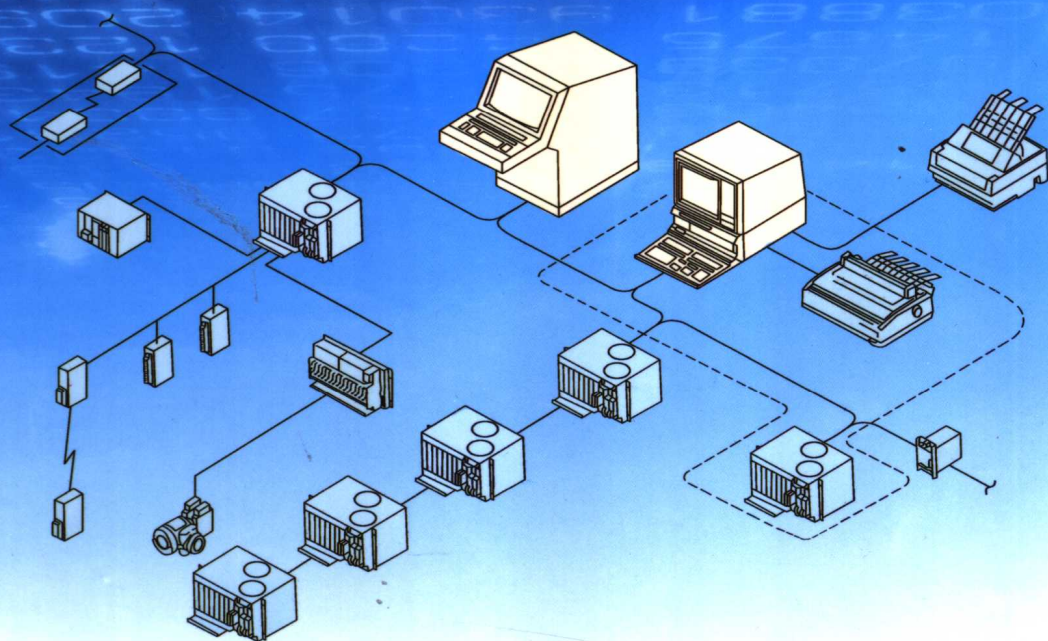


北京市高等教育精品教材

过程控制装置

第二版

张永德 编著



化学工业出版社

北京市高等教育精品教材

过程控制装置

第二版

张永德 编著



化学工业出版社

· 北京 ·

图书在版编目 (CIP) 数据

过程控制装置/张永德编著. —2 版. —北京: 化学工业出版社, 2006. 3
ISBN 7-5025-8317-3

I. 过… II. 张… III. 化工过程-过程控制-控制设备 IV. TQ056. 2

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2006) 第 014239 号

北京市高等教育精品教材

过程控制装置

第二版

张永德 编著

责任编辑: 刘 哲 刘丽宏

责任校对: 李 林

封面设计: 尹琳琳

*

化学工业出版社出版发行

(北京市朝阳区惠新里 3 号 邮政编码 100029)

购书咨询: (010)64982530

(010)64918013

购书传真: (010)64982630

<http://www.cip.com.cn>

*

新华书店北京发行所经销

大厂聚鑫印刷有限责任公司印刷

三河市延风装订厂装订

开本 787mm×1092mm 1/16 印张 22 插页 1 字数 549 千字

2006 年 5 月第 2 版 2006 年 5 月北京第 3 次印刷

ISBN 7-5025-8317-3

定 价: 48.00 元

版权所有 违者必究

该书如有缺页、倒页、脱页者, 本社发行部负责退换

前 言

过程控制装置历经自力式、基地式、单元式、集散式、总线式几个发展阶段，不断创新、不断完善，以满足工业界日新月异的要求。本书作为北京市高等教育精品教材，跟踪国内外过程控制装置的市场变化，围绕基本知识，不断更新教学内容。为造就合格的学生，培养创造性人才贡献出自己的力量。

本书共分六章。第一章总论，第二章模拟式仪表，第三章数字式仪表，第四章集散控制系统，第五章现场总线，第六章气动调节阀。

本书基于过程控制装置的构成原理、结构特点、线路分析、调校使用等重点内容，精选素材、强化基础、突出主干，在《过程控制装置》（第一版）的基础上，原理、结构、应用、操作的内容比例安排更加适中，在技术性、可读性、实用性诸方面具有更大的权重。因此，本书是多年来教学理念和教学实践的积淀，体现一定的特色，特别适合作为大专院校相关专业的教学用书。

本书打破同类教材或纵向系列或横向系列介绍过程控制装置的惯例，强调气动仪表和电动仪表合一、模拟式仪表和数字式仪表合一，萃取精华，压缩学时，同时编入大量 CS3000 集散控制系统的新内容，引入了 CS3000 集散控制系统的应用体会，以适应不断发展的市场新需求。因此，本书具有起点高、信息量大、实用性强的特点，可以作为控制系统设计、运行和维护的工程技术人员参考用书。

鉴于编者水平，书中的不妥之处在所难免，恳请专家和读者批评指正。

编 者
2006 年 3 月

内 容 提 要

本书是北京市高等教育精品教材,从过程控制装置的构成原理、结构特点、线路分析、调校使用等重点内容出发,精选素材,主要介绍模拟式仪表、数字式仪表,集散控制系统、现场总线、气动调节阀等相关内容和知识;引进 CS-3000 集散控制系统的新内容,突出重点,强化基础,理论联系实际,力求系统性和完整性。在每章最后还针对各章内容精选大量习题和思考题,介绍了相关实验指导原则,供广大读者学习参考。

本书可作为大专院校自动化专业和测控技术及仪器专业的教学用书,亦可供从事过程控制系统设计和维护的工程技术人员参考。

目 录

第一章 总论	1
第一节 过程控制装置的分类与发展	2
一、分类	2
二、发展	3
第二节 过程控制装置的信号制和传输方式	4
一、信号制	4
二、传输方式	4
第三节 安全防爆的基本知识	7
一、防爆的基本知识	7
二、安全火花型防爆仪表及防爆系统	8
第四节 调节器的参数	8
一、比例带	9
二、积分时间和积分增益	10
三、微分时间和微分增益	12
四、相互干扰系数	13
习题思考题	14
第二章 模拟式仪表	16
第一节 ICE 调节器	16
一、用途	16
二、概要	16
三、原理	18
第二节 ISB 安全保持器	35
一、用途	35
二、概要	35
三、原理	36
第三节 SRVD 记录仪	39
一、用途	39
二、概要	39
三、原理	40
习题思考题	43
第三章 数字式仪表	45
第一节 SLPC 调节器	45

一、用途	45
二、概要	45
三、原理	49
第二节 SPRG 编程器	91
一、用途	91
二、概要	91
三、原理	92
第三节 SLPC 调节器和 SPRG 编程器的编程实例	94
一、用户程序的设计	95
二、接线、送电、键入主程序和仿真程序	96
三、对输入信号 X_n 标定工程量	97
四、键入可变参数并定标	97
五、对测量值 PV、设定值 SV 的刻度定标	98
六、确定 CNT 方式	98
七、设定动作方式	98
八、设定 PID 整定参数	98
九、试运行	99
十、修改程序	99
十一、写 EPROM	99
十二、打印程序清单	99
十三、断电	100
第四节 YS170 调节器	100
一、用途	100
二、概要	100
三、原理	102
习题思考题	140
实验指导原则	144
第四章 集散控制系统	147
第一节 μ XL 集散控制系统	147
一、构成与特点	147
二、现场控制单元	149
三、操作站	169
第二节 CS3000 集散控制系统	193
一、构成与特点	193
二、现场控制站	195
三、人机界面站	226
四、系统生成	255
习题思考题	267
实验指导原则	269
第五章 现场总线	276

第一节 过程现场总线 PROFIBUS	276
一、基本特性	277
二、过程现场总线-分散外围设备 (PROFIBUS-DP)	278
三、过程现场总线-过程自动化 (PROFIBUS-PA)	279
四、过程现场总线-现场总线信息规范 (PROFIBUS-FMS)	280
五、发展趋势	281
第二节 基金会现场总线 FOUNDATION FIELDBUS	282
一、技术要点	282
二、通信模型	283
三、信息编码	285
四、网络结构	286
习题思考题	287
第六章 气动调节阀	289
第一节 气动调节阀的用途与构成	289
一、气动调节阀的用途	289
二、气动调节阀的构成	289
第二节 阀体部件的特性分析	294
一、阀体部件的流量方程及流量系数	294
二、阀体部件的可调比	296
三、阀体部件的流量特性	298
四、闪蒸、空化及其对策	304
五、压力恢复能力和压力恢复系数	307
第三节 执行机构的特性分析	308
一、不平衡力和不平衡力矩	308
二、执行机构的输出力	310
三、允许压差的计算	312
四、静态特性和动态特性	313
第四节 气动调节阀的选择与计算	315
一、气动调节阀选择	315
二、气动调节阀计算	317
第五节 阀门定位器	331
一、用途	331
二、气动阀门定位器	332
三、SIPART PS 电气阀门定位器	333
习题思考题	334
附录一 气动薄膜调节阀型号编制说明	335
附录二 气动薄膜直通单、双座调节阀基本参数	336
附录三 气体压缩因素图	337
附录四 气动薄膜调节阀流量系数 C 值计算图表	338
参考文献	343

第一章 总 论

生产过程总是在一定的工艺条件下进行的，因此需要对相关的参数进行控制。图 1-1 是一个贮罐液位的手动控制系统。图中 q_{vi} 表示物料的流入量， q_{vo} 表示物料的流出量， L 表示贮罐的液位，1 表示进料阀，2 表示出料阀。稳态时，若单位时间的流入量和流出量相等，贮罐的液位高度恰好维持在生产所要求的液位高度上。假如工况的变化使流出量增加了，将导致贮罐的液位高度下降。为了使贮罐的液位保持在既定的目标上，操作人员必须根据液位的变化情况和生产所要求的液位高度进行比较，作出相应的判断，开大进料阀，使贮罐的液位重新保持在要求的高度上。上述的操作过程依赖完全人工完成，则称之为人工调节。

所谓过程自动化就是采用过程控制装置，部分或全部地取代人，来对生产过程进行自动控制。

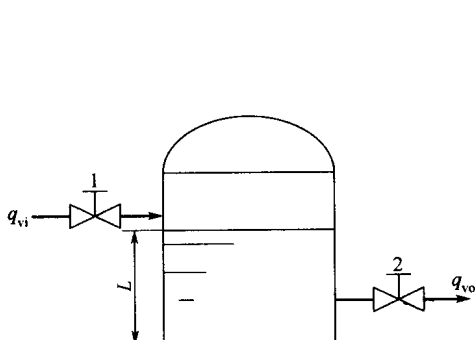


图 1-1 贮罐液位的手动控制系统示意图
1—进料阀；2—出料阀

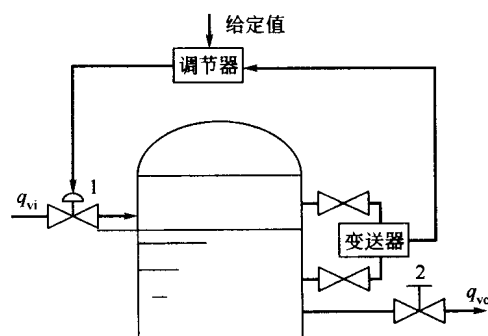


图 1-2 贮罐液位的自动控制系统示意图
1—执行器；2—出料阀

在上例中，只要给贮罐装上变送器、调节器，并把进料阀换成执行器，就可以实现液位的自动控制。如图 1-2 所示。变送器把检测的贮罐液位转换成标准的测量信号（称之为被调参数）送给调节器，调节器把测量信号和给定信号（要求的液位高度）进行比较，其偏差信号经过运算后转换成输出信号，控制执行器去改变贮罐的流入量，从而使贮罐液位保持在要求的高度上，实现了自动控制。

从上述液位控制系统的分析中可以看出，一个自动控制系统一般是由被调对象、变送器、调节器和执行器构成的，其方框图如图 1-3 所示。其中对象是需要调节其工艺参数的生产设备；变送器是检测工艺参数并把它转换成标准统一信号送给调节器；调节器是把变送器送来的测量信号和给定信号进行比较，偏差信号

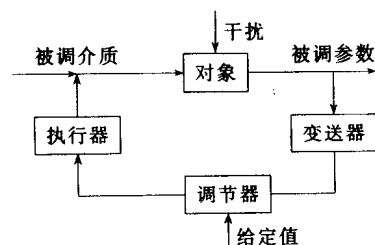


图 1-3 自动控制系统的方框图

按照预先设定好的调节规律进行运算之后，转换成标准统一信号送给执行器；执行器是把调节器的输出信号转换成直线位移或角位移，控制阀门的开度以改变物料的多少。

当然，一个自动控制系统，除了这些基本的控制装置之外，根据需要还可设有显示、转换、计算、辅助、给定装置等。这些形形色色的自动化仪表就是将要介绍的过程控制装置。

第一节 过程控制装置的分类与发展

一、分类

（一）按能源形式分类

可以分为气动仪表、电动仪表、液动仪表和混合式仪表。目前电动仪表使用最为广泛。

气动仪表采用 $1.4 \times 10^2 \text{ kPa}$ 的气压信号作为能源，20 世纪 40 年代起就广泛地用于工业生产，由于它具有结构简单、工作可靠、本安防爆、易于维修等特点，时至今日气动执行器仍在广泛使用。

电动仪表采用交流电源或直流电源作为能源，虽然它只有 40 多年的历史，但是它的许多优点，比如能源选取方便、信号无滞后、易于远距离传输、易于集中显示和操作、便于和计算机联用等，使之获得日新月异的发展。尤其是防爆技术的解决、元器件的更新换代，使电动仪表的应用更加广泛。

（二）按信号形式分类

可以分为模拟式仪表和数字式仪表。目前虽然模拟式仪表和数字式仪表均有使用，但是数字式仪表的使用越来越普遍。

模拟式仪表的传输信号通常为连续变化的模拟量，如气压信号、电压信号、电流信号等，这种仪表大都线路简单、工作可靠、抗高频干扰能力强。由于生产、使用的历史较长，无论是制造者还是使用者都积累了丰富的经验。

数字式仪表的传输信号通常为断续变化的数字量，如脉冲信号，这种仪表功能多样、编程灵活、安全可靠、使用方便，除了具有常规的算法之外，还能实施许多复杂的算法，因此受到越来越广泛的欢迎。

（三）按结构形式分类

可以分为基地式仪表、单元组合式仪表、组装式综合控制装置、集散控制系统和现场总线控制系统。目前集散控制系统和现场总线控制系统的使用非常普遍，是今后发展的主流趋势。

基地式仪表的结构是把测量、指示、记录、调节等均放在一个表壳中，结构简单、价格低廉，比较适用于单参数的就地控制。

单元组合式仪表的结构是根据检测和控制系统中各环节的不同功能和使用要求，将整套仪表划分成若干单元，各单元之间采用统一的标准信号联系，经过不同的搭配，就可以构成各种复杂程度不同的自动检测控制系统。单元组合式仪表通用性强，使用灵活，适用于多种工业参数的检测和控制。

组装式综合控制装置的结构分成两大部分：一是控制柜；二是操作台。控制柜内设有若干组件箱，每个组件箱内又可以插入若干组件板，组件板采用高密度安装，插接方便。由于采用矩阵端子接线方式，所以改装换接非常容易。操作台利用数字逻辑技术、顺序控制技

术、CRT 显示技术进行集中显示和操作，不但缩小了体积，而且改善了人机联系，更加易于操作和监视。组装式综合控制装置以成套装置的形式提供给用户，简化了工程，缩短了安装、调试时间，方便了用户，在化工、电站等部门的自动控制系统中使用较多。

集散控制系统的结构大体分成三部分：过程监测控制装置、人机接口装置、通信网络。它对生产过程采用微处理机进行分散控制，而把全部信息经过通信网络送到人机接口装置上，人机接口装置对各个分散系统进行监控，操作人员通过人机接口装置进行集中监视、操作和管理，便可统观全局进行综合运作。整个装置的特点是功能分散、负荷分散、危险分散，操作集中、显示集中、管理集中。体现出分散和集中的理念。

现场总线控制系统的结构大体分为现场总线和现场总线装置两部分。现场总线是连接现场总线装置和自动化系统的数字式、双向传输多分支结构的通信网络，现场总线装置是包括变送器、执行器、服务器和网桥、辅助装置、监控装置在内的智能型节点装置。现场总线控制系统的通信网络是开放化互联网络，信号的传输全部实现了数字化，系统的结构达到了彻底分散化。现场总线装置具有互操作性，不同厂家的产品可以互联，可以互换，也可以统一组态，在技术和标准上实现了全部开放的原则。

二、发展

过程控制装置经历了自力式、基地式、单元式、集散式和总线式几个发展阶段。就单元组合式而言，又分为Ⅰ型、Ⅱ型、Ⅲ型。生产的发展对过程控制装置不断提出新的需求，促使它向更完善的方向转化。随着工业部门大型、高效率、临界参数的新型生产设备相继涌现，对过程控制装置提出了更高的要求。

(1) 控制功能多样化 按照生产设备运行的要求，不但要有各种反馈控制功能和新的控制策略，如采样、优化、模糊等，而且还要有顺序控制、程序控制和联锁保护。

(2) 系统要易于功能扩展 由于生产工艺的改进，要求自动控制系统能够从简单到复杂逐步改进，以便适应生产工艺的需求，这些都要求过程控制装置能够灵活地构成小、中、大规模不等的控制系统，使之具有良好的扩展性。

(3) 高质量，高可靠性 由于现代化的大型工业设备很多是在临界状态下工作，因此对自动控制系统的可靠性提出了极苛刻的要求。不仅要求过程控制装置本身高质量、高可靠性，而且要求控制系统也应采取严密的监控保护措施。一旦系统发生故障或问题，能够迅速判断症结所在，及时采取有效措施，防止事故进一步扩大。同时应指出故障的发生地点，以便迅速排除。

(4) 操作简单易行 随着大型、高效率、临界工艺设备的出现，自动控制系统越来越庞大复杂，所用的过程控制装置也越来越多，因此增加了操作人员监视和操作的负担，万一出现事故也难于应付。为了改善操作条件，需要将各个领域的最新技术加以综合利用，比如通信技术、CRT 显示技术、程控技术、逻辑技术、自诊断技术等。

(5) 解决系统安装工程问题 仪表制造厂不但要生产单件仪表，而且要针对用户的需求，考虑系统安装工程问题，使整套自动控制系统在制造厂预先安装好，这样既可以减轻设计和安装单位的工作量，又可以缩短基建周期，以减少安装费用。

为了适应上述这些要求，涌现出许多新型的过程控制装置，比如集散控制系统和现场总线控制系统，随着微处理机的质量不断提高，价格不断下降，使集散控制系统和现场总线控制系统得到空前的发展，过程控制装置的这场变革，其深度和广度都将超过历史上的任何一

次，必将创造自动控制的新纪元。

第二节 过程控制装置的信号制和传输方式

自动控制系统中使用的各类过程控制装置，有的安装在现场设备或管道上，比如变送器和执行器；有的安装在控制室，比如调节器、记录仪和运算器等。为了把这些过程控制装置连接起来，构成功能各异的控制系统，在过程控制装置之间应该有一个统一的标准联络信号和适当的传输方式。

一、信号制

所谓信号制是指在成套仪表系列中，各个仪表的输入、输出采用何种统一的联络信号进行传输的问题。目前过程控制装置使用的联络信号一般包括模拟信号、数字信号、频率信号和脉宽信号。就模拟信号而言，气动模拟信号在国际上统一采用 $(0.2 \sim 1.0) \times 10^2 \text{ kPa}$ 联络信号，如国产的 DDZ-II 型气动单元组合仪表就采用这种信号制。电动模拟信号在国际上统一采用 $4 \sim 20 \text{ mA}$ 的直流电流信号， $1 \sim 5 \text{ V}$ 的直流电压信号作为联络信号，如日产的 I 系列电动单元组合仪表就采用这种信号制。

本书介绍的过程控制装置所用的联络信号，主要是模拟信号和数字信号，而模拟信号中尤以电动模拟信号应用较为广泛，因此本节侧重介绍电动模拟信号。

电动模拟信号有直流和交流两种，由于直流信号不受交流感应的影响，不受线路的电感、电容及负载的影响，不存在相移等问题，因此世界各国大都以直流信号作为统一的联络信号。

从信号的取值范围来看，下限可以是零，也可以是某一值。上限可以较低，也可以较高。取值的范围应从仪表的性能和经济性全盘考虑确定。

不同的过程控制装置，所取的信号上、下限值是不同的。例如 DDZ-II 型电动单元组合仪表采用 $0 \sim 10 \text{ mA}$ 直流电流信号作为统一联络信号，DDZ-III 型电动单元组合仪表采用 $4 \sim 20 \text{ mA}$ 直流电流信号和 $1 \sim 5 \text{ V}$ 直流电压信号作为统一联络信号，组装式综合控制装置采用 $0 \sim 10 \text{ V}$ 直流电压信号作为统一的联络信号。

信号下限从零开始，便于模拟量的加、减、乘、除、开方等数学运算，也可以使用通用刻度的指示、记录装置。信号下限从某一值开始，表明电气零点和机械零点分开，便于检验信号传输线有无断线及装置是否断电，同时为制作两线制变送器提供了条件。

信号上限高一点，可以产生较大的电磁力，有利于某些过程控制装置（力平衡变送器）的设计制造；但是上限值过大，在传输导线中的功率损耗增大，导致装置的电源变压器加大，造成装置的体积增加。信号上限高一点，对于使用集成运算放大器的某些过程控制装置，可以降低对集成运算放大器失调参数的要求，有利于装置的生产和成本的降低，但是上限值过大，对集成运算放大器的输出幅度和共模电压范围的要求也相应地增加。

二、传输方式

（一）电流信号传输

应用直流电流作为传输联络信号时，若一台发送仪表的输出电流要同时传送给几台接收

仪表时,所有这些仪表必须串联连接,如图 1-4 所示。图中 R_o 为发送仪表的输出阻抗, R_{cm} 为连接导线的电阻, R_i 为接收仪表的输入阻抗。在实际使用中,导线长度及接收仪表的台数是随着使用条件在一定范围内变化的,因此负载电阻也是个变量。当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。因此要求发送仪表具有“恒流特性”(负载电阻在一定的范围内变化时,输出电流基本不变的特性称为恒流特性)。

直流电流的传输误差

$$\begin{aligned}\epsilon &= \frac{I_o - I_i}{I_o} \\ &= \frac{I_o - \frac{R_o I_o}{R_o + R_{cm} + nR_i}}{I_o} \times 100\% \\ &= \frac{R_{cm} + nR_i}{R_o + R_{cm} + nR_i} \times 100\% \quad (1-1)\end{aligned}$$

式中 n ——接收仪表的台数。

由式 (1-1) 可见,为了保证传输误差在允许的范围内,要求 $R_o \gg R_{cm} + nR_i$, 因此

$$\epsilon \approx \frac{R_{cm} + nR_i}{R_o} \times 100\% \quad (1-2)$$

R_i 和 R_o 可根据允许误差和经济技术指标来确定。为了保证传输信号在 3~5km 内不受影响,考虑到一台发送仪表的输出电流应同时送给几台接收仪表,要求它的输出阻抗 R_o 要足够大,而接收仪表的输入阻抗 R_i 应尽量小。

上述分析表明:传输信号采用直流电流时发送仪表的输出阻抗很高,相当于一台恒流源,传输导线长度在一定范围内变化时仍可保证精度。因此直流电流信号适于远距离传输。

电流信号传输还有以下特点:

① 直流电流经过电阻很容易转换成直流电压,这就为要求直流电压输入的过程控制装置提供了方便;

② 直流电流与磁场作用产生机械力容易,这为设计某些过程控制装置创造了条件;

③ 由于串联工作,当一台过程控制装置出现故障时,将影响其他装置的正常工作。

(二) 电压信号传输

应用直流电压作为传输联络信号时,若一台发送仪表的输出电压要同时传送给几台接收仪表时,所有这些仪表必须并联

连接,如图 1-5 所示。在并联连接时,由于接收仪表的输入阻抗 R_i 不可能无限大,信号电压 U_o 将在发送仪表输出阻抗 R_o 及连接导线电阻 R_{cm} 上损失一部分电压 ΔU , 从而造成直流电压信号的传输误差

$$\begin{aligned}\epsilon &= \frac{\Delta U}{U_o} \times 100\% \\ &= \frac{U_o - U_i}{U_o} \times 100\%\end{aligned}$$

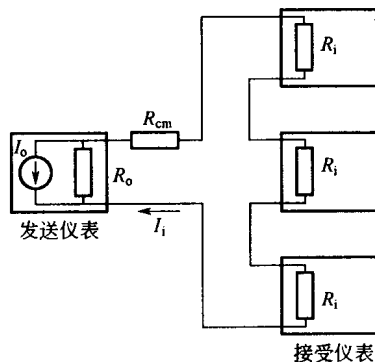


图 1-4 直流电流信号传输时
仪表之间的连接

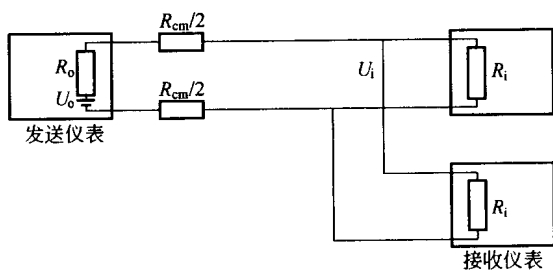


图 1-5 直流电压信号传输时仪表之间的连接

$$\begin{aligned}
 & U_o - \frac{\frac{U_o R_i}{n}}{R_o + R_{cm} + \frac{R_i}{n}} \\
 &= \frac{U_o}{R_o + R_{cm} + \frac{R_i}{n}} \times 100\% \\
 &= \frac{R_o + R_{cm}}{R_o + R_{cm} + \frac{R_i}{n}} \times 100\%
 \end{aligned} \tag{1-3}$$

为了减少传输误差，一般要求 $\frac{R_i}{n} \gg R_o + R_{cm}$ ，因此

$$\epsilon \approx \frac{n(R_o + R_{cm})}{R_i} \times 100\% \tag{1-4}$$

由式 (1-4) 可见，接收仪表的输入阻抗 R_i 越大，误差越小。并联仪表的数量越多，则总的输入阻抗就越小，误差就越大。因此必须对并联仪表的数量进行限制。为了减少传输误差，要求发送仪表的输出阻抗 R_o 和连接导线电阻 R_{cm} 应尽量小。当远距离传输电压信号时，连接导线电阻 R_{cm} 势必增大，从而对接收仪表的输入阻抗 R_i 提出过高的要求，而输入阻抗过高易于引入干扰。因此直流电压信号不适于远距离传输。

电压信号传输还有以下特点：

- ① 由于并联工作，取消或补入一台过程控制装置不会影响其他装置的正常工作；
- ② 对过程控制装置输出级的耐压要求可以降低，从而提高了装置的可靠性。

(三) 变送器与控制室装置之间的信号传输

变送器是现场仪表，其输出信号送到控制室，而它的供电又来自控制室。变送器的信号传输和供电方式有以下两种。

1. 四线制传输

供电电源和输出信号分别由两根导线传输，如图 1-6 所示。图中的变送器为四线制变送器。以前使用的变送器大多数是这种形式。在这种传输方式中，若变送器的一个输出端与电源的负端相连，就成了三线制传输。

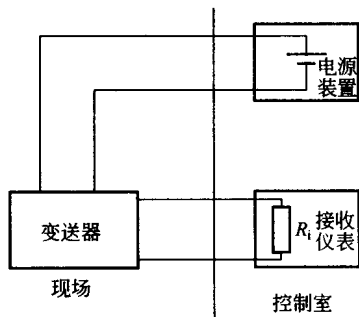


图 1-6 变送器的四线制传输

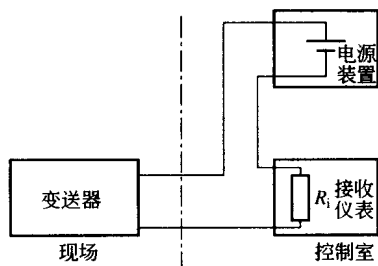


图 1-7 变送器的两线制传输

2. 两线制传输

电源线和信号线公用两根导线传输，如图 1-7 所示。图中的变送器为两线制变送器。目前使用的变送器大多采用这种形式。使用两线制变送器不仅可以节省大量电缆和安装费用，而且又便于安全防爆。因此得到较快的发展。

第三节 安全防爆的基本知识

一、防爆的基本知识

自燃物质、助燃物质和激发能量三者称为爆炸三要素。而自燃物质和助燃物质合在一起称为爆炸性混合物。

在石油、化工等工业部门中，生产过程现场往往含有甲烷、乙烷、氢、氧等易燃易爆的气体。这些可燃性气体是自燃物质，空气中的氧是助燃物质，它们按一定比例混合后就形成爆炸性混合物。含有爆炸性混合物的生产过程现场一般称为危险场所，其危险程度可分为三类：

第一类危险场所，即含有可燃性气体或蒸汽的爆炸性混合物的场所，称为 Q 类危险场所；

第二类危险场所，即含有可燃性粉尘或纤维混合物的场所，称为 G 类危险场所；

第三类危险场所，即火灾危险场所，称为 H 类危险场所。

第一类危险场所又根据其危险程度的不同，分为如下三级：

Q-1 级是在正常情况下能形成爆炸性混合物的场所；

Q-2 级是在正常情况下不能形成爆炸性混合物，仅在不正常情况下才能形成爆炸性混合物的场所；

Q-3 级是在不正常情况下，只能在局部地区形成爆炸性混合物的场所。

目前过程控制装置的防爆都是针对第一类危险场所而设计的。

根据我国电力设计技术规范的规定，装置的防爆结构可分为 6 大类：

安全型 符号用 A 表示；

隔离型 符号用 B 表示；

充油型 符号用 C 表示；

通风充气型 符号用 F 表示；

安全火花型（本质安全型） 符号用 H 表示；

特殊型 符号用 T 表示。

过程控制装置使用的防爆结构主要是隔离型和安全火花型。

隔离型防爆结构是把过程控制装置的电路和接线端子全部放在隔爆表壳内，表壳的强度要足够大，表壳接合面间隙要足够深，而最大间隙宽度要足够窄。即使过程控制装置因事故产生火花，造成表壳内部爆炸时，也不会引起装置外部的爆炸性混合物爆炸。

具有隔离型防爆结构的过程控制装置可用在 Q-2 级和 Q-3 级的场合，在过程控制装置安装及维护正常情况下，它是安全的，倘若装置揭开表壳时，它就失去防爆性能。因此在通电运行的情况下不能打开表壳进行检修和调整。对于含有氢、乙炔和二硫化碳的过程现场，不宜采用隔离型防爆结构。其原因是这些气体所要求的隔爆表壳在机械加工上有困难，即使解决了机械加工方面的问题，装置在长时间使用后，由于磨损，也很难长期保持要求的间隙，因而会逐渐丧失防爆能力。这些都是具有隔离型防爆结构的过程控制装置的弱点。

安全火花型防爆结构是指在正常状态或事故状态下所产生的火花及达到的温度均不能引起爆炸性混合物爆炸的一种防爆类型。正常状态是指电器设备在设计规定条件下的工作状态，在电路的正常断开和闭合时也有可能产生火花。事故状态是指发生短路、断路、接地及电源故障等情况。

安全火花型防爆结构的装置（从原理上讲）可用于一切危险场所，适用于所有的爆炸性

混合物，其安全性能也不随时间而变化，维护检修方便，可在运行状态下进行调整和维修。

二、安全火花型防爆仪表及防爆系统

在 DDZ-III 电动单元组合仪表中属于安全火花型防爆仪表的装置有差压变送器、温度变送器、电气转换器、电气阀门定位器、安全保持器等。

在安全火花型防爆装置中，有两种性质的电路：一种是安全火花电路，这种电路严格依照国家防爆规程进行设计；另一种是非安全火花电路，即一般电路。当两种电路处于同一块印刷电路板或者在同一壳体时，必须采取严格有效的措施防止两者接触。

用过程控制装置组成控制系统时有两种情况：一种是如图 1-8 所示的非安全火花型防爆系统，另一种是如图 1-9 所示的安全火花型防爆系统。

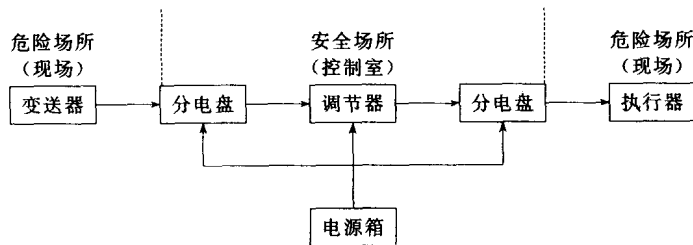


图 1-8 非安全火花型防爆系统

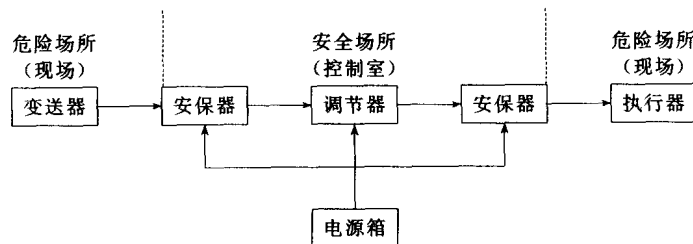


图 1-9 安全火花型防爆系统

在图 1-8 中，虽然在危险场所使用了安全火花型防爆装置，但是没有安全保持器对危险场所和安全场所实行有效的隔离，而是采用分电盘代替，分电盘只能起信号隔离作用，不能限压、限流。所以构成的系统不是安全火花防爆系统。在图 1-9 中不仅在危险场所使用了安全火花型防爆装置，而且在危险场所和安全场所的仪表之间使用了安全保持器，使安全保持器至危险场所一侧为安全火花电路，而安全保持器至安全场所一侧为非安全火花电路，这就构成了安全火花型防爆系统。电路之所以产生这种质的变化，是设置了安全保持器。所以说安全保持器是构成安全火花型防爆系统的关键。

第四节 调节器的参数

调节器的输入信号是指测量信号 X_i 和给定信号 X_s 比较的偏差信号，用 ΔX 表示

$$\Delta X = X_i - X_s$$

调节器的输出信号是指调节器接受偏差信号 ΔX 之后产生的输出的变化量，用 ΔY 表示。习惯上， $\Delta X > 0$ ，称为正偏差， $\Delta X < 0$ ，称为负偏差。 ΔX 增加， ΔY 增加，称为正作用调节

器。 ΔX 增加, ΔY 减少, 称为反作用调节器。

调节器的输入信号和输出信号可能是电信号, 也可能是气信号, 还可能是其他物理量。为了采用通式来表达它们的特性, 输入信号和输出信号均用相对变化量来表示。调节器的输入信号为偏差信号与测量信号范围的比值, 输出信号为输出变化量与输出信号范围的比值, 即

$$x = \frac{\Delta X}{X_{i \max} - X_{i \min}}$$

$$y = \frac{\Delta Y}{Y_{\max} - Y_{\min}}$$

式中 x ——用相对变化量表示的调节器的输入信号;

y ——用相对变化量表示的调节器的输出信号;

$X_{i \max} - X_{i \min}$ ——测量信号的范围;

$Y_{\max} - Y_{\min}$ ——输出信号的范围。

一、比例带

比例调节器输出信号和输入信号之间的关系表示为

$$y = K_P x \quad (1-5)$$

式中 K_P ——比例增益。

比例调节器在阶跃输入信号作用下的输出响应曲线如图 1-10 所示。从图中可以看出, 比例调节器的特点是响应速度快, 调节动作及时迅速。但是控制系统中只用比例调节器将会产生余差。余差是指调节过程终止时, 测量信号和给定信号之差。

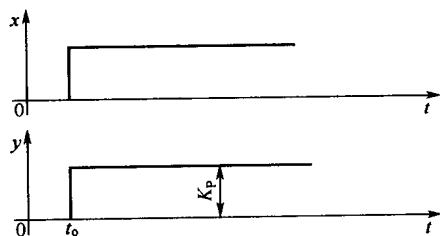


图 1-10 比例调节器的阶跃响应曲线

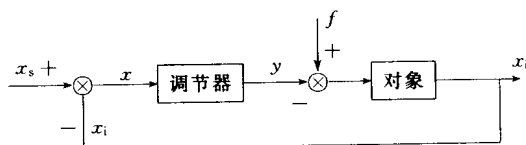


图 1-11 定值控制系统的方框图

余差的出现来自比例调节器的自身特性, 参见图 1-11。 $x_s = \frac{X_s}{X_{s \max} - X_{s \min}}$ 是用相对变化量表示的给定信号, $x_i = \frac{X_i}{X_{i \max} - X_{i \min}}$ 是用相对变化量表示的测量信号, f 是扰动信号。

假设系统初始处于平衡状态, 且 $x_i = x_s$, 由于扰动的作用, 使测量信号发生变化。如 f 使 x_i 增加, 则 $x_i > x_s$, 偏差 x 送入调节器, 经比例运算后输出 y , 它与扰动 f 作用相反, 因此使偏差 x 减少。由于输出 y 与偏差 x 有一一对应的关系, 要输出一定的 y 去克服扰动 f 的影响, 需要相应的偏差 x 存在。所以比例调节器在调节过程终止时, 必然存在偏差, 即余差。扰动越大, 要求补偿它的影响的输出值也越大, 余差就越大。系统最大的余差出现在输出信号 $y = 100\%$, 即

$$x_{\max} = \frac{y_{\max}}{K_P} = \frac{1}{K_P} = \epsilon \% \quad (1-6)$$