

蘇聯大眾科學叢書

人造冷氣

闊瑪羅夫著
謝百魁等譯



商務印書館

這本書開始以分子運動學說闡明冷氣的本質，從而講到人造冷氣的原理和方法。書中着重敘述人們起初怎樣利用天然冰得到冷氣，後來又如何創造和運用各種製冰機來製成人工冷氣，給讀者指出近代冷氣工業的清晰輪廓。至於冷氣在人類活動方面的應用，在本書中也有極詳盡的描述。

本書根據蘇聯國家技術理論書籍出版局出版的‘大眾科學叢書’之一：“Искусственный Холод”（1950年版）譯出，著者為 Проф. Н.С. Комаров。

蘇聯大眾科學叢書
人 造 冷 氣
謝百魁等譯

★版權所有★
商 務 印 書 館 出 版
上海河南中路二一號
中國圖書發行公司 發 行
商 務 印 書 館 北 京 廠 印 刷
(68332)

1953年9月初版 版面字數 83,000
印數 1—10,000 定價 ¥2,000

目 錄

引言	1
(I) 冷氣的本性	2
一 什麼是冷?	2
二 致冷的方法	7
(II) 從冰製造冷氣	12
一 天然冰和人造冰	12
二 低熔冰和乾冰	15
三 冰爺爺的住屋	17
四 驚人的發明	18
(III) 冷氣機	20
一 冬天的勁敵	20
二 冷氣機	22
三 自動冷氣機	25
(IV) 夏天的冷氣	28
一 冷氣和食品	28
二 “不斷的冷氣連鎖”	29
三 食物的冷藏庫	30
四 日常生活中的電冰箱	32
(V) 冷氣——人類的僕人	33
一 冷氣的功用	33

二 冷氣與科學研究.....	34
三 人造氣候	36
四 靠冷氣得來的暖氣.....	39
五 礦坑中的冷氣	40
六 夏季冰場	42
尾語.....	44

人造冷氣

引言

在現代國民經濟、科學和技術的各部門中，應用冷氣來爲人類服務的例子，真是不勝枚舉。

在古時，穿着獸皮和以柴薪取暖的原始人們，渴望着征服夜的黑暗，和冬天的寒冷。在那時，他們是不會把冷氣認爲他們自己的朋友的。

可是，從逐漸累積的經驗，人們開始注意冷氣是有用的：例如，狩獵時取得的獸肉，在冬季的時候，就不會像在夏季那樣容易腐爛。爲了要保存食物，人們設法延長一年中寒冷的時期：用雪和冰的形式來儲藏冷氣。

後來，大家都知道了，在冰裏加些食鹽，能降低混合物的溫度。因此，在貯藏和保存食物時，不僅用冰塊，而且是用鹽和冰的混合物。

十八和十九世紀的科學家所進行的科學研究，以及機器製造業的發展，使應用專門的致冷機器來製造冷氣，成爲可能。這些機器大大的擴展了使用冷氣的範圍。

近代的冷氣工業達到了極大的成就。自動電冰箱，住宅裏的“人造氣候”，夏季的滑冰場，現在對於我們已經不引以爲奇了。人們學會了

管理冷氣，並把它應用在建築地下鐵道，以及工業和農業中。

在這本小冊子中，我們要談談冷氣的本性，它的製造法和應用法，以及人們如何使用冷氣，來爲自己服務。

(I) 冷氣的本性

— 什麼是冷？

什麼是冷？它的本性又是怎樣的呢？

我們常常用‘冷’這個字，也通常把冷和熱來對比。我們怎麼樣區別冷和熱呢？首先是憑我們的感覺。譬如，在溫和的冬季日子裏，我們說：‘院子裏並不冷，僅僅只有零下四度。’然後，走進一間加暖設備不太好的房間裏去，那我們就會從心底發出叫聲：‘這裏好冷啊！只有九度呢。’

用手去觸摸任何一件物體，憑我們的感覺，我們說它是熱，溫和或冷。但是我們很容易證明那樣測量物體溫度的方法，是不可靠的。試在一個杯子裏倒上冷水，另一個倒溫水，第三個倒熱水。放一隻手到熱水的杯子裏，另外一隻手放在冷水杯子裏。然後過些時候，把兩手都浸在溫水杯中：你的一隻手會感覺到水是冷的，而另一隻手會感覺到熱的。

如此，同一物體（水），對於手的感覺來說，可以是熱的，或者是冷的。這完全由自己的手以前所接觸的物體是比較冷的，或比較熱而決定。

我們本身的直覺，不能用來準確地測量冷熱。因此，爲了要決定

物體冷熱的程度，就要使用專門的儀器。其中最簡單的就是溫度計。

在我們周圍的一切物體，都因為冷熱變化，而改變自己的體積。固體、液體和氣體，除了極少數的例外，都是熱脹冷縮的。所以在熱天，鐵軌接頭間的空隙，顯然的比嚴寒時為小。

就這樣，物體的體積，是依照它的熱度，也就是普通所謂溫度而決定。這就是說，物體所佔有的體積的大小，可以用來作為衡量物體冷熱——就是溫度——的標尺。

溫度計的作用，就以此為根據。

普通的溫度計，是一個玻璃細管，下端帶有小球，裏面裝滿水銀。溫度升高時，水銀受熱膨脹，水銀柱沿着玻管上升；溫度降低時，水銀柱下降。在玻管的一面，有固定刻度的標尺，利用它可以測量溫度，並用公認的單位——度數——表示出來。

如果，把溫度計放到融化着的冰中，不論我們試驗多少次，水銀柱將總是表示出同樣的溫度。同樣的，如果把溫度計放在沸水蒸氣中，那麼水銀柱的水平面，也總是在一定的高度。

在我們所採用的攝氏溫度表上，把冰的熔解溫度定為零度；而把水在尋常大氣壓力下的沸騰溫度定為一百度。

在這樣的百度計上的度數，也有低於零度和高於一百度的。高於零度的溫度用+（正號）表示，而低於零度的，用-（負號）表示。譬如，水銀的凝固點是負三十九度或 -39°C （符號 $^{\circ}$ 表示度，C表示攝氏）。

到底什麼是冷呢？

我們可以理解所謂冷，就是指物體所含的熱很少。‘寒冷的物體’的特徵，就是低溫。熱與冷的物理上的本性是一樣的。因此，要回答冷的本性問題，我們首先必需搞清楚熱是什麼，用什麼方法來區別不同

熱度的物體。

早在兩千年以前，古希臘哲學家德謨克利特就認為所有物體都是由極小的微粒——原子構成。在古代，就有很多人擁護這個關於物體構造的唯物觀念，但它在中世紀黑暗時代，並沒有得到進一步的發展。那時，享有特權的基督教會，幾百年以來，阻礙着進步科學的發展。可是，那時有一些學者，起來反對愚昧無知的中世紀科學和教會勢力。他們認識了，所有物體都是由極小的肉眼所看不到的微粒——分子所組成，而分子又是由原子所組成的。後來，偉大的俄羅斯學者羅蒙諾索夫（一七一——一七六五年），發展了物質的分子構造的說法和原子觀念，使它們成為科學上的學說。

現在，分子的存在已成為完全可以相信的事實了；我們可以測定它們的大小，並且依賴電子顯微鏡的幫助，最大顆粒的分子甚至於可以攝影了。

構成物質的分子，是在不斷的運動狀態中。這種運動的特性，在物質的氣體，液體和固體狀態中各有不同。

在氣體中，分子運動完全是不規則的。

氣體分子運動的道路，是非常複雜和曲折的，構成一種錯綜的圖形（圖1）。

在液體中，分子的排列是一個緊接着另一個，而在二者之間，有着一種相當大的相互的引力。由於這個緣故，分子移動的程度是非常

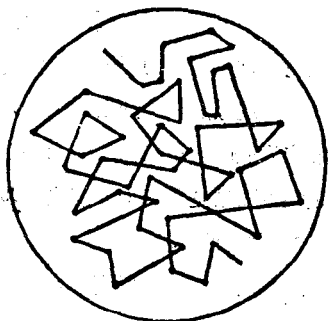


圖1 氣體分子運動的大致路線，放大約五萬倍

少的。

在固體中，分子的排列有一定的次序：每個分子僅能在一定的範圍內振動。這種比較固定的位置，構成固體物質的結晶型。

實驗證明，當溫度升高時，氣體物質的不規則的分子運動的平均速度，逐漸增大；在氣體冷卻時，則是縮小。

液體和固體物質，亦有同樣的情形：當加熱時，它的分子運動速度增大，而在冷卻時則減低。（關於這方面更詳細的情形，請參考本書之一 B.B. 庫德列夫蔡夫所著“分子的運動”——商務印書館出版。）

由此可見，物體的熱，就是由那些肉眼所不能看見的物質微粒——原子和分子的運動速度所決定的。

當火車頭帶動列車行動時，它便做了“功”。這個功以火車頭拉動列車向前所需的力，以及所經過的距離來測量。要使火車頭能完成這個“功”，它必須具有一定的“能”。

物體的能量，就是它所能完成“功”的數量。

通常鎚打木樁，就是利用從地下舉起重鎚（夯）時所得到的能量來完成的。

疾馳的汽車，也具有能量的；這個能量的大小，因它的速度而定。

分子在物質內部的不規則運動，就是這種能的來源。

能量不滅定律證明了，在所有自然現象中，沒有例外的，能既不消滅，也不能再產生。我們知道許多種能的形式：機械能、電能、化學能，以及由物質的溫度而決定的熱能等等。

在自然現象中，一種能的形態可以轉變為另一種，可是它的總量是經常不變的。這個定律在各種不同的現象中，試驗過無數次，證明了它是正確的。

譬如，鐵砧被重鎚打的時候，鎚子和鐵砧都發熱。

在這個時候產生了什麼？舉起重鎚的能是消失到哪兒去了。

它轉變為熱能了。在鎚打的作用下，分子運動的速度增大，它們的動能增加，所以物質就發熱了。

這樣，熱能就成為物質中分子運動的內能。

M. B. 羅蒙諾索夫早在一七四四年，在他的著作‘論冷和熱的原因’一文中，駁斥了當時所存在的不科學的謬論：“沒有重量的熱質”和“冷質”，並根據分子理論的發展，給熱的本性作了一個真正的說明。羅蒙諾索夫關於熱的本性的學說，已經超越當時的科學很多年。

利用分子理論，我們很容易說明所有普通的熱的傳導現象。不同熱度的兩個物體，含有以不同平均速度運動着的微粒。帶有不同動能的微粒相互作用時，產生了平均的能量，因此，也產生了平均的溫度。

在我們的週圍，我們可以不斷地發現熱的傳導，和它變為機械功的現象。譬如，太陽光線的熱，使空氣發熱，引起它在大氣中發生運動——那就是風。而風能够做有效的工作。人們很早就在各種不同的風力發動機中，利用風的能量。

跟隨着技術的發展，熱能的變化成機械功，開始成為人們所發明的機器的動力。在蒸汽機和內燃機中，燃料燃燒時，熱能便轉化成機械功。在這些機器中，水蒸氣或可燃的汽油蒸汽，或石油和空氣的混合物，就是所謂‘工作體’。在這時候，隨着工作體溫度的降低，經常就能得到了有用的功。廢汽的溫度，比進入到機器中去的蒸汽的溫度，總是要低得多。

此外，如我們已經見到的，還有一個相反的作用，就是由機械能變為熱能。將你的二隻手掌用力地摩擦，你就會感覺到熱。這個熱是因為

你所消耗的功而產生的。電能也能變化為熱能。這種情形，我們每天都能觀察到。譬如，通了電，電氣壺中的水便熱了起來，就是一個好的例子。

熱的物理的本性就是這樣。而冷如同我們所說的——與熱是相對的，‘寒冷的物體’是低溫的，因為這個物體內部的分子運動是緩慢的。

在冷氣工業中，為了方便，常常只簡略地談到冷。

熱量或冷量可以用什麼單位來測量呢？因為熱是能的一種狀態，因此測量熱量，也可以用測量能的單位。在冷氣工業中，熱量和冷量常常用所謂大卡（或千卡）來測量。

大卡或千卡，就是使一千克的水，升高攝氏一度時，所消耗的熱能。

二 致冷的方法

製造冷氣——也就是說——把熱從某些物體去掉：從空氣、水（在製造冰的時候）、食品以及其他除去熱。熱的排除，是利用傳導的方法，使被冷卻物體的熱傳到向工作體——冷劑。熱總是從較高溫的物體，傳導至較低溫的物體上去。因此，為了製造冷氣，工作體的溫度必需比被冷卻物體的溫度低。

從被冷卻物體中獲得熱的工作體，或在原來的形態下，升高自己的溫度，或者轉變為另一種形態：例如從固體變為液體，或從液體變為氣體。

現在讓我們來看一下各種不同的冷氣製造法。

第一個方法所使用的工作體，它在冷卻他物時，不改變自己的形態。例如：把熱的罐頭牛奶放在一盆冷的井水中冷卻。在這裏，工作體——盆中的水——只是升高自己的溫度而已。

第二個方法是冰鎮法。例如普通的冰箱。熱從儲藏在裏面的食品

傳到冰上，而使它熔解。在這種情況之下，工作體改變了自己的形態。雖然在所有的時間內，熱總是向冰傳導着，但在冰熔解時，它的溫度保留不變，恰巧等於零度。

這些熱消耗到那裏去了呢？在冰熔解時，它的分子發生了什麼作用呢？

冰是固體物；它的分子如同我們已經說過的，構成結晶形的格子。這就是說，在冰的分子間存在着極大的吸引力。當冰熔解時，分子排列的次序就被破壞了；它脫離了原來的位置而產生不規則的運動，這就形成了液體狀態的水。爲了對抗分子的凝聚力 and 破壞晶體，必需做些“功”。這種功，就是由儲藏在冰箱裏的食物傳來的熱所供給的。

一千克的冰變爲水所需的熱，稱爲‘熔解潛熱’，是很大的；就是八十大卡。所以在冰熔解時，可以從被冷卻物體中奪取大量的熱。換句話說，冰裏蘊藏着大量的‘冷’。

用冰鎮法冷卻物體可能達到什麼樣的溫度？當然這個溫度不會低於零度，而通常是在攝氏正五度($+5^{\circ}\text{C}$)到正十度($+10^{\circ}\text{C}$)之間。

獲得冷氣的第三個方法是鹽冰冷卻法。這種冷卻法的特點，就是在冰上加食鹽，爲了和鹽更好的起相互作用，最好預先把冰打碎。鹽冰冷卻法的優點，在於由這個方法能使被冷卻的物體達到更低的溫度，可以到攝氏表負十五度(-15°C)左右。

鹽和冰的混合物起了什麼作用呢？這裏有兩種作用同時進行着：冰的熔化和鹽的溶解。鹽的溶解，是由固態變爲液態，因此要克服鹽分子間相互作用的吸力，亦需要消耗熱。因爲這個緣故，溶液的溫度，比最初水和鹽的溫度要低。

冷卻用的鹽冰混合物所能達到的溫度，決定於鹽的用量。在冰上

加百分之三十的重量的鹽時，就可以達到 (-21.2°C) 的最低溫度。

鹽冰冷却法較之普通用冰來冷却的方法，具有更多的優點，因為由它可達到更低的溫度。可是，它不及用冰冷却的地方是：從一千克混合物中所得到的冷氣，比從一千克純冰中所得到的要少得多。

冰鎮法和鹽冰冷却法，在我們食品工業中，商品貿易中，和容易腐爛的貨物的運輸業中，都起了極大的作用。

第四個冷氣製造法：——機器冷却法。在這個方法中，常常利用兩種物理現象：一是降低壓力，使液體汽化；二是使氣體膨脹，降低它的溫度。

把你的手浸在水中，然後，不用擦乾就在空氣中揮動。你立刻感覺到，手開始發冷。水很快的蒸發，使濕手冷却。

在物理學中，液態過渡到氣態，稱之為“汽化”。如果水僅僅在自己的表面，變化為蒸氣，那個汽化稱之為“蒸發”，如果在水的全部體積內變成蒸氣——則稱之為“沸騰”。在冷氣工業中，凡是液體到氣體的轉化過程，都稱之為蒸發。

在液體蒸發時發生什麼變化呢？

讓我們來看一下，在熱水變成蒸氣時是怎樣的。在大氣壓力下加熱時，水的溫度逐漸升高，直到攝氏一百度，然後，不管我們怎麼樣加熱，水的溫度不再改變，這時水就煮沸了。

用什麼來說明這個呢？液體的蒸發，和固體的溶解一樣，需要消耗熱能。在液體轉化為氣體時，這個能量，用來擺脫液體分子間的吸力。

一千克液體轉化為蒸氣時，所需的熱，就是所謂“汽化熱”。它的量，依照液體性質，和在它上面的氣壓而定。

氣體沸騰時的溫度，由它上面所加的氣壓而定。在一定溫度時，液

體上面的蒸氣壓力，是固定的。可是，液體的溫度愈高，那麼在它上面的蒸氣密度也愈大。這是可以瞭解的：溫度愈高，液體中分子運動得愈快，因此，更多的分子，離開液體而飛散出去。溫度升高時，隨着蒸氣密度的增加，蒸氣壓力亦加大。從這裏可以作出實際的結論：氣壓愈低，液體沸騰的溫度也愈低。

每個人都能根據液體蒸發的原理，做最簡單的冷却“機器”。拿一塊濕布裹在一個黃油罐子的外面，然後把罐子放在有水的碟子裏。水沿着浸在水中的布的邊沿上升，這和煤油沿着燈心上升到煤油燈中去一樣。因此，在濕布上的水蒸發了，（特別是，如果把這個簡單的冷却器放在穿堂風裏），在罐子裏的黃油就凝固了：水的蒸發，就引起黃油冷却。

在古埃及，就用多孔容器使部份的水蒸發，而來冷却其他的水。當水透過容器的孔時，很快的在外面乾燥空氣中蒸發。爲了加速蒸發，就像在古代廟宇中，牆上所描畫的那樣：奴隸們揮動扇子，使空氣流動（圖 2）。

在現代工業中，常利用某些所謂“揮發性液體”的蒸發方法，來取得低溫。這種液體的特點，就是可在低溫下蒸發，在冷却機器中，使用它們作爲工作體，關於這種冷却機器的情



圖 2 在古埃及，用多孔容器使部份的水經過器壁而蒸發的方法，來冷却水。

形，將在下面說明。

冷卻機器除了像我們已經談過的，是利用液體蒸發而外，還可以用另外的方法得到低溫——這就是使壓縮氣體來膨脹。

讓我們首先看一下在壓縮空氣時產生什麼。當然，氣體不能自己壓縮。因為這個緣故，必需靠外力來完成這個工作。壓縮氣體所消耗的功轉變為熱，所以壓縮後，氣體發熱，氣體分子的運動加速。分子對容器壁上衝擊的次數增多，並且更加強烈，而這意思就是，氣體的壓力增加了。

相反的，如果被壓縮的氣體，給以膨脹的機會，那麼，那個氣體的壓力將會降低。氣體膨脹所做的功，應該和它在被壓縮時，所加於它的功相等。這種功，只有在氣體消耗熱量的情況下才能完成。如果在這種情況之下，氣體被關閉在不能導熱的容器中，因此，和外界沒有熱的傳導，那麼，氣體本身的溫度就要大大的降低了。

就這樣，氣體的膨脹，引起它自身的冷卻。

這種現象就在製造極低的溫度中採用。這是冷氣工業中的一個特殊部門，這種工業用來製造(-170°C —— -270°C)極低的溫度。

在這裏，有人就會不由地提出這樣的問題：我們可能達到的最低的溫度是多少？科學家解答了： -273.2°C 是最低溫度的極限。

在這種溫度之下，物質內部分子的熱運動完全停止。

因此， -273.2°C 叫做絕對零度。這是一種特殊的溫度標尺，按照這種標尺來計算溫度，所有溫度都是正號的。

第一次得到低溫的試驗，還是在十九世紀時期，由於壓縮某些氣體的科學研究而發現的。現在幾乎任何氣體都可以做成液體的形態。

(II) 從冰製造冷氣

一 天然冰和人造冰

人們很早以前，就已經學會了把冬季的冰儲藏起來，以供夏季應用。冬季的寒冷把水變成的冰，在夏季重新轉化成水，而放出冷氣。

天然冰的供應，和人造冰的製造，成為整個冷氣工業的“製冰部門”。冰鎮法和鹽冰冷卻法所應用的冰，都和這個工業發生關係。

蘇聯在製冰工業的發展和它在實際使用中的成就上佔據主要的地位，蘇維埃科學家進行了許多次的試驗，為的是使冰在國民經濟中，能發揮它最大的效用。

讓我們進一步的認識，各種不同形態的冰的性質，和我們製冰工業的成就。

冬季寒冷所生成的天然冰或人工製造的冰都具有相同的內部分子構造和比重（約為 0.917）。而它的熔點是 0°C 。它的“熔解熱”，每一千克是八十個大卡。

冰是寒冷的物體。這是我們通常關於它的概念。因此，我們很難相信有“熱”的冰存在。然而這是有的。在超過二萬大氣壓的高壓下，冰的熔點升高到 76°C 。那樣的熱冰，是一種非常有趣的物理現象。

在冬季，可以用各種不同的方法來保存冰。從幾百年以前，到現在為止，巨大的冰塊，就是所謂“冰堆”，都是從河裏和其他清水池中挖出的。這種方法非常吃力，而且要化很大費用，才能送到貯藏地去。因此，現代最常用的方法是，在特殊的場地上，放水凍成層冰。

最近幾年來，在冰場上用灌水方法，來製造大量的冰已經機械化了。在這種方法中，按照全蘇聯冷氣科學研究所的科學工作者 H. T. 古得列錫夫的建議，使用所謂“噴水站”(圖3)來製造冰。在場地下按放着，帶有許多支管的水管。每個水管上，都裝有直立的水架。在每個直立的水架上，都有噴水器，爲的是使水灑遍整個的廣場。用來製造冰的水，由輸水站沿着埋在地下深處的水管，而分散出去。用這種水的冰凍法，可以製成高度約爲五米左右的“冰山”。爲了保藏冰，使它在一年中熱的季節內不溶化，就在冬季，在這樣的冰山上，用稻草席遮蓋起來，並且還在上面加乾燥的鋸木屑。

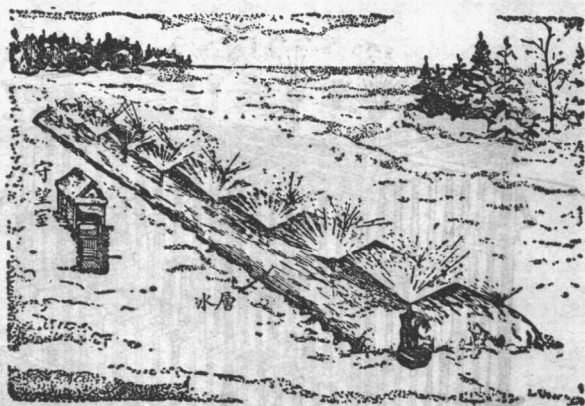


圖3 灌水製冰的噴水站。

可是，爲了很好的使用這個方法，空氣的平均溫度必需保持 -10°C 左右，並且冬季嚴寒的日子，不能少於六十天。

怎樣才能在空氣溫度只是稍低於零度的溫暖的冬季區域內，製造天然冰呢？