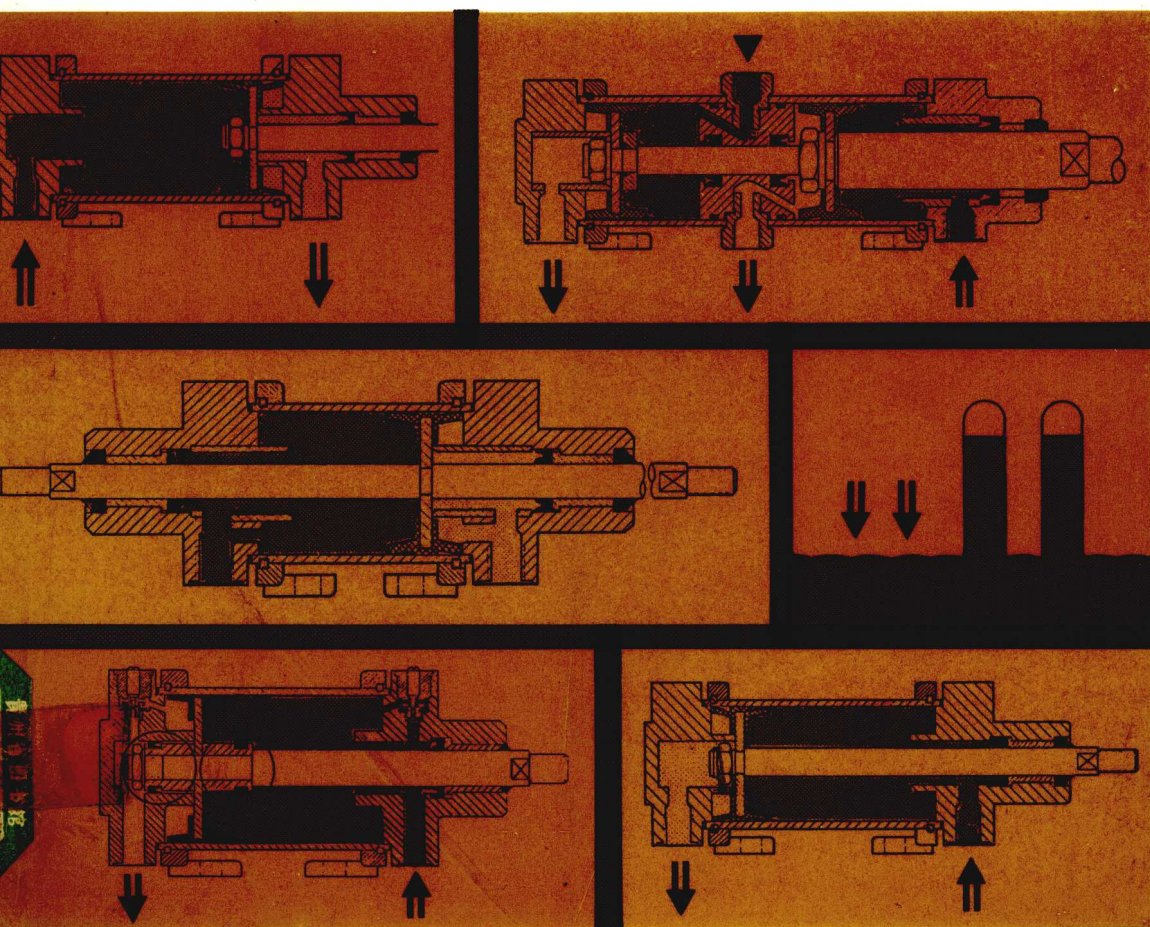


實用氣壓學

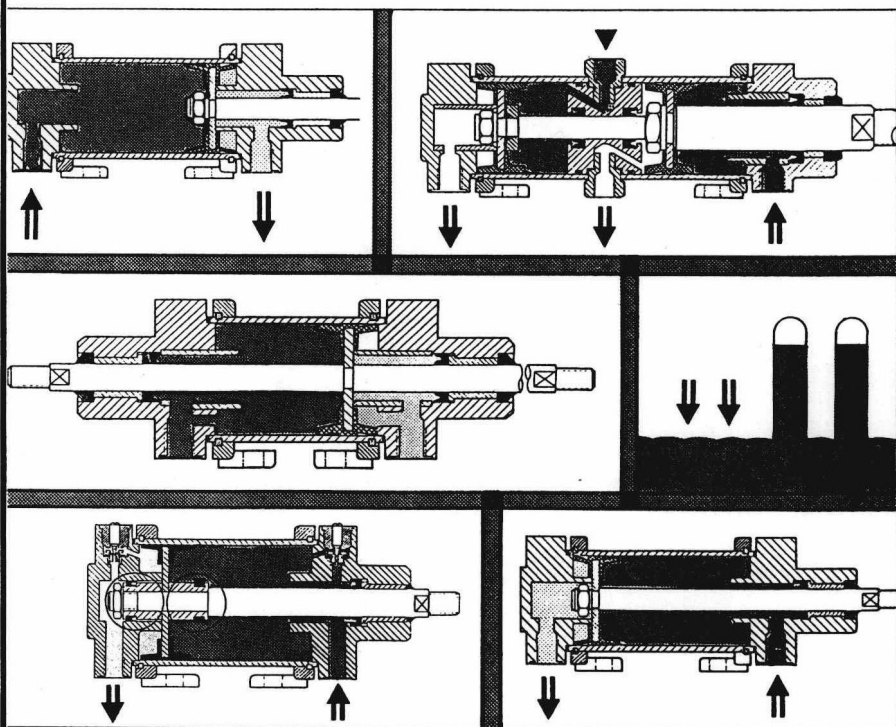
許松培 編著



全華科技圖書股份有限公司 印行

實用氣壓學

許松培 編著



全華科技圖書股份有限公司 印行

书馆



氣壓的應用實例，雖然早在二千年以前即出現過，但實際大量應用在自動化的控制工程上，還是近幾十年的事。在此之前，一般人知道油壓可能遠比氣壓普遍，至少止於名詞上的認識是如此。

近年來，工業自動化的急速成長，使得氣壓在生產機器中之地位日益重要。高工畢業生在工廠所接觸氣動機器漸形增加，因此氣壓教學刻不容緩。編者任教於內思高工從事氣壓教學多年，有鑒於學生對坊間氣壓參考書籍中之氣壓迴路採不定位繪圖方式頗不能適應，致形成學習阻礙。因此於課餘編寫此書，將氣壓迴路改以定位法表示。同時，對氣壓符號稍加說明，期對記憶、瞭解符號有所幫助。第八章電氣—氣壓控制，部份迴路更採用電路圖與氣壓迴路圖對照方式，以收相輔相成之效。本書適於高工及五專氣壓課程教材，亦適作為初學氣壓之自修參考用書。

本書共分為八章並附有習題，作為教材足敷每週授課二小時，一學年教學之用。若為配合氣壓實習，可先從第四章符號及第五章基本迴路開始，附錄三十二張教學實習迴路圖，提供氣壓實習之用。

本書編寫得助於白雲山修士提供資料及蒙全華科技圖書公司相助出版，不勝感激，謹此致謝。書中內容雖作為內思氣壓教材多年，迴路部份亦經多次實驗校對。

我們的宗旨：



感謝您選購全華圖書
希望本書能滿足您求知的慾望

為保護您的眼睛，本公司特別採用不反光的米色印書紙！！

惟編者才疏學淺且匆促付梓，疏漏錯誤在所難免，尚祈
教育工業先進不吝賜正是幸。

許 松 培

序於 74 年 1 月

「系統編輯」是我們的編輯方針，我們所提供給您的，絕不只是一本書，而是關於這門學問的所有知識，它們由淺入深，循序漸進。

現在我們就將這本「實用氣壓學」呈獻給您。這是一本內容相當詳盡實用的初學書籍，全書之迴路均以定位法繪製，並詳細說明符號之意義，電氣與氣壓控制採電路圖與氣壓迴路圖對照方式說明，使讀者更易於吸收與了解。

本書分八章，對符號、迴路設計、電氣—氣壓控制均有精闢的分析，適於高工、工專教學之用，亦適工程技術人員參考，另附實習迴路圖提供實習教學之用。

同時，為了使您能有系統且循序漸進研習氣壓學方面叢書，我們以流程圖方式，列出各有關圖書的閱讀順序，以減少您研習此門學問的摸索時間，並能對這門學問有完整的知識。若您在這方面有任何問題，歡迎來函連繫，我們將竭誠為您服務。

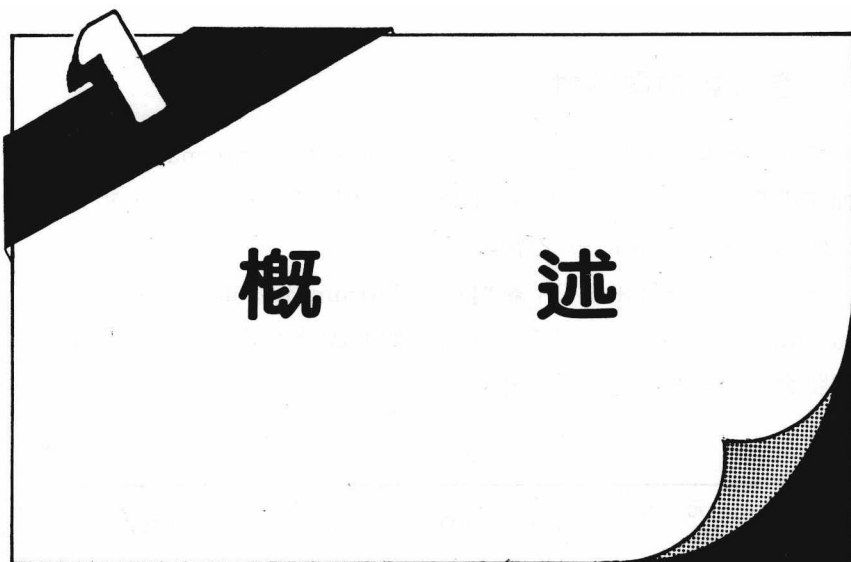


第 1 章 概述	1
1.1 空氣之物理特性	2
1.2 氣體壓力、體積與溫度之關係	3
1.3 空氣流速與壓力之關係	4
1.4 大氣壓力	5
1.5 壓力之定義及使用單位	7
1.5-1 定 義	7
1.5-2 基本單位及換算	8
1.5-3 氣壓的壓力單位	9
1.6 氣壓運用的優點與缺點	9
習 題	10
第 2 章 壓縮空氣的產生	11
2.1 空氣壓縮機的種類	12
2.1-1 正排量型	12
2.1-2 動力型	15
2.2 壓縮機的選擇、裝設及維護	16
2.3 壓縮空氣的調理	16
2.3-1 氣壓過濾器	17
2.3-2 調壓閥	18
2.3-3 潤滑器	18
2.3-4 三點組合（調理組）	20

2.4	壓縮空氣的乾燥	20
	習題	23
第③章	氣壓的驅動元件與控制、調節元件	25
3.1	氣壓的驅動元件	25
3.1-1	氣壓缸	25
3.1-2	氣壓馬達	39
3.2	氣壓的控制及調節元件	43
3.2-1	方向控制閥	43
3.2-2	止回閥	57
3.2-3	壓力控制閥	59
3.2-4	流量控制閥	61
3.2-5	單向流量控制閥	61
3.2-6	切斷閥	62
3.2-7	組合閥	62
	習題	65
第④章	氣壓常用符號	67
4.1	能的轉換	68
4.2	能的控制與調節	70
4.3	能的傳送	73
4.4	控制機構	75
4.5	其他設備	78
4.6	特殊符號(非標準化)	79
第⑤章	氣壓基本迴路	81
5.1	氣壓迴路的圖形表示法	81
5.2	迴路圖內元件的命名	84
5.2-1	數字命名	84
5.2-2	英文字母命名	87

5.3	管路的表示	89
5.4	氣壓基本迴路圖	90
5.4-1	單動氣壓缸的控制	90
5.4-2	雙動氣壓缸的控制	91
5.4-3	梭動閥的應用	92
5.4-4	雙壓閥的應用	94
5.4-5	流量控制閥的應用(單、雙動氣壓缸 速度之調節)	95
5.4-6	快速排氣閥的應用(增加單、雙動氣 壓缸的速度)	99
5.4-7	單動氣壓缸與雙動氣壓缸的間接控制	100
5.4-8	利用端點置極限開關的控制	102
5.4-9	利用節流作用的控制	105
習題		106
第⑥章 自動操作的氣壓迴路設計		107
6.1	自動操作迴路設計的基本認識	107
6.2	串級法	116
6.2-1	起動閥位置的設立	120
6.2-2	緊急停止迴路的設置	127
6.3	循環步進法	133
習題		137
第7章 氣壓邏輯迴路設計		139
7.1	基本邏輯符號及其真值表	139
7.1-1	肯定函數(等函數)	141
7.1-2	否定函數(非函數)	141
7.1-3	或函數	142
7.1-4	及函數	142
7.1-5	反或函數	143

7.1-6	反及函數	143
7.1-7	雙安定器	144
7.2	布氏代數	145
7.2-1	基礎	145
7.2-2	定理	146
7.2-3	代數運算	148
7.2-4	卡氏圖解法	150
7.3	邏輯迴路分析與計算（邏輯設計法）	159
	習題	185
第3章 電氣——氣壓控制		187
8.1	電磁閥	188
8.2	繼電器	189
8.3	電氣訊號之輸入裝置	194
8.4	電氣符號摘要	195
8.5	電氣——氣壓迴路圖繪圖說明	198
8.6	電氣——氣壓基本迴路	200
8.6-1	氣壓缸的驅動	200
8.6-2	氣壓缸自動回行的控制（單循環）	201
8.6-3	氣壓缸連續往復運動控制	206
8.6-4	氣壓缸之順序操作	213
8.6-5	設計電氣迴路之注意事項	233
8.7	緊急開關之裝置	234
	習題	236
	附錄 氣壓教學實習##迴路練習圖	237



概述

“氣壓”在名詞上很容易使人誤以爲是物理學中有關研究空氣物理性質、空氣動力等問題。因此工程師們試圖以“氣力”來區分。不過事實上，它與“油壓”一樣。不同的是使用的介質和應用的範圍。氣壓技術的發展已可以將它解釋爲：利用壓縮空氣作爲媒介，在工業上的一切應用。這個名稱將由於自動化的興起，被廣爲接受。

目前氣壓在工業上的應用已不止於早期的採礦業及鐵道工程，舉凡機械加工，塑膠生產，木工，紡織，食品，……等均有氣壓技術的介入。它將如同電力系統一樣，廣爲人類所應用。

氣壓在目前依使用的壓力範圍可分類爲：

- (1) 低壓系統：壓力範圍從 0.5mbar 到 500mbar，僅作爲控制目的使用。
- (2) 常壓系統：壓力範圍從 3 bar 到 8 bar。爲傳統氣壓，一般使用壓力在 6 bar，出力在 30,000N 以下。
- (3) 高壓系統：壓力範圍在 16 bar 以上。爲特殊氣壓用途，甚不經濟。因爲一般需大出力均採油壓或氣—油合併的裝置。

本編所討論的均爲常壓氣壓。

1.1 空氣之物理特性

空氣壓縮機所使用之空氣，一般係指正常狀態 (normal condition)，而非標準狀態 (standard condition) (即溫度 20°C ，絕對壓力 760 mm Hg，相對濕度 65%) 之空氣。

正常狀態之空氣在 0°C ，絕對壓力 760 mm Hg，重力加速度 $g = 980.665 \text{ cm/sec}^2$ 狀況下的乾空氣，其標準成分如表 1.1。

正常狀態下空氣重量約為 1.293 kg/m^3 。

表 1.1

組 成 \ 元 素	氮 (N_2)	氧 (O_2)	二氧化碳 (CO_2)	氬及其他
體 積 (%)	78.09	20.95	0.93	0.03
重 量 (%)	75.53	23.14	1.28	0.05

空氣之濕度

空氣濕度的高低乃代表空氣中所含水蒸汽的多寡。一般而言，空氣濕度又可以用相對濕度與絕對濕度兩種表示，其定義為：

$$\text{相對濕度}(\phi) = \frac{\text{濕空氣內水蒸汽之分壓}(p_w)}{\text{同一溫度飽和空氣中水蒸汽壓}}$$

$$\text{絕對濕度}(x) = \frac{\text{濕空氣之水分重量}(V_w)}{\text{乾燥空氣之重量}(V_a)}$$

相對濕度係潮濕空氣中水蒸汽的分壓與同一溫度狀況飽和水蒸汽壓之比值。飽和水蒸汽壓與溫度成比例關係；溫度下降，飽和水蒸汽壓亦降低。因此，相對濕度反增大，形成飽和狀態，凝結成露 (dew)，而其絕對濕度却不變。同理，當溫度上升時，飽和水蒸汽壓亦升高，相對濕度反減小，而其絕對濕度仍不變。然而，如將溫度保持不變，則水蒸汽含量愈多，其相對與絕對濕度將愈大。

經壓縮後之潮濕空氣，其相對濕度會發生變化，其計算公式如下：

$$\phi_2 = \phi_1 \frac{p_{s1} \cdot p_2}{p_{s2} \cdot p_1} (\%) \quad (1.1)$$

或
$$\frac{\phi_2}{\phi_1} = \frac{(p_2 / p_{s2})}{(p_1 / p_{s1})} (\%) \quad (1.2)$$

式中，註標 2 代表壓縮後的狀況，註標 1 則表壓縮前的狀況， ϕ 為相對濕度， p_s 為飽和水蒸汽壓， p 為大氣的絕對壓力。

1.2 氣體壓力、體積與溫度之關係

壓力、溫度與體積之關係為訂定氣體行為定律或方程式之基礎。此項行為定律僅適用於氣體。

我們已經知道所有物質均由原子構成，由原子形成其分子。氣體的分子非常微小，在一立方公厘 (mm^3) 的體積中所包含分子的數量大約為 $27 \cdot 10^8$ 。氣體分子在常溫並非呈靜止狀態，而是不停地迅速運動及相互碰撞。分子之運動，成為空氣充滿在空間之原因。在密閉容器中之氣體分子經常地、快速地撞擊容器內壁，因此產生壓力。

由於分子間之距離大，因此氣體可以壓縮成為較小之體積。受壓縮後之氣體，由於空間縮小，而分子數量不變，因此撞擊容器內壁次數增加，即單位面積受力增加（壓力增加）。反之，若分子數量不變，當空間增大，則壓力減小。而若空間不變（體積不變）氣體分子數量增加，壓力增加，分子數量減少，壓力減低。可知

“氣體壓力與體積形成反比關係”

在絕對零度（或 -460°F 時）分子運動停止，所有物質均為固體。而溫度一升高，分子開始運動，當溫度升高至一定程度，固體即熔解形成液體，若繼續升高其溫度（或壓力降得夠低時），則分子會跳離液體表面成為氣體，可知分子的運動取決於溫度。氣體分子受熱時，移動速度會加快，當氣體未受限制時，可自由膨脹，佔據較大空間（體積增加）。但若在一密閉之固定容器不能膨脹，氣體受熱分子移動快速，容器內壁受較多

之撞擊，壓力升高。反之，若溫度降低，氣體分子運動緩慢，容器內壁受撞擊次數及力量均小，容器單位面積所受力較小（壓力減小）。我們假設容器內之氣體可以膨脹，氣體受熱時，在壓力保持相同情況下，氣體體積會增大。我們可由表 1.2 看出壓力、溫度與體積間之關係。

由表 1.2，我們可以看出若將壓力、溫度、或體積三者之一保持不變，另兩式變化情形。對於氣體體積來說，氣體體積之變化正比於絕對溫度之變化，而反比於絕對壓力之變化。此一自然定律，稱為波義耳—給律沙克定律（Boyle-Gay-Lussac's Law）。此定律可以用下列方程式表示：

$$\frac{P_1 V_1}{T_1} = \frac{P_2 V_2}{T_2} \quad (1.3)$$

換句話說，如果將原來的壓力與體積之乘積除以溫度等於一常數。

表 1.2

壓 力	溫 度	體 積
不 變	升 高	增 加
不 變	降 低	減 少
降 低	不 變	增 加
升 高	不 變	減 少
增 加	升 高	不 變
減 少	降 低	不 變

1.3 空氣流速與壓力之關係

要瞭解流速與壓力間之關係，必須先瞭解流體流動的自然性。水因本身分子重力由高處往低處流動。在恒溫時，氣體則因壓力差異而造成流動。當這些流體靜止時，施壓力於每一方向，壓力是流體之靜能。流體之動能依流體之速度而定；是流動之流體在其流動方向施以能量。一流動之流體必具有兩種能量：因流體本身質量與速度所存在之動能（kinetic energy）及以壓力型式而存在之勢能（potential energy）（即動能與勢能），

兩者之和爲一常數。

勢能 + 動能 = 常數

瑞士科學家丹尼爾·柏努力 (Daniel Bernoulli) 在 1738 年研究一定流量系統中，能量經過不同截面積傳送的情形而發現的。柏努力原理 (Bernoulli's principle)。敘述如下：

“當系統內流動率恒定時，系統內任一點之動能與勢能總量必爲一定值”。

如圖 1.1 所示。當管直徑改變時，其速度改變，動能隨之改變，但因能量不能創造或消滅，故當動能改變時，其存在之勢能，必亦相對增加或減少。

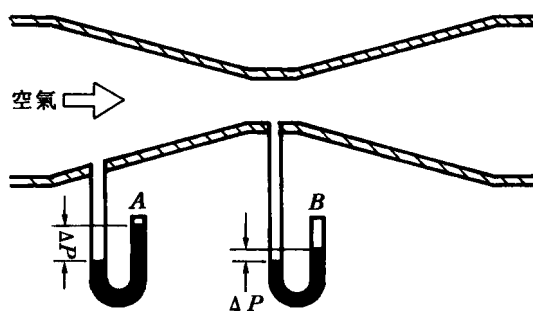


圖 1.1

1.4 大氣壓力

在地球表面層環繞一很厚的大氣層。大氣壓力 (Atmospheric pressure) 即大氣中之空氣因其重量而生之壓力。換句話說，每一平方公分截面的空氣柱，穿越大氣層的高度，在緯度 45° 海平面上所累積空氣分子的重量爲 1.0332 公斤 (即 1 大氣壓力 = 1.0332 kg/cm^2)。在較高之緯度，空氣稀薄，空氣柱累積重量較小，故壓力亦較低。而低於海平面，因氣層厚，累積重量較多，大氣壓力即大於 1.0332 kg/cm^2 。

測量大氣壓力可用氣壓計來測量其水銀柱高度。水銀氣壓計 (圖 1.2) 爲托里協里 (Torricelli) 所發明的裝置。托氏發現，當一盛裝水銀之

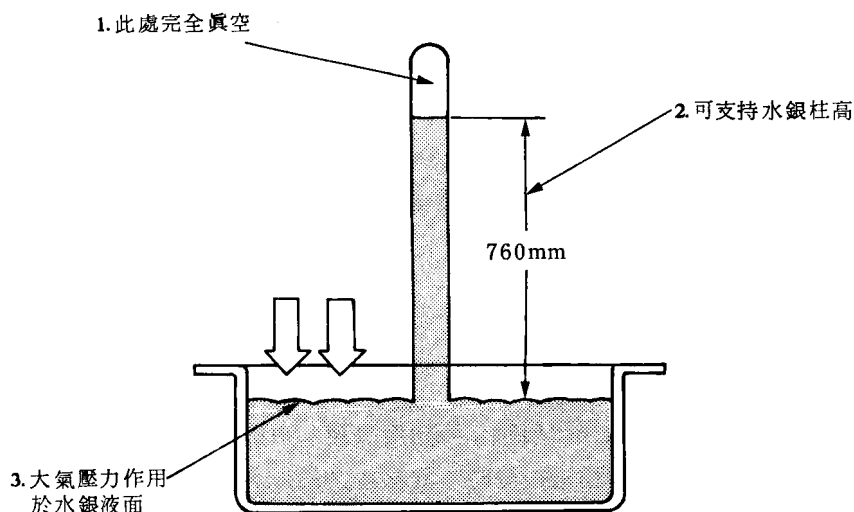


圖 1.2

封閉管倒置於一水銀槽時，管中水銀柱將僅落下一段距離。他解釋為槽中水銀液面受大氣壓力作用支持水銀柱重量，而管頂為一絕對真空(perfect vacuum)，若槽之水銀液面無大氣壓力作用，則水銀柱中之水銀，將因其本身重量流入槽內而無法保持一段距離。(圖 1.2)

絕對壓力與錶壓力

任何低於大氣壓力之狀況稱為真空(vacuum)或部份真空(partial vacuum)。一絕對真空(perfect vacuum)為完全沒有壓力。依科技之觀點，絕對真空是無法產生的。在一封閉容器，我們僅能將容器內之空氣抽至絕對壓力僅有 10^{-10} pa之程度。絕對壓力的零點為真空，通常應用在物理定律上。在油壓或氣壓學裡常應用的為錶壓力，錶壓力常以一個大氣壓力作為參考點，一個大氣壓力為錶壓力之零點。故錶壓力與絕對壓力之互換為：

$$\text{錶壓力} + 1 \text{ 大氣壓} = \text{絕對壓力}$$

$$\text{絕對壓力} - 1 \text{ 大氣壓} = \text{錶壓力}$$

(1.4)

1.5 壓力之定義及使用單位

1.5-1 定 義

單位面積所承受的力，稱為壓力。壓力的大小取決於力或面積。

例如圖1.3所示，邊長為10公分的立方金屬塊假設重達10公斤，亦即10公斤之重量作用於100平方公分（ 100cm^2 ）之底面積上，則每平方公分面積要承受0.1公斤的重力。壓力為 $0.1\text{kg}/\text{cm}^2$ 。

倘若將兩金屬塊相疊，如圖1.4則因底面積不變，而重量有2倍，單位面積承受之力（壓力）為0.2公斤，即壓力為 $0.2\text{kg}/\text{cm}^2$ 。

但若將金屬塊並排，如圖1.5其重量增加，而底面積亦相對增加，則無關於壓力。

因此，我們知道壓力正比於力量（或重力），反比於受力的面積，可以下式表示：

$$F = P \times A \quad \text{或} \quad P = \frac{F}{A} \quad (1.5)$$

式中， P 為壓力， A 為受力面積， F 為力。

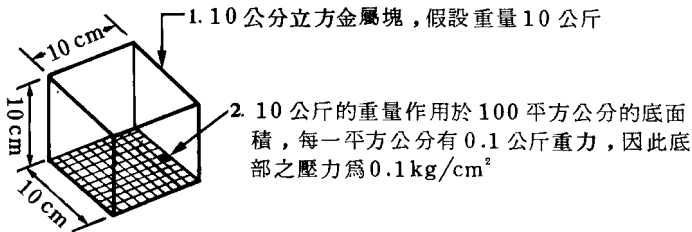


圖 1.3

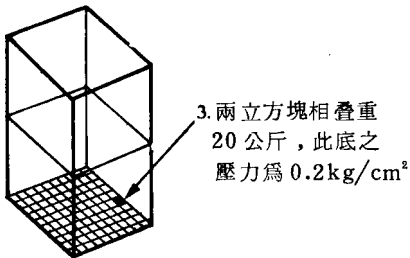


圖 1.4

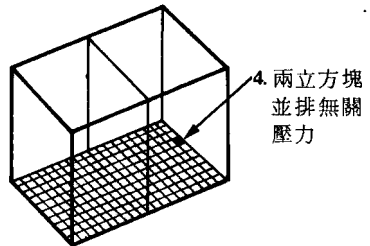


圖 1.5