

炼油工人中级技术培训教材

炼油仪表及自动化

(试用本)

兰州炼油厂 王中海 编

烃加工出版社

87
TE 967
3
3

87
TE 62
14
A

炼油工人中级技术培训教材

炼油仪表及自动化

(试用本)

兰州炼油厂 王中涛编

样书
烃加工出版社

1979.10.26



烃加工出版社

B

359220

内 容 提 要

本书是中国石油化工总公司组织编写的炼油工人技术培训教材中的一种,供中级炼油工人作为炼油仪表及自动化的教材,也可供技工学校炼油专业作教学参考书。

本书主要讲述压力、流量、温度和液位的测量方法以及常用的检测、变送仪表;简述自动化的基本概念和各种调节规律;气动和电动调节、显示仪表的作用原理、用途和操作方法;气动调节阀和阀门定位器;简单调节系统的组成、投运和调试;复杂调节系统和计算机控制系统等的简介等。

炼油工人中级技术培训教材

炼油仪表及自动化

(试用本)

兰州炼油厂 王中涛编

石油工业出版社出版

昌平沙河建华印刷厂承印

北京市京东印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行

787×1092毫米 32开本 11¹/₂印张 249千字 印1—14,000

1986年3月北京第1版 1986年3月北京第1次印刷

书号: 15391·10 定价: 2.35元

前 言

本书是中国石油化工总公司根据石油部劳资司一九八三年制订的炼油工中级技术培训教学大纲组织编写的,可作为中级炼油工“炼油仪表及自动化”的教材,也可供技工学校炼油专业作教学参考书。并可供炼油、仪表工作者参考。

本书主要讲述压力、流量、温度和液位的测量方法以及常用的检测、变送仪表;炼油自动化的基本概念和各种调节规律;气动和电动调节、显示仪表的作用原理、用途和操作方法;气动调节阀和阀门定位器;简单调节系统的组成、投运和整定;复杂调节系统和计算机控制系统的简介等。内容立足于当前我国炼油厂的实际,同时也着重介绍了目前已经开始采用的新型仪表和调节系统。鉴于电动仪表和计算机在炼油化工系统中的应用越来越普遍,所以本书在教学大纲的规定范围外又增加了与计算机配用的电动仪表及计算机控制系统方面的内容,供教学时选用。由于在炼油化工装置上使用电动仪表时必须要注意防爆问题,所以本书在附录一中介绍了安全火花型防爆仪表的基本知识。由于各单位所用仪表种类不同,采用本教材时可根据具体情况适当增删。

在编写过程中,上海炼油厂毛希源、抚顺石油二厂王桂莲和大连石油七厂车淑英等同志曾提出宝贵意见,在此表示感谢。

由于编者水平不高,时间仓促,书中缺点错误不少。请同志们批评指正。

编者

一九八五年元月

目 录

第一章 概述	1
第一节 炼油自动化的意义	1
第二节 炼油仪表及自动化发展概况	2
第三节 炼油仪表及自动化系统的分类	3
第四节 课程的目的要求	5
第二章 测量仪表的基本概念	6
第一节 测量过程	6
第二节 测量仪表的分类	7
第三节 测量仪表的基本技术性能	7
第三章 气动仪表的基本元件及构成原理	14
第一节 气动仪表元件及其组合	14
第二节 仪表的构成原理	31
第四章 压力的测量	34
第一节 压力测量的概念	34
第二节 压力测量方法	35
第三节 弹簧管压力表	39
第四节 压力表的选择与使用	41
第五章 流量的测量	44
第一节 流量测量的概念	44
第二节 流量测量方法	45
第三节 差压式流量计	45
第四节 差压变送器	55
第五节 靶式流量计	61

第六节	椭圆齿轮流量计	65
第七节	涡轮流量计	68
第六章	液位的测量	71
第一节	液位测量的概念	71
第二节	液位测量方法	71
第三节	玻璃液位计	73
第四节	浮力式液位计	74
第五节	静压式液位计	78
第六节	其他型式的液位计	83
第七章	温度的测量	94
第一节	温度测量的概念	94
第二节	常用的测温方法	96
第三节	热电偶温度计	100
第四节	热电阻温度计	119
第五节	电动温度变送器	126
第六节	气动温度变送器与电-气转换器	128
第七节	测温仪表的选用与安装	180
第八章	炼油自动化基本概念	136
第一节	炼油生产过程的调节	136
第二节	自动调节系统的组成	138
第三节	自动调节系统的过渡过程及品质指标	143
第九章	调节系统的对象特性	151
第一节	调节对象的静态特性和动态特性	151
第二节	测量元件及变送器的特性	158
第三节	气动薄膜调节阀的特性	162
第十章	调节器的调节规律及其对过渡过程的影响	165
第一节	双位调节	165
第二节	比例调节	172
第三节	比例积分调节	182

第四节	比例微分调节	189
第五节	比例积分微分调节	197
第十一章	调节器及显示仪表	202
第一节	概述	202
第二节	气动指示记录调节仪	204
第三节	电动调节器	227
第十二章	气动调节阀	242
第一节	气动执行机构	243
第二节	调节阀阀体	245
第三节	调节阀的选用	250
第四节	阀门定位器	254
第五节	调节阀的安装与使用	259
第十三章	简单调节系统	262
第一节	制订简单调节系统的基本原则	263
第二节	典型的控制方案	272
第三节	调节系统的投运	281
第四节	自动调节系统的整定	285
第十四章	复杂调节系统简介	294
第一节	串级调节系统	295
第二节	均匀调节系统	299
第三节	比值调节系统	304
第四节	多冲量调节	306
第五节	前馈调节系统	309
第六节	自动选择性控制	310
第七节	计算机控制	318
参考文献		325
附录一	安全火花型防爆仪表的基本知识	326
附录二	我国常用热电偶及补偿导线	331

附录三	热电偶温度与毫伏值对照表	332
附录四	热电阻温度与电阻值对照表	338
附录五	自动控制设计图例	341
附录六	气动调节阀型号编制说明	345

第一章 概 述

第一节 炼油自动化的意义

炼油生产过程一般是将原油通过常减压蒸馏、催化裂化、焦化、加氢精制等工艺过程,以获得汽油、煤油、柴油、润滑油和各种化工产品的生产过程。它牵涉到流体力学过程、传热过程、传质过程和化学反应过程等。它所用的设备有作为流体输送的各种泵、压缩机以及管路系统;作为传热设备的各种换热器和加热炉;作为分馏用的各种精馏塔和进行化学反应的各种反应器。

炼油生产过程大多是在密闭的容器和设备中,在高压、真空、高温或深冷的情况下连续进行的。此外,不少介质还具有有毒、易燃、易爆和腐蚀的性质。因此,为了使炼油生产能够正常、高效地进行,就必须把各项工艺参数维持在某一最佳范围之内,并尽量使生产过程的控制实现自动化。

炼油生产过程自动化就是在炼油设备上配置一些自动化装置来替代操作人员的部分劳动,使生产在不同程度上自动地进行。这种用自动化装置来管理炼油生产过程的办法称为炼油生产过程自动化,简称炼油自动化。

实现炼油自动化后,不仅可以提高产品的产量和质量,降低能量和原材料的消耗,延长设备的使用寿命,获得最好的经济技术指标;而且能充分保证工人和设备的安全,减轻操作人员的劳动强度,改善工作环境,有效地监视、控制和调

节生产过程。

第二节 炼油仪表及自动化发展概况

由于绝大多数的炼油过程是连续的生产过程，所以易于实现自动控制。炼油的自动化程度随着工艺生产过程的发展、科学技术的进步和技术工具的不断完善而日益提高。

在四十年代，只是对生产过程设备的每个极小部分进行测量和控制。当时炼油自动化的设计主要是凭经验，用的是些体积大的仪表（大多为基地式仪表），在仪表壳内装有调节机构。仪表只作为附属装置，设置在生产设备各部分的附近。

四十年代末到五十年代初，对调节系统质量的概念是“快就是好”。在这个阶段，出现了单元组合仪表。特别是气动单元组合仪表得到很大的发展，同时开始设置中央控制室，将许多仪表集中在一起，使操作人员对仪表显示可以一目了然。

从1956年以后，人们开始对自动调节过程的运动规律进行了深入的研究，对管线、调节阀、泵、热交换器、精馏塔和反应器等做了大量的动态特性的研究工作，使自动控制技术有了进一步的发展。这时，控制温度、流量、压力等过程参数不仅是为了保证生产设备的稳定运行，而且也是为了以最少的原料消耗获得最大的产量。为了使目的函数达到最大（或最小），要根据物料平衡、热量平衡，并利用化学反应等方程式计算过程变量的最佳值，也就是所谓的静态最佳控制。五十年代末到六十年代初，开始将电子计算机应用于石油化工生产过程的控制。

从六十年代后半期起到七十年代，由于集成电路的出

现，使计算机技术发展很快，相继出现了小型和微型计算机。在炼油过程的自动控制中，电子计算机起着越来越重要的作用，如用微型计算机可计算原有设备的过程参数，进行局部控制；对新建的大型企业，用微型计算机可将生产装置一级的计算机与公司一级的计算机组成控制系统进行有机的综合管理。随着设备的电子计算机化，控制室内部亦有所改变，以记录调节仪表或偏差指示调节仪表为中心的仪表盘，变成了以计算机为中心的控制台，作为计算机的输入、输出装置，并采用阴极射线管（CRT）显示，它对人-机联系起着重要的作用。

七十年代后半期，计算机控制系统又有了进一步的发展。随着微处理机的出现，根据系统工程的科学方法出现了既集中又分散的所谓“集散型控制系统”。

目前，在我国的炼油生产过程中，自动化仪表，特别是计算机的应用与世界先进水平还有差距。例如大多数炼油厂主要还是使用常规仪表进行单参数控制，或使用一些简单的串级控制系统。但是，有的炼厂已实现了一些均匀调节、比值控制、取代调节等复杂调节系统；有的炼厂已使用在线质量分析仪表和计算机控制，实现了前馈调节，按计算指标进行调节，非线性的连续调节和采样调节等；有的炼厂也作了最优控制的研究。

第三节 炼油仪表及自动化系统的分类

在炼油生产过程中，需要测量和控制的参数是多种多样的，但主要的是热工量（如温度、压力、流量和物位等）和成分量（如初馏点、干点、粘度和闪点等）。炼油自动化仪表按其功能的不同，大致分成四个大类：即检测仪表（包括

各种参数的测量和变送)、显示仪表(包括用模拟量显示和数字显示)、调节仪表(包括气动、电动调节仪表及电子计算机等)和执行器(包括气动、电动和液压等执行器)。

利用上述各类仪表,可以组成各种自动化系统。自动化系统主要分为以下几类:

(1)自动测量系统 大部分的炼油生产过程是连续的生产过程,是在密闭的容器、塔和管道里进行的,看不见,摸不着。为了及时、准确地了解生产过程的情况,就要用自动测量仪表不断地对生产过程的各个参数,如温度、压力、流量、液位以及各种成分量等进行测量,并把测量的结果指示或记录出来,这就是自动测量系统。

(2)自动信号系统 当生产过程不正常时,会使某些工艺参数超过一定限量而影响产品的产量和收率,严重时,甚至会发生燃烧、爆炸以及损坏设备等各种事故。因此,就要发出警报信号、如铃响、信号灯光等,告诉我们应及时采取措施,防止发生事故,这就是自动信号系统。

(3)自动连锁系统 当生产过程不正常时,能自动采取措施,如打开安全阀或切断某些通路,必要时,能紧急停车等,这就是自动连锁系统。

(4)自动调节系统 自动测量系统只完成“了解”生产过程中的各种信息问题,而自动连锁系统也只保证生产的“安全”。为了要解决“正常生产”的问题,并能自动地排除各种干扰因素对工艺参数的影响,使工艺参数始终保持在我们预先规定的数值范围内,保证生产正常地、稳定地进行,这就是自动调节系统。

此外,在炼油生产中有时还会碰到“协同动作”的问题,如装油和卸油的工作,需要机械和设备按照一定的程序和

规律进行多种动作，这就是自动操纵系统。自动操纵系统可以减轻工人的劳动强度和提高劳动生产率。

近年来，科学技术的发展极为迅速，石油化学工业不断地朝着大规模、强化生产的方向迈进，所以无论从能量利用、产品质量、收率等几个方面考虑，都对自动化提出了越来越高的要求。随着自动化技术工具的发展，特别是计算机和计算技术的发展，为实现更高级的自动控制提供了非常有利的条件。

第四节 课程的目的要求

任何一个现代化的炼油厂都是由许多机械设备和仪表按照一定的工艺要求组合而成的。炼油生产过程自动化是一门综合性的课程，与工艺和设备有着极为密切的关系。炼油工人通过自动化装置来管理生产，而自动化装置又与工艺及设备结合成为有机的整体，因此，炼油工人必须具有自动化方面的基本知识。通过本课程的学习，炼油工人应能了解常用炼油仪表的基本原理、作用、主要特点和使用方法；了解自动调节的基本理论知识，懂得基本调节规律及其组合，和它们在炼油生产过程中的应用；熟悉在生产的开、停工过程中，自动调节系统的投运；了解调节器参数的工程整定方法和炼油自动化的发展趋势。

复 习 题

(1) 实现炼油生产过程自动化有哪些好处？

(2) 炼油生产过程自动化包括哪些内容？为什么说自动调节系统是自动化的主要组成部分？

第二章 测量仪表的基本概念

在工业生产中，为了正确地指导生产操作，保证生产安全，保证产品质量和实现生产过程自动化，必须及时而准确地检测出生产过程中各个有关参数。目前，在炼油、化工生产过程中，对压力、流量、物位、温度、物质成分等参数，多数实现了自动测量，并与调节器、执行机构等配合，对生产过程实现了自动控制。

由于炼油、化工过程参数种类很多，生产条件也各有不同，因而测量仪表也就多种多样。但从测量仪表的组成来看，基本上由三部分组成，即检测环节、传送放大环节和显示部分，如图2-1所示。检测环节直接感受被测参数，并将其转换成适于测量的信号，然后经传送放大环节对信号进行放大，再传送到显示部分，最后由显示部分进行指示或记录。有关各部分的工作原理和结构组成将在后面的章节中介绍，这里只就测量仪表的共同点进行简略的介绍。

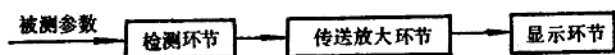


图 2-1 测量仪表的组成

第一节 测量过程

在炼油生产中，测量过程所采用的测量方法及测量仪表的种类虽然很多，但从测量过程的实质来看都有相同的地方。例如，弹簧管压力表之所以能用来测量压力，是由于弹

簧管受压后的弹性变形把被测压力变换为弹性变形位移，然后再通过机械传动放大变成压力表指针的偏转，最后与压力刻度标尺上的测量单位比较而显示出被测压力的数值。又如各种炉温的测量，大多数是利用热电偶的热电效应，把被测温度变换成直流毫伏信号，然后再变换为毫伏测量仪表上的指针位移，最后与温度标尺相比较而显示出被测温度的数值。由此可见，各种测量方法及仪表不论采用哪一种原理，它们的共同特点是，被测参数都要经过一次或多次的信号能量形式的变换，最后获得便于测量的信号能量形式，由指针位移或数字形式显示出来。所以各种测量仪表的测量过程，实质上是被测参数信号能量形式的一次或多次不断变换和传送，并将被测参数与其相应的测量单位进行比较的过程，而测量仪表就是实现变换和比较的工具。

第二节 测量仪表的分类

炼油生产过程中使用的仪表类型繁多、结构复杂，因而分类方法也很多，下面是常见的几种分类方法。

依据所测参数的不同，可分成压力（包括差压、负压）测量仪表、流量测量仪表、物位测量仪表、温度测量仪表和物质成分分析仪表等。

按表达示数的方式不同，可分成指示型、记录型、讯号型、远传指示型和累积型等。

按使用场合的不同，可分为实用仪表、范型仪表和标准仪表。

第三节 测量仪表的基本技术性能

一、仪表的精度

任何测量过程中都存在着测量误差，在应用测量仪表对生产过程中的工艺参数进行测量时，不仅需要知道仪表表面上的指示值，而且还应知道该测量仪表的精度，即所得测量值接近真实值的准确程度，以便估计测量值的误差大小。

测量仪表在其标尺范围内各点读数的绝对误差，一般是标准表（精度较高，其测量值用来代表“真实值”）和被校表（精度较低）同时对同一个参数进行测量时所得到的两个读数值之差。一般不用绝对误差来判断仪表的精度，因为仪表的精度不仅与绝对误差有关，而且还与仪表的标尺范围有关。例如，两台标尺范围（即测量范围）不同的仪表，如果它们的绝对误差相等的话，则标尺范围大的仪表精度比标尺范围小的高。因此，工业仪表不采用绝对误差，而采用折合成仪表标尺范围的百分数表示，称为相对百分误差 δ ，即

$$\delta = \frac{X - X_0}{\text{标尺上限值} - \text{标尺下限值}} \times 100\%$$

式中 X ——被测参数的测量值；

X_0 ——被测参数的标准值；

$X - X_0 = \Delta X$ ，为绝对误差。

必须注意：仪表的绝对误差在测量范围内的各点上是不同的。因此，必须记住，我们常说的“绝对误差”指的是绝对误差的最大值。

例如，某个压力表的标尺范围为 $50 \sim 100 \text{ kgf/cm}^2$ ，已知绝对误差的最大值为 1 kgf/cm^2 ，则其最大相对百分误差为：

$$\delta_{\max} = \frac{\pm 1}{100 - 50} \times 100\% = \pm 2\%$$

仪表的精度等级，是按照国家或国际上有关的标准化组

织统一规定的允许基本误差的极限值，划分成的几个等级。例如，上述某个压力表的基本误差的极限值为 $\pm 2\%$ ，则该仪表的精度等级为 2 级。

如果使用不当,上述压力表经过重新校验,基本误差值为 $\pm 2.3\%$,大于2级精度仪表允许基本误差的极限值,那么该压力表就应降为2.5级精度使用。

我国常用仪表的精度等级大致有，

