

船舶

制冷装置及其管理

富冈节 著

大连海运学院轮机系
《船舶制冷装置及其管理》翻译组译

人民交通出版社

船舶制冷装置及其管理

富冈 节 著

大连海运学院轮机系
《船舶制冷装置及其管理》翻译组 译

人 民 交 通 出 版 社

1977·北京

内 容 提 要

本书从简易热力学讲起,着重介绍了压缩式制冷装置的工作原理,常用冷剂及其性质,船用往复式制冷压缩机、冷凝器和蒸发器的型式与构造,氟利昂制冷装置的自动化,制冷管系和冷库以及装置的试验、保养和操作管理等,并给出了一些与设计、选用、安装、验收有关的实用数据、线图、规范要求和其它技术资料。内容比较简明易懂。

本书供远洋和沿海轮机人员、修造船厂以及制冷行业的工人和工程技术人员参考,也可供有关院校师生阅读。

船舶制冷装置及其管理

富冈节 著

大连海运学院轮机系
《船舶制冷装置及其管理》翻译组 译

人民交通出版社出版

(北京市安定门外和平里)

北京市书刊出版业营业许可证出字第006号

新华书店北京发行所发行

各地新华书店经售

人民交通出版社印刷厂印

开本: 787×1092 1/32 印张: 11.875 插页: 3 字数: 265千

1977年12月 第1版

1977年12月 第1版 第1次印刷

印数: 0001—8,300 册 定价(科四): 1.30元

毛主席语录

一切外国的东西，如同我们对于食物一样，必须经过自己的口腔咀嚼和胃肠运动，送进唾液胃液肠液，把它分解为精华和糟粕两部分，然后排泄其糟粕，吸收其精华，才能对我们的身体有益，决不能生吞活剥地毫无批判地吸收。

学习有两种态度。一种是教条主义的态度，不管我国情况，适用的和不适用的，一起搬来。这种态度不好。另一种态度，学习的时候用脑筋想一下，学那些和我国情况相适合的东西，即吸取对我们有益的经验，我们需要的是这样一种态度。

译者的话

在毛主席的革命路线指引下，我国社会主义革命和社会主义建设蓬勃发展，各条战线捷报频传，造船工业和远洋运输事业也像其它各条战线一样，正以一日千里的速度飞跃前进。在这一派大好的形势下，为了适应造船工业、远洋运输以及制冷行业广大工人、工程技术人员对船舶制冷技术方面书籍的需要，我们遵照伟大领袖毛主席关于“洋为中用”的教导，翻译了《船舶制冷装置及其管理》这本书，供大家参考。

本书是日本为航海技术人员举办制冷机技术讲座而编写的培训用书。书中对船舶制冷装置的工作原理、主要设备、系统、构造、安装、试验以及操作管理和冷库等都作了比较系统的概括和叙述，同时亦收入了有关设计、选用、安装、检验等方面的一些技术数据和资料，对有关人员具有一定的参考价值。

由于社会制度不同，本书内容有一些对我们可能不适用，希望读者遵照毛主席的教导，“把它分解为精华和糟粕两部分，然后排泄其糟粕，吸收其精华”，对本书内容批判地吸收其精华部分。我们要“打破洋框框，走自己工业发展道路”。

原书在一些章节里曾夸大了某些科学家的个人作用，也有一些资本主义广告性质的段落，我们在翻译过程中，已予删改。对于原书存在的不少错误和交待不清之处，也均已作了订正，并标加了译者注。但限于水平，译文中肯定还会存在不少缺点和错误，热诚希望广大工农兵读者给以指正。

1976年7月

目 录

第一章 总 论	1
1-1 制冷的概念	1
1-2 制冷机的分类	3
1-3 船用制冷机	3
第二章 术语说明和简易热力学	5
2-1 术语说明	5
2-1-1 温度	5
2-1-2 压力	5
2-1-3 饱和温度, 饱和压力	6
2-1-4 真空度	6
2-1-5 热	7
2-1-6 比热	7
2-1-7 潜热和显热	8
2-1-8 比容和比重量	9
2-1-9 功和马力	9
2-1-10 制冷量	9
2-1-11 制冷效果	10
2-2 简易热力学	11
2-2-1 热力学第一定律	11
2-2-2 热力学第二定律	11
2-2-3 理想气体的特性式	11
2-2-4 焦耳定律	12
2-2-5 道尔顿定律	13

2-2-6	闭口体系中热力过程的基本能量方程式	13
2-2-7	焓	14
2-2-8	熵	15
2-2-9	闭口体系热力过程中理想气体的状态变化	15
2-2-10	稳定流动过程的状态变化	17
2-3	制冷剂的莫里耳线图	20
2-4	传热	22
2-4-1	通过平壁的传热	22
2-4-2	通过单管的传热	23
第三章	制冷循环	25
3-1	逆卡诺循环	25
3-2	实际的制冷循环	27
3-3	温度条件的变化和制冷机的运转效率	28
3-4	莫里耳线图的使用方法	31
3-5	标准制冷循环	33
第四章	制冷剂	36
4-1	理想冷剂必须具备的条件	36
4-2	氟利昂-12的特性	44
4-3	盐水	48
4-3-1	氯化钙盐水 (CaCl_2)	49
4-3-2	食盐水 (氯化钠盐水 NaCl)	50
4-3-3	盐水的腐蚀性	51
第五章	压缩式制冷机的简易理论	53
5-1	活塞排量	53
5-2	实际的冷剂循环量和容积效率	53
5-2-1	容积效率 η_v	55
5-3	制冷量	59
5-4	压缩机所需的功	60

5-5 多级压缩机	61
5-5-1 二级压缩机	62
5-5-2 二级压缩机的简易理论	65
5-5-3 二级压缩机的中间压力	68
5-6 多效压缩机	69
第六章 往复式压缩机及回转式压缩机的构造	75
6-1 立式单作用压缩机概要	76
6-1-1 气缸数	76
6-1-2 气阀的位置及型式	77
6-1-3 气缸的冷却	78
6-1-4 转数	78
6-1-5 润滑方式	80
6-1-6 压缩机的功率	80
6-2 立式压缩机各部分的构造	80
6-2-1 压缩机机体	80
6-2-2 活塞、活塞环及活塞销	84
6-2-3 连杆	86
6-2-4 曲轴、主轴承	86
6-2-5 轴封	87
6-2-6 气阀和假盖	90
6-3 立式压缩机的卸载起动机构	93
6-3-1 高压旁通起动	94
6-3-2 低压旁通起动	94
6-3-3 全旁通起动	94
6-4 立式压缩机的能量调节及能量调节机构	96
6-4-1 能量调节	96
6-4-2 立式压缩机的能量调节机构	98
6-5 高速多缸压缩机	100

6-5-1 概述	100
6-5-2 高速多缸压缩机构造概要	102
6-6 回转式压缩机	125
6-7 压缩机的安全阀	132
第七章 冷凝器	136
7-1 冷凝器的简易理论	136
7-1-1 冷凝器放出的热量	136
7-1-2 冷凝器中的热交换	137
7-1-3 冷凝器所需的冷却水量	141
7-2 冷凝器能力降低的因素	141
7-3 冷凝器的种类	142
7-3-1 氨用卧式壳管式冷凝器	143
7-3-2 氟利昂-12卧式壳管式冷凝器	145
7-3-3 套管式冷凝器	152
7-4 贮液器	155
7-5 压力容器壳体的最小厚度	158
7-6 冷凝器及贮液器的安全装置	159
第八章 蒸发器	161
8-1 蒸发器中的热交换	161
8-2 蒸发器的种类	162
8-2-1 按蒸发方式的分类	162
8-2-2 各种蒸发器	162
8-3 融霜	174
第九章 制冷装置附件	178
9-1 膨胀阀	178
9-1-1 手动膨胀阀	178
9-1-2 恒压式膨胀阀	179
9-1-3 热力膨胀阀	180

9-2	蒸发压力调节阀	185
9-3	油压保护开关	188
9-4	电磁阀	190
9-5	温度继电器	192
9-6	低压开关	195
9-7	高低压开关	196
9-8	油分离器	198
9-9	干燥器	201
9-9-1	硅胶	203
9-9-2	活性氧化铝	204
9-9-3	分子筛	204
9-10	过滤器	205
第十章	制冷装置的自动化	206
第十一章	管系	211
11-1	管系布置的基本原则	211
11-2	管子材料	216
11-2-1	钢管	216
11-2-2	铜管	224
11-3	管系中的压力损失	226
11-4	排出管、吸入管以及蒸发器出口附近的管系布置	228
11-4-1	排出管	228
11-4-2	吸入管	229
11-4-3	蒸发器出口附近的管系布置	230
11-5	管子的隔热	230
第十二章	冷库	233
12-1	冷库的热负荷及其简易计算法	233
12-2	冷库热负荷的计算式	239

12-2-1	经隔热壁漏入库内的热量	239
12-2-2	为冷却冷藏物品所需取出的热量	241
12-2-3	因冷库换气带入的热量	244
12-2-4	冷藏物品散发出来的热量	244
12-2-5	其它热量	246
12-3	冷库的冷却方式	247
12-3-1	直接冷却式	247
12-3-2	盐水循环式	248
12-3-3	空气冷却系统	249
12-4	冷库的隔热	250
12-5	配管比率	252
第十三章	制冷装置试验	255
13-1	耐压试验	255
13-2	气密试验	255
13-3	压缩机的运转试验	259
13-4	拆开检查	259
13-5	真空试验	260
13-6	性能试验	260
13-7	冷却试验及隔热性能试验	261
13-8	制冷剂的初次充填	262
第十四章	制冷装置的运转和操作	264
14-1	运转准备	264
14-2	压缩机的起动	264
14-3	运转	266
14-4	制冷机的停止	269
14-5	冷剂的补充和回收	270
14-5-1	冷剂的补充	270
14-5-2	冷剂的回收	271

14-6	滑油的补充	272
14-7	不凝性气体的排除	273
14-8	制冷装置备件	275
14-9	气体的检漏法	276
14-9-1	氨的检漏法	276
14-9-2	氟利昂-12及氯甲烷的检漏法	276
14-10	故障的原因及其处理	279
第十五章	保 养	282
15-1	关于压缩机	282
15-1-1	压缩机的拆检	282
15-1-2	压缩机油的更换	285
15-1-3	吸气滤器的清洗	285
15-1-4	轴封	285
15-2	关于冷凝器	286
15-3	关于蒸发器	289
15-4	关于热力膨胀阀	289
15-4-1	安装感温管时的注意事项	289
15-4-2	热力膨胀阀的试验方法	292
15-5	关于电动机	293
15-5-1	三相鼠笼式感应电动机的故障及排除方法	293
15-5-2	电动机浸水后的修理	295
附录1	日本工业标准(JIS)中的机械材料(摘录)	297
附录2	日本海事协会制冷 装置规则(1963年)(摘录)	313
附录3	日本海事协会钢船 规则第39编(1963年)(摘录)	329
附录4	渔船检查规则(摘录)	335
附录5	生鲜食品及冻结食品的冷藏条件	346
附录6	制冷装置的构造及检查标准(1962年)	350

第一章 总 论

1-1 制 冷 的 概 念

用人工方法从某些物质例如肉类、蔬菜、水果中夺走热量，以使其保持在低于外界气温的低温上，称为制冷。

获得低温的方法有：

- ①利用天然冰或其它天然冷体的方法（利用融解热）；
- ②利用干冰的方法（利用升华热）；
- ③利用易蒸发液体汽化的方法（利用汽化潜热）；
- ④半导体制冷（利用珀耳帖效应）；等等。

本书专门讲述利用机械并按③项中所述的方法来获得低温的往复压缩式制冷装置。

夏季，在刚洗完澡或出汗时，一遇风吹就会感到非常凉爽。这主要是由于附在身上的水分蒸发时，将要从人们身上夺走大量汽化潜热的缘故。而当没有水分时，凉爽的感觉也就显著减少。同理，在压缩式制冷装置中，也必须有像上例中的水分那样担任转移热量的介质，以便利用它的蒸发，从低温的被冷却物体中夺走大量热量，并把热量转移到高温场合放出。这样的介质就称为制冷剂，如氨、氯甲烷和氟利昂-12等。

在冷却方式上，既可利用液态冷剂的蒸发直接从被冷却物体上吸热，也可利用被冷却物体与制冷剂之间进行换热的某种介质，间接地从被冷却物体上吸热，前者称为直接冷却式系统，而后者则称为间接冷却式系统。图 1-1 即表示直接

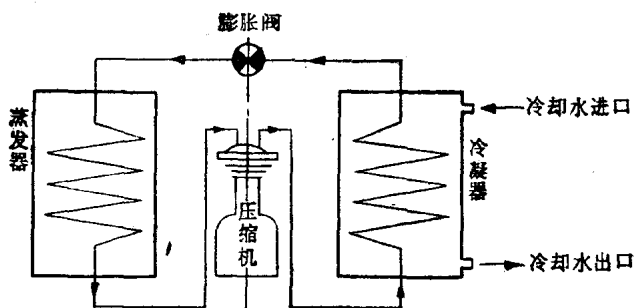


图 1-1

冷却式制冷装置的系统示意图。图中，压缩机用于压缩汽态制冷剂，并将其送入冷凝器中冷凝。而积存在冷凝器或贮液器中的液态制冷剂则通过膨胀阀减压，然后进入蒸发器中全部蒸发，并在从周围的物体内存取大量热量因而达到制冷的目的后，即被再次吸入到压缩机中，以重复进行上述过程。因此，压缩机、冷凝器、膨胀阀和蒸发器这四者就称为压缩式制冷装置的四个基本组成部分。图 1-2 表示间接冷却式的系统示意图。由图可见，这种系统是依靠制冷剂的蒸发来冷却盐水（或空气），再让低温的盐水（或空气）在冷库中循流，以冷却被冷却物体，从而达到制冷的目的。

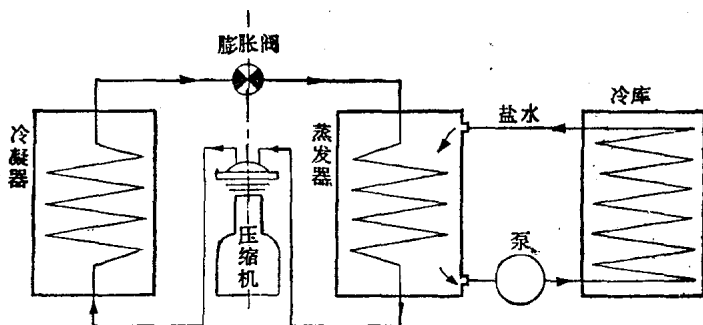
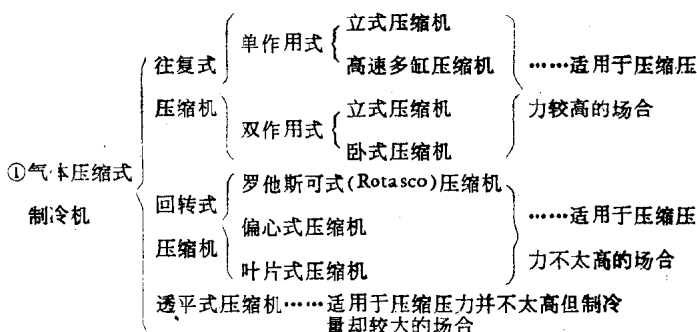


图 1-2

1-2 制冷机的分类

制冷机按照其形式的不同可分为如下几类：



② 吸收式制冷机……不是靠机械的压缩而是靠化学的压缩①，适用于压力与压缩式制冷机相同的场合

③ 其它制冷机 {

空气膨胀式制冷机……	适用于像制造液态空气那样的超低温场合
蒸汽喷射式制冷机……	较少使用

其中，船用制冷机主要是使用立式单作用的往复式压缩机、高速多缸式压缩机以及罗他斯可型压缩机等。

1-3 船用制冷机

船用制冷机与陆用制冷机在制冷的基本原理和有关装置的组成上，并无根本的差异。但因船舶是在海上航行的，船体的不断摇摆和主机的振动，都将使制冷机处在颠簸的情况下工作，而且在安装地位、检修时间、检修设备和材料供应等方面，也都受到限制。此外，对腐蚀问题以及生命的安全保障等，也必须给予仔细的考虑，故同陆用的固定设备又要

译者注 ① 意指汽态制冷剂重新变为液态制冷剂不是靠压缩机的压缩和冷凝过程，而是靠吸收剂对制冷剂蒸汽的吸收作用。

有所不同。如果设计制造不当，安装及保养不良，则机械工作的安全性和可靠性就要降低，在恶劣的航海条件下就易产生造成死亡那样的海难事故。现将船用制冷机必须注意的事项列举如下：

①制冷机（包括压缩机、原动机、油分离器、冷凝器、蒸发器等）原则上应配备两台以上，各部件要尽可能具有互换性。总能量应能在一台停止运转，其余几台按24小时全日工作的情况下，仍能保证全部货载的很好冷藏，并在热带海域中达到冷藏所需的低温。

②装置紧凑，重量要轻。

③所用材料对海水和海风应具有较大的抗蚀性。

④工作可靠，易于管理。

⑤所用的冷剂应无毒、无燃烧性和爆炸性。

⑥冷却水泵、盐水泵应配备正副两台，当一台停用时，另一台也须能适应最大负荷。

⑦为了防止冷剂的漏泄，应特别注意管系的装配，对于在风浪天气下，因船体剧烈摇摆和变形而很易引起松弛的地方，必须采取充分的措施。

第二章 术语说明和简易热力学

2-1 术语说明

2-1-1 温 度

温度是表示冷热程度的尺度，一般常用的有摄氏温度 ($^{\circ}\text{C}$)、华氏温度 ($^{\circ}\text{F}$) 和绝对温度 ($^{\circ}\text{K}$) 三种。

这些温度的相互关系可如下示：

$$\left. \begin{aligned} ^{\circ}\text{C} &= \frac{5}{9} (^{\circ}\text{F} - 32) \\ ^{\circ}\text{F} &= \frac{9}{5} ^{\circ}\text{C} + 32 \end{aligned} \right\} \text{换算式} \quad (2-1)$$

$$^{\circ}\text{K} = ^{\circ}\text{C} + 273 \quad (2-2)$$

2-1-2 压 力

作用在单位面积上的力称为压力，单位用公斤/厘米²或公斤/米²表示。在美、英则多用磅/吋²或 psi 表示，它们之间的关系是：

$$\begin{aligned} 1 \text{ 公斤/厘米}^2 &= 10^4 \text{ 公斤/米}^2 && \text{相当于 10 米水柱} \\ 1 \text{ 公斤/米}^2 &&& \text{相当于 1 毫米水柱} \\ 1 \text{ 公斤/厘米}^2 &= 14.2 \text{ 磅/吋}^2 \end{aligned}$$

压力有把大气压力作为 0 而测得的压力和把完全真空作为 0 而测得的压力等两种，前者称为表压力，通常压力表所指示的就是这种压力，后者称为绝对压力，应用在热力学