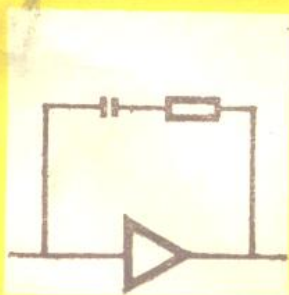
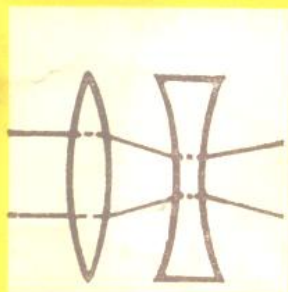


高等学校试用教材



过程控制调节装置

天津大学 向婉成 主编



机械工业出版社

高等学校试用教材

过程控制调节装置

天津大学向婉成 主编



机械工业出版社

过程控制调节装置

天津大学向婉成 主编

*

机械工业出版社出版(北京阜成门外百万庄南街一号)

(北京市书刊出版业营业许可证出字第117号)

成都印刷一厂印刷

新华书店北京发行所发行·新华书店经售

*

开本 $787 \times 1092^{1/16}$ ·印张 $26^{3/4}$ ·字数 657 千字

1981年9月北京第一版·1984年5月成都第三次印刷

印数 13,701—19,900·定价 2.75 元

*

统一书号: 15033·5053

目 录

前言

第一章 总体概述	1
§ 1-1 过程控制调节装置的分类及发展	1
一、分类	1
二、发展	3
§ 1-2 过程控制调节装置的信号制及供电方式	4
一、信号制	5
二、变送器信号传输方式	8
三、电动仪表的供电方式	9
§ 1-3 电动调节仪表和装置的安全防爆问题	11
一、防爆的基本概念	11
二、安全火花型防爆仪表的设计要点	14
三、防爆安全栅的原理	17
第二章 信号转换器	22
§ 2-1 概述	22
§ 2-2 I/V 转换器和 V/I 转换器	23
一、 I/V 转换器	23
二、 V/I 转换器	26
§ 2-3 V/F 转换器和 V/H 转换器	27
一、 V/F 转换器	27
二、 V/H 转换器	31
§ 2-4 F/V 、 F/I 转换器和 H/V 转换器	35
一、 F/V 、 F/I 转换器	35
二、 H/V 转换器	39
§ 2-5 光电隔离器	40
一、光耦合器的工作原理	40
二、传送脉冲信号的光电隔离器	42
三、传输直流信号的光电隔离器	42
四、传输交流信号的光电隔离器	45
§ 2-6 电/气转换器	46
一、用途	46
二、基本工作原理	46
三、有正、负两个反馈波纹管电/气转换器	49
四、双杠杆结构的电/气转换器	51
五、用环形喷嘴挡板电/气转换器	52
第三章 运算器	55

§ 3-1 概述	55
§ 3-2 加减器	58
§ 3-3 乘除器	64
一、概述	64
二、采用自激振荡时间分割线路的乘除器	67
三、采用他激振荡式时间分割线路的乘除器	88
§ 3-4 开方器	94
一、概述	94
二、利用二极管开关电路的开方器	95
三、用乘除器变形电路的开方器	96
四、利用电容器充放电特性实现开方运算的开方器	101
§ 3-5 函数发生器	101
一、概述	101
二、TFS-090型函数发生器	103
第四章 模拟式调节器	108
§ 4-1 PID 调节规律及实现方法	108
一、调节规律	108
二、基本运算电路	118
三、 PID 运算电路的构成	128
§ 4-2 普通型 PID 调节器	136
一、 PID 调节器的组成及原理	136
二、DTL-121型调节器	138
三、Ⅱ型调节器的原理和特性	152
§ 4-3 Ⅱ型调节器的参数计算	173
一、调节器参数计算的依据	173
二、比例增益分配和电平 V_0 的确定	174
三、各环节参数计算	175
§ 4-4 电压整定型 PID 调节器	193
一、概述	193
二、基本 PID 运算电路	194
三、转换电路	202
四、辅助电路	204
§ 4-5 断续作用调节器	205
一、两位调节器	205
二、三位调节器	212
三、时间比例调节器	213
四、具有不灵敏区的 PI 调节器	220
第五章 数字式混合及分批调节器	224
§ 5-1 概述	224
一、用途	224
二、数字式混合和分批调节器的特点	225
§ 5-2 基本单元电路	226

一、换算电路	226
二、脉冲累加器	228
三、温度补偿器	232
§ 5-3 混合调节器	237
一、工作原理	237
二、线路分析	238
三、混合调节器的应用	243
§ 5-4 分批调节器	245
一、概述	245
二、程序单元的工作原理	248
三、调节单元的工作原理	251
第六章 数字式过程控制调节装置	255
§ 6-1 构成种类和原理框图	255
一、采用直接数字控制机构	255
二、采用小型工业控制计算机构成	257
三、采用微处理机和微型计算机构成	259
§ 6-2 过程控制调节装置的过程通道	272
一、过程输入通道	272
二、过程输出通道	283
§ 6-3 过程控制调节装置的控制方式	285
一、概述	285
二、DDC 的基本控制方式	286
三、DDC 的高级控制方式	293
四、过程控制的软件系统	301
§ 6-4 总体分散综合控制装置举例	307
一、CENTUM 系统概貌及其特点	307
二、现场控制站	309
三、监视操作站	315
四、数据通讯母线	316
五、反馈控制机能	321
第七章 监控与显操仪表	329
§ 7-1 概述	329
一、监控仪表的功能	329
二、监控仪表的分类	330
三、显示操作仪表的功能及分类	330
§ 7-2 模拟量监控仪表	331
一、信号限幅与选择电路	331
二、信号速率限制电路	333
三、信号报警电路	337
§ 7-3 开关量监控仪表	339
一、固定监控器	339
二、可变监控器	343

VI

三、逻辑控制器	346
§ 7-4 模拟式显示操作仪表	352
一、显示操作器	353
二、自动-手动切换组件(Z/S 组件)	354
三、直接操作器(CZ 组件)	356
四、自动-手动切换及其跟踪系统	358
§ 7-5 数字式显示操作器	361
一、主逻辑板	362
二、调节器接口组件	364
三、数字式显示操作器	365
第八章 执行器	370
§ 8-1 电动执行器	371
一、概述	371
二、DKJ 角行程电动执行机构	373
三、DKZ 直行程电动执行机构	390
四、滚切式电动执行机构	394
§ 8-2 气动执行器	400
一、概述	400
二、气动执行器的结构	402
三、执行机构与调节机构的配合	406
四、调节阀的流量特性	409
五、调节阀的流通能力	414
六、阀门定位器	417
七、气动执行器的选择	420

第一章 总体概述

§ 1-1 过程控制调节装置的分类及发展

过程控制调节装置是工业生产自动化的重要工具之一。在自动化系统中，由检测仪表将过程参数变成为电的信号或气压信号后，不单要由显示仪表指示或记录，让人们了解生产过程的情况，还需要将信号传送给过程控制调节装置，以便自动的控制生产正常进行，使过程参数符合预期的要求。

在这里，我们所指的过程控制调节装置，包括除检测、变送、显示单元以外的自动化工具，如：调节器、运算器、监控器及执行器等调节仪表，以及过程控制计算机等新型控制调节装置。

一、分类

过程控制调节装置按所用能源的不同，可以分为电动、气动、液动和混合式等几类。其中，气动和液动调节仪表的发展已有几十年的历史，电动调节仪表的发展则是近三十多年的事。气动调节仪表的特点是结构简单，易于掌握；性能稳定，可靠性高；具有本质安全防爆性能，特别适用于石油、化工等有爆炸危险的场所。

但是，随着生产过程自动化的发展，远距离集中控制日益增多，控制系统规模和复杂程度的不断增加，气动和液动调节仪表在许多场合已不能满足要求，而电动调节仪表则得到越来越广泛的发展和应用。尤其是随着电子技术的高速度发展，过去被认为是影响电动调节仪表发展的一些技术问题，正在逐渐得到解决，品种规格更趋完备，质量不断提高。如过去认为是影响电动调节仪表广泛使用的防爆问题：现在采用防爆结构，更进一步采用直流低电压、小电流的安全火花型防爆电路以及防爆栅等措施，已得到了很好的解决，电动调节仪表也就能应用到石油、化工等工业部门的自动化系统中。

电动调节仪表之所以能得到这样高速度的发展，是因为它比气动、液动调节仪表具有以下优点：

- (1) 电讯号可以无滞后的远距离传输，传输距离不受限制；
- (2) 电动调节仪表便于实现复杂的调节规律、远距离集中显示和操作，还易于与计算机等现代化技术工具联用，故适于用在大规模的控制系统中；
- (3) 中小型生产单位也适于使用电动调节仪表，因它能源方便，不需要气动仪表所需的压缩空气那套相当庞大的附属设备。

虽然电动调节仪表的发展日新月异，但气动调节仪表仍然受到欢迎，尤其是气动执行器，具有安全、可靠及工作平稳等优点，应用仍然十分广泛，在许多由电动调节仪表构成的系统中，执行器仍是采用气动的。

过程控制调节装置除按能源分类以外，还有许多其他分类方法，主要的有：按信号类型分类及按结构型式分类等。

1. 按信号类型分类 可分为模拟调节仪表（或装置）及数字调节仪表（或装置）两大类。

模拟调节仪表(或装置)线路简单,抗高频干扰性能较好,过去它是调节仪表(或装置)发展的主流。近十几年来随着电子技术和计算机技术的发展,数字调节仪表(或装置)以及数字式控制计算机逐渐被广泛用于控制生产过程。这是因为数字式调节与模拟调节相比具有许多优点:

(1) 程序灵活,不仅能实现 PID 控制,还能实现特殊的控制规律,如前馈控制、非线性控制等,并且便于实现参数极限报警、补偿校正、顺序控制,以及实现对不能测量而能间接计算得到的变量进行控制。

(2) PID 参数设定范围广,积分时间 T_i 和微分时间 T_d 间无相互干扰,以及其它的许多优点。

虽然数字控制与模拟控制相比有许多优点,但目前在我国,模拟控制系统仍是工业控制的主要形式,这是因为: 1) 现在的变送器及执行器大都是模拟式的,用模拟式调节器时系统较简单; 2) 模拟调节仪表已生产、使用多年,对生产者和使用者来说有较成熟的经验。

2. 按结构形式分类 可分为基地式调节仪表、单元组合式调节仪表、组件组装式控制装置及分散型综合控制装置等。

(1) 基地式调节仪表的结构特点是以指示仪表或记录仪表为中心,附加一些线路来完成调节任务,这种指示和记录仪表是电子电位差计、电子平衡电桥以及动圈仪表等。基地式调节仪表一般结构比较简单,价格较低,它不仅能进行调节,同时还可指示记录,因此它适于用在小型企业和单机自动控制上。

(2) 单元组合式调节仪表的结构特点是:根据自动检测及调节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,各单元之间的联系采用统一标准信号,由这些少量的单元经过不同的组合,就可构成多种多样的、复杂程度不同的自动检测和调节系统。

单元组合式调节仪表应用灵活、通用性强,便于调节仪表的生产、维修、备品库存等。它适于用在大、中型企业的自动控制系统上。

(3) 组件组装式控制装置是在单元组合式仪表基础上发展起来的成套仪表装置,它的基本组成件是一块一块功能分离的组件。

因为现代化的大型企业要求组成各种复杂的控制系统及集中的显示操作,这就需要将调节功能和显示操作功能分离开来。因此,组件组装式控制装置在结构上一般可分为控制柜和操作盘两大部分,控制柜内插入若干个组件箱,而若干块组件板又插到组件箱中。组件板在控制柜中是高密度的安装,充分利用了空间,所有机柜可放在机房或控制室平时不要利用的方位上。显示操作盘则只占很小的地方,更进一步可用一台电子屏幕(图象显示)来集中显示操作,从而大大改善了人一机联系。

组装仪表还考虑了系统安装工程问题,它以成套装置的形式提供给用户,使得整套自控系统在仪表厂就预先组装好。采用矩阵端子接线方式也是组装式仪表的另一个特点。在机柜里,同一组件箱里的组件之间,以及不同组件箱的组件之间的信号交换和导线联接全都集中在矩阵端子接线箱里进行。

采用这种布线方式,有以下好处:

- 1) 可以大大减小系统施工设计的工作量;
- 2) 可以大大减轻系统安装工程的劳动强度。系统接线工人可以坐下来用轻便工具在矩

阵端子接线箱里进行操作;

3) 给系统调试工作带来了非常方便的条件, 可以方便的对系统全部功能组件的所有参数全面进行检查和整定;

4) 大大简化了维护、检修和系统改组的工作量。

前面只重点从结构形式上介绍了组装仪表的特点, 实际上由于它功能分离、结构组件化, 很便于引入新技术。许多国家的组装仪表包括我国的 TF 型在内, 都兼用了模拟技术与数字技术, 兼有线性和非线性技术, 并能与工业控制机、程控装置、图象显示等最新技术工具配合使用, 因此它特别适用于大型、高效率的新型设备的自动化。

(4) 总体分散控制装置是以微处理机为核心的分散型直接数字控制 (DDC) 装置。它是在电子技术、计算机和图象显示技术基础上发展起来的。

分散控制系统的特点是: 将原先的 DDC 计算机分散为许多可以控制几个回路的微型机, 即将控制功能分散以构成一些以微处理机为中心的子系统, 然后再用计算机来管理这些子系统。这样的分散控制系统与集中控制系统相比有以下优点:

1) 从根本上提高了可靠性。以微处理机为核心的微型机比中小型计算机的可靠性高, 当管理计算机发生故障时, 各子系统具有独立控制能力; 同时, 一部分系统发生故障也不会影响全局。

2) 系统结构得到改善。由于各个回路的输入数据得到预先处理, 输出数据也预先进行选择, 使数据的传输减到最少程度; 并且由于功能分散, 减轻了每个微型机的负荷, 因而反应时间缩短, 提高了控制速度。

3) 减少了信息量, 使编制程序简单, 子系统的修改、变更和再启动都很方便。

4) 对分散控制系统中的管理计算机的规模要求可以低些, 对微型机的要求也不高。

分散控制系统在控制功能上是分散的, 但为方便监视和操作, 减轻操作人员的负担, 提高可靠性, 在显示操作功能上则是高度集中的。一般都采用图象显示器 (CRT) 实现集中显示, 并通过各种键盘进行操作。

采用 CRT 进行显示, 功能多, 既形象又方便, 如: 1) 它能以曲线形式显示调节回路的测量值、设定值及输出值等随时间的变化趋势。2) 能将回路的所有控制参数都显示出来, 通过操作键盘对给定值、操作输出值、PID 参数及报警设定值等进行调整; 它既有模拟调节器一样的直观显示形式, 又有准确的数字显示。3) 可以显示控制系统的过程模拟图形, 和以前的模拟控制盘上的模拟流程图一样。

只要利用键盘操作, 即可有选择地显示各种图象。

二、发展

过程控制调节仪表和装置的发展经历了自力式、基地式及单元组合式等几个大的发展阶段, 单元组合仪表也经历了 I 型、II 型及 III 型等三种型式。生产的发展对工业仪表及控制装置不断提出新的要求, 从而促进了它的发展。随着各工业部门大型、高效率、临界参数的新型生产设备相继出现, 对过程控制装置提出了许多新的要求, 其中主要的有以下几方面:

1. 控制功能多样化 按照设备运行的要求, 不但要有各种反馈控制功能和新的调节规律, 如前馈控制、非线性控制等, 而且还要有程序控制和各种联锁保护。

2. 系统要便于功能扩展 自动化系统可以由简单到复杂逐步改进。由于生产工艺的变化, 也要求系统易于作相应的变化, 这些都要求仪表装置能灵活的组成各种控制系统。

3. 要求解决好模拟仪表与计算机的兼容性问题 计算机用于工业控制已有二十多年,不论在系统上,软件上和硬件上都已积累了很多经验。实践证明,计算机用于自动控制是提高自动化水平的重要方面,尽管在实际使用上还存在着一些问题,但随着技术的进步,如微处理机的出现,总会为它找出一条简便、合理和可靠的道路来。一般说来,计算机控制必定会和模拟仪表发生联系,如信息的获取,控制量的改变都离不开模拟仪表,直接数字控制在一些关键回路上往往要用模拟调节器作后备,给定值控制更必须通过模拟调节器去控制生产过程,因此全面考虑模拟仪表与工业控制机的兼容性是一个重要问题。

4. 要求对仪表和系统的可靠性采取严密的有效措施 由于新型的大工业装置很多是工作在临界状态下,因此对自动控制的可靠性提出了极苛刻的要求,不单要求提高仪表装置的质量,提高它本身的可靠性,还要在系统方面采取严密的监控、保护措施,使得一旦系统发生故障或问题,就能迅速判断它的性质,迅速采取相应措施,防止事故进一步扩大。同时,指出故障的具体地点,为迅速排除故障创造条件。

5. 要求操作简便 随着大型、高效率、临界工艺装置的出现,自控系统愈来愈庞大,愈来愈复杂,所用的控制调节仪表也愈来愈多。以某发电厂装置的30万千瓦发电机组为例,采用DDZ-II型仪表对热工参数进行自动控制,仪表盘面长达十几米,操作把手多至400多只。启动时,人员拥挤,启动时间长达10小时左右,增加了操作人员的负担。在平时,监视十几米长的仪表盘面也很辛苦,一旦发生事故,也难免顾此失彼。

为了改善操作条件,需要将工业自动化仪表各个领域的最新成就综合利用起来,如利用程序控制技术、数字逻辑技术、字符图象显示技术及数据通讯技术,使主设备的启停实现自动化,采用电子屏幕的集中显示代替大量模拟监视仪表等。

6. 要求解决系统安装工程问题 仪表制造部门不再只是生产单件仪表,还要针对用户的要求,考虑系统安装工程的问题,使整套自控系统在仪表厂就预先装好。这样做可大大减轻设计单位和安装单位的工作量,加速了基建周期,减少了安装成本。

为了适应以上这些要求,近年来发展了许多新型控制装置,组装式电子控制装置及分散型数字控制系统就是这样的综合控制装置,从目前看来,它们是过程控制调节装置的方向。

但是也应该看到,各种过程控制仪表都有自己的适用范围,都需要不断地发展。例如小型企业和单机的自动控制,需要用结构和操作都简单、价格也便宜的简易式调节仪表;大中型企业则适于应用单元组合式仪表;而组装式控制装置及分散型数字控制系统则适用于现代化的、容量大、具有临界参数、系统复杂及安全可靠性要求高的工业装备上。

§ 1-2 过程控制调节装置的信号制及供电方式

一个过程控制调节系统由许多仪表(或装置)组成,这些仪表一般包括以下几类:

- (1) 变送器:用来测量压力、温度、液位、流量及电导率等参数值;
- (2) 显示及记录仪表;
- (3) 信号处理仪表或装置:包括运算器、调节器、其它监控仪表以及控制机等;
- (4) 执行器:包括电一气转换器、电动执行器及气动执行器等。

大部分变送器、电一气转换器及执行器等都是直接安装在工业设备上和工业流程的管路上,占地面积达数平方公里甚至更大,这些现场仪表常暴露在露天以及有爆炸危险的场所。显示及记录仪表以及信号处理仪表或装置,还有一部分变送器(主要是温度变送器)是

安装在无爆炸性危险的控制室内。现场仪表相互间大多互不连接,而只和控制室内仪表相连。控制室内的仪表则以多种方式相互联接。

由于在系统中仪表的输入和输出相互联接,所以需要有统一的标准联络信号,才能方便的把各个仪表组合起来,构成各种系统。因此,信号制是一个重要的问题。在这里,我们将对各种信号制进行分析比较,并简要介绍与信号制有关的变送器信号传输问题及电动调节仪表的供电方式问题。

一、信号制

信号制是指在成套仪表系列中,各个仪表的输入、输出信号采用何种统一的联络信号问题。采用统一信号不仅使各个仪表间的任意联用成为可能,而且还有以下好处:

1. 由于各种被测参数转换为统一信号,便于与巡回检测装置、顺序控制装置及控制计算机等现代技术工具配合使用,同时还可以使得指示、记录仪表单一化。

2. 采用统一信号,可以通过各种转换器如气—电转换器、电—气转换器等将电动仪表和气动仪表联系起来,混合使用,从而扩大仪表的使用范围。

关于气动仪表的输入、输出信号,在国际上早已统一使用 $0.2 \sim 1 \text{ kgf/cm}^2$ (相当于国际单位 $2 \sim 10 \text{ N/cm}^2$, 下同) 的模拟气压信号。电的信号种类较多,主要有模拟信号、数字信号、频率信号和脉宽信号等四大类。因为模拟式仪表及装置的结构较简单,历史长,目前也应用得最多,尤其是大部分变送器和执行器是模拟式的,因此在工业控制系统中,不论是远距离传输或是控制室内部各仪表间,用得最多的联络信号仍然是电模拟信号。

数字仪表和装置精度高、功能多且灵活性大,它的发展很快,尤其是微处理机的出现为数字控制装置的发展开辟了广阔的前景。在数字装置之间以数字信号进行传输。数字信号传送精度高,可用少量传输线路在多个装置间快速的传送大量信息。

由于有一些变送器直接输出频率信号(如涡轮流量计等),以及频率信号有抗干扰能力强、易于实现数字化等优点,因此频率信号也是一种传输信号。脉宽信号是一种周期固定而宽度随测量值变化的脉冲信号。它有以下优点:便于隔离、抗干扰性好、传输滞后不会引起误差及便于数模相互转换等,因此在有的数字装置中作为内部统一信号。模拟量输入后先变为脉宽信号,再变换为数字信号;输出信号也是先由数字信号变为脉宽信号,再转换为模拟信号输出。

由于仪表装置间的传输信号尤其是远距离传输信号主要是模拟信号,因此采用一个统一的联络信号是一个极重要的问题。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。从信号范围看,下限可以从零开始,也可以不从零开始(即有一个活零点);上限也可高可低。如何确定统一信号的种类和范围,对整套仪表的技术性能和经济性有着直接的影响。下面对几种电信号进行分析比较。

(一) 直流信号与交流信号比较,直流有以下优点:

1. 在信号传输线中,直流不受交流感应影响,易于解决仪表的抗干扰问题。

2. 直流不受传输线路的电感、电容及负荷性质的影响,不存在相位移问题,使接线简化。

3. 用直流信号便于进行模数转换,因而巡回检测,数据处理装置、顺序控制装置以及控制计算机等技术工具都是以直流信号作为输入信号的。统一信号采用直流信号便于与这些装置配用。

4. 直流信号容易获得基准电压。

因此，世界各国都以直流电流和直流电压作为统一信号。

(二) 直流电流信号

应用电流作为统一信号时，如一个发送仪表的输出电流要同时输送给几个接收仪表，那末所有这些仪表必须串联联接，如图 1-1 所示。

图中 r_o 为变送器的输出电阻， R_{cm} 和 r_i 分别为连接导线的电阻和接收仪表的输入电阻，由它们组成为变送器的负载电阻。在实际使用中，导线长度及接收仪表个数是可以在一定范围内变化的，因此负载电阻也不是定值。由于发送仪表的输出阻抗 r_o 不可能无限大，在负载电阻变化时，输出电流也将发生变化，从而引起传输误差。因此对发送仪表的要求是：负载在一定范围内变化时，输出电流的变化应小于容许值，这即是所谓“恒流性能”。

电流信号的传输误差可用公式表示为

$$\varepsilon = \frac{I - \frac{r_o}{r_o + (R_{cm} + nr_i)} I}{I} = \frac{R_{cm} + nr_i}{r_o + R_{cm} + nr_i} 100\% \quad (1-1)$$

式中 n 为接收仪表个数。由式 (1-1) 可见，为保证传输误差在允许范围内，要求 $r_o \gg R_{cm} + nr_i$ ，此时有

$$\varepsilon \approx \frac{R_{cm} + nr_i}{r_o} 100\% \quad (1-2)$$

可根据允许误差和技术经济指标确定 r_o 及 r_i 。一般为保证信号在三、五公里内传输不受影响，同时考虑到一个发送仪表的输出电流能同时送给几个接收仪表，要求它的输出电阻 r_o 足够大，而接收仪表如调节器等的输入电阻 r_i 要小得多。

从上述分析可以看出，当以电流信号传输时，发送仪表的输出阻抗很高，相当于一个恒流源，传输导线长度在一定范围内变化仍能保证精度，因而直流电流信号适于远距离传输。

1. 电流信号尚有以下优点：

(1) 电流与磁场作用容易产生机械力，设计力平衡变送器等较简单；

(2) 对于要求电压输入的仪表，可在电流回路中串入一个电阻，从电阻两端取得电压供给仪表，应用较灵活。

2. 用电流作为传输信号时，几台接收仪表是相串联的，这种串联制有以下缺点：

(1) 一台仪表损坏或需补接入仪表时，将影响其它台仪表工作；

(2) 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，输出功率管易损坏，降低了仪表的可靠性；

(3) 几台仪表串联工作时，由于每两台表的相接端子电位相同，因此在联用时需检查每台表的电路电位是否正确，这就对设计者和使用者在技术上提出了较高的要求。为使联接简单，可使各台表浮空；若各台表要根据需要选择自己的接地点，则需采用输入输出端进行

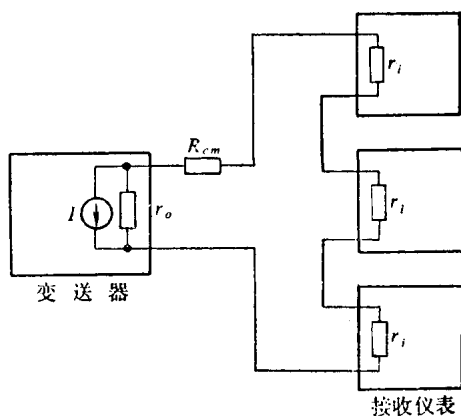


图1-1 应用电流信号时，接收仪表之间的联接

直流隔离的电路。

(三) 电压信号

应用电压信号作为联络信号时,如一个发送仪表的输出电压要同时输送给几个接收仪表,则几台接收仪表应并联连接,如图 1-2 所示。

在并联连接时,由于接收仪表的输入阻抗 r_i 不是无限大,信号电压 V_o 将在发送仪表内阻 r_o 及导线电阻 R_{cm} 上降掉一部分 ΔV ,而造成信号传输误差 e

$$e = \frac{\Delta V}{V_o} = \frac{V_o - V_i}{V_o} = \frac{r_o + R_{cm}}{r_o + R_{cm} + \frac{r_i}{n}} \quad (1-3)$$

为减小此误差,一般都满足条件 $\frac{r_i}{n} \gg r_o + R_{cm}$, 此时式 (1-3) 变为

$$e = \frac{\Delta V}{V_o} \approx n \frac{r_o + R_{cm}}{r_i} \quad (1-4)$$

由式 (1-4) 可见:

1. 为减小传输误差,要求发送仪表内阻 r_o 及导线电阻 R_{cm} 足够小。如要远距离传输电压信号,增大了 R_{cm} 势必对接收仪表的输入电阻 r_i 提出过高的要求,而输入阻抗高将易于引入干扰,因此电压信号不适于作远距离传输的信号。

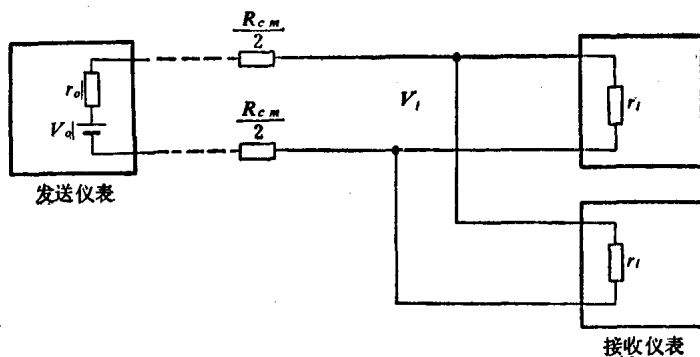


图1-2 应用电压信号时,仪表之间的连接

2. 接收仪表输入阻抗越

高,误差越小。当并接的仪表多时,相当于总的输入阻抗减小,误差增大,因此并接的仪表越多,要求每个仪表的输入阻抗就越大。

用电压作为联络信号时,由于仪表是并联连接,它的主要优点是:在设计安装上比较简单,补入或取消某个仪表不会影响其它仪表工作;对仪表的输出级的耐压要求可以降低,从而提高了仪表的可靠性。

由以上分析可见,电流信号传输与电压信号传输各有特点;电流信号适于远距离传输,电压信号可采用“并联制”连接。因此在国外比较新的电动仪表系统中以及我国的 DDZ-III 型仪表中,进出控制室的传输信号采用电流信号,控制室内部各仪表间联络信号为电压信号,即连线的特点是电流传输、电压接收、并联接受电压信号的方式。

(四) 信号上下限大小的比较

电流信号上限大,产生的电磁平衡力大,有利于力平衡变送器的设计制造。从减小直流电流信号在传输线中的功率损失和缩小仪表体积,以及提高仪表的防爆性能等方面看,希望电流信号上限小些好。

信号下限从零开始,便于进行模拟量的加、减、乘、除、开方等数学运算和使用通用刻度的指示、记录仪表。信号下限不从零开始,即有一个活零点,电气零点与机械零点分开,便于检验信号传输线有否断线及仪表是否断电;使半导体器件工作在较好的工作段;使制作

具有安全火花防爆性能和节约传输线的两线制变送器成为可能。

目前, 由于集成运算放大器的应用逐渐普及, 比较新型的电动模拟仪表都已采用集成运放作为放大器, 电压信号的上限值的选取对它的性能指标要求有很大的影响, 因而对仪表的技术经济指标都有影响。上限值高些, 可以降低对集成运放失调参数的要求, 有利于仪表的生产和降低成本; 但是上限值高了对运放的输出幅度和共模电压范围的要求也相应的增加。

1973年4月国际电工委员会(IEC)第65次技术委员会通过的标准规定国际统一信号: 过程控制系统的模拟直流电流信号为 $4 \sim 20 \text{ mA DC}$, 模拟直流电压信号为 $1 \sim 5 \text{ V DC}$, 我国的DDZ—Ⅲ型电动单元组合仪表就采用了国际统一信号。我国的TF—900型组装式电子综合调节仪表系统的运算信号采用了 $0 \sim 10 \text{ V DC}$, 主要考虑信号从零开始, 运算方便, 容易进行标度变换, 显示也比较直观; 由于电平较高, 对各组件中的集成运放失调参数要求可以降低, 以及对记录仪的要求也可以降低等等。考虑到我国的DDZ—Ⅱ型电动单元组合仪表已广泛用于各生产部门, 并且今后仍将会大量选用, 而DDZ—Ⅱ型仪表的信号为 $0 \sim 10 \text{ mA DC}$, 为便于与DDZ—Ⅱ型和DDZ—Ⅲ型的变送器和执行器配用, 因此TF—900型组装式电子综合调节仪表系统中考虑了 $0 \sim 10 \text{ mA DC}$ 信号及 $4 \sim 20 \text{ mA DC}$ 信号与 $0 \sim 10 \text{ V DC}$ 信号的相互转换问题。

二、变送器信号传输方式

变送器是现场仪表, 它的电源从控制室中送来, 而输出信号需送到控制室中去。信号与电源的传输方式有三种:

1. 四线制传输 供电电源与输出信号分别用两根导线传输, 这样的变送器称为四线制变送器, 其示意图如图1-3所示。现在用的大部分变送器是这种形式。由于电源与信号分别传送, 因此对电流信号的零点及元件的功耗没有严格的要求。

2. 三线制传输 在这种传输方式中, 电源与信号除分别用一个导线外, 还有一根为两者的公用线, 共用三根导线, 这种变送器称为三线制变送器, 图1-4为其示意图。在这种变送器中, 变送器需要有专门的电源装置, 将变送器负载的一端与电源

的一端接在一个公共点上。

3. 两线制传输 两线制变送器是用两根导线作为电源和输出信号的公用传输线, 如图1-5所示。

两线制变送器相当于一个可变电阻, 其阻值由被测参数控制, 电源、变送器和负载是串联的; 当被测参数改变时, 变送器的等效电阻随之变化, 因此流过负载的电流也变化。

要实现两线制变送器必须具有以下条件:

(1) 采用有活零点的电流信号。因为在变送器输出电流的零点时, 半导体器件必须有正常的工作点, 需要由电源供给正常工作的功率, 由于电源线与信号线公用, 电源供给线路的功率是通过信号电流提供的, 因此信号电流必须有活零点。国际统一电流信号采用 $4 \sim 20 \text{ mA DC}$, 为制作两线制变送器创造了条件。

(2) 必须是单电源供电。所谓单电源是指以零电位为起始点的电源, 以同与零电位对

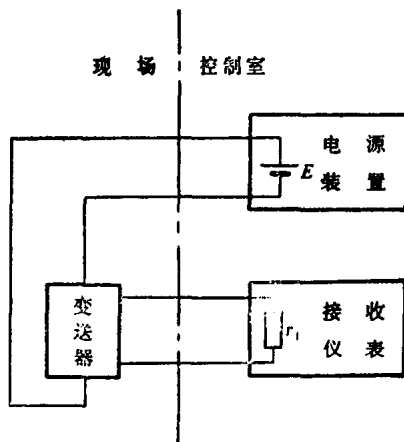


图1-3 四线制变送器

称的正负电源相区别。

两线制变送器的优点很多，可大大减少装置的安装费用，有利于安全防爆等。因此目前世界各国都大力发展两线制变送器。制作两线制变送器的主要困难是要求有性能良好的低功耗集成运放和稳压管。

三、电动仪表的供电方式

电动仪表都需要电源供给能量，供电方式在电动仪表中也是一个重要的问题。现在的电动仪表大致有两种供电方式：交流供电和直流集中供电。

1. 交流供电 在各个仪表中分别引入工频 220 V 交流电压，再用变压器降压，然后又用整流器、稳压器进行整流稳压作为各自的电源，在早期的电动仪表系统中多用这种供电方式。这种供电方式需要在每块表中附加电源变压器、整流器及稳压器线路，因此增加了仪表

的体积和重量；由于变压器的发热增加了仪表的温升；由于 220 V 交流直接引入仪表中，降低了仪表的安全性，这些都是它的缺点。尤其在现代的大型控制系统中，需要仪表的数量很大，对仪表的安全性能要求提高，这个问题就更显得突出了。

2. 直流集中供电 直流集中供电是各个仪表统一由直流低电压电源箱供电。工频 220 V 交流电压在电源箱中进行变压、整流滤波以及稳压后输出直流低电压供给各仪表电源。集中供电的好处很多：

(1) 每块表省去了电源变压器及整流、稳压部分，从而缩小了仪表的体积，减轻了重量，并减少了发热元部件，使仪表温升低。

(2) 由于采用直流低电压集中供电，可以采取防停电措施，当工业用 220 V 交流电断电时，能自动投入直流低电压（如 24 V）备用电池，从而构成无停电装置。

(3) 没有工业用 220 V 交流电进入仪表，为仪表的防爆提供了有利条件。

在有的电动仪表中，为了使电源电压单一化，采用统一的电压，又由于两线制变送器需要用单电源供电，因此整套仪表都采用单电源，如 DDZ-III 型电动单元组合仪表都采用 24 V DC 作为电源电压。单电源及集中供电都给电子线路带来一些问题，需要在线路设计上加以考虑。

1) 单电源供电带来的问题及其解决方法 单电源供电带来的问题是：在 1~5 V 信号输入时，集成运放的正负输入端电位超出了共模电压范围，使运放不能正常的工作，甚至造

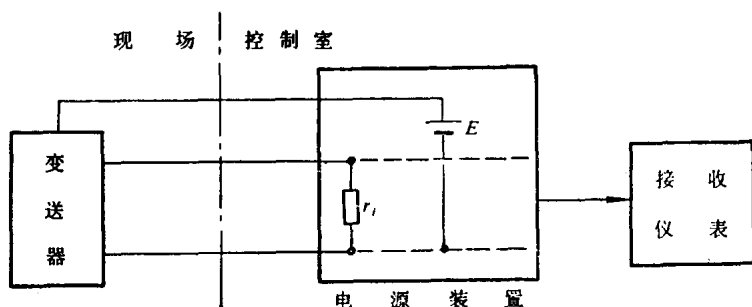


图1-4 三线制变送器

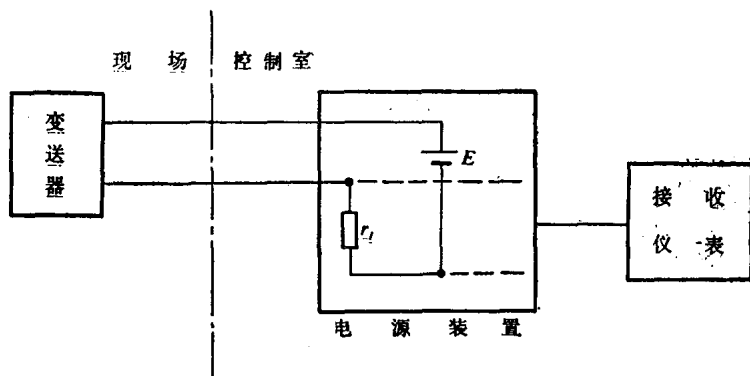


图1-5 两线制变送器

成损坏。

集成运放电路在设计时是采用正负电源供电方式,一般手册上给出的共模电压范围都是指的电源电压为 $\pm 15\text{V DC}$ 时的值,改用单电源供电后,共模电压范围的数值发生相应的变化。如集成运放 BG305 在 $\pm 15\text{V DC}$ 电压供电时,共模电压范围为 $+7\sim-12\text{V}$,而改用 $+24\text{V DC}$ 电压时,共模电压范围变为 $3\sim 17\text{V}$,在这种情况下,当 $1\sim 5\text{V}$ 电压加到输入端时,运放的正负输入端电位将会超出共模电压范围。解决这个问题的办法是将信号进行电平移动,即在每块表的输入电路中将以 0V 为基准的 $1\sim 5\text{V}$ 信号电压变为以某一电压 V_s (如 10V)为基准的信号电压,在仪表内部中间各级信号均以 V_s 为基准进行运算。输入级采用电平移动方式后可使各级共模电压在运放的共模电压范围内。由于输出信号 $1\sim 5\text{V}$ 仍需以 0V 为基准,因此在每块表的输出级又需要将信号的基准移到 0V ,即输入级和输出级都需要有电平移动功能。

2) 集中供电带来的问题及解决方法 集中供电时,电源回路在导线电阻 R_{cm} 上产生电压降 V_{cm} ,它与输入电压 V_i 一起加在电路输入端上,将引起附加误差,如图 1-6 所示。

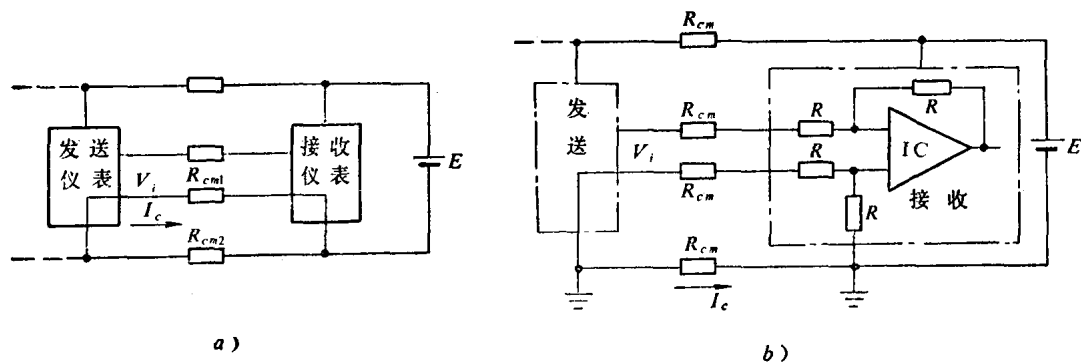


图 1-6

a) 引入 V_{cm} 误差信号示意图 b) 采用差动输入消除 V_{cm} 影响示意图

图 1-6 a 表示仪表中的信号零线与电源线相接时,公用电源回路电流 I_c 引起的电压降 V_{cm} 与信号 V_i 一起加在接收仪表输入端的情况。 V_{cm} 直接成为误差信号,它等于

$$V_{cm} = I_c \frac{R_{cm1} \cdot R_{cm2}}{R_{cm1} + R_{cm2}} \quad (1-5)$$

为了消除 V_{cm} 对输入信号的影响,在所有接收仪表中都采用差动输入电路,如图 1-6 b 所示。输入信号 V_i 作为差动信号加在接收仪表的正负向输入端之间,而信号 $V_{cm} = I_c \cdot R_{cm}$ 作为共模信号加在运放的正负向输入端上,由于一般运放的共模抑制比都很大,因此 V_{cm} 的影响可以消除。

3. 电源后备问题 电源装置提供给整套仪表工作所需的电能,因此必须充分考虑它的可靠性。对电源装置可采取适当的保护性措施,如:在电源线路上加过流、过压、短路等保护电路;几台电源装置并联运行,即使一台电源损坏也不致于影响整个系统的正常供电等。另一个重要方面是考虑电源后备措施,可有两种办法:一是交流两相供电,一相断电,另一相自动切换接上;另一个方法是采用备用蓄电池,一旦 220V 交流失电,将仪表自动切换到备用蓄电池上,使仪表能继续工作一段时间。同时发出报警信号,通知操作人员迅速检修。