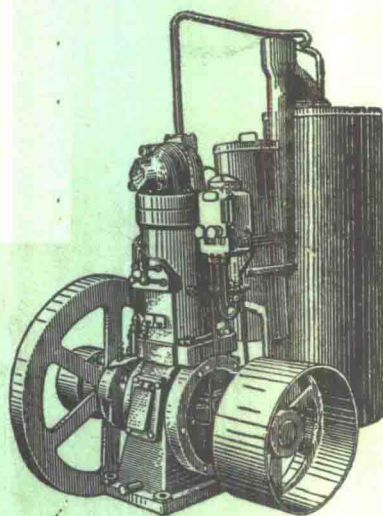


地質勘探用
內燃機

H. H. 李維諾夫著



地質出版社

地質勘探用
內燃機

Н.Н. 李維諾夫著

地質出版社

1956·北京

Н. Н. ЛИТВИНОВ
 ДВИГАТЕЛИ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ
 ПРИМЕНЯЕМЫЕ НА ГЕОЛОГО-РАЗВЕДОЧНЫХ РАБОТАХ
 ГОСГЕОЛТЕХИЗДАТ
 МОСКВА 1954

原書共為十三章，前兩章專門論述內燃機的構造及工作原理，後十一章分別論述各種類型內燃機的構造及操作、維護、拆卸、安裝和修理的方法。鑒於目前我國實際所用的只是原書中所講的幾種，因此暫先選譯前兩章。

第一章專門論述內燃機的基本原理和內燃機所用燃料和潤滑油的基本知識，第二章詳盡地講述內燃機主要機件的構造及安裝和修配的知識。

本書內容淺顯易懂，適於廠礦和地質勘探隊實際操作工人和技術人員進一步提高理論知識的參考。本書由江超西譯，劉彥德校，康宏圖校第十九節至第二十三節。

**地質勘探用
 內燃機**

書號 0229

130千字

著者 H. H. 李維諾夫

譯者 江超西

出版者 地質出版社

北京宣武門外永光寺西街3號
 北京市書刊出版業營業許可證出字第零伍零號

發行者 新華書店

印刷者 地質印刷廠

北京廣安門內教子胡同甲32號

印數(京)1-3,720册 一九五六年三月北京第一版

定價(8)0.87元 一九五六年三月第一次印刷

開本31"×43¹/₂" 印張6

目 錄

原序 緒論

第一章 內燃機理論概述。燃料和潤滑料

第一節	內燃機的作用原理和分類	19
第二節	內燃機的功率和效率	13
第三節	氣體熱力學的一些概念	15
第四節	四衝程內燃機的工作循環	21
第五節	二衝程內燃機的工作循環	24
第六節	四衝程和二衝程內燃機的氣體分配	31
第七節	內燃機工作過程	35
第八節	燃料	44
第九節	燃料的淨化和保存	51
第十節	潤滑料	52
第十一節	內燃機的潤滑方法	61
第十二節	地質勘探用內燃機的性能	68

第二章 內燃機主要機件的構造及其修配特點

第十三節	內燃機汽缸	69
第十四節	活塞、活塞漲圈、活塞銷和連桿	74
第十五節	曲軸	89
第十六節	軸承	86
第十七節	軸承的澆鑄和修理	94
第十八節	配氣機構	102
第十九節	製造混合物所用的器械	105
第二十節	柱塞式燃料泵	109
第二十一節	噴霧器	114
第二十二節	汽化器	120
第二十三節	內燃機的電氣設備	127

原 序

苏联共产党第十九次代表大会關於苏联發展第五個五年計劃的指示中指出：“進一步開展勘探地下自然資源的工作，發現有用的礦藏……”。

这一任務的順利完成与在地質勘探工作中採用新的苏联技術、改進各种不同類型機器和機械的操作方法、培养技術熟練的技師、司柴油機工、司發動機工、鑽工和其他地質勘探工作人員直接有關。

地質勘探工作中所應用的內燃機的數量逐年增加。苏联工業為地質勘探工作的需要供应各种不同類型、功率和規格的最經濟的優等發動機。

不久前，在岩心鑽探中所採用的主要的幾乎獨一無二的內燃機還只是A-22型點燃式这一種內燃機。現在，在地質勘探機構中廣泛地採用着ОДВ-300、Л-3、Л-6、Л-12、14和24-10，5/13、24和44-13/18、ДМ-20、ДМ-40、Н-22（A-22）、1Д和2Д-16，5/20、КДМ-46、ЯАЗ-204、МЯ（ПДЭС-50）、Д6、В2-300、ДВ-224等類型的內燃機，以及29和43馬力活動式壓縮器的四衝程柴油機、36和70馬力二衝程壓縮器柴油機等。這些內燃機的特點為：輕便、每一馬力的重量小、經濟、易於裝置和起動等。

新型內燃機需要熟練的操作和維護。不正確的維護和違反技術操作規程會引起內燃機的過早損壞，從而給國民經濟帶來巨大的損失。

內燃機的正確操作要求操作人員要掌握上述各種類型機器一切特點的必要知識。

實際上，對於每種類型內燃機的操作問題注意得還不夠，尤其是对地質勘探工作中廣泛採用的高速和馬力小的內燃機。上述許多種內燃機在很多科技書刊中找不到所需要的說明。在製造廠說明書中對於

这些內燃机操作特點的說明往往不夠詳細。

本書的目的在於彌補这一缺陷，使司柴油机工、司發動机工、鑽工和地質勘探機構的机師得到必須的內燃机的基本理論知識，使他們熟悉地質勘探工作中所採用的內燃机的構造和操作、修理的規則。

本書是為尚未具有足夠理論修養的廣大讀者而編寫的。因此，在第一章和第二章中講到了一般理論課程中的初步知識，以便使讀者易於研究各种內燃机的構造和掌握其技術操作的規則。

下面材料的編排是這樣的：每種類型內燃机分別寫在各個章節內，因此，每一章節都可以作為該種內燃机的操作指南。

這樣的寫法不免在個別地方要重述，若不加以重述，在許多情況下將會破壞整個材料編排的方法。參加第五章編寫的有 И.А. 托卡列夫，參加第八章編寫的有 А.Т. 洛克齊吉昂諾夫。

審校者：Л.А. 亞力山大羅夫、П.И. 巴蘭諾夫和 А.Т. 洛克齊昂諾夫。

作者希望本書能提高地質勘探機構的司柴油机工、司發動机工、鑽工和技師的技術水平，延長各种內燃机的使用期限和改進其操作和修理的方法。

緒 論

第一批在活塞式機器汽缸中發生燃料燃燒的內燃機出現在十九世紀中葉。這些內燃機用煤氣和空氣的混合物作燃料進行工作並具有缸外引火源。

1879年俄羅斯航海員依·斯·柯斯托維奇發明了第一部液體燃料內燃機。首先倡議內燃機使用電流引火器的就是他。功率為80馬力的柯斯托維奇式內燃機的單位重量為3公斤/馬力。在外國第一部液體燃料內燃機是在此後四年由戴姆列爾所發明，單位重量為26公斤/馬力，功率為16馬力。

製造使用煤油的四衝程內燃機是於1892年由彼得堡發動機製造廠開始的。首先製造獲得廣泛採用的二衝程內燃機構造的就是這個工廠。不久，在1899年，就在這裏製造了使用石油、太陽油和煤油的內燃機，在這種內燃機內，燃料的發火是由汽缸中的壓縮空氣的熱量而產生的。這種內燃機在原理上和構造上不同於1897年德國狄塞耳所發明的僅能用煤油而工作的內燃機。

彼得堡工廠製造的由壓縮空氣而發火的內燃機曾經是一種很經濟的具有工作能力的結構的內燃機，它不但在俄羅斯而且在外國也得到廣泛採用。

1903年以後，柯羅孟工廠（費利澤爾工廠，今為“革命內燃機”）、索爾莫夫工廠和尼古拉也夫工廠開始製造內燃機。

1903年，世界上第一艘裝有三部120馬力的由壓縮發火的俄羅斯內燃機的輪船製成了。

1908年，“俄羅斯柴油機”製造廠在世界上製造了第一部功率為120馬力的、400轉/分的四衝程可逆發動機。

1911年就在这个工廠裏最先在世界上設計並製造了“八目鰻”潛水

艇，用的單位重量爲 10 公斤/馬力和功率爲 120 馬力的 V 型內燃機。爲了比較一下，我們指出：當時外國所製船舶用內燃機的最大功率還沒有超過 60 馬力。

在 1912 年以前，俄國已經造成了 14 艘裝有功率爲 600 到 1200 馬力的俄製內燃機的輪船。而在外國，第一艘裝有功率爲 600 馬力內燃機的輪船却在 1911 年才造成。

第一部閥縫送風式二衝程內燃機是“俄羅斯柴油機”工廠和湯姆工藝學院的設計師們同時設計的。

著名俄國發明家馬明從 1901 年就創造了一種高壓縮的內燃機。從 1903 年，他所發明的二衝程無壓縮內燃機就開始製造。在這些內燃機的基礎上又創造了在全世界獲得廣泛採用的而俄羅斯工業部門至今尚在出品的二衝程點燃式石油機。

1901 年，俄國工程師特林克列爾最先設計了一種由壓縮而引燃的內燃機結構，在此種內燃機中，燃料藉助於類似燃料泵的特殊裝置——噴霧器噴成霧狀。這種內燃機是在普提洛夫工廠中製成的，它按混合循環而進行工作。很久以後，類似的燃料器械才被法國工程師薩巴特取得發明專利權。

在偉大十月社會主義革命後，內燃機的製造得到了廣泛的發展。在戰前各個五年計劃的年代裏，製造了供給汽車工業、拖拉機工業、航空工業、內河和海上船舶以及國民經濟其他各部門使用的各種類型的內燃機。

這種由壓縮而發火的內燃機，如 M-17、KDM-46、KD-35、ЯАЗ-204 和 ЯАЗ-206 等型，是在汽車和拖拉機工業中以及在地質勘探工作中獲得了廣泛採用的頭等內燃機。

蘇聯許多工廠都在製造輕燃料內燃機。這種內燃機具有各種規格，在國民經濟中廣泛地被採用，在地質勘探工作中採用尤爲最廣。

最經濟的、輕型的、外型 and 重量很小的、功率從 3 到 300 馬力的動作不間斷的內燃機在地質勘探工作中得到了廣泛的採用。又因爲這種內燃機不需要複雜和長時間的安裝、不需要笨重的基座和其他巨大的建築，而在臨時性的地質勘探工作中經常需要把設備從一個地方

轉到另一地方的情況下，這一點是極為重要的。

在地質勘探工作者的面前擺着一項極其重大的任務，就是要保證有效地利用這些現行出品的大量內燃機，使它們充分地為開發我們偉大祖國的地下寶藏而服務。所以，要求司柴油機工、司發動機工、鑽工、技師和修配工必須對內燃機進行日常的、仔細的研究。地質勘探工作計劃的順利完成全靠他們的知識和經驗，全靠他們嚴格遵守技術操作規程及內燃機操作和維護規則。

只有在正確的維護和適時的進行修配的條件下，內燃機才能長久地、不間斷地進行工作。這就要求司柴油機工和修配工必須具有關於內燃機的豐富的知識。沒有關於新型內燃機構造方面的堅實知識，沒有明確了解機器在工作中所發生的過程原理，沒有對操作規則的準確掌握，就不能保證充分發揮機器的效能，就不能順利完成共產黨與蘇聯政府交給地質勘探工作者的任務。

每個司發動機工、司柴油機工、鑽工、技師應該充實自己的知識，採用內燃機的先進操作方法，精通自己的業務，為完成蘇聯共產黨十九次代表大會關於蘇聯發展第五個五年計劃所提出的歷史性的任務作出巨大的貢獻。

第一章 內燃機理論概述

燃料和潤滑料

第一節 內燃機的作用原理和分類

內燃機是一種熱力發動機，也就是在其中把熱能變為機械能的發動機。

內燃機與其他熱力發動機（如蒸汽機）比較起來其特點是，燃料的化學能直接在內燃機的汽缸內變為熱能。

燃料（工作體）在燃燒後所生出的氣體產物，具有高溫，因此發生膨脹，並擴散於產生氣體產物的封閉容器（汽缸）中的各個方面。缸內裝有活塞，活塞在氣體膨脹的作用下，就會產生直綫前進運動。活塞運動藉曲柄連桿就可以使內燃機的曲軸旋轉。

活塞從一個死點到另一死點所經過的距離，叫做活塞衝程。活塞一衝程曲軸轉動半週。

內燃機必要的和基本的工作條件就是要在工作缸內隔一定時間將精確計量過的燃料一份一份地依次燃燒。這樣燃燒的結果，燃料的化學能首先變為熱能，而後變為機械能。

為了使汽缸內的每份燃料燒盡而產生最大的功效（即保證以最小損失變熱能為機械能），應該：

（1）把燃燒燃料所需的空氣（或在汽缸外準備好的已噴成霧狀的燃料，或各種可燃氣體與空氣的混合物）引進內燃機的汽缸中；

（2）將燃料（如果燃料尚未同空氣混合）引入汽缸中，並要事先保證使其噴成細霧狀和與空氣精密混合；

（3）在引燃燃料前，將用上述方法製成可燃的混合物作引燃準

備，然後將其引燃（所謂引燃準備就是預熱可燃混合物，預熱是在汽缸中該混合物的壓縮過程中發生的）；

（4）保證使引燃了的可燃混合物迅速而無烟地完全燃燒，燃燒的結果就產生各種熱的氣體（工作體）；

（5）當所產生的氣體能發揮淨盡以後，把燃燒氣體產物從汽缸的孔隙中排出（排出廢氣）。

為了完成這些工作，內燃機內設有各種專門的裝置。往汽缸中輸入空氣（或可燃混合物）和排出廢氣是用配氣機構來進行。此外，內燃機中還有一個噴射燃料、把燃料與空氣混合和引燃可燃混合物的裝置。

由於現有的內燃機具有各種不同的類型，因此，有把它們分類的必要。內燃機可按衝程數、燃料的種類、燃料混合物的造成法、引燃法、燃燒過程的特性^①、汽缸的數量和排列法、運轉的速度、曲軸旋轉的方向或按照其他一些特徵來分類。

在工作缸內週期反復的各種連續過程的結合，叫做工作循環。內燃機的工作循環可藉活塞的兩個或四個衝程來完成（也就是藉曲軸轉一次或轉兩次來完成）。

活塞的每一行程，完成着工作循環過程中的某一部分，這一部分就叫做一個衝程。因此，一個工作循環是由兩個或四個衝程構成的。如果內燃機的工作循環由活塞的兩個行程完成的話，也就是由兩個衝程構成，那末這種內燃機就叫做二衝程內燃機。如果內燃機的工作循環由活塞的四個行程完成的，也就是由四個衝程構成的，那末這種內燃機就叫做四衝程內燃機。

按照所用燃料的種類，可以分為液體燃料內燃機和氣體燃料內燃機。根據所使用的液體燃料比重的不同，內燃機又可以分為輕燃料內燃機（用汽油和煤油）和重燃料內燃機（用太陽油、石油、重油等）。燃料種類在相當大的程度上決定着燃料混合物的造成法和引燃法。

^①內燃機按照可燃混合物燃燒過程性質的分類法，詳見本書第七節，“內燃機工作過程”。

按照可燃混合物的造成方法，使用可燃混合物的內燃機可分為：

(1) 缸內混合內燃機，(2) 缸外混合內燃機。

屬於第一類的是壓縮機的與無壓縮機的內燃機。在壓縮機的內燃機中，是用壓縮機內所得到的壓縮空氣來噴射燃料，在無壓縮機的內燃機中，是用高壓燃料泵來噴射燃料。在地質勘探工作中，主要採用無壓縮機的內燃機。

屬於第二類的是具有一種能造成燃料蒸汽與空氣的可燃混合物的特殊裝置——汽化器——的內燃機。這種內燃機就叫做汽化器內燃機，它所用的是輕燃料。氣體內燃機就屬於這種內燃機。在這種內燃機的汽缸外面有一個用來造成可燃氣體與空氣的混合物的特別混合器。

內燃機汽缸內燃料的引燃可以使用下述三種方法之一：(1) 使用電火花法（這種方法使用於汽化器和氣體內燃機上）；(2) 將燃料噴射在熾熱的導火器表面上的方法（燒球式內燃機使用此法）；(3) 用汽缸內被壓縮的高溫空氣使燃料自燃的方法（壓燃引燃內燃機或柴油機使用此法）。

現在出品的內燃機有單缸式和多缸式的。內燃機汽缸的排列，主要是立式的，有時是臥式的或其他式的。

內燃機分低速的內燃機（其活塞的平均速度小於6.5公尺/秒）和高速的內燃機（其活塞的平均速度等於或大於6.5公尺/秒）。內燃機也可以按照旋轉方向（從飛輪的方向看）分為順轉（右旋）內燃機和逆轉（左旋）內燃機。這一點在內燃機與發電機或其他機械能量消耗器聯結時是起一定作用的。

在蘇聯已採用了統一的內燃機標誌表。標誌表上首先置一表示汽缸數目的數字，後面再置一字母 H 表示四衝程或 Д 表示二衝程，接着置一表示汽缸直徑（公分）和活塞行程（公分）的數字^①。例如： $2\text{H}-10.5/13$ 是表示該內燃機汽缸為二，衝程為四，汽缸直徑為10.5

①除此種標誌外，還可以採用各種字母來表示： H —表示增壓的， P —表示逆動的， C —表示裝有逆動離合器之船舶用的， П —表示減速傳動的， K —表示十字頭的， ДД —表示雙動二衝程的。

公分或 105 公厘，活塞行程為 13 公分。在燒球式內燃机上第一個字用 H (石油机) 來表示。放在字母 H 後的數字表示內燃机的功率(馬力)。例如：H-22，是表示功率為 22 馬力的燒球式內燃机。

按照燃料的消耗量來講，內燃机是最經濟的机器，譬如向外排廢蒸氣的蒸氣机和机車，它實際用於工作的熱量只佔 4% 到 6%；即使最好的蒸氣机和机關車，其用於工作的熱量也只佔 8% 到 18%，而蒸氣渦輪机，用於工作的熱量只佔 14% 到 24%，可是汽油和煤油內燃机用於工作的熱量只佔 18% 到 25%；燒球式石油机佔 18% 到 24%，而柴油机則佔 27% 到 38%。無壓縮机的柴油机用於工作的熱量算為最高。

第二節 內燃机的功率和效率

如上所述，由於燃料在內燃机汽缸中燃燒時發生了熱量，於是就使燃燒氣體產物的压力劇烈增大。作用於單位面積上的压力叫做單位压力。單位压力是以每公分²面積上為若干公斤來計算。一個單位压力大体上等於一個大氣压。因此，压力往往以大氣压來計算（技術上用）。例如，在無壓縮机的柴油机中压力常為 40 大氣压，也就是 40 公斤/公分²。

必須注意，表示压力有時使用“ aTu ”——“超压”（超过平常大氣压力），或用“ aTu ”——“絕對氣压”（与極限抽空空間相比的压力）。例如，在柴油机起動器內空氣的压力為 24 超压，即表示比平常大氣压高 24 大氣压，或与抽空空間相比，為 25 大氣压。

作用於活塞上的力是以氣體單位压力（公斤/公分²）与活塞面積（公分²）的乘積來確定，並以公斤來表示。活塞在移動時，便開始做功。在力和行程（活塞移動）的方向相同時，力与行程的乘積則為功。

如衆所知，在單位時間內所作的功，叫做功率。功率是以每秒鐘為若干公斤公尺來計算。每秒 75 公斤公尺的功率稱為一馬力。如果以 W 表示所完成的功（公斤公尺），以 P 表示力（公斤），以 S 表示行程（公尺），以 t 表示完成的功之所需時間（秒），那末計算功率 N

(馬力)的公式爲:

$$N = \frac{W}{75t} \quad (1)$$

因爲功

$$W = P \times S, \quad (2)$$

所以

$$N = \frac{P \times S}{75t} \quad (3)$$

內燃機的功率分指示功率和有效功率。由內燃機汽缸中的氣體所產生的功率叫做指示功率。內燃機曲軸上所產生的功率叫做有效功率。因爲活塞移動時，汽缸中的壓力不斷發生變化，所以在確定指示功率時，應以作用於活塞全程長度的平均壓力——即平均指示壓力來計算。

根據平均指示壓力所確定之作用於活塞上的力值(公斤)與活塞衝程長度(公尺)和每秒鐘工作衝程數相乘的積數，即可得出指示功率(馬力)。四衝程內燃機的指示功率用下面公式表示：

$$N_i = \frac{1}{75} \times \frac{\pi D^2 \times 10000}{4} \times P_i H \frac{n}{2 \times 60} \times z \quad (\text{馬力})。$$

或

$$\begin{aligned} N_i &= \frac{\pi \times 10000}{75 \times 4 \times 2 \times 60} D^2 P_i \times H \times n z \\ &= 0.87 D^2 P_i H n z \quad (\text{馬力}) \end{aligned} \quad (4)$$

式中 D — 汽缸直徑 (公尺) $\left(\frac{\pi D^2 \times 10000}{4} \right)$ 表示活塞面積 (公分²)；

P_i — 平均指示壓力 (公斤/公分²)；

H — 活塞衝程 (公尺)；

n — 曲軸每分鐘轉數；

$\frac{n}{2 \times 60}$ — 四衝程內燃機活塞每秒鐘工作衝程數；

z — 內燃機汽缸數；

$\frac{1}{75}$ — 變公斤公尺/秒爲馬力的係數。

計算二衝程內燃機指示功率的公式與上述公式不同之處在於：二衝程內燃機活塞每分鐘工作衝程數等於 $\frac{n}{60}$ ，因為二衝程內燃機曲軸每轉一次即完成一個工作衝程。故計算二衝程內燃機指示功率的公式如下：

$$N_i = 1.74 D^2 P_i H \times n z \text{ (馬力)}. \quad (5)$$

在內燃機汽缸內所產生的指示功率的一部分在內燃機內部由於抵抗摩擦和帶動輔助機械而受到消耗。因此在內燃機曲軸上給予外部消耗器的有效功率 N_e 只佔去指示功率 N_i 的一部分。有效功率與指示功率之比叫做機械效率 η_m ：

$$\frac{N_e}{N_i} = \eta_m \quad (6)$$

四衝程內燃機的有效功率 N_e 可按下列式計算：

$$N_e = 0.87 D^2 \times P_i \times H \times n \times z \times \eta_m \quad (7)$$

二衝程內燃機的有效功率 N_e 按下列式計算：

$$N_e = 1.74 \times D^2 \times P_i \times H \times n \times z \times \eta_m \quad (8)$$

使用掣動器或使用當掣動器用的發電機時，通常要測定內燃機的有效功率。

第三節 氣體熱力學的一些概念

在研究內燃機裏所進行的各種過程和工作循環之前，必須回憶一下普通氣體熱力學中一些基本概念。

在大氣壓力下難以變成液體的那些物體叫做氣體。在大氣壓力下，易於變成液體的那些氣體叫做蒸氣。

氣體的基本性質是能均勻地充滿它所佔據的體積。體積減少時，氣體很容易壓縮，而體積增大時，氣體也容易膨脹。

當氣體壓縮時，其壓力和溫度隨之增高。而當氣體膨脹時，其壓力和溫度亦隨之減低。

氣化時具有放熱能力的氣體叫做可燃氣體。屬於這種氣體的有：氫 H_2 、一氧化碳 CO 、甲烷 CH_4 、乙稀 C_2H_4 和其他氣體。屬於不可燃或不易化合的氣體有氮 N 、二氧化碳 CO_2 和其他氣體。氣體加熱時，它的體積就要顯著地增大。

在密閉器或內燃機汽缸內的氣體狀態可用三個數據來說明：壓力、體積和溫度。氣體狀態的一切變化總稱為熱力變化過程。

設一定量氣體的溫度不變，則壓力與其體積的乘積為一常數。所以，在溫度不變的情況下，體積減小，其結果就會引起壓力的增大，反之，體積增大時，則壓力減小。

如果用 P_1 表示開始的壓力，用 V_1 表示其相應體積，而用 P_2 表示最後壓力，用 V_2 表示其相應體積則可以寫出下列公式：

$$P_1 \times V_1 = P_2 \times V_2 = \text{const} \textcircled{1} . \quad (9)$$

衆所週知，這個比例就叫做波義爾——馬略特定律，其定義為：在不變溫度下，氣體體積的變化與壓力成反比。

物體的溫度，是用百度表來計算，百度表上的冰融點為 0° ，在大氣壓力等於 760 公厘水銀柱時，即是在標準大氣壓下，水的沸點為 100° 。等於 -273° 的溫度叫做絕對零度，絕對零度是最低的溫度。用絕對零度為始點所計量的溫度，叫做絕對溫度。用絕對溫標所計量的溫度，可用 $T^\circ K$ 來表示：

$$T^\circ K = 273 + t^\circ,$$

式中 t 一指從冰融點起（從百度溫標的零度起）所計量的溫度。

設壓力不變，體積的變化與絕對溫度的變化成正比，其公式如下：

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{273 + t_1}{273 + t_2} = \frac{T_1}{T_2}, \quad (10)$$

式中 T_1 和 T_2 一指在第一種和第二種情況下的氣體的絕對溫度。

若取溫度等於 0° 的一定量氣體在不變壓力下加熱，其體積將會

$\textcircled{1}$ 常數。