

# 石油化工自动控制设计手册

第 二 版

陆德民 主编

化学工业出版社

# 石油化工自动控制设计手册

第二版

陆德民 主编

化学工业出版社

## 内 容 提 要

本书主要阐述自控设计中仪表选型、控制系统及安装设计中一些数据和资料。全书共三篇二十五章。第一篇为常规模拟仪表、调节阀等的规格、性能的扼要介绍,在第七、八章介绍了从国外引进的一些电子仪表和有代表性的集散控制系统。第二篇为自动控制系统,包括有简单的控制系统和十种复杂控制系统,并介绍了较多的石油化工典型单元和空调、顺序控制系统的控制实例。第三篇为自控设计的有关数据及参考资料。

本书可供从事炼油、化工、石油化工、轻工等部门的仪表自动化专业的设计、施工安装人员和大专院校师生阅读及参考。

## 石油化工自动控制设计手册

第 二 版

陆德民 主编

责任编辑:李诵雪

封面设计:任 辉

化学工业出版社出版发行

(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经销

开本 787×1092<sup>1</sup>/<sub>16</sub> 印张 60<sup>1</sup>/<sub>4</sub> 字数 1,525 千字

1988年12月第1版 1988年12月北京第1次印刷

印 数 1—5,000

ISBN 7-5025-0180-0/TQ·142

定 价 19.00 元

## 再版前言

《石油化工自动控制设计手册》再版编写工作是由化工部自控设计技术中心站组织有关设计院共同完成的。近几年来，由于电子工业技术的迅速发展促进了过程检测及控制仪表更新的速度，一些老产品不断被淘汰，新产品不断有增添。在石油化工方面，许多企业从国外引进较多的现代化装置，这些装置中的测量控制系统、信号联锁系统及组成这些系统的仪表及检测元件，也有不少可供我们设计中的借鉴。鉴于这种情况，大家都希望对第一版手册进行重新编写，删去一些陈旧的，增添一些新颖的内容，以供设计人员参考。

手册因要照顾的面较广，所以在编写过程中，不仅要顾及大型装置设计的需要，也要为中小型工厂的仪表自动化设计提供一些设计数据和资料。另外，我们也考虑到手册收集的内容虽然偏重于石油化工自动控制设计方面，但是各篇内容很多是通用性的，因此对其它工业部门的自动控制设计也有共性之处可供参考。

参加编写的人员是：

第一篇第1章陆德民，第2~5章丁文燕，第6章童武柔，第7章林江欣第8章黄步余，第9章夏振民，第10章邱素昌。

第二篇第1.4章包承鄂，第2.3章沈加明，第5章赵正光。

第三篇第1.2章郑殿贵，第3章王隆玉（供电）、杜昌明（供气）、第4章杨学熊、第5章姚飞龙，第6章王忠明，第7章梁连生，第8章王正西，第9章居凤英，第10章李丽华。本篇由黄衍平负责审校。

最后由陆德民负责全手册的审稿。

由于编写时间匆促，许多同志都是利用工余时间进行的，因此难免有错误和不妥之处，欢迎给予批评指正。

# 目 录

## 第一篇 工业自动化仪表及选用

第一章 绪论	1	(一) 压力测量仪表的分类、主要技术性能和应用场合	37
一、单元组合仪表的选择	1	(二) 压力变送器及基地式仪表的主要技术性能	40
二、信号报警系统和安全联锁系统	3	三、压力测量仪表的选用	41
三、防爆及防火场合仪表及自控设计	3	(一) 刻度选择	41
第二章 温度测量仪表的技术特性和选用	6	(二) 就地测量仪表的选用	41
一、概述	6	四、压力变送器、传感器的选用	43
(一) 分类与特点	6	第四章 流量测量仪表的技术特性和选用	44
(二) 测量范围	6	一、概述	44
(三) 国际实用温标简介	7	(一) 节流装置标准	44
(四) 分度号与分度表	8	(二) 节流装置的特点	45
(五) 允差	9	(三) 目前国内生产的定型节流装置	46
二、接触式温度测量仪表的主要技术性能和用途	9	(四) 取压方式	46
(一) 双金属温度计	9	二、各类流量测量仪表的技术特性	47
(二) 工业用玻璃温度计	10	(一) 常用的各类流量计技术性能比较	47
(三) 压力式温度计	12	(二) 差压流量计及差压变送器	47
(四) 热电阻	12	(三) 内藏孔板差压变送器、毕托管及限流孔板	49
(五) 热电偶	18	(四) 国内新发展起来的流量仪表性能简介	50
(六) 温度控制器	25	(五) 随着引进装置而来的新的流量测量仪表简介	59
(七) 基地式温度仪表	26	(六) 专用流量计	62
(八) 引进装置中温度测量仪表简介	26	三、流量测量仪表的选用	62
三、温度测量附件及选用	26	(一) 概述	62
(一) 补偿导线	26	(二) 选型	63
(二) 冷端补偿器	30	四、特殊流量测量仪表的选用	68
四、非接触式温度测量仪表	31	(一) 大管道中流量的测量	68
五、温度变送器	32	(二) 小管道中流量的测量	69
(一) 温度变送器的主要技术性能	32	(三) 流量测量的防腐	69
(二) 温度变送器的选用	33	五、流量测量附件	70
六、温度测量仪表的选用	34	(一) 冷凝器	70
(一) 概述	34	(二) 脏物过滤器	70
(二) 就地温度测量仪表的选用	35	(三) 平衡三阀组	70
(三) 集中控制的温度仪表选用	36	(四) 消气器	71
(四) 特殊场合温度测量仪表的选用	36		
第三章 压力测量仪表的技术特性和选用	37		
一、概述	37		
二、压力测量仪表的主要技术性能	37		

六、流量测量与节能	71	(六) SPEC200与数字系统的接口	196
(一) 小合成氨厂生产中的氮氮比	71	<b>第八章 微处理器化的过程控制仪表</b>	198
(二) 小合成氨厂造气入炉蒸汽量控制	71	一、微处理器化的过程控制仪表的发展	
(三) 不可恢复的压力损失与节能	72	背景	198
<b>第五章 物位测量仪表的技术特性和选用</b>	73	二、微处理器化的过程控制仪表的特点	199
一、概述	73	三、微处理器化的集中分散型控制系统	201
二、各类物位测量仪表的主要技术性能	73	(一) 系统的构成	201
(一) 液位测量仪表	73	(二) 几个基本概念	205
(二) 料位测量仪表	81	(三) 基本控制器	207
三、物位测量仪表的选用	84	(四) 多功能控制器	212
(一) 概述	84	(五) 无瞬断自动控制系统 (UAC	
(二) 液位测量仪表的选用	88	系统)	221
(三) 料位测量仪表的选用	88	(六) 数据高速通道通讯系统	228
(四) 液-液相界面的测量	89	(七) 过程接口单元 (PIU)	233
(五) 特殊物位的测量	90	(八) 模拟单元 (AU)	240
四、液位测量附件	93	(九) 操作站 (OPS)	241
(一) 吹气装置	93	(十) 监督控制计算机	245
(二) 平衡容器	94	(十一) 应用举例	255
<b>第六章 过程分析仪器的技术特性和选用</b>	95	四、微处理器化的单回路控制器	275
一、过程分析仪器的种类	95	(一) YEW SERIES 80单回路控制器的	
二、过程分析仪器的选型原则	95	特点	275
三、各类分析器的特点与应用	95	(二) YEW SERIES 80系统构成	276
四、试样预处理系统	122	(三) SLCD指示调节器	277
五、过程分析器选用简表	130	(四) SLPC带程控的调节器	279
附录	131	<b>第九章 调节阀</b>	285
<b>第七章 显示调节仪表</b>	133	一、调节阀分类	285
一、显示仪表	133	二、阀 (或称阀体组件)	285
二、气动单元组合式显示调节仪表	135	(一) 普通单、双座阀	286
三、电动单元组合式显示调节仪表	140	(二) 角阀	287
(一) DDZ-II型电动单元组合仪表	142	(三) 三通阀	291
(二) DDZ-III型电动单元组合仪表	147	(四) 蝶阀	295
(三) 西安仪表厂向日本横河-北辰公		(五) 偏心旋转阀	293
司引进的X系列电子仪表	155	(六) 球阀	290
(四) 北京中安厂向日本横河-北辰公		(七) 低噪声阀	294
司引进的EK系列电子仪表	169	(八) 分离型阀	295
四、组合式电子综合控制装置	180	(九) 隔膜阀	295
(一) 概述	180	(十) 其它阀型	300
(二) 系统组成及应用实例	182	三、阀的材料选择	297
(三) SPEC200仪表的主要技术性能、特点及用途	185	<b>四、上阀盖及填料的选择</b>	303
(四) SPEC200组件箱的配置及系统		(一) 上阀盖	303
布线	194	(二) 填料	304
(五) 本质安全系统中的SPEC200		五、阀泄漏量等级分类	305
仪表	195	六、选择阀型的几个原则	306
		(一) 一般选择阀体组件的原则	306

(二) 防止调节阀噪声的几个问题.....	307
七、执行机构.....	309
(一) 气动执行机构.....	310
(二) 电动执行机构.....	316
八、自力式调节阀.....	317
九、调节阀选型的几个原则.....	318
十、调节阀的辅助装置.....	318
(一) 阀门定位器.....	318
(二) 保位阀.....	319
(三) 三通电磁阀.....	320

(四) 二位四通阀.....	320
(五) 手轮机构.....	321
(六) 其它.....	321

<b>第十章 仪表盘、箱、台</b> .....	323
一、各类仪表盘的特点及应用.....	323
二、仪表盘的组合.....	323
三、供电箱和保温箱.....	324
四、操作台和半模拟盘.....	325
五、颜色.....	326
参考资料.....	326

**第二篇 自动控制系统的设计**

<b>第一章 绪论</b> .....	328
一、化工过程的概要.....	328
(一) 化工过程的构成.....	328
(二) 化工过程工艺生产的特点.....	328
二、如何做好化工过程控制方案的设计... 329	
(一) 着重化工过程内在机理的分析研究 329	
(二) 建立整体控制的观念.....	329
(三) 重视化工单元操作的特性.....	329
(四) 注意化工过程的复杂性.....	329
(五) 以定性的概念分析为主并辅之 理论计算.....	329
三、化工自控工程设计简介.....	330
(一) 化工自控工程设计概况.....	330
(二) 化工自控工程设计的基本程序... 330	
(三) 提倡工艺与自控密切结合进行 “闭环”设计.....	331
四、化工过程控制的展望.....	331
(一) 新型控制方法和控制规律的开发 研究.....	331
(二) 自动化技术工具的发展为化工 过程控制提供了有效的手段.....	332
<b>第二章 简单控制系统</b> .....	333
一、对象特性及过渡过程品质指标.....	333
(一) 对象特性.....	333
(二) 过渡过程品质指标.....	335
二、被控变量及操纵变量的选择.....	336
(一) 被控变量的选择.....	336
(二) 操纵变量的选择.....	336
三、滞后对控制系统的影响.....	336
四、调节器特性及它对调节过程品质的 影响.....	337
(一) 位式调节器.....	337

(二) 比例调节器.....	338
(三) 比例积分调节器.....	339
(四) 比例微分调节器.....	341
(五) 比例积分微分调节器.....	341
(六) 其它特种调节器.....	342
五、调节阀流量特性及开关方式、定位器 的选用.....	342
(一) 调节阀的可调比.....	342
(二) 调节阀的理想流量特性.....	344
(三) 调节阀的工作流量特性.....	346
(四) 调节阀流量特性的选择.....	350
(五) 调节阀气开、气关方式的选择... 351	
(六) 阀门定位器的选用.....	352
六、调节器正反作用的选择.....	352
(一) 单回路控制系统中调节器正反作 用的选择.....	352
(二) 串级控制系统中调节器正反作 用的选择.....	353
七、一些常见控制系统的分析.....	354
(一) 流量控制系统.....	354
(二) 液位控制系统.....	355
(三) 压力控制系统.....	355
(四) 温度控制系统.....	356
(五) 成分控制系统.....	356

<b>第三章 复杂控制系统</b> .....	357
一、串级控制系统.....	358
(一) 串级控制系统的基本概念及工 作过程.....	358
(二) 串级控制系统的特点.....	359
(三) 串级控制系统的设计原则.....	360
二、比值控制系统.....	362
(一) 概述.....	362

(二) 几种常见的比值控制方案.....	362	<b>第四章 典型化工单元的控制方案.....</b>	<b>439</b>
(三) 比值控制方案的实施.....	365	一、流体输送设备的控制.....	439
(四) 仪表比值系数的求取.....	366	(一) 概述.....	439
(五) 比值控制系统的几个问题.....	368	(二) 泵和压缩机的控制.....	440
(六) 数字比值控制系统.....	368	(三) 离心压缩机的防喘振控制.....	448
<b>三、均匀控制系统.....</b>	<b>370</b>	(四) 长输管道的控制.....	457
(一) 均匀控制的目的和任务.....	370	(五) 调合作业的控制.....	459
(二) 均匀控制方案的实施.....	370	<b>二、传热设备的控制.....</b>	464
(三) 有关均匀控制的几个问题.....	372	(一) 概述.....	464
<b>四、分程控制系统.....</b>	<b>373</b>	(二) 换热器的控制.....	464
(一) 分程控制系统的基本概念和应用 场合.....	373	(三) 蒸发和结晶过程的控制.....	474
(二) 分程控制方案的实施.....	374	(四) 干燥过程的控制.....	479
(三) 设计分程控制系统时应注意的 问题.....	375	(五) 加热炉的控制.....	485
<b>五、采用模拟计算单元的控制系统.....</b>	<b>378</b>	<b>三、锅炉设备的控制.....</b>	<b>489</b>
(一) 带温度和压力校正的气体、蒸汽 流量控制系统.....	378	(一) 锅炉设备的分类及控制要求.....	490
(二) 精馏塔内回流控制系统.....	388	(二) 锅炉给水自动控制.....	491
(三) 精馏塔进料热焓控制系统.....	391	(三) 蒸汽过热系统的自动控制.....	497
<b>六、自动选择性控制系统.....</b>	<b>393</b>	(四) 锅炉燃烧系统和蒸汽压力的自动 控制.....	499
(一) 概述.....	393	(五) 特殊锅炉的控制.....	509
(二) 选择性控制系统的类型.....	393	(六) 锅炉自动控制实况简介.....	512
(三) 积分饱和及防止措施.....	398	<b>四、化学反应器的控制.....</b>	<b>515</b>
<b>七、前馈控制系统.....</b>	<b>401</b>	(一) 概述.....	515
(一) 概述.....	401	(二) 化学反应器的种类.....	517
(二) 前馈控制模型.....	402	(三) 化学反应器一般控制方案简介.....	520
(三) 前馈-反馈控制.....	405	(四) 化学反应器控制实例简介.....	526
(四) 前馈控制的应用举例.....	405	<b>五、精馏塔的控制.....</b>	<b>554</b>
<b>八、非线性控制系统.....</b>	<b>407</b>	(一) 概述.....	554
(一) 非线性控制问题的提出.....	407	(二) 精馏塔控制要求与外扰影响因素 的分析.....	554
(二) 非线性控制在pH调节中的应用.....	408	(三) 精馏塔整体控制方案的设计.....	556
(三) 在液位调节中引入非线性控制.....	410	(四) 精馏塔被控变量的选择及控制 方案.....	557
<b>九、采样控制系统.....</b>	<b>414</b>	(五) 具有侧线抽出产品的精馏塔 的控制.....	570
(一) 采样控制的概念.....	414	(六) 吸收塔和解吸塔的控制.....	574
(二) 采样控制的原理和工作过程.....	414	(七) 共沸精馏和萃取精馏的控制.....	577
(三) 采样调节器的结构.....	416	(八) 液-液抽提塔的控制.....	579
(四) 采样控制系统应用举例.....	417	<b>六、空气调节的控制.....</b>	<b>580</b>
(五) 采样控制系统的简化与改进.....	417	(一) 基本控制系统.....	580
<b>十、控制系统的相关及解耦.....</b>	<b>423</b>	(二) 整体空调控制系统实例介绍.....	583
(一) 概述.....	423	<b>第五章 顺序控制系统.....</b>	<b>592</b>
(二) 相对增益.....	424	一、顺序控制系统的组成.....	592
(三) 控制系统的相关.....	429	(一) 基本概念.....	592
(四) 相关控制系统的解耦.....	433		



(二) 顺序控制系统的组成	593
二、顺序控制装置的分类与选用	594
(一) 顺序控制装置的分类	594
(二) 顺序控制装置的选用	595
三、顺序控制系统的设计	596
(一) 设计原则	596
(二) 程序编制方法	598

四、各类顺序控制装置应用介绍	605
(一) 由继电器组成的顺序控制装置	605
(二) 矩阵式顺序控制器	607
(三) 功能插卡式顺序控制装置	612
(四) 可编程序式顺序控制器	615
(五) 微机顺序控制器	621
参考资料	628

### 第三篇 自控设计资料

第一章 控制室的设计	630
一、概述	630
二、位置选择	630
三、控制室内平面布置	634
(一) 布置形式	634
(二) 控制室的面积	635
四、建筑要求	636
(一) 吊顶和封顶	637
(二) 地面	637
(三) 门和门斗	637
(四) 窗	638
(五) 色彩处理	638
五、采光与照明	638
(一) 天然采光	638
(二) 人工照明	639
(三) 事故照明	639
(四) 灯具的选择	639
六、采暖通风	640
七、进线方式和安全防护	640
第二章 仪表盘的设计	643
一、盘面布置	643
(一) 排表顺序	643
(二) 排表高度	644
二、盘内接线、配管	645
(一) 接线	645
(二) 接管	646
三、盘内配置	649
四、半模拟盘	649
五、仪表盘的安裝	651
第三章 仪表供电供气设计	653
一、供电设计	653
(一) 负荷分类	653
(二) 电源质量	654
(三) 配电设计	656

(四) 电器选择	666
二、供气设计	666
(一) 仪表气源装置	667
(二) 供气要求及其质量测试	670
(三) 供气配管	673
(四) 管径计算及材料选择	681
第四章 信号报警及联锁系统设计	685
一、信号报警、联锁系统设计要点	685
二、信号报警系统设计	686
(一) 信号报警系统的功能和动作	686
(二) 信号报警系统的故障检出元件	689
(三) 信号报警系统的选用、安裝和 布置	692
(四) 继电信号报警系统实用线路	693
(五) 信号报警继电器箱	705
(六) 无触点信号报警系统	707
三、联锁系统设计	717
(一) 联锁系统的功能和动作	717
(二) 联锁系统的故障检出元件	720
(三) 联锁系统的布置、安裝和試驗	723
(四) 继电联锁系统的设计	724
(五) 无触点联锁系统的设计	723
第五章 调节阀计算	731
一、调节阀流量系数计算和口径选定	731
(一) 流量系数的定义及其物理意义	731
(二) 流量系数计算公式的使用条件	732
(三) 主要计算参数的确定	733
(四) 阻塞流及其对流量系数计算的 影响	734
(五) 液体介质时的流量系数计算	737
(六) 气体介质时的流量系数计算	739
(七) 蒸汽介质时的流量系数计算	742
(八) 两相混合流体的流量系数计算	742
(九) 管件形状修正	744

(十) $C_{max}$ 值的求取和调节阀口径的 选定.....	747	六、涡轮流量计流量计算.....	841
(十一) 相对行程计算.....	749	七、靶式流量计流量计算.....	842
(十二) 可调比计算.....	753	八、非标准节流装置计算用图表.....	844
(十三) 三通调节阀流量系数计算和口 径的选定.....	754	<b>第七章 仪表及管线保温设计</b> .....	858
(十四) 调节阀口径计算的程序和计算 实例.....	756	一、概述.....	858
(十五) 符号说明.....	763	(一) 仪表保温的特点.....	859
(十六) 计算用辅助图表.....	764	(二) 仪表保温的对象.....	859
二、调节阀噪声及其估算.....	788	二、保温结构和保温材料.....	859
(一) 噪声的基本概念.....	788	(一) 保温结构.....	859
(二) 调节阀噪声的来源.....	789	(二) 保温层材料的选择.....	860
(三) 调节阀噪声的估算公式.....	790	(三) 几种常用的保温材料.....	861
(四) 符号说明.....	791	(四) 保护层材料及选择.....	863
三、调节阀不平衡力(力矩)与允许压差 计算.....	793	三、保温计算.....	865
(一) 调节阀输出力(力矩)计算.....	793	(一) 伴热结构.....	865
(二) 调节阀不平衡力(力矩)计算.....	794	(二) 保温层厚度的计算.....	865
(三) 调节阀允许压差计算.....	795	(三) 允许最大散热损失的计算.....	889
<b>第六章 非标准节流装置及流量仪表的计算</b>	801	四、蒸汽管线.....	891
一、非标准节流装置计算.....	801	(一) 蒸汽管线的设计原则.....	891
(一) 工作原理和取压方式.....	801	(二) 蒸汽管线材质的选择.....	891
(二) 计算有关参数及其确定方法.....	803	(三) 蒸汽压力的选择.....	892
(三) 文丘里管计算.....	807	(四) 蒸汽管线管径的确定.....	892
(四) 偏心孔板的计算.....	813	(五) 蒸汽伴管管径的确定.....	895
(五) 1/4圆喷嘴计算.....	815	(六) 蒸汽管线最多伴热点数.....	896
(六) 双重孔板计算.....	816	五、冷凝回水管线.....	896
(七) 圆缺孔板计算.....	818	(一) 冷凝回水管线的设计原则.....	896
(八) 90°弯管流量计计算.....	826	(二) 冷凝回水管线的设计内容与疏 水器.....	897
(九) 限流孔板的计算.....	823	(三) 疏水器的选择.....	898
二、均速管(Arnubar)流量计的计算.....	831	(四) 疏水器的安装形式.....	899
(一) 基本原理.....	831	(五) 冷凝回水管管径的选择.....	900
(二) 等效流速和等效流速点位置的 决定.....	833	(六) 蒸汽伴管及冷凝回水管线上阀门.....	902
(三) 实用计算.....	834	(七) 保温箱.....	905
三、旋涡流量计工作原理及计算.....	836	六、仪表保温施工.....	906
四、转子流量计测量流量的计算.....	837	(一) 蒸汽伴管的安装.....	906
(一) 转子流量计的作用原理及流量 计算.....	837	(二) 管道涂漆.....	906
(二) 液体流量换算.....	838	(三) 管道的绝热施工.....	906
(三) 气体流量换算.....	838	<b>第八章 信号传输中防干扰措施和接地设计</b>	908
(四) 蒸汽流量换算.....	840	一、概述.....	908
五、电磁流量计流量计算.....	840	二、干扰的产生.....	908
		(一) 电阻耦合引入的干扰.....	908
		(二) 电容耦合引入的干扰.....	909
		(三) 电感耦合引入的干扰.....	909
		(四) 仪表供电线路引入干扰.....	909
		三、干扰的抑制.....	910

(一) 隔离·····	910	五、气动信号管线的选用及配管的要求···	933
(二) 屏蔽·····	910	(一) 管径和材质·····	933
(三) 绞线·····	911	(二) 选用原则·····	933
(四) 对电源引入干扰的抑制·····	911	(三) 配管的要求·····	934
(五) 雷击保护·····	911	六、电线、电缆及管线、管缆的敷设方式	934
三、接地·····	912	(一) 架空敷设·····	935
(一) 接地的作用·····	912	(二) 直埋敷设·····	927
(二) 接地系统的设计·····	915	(三) 电缆、管缆沟敷设·····	937
<b>第九章 仪表配管配线设计</b> ·····	923	<b>第十章 隔离和吹洗</b> ·····	939
一、概述·····	923	一、隔离·····	939
(一) 范围·····	923	(一) 概述·····	939
(二) 配管配线设计中应考虑的几个主要因素·····	923	(二) 隔离方式·····	939
二、测量管线·····	923	(三) 隔离器、隔离液·····	941
(一) 测量管线的管径和材质的选择···	923	(四) 在生产装置中的应用例·····	943
(二) 阀门及管件·····	923	二、吹洗·····	944
(三) 测量管线的安装·····	924	(一) 概述·····	944
三、电线电缆的选用·····	925	(二) 吹洗流体·····	944
(一) 电线、电缆线芯截面积的选用···	925	(三) 吹洗流速·····	946
(二) 电线、电缆型号的选用·····	928	(四) 吹洗用控制、指示装置·····	946
四、配线设计·····	931	(五) 在生产装置中的应用例·····	947
(一) 配线设计应考虑的因素·····	931	<b>常用物理量单位与SI制换算表</b> ·····	950
(二) 本安型仪表配线设计的考虑因素	932	参考资料·····	952

# 第一篇 工业自动化仪表及选用

## 第一章 绪 论

要实现石油化工装置的生产过程自动化，在设计过程中不仅要有合理的控制方案和正确的测量方法，而且还需根据工艺数据正确选择自动化仪表。要做到这一点，不仅在设计过程中必须要遵循各种有关的标准、规范、导则之类的指导性文件，设计手册作为一本有效适用的工具书供设计人员参考也是必不可少的。

自从“石油化工自动控制设计手册”第一版出版以来，我国工业自动化仪表的品种和规格、性能有了很大的变化，有些老品种被淘汰停产，新型仪表不断研制成功投产，并且还有从国外引进或以合资方式生产的电子仪表及调节阀也相继在国内市场出售。鉴于这种情况，这次再版时，尤其是第一篇部分作了较多的补充和更改。

本篇编写方式基本上继承第一版的形式，主要介绍国内已批量生产的（包括引进和合资经营的）各类仪表的简单原理、特点、主要技术条件和适用场合。由于工业自动化仪表品种、规格繁多，而同一规格的型号、尺寸、接线端子位置和接头形式等，各个生产厂又不尽相同，所以手册很难罗列齐全，需要时只能查阅有关生产厂的产品目录或其它资料。

由于目前国内生产的仪表刻度皆为公制，而按国家规定，今后计量单位应采用法定计量单位制。因此在目前过渡期间为二方面兼顾起见，手册内单位仍采用公制，在手册最后附录内附有法定计量单位与公制换算公式，供读者参考。

此外，国外已在工业装置上使用的微处理器化的集散型控制系统，国内仪表厂尚无正式产品投入市场供用户选用，故手册中选择一些外国公司的典型品种作些介绍，以供设计人员了解和需要时参考。

下面就设计选型中的一些共同性问题作一简述。

### 一、单元组合仪表的选择

近年来，由于电子技术的发展，集成电路的不断改进提高，促进了电动仪表元器件更新换代的速度，使其不仅具有信号便于远距离传送的固有优点外，可靠性、安全性也有了很大的提高，而且它与计算机配合较为方便。因而，它的发展速度比气动仪表快许多，目前已被各个工业部门普遍推广使用。它不仅在无爆炸无火灾危险的场所内使用，在有防爆防火要求的石油化工装置，由于它具有本质安全防爆措施，使用量也日渐增多。气动仪表有其固有的防爆性能，结构简单，维护检修方便，价格低廉等优点，在中小型企业 and 现场就地指示、调节的场合，还是较普遍的被大量采用。

单元组合仪表根据使用动力情况及功能组件组合方式，一般可分为：

- 1) 气动单元组合仪表；
- 2) 电动单元组合仪表；
- 3) 电子组装式仪表。

在工程设计中,究竟采用气动的还是电动的,因为二类仪表各有特长应该根据装置的具体条件进行综合考虑和分析。以下几点可供选用时参考<sup>(1)</sup>;

- 1) 集中操作程度;
- 2) 是否与计算机相配合操作;
- 3) 要求响应速度;
- 4) 经济性;
- 5) 可靠性及使用维护方面;
- 6) 安全性(防爆、停电、气源故障等);
- 7) 环境条件及传输距离。

一般来说,下列条件以选用气动仪表为宜:

- 1) 自变送器至显示调节仪表间的距离较短,通常以不超过150m较为合适;
- 2) 工艺物料是易燃易爆介质及相对湿度很大的场合;
- 3) 要求仪表投资少;
- 4) 一般中小型企业要求易维修,经济可靠;
- 5) 在以电动仪表为主的大型装置里,有些现场就地调节回路不要求引入中央控制室集中操作时,可采用气动仪表。

下列条件以选用电动仪表为宜:

- 1) 变送器至显示调节单元间的距离超过150m以上时;
- 2) 大型企业要求高度集中管理的中央控制时;
- 3) 设置有计算机进行控制及管理的对象;
- 4) 要求响应速度快,信息处理及运算复杂的场合。

总之,作为自动化的工具——电动仪表和气动仪表的选用,我们应从其特点能得到发挥的方面来考虑,而不把气、电二者对立起来或片面观点来对待。在一些现代化炼油、石油化工及化工装置中都是发挥它们各自的特点进行混合选用的。

电动单元组合仪表国内目前制造厂正在生产的有DDZ-I型和DDZ-II型二种,DDZ-I型是早期以晶体管分立元件为主体组成的,由于使用单位尤其是中小型企业还在大量选用,制造厂也在生产,所以在再版中仍保留第一版的这一部分内容但删去了机械工业部已公布的第一至第七批淘汰机电产品中有关品种,并增添了DDZ-II型的品种。

DDZ-II型电动单元组合仪表和电子式组装仪表都是以集成电路为主的组件,选用上没有很大显著的区别,所不同的只是结构形式及安装上的差异。DDZ-II型的辅助单元如计算单元、转换单元等以独立的仪表外框形式安装在仪表盘的盘后框架上。电子组装式仪表除显示仪表安装在盘面上外,其它单元如计算单元、转换单元及其它辅助单元等都是以插卡形式安装在独立的机柜内。一个机柜有数个插卡组件箱及电源箱等,每个组件箱有10个插卡,插卡在组件箱内的布置可按功能排列,即把相同功能的插卡集中放在一起;也可按一个回路所需要的插卡排列在一起,具体排列形式按用户要求,由制造厂负责完成组装。机柜与仪表盘间的线路连接用多芯插接器,使用及安装都较方便。

从日本横河—北辰公司引进的S系列和EK系列的电动仪表,其基本结构原理与DDZ-II型电动单元组合仪表相似,所以在选型及系统组成上是相同的。系列内容、应用场合及回路组成等方面分别在第七章显示仪表内叙述。

## 二、信号报警系统和安全联锁系统

信号报警是预告操作人员，生产过程某些重要参数已偏离正常状态应引起注意而设置的。

安全联锁是在生产过程发生事故时，为防止事故扩大而应采取的紧急措施如紧急切断电源停车或立即关闭（或打开）某些安全阀门，以确保设备及人员处于安全状态。

在考虑信号报警及安全联锁设计时，下列原则是应该遵循的。

- 1) 系统的构成可以选用有触点的继电器也可选用无触点回路，但必须保证动作可靠。
- 2) 信号报警接点可利用仪表的内藏接点也可单独设置报警单元。自动保护（联锁）用接点，重要场合宜与信号接点分开单独设置故障检出器。
- 3) 联锁系统动作前应有征兆预报警设施。联锁故障检出器极重要场合，可设置在线二个或二个以上的故障检出器构成逻辑关系以确保可靠性。
- 4) 自动保护系统原则上在发生异常情况以后或恢复了正常状态，操作人员也需在现场检查确认后，按下再启动按钮才能使生产过程恢复到可以再启动的状态。

## 三、防爆及防火场合仪表及自控设计

有关仪表自控设计的防爆防火规范，目前国家标准尚未颁发，过去，在引进项目的配套设计中，多数是参照引进项目的外国工程公司或该国家的防爆防火规定执行，国内设计有按行业或按部或院（公司）的规定执行，没有统一。随着我国对外开放政策的实行，一些企业引进单机进行技术改造、设计单位采取中外合作设计必定有所增加，因此普遍希望有一防爆防火规范，而且尽量向国际电工委员会（IEC）编制的规范靠拢的客观要求。

在目前情况下，要强调的是：凡经有关上级部门批准的电力设计的有关防爆防火技术规定，在自控设计中能遵循的就应参照执行，如在爆炸场所采取正压通风或机械通风方式来降低等级缩小爆炸危险场所的范围时，自控设计应符合化工部基建局批准的CD90A4-83“化工企业爆炸和火灾危险场所电力设计技术规定”中的有关条文。在采用本质安全型电动仪表时，这种仪表在爆炸危险场所使用时，由于电路上某种原因而产生火花、电弧或过热也不会构成点火源而引起燃烧或爆炸，因此原则上它可适用于最高级别的爆炸危险物质的场所。但是在安装设计时必须要考虑有关的技术规定，如：

1) 本质安全电路和非本质安全电路不能相混，在线路敷设和仪表盘盘后配线时应该分开或隔离，这样可以防止本质安全电路不会受到电源变压器、马达、放大器等非本质安全电路之静电电磁感应。可能的话，这二类电路应尽量远隔或者把导线屏蔽起来。

2) 构成本质安全电路必须应用安全栅，才能将本质安全电路和非本质安全电路分隔开

表 1-1 爆炸和火灾危险场所的分区

类别	级别	说明
一、气体及蒸气爆炸危险场所	0区	连续地出现爆炸性气体环境，或预计会长期出现或短期频繁地出现爆炸性气体环境的区
	1区	在正常操作时，预计会周期地（或偶然地）出现爆炸性气体环境的区
	2区	在正常操作时，预计不会出现爆炸性气体环境，即使发生也可能不频繁并短时出现的区

类别	级别	说明
二、粉尘爆炸危险场所	10区	爆炸性粉尘混合物环境连续出现或长期出现的区
	11区	有时会将积留下的粉尘扬起而偶然出现爆炸性粉尘混合物危险环境的区
三、火灾危险场所	21区	具有闪点高于场所环境温度的可燃液体，在数量和配置上能引起火灾危险的区
	22区	具有悬浮状、堆积状的爆炸性或可燃性粉尘，虽不可能形成爆炸混合物，但在数量和配置上能引起火灾危险的区

来，这样可以避免在非危险场合如控制室内一旦发生故障不会波及到现场仪表而发生危险。

3) 本质安全系统的接地问题应符合有关防爆规定的要求，具体可参阅第三篇第八章。

按照CD90A4-83的规范，爆炸场所的分区，最小点燃电流分级和引燃温度的分组列于表1-1~表1-4。

表 1-2 按最小点燃电流(MIC)分级

级别	最小点燃电流比MICR <sup>①</sup>	级别	最小点燃电流比MICR <sup>①</sup>
II A	>0.8	II C	<0.45
II B	0.45 ≤ MICR < 0.8		

① 最小点燃电流比 (MICR) 为各种气体和蒸气按它们最小点燃电流值与实验室的甲烷的最小电流值之比。

表 1-3 按引燃温度分组

组别	引燃温度 $t$ (°C)	组别	引燃温度 $t$ (°C)
T1	450 < $t$	T4	135 < $t$ ≤ 200
T2	300 < $t$ ≤ 450	T5	100 < $t$ ≤ 135
T3	200 < $t$ ≤ 300	T6	85 < $t$ ≤ 100

表 1-4 常用气体或蒸气爆炸性混合物分级分组

序号	物质名称	级别	组别	序号	物质名称	级别	组别
1	甲烷	II A	T1	14	燃料油(煤油、柴油)	II A	T3
2	乙烷	II A	T1	15	甲醇	II A	T2
3	丙烷	II A	T1	16	苯酚	II A	T1
4	丁烷	II A	T2	17	乙醛	II A	T4
5	戊烷及己烷	II A	T3	18	丙酮	II A	T1
6	丙烯	II A	T2	19	醋酸甲酯	II A	T1
7	苯乙烯	II A	T1	20	醋酸乙酯	II A	T2
8	甲基苯乙烯	II A	T1	21	氯甲烷、氯乙烷	II A	T1
9	苯	II A	T1	22	氯乙烯	II A	T1
10	甲苯	II A	T1	23	氨	II A	T1
11	二甲苯	II A	T1	24	乙腈	II A	T1
12	异丙苯	II A	T2	25	丙炔	II B	T1
13	石脑油	II A	T3	26	乙烯	II B	T2

续表

序号	物质名称	级 别	组 别	序号	物质名称	级 别	组 别
27	1,3丁二烯	II B	T3	33	硫化氢	II B	T3
28	丙烯腈	II B	T1	34	氢气	II C	T1
29	环氧乙烷	II B	T2	35	乙炔	II C	T2
30	丙烯酸甲酯	II B	T2	36	二硫化碳	II C	T5
31	丙烯醛	II B	T3	37	硝酸乙酯	II C	T6
32	焦炉煤气	II B	T1	38	水煤气	II C	T1



## 第二章 温度测量仪表的技术特性和选用

### 一、概 述

#### (一) 分类与特点

各种温度计按其测量方式可分为接触式和非接触式两大类，其特点见表2-1<sup>[2]</sup>。

表 2-1 温度计的分类与特点

测量方式	简单原理	温度计名称	特 点		可行性功能					
			优 点	缺 点	指示	记录	控制与变送	报警	远距传送	
接 触 式	体积或压力变化	固体热膨胀	双金属温度计	示值清楚，机械强度较好	精确度较低	✓			✓	
		液体热膨胀	玻璃液体温度计	价廉精确度高	易破损，观察不便	✓				✓
			压力式(充液体)温度计	价廉，容易就地集中	毛细管机械强度差，损坏后不易修复	✓	✓	✓	✓	
		气体热膨胀	压力式温度计							
	电阻变化	金属热电阻	铂、铜、镍热电阻	测量准确	振动场合易坏	✓	✓	✓	✓	✓
		半导体热敏电阻	锗、碳、金属氧化物半导体热敏电阻	反应快	安装不便					
	热电势变化	廉金属热电偶	铜-康铜、镍铬-镍硅热电偶	测温范围广，测量准确，不易损坏	需要补偿导线，测较低温度时电势小					
		贵金属热电偶	铂铑-铂、铂铱-铂铱热电偶							
		难溶金属热电偶	钨铼热电偶							
	非接触式	辐射	亮度法	光学高温计	测温范围广，携带方便	只能目测				
全辐射法			辐射温度计(热电堆)	反应速度快，可测高温	构造复杂，价高读数麻烦		✓			
比色法			比色温度计							
部分辐射法			红外线测温仪光电高温计			✓	✓	✓	✓	

#### (二) 测量范围

工业上常用的温度测量范围如图2-1所示，图中标志的“可能范围”对于接触式温度计系指根据测温原理有可能达到的测温范围，对于非接触式温度计系指目前分度方法能够实现的测温范围。