

橙汁运输船货舱冷藏系统的设计

张虎 李海滨

(中船澄西船舶修造有限公司设计部)

摘要: 本文通过介绍橙汁运输船货舱冷藏系统,详细的阐述了橙汁运输船货舱冷藏系统设计原理,技术要求及安装过程中的注意事项。

关键词: 盐水冷却 绝缘设计

0 引言

“塞特斯”轮是公司承接的一艘全球最大的橙汁改装船之一,其改装目的是将集装箱船改装为橙汁运输船。改装完成后该船拥有装载27000立方米容积空间。约为3万吨橙汁,如果按照500ml的瓶子橙汁来计算,可以通知装载6千万平。该船就像一个海上的移动“冰柜”,15个大型的液货罐采用食品级不锈钢材料制成,可以通知装载2种不同的橙汁,一种为0摄氏度的橙汁,一种是零下10摄氏度的浓缩橙汁,该船主体参数如下:

全船长	210.54m
船宽	29.80m
型深	11.4m
设计吃水	10.10m
货舱容积	26985m ³

船级CLASSIFICATION DNV+A5 REFRIGIRATED FRUIT JUICE CARRIER, RM(-10°C, 32°C sea), BWMT, ERS, IW, NAV-OC, MC, AUT, EP-D

1 橙汁运输船介绍

橙汁运输船属于特种运输船,目前全球运营中的橙汁运输船只有20多艘,其数量远远低于散货船,集装箱船等几大主力船型。因橙汁运输船需要均布快速反应和运输速度快的要求,原型设计的橙汁运输船必须航速大于一般散货船,具备箱船的特性。但其

主要运输的较为单一的液态橙汁货品或相同类的果汁货品。所有的橙汁运输船都有数量不等的独立橙汁运输罐，橙汁存储在运输罐中。通过船运将橙汁从始发地运送至目的地。

本文以公司承接的“塞特斯”为例，详细介绍了橙汁运输船的货舱冷藏系统设计。

2 货舱冷藏系统的作用和原理设计

对高酸性浓缩果汁而言，当浓度大于 72° Brix 时，微生物常温下不易繁殖。浓缩橙汁的浓度只有 65° Brix，常温下不能阻止微生物的繁殖。因此，橙汁和浓缩橙汁在运输过程中需保持低温状态，有利于防止橙汁氧化。

该船设计采用单独的冷藏系统，配备 3 台盐水冷却机组、11 台空冷器、31 台循环风机；上建前主甲板上新增压缩机间，用于放置冷却机组及相关冷藏辅助设备；11 台空冷器分别布置在相应的货舱内，每一个货舱设置 2 台空冷器，装卸货房间设置 1 台空冷器；31 台循环风机布置在空冷器下方，每个空冷器配 3 台循环风机；通过对盐水的压缩等处理，起到制冷作用，确保货舱保持-10-0℃的低温，对液货起到冷藏作用。

2.1 盐水冷却压缩机组原理

该冷藏系统包含 3 台冷藏压缩机单元，冷藏压缩机单元有以下设备组成。

2.1.1 单级螺杆压缩机，设计性能参数：

设计条件：	FOCJ	NFC
制冷剂	:	R717 (NH ₃)
容量	KW: 278	424
蒸发温度	°C: -25	-15
冷凝温度	°C: +39	+40
速度	min-1: 3550	3550
轴功率	KW: 123	142
频率控制	(Y/N): Y-1 Unit	Y-1 Unit
COP	: 2.26	3.0

压缩机由以下附件组成：1) 阀控制容量从 10%~100%；2) 带插入式吸入气体滤器；3) 波纹管密封；4) 释放止回阀；5) 循环油路；

2.1.2 变频电机：

2.1.3 柔性连接器：柔性连接器带有保护；

2.1.4 油分离器：包括电加热、温度调节装置、安全阀、清洗阀、泄放阀、液位指示器；

2.1.5 热虹吸油冷却器：油冷却器带有温度控制阀，油冷却器集成在冷凝器的外壳中；

2.1.6 海水冷凝器：冷凝器提供所有必需的制冷剂进口和出口接口，压力调节阀和日用阀；冷凝器安装在一个扩大的壳体上，带有集成的油冷却器和液体收集器；

2.1.7 液体收集器：液体接收器将由电子液位变送器以及带有截止阀和服务阀的液体过滤器传送；冷凝器安装在冷凝器的壳体上；

2.1.8 盐水冷却器，设计性能参数

制冷剂：

制冷容量 KW: 424

蒸发温度 °C: -14

盐水

流速 m³/h: 115

进出口温度 °C: -6.5~-10

2.1.9 盐水循环泵，设计性能参数

设计条件：

容量 m³/h: 115

总扬程 kPa: 300

速率 min⁻¹: 750~1750

电动马达 KW: 21.2 KW

2.1.10 其他部分有制冷管、盐水管、油泄放柜以及电缆组成

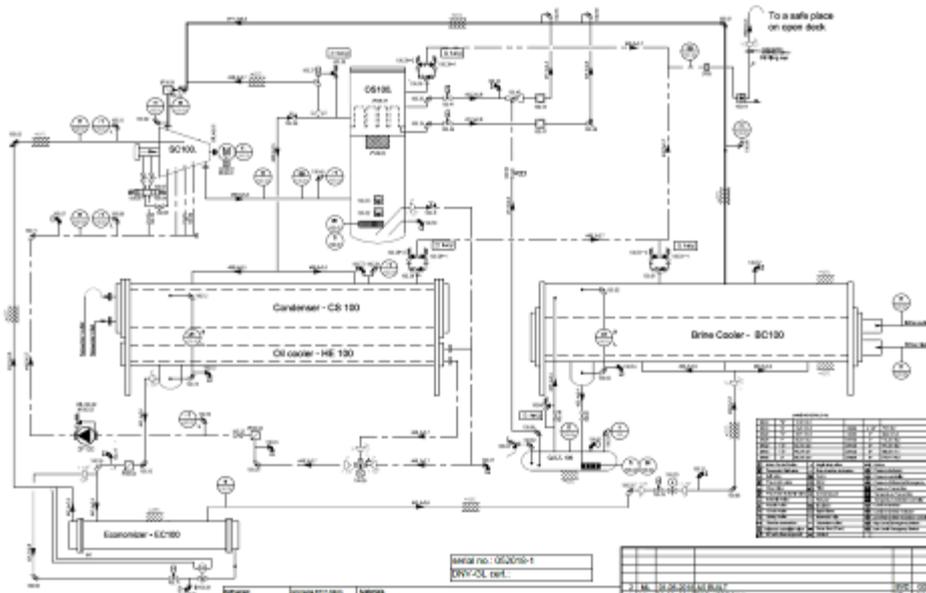


图 1 盐水冷却压缩机组原理

2.2 盐水冷却系统

该船冷却使用的是盐水冷却，系统主要设备有盐水冷却压缩机组单元、冷却盐水泵、混合盐水泵、盐水驳运泵以及空冷器组成；

货舱通过空冷器实现每个货舱的制冷每个货舱安装 2 个空冷器，安装在货舱的左右舷，每个空冷器配有 3 个风机，根据每个货舱的大小以及装载货品的不同，每个货舱风机设计的风量也不相同，分别为：

- 1) 1 号货舱：3 台风机总风量 37600m³/hr；
- 2) 2 号和 3 号货舱：3 台风机总风量 70000m³/hr；
- 3) 4 号和 5 号货舱：3 台风机总风量 65000m³/hr；

每个空冷器配有 1 只电动三通控制阀，这些阀门的安装为了控制空冷器的流动气体温度，以及在空冷器除霜时阻止盐水流过空气冷却器；

1) 盐水冷却压缩机组：盐水冷却压缩机组单元安装基座需有足够的强度，基座在甲板反面需要有额外的加强；由于压缩机运行时产生震动，压缩机单元和基座之间不允许直接焊接固定，需使用防摇装置安装在单元和基座之间；接到压缩机组单元的盐水冷却管路和海水管路和压缩机间需使用柔性元件连接。



图 4 实船效果图

2) 冷却盐水泵：所有冷却海水泵需设置 100mm 厚的绝缘在设备和基座之间，绝缘垫块材质一般使用特氟龙，以防止甲板结冰；冷却海水泵还需设置集水盘，以收集设备管路上融化下来的水。

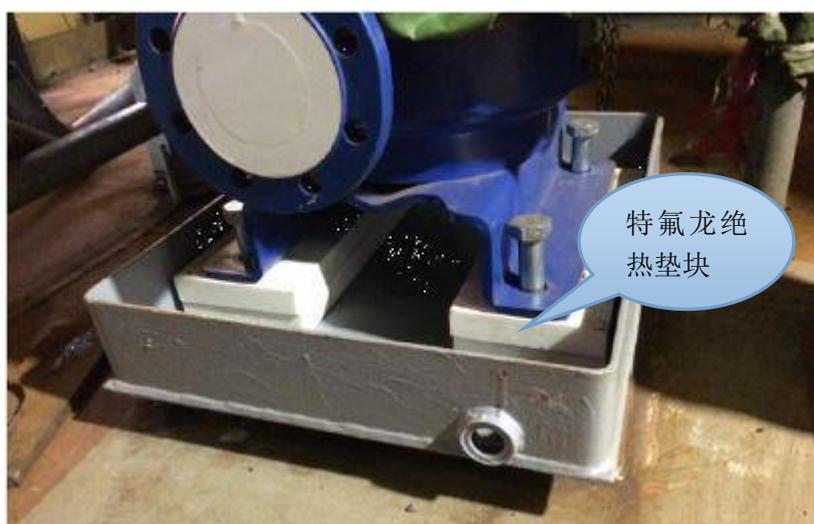


图 5 实船效果图

3) 混合盐水泵：盐水混合泵吸入口位置必须低于盐水混合柜的底部，否则盐水混合柜中的盐水不能被驳出。

- 4) 盐水驳运泵：盐水驳运泵安装位置应高于盐水泄放舱，这样可以减少驳运时间。
- 5) 空冷器：空冷器的安装需设置绝缘垫块在空冷器和基座之间，以避免出现冷桥。



图 6 实船效果图

2.3.2 盐水冷却管路设计

该船冷藏系统管路及管附件全部采用低温管路（ASTM A333）；盐水管路从压缩机组房间到货舱空冷器需穿过货舱舱壁，穿过水密舱壁不能和船体结构直接烧焊，该船使用的是 ROXTEC 形式的密封穿舱件(如图 7 所示)；盐水管路在货舱中纵向管路较长，故设计适当数量的膨胀接头在管路中间，膨胀接头(如图 8 所示)需满足 CaCl₂ 和-25℃的要求，以适用于盐水冷却管路。



图 7 密封穿舱件效果图



图 8 膨胀接头效果图

盐水冷却管路在压缩机间布置要充分考虑管子绝热材料的厚度，该船压缩机间内部

盐水冷却管需覆盖 80mm 厚绝热材料，在管子布置时要尽量远离设备、基座、平台角钢等，留足充分空间以满足绝热材料包覆。

盐水冷却管路整个管路布置完成后，为保证系统能安全和正常的运行，在管路的最高点需设置透气阀，管路的最低点需设置泄放阀(如图 9 所示)；为方便透气阀的操作，该船透气阀都引至方便操作的高度(如图 10 所示)。

盐水管这个管路安装前管子处理必须是磷化处理，内部不能使用热镀锌，锌层不能承受低温介质。

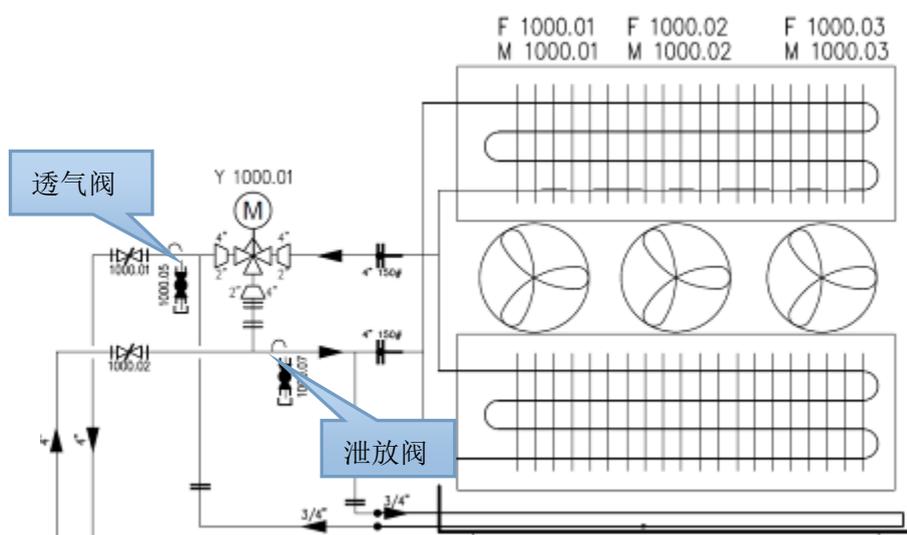


图 9 透气和泄放阀

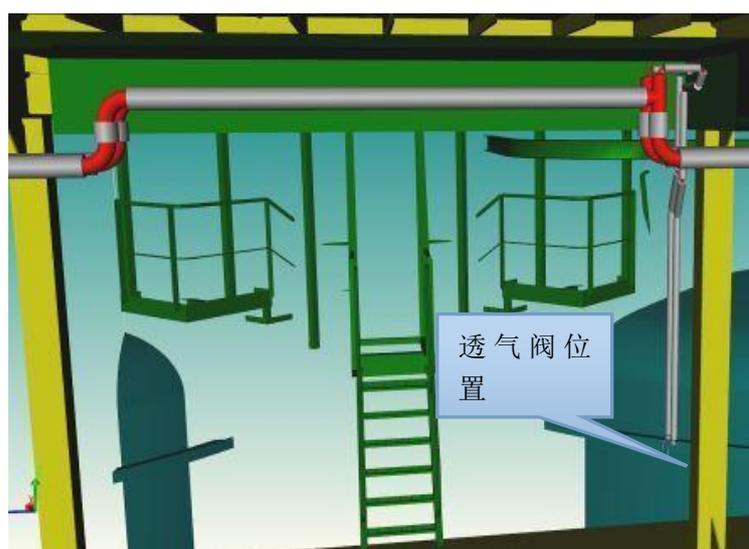


图 10 透气阀位置设计

盐水冷却管路支撑管夹选用和普通管路管夹有所不同，若支撑选择不当，不仅会影响管道系统整体美观，给施工带来不便，更严重的是会引起系统形成冷/热桥，出现结露、结霜、发霉和管道腐蚀风险，增加日后的维修成本。

盐水管路支撑一般采用木托，该船选用的是 Armafix 支撑，与传统的木托相比，有更好的效果，优点如下：1. 安装更迅速；2. 质量更稳定、可靠；3. 与橡塑材料无缝粘结；4. 使用寿命长 3 倍以上；5. 支撑力是木托的 2-4 倍；6. 与福乐斯一起通过 FM 防火试验；7. 体积小，更节省空间；8. 彻底防止冷/热桥的出现(如图 11 所示)。



图 11 Armafix 支撑实船效果图

3 盐水冷却设备和管路绝缘

该船改装后的货舱就像一个海上储存食品的移动“冰柜”，所以在选择货舱内管路和设备的绝缘需适用于食品级的绝缘；

绝缘参数：密度：40-65kg/m³

导热系数：-20℃≤0.032W(M-K)

吸水性和尺度温度性：≤-10%

Armafix 福乐斯可满足此要求，福乐斯是采用 Microban 技术的一种柔性绝热材料；当微生物与绝热材料表面接触时，福乐斯产品内的 Microban 活性剂会穿透微生物组织的细胞壁，破坏其活动、生长和繁殖的功能；由于这种保护成分是在绝热产品中被添加进去并存在于产品的聚合物结构中，它不会因擦洗或材料破损而消失；这种技术赋予了 Armafix 更进一层的防霉抗菌特性；因此，具有防霉抗菌功效的 Armafix 福乐斯适用于该船绝缘使用；

该船设计货舱内管路和设备包覆 30mm 厚的福乐斯绝热材料，压缩机间包覆 80mm 厚的福乐斯绝热材料。

4 总结

随着我司船舶建造技术的提高，船舶种类的不断刷新，越来越多的高附加值船舶将在澄西建造。强化设计，拓宽知识面，加强全员提升专业知识和行业专业的应对能力，是企业发展的必然方向。该轮的问世，中船澄西开创国内修船企业首次成功改装橙汁运输船的先河，也让该船一举成为世界最大的橙汁运输船之一，再次彰显了中船澄西修船品牌的魅力和实力，标志着中船澄西坚持持续探索，牢牢把握高技术、高附加值“双高船”修理的主流，开辟特种“食品级”改装船市场再下一城，进一步夯实和提升公司修船改装能力，打造和提升了“中船澄西”修船和特种改装品牌魅力；由于此类船舶在市场上非常稀少，本文在初步应用的基础上对橙汁船的系统原理和管路布置进行了浅尝辄止的描述，希望能给读者带来一定的借鉴作用。



江苏船舶微信公众号



江苏船舶网上投稿系统

仅供交流