

本书是煤矿中等专业学校矿井建筑专业“通风设备与排水设备”课程的试用教材。

本书阐述了矿山涡轮机的理论基础，着重介绍矿井建设时期使用的各种通风设备和排水设备的工作性能、构造、进行技术和选择计算。

通风设备与排水设备

阜新煤矿学院编

*

煤炭工业部书刊编辑室编辑(北京东长安街煤炭工业部大楼)

中国工业出版社出版(北京佟麟阁路丙10号)

北京市书刊出版业营业许可证出字第110号

中国工业出版社第一印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行·各地新华书店经售

*

开本 $787 \times 1092^{1/32}$ ·印张 $5^{15/16}$ ·插页3·字数111,000

1961年7月北京第一版·1964年8月北京第三次印刷

印数1,594—2,138·定价(科四)0.68元

*

统一书号: K15165·629(煤炭-29)

中等专业学校教学用书

通风设备与排水设备

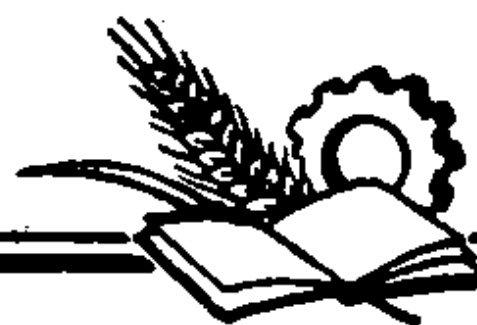
阜新煤矿学院 编

只限学校内部使用



中国工业出版社

中等专业学校教学用书



通风设备与排水设备

阜新煤矿学院 编

中国工业出版社

目 录

緒 言

第一篇 矿用渦輪机的理論基础

第一章	流体力学基本知識	9
第1节	流体的主要物理性質	9
第2节	水靜压力及其特性	12
第3节	水靜力学基本方程式	13
第4节	測压仪器	15
第5节	流量和平均流速	18
第6节	液流的連續性方程式	19
第7节	流体的三种能量	20
第8节	液流的伯努利方程式	21
第9节	伯努利方程式的实际应用	23
第二章	矿用渦輪机的理論基础	26
第1节	渦輪机的分类、作用原理及其机构	26
第2节	渦輪机运轉特性的概述	31
第3节	渦輪机的基本方程式	32
第4节	渦輪机的理論单独特性曲綫	36
第5节	渦輪机的实际特性曲綫	40
第6节	管网特性曲綫及其等积孔	44
第7节	渦輪机的工况	47
第8节	渦輪机的比例定律	49
第9节	渦輪机的标准(无因次)特性曲綫	52

第二篇 矿井通风设备

第三章	矿井通风机在通风管网中的工作	55
第四章	矿井通风机的构造	57
第1节	井筒掘进通风用的通风机	58
第2节	巷道掘进通风用的局部通风机	67
第3节	矿井主要通风用的通风机	87
第五章	矿井通风机的调整	92
第1节	离心式通风机的调整方法	93
第2节	轴流式通风机的调整方法	96
第六章	通风机的联合工作	97
第1节	通风机的串联工作	97
第2节	通风机的并联工作	99
第3节	自然通风对通风机工作的影响	101
第七章	矿井通风设备的电气装置和通风机的试验	102
第1节	通风设备的电气装置	102
第2节	通风机的试验	103
第八章	建井通风设备的选择计算	104
第1节	掘进工作面通风所需风量的确定	104
第2节	掘进通风机的选择	106
第3节	建井通风设备的选择计算示例	109

第三篇 矿井排水设备

第九章	矿井排水设备的概述	114
第十章	离心式水泵在管网中的工作	116
第1节	离心式水泵的工况	116
第2节	离心式水泵的联合工作	119
第十一章	离心式水泵的构造	121
第1节	井筒掘进时使用的离心式吊泵	121

第2节	轉排峒室及临时中央排水設備的高揚程	
	臥式离心水泵	129
第3节	輕便离心巷道式工作面水泵	136
第4节	掘进水平及傾斜巷道时使用的离心式水泵	143
第5节	降低地下水位用的深井离心式水泵	146
第十二章	往复式水泵	149
第1节	往复式水泵的作用原理及其排水量的确定	149
第2节	往复式水泵的特性曲綫及其工況	152
第3节	往复式水泵的构造	152
第十三章	螺旋式(迴轉式)水泵	156
第1节	螺旋式水泵的作用原理	156
第2节	螺旋式水泵的构造	158
第十四章	无传动式排水設備	159
第1节	水力揚水器設備	159
第2节	空气升液器設備	163
第十五章	矿井排水設備的电气装置和自动化	167
第1节	排水設備的电气装置	167
第2节	排水設備的自动化	169
第十六章	建井排水設備的运轉	172
第1节	建井排水設備的管道	172
第2节	建井排水設備的运轉	177
第3节	水泵的試驗	185
第十七章	建井排水設備的选择計算	187
第1节	建井原則排水設備选择計算的原則	187
第2节	建井排水設備的选择計算示例	192

緒 言

我国煤炭工业在党的正确领导下，解放以来有了巨大发展。但社会主义建设事业的持续跃进，工农业生产和人民生活的不斷提高，又要求煤炭产量有更大的增长以适应国民经济发展的需要。因此，进一步加强煤炭工业的生产建设工作，提高煤炭开采和矿井建设的劳动生产率，已成为当前的重要任务。为完成这项任务，必须在党和政府的领导下，认真贯彻执行党的建设社会主义总路线和各项方针，发动群众，大搞技术革新，进一步实现矿井生产过程的机械化和自动化。

矿井通风设备和排水设备在矿井建设和开采中有着重要的作用，它们是保证矿井安全生产的重要机械设备。它们可以保证井下工作人员获得必要的工作条件，免受各种有害气体和矿井涌水的危害。在矿井建设中，通风设备和排水设备，特别是排水设备的正常运转是快速建井的重要条件，因为在矿井建设中，这些设备的故障常常影响掘进工作，甚至有时由于排水设备的故障，使整个掘进工作陷于停顿。

由此可知，正确地选择和使用矿井通风与排水设备，保证这些设备的安全运行，是矿井建设技术人员必需的知識。本课程就是为此目的而设置的。

通风机和水泵都是涡轮机的一种。它们将原动机的机械能转变为流体的全压能以使输送流体，完成矿井通风和排水

的工作。在主要的理論和結構方面，彼此有着密切的关联。因此，本課程首先研究渦輪机的理論基础，介紹流体力学的基本知識，然后分別詳細研究各种矿井通风設備和排水設備的理論、构造、运轉技术和选择計算等問題。并着重叙述矿井建設中使用的适合各种掘进条件的通风設備和排水設備。

第一篇 矿用渦輪机的理論基礎

第一章 流体力学基本知識

流体具有一种不同于固体的性質，即所謂流动性。这就是說，由于流体本身的內聚力很小，即使是作用以很小的外力，也能引起其很大的变形或发生流动。

流体可分为两大类別：可滴流体和气态流体。

可滴流体的抗压力很強，当受外压力作用时，其容积几乎不变，故常称为不可压缩的流体。水泵設備輸送的水，即屬於此类流体。除水之外，尚有石油、酒精及水銀等。

气态流体，具有很大的压缩性。当受外压力作用时，其容积变化甚大，故常称为可压缩的流体。通风机輸送空气，即屬於此类流体。除空气之外，尚有蒸气及其它各种化学成分的气体。

第1节 流体的主要物理性質

表示流体主要物理性質的参数有：容重、密度、压缩性及粘滯性。

容重 流体单位容积所具有的重量，称为容重。容重用 γ 来表示，并且

$$\gamma = \frac{G}{V}, \quad (1)$$

式中 V —— 所論流体的容积；

G —— 該容积流体所具有的重量。

容重的单位，通常以公斤/立方米表示之。当温度为 4°C 时水的容重 $\gamma = 1000$ 公斤/立方米，而在标准状况（当温度为 0°C 及压力为760毫米水银柱）下，空气的容重 $\gamma = 1.2$ 公斤/立方米。

密度 流体单位容积中所具有的质量，称为密度。密度用 ρ 来表示，并且

$$\rho = \frac{m}{V}, \quad (2)$$

式中 V ——所论流体的容积；

m ——该容积流体中所具有的质量。

根据牛顿第二定律，流体的质量可用其重量与重力加速度的比值来表示，即

$$m = \frac{G}{g}, \quad (3)$$

式中 g ——重力加速度，在计算中取为 9.81 米/秒²。

将(3)式之 m 值代入(2)式中，则得出密度与容重的关系：

$$\rho = \frac{\gamma}{g}, \quad (4)$$

即流体的密度等于其容积与重力加速度之比。

压缩性 当作用于流体的压力增加时，流体的容积即行减小，这种性质称为压缩性。流体的压缩性，通常用容积压缩系数 β 表示，它代表压力每增高1大气压时流体容积 V 的相对变化。 β 值可用下式表示：

$$\beta = -\frac{1}{V} \frac{dV}{d\rho}, \quad (5)$$

式中 V ——流体原有的容积；

$\frac{dV}{d\rho}$ ——流体容积的相对变化量（即压力增高 1 单位时流体容积的变化量）。

当温度为 $0\sim 20^{\circ}\text{C}$ 时，水的平均容积压缩系数 $\beta = 0.0000475$ ，此值甚小，故在水泵设备的计算中，一般可认为水是不可压缩的。

粘滞性 流体运动时，其各层之间有相互滑动（图 1），各层的速度皆不相同，因此相邻两层之间就产生了摩擦力。这种摩擦力称为内摩擦力，流体运动时产生内摩擦力的性质，称为粘滞性。

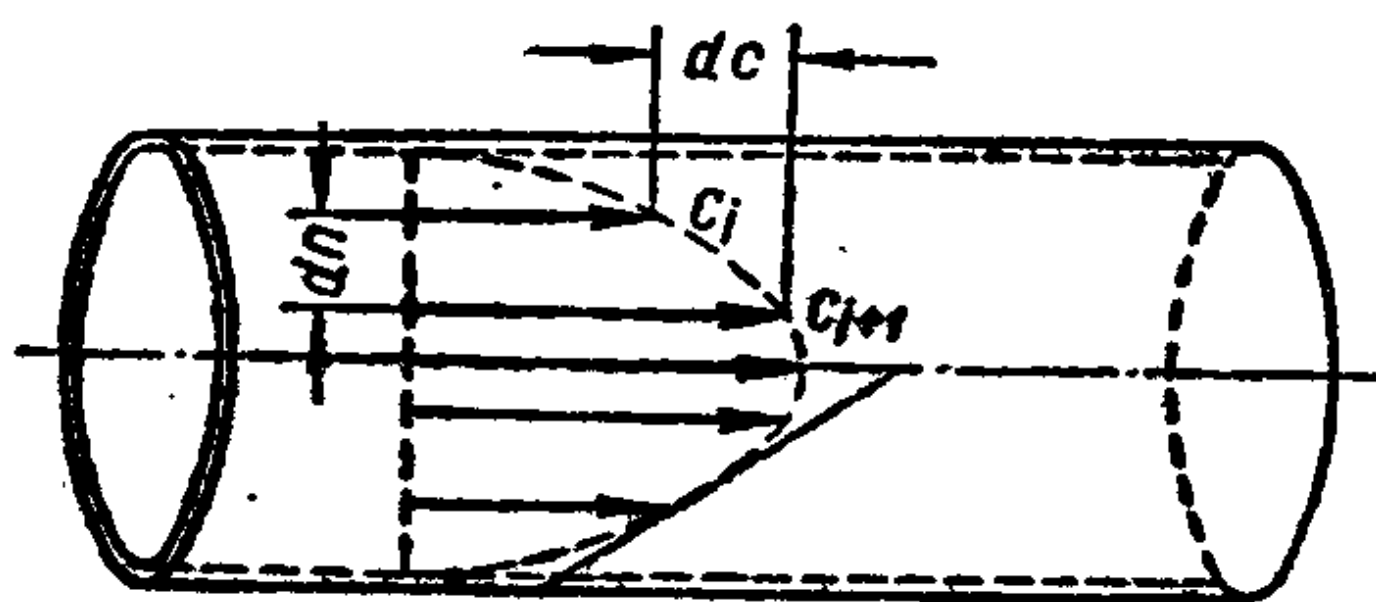


图 1 管中流体速度的分布

按牛顿的内摩擦定律，流体在其各层互相滑动时产生的内摩擦力，是与其各层的接触面积及相对的滑动速度（或速度梯度）成正比。若取接触面积为 1 单位时，则可写成下式：

$$\tau = \mu \frac{dc}{dn}, \quad (6)$$

式中的 μ 值为表示流体粘滞性的动力粘性系数，它乃是单位面积的内摩擦力与垂直于流体运动方向的速度梯度的比值：

$$\mu = \frac{\tau}{\frac{dc}{dn}}. \quad (7)$$

当温度由0至100°C时, 水的动力粘性系数由0.0179变至0.0028。即可滴流体的粘滞性, 是随温度的升高而减小。

当压力变化时, 可滴流体的粘滞性变化甚小, 故在工程计算中, 一般可以忽略不计。

第2节 水静压力及其特性

作用于单位面积上的力 p , 称为压力, 若作用于面积 F (平方米) 上的力为 P (公斤), 则压力 p 为:

$$p = \frac{P}{F} \text{ 公斤/平方米} \quad (8)$$

作用于静止液体内部被划分出来的单位面积上的力, 称为平均水静压力。

在液体内部, 被划分出面积上各点的压力, 原是不同的, 因此更精确地度量压力, 应指微小面积上而言。若作用于微小面积 ΔF 上的微小压力为 ΔP (图2), 则微小面积上的平均水静压力

$$p = \lim_{\Delta F \rightarrow 0} \frac{\Delta P}{\Delta F} \quad (9)$$

这一平均水静压力通常称为某一点的水静压力。

在静止的液体中, 水静压力是永远垂直于液体的受压面的。现在我们来证明这一特性, 设有一容器, 内盛处于静状态的液体(图3)。器壁上 B 点处的水静压力, 用任一方向的矢量 p 来表示, 则压力 p 可分解为二力: 垂直于器壁的力 $p_n = p \sin \alpha$ 和平行于器壁上的力 $p_v = p \cos \alpha$ 。 p_n 与器壁的反作用力相平衡。而 p_v 则必须使紧靠器壁的液体质点向下运动。但这与假设(静止的液体)不符合。因此必定是 $p_v = p \cos \alpha = 0$, 亦即 $\cos \alpha = 0$ 或 $\alpha = 90^\circ$ 。故在静止的液体中, 水静压力的

方向只能是垂直于器壁的。这一結論，对于液体压力所作用的任何位置的平面都是符合的。

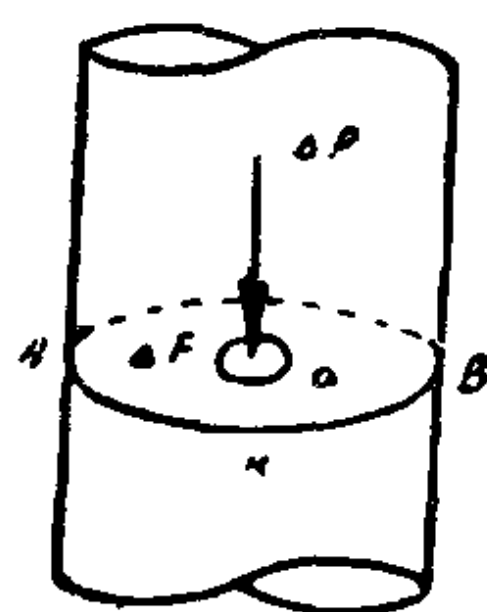


图 2 确定一点的水静压力图

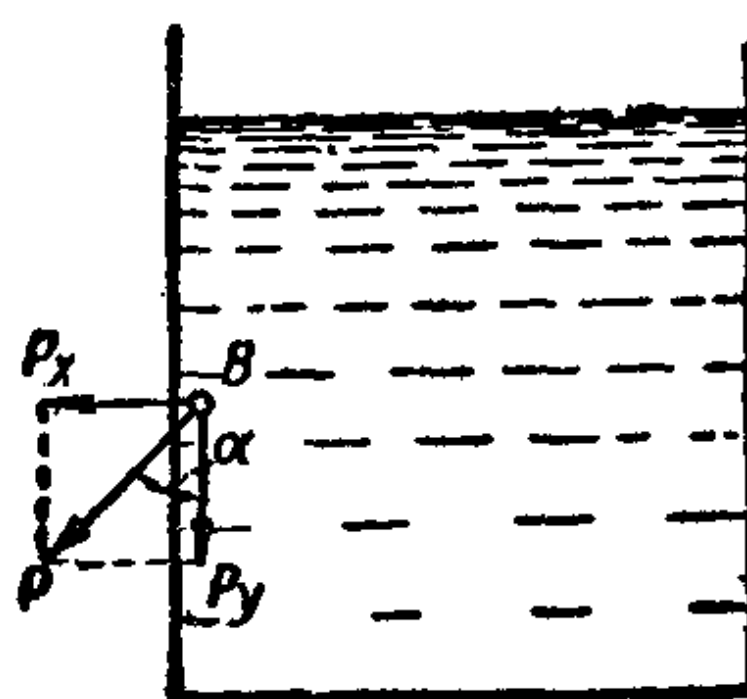


图 3 作用于容器壁上的水静压力

第 3 节 水静力学基本方程式

水静力学基本方程式，是用以計算液体内水静压力的大小的。下面我們来推求这一基本方程式。

假設有一充滿靜止液体的容器(图 4)，在液体内深度为 h 处，取一微小面积 ΔF ，将此面积投影到自由表面后，則得一液体的微小垂直平行六面体 1—2—3—4—5—6—7—8。現在来研究这一六面体的平衡条件。作用在該平行六面体上的力如下：

- 1) 作用在頂面即自由表面上的压力 p_0 ；
- 2) 作用在底面的水静压力 P ；
- 3) 作用在四个垂直面上的水静压力各为 P_1 、 P_2 、 P_3 及 P_4 ；
- 4) 作用于整个平行六面体重心上的重力为 ΔG 。

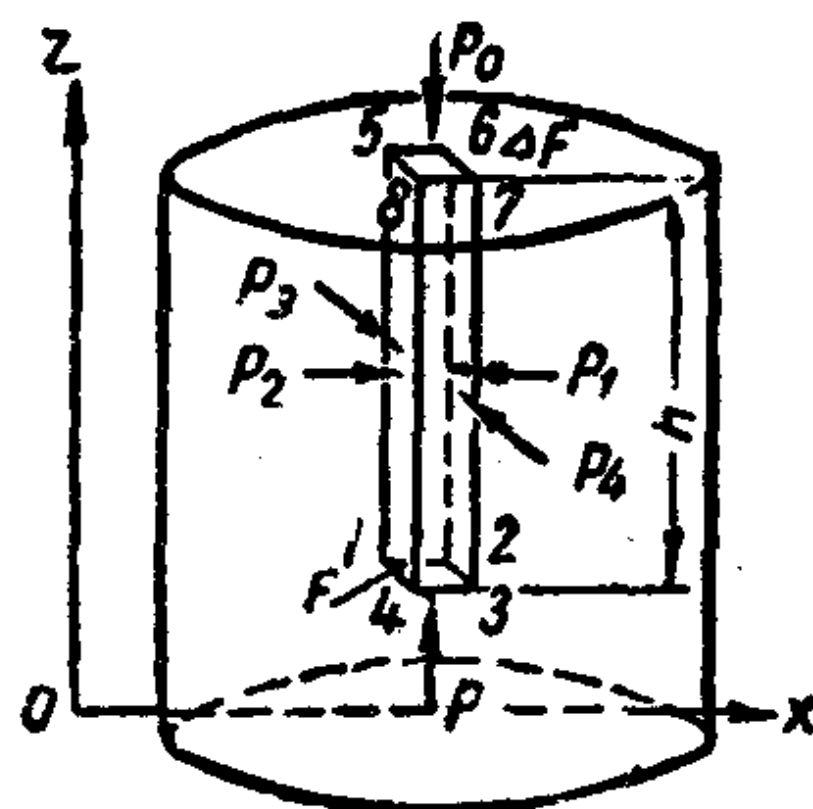


图 4 液体中的水静压力

由于液体处于静止状态，所以作用在四个相等垂直面上的压力 P_1 、 P_2 、 P_3 及 P_4 ，因大小相等方向相反而互相平衡。这样，我们可写出该六面体沿重力作用方向（ z 轴方向）的平衡方程式：

$$P = P_0 + \Delta G.$$

由于

$$\Delta G = \gamma \cdot \Delta F \cdot h,$$

那末

$$P = P_0 + \gamma \cdot \Delta F \cdot h,$$

而压力 $P = P \cdot \Delta F$ 及 $P_0 = P_0 \Delta F$ ，代入上式则得：

$$P \Delta F = P_0 \Delta F + \gamma \cdot \Delta F \cdot h,$$

消去 ΔF 后得：

$$p = p_0 + \gamma h \quad (10)$$

方程式(10)称为水静力学基本方程式。由此式知：液体内任一点处的水静压力，等于自由表面上的压力，加上底面积为1单位、高度为该点在液体内所处深度的液体柱的重量。

例题 将水注入容器中的高度达 $h=30$ 厘米(见下图)，容器底的直径 $D=30$ 厘米，在容器的小直径部放有直径 $d=10$ 厘米的活塞，活塞上的作用力 $P_0=50$ 公斤。求容器底部所受的全压力 P 。

外部压力 $p = \frac{P_0}{f}$ (式中 f ——活塞面积，用平方厘米度量)。

按静力学基本方程式：

$$p = \frac{P_0}{f} + \gamma h = \frac{4 \times 50}{\pi \times 10^2}$$

$$+ 0.001 \times 30 = 0.67 \text{ 公斤/平方厘米}$$

在容器底部上的总压力将为：

$$P = pF = p \frac{\pi d^2}{4} = 0.67 \frac{3.14 \times 30^2}{4} = 473 \text{ 公斤.}$$



第4节 测压仪器

为测量容器内流体的静压力，可采用各种不同的仪器，这些仪器一般可分为液体式的和金属式的两种。

液体测压计 测量高于大气压力的仪器，称为压力计，如图5a所示。将注入某种液体（水银或水等）的U形玻璃管的一端接到封闭的容器上，由于容器中的压力 p 高于大气压力 p_a ，于是管子右侧的液面上升，现在来看 ab 面上的作用力，由于测压液体是处于平衡状态，则测压计左右两侧的压力是相等的，因而 a 面（或 b 面）上的静压力将为

$$p = p_a + \gamma h. \quad (11)$$

式中第二项为压力计上的读数，称为计示压力，计示压力为被测流体的全压力（绝对压力）与大气压力之差 $(p - p_a)$ ，以 p_M 表示之，即

$$p_M = \gamma h \text{ 或 } h = \frac{p_M}{\gamma}, \quad (12)$$

此处的 h 称为液体压力计高度。

因此，为求出容器中流体的绝对压力，应将压力计的读数加上 1 个大气压力。

测量低于大气压的压力时，可使用真空计（或负压计），如图5b所示。通风机产生的负压即用此种仪器来测量。此时测压计的左测液面升高。

与前述相似地得出：

$$p + \gamma h = p_a,$$

即

$$p = p_a - \gamma h. \quad (13)$$

式中第二项为真空计上的读数，称为真空度（或负压），真

空度乃为大气压力与容壁内绝对压力之差。因此，为求得容器内流体的绝对压力，需自 1 大气压减去真空计的读数。

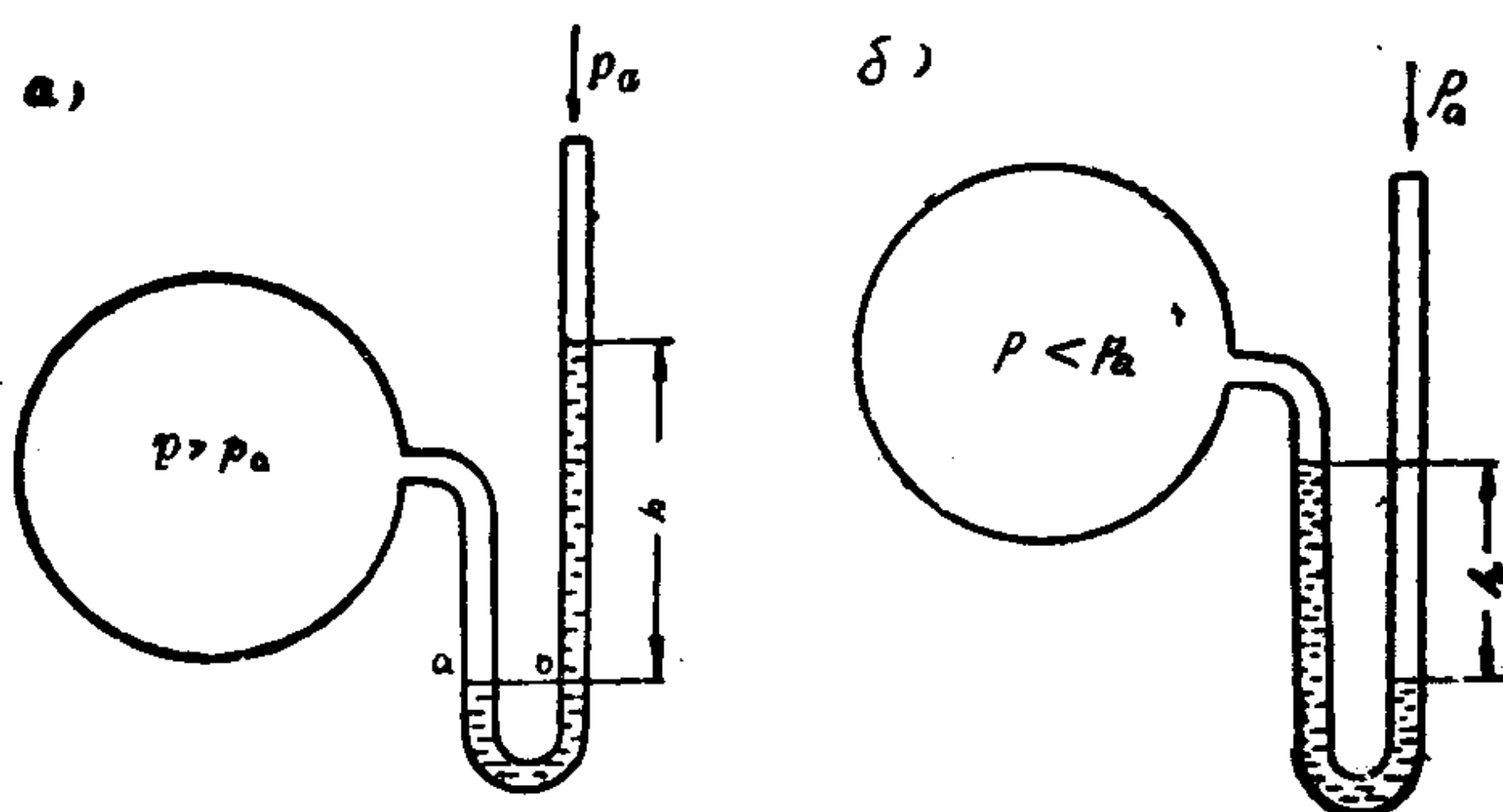


图 5 液体测压计

a—液体压力计；b—液体真空计。

在 1 物理大气压的计示压力作用下的水柱高度为：

$$h = \frac{p}{\gamma} = \frac{10332}{1000} = 10.332 \text{ 米水柱.}$$

与同压力相当的水银柱的高度（温度为 0°C 时）为：

$$h = \frac{p}{\gamma} = \frac{10332}{13595} = 0.76 \text{ 米} = 760 \text{ 毫米水银柱.}$$

在 1 工程大气压的计示压力作用下的水柱高度为：

$$h = \frac{p}{\gamma} = \frac{10000}{1000} = 10 \text{ 米水柱.}$$

同样压力相当的水银柱的高度（温度为 0°C 时）为：

$$h = \frac{p}{\gamma} = \frac{10000}{13595} = 0.7356 \text{ 米} = 735.6 \text{ 毫米水银柱.}$$

由上述可知，液体压力计仅适于测量约等于 1 绝对大气压的压力，当压力高出 1 绝对大气压很多时，由于玻璃管的