

苏联財政部量具計器总署

轉子流量計檢定和刻度規程

(草 案)

北 京

1 9 6 5

苏联財政部量具計器总署
轉子流量計檢定和刻度規程
 (草案)

*

国家科委計量局譯 (北京安外小黃庄)
 技术标准出版社出版 (北京复外三里河)
 (北京市书刊出版业营业許可証出字第114号)

天津市第一印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店經售

*

开本850×1168 1/32 印张2 字数50,000
 1965年6月第一版 1965年6月第一次印刷
 印数 1—6,500 定价 (科六) 0.28元

*

統一书号: 15169·5—3

目 次

概 論

一、轉子流量計的用途和构造

二、技术要求

三、使用規則

(一) 轉子流量計的选择

(二) 轉子流量計的安装

(三) 測量条件

(四) 測量誤差

四、轉子流量計的刻度和检定

(一) 理論根据

a、刻度曲綫法

b、改变浮子重量的方法

(二) 标准装置

a、用水作为工作介质的标准流量装置

b、用不同粘度液体作为工作介质的标准流量装置

B、用空气作为工作介质的标准流量装置

(三) 按照刻度曲綫法將轉子流量計进行刻度

(四) 按照改变浮子重量的方法將轉子流量計进行刻度

a、液体轉子流量計的刻度

b、气体轉子流量計的刻度

(五) 轉子流量計的检定

a、具有刻度曲綫的轉子流量計的检定

b、按照改变浮子重量的方法检定轉子流量計

附录1. 各种不同溫度时, 水的运动粘度和重度

附录2. 在不同溫度和压力时, 空气的运动粘度和重度。

附录3. 刻度曲綫的制作

附录4.: “压力計”厂生产的A型轉子流量計的刻度曲綫

按照刻度曲綫法进行計算的实例:

a、 $\frac{h}{d}$ 小数值刻度曲綫的制作

6、將轉子流量計标称标尺的分度換算成工作液体的流量值

B、当工作介质的溫度改变时，仪器示值校正值的計算。

附录5.: 按照改变浮子重量的方法將轉子流量計进行刻度的实例。

概 論

轉子流量計在化学、石油、医学、化粧品、牛奶、酒精和其他工业部門的工业設備和實驗室裝置上广泛应用。

轉子流量計的主要优点是构造簡單，价格便宜，压力的損失很小，測量范围很大，也可以測量腐蝕性介质的流量。

以上这些情况要求拟定轉子流量計刻度和检定的正确方法。

轉子流量計的研究工作是在莫斯科国立量具計器学院中（执行者——科学技术碩士亚·依·別特洛夫和科学研究員亚·格·米特罗芳諾娃）及在“压力計”工厂中（执行者——工程师伊·伊·努西諾夫和工程师馬·伊·季茲布尔格）进行。轉子流量計用改变浮子重量的方法进行刻度。这个方法是尤·恩·盖魯拉契所提出的。

理論研究的結果以及多次的試驗就能确定主要的无因次参数，这些参数可以确定流量与轉子流量計浮子升起高度之間的关系。

研究出来的理論可以解决轉子流量計刻度和检定的問題。理論和實驗証明，用于某种液体的仪器可以在另外一种液体中进行刻度和检定。这种情况可以大大地簡化刻度和检定的工作，用水作为液体轉子流量計和用空气作为气体轉子流量計的工作介质。

本检定規程草案包括轉子流量計的各种型式，將它們分成二类：a、大量生产的几何形状相同的轉子流量計，b、个别的专用仪器。以上二类仪器的刻度和检定方法是根本不同的，第一类仪器的刻度和检定方法簡單。

检定規程的主要目的是采用正确的刻度和检定方法。本检定規程所論述的内容，对制造和使用轉子流量計的企业也是有用的。

本規程（草案）是由莫斯科国家量具及計量仪器研究所流量仪器實驗室所編写的；执笔者有：弗·恩格拉明尼茨基，叶·夫·多林斯基，叶·弗·左罗特赫，亚·依·別特洛夫。

考虑到这个問題的复什性和广大企业及机关的需要，苏联量具

計器局決定，該規程未批准之前作為草案先行公布，以便在實踐的基礎上，對草案加以修改。

接到本草案的機關和企業應於1955年1月1日前將對本草案必需修改的意見寄至蘇聯量具計器總局科學技術部（莫斯科，暑謝夫1路4號）。

在上述日期之後的意見，當批准本規程時不予考慮。

一、轉子流量計的用途和構造

1. 轉子流量計是具有固定壓力降的流量計。它可用來測量各種液體和氣體的流量，這些液體和氣體的物理性能（重度和粘度）可能有很大差別。

2. 轉子流量計是垂直地安裝在導管中，在管子中有一規定形狀的浮子能自由移動。轉子流量計應這樣設計：即當浮子升起高度增加時，通過截面的面積也隨着增加。圖1所示為轉子流量計最普通的形式，它具有向上擴大的圓錐形玻璃管子。

管子表面刻有分度（度標），這些分度使得能夠確定浮子相對於起始度際的位置。帶遠程傳送裝置的轉子流量計可具有金屬的管子。

3. 當從下部進入的液體或氣體的流束通過管子時，按流量的大小浮子便固定在某一高度上。因此，浮子上升的高度乃是通過轉子流量計液體或氣體流量的量度。

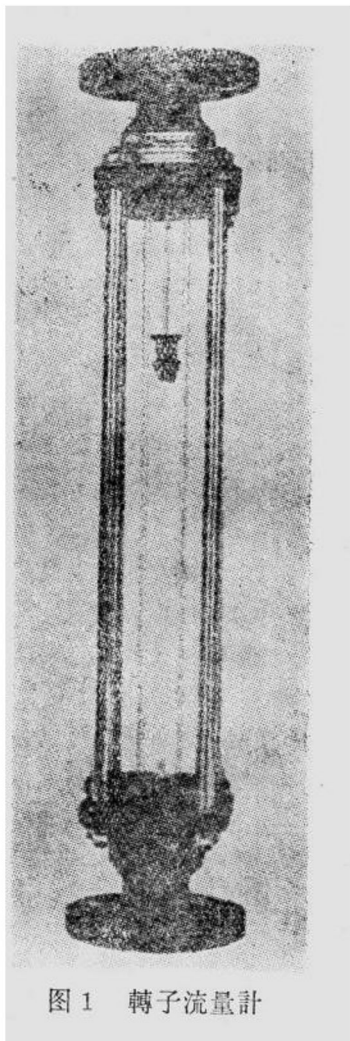


圖1 轉子流量計

二、技 术 要 求

4. 轉子流量計的构造应具有將轉子流量計安装在导管上并能迅速拆卸及装配的可能性。

5. 大批生产的轉子流量計浮子的尺寸以及管子的圓錐度应符合規定的比例，这个比例是进行国家試驗时所批准的。

6. 轉子流量計应具有均匀刻度的标称标尺，这个标尺的每十个分度应标以数字。

标尺也可以用流量单位（米³/时，公斤/秒；公斤/分等）来进行刻度。此时，轉子流量計的管子应标明：該轉子流量計是用以測量何种液体或气体，并在何种条件下使用。轉子流量計的管子上应标有：液体或气体的名称，重度，粘度、溫度和压力。

7. 轉子流量計与导管的接合处应是密封的。

8. 轉子流量計应按照重錘的垂綫安装在导管上。

9. 在浮子的端面上和大量生产的轉子流量計管子上应标有工厂簡称；仪器編号和出厂日期。此外，在仪器的管子上应标有最大的工作压力和安装轉子流量計时导管中的溫度。

附注：这一条要求不适用于很小尺寸的轉子流量計。

10. 成批生产的几何形状相似的轉子流量計应具有說明书，說明书上注明下列各項：

(1) 仪器的編号；出厂日期；标记；最大工作压力和使用轉子流量計时导管中的溫度。

(2) 浮子的重量，最大直径和体积

(3) 管子的圓錐度按下式确定：

$$k = \frac{D_{10} - D_0}{L}$$

式中 D_{10} 和 D_0 表示在标尺的最高和最低分度处的管子直径， L 表示这两个分度間的距离。

(4) 在管子上标尺的各个分度数字处的直径 D_i 和分度間的

距离。

(5) 表示每一数字分度到截面間距离的量值 h_i ，該截面直径是等于浮子的最大直径。

11. 除了說明书以外，成批生产几何形状相似的轉子流量计应附有表示刻度曲綫系的图表（參閱第4章第1节a），此刻度曲綫是对此种型号的轉子流量计进行国家試驗时所批准的。

三、使用規則

(一) 轉子流量计的选择

12. 轉子流量计的选择应滿足以下条件：

(1) 所給定物质的最大流量 $Q_{\max}$ 应在下列范围内：

$$0.8Q_{\min} \leq Q_{\max} \leq Q_{10}$$

式中 Q_{10} 是轉子流量计标尺最高分度的流量。

(2) 給定物质的最小流量 $Q_{\min}$ 应不小于轉子流量计标尺最低分度的流量。

(3) 导管中的最大工作压力不应大于轉子流量计所計算的压力，这个压力在轉子流量计的管子上和說明书中已經标明。

(4) 标尺用已給定的液体或气体的流量单位进行刻度的轉子流量计，对于相应的条件即溫度和压力（后者仅指气体）下，只能用来測量这种給定的液体或气体，并在遵守規定的測量条件时才能应用。

当測量条件与規定的条件不同时应計入修正值。

(二) 轉子流量计的安装

13. 轉子流量计应垂直地安装在导管上，安装后，轉子流量计的垂直度应按照鉛直綫来进行校驗。

14. 安装轉子流量计的房間，溫度不应有急剧的变动。

15. 安装仪器的地方应便于維護和观察。

16. 轉子流量计正确安装的要求：

(1) 对于管子，轉子流量计应正确地对准中心。

(2) 轉子流量计前部和后部的导管直径 D 应等于轉子流量计

相应管端的內径，距离不少于2D。

(3) 在轉子流量計入口截面不小于2D的距离上，导管应成直綫，在这部分上不应安装开关。

(三) 測量条件

17. 測量給定的液体或气体流量时，对于液体，必需保持溫度的恒定性，对于气体，除溫度恒定性外还必需保持压力的恒定性。

保持溫度恒定性的誤差，对于液体不应超过 $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ ，对于气体不应超过 $\pm 1^{\circ}\text{C}$ 。保持压力恒定性的誤差不应超过 $\pm 0.5\%$ 。

18. 用溫度計測定流动液体的溫度，溫度計是安装在轉子流量計的前面（逆流处），与轉子流量計的距离不超过导管的5D和不少于3D。

19. 用压力計測定气体轉子流量計中的压力，压力計連接在轉子流量計前面的导管上，与轉子流量計的距离不超过2D。

20. 当溫度或压力与轉子流量計刻度时所規定的溫度或压力有差別时，則其示值进行修正。

进行修正的方法如下：

轉子流量計的刻度結果得出了工作介质流量与浮子在三个溫度时升起高度的关系曲綫表格或图表，三个溫度为主要溫度与二个极限（最低和最高的）溫度，每一溫度与主要的溫度差別为 5°C ，在一中間溫度时所产生的流量值可将这些数据用內插法来确定，溫度变动进行修正的例子列于附录中（參閱第60頁）。

气体轉子流量計压力改变的修正值按下式計算：

$$Q_0 = Q \sqrt{\frac{P}{P_0}} \quad (1)$$

式中所采用的符号：

Q 和 Q_0 ——轉子流量計刻度时所得出的气体流量和使用时的气体流量。

P 和 P_0 ——仪器在刻度和測量时轉子流量計前部的压力。

(四) 測量誤差

21. 在滿足本檢定規程要求的情況下，具有刻度曲綫的轉子流量計的極限測量誤差不應超過被測流量的 3 %。

這種極限誤差的數值對不具刻度曲綫的轉子流量計也是適用的，但測量時，轉子流量計中應為同一種液體或氣體，並且測量的條件應與儀器刻度時的條件相同。

四、轉子流量計的刻度和檢定

(一) 理論根據：

22. 只有當浮子上升高度與流過轉子流量計某種液體或氣體流量間的關係為已知時，才能用轉子流量計來測量流量。但是將轉子流量計置於其所測量的液體或氣體中直接刻度和檢定的方法是非常不便。液體和氣體的種類很多，可以測定其流量的測量條件（即溫度與壓力）也很多，這使得只有在少數情況下才能應用這種方法。

用於任一液體或氣體的轉子流量計的刻度和檢定問題的解決，便得出了物理相似性理論。這個理論證明，不管轉子流量計所用為何種液體或氣體，均可以在予先已被選擇的固定刻度液體或氣體中進行刻度和檢定。

選擇水，甘油與水的混合物（即液體）來作為刻度的液體，用這些液體在標準流量裝置上進行工作是非常精確和簡單，空氣是最方便的刻度氣體。

下面是適用於轉子流量計的上述理論的簡單內容。

23. 公式中的量值符號：

h (米) ——管子截面上所讀出的浮子上升高度，在這個截面上直徑是等於浮子的最大直徑。



圖 2 轉子流量計示意圖

d (米) ——浮子的最大直径。

G (公斤) ——浮子的实际重量, 即真空中浮子重量 G_0 与液体流过轉子流量計时被浮子体积 V 所排开的液体重量之間的差数:

$$G = G_0 - \gamma V \quad (2)$$

Q (米²/秒) ——流过轉子流量計的液体或气体的体积流量。

γ (公斤/米³) ——液体或气体的重度

ν (米²/秒) ——液体或气体的运动粘度。

$k = \frac{D-d}{h}$ ——轉子流量計管子的圓錐度

D (米) ——高度 h 上管子的直径

$g \cong 9.81$ 米/秒² ——重力加速度

$\gamma_1; \gamma_2; \dots \gamma_n$ ——除浮子最大直径以外。确定浮子形状的所有特性尺寸。

24. 当流量 Q 一定时, 浮子升起高度 h 視上面所列举的量值而定。

物理相似性的理論証明, 上面列举量值間的关系 可用方程式 (3) 表示:

$$f_1 \left(\frac{Q}{\nu d}; \frac{\nu^2 \gamma}{Gg}; \frac{h}{d}; k; \frac{\gamma_1}{d}; \dots \frac{\gamma_n}{d} \right) = 0 \dots (3)$$

其次, 假設这种研究仅与这样的轉子流量計有关; 即其浮子的几何形状相似, 管子的圓錐度相同。

测量值 $k; \frac{\gamma_1}{d}; \frac{\gamma_2}{d}; \dots \frac{\gamma_n}{d}$ 将是常数, 方程式 (3)

变为下式:

$$f \left(\frac{Q}{\nu d}; \frac{\nu^2 \gamma}{Gg}; \frac{h}{d} \right) = 0 \quad (4)$$

25. 这个方程式只含有三个变数, 并被列为下列二种公式, 这二种公式对解决轉子流量計的刻度和检定問題是必需的:

$$\frac{h}{d} = f_2 \left(\frac{Q}{vd}; \frac{v^2 \gamma}{Gg} \right); \quad (5)$$

$$\frac{Q}{vd} = f_2 \left(\frac{h}{d}; \frac{v^2 \gamma}{Gg} \right) \quad (6)$$

从方程式 (5) 和 (6) 中可知, 若保持管子和浮子的几何形状相似, 则对任何二种液体或气体都具有:

$$a、若 \frac{Q_1}{v_1 d_1} = \frac{Q_2}{v_2 d_2} 和 \frac{v_1^2 \gamma_1}{G_1} = \frac{v_2^2 \gamma_2}{G_2}$$

$$则 \frac{h_1}{d_1} = \frac{h_2}{d_2} \quad (7)$$

$$b、若 \frac{v_1^2 \gamma_1}{G_1} = \frac{v_2^2 \gamma_2}{G_2} 和 \frac{h_1}{d_1} = \frac{h_2}{d_2}$$

$$则 \frac{Q_1}{v_1 d_1} = \frac{Q_2}{v_2 d_2} \quad (8)$$

这个结论能够规定出转子流量计的二种刻度和检定方法: a、刻度曲线法, b、改变浮子重量法。

为了简略起见, 今后在许多情况下, 采用简短的符号:

$$\frac{Q}{vd} = Re; \quad \frac{v^2 \gamma}{Gg} = P$$

a) 刻度曲线法

26. 这个方法只适用于成批生产几何形状相似的转子流量计。

制作刻度曲线实验工作的繁重性完全证实了在今后对于已被制作的这些曲线转子流量计的检定和刻度是非常简单。

表示可变量值间关系的曲线系称为刻度曲线:

$$\frac{v^2 \gamma}{Gg}; \quad \frac{Q}{vd}; \quad \frac{h}{d}$$

这些曲线列于图 3

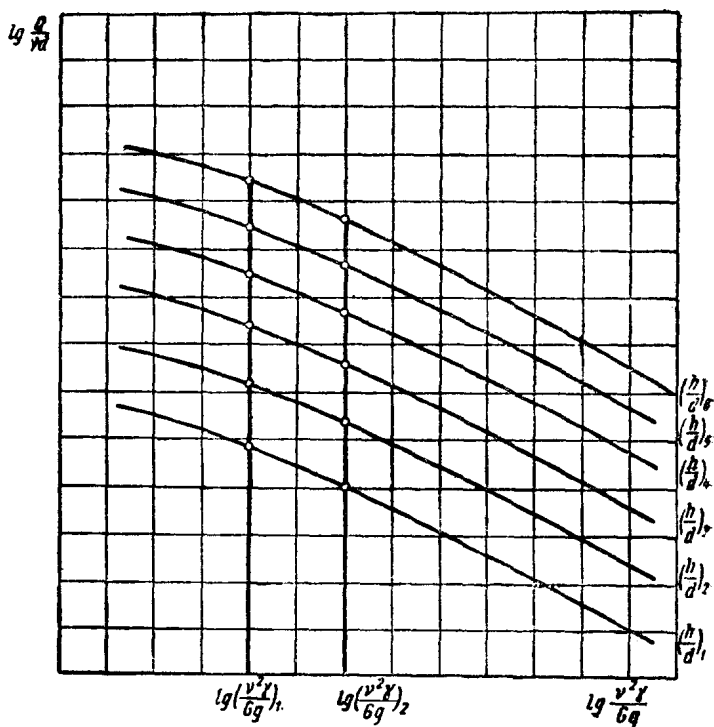


图3 刻度曲线图表

如图3所見，横座标軸为 $\lg \frac{v^2 \gamma}{Gg}$ 的量值，纵座标軸为 $\lg \frac{Q}{vd}$ 的量值，每一曲线相当于已被确定的固定量值 $\frac{h}{d}$ 。

27. 制作曲线的方法如下：

选择工作液体，这种工作液体的物理性包括有必須的量值变化的范围。

$$\frac{v^2 \gamma}{Gg} \text{ 和 } \frac{Q}{vd}$$

上述量值的变化范围，由数值 γ 、 ν 和 Q 来决定，也可由对这种型式的轉子流量計的量值 G 和 d 来确定。

然后，專門地对已被选择的該种型式的具有浮子最大直径尺寸不同的轉子流量計进行一系列的試驗。

試驗应在标准流量装置上进行。

对于每一規定的轉子流量計和規定的液体应具有：

$$\frac{\nu^2 \gamma}{Gg} = \text{常数}; d = \text{常数}; \nu = \text{常数}$$

因此，流量 Q 仅是浮子升起高度的函数 $Q=f(h)$ 。流量值由流量装置来确定，轉子流量計依次連接在流量装置上，数值 h 按轉子流量計标尺讀出。

在規定的工作液体中試驗过的一个轉子流量計对已知的 $\frac{\nu^2 \gamma}{Gg}$ 数值，就能够得出一系列相应的数值 h 与 Q ，并計算出相关連的数值 $\frac{h}{d}$ 和 $\frac{Q}{\nu d}$ ，因为，浮子的直径和工作液体的运动粘度是已知的。

这些数据就能制作許多点，这些点排列在曲綫图中的一条垂直綫上（參閱图3）。

更換轉子流量計，即量值 G 和 d 或更換液体，即量值 ν 和 γ ，或者两种量值均变更，則可得出另一系列的点，但对同一数值 $\frac{h}{d}$ ，調整流量 Q 时，便易于求得一系列的点。

因此，在包括了必需的测量量值范围之后，便可求得未知的曲綫系。

28. 测量工作应进行很多次，曲綫制成之后，应将所得的数据进行統計上的处理，并应确定运用这些曲綫方法的极限誤差。

必需提出，极限誤差主要地依賴于被研究型式的轉子流量計性质而定，尤其是依賴于遵守浮子几何尺寸間的关系，以及遵守管子圓錐度規定标称值的情况而定。

29. 測量的量值 $\frac{Q}{v_d}$ 和 $\frac{v^2\gamma}{G_g}$ 在刻度曲綫范围之內时, 属于已制作刻度曲綫类型的轉子流量計可在任一液体中进行檢定。檢定的实质是在于將轉子流量計所表示的流量值 Q 与实际流量 Q 。相比較。关于檢定方法。以后將詳細叙述 (參閱第 4 章第 5 节 a)

当用刻度曲綫时, 数值 Q 可按照对給定的轉子流量計和液体所計算出来的数值 $\lg \frac{v^2\gamma}{G_g}$ 和試驗时所讀出的浮子高度值 H 来确定, 使能够計算出量值 $\frac{h}{d}$ 。

数值 Q_0 的确定, 可借助于标准流量装置进行。

30. 轉子流量計的刻度方法是将标称标尺的分度換算成給定液体的流量值, 关于这点以后將詳細地叙述 (參閱第 4 章第 3 节)。

为此目的, 应計算出量值 $\lg \frac{v^2\gamma}{G_g}$, 然后, 用刻度曲綫求出量值 $\lg \frac{Q}{v_d}$, 它相当于已知的 $\lg \frac{v^2\gamma}{G_g}$ 和不同的数值 $\frac{h}{d}$ 。所求出的量值 $\lg \frac{Q}{v_d}$, 使能計算出量值 Q , 量值 Q 相当于已知的 $\frac{h}{d}$, 同样地, 也相当于确定数值 H (浮子的升起高度)。因此, 便可确定 Q 与 H 的关系, 从而可将轉子流量計进行刻度。

6) 改变浮子重量的方法

31. 这种方法可用来对任何个别的轉子流量計进行檢定和刻度, 不管其浮子的形状和管子的圓錐度如何。

这种方法是基于公式 (8), 即若

$$\frac{v_1^2\gamma_1}{G_1} = \frac{v_2^2\gamma_2}{G_2} \text{ 和 } \frac{h_1}{d_2} = \frac{h_2}{d_1}$$

$$\text{則 } \frac{Q_1}{v_1 d_1} = \frac{Q_2}{v_2 d_1}$$

32. 标尺用粘度 v_1 和重度 γ_1 的給定液体并以流量单位进行刻度

的任何轉子流量計可用下述方法进行檢定。

求出給定液体的量值 $\frac{v_1^2 \gamma_1}{G_1}$ ，利用公式（8）的第一个等式，

按照 $\frac{v_1^2 \gamma_1}{G_1}$ 計算出浮子的重量 G_1 ，由 G_2 使能在帶參數 v_2 和 γ_2 的其他刻度液体中进行刻度：

$$G_2 = \frac{v_2^2}{v_1^2} \cdot \frac{\gamma_2}{\gamma_1} G_1 \quad (9)$$

几何形状相同的，具有重量等于 G_2 的浮子，将被試驗的轉子流量計安装后，便可进行試驗。

用标准流量裝置試驗轉子流量計，就可以确定刻度液体量值 Q_2 和 h_2 間的关系。

若数值 h_2 与 h_1 相等，則由于浮子的几何形状相同 $d_1 = d_2$ ，故得下式：

$$\frac{h_1}{d_1} = \frac{h_2}{d_2}$$

与公式（9）联合得：

$$\frac{Q_1}{v_1 d_1} = \frac{Q_2}{v_2 d_2} \text{ 或 } \frac{Q_1}{v_1} = \frac{Q_2}{v_2}$$

因此，按照試驗中求得的数值 Q_2 ，并計算出量值 $\frac{Q_2}{v_2}$ 之后，可按下式求出量值 Q_1 ：

$$Q_1 = Q_2 \frac{v_1}{v_2} \quad (10)$$

数值 Q_1 将相当于試驗时所观察到的浮子高度，这个高度由量值 h_2 和量值 H_2 来表示。

其次，将所求出的数值 Q_1 与标尺上所表示的量值或仪器証书中在同一高度 H 所表示的量值相比較。

33. 轉子流量計的刻度相似于檢定，其不同的地方；就是按所求出的數值 Q_1 和 H 將標尺用工作液體的流量單位進行刻度。

(二) 標準裝置

34. 轉子流量計的檢定和刻度，應視被測介質（液體，氣體）而採用下列裝置：

a、用水作為工作介質的標準流量裝置。

b、用不同粘度液體（甘油與水的溶液）作為工作介質的標準流量裝置。

B、用空氣作為工作介質的標準流量裝置

下面將敘述對用于轉子流量計進行刻度和檢定的標準流量裝置的技術要求。若用它測定流量時誤差不超過 $\pm 0.5\%$ ，那末，應用其他的標準裝置也是許可的。

用相同型式的；并經過檢定的標準轉子流量計來對轉子流量計進行刻度和檢定是許可的。

標準轉子流量計的誤差不應超過被測流量的 0.5% 。

a、用水作為工作介質的標準流量裝置

35. 用水作為工作介質的標準流量裝置示意圖，如圖 4

這個裝置由具有排水閥門 2 的計量槽 1，量水玻璃管 3 和標尺 4，安裝轉子流量計 6 的平台 5，壓力槽 7，匯合槽 8，水泵 9，具有封閉開關 11 的導管 10 和調節開關 12，出水管 13，頂端具有漏斗形的溢流管 14 用于將水自匯合槽中吸出至壓力槽中的導管 15。用以緊固轉子流量計的固定板 16 和 17 所組成。

為了在很小流量時檢定轉子流量計，這種裝置還配備有匯合容器 18，支架 19，并帶有放置標準燒瓶 20 的平台，具有開關 22 的導管 21 和帶有可拆卸噴嘴的軟管 23。

36. 裝置的作用原理如下：