

制冷 净化 干燥设备

原理·结构·维修

技工培训教材



马旭升 主编

SHANGHAI
JIAO TONG UNIVERSITY
PRESS

上海交通大学出版社

制冷 净化 干燥设备

原理·结构·维修

马旭升主编

上海交大出版社
地址：上海南京东路1205号
电话：021-62470044
邮编：200030

上海交通大学出版社

内 容 简 介

本书重点介绍国内外医用制冷、净化、干燥设备的特点、规格、原理、结构及维修方法。第一部分——冷藏冷冻设备：包括低温箱、血液冷藏箱、药品冷藏箱、尸体冷藏箱、生化培养箱、拼装冷库等；第二部分——净化设备：包括净化空调机、装配式洁净室、净化工作台、净化恒温恒湿机、净化干燥箱、除湿机、动植物净化空调设备等；第三部分——冷冻治疗器械及设备：包括液氮治疗机、气体节流治疗机、半导体治疗机、氟利昂循环治疗机及人体降温机、头部降温机、电子凉枕；第四部分——冷冻干燥、冷冻离心、冷冻切片等设备：包括冷冻干燥机、冷冻离心机、冷冻切片机、小型制冰机、精子贮存器等。

本书资料丰富，并附有技术数据和图表，实用性强。可供从事制冷、净化专业的工程技术人员、维修、维护人员作使用与维修的参考书，也可作为制冷、净化、医疗器械中级技工的培训教材。

制 冷 净 化 干 燥 设 备

原理·结构·维修

出 版：上海交通大学出版社
(淮海中路1984弄19号)

发 行：新华书店上海发行所

排 版：上海崇明永南印刷厂

印 刷：立信常熟印刷联营厂

开 本：787×1092(毫米) 1/16

印 张：15.5插页12

字 数：396,000

版 次：1991年7月 第一版

印 次：1991年8月 第一次

印 数：1—8,100

科 目：247—349

ISBN 7-313-00840-6/TB·6

定 价：8.30元

前 言

我国医用制冷、净化、干燥设备生产起步较晚，但随着“四化”建设发展，目前，已逐渐形成了冷藏、冷冻设备；净化设备；冷冻治疗器械；冷冻干燥、冷冻离心、冷冻切片等设备四大结构体系。医用制冷、净化设备新产品不断出现，水平也在不断提高，今后，将会有广阔的发展前景。

本书概括地反映了国内外医用制冷、净化设备的生产、结构和水平的现状。重点介绍了国内外具有一定先进水平的医用制冷、净化设备的特点、规格、原理、结构及维修方法，目的是促进我国医用制冷、净化设备的迅速发展和不断完善。

参加本书编写工作的有：周宪春、方军庆、牟丽、闫王秀、李日山、吴军、单柳城、孙亚楠、李汝谦、扬瓦那、刘思学等，他们为本书电路分析和资料翻译做了大量工作。

在本书公开出版之际，向为本书提供大量有价值资料的何世杰、张金之、孙昭安、滕英纯、武仲德、杜宏林、王济安、丁玉炎、张广超、李若拙、潘铁、关宏等同志以及有关生产厂家示表衷心的感谢。

本书第一部分由潘福金高级工程师审阅；第二部分由王贵明教授审阅；第三部分由周宪春工程师审阅；第四部分第十七章由徐成海教授审阅，十八、十九、二十章由何世杰高级工程师审阅，第二十一章由周宪春工程师审阅，第二十二章由方健工程师审阅。

本书还得到张振阳、唐秉环高级工程师、李天立工程师的指导帮助。

在本书编写过程中曾参考了国内外有关文献、技术说明书等，在此不一一列出。

由于医用制冷、净化设备涉及范围较广，加之作者水平有限，肯定会出现许多错误，恳请读者对本书提出意见和批评。

作者 马旭昇
一九九〇年八月于沈阳

目 录

绪论	1
第一节 医用制冷、净化、干燥设备的范围及分类	1
第二节 冷藏、冷冻设备概况	3
第三节 净化设备概况	4
第四节 冷冻治疗器械和设备概况	5
第五节 冷冻干燥、冷冻离心、冷冻切片等设备概况	5

第一部分 冷藏 冷冻设备

第一章 低温箱	7
第一节 低温箱制冷系统及主要部件	7
第二节 长城 DW-100 型 -20℃ 低温箱	11
第三节 三洋 MDF330、230、130 型 -30℃ 低温箱	12
第四节 长城 FB561-1 型 -60℃ 低温箱	17
第五节 三洋 MDF381、381AT 型 -85℃ 立式超低温箱	20
第六节 Kelinator UC519.522 型 -90℃ 超低温箱	27
第七节 低温箱常见故障及排除方法	32
第二章 血液冷藏箱	36
第一节 长城 FB572 型血液冷藏箱	36
第二节 三洋 MBR505D 型血液冷藏箱	38
第三节 Kelinator UC26 型血液冷藏箱	45
第四节 血液冷藏箱常见故障及排除方法	49
第三章 药用冷藏箱	51
第一节 长城 BYY190 型药用冷藏箱	51
第二节 三洋 MPR110、210、503 型药用冷藏箱	53
第三节 便携式疫苗保温箱	58
第四章 吸收式冰箱 太阳能冰箱 半导体冰箱	60
第一节 BXWD-150 型吸收式冰箱	60
第二节 MRFT-530A 型太阳能冰箱	62
第三节 光电—热电冰箱	64
第四节 半导体冰箱(热电冰箱)	66
第五章 尸体冷藏箱	68
第一节 东方牌 TG 系列尸体冷藏箱	68
第二节 Jewett 牌尸体冷藏箱	71

第三节	BAR牌尸体冷藏箱	74
第四节	玻晶棺	75
第五节	尸体冷藏箱常见故障及排除方法	76
第六章	拼装冷藏库	85
第一节	四友牌XL系列拼装冷藏库	85
第二节	GE-LK型拼装冷藏库	88
第三节	拼装冷库常见故障及排除方法	91
第七章	恒温箱	93
第一节	LRH-150B型生化培养箱	93
第二节	XPX-3B型CO ₂ 细胞培养箱	96
第三节	三洋MIR550、250、150系列恒温培养箱	97

第二部分 净化设备

第八章	净化空调机 病房、手术室净化系统 空气过滤器	101
第一节	SJK-1000/6000型水平流净化空调机	101
第二节	ZJK型风机盘管净化空调器	102
第三节	病房、手术室净化空调系统	104
第四节	空气过滤器	109
第九章	装配式洁净室 无菌冷室 吹淋室	113
第一节	DGLS型无菌冷室	114
第二节	KCJ系列垂直层流洁净室	118
第三节	ZS-800型无菌室	119
第四节	DC-II型单人空气吹淋室	119
第十章	净化工作台 生物安全柜 自净器	122
第一节	SXK-103型净化工作台	122
第二节	YJ-S75S型医用净化工作台	123
第三节	恒温排毒无菌工作台	123
第四节	对面操作II级层流生物安全柜	126
第五节	日立GB型III级安全柜	128
第六节	SJ-CLZ1450型洁净层流罩	129
第七节	SZ-01A型空气自净器	129
第十一章	净化恒温恒湿机 净化干燥箱 冷冻除湿机	131
第一节	JH50型净化恒温恒湿机	131
第二节	JG-1型净化干燥箱	134
第三节	KQS型冷冻除湿机	135
第十二章	实验动物净化空调设备 植物实验空调设备	138
第一节	JJD-I型实验动物饲养柜	138
第二节	动物舍净化空调系统	139

第三节	实验动物饲养舍净化空调系统	141
第四节	植物实验空调系统	142

第三部分 冷冻治疗器械和设备

第十三章	液氮冷冻治疗器械	146
第一节	LDZ 型低温治疗机	146
第二节	ND-II 型低温脑肿瘤摘除器	149
第三节	DWY 自增压杜瓦瓶连体式治疗器	151
第四节	Spembly DFS-30 型低温治疗机	153
第十四章	半导体制冷冷冻治疗器械	161
第一节	LRZ 型电子冷热针灸仪	161
第二节	BLZ-1 型半导体冷冻针灸仪	163
第三节	BBZ-1、BBZ-2 型半导体冷冻治疗器	164
第十五章	气体节流及氟利昂循环制冷冷冻治疗器械	166
第一节	氧气节流低温冷冻治疗器	166
第二节	Spembly PCG-12R 型低温治疗器	167
第三节	FXL-1 型氟利昂压缩循环制冷冷冻治疗机	170
第十六章	电子人体体温控制机 头部降温装置 电子凉枕	173
第一节	AIKA700 型电子人体体温控制机	173
第二节	BMY-I 型头部降温装置	174
第三节	电子凉枕	175

第四部分 冷冻干燥 冷冻离心 冷冻切片等设备

第十七章	真空冷冻干燥机	177
第一节	LGJ-II、IIA、III 型医用冷冻干燥机	178
第二节	Lyoflex 系列真空冷冻干燥机	182
第十八章	冷冻离心机	187
第一节	FL-0.4L 型低速冷冻离心机	188
第二节	日立 20PR-52D 系列高速冷冻离心机	191
第三节	日立 85P-72、70P-72、55P-72 制备型超速冷冻离心机	199
第四节	超速冷冻离心机常见故障及检修方法	202
第十九章	冷冻切片机	207
第一节	BL-3 型半导体冷冻切片机	207
第二节	SIEE HR 型冷冻切片机	208
第二十章	小型制冰机 冷饮水器 冷饮水箱	215
第一节	IDT 系列制冰机	215
第二节	小型制冰机	219

第三节	LY-30 型冷饮水器	222
第四节	冷饮水箱	223
第二十一章	精液贮存器与液氮贮运容器	225
第一节	精液贮存器	225
第二节	航空牌液氮贮存容器及液氮输送泵	227
第三节	DC、DLS-B 系列液化气贮运容器	229
第四节	DLS 系列可移动式低温液化气体容器	230
第五节	大型液化气体贮存罐及运输车	232
第二十二章	低温生物降温仪 连续可调低温恒温仪	235
第一节	DW-84 型低温生物降温仪	235
第二节	CVC-831 型连续可调低温恒温仪	238

绪 论

解放前，我国自制医用制冷、净化设备几乎空白，解放后的 1954 年我国试制出第一台电冰箱之后，血液冷藏箱、低温箱、冷冻离心机、空调机、除湿机、净化工作台等相继投入生产。

进入 80 年代，我国制冷、净化设备有了突飞猛进的发展，沈阳、北京、天津、上海、杭州、苏州等制冷、净化厂不断开发新产品，产量不断提高，生产出多种适应我国医疗卫生部门使用的产品。但是，从总体上看，我国现有产品质量还没有完全过关，品种也较少，空白项目也多，有些高精产品仍需进口。今后，不断提高现有产品的质量，增加产量，减少空白项目，生产、研制适应我国医疗行业的优质产品仍是摆在我们面前的重要课题和艰巨任务。

制冷、净化设备在医疗部门应用相当广泛，为了满足广大科技人员、使用及维护人员的需要，本书将侧重介绍医用制冷、净化、干燥设备。

第一节 医用制冷、净化、干燥设备的范围及分类

医用制冷、净化、干燥设备在整个制冷、净化、干燥设备中虽然只占一部分，但是，由于它直接用于医疗卫生部门，所以它的存在和发展有着极重要的意义。随着时代的发展，医用制冷、净化、干燥设备已逐渐形成一个独立的体系。那么什么是医用制冷、净化、干燥设备呢？医用制冷、净化、干燥设备是指“应用人工制冷技术、低温技术、净化技术获得有一定要求的温度、湿度、洁净度等环境并用于医疗部门的冷藏冷冻，临床治疗、科学研究及配备的低恒温、净化、干燥装置的总称”。

医用制冷、净化设备同其它普通设备相比，有其突出的特点：对温度、洁净度精度级别要求高；温度控制一般在 $\pm 1^{\circ}\text{C}$ 范围内，洁净度多需在 100 级。可靠性要求高。有些设备需具有温度指示、温度记录、温度报警等系统和功能。功能齐全，需具有温度、湿度、洁净度、气流速度、照度灭菌等多种功能。对设备噪声、振动、耗电量等主要技术指标要求严格。外观需美观、精巧，设备使用要方便。

医用制冷、净化、干燥设备涉及的范围广，除了直接用于医疗部门专用设备外，还包括一些供科学研究和其它部门共用设备及通用制冷、净化、干燥设备。鉴于国内外还没有一个较为成形的划分标准的实际情况，从我国医用制冷、净化设备生产、使用实际情况出发遵循两条原则来划分：

一是凡配有制冷设备、恒湿、恒温、净化设备并用于医疗领域的可划分为医用制冷、净化设备范围。

二是以医用制冷、净化设备的用途作为划分范围和分类原则较为明确和实用。

按以上两条原则，医用制冷、净化、干燥设备可划分为四大类：冷藏、冷冻设备；净化设备；冷冻治疗器械和设备；冷冻干燥、冷冻离心、冷冻切片等设备。各类中涉及的产品及

用途见表 1。

表 1 医用制冷、净化、干燥设备类别及主要产品

一、冷藏、冷冻设备	
设备名称	用 途
-196°C液氮低温保存设备	用于活体组织、标准血球、骨髓、精液、机体保存
程序控制降温装置(室温~-196°C)	用于细胞、器官、胚胎保存的前期处理
-140°C、-135°C、-120°C超低温箱	用于活体组织、血管、血液、细胞、生物制品保存
-90°C、-85°C、-80°C超低温箱	用于血液成分、皮肤、抗原、细胞组织等保存
-60°C、-40°C、-30°C低温箱	用于药品、皮肤、骨髓、血浆等保存
-24°C、-18°C低温箱	用于药品等保存
血液冷藏箱+4°C、+5°C	用于全血保存
药品冷藏箱 0~10°C, 0~14°C, 1~7°C	保存药品、疫苗。
吸收式、太阳能冰箱 0~10°C, 0~-18°C	用于药品、疫苗的贮藏
便携式、半导体式冰箱 0~10°C,	携带和运送组织、疫苗、血液、药品
实验室用冰箱 2~4°C, 0~14°C	保存化学药品、配方
尸体冷藏箱 +2~+5°C, 0~-5°C	保存尸体
生化培养箱 4~50°C, 15~40°C	用于菌苗、疫苗、细菌培养和水质分析
二氧化碳培养箱 +5~+50°C	用于菌苗、疫苗、细菌培养和水质分析
低温培养箱 -10°C~+50°C	用于医学、病理、药品、生化等研究
低温恒温箱	用于病理研究
低温恒温水槽 -5~100°C, -20~100°C	用于病理、生化研究
恒温恒湿箱 0~50°C	用于药品研究、菌苗培养
拼装冷库 -5~+14°C	用于药品、原料贮藏
血液运输车 2~6°C	运送血液、组织、疫苗
二、净化设备	
净化空调机、净化空调器	用于手术室、无菌病房、调剂室等
装配式洁净室、冷室、无菌室、	用于制药车间、无菌室、药品室、手术室、恢复室、烧伤病房、抗菌素封装等
空气吹淋室	用于人身净化等
无菌室	用于疫苗、制药室、恢复室
净化工作台、净化层流罩、自净器	用于调剂室、疫苗、制药等
净化恒温恒湿设备	用于实验室、手术室等
净化干燥箱	用于对需洁净物品烘干
除湿机	用于实验城、贮藏室、仓库除湿
动物饲养净化系统及饲养柜	用于动物饲养和实验
植物栽培设备	用于植物栽培和实验

(续表)

三、冷冻治疗器械和设备

设备名称	用途
液氮治疗机	用于皮肤、妇、五官科等
气体节流治疗机	用于皮肤、妇、五官科等
半导体治疗仪	用于眼科等
氟利昂循环治疗机	用于眼科、皮肤科
固体冷冻治疗器	用于眼科
人体降温和体外循环变温装置	用于人体降温和循环设备体液温度调节
头部降温装置和电子冷却枕	用于降低头部温度和催眠

四、冷冻干燥、冷冻离心、冷冻切片等设备

冷冻干燥机	用于药品、疫苗等干燥
冷冻离心机	用于细胞、体液等分离
冷冻切片机	用于组织切片
小型制冰机	供科研、物理降温、饮食用
冷饮水器、冷饮水箱	用于食用水冷却
精液贮存器、液氮杜瓦瓶	用于精液贮存
血液成分贮藏设备	用于血液成分的冻存等

第二节 冷藏、冷冻设备概况

医用冷藏、冷冻设备(简称医冷设备)是指冷藏、冷冻医药品、人体组织等的专用设备。包括低温箱、血液冷藏箱、药品冷藏箱、尸体冷藏箱多种产品。国内生产“医冷”产品的厂家主要有：沈阳、北京、杭州、石家庄、韶关、长沙等地的医疗器械厂。

低温箱是“医冷”设备中较重要的产品之一，温度范围一般在 $-18^{\circ}\text{C}\sim-140^{\circ}\text{C}$ ，目前国内生产的低温箱温度范围为 $-18^{\circ}\text{C}\sim-85^{\circ}\text{C}$ 。容积有80L至370L多种规格，产量也较大。但从结构形式上看，适合民、商用的 $-18^{\circ}\text{C}\sim-28^{\circ}\text{C}$ 范围的低温箱产量大，适合于医用的 -30°C 以下的较少， -85°C 以下的仍是空白。

血液冷藏箱、药品冷藏箱是医疗部门必备的专用设备，目前规格少，产品质量低，还没有形成批量生产，产品质量有待进一步提高。

生化培养箱、尸体冷藏箱、拼装冷库等产品产量大，品种齐全，基本上可满足需要。

国外生产“医冷”设备只有美国、德国、日本、丹麦、英国、意大利等十几个发达国家。美、日的产品在国际上属领先地位，出口我国的产品品种多，数量大。主要有：低温箱、血液箱、药用冷藏箱、实验室冰箱和二氧化碳培养箱。美国生产“医冷”产品的公司有：Rheem Manu Faoturing, Forma Scientific, Kelinator。日本几家公司是：三洋电机株式会社，大和科学株式会社。(冷冻设备)株式会社，住友商事株式会社，大西热学工业所，宫川科学器材株式会社，日立公司。美、日诸公司“医冷”产品的特点是：外形美观大方，控温精度

高，可靠性高，产品规格齐全，范围宽，专用性强，并形成系列化产品。

第三节 净化设备概况

医用净化设备是提供全部、局部洁净和无菌工作环境的一种空气净化装置。产品包括带有初、中、高效过滤器的净化空调器、洁净室、吹淋室、化净工作台、空气净化器、无菌装置净化恒温恒湿机、除湿机、动植物净化空调等。

国外生产净化设备的厂有百家以上，主要厂家有：天津、苏州、蚌埠、沈阳、北京、上海等地的净化设备厂。产品近百种，普通产品基本上可以满足需要，但高级别的洁净设备同国外先进国家相比还有一定差距。国外生产净化设备较先进国家有美国、德国、英国、日本。

净化设备采用洁净级别来确定等级。目前有我国的暂行规定《空气洁净技术措施》，英国标准，美国联邦标准，美国航空宇宙局生物洁净室标准。目前国内除使用《空气洁净技术措施》中规定外，还习惯使用美国联邦标准 209B 标准，所以表 2、表 3 分别列出，两者关系见表 4。

表 2 我国空气洁净技术措施规定标准

级别	尘埃粒径 (μm)	平均含尘浓度 (粒/L)	温度范围 ($^{\circ}\text{C}$)	湿度范围 (%)	正压值 (Pa)	噪声 dB(A)
3	≥ 0.5	≤ 3	18~26	40~60	≥ 4.9	≤ 65
30		≤ 30				
300		≤ 300				
3000		≤ 3000				
30000		≤ 3000				

表 3 美国联邦标准 209B

空气洁净度级别	微粒的最大浓度			压力 (Pa)	温 度			相对湿度			流 速 (m/s)	照 度 (IX)
	粒径 (μm)	浓 度			范围 ($^{\circ}\text{C}$)	推荐值 ($^{\circ}\text{C}$)	误差 ($^{\circ}\text{C}$)	最高 (%)	最低 (%)	误差 (%)		
		(粒/ft ³)	(相当于粒/L)									
100	≥ 0.5 ≥ 5.0	100 <10	3.5 <0.35	12.7	19.4~25	22.2	± 2.8 特 别场合为 ± 0.28	45	30	± 10 特殊 场合为 ± 5	0.45 ± 0.1	1030~1620
1000	≥ 0.5 ≥ 5.0	1000 <10	35 <0.35									
10000	≥ 0.5 ≥ 5.0	10000 65	350 2.3									
100000	≥ 0.5 ≥ 5.0	100000 700	3500 25									

表 4 美国联邦标准 209B 与空气洁净技术措施的关系

209(B)	空气洁净技术措施
100 级	3 级
1000 级	30 级
10000 级	300 级
100000 级	3000 级

第四节 冷冻治疗器械和设备概况

冷冻治疗器械和设备是利用低温治疗和物理治疗疾病的器械和设备。我国生产的治疗器械有：液氮治疗机、气体节流治疗器、半导体制冷机、干冰治疗器、氟利昂循环治疗机等。其它医疗设备有：体外循环变温装置、人体降温装置，头部降温装置，电子冷却枕等。

我国冷冻治疗器械大部分为国内自行设计，自行制作，具有结构简单、实用、价廉和高可靠性等特点，另外一个特点是采用多种制冷方式。其主要产品有大型、小型的，有高级、简易的，有些产品在国际上有一定影响。国内生产冷冻治疗器械的厂家有：北京、上海、杭州、沈阳等地的医疗器械厂和军工厂，产品大约有十一大类近50个品种。我国进口国外的冷冻治疗器有液氮治疗机和气体节流治疗器，厂家是英国 Spembly 公司。

冷冻治疗器械常见分类有如下几种：

按制冷方式分为：相变制冷(液氮、液氧)、干冰固体升华制冷、气体节流制冷、压缩式制冷，半导体制冷。

按温度分为：普通制冷 -100°C 以内；低温制冷 $-100\sim-200^{\circ}\text{C}$ 。

按制冷量分为：小型： $42\text{kJ}/\text{min}$ 以内；中型： $42\sim 63\text{kJ}/\text{min}$ ；大型： $210\text{kJ}/\text{min}$ 以上。

按结构特征分为：软管式、手持式。

按用途分为：白内障摘除器，前列腺治疗器、头部肿瘤摘除器，以及广泛用于妇科、皮骨科的冷冻治疗机。

第五节 冷冻干燥、冷冻离心、冷冻切片等设备概况

冷冻干燥、冷冻离心等设备是指供医疗、科研部门的化验、病理、制药等使用的带有制冷功能的设备。主要产品有：冷冻干燥机、冷冻离心机、冷冻切片机、小型制冰机、冷饮水器、精液贮存器、低温显微镜、低温电泳仪等。

国内生产以上产品的厂家有几十家，有上海、北京、青海等地的分析仪器厂和军工厂。产品有几十种，一般型号的产品可满足国内市场需要，高精尖产品仍需进口，有许多项目仍属空白。

国外生产以上产品的厂家及公司众多。生产冷冻干燥机的有英国 EDWARDS 公司；日本冷冻ラフココ株式会社；法国梅里厄公司。生产离心机的公司有：英国 MSE 公司；美国 Beckman 和 IEC 公司，日本日立公司等。生产冷冻切片机的公司有美国 BRIGHT 公司、日本冷冻株式会社等。

我国有近 20 万个医疗卫生单位，制冷、净化设备年需求量在几十万至上百万台，随着国民经济的发展，需求量还会不断增长。虽然我国制冷、净化设备有了较大发展，但从总体上看还是比较落后，同国外先进国家相比仍有较大差距，主要表现在产品粗糙，精度不高，质量不稳定，可靠性差，空白项目多。今后医用制冷、净化设备将有广阔的发展前途，产品将向着高效、低耗、低噪声、造型美观、轻量化、专用化、高可靠性方向发展，新产品将不

断采用新材料、新工艺、向微机控制的高档次产品迈进。

本书根据国内外制冷、净化、干燥设备的现状加以总结和分类，在重点介绍国内制冷净化设备中较为先进的设备和产品外，也突出介绍了我国近几年进口较多的国外制冷、净化设备。本书愿为广大工程技术人员、维修及维护人员提供一本制冷、净化、干燥设备方面较系统的参考书籍。希望本书能起到应有作用。

第一部分 冷藏 冷冻设备

第一章 低温箱

低温箱一般是指利用机械制冷方式获取 $-20\sim-140^{\circ}\text{C}$ 的冷冻箱。目前，也出现了利用液氮相变制冷获取 $-140\sim-196^{\circ}\text{C}$ 的超低温箱。低温箱分类如下：

按温度分为：低温箱和超低温箱。低温箱温度范围是 $-20\sim-80^{\circ}\text{C}$ ；超低温箱温度范围是 $-80\sim-196^{\circ}\text{C}$ 。

按箱体形式分为：立式和柜式。

按制冷系统分为：开式和封闭式。

按冷却方式分为：风冷和水冷式。

低温箱应用范围广泛，主要是以下几个方面：

食品冻存，温度范围： $-18\sim-28^{\circ}\text{C}$ ，用于肉、鱼类、海产品等冻存，贮存期1~3个月。

科学研究，温度范围： $-30\sim-85^{\circ}\text{C}$ （或更低），用于精密机器制品、电子器件在低温条件下的变化与改性试验。

生物医学，温度范围： $-30\sim-196^{\circ}\text{C}$ ，保存血液（红细胞、白细胞、血小板）、脏器、皮肤、骨骼；保存细菌、酵母、病毒、孢子、花粉、精液、原虫；保存生物制品。

第一节 低温箱制冷系统及主要部件

在低温箱制冷系统中，最常采用的是单级制冷系统；也可采用二级、三级、四级覆叠式系统及液氮相变制冷系统。

单级系统可获取 $-18\sim-40^{\circ}\text{C}$ 低温；二级覆叠式系统可获取 $-40\sim-90^{\circ}\text{C}$ 低温；三级覆叠式系统可获取 $-80\sim-120^{\circ}\text{C}$ 低温；四级覆叠系统可获取 $-100\sim-140^{\circ}\text{C}$ 低温；液氮系统可获取 $-135\sim-196^{\circ}\text{C}$ 低温。

以上所列的制冷系统及获取的低温是指采用常见的几种制冷剂而言，要想获取较低的温度，除了采用不同的制冷系统外，还取决于采用什么种类的制冷剂，即使是采用同一系统，由于使用的制冷剂不同，所获取的低温也是有较大异差的。现在美、日等国已研制出采用先进的压缩机、制殊混合制冷剂的二级覆叠式系统的低温箱，箱温可达 -135°C 。

一、单级制冷系统

单级制冷系统由压缩机、冷凝器、毛细管（或膨胀阀）、蒸发器四大部件组成，其制冷系统构成见图1-1所示。系统以毛细管为界分成高、低压两部分，毛细管前为高压部分，之后为低压部分。制冷循环分四个过程：

1. 蒸发过程 低压制冷剂进入蒸发器中汽化，吸收被冷却物的热量，使被冷却物的温度降低，吸热后的制冷剂变成低压蒸气，通过吸气管回到压缩机。

2. 压缩过程 返回压缩机的低压蒸气被吸入压缩机气缸中，经压缩后，压力和温度都升高，然后通过排气管路排入冷凝器内。

3. 冷凝过程 高温高压气体制冷剂进入冷凝器后，向低于制冷剂温度的空气传递热量而液化。

4. 节流过程 低沸点的高压液体制冷剂由冷凝器排出，经毛细管节流减压后，进入蒸发器蒸发吸热。

单级制冷系统采用 R12 制冷剂可获取 -25°C 左右的低温。采用 R22、R502 制冷剂可获取 -40°C 左右低温。

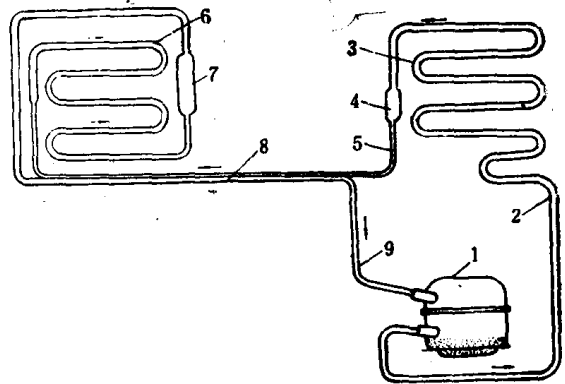


图 1-1 单级制冷系统流程图

1—压缩机；2—排气管；3—冷凝器；4—干燥过滤器；5—毛细管；6—蒸发器；7—贮液器；8—热交换器；9—吸气管

二、二级覆叠式制冷系系

二级覆叠式制冷系统采用两种不同的制冷剂，由两个各自独立的单级系统组合而成。两个系统可分为第一级（也称高温级），第二级（也称低温级）两个系统，如图 1-2 所示。特点是：两个系统由一个蒸发冷凝器组合在一起，蒸发冷凝器既是高温级系统的蒸发器，又是低温级系统的冷凝器。工作原理同单级系统。

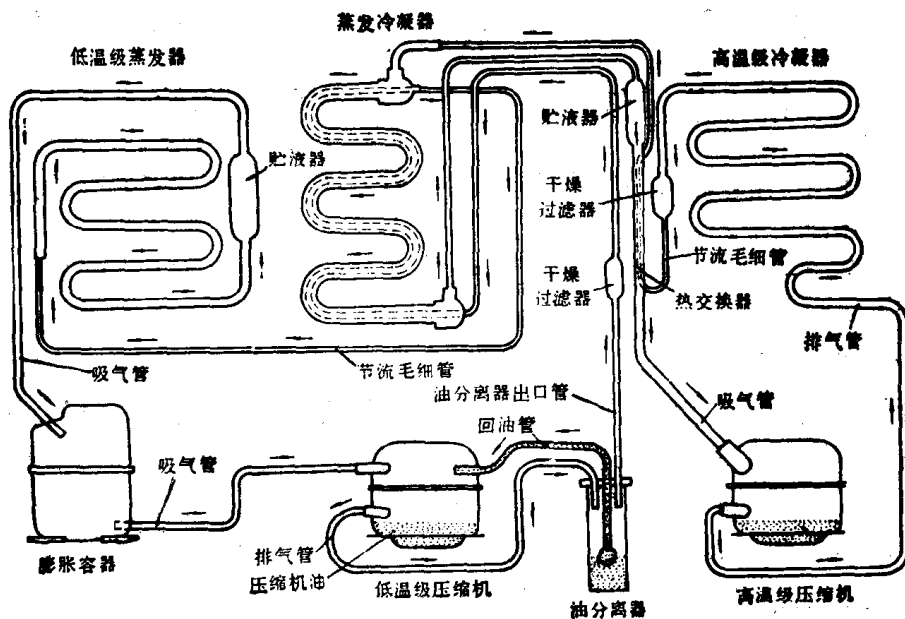


图 1-2 二级覆叠式制冷系统流程图

典型的覆叠式制冷系统高温级由压缩机、冷凝器、干燥过滤器、毛细管、蒸发冷凝器（蒸发器）、贮液器组成；低温级由压缩机、预冷却器、油分离器、干燥过滤器、热交换器、

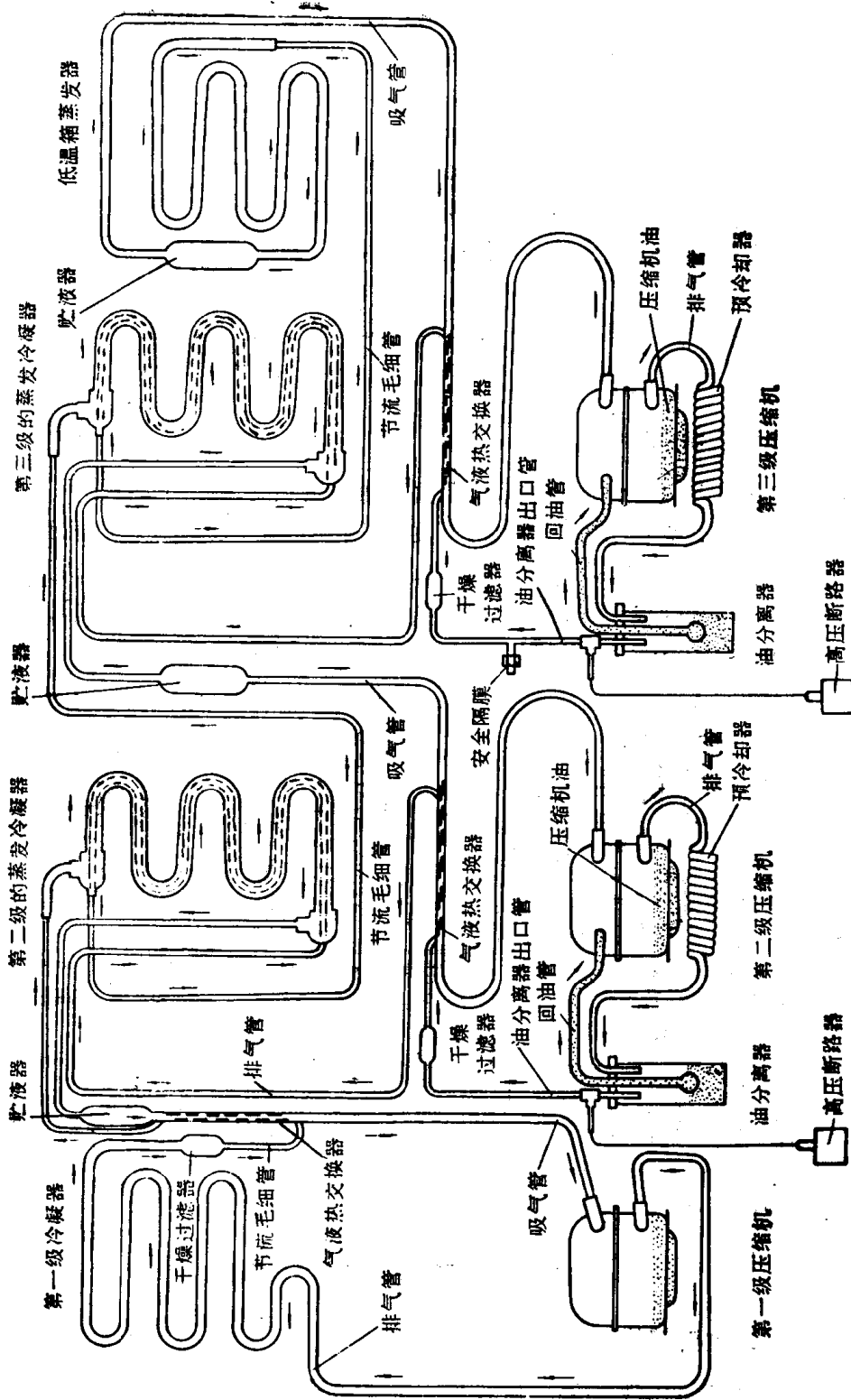


图 1-3 三级 cascade 式制冷系统流程图