

制冷空调设备 及其数字电路维修技术

■ 刘守江 编著

西安电子科技大学出版社

[http:// www.xduph. com](http://www.xduph.com)

制冷空调设备 及其数字电路维修技术

刘守江 编著

西安电子科技大学出版社

2003

· · · · ·

内 容 简 介

本书从制冷技术、空调技术、电工电子技术、微电脑单元控制电路、变频电路、新型制冷剂、新型元器件等多角度、多方位入手,比较系统地对新型制冷空调设备的原理与维修要点进行了剖析与说明。

书中内容新颖,例如变频电路剖析,IPM 控制模块的检测,电冰箱、汽车空调的微电脑控制电路,微电子控制电路,新型电子元器件(如电子膨胀阀、双转子压缩机)的工作原理,用逻辑笔检测数字电路,用吸锡器拆卸集成电路,新型空气净化技术,汽车空调的真空控制装置……这些资料都非常宝贵,且具有一定的先进性。

书中实例皆源于实践,如制冷循环、基本电路、电子电路故障分析都从实践中来,又回到实践中去。对于数字电路,本书则采取了从逻辑功能入手、单刀直入的讲解方法,具有深入浅出、举一反三、实用性很强的特点。

本书适合于从事制冷、空调行业的工程技术人员和维修技工作为工具书使用。若作适当取舍,也可作为初、中、高级技工的培训教材。

图书在版编目(CIP)数据

制冷空调设备及其数字电路维修技术/刘守江编著.

西安:西安电子科技大学出版社,2003.11

ISBN 7-5606-1229-6

Ⅰ. 制… Ⅱ. 刘… Ⅲ. ① 制冷-空气调节设备-维修 ② 制冷-空气调节设备-数字电路-维修
Ⅳ. TB657.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2003)第 024286 号

责任编辑 陈宇光 张晓燕

出版发行 西安电子科技大学出版社(西安市太白南路2号)

电 话 (029)8242885 8201467 邮 编 710071

http://www.xduph.com

E-mail: xdupfxb@pub.xaonline.com

经 销 新华书店

印刷单位 西安文化彩印厂

版 次 2003年11月第1版 2003年11月第1次印刷

开 本 787毫米×1092毫米 1/16 印张 25.875

字 数 611千字

印 数 1~4000册

定 价 34.00元

ISBN 7-5606-1229-6/TN·0221

XDUP 1500001-1

*** 如有印装问题可调换 ***

本社图书封面为激光防伪覆膜,谨防盗版。

前 言

21 世纪之初,新型制冷、空调技术的应用已十分普遍,并且有了质的飞跃。随着新产品、新技术的不断更新问世,新的科技内涵已引起人们的广泛关注。在使用和维修中,人们已深切感到:不学习就必然落后。

目前,制冷、空调设备一个最突出的特点就是数字电路、微电脑控制技术已普遍进入生产、设计领域,而相当一部分修理人员和技术服务人员的实际水平仍停留在继电器电路和制冷操作维修技术这个阶段。此外,对于新出现的制冷剂 CFC 替代技术、空气净化技术、电冰箱制冰技术、空调器变频模块及电子膨胀阀、双转子压缩机等新型部件,人们也深感了解不足。新的形势要求技术人员必须掌握机电一体化等更深层的知识。本书就是在此形势下产生的一本排忧解难、专业化程度较高的科普读物,具有很强的实践性。

本书从制冷技术、空调技术、电工电子技术、微电脑单元控制电路、变频电路、新型制冷剂、新型元器件等多角度、多方位入手,比较系统地对新型制冷空调设备的原理与维修技术要点进行了剖析与说明。

书中内容新颖,例如变频电路剖析,IPM 控制模块的检测,电冰箱、汽车空调的微电脑控制电路检修,新型电子元器件(如电子膨胀阀、双转子压缩机)的工作原理,用逻辑笔检测数字电路,用吸锡器拆卸集成电路,新型空气净化技术,汽车空调的真空控制装置等。这些资料符合时代进步的要求,十分宝贵,具有一定的先进性。

书中实例,如制冷循环、基本电路、电子电路、故障分析等,全都紧密联系实际进行讲述。对于数字电路则采取了从逻辑功能入手,单刀直入的讲解方法,具有深入浅出、举一反三、实用性很强等特点。

为了突出系统性,形成一种规律性认识,本书融理论与实际为一体,对于维修实践、修理思路、操作技能都作了较切合实际、浅显易懂的解说,要点、重点分明。

本书内容丰富,涉及冰箱、冷柜、冷藏箱(库)、房间空调、汽车空调、计算机房空调等多种设备,以及制冷、制热、电子、真空控制装置、变频电路、新型制冷剂等多项高新技术,适合于从事制冷空调行业的工程技术人员、维修技工作为工具书、参考书使用。若作适当取舍,也可作为初、中、高级技工的培训教材,尤其适合于自学。

本书定稿后,曾请西安建筑科技大学张子慧教授、中航宝成通用电子公司李丞华高级工程师对书稿进行了审阅。全书描图工作则由西安电子科技大学出版社杨斌、黄华、刘锐、刘敏等同志承担。

参与本书部分段落编写或提供资料的还有李德鸿、李洁、熊水宝、万方根、楚冠英、高军、陈汉云等同志，部分读者也提出了宝贵意见，在此书出版之际，谨向他们表示衷心的感谢。

由于作者水平有限，本书难免还有这样那样的缺点和错误，故恳请广大读者和各位同仁给予批评、赐教。

作 者

2002年12月于西安

目 录

第 1 章 制冷技术概述

1.1 制冷原理与制冷方式	1	1.5 过滤器	14
1.1.1 制冷技术的“纲”	1	1.5.1 污物过滤器	14
1.1.2 蒸气压缩式制冷	2	1.5.2 干燥过滤器	15
1.2 制冷压缩机	3	1.6 制冷剂	15
1.2.1 压缩机的工作类型	3	1.6.1 制冷剂的分类	15
1.2.2 压缩机的传动方式与 结构特点	4	1.6.2 CFC 的危害	16
1.2.3 容积型压缩机工作原理分析 ..	4	1.6.3 R134a 制冷剂	17
1.3 热交换器	6	1.6.4 R600a 制冷剂	19
1.3.1 蒸发器	6	1.6.5 混合工质 R152a/R22 制冷剂	22
1.3.2 冷凝器	9	1.6.6 新旧制冷剂使用情况简介	22
1.4 节流装置	12	1.7 载冷剂和冷冻油	23
1.4.1 毛细管	12	1.7.1 载冷剂	23
1.4.2 热力膨胀阀	13	1.7.2 冷冻油	24

第 2 章 小型制冷设备的特点差异

2.1 电冰箱的制冷系统	26	2.3 小型制冷设备	39
2.1.1 概述	26	2.3.1 喷泉式冷饮机	39
2.1.2 单回路制冷系统	27	2.3.2 小型制冰机	40
2.1.3 双回路制冷系统	30	2.3.3 冰棍机和冰淇淋机	42
2.2 冷柜	32	2.4 小型冷库	43
2.2.1 概述	32	2.4.1 小型冷库的设计要求	43
2.2.2 制冷系统	35	2.4.2 冷藏库的结构特点	44
2.2.3 厨用冷藏箱正常运行 的标志	36	2.4.3 围护结构的隔热与防潮	46
2.2.4 厨用冷藏箱的控制部件	37	2.4.4 中、小型冷库的制冷系统	48
		2.4.5 小型冷库的安装调试	49

第 3 章 空调设备的控制部件

3.1 房间空调器的制冷、制热、 通风系统	52	3.1.1 房间空调器的制冷系统	52
		3.1.2 房间空调器的制热系统	53

3.1.3 冷热型分体式空调器·····	54	3.4 汽车空调系统主要部件·····	65
3.1.4 变频式空调器的制冷、 制热系统·····	55	3.4.1 压缩机和电磁离合器·····	65
3.2 房间空调器的结构特点·····	55	3.4.2 热交换器·····	68
3.2.1 结构特点·····	56	3.4.3 气液分离器·····	69
3.2.2 变频空调器的新型部件·····	58	3.5 蒸发器压力控制装置·····	71
3.3 空调制冷系统控制部件·····	60	3.5.1 电磁旁通阀·····	71
3.3.1 电磁四通换向阀·····	60	3.5.2 吸气节流阀·····	71
3.3.2 气液分离器及干燥过滤器·····	61	3.5.3 绝对压力阀·····	72
3.3.3 单向阀·····	62	3.6 冷气控制系统·····	72
3.3.4 电磁旁通阀·····	63	3.6.1 循环离合器系统·····	73
3.3.5 管路截止阀与气门嘴阀·····	64	3.6.2 恒温膨胀阀—吸气节流阀 系统·····	74
3.3.6 步进电机的工作原理 与检修·····	65	3.6.3 孔管—变容量压缩机 控制系统(VDOT)·····	78

第4章 电控技术

4.1 电控技术基础知识·····	79	4.3.3 直冷式双循环冷藏、冷冻箱 控制电路·····	93
4.1.1 低压控制电器概述·····	79	4.3.4 风冷式双循环冷藏、冷冻箱 控制电路·····	93
4.1.2 电气识图·····	80	4.4 电源电路中的主要电气 控制元件·····	94
4.1.3 电气设备的保护接零与 保护接地·····	82	4.4.1 自动空气开关·····	94
4.1.4 DT890 数字万用表的 使用方法·····	84	4.4.2 接触器·····	95
4.2 电冰箱基本电路·····	85	4.4.3 热继电器·····	95
4.2.1 主要电气元件·····	86	4.4.4 继电器·····	96
4.2.2 电冰箱的启动保护电路·····	87	4.4.5 印制线路板·····	97
4.2.3 直冷式电冰箱基本 控制电路·····	89	4.4.6 常用接插件·····	98
4.2.4 间冷式电冰箱基本 控制电路·····	89	4.4.7 小型继电器的简易测试·····	99
4.2.5 电子化霜定时器·····	90	4.5 继电器—接触器控制电路·····	99
4.3 电冰箱机械—电子混合型 温控电路·····	91	4.5.1 冷藏柜控制电路·····	99
4.3.1 直冷式单循环冷藏、冷冻箱 控制电路·····	91	4.5.2 小型冷库控制电路·····	101
4.3.2 风冷式单循环冷藏、冷冻箱 控制电路·····	92	4.5.3 半封闭压缩机电路·····	102
		4.5.4 小型拼装冷库电路·····	104
		4.5.5 小型冷饮设备电路·····	105
		4.5.6 三相异步电动机的降压 启动控制电路·····	106
		4.5.7 三相异步电动机故障分析·····	108

4.5.8 电源故障的检查	108	4.5.9 电气线路故障分析	109
---------------------	-----	----------------------	-----

第5章 制冷机修理技术

5.1 厨房冷藏柜、冷库制冷机 的基本检查方法	111	5.3.3 抽真空	120
5.1.1 压力分析法	111	5.3.4 充注制冷剂	123
5.1.2 经验判断法	112	5.3.5 加注冷冻油	124
5.1.3 主要部件分析法	112	5.4 钳工技术与钎焊技术	125
5.2 制冷机管路的故障分析	114	5.4.1 钳工工艺	125
5.2.1 制冷剂不足的判断	114	5.4.2 钎焊技术	126
5.2.2 制冷剂过多的判断	114	5.4.3 冲击钻的使用方法	130
5.2.3 制冷系统堵塞的排除	115	5.5 修理实践	130
5.2.4 制冷剂渗漏的检查	117	5.5.1 压缩机拆修	130
5.3 制冷机修理工艺	118	5.5.2 拆修过滤器、电磁阀、 膨胀阀等部件	131
5.3.1 制冷系统的吹污、清洗	118	5.5.3 厨房冷藏柜抽空、充氟	131
5.3.2 打压、试漏	120		

第6章 电冰箱修理技术

6.1 电冰箱的质量检验与温度调节 ...	133	6.3.2 化霜部件故障	146
6.1.1 新型电冰箱概述	133	6.3.3 二位三通电磁阀故障	147
6.1.2 电冰箱的质量检验	134	6.3.4 电子温控器故障	148
6.1.3 电冰箱的温度调节	135	6.3.5 制冷系统故障(压缩机、风机、 毛细管、管路)	149
6.1.4 伪故障的判断	136	6.4 电冰箱部件的修理实践	151
6.2 电冰箱故障分析	138	6.4.1 电冰箱箱体部件的修理	151
6.2.1 检查故障的基本方法	138	6.4.2 电冰箱内胆的检修	152
6.2.2 电冰箱噪声的判断及其 处理方法	138	6.4.3 冰箱内漏的几种修理方法 ...	152
6.2.3 制冷系统的故障表现与 排除方法	140	6.4.4 蒸气压力式温度控制器的 调试方法	153
6.2.4 电冰箱制冷系统故障的 分析程序	142	6.4.5 电气元件检修	155
6.3 电冰箱疑难故障排除实例	145	6.4.6 电冰箱电气部件的 拆卸装配	157
6.3.1 冷藏室温控故障	145	6.4.7 用仪表速查故障	159

第7章 空调系统的调控运行

7.1 汽车空调系统概述	161	7.1.1 全空调系统	161
--------------------	-----	-------------------	-----

7.1.2 真空控制装置	163	7.4.1 操作盘与遥控器	174
7.2 汽车空调的控制系统	164	7.4.2 运转操作方法	176
7.2.1 南京依维柯汽车空调 控制系统	164	7.4.3 定时开/关功能	178
7.2.2 北京切诺基汽车空调系统 ...	165	7.4.4 睡眠功能的使用	179
7.2.3 电控气动的汽车空调系统 ...	167	7.4.5 调整送风方向	179
7.2.4 全自动空调系统	168	7.5 分体式空调器的安装和维修 要点	180
7.2.5 微电脑控制的汽车 空调系统	170	7.5.1 安装要点	180
7.2.6 故障自诊断功能	171	7.5.2 分体式空调器的拆迁	184
7.3 检查、维护、保养	171	7.5.3 空调器的维护与保养	185
7.3.1 汽车空调检测工艺	171	7.6 电子计算机房空调器	186
7.3.2 冷气系统的维护项目 与内容	172	7.6.1 电子计算机房与程控交换机房 对空调器的要求	186
7.3.3 汽车空调的定期保养	172	7.6.2 气流组织	189
7.4 房间空调器的调控运行	173	7.6.3 机型的选择	190

第8章 汽车空调系统的维修

8.1 歧管压力表的使用方法	192	8.2.6 汽车空调压缩机故障分析 ...	205
8.1.1 汽车空调维修阀	192	8.3 R600a/R134a 抽空灌注机的 使用方法	206
8.1.2 歧管压力表的使用方法	193	8.3.1 R600a/R134a 抽空 灌注机	206
8.1.3 采用歧管压力表查找故障 ...	194	8.3.2 R134a 制冷剂的充注方法 ...	206
8.1.4 制冷剂罐注入阀的 使用方法	198	8.4 空调系统的拆卸与装配	207
8.2 用观测法分析和排除故障	199	8.4.1 北京切诺基汽车空调拆装 实例	207
8.2.1 观测法	199	8.4.2 南京依维柯汽车空调系统 的拆装	210
8.2.2 潮气与部件检测	200		
8.2.3 系统噪音的排除方法	200		
8.2.4 空调系统故障原因分析	201		
8.2.5 R134a 制冷系统的维修	203		

第9章 空调器的电控技术

9.1 汽车空调电源与电气装置	213	9.2.2 怠速继电器电子电路分析 ...	218
9.1.1 汽车电源	213	9.2.3 夏利轿车空调电路分析	219
9.1.2 电气装置	214	9.3 汽车空调典型电路	220
9.2 汽车空调系统控制电路分析	216	9.3.1 桑塔纳轿车空调电路	221
9.2.1 基本电路分析	216	9.3.2 奥迪轿车空调电路	221

9.3.3 马自达 929 型汽车 空调电路	221	9.5 普通智能型柜式空调器电路 要点分析	227
9.3.4 三菱客车空调电路	221	9.5.1 RFD—14WL 空调器室内 机组电路分析	227
9.4 房间空调器电路要点分析	225	9.5.2 室内机组主控板电子线路 分析	229
9.4.1 电气系统要点	225	9.5.3 室外机组电路分析	230
9.4.2 分体式空调器电路 要点分析	225		

第 10 章 电子技术

10.1 电子线路基础	233	10.2.3 电子开关逻辑门电路	244
10.1.1 晶体管整流、滤波、稳压 电路	233	10.2.4 二—十进制编码器	247
10.1.2 晶体管放大电路	234	10.2.5 译码器	248
10.1.3 晶体管开关电路	235	10.2.6 数据选择器	248
10.1.4 温度感知与调节电路	236	10.2.7 数字显示驱动译码电路	249
10.1.5 电压比较器	237	10.2.8 多位分时数字显示驱动 电路	251
10.1.6 双电压比较电路实例	238	10.2.9 数字电路检测常用工具	252
10.1.7 微分电路	239	10.3 时序逻辑电路	254
10.1.8 积分电路	240	10.3.1 基本 RS 触发器	254
10.1.9 集成电路概述	241	10.3.2 应用电路实例	256
10.2 数字逻辑电路及其实际应用	241	10.3.3 D 触发器	256
10.2.1 逻辑代数与继电器 逻辑电路	241	10.3.4 寄存器	257
10.2.2 与、或、非三种基本逻辑 运算	242	10.3.5 移位寄存器电路	258
		10.3.6 JK 触发器与 T 触发器	261
		10.3.7 计数器	262

第 11 章 微电脑控制技术

11.1 微电脑控制器概述	264	11.2.2 晶振电路与维修	272
11.1.1 微电脑控制器的硬件 与软件	264	11.2.3 复位电路	272
11.1.2 集成电路的引脚 分布规律	266	11.2.4 开关输入电路原理 与检修	275
11.1.3 集成电路的电源引脚	268	11.2.5 实用键控输入电路	275
11.1.4 微控制器控制引线说明	269	11.2.6 电流互感器保护电路	277
11.1.5 空调微电脑控制器	270	11.2.7 驱动电路	277
11.2 微控制器单元电路分析	270	11.2.8 机型选择电路的原理 与维修	277
11.2.1 LC 晶体振荡器	270	11.2.9 风速检测电路	279

11.2.10 相序保护电路的原理 与维修	280	11.4 格力、春兰空调微电脑 控制电路	287
11.2.11 室内外通信电路的原理 与维修	281	11.4.1 格力空调电子线路概述	287
11.3 空调专用遥控器电路分析	282	11.4.2 COR—48—GR 主控板 电路分析	289
11.3.1 FWK—2 型遥控发射器 电路分析	282	11.4.3 春兰新 KFR—32GW 空调器 主控板电路分析	292
11.3.2 红外线接收传输电路	285	11.4.4 空调微电脑主控板的 检修思路	295
11.3.3 遥控器的维修	286	11.4.5 怎样排除电子线路的复杂 故障	297

第 12 章 电冰箱微电脑控制电路分析

12.1 微电脑式冰箱、冷柜、冷库的 调控运行	299	12.2 电冰箱微电脑控制电路分析	307
12.1.1 微电脑式电冰箱的 控制功能	299	12.2.1 微电脑冰箱接线示意图	307
12.1.2 长岭—阿里斯顿 BCD—203A 电冰箱的调试运行	300	12.2.2 电冰箱温标显示与 除臭电路	308
12.1.3 海尔 BCD—518W 电冰箱 的操作方法	302	12.2.3 电冰箱电子温控 电路分析	311
12.1.4 海尔 BC 系列冷柜的调控 运行	304	12.2.4 华菱 BCD—320W 电冰箱 微电脑控制电路	313
12.1.5 冷藏箱(库)的 微电脑控制	304	12.2.5 春兰 BCD—230WA 电冰箱 微电脑控制电路分析	316
12.1.6 东芝电冰箱微电脑控制器 简介	305	12.2.6 MC6805 微电脑控制器	319
		12.2.7 冷库专用电脑自动 控制电路	319

第 13 章 汽车空调微电脑控制技术

13.1 汽车空调的自动调温系统	322	13.2.1 电控自动空调系统	327
13.1.1 温度传感器	322	13.2.2 控制伺服电机	329
13.1.2 传感器基本线路	324	13.2.3 特殊传感器	331
13.1.3 真空控制系统	325	13.2.4 风机、压缩机控制电路	332
13.1.4 电控气动的汽车真空控制 系统	326	13.2.5 真空控制元件	333
13.2 电控自动空调系统	327	13.2.6 日产汽车电控自动 空调电路	336

第 14 章 空调器变频电路基础

14.1 概述.....	338	14.2.3 电力晶体管与逆变器驱动 输入信号.....	347
14.1.1 空调器变频技术简述.....	338	14.2.4 绝缘栅双极晶体管 (IGBT)	350
14.1.2 海尔变频空调器的 操作方法.....	341	14.2.5 智能功率模块(IPM)	351
14.1.3 变频空调与普通空调的 区别.....	344	14.3 IPM 控制电路	354
14.1.4 空调变频器的调制方式.....	345	14.3.1 SPWM 控制器	354
14.2 电力半导体器件.....	346	14.3.2 单片机+IPM 控制电路 ...	357
14.2.1 概述.....	346	14.3.3 TMP88CK49/CM49 高速 8 位单片机	358
14.2.2 可关断晶闸管(GTO)	346		

第 15 章 变频空调器电路剖析与维修

15.1 电气控制接线图.....	361	15.3 海尔变频柜机电路剖析 与维修.....	378
15.1.1 海尔 KFR—36GW/BPF 空调器电路简述.....	361	15.3.1 室内机组微控制器 电路剖析.....	378
15.1.2 海尔 KFR—36GW/BP 空调器 电路维修要点.....	364	15.3.2 室外机组微控制器 电路剖析.....	380
15.1.3 春兰 KF—50LW、KF—70LW 变频柜机室外电路分析.....	366	15.3.3 室内外机故障自检代码.....	384
15.1.4 海尔 KFR—50LW/BP 柜式 空调器电路简述.....	368	15.3.4 利用故障代码分析和排除 故障.....	384
15.1.5 海尔 KFR—25GW/BP×2 型 空调器的电气控制 接线图.....	371	15.3.5 控制与保护功能简述.....	385
15.2 科龙 KFR—28GW/BP 变频空调器 电路分析.....	372	15.4 变频电路维修要点.....	386
15.2.1 室内机组电路分析.....	372	15.4.1 室内机组电路维修要点.....	386
15.2.2 室外机组电路分析.....	375	15.4.2 室外机组电路维修要点.....	387
		15.4.3 壁挂式空调器变频 电路框图.....	389
		15.4.4 科龙变频空调器 故障代码.....	389

附 录

附录 A 电气图常用图形符号.....	391
附录 B 国外集成电路规范	398
附录 C 材料选择	400

第 1 章 制冷技术概述

1.1 制冷原理与制冷方式

1.1.1 制冷技术的“纲”

制冷一般指的是吸收物体的热量，使其温度下降。制冷可以分成以下三种情况：

- (1) 冷却，使温度降低到适当值，如空气调节。
- (2) 冷藏，如果品蔬菜冷藏。
- (3) 冷冻，如肉类食品深冷速冻保鲜。

这三者的区别在于温度要求不同：空气调节温度值在 $18\sim 25^{\circ}\text{C}$ 左右，冷藏温度控制在 $0\sim 10^{\circ}\text{C}$ 左右，冷冻温度在 $-12\sim -30^{\circ}\text{C}$ 左右。

在制冷技术范畴，虽然制冷机组比较复杂，制冷设备品种繁多，但总的来说，制冷原理却十分简单，用七个字即可概括：“制冷剂汽化吸热”，即利用制冷剂在低压、低温条件下大量蒸发，吸收被冷却空间的热量，来达到制冷的目的，又称为相变制冷。中国有句成语叫做“纲举目张”，在制冷技术范畴，也有个纲，这个纲就是制冷原理和制冷循环。

从理论上说，液体蒸发吸热可以制冷，但如果把已经完成冷却作用的制冷剂放掉，这并不经济，而且任何一种制冷剂都会消失殆尽，使连续制冷成为空谈。但对蒸气压缩式制冷来说，如果把已蒸发的蒸气制冷剂压缩、冷却、液化，让制冷剂在一个密闭系统内循环，就能连续而经济地制冷，这个方式就叫做制冷循环。常见的蒸气压缩式制冷循环部件及其作用如下：

- (1) 蒸发器：使液态制冷剂在低温、低压下蒸发，吸热制冷。
- (2) 压缩机：从蒸发器中吸入低温制冷剂气体，同时，把这种已失去冷却能力的气体压缩成为高温、高压气体。
- (3) 冷凝器：使高温、高压气体在冷凝器内冷却成为高压液态制冷剂，冷却介质一般为水和空气。
- (4) 毛细管：为使制冷剂能在低压、低温下蒸发而采用毛细管进行降压节流。

制冷技术的关键实质上就是制冷循环，压缩机就相当于人的心脏，而制冷剂就相当于人体的血液。制冷系统的修理工作归纳为一句话，就是解决制冷循环问题。

制冷循环目前主要有两种方式：一是蒸气压缩式制冷，二是吸收式制冷。

电冰箱、冷柜、房间空调器、汽车空调器、小型冷库、离心式冷水机组、螺杆式制冷机组等采取的都是蒸气压缩式制冷循环；而溴化锂空调冷/热水机组、吸收式低温冷库采取的是吸收式制冷循环。

蒸气压缩式制冷循环的关键元件是压缩机，采用的制冷剂主要是氟里昂。吸收式制冷循环中，能量补偿主要依靠热能，热能的来源则主要为燃油、燃气、蒸气、废热等；制冷循环则依靠溶液泵来进行；采用的制冷剂由两种或者三种元素组成。例如，溴化锂中央空调机的制冷剂为水，吸收剂为溴化锂溶液；吸收式冷库采用的制冷剂为氨，吸收剂为水。

1.1.2 蒸气压缩式制冷

电冰箱、房间空调器、活塞式冷水机组、离心式冷水机组、螺杆式冷水机组等的工作方式都属于蒸气压缩式制冷范畴。

蒸气压缩式制冷装置的特点：其制冷系统都由压缩机、冷凝器、节流装置（膨胀阀或毛细管）、蒸发器四大部件组成，并由管道连成一个闭合回路系统，制冷剂在这个密闭系统中不断地循环流动，在气、液两态之间变化。其制冷循环过程如图 1.1 所示。

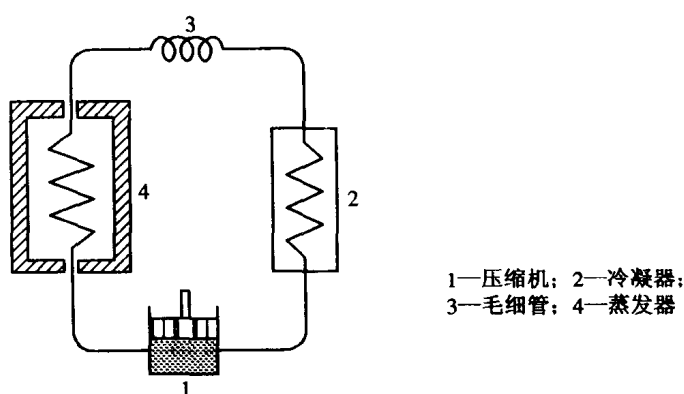


图 1.1 蒸气压缩式制冷循环的基本环节

在图 1.1 中，液态制冷剂（氟里昂）在蒸发器中吸收被冷却物体（或空间）的热量之后，就汽化成低压、低温的蒸气，被压缩机吸入并压缩成高压、高温的蒸气，然后由排气口排入冷凝器中放出热量（热量由空气或水带走）而成为高压液体，随后冷凝高压液体经毛细管（或膨胀阀）节流以后又变成低压、低温的液态制冷剂，再次进入蒸发器吸热气化，产生制冷效应，如此循环不已，即起到连续制冷的作用。

在实际的制冷设备中，除了上述的四大部件以外，往往还有一些辅助设备，如干燥过滤器、分液器、贮液器、各种阀类、压力继电器及一些电气控制设备。

在蒸汽压缩式制冷装置中，压力、温度、制冷剂的状态是三个必须熟练掌握的概念。如图 1.1 所示，冷凝器中，制冷剂冷凝为液体，放热；蒸发器中，制冷剂为气液混合状态，蒸发吸热；在压缩机的吸入管及蒸发器的末端，制冷剂呈过热蒸气状态（吸气过热）；在压缩机排气管及冷凝器入口处，制冷剂也呈过热蒸气状态（排气过热）；而在冷凝器的末端出口处，由于冷却空气充分吸热，制冷剂呈过冷状态（过冷液体）。

系统中的压力分布是：压缩机排气口至毛细管入口处为高压部分，称为冷凝压力（相应的温度称为冷凝温度）；从毛细管末端至压缩机吸入端为低压部分，称为蒸发压力（相应的温度称为蒸发温度）；而在压缩机中压力则由低到高变化。

上述制冷循环中各部分的制冷剂状态、压力及温度变化列于表 1.1。

表 1.1 制冷剂压力及温度变化

部 件	制冷剂的状态	压力变化	温度变化
蒸发器	液→气	低压(一定)	低温(一定)
压缩机	气→气	低压→高压	低温→高温
冷凝器	气→液	高压(一定)	高温→常温
毛细管	液→液	高压→低压	常温→低温

1.2 制 冷 压 缩 机

1.2.1 压缩机的工作类型

在蒸气压缩式制冷装置中,压缩机被喻为制冷装置的心脏,它在电动机的带动下,由蒸发器吸入低压、低温制冷剂蒸气,并压缩成高温、高压气体排出,然后送到冷凝器中冷却和冷凝,使制冷剂在系统中进行制冷循环。总而言之,压缩机为制冷系统的循环提供动力。

蒸气压缩式制冷系统使用的压缩机分为两种类型:容积型和速度型。

1. 容积型压缩机

容积型压缩机形式繁多,主要分为往复式和旋转式两大类。往复式压缩机按其结构可分为曲轴连杆式、曲柄滑管式及电磁式、斜板式等类型。曲柄滑管式压缩机主要用于电冰箱,斜板式压缩机常用于汽车空调。往复式压缩机常用于厨房冰箱(冷藏箱),旋转式压缩机则常用于房间空调器。旋转式压缩机具有效率高,重量轻,体积小,结构简单的特点,与相同制冷量的往复式压缩机相比,零件约减少 50%,重量约减轻 35%,而容积效率和能效比却比较高。但旋转式全封闭压缩机的加工和装配精度高,维修难度大,价格偏高。市场上销售的旋转式压缩机主要有日本三菱、松下、日立、三洋,美国泰康,韩国三星、金星、大宇等公司的产品;国内主要有上海日立,西安庆安,北京雪花等压缩机公司的产品。

往复活塞式压缩机的结构特点是:它的主要部件(活塞)在气缸内作往复运动,通过活塞的往复运动来压缩汽缸内的气体。旋转式压缩机的主要机件(转子)在汽缸内作旋转运动,以此引起汽缸工作容积的周期性变化,实现气体的压缩。在旋转式压缩机中,涡旋式压缩机出现较晚,它以阴阳螺旋线转子啮合旋转,形成变化的汽缸容积,制冷剂在螺旋线空隙中被挤出去,制冷量一般在 14 000 W 左右,用在柜式空调器中。现在先进的变频空调器上,有的机型又采用了第四代数字式控制双转子压缩机,其性能更为优越,噪音更小。

容积型压缩机的工作有一个特点,即它依靠汽缸容积变化来吸气和排气,当汽缸容积变大时为吸气,汽缸容积变小时气体被压缩,压力提高后被排出汽缸。掌握了这个特点就掌握了一个分析工作原理的诀窍。

2. 速度型压缩机

速度型压缩机中,气体压力的升高是通过气体速度的变化来实现的,即先使气体具有一定的速度,然后再使气体的动能转变成压力能,使气体的压力得到相应的提高。离心式压缩机就属于速度型压缩机。

1.2.2 压缩机的传动方式与结构特点

制冷压缩机按传动方式可分为开启式、半封闭式和全封闭式三类。现分别进行说明。

(1) 开启式制冷压缩机：压缩机曲轴的功率输入端伸出曲轴箱外，通过联轴器或皮带轮和电动机相连接，因此在曲轴伸出端处必须装有轴封，以免制冷剂向外泄漏，这种类型的压缩机称为开启式压缩机。

开启式压缩机的压缩部分与电动机是分开的，如汽车空调的压缩机和传统的小型冷库、厨房冰箱的压缩机常常就是开启式压缩机。它一般以联轴器或者三角皮带相连接，以传递动力。

(2) 半封闭式制冷压缩机：由于开启式压缩机轴封的密封面磨损后会造成泄漏，增加了操作维护的困难，人们在实践的基础上，将压缩机的机体和电动机的外壳连成一体，构成一密封机壳，这种类型的压缩机称为半封闭式压缩机。

半封闭式压缩机的主要特点是不需要轴封，密封性好，对氟里昂压缩机很适宜。我国中、小型系列活塞式制冷压缩机规定：缸径 50 mm 的压缩机采用氟里昂半封闭式；缸径 70 mm 的氨压缩机采用开启式，氟里昂压缩机采用半封闭式。如螺杆式冷水机组中的压缩机就属于半封闭压缩机。

(3) 全封闭式制冷压缩机：压缩机与电动机一起装置在一个密闭的铁壳内，形成一个整体，从外表上看，只有压缩机的吸、排气管的管接头和电动机的导线，这种类型的压缩机称为全封闭式压缩机。

全封闭式压缩机的铁壳分成上、下两部分，压缩机和电动机装入后，上、下铁壳用电焊焊接成一体，平时不能拆卸，因此，要求机器使用可靠。现在的房间空调器、电冰箱上都采用全封闭压缩机。

1.2.3 容积型压缩机工作原理分析

容积型压缩机根据活塞运动方式的不同，可分为往复式、旋转式两种。旋转式压缩机又主要分为旋转活塞式和涡旋式两种类型。下面分别作以说明。

1. 往复式压缩机的工作原理

往复式压缩机是以活塞在汽缸中作往复直线运动来改变汽缸的工作容积，使汽缸工作容积有规律地增大和缩小而实现吸排气的功能的。活塞在汽缸中往复运动时，在气阀的配合下，汽缸内需通过四个变化才能完成吸排气的过程，如图 1.2 所示。

(1) 压缩过程：当制冷剂蒸气充满汽缸时，活塞开始由 1 点向 2 点移动，将吸气阀门关闭。汽缸工作容积缩小，低压蒸气受到压缩，压力步步升高。

(2) 排气过程：活塞在电动机带动下，从点 2 继续左移，使制冷剂蒸气压力、温度、密度持续增大，蒸气压力克服阀片弹力，排气阀片被冲开，高温、高压蒸气全部被排入排气腔，活塞从点 2 移到点 3，完成排气过程。

(3) 膨胀过程：在电动机运转和曲轴作用下，活塞改变移动方向，从点 3 向点 4 移动，此时汽缸内残留蒸气体积增大，完成膨胀过程。

(4) 吸气过程：活塞从点 4 移到点 1，吸气阀打开，蒸气被吸入汽缸。

这四个过程循环不止，就完成了吸入低压蒸气，排出高压蒸气的任务。

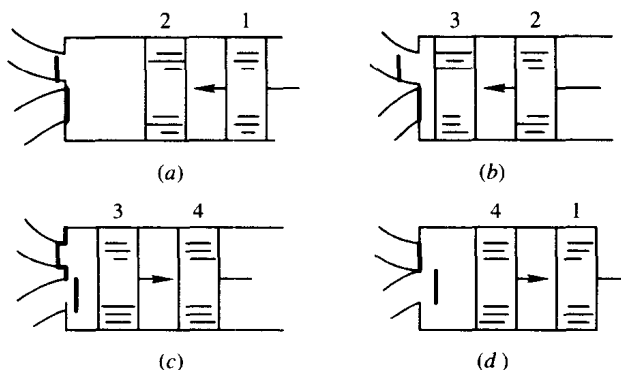


图 1.2 活塞式压缩机的工作原理

(a) 压缩过程；(b) 排气过程；(c) 膨胀过程；(d) 吸气过程

2. 旋转式压缩机的工作原理

旋转式压缩机的结构如图 1.3(a)所示。它主要由曲轴、偏心轮(转子式活塞)等组成，其工作过程分为三步，如图 1.3(b)、(c)、(d)所示。

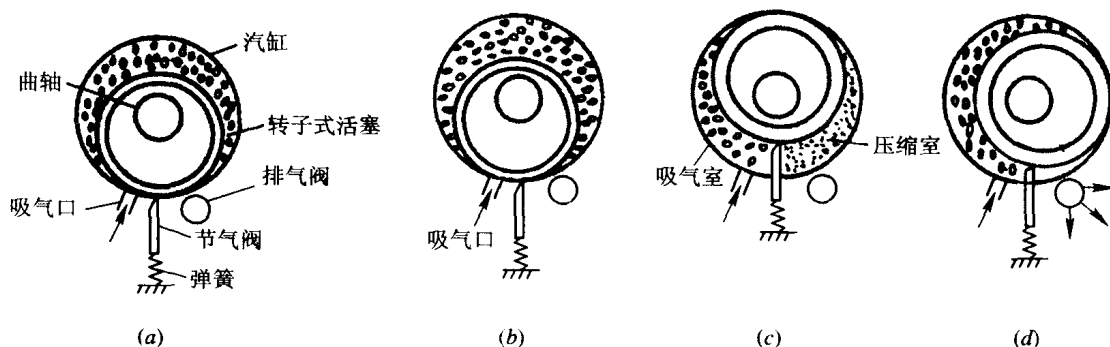


图 1.3 旋转压缩机的结构与工作原理

(a) 结构；(b) 吸气过程；(c) 压缩过程；(d) 排气过程

(1) 吸气过程：此时偏心轮(转子式活塞)与汽缸底部接触，吸气口与蒸发器相通，低压制冷剂蒸气进入汽缸内。

(2) 压缩过程：偏心轮在电动机的带动下，沿着顺时针方向滚动。受弹簧的弹力作用，节气阀顶住偏心轮，把汽缸空间分为两部分，相互隔绝。随着偏心轮活塞的滚动，吸入的蒸气被压缩，压力不断增大。

(3) 排气过程：偏心轮继续沿顺时针方向滚动，当汽缸内的蒸气压缩到排气压力能顶开排气阀时，排气阀被打开，高温、高压蒸气排出压缩机，进入排气腔。

随着电动机的运转，此过程循环不止。

旋转式压缩机吸气口没有吸气阀，蒸气可直接进入吸气室。排气口装有排气阀，经它排出的气体进入机壳内，所以旋转式压缩机的机壳内为高压气体。电机绕组处在高压气温中，要求绕组耐高温，绝缘性好。

旋转式压缩机的特点如下：

(1) 转子活塞外径与气缸内壁为滚动运动，机械摩擦力小。

(2) 吸气、压缩和排气同时进行，吸、排气时间长。