

高等职业教育“十二五”规划教材
制冷与空调/制冷与冷藏专业

制冷与空气 调节电气技术

ZHILENG YU KONGQI TIAOJIE DIANQI JISHU

郑兆志 主编



NLIC2970862436



赠电子课件



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

高等职业教育“十二五”规划教材
制冷与空调/制冷与冷藏专业

制冷与空气调节电气技术

主 编 郑兆志
参 编 何钦波 黎绵昌 陶 洁
主 审 陈粟宋



NLIC2970862436



机械工业出版社

本书为“十二五”高职制冷专业规划教材,国家级精品课配套教材。按照制冷设备或装置电气控制系统的结构层次与控制规律,首先介绍了制冷设备的第一级——常用和通用的电气执行机构,其次介绍了第二级——常用和通用的触点式控制器与传感控制器,最后以典型的家用冰箱、家用空调器、多联机、热水机等电气控制系统为例,承接了前面的两个部分,并学习了第三级——接线图控制机理和原理图图解分析,完成了整个制冷电气三级组成部分的学习。

本书是为制冷、空调、冷藏、暖通等同类高职专业编写的教材,同时可作为制冷企业电气设计辅助与检验、售后服务技术的培训教材及制冷行业维修人员的参考书。

本书配有电子课件,凡使用本书作为教材的教师可登录机械工业出版社教材服务网 www.cmpedu.com 下载。咨询邮箱: cmpegaozhi@sina.com。咨询电话: 010-88379375。

图书在版编目(CIP)数据

制冷与空气调节电气技术/郑兆志主编. —北京:
机械工业出版社, 2012. 11
高等职业教育“十二五”规划教材. 制冷与空调/制
冷与冷藏专业
ISBN 978-7-111-40260-2

I. ①制… II. ①郑… III. ①制冷装置-电气设备-
高等职业教育-教材②空气调节设备-电气设备-高等职
业教育-教材 IV. ①TB65②TU831

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2012) 第 262925 号

机械工业出版社(北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)
策划编辑: 王海峰 张双国 责任编辑: 张双国
版式设计: 闫玥红 责任校对: 张莉娟
封面设计: 马精明 责任印制: 张楠
北京京丰印刷厂印刷
2013 年 1 月第 1 版·第 1 次印刷
184mm×260mm·17 印张·6 插页·434 千字
0 001—3 000 册
标准书号: ISBN 978-7-111-40260-2
定价: 32.00 元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换
电话服务 网络服务

社服务中心: (010) 88361066 教材网: <http://www.cmpedu.com>
销售一部: (010) 68326294 机工官网: <http://www.cmpbook.com>
销售二部: (010) 88379649 机工官博: <http://weibo.com/cmp1952>
读者购书热线: (010) 88379203 封面无防伪标均为盗版

前 言

各类制冷空调设备已经成为最广泛使用的机电产品之一。随着制冷电气技术的快速发展与应用,传统的制冷产品被赋予了新的元素,而且新型结构形式的空调设备得以涌现,如各类多联机与热泵热水机。通过调查制冷制造企业和走访制冷服务行业,了解到目前电气控制作为制冷设备的核心技术以及维修中的核心技能,还不能被大多数从业人员掌握,制冷电气维修专业人员奇缺,已经制约了制造企业特别是服务行业的发展,而制冷企业依靠自身的培训又不能很好地把握职业技能培训的规律,这就急需高职院校制冷相关专业加强制冷电气技术方面技能人才的培养。但是目前全国各类高职制冷专业长期以来在制冷电气技术方面的教学一直比较薄弱,无法满足制冷企业和行业对制冷电气技能型人才的需求,本书的编写充分考虑了这些背景。

本书编写的特点有几个方面:所选用的项目真实有效,内容来自知名制冷企业,代表着最流行产品的典型技术;任务按实际工作步骤进行设计,又根据具体任务有所变通;任务设计充分体现了学生的自主性、趣味性,并旨在提高学生“能说”、“会写”、“知做”3个方面的能力;内容的设计充分体现提高方法能力和社会能力并带动专业能力的提升的教学理念。

本书编写遵循“突出技能、重在应用、图解分析、直观易学”,按照制冷与空调设备电气控制系统的结构层次以及通用性、专用性、模块化、重要性、难易程度进行编排。本书有6个项目,从控制系统第一级(执行级)——电气执行机构应用,到控制系统第二级(转换级)——触点式控制器及传感控制器应用,然后以家用冰箱、家用空调器、多联机、热水机等典型制冷产品为对象,对控制系统第三级(控制级)——电路板的控制机理、控制原理、可能的故障及检修方法以图解的形式进行讲解。项目5及项目6的内容,在国内教材和工程书籍中属于创新知识。

本书适用于高职制冷同类专业,同时可作为制冷企业售后服务技术培训教材,制冷行业维修人员的参考书。本书供选择的模块比较多,在教学内容选取上,项目1和项目2是制冷电气的基础,属于必选项目,至于教学项目3~6同属于第三级,可根据专业培养方案任选;项目包含的知识和技能可以很好地为所布置任务做指导,拓展知识作为参考资料可以进一步开拓视野。项目3~6的内容包含了控制系统机理的学习和电路板控制原理分析两部分,如果对微电子微处理器电路理解有困难,可以放弃电路板检修的学习,同样可以获得电气维修技能;建议按照本书的编写特点,实施“实践遵循理论做,理论对着实践讲”的一体化教学。

本书由郑兆志主编。项目1和项目4由郑兆志编写,项目5和项目6由郑兆志编著,项目2由黎绵昌、陶洁编写,项目3由何钦波编写。

全书由顺德职业技术学院陈粟宋教授主审,编写过程得到了美的中央空调公司、家用空调公司、科龙空调公司、科龙冰箱公司的设计部门与技术服务部门,以及格力宏昌

IV 制冷与空气调节电气技术

顺德工程公司的大力支持，在此表示感谢。

本书为国家级精品课程《制冷设备电气与控制系统检修》的配套教材，其相关的教学资源可以浏览精品资源共享课网站。

鉴于作者水平有限，书中难免有不妥之处，恳请广大读者批评指正（zzz201@163.com）。

编 者

目 录

前言

项目 1 制冷设备电气执行机构 1

任务 1 制冷设备电气控制系统 1

1.1.1 制冷设备电气控制系统及结构组成 1

1.1.1.1 电气执行机构的定义 1

1.1.1.2 制冷设备电气控制系统的定义 1

1.1.1.3 常见制冷设备电气控制系统的结构组成 1

1.1.1.4 三级结构的功能说明 2

1.1.1.5 各类空调设备常见的电气执行机构 2

1.1.2 综合训练：各类制冷设备电气执行机构辨识 3

任务 2 旋转类电气执行机构应用 4

1.2.1 压缩机 4

1.2.1.1 空调设备中所使用的压缩机分类 4

1.2.1.2 各类压缩机的特点与应用场合 4

1.2.1.3 压缩机检测 7

1.2.1.4 压缩机接线 7

1.2.1.5 压缩机的常见电气故障与检修 9

1.2.2 电动机 10

1.2.2.1 电动机的分类与应用场合 10

1.2.2.2 电动机的结构特点 11

1.2.2.3 空调设备电动机常见电气故障与检修方法 13

1.2.2.4 空调设备电动机接线实例 14

1.2.3 冷凝水排水泵 15

1.2.3.1 冷凝水排水泵的工作原理 15

1.2.3.2 冷凝水排水泵的常见

故障与检修 16

1.2.4 综合训练：旋转类电气执行机构的应用与检修 17

任务 3 各类电动阀的应用 17

1.3.1 空调器四通阀 17

1.3.1.1 四通阀的结构特点与工作原理 17

1.3.1.2 四通阀常见电气故障检修 19

1.3.2 电子膨胀阀 19

1.3.2.1 电子膨胀阀的种类与工作原理 19

1.3.2.2 步进式电子膨胀阀的结构特点 20

1.3.2.3 步进式电子膨胀阀技术参数 20

1.3.2.4 步进式电子膨胀阀的常见故障与检修 20

1.3.3 电磁阀 21

1.3.3.1 直接作用式电磁阀 21

1.3.3.2 间接作用式电磁阀 22

1.3.3.3 其他电磁阀 23

1.3.3.4 电磁阀常见故障分析与检修方法 24

1.3.4 综合训练：各类电磁阀的应用与检修 24

任务 4 其他电气执行机构 25

1.4.1 空气负离子发生器 25

1.4.1.1 空气负离子发生器的工作原理 25

1.4.1.2 负离子发生器的功能 25

1.4.1.3 负离子发生器的应用 26

1.4.1.4 空气负离子发生器的形式与检修 26

1.4.2 电加热器的种类与应用 27

1.4.2.1 PTC 加热器 27

1.4.2.2 电热管加热器 27

1.4.2.3 电加热丝 28

VI 制冷与空气调节电气技术

| | | | |
|--|-----------|---|-----------|
| 1.4.2.4 电加热器的常见故障 检修 | 28 | 度传感器 | 59 |
| 1.4.3 综合训练:其他电气执行机 构的应用与检修 | 29 | 2.4.2.2 温度熔断器 | 59 |
| 思考与练习 | 29 | 2.4.2.3 过载保护器 | 60 |
| 技能训练 | 30 | 2.4.3 冰箱用磁控温度开关 | 62 |
| 项目2 触点式控制器与传感控制 器的应用与检修 | 31 | 2.4.4 冰箱用 PTC 起动继电器 | 62 |
| 任务1 触点式控制器的应用与检修 | 31 | 2.4.5 电子式湿度传感器 | 63 |
| 2.1.1 任务导入知识 | 31 | 思考与练习 | 63 |
| 2.1.1.1 交流接触器 | 31 | 技能训练 | 66 |
| 2.1.1.2 继电器 | 35 | 项目3 冰箱冷柜电气控制技术 | 67 |
| 2.1.1.3 中间继电器 | 36 | 任务1 机械温控冰箱控制电路分析 与检修 | 67 |
| 2.1.1.4 电路板控制继电器 | 36 | 3.1.1 任务相关知识导入 | 67 |
| 2.1.1.5 时间继电器 | 38 | 3.1.1.1 机械温控直冷冰箱的控 制电路 | 67 |
| 2.1.1.6 热继电器 | 39 | 3.1.1.2 机械温控风冷冰箱的控 制电路 | 69 |
| 2.1.2 触点式控制器的综合训练 任务 | 42 | 3.1.2 冰箱电气控制系统的维修 任务 | 72 |
| 任务2 触点式传感控制器的应用与 检修 | 43 | 任务2 微处理器温控冰箱电路板的故 障诊断与检修 | 73 |
| 2.2.1 任务导入知识 | 43 | 3.2.1 任务相关知识导入 | 73 |
| 2.2.1.1 压力传感控制器 | 43 | 3.2.1.1 冰箱电路板维修的前期 准备 | 73 |
| 2.2.1.2 油压差传感控制器 | 46 | 3.2.1.2 冰箱微处理器控制电路 的主要构成 | 74 |
| 2.2.1.3 温度传感控制器 | 50 | 3.2.1.3 电冰箱微处理器控制主要 分立电路的种类与 功能 | 75 |
| 2.2.1.4 水流开关 | 52 | 3.2.1.4 分立电路的图解分析与 检测 | 76 |
| 2.2.1.5 水压差控制器 | 53 | 3.2.1.5 单片机输入/输出信号 分析 | 87 |
| 2.2.2 触点式传感控制器训练任务 | 54 | 3.2.2 冰箱电路板的故障诊断与检 修任务 | 88 |
| 任务3 其他类型触点式控制器的应 用与检修 | 54 | 拓展知识 微处理器温控冰箱的电气 控制特点及电控设计 说明 | 89 |
| 2.3.1 任务导入知识 | 54 | 任务3 电子温度控制冰箱控制电路的 分析与检修 | 95 |
| 2.3.1.1 冰箱用除霜定时器 | 54 | 3.3.1 任务相关知识导入 | 95 |
| 2.3.1.2 冷库用除霜定时器 | 56 | 3.3.1.1 基本电路 | 95 |
| 2.3.2 训练任务 | 57 | 3.3.1.2 压缩机开/停控制电路的 工作原理 | 100 |
| 任务4 拓展知识 | 57 | | |
| 2.4.1 电阻式温度传感器 | 57 | | |
| 2.4.1.1 电阻式温度传感器在制 冷设备中的应用 | 57 | | |
| 2.4.1.2 电阻式温度传感器的常 见故障与检修 | 57 | | |
| 2.4.1.3 电阻式温度传感器的安 装位置选择 | 58 | | |
| 2.4.2 其他机械式温度控制器件 | 59 | | |
| 2.4.2.1 陶瓷突跳式自动复位温 | | | |

| | | | |
|--------------------------------------|-----|-------------------------------------|-----|
| 3.3.1.3 除霜电路 | 102 | 路图解 | 134 |
| 3.3.2 冰箱电路板的故障诊断与 检修任务 | 103 | 4.3.1 直流电源稳压电路原理与 检修 | 134 |
| 任务4 典型半导体冰箱电路板的故障 诊断与检修 | 103 | 4.3.2 复位电路 | 134 |
| 3.4.1 任务相关知识导入 | 103 | 4.3.2.1 低电平复位电路的原理 与检修 | 135 |
| 3.4.1.1 半导体冰箱控制电路 | 104 | 4.3.2.2 高电平复位电路的原理 与检修 | 135 |
| 3.4.1.2 半导体冰箱的电源转换 | 104 | 4.3.2.3 上掉电复位电路的原理 与检修 | 136 |
| 3.4.1.3 半导体制冷片 | 104 | 4.3.2.4 二次自动复位电路的原 理与检修 | 136 |
| 3.4.1.4 温度控制 | 105 | 4.3.2.5 555 自动复位电路的原 理与检修 | 138 |
| 3.4.1.5 典型半导体冰箱开关电 源电路分析 | 105 | 4.3.2.6 复位电路故障检修的两 种方法 | 139 |
| 3.4.1.6 脉宽调制芯片 TL494 | 105 | 4.3.3 3min 延时电路 | 139 |
| 3.4.1.7 半导体冰箱开关电源电 路分析 | 109 | 4.3.3.1 比较延时电路的原理与 检修 | 139 |
| 3.4.1.8 半导体冰箱控制电路 检修 | 113 | 4.3.3.2 延时复位电路的原理与 检修 | 140 |
| 3.4.2 半导体冰箱电路板的故障诊断 与检修任务 | 113 | 4.3.4 电源过/欠电压、断相、相序 保护电路 | 140 |
| 思考与练习 | 114 | 4.3.4.1 电源过/欠电压保护电路 的原理与检修 | 140 |
| 技能训练 | 114 | 4.3.4.2 三相电源断相保护电路 的原理与检修 | 141 |
| 项目4 典型家用空调器电气技术 | 116 | 4.3.4.3 相序保护电路的原理与 检修 | 142 |
| 任务1 电气控制系统的机理辨析与 检修 | 116 | 4.3.5 制冷系统保护电路 | 143 |
| 4.1.1 任务导入知识 | 116 | 4.3.5.1 制冷系统保护电路的 原理 | 143 |
| 4.1.1.1 电气控制系统的实物辨 识与控制机理分析 | 116 | 4.3.5.2 制冷系统保护电路检修 | 144 |
| 4.1.1.2 控制系统电量测量说明 | 118 | 4.3.6 温控电路 | 144 |
| 4.1.1.3 电气执行机构与触点式 控制器检测 | 119 | 4.3.6.1 温控电路原理 | 144 |
| 4.1.2 空调器电气控制系统维修 任务 | 119 | 4.3.6.2 温控电路检修 | 145 |
| 任务2 微处理器控制电路板的故障诊断 与检修 | 120 | 4.3.7 开关输入电路 | 146 |
| 4.2.1 任务导入知识 | 120 | 4.3.7.1 开关输入电路原理 | 146 |
| 4.2.1.1 微处理器控制电路板 电路组成 | 120 | 4.3.7.2 开关输入电路检修 | 146 |
| 4.2.1.2 分立电路图解分析与 检测 | 120 | 4.3.8 过零检测电路 | 147 |
| 4.2.2 空调器电路板的故障诊断与 检修任务 | 132 | 4.3.8.1 过零检测电路原理 | 147 |
| 4.2.3 仿真试验台搭建任务 | 133 | 4.3.8.2 过零检测电路检修 | 147 |
| 任务3 其他典型空调器主控板分立电 路 | 134 | 4.3.9 风速检测电路 | 147 |

VIII 制冷与空气调节电气技术

| | |
|---|-----|
| 4.3.9.1 风速检测电路原理 | 147 |
| 4.3.9.2 风速检测电路检修 | 147 |
| 4.3.10 驱动电路 | 148 |
| 4.3.10.1 驱动电路中一些附加电 路的原理与检修 | 148 |
| 4.3.10.2 几种常见驱动电路 原理 | 149 |
| 4.3.11 数码与液晶显示电路 | 150 |
| 4.3.12 室内外通信电路 | 151 |
| 4.3.13 机型选择电路 | 152 |
| 任务4 变频空调器电气技术 | 153 |
| 4.4.1 交流变频技术概述 | 153 |
| 4.4.2 变频器在空调器中的工作 原理 | 154 |
| 4.4.2.1 变频与变压依据 | 154 |
| 4.4.2.2 变频空调器的基本工 作原理 | 155 |
| 4.4.3 变频空调器的特点、与普通 空调器的区别 | 157 |
| 4.4.4 变频器通用检测方法 | 159 |
| 任务5 典型交流变频空调器控制电路 图解分析 | 160 |
| 4.5.1 典型交流变频空调器室内 外机接线图分析 | 160 |
| 4.5.1.1 室外主控板电源电路 | 161 |
| 4.5.1.2 室外主板控制电路 | 162 |
| 4.5.1.3 室内控制板电路 | 165 |
| 4.5.1.4 室内外通信电路 | 168 |
| 4.5.2 变频模块控制电路图解与 检修 | 168 |
| 任务6 空调器遥控发射电路图解分析 与检修 | 168 |
| 4.6.1 空调器遥控器的原理与 检修 | 169 |
| 4.6.2 通用遥控发射器应用介绍 | 173 |
| 任务7 空调器专用红外接收器电路 解分析与检修 | 175 |
| 4.7.1 空调器专用红外接收器 | 175 |
| 4.7.2 家用电器通用遥控接收器 | 176 |
| 4.7.3 遥控发射器电路的故障检修 举例 | 179 |
| 思考与练习 | 181 |
| 技能训练 | 181 |
| 项目5 多联空调机电气技术 | 184 |
| 任务1 数码涡旋多联空调机控制系统 机理辨析与检修 | 184 |
| 5.1.1 任务相关知识导入 | 184 |
| 5.1.1.1 多联空调机简介 | 184 |
| 5.1.1.2 数码涡旋多联机的工作 特点 | 187 |
| 5.1.1.3 典型数码涡旋多联机制冷 管道系统的控制与 检修 | 189 |
| 5.1.1.4 典型数码涡旋多联机室 外控制系统的机理分析 与检修 | 191 |
| 5.1.2 多联空调机运行控制机理辨 识与检测任务 | 195 |
| 任务2 典型数码涡旋多联机室外控制 电路板图解与诊断 | 196 |
| 5.2.1 任务相关知识导入 | 196 |
| 5.2.1.1 电源电路 | 197 |
| 5.2.1.2 KIA7042 复位电路 | 197 |
| 5.2.1.3 开关输入电路 | 198 |
| 5.2.1.4 高低压力保护电路 | 198 |
| 5.2.1.5 温度检测电路 | 199 |
| 5.2.1.6 三相电源相序检测电路 | 199 |
| 5.2.1.7 过电流检测电路 | 201 |
| 5.2.1.8 室外机之间的通信电路 | 201 |
| 5.2.1.9 室内外机之间的通信 电路 | 202 |
| 5.2.1.10 显示驱动电路 | 202 |
| 5.2.1.11 模式锁定电路 | 203 |
| 5.2.1.12 振荡电路 | 203 |
| 5.2.1.13 2003 驱动电路 | 203 |
| 5.2.1.14 PWM 负载控制电磁阀 驱动电路 | 205 |
| 5.2.1.15 网络地址设定电路 | 206 |
| 5.2.1.16 集控器通信电路 | 206 |
| 5.2.1.17 计费电表通信电路 | 206 |
| 5.2.1.18 指示电路 | 207 |
| 5.2.1.19 功能选择电路(预留) | 207 |
| 5.2.1.20 室外机能力与地址设定 电路 | 207 |
| 5.2.2 多联空调机电路板的故障诊 断与检修任务 | 208 |

| | | | |
|------------------------------------|-----|---|-----|
| 任务3 交流变频控制技术 | 209 | 项目6 空气能热水机电气技术 | 242 |
| 5.3.1 交流变频多联机的工作特点 | 209 | 任务1 空气能热水机控制系统机理 | |
| 5.3.2 典型交流变频多联机制冷管道系统控制分析与检修 | 210 | 辨析与检修 | 242 |
| 5.3.3 典型交流变频多联机电气控制系统解说与检修 | 212 | 6.1.1 任务相关知识导入 | 242 |
| 5.3.4 典型交流变频多联机室外控制电路板图解与诊断 | 216 | 6.1.1.1 空气能热水机概述 | 242 |
| 任务4 多联机室内机控制系统图解分析与检修 | 222 | 6.1.1.2 典型商用直热循环空气能热水机管道控制系统分析与检修 | 245 |
| 5.4.1 多联室内机的电控功能特点 | 222 | 6.1.1.3 空气能热水机制冷管道系统控制与检修 | 248 |
| 5.4.2 多联室内机电气控制系统分析与检修 | 223 | 6.1.1.4 典型空气能热水机控制系统机理分析与检修 | 249 |
| 5.4.3 多联室内机电路板控制原理图解与诊断 | 226 | 6.1.2 空调器电气控制系统维修任务 | 254 |
| 任务5 多联机常见故障检修 | 232 | 任务2 空气能热水机室外控制电路板图解与诊断 | 255 |
| 5.5.1 内外机通信故障检修 | 232 | 6.2.1 任务相关知识导入 | 255 |
| 5.5.2 电子膨胀阀(EXV)故障检修 | 233 | 6.2.1.1 直流电源电路 | 255 |
| 5.5.3 整流桥堆与单向桥臂检修 | 235 | 6.2.1.2 点检电路 | 255 |
| 任务6 直流变频控制技术概述 | 236 | 6.2.1.3 相序检测选择电路 | 256 |
| 5.6.1 直流变频压缩机电动机的基本原理 | 236 | 6.2.1.4 信号传感开关电路 | 256 |
| 5.6.2 直流变频与交流变频的比较 | 239 | 6.2.1.5 温水阀控制电路 | 257 |
| 5.6.3 PAM 与 PWM 调制方式的优点比较 | 239 | 6.2.1.6 地址和电辅热开启温度设定控制电路工作原理分析 | 258 |
| 5.6.4 典型直流变频多联机制冷管路系统控制与检修 | 239 | 6.2.2 电路板的故障诊断与检修任务 | 259 |
| 5.6.5 典型直流变频多联机室外机控制系统图解与检修 | 240 | 拓展知识 典型空气能直热循环热水机管路系统 | 259 |
| 思考与练习 | 241 | 思考与练习 | 260 |
| 技能训练 | 241 | 技能训练 | 260 |
| | | 参考文献 | 261 |

项目1 制冷设备电气执行机构

【学习目标】 电气执行机构是制冷设备控制系统的重要组成部分，它们是制冷设备最终实现制冷、制热及其他功能的直接参与者，也称为电气控制系统的终端级。本项目通过对常用的各种电气执行机构的综合知识学习和任务训练，使读者熟悉其结构特点、工作原理、应用场合等知识，并获得拆接线、测量和故障检修等方面的技能。

【工作任务】 对中央空调机、多联机、风管机、热水机、家用柜式空调器等制冷设备的电气控制系统进行现场操作，分别就转动类、阀类及其他类的电气执行机构进行辨识，分析其结构特点、作用、工作原理和应用场合等，现场对执行机构进行连线拆装、电阻参数测量并记录、故障检修等训练。

任务1 制冷设备电气控制系统

1.1.1 制冷设备电气控制系统及结构组成

1.1.1.1 电气执行机构的定义

电气执行机构是指接收控制电路指令、执行最后一级机械动作的电气机构，通过执行包括转动、打开/关闭、换向等用于直接改变传热介质（制冷剂、载冷剂、空气或水）的热力和流动状态的动作，以达到直接参与制冷的目的，如压缩机、风机、水泵、各类电动阀等；或者虽然不产生动作但直接参与冷却介质（空气和水）处理的电器装置，如离子发生器、照明、电加热装置等。

1.1.1.2 制冷设备电气控制系统的定义

制冷设备是由制冷系统、空气循环系统和电气控制系统3个部分组合而成（有些制冷设备还包括冷冻/却水系统），一般又将空气循环系统归入电气控制系统中。

电气控制系统也称为电气设备二次控制回路，为了保证电气执行机构（一次设备）运行的可靠与安全，需要有许多辅助电器部件、电子元器件甚至电路板等组成的二次电路为之服务，实现设备的多种自动控制功能，保证设备自动、安全、可靠、高效的运行。

1.1.1.3 常见制冷设备电气控制系统的结构组成

电气控制系统一般是由电气执行机构、触点式控制器及触点式传感控制器、电路板3部分组成。因此，可以将电气控制系统分成3级：第三级（终端）——电气执行机构；第二级（中间转换）——触点式控制器及触点式传感控制器；第一级（中枢）——微电子微处理器控制电路板。

制冷设备或装置电气控制系统有3种类型：机械控制系统、微电子控制系统和微电子微处理器控制系统。其中，机械控制系统的控制特点是由各种触点开、闭的机械式动作来完成对电气执行机构的控制，由电气执行机构、触点式控制器及触点式传感控制器两级组成，如

2 制冷与空气调节电气技术

机械控制冰箱、机械控制小型冷库、中央空调系统等。微电子控制系统也是由三级组成，其与微电子微处理器控制系统的主要区别是：电路板没有可编程的芯片——脑。

电气控制系统由电气执行机构组成的主电路和触点式控制器及触点式传感控制器+电路板及电子式传感器组成的控制电路两部分构成。

电气控制系统的控制顺序可以概括为：电路板输出驱动信号（用户设定的运行参数+传感器采集各类温度、压力、水流、湿度等参数，进行综合运算分析）→触点式控制器（继电器、接触器等）动作→执行机构运行（实现设定的功能）。

1.1.1.4 三级结构的功能说明

1. 第三级（终端）——电气执行机构

电气执行机构主要实现两种功能：一是改变制冷剂的热力状态，从制冷系统的内部实现制冷、制热的功能，如压缩机、电磁阀、电子膨胀阀、四通阀、电子热力膨胀阀和旁通电磁阀等，直接与制冷管道连接，并改变制冷剂热力状态；二是改变空气或水的温度、流速流量及洁净度，从制冷系统的外部将冷或热传递出去，如风机、水泵、温水阀、风摆电动机、辅助电加热和除霜电加热等，这些执行机构用于将空气或水与制冷系统进行冷热量交换，而加湿器、负离子发生器、光波消毒、照明灯则是用于对空气或水进行洁净处理。制冷设备电气执行机构几乎是电能的全部消耗者。

2. 第二级（中间转换）——触点式控制器及触点式传感控制器

如各种继电器、交流接触器、热继电器、时间继电器等触点式控制器，它们是通过触点的机械动作，直接控制执行机构的电源通断，通常情况下分为两个步骤：第一步是电路板上的弱电驱动信号借助继电器转换为强电控制信号，起到弱电控制强电的作用；第二步是被控制的强电信号再控制交流接触器之类的主触点通断，进而控制执行机构的运行，也有部分情况是继电器直接驱动小功率执行机构。

温控器、油压差控制器、水压差控制器、压力开关、水位开关等触点式传感控制器与触点式控制器不尽相同，它也是触点的机械动作，但首先是对温度、压力、水流、湿度等物理参数进行探测，并将感受量的变化通过触点开闭的方式直接控制电气执行机构的运行，或者将传感信号以电量（电量或高低电平）的方式传递给电路板间接控制制冷设备的运行。

3. 第一级（中枢）——微电子微处理器控制电路板

电路板是由微电子微处理器组成，它是控制系统的源头，具有将传感器送来的参数、通信参数、反馈参数和各种安全设置的参数进行存储、逻辑运算分析、传输等，同时输出各种相应的弱电驱动信号，实现制冷设备各个电气执行机构的安全、高效、自动运行的功能。

电子式传感器如温度探头、湿度器、压力传感器等，它们没有机械动作式触点，而是将物理量转换为电位的变化，直接输送给电路板，通常情况下归为电路板这一级。

1.1.1.5 各类空调设备常见的电气执行机构

1. 家用空调器常见电气执行机构

家用空调器所使用的执行机构有压缩机、室内外风机、四通阀、电子膨胀阀、风向电动机、电加热器、负离子发生器等。

2. 多联空调机主要执行机构

多联空调机所使用的执行机构有压缩机、室内外风机、内机风向电动机、各类电加热

器、电子膨胀阀、电磁阀、四通阀、室内机冷凝水排水泵等。

3. 大型中央空调系统主要执行机构

大型中央空调系统所使用的执行机构有压缩机、各类风机、各类电加热器、各类水泵、电磁阀、热力膨胀阀、风门电动机、比例积分阀、水压差开关、加湿装置等。

4. 热泵热水机主要执行机构

热泵热水机所使用的执行机构有压缩机、风机、电子膨胀阀、冷媒加热器、化霜加热器、电磁阀、水泵、温水阀、四通阀等。

5. 冷库主要执行机构

冷库所使用的执行机构有压缩机、室外冷凝风机、室内冷风机、风幕机、化霜加热丝、电磁阀、电子膨胀阀等。

6. 冰箱主要执行机构

冰箱所使用的执行机构有压缩机、电磁阀、风机、除霜加热器、照明、空气净化除臭器等。

1.1.2 综合训练：各类制冷设备电气执行机构辨识

时间控制在 135min 之内。

1. 工作内容及流程

1) 分组：分成 4 个活动小组，各组选出一名组长。4 个小组对应 4 种制冷设备，分别是交流变频多联机、数码涡旋多联机、冷库、热泵热水机，对其电气执行机构辨识。(5min)

2) 阅读课文：阅读项目 1 的相关内容，以便对接下来的执行机构辨识、海报制作和个人陈述有帮助。

3) 小组成员观察上述制冷设备、独立完成作业：每个学生在自己的练习本上记录你所观察的电气执行机构：名称、应用场合、工作原理和作用，常见故障、检测方法，并画出图形符号。(2)和3)合计45min)

4) 小组讨论：组长召集小组成员讨论，交换意见，对 3) 形成初步结论。

5) 制作海报：使用课堂提供的制作工具，制作一个海报，要求标注组号和任务名称，分别画出其图形或符号，写出电气执行机构的名称、应用场合、工作原理和作用，常见故障、记录测量的电阻值。(4)和5)合计35min)

6) 海报张贴：张贴海报在移动展示板上。

7) 海报观摩：各位学生分别观摩自己和其他组的海报，将其他组海报内容和表现形式上的优点，以及存在的问题记录在练习本上。(15min)

2. 小组代表陈述

每组推举 4 位组员，完成工作任务的分项陈述——名称、应用场合、工作原理和作用，常见故障、检测方法。要求脱稿陈述，不足之处其他组员可以补充。(20min)

3. 其他小组不同看法

每组陈述完后，其他组对陈述组的结论进行纠正或补充，需要注意的是，这不是争论，而是提出不同的看法。(10min)

4. 老师点评及评优

4 制冷与空气调节电气技术

老师指出各组的表现优缺点，根据海报完成情况以及学生练习本完成认真度，由老师和活动组共同选出优胜组。(5min)

综合训练任务说明

综合训练以游戏的方式进行设计，旨在增加学生的学习积极性和兴趣，其目的是训练高职学生的现实能力：能说、会写、知做。

社会能力包括沟通、协调、合作、适应环境等，社会能力不全是在社会上才能获得，课堂上的这种设计方式的综合训练同样可以锻炼社会能力。

综合训练的设计必须注重方法能力的训练，方法能力是最重要的一种能力，方法能力和社会能力提高的同时，专业能力就会被提高。

综合训练课堂的设计非常重要，同样重要的是训练过程掌控，必须严格掌控每个环节的时间。

有些综合训练并不要求正确答案，每个学生可以按照自己的理解作答，主要是训练上述所说的几种能力。工作过程中的任何问题可以问老师，老师起到解答、监控、指导等作用。

任务2 旋转类电气执行机构应用

旋转类电气执行机构由电动机构成，在制冷设备中使用最多，包括压缩机、风机、水泵等，是制冷设备中耗电最多、最核心的电气部件。

1.2.1 压缩机

压缩机是蒸气压缩式制冷系统主要的电气执行机构部件，是制冷系统四大部件之一，其在空调设备中的作用等同于人的心脏。随着制冷技术的不断发展和空调设备多样性的要求，压缩机的结构种类也越来越丰富。

1.2.1.1 空调设备中所使用的压缩机分类

1) 按结构形式分类。小型空调设备所使用的压缩机种类包括涡旋式、旋转式、活塞式；中大型空调设备使用的压缩机种类包括涡旋式、活塞式、螺杆式、离心式。其中螺杆式压缩机又分为单螺杆和双螺杆两种，活塞式压缩机也分为滑管式（小型）和曲轴（曲拐）式两种。

2) 按能量调节的方式分类。可分为变频压缩机（交流变频压缩机和直流变频压缩机）、普通（定频）压缩机、变容压缩机。

3) 按整体结构形式分类。可分为开启式压缩机、半封闭式压缩机、全封闭式压缩机，开启式压缩机是指压缩机和电动机各自独立分开，之间用带轮连接，现在已经不多见；半封闭式压缩机是指压缩机和电动机装在一个机体内，但可以看到压缩机的缸头，如冷库、中央空调系统所使用的活塞半封闭式压缩机等；全封闭式压缩机是指压缩机和电动机封装在一个壳体内，外部只有进、排气接口和接线柱，如空调器、电冰箱所使用的压缩机。

1.2.1.2 各类压缩机的特点与应用场合

在家用空调器中，小型分体挂壁式和窗式空调器一般使用旋转式压缩机，3HP 及以上的落地柜式和其他形式的空调器一般使用活塞式和涡旋式压缩机。随着制冷模块技术的发展和

涡旋式压缩机的制冷能力向大的方向发展，涡旋式压缩机也正在被越来越多地用在中型制冷设备中。

变频压缩机是通过外部的电气控制系统对电源的频率和电压进行调节，并通过特制的压缩机实现对速度的连续无级调节，从而控制制冷量的大小；普通定频压缩机不能够对制冷量进行调节，空调器制冷量的调节是通过间歇停止压缩机并改变风机的转速实现的；变容压缩机一般是通过其自身的机械调节机构实现对能量的调整，如螺杆压缩机的滑阀调节机构、离心式压缩机的回气装置或吸气调节装置、活塞式压缩机的高低压旁通装置等。

家用空调设备一般使用全封闭式压缩机，中大型空调设备多以半封闭式压缩机为主，汽车空调压缩机则为开启式。目前的户式中央空调系统也都使用涡旋和活塞式全封闭式压缩机。

常用的压缩机结构如图 1-1 ~ 图 1-3 所示。各类小型制冷压缩机的性能特点与应用比较见表 1-1。

表 1-1 各类小型制冷压缩机的性能特点与应用比较

| 种 类 | 活塞式 | 旋转式 | 涡旋式 |
|---------|------------|---------|---------|
| 吸气方式 | 吸入机壳内 | 吸入气缸里 | 吸入涡室里 |
| 压缩机外壳温度 | 较低 | 较高 | 较高 |
| 内部支撑 | 悬挂弹簧式（小型机） | 机壳固定支撑 | 机壳固定支撑 |
| 散热情况 | 向外界散热少 | 向外界散热多 | 向外界散热多 |
| 排气温度 | 130℃ 以下 | 120℃ 以下 | 110℃ 以下 |
| 能效比 | 较低 | 中等 | 较高 |
| 振动与噪声 | 较大 | 较小 | 最小 |
| 容积效率 | 较低 | 较高 | 最高 |
| 容液能力 | 很强 | 很弱 | 较强 |
| 是否配置储液罐 | 不需要 | 需要 | 不需要 |
| 加工精度 | 一般 | 较高 | 非常高 |
| 开启式 | 可以 | 可以 | 可以 |
| 半封闭式 | 可以 | 不可以 | 不可以 |
| 全封闭式 | 可以 | 可以 | 可以 |
| 机种丰富 | 很丰富 | 不丰富 | 较丰富 |
| 适合大型 | 不太适合 | 不适合 | 不适合 |
| 适合小型 | 很适合 | 很适合 | 很适合 |
| 适合低温 | 适合 | 不太适合 | 适合 |

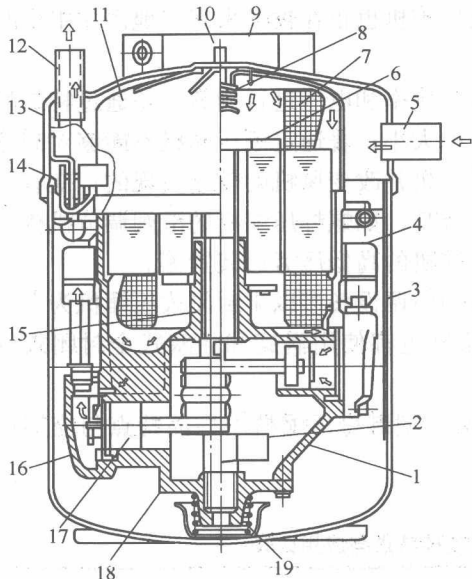


图 1-1 往复全封闭活塞式压缩机的内部结构
 1—曲轴箱 2—曲轴 3—下泵壳 4—排出消音器
 5—吸入管 6—转子 7—定子线圈 8—上弹簧
 9—端子箱 10—吊具 11—电动机壳 12—排出管
 13—上泵壳 14—横弹簧 15—上轴承 16—汽缸盖
 17—活塞连杆机构 18—支架 19—下弹簧

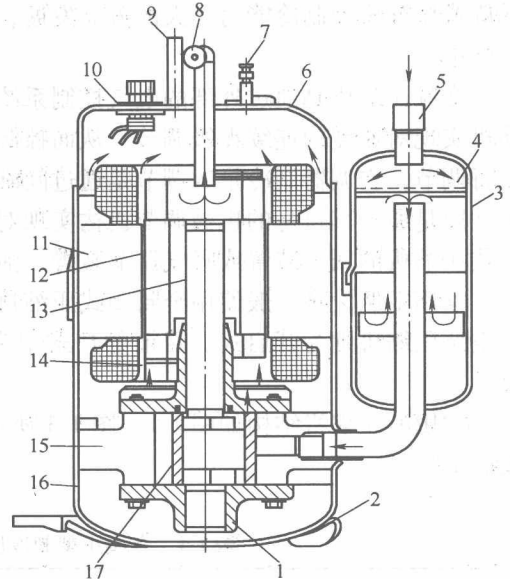


图 1-2 旋转式压缩机的内部结构
 1—汽缸盖 2—安装底脚 3—吸入消音器 4—滤网
 5—吸入管 6—壳体 7—流程管 8—排出管
 9—直杆 10—接线端子 11—定子 12—转子
 13—曲轴 14—框架 15—汽缸 16—下壳体
 17—滚动活塞

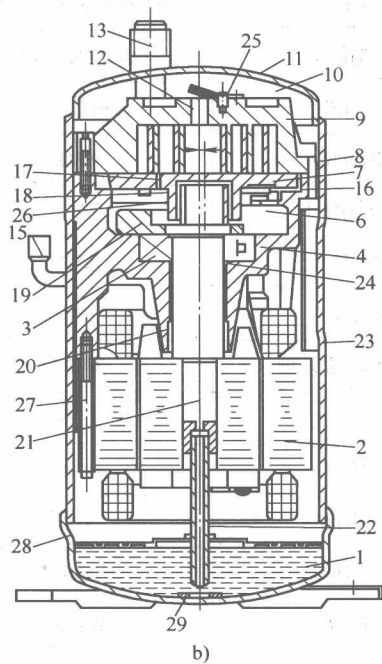
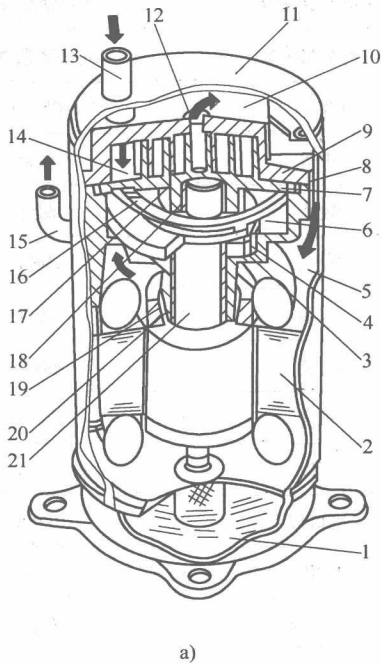


图 1-3 涡旋式压缩机结构示意图

a) 立体剖视图 b) 主剖视图

- 1—储油槽 2—电动机定子 3—主轴承 4—支架 5—壳体腔 6—背压腔 7—动涡盘 8—气道
 9—静涡盘 10—高压缓冲腔(壳体腔) 11—封头 12—排气孔口 13—吸气管 14—吸气腔
 15—排气管 16—十字环 17—背压孔 18、20—轴承 19—大平衡块 21—主轴 22—吸油管
 23—壳体 24—轴向挡圈 25—止回阀 26—偏心调节块 27—电动机螺钉 28—底座 29—磁环

1.2.1.3 压缩机检测

测量压缩机接线柱是检测压缩机好坏最基本的一步，下面介绍其检测方法。压缩机电气检测一般是测量其电动机绕组的阻值。作为全封闭式压缩机，其接线端子也称接线柱，接线柱与壳体之间绝缘层采用玻璃或陶瓷烧结而成，如图1-4所示。接线柱端子一般为3个，也有一些采用5个接线柱的压缩机，其中两个接线柱内部有内埋式过热保护器。

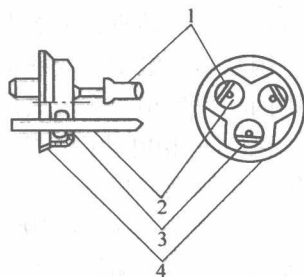


图1-4 压缩机接线柱

- 1—接头 2—接线柱
3—玻璃 4—罩子

1. 压缩机单相电动机接线柱的测量

压缩机单相电动机接线柱为3个，上面分别标有R、S、C字样，如图1-5a所示。R表示运行端子，S表示起动端子，C表示公共端子。压缩机单相电动机3个接线柱之间的阻值关系为：公共绕组的阻值 = 起动绕组的阻值 + 运行绕组的阻值。由于压缩机单相电动机起动绕组线圈线径细、匝数多，所以电阻值大、功率小；而运行绕组线圈的线径粗、匝数少，故电阻值小、功率大。测量压缩机单相电动机绕组时，用万用表“R×1”挡把压缩机3个接线柱之间的阻值各测一遍，测得两个接线柱之间阻值最大时，所对应的另一根没有测量的接线柱为公共端子，然后以公共接线柱为主，分别测另外两个接线柱，电阻值小的为运行端子，电阻值大的为起动端子。也有一些单相空调用压缩机，其运行绕组与起动绕组的阻值相同，只能靠其标注的R、S、C来判断。

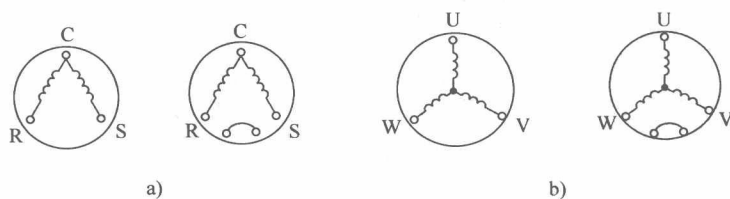


图1-5 压缩机接线端子分布

- a) 单相 b) 三相

2. 压缩机三相电动机接线柱的测量

压缩机三相电动机也有3个接线柱，分别标有U、V、W字样，如图1-5b所示。其3根接线柱之间电阻值也基本相同，但也有个别压缩机电动机绕组之间电阻值不同。检测时，一般可用万用表“R×1”挡测量，通常压缩机功率大，电阻值就小；功率小，电阻值就大。对功率较大的压缩机，可用电桥进行测量。

1.2.1.4 压缩机接线

1. 压缩机单相电动机的接线原理

压缩机单相电动机的起动方式有多种形式，作为小型空调机封闭式压缩机，普遍使用的形式是电容运行式起动。电容运行式电动机是在起动或运行中，把相同容量的电容器串联接到起动（或称辅助）绕组回路上，其结构是从电容起动式电动机上去掉了起动电容器和起