

中等专业学校教学用书

石 油 厂 仪 表 及 调 节 器

撫順石油学院仪表及自动化教研組編



中国工业出版社

中等专业学校教学用书



石 油 厂

仪 表 及 调 节 器

江苏工业学院图书馆

藏书章

抚顺石油学院仪表及自动化教研组编

中国工业出版社

本书系中技教材，分两篇，共分9章，第一篇主要介绍关于测量仪表的基本知识、测量压力、流量、温度及液面的基本方法与设备。第二篇阐述石油加工过程的自动调节及调节器的原理、特性及使用等。最后对石油加工过程的仪表检查及自动化的选择、调节、安全运转等作了较详细的介绍，除供有关中等专业学校作为教学用书外，还可供有关厂矿工程技术人员参考。

石油厂仪表及调节器

撫順石油学院仪表及自动化教研組編

*

石油工业部編輯室編輯（北京北郊六鋪炕石油工业部）

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）

中国工业出版社第二印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行·各地新华书店經售

*

开本850×1168 $\frac{1}{32}$ ·印張8 $\frac{3}{4}$ ·插頁2·字数218,000

1961年8月北京第一版·1962年12月北京第四次印刷

印数2,616—3,655·定价(9-4)1.05元

*

統一书号：K15165·182(石油-42)

前 言

本書是根据我国中等专业学校石油炼厂机械、人造、炼制等专业的石油厂“仪表及調節器”課程的教学大綱編写的。可作为我国石油工业中等专业学校的教材。

我国石油工业的高速度发展，迫切需要大量的又紅又专的石油工业建設干部，但过去教学工作中沒有符合专业要求的教科書或教学参考書，使培养干部和提高教学質量的工作受到一定的影响。为此，我們根据 党对教学工作 的指示及石油工业发展的需要，和几年来在教学工作上的体会和积累的一些資料組織教研組的几名教师集体編写了这本书。由于時間仓促、資料和参考書不足、以及編者的水平和实际經驗所限，錯誤和缺点一定很多。請各校教师、同学、有关工程技术人員、工人同志給予批評指导，以便再版时更正。

撫順石油学院仪表与自动化教研組

1961年4月

目 录

前 言	
緒 論	1

第一篇 測 量 儀 表

第一章 关于测量仪表的基本知識	5
第1节 测量基本方程式	5
第2节 测量仪表的組成和分类	5
第3节 表征仪表品質的常用技术术语	7
第二章 压力的測量	9
第1节 概述	9
第2节 液体压力計	11
第3节 彈簧式压力計	19
第4节 压力計的选用、安裝及校驗	28
第三章 流量的測定	33
第1节 概述	33
第2节 变压降式流量計	34
一、基本原理和方程式 (34) —— 二、节流裝置的种类及型式 (37) —— 三、用变压降法測量流量时的系数及計算数据 (40) —— 四、节流裝置的計算方法 (44) —— 五、变压降法測量流量用的压差計 (50) —— 六、变压降式流量計的安裝 (62)	
第3节 定压降式流量計	70
第4节 容积式流量計	75
第5节 速度式流量計	79
第四章 溫度的測定	86
第1节 概述	86
第2节 膨胀式溫度計	87

第3节 压力式溫度計.....	91
第4节 热电式高溫計.....	93
一、热电現象和它在溫度測量中的实际应用(93)——二、 热电綫路(95)——三、石油工业常用热电偶及其技术特性 (97)——四、热电偶的构造、形式(99)——五、热电偶 毫伏高溫計(100)——六、热电偶和測量仪表的連接(103) ——七、測量热电势的电位計法(108)	
第5节 电阻式溫度表.....	125
一、工业用电阻溫度計的材料和結構(125)——二、和电 阻溫度計配合使用的測量仪表(127)	
第6节 輻射式高溫計.....	135
第7节 測溫元件的安装.....	141
附 录.....	145
第五章 液面的測量.....	150
第1节 玻璃可見液面計.....	150
第2节 浮标式液面計.....	152
第3节 压差計式液面計.....	154
第4节 吹泡式液面計.....	157
第5节 放射性同位素液面計.....	158
第六章 气体分析器.....	159
第1节 气体分析器的用途及分类.....	159
第2节 化学式气体分析器.....	160
一、化学式人工气体分析器(160)——二、化学式自动气 体分析器(162)	
第3节 測量气体导热率和燃燒热的电气式气体分析器.....	169
一、电气式CO ₂ 自动分析器(169)——二、电气式CO+H ₂ 自动分析器(173)	
第4节 自动气体分析器的安装.....	176

第二篇 石油加工过程的自动調节及調节器

第七章 关于自动調节的基本概念.....	181
第1节 一般概念.....	181

一、概述及基本術語(181)——二、自動調節過程的穩定原理及影響調節結果的主要因素(183)	
第2節 調節對象的特性·····	185
一、負荷及其對調節過程的影響(185)——二、調節對象的容量及容量系數(186)——三、調節對象的自平衡作用(187)——四、滯後現象(188)	
第八章 調節器 ·····	190
第1節 調節器的分類·····	190
第2節 氣動調節器·····	192
一、氣動調節器的執行機構(氣動調節閥)(192)——二、氣動調節器基本工作原理(203)——三、石油廠常用的氣動調節器(204)——四、氣動單元組合儀表(AVC)(228)——五、氣動調節器的輔助設備(239)	
第3節 其他類型的調節器·····	243
一、自力作用式的調節器(243)——二、液動調節器(244)	
第九章 石油加工過程的檢查及自動化 ·····	248
第1節 圖例·····	248
第2節 石油廠主要設備的檢查及自動調節方法·····	253
第3節 儀表和調節器的選擇·····	265
第4節 典型的常壓裝置檢查及自動化流程圖·····	266
第5節 儀表和線路的安裝與連接儀表管路的試驗·····	270
第6節 儀表的調整和設備的起動、運轉·····	271
第7節 維護儀表時安全防火技術·····	272
參考文獻 ·····	274

緒 論

随着工业生产和科学技术的发展，在现代各种工业企业中，测量仪表和自动化装置已经成为不可缺少的组成部分了。它们的作用日益重要。有些生产过程如高温、高压、高速、放射性工业生产，若没有检查测量仪表及自动化装置则几乎是不可能进行。尤其是最近几十年来，测量仪表及自动化技术有了迅速的发展。

在现代石油加工厂中也使用着大量的热工测量仪表及自动化装置。一个一般水平的中型炼油厂，往往就有上千个热工仪表，一个热裂化装置即具有50个左右的热工仪表。当然，任何事物的发展都遵循着由简单到复杂，从低级到高级的规律。在石油工业的初期，当人们还在使用单独釜蒸馏原油时，是没有什么检查测量仪表的，更谈不到自动化了。随着生产的发展，石油产品的用途愈来愈广，对它们的品种规格也提出了愈多愈高的要求。于是人们就不断创造出各种各样的高效能的石油加工方法及加工设备来满足这个要求。这些加工过程必须在一定的操作条件和操作指标下，按照一定的规律运转才能得到合格的产品和最高的产率。检查测量仪表，保证其准确性，以便使人们能及时的了解生产过程中各种参数的数值，来对生产进行经常的监督，保证生产正常安全的进行。例如炼油厂的加热炉，必须用仪表测定油品在炉管出口处的温度、炉膛各处的温度及油品入炉和出炉处的压力等，根据这些仪表的指示来调整炉子的燃烧情况，以保证生产过程稳定，并保证炉子不被烧坏。如果没有测量仪表，生产操作将是“盲目”的进行，不仅不能保证得到预期的产品，而且可能发生事故。因此有人将测量仪表比作工业生产中的“眼睛”确是很恰当。

自动化装置可以使生产过程中某些参数自动的保持稳定，或使它们自动的按一定规律变化。这样就不仅代替了人的体力劳

动，而且代替了人的一部分脑力劳动，使生产过程能自动的按照预定的要求进行。对于技术水平愈来愈高的石油加工过程来说，它们也是必不可少的。因为采用高温、高压、处理量很大的、连续而复杂的石油加工过程需要经常不断的对许多参数进行检查和调整，若只靠人工操作，是很难满足要求的，而且劳动强度很高，很紧张；往往还避免不了人为的误差和疏忽而引起生产的不正常。

石油和化工、冶金、热工、建筑材料等企业一样，石油加工厂的自动化可以分为三个阶段，即局部自动化、综合自动化及全盘自动化。

局部自动化的基本特征是：主要参数实行单参数调节；大部分重要参数都加以检查测量，其中相当一部分是就地测量的；采用必要的信号设备。目前大部分炼油厂的自动化水平都属于这一类。

综合自动化的基本特征是：（1）生产操作管理高度集中；（2）采用相关参数的复合调节；（3）采用各种质量自动分析仪器；（4）广泛采用辅助操作的远距离操纵；（5）广泛采用记录仪表、信号及安全装置；（6）采用各种新型测量及自动化技术工具（如小尺寸组合式仪表）；（7）采用比较简单的计算装置。

全盘自动化的基本特征是：（1）采用自动启动及“停车”系统；（2）广泛采用联锁控制系统；（3）采用更高级的安全保护系统；（4）采用数据处理装置；（5）采用电子计算机。当然它也还包括有综合自动化的各种特点。全盘自动化的最终结果，是实现整个车间或工厂的完全自动化，即所谓无人工厂。

实行生产自动化，可以大大节省劳动力，提高劳动生产率，提高产品质量，降低成本。近年来各国的生产自动化都有很大发展，已经开始出现全盘自动化的工厂。如苏联即有自动化活塞制造厂、自动化水泥厂等。生产自动化问题已成为一个新兴的独立的科学部门。但必须着重指出，在两种不同的社会制度下，生产

自动化是为不同的阶级利益服务的，它的社会意义有着本质上的区别。

在资本主义国家中，由于资产阶级霸佔着生产资料，生产自动化也像其他科学技术一样是为资本家的利润服务的。其结果：失业工人增多，资本家对在业工人的剥削更加残酷，劳动人民的生活更加恶化。这方面的例子，真是不胜枚举的。必须明确，生产自动化在资本主义国家之所以对劳动人民不利，是由于资本主义制度本身所决定的。正像原子能科学在帝国主义者手中成了威胁世界和平的工具，而在社会主义国家手中则是造福人类的工具一样。要使劳动人民摆脱贫困、饥饿和失业，必须彻底消灭资本主义。

在社会主义制度下，生产自动化可以大大减轻劳动人民的体力劳动，改善劳动条件，使劳动变得更愉快；缩短工作日，减轻劳动强度，使劳动者有可能抽出更多的时间从事学习、科学研究以及政治、文化艺术活动，得到全面的发展；使工人的文化技术水平能大大提高，有助于消灭体力和脑力劳动的差别。自动化既然大大提高了劳动生产率，加速了生产力的发展，就必然使社会主义国家人民的物质生活水平也大大提高。因此，苏联和各社会主义国家的党和政府都很重视实现生产自动化问题。苏共中央在历次关于发展国民经济的有关决议中都强调生产过程的全面机械化和自动化是生产技术进步的重要标志，是今后进一步提高生产技术水平总方针，是向共产主义过渡的必要物质基础。

我国解放前工业生产十分落后，自动化水平更是非常低。企业中大都是笨重的体力劳动，劳动条件十分恶劣。解放后短短十一年中工业建设有了飞跃的发展，特别是1958年以来连续三年大跃进更取得了史无前例的伟大成绩。生产自动化水平也随着有了很大的提高。在苏联和兄弟国家帮助下建成的以及自己设计建成的大批骨干工厂中采用了世界最先进技术，具有很高的自动化水平。很多老工厂也进行了技术改造，提高了自动化水平。特别是经过这两年来群众性的“双革四化”运动，各个工业部门的机

械化、自动化程度都有了显著提高。在石油加工厂中自动化技术发展得更快，个别炼油厂已开始向綜合自动化过渡了。此外，已經建立了解放前根本就沒有的仪表制造工业，不仅能生产常用的各种热工仪表，而且也能生产世界上最新的仪表。仪表自动化的科学研究队伍也有了很大发展。但应注意，自动化是为建設社会主义服务的技术手段，实际工作中必須根据我国建設的具体情况和經濟条件来采用，而不能盲目追求“高度自动化”。必須根据总路綫精神，貫徹大中小結合，土洋結合的方針。我們需要有一批以世界最新技术装备起来的大型企业作为骨干，尽量提高其自动化水平；对中小型企业則不应过高的要求生产自动化；对需要沉重的体力劳动、有毒或其他对人身体健康有害的、劳动条件差的生产部門則应优先实行机械化和自动化。

如前所述，大中型石油加工厂的生产过程是离不开热工測量仪表和自动裝置的。当然，仅仅有了仪表还是不夠的，它們必須正常的工作才行。如果仪表的使用維護不正确，或有了故障沒被發現，因而导致判断錯誤，会給生产带来极其严重的后果。为此必須有專門的仪表工作人員来保證仪表的正常工作。这就要求石油加工工作者及石油机械工作者也必須具有一定的关于仪表和自动裝置的知識，才能正确的掌握生产过程。

自动化裝置应包括：自动調節裝置，热工检查裝置，热工保护，远距离控制裝置，工艺信号，联鎖及通訊設備等。本課程只介紹热工检查測量仪表及調節器（炼油厂常用的）的构造、作用原理、型号規格及最常用典型仪器的使用方法。此外，对仪器的基本安装知識及工艺裝置的检查与自动化設計方法亦作了簡要的敘述，以便讀者对它們有初步的了解。

第一篇 測量仪表

第一章 关于測量仪表的基本知識

第1节 測量基本方程式

这里所講的測量是一种辨别某物質物理性質的过程，也就是用实验（实践）的方法，来决定被测物質的量与所采用的“測量单位”之間的数的比值。这一比值就是常說的“測量結果”。

假如用 Q 代表 被测的量（常称被测参数）， U 代表 所采用的“測量单位”，那么測量結果 q 就可以用下面的方程式表示：

$$q = \frac{Q}{U} \quad (1-1)$$

公式（1-1）通常称为測量的“基本方程式”而測量結果就必须有大小和单位，两者不可缺一。如被测物質的量是一定时，所采用的測量单位不同，則測量結果的数字也不同。

第2节 測量仪表的組成和分类

測量用的工具称为“仪表”。仪表的种类很多，其原理、結構也各不相同。但無論那种仪表，都是由两个主要部分組成，即：仪表的感受部分和反应部分。

仪表的感受部分也称为敏感元件或第一元件。它和被測介質直接接触，用来感受被測量的变化，并把这个变化传送到仪表的反应部分（一般都是把被測量变成其他物理量以后再传到反应部分）。

仪表的反应部分是仪表的主体，它用来接受感受部分传来的被測量的变化，并根据这个变化反应出（指示或記錄）被測量的大小。

例如：用孔板和U形管配合測量某一管道的流量。孔板就是

仪表的感受部分，用它把流量轉換成为孔板前后的压差；而U形管就是仪表的反应部分，它用来根据传送来的孔板前后的压差反应出流量的大小。

在工业上所使用的热工仪表种类很多，为了便于掌握它們常常按照用途的不同、結構的不同或其他標誌进行分类。下面介紹几种主要的分类方法。

按照仪表的用途分类，主要可分成：

1. 测量压力的仪表：如压力計、真空計、压差計等；
2. 测量流量的仪表：如孔板流量計、速度式水表等；
3. 测量液面的仪表：如可見玻璃管液面計、浮球液面計等；
4. 测量温度的仪表：如液体 膨胀式温度計、热电式 高温計等；
5. 气体成分分析器：各种化学式及物理式气体分析器等。

按照結構和性能的不同分类，主要可分成：

1. 指示式仪表：仪表只能反应出参数的瞬时值；
2. 记录式仪表：仪表有自动记录机构，可以把被测参数的变化与時間的关系记录下来；
3. 积算式仪表：仪表有积算机构，它能够把被测参数（一般是流量）在某一段时间內的总和积算出来；
4. 复合式仪表：具有两种以上用途的仪表称为复合式仪表，如既能测流量又能测压力的仪表就可称为复合式仪表；
5. 实验室用仪表：用来校驗检查仪表或工业上实用仪表的非常精密的仪器；

按照仪表的准确度又可把仪表分成：

1. 标准仪表：最准确的仪器，常常是存放在国家度量衡机关中；
2. 范型仪表：准确度比标准仪表稍差，主要用来校驗各种工业上用的仪表；
3. 实用仪表：即工业上常用的 仪表，准确度比以上两种都低。

第3节 表征仪表品質的常用技术术语

在选用仪表与进行测量的过程中，往往会碰到下列一些问题：

1. 仪表的讀数誤差：无论仪表的精密程度如何，由于主观和客观原因，仪表指示出的讀数 A 与被測参数的实际值 A_0 之間总是有一些出入。测量仪器愈精密，测量的次数愈多（取平均值）相差的数值也愈小。这个差数就是仪表的讀数（绝对）誤差 ΔA 。可用下式表示：

$$\Delta A = A - A_0 \quad (1-2)$$

在表示仪表讀数的誤差时，常常还采用所謂“相对誤差”。相对誤差 γ_A 等于讀数的绝对誤差与实际值之比的百分数。即：

$$\gamma_A = \frac{\Delta A}{A_0} \times 100\% = \frac{A - A_0}{A_0} \times 100\% \quad (1-3)$$

在考虑仪表的誤差时还应特别注意基本誤差，附加誤差和疏忽誤差的區別。基本誤差是由仪表本身的内部原因造成的；附加誤差是由仪表的外部原因造成的；而疏忽誤差则是由于在测量时主观上的疏忽而造成的。通常所說的誤差，大都是指仪表的基本誤差而言。

2. 仪表讀数的改正值：

仪表的讀数加上改正值后即为真实的数值。所以改正值 C 可以用下式表示：

$$C = A_0 - A = -\Delta A \quad (1-4)$$

即改正值 C 等于绝对誤差的負值。

在很多实验室用的范型仪表中，都有所謂“改正值曲綫”，可以用这个曲綫求出各“測量点”的改正值 C ，以使測量結果更为准确。

3. 仪表的准确度級数：

仪表的准确度級数是表示一个仪表品質的好坏（准确到什么程度）的主要标志。它的大小用仪表的最大基本誤差佔仪表全刻

度的百分数来表示。即：

$$\text{准确度級数} = \frac{\text{最大基本誤差}}{\text{全刻度}} \times 100 \quad (1-5)$$

所謂最大基本誤差，就是这个仪器在整个測量範圍中可能出現的最大基本（絕對）誤差；而全刻度就是儀器的測量上限減去測量下限。

前面講的所謂標準儀表和范型儀表就是一些准确度級数为0.005、0.02、0.1、0.2和0.35級的儀表。而工業上用的儀表就是一些0.5、1.0、1.5、2.5和4級的儀表。

在使用各種儀器時都應該注意選擇准确度級数适当的儀表。如果選擇的級数太大（不準確），那么測量結果就可能由于誤差太大而不能滿足生產上的需要；而如果選擇的級数太小（準確性高），雖然能夠滿足生產需要，但儀表的价格就會提高，造成浪費。

4. 儀表的靈敏度：在實際工作中常常用靈敏度來表示儀表指示機構的靈敏程度。

所謂儀表的靈敏度 S 就是參數變化單位數值時指示器的直線位移（或角位移）。如果以 Δa 表示被測參數變化的數值； Δl 表示當被測參數變化 Δa 時指示器的位移，那么靈敏度 S 可用下式表示：

$$S = \frac{\Delta l}{\Delta a} \quad (1-6)$$

在一般情況下儀器的靈敏度愈高則測量也愈準確。

5. 儀表讀數的變差：

由于儀表的傳動機構或多或少的都有一些摩擦或間隙存在，以及彈性元件的彈性後效等原因，所以儀表在重複測量同一數值的參數，指針從不同方向接近這一數值時，會有不同的測量結果。例如：被測溫度由低溫升高（上行）到 100°C 時，儀表的讀數為 99°C ，但由高溫降低（下行）到 100°C 時，讀數則為 101°C 。則在儀表的測量點 100°C 處變差為 2°C 。

仪表的变差也表示一个仪器的品质的好坏。变差太大的仪表则不应该再使用。变差一般不应大于仪表的最大基本误差的一半。

例：现有一个刻度为 $-50-250^{\circ}\text{C}$ 的温度计，在测量实际值为 200°C 时上行指示 198°C ，下行指示 201°C 。仪表为2.5级，试求仪表的最大基本误差、变差，以及上行时读数的误差和改正值。

解：（1）根据公式（1-5），仪表的最大基本误差=

$$\frac{2.5 (250 - (-50))}{100} = 7.5^{\circ}\text{C}$$

（2）测量 200°C 时的变差 $=201-198=3^{\circ}\text{C}$

（3）根据公式（1-2）测量 200°C 上行时读数的绝对误差

$$\Delta A = 198 - 200 = -2^{\circ}\text{C}$$

根据公式（1-3）这时的相对误差 $\gamma_A = \frac{-2}{200} \times 100\% = -1\%$ 。

根据公式（1-4）这时的改正值 $C = +2^{\circ}\text{C}$

第二章 压力的测量

第1节 概 述

均匀而垂直作用在单位面积上的力叫做压力。

通常各种工艺设备都是处于大气之中，所以设备内部的压力常常是相对于外部的大气气压而言。为此工程上常用“表压”（或剩余压力）与“真空度”（或负压）来分别表示高于与低于大气气压的压力。但，有时也要用到“绝对压力”，即不考虑大气气压的真实压力。低于大气气压的绝对压力，又称为“残压”。

所谓“表压”就是绝对压力减去大气气压；所谓“真空度”就是大气气压减去残压。

在实际工作中，常用的测量压力的单位有以下几种：

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，水銀重度为13.595克/厘米³。这一单位在工程上很少采用。

2.工程大气压：为工程测量中的主要压力单位。相当于1公斤的力，均匀而垂直地作用在1平方厘米的面积上。其单位是：公斤/厘米²。

3.毫米水銀柱和毫米水柱：用来表示低压。即当水銀为0℃，水为4℃，重力加速度为980.665厘米/秒²时，垂直高度为1毫米的液柱对底面上的压力，称为1毫米水銀柱或1毫米水柱。

此外还有米水柱与公斤/米³以及其他公制单位。至于英制单位所用的磅/吋²，现在在我国已很少应用了。

常用各压力单位間的关系列于表2—1。

表 2—1 各种压力单位間的換算关系

压 力 单 位	公斤/厘米 ²	公斤/米 ³	毫米水銀柱	毫米水柱	磅/吋 ²
公斤/厘米 ²	1.0000	10000	735.56	10000	14.223
公斤/米 ³	0.0001	1.0000	0.0735	1.0000	0.00142
毫米水銀柱	0.00136	13.595	1.0000	13.595	0.01934
毫米水柱	0.0001	1.0000	0.0735	1.0000	0.00142
磅/吋 ²	0.0703	703.00	51.715	703.00	1.0000

在各种工艺过程中，压力常常起着重要的作用。石油加工过程的效率、进程和方向，造气、人造液体燃料生产等过程都与压力大小密切相关。例如热裂化中压力在20大气压（低温热裂化）和50—70大气压（高温热裂化）时，可以得到最多的液体石油产品和少量的气态石油产品，而在温度550℃和压力2—5大气压下进行气相裂化則可得到大量的气体。又如，在减压蒸餾时塔内真空度也就直接影响着产品的质量数量。总之，在石油厂中，压力这个参数是要經常遇到的。为了正确地操縱生产过程，使生产循着所需的方向进行，保証生产的安全和设备的正常操作，就需