

熱工學基礎

蘇聯 利特文著
婁 堯 作譯

燃料工業出版社

熱工學基礎

內 容 提 要

本書首先介紹數學、物理、化學的基本知識。然後，再介紹熱工原理，敘述了氣體的定律，熱力學定律及熱量交換問題的基本知識。

在熱工學實際應用方面，本書介紹了火力發電廠的生產過程，設備的作用原理及發電廠的熱循環；並介紹了計算發電廠效率的基本方法。



熱 工 學 基 礎

Основы теплоэнергетики

•根據蘇聯國家動力出版社(Госэнергоиздат)1949年莫斯科俄文增訂第四版翻譯•

А. М. Литвин 著
裘 堯 作譯

燃 料 工 業 出 版 社 出 版
(北京東長安街中央燃料工業部)
新 華 書 店 發 行

編輯：王頌華 校對：李翔雲 趙迦南

書號：113 * 25開本 * 176頁 * 153,000字 * 定價：11,500元

一九五三年十月北京第一版(1-6,000冊)

版權所有★不許翻印

出版者的話

大規模經濟建設開始後，不斷增長的工礦企業要求供給足夠的動力，這就要使電力工業的大規模基本建設提前一步開始。不久，全國定將出現許多新建、擴建和改建的發電廠（指火力發電廠）。這些電廠需要大批熱工方面的技術工人和幹部。

《熱工學基礎》是一本供發電廠及其他廠礦企業培養熱工方面技術工人的專門教材。

本書的第一、二兩章專門介紹有關的數學、物理和化學方面的初步知識，這對文化程度較低的（高小或初中程度）同志學習，是一個很大的幫助。

但是，本書第三章以後，敘述中引用的個別名詞，對完全沒有學過物理化學的讀者，還是有一些困難的。所以，在整理原稿時，我們會附加了一些註解。我們希望技工同志們把閱讀本書時所遇到的困難隨時告訴我們，以便在再版時進一步增加必要的註釋，使它更便於學習。

由於譯、編的人工作能力有限，本書一定還存有不少缺點和錯誤，竭誠地希望讀者隨時指正。

原著者第四版序

新版書準備供給發電廠訓練技術工人及中級技術人員（工長、場長）時作參考教材。

書中敘述了獲得機械能（電能）的基本知識和發電廠設備的工作原理，並研究了整個發電廠的循環。因此，本書內容是比較專門的初級課程，是訓練專業人員的基本教材。本書所介紹的基本知識，目的在幫助讀者瞭解自己工作崗位在整個發電廠生產過程中的地位，擴展眼界，並幫助更進一步的學習技術課程。

在本版書中，著者較過去增加了更多切合實用的材料——敘述燃燒室、鍋爐、汽輪機及發電廠應用的其他主要設備。本書第三版時，已介紹了蘇聯在熱化事業方面的應用，所以著者盡可能詳細地補充了有關這方面的材料。

著者估計，現在這本書也可以供各種工廠與企業生產部門訓練技術人員時，作為普通熱工學的參考書。

估計參加學習的學員（讀者）可能文化程度參差不齊，因此，本書頭兩章簡要地敘述了數學（假定分數四則的算法已懂）、物理及化學的基本理論。

再版時，文字與圖均會全部校閱，改正了排版中的錯誤。

著者非常願意得到應用這本書後的意見與批評，意見請寄：
[莫斯科水閘河岸街 10 號國家動力出版社]（Москва, Щлюзовая набережная 10. Госэнергоиздат）。

這本書前三版均經蘇聯熱工學院教授路賓斯坦（Я. М. Рубинштейн）審閱，著者深感榮幸，並對他的幫助表示感謝。

目 錄

緒 論

第一章 數及其度量

第 1 節	工業的度量制度	8
第 2 節	壓力，功和能力	13
第 3 節	數學常識	16
第 4 節	從屬性，表格，圖示	24

第二章 物理與化學的基本知識

第 5 節	物體構造和物質三態	29
第 6 節	化學的一般常識，化學作用，分子式及分子量	30
第 7 節	主要的化學作用和燃料的燃燒	32
第 8 節	物理學的一般常識和力學定律	36
第 9 節	慣性，力，質量，牛頓定律	37
第 10 節	向心力與離心力	40
第 11 節	固體的性質和材料的應力	40
第 12 節	液體的性質	42
第 13 節	能及其形式，能的互換，能的轉換及能量不滅原理	46
第 14 節	熱能和溫度	48
第 15 節	能的度量單位，加熱與冷卻時熱量的計算，電能量的計算	52
第 16 節	物質三態的變化	54

第三章 工質——氣體與蒸汽

第 17 節	氣體的性質	57
第 18 節	大氣壓力	58
第 19 節	氣體壓力的度量	59
第 20 節	氣體狀態的變化	64

第 21 節	體積不變時氣體狀態的變化過程	66
第 22 節	壓力不變時氣體狀態的變化過程	68
第 23 節	氣體狀態變化的絕熱過程	72
第 24 節	等溫過程氣體狀態的變化	74
第 25 節	混合氣體	77
第 26 節	水蒸汽	79
第 27 節	水蒸汽的 $i-s$ 圖	83
第四章 熱能轉換		
第 28 節	熱力學定律	91
第 29 節	卡諾循環	96
第 30 節	內燃機循環	98
第 31 節	熱平衡, 原動機的能力以及燃料的消耗	103
第 32 節	燃料及燃料的使用	105
第 33 節	燃燒室的構造	111
第 34 節	蒸汽鍋爐	115
第 35 節	蒸汽原動機	123
第 36 節	火力發電廠的設備佈置系統	135
第 37 節	火力發電廠的經濟特性、熱平衡及蒸汽的消耗	138
第 38 節	回熱循環和蒸汽二次過熱	144
第 39 節	燃料的消耗	149
第 40 節	熱化	151
第 41 節	發電廠的型式	154
第五章 熱量交換		
第 42 節	熱交換器	160
第 43 節	熱量傳播的方法	163
第 44 節	熱量交換的主要情況	164
第 45 節	熱量的輻射交換	168
附 錄		172

緒 論

電力工業是國民經濟的重要部門之一，這一點已經不需作任何說明了。早在內戰結束後，列寧就曾指示我們，爲使人民能開始過新的生活，首要的問題，就是實現國家電氣化的計劃。在蘇俄國家電氣化計劃委員會的指導下，經過許多的學者與工程師的參加和努力，到1920年，這個計劃的草案擬定完成了。

在十月革命以前，在電力工業方面俄國是一個落後的國家。在鄉村裏，根本不知道有所謂電燈，一律用松脂來點燈。俄國在電力設備上與資本主義國家比較，是很落後的；發電量佔全世界第十五位，佔歐洲第七位。

蘇俄國家電氣化計劃委員會的計劃，在總的發展國民經濟計劃中，確定了蘇聯電力工業發展的途徑，就是首先爲發展重工業——冶煉金屬及開採燃料而服務。

蘇俄國家電氣化計劃委員會的計劃，不僅已完成了，而且是超額完成了。在10—15年內新建了30個區域發電廠，總發電量爲1 750 000瓩，超額完成原計劃的2.5倍。1913年，俄國發電廠總發電量只1 098 000瓩；到1937年末，發電廠的容量已增加了7倍，蘇聯發電廠的總發電量已佔歐洲第二位，爲全世界第三位。

蘇聯發電廠發展的基本途徑是什麼呢？按照蘇俄國家電氣化計劃委員會社會主義電力建設計劃的意圖，應以區域發電廠爲中心，建立中心電力網。這就是互相用高壓輸電線聯結起來，形成區域的電力系統。

十月革命以前，已建立一個區域發電廠（莫斯科輸電網）。現在區域電力網已是蘇聯電氣事業的基礎了。最近幾年來建立中心電力網的事業獲得了新的巨大的成就，有些在地理位置上互相接近的地區，儘可能彼此連接起來了。這是蘇聯建立統一的高壓電力網的基

礎，它使蘇聯成爲充分利用豐富電力泉源的國家。

俄國在十月革命以前，發電廠主要利用昂貴的燃料——石油，頓巴斯好煤，有時甚至用進口的英國煤。但是，蘇聯自己出產豐富的低值燃料——泥煤，褐煤，油母頁岩。因此，蘇聯的電氣事業，是沿着利用當地燃料、建立巨大的發電廠的途徑發展的。在煤產地建立區域電廠，大大地減輕了鐵路線運輸負載，

蘇聯在發展電力的基礎上實行熱化的巨大意義，值得特別注意。蘇聯人民的熱化事業，在計劃一開始，就給國家經濟事業集中供給電能與熱能建立了充足的條件。

在德國法西斯敵人越過蘇聯國境，侵略與壓迫蘇聯人民，蘇聯人民起來奮勇打擊敵人的年代，蘇維埃社會和平建設事業的時期中斷了。在衛國戰爭期內，蘇聯人民需要將工廠遷移到沒有戰爭、沒有炮火威脅的後方。這樣，供應工廠原動力與熱能的發電廠，顯得更重要了。在戰爭的頭幾年，需要將暫時被敵人佔領地區的工廠，搬運遷移至新的地區。在各方面，工業生產均以不可估計的速度向前發展，同時電力工業的重建與發展，首先就採取了以燃料燃燒來獲得能，即走「熱工的」途徑。

對敵戰爭全部勝利結束，擺在蘇聯的工業面前的是新的、巨大的任務。這些任務不僅需要恢復原有企業，而且還要保證全部工業進一步的向前發展。

這些任務反映在 1946 年蘇聯最高蘇維埃所通過的有歷史意義的「蘇聯國民經濟恢復與發展的五年計劃（1946—1950年）法規」裏。在這個法規中確定了蘇聯電力工業的光榮任務是：

「完全恢復曾被佔領區的電廠，並於五年中蘇聯所有電廠將產生 1170 萬瓩的電力，在 1950 年使規定的電廠發電力達到 2240 萬瓩。」

「規定 1950 年電力之生產，應比 1940 年增加百分之七十。」

「在各電廠採用最新式動力技術——採用高壓與高溫的蒸汽，最新式汽輪機與最新式鍋爐、發電機與高壓器械，廣泛展開電廠生產過程自動化的工作。」

這些任務已勝利完成了，這從蘇聯電業部裝配與建築機構工人大會參加者給蘇聯部長會議主席約·維·斯大林同志的信中可以見到。

在這封信中他們這樣說：

「……順利完成蘇俄電氣化計劃和斯大林五年計劃的結果，使我們國家的電力事業克服了過去的落後性，現在我們電能的生產已佔世界第二位。

……在 1948 年 10 月，國家區域發電廠的容量比戰前提高 25%，而電能的生產量增加得更多，超過了 32%。

今天，被敵人毀壞的電廠已全部或部分恢復了，其中包括我國最大的幾個發電廠——第聶伯水力發電廠，斯大林諾格爾斯克、祖也沃、第聶伯洛捷爾任斯基、都伯羅夫斯克、尼日尼斯維爾斯克、阿列克辛等地的發電廠。

恢復與發展區域電廠，是在應用最新技術的基礎上實現的；高壓蒸汽、複雜動力機械的工作和過程廣泛地自動化，最好地利用當地燃料及水源。

……實現這個偉大的計劃時，電力建設工人和安裝工人在戰後五年計劃的期間內，不但要恢復全部被毀壞的發電廠，而且還要建立新的發電廠：發爾哈特、赫拉米、蘇胡姆、史維司都欣等地的電廠，札烏基卡水力發電廠，烏茲別克和卡查赫共和國中一系列的水力發電廠，阿斯特拉罕及緒茲蘭等水力發電廠。

整個五年之內，須建造及裝配 78 個火力發電廠，42 個水力發電廠，122 座鍋爐，3935 公里的高壓輸電線；及建造 55 萬平方公尺的住宅。」

新的發電廠需要培養大批新的幹部。年青的工人同志、班長、值長，在發電廠重要的工作崗位上，需要準備研究和瞭解自己的工作，在發電廠事業上的特殊作用，明白各種機器及發電廠設備的工作原理，精通這些機器的構造的物理知識，知道簡單的計算方法。這本書就是解答這些問題的。

第一章 數及其度量

第 1 節 工業的度量制度

人們在生活上和各種事業中，常應用度量衡來進行工作。例如建造房屋，要測量建築物的面積和容積，要計算各種建築材料的重量。在企業中要計算商品的價值，需衡量商品的重量。在發電廠中，計算電能的價格時，應測定生產時間內的燃料的消耗量。

這些例子中的重量、面積、容積、時間等的量，叫做「數值」。此外，尚有很多別的「數值」，在下面還要談到。

要測定數量若干，應該有度量的單位。例如要測定物體的長度，應該決定用哪一種長度單位來度量。若已有合適的單位，便可測定物體的長度，即全長為單位長度的多少倍。這是進行度量所必需的。有了一定的長度單位，周圍所有的長度，如房屋的長度，物件的長度都可測定了。總之，我們可以這樣說：度量任何數值，就是拿與它同一性質的、採用為度量單位的另一數值來作比較。

以前各國均有各自獨立的度量單位。如俄國長度的度量單位為「阿爾申」^①，重量的單位為「芬脫」^②。國際間，對同一的與同樣的數量，採用不同的單位來度量，造成很多麻煩，增加國際間商品交易的困難。

法國在前一世紀已推行了稱為「公制」的度量制度。因為這種制度有很多優點，已逐漸被各國採用。只有英國及其殖民地國家與美國，尚未改用公制，因此與這些國家在商業與科學上的交換，尚

① 「阿爾申」(аршин)俄國的長度單位，1 阿爾申約等於 0.711 公尺。——編者

② 「芬脫」(фунт)俄國的重量的單位，1 芬脫等於 0.41 公斤。——編者

存在一些困難。

現在我們來討論某些數和它們的度量單位。

公制長度的度量單位叫做「公尺」。在巴黎「國際度量衡局」裏保存着鈎製的量器，稱為「公尺原器」，即是標準公尺。各國按照原器製成「副原器」，按照「副原器」製造通常的「米達尺」，即是用於測量長度的「公尺」。

測量長度僅用一個單位，還是感到不方便。如用公尺測量較大的距離，得到很大的數字。若問從莫斯科到列寧格勒間的距離有多少公尺，一下子誰也說不上來。因此要利用別的长度單位——公里。並使：

$$1 \text{ 公里} = 1000 \text{ 公尺},$$

即一公尺為千分之一 (0.001) 公里。

在另一方面，很小的一段距離用公尺去量，也感到不方便；因此有比公尺更小的單位。這些單位是：公寸，1公寸等於0.1公尺；公分，1公分等於0.1公寸，或0.01公尺；及公厘，1公厘等於0.1公分，或0.001公尺。這樣，可列成如下的長度單位表：

$$1 \text{ 公里} = 1000 \text{ 公尺};$$

$$1 \text{ 公尺} = 10 \text{ 公寸};$$

$$1 \text{ 公寸} = 10 \text{ 公分};$$

$$1 \text{ 公分} = 10 \text{ 公厘}.$$

從上表很容易得出實際上常常應用的關係：

$$1 \text{ 公尺} = 100 \text{ 公分};$$

$$1 \text{ 公尺} = 1000 \text{ 公厘}.$$

通常爲了使這些度量單位書寫便利，可用拉丁字母作爲符號，即公尺的符號爲 m ，公里爲 km ，公寸爲 dm ，公分爲 cm ，公厘爲 mm 。

根據上面所說的，可知這些度量單位間的關係都是十進位的。這就大大地簡化了計算的手續。這是公制的最大優點。

例(1) 測量一根導管的長度爲25公尺3公分5公厘，將導管長度化爲公尺。

先把3公分化為公尺，因1公分=0.01公尺，則

$$3 \text{ 公分} = 3 \times 0.01 = 0.03 \text{ 公尺。}$$

繼續把5公厘化為公尺，因1公厘=0.001公尺，則

$$5 \text{ 公厘} = 5 \times 0.001 = 0.005 \text{ 公尺。}$$

這樣，導管全長為：

$$25 + 0.03 + 0.005 = 25.035 \text{ 公尺。}$$

例(2) 將例(1)測量導管的長度化為公厘。

因1公尺=1000公厘，則

$$25 \text{ 公尺} = 25 \times 1000 = 25000 \text{ 公厘，}$$

同樣得：

$$3 \text{ 公分} = 3 \times 10 = 30 \text{ 公厘，}$$

導管全長為：

$$25000 + 30 + 5 = 25035 \text{ 公厘。}$$

接下去要說的「數」是「力」。力在工業上有特別重要的意義。關於這個「數」，是我們每個人都直接經驗到的。如有某一靜止着的物體，要想使它運動，須對這物體施力；若某些物體以某種速度運動，如要想增加運動的速度，或相反的要減少運動的速度，均須對這物體施力。

並且，大家都知道，地球上所有的物體都有「重量」。物體所以有重量的性質，是由於地球對所有物體都具有吸引力。我們叫這種吸引物體的力為物體的重量。

在我們所討論的度量單位系統中，一般度量「力」的單位，以及「重力」（重量）單位，都採用「公斤」（符號為 kg ）。

度量很大的力或重量，應用另一種度量單位——噸(T)，即

$$1 \text{ 噸} = 1000 \text{ 公斤。}$$

度量很小的力應用克(g)，即

$$1 \text{ 公斤} = 1000 \text{ 克。}$$

這樣，可以將力的量度單位列成下表：

$$1 \text{ 噸} = 1000 \text{ 公斤，}$$

$$1 \text{ 公斤} = 1000 \text{ 克。}$$

在工業上，常進行工作過程中繼續時間的測定。因此，需要

有度量時間的單位——秒。度量時間單位還有：分鐘，1 分鐘等於 60 秒，及小時，1 小時等於 60 分鐘。這樣：

$$1 \text{ 分鐘} = 60 \text{ 秒},$$

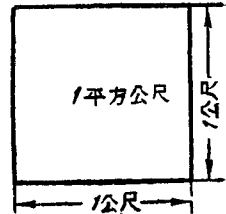
$$1 \text{ 小時} = 60 \text{ 分鐘} = 3\,600 \text{ 秒}.$$

在工業上應用的其他的數，均可用上述的數來表示。因此上述的數——長度、力、時間——稱為「基本數」，而其餘的數，稱為「導出數」。

以上所說的度量單位制度，稱為「工業用度量公制」。

現在再介紹一些導出數與其度量單位。

面積的度量單位，可採用長等於 1 公尺，寬等於 1 公尺的正方形為單位。如第 1 圖就是這種面積的示意圖。這樣的面積稱為「平方公尺」（符號為 m^2 ）。量較大的面積，可用平方公里（ km^2 ）為度量單位，而量較小的面積可用平方公分（ cm^2 ），平方公分（ cm^2 ）平方公厘（ mm^2 ）等。



第 1 圖 平方公尺

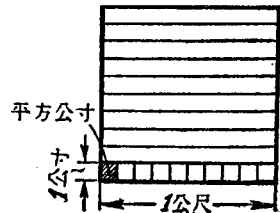
確定度量面積各種單位間的關係並不困難。第 2 圖所示面積仍為 1 平方公尺，而將長與寬各分成 10 等分，每一等分為 1 公分；因此在 1 平方公尺中，沿每一邊的一排為 10 平方公分。

這樣沿四方的寬共有 10 排，1 平方公尺有 $10 \times 10 = 100$ 平方公分，即一平方公尺等於 100 平方公分。用同樣的計算，可以確定其他單位的關係，例如，

$$1 \text{ 公尺} = 100 \text{ 公分},$$

則

$$1 \text{ 平方公尺} = 100 \times 100 = 10\,000 \text{ 平方公分}.$$



第 2 圖 一平方公尺與一平方公分的關係

應用度量長度的單位，可得出度量體積的單位。長寬高都等於 1 公尺（第 3 圖）所構成立方體的體積，叫做 1 「立方公尺」（符

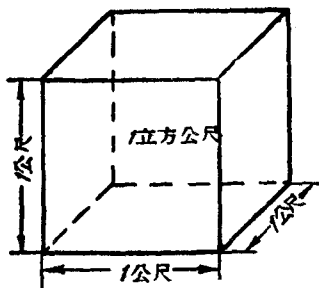
號為 m^3)；立方公尺即為度量物體體積的單位。同樣可以得出立方公分(cm^3)，立方公寸(dm^3)及立方公厘(mm^3)，作為體積的單位。通常度量液體容積的單位為公升(l)，1公升等於1立方公寸。

確定體積度量單位間的關係並不困難。第4圖表示體積為1立方公尺；在底層沿長與寬均排列10立方公寸，即每一整層有100立方公寸。這樣沿高共有10層，即於1立方公尺內有 10×100 立方公寸。因此，

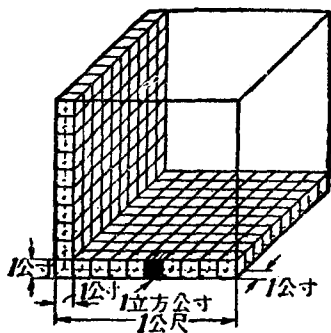
$$1 \text{ 立方公尺} = 10 \times 10 \times 10 = 1000 \text{ 立方公寸。}$$

或

$$1 \text{ 立方公尺} = 1000 \text{ 公升。}$$



第3圖 立方公尺



第4圖 一立方公尺與一立方公寸的關係

應用同樣的計算，可得其他單位的關係。例如1公尺 = 100公分，則

$$1 \text{ 立方公尺} = 100 \times 100 \times 100 = 1\,000\,000 \text{ 立方公分。}$$

工業上的各種計算中，尚需應用「比重」及「比容」。這兩個數的定義，可由上述度量單位導出。

物體單位體積的重量，稱為物體的比重。在工業上，體積的單位，通常採用1立方公尺，而重量為公斤，則每1立方公尺物體的公斤數，稱為該物體的比重。例如1立方公尺鐵的比重為7800公斤，度量比重的單位，即為1立方公尺體積內有1公斤的重量。

這種度量單位用公斤/立方公尺 ($\kappa\iota/\text{m}^3$) 來表示，如鐵的比重為 7800 公斤/立方公尺。測量物體的比重，應將物體分成 1 立方公尺體積的個體（若為液體，用 1 立方公尺容積的容器量出），然後秤一秤，所得到的重量（公斤），即為該物體的比重。但很多物體的比重業已熟知，可從表中查得（參閱附錄三），查表時應留意比重的單位。表中常應用另一比重單位——克/立方公分 (ι/cm^3)；在工業上度量比重，常以公斤/立方公尺表示。如需用克/平方公分來表示，乘以 1000 即可得用公斤/平方公尺表示的比重數值。

物體單位重量所佔的體積，稱為該物體的「比容」。若重量單位採用公斤，而體積為立方公尺，則 1 公斤物體所具的體積（立方公尺）就是這一物體的比容。因此度量比容的單位為立方公尺/公斤 ($\text{m}^3/\kappa\iota$)。

這樣，要決定物體的比容，須將物體秤出 1 公斤，然後度量其體積為若干立方公尺。

若已知物體的比重，則比容便可從 1 除以比重得出。如水的比重 (0°C 時) 等於 1000 公斤/立方公尺，即每立方公尺的水重 1000 公斤 (或 1 噸)，則水的比容 (0°C 時) 等於

$$1 \div 1000 = 0.001 \text{ 立方公尺/公斤.}$$

所求得數，表示 1 公斤水佔據的容積，等於千分之一立方公尺。

第 2 節 壓力、功和能力

現在再說明幾種經常遇到的數。首先說到在熱工學中應用的「壓力」，例如，用以鑑定鍋爐中蒸汽狀態的壓力。蒸汽的狀態用蒸汽給予某一定表面之力來說明；也就是說，施於單位面積上的力，叫做「壓力」。在工業上，面積的單位用平方公尺，力的單位為公斤，則 1 平方公尺上受 1 公斤的壓力，即為度量壓力的單位，用公斤/平方公尺 ($\kappa\iota/\text{m}^2$) 來表示。但當利用它度量壓力時，⁸ 這個度量單位太小了，鍋爐的壓力將用很大的數字來表示，不然就與用公

尺或公分來測量城市間的距離相同，在應用上很不方便。所以度量較大的壓力，應用另一種度量單位；力的單位為 1 公斤，受力的面積為 1 平方公分。這種壓力度量單位為公斤/平方公分（每平方公分上的公斤數）。

我們已知 1 平方公分的面積為 $\frac{1}{10\,000}$ 平方公尺；所以當 1 公斤/平方公分的壓力作用於平方公尺的面積上，將為 10 000 公斤，而 1 公斤/平方公尺的壓力作用於平方公尺的面積上僅 1 公斤，因此，1 公斤/平方公分的壓力較 1 公斤/平方公尺的壓力大 10 000 倍，即

$$1 \text{ 公斤/平方公分} = 10\,000 \text{ 公斤/平方公尺。}$$

同時，1 公斤/平方公分的壓力，與包圍地球表面的大氣壓力相接近。大氣壓力是空氣本身的重量作用於在海平面上的任何物體上壓力，以這個作為度量壓力的單位，稱為「工業大氣壓」，或簡稱「大氣壓」(at)。這樣，若說鍋爐的壓力等於 20 大氣壓，即知鍋爐內蒸汽給予鍋爐每平方公分表面的壓力為 20 公斤。

另一種度量壓力的單位，我們在以後說到氣體時再談。

例(3) 支架的平面面積等於 24 平方公分，上面均勻地安放重量為 12 公斤的重物，計算重物在支架上的壓力。

在單位面積上所承受的力稱為壓力，則應計算在 1 平方公分面積上承受重物之力；即得

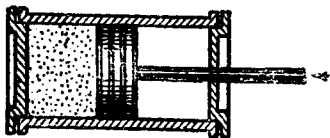
$$12:24=0.5 \text{ 公斤/平方公分。}$$

這樣，重物在平面上的壓力為 0.5 公斤/平方公分，或為 0.5 大氣壓。

例(4) 蒸汽機汽缸（第 5 圖）內蒸汽的壓力等於 12 大氣壓，活塞面積為 5 平方公分，計算蒸汽給予活塞的壓力。

因為 12 大氣壓的壓力是在 1 平方公分面積上承有 12 公斤的力，則面積為 5 平方公分的活塞上所受之力為：

$$12 \times 5 = 60 \text{ 公斤。}$$



第 5 圖 帶活塞的汽缸