

实验二 主机海、淡水冷却系统详细设计实验

实验学时：8

实验类型：综合

实验要求：轮机先进设计制造方向必修

一、实验目的

- 1.熟悉与掌握海淡水冷却系统的设备组成
- 2.熟悉轮机系统设计手册与相关的规范，掌握冷却系统工作原理、工作要求，会初步完成系统设计计算；
- 3.掌握海水冷却系统中相关设备、附件、管径、壁厚的设计计算方法及选型；
- 4.运用 CAD 软件绘制燃油日用系统原理图，掌握绘图的方法及格式。

二、实验内容

根据 6500 吨散货轮的设计要求，完成冷却系统的设计计算，相关附件设备的选型，绘制对应的原理图（附件清单、阀件清单、设计要求，系统走向图等）。

三、实验原理、方法和手段

通过管路设计基础课程的学习，熟悉6500 吨散货轮设计要求（船体，轮机、电气规格书），结合船舶设计手册—轮机分册、入级规范等，完成上述内容。

四、实验组织运行要求

根据本实验的特点、要求和具体条件，采用集中授课形式，分组开放运行形式。

五、实验条件

- | | |
|------------------|-------------------|
| 1. 微机 | 2. 详细设计软件 AUTOCAD |
| 3. 6500 吨散货轮相关资料 | 4. 附件、阀件标准手册 |

六、实验步骤

预备知识

(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做功的，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 1。

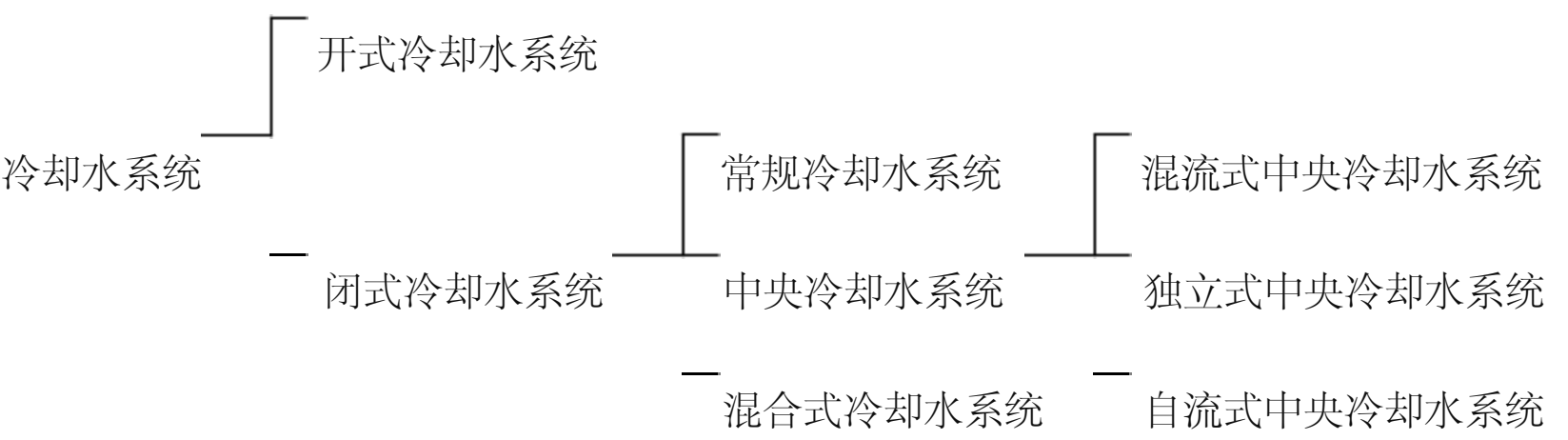


图 1 冷却水系统的基本形式

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，亦称为岸式冷却器）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 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 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。

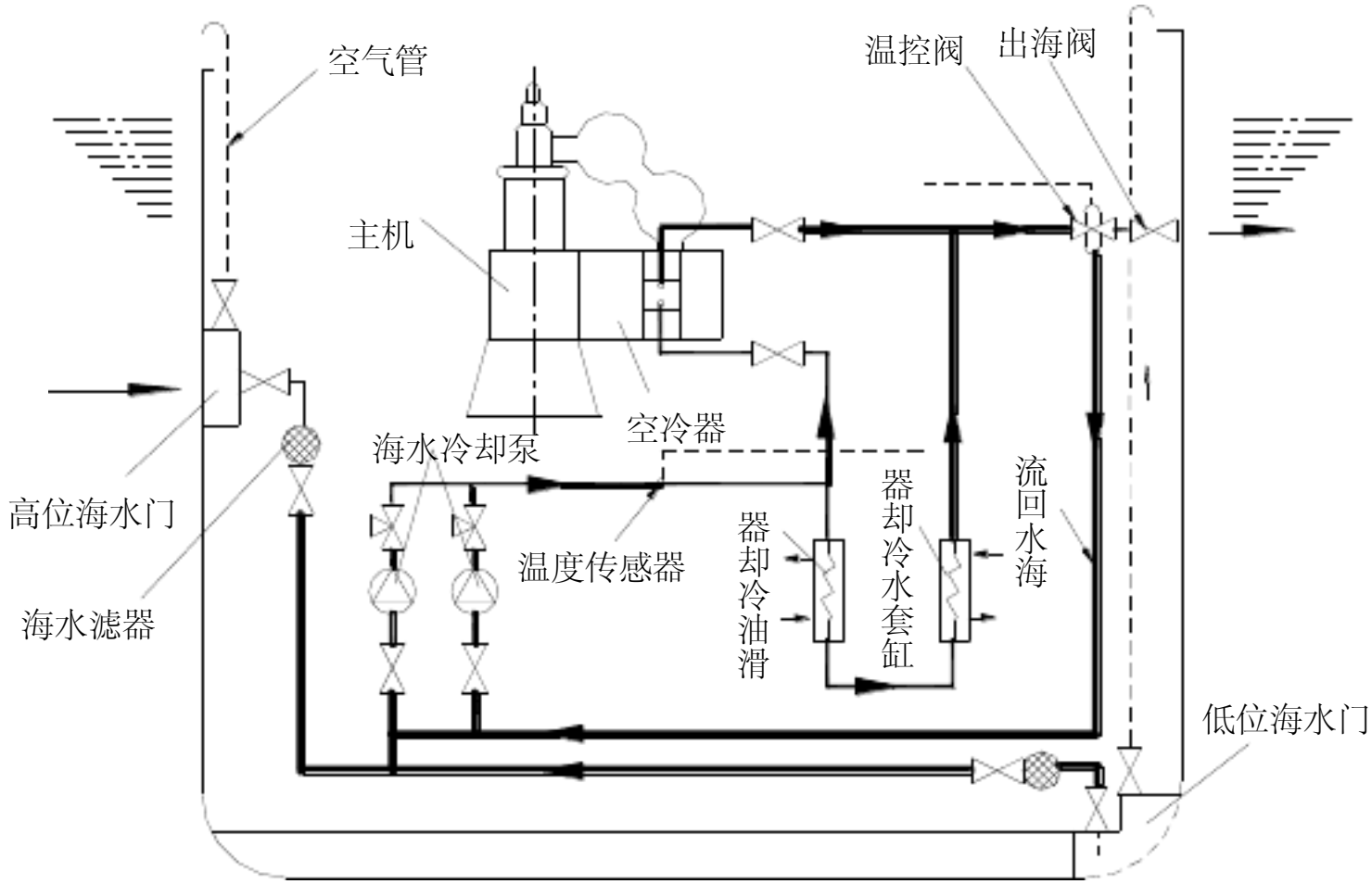
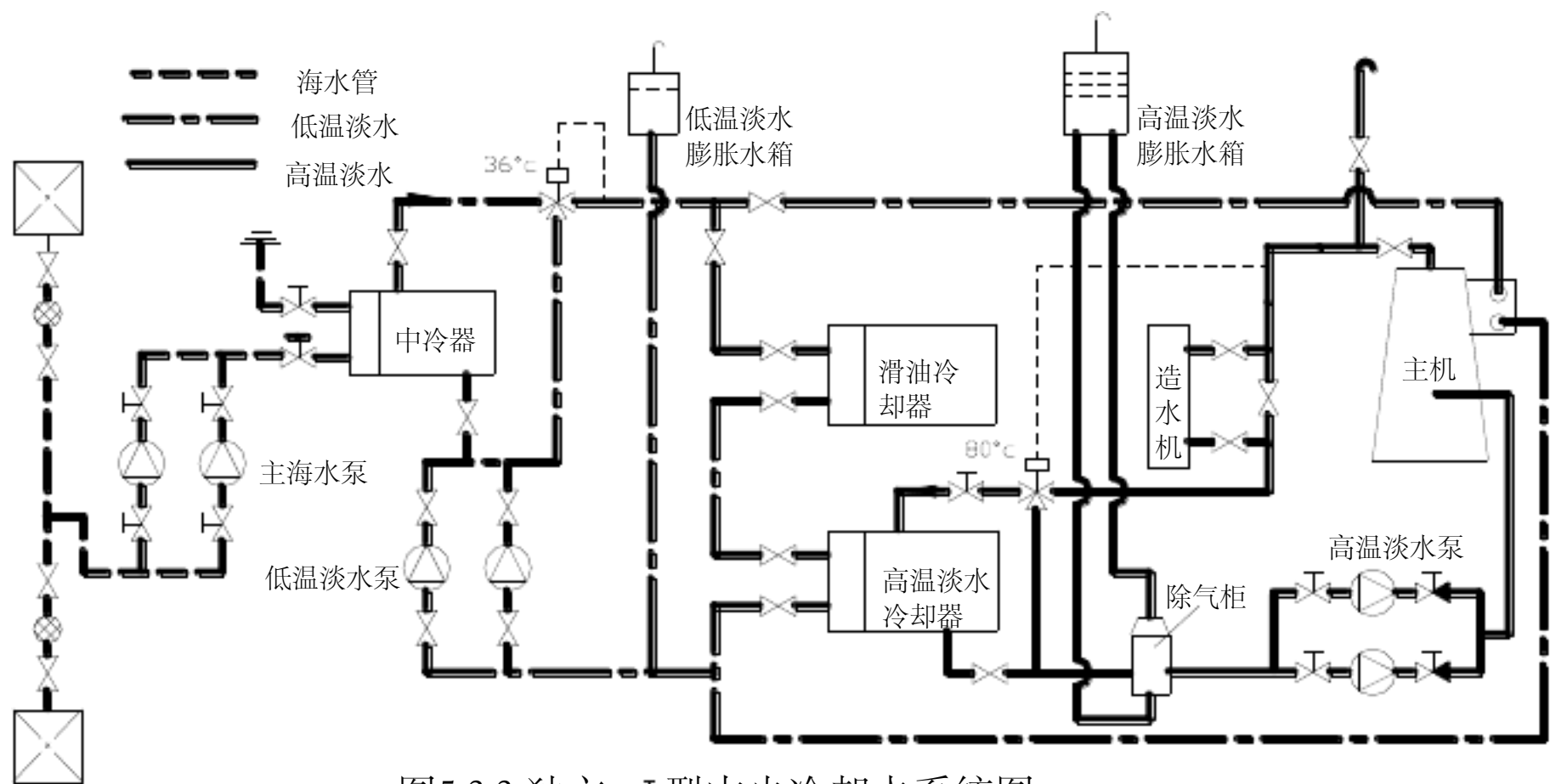


图5.3.2 常规冷却水系统---海水冷却系统

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管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。

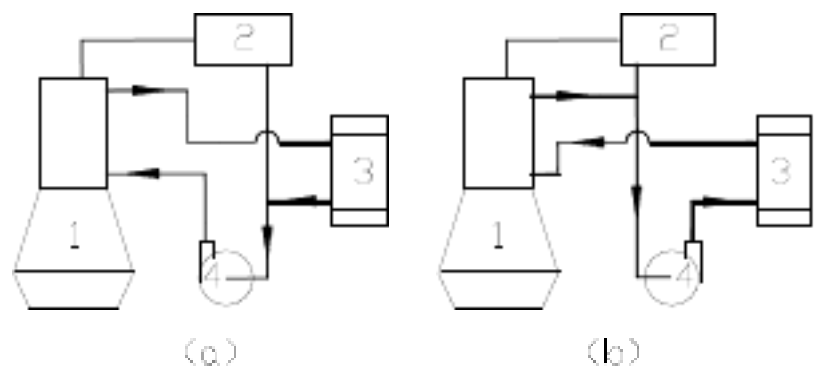


图5.3.4 冷却系统管路布置形式

1-主机；2-膨胀水箱；3-冷却器；4-淡水泵

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 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。

设计要求：

1. 熟悉 6500 吨散货轮相关资料，包括机舱布置图，总布置图，船体结构图，研究轮机规格书、主机、辅机技术规格书等。

2. 根据设计手册，对主机海、淡水管系的一般要求如下：

(1) 每台主机应有独立的冷却管系及循环水管系。

(2) 辅机一般应有独立的冷却水管系。若几台辅机共用一台海水冷却泵时，应设有备

用泵或代用泵。

- (3) 采用自流式冷却及循环水管系，除应满足主机各种正车工况外，还必须满足主机空车和倒车工况的要求。
- (4) 滑油冷却器中的冷却水压力应低于滑油压力。
- (5) 循环水管路进、排水管与主机冷凝器的连接应有膨胀接头。
- (6) 循环水管路一般应设有可调节海水流量的挡板装置。
- (7) 柴油机应采用闭式冷却水管系。
- (8) 柴油机的淡水冷却管系一般应设置高温警报装置。
- (9) 柴油机的淡水冷却管系应有单独的淡水膨胀箱。采用封闭压力式的淡水膨胀箱应装设安全阀。
- (10) 主柴油机的淡水冷却管系应备有海水应急接管，且有避免平时淡、海水相混的可靠措施。

3. 管系的设计压力、等级、材料的确定。

(1)、设计压力参照

管路压力:(MPa)

	设计压力	车间试验	船上试验
冷却海水泵出口	0.25	0.375	0.375
冷却淡水泵出口	0.2	0.3	0.3

(2)、管材等级参照

以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要下载或阅读全文，请访问：<https://d.book118.com/737015020102006125>