



中等职业学校制冷和空调设备运行与维修专业精品教材

电冰箱空调器 原理与维修 上册

主 编 宋友山

电冰箱空调器原理与维修
上册



DIANBINGXIANG KONGTIAOQI
YUANLI YU WEIXIU SHANGCE

主 编
宋友山

北京出版集团公司
北京出版社

北京出版集团公司
北京出版社

图书在版编目(CIP)数据

电冰箱空调器原理与维修：全2册 / 宋友山主编.
— 北京：北京出版社，2015.11（2021重印）
“十二五”职业教育国家规划教材. 2015
ISBN 978-7-200-11865-0

I. ①电… II. ①宋… III. ①冰箱—理论—职业教育—教材②冰箱—维修—职业教育—教材③空气调节器—理论—职业教育—教材④空气调节器—维修—职业教育—教材 IV. ①TM925

中国版本图书馆CIP数据核字（2016）第006621号

电冰箱空调器原理与维修 上册

DIANBINGXIANG KONGTIAOQI YUANLI YU WEIXIU SHANGCE

主 编：宋友山
出 版：北京出版集团公司
北 京 出 版 社
地 址：北京北三环中路6号
邮 编：100120
网 址：www.bph.com.cn
总 发 行：北京出版集团公司
经 销：新华书店
印 刷：定州市新华印刷有限公司
版 次：2015年11月第1版 2021年1月修订 2021年1月第3次印刷
开 本：787毫米×1092毫米 1/16
印 张：32.5
字 数：539千字
书 号：ISBN 978-7-200-11865-0
定 价：全2册65.00元 本册31.00元

质量监督电话：010-82685218 010-58572162 010-58572393

目 录

单元一 认识电冰箱和电冰箱维修实训设备	1
工作任务 1 认识电冰箱的类型	2
工作任务 2 熟悉电冰箱模拟实训装置	18
单元二 电冰箱实训装置制冷系统管道的制作与安装连接	27
工作任务 1 认识电冰箱制冷系统的主要部件	28
工作任务 2 电冰箱实训装置管路的制作	42
工作任务 3 电冰箱实训装置制冷部件的固定与管路的螺纹连接	50
单元三 电冰箱控制系统的安装	60
工作任务 1 电子温控电冰箱的电气线路连接	61
工作任务 2 智能温控电冰箱的电气线路连接	73
单元四 电冰箱实训装置制冷系统气密性试验、抽真空与加注制冷剂	84
工作任务 1 电冰箱实训装置制冷系统的气密性检验	85
工作任务 2 电冰箱实训装置制冷系统的抽真空与加注制冷剂	92
单元五 电冰箱电气控制系统的检测	102
工作任务 1 电气线路及负载的检测	103
工作任务 2 电气控制器件的检测	122
工作任务 3 新型电冰箱常用电子元件的检测	136
单元六 家用电冰箱故障检修	149
工作任务 1 电冰箱故障的通用检查方法	150
工作任务 2 电冰箱压缩机不启动无电流、过载保护继电器 不动作故障分析与排除	157

工作任务 3	压缩机不运转、电动机发出“嗡嗡”声随即过流保护故障分析与排除	163
工作任务 4	压缩机正常运转不长时间过流保护故障分析与排除	167
工作任务 5	压缩机运转正常而电冰箱完全不制冷故障分析与排除	173
工作任务 6	压缩机长时间运转而电冰箱箱内温度降不到规定要求故障分析与排除	180
工作任务 7	压缩机启停频繁或运转不停机故障分析与排除	188
工作任务 8	间冷式双门电冰箱箱内温度高故障分析与排除	193
单元七	电冰箱综合技能训练	202
工作任务 1	电冰箱组装与调试装置系统配置	203
工作任务 2	电冰箱组装与调试综合技能训练	212
参考答案		228
参考文献		237

单元一

认识电冰箱和电冰箱维修实训设备

单元描述：

随着科技的发展、社会的进步和人们生活水平的不断提高，电冰箱的应用几乎遍及生产、生活的各个方面，作为学习制冷专业的学生来说，应该对电冰箱设备的分类、箱体结构等有更加具体详细的认识。

对电冰箱的正确认识，首先要从电冰箱的常见分类方法入手，然后进一步对电冰箱的整体结构进行分析，进而对全国职业院校技能大赛 THRHZK—1 型现代制冷系统技能实训装置中的电冰箱设备进行认知。

知识目标：

1. 熟悉电冰箱制冷原理及不同的制冷系统。
2. 熟悉电冰箱的分类、构造。
3. 熟悉电冰箱的星级标志及气候类型。

能力目标：

1. 能正确识别电冰箱的不同类型。
2. 能对全国职业院校技能大赛 THRHZK—1 型现代制冷系统技能实训装置进行简单介绍。
3. 能对电冰箱整体结构进行介绍。
4. 能正确叙述电冰箱的工作原理。

工作任务 1

认识电冰箱的类型

任务实施 >>

1. 设备准备

认识电冰箱需要从感性认识出发，因此，要观察不同种类的电冰箱，如表 1-1 所示。

表 1-1 实训设备的准备

序号	设备名称	数量	用途
1	单门电冰箱	2 台	对电冰箱分类的认识
2	双门电冰箱	4 台	
3	全国职业院校技能大赛 THRHZK—1 型现代制冷系统技能实训装置	5 套	设备的整体认知

2. 电冰箱的分类

现在市场上的电冰箱种类繁多，但可以通过三种不同形式进行划分：门的多少、制冷方式不同、制冷原理不同。另外还有气候类型和星级标准。下面将逐一进行介绍。

(1) 按照箱体门的多少可以分为单门电冰箱、双门电冰箱、对开门电冰箱、三门电冰箱、多门电冰箱等。

单门电冰箱——只有一扇门，但里面有一个小的冷冻空间，冷却方式通常采用直冷式，靠箱内顶部蒸发器的低温使箱内空气自然对流来传递热量。其整体结构如图 1-1-1 所示。

双门电冰箱——从外形上来看有两个门，一个作为冷藏室、一个作为冷冻室。老式电冰箱通常是上面一个比较小的空间为冷冻室，下面比较大的空间为冷藏室，整体结构如图 1-1-2 所示。随着人们生活水平的提高，为了满足需要和使用方便，电冰箱也进行了相应的改进，改为上面的空间为冷藏室，其整体结构如图 1-1-3 所示。

三门电冰箱——有三个门，是目前市面上最主流的机型。通常，中门室都会拥有



图 1-1-1 单门电冰箱整体结构

可调温、软冻或者 0℃ 保鲜等特点，在实际使用中用户大多用来储存蔬果或者新鲜肉类，极大地方便了人们的生活。其整体结构如图 1-1-4 所示。



图 1-1-2 双门电冰箱整体结构 (1)



图 1-1-3 双门电冰箱整体结构 (2)

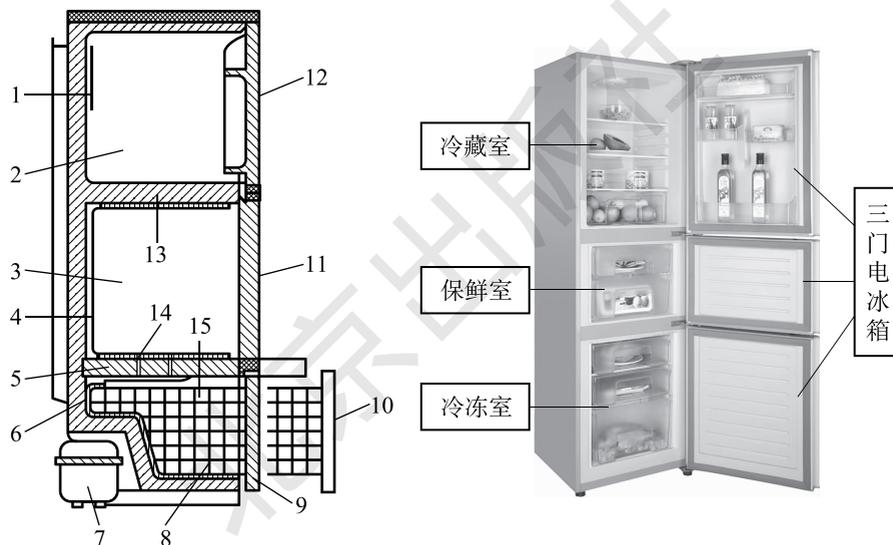


图 1-1-4 三门电冰箱整体结构

- 1—冷藏室蒸发器；2—冷藏室；3—冷冻室；4—冷冻室蒸发器；5—隔板；
 6—导流板；7—压缩机；8—筐篮；9—抽屉面板；10—抽屉；
 11—中门；12—上门；13—绝热层；14—通气孔；15—附加室

对开门电冰箱——对开门冰箱是指以两扇竖直门开门，拥有 500 L 以上的超大内部容积，一般左边为冷冻室，右边为冷藏室。其整体结构如图 1-1-5 所示。

多开门电冰箱——指开门数量多于三个的类型。这种冰箱拥有多个可变温的制冷室，机身尺寸也更为紧凑，是目前家庭中非常受欢迎的电冰箱类型之一。其整体结构如图 1-1-6 所示。



图 1-1-5 对开门电冰箱整体结构

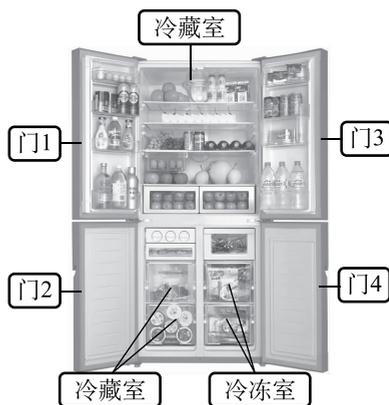


图 1-1-6 多开门电冰箱整体结构

(2) 按照制冷方式的不同可以分为直冷式、风冷式、风直冷式等。

直冷式电冰箱——蒸发器直接放置在冰箱冷藏室内壁上，依靠蒸发器内制冷剂汽化吸热形成的冷表面实现对箱体内的自然对流，降低箱内温度，不过容易出现箱内温度不均匀以及结霜现象。其蒸发器如图 1-1-7 所示。

风冷式电冰箱——与直冷式电冰箱不同，它将蒸发器放置在冷冻室与冷藏室之间的夹层中或箱内后上部，利用一只小型风扇对冰箱内的空气进行强制对流，其强制风冷结构如图 1-1-8 所示。

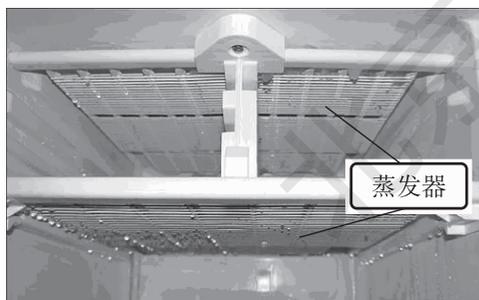


图 1-1-7 直冷式电冰箱蒸发器



图 1-1-8 风冷式电冰箱强制风冷结构

风直冷式制冷——整体结构如图 1-1-9 所示。

(3) 按照制冷原理的不同可以分为压缩式电冰箱、吸收式电冰箱、半导体电冰箱、化学电冰箱、电磁振动式电冰箱、太阳能电冰箱、绝热去磁电冰箱、辐射制冷电冰箱、固体制冷电冰箱九大类。其中，压缩式电冰箱、吸收式电冰箱和半导体电冰箱应用最为广泛。下面将对这三类电冰箱进行简单介绍。

压缩式电冰箱——压缩机吸入来自蒸发器的低温低压的制冷剂气体，通过压缩机活塞的往复运动压缩成高温高压的制冷剂蒸气，通过冷凝器的自然对流换热，高温高压的制冷剂蒸气被冷却冷凝成常温高压的制冷剂液体，再由毛细管进行节流降压成为气液混合的制冷剂，在蒸发器中由于吸收箱体内食物的热量，制冷剂变成低温低压的

制冷剂蒸气被压缩机再次吸入，进行下一个循环。如此压缩—冷凝—节流—蒸发反复循环，实现制冷效果。其制冷原理如图 1-1-10 所示。



图 1-1-9 风直冷式电冰箱制冷整体结构

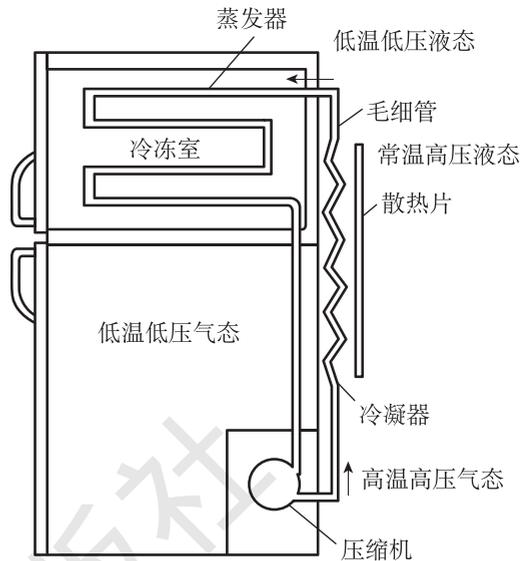


图 1-1-10 压缩式电冰箱制冷原理图

吸收式电冰箱——利用热源，如煤气、煤油、电等作为动力，利用氨—水—氢混合溶液在连续吸收—扩散过程中达到制冷的目的。其缺点是效率低，降温慢，现已逐渐被淘汰。其制冷原理如图 1-1-11 所示。

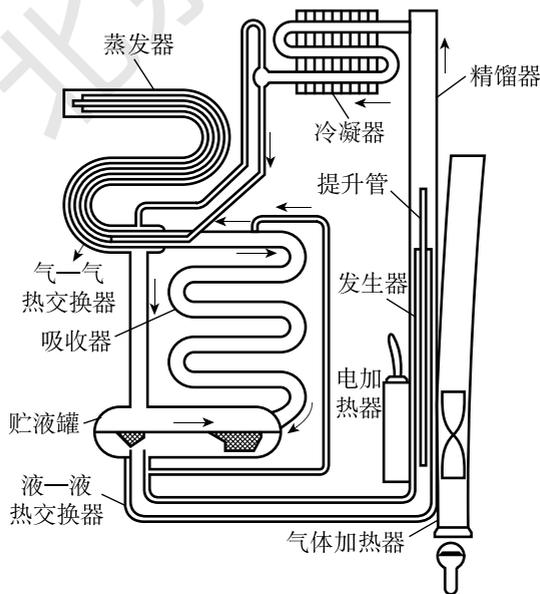


图 1-1-11 吸收式电冰箱制冷原理图

半导体电冰箱——利用 PN 型半导体通以直流电，在结点上产生珀耳帖效应

(Peltier effect)的原理来实现制冷的电冰箱。其制冷原理如图 1-1-12 所示。

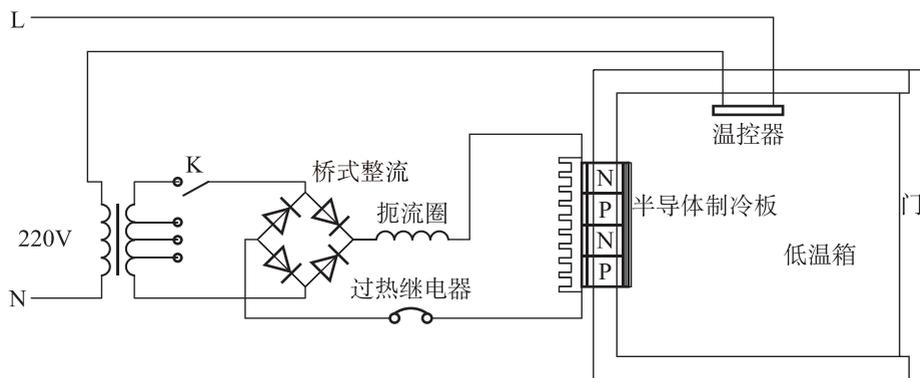


图 1-1-12 半导体电冰箱制冷原理

珀耳帖效应：J. C. A. 珀耳帖在 1834 年发现，当有电流通过不同导体组成的回路时，除产生不可逆的焦耳热外，在不同导体的接头处随着电流方向的不同会分别出现吸热、放热现象。若电流通过导线由导体 a 流向导体 b ，则在单位时间内，导体 a 处单位面积吸收的热量与通过导体 a 处的电流密度成正比。

(4) 按照气候类型对电冰箱进行分类。冰箱的气候环境温度分为 4 种类型：一是亚温带型“SN”，环境温度为 $10\sim 32\text{ }^{\circ}\text{C}$ ，二是温带型“N”，环境温度为 $16\sim 32\text{ }^{\circ}\text{C}$ ；三是亚热带型“ST”，环境温度为 $18\sim 38\text{ }^{\circ}\text{C}$ ；四是热带型“T”，环境温度为 $18\sim 43\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。不同气候类型的冰箱，因使用环境的不同设计要求上也不同，若超出设计的温度使用范围，轻则效率下降，电耗增加；重则机器受损，使用寿命缩短。

(5) 按星级标准对电冰箱进行分类。衡量电冰箱的冷冻能力，常以其冷冻室所能达到的温度等级来表示，并以星形作为标记符号，通常称作星级。

一星级冷冻室温度不高于 $-6\text{ }^{\circ}\text{C}$ ，冷冻食品保存时间约为一周。

二星级冷冻室温度不高于 $-12\text{ }^{\circ}\text{C}$ ，冷冻食品保存时间约为一个月。

三星级冷冻室温度不高于 $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$ ，冷冻食品保存时间约为三个月。

在选择电冰箱产品时，最好对电冰箱分类有一个清楚的了解再进行挑选购买，这样才能挑选到最适合自己的电冰箱产品。

3. 认识电冰箱的整体结构

电冰箱主要由箱体部分、制冷系统、电控系统、辅助器件等组成。

(1) 认识电冰箱箱体部分

箱体部分由电冰箱的箱体、门体、隔热材料、磁性门封、箱顶等部分组成，是整个电冰箱的躯体部分。其整体结构如图 1-1-13 所示。

① 箱体与箱门

电冰箱箱体一般为竖直放置的长方体。箱体、门体外壳多用 $0.6\sim 0.8\text{ mm}$ 厚的冷

轧钢板经裁剪、冲压、折边、焊接或辊轧而成，外表面经磷化处理后喷涂浅色光亮而坚硬的丙烯酸漆膜。电冰箱的后背一般为钢板，也有采用塑料贴面瓦楞纸板的。

② 隔热层

现在电冰箱上使用的隔热材料主要有以下三种：超细玻璃纤维、硬质聚氨酯泡沫塑料和聚苯乙烯泡沫塑料。下面做简单介绍。

超细玻璃纤维——俗称玻璃棉，容易吸潮，吸潮后绝热性能变得很差。现常用于维修。其结构如图 1-1-14 所示。

硬质聚氨酯泡沫塑料——将电冰箱外壳与内胆用模具固定后，注入发泡液，经发泡后即成为一种外观如发酵的馒头，淡黄色，能牢固地粘住内、外壳，使其成一体如硬泡，称为硬质聚氨酯泡沫塑料。它的内部为均匀分布的封闭微孔，故密度小，隔热性好，而且不易吸潮。因此，电冰箱采用了聚氨酯泡沫塑料后不仅提高了隔热性能，还减薄了隔热层，减轻自重，而且提高了箱体强度，所以它是目前使用最广泛的隔热材料。其外形结构如图 1-1-15 所示。

聚苯乙烯泡沫塑料——是以聚苯乙烯树脂为主体，加入发泡剂等添加剂制成，是目前使用最多的一种缓冲材料。它具有闭孔结构，吸水性小，有优良的抗水性；密度小；机械强度好，缓冲性能优异；加工性好，易于模塑成型。例如箱顶台面板下的衬垫、双门间、冷式冰箱冷冻室与冷藏室的隔层和风道，也可用于维修。其外形结构如图 1-1-16 所示。

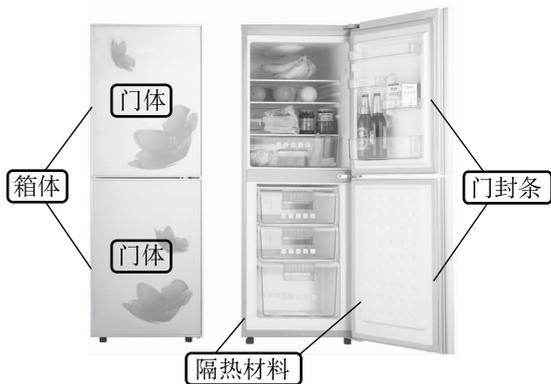


图 1-1-13 电冰箱箱体部分整体结构

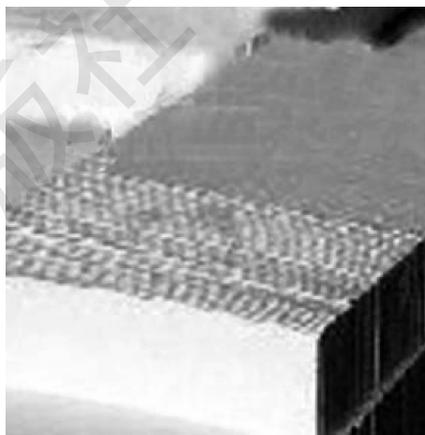


图 1-1-14 超细玻璃纤维结构



图 1-1-15 硬质聚氨酯泡沫塑料外形结构

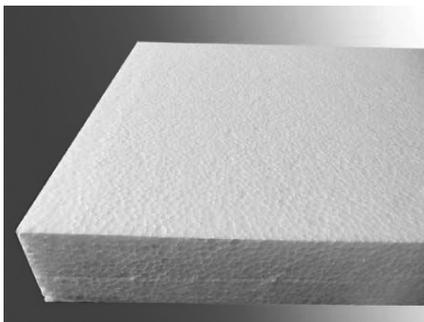


图 1-1-16 聚苯乙烯泡沫塑料外形结构

③ 磁性门封

试验证明,当冰箱门关闭时,冰箱箱内冷量仅有 30%从箱体与箱门的隔热层散失,而其余的 70%是从门缝泄漏的。

磁性门封装于门框之上,用于减少冷气从门缝处泄漏。磁性门封的结构如图 1-1-17 所示。

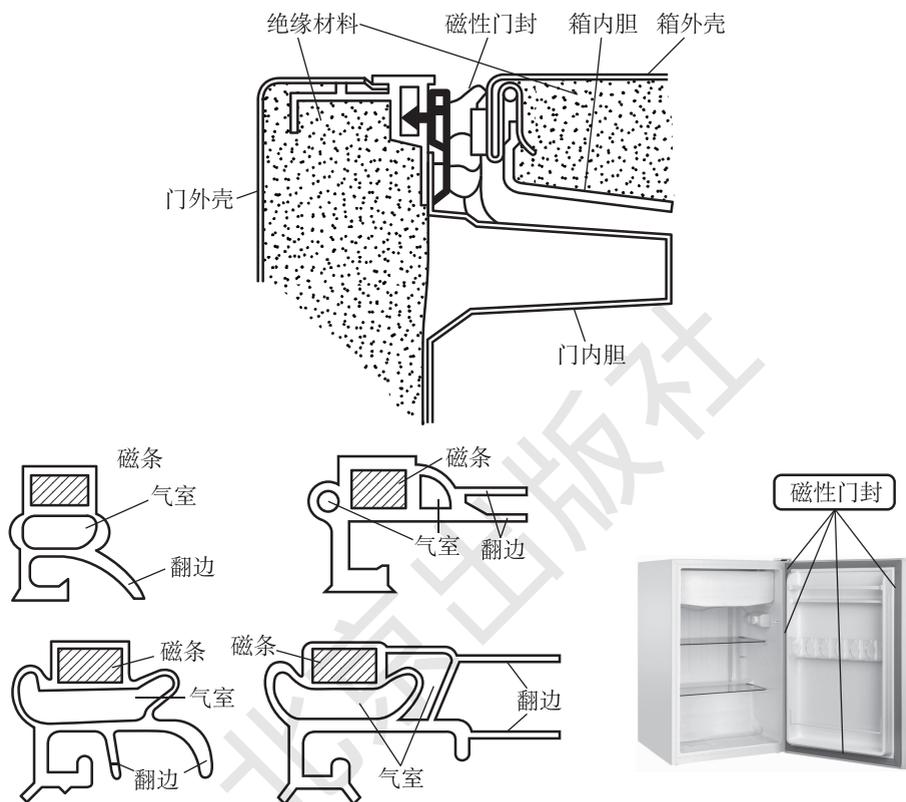


图 1-1-17 磁性门封的结构

④ 箱顶

箱体顶部有一块塑料贴面的夹板,可用于放置较轻的物品,四周是聚氯乙烯或铝合金制成的台面框,靠自攻螺钉固定在箱体上部,顶板插入其槽内。箱顶的结构如图 1-1-18 所示。

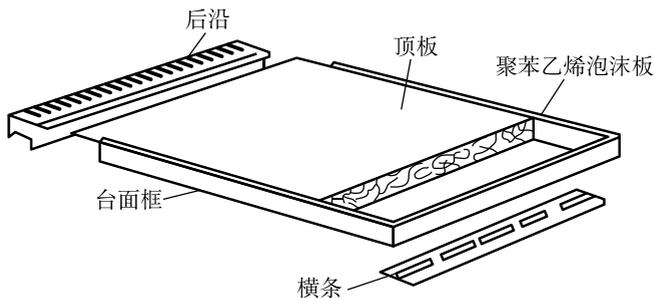


图 1-1-18 电冰箱箱顶的结构

(2) 认识电冰箱制冷系统

电冰箱的制冷系统是构成制冷循环和实现对食物冷冻、冷藏和保鲜的关键，它主要由核心部件制冷压缩机（俗称制冷循环的心脏）、冷凝器、毛细管（节流机构的一种）、干燥过滤器和蒸发器组成。这五部分由铜管连接起来，内部充有适当的制冷剂（R600a），构成一个密封的循环系统。制冷系统就是通过制冷剂在密封系统内的循环变化，使箱内的热量转移到箱外空气介质中，达到降温制冷的目的，如图 1-1-19 所示。

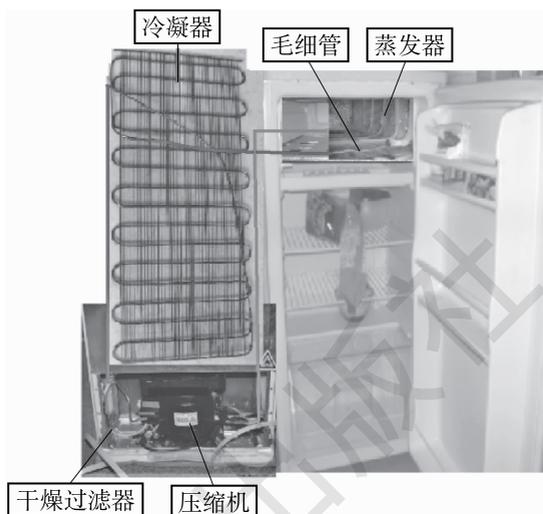


图 1-1-19 电冰箱制冷系统

4. 认识电冰箱型号

根据国家标准，电冰箱型号表示及含义如图 1-1-20 所示。

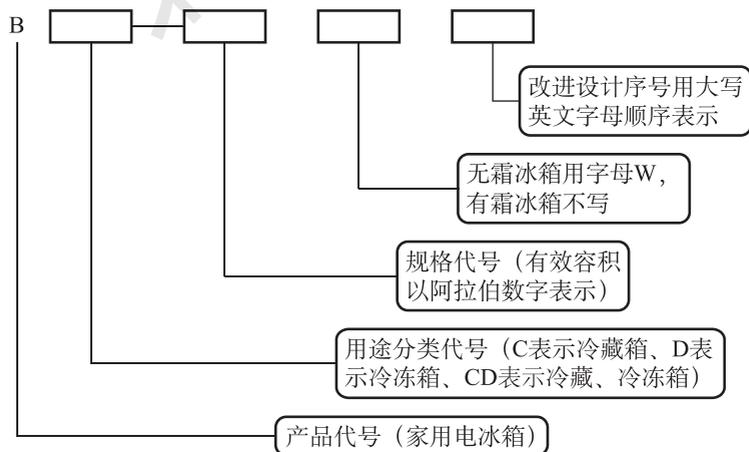


图 1-1-20 电冰箱型号表示及含义

任务评价>>

工 作 页

认识电冰箱整体结构					
一、基本信息					
学习小组		学生姓名		学生学号	
学习时间		学习地点		指导教师	
二、工作任务					
1. 电冰箱类型的区分 2. 电冰箱整体结构介绍 3. 压焓图的构成及应用 4. 压缩式电冰箱的原理					
三、制订工作计划（包括人员分工、操作步骤、工具选用、完成时间等内容）					
四、安全注意事项（人身安全、设备安全）					
五、工作过程记录					
六、任务小结					

考核评价表

序号	考核内容	配分	要求及评分标准	小组评价	教师评价
1	电冰箱类型的判断	20	单门、双门、三门、多门电冰箱的区分 要求：正确识别电冰箱的类型 评分标准：正确识别得 5 分，每错一项扣 2 分		
			直冷式、风冷式、风直冷式电冰箱的区分 要求：正确识别电冰箱的类型 评分标准：正确识别得 5 分，每错一项扣 2 分		
			压缩式、吸收式、半导体电冰箱的区分 要求：正确识别电冰箱的类型 评分标准：正确识别得 10 分，每错一项扣 3 分		
2	电冰箱各结构作用及相关基础知识检测	50	口述箱体的材料及作用 评分标准：正确得 10 分，一般得 5~7 分，错误不得分		
			口述隔热材料的类型及作用 评分标准：正确得 5 分，一般得 3~4 分，错误不得分		
			口述电冰箱的制冷原理 评分标准：正确得 15 分，一般得 6~10 分，错误不得分		
			口述压焓图的构成及应用 评分标准：正确得 10 分，一般得 4~8 分，错误不得分		
			口述电冰箱中常用基本参数 评分标准：正确得 10 分，一般得 4~8 分，错误不得分		
3	工作态度及组员间的合作情况	20	(1) 积极、认真的工作态度和高涨的工作热情，不消极等待老师安排指派任务。 (2) 积极思考以求更好地完成任务。 (3) 好强上进而又不失团队精神，能准确把握自己在团队中的位置，团结学员，协调共进。 (4) 在工作中团结好学，时时注意自己的不足之处，善于取人之长补己之短。 评分标准：四点都做到得 20 分，一般得 10~15 分		

续表

序号	考核内容	配分	要求及评分标准	小组评价	教师评价
4	安全文明生产	10	(1) 遵守安全操作规程。 (2) 正确使用工具。 (3) 操作现场整洁。 (4) 安全用电, 防火, 无人身、设备事故。 评分标准: 每错一项扣 2.5 分, 扣完为止。因违纪操作发生人身和设备事故, 此项按 0 分计		

知识链接 >>

一、制冷技术基础知识

1. 温度

(1) 含义

表示物质冷、热程度的物理量, 实质上反映了物质分子热运动的剧烈程度, 而把物质冷、热程度用数值表示出来就叫温度。

(2) 温标

物质的温度可用仪表进行测量。为了使测量的温度值标准一致, 需要规定衡量温度的统一标尺和测量单位, 并统一规定测量温度的基准点, 才能对这一特定的温度取得一致的测量数值。在制冷技术领域中, 常用的是摄氏温标、华氏温标和绝对温标三种。

① 摄氏温标 t : 单位是“ $^{\circ}\text{C}$ ”。它规定在 101 325 Pa 压力 (一个标准大气压) 下, 纯净水的冰点为 0 摄氏度, 沸点为 100 摄氏度, 将其分成 100 等份, 每一等份为 1 摄氏度, 记作 1°C 。按此规定分割制成的温度测量仪器——温度计, 称为摄氏温度计。摄氏温标为十进制, 简单易算。我国在制冷设备指标中都采用这种温标。

② 华氏温标 F : 单位是“ $^{\circ}\text{F}$ ”。它规定在 101 325 Pa 压力 (一个标准大气压) 下, 纯净水的冰点为 32 华氏度, 沸点为 212 华氏度, 将其分成 180 等份, 每一等份定为 1 华氏度, 记作 1°F 。按此分割制成的温度计称为华氏温度计。华氏温标分度较细, 故准确性较高, 但计算使用不太方便。在欧美及日本等国的进口制冷设备中, 仍采用这种温标。

③ 绝对温标 T : 又称热力学温标, 它是国际制温标, 单位是 K。在热力学中规定, 当物质内部分子的运动停止时, 其绝对温度为 0 开氏度。为了便于记忆, 在 101 325 Pa 压力

(一个标准大气压)下, 纯净水的冰点为 273 开氏度, 沸点为 373 开氏度, 把它分成 100 等份, 每一等份为 1 开氏度, 记作 1 K。

2. 压力

(1) 压力的概念

压力是指垂直作用于物体表面上的力。在制冷工程中, 常把液体或气体的压强混称为压力, 即所说的压力数值实际上是指压强的大小, 压强是作用在与物体表面垂直方向上的每单位面积的力的大小。

(2) 压力的单位

① 大气压: 空气分子也有一定的质量, 空气分子不停地运动, 不断地与物体表面碰撞, 就产生了压力。空气对地球表面所产生的压力称为大气压力, 简称大气压。

② 压力的单位: 在国际单位制中, 力的单位为牛顿 (N); 面积的单位为平方米 (m^2); 压力的单位为牛/米², 称为帕斯卡, 简称帕, 用符号 Pa 表示。即

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

在实际应用中有时帕的单位太小, 常使用兆帕 (MPa) 为单位。

$$1 \text{ MPa} = 10^6 \text{ Pa}$$

过去在工程技术中为了计算方便, 把大气压力值取 1 kgf/cm^2 来使用, 称为一个工程大气压。工程大气压与帕的关系为:

$$1 \text{ kgf/cm}^2 = 9.8 \times 10^4 \text{ Pa} \approx 0.1 \text{ MPa}$$

制冷工程中使用的压力表, 现在须以 MPa 为法定计量单位进行刻度标注, 而旧压力表则以 kgf/cm^2 为单位标注。

(3) 真空与负压

凡是容器、制冷系统、真空系统内的空气压力低于 10^5 Pa 的状态, 统称为真空。

(4) 绝对压力和相对压力

绝对压力是指容器中的气体对容器的实际压力。测量气体的压力若是以真空作为测量的基准, 所得到的压力值为绝对压力。绝对压力和相对压力的关系为: $p_{\text{绝}} = p_{\text{表}} + B = p_{\text{表}} + 0.1 \text{ (MPa)}$ 。

3. 热量传递

热量由一个物体传递给另一个物体, 必然存在热量的传递转移过程。热力学系统内热量的转移过程叫热传递。导致热量传递的原动力是传热温差, 热量总是从高温部分向低温部分传递。

(1) 热传导

热量由物体的高温部分传递到低温部分, 或是相互接触的两物体, 热量由一个物

体传递给另一个物体。在这个传热过程中，物体相互接触，但物体各部分物质并未移动。这种传热形式称为热传导。

(2) 对流换热（简称对流）

对流是在液体或气体中进行热传递的方式。各部分液体或气体的温度不同，造成密度不同。同质量的物质，温度高时体积大，密度小；温度低时体积小，密度大。在重力作用下，温度低、密度大的液（气）体向下流动，温度高、密度小的液（气）体向上流动，形成上下、冷热对流。

(3) 热辐射

热辐射是在物体之间互不接触的情况下，一个物体将能量以电磁波的形式向外辐射，被另一个物体所吸收。

4. 物质状态变化

(1) 物质的三种集态

自然界中一切物质都是由分子组成的。任何物质都能够呈现出三种不同的集态，即固态、液态和气态，如图 1-1-21 所示。

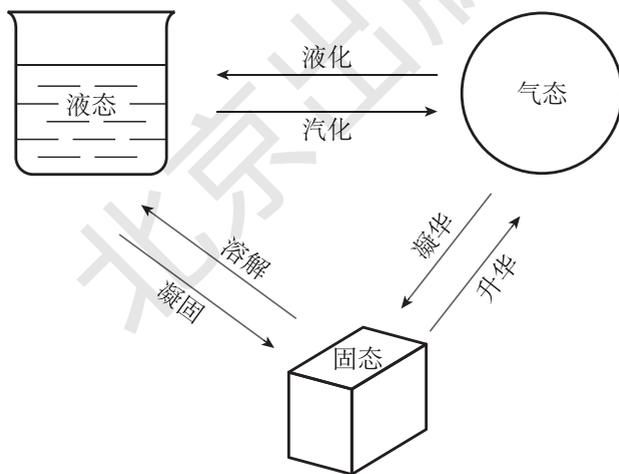


图 1-1-21 物质的三种集态变化

(2) 显热和潜热

① 显热。当物体不断吸收热量，物质分子的动能增大，使物体温度升高，但并没有引起物质集态发生变化，这时物体所吸收的热能称为显热。

② 潜热。当物体不断吸收（或放出）热量，使物质分子的位能增加（或减少）而物体温度不发生变化，仅使物质的集态发生变化，这时物体所吸收或放出的热能称为潜热。

5. 液化气体性质

(1) 饱和温度和饱和压力

物质在一定压力（温度）条件下，其最高的相变温度（压力）叫在此压力（温度）下的饱和温度（压力）。它们的特点：对应出现，在相变过程中，饱和温度与饱和压力不变；饱和温度是随压力变化的，通过改变压力可获得所需温度。

(2) 过冷和过热

物质在饱和压力下，其温度低于饱和温度的状态，叫过冷状态。物质在饱和压力下，其温度高于饱和温度的状态，叫过热状态。

(3) 临界温度与临界压力

物质最高的饱和温度（压力）叫临界温度（压力）。它们的特点：在三相点的温度、压力条件下，物质就不存在相的概念；物质处在超临界状态就不存在相变，任意改变温度、压力条件，都不会发生相变。普冷中，工质都应选择离临界状态较远的使用温度。

6. 压焓图的构成

在冷冻系统运行中，我们经常观察各部位的温度、压力值，并填入运行记录表中。记录这些数据，目的在于分析系统内部工质的状态变化及分子热运动的特征，以便采取一定的调节措施，使工质按照一定的规律变化。

温度、压力等物理参数是可以通过直接或间接方法测量出来的，也称为工质状态的基本参数。制冷剂的压焓图构成如图 1-1-22 所示。

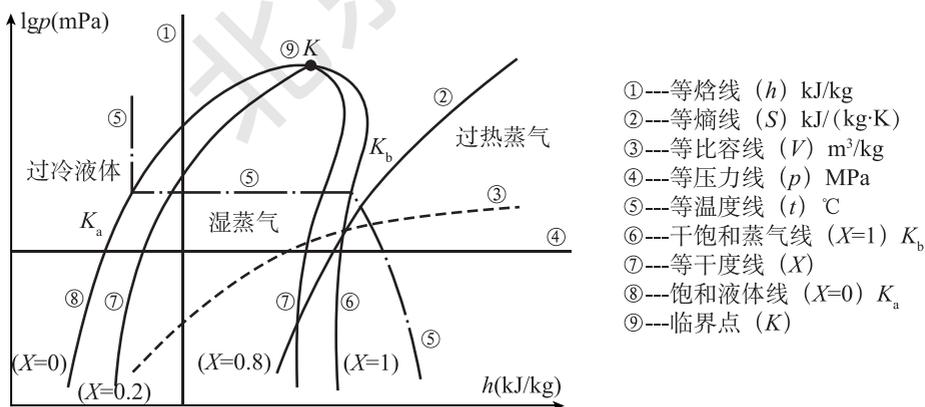


图 1-1-22 制冷剂的压焓图构成

在制冷工程中，最常用的热力图就是制冷剂的压焓图。该图纵坐标是绝对压力的对数值 $\lg p$ （图中所表示的数值是压力的绝对值），横坐标是比焓值 h 。它是以 1 kg 制冷剂绘制而成的。

(1) 临界点 K 和饱和曲线

临界点 K 为两根粗实线的交点，在该点制冷剂的液态和气态差别消失， K 点左边的粗实线 K_a 为饱和液体线， K_a 线上任意一点的状态，均是相应压力的饱和液体； K 点右边的粗实线 K_b 为饱和蒸气线，在 K_b 线上任意一点的状态均为饱和蒸气状态，或称干蒸气。

(2) 三个状态区

K_a 左侧——过冷液体区，该区域内的制冷剂温度低于同压力下的饱和温度；

K_b 右侧——过热蒸气区，该区域内的蒸气温度高于同压力下的饱和温度；

K_a 和 K_b 之间——湿蒸气区，即气液共存区。该区内制冷剂处于饱和状态，压力和温度为——对应关系。

在制冷机中，蒸发与冷凝过程主要在湿蒸气区进行，压缩过程则是在过热蒸气区内进行。

(3) 六组等参数线

① 等压线：图上与横坐标轴相平行的水平细实线均是等压线，同一水平线的压力均相等。

② 等焓线：图上与横坐标轴垂直的细实线为等焓线，凡处在同一条等焓线上的工质，不论其状态如何，焓值均相同。

③ 等温线：图上用点画线表示的为等温线。等温线在不同的区域变化形状不同，在过冷区等温线几乎与横坐标轴垂直；在湿蒸气区却是与横坐标轴平行的水平线；在过热蒸气区为向右下方急剧弯曲的倾斜线。

④ 等熵线：图上自左向右上方弯曲的细实线为等熵线。制冷剂的压缩过程沿等熵线进行，因此过热蒸气区的等熵线用得较多，在 $\lg p-h$ 图上等熵线以饱和蒸气线作为起点。

⑤ 等容线：图上自左向右稍向上弯曲的虚线为等容线。与等熵线比较，等容线要平坦些。制冷机中常用等容线查取制冷压缩机吸气点的比容值。

⑥ 等干度线：从临界点 K 出发，把湿蒸气区各相同的干度点连接而成的线为等干度线。它只存在于湿蒸气区。

上述 6 个状态参数 (p 、 h 、 t 、 S 、 V 、 x) 中，只要知道其中任意两个状态参数值，就可确定制冷剂的热力状态。在 $\lg p-h$ 图上确定其状态点，可查取该点的其余四个状态参数。

目前电冰箱常用的制冷剂 R600a 压焓图如图 1-1-23 所示。

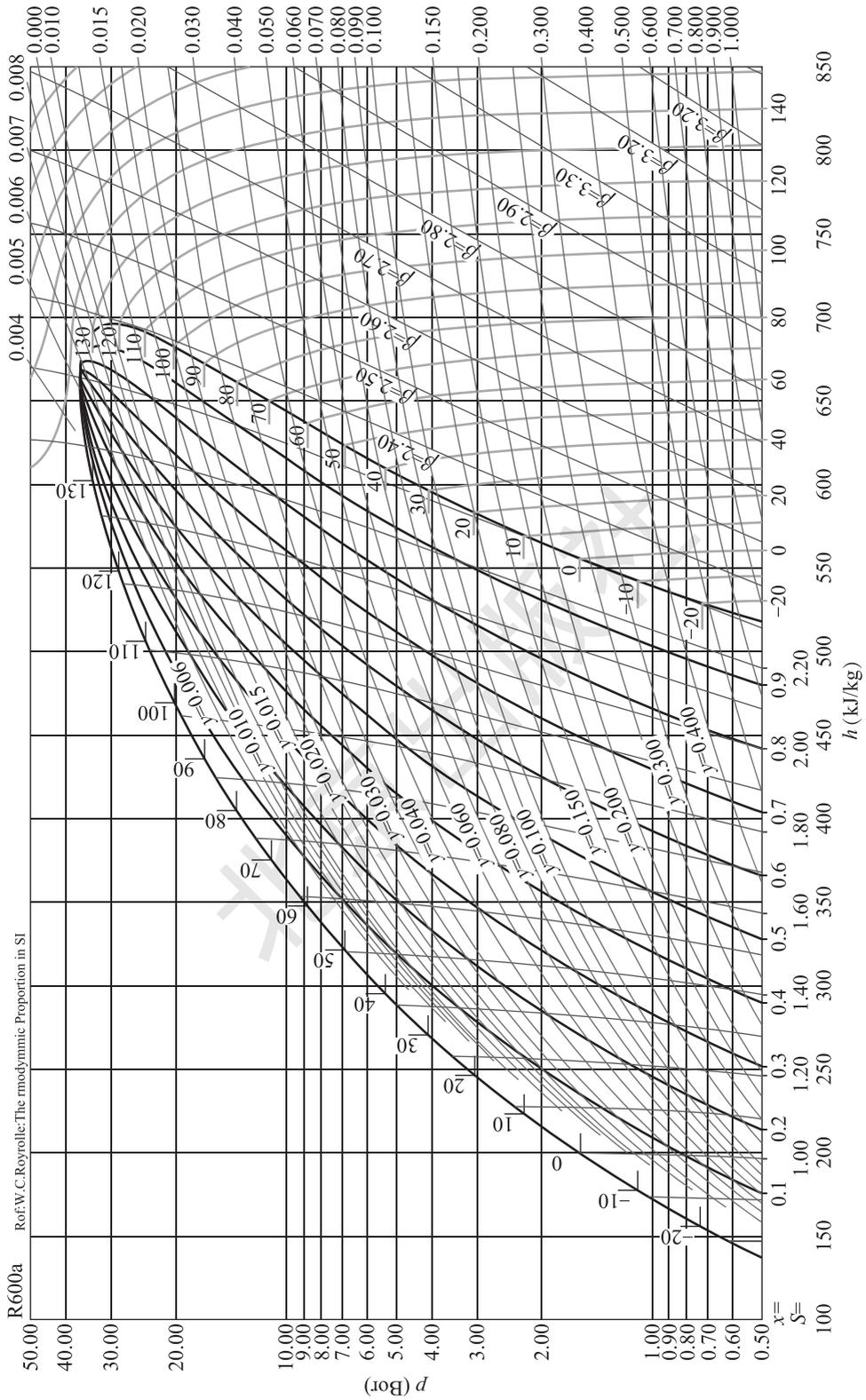


图1-1-23 制冷剂R600a压焓图

思考与练习

一、填空题

1. 电冰箱按照电冰箱门的多少可以分成_____、_____、_____、_____、_____。
2. 电冰箱按照制冷原理分类，其中最常用的电冰箱类型是_____。
3. 压焓图中的一点是_____，三区是_____、_____、_____，八条线分别是_____、_____、_____、_____、_____、_____、_____、_____。
4. 物质的三种集态是_____、_____、_____。
5. 热量传递的三种形式为_____、_____、_____。

二、简答题

1. 简述压缩式制冷循环的制冷原理。
2. 请解释下列电冰箱型号的含义。
 - (1) BCD 215 W;
 - (2) BD 228 A。

工作任务 2

熟悉电冰箱模拟实训装置

任务实施 >>

1. 设备准备

由于是对电冰箱模拟实训装置进行熟悉，因此，准备 5 台同样的实训设备。

2. 认识“实训装置”结构

“实训装置”由铝合金导轨式安装平台、热泵型空调系统、家用电冰箱系统、电气控制系统等组成，其外形结构如图 1-2-1 所示。

(1) 实训平台

实训平台以铝型材为主框架、钣金板作为辅材，台面面积为 $150\text{ cm} \times 80\text{ cm}$ ，由 10 根 $20\text{ mm} \times 80\text{ mm}$ 型材铺设而成。

(2) 制冷系统

制冷系统主要分为三大子系统——电子温控电冰箱系统、智能温控电冰箱系统和

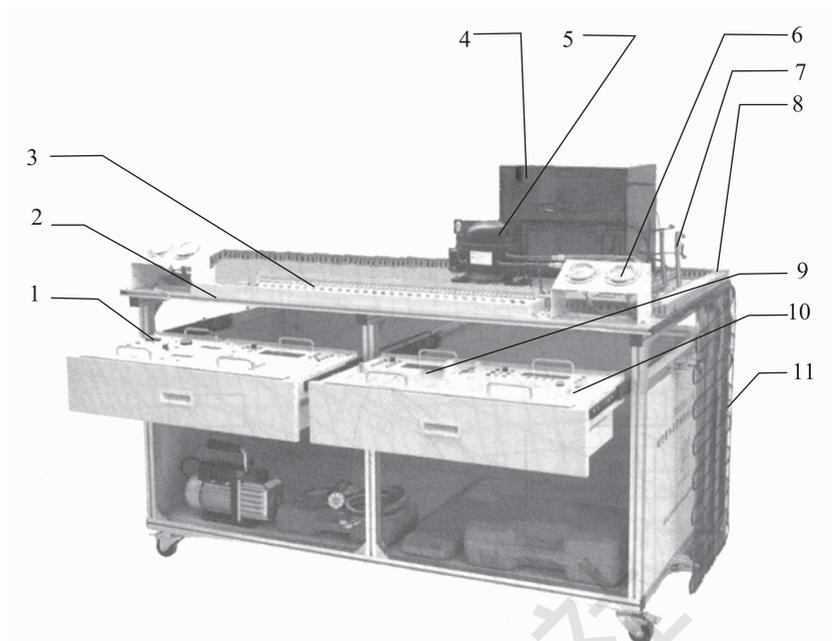


图 1-2-1 电冰箱模拟实训装置外形结构

1—电源及仪表模块挂箱；2—铝型材台面；3—接线区；4—翅片盘管式蒸发器；
5—电冰箱压缩机；6—真空压力表；7—毛细管；8—接线槽；9—电冰箱电子温控电气控制模块挂箱；
10—电冰箱智能温控电气控制模块挂箱；11—钢丝式冷凝器

热泵空调系统，均由压缩机、热交换器、节流装置及辅助器件组成。

① 电子温控电冰箱系统。

由电冰箱压缩机、钢丝式冷凝器、毛细管、手阀、铝复合板吹胀式蒸发器、冷藏室蒸发器、视液镜、耐震压力表、模拟电冰箱箱体（有机玻璃）、电冰箱门灯等组成。

② 智能温控电冰箱系统。

由电冰箱压缩机、钢丝式冷凝器、毛细管、手阀、铝复合板吹胀式蒸发器、冷藏室蒸发器、视液镜、耐震压力表、二位三通电磁阀、模拟电冰箱箱体（有机玻璃）、电冰箱门灯等组成。

③ 热泵空调系统（略）。

(3) 电气控制系统

采用模块式结构，根据功能不同分为电源及仪表模块挂箱、空调电气控制模块、电冰箱电子温控电气控制模块挂箱、电冰箱智能温控电气控制模块挂箱。同时在实训平台上设置有接线区，作为电气实训单元箱与被控元件的连接过渡区。接线区内采用加盖端子排，提高了操作安全性。

① 电源及仪表模块挂箱（ZK-01 挂箱）

电源及仪表模块挂箱（ZK-01 挂箱）由单相电源总开关（带漏电和短路保护）、电源指示灯、数字式交流电压表（测量范围 0~250 V）、数字式交流电流表（测量范围

0~15 A)、双联三芯插座等组成,如图 1-2-2 所示。

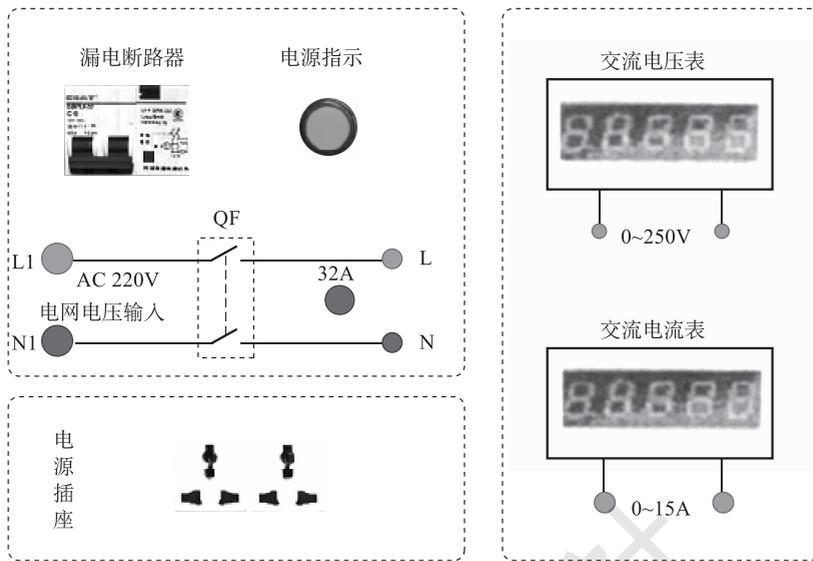


图 1-2-2 电源及仪表模块挂箱

② 电冰箱电子温控电气控制模块挂箱 (ZK-03 挂箱)

电冰箱电子温控电气控制模块挂箱 (ZK-03 挂箱) 由电冰箱电子温控主板、控制电路原理图、接线端子、熔断器座、对应指示灯、复位按钮、电位器等组成,如图 1-2-3 所示。

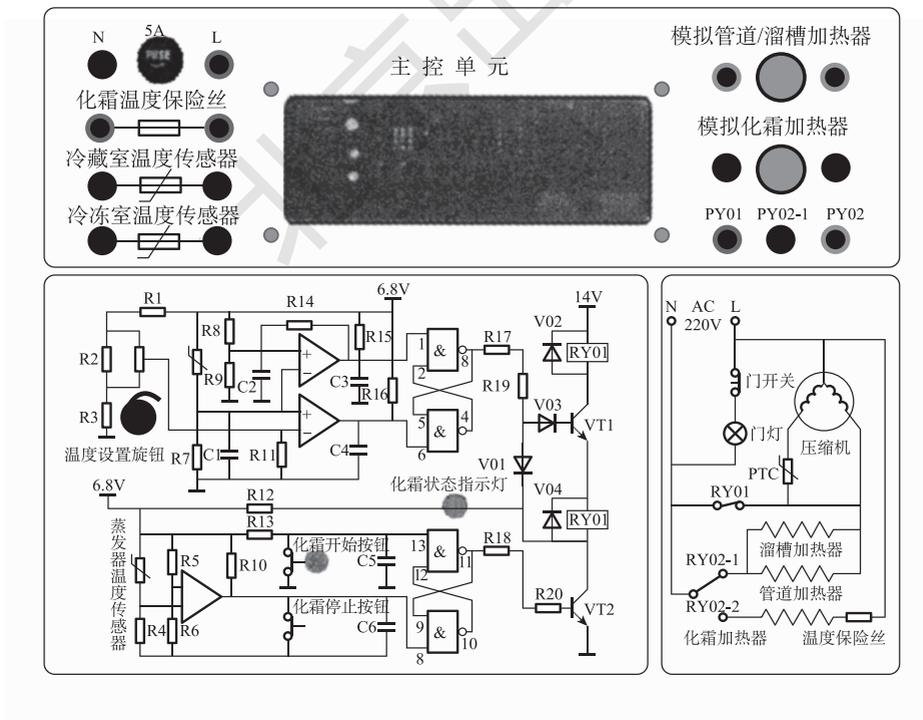


图 1-2-3 电冰箱电子温控电气控制模块挂箱

③ 电冰箱智能温控电气控制模块挂箱 (ZK-04 挂箱)

电冰箱智能温控电气控制模块挂箱 (ZK-04 挂箱) 由智能温控主板、智能温控控制显示板、智能温控电气原理图、接线端子、熔断器座、对应指示灯、钮子开关等组成, 如图 1-2-4 所示。

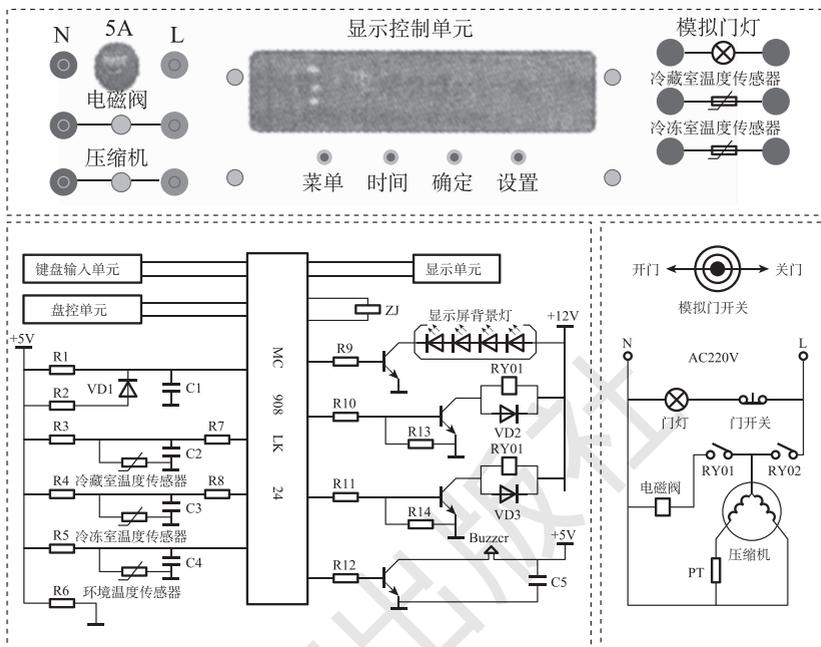


图 1-2-4 电冰箱智能温控电气控制模块挂箱

(4) “实训装置”的技术参数

“实训装置”是一套半开放式设备, 可以根据自己的需要组成不同的制冷系统, 最多可组成三套制冷系统。

“实训装置”中的各工作单元均放在实训台上, 便于各个部件的拆卸和安装、管路安装及电气布线。其中, 为了方便电气布线, 实训平台周围设置有接线槽。模块之间、模块与实训台之间的连接方式采用安全导线连接, 最大限度地满足了综合实训的要求。

(5) “实训装置”系统流程

① “实训装置”电冰箱电子温控系统

电冰箱电子温控系统由压缩机、耐震压力表、钢丝式冷凝器、视液镜、干燥过滤器、毛细管、手阀、冷藏室蒸发器、冷冻式蒸发器等组成。电冰箱电子温控系统流程图如图 1-2-5 所示。

② “实训装置”电冰箱智能温控系统

电冰箱智能温控电冰箱系统由压缩机、耐震压力表、钢丝式冷凝器、视液镜、干燥过滤器、二位三通电磁阀、毛细管、手阀、冷藏室蒸发器、冷冻式蒸发器等组成。

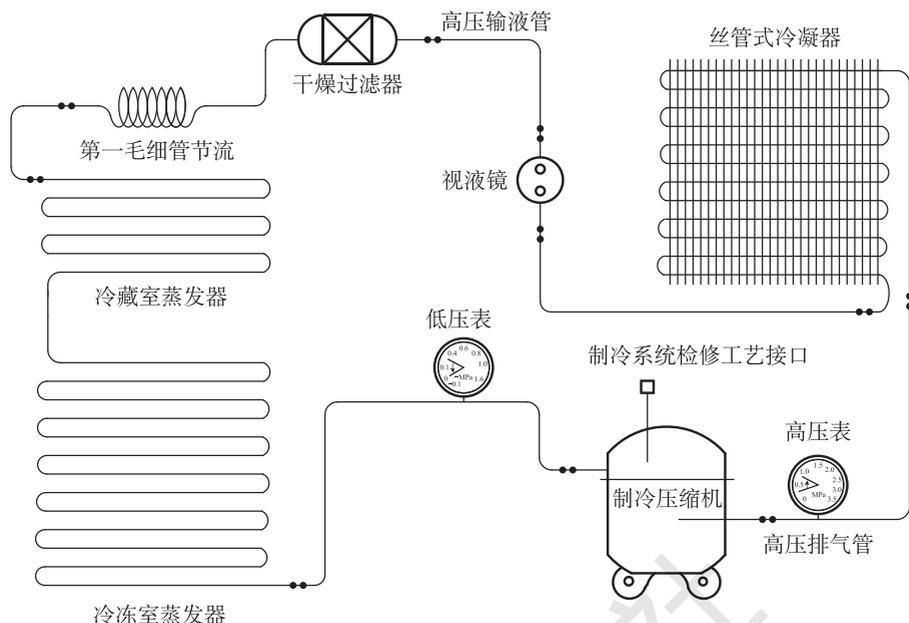


图 1-2-5 电冰箱电子温控制冷系统流程图

电冰箱智能温控制冷系统流程图如图 1-2-6 所示。

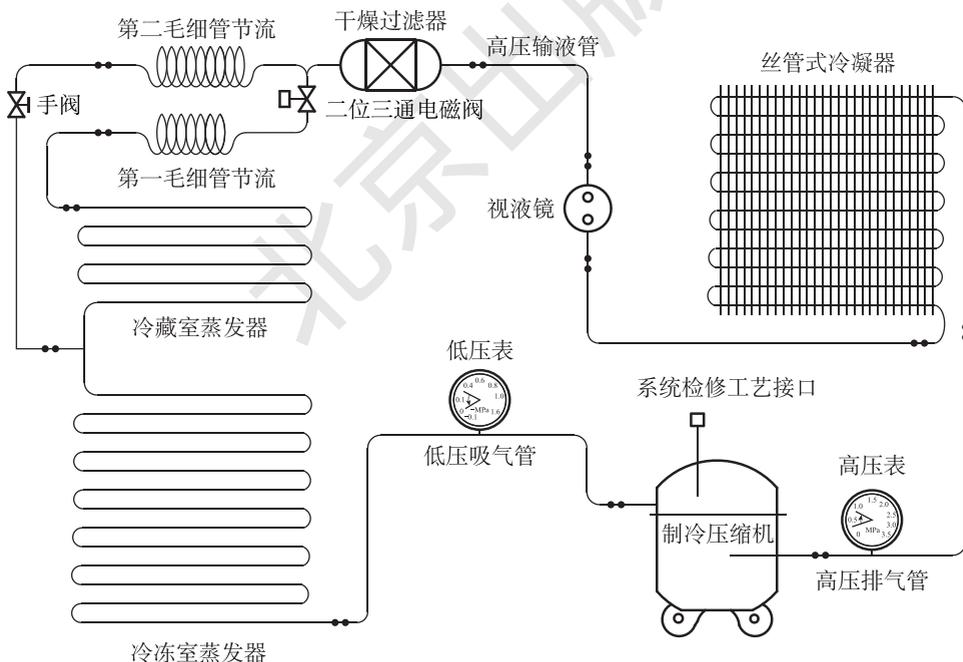


图 1-2-6 电冰箱智能温控制冷系统流程图

a. 冷冻室、冷藏室同时开启

在冷冻室、冷藏室同时开启时，二位三通电磁阀处于断电状态，二位三通电磁阀的 1 端流经 3 端，到第一毛细管，毛细管节流降压之后，变成高压、中温的液体，先到冷藏室蒸发器再到冷冻式蒸发器（手阀在此系统中处于关闭状态），R600a 液体吸热

膨胀,将冷藏室与冷冻室内物品的热量吸入,冷藏室蒸发器、冷冻式蒸发器在保温效果好的情况下会结霜,然后低温、低压制冷剂气体经低压回气管道被送回到活塞式制冷压缩机内,再经过压缩变成高温、高压的制冷剂蒸气排出,如此反复循环。

b. 只开冷冻室、关闭冷藏室

只开冷冻室、关闭冷藏室时,二位三通电磁阀处于得电状态,二位三通电磁阀的1端流经2端,到第二毛细管降压节流后变成低压、中温的制冷剂液态,经手阀(手阀在此系统中处于开启状态)到冷冻室蒸发器,制冷剂液体吸热膨胀,将冷冻室内物品的热量吸入,冷冻室蒸发器在保温效果好的情况下会结霜,然后低温、低压的制冷剂气体经低压回气管道被活塞式制冷压缩机吸回腔内,再经过活塞往复式压缩运动变成高温、高压制冷剂蒸气排出,如此反复循环。

任务评价>>

工 作 页

认识 THRHZK—1 型现代制冷系统技能实训装置					
一、基本信息					
学习小组		学生姓名		学生学号	
学习时间		学习地点		指导教师	
二、工作任务					
1. “实训装置”的组成介绍 2. 电子温控电冰箱系统介绍 3. 智能温控电冰箱系统介绍					
三、制订工作计划(包括人员分工、操作步骤、工具选用、完成时间等内容)					
四、安全注意事项(人身安全、设备安全)					
五、工作过程记录					
六、任务小结					

考核评价表

序号	考核内容	配分	要求及评分标准	小组评价	教师评价
1	实训设备的组成及参数	40	实训设备的组成结构 要求：能够正确介绍实训设备 评分标准：正确识别得 10 分，每错一项扣 3 分		
			介绍电子温控电冰箱系统 要求：正确介绍电子、智能温控电冰箱系统 评分标准：正确识别得 10 分，每错一项扣 3 分		
			介绍电气控制系统 要求：正确介绍电气控制系统 评分标准：正确识别得 10 分，每错一项扣 3 分		
			说明介绍实训装置的技术参数 要求：正确介绍“实训装置”的技术参数 评分标准：正确识别得 10 分，每错一项扣 3 分		
2	各挂箱的组成及作用	30	口述电源与仪表组成及作用 评分标准：正确得 10 分，一般得 5~7 分，错误不得分		
			口述电子温控电冰箱挂箱组成及作用 评分标准：正确得 10 分，一般得 5~7 分，错误不得分		
			口述智能温控电冰箱挂箱组成及作用 评分标准：正确得 10 分，一般得 5~7 分，错误不得分		
3	工作态度及组员间的合作情况	20	(1) 积极、认真的工作态度和高涨的工作热情，不消极等待老师安排、指派任务。 (2) 积极思考以求更好地完成任务。 (3) 好强上进而不失团队精神，能准确把握自己在团队中的位置，团结学员，协调共进。 (4) 在工作中团结好学，时时注意自己的不足之处，善于取人之长补己之短。 评分标准：四点都做到得 20 分，一般得 10~15 分		

续表

序号	考核内容	配分	要求及评分标准	小组评价	教师评价
4	安全文明生产	10	(1) 遵守安全操作规程。 (2) 正确使用工具。 (3) 操作现场整洁。 (4) 安全用电, 防火, 无人身、设备事故。 评分标准: 每错一项扣 2.5 分, 扣完为止。因违纪操作发生人身和设备事故, 此项按 0 分计		

知识链接 >>>

制冷剂

制冷剂又称制冷工质。它是在制冷系统中不断循环并通过其本身的状态变化以实现制冷的工作物质。一次性使用瓶装制冷剂如图 1-2-7 所示。

1. 电冰箱常用的制冷剂

(1) R600a

危险特性: 易燃气体。与空气混合能形成爆炸性混合物, 遇热源和明火有燃烧爆炸的危险。与氧化剂接触反应猛烈。其蒸气比空气重, 能在较低处扩散到相当远的地方, 遇火源会着火回燃。

(2) 氟利昂-12 (代号: R12)

与润滑油有良好的互溶性, 无毒、无刺激性、无燃烧性及爆炸性, 有良好的电气绝缘性。

(3) R-134a (代号: R134a)

R134a 作为 R12 的替代制冷剂, 它的许多特性与 R12 很相似。

R134a 的毒性非常低, 在空气中不可燃, 安全类别为 A1, 是很安全的制冷剂。

2. 电冰箱加制冷剂的间隔时间及制冷剂寿命

上菱双鹿的制冷剂是 R600a 制冷剂, 不必担心寿命问题。在电冰箱使用期内, 不用再添加制冷剂。上菱双鹿电冰箱基本上都装有 R600a 制冷剂, 它能有效减轻压缩机的压力, 使用寿命比较长。



图 1-2-7 一次性使用瓶装制冷剂

3. 制冷剂的使用量

制冷剂的使用量受很多因素的影响，它必须符合电冰箱的容积大小和工作要求。同时，不同的制冷剂，用量也不同。比如使用 R600a 制冷剂就只需要用 R134a 的 40%~50%，一台电冰箱的注入量相当于一个打火机的注入量，制冷效率极高。同一容积的电冰箱，与其他品牌相比，上菱双鹿电冰箱使用较少的制冷剂却拥有相同的制冷能力，这充分说明上菱双鹿电冰箱所使用的制冷剂质量好、效率高，是其他品牌无法比拟的。

4. R 600a 的安全性

试验表明，R600a 必须在一定的浓度下，人为有意识地用明火点燃，才会发生反应。在用户正常的使用环境中，出现这种情况的概率是极低的，所以对消费者而言，R600a 是十分安全的。

思考与练习

简答题

1. 简述电冰箱模拟实训设备的整体结构。
2. 举例说明电冰箱常用制冷剂的特性。