



高等职业教育城市轨道交通专业规划教材
GAODENG ZHIYE JIAOTONG CHENGSHI GUIDAO
JIAOTONG ZHUANYE GUIHUA JIAOCAI

URBAN RAIL TRANSIT

CHENGSHI GUIDAO JIAOTONG CHELIANG KONGTIAO XITONG

城市轨道交通车辆 空调系统

主 编 葛党朝 李小平
副主编 吴敏 毕恩兴
主 审 曹双胜



重庆大学出版社
<http://www.cqup.com.cn>

城市轨道交通车辆 空调系统

城市轨道交通车辆空调系统

主 编 葛党朝 李小平
副主编 吴 敏 毕恩兴
主 审 曹双胜

主 编 葛党朝 李小平
副主编 吴 敏 毕恩兴
主 审 曹双胜

重庆交通大学
重庆交通大学
重庆交通大学
重庆交通大学

重庆交通大学
重庆交通大学
重庆交通大学
重庆交通大学

重庆交通大学
重庆交通大学
重庆交通大学
重庆交通大学

重庆交通大学
重庆交通大学
重庆交通大学
重庆交通大学

重庆交通大学
重庆交通大学
重庆交通大学
重庆交通大学

内容简介

本书全面、系统地介绍了城市轨道交通车辆空调系统的结构、原理、使用、控制技术和我国城市轨道交通车辆常用空调设备的造型、特点、维护等,着重介绍了常见故障排查分析和处理实践内容,同时还简要介绍了城市轨道交通车辆空调系统调试等相关内容。

本书可作为铁路高职院校城市轨道交通车辆空调系统检修技术、城市及城际轨道交通车辆类专业的专业课教材,也可供我国城市轨道交通运营管理人员和轨道交通车辆相关技术人员及大专院校、中等职业学校相关专业师生参考。

图书在版编目(CIP)数据

城市轨道交通车辆空调系统/葛党朝,李小平主编. —重庆:
重庆大学出版社,2013.8
ISBN 978-7-5624-7592-7

I. ①城… II. ①葛…②李… III. ①城市铁路—铁路车辆
空气调节系统—高等职业教育—教材 IV. ①U270.38

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 157477 号

城市轨道交通车辆空调系统

主 编 葛党朝 李小平
副主编 吴 敏 毕恩兴
主 审 曹双胜
策划编辑:彭 宁
责任编辑:文 鹏 版式设计:彭 宁
责任校对:秦巴达 责任印制:赵 晟

*

重庆大学出版社出版发行
出版人:邓晓益
社址:重庆市沙坪坝区大学城西路 21 号
邮编:401331
电话:(023) 88617190 88617185(中小学)
传真:(023) 88617186 88617166
网址:<http://www.cqup.com.cn>
邮箱:fxk@cqup.com.cn (营销中心)
全国新华书店经销
重庆紫石东南印务有限公司印刷

*

开本:787×1092 1/16 印张:13.25 字数:331 千
2013 年 8 月第 1 版 2013 年 8 月第 1 次印刷
印数:1—3 000
ISBN 978-7-5624-7592-7 定价:25.00 元

本书如有印刷、装订等质量问题,本社负责调换
版权所有,请勿擅自翻印和用本书
制作各类出版物及配套用书,违者必究

编审委员会

主任 祁国俊 刘峻峰

副主任 侯久望 袁媛

委 员	曹双胜	史富强
	葛党朝	刘煜
	赵舜尧	吴海军
	刘炜	史晓薇
	付晓凤	何鹏
	王治根	赵跟党
	房瑛	邢红霞
	王敏	刘军
	张宁	

本书编写人员

主 编

葛党朝 高级工程师 西安地铁运营分公司车辆部部长

李小平 副教授 兰州交通大学

副主编

吴 敏 工程师 西安地铁运营分公司车辆部技术室主办

毕恩兴 教 授 西安铁路职业技术学院

主 审

曹双胜 工程师 西安地铁运营分公司副总经理

编 者

项目 1 葛党朝 高级工程师 西安地铁运营分公司车辆部部长
张月秀 助理工程师 西安地铁运营分公司车辆部检修
车间主办

项目 2 吴 敏 工程师 西安地铁运营分公司车辆部技术室
主办

项目 3 葛党朝 高级工程师 西安地铁运营分公司车辆部部长
刘 海 工程师 西安地铁运营分公司车辆部检修车间
主办

项目 4 雒智奇 助理工程师 西安地铁运营分公司车辆部检修
车间主办

项目 5 都荣兴 助理工程师 西安地铁运营分公司车辆部检修
车间主办

项目 6 毕恩兴 教授 西安铁路职业技术学院
都荣兴 助理工程师 西安地铁运营分公司车辆部检修
车间主办

项目 7 李小平 副教授 兰州交通大学
吴 敏 工程师 西安地铁运营分公司车辆部技术室
主办

序

轨道交通以其快捷、舒适等其他交通工具无法比拟的优越性,成为城市交通发展新的热点和重点。当前我国的城市轨道交通正处在大发展、大建设时期,截至 2012 年年底,全国有 16 座城市共开通运营 70 条线,总里程 2 081.13 千米。

随着城市轨道交通行业的迅猛发展,相应运营专业人才的需求也日益紧迫,尤其是具有理论和实践性的复合型人才尤为紧缺。为适应新形势,近年来,国内的大专院校,尤其是交通职业技术学院的城市轨道交通专业迅速扩大,早出人才、快出人才、出实用型人才成为学校和业界的共同愿望。通过一系列的调研和准备工作,在重庆大学出版社的倡导下,西安市地下铁道有限责任公司联合多省市交通类高职院校(如西安铁路职业技术学院、西安交通职业技术学院、广东交通技师职业技术学院等)建立了校企合作联盟,组织具有丰富实践经验的轨道企业技术人员和职业院校的一线教师,与地铁运营实际紧密结合,共同编写了高等职业教育城市轨道交通专业规划教材。

这套规划教材采用校企合作模式编写,结合全国轨道交通发展状况,推出的面向全国、面向未来的教材,既汇集了高校专业教师们的理论知识,也汇聚了城市轨道交通专业技术部门创业者们的宝贵经验。

为做好教材的编写工作,重庆大学出版社专门成立了由著名专家组成的教材编写委员会。这些专家对城市轨道交通专业教学作了深入细致的调查研究,对教材编写提出了许多建设性意见,慎重地对每一本教材一审再审,确保教材本身的高质量水平,对教材的教学思想和方法的先进性、科学性严格把关。

“校企合作”、“理论与实践相结合”是本套系列教材的特点,不但可以满足当前城市轨道交通运营技术管理的需要,也为今后的城市轨道交通运营发展管理提出了新思考。随着运营管理的要求越来越高,以及新技术的不断应用,本系列教材必然还要不断补充、完善,希望该套教材的出版能满足广大职业院校培养城市轨道交通专业人才的需求,能成为城市轨道交通运营技术管理人员的“良师益友”。

建设部地铁轻轨研究中心 顾问总工

建设部轨道交通建设标准 主 编

建设部轨道交通专家委员会 专家委员

沈 俊 俊

2013 年 7 月 26 日

前言

本书根据国家职业教育的要求和我国城市轨道交通车辆检修技术专业人才培养的需要,从高职教育的角度出发,以城市轨道交通车辆空调系统检修维护工作过程为主线,以城市轨道交通车辆空调系统常见故障维修任务为载体,按照项目教学的要求组织全书内容。全书共分为7个项目,每个项目由“项目描述”“学习目标”“能力目标”“项目小结”“思考练习”“评估跟进”6个部分组成;结合项目内容和要求,设若干活动,并根据拓展知识的需求进行“知识扩展”。

城市化是世界各国共同的发展趋势。城市轨道交通作为大都市“公交优先”的交通管理模式的一部分,也越来越多地被世界各国所采纳。随着我国城市化进程逐步加快,城市的快速发展导致了城市交通运输量的迅速增长,继北京、上海等一线大城市后,地下铁道、城市轻轨等轨道交通也在我国大中城市迅速开工建设、开通运营。城市轨道交通,改变了城市交通,改变了城市框架,改变了城市范畴,改变了城市人群的生活。

为适应我国大中城市对轨道交通技术人才急剧增加的需求和对轨道交通技术人才技能水平的要求,保障城市轨道交通车辆运营安全,舒适、便捷,根据高等职业教育“以市场需求为目的,以服务为宗旨、以就业为导向”的指导思想,编写了此书。本书结合城市轨道交通行业对空调专业知识和维修技能的需求,针对轨道车辆空调检修岗位实际工作内容,引入空调技术应用的新工艺、新技术、新方法、轻理论、重实操,突出适用性和实用性,体现工学结合,使所培养的人员能够尽快掌握城市轨道交通车辆空调系统的结构原理和检修技术,并能够参与新线建设和新车调试车辆空调专业相关工作。

本书对轨道交通车辆空调系统的理论和实践进行了有机的整合,详细介绍了轨道车辆空调系统的基本原理及我国城市轨道交通车辆空调系统中常用制冷装置、通风装置、采

暖装置、控制装置的基础知识和检修、维护技术;采用现代的知识认知型的行动体系模式,通过形象的“活动场景”,提出学习的“任务要求”,讲授翔实的技能知识,让学生在行动的过程中掌握知识,获得技能,培训能力。

本书由西安地下铁道有限公司现场技术人员编著,不足之处敬请广大读者批评指正。

编者

2013年4月

前言

目录

项目 1 城市轨道交通车辆空调系统整体认知	1
任务 1.1 空调系统基本概念的认知	1
任务 1.2 城市轨道交通车辆空调系统概况的认知	8
任务 1.3 城市轨道交通车辆空调系统特点及发展的 认知	19
项目 2 典型城轨交通车辆空调设备	29
任务 2.1 城轨交通车辆空调设备主要生产厂家及常用 空调机组的认知	30
任务 2.2 城轨交通车辆空调系统设计选型	37
任务 2.3 我国城轨交通车辆空调系统方案的比较	40
任务 2.4 城市轨道交通车辆空调系统节能设计	43
项目 3 城市轨道交通车辆空调制冷系统	50
任务 3.1 制冷循环基本原理的认知	51
任务 3.2 城市轨道交通车辆制冷系统组成的认知	61
任务 3.3 制冷系统核心部件的认知	72
任务 3.4 制冷系统日常运转中的维护和故障处理	90
项目 4 城市轨道交通车辆空调通风系统	110
任务 4.1 空调通风系统基本概念的认知	110
任务 4.2 空调通风系统的组成和功能的认知	119
任务 4.3 城市轨道交通空调通风系统的维护	126
项目 5 城市轨道交通车辆空调采暖系统	141
任务 5.1 采暖系统概况的认知	141
任务 5.2 电加热装置的认知和维护	143
任务 5.3 热泵循环的认知	148

项目6 城市轨道交通车辆空调控制系统	154
任务6.1 空调自动控制系统的认知	154
任务6.2 城轨车辆空调控制系统的组成和维护	159
任务6.3 空调控制系统故障的诊断	165

项目7 城轨交通车辆空调系统的调试试验	183
任务7.1 城轨交通车辆空调专业技术要求的认知	
任务7.2 城轨交通车辆空调系统调试大纲的编制	184
任务7.3 城轨交通车辆调试方案的编制及组织	188
任务7.4 城轨交通车辆空调系统调试方案的编制	191

项目 1

城市轨道交通车辆空调系统整体认知

【项目描述】

城市轨道交通车辆空调系统是城市轨道交通车辆的重要组成部分之一,它与我们日常生活中常见的家用、办公空调的功能一样,在城市轨道交通车辆中承担着调节客室内空气温度、增强客室内空气流动、提高城市轨道交通车辆乘坐舒适性的作用。本项目能够使学生对城轨车辆空调系统的概念、分类、组成、作用等相关知识有一个系统的了解。



【学习目标】

1. 掌握空调系统的基本概念;
2. 掌握城市轨道交通空调系统的组成和功能;
3. 掌握城市轨道交通空调系统的特点及发展方向;
4. 了解空调系统常用名词概念及相关国家标准。

【能力目标】

1. 能列出城市轨道交通空调系统各部分组成;
2. 能说出空调系统各部件名称、位置、功能。

任务 1.1 空调系统基本概念的认识

【活动场景】

使用多媒体进行空调系统常用名词、空调系统基本概念、空调系统分类等知识的教学。

【任务要求】

1. 掌握空调系统的基本概念;
2. 了解空调的分类。

【知识准备】



空调系统常用名词及概念

(1) 轨道车辆空调机组 (air-conditioning units for railbound vehicles)

轨道车辆空调机组是一种向机车、铁道车辆、轻轨车辆、地铁车辆的客室、工作间提供经过处理的空气的设备。它主要包括制冷系统以及加热系统的通风装置。

(2) 紧急通风 (emergency ventilation)

当车辆动力电断电时,由车辆的蓄电池经逆变器给空调机组的通风机供电,由通风机进行全新风通风的运行过程为紧急通风。

(3) 温度

温度是表明物体冷热程度的物理量。由于规定和划分方法的不同,温度的标尺(简称温标)又分为摄氏温度、华氏温度、热力学温度。

1) 摄氏温度

在标准大气压下,把水结冰的温度规定为零度,沸腾时的温度定为 100°C ; 在 0°C 与 100°C 之间平均分成 100 等份,每一份作为 1°C 。按这种规定和划分方法定出的温度标准称为摄氏温度。摄氏温度的单位符号用“ $^{\circ}\text{C}$ ”表示,在温度数值前面加“-”表示零下多少度。

2) 华氏温度

在标准大气压下,把水结冰时的温度定为 32°F ,沸腾时的温度定为 212°F ; 在 32°F 与 212°F 之间,平均分成 180 等份,每一份作为 1°F 。按这种规定和划分方法定出的温度标准称为华氏温度,单位用“ $^{\circ}\text{F}$ ”表示。华氏温度与摄氏温度的换算关系为

$$F = \frac{9}{5} \times t + 32$$

3) 热力学温度

由于前两种温标存在许多缺点,于是要求建立一种与物体的任何物理性质无关的统一温标,这就是建立在热力学第二定律基础上的热力学温标。热力学温标是纯理论的,通常习惯称为绝对温度。现行的国际单位标准确定如下:

- ① 以开尔文(K)表示热力学温度的单位,开尔文 1 度等于水三相点热力学温度的 $1/273$ 。
- ② 摄氏温度定义为

$$t = T - 273 \text{ K}$$

式中 T ——热力学温度, K;

t ——摄氏温度, $^{\circ}\text{C}$ 。

- ③ 单位“摄氏度”($^{\circ}\text{C}$)与单位“开尔文”(K)相等。

④ 摄氏温度间隔或温差可以用“摄氏度”表示,也可以用“开尔文”表示。在制冷系统中,所显示的温度是指被测处此刻的制冷剂温度。

在空气调节中,所表示的温度是指被测的空间此处湿空气的温度,因为空气和水蒸气两者完全处于均匀混合状态,所以湿空气的温度就是干空气的温度,也就是水蒸气的温度。

(4) 压力

压力(压强)就是单位面积上的作用力。在 1 m^2 的面积上,均匀垂直作用 1 N 的力量定为 1 个压力单位,称为 1 Pa ,即

$$\frac{1\text{ N}}{1\text{ m}^2} = 1\text{ Pa}(\text{帕})$$

当前,在工程技术上普遍采用的仍是工程制单位,即千克力每平方厘米(kgf/cm^2)或千克力每平方毫米(kgf/mm^2)。大部分压力表上都是这样的刻度。今后,这种压力单位要逐步废除,采用国际单位制“帕”(Pa)。它们换算关系为

$$1\text{ kgf/cm}^2 = 9.81 \times 104\text{ Pa}$$

$$= 0.0981\text{ MPa}$$

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

同时,在工程技术中常用的压力单位如汞柱(水银柱)、水柱和工程大气压等,也属废除范围。

所谓汞柱和水柱,均是采用液柱的高度为压力单位。如图 1.1 表示液柱作用在面积 F 上的力:底部总压力 = 液柱所受重力,即

$$P = pF = hF\gamma$$

$$p = h\gamma$$

$$h = \gamma/p$$

式中 F ——液柱底面积;

P ——压力;

h ——液柱高度;

γ ——液柱密度。

从上式可以看出,如果选用的液体一定,即密度 γ 一定,那么一定的压力就有相应的液柱高度,所以压力单位可用液体柱高度 h 表示。常采用的液柱为汞柱(水银柱)与水柱,单位为毫米水柱(mmH_2O)、毫米汞柱(mmHg)。

在标准重力加速度 $g = 9.80665\text{ m/s}^2$ 的情况下,水银密度为 13.5951 g/cm^3 ,水银柱高为 760 mm 时的压力称为标准大气压力。它的大小随不同地点、高度和气候条件而变化。物理学上规定在纬度 45° 的海平面上常年平均大气压为 1 标准大气压(atm)或称物理大气压,其值为 760 mmHg 。即 1 标准大气压(atm) = 760 mmHg 。

工程上为了使用和换算方便,将 1 kgf/cm^2 作为一个大气压称为工程大气压,简称气压(at)。即 1 工程大气压(at) = $1\text{ kgf/cm}^2 = 735.6\text{ mmHg}$ 。

空气调节的对象是湿空气,湿空气的总压力等于干空气分压力和水蒸气分压力之和。湿空气中水蒸气的分压力在饱和空气和未饱和空气中是不同的。同时,温度越高,水蒸气的饱和分压力就越大。

所谓绝对压力,是指设备内部或某处真实压力,它等于表压力与当地大气压力之和,即

$$P_{\text{绝}} = P_{\text{表}} + B$$

所谓真空度,是指设备内部或某处绝对压力小于当地大气压力的数值,即

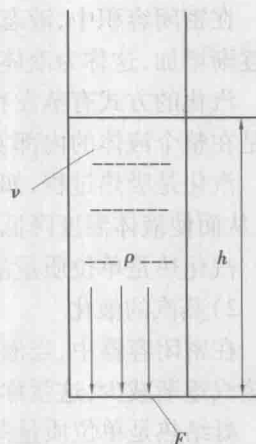


图 1.1 液柱压力图

$$P_{\text{真}} = B - P_{\text{绝}}$$

(5) 热量和比热

热量是能量的一种形式,是表示物体吸热或放热多少的物理量。常用的热量单位 cal 已废除。在国际单位制中,热量的单位用焦(J)表示,1 J=0.239 8 cal。

比热容是使单位质量物体的温度升高 1 °C 时所需的热量。工程中常用的单位是 kcal/kg·°C。在现推行国际单位制中,比热容的单位采用 J/(kg·°C)或 J/(kg·K)。

(6) 焓

焓是一个复合的状态参数,是表征系统中所有的总能量,是内能与压力位能之和。当工质在一定状态(压力 p 、容积 V 、温度 T)时,焓具有一定的数值,说明工质所具有的总能量。

(7) 蒸汽液体两相的转变过程中几个概念

在空调系统的制冷过程中,经常利用工质(氨、氟利昂)的气液两相的转变来实现人工制冷的目的。

1) 液体的汽化

在密闭容积中,液态转化气态的速率大于气态转变为液态的速率时,液体就逐渐减少而蒸汽逐渐增加,这称为液体的汽化。

汽化的方式有蒸发和沸腾两种:蒸发是在任何温度下都会发生于液体表面的汽化过程;沸腾是在整个液体的内部发生的剧烈汽化过程。

汽化是吸热过程,如果外界没有供给热量,汽化的结果会从液体内部分子的平均动能获取,从而使液体温度降低。

汽化热是单位质量液体汽化为同温度的蒸汽时所需的热量。

2) 蒸汽的液化

在密闭容器中,当液态转变为气态的速度小于气态转变为液态的速度时,液体就逐渐增多而蒸汽逐渐减少,这就称为蒸汽的液化过程。

凝结热是单位质量蒸汽凝结为液体时所放出的热量。它的数值与相同条件下的汽化热相等。汽化和液化是气液相变化的两种相反过程。

3) 饱和状态

密闭容器中的液体在一定的温度下,蒸汽压力会自动保持在一定数值上,这时液气两相转变就达到了动平衡,此时空间气态分子的浓度不变。这个状态称为液体的饱和状态。

相当于饱和状态的蒸汽和液体分别称为饱和蒸汽和饱和液体。饱和状态时,蒸汽压力称为饱和压力。饱和液体的温度称为饱和温度。

4) 蒸汽的产生

制冷工程中所用氨、氟里昂等制冷剂从液态转变为气态时,均经历了未饱和液体(过冷液体)、饱和液体、湿蒸汽、干饱和蒸汽及过热蒸汽五种状态。

以水为例,将 1 kg 0 °C 的水放在汽缸中,并在压力 P 下等压加热,如图 1.2 中位置 1 所示。如果对应于 0 °C 的饱和压力 $P_s(0\text{ °C})$ 低于 P 的话,则刚加热时水没有气泡产生,水尚未沸腾,这种状态的水称为过冷水,它的温度为 t_0 。随着加热而水温逐渐升高,水的比容略有增大。当水温升高到相应压力 p 的饱和温度 t_s 时,水开始沸腾,这种状态的水称为饱和水,如图 1.2 中位置 2 所示。比容增加到 V' (称为液体比容)。当继续加热时,水逐渐汽化,成为饱和蒸汽(或称湿蒸汽),如图 1.2 中位置 3 所示。在沸腾的过程中,汽缸中的水不断减少而蒸汽不断增加,

直到汽化完毕,温度始终保持 t_s 不变,比容增加为 V'' (称为蒸汽比容)。完成汽化的水蒸气叫干饱和蒸汽(或称干蒸汽),如图1.2中位置4所示。在汽化过程中,由于饱和蒸汽量不断增加,比容增加很快。

在湿蒸汽中,干蒸汽的质量百分数叫做干度,用 X 表示,而 $(1-X)$ 则为湿蒸汽中水分的质量百分数,叫做蒸汽的湿度,用 Y 表示。

饱和水: $X=0, Y=1$;

干蒸汽: $X=1, Y=0$;

湿蒸汽: $0 < X < 1, 1 > Y > 0$ 。

随着干度的增大,湿蒸汽的比容增大,三者的关系为 $V' < V_0 < V''$ 。

如果在等压下再给干蒸汽加热,它就成为过热蒸汽,如图1.2中位置5所示。此时以 t 表示过热蒸汽温度,以 V 表示它的比容。凡蒸汽的温度高于产生蒸汽的温度 t_s 时,该蒸汽叫过热蒸汽,而两者的差数叫过热度,即

$$\Delta t_{\text{过热}} = t - t_s$$

$$\Delta t_{\text{过冷}} = t - t_0$$

(8) 制冷剂的压-焓图($\lg p-h$ 图)

在进行制冷循环的热力计算时,经常要涉及各个过程的焓值变化。 $\lg p-h$ 图是直接以 h 焓值作为横坐标,压力 p 作为纵坐标绘制成的。为了缩小图的尺寸,并使低压区内的线条交点清楚,所以纵坐标是用压力的对数值 $\lg p$ 来绘制,如图1.3所示。

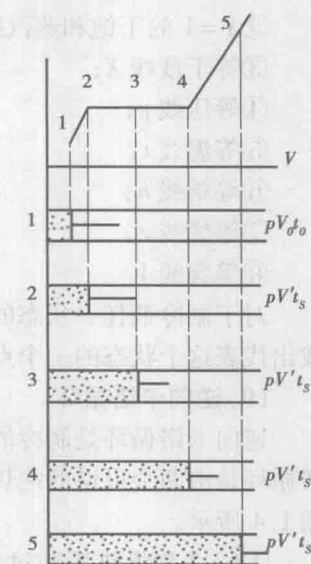


图1.2 水的等压汽化过程

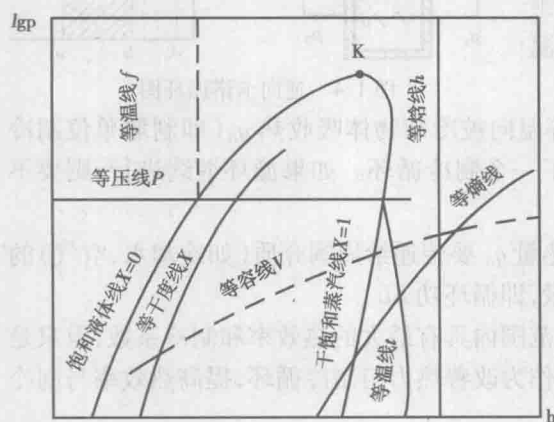


图1.3 制冷剂 $\lg p-h$ 图

在 $\lg p-h$ 图中有两条比较粗的曲线,左边一条叫饱和液体线,右边一条叫干饱和蒸汽线,这两条曲线若向上延长将交于一点K,称为临界点。因为一般制冷循环都在远离临界点以下进行,故在一些制冷剂的 $\lg p-h$ 图中,临界点都未表示出来。

饱和液体线与干饱和蒸汽线将图划分为三个区域:

①过冷蒸汽区:指饱和液体线左边的区域。

②过热蒸汽区:干饱和蒸汽右边的区域。

③湿饱和蒸汽区域:饱和液体线与干饱和蒸汽线包容的区域。这个区域中,气态和

液态的制冷剂共同存在。在湿饱和蒸汽中,制冷剂蒸汽所占的质量比例称为干度,用符号 X 来表示。制冷剂饱和液体的干度 $X=0$,当干度 $X=1$ 的饱和蒸汽称为干饱和蒸汽。湿饱和蒸汽的干度: $0 < X < 1$ 。在饱和液体线与干饱和蒸汽线之间绘有等干度线。

在 $\lg p-h$ 图的纵坐标上,还列出与压力相对应的饱和温度 t 。等温线在湿饱和蒸汽区内与等压线相重合;到了过热蒸汽区时,等温线则与等压线分开,形成向右下方倾斜的一组曲线。

图中还有等熵线以及虚线表示的等容线。

综上所述,制冷剂的 $\lg p-h$ 图中共有 8 条线:

- ① $X=0$ 的饱和液体线;
- ② $X=1$ 的干饱和蒸汽线;
- ③ 等干度线 X ;
- ④ 等压线 p ;
- ⑤ 等温线 t ;
- ⑥ 等焓线 h ;
- ⑦ 等熵线 S ;
- ⑧ 等容线 V 。

对于制冷剂任一状态的有关参数,一般只要知道上述参数中任何两个,即可在 $\lg p-h$ 图中找出代表这个状态的一个点,在这个点上就可以读出其他有关参数的数值。

(9) 逆向卡诺循环

逆向卡诺循环是制冷的理想循环,它与热机的理想循环——卡诺循环是相反的。逆向卡诺循环是由两个可逆的绝热过程和两个可逆的等温过程所组成,现将它表示在 $T-S$ 图上,如图 1.4 所示。

①1—2 为绝热压缩过程,制冷剂由状态 1 经过绝热压缩(等熵过程)到状态 2,消耗机械功,制冷剂的温度由 T_0 升高到 T_k 。

②2—3 为等温放热过程,制冷剂由状态 2 向周围介质等温放出热量,然后被冷却到状态 3。

③3—4 为绝热膨胀过程,制冷剂由状态 3 绝热膨胀(等熵膨胀)到状态 4,作膨胀功,制冷剂温度由 T_k 降到 T_0 。

④4—1 为等温吸热过程,制冷剂由状态 4 等温向被冷却物体吸收热 q_0 (即制取单位制冷量 q_0)。这时制冷剂又回复到初始状态 1,完成了一个制冷循环。如果循环继续进行,则要不断消耗循环功,才能不断进行制冷。

由此可见,在制冷循环中,低温物体吸收的热量 q_0 要传递给周围介质(如冷却水,空气)的过程进行,不是自发的,而是要消耗一定外界能量,即循环功 AL 。

卡诺循环和逆向卡诺循环,虽然在一定温度范围内具有最大的热效率和制冷系数,但只是个理想循环,在实际中是无法实现的。它们只能作为改善热力与制冷循环,提高热效率与制冷系数的一个方向。

【任务实施】

(1) 空调系统的概念

空调系统即人为的方法调节空气温度、湿度、含尘浓度和气流速度等参数,以满足使用者对室内环境要求的机组与设备。

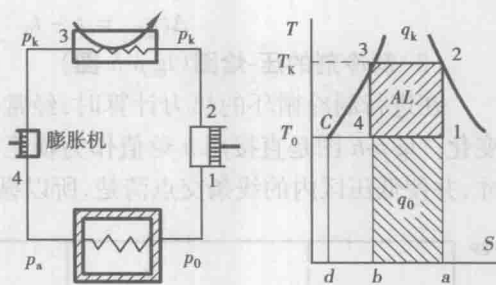


图 1.4 逆向卡诺循环图