

Modern
REFRIGERATION and
AIR CONDITIONING

现代冷冻 与 空调

(原理·结构·安装·操作·保养·检修)

译者：彦启森

(清华大学热能工程系教授)

原著者：ANDREW D. ALTHOUSE, B.S. (M.E.), M.A.

[美国] CARL H. TURQUIST, B.S. (M.E.), M.A.

ALFRED F. BRACCIANO, B.S. M.Ed., Ed, Sp.

编辑：徐德胜

(上海交通大学出版社编审)

上海交通大学出版社

205070

TB657

A759

现代冷冻与空调

Modern REFRIGERATION and AIR CONDITIONING

(原理·结构·安装·操作·保养·检修)

译者: 彦启森

(清华大学热能工程系教授)

原著者: ANDREW D. ALTHOUSE, B.S., (M.E.), M.A.

[美国] CARL H. TURNQUIST, B.S., (M.E.), M.A.

ALFRED E. BRACCIANNO, B.S., M.Ed., Ed, Sp.

编辑: 徐德胜

(上海交通大学出版社编审)

上海交通大学出版社

内 容 简 介

本书是美国出版的冷冻与空调专业工具书,具有权威性、知识性与实用性相结合的特点。其内容包括冷冻与空调实际应用的各个分支:家用、商用、空调、热泵、汽车空调、热电制冷、太阳能、吸收式、特殊装置和应用,详细叙述了冷冻与空调的原理、结构、系统、安装、操作、保养和检修知识。本书图文并茂,大量的设备照片和彩色插图,使原理和维修知识简明易懂。本书还注重最新技术的发展,为读者提供宝贵的知识源泉。初学者和实习生将发现《现代冷冻与空调》对于追求合意和有目的的专业是一本优秀的入门工具书;有经验的操作、维修技术人员将发现它是有价值的指南和参考书。

本书适合冷冻与空调专业的工程技术人员、大专院校师生、成人教学班和中高级技工培训班学员等学习参考,并推荐为冷冻与空调专业技师培训与考核用的教材;另外,它也是广大操作、维修人员的常备工具书。

图书在版编目(CIP)数据

现代冷冻与空调/(美)奥尔特豪斯(Althouse, A. D.)
著;彦启森译. —上海:上海交通大学出版社, 2001
ISBN 7-313-02747-8

I. 现… II. ①奥…②彦… III. ①冷冻设备②空
气调节设备 IV. TB657

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2001)第 049063 号

本书经

The Goodheart-Willcox Company, Inc. 授权翻译出版发行
中文简体版经(台湾)中央图书出版社授权出版发行

现代冷冻与空调

(原理·结构·安装·操作·保养·检修)

Modern

REFRIGERATION and

AIR CONDITIONING

[美国]A·D·Althouse 等原著 彦启森 译

上海交通大学出版社出版发行

(上海市番禺路 877 号 邮政编码 200030)

电话:64071208 出版人:张天蔚

常熟市印刷二厂印刷 全国新华书店经销

开本: 787mm×1092mm 1/16 印张:71.25 字数:2309 千字

2001 年 7 月第 1 版 2001 年 7 月第 1 次印刷

印数:1-6050

ISBN7-313-02747-8/TB·030 定价:148.00 元

版权所有 侵权必究

前 言

现代冷冻与空调是根据冷冻和空调的基础知识与先进原理编写的详尽且具有权威性的教程。本书中重要原理的阐述简明易懂,并将理论与提高实际工作技能良好地结合在一起。

现代冷冻与空调还包括冷冻实际应用的各个分支:家用、商用、空调、热泵、汽车空调、热电、太阳能、吸收式、特殊装置和应用,讲解冷冻系统安装、维修、检测和修复的新方法。

此外,现代冷冻与空调采用四色照相和图线,使原理与维修知识简明易懂。本书使用专门的色彩标志,表达气体和液体的不同状态和条件。其他色彩表明电、机械和专门组件。红色用于突出安全,蓝色用于识别有关维修条目的标题。该书可用于高等学校、技术学校和职业专科学校的冷冻与空调班;也可用于成人教育班和实习生培训班,它阐述了冷冻和空调完整且详尽的基础知识。

现代冷冻与空调采用美国惯用单位和 SI 米制单位。全书米制单位与惯用单位并列。教员和学员可以继续使用自己所熟悉的单位制。

现代冷冻与空调编排成许多部分,每部分阐述一个主要的知识领域。每章开始,列出学习此章的目的、任务。每章以提问的方式结尾,这些问题包括本章内容以及如何较好地确定读者所遇到的问题。本书还为读者提供名词术语汇编以及广泛收集的图表与技术特性,为课程和作业提供有关学习指南和试验手册,以助于学员牢固地掌握基本原理和技能,给学员进一步学习打下基础。

现代冷冻与空调为注重最新技术发展的人们提供宝贵的知识源泉。该领域的迅速发展需要教育的积极配合,以便技术人员可以将新的知识用于实际工作。臭氧层保护改变了所用制冷剂的类型,新法律将更改从系统中排出制冷剂的工艺过程。人们需要制冷剂回收、再循环和再生的知识。

现代冷冻与空调为技术人员提供维修和故障查寻方面必要的基本资料。技术人员必须对维修和故障查寻有完整的了解,以便正确地使用制造厂商的指南并跟上当今技术变化的潮流。

初学者和实习生将发现,现代冷冻与空调对于开始追求合意的和有用的专业是一本优秀的工具书。有经验的维修技术人员将发现,它是有价值的指南和参考书。

如何使用本书的色彩标志

现代冷冻与空调一书通篇借助于不同色彩区别气体和液体的不同状态和条件。其他颜色表明电、机械和专门组件。下列给出每种颜色表达的内容。

1. 对于冷冻/供热系统示意图

运行工质

[深红]	— 高压液体		热
[浅红]	— 高压蒸气		
[深蓝]	— 低压液体		冷
[浅蓝]	— 低压蒸气		
[深绿]	— 低压水		
[浅绿]	— 低压水蒸气		

吸收式系统

[褐红]	— 高压水和氨(稀溶液 — 热)	
[蓝绿]	— 低压水和氨(浓溶液 — 冷)	

循环工质

冷		液体		空气		蒸气
[深绿]						
热						
[深红]						
暖						

其 他

燃料		火焰	
[深褐色]		[红/黄]	

2. 电控制器

[紫色]	— 值得注意的组件	
------	-----------	---

3. 机械

[蓝灰色]	— 突出的系统		[浅橙]	— 特殊组件	
-------	---------	---	------	--------	---

4. 专门组件

[黄]	— 突出的系统		[浅橙]	— 特殊组件	
-----	---------	---	------	--------	---

目 录

第一章 冷冻基础知识	11
机械冰箱如何工作, 11	物质状态, 22
热和热流, 13	比重, 23
冷, 13	力, 功, 功率, 24
温度测量, 13	英热量单位, 25
温标, 14	热力学第一定律, 26
基础算术, 15	潜热, 27
温度换算公式, 16	冷吨, 30
压强, 19	能量单位, 31
帕斯卡定律, 20	机械冷冻系统, 32
	传热, 33
	临界温度/压力, 34
	焓, 34
	理想气体方程, 35
	道尔顿定律, 36
	蒸发器, 蒸气, 36
	湿度, 36
	缩写和符号, 37
	安全综述, 37
第二章 冷冻工具和材料	39
配管, 39	修整螺纹, 53
切割配管, 41	手工工具, 54
单层喇叭口, 44	仪表和表, 63
退火管, 46	表歧管, 65
低温焊和铜焊, 47	保养、校准压力表, 66
管配管件及其尺寸, 52	密封垫, 71
	紧固件, 71, 72
	制冷剂, 72
	冷冻油, 73
	操作阀, 73
	抽真空, 74
	安全综述, 74
第三章 基本冷冻系统	75
蒸发冷冻, 76	毛细管控制器, 81
压缩式系统, 76	多级蒸发器系统, 81
外部驱动冷冻系统, 77	组合式冷冻系统, 82
高压侧浮球系统, 77	复叠式冷冻系统, 84
自动膨胀阀控制器, 79	可调节冷冻循环, 85
热力膨胀阀, 80	饮水冷却器, 86
	一次性冷冻系统, 88
	热电冷冻, 88
	干冰冷冻, 90
	间歇、连续吸收式系统, 91
	完善和商用系统, 95
	热气除霜、热电除霜, 97
第四章 压缩系统和压缩机	101
冷冻定律, 101	压缩机, 106
压缩循环, 102	油分离器, 106
蒸发器, 103	冷凝器, 107
集液器, 104	贮液器, 108
吸气管, 104	液管, 109
低压干燥过滤器, 105	制冷剂控制器, 110
压缩机操作阀, 105	压缩机类型, 116
	活塞、气缸、曲柄和连杆, 118
	电动机, 135
	操作阀、消声器, 135
	压缩机冷却、润滑, 136, 137
	压缩机容积效率, 137
	垫圈、O 形环, 139
	曲轴箱加热器, 139
第五章 制冷剂控制器	141
自动膨胀阀原理, 141	热膨胀阀, 153
热力膨胀阀 (TEV) 原理, 144	限压器, 153
热力膨胀阀的设计, 147	热力膨胀阀的容量, 156
闪发气体, 148	电磁阀的种类, 157
过热度, 150	平衡管, 158
充气、充液式敏感元件, 150, 151	高低压侧浮球阀, 161
	毛细管, 162
	毛细管安装, 164
	制冷剂控制器的比较, 164
	止回阀, 165
	吸气压力阀, 165
	安全综述, 165

第六章 电磁学基础	169
基本电流电学, 169, 170	导体、半导体、非导体, 181
电的类型, 169, 170	欧姆定律, 182
电路基础, 171	交流电周期, 183
电压表、电流表, 174, 176	磁学, 184
功率因数, 177	电容、电容器, 188
电力表, 177	电抗, 190
阻抗 - 电阻器, 178	发动机, 190
仪表的连接与操作, 180	电感, 193
电子学, 194	
计算机, 200	
电功率, 201	
动力电路, 204	
变压器原理, 204	
继电器, 208	
电气法规, 209	
安全综述, 212	
第七章 电动机	213
电动机的类型, 213	全封闭式多相电动机, 223
电动机的转速, 216	全封闭式电动机端子, 225
起动和运行绕组, 217	直流和通用电动机, 226
起动电流, 219	电动机接地, 227
电动机的连接, 219	电动机保护, 227
电动机电容器, 221	电动机温度, 230
电动机标牌数据, 231	
风机电动机, 233	
电动机的维修, 236	
维修卡住的全封闭压缩机, 243	
安全综述, 244	
第八章 电路与控制器	247
电路——完整的接线图, 247	差动值调整, 254
电路——阶梯电路图, 248	冰箱和冰柜控制器, 258
控制系统基础, 249	空调控制器, 259
温度控制原理, 251	电动机安全控制器, 265
温控机构, 253	电动机起动继电器, 266
量程调整, 253	维修: 检查和测试继电器, 270
自动除霜控制器, 271	
除霜时钟, 277	
安装和维修温控器, 277, 278	
温度报警系统, 279	
接地, 279	
安全综述, 279	
第九章 制冷剂	281
识别制冷剂, 281	一次性制冷剂, 294
压力 - 温度曲线的使用, 282	低温液体, 295
卤化物制冷剂, 283	制冷剂瓶, 295
第一组制冷剂, 283	压头(高压侧), 297
第二组制冷剂, 292	冰箱温度, 297
第三组制冷剂, 294	压力 - 温度表的应用, 298
制冷剂的应用, 298	
冷冻油, 300	
变更制冷剂, 301	
新型制冷剂, 301	
保护臭氧层, 301	
安全综述, 303	
第十章 家用冰箱和冰柜	305
冰箱贮存新鲜食品, 305	电路, 电自动除霜, 315
冰柜贮存冷冻食品, 305	机械, 热气自动除霜, 315
冰箱和冰柜的保温, 306	无霜冰箱、冰柜, 319
箱体, 306	电路, 320
机械, 手动除霜, 307	固态电路控制的制冰器, 326
电路, 手动除霜, 308	箱式冰柜, 326
冰箱、冷柜自动除霜, 311	立式冰柜, 331
箱体、机械和电路, 333	
黄油调理器, 335	
箱体小零件, 336	
箱体密封垫, 337	
修复保护涂层, 338	
箱体温度计, 339	
安全综述, 339	
第十一章 小型全封闭系统的安装与维修	341
仪表, 工具和消耗品, 341	卡住的压缩机的起动, 355
冰箱和冰柜的安装, 342	内部检修工作, 355
供电, 343	装接歧管压力表, 356
温度 - 压力状态, 345	全封闭操作阀和接头, 359
故障信号, 346	工艺管和管接头, 362
外部检修工作, 350	针刺阀, 363
外部机械的清洗, 353	芯阀, 364
查找制冷剂泄漏, 366	
全封闭系统充灌制冷剂, 369	
查找电动机压缩机故障, 374	
系统阻塞的检测, 374	
干燥器和过滤器, 376	
热气除霜故障, 378	
系统拆卸, 379	

安装电动机压缩机, 381	重新装配电动压缩机, 384	冰箱及冷冻箱的关机, 395
修复蒸发器, 382	系统排空, 387	维修中的保护措施, 395
毛细管的检修, 382	重新组装系统的测试, 393	安全综述, 395
全封闭系统的大修, 383	冰箱和冷冻箱的启停周期, 395	

第十二章 商用系统 397

冷冻装置的结构, 397	热交换器, 443	压力式水阀, 463
商用全封闭式机组, 401	电动机控制器, 443	制冷剂管道, 468
室外空冷式冷凝机组, 406	制冰机控制器, 448	消声器, 469
压缩机, 412	自动售货机控制器, 448	视镜, 469
空冷冷凝器, 415	除霜定时器, 449	电子视镜, 470
冷却塔, 418	阀门、压力调节, 454	水分显示器, 470
蒸发式冷凝器, 421	双温阀门, 454	干燥过滤器, 471
贮液器, 422	缓冲罐, 458	发动机驱动系统, 472
商用蒸发器, 422	压缩机保护装置, 458	安全综述, 473
热气除霜系统, 436	油控制系统, 459	

第十三章 商用冷冻系统的应用 475

商用箱柜的结构, 475	自动制冰机, 490	铁路列车冷冻, 497
苏打喷泉, 484	自动售货机, 491	船舶冷冻, 499
调配冻结器, 486	牛奶冷却器/分配器, 491, 492	制雪, 499
水冷却器, 487	食品的工业化冷冻, 494	酷冷应用, 500
模块式冷冻系统, 489	货车冷冻, 495	安全综述, 500

第十四章 商用系统的维修与安装 501

商用装置的类型, 501	维修设备, 519	检修电路, 552
非规范安装, 501	一般维修说明, 519	检修外驱动电动机, 552
安装冷凝器等部件, 501, 503	拆卸压缩机, 525	故障查找和维修全封闭
电气连接, 505	压缩机大修, 526	压缩机, 554
操作阀, 507	维修冷凝器和贮液器, 532, 537	检修电动机控制器, 557
检漏, 509	检修制冰机, 538	检修电磁阀, 558
抽空系统和充注, 509	拆卸蒸发器, 541	检修液管, 558
规范安装, 514	安装膨胀阀, 543	检修吸气管, 558
焊接和钎焊设备, 517	检修双温阀, 547	查找故障, 559
规范安装的测试, 518	系统中的水分, 548	制冷剂回收与再循环, 562
维修商用系统, 519	检修烧毁事故, 550	安全综述, 562

第十五章 商用系统的热负荷与配管 565

热负荷, 565, 573	冰淇淋的冻结和贮存负荷, 586	压缩机的大小, 594
漏热系数, 565	冷冻循环热力学, 586	容积效率, 595
漏热—K 系数, 566	压力—比焓图, 587, 588	性能系数, 596
换气热负荷, 568	压焓图的分区, 589	电动机的大小, 596
物品热负荷, 568	饱和蒸气, 589	电动机效率, 597
箱室容积, 572	过热蒸气, 589	贮液器尺寸, 598
使用图表计算总热负荷, 576	比热容, 589	制冷剂液管流通能力, 601
蒸发器和冷凝机组的容量, 576	复叠系统, 590	制冷剂吸气管流通能力, 603
蒸发器的安装, 577	双级压缩机, 590	排气管配管, 608
蒸发器类型, 580	旁通循环, 590	制冷剂控制器的容量, 608
蒸发器面积, 581	压焓图中的实际冷冻循环, 591	能效比, 609
蒸发器的设计, 583	维修、冷冻故障查找, 592	安全综述, 610
水冷却的负荷, 585	系统容量, 594	

第十六章 吸收式系统的原理与应用	611
吸收式系统类型, 611	压力调节阀, 620
连续吸收式系统原理, 612	便携式吸收式冰箱, 621
自动除霜, 616	住宅用吸收式空调器, 622
吸收式冰箱的安装, 616	住宅用吸收式空调器的维修, 626
连续供燃气系统, 618	商用吸收式系统, 627
连续系统的控制器, 619	空调和制热用吸收式机组, 628
	吸收式系统的效率, 630
	吸收式冰箱的安装, 630
	吸收式冰箱的维修, 630
	溴化锂系统的维修, 631
	安全综述, 631
第十七章 特殊冷冻系统与应用	633
一次性制冷剂系统, 633	喷射冷却系统, 642
开式氨循环, 634	多级系统, 643
气体液化的冷却系统, 639	热管, 645
热电冷冻, 640	浸渍冷冻, 646
涡流管, 640	酷冷冷冻, 646
	冷冻集装箱, 646
	斯特林(Sterling)循环, 646
	安全综述, 647
第十八章 空气调节基础	649
空气——大气, 649	通风, 662
湿度, 650	气候, 室外和室内, 663
湿度测量, 653	温度控制器, 663
吸湿材料——干燥剂, 654	太阳热负荷基础 663
湿度控制器, 655	风寒指数, 664
湿度图, 656	蒲福(BEAUFORT)风级, 664
隔汽层, 659	舒适 - 健康指数, 666
风速测量, 659	度日, 667
速度计, 动压, 660	空气污染物, 667
通风与通风测量, 662	臭氧, 669
	测量过滤器效率, 670
	温度计——空气调节, 670
	压力计, 671
	气压表, 672
	热绝缘, 672
	热交换, 673
	噪声、噪声测量, 673, 674
	生态学——环境, 676
	显热比, 677
	安全综述, 677
第十九章 基本空调系统	679
重力式热风炉, 679	窗式或穿墙式空调器, 687
大气型燃气炉, 679	中央空调器, 完整系统, 688
压力型燃气炉, 679	吸收式循环, 689
燃油炉, 680, 681	蒸发式冷凝器, 690
强制热风——电加热型, 683	冷却塔, 693
电热型热水炉, 685	房间加湿器、减湿器, 694
房间供热机组——电阻型, 686	热泵——空气 - 空气型, 695
	热泵——带电热器, 697
	汽车空调, 699
	蒸汽喷射冷却, 701
	涡流管供冷, 702
	蒸发冷却, 703
	辐射供暖, 705
	安全综述, 705
第二十章 空调系统供热和加湿	707
供热和加湿系统类型, 707	维修: 燃气炉, 727
炉的设计和构造, 710	热风供热系统, 728
燃气炉, 711	水供热系统, 728
高效燃气炉, 713	安装水系统, 733
炉的通风和烟囱或排气, 717	维护水系统, 734
气体燃料, 720	为供热季节准备锅炉系统, 734
燃气燃烧器, 720	蒸汽供热的安装, 734
信号火焰和电子点火, 722	维修蒸汽供热系统, 735
热电偶电路, 723	燃料油, 736
燃气控制器, 724	油炉, 737
燃气燃烧器安装, 725	油箱安装, 743
	维护油燃烧器, 746
	固体燃料供热, 748
	电加热原理, 748
	辐射热, 752
	加热线圈安装, 754
	单元加热器, 754
	热电联产, 755
	加湿器, 755
	活动房的空调, 758
	安全综述, 758

第二十一章 空调系统的冷却和除湿	761
空气冷却原理, 761	
供冷, 762	
舒适性供冷系统, 762	
空调用供冷设备, 762	
机组式舒适性冷却器, 763	
窗式机组, 763	
维护落地式空调器, 772	
远离式舒适系统, 774	
旅游车辆空调, 774	
蒸发冷却, 775	
舒适性供冷的蓄冷, 775	
除湿设备, 775	
空调器性能系数(COP), 776	
安全综述, 776	
第二十二章 空调系统 —— 分配,净化和仪表	779
被调空气, 779	
空气重量, 779	
空气的热量, 779	
通风基本要求, 780	
噪声, 781	
通风, 783	
空气分层, 783	
风道, 类型, 尺寸, 783,784	
供热、供冷所需体积风量, 793	
空气循环, 794	
室内空气流动, 795	
散流器, 格栅和调风口, 796	
风阀, 796	
风道计算, 799	
单位压降法, 799	
总压降法, 800	
回风道, 803	
系统平衡, 803	
特殊风道问题和维护, 804	
风机, 804	
阁楼通风, 807	
空气洁净, 807	
静电除尘理论, 维修, 810	
炭过滤器, 814	
紫外光, 814	
空气幕, 815	
仪表, 815	
烟检测, 819	
空气体积, 819	
可见气流指示器, 820	
水分析仪, 820	
流量表, 820	
电子仪表, 820	
安全综述, 821	
第二十三章 热泵和整体式空调系统	823
热泵, 823	
热泵效率, 826	
热泵装置, 827	
辅助电阻加热器, 836	
热泵安装, 836	
热泵维修, 836	
太阳能加热系统和热泵, 839	
液体太阳能贮热器与热泵, 839	
热泵热水器, 840	
墙式机组, 841	
室外整体式空调机组, 841	
屋顶式机组, 841	
民用中央空调系统的安装, 852	
相对湿度控制, 856	
双风道系统, 857	
四管系统, 857	
大型舒适性空调系统, 858	
总能量, 862	
区域供热和供冷系统, 863	
安全综述, 863	
第二十四章 太阳能	865
太阳能, 865	
被动和主动式太阳能系统, 866	
太阳能集热器, 867	
太阳能贮存系统, 868	
闭式水系统的蓄热, 869	
热风系统的蓄热, 869	
集热器角度, 869	
集热器表面的保温, 869	
太阳能供热装置, 870	
家用太阳能热水供应, 870	
辅助加热, 873	
热泵, 873	
太阳能供冷系统, 874	
太阳能转变为电能, 874	
太阳能电池的构造, 874	
太阳能光电电池的应用, 875	
太阳能电池的性能, 876	
安全综述, 876	
第二十五章 空调和供热的控制系统	879
控制器, 控制系统, 879	
温控器的种类, 880	
热预感器, 884	
温控器的保护, 893	
温控器维修和安装位置, 893	
供热和空调用控制机, 894	
继电器, 894	
初级控制器, 895	
顺序操作控制器, 896	
极限控制器, 896	
控制电路, 898	
燃气炉控制器, 899	
湿度控制器, 909	
气动系统, 911	
分路系统控制器, 914	
区域控制器, 914	
总管理系统, 914	
能耗, 916	
直接数码控制, 917	
现场控制机, 917	
远程控制机, 917	
中央计算机控制, 918	
系统的确定及使用, 919	
维修:控制系统的诊断与修复, 922	
安全综述, 923	

第二十六章 空调系统热负荷	925
热负荷种类, 925	
供暖、供冷热负荷, 925, 926	
漏热, 926	
传热率, 927	
计算漏热量的 U 系数, 927, 931	
设计温度, 929	
建筑物的构造, 934	
屋顶的设计和构造, 935	
墙体构造, 936	
地下室热损失, 936	
不加热空间, 937	
空气渗透, 937	
供暖总热负荷, 938	
供冷的总得热量, 938	
供冷的窗热负荷, 938	
太阳热负荷, 939	
热滞后, 943	
建筑物的内热源, 943	
保温层和防潮层, 944	
水池屋顶, 944	
加湿器热负荷, 945	
单元空调器热负荷计算, 945	
电供热建筑物的保温与通风, 946	
度日法, 946	
商用建筑构造, 946	
节能, 946	
安全综述, 947	
第二十七章 汽车空调	949
汽车空调器运行, 950	
运行工况, 951	
冷量, 952	
磁力离合器, 952	
压缩机保护和控制开关, 953	
压缩机类型, 954	
压缩机密封, 957	
皮带, 957	
冷凝器, 959	
集液器和贮液器, 959	
制冷剂管, 960	
蒸发器和加热器芯, 961	
节流装置, 961	
吸气压力控制阀, 962	
操作阀, 964	
制冷剂, 964	
冷冻油, 964	
空气输配系统, 964	
风道, 965	
保温, 965	
电路, 965	
风机, 966	
手动系统, 967	
电子控制系统, 967	
电子控制器诊断, 967	
电子控制微处理器, 967	
真空控制系统, 968	
温控器, 969	
卡车公共汽车空调, 969	
汽车空调系统的维修, 969	
维修: 定期检修, 975	
安全综述, 975	
第二十八章 制冷剂回收-循环-再生	977
CFCs 与臭氧层, 977	
物性数据, 978	
制冷剂的回收、循环和再生, 979	
制冷剂回收设备, 979	
制冷剂和再循环设备, 981	
制冷剂的再生过程, 982	
CFC 收回/循环/再生的安全与标准, 984	
重要安全须知, 986	
车用空调, 986	
安全综述, 986	
第二十九章 维修和故障查寻简介	989
维修/故障查寻, 989	
故障查寻程度, 989	
用户对问题的描述, 990	
检查可能原因, 990	
建议的排除方法, 990	
故障查寻表, 991	
全封闭冷冻系统诊断, 991	
民用及小型商用系统, 993	
片冰机故障查寻和维修表, 995	
维修保养合同, 997	
维修、供热分析指南, 998	
安全综述, 1002	
第三十章 技术特性	1005
第 1004 页列出表、图和数据的全部内容。请参照此页查找补充技术资料。	
第三十一章 冷冻空调行业的就业机会	1029
第三十二章 技术术语字典	1032
索引	1058

第一章

冷冻基础知识

(FUNDAMENTALS OF REFRIGERATION)

通过学习本章,技术人员将能够:

- 描述冷冻的早期发展。
- 讨论用于冷冻的基本物理、化学以及工程原理。
- 阐述如何冷藏食品。
- 定义基本的冷冻专业术语。
- 阐明传热原理。
- 比较华氏(Fahrenheit)、摄氏(Celsius)、开氏(Kelvin)和兰金(Rankine)温标。
- 利用温度换算式,将一种温标转换为另一种温标。
- 确定箱体面积和体积。
- 说明 psia (绝对压力) 和 psig (表压力) 之间的差异。
- 描述冷冻机的基本运行过程。
- 说明显热、比热容、潜热之间的不同,并描述它们的用途。
- 阐明用于冷冻的物理定律。
- 给出并阐述 SI 制(国际标准)度量单位与美国惯用单位的关系。
- 了解并掌握 SI 制度量单位的各种符号。
- 能进行美国惯用单位与 SI 制单位之间的换算。
- 计算不同温度下水的焓值。

不熟悉 SI 制度量单位的读者不必担心,本书已将惯用度量单位标注在米制单位的旁边。当出现影响米制单位使用的问题时,可查阅第三十章。

1-1 冷冻的发展

现代冷冻技术应用广泛。最先的,也可能仍是最重要的用途,就是食品贮藏。

大多数食品存放在室温下会很快腐坏。这是由于细菌的快速繁殖生长而造成。通常在大约 40 °F(4 °C)的冷冻温度下,细菌生长得相当缓慢。食品在此温度下可以保存较长时间。食品冷藏就是使其保持冷却状态。

冷冻的其他重要用途包括空气调节、冷却饮料和湿度控制。许多生产过程也要利用冷冻。

18 世纪,冷冻工业在商业上已很重要。早期利用冰进行冷却。冬季将从湖泊和池塘采来的冰块贮藏在保温室,以备夏季使用。

对商店、餐馆、家庭来说,使用天然冰需要建造保温箱或冰箱。这类装置在 19 世纪非常普及。

大约在 1820 年,人造冰首次在实验中制造出来。但直到 1834 年人造冰的生产才成为现实可行。美国工程师 Jacob Perkins 发明了一套装置,该装置便是现代压缩式系统的先驱。尽管早在 1924 年 Michael Faraday 就揭示了吸收式冷冻的原理,但到 1855 年才由德国工程师首次制造出吸收式冷冻装置。

小块人造冰直至 1890 年以后不久才制造出来。因为这一年冬季偏暖,天然冰短缺,遂促进开创机械制冷工业。

家用机械冰箱约于 1910 年首次出现。J.M.Larsen 在 1913 年制造出一台手动家用冰箱。到 1918 年 Kelvinator 制造出美国市场上的第一台自动冰箱(refrigerator)。该年售出 67 台。如今每年售出数百万台。

1928 年,通用电气公司推出第一台密封的或“全封闭”自动冷冻机组。它被命名为 Monitor Top。

从 1920 年开始,家用冷冻成为重要工业之一。1927 年名为 Electrolux 的家用自动吸收式冷冻装置问世。用于空调适度冷却部分的自动冷冻机组也在 1927 年出现。

大约是在 1923 年发明用快速冷冻法延长食品的保藏时期,从而开创了现代冷冻食品工业。

19 世纪 20 年代后期,机械冷冻系统开始与供热厂联合,为夏季提供冷量。

实际上到 1940 年,全部家用冷冻装置均已全封闭化。还能成功地制造和使用商用机组。这些机组能够用于大型商业食品贮藏系统,大型会议厅舒适的空调以及为许多商业工作创造低温环境。

19 世纪 30 年代后期,汽车空调从较缓慢的起步状态,逐渐迅速发展起来。1935 年,Frederick Meinley Jones 制出长途运输卡车的自动冷冻装置。

1-2 机械冰箱如何工作

从冰箱内部除热,就像从一只小木舟中排水一样。可以用海绵吸水,再将海绵拿到船边挤压,水被排出船

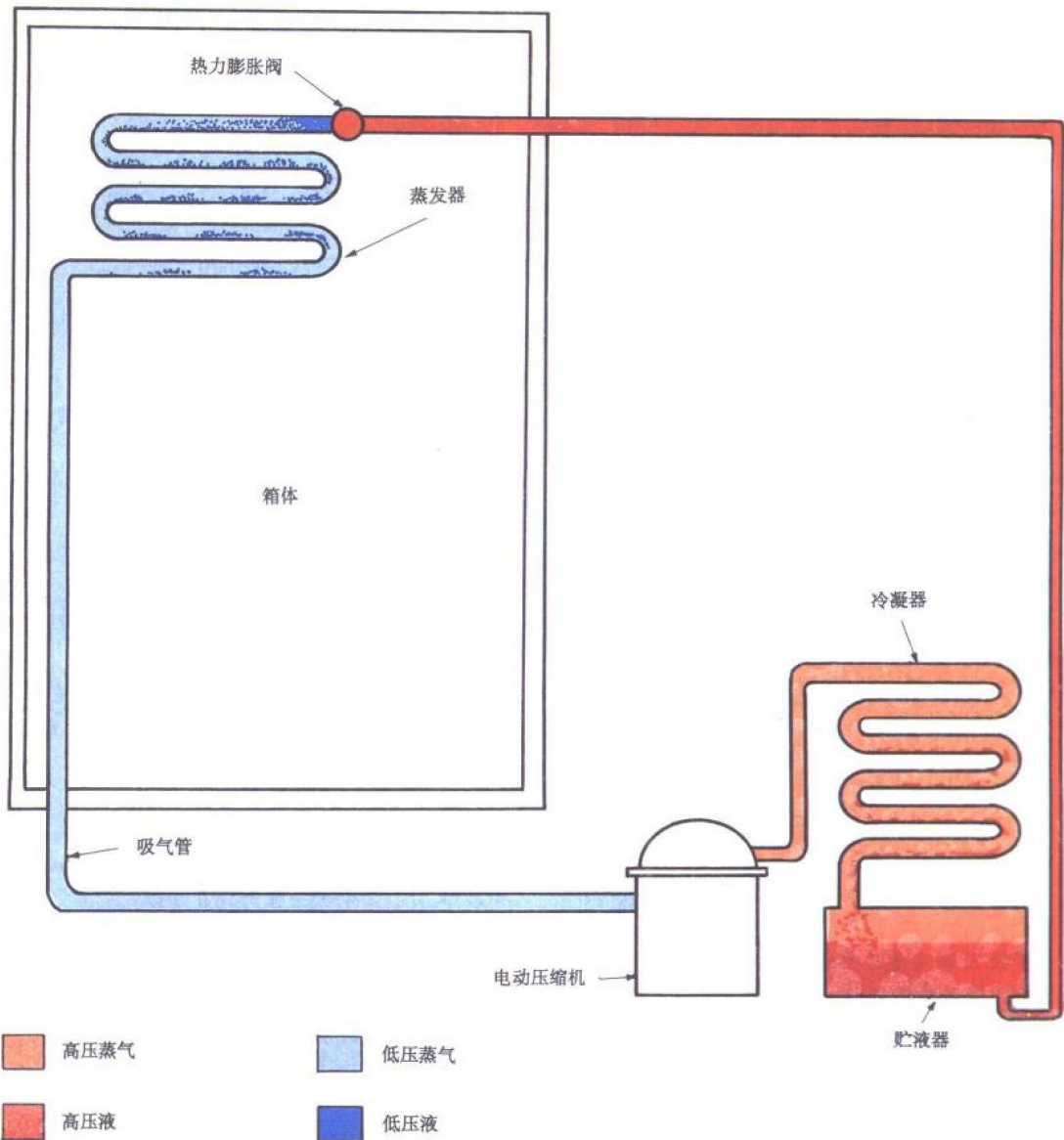


图 1-1. 初级机械冰箱 运行时, 高压液态制冷剂(深红)从贮液器流至减压阀(制冷剂控制器)和蒸发器, 这时压力大大降低(深蓝); 液态制冷剂沸腾并在蒸发器中吸收热量; 该处的蒸气, 也就是制冷剂(浅蓝)流回压缩机, 并被压缩至高压(浅红), 其温度有很大升高, 然后在冷凝器中将热量排至周围空气, 制冷剂被冷却再次转变为液体; 最后流入贮液器, 重复进行冷冻循环。

外。根据需要反复进行这样的操作, 将水从木舟排到湖中。

在冰箱中被传递的是热而不是水。在冷冻机的内部, 通过液态制冷剂(refrigerant)在蒸发器(evaporator)(冷却装置)中蒸发, 吸收热量使制冷剂从液体转变为蒸气, 见图 1-1。

制冷剂吸热并转变为蒸气以后, 被泵压送到位于被冷冻区域外部的冷凝单元。冷凝器(condenser)的工作正好与蒸发器相反。在蒸发器中, 液态制冷剂从一端进入蒸发

器以后, 沿途吸热; 到达蒸发器末端时, 制冷剂全部变为蒸气。当蒸气在高温高压状态下进入冷凝器后, 向周围空气放热; 到达冷凝器末端时, 制冷剂被冷却, 再次变成液体。我们说, 在冷凝器中热量被“挤出(squeeze out)”。反复进行此循环, 直至达到所要求的温度。

热量可能以多种途径进入冰箱, 它可通过保温壁体传入, 或开启箱门时进入。而多数热量是在把热物质放进冰箱时被纳入的。

不是消灭热量, 使冰箱冷却。而是简单地将热量从

被冷冻空间移出,排到外部。

当像图 1-1 那样描绘冷冻系统时,本书采用以下常用的颜色标注系统:

深红	— 高压液体	
浅红	— 高压蒸气	
深蓝	— 低压液体	
浅蓝	— 低压蒸气	

以下各节将介绍冷冻技术基础知识,以理解热的排除过程。这些背景知识对维修和修复工作都是很重要的。

冷冻空调公司维修部经理愿意选用优秀的机械工为维修和安装技师。他们也希望雇员能够了解一些与冷冻有关的数学和物理知识。

1-3 热

热是能量的一种形式。它与原子有关,原子是一种元素不可再分的最小微粒(不可再分是指如果将原子再继续分割,它就不再是那种元素了)。所有物质都由能结合成分子的微小原子组成。所有原子均处于不停的运动状态。

当物质的温度升高,原子运动速度加快。温度降低,原子运动速度减缓。如果从某种物质中排除所有热量(绝对零度),则该物质的分子运动将停止。

美国惯用热量单位是英制热量单位(British thermal unit, Btu)。热量的米制单位是焦耳(joule, J)。如果使物质变暖,则热被吸入;如果使之冷却,则热被排出。

物质的热等于物质的比热容乘以它的温度。物质的热量可以大大影响物质的性质。增加热量引起大多数物质膨胀,减少热量则使其收缩。

大多数物质随着增加或减少热量而改变其物理状态。例如,冰是固体(大气压下温度低于 0℃)。加热冰,它将融化为水(液体)。继续加热,会使水变为蒸汽(气体)。压缩式冷冻循环的基本运行原理就是这种原理的应用。

1-4 热流

热总是从较热的物质流向较冷的物质。实质上就是运动较快的原子向运动较慢的原子释放能量。因此,运动快的原子减缓了速度,而运动慢的加快了速度。

热使得一些固体变成液体或气体,或使液体变成气体。冷却则正好相反。这是因为构成物质分子的原子所受温度作用不同,当发生相变时,分子中一个或多个原子移动位置,替代其运动速度的加快或减慢。

1-5 冷

冷系指低温或热量不足。冷是移走热量的结果。冰

箱产“冷”是通过从冰箱箱体内部排除热量而达到的。

冰箱并不是消灭热,而是将热从箱体内泵送到外部。热总是从具有较高温度的物质转移到温度较低的物质(热力学第二定律——见第三十章)。热不能自发地从低温物体流向高温物体。

1-6 冷藏食品

食物腐烂实际是其内部细菌的生长所致。分子运动缓慢,对大多数食物中细菌的衍生有重要影响。通过冷却使分子运动减慢,致使整个生命体处于停滞。冷,或低温使细菌生长缓慢,食物也就不会很快腐坏。如果能够一直抑制细菌的增长,食物在较长时间以内都可以食用。

大多数食物含有相当数量的水分,因此食物都应在比冻结温度稍高(32°F, 0℃)一些的温度下保存。

如果食物在水的冻结点或冻结点附近缓慢冻结,形成的冰晶比较大,而且冰晶的增长会破坏食物的组织。当解冻时,食物会迅速变质;外观和味道都将被破坏。

在很低温度, 0 ~ -15°F (-18 ~ -26℃)下快速冻结,可以形成不破坏食物组织的小冰晶。食品冷冻箱保持 0°F (-18℃)或以下,食物置于其中可迅速冻结。

请记住,冷藏和冷冻不同。新鲜食品正确的冷藏温度是 35°F (1.7℃)到 45°F (7.3℃)。而为了制冰,则需要低于 32°F (0℃)的温度。

1-7 温度和温度测量

温度度量物质的热强度或热的程度。单一温度不能给出物质的热量,它只显示热的程度,或者说物质或物体是冷还是热。

热分子理论(the molecular theory of heat)指出,温度表征分子的运动速度。不要粗心地将“温度”和“热”混淆。

温度度量原子的运动速度。热是原子运动速度乘以受影响的原子数目(质量)。

例如,一个几毫克的小铜盘,加热到 1340°F (727℃),没有 5 千克的铜盘加热到 284°F (140℃)所含的热量多。然而它热的程度较高,它的热强度也较大。

美国惯用温度单位是华氏温度。SI 制国际标准温度单位是开尔文(K)。温度间隔(刻度之间的分格),开氏和摄氏温度是一样的。

通常采用封闭在玻璃管内液体均匀膨胀的温度计测量温度。玻璃管底部有一个球泡,内装一定数量的液体(水银或酒精)。

温度变化时,玻璃的膨胀或收缩远小于液体。管内

液体随着温度变化而上升或下降。玻璃管已校准或根据所需温度范围标注度数。图 1-2 是用于冷冻空调的棒式玻璃温度计。

有些温度计采用金属测量温度。温度升高或降低,金属将膨胀或收缩,致使读数指针沿温度刻度上下移动。

还有些温度计是根据热电偶产生的极微弱电压伏特数进行测温(见第六章和第十八章)。这种仪表称为电位差计。当温度高至大于棒式玻璃温度计测量范围时,这种仪表尤其有用。

辐射计是探测物质发射红外线的温度计。这种温度计很好使用,不需与被测物质接触就可进行测量。(见图 30-1)。

热敏电阻也可用以测温(见第六章)。

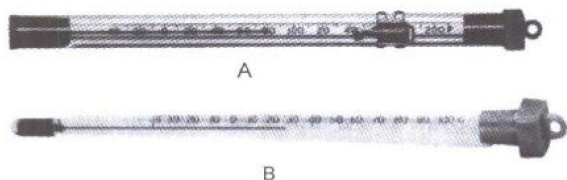


图 1-2. 棒式玻璃温度计用于冷冻测温 A—华氏温度计测温范围 -40 到 210 °F; B—摄氏温度计测温范围 -40 到 100 °C (Marsh Instrument Co.)。

1-8 温标,华氏和摄氏

两种最常用的温标是华氏和摄氏,摄氏温标有时又称百分制温标。摄氏温标是根据倡导使用新体系的瑞典天文学家 Anders Celsius 命名的。

决定温度计划分刻度的两个温度是:

1. 冰的融化温度。
2. 水的沸腾温度。

(两者均为在海平面或一个大气压下的数值。)

对于华氏温度计,冰的融化温度或者水的冻结温度为 32 °F。水的沸腾温度为 212 °F。在冻结和沸腾温度之间划有 180 个分格或称为 180 度。

对于摄氏温度计,冰的融化温度或者水的冻结温度为 0 °C。水的沸腾温度为 100 °C。在冻结和沸腾温度之间划有 100 个分格或称为 100 度。

华氏和摄氏温标的对比见图 1-3 (也可见第三十章)。

冻结点和沸点取决于标准大气压下水的冻结和沸腾温度。压力对温度的影响在 1-34 和 1-35 节叙述。

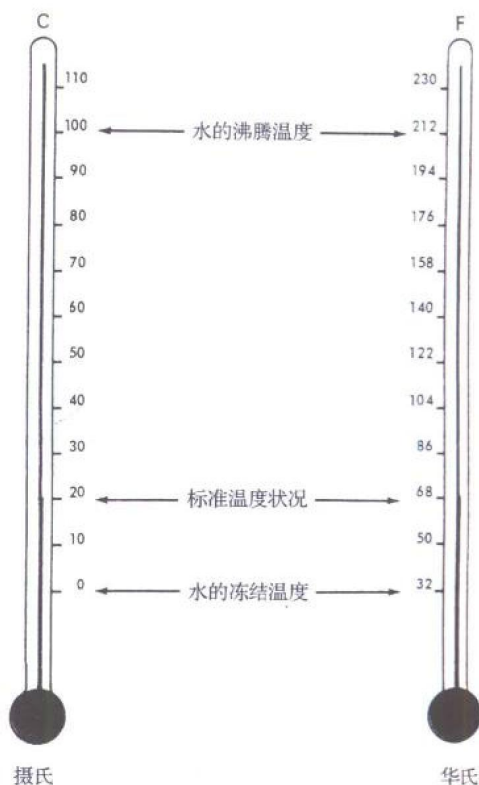


图 1-3. 摄氏和华氏温度计的刻度对比

1-9 绝对温标,开氏与兰金

绝对零度是分子运动停止时的温度,这是可能存在的最低温度。此时物质没有任何热量。

两种绝对温标用于非常低的温度情况,譬如低温学(见 1-56 节)。这两个温标是兰金温标(华氏绝对)和开氏温标(摄氏绝对)。

兰金温标与华氏采用相同的分度。零点(0 °R)位于 0 °F 以下 460 度处。

开氏温标的零度(0 K)是 0 °C 以下 273 度。

图 1-4 是摄氏、华氏、开氏和兰金温标的对比。

问题:采用开氏温标,水凝固和沸腾时是多少度?

解:冻结点:水在 0 °C 冻结,开氏零度是 0 °C 以下 273 度,水的冻结点就是 0 K 以上 273 度,也就是 273 K。冻结点温度是 273 K。

解:沸点:水在 0 °C 以上 100 度沸腾,开氏温标水的沸点为: $100 + 273 = 373$ K。因此,水的沸点为 373 K。

但略大于它的那个整数。若摄氏温度的尾数小于或等于0.4时,则将其取整为与之最为接近,但略小于它的那个整数值。

例: 40 °F 等于 4.4 °C, 取值为 4 °C

另一示例是 0 °F, 取一位小数时其值是 -17.8 °C, 取整则为 -18 °C。

1-12 尺度

尺度是确定长度、面积、体积必要的测量值。

线性测量(长度)

线性测量只考虑一维空间。铜管长度的测量就是一个示例。

美国惯用单位制——1英寸的小数和分数

计量单位	计量单位的表示
0.001 in.	千分之一英寸
0.01 in.	百分之一英寸
0.1 in.	十分之一英寸
1/64 in.	六十四分之一英寸
1/32 in.	三十二分之一英寸
1/16 in.	十六分之一英寸
1/8 in.	八分之一英寸
1/4 in.	四分之一英寸
1/2 in.	二分之一英寸

有时用符号(")表示英寸,例如 6"。有时用符号(')表示英尺,例如 6'。

惯用线性计量单位:

12 英寸 = 1 英尺

3 英寸 = 1 码

5280 英尺 = 1 法定哩(英里)

6080 英尺 = 1 浬(海里)

米制单位和美国惯用单位的换算:

1 毫米(mm) = 0.039 英寸

10 mm = 1 厘米(cm) = 0.394 in.

10 cm = 1 分米(dm) = 3.937 in.

10 dm = 1 米(m) = 100 cm
= 39.37 in. = 3.28 ft.

1000 m = 1 千米(km) = 3280.8 ft.

2.54 cm = 1 in.

对维修技术人员有用的一些米制单位,见图 1-5。

在测量极小的粒子时,最常采用的单位是微米(μ),1 微米等于千分之一毫米(mm)。

面积测量

测量面积就是测量二维空间。

物体的面积等于其长度与宽度的乘积($L \times W$)。例如,一张桌面的宽度为 90 cm,长度为 150 cm,桌面的面积则为 $90 \times 150 = 13500 \text{ cm}^2$

确定一些特定物体的面积要用专门的公式,例如,圆面积 $A = \pi r^2$,符号 π 永远取为 3.1416, r 是圆的半径,其

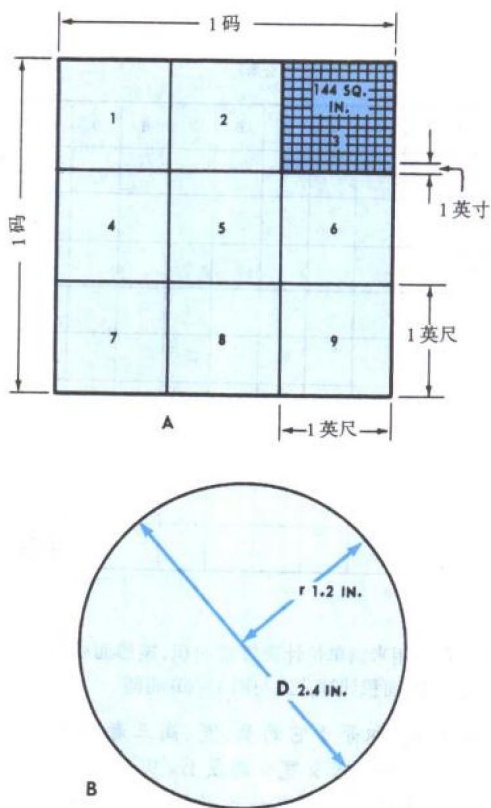


图1-6. 用英寸和英尺进行标准面积计算 A—矩形面积等于其长与宽的乘积;牢记,144平方英寸等于1平方英尺,9平方英尺等于1平方码;B—圆面积计算公式为 πr^2 ,其中 π 为3.1416,如果圆的直径 D 为2.4in,则半径(r)为直径的一半,为1.2in, $r^2 = r \times r = 1.2 \times 1.2 = 1.44$,圆面积为 $3.1416 \times 1.44 = 4.52 \text{ in}^2$ 。

值为直径的一半,因此,公式也可表示为:

$$A = \pi \frac{D^2}{4}$$

美国惯用单位:

平方英寸(sq.in.)

144 sq.in. = 1 平方英尺

9 sq.ft. = 1 平方码(sq.yd.)

这些单位如图 1-6 中 A 所示,图面积见图 1-6, B。

米制单位

1 平方厘米 (cm^2 或 sq.cm) = 0.155 平方英寸,

1 平方分米 (dm^2 或 sq.dm) = $10 \text{ cm} \times 10 \text{ cm}$,

= $100 \text{ cm}^2 = 15.5 \text{ sq.in.}$

1 平方米 (m^2 或 sq.m) = 1550 sq.in.

= $10 \text{ dm} \times 10 \text{ dm} = 100 \text{ 平方分米}(\text{dm}^2)$

= 10.76 sq.ft.

这些单位如图 1-7A 所示,图面积参见图 1-6。

体积测量

测量体积是测量三维空间(立体)。

1-11 温度换算公式

有时需要将一种温标换算为另一种温标,对于这种换算有现成的公式:

$^{\circ}\text{C}$ = 用摄氏度表示的温度

$^{\circ}\text{F}$ = 用华氏度表示的温度

K = 用开氏度表示的温度

$^{\circ}\text{R}$ = 用兰金度表示的温度

1. 将摄氏度换算为华氏度

公式:

$$\text{温度 } ^{\circ}\text{F} = \left(\frac{180}{100} \times ^{\circ}\text{C}\right) + 32 \text{ 或}$$

$$^{\circ}\text{F} = \left(\frac{9}{5} \times ^{\circ}\text{C}\right) + 32$$

例:将 75°C 换算为华氏度

$$\text{解: } ^{\circ}\text{F} = \left(\frac{9}{5} \times 75\right) + 32 = (135) + 32 = 167^{\circ}\text{F}$$

2. 将华氏度换算为摄氏度

公式:

$$\text{温度 } ^{\circ}\text{C} = \frac{100}{180} \times (\text{温度 } ^{\circ}\text{F} - 32) \text{ 或}$$

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

例:将 212°F 换算为 $^{\circ}\text{C}$

$$\text{解: } ^{\circ}\text{C} = \frac{5}{9} \times (212 - 32) = \frac{5}{9} \times (180) = 100^{\circ}\text{C}$$

3. 将华氏度换算为绝对华氏(兰金)度

公式:

$$\text{温度 } F_A(^{\circ}\text{R}) = ^{\circ}\text{F} + 460$$

例:将 40°F 换算为 $F_A(^{\circ}\text{R})$

$$\text{解: } F_A(^{\circ}\text{R}) = 40 + 460 = 500 \text{ 度 } F_A(^{\circ}\text{R})$$

4. 将兰金度换算为华氏度

公式:

$$\text{温度 } ^{\circ}\text{F} = ^{\circ}\text{R} - 460$$

例:将 180°R 换算为 $^{\circ}\text{F}$

$$\text{解: } ^{\circ}\text{F} = 180 - 460$$

$$^{\circ}\text{F} = -280^{\circ}\text{F}$$

5. 将摄氏度换算为开氏度

$$\text{公式: 温度 } \text{K} = ^{\circ}\text{C} + 273$$

例:将 -10°C 换算为 K

$$\text{解: } \text{K} = -10 + 273 = 263 \text{ K}$$

6. 从开氏温标转换为摄氏温标

$$\text{公式: 温度 } ^{\circ}\text{C} = \text{K} - 273$$

例:将 400 K 换算为 $^{\circ}\text{C}$

$$\text{解: } ^{\circ}\text{C} = 400 - 273$$

$$^{\circ}\text{C} = 127^{\circ}\text{C}$$

7. 兰金温度和开氏温度相互转换时,其转换比率与华氏温度和摄氏温度相互转换时的比率相同。

温差计算:

将华氏温差转换为摄氏温差和将摄氏温差转换为华氏温差时,可按以下公式进行计算:

$$^{\circ}\text{C 温差} = \frac{5}{9} \text{ } ^{\circ}\text{F 温差}$$

$$^{\circ}\text{F 温差} = \frac{9}{5} \text{ } ^{\circ}\text{C 温差}$$

例:

华氏温差换算为摄氏温差

当外部温度为 10°F ,内部温度为 75°F 时,其温差为 65°F ,问换算为 $^{\circ}\text{C}$ 时温差为多少?

$$^{\circ}\text{C (温差)} = \frac{5}{9} \times 65 = 36^{\circ}\text{C}$$

摄氏温差换算为华氏温差

当外部温度为 10°C ,内部温度为 26°C 时,其温差为 16°C ,以华氏温度表示时温差为多少?

$$^{\circ}\text{F (温差)} = \frac{9}{5} \times 16 = 28.8 \text{ 或 } 29^{\circ}\text{F}$$

本书所用的温度既有华氏温度又有摄氏温度,大多数华氏温度均按四舍五入取为整数。相应的摄氏温度则取成与华氏温度的全值最为接近的整数值。若摄氏温度的尾数大于或等于 0.5 时,则将其取整为与之最为接近,

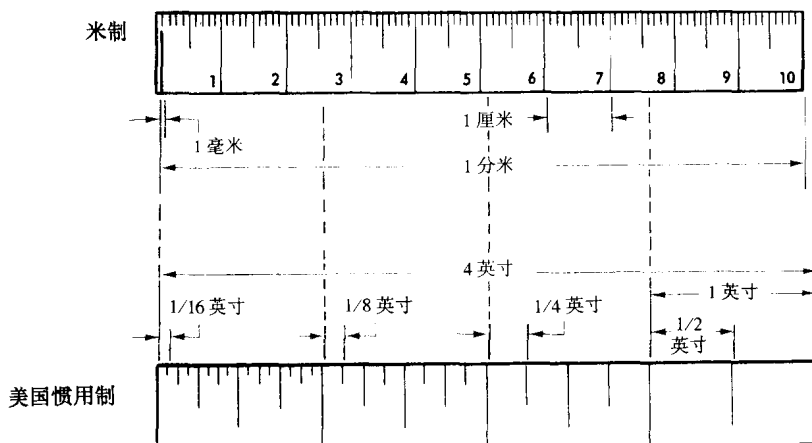


图 1-5. 美国惯用单位和米制单位在线性计量中的比较