

石油厂仪表及自动化

北京石油学院仪表教研室編著

石油工业出版社

52
101

598
138
1

石油厂仪表及自动化

北京石油学院仪表教研室編著

石油工业出版社

內 容 提 要

本書共分三篇，第一篇敘述石油廠生產過程中壓力、溫度、流量、液面和氣體成分等的測量和儀表；第二篇敘述自動調節及其設備；第三篇敘述石油加工過程的監察與自動化。

本書根據北京石油學院暫訂的“石油及天然氣工學”，“人造石油工學”和“石油廠機器和設備”三個專業共用的“石油廠儀表及自動化”課程的教學大綱編寫的，在編寫時曾參考了蘇聯有關儀表的書籍和幾年來教學用的講義。

本書主要作為以上專業學生的教材之用，也可供工程師、技術人員作參考之用。

統一書號：15037·175

石油廠儀表及自動化

北京石油學院儀表教研室編著

*

石油工業出版社出版（地址：北京六條壩石油工業部內）

北京市書刊出版業營業許可證出字第083號

石油出版社印刷廠印 新華書店發行

787×1092 1/32開本 * 印張7 1/2 * 插頁2 * 141千字 * 印5,601—6,500冊

1956年10月北京第1版第1次印刷

1960年10月北京第1版第3次印刷

定價（10）1.10元

前 言

本書系根据暫訂的“石油厂仪表及自动化”課程的教学大綱編写的，但是由于作者水平很低，以及時間倉促，还不能請高教部审查作为教科書出版。

各專業的“仪表及自动化”課程多半在四、五年級講授，因此，學生們已經具备有普通物理学、普通化学、水力学、泵及压缩机、电工学、热工学、石油工学、石油加工过程，以及金屬工学等方面的知識。所以在本書中有关这些方面的理論都不予叙述。例如：引导流量公式用的伯努利定理；輻射高温計的普朗克方程式和斯蒂芬-波利茲曼定律；气体分析器的化学分析法；以及真空管的基本原理等。

本書只着重叙述常用仪表的基本原理、構造、測量范围和应用范围，以及各种仪表的优缺点、准确度和如何安裝与操作等基本知識；学生領会这些后就可以深入鑽研有关参考書，以获得較全面、較深入的知識。因此，像繁瑣的公式及其推导，計算用圖表、数据和不常用的仪表等均略而不提。

目 录

前 言	
緒 論	5

第一篇 測量与仪表

第 一 章 压力的測量	13
第一节 液体压力計	14
第二节 彈性体压力計	24
第三节 电气式压力計	30
第四节 压力表的安裝与校驗	31
第 二 章 溫度的測量	34
第一节 膨脹式溫度計	36
第二节 压力表式溫度計	39
第三节 电阻式溫度計	42
第四节 热电式溫度計	53
第五节 輻射式高溫計	76
第六节 測溫元件的安裝与校驗	80
第 三 章 流量的測量	85
第一节 速率式流量計	85
第二节 容积式流量計	86
第三节 节流式流量計	89
第四节 定压降式流量計	102
第 四 章 液面的測量	105
第一节 玻璃液面計	105
第二节 浮标式液面計	106

第三节	压差式液面計	111
第四节	靜压式液面計	112
第五节	放射性同位素液面計	113
第五章	气体的分析	114
第一节	化学-机械式自动气体分析器	115
第二节	电气与磁力式气体分析器	116
第三节	气体分析器的安裝	121

第二篇 自动調节及其設備

第六章	关于自动調节的基本概念	123
第一节	緒論	123
第二节	調节对象及其性質	125
第三节	調节器的分类	130
第四节	調节过程的基本原理	131
第七章	气动調节器及風压远距傳示	143
第一节	調节閥	143
第二节	气动調节器	152
第三节	气动調节器的輔助設備	163
第八章	其他类型的調节器	173
第一节	自力作用調节器	173
第二节	液动調节器	174
第三节	电动調节器	151
第四节	各种調节器的比較	185

第三篇 石油加工过程的監察与自动化

第九章	監察与自动化裝置設計方面的知識	183
第一节	仪表圖例	189
第二节	石油厂的監察与自动化的典型流程圖	191

第三节	仪表选择	201
第四节	典型的热裂化工段的监察与自动化装置的选择与 佈置	203
第十章	仪表安装方面的基本知识	209
第一节	仪表安装方面的工作与组织	209
第二节	仪表和线路的安装与连接仪表的管路的试验	211
第三节	仪表安装时的安全技术	212
第四节	仪表的调整和设备的起动、运转	213
第十一章	监察与自动化装置的维护和修理	215
第一节	监察与自动化装置运转中的维护问题	215
第二节	在工艺装置上维护仪表时应注意的安全技术和防 火技术	216
第三节	石油厂仪表维护的组织——仪表车间(或计器室)	213
第四节	仪表的修理	221
結束語		221
参考文献		225

緒 論

在現代石油加工廠中應用着大量的各種類型的監察-測量儀表和自動化的儀器設備。在石油工業的初期，當人們還在使用單獨釜蒸餾原油的時期，是用不到什麼監察-測量儀表的，當然更談不到生產過程自動化了。隨着人類社會的發展，生產和科學技術的進步，對石油產品和規格提出了愈來愈嚴格的要求，於是人們就不斷地創造出許多高效能的石油加工方法和加工設備來滿足這一要求。在這些加工過程中，規定了許多操作條件和操作指標。嚴格地執行這些操作條件和指標，是生產出合格產品的關鍵。因此，為了保證操作能夠順利地進行，就要求有各種監察-測量儀表來監察與測量有關的操作條件與操作指標。離開了這些監察-測量儀表，生產操作就會盲目地進行，不但不能保證獲得所預期的產品，而且可能發生事故，使局部或整個生產遭到損壞。所以在現代石油加工廠中，監察-測量儀表可以無愧地被稱為生產操作中的眼睛。當然，僅僅有了監察-測量儀表是不夠的，如果所用的儀表選擇得不恰當，維護與使用儀表的方法不正確，或者儀表有了毛病而不知道，這樣用來監察、測量操作條件與操作指標就會獲得錯誤的報導，其效果是和沒有監察-測量儀表的情況相同，有時還可能產生更壞的作用。為了正確地發揮監察-測量儀表在生產操作中的作用，從事石油加工工業的工作者對於監察-測量儀表顯然是應該具有一定的知識的。

現代石油加工過程的發展愈來愈複雜，規模愈來愈大，許多生產過程應用高溫高壓與高速的技術。只靠人工來操縱這些生產操作，不但要求工人具備高度的操作技能，而且工作是異常緊張吃力的；有些生產過程只靠人工操縱不只感到困難，而且甚至是不可能的。因此，隨着生產的發展，就要求把生產過程自動化。自動化給生產帶來許多好處，它對生產所起的作用可歸納如下：

1. 它把勞動者從生產工作中解放出來，減少了生產工作中所需要的勞動力，減輕了勞動強度，並改變了人們的勞動方式；

2. 它能夠操縱效力強大、速度很高的機器，或者很複雜的生產過程，因此能夠加速生產和提高產量。沒有自動化，就不可能有現代大規模的生產，特別是高溫、高壓、高速和準確度或質量要求很高的生產過程；

3. 它能夠減少人為的誤差，使生產過程正確地進行，因此能夠提高產品的質量；

4. 它能夠保證生產安全，防止事故發生；

5. 由於它能夠保證操作的質量，就能夠節約原材料與動力，延長設備壽命，並提高設備的利用能力；

6. 由於上述各點，生產成本就大大降低，勞動生產率就大大提高；

7. 全盤自動化在許多情況下還可以減少投資費用，這是因為：（1）工藝設備的生產率提高了，而不需要擴大它們的尺寸；（2）可以減少許多輔助設備，如中間容器、倉庫等；（3）由於主要設備體積縮小和輔助設備的減少，以及更合理的組合和可以把某些自動化設備放在室外，因此縮小了廠房

的体积；(4)由于设备的体积和重量大大地减小，故能降低设备的成本。

在资本主义国家中，生产自动化只是资本家剥削工人更高级的工具，它使资本家能够追逐更多的利润，对工人阶级进行更残酷的剥削，它使劳动者失业人数更多，生活更加恶化。如1956年5月英国汽车公司采取自动化措施的结果，一下子就使三千工人失业，这就是一个很明显的例子。

但是在苏联、在我国、在所有的人民民主国家中，生产自动化的意义恰恰相反，由于生产自动化减轻了体力劳动，改变了劳动状况，就使劳动更加愉快；由于生产自动化加速了生产力的发展，就使劳动者的物质生活日益富裕；由于生产自动化缩短了劳动时间，就使劳动者有更多的时间来从事政治、科学、艺术和娱乐等活动；由于生产自动化改变了劳动方式，就要求提高工人的文化技术水平，并使工人的文化技术水平接近于工程技术人员的水平，这样就逐步消灭体力劳动与脑力劳动间的重大差别：这一切，正是实现共产主义社会所不可缺少的内容。苏联共产党第20次代表大会对第六个五年计划的指示中，特别强调了生产过程的全面机械化和自动化为技术进步的重要标志，并规定在第六个五年计划期间，把工作时间由每天八小时减为七小时，这一点说明了生产自动化与共产主义建设的关系。中国共产党中央委员会于1956年1月所作的“关于知识分子问题的报告”中，也指出了生产过程全盘机械化、全盘自动化和远距操纵的重要性，号召为迅速赶上世界科学先进水平而奋斗。由此可知，生产过程自动化的意义，不仅仅局限于工业方面。

我国各工业部门正在朝着自动化的方向发展，其中以石

油加工工業在自动化方面应用得較早，也比較多，但是还不是所有的加工过程都已經自动化。要使生产过程达到全盤自动化与高度自动化的水平，还有待于我們加倍的努力。要使生产过程自动化，就要求有各种类型的自动仪器与設備；但只是有了自动仪器与設備，是不会自动地發揮作用的，如果对生产过程与自动仪器的特性毫無了解，如果对自动化的方法与所需要的自动化仪器設備選擇得不恰当，如果安裝、運轉与維護这些仪器的方法不正确，或者这些仪器与設備出了毛病而不能判断，則生产过程就决不会順利地自动进行，这样也就得不到自动化的好处。为了正确地發揮自动化仪器与設備在生产过程中的作用，从事石油加工工業的工作者对于自动化方面，毫無疑問也必須具有一定的知識。

本課程的內容和任务，就在于講述現代石油加工厂中所常用的及可能使用的各种典型的監察-測量仪表、自动化的仪器設備和与它們有关的基本知識，使學習本課程后，对这方面的知識获得一定的基础。

第一篇 測量与仪表

在石油厂矿中，作業反应过程、設備的操作与油品規格以下列参数来表示，如：压力、温度、流量、液面、轉数、比重、粘度、濃度以及酸度等。在石油加工过程中，其中比較主要的是：压力、温度、流量与液面四种参数。显然，正确地測量、記錄和自动調节这些参数，就必然会有助于在現有設備的基础上更好地完成各种生产的經濟、技术指标，同时还增加了生产的安全性，減輕了操作人員的負担，所以有关的企業應該創造条件以便尽可能多而合理地采用各种仪表。

这些仪表，按它們所測量的参数可分为：

(1)測量压力的仪表：压力表、真空表、通風表与压差計等；

(2)測量温度的仪表：膨脹式溫度計、压力表式溫度計、电阻式溫度計、热电式溫度計以及光电式与輻射式高溫計等；

(3)測量流量的仪表：孔板流量計、浮子流量計、速率式与容积式流量計等；

(4)測量液面的仪表：玻璃液面計、浮标式液面計、压差式与靜压式液面計等；

(5)分析气体的仪器：化学式与电气式气体分析器，氧气的磁力分析器等。

若按仪表本身的構造与性能来分类，則可分为：

(1)指示式仪表：仅能反映被测参数的瞬时数值，一般都具有刻度，如压力表与玻璃温度计等；也有没有刻度的，如玻璃液面计等；有的仪表能指示若干不同地点的温度，如多点式高温指示器。

(2)记录式仪表：具有自动记录机构，能把被测参数的数值随时间记录下来。有些仪表只能记录一条连续的曲线；有些则记成不同颜色或不同符号的点线，如多点式温度记录器。

(3)积算式仪表：具有积累数量的机构，一般为十进位的数字轮或数字盘，能把某期间内被测参数的积累数量表示出来，如水表与具有积算机构的流量计等。

(4)复合式仪表：具有多种用途的仪表，或需要两个以上的仪表联合使用的。前者如：同时记录两个压力的压力记录器与记录流量并兼记压力的记录器，实质上是两种测量仪表公用了一个记录机构；后者如远距传示仪表，系由发讯器把被测参数的变化变为相应的电的或风压的信号送给远方的受讯器再把原参数的变化表示出来。发讯器和受讯器本身可以是上述任何形式的仪表，也可以是自动调节仪表。

(5)便携式仪表：多为准确度比较高的仪表，用来校验实用仪表，如手提电位计。

(6)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实用仪表。如活塞式压力表校验器与精密电位计等。

仪表是测量的工具。测量这一实践过程就是用仪表上经校准过的单位标尺与被测参数相比较以确定其数值的过程。在选用仪表与进行测量的过程中，往往会碰到下列一些问

題：

(1) 仪表讀数的誤差 無論仪表精密与否，由于种种主觀与客觀的原因，仪表指示的讀数与被測参数真实数值之間，总是有些出入。測量仪表愈精密，測量次数愈多（取平均值），相差的数值也就愈小，这差数就是仪表讀数的誤差，或称絕對誤差。例如某仪器測得的温度为 197°C ，改用極准确的仪器測量时則为 200°C （可認為是真实温度），則該仪表在 197°C 处的絕對誤差为 -3°C 。若以真实数值为基础来考虑誤差的大小时，則采用相对誤差。本例的相对誤差为 -1.5% 。應該注意基本誤差与附加誤差及疏忽性誤差的區別。基本誤差是由仪表的内部原因所产生的；附加誤差是由仪表外部原因所产生的；疏忽性誤差是在进行測量时由于主觀上的疏忽而發生的。通常所說的誤差指的是基本誤差。

在进行精確測量时，对同一数值需进行多次測量并根据需要采用算术平均誤差、平方根平均誤差、或然誤差与極限誤差等。

(2) 仪表讀数的改正值 仪表的讀数加上改正值后即為真实(或近于真实)的数值。因此改正值与絕對誤差大小相同，而符号相反。如前例中改正值为 $+3^{\circ}\text{C}$ 。

(3) 仪表的灵敏度 用單位参数变化引起仪表指示機構的角位移或在标尺上的綫位移来表示。有时也用指針产生單位角位移所需参数的变化量来表示。仪表的灵敏度愈高測量就愈准确。

(4) 仪表讀数的变差 由于仪表的連动機構存在有或多或少不可避免的摩擦或空隙以及彈性另件的彈性后效等現象，所以仪表在重复測量同一数值时，指針从不同的方向接

近这一数值將产生不同的結果。如真实温度由低溫升高到 100°C 时，仪表的讀数为 99°C ，但由高溫降回到 100°C 时，讀数則为 101°C 。即在 100°C 处仪表有 2°C 的变差。变差的大小，一般用仪表可能發生的最大变差佔全刻度的百分数来表示。仪表变差过大时即不应繼續使用。如工業用毫伏計式高溫計其变差不应超过 $1-1.5\%$ 。

(5) 仪表的准确度与准确度級 仪表的准确度表示仪表測量結果的可靠程度，一般用仪表讀数上下最大許可的基本誤差这一范围来表示，所以其数值前应冠以正負号。

仪表的准确度級是用最大許可誤差佔仪器全刻度百分数的数值部份来表示。如某溫度計的量程为 $0^{\circ}-1000^{\circ}\text{C}$ ，其最大許可誤差不超过 $\pm 5^{\circ}\text{C}$ ，相对的最大許可誤差为 $\pm 0.5\%$ ，它的准确度級就是 0.5。反过來說，量程为 $0^{\circ}-200^{\circ}\text{C}$ 的同級仪表，其最大許可誤差將不超过 $200 \times 0.5\%$ ，即 $\pm 1^{\circ}\text{C}$ 。

准确度級一般为：0.005、0.02、0.05、0.1、0.2、0.5、1.0、1.5、2.5、4.0、6.0，此外还有 0.35 級的范型彈簧管压力表与真空表以及 10 級的仅用以指示压力有無的压力表。

0.005—0.2 級的仪表属于實驗室用的精密仪表；工業用仪表很少有超过 0.5 級的，例如电子式自动平衡电桥或电位計是 0.5 級的；常用的压力表与孔板流量計一般为 1.5—2.5 級。

在选择仪表时不应选择准确度过高的仪表，以免造成浪費。精密仪表一般構造都比較复杂和精細，需要加意护理，否則極易损坏，造成更大的浪費。

第一章 压力的测量

常用的压力单位为：

(1) 物理大气压：相当于 760mm 垂直的水银柱的压力。这时重力加速度为 980.665 cm/sec^2 ，水银的重度为 13.595 g/cm^3 (即 0°C 时的重度)。这一单位已很少为工程上所采用了。

(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 平方公分的面积上。其符号为 kg/cm^2 。

(3) mm 水银柱与 mm 水柱：用来表示低压。即当水银为 0°C ，水为 4°C ，重力加速度为 980.665 cm/sec^2 时，各液柱垂直高度的 mm 数。此外还有 m 水柱，与 kg/m^2 以及其他公制单位。至于英制单位磅/平方吋 (lb/in^2) 在半殖民地的旧中国是最常用的，但现在已很少用到了。各压力单位间的关系是：

$$\begin{aligned} 1 \text{ kg/cm}^2 &= 10,000 \text{ kg/m}^2 = 10,000 \text{ mm 水柱} \\ &= 735.56 \text{ mm 水银柱} = 14.223 \text{ lb/in}^2. \end{aligned}$$

因为各种工艺设备都是处于大气之中，所以设备内部的压力常指相对于外部的大气气压而言。为此工程上常用“表压”(或“余压”)与“真空度”(或“负压”)来分别表示高于与低于大气气压的压力。有时也用绝对压力，即不考虑大气气压的真实压力。高于与低于大气气压的绝对压力有时又分别称为“全压力”与“残压”。

在石油煉廠中所用的壓力範圍是很廣的。例如高壓加氫時要用 $200\text{kg}/\text{cm}^2$ 左右的壓力，熱裂化時爐管內為 $50\text{kg}/\text{cm}^2$ 左右的壓力，而在減壓分餾塔內則為 $20\text{--}60\text{mm}$ 水銀柱的絕對壓力。此外在某些人造石油工廠的煤氣管綫中有时只是几十毫米水柱的壓力。

壓力的測量是十分重要和嚴重的工作。這方面的任何疏忽與大意都可能招致巨大的危害與損失，所以應當嚴格遵守壓力儀表的安裝、使用與定期校驗檢修的規則，以免發生事故。

由於人類進行了長期的生產勞動，在各方面都積累了巨大的科學技術知識。人們成功地利用了各種與壓力有關的物理現象並做成各種適用的測量儀表。所用的物理現象如：液體靜力學現象（各種液體壓力計與壓差計），彈性體應力與應變的關係（各種彈性體壓力計），電阻的壓力係數（電阻高壓計）以及晶體的壓電效應（壓電式壓力計）等。

第一節 液體壓力計

這類壓力計中包括最簡單的 U 形管壓力計與根據同一原理為了適應不同的要求而發展了的其他形式的壓力計。

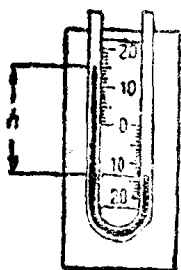


圖 1-1 U 形管壓力計

1. U 形管壓力計 如圖 1-1 所示，取一支兩端開口的 U 形玻璃管，固定在一塊木板上，配上一個以 mm 為刻度，零點在中間的標尺，然後在管內注入水或水銀（工作液體）至液面與零刻度相齊為止，垂直地固定在適當的地方，即成為