

# 实用制冷技术

商業部技術訓練班編

輕工業出版社

# 实用制冷技术

商業部技術訓練班編

---

輕工業出版社

1958年·北京

## 內 容 介 紹

隨着全國工農業生產的大躍進，為了適應農付產品大豐收的供銷、運輸和貯藏的需要，制冷工業具有重要作用。

本書首先介紹了制冷的基本理論，如物態的變化與溫度（冷熱）的關係，熱功轉換的關係及其規律，制冷工作介質（冷媒）的性能。接着介紹了各種冷凍機（着重於國產和國內常用的單、雙級壓縮機）及其附屬設備以及冷藏庫的結構、操作管理和維修。最後對制冰工藝及食品冷凍工藝也作了比較詳細地講述。

本書是把商業部技術訓練班的講義修訂而成的。原理敘述較為簡明，操作介紹詳細具體，適合於初級技術人員閱讀。可供商業部門、食品工業部門、水產部門以及城市建築等部門的工人、技術人員，特別是冷凍技術人員參考；用作訓練初級制冷技術人員的教材，也很適宜。

## 實 用 制 冷 技 術

商業部技術訓練班編

\*

輕工業出版社出版

（北京廣安門內白廣路）

北京市書刊出版業營業許可證出字第099號

北京市印刷一廠印刷

新華書店發行

\*

787×1092 公厘  $\frac{1}{16}$  × 20  $\frac{8}{16}$  印張·5 擇頁·460,000 字

1958 年 9 月 第 1 版

1958 年 9 月北京第 1 次印刷

印數 1—5,200 定價 (10) 5.90 元

統一書號：15042·580

# 目 录

|                              |     |
|------------------------------|-----|
| 序言 .....                     | 6   |
| 第一章 概述 .....                 | 7   |
| 第一节 我国制冷工业的发展概况 .....        | 7   |
| 第二节 冷在国民经济各部门的应用 .....       | 7   |
| 第三节 氨压缩机制冷的简要情况 .....        | 9   |
| 第二章 制冷技术的理论基础 .....          | 11  |
| 第一节 度量衡 .....                | 11  |
| 第二节 物质结构—分子论 .....           | 11  |
| 第三节 温度和温度计 .....             | 12  |
| 第四节 热和热的平衡 .....             | 14  |
| 第五节 热和功 .....                | 16  |
| 第六节 气体的性质 .....              | 20  |
| 第七节 液体的汽化 .....              | 31  |
| 第八节 气体的液化 .....              | 37  |
| 第九节 空气的湿度 .....              | 39  |
| 第十节 焓和熵 .....                | 42  |
| 第三章 冷媒 .....                 | 44  |
| 第一节 冷媒和冷媒的分类 .....           | 44  |
| 第二节 冷媒应具备的条件 .....           | 44  |
| 第三节 普通应用的冷媒 .....            | 45  |
| 第四节 最常用的几种冷媒的性质 .....        | 45  |
| 第五节 盐水 .....                 | 48  |
| 第四章 冷冻机 .....                | 56  |
| 第一节 冷冻机的分类 .....             | 56  |
| 第二节 立式、双缸、单作用、顺流式氨压缩机 .....  | 58  |
| 第三节 丹麦 TSA—165 型双级氨压缩机 ..... | 80  |
| 第四节 卧式氨压缩机 .....             | 83  |
| 第五节 立式 V 型氨压缩机 .....         | 86  |
| 第六节 氟利昂压缩机 .....             | 87  |
| 第七节 吸收式冷冻机 .....             | 88  |
| 第八节 单级氨压缩制冷循环系统的工作和计算 .....  | 89  |
| 第九节 氨压机的制冷功能计算 .....         | 96  |
| 第十节 多级氨压缩机的制冷循环系统 .....      | 101 |
| 第五章 附属设备 .....               | 112 |

|            |                      |     |
|------------|----------------------|-----|
| 第一节        | 油氨分离器和放油桶            | 112 |
| 第二节        | 冷凝器                  | 117 |
| 第三节        | 貯液桶                  | 125 |
| 第四节        | 再冷却器                 | 130 |
| 第五节        | 氨液分离器                | 131 |
| 第六节        | 調節站                  | 134 |
| 第七节        | 蒸發器和冷却排管             | 135 |
| 第八节        | 过滤器                  | 146 |
| 第九节        | 各种氨閥、压力表及氨瓶          | 148 |
| 第十节        | 放空气器                 | 156 |
| 第十一节       | 金屬水平指示器(氨液梳狀指示器)     | 157 |
| 第十二节       | 冷風机                  | 158 |
| 第十三节       | 中間冷却器                | 167 |
| 第十四节       | 冷却水塔                 | 170 |
| 第十五节       | 氨泵及鹽水泵               | 171 |
| <b>第六章</b> | <b>冷藏庫</b>           | 175 |
| 第一节        | 冷藏庫的組成及其应用           | 175 |
| 第二节        | 冷藏庫的分类               | 177 |
| 第三节        | 冷藏庫的絕热材料及其制品         | 179 |
| 第四节        | 冷藏庫絕热材料的計算           | 186 |
| 第五节        | 冷藏庫的热量計算             | 191 |
| 第六节        | 冷藏庫內制冷系統的类型选择        | 206 |
| 第七节        | 冷藏庫的衛生管理             | 216 |
| <b>第七章</b> | <b>制冷設備的操作、維護和檢修</b> | 223 |
| 第一节        | 制冷設備的操作              | 223 |
| 第二节        | 制冷設備的檢修              | 259 |
| 第三节        | 系統操作                 | 265 |
| <b>第八章</b> | <b>制冰</b>            | 272 |
| 第一节        | 冰的使用和性能              | 272 |
| 第二节        | 天然冰                  | 273 |
| 第三节        | 机制冰                  | 279 |
| 第四节        | 冰的应用                 | 293 |
| <b>第九章</b> | <b>食品冷冻工艺</b>        | 299 |
| 第一节        | 食品的通性                | 299 |
| 第二节        | 食品的低温处理过程            | 302 |
| 第三节        | 冷藏庫的类型及其冷冻設備         | 304 |
| 第四节        | 食品的升温和解冻             | 309 |
| 第五节        | 肉类的冷冻工艺              | 309 |

iv

|       |                 |     |
|-------|-----------------|-----|
| 第 六 节 | 禽类的冷冻工艺.....    | 314 |
| 第 七 节 | 蛋及蛋制品的冷冻工艺..... | 315 |
| 第 八 节 | 魚及魚制品的冷冻工艺..... | 317 |
| 第 九 节 | 果实蔬菜的冷冻工艺.....  | 319 |
| 第 十 节 | 其他.....         | 324 |
| 第十一节  | 冷藏食品过程中的干縮..... | 324 |

## 序 言

随着工农业生产的大跃进和人民生活的不斷提高，制冷工业也在迅速发展。几年来新建和扩建的冷藏库总容量，已超过解放前的数十倍。1958年内还将建成总容量达数十万吨的冷藏库。全国大、中城市的冷藏网已基本形成，今后全国各主要县、镇都将设有冷藏库。因此，必须迅速培养出大批制冷技术人员。这本书就是为了各地举办制冷技术训练班培养初级冷冻技术人员而编写的。

这本书虽然过去曾根据我们制冷技术训练班几期的教学经验作过几次修改，这次出版前又作了较大的修改和补充，但由于时间紧迫和编者水平所限，缺点和错误还一定不少，希望读者多多提出批评与指正。意见请寄北京西四大红罗厂商业部技术训练班。

参加编写本书的有赵中傑、邓广斌、張伯福、肖文浩、張孝若等同志。本版第二章系賀正詠同志改編的，第五章系胡海、呂道元同志改編的。

商業部技术訓練班

1958年8月

# 第一章 概 述

## 第一节 我国制冷工业的发展概况

制冷技术的用途很广，在国民经济各部门中具有重要意义，尤其是在现代化的食品工业中，如在易腐食品—肉类、蛋品、蔬菜、水果等—的加工，贮藏，运输等过程中都广泛地应用人工制冷。

对易腐食品如肉食品用冰冷藏的方法，以我国为最早，据馬哥波罗游記中的記載，我国至迟在十三世紀以前就已經采用这种方法了。

解放以前，我国的机械制冷工业是十分落后的，国内几个稍具規模的食品冷冻厂都是帝国主义为掠夺我国物質资源而建立的。其中也有国人投資者，不过其数目很小。当时的服务对象也只是为少数人享受，与广大人民的生活無关。据統計，1949年以前，在全国范围内冷藏庫总容量大約只有2万2千吨左右。这些设备大都是技术落后，设备陈旧，冷藏庫本身的建筑也已年久失修。

解放以后，为保证供应人民新鮮食品及完成国家出口任务，在党和政府的关怀与重視下，制冷工业也得到了相应的发展。在经济恢复时期，通过委託加工方式大力发展了蛋品及肉食品的冷藏工业。同时，恢复了几家冷冻厂，扩建和修复了原有冷藏庫和制冷机械設備，先后接管了武汉、天津、上海等地的食品冷冻加工厂，使这些设备为改善我国人民生活 and 为我国经济建设服务。

从1954年初起，除扩建原有的冷冻厂外，又开始了现代化的肉类联合加工厂和冷藏庫的重点建設。在長沙、郑州、汉口、集宁、蚌埠、海拉尔、西安、重庆、太原等地陸續新建了机械化肉类联合加工厂。这些现代化的冷冻厂，都是在苏联專家直接帮助下建立起来的。商業部成立了設計机构，聘請了苏联專家，学习了苏联冷藏庫設計理論，培养了我国制冷技术人員。各类型的冷冻食品工厂和冷藏庫的設計安裝工作，由于采用了苏联建設冷藏庫的先进經驗，第一个五年計劃完成期間从肉类联合加工厂、蛋禽类加工厂发展到各种分配性冷藏庫，可以貯藏各种不同要求的食品。这对发展农村付業、調节国内市场付食品供应和对外贸易，扩大出口，爭取外匯等方面具有巨大的作用。随着全国工农业的生产大躍进，为了适应农业付产品大丰收的供銷、儲藏和运输上的需要，第二个五年計劃已經給我們冷藏庫建設提出了新的任务——必須多快好省地發展制冷工业，使制冷工业为发展农村和山区经济服务，並採取大、中、小型相結合的方針，充分發揮現有設備能力，發展冷藏庫網，爭取在十年内全国冷藏庫总容量达到400万吨左右；使主要县、鎮都有冷藏庫，以解决季节生产与常年消費、此丰彼歉、国内供应与出口需要、儲备和地区之間調剂的矛盾。

## 第二节 冷在国民经济各部门中的应用

机械制冷技术的应用，还不过六、七十年。因为它在食品工业、农业和其他工业方面应用很广，所以發展的很快。各种各样的制冷机器与設備的改进和制造，每年都有新的进展。目前制冷技术已广泛地应用于国民经济各部门和各种工业生产过程中。

## 一、冷在食品工業中的用途

利用人工制冷来貯藏易腐食品,对于改善居民的飲食,延長食品的保管期限,減少食品的損耗有極重要的意义,它具有以下数种优点:

1. 利用冷气貯藏食品,可以保持食品原有的質量、色澤、香味,在較長的时期內沒有显著变化,以及可以最少限度的減少食品的重量和营养价值。

2. 使用帶有冷藏設備的运输工具(如冷藏汽車、冷藏火車、冷藏船等)長途运送易腐食品,可以保証不致损坏其質量,使产区和銷售区联系起来,从而得以解决儲备和地区間調剂的矛盾。

3. 增加易腐食品的供应时间,解决季节性生产与常年消費之間的矛盾。

4. 利用冷藏設備貯藏和运轉易腐食品,可以保証常年供应食品加工工業的原料,解决淡季、旺季之間的矛盾。

## 二、冷在其他工業方面的用途

1. 冷在化学工業中的用途:冷在化学工業中是非常需要的,例如用冷来液化蒸气和其她气体,分离混合的液体或气体,以及使鹽类結晶。在爆炸物、苯胺染料、合成橡膠,各种酸类、矿物油和其它石油制品的制造过程中,也是常常利用冷冻的。

冷在人造纖維絲工厂中用途也很广,如冷却浸泡纖維素用的苛性鈉,保持纖維素的低温,以及保持人造絲庫中的低温。

2. 冷在矿井和鍊鋼工業中的用途:掘矿井和隧道时,在含水的土壤中,可以利用冷在开采处的周圍造成冻土圍牆,以防止水滲入,冻土壤的强度大大超过只有一層冰的强度。因为在冻土中,冰起固結作用,如砂質土含水量为其重量 16% 时,在  $-2^{\circ}\text{C}$  时的抗压强度为 45 公斤/厘米<sup>2</sup>,  $-9^{\circ}\text{C}$  时約为 130 公斤/厘米<sup>2</sup>,冰的强度在  $-12^{\circ}\text{C}$  时也不超过 18 公斤/厘米<sup>2</sup>。所以在这些工程中常常利用冷形成冻土的护壁,並用冷冻裝置保持护壁的低温,以防止它融化。只有当不用这种护壁时,才关闭冷冻裝置,冻结的土壤才逐漸融化。

在許多建筑工業部門如修筑船塢、水閘、深掘建筑物的地基,加固某些建筑如拱門、桥樑等,也可採用冷来冻结土壤。在苏联已經普遍採用这种方法,莫斯科在含水土壤中建筑莫斯科地下鐵道时,用冻结法掘了 40 个豎井和斜隧道。

在鍊鋼工業中使用冷,可以提高鋼材尺寸的精密度和硬度,如淬过火的鋼中有残留的奥司丁体,它可以降低鋼的性能而影响到鋼的硬度和强度。如果淬过火的鋼立刻在  $-70^{\circ}\text{C}$  ~  $-90^{\circ}\text{C}$  的低温中处理之后,奥司丁体就会变成馬丁体,不致發生上述缺点。

在飞机制造工業中也使用冷,以保持鉛和金的可塑性。

3. 冷在制藥工業中的用途:制藥工業中有許多制剂的工艺过程是属于精密化学工艺的,如濃縮溶液,提取或晶析某些鹽类等。为达此目的,一般是使用帶有冷却套的器械,其中循环冷鹽水来达到冷却目的。

制藥工業中利用冷可以保証抗菌剂如盤尼西林等各种抗生素等的制造。保存血清和牛痘苗时也要使用冷,因为牛痘苗和一些有机剂都需要在  $0^{\circ}\text{C}$  ~  $+5^{\circ}\text{C}$  的温度条件下保存,許多种藥品需要在  $+4^{\circ}\text{C}$  ~  $+10^{\circ}\text{C}$  的恒温中保存。

### 三、冷在科学研究工作中的用途

許多科学研究工作中均需要使用冷，如研究低温对某些物質的影响，建筑絕緣材料、橡膠产品在低温中的作用，低温对金屬和其他材料的抗力，發脆性。还可以利用冷来研究在低温狀況下汽車發动机的工作情况，試驗在低温和空气稀薄的条件下航空器械的性能，以及檢查低温条件下各种航空仪表的正确性。以上这些研究工作都必需有冷冻試驗室。

选种站利用低温經過專門的蘗育和培植后，可以选出耐寒的植物。

研究土壤的抗浸蝕性时常使用冷冻裝置以控制空气的温度、湿度和运动速度等。

### 四、冷在其他方面的用途

1. 人造溜冰場；
2. 家庭用电冰箱，冷藏櫃；
3. 养花業在  $0^{\circ}\text{C}$  和相对湿度为 85% 时保存一些花草的根莖；
4. 养蚕業用冷保存蚕卵和調节孵化時間及調节蚕在茧中發育成蛾的时间；
5. 在紡織和印染工業中調整某些葯剂温度；
6. 保存貴重皮毛、地毯和毛制品防止虫蛾蛀蝕；
7. 保存屍体以便确定致死原因，或供医院和研究作解剖之用；
8. 在玻璃工厂、光学仪器、橡膠、肥皂、腊燭、香料等工厂也使用冷。

冷除如上述用途外，將随科学技术水平之日益提高，而有其更广闊的發展前途。

## 第三节 氨压缩机制冷的簡要情况

### 一、机械制冷的基本概念

冷却是减少物体—固体、液体、气体的热含量。物体热含量减少时，則温度降低。一物体可以从另一物体中吸取热量，但該物体的温度必須低于被夺去热量物体的温度，热只能从較高温的物体流向較低温的物体。因此，自然冷却只能达到周围介質（空气、水等）的温度为止。但是空气和水的温度是随季节而变化的，所以在冬季我們可以得到較低的冷却温度，而在夏季得到的冷却温度是較高的。如果要使物体的温度低于自然介質的温度，則只能借助于机械制冷的方法来达到。利用机械冷却可以不受季节限制而达到各种不同的温度要求。

在學習制冷技术时，首先必須弄清冷和热的概念。

在我們的生活經驗中，有“冷”和“热”的感觉。这两种感觉是相对的而不是絕对的。当我们把手伸入井水中，我們會感到井水“冷”，但如我們把手先浸入冰水中，再伸入井水中时，就会感到井水热了

任何冷和热的物体中，都是有热的。只是含热量有多少，热的程度有强弱，因而使我們有“冷”、“热”不同的感觉。

物体中热的多少，我們称它为热量。热的强弱程度（冷热程度），我們就叫做温度。制冷的目的就是要使冷却物質中的热量减少，而使其温度降低到所要求的程度。

## 二、制冷的基本原理

制冷的基本原理可用下面的簡單事例来解釋：

1. 把酒、汽油等揮發性的液体塗在我們的手上，然後放在空气中或風扇的前面，会产生微冷的感覺。

2. 当冰块混合物融化时，或冰块放在空气中自然融化时，其附近的空气或放在附近的物体温度会逐渐的降低到一定的温度。

第一个例子是容易揮發的液体，在空气中揮發为气体时，必須吸收其周圍的热量，使温度降低，因此手感觉微冷。第二个例子，固体的冰块所以融化為液体，是吸收了周圍物体的热量，因而發生了冷效应。由此可見，当物体由固体变为液体，（或由液体变为气体时），要吸收外界物質的热量，而使其周圍的温度降低，达到冷的效果。

当冰融化时所产生的或伴有鹽粒而溶解时所产生的冷效应，达到一定限度之后，即不再繼續进行，并且它的制冷过程只有一次，不可能繼續进行。若拟吸去大量的热而造成低温，或者要求温度能随我們的意愿而調节时，必須采取机器制冷的办法。

制冷的机器通常称为冷冻机，但按所使用的冷媒种类和制冷方法可分为数种型式，这在第四章內將要談到。目前我国制冷工業中所采用的壓縮机皆为活塞式氨壓縮机，这种壓縮机的工作原理如图 1 所示：它是由蒸發器、壓縮机、冷凝器、調节閥等組合成一封闭性的制冷循环系統，系統內循环的冷媒是氨，亦就是利用氨的状态变化（液态变为气态，气态变为液态）产生冷效应。氨液通过調节閥流入蒸發器，而压力降低，遂吸收冷間被冷却物質的热量而蒸發，使被冷却物質温度降低。蒸發后的低温气体被壓縮机吸入，經壓縮而放出热量，温度升高。再排出冷凝器，使氨在蒸發器中蒸發时所吸收的热量傳給周圍介質（空气或水等），而使本身的温度降低而凝結成氨液，然后，氨液又通过調节閥进入蒸發器蒸發。如此反复循环，就可达到制冷目的。間接蒸發式制冷系統也常被采用，即鹽水先在蒸發器內被冷却后再送至庫房內發生冷作用，如图 2 所示。

这种促使冷媒在管系中不断产生冷效应的方法，就是氨壓縮式制冷方法的基本原理。

氨壓縮式制冷系統在我国使用范围很广，如在食品工業中，主要是采用这种制冷方法。因此，本書就着重介紹这种制冷設備。

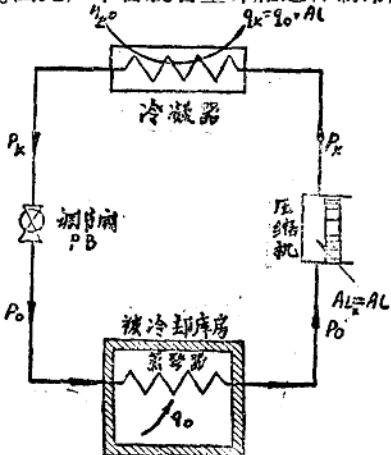


圖 1 直接蒸發式制冷循环系統圖

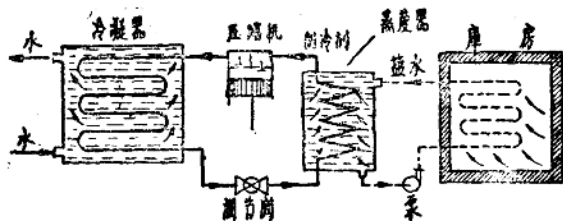


圖 2 間接蒸發式制冷循环系統圖

## 第二章 制冷技术的理論基础

### 第一节 度量衡

#### 一、長度單位

国际上測量長度通用的單位，是取經過法國巴黎的地球子午綫从赤道到北極的長度的  $\frac{1}{10,000,000}$  做为一个單位，命名为米，称公尺。

1 米(m) = 10 分米(公分)；

1 分米(dm) = 10 厘米(公分)；

1 厘米(cm) = 10 毫米(公厘)；

1 毫米(mm) = 1000 微米( $\mu\text{m}$ )；

1000 米 = 1 千米(Km)(公里)。

#### 二、面积單位

測量物体表面積的單位，是取每边長 1 毫米，1 厘米，1 分米，1 米等的正方形平面的面积做單位；它們分別叫平方毫米、平方厘米、平方分米、平方米等，常簡写成毫米<sup>2</sup>(mm<sup>2</sup>)，厘米<sup>2</sup>(cm<sup>2</sup>)，分米<sup>2</sup>(dm<sup>2</sup>)，米<sup>2</sup>(m<sup>2</sup>)等。

1 m<sup>2</sup> = 100 dm<sup>2</sup>；

1 dm<sup>2</sup> = 100 cm<sup>2</sup>；

1 cm<sup>2</sup> = 100 mm<sup>2</sup>。

#### 三、体积單位

測量物体的体积單位，取每边長 1 毫米，1 厘米，1 分米，1 米等的正方形的体积做單位；它們分別叫立方毫米，立方厘米，立方分米，立方米等，常簡写成毫米<sup>3</sup>(mm<sup>3</sup>)，厘米<sup>3</sup>(cm<sup>3</sup>)，分米<sup>3</sup>(dm<sup>3</sup>)，米<sup>3</sup>(m<sup>3</sup>)等。

1 m<sup>3</sup> = 1,000 dm<sup>3</sup>；

1 dm<sup>3</sup> = 1,000 cm<sup>3</sup>；

1 cm<sup>3</sup> = 1,000 mm<sup>3</sup>；

1 dm<sup>3</sup> = 1 升；

1 升 = 1,000 毫升(ml)。

#### 四、重量單位(重力單位)

国际上測量物質的重量(重力)單位，是取溫度为攝氏 4 度(4°C)的一升純水的重量定为一个單位，命名千克重或叫公斤。

1 千克重(KG) = 1,000 克重(G) = 1 公斤；

1,000 千克重 = 1 吨(T)；

1 克重 = 1,000 毫克重(mG)。

### 第二节 物質結構——分子論

根据人們長期的观察和研究，确定宇宙間的任何物質都可分割成为極小的微粒，如

在室內撒几滴酒,或放几个樟腦球,正个房間內就都可嗅到酒或樟腦的气味;又如从压缩机內逸出来的少量氨气,在整个車間內都可嗅到氨的气味。我們知道,只有当某种物質的微粒作用到我們的感覺器官,我們才能感觉到某种物質的气味。既然在整个房間內都能聞到酒、氨或樟腦的气味,这就表明了这些物質的微粒充滿了整个房間,也就是証明了不論固体、液体或气体的物質都可分割成为極小的微粒;換句話說,即物質是由一种極小的微粒所組成,这种微粒被称做分子。

分子——組成物質的最小微粒,这种微粒可以單獨存在並且具有原有物質的基本化学性質。

在这个基础上,人們再进一步研究,又發現物質的分子还可利用化学方法分割成更小的微粒,不过这种微粒已失去了原物質具有的基本化学性質,而且用化学方法已不能再分割了。例如把水分子再进一步分割,便成为氢、氧两种与水性質完全不同的微粒,这种微粒叫做原子。

原子——組成分子的最小微粒,这种微粒用化学方法已不能再分割。

分子用肉眼,甚至用一般的显微镜都不能观察到。

不論物質是处在固体、液体或气体的状态,分子之間都存在着一定的間隙和作用力(分子吸力和分子斥力),而且在不停地运动。只是在間隙和作用力的大小、运动的形式上有所区别罢了,而且这种区别也可以用人為的方法使其改变,所以任何物質又都可以成固态、液态、或气态存在。

分子論——用物質由永恒运动的分子組成的理論来解釋物質的性質和它所發生的現象的學說,叫做分子論。

对于宇宙間所有的物体,均可用分子論作如下解釋:

固体分子較液体、气体分子間的作用力大,間隙小,分子运动的範圍亦很小,只在其平衡位置上作很小的振動,故它能保持一定的形狀。液体分子間的作用力較固体分子小,分子在其平衡位置上作振幅較大的振動,而且可以成羣地相对移动,故液体具有可流动性。气体的分子間的作用力極弱,間隙無定值,分子进行不規則的自由运动,任意向各方飞去,直到跟别的分子或器壁碰撞后方改变它的运动方向,故气体具有充滿整个容器以及具有可以無限膨脹和大大压缩的特性。

### 第三节 温度和溫度計

温度——表示物体冷热的程度。

我們用手去接触热水和冷水,就会产生冷和热的感觉,这样我們就說热水的温度比冷水高。因此温度实际上就是人們对物体冷热程度的感觉。但是人們的感覺並不十分准确,在某些情况下,往往会产生錯覺。借物質热脹冷縮的特性,以水銀、酒精等物質作成一种測量物体冷热程度的仪器,这种仪器叫溫度計。

溫度計:

1. 攝氏溫度計:在一个标准大气压下(76 cm 水銀柱),以水的冰点定为零度,沸点定作一百度。由零度到一百度之間又分成一百个等份,每一等份叫做攝氏一度,它的代号是“ $^{\circ}\text{C}$ ”。这种溫度計的优点是数字簡單(十进位),使用方便,我国和苏联等国

多采用之。通常用符号“t”来表示温度数， $t^{\circ}\text{C}$ ，即表示摄氏温度 t 度。

2. 华氏温度计：在一个标准大气压下，以水的冰点定为 32 度，沸点定为 212 度。由 32 度到 212 度之间分成 180 等份，每一等份叫做华氏一度，其代号为“ $^{\circ}\text{F}$ ”。它的优点是刻度距离小，准确性较大，但使用不方便，英、美等国多采用之。

根据国际规定，为了表示出零上与零下的温度起见，当温度在零上时，则在温度数值的前面加(+)号，反之则加(-)号，如  $+10^{\circ}\text{C}$  或  $-5^{\circ}\text{C}$  等。

3. 摄氏与华氏温度的换算：

(一)由摄氏换算为华氏温度：

华氏温度 = 摄氏温度  $\times \frac{180}{100} + 32$ ，即：

$$F = C \times \frac{9}{5} + 32 \text{ 因此可得出:}$$

$$F = C \times 1.8 + 32$$

例题：设室温为摄氏  $25^{\circ}\text{C}$ ，试求华氏为多少度？

解：  $F = 25 \times 1.8 + 32 = 77^{\circ}\text{F}$

例题：设室温为摄氏  $-20^{\circ}\text{C}$ ，试求华氏为多少度？

解：  $F = -20 \times 1.8 + 32 = -36 + 32 = -4^{\circ}\text{F}$

(二)由华氏温度换算为摄氏温度：

摄氏温度 = (华氏温度 - 32)  $\times \frac{100}{180}$ ，即：

$$C = (F - 32) \frac{5}{9}, \text{ 因此可得出:}$$

$$C = \frac{F - 32}{1.8}$$

例题：设冷却间温度为华氏  $23^{\circ}\text{F}$ ，试求摄氏为多少度？

解：  $C = \frac{23 - 32}{1.8} = \frac{-9}{1.8} = -5^{\circ}\text{C}$

例题：设锅炉水温为华氏  $131^{\circ}\text{F}$ ，试求摄氏为多少度？

解：  $C = \frac{131 - 32}{1.8} = \frac{99}{1.8} = 55^{\circ}\text{C}$

除上述二种温度之外，在热力学上还采用一种温度，这种温度叫做凯氏温度或绝对温度。其代号是“ $^{\circ}\text{K}$ ”。它是以摄氏零下 273 度作为零度，摄氏 100 度作为 373 度，因此摄氏温度和绝对温度的差别，仅在温度数值的计算起点不同： $-273^{\circ}\text{C} = 0^{\circ}\text{K}$ ， $273^{\circ}\text{K} = 0^{\circ}\text{C}$ 。如以 T 表示绝对温度的度数，t 表示摄氏温度的度数，则

$$T = 273 + t$$

$$t = T - 273$$

例题：设水温为  $65^{\circ}\text{C}$ ，试求合绝对温度多少度？

解：  $T = 273 + 65 = 338^{\circ}\text{K}$

例題：設某物體溫度為  $250^{\circ}\text{K}$ ，試求合攝氏多少度？

解：  $t = 250 - 273 = -23^{\circ}\text{C}$

表 1

攝氏華氏溫度換算對照表

| $^{\circ}\text{C}$ | $^{\circ}\text{F}$ | $^{\circ}\text{C}$ | $^{\circ}\text{F}$ | $^{\circ}\text{C}$ | $^{\circ}\text{F}$ | $^{\circ}\text{C}$ | $^{\circ}\text{F}$ |
|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| 1                  | 33.8               | 26                 | 78.8               | 51                 | 123.8              | -0                 | 32                 |
| 2                  | 35.6               | 27                 | 80.6               | 52                 | 125.6              | -1                 | 30.2               |
| 3                  | 37.4               | 28                 | 82.4               | 53                 | 127.4              | -2                 | 28.4               |
| 4                  | 39.2               | 29                 | 84.2               | 54                 | 129.2              | -3                 | 26.6               |
| 5                  | 41.0               | 30                 | 86.0               | 55                 | 131.0              | -4                 | 24.8               |
| 6                  | 42.8               | 31                 | 87.8               | 56                 | 132.8              | -5                 | 23.0               |
| 7                  | 44.6               | 32                 | 89.6               | 57                 | 134.6              | -6                 | 21.2               |
| 8                  | 46.4               | 33                 | 91.4               | 58                 | 136.4              | -7                 | 19.4               |
| 9                  | 48.2               | 34                 | 93.2               | 59                 | 138.2              | -8                 | 17.6               |
| 10                 | 50.0               | 35                 | 95.0               | 60                 | 140.0              | -9                 | 15.8               |
| 11                 | 51.8               | 36                 | 96.8               | 61                 | 141.8              | -10                | 14.0               |
| 12                 | 53.6               | 37                 | 98.6               | 62                 | 143.6              | -11                | 12.2               |
| 13                 | 55.4               | 38                 | 100.4              | 63                 | 145.4              | -12                | 10.4               |
| 14                 | 57.2               | 39                 | 102.2              | 64                 | 147.2              | -13                | 8.6                |
| 15                 | 59.0               | 40                 | 104.0              | 65                 | 149.0              | -14                | 6.8                |
| 16                 | 60.8               | 41                 | 105.8              | 66                 | 150.8              | -15                | 5.0                |
| 17                 | 62.6               | 42                 | 107.6              | 67                 | 152.6              | -16                | 3.2                |
| 18                 | 64.4               | 43                 | 109.4              | 68                 | 154.4              | -17                | 1.4                |
| 19                 | 66.2               | 44                 | 111.2              | 69                 | 156.2              | -18                | -0.4               |
| 20                 | 68.0               | 45                 | 113.0              | 70                 | 158.0              | -19                | -2.2               |
| 21                 | 69.8               | 46                 | 114.8              | 71                 | 159.8              | -20                | -4.0               |
| 22                 | 71.6               | 47                 | 116.6              | 72                 | 161.6              | -21                | -5.8               |
| 23                 | 73.4               | 48                 | 118.4              | 73                 | 163.4              | -22                | -7.6               |
| 24                 | 75.2               | 49                 | 120.2              | 74                 | 165.2              | -23                | -9.4               |
| 25                 | 77.0               | 50                 | 122.0              | 75                 | 167.0              | -24                | -11.2              |

## 第四節 熱和熱的平衡

### 一、熱

不論液體、固體或氣體，我們把它加熱，它們的分子運動速度就要加快，具體反應出來是物質的溫度升高或者是狀態產生變化。由此可見，熱是物質分子運動所產生的一種能量，它和物體因作機械運動而產生動能和位能一樣，不過分子的热運動更為複雜罷了。

溫度它是反映物質分子平均運動速度的大小。不過物質的熱狀態雖與物質分子運動

註：  $-273^{\circ}\text{C}$  稱作絕對零度，它以一切物質的分子在這個溫度下都將停止運動而得名，故羅蒙諾索夫稱這一溫度為冷的最高或最後的極點。不過這僅是一種推論，實際上目前尚未獲得這樣低的溫度。同時根據辯證唯物論宇宙中的一切物質均在永恒地運動，將來即使獲得了這樣低的溫度，分子也不能完全停止運動。

有極密切的關係，但個別分子速度的變化並不使物質熱狀態發生變化，必須大量的分子作不規則的運動，方可使物質的熱狀態產生變化。

從上面所述來看，溫度與熱量是有密切的關係。例如把冷水加熱，使水的含熱量增加，水溫亦升高，但它們却是兩個概念完全不同的物理量。從定義的字面來看，溫度是表示物質冷熱的程度，即溫度是人們通過儀器對物質冷熱程度的度量，熱量是物質分子運動而產生的能量的多少。據分子運動論來看，溫度是反應物質分子平均運動速度的大小，分子平均運動速度增大，溫度就升高，物質分子平均運動速度減小，溫度就降低，即溫度的高低是反應物質分子動能<sup>①</sup>的變化。熱量卻不然，例如，把冷水加熱或轉移熱，水的分子動能產生變化，這部分熱人們管它叫顯熱。

顯熱——使物質溫度升高或降低的熱量，或者說使物質分子動能產生變化的熱量。

把沸水加熱或把凝固過程中的水轉移熱量，水的溫度並不產生變化，即水的分子動能沒有變化。而水的分子間的距离却增大或減小了，物質狀態產生了變化，水由液態變成了氣態或固態，即物質分子的位能<sup>②</sup>產生了變化。這種使物質變態的熱量人們管他叫汽化熱或凝固熱，或統稱潛熱。它是為溫度計所不能表示出來的。

汽化熱——在汽化溫度下，1克（或1公斤）某種液體汽化成同溫度的汽所需要的熱量。單位是仟卡/公斤。

凝固熱——在凝固溫度時，1克（或1公斤）某種液體凝結成同溫度的固體所放出的熱。單位是仟卡/公斤。

潛熱——使物質產生狀態變化的熱量，或者說，供物質分子位能產生變化的熱量。

由此可見，熱量是表示物質內能<sup>③</sup>的總和。

## 二、熱量的測定

人們為量度熱的多少選擇了一個量熱的單位，這個單位叫做“卡”或“卡路里”(Cal)。它是取1克純水溫度升高 $1^{\circ}\text{C}$ 所需要的熱量。但是工程上嫌這個單位太小而採用“仟卡”（或叫“大卡”，代號是KCal），1仟卡=1,000卡，它是取1公斤純水溫度升高 $1^{\circ}\text{C}$ 所需要的熱量。

1克或1仟克純水溫度降低 $1^{\circ}\text{C}$ 所放出的熱量也是1卡或1仟卡。

然而人們發現各種物質取相同的量，使溫度均升高 $1^{\circ}\text{C}$ 所需要的熱量並不相同，為了說明物質這一性質，故又規定了一個物理量——比熱。

比熱( $r$ )——1公斤（或1克）物質溫度升高，（或降低） $1^{\circ}\text{C}$ 所需要（或放出）的熱量。它的單位是卡/克 $\cdot^{\circ}\text{C}$ 或仟卡/公斤 $\cdot^{\circ}\text{C}$ 。

如果知道某物質的比熱和質量<sup>④</sup>，要求其溫度升高或降低到某一溫度所需要或放出的熱量，用下述三個量相乘就可以得出：

① 動能——物質運動所產生的一種能量。

② 位能——物質由於處的位置特殊而具有的一種能量。

③ 物質內能——分子無規則的運動，而具有的動能與分子之間相對位置決定的位能之和。

④ 質量——物體內含物質的多少，單位是克(g)、仟克(Kg)、噸(T)。質量與重量有密切關係，但却是兩個概念完全不同的量；重量是地球對物體的吸引力的多少，質量是物質本身的一種性質的度量。

比热  $\times$  物体的质量  $\times$  温度差

这个关系式也可用代数式来表示:

設:  $Q$  代表物体吸收 (放出) 的热量;

$r$  代表物体的比热;

$m$  代表物体的质量;

$t_1$  代表物体原来的温度;

$t_2$  代表物体吸热 (放热) 后的温度。

則:  $t_2 > t_1$  时,  $Q = mr(t_2 - t_1)$  —— 吸热,

$t_1 > t_2$  时,  $Q = mr(t_1 - t_2)$  —— 放热。

例題: 使 150 公斤温水的温度由  $23^\circ\text{C}$  升高到  $28^\circ\text{C}$ , 需加热多少?

解: 据  $Q = mr(t_2 - t_1)$

已知:  $m = 150$  公斤,  $r = 1$  仟卡/公斤  $\cdot^\circ\text{C}$ ,

$t_1 = 23^\circ\text{C}$ ,  $t_2 = 28^\circ\text{C}$ ,

故  $Q = 150 \times 1 \times (28 - 23) = 750$  仟卡,

### 三、热 平 衡

几个温度不相同的物体放在一起, 它們之間就要产生热交换, 而且热量总是从温度較高的物体移到温度較低的物体, 一直进行到几个物体的温度相同时为止。同时这种热交换, 如果物体甲放出的热量沒有变成其它形式的能 (其它形式的能也沒变成热能), 而全部被物体乙所吸收, 它們是遵守能量①守恒定律的, 即是:

高温物体放出的热量 = 低温物体吸收的热量。

这一关系叫热平衡, 用代数式表示出来就叫热平衡方程式:

設高温的物体的质量、比热、温度分别为  $m_1 r_1 t_1$

低温的物体的质量、比热、温度分别为  $m_2 r_2 t_2$

两种物质混合后的温度为  $t$

則  $m_1 r_1 (t_1 - t) = m_2 r_2 (t - t_2)$

例題: 設温度为  $120^\circ\text{C}$  的铁 10 仟克投入温度为  $10^\circ\text{C}$  的 11 公斤水中, 最后測得它們的共同温度为  $20^\circ\text{C}$ , 求铁的比热。

解: 据  $m_1 r_1 (t_1 - t) = m_2 r_2 (t - t_2)$

已知:  $m_2 = 11$  公斤,  $r_2 = 1$  仟卡/公斤  $\cdot^\circ\text{C}$ ,

$t_2 = 10^\circ\text{C}$ ;

$m_1 = 10$  公斤,  $t_1 = 120^\circ\text{C}$ ,

$t = 20^\circ\text{C}$ 。

代入:  $10 r_1 (120 - 20) = 11 \times 1 (20 - 10)$

$r_1 = 0.11$  仟卡/公斤  $\cdot^\circ\text{C}$

答: 铁的比热为  $0.11$  仟卡/公斤  $\cdot^\circ\text{C}$ 。

① 参考热和功一节。