

GAODENGXUEXIAOJIAOCAI

高等学校教材



控制仪表及装置

吴勤勤 主编 王士杰 审定



化学工业出版社

高等学校教材

控制仪表及装置

吴勤勤 主编

王士杰 审定

化学工业出版社

·北京·

(京)新登字 039 号

图书在版编目(CIP)数据

控制仪表及装置/吴勤勤主编. -北京:化学工业出版社,1996.12(2000.4重印)
高等学校教材
ISBN 7-5025-1788-X

I. 控… II. 吴… III. 自动控制设备-仪表 IV. TP23

中国版本图书馆 CIP 数据核字(96)第 18911 号

高等学校教材

控制仪表及装置

吴勤勤 主编

责任编辑:王丽娜 徐进峰

责任校对:顾新华

封面设计:郑小红

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)

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

新华书店北京发行所经销

北京云浩印制厂印刷

三河市前程装订厂装订

开本 787×1092 毫米 1/32 印张 21 1/4 插页 1 字数 541 千字

1997 年 3 月第 1 版 2000 年 4 月北京第 2 次印刷

印 数:6001—9000

ISBN 7-5025-1788-X/G·454

定 价:24.00 元

版权所有 盗印必究

凡购买化工版的图书,如有缺页、倒页、脱页者,请与本社发行部退换。

前 言

本书是在1990年出版的高等学校教材《电动控制仪表及装置》基础上,根据1995年化学工业部人事教育司下达的高等学校教材编审任务所制订的教材大纲修订的。

《控制仪表及装置》共分两篇。第一篇为模拟式控制仪表及装置,主要阐述模拟调节器、变送器、运算器、执行器和模拟仪表的应用;第二篇为数字式控制仪表及装置,主要阐述可编程调节器、可编程控制器、智能变送器和集散控制系统。本书对1990年版教材作了适当的增删,删除过时的内容,补充了气动仪表知识,新增了有代表性的新型仪表及装置,以满足自动化和仪表类专业的教学要求。

本教材强调仪表的构成原理和分析方法,突出重点、注重理论联系实际,并力求在内容上反映自动化仪表的先进水平。

修订工作由吴勤勤负责。参加教材修订的有吴勤勤(概论、第一章第一节、第二章、第四章第二节、第五、六、七章),张雪申(第四章第一节、第八章),周振环(第一章第二、三节、第三章)。此外季建华参加了教材的整理工作。

全书由中国纺织大学王士杰教授审阅。在本书修订过程中,上海工业自动化仪表研究所、上海调节器厂、四川仪表总厂、霍尼韦尔公司和费希尔-罗斯蒙特公司上海办事处等单位提供了部分资料。修订工作还得到了中国仪器仪表学会过程检测控制仪表学会(吴斌昌、彭瑜等高级工程师)的关心和支持。对此谨致以深切的谢意。

由于编者水平有限,时间仓促,书中难免存在缺点和错误,恳请读者批评指正。

编 者

1996年4月

内 容 提 要

《控制仪表及装置》是高等院校自动化专业及工业自动化仪表专业的一门教材。本书详细介绍模拟式控制仪表及装置(模拟调节器、变送器、运算器、执行器等)和数字式控制仪表及装置(可编程调节器、可编程控制器、智能变送器、集散控制系统等)的构成、原理、结构、功能和使用方法。此外,书后还附有思考题和习题,供读者学习时参考。

本书除作大专院校及工矿企业职业教育的专业教材外,也可供工程技术人员阅读。

目 录

概论	1
第一节 控制仪表与控制系统	1
第二节 控制仪表及装置的分类	1
第三节 信号制和传输方式	3
第四节 安全防爆的基本知识和防爆措施	5

第一篇 模拟式控制仪表及装置

第一章 模拟调节器	10
第一节 调节器的运算规律和构成方式	10
一、概述	10
二、PID 调节器的运算规律	11
三、PID 调节器的构成	16
第二节 基型调节器	18
一、概述	18
二、输入电路	20
三、PD 电路	21
四、PI 电路	23
五、PID 电路传递函数	25
六、输出电路	26
七、手动操作电路	27
八、指示电路	29
第三节 特种调节器和附加单元	31
一、特种调节器	31
二、附加单元	36
第二章 变送器和转换器	39
第一节 变送器的构成	39
一、构成原理	39
二、量程调整、零点调整和零点迁移	40
第二节 差压变送器	41
一、力平衡式差压变送器	41
二、电容式差压变送器	50
三、扩散硅式差压变送器	59
第三节 温度变送器	60
一、四线制温度变送器	60
二、两线制温度变送器	76

第四节 电/气转换器	77
一、概述	77
二、气动仪表的基本元件	77
三、电/气转换器工作原理	79
第三章 运算器和积算器	81
第一节 乘除器	81
一、概述	81
二、工作原理	83
三、线路分析	85
四、运算系数的讨论	90
第二节 开方器	93
一、概述	93
二、工作原理	94
三、线路分析	95
第三节 比例积算器	98
一、概述	98
二、工作原理	99
三、线路分析	100
第四章 执行器及模拟控制仪表的应用	106
第一节 执行器	106
一、电动执行机构	106
二、气动执行机构	116
三、调节机构	120
四、执行器的选型	135
第二节 模拟控制仪表的应用	138
一、控制方案的拟定与仪表选择	138
二、控制系统构成举例	139
三、仪表静态配合系数的确定	141
第二篇 数字式控制仪表及装置	
第五章 可编程调节器	146
第一节 概述	146
一、可编程调节器的特点	146
二、基本构成	147
第二节 KMM 可编程调节器	153
一、组成	154
二、功能	156
三、编程方法和仪表投入	173
四、应用举例	181
第三节 SLPC 可编程调节器	187

一、程序结构和流程	188
二、功能	189
三、编程举例	200
第六章 可编程控制器	203
第一节 概述	203
一、可编程控制器的特点	203
二、基本构成和工作过程	203
三、编程语言	204
第二节 FX 系列可编程控制器	205
一、组成	206
二、PC 指令和编程方法	212
三、应用举例	239
第三节 S5 系列可编程控制器	242
一、组成	243
二、编程语言和程序结构	243
三、编程举例	249
第七章 智能变送器	251
第一节 概述	251
一、智能变送器的特点及组成	251
二、现场总线概况	251
第二节 智能差压变送器	252
一、ST3000 差压变送器	252
二、3051C 差压变送器	254
第三节 智能温度变送器	255
一、工作原理	256
二、通信和组态	256
第八章 集散控制系统	257
第一节 集散控制系统的基本构成	257
一、概述	257
二、基本构成	259
第二节 TDC-3000 集散系统	263
一、TDC-3000 系统概貌	263
二、基本控制器	269
三、多功能控制器和先进多功能控制器	286
四、过程管理器和逻辑管理器	298
五、无中断自动控制系统	306
六、过程接口单元	312
七、通信系统	315
八、操作站	319
第三节 集散系统可靠性	329

一、系统可靠性指标	329
二、提高系统利用率的措施	330
思考题与习题	332
附录 本书主要符号说明	336
主要参考资料	337

概 论

第一节 控制仪表与控制系统

控制仪表是实现生产过程自动化的重要技术工具。在自动控制系统中,检测仪表将被控参数转换成测量信号后,除了送显示仪表进行指示和记录外,还需送控制仪表,以便控制生产过程的正常进行,使被控参数达到预期的要求。

这里所指的**控制仪表**包括:在自动控制系统中广泛使用的**调节器、变送器、运算器、执行器**等,以及**新型控制仪表及装置**。

图 0-1 表示了由控制仪表与控制对象组成的简单控制系统。图中控制对象代表生产过程中的某个环节,控制对象输出的是被控参数,如压力、流量、温度等工艺参数。这些被控参数首先由检测元件变换为易于传递的物理量,再经变送器转换成相应的电信号。该信号送到调节器中,与给定值相比较。调节器按照比较后得出的偏差,以一定的调节规律发出控制信号,控制执行器的动作,改变被控介质物料或能量的大小,直至被控参数与给定值相等为止。

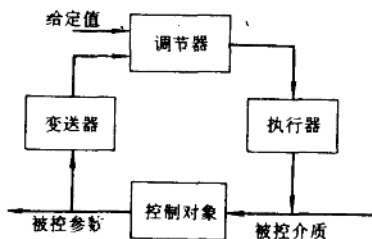


图 0-1 由控制仪表与控制对象组成的简单控制系统方框图

一个控制系统除了图中表示的几种控制仪表以外,还可根据需要设置转换器、运算器、操作器、显示装置和各种仪表系统,以完成复杂的控制任务。

第二节 控制仪表及装置的分类

控制仪表及装置可按能源形式、信号类型和结构形式来分类。

一、按能源形式分类

可分为气动、电动、液动等几类。工业上通常使用气动控制仪表和电动控制仪表。

气动控制仪表的发展和已有数十年的历史,20 世纪 40 年代起就已广泛应用于工业生产。它的特点是结构简单、性能稳定、可靠性高、价格便宜,且在本质上是安全防爆的,特别适用于石油、化工等有爆炸危险的场所。

电动控制仪表的出现要晚些,但由于其信号传输、放大、变换处理比气动仪表容易得多,又便于实现远距离监视和操作,还易于与计算机等现代化技术工具联用,因而这类仪表的应用更为广泛。电动控制仪表的防爆问题,由于采取了安全火花防爆措施,也得到了很好的解决,它同样能应用于易燃易爆的危险场所。鉴于电动控制仪表及装置的迅速发展与大量使用,本教材予以重点介绍。

二、按信号类型分类

可分为模拟式和数字式两大类。

模拟式控制仪表的传输信号通常为连续变化的模拟量。这类仪表线路较简单,操作方便。

价格较低,在我国已经历多次升级换代,在设计、制造、使用上均有较成熟的经验。长期以来,它广泛地应用于各工业部门。

数字式控制仪表的传输信号通常为断续变化的数字量。近二十年来,随着微电子技术和计算机技术的迅速发展,数字式控制仪表和新型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。这些仪表和装置是以微型计算机为核心,其功能完善,性能优越,它能解决模拟式仪表难以解决的问题,满足现代化生产过程的高质量控制要求。

三、按结构形式分类

可分为基地式控制仪表、单元组合式控制仪表、组装式综合控制装置以及集散控制系统。

基地式控制仪表是以指示、记录仪表为主体,附加控制机构而组成。它不仅能对某参数进行指示或记录,还具有控制功能。基地式仪表一般结构比较简单,常用于单机自动化系统。

单元组合式控制仪表是根据控制系统中各个组成环节的不同功能和使用要求,将整套仪表划分成能独立实现某种功能的若干单元,各单元之间用统一的标准信号来联系。将这些单元进行不同的组合,可构成多种多样的、复杂程度各异的自动检测和控制系統。

电动单元组合仪表用 DDZ 表示,气动单元组合仪表用 QDZ 表示。它们使用灵活,通用性强,适用于中、小型企业的自动化系统。

我国生产的单元组合仪表经历了 I 型、II 型、III 型三个发展阶段,经过不断改进,其性能已日臻完善。以后又在此基础上推出了新型数字化的 DDZ-S 系列仪表。这套仪表将模拟技术和数字技术相结合,并以数字技术为主,是一种比较先进的控制仪表。

组装式电子综合控制装置是在单元组合式仪表的基础上发展起来的一种功能分离、结构组件化的成套仪表装置。它包括控制机柜和显示操作盘两部分,控制机柜内设有若干组件箱,组件箱中插入若干组件板,且采用高密度安装,结构十分紧凑。工作人员利用屏幕显示、操作装置实现对生产过程的集中显示和操作,从而改善了人-机联系,便于监控和管理。

组装式综合控制装置以成套设备形式提供给用户,使自控系统的现场施工设计、系统安装和调试工作量显著减少,缩短了安装投运时间,方便了用户。

集散控制系统是以微型计算机为核心,在控制技术(Control)、计算机技术(Computer)、通信技术(Communication)、屏幕显示技术(CRT)等四“C”技术迅速发展的基础上研制成的一种新型控制装置。它的特点是分散控制、集中管理。

“分散”指的是由多台专用微机(例如集散控制系统中的基本控制器或其他现场级数字式控制仪表)分散地控制各个回路,这可使系统运行安全可靠。将各台专用微机或现场级控制仪表用通信电缆同上一级计算机和显示、操作装置相连,便组成分散控制系统。

“集中”则是集中监视、集中操作和管理整个生产过程。这些功能由上一级的监控、管理计算机和显示操作站来完成。

十余年来,由于各种高技术的飞速发展,使得集散控制系统不断改进和完善。各厂家纷纷推出功能繁多、系列齐全、配接灵活、扩展方便的开放型控制系统,并在实际应用中取得了明显的社会效益和经济效益。

在工业上使用较多的现场级数字控制仪表有可编程调节器和可编程控制器。可编程调节器的外形结构、面板布置保留了模拟式仪表的一些特征,但其运算、控制功能更为丰富,通过组态可完成各种运算处理和复杂控制。可编程控制器以开关量控制为主,也可实现对模拟量的控制,并具备反馈控制功能和数据处理能力。这两类控制仪表均有通信接口,可和计算机配合使用,以构成不同规模的分级控制系统。

从 20 世纪 80 年代开始,我国陆续引进了国外先进的集散控制系统,并首先应用于大型企业。同时,国内的一些研究、制造单位也着手开发了中、小规模集散控制系统。这些系统正在推广使用,以便积累经验,扩大应用范围。

第三节 信号制和传输方式

一、信号制

信号制(或信号标准)是指在成套仪表系列中,仪表之间采用何种统一联络信号来进行信号传输的问题。

采用统一的联络信号,不仅可使同一系列的各类仪表组成系统,而且还可通过各种转换器,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,由于各种参数被转换为统一信号,因此各类仪表同工业控制机等先进技术工具配合使用,也较为方便。

(一)联络信号的类型

控制仪表和装置常使用以下几种联络信号:

对于气动控制仪表,国际上已统一使用 20~100kPa 气压信号,作为仪表之间的联络信号。

对于电动控制仪表,其联络信号常见的有模拟信号、数字信号、频率信号等。

模拟信号和数字信号是自动化仪表及装置所采用的主要联络信号。本节着重讨论电模拟信号,数字信号将在集散控制系统章节中另作说明。

(二)电模拟信号制的确定

电模拟信号有交流和直流两种。由于直流信号具有不受线路中电感、电容及负载性质的影响,不存在相移问题等优点,故世界各国都以直流电流或直流电压作为统一联络信号。

从信号取值范围看,下限值可以从零开始,也可以从某一确定的数值开始;上限值可以较低,也可以较高。取值范围的确定,应从仪表的性能和经济性作全面考虑。

不同的仪表系列,所取信号的上、下限值是不同的。例如 DDZ-Ⅰ型仪表采用 0~10mA 直流电流作为统一联络信号;DDZ-Ⅱ型仪表采用 4~20mA 直流电流和 1~5V 直流电压作为统一联络信号;有些仪表则采用 0~5V 或 0~10V 直流电压作为联络信号,并在装置中考虑了电压信号与电流信号的相互转换问题。

信号下限从零开始,便于模拟量的加、减、乘、除、开方等数学运算和使用通用刻度的指示、记录仪表;信号下限从某一确定值开始,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,并为现场变送器实现两线制提供了可能性。

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

在对各种电模拟信号作了综合比较之后,国际电工委员会(IEC)将电流信号 4~20mA(DC)和电压信号 1~5V(DC),确定为过程控制系统电模拟信号的统一标准。

二、电信号传输方式

(一)模拟信号的传输

信号传输指的是电流信号和电压信号的传输。电流信号传输时,仪表是串联连接的;而电压信号传输时,仪表是并联连接的。

1. 电流信号传输

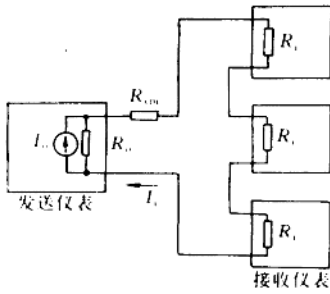


图 0-2 电流信号传输时
仪表之间的连接

如图 0-2 所示,一台发送仪表的输出电流同时传输给几台接收仪表,所有这些仪表应当串联。DDZ-Ⅱ 仪表即属于这种传输方式。图中, R_0 为发送仪表的输出电阻。 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(假定接收仪表的输入电阻均为 R_i)。由 R_{cm} 和 R_i 组成发送仪表的负载电阻。

由于发送仪表的输出电阻 R_0 不可能是无限大,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。

电流信号的传输误差可用公式表示为

$$\epsilon = \frac{I_0 - I_i}{I_0} = \frac{I_0 - \frac{R_0}{R_0 + (R_{cm} + nR_i)} \cdot I_0}{I_0} = \frac{R_{cm} + nR_i}{R_0 + R_{cm} + nR_i} \times 100\% \quad (0-1)$$

式中 n 为接收仪表的个数。

为保证传输误差 ϵ 在允许范围之内,应要求 $R_0 \gg R_{cm} + nR_i$, 故有

$$\epsilon \approx \frac{R_{cm} + nR_i}{R_0} \times 100\% \quad (0-2)$$

由式(0-2)可见,为减小传输误差,要求发送仪表的 R_0 足够大,而接收仪表的 R_i 及导线电阻 R_{cm} 应比较小。

实际上,发送仪表的输出电阻均很大,相当于一个恒流源,连接导线的长度在一定范围内变化时,仍能保证信号的传输精度。因此电流信号适于远距离传输。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,从电阻两端引出电压,供给接收仪表,所以电流信号应用也较灵活。

电流传输也有不足之处。由于接收仪表是串联工作的,当一台仪表出故障时,将影响其他仪表的工作。而且各台接收仪表一般皆应浮空工作。若要使各台仪表皆有自己的接地点,则应在仪表的输入、输出之间采取直流隔离措施。这就对仪表的设计和应用在技术上提出了更高的要求。

2. 电压信号传输

一台发送仪表的输出电压要同时传输给几台接收仪表时,这些接收仪表应当并联,如图 0-3 所示。DDZ-Ⅲ 型仪表即属于这种传输方式。

由于接收仪表的输入电阻 R_i 不是无限大,信号电压 V_0 将在发送仪表内阻 R_0 及导线电阻 R_{cm} 上产生一部分电压降,从而造成传输误差。

电压信号的传输误差可用如下公式表示:

$$\epsilon = \frac{V_0 - V_i}{V_0} = \frac{V_0 - \frac{R_i}{n} \cdot V_0}{V_0} = \frac{R_0 + R_{cm} + \frac{R_i}{n}}{R_0 + R_{cm} + \frac{R_i}{n}} \times 100\% \quad (0-3)$$

为减小传输误差 ϵ , 应满足 $\frac{R_i}{n} \gg R_0 + R_{cm}$, 故有

$$\epsilon \approx n \cdot \frac{R_0 + R_{cm}}{R_i} \times 100\% \quad (0-4)$$

式中 n 为接收仪表的个数。

由式(0-4)可见,为减小传输误差,应使发送仪表内阻 R_s 及导线电阻 R_{cm} 尽量小,同时要求接收仪表的输入电阻 R_i 大些。

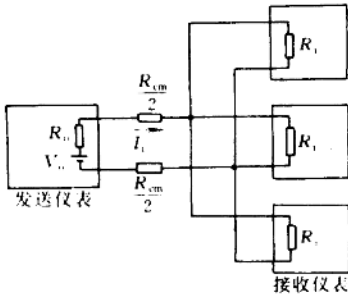


图 0-3 电压信号传输时仪表之间的连接

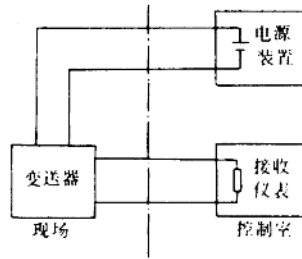


图 0-4 四线制传输

因接收仪表是并联连接的,增加或取消某个仪表不会影响其他仪表的工作,而且这些仪表也可设置公共接地点,因此在设计安装上比较简单。但并联连接的各接收仪表,输入电阻皆较高,易于引入干扰,故电压信号不适于作远距离传输。

(二) 变送器与控制室仪表间的信号传输

变送器是现场仪表,其输出信号送至控制室中,而它的供电又来自控制室。变送器的信号传送和供电方式通常有如下两种:

1. 四线制传输

供电电源和输出信号分别用两根导线传输,如图 0-4 所示。图中的变送器称为四线制变送器。目前使用的大多数变送器均是这种形式。由于电源与信号分别传送,因此对电流信号的零点及元器件的功耗无严格要求。

在该传输方式中,若变送器的一个输出端与电源装置的负端相连,也就成了三线制传输。

2. 两线制传输

变送器与控制室之间仅用两根导线传输。这两根导线既是电源线,又是信号线,如图 0-5 所示。图中的变送器称为两线制变送器。

采用两线制变送器不仅可节省大量电缆线和安装费用,而且有利于安全防爆。因此这种变送器得到了较快的发展。

要实现两线制变送器,必须采用活零点的电流信号。由于电源线和信号线公用,电源供给变送器的功率是通过信号电流提供的。在变送器输出电流为下限值时,应保证它内部的半导体器件仍能正常工作。因此,信号电流的下限值不能过低。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。

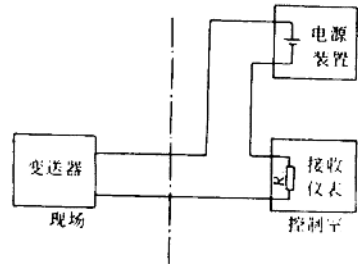


图 0-5 两线制传输

第四节 安全防爆的基本知识和防爆措施

一、安全防爆的基本知识

在石油、化工等工业部门中,某些生产场所存在着易燃易爆的固体粉尘、气体或蒸气,它们

与空气混合成为具有火灾或爆炸危险的混合物,使其周围空间成为具有不同程度爆炸危险的场所。安装在这些场所的检测仪表和执行器如果产生的火花具有点燃危险混合物的能量,则会引起火灾或爆炸。

(一)危险场所的分类、分级

第一类危险场所,即含有可燃性气体或蒸气的爆炸性混合物的场所,称为 Q 类场所。

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 类场所。

第三类危险场所,即火灾危险场所,称为 H 类场所。

第一类危险程度最高,防爆仪表都是针对它而设计的。第一类危险场所又可分为三级:

Q-1 级,在正常情况下能形成爆炸性混合物的场所。

Q-2 级,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,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。

(二)爆炸性混合物的分级、分组

根据我国的规定,以最小引燃电流 i 将易爆性气体或蒸气混合物分为三级。I 级: $i > 120\text{mA}$, 丙烷; II 级: $120\text{mA} \geq i \geq 70\text{mA}$, 乙烯; III 级: $i < 70\text{mA}$, 氢。

易燃易爆气体按其自燃温度分为五组,即 a, b, c, d, e 组。其自燃温度分别为 450°C、300°C、200°C、135°C 和 100°C。将每组自燃温度乘以 80% 就是仪表表面的最高允许温度(见表 0-1)。再将此温度减去仪表温升就是仪表允许的环境温度,即

$$\text{仪表使用环境温度} = \text{自燃温度} \times 80\% - \text{仪表温升}$$

若仪表温升以 10°C 计算,则各组对应的仪表环境温度如表 0-1 所示。表中所列数据是指可燃性气体不致引起爆炸的仪表表面温度和环境温度。另一方面要保证仪表正常工作,还要考虑仪表本身所能适应的温度,如安全栅的工作环境温度为 0~50°C,差压变送器的工作环境温度为 -40~+80°C。所以差压变送器在 e 组使用时,环境温度最高为 70°C(受自燃温度限制),在 d 组使用时环境温度最高为 100°C(受自燃温度限制),而在 a、b、c 三组使用时,最高环境温度为 120°C(受仪表本身正常工作条件限制)。

表 0-1 仪表使用环境温度

组 别	a	b	c	d	e
仪表表面允许温度, C	360	240	160	110	80
允许最高环境温度, C	350	230	150	100	70

(三)仪表的防爆等级

仪表的防爆等级有以下三种:

(1) H III。——“H”指安全火花型,“III”指最小引燃电流(能引起爆炸性混合物爆炸的最小电流)小于 70mA,“e”指自燃温度为 e 组;

(2) B_{3d}。——“B”指隔爆型,“3”指三级防爆,“d”指自燃温度为 d 组;

(3) AB_{3d}。——“A”指安全型,AB_{3d} 表示主体为安全型,接线盒附件为隔爆型,3 级防爆 d 组。

控制仪表使用的防爆等级主要是隔爆型和安全火花型。隔爆型的结构是把仪表的电路和接线端子全部放在隔爆表壳内,表壳强度要足够大,密封性要好,即使仪表因事故在内部产生火花,也不会引起仪表外部的爆炸性混合物爆炸。安全火花型防爆结构是指在正常状态或事故状态(短路、断路、电源故障等)下所产生的火花及达到的温度均不足以引燃或引爆周围的危险

混合物。这类仪表可用于有易燃、易爆气体的危险场所,且在使用安全火花型测试仪器的情况下可以进行带电现场维修,而对于隔爆型仪表则是不许可的。

二、安全火花型防爆仪表和防爆系统

具有安全火花型防爆结构的仪表有差压变送器、温度变送器、电-气转换器、电-气阀门定位器、安全栅等。

在安全火花防爆仪表中,有两种性质的电路。一种是安全火花电路,这种电路是严格按照国家防爆规程进行设计的;另一种是一般电路,即非安全火花电路。当两种电路处于同一块印刷板或装在同一壳体内时,必须采取严格的有效措施,防止两者混触。

安全火花型防爆系统如图 0-6 所示,它不仅在危险场所使用安全火花型仪表,而且在控制室仪表与危险场所仪表之间设置了安全栅,这样构成的系统就实现了安全火花防爆的要求。

如果上述系统中不采用安全栅,而由分电盘代替,分电盘只能起信号隔离作用,不能限压、限流,故该系统已不再是安全火花型防爆系统了。

应当指出,有了安全栅,系统也不一定是安全火花型防爆系统,若在图 0-6 中的某个现场仪表不是安全火花防爆结构,当线路出现故障(短路、断路)时,也可能产生非安全火花,引起爆炸事故。所以一个线路是不是安全火花电路的必要条件,其一是自身不产生非安全火花,其二是安全场所的非安全火花不能窜入危险场所。

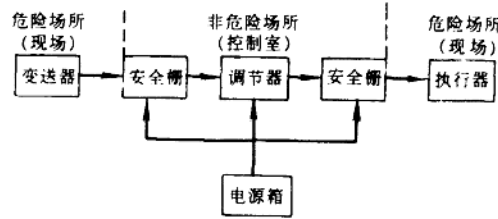


图 0-6 安全火花型防爆系统

三、安全栅

安全栅作为控制室仪表和现场仪表的关联设备,一方面传输信号,另一方面控制流入危险场所的能量在爆炸性气体或混合物的点火能量以下,以确保系统的安全火花性能。

安全栅的构成形式有以下五种:

(一)电阻式安全栅

电阻式安全栅是利用电阻的限流作用,把流入危险场所(危险侧)的能量限制在临界值以下,从而达到防爆的目的,如图 0-7 所示。

图中 R 为限流电阻,当回路的任何一处发生短路或接地事故,由于 R 的作用,使电流得到限制。电阻式安全栅具有简单、可靠、价廉的优点,但防爆额定电压低。在同一表盘中若有超过其防爆额定电压值的配线时,必须分管安装,以防混触。此外,每个安全栅的限流电阻要逐个计算,数值太大会影响回路的原有性能,太小了又达不到防爆要求,故应取合适的数值。

(二)齐纳式安全栅

齐纳式安全栅是基于齐纳二极管反向击穿性能而工作的。其原理如图 0-8 所示。

图中 DW_1 、 DW_2 为齐纳二极管, R 和 RD 分别为限流电阻和快速熔断丝。在正常工作时,安全栅不起作用。

当现场发生事故,如形成短路时,由 R 限制过大电流进入危险侧,以保证现场安全。当安全栅端电压 V_1 高于额定电压 V_0 时,齐纳二极管击穿,进入危险侧的电压将被限制在 V_0 值上。同时,安全侧电流急剧增大,使 RD 很快熔断,从而使高电压与现场隔离,也保护了齐纳二极管。

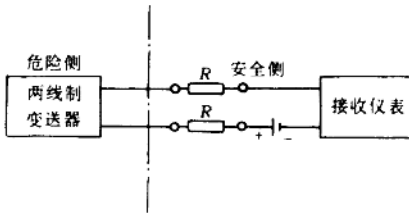


图 0-7 电阻式安全栅

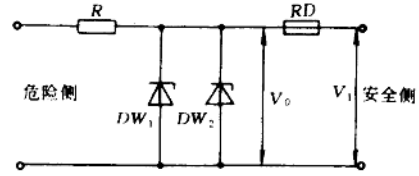


图 0-8 齐纳式安全栅

齐纳式安全栅结构简单、经济、可靠、通用性强，而且防爆额定电压可以做得较高。但是作为这种安全栅关键元件的快速熔断丝，制作比较困难，工艺和材料要求都很高。

(三) 中继放大器式安全栅

这种安全栅是利用放大器的高输入阻抗性能来实现安全火花防爆的，其原理见图 0-9。

变送器的输出电流流经 R_L 变为电压信号，此信号再通过中继放大器放大后送至接收仪表。放大器的输入阻抗可达 $10\text{M}\Omega$ 以上，因此可将限流电阻 R 的阻值增大到 $10\text{k}\Omega$ ，从而提高了防爆额定电压。这种安全栅的通用性强，可和计算机、显示仪表等连接。其缺点是线路较复杂，价格较高，而且因线路中设置放大器而带来附加误差。

(四) 光电隔离式安全栅

光电隔离式安全栅是利用光电耦合器的隔离作用，使其输入与输出之间没有直接电或磁的联系，这就切断了安全栅输出端高电压窜入危险侧的通道。同时，在变送器的供电回路中，设置了电压电流限制电路，将危险侧的电压、电流值限制在安全定额以内，从而实现了安全火花防爆的要求。电路原理见图 0-10。

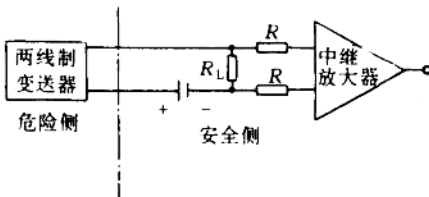


图 0-9 中继放大器式安全栅

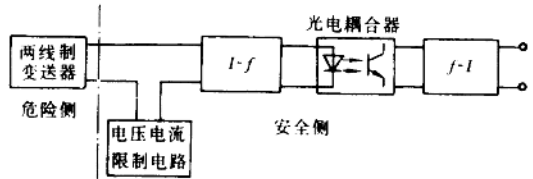


图 0-10 光电隔离式安全栅

安全栅采用逻辑型光电耦合器，这种器件具有很高的绝缘电压。它通过内部的发光二极管和光敏三极管，以光电转换形式传输频率信号，为此，电路中设置了 $I-f$ 和 $f-I$ 转换器。 $I-f$ 将变送器的输出电流转换为 $1\sim 5\text{kHz}$ 的频率信号，此信号通过光电耦合再由 $f-I$ 转换成直流电流信号。

光电隔离式安全栅是一种理想的能适用于任何危险场所的安全栅，它工作可靠，防爆额定电压高，但结构较复杂。如能提供精度高、成本低的线性型光电耦合器，取代逻辑型器件，则可直接传输变送器的输出电流，而不必使用 $I-f$ 和 $f-I$ 转换器。