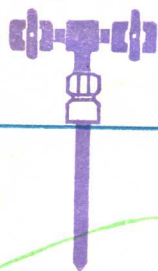


均速管流量计

毛新业 编著



JUNSUGUAN
LIULIANGJI

14.07
XY

计 量 出 版 社

均 速 管 流 量 计

毛新业 编著

计 量 出 版 社

1984·北京

内 容 提 要

本书介绍了一种适合大管道使用、压损小的新型节能仪表——均速管流量计。并从推广应用出发，阐述了均速管流量计的工作原理、特点、各种结构型式、计算方法及误差分析。还介绍了安装、使用、维护中应注意的问题及年节能经济效果的估算。

本书可供从事流量专业的计量人员和从事能源管理、节能工作的各级工程技术人员使用，也可供大专院校有关师生参考。

均 速 管 流 量 计

毛新业 编著

责任编辑 徐鹤

*

计量出版社出版

(北京和平里11区7号)

煤炭工业出版社印刷厂排版

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

*

开本 787×1092 1/32 印张4⁵/₈。

字数 99 千字

印数 1—9000

1984年11月第一版

1984年11月第一次印刷

统一书号 15210·385

定价 1.05 元

前 言

均速管流量计（国外称为 Annubar，直译阿纽巴）的研究始于六十年代末期，它具有压损小、制造成本低、安装维修简便等突出的优点。在厉行节能的今天，特别引起了国内外工程技术人员的关注。

编者认为，一个工程技术人员，在考虑技术方案时，不能一味追求新原理、新技术，而应该将经济性放在重要的地位上，不然新原理、新技术也因缺乏实用价值而难以推广。基于这样的认识，均速管流量计虽然没有高深的理论，结构也较简单，但由于它压损小、成本低，使用也很简便，编者认为是值得推广介绍的。鉴于我国目前对它的了解和使用还很普遍，编者将所收集到的国内外有关资料加以整理，编了这本小册子，以期有助于我国工程技术人员对均速管流量计的研究与制造，促进它在我国的推广使用。这里必须强调指出的是，虽然均速管流量计近年来在国外已有商品出售，并部分地公布了有关技术资料，但这不能说明对它的研究已达到了尽善的地步，我们更不可不加分 析 就 进 行 仿 制 和 使 用。

在收集资料及编写过程中，编者得到了国内外不少专家、同行们的支持和帮助，特别是美国Foxboro公司的Mead. Bradner 先生，曾寄来不少技术资料。我国南京工学院的龚家彪老师对原稿提出了一些宝贵的意见，在此一并表示衷心地感谢。

限于编者水平，书中疏漏谬误之处难免，敬祈读者不吝
指正。

编 者

1982 年 10 月

目 录

一 引言	(1)
二 工作特点	(3)
三 工作原理	(10)
四 流量计算公式	(27)
五 校验及误差分析	(55)
六 主要类型及选用步骤	(73)
七 安装的要求与程序	(90)
八 传压附件系统	(103)
九 使用及维护	(109)
附录 A 单位换算	(113)
附录 B 流体常用物理常数	(118)
附录 C 长期运行费用计算	(125)

一 引 言

六十年代末期以来，工厂企业为了取得较大的经济效果，有向大型化发展的趋势。现在在工业现场超过一米的管道已不罕见，这样采用一般常见的流量计不是过于笨重，价格昂贵（如容积式、文丘利管），就是压损太大，损耗能源太多（如孔板）。在能源短缺的今天，迫切需要研制一种低压损的节能仪表。这正是均速管流量计产生的背景。

均速管流量计是基于早期皮托管测速原理发展而来的一种新型流量计，它的基本结构是一根中空的金属杆，迎向流体流动方向钻有成对的测压孔（见图3.3）。由于外形似笛，亦称笛形流量计。均速管流量计因其结构简单，制造成本低，安装维修简便，尤其是压损小的突出优点，在工艺管径日益增大而又厉行节能的情况下，近年来特别引起国内外工程技术人员的关注。我国不少引进国外技术的工厂中较多地采用了这种流量计。国内也有些工厂在着手研制，已开始有产品出售。在研制均速管流量计的过程中有以下几个问题值得注意：

① 关于均速管流量计所用的管流数学模型。从国外有关公司所公布的资料来看，所用的数学模型较为粗糙，它是尼库拉兹（Nikuradse）三十年代建立的，在管道的中心及边界都不太符合实测情况，因此只能是近似的，根据它所确定的均速管流量计的测点数目和位置都未必是合理的。近年来，国内外对管内流动进行了精确的探测和深入的研究，对

充分发展管流提供了较为精确的数学模型，从而有可能更合理地确定均速管流量计的测点数目及位置。

② 关于均速管流量计管内外流动动力学性质，国外曾发表了有关论文，提出了有关的理论和假设，也有些数学推导，但缺乏足够的试验数据验证，因此有待进一步探讨。对这些问题的进一步研究将不仅有助于正确确定测点的数目及位置，还将有助于选择正确的截面形状，设计完善的结构型式、制定合理的安装、使用条件，从而提高均速管流量计的测量准确度。

③ 关于在非充分发展紊流条件下的测量。均速管流量计和其他流量计一样，在其安装截面前后要求有较长的等截面直管道，以获得充分发展紊流，从而保证必要的测量准确度，但在现场，由于管径大，往往难以保证做到这点。对均速管流量计来说，它本身就是一个合理选择测点以逼近真值的工程实例。在非充分发展紊流条件下，只要流动稳定、没有漩涡，均速管流量计就有可能给出一个稳定的差压值。如果能根据流速分布情况，选取合理的测点数目及位置，就有可能得到较为准确的流量值。显然，在非充分发展紊流条件下，研究用均速管流量计以取得较准确的流量值，以缩短必要的直管道长度确实具有较大的现实意义。

二 工 作 特 点

1 结构简单、重量轻、制造成本低

均速管流量计由一根中空的金属管及为数不多的引压管、管接头等所组成，总共零件十余件，除带阀门的型式结构较为复杂外（见图6.11），一般结构都比较简单（见图6.1至图6.12）。加工工艺也没有严格的要求。如某厂循环水系统在2m管径上所用的一根均速管流量计，其横截面直径仅为25mm，重量不超过5kg，制造成本估计数百元。

2 安装、拆卸简便

均速管流量计是一种结构简单的插入式仪表，安装及拆卸都极为简便。它与常用的孔板流量计比较，在管径为500mm的管道上安装一块孔板流量计，估计需12人-工时，而在相同的管径上安装一根均速管流量计，估计则仅需1.5人-工时。图2.1说明了在相同管径上安装均速管流量计较孔板流量计所节约的工时，由图可见，在管径小时节约的工时约25%，而在管径增大到400mm以上时，所节约的工时将超过75%，它说明管径越大，所节约的工时就越多，均速管流量计的优越性也越突出。同时还应看到，对于大管径来说，安装插入式的均速管流量计还可以节约大量的辅助工时，如搭平台、装吊架、挖地坑等。

如果采用带截止阀的均速管流量计，安装及拆卸时，均无须中断工艺流程（见图2.2）。

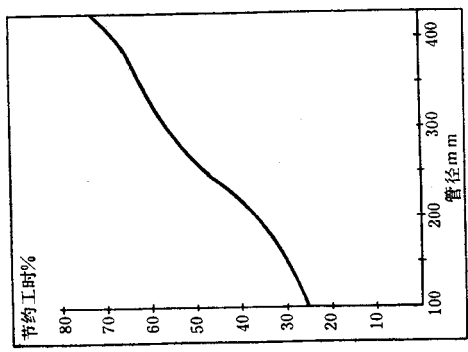


图 2.1 均速管较孔板所节约的安装工时

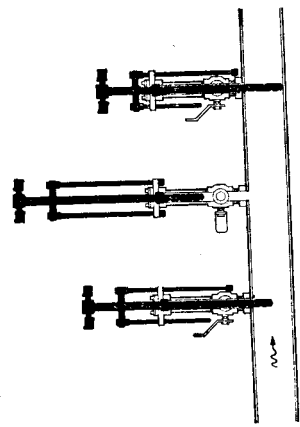


图 2.2 装拆均速管流量计不中断工艺流程的情况

3 维修方便

均速管流量计由于结构简单又没有易磨损的转动件，因此安装后几乎没有多少维修工作。仍将它与常用的孔板流量计进行比较，均速管流量计使用相当长一段时间后，虽然表面有一些锈蚀或粘附有少量的污垢，但这并不会过多地影响测量准确度。只是当它长期使用在较污秽或混浊的流体中，背部的静压孔可能阻塞，发生这种情况时，仅需拆下均速管流量计用细钢丝通一下静压孔就行了，况且它的拆卸安装都较为简便。

4 压损小，能耗少

均速管流量计的不可恢复压损仅占差压的2—15%（见表2.1），而最常用的孔板流量计不可恢复压损却要占差压的40—80%（见表2.2）。不可恢复压损是一种动力消耗，如果压损大，长期运行所消耗的能源将是很可观的（详见附录C）。在能源短缺、厉行节能的今天不能不引起人们的重视，因此，采用压损小的流量计是选择流量计的一项重要因素。

表 2.1 均速管流量计不可恢复压损占差压的百分数%

内径mm	100	125	150	200	250	300	350	400	450
73、74型 75、76型	9 ^①	11 ^①	21	16	13	11	10	9	8
85、86型							23	20	18
内径mm	500	600	750	900	1050	1200	1500	1800	>1800
73、74型 75、76型	7	6	5	4	3	3	2	2	<2
85、86型	16	13	10	9	7	6	5	4	<4

①仅用于73型。

表 2.2 孔板流量计不可恢复压损占差压的百分数%

截面比 β	0.9	0.8	0.7	0.6	0.5	0.4	0.3
不可恢复压损	25	40	53	64	72	81	90

以某厂循环水系统管径为 1 m 的管道为例, 如采取孔板流量计, 其压损折合能源损耗, 一年累计将达 2 万余元人民币, 而采用均速管流量计, 其压损折合能源损耗, 一年累计不过几百元人民币, 相差近百倍。再考虑一个企业多达几十台的流量计, 如采用均速管流量计可节约的能源损耗就是相当可观的数字了。图 2.3 是均速管流量计与孔板流量计由于不可恢复压损一年所耗运行费用的比较, 由图可见, 管径愈大, 采用均速管流量计就愈经济合理。

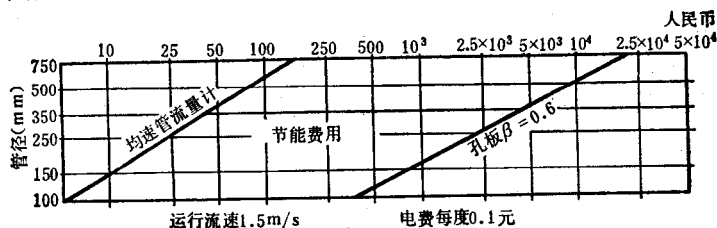


图 2.3 均速管流量计较孔板所节约的运行费

5 适用的范围宽广

均速管流量计除不适用于污秽、有沉淀物的流体外, 可适用于液体、气体、及蒸汽等多种流体。

均速管流量计适用的管径很宽, 最小仅为 25mm, 最大可达 9 m, 而且当管径愈大时, 其优越性也愈突出。

均速管流量计适用于高温、高压的工作条件, 温度的上限主要取决于制造的材料, 如采用高强度耐热钢, 温度上限

可达400℃。压力的上限不仅取决于制造材料，还取决于工作温度、结构型式，一般来说高压情况多采用法兰盘型式，压力上限可达250kgf/cm²。

6 准确度及长期稳定性较好

均速管流量计的准确度 $A\%$ 定义为：

$$A\% = \frac{Q_a - Q_t}{Q_t} \times 100 \quad (2.1)$$

式中： Q_a ——由均速管流量计所测定的流量

Q_t ——由校验装置所测定的流量

据资料〔1〕介绍，对均速管流量计校验表明，其准确度可达到实测值的 $\pm 1\%$ ，（置信度95%）稳定性为实测值的 $\pm 0.1\%$ 。

在工业管道中安装流量计，流量计不可避免会磨损、锈蚀，以及有灰尘、油污粘附其上，而这些对均速管流量计的流量系数影响不大，却对常用的孔板流量计影响较大，由于磨损、锈蚀、以及灰尘、油污的粘附将使孔板流量系数增大20%以上（见图2.4），其准确度将因此自 $\pm 1\%$ 降为20%。在工业上仪表的长期稳定性较短期准确度更具有现实意义，因为仪表不可能频繁地进行拆装、校验，尤其是像孔板这样难以拆装的仪表。

均速管流量计的准确度虽还不及容积式及涡轮这样的流量计，但这类仪表由于体积庞大或加工困难，很少用于大于300mm的管径。当管径大于300mm时，准确度能达到 $\pm 1\%$ ，稳定性为 $\pm 0.1\%$ ，一般已满足了实用的要求。

7 对管道布局要求较低

流量计测量准确度一般与管道中流速分布有关，如要得到较高的准确度，对管道布局应有一定要求，仪表安装地点

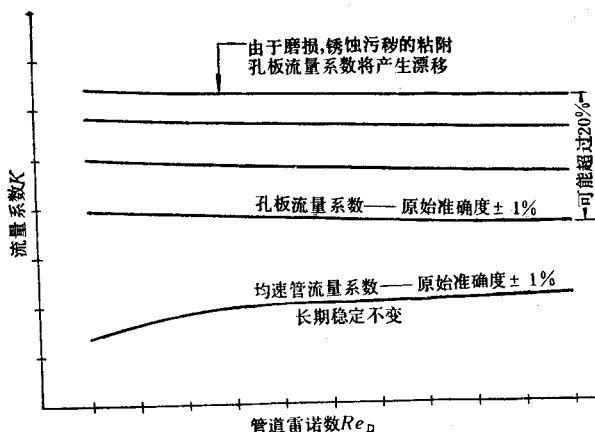


图 2.4 均速管流量计与孔板的长期准确度比较

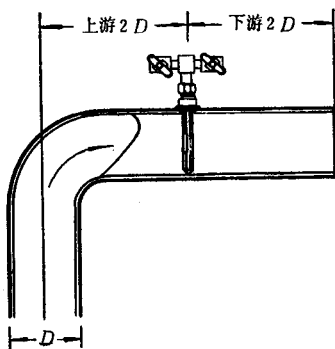


图 2.5 均速管流量计直接装在弯头后

前后应有较长的等直段，如孔板流量计前后等直段长度为30倍直径以上。均速管流量计在等直段长度的要求相对孔板低，一般约为10至25倍直径（见图7.1）。

而尤其难得的是均速管流量计可以直接安装在弯头后仅两倍直径的地方（图2.5），仍有可能给出稳定的示值。在这种情况下如经过

单独的标定，可得到 $\pm 2\%$ 的准确度；如用原给定的流量系数，仍可得到 $\pm 5\%$ 的准确度〔1〕。

8 对流体的要求

均速管流量计是通过检测孔测压来确定流量的。检测孔孔径一般不大于10mm。为了防止堵塞，被测流体中不允许含有固体粉尘或纤维状固体物质，亦不允许有油污及凝析物粘结在检测孔附近，否则应定期检修，疏通检测孔或采用吹除辅助系统（详见八、7测量污秽流体的流量）。

9 流量量程较低

均速管流量计和一般差压式流量计相同，所测流量值与差压读数的平方成正比。二次仪表——差压计的准确度是满量程的百分数，为保证必要的准确度，差压计的读数比不应大于10:1，与此相应的均速管流量计的量程比则应为3.5:1。但就均速管本身而言，其准确度是其实测值的百分数，因而它的量程比是可能扩大的，它之所以受到限制完全由于二次仪表读数准确度的限制。如果允许用多台二次仪表来测不同范围的差压值，就有可能扩大均速管流量计的量程比。

10 输出差压较低

均速管流量计在测低速、高温气体流量时，输出差压可能仅为几十毫米水柱，这给选用差压变送器带来一定的困难。

三 工 作 原 理

均速管流量计是基于皮托管测速原理发展而来的一种新型差压式流量计，它是怎样通过流速确定流量的，还须从管道中的流速分布谈起。

1 充分发展管流的速度方程

我们知道，流量 Q 可以表示为流经管道某一截面的流速 v_i 乘以该截面的面积 A 。由于在管道中的流速一般并不等于常数，流量只能用积分式3.1表示：（图3.1）

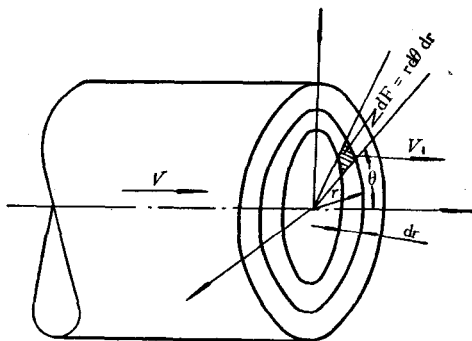


图 3.1 圆管中的流量

$$Q = \int_0^F v_i dA = \int_0^R \int_0^{2\pi} v_i(r\theta) r d\theta dr \quad (3.1)$$

式中： r ——测点的径向距离

θ ——测点与水平线间的夹角

如果流速分布旋转对称于轴线，式 (3.1) 可简化为：

$$Q = \int_0^R 2\pi v_i(r) r dr \quad (3.2)$$

实际流体都有粘性，流体在管道中流动时在壁面上将伴随着有附面层产生，它将随着流动的距离不断增厚，只要等截面直管道足够长（例如30倍直径以上），总可能在管道中有一点（如图3.2中A点），在这点上附面层将充满整个的管道。在A点之后，流速分布将不再与进口的距离有关，它不仅旋转对称，而且呈现稳定、确切的形式，不再发生变化（图3.3）。我们称这种流动形式为充分发展管流。它按流态来分可以有充分发展层流及充分发展紊流两种形式。在工业上几乎都是紊流，今后如不特别强调，所谈的充分发展管流都是指紊流形式。

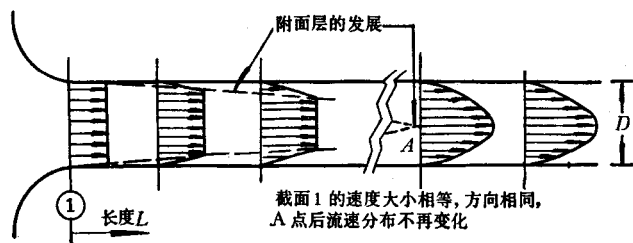


图 3.2 充分发展紊流的发展过程

早在1932年尼库拉兹 (Nikuradse) 就对充分发展管流进行了详细的测试，测量的范围自雷诺数 4×10^3 至 3.2×10^6 。自尼库拉兹之后几十年来不少科学家又对充分发展管流进行了测试，如：Preston (1954)，Coles (1956)，Smith (1958)，Patel (1965)，Lindley (1970)，Au (1972)……等。他们对充分发展管流进行描述的数学模型形式相似，仅