

化工仪表与自动调节

中等专业学校交流讲义

化工仪表与自动调节

烏溪江化工学院等編

中国工

TQ056

11

社

中国工业出版社

中等专业学校交流讲义



化工仪表与自动调节

烏溪江化工学院等編

中国工业出版社

本书除緒論外,分为两篇,共八章。第一章至第五章介绍压力、流量、料面、温度及物料性质、成分等测量仪表的工作原理、构造、应用范围、选择、安装及维护的基本知識。第六章和第七章讲述自动调节的基本概念及化工生产中較常見、較簡單的調節器的工作原理、特性、基本构造、元件組成和選擇方面的知識。第八章列举了化工基本单元自动调节系統流程示例。

本书系根据各化工院校自編讲义及有关书籍选編而成,可作为化工中等专业学校工艺类专业教材,对于化工机械及分析等专业也基本适用,也可供化学工业企业以及研究、設計机构的工程技术人员閱讀。

本书由烏溪江化工学院化工仪表及自动化教研組梁宝生、馮广哲、費炳康、方志华、王海仙、叶秋青与合肥化工学校柯象恒等合作选編。最后由梁宝生、柯象恒、馮广哲校訂。

化工仪表与自动调节

烏溪江化工学院等編

*

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)

中国工业出版社第一印刷厂印刷

新华书店科技发行所发行·各地新华书店經售

*

开本 $787 \times 1092 \frac{1}{16}$ ·印張 $11 \frac{1}{4}$ ·字数238,000

1961年8月北京第一版·1961年8月北京第一次印刷

印数0001—7,037·定价(9—4) 1.10元

統一书号: 15165·973(化工—72)

目 录

緒論	5
----	---

第一篇 測量仪表

第一章 压力的測量	8	第三章 浮标液面計	54
第一节 压力測量的概念	8	第四章 靜压液面計	56
第二节 液柱压力計	9	第五章 差压液面計	57
第三节 綜合型差压計	11	第六章 放射性同位素和超声波液面計	57
第四节 彈簧压力計	14	第七章 固体顆粒料面計	58
第五节 訊号型和远距傳示型压力計	17	第四章 溫度的測量	59
第六节 活塞压力計	20	第一节 温度測量的基本概念	59
第七节 电学压力計	20	第二节 膨脹式温度計	60
第八节 压力計的选择、安裝与校驗	22	第三节 压力計式温度計	63
第二章 流量的測量	25	第四节 热电温度計	67
第一节 流量測量的概念	25	第五节 电阻温度計	86
第二节 速度式流量計	25	第六节 輻射高温計	92
第三节 体积式流量計	26	第七节 測溫元件的安裝、校驗与 特殊測量	96
第四节 測速管測量流量	28	第五章 物料成分測量	103
第五节 节流式流量計的理論基础	30	第一节 概論	103
第六节 节流裝置的計算	39	第二节 化学式气体分析器	103
第七节 节流裝置及流量計的构造	43	第三节 热导式气体分析器	108
第八节 节流式流量計的安裝与校驗	46	第四节 磁力式气体分析器	111
第九节 定压降式流量計	49	第五节 其他气体分析器	113
第十节 电磁流量計与超声波流量計	51	第六节 电导式成分分析器	114
第三章 料面的測量	53	第七节 氫离子濃度測量	120
第一节 料面測量的概念	53	第八节 分析取样及分析器的安裝	123
第二节 玻璃液面計	53		

第二篇 自动調节

第六章 自动調节的基本概念	126	第一节 概論	126
----------------------	-----	---------------	-----

第二节 自动调节系统的基本組成 部分	127	第四节 液动调节器	142
第三节 自动调节过程及其质量指标	128	第五节 气动调节器	145
第四节 调节对象的基本性质	130	第六节 执行机构与调节机构	153
第七章 自动调节器的构造和装置	135	第七节 调节器的选择	158
第一节 自动调节器的分类及組成	135	第八章 化工单元操作自动调节	161
第二节 自力式调节器	136	附录	167
第三节 电动调节器	137	参考文献	179

TR056

中等专业学校交流讲义



化工仪表与自动调节

烏溪江化工学院等編

中国工业出版社

本书除緒論外,分为两篇,共八章。第一章至第五章介紹压力、流量、料面、温度及物料性质、成分等测量仪表的工作原理、构造、应用范围、选择、安装及维护的基本知識。第六章和第七章讲述自动调节的基本概念及化工生产中較常見、較簡單的调节器的工作原理、特性、基本构造、元件組成和选择方面的知識。第八章列举了化工基本单元自动调节系統流程示例。

本书系根据各化工院校自編讲义及有关书籍选編而成,可作为化工中等专业学校工艺类专业教材,对于化工机械及分析等专业也基本适用,也可供化学工业企业以及研究、設計机构的工程技术人员閱讀。

本书由烏溪江化工学院化工仪表及自动化教研組梁宝生、馮广哲、費炳康、方志华、王海仙、叶秋青与合肥化工学校柯象恒等合作选編。最后由梁宝生、柯象恒、馮广哲校訂。

化工仪表与自动调节

烏溪江化工学院等編

*

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)

中国工业出版社第一印刷厂印刷

新华书店科技发行所发行·各地新华书店經售

*

开本787×1092 $\frac{1}{16}$ ·印張11 $\frac{1}{4}$ ·字数238,000

1961年8月北京第一版·1961年8月北京第一次印刷

印数0001—7,037·定价(9—4)1.10元

統一书号: 15165·973(化工-72)

目 录

緒論.....	5
---------	---

第一篇 測量仪表

第一章 压力的測量	8	第三节 浮标液面計	54
第一节 压力測量的概念.....	8	第四节 靜压液面計	56
第二节 液柱压力計	9	第五节 差压液面計	57
第三节 綜合型差压計	11	第六节 放射性同位素和超声波液面計	57
第四节 彈簧压力計	14	第七节 固体顆粒料面計	58
第五节 訊号型和远距傳示型压力計	17	第四章 溫度的測量	59
第六节 活塞压力計	20	第一节 温度測量的基本概念.....	59
第七节 电学压力計	20	第二节 膨脹式温度計	60
第八节 压力計的选择、安裝与校驗	22	第三节 压力計式温度計	63
第二章 流量的測量	25	第四节 热电温度計	67
第一节 流量測量的概念.....	25	第五节 电阻温度計	86
第二节 速度式流量計	25	第六节 輻射高温計	92
第三节 体积式流量計	26	第七节 测温元件的安裝、校驗与特殊測量	96
第四节 测速管測量流量	28	第五章 物料成分測量	103
第五节 节流式流量計的理論基础	30	第一节 概論.....	103
第六节 节流裝置的計算	39	第二节 化学式气体分析器	103
第七节 节流裝置及流量計的构造	43	第三节 热导式气体分析器	108
第八节 节流式流量計的安裝与校驗	46	第四节 磁力式气体分析器	111
第九节 定压降式流量計	49	第五节 其他气体分析器	113
第十节 电磁流量計与超声波流量計	51	第六节 电导式成分分析器	114
第三章 料面的測量	53	第七节 氫离子濃度測量	120
第一节 料面測量的概念.....	53	第八节 分析取样及分析器的安裝	123
第二节 玻璃液面計	53		

第二篇 自动調节

第六章 自动調节的基本概念	126	第一节 概論	126
----------------------------	-----	---------------------	-----

第二节 自动调节系统的基本組成 部分···	127	第四节 液动调节器·····	142
第三节 自动调节过程及其质量指标·····	128	第五节 气动调节器·····	145
第四节 调节对象的基本性质·····	130	第六节 执行机构与调节机构·····	153
第七章 自动调节器的构造和装置·····	135	第七节 调节器的选择·····	158
第一节 自动调节器的分类及組成·····	135	第八章 化工单元操作自动调节·····	161
第二节 自力式调节器·····	136	附录·····	167
第三节 电动调节器·····	137	参考文献·····	179

緒 論

随着工农业生产的迅速发展,要求在机械化、电气化发展到一定的基础上,进一步实现生产过程的自动化。在自动化的生产过程中,自动装置(自动机器和仪器)对生产过程进行检查、测量与调节,使生产保持在最好的条件,并按一定程序进行。人对自动装置要不断地加强管理调整与研究改进,规定任务,进行维护修理,以使其更好地发挥其效能,为生产服务。通常用的自动装置是:自动检查测量与讯号装置(如温度、压力、水位的测量与报警);自动控制与自动保护装置(如生产过程的自动控制、拖拉机的自动控制等);自动调节装置等。

实现生产过程自动化不仅有很大的经济意义,而且有重要的政治意义。实现生产过程自动化可以提高劳动生产率,减轻劳动强度,改善劳动条件,延长设备使用期限,提高设备的生产能力,保证安全操作,从而使生产过程的操作条件稳定地、准确地维持在良好状况,获得更多、更好的产品。实现生产过程自动化还可以为消灭脑力劳动和体力劳动的差别创造条件。

勤劳勇敢、智慧多能的我国劳动人民早在战国时代就创造了仪器——指南车。在以后的较长的历史过程中,也有一些发明创造。但由于长期处于封建制度之下,特别是近百年来帝国主义入侵,和国民党的反动统治,严重地阻碍了生产力和科学技术的发展,束缚了劳动人民的创造性的发挥,使仪表计器工作长期处于落后状态,近代仪器几乎是一个空白点。

解放后,打碎了帝国主义、官僚资本主义和封建主义枷锁的中国人民,在党和毛主席的正确领导下,胜利地完成了国民经济的恢复和进行了社会主义的建设工作,解放了思想,破除了迷信,积极性和创造性得到了充分的发挥,决心把我国建设成为一个具有现代工业、现代农业和现代科学文化的社会主义强国。

解放十一年多来,我国就已建成了不少大型的、具有较高自动化水平的化学、冶金和石油等工厂,同时对老工厂也进行了技术改造,使生产在逐步实现半机械化、机械化的基础上向半自动化和自动化迈进。随着工农业的飞跃发展,仪表计器的制造、修理和安装也相应地发展起来了。党深切地关怀仪表工业的发展,新建、扩建与改建了各种规模、不同类型的仪表工厂。1958年以来的大跃进和技术革新、技术革命等群众运动的开展,使生产半机械化和机械化的程度有了很大的提高,半自动化和自动化也同样取得了很大的成绩。原来从事笨重体力劳动的工人,成批地放下了斧头、大锤、铁锹,开始操纵各种仪表和机器。广大工人热烈欢呼“这是又一次解放”。在短短的时间里,工人同志利用自己多年来在生产中积累的经验,和广大科学工作者、技术人员以及学校的师生,在党的领导下结合起来,采用土洋结合的办法,创造了不少新型的、简易而具有一定精确度的自动化技术工具,对促进生产的发展起了很重要的作用。

世界最早的自动调节器于1765年在俄国首先出现,十九世纪末叶随着涡轮机及机器的进一步发展,非自力式调节器开始被广泛应用了。以后,比例式调节器、重定式调节器、超越式(一次微分式)调节器等随着生产的发展都相继出现。

从最简易仪表的应用,逐步发展到集中检查和测量,继之又使自动调节器按照人们的规

定对生产过程进行单参数调节及至多参数调节,复杂的生产过程通过计算机进行统一的调节,并正在向更高的综合、全盘自动化方面发展。

随着生产过程自动化的迅速发展,就要求自动化技术工具向标准化、系列化、单元组合化、缩小型和应用新技术等方面发展。

苏联在自动化技术方面,已经取得了很大的成绩。尤其是人造地球卫星、宇宙火箭和载人宇宙飞船等的成功,更显示出苏联在自动遥控技术方面的杰出成就,早已经把西方国家远远地抛在后面。

社会主义制度的建立不过是几十年的历史,但是生产和科学技术在社会主义国家里的发展已经大大地超过资本主义社会下几百年的发展。这一雄辩的事实,生动地显示出社会主义制度无比的优越性。

在资本主义社会,如英、美等国家里,虽然在生产上也采取一些自动化措施,但其目的是资本家为了更残酷的剥削工人,获得更大利润。自动化给劳动人民带来的是更紧张的劳动和更大量的失业。资本主义制度阻碍了生产和科学技术的进一步发展;自动化进一步加剧了资本主义社会各种内在矛盾。

为了不断地提高化工生产的产量和质量以及适应化工生产的特点(有毒、有臭、易燃、易爆、高温、高压、生产连续性、产品多样性、机器设备的复杂性等),必须对生产进行科学的管理和操作,以仪表代替经验观察,以自动调节代替人工控制,使生产过程逐步实现自动化。

要使生产过程自动化,就要求有各种类型的自动仪器与设备。如果不了解生产过程和自动仪器的设备;如果对自动化的方法与自动化仪器设备选择不恰当;如果安装、运用与维护自动化仪器的方法不正确,或者这些仪器与设备出了毛病不能判断与解决;则生产过程决不会顺利地进行;这样也就发挥不了自动化的优越性。为了正确地发挥自动化仪器在生产过程中的作用,从事化工生产工作人员必须逐步研究和掌握自动化技术。

本课程是化工工艺专业的专业课之一,课程内容和任务为讲述现代化工生产中所常用的及可能发展的各种典型的检查、测量仪表、自动调节器及其有关的基本知识,使得学习本课程后,能了解化工厂常用的各种典型仪器的工作原理、构造、特性、应用范围、正确选择、维护和安装等基本知识,以达到正确使用这些仪表和调节器的目的。

在讲述具体内容以前,先介绍一下有关仪表方面的基本知识。

一、有关测量的概念 测量任一物理量是用它来和采用的单位的量作比较。无论采用什么测量方法和什么仪表,由于方法的不够完善,测量仪表不够精确,我们感觉器官判断能力的限制等,使我们不能得到完全准确的结果。因此,在测量时,不仅要根据仪表确定被测量的数值,而且还要确定仪表的精确程度(或确定其误差)。

测量误差来自两方面,即:

1. 基本误差:它是由于测量仪表结构与制作不够精密,以及测量方法不完善(包括理论与方法)而产生的。

2. 附加误差:它是由于外界因素(如温度、压力、磁场等)变化时,对仪表指示产生影响,以及观察者的疏忽等原因造成的。

测量误差的计算方法有:

1. 绝对误差 Δa : $\Delta a = A - A_0$ 。(A 为仪表的指示值, A_0 为被测量的实际数值)。

2. 相对额定误差 Δa_m : 它表示仪表的绝对误差与仪表测量上限之比, 即 $\Delta a_m = \frac{\Delta a}{A_m}$ (A_m 为仪表测量上限) 用百分数表示。相对额定误差在实用上用来表示仪表的精确程度。例如 $\Delta a_m = 1\%$, 即表明仪表精确程度为 1 级。仪表一般合成下列精确度等级: 0.005、0.02、0.05、0.1、0.2、1.0、1.5、2.5、4.0、6.0。

多数工业用仪表的精确度级数在 0.5 至 2.5 之间。

二、测量仪表的分类 化学工厂中使用的仪表类型很多, 分类方法也很多, 这里介绍一下通常的几种分类法:

1. 依所测的参数不同, 可分为压力计、流量计、料面计、温度计、物料性质及成分测量仪表;

2. 依表达示数的方法不同, 可分为指示型、自动记录型、讯号型 (参数达到一定数值后仪表自动发出讯号)、远距传示型 (把示数传送到远处的二次仪表)、累积型 (积算并指出某一段时间内所测的参数数值)。

3. 依工作情况不同, 可分为实用仪表 (供实际测量用, 有实验室用的和工程用的)、范型仪表 (用来复制和保持测量单位, 进行各种测量仪表的校验和刻度工作的仪表)、标准仪表 (具有更高的精确度, 作计量标准, 校验范型仪表用)。

三、良好的测量仪表应能满足下列要求:

1. 应有足够高的精确度, 即较小的误差。

2. 具有足够短的反应时间。仪表感受元件从感受参数变化开始到示数完全指示出来之间所需的时间, 即为反应时间。反应时间愈短, 就愈有利于生产过程的控制。

3. 具有足够高的灵敏度。仪表的灵敏度, 是指仪表指示的直线或角位移与造成位移的被测量数值变化之间的比例关系, 用数学式表示如下:

$$S = \frac{\Delta a}{\Delta A}$$

式中 S ——灵敏度;

Δa ——指示的直线或角度位移;

ΔA ——被测量数值的变化。

灵敏度愈高, 能够感受到愈微小的参数变化。

4. 具有一定的恒定度。所谓仪表的恒定度, 是指仪表指示值在相同的外界工作条件下的稳定程度。

恒定度以仪表的变差来表示。变差就是在外界条件不变情况下, 对于被测量的同一实际值。用同一测量仪表重复测量时, 指示值的最大差别, 用实验方法得出。恒定度愈差, 就需要愈频繁的经常校验, 示数也愈不可靠。

第一篇 測量仪表

第一章 压力的測量

第一节 压力測量的概念

一、測量压力的意义 化学工业生产是在不同的压力下进行的。压力是决定化学反应情况的主要因素之一,它既影响平衡关系也影响反应速率。在多种多样的化工生产过程中,有的需要不大的压力,有的则需要高压,也有的却需要高度的真空。只有按照工艺条件的要求保持一定的压力,才能保証生产的正常进行。此外,某些生产过程,特别是高压下生产必須控制压力在一定的范围内才能保証安全,由此可見測量压力的必要。

二、压力的定义与单位 均匀而垂直作用于单位面积上的力叫压力。压力可分为:

绝对压力 (P_1): 设备内部的压力;

表压 (P): 设备内部绝对压力 P_1 与大气压力 P_0 之差即: $P = P_1 - P_0$;

压力差: 某两处不同压力之差即: $\Delta P = P_1 - P_2$;

真空度(負压或吸力): 某处绝对压力小于大气压力之数值,即: $P_{\text{真空}} = P_0 - P_1$ 。

实用的压力单位有下列几种:

物理大气压: 相当于 760 毫米水銀柱的压力。这时的重力加速度为 980.665 厘米/秒², 水銀的重度为 13.595 克/厘米³;

工程大气压: 是工业上普遍采用的单位。相当于 1 公斤的力均匀而垂直地作用在 1 厘米² 的面积上(公斤/厘米²);

毫米水銀柱和毫米水柱: 常用来表示低压,相当于重力加速度为 980.665 厘米/秒², 温度为 0°C (水銀)或 4°C (水)时,各液柱垂直高度所产生的压力。此外还有米水柱和公斤/米² 的压力单位。英制单位磅/吋² 已很少采用。

各压力单位間关系見表 1-1。

表 1-1 各种压力換算表

压力单位	公斤/厘米 ²	公斤/米 ²	毫米水銀柱	毫米水柱	米水柱	物理大气压	磅/吋 ²
工程大气压	1.0000	10000	735.56	10000	10.000	0.9673	14.223
公斤/米 ²	0.0001	1.0000	0.0735	1.0000	0.001	0.0000967	0.00142
毫米水銀柱	0.00126	13.6	1.000	13.6	0.0136	0.00121	0.01934
毫米水柱	0.0001	1.000	0.0735	1.000	0.001	0.0000967	0.00142
米水柱	0.100	1000	73.556	1000	1.000	0.09673	1.4223
物理大气压	1.0332	10332	760.000	10332	10.332	1.000	14.696
磅/吋 ²	0.0703	703	51.715	703	0.703	0.0680	1.000

三、压力計分类 按照所测压力的高低分为:压力計(用以测表压),气压計(用以测大气压力),差压計(用以测两处之压力差),真空計(用以测真空度),以及微压計和高度真空計等。

按照使用情况分为：标准的、范型的（精确度一般自 0.05~0.2 或 0.5 级）、工业用的（0.5 级以下）。

按照压力计的原理构造分为：

1. 液柱压力计其中又有 U 型管、杯式和斜管压力计；
2. 综合型差压计有环式、浮标式和钟罩式差压计；
3. 弹簧压力计有弹簧管、螺旋弹簧管、膜片、膜盒和折皱管压力计等；
4. 活塞压力计；
5. 电学压力计有压电式、电阻式和电容式等。

按照指示的方式，则有：指示型、记录型、讯号型和远距传示型等。

第二节 液柱压力计

液柱压力计是根据流体静力学原理制成的最简单的测压仪表，通常用以测量较小的表压和不大的真空度；也可以测量压力差和绝对压力。

一、U 形管压力计 如图 1-1 所示。两端开口弯成 U 形的玻璃管，配上以毫米为刻度、零点在中间的标尺，管内充注工作液体至刻度零点相齐为止。仪表应垂直装置。

当左面通大气 P_0 ，右面接入绝对压力 P_1 时（设 $P_1 > P_0$ ），由于右面的压力较大，使右面液柱下降，而左面液柱上升，直至两面液柱所产生的压力差和 $P_1 - P_0$ 的作用相平衡时为止。此时：

$$P = P_1 - P_0 = h(\gamma - \gamma') \quad (1-2)$$

式中 h ——液柱高度差，厘米；

γ ——工作液重度，公斤/厘米³；

γ' ——工作液面上介质的重度，公斤/厘米³；

P ——表压，公斤/厘米²。

当工作液面上介质为气体时， γ' 可略而不计。则公式(1-1)可以改写为：

$$P = h(\gamma - \gamma') \approx h\gamma \quad (1-2)$$

因此对于一定重度之工作液体，压力大小仅与液柱高度有关。换用不同重度的工作液体可测不同大小的压力。常用的工作液体是水和水银。

工作液体的重度见表 1-2。

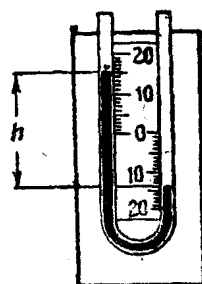


图 1-1 U 形管压力计

表 1-2 工作液体的重度

液 体 名 称	符 号 或 化 学 式	20°C 时 重 度, 公斤/厘米 ³
水 银	Hg	0.013547
溴 化 乙 烯	C ₂ H ₄ Br ₂	0.002147
四 氯 化 碳	CCl ₄	0.001594
水	H ₂ O	0.000998
甲 苯	C ₆ H ₅ CH ₃	0.000864
煤 油	—	0.0008
酒 精	C ₂ H ₅ OH	0.000790

由于液体的毛细现象,应按图 1-2 所示读取示数方才正确。但肉眼观察能力有限,以致读取液柱高度时可能达到 0.5~1 毫米的误差,因此两柱的液面高度误差可能达到 2 毫米。如在 U 形管上装置放大镜来观察,则可使误差减少至 0.5 毫米。当测压范围较大时,此种压力计有较高的准确度;如测压范围较小,则准确度降低。例如:测 200 毫米液柱压力时,相对额定误差为 1%;而测 20 毫米液柱压力时,相对额定误差为 10%。所以 U 形管压力计不宜测量微小的压力。

工业用的 U 形管压力计装在特制的木座上或钢座上,可以防止玻璃管的碎裂。

U 形管压力计测压范围不超过 1500 毫米液柱。

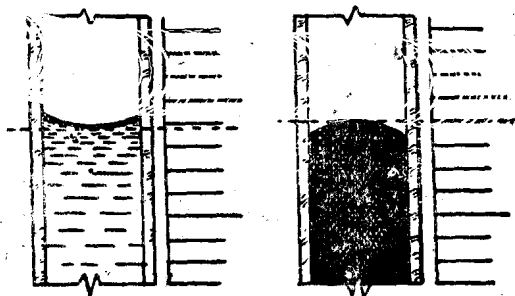


图 1-2 液体在玻璃管中的毛细现象

a—水; b—水银

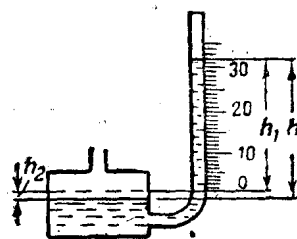


图 1-3 杯式压力计

二、杯式压力计 如图 1-3 所示,它是 U 形管压力计的一种变型。测量时,只需读取液面一次,所以可减少读数误差。

杯的截面积 F (或直径 D) 远大于管的截面积 f (或管径 d)。当杯端压力较大时,液面下降 h_2 , 管内液面上升 h_1 , 因此液面高度差 h 为:

$$h = h_1 + h_2 \quad (1-3)$$

由于管内增加的液体体积 ($f h_1$) 就是杯内减少的液体体积 ($F h_2$) 积即:

$$f h_1 = F h_2$$

所以,

$$h = h_1 \left(1 + \frac{f}{F} \right) \quad (1-4)$$

因为,

$$\frac{f}{F} = \frac{d^2}{D^2} \quad (1-5)$$

即:

$$P = \gamma h = \gamma h_1 \left(1 + \frac{d^2}{D^2} \right) \quad (1-6)$$

杯的直径 D 远大于管的直径 d , 所以 $\frac{d^2}{D^2}$ 比值很小 (一般为 0.002 以下), 可略而不计。

所以

$$P = h \gamma = h_1 \gamma \left(1 + \frac{d^2}{D^2} \right) \approx h_1 \gamma \quad (1-7)$$

因此,可用管柱液面高度 h_1 直接得出读数。这样,就较 U 形管压力计减少了近一半的读数误差。

较精确的杯式压力计标尺可以活动,以便使标尺与杯内液面调整一致再取读数。

三、斜管压力计 适于测量微小的表压。测压范围自 15 毫米水柱到 150 毫米水柱,因此又叫微压计。图 1-4 是斜管压力计构造简图。由于管柱是倾斜的。

所以

$$h_1 = n \sin \alpha \quad (1-8)$$

故得:

$$P = h_1 \gamma \left(1 + \frac{d^2}{D^2}\right) = n \gamma \sin \alpha \left(1 + \frac{d^2}{D^2}\right) \approx n \gamma \sin \alpha \quad (1-9)$$

式中 n ——标尺读数;

α ——管柱与水平面间的夹角;

γ ——工作液体重度。

因此可从较长的液柱变化得出清楚的读数。

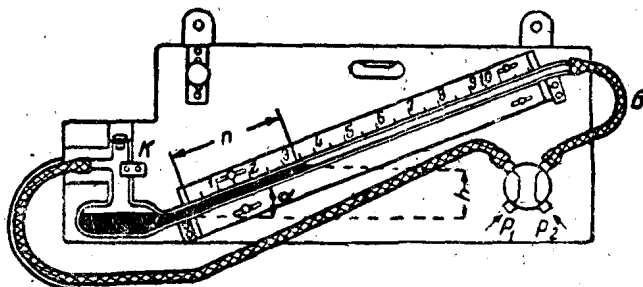


图 1-4 斜管压力计

斜管压力计附有水准仪,使用前应将压力计调整水平,以保证角度 α 的准确。此外,还有可以调整角度的斜管压力计。

液柱压力计的优点是:构造简单、价格便宜、容易使用、精确度一般约为 0.5~1.5 级。缺点是:不坚固、耐压较差,测压范围不大,读取示数不方便,不便于制成记录型和远距传示型。

第三节 综合型差压计

综合型差压计是根据流体静力学、力矩平衡等原理制成的测量压力差的仪表。

一、环式差压计(环天平) 环式差压计是工业上对小压力差进行测量时应用很广的一种差压计,也适于测量表压和真空度,亦广泛用于测量流量。

环式差压计的构造如图 1-5。环形金属管 1 用横梁、刀口支持在承座上,环内空腔约有一半充满工作液体(水、酒精、油或水银)。环的底部有平衡重锤 G,环内上部被隔板 2 分为 I、II 两个空腔,分别借软管与待测压力相通。

当压力 $P_1 = P_2$ 时,两腔的液面高度相同,此时环的位置如图 1-5a 所示。当 $P_1 > P_2$ 时,则 I 腔内液面下降,II 腔内液面上升,形成液柱高度差 h 。因此产生了一个使环顺时针转动的力矩 M_1 :

$$M_1 = \Delta P F R \quad (1-10)$$

式中 $\Delta P = P_1 - P_2$ ——压力差;

F ——环的内截面积;

R ——环的平均半径。

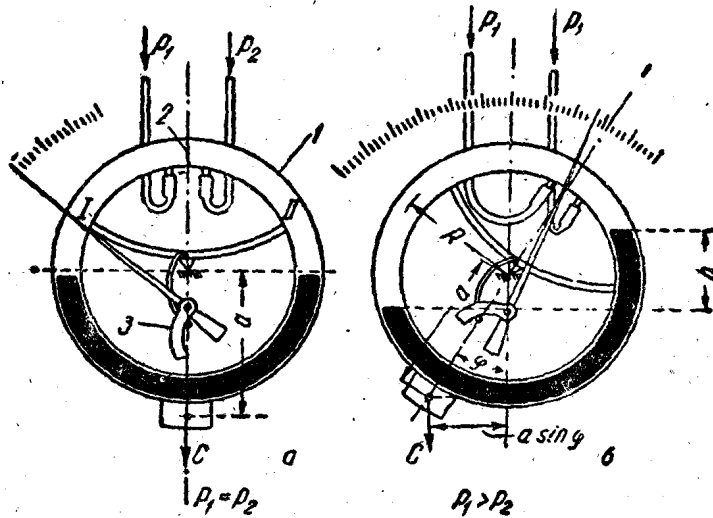


图 1-5 环式差压计

1—环形金属管；2—隔板；3—曲线板

环偏转时,由于重心的偏移产生了反动力矩 M_2 :

$$M_2 = Ga \sin \varphi \quad (1-11)$$

式中 G ——环及重锤的重量;
 a ——重心至支点的距离;
 φ ——环偏转的角度。

当环转动后达到新的平衡时,力矩 $M_1 = M_2$ 。此时:

$$\begin{aligned} \Delta PFR &= Ga \sin \varphi \\ \Delta P &= \frac{Ga}{FR} \sin \varphi \end{aligned} \quad (1-12)$$

由上式可知,当 $\frac{Ga}{FR}$ 一定时,环的偏转角 φ 与压力差 ΔP 有关。环在转动时经过传动机构使指针指出相应的压力差。

但是环所转过的角度 φ 与压力差 ΔP 不成正比,故在仪表的传动机构上有曲线板 3,以便得到均匀的刻度。改变重锤的重量和位置可以改变测压范围。此外还可以看出,测量压力差时与环内工作液体的重度无关,因而工作液体的重度受外界条件影响而改变时不会影响测量的准确度。

ДК 型环式差压计是低压的,可测量 0.25 公斤/厘米² 以下之压力,测压范围有 ± 20 、25、40、63、100 和 160 毫米水柱。中压的耐压 32 公斤/厘米²,测压范围为 400、630、1000、1600 和 2500 毫米水柱。

环式差压计和液柱压力计相比,优点是:坚固耐用,可制成指示型、记录型或远距传示型。使用时应垂直安装并避免震动。精确度为 1.5 级。

二、浮标差压计 浮标差压计的原理基本和杯式相同,但为金属制成,故可用于测量较大的压力,并有较大的动力带动传动机构、指针和记录笔等。

图 1-6 为浮标差压计的构造。工作时,打开针阀 11 关闭平衡阀 12。当压力 $P_1 = P_2$ 时,高压室 1 和低压室 2 内之水银面高度相同,此时高压室内之金属浮标 5 处于行程最高位置,