

一 舱底水系统

一、舱底水系统的用途

舱底水是船舶在营行过程中，船体里经常积存的液体（主要是水或含有少量油的水）。
舱底水的来源主要有：

- (1) 主机、辅机、设备及管路接头因密封不良渗漏的油或水；
- (2) **艏管密封渗漏的油和水；**
- (3) 从舵机舱向机舱或轴隧泄放的舱底水；
- (4) 从空压机、空气瓶中泄放出的凝水，蒸汽分配阀组及管路来的泄放水；
- (5) 空调管路、风管的凝水以及钢质舱壁及管壁的**凝水**；
- (6) 清洗滤器、设备零件等的冲洗水；
- (7) 在水线附近舱底及甲板的疏排水；
- (8) 扑灭火灾时的消防水、甲板冲洗水；
- (9) 对有些特殊的舱室在紧急情况下的灌注水；
- (10) 通过非水密部位渗入的雨水等。

用来排除舱底水的系统叫舱底水系统。它是重要的**保船系统**，它不仅要求在船舶正常航行时，对水密舱室内生成的舱底水有效地排除，而且在船体发生破损的紧急情况下，对进水舱室在有限进水情况下也能有效地排水。因此舱底水系统是保证船舶安全航运的系统。

二、舱底水系统原理

图 3.1.1 为某散货船舱底水系统图（简图）。图中机舱部分设置了三只污水井，一只位

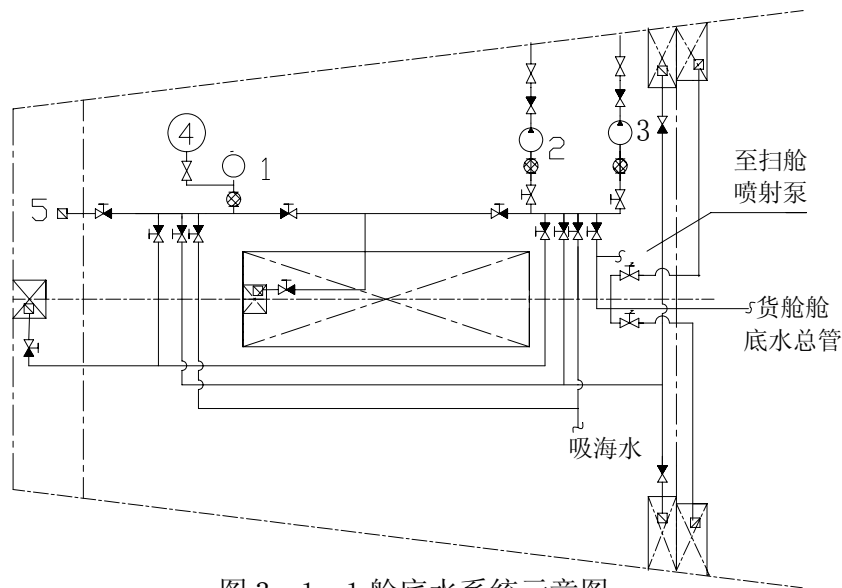


图 3.1.1 舱底水系统示意图

1-油渣泵；2-消防总用泵；3-舱底总用泵；4-舱底水油水分离器；5-舱底水吸入口

于机舱的后部，二只位于机舱前部的左右舷；**在主机下部一般设有凹坑，根据情况可以设置污水井，也可以不设；机舱艏部双层底内还设有舱底水舱。货舱内每一舱的后部左右舷也均设有二只污水井；艏部锚链舱内也设有污水井。**舱底水吸入管末端都设有吸入口

在常规船舶的舱底水吸入处，污水井内或舱底水舱内均设有**自动高位报警装置**，以便及时开阀和泵排除舱底水。满足规范无人机舱要求的船舶往往还装有**阀门遥控系统和舱底水自动排放设施**。

系统中还设有专门的**舱底水泵和兼用的舱底总用泵、消防总用泵**，**为防止含油污水排至海水中，机舱内设有舱底水油水分离器。**

1. 系统工作原理

舱底水泵或总用泵均可吸取各污水井内的污水。一般在每一路舱底水管的两端都设有截止止回阀或止回吸入口，**以防止舱底水的倒流。**

航行时，通过机舱舱底泵吸入的含油污水必须排至**舱底水舱**；当船舶靠码头时，可以再将舱底水排至岸上专门的舱底水接收装置。如要排到舷外，则通过舱底水油水分离器分离后，其含油量小于 15ppm 时才可排出。**货舱污水井内的舱底水或机舱内洁净不含油的舱底水可以通过总用泵抽吸并直接排舷外。**

船舶除在正常航行的状态下，要及时排除货舱、机舱内，特别是机舱内的舱底水外。为了在船舶发生破损的紧急情况下，对水密舱室在有限进水时也能迅速排水，规范要求有机舱最大排量的**海水泵**吸入管处安装一只**舱底水应急吸口**。

2. 舱底水泵的布置原则

由于船舶的种类繁多，每种船舶的舱底水系统均有差别。但管路和水泵的布置都有一定的原则可以遵循，对于舱底水泵的布置原则有三条：

(1) 独立原则 采用这种布置的系统适用于有几个机舱、锅炉舱和其他船舱的船舶上。且要求各舱必须保持其工作的独立性。如图 3. 1. 2 所示，每个舱均有自己的舱底水泵及系统。它的优点是保证系统每个区段的独立性；**可以避免管子穿过水密隔舱**；管路设备安装简化。主要适用于军用船舶，一是军船均设有机舱、前辅机舱和后辅机舱等。二是它要求各舱的独立性较强。**三是管路简单，维修方便，重量也轻。**

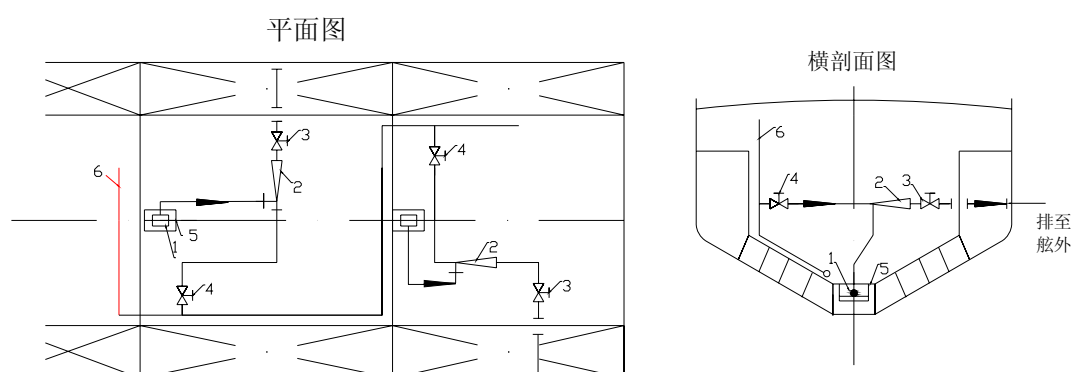


图3. 1. 2 按独立原则布置的舱底水系统

1-吸入过滤器；2-喷射器；3-截止止回阀；4-截止阀；5-集水井；6-喷射泵工作水管路

(2) 分组原则 船舶艏部的各舱的舱底水系统的管路和艉部各舱的舱底水系统的管路，**分别都接到机舱内各自的舱底水泵**，或者机舱内的舱底水管路、货舱内左舷和右舷的管路分别接到机舱内各自的舱底水泵，在机舱内实行操纵。图 3. 1. 3 所示的为前后分开的情况。为了减少机舱内的设备，方便操作，**实际船舶上的舱底水泵均可互相备用**，所以如图 3. 1. 3 所示的布置是不存在的，两台泵的吸入总管是连接在一起的，但有阀门相互隔离。

(3) 集中原则 只在一个机舱，且船舱数较多的船舶，舱底水系统大多采用集中布置原

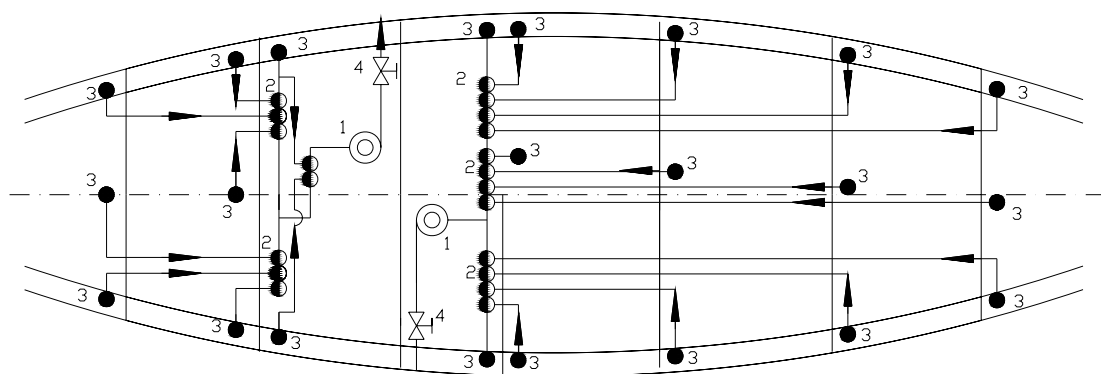


图3.1.3 按分组原则布置的舱底水系统

1- 舱底水泵；2-截止止回阀箱；3-吸入过滤器；4-截止止回阀

则，如图 3.1.1 所示，整个系统共用一台或二台舱底水泵。这种布置原则的舱底水系统具有设备少、操纵方便、造价低廉等优点。民用运输船舶都采用这种布置。

3. 舱底水管路布置原则

机舱或货舱区域的舱底水管路的布置也有三种方式：

(1) **支管式** 对各需要排水的舱室，从每个吸口引出支管，通过截止止回阀或截止止回阀箱，经舱底水总管接到舱底泵。其缺点是管路长，管材消耗量大，**但所有操纵阀件均可安装在机舱内**，可不必设置阀门遥控系统。图 3.1.3 所示的管路布置即支管式布置。

(2) **总管式** 适用于设有管隧的大、中型船舶，即从各需要排水的舱室的吸口引出的支管通过截止止回阀接至管隧中的总管。该总管通至机舱内的舱底水总管与舱底泵连接。它的优缺点正好与支管式相反。即管路简单，管材耗量较少，**但管隧内的阀件必须遥控**。

(3) **混合式** 介于上述两种方式之间，例如把需要排水的舱室分成两组或三组，由 2 根或 3 根分总管与舱底泵相连接。**这种方式在民用船舶上采用得最多**。图 3.1.1 所示即为混合式布置。

三、主要设备及附件

1. 舱底水泵

可以用来作为船舶舱底水泵的水力机械设备包括：喷射泵、离心式泵、活塞式泵、轴流式泵。其中**离心式泵**因其**排量大、对水质的要求低和价格便宜**而常用作**舱底总用泵或消防总用泵**；**活塞式泵**因能产生较高的真空度，故抽吸能力强，又不易使浮于水面的油滴粉碎而混入水中，增加分离的难度，故广泛用于专用的**舱底水泵**；**轴流泵很少用作舱底水泵**，一般的舱底水所含杂质多，易引起螺杆的磨损。船舶上如要使用轴流泵作为舱底水泵，均为单螺杆（蛇形）泵。

喷射泵的结构部件中没有运转部件，它的动力是高压的液体，也不带有原动机。所以结构简单，外形尺寸小，在船舶舱底水系统中应用较为广泛。图 3.1.4 为喷射式舱底水泵的示意图。它由喷咀、混合室和扩压管三部分组成。

喷射泵的工作原理是利用高压水作为动力来吸排液体的。从消防系统来的工作水通过喷咀 1 后以高速喷出，并且带走喷嘴周围的空气而产生一定的真空，使舱底水从吸入口压进混合室 2。工作水和舱底水在混合室中不断地相互碰撞、混合而进行动量交换。混合以后一起进入截面逐渐扩大的扩压管 3，混合水在扩压管中速度逐渐降低，静压逐渐升高，使泵出的液体建立起压头，达到排出液体的目的。

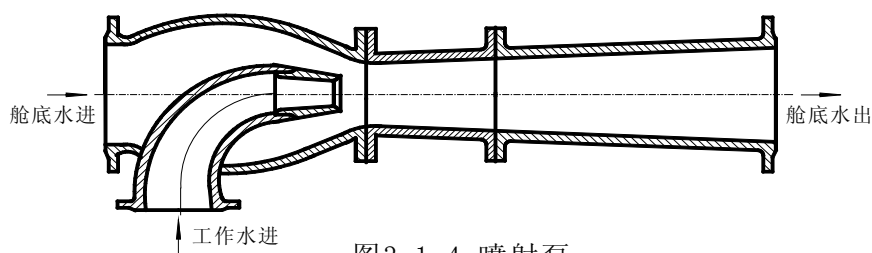


图3.1.4 喷射泵

喷射泵的舱底水进出管路的安装均有技术要求，即在与喷射泵舱底水进出口连接前后均应在一定长度的直管段，以减小阻力。为不影响其排量，须使出口的阻力减到最小为好。

2. 舱底水油水分离器

按照有关规范和国际公约的规定，船舶排出的舱底水（包括压载水）的含油量应小于 **15ppm**，即 15 毫克/升，故必须对含油舱底水进行油水分离后方可排出舷外。舱底水油水分离器的作用就是将水中的油份分离出来。图 3.1.5 是舱底水分离器的管路系统图。

该舱底水分离器采用将泵安装在分离器出口的方式，它的好处是经过泵的水已经是分离过后的净水，可延长泵的使用寿命。舱底水经过滤器 1 和截止止回阀 2 被吸入分离器，经过粗分离（重力分离）和细分离（聚合物体）后清水由排出泵 7 抽出，通过节流阀 8 和气动三通阀 9 和舷旁排出阀排至舷外。

节流阀 8 的作用是限制舱底水排出的流量，使含油舱底水在分离器中停留一定的时间，

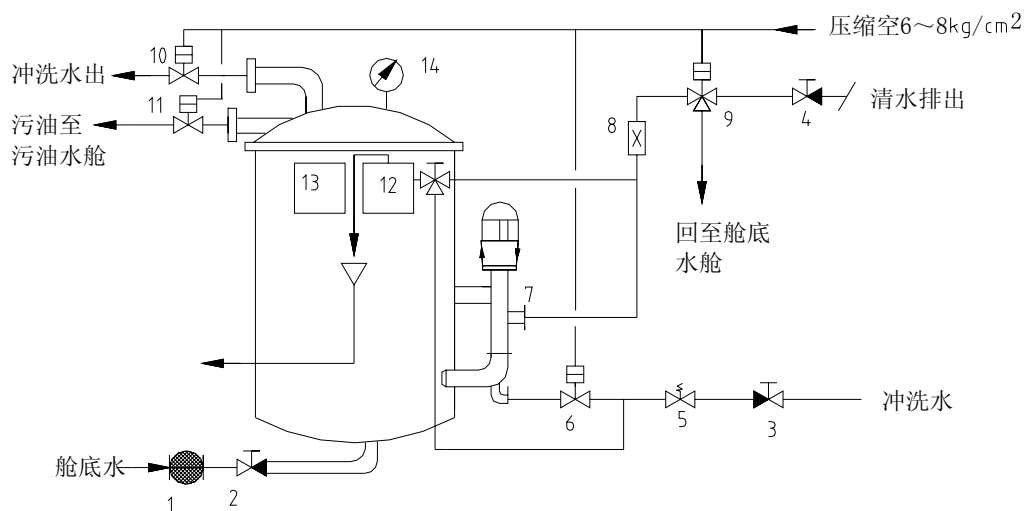


图3.1.5 舱底水分离器系统图

1-滤器；2, 3, 4-截止止回阀；5-减压阀；6, 10, 11-气动活塞阀；7-排出管；
8-节流阀；9-气动三通阀；12-油份监测器；13-控制箱；14-压力表

确保分离效果。

舱底水分离器的工作原理是舱底水先经过若干喷嘴供入油水分离器内，由于喷嘴的扩散作用供入油水分离器内的舱底水迅即散开，其中粗大油粒被分离上浮进入上部的集油室，含有细小油粒的污水在分离器内部流动中经过聚合物体组成的滤网也被分离开来或形成较大颗粒的油滴后聚集到分离器的上部，达到油水分离的效果。

当分离器上部的油量达到一定高度时，通过油位监测器 12 将信号传至控制箱 13，接通气动阀 11 上的电磁阀，使阀 11 打开，同时，排水泵 7 停止运转，气动阀 6 也同时打开，冲

洗水通过截止止回阀 3、减压阀 5 与气动阀 6 进入分离器，使分离器内的油污排至污油舱。同时对分离器进行反冲，将聚合物体上的污物冲洗下来，通过气控阀 11 排至污油舱；当污油排出一段时间后，水位又升高到某一位置时，气控阀 11 自动关闭，同时气控阀 10 打开，继续将含有少量油分的污水排到舱底水舱。根据设定的排油及排污水的时间，也即当分离器内充满清水后，气控阀 6、10 同时关闭，舱底水泵起动，重复以上的分离过程。即该分离器装有时间控制及反冲装置，冲洗水的压力应 $\leq 1\text{kgf/cm}^2$ 。

油份监测仪 12 通过三通考克与清水排出连通，当油份超过 15ppm 时，发出报警且输出电讯号，接通压缩空气，使三通阀转换位置，让分离出来的不合格水回流到舱底水舱。

3. 舱底水吸入口和泥箱

图 3.1.6 所示为舱底水吸入口，也称为止回吸入滤网。图 3.1.7 为舱底水吸入滤器，也称泥箱。舱底水吸入口安装在舱底水吸入支管的末端，而泥箱一般安装管路中间，污水井的上方。两者相同之处是都起到过滤的作用，

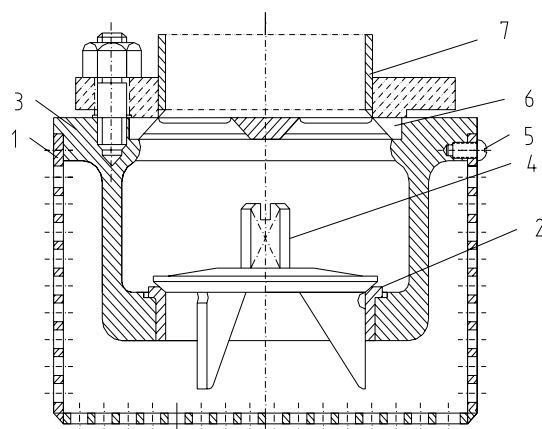


图3.1.6 舱底吸入口

1-滤网;2-阀座;3-阀体;4-止回阀;
5-固定螺钉;6-盖;7-吸入管

不同的地方是舱底水吸入口能起到止回的作用，而泥箱无止回作用，因而泥箱之前 必须安装一只截止止回阀。另外，舱底水吸入口必须安装于舱的最低处或污水井内，因此一旦堵塞，清洗相当困难。且当止回阀芯不能就位时，维修也困难。但泥箱就不同，可以安装在比较高的位置，清洗就比较易。由于止回阀位于滤器与舱底泵之间，止回阀也不易卡住。

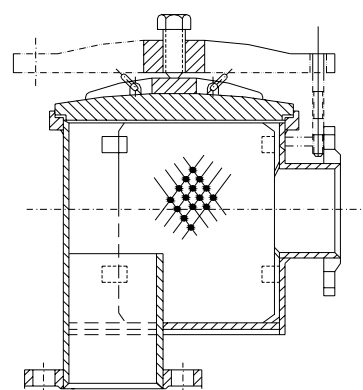


图3.1.7 舱底水吸入滤器

四、舱底水自动排放控制

对于自动化程度较高的船舶，均要求在污水井高位时能将舱底水自动排放至舱底水舱或舷外。图 3.1.8 是舱底水自动排至舱底水舱的系统图。其工作原理如下：

当污水达到高位时，浮子液位信号器 1 到达上方位置，气源通过液位信号器到达气动开关 2，使气动开关的电触点接通电源。报警信号装置 3 发出声光报警信号，同时将电源送到二位三通电磁阀 5。电磁阀通电后，达到下面方框的位置，气源通过滤器 4 到达气动舱底水吸入阀 6，使该阀打开。当气动阀全开时，气源又被通至气动开关 7，接通电源。从气动开关 2、7 来的电源使启动控制箱 8 中的电路全部接通，舱底水泵启动，开始将舱底水排至舱底水舱 11。当水位降低至一定位置时，液位信号器切换至下方，气源被切断，导致电源切断，声光信号消失，气动阀关闭，泵停止工作。

五、舱底水系统布置、安装技术要求

1. 舱底水系统的布置原则

舱底水系统布置的原则是除客船外，能保证船舶在正浮或横倾不大于 5° 时能正常地排除积水。对于客船要求较高，无论船舶正浮还是在事故发生后，在实际可能产生倾斜的情况下，机器处所内的积水均应能排除。所以舱底水系统的各个吸入口必须安装在各舱最低处，

在有**舳水沟**的船舶中，可位于该舱两舷的最低一端；无舳水沟时，则要在两舷或船纵中剖面处设立一只污水井，以便于舱底水集中一处排出。

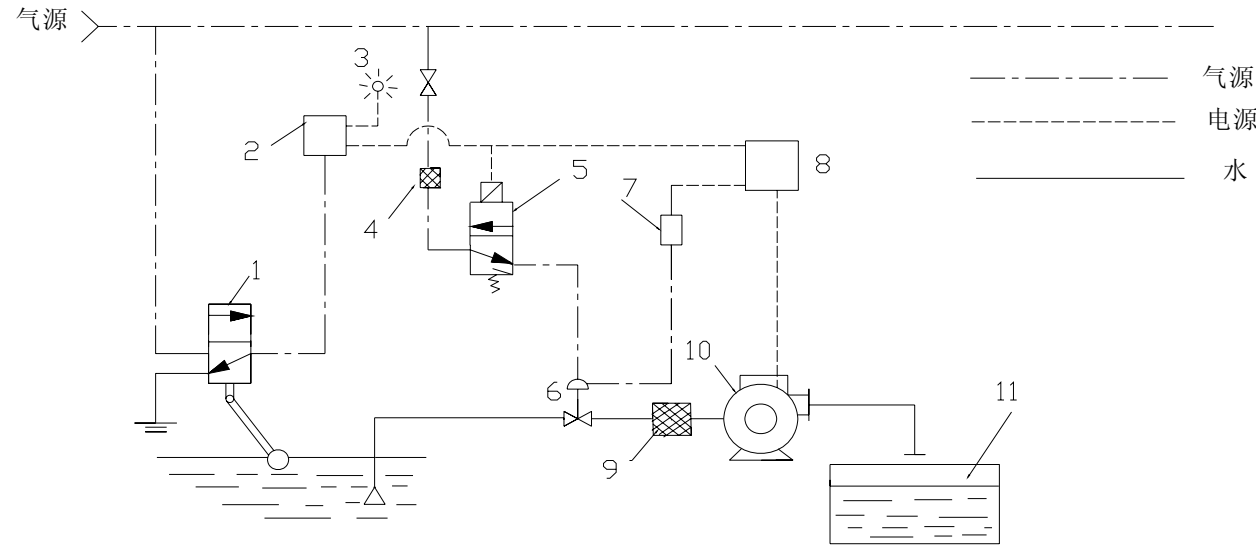


图3.1.8 舱底水自动排放系统图

1-气动浮子液位信号器；2-气动开关；3-警报信号装置；4-空气滤器；5-二位三通电磁阀；6-气动舱底水阀；7-气动开关；8-泵启动控制箱；9-舱底水吸入滤器；10-舱底泵；11-舱底水舱
机舱的舱底水系统，由于它们的重要性和积液的数量大，所以应与其它舱来的管路分开，应设专阀且必须有干管直接与机舱的舱底水总管和舱底水泵相接。

2. 舱底水系统的安装要求
(1)

(2) 舱底水系统只允许将舱底水排出舷外，而不允许舷外水或任何水舱（柜）中的水经过该系统进入舱内。所以在吸入管路上的阀门和接舱底水泵的舱底水总管上的所有阀门都应使用**截止止回阀**。各个吸入支管的吸口处都要有止回装置（止回阀或止回吸入口）。

(3) 由于舱底水是含有油和各种杂质的污液，为了防止舱底污物堵住吸入口、**在舱底水吸口处装有过滤网或泥箱。机舱和轴隧内的舱底水吸口均应设置泥箱，泥箱应设置在花钢板附近的地方，并引一直管至污水井或污水沟。直管的下端或应急舱底吸入口不得装设滤网箱。**

(4) 舱底水管一般均应布置在机舱的最下层，并尽量保持管路的平直，不允许有过大的起伏，以免形成气囊或存积垃圾。

(5) 舱底水泵必须具有自吸能力或装有独立的自吸装置。

六、舱底水总管、支管内径的计算方法

1. 按规范要求进行管径的计算方法

各船级社对舱底水管内径的计算都有自己的计算公式，但不全相同。不过大部分船级社的计算方法都与 CCS 船级社相同，现介绍如下：

$$\begin{aligned}d_1 &= 1.68 \sqrt{L_{pp}(B+D)} + 25 \text{ mm} \\d_2 &= 2.15 \sqrt{l_1(B+D)} + 25 \text{ mm} \\d_3 &= 3 \sqrt{l_1(B+D)} + 35 \text{ mm}\end{aligned}$$

其中：d₁—舱底水总管和直通舱底水泵的舱底水管的计算内径（mm）；
L_{pp}—船舶垂线间长（m）；
B—船宽（m）
D—至舱壁甲板的型深（m）；

d_2 —舱底水支管的计算内径 (mm);

l —舱室长度 (m);

d_3 —油船舱底水总管及直通舱底泵的舱底水管计算内径 (mm);

l_1 —油船机器处所的长度 (m);

以上计算公式中, BV、ABS 的舱底水支管的计算内径公式为 $d_2=2.16 \sqrt{l(B+D)} + 25$ mm。舱底水支管的内径一般不应小于 50 mm, 总管的内径不应小于支管的内径。根据计算公式计算出管子的最小内径后, 应选择相近通径的管子, 其内径一般应大于计算内径, 特殊情况应得到船级社的认可。

2. 按规范要求计算舱底泵排量的计算

为使舱底水总管内的水流速度不低于 2m/s, 可由前述计算求得的舱底水总管的内径算出舱底泵的排量, 每一舱底泵的排量应不小于下式的计算量:

$$Q=5.66 d_1^2 \times 10^{-3}$$

其中: Q —每一舱底泵计算排量 (m^3/h);

d_1 —舱底水总管计算内径 (mm)。

例: 某船厂建造的 50000 吨散货船的垂线间长为 182 米, 船宽为 32.26 米, 型深为 17 米, 机舱长度为 22.9 米, 请计算舱底水总管和机舱内舱底水支管的内径及舱底泵的排量。

解: 已知 $L_{pp}=182m$, $B=32.26m$, $D=17m$, $l=22.9m$

$$\text{因此: } d_1=1.68 \sqrt{L_{pp}(B+D)} + 25 = 1.68 \sqrt{182 \times (32.26+17)} + 25 = 184.07 \text{ (mm)}$$

$$d_2=2.15 \sqrt{l(B+D)} + 25 = 2.15 \sqrt{22.9 \times (32.26+17)} + 25 = 97.2 \text{ (mm)}$$

$$Q=5.66 d_1^2 \times 10^{-3} = 5.66 \times 184.07^2 \times 10^{-3} = 191.8 \text{ (m}^3/h\text{)}$$

答: 舱底水总管和机舱内舱底水支管的计算内径分别为 184.07mm 和 97.2mm, 舱底水泵的计算排量为 191.8 m^3/h 。

在实际船舶上, 舱底水总管的规格为 219×13 mm, 机舱内舱底水总管的规格为 114×9 mm, 舱底泵的排量为 200 m^3/h 。可以看出总管的实际内径比计算内径大, 而支管的实际内径比计算内径略小, 但在规范允许范围之内。

二 供水系统

供水系统是保证船员和旅客的日常生活需要而设置的生活用水系统, 所以也称为生活用水系统。他可分为洗涤水供应系统、卫生水供应系统和饮用水供应系统。洗涤水供应系统又包括冷水供应系统和热水供应系统。从 80 年代以来, 大中型船舶已普遍将洗涤淡水作为卫生水, 并应用把便具、面盆、淋浴或浴缸等卫生设备预舾装在一起的组装式卫生单元, 节省了生活用水系统管路和器具在船上的安装时间。但在船舶舱室布置设计时, 应注意考虑卫生单元的布置, 使其在上下层甲板尽可能对齐, 以方便接管, 避免管路分散、零乱。

一、洗涤水供应系统

洗涤水系统的主要任务是将淡水送到洗澡间、洗衣室和其他用水处。洗涤淡水应透明、无恶味无传染病细菌。同时还应有不大的盐度和硬度，易使肥皂溶化。

洗涤水的消耗量随船型、航区、人种、国籍、气候季节以及人数装备等情况有较大的差异，每人每天的消耗量一般为 100~200 升，小型船舶取下限。如果卫生水用洗涤淡水时，则洗涤水消耗量还需增加（采用常规便具者，冲洗水量为 70 升/人·天；采用真空便具者，冲洗水量为 35 升/人·天或更少），有时船东还会提出一些具体的要求。

洗涤水供应系统有两种供水方式，重力式和压力式。

1. 重力式

重力式供水系统适用于小型船舶、驳船或在停泊作业时要求尽量减少振动及噪音的科学调查船等。

图 3. 4. 1 所示的为重力式供水系统示意图。它是一种最简单的供水方式，日用淡水泵将淡水从淡水舱内打入重力水箱内，重力水箱应设置在所有用水处的最高点，淡水可通过截止阀流入供水总管，然后经各路支管流至各用水处。

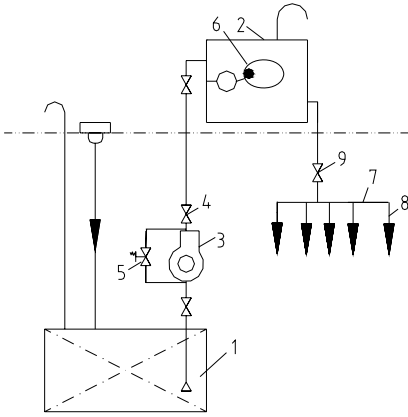


图3. 4. 1 重力式供水示意图

1-清水舱;2-重力水箱;3-离心泵;4-截止止回阀;
5-安全阀;6-液位继电器;7-供水总管;8-支管;9-截止阀

为了保证重力水箱中有一定数量的淡水和实现自动控制，在重力水箱内设置有高低液位继电器，它可根据柜内水位的高低自动起动或停止日用淡水泵。液位继电器如图 3. 4. 2 所示，它是由一只漂在水面上的浮子 1 作为液位感受元件，浮子上下浮动时能绕支点 2 摆动。在支点上还有调节板 4，它的一端装有磁钢 3，当液位降低时浮子也随着下移，当接近最低水位时（图示状态），浮子杆碰到调节板下定位钉 5 时就带动调节器板一起转动，使磁钢向上摆动。

当磁钢向上摆动而与触头磁铁 6 相遇时，由于同性相斥，即将触头磁铁 6 推斥向下，使电触头 7 闭合，接通日用淡水泵的电源，使泵起动向重力水箱供水。当水位上升时，浮子也随着浮起。当接近最高液位时，浮子杆与上定位钉接触，带动磁钢 3 向下，再次与触头磁铁 6 相遇，将它推斥向上，而使电触头 7 断开，切断日用水泵的电源，停止向重力水箱供水。

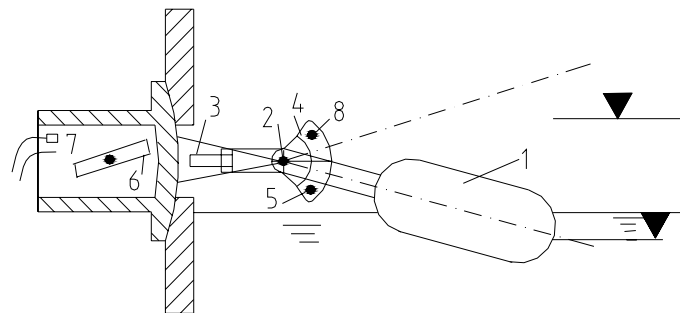


图3. 4. 2 液位调节器

1-浮子;2-支点;3-磁钢;4-调节板;
5-下定位钉;6-触头磁铁;7-电接头;8-上定位钉

重力式供水系统的优点是用水处的出水压力稳定，即使是离重力水柜较远处的压力变

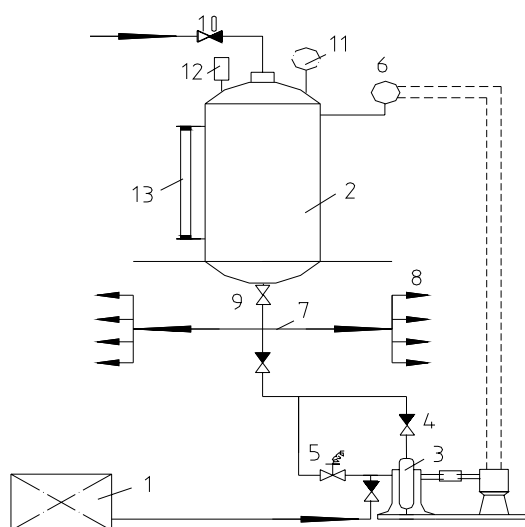


图 3.4.3 压力式供水示意图

- 1-淡水舱；2-压力水柜；3-离心泵；4-截止止回；5-安全阀；
6-压力继电器；7-供水总管；8-支管；9-截止阀；10-充气阀；
11-压力计；12-安全阀；13-液位计

化也不大。另外，当日用淡水泵发生故障时，尚可短时供给一定数量的水。它的缺点是重力水柜在高处占有相当大的容积，影响船舶稳性，若处于露天，尚须采取防冻措施，设备费用较高。

2. 压力式

压力式供水系统是船舶最常用的一种供水系统。图 3.4.3 所示为压力式供水示意图。在压力式供水中，专门设置了一只压力水柜 2，当日用淡水泵 3 将淡水舱 1 中的水打入压力水柜时，压力水柜上部的空气就逐渐压缩而产生压力能，压力水柜中的水就利用这个压力能被压至各用水处。

压力水柜是一只密闭的容器，其上部是压缩空气的进口，即充气阀 10，下部是水泵的进口（也是压力水柜的出口）。压力水柜上还装置了一只压力继电器 6。当压力水柜中的压力下降到下限压力时，压力继电器就接通日用水泵 3 的电源，开始向压力水柜供水，压力水柜内的压力就会逐渐升高，当达到上限压力时，压力继电器就切断日用水泵 3 的电源，停止供水。压力水柜的上限压力随系统设计的参数而定，一般在 $0.3\text{MPa}\sim 0.5\text{MPa}$ 之间；高、低压的差值一般在 $0.1\text{MPa}\sim 0.25\text{MPa}$ 。

为了减少压力水柜的无效容积和补充一部分空气的消耗，在压力水柜的上部还装有压缩空气充气阀 10。压力水柜上一般还装有压力表、水位表、安全阀、泄放阀等。

压力水柜第一次使用时，先充水至压力水柜最高无效液面（可通过水位表 13 观察），然后停止充水而充入压缩空气使之达到下限压力，再继续充水至最高工作压力为止。

洗涤水供应系统还可分为冷水和热水供应系统，热水供应也是压力式的。从图 3.4.4 可知热水压力柜直接与淡水压力柜相通，所以两只压力柜的工作压力是相同的。但热水柜的进水阀应为截止止回阀，以防止热水回流至淡水压力柜。

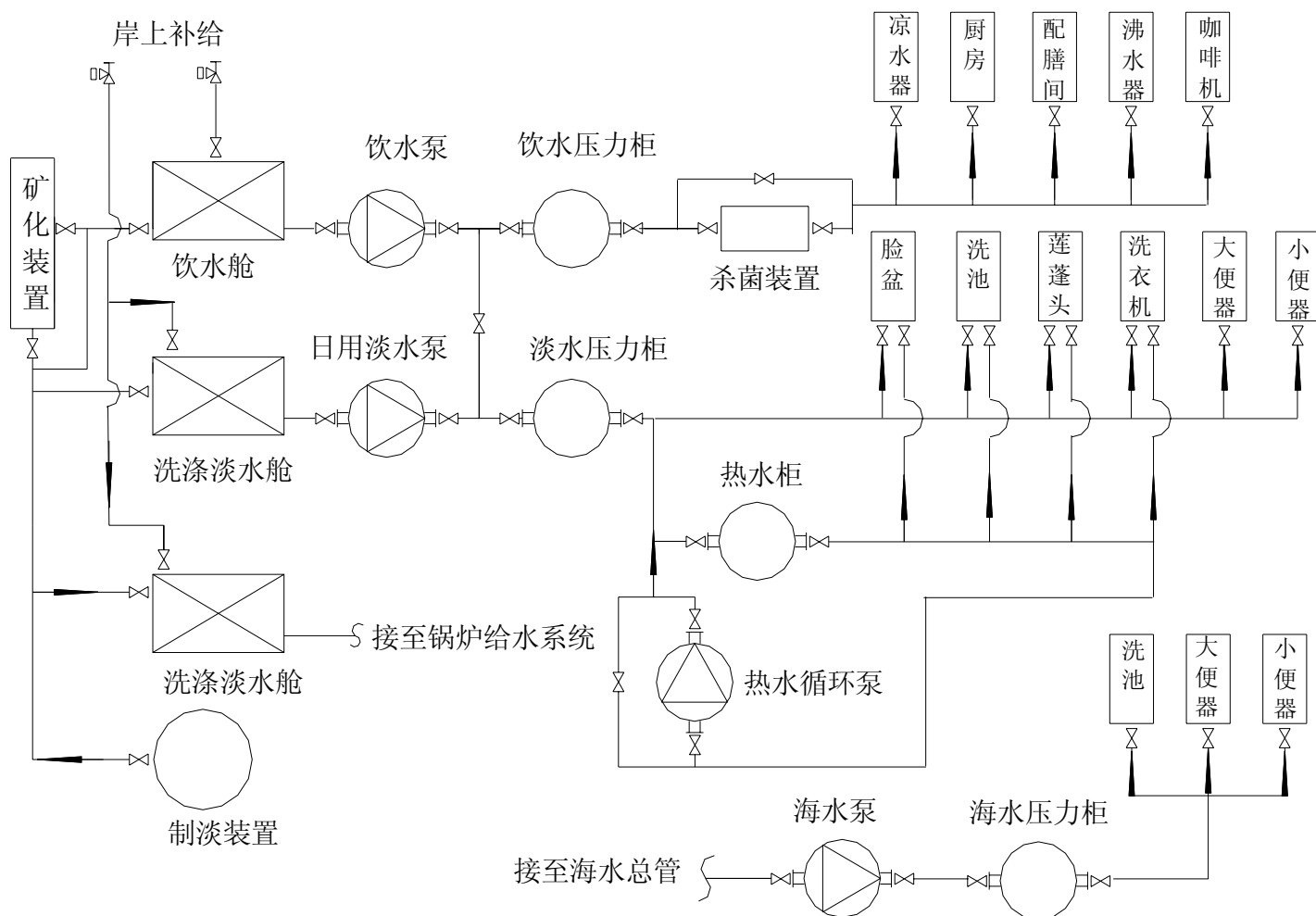


图3.4.4 供水系统原理图

热水供应系统管路的布置有不同的方法。一是热水压力柜的出口总管可以按左右舷分为2根干管（也可以一根），然后再分别接至热水用水处，在最高层甲板分左右舷或合并成一根热水回水总管接至热水循环泵进口；也可设计成热水压力柜的出口总管按甲板层次环形布置，然后每一层甲板由一根回水管接至热水泵的进口。对于乘员较少的货船，采用前者；对于乘客较多的客船，采用后者较多。每层需设置截止阀，便于控制和管理。

热水柜一般采用饱和蒸汽（压力通常为 $0.5 \text{ MPa} \sim 0.7 \text{ MPa}$ ）和/或电加热。也可利用主机或辅机的余热，例如排气和冷却水的热量，小型船舶设置热水消音器以重力供应热水。采用蒸汽和电加热的两用热水柜的温度控制也具有两套。采用蒸汽加热时，在蒸汽进入压力柜之前设有温度调节阀，当出水温度超过设定的温度（如 65°C ）时，温度调节阀会自动减小开度；当温度低于设定的温度时，温度调节阀会增大开度，使热水压力柜的出水温度保持在 65°C 左右。采用电加热时，通过安装在压力柜上的温度继电器来达到控制温度的目的。

压力水柜的容量和日用淡水泵或热水循环泵的规格均要根据船舶的用水情况进行计算来确定。

二、卫生水供应系统

以往的船舶大小便器具的冲洗水使用舷外水，现在大中型船舶使用淡水作为卫生水已日益普遍。小型船舶仍以舷外水作为卫生水。用淡水作为卫生水有时要考虑到应急备用。因此，可从总用泵或辅海水泵的出口分一支管接至卫生水供应系统，其间用双眼法兰隔断。但须注意，这时大小便器的冲洗淡水管路已与各洗涤用水器具管路相沟通，一旦舷外水通入会殃及其他各用水器具，因此，卫生水供应管路应有阀件可隔离。

从总用泵或辅海水泵来的舷外水压力若大于卫生水供应系统的压力,则应在进入卫生水系统之前安装截止阀和减压阀。

如果仍采用海水(舷外水)作为冲洗水,则必须另外设置海水压力柜和日用海水泵。

卫生水供应系统常用的形式也是压力式供水系统,也设有相应的压力水柜和卫生水泵。日用卫生水泵的排量一般为 $3\text{m}^3/\text{h}$ — $5\text{m}^3/\text{h}$,压力为 0.2MPa — 0.45MPa 。

三、饮水供应系统

船舶饮水供应系统要向船上乘员保证供应卫生合格、充足的饮用水。通过系统将饮水送到茶桶、厨房、医务室、机炉舱和其他舱室的水柜中。船上的饮水一般来自岸上的自来水,应急时也可使用船上制淡装置产生的蒸馏水,但建议煮沸后饮用,这是一种简便而有效的消毒方法,也可经过其他的消毒设备消毒,例如氯气杀菌、紫外线杀菌、臭氧杀菌等。常用的是紫外线杀菌设备,波长约 2600\AA 紫外线杀菌力最强。是否矿化处理因船而异。

饮水的消耗量一般为 $30\text{升}/\text{人}\cdot\text{天}$ — $50\text{升}/\text{人}\cdot\text{天}$ 。和洗涤水一样,它也随船型、航区、人种、国籍、气候季节以及乘员数等情况有所不同,船东也会提出具体要求。

饮水应符合 GB5749—85 生活饮用水卫生标准。

饮水的消耗量比洗涤水小得多,所以一般大中型货船选用 0.3m^3 — 0.5m^3 的饮水压力柜已足够。也可以不设专门的饮水压力柜,而从淡水压力柜出口专设一路经饮水消毒器后供饮水。饮水管最好采用不锈钢管或铜管。

四、供水系统原理图

图 3.4.4 所示的为供水系统典型原理图。根据船型的不同,生活设施的差异以及船东的要求,设计时有所变动。例如,大型船舶上常设两台日用淡水泵,其中一台可作为饮水泵的备用泵;热水循环泵也设两台,一台作为备用。卫生水采用洗涤水时,海水泵也可取消。

三 滑 油 系 统

一、滑油的性质和品种

1. 滑油的性质

(1) 粘度。粘度也是滑油的重要性质之一,它在很大程度上决定着油膜的形成。粘度过大,滑油在摩擦表面不能很快散开,不易形成连续而均匀的油膜,致使柴油机摩擦损失增大;粘度过小,则可能不形成可靠的油膜,出现半液体摩擦,润滑效果降低,致使柴油机承载能力下降。滑油粘度随温度变化而变化,温度升高,粘度降低。评定不同品种的滑油粘度随温度变化的程度,常采用粘度指数或粘度比。

滑油的粘度指数是通过两种标准油相比较而得出的。粘度指数在 85 以上者叫高粘度指数,小于 45 为低粘度指数。**粘度指数高,说明该滑油粘度随温度变化的程度小,它在高温时有足够的粘度,低温时粘度又不过高,这样的滑油品质好。**

粘度比也是评定滑油随温度变化的性能指标。它是滑油在 50°C 时粘度与 100°C 时粘度的比值。粘度比小,表示滑油在规定温度范围内粘度变化小,质量也就好。

(2) 酸值。滑油中所含的酸类有两种，一种是有机酸，它本来就存在于石油中；另一种是无机酸，即硫酸，它是在炼制过程中，经清洗和中和后残留在滑油中的。为了去除滑油中杂质，冶炼中必须使用硫酸，再用淡水洗涤，然后用碱溶液中和，所以滑油中存在的无机酸，就是指残留的硫酸。它对金属的腐蚀性很强，**可能引起轴承等零件产生麻点**。微量的有机酸对于金属并没有腐蚀作用，但当有机酸含量较多时，铅和锌很快会起化学变化，铜也会氧化成氧化铜。

滑油中的酸值是以中和一克滑油所需的**氢氧化钾**毫克数来表示的。滑油不但在炼制过程中会残留一定的酸值，而且使用过程中，由于受到氧化和分解作用酸值还会增加。这些酸的总值称为总酸值，无机酸值称为强酸值（又称水溶性酸）。

滑油总酸值的迅速增加，表示滑油质量在急剧恶化，滑油中将产生沉淀物，颜色变黑。按规定，滑油总酸值不允许超过 **2.5mg**，**否则就要更换滑油**。

(3) 抗氧化安定性。抗氧化安定性是滑油抵抗空气氧化的能力。它可以通过试验测得。如果在混有 60ml 水的 300ml 油样中安放有钢-铜线制作的催化环，并把它放在温度为 95℃，流量为 0.5 l/h 的氧气流中，在整个试验过程中间和終了时，又分别去测定它的酸值，当达到最大酸值时，就可以判断滑油的抗氧化安定性。

滑油氧化后，不仅使酸值增加，而且由于生成胶状和沥青状结晶物质而使油色变深，粘度增加。

(4) 抗乳化度。它是衡量油水混合物分离能力的指标。抗乳化度是指将相同体积（40ml）的油和水在 54.6℃ 温度下搅拌 5min，形成乳化液。静置后，油水逐渐分离，当达到油水基本分离（乳化液尚剩下 3ml 以下）时，所需要的时间即为抗乳化度。

海水或淡水混入滑油中会使滑油乳化。滑油乳化后，要生成泡沫，影响滑油压力。另外滑油乳化后，不溶解杂质就浮在油中，污染摩擦表面。使部件磨损加剧。

2. 滑油的品种

滑油的品种很多，但船用柴油机的滑油主要有柴油机油（又称系统油）、气缸油和汽轮机油。

(1) **柴油机油。是指润滑轴承**用的循环系统中的滑油，所以又称系统油、润滑油或机油。柴油机油主要有三个牌号：HC-8、HC-11、HC-14，简称为 8 号、11 号和 14 号机油。**其中数字表示该滑油的平均粘度值（cSt）**。它几乎可以润滑柴油机所有的运动部件。

(2) **汽轮机油**。主要用于汽轮机的轴承和减速齿轮箱的润滑和冷却。它在柴油机中用来润滑**废气涡轮增压器和调速器**。

(3) **气缸油**。主要用于**十字头式柴油机的气缸润滑**。**由于活塞的运动，故会有少量燃油中的硫化物混入到气缸和活塞之间的运动表面之中，因而活塞与气缸套间的润滑往往使用含有碱的气缸油来润滑。气缸油分为高碱气缸油和低碱气缸油，分别适用于使用高硫分和低硫分燃料的十字头式柴油机的气缸润滑。**

二、润滑油的作用

当柴油机的轴、活塞、十字头滑块等在轴承、气缸壁、导板上转动和滑动时，各接触面之间就要发生摩擦。如果两个金属表面直接接触而发生干摩擦，就会消耗大量的动力（变为热而散失），使柴油机输出的有效功率大大减少。而更严重的是出现相互运动着的部件表面急剧磨损及其它形式的损坏。减少摩擦和减轻磨损的方法很多，在两摩擦面之间加进一层润滑油膜，使零件的干摩擦变为油分子的液体摩擦，就是其中一种最有效的方法。

摩擦是一种物理现象，磨损是摩擦产生的结果，而润滑则是降低摩擦，减少磨损的重要措施。除此之外，滑油系统在柴油机中还有以下作用：

- 1. 冷却作用：**带走两运动表面间因摩擦产生的热量，保持工作表面的温度不致过高。
- 2. 清洁作用：**带走两运动表面间的灰尘和金属粉末等杂质，保持工作表面的清洁。

3. 密封作用：活塞与气缸套之间的润滑油膜除了润滑作用外，还能帮助密封燃烧室空间。

4. 防腐蚀作用：因金属表面被油覆盖，空气不能与金属接触，因而可防止金属氧化生锈。

5. 减振和减轻噪音。

三、润滑的方式

根据润滑油供给途径的不同，可以将润滑方式分为以下几种：

人工润滑——润滑油是以加油器具向各加油点进行人工加油。它主要用于一些外部的、次要的润滑部位，如低速柴油机的摇臂轴承、气阀导杆和传动杆接头等。这种方法结构简单，但不能达到良好的润滑，且耗油量较大。

飞溅润滑——利用某些部件（曲轴、连杆大端等部件）在高速转动时，撞击油液表面所产生的飞溅作用，将滑油溅到各摩擦表面。它用于油道输送滑油难以达到的或承受负荷不大的摩擦部位。**如气缸套、凸轮、传动齿轮等场所。**这种方法由于不使用油泵，结构简单，但飞溅的润滑油与空气的接触，加速了滑油的氧化，同时**润滑效果差，耗油量大**，给油量不能控制。这种润滑方法在采用湿式油底壳润滑系统的**中、小型柴油机上使用较多。**

压力润滑——滑油在油泵的压力作用下（或靠高位油箱的静压力）通过油道输送到摩擦表面。它能输送到承受负荷较大的摩擦表面，**如主轴承、连杆轴承等各轴承处。**这种方法由于使用油泵，能保证具有充分的油量，工作可靠，**同时具有清洗和冷却作用。**

注油润滑——**通过注油器建立一定的压力，定时、定量的供油。**大型低速柴油机的气缸套与活塞之间的润滑、气阀传动机构的润滑等均采用此方法。这种方法结构较复杂，但能准确地对一定部位供给适当的润滑油。

喷射润滑——滑油通过喷嘴将油喷出，达到压力油不容易输送到的部位（如齿轮箱的齿轮、高速滚动轴承等），这种方法结构简单，润滑效果较好，但耗油量较大。

四、柴油机滑油系统的分类

按柴油机内循环的滑油储存的方式可分为湿式油底壳润滑系统和干式油底壳润滑系统。

湿式油底壳润滑系统——此系统的特点是滑油贮存在柴油机的油底壳中，正常运转时，时**柴油机本身所带的油泵**抽吸油底壳滑油，经过滑油冷却器后，输送至各润滑部件进行润滑，**然后借重力流回油底壳中，成为独立的滑油系统。一般适用于小型柴油机。**

干式油底壳润滑系统——**特点是柴油机润滑系统设有专门的滑油循环舱（柜）**贮存润滑油。这种系统广泛应用于**大、中型柴油机中**。滑油循环舱一般均设于主机下方的双层底内，滑油泵自该舱内吸出滑油。经冷却器后再输送至柴油机各运动部件进行润滑，然后通过柴油机油底壳回到滑油循环舱。

按滑油系统润滑的部位来分，可分为主润滑系统、气缸润滑系统和增压器润滑系统。

主润滑系统——也称为循环润滑系统。主要用来润滑柴油机的主轴承、十字头、凸轮轴、排气阀执行机构等传动部件。滑油在系统中作循环使用。

气缸油润滑系统——这种系统比较简单，一般由气缸油储存柜、日用油柜、手摇泵或齿轮油泵、注油器等组成。**由柴油机驱动的注油器定量定时的向气缸壁周围供油，它在起了润滑作用后，随着燃气一起燃烧而排到大气中。**

增压器润滑系统——用来润滑增压器轴承等部件。目前大、中型船舶上已没有这个系统，增压器的轴承润滑均采用油池润滑方式，不设独立的润滑系统，**采用人工注油的方式。**

五、柴油机滑油系统的任务、组成

1. 滑油系统的任务

滑油系统的主要任务是向柴油机内的润滑系统供给足量的、适当压力和温度的滑油，以

保证柴油机的正常工作；排除滑油中存在的一切不利于润滑系统正常工作的物质，以延长滑油使用期和柴油机的寿命。后一项任务既要保证工作中的滑油质量，又必须恢复已经使用过的滑油质量。

2. 滑油系统的组成

滑油系统的组成与燃油相似，也由注入、贮存、驳运、计量、净化、和供给六部分组成。

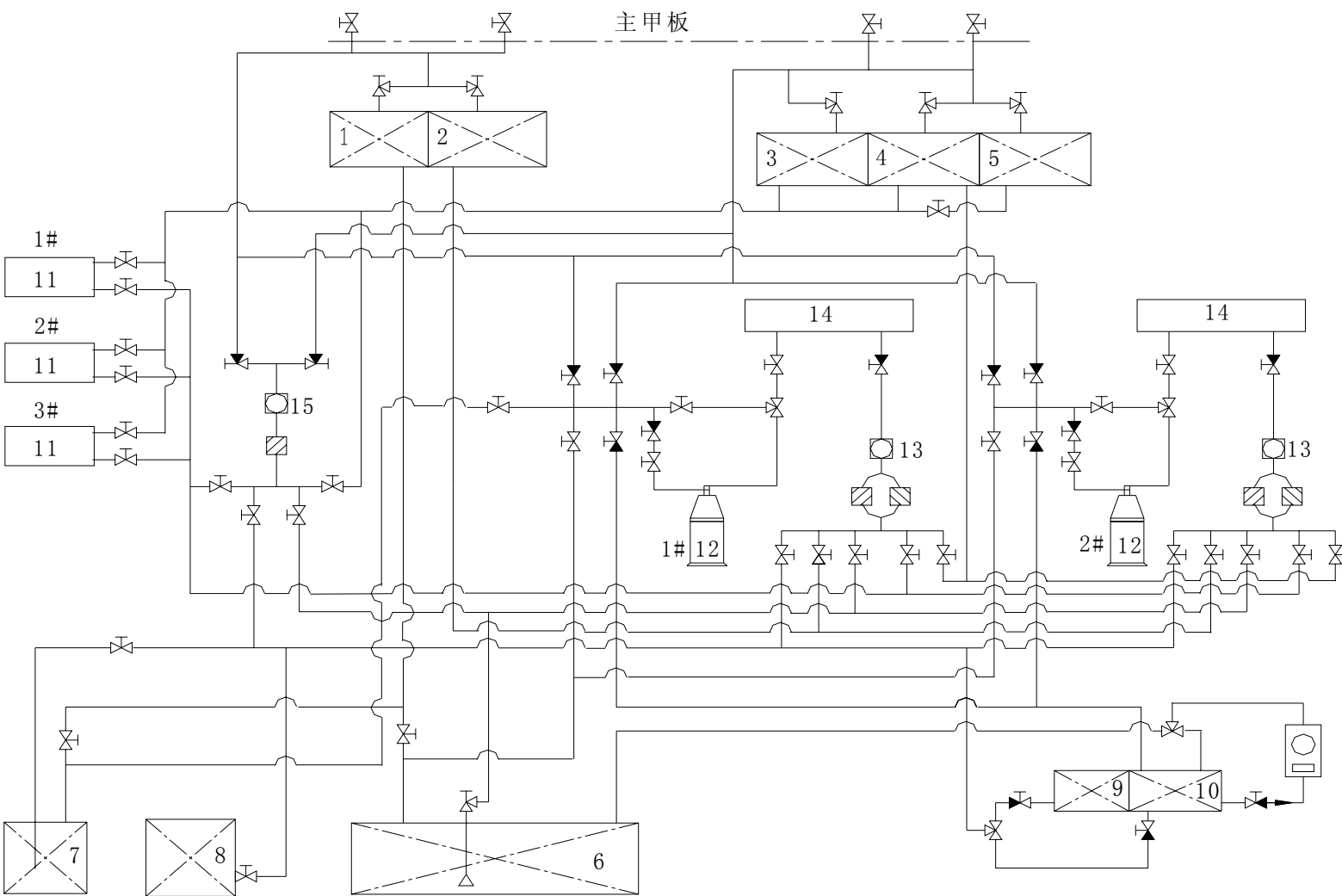


图5.2.1 滑油输送和分油系统

1-滑油贮存柜；2-滑油沉淀柜；3-发电机滑油贮存柜；4-发电机滑油净油柜；
5-发电机滑油沉淀柜；6-主机滑油循环舱；7-艏管滑油泄放柜；8-滑油泄放柜；
9-1#填料函滑油泄放柜；10-2#填料函滑油泄放柜；11-柴油发电机；
12-滑油分油机；13-滑油分油机供给泵；14-分油加热器；15-滑油输送泵

六、滑油系统的原理

大型船舶上滑油系统一般由滑油输送和分油系统、主机滑油系统和艏管滑油系统组成。

(一) 滑油输送和分油系统

图 5.2.1 所示为某船舶的滑油输送和分油系统图。实际上该系统完成了滑油的注入、贮存、驳运、计量和净化等功能。

1. 滑油的注入和贮存

由于不同设备所使用的滑油不尽相同，所以各种滑油在甲板上均有专用的注入口。一般来说有**主机滑油、柴油发电机滑油和空压机滑油等**。

主机和柴油发电机滑油从各自的注入口进入，经甲板注入总管进入滑油贮存柜 1 和发电机滑油贮存柜 3。**贮存柜大都设置在机舱的上层空间，使滑油能依靠重力流至主机滑油循环舱、艉管滑油泄放柜及其他小型油柜（如滑油零用油柜等，图中未画出）。如果贮存柜设置在双层舱内，则必须依靠滑油输送泵驳运。**

大型船舶的主机滑油循环柜均设在主机下方的双层底内，四周和底板下方都设有隔离空舱。目的是将滑油循环舱与燃油舱及淡水舱隔开，同时下方的空舱可以防止外板发生破损时，保持油舱完整，提高船舶的安全性。主机滑油循环舱内肋板上开有不同位置的导向孔，避免主机回油直接被油泵吸入，引导油流在舱内流过较长的距离，便于杂质的沉淀及起到一定的冷却作用，且使滑油中的空气分离出来，通过透气管排出。

2. 滑油的驳运

本系统设有一台滑油输送泵，设有四路的吸总管。一路抽吸主机滑油循环柜内的滑油；一路抽吸柴油发电机油底壳或循环柜内的滑油；一路抽吸柴油发电机滑油贮存柜和净油柜的滑油；一路抽吸各种泄柜内的滑油。输送泵排出的滑油分别送至滑油贮存柜、滑油沉淀柜和发电机滑油贮存柜、发电机滑油净油柜、发电机滑油沉淀柜，**或排出至甲板**。从滑油贮存柜或净油柜至循环油舱（柜）的滑油均依靠重力流入。

3. 滑油的净化

与燃油不同的是滑油是循环使用的，所以滑油在完成对摩擦部件的润滑作用后，一方面滑油的温度有了提高，另一方面，滑油在润滑过程中，增添了部件磨损而产生的金属屑粒，又可能渗入了水分，与空气接触发生了氧化反应等，因而油质的不断变坏是必然的趋势。所以必须对变质滑油采取相应措施使之能延长使用寿命，

与燃油系统相同，滑油的净化由过滤、沉淀和分油三部分组成。本系统设有两台滑油分油机，两台分油机的管路、功能几乎全部一样。每台分油机**均可抽吸除滑油贮存柜之外的**所有油舱、柜内的滑油，进行净化处理。经过净化的滑油可以排至主机滑油循环舱、尾管滑油泄放柜（2#分油机无此功能）、2#填料函泄放柜、滑油贮存柜/沉淀柜、发电机滑油贮存/净油/沉淀柜和甲板。

对于大部分船舶，滑油的净化均采用平行分离法。就是在柴油机运转中，连续地对滑油进行分离和澄清处理，即将系统中的一部分滑油不断地送进分油机进行净化处理。所以尽管两台分油机几乎有相同的功能，但在船舶实际运行中，**其中一台**分油机负责对主机滑油的净化处理，从滑油循环舱内抽出经分离后再回到循环油舱，它是处于连续运转的状态。**另一台分油机负责对柴油发电机滑油的净化处理，但可以穿插对其他油柜内滑油的处理工作，处于经常的，但不一定是连续的运转状态。也有船舶设有三台滑油分油机，二台主机滑油分油机、一台柴油发电机滑油分油机。二台主机滑油分油机中的一台作为主机和柴油发电机的备用分油机。此时至少有两台分油机处于连续运转之中。**

(二) 主机滑油系统

船舶上需要设置滑油系统的主要机器是作为主机和发电机原动机的柴油机，**但柴油发电机的滑油系统一般均为机带系统，即所有设备包括泵，冷却器，滤器、循环柜、管路及附件等都已安装在机上，船厂只安装外接管路，即使有些部件需船厂安装，系统也相对简单。故这儿仅介绍主机滑油系统。**

图 5.2.2 所示为典型的主机滑油系统图。它由两台主滑油泵 1，滑油冷却器 2，三通调温阀 3，自动反冲滤器 4，主机 5、两台排气阀液压执行机构滑油泵 6 和主机滑油循环柜组成。凡设有两台泵的，其中均有一台为备用。

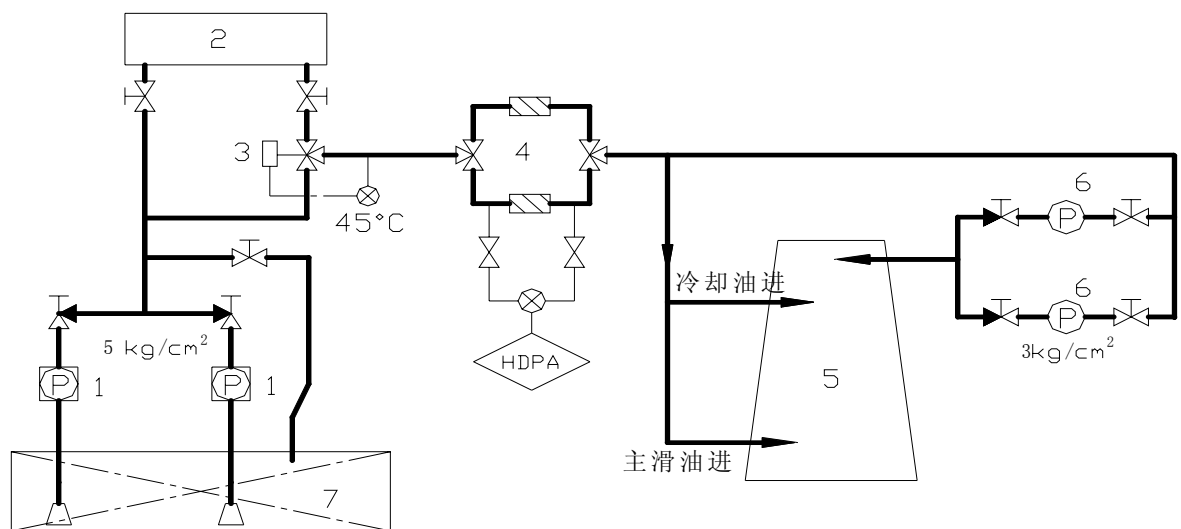


图 5.2.2 主机滑油系统

1-主滑油泵；2-滑油冷却器；3-三通调温阀；4-自动反冲滤器；5-主机；
6-排气阀液压执行机构滑油泵；7-主机滑油循环柜

主机滑油泵 1 可以是螺杆泵，也可以是深井泵（离心泵）。如果是螺杆泵，则在泵之前应设置粗滤器。图示为深井泵，故没有设置专门的滤器。它自循环油舱中抽出滑油，输送到滑油冷却器，经过三通调温阀、自动反冲滤器后进入主机对运动部件进行润滑。

滑油冷却器的进出口之间的三通调温阀控制滑油的进机温度，一般要求滑油进机温度控制在 45°C 左右。当油温超过设定温度时，三通调温阀关小或完全关闭，增加通过滑油冷却器的滑油量，使油温下降。当油温低于设定温度时，三通调温阀开大，使旁通的滑油量增加，导致油温上升，最后保证油温稳定在设定的温度。

自动反冲滤器的作用与燃油系统的滤器相同，带有高压差报警（HDBA）。当进出口压差超过额定值时，发出报警，此时必须检查滤器的工作状态是否正常，反冲功能是否起作用，以保证主机的正常运转。

此系统还设有两台排气阀液压执行机构滑油泵，其作用是升高进入执行机构的滑油压力。也有设置十字头滑油增压泵（SULZER 苏尔寿柴油机）或凸轮轴滑油增压泵的例子，作用是一样的。是否要设置，按机厂的要求进行。

在滑油进主机前一般还设有滑油低压、滑油高温报警装置，以防止润滑油中断或压力过低而引起活动部件失油而损坏。油压低于一定值，或油温高于一定值时柴油机会自动减速或停车。

滑油系统除了对柴油机进行润滑外，有时还要对中间轴承、推力轴承等进行润滑。尾管滑油系统也是一个独立的滑油系统，它的作用是润滑艏轴轴承、降低轴承温度，同时保证艏轴的密封，防止海水进入艏轴轴承引起腐蚀，甚至造成机舱进水的严重后果。

四 冷却水系统

一、冷却水系统的作用

柴油机动力装置中一些机械设备在正常运行中不断产生热量，这些热量必须及时散发，否则发热件温度将继续上升，以致超过容许的限度而破坏机械设备的工作可靠性。如柴油机气缸内燃烧产生的热量除了对外做功外，其中一部分热量将传到机器的部件上，若不给予适当的冷却，这些部件将因温度过高而不能继续工作。为了及时而有效地散发这些热量，通常就要让一定量的液体连续流经受热部件，把这些热量带出设备。冷却系统一般采用淡水或海水（或江河水）作为冷却介质。

冷却系统带走的热量有很大一部分是燃料燃烧做功后所剩余的热量，**一般约占燃烧热量的20%~30%**。由于柴油机是一种热机，是依靠燃料燃烧的热量来作功的，所以冷却系统带走的热量是一种损失。很显然，冷却越强烈，这部分的损失越大，就越明显地降低柴油机的经济性。另一方面，由于受热部件的温度很高，如气缸内壁的平均温度可达 $200^{\circ}\text{C}\sim 300^{\circ}\text{C}$ ，与**冷却水接触的表面温度又较低，因此在这样的温差下易产生热应力。温差过大，部件就会产生裂纹。**

由此可知，柴油机对冷却过程是有严格要求的。冷却系统的作用就是对柴油机进行强制冷却，将各受热部件的温度控制在允许范围内；另一方面又要保持恰当的冷却水温度和采用合适的冷却介质，以保证其正常可靠地工作。

在决定冷却水温度时要充分考虑到冷却不足或冷却过度所带来的后果。如冷却不足将使部件受热过度，导致材料机械性能下降，产生热应力与变形，破坏工作面的正常间隙，造成过度的磨损甚至咬死而损坏；冷却不足还将会使滑油温度过高，缩短滑油使用寿命引起滑油变质和结焦，破坏油膜而失去润滑作用。相反，如冷却过度将使冷却液带走的热量过多，而使柴油机经济性下降；使用含硫量较高的油料时，冷却过度会使气缸内形成硫酸而腐蚀缸壁及活塞。因而冷却水系统的热平衡计算是十分重要的。

在采用柴油机动力装置的船舶上，需要散热冷却的机械设备主要有：

- ① 主、辅柴油机。包括气缸、活塞、喷油器及增压器等。
- ② 主、辅柴油机的滑油冷却器、淡水冷却器等热交换器。
- ③ 轴系的轴承等。
- ④ 空压机、冷凝器等设备。
- ⑤ 其它机械设备或热交换器。例如空调、冷藏机组、甲板机械的液压系统等。

在这些机械设备中，以主机散热的量为最多。所以船舶冷却系统中往往**以主机的冷却管路为中心**，并与其他机械设备的冷却管路，各种冷却附属设备共同构成冷却系统。

二、冷却水系统的基本形式

冷却水系统的基本形式见图 5.3.1。

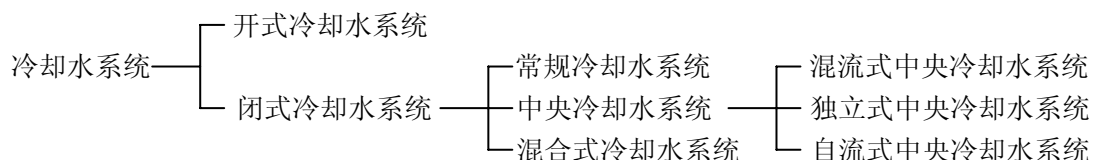


图 5.3.1 冷却水系统的基本形式

1. 开式冷却水系统

所谓开式冷却水系统是指柴油机本身直接用舷外水（海水或江河水）进行冷却。

开式系统的优点是装置简单，管理维修方便。**缺点是舷外水水质差，河水含有杂质，**

海水含有各种氯化盐，会堵塞冷却空间或对部件产生腐蚀及发生沉淀产生水垢，降低热效率。为防盐类析出，海水温度应 50~55℃ 以下，高温部件不能用，由于柴油机的冷却水温度一般要求在 60℃ 以上，高速机应达 80℃~90℃。因此现今除江河小船外，基本上已不采用开式系统。

2. 闭式冷却水系统

与开式系统相对应，是指柴油机本身用淡水冷却，而淡水再经热交换器用舷外水冷却。也就是淡水在系统中作封闭循环，而封闭循环的冷却淡水再由另一个开式冷却系统（不是指柴油机本身）来冷却。因而它具有很多优点：

- (1) 循环于机内的是清洁的淡水，不易发生堵塞现象。
- (2) 清洁水不易发生积垢现象，保证良好的传热效果及延长部件的使用寿命。
- (3) 不受海水中析出盐分的温度限制，可采用较高的冷却水温，提高热效率。
- (4) 缩短暖缸时间，提高机动性。（暖缸时，淡水不经过冷却器或关闭海水泵）

3. 中央冷却水系统

为使主机以外的其它机械设备也均用淡水，且用一个系统进行冷却便形成了中央冷却水系统。若有部分设备单独用海水冷却则称为混合式冷却系统。

在柴油机淡水冷却系统中，有高温水回路和低温水回路，如采用高低温水的混合来调节系统参数，则属混流式中央冷却系统；如高低温回路各自分开，则为独立式中央冷却系统。

在独立式中央冷却系统中，如高温水热交换器用低温水（淡水）来冷却，称为独立 I 型，如果用海水来冷却高温水，则称为独立 II 型。

在某些航速较高的船舶上，如集装箱船、舰艇等，它的中央冷却器（低温淡水冷却器，亦称为廂式冷却器）亦可设计为利用船舶航行的速度所获得的自流海水来冷却，称为自流式中央冷却系统，它是独立 I 型的特殊形式。

表 5. 3. 1 是常规冷却水系统与中央冷却水系统的优缺点对照表。

表 5. 3. 1 常规冷却水系统与中央冷却水系统的优缺点

	常规冷却水系统	中央冷却水系统
优点	1、主机仅须设置两套冷却水泵：海水冷却泵和缸套水冷却泵； 2、管路系统简单； 3、初投资低。	1、用海水冷却的冷却器仅需 1 套（1 只或 2 只）； 2、其它冷却器均用淡水冷却，材料要求低，价格便宜； 3、需耐腐蚀的海水冷却管路短； 4、冷却器维修量小，传热效果好。
缺点	1、所有冷却器均用海水冷却，因而维修量大； 2、需配其它机械设备用的海水冷却泵； 3、需耐腐蚀的海水管路长	1、有三个冷却回路，因而须设 3 套冷却水泵：海水冷却泵、低温水冷却泵和高温水冷却泵； 2、初投资高。

三、冷却水系统原理

冷却水系统可以划分为海水冷却系统、淡水冷却系统，淡水冷却系统又可分低温水冷却系统和高温水冷却水系统（也称缸套水冷却系统）。但从表 5. 1. 1 可以看出对于使用低速柴油机的船舶，采用中央冷却水系统是受到航运公司所欢迎的一种形式。大型船舶上也大多采用中央冷却水系统，所以该系统也可以合在一起称为冷却水系统。下面我们对常规的海水冷却系统和独立式中央冷却水系统作介绍。

1. 常规的海水冷却系统

图 5. 3. 2 所示为常规的海水冷却系统图，它主要由两台海水冷却泵、滑油冷却器、缸套

水冷却器、温控阀和回流管路等组成。

其工作原理是：海水泵从海水门及海水总管中吸入海水，然后分二路，一路将海水送到主机的空冷器中。另一路将海水送入滑油冷却器，再经过淡水冷却器后与主机空冷器的排出水合为一路，通过三通调温阀直接排舷外或回流至海水泵的吸入口。

由于受季节或航行地区的影响，海水温度一直在变化之中，所以在海水排出的管路上安装有三通调温阀，当海水温度低于设定温度时，使海水回流至海水泵的吸入口，以提高海水进水的温度。三通调温阀的开闭受安装在海水泵出口管路上的温度传感器控制。

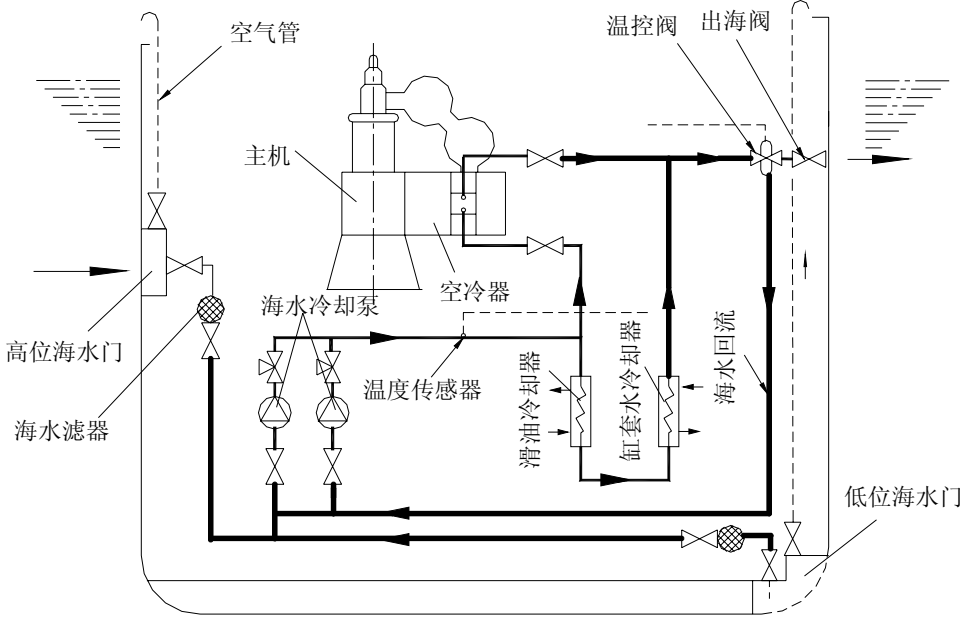


图5.3.2 常规冷却水系统——海水冷却系统

船舶上一般至少设有二只海水门，布置于两舷，且尽可能低。也可以一只为高位海水门，一只为低位海水门，在浅水航道航行时可使用高位海水门，以防止泥沙的吸入。但大型船舶为了安全起见，都设三只海水门，其中一个高位海水门、二个低位海水门。

海水应先对滑油进行冷却，然后再进淡水冷却器对淡水进行冷却。这是由于滑油温度低于淡水，且粘度高，热交换性能比淡水差。

2. 独立式中央冷却水系统（I型）

图 5.3.3 为独立 I 型中央冷却水系统图。也就是主机的高温水由低温水来冷却。它的工

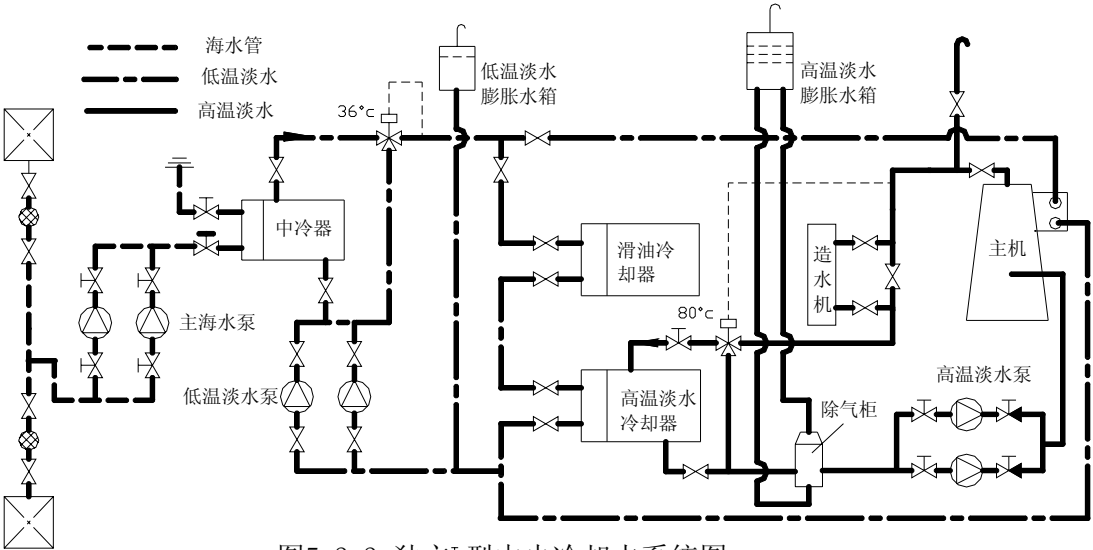


图5.3.3 独立I型中央冷却水系统图

作原理是：**该系统由三个相互独立的回路组成，即海水回路、高温淡水回路和低温淡水回路。**

(1) 海水回路

海水回路相当简单，两台海水泵从海水总管吸入海水后送入中央冷却器，冷却低温淡水后直接排至舷外。

(2) 高温淡水回路

高温淡水回路即主机缸套水冷却系统，它是一个闭式循环系统，两台高温淡水泵将高温淡水送入主机对气缸、活塞和**喷油器**等进行冷却，然后从**主机的最高点排出**，经三通调温阀、高温淡水冷却器或旁通管、除气柜后回到高温淡水泵的吸入口。

在主机淡水排出管路上，并联安装有一台造水机（或称制淡装置），可利用高温淡水的余热将海水制成淡水，作为船上**淡水补充之用**。它是一种节能装置，后文将作详细介绍。

安装在高温淡水冷却器进出口旁通路上的三通调温阀用来控制主机淡水出口的温度，一般要求主机淡水**出口温度控制在 80℃左右**。主机淡水温度的调节可以采用三种不同的方法来达到。**①如图所示调节进入冷却器的高温淡水量。**②调节进入主机的淡水量。③调节进入高温淡水冷却器的低温淡水（或海水）的量。这三种方法虽然均可以调节淡水的温度，但实际上后二种方法由于会造成主机进出水温差太大或响应太慢，在船舶上很少使用。另外三通调温阀可以设在冷却器的进口管路上，也可以设在出口管路上，两种方法均可以。

系统中还设有一只高温水膨胀水箱，它的作用是：

- ① 让在闭式循环管路中流动的淡水，因温度变化而引起体积变化时有**胀缩的余地**；
- ② 管路中因局部受热而汽化产生的**气体能通过它排到系统之外**。因而在主机淡水出口最高处一般都接有一根透气管，与膨胀水箱相通。
- ③ **可利用膨胀水箱中水的静压头，使吸入管路始终保持较高的水压，避免管路中的水产生低压汽化现象，保持压力稳定；**
- ④ 可利用膨胀水箱补充淡水的损耗；
- ⑤ **是对水质进行处理的投药场所。**

高温淡水泵吸入管路上安装的**除气柜**，其作用是去除管路中的空气和从膨胀水箱来的补充水的接入口，也就是说补充水管必须连接到淡水泵的吸入口。

(3) 低温淡水回路

低温淡水回路也是一个闭式循环系统。按图所示两台低温淡水泵将低温水送入中央冷却器进行冷却，**再经过三通调温阀后分为二路**，一路去主机的空冷器；**另一路到滑油冷却器和高温淡水冷却器**，最后两路汇成一路回到泵的吸入口。整个回路的作用与常规的海水冷却系统相同，只不过它本身还必须由海水来冷却。在实际船舶上，低温水还分好几路，**分别对柴油发电机的空冷器、空压机、空调、冷藏、大气冷凝器等进行冷却，系统要复杂得多。**

此回路中的三通调温阀就安装在中央冷却器的出口，作用同高温回路中的三通调温阀。低温淡水冷却器的**出口温度一般控制在 36℃**。

它也设有专门的低温水膨胀水箱。

系统中凡是设在两台泵时，其中一台泵均为备用，并要求能自动起动并转换。

独立Ⅱ型中央冷却水系统与Ⅰ型的区别仅在于，中央冷却器称为低温淡水冷却器，它与高温淡水冷却器均由海水来进行冷却，其它的工作原理和系统都基本一样。

另外，闭式循环系统中冷却泵与冷却器的位置可以有两种不同的布置方法，如

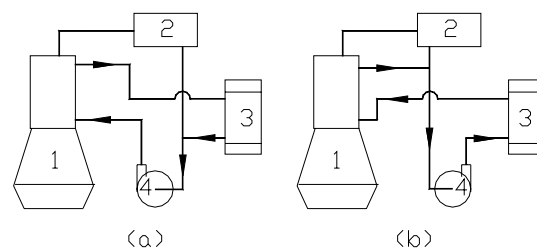


图5.3.4 冷却系统管路布置形式

1- 主机；2-膨胀水箱；3-冷却器；4-淡水泵

图 5.3.4 所示。二种布置形式的主要差别在于淡水泵是直接接在主机淡水进口管路上还是出口的管路上。图 5.3.4 (a) 所示为，淡水从冷却泵出来首先进入主机进口，这可以使冷却水在主机中保持较高的压力，因而冷却水在气缸冷却腔中不易汽化，可保证柴油机的良好冷却效果，所以在船舶上应用较多。这种布置的缺点在于从主机出来的冷却水进入冷却器时压力已经降低，当冷却器管板处发生泄漏时，海水可能漏入淡水中。图 5.3.4 (b) 所示为，淡水经冷却泵出来后，先进入淡水冷却器，然后到主机的各部件进行冷却，最后回到冷却泵的吸入口。这种布置的优缺点正好与上面的形式相反。

四、制淡装置（造水机）

船舶航行时，由于柴油机淡水冷却管路中淡水的泄漏，船员和旅客生活用水的消耗，辅锅炉蒸汽凝水管路的泄漏等，要消耗大量的淡水，因而必须得到及时的补充。一般情况下，船舶在设计时就已经考虑到船舶航行期间各种淡水的消耗量，布置有足够容量的淡水舱。但是作为应急情况下对淡水的补充，以及利用高温淡水的余热进行制淡，可以节约能源和减少淡水舱的容积，增加船舶营运吨位。因而船舶上均设有制淡装置。

1. 制淡装置的种类

制淡装置的作用是除去海水中多余的盐分和杂质，并制成满足用水设备或生活用水要求的淡水。根据它的结构和工作原理，常用的制淡装置可以分为以下几类：

(1) 沸腾式制淡装置

它的工作原理是将海水置于蒸发器壳体中加热，使其在相当于蒸发器压力的饱和温度下沸腾蒸发，把不含有溶解物的蒸汽引至冷凝器中冷凝成蒸馏水（淡水）。未蒸发的，含有大量溶解物质的海水（盐水）用水泵排至舷外。此法称为沸腾法。这种制淡装置在民用船舶上应用最广泛。

(2) 闪发式制淡装置

它的海水加热器和蒸发器不在一个容器内，海水在容器外的加热器中在非沸腾状况下加热。海水吸收了加热工质的热量，随后将加热了的海水喷到高真空的低压容器（闪发室）内作雾状蒸发。这样在蒸发时可防止产生水垢，并有利于淡水质量的提高。蒸汽在冷凝器中再冷凝成淡水。

(3) 压汽式制淡装置

它是沸腾式的另一种形式，特点是蒸发器内产生的蒸汽并非直接进入冷凝器，而是被引到气体压缩机中压缩，以提高其压力和温度，然后再用作为蒸发器的加热蒸汽，以加热海水，使之沸腾，而本身则冷凝为淡水。这种装置由于可避免蒸发器产生蒸汽的汽化潜热被白白带走，因而大大提高了装置的热利用率。但所需设备较多，船舶上也未使用过。

(4) 电渗析制淡装置

它是利用相间排列的有选择的阴、阳离子渗透膜（或称离子交换膜），在电场作用下能使海水中的离子通过渗透膜进入相邻的隔室，以实现海水淡化。这种制淡方法海水没有发生相变，在常温下用电来淡化海水。这种制淡装置在军船应用得比较多，这是由于它需要消耗大量的电能，对民船来说是不经济的。而军船没有余热或余热无法利用，只能采用这种制淡方法。

(5) 半渗透制淡装置

又称为反渗透法，是利用海水加压到一定压力时，海水中的溶剂（淡水）即能通过某种半渗透性薄膜而析出的原理来使海水淡化。这种方法目前在船舶上还没有使用过。

(6) 冷冻式制淡装置

它是利用海水的温度降到其冰点以下，海水溶液中会析出不含盐的冰晶，使盐浓缩在海水中。将冰晶取出，用淡水洗涤，除去晶体表面的及其间隙内残留的浓缩海水，然后再加热使之融化，即可得到淡水。但这种方法操作比较复杂，尚处于试验阶段。

尽管有多种方法可用于制淡。但民船上大量使用的只是沸腾式制淡装置。

2. 沸腾式制淡装置系统原理

图 5.3.5 所示为沸腾式制淡装置（后面简称制淡装置）系统原理图。它由控制箱 1、电磁阀 2、流量计 3、弹簧阀 4、淡水泵 5、盐度计 6、海水泵 7、滤器 8、真空/盐水喷射泵 9、弹簧阀 10、节流阀 11、蒸汽喷射泵 12、安全阀 13 等组成。

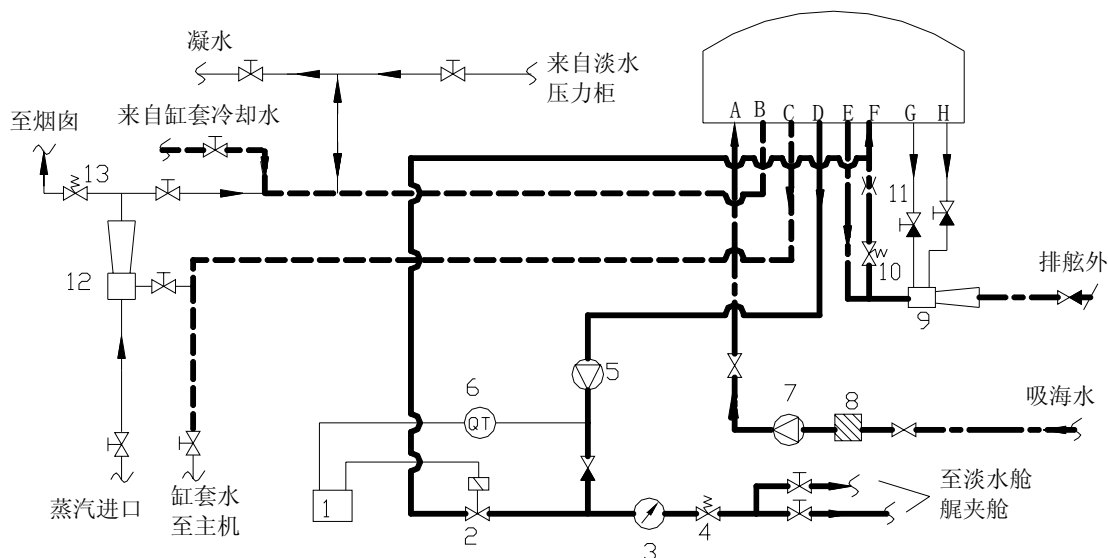


图5.3.5 沸腾式制淡装置系统

1-控制箱；2-电磁阀；3-流量计；4-弹簧阀；5-淡水泵；6-盐度计；7-海水泵；
8-滤器；9-真空/盐水喷射器；10-弹簧阀；11-节流阀；12-蒸汽喷射泵；13-安全阀

制淡装置由蒸发器和冷凝器两部分组成，冷凝器采用板式冷凝器。该装置对海水的加热采用两种方式，可以利用主机缸套水进行加热，从主机来的温度为 70°C 左右的缸套水从 B 口进入，C 口排出回到缸套水系统。也可以利用蒸汽通过蒸汽喷射器 12，直接将 $0.3\sim 0.4\text{MPa}$ 的蒸汽喷入循环水中进行加热，仍利用蒸汽喷射器将循环水抽出，此时，用于加热的管路通过制淡装置上的 B、C 口作闭式循环，多余的凝水（蒸汽冷凝而成）通过管路排出。使用蒸汽制淡时，为了防止系统超压，蒸汽喷射器出口装有安全阀 13。

冷却用海水和制淡的海水均由海水泵 7 通过滤器 8 从舷外吸入，海水泵排出的海水从 A 口进入制淡装置中的冷凝器，对蒸发器进行冷却使蒸汽冷凝成蒸馏水（淡水）。然后再从制淡装置的 E 口排出，分成两路，一路经过弹簧阀 10、节流阀 11 和接口 F 进入蒸发器，作为制淡的原料水。由于海水在冷凝器中吸收了热量，提高了温度，也就是提高了制淡的效率。另一路海水作为真空/盐水喷射器 9 的工作水。

要在温度远不到 100°C 的状态下完成海水的蒸发，必须在制淡装置内造成较高的真空，这就要借助于喷射器 9 来完成。同时为了保证制出的淡水符合规定，必须把已蒸发过的海水（盐水）不断抽去，这也要借助于喷射器 9 来完成。真空/盐水喷射器的作用就是通过接口 G、H 将空气和盐水抽出后排舷外。

进入冷凝器的蒸汽经海水冷却成淡水后，汇集在冷凝器的底部，由淡水泵（凝水泵）5 抽出，经过流量计 3、弹簧阀 4 排至水舱。淡水的盐度由盐度计 6 控制，当盐度低于设定值时（船级社要求低于 15ppm ），电磁阀 2 是关闭的；当盐度大于设定值时，通过盐度计 6、控制箱 1 发出电信号，使电磁阀 2 打开，同时由于制淡装置内存在一定的真空度，在大气压的作用下，弹簧阀 4 自动关闭，不合格的凝水通过电磁阀 2、接口 F 回流进制淡装置的蒸发器中。弹簧阀 10 也关小或完全关闭，减少进入制淡装置的海水（原料水）量。

五 排 气 系 统

一、排气系统的功用及组成

排气系统比上述各系统要简单得多，其功用是将主机、柴油发电机组、焚烧炉、锅炉、应急发电机组、应急空压机组（由柴油机驱动时）等排出的废气排到大气中。此外，排气系统还可以起到降低噪音的作用。对于装运和拖运易燃、易爆危险货物的船舶，例如油船、工作船等，排气系统还要起到熄灭废气中火星的作用。对于军用舰艇，考虑到隐蔽性还需要减少废气的可见度。

排气系统的组成是随船舶的类型和大小而有很大的差异，但一般有排气管、膨胀接头、废气锅炉或组合锅炉、消声器及弹性支架等组成。在柴油机废气涡轮后的排气管路上设有废气锅炉的系统中一般都不再装消声器。

机舱中的排气管必须包扎绝热层，其厚度要保证其表面温度不超过 60°C ，这不仅为了防止烫伤船上的工作人员，同时也为了减少废气热量传到机舱里而使机舱环境温度升高。几台发动机的排气管之间不能相互连接起来，因为这样会影响它们的正常工作。在无法避免时，各排气管之间必须装设隔离装置，以防止运转柴油机的废气倒灌进不工作的柴油机中去。

排气系统的原理十分简单，对于主机来说一般是从主机的废气涡轮排出的废气经排气管送入废气锅炉，然后从废气锅炉的上方或侧面排出，通过管路到烟囱的顶部排至大气。但在废气涡轮的出口及管路中间都装有膨胀接头，以补偿热应力。管路的固定一般采用固定支架与弹性支架相结合的方法。对于其它辅机的排气管，更为简单，废气从设备排出连接到烟囱顶部排至大气，中间设有消声器。其它要求同主机排气管路。

二、主要附件

1. 膨胀接头的作用

排气管所用的不锈钢波纹膨胀接头的结构及工作原理已在第二章进行过介绍。它在排气系统中的作用主要是能补偿排气管受热的线膨胀，以及减少由柴油机传递给排气管的机械振动，并起到隔音的作用。膨胀接头的间隔根据它的补偿量来决定，如果它的补偿量为 36mm ，则一般为 $5\sim 7$ 米设置一个。因为排气管的热膨胀量是当温度每升高 100°C ，每米排气管要伸长 1.2mm 左右，这样如果排气管温度是 $300\sim 400^{\circ}\text{C}$ 的话，那么每米长的排气管要伸长 $4\sim 5\text{mm}$ ，

2. 消声器的功用及种类

在现代船舶中，主机一般不设消声器。只有柴油发电机组等设备的废气排出管路中才装有消声器。它的作用是降低排气噪音。噪音按其来源不同可分为两大类，空气动力噪音和机械噪音。空气动力噪音是由于吸气、排气及燃料在气缸内燃烧、废气以脉冲形式向大气排出等引起气体和空气介质的振动而产生的。

消声器在排气系统中的位置对消声效果有很大的影响。将消声器放在排气管路的中央，其效果最坏，因为管道中自振动的节点就在中央一带，若消声器设在这种地方，就不能将管道自振动的声波削弱。适当的位置应该使消声器后面的管长等于消声器前面管长的 $1/4$ ，若能达到 $1/2$ 更好。

消声器的种类很多，但归纳起来可分为三大类：阻性消声器、抗性消声器和复合式消声器。

(1) 阻性消声器

它是在消声器的表面敷设吸声材料,利用增加声阻的原理来吸收噪声能量的消声器。当声波进入消声器时,吸声材料使一部分声能由于摩擦而转化为热能被吸收掉。吸声材料一般是多孔材料,并且有耐高温性能,如玻璃棉毡、矿渣棉、石棉绒绳、细铜屑等。这种阻性消声器的优点是对高频噪声的消声效果好,缺点是对低频噪声的消声效果较差。在高温、有水蒸汽、有油气以及有浸蚀作用的气体中吸声材料的使用寿命较短,而且吸声性能降低。在柴油机排气系统中单独使用不多,而是与其它种类复合使用。

(2) 抗性消声器

它是利用声学滤声器原理改变管道系统的声阻,来降低某些频率或频段的噪声。它的种类很多,常用的有:

① 膨胀式消声器。在声波通道上串联一个或若干个膨胀室,实际上是管和室的组合。利用管道截面的突变引起声阻变化所产生的反射和干涉作用,使沿通道传播的某些频率和频段的噪声得到降低。如图 5.5.1 所示为各种形式的膨胀式消声器。

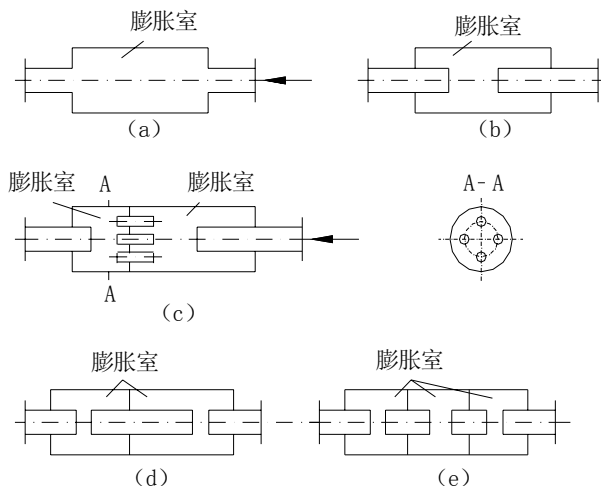


图5.5.1 膨胀式消声器

膨胀式消声器有多个膨胀室,可以显著提高消声器的效果,一般现在多采用三膨胀室以下,超过三个时,效果不显著。各膨胀室的长度不同,内接管长度也不同,目的在于起到不同的消声效果。有时在内接管上钻些孔,也能提高声阻。

② 共振式消声器。在声波通道上并联一个或若干个共振腔室,利用共振来损耗声能的一种抗性消声器。

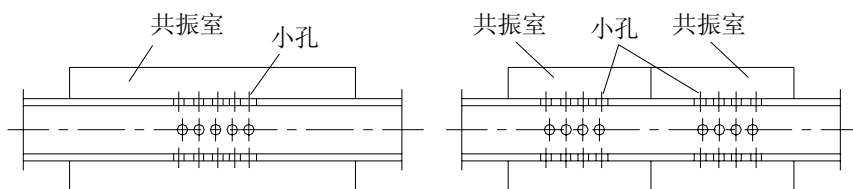


图5.5.2 共振式消声器

如图 5.5.2 所示。它的原理是,在小孔颈中的气体在声波的作用下产生往返运动,由于小孔颈壁的摩擦阻尼,使一部分声

能转变为热能而消耗掉。充满气体的空腔具有阻碍来自小孔压力变化的特性。当外来声波的频率与共振系统的固有振动频率相同时就发生共振,此时的振幅最大,空气往返于孔颈中的速度最大,摩擦阻尼也大,吸收的声能也就最多。共振消声器的结构简单,尺寸小,通常用于转速恒定或变化小的柴油机(例如柴油发电机组的原动机)排气管系上。

(3) 复合式消声器

它是由阻性和抗性消声结构复合而成的消声器,或由各种消声结构形式组合而成的消声器。为了在一个宽广的频率范围都得到良好的消声效果,把对中、低频有效的抗性消声器和对高频有效的阻性消声器组合起来,构成复合式消声器。

另外,在油船和军用舰艇上,不允许废气中带有火星,对安全航行具有特别的意义。为消灭废气中的火星,一般采用湿式火星熄灭器,并与消声器做成一体。也可以在排气管的出口设置火星熄灭铜丝网,但会增加排气的阻力。

六 燃油系统

一、燃油的品种及性质

(一) 燃油的品种

船用柴油机所使用的燃油基本上有三种：轻柴油、重柴油和燃料油（又称重油）。其中船用燃料油大都是重柴油与渣油的混合物，其混合比例视所需粘度而定。

1. 轻柴油。国家标准为 GB252。牌号有 10 号、0 号、-10 号、-20 号、-35 号。国产轻柴油的牌号是表示其凝固点的上限温度（℃）。即以上牌号柴油的凝固点温度分别不高于 10℃、0℃、-10℃、-20℃、-35℃。不同地区应按季节选用不同牌号，即不同凝固点的柴油。

2. 重柴油。国家标准为 GB445。牌号有 RC3-10、RC3-20 和 RC3-30，牌号中后二位数字的含义与轻柴油相同。

3. 燃料油（重油）。各企业都有自己的燃料油标准，例如上海炼油厂的沪 Q/G03-006-82、锦西石油五厂的辽 Q199-79 等。重油的牌号有 20 号、60 号、100 号、200 号等，但也有油厂有自己的牌号，例如大连石油七厂的重油牌号为 1000 号和 1500 号。燃料油的质量要比柴油差，各种杂质、水分及含硫量等都比柴油高，但价格较低。

(二) 燃油的性质

燃油是许多不同结构形式的碳氢化合物的混合物，其中除碳、氢两种主要元素外，还含有少量氧、硫、氮、钠、钒等元素。燃油的物理化学特征有十多个指标，分别从不同的方面表示燃油的品质。下面我们简单介绍其中的几个特性指标。

1. 十六烷值。十六烷值是衡量燃料自燃性能或着火性能的指标。燃油在柴油机中经过压缩后自行着火燃烧，所以燃料的自燃性能对燃烧过程和柴油机的运行都有着较大影响。所谓十六烷值是取自燃性最好的十六烷（ $C_{16}H_{34}$ ），规定其十六烷值为 100；又取一种自燃性能最差的 α -甲基萘（ $C_{11}H_{11}$ ），规定其十六烷值为 0。将两者以不同的比例的容积混合作为标准油，当所测燃油的自燃性能与某标准油相同时，则该标准油所含的十六烷的比例即该燃油的十六烷值。所以十六烷值越高，即表示燃油的自燃性能越好，但实际使用中，十六烷值并不是越高越好。目前燃油中只有轻柴油有十六烷值的指标。

2. 粘度。粘度是燃料的重要物理性质之一，是表示燃油自身流动中的内阻力，它随温度的升高而降低。它对燃油的雾化、过滤和管理都有很大的影响；粘度过大不利于燃油雾化，使燃烧不良，也使燃油在管系中的流动性变差，容易造成供油中断；粘度过小又会引起喷油泵柱塞偶件、喷油器针阀偶件由于燃油容易漏油而润滑不良。因而必须根据输送、分油和雾化的不同要求，将燃油的粘度降低到某一合适值。这就涉及到所需锅炉蒸发量的大小及燃油预处理设备的配置等问题。燃油粘度的单位很多，目前船舶上经常使用的粘度单位为运动粘度和雷氏一号粘度（Red No1）。运动粘度是在相同温度下动力粘度与密度的比值，单位是 mm^2/s （厘斯或 cSt），而动力粘度为在某一温度时，各为 $1cm^2$ 的液体相距 $1cm$ ，其中一层以 $1cm/s$ 速度与另一层液体相对运动时产生的阻力。雷氏一号粘度是表示 $50cm^3$ 的燃油在 $100^\circ F$ 的温度下，流经标准孔所需要的时间（秒数）。表 5.1.1 所示为不同粘度的燃油输送和进机前（按 $10cSt \sim 15 cSt$ 的要求）需加热到的温度。

表 5.1.1 燃油加热温度

燃油的粘度		可泵温度 ℃	主机喷油嘴前温度 ℃
雷氏一号(秒/100°F)	运动粘度(cSt/50℃)		
400	60	>2	92~106
700	100	>12	105~120
1500	180	>23	118~134
3500	380	>34	134~151
6000	600	>42	145~161
7000	700	>46	153~167

3. 闪点。燃油加热时，燃油蒸气与周围空气的混合气同火焰接触而发生闪光的最低温度称为燃油的闪点。它是衡量燃油发生火灾危险程度的指标，是保证船舶安全航行及贮存的重要指标。轻柴油的闪点一般不低于 60℃（除了-35 号为 50℃），重柴油的闪点均不低于 65℃，而燃油的闪点不低于 80℃。

4. 比重(密度)。燃油的比重是 20℃时同体积的燃油与 4℃时水的重量之比。比重是燃油的物理特性，与油舱的容积及油耗的计算等有关。也可以间接反映燃油的粘度大小，比重大，间接表示燃油的粘度大。轻柴油的比重一般可取 0.84t/m³，重柴油取 0.86 t/m³，燃油取 0.96 t/m³。

5. 凝固点。当温度下降到液体开始凝固而失去流动性时的温度，叫做凝固点。不同航区的船舶应选择不同凝固点燃油品种，否则必须设置足够的加热设备。

6. 硫分。燃油中所含硫的重量百分数称为硫分。硫分是一种有害物，硫分一般在燃油中以硫化物的形式存在，在液态下对燃油系统的管子、容器、喷油泵和喷油器等都有腐蚀作用。硫化物燃烧以后生成的二氧化硫、三氧化硫与水结合会生成硫酸或亚硫酸，对柴油机缸壁、活塞环、排气阀、排气管都会产生腐蚀。轻柴油的硫分不大于 0.2%，10 号、20 号重柴油不大于 0.5%，而燃油的硫分分别不大于 1.0%、1.5%、2.0%和 3.0%

7. 灰分。燃油在试验条件下经蒸发燃烧后，其矿物质形成的氧化物及盐类的残留物称为灰分，以其所含的重量百分比来表示。它包括固体粒子、水溶性金属盐和油溶性金属有机化合物等。灰分十分有害，它对设备起着颗粒磨损作用，会加快气缸壁的损坏。

8. 机械杂质及水分。燃油中所含的灰尘、砂粒和溶渣等称为燃油的机械杂质。它们都是有害物质。机械杂质不能燃烧，却能使喷油孔堵塞，中断供油，加剧喷油泵的磨损；而水分又会降低燃油发热值，并容易破坏正常点火。

二、燃油系统的功用和组成

燃油系统的功用是保证对船舶动力装置中各用油设备或机械提供足够数量、合格品质的燃油。它能把燃油畅通无阻地输送到各用油场所，并保证输送的燃油符合设备和机械的要求。

燃油系统一般由注入、贮存、驳运、计量、净化和供油六部分组成。

注入部分——将燃油自船外经两舷甲板的注入口向船内油舱注入的设备及管路。可以采用重力注入或压力注入两种不同的方法。大型船舶均采用压力注入法。

贮存部分——在船内应具有足够容量的燃油贮存舱。贮存着最大续航力所需的燃油。船舶上一般均有设在货舱底部的双层底燃油舱，设在机舱前部的燃油深舱，以及各种小型的沉淀舱、日用油舱等。

驳运部分——能够实现各油舱、油柜之间燃油互相驳运的设备及管路。

净化部分——燃油净化一般有沉淀、过滤和离心分离等方法。船舶上这三种净化方法一般都同时采用。设有专门的燃油沉淀柜，管路中设有各种滤器及利用分油机等设备和管路对燃油进行净化的分系统。

供油部分——将日用油柜中洁净的燃油供给各用油设备和机械的分系统。其中主要有主机燃油日用系统、柴油发电机燃油系统和锅炉燃油系统等。

计量部分——计算和测量燃油贮存量、消耗量的部分。箱柜所用的液位计前面章节已经叙述过。计算燃油消耗量一般利用管路中的流量计来测量。

三、燃油系统的工作原理

燃油系统主要由燃油输送和分油系统、燃油日用系统两大部分组成。而燃油日用系统又可分为主机燃油日用系统、柴油发电机燃油系统和锅炉燃油系统等。

(一) 燃油输送和分油系统

燃油输送和分油系统中包括了燃油的注入管路、燃油输送和燃油分油系统。图 5.1.1 所示为某散货船的燃油输送和注入部分的系统图。

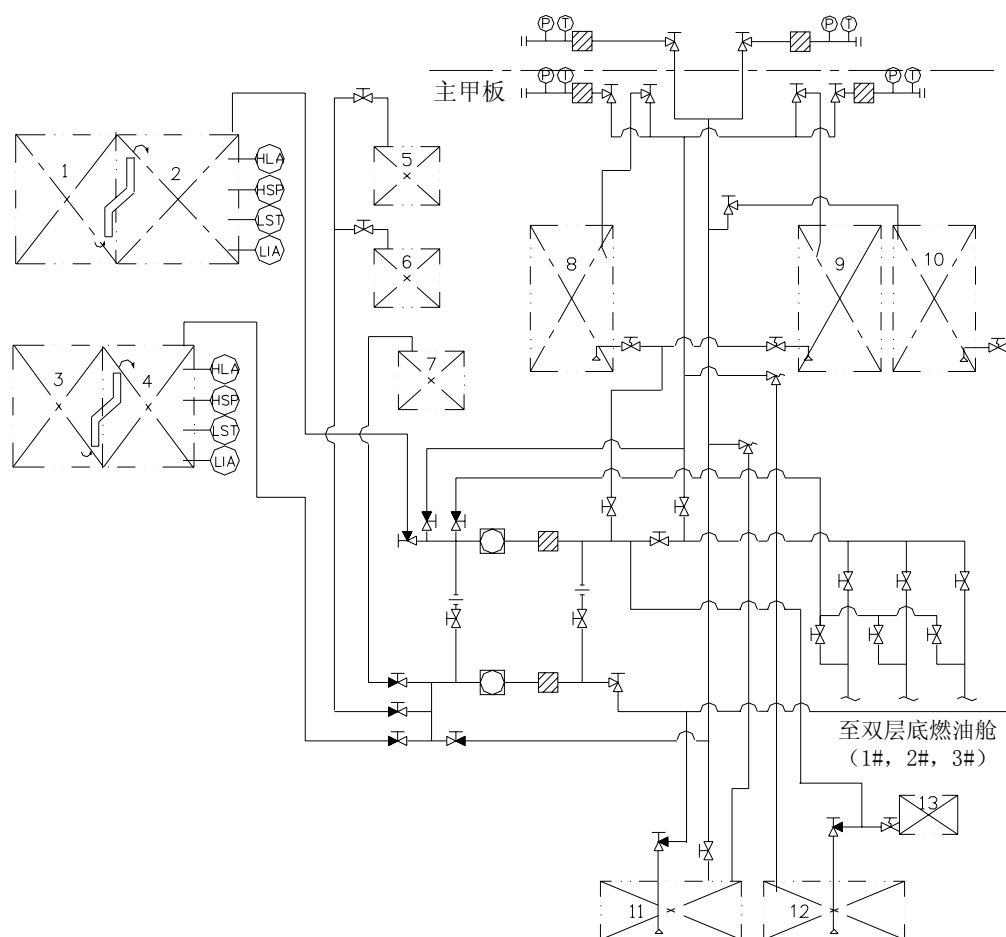


图5.1.1 燃油输送和注入系统

1-燃油日用柜；2-燃油沉淀柜；3-柴油日用柜；4-柴油沉淀柜；5-锅炉柴油柜；6-废油柜；7-应急发电机柴油柜；8-燃油深舱（右）；9-燃油深舱（左）；10-柴油深舱（左）；11-双层底柴油舱；12-燃油溢流舱；13-燃油泄放柜；14-燃油输送泵；15-柴油输送泵
从图中可以看出该系统由燃油的注入、燃油的输送两部分组成。

1. 燃油的注入

该船使用的燃油主要是轻柴油和燃料油，故在甲板的左右舷均设有轻柴油和燃油的加油

站，以满足船舶任何一舷靠码头时都能方便地加油的需要。由于采用压力注入法，故在加油站的注入连接管上设有压力表，注入总管上装有安全阀，以防止管路超压。安全阀溢出的油分别泄放到机舱内双层底柴油舱和燃油溢流舱。在注入阀之前还设有滤器，可以过滤掉一部分燃柴油中的杂质。

柴油由甲板两舷的注入阀经注入总管至左柴油深舱和双层底柴油舱。燃油由两舷的注入阀经注入总管引至位于货舱双层底的 1#、2#、3#燃油舱及机舱前部两舷的燃油深舱，燃油深舱的注入阀也设置在加油站内，可在甲板上直接控制加油过程。

燃油的加油总管还与输送泵吸口相连，因而既可以使用供油船的供油泵进行注入，在应急情况下也可以用船舶上自己的输送泵抽吸油驳上的燃油供到各油舱。

2. 燃油的输送

本系统设有柴油输送泵 15 和燃油输送泵 14 各一台，进出口连通，可以互相备用。连通管上设有隔离阀和双孔法兰，平时为常闭状态。故一般情况下，两台泵通过各自的管路负责柴油和燃油的输送任务，只在应急情况下才会通过连通管路作为各自的备用泵。

燃油输送泵功能之一是能将燃油深舱的燃油驳至双层底燃油舱的任一舱内，或完成双层底燃油舱各舱之间的驳运。之二是将各燃油储存舱内的燃油通过注入总管从甲板排出。之三是将燃油输送至燃油沉淀柜，经沉淀和分油机分离后排至燃油日用油柜，再供给各用油设备。燃油沉淀柜上设有四只液位开关，其中有二只（高位停泵 HSP、低位开泵 LST）控制输送泵的自动起停，使燃油沉淀柜的注入实现自动控制。另外二只为高液位 HLA 和低液位 LLA 报警。油柜内还设有加热盘管，柜上设有温度计和高温报警传感器（图中未标出）。沉淀柜与日用柜间设有内置式溢流管，只允许燃油从日用柜溢流至沉淀柜。为了防止倒流，沉淀柜上设置的溢流管要低于内置式溢流管的最高点。另外燃油输送泵还能将燃油泄放柜和溢流舱内的燃油抽出，排至指定的油舱或甲板。

柴油输送泵功能与燃油输送泵相似。可以将柴油输送至应急发电机柴油柜、锅炉柴油柜、废油柜、柴油沉淀柜以及通过注入总管从甲板排出。应急发电机柴油柜是为应急发电机提供燃料的油柜；废油柜内的废油在焚烧炉焚烧掉，但必须达到一定的含油量才能焚烧，故在必要时必须注入适量的柴油；而锅炉柴油柜为锅炉提供燃料，当锅炉燃烧的主要是燃油时，此柴油柜用于锅炉点火。柴油沉淀柜内的柴油经沉淀和分离后引至柴油日用柜，然后供主机、柴油发电机及锅炉等使用。与燃油沉淀柜一样，柴油沉淀柜上也设有四只液位开关、温度计、高温报警传感器和内置式溢流管，作用也相同。

3. 燃油的净化

由于燃油中具有一定的水分和机械杂质，在使用时必须采取一系列的净化处理，减少这些有害物质的含量，以使其达到用油设备的使用要求。燃料油的净化处理一般包括三个方面，即过滤、沉淀和分离。

(1) 过滤。利用设置在注入口、泵吸入口、油箱出口和设备进口处的滤器将燃油中的颗粒状杂质过滤掉。普通的油滤器已经在第二章中进行过介绍，特种滤器将在系统中作叙述。

燃油在滤器中过滤的速度与过滤面积、滤器前后的压差、燃油的粘度及滤器滤芯的材料有关。过滤面积越大、燃油粘度越低、滤芯的孔径越大，则过滤阻力越小，速度越快。

重要的滤器前后装有压力表或双针压力表。可以根据滤器前后的压力差来判断滤器情况。若压力降超过正常值，则表示滤器已经变脏而堵塞，需要立即进行清洗；若无压力降或压力降过小，则表示滤器的滤网破损或滤芯装配不当，应立即拆卸检查。

(2) 沉淀。沉淀是燃油净化的另一种方法。船上设置的沉淀柜就是利用水和杂质的比重都比油大的特性，将水分和杂质从油中分离出来的。沉淀的时间越长，沉淀的效果也越好。一般要求沉淀的时间不少于 24 个小时。为了去除沉淀下来的水分和杂质，沉淀柜的最低处都装有自闭泄放阀，可以定期打开放泄水分和杂质。为了提高分油效果，沉淀舱内应设有蒸

汽加热盘管，加大燃油的流动性和油、水的比重差。燃油深舱也具有沉淀舱的作用，**故在舱内可以设高、低两个吸口，平时均用高吸口吸油，只有在清理除油脚时才用低吸口。**

(3) 分离。质量较差的燃油经过过滤和沉淀后，还仍有一些水分和较小的颗粒杂质不能除去，不能满足主、辅机的要求，必须进行分离处理。一般采用离心分油机进行分离。它的工作原理是比重不同物质（油、水、杂质），在旋转时所受到的离心力也不一样。比重越大的物质，所受的离心力也大，它离开旋转中心的距离也越远。这样可以把比重大于油的水和杂质清除掉，达到净化的效果。

先进的燃油分油机可以同时将水和杂质分离掉，但是目前船舶上即使采用了这样先进的分油机，也经常使用两台分油机串联进行分离，各担任不同的净化任务，第一台专用于分离水，称为净油机；第二台专用于分离杂质，称为澄油机。同时在管路安排上使两台分油机也能并联运行。

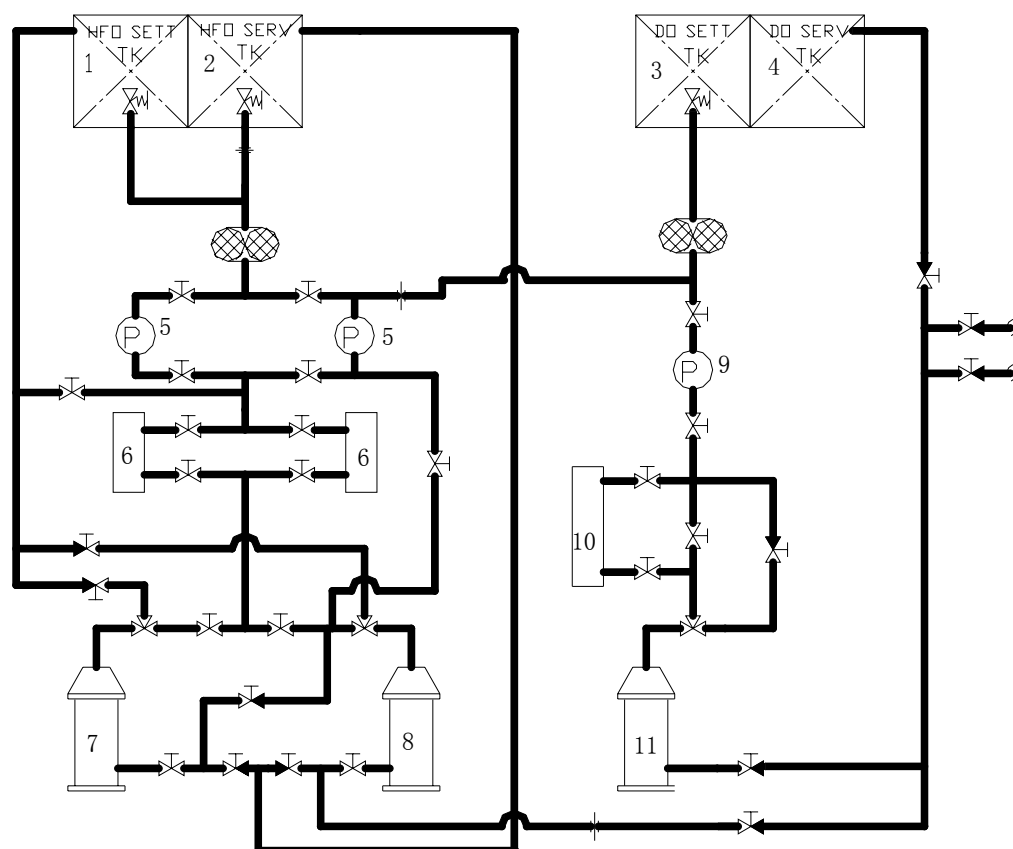


图5.1.2 燃油分油系统图

1-燃油沉淀柜；2-燃油日用柜；3-柴油沉淀柜；4-柴油日用柜；5-燃油分油机供给泵；
6-燃油分油机加热器； 7-1#燃油分油机；8-2#燃油分油机；9-柴油分油机供给泵；
10-柴油分油机加热器；11-柴油分油机

5.1.2 所示为分油系统的简图。燃油分油由两台燃油分油机 7、8、两台分油机供给泵 5、两台分油加热器 6、吸入滤器及管路和附件组成。从燃油沉淀柜（需要时也可从日用油柜来，设有双孔法兰）来的燃油经过吸入滤器，由分油机供给泵送至分油加热器进行加热后，进入分油机。1#与 2#分油机可串联、也可并联运行。**分油机将分离后的净油排至燃油日用油柜。两台输送泵和加热器互为备用。**

本系统还设有一台柴油分油机，可以将柴油沉淀柜的柴油分离后输送到日用柴油柜、应急发电机柴油柜、锅炉柴油柜和废油柜。同时 2#燃油分油机 8 及泵可作为柴油分油机的备用分油机和泵，应急时使用，一般情况下不能连通，故连通管路上均装有双孔法兰。

(二) 燃油日用管系

1. 主机燃油日用管系

(1) 主机燃油日用管系原理

图 5.1.3 所示为采用 B&W 低速大功率柴油机作为船舶主机燃油日用管系统图。由燃油日用油柜 2 或柴油日用油柜 1 来的燃油或柴油经过三通燃柴油转换阀 3，假设现位于使用燃油的位置，则燃油通过双联细滤器、燃油供给泵 4、流量计 6、燃油循环泵 7、雾化加热器 8、燃油自清滤器 9、粘度计 10 进入主机 11。

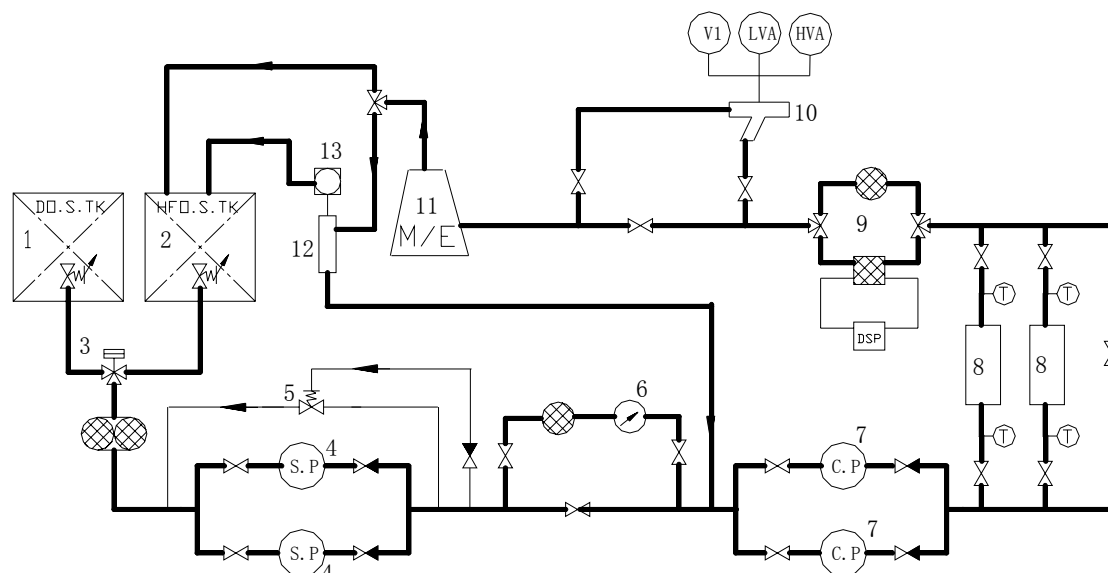


图5.1.3 主机燃油日用管系

1-柴油日用柜；2-燃油日用柜；3-三通燃柴油转换阀；4-燃油供给泵；5-定压阀；6-流量计；
7-燃油循环泵；8-雾化加热器；9-燃油自清滤器；10-粘度计；11-主机；12-回油筒；13-自动除气筒

主机燃油供给泵设有两台，互为备用。在泵的排出端装有定压阀 5，由排出压力控制它的开闭及开启度。当排出压力高于正常工作压力（一般为 0.4MPa）时，定压阀被打开至某一位置，**将部分压力油溢出至油泵吸入端，以维持设定的工作压力**。主机燃油循环泵也有两台，也互为备用。它的进口压力为 0.4MPa，而出口压力为 1.0MPa。**循环泵的排量往往大于主机正常耗油量的几倍，以保证主机正常供油**。多余的油一般通过回油管回到主机燃油回油筒 12 后再接至循环泵的吸入口，也可以通过三通旋塞直接回到燃油日用油柜，不能回至柴油日用油柜。主机燃油循环泵和供给泵均能自动起、停，当其中一台泵在正常运行中出现压力下降时，另一台备用泵能自动起动，达到压力要求后，前一台泵自动停止，同时发出报警信号。**因此四台泵的吸入和排出阀件均应处于开启状态，排出阀均应采用截止止回阀，以防止作无效循环。**

主机燃油回油筒的作用是：①使主机高压喷油泵的高温回油不进入日用油柜，这样不会因日用油柜散热量太多而使机舱温度提高，**同时也节约了能源**。②燃油和柴油相互转换时，由于两种油的温度相差悬殊，为使主机高压油泵不至于因温度变化激烈而发生咬死的现象，必须有一段混用的过程，使温度逐渐升高或降低，逐步替换燃油品种。这时就可以在回油筒中进行两种油的混合。③在回油筒上设有透气阀，它可以保证回油经过时不断地排除燃油中的气体，气体应回至燃油日用油柜，**但回油不能通过透气阀回至油柜。**

流量计的作用是测定主机的耗油量，**由于燃油是一种高温高压的流体**，流量计很容易损坏，所以平时一般不用，**而是从旁通阀通过。同时在流量计前还装有滤器**，以防流量计损坏。

燃油自清滤器能根据滤器前后压力差或设置的定时器自动进行对滤网的清洗工作。其工作原理在第二章已介绍过。此自动滤器还带有旁通滤器和**高压差报警装置**。

(2) 燃油粘度的自动控制

燃油粘度控制可以通过温度控制来实现，但不同品种的燃油，甚至相同品种、牌号的燃油要达到相同的粘度时，其加热温度是不一样的。因而实际操作是很困难的。所以目前均采用粘度控制的系统，而不是温度控制。

粘度计及其系统的作用就是实现自动控制燃油的粘度。粘度计主要有毛细管式和摆动槽针式两种，船舶上使用得比较多的为毛细管式，其工作原理见图 5.1.4 粘度计结构原理图。燃油经过粘度计时，粘度计内部的恒流量油泵 1 从油流中吸取少量燃油送入毛细管 2。由于毛细管 2 的直径较小，而通过它的油量是恒定的，流动的燃油在毛细管两端形成压差。压差与燃油的粘度成正比。毛细管两端的压差信号传递到调节器，即能测出燃油的粘度。

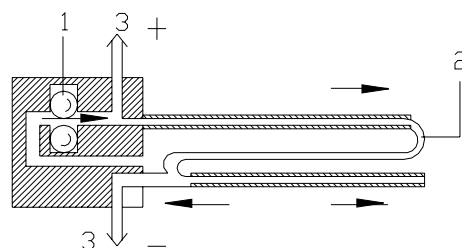


图5.1.4 粘度计结构原理图

1-恒流量齿轮油泵；2-毛细管；3-毛细管前后接管

5.1.5 所示为 VAF 型燃油粘度自动控制原理图，采用的粘度计是毛细管式的。它主要由薄膜控制阀 1、粘度控制器 3、粘度计（由件 4~11 组合而成）、三通活塞阀 13、三通电磁阀 14、柴油-燃油转换开关 15、自动/手动选择器 17 等组成。

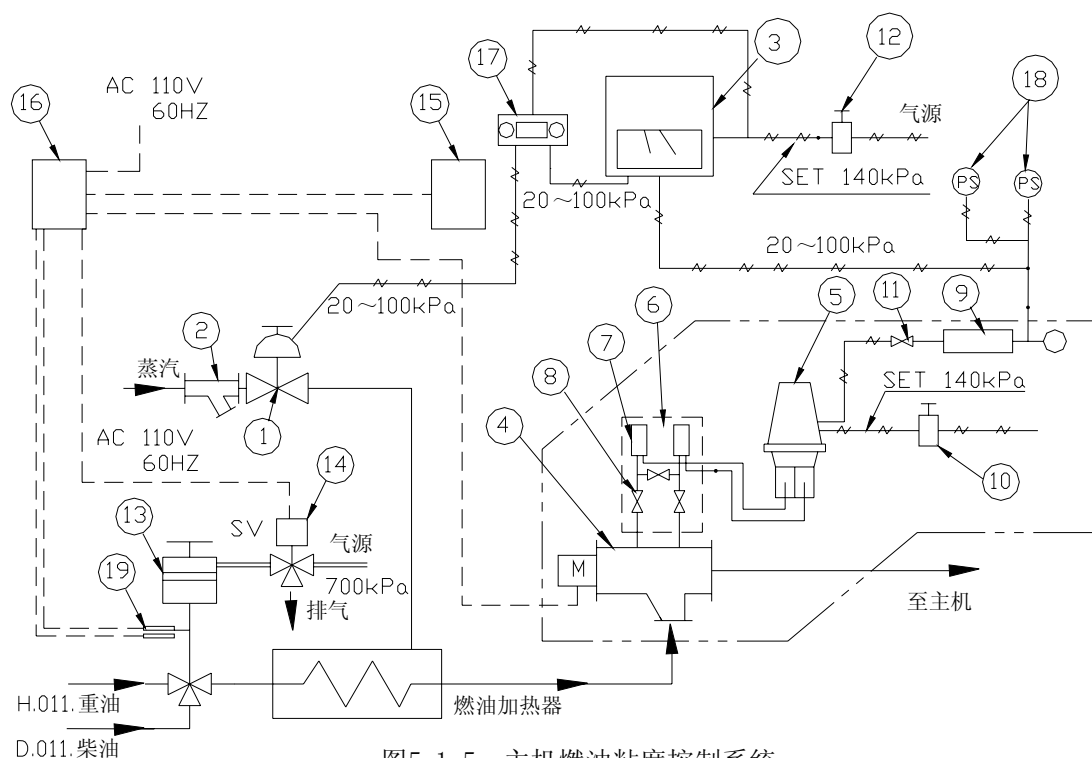


图5.1.5 主机燃油粘度控制系统

1-薄膜控制阀；2-蒸汽过滤器；3-粘度控制器；4-粘度检测器；5-差压变送器；6-油分离器；
7-平衡阀（常关）；8-截止阀（常开）；9-气容；10、12-带过滤器减压阀；11-针阀；
13-三通活塞阀；14-三通电磁阀；15-柴油/燃油转换阀；16-继电器箱；
17-自动/手动选择器；18-压力开关；19-限位开关

其工作原理如下：燃油通过三通活塞阀（即燃柴油转换阀），燃油加热器、粘度计后进入主机。燃油通过粘度检测器 4，测得毛细管两端的压差，此压差信号进入差压变送器 5，使油的差压信号变成气压信号，此气压信号通过起缓冲作用的气容 9 至粘度控制器 3，指示出燃油的粘度，与设定值比较。当两个值相等时，即燃油的粘度与设定值相符，则系统稳定，

即加热蒸汽用的薄膜控制阀的开度不变；当燃油的粘度大于设定值时，粘度控制器 3 输出加大的气压信号，通过自动/手动选择器 17（此时在自动位置）进入薄膜控制阀的上部，使阀的开度增大，增加进入加热器的蒸汽量，以降低燃油粘度，以达到测量值降回到设定值；当燃油粘度小于设定值时，通过粘度控制器的调节使输出气压信号减小，蒸汽薄膜控制阀关小，减少进入加热器的蒸汽量，使燃油粘度增大，以达到测量值上升到设定值，一直到系统稳定为止。

船舶在起航、停泊和进港时经常要进行轻重油的转换。如轻油转换成重油，重油的油温要达到 $120^{\circ}\text{C}\sim 150^{\circ}\text{C}$ ，对主机来讲，高压喷油泵的柱塞偶件间的间隙很小，如温度突变，将会发生油头油泵咬死的故障。所以转油时必须逐渐加温，加温的速度一般为 $2^{\circ}\text{C}/\text{min}$ 左右。要使燃油逐渐加温，则必须将自动/手动选择器 17 转入“手动”位置，通过手动调节来控制薄膜阀开度增加的速度，达到逐渐加温的目的。到温度达到 $70\sim 80^{\circ}\text{C}$ 时，将柴油-燃油转换开关 15 转到燃油位置，三通活塞阀同时转换到燃油位置，柴油转换成燃油。但此时的粘度会逐步上升，当粘度值超过设定值时，仍由手动控制薄膜阀逐步开大，直到粘度值接近设定值后，再将自动/手动选择器 17 转换到自动位置。由燃油转换到柴油也一样操作，只不过是逐步降温而已。

粘度计内的恒流量油泵由柴油-燃油转换开关 15 控制，当它转到燃油位置时，油泵立即起动，发出压差信号。当转到轻油位置时，延迟 $30\sim 60\text{min}$ （可调）停止运转，目的是将粘度计中的剩余燃油换成柴油。

2. 柴油发电机燃油日用管系

柴油机发电机燃油日用管系的原理与主机基本相同，不同之处一是柴油发电机一般有二台或三台，所以从粘度计出来后的管路要分成几路分别供到每台柴油发电机。二是柴油发电机初始起动时柴油的来源要依靠重力供油，所以一般都有一路管子直接从日用油柜接至柴油发电机的进口三通阀。或者要依靠专门的气动泵供油。

柴油发电机燃油系统由三通转换阀至粘度计的所有设备和管路，在大型船舶上一般都已实现模块化，由专业化的工厂进行制造和装配，船厂负责模块与柴油机、油柜之间的管路及阀件的安装工作。主机燃油日用系统也有组成模块的，也有主辅机合在一起组成模块的例子。

四、燃油管系布置的原则和安装技术要求

1. 布置原则

(1) 燃油系统应保证在任何工况下都能正常地为柴油机或其它用油设备供应燃油，为此，它的布置原则应保证船舶在较长时间内横倾 15° 和纵倾 15° 的情况下，整个系统都能正常工作。

(2) 燃油输送泵、燃油供给泵、燃油循环泵（增压泵）均应有一台备用泵，为主、辅机服务的泵还应具备自动转换的功能。

2. 安装技术要求

(1) 所有双层底以上的燃油舱柜，其供油管上的任何阀件均直接安装于舱柜壁上，并采用可以遥控关闭的速关阀。

(2) 燃油管路必须与其它管路隔绝，同时应尽量敷设在便于拆装、检修的位置。

(3) 所有油管、油柜不准装在柴油机、排气管、消音器、锅炉及烟囱、发电机和配电板等电器设备的上部，以免漏油而发生火灾。同时也不准装于房间的上方天花板或围壁板内，以免溢出的油气散发在室内，有碍于卫生和引起火灾。无法避免时，应无可拆接头或设有专门的聚油盘和排油设施。

六 日用蒸汽及凝水系统

一、蒸汽的用途

内燃机动力装置船舶的蒸汽主要用于主机起动时的暖缸、燃油和滑油舱柜加热、分油时的加热，海底门、污油柜等冲洗及生活上取暖、厨房炊事、加热热水、加热饮用水等。一般要求蒸汽压力不超过 0.8MPa 的饱和蒸汽。锅炉的蒸发量可随船舶的大小和主机的功率而定。

内燃机动力装置的油船上，除上述用途外，还要求用过热蒸汽加热或清洗货油舱，其货油泵一般均由蒸汽透平驱动，因而蒸汽需要量较大，蒸汽的压力也比一般货船要求高，例如某 70000 吨级油船的锅炉总蒸发量为 46 吨/时，设计压力为 1.8MPa。

如果船舶采用汽轮机作为主推力装置，则蒸汽系统称为主蒸汽系统，我们将在 LNG 船专用系统中叙述。

二、日用蒸汽系统的组成

日用蒸汽系统由日用蒸汽系统、凝水系统和锅炉给水系统等几个子系统组成。

日用蒸汽的一个主要用途是对液体舱柜进行加热，但对液体舱柜加热的介质也可以采用热水、蒸汽、热煤油和用电加热。这儿仅介绍蒸汽加热。

蒸汽对液体舱柜加热的方式可分为整体式、局部式和混合式。

整体式为整个油舱设加热盘管，适用于储存粘度比较高的燃油舱柜和滑油舱柜。

局部式则只在吸口周围设加热盘管。适用于储存粘度不高的液体舱柜。如重柴油舱，只在吸口处设盘管，以便输油泵能正常吸油。

混合式为既设整舱的盘管，又设吸口附近的盘管。这种方式适用于如果只采用整体式或局部式加热系统均不能保证油泵正常工作的情况，或为适应不同工况下，可采用较灵活的加热方式。例如主机滑油循环舱就采用混合式，正常运行时仅吸口处加热即可，待机时间较长后再起动主机前应采用整体加热。

1. 日用蒸汽及凝水系统

图 3.6.1 所示为典型的蒸汽及凝水系统示意图。锅炉产生的蒸汽经主蒸汽阀通过蒸汽总管和支管引至各个用汽设备。有些船舶还设有蒸汽分配集管，由它将蒸汽分配到各个用汽设备。蒸汽在各个用汽设备中放出热量并冷凝成凝水，汇集到凝水总管（或集合管内），在蒸汽压力的作用下，经阻汽器回至大气冷凝器、凝水观察柜，最后回至凝水柜（热井）。也可直接回凝水观察柜，有时凝水观察柜与凝水柜还组合在一起。凝水柜内的凝水被锅炉给水泵抽出，经给水阀打入锅炉，完成了汽—水循环工作回路。图中阀件与附件均未画出。

采用分配集管和凝水集合管是为了便于集中控制，但往往管路较多。集管的设置应根据用汽设备和管路的布置情况而定，一般在机舱内分层和分左右舷设置。

该蒸汽系统的工作压力为 0.7MPa，但有些用汽设备如热水柜、舱底水分离器、造水机（制淡装置）、机舱集控室小空调、海水门冲洗等使用的蒸汽压力为 0.3MPa，故在分总管上还需设置 0.7MPa~0.3MPa 的减压阀组。减压阀组一般由减压阀、Y 型滤器、隔离阀、旁通阀、压力表等组成。旁通阀的作用是当减压阀损坏修理或更换时，保持蒸汽的畅通。

目前船舶上一般均设有废气锅炉或废气—燃油混合锅炉，正常航行时利用主机的废气加热淡水产生蒸汽，基本上能满足日常的使用要求。但当蒸汽使用量小于锅炉的蒸发量时，多余的蒸汽必须处理掉，否则会引起锅炉内的蒸汽压力不断升高，发生危险。因此在锅炉主蒸汽阀出口的管路上设有一只过量蒸汽阀。当蒸汽压力超过设定的压力时，该阀就打开将多余蒸汽引至大气冷凝器冷却后回至凝水柜，确保系统的正常工作。

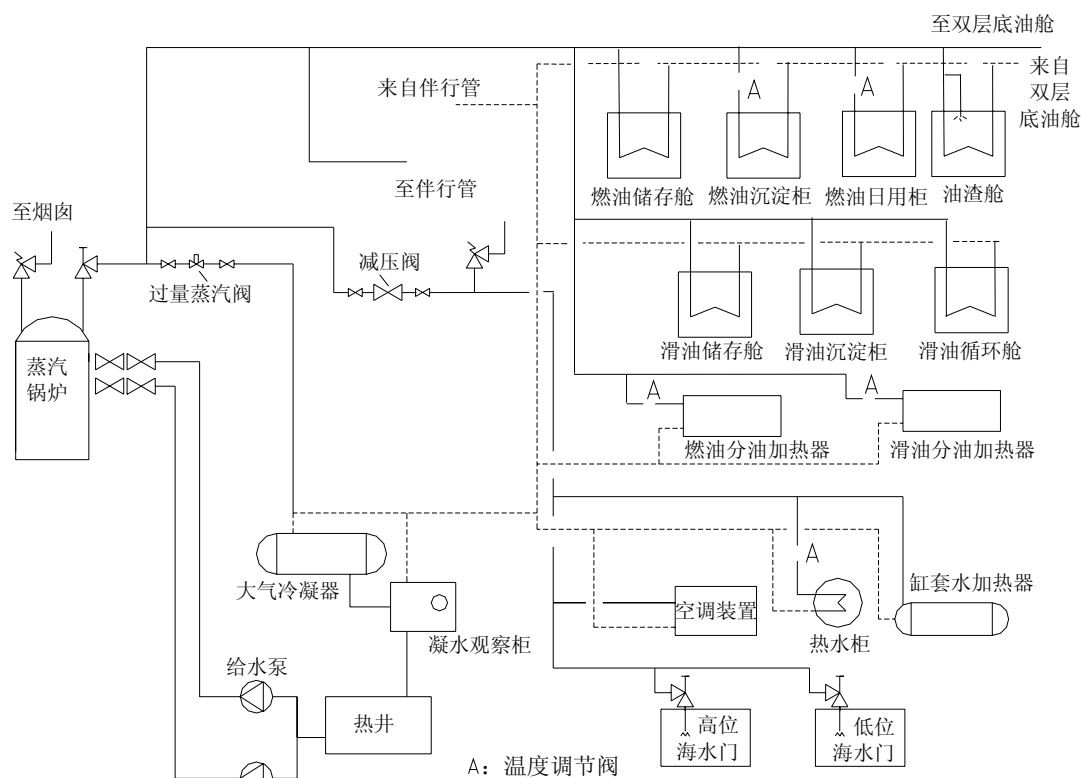


图3.6.1 典型的蒸汽及凝水系统示意图

2. 蒸汽及凝水系统的主要设备和附件

内燃机船舶的蒸汽及凝水系统的主要设备和附件主要有以下几种：

(1) 辅助锅炉（付锅炉）

凡是内燃机船舶所设置的锅炉一般均称为辅助锅炉或付锅炉，以与主锅炉相区别。付锅炉按加热的热源不同可分为燃油锅炉、废气锅炉（也称为废气经济器）和燃油—废气混合锅炉三种。按外形分有立式和卧式两种，按内部结构形式又可分为水管式和烟管式。

① 燃油锅炉

燃油锅炉的燃料可以是轻柴油（轻油）、重柴油或燃料油（重油）。目前大型船舶的锅炉仅在点火时和在需长期停炉时使用轻油，其他时间均使用重滑动。

燃油锅炉由本体、炉膛、炉门、火砖、炉管、烟管、烟囱、蒸汽阀、空气阀、给水阀、安全阀、水位表、泄放阀及自动控制装置等组成。炉门上装有锅炉燃烧装置。图3.6.2为立式燃油锅炉结构示意图。

② 废气锅炉

废气锅炉的加热热源是利用柴油机（主机）的排气（350~400℃）来加热水和产生蒸汽。由于是利用废气加热，不需装设炉膛、燃

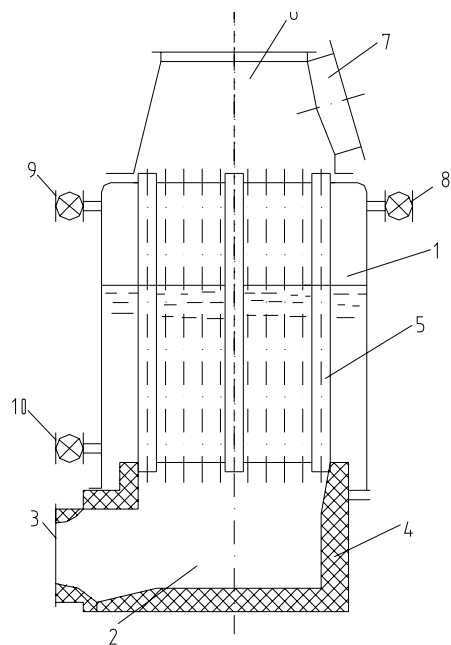


图3.6.2 立式燃油锅炉结构示意图

1-锅炉本体；2-炉膛；3-炉门；4-火砖；5-炉管；6-烟管；7-烟囱；8-蒸汽阀；9-空气阀；10-给水阀；

烧室等，故较为简单。为了保证锅炉的正常而安全地运行，它也装有一般锅炉所设的附件和自控装置。

③ 燃油—废气混合锅炉

即燃油锅炉和废气锅炉合并为一只混合式锅炉。它的优点是船舶一般只要设置一台锅炉即可，节约了机舱的空间，减少了运行管理的工作量，缺点是结构相对比较复杂。

(2) 凝水柜

凝水柜也称为热井。凝水柜的作用是调节水量和必要时对给水加热。在实际运行中，从各个用汽设备流出的凝水，由于管路的泄漏和用汽设备的突变，总是和需要送入锅炉的给水量不平衡，这时凝水柜就起到了调节水量的作用。凝水太多时，就贮存在凝水柜中；凝水太少时，则由淡水压力柜通过补充水阀自动补给凝水柜。

图 3.6.3 所示为典型的热井结构图。它由凝水观察柜和凝水柜两部分组成，从用汽设备来的凝水先进入观察柜，随后通过内部的溢流管流至凝水柜的过滤空间，此处装有盖板和过滤装置，一般由滤板和丝瓜筋、泡沫塑料或焦炭组成，用来吸附凝水中的油污和垃圾杂物。

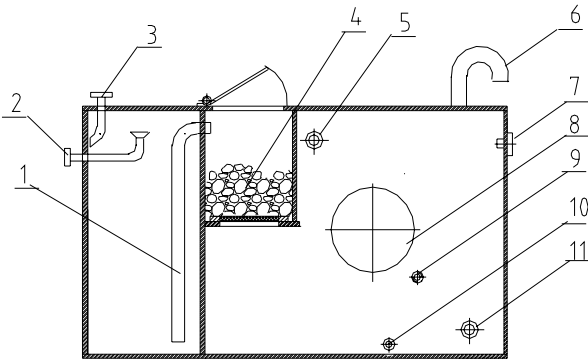


图3.6.3 热井

1-内部连通管;2-撇油管;3-凝水回水管;4-过滤物;5-溢流管;
6-空气管;7-补充水管;8-人孔;9-温度计接口;10-泄放管;11-给水管

观察柜的一侧装有观察窗，可随时检查凝水中是否含有油污，以判断油舱加热管路是否发生泄漏，同时凝水中含有油料会使锅炉发生危险。

热井上一般还装有凝水进水阀、出水阀、空气管、水位计、自动和手动补充水阀、加热盘管、高、低水位报警装置、温度计、盐度计、泄放阀、溢流管等。

(3) 阻汽器

图 3.6.4 为热动力式阻汽器。阀盖 5 和阀体 2 用螺纹连接。阀盖和阀片 6 之间是变压室 4，阀座 8 上开有环形水槽 7，环形水槽下面有一条泄水孔 3 与阻汽器的出口相通，用销钉与阀体固定。

当凝水从阻汽器的进口流入后，由于变压室 4 蒸汽的凝结和泄漏，压力逐渐下降，当阀片 6 下面的力大于阀片上面的力时，阀片即迅速开启。由于水的重度大、粘滞系数大、流速较小，加之结构特点，阀片能保持微量开启状态，凝水从环形水槽 7 的泄水孔 3 流出阻汽器。如果蒸汽流入阻汽器，由于蒸汽的重度小、粘滞系数小、流速大，使阀片与阀座间造成负压，。

同时蒸汽又容易通过阀片与阀盖的缝隙流入变压室。当阀片上面的力大于阀片下面的力时，阀片就迅速关闭，从而阻止了蒸汽向外流出。变压室中的蒸汽由于散热而逐渐冷却。致使其压力也不断下降，当凝水再次进入阻汽器时，便重复了以前的工作过程。阻汽器下部滤器 1 的作用是过滤蒸汽中的杂质。

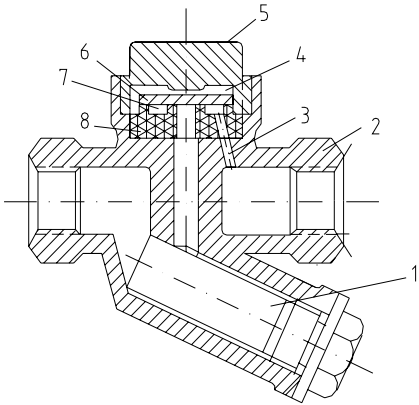


图3.6.4 热动力式阻汽器

1-过滤网;2-本体;3-泄水孔;4-变压室;
5-阀盖;6-阀片;7-环水槽;8-阀座;

(4) 大气冷凝器

其作用是冷却过量蒸汽成凝水和将凝水冷却到一定温度，如有少量的蒸汽回至大气冷凝器也被冷凝成水。

3. 给水系统

热井中的凝水经过给水泵送入锅炉。通常系统中装有两台给水泵，互为备用。给水泵前装有流量计和盐度计（也可装在热井上）。流量计用来测量锅炉的蒸发量，以确定锅炉的工作是否正常。盐度计用来测量给水中的含盐量。给水中盐份过高会缩短锅炉的寿命和降低锅炉的工作效率。

在给水管路上还并联有一只化学药剂柜及泵组，其作用是使进入锅炉的淡水质量附合规格书上的技术要求，确保锅炉的正常工作。因而对进入锅炉的水进行一定的处理，例如软化处理等。另外锅炉使用一段时间后还需要进行化学清洗，也可通过在药剂柜内投药和用泵组循环进行清洗。

锅炉给水泵一般采用旋涡泵。这种泵的叶轮直径小，结构简单紧凑，适用于输送排量小和压力较高的清水场合。由于锅炉给水泵输送的为温度较高的热水，故泵轴的密封结构要适应温度的变化，密封材料也有特殊的要求。给水泵的控制方式有两种，一是由锅炉水位控制，高水位时泵自动停止，低水位时泵自动起动；二是由锅炉给水压力控制。锅炉燃烧时，水泵也一直在运转，当锅炉内压力低于设定压力时，给水泵将水压入锅炉内；当锅炉内压力达到压力控制阀设定的压力时，该阀就打开，使给水泵排出的水通过压力控制阀回至热井。

三、暖气管路的布置和安装

船上暖气管路的布置方式按照蒸汽引入取暖器及凝水从取暖器流出的方式不同，可以分为单管式和双管式。

1. 单管式暖气管路

单管式暖气管路如图 3.6.5 所示。取暖器的蒸汽供给和凝水排出都接在一根公共总管上。新蒸汽由蒸汽分配集管依次进入取暖器 9。由于从前一个取暖器出来的蒸汽和凝水并入了同一根管路，因此当再次进入下一个取暖器时的蒸汽温度有所降低。所以距离蒸汽分配集管越远的取暖器的传热效率就越低。

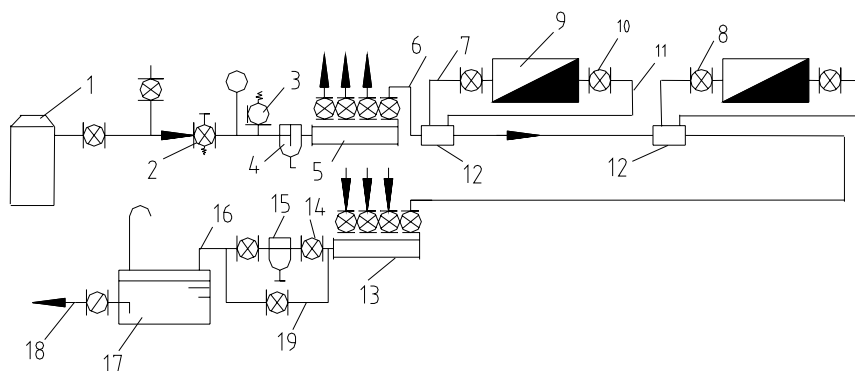


图3.6.5 单管式暖气管路

1-锅炉;2-减压阀;3-安全阀;4-汽水分离器;5-蒸汽分配管;6-蒸汽分总管;
7-蒸汽支管;8、10、14-截止阀;9-取暖器;11-凝水排出支管;12-抽射器;
13-凝水集合管;15-阻汽器;16-凝水总管;17-凝水柜;18-至给水泵管;19-旁通管

为了促使凝水容易从取暖器排出，在取暖器的进汽管和出汽管之间设置抽射器 12。它布置在低于取暖器的位置，这样可以使管路工作可靠。抽除器的结构如图 3.6.6 所示

蒸汽和凝水混合汽水进口管 1 是个截面逐渐缩小的喷管，在它的管侧壁开有接入取暖器进口的接头 2。在进口管的后端是抽射器出口管 4，在其侧壁开有接入取暖器出口的接头

3. 混合汽经过截面逐渐缩小的进口管以后, 压力逐渐减小, 流速逐渐增加能在取暖器进出管路之间形成 100mm~600mm 水柱的压差, 通过出口管把取暖器内的蒸汽和凝水抽出。

在单管布置的管路中采用抽射器, 可以在管路内得到大致相等的蒸汽温度和压力, 克服了单管暖气管路的效率愈到后级愈低的缺点, 使采用的取暖器都做面相同的散热面积。

单管式暖气管路的优点是布置简单、重量轻。

2. 双管式暖气管路

双管式暖气管路如图 3.6.7 所示。双管式暖气系统装有凝水管, 蒸汽经散热后的凝水都在凝水管中排除, 每一散热器供给的都是新蒸汽。因此, 散热效率高。但这种装置附件较多, 成本高。

在图 3.6.7 中, 供暖设备的蒸汽, 沿蒸汽主管 1 流动供给每一肋片散热器 3。肋片散热器中蒸汽经散热后便成凝水回到凝水柜后再抽入锅炉加热成为蒸汽。

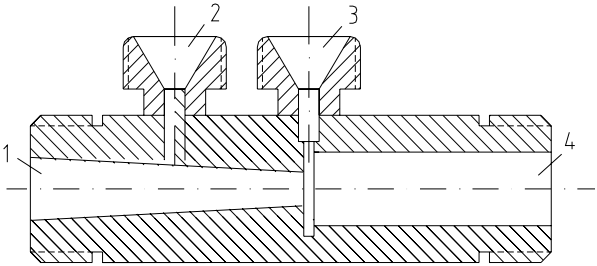


图3.6.6 抽射器

1-混合汽水进口管;2-混合汽水进取暖器接管;
3-凝水自取暖器出口接管;4-抽射管出口管

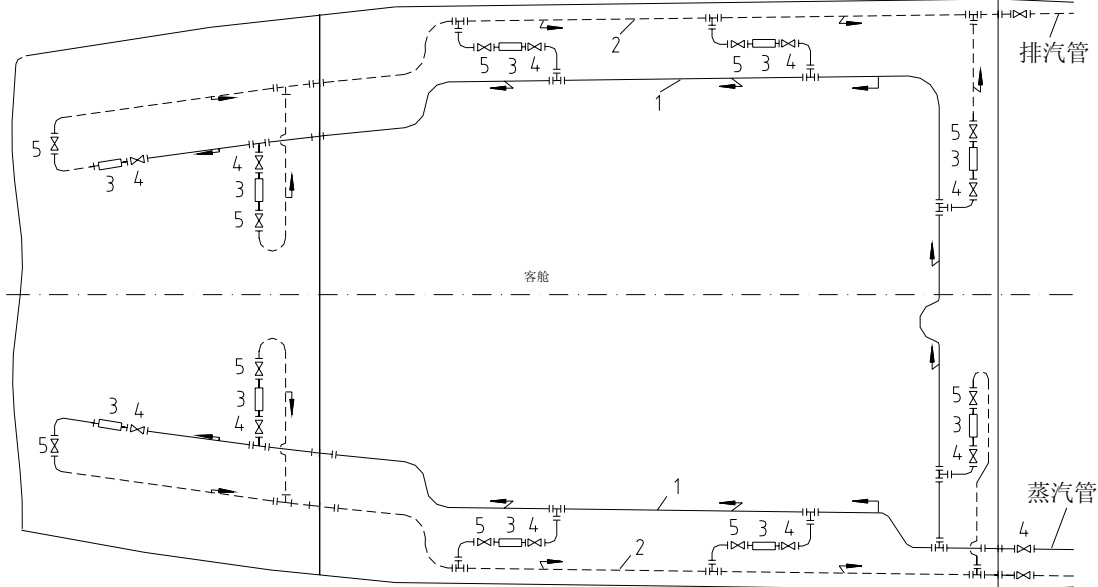


图3.6.7 双管式暖气管路

1-蒸汽主管;2-凝汽主管;3-肋片散热器;4-截止阀;5-封闭阀

图 3.6.8 为封闭阀示意图, 封闭阀装在散热器出口处, 相当于一只止回阀和阻汽器。

图 3.6.9 为肋片式散热器示意图, 它的作用是增大散热面积, 提高热效率。

3. 对暖气管路装置的技术要求

- (1) 总管不宜布置在货舱内, 因为如系统发生泄漏, 货物则遭受损失。
- (2) 管路布置应避免有下陷管段, 必须有下陷的管段时, 或在船艏、艉处离锅炉最远的取暖器, 在其适当的管路上均宜安装放水旋塞, 以便开始使用和停止使用时, 放出管路中的凝水, 防止水击和冻结所引起的管子损失。
- (3) 蒸汽管路必须作绝热包扎, 通常包敷一定厚度的陶瓷玻璃棉或矿棉后, 外再包一层帆布。凝水管路不需作绝热包敷, 但为了避免烫伤人员, 可包敷一层或二层帆布。
- (4) 为了便于控制, 由分配集管分出的各根干管, 必须装置截止阀和注明甲板层或舱室名称。

- (5) 为了防止管子因受热膨胀而破坏连接的紧密性，必须在适当的地方装置弯管式膨胀接头。膨胀接头宜水平或向上装置，防止积水和阻止水流。
- (6) 蒸汽管和给水管采用无缝钢管，凝水管可采用无缝钢管或黑铁管。

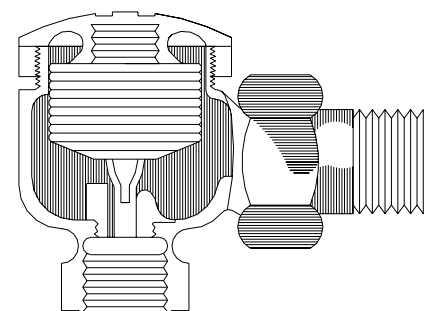


图3.6.8 封闭阀

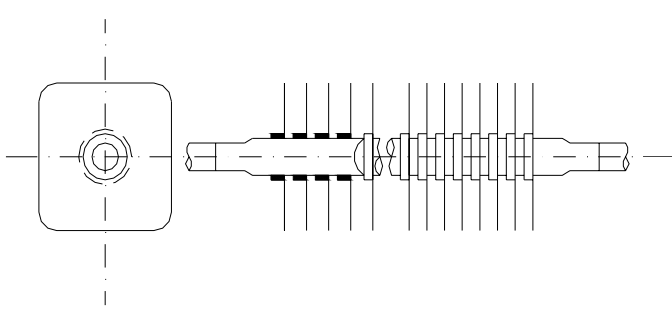


图3.6.9 肋片式散热器

八 疏排水及生活污水系统

船舶疏排水系统及生活污水系统是保持乘员正常生活的重要系统。它不仅与生活紧密相关，而且涉及船舶的安全。它是用来排除便器、洗脸盆、浴室、厨房以及甲板、平台等处的污水。它包括 3 个子系统：**露天甲板疏排水系统、舱室疏排水系统和生活污水系统。**

疏排水系统及生活污水系统的布局是否合理、管路是否畅通与舱室的总布置有很大的关系。对卫生间，尤其是卫生单元的布置，希望在上下层甲板的位置尽可能大致对齐。因此，在设计时应就舱室的实用舒适、结构强度的坚固以及船舶管系的合理性进行统筹考虑。

一、露天甲板疏排水系统

甲板疏排水系统主要用来排泄雨水、冲洗甲板的水以及其他原因落到甲板和平台上的水。包括遮阳甲板上所有露天甲板及通道，都应设置甲板排水口。

甲板排水口的数量、位置以及排水管管径应根据甲板面积的大小以及水流的流向而定。一般先估算出甲板的面积，然后除以一个排水口的允许甲板排水面积，即可得出需要设置的排水口数量。排水口的纵向间距一般为 5m~15m，小型船舶不宜过大。如果下层甲板的排水口兼作上一层甲板排水用，则下层甲板的排水口排水面积应适当考虑上一层甲板的排水面积。甲板排水管管径与允许甲板排水面积见表 3.5.1。

表 3.5.1 甲板排水管管径与允许甲板排水面积

公称直径 mm	40	50	65	80	100	125	150
允许甲板排水面积 m²	20	45	90	140	290	500	780
注：上述数据是以降雨量 100mm/h 为依据							

通常露天甲板排水管管径的确定仅考虑雨水、冲洗水的排出，而不考虑甲板上浪的大量舷外水。露天甲板排水管管径的推荐值见表 3.5.2。

表 3.5.2 露天甲板排水管管径的推荐值

区 域	公称直径 mm
烟囱顶部	32~40
罗经甲板、驾驶甲板、船长甲板、艇甲板、游步甲板	40~65
起居甲板	65~80
首楼甲板、尾楼甲板	80~100
上甲板、飞行甲板、易于上浪的首楼甲板	80~150

图 3.5.1 为某船的甲板疏排水管路简图，从图上可以看出，**高于载重水线的甲板和平**

台上的水直接排至舷外，低于载重水线的甲板和平台上的水则排至舳水沟或污水井。甲板疏水管路及排水口的布置要求如下：

1. 甲板排水口位置的布置，要求船处于正常状态和倾斜时，都能及时排出甲板上各种不同来源的积水。一般布置在该层甲板四周的低凹处。对于尾机型船舶来说，由于其呈尾倾，因此排水口应靠后布置。

2. 甲板疏水总是由上一层甲板流向下一层甲板，为了避免各层甲板上的泄水到处流淌和保证排水畅通，各层甲板的疏水管应大致布置在船舷同一个垂直位置。排水管的布置还应避开舷窗、舷梯及救生艇收放以及吃水标尺范围。

3. 排水管尽量为直管，尽可能利用船体结构得到隐蔽，宜沿船舷支柱敷设，甚至利用疏水管作为船舷的支柱。管子的上端部甲板处设置格栅或一般的落水口，见图 3.5.2(a)所示。

4. 因船体结构或舾装设备使排水水流阻断处，应加设合适的排水口，或在肘板、基座底部开适当的疏水孔。

5. 对于狭长或局部低凹区域可以涂敷水泥，以利排水。排水口不宜设置在人员走动多的地方。

6. 对于可能有油类或有害液体滴漏至甲板从排水管流至舷外者，排水口应配有罩盖或堵塞，必要时可关闭排水口。

1. 载重水线以上甲板疏排水管舷外排出口一般距载重水线高度为 400mm ~1200mm。

2. 为了节省管子和减少船旁的开口数量，甲板疏排水管也可与舱室的疏排水管连接，但要防止污水倒流冒出。甲板疏排水管之间也可并接，但应采用斜接的形式。

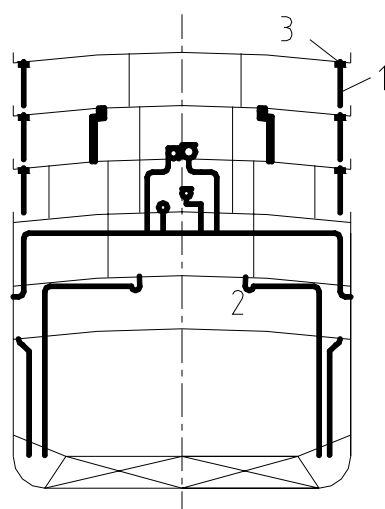


图3.5.1 甲板落水管路简图

1-落水管;2-虹吸管;3-落水漏斗

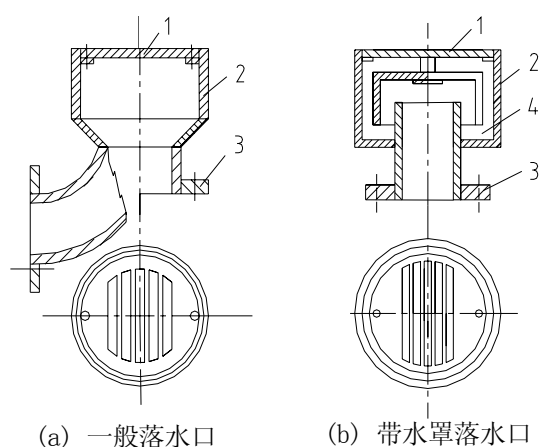


图3.5.2 落水口

1-格栅; 2-本体; 3-法兰; 4-积水罩

二、舱室疏排水系统

居住区域内各舱室需设置疏水管或排水口的场所有：

1. 设有洗涤用水器具的房间；
2. 走廊，尤其是面临露天甲板的通道；
3. 厨房、配膳间、餐厅、蒸饭间、沸水器和咖啡器室（或沸水器周围槛内）、淋浴室、游泳池更衣室、洗衣间、烘衣间、运动健身房及其他可能积水的房间；
4. 冷藏库、空调机室、冷冻机室、货物控制室、舵机舱、锚链舱、帆缆舱及有可能造成积水的工作舱室；
5. 舱室夹层、室顶或木作夹层有凝结水处。

对于医疗室或病房的地面排水以及该室内的浴缸、脸盆等的疏水归入生活污水系统，并排到生活污水处理装置。

舱室疏排水系统布置原则和安装技术要求：

1. 舱室疏排水管路因为水平向干管与无水封的地面排水口直接接通，所以不必设置透气管。如果整个管路系统会形成憋气，则在憋气处设置Φ32mm 或Φ40mm 的透气管。

2. 疏排水舷外排出孔开口应避开船体焊缝、吊放舷梯和救生艇的区域、舷窗、观察吃水用软梯位置以及干舷标记、船名等位置。

3. 水平向管路按规定斜度敷设，在可能堵塞的弯角处或合适的管段处需设置清扫旋塞，周围并留有一定的空间，以便疏通管道。

4. 水平向的管路不宜过长，应尽可能短。

5. 在装货处所如有可能受到损伤，管子需加护罩。

6. 舱室疏水管路不得与生活污水管路连接，否则臭气会进入管路所通往的舱室内。

7. 舱室疏水管路不得通过油舱或淡水舱。无法避免时，通过油舱或淡水舱的疏水管管壁应加厚，管壁厚度至少应与该处外板厚度相同，但不必大于 19mm，并不得有可拆接头。通过油舱的疏排水管外表面不得镀锌。

8. 疏排水管一般不得穿过水密舱壁，除非经船级社同意。

9. 疏排水管路不应通过冷藏库，如果无法避免时应布置在库内温度较高的部位，管径适当放大，管路外面包扎隔热物。鱼、肉冷藏库的排水口应附加木塞，并可关闭。蔬菜冷藏库的排水口应设有关闭装置并设有水封。设水封的落水口见图 3.5.2(b)

10. 同一层舱室的疏水管可以接至干管后排出。上、下层疏水管连接时应遵循以下原则：应防止上一层疏水的倒流冒出；对于水量较多的场所、器具应通过两层甲板后再与垂直干管相连接；对于水量特别大场所（如游泳池）应直接排舷外。

11. 锚链舱的积水可用手摇泵或喷射泵排出；舵机舱的积水可用管路穿过机舱后壁排至轴隧或后污水井，但在机舱后舱壁处必须设置由延展性好材料制成的自闭式截止阀；机舱平台通常也设置一定数量的排水口，直接排至舱底。

水平疏排水管路的倾斜度为：流向舷侧和尾部的管路一般略大于 1/50；流向首部的管路，当船的尾纵倾不超过 2 度时，一般略大于 1/20。水平走向管路的倾斜度不是越大越好，它应该采用适当的数值。如果倾斜度太大，管内污水很易排干，污水中的固态物易在管中沉积而堵塞管路；如果倾斜度过小，虽然管内能保持一定的水深，但流速缓慢挤压污物的能力减弱也易堵塞管路。

舱室的地面排水管管径的选用可参照表 3.5.3。

表 3.5.3 舱室的地面排水管管径的选用 单位：mm

场 所	公称直径	场 所	公称直径
公共浴室、淋浴间	40~80	洗脸间、餐厅、配膳间等	50
厨房、洗衣室、游泳池更衣室	40~65	其他需排水舱室	40

三、生活污水系统

生活污水系统的任务是将大、小便器内的污水排到舷外或污水收集柜。

1. 污水排放的二种方式

(1) 如果卫生洁具位于重载水线以上，则污水管路可做成具有一定斜度的自流式，将污水直接冲出舷外或排至污水收集柜，经处理后排至舷外。

(2) 如果卫生洁具位于重载水线以下，则可将污水排至污水收集柜，经处理后排至舷外。

根据最新的国际公约要求，不允许生活污水直接排放到舷外，必须经污水处理装置处理后，合格的污水排至舷外，固体物送到焚烧炉焚烧。所以以上二种排放方式实际上只有一种。生活污水系统按冲洗的原理可分为重力式和真空式两种。

2. 重力式生活污水系统

依靠物体或液体的重力将污水从便器排到污水柜的系统称为重力式卫生污水系统。因而管路的敷设必须有一定的倾斜度，其要求与舱室疏排水系统的要求相同。

重力式生活污水管管径的大小根据表 3. 5. 4 选取。

除了按表 3. 5. 4 选取管径外，重力式生活污水系统的管径选取及布置还应注意：

- (1) 生活污水干管连接的大便器数量不宜超过 9 只。
- (2) 生活污水垂向总管管径不小于水平向最大的干管管径。

表 3. 5. 4 重力式生活污水管管径选取表

器具名称	大便器			小便器		壁式小便器	立式小便池
数量（只）	1~3	4~9	10 以上	1~3	4~10	1~3	—
总管通径 mm	100	125	150	40	50	32	65

(3) 一般货船，因为配置的小便器数量很少，所以除了接支管到大便器的干管或总管外，小便器的数量并不影响生活污水总管直径的大小。

(4) 通常在大便器数量较多的场合，集管和污水柜上需设置透气管。透气管的公称直径一般为 50mm，污水柜的透气管为 50~80mm。透气应引至空气流通良好的开敞甲板或烟囱的后壁，管端设有铜丝网。

(5) 生活污水或经过处理后的排放水，排出舷外时应避免被海水吸入。舷旁出口应避开舷梯、救生艇等的收放区域，并位于载重水线以上约 300mm。

(6) 生活污水管路建议敷设在走廊天花板上，尽可能避免穿过餐厅、厨房、住室、冷藏库、粮库以及油舱、淡水舱和水密舱壁。各层甲板的厕所最好能上下相对集中。

(7) 生活污水管路不得与其他任何系统的管路相连接。

(8) 生活污水管路的接管应正确布置，尽量避免产生倒灌。图 3. 5. 3 为其中的一些例子。

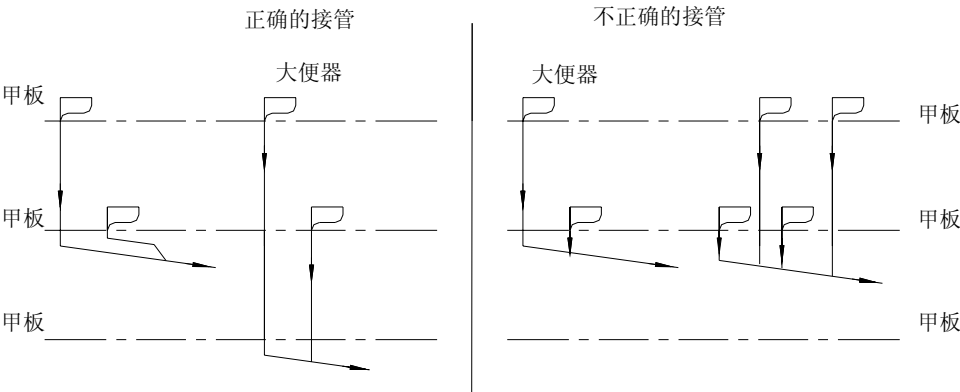


图3. 5. 3 生活污水管正确的接管布置举例

2. 真空式生活污水系统

真空式生活污水系统不同于传统的重力式生活污水系统。该系统主要由真空式便具、真空装置（包括真空泵、粪便柜（污水收集柜）和密封柜水等）、压力开关、真空表、管路及附件组成。典型的系统原理见图 3. 5. 4。其中主要的设备如下：

(1) 真空装置

真空装置主要由真空泵、粪便柜（污水收集柜）、密封水柜等组成。其作用如下：

① 保持管路一定的真空度。可通过压力开关来控制管路内的真空度，一般在 35%真空度时，起动真空泵（装置）；在 50%真空度时关闭真空泵（装置）。

② **粉碎污水中的固体物**。真空泵（装置）的吸入口装有膜片阀（止回阀），泵轴及吸

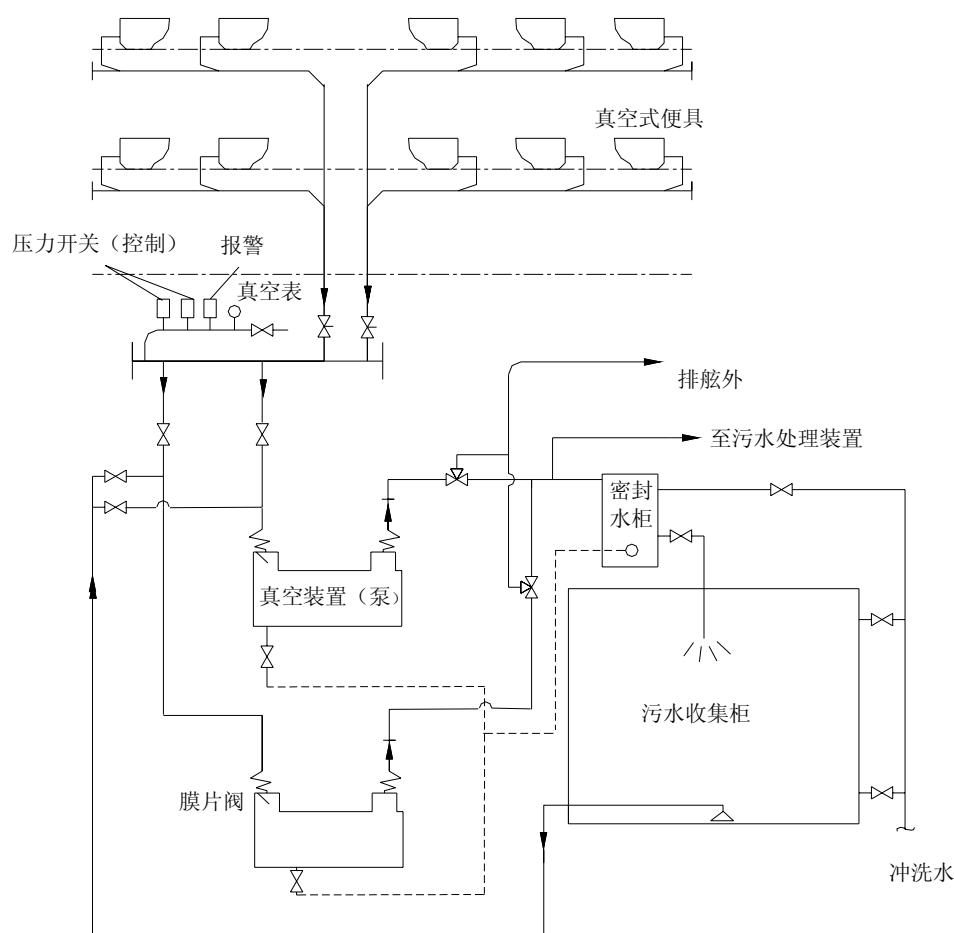


图3.5.4 真空式生活污水系统

入腔体上装有粉碎用的刀片，起到粉碎作用。

③ **排出污水**。可以将便器中的污水排至粪便柜（污水收集柜）或舷外，或将污水柜内的污水排至舷外。如果设有污水处理装置的话，还可以排到污水处理装置。

④ **密封水柜可以与真空装置组合一起，也可独立设置。其作用是使真空装置的密封性提高和冷却真空泵的轴承。密封水也可以来自海、淡水系统。**

(2) 真空便具

有座式和壁式安装两种。均装有真空动力控制器（VPC），可实现程序控制。冲洗时间控制在 5 秒左右，排出时间在 2 秒左右。真空值要求为 500 mbar ~700mbar。

(3) 真空式生活污水系统的主要特点为：

① **依靠真空装置抽吸生活污水，因此冲洗水量大大减少**。重力式每冲洗一次大便器水量为 12L~19L，而真空式的冲洗水量仅为 1/10。

② **排污口配有止回阀**。接管口径常用为 DN50mm，当便器数大于 150 只时，总管才用 DN65mm。也大大小于重力式便器的排污管。

③ **真空式便器的冲洗水量为 1L~1.9L，冲洗接头为 DN15mm，冲洗水压力为 0.25MPa~0.35MPa，最低工作压力为 0.02MPa。**

④ 采用真空式生活污水系统的管路及粪便柜的尺寸比常规式的可以小得多，这样就可以**配置小容量的生活污水处理装置**。如果真空式生活污水系统中的粪便柜容量取得稍大一点，只要在港内不排放，而在距最近陆地 4 海里外经粉碎后排放，就可省去配置生活污水处理装置。

⑤ 管路几乎可以与甲板平行敷设，不必考虑倾斜度，从真空式便器引出的管路还可以直接垂直向上敷设，但高度不超过 4 米。

⑥ 由于系统管径较细，所以整个系统的重量比常规式的要轻得多，特别适用于对重量有专门要求的船舶或厕所特别多的豪华客船。

⑦ 真空装置一般设有两套抽真空的装置（泵），相互备用。当真空值达到 0.035MPa 时，装置起动，当真空值达到 0.05MPa 时，装置自动停止。真空值低至 0.02MPa 时发出报警。

⑧ 当采用粪便柜和设置专门的排出泵时，可配备两台粪便排出泵，并具有粉碎功能，相互备用。该泵常用开式叶轮离心泵。

(4) 真空式生活污水系统管路敷设注意事项

① 管子允许向上行走，但总高度之和小于 4 米（下降部分不得减去）。见图 3.5.5 (a)

② 二层甲板便具排出分总管位于同一层甲板下时，应分别敷设，然后在垂直总管处再汇总。任何便具的排出管与总管相连时均应高于总管，并成 45 度角。见图 3.5.5 (b)

③ 对于水平布置的管路，为了减少在船舶横、纵倾时倒流的可能性，对于大型船舶每 15m，中型船舶每 10m 设置存水弯头，要求见图 3.5.5 (c)。

④ 支管直径需增大时，一般不得在支管的上升部分增大，应在与总管连接处增大。见图 3.5.5 (d)

⑤ 上升管尽可能为直管，与便器连接处管子应保持良好的对中。

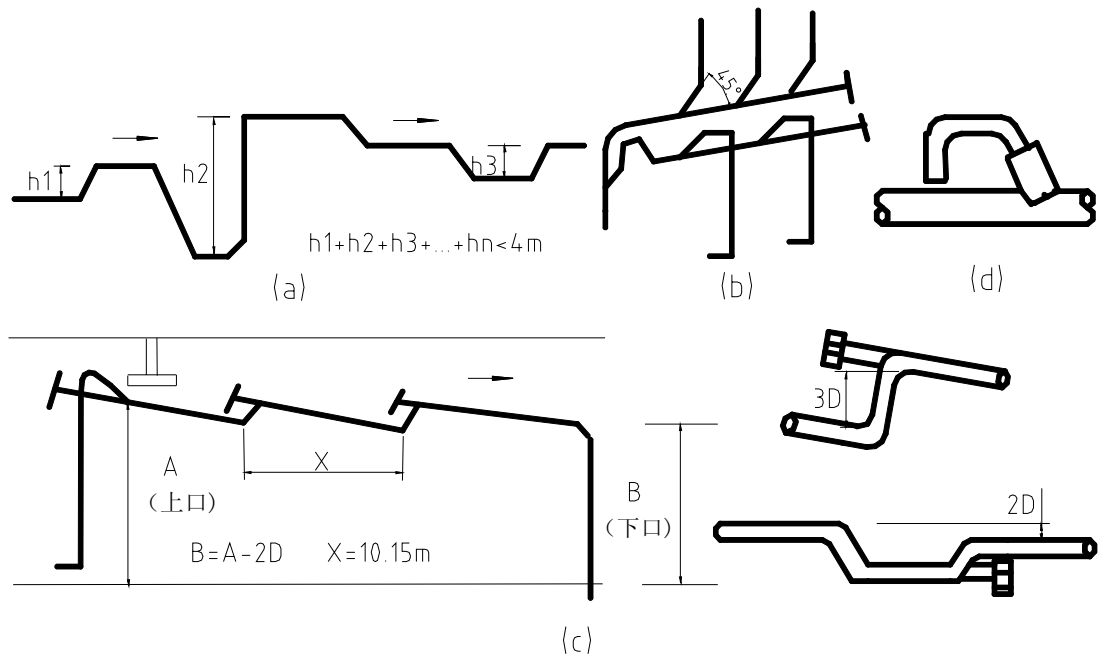


图3.5.5 真空式生活污水系统管路敷设要求

四、疏排水舷外排出管的要求

对于干舷甲板以下处所或干舷甲板以上封闭的上层建筑、甲板室的疏排水舷外排出管的要求各国船级社均有规定，但基本上相同，现将 CCS 要求叙述如下：

不论起源于任何水平面的疏排水管，它在干舷甲板以下大于 450mm 处或在夏季载重水线以上小于 600mm 处穿过船体外板，均应在船体外板处装设止回阀。但除表 3.5.5 中所要求者外，如果管子的壁厚符合表 3.5.6 要求者，则止回阀可以免设。

表 3.5.5 疏排水舷外排出管的要求

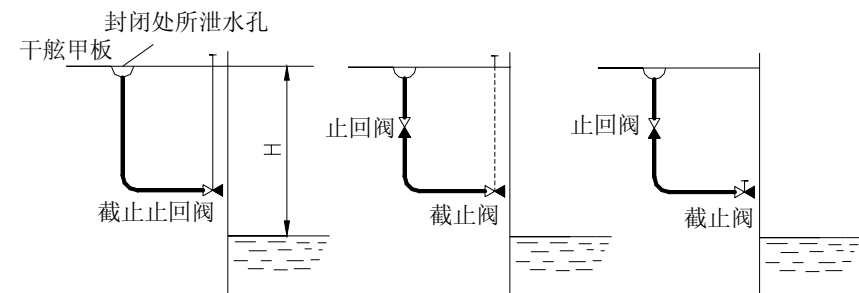
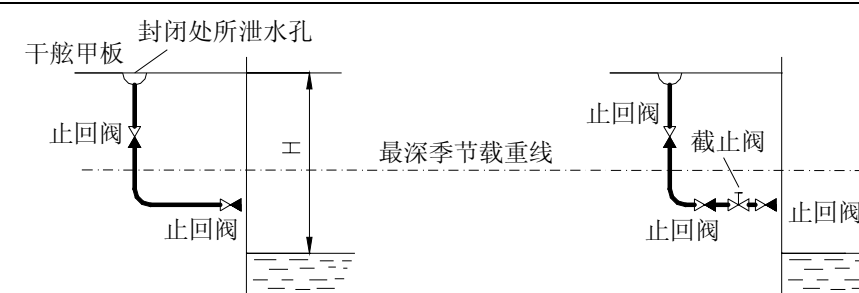
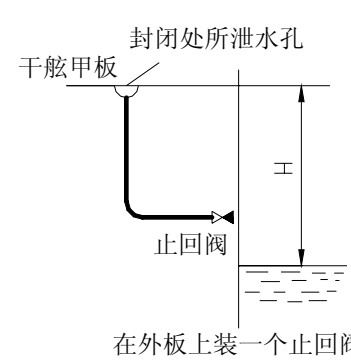
H 的位置	排 出 管 要 求
$H \leq 0.01L_{PP}$	 <p>外板上装一个截止止回阀，从干舷甲板上操作并装有或控制器和开闭指示器</p> <p>管路上有一个止回阀和外板上装一个从干舷甲板上操作的截止阀</p> <p>有人机器处所内，在外板上装一个就地操作的截止阀，在管路上装一个止回阀</p>
$0.01L_{PP} < H \leq 0.02L_{PP}$	 <p>两个止回阀，一个装在外板上，另一个装在管路上，后者应在营运中易于接近</p> <p>如果船内止回阀不可能装在规定水线以上时，在两个止回阀之间易于接近的地点，装一个截止阀和开、闭指示器，则船内阀可装在规定水线以下</p>
$H > 0.02L_{PP}$	 <p>在外板上装一个止回阀</p>
注： L_{PP} —垂线间长（mm） H —排水管的船内端开口至夏季载重线或夏季木材载重线之间的垂直距离（m）	

表 3.5.6 免设止回阀的甲板舷侧排水管的壁厚表

单位：mm

管子外径	≤ 80	114, 125	140	168, 180	190	216	≥ 220
壁 厚	7.0	8.5	9.0	10.0	11.0	12.5	12.5

对于不需特别加厚的疏排水舷外排出管，其壁厚应满足下列要求：

- 管子外径等于或小于 155mm 时，其壁厚不小于 4.5mm。
- 管子外径等于或大于 230mm 时，其壁厚不小于 6.0mm。
- 管子外径为上述的中间值时，壁厚按内插法计算。

装设在舷侧船体外板上的阀件材料必须用延展性好的材料制成，一般采用钢质，应有适当的防腐蚀保护措施，并经船级社认可。

九 消 防 系 统

一、消防系统的用途和种类

消防系统的用途是扑灭船上发生的火灾。船上发生火灾是十分危险的，它会给全船的生命财产带来巨大的损失。为此，一发现火情，就必须能及时扑灭。

船舶消防系统的设置是根据船舶的用途和动力装置的种类决定的。一般均要求采用两种以上的消防方式。**A类机器处所或机器处所内具有高度着火危险的区域应设置水灭火系统和CO₂灭火系统、压力水雾灭火系统或高倍泡沫灭火系统中任选一种；散货船的装货处所应设置水灭火系统和CO₂灭火系统；油船的货油舱及其甲板区域应设置水灭火系统、甲板泡沫灭火系统和惰性气体系统，泵舱内可设置CO₂灭火系统或高倍泡沫灭火系统或压力水雾灭火系统；液化气船的液货舱及其甲板区域应设置水灭火系统、压力水雾灭火系统和干粉灭火系统，液化气压缩机室和液货泵舱应设置水灭火系统和CO₂灭火系统；化学品船的液货舱及其甲板区域应设置水灭火系统和甲板泡沫灭火系统，液货泵舱应设置水灭火系统和CO₂灭火系统；所有货船的上层建筑区域可仅设置水灭火系统。**

3. 水灭火系统

水灭火的原理是降低燃烧的三个要素之一的燃烧温度。水与燃烧物接触时，蒸发成蒸汽，从而吸收大量的热量，使燃烧物温度降低以至熄灭。**同时，水蒸气也有隔绝氧气的作用。**压力大的水柱不仅能冷却燃烧物的外部，而且能穿透它，使之不会发生再燃烧的现象。

水灭火系统用来扑灭机舱、干货舱、居住舱室和公共舱室内的火灾；扑灭甲板、平台、上层建筑等露天部分的火灾和扑灭其他船和码头建筑物的火灾。**但水灭火系统不能扑灭油类的燃烧，因为油比水轻，油会在水的自由液面上蔓延，随着在水的流动使火势扩大。正在工作的电气设备舱室的灭火，也不宜用水，因为水能导电，可能导致短路。**水灭火系统也可以用于冲洗甲板、舱室和洒水降温。

4. 二氧化碳灭火系统

二氧化碳灭火的原理是在封闭的舱室内，比空气重的二氧化碳气体包围着燃烧物，使其周围形成不能维持燃烧的气层，燃烧物在空气供应不足的情况下，自行熄灭。

二氧化碳灭火系统主要用于干货舱、燃油柜、货油舱、柴油机的扫气箱和消音器等处的灭火。

二氧化碳灭火系统的主要优点是不仅能扑灭一般火灾，而且能扑灭油类和电气设备的火灾；同时对设备无损害，**但是二氧化碳对人有致命的危险**（若舱室中含有6%~8%二氧化碳气体的成分，人在内停留30分钟以上者就有中毒的可能），因此在使用时要特别小心。

5. 泡沫灭火系统

泡沫灭火的原理就是在燃烧物上覆盖一层一定厚度的二氧化碳泡沫，使燃烧物与空气中的氧隔离而扑灭火灾。

泡沫灭火系统按取得的方法和它的成分，可分为化学和空气-机械两种。

化学方法得到的泡沫是酸和碱反应的产物： $2\text{HCl} + \text{Na}_2\text{O}_3 \rightarrow \text{NaCl} + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2 \uparrow$ ，在此种泡沫的空泡中藏有二氧化碳气体。

化学的泡沫灭火系统是在泡沫灭火站内，利用高压水经过泡沫发生器或泡沫容器，将酸和碱（均用粉末）反应后的泡沫通过管路送到发生火灾的舱室去灭火。

空气-机械的泡沫灭火系统，不需要专门的泡沫灭火站和泡沫发生器，泡沫就在管路末端的空气-泡沫喷头中产生，管路所输送的是水与泡沫形成的混和物。用空气-机械式形成的泡沫，耐久性比化学的泡沫差，用它作覆盖物的泡沫层要厚一些，通常比化学泡沫厚一倍左

右。

泡沫灭火系统主要用于扑灭运油船、驳油船和干货船的油类火灾。

6. 卤化物灭火系统

卤化物灭火剂是一种对可燃气体和电气非常有效的灭火物体。这种灭火剂的分子中，含有一个和多个卤族元素的原子，如氟、氯和溴等。它能与燃烧产生的活性氢基结合，使燃烧的连锁反应停止，所生成的化合物中，由于卤族元素的存在，增加了化合物的惰性、稳定性、不燃性，所以成为有效的灭火剂。例如易燃气体甲烷（CH₄）和乙烷（CH₃）等氢化合物中的氢原子，若被卤族元素原子取代后而生成的化合物它的物理化学性质都发生了显著的变化，如四氟化碳（CF₄）是一种惰性、不燃和低毒的气体；而四氯化碳（CCl₄）是一种不可燃、易挥发的液体，具有很大的毒性。船舶灭火用的卤化物灭火剂可以采用二氟一氯一溴甲烷（1211）或三氟一溴甲烷（1301）。

卤化物灭火剂的特点是高效、腐蚀性小、贮存压力低、时间长、绝缘性能良好、使用安全方便和灭火后不留痕迹，它对货物和机械设备无损失。但四氯化碳（CCl₄）具有较大的毒性。故尽管其灭火性能很好，在民船上几乎没有应用，仅用于军船的灭火系统。

7. 干粉灭火系统

干粉灭火剂是一种粉状混合物的灭火剂，它的主要基料是碳酸氢钠、碳酸氢钾、氯化钾、尿素-碳酸氢钾和磷酸-铵，再加入各种添加剂。干粉储存在 50 度以下是稳定的，可允许短时间内达到 66 度。注意不要把不同的干粉混合，以防止产生危险的化学反应。使用时将粉末喷洒到着火处即可。

干粉的灭火是由于以下几个作用的综合结果：

窒息作用：干粉中的碳酸氢钠被火加热后释放 CO₂ 起窒息作用，同时干粉分解的磷酸-铵在燃烧物表面留下粘附的残留物（偏磷酸）亦将燃烧物与氧气隔绝。

冷却作用：干粉受热分解需吸热，从而起到冷却作用。

辐射的遮隔作用：干粉云雾把燃料与火焰辐射的热量遮隔。试验证明这种遮隔作用相当重要。

连续中断反应：燃烧区中游离基团之间的相互反应是维护燃烧的必要因素，而干粉的撒入可中断这些反应。研究揭示这种作用是干粉灭火的主要原因。

干粉主要用于扑灭易燃液体表面火灾。干粉不导电，所以也适于扑灭电气设备火灾。即可用于液化气船的货物区域和带燃料库的直升飞机平台的灭火。

8. 水雾灭火系统

水雾灭火系统中的水雾是以专用的喷嘴将水喷成预定形状和颗粒大小、预定速度和密度的水雾。自动喷水系统与水雾系统的原理是相同的，但喷头不同。

水雾的灭火也是由几个作用综合而成的：

冷却作用：水雾的蒸发，吸去大量热量，使燃烧物迅速降温。水滴颗粒越小则越能迅速蒸发，灭火效果越好。但水滴也必须克服空气阻力和一切气流，到达燃烧点。所以水滴也不能太小，直径在 0.3~1mm 较适宜。太大的水滴会使燃烧液体飞溅，增加燃烧危险，而且易下沉到液面以下使冷却作用不大。

窒息作用：利用水蒸气在燃烧液面上全部覆盖以隔绝空气的补充。

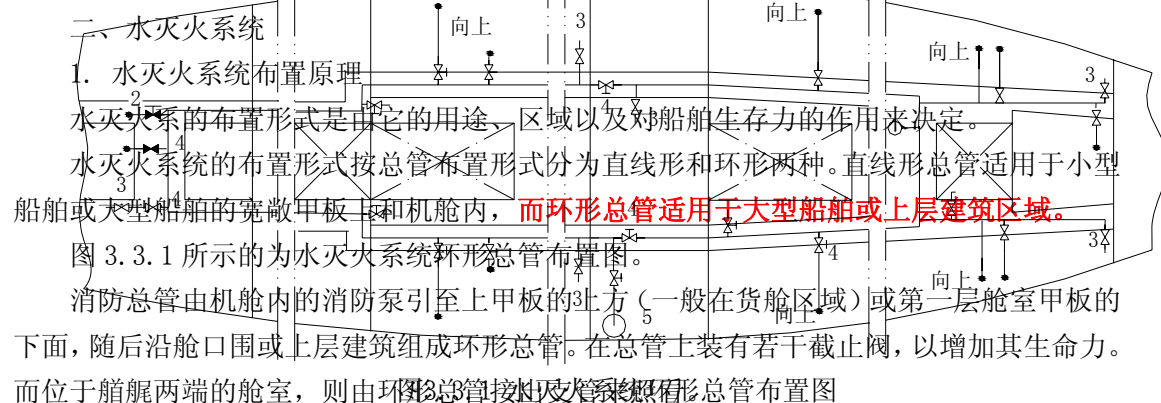
乳化作用：水对某些液体有乳化作用，某些化学品要求用水雾灭火。

稀释作用：对某些燃烧液体可进行稀释而灭火。

水雾除了起到灭火作用外，他还能起到燃烧控制和保护的作用。如材料的燃烧不易被水

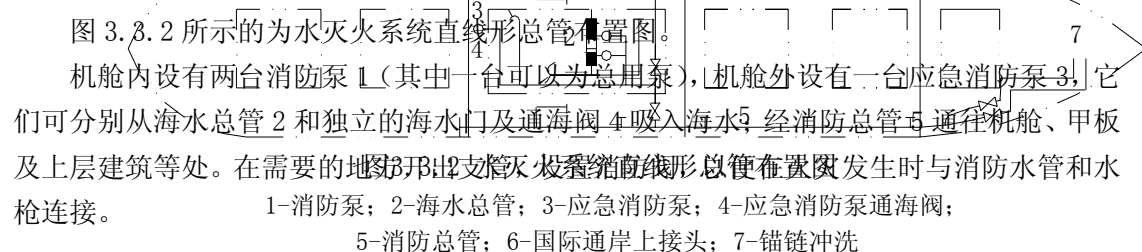
雾扑灭，如闪点低于水雾温度的液体，可用水雾控制燃烧，限制火势蔓延；水雾或喷淋形成的水幕在火灾现场可保护暴露在火焰前的物体，如未燃之部分舱室。可以保护消防船自身和避免救火员受辐射热的灼伤。

固定式压力水雾灭火系统可用于机器处所，特种处所（如滚装船的车辆甲板等）、油船的货泵舱、液化气船货舱区、化学品船装载某些危险化学品（二硫化碳、黄磷、白磷等）时。



在客船和大型船舶上，为了提高系统的生命力，不仅要采用环形总管，而且还装有横向连通管，接通两舷的总管，并在总管上装若干截止阀，分成几个小的环形管路，甚至在船舶中央纵向引出一直线总管，再分出若干支管。

环形总管的优点是能增强系统的生命力。当某一段环形总管发生故障时，则可以通过关闭附近的截止阀，切断对该段管路的供水，而其他消防管路能继续发挥作用。它要求总管上配有足够的截止阀，因而阀件多、管路比较复杂，安装的工作量也大。



其实，船舶上水消防系统的布置均采用混合布置的形式，即既有环形布置也有直线形布置。一般货船的机舱或甲板上为直线形布置，而上层建筑为环形布置；客船采用环形布置。

不管哪种布置，船上甲板的两舷各设有一只国际通岸接头 6，在发生火灾时，也可由其他船上或岸上的消防管通过消防水带与本船的接岸装置相，供水作为灭火之用，或输出消防水供其他船舶或岸上使用。

2. 设备及附件

(1) 消防泵 每艘船均应按要求配置独立驱动的消防泵，消防泵一般为离心泵或往复泵。卫生水泵、压载泵、舱底泵或总用泵如符合消防泵的有关要求，均可兼作消防泵。

对于 6000 总吨以上的货船或油船，消防泵的压力应确保在两台消防泵同时工作，经消防总管通过规定的水枪，从任何两只相邻的消火栓（消防阀）输送确定的水量时，在所有消火栓上都应维持 $\geq 0.27\text{MPa}$ 的压力。

消防泵的排量按规范要求计算，但货船、油船的消防泵总排量不必超过 $180\text{m}^3/\text{h}$ 。任何船舶的每一台消防泵的排量均不得小于 $25\text{m}^3/\text{h}$ 。但油船设有甲板泡沫灭火系统时，其由消

防泵供的水量应另外加入。

(2) 应急消防泵 船舶均需设置一台固定式独立驱动的应急消防泵。应急消防泵应有自吸能力，设有独立的海底阀、海水箱。应急消防泵安装在机舱外的安全处所，并尽可能设在轻载水线以下，若高于轻载水线，则泵应能有效地吸水。大型船舶还设有专门的应急消防泵室，且应与机舱相隔离。

应急消防泵可以由柴油机、电动机或液压驱动，常用为电动机。当应急状态电流切断时，能由应急电源供电。应急消防泵的排量应≥消防泵总排量的 40%和 25m³ /h。

应急消防泵的吸入海水阀的操纵应根据规范的要求延伸到一定的高度。

(3) 消火栓 消火栓的规格有 DN40mm、DN50mm、DN65mm 三种。一般居住舱室为 DN40mm 和 DN50mm，外部空间或机舱处所为 DN50mm 和 DN65mm。消火栓由截止阀、内扣式接头和保护盖组成。

消火栓的数量和位置，应至少能将 2 股不是由同一只消火栓射出的水柱，其中有 1 股仅使用一根消防水带，射至人员经常到达的任何部分或装货处所。特种处所每股都只能用一根水带就能达到。

(4) 消防水带和水枪 消防水带应由不易腐烂的材料组成，一般为帆布。并具有足够的长度射出一股水柱至可能需要使用的任一处所。但最大长度应取得船级社的同意。例如 CCS 船级社没有规定具体的长度，而 ABS 船级社要求≤23 米、LR、DNV 船级社要求≤18 米、GL 船级社要求≤20 米，但机器处所和锅炉舱应≤15 米。

每根水带应配有一支水枪和必要的接头，并一起放于消火栓附近的水龙带箱内。对于客船，每只消火栓应至少备有一根消防水带。

所有的水枪应为认可的设有关闭装置的两用型水枪（水雾和水柱）。标准水枪的口径为 12mm、16mm 和 19mm 或尽可能与之相接近。水枪、水带和消火栓的配合要求见表 3.3.1。水枪的射程达 12m 时，对应的各种口径水枪前端压力见表 3.3.2。

表 3.3.1 水枪、水带和消火栓的配合

消火栓口径/水带直径 mm	40	50		65	
水枪口径 mm	12	12	16	16	19

表 3.3.2 各种口径水枪前端压力

水枪口径 d (mm)	19	16	12
水枪前端的压力 P (kpa)	108	118	127

(5) 国际通岸接头

任何远洋船舶均应备有国际通岸接头，并能用于船舶的任何一舷。国际通岸接头一端为符合图 3.3.3 所示的平面法兰，另一端为配合船上消火栓和消防水带的接口，并能承受 1.0MPa 的工作压力。除了通岸接头外，船上应将能承受 1.0MPa 压力的任何材料（除石棉外）的垫片一只，以及

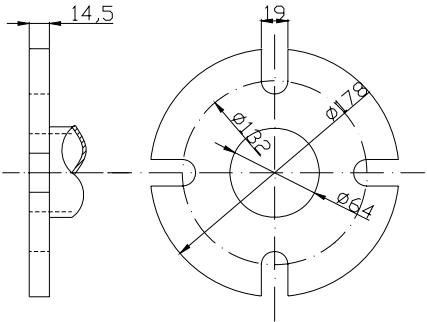


图3.3.3 国际通岸接头

长度为 50mm，直径为 16mm 的螺栓，螺母各 4 只和垫圈 8 只与接头放在一起。

水灭火系统的布置安装要求

- (1) 水灭火系统的工作压力一般为 0.8MPa，靠近泵的附近必须装有截止阀和安全阀。
- (2) 水灭火系统管路在通过容易被碰坏的地方，应加以保护。在居住舱室、厕所及潮湿地方的管路，需作绝缘包扎，防止凝水及腐蚀。
- (3) 消火栓均须涂以红漆，管子垫片必须用耐火的材料（不燃材料）组成。
- (4) 对于油船应在艏楼前端有保护的位置和油舱甲板上相隔不大于 40 米的消防总管上设置隔离阀，以便在失火或爆炸时能保持水灭火系统的完整性。
- (5) 对机舱处于舦部的船舶，消防总管上应设有截止阀。使舦、艏消防总管能分别供水或同时供水。
- (6) 消防总管如敷设在上甲板上，则应考虑配有膨胀接头，接头的填料应能承受热的影响。在管路适当位置上应设置放泄管路内残水的阀。
- (7) 消防泵为离心泵时其出口应设截止止回阀后并联。
- (8) **消防管应采用内外镀锌的钢管，一般为无缝钢管。不能使用铸铁等易损或不抗热的材料。**

(9) 在机器处所内设有 1 台或数台消防泵时，则应在机器处所之外易于到达的适当位置装设隔离阀，使机器处所内的消防水管能与机器处所外的消防总管隔断。消防总管应布置成当隔离阀关闭时，船上的所有消火栓（上述机器处所内的除外）能由置于该机器处所外的一台消防泵通过不进入该处所的管子供给消防水。但若不能安排管路布置在机器处所之外，允许一段应急消防泵的吸入管和排出管穿入机器处所，并用坚固的钢质罩壳覆盖管子，以维持总管的完整性。

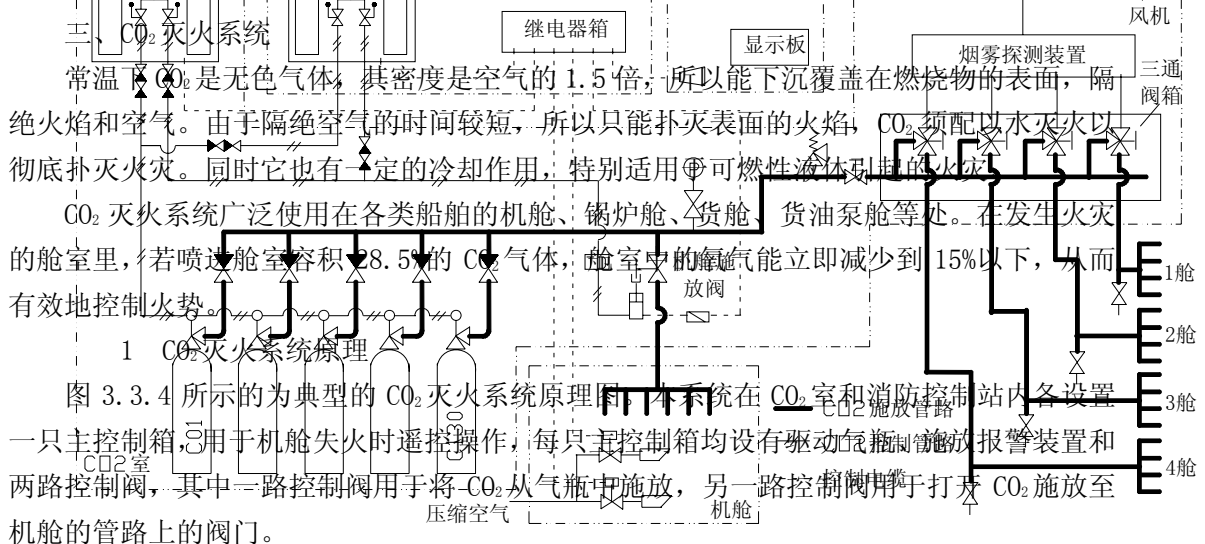


图 3.3.4 二氧化碳灭火系统示意图

系统的工作原理是当机舱失火时，可以在 CO₂ 室或消防控制站内打开主控制箱的门，此时施放报警装置立即通过继电器箱使机舱内的声光报警发出报警，通知人员撤离。同时机舱风机关闭，必要时应通过设于消防控制室内的控制阀箱将所有燃油箱柜的出油阀关闭。在确认失火区域内所有人员均撤出后，关闭所有的透气口、机舱门和舱盖。然后依次打开主控

箱内控制阀和驱动气瓶瓶头阀，确认驱动气体的压力为 2.0MPa，驱动气体通过控制管路去打开至机舱施放管路的气动阀和 CO₂ 气瓶上的瓶头阀，CO₂ 瓶内的气体就经过高压软管和竖形止回阀进入总管内，使规定容量的 CO₂ 气体喷入指定地点，达到灭火的目的。在至气

动阀的控制管路上还设有一只时间延迟继电器，其作用是使机舱内的人员有一定的时间撤离；当货舱内失火时，首先确认失火的是哪个货舱。本系统设有两台风机和烟雾探测装置，当风机通过设于货舱内烟雾探头和管路抽出空气时，烟雾探测装置就能测出空气中烟雾的含量。烟雾达到一定含量时，烟雾探测装置会发出报警并显示发生火灾的地点。因此根据烟雾探测装置上的显示就可确定失火舱室。然后在 CO₂ 室内先打开相应的施放阀，从手柄上拉出安全插销，手动推动与 CO₂ 气瓶相连的气缸上的拉杆，打开 CO₂ 气瓶上的瓶头阀，将 CO₂ 气体施放到失火舱室。施放的 CO₂ 气瓶的数量根据置于 CO₂ 室内指示牌进行。

2. 主要设备和附件

(1) 二氧化碳站（室）

二氧化碳站一般应设在上层建筑或开敞甲板上的单独舱室内，并应位于安全和随时可到达的地方，最好应能从开敞甲板进入。室内应保持干燥和良好的通风，出入口的门应为向外开启，所有开口均为气密。站室要有足够的通道面积，以便操作、维护和检验，适当的通道宽度为 500mm~800mm。

室内应备有准确的衡量设备，以便船员能安全地检查容器内的灭火剂数量。如称重装置或超声波检测装置。

站室还应敷设隔热层，使站室内温度不超过船级社所规定的温度。例如 GL 要求不超过 45℃，CCS 指明应考虑站室在营运中可能会遇到的最大温度。

站室还应符合下列要求：站室内只能用于存放 CO₂ 容器以及与系统有关的部件及设备；站室应有与驾驶室或控制站直接联系的通讯设施；站室或控制站门的开启钥匙，应置于有玻璃面罩的盒子内，该盒子应设在门锁附近明显而易于接近的地点；站室内应设有清楚而永久性的示意图，以表明与 CO₂ 的施放及分配直接有关容器、总管、支管和附件等的布置，并对系统的操作方法作简要的说明。

(2) 二氧化碳钢瓶

用于高压 CO₂ 系统（一般为 15MPa）的 CO₂ 容器应为无缝钢瓶，瓶的试验压力为 24.5 MPa；国产的钢瓶容积为 40 升和 68 升，进口钢瓶为 40 升、65 升和 80 升，钢瓶的充装率不应大于 0.67kg/l，DNV 船级社还规定 ≤45kg/瓶；每只钢瓶的表面应标明容积、净重、工作压力、试验压力、出厂日期、工厂号码及检验钢印，外表面应涂红色，并有黄色的“二氧化碳”字样，印处涂白色。

钢瓶由瓶体和瓶头阀组成。瓶头阀由充气口、推杆、切膜刀、膜片、吸管、安全膜片或其它认可的安全装置组成，如图 3.3.5 所示。二氧化碳由充气口 1 直接进入钢瓶内。推杆 2 前端装有斜切口的切膜刀 3，通过操纵拉杆推动推杆 2，使切膜刀口螺旋前进而切破膜片，瓶内的二氧化碳则通过吸管 5 进入二氧化碳灭火系统的集合管中。吸管 5 是一根直径为 10~12mm 的钢管或铜管，尾部有斜切口，其截面积比出口通道面积稍大些，以防止二氧化碳

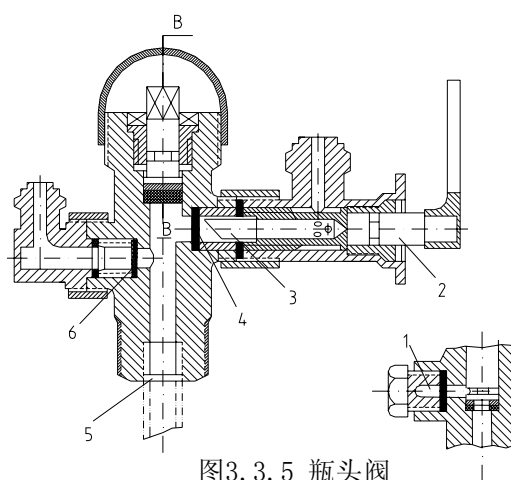


图3.3.5 瓶头阀

1-充气口；2-推杆；3-切膜刀；
4-膜片；5-吸管；6-安全膜片

碳施放时有可能产生蒸发的情况。吸管应伸至距容器底部 5~8mm 处，以保证二氧化碳充分施

放。二氧化碳贮存期间,为了安全起见设有保险膜片 6,保险膜片 6 在瓶内压力达到 $18.6 \pm 1\text{MPa}$ 时自行破裂.膜片破裂后,释放出的 CO_2 应由管路引至 CO_2 站外开敞甲板的大气中。 CO_2 瓶应按需分组,对人力开启者,每组应不超过 12 瓶。

(3) 启动气缸

启动气缸由气缸,翼形螺母、操纵装置及填料密封装置组成。其中翼形螺母的下部与气缸的活塞杆连接,上部与操纵拉杆装置连接。填料密封装置由填料、压盖和压盖螺母组成。利用每组二只二氧化碳钢瓶中的二氧化碳压力迫使活塞运动,通过活塞而带动翼形螺母运动,与翼形螺母连接的操纵推杆装置就推动该组所有的瓶头阀的推杆,从而开启该组所有的瓶头阀。

(4) 二氧化碳喷头

二氧化碳喷头的结构根据厂商的不同,其形式也不同。图 3.3.6 (a) 所示的为较为复杂的一种,连接尺寸有 $G1/2"$ 和 $G3/4"$ 两种,孔径为 $\Phi 3.0 \sim \Phi 17.9\text{mm}$ 。图 3.3.6 (b) 所示的为最简单的一种,它的连接尺寸均为 $G3/4"$,孔径为 $\Phi 11.5 \sim \Phi 18.0\text{mm}$,每 0.5 mm 一档。实际

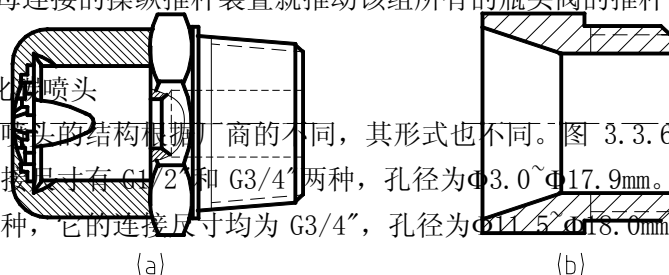


图3.3.6 二氧化碳喷头

使用时,可以按喷射的量及喷射的时间要求设置喷头,可以增加喷头的数量或增大喷头内径。但不少船级社对喷头的内径有规定,例如意大利船级社要求喷头的内孔面积在 $0.50 \sim 1.60\text{cm}^2$,即孔径(对于图 3.3.6 (b) 所示的喷头)在 $\Phi 9.2 \sim \Phi 16.4\text{mm}$ 之间。

3. 二氧化碳灭火系统安装技术要求

(1) 每个 CO_2 瓶的瓶头阀至总管的管理上应装有止回阀,防止使用时高压二氧化碳进入其他低压二氧化碳瓶内。瓶头阀与总管连接必须使用认可型的高压弹性软管。

(2) 分配阀箱至每一个保护处所应有独立的支管,并应设有对应的控制阀—快开阀,阀上须标明被保护处所的名称。

(3) 二氧化碳灭火系统的所有管路阀件都要能在站室内集中控制。

(4) 集合管至分配阀箱的总管上应装有能测量 $0 \sim 24.5\text{MPa}$ 的压力表。

(5) 在总管或分配阀箱上,应装设压缩空气吹洗接头。必须装设截止止回阀或可拆快速接头。

(6) CO_2 管路不得通过居住处所,并应避免通过服务处所。如无法避免时,则通过服务处所的管子不得有可拆接头。同时管路不可通过冷藏处所,除非有特殊的隔热层,至货舱的管子不准通过机舱。

(7) 管路的布置应有适当的斜度,一般为 $1:30$ 。使水不易在管中积聚或冰冻。在管路的最低处应装置放水设备,如放水旋塞、塞头等。

(8) 货舱及机舱的 CO_2 喷头数量和位置应满足船级社的要求 (GL 有明确要求,入其他船级社的船可参考设计)。喷头布置应尽量接近易于失火地点,并在保护舱室内均匀分布。

(9) CO_2 管路一般采用无缝钢管,并应镀锌。CCS 要求主阀至分配阀箱前使用 I 级管,其他为 II 级或 III 级管。

(10) 对于任何经常有人在内工作或出入的处所,应设有施放自动声光报警装置和在控制阀的气动管路上设置时间延迟继电器,使用时能延迟适当时间后才实现 CO_2 施放。

四、泡沫灭火系统

1. 泡沫的类型

船用泡沫灭火系统中都是用水混合发泡的泡沫,大致有:

(1) 水成膜泡沫灭火剂

这种灭火剂可按比例用清水或海水配制成按体积计的 1%, 3% 或 6% 最终浓度的空气泡沫。这种空气泡沫具有粘度低, 扩散迅速和均匀的特点, 还可在其下方形成一层溶液的连续水膜, 该水膜还能扩展到没有完全被泡沫覆盖的可燃液体表面, 并在遇到机械性破坏之后能自行封合。这种泡沫可与干粉灭火剂联用。

(2) 蛋白泡沫灭火剂

这种灭火剂含有高分子量的天然蛋白质聚合物。可按比例用清水或海水配制成按体积计的 3% 或 6% 最终浓度的空气泡沫。这种空气泡沫为稳定性、耐热性良好的粘稠泡沫。

(3) 氟蛋白泡沫灭火剂

与蛋白泡沫液相似, 但还含有氟化的表面活性剂, 灭油类火灾非常有效。氟蛋白泡沫液可用清水或海水配制成按体积计的 3% 或 6% 最终浓度的空气泡沫。它与干粉灭火剂的相容性优于常规蛋白型泡沫。

(4) 水成膜氟蛋白泡沫灭火剂

具有水成膜泡沫灭火剂和氟蛋白泡沫灭火剂的优点。用清水或海水配制成按体积计的 3% 或 6% 最终浓度的空气泡沫。该种泡沫液具有扩散迅速且易于发泡的性质, 可以使用水喷雾装置, 可与干粉灭火剂配用。这种泡沫析液很大, 使用后要注意复燃。

(5) 抗溶泡沫灭火剂

适用于扑灭水溶性、水混合性等会对普通泡沫液产生破裂和丧失效能的可燃液体, 如醇、酮、酯、胺和酞类以及瓷漆和清漆的稀释剂等的失火。

(6) 中倍数和高倍数泡沫灭火剂

泡沫液与水和空气混合产生最终的空气泡沫体积与混合前泡沫液体积之比称为发泡倍数, 按发泡倍数可分为:

低倍数泡沫——发泡倍数低于 20 : 1

中倍数泡沫——发泡倍数为 (20~200) : 1

高倍数泡沫——发泡倍数为 (200~1000) : 1

中倍数或高倍数泡沫适用于有限空间内的火灾, 向有限空间内输入这种潮湿的泡沫, 用其体积置换蒸汽、热气和烟, 阻止空气进入并起冷却作用。不适宜用于开敞场所, 因其重量非常轻, 易被风吹散。

2. 泡沫灭火系统在船上的应用

(1) 高倍泡沫灭火系统 可用于 A 类机器处所, 但目前基本上使用 CO₂ 灭火系统; 也适用于载运油箱中备有自用燃料的机动车辆的装货处所; 1000GT 及以上的客船装货处所; 可以进行密封的滚装货处所。

(2) 低倍泡沫灭火系统 可设置在机器处所内, 除符合公约、规范所要求的固定灭火系统的要求外, 再设置固定式低倍泡沫灭火系统, 泡沫倍数应不超过 12 : 1。

(3) 固定式甲板泡沫灭火系统 适用于油船和化学品船的液货区域甲板。

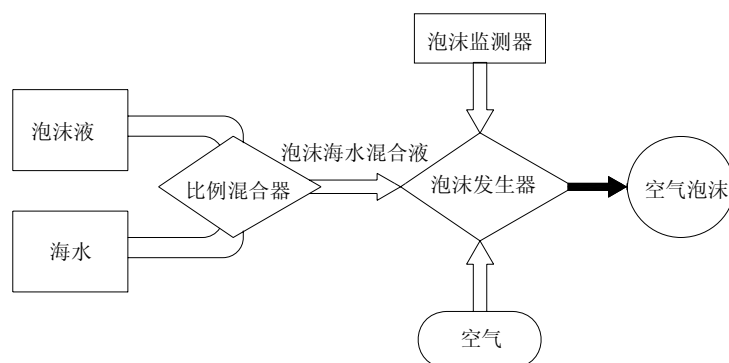


图3.3.7 低倍泡沫发生流程

3. 泡沫灭火系统图

(1) 低倍泡沫系统

图 3.3.7 所示的为空气泡沫产生的流程图。它是用化学的方法取得泡沫液体的。

图 3.3.8 所示的为低倍泡沫系统应用于机舱的系统原理图。泡沫液体储存在泡沫液柜内，在需要灭火时，由应急消防泵吸入海水的同时将泡沫液从柜中抽出，消防泵排出海水的一部分与泡沫液在比例混合器混合，再通过消防泵及管路输送到需要的地方，在管路末端的空气—泡沫喷嘴中产生泡沫并喷出。

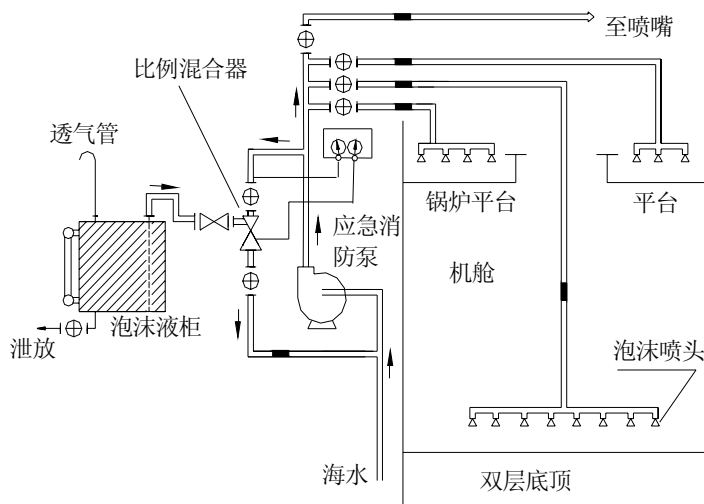


图3.3.8 低倍泡沫灭火系统原理图

(2) 高倍泡沫系统

图 3.3.9 为高倍泡沫灭火系统应用的实例图。其原理与低倍泡沫系统相似。

五、卤化物灭火系统

船舶上常用的卤化物灭火系统主要有“1211”和“1301”两种灭火剂。其系统原理、设备及附件、安装技术要求等都相似。下面以“1211”为例进行介绍。

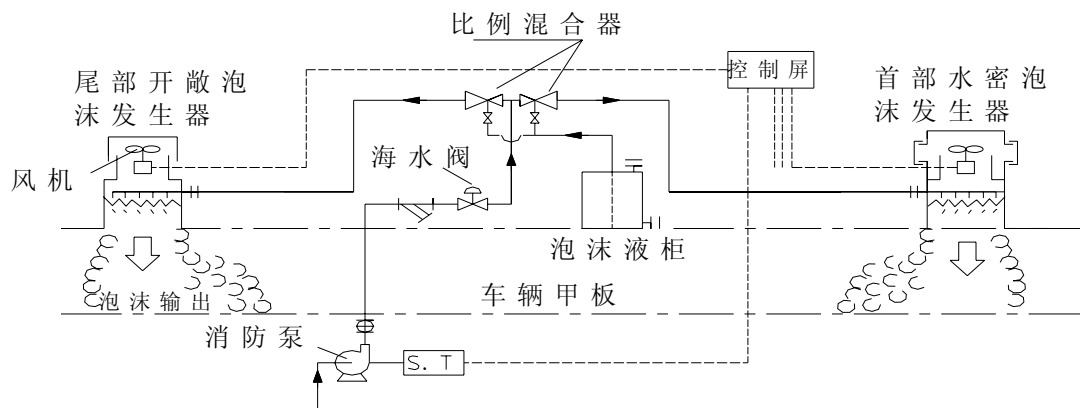


图 3.3.9 高倍泡沫灭火系统原理图

1. “1211”灭火系统装置

“1211”即二氟一氯一溴甲烷。‘1211’平时以液态贮存于钢瓶中，喷出时部分为液雾，部分为气体。且液雾迅速气化，因此喷射范围广，能迅速均匀分布在被保护的舱室内，火灾就能立即扑灭。

“1211”灭火剂具有高效低毒、腐蚀性小、贮存压力低、贮存时间长、绝缘性能良好、使用方便、灭火后不留痕迹、对货物和机械设备无损等优点。

在可燃性气体——空气混合物中添加灭火剂，则燃烧的范围缩小，当添加剂的量达到某一程度时，燃烧便不能进行，此浓度称为灭火剂的抑爆峰值。显然其值越小，灭火效率越高。

“1211”、四氯化碳和二氧化碳的抑爆峰值分别为 6.75、11.5 和 28.5，所以他的灭火效率

远高于后两种气体。

2. “1211” 灭火系统设备、附件和站室布置

“1211” 灭火系统的设备、管路和站室布置与二氧化碳系统基本相同。

3、管路安装技术要求

(1) 管路布置及报警装置等其他要求与二氧化碳灭火系统相同。

(2) 灭火管路必须定期用压缩空气吹洗，检查管路内是否畅通，喷嘴的喷雾情况是否良好，因此，灭火管路上应接有压缩空气管路。压缩空气管路应漆白色，防止操作失误。

(3) 系统在车间内的液压试验压力为 2 倍工作压力，装船后的气密试验压力不小于 0.4MPa。

(4) 灭火系统装置在安装完毕后，应选择一最大被保护舱室进行喷水效用试验。若有遥控装置，应同时进行试验，检查其灵活性及准确性是否良好。

喷水试验的要求是从喷水开始至完毕，时间不超过 20 秒，喷水终了的驱动气体压力一般为 0.7MPa~1.5MPa。

十 压 载 水 系 统

一、压载水系统的用途

船舶满载航行时,由于**燃料、淡水、食物等不断消耗**，使船舶吃水深度逐渐减小，导致船体的受风面积增大，螺旋桨浸水深度减小，这种情况在空载航行时尤为明显。此外，货物在**各舱配载不均匀**时也要引起船舶的**纵倾和横倾**。此时会导致螺旋桨效率降低，主机功力消耗增加，船舶稳性和操纵性变差。压载系统的用途就是用来调整船舶的吃水，适应各种装载情况；**保持适当的排水量、吃水、纵倾和横倾，保持一定的航行性能，如机动性和螺旋桨效率等；同时保持恰当的稳性高度（GM），获得适当的复原力；压载水系统可以根据船舶的具体情况，将舷外水（压载水）泵入任何一个压载舱或排出任何一个压载舱内压载水，也可以将各压载舱内的压载水进行前后、左右的调驳来达到上述的目的。**

压载水舱可设置在双层底舱、**深舱**、艏艉尖舱和**边水舱**等。**双层底舱、深舱主要用以改变船舶的吃水、艏艉尖舱主要用以调整船舶纵倾，边水舱主要调整船舶的横倾。**

在某些特种用途的工作船上，压载水还有其特殊的作用，火车渡轮的压载水起着装卸车厢时的平衡作用；打桩船上的压载水起着保证打桩方向正确的作用；破冰船上的压载水起着压碎冰的作用；潜水艇上的压载水起着使艇沉浮和保持各种状态的作用；浮船坞上压载水起着使船舶能进出船坞和抬起船舶的作用等。

二、全船压载水管的布置方式

所谓全船压载水管即货舱及艏艉部分的压载水管系。根据不同的要求，可以有以下几种布置方式：

1. 支管式

这是一种各压载舱能独立注排水的方法，见图 3.2.1。这种布置方式适用于双层底内压载舱，且压载管径较小，压载舱数不多的小型船舶。

采用这种方式时，压载泵设在机舱内，集合管设于机舱前壁或后壁，集合管至压载泵用总管连接，集合管至各压载舱用支管连接。所以该方式的特点是总管短支管长。

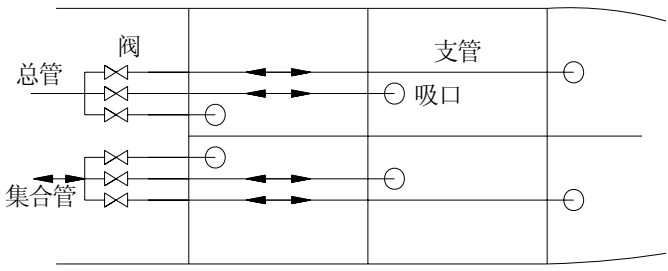


图3.2.1 支管式压载系统

2. 总管式

采用这种方式时，沿船长方向敷设总管，由总管向各压载舱引出支管，在支管上安装阀及吸口。阀门

一般采用遥控阀门，目前大部分船舶均采用液压或气动遥控阀门，但也可以是小轴传动，总管式布置方式也有几种不同的方式。

如图 3.2.2 (a) 所示的为单总管方式，适用于 1000 吨以下的小型船舶。

如图 3.2.2 (b) 所示的为双总管方式，适用于稍大一些的船舶，载重量 (DW) 一般不超过 5000 吨。

对于更大的船舶因压载水量大，压载管直径也大，不容易将舱内的水抽吸干净，一般需设扫舱吸口。

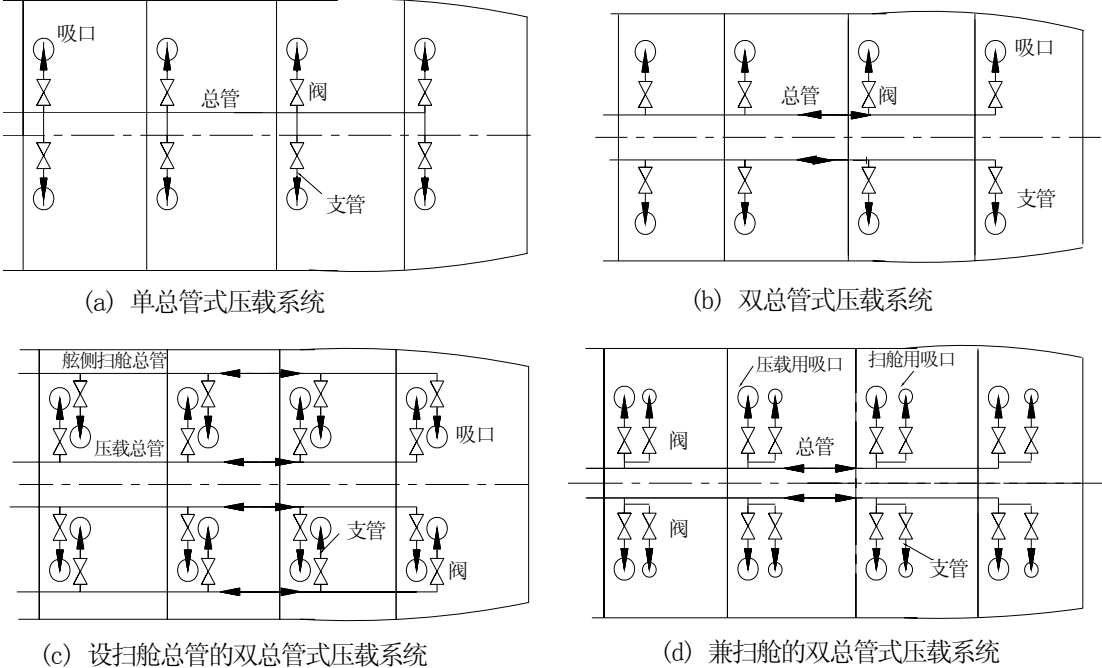


图3.2.2 总管式全船压载系统

如图 3.2.2 (c) 所示的为另设两根扫舱总管的方式，而图 3.2.2 (d) 所示的为不另设扫舱总管、扫舱吸口直接接在压载总管上的方式。

双总管式一般均设有两台压载泵。

3. 环形总管式

这种方式在大中型船舶上被广泛采用。实质上是双总管式，只是把两根总管首端连接起来而已。这种方式一般配有两台压载泵。

支管的布置可以如图 3.2.3(a) 所示的对称布置，也可以如图 3.2.3(b) 所示的不对称布置。

与总管式布置一样，也需另设扫舱总管或将扫舱吸口接到环形总管上。

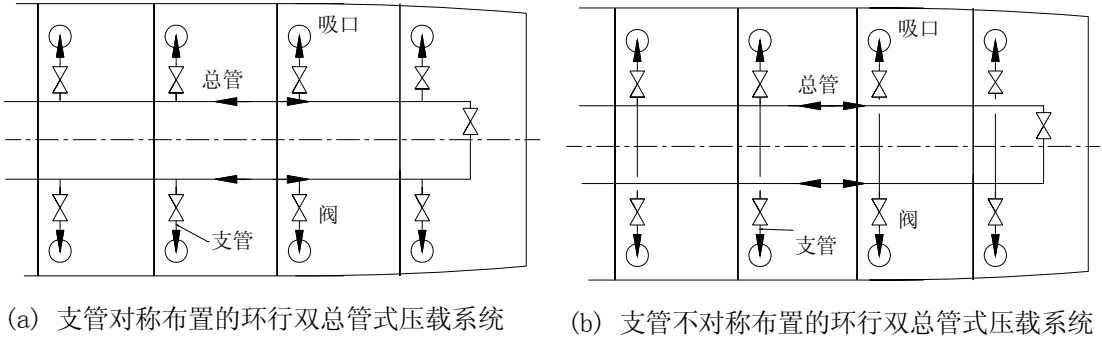


图3.2.3 环形总管压载系统

4. 管隧式和半管隧式

对总管式及环形总管式压载管路，压载管和阀都浸没在双层底压载水舱内，维修保养很不方便。所以很多大中型船舶均采用管隧式或半管隧式布置。这就是在船的双层底内设一管隧，一般设在船纵中部位。

压载总管就布置在管隧内，可以是总管式，但大多为**环形总管式**，如图 3. 2. 4 所示。如果在船长方向，只有一部分设管隧，则称为**半管隧式**。如图 3. 2. 5 所示

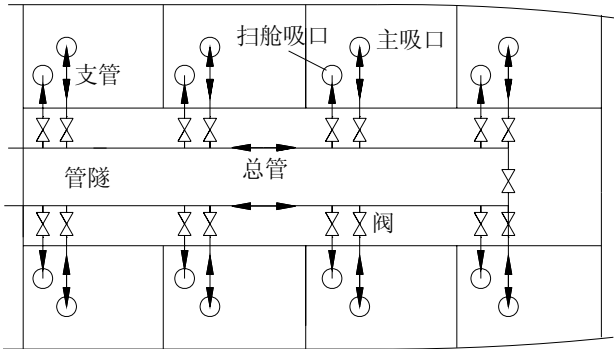


图2. 3. 4 管隧式压载系统

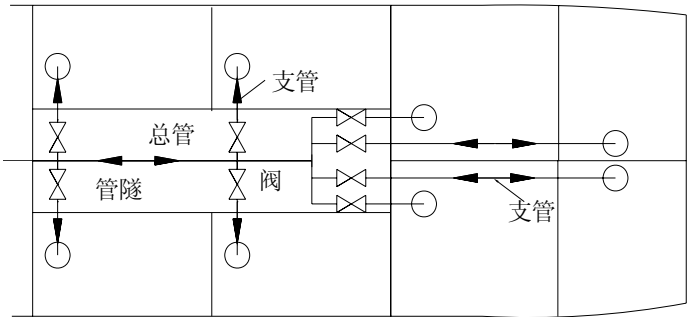


图2. 3. 5 半管隧式压载系统

5. 各种全船压载系统的特点

前述 5 种不同的布置方式为全船压载管系的基本形式，它们各自的特点见表 3. 2. 1

表 3. 2. 1 各种全船压载管系的特点

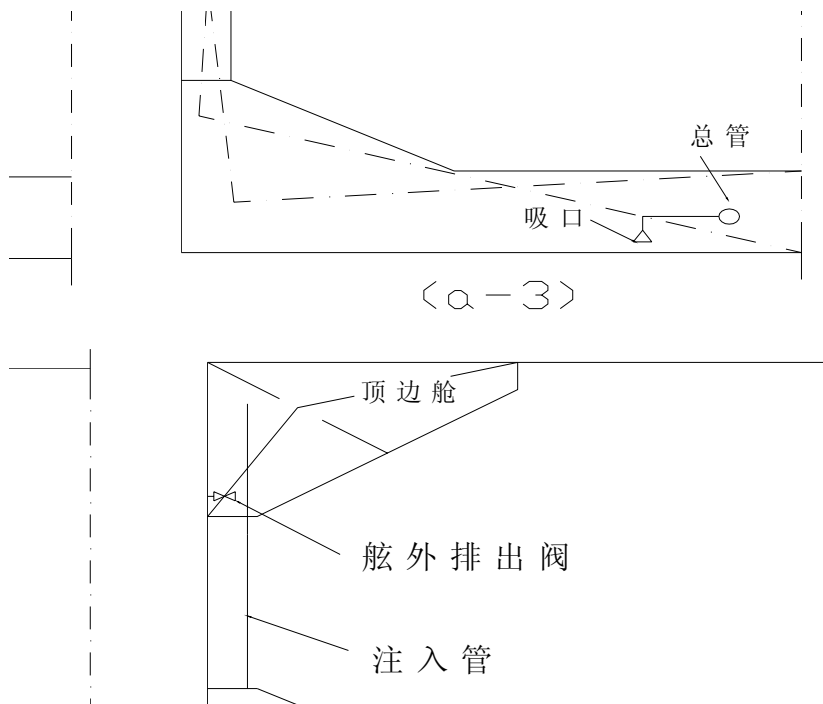
序号	型 式	特 点	操 作	维 修 保 养
1	支管方式	总管长度短，支管长度长。 支管数仅和舱数有关	在阀安装位置处可进行集中操纵，不必遥控	阀维修保养方便，而舱内管子多，较麻烦
2	总管方式	和 1 相反，总管长，沿船长方向布置，由总管就近引出支管至各舱。	阀必须遥控，采用油压或气压作为阀开闭的动力	阀、管均位于舱内，故较麻烦
3	环形总管方式	实质上方式和 2 中两根总管相同		
4	管隧方式	以船体一部分作管隧，在管隧内以方式 2、3 布置管子，因设管隧压载舱容减少		容易
5	半管隧方式	为方式 4 和 1 的组合，压载舱舱容减少较 4 少		基本与 4 相同

6. 顶边水舱的注排水方式

某些船舶如运木船、散货船、液化气船等通常在货舱内设有顶边水舱。**所谓顶边水舱，即该水舱设置在货舱两舷的上部，主甲板下方。故其注排水与一般的压载舱不同。**

顶边水舱的注排水方式见图 3. 2. 6 所示。

其中(a-1)、(a-2)采用一根管进行注排水的布置方法。管系本身布置为总管方式或环形总



管这方式。(a-3)为顶边舱和双层底舱联通为一个舱，顶边舱（**实际上已不存在顶边水舱，只不过是该压载舱的上部。这种结构形式，随规范要求散货船也要设双层壳体时会经常采用。**）不设压载管，而在顶边舱下部装一只舷侧阀，使该阀以上的压载水能籍重力排出。

而(b-1)、(b-2)和(b-3)为注排水分开的方式。**(b-1)为压载水由舱顶部注入，压载水总管设在主甲板上方，舱口围的两侧。压载水可由舷侧阀藉重力排出也可以由压载泵抽出。这种注排水方式和管系布置方式目前在散货舱上使用最为广泛。**(b-2)与(b-1)的区别仅仅是总管的布置不同，一般只适用于甲板上不宜布置压载水总管的场合。(b-3)为上下舱用连接管连接，注水时上下舱同时注水，但因连接管伸到舱的上部，故排水可分别进行，从而缩短了排水的时间。

(a-1)、(b-2)和(b-3)三种注排水方式由于部分压载水管敷设在货舱内，万一发生破损时会产生严重的后果，因而很少采用。

三、机舱压载水系统

除油船和化学品船的专用压载泵外，一般压载泵均安装在机舱内。压载泵的配置根据不同的船型有所不同。对小型船舶，压载水量不多，一般不设单独的压载泵，而由消防泵、总用泵、主机冷却海水泵或其他适用的泵来兼用。**中型船舶也可只设一台压载泵，但大型船舶均设两台压载泵。**同时由于这些泵的排量很大，要将舱内的水吸干是困难的，所以往往还配有扫舱泵。**扫舱泵可以是活塞泵，也可以是喷射泵。**两者比较，后者简单得多，施工方便、节约费用，所以**目前被广泛采用。**

下面图 3.2.7 是某船机舱压载水管系统图，采用**两台压载泵**。其特点是平时使用时左、右压载泵分别实施左、右舷压载舱的注排水，且当一台泵发生故障时，**另一台可以备用。**这种型式既缩短了注排水时间，又降低了电动机单机功率，还提高了使用可靠性。

该系统采用海水自海水总管和压载舱内吸入，直接排至压载舱或舷外的方式。当压载舱内的水位降至低位，压载泵抽吸困难时，可以用喷射器进行扫舱。至顶边水舱的总管布置在甲板上方，且采用单总管形式。1#压载水泵的吸入总管上还设有应急舱底水吸入口。该系统的大部分阀件均采用液压遥控阀，可以在专门的控制室内操纵阀门的开闭。

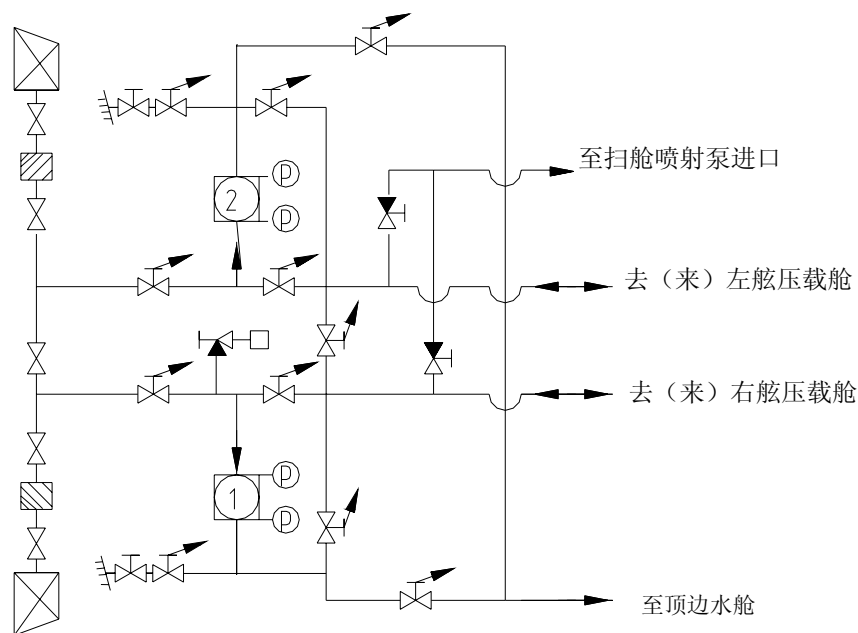


图3.2.7 机舱压载水系统图

四、横倾平衡系统

集装箱船、火车渡船和特种船舶，在作业时应时时保持左右平衡。为此须设置横倾平衡水舱，左右对称。**该舱一般设在船舶的中部，但从接管考虑，最好尽可能靠近机舱。**当船舶发生左倾时可以将水从左舱驳至右舱，右倾时从右舱驳至左舱。可以设置专用的横倾平衡水泵，也可以用机舱内的主冷却海水泵或其他排量较大的水泵兼用。横倾平衡系统的控制方式有：

1. 四通阀控制系统

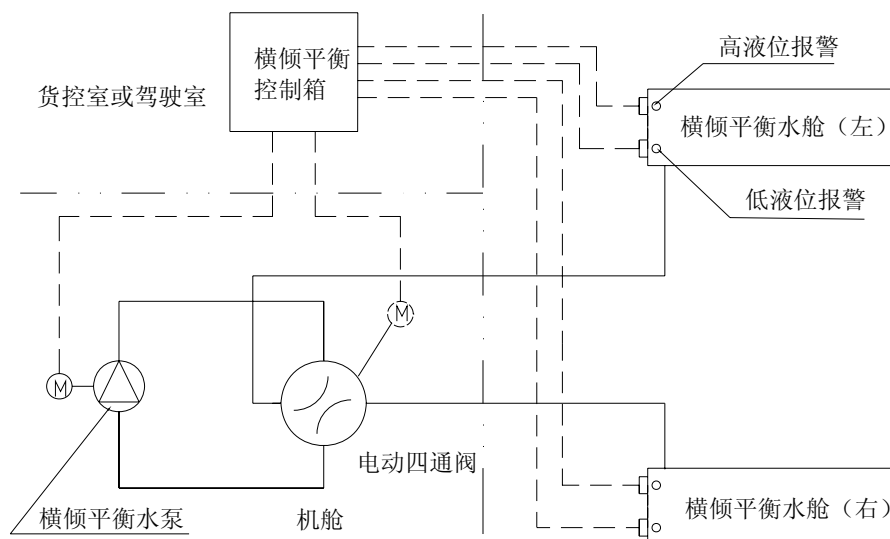


图3.2.8 四通阀控制系统

该系统用机舱内的泵，如主海水泵，作为横倾平衡水泵，用一只四通阀控制水的流向。四通阀有几种形式，一种是圆柱形的阀芯上下移动的四通阀；还有一种是四通球阀，旋转 90° 就可改变水流的流向，转动到 45° 位置为停止位置。**阀的控制一般为电动或气动。**如船上有适用的液压源也可采用液动。图 3.2.8 就是该系统的典型原理图。

图 3.2.8 所示的四通阀位置就是横倾水泵从右舷平衡水舱将水驳至左舷水舱的状态。如果把阀转动 90 度，则水流的方向相反。电动四通阀是由安装在平衡水舱上的液位传感器通过横倾平衡控制箱来控制的。

2. 4个遥控阀的控制系统

本系统的实质是用4个遥控阀代替一只四通阀。四通阀外形比较大，价格贵。所以设计时可用4只普通的遥控蝶阀代替四通阀。

图 3.2.9 中，当 V_1 和 V_3 打开时，水从右舱驳至左舱；当 V_2 和 V_4 打开时，水从左舱驳至右舱。

3. 双向泵控制系统

本系统的水流方向控制是通过改变泵的转向来实现的。因而需设置一台双向的水泵，一般为轴流泵。所以总的说来比上面所述两种系统费用要贵一些。但很明显，其管路极其简单。

如有可能，该泵还可设置在两个货舱之间的空舱内，管路不必接到机舱。控制也最简单，只要改变泵的转向，即可改变水的流动方向。这种系统适用于中小型集装箱船，泵的排量一般为 $300\text{m}^3/\text{h} \sim 350\text{m}^3/\text{h}$ ，压力为 0.2MPa ，管径为 200mm 。见图 3.2.10。

五、布置和安装技术要求

1. 压载水管系布置和压载舱吸口的数量，应使船舶在正常营运条件下的正浮或倾斜位置均能排除和注入各压载舱的压载水。

2. 当压载舱的长度超过 35 米时，一般应在舱的前后端均设置吸口。

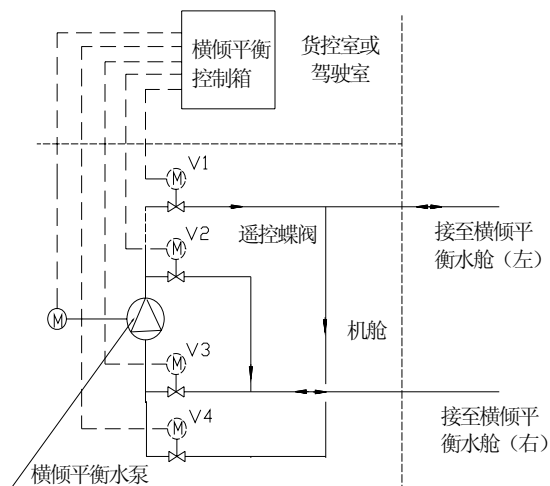


图3.2.9 4个遥控阀的控制系统

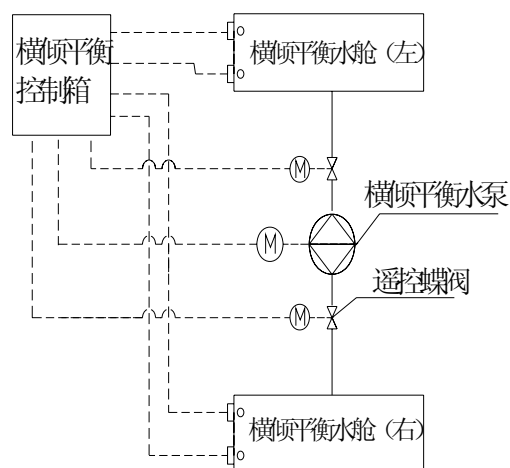


图3.10 双向泵控制系统

3. 压载管系的布置必须避免舷外水或压载舱内的水进入货舱、机器处所或其他舱室。

4. 压载水管不得通过饮水舱、锅炉水舱或滑油舱。如不可避免，则在饮水舱、锅炉水舱或滑油舱内的压载管壁厚应符合各有关船级社的要求，并不应有可拆接头。

5. 压载管系不应与干货舱及机炉舱的舱底水管和油舱管系接通，但泵与阀箱之间的连接和泵的排出舷外管除外。

6. 根据 CCS 规定，干货舱或油舱（包括深舱）可能用作压载舱时，压载管系应装设盲板或其他隔离装置。饮用水舱兼作压载水舱时，为避免两个系统相互沟通，也应符合这个要求。但 4000DWT 及以上的非油船和 150 总吨及以上的油船，不得在任何燃油舱内装压载水。

7. 压载水系统的水源管路必须直接从海水总管引出，在任何一管路的中间不能有止回装置，也不应与任一无关管路连接。

8. 压载舱内的吸入管不允许有气囊存在，以防止吸入困难。

9. 压载水管穿越艏、艉防撞舱壁时，CCS 规定：低于干舷甲板的防撞舱壁只允许通过一根管子，以处理艏、艉尖舱内的液体。而且该管子通过舱壁处必须设置一只在干舷甲板（客船为舱壁甲板）以上操纵的截止阀。该阀阀体应直接安装在艏尖舱内的舱壁上，但除客船外的船舶也可以装在防撞舱壁后侧，其条件是在一切营运情况下该阀应易于接近，其所在处所不是装货处所，且不必设置在干舷甲板以上进行控制的机构。该阀的材料一般为铸钢或青铜。

10. 根据经验, **压载水吸入口与舱底之间的间隙取值范围**为: 对管子通径在 200mm 以下的吸口, 安装间隙取 20mm, 对管子通径在 200mm 以上的吸口取 30~50mm。

11. **压载水管路一般使用滑动式膨胀接头或弯管式膨胀接头**。应注意船级社规范对滑动式膨胀接头的使用场合的限制。

六、船舶压载水的控制和管理

为了防止排放船舶压载水和沉淀物传播有害水生物和病原体, 国际海事组织 IMO 已在 1997 年批准了《为减少有害生物和病原体传播的船舶压载水控制和管理导则》。目前, 作为一种限制通过压载水传播淡水或海岸水生物种的可行手段是在深海或公海更换压载水。在海上更换压载水的方法有两种:

1. 将压载舱排空再注入新水——排空式更换法。
2. 对压载舱用泵以新水同时注入和排出——径流式更换法。

但在海上更换压载水应考虑下列影响船舶安全的因素:

1. 压载舱超压或负压。
2. 自由液面、液舱晃动载荷。
3. 天气状况、海况。
4. 完整稳性。
5. 船体结构强度。
6. 船体振动。

为达到上述要求, 压载水管系有可能改变“一舱一管一吸口”的方式, 以使压载水以径流法更换。同

时还要注意航行工况时的电力负荷, 因压载水泵将两台同时工作。

十一 压缩空气系统

一、压缩空气系统的用途

柴油机动力装置中, 压缩空气系统是保证船舶正常运行必不可少的一个部分。它的使用范围非常广泛, 特别是在自动化程度高的船舶上更具有举足轻重的地位。它的主要用途是:

(1) 柴油机的起动: 除了某些柴油机的起动采用手摇起动和电动起动外, 对于大、中型柴油机, 由于起动扭矩大, 广泛采用压缩空气起动。

(2) 柴油机的换向: 船舶在航行或进出港靠离码头时, 经常要求进行正、倒车操作, 即换向操作。对于可逆转的柴油机, 常采用压缩空气改变柴油机凸轮轴上各个凸轮的位置, 进行正、倒车操作。

(3) 离合器的操纵: 在采用中速机或高速机的船舶上, 主机与轴系、主机与齿轮箱的离合使用气胎离合器, 它的离合就采用压缩空气。

(4) 自动化装置的气控装置: 船舶上已广泛使用主机遥控系统, 它广泛采用压缩空气和电气相结合的方式控制。

(5) 海底门、排水集合井的吹洗: 当海底门格栅或排水集合井(包括单独的出海阀、防浪阀)等, 被污泥杂物阻塞时, 常利用压缩空气进行吹洗。

(6) 压力柜的充气: 对海、淡水压力柜和液压装置中的压力油柜、蓄压器等的充气。

(7) 气笛、雾笛的吹鸣: 对柴油机动力装置的船舶, 营运过程中联络通讯的气笛及雾笛所使用的动力, 大都采用压缩空气。

(8) 灭火剂的驱动喷射: 消防管系中的某些灭火剂, 如“1211”、“1301”等卤化物灭火剂的驱动喷射就要依靠压缩空气。而 CO₂ 和卤化物灭火管系的定时吹除也需要压缩空气。

(9) 军用舰船上武备和发射和吹洗: 潜艇上利用压缩空气充入水柜而驱除柜中海水, 使潜艇浮起; 鱼雷的发射、导弹的发射、火炮的吹洗等均需要用压缩空气。

(10) 其它：各种风动工具，厨房烧油的炉灶、喷油嘴吹洗等均使用压缩空气。

压缩空气的压力根据它的使用要求，有各种不同的范围，如柴油机起动空气压力范围见表 5.4.1。其他用途的压缩空气使用压力范围见表 5.4.2

表 5.4.1 各类柴油机的启动空气压力范围

名 称 \ 压 力 范 围	最高起动空气压力 MPa	最低起动空气压力 MPa
大型低速柴油机	2.5~3.0	0.7~1.0
中 速 柴 油 机	4.5~6.0	2.0~2.5
高 速 柴 油 机	9.0~15.0	6.0~7.5

表 5.4.2 其它用途压缩空气使用压力范围

用 途	使 用 压 力 范 围 (MPa)
海底阀、油渣柜吹除	0.2~0.3
海、淡水压力柜充气	0.3~0.4
风动工具等杂用	0.6~1.0
气 笛	0.8~1.0

二、压缩空气系统原理

压缩空气系统的任务是供给动力装置及各用气设备一定数量和质量的压缩空气。它通常由压缩空气系统和控制空气系统两部分组成。

1. 压缩空气系统

图 5.4.1 所示为压缩空气系统原理图。它由两台主空压机 1、日用空压机 2、应急空压机 3、压力开关 4、气水分离器 5 和 9、日用空气瓶 6、辅空气瓶 7、主空气瓶 8、两组 3.0~0.7MPa 的减压阀组 10、0.7~0.4MPa 的减压阀组 11 组成。

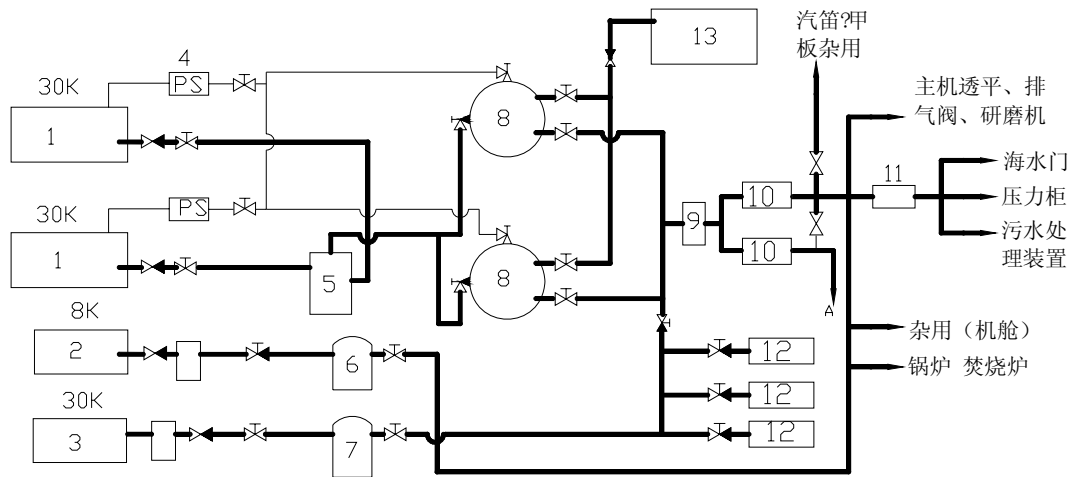


图5.4.1 压缩空气系统原理图

1-主空压机；2-日用空压机；3-应急空压机；4-压力开关；5、9-气水分离器；
6-日用空气瓶；7-应急空气瓶；8-主空气瓶；10-3.0~0.7MPa减压阀组；
11-0.7~0.4MPa减压阀组；12-柴油发电机；13-主机

两台主空压机可以单独也可并联工作，它们所产生的 3.0MPa 压缩空气经止回阀和截止阀、气水分离器进入主空气瓶。主空压机的起、停是自动控制的，它是根据主空气瓶内压缩空气的压力高低，利用压力开关（压力继电器）来实现的，一般两台空压机的自动起、停的

压力是有差别的，目的是使压力达到低值时，只起动一台空压机，而另一台空压机只有在空气耗量大于一台空压机的排量时才起动。而在两台空压机均运转的情况下，也让一台先停止，然后再停另一台。气水分离器的作用是分离掉一部分空气在压缩过程中产生的水分，水分在分离器中达到一定高度时，它会自动泄放掉。

主空气瓶内的空气主要供主机和柴油发电机起动用，也可供其它杂用。供其它杂用时，需经过减压后才能使用，故在管路上设有两组 $3.0\text{MPa}\sim 0.7\text{MPa}$ 减压阀组 10，一组为机舱及甲板上的各用气设备提供压缩空气，另一组为控制空气系统提供气源。而海水门、压力柜等设备，其所需的压缩空气压力一般为 0.4MPa ，所以要经过两级减压， $0.7\text{MPa}\sim 0.4\text{MPa}$ 减压阀组 11 的作用就是为其提供 0.4MPa 的压缩空气。

日用空压机提供日用空气，所以其设计压力为 0.8MPa ，但工作压力为 0.7MPa ，空压机后也设有气水分离器、日用空气瓶 6 等。

应急空压机主要是在特殊情况下为柴油发电机提供起动空气。当船舶第一次使用时，或发生死船状态（即船上无电、无气）时，首先要实现供电，要使柴油发电机动起来，才能起动各种机械设备。因而应急空压机如是电动的，则必须由应急发电机供电（应急发电机手动起动或由应急电瓶供电起动）；如果是柴油机带动的，则必须配置能手动起动的柴油机。为此还设有专门的应急空气瓶，供柴油发电机起动用，平时也可由主空气瓶为它充气。

两台空压机出口处一般都要装止回阀，以免当其中有一台空压机运转时，高压空气倒流入另一台停止运转的空压机内使其损坏。有的空压机的压缩空气出口管上还装有高压软管，防止因空压机运转时产生的振动造成管子振裂。

空气瓶出口也要装有止回阀，以免一只空气瓶中的压缩空气快用完而转换到使用另一只压缩空气充足的空气瓶时，压缩空气倒流入另一只空气压力不足的空气瓶中，影响使用。此外空气瓶上还设有安全阀或安全膜片、压力表和放水阀等。

2. 控制空气系统

船舶上需要控制空气的自动化机械设备及阀件等一般有主机及柴油发电机操纵装置、燃油舱速关阀、冷却水系统的调温阀、油舱柜加热用的温控阀、液位遥测系统、消防泵/总用泵的自吸装置、分油机、舱底水分离器自动排放系统、焚烧炉等等都需要控制空气。因而管路十分多，但原理却十分简单，只要将压缩空气通过管路送到用气设备或阀件，中间设有必要的截止阀即可。为了确保船舶的安全，控制空气系统设有一只应急控制空气瓶，瓶中平时应始终充满规定压力的压缩空气，专门为燃油速关阀系统供气；另外还设有一只控制空气瓶，在控制空气瓶的出口管路上装有控制空气干燥器，去除空气中的湿气。

三、主要附件

1. 空气瓶

空气瓶的用途是储存压缩空气，以供各用气设备耗用，如主空气瓶、日用空气瓶、辅空气瓶、控制空气瓶、应急空气瓶等。

空气瓶有两种典型结构。一种是整锻式，如图 5.4.2 (a) 所示，适用于压力较高，但容量较小的场合。它的全部附属零件均安置在瓶头部的瓶头阀上，除了瓶上部安装瓶头阀的开口外，瓶的本体上没有任何开口，通常是直立或斜放安装。瓶头阀上组合有供气阀 1、安全阀 2、充气阀 3、放水管 4、压力表阀 5 和放水阀 6。当向瓶外供气时，打开供气阀 1 即可。放水阀连接着放水管，放水管直接通到瓶底，如果瓶内积有水或滑油时，可旋开放水阀 6，这时水和滑油就被瓶内的空气压出。空气中的滑油来源于润滑空压机气缸的滑油被空气带出而进入瓶内，水分来自于空气。瓶中的油和水不仅减少了气瓶的容积，同时会造成瓶内壁的锈蚀，油的蒸汽还可引起爆炸。充气阀用来向瓶内充气。压力表阀 5 与压力表连接，用来指示瓶内压力。安全阀 2 与瓶内直接连通，当充气压力超过规定值（1.1 倍工作压力），或当机舱内发生火灾，环境温度升高，使瓶内空气压力升高时，安全阀即会自动打开。有的空气

瓶还装有安全膜片，其作用与安全阀相同。

空气瓶的另一种形式是焊接式，如图 5.4.2 (b)所示。它是用钢板焊制而成，适用于中、低压，大容量的场合。这种空气瓶可以直立的，也可以是卧式的，船舶上均有使用。一般的散装货船使用直立较多。这种空气瓶上分散安装有供气阀 1、安全阀 2、充气阀 3、压力表阀 5、放水阀 6 和人孔盖 7。人孔盖可供人员在制造、检修时进出。它必须设计成瓶内压力越高它的密封性越好的形式。

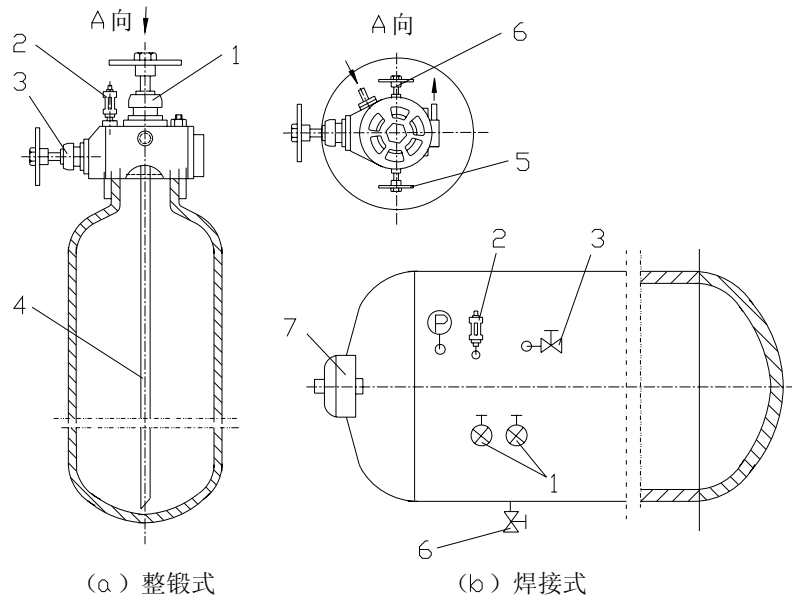


图5.4.2 空气瓶及附件

1-供气阀；2-安全阀；3-充气阀；4-放水阀；
5-压力表阀；6-放水阀；7-人孔盖

作为主机起动空气瓶使用时，气瓶应至少要有两只，其总容量应在不补充空气的情况下，对每台可换向的主机能从冷机起动不少于 12 次；不能换向的主机能从冷机起动不少于 6 次。

2. 减压阀组

减压阀组一般由前后截止阀 1 和 4、空气滤器 2、减压阀 3、旁通阀 5、安全阀 6 和压力表 7 组成。如图 5.4.3 所示。减压阀组应垂直安装在水平管路上。

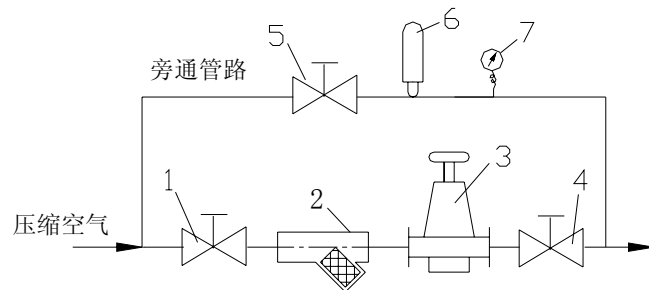


图5.4.3 减压装置

1、4、5-截止阀；2-过滤器；3-减压阀；6-安全阀；7-压力表

减压阀组正常工作时，截止阀 1、4 开启，旁通阀 5 关闭。高压空气从左端进入截止阀 1，先由空气滤器 2 对压缩空气进行过滤，以避免减压阀被压缩空气中的杂质堵塞。压缩空气经减压阀减压到需要的工作压力后从截止阀 4 流出。安全阀 6 可防止减压阀失灵而损坏用气设备，它的开启压力应调节为 1.1 倍工作压力。压力表 7 则可以直接检查减压后的空气压力是否符合要求。检修时，为不影响管系工作，还设有旁通管路，此时减压压力的调节就临时用手操纵旁通截止阀 5，但截止阀 1、4 必须关闭。

3. 气水分离器

从空压机来的压缩空气不可避免地带有一些油雾和细小水珠。气水分离器的作用就是分离压缩空

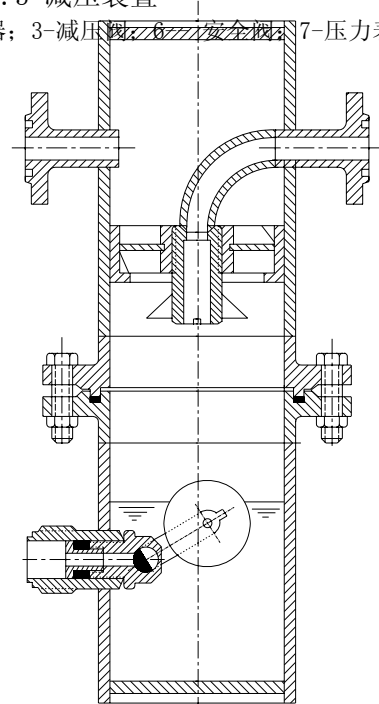


图5.4.4 自动排水气水分离器

气中的油和水，以提高充入空气瓶中的压缩空气的质量。图 5.4.4 所示为自动排水气水分离器结构图，标准号为 CB/T3572-94，工作压力为 3.0MPa。从空压机出来的压缩空气进入分离器后，由于分离器的流通截面比一般管子截面大得多，所以空气流速突然降低，同时气流方向发生变化，通过隔板上的孔向下流动，一部分油珠和水珠在重力的作用下，沉积在分离器的底部。压缩空气通过隔板后，碰撞在喇叭口表面上，其中一些细小的油珠和水在重力作用下，流至分离器底部。压缩空气再转弯向上流出分离器，剩下的油和水再次在重力作用下流至底部。分离器下部还装有浮球阀，当油水达一定高度时，浮球阀向上浮起，使泄放阀打开，油水在压缩空气的作用下被放泄到舱底。当油水下降到低位时，放泄阀被关闭，实现了自动泄放的功能。

十二 油船惰性气体系统

油船装载的是易燃易爆的原油或成品油，当货油舱内的油气与空气混合，并达到一定的含氧量后，极易发生火灾和爆炸事故。因而船级社规范对货油舱内的气体置换有明确的要求。对载重量为 20000 吨及以上的载运闪点（闭杯试验）不超过 60℃ 的原油船或成品油船，以及所有使用原油洗舱的油船，均应设置惰性气体系统。

一、惰性气体的功能

1. 降低货油舱内大气的含量，使舱内大气达到不能支持燃烧的程度，而使空舱惰性化。
2. 在航行中使货油舱内的大气含氧量（以体积计）不超过 8%，并保持正压状态，但需要排清货油舱的油气时除外。
3. 除有必要排清货油舱的油气外，保证在正常作业中，空气不进入货油舱。
4. 驱除空货油舱内的碳氢气，使其后的除气过程中货油舱内不致形成可燃气体。

二、烟气式惰性气体系统

惰性气体系统的型式取决于惰性气体装置的型式。惰性气体系统有以下 3 种型式：烟气式惰性气体系统、惰性气体发生装置系统和多功能惰性气体系统。

目前油轮上基本都使用烟气式惰性气体系统。因其有供气量大，含氧量一般在 4%~5% 以下，不需额外消耗燃料，成本低，经济性高的优点。

1. 系统流程图

图 4.3.1 所示为典型的烟气式惰性气体系统图。其工作原理是柴油机排出的废气经废气锅炉后进入烟道，由风机 5 将其抽出，先通过烟气抽气阀 2 进入洗涤塔 3 进行冷却、脱硫和除尘；干净的烟气再经过除湿器去除烟气中的水份；然后烟气被风机打入货油舱，进入货油舱之前的管路中设有调节阀 7、甲板水封装置 8、单向阀 16 等。由于烟气是从柴油机排出的废气中抽取，因而其中的氧气已基本被燃烧掉，留下的主要是氮气，所以是一种惰性气体。

2. 主要设备的功能

(1) 烟气抽气阀

烟气抽气阀 2 装于锅炉烟道和洗涤塔之间，连接管上接入蒸汽或空气冲洗管，需要时对阀进行冲洗。另外，还接入空气密封管，当排气阀处于关闭状态时，由锅炉风机向抽气管供气，使抽气阀冷却和阻止烟气进入抽气管。

(2) 洗涤塔

洗涤塔 3 具有冷却、脱硫和除尘的功能。它使烟气的温度下降到接近海水温度，一般要求比海水高 2℃~5℃；去除烟气中的硫氧化物（SO₂ 和 SO₃），一般要求脱硫率为 90%~95%

或更高；去除烟气中的烟尘等固体杂质，要求除尘率在 90%以上。

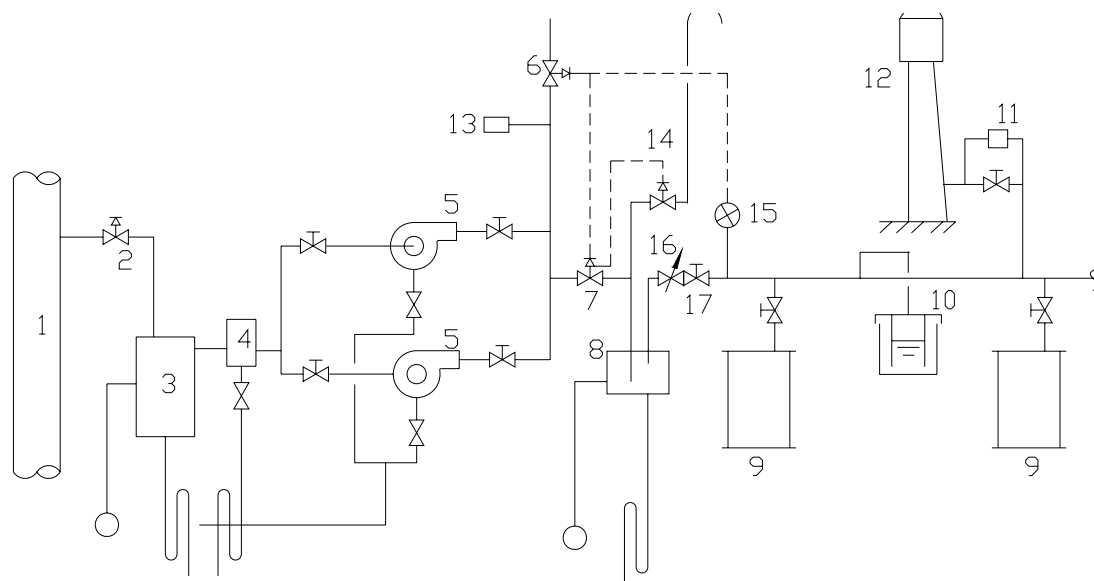


图4.3.1 典型的烟气式惰性气体系统图

1-锅炉烟道；2-烟气抽气阀；3-洗涤塔；4-除湿器；5-风机；6-压力控制排放阀；
7-调节阀；8-甲板水封；9-货油泵；10-压力/真空安全装置；11-呼吸阀；
12-透气桅；13-氧分析仪；14-放气阀；15-压力传感器；16-单向阀；17-主截止阀

(3) 除湿器

用来去除洗涤塔排气中的水滴，要求除水滴率在 90%左右。除湿器 4 的型式有过滤式、旋流式和挡板式等。

(4) 甲板水封装置

甲板水封装置 8 是安全装置，以防止货油舱内可燃性气体逆流。其原理是甲板水封内水柱的静压与货油舱油气的逆压相平衡，以阻止货油舱内可燃性气体的逆流。

(5) 压力/真空安全装置

该装置设于甲板惰性气体总管（也是货油舱透气总管）上，其作用和要求前文已叙述。

(6) 风机

一般使用电动离心式风机，风机 5 的风量应保证最大卸油量时油舱内能维持一微小正压。风机总风量比货油泵的排量至少大 25%。风机一般应设置两台，每台风机的风量可以是总风量的 100%或 50%，所以有三种不同的配置方式。

(7) 压力传感器

压力传感器 15 的功能是控制进入货油舱内的惰性气体压力，它通过控制排放阀 6 和调节阀 7 的开闭来维持惰性气体的压力。当压力升高时，压力传感器送出电信号，使调节阀 7 关小，减少流量，从而使进入货油舱的惰性气体压力降低，同时，使排放阀 6 打开，将多余的惰性气体从烟囱顶部排出。当压力降低时，开大调节阀，关闭或关小排放阀，使进入货油舱的惰性气体压力升高。

(8) 氧分析仪

本系统图中的氧分析仪 13 的作用是对送入货油舱的烟气中的含氧量进行分析，显示并记录进入货油舱烟气的含氧量，当含氧量超过 5%时仅会发出报警和记录。也可以通过氧分析仪控制调节阀 7 的开闭，当含氧量超标时，关闭总管上的调节阀，打开与惰性气体总管连通的放气阀，将不合格的惰性气体放到大气中。

(9) 放气阀

本系统中放气阀 14 的作用是当调节阀 7 关闭时，将调节阀 7 与甲板水封装置 8 之间管

路中的惰性气体放入大气，因而它的开闭也是由调节阀控制的。

三、惰性气体发生装置系统

惰性气体发生装置系统是利用专门的燃烧器燃烧柴油，产生燃气经洗涤塔冷却、脱硫、除尘和除湿，而后得到高质量的惰性气体。这种系统的优点是所产生的惰性气体含氧量低（1%~4%）、二氧化硫少、烟尘少。其缺点是需额外消耗燃油，经济性差，并要设置专门的燃烧室、燃油泵、燃油柜等设备，造价高。这种系统适用于没有大锅炉的成品油轮。

四、多功能惰性气体系统

这种装置是惰性气体发生装置系统的改进式，具有多种功能：

1. 可用锅炉的烟气产生惰性气体；
2. 当锅炉的排烟含氧量过高时，在燃烧室内进行再燃烧产生含氧量小于 5%的惰性气体；
3. 作为惰性气体发生装置，直接燃烧柴油后，得到高质量的惰性气体。

五、惰性气体管路及安装要求

1. 惰性气体管路中适当位置需安装泄放阀，防止管路中积聚货油和水。
2. 惰性气体总管穿过最前面的安全处所的前壁内侧，应设 1 只自动控制的惰性气体调节阀（见图 4.3.1 件 7），在出现下述情况之一时该阀应能自动关闭：
 - (1) 洗涤塔冷却水压力或流量降低到预定极限值。
 - (2) 洗涤塔内水位升高至预定极限值。
 - (3) 惰性气体温度升高至预定极限值。
 - (4) 惰性气体风机发生故障。
3. 惰性气体甲板总管应设有通岸连接法兰，使惰性气体总管能与外部惰性气体供气管连接。
4. 惰性气体总管设有通向每一货油舱的支管，支管应装有带锁闭装置的截止阀。
5. 在惰性气体调节阀后的惰性气体总管上至少有两个止回装置，其中之一是甲板水封装置；另外还需设一个止回阀，安装于甲板水封装置之后。在止回阀之后还需设一只截止阀，使甲板水封能与通往货油舱的惰性气体总管隔离。
6. 每台风机的进出口均应装设截止阀。
7. 在风机前的惰性气体管路上设新鲜空气进口盲法兰，可以用惰性气体风机来驱除货油舱内的气体。
8. 惰性气体调节阀前需设一根惰性气体循环管，可以回至洗涤塔或排入大气。在循环管路上需设一只截止阀，此截止阀受惰性气体的含氧量以及甲板惰性气体总管的压力控制，并与惰性气体调节阀联锁控制。
9. 在惰性气体调节阀和甲板水封装置之间的总管上，设 1 只放气阀，当调节阀关闭时，这部分管子内的惰性气体排至大气。放气阀和调节阀联锁控制。

十 三 货油舱洗舱系统

在下述情况下，货油舱都要进行清洗。货油舱在换装另一种货油之前，必须把积存的原有存油清除出去，以免新装入的货油受到混杂；清除长期积存于货油舱内结构上的沉积杂物；在进入货油舱内进行检查或修理前，须将积存在舱内的货油和沉积油类物质清除，同时还清除舱中的油气，以保证安全；在进厂修理前应将全部油舱中的存油及沉积杂物清洗干净。因而油船均设有洗舱系统。

洗舱系统可分为原油洗舱系统和水洗舱系统。对于 20000DWT 及以上的新造原油船必须

有货油舱原油清洗系统。该系统应有专门的固定管路，并应与消防管及其他任何与洗舱无关的系统分开；在成品油船和不足 20000DWT 的原油船上，可使用压力水（冷水或热水）对油舱内壁和舱底进行冲洗的水洗舱系统，一般采用手提式洗舱机。

洗舱系统的基本要求是能将货油舱内壁、舱底和内部结构上的附着物、沉积杂物等清洗到舱底。对用水清洗者，用扫舱系统抽吸，排至污水水舱。洗舱系统的布置应使舱内被清洗到的垂直壁面达到 85%以上，水平壁面应达到 90%以上。并能保证安全地进行洗舱作业。

一、原油洗舱系统

图 4.4.1 所示为原油洗舱系统甲板上管路的简图。原油洗舱系统可以利用货油泵作为洗舱泵，也可以设置专用的洗舱泵。由于货油泵或专用洗舱泵均与泵舱内的海水门相连接，因而原油洗舱系统也可兼作水洗舱系统。货油泵将货油从货油舱或污水水舱内抽吸至甲板洗舱总管，通过支管送到每一舱的固定洗舱机，喷入舱内达到清洗的目的。在洗舱支管上设有一只截止阀，阀前设有双孔法兰；在支管上还设有一只软管阀，必要时可以通过该阀送入洗舱水，阀前也装有双孔法兰。

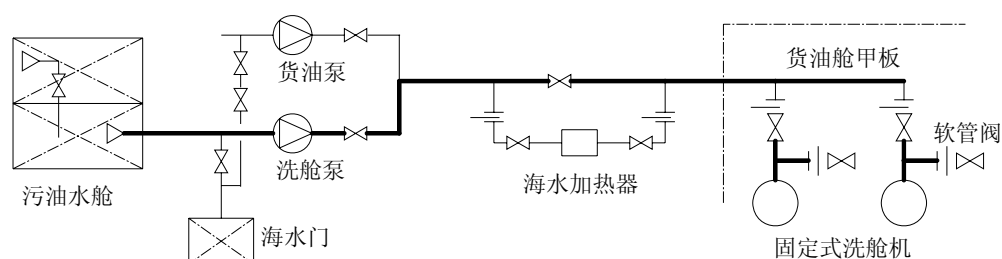


图4.4.1 原油洗舱系统简图

1. 主要设备

(1) 洗舱泵

① 当设置专用洗舱泵时，泵的容量应足够供给规定最多台数洗舱机同时操作所要的排量。当几台货油泵均可兼作洗舱泵时，其容量是足够的。

② 泵和管路的布置应使在任一台泵停用时原油洗舱系统仍能有效地操作。

③ 当载运几种不同的货油时，对载运原油的货油舱也应可以用原油洗舱。

④ 为使原油洗舱能有效地进行，在任何情况下均应满足原油洗舱机的最低供油压力。

⑤ 如洗舱泵采用容积泵，则必须装有防止压力超过允许值的措施。所设的释压装置，应将泄出的油排至供油泵的吸入端。若采用离心泵，设计压力不会超过管路的设计压力时，应在泵壳内安装一个温度传感器，在过热情况下停泵。

(2) 洗舱机

① 原油洗舱机应固定安装。

② 洗舱机的台数和位置，根据货油舱的容积、结构、形状阴影图的计算或计算机模拟来确定（一般由洗舱机制造厂承担），并需船级社认可。

③ 洗舱机的型式分两种：顶部洗舱机和底部洗舱机。顶部洗舱机其主体固定在甲板上，喷嘴伸入舱中，用以清洗货油舱底部及四壁；底部洗舱机一般装在离货油舱底 3m~5m 的高度位置，用以清洗货油舱顶部及四壁。

2. 管路设计及布置要求

(1) 原油洗舱的管路和阀件均需有足够的强度以承受压力。

(2) 原油洗舱管系应为独立的管系，与消防管路及其他任何非洗舱系统分开。原油洗舱系统的任何部分不得进入机舱。

(3) 所有压力表及其他仪表的接头，应在靠近管路处装设隔离阀。

(4) 管路直径应满足每一货油舱所需的洗舱机台数同时运转。

(5) 管路在船上安装完毕后, 应以 1.5 倍工作压力进行试验。

二、水洗舱系统

1. 原油—水兼用的洗舱管路

由图 4.4.1 可知, 可以利用货油泵抽吸海水, 经设在原油洗舱出口管路上并联的洗舱水加热器, 便可兼作水洗舱系统。加热器与原油洗舱管之间必须设有双截止阀或盲板法兰。同时管路应设计得在水洗前能排干管路中的存油至污水水舱或其他的货油舱。

2. 水洗舱系统

水洗舱系统一般使用手提式洗舱机, 可以利用机舱中的消防泵或总用泵吸入海水输送到货油甲板的消防总管, 通过消防总管上的消防接头和专用软管, 供水给洗舱机。洗舱机的压力应在 $0.6\text{MPa}\sim 0.8\text{MPa}$ 之间。

使用手提式洗舱机时, 货油舱甲板上适当位置开有安装洗舱机的通孔, 平时用盖密封。当需要洗舱时, 打开闷盖, 安装手提式洗舱机, 接好软管, 即可进行洗舱操作。

由图 4.4.1 可知, 也可通过软管阀将机舱来的海水供给固定式洗舱机, 进行洗舱操作。这种情况下, 可以不设手提式洗舱机。

十四 货油舱液位、温度和船舶吃水遥测系统

随着船舶自动化程度和对安全航行要求的提高, 油船上目前设置了各种形式的货油舱液位、温度和船舶吃水遥测系统。

一、遥测系统的基本要求

1. 对装有固定式惰性气体系统的油船, 货油舱应装设认可型闭式测量装置。

2. 除载运闪点大于 60°C (闭杯试验) 货油的油船外, 在设计中一般均选用闭式测量系统。

3. 为配合装卸操作管理, 实行集中监控, 各货油舱的液位应在货油控制室集中显示。货油舱液位的显示应能实现全程范围显示。

4. 为配合全船装卸配载, 还需将油船各压载舱的液位及船舶吃水同时在货油控制室监控。

二、遥测系统的型式

1. 雷达式货油舱液位遥测系统

该系统由安装于货油舱顶部的雷达发射器、发射器连接组件、中央处理单元、显示单元和可供选择的货油温度传感器、固定式现场读出单元、手提式读出单元、色带指示器等组成。图 4.5.1 为雷达发射器的示意图。

(1) 工作原理

其工作原理是由雷达发射器发出电波, 到达液体表面后反射到发射器的接收器, 根据电波来回所花费的时间, 经过处理可以换算成液货舱内液位的高度。

该系统无任何部件与货油接触 (油船用雷达发射器不伸入油舱), 能在甲板上对其维修, 测量精度高 ($\pm 5\text{mm}$), 测量不受货油温度和密度的影响, 且功能齐全。因此, 适用于载运各种货油的货油舱, 特别是大中型油船。

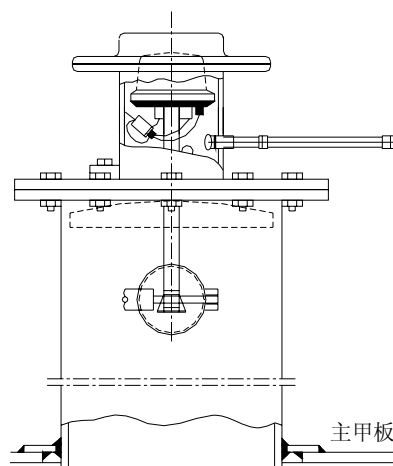


图4.5.1 雷达发射器

(2) 功能

雷达式货油舱液位遥测系统的显示功能齐全，包括：货油舱液位高度；货油温度及温度极限报警；惰性气体压力及压力极限报警；船舶吃水；高低液位报警；高高、低低液位报警；货油质量、货油体积；单位换算等。

2. 压力传感器式液位遥测系统

采用这种遥测系统时，在每一货油舱内装 3 只压力传感器，分别装在下部、中部和顶部。对无惰性气体系统的货油舱可省却顶部传感器。

其工作原理也很简单，通过压力传感器，将液体的静压力转换成电流强度，即可得出相应的液位高度。这种系统的优点是功能齐全、系统简单，但缺点是因传感器安装在货油舱内，维修较为困难。

该系统除压力传感器外，还包括控制单元和工作站等。压力传感器内还装有温度元件，故液位测量、温度测量和惰性气体压力测量可结合在一起。这种系统可显示货油舱液位高度、货油温度、惰性气体压力、船舶吃水、货油泵和货油管系压力及各参数的报警值等。

3. 吹泡式液位遥测系统

吹泡式液位遥测系统是一种较老的测量系统，由于其测量精度受到货油密度及粘度（温度）的影响，因而精度较差。目前仅适用于水舱的液位测量，例如压载水舱，包括油船的专用压载水舱的液位测量。

其基本型式可分为两种，即气动式和气电式。他们的区别在于前者直接由气体的压力转换成液舱的液位高度，而后者先将气体压力转换成电信号，再转换成液位的高度。

图 4.5.2 为吹泡式液位遥测系统工作原理简图。它由液位表 1、L 型三通旋塞 2、管路及吹泡室 3 组成。液位表工作原理与压力表工作原理完全相同，仅仅是表面上所显示的刻度不是压力而是液位。

L 型三通旋塞的 A 端与压缩空气管路相连，B 端与液位表连接，C 端与吹泡管连接。要测量该液舱的高度时，使三通旋塞处于 A、C 相通，压缩空气通过旋塞进入液舱内的吹泡管，然后转动旋塞的手柄，使 B、C 相通。如果管内的气体压力大于液体的静压力，则部分气体从吹泡管底部逸出，一直到气体的压力与液体的静压力相平衡为止。当液位表上的指针稳定下来时，所指示的液位即货油舱内的液位。

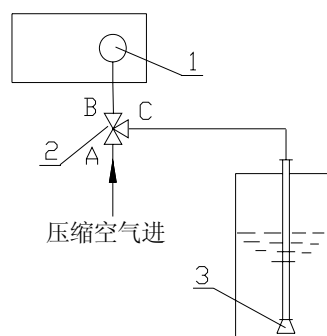


图4.5.2 吹泡室液位遥测系统工作原理图

1-液位表；2-L 型三通旋塞；3-吹泡室

油船的专用压载舱液位遥测系统主要采用吹泡式液位遥测系统和压力传感器液位遥测系统。如果采用后者，一般每一专用压载舱内仅需在舱底设 1 只压力传感器，且该传感器不需装温度元件。

船舶吃水遥测系统也同样采用压力传感器式吃水测量仪和吹泡式吃水测量仪。一般测量船舶 4 点吃水，即首部、尾部、中部两舷侧。因此应在该 4 处设置压力传感器或吹泡装置。吃水遥测系统应能测量并显示各点吃水值、平均吃水值、吃水差值、纵倾和横倾角度、对海水密度的修正及有关报警。

十五 货油舱透气系统

油轮的货油舱在装入货油时或者卸载后，油舱内的空气会被挤压而使货油舱内压力增

加，或因油舱内的货油减少而使货舱内形成真空。在油船航行中，所有油舱都是封闭的，当外界温度发生变化时引起油舱内的气压升高或降低，都会使油舱壁受到压缩或膨胀而破坏。

货油舱透气系统的功能就是在货油装卸和驱除油气的过程中，使大量气体通过透气装置进出货油舱；在正常航行中，由于温度的变化等原因，能使少量油气、空气或惰性气体进出货油舱。因而每个货油舱均应设置透气装置以限制油舱内的压力或真空度。

一、货油舱透气系统的型式

货油舱透气系统有两种基本的型式，即总管式和独立式。一般大型油船上每只货油舱均同时采用这两种透系统。

1. 总管式透气系统

图 4.2.1 所示的透气系统中，位于船中的即为总管式透气系统。该系统在上甲板上敷设有一根惰性气体总管并兼透气总管，总管通过支管与每一只货油舱相连。在透气总管上还设有一只压力真空释放阀，以确保该系统的安全。在船艏装有透气管上升管，其高度一般不小于 8.5 米。上升管的顶部装有火星熄灭器。该系统主要特点是：

(1) 各舱的支管与总管的连接管上应装设带锁闭装置的截止阀以能进行隔断。（图中是带锁蝶阀 2 和双眼法兰 1）。

(2) 货油舱另设呼吸装置（即独立式透气系统）。当支管被隔断时，舱内仍能维持呼吸功能。

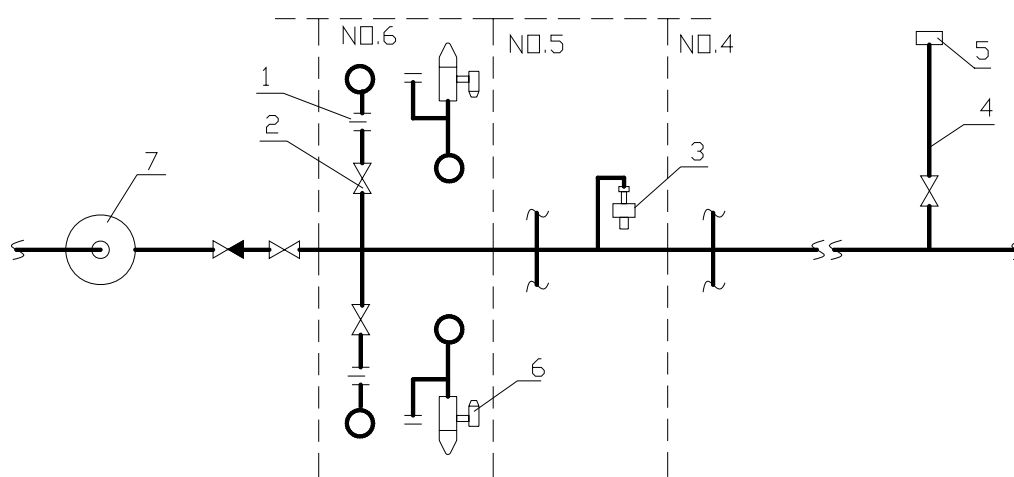


图4.2.1 货油舱透气系统（兼甲板惰性气体总管）

1-双眼法兰；2-带锁蝶阀；3-压力真空释放阀；4-竖直透气管；
5-火星熄灭器；6-高速透气阀；7-甲板水封装置

(3) 对于同时载运几种油品的油船，可按油品种类设计几组透气总管，其结构与上述总管式透气系统相同。

(4) 总管上适当位置设一竖直透气总管 4，以向上透气，出口处装金属防火网（火星熄灭器 5）。

(5) 设有惰性气体系统的油船，透气总管与惰性气体总管合用。

(6) 压力真空释放阀 3 前后不可设阀，但可设旁通阀。并有指示旁通阀已开启或压力真空阀已固定于开启的设施

2. 独立式透气系统

每一油舱单独引出一根竖直透气管，透气管上方安装有透气装置（高速透气阀）。见图 4.2.1 中的件 6。高速透气阀由三部分组成；高速排放阀 1、真空吸入阀 2 和驱气排气口 3。图 4.2.2 是高速透气阀的外形图。

(1) 高速排放阀

高速排放阀的作用是在装载货油时,使舱内大量油气或惰性气体排出。其基本要求是排泄蒸发气混合物的节流速度不小于 30m/s;蒸发气混合物垂直向上排出;排出口在货油舱甲板 2m 以上处;使油舱内压力不高于 0.021MPa。

(2) 真空吸入阀

当油船在卸载货油时,真空吸入阀将空气吸入舱内。当使用惰性气体补充时,真空阀应自动关闭。它的基本要求是:使油舱内真空不低于 0.007MPa;吸入口在货油舱甲板以上 1.5 米处;阀最大流量为每舱装载率的 1.25 倍。

(3) 驱气排气口

驱气排气口主要用于正常航行过程中少量气体的排出。它的主要要求是:驱气排出口应装有防火金属网;排出口流速至少为 2m/s;排出口在货油舱甲板 2m 以上。

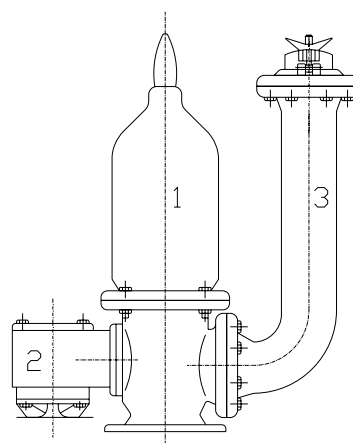


图4.2.2 独立式透气装置

1-高速排放阀; 2-真空吸入阀; 3-驱气排气口

二、透气管进出口位置和高度的要求

由于油船甲板部分为危险区域,而从透气管中排出的气体都含有一定浓度的油气,因而透气管的位置和高度是有严格要求的,具体要求如下:

1. 透气出口位置 and 高度

(1) 采用自由流通排气方式时,其出口应布置在货油舱甲板以上,且不小于 6m;或当其出口位于步桥范围以内 4m 时,则应位于前后步桥以上且不小于 6m;

(2) 采用高速排气方式时,排气出口应布置在货油舱甲板以上且不小于 2m 处。

(3) 不管哪种透气方式,透气出口均应离开含有火源的围蔽处所的最近进气口和开口以及可能构成着火危险的甲板机械和设备的水平距离均不小于 10m。

2. 透气管进口布置

(1) 对装有惰性气体的油船,透气管进口尽可能远离惰性气体入口。

(2) 透气管进口应自货油舱的最高部位引出。

(3) 对于装有惰性气体的油船,推荐透气管进口尽量布置在油舱的中心附近。

十六 空气、测量和和注入系统

空气、测量和注入系统是保证液体舱柜(淡水、燃油、滑油等)的正常注入和排出及检查之用。它包括空气管路、测量管路和注入管路。

一、空气管路

油舱、水舱装设空气管及溢流管(可兼作空气管用)的目的,是在灌注或抽吸液体时使舱内的空气能自由吸入和排出,避免舱柜内造成超压或负压损坏舱柜。应注意在灌注液体时,由于泵入的压力可能很大,所以一旦液舱内的气体无处排出或来不及疏排,舱柜就会承受超过它能承受的压力,发生破舱的危险;而在抽吸液体时,如不及时补充空气进入舱柜,舱柜就会受到大气的压力,也会使舱柜发生变形或破损。

普通货船液舱配置的空气管截面积是注入管截面积的 1.25 倍,而油船的货油舱透气管的截面积由设计最大装油速度的 1.25 倍来决定,这是两种不同的概念,必须注意区别。

1. 空气管的数量和布置

(1) 储存油或水的舱柜、隔离空舱、管隧、轴隧等处均应设置空气管。对于大型运输船，即使管隧内具有强力通风设施，也建议设置空气管或自然通风管。空气管应从舱柜的最高处引出并尽可能远离注入管，其出口端应有防止舷外水进入的可靠合适的装置。

(2) 空气管配置的数量和位置根据舱柜顶部的实际形状来决定，一般顶板长度等于或大于 7 米的狭长舱柜，至少配置 2 根空气管。

(3) 配备阴极保护的舱柜，前后均需设置空气管。

(4) 所有双层底舱都应设置空气管，延伸至两舷的每一个双层底分舱应自两舷引出空气管。

(5) 空气管的布置应在任何一个舱柜破舱浸水后，不致使舷外水通过空气总管进入位于其他水密舱室内的舱柜。

2. 安装技术要求

(1) 滑油储存舱柜或容积小于 0.5m^3 的燃油泄放柜(非动力注入柜)的空气管，可以终止于机器处所内。

(2) 一般空气管应尽量靠近船傍或舱壁安装，并向上引至舱壁甲板以上。

(3) 双层底舱、延伸至外板的深舱、舷外水可能涌入的舱柜以及其他隔离舱的空气管应引至舱壁甲板以上。

(4) 延伸至舱壁甲板以上的空气管，其可能进水处距甲板上缘高度应不小于 760mm，延伸至上层建筑甲板上的空气管，其可能进水处距甲板上缘高度应不小于 450mm。

(5) 燃油舱空气管的开口不应位于因溢油或油气而发生危险的处所，开口端应设置耐腐蚀和便于更换的金属丝防火网，其净流通面积不得小于该空气管的横截面积。金属丝防火网的规格为 30 目，如采用两层金属丝防火网则可为 20 目，两层之间的间隙不小于 12.5mm。

(6) 延伸至露天甲板上的所有空气管，其开口应装设有效而适当的关闭装置，以防止在恶劣气候下舷外水涌入舱内。

(7) 柴油机曲轴箱一般应配置空气管，口径通常按制造厂的推荐，并不宜过大，以防止曲轴箱爆炸后空气的冲入。该空气管一般均引至机舱棚烟囱后壁排至大气。

(8) 对于动力注入的所有舱柜，每一个舱柜的空气管的总横截面积，应至少为其流入管有效面积的 1.25 倍。在任何情况下，上述舱柜空气管的内径应不小于 50mm。对于仅仅依靠重力注入的舱柜，空气管的截面积可以不遵循上述规定，甚至可小于重力注入管。

(9) 如果舱柜装有溢流管，溢流管的有效截面积不小于注入管有效面积的 1.25 倍时，则空气管的横截面积至少应为该舱注入管横截面积的 20%。

3. 空气管头

为了满足上述空气管的安装要求，在空气管的开口端一般均装有各种形式的空气管头，最简单为 U 字弯，其他的空气管头按 CB/T3594-94 的分类有帽式空气管头、鹅颈式空气管头、测深兼透气空气管头、浮筒式油舱空气管头、浮筒式水舱空气管头、浮球式油、水舱空气管头等。

(1) 帽式空气管头

帽式空气管头的结构见图 3.7.1 所示。它由盖、螺钉、本体和滤网（防火网）组成。盖与本体之间使用螺钉使其相对固定。空气管头与管子的连接方式为法兰连接。滤网采用散热快的黄铜丝编织而成，其作用可防止火星溅入管内而引起火灾，因而设于水舱空气管上时，此滤网可以不装。这种空气管头一般装置在海水不易溅到的上层建筑两侧或隐蔽于舷侧舷墙的下方。

(2) 鹅颈式空气管头

鹅颈式空气管头的结构见图 3.7.2 所示。

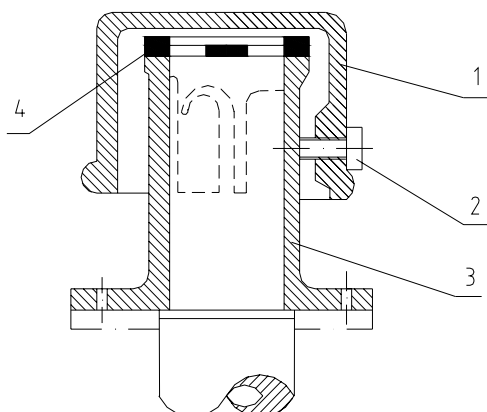


图3.7.1 型空气管头

1-盖;2-螺钉;3-本体;4-滤网

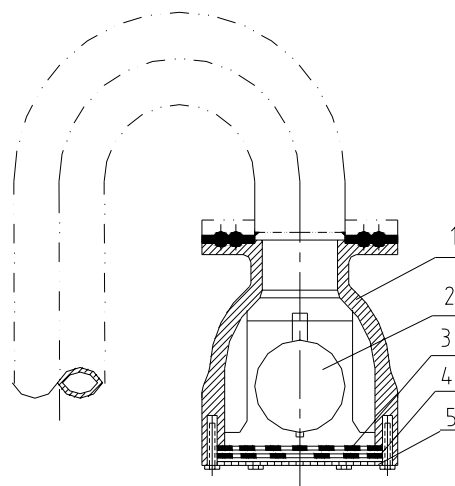


图3.7.2 鹅颈式空气管头

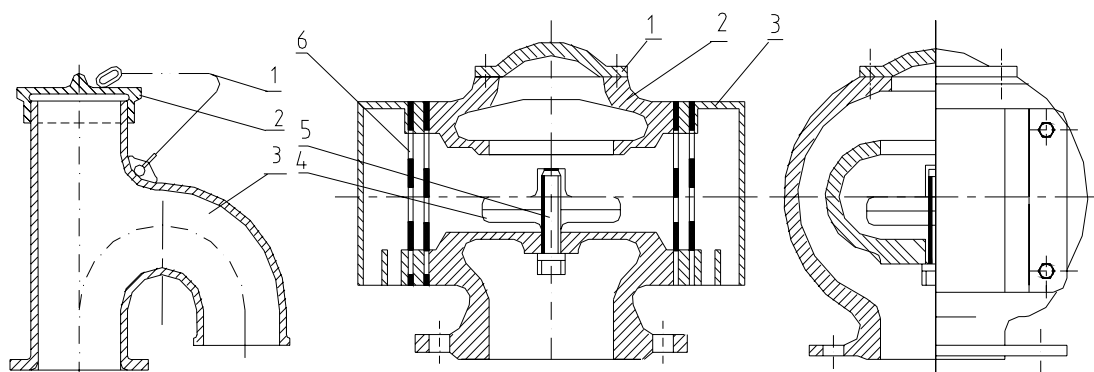
1-头部;2-浮球;3-滤网;4-垫板;5-网孔板

它由头部、浮球、滤网、垫板、网孔板组成。

它与管子也采用法兰连接，浮球由阻燃玻璃钢制成，平时浮球总是位于头部的中间，空气管是畅通的，当海水进入空气管头时，浮球就被托起而关闭空气管头。滤网的作用和安装要求各种空气管头均相同。

(3) 其他形式的空气管头

CB/T3594-94 所列的其他浮球(筒)式空气管头的工作原理与鹅颈式空气管头基本相同，

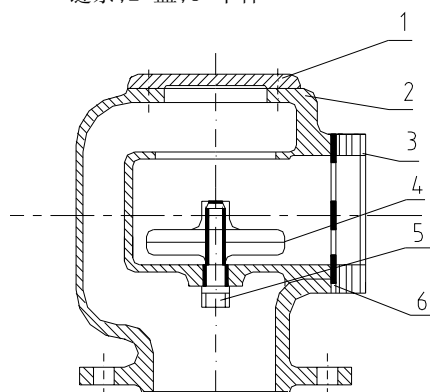


(A) 测深兼透气空气管头

1-链条;2-盖;3-本体

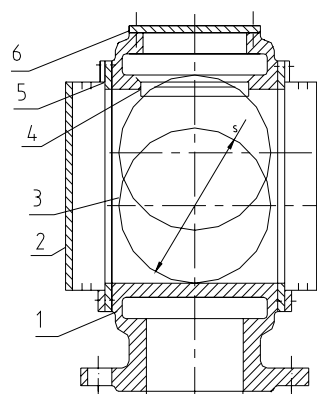
(B) 浮筒式油舱空气管头

1-上盖;2-本体;3-罩壳;4-浮子;5-导向螺栓;6-滤网



(C) 浮筒式水舱空气管头

1-上盖;2-本体;3-罩壳;4-浮子;
5-导向螺栓;6-滤网



(D) 浮球式油、水舱空气管头

1-本体;2-罩壳;3-浮球;4-密封环;
5-滤网;6-上盖

图3.7.3 其他形式的空气管头

仅结构不同而已，这里不再详述。结构示意图见 3.7.3。

二、测量管路

为了测量液体舱内液体的贮存量和消耗量，可以在液体舱的适当位置安装测量管，通过它测定液体舱内的液面高度位置，对照舱柜容积表可算出该舱柜的贮存量。小型日用液体箱柜通常可不设测量管，而是装置液位表或浮子式液位指示器。

1. 布置原则

(1) 所有舱柜、隔离空舱、管隧以及不易经常接近的污水井、污水沟，均应设置测量管。测量管尽可能靠近抽吸口或液舱最低处。

(2) 测量管可用认可型的测量装置替代，测量装置在装船后应进行校正和合格试验。

(3) 为了防止舷外水或污水通过测量管进入舱柜，所有可能进水的测量管上部均应有永久性附连的可靠关闭装置，可能时管子还应伸出甲板适当的高度。

(4) 测量管底部如采用封闭的缝隙式时，封闭结构应坚固，测量管底部距舱柜底的距离为 30mm~50mm；底部为开口时，舱柜底板上需安装直径为 150mm~200mm，厚度为 10mm~12mm 的防撞板。

(5) 除深舱外，其他舱柜可以采用肘型测量管，但肘型测量管的壁厚应与引出处的舱壁有相同的厚度，并应有适当的支承。

2. 安装技术要求

(1) 测量管应尽可能与液舱相垂直安装，可以提高测量的准确性。并引至舱壁甲板以上随时可以接近的地点。对于燃滑油舱柜的测量管应引至开敞甲板上安全的地点。

(2) 当测量管必须从纵壁处引出时，可以采用倾斜度在 20° ~ 30° 之间的倾斜安装，或采用肘型测量管。

(3) 测量管位于舷侧，不能垂直安装到柜底时，也允许采用大弯曲半径进行弯曲，原则是不得妨碍测量尺的自由进出。

(4) 油舱的测量管头不得设置在走廊或居住舱室内。

(5) 在机器处所、轴隧内，当测量管不可能引至舱壁甲板以上时，则双层底舱柜可安装延伸至花钢板以上的短测量管。短测量管头距花钢板为 800mm~1000mm。短测量管应易于接近。燃滑油舱柜的短测量管应尽可能远离设备或管路的热表面以及电气设备，必要时应设有防护设施。

(6) 燃滑油舱柜的短测量管应安装永久附连于手柄的自闭旋塞，在自闭旋塞之下尚应装有小直径的自闭式检视旋塞或阀。见图 3.7.4。

(7) 淡水舱、压载水舱、轻柴油舱、柴油舱、滑油舱的测量管内径采用 40mm，燃料油舱柜的测量管采用 50mm；当测量管不可避免通过温度低于 0°C 的舱室时，其内径采用 65mm。

3. 测量装置

用测量管测量液舱的液位是简单

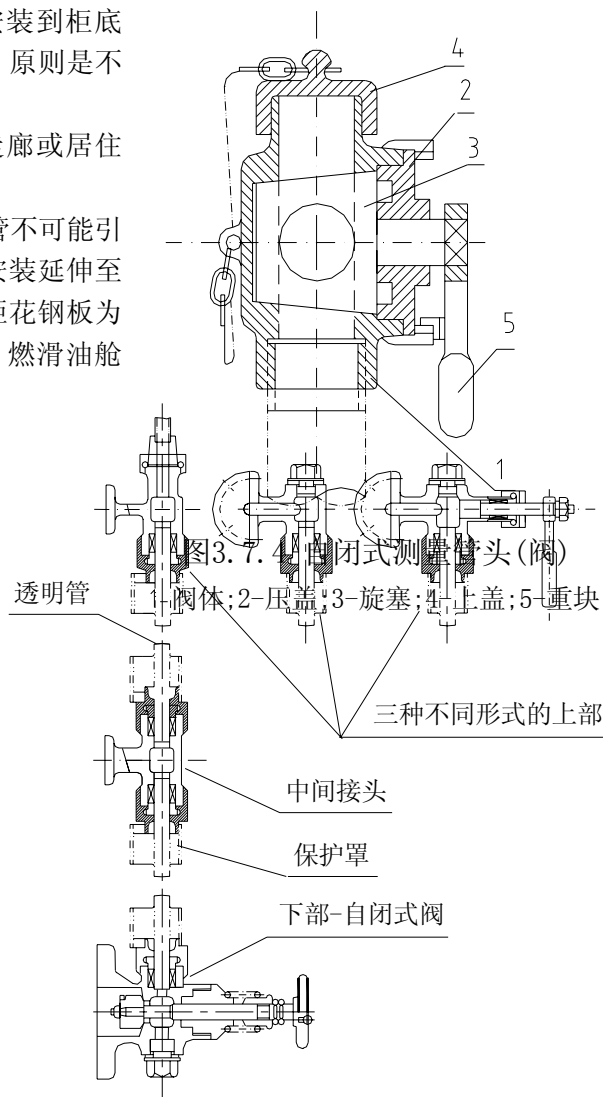


图3.7.5 玻璃管式液位计

而可靠的方法。但除了测量管外，船舶上还采用多种测量装置来测量液舱的液位。例如玻璃管式液位表、浮球式液位计、平板玻璃液位计、磁性翻板式液位计等。并随着船舶的大型化、自动化程度的高度发展，在各类船舶上装备了各种各样的液位遥测装置，集中地测出分布在各处的液舱液位。对于这些遥测装置我们将在第四章中介绍。

(1) 玻璃管式液位计

玻璃管式液位计主要用于受静压的水柜或滑油柜。它的安装形式也多种多样，例如与箱柜的连接形式有外螺纹连接或法兰连接，外螺纹通常为 G1/2" 或 G3/4" 的管螺纹，法兰的通径为 DN20mm；按液位计上部的结构分有采用通大气的，螺塞的、手柄阀的等。图 3.7.5 所示的为采用法兰连接的几种型式。它由自闭阀、手柄阀或螺塞或通大气接口、透明管、泄放螺塞、中间接头等组成。与箱柜的连接采用法兰。该液位计的下部装有自闭阀，安装在上部的手柄阀处于常开状态，按动自闭阀的手轮可使液位计与箱柜形成 U 形连通器，经过一段短时间，液位计所示的液位即箱柜内的液位。自闭阀的下部装有泄放螺塞，可供泄放之用。

液位计透明（玻璃或有机玻璃）管安装时特别要小心，长度要适中，管口要平整不歪斜，管口两端与上下阀之间要留有一定的间隙，填料或密封圈安装要均匀，旋紧螺母时要防止过紧或单边受力而损坏透明管。透明管装好后应加装保护罩壳，保护罩壳可以用白铁皮、铝皮或不锈钢皮制成。

玻璃管式液位计的最大优点是结构简单，安装方便，但缺点是容易破损。

(2) 平板式玻璃液位计

图 3.7.6 为平板式玻璃液位计的示意图。它由两只液位计自闭阀、平板液位计组成。平板液位计分为二种型式，即上（下）节和中间节，通过不同的组合，可组成不同长短的液位计。用户可根据需要进行选择，并按连通阀中心距在箱柜上开孔。两只液位计自闭阀间一般均装有机机械或液压操纵机构用于开启自闭阀。不管用什么方式，当人员离开液位计时，自闭阀均应能自动关闭。当箱柜较小，两自闭阀间的距离能满足同时进行手动操纵时，也可不设操纵机构。玻璃板与液体接触的一面刻有锯齿槽，在灯光的照射下，由于光的折射作用能呈现出明显的液位线，以确定箱

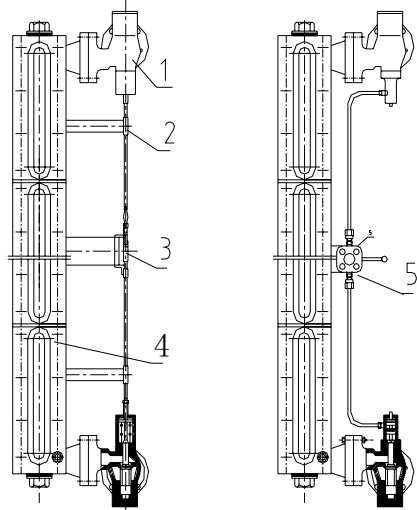


图3.7.6 平板式玻璃液位计

1-自闭阀；2-导向支架；3-凸轮操纵机构；
4-油位计；5-液压操纵机构

柜内的液位。

平板式液位计的上下自闭阀在平时是关闭的，所以即使出现玻璃板破裂的情况，容器内的液体也不会流出。能用于压力较高的锅炉和油柜，特别是燃油舱柜为满足

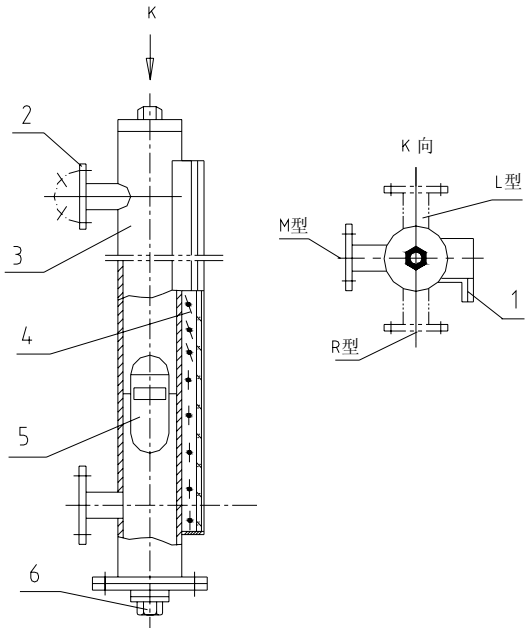


图3.7.7 基本型磁性翻板式液位计

1-标尺；2-连接法兰；3-本体；4-翻板；
5-磁浮体；6-放泄式螺塞或放泄阀

船级社规范的要求，必须使用平板式液位计，不能使用玻璃管式液位计。

(3) 磁性翻板式液位计

磁性翻板式液位计是一种比较新颖的液位计，它最大的优点是安全。它可以用于各种液体舱柜，特别适用于易燃易爆、具有腐蚀性或流动性差需加热的液体舱柜。但由于它的成本较高，价格较贵，所以船舶上一般仅用于重油（燃料油）舱柜。

图 3.7.7 所示的液位计本体由不锈钢管制成，两端开有二只支管，通过二只截止阀与舱柜相连通，形成旁通管路。上部装有透气螺塞，下部装有泄放螺塞。管子内装有含磁钢浮子，管子的外部装有磁翻板柱，一般磁翻板柱的一半是白色，另一半是红色（塑料制成）或蓝色（陶瓷制成）。平时二只截止阀为常开，故管子内的液位始终与舱柜内的液位一致。而管子内的浮子可随液位的升降而升降，利用浮子内永久磁体的束性磁场将磁翻板柱推转 180 度，从而改变它们的颜色，浮子（即液位）上升时，磁翻板柱由白色变成红色或蓝色，下降时，又变为白色。对照翻板柱两边刻度板可以读出舱柜液位的高度和体积。

磁性翻板式液位计的种类也不少，有基本型、夹套型、防霜型、地下型等，如果在翻板柱旁边安装液位传感器，还可实现遥控。其中基本型和夹套型在船舶上用得较多。前者主要用于柴油舱柜，后者由于本体为双套管结构，外层空间可以与蒸汽管连接，对管内的介质进行加热，故可用于流动性差的燃油舱柜。

浮子式液位计主要也是用于燃油舱柜，但目前基本上已被磁性翻板式液位计所代替。

三、注入管路

注入管路的用途是将舷外的液体加到船上的各个液体舱柜内。

为了从甲板上对各舱柜进行装注淡水、燃油或滑油等液体，在甲板上装有通往各舱柜的注入管。其布置原则和安装技术要求如下：

1. 不论是淡水舱或饮水舱，它们的注入管接头应符合 GB5742-82，该接头也符合国际标准。图 3.7.8 为船用饮水舱注入接头示意图。

2. 不同种类的燃油或滑油系统的注入系统应独立，不能混淆，避免把不同的油类错误地灌注入舱。

3. 大、中型船舶通常在左右舷各设置一个加油站，左右舷有横贯的连通管，连通管引至所需要灌注的油舱。进入油舱内的管子应尽可能通至舱底或使油沿壁流下。

4. 对于燃油注入管、不论采用何种注入方法，都要有防止管路超压的设施，超压的泄

油必须排至足够容量的溢流舱。

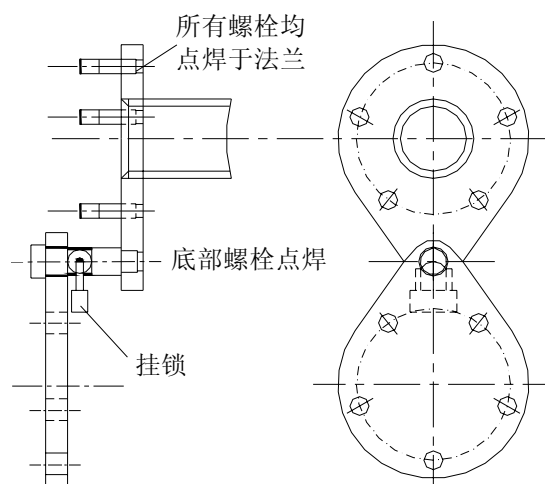


图3.7.8 船用饮水舱注入接头

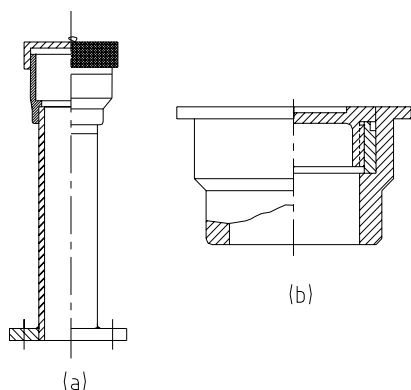


图3.7.9 杯形注入口

5. 注入管路应尽量靠近舱壁布置和安装，不得妨碍通道。水平管尽可能有大于 1/50 的斜度。

6. 注入口或注入阀应设置在操作方便的开敞甲板上或站室内。燃油加油站应配有注入阀、盲板，压

力表、温度表以及取样装置等。其加油站的四周应有集油槽以防油泄至舷外造成污染。

7. 同类液舱的注入可设注入总管，然后再在适当位置引分支到每个舱柜。

8. 为防止污水经注入口流入舱内，一般注入管升高到距甲板 400mm 左右，再在其管端装置一种带有螺纹盖的杯形注入口，见图 3.7.9 (a)。如不能或不必升高，则可在甲板终止处安装带有埋入式螺盖的注入接头，见图 3.7.9 (b)。

9. 每个燃油舱必须设置溢流管，其截面积不得小于动力注入管的截面积的 1.25 倍。溢流管上应装有观察器（视流器）和照明，但不得装任何阀件。

十七 货油装卸及扫舱系统

一般油船的装卸管路按布置位置可分为三部分，即货油舱内管系、油泵舱管系及甲板管系等。

一、货油舱内管系

舱内管系布置分线形总管式和环形总管式两类，环形总管又分单环式、双环式和多环式。

1. 线形总管式

原则上，每一货油泵设置一根总管。按装油配置要求（计及不同油种的装载分布）从各总管引出支管至相应油舱。

图 4.1.1 为某油船的三线总管式舱内管系图。图中 NO.1 总管服务于 1、3 货油舱（左、右），图中 NO.2 总管服务于 2、5 货油舱（左、右），图中 NO.3 总管服务于 4、6 货油舱（左、右）及污水水舱（左、右）。

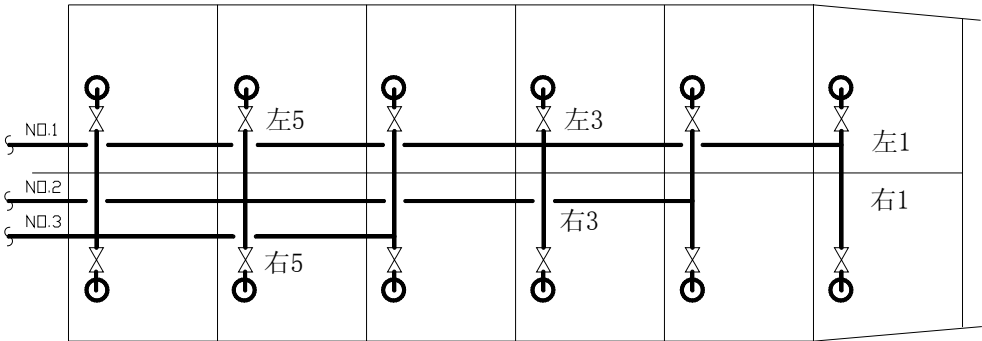


图 4.1.1 三线总管式舱内输油管系简图

这种线形总管式管系布置简单、操作方便、隔离可靠和混油可能性小。但装载油种的机动性不高，适用于运输油种固定、运量固定、航线固定的中小型油船。

2. 环形总管式

为提高机动性，可将两根线形总管相接，配以相应阀门，即成单环式总管。对具有 3 台货油泵的船舶，可形成两个或多个环形总管。图 4.1.2 为某船的多个环形总管式舱内管系图。图中 NO.1 总管与 NO.2 总管、NO.1 总管与 NO.3 总管及 NO.2 总管与 NO.3 总管都相互连通，并且 4# 风暴舱和污水水舱都可由两根总管抽吸。这种环形总管式布置机动性好，但为避免混油需设置较多的隔离阀，操作管理较为复杂。

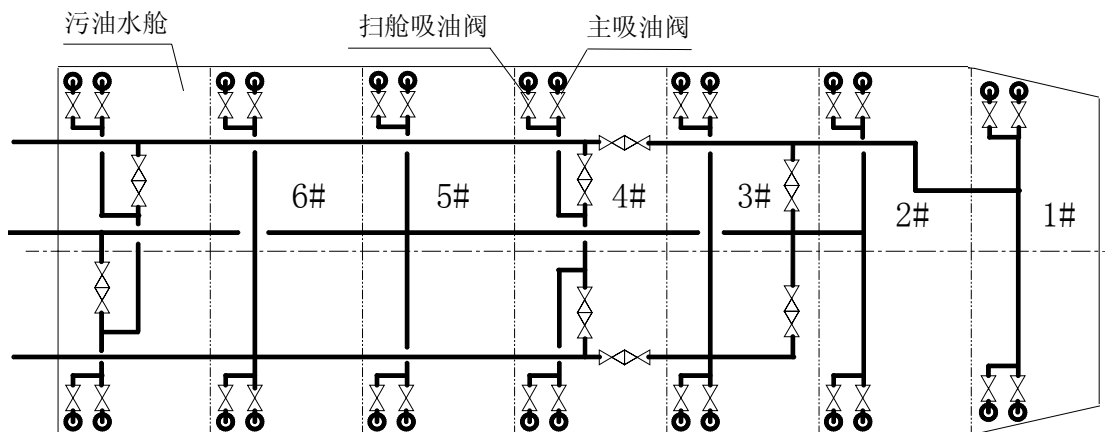


图4.1.2 多环总管式舱内输油管简图

3. 舱内管系设计及安装要求

(1) 各总管在第一个油舱内必须设有膨胀接头或弯头，以补偿管子的热胀应力。如用膨胀接头则应为伸缩型膨胀接头。

(2) 应防止混油现象的发生。对装载两种或两种以上油品的油船，在环形总管的连接处，以及总管与吸口之间均须设置两道阀隔离。

(3) 除不足 600DWT（载重吨）的油船外，货油舱均设有双层底，为此吸油口可布置在油舱的底面以上或设置在凹入的吸油井内。吸油口应布置在船舶卸油状态时的最低点，距舱底应小于 100mm。

(4) 如货油舱设计为直接注油时，注入管应伸入舱内，其开口应使货油沿舱壁流下并尽可能接近舱底，以减少产生静电的可能性。

(5) 当考虑通过吸入管装注货油时，则应设有旁通管，绕过货油泵，将吸入管与甲板输出管连通（旁通管上设截止阀）。

二、泵舱管系

油船一般都在机舱前部设置有油泵舱，为货油舱服务的大部分设备均安装在泵舱内。主要有货油泵、专用压载泵、扫舱泵、洗舱加热器等，因而泵舱内的布置一般都十分紧张。但因汽轮机的工作温度高达 204℃ 左右，**为了降低泵舱的温度和避免电动机产生火花，引起火灾，所以驱动货油泵、压载泵的透平或电动机，均设置在机舱内。在原动机的传动轴通过舱壁处，必须装有密封的填料函装置，用来保持传动轴通过舱壁处的密封性。**

图 4.1.3 为泵舱内设有三台货油泵、货舱内总管采用环形总管式布置时的管系简图。

泵舱内管系的设计应满足下列要求：

(1) 各货油泵的吸入管接自舱内管系的各总管。各总管接入泵舱后，必须设置防火型隔离阀。即图中的遥控蝶阀 1 必须为防火型蝶阀。

(2) 如果货油舱内的总管采用环形总管，则各货油泵之间不必连通。如果货油舱内的总管采用线形总管式，则各货油泵的吸入管应相互连通，以便任一台泵发生故障时，由其他泵代替工作。对不同油种的吸油总管，该连通阀上应装设双道隔离阀。

(3) 各货油泵的吸入端应装有气体分离器（真空装置）2，以去除货油中的空气，防止油泵的损坏。对于原油船，还应装有滤器。但对于成品油轮等装载干净油种的油船可以不设。

(4) 如某一货油舱须作为油船的应急风暴压载舱，则货油泵应能经海底阀吸入海水压至该舱（在海水总管和货油总管之间应设 2 只阀，其中 1 只阀应能在关闭状态下予以锁住；或在货油泵专用的海水总管上设置双孔法兰，图中的件 5 即为双孔法兰，平时处于常闭状态），并能从该舱抽出污压载水，按防污染要求直接排舷外、排至污油水舱或岸上接受设备。

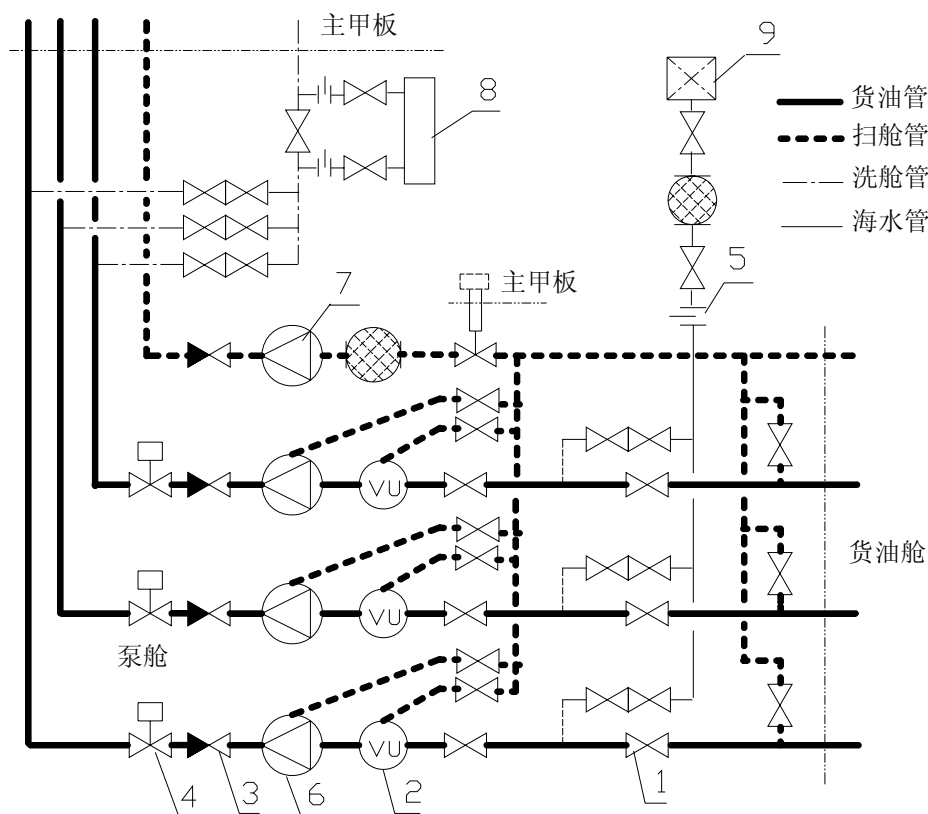


图4.1.3 泵舱管系简图

1-防火型蝶阀；2-气体分离器；3-止回阀；4-排量调节阀；
5-双孔法兰；6-货油泵；7-扫舱泵；8-洗舱加热器；9-海水门

(5) 离心式货油泵的排出端应设排量调节阀 4 和止回阀 3，用于调节货油泵的排量及压力和防止各货油泵出口因连通而发生混油。

(6) 每台货油泵均由一根独立排出管引出泵舱与上甲板货油管系接通。

(7) 用货油泵进行原油洗舱的原油船，洗舱原油供给管可接在货油泵出口排量调节阀之后，以便调节洗舱油压。

三、甲板管系

货油甲板管系接自货油泵的排出管，由纵向总管、横向总管及装卸油站等组成。图 4.1.4 为典型的油舱甲板管系图。

1. 纵向总管

自货油泵排出管引出 至船中部与横向总管相接。在纵向管路上每隔 15m~30m 应设置一只膨胀接头。各管段的法兰连接处应用导体进行电气连接，并最终接地。防止由摩擦或静电产生火花而发生火。

2. 横向总管

由纵向总管引向两舷的装卸油站。该系统共有三根货油总管（图中的 N01、N02、N03），但为了装卸方便，引至装卸油站后，其中一根总根分成两路在装卸油站的前后各设一只注入/排出接口；每一根横向总管上还设有与货油舱总管连通的支管（图中的 A、B、C 接口），以便货油可直接通过货油舱内的货油总管将货油注入到各货油舱；各横向总管之间还相互连通，方便了货油的装卸。连通管上应装设双道隔离阀。

3. 装卸油站

装卸油站设于横向总管的两舷，用于货油的装卸、燃油和柴油注入及蒸发气收集系统

的接岸。总管末端下方设有集油槽。货油装卸管位于装卸油站的中间，两边为燃油（F.O）和柴油（D.O）的注入管，最外档的是两根蒸发气接岸总管。

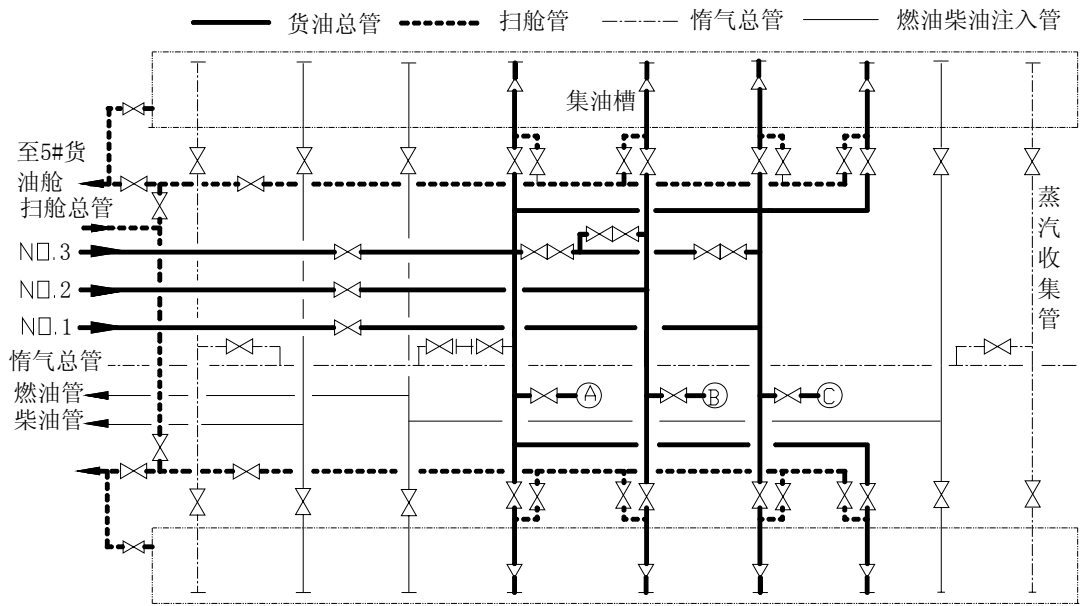


图4.1.4 典型的油船甲板管系图

对于国际航行的油船，货油装卸站的设计应符合 OCIMF（石油公司国际航运论坛）的要求，见图 4.1.5。主要如下：

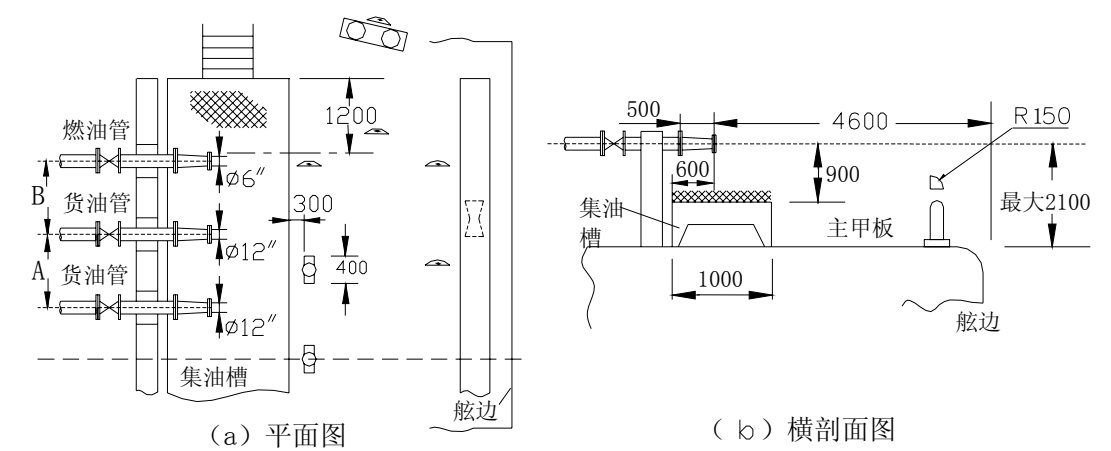


图4.1.5 装卸油站布置示意图

(1) 装卸油管之间的间距 A 及燃油装注管和货油装注管之间的间距 B 应按表 4.1.1。

表 4.1.1 间距 A 及间距 B 的要求

船的吨位/DWT	A	B	注
16000~25000	≥1.5m	1.5m	对不足 16000DWT 的油船, A 应按船的尺寸、装卸要求及油码头的设备具体决定.
25001~60000	≥2m	≥2m	
60001~160000	≥2.5m		
大于 160000	≥3m		

(2) 异径接头的配置数量应管按表 4.1.2。阀、短管及异径接头的法兰应符合 B.S. 1560（英国标准）或 ANSI B16.5（美国国家标准学会）的标准。

表 4.1.2 货油装卸站异径接头配置数量

船的吨位 DWT	固 定 安 装			备 用			
	大端	小端	数量	大端	小端×数量	小端×数量	小端×数量
16000~25000	按货油总管	12″	8	12″	8″ ×4	10″ ×4	
25001~60000		16″		16″			12″ ×4
60001~160000		16″		16″			12″ ×4
大于 160000		20″		20″	12″ ×4	16″ ×4	
注：1、表中数量以 4 根货油装卸总管为基础。							
2、因系英美标准，故表中尺寸以英制表示管子的公称通径。							

(3) 对于集油槽，除其尺寸应符合图 4.1.5 要求外，还应符合下列要求：集油槽的容量，USCG（美国海岸警卫队）要求对于 12" 以上的装卸油管，每一根油管应具有 636L 的集油槽容量；集油槽应通过重力或气动泵将油泄放至污水水舱。

四、货油舱扫舱系统

在油船上，货油装卸管路吸油口的口径较大，不可能过近的贴近舱底，因此，卸油时油位低到一定的位置，由于油类不能及时的从四处流至吸油口附近，这时流体就会产生旋涡，使空气通过吸油口进入的管内，从而影响泵的排量，甚至吸不上货油。所以，当油位低于一定高度时，必须利用扫舱系统继续完成卸油工作。另外在洗舱时，舱内的积水也可用扫舱系统排出。

1. 货油舱扫舱系统的功能

- (1) 抽吸货油舱内的残油、使留舱残油尽可能少。
- (2) 抽吸货油管内及货油泵等设备内的残油。

2. 扫舱系统的形式

扫舱系统主要有自动扫舱系统和独立式扫舱系统两种。

(1) 自动扫舱系统

自动扫舱系统适用于采用离心泵作为货油泵的大中型油船。主要用于抽吸货油舱内的残油，使留舱残油达到最少。由于这种系统仍利用货油泵进行扫舱，因而一般仍需设置一台小排量扫舱泵，以抽空货油管及货油泵中的残余货油，见图 4.1.3。

自动扫舱系统主要有真空式自动扫舱系统、喷射式自动扫舱系统及再循环自动扫舱系统三种形式，目前应用最多的是真空式自动扫舱系统。

真空式自动扫舱系统由气液分离柜 2、排量调节阀 3、气体抽出阀 5、真空装置 6（真空泵、真空柜等）和控制板 7 等组成。图 4.1.6 所示为真空式自动扫舱系统的示意图

其工作原理是：

①当货油舱内的货油液位足够高时，本系统不工作，此时气液分离柜 2 中液位在 70% 以上。

② 当货油舱内的液位下降时，吸入压力也下降并接近货油的蒸发压力时，部分货油将变成蒸汽，同时积聚在气液分离柜的顶部，并导致分离柜内液位下降。当液位降到 50%以下时，分离柜上的液位传感器 8 的气动信号驱动装于货油控制板 7 上的压力开关，使真空泵 9 启动，同时打开气体抽出阀 5 并使排量调节阀 3 关小，进行节流。

③ 真空泵 9 抽出气体的同时分离柜中的液位升高，当液位恢复到 70%时，气体抽出阀关闭并在 10 秒钟后，真空泵停止，排量调节阀恢复到原有的开度。每当出现上述情况时，重复进行②、③的抽气过程。

④ 当货油舱内液位进一步下降时，吸入口周围会产生漩涡，当漩涡凹陷的底部低于吸入口的下表面时，气体开始被吸入。同样，这些气体积聚在分离柜的顶部，使分离柜内的液

位降低，又重复②、③的抽气过程。但由于吸入的空气越来越多，排量调节阀的开度变得越来越小，或真空泵处于一直运转的状态。

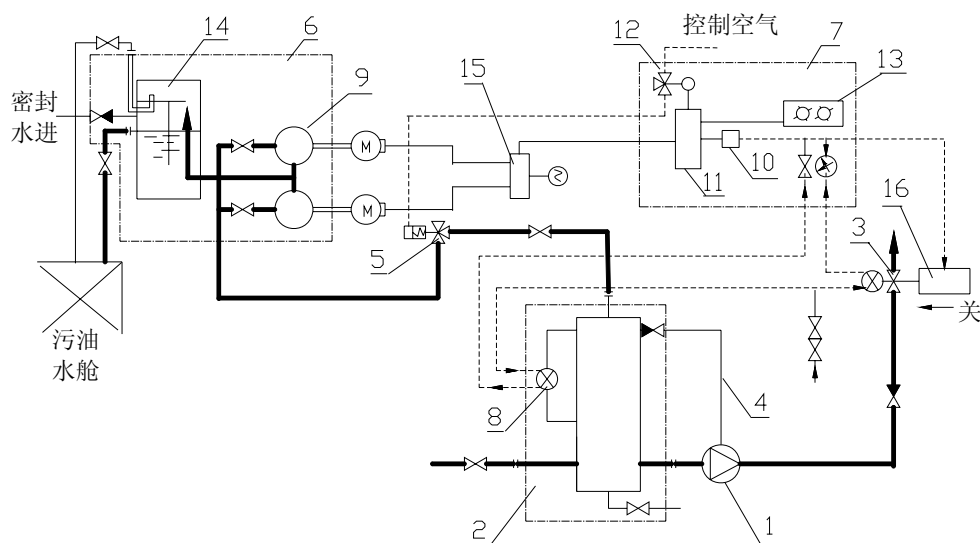


图4.1.6 真空式自动扫舱系统示意图

1-货油泵；2-气液分离柜；3-排量调节阀；4-引水管；5-气体抽出阀；
6-真空装置；7-控制板；8-液位传感器；9-真空泵；10-压力开关；
11-电控箱；12-电磁阀；13-报警灯板；14-水封柜；15-起动机；16-定位器

⑤ 当液位再下降时，就会有大量的气体被吸入，气体吸入的量超过了真空泵的抽出量，排量调节阀会完全关闭，如果气液分离器内的液位还会上升时，排量调节阀会再开一点；但液位再次低于5%时，黄色的信号灯就会发亮，表示卸货工作已进入扫舱阶段。

⑥ 当真空泵连续操作时，分离柜内的液位也不上升，且排量调节阀随时保持完全关闭，长时间继续这种状态，意味着已抽不到剩余液体，大约3分钟后，橘黄色灯会闪光，同时峰鸣器发出声响，表示扫舱结束。

(2) 独立式扫舱系统

仅利用扫舱泵进行，设置独立的扫舱总管，一般适用于中小油船。

3. 扫舱管路

(1) 扫舱支管

对大中型油船，因设置自动扫舱系统，且为简化货油管系，一般均不设专用扫舱管路，而以货油吸入管兼作扫舱总管。每个货油舱内装设管径较小的扫舱支管和吸口，接至货油总管。见图4.1.2。卸油时，当舱内油位下降至接近主吸油口时，关闭主吸油阀并开启扫舱吸油阀，同时用扫舱泵进行扫舱卸油。

(2) 独立扫舱管路

扫舱总管和货油总管并行敷设，各货油舱都有扫舱支管和扫舱总管相连，扫舱总管和扫舱泵连接。大中型船舶很少使用。

(3) 扫舱吸口

扫舱吸口应低于货油主吸口，并尽可能接近货舱底。如货油舱内设有吸油井，则扫舱吸口应尽量布置在吸油井内。

4. 扫舱泵

扫舱泵一般应采用自吸性能好的蒸汽往复泵或电动螺杆泵。扫舱泵的作用是抽除货油舱内的残油、货油总管内的油、I、II级污油水舱内的污油、货油泵排出总管内的油、货油设备的泄放油、泵舱舱底水和海水（如兼洗舱）等。扫舱泵将残油或污油排至上甲板货油总管排岸接管处、I级污油水舱、经排油监控认定合格后排舷外和兼海水洗舱泵时将海水泵至

洗舱加热器。

五、其他

1. 管子支架

管子支架应包有 1~1.5mm 的铅皮垫片，或设有聚四氟乙烯垫片。防止管子因受热胀冷缩滑动而与支架相互摩擦产生火花引起火灾。

吸油口支管必须设置一个支架，并将支架焊接在船体结构上，然后把支管固紧在支架上。用来避免在装卸油时，由于液体流动的冲击力而引起支管振动，造成吸口与舱底板摩擦而引起火灾。同时也可防止由于吸油造成的真空使吸口与舱底板之间的距离缩小，降低油泵的吸油效率。

2. 货油舱加热管

油船在卸油时，由于油类的粘度较大，所以油的流动性较差。为了提高油船的卸油速度，在卸油时，可以将油类进行加热，减小油的粘度，增大油的流动性，从而可以缩短卸油的时间，用来对货油进行加热的管路称为货油加热管路。

货油舱加热管一般均采用盘管的形式，可以在车间内场组装成片状单元后到船上安装。为了节约能源，又达到加热的效果，可以在吸油口四周设螺旋形盘管。

每个货油舱的加热管，应各自为一组或分成几组，每组应各自有其独立的进汽管和排汽管，分别接至甲板上加热系统的蒸汽总管和凝水总管（也有用热油作为加热介质的），它们都有独立的控制阀或按舱群分布的分配器和集合器。为了有效地利用蒸汽热量使蒸汽全部凝结成水，每组凝水管都应设有一只阻汽器。阻汽器与盘管之间的管路上一般还应设置一只放水阀，当凝水观察柜中发现凝水中含有油份时，用来判断哪一舱的凝水中含有油份，即管子发生了损坏。也可作为放凝水用。