

物位和流量仪表—— 设计 制造 应用

张光武◎编著



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS



物位和流量仪表 ——设计 制造 应用

张光武 编著



机械工业出版社

本书主要介绍物位仪表和流量仪表的一些基础知识,包括仪表的发展历史,仪表的工作原理、适应范围,仪表的基本结构,设计计算和生产制造及应用中应该注意的问题,各种仪表执行的国家标准、行业标准和调试方法。书中融入了作者的创新构想和多年积累的资料。

本书可作为准备从事仪表科研、制造和维护工程技术人员入门读物和仪表工程技术人员的参考书,是一本不可多得的现场操作指导书。

图书在版编目(CIP)数据

物位和流量仪表——设计 制造 应用/张光武编著. —北京:机械工业出版社, 2014. 5

ISBN 978-7-111-46934-6

I. ①物… II. ①张… III. ①物位仪表②流量仪表
IV. ①TH816②TH814

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 119209 号

机械工业出版社(北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

策划编辑:张秀恩 责任编辑:张秀恩 杨明远

版式设计:霍永明 责任校对:张玉琴

封面设计:陈 沛 责任印制:刘 岚

北京云浩印刷有限责任公司印刷

2014 年 8 月第 1 版第 1 次印刷

148mm×210mm·10.125 印张·253 千字

0001—2500 册

标准书号:ISBN 978-7-111-46934-6

定价:38.00 元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

电话服务

网络服务

策划编辑电话:(010)88379644

社服务中心:(010) 88361066

教材网:<http://www.cmpedu.com>

销售一部:(010) 68326294

机工官网:<http://www.cmpbook.com>

销售二部:(010) 88379649

机工官博:<http://weibo.com/cmp1952>

读者购书热线:(010) 88379203

封面防伪标均为盗版

前 言

随着国家现代化工业的发展,人们对仪表的使用要求越来越高,对物位仪表、流量仪表的测量技术和仪表的研究与开发不断深入,测量方法和仪表的种类也不断翻新,仪表需求量逐年加大,尤其是近 10 年来仪表的测量技术和仪表得到了长足发展。

由于仪表种类繁多,现场物流参数和使用状态参数差异较大,加上新进入仪表行业的人员对仪表工作原理、仪表结构、安装使用方法及仪表优缺点、仪表性能和适用范围缺乏足够认识,加大了仪表使用的局限性。

本书总结了作者 30 年来在仪表设计、生产制造工作中的经验,对国内外物位仪表、流量仪表的测量技术和仪表的发展,对各种类仪表的测量控制原理、适应范围,安装使用方法及设计、制造、安装方面应注意事项做了较为系统、全面的论述。特别是对仪表设计中应注意的问题,如仪表计算公式、材料的选用、仪表的防腐、一些关键原材料的使用范围和方法、仪表设计数据的选用和仪表的防爆问题、仪表生产装配中应该注意的事项以及各种仪表执行的国家标准、行业标准和调试方法,都根据作者的经验做了详细论述,以便提醒仪表企业在设计、制造、调试中引起注意。对于个别仪表,作者根据科技的发展、新兴元器件的出现和使用,提出了自己的创新构想,而这些构想使仪表的结构更简单、更实用。其目的是为了让仪表设计者开阔自己的视野,多动脑筋,对自己已使用和见过的仪表原理

和结构加深了解并通过联想开发出新的仪表来。为方便仪表设计人员进行产品开发,作者将自己多年设计积累的资料贯穿于书中,为新进入仪表行业的设计人员提供了方便。

对于设计中容易忽略的问题,本书也作了提醒,其目的是为了不出事故和少出事故。特别是改革开放以来许多新兴小型仪表企业,为了效益偷工减料、以次充好甚至弄虚作假。作者都在相关部分作了提醒。

鉴于篇幅所限,本书仅以物位仪表为主,以常用的、有代表性的流量计为重点详细叙述;而对其他仪表只作适当的介绍。流量标定技术及其试验数据的处理是流量测量的基础,是评价流量精度的依据,因此本书也作了一定的介绍。由于此方面内容所涉及的理论知识领域较为宽广,因此对它们的介绍只能是梗概的。目的是使读者能选用合理的装置来标定流量计和正确处理标定数据,取得可信赖的标定结果。

本书侧重于产品设计、生产制造、维护等方面,可作为准备从事仪表科研、制造和维护工程技术人员的入门读物,也可作为从事仪表工程技术人员的参考书籍和技术工人组装、维护仪表的一本不可多得的现场经验书籍。

由于本人学识有限,书中难免存在缺点、错误,敬请读者批评指正。

读者若有其他疑问和建议,请和作者联系,邮箱地址如下:

584265714@QQ.com

作者

目 录

前言

第 1 章 绪论	1
1.1 物位测量的概念	1
1.2 流量测量的概念	2

上篇：物位控制仪表

第 2 章 直读式液位计	6
2.1 玻璃管（双色玻璃管）液位计	6
2.2 石英玻璃管液位计	8
2.2.1 直读式石英玻璃管液位计	8
2.2.2 顶装石英玻璃管液位计	10
2.2.3 远传报警石英玻璃管液位计	10
2.2.4 石英玻璃管界面液位计	10
2.2.5 带照明的石英玻璃管液位计	11
2.2.6 石英玻璃管液位计的安装使用	12
2.3 玻璃板液位计	12
2.3.1 UB-1 型透光式玻璃板液位计	13
2.3.2 UB-2 型透光夹套式玻璃板液位计	14
2.3.3 UB-3 型反射式玻璃板液位计	14
2.3.4 UB-4 型反射夹套式玻璃板液位计	15
2.3.5 UB-5 型防霜玻璃板液位计	15
2.3.6 UB-6 型双色玻璃板液位计	17
2.3.7 其他玻璃板液位计	17
2.3.8 玻璃板液位计的设计生产、安装及维护	20
2.4 视镜	21

2.4.1 压力容器视镜	22
2.4.2 管道视镜	22
第3章 接触式料位控制器	25
3.1 接触式阻旋料位控制器	25
3.2 新型阻旋式物位器	27
3.3 接触式阻摆料位控制器	27
3.4 高温、特高温料位控制器	29
3.5 膜片物料料位控制器	31
第4章 浮力式液位仪表	33
4.1 磁浮子式液位计	33
4.1.1 基本型磁浮子液位计	39
4.1.2 夹套式磁浮子液位计	40
4.1.3 顶装式磁浮子液位计	40
4.1.4 防冻防霜式磁浮子液位计	41
4.1.5 电加热式磁浮子液位计	42
4.1.6 带报警开关、远传型磁浮子液位计	43
4.1.7 其他类型的磁浮子液位计	44
4.2 磁浮球液位变送器(控制器)	47
4.3 杠杆浮子式液位仪表	49
4.3.1 浮球液位控制器	50
4.3.2 防爆浮球液位控制器	51
4.3.3 高温浮球液位控制器	54
4.3.4 防冻浮球液位控制器	55
4.4 带有钢丝绳(或钢带)的浮子液位计	55
4.4.1 内浮标液位计	56
4.4.2 外浮标液位计	57
4.5 沉筒式液位变送器	58
4.5.1 电浮筒液位变送器	59
4.5.2 气动浮筒液位变送器	66
4.5.3 气动浮筒液位变送器的调校	67
4.6 电动浮球液位变送器	71

4.6.1 通用型电动浮球液位变送器	71
4.6.2 大角度电动浮球液位变送器	73
4.7 船用浮球液位控制器	74
4.8 电缆浮子液位计	76
第5章 差压式物位仪表	79
5.1 压力变送器	79
5.2 液位变送器	81
5.3 差压变送器	83
5.4 变送器的校验	86
第6章 电测式物位仪表	88
6.1 电阻式物位仪表	88
6.2 电容式物位仪表	92
6.3 电感式物位仪表	96
第7章 超声波、核辐射物位仪表	98
7.1 超声波物位计	98
7.2 核辐射物位计	101
第8章 微波、激光物位仪表	105
8.1 微波(雷达)物位计	105
8.2 激光(雷达)物位计	108
第9章 其他的一些物位测量仪表	110
9.1 音叉式物位控制器	110
9.2 重锤探测式料位计	113
9.3 新型旋转连续测量料位变送器	115

下篇：流量测量仪表

第10章 差压式流量计	120
10.1 测量原理及流量公式	120
10.2 标准节流装置	122
10.2.1 标准节流装置	122
10.2.2 标准节流元件结构	123

10.2.3	标准节流装置的取压方式	134
10.2.4	标准节流装置的使用限制	140
10.3	标准节流装置的设计计算	148
10.3.1	节流装置设计的一般方法	148
10.3.2	夹装一体化节流式流量计	151
第 11 章	容积式流量计	160
11.1	腰轮流量计	161
11.2	双转子流量计	164
11.3	容积流量计特性和检定	165
11.3.1	容积流量计的特性	165
11.3.2	容积流量计的检定	168
第 12 章	叶轮式流量计	170
12.1	分流旋翼式流量计	170
12.2	水表	174
12.3	涡轮流量计	176
第 13 章	转子流量计	181
13.1	转子流量计的结构原理	182
13.2	玻璃管转子流量计	183
13.3	金属管转子流量计	185
13.4	转子流量计的特性	188
13.5	其他注意事项	191
第 14 章	均速管流量计	193
14.1	均速管流量计结构形式	194
14.2	均速管流量计的测量原理	195
14.3	均速管流量计的设计	195
14.4	均速管流量计的安装和维护	199
第 15 章	靶式流量计	201
15.1	靶式流量计的工作原理	201
15.2	靶式流量计的设计	203
15.3	新型靶式流量计	206

15.4 靶式流量计安装的注意事项	208
第16章 涡街流量计	210
16.1 涡街流量计工作原理	210
16.2 涡街流量计的结构和设计	212
16.3 涡街流量计的安装和使用	218
第17章 电磁流量计	220
17.1 电磁流量计的工作原理	221
17.2 电磁流量计的结构	222
17.3 电磁流量计的校验、安装	226
第18章 超声波流量计	228
18.1 超声波流量计的基本原理	229
18.2 频差法超声波流量计	233
18.3 多普勒超声波流量计	237
18.4 超声波流量计的安装和使用	241
第19章 质量流量计	244
19.1 间接式质量流量计	245
19.2 直接式质量流量计	246
19.3 科里奥利流量计工作原理和基本结构	248
19.4 科里奥利流量计的特点及应用	255
19.5 科里奥利质量流量计的安装使用	258
19.6 其他类型的直接式质量流量计	258
第20章 冲量流量计	262
20.1 冲量流量计的测量原理	262
20.2 冲量流量计的结构	264
20.3 冲量流量计设计和制造	270
20.4 冲量流量计的调校	274
20.5 冲量流量计的应用	277
第21章 流量试验装置及数据处理	281
21.1 静态液体流量标准装置	284
21.1.1 静态称量法液体流量标准装置	284

21.1.2 静态容积法液体流量标准装置	286
21.2 动态液体流量标准装置	288
21.2.1 动态称量法液体流量标准装置	288
21.2.2 动态容积法液体流量标准装置	290
21.3 气体流量标准装置	293
21.3.1 钟罩式气体流量标准装置	294
21.3.2 音速喷嘴法气体流量标准装置	297
21.3.3 气体表法	299
21.4 试验误差数据处理	300
附录	306
附录 A 物位测量仪表常用标准	306
附录 B 流量测量仪表常用标准	307
附录 C 物位测量仪表常用计量检定规程	309
附录 D 流量测量仪表常用计量检定规程	309
参考文献	311

第1章 绪论

为适应农业生产和生活需要,数千年前人们就已开始关注物位和流量的测量问题了。古人打井,取井水浇地时,用绳子测量井深。存储粮食时,用杆丈量粮食高度。为改善耕种条件,我国古代劳动人民修建了都江堰,并利用宝瓶口岩壁上所刻“水则”来观察水位,以进行水位控制,这些就是最原始的物位和流量测量方法。

而在工业生产中,对存储在容器中的物位和料流进行测量和调节是十分重要的。它能为正常生产、质量管理、经济核算以及提高经济效益提供可靠依据,对维持设备的稳定和保证生产安全、优质、高产也是必不可少的,这就需要我们同时掌握防爆和其他方面的知识。

1.1 物位测量的概念

我们把存于罐、塔、槽以及自然界中的江河、湖泊、水库中的液体或水积存的相对高度或表面位置叫液位,把存于料斗、罐、储仓、堆场等处的固体块、颗粒、粉料等堆积的相对高度或表面位置叫做料位。把同一容器中,两种密度不同且互不相溶的液体之间或液体与固体之间的分界面(或称相界面)位置叫做界位。上述液位、料位、界位总称为物位。用来对物位进行测量、报警和自动调节的自动化仪表称为物位测量仪表。

物位测量仪表包括直读式液位计、接触式料位控制器、浮力式液位仪表、差压式物位仪表、电测式物位仪表、超声波物位仪表、核辐射物位仪表、微波与激光物位仪表等。

1.2 流量测量的概念

工业上通常讲的流量,是指在单位时间内通过管道或通道中某一截面的流动介质的量,可以用容积、质量、重量来计算。通俗地说,流体就是能流动的物质,一般可以认为是液体和气体的总称。但在实际生产中,也有固态流动的情况,如空气输送的煤粉,传送带输送的粮食、煤等。前者为气—固两相流,后者为固体流量。

流体和固体的不同,在于流体容易变形(流动)。流体受任何微小的剪切力后,即发生连续变形,直至外力的消失,这就是流体流动性的特征。流体一般具有可压缩性,通常压力的变化对液体密度影响很小,在5MPa以下可以忽略不计(原油除外)。而气体流体的体积受压力和温度等状态参数的影响,所以用容积流量表示流量大小时,应同时标明相应的流体压力和温度值。

工业上讲的流量,是指在单位时间内通过管道或者通道中某一截面的流动介质的量,它可以用容积流量 Q_v 表示,单位: cm^3/s 、 L/min 或 m^3/h ; 质量流量 Q_m 表示,单位: g/s 、 kg/h 或 t/h 。容积流量、质量流量数学表达式为

$$Q_v = \frac{\Delta V}{\Delta t} = \bar{v}A \quad (1-1)$$

$$Q_m = \frac{\Delta m}{\Delta t} = \rho \bar{v}A \quad (1-2)$$

式中 ρ ——流体的密度;

V ——流体容积;

m ——流体的质量;

t ——时间;

$\bar{v}$ ——管内平均流速;

A ——管道横截面积。

有时需要知道某一段时间内流过流体的总量,称为累计流量,

它等于该时间内流量对时间的积分。与累计流量相对应的流量又称为瞬时流量。

流量测量仪表主要有差压式流量计、容积式流量计、叶轮式流量计、转子流量计、均速管流量计、靶式流量计、涡街流量计、电磁流量计、超声波流量计、质量流量计、冲量流量计等。

虽然已经有了许多物位和流量的测量方法和仪表，但仍然有许多测量问题难以解决，例如污物流的沉积和堵塞，高温、高压、多相流等问题，都等待着我们去研究和解决。

第2章 直立式新式封封

封封器容已口兩下土表外并，照照器面直直面表以类友
封封頭个內器容既齊封直可就（封）管離裝表以表表，器面

封封器（管離裝表以）管離裝

的設意最怀一量封封管離裝

封封兩單是。示示1-5圖，表

出）圖題封用个兩兩管離裝人

上篇：物位控制仪表

封封管離裝內器容內器容內器容

封封，如緊難站事外意因管離裝

同关自自不用封封封封封封封

封封封封封封封封封封封封封

封封封封封封封封封封封封封

封封封封封封封封封封封封封

封封封封封封封封封封封封封

封封封封封封封封封封封封封

封封封封封封封封封封封封封

封封封封封封封封封封封封封

封封封封封封封封封封封封封

封封封封封封封封封封封封封

封封封封封封封封封封封封封

封封封封封封封封封封封封封

第2章 直读式液位计

这类仪表通过连通器原理，将仪表上下阀门与容器连接构成连通器，透过仪表玻璃管（板）就可直接看到容器内介质液位的高度。

2.1 玻璃管（双色玻璃管）液位计

玻璃管液位计是一种最原始的仪表，如图2-1所示。它是靠两端能装入玻璃管的两个专用针型阀（也叫考克阀）将玻璃管固定而构成的仪表。两端的针型阀内装有钢球，当玻璃管因意外事故破裂时，钢球在容器内液体压力作用下自动关闭液流通道，防止容器内液体外溢，其自封闭压力应 $\geq 0.3\text{MPa}$ 。

玻璃管一般采用 $\phi 19\text{mm} \times 3\text{mm}$ 管，两端与针型阀连接处采用四氟乙烯密封带或橡胶密封件密封、紧固连接。由于玻璃管容易破碎，玻璃管液位计承压较低，一般在 $1.0 \sim 1.6\text{MPa}$ 范围之内，包装、运输时损

坏率可高达60%，所以生产厂家应特别注意包装和运输问题。玻璃管液位计的使用温度 $\leq 200^\circ\text{C}$ （塑料材质玻璃管液位计使用温度应根据塑料原材料长期使用温度数据定）；玻璃管液位计可采用法

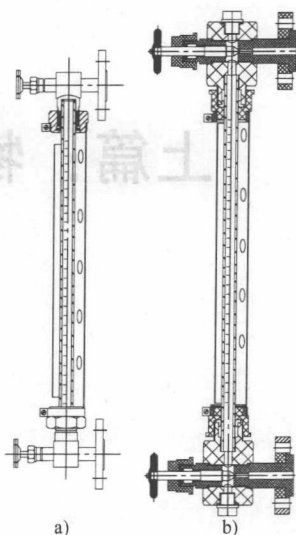


图2-1 玻璃管液位计

a) 钢材质 b) 塑料材质