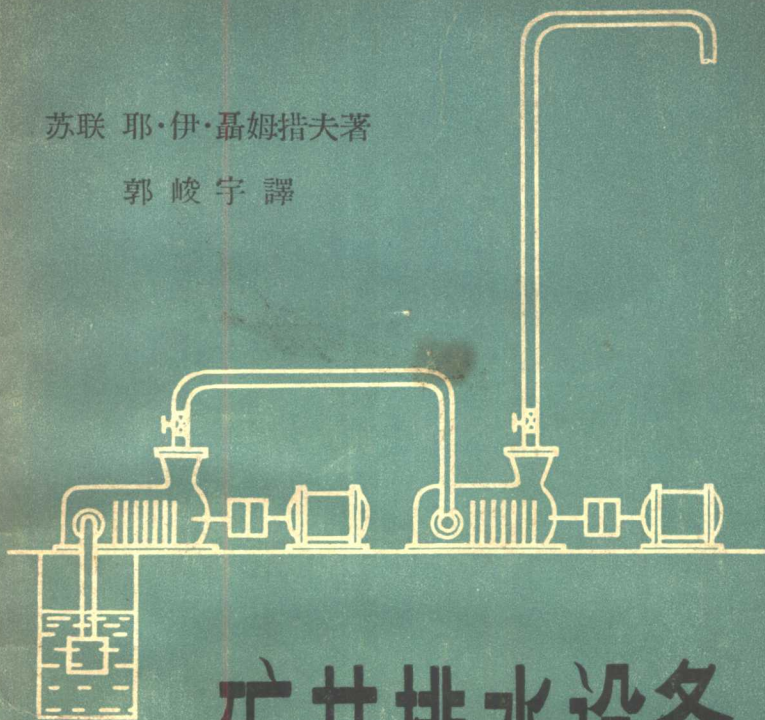


苏联 耶·伊·聶姆措夫著

郭 峻 宇 譯



矿井排水设备

83
5

煤炭工业出版社

內 容 提 要

本書原名“礦井排水設備司機”，是蘇聯煤炭工業部工人幹部處批准的司機訓練班的教材，內容簡明扼要，與實際操作結合得十分密切。

書中介紹了礦井排水設備的工作原理、構造、維護和計算方法，着重地說明了其電力傳動裝置和起動設備的調整和維護，適于供礦山机电工程技術人員、水泵司機、電鉗工等參考。

МАШИНИСТ ШАХТНОГО ВОДООТЛИВА

蘇聯 Е.И.НЕМЦОВ 著

根據蘇聯國立煤礦技術書籍出版社(УГЛЕТЕХНИЗДАТ)

1956年列寧格勒第1版譯

624

礦 井 排 水 設 備

郭 峻 宇 譯

*

煤炭工業出版社出版（地址：北京東長安街煤炭工業部）

北京市書刊出版業營業許可證出字第084號

煤炭工業出版社印刷廠排印 新華書店發行

*

開本 78.7×109.2 公分 1/32 * 印張 5 3/4 * 印字數 106,000

1957年11月北京第1版

1957年11月北京第1次印刷

統一書號：15035·382 印數：0,001—1,500 冊 定價：(10)0.90 元

前 言

煤炭工業是苏联國民經濟的先行部門之一。

到第六个五年計劃終了，苏联的煤炭工業應該每年采出五億九千三百万噸煤炭。

苏共第20次代表大會的指令已經指出了，使煤產量达到这样的增長速度，不僅需要將許多新的礦井与露天礦投入生產，而且要改善現有各种机器与机械的使用情况，更好地組織現有生產礦井的劳动。到第六个五年計劃終了，煤炭工業至少应借提高現有礦井能力，而獲得35%以上的煤。

國民經濟的發展要求煤炭工業的發展先行于其它社会主义工業部門。

煤產量的增長應該建立在一切沉重与笨重生產过程最大程度地机械化、广泛地采用自动裝置以及保證劳动生產率不斷增長的基礎上。

我們的高度机械化的礦井装备有各种各样复雜的电气化設備，排水設備在其中占有一个重要的地位。

随着礦井生產能力的增長，礦井的加深，以及安全与劳动保护要求的提高，要求創制并采用最近代化的排水設備，广泛地采用自动裝置，利用科学技術上的一切成就以达到此目的。具有关于排水設備構造的知識，掌握正确使用排水設備的技能，在現在具有特別重要的意义。

目 錄

前 言

第一章 流体概論.....	5
§ 1. 水与空气的性質.....	5
§ 2. 基本量及其度量.....	6
§ 3. 压力表.....	9
§ 4. 液体对器壁与底的压强.....	11
§ 5. 連通器.....	14
第二章 往复式水泵.....	16
§ 6. 排水設備的發展簡史.....	16
§ 7. 往复式水泵的作用原理.....	18
§ 8. 往复式水泵的吸水高度与排水高度.....	19
§ 9. 根据仪表讀数計算水泵的吸水高度、排水高度和 全揚高.....	23
§ 10. 往复式水泵的排水量.....	24
§ 11. 水泵电动机的功率.....	25
§ 12. 往复式水泵的空气室.....	27
§ 13. 往复式水泵的構造.....	30
§ 14. 往复式水泵的啓动、停止和排水量的調整.....	35
§ 15. 往复式水泵的維護.....	37
§ 16. 往复式水泵運轉时可能發生的故障及其消除方法.....	39
第三章 离心式水泵.....	40
§ 17. 用离心式水泵裝备成的礦井排水設備的主要元件.....	40
§ 18. 离心式水泵的分类.....	42

§ 19. 最簡單的單輪离心式水泵的作用原理与構造·····	43
§ 20. 多水輪离心式水泵·····	46
§ 21. 离心式水泵的吸水高与总揚高·····	49
§ 22. 离心式水泵特性曲綫的常識·····	50
§ 23. 离心式水泵的構造·····	54
§ 24. 礦用离心式水泵的零件·····	68
§ 25. 离心式水泵的附件·····	73
§ 26. 离心式水泵的并聯与串聯運轉·····	76
第四章 排水設備的电动机与电气設備·····	78
§ 27. 感应电动机的構造·····	78
§ 28. 感应电动机繞組的連接·····	79
§ 29. 感应电动机的作用原理·····	82
§ 30. 繞綫式电动机的啓动与調整·····	83
§ 31. 鼠籠式电动机的啓动与反轉·····	86
§ 32. 感应电动机的型式·····	88
§ 33. 电动机繞組的烘乾·····	91
§ 34. 感应电动机可能發生的毛病及其消除方法·····	92
§ 35. 感应电动机的變阻器·····	95
§ 36. 變壓器的構造、原理与用途·····	96
§ 37. 三相變壓器的構造·····	99
§ 38. 排水設備用电动机的啓动設備与保護裝置的常識·····	102
§ 39. 无瓦斯礦井使用的低壓設備·····	103
§ 40. 防爆型手控制或自动控制的低壓設備·····	106
§ 41. 排水設備的高壓設備·····	111
§ 42. 高壓配电箱的主要設備·····	115
§ 43. 礦用电纜·····	117
§ 44. 排水設備与礦井供电系統概述·····	119

§ 45. 排水設備啓動裝置的維護	123
第五章 水泵房与管道	124
§ 46. 水倉与水泵房	124
§ 47. 礦井水的性質及其处理	130
§ 48. 排水管道	131
第六章 排水設備的維護	135
§ 49. 离心式水泵的啓動与停止	135
§ 50. 离心式水泵的維護	138
§ 51. 离心式水泵運轉时的故障及其排除措施	140
§ 52. 有計劃的預防性檢修	143
§ 53. 檢修組織和水泵的裝配与拆卸	145
第七章 排水設備維護工作的組織与先進方法	150
§ 54. 涌水量及其計算方法	150
§ 55. 排水的主要方案	151
§ 56. 排水設備司機工的職責及設備維護組織的基本指示 ..	154
§ 57. 維護礦井排水設備的先進方法	156
第八章 礦山排水設備司機工的劳动安全	157
§ 58. 接地的功用及其構造	157
§ 59. 絕緣与接地情况的檢查	159
§ 60. 安全技術	162
§ 61. 触电的急救	163
第九章 排水設備的自动控制	164
§ 62. 对自动化排水設備的要求	164
§ 63. 离心式水泵自动化方案	167
§ 64. 自动排水設備的器械	174
§ 65. АБП-3 型設備的电气系統	176

第一章 流體概論

§ 1. 水與空氣的性質

我們周圍的大氣是以一定的比例組成的幾種氣體的混合物。大氣中含有：氧 20.96%，氮 79% 和二氧化碳 0.04%。井下巷道中的空氣與外面的空氣不同。例如在礦井大氣中，一般地二氧化碳較多，氧氣較少，煤塵較多，此外還常常含有一些有毒的混合物，如沼氣，一氧化碳等。空氣中所含的氧氣越少，對人的影響越壞，例如很容易使人疲勞、氣喘。

根據保安規程的規定，礦井巷道中的空氣依體積論，其氧氣的含量不得低於 20%，二氧化碳的含量不得超過 0.5%；但總排風道中例外，在這些巷道中二氧化碳的含量可以到 1%。

溫度為 0°C ，壓力為 760 公厘水銀柱時，每立方公尺的純淨空氣重 1.293 公斤。該值稱為空氣的比重（1.293 公斤/立方公尺）並以希臘字母 γ 代表之。在其他溫度與壓力下，空氣的比重值就變了。例如在溫度為 15°C ，壓力為 735.6 公厘水銀柱時，空氣的比重等於 1.188 公斤/立方公尺。壓力相同時空氣的比重隨着溫度的升高而減小，溫度相同時，空氣的比重隨着壓力的增加而增大。

最常見的液體是水，他可以根据周圍情況的變化有各種不同的比重。例如 1 立方公尺的純水在正常壓力、 4°C 的

情況下重1000公斤（即比重 $\gamma=1000$ 公斤/立方公尺）；同體積的混水重1200公斤。在一般情況下水可以溶解相當水體積2%的空氣。

水因具有流動性而與固體不同，例如他不能保持其外形，體積較大的液體與水都如此；但體積小的液體與水卻保持球形，例如雨點。

水與所有液體幾乎是不能壓縮的，如增加一大氣壓時，水的體積只減小其初值的 $1/20\,000$ 。

一般情況下，水在 100°C 時沸騰。在這個溫度下，蒸汽的壓力與其周圍的大氣壓力相等。

水的沸點隨着壓力的增加或減小而增高或降低。例如在30大氣壓的鍋爐中，水的沸點為 232.8°C 。如在山地、空氣稀薄的環境中，其氣壓小於760公厘水銀柱時，水在 100°C 以下就沸騰。如壓力為0.1大氣壓時，水在 45.4°C 即沸騰。上面所講的這些可以用一個很簡單的試驗來證明：把熱水倒入一個長頸燒瓶中，用塞子蓋好，底朝上倒過來，如果把一塊蘸過冷水的布從上面放在瓶底上，燒瓶內的水不到 100°C 就沸騰了，這是因為燒瓶冷卻使水面上的空氣變稀的緣故。

§2. 基本量及其度量

下列概念用以確定空氣的狀況：體積、溫度、壓力。

空氣所占的體積以立方公尺或公升（1立方公尺=1000公升）度量，並以大寫拉丁字母 V 表示。

一公斤空氣的體積稱為比容，以小寫的拉丁字母 v 表

示，單位为立方公尺/公斤。

比容以下式計算：

$$v = \frac{\text{空气所占的体積}}{\text{同体積的空气重量}} = \frac{V}{G} \text{ 立方公尺/公斤, } (1)$$

式中大寫拉丁字母 G 表示以公斤度量的空气重量。

一立方公尺的空气重量称为比重或單位体積重，以字母 γ 表示，其單位为公斤/立方公尺：

$$\gamma = \frac{\text{任意体積的空气重}}{\text{空气所占的体積}} = \frac{G}{V} \text{ 公斤/立方公尺. } (2)$$

人們常常把已知物体重量与同体積的4°C 的水重之比理解为比重，并以希臘字母 δ 表示。此时，比重表示已知物体重于或輕于水多少倍，故为一个沒有單位的抽象值。

在技術上，空气及其他物体的温度以百分度度量而以拉丁字母 t 表示。

根据温度量值的大小就可以判断物体温升的程度。温度用温度表度量。温度表是利用水銀或其它液体热脹冷縮的性質，以表明融冰温度的玻璃管中的水銀位置作为計算的起点0°，以表明正常大气压强 760 公厘水銀柱时水的沸点的水銀位置作为計算的止点100°。0 与100° 刻度之間分成 100 等分——度。作用于—平方公分或—平方公尺表面的水或空气的压力以拉丁字母 P 表示，而以 公斤/平方公分或公斤/平方公尺为單位。

圍繞地球的空气層称为大气。因为空气有重量，所以他对一切物体都產生压力。地球各点上的这种压力均不同：象在高山上大气的压力就小些，深礦井中的压力就大

些。約定的大氣壓是在海面上測量的。零度時海平面上的大氣壓強稱為平均大氣壓強。

為了測量大氣壓強，我們取一個長一公尺，橫截面為一平方公分，一端封閉的玻璃管，管內充以水銀，然後再照圖 1 所示的那樣把開口端放於水銀杯內。起初管內的水銀開始下降，然後自行停止於杯內水銀面上 760 公厘高的地方。

是什麼東西阻止水銀從管內流出呢？杯內水銀面上壓有空氣（大氣），而在管內卻沒有空氣（真空）；也就是說，空氣的壓力被 760 公厘高的水銀柱平衡了。

如果我們秤量一下 0° 時這個水銀柱的重量（高 760 公厘，橫截面為 1 平方公分），則其重量為 1.0333 公斤。也就是說大氣的壓強等於每平方公分 1.0333 公斤。這個壓強的度量單位稱為物理大氣壓。又因為他是用氣壓表度量的，所以大氣壓強又稱為表壓力，以 $P_{表}$ 表示。與空氣壓強相平衡的 760 公厘的水銀柱的高度與玻璃管的斷面積無關（雖然我們為了方便，在說明時採用了 1 平方公分斷面積的玻璃管），但卻是對應於 0° 時的高度，因為只有在 0° 時，水銀的比重才等於 13595 公斤/立方公尺。

如果取水來代替水銀的話，因水輕於水銀約 13.6 倍，於是水在管內上升的高度是很大的，約為 $760 \times 13.6 = 10333$ 公厘 = 10.3 公尺。

由此可見，一個自然大氣壓相當於 760 公厘高水銀柱的壓強，或相當於 10.3 公尺高水柱的壓強，或相當於 1.0333 公斤/平方公分的壓強，或 10333 公斤/平方公尺的壓強。

空气的大气压强可以下述簡單試驗証明：把一个玻璃杯倒滿水，用一張厚紙板盖上。用手托着紙板把玻璃杯底朝上翻一个身，然后放开托着紙板的手。可以看到水被大气压强托住而不从杯中流出。

用物理大气压作为压强的度量單位，在計算时并不方便，因而在工業上多以工業大气压度量。規定1公斤/平方公分的压强，或10000公斤/平方公尺的压强，或735.6

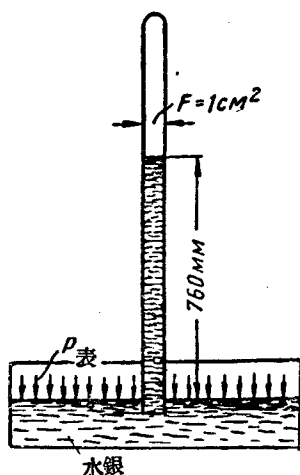


圖1 大气压的測量

公厘水銀柱的压强，或10公尺水柱的压强为一工業大气压。

§3. 压 力 表

用圖1所示的水銀气压表來測量大气压强是不太方便的，因而实际上多采用金屬盒气压表或无液气压表。

气压表的壳內有一个波形壁的真空盒，盒內的空气已經抽出，所以真空盒的盖随着大气压强的变化而有不同程度的弯曲。盖的变化用杠杆傳給指針，指針即可指出以公厘水銀柱表示的大气压。要想把大气压强的变化情况自动地記錄在紙上时，可以采用記錄气压表或自記气压表（圖2）。記錄气压表由几个連接成小柱子式的薄金屬盒組成，

盒中的空气是抽空的。小柱的长度随着大气压强的变化而自动变化，柱长的变化用杠杆传给钢笔尖，笔尖即在转动的纸带上画出大气压强变化图，纸带是装在以时钟机构转动的卷筒上的。

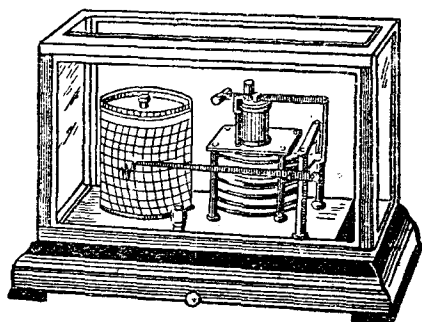


圖2 記錄气压表

如必須測量高于大气的压强时，則利用金屬盒气压表，其構造示意圖如圖 3 所示。

弯曲的黄銅管 1 一头焊死，并用拉杆 3 与扇形齒輪 4 及指針 2 相联系。气压表用管接头 5 接到要測压强的地点上。如果經由小閥門 6 而進入压力表内的水或空气的压强大于大气压强时，黄銅管即自动伸直而轉动指針。气压表的刻度刻成公斤/平方公分或工業大气压。小閥門 6 对接通气压表來講是很必要的。

應該以这个条件來選用气压表，即对穩定負荷來講使其最大工作压强不超过刻度的 $\frac{2}{3}$ ，負荷常常变化或变化很大的負荷，不得超过其刻度的 $\frac{1}{2}$ 。

要想測量小于大氣壓的壓強時，則用水銀真空表或金屬盒真空表。金屬盒真空表的構造示意圖如圖4所示。

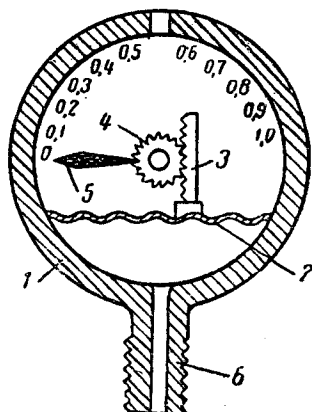
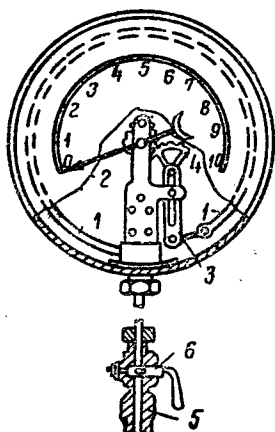


圖3 金屬盒氣壓表的構造示意圖 圖4 金屬盒真空表的構造示意圖

金屬盒1用一個波紋式黃銅隔板2分成兩個隔絕部分。下部經過小閥門和管接頭6而與要測壓強的地点相通。如壓強低于一大氣壓時，隔板2向下凹陷并通過齒杆3、齒輪4而把運動傳給指針5，指針即在刻度盤上以工業氣壓為單位或以公厘水銀柱為單位指明負壓的壓強。

水泵停止時，應該把真空表用小閥門與進水導管切斷，以免儀表損壞。

§4. 液體對器壁與底的壓強

現在讓我們用 P_0 來表示液面上的壓強(圖5)。對於敞口容器來講，這個壓強 $P_0 = P_{表} = 1$ 大氣壓；對於封閉容

器來講，比如蒸汽鍋爐，該压强即為蒸汽作用於水面之压强。因為液體實際上是不可壓縮的，所以液體內部作用於容器底平面上的压强 P 將大於液面上的压强，其差值即相當於高度為 h 的液柱重。

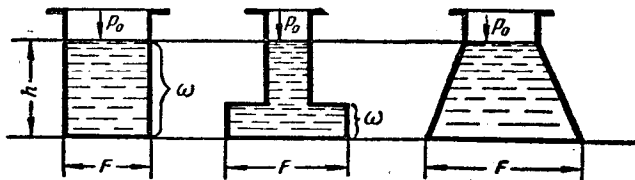


圖 5 器壁與底上压强的計算

根據公式得出液體的压强

$$P = P_0 + \gamma h \text{ 公斤/平方公尺.} \quad (3)$$

如考慮到從外面來的等於大氣压的底压强時，我們就可以得出作用於封閉容器底上的液體压强：

$$P_{\text{底}} = P_0 + \gamma h - P_{\text{表}}. \quad (4)$$

對於敞口容器來說，因 $P_0 = P_{\text{表}}$ ，所以公式(4)變成如下形式：

$$P_{\text{底}} = \gamma h \text{ 公斤/平方公尺.} \quad (5)$$

為了計算以公斤表示的作用於全面積上的總壓力（全面積以拉丁字母 F 表示），必須把以公斤/平方公尺表示的压强值乘以用平方公尺表示的容器的底面積。

作用於敞口容器底上的總壓力等於一個液柱的重量，該液柱的底等於底面積 F ，高等於容器中液體的高度 h 。甚至在該底面積上的液柱斷面不同時，象圖 5 所示那樣，這個推論也是正確的。因為压强與容器的形狀無關，而只

决定于液体的比重 γ 与高度 h 。

將等于大气压的器壁外的压强考慮在內，用下列各式計算作用于器壁上压强，器壁面積以希臘字母 ω 表示：

作用于封閉器壁的压强

$$P_{\text{器壁}} = P_0 + \gamma h_{\text{HT}} - P_{\text{表}} \text{ 公斤/平方公尺；} \quad (6)$$

作用于敞口器壁的压强

$$P_{\text{器壁}} = \gamma h_{\text{HT}} \text{ 公斤/平方公尺。} \quad (7)$$

(6)(7)兩式中的 h_{HT} 表示等于由液面起到面積 ω 的垂直重心距的高度。

作用于全面積 ω 上的总压力（公斤），在以上兩種情況下，均可以压强（公斤/平方公尺）乘器壁側面積（平方公尺）而求得。

例題：有一深 150 公尺的鑽井，以一層 70 公尺的石油及水充滿之，如大气压强为 740 公厘水銀柱，石油的比重为 0.9 时，試求鑽井內的压强？

解：1. 由 70 公尺高的石油柱加到水面的压力

$$P_0 = P_{\text{表}} + \gamma_{\text{H}} h_{\text{H}} = \frac{740}{735.6} \times 10000 + 900 \times 70 = 73050 \text{ 公斤/}$$

平方公尺，

式中： $\gamma_{\text{H}} = 0.9 \times 1000 = 900 \text{ 公斤/立方公尺。}$

2. 高度为 $150 - 70 = 80$ 公尺水柱的压强

$$P_{\text{水}} = \gamma_{\text{水}} h_{\text{水}} = 80 \times 1000 = 80000 \text{ 公斤/平方公尺。}$$

3. 150 公尺深的鑽井內的总压强

$$P = P_0 + P_{\text{水}} = 73050 + 80000 = 153050 \text{ 公斤/平方公尺，}$$

或將其变成

$$\frac{153050}{10000} = 15.3 \text{ 大气压,}$$

或 153 公尺水柱。

例題：一个位于水池內的長方形手閘門，其断面尺寸为 2000×1500 公厘，如閘門的重心位于距水池边沿 1 公尺的距离处，水池边沿上的水面高度为 3 公尺时，試求作用于閘門上的水的总压强？

解：把閘門看作一个断面積 $\omega = 2 \times 1.5 = 3$ 平方公尺的平壁时，我們可以求得水的压强

$$P_{\text{器壁}} = \gamma h_{\text{HT}} = 1000 \times 2 = 2000 \text{ 公斤/平方公尺,}$$

式中： $h_{\text{HT}} = 3 - 1 = 2$ 公尺。

閘門上的总压力（公斤）以閘門的面積（平方公尺）乘以器壁压强來計算，即 $3 \times 2000 = 6000$ 公斤。

§5. 連 通 器

圖 6 中所示的U形管是最簡單的連通器。

当同一液体，液面上的压强平衡时即 $P_1 = P_2$ （圖 6，a），則两个液柱內的液面相同，并位于高度为 h 的同一水平面上。

如果液面上的压强不同，例如 P_2 大于 P_1 （圖 6，b），当为同一液体时，量出液面差的高度 h 即表示出 B 液柱內液面上的压强比連通器 A 柱內液面上的压强大多少。U 形管或通称的液体气压計即利用这种性質以測量压强差。为了在 $P_2 - P_1$ 的压强差很小时，高度 h 能相当大，就應該用比重較小的液体注入 U 形管。

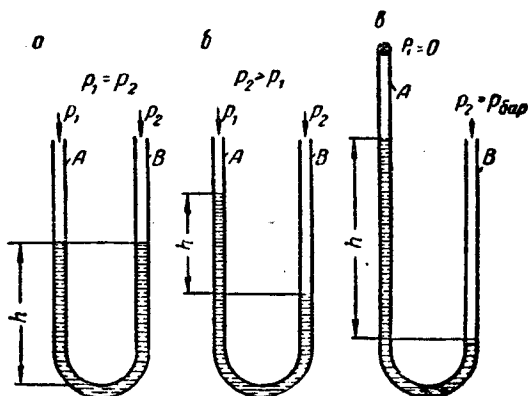


圖6 連 通 器

如果把一个很長的玻璃柱A 一头焊死 (圖 6, c) 并抽成真空, 則压强 $P_1=0$, 而高度 h 即指示液柱B 中的压强 P_2 。B柱为开口时, 压强 P_2 实际上就是大气的压强, 所以如果这种管内放的是水銀的話, 那么在标准大气压强下, 水銀即自行升到焊死端的 760 公厘高的地方。測量大气压强的仪表称为气压表, 上述的是液体气压表。

例題: 如果在連通器一个柱內, 从分界面算起水銀的高度为 150 公厘, 另一柱內裝有另一种液体, 兩者液面的差是2000公厘, 水銀的比重采用13.6时, 求充滿另一柱內液体的比重是多少?

解: 1. 从分界面起的液体高度为 $2000+150=2150$ 公厘。

2. 2150公厘高的液柱本身的压强正好与另一柱內 150