

教育部规划

中等职业教育家电类系列丛书

空调器原理与检修

全国名牌家电企业(集团)职业教育系列丛书编委会

何明山 主编

潘自强 张介范 李玉春 姜树刚 编

高等教育出版社

教育部规划
中等职业教育家电类系列丛书

空调器原理与检修

全国名牌家电企业(集团)职业教育系列丛书编委会

何明山 主编

潘自强 张介范 李玉春 姜树刚 编

高等教育出版社

内容提要

本书是高等教育出版社与山东省家电行业协会根据行业标准,组织全国家电名牌企业工程技术人员共同编写的中等职业教育家电类系列丛书之一。

全书共分两篇,第一篇主要介绍了制冷技术基本原理,空调器电气原理与检修技术;第二篇主要介绍了科龙、海信、夏普、美的、海尔等名牌产品典型机型的结构、特点、常见故障及检修实例。

本书突出职业技术教育的特点,通俗易懂,注重实用,可作为中等职业学校电子电器专业教学辅助用书,也可作为家电行业维修人员岗位培训教材及自学用书。

图书在版编目(CIP)数据

空调器原理与检修/何明山主编. —北京:高等教育出版社,2000.6

(中等职业教育家电类系列丛书)

ISBN 7-04-008161-X

I. 空… II. 何… III. ①空气调节器—理论 ②空气调节器—检修 IV. TM925.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2000)第 17606 号

空调器原理与检修

全国名牌家电企业(集团)职业教育系列丛书编委会

出版发行 高等教育出版社

社 址 北京市东城区沙滩后街 55 号

邮政编码 100009

电 话 010-64054588

传 真 010-64014048

网 址 <http://www.hep.edu.cn>

经 销 新华书店北京发行所

印 刷 中国科学院印刷厂

开 本 787×1092 1/16

印 张 19.25

字 数 450 000

插 页 3

版 次 2000 年 6 月第 1 版

印 次 2000 年 6 月第 1 次印刷

定 价 23.70 元

凡购买高等教育出版社图书,如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请在所购图书销售部门联系调换。

版权所有 侵权必究

全国名牌家电企业(集团)职业教育 系列丛书编委会

策 划: 王军伟 高等教育出版社 职教部主任
李佩禹 山东省家用电器行业协会 常务副秘书长

主任委员: (按姓氏笔画排列)

王国端	广东科龙电器股份有限公司	总裁、总经理
石伟民	上海夏普电器有限公司	事业部副部长
叶仙玉	浙江星星电器工业公司	总裁
李士军	合肥美菱股份有限公司	总经理
李福贤	河南冰熊保鲜设备股份有限公司	总工程师
李德强	山东小鸭集团有限责任公司	副总经理
刘炳银	河南新飞电器(集团)股份有限公司	总裁
杨福中	TCL 王牌电子(深圳)有限公司设计所	副所长
宋术山	海尔集团顾客服务事业部	部长
周真平	杭州松下家用电器有限公司	营销部副总经理
金培耕	广东美的冷气机制造有限公司	开发部部长
高玉岭	青岛海信电器股份有限公司	副总经理
徐本高	山东省家用电器行业协会	理事长
黄其胜	合肥荣事达洗衣机有限公司	总工程师
梁昭贤	广东格兰仕集团有限公司	常务副总经理
鲁群生	青岛澳柯玛集团	总裁

出版说明

中国家电工业经过十几年的发展,已形成了一个由生产、经营、科研、检测等组成的完整的工业体系。仅1988年至1998年的十年间,我国生产电冰箱7 220万台、洗衣机9 177万台,空调器2 990万台,占世界同类产品总产量的1/5左右。彩电年销售1 600万台,微波炉年销售500万台,并且涌现了国内享有盛誉,在国际上也有重大影响的国产名牌家电群。

近几年,随着市场竞争的加剧,名牌产品企业的市场优势更加明显,产品生产集中度进一步提高。电脑控制、绿色无氟、变频控制、模糊控制、数字化电视、网络产品等高科技含量产品不断涌现,提高了产品竞争力,丰富了家电市场。

为了系统总结中国家电工业近十几年的发展成果,迎接新世纪的挑战,进一步实施名牌战略,宣传国产品牌,促进产品质量的升级和进一步提高售后服务水平;同时也为了我国中等职业教育能更好地适应国内经济发展与科学进步的需要,充实现有家电类专业教学内容,提高家电行业职工和维修人员的专业知识水平,特聘请知名家电企业集团的专业技术人员编写这套职业教育用书——《电冰箱原理与检修》、《电冰柜原理与检修》、《微波炉原理与检修》、《空调器原理与检修》、《彩色电视机原理与检修》、《洗衣机原理与检修》。

这套丛书由高等教育出版社和山东省家电行业协会共同策划组织。参加编写的企业有:青岛海尔集团、广东科龙集团、广东美的集团、青岛海信集团、杭州金松集团(杭州松下)、合肥荣事达集团、广东格兰仕电器公司、青岛澳柯玛集团、上海三菱电器公司、合肥美菱集团、河南新飞电器公司、山东小鸭集团、TCL电子集团公司、中山威力集团公司、河南冰熊保鲜设备公司、浙江星星电器公司、上海夏普电器公司、南京熊猫电子集团、合肥海尔电器有限公司、四川长虹电子集团公司等著名企业集团。

本套丛书以各名牌家电企业的最新典型产品为例,介绍其原理与检修,具有较强的针对性、实用性、系统性,是目前具有权威性的教学用书。主要供全国开设家电专业的有关职业学校和全国广大家电维修人员使用。

在本套丛书的组编过程中,山东省家电行业协会副秘书长李佩禹先生作了大量组织、协调工作。在此表示谢意。

本套丛书的不足之处,请各学校、企业和广大读者批评指正。

全国名牌家电企业(集团)职业教育系列丛书编委会

1999年11月

前 言

为适应我国近年来家用电器生产的迅猛发展,培养各类电用电器专业维修人员,由高等教育出版社与山东省家电协会组织全国名优家电企业工程技术人员共同编写了全国家电类职业教育系列丛书。

本书是这套职业教育丛书之一。全书共分二篇九章。第一篇主要介绍了房间空调器的结构、原理及安装、维修知识,并对近年来新出现的变频空调器的变频技术原理与应用作了较为详细的介绍。第二篇详实地介绍了海信、科龙、美的、夏普、海尔等知名品牌主流机型的工作原理、结构特点及常用故障的处理方法,并提供了详细的维修资料,这一篇是本书的重点。

本书第一、第五章由广东科龙空调器股份有限公司潘自强编写,第二、第九章由青岛海尔空调器有限总公司姜树刚编写,第三、第六章由青岛海信空调有限公司何明山编写,第四、第八章由广东美的冷气机制造有限公司李玉春编写,第七章由上海夏普电器有限公司张介范编写。全书由何明山统稿,山东商业职业技术学院邢振禧审稿。

本书在编写过程中,得到了广东科龙电器股份有限公司、青岛海信电器股份有限公司、上海夏普电器有限公司、广东美的冷气机制造有限公司、青岛海尔空调器有限总公司领导的大力支持,在此表示感谢。

由于编写时间仓促,编者水平有限,书中错漏不妥之处,恳请读者批评指正。

1999年12月

目 录

第一篇 基本原理与检修技术

第一章 房间空调器的热力学基础	3	第三章 变频空调器	51
第一节 热力学基本概念	3	第一节 变频技术原理及应用	51
第二节 热力学基本定律	8	第二节 变频空调器的电气控制系统	56
第三节 焓-湿图及应用	16	第三节 变频空调器的制冷系统	62
第四节 制冷剂与润滑油	19	第四章 房间空调器的安装与维修	66
第二章 房间空调器的结构与原理	27	第一节 常用工具和仪表的使用方法	66
第一节 房间空调器的分类与型号	27	第二节 房间空调器安装维修基本操作	71
第二节 房间空调器的工作原理与制冷系统	30	第三节 房间空调器的选择、安装和维护	76
第三节 房间空调器的结构	34	第四节 房间空调器的通用检修程序	81
第四节 房间空调器的电气控制系统	38	第五节 房间空调器主要零部件更换方法	88
第五节 压缩机及主要制冷部件	44		

第二篇 名优产品实例

第五章 科龙(华宝)空调典型产品介绍	95	第四节 夏普空调检修实例问答	204
第一节 科龙、华宝空调产品简介	95	第八章 美的空调典型产品介绍	212
第二节 科龙一拖二分体空调 KFR-(23G×2)W 产品介绍	98	第一节 美的空调产品简介	212
第三节 科龙分体壁挂式空调 KFR-25GW/E 产品介绍	108	第二节 美的超静星系列空调产品介绍	227
第四节 科龙、华宝空调产品常见故障检测	111	第三节 美的冷静星系列空调产品介绍	235
第六章 海信空调典型产品介绍	119	第四节 美的清爽星系列空调产品介绍	240
第一节 海信空调产品简介	119	第五节 美的世纪星系列空调产品介绍	244
第二节 海信变频空调产品介绍	124	第九章 海尔空调典型产品介绍	258
第七章 夏普空调典型产品介绍	171	第一节 海尔空调产品简介	258
第一节 夏普空调产品简介	171	第二节 海尔 KFR-36GW/F 产品介绍	271
第二节 夏普普通空调产品介绍	176	第三节 海尔 KFR-25GW/BP×2 产品 介绍	289
第三节 夏普变频空调产品介绍	185	参考文献	300

第一篇 基本原理与检修技术

第一章 房间空调器的热力学基础

空气调节是指通过某些手段,对特定空间内空气的温度、湿度及其分布、成分、清洁度等进行调节,以满足人们的舒适性要求或某些特殊需求。从广义上说,可达到这种目的的设备都可称为空气调节器,如家用空调器、商用空调器、除湿机、空气清新机、加湿器、电暖器等。

本章主要叙述与家用空调器有关的热力学方面的基础知识,并介绍当前家用空调器在制冷剂替代方面的新进展。

第一节 热力学基本概念

在这一节中,主要学习描述物质状态的宏观物理量(也叫状态参数)的定义及应用。

一、温度

温度是物体冷热程度的量度,在我国法定计量单位中,温度的表示方法有热力学温度和摄氏温度两种,热力学温度又称绝对温度,用 T 表示,单位为开(K),摄氏温度用 t 表示,单位为 $^{\circ}\text{C}$,绝对温标和摄氏温标的分度方法相同,它们之间的换算关系如下

$$T = t + 273.15$$

在英制单位中,也采用华氏温标,用符号 $^{\circ}\text{F}$ 表示,华氏温标与摄氏温标之间的换算关系为

$$t^{\circ}\text{C} = \frac{5}{9}(t^{\circ}\text{F} - 32)$$

二、压力

压力指垂直作用于单位面积上的力,也称压强,在家用空调器设计中,正确设定及控制循环系统各部分的压力是制冷系统安全正常运行的保证。

在法定计量单位中,压力用 p 表示,单位为帕(Pa)

$$p = \frac{F}{A}$$

式中, F 为垂直作用力(N), A 为面积(m^2)。

国际单位制中,压力的单位为帕(Pa);也用巴(bar)和标准大气压 atm(或称物理大气压);工程用单位制中,常用千克力/平方厘米(kgf/cm^2)、毫米水柱(mmH_2O)和毫米汞柱(mmHg)等作为计量单位;在英制单位制中常以磅力/平方英寸(lbf/in^2)作为计量单位。各单位之间的换算关

系如下

$$1 \text{ atm} = 101\,325 \text{ Pa}$$

$$1 \text{ kgf/m}^2 = 9.806\,65 \text{ Pa}$$

$$1 \text{ mmH}_2\text{O} = 9.806\,65 \text{ Pa}$$

$$1 \text{ mmHg} = 133.322\,4 \text{ Pa}$$

$$1 \text{ lbf/in}^2 = 6\,894.757 \text{ Pa}$$

用压力表(压力计)测出的压力是表压力 p_e , 与实际压力(绝对压力) p_{abs} 之间相差了环境压力 p_{amb} 。即

$$p_{\text{abs}} = p_e + p_{\text{amb}}$$

当绝对压力小于环境压力时,测出的表压力为负值,其绝对值称为真空度。

三、密度和比容

单位容积(体积)的物质所具有的质量称为密度,用 ρ 表示,单位 kg/m^3 。

$$\rho = \frac{m}{V}$$

相应地,单位质量的物质所占的容积称为比容,用 v 表示,单位 m^3/kg 。

$$v = \frac{V}{m}$$

对于单相气体物质来说,压力、温度、比容(密度)是三个基本参数,只要知道这三个基本参数中的任意两个,就可以确定气体的热力学状态。

四、热量和比热

描述物体吸热和放热多少的物理量称为热量,其本质上是传递给一个物体的能量,是以分子热运动的形式储存在物体中,用 Q 表示。

在国际单位中,热量的单位为焦(J)。在工程单位制中常用千卡(kcal)为单位,在英制单位中采用英热单位(Btu)或英尺·磅(ft·lb)。

1kg 质量的物体温度升高(或降低)1K 所需要吸收或释放出的热量称为比热,用 c 表示,单位为 $(\text{J/kg} \cdot \text{K})$ 。

对气态物质来说,压力不变时的比热称为定压比热,用 c_p 表示,容积不变时的比热称为定容比热,用 c_v 表示。

五、汽化和凝结

物质的状态在某些特定条件下是可以相互转变的,由液态变成气态的过程叫汽化,由气态变成液态的过程叫凝结。汽化又分为蒸发和沸腾,一般来说,蒸发可在任意温度下进行,而在一定压力条件下,沸腾只能在一定的温度下进行。液体在某一压力下沸腾时的温度就是该压力所对

应的饱和温度(或称沸点)。

物质在汽化过程中需要从外界吸收热量,在凝结过程中需向环境释放热量,家用空调器就是利用制冷剂在这种相变过程中伴随的吸热、放热性质达到降温(或升温)的目的,只不过是制冷剂在蒸发过程中发生的汽化是沸腾过程。

制冷剂在制冷(热)循环系统内的蒸发和凝结,构成了整个制冷(热)循环两个不可缺少的过程。

当某一密闭容器内液体保持温度不变,容器内压力也维持不变,气液转化达到动态平衡时,称容器内物质处于饱和状态。在饱和状态下的液体称为饱和液体,蒸气称为饱和蒸气,饱和液体的温度称为饱和温度,饱和蒸气的压力称为饱和压力。饱和压力和饱和温度之间存在着——对应的关系,例如:在一个标准大气压力下,水的饱和温度是 100°C , R22 是 -40.8°C , R12 为 -29.8°C , 氟利昂的低沸点正是被选用为制冷剂的原因之一。

在一定压力条件下,将液体温度加热至相对应的饱和温度时,可以使液体沸腾。同样,在一定温度条件下,将密闭容器内的压力降低至相对应的饱和压力时,液体也会沸腾。液体在饱和状态下沸腾时,如保持着压力不变,即使对它继续加热,温度也不会升高,一直保持在相应压力下的饱和温度,直至液体全部变为饱和蒸气。通常如果蒸气的温度高于相应饱和压力对应的饱和温度,则称为过热蒸气,如果液体的温度低于相应饱和压力对应的饱和温度,则称为过冷液体。

将 1 kg 饱和状态下的液体全部汽化为同温度的蒸气时,所吸收的热量称为汽化潜热,用 r 表示,单位为 J/kg 。相应地将 1 kg 饱和状态下的蒸气全部凝结成同温度的液体所放出的热量为凝结热(或称冷凝热)。

六、湿度

湿度是表示空气中所含水蒸气的多少的物理量,通常用绝对湿度、相对湿度和含湿量三种方法来表示。

1. 绝对湿度

通常将含有水蒸气的空气称为湿空气,不含水蒸气的空气称为干空气。

单位容积的湿空气中含有的水蒸气的质量称为绝对湿度。

$$z = \frac{m_g}{V}$$

式中, z 为绝对湿度(kg/m^3); m_g 为水蒸气质量(kg); V 为空气容积(m^3)。

2. 含湿量 d

湿空气中水蒸气的质量与干空气质量的比值,称为含湿量。

$$d = \frac{m_g}{m_g}$$

式中, d 为含湿量(kg/kg); m_g 为水蒸气质量(kg); m_g 为干空气质量(kg)。

3. 相对湿度 ϕ

相对湿度的概念表示在湿空气中水蒸气含量接近饱和含量的程度;相对湿度为 0 , 表示干空气,相对湿度为 100% , 表示饱和湿空气。

$$\phi = \frac{p_q}{p_{q\text{sat}}} \times 100(\%)$$

式中, ϕ 为相对湿度; p_q 为湿空气中水蒸气的分压力(Pa); $p_{q\text{sat}}$ 为相同温度下饱和湿空气中的水蒸气分压力(Pa)。

在工程计算中, 常用下列公式代替计算相对湿度

$$\phi = \frac{d}{d_{\text{sat}}} \times 100(\%)$$

式中, d_{sat} 为饱和湿空气中的含湿量

表 1-1 为常用制冷剂的饱和温度、饱和压力对应表。

表 1-1 常用制冷剂的饱和温度、饱和压力对应表

饱和温度 t		饱和压力 p								
		R11			R12			R22		
/℃	/°F	/MPa	/(kgf/cm ²)	/(lbf/in ²)	/MPa	/(kgf/cm ²)	/(lbf/in ²)	/MPa	/(kgf/cm ²)	/(lbf/in ²)
-30	-22	0.0092	0.0942	1.340	0.1004	1.025	14.579	0.1635	1.68	23.895
-20	-4	0.0158	0.1601	2.277	0.1509	1.537	27.904	0.2448	2.51	35.700
-15	5	0.0203	0.2057	2.926	0.1826	1.862	26.498	0.2957	3.03	43.097
-10	14	0.0257	0.2605	3.705	0.2191	2.234	31.775	0.3543	3.63	51.631
-5	23	0.0323	0.3273	4.655	0.2610	2.660	37.834	0.4214	4.32	61.445
0	32	0.0402	0.4073	5.793	0.3086	3.147	44.761	0.4976	5.10	72.539
5	41	0.0495	0.5016	7.134	0.3626	3.696	52.527	0.5838	5.99	85.198
10	50	0.0606	0.6175	8.733	0.4233	4.314	61.359	0.6807	6.99	99.421
15	59	0.0734	0.7437	10.578	0.4914	5.008	71.230	0.7892	8.11	115.351
20	68	0.0884	0.8957	12.740	0.5673	5.779	82.196	0.9099	9.35	132.988
25	77	0.1056	1.0335	14.700	0.6716	6.636	93.907	1.0439	10.58	150.444
30	86	0.1254	1.2706	18.072	0.7449	7.581	107.827	1.1919	12.26	174.378
35	95	0.1479	1.4986	21.315	0.8477	8.626	122.690	1.3548	13.95	198.415
40	104	0.1735	1.7580	25.005	0.9607	9.771	138.976	1.5335	15.79	224.586
45	113	0.2023	2.0500	29.158	1.0843	11.023	156.783	1.7290	17.81	253.317
50	122	0.2347	2.3781	33.824	1.2193	12.386	176.170	1.9423	20.03	284.893
55	131	0.2708	2.7439	39.027	1.3663	13.868	196.907	2.1744	22.03	313.340
60	140	0.3111	3.1522	44.835	1.5259	15.481	219.906	2.4266	24.59	349.751

表 1-2 列出了饱和空气的水蒸气压力和饱和空气含湿量的对应值。

表 1-2 饱和空气的水蒸气压力和饱和空气含湿量的对应值
(环境压力为 101 325Pa)

t /℃	p_{qsat} /(100Pa)	d_{sat} /(g/kg)	t /℃	p_{qsat} /(100Pa)	d_{sat} /(g/kg)	t /℃	p_{qsat} /(100Pa)	d_{sat} /(g/kg)
-20	1.03	0.64	13	14.98	9.37	46	100.98	69.24
-19	1.13	0.70	14	15.99	10.01	47	106.63	73.28
-18	1.25	0.77	15	17.06	10.69	48	111.76	77.56
-17	1.37	0.85	16	18.18	11.41	49	117.51	82.08
-16	1.51	0.93	17	19.38	12.18	50	123.50	86.86
-15	1.65	1.02	18	20.64	12.99	51	129.76	91.92
-14	1.81	1.11	19	21.98	13.85	52	136.29	97.27
-13	1.99	1.22	20	23.39	14.76	53	143.11	102.95
-12	2.17	1.34	21	24.88	15.72	54	150.21	108.95
-11	2.38	1.47	22	26.45	16.74	55	157.60	115.32
-10	2.60	1.60	23	28.11	17.82	56	165.31	122.08
-9	2.84	1.75	24	29.86	18.96	57	173.33	129.24
-8	3.10	1.91	25	31.69	20.17	58	181.69	136.85
-7	3.38	2.09	26	33.63	21.45	59	190.39	144.94
-6	3.69	2.28	27	35.67	22.80	60	198.44	153.54
-5	4.02	2.49	28	37.82	24.23	61	208.86	162.69
-4	4.38	2.71	29	40.08	25.73	62	218.65	172.44
-3	4.76	2.95	30	42.46	27.32	63	228.82	182.84
-2	5.18	3.20	31	44.96	29.01	64	239.41	193.93
-1	5.63	3.49	32	47.59	30.79	65	250.40	205.79
0	6.11	3.79	33	50.35	32.67	66	261.81	218.48
1	6.57	4.08	34	53.24	34.66	67	273.66	232.07
2	7.06	4.38	35	56.28	36.76	68	285.97	246.64
3	7.58	4.71	36	59.47	38.91	69	298.74	262.31
4	8.14	5.05	37	62.81	41.31	70	311.99	279.16
5	8.73	5.42	38	66.32	43.78	71	325.73	297.34
6	9.35	5.81	39	69.99	46.39	72	339.98	316.98
7	10.02	6.24	40	73.84	49.14	73	354.76	338.24
8	10.73	6.68	41	77.87	52.05	74	370.06	361.30
9	11.48	7.16	42	82.08	55.12	75	385.94	386.41
10	12.28	7.66	43	86.49	58.37	76	402.37	413.77
11	13.13	8.20	44	91.11	61.79	77	419.39	443.72
12	14.03	8.77	45	95.94	65.41	78	437.02	476.63

续表

t /℃	p_{qsat} /(100Pa)	d_{sat} /(g/kg)	t /℃	p_{qsat} /(100Pa)	d_{sat} /(g/kg)	t /℃	p_{qsat} /(100Pa)	d_{sat} /(g/kg)
79	455.25	512.84	83	534.75	703.11	87	625.54	1016.11
80	474.14	552.95	84	556.34	766.24	88	650.17	1128.00
81	493.67	597.51	85	578.66	838.12	89	675.58	1260.64
82	513.86	647.24	86	601.73	920.62	90	701.82	1420.31

第二节 热力学基本定律

一、热力学第一定律

热力学是研究在物质状态发生变化时热能、内能、功之间相互转换的规律,以及热力学系统内、外部条件对能量转换的影响的一门学科。

热力学第一定律是能量守恒与转换定律在热力学中的具体应用。热力学第一定律指出:自然界一切物质都具有能量,它能够从一种形式转换为另一种形式,从一个物体传递给另一个物体,在转换和传递过程中总能量的数量不变,能量既不能被创造,也不能被消灭。

与房间空调器有关的能量的几种主要形式有:热量 Q 、功 W 、内能 U 和焓 H 。

1. 功

作用于物体上的力在物体位移方向上的分量与物体位移的乘积定义为功。

$$W = F \cdot S$$

功的单位为焦耳(J)。1J = 1N·m。

在房间空调器中,功包括电功及压缩功或膨胀功,压缩功或膨胀功是由气体容积膨胀或被压缩而产生的,表示为

$$W = p \cdot V$$

式中, p 为气体容积变化时的压力; V 为气体容积的变化。

功率是指单位时间内所做的功,功率的单位为瓦(W),1W = 1J/s。

其他功率表示方法还有米制马力和英制马力等,它们与法定计量单位 W 之间的换算关系如下:

$$1\text{PS(米制马力)} = 735.499 \text{ W}$$

$$1\text{HP(英制马力)} = 745.699 \text{ 9W}$$

2. 内能

内能是指物体内部功能和热能的总和,用符号 U 表示,其单位是焦(J)。

3. 焓

在热力学中,焓是象征系统中所有的总能量,是内能和压力位能之和,用符号 H 表示,单位是焦(J)。

$$H = U + pV$$

单位质量物质的焓称为比焓,用 h 表示

$$h = \frac{H}{m} = \frac{U + pV}{m} = u + pv$$

对气态工质而言,由于内能 u 、压力 p 、比容 v 均为状态参数,因此焓 h 也是一个状态参数。但它是不能用仪表测量的,在热力学中引入焓的概念,目的在于简化热工设备的热力学计算。在与空调器相关的制冷技术中,焓的概念得到极为广泛的应用。

二、热力学的第二定律

热力学第一定律指出了能量转换在数量上的关系,但实际上并不是所有满足或遵循热力学第一定律的热力过程都能实现,有许多是需要条件的,是不可逆的,有方向性的。热力学第二定律正是揭示这种热力学过程方向性的定律。

热力学第二定律的克劳修斯表达为:热不可能自发地、不付代价地从低温物体传到高温物体。

热力学第二定律的开尔文叙述为:不可能制造出从单一热源取得热量,使之全部转变为功而不引起任何变化的热力发动机。

对于空调的制冷循环来说,是将低温热源(房间)的热量传递到高温热源(室外)中,按照热力学第二定律,这个过程是不能自发地实现。要实现这一过程必须要消耗一定的电能或其他形式的能量。

假定一个热源温度为 T_1 , 热量为 Q_1 , 根据热力学第二定律, Q_1 的热量不可能全部转化为功,只能是其中一部分转化为功,而剩余的热量为 Q_2 变成无用的能量,传给温度为 T_2 的热源(或环境), $T_1 > T_2$, 热量利用率(热效率) η_t 为

$$\eta_t = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1} = 1 - \frac{Q_2}{Q_1}$$

理想的卡诺循环的热效率 η_t 为

$$\eta_t = \frac{T_1 - T_2}{T_1} = 1 - \frac{T_2}{T_1}$$

由此得到

$$\frac{Q_1}{T_1} = \frac{Q_2}{T_2}$$

热力学中,将物质热量与温度的比值称为熵,用符号 s 表示,单位为千焦/千克·开尔文($\text{kJ}/\text{kg}\cdot\text{K}$)。熵和焓一样,也是工质的状态参数,不能用仪表测量,是纯由数学演算导出的,它实质上反映了微观粒子热运动所引起的无序性的定量量度。

热力过程中,熵的变化反映了过程的不可逆程度。

三、逆卡诺循环

逆向循环是消耗能量的循环,所有的制冷循环都是按逆向循环工作。逆向卡诺循环是由两个可逆的等温过程和两个可逆的绝热过程组成。它是热力学上耗功最小,效率最高,工作在一个恒温热源和一个恒温冷源之间的理想制冷循环,该循环如图 1-1 所示。

恒温冷源的温度为 T_0 , 恒温热源的温度为 T_k , 并假定制冷循环中制冷剂向恒温冷源吸热及向恒温热源放热过程为无温差传热。图 1-1 所示 1~2 过程为绝热压缩过程, 在此过程中, 外界对制冷剂作功使制冷剂的温度由 T_0 升高至 T_k ; 2~3 过程为等温压缩过程, 在此过程中, 制冷剂向恒温热源(T_k)放出热量 Q (为无温差传热, 制冷剂温度为 T_k); 3~4 过程为绝热膨胀过程, 制冷剂对外界作功, 温度由 T_k 降为 T_0 ; 4~1 过程为等温膨胀过程, 此过程中, 制冷剂从恒温冷源(T_0)中吸取热量 Q_0 。(无温差传热)恢复到初始状态, 从而完成一次逆卡诺循环。

制冷剂从恒温冷源 T_0 吸取的热量 $Q_0 = T_0(S_1 - S_4)$, 可用面积 S41654 表示。制冷剂向恒温热源(T_k)放出的热量 $Q = T_k(S_2 - S_3)$, 用面积 S23562 表示。在绝热压缩过程中所消耗的功与绝热膨胀过程中所获得的功的差值, 就是制冷剂完成一次循环所消耗的净功 $W_0 = Q - Q_0 = (T_k - T_0)(S_1 - S_4)$, 用面积 S12341 表示。

在制冷循环当中, 常用制冷系数 ϵ 来作为评价循环经济性的指标。 ϵ 是制冷剂从被冷却物体(恒温冷源)中吸取的热量 Q_0 与所消耗的功 W_0 的比值。

在逆卡诺循环中, 有

$$\epsilon_c = \frac{Q_0}{W_0} = \frac{Q_0}{Q - Q_0} = \frac{T_0}{T_k - T_0}$$

由上式可知, 逆卡诺循环的制冷系数(ϵ_c)仅取决于热源温度 T_k 和冷源温度 T_0 , 与制冷剂本身的性质无关。

制冷剂与热源、冷源之间热量的交换假定为无温差传递, 就意味着热交换器的面积要无限大, 这显然是不切实际的。实际上, 在吸热和放热过程中总是存在温度差, 具有恒定温差传热的逆卡诺循环的 $T-s$ 图如图 1-2 所示。

过程线用 1'2'3'4'1' 表示, 12341 为无温差传热的过程线。

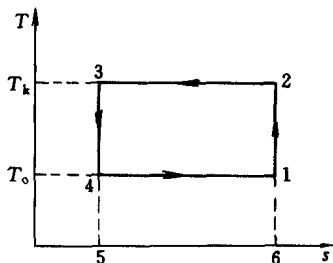


图 1-1 无温差的逆卡诺循环

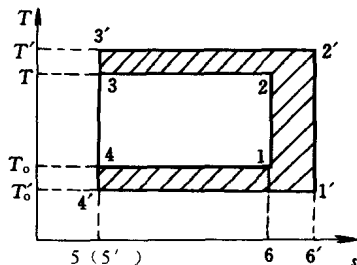


图 1-2 具有恒定温差传热的逆卡诺循环