

〈 内部参考材料 〉

流量标准装置

译文选编
(标准体积管部份)

中国计量科学研究院
第一力学室

1974·4·

编者话

在毛主席革命路线指引下，我国流量计量事业正在迅速地发展着。现在已有很多单位建成了或正在筹建着流量标准装置。遵照“洋为中用”的原则，我们选编了一部分流量标准装置译文，供读者参考。

在这一集里，我们共选了三篇，都是关于标准体积管方面的译文。因为标准体积管作为流量标准装置的一种较新的型式，近些年来被国内外越来越多的单位所采用，所以我们首先将这方面的资料介绍给读者。

在这三篇原文中，有些名词是不统一的。对此，在选编中，有的名词按我们的习惯改了过来，如API标准2531中的“机械位移式仪表校验器”一词，我们统改为“标准体积管”；有的名词读者能够一目了然，我们就没有改过来，如API标准2531中的“对‘仪表’进行‘校验’”一语，我们就没有改为“对‘流量计’进行‘检定’”。

由于我们的水平很低，在选编中一定有很多错误，希望读者批评指正。同时我们还希望读者能将自己的工作经验总结出来，以便将来汇编成集，促进技术交流。

美国标准 标准体积管

本标准译自“API标准 2531”。这是美国石油学会于1963年第一次出版的标准体积管的标准。这个标准有些内容与“API标准 1101”的内容相互联系在一起。为使读者能够弄明白本标准的内容，在翻译时，我们尽可能地将在“API标准 1101”的有关内容节译过来，补充在这个标准里。

——译者

目 录

第一节 前 言	1
第二节 系统说明	1
一、单向体积管	2
二、双向体积管	3
第三节 标准体积管的设备	5
一、标准体积管的详细结构	5
二、标准体积管的通用设备	6
三、单向体积管特用设备	10
四、双向体积管特用设备	12
第四节 标准体积管的应用	12
第五节 标准体积管的设计	13
一、体积管的选型	13
二、体积管和有关管系的设计	14
三、标准体积段容积大小的设计	14
四、其他设计	17
第六节 标准体积管的安装	18
一、机械部分	18
二、电气部分	19
三、安全设备部分	19
四、隔除外界杂质的问题	19
第七节 标准体积管的标定	19
一、引言	19
二、用量水法标定	20
三、用标准表法标定	26

第八节 标准体积管的操作	29
一、概述	29
二、校验准备	29
三、校验	30
四、特殊情况特殊操作方法	31
附录A — 图1 ~ 图16	32
附录B — 表I、表II和表III	46

标准体积管

第一节 前言

<略>

第二节 系统说明

在连续流动条件下校验仪表的工艺方法，是由各种机械装置实现的。这些装置都比较简单而且在商业上有竞争能力。但是，不管那种类型，都是基于一个共同的工作原理，即在一个圆筒容器中，由被计量的液体推动一个机械密封位移器，这个位移器在两个信号检测器间排出一定量的液体体积，这个体积是预先精确标定过的，而且是可以复现的。与此同时，仪表所计量的体积也指示了出来。比较排出的已知体积和仪表指示值，就能得出仪表系数。

在连续流动条件下校验的仪表，必须同时安装两个记录器。第一个记录器可以是机械式的或电子式的，它由仪表连续驱动，是仪表的累积记录器。第二个记录器必须能由电启动和停止，它可以是电子脉冲计数式的或其他形式的，当位移器经过体积管两端的检测器时，它被启动、停止，或者被拍照下来；因此，它叫做校验记录器（这个记录器只在校验仪表时使用——译注）。

为了减小体积管的外形尺寸，就要使仪表校验记录器和检测器有较高的分辨率。为了提高校验记录器的分辨率，可在仪表上附加一个脉冲发生器，使得对应于仪表的旋转，能够产生数量较多的脉冲，然后由校验记录器将这些脉冲记录下来。检测器的分辨率越高，体积管的长度就越短。

用标准体积管进行仪表校验时，体积管的容积必须用检测器（检测器由位移器驱动）固定下来。这些检测

器，在固定的体积界限内，起动和停止校验记录器，使得仅在仪表校验时所发生的脉冲被记录下来。检测器要能够检出位移器的位置并发出信号，其分辨率要与脉冲发生器和脉冲计数器的分辨率相当。

连续流动的标准体积管有两种基本类型：即单向型和双向型。顾名思义，单向体积管只允许位移器沿一个方向通过标准体积段，而双向型则允许沿任一方向通过，因为它带有一种设备，能使通过标准体积段的液流方向反转。

单向体积管和双向体积管的设计都要使得流过被校仪表或仪表组的液体能全部流过体积管。标准体积管可以手控或自控。

以下是这两种体积管的详细说明。

一、单向体积管

按操纵位移器的方式不同，单向体积管可分两种：

1. 手动回球式；
2. 自动回球式或环路式，一般叫做“无环环”。

〈一〉、手动回球式单向体积管

这种体积管是把管线的一部分作为标准体积段（参看API标准1101第3034、3035条和23图）。该系统可以用来校验在同一液流中运行着的一台仪表或一组仪表，仪表计量的所有液流都连续地流过标准体积段。检测器安装在标准体积段的两端。标准体积段的容积通常由标准仪表法进行标定（在第七节叙述）。球的投放设备装在体积管的上游，而接收设备则装在体积管的下游。接收设备就是通常使用的刮管器取出筒。校验时，投放位移器（刮管器，活塞或球），使其排出个标准体积，而在下游被接收，然后，人工地将位移器送回投放位置。

〈二〉自动回球式单向（环路）体积管

可连续校验的环路式体积管是由上述手动回球式体积管演变而来的，示于图1和图2中（参看附录A图1—图16）。这种体积管的位移器（一般是一个球），是沿着由封闭的环形管路组成的标准体积段前进。而在环形管路中，有一阀系集中控制，其作用既是投放设备又是接收设备（见图1和图2）。环形管的下游端和上游端用一根管子连接起来，并且下游端略高于上游端，而阀系就是装在上、下游端的垂直连接管上。阀系可以是单个阀或几个阀，它把位移器从环管的下游端转送到上游端，从而用不着把位移器从管中取出来。检测器的安放位置与阀系要有一个适当的距离。这种连续流动的环路式体积管，可以手动操作或自动操作，使得一按电钮就完成了仪表校验。因为通常要求是在仪表实际工作条件下使计量液流通过体积管，所以除非另有特殊要求，一般是不需要切断输送管线的。如果能够自动清洗以及使不同液体的混合减少到最低程度，则这种体积管也可以使用多种液体。

二、双向体积管

按试验方法不同，这种体积管又可分为两类：

- 1、“动态起动——停止”（见图3、4和5）；
- 2、“静态起动——停止”（见API标准1101第3033条和图21.22）。

〈一〉双向“动态起动——停止”体积管

这类体积管，位移器可以在标准体积段中往前和往后移动，以驱动标准体积段两端的检测器，最后停在每个行程的终点上，同时使液流转向或以旁路流过。液流的转向可以由阀组来实现（手动或自动操作）。标准体积段可

以是个直管，也可做成弯管。不管是直管或弯管，都可以采取设计技巧，使它能够在一定的空间内，或便于搬运。对于弯管型体积管，位移器通常就是一个球。对仪表的每一次校验，都是位移器一次往返行程，因为只有这样，才能得到最高的校验精度；所以，对于这种体积管，从它中间排出的体积就等于位移器两个相邻的单行程所排体积之和。

〈三〉双向“静态起动——停止”体积管

这种体积管尺寸较小，适用于较小的流量，它特别适于校验这样的仪表，这种仪表是用于计量高压液体（如液化石油气）的，而且是断续流动的。因为这种体积管，不是在“动态起动——停止”下校验仪表，所以它的容积要同 API 标准 1101 第 2004 条所规定的容积一致。也就是说这种体积管的容积，对应于被校仪表的校验流量要足够大，以保证在校验仪表时有较长时间的稳定流量，从而保证校验精度。建议设计时要考虑体积管内 95% 的液体，能在仪表校验流量下流动。无论如何，体积管的容积不得小于一分钟内流过被校仪表的液体体积，当然如果是这个体积的 1.5 ~ 2 倍就更好一些。（此句译自 API 标准 1101 第 2004 条——译注）。又因仪表的操作和读数是在静态下进行，所以这种体积管不要求仪表有能提高分辨力的高速读数装置。当位移器停止在标准体积段的一端时，记下仪表的初始读数，之后，操作一个或几个阀门，使液流通过仪表和体积管，并且推动位移器前进，直到位移器停止在标准体积段的另一端。体积管的容积只是位移器一个单行程（任何方向）所排出的液体体积，它不需要一次往返行程，因为经验表明，在每个方向上排出的体积总是相等的。用这种

体积管校验仪表时，必须装配一个累积记录器，记录器的示值范围不得小于体积管的容积。

第三节 标准体积管的设备

一、标准体积管的详细结构

体积管选用的材料要符合压力的有关规定，并符合系统的设计要求。对于耐腐蚀性以及压力管一般设计要求都必须给以充分的考虑。对于任何系统，建议最低限度要采用以下材料标准：ASTM A-106 (B级，碳钢管和配件)；ASTM A-181 (I级，碳钢法兰)；参照ASA B31.4-1959：《美国压力管标准》中的一节，即《石油输送管》。管子的选择应注意到圆度、光滑度，以及使用时最佳长度。

制造体积管时，一定要细心，保证管子的连接部对得很准并且同心，满足实用的要求。全部焊接要遵守有关规定，焊缝要防止出现过热、瘤子、高低不平等现象。对于ASA值较低的材料，通常採用管子及配件对焊到一起的方法，以减少过热。如果需要法兰连接，则法兰应有暗筒，使能精密地接在一起，还要保证垫圈同心。

体积管的内表面涂有适当的涂层。涂层应是坚硬的、光滑的；长期保持光滑可以减少腐蚀、延长位移器和体积管的寿命。当体积管使用的液体不具有润滑性或润滑性很小（如航空汽油、发动机汽油或液化石油气），这种涂层尤有必要。一般地说，位移器这个弹性体越是不浸润石油液体，对于内表层就越有利，因为难以浸润的弹性体通常磨阻都很小。然而，实践中也有使用抛光管子的，而不用涂层，其效果也很好，位移器的寿命也能令人满意。

如果体积管安装在地面上，在体积管上包上保温层将有助

于保持温度稳定。但是，校验系统的温度稳定一般是由液流的连续循环来实现的。

建议选用有适当范围的工业用温度计，其分度值精确到 1° 下。温度计安装在仪表和体积管的进出口。温度计最好插至体积管半径的三分之一处。如果使用温度计保护筒，筒内要充以水银或其他合适的液体，筒的直径和强度要适宜，露在体积管外面的部分要与外界绝热。（此段的后半段载于API标准1101第2015—2016条——译者）

在密封的校验系统中要安装压力表。压力表应当可靠，并有适当的范围，其精度是满刻度的 1% 。压力表连接管要尽可能的短，以免截取蒸气或液体。一般地说，要遵循《仪器和装置》第二部分（对ASME动力试验标准的补充规定）关于压力测量的规定。（此段的后半段载于API标准1101第2018条——译者）

二、标准体积管的通用设备

（一）、位移器

在体积管中，通常使用的一种位移器是弹性球。用液压的方法，将球充满水或水和乙二醇的混合液，使其鼓胀，直到球的最小直径略大于体积管的内径。球在运行时的直径较体积管内径大出 $1\sim 2\%$ 是比较合适的。球在运行时，就象一把橡皮扫帚，当它扫过标准体积段时，在体积管的内壁上仅留下一层极薄而又极其均匀的薄膜。球更大的鼓胀并不能改善密封性能，而且通常还会引起球较快地磨损。球内充液时，要注意不要让空气留在球内，应使弹性体对工作液体较不浸润。

第二种位移器是圆柱形的机械活塞。活塞的两头装有标准的刮管器罩子，罩子边缘伸出活塞体外。当有压差施加在罩子上时，就迫使罩子的外缘紧紧抵住管子的内壁。罩子象是一把

橡皮擦带，当它扫过体积管时，在体积管的内壁上仅留下一层极薄而又极其均匀的薄膜。

第三种位移器是“哑铃式刮管器”，其性状有点类似圆柱形活塞。它是一根实心钢轴，钢轴的长度相对于体积管的直径有个合理的比值。在轴的两端装有一个或几个弹性的刮管盘或刮管罩。为了加强刚度，每端可安装一个钢护板。盘的直径一般要比管子的内径略大一些，使它与管子内壁紧密配合，以起到橡皮擦带的作用。

其他位移器，只要它能达到同上述三种移位器一样的重复性和精确度，也是可以使用的。

〈二〉阀门

标准体积管用的阀门（这些阀门支配着体积管的液路），在低差压试验下都不得漏气。系统中一定要有阀门的检漏方法。当位移器驱动第一个检测器之前，双向体积管的流向转换阀或环路式单向体积管的位移器交换阀，都必须放在全位置（全开或全关）上，以保证位移器在两个检测器之间通过时，流液不会从旁路抱掉。对于双向体积管，其旁流阀必须有联锁控制或其他有效措施，防止因一旦操作程序出现错误而产生水去。

〈三〉备用接头

考虑到日后要对体积管用水或用标准表进行标定，在体积管系统中要留有接头（见图3、4、5所示）。

〈四〉检测器和检测开关

位移器每次通过检测器或检测开关（在一个给定的方向上）时，检测器或检测开关要以一定的精密度在相同的点上检测到位移器，并且发出信号以起动或停止校验记录器；而且只有当位移器通过它时才发出信号。如果位移器完全由合成橡胶制成，则必须使用机械驱动型的开关；如果位移器由钢和合成橡胶

两种材料制成，则可以使用机械式、电子近发式或感应传感式的检测器。检测器检测（位移器）的精确度要预先知道或测量出来，因为这个精确度是确定标准体积段长度的因素之一。

（五）仪表脉冲发生器

仪表上要有脉冲发生器，该发生器能够发生特性良好的脉冲以供给校验记录器。对应于单位体积，脉冲发生器要能发生足够数量的脉冲，以提供所需要的分辨率。对于容积式仪表，脉冲发生器可以装在仪表上，并且由仪表本身来带动它。许多涡轮式仪表本身就能产生电子脉冲。下面介绍几种脉冲发生器：

1. 磁阻型仪表脉冲发生器。这是一个磁阻线圈，把它放在距转轮的齿、槽或叶片有一定距离的地方，当仪表带动转轮转动时，转轮的齿、槽或叶片极接近地掠过磁阻传感线圈，这就产生了其幅值正比于仪表转速的电子脉冲。随后，这些脉冲都输送到校验计数器。这种设备要求转轮的转速有个下限，低于这个极限速度则脉冲的幅值就不够大，以致不能被电子计数器所计入。许多涡轮式仪表所使用的脉冲发生器就是基于这种原理制成的。磁阻线圈绕在永久磁铁制成的铁心上。转轮（或转子）的齿、槽或叶片一定要用导磁材料制造。此种方法有时又叫“可变磁阻”法。

2. 感应型仪表脉冲发生器。这种仪表脉冲发生器，除了感应线圈是绕在导磁的铁心上外，其余部分完全类似磁阻型仪表脉冲发生器。在转轮（或转子）的中枢里要有磁铁，或者在叶或转子的外缘上有磁铁。

3. 光电型仪表脉冲发生器。这是在一个光电池和一个固定光源之间，装一个有狭缝的、或有齿的、或有孔的转轮（或转盘），转轮（或转盘）由仪表带着转动。转轮的狭缝、齿或孔在转子上等距离排列，并与转子的转轴同心，当转子转动时，

它们能间断地遮断来自光电池的光束。制造厂生产出各种齿数或各种孔数的转轮，以便人们可以按照自己所需要的每转一圈的遮光次数去进行选择。不管转速多高，每遮光一次都要产生一个脉冲，并且各个脉冲的幅值都相等。这些脉冲都被送到电子计数器里去。

其它形式的脉冲发生器，只要它的复现性和精确度能满足要求，也是可以采用的。

在仪表的转动轴上，施加过大的转矩或过高的转矩将会影响仪表的性能。因此任何脉冲发生器，假若它永久地安装在仪表上，就应当使它在仪表轴上施加的绝对转矩保持最小；假若只在校验期间装在仪表上，那就应当使它在仪表轴上施加的转矩足够小，以致于使得无论仪表上装或不装脉冲发生器，其仪表系数都保持不变。

脉冲发生器的转动（与流速有关）要均匀。因为通常脉冲发生器每转一圈所发生的脉冲数比较少，所以，每发出一个脉冲，转轮旋转的角度是极小的。这样，在设计脉冲发生器的驱动系统时就要特别小心，防止轮子出现停滞，跳动或误动作；齿的磨损，齿隙游移，机械累积系统驱动轴的挠曲以及其它机械故障等都要消除。如果仪表使用校正器、调整器或温度补偿器，最好使用连续积分机构型式的，因为使用这种型式的比起使用周期性积分型式的或使用周期性旋转放大型式的精度要高。

（六） 电子脉冲计数器

电子脉冲计数器，使用起来方便，能精确地累计高频脉冲，而且便于远传，所以，一般的仪表校验记录器都是使用这种电子脉冲计数器。只要在普通的脉冲计数器内，装上电子开关线路（这种电子开关靠固体管路的检测器起动和停止），就是这样

的电子脉冲计数器。固体线路计数器经得住恶劣环境的考验、适用于野外作业。计数器可以用数字管、十进制的计数元件、十进计数管、和其它方法显示读数、以便在亮光下容易读取。要按照制造商的要求安装电线，要使用适当的屏蔽电缆并足够绝缘，电缆要有合适的插头和插座，等等，这些都必须严格做到。

不需要用电子计数器来传感瞬态脉冲。当仪表要遥测时，为了把计数器每个数据远传出去，最好使用有二进制代码输出的电子计数器。

三、单向体积管专用设备

自动回球（或者说无端环）式体积管的专用设备，都是指为能很好地交换球而所需要的设备。这些设备，能从标准体积段的下游液流中将球取出来，使依靠自重落进交换管，并把它投进标准体积段的上游液中去，从而不需要手工操作。

所以用几种不同方式的阀门组合来实现球的交换。每一种阀门组合都构成一个阀门交换器，它位于交换管当中，能够“锁闭”球或让球垂直向下通过交换管，但绝不让液流通过交换管。如果液流通过交换管，那么交换管就将变成标准体积段的旁路。几种典型的阀门组合方式如下：

1. 单个的特制球阀。可以转动球阀的不同位置，将球收进、截起和投出（见图1）。

2. 两个拍板式截止阀。用动力操纵可使每个拍板式截止阀垂直向下打开（见图2(A)）

3. 一个球阀（或一个闸阀）和一个用动力操纵的截止阀的组合（见图2(B)）。

4. 两个闸阀（或球阀）。它们可以用动力操作，也可用手工操作（见图2(C)）。

环路上的阀门和其它环节是否需要控制器和动力操纵器，那主要取决于你所需要的自动化程度有多高。

上述环路装置，要使用特制大尺寸的投射三通和分离三通。现叙述如下：

（一）分离三通

分离三通的口径要大于球的直径或体积管的口径。若要标出分离三通的最佳直径，就要使用流体动力学公式（该公式包含粘度、速度、重量和球的特征长度等变量），然而，这些已超出了本标准的范围。在体积管的流量范围内，为了保证将球从液流中可靠地分离出来，三通的尺寸确实是十分关键的。从实用目的出发，流经三通的流体速度绝对不能超过每秒五呎，通常要低于这个速度。一般的说，流量越大，三通的尺寸就越大。在三通的两头要有平滑的通道；在出口端，必须有一种措施，防止球跑出三通；在设计这种设备时，要十分细心，防止将球弄坏，这些都是十分重要的。分离三通的详细结构示于图1。

如果使用体积管时，有大量杂质带进来，或者装配体积管时，有很多脏物留在里面，那就必须使用一种特殊设计的分离设备（见图6）。如前所述，这种三通的尺寸是十分关键的。采用这种型式的设备，能把从液流中分离出来的固体颗粒减到最小程度，以免有大量固体颗粒积聚在交换阀里，损坏阀件。

（二）投射三通

投射三通的口径只需要比球的直径大一个尺码。它要有一条平滑的通道，将球送到标准体积段。相对于标准体积段要稍微有些倾斜（或者有其他措施），保证即使在较小的流量下（比如说，用置水法标定标准体积管时的流量下），球也能很流畅地进入体积管。

(三) 交换器

交换器的工作原理有多种，一个典型的例子是象图1所示的特制球阀。阀塞上有个空窝能容纳球，但液流不能通过。阀的尺寸比球的尺寸大，可以让球落进空窝或弹出空窝。当球落进空窝后，将阀塞转个180度，球就靠着自重掉出去。在阀的一旁可以设计一个备用出口和一个密封盖，当阀塞转至90度时（这时，空窝的口是水平的），能够很容易地将球从这个出口取出或放入。交换器在低差压下必须密封不泄漏。

(四) 双向体积管常用设备

双向体积管使用的设备示于图3、图4和图5。从体积管主体的出口到截止阀之间的通道应是多孔式的或开槽式的。这些孔都是喉管，其总的截面积要等于或大于截止阀通道截面积。一般地说，也是体积管主体最末端那个出口截面积的一倍或一倍半（见图3）。为了转换位移器行驶的方向，必须使用一个多瓣门阀，或者使用四个具有联动设备的阀门。在校验仪表期间，体积管上的阀门要能保证液体连续通过仪表，并且在低差压下不会泄漏。

第四节 标准体积管的应用

只要液体对标准体积管的各部件不会产生有害的影响都可以用标准体积管计量。因此，用标准体积管校验仪表时的条件就能够与该仪表使用时的条件一致。

这种仪表校验装置，特别适用于石油工业计量。因为：

- 1、有助于实现高度自动化。
- 2、在校验过程中，由于液体蒸发而造成的误差可大大减小。