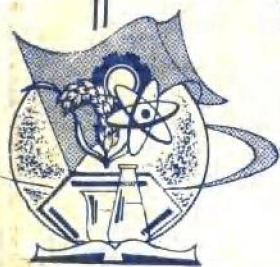


化学工人自学丛书



化工仪表及自动化知识

幸荣辉 李言旻 编

化学工业出版社

81-18

326

化学工人自学丛书

化工仪表及自动化知识

幸荣辉 李言旻 编

34238/1

化学工业出版社

内 容 提 要

本书结合我国化工生产实际,由浅入深地较系统地介绍了化工生产中常用的压力、流量、液面、温度、成分等测量仪表的原理,应用方面的基础知识和实践经验,以及化工生产过程自动化方面的基本概念、调节规律、调节器的结构原理和使用方法。

本书主要供化工操作人员、工艺技术人员、生产管理干部使用;也可供仪表工人、仪表技术人员、中等专业学校、技工学校的仪表自动化师生参考。

本书第一、二章由李言旻同志编写,其余各章均由幸荣辉同志编写。陶子健、詹微明、李政学等同志审阅。

化学工人自学丛书
化工仪表及自动化知识
幸荣辉 李言旻 编

责任编辑:陈逢阳
封面设计:许 立

化学工业出版社出版
(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发行

开本 $787 \times 1092^{1/32}$ 印张 $13^{1/8}$ 字数290千字 印数1—13,170

1985年9月北京第1版1985年9月北京第1次印刷

统一书号15063·3685 定价2.05元

《化学工人自学丛书》

出版说明

为了普及化工生产技术知识及理论知识，提高我国化工企业广大工人的科学技术水平，以适应加速实现化学工业现代化的需要，特组织编写出版这套《化学工人自学丛书》。

这套丛书的内容包括化学、化工技术，基础理论以及化工生产工艺和设备，并反映当代新技术、新工艺、新设备、新材料。叙述力求深入浅出，理论联系化工生产实际，便于自学。根据化学工业多行业、多工种的特点，本丛书除分册出版无机化学、有机化学、化工生产原理等基础理论和基础技术读物外，还将陆续出版主要化工生产的工艺操作、主要化工设备机器的安装和检修、生产分析、化工仪表及自动化等方面的图书。

本丛书主要供化工企业具有初中以上文化程度的工人和其他有关人员自学。通过自学，达到或接近中等专业学校毕业的水平。也可作为各化工企业的技工学校教学参考书和考工评级的参考读物；还可供化工中等专科学校教师和学生参考。

38510

目 录

第一篇 化工测量仪表及调节器

第一章 概述	1
第一节 化工仪表是化工生产的“眼睛”	1
第二节 化工仪表的分类	2
第三节 化工仪表的主要品质指标	4
第四节 化工仪表的基本组成	6
复习思考题	7
第二章 压力测量仪表	8
第一节 压力测量的基本概念	8
第二节 液柱式压力计	15
第三节 弹性式压力计	23
第四节 单元组合仪表中的压力变送器	32
第五节 压力表的安装和校验	40
第六节 压力表的使用和维护	44
复习思考题	49
第三章 流量测量仪表	51
第一节 流量测量的基本概念	51
第二节 差压式流量计	54
第三节 转子流量计	93
第四节 其它流量计	99
复习思考题	108
第四章 物位测量仪表	110
第一节 物位测量的基本概念	110
第二节 玻璃液位计	111
第三节 浮力式液位计	113

第四节 静压式液位计	119
第五节 其它物位计	127
第六节 物位计的使用注意事项	138
复习思考题	142
第五章 温度测量仪表	144
第一节 温度测量的基本概念	144
第二节 膨胀式温度计	146
第三节 压力式温度计	152
第四节 热电偶温度计	154
第五节 热电阻温度计	177
第六节 热辐射式高温计	184
第七节 温度表的安装与维护	188
复习思考题	191
第六章 成分分析仪表	193
第一节 气体成分分析器	194
第二节 溶液浓度分析器	213
第三节 物质性质分析器	222
第四节 成分分析器的使用和测量误差	227
复习思考题	229
第七章 自动调节器	231
第一节 自动调节器的功能和分类	231
第二节 调节器的调节规律	233
第三节 基地式调节器	243
第四节 单元组合仪表	257
第五节 气动薄膜调节阀	288
复习思考题	302

第二篇 化工自动化

第八章 化工自动化的基本概念	305
-----------------------------	------------

第一节	自动调节系统的组成和方块图	306
第二节	自动调节系统的过渡过程及其品质指标	312
第三节	影响调节质量的因素	317
第四节	调节器的调节规律对调节质量的影响	329
复习思考题		337
第九章	自动调节系统	339
第一节	简单调节系统的组成和特点	339
第二节	化工典型单元调节系统	343
第三节	简单调节系统的投运和故障分析	356
第四节	调节器参数的工程整定	364
第五节	复杂调节系统	375
复习思考题		388
第十章	其他几种控制系统	390
第一节	自动信号联锁保护系统	390
第二节	自动操纵系统	402
第三节	计算机控制	403
复习思考题		411
主要参考文献		411

第一篇 化工测量仪表及调节器

第一章 概 述

第一节 化工仪表是化工生产的“眼睛”

在化工生产中，化工测量仪表（以下简称化工仪表）是不可缺少的组成部分。操作人员都知道，化工生产的各个过程都是在一定的工艺条件下进行的。这些工艺条件，一般是压力、流量、液面、温度以及物料成分等。操作人员的任务，就是要正确地控制这些工艺条件，使生产安全正常地进行，实现优质高产。

举例来说：合成氨厂的造气岗位要知道上吹，下吹所用的蒸汽流量、半水煤气的成分；合成岗位要掌握合成塔内的压力和温度、循环气中含氢量；精炼岗位要了解铜洗塔的液面等，我们常把这些表征生产进行情况的物理量叫做工艺参数。如果这些参数都达到了规定的指标，我们就说生产正常。否则，操作人员就要采用某些技术手段进行调节，使它们达到规定的指标。

那么，我们如何才能知道生产中的各个参数的变化呢？首先要通过化工仪表对它们进行测量，并把测量结果显示出来或记录下来，使我们看到这些工艺参数的变化情况，为我们提供操作依据。要是没有这些仪表，生产将处在盲目状态，甚至会

发生各种各样的事故。因此，我们常把化工仪表称为化工生产操作中的“眼睛”。所以，操作人员时时刻刻都要跟仪表打交道，通过仪表来监视、控制生产的进行。

由于生产中使用了仪表，不仅有助于改善劳动条件，而且使生产更加科学化。这对提高产品质量和数量，保证安全生产都具有十分重要的意义。因此，操作人员必须了解或掌握化工生产中常用仪表的工作原理、结构和使用方法，才能更好地发挥它的“眼睛”作用，更充分地使用现有的各种仪表和自动装置，为国家创造更多的物质财富。

仪表是一个总名称，它的品种很多。如上面提到的能够完成各种工艺参数测量工作的仪表，我们常称它为检测仪表。目前在中小型化工厂中，大量使用的都是这种检测仪表。此外，还有一类仪表，可以代替人们进行操作，我们称它为调节仪表。这在自动化水平较高的化工厂，已经普遍采用。

第二节 化工仪表的分类

化工生产中所使用的检测仪表种类很多，为了便于学习和了解掌握它们，常常按照以下的几种不同分类方法将它们分类。

一、按仪表所测的工艺参数分

1. 压力测量仪表 常用文字符号“P”表示压力参数。操作人员在岗位操作记录表上、车间控制盘上的工艺模拟流程图中、以及带控制点工艺流程图中，都可以看到用于表示压力（或真空）的这种符号。

2. 流量测量仪表 流量常用文字符号“G”，“Q”或“M”来表示。其中G表示重量流量、Q表示体积流量、M表示质量流量。

3. 液面测量仪表 液面常用参数文字符号“H”表示,也有用“L”表示液面的。

4. 温度测量仪表 温度常用符号“T”表示。

5. 成分分析器 物质成分用符号“C”表示。

二、按仪表功能分

1. 指示式仪表 仪表只能显示出参数的瞬时值,用功能文字符号“Z”表示。在控制盘上的工艺模拟流程中,以及带控制点工艺流程图或仪表盘接线图中,常用此符号表示指示式仪表。

2. 记录式仪表 仪表具有自动记录机构,可把被测工艺参数的变化与时间的关系记录下来。用功能文字符号“J”表示。

3. 积算式仪表 用符号“S”表示。

4. 调节式仪表 用功能文字符号“T”表示。

5. 标准仪表 用来校验检测仪表或工业上的通用仪表。多为精密度较高的仪器。

三、按仪表结构分

1. 基地式仪表 将测量、给定、显示、调节等部分都装在一个壳体内,成为一个不可分离的整体,这种仪表在中小型化工厂中使用较多。

2. 单元组合式仪表 将测量及其变送、显示、调节等各部分分别制成独立的单元,彼此之间采用统一的标准信号互相联系的仪表,称为单元组合式仪表。使用时,可按照生产上不同要求,很方便地将各个单元任意地组合成各种自动调节系统。它的通用性和灵活性都比较好。

四、按仪表所用的能源分

一般有三种类型:(一)是用压缩空气作为能源的,称为气

动仪表；(二)是用电力作为能源的，叫做电动仪表；(三)是用高压液体（油、水）作为能源的，称为液动仪表。以上是单一能源式仪表，在实际中也有用两种能源的，如电液复合仪表、电气复合仪表等。

第三节 化工仪表的主要品质指标

任何一种产品都要有它的质量标准。仪表也不能例外。用来衡量仪表质量好坏的标准，通常叫做品质指标。

在化工生产中，操作人员往往都是根据仪表显示的数值进行工艺操作的，但仪表指示的数值是不是真实的数值呢？

实际上，从被测工艺参数的原始变化，直到最后稳定时的读数，是经过各种不同仪表元件的转换和传递。由于这些元件的性能和制造精度等的影响，在一般情况下，仪表读数和真实的数值，往往是不一样的。因此，仪表读数和真实数值之间就存在着一个差值，我们把这个差值，叫做测量误差。

可是，真实数值往往是很难测量出来的，因此，人们就把与真实数值比较更接近、更可靠的标准仪表的读数当作真实数值。把用于工业测量的仪表和标准仪表对同一参数进行比较，其读数的差值就叫做仪表的测量误差。误差数值越小，便说明仪表指示值和真实值越接近，仪表测量的结果越准确，仪表的品质指标（或质量）就越好。化工仪表在保证可靠的前提下，主要的品质指标有如下几项：

一、基本误差和仪表的准确度（习惯上称为精度）

基本误差是指在规定的使用条件下，仪表的最大测量误差与它的测量范围的百分比。例如，有一只压力表，测量范围为 $0 \sim 100$ 公斤力/厘米²，它的最大测量误差（或绝对误差）为

1.5公斤力/厘米²，那么它的基本误差 = $\frac{1.5}{100} \times 100\% = 1.5\%$ 。

从仪表的基本误差可以看出仪表的精度等级。例如上例的压力表，其精度就是1.5级。

为了便于表示，精度等级习惯上就是基本误差去掉百分符号(%)的数值，而写成阿拉伯字标注在仪表的面板上，如压力表的面板上标注的是“②.5”，即表示该表的精度等级为2.5级，有的仪表则用“△”标注，其意义是一样的。我国常用的仪表精度等级有下列几种：0.005、0.02、0.1、0.35、0.5、1.0、1.5、2.5、4等共有十一个级别。前面三个等级为Ⅰ级标准仪表，是用来复制和保持测量单位的最高精度等级的标准仪器，中间0.1~0.5级为Ⅱ级标准仪表；常用于计量单位和实验室；后面的0.5级到4级五个等级仪表，通常是一般工业用的仪表。

二、变差（又称来回差）

它是指检测仪表在外界条件下不变的情况，同一刻度正、反两个行程指示值的最大差值。仪表变差不应超过仪表最大基本允许误差的绝对值。变差小，表示仪表的恒定度好，工作可靠。例如：有一只0~10公斤力/厘米²、1.5级压力表，在校验5公斤力/厘米²这一刻度点时，压力作正行程校验，仪表指针读数是5.05公斤力/厘米²，压力作反行程校验，仪表指针读数是4.95公斤力/厘米²，其变差为：

$$5.05 - 4.95 = 0.1 \text{ 公斤力/厘米}^2$$

现已知此表的精度为1.5级，量程为0~10公斤力/厘米²，则其最大基本允许误差为 $10 \times 1.5\% = 0.15 \text{ 公斤力/厘米}^2$ 。因此，这仪表的变差小于0.15公斤力/厘米²，符合变差规定的要求。

三、灵敏度

灵敏度是指仪表的灵敏程度。例如有两只压力表，都通入同样微小的压力信号，其中一个表的指针不动，另一个表的指针动作。那么就是说后者要比前者灵敏。因此就可以这样说，使仪表指针开始动作的信号越小，仪表的灵敏度就越高。

四、稳定性

稳定性是指仪表的稳定程度。在同样的环境条件下，对同一被测量值经仪表多次测量，各次测量结果相差越小，仪表的稳定性就越好。

除上述四个指标外，仪表的反应时间长短，也是很重要的品质指标。选用仪表时，不能单纯追求某项指标，必须根据生产工艺操作条件的具体要求，实事求是去选择。

第四节 化工仪表的基本组成

从化工生产中最常见的四大类被测参数即：压力、流量、液面、和温度来看，它们的基本组成大致可以分为三大部分。

1. 感受元件 一般安装在工艺管道和设备上，与被测介质直接接触，并起被测参数信号能量形式的转换作用。如孔板、热电偶等。

2. 传送部分 大多数仅起测量参数的传送作用。如引压导管，导线等。

3. 显示部分 对被测参数的显示形式有如下几种：指示、记录、累计积算、远传变送以及上、下限报警等。它有时也起被测参数信号能量的转换作用，有的还包括信号能量形式的再次转换，以适应远距离传送的需要，这时称它为变送器。在生产实际中，人们习惯于把感受元件部分，叫做“一次仪表”，把显示部分叫“二次仪表”。

复习思考题

- 1-1 为什么说“化工测量仪表”是化工生产的“眼睛”？并举例说明之？
- 1-2 什么叫工艺参数？化工工艺参数主要的有哪些？
- 1-3 化工仪表如何进行分类？常用的参数文字符号和功能符号各有哪些？
- 1-4 什么叫基地式仪表？什么叫单元组合式仪表？各用在什么场合？
- 1-5 什么叫仪表的品质指标？什么叫测量误差？
- 1-6 什么叫基本误差？我国常用的仪表精度等级有哪几种？各用在什么场合？
- 1-7 什么叫变差？什么叫灵敏度和稳定性？
- 1-8 化工测量仪表主要有哪几部分组成？
- 1-9 某温度表的测量范围为 $0\sim 600^{\circ}\text{C}$ ，使用后重新校验，发现最大误差为 $\pm 7^{\circ}\text{C}$ ，问此表现在应属于哪个等级？
- 1-10 有一只 $0\sim 16$ 公斤力/厘米²，1.5级压力表，校验后发现其变差为0.15公斤力/厘米²，问此表的变差是否符合要求？

$$\frac{7}{600} \times 100\%$$

$$\frac{0.15}{16} \times 100\% = 0.9\%$$

第二章 压力测量仪表

在化工生产中，压力不仅影响生产过程的化学平衡关系和反应速率，而且又是影响系统物料平衡的重要参数。在工业生产过程中，有时会测量比大气压高几百倍的高压，或比大气压低很多的负压（又称真空）。例如，合成氨厂的氢气和氮气合成为氨时的压力为320公斤力/厘米；炼油厂的减压蒸馏要在比大气压低几百毫米水银柱的真空度下进行；高压聚乙烯则要在1500公斤力/厘米²高压下进行聚合。因此，压力测量如此广泛，操作人员就应当严格遵守各种压力测量仪表的使用规则，加强日常维护，任何疏忽和大意，都有可能招致巨大的危害和损失，达不到优质、高产、低消耗和安全生产的目的。

第一节 压力测量的基本概念

一、压力的定义和种类

1. 压力的定义

在工业生产中，通常所称的压力，就是指均匀垂直作用在单位面积上的力。即由受力的面积和作用力的大小而决定，用数学式表示为：

$$P = \frac{F}{S} \quad (2-1)$$

式中 F——垂直作用力，公斤力；
S——受力面积，厘米²；
P——压力，公斤力/厘米²。

这里所讲的压力，和物理学中的压强定义是否相同呢？在物理学中，把支承物面所受的跟面垂直的作用力叫做压力，并且把压力和支承力面积的比叫做压强，压强也可以看做是支承物面上单位面积所受的压力，用公式来表示为：

$$\text{压强} = \frac{\text{压力}}{\text{受力面积}}$$

从压强定义，我们可以看出压强和压力是截然不同的两个概念，压力是物体所受到的垂直于受力面的作用力，跟受力的面积大小没有关系，例如一个60公斤重的人，不论他站在什么形状的凳子上，凳子上所受的压力都是60公斤力；而压强则是物体单位面积上所受到的压力，它不仅和压力的大小有关，而且还和受力面积的大小有关。此外，压强和压力的单位也是不一样的，前者是公斤力/厘米²，后者是公斤力。

可见，工业生产中的“压力”和物理学中所讲的“压强”，其定义和单位是相同的，但它和物理学中的“压力”概念是截然不同的，这一点操作人员要有所了解。在物理学中，测量压强的仪器叫做压强计，但在工业生产中，习惯上都不叫压强计，而称为压力表。

2. 压力的种类

在压力测量中，压力有以下几种不同的概念。

（一）大气压力

就是围绕地球的气层，对地球表面的单位面积上所产生的力。它随着海拔高度、纬度和气象情况而改变。

（二）表压

用仪表测出的高于大气压的压力，叫做表压。工业上所使用的压力表，大部分都是当被测设备内的压力，超过大气压力时压力表的指针才开始移动，也就是它所指示的压力是表压。

所以，压力表一般测到的压力，就是表压力。

(三) 绝对压力

表压力加上大气压，叫做绝对压力。它的测量比较麻烦，但它反映了实际压力。如对于气体和蒸气等介质，一般都是用绝对压力来表示的。

(四) 负压（又叫真空度）

绝对压力低于大气压的压力，叫做负压或真空度。当容器内的真空度为760毫米汞柱时，便认为它是绝对真空了，这就叫做绝对压力的零点。

在工程技术上，应用的压力是多种多样的，有时也需要知道各种不同的压力量值。在一般情况下，有的需要知道绝对压力，有的则是表压力，或真空度，而在另一种情况下，要找出相对于大气压力的压力量值，因为在很多自然现象中和许多问题中都与大气压有关。但在生产现场中使用比较多的压力计是压力表，真空表和压力—真空两用表。显示方式一般多采用指针机械位移，但也有采用数字形式显示的。

二、压力的单位及其换算

根据压力的定义，由式(2-1)可知，压力的单位是由作用力与作用面积来决定的，是一个导出单位。因此，要确定在所选定的单位制中的单位，就先要找出力与面积在该单位制的单位。

1. 基本单位

根据国家标准规定，有三种力学基本单位：

(一) 米、千克、秒制 (MKS)

实用单位制

(二) 厘米、克、秒制 (CGS)

物理单位制