



高职高专“十三五”规划教材

GAOZHI GAOZHUAN “13·5” GUIHUA JIAOCAI

自动化仪表使用与维护

主编 吕增芳



冶金工业出版社
Metallurgical Industry Press





高职高专“十三五”规划教材

自动化仪表使用与维护

主 编 吕增芳

副主编 赵江稳 薛凯娟

北 京

冶金工业出版社

2016

内 容 简 介

本书内容的选取坚持与技能型专业人才培养目标和职业岗位实际工作任务需求一致的原则,满足企业生产典型工艺参数的检测和控制要求,以真实自动化仪表为载体,以6个学习情境,13个学习性实训任务来呈现,涵盖了温度、压力、流量、物位等检测仪表的校验与维护,同时介绍了控制器、执行器、辅助仪表等控制仪表的安装与接线,以适应就业和企业的需求。

本书以岗位典型工作任务为驱动,工学结合,内容丰富,实践性强,可作为高职高专院校及本科院校举办的职业技术学院自动化类专业及相关专业的教材,也可供成人继续教育学院师生、企业生产一线从事工业生产自动化技术工作的人员参考使用。

图书在版编目(CIP)数据

自动化仪表使用与维护/吕增芳主编. —北京:冶金工业出版社, 2016. 1

高职高专“十三五”规划教材

ISBN 978-7-5024-7170-5

I. ①自… II. ①吕… III. ①自动化仪表—高等职业教育—教材 IV. ①TH82

中国版本图书馆CIP数据核字(2016)第010545号

出 版 人 谭学余

地 址 北京市东城区嵩祝院北巷39号 邮编 100009 电话 (010)64027926

网 址 www.cnmp.com.cn 电子信箱 yjcs@cnmp.com.cn

责任编辑 陈慰萍 贾怡雯 美术编辑 杨帆 版式设计 葛新霞

责任校对 李娜 责任印制 李玉山

ISBN 978-7-5024-7170-5

冶金工业出版社出版发行;各地新华书店经销;三河市双峰印刷装订有限公司印刷
2016年1月第1版,2016年1月第1次印刷

787mm×1092mm 1/16; 11.25印张; 269千字; 171页

28.00元

冶金工业出版社 投稿电话 (010)64027932 投稿信箱 tougao@cnmp.com.cn

冶金工业出版社营销中心 电话 (010)64044283 传真 (010)64027893

冶金书店 地址 北京市东四西大街46号(100010) 电话 (010)65289081(兼传真)

冶金工业出版社天猫旗舰店 yjgybs.tmall.com

(本书如有印装质量问题,本社营销中心负责退换)

前言

作为生产过程控制系统的基础装备，过程自动化仪表被广泛应用于冶金、石油、化工、电力、供热、燃气输配及轻工、制药、食品等行业的生产过程。我国工业化步伐的加快，对生产过程的自动化程度要求越来越高，而生产过程的自动化程度越高对自动化仪表的依赖也就越强，特别是计算机技术、通信技术、微电子技术在自动化领域的应用，提高了自动化仪表的性能，仪表自动化已成为生产过程中必不可少的重要技术手段。因此，学习和掌握自动化仪表方面的知识和技能对于控制和管理工业生产过程是十分必要的。

本书主要由山西工程职业技术学院“自动化仪表使用与维护课程开发的研究与实践”重点课题组教师编写，其中吕增芳编写学习情境1、学习情境2的2.3、学习情境3的3.3、学习情境4的4.3，赵江稳编写学习情境2的2.1和2.2、学习情境3的3.1和3.2，薛凯娟编写学习情境4的4.1和4.2，吕增芳、曹秀敏编写学习情境5，杨虎编写学习情境6，全书由吕增芳统稿。

本书在编写过程中得到了许多企业和技术人员的支持与帮助，同时参考和应用了许多专家和学者的著作，编者在此一并表示诚挚的谢意！

由于编者水平有限，书中存在错漏之处，敬请广大读者批评指正。

编者

2015年10月

目 录

学习情境 1 自动化仪表认知	1
1.1 自动化仪表基本知识	1
1.1.1 自动化仪表发展概况	1
1.1.2 自动化仪表的分类	2
1.1.3 自动化仪表的信号标准及使用	3
1.1.4 防爆仪表的基本知识	7
1.1.5 自动化仪表的型号命名	9
1.2 自动化仪表的性能指标	11
1.2.1 精确度及其等级	11
1.2.2 线性度	12
1.2.3 灵敏度及分辨率	12
1.2.4 变差	13
1.2.5 可靠性	14
1.2.6 动态特性	14
学习评价	15
1.3 实训任务	15
1.3.1 认识自动化仪表	15
1.3.2 信号发生校验仪的认识与使用	16
学习情境 2 压力仪表的使用与维护	21
2.1 压力检测仪表	21
2.1.1 概述	21
2.1.2 弹性式压力计	22
2.1.3 电气式压力计	24
2.2 压力变送器	26
2.2.1 概述	26
2.2.2 电动力平衡式差压变送器	30
2.2.3 电容式差压变送器	31
2.2.4 智能型压力变送器	42
2.2.5 压力表的选用和安装	46
学习评价	47
2.3 实训任务	48
2.3.1 弹簧管压力表的校验	48

2.3.2 电容式差压变送器的调校	54
学习情境3 温度仪表的使用与维护	58
3.1 温度检测仪表	58
3.1.1 概述	58
3.1.2 热电偶	59
3.1.3 热电阻	64
3.1.4 其他温度计	66
3.1.5 温度检测仪表的选用和安装	70
3.2 温度变送器	71
3.2.1 概述	71
3.2.2 直流毫伏变送器的量程单元	71
3.2.3 热电偶式温度变送器的量程单元	72
3.2.4 热电阻温度变送器的量程单元	74
3.2.5 温度变送器的放大单元	74
3.2.6 一体化温度变送器	76
学习评价	78
3.3 实训任务	78
3.3.1 热电偶的校验	78
3.3.2 热电阻的校验	81
3.3.3 温度变送器的校验	84
3.3.4 红外线测温仪的使用	86
学习情境4 流量物位仪表的使用与维护	88
4.1 流量检测仪表	88
4.1.1 概述	88
4.1.2 差压式流量计	89
4.1.3 转子流量计	92
4.1.4 椭圆齿轮流量计	94
4.1.5 微动质量流量计	95
4.1.6 流量检测仪表的选用	97
4.2 物位测量	97
4.2.1 概述	97
4.2.2 直读式液位计	98
4.2.3 差压式液位计	99
4.2.4 大型油罐计量仪	101
4.2.5 电容式物位计	102
4.2.6 超声波式液位计	104
4.2.7 浮力式液位计	105
4.2.8 雷达物位计	107

4.2.9 物位仪表的选用	108
学习评价	108
4.3 实训任务	109
4.3.1 孔板流量计的安装与使用	109
4.3.2 超声波液位计的操作与使用	111
学习情境 5 控制执行器的操作与使用	114
5.1 模拟式控制器	114
5.1.1 概述	114
5.1.2 控制器的控制规律	115
5.1.3 DDZ-Ⅲ型控制器	120
5.2 数字式控制器	124
5.2.1 概述	124
5.2.2 数字调节器	125
5.3 执行器	127
5.3.1 概述	128
5.3.2 执行机构	130
5.3.3 调节机构	135
5.3.4 阀门定位器	143
5.3.5 执行器的选择	146
5.3.6 执行器的安装与维护	151
学习评价	152
5.4 实训任务	153
5.4.1 AI 智能调节器的操作与使用	153
5.4.2 电动执行机构的操作与校验	155
学习情境 6 辅助仪表的接线与使用	158
6.1 安全栅	158
6.1.1 齐纳式安全栅	158
6.1.2 变压器隔离式安全栅	160
6.2 电源分配器及信号分配器	163
6.2.1 信号分配器	163
6.2.2 电源箱	164
6.2.3 电源分配器	165
学习评价	166
6.3 实训任务——安全栅的调校	166
6.3.1 任务描述	166
6.3.2 任务实施	167
6.3.3 任务工单	170
参考文献	171

学习情境 1 自动化仪表认知

学习目标

能力目标:

- (1) 能理解电动仪表采用电流信号传送和控制室采用电压信号接线的道理;
- (2) 能识别控制仪表铭牌上关于型号、防爆等级的含义。

知识目标:

- (1) 掌握控制仪表的信号标准及使用方法;
- (2) 掌握控制仪表防爆知识;
- (3) 理解 DDZ-III 型仪表的型号含义和命名方法。

1.1 自动化仪表基本知识

1.1.1 自动化仪表发展概况

看到“仪表”两个字,人们很容易想到电流表、电压表、示波器等实验室中常用的测试仪器。本书要介绍的不是这些通用仪表,而是讨论生产自动化中,特别是连续生产过程自动化中必需的一类专门的仪器仪表,称为自动化仪表。其中包括对工艺参数进行测量的检测仪表,根据测量值对给定值的偏差按一定的调节规律发出调节命令的调节仪表,以及根据调节仪表的命令对进出生产装置的物料或能量进行控制的执行器等。这些仪表代替人们对生产过程进行测量、控制、监督和保护,因而是自动控制系统的重要组成部分。

自动化仪表的产生和发展分别经历了基地式、单元组合式(I型、II型、III型)、组装式及数字智能式等几个阶段。

基地式仪表最早出现于 20 世纪 40 年代初,当时由于石油、化工、电力等工业对自动化的需要,出现了将测量、记录、调节仪表组装在一个表壳里的所谓“基地式”自动化仪表。基地式的名称是因它和后来出现的“单元组合式”仪表相比,比较适于在现场做就地检测和调节之用而得来的。仪表的这种结构形式是和当时自动化程度不高、控制分散的状况基本适应的,因而在一段时期内曾获得了普遍的应用。

20 世纪 60 年代初,随着大型工业企业的出现,生产向综合自动化和集中控制的方向发展,人们发现基地式仪表的结构不够灵活,不如将仪表按功能划分,制成若干种能独立完成一定功能的标准单元,各单元之间以规定的标准信号相互联系,这样,仪表的精度容易提高。在使用中可以根据需要,选择一定的单元,积木式地把仪表组合起来,构成各种

复杂程度不同的自动控制系统。这种积木式的仪表就称为“单元组合式”仪表。当时国内使用的单元组合式仪表是采用气动放大元件的 QDZ-I 型仪表和以电子管为放大元件的 DDZ-I 型仪表；70 年代初开始生产的以晶体管作为主要放大元件的 DDZ-II 型仪表；80 年代初开始生产的以线性集成电路为主要放大元件、具有国际标准信号制（4~20mA DC，1~5V DC）和安全防爆功能的 DDZ-III 型仪表。这三代产品虽然电路形式和信号标准不同，性能指标和单元划分的方法也不完全一样，但它们实现的控制功能和基本的设计思想是相同的，只要掌握其中的一种，其他产品便不难分析。同时 QDZ-I 型仪表也发展到 II 型、III 型阶段。所以，DDZ-II 型、III 型仪表和 QDZ-II 型、III 型仪表同时并存了二十几年，它们为我国工业生产自动化的发展起到了促进作用。

20 世纪 80 年代以来，由于各种高新技术的飞速发展，我国开始引进和生产以微型计算机为核心，控制功能分散，显示与操作集中的集散控制系统（DCS），从而将自动化仪表推向高级阶段。二十几年来在现场变送器方面也有了突飞猛进的发展，它经历了双杠杆式、矢量机构式、微位移式（电容式、扩散硅式、电感式、振弦式）、现场总线式几个阶段，使过程检测的稳定性、可靠性、精度都有很大的提高，为过程控制提供了可靠的保证。可以断定，以现场总线技术为基础的数字式智能仪表代表着自动化仪表的发展方向。

显然，将全功能的复杂仪表分解为若干基本单元的做法，无论对仪表制造厂的大量生产，还是对用户的维修选用都是有利的。此外，目前自动化程度较高的大、中型企业，大多使用单元组合式仪表，只在小型企业或分散设备单机控制中，基地式仪表由于结构紧凑，价格便宜，仍有一定的应用。

1.1.2 自动化仪表的分类

自动化仪表按驱动动力可分为气动、电动、液动等几类。工业上通常使用气动仪表和电动仪表。其中气动仪表的出现比电动仪表早，而且价格便宜，结构简单，特别对石油化工等易燃易爆的生产现场，具有本质性的安全防爆性能，因而在相当长的一段时间里，一直处于优势地位。但从 20 世纪 60 年代起，由于电动仪表的晶体管和集成电路化，控制功能日益完备，在使用低电压、小电流时，可在电路及结构上采取严密措施，限制进入易燃易爆场所的能量，从而保证在生产现场不会发生足以引起燃烧或爆炸的“危险火花”。这样，限制电动仪表使用的一个主要障碍被扫除，电信号比气压信号在传送和处理上的优越性就能得到充分的发挥。大家知道，气压信号传递速度慢，传输距离短，管线安装不便。相比之下，电信号传输、放大、变换、测量都比气压信号方便得多，特别是电动仪表容易和电子巡回检测装置和工业控制计算机配合使用，实现生产过程的全盘自动化。因此，近年来电动仪表的应用更为广泛。

电动仪表可按信号类型和结构形式来分类。

1.1.2.1 按信号类型分类

电动仪表按信号类型可分为模拟式和数字式两大类。模拟式仪表的传输信号通常为连续变化的模拟量。这类仪表线路比较简单，操作方便，使用者易于掌握，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，它广泛地应用于各种工业部门。

数字式仪表的传输信号通常为断续变化的数字量。这些仪表以微型计算机为核心,其功能完善,性能优越,在控制功能、精度等方面均优于模拟式仪表,能解决模拟式控制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。

1.1.2.2 按结构形式分类

电动仪表按结构类型可分为基地式仪表、单元组合式仪表、组装式综合控制装置、数字式仪表、集散控制系统和现场总线控制系统。

(1) 基地式仪表是以指示、记录为主体,附加控制机构组成的。它不仅能对某变量进行指示或记录,还具有控制功能。由于基地式控制仪表的结构比较简单,价格便宜,又能一机多用,常用于单机自动化系统。我国生产的 XCT 系列控制仪表和 TA 系列电子控制器均属于基地式控制仪表。

(2) 单元组合式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,将系统划分成能独立地完成某种功能的若干单元,各单元之间用统一的标准信号来联络。将这些单元进行不同的组合,可构成多种多样、复杂程度各异的自动检测和控制系统。

我国生产的电动单元组合仪表(DDZ)和气动单元组合仪表(QDZ)经历了 I 型、II 型、III 型三个发展阶段,此后又推出了较为先进的数字化单元组合仪表 DDZ-S 系列仪表。这类仪表将模拟技术和数字技术相结合,并以数字技术为主,其主要特点是数字化、智能化、微位移化,因而是一种先进的仪表。

(3) 组装式综合控制装置是在单元组合式控制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。目前组装式综合控制装置在实际工程中已很少使用。

(4) 数字式仪表是以数字计算机为核心的数字控制仪表。其外形结构、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控制。可与计算机配合使用,以构成不同规模的分级控制系统。

(5) 集散控制系统是将集中于一台计算机完成的任务分派给各个微型过程控制计算机、数字总线以及上一级过程控制计算机,组成各种各样的、能适用于不同过程的分布式计算机控制系统。它将生产过程分成许多小系统,以专用微型计算机进行现场的各种有效控制,实现了“控制分散、危险分散,集中管理、集中操作”,因此被称为集中分散型控制系统,简称集散控制系统(DCS)。

(6) 现场总线控制系统是 20 世纪 90 年代发展起来的新一代工业控制系统。它是计算机技术、通信技术、控制技术和现代仪器仪表技术的最新发展成果。现场总线控制系统的出现引起了传统控制系统结构和设备的根本性变革,它将具有数字通信能力的现场智能仪表连成网络系统,并同上一层监控级、管理级连接起来成为全分布式的新型控制网络。

1.1.3 自动化仪表的信号标准及使用

在自动化系统中使用的各类仪表,有的直接安装在现场的工业设备或工艺流程管路上,例如大多数的变送器、电-气转换器和执行器;另一些则安装在远离生产现场,无燃烧、爆炸危险的控制室内,例如指示记录仪表、运算器、调节器、监控仪表和工业控制机等。为了方便地把各类仪表连接起来,构成各种控制系统,仪表之间应该有统一的标准联络信号和合适的传输方式。

1.1.3.1 信号制式

信号制式即信号标准,是指仪表之间采用的传输信号的类型和数值。

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。所以,在设计自动化仪表和装置时,要做到通用性和相互兼容性,就必须统一仪表的信号标准。

1.1.3.2 信号标准的类型

(1) 气动仪表信号标准。国家标准《工业自动化仪表用模拟气动信号》(GB/T 777—1985)规定了气动仪表的信号下限值为 20kPa,上限值为 100kPa。该标准与国际标准 IEC 382 是一致的。

气动单元组合仪表(QDZ)采用 140kPa 压缩空气为气源,输出下限值为 20kPa、上限值为 100kPa 的线性输出标准信号。

(2) 电动仪表信号标准。电信号包括模拟信号、数字信号、频率信号和脉冲信号等。由于模拟式仪表装置结构简单、应用广泛,因此在过程控制系统中,远距离传输和控制室内部仪表之间的信号传输,用得最多的是模拟信号。在模拟信号中,直流电压、直流电流被世界各国普遍用作仪表的统一模拟信号。国家标准《工业自动化仪表用模拟直流电流信号》(GB/T 3369—1989)规定了电动仪表的信号范围为 4~20mA DC,电源信号采用 24V DC,负载电阻为 250~750 Ω ,该标准与国际标准 IEC 381A 是一致的。DDZ-II 系列单元组合仪表信号范围为 0~10mA DC,电源信号采用 220V AC,负载电阻为 0~1000 Ω 或 0~3000 Ω ,目前随着 DDZ-II 系列单元组合仪表的逐渐淘汰,这种信号标准已很少使用。

1.1.3.3 采用 4~20mA DC 电流信号传送的原因

A 采用直流电流信号的优点

(1) 直流电流信号比交流电流信号的干扰小。交流电流信号容易产生交变电磁场的干扰,对附近仪表和电路有影响,并且如果混入的外界交流干扰信号和有用信号形式相同时将难以滤除,直流电流信号克服了这个缺点。

(2) 直流电流信号对负载的要求简单。交流电流信号有频率和相位问题,对负载的感抗、容抗敏感,使得影响因素增多、计算复杂,而直流电流信号只需要考虑负载电阻。

(3) 电流比电压更利于信号远传。如果采用电压形式传送信号,当负载电阻较小且进行远距离传送时,导线上的电压降会引起误差;采用电流传送就不会出现这个问题,只要沿途没有漏电流,电流的数值始终一样。而低电压的电路中,即使只采用一般的绝缘措施,漏电流可以忽略不计,所以接收信号的一端能保证和发送端有同样的电流。由于信号发送仪表输出具有恒流特性,所以导线电阻在规定的范围内变化时对信号电流不会有明显的影响。

B 采用 4~20mA 作为上下限值的理由

(1) 在目前的元器件水平下,起点电流小于 4mA 时仪表工作将会发生困难,因此,将仪表的电气零点设为 4mA,不与机械零点重合。这种“活零点”的安排有利于识别断电、断线等故障,且为现场变送器实现二线制提供了可能性。二线制的变送器就是将供电

的电源线与信号的输出线合并为两根导线。由于信号为零时变送器仍要处于工作状态，总要消耗一定的电流，所以零电流表示零信号时是无法实现二线制的。

(2) 在现场使用二线制变送器不仅节省电缆，布线方便，而且还便于使用安全栅，有利于安全防爆。

(3) 电流信号的上限值如果大，产生的电磁平衡力，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、缩小仪表体积以及提高仪表的防爆性能来讲，希望电流信号上限小些，国际电工委员会（IEC）经过综合比较后，将其上限定为 20mA。

1.1.3.4 电信号的传输

A 4~20mA DC 电流信号的传输

4~20mA DC 电流信号一般用于现场与控制室仪表之间远距离传输，如图 1-1 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。图中 R_o 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。

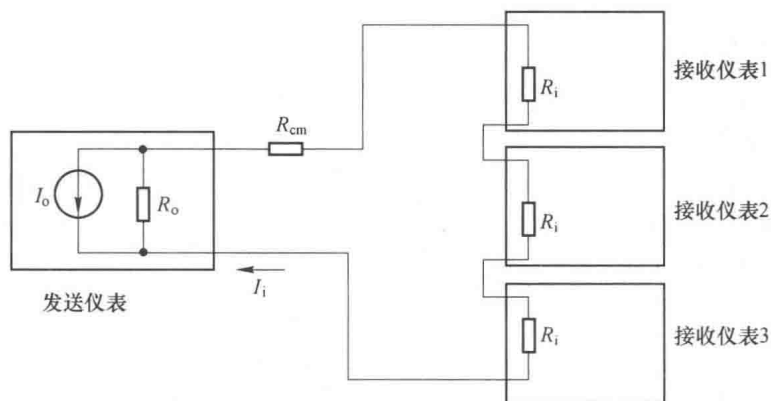


图 1-1 电流信号传输时仪表之间的连接

由于发送仪表的输出电阻 R_o 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，为减小传输误差，要求发送仪表的 R_o 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，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，所以电流信号应用比较灵活。

电流传输也有不足之处。由于接收仪表是串联工作的，当一台仪表出故障将影响其他仪表的正常工作，而且各接收仪表一般都应浮空工作，若要使各台仪表都有自己的接地点，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。

B 1~5V DC 电压信号的传输

1~5V DC 电压信号的传输一般用于控制室内部仪表之间的联络。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 1-2 所示。由于接收

仪表的输入电阻 R_i 不是无限大, 信号电压 U_o 将在发送仪表内阻 R_o 及导线电阻 R_{cm} 上产生一部分电压降, 从而造成传输误差, 为减小传输误差, 应使发送仪表内阻 R_o 及导线电阻 R_{cm} 尽量小, 同时要求接收仪表输入电阻 R_i 大些。

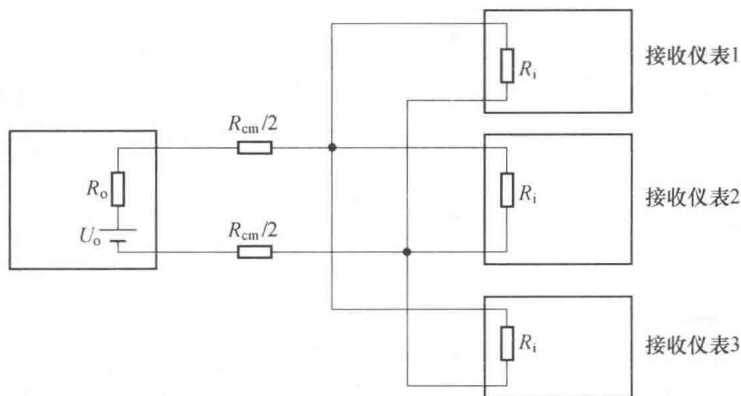


图 1-2 电压信号传输时仪表之间的连接

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, 输入电阻均较高, 易于引入干扰, 故电压信号一般用于控制室内部仪表之间的联络。

C 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 1-3 所示, 图中的变送器称为四线制变送器。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) 二线制传输。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 1-4 所示, 图中的变送器称为二线制变送器。

采用二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。

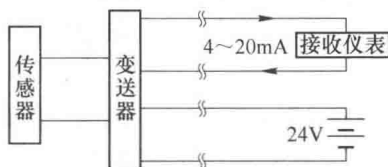


图 1-3 四线制传输

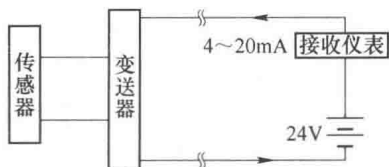


图 1-4 二线制传输

要实现二线制变送器, 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

4~20mA DC, 为制作二线制变送器创造了条件。

1.1.4 防爆仪表的基本知识

在某些生产现场存在着各种易燃、易爆气体或蒸汽,有时还存在有爆炸性粉尘、易燃纤维等,它们与空气混合或接触即具有爆炸危险,使其周围空间成为具有不同程度爆炸危险的场所。安装在这种危险场所的现场仪表(如变送器或执行器)如果产生火花,就容易引起燃烧或爆炸,因此,安装在危险场所的现场仪表应具有防爆性能。

气动仪表从本质上说具有防爆性能,过去在石油、化工等工业部门几乎都采用气动仪表,后来,随着工业的大型化、复杂化以及对自动化要求的相应提高,电动仪表和装置占据了绝对统治地位,这种发展的关键技术之一是现场仪表及整个系统的防爆问题的解决。

下面将简要介绍电动仪表的防爆基本知识,以供设计和使用仪表时参考。

1.1.4.1 危险场所的划分

我国在1987年公布的《爆炸危险场所电气安全规程》(试行)将爆炸危险场所划分为两种五级。

(1) 第一种场所。第一种场所指爆炸性气体或可燃蒸汽与空气混合形成爆炸性气体混合物的场所。按其危险程度的大小分为三个区域等级。

1) 0级区域(0区):在正常情况下,爆炸性气体混合物连续地、短时间频繁地出现或长时间存在的场所。

2) 1级区域(1区):在正常情况下,爆炸性气体混合物有可能出现的场所。

3) 2级区域(2区):在正常情况下,爆炸性气体混合物不能出现,仅在不正常情况下偶尔短时间出现的场所。

(2) 第二种场所。第二种场所指爆炸性粉尘或易燃纤维与空气混合形成爆炸性混合物的场所。按其危险度的大小分为两个区域等级。

1) 10级区域(10区):在正常情况下,爆炸性粉尘或易燃纤维与空气的混合物可能连续地、短时间频繁地出现或长时间存在的场所。

2) 11级区域(11区):在正常情况下,爆炸性粉尘或易燃纤维与空气的混合物不能出现,仅在不正常情况下偶尔短时间出现的场所。

1.1.4.2 爆炸性物质的分类、分级与分组

A 分类

爆炸性物质可分为三类:

I类——矿井甲烷;

II类——爆炸性气体、可燃气体的;

III类——爆炸性粉尘、易燃纤维。

B 分级与分组

(1) 爆炸性气体的分级与分组(I、II类):在标准试验条件下,按其最大试验安全间隙和最小点燃电流比分级,按其自燃温度分组。表1-1给出部分示例。

表 1-1 爆炸性气体的分级与分组示例

类和级	最大试验安全 间隙（MESG） /mm	最小点燃 电流比 MICR	自燃温度组别/℃					
			T1	T2	T3	T4	T5	T6
			>450	300~450	200~300	135~200	100~135	85~100
I	1.14	1	甲 烷					
II A	0.9~1.14	0.8~1	氨、丙酮、 苯、一氧化 碳、乙 烷、 丙烷、甲醇	丁 烷、乙 醇、丙 烯、 丁醇、乙苯	汽油、环 乙 烷、硫化 氢	乙 醚、乙 醛		亚 硝 酸 乙 酯
II B	0.5~0.9	0.45~0.8	二 甲 醚、 民用 煤 气、 环丙烷	环氧乙烷、 环 氧 丙 烷、 丁二烯	异戊二烯	二 乙 醚、 乙基甲基醚		
II C	≤0.5	≤0.45	水 煤 气、 氢气	乙 炔			二硫化碳	硝酸乙酯

(2) 爆炸性粉尘和易燃纤维的分级分组（Ⅲ类）：爆炸性粉尘和易燃纤维按其物理性质分级、按其自燃温度分组（示例表从略）。

1.1.4.3 防爆仪表的分类、分级和分组

自动化仪表属于低压电气设备，因此在危险场所所用的自动化仪表要按电气设备防爆规程管理。按规程规定，防爆电气设备可制成隔爆型、本质安全型等 10 种结构类型。其设备的分类、分级、分组与爆炸性物质的分类、分级、分组方法相同，其等级参数及符号也相同，其中温度等级是按最高表面温度确定，对隔爆型指外壳表面温度，其余各类型指可能与爆炸性混合物接触的表面的温度。

自动化仪表防爆结构主要有两种类型：

隔爆型——标志“d”；

本质安全型——标志“i”。

隔爆型仪表的特点是：仪表的电路和接线端子全部置于隔爆壳体中，表壳强度足够大，表壳结合面间隙足够深，最大的间隙宽度又足够窄。即使仪表因事故产生火花，也不会引起仪表外部的可燃性物质爆炸。

设计隔爆型仪表结构的具体措施有：采用耐压 800~1000kPa 的表壳，表壳外部的温升不得超过由气体的自燃温度所规定的数值，表壳结合面的缝隙宽度和深度应根据它的容积和气体的级别采取规定的数值等。

隔爆型仪表在安装及维护正常时是安全的，但揭开仪表表壳时，它就失去防爆性能，因此，不能在通电运行的情况下打开外壳进行检修或调整。对于组别、级别高的易爆性气体如氢、乙炔、二硫化碳等，不宜采用隔爆型防爆仪表，一方面对这些气体所要求的隔爆表壳在加工上有困难，另一方面即使能解决加工问题，但经长期使用后，由于磨损，很难长期保持要求而逐渐失去防爆性能，这都是隔爆型防爆仪表的弱点。

本质安全防爆是指在正常状态下和故障状态下，电路及设备产生的火花能量和达到的温度都不能引起易爆性气体或蒸汽爆炸的防爆类型。正常状态指在设计规定条件下的工作

状态，如设计规定的断开和闭合电路动作所产生的火花，故障状态指因事故而发生短路、断路等情况。

最早的本质安全型防爆是指孤立的安装在危险场所的电气设备具有的防爆性能符合本质安全防爆要求，这是古典的本质安全防爆的概念。而现代的本质安全防爆的概念是指整个自动化系统的防爆性能符合本质安全防爆要求。

具有本质安全防爆的系统包括两种电路：安装在危险场所（在现场）的本质安全电路及安装在非危险场所（在控制室）中的非本质安全电路。为了防止非本质安全电路中过大的能量传入危险场所中的本质安全电路，在两者之间采用了防爆安全栅，因而整套仪表系统具有本质安全防爆性能，现代的本质安全防爆系统构成如图 1-5 所示。

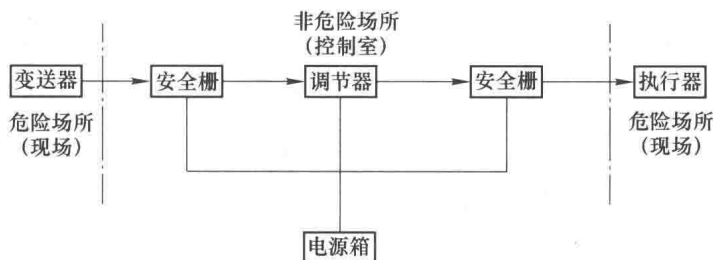


图 1-5 本质安全防爆系统构成图

本质安全防爆系统的性能主要由以下措施保证：

(1) 本质安全防爆仪表采用低的工作电压和小的工作电流。如正常工作时电压不大于 24V DC，电流不大于 20mA DC；故障时电压不大于 35V DC，电流不大于 35mA DC；限制仪表所用电阻、电容和电感的参数大小，以保证在正常及故障时所产生的火花能量不足以点燃爆炸性混合物。

(2) 用防爆安全栅将危险场所和非危险场所的电路隔开。

(3) 现场仪表到控制室仪表连接导线不得形成过大的分布电感和电容。

本质安全防爆仪表的防爆性能最好，从原理上讲它适用于一切危险场所，一切易爆气体；其安全性能不随时间而变化；维修方便，可在运行状态下进行维修和调整。

本质安全型防爆仪表的标志为“i”。本质安全防爆仪表及其关联电气设备，按其使用场所的安全程度分为 ia 和 ib 两个级别。ia 级适用于 0 区，ib 级适用于 1 区。ia 级本质安全型仪表的安全程度要比 ib 级高。

防爆仪表都有标明防爆检验合格证号和防爆类型、等级等标志的铭牌，典型的标志铭牌上防爆标志一般分为四段：ExABC。Ex 表明此仪表为防爆仪表；A 段填防爆类型，如 d、ia、ib 等；B 段为防爆仪表的类和级，如 I 级、II A、II B、II C；C 段为防爆仪表的表面温度组别，也是其能适用的危险物质的自燃温度组别，如 T1~T6。例如 Exdia II CT6 指兼有隔爆和本安功能、可在 II C 级 T6 组以下级别使用的防爆仪表。

1.1.5 自动化仪表的型号命名

自动化仪表按照在系统中的作用和特点可分为 8 类。

(1) 变送单元：温度变送器、差压变送器、液位变送器以及压力变送器等。

- (2) 调节单元: 基型控制器、特种控制器。
- (3) 给定单元: 恒流给定器、比值给定器。
- (4) 转换单元: 电/气转换器、电流转换器。
- (5) 计算单元: 加减器、乘除器、开方器等。
- (6) 显示单元: 积算器、记录仪等。
- (7) 辅助单元: 安全栅、配电器、操作器等。
- (8) 执行单元: 气动执行器、电/气阀门定位器等。

下面就以现代生产过程常用的电动单元组合仪表和气动单元组合仪表为例介绍自动化仪表的命名方法。

1.1.5.1 DDZ-Ⅲ型仪表的型号及命名

DDZ-Ⅲ型仪表各单元的型号由三部分组成, 各部分之间用短横线隔开, 格式如下:

D□□-□□□□-□

(1) 第一部分由三个汉语拼音大写字母所组成。

第一个字母均为 D, 表示属于电动单元组合仪表。

第二个字母代表仪表大类, 字母含义如下:

B——变送单元; T——调节单元; X——显示单元; J——计算单元; Z——转换单元; K——执行单元; G——给定单元; F——辅助单元。

第三个字母代表各大类中的产品小类, 同一字母在不同大类中有不同的含义。

在变送单元中: W——温度和温差; Y——压力; C——差压。

在调节单元中: L——连续; D——断续。

在运算单元中: J——加减; S——乘除; K——开方。

在显示单元中: Z——指示; J——记录; B——报警; S——积算。

在执行单元中: Z——直行程; J——角行程。

(2) 第二部分由 4 位阿拉伯数字组成, 这 4 位数字代表产品的种类、规格和结构特征。

(3) 第三部分由一个或数个汉语拼音大写字母组成, 标志产品的特殊用途。例如, 安全火花防爆 (A)、隔离防爆 (B)、防腐 (F)、船用 (C) 等, 当具备一个以上特殊用途时, 按字母顺序排列。

例如 DBC-2310 为一台差压变送器的型号规格。其中第一位数字“2”表示工作压力为 400kPa, 第二位数字“3”表示测量信号的上限范围为 0.6~4kPa, 第三位数字“1”表示带单法兰, 第四位数字“0”表示序号。

1.1.5.2 QDZ 型仪表的型号及命名

QDZ 型仪表型号格式为:

Q□□-□

第一个字母 Q 表示属于气动单元组合仪表, 第二个字母代表仪表大类, 字母含义同 DDZ-Ⅲ型仪表, 第三个字母表示测量参数或仪表品种, 最后一个部分是阿拉伯数字, 用以表示产品系列、规格、结构特征等编号。