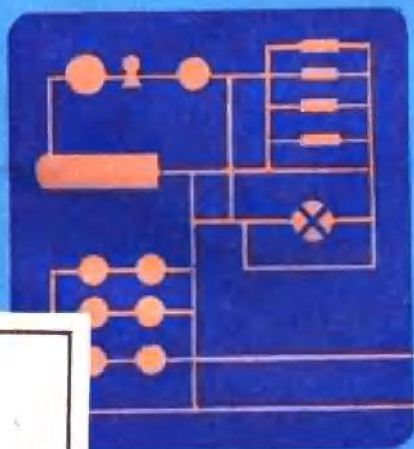


中国计量出版社



标准体积管及 流量仪表校验

王用民 编著



内 容 提 要

标准体积管是校验流量计的容积标准,它是由钢管和在钢管内移动的球或活塞构成。在钢管上安装两个检测开关,以两个检测开关之间的体积作为已知的标准容积。标准体积管具有很多优点,不需要拆卸流量计,可在管线上以实液进行校验,并且是以管线本身的温度和压力进行自动化操作,误差小,校验快。

本书着重介绍了标准体积管的结构、标定、安装,流量计校验系统,流量计的校验方法等。全书内容简要,技术实用。可供石油、化工、冶金、机械、仪表等部门,从事流量计量工作的检定人员、操作人员以及工程技术人员参考使用;也可供流量计生产、设计、研究单位及高等院校有关师生参考。

标准体积管及流量仪表校验

王用民 编著

责任编辑 徐 鹤

—♦—

中国计量出版社出版

北京和平门11区7号

中国计量出版社印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行

—♦—

开本 787×1092/32 印张 7.5 字数161千字
1987年7月第1版 1987年7月第1次印刷
印数 1—10000 定价1.80元
统一书号 15210·738

前 言

标准体积管（或简称体积管）是一种管式流量校验装置。美国石油学会标准 2531 (API 2531) 称它为《机械容积式流量计校验装置》。

标准体积管是校验流量计的容积标准，它是由钢管和在钢管内移动的球或活塞构成。在钢管上安装两个检测开关，以两个检测开关之间的体积作为已知的标准容积。标准体积管实际上是一种管式的标准容器。

标定时，把被校验的流量计与标准体积管串联，借助液体的能量，使球或活塞在标准体积管内移动。当球移动到第一个检测开关时，就起动安装在被校验流量计的脉冲发生器，并用控制台上的计数器开始记录脉冲数，直到球运行到第二个检测开关停止脉冲计数器时为止，这时，求出流量计所记录的总流量（脉冲数），并与标准体积管的已知标准容积相比，其比值即为流量计系数。

标准体积管具有很多优点，不需拆卸流量计即可在管线上以实液进行校验，而且是以管线本身的温度和压力进行的，所以误差小，校验快，并可以自动化操作。

除了流量计生产厂家安装标准体积管供流量计出厂前的校验外，在输油管道、装油码头、石油矿场均可安装，以供校验流量计使用。它既可做成固定式，也可做成移动式，便于油田上应用。

标准体积管从它的诞生到现在也仅仅才有 20 余年的历史。我国是在 1974 年底才研制成功并投入使用的。但目前

在美国、日本、联邦德国、英国以及石油输出国等国家内标准体积管发展很快。我国近 10 年 来 也有很大发展。标准体积管在原油计量中所起的作用也越来越大。

笔者力求尽量把体积管的发展、种类、设计、安装、使用以及流量计的校验等作一较全面的介绍。本书主要供从事流量计的检定人员、操作人员以及技术人员参考使用。也可供有关设计人员、科研人员以及高等院校有关专业师生参考。全书由周明同志审阅并提出了宝贵的修改意见，在此表示衷心感谢！

由于笔者水平有限，有错漏之处，敬请批评指正。

作 者

1985 年 3 月

目 录

前 言	(i)
第一章 概述	(1)
1-1 管道输送石油的发展简史	(1)
1-2 管道输送与流量计量	(3)
1-3 校验流量计的方法	(9)
1-3-1 流量计校验系统	(9)
1-3-2 校验液体流量计的主要方法及特点	(10)
第二章 标准体积管的种类及基本结构	(17)
2-1 三球、无阀、单向型体积管	(18)
2-1-1 三球、无阀、单向型卧式体积管	(18)
2-1-2 三球、无阀、单向型立式体积管	(19)
2-2 一球、无阀、单向型标准体积管	(20)
2-2-1 “马隆尼公司”式的一球、无阀、单向型标准体积管	(22)
2-2-2 “M&J 阀公司”式的一球、无阀、单向型标准体积管	(24)
2-3 双向型球阀管汇式标准体积管 (四个切换阀)	(26)
2-4 双向型四通切换阀式标准体积管 (一个切换阀)	(28)
2-4-1 四通阀的检漏方法	(30)
2-4-2 双向型四通切换阀式体积管的特点	(31)
2-5 标准体积管的主要参数计算	(36)
2-6 标准体积管的基本结构设计	(38)
2-6-1 标准管段	(38)
2-6-2 置换器	(43)
2-6-3 检测开关	(51)
2-6-4 快开盲板	(64)
2-6-5 三球、无阀、单向型立式标准体积管的设计与计算	(68)

2-6-6 一球、无阀、单向型标准体积管的设计与计算	(86)
第三章 标准体积管的标定	(105)
3-1 概述	(105)
3-1-1 标定体积管的目的和意义	(106)
3-1-2 标定体积管的工作原理和工作过程 (容积法)	(106)
3-1-3 对体积管的技术要求	(107)
3-2 性能试验	(107)
3-2-1 耐压试验	(107)
3-2-2 密封性试验	(108)
3-2-3 漏失量试验	(110)
3-3 标定体积管时所需的设备和器材 (容积法)	(110)
3-4 体积管标定时的检测内容及方法	(111)
3-5 体积管容积的标定	(112)
3-6 标定体积管实例	(126)
第四章 标定站与标准体积管的安装	(132)
4-1 标定站的工艺安装	(132)
4-2 标准体积管标定间的工艺安装	(138)
4-3 标准体积管的安装	(143)
4-3-1 体积管安装形式	(143)
4-3-2 体积管安装要求	(145)
4-4 安装质量的检验	(154)
第五章 流量计的校验	(159)
5-1 标准体积管校验法	(159)
5-1-1 校验系统的密封试验	(160)
5-1-2 腰轮流量计的校验	(161)
5-1-3 涡轮流量计的校验	(175)
5-2 液体标准量器校验法 (容积法)	(184)
5-3 标准流量计校验法	(188)
5-4 低脉冲方式的体积管校验法	(195)
第六章 国内外油品计量装置发展概况	(200)

6-1 国外油品计量和港口计量的简要情况	(200)
6-2 国内油品计量和标准体积管发展情况	(203)
6-3 国内外对体积管标定结果的讨论	(206)
参考文献	(212)

第一章 概 述

1-1 管道输送石油的发展简史

随着石油工业的发展,已经越来越广泛地采用由管道输送石油及其产品的方法,并且输送管道口径也越来越大.采用管道输送液体介质的历史较为悠久.远在公元前约五千年之前我国农村据说已把竹筒挖通,联接埋藏起来,作为供水和灌溉之用.此外在古代巴比伦和埃及也分别发现过古代使用的陶管.在古代日本,板屋平四朗为了向金泽城供水,把石块凿成 40 cm 的孔穴联接起来造成约 8 km 的导管.据说公元前九百年我国劳动人民为了制造食盐曾用曲竹作管道运输天然气.见图 1-1.

但严格地讲:使用管道输送液体并且把它的输送量进行计量是从 19 世纪以后才开始的.据记载,1821 年在美国纽约州伊利湖附近铺设口径为 20 mm 的铅管以供应煤气时,曾使用上部密封,下部水封的容器测量煤气的输送量.

从 1859 年在美国宾夕法尼亚州戴达斯维尔(Titusville)首次商业性地采掘油井成功以来,石油便成了热门.石油代替鱼油、灯油的需要量猛增,这便成了石油矿业和近代管道发展的起点.

用马车输送、油量损耗甚多、运输费用昂贵,而且极为危险.1862 年,在宾夕法尼亚州人们从油井至炼油厂之间铺设了口径为 50 mm 的铸铁管管道,并使用离心泵进行了世界上首次的原油管道运输.

从 1864 年起用铸铁和钢管制成的管道逐渐普遍.

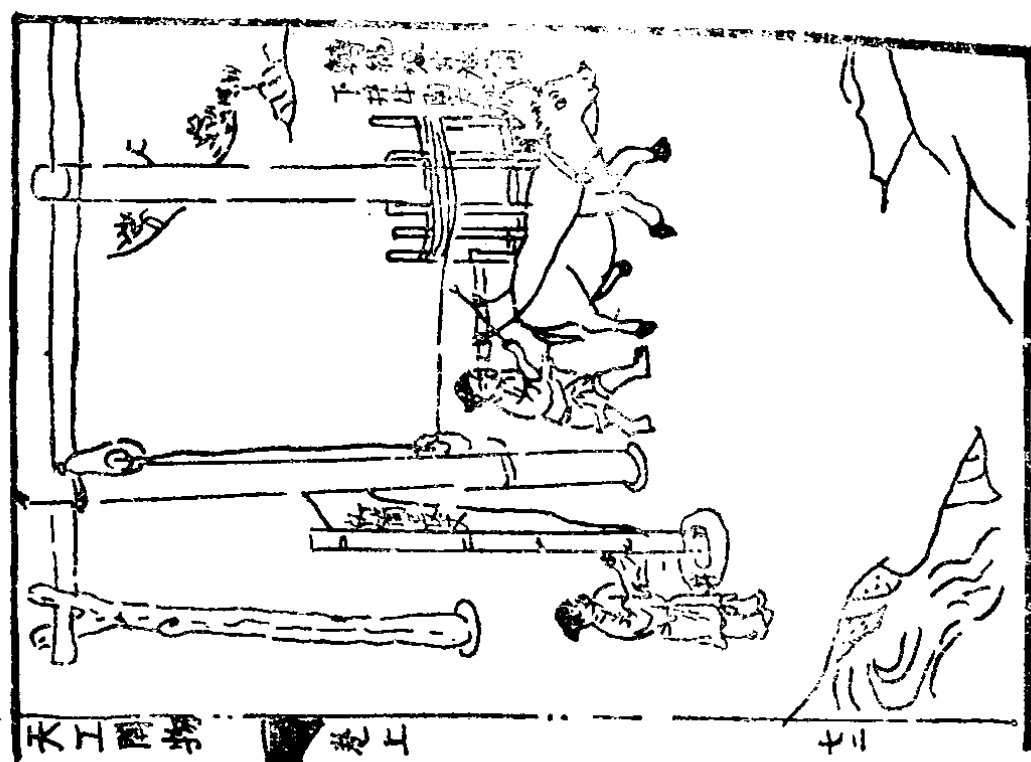
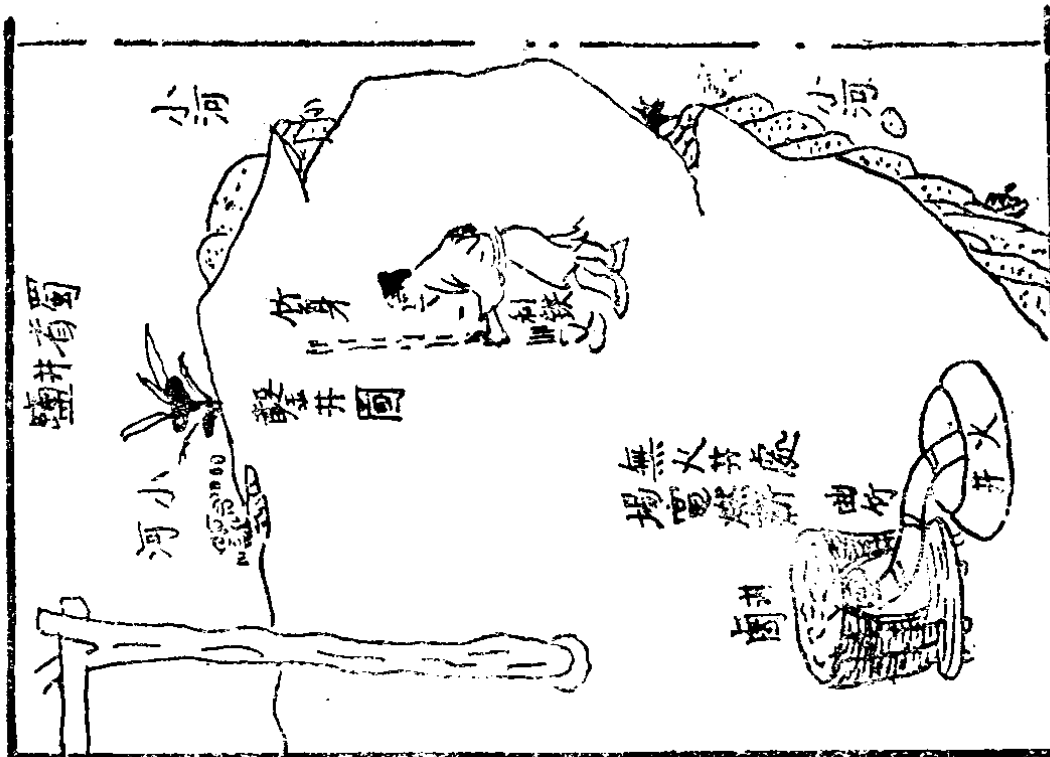


图 1-1 《天工、开物》中关于凿井取气煮盐记载

1870 年洛克菲勒在美国创立了俄亥俄标准石油公司。通过垄断石油的运输工具，造成了掌握美国石油的基础。当时的管道建设得到了迅速发展。直到 1901 年，由于得克萨斯州发现了大油田之后，管道输送业才进入了飞跃发展时期。

目前美国的原油有 80% 是用管道输送的。

美国成品油的 20%~30% 也是管道输送的。

加拿大、欧洲、中东及非洲、苏联在石油长输管道方面发展也很快。

1-2 管道输送与流量计量

在石油及其产品采用管道输送之前，在生产管理以及商业性交易中均是采用容器测量的。当时由于数量微小而容易测量准确。当然采用这种办法计量石油是可以的。但在石油产品实现了管道输送之后，这种容器测量法仍然是石油计量的基础。即目前仍然有很多地方继续采用油罐检尺的方法计量石油。如图 1-2。它是利用钢卷尺测算油面高度，可按下式计算：

$$H_{\text{油}} = H_{\text{罐}} - H_{\text{尺}} + H_{\text{浸}}$$

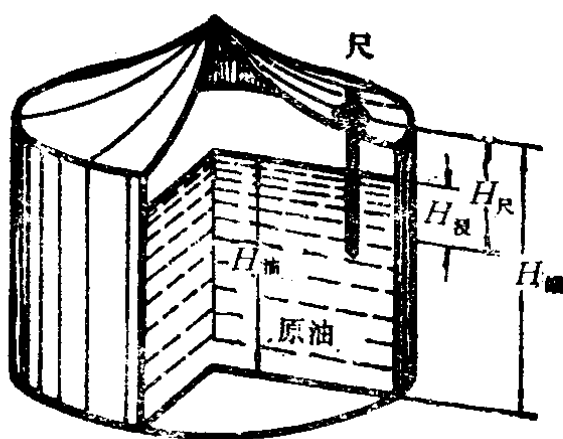


图 1-2 检尺量油

式中： $H_{\text{油}}$ ——要求测量的油面高度；
 $H_{\text{罐}}$ ——检尺孔至罐底的高度；
 $H_{\text{尺}}$ ——钢卷尺插入油罐深度；
 $H_{\text{浸}}$ ——钢卷尺浸入油面以下深度。

但由于交易量和流量增加，计量油罐亦渐趋大型化。这样就随之带来了许多至今难以解决的问题：

1 由于大型油罐的变形毫无规则，并且很难预先测量准确；

2 无法正确掌握温度变化所引起的油罐伸缩，以及流入液体所引起的油罐的伸缩、形变、倾斜等现象。据某石油站试验资料表明：10 000 m³ 石油流入油罐后能引起油罐有 14 m³ 的膨胀量；

3 大型油罐内的温度会因时间的变动和空间大小而发生变化。要正确地掌握油罐内的石油的平均温度几乎是不可能的。因为油罐检尺时只能分别测量出油罐上层，中层和下层的温度。求出它的平均值之后只能解决垂直方向温度的差别。但由于外界的气温与液体温度有差别，必然引起油罐在水平方向中间与边缘的温差并且很难测量。所以说对油罐要做到较精确的温度校正是很困难的；

4 检尺数很难读准。以直径为 100 m 的油罐为例，检测时若引起 1 mm 误差，则引起的总数相当于约 8000 L 的误差；

5 检测前需要静止时间，因为必须清除石油输送中发生的气泡后才能测量；

6 对于需要同时进油、出油油罐不能进行测量。

另外油罐还存在着油品蒸发和安全问题。总之随着油罐的大型化，利用检尺作为准确的测量手段，一般来讲是越来越困难了。对于油罐检尺测量法不仅存在以上几项主要问

题，同时设备费和维修费也极昂贵，而且还需要不少劳动力。对于实现计量自动化带来了很多困难。

鉴于以上情况，人们必须选择新的精确计量方法来适应日益增长的石油用量的需要。

随后流量计得到了发展。流量计的可靠性得到了确认，同时操作简单又节省人力。人们在实践中认识到正确使用流量计，在检查油罐的油量时，可以得到精确度很高的计量。因此在商业性的流量交易中，流量计也得到了采用，并作为流量计量的依据。

最初在管道上使用的流量计主要是容积型流量计。如刮板型流量计、罗茨流量计（腰轮流量计）。后来涡轮流量计在石油行业中又得到了比较广的采用。

①刮板流量计工作原理

目前计量原油所使用的刮板流量计，多采用美国 A.O.Smith 公司所生产的刮板流量计的结构形式。其工作原理如图 1-3。

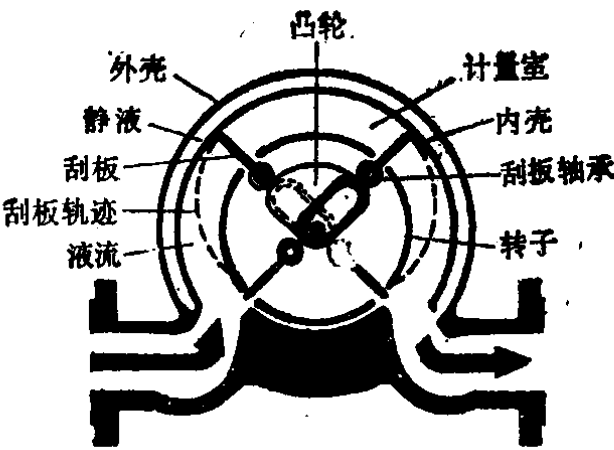


图 1-3 刮板流量计工作原理图

在不锈钢球轴承上旋转的转子有四个间隔均匀的沟槽。这些沟槽控制着两对相互垂直的叶片。当液流通过流量计

时，转子和叶片围绕固定凸轮旋转。球轴承安装在凸轮周围的刮板滚子上，使刮板放射性的移动。刮板沿着壳壁的表面相继运动。在刮板、转子、壳壁、盖和壳底之间形成一个精确容积的计量室。而转子每转一周连续产生四个封闭的计量室。不管是刮板或是转子都不接触壳壁。它可以就地靠计数器显示总流量，也可以靠与流量成比例的脉冲信号远传显示总流量。

②罗茨流量计工作原理

罗茨流量计（或称腰轮流量计）由测量主体和一次仪表两部分组成。测量主体内有一对罗茨型叶片转子和一对驱动齿轮，叶片不直接接触传动，仅通过驱动齿轮相互交替驱动。罗茨流量计的工作原理如图 1-4 所示。

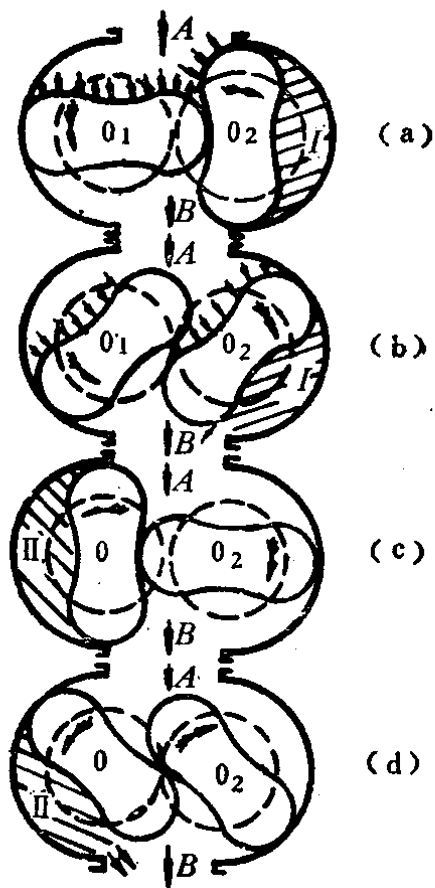


图 1-4 罗茨流量计工作原理图

当流体按箭头 A 方向进入测量主体计量室时，液体作用于左侧转子 0_1 上的力矩平衡，而右侧转子 0_2 仅一面受力，产生转动力矩，使右侧转子 0_2 按箭头方向旋转，此时图 (a) 中阴影部分的液体 I 被送至出口 B。同时，通过 0_2 轴端的驱动齿轮带动 0_1 叶片转动，当转子转到图 (b) 位置时，左侧转子逐渐有力矩作用，而右侧力矩渐减，当转子转至图 (c) 位置时，同样右侧转子力矩平衡，而左侧转子 0_1 一面受力产生转动力矩，使 0_1 按箭头方向转动，液体 II 被

示准②
输送至出口 B。转子继续按上述情况旋转，则流体不断地被输送出去。叶片转子每旋转一周，则输出去四个阴影部分的液量。输送量取决于叶片转子和壳体的尺寸，根据每转输送量和转动次数来计量流量，此量值通过拨销联轴器传入一次仪表而反映到指示和计数装置上。

③ 涡轮流量计工作原理

涡轮流量计由涡轮流量变送器（图 1-5）、前置放大器及指示式或累计式显示仪表组成。当液体流入涡轮流量变送

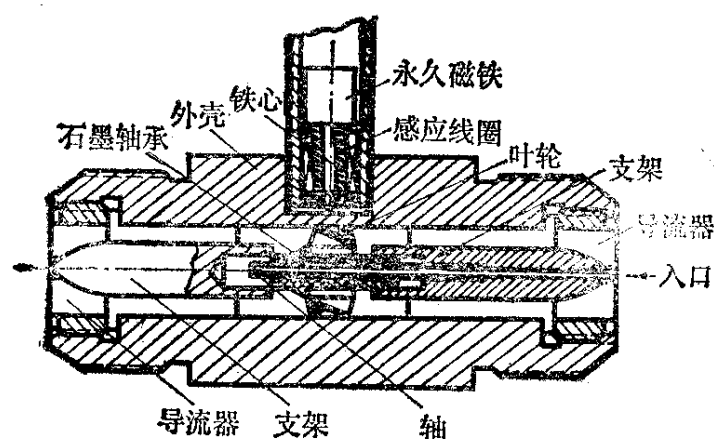


图 1-5 涡轮流量变送器结构示意图

器时，涡轮在液体的冲动下旋转，其转速大小与流量大小成正比。利用电磁感应原理，将涡轮转速变成相应的电讯号，再经前置放大器后进入显示仪表，讯号的频率与流量大小成一定的正比关系，因此，测得讯号频率值就可以求出流量。当变送器与指示式显示仪表配用时，可测量液体的容积流量；当与累计式显示仪表配用时，可计量某段时间内流过的液体总量。

涡轮流量计是在第二次世界大战期间作为军用的产品的计量仪表而首先研究的，大约是在 1940 年左右研制成功

的。它具有重复性好，流量范围宽等特点。和容积型流量计比较，不仅结构简单、小型轻便，而且可以测量较大流量。英国的北海油田使用涡轮流量计较多。但是涡轮流量计对于粘度比较大的油品，在使用中尚存在很多问题，有待继续研究。

容积式流量计和涡轮流量计的特性比较如表 1-1。

容积式流量计与涡轮流量计性能比较表 表1-1

	容积式流量计 (刮板、罗茨型)	涡轮流量计
优点	1 适用于高粘度流体 2 在高粘度区域精度高 3 在高粘度区域流量范围大 4 可取出远传电信号，并可累计就地指示	1 构造简单、拆装容易 2 容量大的，相对重量轻，价格较便宜 3 不会产生振动、杂音 4 在低粘度区域精度高 5 在低粘度区域流量范围大
缺点	1 构造复杂，需要支撑和坚固的基础，安装、拆卸困难 2 容量大的，相对重量大，价格高 3 会产生振动、杂音	1 可取出远传电信号，但不能累计就地指示 2 受流体的流态影响较大 3 流量计前需加直管段、整流器，流量计后需加直管段

目前在原油计量中由于其粘度大，又多使用容积式流量计。如日本及我国使用罗茨流量计较多。美国、伊朗等使用刮板流量计较多 (Positive Displacement Meter)。这些流量计的结构和使用技术经过了长期的无数次重大的改进和发展，于 1960 年美国石油学会 (AP I) 把这些经验总结成了 AP I 标准 1101。在无新标准之前，目前国际上在使用这些流量计时，AP I 标准 1101 仍作为主要参考。

1-3 校验流量计的方法

使用流量计有两种不同的目的：一种是由于测定通过流量计的总液量。特别在石油工业中，被装在石油管道末端的流量计，在商业性交易中，每日以流量计的读数为准交付巨大金额。另一种是测定任意点上通过的瞬时流量，主要用于加工工业中。现仅对前一种流量计的校验技术和方法进行讨论。

无论是新制造的流量计或是安装在管线上的流量计，使用一段时间后，由于零件磨损，间隙变大，误差也随之增大，定期需要对流量计进行校验（或称作标定）。

对流量计的校验基本上与其它计量仪表的校验相类似，被校流量计与较高精度的标准流量装置通过相同的液量。然后比较两者读数，经过数据处理即可完成流量计的校验工作。

1-3-1 流量计校验系统

流量计的校验系统可分为两大类：一按校验器的标准性质来分；二按校验系统的操作方式来分。

在第一类中，有四种主要的标准形式：

①称重罐；②容积罐；③标准体积管；④标准流量计。

在第二类中，有三种操作方式：

①“静止式起-停”方式；在这种操作方式中，液体最初处于静止状态，在测试开始时，液体与流量计同时被启动，并尽快达到其规定的流量值为止。全部液量流经流量计并进入标准器。在测试终了时，液体与流量计同时停止。

其它第②和第③种操作方式均归入“连续流动式起-完成”方式内。在这些方式测试中、测试前、液体流过流量计期间和测试后的一段时间内液体都稳定地流过流量计。这样

的测试可有两种方式进行，即按照静态或者动态读取标准器中液量数值。

②按静态读取标准器中液量数值时，必须规定在测试前后旁通进入标准器的液体流量。即在测试期间流入标准器，并当液体静止后记取读数。

③按动态读取标准器中液量数值时，必须从测试之前的若干时间，直到测试以后，液体始终保持所要求的连续稳流状态。当测试开始和终了时，在液体连续流动的瞬间，由电子仪器记下通过流量计的液体质量或者容积数量。然后与标准器的标准值相比对。如用标准体积管校验流量计时就是如此。

1-3-2 校验液体流量计的主要方法及特点

1 “静止式起-停”方式容积罐测试法

在这种方式内，使用标准容积罐已有较长的历史。也是为校验总液量容积式流量计的最早使用方法。至今有些重量和容积计量试验室仍在使用中。英国工程试验室（NEL）还在使用该方法校验小型容积式燃料油流量计。

该方法的原理见图 1-6。液体流过要校验的流量计，而

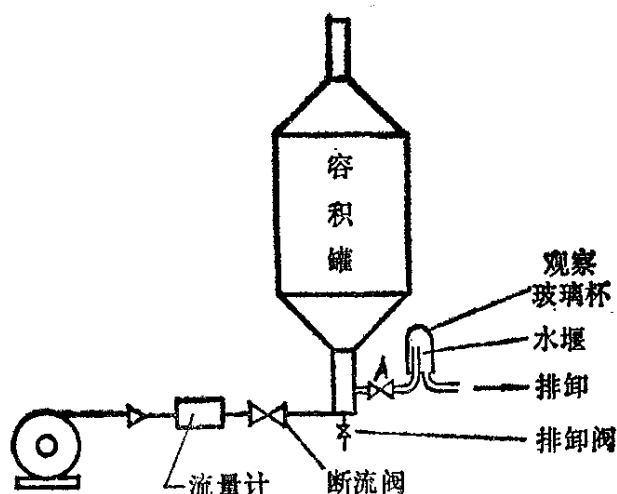


图 1-6 采用“静止式起-停”方式的标准容积罐校验流量计的原理图