

“十二五”职业教育国家规划立项教材

多联机空调 安装与维修

DUOLIANJI KONGTIAO ANZHUANG YU WEIXIU

◎ 赵继洪 主编



教师免费下载
www.cmpedu.com
配教学资源



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

“十二五”职业教育国家规划教材

多联机空调安装与维修

主 编 赵继洪
副主编 潘 敏
参 编 王 鹏 刘瑞新 曲雪冬
吴春潮 张亚洲
主 审 刘炽辉

常州大学图书馆
藏书章

本书是“十二五”职业教育国家规划立项教材,是根据教育部于2014年公布的《职业院校制冷和空调设备运行与维修专业教学标准》,同时参考制冷设备维修工职业资格标准编写的。

本书主要介绍多联机空调原理与选型设计、多联机空调基本结构、多联机空调系统工程安装、多联机空调故障分析与排除等内容。

本书可作为职业院校制冷和空调设备运行与维修专业教材,也可作为制冷设备维修工岗位培训教材。

为便于教学,本书配套有教学资源,选择本书作为教材的教师可来电(010-88379193)索取,或登录 www.cmpedu.com 网站,注册、免费下载。

图书在版编目(CIP)数据

多联机空调安装与维修 / 赵继洪主编. —北京:机械工业出版社, 2017.4

“十二五”职业教育国家规划立项教材

ISBN 978-7-111-56190-3

I. ①多… II. ①赵… III. ①空气调节器-安装-高等职业教育-教材
②空气调节器-维修-高等职业教育-教材 IV. ①TM925.12

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2017)第 039347 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:汪光灿 责任编辑:汪光灿 章承林 责任校对:潘蕊

封面设计:张静 责任印制:李洋

北京振兴源印务有限公司印刷

2017 年 5 月第 1 版·第 1 次印刷

184mm×260mm·13.75 印张·328 千字

0001—2000 册

标准书号:ISBN 978-7-111-56190-3

定价:35.00 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

服务咨询热线:010-88379833

读者购书热线:010-88379649

网络服务

机工官网:www.cmpbook.com

机工官博:weibo.com/cmp1952

教育服务网:www.cmpedu.com

金书网:www.golden-book.com

封面防伪标均为盗版

前言

本书是由全国机械职业教育教学指导委员会和机械工业出版社联合组织编写的“十二五”职业教育国家规划立项教材，是根据教育部于2014年公布的《职业院校制冷和空调设备运行与维修专业教学标准》，同时参考制冷设备维修工职业资格标准编写的。

本书主要介绍多联机空调原理与选型设计、多联机空调基本结构、多联机空调系统工程安装、多联机空调故障分析与排除等内容。编写过程中力求体现以下的特色：

- 1. 执行新标准。本书依据最新教学标准和课程大纲要求而编写，对接制冷设备维修工职业标准和岗位需求。
- 2. 体现新模式。本书采用理实一体化的编写模式，突出“做中教，做中学”的职业教育特色。
- 3. 在编写过程中吸收企业技术人员参与教材编写，紧密结合工作岗位，与职业岗位对接；案例选取知名品牌设备的典型产品，来自企业生产实际；将创新理念贯彻到内容选取、教材体例等方面。

本书突出能力方面的培养，在保证理论够用的基础上，侧重应用，培养学生适应职业变化的能力，使学生初步具备严谨的思维能力和分析问题的能力。在每一单元教学内容前有内容构架和学习引导，教学内容之后有一定量的习题，每一课题的学习内容按照相关知识、典型实例展开，方便实用。

本书建议学时为72学时，具体学时分配见下表：

单元名称	建议学时	单元名称	建议学时
单元一	12	单元三	30
单元二	10	单元四	20
总计	72		

全书由北京市电气工程学校赵继洪任主编并负责全书的统稿工作。北京森司龙科技有限公司潘敏任副主编，广东技术师范学院刘炽辉任主审。北京盛世欣兴格力商贸有限公司中央空调售后服务部吴春潮和张亚洲、山东省日照市机电工程学校刘瑞新、北京市电气工程学校王鹏和曲雪冬参与了本书的编写。在编写本书过程中，编者参阅了国内出版的有关教材和相关企业的资料，在此表示感谢。

由于编者水平有限，书中错误与不足之处在所难免，恳请读者批评指正。

编者

目 录

前言

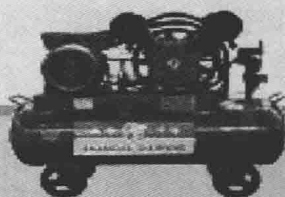
单元一 多联机空调原理与选型设计	1
课题一 制冷原理	2
一、制冷循环	2
二、制冷过程	2
三、制冷循环主要部件的作用	5
【实例 1】冷媒的种类与特性	5
【实例 2】制冷循环中温度和压力的变化	6
课题二 多联机空调系统的原理及特点	8
一、多联机空调系统的定义	8
二、多联机空调系统的工作原理	9
三、多联机空调系统的分类	9
四、多联机空调系统的特点	10
五、多联机空调系统的控制逻辑	11
【实例 1】数码多联与变频多联	12
【实例 2】交流变频与直流变频	14
【实例 3】格力数码多联机组的工作原理	14
【实例 4】格力变频多联系列机组的工作原理	15
课题三 多联机空调系统选型设计	16
一、选型设计流程及注意事项	16
二、室内机及室外机容量选型	18
三、多联机空调系统管道配置	20
四、噪声处理	26
【实例 1】三菱 KX4 系列多联机功率计算	27
【实例 2】小天鹅多联机空调系统选型案例	30
【实例 3】格力 R410A 冷媒系统配管设计	31
【实例 4】相同环境下多个噪声源叠加的声压计算	33
习题	33
单元二 多联机空调基本结构	37
课题一 室外机的结构与功能	38
一、室外机的外形图	38
二、室外机的结构	38
三、室外机基本元器件的功能	42
【实例 1】室外机命名规则	43
【实例 2】三菱 KX4 系列室外机的特点	45

【实例 3】格力 GMV 系列室外机的特点	45
课题二 室内机的类型与结构	48
一、室内机的类型	48
二、各类型室内机的特点	49
三、室内机的结构	50
【实例 1】室内机命名规则	52
【实例 2】三菱 KX4 系列室内机的运转特性	54
【实例 3】格力多联机室内机的特点	55
课题三 电气系统简介	55
一、电气配线	56
二、通信控制	56
【实例 1】三菱 KX4 多联机电源线规格	63
【实例 2】美的制冷管路控制系统	64
【实例 3】格力直流变频机组控制系统说明	64
习题	66
单元三 多联机空调系统工程安装	69
课题一 安装施工准备	70
一、工具及仪器准备	70
二、施工图样审核	71
三、技术交底	71
四、作业场地布置	71
五、现场勘查与协作	72
【实例 1】格力多联机空调安装步骤	72
【实例 2】安装施工主要规范文件	73
【实例 3】R410A 冷媒系统需要的特殊工具	73
【实例 4】施工审图实例	74
课题二 室内机安装	75
一、安装流程	75
二、安装位置及空间要求	75
三、安装要点及操作措施	76
四、防尘保护	77
【实例 1】三菱四向嵌顶式 (FDTA) 室内机的安装操作	77
【实例 2】风管的安装	82
课题三 室外机安装	84
一、安装流程	84
二、安装要点	85
三、位置选择	85
四、空间要求	85
五、安装操作	85
【实例 1】三菱 FDCA140HKXE-N4 的安装操作	86
【实例 2】室外机底座的安装固定操作	89
课题四 冷凝水管安装	90
一、安装流程	90

二、安装要点	90
三、安装操作	91
四、满水试验及排水试验	92
【实例 1】冷凝水管安装图例	93
【实例 2】约克冷凝水排水管安装	94
【实例 3】三菱四向嵌顶式 (FDTA) 室内机排水配管安装	98
课题五 冷媒配管安装	99
一、安装流程	99
二、安装要点	100
三、安装操作	101
【实例 1】Y 型分歧管安装	110
【实例 2】分歧管安装常见错误	112
【实例 3】三菱 KX4 系列多联机系统冷媒配管示例	114
课题六 电气安装	117
一、电气安装要点	117
二、电源线及断路器选型	118
三、安装操作	118
【实例 1】电器开关盒配电选择	122
一、单相电动机电流计算公式	122
二、三相电动机电流计算公式	122
三、电流确定	122
四、电气开关选择	123
五、配线选择	123
【实例 2】三菱 KX4 系列多联机信号线连接	123
【实例 3】三菱 KX4 系列信号线与电源线混线的判定	125
课题七 冷媒充注	126
一、冷媒追加准备	126
二、冷媒追加计算	126
三、冷媒追加操作	126
【实例 1】格力 GMV 系列多联机追加冷媒计算方法	127
【实例 2】格力 GMV 系列冷媒追加示例	127
课题八 调试运转与验收	128
一、一般规定	128
二、调试运转规范	128
三、检验规范	129
四、验收规范	129
【实例 1】约克多联机空调系统的调试与验收	138
【实例 2】志高多联机空调系统的调试	139
习题	140
单元四 多联机空调故障分析与排除	147
课题一 常见故障分析	148
一、故障分类	148
二、常见故障现象	149

三、典型故障现象分析	150
【实例 1】管道内存留空气导致的故障及排除	152
【实例 2】冷媒分配器故障及排除	153
【实例 3】四通阀“串气”失灵故障及排除	154
【实例 4】室内机蒸发器和室外机冷凝器“内漏”故障及排除	154
课题二 主要部件故障及维修	155
一、压缩机故障及维修	155
二、四通阀故障及维修	157
三、电子膨胀阀故障与维修	159
四、电磁阀故障与维修	161
五、压力传感器故障与维修	163
六、多联机冷媒回收操作	165
【实例 1】格力 GMV 数码压缩机的拆装操作	166
【实例 2】格力 GMV 电子膨胀阀的拆装操作	168
课题三 故障显示及维修处理	169
一、故障信息显示	169
二、故障处理	173
三、机组常规使用维护	189
【实例 1】格力 GMV-Pd140W/Na 通信故障维修处理	190
【实例 2】格力 GMV-P120W/HS 机组高压保护处理	192
习题	194
附录	198
附录 A 习题答案	198
单元一 习题答案	198
单元二 习题答案	200
单元三 习题答案	200
单元四 习题答案	203
附录 B 焓湿图	206
附录 C R22 $p-h$ 图	207
附录 D R407C $p-h$ 图	208
附录 E R410A $p-h$ 图	209
参考文献	210

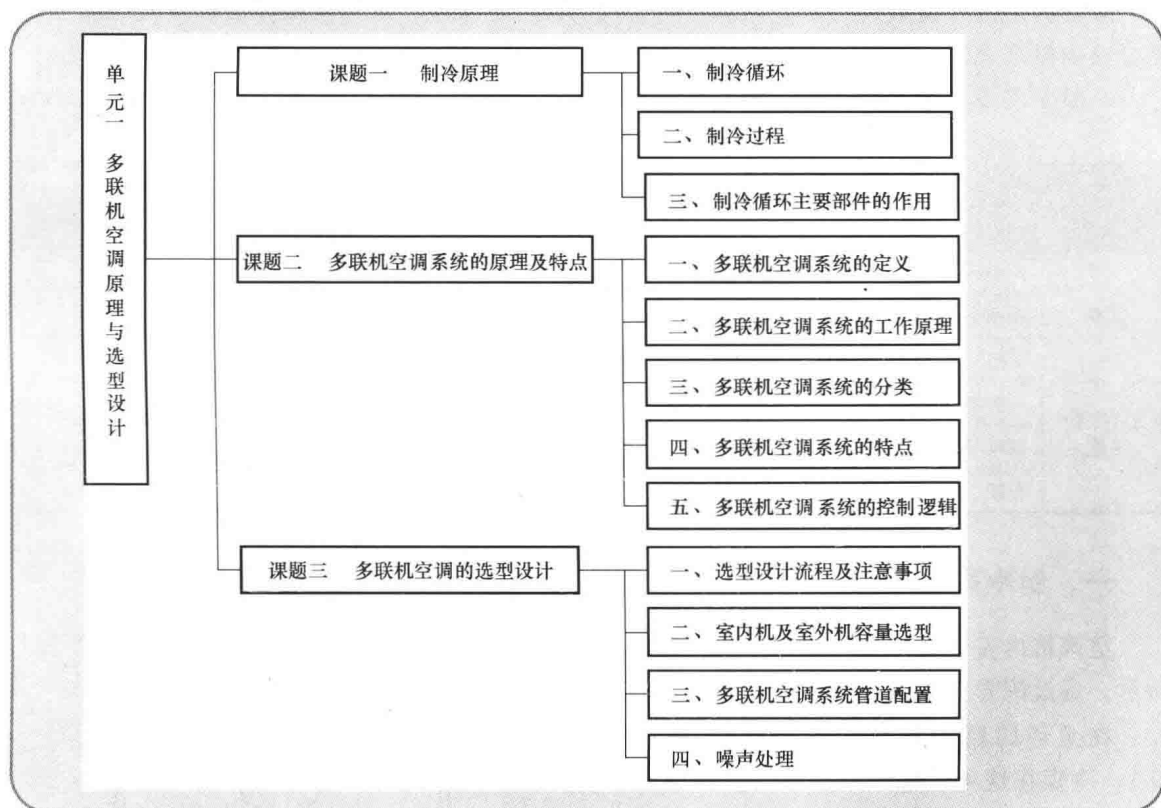
单元一



多联机空调原理与选型设计



内 容 构 架



【学习引导】

目的与要求

1. 理解制冷循环的含义，能分析制冷系统四大部件在制冷循环中的作用。
2. 熟悉多联式空调机组的系统工作原理、分类方法，能分析多联机空调系统的工作流程。





- 3. 熟悉多联机空调选型的流程，能进行多联机室内机及室外机的选型。
- 4. 掌握多联机空调系统管道配置的要求，能配合主要技术人员进行多联机管道配置设计。

重点与难点

- 重点：1. 多联机空调系统的工作原理。
2. 多联机空调系统管道的配置及室内、外机的选型。
- 难点：1. 多联机空调系统的控制逻辑。
2. 多联机空调系统管道的配置及室内、外机的选型。

课题一 制冷原理

【相关知识】

舒适的室内环境需要调节并保持室内空气的温度、湿度、气流及洁净度，空气的调节可通过空调机来完成。

一般室内温度和湿度条件需求见表 1-1。

表 1-1 典型室内温度和湿度条件需求

		标准条件		容许条件	
		温度/℃	湿度(%)	温度/℃	湿度(%)
夏季	一般场所	25~ 26	50~ 60	23~ 25	40~ 50
	剧场、饭店			24~ 26	
	车间	29		25~ 27	45~ 50
冬季	一般场所	20~ 22	40~ 50	23~ 25	40~ 50
	剧场、饭店			22~ 23	
	车间	18	30~ 35	20~ 22	

一、制冷循环

空调机内安装有 4 个必要部件：压缩机、冷凝器、膨胀阀、蒸发器。这些部件如图 1-1 所示，通过配管连接构成循环回路。

在循环回路中封装有冷却空气的工质（冷媒），冷媒在这 4 个部件中循环，这种循环称之为制冷循环。通过了解这 4 个部件的作用和冷媒的特性，我们就可以理解空调机的结构原理。

二、制冷过程

1. 蒸发器——冷媒汽化吸热制冷

要使空气温度下降，需要从空气中吸收热量。冷媒具有在汽化时吸收周围物质热量的特性，空

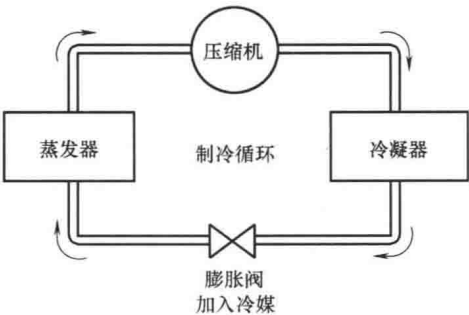


图 1-1 制冷循环示意图

调机就是通过利用冷媒的汽化吸热来实现吸收空气中热量这个功能的。这种通过液态冷媒的汽化吸收周围热量的装置叫作蒸发器。

室内的高温气体通过蒸发器时，其热量被冷媒吸收，温度降低，变成低温气体排出。空气冷却后，空气中的水蒸气会变成液态水，滞留在凝接水盘（排水盘）中，如图 1-2 所示。

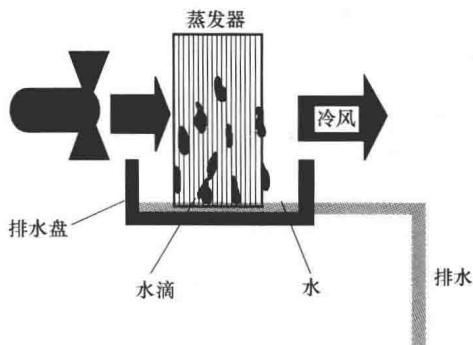


图 1-2 蒸发器吸热示意图

2. 冷凝器——冷媒液化放热

释放气态冷媒中的热量后，气态冷媒会变成液态。

在空调系统中，通过释放气态冷媒中的热量将气态冷媒转变成液态冷媒的装置称之为冷凝器，冷凝器又分为风冷式冷凝器和水冷式冷凝器两种。

利用空气使冷媒释放热量的冷凝器叫作风冷式冷凝器，如图 1-3 所示。

利用冷水使冷媒释放热量的冷凝器叫作水冷式冷凝器，如图 1-4 所示。

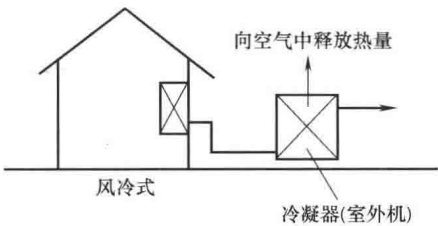


图 1-3 风冷式冷凝器

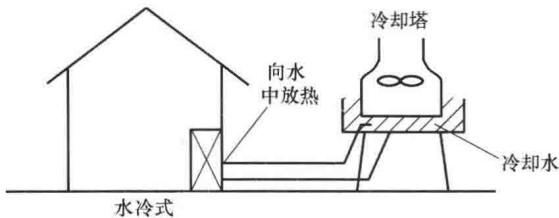


图 1-4 水冷式冷凝器

3. 压缩机——冷煤气液转换

在空调系统中，将气态冷媒压缩使其压力与温度上升的装置称之为压缩机。使用压缩机将气态冷媒的温度压力升高到冷媒的饱和压力温度时，可以使冷媒从气态变为液态，如图 1-5 所示。

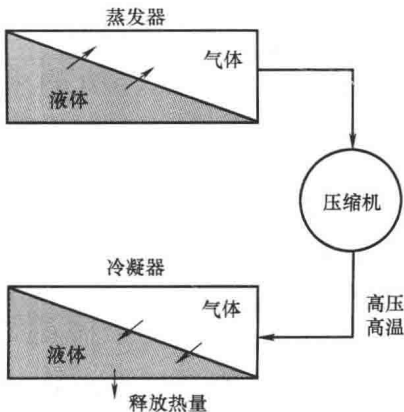


图 1-5 压缩机气液转换示意图

4. 膨胀阀——冷媒减压膨胀降温

以 R410A 冷媒为例，在空调系统中，冷媒从冷凝器流向蒸发器过程中，被压缩机加压。

为饱和压力的冷媒，会通过减压阀等装置，减压至 0.84MPa 左右压力的气态冷媒，这个装置被称作膨胀阀，也有空调系统使用与膨胀阀功能相同的毛细管装置。膨胀阀的工作原理示意图如图 1-6 所示。

综上所述，冷媒在制冷循环回路中流动，循环往复地发生下列变化：从高温高压气态冷媒变成液态，再变成低温低压的液态，然后变成气态。

空调机通过冷媒的汽化从室内空气中吸收热量，并将吸收的热量通过凝结过程排放到室外，冷媒即为传递热量的工质。图 1-7 所示为家用空调机制冷时的冷媒循环示意图。

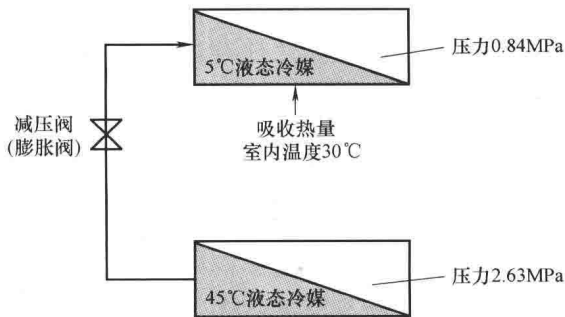


图 1-6 膨胀阀的工作原理示意图

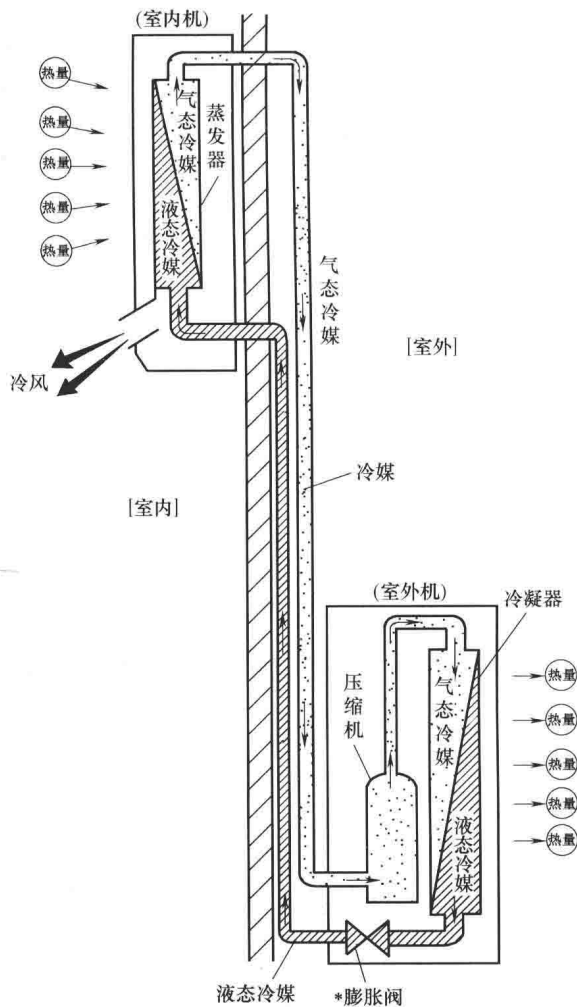


图 1-7 家用空调机制冷时的冷媒循环示意图

三、制冷循环主要部件的作用

制冷循环主要部件的作用如图 1-8 所示。

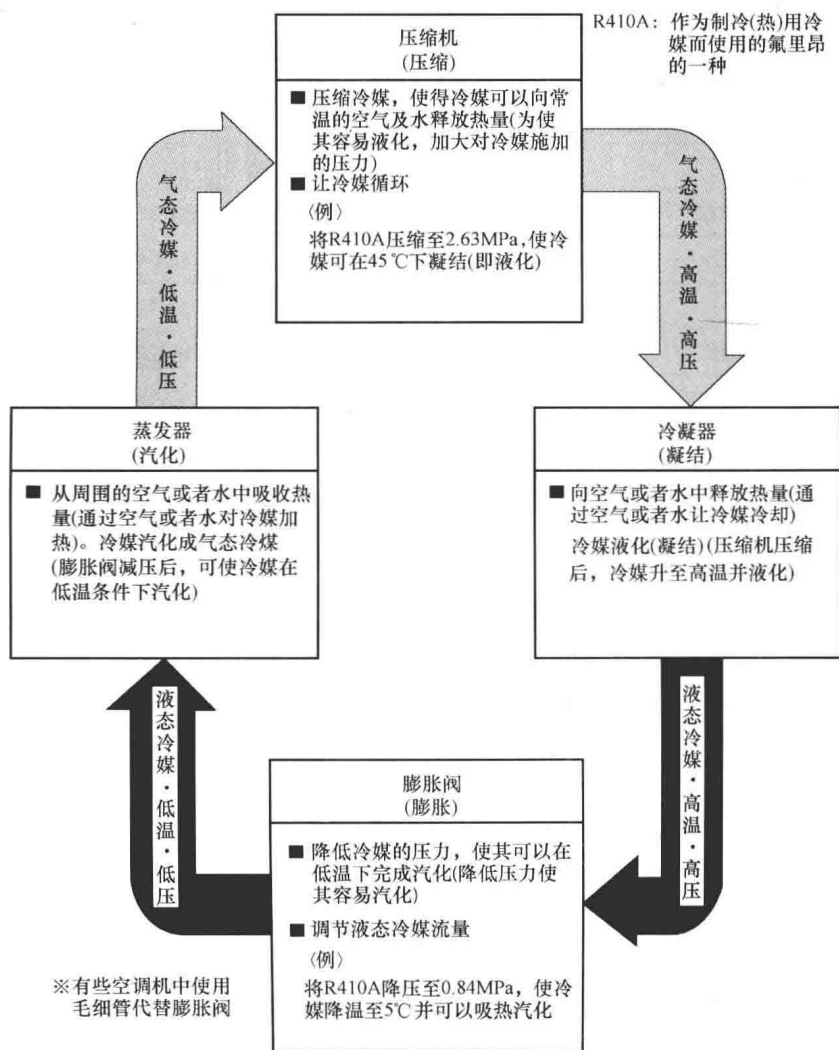


图 1-8 制冷循环主要部件的作用

【典型实例】

【实例 1】冷媒的种类与特性

空调机中使用的常见冷媒种类有: R22、R407C、R410A、R404A、R134a 等。

作为冷媒, 必须具备以下特性: 能在低温条件下汽化、易汽化成气体、易液化成液体、汽化时所需汽化热较高、不腐蚀金属、无毒性等。常见冷媒的种类与特性见表 1-2。



表 1-2 常见冷媒的种类与特性

冷媒名称	R410A	R407C	R22	R404A	R134a
分子式	$\text{CH}_2\text{F}_2/\text{CHF}_2\text{CF}_3$	$\text{CH}_2\text{F}_2/\text{C}_2\text{HF}_5/\text{CH}_2\text{FCF}_3$	CHClF_2	$\text{CH}_2\text{CF}_3/\text{CH}_3\text{CF}_3/\text{CH}_2\text{FCF}_3$	$\text{CH}_2\text{F}-\text{CF}_3$
相对分子质量	72.59	86.20	86.47	97.60	102.03
沸点(标准大气压下)/℃	-51.46	-43.57	-40.81	-46.13	-26.18
临界温度/℃	71.99	86.54	96	71.63	101.15
临界压力/kPa 绝对	4952.5	4675.8	4936.7	3690.6	4065
-14℃下的汽化压力/kPa 绝对	499.01	349.55	307.21	380.57	171.30
30℃下的冷凝压力/kPa 绝对	1879.7	1174.0	1192.4	1411.0	770.61
-14℃下的汽化热/(kJ/kg)	243.17	232.08	215.21	176.56	208.41
-14℃下饱和气态冷媒单位体积/(m^3/kg)	0.05247	0.08425	0.074706	0.05259	0.11591
25℃下饱和液态冷媒的单位体积/(m^3/kg)	0.000942	0.000879	0.000840	0.000958	0.000829
25℃下饱和液态冷媒的密度/(kg/m^3)	1061.6	1138.0	1190.7	1043.9	1205.9
臭氧层破坏系数 ODP	0	0	0.055	0	0
地球温室化系数 GWP(100 年)	1730	1530	1700	3260	1300
毒性允许浓度/(mg/m^3)	1000	1000	1000	1000	1000
可燃性	不可燃 (A1/A1)	不可燃 (A1/A1)	不可燃 (A1)	不可燃 (A1/A1)	不可燃 (A1)
使用的压缩机类型	往复式 回转式	往复式 回转式	往复式 回转式	往复式 回转式	往复式 回转式
用途	空气调节	空气调节	制冷、冷藏、空气调节	制冷、冷藏	制冷、冷藏、空气调节

注：1. ODP——Ozone Depletion Potential。
2. GWP——Global Warning Potential。
3. R134a 冷媒主要用于车辆空调器及冷藏库。
4. R22 虽用作空调机的冷媒，但将逐渐被 R407C、R410A 取代。
5. R407C、R410A 均为非共沸冷媒，具有平衡状态下气相与液相的组分不同的特性。

【实例 2】制冷循环中温度和压力的变化

以 R410A 冷媒为例，制冷循环中温度和压力的变化情况如图 1-9 所示。

1. 制冷循环中的压力

制冷循环中的压力有以下两种：

- 1) 高压压力：压缩机出口→膨胀阀入口。
- 2) 低压压力：膨胀阀出口→压缩机入口。

2. 制冷循环中的温度

(1) 饱和温度 以 R410A 冷媒为例，当制冷循环中的高压压力达到 2.63MPa、温度达



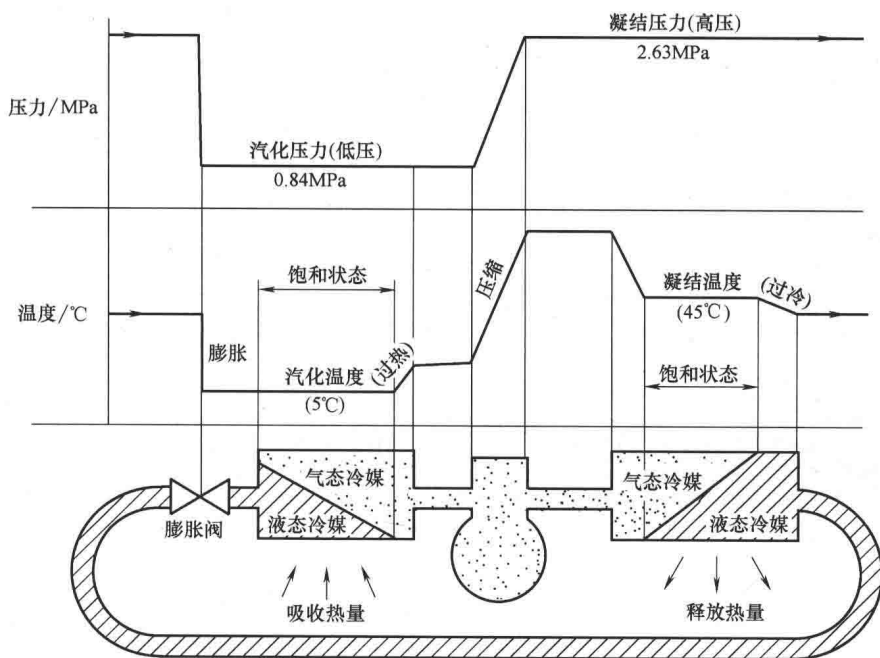


图 1-9 温度和压力的变化情况

到 45℃ 时，或低压压力达到 0.84MPa、温度为 5℃ 时，此时冷媒状态为液体与气体的共存状态，称为饱和状态，如图 1-10 所示。

冷媒在一定压力下达到饱和状态时的温度叫作该压力下的饱和温度。

(2) 过热与过冷 同一空调系统中的蒸发器和冷凝器中的冷媒，在饱和状态下，温度与压力的关系恒定；在饱和状态以外的状态下，冷媒的温度和压力都一直处于变化之中，其中冷媒的过热和过冷是两个最典型的状态。

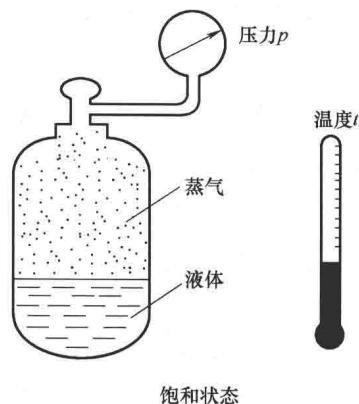


图 1-10 冷媒饱和状态示意图

1) 过热。如图 1-11 所示，A 与 B 之间为低压饱和状态，温度为 5℃，为气液共存状态；但 B 与 C 之间冷媒仅为气态，持续与 30℃ 环境气体换热，使得 B 与 C 之间的冷媒温度上升（显热），例如温度上升至 10℃，蒸发器出口处温度稍微超过了蒸发器内的温度。这种状态称为过热，其温度差称为过热度。

例如：C 的温度为 10℃，B 的温度为 5℃， $10^{\circ}\text{C} - 5^{\circ}\text{C} = 5^{\circ}\text{C}$ 。此时过热度为 5deg。

2) 过冷。如图 1-12 所示，A 与 B 之间为高压饱和状态，温度为 45℃，为气液共存状态；而 B 与 C 之间仅为液体，持续向周围释放热量后，温度下降（显热），例如温度下降至 40℃。称这种出口处温度低于冷凝器内温度的状态为过冷，其温度差称为过冷度。

例如：C 的温度为 40℃，B 的温度为 45℃， $45^{\circ}\text{C} - 40^{\circ}\text{C} = 5^{\circ}\text{C}$ 。此时过冷度即为 5deg。

(3) 典型冷媒的饱和温度压力关系 典型冷媒的饱和温度和压力之间的关系见表 1-3。

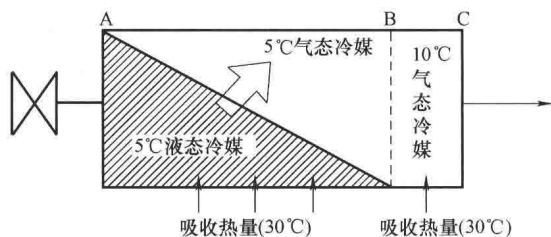


图 1-11 过热示意图

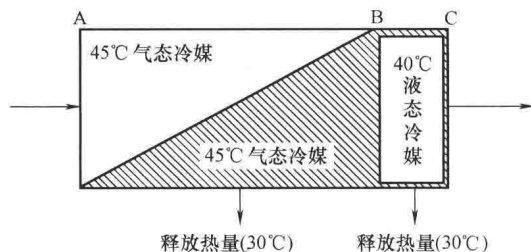


图 1-12 过冷示意图

表 1-3 典型冷媒的饱和温度和压力之间的关系

饱和温度/℃	R410A 的饱和压力/MPa		R407C 的饱和压力/MPa		R22 的饱和压力/MPa
	液体	气体	液体	气体	
+60	3.74	3.73	2.65	2.40	2.35
+55	3.34	3.33	2.37	2.13	2.09
+50	2.97	2.96	2.11	1.87	1.86
+45	2.64	2.63	1.87	1.64	1.64
+40	2.33	2.32	1.64	1.43	1.45
+35	2.05	2.04	1.44	1.34	1.27
+30	1.80	1.79	1.36	1.07	1.10
+25	1.56	1.56	1.09	0.92	0.95
+20	1.35	1.35	0.94	0.78	0.82
+15	1.16	1.16	0.80	0.65	0.69
+10	0.99	0.99	0.68	0.54	0.58
+5	0.84	0.84	0.57	0.44	0.49
0	0.70	0.70	0.47	0.36	0.40
-5	0.58	0.58	0.38	0.28	0.32
-10	0.48	0.48	0.30	0.22	0.25
-15	0.38	0.38	0.24	0.16	0.20
-20	0.30	0.30	0.18	0.11	0.15
-25	0.23	0.23	0.13	0.07	0.10

课题二

多联机空调系统的原理及特点

【相关知识】

一、多联机空调系统的定义

多联机空调系统 (Multi-connected split air conditioning system), 又称变制冷剂流量直接蒸发式空调系统, 是由单台或多台并联室外空气 (水) 源制冷或热泵机组, 连接配置多台相同或不同型式、容量的直接蒸发式室内机, 组成单一制冷 (或制热) 循环系统, 并通过改变制冷循环系统中的制冷剂流量, 独立控制各空调区负荷变化的直接膨胀式空气调节系统。

该系统是日本大金工业株式会社首先研制推出的, 并将这种空调方式注册为 VRV (Variable Refrigerant Volume) 系统。



该系统由制冷剂管路连接的室外机和室内机组组成，如图 1-13 所示。室外机由室外侧换热器、压缩机和其他制冷附件组成；室内机由风机和直接蒸发器等组成。

该系统的每台室内机都可以自由地运转/停止，或群组、或集中控制。

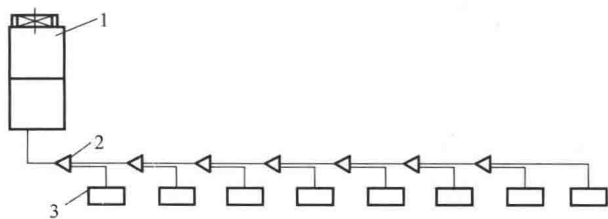


图 1-13 多联机空调机组系统示意图
1—室外机 2—线支管 3—室内机

二、多联机空调系统的工作原理

如图 1-14 所示，多联机空调系统的工作原理是：通过其室内温度传感器，控制室内机制冷剂管道上电子膨胀阀内的制冷剂压力，调节室外机的制冷压缩机，进行变频调速控制或改变压缩机的运行台数、工作气缸数、节流阀开度等，使系统的制冷剂流量发生变化，使得制冷或制热负荷调整，从而达到随负荷变化而改变供冷量或供热量的效果。

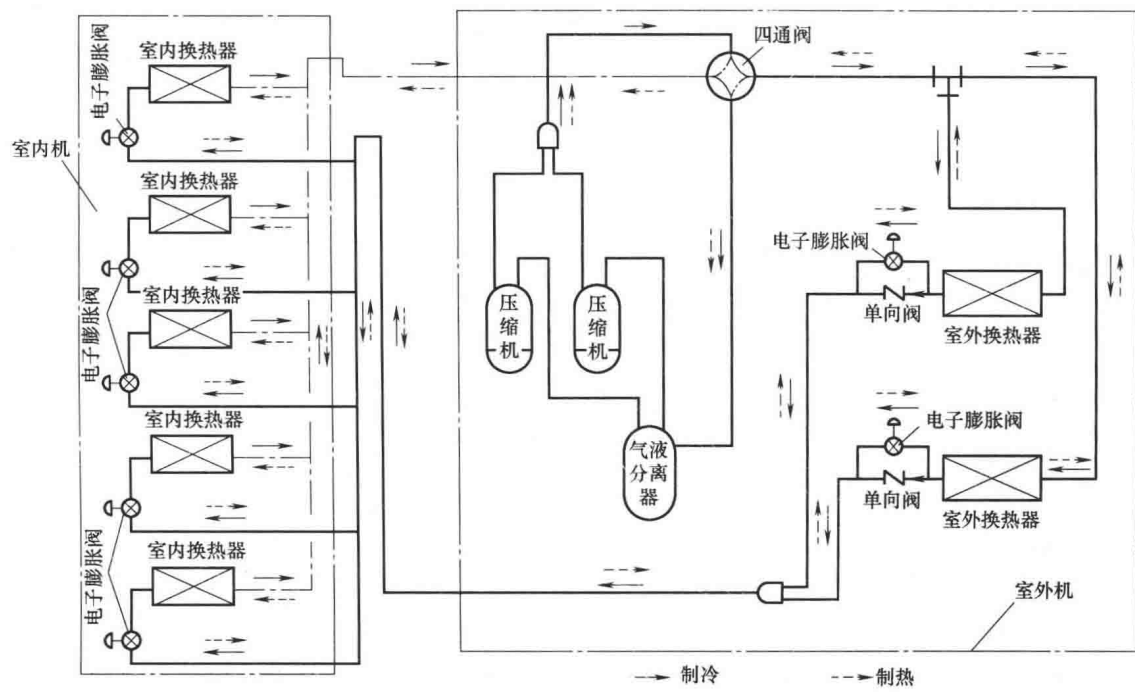


图 1-14 多联机系统工作原理示意图

多联机空调系统中，室内温度的变化是由电子膨胀阀调节的，由于电子膨胀阀的控制精度比较高，一般为 $\pm 0.1^{\circ}\text{C}$ ，所以能很好地控制室内温度场的波动，房间舒适性较高。

目前，国内外市场比较常见的变频多联机厂家品牌主要有：格力、美的、海尔、海信、志高、大金、三菱、日立等。

三、多联机空调系统的分类

多联机空调系统根据不同的分类方式有不同的类型，详见表 1-4。