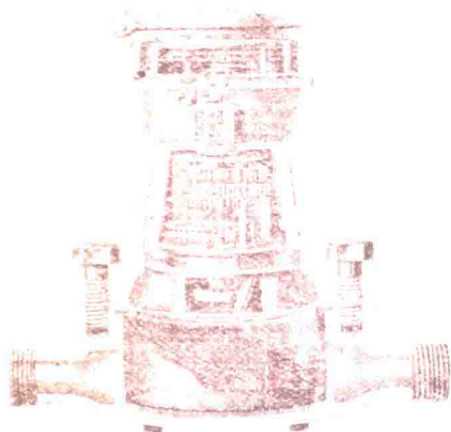




張亮沅編著
徐敬齡校閱

上海科学技术出版社

內 容 提 要

本書介紹給水工程中幾種重要的計量儀表，對它們的原理、構造、計算公式、安裝使用等，均有詳細的說明。

給水工程計量儀表使用法

張 亮 沅 編 著

徐 茲 齡 校 閱

*

上海科學技術出版社出版

(上海南京西路 2004 號)

上海市書刊出版業營業許可證出 093 號

上海市印刷六廠印刷 新华書店上海發行所總經售

*

前 言

随着我国大规模社会主义经济建设的迅速发展，我国的给水事业也将日益发达，预料在不久的将来，全国各地，城镇和农村即将普遍建立水厂，敷设大量管道，以满足生产和生活上用水的需要，使给水事业进一步贯彻为劳动人民、为生产服务的方针。

为了便于给水从业人员进一步熟悉给水工程的有关技术，并为培养运行管理人员创造条件，特根据有关技术资料 and 运行管理经验，编写了这本书籍。

本书的主要内容专为介绍自来水厂运行操作上各项主要仪表的使用问题。在编写过程中尽量避免繁复的理论和公式，采用浅显简明的文字，讲解各种仪表的构造原理和使用方法。

限于本人的学识和经验，本书一定有很多不妥和不够具体的地方，希望读者们不吝指正。

張亮沅

1959年3月于上海

目 录

前言

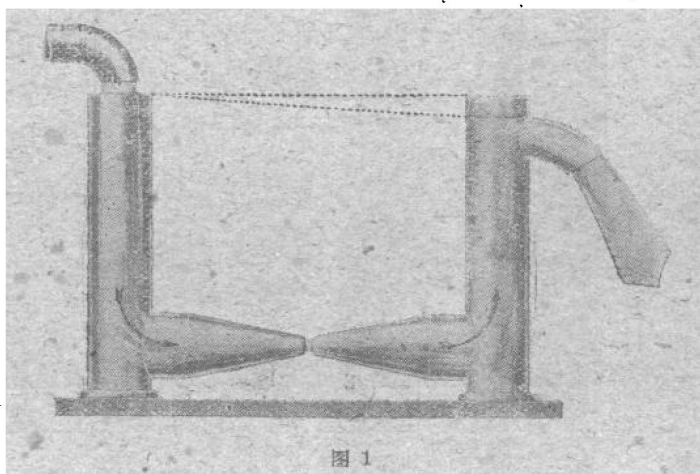
第一章 文得利管	1
(一) 原理	1
(二) 计算公式	3
(三) 文得利管的安装	6
(四) 文得利管的使用	7
(五) 液体比压计	8
(六) 例题	9
第二章 毕托管	11
(一) 原理与构造	11
(二) 水管内水流的情况	13
(三) 测量控制点的选择	15
(四) 液体比压计	15
(五) 水流方向的测定	18
(六) 水管内径的测定	18
(七) 毕托管的使用	20
(八) 例题	23
第三章 滤速控制仪	26
(一) 装置滤速控制仪的目的	26
(二) 滤速控制仪的原理与种类	26
(三) 滤速控制仪的使用	27

(四)	自动记录的流速控制仪的校正法	30
(五)	水头损失仪的原理构造与使用法	32
第四章	流速仪	34
(一)	流速仪的种类	34
(二)	旋杯式流速仪的构造	35
(三)	浮悬物对于流速仪的影响	37
(四)	使用流速仪测量沉淀池流速应注意之点	37
第五章	水表	40
(一)	水表的种类	40
(二)	水表口径的选择	45
(三)	分路水表	47
(四)	装表之規定	48

第一章 文 得 利 管

(一) 原 理

在1796年意大利有位哲学家叫文得利发现一个定律。当液体流经管子时,假使管子中间部分的口径减小以后,可以使液体的流速增加,同时降低水压或水头,压力的降低与流速平方是成正比关系。图1是个简单玻璃仪器,它表明了文得利定律。



文得利管系测量流水或其他液体及气体等在管道中的流量之用。它的构造是用两节截头圆锥形管的尖端与一节短圆柱形接合管相連而成的。材料系采用生鉄,接合管内鑲以銅套管,使其准确而耐曆(见图5)。

圓錐形管的粗端直徑為 D_1 ，應與所測定流量的管道直徑相同，而它的接合管（俗稱喉管）直徑為 D_2 ，較前者要小得很多。普通 $\frac{D_2}{D_1}$ 可以從 $\frac{1}{4} \sim \frac{3}{4}$ ，一般常用者為 $\frac{1}{2}$ 。假定 $\frac{D_2}{D_1}$ 的比值太小，喉管處流速增加，壓力降低，因而使液體比壓計上的讀數較為準確，但在出口處能產生較高阻力。喉管處壓力約減至絕對氣壓 2 公尺時，水中空氣與水蒸汽將集中於喉管處阻礙水流，當壓力等於零（絕對氣壓）即生空隙，發生所謂氣穴作用。水泵發生氣穴作用能使葉輪腐蝕。在測量流速時，要將空氣排除之後再與液體比壓計相連接。

水流在文得利管中流動的情形可參閱圖 2 和圖 3。

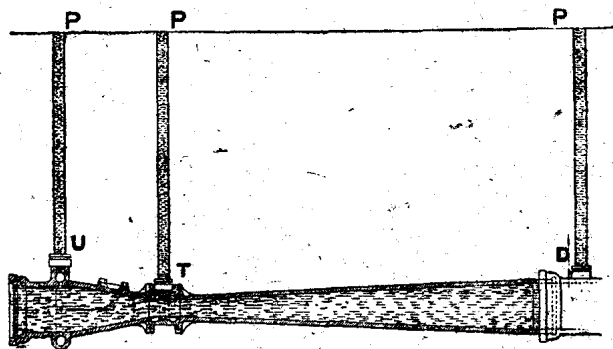


圖 2

在文氏管進口 U 處、喉管 T 處、出口 D 處分別裝置同樣直徑、同樣高度的玻璃管。當水充滿整個文氏管內而不發生流動情況之下，這三根玻璃管內的水位一定在同樣高度，如圖 2 中，成為直線 PPP 位置。當水流動以後，玻璃管內的水位隨其流動而改變，如圖 3 中，成為三角形 $P'P'P'$ 位置。喉管處的水位特別低。利用這個水位差，我們根據下節所講的公式，可以求得流量。

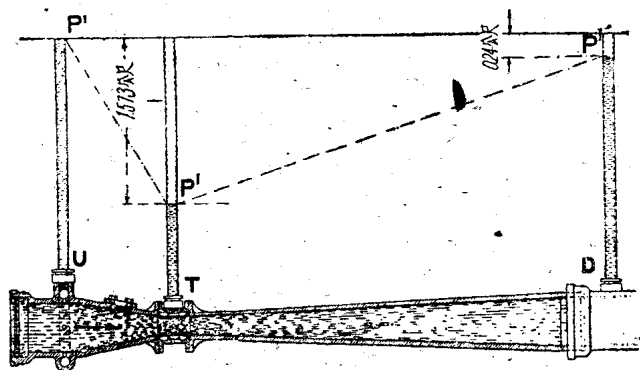


图 3

例如在图 3 上,文氏管喉管的面积为水管面积的 $\frac{1}{9}$;当水流以每秒 0.6 公尺的速度流经这个文氏管,则在 T 处的水头一定降低,经过计算,知道 T 处的水头较 U 处低 1.573 公尺, D 处的水头较 U 处低 0.24 公尺。假使流速提高到每秒 0.9 公尺,则 T 处水头较 U 处低 3.536 公尺, D 处水头较 U 处低 0.55 公尺。这个例题表明了水头的降低是与流速的平方成正比的。

出口 D 处的水头损失是由阻力而产生的,但在设计时可以增加喉管的直径而使其消失的。

(二) 计算公式

假定文得利管进口处(图 4 A 点)的流速为 V_1 , 压力为 p_1 , 距离地平线的高度为 Z_1 ; 喉管处的流速为 V_2 (图 4 B 点), 压力为 p_2 , 距离地平线的高度为 Z_2 。根据伯诺里方程式不计文氏管内的摩擦力而产生的水头, 即图 3 D 处的水头损失, AB 二点可以写成下列公式 (对于理想液体流速而言, 总水头, 也即所谓几何水头, 测压管水头或流速水头之和在流速的所有断面内乃

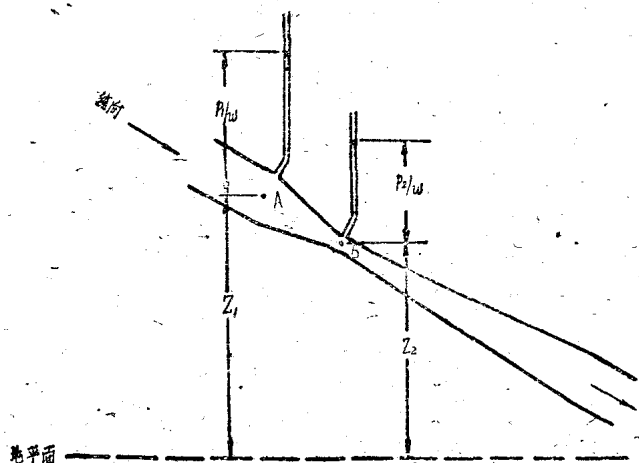


图 4

是一个常数，此即所谓伯诺里方程式。详细说明可参阅水力学)：

$$\frac{V_1^2}{2g} + \frac{p_1}{w} + Z_1 = \frac{V_2^2}{2g} + \frac{p_2}{w} + Z_2 \dots\dots\dots (1)$$

式中： g ——重力加速度；

w ——单位体积重。

街道上的水管一般安装时大都没有坡度。若与沟渠、电缆、煤气管等地下管线有“犯界”时，才采用坡度借转。因此 Z_1 与 Z_2 一般可以考虑在同一地面上。因此公式(1)可写成：

$$\frac{V_1^2}{2g} + \frac{p_1}{w} = \frac{V_2^2}{2g} + \frac{p_2}{w}$$

移项后，得

$$\frac{p_1}{w} - \frac{p_2}{w} = \frac{V_2^2}{2g} - \frac{V_1^2}{2g}$$

假定

$$h = \frac{p_1}{w} - \frac{p_2}{w} \dots \dots \dots (2)$$

則

$$h = \frac{V_2^2}{2g} - \frac{V_1^2}{2g} \dots \dots \dots (3)$$

从水力学上得知流量恒定方程式为

$$Q = A_1 V_1 = A_2 V_2 \dots \dots \dots$$

应用到文得利管上, 則为

$$A_1 V_1 = A_2 V_2$$

或

$$V_2 = \frac{A_1 V_1}{A_2}$$

以 V_2 值代入公式(3), 得

$$\begin{aligned} h &= \frac{V_2^2}{2g} - \frac{V_1^2}{2g} \\ &= \frac{\left(\frac{A_1 V_1}{A_2}\right)^2}{2g} - \frac{V_1^2}{2g} \\ &= \frac{V_1^2}{2g} \left[\left(\frac{A_1}{A_2}\right)^2 - 1 \right] \end{aligned}$$

移項后, 得

$$V_1 = \sqrt{\frac{2gh}{\left(\frac{A_1}{A_2}\right)^2 - 1}}$$

$$Q = A_1 V_1 = A_1 \sqrt{\frac{2gh}{\left(\frac{A_1}{A_2}\right)^2 - 1}}$$

实际使用时, 应把文得利管的校正系数 K 列入上面的公式

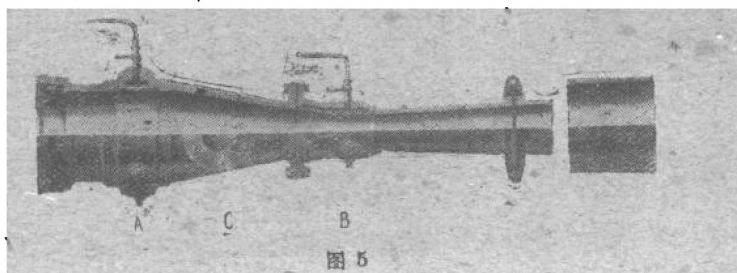
$$Q = K A_1 \sqrt{\frac{2gh}{\left(\frac{A_1}{A_2}\right)^2 - 1}} \dots\dots\dots (4)$$

校正系数 K 可以在不同流速之下，用試驗方法求得，一般为 0.97~0.99。

(三) 文得利管的安装

由于文得利管操作简单，水头损失小，准确性高，即使在小流量时亦能清晰显示流量演变情况，并且适合于一般大口徑水管，最大直徑可达20呎。因此在給水工程上应用很广，象統計原水进水量，可以装在沉淀池进口或出口之处；統計出厂水量，可以装在水系外面；統計街道上某段輸水干管的流量，可以装在該水管上。

图 5 系 300 公厘口徑文得利管的平面与半剖面图。 A 系进口部分，与水管接口处采用承插式或法萊式，視实际需要而决定。 B 系喉管内鑲黃銅或其他硬質金属制成的套管，目的使其耐磨，不易因日久而減小断面。 C 系法萊孔，供視察或清洁之用。在 AB 二处各有二个小孔，安装时应使其在同一水平面上。取



AB 二处的各一个小孔，一般用 13 公厘小口徑的白鉄导管与自动記錄仪器或液体比压計联接。小导管口徑的大小及配件多寡

等与仪器的准确性无十分影响。由进口处引出的小导管为高压管或称正室；由喉管处引出的小导管为低压管或称负室。其余在頂上的二个小孔作为排除空气之用。

(四) 文得利管的使用

水厂内的文得利管都联接自动记录仪器的。这种自动记录仪器具有铝制圆盘，圆盘中心有一轉軸，轉軸上有轉子，用作带动记录卡紙。这轉軸由同步电动机經過减速齒輪箱带动的。这类自动记录仪器可以记录全日流量，显示瞬时流量演变情况。有的仪器上面还装有轉数表，可以记录流量的总和。使用这类自动记录仪器时在操作上要注意下列五点：

(1) 每天要准时更换记录卡紙。換卡紙时先将记录笔尖向外反轉，然后松下轉軸上之螺帽。新卡紙換上后，再将螺帽旋上，记录笔尖須貼着卡紙。

(2) 记录笔尖內的墨水时常加注，勿使过多，勿使中断。笔尖与卡紙接触情况不好，可将笔杆稍稍向內弯曲。

(3) 假使自动记录仪器內的时鐘不是电鐘，則要把时鐘的发条准点上妥不使记录中断。若为电鐘，停电以后应校正時間。

(4) 文得利管上的放气閥及自动记录仪器上的放气閥均应定期开启一次，将内部空气排除。

(5) 如遇断水或檢修等情况应先将文得利管上的高压及低压的閘門閥关闭。然后关闭自动记录仪器上的高低压的导入閥，并切断电源。在恢复使用之前，先在文得利管上放气，再开启自动记录仪器上的放气閥，俟空气排除后，再通电源使记录开始。

街道上的輸水干管利用文得利管来計算流量时，普通是不

联接自动记录仪器的。这类文得利管都安装在地下窖井内。计算流量时只要把文得利管的高低压处的二根小导管联接液体比压计,测量二端水位差,根据公式(4)演算之即得流量。

(五) 液体比压计

液体比压计是利用U形管的原理来测量文氏管进口处及喉管处由压力差所产生的偏斜。它有二根玻璃管,上下二端各

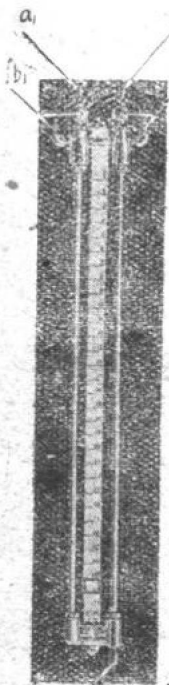


图 6

与金属铸件相联接并固定于木座上,如图6所示。上端金属铸件装有四只考克, $a_1 a_2$ 作为灌注液体,排泄空气; $b_1 b_2$ 作为联接文氏管二小导管之用。下端金属铸件内有一通道连接左右二根玻璃管,使其组成U形管,其底部装有一只螺絲塞头c,作为放掉液体之用。

使用时以小漏斗置于考克 $a_1 a_2$ 上。开启考克 $a_1 a_2 b_1 b_2$,然后从小漏斗内灌注液体入于这两根玻璃管内。灌注时玻璃管内的空气得从考克 $b_1 b_2$ 自由地逸出。液体灌注量通常为半管,这样产生的偏斜为最大,等于管长。液体灌满半管后,关闭考克 $a_2 b_2$,开启考克 $a_1 b_1$,以橡皮管与考克 b_1 联接通水后,多次地开启、关闭考克 b_1 ,这样左管内的空气能完全从考克 a_1 排除。关闭 $a_1 b_1$,开启 $a_2 b_2$ 以同样方式排除右管内的空气。放泄空气时应注意勿使液体从考克 $a_1 a_2$ 中逸出。

使用完毕后,开启螺絲塞头c,放掉液体,藏妥,备下次应用。

玻璃管在每次用过后,应卸下以刷子清洗,使再注时,液体能貼靠玻璃管的表面,便于看清毛细管作用,令讀数准确。

灌注的液体与测量的流速有关,当测量低的流速时应用比重小的混合液体,测量高的流速应用比重大的液体。文得利管都裝在干管上,压力比較高,因此液体比压計內常用的液体为水銀。水銀比純水重 13.6 倍,因此在測量同样的压力时,水銀比压計的玻璃管要比其他比重小的液体的玻璃管短得多,結果使仪器攜帶方便。

对于自动記錄仪器所記錄的流量是否准确,可利用水銀比压計来校核。

液体比压計所用的其他比重較小的混合液体可參閱第二章第四节。

(六) 例 題

(1) 有一文得利管进口处的直徑为 25 公分,喉管处的直徑为 12.25 公分,高低压处水头差用水比压計測得为 6.0 公尺,求該文得利管的流量每秒为多少公升,假定系数 $K=0.985$ 。

[解] 代入公式(4)

$$\begin{aligned}
 Q &= K A_1 \sqrt{\frac{2gh}{\left(\frac{A_1}{A_2}\right)^2 - 1}} \\
 &= 0.985 \times \frac{\pi}{4} \times \left(\frac{25}{100}\right)^2 \sqrt{\frac{2 \times 9.81 \times 6}{\left[\frac{\frac{\pi}{4} \times \left(\frac{25}{100}\right)^2}{\frac{\pi}{4} \times \left(\frac{12.25}{100}\right)^2} - 1\right]}} \\
 &= 0.985 \times 0.7854 \times 0.0625 \times \sqrt{\frac{117.72}{16.3}}
 \end{aligned}$$

$$Q = 0.13 \text{ 公尺}^3/\text{秒}$$

$$= 130 \text{ 公升/秒}$$

(2) 若題(1) 高低压处水头差用水銀比压計測得为 20 公分(图 7), 求該文氏管的流量为多少。

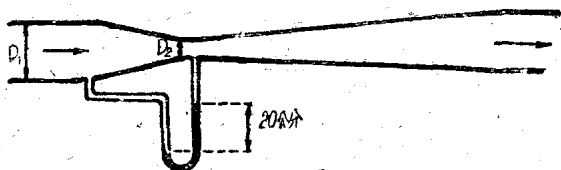


图 7

[解] 代入公式(2)

$$h = \frac{p_1}{w} - \frac{p_2}{w} = 0.20 \times 13.6 - 0.20 \times 1 = 0.20(13.6 - 1)$$

$$= 2.52 \text{ 公尺}$$

$$Q = 0.985 \times 0.7854 \times 0.0625 \times \sqrt{\frac{2 \times 9.81 \times 2.52}{16.3}}$$

$$= 84.08 \text{ 公升/秒}$$

第二章 毕托管

(一) 原理与构造

在图 8 上有 4 根小口径的管子以不同形式插入有压力的水管中。假使此时水管的流速等于 V ，并且水管内壁很光滑，水管无弯曲，则我们可以看到下面四种情况：

(1) 当 a 管恰巧插入压力管的管壁时，则 a 管的水位随水的流速而上升，其高度为 $\frac{p}{w}$ ，即等于压力管的动水头。

(2) 当 b 管插入水管中心，弯脚孔口逆水流方向，则 b 管的水位上升的高度为 $\frac{p}{w} + \frac{V^2}{2g}$ ，即上升高度比 a 管高一个速度水头 $\frac{V^2}{2g}$ 。

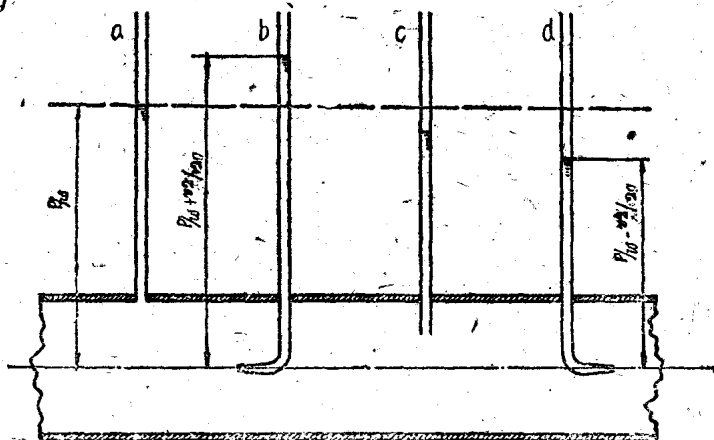


图 8

(3) c 管插入水管內, 介于 $a b$ 二管之間, 开口向下, 則其上升高度比 a 管为低。

(4) d 管插入水管中心, 弯脚孔口順水流方向, 則 d 管的水位上升的高度为 $\frac{p}{w} - \frac{V^2}{2g}$, 即上升的高度比 a 管低一个速度水头。

对于水位上升高度多少可用伯諾里方程式来解答, 詳細說明可參閱水力学, 这里不另作介紹。

这个实验証明了插入压力管的小管子的口徑及孔口大小均与水位上升的高度无关。

若 $b d$ 二管合并使用就成为最簡單的测量压力管流速的仪器。1730 年由毕托氏首先应用。为了紀念創造者, 把 $b d$ 二管称为毕托管。

选择 $b d$ 二管的原因为:

(1) 假使单独使用 b 管或 d 管, 結果测量到的数值只为 $\frac{p}{w} + \frac{V^2}{2g}$ 或 $\frac{p}{w} - \frac{V^2}{2g}$ 。由于 $\frac{p}{w}$ 为动水头; 在压力管中經常要变化, 因此不能得到准确的流速。倘 $b d$ 二管合并使用以后, 我們可以测量 $b d$ 二管的水位差, 这样就与动水头无关了。两管内的水头差为

$$\left(\frac{p}{w} + \frac{V^2}{2g}\right) - \left(\frac{p}{w} - \frac{V^2}{2g}\right) = 2 \frac{V^2}{2g}$$

即等于速度水头的两倍。和速度水头成正比之速度, 并不是由液体比压計 U 形管中水位差 H 所产生, 而是由比压計刻度的零点起之 h 所产生(見图 9), 这样便能更准确地測出速度水头。

如此, 对于上述結構的毕氏管, 速度水头值根据两管中液体对 $O-O$ 平面平衡之方程式导出, 将为

$$\frac{V^2}{2g} = (S-1)h$$