



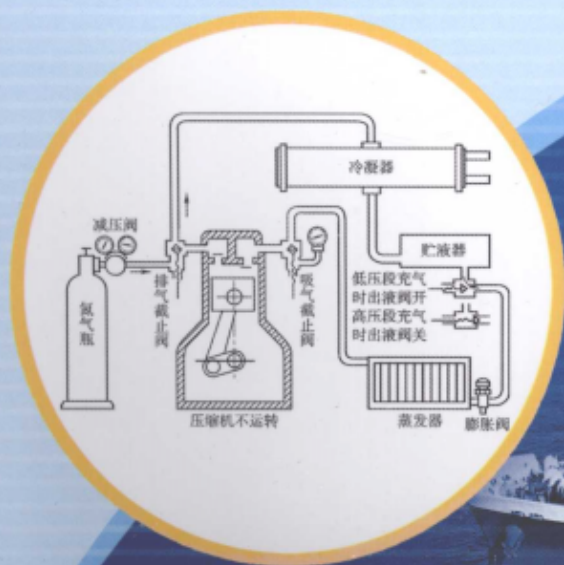
国家示范性高等职业院校重点建设专业教材

轮机工程技术专业

制冷与空调

◎主编 郑仲金

◎主审 张端翔 [福州民天集团有限公司闽光冷冻厂]



人民交通出版社
China Communications Press



国家示范性高等职业院校重点建设专业教材

机电一体化技术专业

单片机原理与控制技术	吴 赓
机械设计基础	王显彬
数控机床与编程技术	陈贵清

汽车检测与维修技术专业

汽车发动机机械系统检修	林 平
汽车底盘机械系统检修	陈建宏 许炳照
汽车电气系统检修	张宗荣

安全技术管理专业

公路施工现场安全管理与控制	张小琴
公路隧道施工安全管理与控制	赵存明 卢立波

航海技术专业

航运企业安全管理体系的建立与实施	林志忠 林映怡
船舶结构与设备	向 阳 唐寒秋
海上货物运输	陈福金
船舶原理	徐 莉 张秀凤
水手工艺	向 阳 张诗永

轮机工程技术专业

轮机自动化	陈清彬
船舶柴油机	黄步松 吕凤明
船舶辅机	郑仲金
船舶电气	许明华
制冷与空调	郑仲金

策划编辑: 黄兴娜

责任编辑: 张 放

封面设计: 王红锋

ISBN 978-7-114-07859-0



9 787114 078590 >

网上购书/www.jtbook.com

定价: 36.00元

国家示范性高等职业院校重点建设专业教材

Zhileng yu Kongtiao

制冷与空调

(轮机工程技术专业)

主编 郑仲金

主审 张端翔[福州民天集团有限公司闽光冷冻厂]

人民交通出版社

内 容 提 要

本书是国家示范性高等职业院校重点建设专业教材。全书共包括8个学习情境,分别是:了解制冷基础、认知制冷设备、应用制冷装置、有关制冷装置的案例分析、了解空调基础、认知空调设备、应用空调装置、有关空调装置的案例分析。每个学习情境分别从三个方面进行论述,包括:目标要求、工作任务、评价反馈。

本书既可以作为高职院校轮机工程技术专业群制冷与冷藏专业学生的教材,也可以作为有关人员的参考读物。

图书在版编目(CIP)数据

制冷与空调/郑仲金主编. —北京:人民交通出版社,
2009.8

ISBN 978-7-114-07859-0

I. 制… II. 郑… III. ①制冷技术—基本知识②空气调节设备—基本知识 IV. TB657

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 108257 号

国家示范性高等职业院校重点建设专业教材

书 名: 制冷与空调

著 者: 郑仲金

责任编辑: 张 放

出版发行: 人民交通出版社

地 址: (100011)北京市朝阳区安定门外外馆斜街3号

网 址: <http://www.ccpres.com.cn>

销售电话: (010)59757969, 59757973

总 经 销: 北京中交盛世书刊有限公司

经 销: 各地新华书店

印 刷: 北京市密东印刷有限公司

开 本: 787 × 1092 1/16

印 张: 14.5

字 数: 356 千

版 次: 2009 年 8 月第 1 版

印 次: 2009 年 8 月第 1 次印刷

书 号: ISBN 978-7-114-07859-0

定 价: 36.00 元

(如有印刷、装订质量问题的图书由本社负责调换)

序

2006年是中国高等职业教育的春天。这一年,我国教育部、财政部启动了国家示范性高等职业院校建设计划,高等职业教育首次被定性为中国高等教育发展的一种类型。时代赋予了高等职业教育非常广阔的发展空间。

2006年也是福建交通职业技术学院发展的春天。同年12月,这所有着140多年办学历史的百年老校,被确定为全国首批国家示范性高等职业院校建设单位。这对学校而言,是荣誉更是责任,是挑战更是压力。

国家示范性院校建设的核心是专业建设,而课程和教材又是专业建设的重要内容之一。如何通过课程的建构来推动人才培养模式的改革和创新?教材编写工作又如何与学校人才培养模式和课程体系改革相结合?如何实现课程内容适合高素质技能型人才的培养?这均是我校示范性建设中的重要命题。

难能可贵的是,3年来,在全体教职员工的不懈努力下,我校8个重点建设专业(6个为中央财政支持的重点建设专业)在实验实训条件建设、师资队伍建设、人才培养模式与课程体系改革等方面,都取得了突破性的进展。

更令人欣慰的是,我院教师历经3年的不断探索和实践,为我院的教材建设作出了功不可没的成绩。一系列即将在人民交通出版社出版的国家示范性高等职业院校重点建设专业教材,就是我院部分成果的体现。在这些教材中,既有工学结合的核心课程教材,也有专业基础课程教材。无论是哪种类型的教材,在编写中,我院都强调对教材内容的改革与创新,强调示范性院校专业建设成果在教材中的固化,强调教材为高素质技能型人才培养服务,强调教材的职业适应性。因为新教材的使用,必须根植于教学改革成果之上,反过来又促进教学改革目标的实现,推进高职教育人才培养模式改革。

培养社会所需要的人,是我院一直不懈的努力方向,而这些教材就是我们努力前行的足迹。

在这些教材的编写过程中,也倾注了相关企业有关专家的大量心血和辛勤劳动,在此谨向他们表示衷心的感谢!

福建交通职业技术学院院长
福州大学博士生导师



前 言

根据国家示范性高等职业院校建设的精神,结合 STCW78/95 公约的要求,依照《制冷与冷藏技术专业人才培养方案》的大纲,为了培养学生的职业岗位核心能力,我们尝试编写了这本轮机工程专业群制冷与冷藏技术专业的核心课程教材。

本教材体现了以下几个特点:

一、体现了“基于工作过程”的特点。

以“基于工作过程”为主线,由浅到深地安排了八个学习情境,每个学习情境体现了“目标要求”的提出、“工作任务”的安排、“评价反馈”的要求的工作思路。另外,安排两个进行真实案例分析的学习情境,使学习者感到自己是在“有我之境,我于境内”而不是“无我之景,我在景外”地学习了。

二、体现了“工学结合”和“理论与实践交替互动”的特点。

在每个目标要求上,综合地点出“主要知识目标”和“主要能力目标”。

在每个工作任务上,交替地进行“知识点导入”、“理论信息获取”和“实践技能展现”。

在每个评价总结上,重点地提出“内容评价”和“问题反馈”。

三、体现了“校企合作”的特点。

福建交通职业技术学院船政学院教师郑仲金负责编写学习情境 1、2、5、6 的内容并进行全书统稿;福建交通职业技术学院船政学院教师方小明参与编写学习情境 3、7 的内容;福建海事局葛晓峰轮机长参与编写学习情境 4、8 的内容;福州民天集团有限公司闽光冷冻厂副厂长张端翔高级工程师负责审阅了本书的全部内容。

四、体现了“精简实用”的特点。

依照制冷专业的相关大纲,简单系统地对相关内容进行归纳总结;同时,相关职业技能的切入引出尽量符合高职学生的认知规律,方便学生掌握运用,使之具备进行解决实际问题的各种相关能力。

本教材适合于“工学结合、校企合作”的培养模式,适应于制冷专业学生的能力培养要求,适用于相关院校单位有关人员的参考使用。

感谢各位朋友的大力支持,他们的热情关心和积极帮助使我们在编写此书时受益匪浅。

由于编者学识有限,书中难免存在不妥之处,恳请各位专家批评指正。

编者

2009 年 6 月于福州

目 录

学习情境 1 了解制冷基础	1
目标要求	1
工作任务 1.1 制冷相关知识的预备	1
工作任务 1.2 制冷相关方法的简介	7
工作任务 1.3 单级压缩式制冷原理的分析	11
工作任务 1.4 单级压缩式制冷循环的分析	15
工作任务 1.5 单级压缩式制冷工况的分析	24
工作任务 1.6 两级压缩式制冷的介绍	30
工作任务 1.7 制冷剂的介绍	35
工作任务 1.8 载冷剂的介绍	46
工作任务 1.9 制冷系统的介绍	49
评价反馈	54
学习情境 2 认知制冷设备	55
目标要求	55
工作任务 2.1 制冷压缩机的拆装维护	55
工作任务 2.2 冷凝器的拆装维护	81
工作任务 2.3 节流阀的拆装维护	85
工作任务 2.4 蒸发器的拆装维护	93
工作任务 2.5 辅助设备的拆装维护	97
工作任务 2.6 自控设备的拆装维护	108
评价反馈	115
学习情境 3 应用制冷装置	116
目标要求	116
工作任务 3.1 制冷装置的匹配	116
工作任务 3.2 制冷装置的验收	120
工作任务 3.3 制冷装置的操作	123
工作任务 3.4 制冷装置的维护	125
工作任务 3.5 制冷装置的故障排除	131
评价反馈	134
学习情境 4 有关制冷装置的案例分析	135
目标要求	135
工作任务 4.1 船舶制冷压缩机起停频繁的解决	135
工作任务 4.2 船舶伙食冷库温度异常的解决	137
评价反馈	140
学习情境 5 了解空调基础	141

目标要求	141
工作任务 5.1 空调相关知识的预备	141
工作任务 5.2 空气基本理论的简介	146
工作任务 5.3 空调负荷和送风量的确定	150
工作任务 5.4 空调原理的分析	154
工作任务 5.5 一次回风式空调循环的分析	156
工作任务 5.6 空调系统的介绍	160
评价反馈	164
学习情境 6 认知空调设备	165
目标要求	165
工作任务 6.1 热源设备的拆装维护	165
工作任务 6.2 冷源设备的拆装维护	173
工作任务 6.3 空气热湿处理设备的拆装维护	180
工作任务 6.4 空气输送设备的拆装维护	187
工作任务 6.5 空气分配设备的拆装维护	193
工作任务 6.6 空气自控设备的拆装维护	201
评价反馈	206
学习情境 7 应用空调装置	207
目标要求	207
工作任务 7.1 空调装置的操作	207
工作任务 7.2 空调装置的管理	211
评价反馈	212
学习情境 8 有关空调装置的案例分析	213
目标要求	213
工作任务 8.1 船舶空调主机损坏的解决	213
工作任务 8.2 船舶空调蒸发器结霜的解决	218
评价反馈	221
附图一 R22 的压焓图	222
附图二 空气的焓湿图	222
参考文献	223

学习情境 1 了解制冷基础

目标要求

主要知识目标	主要能力目标
<ol style="list-style-type: none">1. 食品冷藏原理;2. 制冷的应用、定义和分类;3. 物质相变制冷法;4. 单级蒸气压缩式制冷装置的组成和原理;5. 制冷剂的压焓图;6. 理论制冷循环及其压焓图的表示;7. 制冷循环的热力计算;8. 冷凝温度变化对装置性能的影响;9. 蒸发温度变化对装置性能的影响;10. 制冷压缩机的名义工况;11. 多级压缩式制冷的必要性;12. 两级蒸气压缩式制冷循环的形式;13. 制冷剂的要求和特性;14. 制冷剂的种类和分类;15. 载冷剂的要求和特性;16. 制冷系统的分类;17. 制冷系统的设备及作用	<ol style="list-style-type: none">1. 具备制冷方法的选择的能力;2. 具备制冷装置中蒸发压力和冷凝压力的判断的能力;3. 具备制冷循环的制冷量、轴功率和制冷系数的计算的能力;4. 具备装置性能影响因素的判断的能力;5. 具备两级蒸气压缩式制冷循环的比较分析的能力;6. 具备制冷剂的选用的能力;7. 具备载冷剂的选用的能力;8. 具备单级压缩制冷系统的比较的能力

工作任务 1.1 制冷相关知识的预备

• 知识点导入

理论知识点	实践知识点
<ol style="list-style-type: none">1. 温度与物态关系;2. 食品冷藏原理;3. 制冷的应用;4. 制冷的定义和分类;5. 制冷的发展史	制冷相关知识应用的调研技能

• 理论信息获取

一、温度与物态关系

在夏天奔泻呼啸的黄河到冬天可以走汽车;人们天天呼吸的空气到零下 196℃ 都会变成

液体,如果进一步降温到零下 217℃,则空气也冻成了坚硬的固体。总之,随着温度降低,人们生存必需的氧气,用于电弧焊接保护的氩气,占空气 77% 的氮气,充霓虹灯的氖气和充灌气球的氢气都相继液化和冻结。氦气是最后被液化的气体,在大气中氦气含量不到百万分之一,原先只在太阳光谱中发现氦的谱线,后来也发现在铀矿和天然气中存在,由于它的液化温度低,直到 20 世纪初才被液化,液氦在大气压下无论如何降温也不冻结成固体,只有在 25 个大气压以上才会凝结成固体。

由上面叙述可见,随着温度降低,室温时的气态物质可以转化成液态、固态。如果升高温度(数百万度),气态可以转化为等离子态,所有原子和分子游离成带电的电子和正离子,人们常称等离子态为物质的第四态。一些金属、合金、金属间化合物和氧化物,当温度低于临界温度时出现超导电性(即零电阻现象)和完全抗磁性(把磁力线完全排除出体外现象)。液氮温度低于零下 271℃ 时还出现超流现象,液体的黏度几乎为零,杯子内的液氮会沿器壁爬到杯子下面,液体的传热系数比铜还好。上述两种现象可称为超导态和超流态,人们常把超导态和超流态称为物质的第五态。

那么低温是否有尽头? 对此问题英国科学家开尔文在 1848 年已做了回答,从理想气体的压力、体积与温度的关系式,他推论绝对温标的 0° 是低温的尽头。所谓绝对 0°, 即摄氏零下 273.15℃ (记为 0 K, 绝对温度 = 摄氏温度 + 273.15), 正如理论上所说它是分子运动完全停止的温度。在自然界,运动是物质存在的形式,运动是物质的固有属性,要物质的热运动完全停止是办不到的,但人们可以不断地接近绝对零度。

二、食品冷藏原理

(一) 食品贮藏的条件

1. 合适的温度

低温是食品冷藏最重要的条件。低温可以抑制微生物的活动,并抑制水果、蔬菜等的呼吸,延缓其成熟。储藏冻结的肉、鱼类食品的船舶伙食冷库习惯称为低温库。长航线航行的船舶低温库储藏温度以 $-20 \sim -18^{\circ}\text{C}$ 为宜,肉类能较长时间(半年以上)保存;短航线冷冻食物保存期不超过 2~3 个月,库温控制在 $-12 \sim -10^{\circ}\text{C}$ 较为经济。库温保持在 0°C 以上的船舶伙食冷库习惯称为高温库,其中菜库温度多保持在 $0^{\circ}\text{C} \sim 5^{\circ}\text{C}$,粮库可选择为 15°C 左右。

2. 合适的湿度

相对湿度过低会使未包装的食品因水分散失而干缩;而湿度过高又使霉菌容易繁殖,但对冷冻食物影响不大。因此,高温库适宜的相对湿度为 85%~90%,低温库可保持在 90%~95%。冷库一般在降温过程中能保持适宜的湿度,不需要专门调节。

食品在冷藏期间会发生干缩。这是因为食品在降温过程中温度比库温高,其表面的水蒸气分压力高于冷库内的水蒸气分压力,因而食品的水分不断散失。食品干缩速度不仅取决于库内空气的含湿量,还与库内空气流速及食品的性质、外形和包装方式有关。侵入库内的热量越多,制冷装置工作的时间越长,则食品的水分转移到制冷蒸发器表面的霜露就越多。

3. 合适的二氧化碳和氧气浓度

蔬菜和水果在储存期间的呼吸作用将不断消耗 O_2 ,并使 CO_2 的浓度增高。适当减少 O_2 和增加 CO_2 的浓度,能抑制水果蔬菜呼吸和微生物的活动,储藏期可比普通冷藏库延长 0.5~1 倍,但如果 CO_2 浓度过高呼吸就会过弱,菜、果反而更快变质腐烂。菜、果库一般以 CO_2 浓度

控制在5%~8% (大气中含量约为0.4%)、 O_2 浓度控制在2%~5%为宜。

船舶冷库采用适当的通风换气来保持合适的气体成分。所谓舱室的换气次数是指更换了相当于多少个舱室容积的新鲜空气量。果蔬类冷藏舱或冷藏集装箱的换气次数以每昼夜2~4次为宜。船上菜库由于每天开门存取食品,一般无须特意换气。

4. 合适的臭氧浓度

臭氧是分子式为 O_3 的气体,它在一般条件下极易分解,即 $O_2 + [O]$,产生的单原子氧其氧化能力很强,能使细菌、霉菌等微生物的蛋白质外壳氧化变性而死亡。臭氧除杀菌作用外,还可抑制水果的呼吸,防止其过快成熟,这是因为水果在呼吸时会放出少量的乙烯,对水果有催熟作用,而臭氧能使乙烯氧化而消除。此外,臭氧还有除臭作用。但臭氧也会使奶制品和油脂类食物的脂肪氧化,产生脂肪酸而变质,故目前在船上臭氧多用于菜库。

臭氧可由臭氧发生器产生,它是利用两个金属电极间的高压放电,使空气中的氧气转变成臭氧,这和夏季雷雨时天空中的闪电能使大气产生臭氧一样。臭氧发生器宜装设在冷库高处,因为臭氧在空气中相对密度较大,放在高处有利于臭氧散播。

臭氧一般来说是无毒安全的,呼吸0.1ppm以下体积分数的臭氧对人体还有保健作用。但由于其强氧化作用,体积分数超过1.5ppm(空气中含量约 $2mg/m^3$)时,会刺激人的呼吸道黏膜并使人头疼,故进冷库前应停止臭氧发生器的工作。国际臭氧协会制定的卫生标准是0.1ppm,接触不超过10h(我国标准是0.15ppm,不超过8h)。臭氧体积分数达到0.02ppm时嗅觉灵敏的人可嗅到草腥味,体积分数超过0.15ppm时一般人都能嗅出。

在上述4个条件中,温度条件是最主要的,其他条件并不是所有冷库都具有的。

(二) 食品冷藏的原理

食品变质的原因,主要是由外部的微生物(细菌、霉菌、酵母菌)和内部的酶引起的。在一定的范围内,利用低温抑制微生物的繁殖和降低酶的活性而使食品能保存较长时间不致变质,这就是食品冷藏的基本原理。

对于植物性食品,腐烂的主要原因是呼吸作用的影响,例如水果和蔬菜在采收后贮藏时,虽然不再继续生长,但它们仍然是有生命的机体,具有呼吸作用,而呼吸作用能抵抗微生物的入侵。如呼吸过程中的氧化作用,能把微生物分泌的水解酶氧化成无害物质,使水果和蔬菜的细胞不受其害,从而阻止微生物的入侵。因此呼吸作用能控制机体内酶的作用,防止外界微生物的入侵而引起食品的发酵和腐败。但是,呼吸作用要消耗体内物质,使活体逐渐衰老和干枯。因此,要长期贮藏植物性食品,必须维持它们的活体状态,又要减弱呼吸作用。低温能减弱水果和蔬菜类食品的呼吸作用,延长贮藏期限;但温度过低,会使它们冻死,这就要求有合适的冷藏温度。

鱼、肉、禽等动物性食品在贮藏时是无生命的,构成物体的细胞都已死亡,所以不能控制引起食品变质的酶的作用,也不能抵抗引起食品腐败的微生物作用。低温可以抑制酶的作用,也能阻止微生物的繁殖和生长,使食品内部的化学变化变慢,在较长的时间内能维持新鲜状态。因此,动物性食品的贮藏温度越低,保存的时间就越长。但是在冻结温度以上是不能取得明显效果的,因此必须在冻结点以下贮藏才有效。

(三) 食品冷藏的方法

1. 冷却

冷却是在大于 $0^{\circ}C$ 的环境中,对食品作降温处理。其特点是食品内部组织变化大,微生物有一定繁殖能力,保存期短。

2. 冻结

冻结是在低于 0℃ 的环境中 对食品作降温处理。其特点是微生物基本停止繁殖,食品保存期长。其中,速冻是指食品在极短时间内冻结,食品内在质量受影响小;冷冻是指食品在较长时间内冻结,食品内在质量受影响大。

三、制冷的应用

低温可以长期保存食物,城市需要冷库,家庭拥有冰箱……,除了最常见的食品冷藏之外,低温还应用于其他各个方面,概括一句话,就是:“大到海陆空、小到吃穿用”。而低温的产生,正是制冷的结果,制冷技术的应用结果和制冷工程的发展结果。

(一) 食品业

“民以食为天”,全世界每年消耗的食品数量可达数十亿吨,由于食品的生产具有季节性,大部分食品无法立即消耗掉,因此,必须通过各种方法加以储存,常用的方法有:腌制法(如咸肉、咸鱼、各种蜜饯等);干制法(如肉干、鱼干、笋干、香菇等);酸制法(如酸奶等);罐制法(如各种罐头食品,也叫“高温消毒灭菌法”)。但以上这些方法,在保持食品原有的“色、香、味、质”等方面均不理想,而通过对食品的冷却、冻结来保鲜食品,就能很好解决这个问题。一个国家如果没有食品冷藏业是不可想象的。例如,20 世纪 70 年代美国人曾提出氟利昂对环境有污染,某些国会议员提出议案,要求禁止使用氟利昂,但是经过调查取证后发现,如果在当时就禁止使用氟利昂,美国的食品业将受到严重的打击,最后该议案被否决了,从这个例子可以看出制冷技术对食品工业的重要性。

(二) 水产渔业

水产品味道鲜美、营养价值高,人人喜欢吃。可是,要提高水产品的产量,除了发展养殖业外,还应加强水产品的远洋捕捞,这同样与制冷有关。因为在远洋捕捞的同时,必须进行水产品的冷冻和冷藏,才能形成一个有效的“冷藏链”。即使是近海捕捞,也必须通过人工制冰来冷却保鲜被捕捞的水产品。

(三) 工业

在工业领域制冷技术的应用更为广泛,如纺织厂生产车间离不开空调,印刷厂如果控制不好空气的相对湿度,印刷品的质量将得不到保证(重影字),电子工业中利用制冷技术对一些电子元器件进行低温优质处理,以提高其可靠性,此外,气体的分离、液化,石化产品的脱蜡也必须借助于制冷技术。在核工业中,制冷技术被用来控制核反应速度,吸收核反应过程放出的大量热量,否则后果将不堪设想,例如,1987 年,苏联的切尔诺贝利核电站发生严重的泄漏事故,就与其冷却系统出故障有关,所以,制冷技术在核工业中的地位同样很重要。

(四) 农业

在农业方面,化肥是粮、棉生产中必不可少的,而化肥的生产离不开制冷技术,例如,一个年产量 5000t 的合成氨厂,大约需要 230kW 的标准制冷量。此外,低温育种、良种保存、人造雨雪也和制冷技术有关。

(五) 医药、卫生业

在医药卫生业方面,各种人体器官的低温保存、某些药品的生产都需要制冷技术和低温技术来保证;另外,心脏外科、肿瘤、白内障以及扁桃体等的低温手术(即所谓的“冷手术刀”),可为病患免去痛苦,应用前景十分广泛。

(六) 军工、航天业

在军工航天业方面,各种航天器的材料必须在一个模拟的低温环境下进行试验,以检验其

在太空低温条件下的性能,否则,如果因为材料性能的下降而导致航天器的损坏,后果不堪设想。一个非常惨痛的教训发生在1986年,美国航天飞机“挑战者号”发射升空73s后爆炸,震惊世界!事后调查发现,是由于火箭助推器液体燃料箱的密封圈在低温环境下发生断裂,使得液体燃料外泄而酿成的惨祸。此外,航天飞机助推火箭所使用的燃料(液氢、液氧),如我国长征系列火箭所采用的液氢等都是利用低温技术获得的。

(七) 电脑芯片业

1971年INTEL公司生产的第一个芯片只含2300个晶体管,奔腾4则集成了4200万个晶体管。然而,随着晶体管集成度的提高,芯片耗能和散热问题日益突出,如得不到解决,当芯片上集成了2亿个晶体管时,就会热得像“核反应堆”。

据介绍,传统的芯片散热方法有安装风扇和外置散热片,但随着计算机等设备日益小型化,传统方法已经很难继续提高散热能力。信息技术产业正在实验新的冷却技术,包括新型的液体冷却剂、与芯片成为一体的内置散热管以及制造耗能低的晶体管。

(八) 日常生活

制冷技术在日常生活中的应用有目共睹,大家体会最深的就是电冰箱和空调器进入家庭,给人们生活带来的方便。此外,在文化、体育等领域,也能见到制冷技术的影子,如摄影棚内的空调、人工雪景的布置、室内滑冰场的制冷等等。

正是由于低温技术不仅与人们当代高质量生活息息相关,同时与世界上许多尖端科学研究(诸如超导电技术、航天与航空技术、高能物理、受控热核聚变、远红外探测、精密电磁计量、生物学和生命科学等)密不可分。因此,必须大力发展制冷技术。

(九) 运输船舶

1. 伙食冷藏

船舶航程越远,需携带的食品越多,储藏时间也越长。一般的船舶为了储存食品,大多设有伙食冷库和相应的制冷装置,用于船员、旅客的伙食冷藏。

2. 空气调节

现代船舶为了能向船员和旅客提供适宜的生活条件和工作环境,一般都装有空气调节装置。制冷装置为空气调节提供了必需的冷源。

3. 冷藏运输

现代船舶在运输过程中为了满足生产和特殊设备的需要,实现其特殊功能,设有专用的制冷装置。如冷藏船、冷藏集装箱设有专门的制冷装置。

四、制冷的定义和分类

制冷就是用人工方法从低于环境温度的对象(空间或物体)中吸取热量,并最终将其转移给环境介质的过程。制冷的目的是为了获得低温,低温是相对于环境温度而言的。

制冷技术是一门研究人工制冷的原理、方法、设备及应用的科学技术。它是为适应人们对低温的需要而产生和发展起来的。

制冷工程是制冷机及其主要设备与系统的设计、制造、应用及其操作技术的总称。制冷工程已广泛应用于国民经济的各个领域。

制冷的温度区间大致分为:

(1) 常温~120K,为普通冷冻区间(简称“普冷”),在此区间应用“制冷技术”进行制冷(制冷量)。

(2) 120~0.3K,为低温冷冻区间(简称“低温”),在此区间应用“低温技术”获得低温(气

体的液化)。

(3)0.3~0K,为超低温冷冻区间(简称“超低温”),在此区间应用“超低温技术”获得低温(低温物理研究)。

五、制冷的发展史

(一)19世纪以前——“萌芽阶段”

严格来说,19世纪以前的制冷还不能叫做人工机械制冷,而是人类利用天然冷源(如冰、雪或地下低温水)来防暑降温和保鲜食品的“天然冷却”。

早在3000多年以前,我国人民就已开始懂得利用冬季的天然冷源防暑降温和保鲜食品。如《诗经》上就曾经记载过:“凿冰冲冲、纳于陵阴”,指的是“在冬季时挖掘天然冰,贮存在冰窖之中。”这里所谓的“陵阴”,就是“冰窖”。

到了三国时代,曹操已经把用冰冷却和用炭加热取暖,像对待粮食和食盐一样作为战备手段加以利用,并在山东临漳建造了规模达140间的大型贮冰间。

最著名的还是在明朝,为了建造十三陵(明陵)而采用所谓“百步一井”的方法。即从采石场到建筑工地,每隔一段距离挖一口井,晚上抽取井水浇在路面上,利用冬季寒冷的夜晚,把路面冻结成光滑的滑冰道,然后把数吨重的巨石沿着滑冰道拖运到建筑工地,从而解决了当时缺少大型运输工具的困难。

国外,在天然用冷方面也有广泛记载。如古埃及史书上曾记载过用天然冰冷却法老尸体的情形,16世纪末,西方国家还发明了“冰盐冷却效应”,可获得0℃以下的低温。

总之,在很久远以前人类就已经懂得天然冷却的方法,虽然,天然冷却与人工机械制冷还有较大的差别,但仍可看作是制冷技术的“萌芽阶段”。

(二)19世纪中叶~20世纪30年代——“形成阶段”

从19世纪中叶开始,人工机械制冷进入了发展阶段,并在短短的几十年时间里,形成了多种流派,产生了一次飞跃。

1834年美国波尔金斯研制出第一台以乙醚为工质的制冷机,此制冷机可看成是现代制冷机的雏形,该机获得了英国专利。

1844年美国约翰·格林研制出以空气为工质的制冰机,该机为手动操作,主要用来人工制冰,获得了美国专利。

1852年美国尼斯取得了冷库设计的第一个美国专利。

1862年法国人卡里制造成功第一台吸收式制冷机,为有别于压缩式的另一种流派。尽管在此后的近百年的时间里,吸收式制冷机发展缓慢,但是,自20世纪70年代以来,能源危机问题引起世人的关注,使得可提高一次能源利用率的吸收式制冷机重获青睐,得到了迅速发展,大有取代压缩式制冷机之势。

1874年德国人卡尔·林德设计成功氨蒸气压缩制冷机,该机被认为是现代制冷机的始祖,对制冷技术的发展起了重大的推动作用,产生了一次重大飞跃。时至今日氨蒸气压缩制冷仍得到了广泛的应用,我国大中型冷库均采用此类制冷机。

1890年又出现了另一种流派蒸汽喷射式制冷,但由于其温区较窄(0℃以上),而且容量较大、效率较低,所以,未能得到广泛应用。

1918年美国工程师考布兰发明并制造成世界第一台电冰箱,为制冷机进入家庭及公共场合奠定了基础。

总之,这一阶段是制冷技术的形成阶段,出现了多种流派,但是,因为当时的科学技术水平

较低,所以制冷技术的发展也受到了一定限制。

(三)20世纪30年代至今——“发展阶段”

从20世纪30年代开始,制冷技术进入了又一个飞跃发展阶段。原因有两条:其一,1874年卡尔·林德设计成功氨蒸气压缩制冷机以来,由于当时的压缩机用蒸汽机带动,转速较低,而且当时的机械制造水平低,制冷装置笨重原始、体积庞大、效率很低,从而限制了制冷技术的进一步发展。20世纪30年代,随着电动机的大量应用,由电动机带动的压缩机也应运而生,同时随着机械制造水平的提高,制冷压缩机逐步向高速、多缸和自动化方向发展,从而促进了制冷技术的快速发展;其二,20世纪30年代初(1929年),美国人密奇莱在通用电气公司实验室发现了氟利昂新工质(R12),氟利昂作为制冷剂有许多优点,特别是为制冷装置进入家庭及公共场合创造了条件。当然,20世纪80年代以后,由于发现氟利昂对大气臭氧层有破坏作用,又提出了氟利昂的禁用问题,但无论如何,作为制冷剂,氟利昂的热力性质是优异的,它对制冷技术的发展起了积极的推动作用。

1951年半导体制冷技术的开发及应用为制冷技术又开拓了一个新领域,它对卫星、激光、航天技术等高科技的进一步发展,提供了一定的技术保证。

• 实践技能展现

制冷相关知识应用的调研技能如下:

在课余时间,依照个人的兴趣,结合实际的条件,对你周围的制冷相关知识的应用情况进行了解调查,最后形成调研报告。

工作任务 1.2 制冷相关方法的简介

• 知识点导入

理论知识点	实践知识点
1. 物质相变制冷法; 2. 气体膨胀制冷法; 3. 气体涡流制冷法; 4. 热电制冷法; 5. 热声制冷法; 6. 磁制冷法	制冷方法的选择技能

• 理论信息获取

一、物质相变制冷法

物质相变制冷法是利用制冷剂的物理状态(固态、液态、气态)的变化过程所发生的吸热现象而获得冷效应的一种制冷方法。

(一)利用溶解过程(固态→液态)制冷

如冰及盐的混合物,即冰盐合剂。冰盐冷却就是利用冰盐融化过程的吸热。冰盐融化过程的吸热包括冰融化吸热和盐溶解吸热这两种作用。起初,冰吸热在 0°C 下融化,融化水在冰

表面形成一层水膜;接着,盐溶解于水,变成盐水膜,由于溶解要吸收溶解热,造成盐水膜的温度降低;继而,在较低的温度下冰进一步溶化,并通过其表层的盐水膜与被冷却对象发生热交换。这样的过程一直进行到冰的全部融化,与盐形成均匀的盐水溶液。冰盐冷却能到达的低温程度与盐的种类和混合物中盐与水的比例有关。三份冰和一份食盐可产生 -20°C 低温;二份冰和一份浓硝酸可达 -56°C 低温。

(二)利用升华过程(固态 \rightarrow 气态)制冷

如二氧化碳(干冰),温度 -78.9°C 。由于其导热力差,应将它混在一种适当的液体(如丙酮、酒精、三氯乙烯等)中使用。早在19世纪,干冰冷却就用于食品工业、冷藏运输、医疗、人工降雨、机械零件冷处理和冷配合等方面。

(三)利用蒸发过程(液态 \rightarrow 气态)制冷

在日常生活中我们都有这样的体会,如果给皮肤上涂抹酒精液体时,就会发现皮肤上的酒精很快干掉,并给皮肤带来凉快的感觉,这是什么原因呢?是因为酒精由液体变为气体时吸收了皮肤上热量的缘故。由此可见,液体气化时要从周围物体吸收热量。因此,使常温下的高压冷凝液体经过节流降压,达到较低的温度;再让液体在低压下蒸发,即可产生冷量而对被冷却物体制冷。

本方法的应用目前占绝对优势。

根据低压蒸气再循环方式的不同,目前主要分为4种系统。

1. 蒸气压缩式制冷系统

依靠压缩机的作用改变制冷剂的压力以实现制冷循环的制冷系统。主要由压缩机、冷凝器、节流或膨胀装置、蒸发器等组成封闭的制冷系统。工质(单一或同时两种制冷剂)在系统中循环工作。

2. 液体吸收式制冷系统

依靠吸收器—发生器组的作用改变制冷剂的压力以实现制冷循环的制冷系统。主要由发生器、吸收器、冷凝器、节流装置、蒸发器等组成封闭的制冷系统。工质(制冷剂和吸收剂)在系统内循环工作。

工质为二元溶液,其中低沸点组分作为制冷剂,用以蒸发制冷;高沸点组分作为吸收剂,利用其对制冷剂蒸气的吸收作用完成工作循环。

按所用工质的种类,吸收式制冷系统主要分氨—水吸收式和溴化锂—水吸收式两种;也有用氨—水—氢三组分工质的,称为吸收—扩散式制冷系统。

3. 蒸气喷射式制冷系统

依靠喷射器的作用改变制冷剂的压力以实现制冷循环的制冷系统。主要由喷射器、冷凝器、节流阀、蒸发器等组成制冷系统。它只用单一工质工作,不存在介质与制冷剂的分离问题,使制冷机工作过程简化。通常用水为制冷剂,可以制取空调或生产工艺需要的 0°C 以上的低温。

4. 固体吸附式制冷系统

依靠吸附剂的作用改变制冷剂的压力以实现制冷循环的制冷系统。主要由吸附床、单向阀、冷凝器、蒸发器等组成封闭的制冷系统。工质(制冷剂和吸附剂)在系统内循环工作。一般的吸附系统只能间歇制冷,吸附器处于吸附过程中产生冷效应,脱附过程使吸附剂状态还原,这时将停止制冷。为了连续制冷,可以采用两个吸附器。

已研究的吸附工质对(吸附剂—制冷剂)主要有:沸石—水;硅胶—水;活性炭—甲醇;金属

氢化物—氢;氯化铯—氨,这些是物理吸附的工质对;还有化学吸附的工质对,如氯化钙—氨。

二、气体膨胀制冷法

气体膨胀制冷法是利用焦耳—汤姆逊效应(气体在节流过程中发生温度变化)在高压气体绝热膨胀过程中获得冷效应的一种制冷方法。

通过这一原理制冷的典型应用有制氧、空气分离;氦气、氮气和天然气等气体液化。应用制冷范围为 $-259 \sim -100^{\circ}\text{C}$ 。历史上第一次实现的气体制冷机是以空气作为工质的,称为空气制冷机。脉管制冷机的理论和实验研究工作亦在不断进行中。

三、气体涡流制冷法

气体涡流制冷法是利用压缩气体通过涡流管产生涡流所分离出来的冷气流获得冷效应的一种制冷方法。

利用涡流,使气体分离成冷、热两部分,利用其中的冷气流即可获得冷量。应用制冷范围在 -20°C 以上。这种设备体积小,可靠耐用,但制冷效率较低,适用于有压缩气源的场合。目前,在涡流管制冷器制冷、便携式空调、气体混合物分离、气体干燥、电子元件和仪表等的冷却,以及机械加工中的冷却等领域获得了应用。

四、热电制冷法

热电制冷法是利用热电效应/帕尔贴效应(直流电通过两种不同的导体或半导体交换处产生温差)获得冷效应的一种制冷方法。

在不能使用普通制冷剂和制冷系统的特殊场合以及小容量、小尺寸的制冷工作条件下,热电制冷显示出它的优越性,已成为现代制冷技术的一个重要组成部分。目前热电制冷技术主要应用于车辆、核潜艇、驱逐舰、深潜器、减压舱、地下建筑等特殊环境下使用的热电空调、冷藏和降湿装置;各种仪器和设备中使用的小型热电恒温制冷器件;工业气体含水量的测定与控制;保存血浆、疫苗、血清、药品等药用热电冷藏箱与半导体冷冻刀等。

五、热声制冷法

热声制冷法是利用热声效应(当声波所引起的压力、位移及温度的波动与一固体边界相互作用时,就会发生明显的声波能量与热能的转换)获得冷效应的一种制冷方法。

美国科学家认为声谐振驻波和表面泵热效应的组合可以形成一种完全新型的“自然发动机”。气体热声效应、固体介质与气流之间所需的时均相位差是通过自发不可逆过程,尤其是有限传热温差得到的。通常的制冷循环需要提供外在的机械部件来保证循环中各过程的切换,而热声制冷机能自发调节相位,从而自动在各循环过程中进行切换。因此,热声制冷机具有部件少、成本低、结构简单、可靠性强等优点。1986年,Hofler设计并制作了一实验热声制冷机。这是世界上第一台有效的热声制冷机,它以扬声器驱动发声,在3W的热负荷下,其制冷系数达到卡诺系数的12%,制冷温度可达 -50°C 。

六、磁制冷法

磁制冷法是利用磁热效应(磁性物质在磁场作用下绝热磁化时升温,绝热退磁时降温)在顺磁体绝热去磁过程中获得冷效应的一种制冷方法。

在极低温领域(毫K级至16K范围)磁制冷发挥了很大作用。现在低温磁制冷技术比较成熟。美国、日本、法国均研制出多种低温磁制冷冰箱,为各种科学研究创造极低温条件。例如用于卫星、宇宙飞船等航天器的参数检测和数处理系统中,还用在氦液化制冷机上。而高温