

船舶辅机

下册

大连海运学院辅机教研组编



人民交通出版社



33407

船舶辅机

下册

大连海运学院辅机教研组编



人民交通出版社

1974年·北京

内 容 提 要

本书共四篇，分上、下两册。

下册包括第三、四两篇。第三篇为船舶制冷装置与空气调节装置；第四篇为船舶辅助锅炉及造水装置。

全书内容力求结合我国远洋船舶实际，着重叙述远洋柴油机干货轮的辅机使用管理工作。在本册中，分别对上述内容就其工作原理、结构特点、主要性能和使用管理作了较为系统的叙述，特别是对各种用于食物冷库和货舱冷藏的自动化的氟利昂制冷装置及全自动化辅助锅炉等，根据轮机人员工作上的需要，并结合有关电气控制原理，作了重点的介绍。各章均选用了一定数量的典型实例及有关的技术资料。

本书主要供远洋和沿海船舶轮机员及有关院校师生阅读，亦可供修造船厂和船舶辅机配套厂等有关部门的工程技术人员参考。

7104/60



船 舶 辅 机

下 册

大连海运学院辅机教研组编

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一厂印

开本：787×1092 $\frac{1}{16}$ 印张：16 插页：1 字数：358千

1974年9月 第1版

1974年9月 第1版 第1次印刷

印数：0001—20,000册 定价(科三)：1.30元

毛主席语录

路线是个纲，纲举目张。

无产阶级认识世界的目的，只是为了改造世界，此外再无别的目的。

我们的实践证明：感觉到了的东西，我们不能立刻理解它，只有理解了的东西才更深刻地感觉它。感觉只解决现象问题，理论才解决本质问题。这些问题的解决，一点也不能离开实践。

中国人民有志气，有能力，一定要在不远的将来，赶上和超过世界先进水平。

目 录

第三篇 船舶制冷装置与空气调节装置

第八章 船舶冷库与冷藏的基本知识	1
第一节 冷藏的生物学基础和冷藏条件.....	1
第二节 制冷方法和冷却系统.....	3
第三节 冷藏舱的隔热、装载定额和制冷装置总制冷量的确定.....	5
第四节 冷藏舱空气的臭氧化.....	9
第五节 冷藏舱温度、湿度及 CO ₂ 量的远距离测量.....	12
第九章 船舶制冷装置	16
第一节 压缩式制冷机的工作原理.....	16
一、逆卡诺循环和制冷系数.....	16
二、压缩蒸发制冷循环.....	17
三、温度条件对制冷量的影响.....	19
四、活塞式压缩机的工作过程及供给系数.....	19
五、制冷压缩机的实际制冷量.....	24
第二节 制冷剂.....	25
第三节 活塞式制冷压缩机.....	28
一、活塞式制冷压缩机的主要技术特点.....	28
二、国产氟利昂压缩机.....	29
三、压缩机的检修要点.....	42
第四节 船舶食物冷库制冷装置及其自动化.....	45
一、装置的组成和工作.....	45
二、制冷装置工作的自动化.....	47
三、自动化元件.....	48
四、食物冷库制冷装置实例及其控制电路.....	61
五、热气融霜和电热融霜系统.....	64
第五节 货舱与空调制冷装置及系统.....	67
一、具有能量控制滑阀和油压启阀式卸载机构的 8FS10 型压缩机的 制冷装置.....	67
二、具有双电磁滑阀所控制的油压启阀式卸载机构的 SMC 型压缩机的制 冷装置.....	71
三、具有由三个低压继电器与大小电磁阀所控制的电磁启阀式卸 载机构的 VEB 型压缩机的制冷装置.....	77
四、具有双缸旁通滑阀式卸载机构的 STAL 型压缩机的制冷装置.....	82
五、具有能量调节阀的制冷装置.....	85

第六节	螺杆式制冷压缩机及其系统	86
一、	螺杆式压缩机的工作原理	86
二、	氟利昂喷油式螺杆压缩机的构造实例	90
三、	氟利昂螺杆压缩机的制冷系统	90
第七节	制冷装置的管理和故障分析	97
一、	制冷装置的基本操作	97
二、	制冷装置常见故障的分析	105
三、	制冷装置中的安全技术条件	109
第八节	船用电冰箱	110
一、	全封闭压缩式制冷机电冰箱	110
二、	吸收式制冷机电冰箱	113
第十章	船舶空气调节装置	116
第一节	舱室空气调节的基本知识	116
第二节	空气调节系统及设备	120
一、	空气调节器	120
二、	空气调节站	124
三、	供风系统	126
四、	布风器	127
第三节	空调器的自动调节	130
一、	空气冷却温度的自动调节	130
二、	空气加热温度的自动调节	131
三、	取暖时的空气湿度自动调节	135
四、	空调系统的风量自动调节	137
第四节	船舶空调装置实例	138
第五节	微型空调器	146
一、	热泵的工作原理	146
二、	热泵式微型空调器	147
三、	半导体空调器	149
第六节	货舱干燥系统	151

第四篇 船舶辅助锅炉及造水装置

第十一章	船舶辅助锅炉	157
第一节	燃油辅助锅炉的构造	157
一、	火管锅炉	158
二、	水管锅炉	161
第二节	废气锅炉	168
一、	废气锅炉的构造	168
二、	辅助锅炉与废气锅炉的联系	172
三、	废气锅炉蒸发量的调节	172
第三节	辅助锅炉的燃油设备	173

一、	锅炉燃烧器的构造与性能	173
二、	锅炉的燃油系统	178
三、	燃烧设备的运行管理	181
四、	整装式燃烧器	182
第四节	锅炉装置的汽、水系统和锅炉附件	184
一、	锅炉的蒸汽、给水和凝水系统	184
二、	排污管路	187
三、	水位计	187
四、	安全阀	191
五、	压力表阀	193
六、	空气阀	193
第五节	锅炉中腐蚀、结垢的防止和炉水处理	193
一、	水中的杂质及其化学特性	193
二、	锅炉的内部腐蚀及其防止	197
三、	锅炉中水垢的生成与防止	198
四、	水的质量特性与测定	200
五、	炉内处理的投药方法	203
第六节	辅助锅炉的自动化	205
一、	辅助锅炉的蒸汽压力调节	205
二、	辅助锅炉水位的自动调节	210
三、	辅助锅炉的程序控制与安全保护	212
第七节	辅助、废气锅炉的日常管理	217
一、	锅炉的冷炉点火与升汽	217
二、	运行时的管理	218
三、	锅炉的停用	219
四、	锅炉的内部检查	219
五、	水垢的清洗	221
六、	管子的扩接与爆裂时的处理	222
第十二章	造水装置	225
第一节	蒸发造水装置的工作原理	226
一、	真空蒸发式造水装置的工作原理	226
二、	真空闪发式造水装置的工作原理	227
三、	造水装置中真空度的建立	228
第二节	保证造水质量和防止结垢的措施	229
一、	淡水含盐量过多的原因	229
二、	蒸发器受热面上的结垢及其防止	230
第三节	柴油机船造水装置	234
一、	真空蒸发式造水装置	234
二、	真空闪发式造水装置	235
第四节	造水装置的自动调节	239

一、淡水含盐量的自动控制.....	239
二、造水器水位的自动调节.....	242
第五节 装置的使用和管理.....	243
一、造水装置的运行操作.....	243
二、装置的故障和排除方法.....	245
三、定期性的养护.....	245
四、饮水消毒.....	248

第三篇 船舶制冷装置与空气调节装置

前 言

船舶制冷装置与空气调节装置是保证船上易腐食品的冷藏、货载的冷藏贮运或为创造合宜的人工气候所不可缺少的技术装备。

制冷装置按工作原理的不同，可分为压缩式、吸收式、真空式以及半导体制冷装置，目前在船上应用最多的是压缩式制冷装置。

在压缩式制冷装置中，一个不可缺少的组成部分是制冷压缩机。制冷压缩机除可按制冷能力的大小分为小型压缩机（标准制冷量不大于5万千卡/时）、中型压缩机（5万~50万千卡/时）和大型压缩机（50万千卡/时以上）外，也可按其工作原理的不同而分为活塞式、螺杆式和离心式等，其中以活塞式应用最多，螺杆式次之，离心式在船上比较少见。

鉴于上述情况，结合船上轮机人员的实际工作，本篇将在简单阐述船舶冷库与冷藏基本知识的基础上，重点讨论活塞式压缩制冷装置，并相应地介绍螺杆式制冷装置实例，至于船用电冰箱和小型空调器中所应用的吸收式或半导体制冷机，则仅对其工作原理作一简略的说明。

在讨论制冷装置的基础上，本篇将在第十章介绍船舶空气调节装置。

第八章 船舶冷库与冷藏的基本知识

第一节 冷藏的生物学基础和冷藏条件

一、冷藏的生物学基础

我们知道，许多食品，诸如鲜鱼、肉类、奶制品和蔬菜、水果等，在常温下，往往不需几天就会腐败变质，而利用冷藏的方法，将其贮存于低温环境之中，则可在较长的时间内保持其原有的品质。

常温下食品为什么会很快腐败？冷藏又为什么能防腐呢？原来这些食品尽管种类很多，但却都是由蛋白质、脂肪和碳水化合物等有机物质所组成的，在常温下，它们恰好为霉菌、细菌等微生物的繁殖提供了有利的条件。而食品的腐败，则是微生物造成其中有机物质迅速分解的结果。此外，象蔬菜、水果等，由于在采摘之后，也还会不断地吸收氧气，呼出二氧化碳和水汽，同时散发出热量，继续进行其生命活动，因此，在经过一段时间后，也就会因熟烂而变质。冷藏的作用就在于：在低温条件下，将大大抑制微生物在食品中的繁殖，延缓蔬菜、水果的继续生长成熟，同时，又不致破坏食品的原有组织和营养价值。这就是冷藏防腐的简单道理。

二、冷藏条件

就限制微生物的繁殖而言，冷藏温度当然以越低越好，但因某些食品经过冻结以后，细胞膜就会遭到破坏，并将不能再恢复到原来的状态，故对不同的食品，就应分别采用“冷却”、“冷冻”和“速冻”等不同的冷处理方法。

所谓“冷却”就是把食品降温到细胞膜尚不致结冰的程度，通常是在 $0\sim+5^{\circ}\text{C}$ 之间。因此，冷却并不影响食品的组织。但因微生物在这样的条件下，还将具有一定的繁殖能力，故“冷却”的食品不能过久储藏。

所谓“冷冻”就是把食品降温到低于 0°C 而使之冻结的意思。采用这种方法，可使微生物几乎完全停止繁殖，故保藏效果较好。此外，由于冷冻时可使食品中积蓄大量的冷量，因此，当外界温度波动时，甚至在装卸过程中，仍可使食品的温度不致很快升高。但冷冻时，如果冻结速度较慢，那么，在细胞膜的内层就会形成较大的冰晶，而使细胞膜破裂，使细胞汁遭受损失，因而也就使食品失去或减少原有的鲜味和营养价值。

为了消除这一缺点，可采用“速冻”。所谓“速冻”，即在很短的时间内使食品冻结。这时由于食品在结冰过程中所形成的冰晶颗粒比较均匀、细小，因而不致造成细胞膜的破裂。

关于食品的冷冻温度，由于食品内部总都含有各种盐类的水溶液，随着冷冻温度的降低，溶液中的水分就将不断析出，浓度不断增大，食物的冰点也就不断降低，因此，要将食品内的溶液全部冻结，就需将食品冷冻到约 -60°C ，但因冷冻到 -20°C 时在食物内部仅剩有大约10%左右的未冻结汁水了，所以，在一般情况下食品的冷冻温度即多不高于 -20°C 。

除温度条件外，舱室空气的相对湿度对食品的保藏质量也有很大的影响。相对湿度过高，会使食品表面处于润湿状态，有利于微生物的迅速繁殖，而相对湿度过低，则又会使食品干缩，重量减轻，维生素受到破坏和品质下降。

舱室空气所应保持的湿度还与冷藏温度有关。对于“冷冻”的食品来说，由于其温度较低，食品中的水分已被冻结，所以，即使保持较高的湿度，微生物也不致繁殖，但却可以减少食品的干缩，而当温度较高时，为了抑制微生物的繁殖，则应保持较低的湿度。

对于温度在冰点以上的“冷却”食品，特别是蔬菜和水果，由于其在贮运过程中还将会不断

食品的最佳冷藏工况表

表8-1

食品名称	温度范围 $^{\circ}\text{C}$	相对湿度 %	每昼夜换气次数	贮藏时间
冷肉	$-3\sim+1$	80~70	2~4	3~12个月
冻肉	$-18\sim-8$	100~70	1~2	
油脂	$-17\sim-4$	90~85	1~2	
腊肉	$-3\sim+3$	95~70	1~2	
冻鱼	$-18\sim-8$	100~70	1~2	6个月
蛋类	$-1\sim+1$	80~70	2~4	
苹 果	$-0.5\sim+1$	92~88	2~4	4~6个月
梨	$-0.5\sim+1$	92~88	2~4	1~4个月
桔 子	$+1\sim+6$	87~83	2~4	2~4个月
菠 萝	$+4\sim+7$	90~85	2~4	2~3个月
香 蕉	$+12\sim+14$	90~85		
蔬 菜	$-1\sim+6$	90~70	2~4	

地散发出水分和二氧化碳等气体，为了保持合宜的相对湿度和 CO_2 含量（蔬菜、水果要求 CO_2 含量在 5~8% 之间），还需用通风机对舱室施行循环通风和换气通风。舱室通风换气的次数 n ，常以每 24 小时内更换多少个舱室容积的新鲜空气来表示。当贮运已经“冷冻”的食品时，由于食品的温度很低，生命活动已经受到很大的抑制，因此，也可不需换气。

常见易腐食品在冷藏贮运时的最佳温、湿度和通风换气次数，可如表 8-1 所列。

上表所列的温、湿度范围，也适用于船舶食品冷库，但因食品冷库中的食品，主要是供船上人员食用，贮存时间相对较短，故冷藏温度就常在合宜的温度范围中选用较高的数值，而对货载的冷藏，则就应选用温度较低的数值，例如在运输冻肉时，就应选为 -18°C 。

第二节 制冷方法和冷却系统

一、制冷方法和压缩制冷装置的基本组成

所谓制冷，就是指从被冷对象中移出热量，以使其建立一相对的低温状态的意思。

到目前为止，在船舶上获得实际应用的制冷方法主要有：利用天然冰或人造冰等现成冷体来制冷和机械制冷等两类。机械制冷法根据具体工作原理的不同，又可分为压缩制冷、吸收制冷、真空制冷和半导体制冷，其中以压缩制冷应用最为广泛，现在就将这种方法简述如下。

我们知道，任何液态物质在蒸发化气时，都要吸收大量的热量，称为气化潜热。例如 1 公斤水要使其温度升高 1°C ，约需吸收 1 千卡的热量，而在一个标准大气压下，若将 1 公斤 100°C 的水全部气化，则需供入 539 千卡的气化潜热。

既然液体在蒸发化气时，总要吸收大量的气化潜热，如果利用这一自然规律，选择气化温度很低的液体，例如在一个标准大气压下气化温度为 -29.8°C 的氟利昂 12 作为制冷剂，让它在节流阀 5（图 8-1）的控制下进入到冷库 1 的盘管 2 中，那么，由于节流降压的结果，冷剂就会在较低的压力下蒸发化气，从冷库中吸取大量的热量，使库温相应降低，因而达到制冷的目的。

但是，为使蒸发管 2 中的压力不致因冷剂的不断流入并发生气化而升高，故需用压缩机 3 将其及时抽出，使气态冷剂受到压缩、冷却而又变为液态，并经节流阀 5 再次供入盘管 2 中蒸发化气，以形成一个封闭的制冷循环。

那么，怎样才能从温度较低的气态冷剂中取出热量，使其重新变为液态呢？大家知道，气体的饱和温度总是和一定的饱和压力相对应的，因此，如能用压缩机 3 首先将吸自盘管 2 的冷剂蒸气压缩到较高的压力，则气态冷剂的饱和温度也就相应提高，因而就可为气态冷剂造成在较高温度下对外放热的条件，以便实现冷凝。例如氟利昂 12，当将其压缩到 7.58 公斤/厘米² 的压力时，它的饱和温度就会升高到 $+30^\circ\text{C}$ ，这样，我们就可在冷凝器中利用温度较低的舷外海水对冷剂进行冷却，从而就可实现气态冷剂的液化。

由上可见，盘管（蒸发器）2、压缩机 3、冷凝器 4 和节流阀（膨胀阀）5 是使冷剂气化、吸热和重新液化所不可缺少的机械或设备，因而，也就成为压缩制冷装置中的基本组成部分。

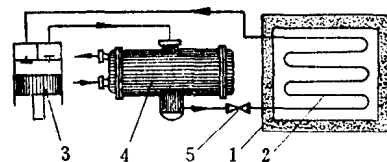


图 8-1 压缩式制冷装置的基本组成
1-冷库；2-蒸发器；3-压缩机；4-冷凝器；5-节流阀

二、冷却系统

如图8-1所示，冷剂的蒸发盘管是直接地装设在冷藏舱中，这样的冷却系统，就称为直接冷却系统。

冷库中空气的降温还可通过盐水冷却系统（图8-2）来实现。在蒸发器2中被冷却了的盐水由盐水循环泵7抽送到冷库1中，以冷却其中的空气，当盐水在冷库中吸热后，即返回蒸发器2再度被冷剂所冷却。在这种情况下蒸发器实际上只起到一个中间换热器的作用。

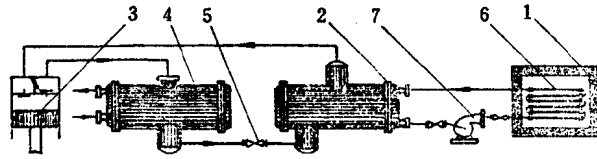


图8-2 盐水冷却系统

1-冷库；2-蒸发器；3-压缩机；4-冷凝器；5-膨胀阀；6-盐水蛇形管；7-盐水循环泵

除上述两种冷却系统外，在冷藏船上则多采用空气冷却系统。由图8-3可见，这种冷却系统主要是借通风机所产生的压力，使空气先通过蒸发器（或其它型式的冷却器）2降低温度，然后再经送风系统送入冷藏舱中。

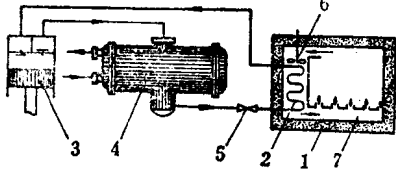


图8-3 空气冷却系统

1-冷库；2-蒸发器；3-压缩机；4-冷凝器；5-膨胀阀；6-通风机；7-送风管道

送风系统可按在冷藏舱内是否敷设风道而分为有风道式和无风道式两种；如按冷风在冷藏舱内的流动方式则可分为水平送风系统和垂直送风系统。图8-4即为某远洋轮冷藏货舱送风系统的总布置图。该舱共分为上、中、下三层。在上层舱中，自蒸发器而来的冷风，是贴着地板，通过货物下方的木格栅进入冷藏舱，而吸热后温度较高的空气则被通风机从舱室上部抽回，然后再驱入蒸发器中重新冷却。由于在舱室中并未敷设风道，而空气又是自下而上地作垂直方向流动，故属无风道垂直送风系统。而在中层舱和下层舱中，由于冷

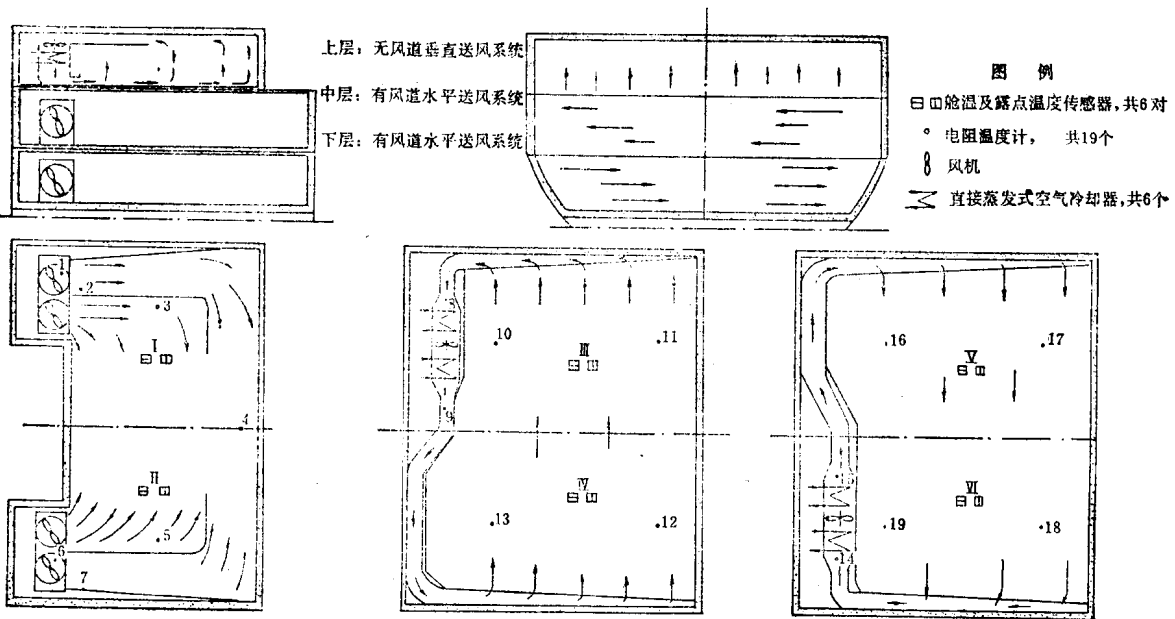


图8-4 冷藏舱送风系统的总布置图

风是沿一舷风道上的各矩形风口送入，而从另一舷的各个风口沿回风道吸出，所以，货堆将是被水平方向流过的冷风所冷却，这样的送风系统就称为有风道水平送风系统。

第三节 冷藏舱的隔热、装载定额和制冷装置总制冷量的确定

一、冷藏舱的隔热

冷藏舱与普通货舱不同，因为，要在冷藏舱内维持低于外界的温度，除了要用制冷机从其中移出热量外，还必须同时对冷藏舱的周壁、柱子和舱盖等铺覆以隔热材料，以便防止外界热量的流入。事实表明，冷藏运输时，在制冷机从冷藏舱所移出的热量中，由外界漏入的热量往往占有很大的比例（有时竟达90%），可见隔热的重要。但是，到目前为止，还没有一种完全不导热的材料。因此，所谓隔热就只能是在不同程度上减少了热量的漏入，而远不能说是完全杜绝了外界热量的渗入。

那么，怎样的隔热才算是达到了完善的境地呢？就经济观点来看，如果提高隔热能力所花的代价（包括初置费以及舱室有效装载容积的减少等）小于因此而获得的收益时（主要是指耗冷量的减小），则这样的隔热就比较合理。

1. 隔热结构

船舶冷藏舱隔热结构应满足的基本要求是：隔热性能好、所占的有用空间少、总重量轻和坚实耐用。

图 8-5 示出了用在船舷侧（也可用于甲板和隔舱壁）的标准型隔热结构。

隔热结构主要由隔热层、防潮层和保护层三部分构成。隔热层紧贴在船舷钢板（或甲板与隔舱壁）上，防潮层包覆在隔热层的上面，而保护层则处于最外方。

作为保护层用的木质铺板 2 和木方条 3 由导热系数较小的松木或橡木制成，木板的接缝处由凹凸榫拼接，然后再用木螺钉固定在木梁 8 上，以便定期拆检，而木梁 8 则用螺栓固定在肋骨（横梁或舱壁防挠材）7 上。

为了减少木材的导热性，对木材应事先进行干燥处理。

防潮层用来防止水和湿空气侵入隔热材料。因为任何隔热材料的隔热能力，都主要是靠将空气封隔在很多小孔里或夹层中以作为热阻而达成的（干燥静止空气的导热系数 $\lambda = 0.02$ 千卡/米·时·°C）。由于小孔的存在，隔热材料就很易吸水受潮，而材料在受潮后不但有的易于腐烂，并且其导热系数都将大大提高。此外，当温度低于 0°C 时，材料中的水即会结冰，由于冰的导热系数 $\lambda = 2 \sim 3.4$ 千卡/米·时·°C，而隔热材料的导热系数一般多在 0.10 千卡/米·时·°C 以下，故这时材料的隔热性能就会大大降低，而结冰膨胀更可能使隔热结构受到破坏。所以在隔热材料的两面都必须包覆不透水、不透气的防潮层。

防潮层多用油毛毡制成，并以热沥青粘贴在船舷板 6 和木质铺板 2 的内壁上，为了尽量杜绝水和空气的侵入，防潮层应该连续，接缝处要互相粘合。

在隔热层中，为了不给空气以对流换热的条件，隔热材料应连续填满，并具有易成型、耐震盪、不变形和经久耐用的性能，至于隔热层的厚度，由于肋骨、加强材、木梁以及为固定蒸发盘管、吊架用的螺栓等，都是优良的导热材料，它们在隔热层中起着热桥的作用。因

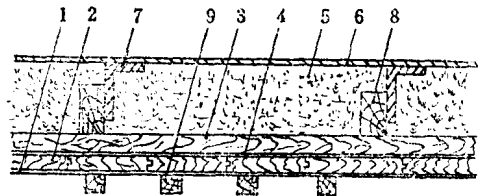


图8-5 标准型隔热结构

1-镀锌铁皮；2-木质铺板；3-木方条；4-防潮层；5-隔热材料；6-船舷钢板；7-肋骨；8-木梁；9-护木

此，隔热层的厚度，就须比它们的高度大30~50毫米。但对于高肋骨型的结构来说，这样的铺设厚度就嫌太大，所占的舱容也显得过多。这时，就应将隔热材料绕肋骨而铺设，如图8-6所示。

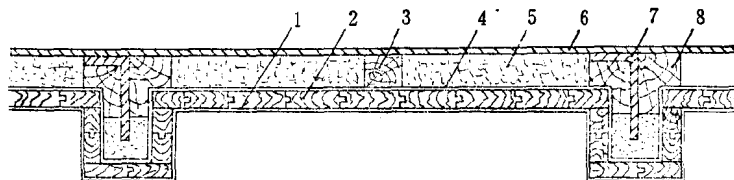


图8-6 高肋骨型的隔热结构

- 1-镀锌铁皮；2-木质铺板；3-木梁；4-防潮层；5-隔热材料；6-船舷钢板；7-肋骨；8-木梁

2. 隔热材料

理想的船用隔热材料，除需具有导热系数小、易成型、耐震盪、不变形、不吸水、不受潮等性能外，还应满足比重小、不自燃、耐火、无怪味、不被鼠咬虫蛀以及价格低廉和易于购得等要求。

在船上应用最早，也是目前用得较为普遍的隔热材料之一就是软木。软木是一种软木橡树的皮，具有较好的机械性能，导热系数 $\lambda = 0.033 \sim 0.065$ 千卡/米·时·°C。软木板的尺寸，通常为 $1 \times 0.5 \times 0.05$ 米。软木的主要缺点是易燃、易受鼠咬虫蛀和不耐潮湿，同时价格较贵。

除软木外，由于空气的导热系数很小，所以利用空气也能起到良好的隔热作用。但因空气在受热后将会产生自然对流，破坏隔热性能。所以在利用空气隔热时必须设法阻止空气的对流运动，显然，象玻璃棉（绒）、泡沫塑料等亦都将能够很好地满足上述要求，因而成为良好的隔热材料。

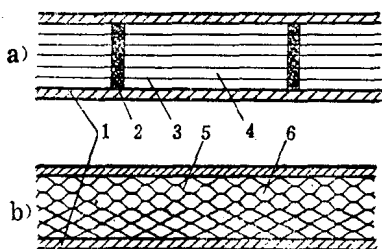


图8-7 铝箔隔热层结构

- 1-钢板；2-木隔板；3-平铝箔；4-空气夹层；5-波形铝箔；6-空气穴

基于同样的考虑，近年来一种如图8-7所示的铝箔隔热材料获得了广泛的应用，图中a)表示具有8~10毫米空气夹层的平铝箔；b)为省掉木隔板后的波形铝箔。为了减少辐射换热，铝箔的表面应当光滑发亮，此外，为了减少比重，铝箔的厚度多介于0.008毫米~0.01毫米之间，试验证明铝箔隔热材料的导热系数 $\lambda = 0.028 \sim 0.035$ 千卡/米·时·°C，比重为5~6公斤/米³。此外，尚具有防火、无气味和坚牢耐用等优点。

有关船舶隔热结构中各组成材料的导热系数和比重，可如表8-2所列。

3. 冷藏舱的隔热试验

远洋船冷藏舱应在装载前进行隔热试验，经试验合格后方可装入冷藏货载。下面就以某轮为例说明隔热试验的具体要求。

①将空舱降温到-20°C，然后停止送入冷空气，并将冷藏舱密封起来；

②记录6个小时内，每小时的舱温、外界气温和海水温度；

③在大气温度为+20°C，亦即舱室内外温差为40°C时，舱内温度的平均升高率以每小时不超过1°C为合格。

冷藏舱隔热材料、舱内设备和舱内空气温度升高所需之热量必然等于通过隔热舱壁而自大气传入的热量，所以舱温的平均升高率越小，冷藏舱的隔热性能就越好。

隔热材料性能表

表8-2

材 料	导热系数(千卡/米·时·°C)	比重(公斤/米 ³)
软 木 板	0.035~0.065	130~270
铝 箔	0.028~0.035	3~15
松 木 (顺年轮)	0.12	550
(顺纤维)	0.30	
橡 木 (顺年轮)	0.17	800
(顺纤维)	0.30	
玻 璃 棉 (绒)	0.04~0.05	150~250
硬聚氯乙烯泡沫塑料	0.036	15
毛 毡	0.03~0.05	260~350
纸 (隔热用)	0.13	900
水 锈、水 垢	1~2	—
沥 青	—	800
冰	1.9	880~920
油 漆	0.2	—
铜	320~330	8800
钢	40	7860

二、冷藏舱的装载定额

冷藏舱的装载定额，主要取决于冷藏货载的比容和冷藏舱的最大装载量，此外，还与货载的放置方式（吊挂或堆放，堆放时还得考虑是未冻结的冷却货物还是冷冻货物）、舱内的风道设置以及人行道等因素有关。表 8-3 所示为一般经验数据，可供参考。

冷藏舱的装载定额计算用表

表8-3

货 物 种 类	比重(吨/米 ³)	货载密度(吨/米 ³)	货载比容(米 ³ /吨)
悬挂的冻肉	0.95	0.3~0.27	3.3~3.7
散装的冻肉	0.95	0.5~0.45	2.3~2.7
冻 鱼	1.0	0.4~0.33	2.5~3
腊 肉		0.45~0.41	2.2~2.4
牛 肉	0.93	0.5~0.41	2~2.4
装箱的鸡蛋	1.1	0.33~0.28	3~3.5
装箱的水果	1.05	0.45~0.35	2.2~2.8
装箱的蔬菜	1.10	0.28~0.25	3.5~4

三、制冷装置总制冷量的确定

为能在冷库中建立并维持货载冷藏所需的低温，就必须将外界漏入冷库的热量以及库内货物和设备所散发出来的热量及时移出。单位时间内所需移出的热量就是冷库的热负荷 Q_F (千卡/时)。冷库热负荷是确定制冷机能力的基本依据，它与冷库所处的大气温度、库中所要维持的温度、舱室的隔热情况以及货载情况等因素有关，通常包括下列各项热量：

- ① 经冷藏舱周壁漏入的热量 Q_1 千卡/时；
- ② 货物被冷却到冷库温度时所放出的热量 Q_2 千卡/时；
- ③ 冷藏舱换气时带入的热量 Q_3 千卡/时；

- ④某些冷藏货物如蔬菜、水果等散发出来的热量 Q_4 千卡/时；
- ⑤照明设备、工作机械以及管理人员在库内散发出来的热量 Q_5 千卡/时。

现分项简介如下：

1. 经冷藏舱周壁漏入的热量 Q_1 可按下式计算

$$Q_1 = K \cdot F \cdot \Delta t \text{ 千卡/时}$$

式中： F ——冷藏舱的周壁面积，米²；

Δt ——外界大气温度与冷库温度之差，°C；

K ——隔热结构的传热系数，千卡/米²·时·°C。该值通常以小于0.5为佳，且 Δt 愈大要求 K 值愈小。近代的冷藏舱都根据其所需的低温与热带大气温度的平均值为 32~35°C 来决定所用隔热层的厚度，其传热系数 K 的经验数据可如表 8-4 所列：

传热系数 K 的经验数据

表8-4

冷藏舱壁传热温差 Δt °C	30	38	46	54	60
传热系数 K 千卡/米 ² ·时·°C	0.49	0.37	0.30	0.25	0.21

通常，为考虑隔热层中零星金属构件的导热，以及经若干时间后隔热材料隔热性能的衰减，故在所求得的 Q_1 值上，尚应再附加15~20%。

2. 货物被冷却到冷库温度时所放出的热量 Q_2

冷藏舱所装运的货物，通常都是在港内或陆用冷库中冷冻过的，所以只需考虑因装货时冷货温度有所升高，而在冷藏时还需降温几度的热负荷，其计算公式为：

$$Q_2 = \frac{G \cdot C \cdot (t_1 - t_2)}{Z} \text{ 千卡/时}$$

式中： G ——冷货重量，公斤；

C ——货物的比热，千卡/公斤·°C。比热值在 0°C 以上和 0°C 以下不一样，如肉类在冰点以上时为 0.68，冰点以下时为 0.38。

t_1 ——货物进入冷库时的温度，°C；

t_2 ——货物冷藏所需的温度，°C；

Z ——把冷货降温到冷藏温度所需的小时数，具体应依有关方面的要求而定。例如某冷藏舱在设计时即要求水果从 +25°C 降温到 0°C 时应不超过72小时。

3. 冷藏舱换气时所带入的热量 Q_3 可按下式计算：

$$Q_3 = \frac{1}{24} n \cdot V \cdot \gamma \cdot C_p \cdot (t_3 - t_2) \text{ 千卡/时}$$

式中： n ——每昼夜换气次数，根据所装货物种类而定。例如：冻鱼 $n = 1 \sim 2$ ；蛋类 $n = 2 \sim 4$ ；水果、蔬菜 $n = 2 \sim 4$ 。

V ——冷藏舱容积，米³；

γ ——空气的重度，公斤/米³；

C_p ——空气的等压比热，千卡/公斤·°C；

t_3 ——外界新鲜空气的温度，°C；

t_2 ——所需保持的冷库温度， $^{\circ}\text{C}$ 。

4. 水果、蔬菜在贮运过程中所散发出来的热量 Q_4

表8-5列出了若干货物每吨每昼夜的放热量

货物的放热量

表8-5

物品及其所处的温度	0 $^{\circ}\text{C}$ 苹果	0 $^{\circ}\text{C}$ 梨	1~2 $^{\circ}\text{C}$ 桔子	0 $^{\circ}\text{C}$ 蒜头(洋葱)
放热量(千卡/吨·24时)	165~220	165~220	110	165~275

5. 设备及人员所散发的热量 Q_5

电灯每小时散发出来的热量为0.86千卡/瓦。工作人员散发出来的热量为100~150千卡/时·人。功率为1千瓦的电动机运转1小时的发热量为860千卡/时。

根据上述计算结果，把各项热量加以总和，就可得到冷藏舱的热负荷：

$$Q_F = Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 + Q_5 \quad \text{千卡/时}$$

在确定制冷装置所应具备的总制冷量时，按照规定，制冷压缩机应以每天工作16小时来计算，此外，尚应考虑15~20%的储备制冷量（现以20%计），这样，制冷装置在计算工况下的总制冷量就应为：

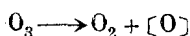
$$Q_0 = Q_F \times 1.2 \times \frac{24}{16} \quad \text{千卡/时}$$

第四节 冷藏舱空气的臭氧化

为能更加有效地抑制霉菌以及其他微生物的繁殖，甚至使其致死，以便进一步延长货载的贮存时日，提高贮存质量，在近代船舶冷库中也还应用臭氧发生器来使舱内的空气臭氧化。

一、臭氧杀菌的原理和各种冷藏货物适用的臭氧浓度

臭氧所以能杀菌、消毒，主要因为臭氧是由三个氧原子组成的，因此它极不稳定，很易分解出一个单原子氧来与其他元素起氧化作用。如用分子式加以表示即为：



而单原子氧当其与霉菌等微生物接触时，就会与蛋白质结合，破坏蛋白质的正常生命活动，从而导致微生物细胞的死亡。

臭氧在冷藏舱中能否很好的起到消毒杀菌作用，取决于臭氧的浓度以及维持此浓度的持续时间，各种货物所要求的臭氧浓度和持续时间列示于表8-6中。

乳制品和含叶绿素较多的蔬菜不宜使用臭氧。

由于臭氧浓度超过2（毫克/米³）时，将会有害健康，使人感到头痛并刺激咽喉和鼻腔粘膜。所以，在工作人员进入冷藏舱工作前1~2小时，即应停止向冷藏舱供给臭氧，以使其浓度下降到不致对人体有害的程度。臭氧的浓度可用浸过水的淀粉碘化钾试纸受臭氧作用而改变颜色的方法来加以测定。

臭氧在舱室中的浓度变化，取决于臭氧发生器的臭氧发生量 m （毫克/时），且与臭氧的浓度下降系数 K 有关。图8-8示出在装肉冷藏舱中臭氧浓度与时间的变化关系。图中 ab 表