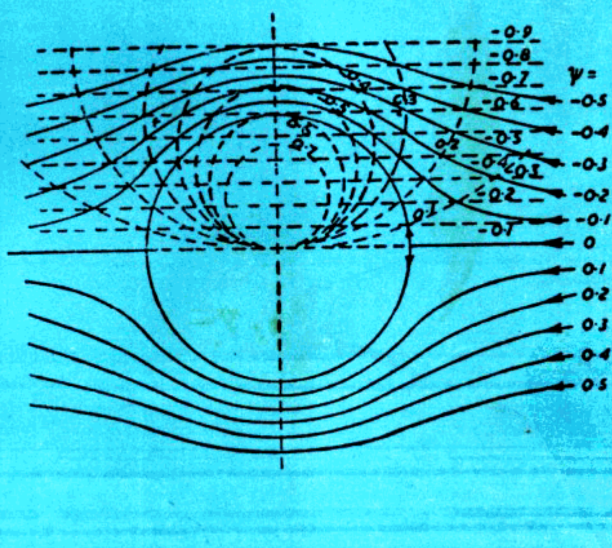
流体力学题解

上册

T.F. 道格拉斯 著

陈康民 郑荣根 应启夏
谷传纲 吉永明 黄为民 译



上海机械学院动力系

一九八五年

初 版 序

有些学生不善于用普通的教科书学习，因为他们总是象看小说一样阅读教科书，既不去确切理解每一章节的内容，又不去细致地研究每步数学运算的含义。结果，这些学生沾沾自喜地并且自以为全都懂了而放下了书本，可是，实际上，毫不理解书中的内容。为了避免这种令人失望的结果，本书采用了一种古老然而惯用的问题及解答的形式来进行陈述。

本书不是一本工具书，而是一本教科书。读者可以从例题的演算中了解到所需的定义和基本理论。此外，读者还能见到许多习题，以便检验他对每一节内容的理解程度。本书内容包括工学士学位要求的第一部分教程。更高深的内容将在以后各卷中叙述。

承蒙伦敦大学评议会，土木工程师协会理事会和机械工程师协会理事会允许使用他们的试题。我在SW・Essex技术学院任教时即着手本书的写作，到Borogh工业大学任教时完成了全书，多谢这两所学校的鼓励和慨然应允我使用供职时选用的例题和试题。

尽管作者、印刷者、出版者共同尽了最大的努力，但任何一本涉及数学的教科书仍难免会出现一些错误，对此我诚表谦意，我很乐于接受任何建设性的指正和批评。

J. F. 道格拉斯

译　者　序

本书根据英国伦敦南岸工业学院机械制造系主任J·F·道格拉斯教授编著的“流体力学题解”(Solution of Problems in Fluid Mechanics)1978年版译出，原书自1961年初版问世以来，几次修订增补，并于1975年改编为全部采用SI制（国际单位制），1977年、1978年再经修订重版，颇受欢迎。

该书几乎包括了工程流体力学各个基本方面的问题。每章或在一开始，或通过例题列出了该章的基本定义、理论与基本公式。所选例题，思路清晰，推导详细，选题面广，富有实用意义，尤其某些章节颇具特色。每章最后均有大量习题，并附有答案。

本书的编写方式与一般的习题集不同，采用问答的形式，通过不同类型的例题，使读者对基本概念有正确而深入的理解，并能熟练地掌握解题的技巧和处理实际问题的方法。所以，它不仅仅是一本习题集，并且也是一本简明教科书。各章的内容除某些章节间联系较紧密外，大都具有相对独立性，特别是按专题分章，使本书能广泛地适应各方面读者的需要，许多例题都可以直接应用到实际问题中。

书中选用的例题及习题是按照英国工学士流体力学教程的要求编撰的。有一部分则直接选自工学士流体力学考试的试题。鉴于我国各高等院校目前普遍实行学位制，该书亦可以作为衡量我国有关专业学生水平的参考书。另外国内尚无一本较合适、较系统的工程流体力学习题集。尤其是全部用SI国际单位制的习题集，从教育上讲更为急需。本书可供各大专院校有关专业学习“工程流体力学”，“水力学”等有关课程选作学生的习题和参考书。特别适宜于电厂动力系统，涡轮机，锅炉，热工测量，泵与风机，水力机械，液压控制，给排水，制冷采暖，通风，化学工程，石油开采，港口工程，船舶水运，水文地质，农田水利等专业或专业课程之用。并可供工程技术人员学习“工程流体力学”，“水力学”时使用。对解决工程实际问题的流体力学计算亦有相当的参考价值。

本书由上海机械学院流体力学教研室部分同志译出。

本书上篇第一至五章、下篇第七章由黄为民翻译；上篇六至九章由郑荣根翻译；上篇第十章、下篇第八至十一章由吉永明翻译；上篇第十一至十五章、下篇第十二章由应启戛翻译；下篇第一至六章由陈康民翻译；下篇第十三至十五章由谷传纲翻译。全书译稿由谷传纲进行统一整理。

在翻译过程中，我们对原书中错、漏及不妥之处作了必要的修改（习题中所附答案未及全部校验）一般不另作说明，为便于译名的统一，本书中的译名主要参照有关手册，词典，个别按照国内习惯用法。书末附有人名对照表，以便查阅。

王甲升付教授对译稿进行了审校，提出许多宝贵意见。整个工作还得到赵学端付教授、陈月林付教授的大力支持，在此一并表示感谢。

由于译者水平有限，错误、缺点及不当之处在所难免，热诚欢迎批评指正。

译者

1982．1　　2

内 容 简 解

本书根据J·F·道格拉斯教授编著的《流体力学题解》(Solution of Problems in Flujd Mechanics) 1978年版本译出。全书全部采用国际单位制。

本书分上、下二篇各十五章。内容丰富，选题面广，几乎包括工程流体力学，水力学各个方面的问题，并按专题分章，使各章具有相当的独立性，以广泛地适应各方面读者的需要。

每章开头先列出该章所用到的定义，理论和基本公式，然后采用问答方式，选用大量例题来加深读者对基本概念的理解和记忆，提高解题技巧和解决实际问题的能力，每章最后均有大量习题，并附有答案。

本书适宜于各大专院校有关专业学习“工程流体力学”和“水力学”等课程之用，对工程技术人员学习或解决实际流体力学问题亦有相当的参考价值。

上 篇 目 录

上　篇

引　言

流体力学是应用力学的一部分，它是研究液体和气体静力学和动力学的一门学科。一般力学中使用的动量、能量等概念同样可以应用于流体力学，但是它更关切的是流体的流动而不是个别的物体或质点。

水力学（源于希腊字“水”）是研究水的储存和流动问题的学科。但是也经常研究其它液体。例如象在液压机械中经常用油作为工质流体。

流体对引起变形的任何力，都不能提供持久的阻力。流体在其自重下流动，並同与之接触的任意固体物体取相同形状。流体变形是由剪切力引起的，因此如果有剪切力作用于流体，流体将发生流动。反之，如果流体静止，则其中就不可能存在剪切力；所有的力均垂直于其作用面。

流体分为液体和气体。液体是难于被压缩的。给定质量的液体总占有固定的体积，而不管盛器的大小如何。液体对它上面的空气间形成了一个“自由表面”，构成了分界面。气体是易于压缩的。它能充满包含它的任何容器，而无法形成自由表面。

固体和流体间的区别在于（1）在弹性极限内，固体的应变正比于所施加的应力。而流体则是应变率正比于应力。（2）在弹性极限内，固体的应变与应力的作用时间无关。但在流体中，流动与力的作用时间有关。力作用多长时间流动也将保持多久。而当移去作用时，流体不能回复到初始状态。

单 位 和 量 纲

SI 单 位 制

英国现在采用公制单位，就是通常所称的国际单位制，缩写成SI。这种单位制将逐渐地取代老的英制单位，如磅、磅达、呎等，而成为唯一法定的度量制。

国际单位制（SI制）有六个独立的基本单位，它们是人为规定的：

长度：米（m）

质量：千克（kg）

时间：秒（s或sec）

电流：安倍（A）

绝对温度：开尔文（k°）

发光度：烛光（cd）

所有其他单位均可以从这些基本单位中导出。因为SI制是一个连贯的体系。在这个体系中，任意二个单位量的积和商是组合量的单位。例如米／秒是速度单位。质量和力之间的联系是通过使第二定律中的比例常数为1时确立的。

力＝质量×加速度

因此，力的单位即为质量单位（千克），和加速度单位（米／秒^2）的乘积，亦即千克·米／秒^2，通称“牛顿”。

其他单位制

通常我们优先选用SI单位制，但是在全世界的不同地区和在一些特殊的活动领域中，其他一些单位制仍有其重要性。如呎一磅一秒制（fps），厘米一克一秒制（cgs），米一千克一秒制（MKS）都仍被广泛地应用。这些单位制都是连贯的体系，它们都以牛顿第二定律中的比例常数为1为基础，都可以两种形式表示：在绝对单位制中，质量单位是基本单位，力的单位是导出单位；反之在工程单位制中，力的单位是基本单位，质量单位用第二定律导出。（表Ⅰ）

在力学中和SI制一样，仍在使用MKS绝对单位制。而MKS工程单位制在一段时间内看来仍可能继续和SI制单位一起被使用。在过渡期内，在英国度量标准中同时给出SI制单位和工程制单位。

在解题时应保证单位制的统一。如果数据的单位制不同，应立即换算成所选择的单位制。

表Ⅰ

量	fps		cgs		MKS
	绝对	工程	绝对	工程	工程
长　度	呎	呎	厘米	厘米	米
时　间	秒	秒	秒	秒	秒
质　量	磅一质量	斯	克一质量	981克	9.81千克
力或重量	磅达	磅一重	达因	克重	千克重

1斯＝32．2磅一质量。1克重＝981达因。1磅重＝32．2磅达。

量　　纲

选择度量的单位不影响被测量的量。1千克的水严格地和2．2406磅的水相等，因此有时仅用质量、长度、时间、力、温度等术语来考虑问题比直接使用某种单位制来得更方便些。

力学中所有的量，均可用基本的量纲，质量M、长度L、时间T来表示。于是得到：

$$加速度=\frac{距离}{(时间)^2}$$

$$加速度量纲=\frac{距离量纲}{(时间量纲)^2}=\frac{L}{T^2}$$

$$力=质量\times加速度$$

$$力的量纲=质量量纲\times加速度量纲=\frac{ML}{T^2}$$

表Ⅰ中列出一些物理量的量纲。

表Ⅰ　物理量的量纲

量		量　纲
长度、尺度	包括所有线性量度	L
面　积	长度×长度	L^2
体　积	面积×长度	L^3
面积矩	面积×长度	L^3
惯性矩	面积×长度²	L^4
角　度	比值　弧度／半径	1
应　变	比值	1
时　间		T
速　度	距离／时间	LT^{-1}
角度速	角度／时间	T^{-1}
加速度	速度／时间	LT^{-2}
体积流量	体积／时间	L^3T^{-1}
质　量		M
力	质量×加速度	MLT^{-2}
重　量	力	MLT^{-2}
质量密度	质量／体积	ML^{-3}
重　度	重量／体积	$ML^{-2}T^{-2}$
压　强	力／面积	$ML^{-1}T^{-2}$
剪应力	力／面积	$ML^{-1}T^{-2}$
弹性模量	应力／应变	$ML^{-1}T^{-2}$

冲　量	力×时间	MLT^{-1}
动　量	质量×速度	MLT^{-1}
功、能	力×距离	ML^2T^{-2}
功　率	功／时间	ML^2T^{-3}
力　矩	力×矩离	ML^2T^{-2}
动力粘性系数	剪应力／速度梯度	$ML^{-1}T^{-1}$
表面张力	能量／面积	MT^{-2}

量纲方程

如果一个方程确实表示某种真实的物理现象，则方程二边各项不仅数量上相等而且应是同类量（例如都是力），否则这方程是无意义的。每一项必须有相同的量纲，这样各项才可以相互比较。

例　$V^2=u^2+2as$，这方程表示初速为u的物体以加速度a运动，经S路程后终速变为V这一物理现象。如果方程是正确的，则将量纲代入该方程时，每项应具有相同的量纲。

方程的量纲是：$V=LT^{-1}$，$u=LT^{-1}$，$a=LT^{-2}$，$s=L$。

V^2的量纲是　$(LT^{-1})^2=L^2T^{-2}$

u^2的量纲是　$(LT^{-1})^2=L^2T^{-2}$

2as的量纲是　$(LT^{-2})\times L=L^2T^{-2}$

所有的三项都有同样的量纲。量纲上正确，一个方程就能表示一个实际事件，但量纲上的验证不能证明方程中任何纯数量是否正确，因为纯数是一些比值，它们的量纲为1。

应该注意：工程中使用的某些特殊公式从表面上看在量纲上不一定正确。例如用m^3/S表示每秒流过宽为B米的矩形堰上的体积流量公式，当堰顶水头为H时，$Q=1.79\times BH^{\frac{3}{2}}$。左边的量纲是$L^3T^{-1}$，右边量纲显然是$L^{5/2}$，量纲不同的原因在于系数1．79不是纯数。而是SI单位制中0．57$\sqrt{g}$的数值，具有$L^{1/2}T^{-1}$量纲，所以，实际上方程两边量纲是一致的。

利用量纲求换算因子

请看下例的说明。

例　95°F水的动力粘性系数η为1．505×10^{-5}呎－斯－秒，用（a）泊；（b）SI单位所表示的η值分别为多少？

从表Ⅰ，η量纲为$ML^{-1}T^{-1}$

（a）∴

$$\frac{\eta（泊）}{\eta（呎\cdot斯\cdot秒）}=\frac{(M/LT)绝对c\cdot g\cdot s制}{(M/LT)呎\cdot斯\cdot秒制}$$

$$=\frac{质量（绝对c\cdot g\cdot s）}{质量（ft\cdot slug\cdot sec）}\times\frac{长度（ft\cdot slug\cdot sec）}{长度（绝对c\cdot g\cdot s）}\times\frac{时间（ft\cdot slug\cdot sec）}{时间（绝对c\cdot g\cdot s）}$$

1斯勒格＝32．2磅（质量）＝32．2×453．6克

1 ft ＝30．48 cm

时间单位均为秒

$$\therefore\quad \eta（泊）=\eta(\mathrm{ft\cdot slug\cdot sec})\times\frac{32.2\times453.6}{1}\times\frac{1}{30.48}\times1$$

$$=\frac{1.505\times10^{-5}\times32.2\times453.6}{30.48}=7.2\times10^{-3}泊$$

（b） $$\frac{\eta\ (\mathrm{SI})}{\eta\ (\mathrm{ft\cdot slug\cdot s})}=\frac{M/LT(\mathrm{SI})}{M/LT(\mathrm{ft\cdot slug\cdot sec})}$$

$$=\frac{质量(\mathrm{SI})}{质量(\mathrm{ft\cdot slug\cdot sec})}\times\frac{长度(\mathrm{ft\cdot slug\cdot sec})}{长度(\mathrm{SI})}\times\frac{时间(\mathrm{ft\cdot slug\cdot sec})}{时间(\mathrm{SI})}$$

1 slug＝32．2 lb（mass）＝32．2×0．4536 kg

1 ft＝0．3048 m

时间单位均为秒

$$\eta(\mathrm{SI})=\eta(\mathrm{ft\cdot slug\cdot sec})\times\frac{32.2\times0.4536}{1}\times\frac{1}{0.3048}\times1$$

$$=\frac{1.505\times10^{-5}\times32.2\times0.4536}{0.3048}=7.2\times10^{-4}\mathrm{kg/m\cdot s}$$

流 体 性 质

密 度

密度有三种形式，必须仔细加以区别。

1．质量密度ρ（希腊字母rho）是单位体积中质量。SI制单位为kg/m^3（绝对fps制单位为lb·（mass）$/ft^3$，英制工程单位为slug（mass）ft^3）

2．重度w是单位体积的重量。SI制单位为N/m^3（绝对fps制单位为磅达／呎^3*，英制工程单位为磅重／呎^3）

重量＝质量×重力加速度

$w=\rho g$

3．比重或相对密度S是一种物质的重量和同体积的4℃水的重量之比。

$$S=\frac{物质的重度w}{水的重度w}=\frac{物质的密度\rho}{水的密度\rho}$$

粘性系数

静止流体不能抵抗剪切力，但是一旦它发生运动．那么在以不同速度运动的流体层之间即产生剪切力，流体的粘性决定其抵抗剪切应力的能力。（见第十三章）

动力粘性系数η（希腊字母eta），被定义为在流体中阻止一层具有单位速度的流体流过相距单位距离的其他流体层所需要的单位面积上的剪切力。SI制单位为$N\cdot S/m^2$或$kg/m\cdot s$（绝对f·p·s制单位是lb(mass)／ft·sec，英制工程单位为slug／ft·sec）

* f·p·s制单位即呎－磅－秒单位制，力的单位为磅达，1磅达＝0.138255牛顿。

——译者注

绝对c·g·s*制的粘度单位为泊（poise）1泊等于100厘泊。

（1泊＝1g／cm·s）

运动粘性系数ν（希腊字母nu）是动力粘性系数和质量密度之比，

$$\nu=\eta/\rho$$

注意：如果η的单位是kg／m－s，ρ必须用kg／m^3，这样ν的单位和质量无关。ν的SI制单位是m^2／S。（fps制单位是ft^2／s）cgs制中单位是沲，1沲（stoke）＝100厘沲。

粘性随温度变化，液体粘性系数η随温度增加而减少，但气体粘性系数随温度增加而增加。

泊桑叶（poiseuille）证明

$$\eta=\eta_0\left(\frac{1}{1+at+bt^2}\right)$$

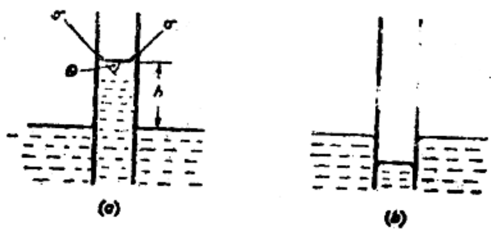
η是t℃时的粘性系数，η_0是0℃时粘性系数，a和b为常数。

水的η_0＝0.0179泊　a＝0.033368，b＝0.000221。

表面张力σ（希腊字母sigma）

流体内的每个分子被围绕着它的其它分子所吸引，在各个方向上吸引力均相等。但在液体和空气间的表面上，向上和向下的吸引力不再是平衡的，此时，液体表面呈现出在张力作用下弹性簿膜所具有的性质。表面张力在表面各点上大小相等，且作用于该表面的垂直平面上。表面张力不受表面曲率影响。在给定温度下，对两种特定物质的分界面而言，它是一个常数。温度增加会引起表面张力的减少。

表面张力使液滴趋向于取球形。这也是造成毛细现象的原因。当毛细管下端插入浸润管壁的液体中时，毛细现象引起液体在细管中上升（图1a）；如果液体不浸润管壁，则管中液体降至管外液面之下。



(a)　(b)

图1

如果θ是液体和固体间的接触角，由于表面张力向上的拉力＝$\sigma\pi d\cos\theta$，其中d＝管径。

设　h＝液体上升高度，w＝液体重度

上升的液体重量＝$w\frac{4}{\pi}d^2h$

所以　$\sigma\pi d\cos\theta=w\frac{4}{\pi}d^2h$

$h=4\sigma\cos\theta/wd$

*注：c g-s制即厘米·克·秒制，ft·slug·sec制即呎·斯·秒制。

——译　者

毛细作用是玻璃管计量读数的误差根源，6mm管内水的h为4.5mm，而相应的水银h为－1．5mm。

压缩性

液体的压力变化和体积变化之间的关系是由体积模量K给定的。

$$体积模量=\frac{压强变化}{体积应变}$$

$$=\frac{压强变化}{（体积变化／初始体积）}$$

可以从气体定律中得到气体的压力和体积间的关系。对理想气体pv＝RT，式中p＝绝对压力，v＝比容＝1／w，T＝绝对温度，R＝气体常数。

等温过程中（定温下）pv＝常数

绝热过程中（没有热量增加或损失）pv^{γ}＝常数，γ为定压比热和定容比热之比。

第一章 静压力和压头

1.1压强——1.2压力和深度——1.3一点上的压力——1.4压力和压头——1.5液压千斤顶——1.6气压计——1.7压力管——1.8～1.10水银U型管压力计——1.11气压表——1.12两种液体的U型管——1.13倒U型管——1.14两种液体的倒U型管——1.15两端扩大的U型管。

压力是液体作用于与之相接触的表面上的力，或是一部分流体作用于邻近部分流体的力。压强是单位面积上所受的压力。SI单位制中用每平方米上的牛顿数来量度。（f—p—s工程单位制中用每平方呎上磅数表示）。而巴——$10^5 N/m^2$是一个可供代用的公制单位。

1.1 质量m为50kg的物体作用于面积为$100cm^2$的活塞A上，当活塞平衡时，与活塞下表面接触的水面的压强为多少？

解 作用在活塞上的力 $= mg = 50 \times 9.81 = 490.5N$

活塞A的面积 $= 100cm^2 = \frac{1}{100}m^2$

压强 $= \frac{力}{面积} = \frac{490.5}{0.01} = 4.90 \times 10^4 N/m^2$

1.2 若自由表面上的压力为零，液体的重度为w，液面下h深处的压强为p。一潜水员在海面下18米深处工作，问在该深处的压强比表面上的压强大多少？海水的重度为$10000 N/m^3$。

解 截面为A的液柱从自由表面垂直延伸到h深处。图(1.1)。在下列诸力作用下处于平衡状态，重力作用向下，液柱底面压力作用向上，因为是静止流体，不存在剪切力（切向力），周围流体对液柱侧面的压力取水平方向而相互抵消。

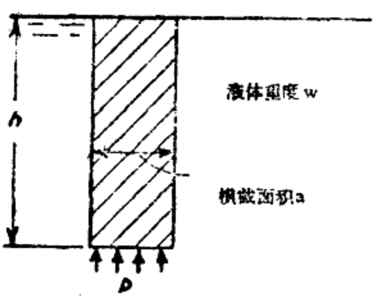


图1.1

垂直方向的力平衡

作用于底面上的力＝液柱重量

压强×底面积＝重度×液柱体积

$$pA = wAh$$

$$p = wh$$

无论液柱取在何处，都利用同样的关系来证明，由此可见静止流体中同一深度平面上所有点上的压强都相同。

设 $w = 10000N/m^2$ $h = 18m$

$p = 10000 \times 18 = 180000N/m^2$

1.3 试证静止流体上压强在所有方向上都相等。

解 图1.2中，在给定点周围取一宽度为S的小棱柱ABC，上平面A上的压强为p_1，垂直面BC上的压强为p_2，和上平面成任意倾斜角θ的AC面上的压强为p_3。

$$AB面上的力 = p_1 \times AB \times S$$

$$BC面上的力 = p_2 \times BC \times S$$

$$AC面上的力 = p_3 \times AC \times S$$

若流体静止，这些力相互平衡，且都分别地垂直于其作用面。

垂直分量： $p_1 \times AB \times S = p_3 \times AC \times S \times \cos\theta$

由三角公式： $AB = AC \times \cos\theta$

所以 $p_1 = p_3$

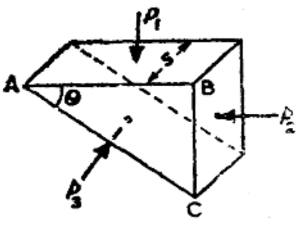


图1.2

水平分量 $p_2 \times BC \times S = p_3 \times AC \times S \times \sin\theta$

$AC \times \sin Q = BC$

所以 $p_2 = p_3$

因为AC和AB间夹角θ是任意的，所以$p_1 = p_2 = p_3$；而p_3是任意方向的压强，因此流体静止时一点所有方向上的压强都相等。

压头

流体内一点上的压力p可用产生该压力的液柱高度h表示。如果实际压力是由其他方式产

生的，则该液柱高能产生与之相同的压力。若流体重度为w，$p=wh$。h高就被称为该点的压头。它是以液柱的长度来度量的（即用米）。因此使用中必须给出该液体的名称。

1.4 试求对应于压强为$340000N/m^2$的水头h为多少？水的重度为$9.81\times10^3N/m^3$。

解 因为 $p=wh$

水头 $h=\dfrac{p}{w}=\dfrac{340000}{9.81\times10^3}=34.7m$

液压千斤顶

1.5 用图说明液压千斤顶的作用。850N的力作用于液压千斤顶小液压缸上，小活塞面积为$15cm^2$，大活塞面积为$150cm^2$，试问在下列情况下，大活塞上可顶起多少负载W？（a）两活塞在同一水平面上，（b）大活塞在小活塞下面0.75m处。千斤顶中液体重度为$9.81\times10^3N/m^3$。

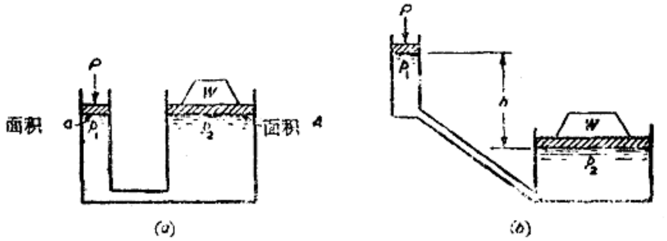


图1.3

解 图1.3所示为一个液压千斤顶。P力作用在小液压缸活塞上迫使油或水进入大液压缸中，于是就将支持负载W的活塞顶起。作用在面积a上的压强p_1，沿各个方向传递至流体中的所有质点，所以当两个活塞在同一水平面时作用在大活塞上的压强p_2必等于p_1。

$$P_1=p/a \qquad P_2=\frac{W}{A}$$

若 $P_1=P_2$

则 $\dfrac{P}{a}=\dfrac{W}{A}$ $\qquad P=W\dfrac{a}{A}$

因此一个小的P力可举起大的负载W。千斤顶将作用力放大了A/a倍。

（a） $P=850N$，$a=\dfrac{15}{10000}m^2$，$A=\dfrac{150}{10000}m^2$，

$$\frac{P}{a}=\frac{W}{A}$$

因此 $W=P\cdot\dfrac{A}{a}=\dfrac{850\times1.5}{0.15}=8500N$

举起质量 $=\dfrac{W}{g}=\dfrac{8500}{9.81}=868kg$

（b）如大活塞在小活塞下面，水位差为h，p_2压强比p_1大wh，其中w是液体重度。

$$p_2 = p_1 + wh$$

设 $p_1 = \frac{P}{a} = \frac{850}{15 \times 10^{-4}} = 56.7 \times 10^4 \ N/m^2$

$w = 9.81 \times 10^3 N/m^3, \quad h = 0.75m$

$p_2 = 56.7 \times 10^4 + (9.81 \times 10^3 \times 0.75) = 57.44 \times 10^4 N/m^2$

$W = p_2 A = 57.44 \times 10^4 \times 150 \times 10^{-4} = 8650N$

$举起质量 = \frac{W}{g} = \frac{8650}{9.81} = 883 \ kg$

压力表

大气压力

地球为厚达几公里的大气层所包围，由于大气层在地球表面上产生的压力取决于高于地面的空气柱压头。海平面上的大气压约为101.325kN/m²，这相当于10.35m水柱或760mm水银柱的压头。大气压随高度增加而减少。

真　　空

完全真空是一个完全不包含任何物质的空间。其中的压力为零。

表　　压

以大气压力为基准计量的压力。

绝对压力：

以完全真空为基准计量的压力。

绝对压力＝表压＋大气压。

气压计

1.6　（a）用草图说明两种测定大气压的方法。

（b）气压表管中水银高度高于容器中水银面760mm时，大气压为多少N/m²？水银比重为13.6，水的比重为$9.81 \times 10^3 N/m^2$。

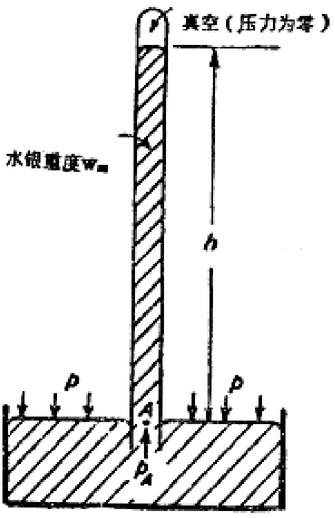


图1．4

解 （a）最简单的水银气压表是将一端封闭的约长1m的玻璃管装满水银后，倒置在一盛水银的容器中，（图1.4）于是，管顶端形成一段真空，作用于容器内水银表面上的大气压力使管内的水银柱高度维持为h。

无液气压计的构造如图1.5所示。部份真空的波纹盒，由一强弹簧支撑，使之免于塌陷。压力变化引起波纹盒向内或向外移动，使弹簧上产生的拉力恰好与大气压产生的力平衡。将该小位移放大后转动指针，根据指针在刻度盘的位置读得大气压力。

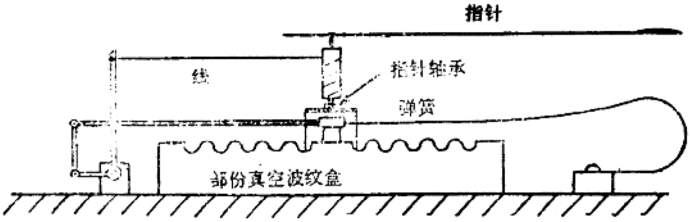


图1.5

（b） 液体静止时，同一水平面上各点压力都相等。管内A点和管外自由面等高，因此，A点压力p_A就等于自由表面上的大气压p。

管内水银柱在向上作用力p_A和向下重力作用下平衡。管顶端处为真空时，液柱顶部没有压力。

p_A×液柱面积a = 水银重度×液柱体积

$p_A \times a = w_m \times a \times h$ 或 $p_A = w_m \times h$

设 $h = 760mm = 0.76m$

w_m = 水银比重×水的重度 = $13.6 \times 9.81 \times 10^3 N/m^3$

$p_A = 13.6 \times 9.81 \times 10^3 \times 0.76 = 101.3KN/m^2$

液体压力的测量

1.7 （a）试说明如何用测压管来测量液体中的压强。

（b）用测压管测量油管内的油压，油的质量密度为$\rho = 640kg/m^3$，当测压管内油位升至离油管中心1.2m处，试求管中心处油的表压（以N/m^2计）。

解 （a）测压管是插入管道或容器内的一根二端开口的垂直管。（图1.6）

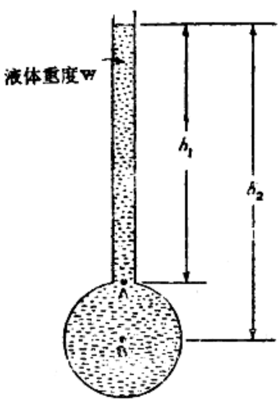


图1.6