

初级制冷技工应知应会参考教材

电冰箱·空调器检修实例

顾久康 编著

上海交通大学出版社

初级制冷技工应知应会参考教材

电冰箱空调器检修实例

编著：顾久康

编者：顾久康 梁杏雄 黄雷振

主审：徐德胜

上海交通大学出版社

(沪)新登字 205 号

电冰箱空调器检修实例

出版：上海交通大学出版社

(上海市华山路 1954 号 邮政编码：200030)

发行：新华书店上海发行所

印刷：常熟市文化印刷厂

开本：787×1092(毫米) 1/16

印张：16.25 字数：415000 插页：8

版次：1995 年 3 月 第 1 版

印次：1995 年 3 月 第 1 次

印数：1—10000

科目：348—274

ISBN 7-313-01425-2/TB·026

定价：14.20 元

前言

本书是我从十余年来的教学笔记中整理出来的。这十余年来我在虹口区职工技术协会、上海高级职业技术培训中心、卢湾区科技进修学院、卢湾区业余大学、静安区财贸职工中专、杨浦区工商专业进修学校、黄浦区就业培训中心、虹口区业余科技学校等院校讲授制冷、空调等课程。在授课中,学员们普遍反映,能切合实际,符合实用的制冷维修方面的工具书不多,所以我编著了这本通俗易懂,理论结合实际,制冷方面的操作与维修书。把各种小型氟利昂制冷机的操作、检修及常见故障系统地予以总结。

应学员的普遍要求,我在本书中对电冰箱检修时的具体细节交待得比较详细。

本书稿1991年年中由虹口区职工技术协会刊印,在内部发行,经卢湾区科技进修学院、静安区业余科技学校、虹口区职工技术协会、黄浦区就业培训中心、杨浦区工商专业进修学校等院校作为“三级制冷”班教材,卢湾区业余大学等院校作为“中级制冷”班补充教材,借此广泛地听取了意见,得到很多启迪后对部分内容作了修改,并补充了大量图表等资料,取名《电冰箱空调器维修实践》于1993年出版。

现在又订正了部分内容,添加了大量检修实例及第九章小型冷库等内容,总篇幅增加了一倍。第九章小型冷库是梁杏雄工程师所写,其中实例“杨浦大桥批发交易市场”的冷库是1992年8月由我俩共同设计、陈维刚工程师审核,已于1993年3月竣工投产。

本书资料较全,一般读者检修时极需的电冰箱、空调器设备的图纸等资料,尽量做到人有我有、人无我有。

本书中的部分图表资料引自其他著作,为尊重原作者的著作权,尽可能地在书中注明原作者的姓名,在此向这些资料的原作者徐德胜、蒋能照、余有水、单大可、李天立、熊国维等诸位学者表示感谢。

上海交通大学徐德胜教授、陈玉兴工程师、上海大学林君震高级工程师、苏州市特发机电公司总经理廖镜容工程师、苏州冶金机械厂孙美珠工程师、上海久安包装有限公司周剑峰工程师、虹口区职工技术协会郑宇主任、上海天明电子公司张大智工程师都为本书提供了不少帮助与宝贵经验,在此一并表示感谢。

编者水平有限,书中错误与缺点在所难免,敬请读者对本书提出宝贵意见。

主编 顾久康

1994年12月于上海

常用单位换算表

力

基本单位为牛顿(N)

$$1\text{N} = 0.102\text{kgf}$$

$$1\text{kgf} = 9.81\text{N}$$

能、功、热量

基本单位为焦耳(J); $1\text{J} = 1\text{W}\cdot\text{s} = 1\text{N}\cdot\text{m}$

$$1\text{J} = 0.102\text{kgf}\cdot\text{m}$$

$$1\text{kgf}\cdot\text{m} = 9.81\text{J}$$

$$1\text{kJ} = 0.239\text{kcal}$$

$$1\text{kcal} = 4.187\text{kJ}$$

$$1\text{W}\cdot\text{s} = 0.278 \times 10^{-6}\text{W}\cdot\text{h}$$

$$1\text{W}\cdot\text{h} = 3.6\text{MJ} = 860\text{kcal}$$

功率

基本单位为瓦特(W) = 1J/s

$$1\text{kW} = 1\text{kJ/s}$$

$$1\text{W} = 0.102\text{kgf}\cdot\text{m/s}$$

$$1\text{kgf}\cdot\text{m/s} = 9.81\text{W}$$

$$1\text{kW} = 1.36\text{hp}$$

$$1\text{hp} = 0.736\text{kW}$$

$$1\text{J/s} = 0.860\text{kcal/h}$$

$$1\text{kcal/h} = 1.163\text{J/s} = 1.163\text{W}$$

$$1\text{kJ/h} = 0.278\text{W} = 1/3600\text{kW}$$

$$1\text{kW} = 3600\text{kJ/h}$$

压力和机械应力

基本单位为帕斯卡(Pa); $1\text{Pa} = 1\text{N/m}^2$; $1\text{MPa} = 1\text{N/mm}^2$

$$1\text{Pa} = 0.102\text{kgf/m}^2$$

$$1\text{kgf/m}^2 = 9.81\text{Pa}$$

$$1\text{Pa} = 0.102\text{mmH}_2\text{O}$$

$$1\text{mmH}_2\text{O} = 9.81\text{Pa}$$

$$1\text{Pa} = 0.0075\text{Torr}$$

$$1\text{Torr} = 133.3\text{Pa}$$

$$1\text{kPa} = 0.102\text{mH}_2\text{O}$$

$$1\text{mH}_2\text{O} = 9.81\text{kPa}$$

$$1\text{MPa} = 10\text{bar}$$

$$1\text{bar} = 0.1\text{MPa}$$

$$1\text{MPa} = 10.2\text{kgf/cm}^2$$

$$1\text{kgf/cm}^2 = 0.0981\text{MPa}$$

温度

基本单位为开氏度(K); 也可以采用摄氏度($^{\circ}\text{C}$);

温差和温度误差以K为单位

$$0\text{K} = -273^{\circ}\text{C}$$

$$0^{\circ}\text{C} = 273\text{K}$$

动力粘度

$$1\text{Pa}\cdot\text{s} = 1\text{N}\cdot\text{s/m}^2 = 0.102\text{kgf}\cdot\text{s/m}^2$$

$$1\text{kgf}\cdot\text{s/m}^2 = 9.81\text{N}\cdot\text{s/m}^2$$

$$1\text{mPa}\cdot\text{s} = 1\text{mN}\cdot\text{s/m}^2 = 1\text{cp}(\text{厘泊})$$

$$= 3.81\text{Pa}\cdot\text{s}$$

运动粘度

$$1\text{cp} = 1\text{mN}\cdot\text{s/m}^2 = 1\text{mPa}\cdot\text{s}$$

$$1\text{mm}^2/\text{s} = 1\text{cSt}(\text{厘泊})$$

$$1\text{cSt} = 1\text{mm}^2/\text{s} = 10^{-6}\text{m}^2/\text{s}$$

目 录

第一章 制冷基础知识	1
一、蒸气压缩式制冷原理.....	1
二、热力学参数与术语及定律.....	3
三、制冷剂的压焓图($\lg P-i$ 图).....	5
四、氟利昂 12、22(R12、R22)及其禁用后的代用品.....	8
第二章 操作与检修	13
一、截止阀的使用.....	13
二、打压、试漏.....	13
三、检漏各部位.....	14
四、抽真空.....	14
五、充灌制冷剂.....	15
六、排放系统中的空气.....	15
七、拆修压缩机.....	16
八、拆修过滤器、电磁阀、膨胀阀等零部件.....	16
九、压缩机不能启动或运转不正常.....	17
十、压缩机运转中突然停车.....	17
十一、压缩机运转中有敲击声(噪声).....	18
十二、检修三要领“看”“摸”“听”.....	18
第三章 制冷机常见故障	22
一、电磁阀故障.....	22
二、过滤器故障.....	22
三、膨胀阀故障.....	22
四、从膨胀阀结霜情况分析故障.....	23
五、从蒸发器结霜情况分析故障.....	25
六、压缩机发生湿冲程(液击冲缸)事故分析.....	26
七、制冷剂不足的判断.....	27
八、制冷剂过多的判断.....	27
九、压缩机纸柏床击穿的故障.....	27
十、压缩机高压阀片破碎的故障.....	28
十一、压缩机低压阀片破碎的故障.....	28
十二、制冷系统中的堵塞问题.....	29
第四章 故障分析	30
一、概述.....	30
二、吸气温度的分析.....	30
三、蒸发温度的分析.....	31
四、冷凝温度的分析.....	32

五、排气温度的分析	33
六、制冷效果不好(冷气不足)的综合分析	37
第五章 检修实例(24例)	39
一、系统有漏、制冷剂缺少的检修	39
二、膨胀阀损坏但无备货的检修	39
三、未带检修工具的检修	40
四、系统中有大量水分的检修	41
五、系统中有大量冷冻油的检修	41
六、压缩机发生缺油的原因	42
七、低压过低打不冷的检修	43
八、高压过高打不冷的检修	43
九、冷凝器去除水垢的方法	44
十、互相矛盾的综合故障检修	44
十一、各种小型氟利昂制冷设备常见故障16例	45
第六章 电冰箱	52
一、电冰箱制冷原理	52
二、工艺管的焊接	52
三、打压、检漏	52
四、电冰箱蒸发器漏、用胶粘剂胶实例	53
五、电冰箱可以90°卧倒,也可以180°颠倒	53
六、抽真空	54
七、充灌制冷剂	54
八、全封闭压缩机单相压缩机类型	55
九、单相电动机的启动	56
十、阻抗分相启动电机(RSIR)	56
十一、电容启动电动机(CSIR)	56
十二、电容运行电动机(PSC)	56
十三、电容启动电容运转电机(CSR)	56
十四、有关电工知识	58
十五、重锤式启动继电器(电流式、又名重力式)	58
十六、PTC继电器	59
十七、检修PTC继电器故障实例	60
十八、过载保护器	60
十九、温度控制器	60
廿、各种常用温控器的工作温度特性	63
廿一、电冰箱接线	64
廿二、电冰箱基本电气原理图	64
廿三、常见电冰箱电路图和接线图	70
廿四、东芝GR型电冰箱故障检查的方法	135

廿五、压缩机咬煞及解救方法	143
廿六、检修压缩机咬煞实例	144
廿七、家用电冰箱常见故障	144
廿八、上海产家用电冰箱主要技术数据表	151
廿九、上海产家用电冰箱主要零部件技术数据表	152
卅、全国电冰箱生产厂产品一览表	153
第七章 空调器	158
一、空调器的操作	158
二、大型整体式空调机检修	158
三、大型整体式空调机压力反常原因	160
四、窗式空调器检修	160
五、分体式空调器检修	162
六、空调器系统堵塞不能送冷风的简快修理法	164
七、空调器电路	167
八、空调器基本电气原理图	173
九、常见空调器电路图和接线图	178
附：各种空调器的规格及技术数据	205
第八章 汽车空调	207
一、汽车空调简介	207
二、汽车空调的主要零部件及作用	208
三、更换吸气节流阀程序(美国通用汽车公司制定)	211
四、检漏、抽真空、加冷冻油	213
五、国外资料汽车空调充灌制冷剂方法	215
六、国内资料汽车空调充灌制冷剂方法	216
七、本编者供参考的汽车空调充灌制冷剂方法	217
八、汽车空调检修	218
九、检修汽车空调注意事项	220
第九章 小型冷库	222
一、概述	222
二、冷库库容量计算	222
三、围护结构及渗入热计算	223
四、制冷负荷计算	226
五、压缩机组的匹配及选择	228
六、蒸发器面积的计算及排管的选择	228
七、冷却水循环水量的计算及冷却塔的选用	229
八、实例：LDC-50 冷库设计计算书	230
附录：附表和附图	241
附表1 全封闭制冷压缩机基本参数	241
附表2 部分国产氟利昂制冷压缩机结构参数及装配间隙表	242

附表 3 国内常见小型压缩机组规格参数..... 244

附表 4 国内电冰箱和空调器常见所配用的进口压缩机组技术参数..... 246

附表 5 R12 饱和温度和饱和压力对照表 248

附表 6 R22 饱和温度和饱和压力对照表 249

.....插图

第一章 制冷基础知识

制冷就是获得低温度。

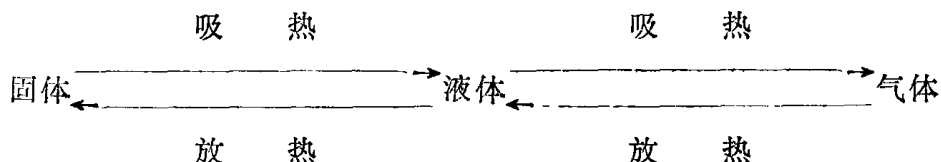
在制冷技术中，实现制冷的的方法有多种，如蒸气压缩式制冷、吸收扩散式制冷、半导体制冷、化学制冷等。而蒸气压缩式制冷是世界上制冷机中应用最广泛的制冷方法，也是电冰箱、空调机、冷库等实现制冷的的主要方法。本书也是对采用以氟里昂为制冷剂的蒸气压缩式制冷系统作为操作检修、故障分析的对象。

一、蒸气压缩式制冷原理

蒸气压缩式制冷原理，可以概括为“液体汽化吸热”六个字。

世界上的物体可以以固体、液体、气体三种状态存在。

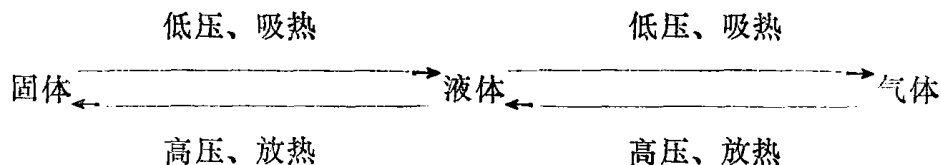
例如固体的冰吸收了热量，融解成为液体水，水再被加热吸收了热量成为水蒸气气体。水蒸气放出了热量冷却凝结成水，水再受冷放出了热量就凝固成冰。



夏天人们在地上洒些水，让它蒸发，房间温度就会下降，人们就感到凉快。人穿了湿的衣服会受凉，就因为水分蒸发成气体时吸热，人失去了热量就会受凉，要感冒。

制冷就是利用物体的状态变化进行热交换。通过制冷机把被冷却物体的热量移出来，从而达到降温的目的。

但是物体状态变化不仅和温度有关系，而且和压力有关系。像上海地区海拔较低，基本上在一个大气压，水到 100°C 时就沸腾成气体。而在康藏高原海拔高、气压低，所以水加热不到 100°C 就沸腾汽化了。压力锅能烧到 104°C ，就是因为它有压力，超过一个大气压的压力。



各种不同的物体，都有不同的饱和点，在饱和点温度和压力都是对应的。例如：水在一个大气压时 100°C 是它的气、液两相饱和点。而氟利昂12(R12)，在一个大气压时 -29.8°C ，是它的气、液两相饱和点。

下面举出部分水和部分氟利昂 12，饱和温度所对应的饱和压力。

表1-1 水的饱和温度和饱和压力表

饱和压力MPa	0.0006	0.05	0.10	0.1033	0.20	1.0	10.0
饱和温度℃	0	81	99	100	120	179	310

表 1-2 氟利昂12(R12)饱和温度和饱和压力表

饱和压力 MPa	0.1034	3.1012	0.2191	0.3086	0.4233	0.7449	0.8479
饱和温度℃	-30	-29.8	-10	0	10	30	35

从中我们可以得出：温度越是高，或压力越是低，两项中只要具备一项（两项都具备更好），液体就容易汽化成气体，并吸收热量；温度越是低，或压力越是高，两项中只要具备一项（两项都具备更好），气体就容易液化成液体，并释放热量。

所以温度和压力是物体状态变化的主要条件。

我们就是使液体制冷剂成低压状态，在低压下汽化吸热（周围温度下降）成气体制冷剂后，经压缩机压缩成高压气体，高压气体制冷剂再冷凝放出热量（热量被水或空气带走）成液体制冷剂（高压）。如此周而复始循环不断地把被冷却物体的热量移出来，达到制冷的目的。

制冷机的四大主要组件及作用：

1. 压缩机：吸入低压气体，排出高压气体。
2. 冷凝器：高压气体被冷却凝结成高压液体。
3. 节流阀：高压液体被节流降压成低压液体。
4. 蒸发器：低压液体沸腾吸热成低压气体。

电冰箱制冷原理与制冷剂在系统各部分状态，如图 1-1 所示。

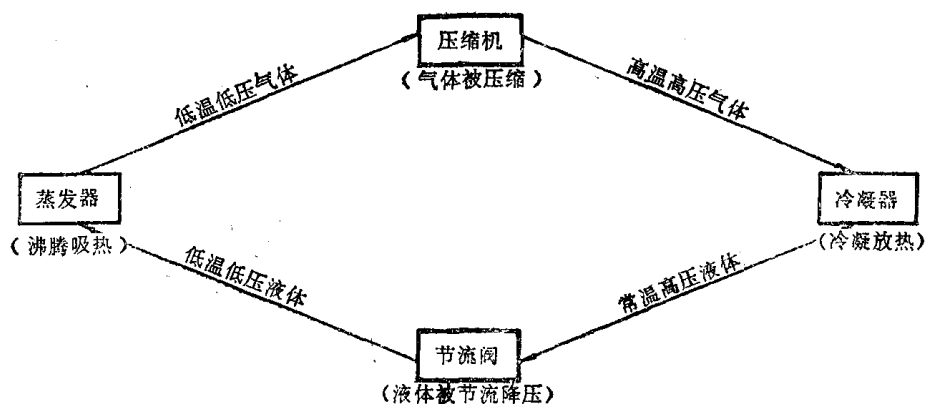


图1-1

液体和气体状态间的转变是有过程的，经过气液两相的湿蒸气状态，而且液体还分饱和液体和过冷液体，气体还分饱和气体和过热气体。现以水为例，见图1-2所示如在容器中放了水，水面上有个密封而又能自由移动的活塞，活塞上总共所作用的始终是一个大气压力。当水温在 20℃ 时，这水就是过冷液体。如对水加热、水的体积有所增大，当水温升到 100℃

时 这水就是饱和水、亦称饱和液体。如将水继续加热，水温将保持在 100°C 不变，容器中的水不断汽化为蒸气，这时容器中是气液两相，是水和蒸气的混合物，称为湿蒸气。湿蒸气继续受热到水全部汽化为蒸气，这时的蒸气是饱和气体、亦称干蒸气，但温度仍是 100°C 。若再继续加热、干蒸气的温度就开始升高，超过饱和温度 100°C ，对于这种超过了饱和温度的过热气体，亦称为过热蒸气。

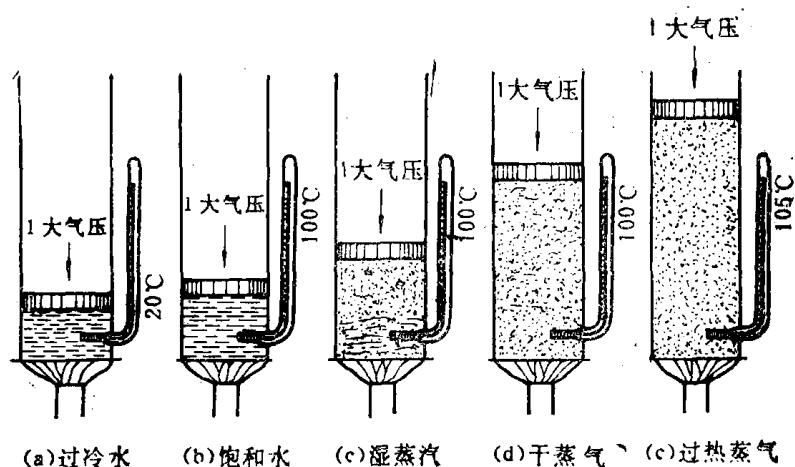


图 1-2 过冷和过热过程

通过以上说明，我们可以进一步知道；压缩机吸入的是低压过热气体，排出的是高压过热气体。高温高压过热气体进入冷凝器后，冷却为冷凝温度 T_K 下的饱和气体，并继续冷却凝结为饱和液体，在这过程中压力不变、温度下降、放出的热量被水或空气带走。而冷凝温度 T_K 不会超出冷却介质(水或空气) 10°C 以上，因此流至冷凝器后部的是常温高压液体。由于冷却介质(水或空气)的温度总是低于冷凝温度 T_K ，所以冷凝器末端饱和液体得到进一步冷却，成为过冷液体(常温高压)。过冷液体进入节流阀后经节流降压、降低为低压湿蒸气。湿蒸气进入蒸发器时，其气体约占10%左右，其余都是液体，湿蒸气在蒸发器内流动与汽化吸热，液体逐渐蒸发为气体，当接近蒸发器出口时，一般已成为干蒸气(饱和气体)，到蒸发器出口时，由于继续吸热而成为低压过热蒸气。

二、热力学参数与术语及定律

以上所述，制冷剂或称工质，在制冷系统中，一会儿从气体变为液体，一会儿又从液体变为气体，制冷剂的这种状态变化，以及温度的升降，压力的增减，吸热和放热等现象，是有一定热力学的内在关系的。现在介绍的一些参数、术语及定律，为以后掌握热力学基本知识所必需的。

1. 温度：是用来度量物体冷、热程度的参数。

温度的指示单位有三种：

摄氏温度($^{\circ}\text{C}$) 华氏温度($^{\circ}\text{F}$) 绝对温度(K)

它们之间的换算关系是：

$$^{\circ}\text{C} = 5/9(^{\circ}\text{F} - 32) \quad ^{\circ}\text{F} = 9/5^{\circ}\text{C} + 32 \quad \text{K} = ^{\circ}\text{C} + 273.15$$

2. 干球温度：用一般温度计所测得的空气温度，它是该空气的真正温度。

3. 湿球温度:水表面蒸发吸收空气的热量,当空气传给水的热量,恰好等于水面蒸发所需要的热量时的温度。

湿球温度不是空气的真正温度,而是空气的一种状态的物理量。

4. 露点温度:湿空气在含湿量不变的情况下,而温度降低冷却到空气内部所含水蒸气开始冷凝液化时的温度。

5. 压力(物理中称压强):单位面积上所受的垂直作用力。国际单位为兆帕(MPa)、千帕(kPa)、帕(Pa),过去用的工程单位为千克力/厘米²(kgf/cm²)。

$1\text{MPa} = 10.2\text{kgf/cm}^2 = 735.6\text{mmHg(毫米汞柱)} = 10\text{mH}_2\text{O(米水柱)}$

绝对压力 = 表压力 + 大气压力

真空度 = 大气压力 - 绝对压力

6. 热量:是物质热能转移时的度量。单位是焦耳(J)、千焦(kJ),过去用卡(Cal)、千卡(kCal)。

7. 比热:1千克重的物质温度升高或降低1℃时所吸收或放出的热量。符号为C,单位千焦/千克·度(kJ/kg·K)。

8. 显热:物体被加热或冷却时,只发生温度变化而没有状态变化,这时它所吸收或释放的热量。

9. 潜热:同温度的固体熔化成同温度的液体,或者同温度的液体凝固成同温度的固体所吸收或释放的热量。

10. 汽化潜热:同温度液体或气体,汽化或凝结成气体或液体所吸收或释放的热量。

11. 蒸发:液体表面的汽化现象。液体可以在各种温度下蒸发。

12. 沸腾:液体表面和内部同时激烈的汽化现象。液体在一定压力下达到一定的沸点温度才能沸腾。

13. 冷凝:气体液化为液体的现象。分冷却和凝结两个过程。

14. 比容:单位重量的物质,所占有的容积。单位:米³/千克(m³/kg)

15. 重度:单位容积的物质,所具有的重量。单位:千克/米³(kg/m³)

16. 内能:气体的内能是分子的动能和内位能的总和。

动能就是分子运动能量的总和,内位能就是分子之间吸引力的能量。

17. 外能:分子保持它原有的比容,和外部相对抗所具有的能。

18. 功:功是能的一种。当用外力去移动物体时需要消耗能,这个能就是功。

单位:牛顿·米(N·m)·过去用千克力·米(kgf·m)。功 = 外力 × 力方向所移动的距离。

19. 功率:单位时间内所做的功。单位:瓦(W)、千瓦(kW)。

20. 过热:饱和蒸气在饱和压力条件下,继续受热到饱和温度以上,称为“过热”气体,过热气体的温度与饱和温度的差值叫过热度。例如在大气压力下,水蒸气被加热到105℃时,过热度为5℃。

21. 过冷:饱和液体在饱和压力条件下,继续冷却到饱和温度以下,称为“过冷”液体,过冷液体的温度与饱和温度的差值叫过冷度。例如在大气压力下,水被冷却到90℃时,过冷度为10℃。

22. 焓:焓是一个复合状态参数,是表征系统中所有的总能量,它是内能和压力位能之和。通常是对1千克工质而言,单位为千焦/千克(kJ/kg),过去用千卡/千克(kcal/kg)。

$$i = u + Pv$$

式中： i ——焓，kJ/kg；
 u ——内能，kJ/kg；
 P ——压力，kPa；
 v ——比容，m³/kg。

23. 熵：是一个导出状态参数。它表示工质状态变化时，其热传递的程度。一般对1千克工质而言。单位千焦/千克·度(kJ/kg·K)

熵与热量和温度的关系如下：

$$ds = \frac{dq}{T}$$

式中： s ——熵，kJ/kg·K；
 q ——1千克物质所获得的热量，kJ/kg；
 T ——物质获得热量时的绝对温度，K。

24. 节流：流体在管道中流动，通过阀门、孔板等设备时，由于局部阻力，使流体压力降低的现象。

25. 热量传递方式：

(1) 热传导(导热)：热量在同一物体的某部转移到另一部分，或两个相接触的物体热量的转移(在气体、液体、固体中均可发生)。

(2) 对流：热的流体因为质轻向上位移，冷的流体就沉降，如此不断循环(对流只能在气体、液体中产生)。

(3) 热辐射：是通过电磁波来进行能量传递。热能转换辐射能，辐射能不要任何介质作媒介而通过空间到另一物体，另一物体接受了辐射能后又转换成热能。

26. 热力学第一定律：

是能量守恒与转移定律(热能与机械能之间相互转移与守恒。是能量不灭与能量转换定律一部分)。

公式可写成： $Q = Al$

式中： Q ——热量，kJ；
 Al ——功，kJ。

27. 热力学第二定律：

热量不可能自发地由低温物体向高温物体转移。必需消耗一定的能量，以使热能从低温热源，转移到高温热源。

三、制冷剂的压焓图(lgP-i 图)

压焓图又名莫里尔热力学计算图，是制冷系统中制冷剂的状态变化，及制冷机的各种计算中所使用的，即以制冷剂的压力 P 为纵坐标，以焓 i 为横坐标的图。为了使图形更紧凑、实用，纵坐标采用对数标尺 $\lg P$ ，故压焓图亦称 $\lg P-i$ 图。

1. 等压线：坐标上水平的线。在同一水平等压线上的点、压力均相等。
2. 等焓线：坐标上垂直的线。在同一垂直等焓线上的点、焓值均相等。
3. 饱和蒸气线：图上右面的一条内曲粗弧线，制冷剂在此线上是完全不含液份的干饱和

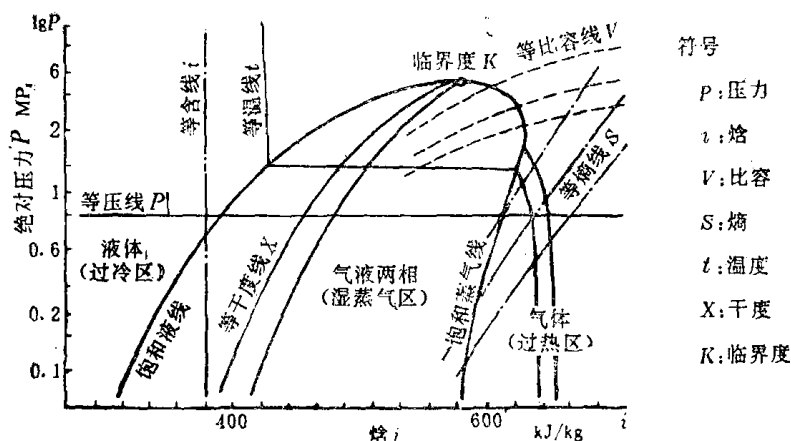


图1-3 压焓图

气体，以此线为界、右面为气体，左面为湿蒸汽(液体和气体的混合物)。

4. 饱和液线：图上左面的一条内曲粗弧线，制冷剂在此线上是 100% 的液体，以此线为界、左面为液体，右面为湿蒸汽(液体和气体的混合物)。

5. 等温线：这条线在液体部分与等焓线上下重合，也是垂直的，到饱和液线进入湿蒸气区与等压线相同成水平线，到饱和蒸气线进入过热气体区，它是右上处稍微弯曲再向右下方倾斜下来(它和饱和蒸气线和饱和液线接点处都标其温度)。

6. 等容线：1kg 制冷剂的体积相等的点连接而作出的线。单位是 m^3/kg 。

7. 等干度线：在湿蒸气区中，将含有干饱和气体相同比例的点连接而成的线。干度用 x 来表示，如 $x=0.1$ ，即表示湿蒸气中 10% (按重量) 为干饱和蒸气，90% 为液体。

8. 等熵线：熵是一个导出的状态参数，在学术上难以解释清楚，但可以简要地理解为：在绝热条件下，当制冷剂气体被压缩时，气体的温度或压力沿着等熵线变化(一般以 0°C 时的饱和液的状态定为 $1\text{kJ}/\text{kg}\cdot\text{K}$)。

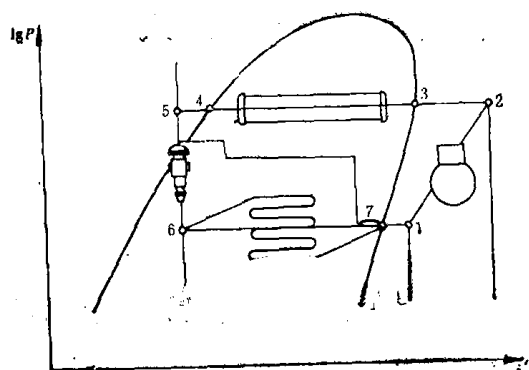


图1-4 制冷系统在压焓图上的示意图

图 1-4 中 1、2、3、4、5、6、7 点反映了制冷剂在制冷系统中的状态、位置与变化过程，这 7 个点分别表示：

1 点为低温低压过热气体，位于压缩机吸入口；

2 点为高温高压过热气体，位于压缩机排出口；

3 点为中温高压饱和气体，位于冷凝器入口；

4 点为常温高压饱和液体，位于冷凝器出口；

5 点为高压过冷液体，位于节流阀(膨胀阀、毛细管等)进口；

6 点为低压湿蒸气，位于节流阀出口、蒸发器进口；

7 点为低压饱和干蒸气，位于蒸发器出口；

其中的过程是：

1-2 等熵压缩过程

2-3 冷却区间

3-4 等压冷凝过程

4-5 过冷区间

5-6 等焓节流过程

6-7 等温蒸发过程

7-1 过热区间

例：压焓图的实际应用

CD-3 型冷藏库，工质R12，制冷量 20935kJ/h ，库温要求 -3°C ，水冷式冷却水平均温度为 25°C ，试进行热力计算。

解：先确定制冷剂 R12 在制冷循环各节点的参数。

设冷凝器中传热温差为 5°C ，则冷凝温度 $t_k = \text{水温 } 25^\circ\text{C} + 5^\circ\text{C} = 30^\circ\text{C}$ 。

蒸发器传热温差为 7°C ，则蒸发温度 $t_0 = -3^\circ\text{C} - 7^\circ\text{C} = -10^\circ\text{C}$ 。

膨胀阀前 R12 过冷温度为 28°C 。

压缩机吸气过热度 5°C ，则吸气温度 $t_1 = t_0 + 5^\circ\text{C} = -10^\circ\text{C} + 5^\circ\text{C} = -5^\circ\text{C}$ 。

从冷凝温度 $t_k = 30^\circ\text{C}$ ，得出对应冷凝压力 P_k 为 0.76MPa ，蒸发温度 $t_0 = -10^\circ\text{C}$ ，得出对应蒸发压力 P_0 为 0.224MPa (查表)。

根据以上条件作图1-5。

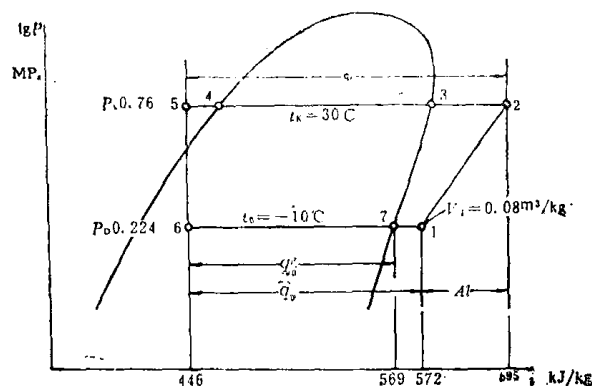


图1-5 热力计算图

计算：

单位重量制冷量 $q_0\text{kJ/kg}$ (1 公斤制冷剂循环量的制冷量)

$$q_0 = i_1 - i_6 = 572 - 446 = 126\text{kJ/kg}$$

(若7-1)为有害过热，则单位重量制冷量为

$$q'_0 = i_7 - i_6 = 569 - 446 = 123\text{kJ/kg}$$

单位容积制冷量 q_v (压缩机每排 1m^3 气的制冷量) 为

$$q_v = q_0 / v_1 = 126 / 0.08 = 1578\text{kJ/m}^3$$

制冷剂循环量 G 为

$$G = Q_0 / q_0 = 20935 / 126 = 166\text{kg/h}$$

压缩机的排气量 V 为

$$V = Q_0 / q_v = G \cdot v_1 = 13.26\text{m}^3/\text{h}$$

单位理论热负荷 q_k 为

$$q_K = i_2 - i_5 = 595 - 446 = 149 \text{ kJ/kg}$$

理论热负荷 Q_K 为

$$Q_K = G \cdot q_K = 166 \times 149 = 24734 \text{ kJ/h}$$

单位理论功耗 Al_r 为

$$Al = i_2 - i_1 = 595 - 572 = 23 \text{ kJ/h}$$

总理论功耗 AL 为

$$AL = G(i_2 - i_1) = 166 \times 23 = 3818 \text{ kJ/h}$$

理论制冷系数 ε 为

$$\varepsilon = q_0 / AL = 126 / 23 = 5.48$$

表 1-3 单级活塞式制冷压缩机使用条件

制 冷 剂	NH ₃ (氨)	R22	R12
工作条件			
蒸发温度 t_1 (℃)	+5~-30	+5~-40	+10~-30
冷凝温度 t_K (℃)	≤40	≤40	≤50
压缩比 P_K/P_0	≤8	≤10	≤10
压力差 $(P_K - P_0)$ (kPa)	≤1372	≤1372	≤1176
压缩机吸气温度 t_1 (℃)	$t_0 + (5 \sim 8)$	$t_0 + 15$	$t_0 + 15$
压缩机排气温度 t_2 (℃)	≤145	≤145	≤125
安全阀开启压力(kPa)	1568	1372	1568
油压比曲轴箱压力高(kPa)	147~294	147~294	147~294
油温(℃)	≤70	≤70	≤70

表1-4 单级压缩制冷可获得的最低蒸发温度($P_K/P_0 = 10$)

制 冷 剂	冷 凝 温 度 (℃)				
	30	35	40	45	50
	蒸 发 温 度 (℃)				
R12	-33.8	-33.8	-31.1	-28.3	-25.4
R22	-37.2	-34.2	-31.5		
NH ₃	-30.5	-27.3	-24.4		

四、氟利昂12、22(R12、R22)及其禁用后的代用品

在制冷系统中起着周期变化循环流动着的工质，称为制冷剂(俗称药水)。其种类很多，像水、氨及大量饱和碳氢化合物的氟、氯、溴衍生物等等，我们只介绍R12、R22及其禁用后的代用品。

1. R12:(CF₂Cl₂)