

TANG

ZHITANG GONGYE
JI ZIDONG

YIBIAO
HUA

制糖工业仪表及自动化

梁周等编著 / 轻工业出版社

制糖工业仪表及自动化

梁 周等 编著

轻工出版社

内 容 简 介

本书共分四篇。第一篇介绍在糖厂经常采用的测量调节仪表,包括各行业通用的压力、流量、温度、物位等测量仪表,指示和记录等显示仪表,以及执行机构和阀门等执行器,这些仪表以国产DDZ-II型和QDZ-II型单元组合式仪表为主。第二篇扼要介绍了古典自动调节理论基础,包括在糖厂中经常应用的调节器工程整定方法。第三篇介绍糖厂专用参数的测量技术和仪表,包括锤度、色度、浊度、过饱和度、白度、纯度等,许多专业仪表都是由我国制糖工业科技人员研制成功的。第四篇按制糖生产过程顺序介绍了制糖生产过程的自动化,其中不少内容是我国制糖工业科技人员的研究成果。在第三篇和第四篇的某些章节中适当地插入了一些新技术应用的内容以作参考。

本书适于作为制糖工业中非自动化专业人员和中、初级自动化工作人员的进修参考书,也可作为大学制糖专业和制糖高级中专学生的自动化过程教科书。

制糖工业仪表及自动化

柴 周等 编著

轻工业出版社出版

(北京广安门南滨河路22号)

轻工业出版社印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行

各地新华书店经售

787×1092毫米 1/16 印张, 35 字数, 784 千字

1988年9月 第一版第一次印刷

印数: 1-6000 定价: 8.80元

ISBN7-5019-0042-6/TH·002

前 言

制糖是一种古老的工业，这一工业伴随着糖料作物的农业生产而存在，并伴随着人口的增加和人民生活水平的提高而发展。制糖工业在它的超过十个世纪的发展历史进程中，经历了十八世纪后半期以蒸汽动力为代表的产业革命和二十世纪前半期以原子能、半导体、化学为代表的产业革命，各种先进生产技术不断地渗透到它里面去，使之从最原始的手工业作坊进展成为具有较高机械化电气化水平的大型工业。

从这个时候开始，在工业发达国家中，由于集中性大工业生产迅速发展，出现了工资和原料价格不断上涨的情况，行业内部和各行业之间的竞争十分激烈，促使了制糖工业像其他工业一样更加注意生产的科学管理及节约人力和原材料。于是，反映生产情况的仪器仪表和代替工人一般操作的自动控制技术自然而然地在制糖工业中被普遍采用。这样，制糖工业生产技术便发展成为由三项主要技术内容构成并且日益互相紧密地结合起来的的技术结构。这三项主要技术内容就是：以化学为主体的工艺技术，它决定了生产的方法；以机械和动力为主体的设备配置，它保证了生产能够大规模地进行；以检测技术和控制理论为主体的控制技术，它保证了生产能够按人的意志正常地进行或加以改变。

目前，全世界的制糖工业正面临着新的形势。第一，由于发达国家的食糖消费量已达顶峰，且略有下降，发展中国家的食糖消费量暂时还增加不快，世界食糖供过于求，价格下跌，制糖工业收益下降，发展停滞；第二，在世界范围内正酝酿着一场“新的工业革命”，以微电子学、遗传工程等为代表的新技术又一次冲击着古老的制糖工业，新的生物品种和人类的生活习惯变化将会改变整个制糖工业的面貌。在这样的新形势下，制糖工业必须比过去更快地采用新的技术，其中首先就是微电子技术，才能适应市场要求和新的工业革命所带来的变化。

微电子技术在制糖工业中主要应用来解决信息的迅速获得和传递、信息的及时处理、以及根据信息作出的决策对企业进行及时的改变和控制。举个例子来说，当制糖工业主要产品之一的食糖的销售量（或反映在食糖市场价格上）波动时，必须迅速获得关于食糖以及与食糖有关的其他产品的产销信息，作出科学的预测，并及时作出糖厂应该多产食糖抑或将食糖改产有关的其他产品的决策，然后通过工厂生产自动化的方式迅速调整糖厂的生产。只有通过类似这样的一种生产方式，才能使糖厂适应今后将会出现的不断变化的市场形势。

糖厂内部的生产自动化是整个制糖工业信息与控制系统的一个基本环节。这个环节是通过仪器仪表和人的感官取得信息，按照工艺和设备的当时条件作出决策，由控制装置或人按决策去驾驭生产。在工业发达国家中，这个环节已基本形成。我国现在仍然是发展中国家，由于过去条件所限，糖厂的这个环节还仅处于发展阶段，其目前发展水平与我国其他工业相比也有很大差距。为了迎接“新的工业革命”的挑战，糖厂很有必要使这个环节继续发展和巩固。

编写本书的目的，就是希望能结合我国情况对糖厂内部生产自动化作一个较全面的介绍，使这些技术知识能够迅速得到重视和普及，为今后整个制糖工业系统的进一步发展打下良好的基础。

本书的内容仅包括糖厂内部生产过程信息的获得（仪表、仪器）和一般的自动控制。微电子技术目前已开始以应用微电脑的方式在我国制糖工业中逐步采用。但由于微电子技术的采用正处于开发阶段，还不能作为一个成熟的内容包含在本书内，只能在个别章节中作一些简单的介绍。制糖企业管理自动化和生产最优化问题以及与制糖工业有关的其他各种产品生产过程的仪表和自动化内容也不包括在本书内，这些内容须另以专著介绍。

本书分四篇共二十八章。第一篇“测量及调节仪表”和第二篇“自动调节的基本理论”，分别介绍各行业通用的检测控制仪表和古典自动调节理论，这些内容虽然比较一般化，但对于开始涉猎信息与控制问题的人员来说仍属必要。第三篇“糖厂参数测量”和第四篇“制糖生产过程自动化”是本书的中心内容。整本书是以基本技术知识为主，但书中有许多内容是其他类似的书籍没有介绍过的新内容，而且反映了我国制糖工业科技人员的近期工作成果。本书适合于具有大专水平的制糖工业非自动化专业人员作为进修教材，也适合于从事制糖工业自动化工作的初、中级技术人员参考。

本书的第二十章第三节的第一、二段，第二十一章的第一节，第二十二章的第一节，第二十三章第四节的第一至第三段，第二十六章和第二十八章由轻工业部甜菜糖研究所孙垣工程师编写；第十一至第十四章和第十七、十八各章由广州市轻工业局吴英新工程师编写；第十九章、第二十章第三节的第四段，第二十三章的第一、三节，第二十五章的第五节由黑龙江省阿城糖厂宋玉俭工程师编写；第十五章，第二十章的第一、二节，第二十一章的第二节，第二十二章的第二、三节和第二十四章由轻工部甘蔗糖研究所谭程工程师编写；第一至第十章和第二十七章由华南工学院李忠彦同志编写。轻工业部甘蔗糖研究所高级工程师梁周编写本书的前言和其余章节，并对全书进行审校和订正。

著者希望本书的出版能对制糖工业生产自动化的巩固和发展起到促进的作用。本书不足之处敬希读者不吝指正。

著者

一九八四年十二月

目 录

前 言	(1)
-----	-------

第一篇 测量及调节仪表

第一章 压力的测量和变送	(1)
第一节 概述	(1)
第二节 液柱式压力计	(1)
第三节 弹性式压力计	(3)
一、单圈和多圈弹簧管压力计	(3)
二、霍尔压力变送器	(6)
三、应变电阻式传感器	(8)
第四节 压力变送器	(10)
一、气动压力变送器	(10)
二、电动Ⅰ型压力变送器	(14)
第五节 压力测量仪表的选择和使用	(20)
第二章 流量的测量和变送	(22)
第一节 概述	(22)
第二节 差压式流量计	(22)
一、流量测量原理及基本流量方程式	(22)
二、常用差压计	(25)
三、差压计的安装	(27)
第三节 转子流量计	(29)
一、转子流量计的工作原理及流量方程式	(30)
二、LZD系列电远传式转子流量计	(31)
三、气远传式转子流量计 (LZQ 系列)	(31)
四、转子流量计的使用	(32)
第四节 靶式流量计	(35)
第五节 椭圆齿轮流量计	(37)
第六节 电磁流量计	(39)
一、基本原理	(39)
二、电磁流量计的结构	(40)
三、电磁流量计的特点	(42)
第三章 温度的测量和变送	(44)
第一节 温度的测量方法	(44)

第二节 热电偶温度计.....	(46)
一、热电偶测温原理.....	(46)
二、热电偶的基本定律.....	(48)
三、常用热电偶种类.....	(49)
四、热电偶的结构类型.....	(50)
五、热电偶冷端温度补偿.....	(52)
第三节 电阻温度计.....	(55)
一、电阻温度计的工作原理.....	(56)
二、热电阻的材料.....	(56)
三、热电阻的结构形式.....	(57)
第四节 半导体电阻温度计(热敏电阻)	(58)
第五节 辐射式高温计.....	(59)
一、辐射测量的物理基础.....	(59)
二、全辐射高温计.....	(60)
三、光学高温计.....	(62)
第六节 温度信号的远传.....	(63)
一、压力式温度变送器.....	(64)
二、电动Ⅱ型温度变送器(DBW型)	(65)
三、气动电气温度变送器.....	(70)
第四章 物位测量.....	(74)
第一节 直读式液位计.....	(74)
一、玻璃管液位计.....	(74)
二、玻璃板液位计.....	(75)
第二节 浮力式液位计.....	(75)
一、浮标式液位计.....	(75)
二、浮球式液位计.....	(77)
三、浮筒式液位计.....	(77)
第三节 静压式液位计.....	(79)
一、差压式液位计.....	(79)
二、法兰式差压变送器.....	(79)
三、差压变送器测量液位时的迁移问题.....	(80)
第四节 吹气式液位计.....	(83)
第五节 其他型式的料位计.....	(86)
一、电容式物位计.....	(85)
二、超声波物位计.....	(86)
第五章 显示仪表.....	(89)
第一节 气动显示仪表.....	(89)
一、气动色带指示仪.....	(89)

二、气动三针指示记录仪	(90)
三、记录部分	(92)
第二节 电动显示仪表	(93)
一、动圈式仪表	(93)
二、电子自动平衡电桥	(98)
三、电子电位差计	(99)
第六章 调节器及调节规律	(103)
第一节 双位调节	(103)
第二节 比例调节	(104)
第三节 积分调节	(106)
第四节 比例积分调节	(107)
第五节 微分调节	(108)
第六节 比例微分调节	(110)
第七节 比例积分微分调节	(110)
第八节 调节器	(111)
一、QTL-500型气动比例积分调节器	(111)
二、气动微分器	(117)
三、DDZ-II型电动调节器	(119)
第七章 执行器	(128)
第一节 气动执行器	(128)
一、气动膜片式执行机构	(128)
二、气动活塞式执行机构	(128)
第二节 调节阀	(129)
一、调节阀分类	(129)
二、调节阀的选用	(130)
三、调节阀的型号表示	(136)
第三节 阀门定位器	(137)
第四节 电动执行器	(139)

第二篇 自动调节的基本理论

第八章 自动调节的基本概念	(142)
第一节 自动调节系统的组成	(142)
第二节 自动调节系统的过渡过程	(144)
一、系统的静态、动态和干扰作用	(144)
二、自动调节系统的过渡过程	(145)
三、系统的品质指标	(145)
第九章 自动调节系统简介	(147)
第一节 单回路调节系统	(147)

一、被调参数的选择	(147)
二、调节参数的选择	(147)
三、测量元件的选择	(149)
四、调节器调节规律的选择	(150)
第二节 串级调节系统	(151)
一、串级调节系统的特点	(152)
二、串级调节系统的工作过程	(154)
三、串级调节系统主、副回路的选择	(156)
四、串级调节系统主、副调节器的选择	(157)
第三节 均匀调节系统	(158)
一、简单均匀调节系统	(158)
二、串级均匀调节系统	(159)
三、双冲量均匀调节系统	(160)
第四节 比值调节系统	(161)
一、开环比值调节系统	(161)
二、单闭环比值调节系统	(162)
三、双闭环比值调节系统	(164)
四、串级比值调节系统	(164)
五、比值调节系统的比值计算法	(165)
第五节 多冲量调节系统	(168)
一、双冲量水位调节系统	(168)
二、三冲量水位调节系统	(169)
三、多冲量水位调节系统的基本类型	(170)
第六节 前馈调节系统	(172)
一、前馈与反馈	(172)
二、前馈调节系统的几种结构型式	(173)
第十章 调节器参数的工程整定	(178)
第一节 单回路调节系统调节器参数的整定	(178)
一、经验法	(178)
二、临界比例度法	(180)
三、衰减曲线法	(180)
第二节 串级调节系统调节器参数的整定	(181)
一、两步整定法	(182)
二、一步整定法	(182)
第三节 均匀调节系统调节器参数整定	(183)
一、经验逼近法	(183)
二、停留时间法	(184)
第四节 比值调节系统调节器参数的整定	(185)

第三篇 糖厂参数的测量

第十一章 锤度的测量	(188)
第一节 锤度的定义及其测量方法.....	(188)
第二节 浮力式浓度计.....	(188)
一、漂浮浮筒式浓度计.....	(188)
二、沉浸浮筒式浓度计.....	(191)
第三节 重力式浓度计.....	(192)
第四节 静压式浓度计.....	(193)
第五节 折光浓度计.....	(197)
一、基本原理.....	(197)
二、光学系统.....	(199)
三、光电转换电路.....	(200)
四、温度补偿装置.....	(205)
五、WYL型光电折光计.....	(205)
六、光电折光计的安装、使用与维护.....	(208)
七、光电折光计的改进途径.....	(210)
第六节 振动式浓度计.....	(210)
一、基本工作原理.....	(210)
二、仪表的组成示例.....	(212)
三、振动式浓度计在糖厂测量中的应用.....	(213)
第七节 放射性同位素浓度计.....	(214)
一、基本概念.....	(214)
二、仪器的基本结构.....	(214)
三、糖厂使用同位素浓度计的概况.....	(217)
第十二章 色值和浊度的测量	(218)
第一节 糖液的色值和浊度.....	(218)
第二节 糖液色值的测量及其仪表.....	(218)
一、糖液色值的测量.....	(218)
二、过程光电比色计.....	(219)
三、色值测量的影响因素及其消除.....	(228)
四、浊度补偿的方法.....	(229)
第三节 糖液浊度的测量及其仪表.....	(231)
一、糖液浊度的测量.....	(231)
二、浊度测量的颜色补偿.....	(234)
三、糖液色值和浊度的同时测定.....	(235)
四、过程浊度计.....	(237)
五、浊度的标定.....	(240)

第四节 ZDJ-1型浊度计.....	(241)
一、工作原理.....	(241)
二、仪表结构.....	(242)
第五节 过程光度计的使用与维护.....	(248)
一、仪表的安装和使用.....	(248)
二、仪表的日常维护.....	(249)
第十三章 糖液过饱和度的测量.....	(250)
第一节 基本原理.....	(250)
一、蔗糖的溶解度和饱和系数.....	(250)
二、过饱和糖液和过饱和系数.....	(250)
三、过饱和糖液的沸点上升.....	(251)
第二节 仪表的基本结构.....	(253)
一、测温装置.....	(254)
二、指示仪表.....	(254)
第三节 仪表的安装使用和维护.....	(258)
一、测温装置的安装.....	(258)
二、仪表的标定与调校.....	(262)
三、纯度补偿装置的给定.....	(262)
四、煮糖罐内压力突变的缓冲方法.....	(262)
五、日常维护.....	(262)
第十四章 粘稠度的测量.....	(263)
第一节 基本概念.....	(263)
一、液体的粘度.....	(263)
二、牛顿型和非牛顿型液体.....	(264)
三、非牛顿液体的流变特性.....	(266)
第二节 糖液的流变特性.....	(268)
一、糖液的粘度特性.....	(269)
二、糖膏的粘稠度.....	(269)
第三节 糖液流变特性的测量.....	(270)
一、旋转法的粘度测定.....	(270)
二、细管法的粘度测定.....	(273)
三、振动法的粘度测定.....	(274)
四、落体法的粘度测定.....	(276)
五、粘度测量方法的选择.....	(278)
第四节 糖膏粘稠度计.....	(278)
一、转筒式粘稠度计.....	(279)
二、摆动式粘稠度计.....	(285)
三、仪表的标定和校验.....	(289)

四、仪表的安装和维护	(289)
第十五章 白度的测量	(291)
第一节 颜色的特性	(291)
第二节 固体砂糖白度的测量	(292)
第三节 固体糖白度计	(297)
一、W型砂糖白度计的工作原理	(297)
二、W型砂糖白度计的结构和性能特点	(305)
第四节 固体糖白度计的使用和维护	(306)
第十六章 水分的测量	(308)
第一节 核磁共振 (NMR) 法	(308)
第二节 红外线 (IR) 法	(311)
第三节 微波法	(313)
第四节 其他方法	(318)
一、电阻 (电导) 法	(318)
二、电容法	(319)
第十七章 电导值的测量	(322)
第一节 基本原理	(322)
一、电解质溶液的导电性	(322)
二、溶液浓度与电导率的关系	(323)
三、蔗糖溶液的电导率	(326)
第二节 溶液电导的测量方法	(326)
一、分压法测量电路	(327)
二、应用电桥原理的测量电路	(328)
三、仪表的刻度和电导池常数的确定	(330)
四、影响电导测量的因素	(332)
第三节 电导测量在糖厂生产控制中的应用	(336)
一、电导仪在制糖过程中的应用	(336)
二、煮糖罐用电导仪	(337)
三、煮糖电导仪的安装、使用与维护	(338)
第四节 糖膏电导值测量的改进	(339)
一、无接触式糖膏电导值测量	(339)
二、测量糖膏交流电阻的仪器——“Panometer”	(342)
第十八章 糖液纯度的测量	(344)
第一节 概述	(344)
一、糖液的纯度	(344)
二、糖液纯度的在线测量	(345)
第二节 自动旋光计	(345)
一、基本知识	(345)

二、工作原理	(346)
三、自动旋光计的在线应用	(349)
第三节 光学法纯度在线测量	(350)
一、测量系统的组成	(350)
二、测量的操作程序	(350)
三、刻度的标定	(353)
第四节 “最大电导率”法纯度测量	(353)
一、工作原理	(353)
二、仪表的基本结构	(355)
三、使用与维护	(357)
第十九章 糖汁pH值的测量	(358)
第一节 电位法测量溶液离子浓度的基本原理	(358)
一、双电层	(358)
二、原电池和标准氢电极	(359)
三、甘汞电极	(361)
第二节 溶液pH值的测量方法	(362)
一、pH的理化意义	(362)
二、溶液氢离子浓度的测量	(363)
三、糖汁pH值的测量	(365)
四、糖汁pH值测量的温度补偿	(366)
第二十章 其他参数的测量	(373)
第一节 甘蔗糖厂压榨机辊升值的测量	(373)
一、机械式辊升仪	(373)
二、液柱式辊升仪	(374)
三、电容式辊升仪	(378)
第二节 蔗层厚度的测量	(380)
一、机械变阻式蔗层厚度测量仪	(381)
二、电容式斜槽料位计	(384)
第三节 物料重量的自动计量	(387)
一、菜丝的计量	(387)
二、糖汁的计量	(390)
三、甘蔗自动秤	(395)
四、糖袋自动计数装置	(400)

第四篇 制糖生产过程自动化

第二十一章 原料预处理自动化	(405)
第一节 甜菜预处理过程自动化	(405)
一、甜菜流送和洗涤过程的自动化	(405)

二、甜菜切丝机的控制	(409)
第二节 甘蔗预处理过程自动化	(411)
一、输蔗机蔗层厚度自动控制系统	(412)
二、输蔗机甘蔗自动跟踪系统	(418)
第二十二章 提汁过程自动化	(420)
第一节 甜菜渗出过程自动化	(420)
一、DDS渗出器自动控制	(420)
二、RT型回转式渗出器自动控制	(424)
三、国外渗出过程自动化发展情况介绍	(425)
第二节 甘蔗压榨过程自动化	(428)
一、压榨机列的控制	(428)
二、渗透系统的控制	(431)
三、混合汁池液位控制	(433)
第三节 甘蔗渗出过程自动化	(435)
一、渗出汁 pH 值控制系统	(437)
二、渗出汁温度控制系统	(438)
三、渗透水量控制系统	(439)
第二十三章 清净过程自动化	(441)
第一节 加灰过程自动化	(441)
一、预加灰自动控制系统	(441)
二、主加灰自动控制系统	(443)
三、石灰乳浓度的测量	(448)
第二节 蔗汁加热中和过程自动化	(451)
一、蔗汁加热过程自动调节	(451)
二、蔗汁中和过程自动化	(451)
第三节 饱充过程自动化	(457)
一、一碳饱充过程自动控制	(458)
二、二碳饱充过程自动控制	(461)
三、影响饱充过程 pH 控制品质的因素及消除方法	(465)
第四节 过滤设备自动化	(467)
一、自动压滤机	(467)
二、GP 增稠过滤器自动化	(472)
三、DDS 增稠过滤器自动化	(476)
四、真空吸滤机自动化	(479)
第二十四章 蒸发过程自动化	(480)
第一节 蒸发罐蒸汽压力控制	(481)
第二节 蒸发站绝对压力控制	(484)
第三节 蒸发罐液位控制	(485)

一、不带迁移装置的气动单法兰差压变送器.....	(485)
二、带迁移装置的气动单法兰差压变送器.....	(486)
第四节 蒸发罐糖浆浓度的测量和控制.....	(488)
一、糖浆浓度的测量.....	(488)
二、末效蒸发罐糖浆浓度控制.....	(492)
第二十五章 煮炼工段自动化	(497)
第一节 间歇煮糖自动化.....	(497)
一、典型的间歇式结晶过程.....	(497)
二、典型的常规煮糖自动化系统.....	(501)
三、微电脑煮糖自动化系统.....	(507)
四、间歇煮糖自动化的研究开发.....	(509)
第二节 连续煮糖自动化.....	(512)
第三节 助晶过程自动化.....	(513)
第四节 分蜜过程自动化.....	(515)
一、间歇式分蜜机自动化.....	(515)
二、连续式分蜜机自动化.....	(519)
第五节 成品糖干燥过程自动化.....	(520)
一、成品糖干燥的目的和要求.....	(520)
二、干燥的方法与原理.....	(521)
三、成品糖干燥的工艺流程.....	(521)
四、影响干燥的因素及干燥过程调节方案的选择.....	(522)
五、绵糖干燥自动控制系统.....	(524)
第二十六章 石灰制备工段自动化	(527)
第一节 石灰窑自动化.....	(527)
一、石灰窑内料位的测量.....	(527)
二、石灰窑装料控制系统.....	(528)
三、石灰石煅烧过程的检测和调节.....	(530)
第二节 石灰乳制备过程自动化.....	(531)
第二十七章 锅炉工段自动化	(535)
第一节 锅炉燃烧调节系统.....	(535)
第二节 减温减压自动调节系统.....	(537)
第二十八章 废粕干燥工段自动化	(540)
第一节 废粕干燥过程简介.....	(540)
第二节 国外废粕干燥过程自动化情况介绍.....	(540)
第三节 国内废粕干燥过程自动化情况简介.....	(542)

第一篇 测量及调节仪表

第一章 压力的测量和变送

第一节 概 述

压力是指垂直均匀地作用在单位面积上的力。工程应用中过去常以标准大气压公斤力/厘米²(kgf/cm²)作为高压的单位,以毫米汞柱(mmHg)或毫米水柱(mmH₂O)为低压或真空的单位。毫米汞柱亦称为托(Torr)。帕(Pa)是国际制(SI)的单位,定义为:1牛顿的力垂直而均匀地作用在1平方米的面积上,以牛顿/米²(N/m²)表示。 $1\text{帕(Pa)}=1\text{牛 顿/米}^2=1.0197\times 10^{-5}\text{公 斤力/厘米}^2$ 。我国已采用这一压力单位作为法定计量单位,并废除其他压力单位。

工程上压力的表示方式有:绝对压力、表压力、负压或真空度。其相互关系如图1-1-1所示,

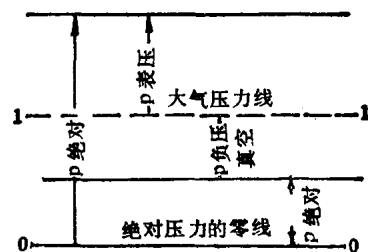


图 1-1-1 绝对压力、表压、大气压力间的关系

在制糖生产中,往往从安全、低耗、设备经济效率等方面考虑,需要对工艺流体进行压力测量,诸如蒸发罐汽鼓(室)压力、煮糖罐真空度、锅炉炉膛负压等。在其它行业,如海洋中水深、飞机航行高度和飞行速度,实际上也是压力测量。所以压力测量应用场合很广泛。随着科学技术的进步,测压范围从超高压到高真空有十几个数量级,因此在不同的测压范围内,需选不同的测压仪表。

常用的压力计有:液柱式、弹性式、电学式压力计,以及压力(差压)变送器等。

第二节 液柱式压力计

液柱式压力计测量气体压力已有数百年的历史了,直到今天仍然是从低真空到1毫米汞柱范围内压力测量的主要标准仪表。液柱式压力计分为:U型管式、斜管式、单管式等几种。如图1-2-1所示。

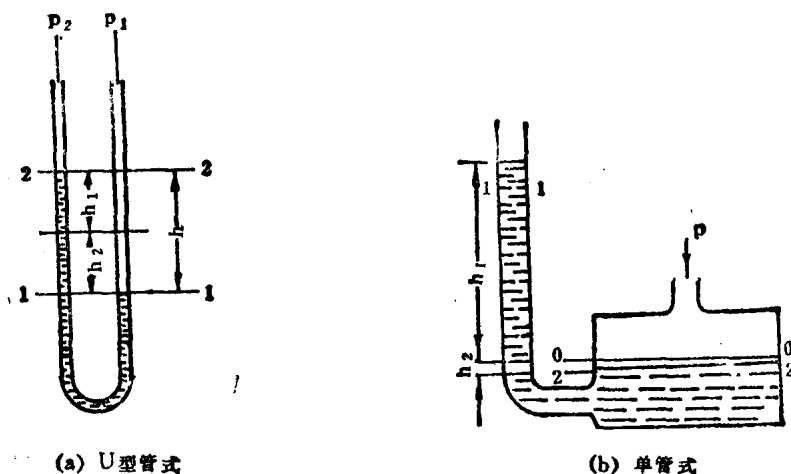


图 1-2-1 液柱式压力计

U形管式、单管式、斜管式液柱压力计的工作原理是相同的，都是基于将未知压力与作用于已知面积上的重力——液柱高度相比较的原理来工作的。它们的工作液一般为：着色水、四氯化碳、水银等。

U形管式是液柱式压力计的基本形式（常用型号为YYU），由 $\phi 5 \sim 8$ mm玻璃管弯制而成，标尺零点在标尺的中线。静态条件下其输入输出的关系式为：

$$h = \frac{P_1 - P_2}{\rho g} \quad (1-2-1)$$

式中的 ρ 、 g 分别为工作液的密度和当地重力加速度。

由式（1-2-1）可知，管截面均匀性对读数并无影响。影响因素主要是：环境温度的变化（引起 ρ 变化等），毛细现象引起的读数误差，以及安装时的垂直度等。压力计的灵敏度仅取决于工作液的密度 ρ 。

U形管式压力计的测量范围一般为 $1 \sim 15$ kPa（ $100 \sim 1500$ mmH₂O）。准确度为1级。

单管式只是将U形管式的一个肘管换成了一个直径为 D （ $D \gg d$ ， d 是肘管直径）的金属杯而已，其优点是减少了一次读数误差。测量范围为 $0 \sim 1500$ mm液柱。

斜管式（常用型号为YYX）是在单管式的基础上将其仅有的直管倾斜了一个角度 α （ α 一般为 $15^\circ \sim 20^\circ$ 对水平线）。其优点是对于一个给定的垂直高度变化 h_1 ，在斜管上可以有一个放大了 $\frac{1}{\sin \alpha}$ 倍的读数 L ，即灵敏度扩大为 $\frac{1}{\sin \alpha}$ 倍。其输入输出关系式为：

$$L = \frac{P_1 - P_2}{\gamma \sin \alpha} \quad (1-2-2)$$

式中 γ ——液体重度

斜管式压力计的测量范围为 $0 \sim 2$ kPa（ $0 \sim 200$ mmH₂O），精度为0.5~1级。