

受压容器技术参考资料

气瓶的水压试验

1

气瓶的水压试验

按照 I O O 和 B T O 规范和条例的规定进行压缩气体气瓶的水压试验和定期试验时，要用水套或其他适当的方法进行试验，以获得准确的数据。除了规范和条例有限定的以外，都必须测定全变形值、残余变形值和残余变形率。适当形式的装置必须经纽约防爆局审批。下面的方法是常用的方法。

(1) 水套容积变形法。 这种方法适用于所有需要测定容积变形的水压试验。它是把气瓶放进一个装满水的容器中，用附装在容器上的适当器具测出气瓶在加压和卸压后由于变形而从容器中挤出来的水量来测定气瓶的总变形值和残余变形值。

(2) 直接变形法。 这种方法适用于所有需要测定容积变形的水压试验。它在使用中有一定的限制。它是把容积能测量的水压进装满了水的气瓶中，已知瓶内的水在一定温度下的重量，使瓶内压力升至所需的试验压力，测定气瓶在卸压后排出的水量。以气瓶升至所需压力下所压进的水量减去它在卸压时排出的水量算出气瓶的残余变形值。以气瓶升至所需压力下所压进的水量减去水在气瓶中的压缩量算出气瓶的全变形值。

(3) 压降法。 这是被认为是过时的方法，它大多已被方法(1)和方法(2)所取代。它是使气瓶内的压力迅速达到试验压力后立即关断压源，观察由于气瓶的永久变形而产生的压力下降。

(4) 耐压法。 这法只限于 I . O . O 规范和条例中不要求测定全变形值和残余变形值时使用，它检验气瓶在试验中的洩漏和缺陷。

本节介绍这四种方法的操作细则、设备及其用途。

1 水 套 法

1.1. 适用范围

1.1.1. 这方法是从 I.C.C-S A (高压) 气瓶的多次试验和多年实践中发展起来的。它是标准的试验方法, 除 I.C.C 规范和条例有限定者外, 都必须采用。对于所有型式的气瓶, 这方法的所有细则不一定都需要和适用。但是, 象试验设备的安装和校验、试验的精度和管理, 仔细的检查等要求, 对于所有气瓶都是适用的。为了试验的精确和安全应该遵照执行。

1.2. 气瓶的检查

1.2.1. 根据 I.C.C 条例规定进行定期检查的气瓶, 在试验前应:

1.2.1.1. 拆下气阀, 并用合适的灯光进行仔细的内部检查, 瓶内的锈皮和积垢 (如果有) 应除掉。如果气瓶严重腐蚀应予以报废。为避免可能发生的闪爆, 用于可燃气体的气瓶在放入灯光进行内部检查以前要彻底地进行清理。

1.2.1.2. 包括瓶底的外部检查要仔细地进行, 检查有无腐蚀、凹痕、电弧或焊枪烧疤和外表变形。严重腐蚀的气瓶应予以报废。气瓶的凹痕、电弧或焊枪烧疤、外表变形等对其强度影响较大的, 应予以报废。

1.2.2. 注: 空瓶在再充装前, 应检查有无硬伤和外部腐蚀, 接着作锤击试验。当用适当大小的锤子轻轻敲击时, 发现有闷声和特殊反响的气瓶, 应仔细地检查, 必要时拆下气阀, 在充装前用合适的灯光进行内部检查和再试验。

1.3. 准确实验的必要条件

1.3.1. 关键是具有根据 I. O. O 规范和条例的要求，准确地测出气瓶的全变形值。残余变形值以及残余变形率的技能。气瓶的平均壁厚用简单方法也可以测量。因此，对因腐蚀或其他原因而使壁厚太薄的气瓶总会被挑出来。

1.3.2. 下面的条件是气瓶水套试验法绝不可少的。

1.3.2.1. 试验装置必须布置得使测量全变形和残余变形时变形指示器的水面必须在同一个零点上。这个水面必须高于水套及其连接管路的最高水位。变形指示器必须准确到误差不超过全变形值的 1% 或 0.10.0.。

1.3.2.2. 要用一个静重试验装置来检验压力表的精确度，用一个经常以静重试验器核对的标准压力表来检验也是可以的，虽然并不理想。

1.3.2.3. 压力表和静重试验装置的差不得超过试验压力的 0.5%，压力表的零位销必须卸去或放在零位以下半吋的地方并在表盘上刻上真正的零位。

1.3.2.4. 必须用一个专用标准气瓶来核对试验装置和操作的准确性。这个标准气瓶已经过实验室的试验，测得它在已知压力下的变形值不超过 1%，同时也可以附带核对一下压力表。

1.3.2.5. 被试验的气瓶必须悬挂在水套的盖上或其他地方，要使它在任何方向都能自由变形。

1.3.2.6. 气瓶与水套的水温要尽可能一致，（可以适当小心地用象煤油那样的合适的液体来代替水）。

1.3.2.7. 试验装置的安装与使用必须避免产生空气囊。阀门、管道、零件和所有连接件必须绝对严密，以免气瓶在试验下洩漏。

1.3.2.8. 气瓶在试至试验压力之前，不要先受过大于试验压力的90%的任何压力。如果由于试验装置不良，试验压力不能保持，则可以把试验压力提高10%或100磅/吋²（取较小值）重作试验。试验压力至少必须保持30秒钟并要延长到使气瓶确实完全地变形为止。在测取最后数据前，仍应和30秒保压期间刚开始那样，检查量管水平面与零点的误差不超过全变形值的1%或0.10.0。

1.4. 怎样使用试验结果

1.4.1. 这试验将测得气瓶在指定压力下的全变形值和残余变形值。全变形值减去残余变形值就是弹性变形值。这个在指定压力下的弹性变形值可以判断气瓶的平均壁厚。

例	例 1	例 2
全变形值	166.0 0.0	14.5 0.0
残余变形值	3.0 0.0	0.2 0.0
残余变形%	$3.0/166.0=1.8\%$	$0.2/14.5=1.4\%$
弹性变形值	$166.0-3.0=163.0, 0.0$	$14.5-0.2=14.30.0$

1.4.1.1. 如果气瓶在定期试验时的弹性变形值比制造时所记载的有显著增加，则应测定气瓶的平均壁厚，以防气瓶由于壁厚减薄在工作压力下产生过高的应力。弹性变形值增大10%，表明平均壁厚大约也减薄10%。

1.4.1.2. 洩漏或不符合I.0.0条例规定的试验要求的气瓶，应予报废。

1.4.1.3. 弹性变形值超过使用单位规定的极限值或它在使用压力下的最大瓶壁压力超过安全许用应力的气瓶，应予报废。

1.4.1.4. 试验气瓶的瓶壁应力应按I.0.0规范

规定的公式进行计算。

1.4.1.5. 最小壁厚可以测得，或用下式计算平均壁厚：

$$t = \frac{D}{2} \left\{ 1 - \sqrt{1 - \frac{PKV}{E \cdot E}} \right\}$$

1.4.1.6. 弹性变形可用下式计算：

$$E \cdot E = PKV \left(\frac{D^2}{D^2 - d^2} \right)$$

t ：平均壁厚，吋；

$E \cdot E$ ：弹性变形值（全变形减残余变形），O. O；

V ：内容积，O. O 1立方吋 = 16.387O. O；

P ：试验压力，磅/吋²；

D ：外径，吋；

d ：内径，吋， $= D - 2t$

K ：系数（实验决定）

1.4.1.7. 所有I. C. C-3 A和3 A A高压气瓶的系数 K 已测出。碳钢锰钢或合金钢热拉的四底气瓶的标准系数 K 见表1

（表1见下页）

表 1

型号 (见注)	K (标准的)	名义尺寸——吋		
		(内径)	(长)	(外径)
220 呎 ³ 氧	1.30×10^{-7}	$8 \frac{1}{2}$	51	$9 \frac{1}{8}$
200 呎 ³ 氧	1.30×10^{-7}	$8 \frac{1}{2}$	51	$9 \frac{1}{8}$
50 磅二氧化碳	1.30×10^{-7}	8	51	$8 \frac{1}{2}$
110 呎 ³ 氧	1.27×10^{-7}	$6 \frac{5}{8}$	43	$7 \frac{1}{8}$
100 呎 ³ 氧	1.27×10^{-7}	$6 \frac{5}{8}$	43	$7 \frac{1}{8}$
20 磅二氧化碳	1.26×10^{-7}	5	51	$5 \frac{1}{2}$
150 磅 氧	1.31×10^{-7}	10	48	$10 \frac{1}{16}$
100 磅 氧	1.31×10^{-7}	10	36	$10 \frac{1}{16}$

注：标准为“氧”的气瓶同样包括氢、氮等，“CO₂”气瓶包括氧化氮等，和“氧”气瓶包括SO₂等。

1.4.1.8. 其他尺寸和型号的气瓶的系数K由使用单位决定。另外的系数K和系数K的测定方法可参阅下一节F，

“I.C.C-3, I.C.C-3A, I.C.C-3AA 无缝高压气瓶的定期试验方法”。

1.5. 基本介绍

1.5.1. 在正常条件下使用的气瓶。除非发生事故。若不是被腐蚀坏掉，那是可以继续使用的。实验证明，一个气瓶的弹性变形和它的平均壁厚有直接的关系。在按美国州间商业委员会条例进行的正常的每五年一次的试验中，只测定全变形值和残余变形值，弹性变形值可从这两个数值之差中得出，而不需作正规试验以外的其他试验。气瓶在使用中弹性变形值的增加表明它的壁厚减薄。

1.5.2. 目前,公认的正确测定气瓶弹性变形的方**法**是用水套试验。要注意确实做到设备的所有部分都非常可靠和试验结果的准确,否则试验是无用的。如果测出的变形值过高了,例如由于用了一个不准的压力表等原因,那么具有足够壁厚的气瓶就会不必要地被淘汰。如果是过低了,原因可以是水套有气泡或者测读全变形与残余变形时不是把零位放在同一个水平线上,那么壁厚薄到很危险程度气瓶还会继续使用。从这些试验的许多经验证明,不合格气瓶的数量仅仅是约1%左右这样很少的一部分,这些气瓶的被检出是非常理想的。为了确实地把这些瓶都捡出来,一定要每次试验都准确地来作。

1.5.3. 测定全变形值与残余变形值时,量管的零位必须在同一水平线上。当气瓶在试验加压时,量管水位的升高很容易引起较大的误差,因为如果水位不调平,则水套内的压力就有了变动,它会使水套扩大,并会压缩窝藏在水套内的任何气体。水套顶部以及所有与量管连接的管道都要设计有一个向上的坡度,在最高处留有一个出气孔,这样在水套装满后,里面就不会留存空气。

1.5.4. 核对设备准确性的最好方法是用一个标准气瓶。这个气瓶必须预先用一个已知是准确的装置作了试验,所以它在试验压力下的变形值已经精确地测得。为了检验试验设备是否准确。每天在试验前应把标准气瓶放在水套中并进行试验,如果它的变形值与已知的数值不一样,则应找出差错的原因并在进行正式试验前予以纠正。

1.6. 标准气瓶的使用说明

1.6.1. 标准气瓶要精心挑选,并用高于它在使用时的最高压力的压力进行水压试验使它永久地伸大。

1.6.2. 经过这样做以后,气瓶具有这样的特性,即它在每一个压力单位下的容积变形与原来标定的数值都一样,而且在压力放掉以后能恢复原来的容积。只要这气瓶的水压试验压力不高于它

原来的标定压力和气瓶壁厚不因生锈或磨损而减薄，它都永远保持这种特性。

1.6.3. 标准瓶应被看作是一个测量仪器，而不看作一个气瓶。

1.6.4. 这个气瓶应该配备一张图表，标明在各种压力下用毫升表示的容积变形值。

1.6.5. 为了核对仪表、量管和所有与气瓶连接的试验工具，气瓶按常法放入水套中，把气瓶内的水压加至量管中显示出的容积变形值等于计算图表中所标注的在所需要对整套装置进行试验的压力下的容积变形值。举例来说，如果想要试验在气瓶内压为 3360 磅/吋² 时的水套，压力表和设备，并从计算图表中查得气瓶在此压力下的容积变形值为 1570.0，则将压力加至量管中显示的变形值达到 1570.0，如果压力表、量管和所有其他部分都准确，则压力表上的压力应该是 3360 磅/吋²，1.0.0 规定压力表、量管的准确度为 1%。

1.6.6 用标准瓶试验，以前未曾经过试验的设备时，最好不要试至气瓶最大限度的压力，原因是万一压力表读数过低，则气瓶会受到较高的压力而且会改变它的标定值，所以最好是对照附在气瓶上的计算图表查对其弹性变形值然后根据变形值去核对其压力，而不宜把压力升至最终试验压力后去核对它的最后变形值。

1.6.7. 校核水压试验设备的准确性时，所用的标准气瓶应具有与将被试验的气瓶能作适当比较的容积。

1.7. 标准气瓶的管理

1.7.1. 不得把标准气瓶用作减低试验水泵速度的缓冲器或作除了标定或校核试验装置的精度以外的其他任何用途。

1.7.2. 在两次试验中间，把水和试验溢水管留在气瓶

内。

1 . 7 . 3 . 不要把标准气瓶放在室外或易于冻结的地方，最好放在试验装置附近，使瓶内水温与试验装置的水温大致相同。

1 . 8 . 水套气瓶试验装置与操作的常见错误。

1 . 8 . 1 . 在看压力表，量管和调整测读时的水位时粗心操作，忽略微小的洩漏和常常是漫不经心地作精密的试验工作。

1 . 8 . 2 . 没有用静重试验器、标准压力表或标准瓶校核压力表和设备。

1 . 8 . 3 . 压力表、量管的水位安放的高度不合适，无法看准。压力表与量管的水平面零位应放在眼平线下面 2~3 吋。

1 . 8 . 4 . 排气阀没按在水套的最顶部以排尽空气。

1 . 8 . 5 . 水套装得太高，难以进行操作，最好的操作高度约离地面 30 吋。

1 . 8 . 6 . 量管的连接皮管太薄，并且装置得使它在升高或降低时出现急弯产生皮管容积的改变，引起读数的误差。

1 . 8 . 7 . 制造水套的材料太薄，以至量管的水位压力就可以使它扭曲变形。

1 . 8 . 8 . 受压阀门不是用于水压试验的，常常是太薄或太小。除非操作人员特别用劲甚而损坏阀杆或座等，否则就无法完全关死。

1 . 8 . 9 . 阀门布置得不合适，使操作时产生活动和震动，影响管接头，引起微小的而是麻烦的洩漏。

1 . 8 . 10 . 用耐压太差的材料制造受压管子。另件与阀门，因而引起洩漏和损坏。

1 . 8 . 11 . 阀门安装得使气瓶在试验时的压力被关在阀门、压盖和填料箱下面，而不是在阀座下面，阀座保持压力不漏要比

阀门填料箱容易得多。

1.8.12. 压力表、量管和操作阀布置不当，造成读表与操作的困难，产生差错和试验不够精确。

1.8.13. 用的水太脏或温度变化太大。

1.8.14. 水套不清洁，压进脏物加上窝藏有空气，有机物发酵，产生气泡。

1.9. 装置示意图和操作说明。

附有说明的常用水套试验设备的四种型式的示意图如下：适合于特殊要求的装置可以根据个别情况进行设计与选用，但为了试验的精确和安全应按照这里的说明来作。

1.9.1. 水套量管式的气瓶试验法，电动泵。气瓶压力接头在水套外面（见图1）。

1.9.1.1. 范围。这种水套量管式的气瓶试验法是把气瓶放入水套中，测定气瓶在加至一定压力时从水套挤出来的水量和压力放掉后还剩下的多余水量。这些容积分别表示气瓶的全变形值和残余变形值，为了精确地测出这些数值，把一个可移动的、标有毫升值的量管放在适当位置，使量管的水面在测读数值时都保持同样的高度。

1.9.1.2. 程序

- (1)从空瓶上卸下瓶阀并用水灌满气瓶。
- (2)用阀门钳夹住气瓶，把连接件（O）拧入瓶颈螺纹中。
- (3)将上盖（O）盖在气瓶的肩上，并上紧带把螺母（V）。
- (4)把气瓶放入水套（B）中，并在适当位置夹紧水套盖，同时打开放气旋塞（P）。
- (5)把气瓶连接件（O）与试压泵管线上的联接器（D）接上。
(到此处的阀门I. J. K. L. M. Q和U必须关闭。)

- (6)把量管 (T) 的零点放在可调整的眼平线的标记点 (Z) 上。
- (7)打开阀门 (L) 并在放气旋塞 (P) 有水流出后关闭放气旋塞。
- (8)当量管中的水超过零点时, 关闭阀门 (L)。
- (9)通过阀门 (K) 排水, 使量管 (T) 的水面正好在零点上。
- (10)打开阀门 (I) 并关闭近路阀门 (Q), 当气瓶压力升至 1 . 0 . 0 试验压力的 $\frac{3}{4}$ 时, 关闭阀门 (I), 打开近路阀门 (Q)。
- (11)检查装置有无洩漏 (降压, 量管水位下落或瓶颈螺纹上面有水珠表示有洩漏)。
- (12)如没有洩漏, 打开阀门 (I), 关闭近路阀门 (Q) 并把气瓶压力升至所需的试验压力, 关闭阀门 (I) 并打开阀门 (Q)。
- (13)保持试验压力 3 0 秒钟, 并尽需要地更长些, 使气瓶确实地完全变形。
- (14)在量管 (T) 上读出从眼平线零点标记 (Z) 上涨出的全变形值。
- (15)通过阀门 (J) 放掉压力, 并在量管 (T) 上读出从零点标记 (Z) 上涨出的残余变形值。

1 . 9 . 2 . 水套排水棒式的气瓶试验法, 手压泵, 气瓶压力接头在水套外面 (见图 2)

1 . 9 . 2 . 1 . 范围。这种水套排水棒式的气瓶试验法是把气瓶悬挂在一个配备有必需的连接件与附件的水套容器中, 测定气瓶在加至一定压力时从水套挤出来的水量和压力放掉后还残留的多余水量, 这些容积分别表示气瓶的全变形值和残余变形值, 为了精确地测出这些容积, 利用一根排水棒 (H) 和一个刻度牌 (T), 这根棒用黄铜, 青铜或不锈钢等耐腐蚀材料精确、均匀地加工而成, 使它的尺寸作成每单位长度在管子 (S) 内排出的水量正好等于一定的毫升数, 它的操作方法在下面程序中的 2 1、2 2 节说明。

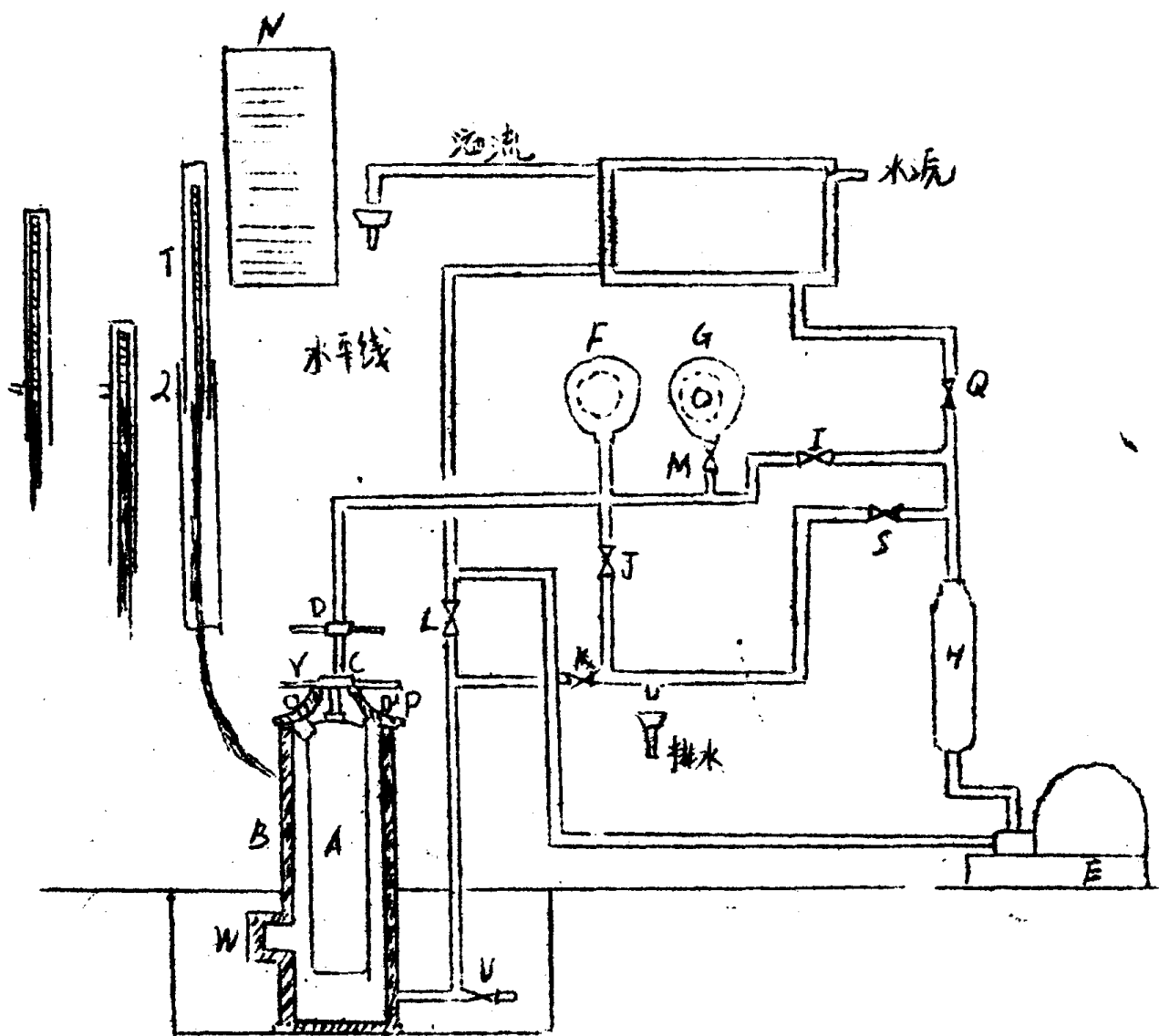


图 1

图 1 . 水套管式试验法, 电动泵, 压力接头在水套外面。

A、气瓶, B、水套, C、气瓶接头, D、可分式压力接头, E、水压泵, F、压力表, G、记录仪 (任意的), H、缓冲缶, I、J、K、L、M、Q、U、阀门, N、全变形与残余变形率关系计算表, O、水套盖, P、放气旋塞, R、贮水缶, S 安全阀, T、量管, V、带把的螺母, W、爆破门, X 垫圈, Y、橡皮管, Z、水位标记。

1.9.2.2. 程序

- (1)从空瓶上卸下瓶阀。
- (2)用水灌满气瓶。
- (3)把气瓶放在夹钳上。
- (4)把连接件 (O) 拧入瓶颈螺纹中。
- (5)把盖子 (O) 尽可能水平地放在瓶肩上, 当然垫圈 (X) 要紧贴
- 贴在瓶颈上面。
- (6)上紧带把的螺母 (V), 使盖子尽量紧压在瓶肩上。
- (7)将气瓶与盖子一齐放入水套 (B) 内。
- (8)在适当位置夹紧水套封头 (O), 并打开放气旋塞 (P)。
- (9)看垫圈 (X) 是否还十分牢靠地紧贴在瓶肩上, 可以通过盖子上的检查孔进行观察。
- (10)接上连接器 (D) 与连接件 (O), 使气瓶与压源连接, (通到此处的阀门 I、J、K、L、M、R 和 U 应保持关闭)。
- (11)把排水棒 (H) 放入黄铜管 (S) 内, 使棒的顶端与刻度牌上的零点标记相一致 (见图 2 第 1 位置)。
- (12)打开阀门 (L), 直至水从放气旋塞 (P) 中流出并使水超过玻璃管指示器 (W) 中的水平线标记。
- (13)关闭阀门 (L)。
- (14)关闭放气旋塞 (P)。
- (15)轻轻地打开阀门 (K), 使管内的水位正好在水平线标记上, 然后关闭阀门 (见图 2 第 1 位置) 如果水放到已经低于玻璃管指示器中的水平线标记, 则打开放气旋塞 (P) 重作 12、13、14、和 15 来操作。
- (16)打开阀门 (M)。
- (17)起动记录仪的机械装置。

(18) 打开阀门 (I) 并加压至最终试验压力的 $\frac{3}{4}$ 左右。

(19) 关闭阀门 (I) 并立即检查有无洩漏, 从检查孔看盖子内垫圈附近有无洩漏。(玻璃管指示器的水慢慢下降表示有漏。) 如果不出现洩漏, 则打开阀门 (I) 并将气瓶试至最终试验压力。

(20) 关闭阀门 (I) 并立即保持压力, 试验压力至少要持续 30 秒钟, 并要延长到使气瓶能够确实完全地变形为止。观察玻璃管指示器中的水就可以看出如果压力保持不变, 在气瓶已经完全变形时, 水位就会停止上升。

(21) 提升排水棒 (H) 使玻璃管指示器中的水再降回原来的水平面上 (也就是与第 15 项中的水平面相同)。注: 要有充分的时间, 使粘在棒上和管子上的水流回管子底部。

(22) 从与排水棒顶端对平的地方读出刻度牌的毫升数 (见图 2 第 2 位置) 记录下全变形值, 这个读数应记在记录仪 (G) 的图表上。

(23) 降下排水棒 (H) 使棒顶端与刻度牌 (T) 的零位相平。

(24) 打开阀门 (J) 并放掉瓶内的压力至压力表 (F) 指示为零。

(25) 提升排水棒 (H), 使玻璃管指示器中的水再降回原来的水平面标记上 (见图 2 第 3 位置), 此时的水面与第 15 项和第 22 项测记读数时一样。

(26) 从与排水棒顶端对平的地方读出刻度牌 (T) 的毫升数, 记录下残余变形值, 这个读数应记在记录仪的图表上 (注意与第 21 步相同的注)。

(27) 从计算图表 (N) 中读出变形率或以残余变形值除以全变形值来计算。

(28) 在记录仪的图表上记上变形率。

(29) 用全变形值减去残余变形值求出弹性变形值, 并在记录仪图表上记有残余变形值和变形率之间记上这个数字。

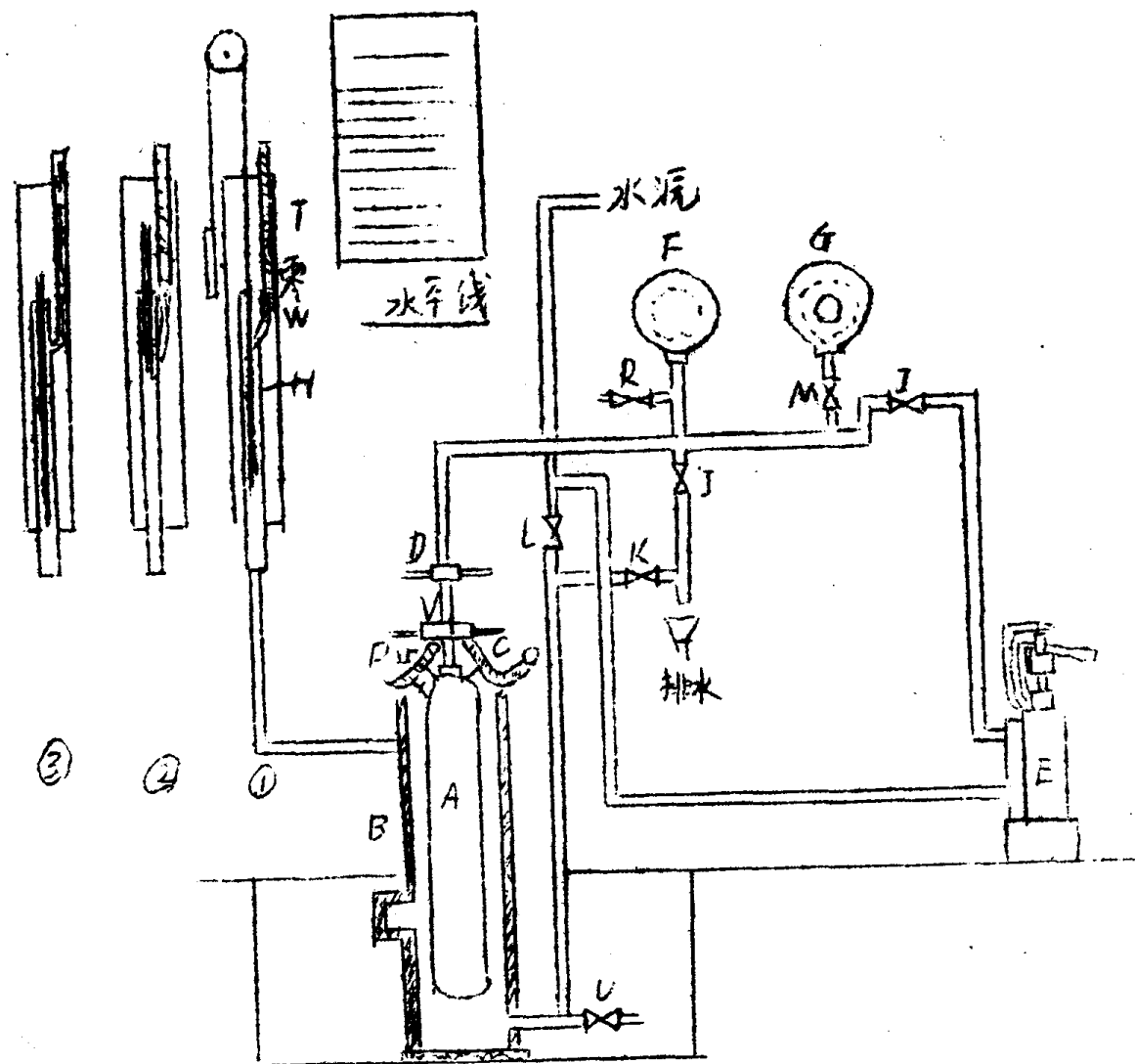


图 2

图 2. 水套排水棒式试验法, 电动泵, 压力接头在水套外面。

A、气瓶, B、水套, C、螺纹接头, D、可分式压力接头, E、水压泵, F、压力表, G、记录仪{任意的}, H、排水棒, I、J、K、L、M、U 阀门, N、全变形与残余变形率关系计算表, O、水套盖, P、放气旋塞, R、连接标准表接头, S、调整排水棒的黄铜管, T、刻度牌, V、带把的螺母, W、玻璃管水面指示器, X、垫圈。

(30)如果从图表(N)上查读得变形率超过10%,则气瓶试验不合格。

(31)如果弹性变形值表明气瓶壁厚变薄了,则气瓶应予报废。

注1,记录仪(G)是否使用可以随便。如果用,记录表要象档案那样保存起来。建议在表上注明全变形值,残余变形值,变形率(如操作程序22、26、28与29所指明那样)。如果不用记录仪,则这些数值的档案应保存在别处。

注2,所有管子都要装有坡度,以免产生空气囊。管子附件应减至最少,并应尽可能不用在横管上。

1.9.3. 水套量管式的气瓶试验法,手压泵,气瓶压力接头在水套外面(见图3)

1.9.3.1. 范围。这种水套量管式的气瓶试验法,是把气瓶悬挂在一个配备有必需的连接件与附件的水套容器中,测定气瓶在加至一定压力时从水套挤出来的水量和压力放掉后还残留的多余水量,这些容积分别表示气瓶的全变形值和残余变形值。为了精确地测出这些容积,利用一个量管(T)和一根软橡皮管(Y),根据下面第21与22段所述的程序进行操作,即可从量管上直接读出变形值的毫升数。

1.9.3.2. 程序

(1)从空瓶上卸下瓶阀。

(2)用水灌满气瓶。

(3)把气瓶放在夹钳上。

(4)把连接件(O)拧入瓶颈螺纹中。

(5)把盖子(O)尽可能水平地放在瓶肩上,垫圈(X)要紧贴在瓶颈上面。

(6)上紧带把的螺母(V),使盖子尽量紧压在瓶肩上。