

343463

吉林工学院图书馆

基本馆藏

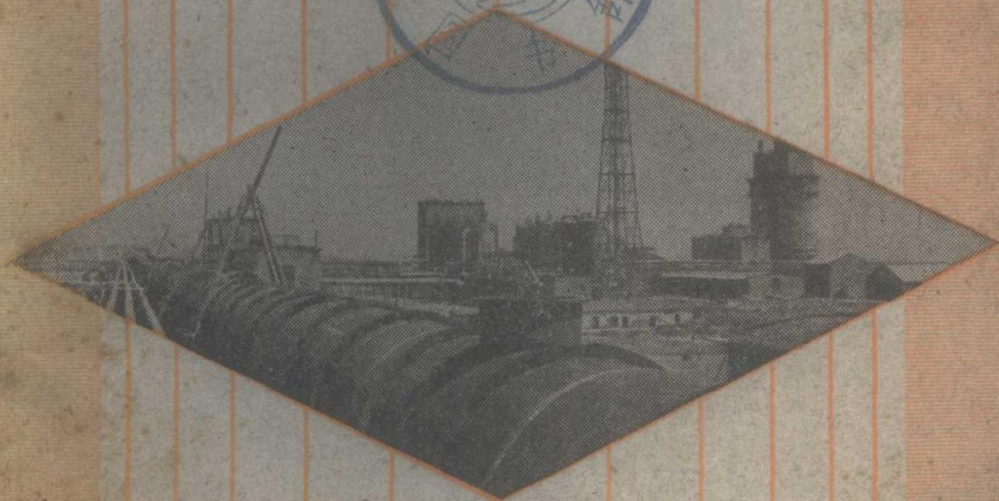
化工技工学校试用教材

化工仪表

大连化学工业学校

吉林化学工业公司化工技工学校

合編



中国工业出版社

本书系统地介绍化工生产中广泛使用的压力、流量、温度仪表和气体分析器的构造、测量原理，以及它们的安装、使用、维护和修理方法，着重叙述化工仪表实用方面的知识。对常用的调节器也作了较为详细的介绍。

本书是化工系统技工学校仪表专业试用教材，也可作为中等学校仪表专业和化工类型专业的教学参考书，以及职工业余学校的教学用书。

本书由李晏昕、赵明书、鄂韵兰、魏世明、刘桂英、幸荣辉等同志编写，最后由幸荣辉同志整理和校阅，付印以前有王君仁同志参加校阅。

化 工 仪 表

大連化学工业学校
吉林化学工业公司化工技工学校 合編

化学工业部图书编辑室編輯（北京安定門外和平北路四号樓）

中国工业出版社出版（北京佟麟閣路丙10号）

（北京市书刊出版事业許可証出字第110号）

中国工业出版社第四印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行·各地新华书店經售

开本 $787 \times 1092^{1/32}$ ·印张 $17^{1/2}$ ·插頁1·字数354,000

1963年7月北京第一版·1963年7月北京第一次印刷

印数0001—4,666·定价(8-3)1.60元

統一书号：K15165·1650(化工-111)

职业院校试用教材

化 工 仪 表

大 连 化 学 工 业 学 校
吉林化学工业公司化工技工学校 合編

中 国 工 业 出 版 社

編 者 的 話

本書是在化学工业部教育司的組織与主持下选編而成的，供二年制(招收初中毕业生)化工技工学校仪表专业用作教材；也可作为化工系統中等专业学校的教学参考書。

編写本書的主要根据是：一、学生在开始学习本課程时，已学完初中課程，又在化工技工学校学完相当于高中一、二年級程度的数学、物理、化学和电工学、制图等技术基础課程；二、本書是一册全国化工系統通用的技工教材；三、根据技工学校培养目标的規定，通过本課程的学习，仪表工对仪表的安裝、修理和維護方面应具有必要的理論知識和实际操作技能；四、学生学习后，要求达到中級仪表工的技术水平。为此，本書在編写过程中考虑了以下几个問題：

一、着重理論与实际結合，刪去了过深的理論和計算公式；刪减过于繁瑣的图表；增添必要的新式化工仪表。

二、在課程內容和分量上，尽量滿足仪表工的需要。因为化工仪表工的任务，主要是安裝、修理和維護仪表及自动裝置，因此本書內容的重点是向仪表工介紹化工厂广泛使用的仪表在安裝、修理和維護仪表方面所必需的理論知識和操作技术，并告訴他們怎样去正确使用仪表。

三、本書內容取材上普遍照顧大、中、小型化工企业的需要，并力求重点突出。譬如說，化工仪表虽然有各式各样的型式、构造和測量范围，但在大、中、小型化工厂中使用最广泛的不外乎下列几种，如第一篇压力測量仪表中的彈簧

管压力計；第二篇流量測量仪表中的节流式流量計；第三篇液面測量仪表中的玻璃液面計和差压式液面計；第四篇溫度測量仪表中的热电式和电阻式溫度計；第五篇气体分析器中的电气自动分析器；第六篇自动調节器中的气动調节器和气动調节閥，等等。因此，本課程就以这些广泛使用的化工仪表作为各篇測量仪表中的重点，詳加叙述。其他不太广泛使用的仪表，只作一般知識介紹，以扩大仪表工的知識領域。

四、在文字叙述上，力求通順易懂；所附插图，尽量采用形象明确的立体图，便于技工讀图。每篇之后还附有复习思考題，便于技工有目的地去复习、巩固所学过的知識。

各校在选用本書时，可根据各地的具体情况，对內容作适当的增刪。書中有关实际操作技术和实用知識，可考慮放到實驗室中去講，或到当地化工厂仪表車間(如无實驗室时)进行現場教学，边講边做，这样可使学生了解更透彻、更具体、更容易記得牢固。另外，由于化工仪表課程的实践性比較强，建議各校尽可能建立相应的實驗室，蒐集化工厂仪表車間不使用的破旧仪表，在教学中作为修理、實驗課的教学用具。这对教学质量的提高能起到应有的作用。

最后，限于編者的水平，時間仓促，加之缺乏培养技工的实际教学經驗，編写时又沒有与此程度相适应的教材可供参考，因此錯誤和不当的地方，在所难免，敬盼讀者指正。

目 录

編者的話	2
緒 論	9

第一篇 压力测量仪表

第一章 基本知識	13
第一节 压力測量单位和种类	13
第二节 压力測量仪表的分类	15
第二章 液体压力計	15
第一节 液体压力計的构造和原理	15
第二节 液体压力計的使用和維護	24
第三章 彈簧压力計	25
第一节 彈簧管压力計的构造和原理	25
第二节 螺旋彈簧管压力計的构造和原理	29
第三节 膜式压力計的构造和原理	30
第四节 波紋管压力計的构造和原理	31
第四章 压力計的安裝	34
第一节 取压裝置的安裝	34
第二节 連接管路的安裝	36
第三节 仪表的安裝	45
第五章 压力計的修理	50
第一节 彈簧管压力計的修理	50
第二节 МГ 型自动記錄压力計的修理	63
第六章 压力計的校驗和調整	66
第一节 液体压力計的校驗和調整	66
第二节 彈簧管压力計的校驗和調整	68

第七章 压力計的使用与維護	78
---------------------	----

第二篇 流量測量仪表

第八章 基本知識	86
第一节 流量的定义和单位	86
第二节 流量測量仪表的分类	86
第九章 节流式流量計的測量原理	87
第一节 节流原理	87
第二节 节流裝置的型式	88
第三节 流量的計算公式	90
第四节 节流裝置孔径的計算	93
第十章 节流式差压計	104
第一节 差压計的概述	104
第二节 机械式浮子差压計	104
第三节 电气式浮子差压計	112
第四节 环形差压計	118
第十一章 节流式流量計的安裝	124
第一节 节流的安裝	124
第二节 連接管路的安裝	127
第三节 差压計的安裝	134
第四节 电气綫路的安裝	138
第十二章 节流式流量計的校驗和調整	141
第一节 差压計的校驗裝置	141
第二节 流量与差压的关系及其計算法	144
第三节 浮子差压計的指示与記錄部分的校驗和調整	146
第四节 差压計积算器的校驗和調整	157
第十三章 节流式流量計的使用和維修	167
第一节 流量計的使用方法	167
第二节 故障推断及修理方法	171

第十四章	节流式流量计的误差来源及其校正	177
第一节	流量计误差的来源	177
第二节	被测流体的规范与原设计不同时的校正	179
第三节	改变流量计测量范围的方法	190
第十五章	其它类型的流量计	197
第一节	定压降流量计	197
第二节	速度式流量计	199
第三节	容积式流量计	200

第三篇 液面测量仪表

第十六章	液面计的构造和原理	202
第一节	玻璃液面计	202
第二节	浮标式液面计	204
第三节	差压式液面计	207
第四节	静压式液面计	208
第五节	放射性同位素液面计	209
第十七章	液面计的安 装	210
第十八章	液面计的使用和维护	215
第一节	玻璃液面计的使用及维护	215
第二节	差压式液面计的使用及维护	216

第四篇 温度测量仪表

第十九章	基本知識	220
第一节	温度及温标	220
第二节	温度测量仪表的分类	221
第二十章	膨胀式温度計	222
第一节	液体温度計的构造和原理	222
第二节	液体温度計的使用和修理	227

第二十一章	压力式温度計	230
第一节	气体压力式温度計	231
第二节	液体和蒸气压力式温度計	236
第三节	压力式温度計的故障和修理	238
第二十二章	热电式高温計	239
第一节	热电偶	240
第二节	毫伏指示計	264
第三节	电位計	285
第二十三章	电阻式温度計	314
第一节	电阻体	314
第二节	平衡电桥	332
第三节	比率計	336
第二十四章	輻射式高温計	347
第一节	光学高温計	347
第二节	全輻射高温計	354
第二十五章	温度測量仪表的安装	359
第一节	感温元件的安装	359
第二节	測量仪表的安装	363
第三节	連接导綫的安装	365

第五篇 气体分析器

第二十六章	基本知識	372
第二十七章	化学式气体分析器	373
第一节	化学式人工气体分析器	373
第二节	化学式自动气体分析器	384
第二十八章	电气式自动气体分析器	395
第一节	測量原理	395
第二节	ГЭУК-21 型和 ГЭД-49 型电气式自动气体分析器	402
第二十九章	气体的取 样	449

第一节	取样地点的选择	450
第二节	烟气取样装置	454

第六篇 自动调节器

第三十章	基本知識	456
第一节	自动调节的概念	458
第二节	调节对象及其性质	461
第三节	调节器的分类	465
第三十一章	气动调节器	466
第一节	人工气动调节原理	466
第二节	气动调节器的动作原理	468
第三节	气动调节器的安装和修理	478
第四节	气动调节器的校验和调整	486
第五节	气动调节器的使用和維護	496
第三十二章	其他类型的调节器	508
第一节	直接作用调节器	508
第二节	液动调节器	510
第三节	电动调节器	515
第四节	各种调节器的比較	516
第三十三章	执行机构	518
第一节	用途和分类	518
第二节	气动调节阀	520
第三十四章	化工单元自动调节应用举例	551
参考书目		560

緒 論

I. 化工仪表在化工生产中的重要性 在化工生产中，对工艺过程规定了許多操作条件和指标，严格地遵守和保持这些操作条件和指标，是保証操作正确而順利地进行、生产合格的产品的关键。这些操作条件和指标，它的数值是用测量仪表来测量和指示出来的。离开这些测量仪表，人們就难以对生产过程进行調节，生产操作就会盲目地进行，不但不能保証获得所預期的产品，而且还可能发生事故，使局部或整个生产遭受到损坏。所以，在近代化工厂中，化工测量仪表可以无愧地被称为生产操作中的“眼睛”。

在化工厂中，許多过程和操作都在密閉的設備和管道中进行，为了了解过程的进行情况和对它进行控制，就有必要装設各种类型的化工仪表和自动調节器。但是，仅仅有了这些测量仪表是不够的，如果所用的仪表选择得不恰当，维护与使用仪表的方法不正确，或者仪表出了毛病不会修理，这样测量出的操作条件与操作指标就有錯誤，其結果和沒有测量仪表的情况相同，有时甚至还可能产生更坏的作用。为了正确地发揮化工仪表在生产操作中的作用，在化工厂中一般都配置有仪表工，专门从事仪表工作。

I. 化工仪表工的任务和职責 化工仪表工的任务，主要是安装、检修和维护化工仪表和自动調节器，使它們保持良好的状况，正确地进行工作。由此可見，仪表工的工作质量，在很大程度上影响化工各生产工序进行的正确性，从而最終将影响化工产品质量。仪表工（或仪表技工）应具备必

要的理論知識和操作技能，以保持儀表和自動裝置的完好，並預防其損壞和操作失常，充分地使用現有的各種儀表和自動裝置，並幫助工藝操作人員掌握這些儀表。

Ⅱ. 化工儀表的分類 化工廠中，化工生產反應過程、設備的操作與產品規格一般以下列參數來表示，如：壓力、溫度、流量、液面、比重、粘度、濃度以及酸度等。其中比較主要的是：壓力、溫度、流量與液面四種參數。因此，按所測量的參數不同，化工儀表可分為以下幾種：

一、測量壓力的儀表 壓力表、真空表、通風表與差壓計等；

二、測量溫度的儀表 膨脹式溫度計、壓力式溫度計、熱電式溫度計、電阻式溫度計以及輻射高溫計等；

三、測量流量的儀表 節流式流量計、速度式與容積式流量計等；

四、測量液面的儀表 玻璃液面計、浮標式液面計、差壓式與靜壓式液面計等；

五、氣體分析器 化學式氣體分析器、電氣式氣體分析器、磁力式氣體分析器等。

若按儀表本身的構造與性能來分類，則可分為下列幾種：

一、指示式儀表 僅能反映被測參數的瞬時數值，一般都具有刻度，如壓力計與液體溫度計等。

二、記錄式儀表 具有自動記錄機構，能把被測參數的數值隨時間的變化記錄下來。

三、積算式儀表 具有積累數量的機構，一般為十進位的數字輪或數字盤，能把一定時間間隔內被測參數的積累數量表示出來，如水表與具有積算機構的流量計等。

四、便携式仪表 多为准确度比较高的仪表，用来校验工业用仪表，如手提式电位计。

五、实验室用仪表 系指范型或标准型的精密仪表，需要特别的维护与使用条件，用来校验检查仪表或工业用仪表。如活塞式压力计校验器与精密电位计等。

IV. 化工仪表中常用的主要度量衡术语及其概念 某一个被测数值与另一个用作测量单位的数值进行比较，叫做测量。

测量时，使用测量仪表。测量仪表可分为实验室用的和工业用的；测量方法可以是直接的，也可以是间接的。

在实际工作中检查和修理仪表时，经常会遇到各种各样的术语和概念。譬如：仪表准确度、误差和灵敏度等。这些名词都叫做度量衡术语。由于测量方法不够完善、仪表不够准确和受外界各种因素的影响，所以仪表在测量中会产生错误。

仪表读数与所测量的实际数值间的偏差，即仪表读数和实际数值的差值，叫做仪表的指示误差。例如：压力计所测出的压力为137公斤/厘米²，但在同样条件下用另一个更为准确的压力计所测出的压力为141公斤/厘米²。第一个压力计指示误差为141减137，即4公斤/厘米²。如果测出数值小于实际数值，那么这种误差叫做负误差（上述情况的误差为-4公斤/厘米²）；反之如果测出的数值大于实际数值，则叫做正误差。

仪表误差分为基本误差和附加误差。仪表在正常操作条件下所产生的误差叫做基本误差；而在非正常操作条件下所产生的误差，则叫做附加误差。例如：准确度等级为1.5的压力测量范围为0—20公斤/厘米²的压力计，在正常温度下

的誤差为 0.3 公斤/厘米²。在沒有保护装置（即在沒有虹吸管的条件下，參閱图 4—12）測量蒸汽压力时，由于压力計被蒸汽加热，誤差将大于 0.3 公斤/厘米²。在这种情况下，超过 0.3 公斤/厘米² 的誤差就是附加誤差。

必須把仪表誤差和測量誤差区别开来。譬如：压力計的位置低于測压点时，由于測压点至压力計的液柱高的作用，所測的压力要大于測压点的压力。在这种情况下，压力計除了本身的誤差以外，还有液柱高的誤差。因此，仪表誤差并不等于測量誤差。

在每次計算測量誤差时，必須把仪表誤差考虑在內。决定于仪表性能的測量誤差叫做工具誤差。

校正值为正值时，应加在仪表讀数上；如为負值，則必須从仪表讀数中減去，以得到实际的測量数值。

校正値与指示誤差的絕對值相等，但符号相反。在上面所举的例子中校正値等于 $+4$ 公斤/厘米²。

仪表指示的准确程度叫做仪表的准确度。在仪表上标有仪表指示誤差的正負极限的百分数的数值。

指針的直綫或弧綫移动与此移动范围内測量数值的变化的比叫做仪表的灵敏度。例如：压力計的灵敏度是决定于压力每改变 1 公斤/厘米² 时指針所移动的角度。仪表的灵敏度愈高，測量愈准确。

被檢驗的仪表在外界条件不变的情况下，多次指示某一实际測量数值时所得的最大差数，叫做仪表的变差。变差多半是以仪表刻度上限和下限之差的百分数表示。一般說来，变差是由仪表活动部分之間的摩擦和接合处的活动間隙所造成的。

第一篇 压力测量仪表

第一章 基本知識

第一节 压力测量单位和种类

一般把均匀垂直作用于单位面积上的力叫做压力。测量压力的仪表，总称压力計。压力以力和面积的单位表示。

测量压力时，采用下列单位：

1. 物理大气压；
2. 工程大气压；
3. 毫米水柱或米水柱；
4. 毫米水銀柱。

物理大气压或标准大气压是当水銀密度为 13.595克/厘米³、温度为0°C，而重力加速度为981厘米/秒²时，760毫米高的水銀柱作用于一水平面上的压力。

目前，我国在工程技术方面不采用物理大气压作为压力单位。

在工程技术方面测量压力的基本单位是工程大气压（1公斤/厘米²），即等于1公斤的力作用于1平方厘米面积上的压力。

在测量压力差和較小的压力时，經常以水或水銀柱高度作为压力的测量单位（如毫米水柱、米水柱和毫米水銀柱）。

在上述的压力单位之間有一定的关系，利用此种关系可以把某一种压力单位换算成另一种单位。

各种压力单位之间的换算列于表 1—1 内。

表 1—1 压力单位之间的换算

压 力 单 位	物理大气压	公斤/厘米 ²	毫米水银柱	米 水 柱
1 物理大气压	1	1.0332	760.0	10.332
1 公斤/厘米 ²	0.9678	1	735.56	10.0
1 毫米水银柱	0.00131	0.00136	1	0.0136
1 米水柱	0.0968	0.1	73.556	1

压力用字母 P 表示。

在测量压力时，应区别大气压 ($P_{\text{大}}$)、绝对压力 ($P_{\text{绝}}$)、表压 ($P_{\text{表}}$) 和负压 ($P_{\text{负}}$)。

大气压 $P_{\text{大}}$ 就是大气的压力。大气压用气压计测量。

绝对压力 $P_{\text{绝}}$ 是设备内部或某处的真正压力。

表压 $P_{\text{表}}$ 是设备内部或某处的真正压力与大气压间的差值即

$$P_{\text{表}} = P_{\text{绝}} - P_{\text{大}}$$

如果设备内部或某处的真正压力小于大气压，则它与大气压间的差值称为真空度，即

$$P_{\text{真空}} = P_{\text{大}} - P_{\text{绝}}$$

气压和真空度多半是用毫米水银柱表示，表压力则用公斤/厘米²表示。

工业中所使用的压力计，大部分都是当被测设备内的压力超过大气压力时，压力计的指针才开始移动，也就是说它们所指示的压力是表压。所以，压力计一般测到的压力是表压力。

第二节 压力测量仪表的分类

在各种化工生产中要测量的压力，从不到一毫米水银柱起，直到几千公斤/厘米²。待测压力的范围这样大，在不同工艺条件下又各有它的特殊性，这就要求使用各种不同构造和工作原理的压力测量仪表来满足各种不同的要求。

压力测量仪表按其工作原理的不同，可以归纳成四大类：

1. 液体压力计——用液柱高度来测量压力。
2. 弹簧压力计——根据弹性物体的变形数值来测量压力。

3. 活塞压力计——利用作用在一定面积活塞上的力来与被测压力平衡的原理测量压力。

4. 电气压力计——把压力变成某一电量，用测量电量方法来测量压力。

化工生产中使用最多的压力计是弹簧压力计，其次是液体压力计（它在实验室用得较多）。

化工生产中的压力测量是十分重要的工作。这方面的任何疏忽与大意都可能招致巨大的危害和损失，所以仪表工应当严格遵守压力仪表的使用、修理与定期校验、安装的规则，以免发生事故。

第二章 液体压力计

第一节 液体压力计的构造和原理

液体压力计是根据流体静力学原理，为了适应不同要求而发展成的几种压力计。