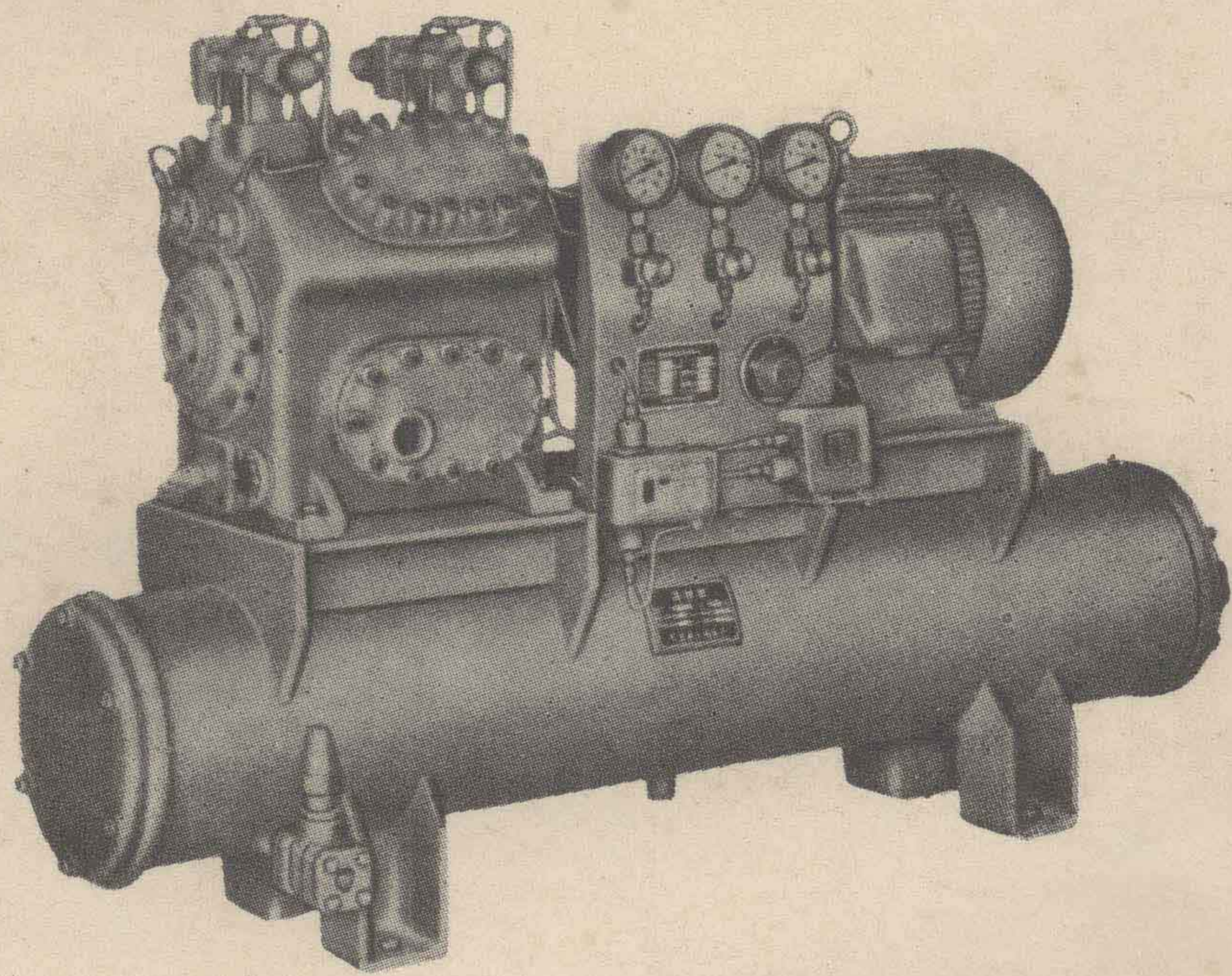


制冷装置

及其操作维修



上海交通大学

毛主席语录

教育必须为无产阶级政治服务，必须同生产劳动相结合。
劳动人民要知识化，知识分子要劳动化。

学制要缩短，教育要革命，资产阶级知识分子统治我们学校的现象，再也不能继续下去了。

思想上政治上的路线正确与否是决定一切的。

中国人民有志气，有能力，一定要在不远的将来，赶上和超过世界先进水平。

常用符号说明

符 号	单 位	单 位	说 明
P, p	kg/cm ²	公斤/厘米 ²	压力
$P_{\text{绝}}$	kg/cm ²	公斤/厘米 ²	绝对压力
$P_{\text{真}}$	mmHg	毫米汞柱	真空度
$P_{\text{表}}$	kg/cm ²	公斤/厘米 ²	表压力
P_g	mmHg	毫米汞柱	干空气分压力
P_c	mmHg	毫米汞柱	水蒸汽分压力
P_K	kg/cm ²	公斤/厘米 ²	冷凝压力
P_o	kg/cm ²	公斤/厘米 ²	蒸发压力
T	K	度	绝对温度
t	°C	度	温度 (即摄氏温标)
t_K	°C	度	冷凝温度
t_o	°C	度	蒸发温度
t_u	°C	度	过冷温度
B	mmHg	毫米汞柱	大气压力
v	m ³ /kg	米 ³ /公斤	比容
V	m ³ /h, m ³	米 ³ /时, 米 ³	容积排气量, 容积
V_g	m ³	米 ³	气缸工作容积
V_h	m ³ /h	米 ³ /时	气缸理论排气容积
G	kg/h, kg	公斤/时, 公斤	重量排气量, 制冷剂循环量, 重量
γ	kg/m ³	公斤/米 ³	重度
i	kcal/kg	千卡/公斤	焓
s	kcal/kg°C	千卡/公斤·度	熵
x			干度
Q	kcal/h	千卡/时	总热量
Q_K	kcal/h	千卡/时	冷凝热量
Q_o	kcal/h	千卡/时	制冷量 (产冷量)
q_o	kcal/kg	千卡/公斤	单位 (重量) 制冷量
q_v	kcal/m ³	千卡/米 ³	单位容积制冷量
ε	无 因 次	无 因 次	制冷系数
L	kgm	公 斤 米	压缩功, 机械功
l	kgm/kg	公斤米/公斤	单位压缩功
A	kcal/kgm	千卡/公斤米	功的热当量
Al	kcal/h	千卡/时	压缩机的理论功
N	kw	千 瓦	理论功率
N_i	kw	千 瓦	指示功率
N_e	kw	千 瓦	轴功率
N_m	kw	千 瓦	摩擦功率
η	无 因 次	无 因 次	效率
η_i	无 因 次	无 因 次	指示效率
η_e	无 因 次	无 因 次	总效率
η_m	无 因 次	无 因 次	机械效率
λ	无 因 次	无 因 次	供给系数
λ	kcal/mh°C	千卡/米时度	导热系数
α	kcal/m ² h°C	千卡/米 ² 时度	放热系数
K	kcal/m ² h°C	千卡/米 ² 时度	传热系数
c	kcal/kg°C	千卡/公斤度	比热
d	g/kg·干空气	克/公斤·干空气	含湿量
φ	%	%	相对湿度

前 言

目前制冷技术不仅应用在食品工业、石油化工、制药、机械、矿山等方面，而且在国防工业和海军建设中也得到了广泛的应用。

解放前，在国民党反动派统治下，我国的制冷工业极端落后，处于空白的状态。那时，只有少数大城市里有几家修理店，为国内外资产阶级所享用的冰箱做些修修配配的工作。

解放后，在毛主席和中国共产党的领导下，制冷工业得到了蓬勃的发展，从无到有，自行设计了我国需要的制冷机，为社会主义建设作出了贡献。但是，由于受到刘少奇反革命修正主义路线的影响，“冷气神秘论”的流毒散布很广，致使“冷气”成了“冷门”，制冷技术得不到普及。史无前例的无产阶级文化大革命摧毁了刘少奇反革命修正主义路线，战斗在制冷工业上的工人阶级，遵照伟大领袖毛主席“独立自主，自力更生”的教导，大搞技术革命，技术革新，使制冷机的产量、品种、质量都大大提高，制冷技术也得到了进一步的普及，并且研制成功了不少新型制冷设备，为使我国在不远的将来赶上和超过世界先进水平作出了巨大贡献。

为了适应制冷工业日益发展的形势，为了使学校更好地为经济基础服务、为海军建设和国防工业服务，我们遵照伟大领袖毛主席关于“教育必须为无产阶级政治服务，必须同生产劳动相结合”的教导，举办了几期制冷装置短训班，为普及制冷技术服务。为了便于参加短训班学员的学习，曾编写了一些有关教材，供学员学习中参考。同时，鉴于制冷装置的平时维护工作十分重要，否则不仅影响生产和使用，而且易造成经济上的浪费，因此在讲学内容侧重装置的操作与维修。

最近，我们听取了广大工农兵的宝贵意见和批评，在原来试用基础上，重新进行增删和改写，现修改成“制冷装置及其操作维修”一书，分为基础原理、制冷压缩机及其设备的结构、安装操作与维修及船舶空调系统实例等四个部分，以供学习和工作中参阅。

这次修改过程中，特别注意到：力求通俗易懂，便于自学；基本知识联系专业内容；并坚持立足国内以国产常用中小型装置为主，兼顾舰船和陆上通用。

在改编过程中，承各生产工厂和兄弟单位的热忱帮助，提供了许多宝贵检修经验和参考资料，从内容上得到了充实，在此谨向他们表示由衷的感谢。

由于我们对毛主席的教育革命思想学得不够，领会不深，在书中一定存在不少错误和缺点，恳切希望同志们在阅读和使用过程中向我们提出批评和意见。

上海交通大学 260 教研组

1976年6月

制冷在国民经济中的应用

近代制冷技术在国民经济中的应用越来越广，下面介绍主要应用的几个方面：

1. 用于食品保存和加工：食品工业和商业部门中应用制冷的场合很多，例如鱼、肉、禽、蛋、水果、蔬菜和乳制品等，在常温下很快就会腐烂变质，故必须在低温条件下进行冷却或冻结，以便能贮存较长的时间和保持食品原有的质量和减少干缩损耗。因此，设有各种类型的冷藏库、伙食冷库、冰箱和冷冻加工机械等等，用以加工和贮藏食品。

2. 用于运输业方面：现代船舶，无论军用民用均设有制冷装置，用于食品冷藏运输或船员旅客伙食的贮备，以及武器弹药的保存。对于液态天然气运输和渔品加工的特种工作船，所使用的制冷装置要求更高。在陆上则有冷藏火车和冷藏卡车，在空中还有冷藏飞机等运输工具。

3. 用于空气调节系统：空气调节装置广泛应用于生产工艺和生活卫生方面。例如，在仪器、钟表、造纸、纺织、制药，精密加工、光学仪器、照相胶片等的某些生产工艺过程中，为了保证产品质量，必须严格规定在一定的空气温湿度下进行。又如为了改善劳动条件，保证人民健康，在舰船上、以及医院、剧院、饭店、大旅馆、体育馆、大会堂、试验室和水陆空的交通工具中都设有空气调节装置系统，而在这些设备中，一般都需要制冷装置作为它的冷源。

4. 用于一般化学工业及石油化工方面：很多化工和石油产品的生产工艺过程都要使用人工制冷，例如，盐类的结晶，溶液的分离和回收，石油脱腊，天然气液化，石油气的分离，以及生产合成氨、合成橡胶、合成纤维、塑料原料等等，所需制冷装置的产冷量更大，流程也更为复杂。

5. 用于科学研究及其他方面：精密仪器仪表、电子设备、宇宙航行器械等需要在超低温下进行性能测试。此外，制冷还应用于低温医疗手术、矿井和隧道开掘，大型水坝修建、农作物及种子培育、人工滑冰场等方面。

由此可见制冷对国民经济的发展有着密切的关系。

目 录

常用符号说明

前 言

制冷在国民经济中的应用

第一部分 基 础 原 理

第 一 章 热力学基础

1.1 制冷装置的基本原理	1
1.2 温度、压力、比容、重度	4
1.3 蒸发、沸腾、升华、冷凝	8
1.4 饱和蒸汽、饱和压力、饱和温度	9
1.5 过热、过冷	9
1.6 热力学第一定律	10
1.7 气体的内能	11
1.8 功与压—容图($p-v$ 图)	12
1.9 热量、显热、潜热、比热	13
1.10 熵及温—熵图($T-S$ 图)	14
1.11 焓和稳定流动方程式	17
1.12 热力学第二定律	19

第 二 章 蒸汽压缩制冷循环

2.1 理想的制冷循环	21
2.2 蒸汽压缩制冷循环	22
2.3 压—焓图($lgp-i$ 图)及其应用	22
2.4 蒸汽压缩制冷理论循环的热力计算	25
2.5 温度条件对制冷量和消耗功率的影响	26
2.6 活塞式压缩机的理想工作过程	30
2.7 活塞式压缩机的实际工作过程	32
2.8 余隙容积及供给系数	32
2.9 制冷压缩机功率及实际制冷量计算和换算	35

第三章 单级制冷循环的热力计算和复式制冷循环的工作原理

3.1 单级蒸汽压缩式制冷循环的热力计算	38
3.2 双级压缩制冷循环	41
3.3 复叠式制冷循环	42

第四章 制冷装置中的传热

4.1 热传递的三种基本方式	44
4.2 传热的基本方程式	44
4.3 冷凝器中的传热	50
4.4 冷凝器的热负荷计算	50
4.5 冷凝器计算举例	53
4.6 蒸发器中的传热	54
4.7 蒸发器的热负荷计算	54
4.8 蒸发器计算举例	56

第二部分 制冷压缩机及其设备的结构

第五章 活塞式制冷压缩机

5.1 压缩机的结构	57
5.2 压缩机的主要部件	60
5.3 半封闭制冷压缩机	76
5.4 全封闭制冷压缩机	77
5.5 氟利昂单机双级压缩机组	78
5.6 压缩机性能曲线	79

第六章 冷凝器、蒸发器及辅助设备

6.1 冷凝器的种类、结构和工作原理	82
6.2 蒸发器的种类、结构和工作原理	84
6.3 制冷装置的辅助设备	87

第七章 制冷装置的自动化及自动调节元件

7.1	制冷装置自动调节系统的组成	92
7.2	热力膨胀阀	94
7.3	温度继电器	106
7.4	压力继电器	112
7.5	油压继电器	117
7.6	电磁阀	120
7.7	蒸发压力调节阀（背压阀）	125
7.8	水量调节阀	128
7.9	止回阀	129
7.10	制冷装置自动调节系统举例	130

第八章 制冷装置系统及冷藏库冷量的估算

8.1	制冷装置系统	134
8.2	伙食冷库及冷饮水器冷量的估算	139

第九章 制冷装置电气控制线路

9.1	电路基本知识	161
9.2	交流电和三相交流电	166
9.3	制冷系统控制电路	176
9.4	GS—20 降湿机控制电路	193
9.5	某船制冷系统控制电路介绍	194

第十章 制冷剂、冷媒、润滑油

10.1	制冷剂	202
10.2	冷媒	205
10.3	润滑油	208

第三部分 制冷设备的安装、操作与维修

第十一章 安装及运转前的准备工作

11.1	安装及接管	212
------	-------------	-----

11.2	制冷系统的吹污、检漏和抽空	224
11.3	添加制冷剂	230
11.4	制冷剂的取出	232
11.5	添加润滑油	233
11.6	压缩机的试运转	234
11.7	制冷系统的调试	235

第十二章 制冷装置常见故障的分析和排除

12.1	检查故障的基本方法	241
12.2	故障分析	242
12.3	故障分析表	252

第十三章 制冷装置的维修

13.1	制冷设备的维修、清洁和检验	255
13.2	活塞式压缩机的拆修与装复	261
13.3	压缩机的修理	265

第四部分 船舶空气调节

概 述

第十四章 湿 空 气

14.1	空气的组成	283
14.2	空气的温度	283
14.3	空气的压力	284
14.4	空气的湿度	284
14.5	空气的焓	285
14.6	湿空气的焓湿图 ($i-d$ 图)	286
14.7	湿球温度	287

第十五章 船舶空调系统的实例及各主要部件的功用

15.1	船舶空调系统的组成及其划分	290
15.2	船舶空调系统的实例及各主要部件的功用	292

第十六章 空气处理过程及其在 $i-d$ 图上表示

16.1	空气状态变化过程的热湿比 (ϵ)	300
16.2	两种不同状态空气的混合	302
16.3	等湿加热过程	303
16.4	减湿冷却过程	305
16.5	喷蒸汽加湿过程	307
16.6	降湿机的处理过程	308

第十七章 空调系统的一般操作和维修

17.1	空调系统各主要参数的测定	311
17.2	空调系统的一般操作	314
17.3	空调系统常见的故障及其排除方法	315

附 表

1.	氟利昂—12 饱和特性表	319
2.	氟利昂—22 饱和特性表	321
3.	氨饱和特性表	323
4.	氯化钠盐水特性表	325
5.	氯化钙盐水特性表	326
6.	氟利昂—12 的单位容积制冷量 q_v 值[千卡/米 ³]	327
7.	氟利昂—22 的单位容积制冷量 q_v 值[千卡/米 ³]	328
8.	氨的单位容积制冷量 q_v 值[千卡/米 ³]	329
9.	—15℃ 以下氨及 $F-12$ 的单位容积制冷量 q_v 值[千卡/米 ³]	330

附 图

1. 氟利昂—12 $\lg p-i$ 图
2. 氟利昂—22 $\lg p-i$ 图
3. 氨 $\lg p-i$ 图
4. 湿空气的 $i-d$ 图

第一部分 基础原理

第一章 热力学基础

伟大领袖毛主席教导我们：“人的正确思想，只能从社会实践中来，只能从社会的生产斗争，阶级斗争和科学实验这三项实践中来。”制冷技术的发展也是人类通过不断的社会实践，并从感性上升为理性，从而进一步指导生产实践促进生产技术发展的过程。在这一章里主要是阐述制冷的基本原理和热力学中一些基本参数和概念，为学好制冷装置的操作与维修打下基础。

1.1 制冷装置的基本原理

制冷装置的任务是在于把被冷却物体中的热量取出并传递到温度较高的周围介质（即水或空气）中去，而使该物体的温度降低，并在一定的时间内保持所需要的低温。这个不断从被冷却物体取出热量并转移到周围介质中去的过程就是制冷过程。

生活经验告诉我们，热量总是从温度较高的物体自动地传到温度较低的物体，这正象自然界中的水总是自动地从高处流向低处一样，从来也不会自动地从低处向高处流动的。但是我们倘若化费一定的能量，如用人力或水泵，则可以把低处的水输送到高处去。同样，热量也并非绝对不可能由低温物体向高温物体传递，然而，要达到这一目的就必须消耗一定的能量（要消耗机械功或电能）。制冷装置从低温空间取出热量的工作原理，可以用一个日常生活上很通俗的例子来比喻。譬如用桶提取船舱里的水，倒到舷外去。首先要把水桶放到低于舱内水面的位置，使水能自动流入桶内，然后把水桶提高并移到舷边，使桶内的水可以倒到舷外去；这样就形成不断地舀水、提高、倒水、再降低水桶位置的工作循环，如图 1.1.1 所示。这与制冷装置把被冷却物体中的热量取出，然后传递到温度较高的周围环境中去的工作原理很相似，但必须消耗一定的机械功或电能。

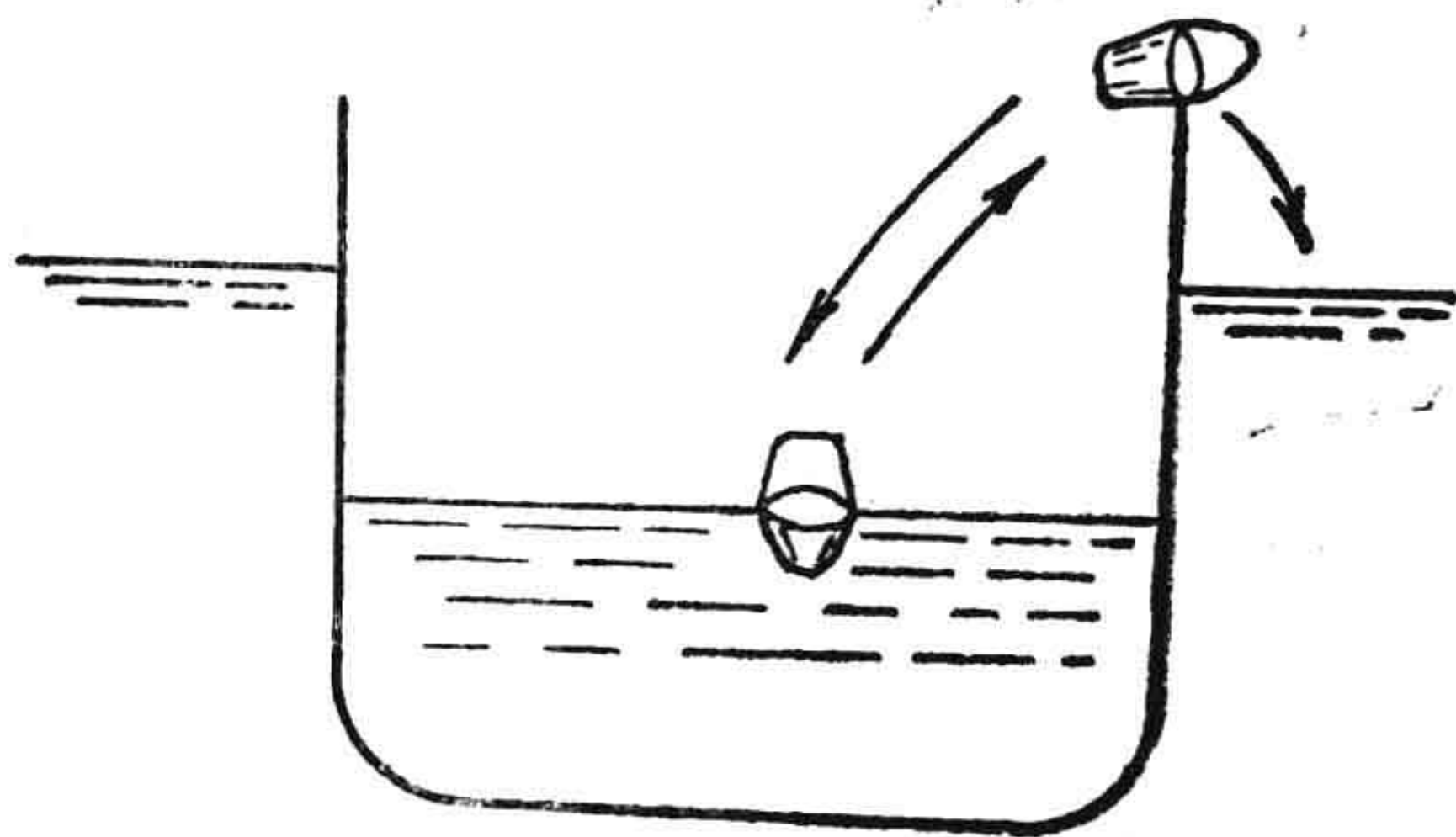


图 1.1.1

制冷装置的基本工作原理是怎样的呢？

在制冷装置中从低温处吸取热量，然后到高温处放出热量，主要是依靠在装置中循环的工质的状态发生变化来实现的。这种工质通常叫做制冷剂。

我们从生产实践中早就知道：任何一种液体，当它汽化变成蒸气时都需要吸收大量的热量。如一公斤水的温度升高一度约需吸收 1 千卡热量。若将 1 公斤水全部气化，则需吸收 539 千卡的热量。我们就利用这个自然规律，选择气化温度较低的液体作为制冷剂。

如图 1.1.2 所示，制冷剂在装置中循环流动时，让它在膨胀阀的控制下进入冷藏库的盘管中，使之在较低的压力下气化。由于制冷剂温度低于冷藏库（或冰箱）内的温度，因此就自动地吸取库内的热量，使库内温度降低。这时制冷剂蒸发成气体，然后被压缩机吸入压缩，使其压力和温度升高，当它的温度升高到高于外界空气或冷却水的温度时，它就在冷凝器中把热量放给空气或冷却水。放出了热量后的高压制冷剂又转化成液体，然后通过膨胀阀（也叫节流阀）再降低压力和温度，重新回到低温气体状态。如此周而复始地循环工作，就能把冷藏库（或冰箱）中的热量逐渐带走，从而使被冷却物的温度降低。

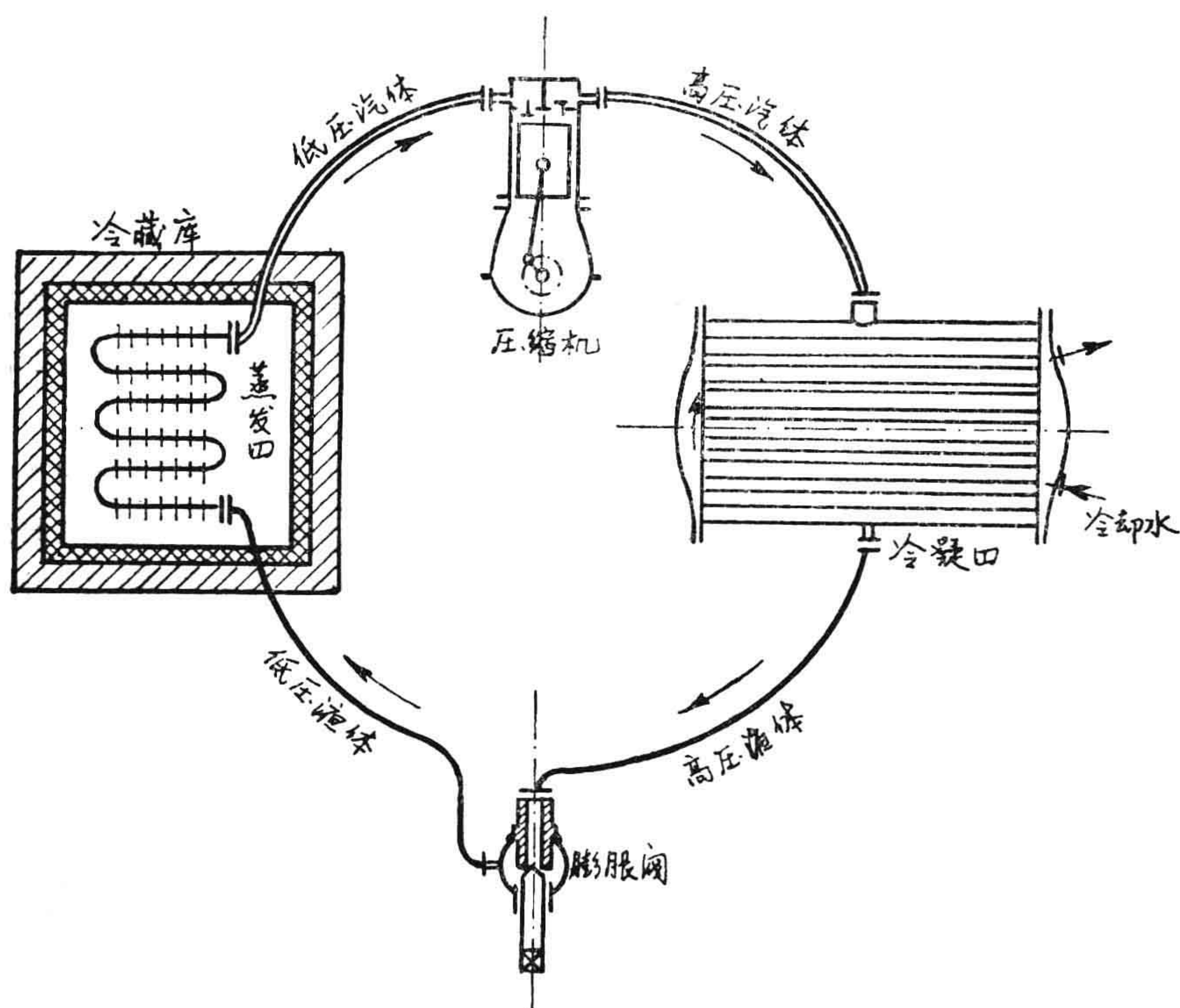


图 1.1.2 制 冷 装 置 系 统 图

以上讲的就是压缩式制冷的基本原理和方法。

用来制冷的设备叫做制冷机（又叫冷冻机），它的基本组成部分为：压缩机、冷凝器、膨胀阀（也叫节流阀）和蒸发器，即所谓四大件。它们之间用管道顺序连接，构成一个密闭的系统，所以整个系统又叫做制冷装置。

图 1.1.3 所示就是一个蒸气压缩式制冷装置的系统。在实际的制冷装置中，为了提高运行的经济性、安全可靠和操作方便起见，除了上面所讲的压缩机、冷凝器、膨胀阀、蒸发器四大件之外，还必须设置许多辅助设备，如油分离器，贮液器，过滤干燥器，气液过冷器等。此外，还有压力表、温度计、液位计、高低压继电器、温度继电器、电磁阀、热

力膨胀阀等一些自动控制仪器仪表。

图 1.1.3 是以氟利昂—12 作为工质的制冷装置系统原理图。它的工作过程如下：

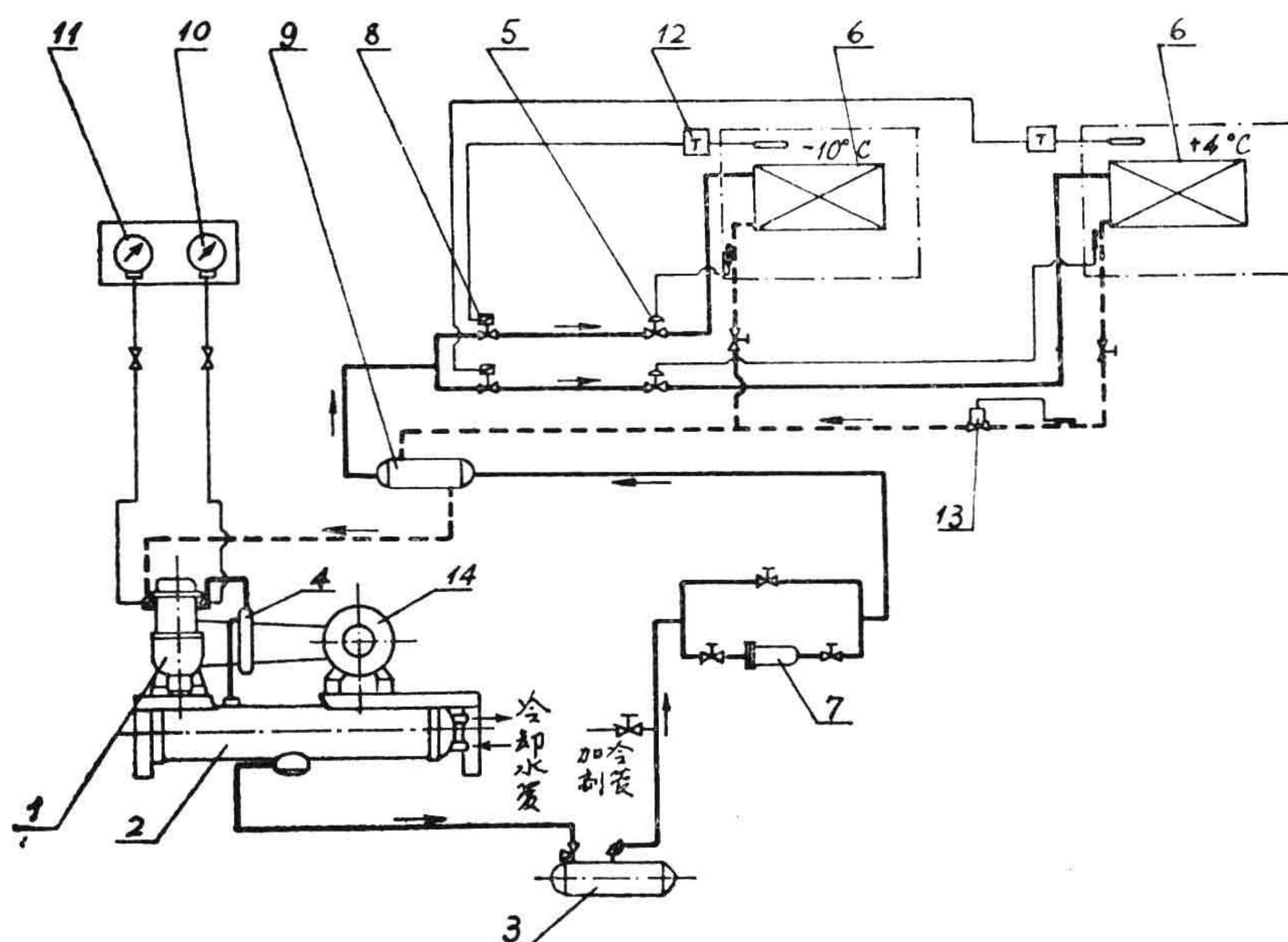


图 1.1.3 氟利昂制冷装置系统原理图

1—压缩机；2—冷凝器；3—贮液器；4—油分离器；5—热力膨胀阀；6—蒸发器；
7—过滤干燥器；8—电磁阀；9—气液过冷器；10—高压压力表；11—真空压力表；
12—温度继电器；13—蒸发压力调节阀；14—电动机。

制冷压缩机 1 将蒸发器 6 内所产生的低压低温冷剂蒸气吸入气缸，经压缩后成为高压高温气体（压缩过程），先通过油分离器 4，将气体中带出的润滑油分离出来，再被排入冷凝器 2。冷剂蒸气在冷凝器中将热量传递给冷却水后凝结成液体（放热冷凝过程），并陆续贮存在贮液器 3 中，然后经过热力膨胀阀 5 节流，使其压力降低后进入蒸发器 6（节流过程），低压低温的冷剂液体在蒸发器中不断吸收周围库内的热量而气化（吸热蒸发过程），最后冷剂蒸气又被压缩机吸入。这样，工质就在系统中经过压缩、冷凝、节流、蒸发四个过程，不断地循环着。

为了保证压缩机的安全运转，在系统中装有一个气液过冷器 9，使从蒸发器来的低温冷剂气体在其中与从贮液器来的高温冷剂液体进行热交换。这个过程起着两个有利作用，一方面使从蒸发器来的冷剂湿蒸气在气液过冷器中吸热后变成过热蒸气，再进入压缩机，可以避免产生“液击”现象（也叫冲缸）；另一方面使冷剂液体在膨胀阀前得到过冷，这样可以提高制冷效率。

在冷剂的液体管路上装有过滤干燥器 7，使冷剂进入膨胀阀之前将杂质和水份排除干净，以免膨胀阀被堵塞或冰塞。另外，在膨胀阀前设置电磁阀 8，当停车期间它即将进液管关闭，预防冷剂液体继续进入蒸发器，以免积存液体过多造成压缩机起动时气缸液击的危险。

在机组上还装有高低压继电器（图上没有示出），它是一个重要的保护装置，能自动控制电动机的停开，可以预防运行中发生意外事故，而造成国家财产损失。

1.2 温度、压力、比容、重度

学习制冷技术会经常遇到一些专门名词，本节结合实际介绍温度、压力、比容和重度等物理量的意义。

1.2.1 温度

温度就是表示物体冷热程度的物理量。如冬天气温低，夏天气温高；热水的温度高，冷水的温度低。但是，温度的高低不能只凭人体的感觉去判断，必须用仪表测量。通常采用水银温度计来测量温度。温度计的刻度要有统一的温度标准（简称为温标）。在工程上一般是用摄氏温标（即百度温标），用符号 t 表示，单位为 $^{\circ}\text{C}$ 。在大气压力为 760 毫米水银柱时，水的冰点规定为 0°C ，沸点规定为 100°C ，然后在 0 与 100 度之间划分成 100 等分，每一等分为 1°C 。同样，可向两端延伸，刻出 100 度以上及 0 度以下的刻度。零上为正，零下为负。例如，冬天气温为零下 5°C ，可写成 -5°C 。

宇宙中冷的最低极限是摄氏零下 273.15 度，在热力学计算中用它作为绝对零度，称绝对温标，用符号 T 来表示，单位为 K 。它与摄氏温标的关系可用下式换算： $T(K) = t + 273^{\circ}\text{C}$ 。例如，某物体的温度为摄氏温度 $t = 5^{\circ}\text{C}$ ，则其绝对温度 $T = 5 + 273 = 278K$ 。

温度也可以确定热量的传递方向。例如，甲物体的温度 t_1 高于乙物体的温度 t_2 （即 $t_1 > t_2$ ），则表示热量可由甲物体传到乙物体。若两物体不发生热量的传递，则它们处于热平衡状态（即 $t_1 = t_2$ ），即两物体的温度是相等的。

测量温度常用的有水银温度计和酒精温度计。这种温度计的构造是一根中间带细孔、下端为泡状的玻璃管，泡内满承水银或酒精，细孔上端抽真空后封口，然后在管外标上刻度。它是利用液体（水银或酒精）热胀冷缩的特点来测量温度的，所以水银柱的高低就反映出温度的高低。在生产实践中，除用水银或酒精温度计外，还广泛使用其他种类的温度计，如电阻温度计，热电偶温度计，半导体温度计，光学测温计和弹簧式温度表等测温仪表。

1.2.2 压力

在单位面积上所受的力叫做压力（物理学中称为压强）。如果 F 表示所受的力， A 表示受力面积，则压力 p 为

$$p = \frac{\text{作用力}(F)}{\text{受力面积}(A)}。$$

一个盛着气体的容器中，气体总是充满整个容器，而气体的大量分子撞击内壁的结果就形成了气体对容器壁的压力。在工程中测量气体压力的常用单位是公斤/厘米² 或毫米水银柱；由于大气压力很接近 1 公斤/厘米²，故称 1 公斤/厘米²（也可写成 $1\text{kg}/\text{cm}^2$ ）的压力为一个工程大气压。

在物理学中，把纬度为 45° 海平面上大气常年平均的压力作为一个大气压力，用符号 B 表示；它相当于 760 毫米水银柱（也叫汞柱）高的压力。这种大气压力叫做物理大气压或标准大气压。

在实际应用时，微小的压力（如通风管道中的气体压力）常用毫米水柱来表示，对于同样的压力来说，它比水银柱高 13.6 倍，所以：

1 毫米水银柱 = 13.6 毫米水柱；

1 物理大气压 = 10333 毫米水柱 = 10.33 米水柱；

1 工程大气压 = 10000 毫米水柱 = 10 米水柱。

在 0℃ 时水的重度为 1000 公斤/米³，水银（汞）的重度为 13595 公斤/米³，因此

$$1 \text{ 工程大气压} = \frac{10000}{1000} = 10 \text{ 米水柱}$$

$$\text{或} \quad = \frac{10000}{13595} = 0.736 \text{ 米汞柱} = 736 \text{ 毫米汞柱。}$$

（736 毫米汞柱也可写成 736mm Hg）

测量通风管道中气体的压力可用 U 型管测压计，而测量制冷剂的压力可用压力表和真空表，这些仪器的作用原理是建立在力的平衡上，前者是用液柱的重量，而后者则是利用各种类型弹簧的变形去平衡容器中的压力。

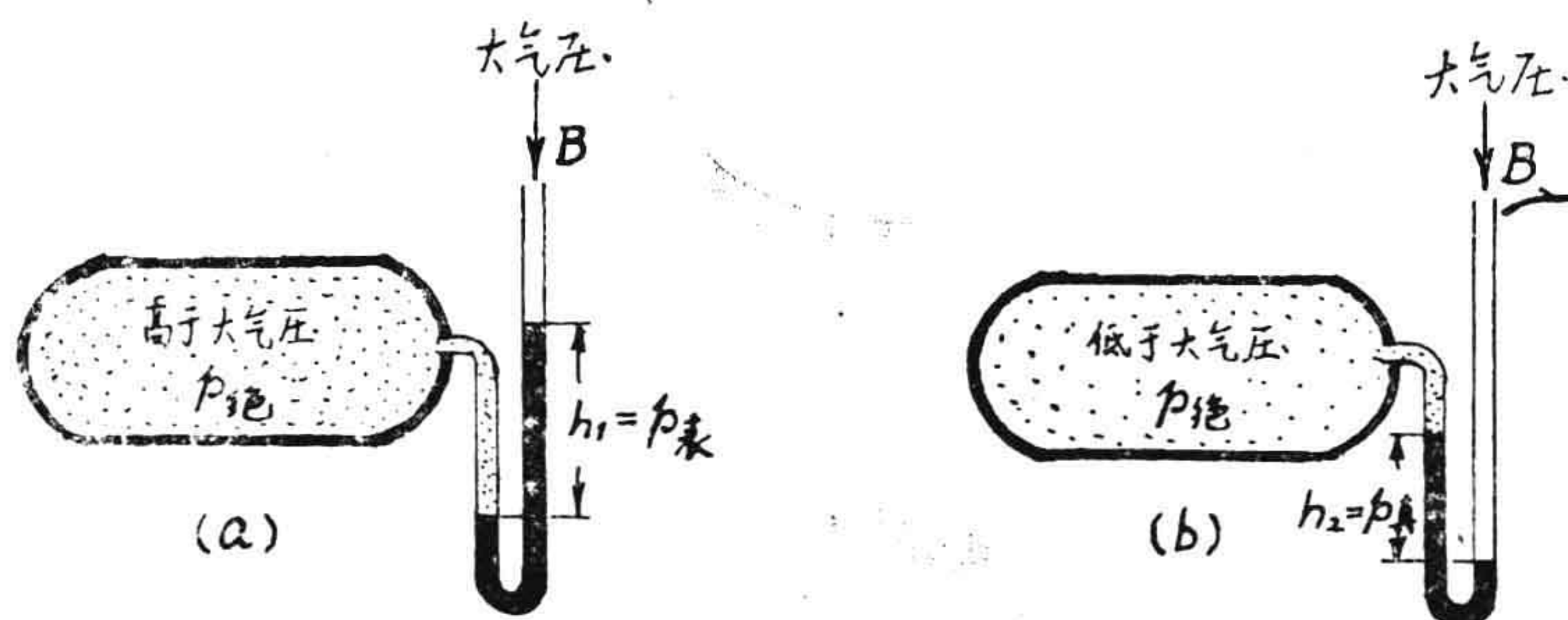


图 1.2.1

(a) 容器中压力高于外界大气压力；

(b) 容器中压力低于外界大气压力。

值得提出的是，压力表或 U 型管所测得的压力都是指容器内气体的压力与外界大气压力之间的差值，通常称为表压力，而容器内气体的实际压力则称为绝对压力。

图 1.2.1 (a) (b) 所示，是用液柱的高度来表示容器中压力的相对值。图 1.2.1 (a) 的情况是表示容器中气体的压力比外界大气压力 B 大 h_1 液柱高；高出部分叫做表压力，用 $p_{\text{表}}$ 来表示。容器中气体压力的实际数值就是绝对压力，用 $p_{\text{绝}}$ 来表示，也就是：

绝对压力 = 表压力 + 大气压力

或 表压力 = 绝对压力 - 大气压力。

用数学式表示，即为：

$$p_{\text{绝}} = p_{\text{表}} + B; \quad \text{或} \quad p_{\text{表}} = p_{\text{绝}} - B。$$

图 1.2.1 (b) 的情况表示容器中气体压力比外界大气压力 B 低 h_2 液柱，这段高度差叫做真空度（通常把容器中气体稀薄的程度叫做真空度），用 $p_{\text{真}}$ 来表示。绝对压力与真空度的关系为：

$$p_{\text{绝}} + p_{\text{真}} = B; \quad \text{或} \quad p_{\text{绝}} = B - p_{\text{真}}。$$

从上列公式中可以看出 $p_{\text{表}}$ 和 $p_{\text{真}}$ 的大小都是相对值，它们都受外界大气压力变化的影响，只有绝对压力才是一个不受外界大气压力而改变的数值，它是表示气体状态的参数。

在工程计算中，当容器内工质的压力较高时，则允许把大气压力 B 的数值确定为 1 工程大气压，这样计算所引起的误差是不大的。但在计算容器中的压力低于 1 个大气压时，则会引起较大的误差。当容器中的压力低于大气压时，它的表压力就应该是一个负值。所以真空度这一数值实质上就是一个具有负值的表压力。

下面表 (1.2.1) 表示真空下的公斤/厘米² 值换算成毫米汞柱 (mm Hg)。

表 1.2.1 1 个绝对压力以下数值与毫米汞柱换算表
(按大气压力 $B=736$ 毫米汞柱换算)

压 力 [kg/cm ²]	汞 柱 [mm Hg]	压 力 [kg/cm ²]	汞 柱 [mm Hg]
0.95	61.1	0.45	429.1
0.90	97.9	0.40	465.9
0.85	134.7	0.35	502.7
0.80	171.5	0.30	539.5
0.75	208.3	0.25	576.3
0.70	245.0	0.20	613.1
0.65	281.9	0.15	649.9
0.60	318.7	0.10	686.7
0.55	355.5	0.05	723.5
0.50	392.3	—	—

例题 1.2.1:

冷凝器中制冷剂压力根据压力表的读数为 $p_{\text{表}}=7.6$ 大气压；蒸发器中的真空度根据真空表的读数为 $p_{\text{真}}=257$ 毫米汞柱。倘若当时的大气压力 $B=745$ 毫米汞柱，试求出冷凝器和蒸发器中的绝对压力为若干？

解：

冷凝器中的绝对压力为

$$p_{\text{绝}} = p_{\text{表}} + B = 7.6 + \frac{745}{736} = 7.6 + 1.01 = 8.61, \text{ 绝对压力;}$$

(或写成 8.61 ata)

符号 ata 是代表绝对压力。

在计算高压容器中的绝对压力时，一般允许将大气压力作为 1 个工程大气压的整数来计算。这样，上式便可简化如下：

$$p_{\text{绝}} = p_{\text{表}} + B = 7.6 + 1 = 8.60, \text{ 绝对压力。}$$

误差仅为 0.01 绝对压力。但在计算低压容器中的压力时就不能这样来对待了。

蒸发器中的绝对压力为

$$p_{\text{绝}} = B - p_{\text{真}} = \frac{745 - 257}{736} = \frac{488}{736} = 0.663, \text{ 绝对压力;}$$

或 $p_{\text{绝}} = 745 - 257 = 488, \text{ 毫米汞柱。}$

如果将大气压力 B 作为 1 个工程大气压，
那末

$$p_{\text{绝}} = 736 - 257 = 479, \text{ 毫米汞柱。}$$

与上面的结果 (488 毫米汞柱) 相比较，产生的误差较大，而且真空度越大则误差越大，所以在低压的计算中，不允许用 1 个工程大气压来代替当时的实际大气压力。

对容器中流体或气体的压力可以用 U 形管压力计 (见图 1.2.1) 或弹簧式压力表或其他测压仪表来进行测量。图 1.2.2 是弹簧式压力表的示意图。系统中的压力通过毛细管 1 传给压力表内的弹簧管 2，并使受压后变形，借助弹簧管的自由端所连接的传动杆 3，推动齿轮传动机构 4，使指示针 5 的转轴偏转一定的角度，并在标度盘 7 上指示出系统中压力的数值。

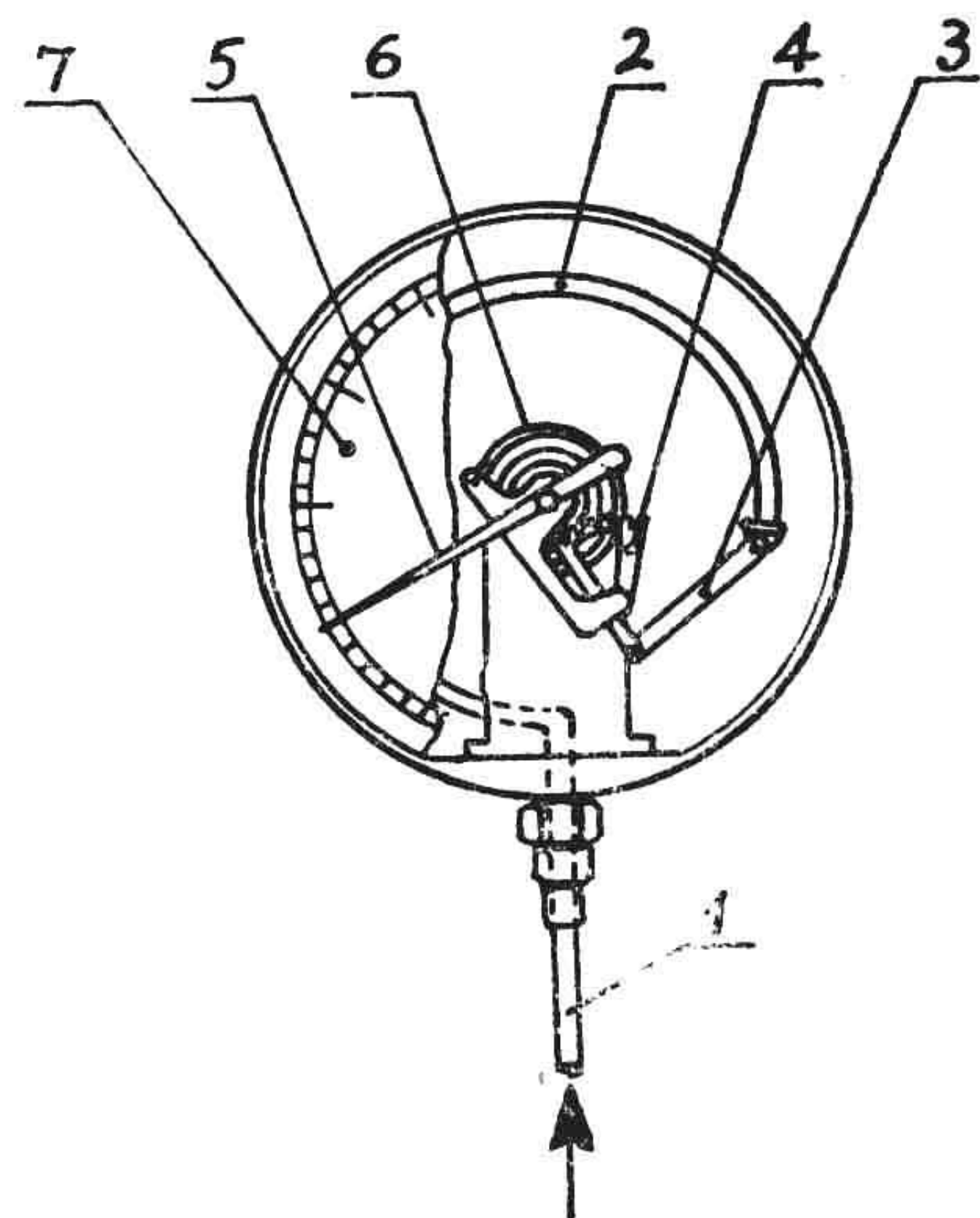


图 1.2.2 弹簧式压力表示意图
1—毛细管；2—弹簧管；3—传动杆；4—齿轮传动机构；5—指示针；6—游丝；7—标度盘。

1.2.3 比容

比容是指每单位重量的气体所占的容积，用符号 v 表示，比容的单位是 $\text{米}^3/\text{公斤}$ (m^3/kg) 或 $\text{升}/\text{公斤}$ (l/kg)。以大写字母 V 表示全部气体的容积，而以 G 表示其全部重量，则比容为：

$$v(\text{比容}) = \frac{\text{容积}(V)}{\text{重量}(G)}, \text{ 米}^3/\text{公斤}。$$

在一定的压力和温度下，对某一具体的制冷剂来说，具有一定的比容值，所以比容也标志着制冷剂状态的一个参数。

如果我们知道某一工质的压力和温度，及其所占有的容积 V ，那末，可以先从图表上查出工质的比容 v ，然后通过计算求出其重量 G ，

$$G = \frac{V}{v}, \text{ 公斤。}$$

1.2.4 重度

比容的倒数叫做重度，它是指每单位容积的物质的重量，用符号 γ 表示，因此

$$\gamma(\text{重度}) = \frac{\text{重量}(G)}{\text{容积}(V)}, \text{ 公斤}/\text{米}^3$$

根据上面的公式可求得

$$\gamma = \frac{1}{v};$$

或

$$\gamma \cdot v = 1。$$