助读者学习时练习与思考。

参加本书编写的有:上海化工专科学校陈荣(第一、二章及第六章第一节),上海石油化工专科学校周振环(第三、五章),苏州化工职工大学吴启明(第四、七章及第六章第二~六节)。全书由南京化工动力专科学校王远信副教授主审,他提出了许多宝贵的意见,并提供了有益的资料。参加审稿工作的还有上海冶金专科学校吕永宽和上海仪表电子职工大学吴忠良两位同志。

在本书编写过程中,承蒙上海工业自动化仪表研究所、西安仪表厂、四川仪表总厂、大连仪表厂、上海调节器厂等单位及有关同志的大力支持,并提供了大量资料。对此表示衷心的感谢。

由于编者水平有限,经验不足,加之时间仓促,书中难免有不当和错误之处,欢迎批评指正。

编 者

1991年4月

目 录

第一章 概论	1
第一节 模拟调节仪表的分类与发展.....	1
第二节 模拟调节仪表与控制系统.....	4
第三节 模拟调节仪表的信号制及其传输方式.....	5
第四节 模拟调节仪表的特点和品种分类.....	10
第五节 仪表的防爆.....	12
第六节 仪表的防腐.....	15
*第七节 气动仪表的元件和组件	18
一、气阻.....	18
二、气容.....	19
三、阻容耦合元件.....	20
四、喷嘴挡板机构.....	21
五、功率放大器.....	23
思考题与习题.....	24
第二章 变送器	26
第一节 概述.....	26
一、变送器的用途和种类.....	26
二、变送器的构成原理.....	26
三、变送器的量程与零点调整.....	27
第二节 DDZ-Ⅰ型温度(温差)变送器	28
一、输入回路.....	28
二、自激调制式直流放大器.....	33
三、负反馈回路.....	39
四、整机特性.....	40
第三节 DDZ-Ⅱ型温度变送器	42
一、四线制温度变送器.....	42
二、两线制温度变送器.....	61
第四节 矢量机构式差压变送器.....	64
一、构成与特点.....	64
二、工作原理与静态特性.....	65
三、结构原理.....	67
四、低频位移检测放大器.....	70

注:带“*”的内容供选修

五、DDZ-Ⅱ型差压变送器电路	75
第五节 电容式差压变送器	75
一、测量部件	78
二、转换电路	79
三、放大电路	84
四、整机特性	84
*第六节 其它种类差压变送器简介	86
一、扩散硅式差压变送器	86
二、DDZ-Ⅱ型双杠杆差压变送器	88
三、气动差压变送器	93
四、智能式差压(压力)变送器	95
第七节 差压变送器的应用	97
一、应用举例	97
二、选用差压变送器的原则	100
三、差压变送器的安装	101
四、使用时注意事项	101
第八节 变送器的调校	102
一、DDZ-Ⅱ型温度变送器调校	103
二、DDZ-Ⅱ型两线制温度变送器调校	104
三、DDZ-Ⅱ型矢量式差压变送器调校	106
四、电容式差压变送器调校	107
思考题与习题	109
第三章 调节器	113
第一节 调节器的调节规律	113
一、调节规律	113
二、基本调节规律的实现方法	116
三、PID调节规律的构成	132
第二节 基型调节器	134
一、DDZ-Ⅱ型调节器	134
二、DDZ-Ⅲ型调节器	146
*三、波纹管式气动PID调节器	159
第三节 特种调节器	163
一、抗积分饱和调节器	163
二、自动选择调节器	165
三、前馈调节器	167
四、非线性调节器	168
第四节 调节器的校验和故障处理	170
一、调节器的校验	170
二、调节器的故障处理	171

思考题与习题	172
第四章 执行器	175
第一节 概述	175
一、执行器的作用	175
二、执行器的构成	175
三、执行器的分类与特点	176
第二节 执行机构	176
一、电动执行机构	176
二、气动执行机构	194
三、执行机构的输出力(力矩)	196
第三节 调节机构	199
一、调节机构的工作原理与结构	199
二、调节机构的种类	201
三、调节阀的流量系数	202
四、调节阀的可调比	206
五、调节阀的流量特性	208
六、调节阀的不平衡力	215
第四节 执行器的选择与计算	217
一、执行器结构型式的选择	217
二、调节阀流量特性的选择	218
三、调节阀口径的选择与计算	221
第五节 调节阀口径的阻塞流算法	224
一、概述	224
二、阻塞流和压力恢复	225
三、阻塞流法计算流量系数 C 值	228
四、主要计算数据的确定与调节阀口径的选定	238
五、调节阀口径计算程序及计算实例	243
第六节 执行器的应用	251
一、电动执行器与调节仪表信号的连接	251
二、气动执行器的配管与配线	251
三、遥控回路的构成及操作	253
四、执行器的测试、安装和维修	258
思考题与习题	266
第五章 运算器	268
第一节 加减器	268
一、功用与构成原理	268
二、DDZ-II型加减器	269
三、DDZ-III型加减器	272
第二节 乘除器	279

一、乘除运算的实现方法	279
二、DDZ-II型乘除器	281
三、DDZ-III型乘除器	291
第三节 开方器	302
一、概述	302
二、DDZ-II型开方器	303
三、DDZ-III型开方器	310
四、开方器的调校	315
第四节 运算器的应用	317
一、应用举例	317
二、数学运算式的实现	321
思考题与习题	326
第六章 其它仪表	328
第一节 积算器	328
一、概述	328
二、DDZ-II型比例积算器	330
三、DDZ-III型比例积算器	338
四、开方积算器	344
五、智能式积算器	345
六、比例积算器的调校	347
第二节 阀门定位器	350
一、阀门定位器的功用	350
二、电-气阀门定位器	350
第三节 转换器	354
一、电-气转换器	355
二、电信号转换器	356
第四节 安全栅	358
一、安全栅的构成形式	360
二、隔离式安全栅	361
第五节 配电器	367
第六节 电源箱	369
一、稳压电路	371
二、电源保护电路	371
三、自动切换电路	372
思考题与习题	373
第七章 模拟调节仪表的应用	375
第一节 模拟调节仪表组成的调节系统	375
一、模拟调节仪表的选型	375
二、DDZ-III型仪表的应用	376

三、模拟调节仪表组成的自动调节系统实例介绍.....	377
第二节 模拟调节仪表静态系数的确定.....	388
一、运算器静态系数的确定.....	388
二、变送器转换系数的确定.....	397
第三节 仪表的供能.....	398
一、仪表的供电.....	398
二、气源供气装置.....	400
思考题与习题.....	402
参考文献.....	404
附 录.....	405
附录一 本书主要符号说明.....	405
附录二 电动单元组合仪表的型号命名.....	405
附录三 常用调节仪表主要性能指标.....	407

第一章 概 论

第一节 模拟调节仪表的分类与发展

模拟调节仪表（或装置）是实现工业自动化化的重要技术工具，是工业自动化及装置专业的一门主要专业课。它广泛地应用于石油、化工、医药、轻纺、冶金、电力等工业部门。在自动控制系统中，检测仪表将被调参数转变为电信号或气压信号后，除了送至显示仪表进行指示和记录外，还送到调节仪表进行自动调节，以便控制生产过程正常进行，使被调参数达到预期的要求。

一、模拟调节仪表的概念

在对生产过程参数进行自动检测与自动控制中，随着时间连续变化的物理量称为模拟量；对某种信号或几种信号具有处理和等功能仪表称为调节仪表；以电流、电压、气压等模拟信号进行传送、转换、处理和控制的调节仪表称为模拟调节仪表。

在这里，我们所指的模拟调节仪表，包括在自动控制系统中广泛使用的变送器、调节器、执行器、运算器及其它配套仪表等。

二、模拟调节仪表的分类

调节仪表的分类有许多分类方法，主要的有：按使用能源分类、按结构形式分类及常规式与智能式调节仪表等。

（一）按使用能源分类

模拟调节仪表按所用能源的不同，可以分为电动调节仪表、气动调节仪表和液动调节仪表。

气动和液动调节仪表的发展及应用已有很久的历史。气动、液动调节仪表的特点是结构简单直观、易于掌握；性能稳定，可靠性高；具有天然防爆性能，特别适用于石油、化工等有爆炸危险的场所。但是，与电动仪表相比较，气动仪表存在信号传输速度慢，传送距离短，精度低等缺点。因此随着生产过程自动化的发展，远距离集中控制日益增多，控制系统规模逐步扩大和复杂程度的不断提高，气动、液动调节仪表在许多场合已不能满足要求。

电动调节仪表的发展是近三十多年的事，但由于其信号传输、转换、放大、处理等比气动仪表容易得多，又便于实现远距离集中显示和操作，并易与计算机等现代化技术工具联用，因而这类仪表的应用越来越广泛。此外，在电动调节仪表中，由于采用了直流低电压、小电流的安全火花电路以及防爆栅等措施，有效地解决了防爆问题，因而它同样能应用于易燃易爆的危险场合。

虽然电动调节仪表的发展十分迅速，其性能不断提高、功能渐趋完善，但气动调节仪表，尤其是气动执行器，具有安全可靠和工作平稳等优点，应用仍然十分广泛，在许多由

电动调节仪表构成的自动化系统中, 执行器仍然是采用气动执行器。

(二) 按结构形式分类

按组成系统的结构形式模拟调节仪表可分为基地式调节仪表、单元组合式调节仪表、组件组装式控制仪表等。

1. 基地式调节仪表

这类仪表是以指示或记录仪表为主体, 附加调节机构(或线路)而组成。在工业部门中常用的XST系列动圈式指示调节仪及XSD-400型电子自动平衡式显示调节仪等即属此类仪表。基地式调节仪表一般结构比较简单、价格便宜, 它不仅能对某工艺参数进行指示或记录, 而且还具有常规控制功能, 因此它适用于小型企业和单机自动控制系统。

2. 单元组合式调节仪表

该类仪表是根据自动化系统中各组成环节的不同功能和使用要求, 将整套仪表划分为能独立实现一定功能的若干单元, 各单元间采用统一标准信号来联系。使用时可按照生产工艺的需要挑选某些单元加以组合, 构成多种多样的、复杂程度各异的自动检测和自动调节系统。

目前我国广泛使用的单元组合式调节仪表有DDZ型电动单元组合仪表、J系列仪表和QDZ型气动单元组合仪表。J系列仪表与DDZ-Ⅲ型仪表属同一类仪表。DDZ和QDZ两类仪表不仅可以各自灵活地组合成各种控制系统, 还可以联合使用; 电动单元组合仪表还能与巡回检测、数据处理装置以及工业控制机等配合使用。可见, 单元组合式调节仪表应用灵活、通用性强, 使用、维护方便, 因此在各种类型企业的自动控制系统中都能适用。

3. 组件组装式控制仪表(或装置)

它是在单元组合式仪表基础上发展起来的成套仪表装置。国产的TF型、MZ-Ⅲ型以及引进的SPEC200等组装仪表即属此类调节仪表。这类装置采用组件组装式结构, 可以方便灵活地构成从常规到特殊、从简单到复杂的各种过程控制系统。整套装置由控制柜和操作盘组成, 它将调节功能和显示操作功能分离为两部分。因此, 这种控制装置特别适用于要求组成各种复杂控制和集中显示操作的大、中型企业的自动控制系统。

(三) 常规式与智能式调节仪表

常规式模拟调节仪表在我国的使用与发展已有数十年的历史, 经历过多次升级换代, 从设计、制造到应用均有较成熟的经验。长期以来, 它广泛地被用于各工业部门。

近十几年, 随着微电子技术和计算机技术的迅速发展, 智能式调节仪表和新型的计算机控制装置相继问世, 并越来越多地应用于生产过程自动化中。国内相继生产、应用的KMM可编程序调节器、SLPC可编程序调节器、增强型单回路MICRO761系列控制器、DT87MA-E单回路指示调节器、DTZB(2310A, 4110T)双回路及四回路可编程序调节器等均属智能式调节仪表。这类调节仪表的特点是模拟仪表和计算机一体化、模拟与数字技术混合使用, 并保留了常规模拟调节仪表的面板操作形式; 调节器的PID控制、运算处理等功能主要由软件来完成; 编程技术采用模块化、表格化; 与模拟调节仪表兼容; 具有通讯接口, 与分级微机配合可组成各种规模的集散型控制系统等。可编程序调节器亦称智能调节器, 它可以称为仪表, 也可称为计算机。它既具有常规模拟调节仪表直观、操作简便的特点, 又具有计算机的记忆、判断和处理等优化功能。这类调节仪表, 在国外已被普遍

使用于工业生产自动化系统；在国内，大、中企业也已开始陆续试用。

三、模拟调节仪表的发展

过程调节仪表（或装置）的发展经历了自立式、基地式、单元组合式（Ⅰ型、Ⅱ型、Ⅲ型）、组装式及智能式等几个发展阶段。

过程调节仪表的发展与工业生产及自动化技术的发展是相辅相成的。早在1914年世界上就出现了具有喷嘴挡板及气动放大器的双位调节器，1930年前后形成气动放大器系列，但由于当时工业生产和自动化技术很落后，一时未得到应用，直到第二次世界大战以后才在工业生产过程中广泛使用。

五十年代前后，过程控制开始得到发展。一些工厂企业实现了仪表化和局部自动化。这个阶段的检测与控制仪表普遍采用基地式调节仪表，而且气动仪表占了大部分；那时也出现了一定数量的电子管式仪表和部分单元组合仪表（多数是气动仪表）。

在六十年代，工业生产的不断发展，尤其是石油与化学工业的发展，对过程控制和自动化仪表提出了新的要求，促进了自动化技术及调节仪表的迅速发展。在模拟调节仪表方面，开始大量采用单元组合式仪表（包括气动和电动）。当时，国内使用的电动单元组合仪表是DDZ-I型。为了满足定型、灵活、多功能的要求，又出现了组装式仪表，以适应比较复杂的模拟和逻辑规律相结合的控制系统的需要。与此同时，电子计算机开始应用于过程控制领域，实现了直接数字控制（DDC）与设定值控制（SPC），不过仍然需要用常规模拟调节仪表作为后备以弥补当时计算机可靠性不高之不足。

七十年代，生产过程用计算机集中控制有了较快的发展，但局部故障可能波及整体。为此，在微型计算机迅速发展的基础上诞生了控制功能分散（从而使危险分散）、显示操作集中的集中分散型控制系统（或称分散型综合控制系统）。在那时期，国内先后研制出DDZ-II型、III型仪表，并在全国范围内获得广泛应用。

八十年代前后，由于各种高技术的飞速发展，使原有的分散型控制系统不断扩展、完善，各制造厂纷纷推出功能繁多、系列齐全、配接灵活、扩展方便的先进控制装置和智能自动化系统。随着微处理器芯片价格的进一步下降，以致用它来构成控制一个回路的微机型调节仪表其成本和常规模拟调节仪表的价格相接近，从而诞生了单回路可编程序调节器，并进一步系列化后发展成智能式单元组合仪表。它是常规单元组合仪表向微机化发展的产物。为了获得较高的性能价格比，近几年国内一些厂家在权衡了仪表的性能、可靠性和价格之后，研制出了2—4回路的可编程调节器。

从八十年代开始以来，我国陆续引进了国外先进的分散型控制系统、智能式调节器和新一代智能自动化系统等。与此同时，国内的一些研究、制造单位也开发了以微处理器为核心的自适应调节器、 μP 单回调节器以及各种可编程调节器与控制器。这些新型智能式过程调节仪表（或装置），首先在大型企业中试用，后来逐渐推广到中型和部分小型企业，并取得了可喜的成果。

可以预料，以微处理机为基础的智能式调节仪表（或装置）的发展和应用，对我国广泛实现工业生产自动化将起着重大的作用。但是，根据我国的现状，常规模拟调节仪表一般价格较低，线路简单，操作方便，使用者易于掌握，而且现在的变送器和执行器极大部分是模拟式，因此常规模拟调节仪表（或装置）目前在我国仍是主要的自动化技术工具。

实际上,这类仪表也在继续发展,它在小型化、功能多样化、性能和可靠性等方面不断提高;同时,按照其本身的特点,逐步朝智能化方向发展。故模拟调节仪表有其广阔的前景。

第二节 模拟调节仪表与控制系统

本节主要讨论由各类单元组合仪表所组成的控制系统结构与特点。下面通过两个生产中的实例来看由各类模拟调节仪表所构成的简单调节系统的异同点。

图 1-1 所示是生产上常用的中间容器或成品贮罐的液位控制原理图。其系统方框图如图 1-2 所示,它由 DDZ-Ⅱ 型仪表构成。

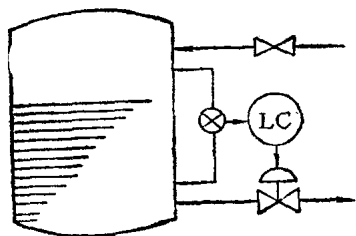


图 1-1 贮罐液位控制原理图

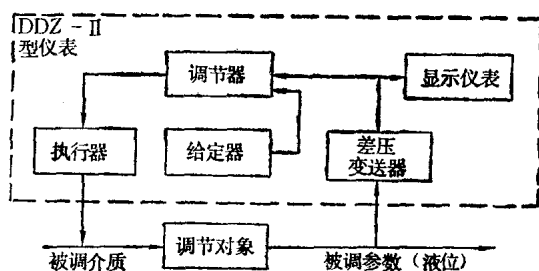


图 1-2 贮罐液位调节系统方框图

图 1-3 所示是化工生产中由天然气做为原料来生产合成氨的工艺流程中脱硫塔的单参数控制流程图。图中有压力、液位和流量三个单参数调节系统。对于这样的调节系统,均

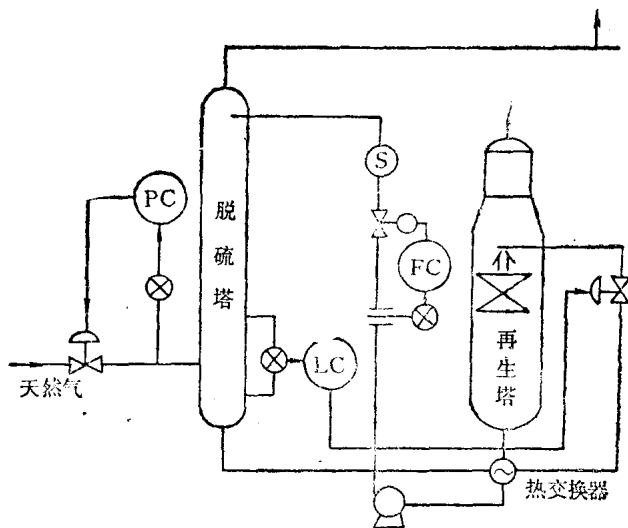


图 1-3 脱硫塔控制流程图

可由各类单元组合仪表构成一般控制系统,但采用 DDZ-Ⅲ 型仪表还可以构成安全火花型防爆控制系统。各系统方框图请见图 1-4、图 1-5 和图 1-6。其中图 1-4 为气动单元组合仪表构成的压力调节系统方框图,图 1-5 由 DDZ-Ⅲ 型仪表构成的脱硫塔流量调节系统(即为安全火花型防爆系统)方框图,图 1-6 是由电气混合仪表构成的脱硫塔液位调节系统方框

图。

由图1-2及图1-4可知,在无特殊条件要求下,一般的单参数控制系统,无论用气动仪表,还是电动仪表,它们的构成形式基本相同(都是由调节对象、变送器、显示仪表、调节器、给定器和执行器组成);不同的只是所采用的变送器品种及调节器的调节规律有差别。

由图1-5跟图1-2比较可见,用DDZ-Ⅲ型仪表构成的单参数调节系统,除了(因防爆要求而设的)安全栅,其余和DDZ-Ⅱ型仪表构成的单参数控制系统无大的区别。图1-5中的安全栅是将危险场所与非危险的控制室隔离,以限制过大的能量进入现场,起安全防爆作用。

图1-6与图1-4比较,除了气/电转换器、电/气转换器,其余两系统结构相同。气/电转换器与电/气转换器是将气动仪表和电动仪表联系起来。气/电转换器把来自气动压力变送器的标准气压信号 $20\sim 100\text{kPa}$ 转换为 $0\sim 10\text{mA}$ 或 $4\sim 20\text{mA}$ 的标准直流电流信号;而电/气转换器是将电动调节器输出的 $0\sim 10\text{mA}$ 或 $4\sim 20\text{mA}$ 的标准直流信号转换成 $20\sim 100\text{kPa}$ 气压信号。

以上讨论的是单参数控制系统的结构。实际上,单元组合仪表除了上面各图中给出的几种基本单元仪表外,还有进行加减、乘除、开方等运算的运算单元,以及其它一些配套仪表,从而可满足各种复杂控制系统的需要。

第三节 模拟调节仪表的信号制及其传输方式

在过程控制系统中使用的各类仪表,有的直接安装在现场的工艺设备或工艺管线上,如大多数的变送器、执行器等;另一些仪表则安装在远离生产现场的无燃爆性危险的控制室内,如指示仪、记录仪、运算器和调节器等。

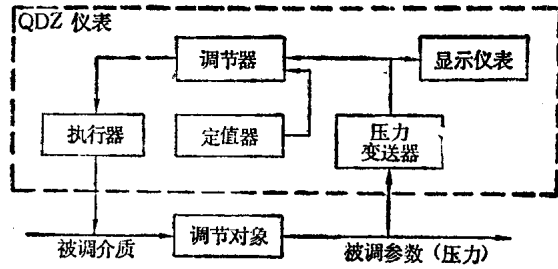


图 1-4 天然气压力调节系统方框图

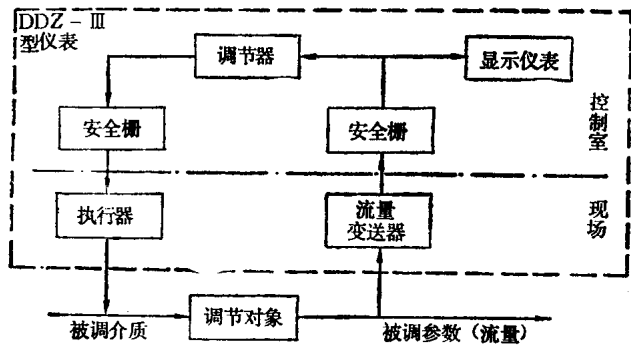


图 1-5 脱硫塔流量调节系统方框图

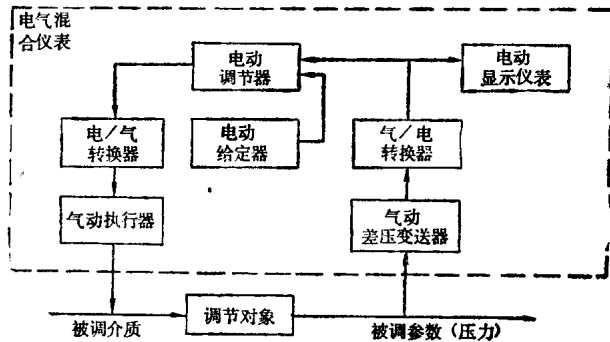


图 1-6 脱硫塔液位调节系统方框图

为了方便地把各种现场仪表与控制室中的仪表或装置连接起来构成各种调节系统,仪表间应有统一的标准信号进行传输与联络。

一、信号制的概念

信号制就是指在成套仪表系统中,各个仪表的输入、输出信号采用何种统一的标准信号问题。

采用统一标准信号,不仅可使同一系列的各类仪表容易构成系统,而且还可以通过各种转换器,将不同系列的仪表连接起来混合使用,从而扩大了仪表的应用范围。此外,由于各种被测参数可转换为统一的标准信号,因此各类模拟调节仪表也能方便地与工业控制计算机或集散型控制系统等现代化技术工具联合使用,同时还可以使指示、记录仪单一化。

调节仪表间传输与联络信号的类型概括为模拟信号和数字信号两大类。本书是专门讨论模拟调节仪表的,故这里着重研究模拟信号制问题。

二、模拟气压信号制及其传输

气动调节仪表,统一使用 $20\sim 100\text{kPa}$ 的模拟气压信号,作为仪表间的传输与联络信号。

三、电模拟信号制及其传输

电模拟信号的种类有直流电流、直流电压、交流电流和交流电压四种。直流信号与交流信号比较,直流具有较多的优点:首先,在信号传输线中,直流不受交流感应影响,抗干扰能力强;其次,直流不受传输线路的电感、电容及负荷性质的影响,不存在相移问题,使接线简化;第三,用直流信号便于进行模数转换,从而方便地与数据处理装置、工业控制计算机或分散型控制系统等配用;第四,直流信号取压方便,应用灵活。因此,世界各国都以直流电流及直流电压作为统一信号。

我国DDZ-Ⅱ型仪表采用 $0\sim 10\text{mA}$ DC统一标准信号,辅助联络信号为 $0\sim 10\text{mA}$ DC及 $0\sim 2\text{V}$ DC; DDZ-Ⅲ型仪表采用国际标准信号制,其现场传输信号为 $4\sim 20\text{mA}$ DC,控制室联络信号为 $1\sim 5\text{V}$ DC;组件组装式调节仪表(TF、SPEC200)以 $0\sim 10\text{V}$ DC作为系统内部的统一信号,现场传输信号为 $0\sim 10\text{mA}$ DC或 $4\sim 20\text{mA}$ DC,且通过输入、输出组件将它们

进行转换;智能调节仪表采用国际电工委员会(IEC)规定的现场传输信号 $4\sim 20\text{mA}$ DC和 $1\sim 5\text{V}$ DC的标准信号制,这类调节仪表除了模拟量输入输出信号外,还具有数字量输入输出信号供用户选用。

(一) 模拟电流信号及其传输

应用直流电流作为统一信号时,其信号传输采用电流发送、电流接收的方式,各收信仪表在回路中互相串联,如图1-7所示。DDZ-Ⅱ型仪表即属这种传输方式。图中 R_0 为发信仪表的输出电阻。 R_{cm} 和 R_{i1} 、 R_{i2} 、

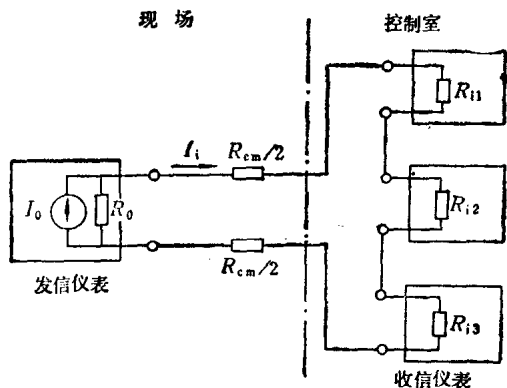


图 1-7 电流信号传输时仪表间的连接

R_{i3} 分别为传输导线的电阻和各收信仪表的输入电阻,并由它们组成发信仪表的负载电阻。

在实际应用中,导线长度及收信仪表台数是允许在一定范围内变化的,这就要求发信仪表的内阻 R_0 必须很大(理想状态应是无穷大)才能保证信号传输的精度。

电流信号的传输误差可用如下公式表示

$$\varepsilon = \frac{\Delta I}{I_0} = \frac{I_0 - I_i}{I_0} = \frac{R_{cm} + \sum_{k=1}^n R_{ik}}{R_0 + R_{cm} + \sum_{k=1}^n R_{ik}} \times 100\% \quad (1-1)$$

式中 $\sum_{k=1}^n R_{ik}$ 为 n 台收信仪表输入电阻的总和。

为了保证传输误差 ε 在允许范围内,要求 $R_0 \gg R_{cm} + \sum_{k=1}^n R_{ik}$, 则有

$$\varepsilon \approx \frac{R_{cm} + \sum_{k=1}^n R_{ik}}{R_0} \times 100\% \quad (1-2)$$

由式(1-2)可见,发信仪表的 R_0 越大,而各收信仪表的输入电阻总和 $\sum_{k=1}^n R_{ik}$ 及导线电阻 R_{cm} 越小,则信号传输精度就越高。

实际上发信仪表的输出电阻可以做得很高,相当于一个恒流源,收信仪表的输入电阻都较小,当数台收信仪表串联后还可使传输导线的长度在较大范围内变化时,仍能保证信号的传输精度。因此,直流电流信号适用于远距离传输。此外,对于要求电压输入的仪表,可在电流回路中串入一个电阻,从该电阻两端引出电压,供给接收仪表。所以直流电流信号传输取压方便,应用也较灵活。

用电流传送-电流接收时,几台收信仪表是相互串联的,这种串联制有以下缺点:第一,在回路中增减收信仪表时,将会影响其它各台仪表的工作;第二,各台仪表没有公共接地点,若要和计算机联用,则需采用输入输出端进行直流隔离的电路;第三,由于串联工作,所以变送器、调节器等的输出端均处于高电压工作状态,这就降低了仪表的可靠性。

(二) 模拟电压信号及其传输

应用直流电压作为传输信号时,如一个发信仪表的输出电压要同时传输给几个收信仪表,则这些接收仪表应当并联,如图 1-8 所示。在控制室中的 DDZ-Ⅲ 型各接收仪表间和 TF 型、SPEC200 型组装式控制仪表系统内部各组件间的信号传输,即属此种信号传输方式。

在并联连接时,由于各收信仪表的输入电阻不是无限大,因此信号电压 V_0 将在发信仪表内阻 R_0 及导线电阻 R_{cm} 上产生电压降,

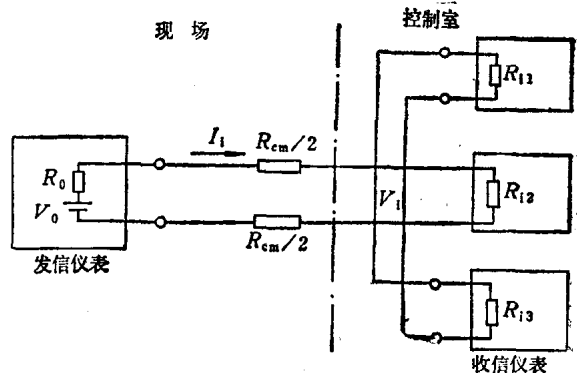


图 1-8 电压信号传输时仪表间的连接

从而造成信号传输误差。

电压信号的传输误差可用如下公式表示

$$\varepsilon = \frac{\Delta V}{V_0} = \frac{V_0 - V_i}{V_0} = \frac{R_0 + R_{cm}}{R_0 + R_{cm} + R_{ip}} \times 100\% \quad (1-3)$$

式中 R_{ip} 为几台收信仪表输入电阻的并联电阻。

为了减小传输误差, 应满足 $R_{ip} \gg R_0 + R_{cm}$, 故有

$$\varepsilon \approx \frac{R_0 + R_{cm}}{R_{ip}} \times 100\% \quad (1-4)$$

由式(1-4)可知, 为了减小传输误差 ε , 应使发信仪表的电阻 R_0 及传输导线电阻 R_{cm} 尽量小, 而要求各收信仪表的输入电阻 R_{i1} 、 R_{i2} 、 R_{i3} 足够大。

电压信号传输, 各收信仪表互相并联, 这种并联制具有如下优点: (1) 增加或取消某个收信仪表不会影响其它仪表的工作; (2) 各收信仪表可设置公共接地点, 便于和计算机联用; (3) 对仪表输出级的耐压要求可以降低, 从而提高了仪表的可靠性。这种传输方式的缺点是, 要在引线电阻上产生电压降, 信号受一定损失, 而且因收信仪表输入阻抗很高, 易于引入干扰, 所以电压信号不适于作远距离传输。

(三) 电流发送-电压接收方式

应用直流电流及直流电压作为统一信号时, 采用电流远距离传送电压接收方式, 收信仪表互相并联, 如图1-9所示。DDZ-Ⅱ型仪表即属这种传输方式。

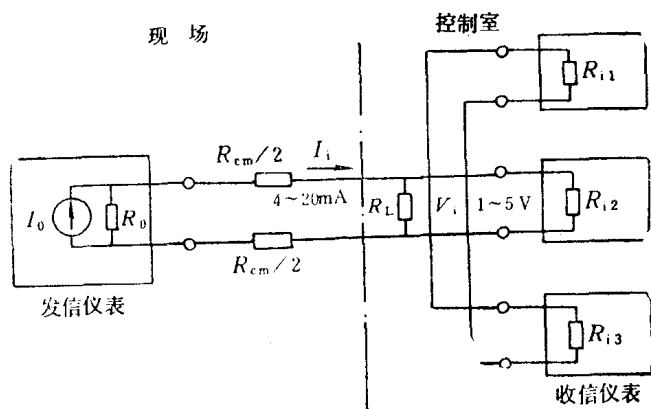


图 1-9 电流传输电压接收时仪表间连接

图中 R_L 为信号电流与电压的转换电阻 (250Ω); V_i 为收信仪表的输入电压 (期望值 $1\sim 5V$)。

这种信号传输的误差可用如下公式求得:

$$\begin{aligned} \varepsilon &= \frac{\Delta I}{I_0} = \frac{I_0 - I_1}{I_0} \\ &= \frac{R_{cm} + R_L \parallel R_{ip}}{R_0 + R_{cm} + R_L \parallel R_{ip}} \\ &\times 100\% \end{aligned} \quad (1-5)$$

当满足 $R_0 \gg R_{cm} + R_L \parallel R_{ip}$ 时, 则有

$$\varepsilon \approx \frac{R_{cm} + R_L \parallel R_{ip}}{R_0} \times 100\% \quad (1-6)$$

式中 R_{ip} 为几台收信仪表输入电阻的并联电阻。

由式(1-6)可知, 当引线电阻 R_{cm} 和 R_L 与 R_{ip} 的并联值较小时, 信号传输误差也小。但是, R_L 为定值 (250Ω), 收信仪表的输入电阻 R_i 不能小, 且要求 $R_L \parallel R_{ip} \approx R_L$, 以保证收信仪表的输入电压 $V_i = I_1 (R_L \parallel R_{ip}) = 1\sim 5V$ 。为确保传输精度, 设计制造时已做到每台的输入电阻 $R_i \gg R_L$ (即 $R_L \parallel R_{ip} \approx R_L$), 并且规定了引线电阻 R_{cm} 的阻值范围。这样, 在用户使用时只要考虑 R_{cm} 符合技术指标规定的值, 就能方便地将发信仪表与收信仪表连接起来。