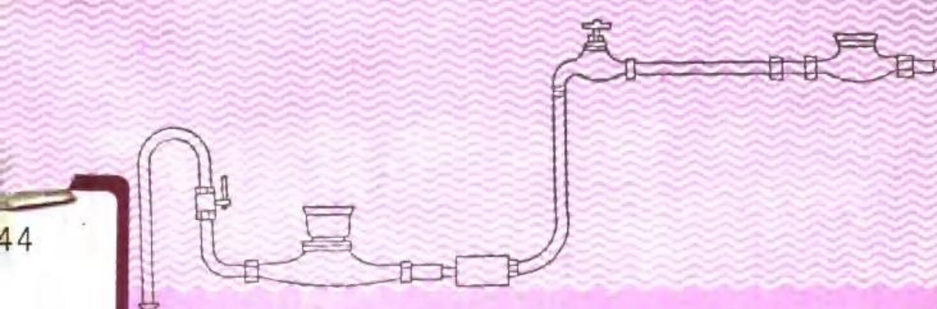


计量检定参考丛书

水表及其检定

张泰丰 编著



44

中国计量出版社

内 容 提 要

本书是国家计量检定规程《水表及其试验装置》、《水平螺翼式水表》、《高压水表》、《热水表》的检定参考书。

全书简要地阐述了各种水表的分类、结构原理,特殊型水表,水流量标准装置及水表试验装置,水表的检定和误差处理方法,水表的安装、使用维修,出厂水计量及水源的稳压等内容。

可供从事水表计量工作的技术人员、检修人员及管理人员参考使用。

计量检定参考丛书

水 表 及 其 检 定

张泰丰 编著

责任编辑 徐鹤

—*

中国计量出版社出版

北京和平里西街甲2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 7.125 字数 160 千字

1990年12月第1版 1990年12月第1次印刷

印数 1—10 000

ISBN 7-5026-0368-9/TB·301

定价 4.20 元

编 者 的 话

按照《计量法》规定，水表属于强制检定计量器具，计量准确与否，直接影响到厂矿企业的经济效益和贸易结算。目前，我国能源严重短缺，合理利用水资源也是亟待解决的问题。国家一再号召工、农业生产和人们日常生活中都要节约用水，这就更显出水表计量的重要性。

本书是国家计量检定规程《水表及其试验装置》、《水平螺翼式水表》、《高压水表》、《热水表》的检定参考书，除着重介绍上述规程中有关的内容外，还吸收了国内外的先进技术，较系统地介绍了各种水表的分类、结构原理，特殊型水表，水流量标准装置及水表试验装置，水表的检定和误差处理方法，水表的安装、使用维修，出厂水计量及水源的稳压等内容。编写本书是作者从事水表技术工作二十多年来积累的资料和实践总结，因此取材料可靠，技术实用。本书出版后，希望对从事水表计量工作的技术人员、检修人员及管理人员能 中得到有益的帮助。

在本书的编写中，曾得到上述三种国家计量检定规程起草小组成员及其单位的热情支持和配合，还得到水表行业有关同志、中国计量科学院流量室副研究员苏彦勋同志、上海工业自动化仪表研究所流量室高级工程师吴安意同志及水表国家标准的起草执笔者洪恩剑高级工程师、宁波水表厂总工程师姚善宸同志、岳盛松同志、上海自来水公司水表厂总工程师应启明同志等的指导和帮助，在此一并表示最衷心的感谢。另外在水表试验装置的试验研究中，宁波流量仪表厂也

曾给予了热情的支持和帮助。

本书编写后，又经国家技术监督局法规处高级工程师李洪岭同志审定。

鉴于本人学识所限，书中难免存在缺点和错误，恳请广大读者予以指正。

编 者

1989年3月

目 录

第一章 概述	(1)
§ 1-1 水表的发展概况	(1)
§ 1-2 水表的分类	(3)
§ 1-3 水表的基本理论	(9)
第二章 旋翼式水表	(16)
§ 2-1 结构原理	(16)
§ 2-2 翼轮的旋转	(29)
§ 2-3 水头损失及其测试	(33)
§ 2-4 感度	(42)
§ 2-5 流量-误差曲线	(45)
§ 2-6 调整器和调整方法	(50)
§ 2-7 水表的性能调试	(54)
§ 2-8 翼轮盒对水表性能稳定性影响的因素分析与 试验	(60)
§ 2-9 水压与误差	(63)
§ 2-10 水温与误差	(67)
§ 2-11 干式表与湿式表的比较	(67)
§ 2-12 单流束水表与多流束水表的比较	(69)
§ 2-13 零部件的材质	(70)
§ 2-14 水表的计量能力	(71)
§ 2-15 水表的使用寿命	(72)
第三章 水平螺翼式水表	(79)
§ 3-1 结构原理	(79)
§ 3-2 计量能力	(87)
§ 3-3 特性曲线	(88)

第四章 特殊型水表	(91)
§ 4-1 分流型文丘里水表	(91)
§ 4-2 圆盘式水表	(96)
§ 4-3 活塞式水表	(98)
§ 4-4 热水表	(100)
§ 4-5 检查用水表	(103)
§ 4-6 定量水表	(106)
§ 4-7 立式水表	(109)
§ 4-8 电子水表	(109)
§ 4-9 高压水表	(111)
第五章 水表试验装置	(115)
§ 5-1 水表试验装置与水流量标准装置	(115)
§ 5-2 水表试验装置结构原理	(117)
§ 5-3 水表试验装置的技术要求	(129)
§ 5-4 水表试验装置的检定	(132)
§ 5-5 水表试验装置的比对	(135)
第六章 水表的检定和误差处理	(145)
§ 6-1 水表的技术要求	(145)
§ 6-2 水表的检定	(151)
§ 6-3 水表的串联检定	(162)
§ 6-4 水表检定的误差处理	(172)
§ 6-5 水表全性能试验	(176)
第七章 水表的安装、使用和维修	(185)
§ 7-1 压力变化的影响	(185)
§ 7-2 位置倾斜的影响	(186)
§ 7-3 连续计量与不连续计量	(188)
§ 7-4 水中混有空气的影响	(188)
§ 7-5 水表的安装方法及安装位置	(191)
§ 7-6 水表的使用和维修	(195)
第八章 水厂进、出水计量	(201)

§ 8-1 概述	(201)
§ 8-2 出厂水计量的几种方法	(201)
第九章 水源的稳压	(206)
§ 9-1 稳压的依据	(206)
§ 9-2 稳压法的几种结构型式	(206)
§ 9-3 压力和流阻的稳定	(212)

第一章 概 述

§ 1-1 水表的发展概况

水表是一种流量仪表，是正确计量和合理分配水资源的计量器具，是量大、面广与国计民生关系密切的法制计量项目之一。因此，深入研究水表是极其必要的。

水表的发展有一个较长的过程。早在 1630 年著名的物理学家伽利略就开始有关水问题的研究。中间经过托里西利及牛顿时代，到 1738 年伯努利发表了液体平衡及运动理论，对水力学有着较系统的研究。直到 18 世纪末希蔡和布娄尼又确定了水的流速与流量关系的公式，这一切都为水表的产生奠定了理论基础。尔后，随着欧美各国自来水事业的发展，对如何正确计量水量提出客观要求，由此进一步引起用机械结构来计量水量的研究。

1825 年英国克路斯取得了平衡罐式水表的专利，其结构原理如图 1-1 所示。该水表有两个容积相等的罐，中间有一转轴，使两罐处于平衡状态，水自上而下注入其中的一个罐后，由于重量增加，则自动下垂，倾出其中的水。与此同时，另一罐移到接水位置，这样往复操作，就能连续运转计量。

1852 年托马斯肯尼第发明了单活塞水表，如图 1-2 所示。该水表的直立计量筒 A 内装一附有橡皮环的活塞 B，活塞杆 D 上的齿条 F 与齿轮 E 相啮合，齿轮 E 轴一端与计量指示器相连，另一端连接重锤。当水依次由计量筒上方及下

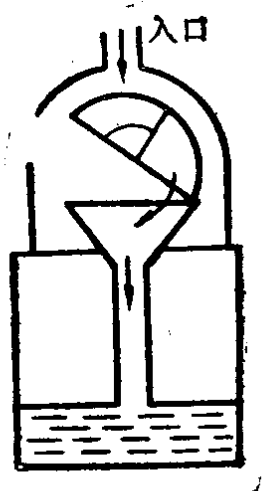


图 1-1

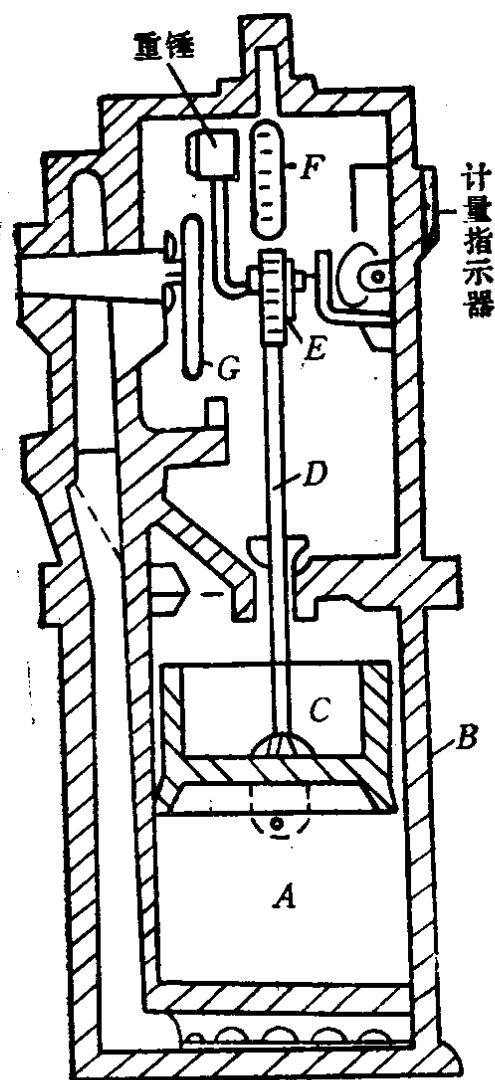


图 1-2

方流入计量筒时，推动活塞上下运动，活塞杆上齿条 F 即转动齿轮 E ，齿轮 E 拨动计量指示器进行记录，并运转重锤击转进水阀 G ，使其相应地开闭上下进水通路。这种水表，因其计量准确、工作可靠而风行一时，直到现在仍有个别场所使用。

又经过一段时间的研究，由容积式水表发展到速度式水表。相继由西德、英国、日本开始制造水表。

我国的自来水事业始于 1879 年（清光绪五年），当时的军阀李鸿章为操纵海军，在旅顺口建造水厂。1882 年英殖

民主义在上海建立第二个水厂。接着，一些沿海城市如天津、青岛、汉口、汕头、北京、广州、南京等也相继建水厂。直到30年代，当时的上海光华机械厂（即现上海光华仪表厂前身）、杭州震旦机器厂、天津联品机器厂（现天津自动化仪表三厂前身）等，从国外进口部分零件生产水表，当时全国水表的年产量仅几千只。

解放后，随着城市自来水事业的发展，水表也相应地发展起来。1955年上海自来水公司已开始生产水表。1958年宁波水表厂也开始生产水表。从1960年起，我国水表行业着重发展小口径多流束旋翼湿式冷水水表和水平螺翼式水表。1965年起全国水表行业对小口径水表搞统一设计，以提高水表产品的系列化、通用化、标准化程度。从此全国各自来水公司都使用国产统一设计的水表，改变了过去那种殖民地处境“万国水表”检修难的状况。同时，也促进了全国自来水计量工作的发展。

近几年来，我国的自来水事业和水表生产发展迅速，经初步统计仅专业自来水厂就有600多家，自来水的日生产能力超过4000万吨，供水管道长达5万公里。水表生产厂100多家（其中骨干厂30多家），年产水表超过500万台，为国家创利几千万元。水表的品种也不断增加，除统一设计产品外，尚有热水表、远传表、定量表、磁传表、旋转活塞水表、单流束水表、分流水表、插入式水表等，相继投放市场，满足国内需要，同时，还投入国际市场。

§1-2 水表的分类

水表的品种很多，分类方法也很多。按照国际标准ISO-4064/1的建议，主要适用于下述定义的水表：采用直接机械方法，包括利用带活动壁的容积室，或水速作用于可动部

件（涡轮、叶轮）的旋转速度来连续测定流过的水体积的积算流量仪表。因此，这里的品种分类也局限在上述范围。用于水计量的其他品种归于别的类型流量计。

一 水表的分类

1 按作用原理可分为：

(1) 容积式 当活塞或圆盘等测量元件在水流的驱动下运动时，由测量元件形状所限定的一定容积的水通过水表，与测量元件相连接的计数机构记下测量元件运动次数，运动次数与测量元件所限定的容积的乘积就是通过水表的总水量。容积式水表的典型产品为旋转活塞式水表，以英国 BBC KENT 公司的产品为代表，英国、澳大利亚、瑞典、法国等国家使用较多。这种水表的口径一般为 (13) 15、20、25、32、(30)、40 mm（如 BBC KENT 公司 PSM 型水表），最大可到 150 mm（如 BBC KENT 公司 Helix 2000 型水表）。

(2) 速度式 水以某一流速驱动翼轮，使翼轮转动，翼轮的转数与水的流速成正比（也与通过水表的水量成正比），通过累积翼轮的转数而得出通过水表的水量。速度式水表中，典型的产品为：

a. 旋翼式水表 西德 BOPP and REUTHER 公司的产品比较好，西德、苏联、日本、中国等使用较多。该种水表的口径一般 (13) 15、20、25、32(30)、40 mm（如 B and R 公司 OPTIMA 2000 型水表），最大可达 400 mm（如日本东精工株式会社 DW 型水表）。旋翼式水表又分为单流束（计量室中设有叶轮盒，如日本株式会社金门制作所 PB 型水表）和多流束（计量室中有叶轮盒，如 B&R 公司 OPTIMA 2000 型水表）两种。

b. 水平螺翼式水表 (Woltmann Meter)，又称伏特曼

· 水表。这种水表流通能力大、压损小，适合于大口径自来水管路中使用，如水源计量、自来水干管水量的计量，以及工业上自来水的计量等。西德 B&R 公司的产品比较好，国际上大部分国家都使用它。该种水表的口径一般从 50~500mm（如西德 B&R 公司 SERIES 2000 型水表），最大可到 900 mm（如日本株式会金门制作所 SW 型水表。）

2 按水表计数器是否浸在被测水中，可分为：

（1）湿式水表 水表计数器浸在被测水中，表盘是“湿的”。

（2）干式水表 水表计数器不浸在被测水中，表盘是“干的”。

（3）液封式水表 介于干式和湿式之间，表盘与表玻璃之间充以“特殊液体”。

3 按计数器指示型式，可分为：

（1）指针式；

（2）字轮式；

（3）指针加字轮式。

4 按用途可分为：

（1）家用（民用）水表：一般口径为 40 mm 以下；

（2）工业用水表；

（3）消防用水表；

（4）检查用水表；

（5）标准水表。

5 按被测水温可分为：

（1）冷水水表；

（2）热水水表。

6 按被测水压可分为：

（1）普通型水表；

(2) 高压水表。

7 按水表表头型式可分为：

- (1) 就地指示型水表；
- (2) 远传型水表；
- (3) 定量型水表。

其他还有复式水表、分流式水表等。

根据我国的具体情况 & 传统使用习惯，我国多采用速度式水表，即有：小口径湿式、大口径湿式、水平螺翼湿式、水平螺翼干式。其中，小口径水表一般为 15~40 mm 旋翼多流湿式；大口径水表 50~150 mm 一般为旋翼多流湿式；口径 50~400 mm 一般为水平螺翼式水表（推荐为湿式）。另外部分厂家还生产旋转活塞水表、远传水表、磁传水表、定量水表、分流水表、垂直螺翼式水表、高压水表、热水表、标准水表、电子水表等。宁波水表厂近几年开始生产 LXLC-50~500 干式冷（热）可拆卸螺翼式水表。

据了解，近几年来，如美国等传统使用容积式水表的国家也开始向速度式水表发展。

速度式和容积式水表的特点分别为：

(1) 速度式 a. 结构简单；b. 价格便宜；c. 感度灵敏（口径 15 mm 水表国际先进水平为 4~6 L/h，国内可达 7 L/h）；d. 修理调试较方便；e. 对水质要求低。

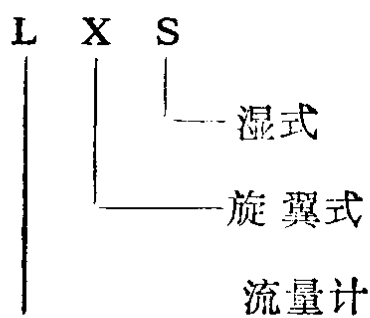
(2) 容积式 a. 结构较复杂，零部件精度要求高；b. 价格较高；c. 感度灵敏（口径 15 mm 水表国际先进水平可达 2~3 L/h，国内可达 5 L/h）；d. 修理调试较复杂；e. 对水质要求较高（如遇砂粒进入测量室，则水表卡死，不能运转）。

二 水表型号的含义

目前我国生产的水表，经国家定型的基本上有两种，即

旋翼式和水平螺翼式水表。其它型号如旋翼立式水表、字轮式水表、水平螺翼立式水表等，都是在这两种水表基础上发展起来的，可以说是这两种水表的发展和继续。

1 LXS 型旋翼湿式水表



(1) LXS—15~50

基型、七位指针、组合叶轮、标度 IL。

(2) LXS—15 A~40 A

A型、七位指针、整体叶轮、标度 IL。

(3) LXS—15 B~40 B。

B型、八位指针、组合叶轮、标度 0.1 L。

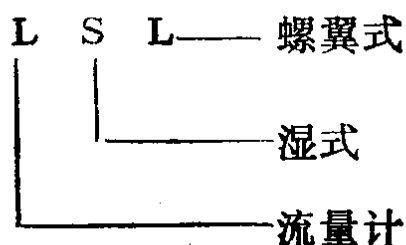
(4) LXS—15 C~40 C

C型、八位指针、整体叶轮、一次成型叶盒、可脉冲发讯、标度 0.1 L。

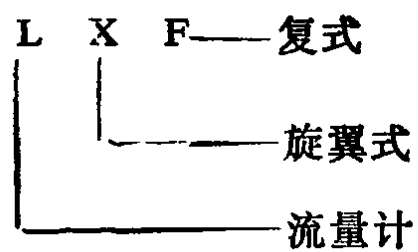
(5) LXS—15 E~40 E

E型、四位指针、四位字轮、整体叶轮、一次成型叶盒、可脉冲发讯、标度 0.1 L。

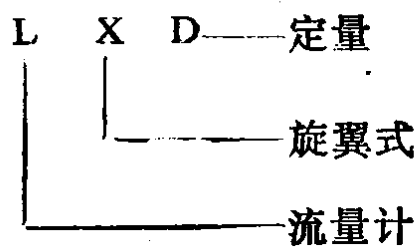
2 LSL 型水平螺翼式水表。



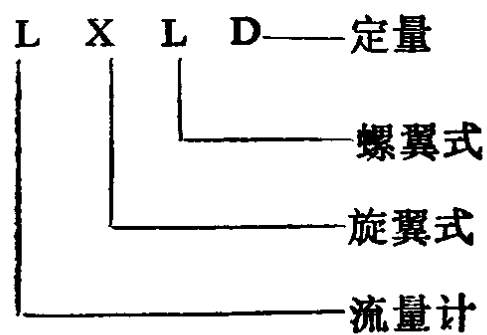
3 LXF 型翼轮复式水表



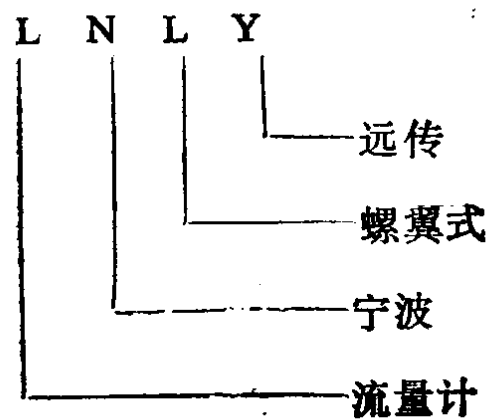
4 LXD 型定量水表



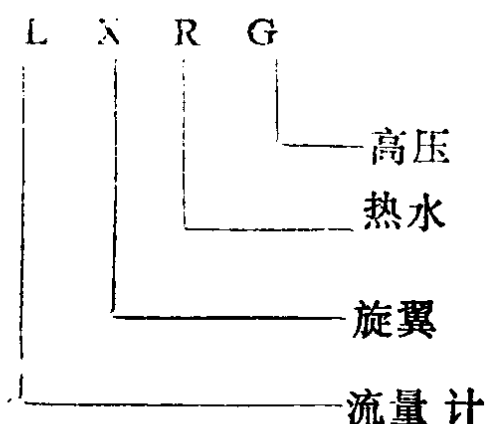
5 LXLD 型定量水表



6 LNLV 型水平螺翼式远传水表



7 LXRG 型垂直旋翼式高压水表



§ 1-3 水表的基本理论

一 喷孔中喷水速度

水力学的理论与真空中物体自由落下的理论类同。假设在地面上某高处放置一物体，如将其支架除去，使该物体自由落下，其加速度为 $g(\text{m/s}^2)$ ， $g=9.8 \text{ m/s}^2$ ，故 t 秒钟后该物体的速度为：

$$v = gt$$

若 t 秒钟通过的距离为 L ，则

$$L = \frac{1}{2}gt^2$$

由上式可得出

$$v = \sqrt{2gL} \text{ 或 } L = \frac{v^2}{2g}$$

从上式可以看出，速度 v 与距离 L 的平方根成正比。

水流的理论速度，1664年由托里拆利所发现，即自喷孔中喷出水的理论速度，与自该喷孔上水头等高度的物体在真空中落下的速度相同。现证明如下：图 1-3 表示一向上垂直喷水的喷孔装置。其所喷出水的实际高度，由于空气阻力和喷口的摩擦阻力达不到容器中的

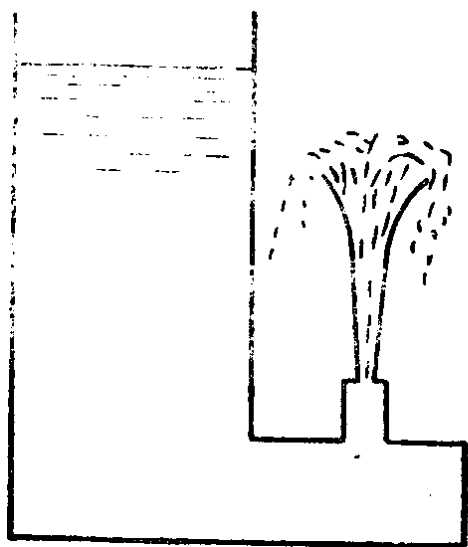


图 1-3

水位，假如减去空气阻力及喷口等处摩擦阻力，则可达到容器中的水位。然而物体自下向上升到某一高度后，即呈静止状态。此刹那间的速度，与等高度静止的物体开始下落的情况相同。如以

$h =$ 水头

$v =$ 自喷孔喷出的速度，则可得出下式

$$v = \sqrt{2gh} \quad (1-1)$$

$$h = v^2 / 2g$$

式 (1-1) 等式前，表示该水头初起时的理论速度，等式后表示由速度而产生的理论水头。一般的速度水头皆以 $v^2 / 2g$ 表示，亦即在任何摩擦阻力的情况下，喷出水垂直上升的高度。为便于了解压力水头与速度水头的区别，一般多用图 1-4 表示。若 H 为有效水头：

$$H = h + \frac{v^2}{2g}$$

$$v = \sqrt{2gh}$$

式中 h 为压力水头。

$v^2 / 2g$ 为速度水头，即喷孔的有效水头等于压力水头及速度水头之和。如以 p 为压力、 γ 为单位体积液体重量（即重度）以 p/γ 代入式 (1-1) 中的 h ，则得任何液体对于喷孔的理论速度。如下式：

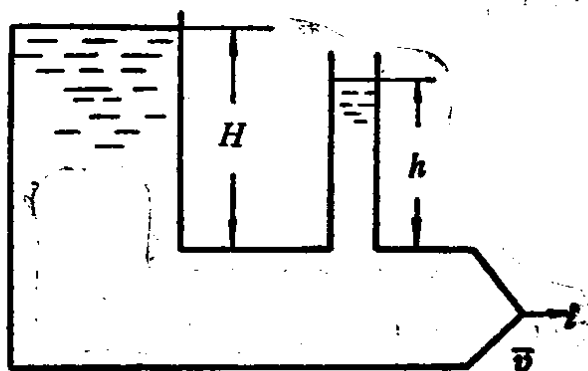


图 1-4