中等专业学校試用教材

化工仪表和自动調节

赵傳竹編

國防工業出版社

中等专业学校試用教材

化工仪表和自动調节

赵 傳 竹 編

國防工業出版社

1964

内 容 簡 介

本书分二篇，共九章。第一篇是化工仪表，包括第一章至第五章，主要是闡述压力、流量、液面、温度和物料成分等測量仪表的构造、原理、性能和应用范圍，以及选擇、安装和維护等基本知識。第二篇是自动調节，包括第六章至第九章，第六章是介紹自动調节的基本概念；第七章和第八章闡述了調节器和执行机构的特性、构造、原理和适用对象，以及选擇方面的知識；第九章列举了一些化工基本单元自动調节系統的流程。

本书是針对中等专业学校化工机械装备专业和化工工艺专业的需要編写的，可供60学时的讲述。本书亦可供工厂技术人員参考。

本书内容力求結合专业，并注意与有关課程間的配合。叙述上力求深入淺出、簡明易懂、条理清楚、突出主題。每章后面还編入了一些計算題和思考題。

化工仪表和自动調节

赵傳竹 編

*

國防工業出版社 出版

北京市書刊出版业营业許可証出字第 074 号

国防工业出版社印刷厂印装　　内部发行

*

850×1168 1/32　印張 5 7/8　147 千字

1964年 9 月第一版　1964年 9 月第一次印刷　印数：0,001—1,100册

統一书号：NK15034·814　　定价：（科四）0.75元

目　录

序……6
緒論……7

第一篇　化工仪表

一般概念……11
第一章　压力的測量……14
§1-1　概述……14
§1-2　液柱压力計……16
§1-3　綜合型差压計……20
§1-4　彈簧压力計……24
§1-5　訊号型和远距傳示型压力計……29
§1-6　活塞式压力計……32
§1-7　电学压力計……33
§1-8　压力計的选择、安装和校驗……35
第二章　流量的測量……43
§2-1　概述……43
§2-2　測速管……44
§2-3　节流式流量計（差压式流量計）……46
§2-4　节流式流量計的安装……51
§2-5　定压降流量計……57
§2-6　細縫式流量計……62
§2-7　体积式流量計……62
§2-8　速度式流量計……64
§2-9　电磁流量計……65
§2-10　固体的秤量……66
第三章　液面的測量……69

§3-1 概述……69
§3-2 玻璃液面計……70
§3-3 浮标液面計……71
§3-4 靜压液面計……73
§3-5 差压液面計……74
§3-6 放射性同位素液面計……75
第四章 溫度的測量……77
§4-1 概述……77
§4-2 膨脹式溫度計……79
§4-3 压力計式溫度計……86
§4-4 热电偶高溫計……92
§4-5 电阻溫度計……112
§4-6 輻射高溫計……121
§4-7 溫度計的选用和安装……125
第五章 物料成分的測量……128
§5-1 概述……128
§5-2 吸收式气体分析器……129
§5-3 热导式气体分析器……131
§5-4 磁力式气体分析器……134
§5-5 紅外綫气体分析器……135
§5-6 电导式成分分析器……137
§5-7 氫离子濃度的測量……138

第二篇 自动調节

第六章 自动調节的基本概念……141
§6-1 概述……141
§6-2 自动調节系統的基本組成部分……142
§6-3 对自动調节系統的要求……144
§6-4 調节对象的性质……145
第七章 調节器……150
§7-1 分类……150
§7-2 断續式調节器……151

此为试读，需要完整PDF请访问：www.ertongbook.com

§7-3 无定位式調节器…… 159
§7-4 比例式調节器…… 162
§7-5 重定（再調）式調节器…… 167
§7-6 超前（微分）調节器…… 171
§7-7 調节器的选擇…… 173
第八章 执行机构…… 176
§8-1 概述…… 176
§8-2 气动調节閥…… 176
§8-3 定位器…… 178
第九章 化工单元操作自动調节…… 180
§9-1 流体輸送的自动調节…… 180
§9-2 加热及冷却的自动調节…… 182
§9-3 精餾过程的自动調节…… 183
結束語…… 185
参考书目…… 187

序

随着科学技术的发展，化工生产已逐漸实現先进的自动化生产，广泛地使用仪表和自动調节装置。因此，从事化工生产的技术人員迫切要求掌握化工仪表和自动調节这一門科学技术，希望有一本符合专业需要的教材。本书是針对化工机械装备和化工工艺专业的需要編写的，編写过程中，在下列几方面做了一点努力：

1. 內容上力求結合专业和貫彻少而精的教学原則，例如按照专业需要編入了貝克曼溫度計、細縫式流量計、風速計和自动斗秤等內容，删減了比較陈旧的机电型自动平衡电位計等內容，并且加强了典型仪表的介紹，以加强基本概念。

2. 本书注意了与电工学、化工原理、物理化学和专业分析等課程的联系和配合，充分利用学生已学过的知識，例如毫伏計的讲述上，先复习在电工学中已学过的磁电式仪表，然后着重分析它的內阻，力求做到不脫节，又不过于重复。

3. 叙述方法上力求做到深入淺出、簡明易懂、概念鮮明，并注意前后的联系。例如各种調节器的叙述上，采用举例的方法說明其特性，并根据它們之間的內在联系进行对比。

4. 編写形式上力求做到条理清楚，突出主題。

由于編者的政治水平和业务能力的限制，本书的缺点和謬誤之处在所难免，恳切盼望使用本教材的教师和同学們多提意見。对本书意見請寄山西太原第一化学工业学校。

本书承蒙审查小組的楊国杰、吳宏基、郝金才、宁培毅、閻应鐸等同志的审查，提出了很多宝貴意見，在此一并致謝。

編者　1963年4月

緒　論

一、生产过程自动化的意义

生产过程自动化是現代生产技术的发展方向之一。它不但提高了劳动生产率，降低生产成本；同时，能正确可靠地使生产过程在严格的工艺条件下进行，保証了产品的质量；此外，生产过程自动化可以保証安全生产，改善劳动条件，这对于易燃、易爆、高溫、高压和有毒的化工生产过程有着重要的意义。

实現生产过程的自动化不仅具有重大的經济意义，而且有着一定的政治意义。实現生产过程自动化，可以为消灭脑力劳动和体力劳动的差别創造条件。

二、我国的仪器和自动化发展簡史

勤劳勇敢、智慧多能的我国劳动人民很早以前就发明了不少仪器和自动机械，如东汉的張衡（公元 78 年～公元 139 年）制造了渾天仪，发明了候風地动仪，还曾制造成自飞木鳥。候風地动仪（发明在公元 132 年）是世界上第一架地震仪，比欧洲創造的地震仪要早一千七百多年。在以后較长的历史过程中，也有不少发明創造，如宋朝的苏頌（公元 1020 年～公元 1101 年）創造了自动化的“水运仪象台”等。但由于我国长期处于封建制度下，特别是近百年来帝国主义的侵略和反动政府的統治，严重地阻碍了生产力和科学技术的发展，束縛了劳动人民創造性的发揮，影响了仪表和仪器方面的发展，使这方面的工作长期处于落后状态，甚至連一些簡单的仪表都必須依賴于外国。

解放后，我国人民在中国共产党和毛主席的英明領导下，在

三面紅旗的光輝照耀下，各方面都在蓬勃发展着，迅速地改变着祖国一穷二白的面貌，为建立一个具有現代工业、現代农业、現代国防和現代科学技术的社会主义国家而取得了偉大成績。目前，我国已建成了一些大型的、达到一定自动化水平的工厂；同时，中、小型工厂和老厂也正朝着这个方向稳步前进。随着工、农业的飞跃发展，仪表制造工业也相应地发展起来了，各种仪表及自动調节器基本上都能自制。

三、本課程的內容和任务

本課程的內容分为两大部分。第一部分是化工仪表，主要是闡述化工生产中的各种測量仪表（包括压力、流量、液面、濕度及物料成分的測量）的构造、原理、性能和应用范圍，以及如何正确选擇和使用等問題。第二部分是自动調节，主要是介紹自动調节的基本概念、自动調节器的构造和特性、以及化工单元操作自动化的流程等。化工仪表与自动調节有着密切的联系。化工仪表是用以測量和記录化工生产过程中的各主要参数，便于了解生产过程的进行情况，从而控制生产过程在适当的工艺条件下进行。如果要使生产过程自动地保持在給定数值的工艺条件內，可以将仪表測量結果送到自动調节器，进行自动調节。所以任何自动調节装置均包含測量仪表部分。

为了使生产能順利正常进行和正确发揮自动化設备在生产过程中的作用，从事化工生产的工作人員必須学习和掌握本課程內容。要求在学完本課程后，在实际工作中基本上能正确选擇和使用各种常用仪表，以及对局部自动化系統有所认識，能正确选擇調节器和布置单元操作自动調节流程等。

四、学习本課程的方法

根据本課程的特点，在学习时应注意下列两点：

1. 因为本課程是讲述各种实际仪表，所以应該特别加强直

观教学，多观察实物。同时在讲述各种仪表时，遇到的条文和数据均較多，所以在学习时切忌死背硬記。应着重搞清物理概念，并掌握每一种仪表的基本特征。

2. 本課程所介紹的仪表甚多，在学习时应經常通过联系、对比和总結等方法，掌握各仪表間的內在联系，分清各种仪表的异同，以便在实际工作中能正确选用仪表和調节器。

此为试读，需要完整PDF请访问：www.ertongbook.com

第一篇　化工仪表

一般概念

一、測量仪表的分类

化工厂使用的仪表类型很多，分类方法也較多，現将几种通常的分类方法介紹如下：

1. 按所測的参数不同，可分为压力計、流量計、液面計、溫度計和測量物料成分及性质的仪表；

2. 按表达示数的方法不同，可分为指示型、自动記录型、訊号型（参数达到一定数值后，仪表能发出訊号）、远距傳示型（能将示数傳送到远处的二次仪表）、累积型（备有累积机构，能将各时間內的参数值叠加起来，指出总量）；

3. 按工作情况不同，可分为实用仪表（供实际測量用，可分为实驗室用的和工程用的二种）、范型仪表（用以复制及檢驗其他工作仪表）和标准仪表（具有更高的精确度，作計量标准，校驗范型仪表用）。

二、誤　差

測量是一种实驗性的工作过程，在測量过程中，由于仪表不够精确、观測者的主观性和环境的影响等原因，測量結果不可避免地会有誤差。因此，只有我們知道誤差的大小或者知道誤差的最大限度之后，測量結果才有它的价值。不过在实用上，通常只要誤差不超过預先規定的允許值就可以适用了。

誤差的大小可用以下几种方法表示：

1. 絕对誤差：就是所測值減去眞实值，可表示为

$$\delta = A - A_0, \qquad (1)$$

式中 δ 为絕对誤差；A 为所測值；A_0 为眞实值。

例（1） 如溫度計的讀数是102℃，而被測介质的眞实溫度100℃，那末絕对誤差便是102－100＝2℃。

2. 相对誤差：就是絕对誤差和眞实值之比，用百分数表示。即

$$\gamma = \frac{\delta}{A_0} = \frac{A - A_0}{A_0} 100\%, \qquad (2)$$

式中 γ 为相对誤差。

例（2） 如上例的相对誤差为 $\gamma = \frac{2}{100} 100\% = 2\%$。

3. 額定相对誤差：就是測量中最大允許的絕对誤差和仪表的測量范圍之比，用百分数表示。額定相对誤差在实用上用来表示仪表的精确程度。

例（3） 如一溫度計的量程由0℃到500℃，其最大允許的絕对誤差不超过2.5℃，那末它的額定相对誤差就是 $\frac{2.5}{500-0} \times 100\% = 0.5\%$。

三、仪表的品质指标

1. 精确度：是表示仪表測量結果的可靠程度。仪表的誤差越小，則精确度越高。习慣上将額定相对誤差去掉%，称为該仪表的精确度等級。如例（3）所示的仪表，其精确度为0.5級。仪表的精确度等級一般均标志在仪表的面板上。

2. 灵敏度：是表示仪表指示装置的直綫位移或角位移与造成該位移的被測参数变化值之比，可表示为

$$S = \frac{\Delta a}{\Delta A}, \qquad (3)$$

式中 S 为灵敏度；Δa 为指示装置的直綫位移或角位移；ΔA 为被測参数变化值。

灵敏度愈高，表示能够感受到愈微小的参数变化。

3 恒定度：是指仪表指示值在相同的外界工作条件下的稳

定程度。恒定度是以仪表的变差表示，所謂变差就是在外界条件不变的情况下，用一个仪表对于一个被测数量的眞实值作重复测量时，所得到的最大差别。恒定度愈差，示数就愈不可靠，也就需要經常校驗。

第一章　压力的测量

§1-1 概　述

一、测量压力的意义

化工生产过程是在各种不同的压力下进行的。有的需要高压，有的是常压，也有的要求负压，而且压力是决定化学反映的主要因素之一，它不仅影响平衡关系也影响反应速率，所以只有按照工艺条件的要求維持一定的压力，才能保証生产的正常进行。在某些生产过程，特别是在高压下生产，也必须使压力在一定的范圍內才能保証安全。此外，許多其他参数（如流量、液面和溫度等）的测量，也常由压力間接测得，因此更显得测压仪表应用的广泛性。

二、压力的概念

压力是指单位面积上所受的均匀垂直力。测量时有下列几种情况：

1. 絕对压力：設备內部的眞正压力，或称全压力；

✓ 2. 表压力：高于大气压力的压力值，即：$P_{表}=P_{絕}-P_{大气}$。可簡称为表压；

✓ 3. 眞空度：低于大气压力的压力值，即：$P_{眞}=P_{大气}-P_{絕}$。亦可称为负压；

✓ 4. 压力差：二处不同压力之差值，即：$\Delta P=P_1-P_2$。

在工程上大都是测量表压力、眞空度和压力差。只有在大气压力的影响不可除外时，才必須知道絕对压力，例如决定液体的

沸点等。

三、压力的单位

实用的压力单位有下列几种：

1. 物理大气压：相当于760毫米水银柱的压力，这时重力加速度为980.665厘米/秒^2，水银柱的重度为13.595克/厘米^3；

2. 工程大气压：相当于1厘米^{2}面积上有1公斤的力（公斤/厘米^2），它是工程上普遍采用的单位；

3. 毫米水银柱或毫米水柱：相当于1毫米水银柱，或1毫米水柱作用于底面上的压力，这时重力加速度为980.665厘米/秒^2，液柱温度对于水银应为0℃，对于水应为4℃，常用来表示低压。

此外还有米水柱和公斤/米^{2}等压力单位。英制单位中用磅/吋^2，现在我国已很少采用。

各压力单位间的关系见表1-1。

表1-1　各种压力单位换算表

压力单位	物理大气压	公斤/厘米^2	公斤/米^2	毫米水银柱	毫米水柱	米水柱	磅/吋^2
物理大气压	1.000	1.0332	10332	760.000	10332	10.332	14.696
公斤/厘米^2	0.967	1.000	10000	735.56	10000	10.000	14.223
公斤/米^2	0.967×10^{-4}	0.0001	1.000	0.0735	1.000	0.001	0.00142
毫米水銀柱	0.00131	0.00136	13.6	1.000	13.6	0.0136	0.01934
毫米水柱	0.967×10^{-4}	0.0001	1.000	0.0735	1.000	0.001	0.00142
米水柱	0.09678	0.100	1000	73.556	1000	1.000	1.4223
磅/吋^2	0.0680	0.0703	703	51.715	703	0.703	1.000

四、测压仪表的分类

按用途分，可分为：

1. 压力計：用以测量表压力；
2. 真空計：用以测量真空度；
3. 气压計：用以测量大气压力；

4. 差压計：用以测量压力差；

5. 微压計：用以测量微小压力。

按动作原理分，可分为：

1. 液柱压力計：其中有U型管、单管和斜管压力計等；

2. 綜合型差压計：其中有浮标式、环式和钟罩式差压計等；

3. 弹簧压力計：其中有弹簧管、螺旋管和螺綫管、膜式、折皺管压力計等；

4. 活塞压力計；

5. 电学压力計：其中有压电式、电阻式和电容式压力計等。

按精确度等級可将测压仪表分成：0.005、0.02、0.05、0.1、0.2、0.5、1.0、1.5、2.5及4等各級（此外，范型弹簧压力計的精确度等級尚有0.35一級）。

§1-2 液柱压力計

液柱压力計是根据流体静力学原理制成的，广泛地用来测量較小的表压力和真空度，也可用来测量压力差。

一、U形管压力計

1. 构造 U形管压力計的构造如图1-1所示。用直徑为4～6毫米的玻璃管弯成U形，将它装在木座或鋼座上，并配上以毫米为刻度、零点在中間的标尺。管內充有工作液体，工作液体应具有下列特性：（一）具有化学稳定性；（二）不易揮发；（三）粘度小，以便容易平衡；（四）溫度膨脹系数小，以减小因溫度变化使重度变化而引起的誤差。常用的工作液体有：水銀、水，有时还用酒精、甲苯、煤油、四氯化碳和溴化乙烯等。

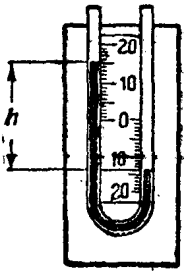

图1-1 U形管压力計。

2. 原理 当U形管左端通大气$P_{大气}$，右端通测压空間$P_{測}$，如

此为试读，需要完整PDF请访问：www.ertongbook.com