

## 第三篇 参考资料

本篇介绍的内容有：惰性气体系统的应用实例；惰性气体系统在使用中发现的问题及其解决的方法；在油船的几种作业中，惰

性气体系统的操作程序和方法；惰性气体发生装置的性能特点和实例。以上几点也是惰性气体系统设计中应考虑的内容。

### 第一章 烟气惰性气体系统应用实例

烟气惰性气体系统由烟气惰性气体装置和惰性气体分配系统组成。烟气惰性气体装置安装在机舱部位，分配系统安装在甲板部位。下面将分别介绍这两部。

#### 1.1 机舱部位

##### (1) 实船用例

表3—1列示了装在机舱部位的6条油船烟气惰性气体装置的应用实例。机舱部位中的烟气惰性气体装置包含从烟气抽气阀至甲板水封的全部设备。

##### (2) 烟气惰性气体装置流程图的实例

表3—1所示的6种烟气惰性气体装置的流程图见图3—1至图3—6所示。

表3-1

船名	船类	主机	船级	载货量(t)	货油泵 容量×台数 (m³/h)	惰性气体 总管直径 (mm)	主要设备								流程图	
							制 造 厂	洗 涤 塔		除 雾 器		甲 板 水 封		风 机 容 量 m³/h × 压 力		
								型 式	容 量 (m³/h)	型 式	容 量 (m³/h)	型 式	容 量 (m³/h)	主 风 机		辅 助 风 机
A船	油船	柴油机	ABS	182,000	3,500×4	500	H社	A	13,200	A	13,200	C	13,200	(50%×2台) 6600×17.6 kPa	—	图3—1
B船	油船	汽轮机	ABS	272,000	4,000×4	600	M社	D	20,000	与洗涤塔合为一体		E	20,000	(50%×2台) 10000× 14.7kPa	—	图3—2
C船	油船	汽轮机	BV	227,000	5,000×3	450	F社	B	20,000	与洗涤塔合为一体		A	20,000	(50%×2台) 10000× 24.5kPa	—	图3—3
D船	油船	汽轮机	NK	235,800	4,500×3	600	G社	C	20,000	B	20,000	F	20,000	(100%) 17000× 13.2kPa	(50%) 8500× 8.8kPa	图3—4
E船	油船	汽轮机	NK	251,000	4,500×4	650	H社	A	23,000	A	23,000	D	23,000	(100%) 23,000× 17.6kPa	(26%) 6000× 6.9kPa	图3—5
F船	石油矿 砂船	汽轮机	ABS	269,500	4,000×4	600	I社	E	22,500	D	22,500	G	22,500	(50%×2台) 11250× 14.7kPa	—	图3—6

白 页 十

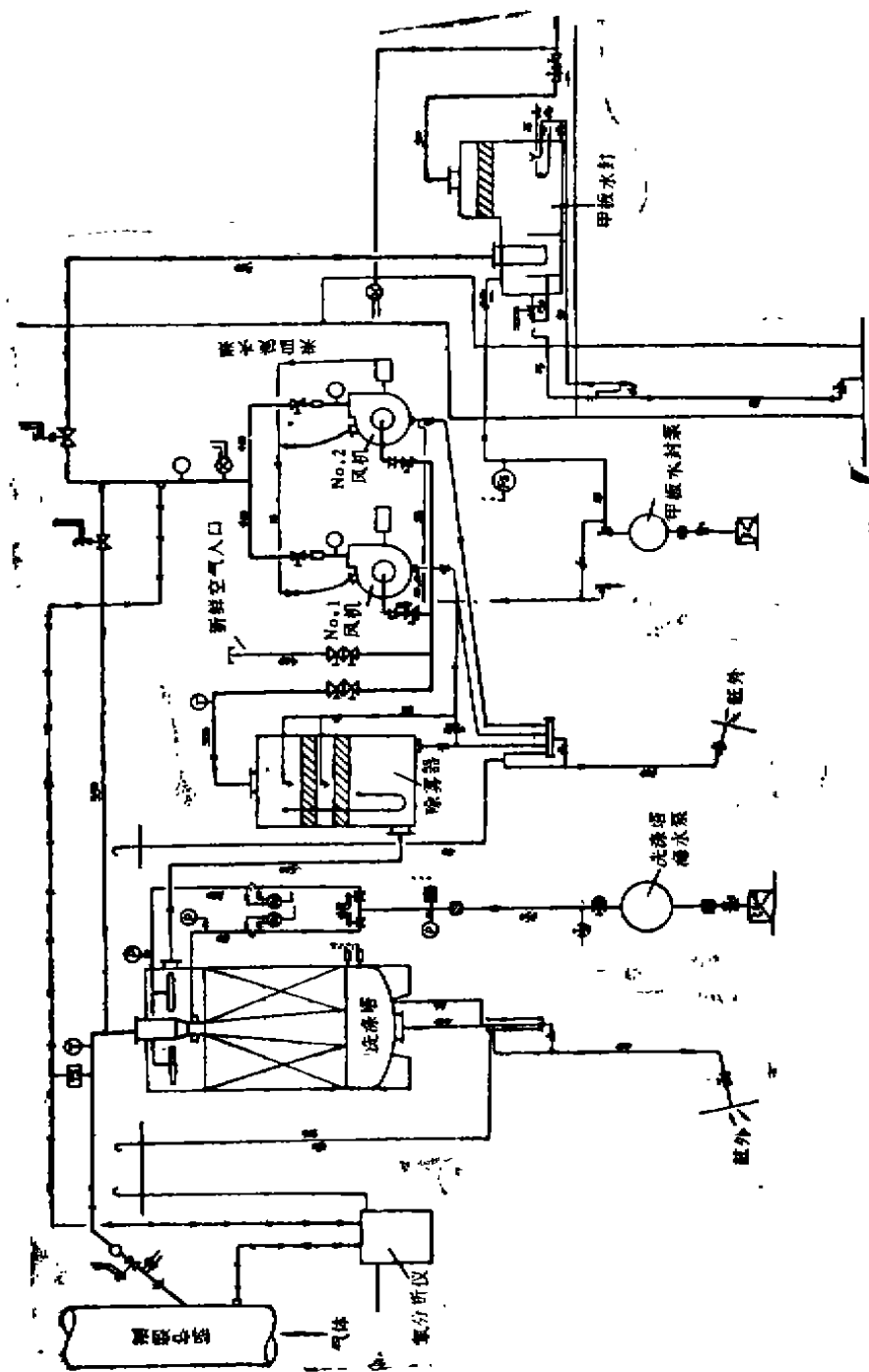


图3-1 A 船惰性气体装置流程图

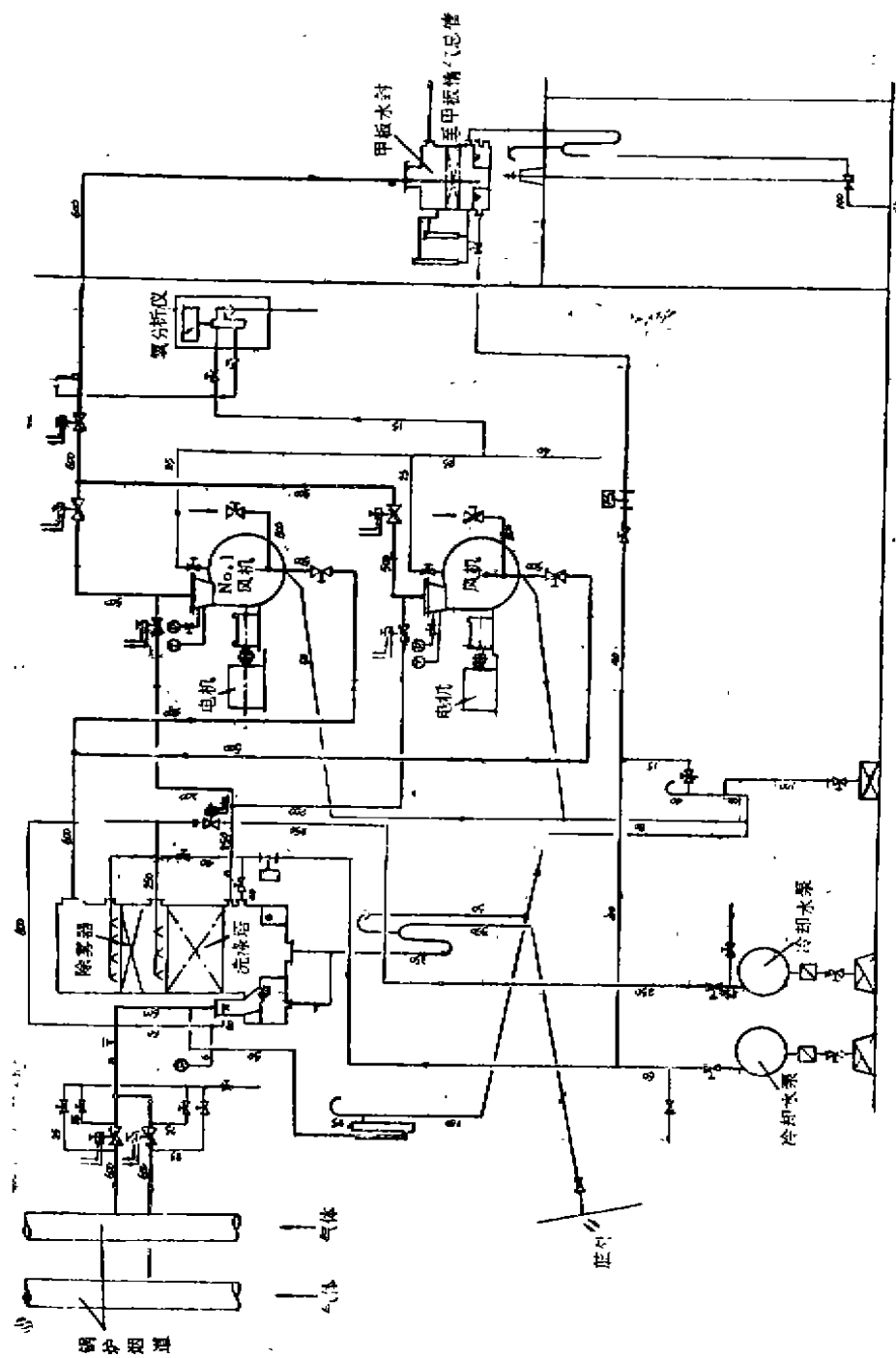


图3-2 B 船惰性气体装置流程图



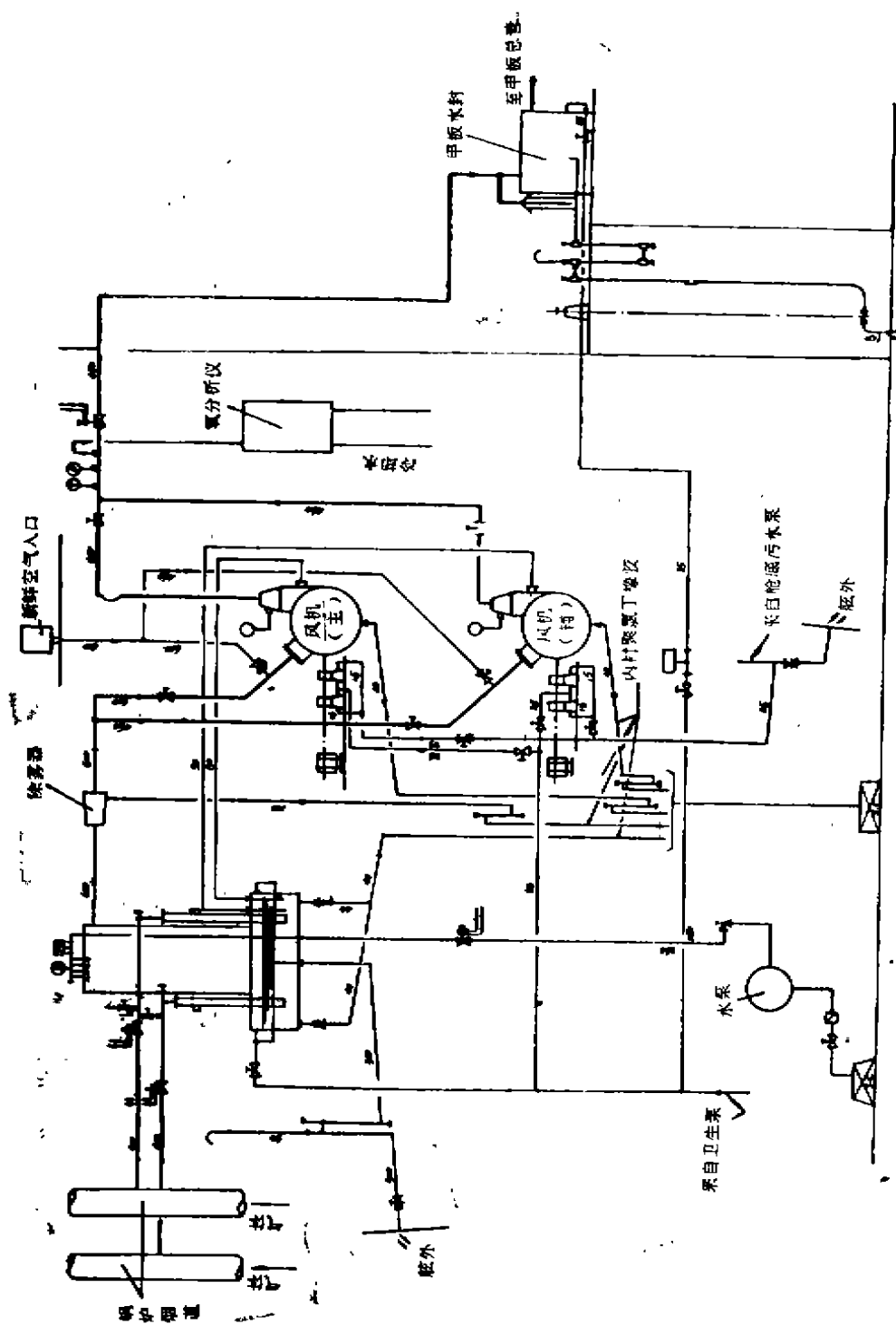


图3-4 D船惰性气体装置流程图

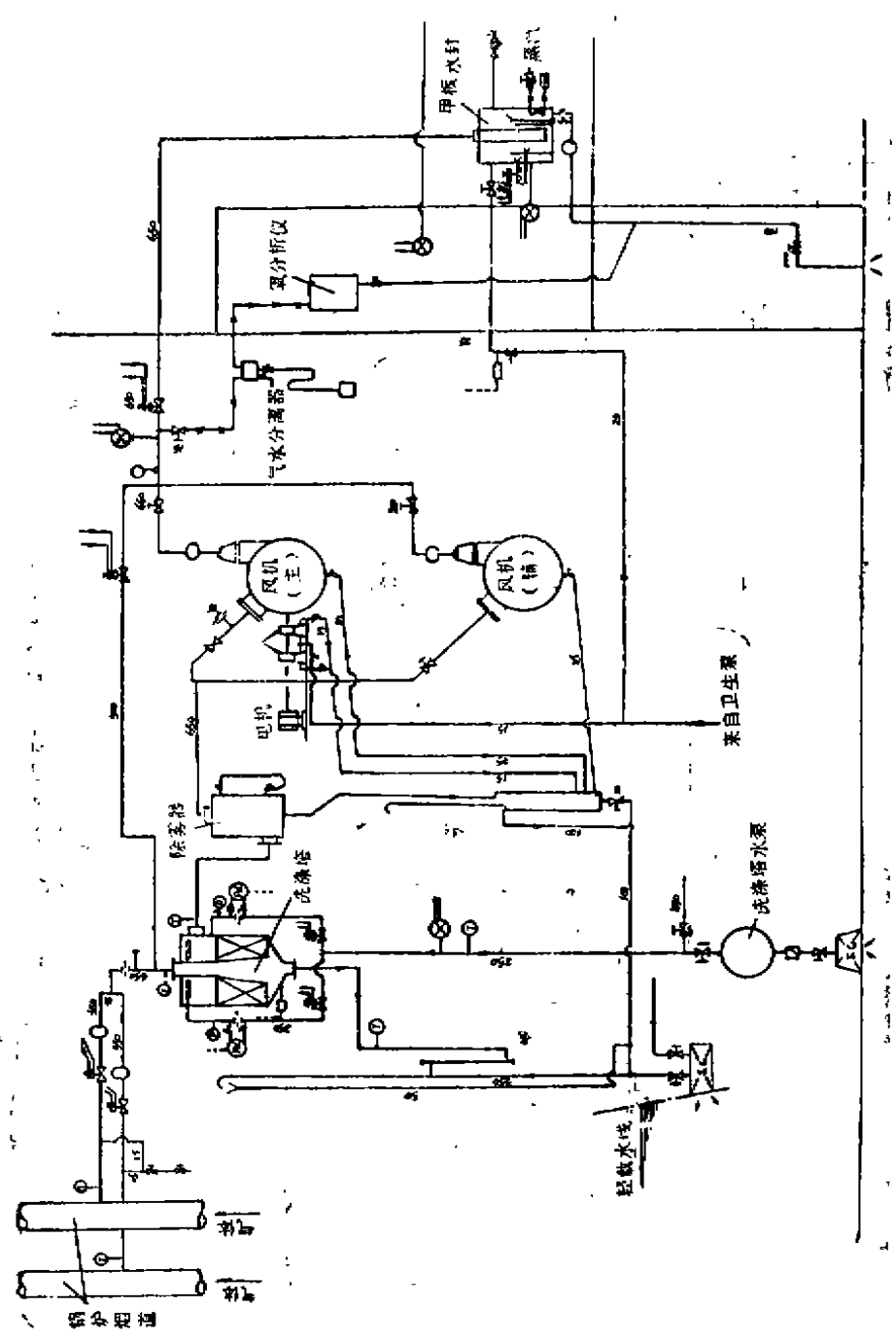


图3-5 E船惰性气体装置流程图

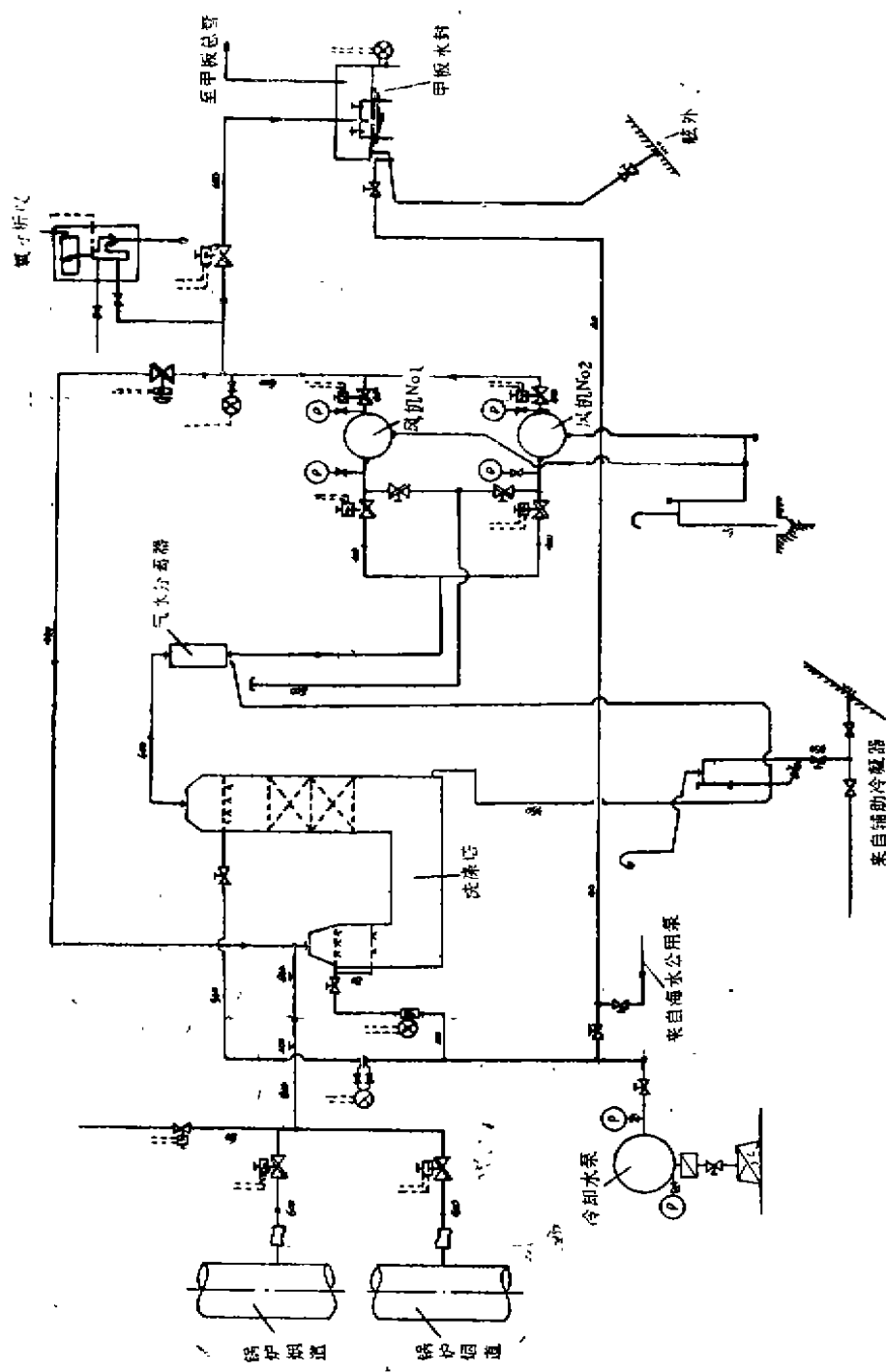
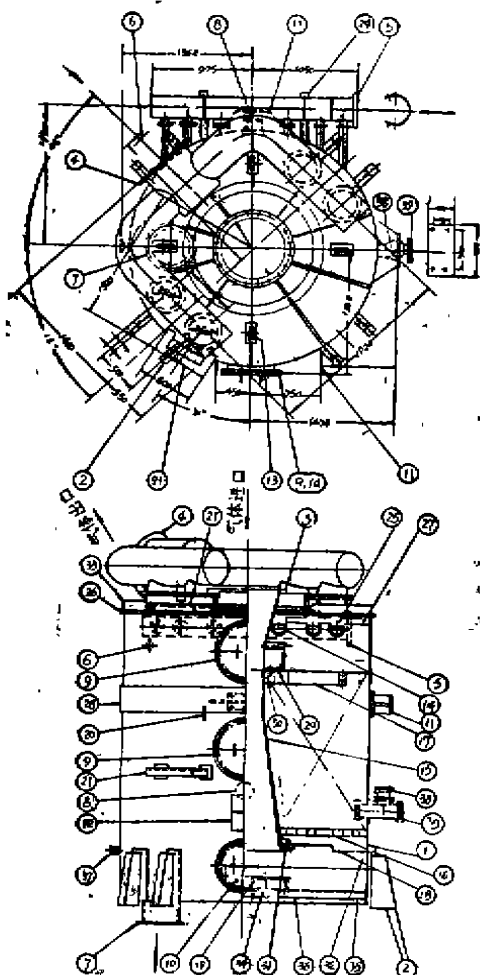


图3—6 F船惰性气体装置流程图



### (3) 各设备的构造、项目和材料

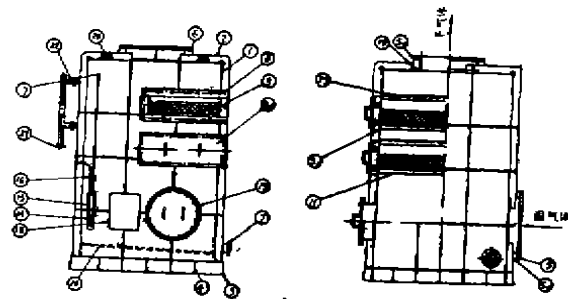
上述实例中A船的烟气惰性气体装置的主要设备的构造如图3—7至图3—12所示。设备组成项目和要素请参阅表3—1、表3—2



1—塔体；2—底座；3—进气法兰；4—出气法兰；5—填充塔进水法兰；6—文丘里管进水法兰；7—排水法兰；8—液位开关；9—中部和上部入口；10—下部入口；11—上支衬；12—标牌；13—眼板；14—分配管；15—文丘里管；16—下栅板；17—上栅板；18—文丘里管；19—折流板；20—支衬；21—管道支衬；24—海水管支衬；25—分配管支衬；26—顶板；27—加强筋之一；28—防护板；29—喷嘴入口；30—喷嘴套管；31—文丘里管支衬；32、33—顶板加强板；34—底板；35—加强筋之二；36—底部加强板；37—排气法兰；38—液位开关；39—液位表

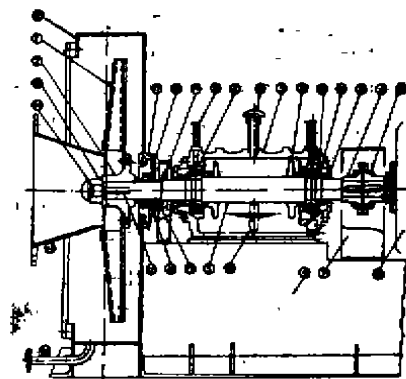
图3—7 A船的洗涤塔

其他构造见第一篇第四章的介绍。



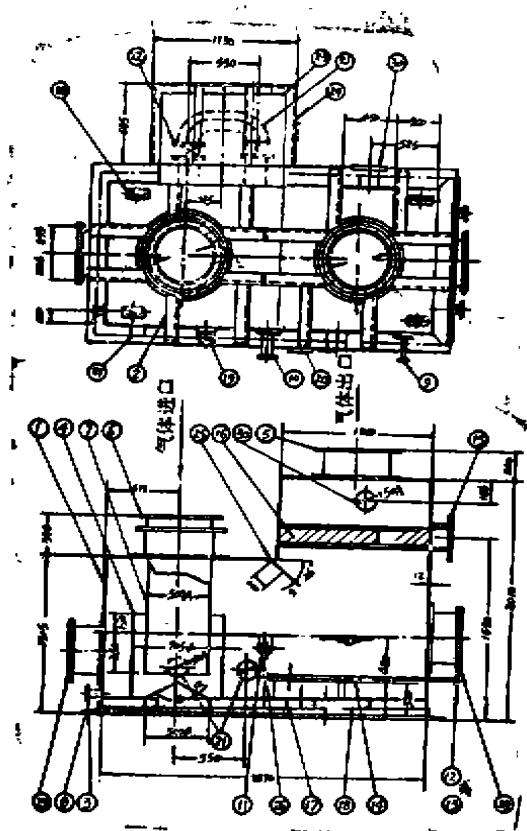
1—塔体；2—加强板；3—底座；4—筋板；5—进气法兰；5—3—法兰筋板；6—出气法兰；7—排液法兰；8—人孔出入口；8—2—人孔盖；9—去湿网垫；10—底板；11—衬垫；12—衬垫附件；13—人孔；14—压力表；15—压力表座；16—联接管；17—凸台；18—标牌支板；19—防护板；20—眼板；21—清洗进水法兰；22—清洗管；23—管道支衬

图3—8 A船的除雾器



1—叶轮；2—叶轮凸台；3—轴；4—轴承；5—轴承盖；6—联轴节；7—联轴节盖；8—机壳；9—共用底座；10—支环；11—档衬装置；12—键；13—集气锥管；14—螺母；15—电动机；16—排液管；17—衬套；18—密封套；19—温度计；20—抛油环；21—联轴节档盖；22—碳环；23—防松垫圈；24—密封垫；25—轴承防松螺母；26—轴承防松垫圈；27—排气管；28—油标

图3—9 A船的鼓风机



- 1—壳体；2—加强筋板；3—底边支板；  
4—气压表管；5—气体出口法兰；6—气体  
入口法兰；7—密封管；8—排水管法兰；  
9—进水管法兰；10—溢流管法兰；11—溢流  
水管；12—蒸汽出入法兰；13—蒸汽出口法兰；  
14—加热盘管；15—出入口盖；16—去湿网垫；  
17—底板；18—底盘加强筋；19—电流表；  
20—标牌；21—水封供水管；22—阀；23—阀  
盖；24—铜管齿型配件；25—气压表；26—管  
道支衬；27—水平表；28—观察装置；29—人  
孔盖；30—清洗孔

图3-10 A船的甲板水封

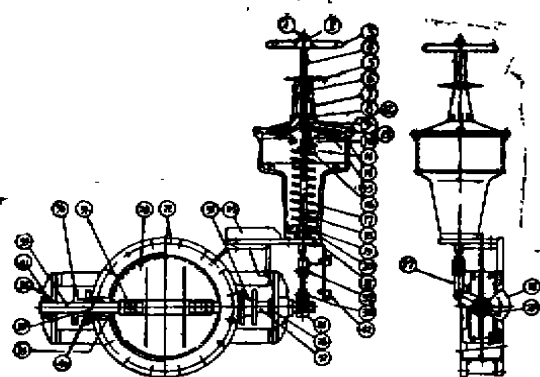
#### (4) 洗涤塔、除雾器和甲板水封的性能比较

表3-2列出了以上实例的洗涤塔、除雾器和甲板水封的性能比较。

### 1.2 甲板部位

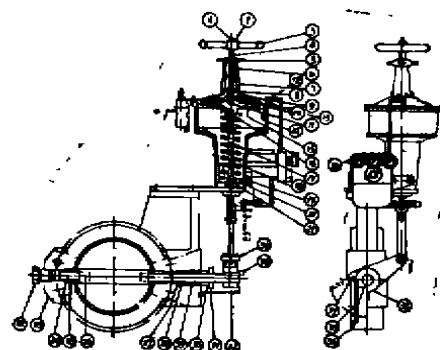
#### (1) 实船用例

表3-3列示了惰性气体甲板分配系统的8种实船用例。甲板分配系统包括从甲板水



- 1—螺母；2—垫圈；3—手轮；4—螺杆；  
5—防松螺母；6—螺旋导杆；7—滑动盖板；  
8—导杆；9—O型圈；10—塞板；11—轴销；  
12—阀盖；13—垫片；14—O型环；15—活  
塞板；16—销轴；17—弹簧；18—活塞杆；  
19—壳体；20—弹簧法兰；21—导杆套；  
22—阀体；23—阀板；24—轴承支座；25—底  
座；26—操纵杆；27—连杆；28—轴套；29—  
指示器；30—密封法兰；31—密封随动件；  
32—阀杆；33—阀板；34—螺杆和螺母；35—  
密封挡环；36—刻度盘；37—销子；38—销子；  
39—密封垫衬套；40—密封垫；41—导向套管；  
42—限位开关

图3-11 A船的烟气抽气阀



- 1—螺母；2—垫圈；3—手轮；4—螺杆；  
5—防松螺母；6—螺旋导杆；7—滑动盖板；  
8—导杆；9—O型环；10—塞板；11—轴销；  
12—阀盖；13—垫片；14—O型圈；15—活  
塞板；16—销轴；17—弹簧；18—活塞杆；19—  
壳体；20—弹簧法兰；21—导杆套；22—销；  
23—阀体；24—阀杆；25—导向套管；26—销；  
27—密封挡环；28—填料；29—套环；30—密  
封随动件；31—密封法兰；32—指示器；33—  
操纵杆连接件；34—键；35—叶片；36—座环；  
37—螺栓和螺母；38—刻度盘；39—定位装置

图3-12 A船的旁通阀

表3—2

船名	设备的 制造厂	设备容量 (m <sup>3</sup> /h)	洗 涤 塔					除 雾 器		甲 板 水 封		
			型 式	所需水量 (t/h)	脱硫率 (%)	除尘率 (%)	压力损失 (kPa)	型 式	压力损失 (kPa)	型 式	所需水量 (t/h)	压力损失 (kPa)
A 船	H 社	13,200	A	285	90以上	95以上	4.6	A	0.6	C	1.2	2.4
B 船	M 社	20,000	D	350	90以上	95以上	3.4 (包含除雾器)	与洗涤塔 合为一体		E	4	2.2
C 船	F 社	20,000	B	300	90以上	95以上	3.9	与洗涤塔 合为一体		A	5	1.8
D 船	G 社	20,000	C	280	90以上	95以上	2.7	B	1	F	4.8	2.7
E 船	H 社	23,000	A	345	90以上	95以上	4.6	A	0.6	D	6	2.4
F 参	I 社	22,500	E	521	90以上	90以上	1.6	C	1.5	C	2	0.5
参 照 图			图3—7					图3—8		图3—10		

封的出口至船首部两侧的情性气体管道和附件。

表 3—3 所示的 8 种实例的管系流程图  
如图 3—13至图 3—20所示。

### (2) 分配系统的管系流程图实例

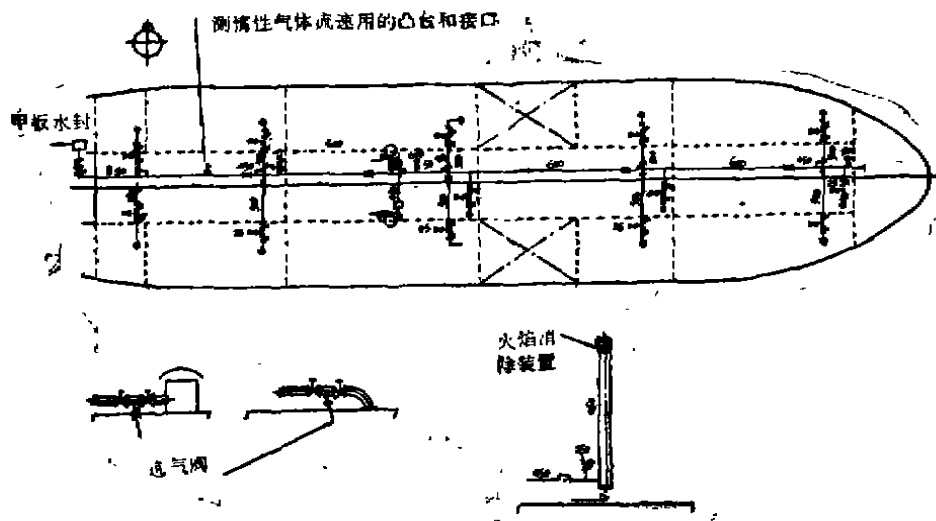


图3—13 A船情性气体分配系统图

### 1.3 控制图

上述实例中A船的控制图如图 3—21所示。

### 1.4 电器接线图

实船举例，在A船上应用的电器接线图  
如图 3—22所示。

表3-3

船名	船类	主机	船级	载货量 (t)	货油泵 容量×台数 (m <sup>3</sup> /h)	惰性气体 总管直径 (mm)	特 性					流程图
							惰性气体 供给管	透气管	防止倒流	呼吸阀或 溢流阀设定值	P/V释放器 设定值	清除管
A船	油船	柴油机	ABS	182,000	3,500×3	600	装在货油舱上面; 与污水水舱口连接 1根/舱	共透气管 ∅450×2根	甲板水封 +止回阀	13.7kPa -6.9kPa	无	无 图3-13
B船	油船	汽轮机	ABS	272,000	4,000×4	700	与专用舱口连接 1根/舱	共透气管 ∅800×1根	同 上	13.7kPa -3.4kPa	15kPa -15kPa	无 图3-14
C船	油船	汽轮机	BV	227,000	5,000×3	450	装在货油舱上面 1根/舱	独立透气管 ∅450×1根/舱	同 上	9.8kPa -6.9kPa	26kPa -6.9kPa	有 图3-15
D船	油船	汽轮机	NK	235,800	4,500×3	650	与专用舱口连接 1根/舱	共透气管 ∅800×1根	甲板水封+ 自动闭锁阀	同 上	15kPa -15kPa	有 图3-16
E船	油船	汽轮机	NK	251,000	4,500×4	650	同 上	共用,透气管与 起重杆共用	甲板水封 +止回阀	同 上	无	无 图3-17
F船	石油矿 砂 船	汽轮机	ABS	269,500	4,000×4	600	装在货油舱上面, 与兼用污水水舱 连接,1根/油舱; 2根/兼舱	共透气管 ∅400×2根	同 上	同 上	17kPa -17kPa	无 图3-18
G船	油船	汽轮机	NV	409,000	5,000×4	700	装在货油舱上面 1根/舱	共透气管 ∅700×1根	同 上	同 上	21kPa -6.9kPa	无 图3-19
H船	油船	柴油机	LR	85,250	3,500×3	500	同 上	共透气管 ∅500×2根	同 上	同 上	17kPa -17kPa	无 图3-20

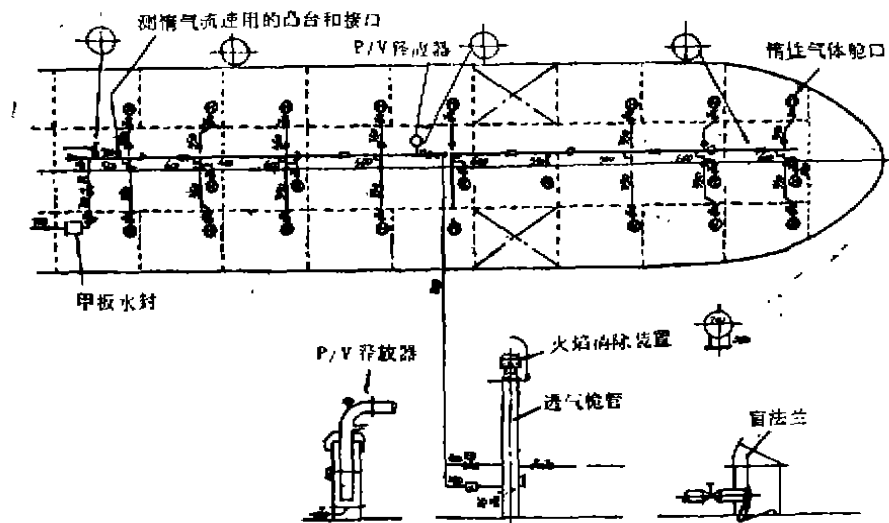


图3-11 B船的惰性气体分配系统图

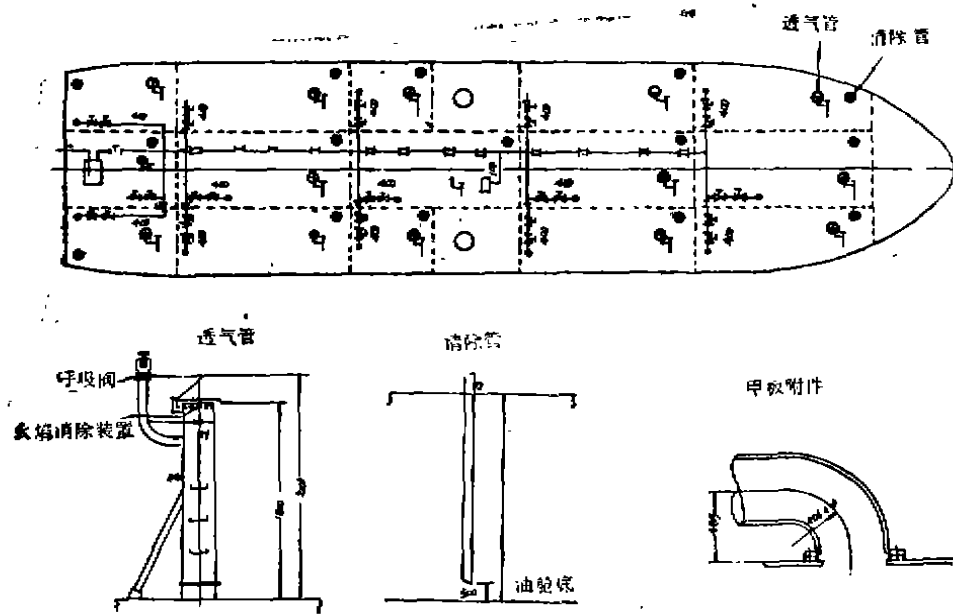


图3-15 C船惰性气体分配系统图

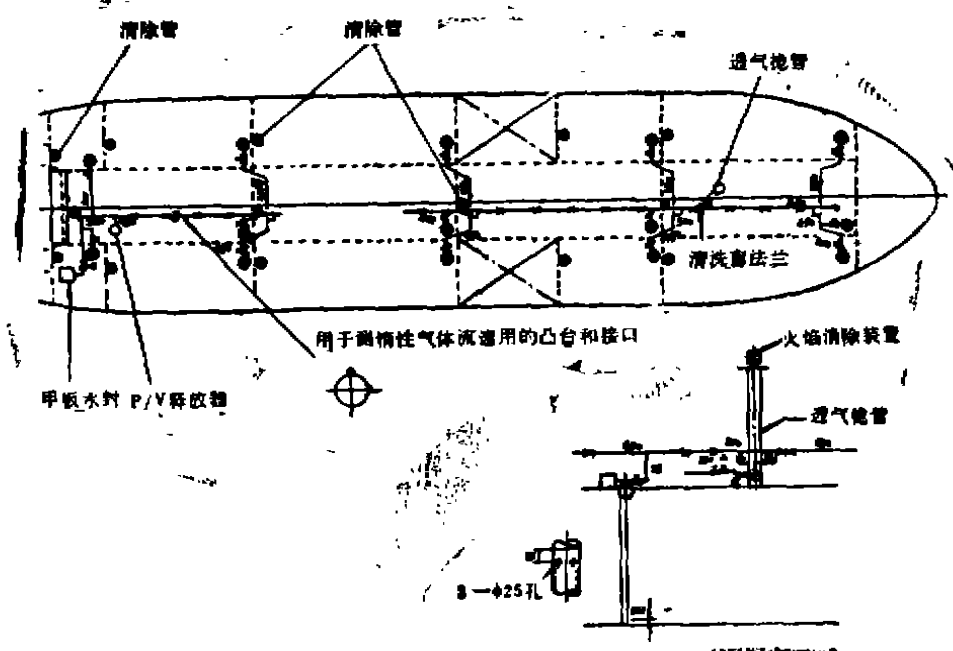


图3-16 D船惰性气体分配系统图

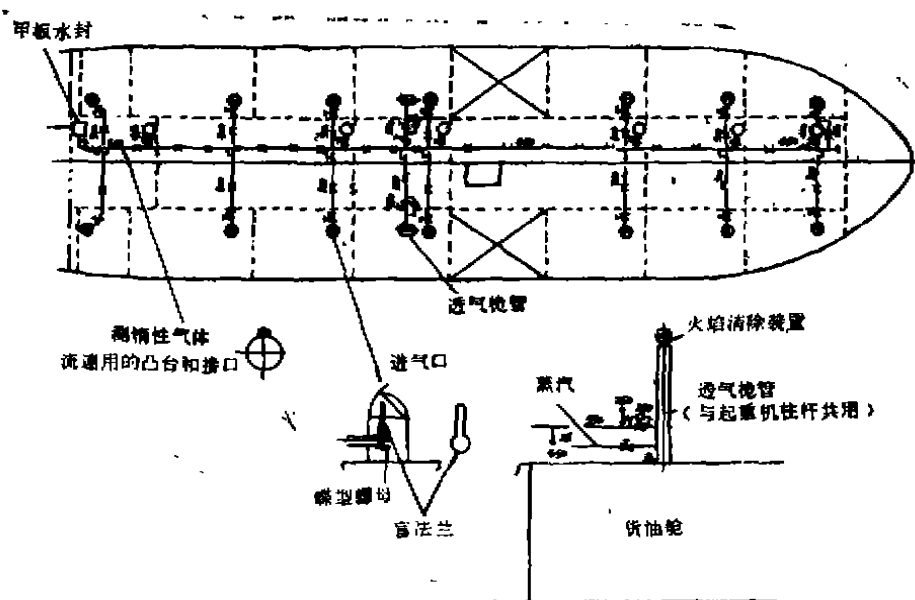


图3-17 E船惰性气体分配系统图

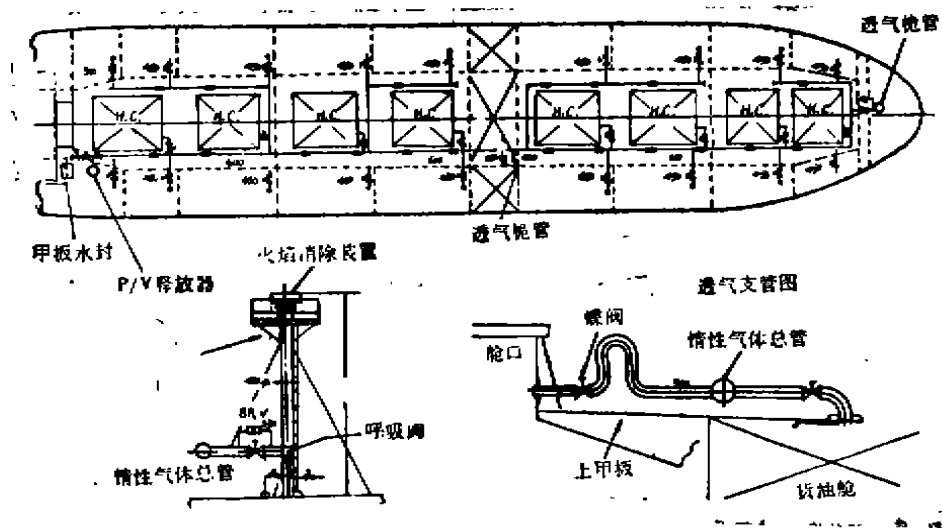


图3—18 F船惰性气体分配系统图

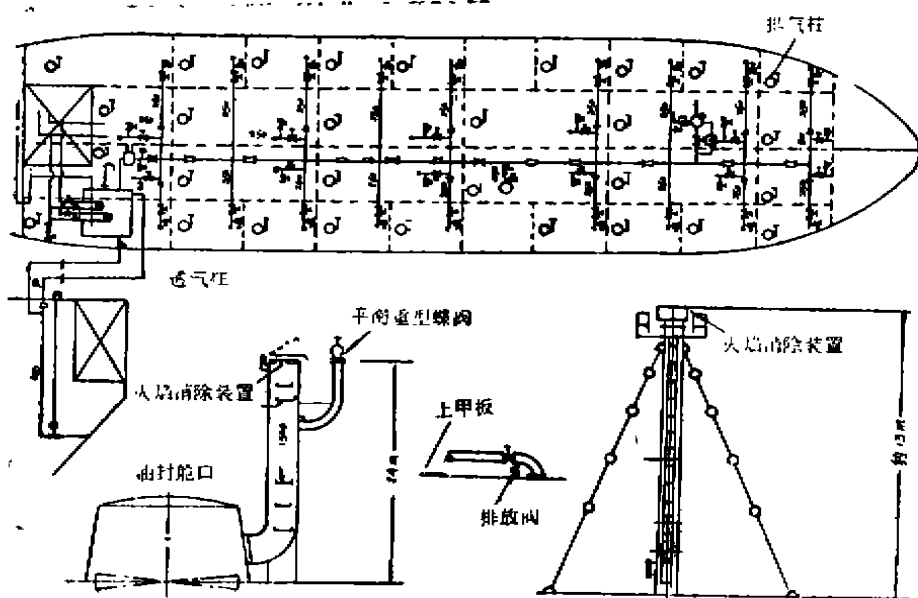


图3—19 G船惰性气体分配系统图

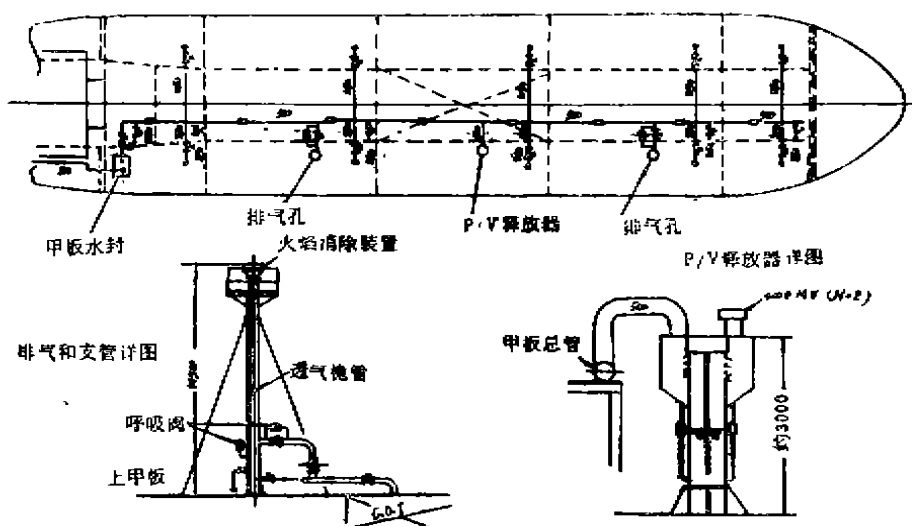


图3-20 E船惰性气体分配系统图

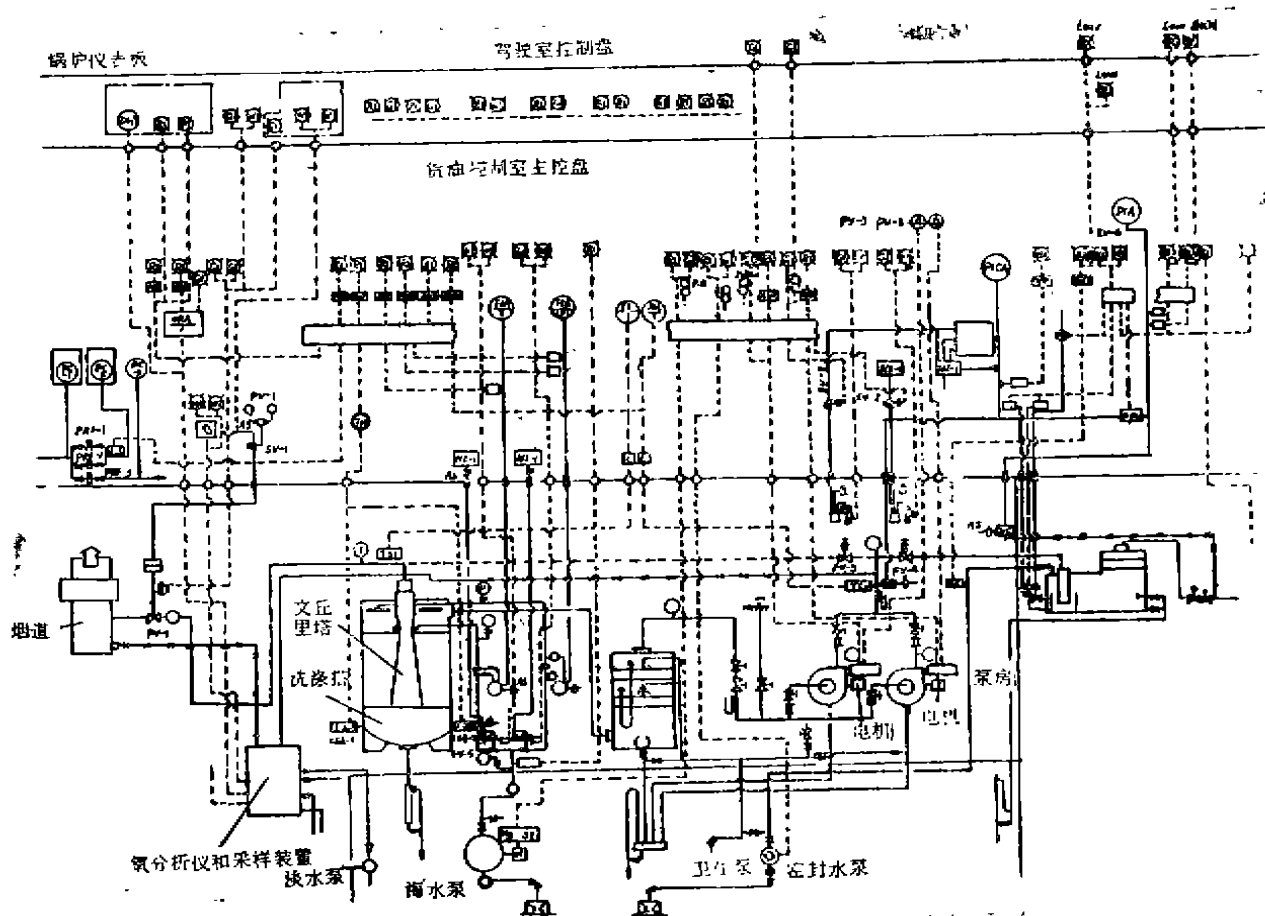


图3-21 A船惰性气体装置控制图



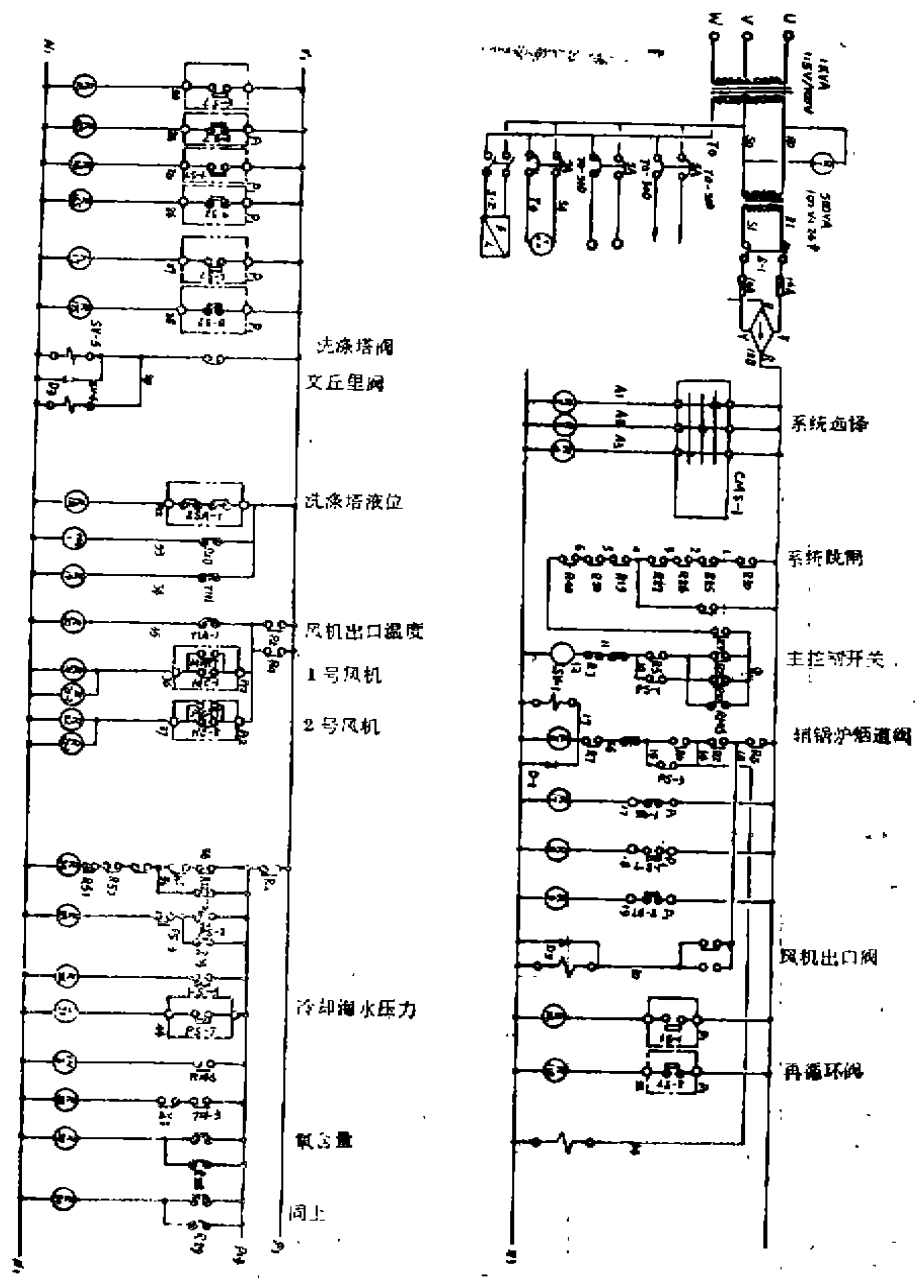


图3-22 A船惰性气体装置电器接线图之一

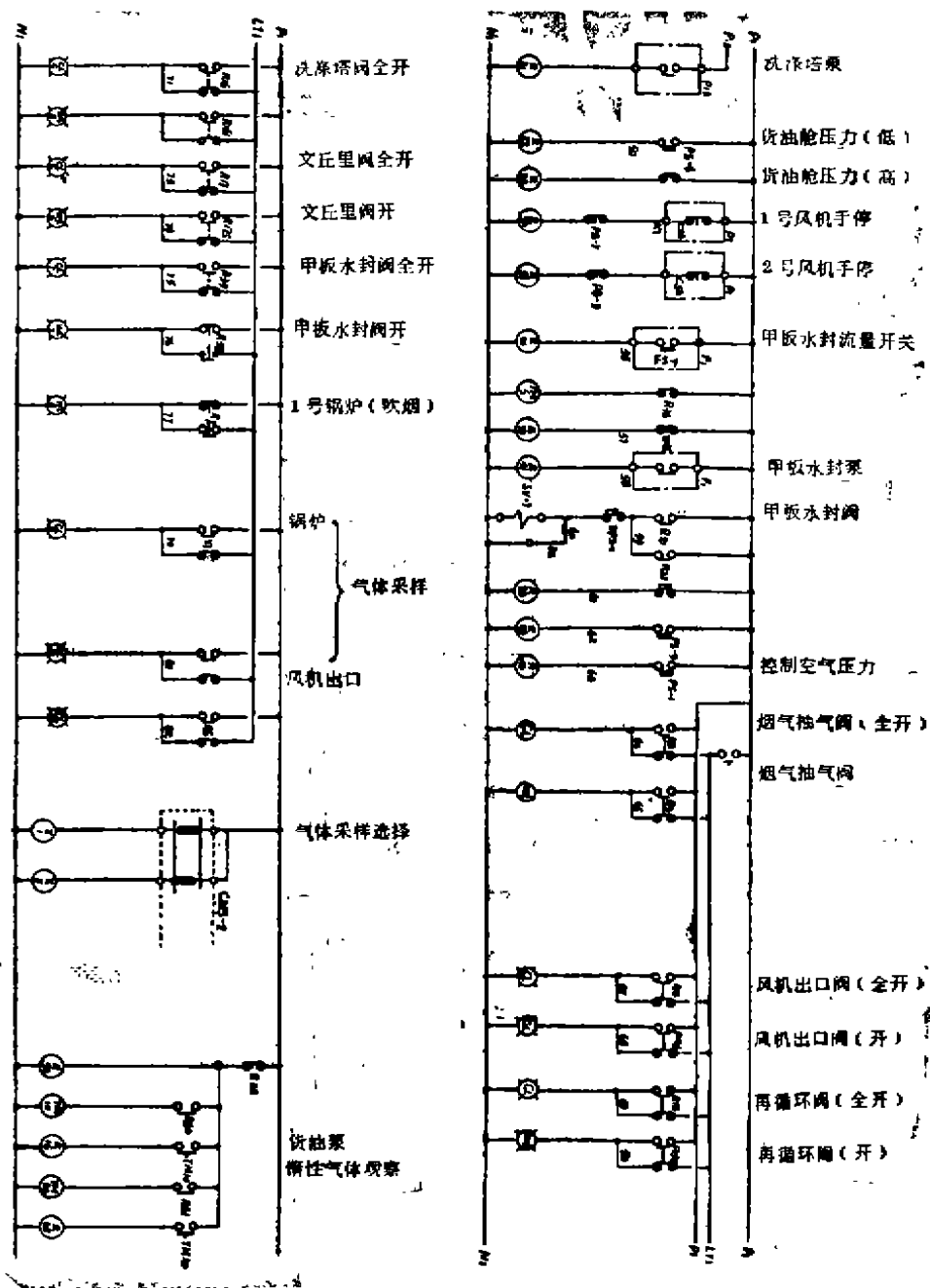


图3—22 A船舱注气体系接线图

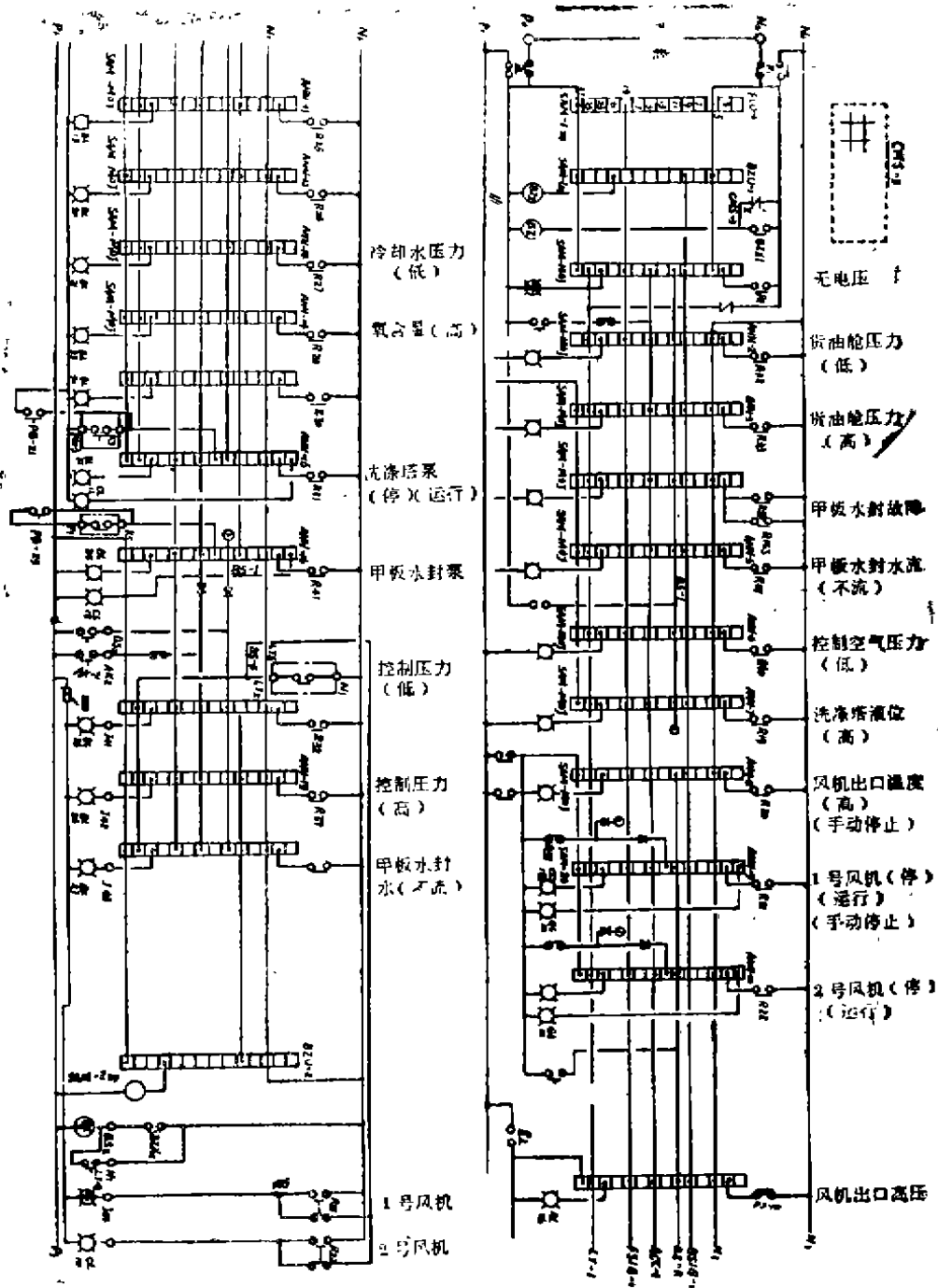


图3-22 A船内气体装置电线路图之三

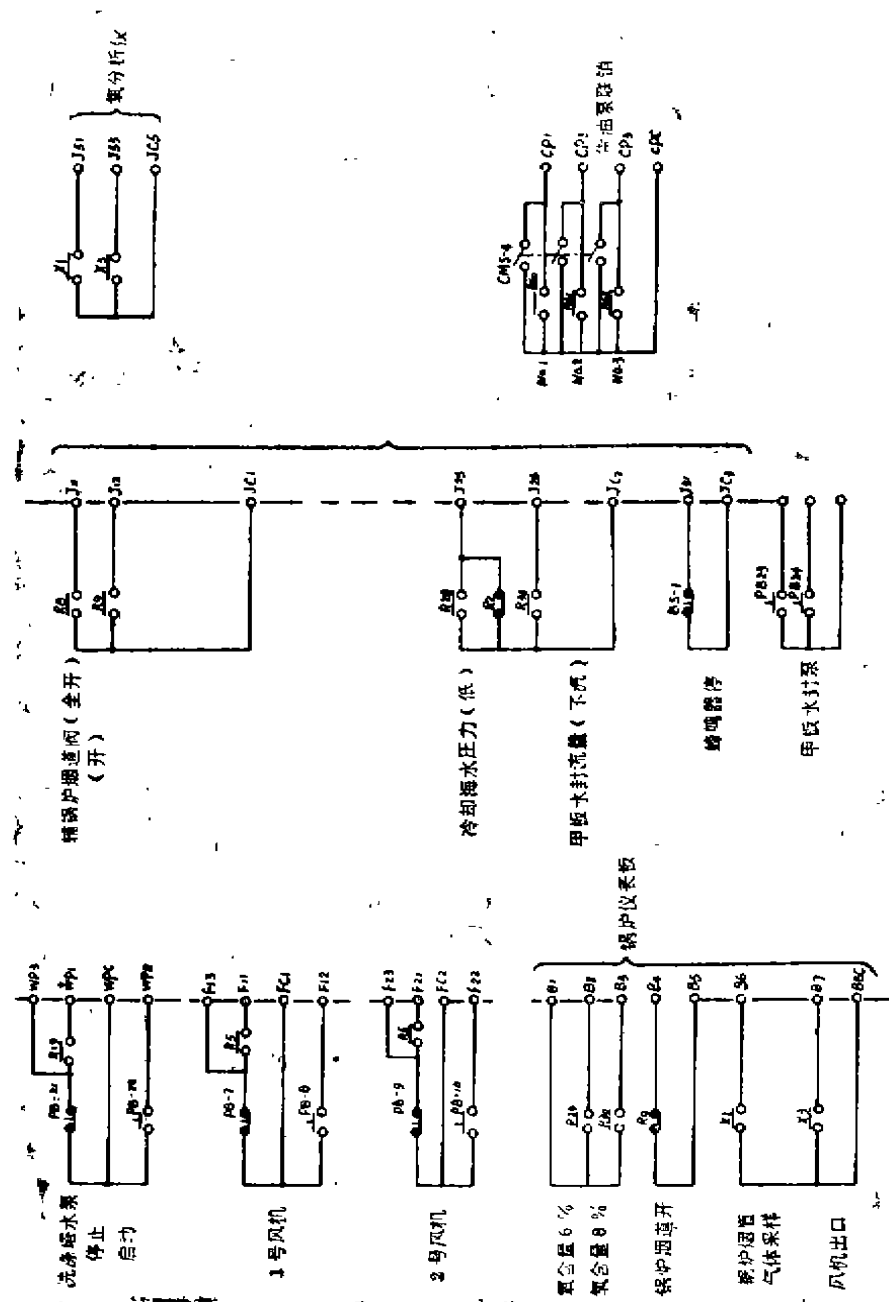


图3-22 A船惰性气体装置电器接线图之四

## 第二章 问 题 和 对 策

惰性气体装置在实际使用过程中发现了种种问题,人们有的放矢地加以解决,有的问题一下解决不了,作为今后攻关的课题。下面简要地介绍这方面的情况。

### 2.1 腐蚀

烟气和惰性气体中含有少量的二氧化硫,与水作用后发生亚硫酸和硫酸,会腐蚀惰性气体管道、仪表、设备等。解决防腐问题大致采取的措施是:选用耐腐蚀的优质材料;与惰性气体接触的金属表面涂一层防腐涂料;提高洗涤塔的脱硫率,使惰性气体中的含硫量降低到最小值。

表3—4列举了防腐蚀的对策。

表3—4

序号	因腐蚀所产生的问题	解决的措施
1.	货油舱内的浮动式计量装置 的接管,接线烂穿	将材质改用耐蚀性能好的材料
2.	氧分析仪用的取样铜管, 时间长了会腐烂穿孔	使用耐腐蚀的管材或改为内衬聚乙烯的铜管
3.	甲板惰性气体总管上的压力 检测用的铜管,时间长了 会腐烂穿孔	同 上
4.	惰性气体风机机壳内壁和 叶轮腐蚀严重	机壳内壁涂防腐涂料或衬橡胶。 叶轮用耐腐蚀的材料制造。风机停止运转时,定期用淡水冲洗机壳内壁和叶轮
5.	甲板水封内壁腐蚀漏水	甲板水封内壁经喷砂处理后,涂防腐涂料或衬橡胶
6.	风机出口、入口附近的惰 性气体管道上使用的不锈钢 膨胀节腐蚀严重	改用橡胶膨胀节

续表

序号	因腐蚀所产生的问题	解决的措施
7.	货油舱的惰性气体输入阀 由于腐蚀封气不严,泄漏惰 性气体,当除气完后人员进 舱时发生危险	将输入阀改为双层密封 阀或加一盲板隔断货油 舱与惰性气体管道的连 通
8.	洗涤塔和甲板水封的排水 管腐烂穿孔	使用耐腐蚀材料或内衬 橡胶、内涂防腐涂料的 钢管

### 2.2 对人体的危害

因为惰性气体中的氧含量低于5%,所以人绝对不能进入充满惰性气体的油舱里。即使除气后的油舱,没有确认有足够氧气时也不能进入。

低氧对人体反应见表3—5。

表3—5

氧 量 (容积比)	人 体 反 应
19%	矿山安全法所规定的最低氧含量
16%	火熄灭
15%	呼吸急促,脉搏加快
11%	呼吸十分困难,动作迟缓
10%	面色苍白,不能活动,呼吸极为困难
7%	喘气、心跳激烈,面呈紫色,精神混乱
6%	肌肉无反映,失去知觉
4%	昏倒、严重时死亡

在向货油舱送惰性气体时,船员测量氧浓度而呼吸了从舱口喷射出来的惰性气体,就感到喉痛,时间长了就会双泪流泪,所以要特别注意不能吸入惰性气体。从舱口喷入大气中的惰性气体氧含量分布情况如图3—23所示。

在燃烧不完全的情况下,烟气中含有微

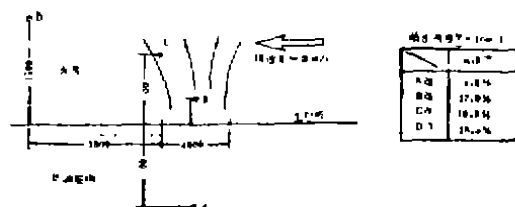


图3—23 喷入大气中的惰性气体氧含量分布

量的一氧化碳。一氧化碳有毒性，吸入过多会使人死亡。但是，烟气中一氧化碳含量很少，在洗涤塔中绝大部分被除去。船员进舱前货油舱已除过气，而且一氧化碳比空气轻，不会滞留在油舱底部，所以对人体不会带来危害。

### 2.3 排放水的处理

油船在营运过程中，当惰性气体装置在运行时，从洗涤塔中排放出大量的废水（洗涤过的水），这种废水中含有硫酸和亚硫酸，如果废水直接排放到江河湖海里，会造成水域的污染。

从惰性气体装置运行的油舱里排出的废水情况如表3—6所示。

为了防止污染，关于船舶的废物排放国际上立了如下几种法规：

- (1) 《海洋污染防治法》；

表3—6

序号	种 类	点 量	pH值
1.	从洗涤塔排出的废水（未稀释直接排入海中）	约250m <sup>3</sup> /h	2.5~3.0
2.	从洗涤塔排除的废水（加海水稀释后排入海中）	约2700m <sup>3</sup> /h	6.0~8.0
3.	甲板水封排出的密封水	约2m <sup>3</sup> /h	—
4.	氧分析仪用的冷却水	2.3L/min	—
5.	鼓风机冲洗后的废水	少量	—

- (2) 《废物处理及清除法》；

- (3) 《港口法》；

- (4) IMCO有关规定（IMCO为国际政府间海事协商组织）。

海洋污染防治法中规定，距领海线50km以外，如果排放pH值为5~9的酸性物。则必须排到水面以下，并要在航行中排放。

对洗涤塔排放的废水的酸性处理，目前采用方法是：

- (1) 用苛性钠中和。由于成本高，投资大，船主一般不愿意采用；

- (2) 用水稀释，降低pH值。水可来自船上冷凝器及其他中性水。通过实船测试，用水稀释后排放到海中的废水的pH值为6.0~8.0，符合上述法规的要求。

## 第三章 惰性气体系统的操作要点

第一篇的第二章介绍了惰性气体系统在几种作业工况下的运用，但是未详细叙述操作情况。本章将介绍共用透气系统条件下的惰性气体装置整体运行的操作要点，至于装置中的各组成设备的具体操作将不作说明。

### 3.1 惰性气体装置的使用时期

油船在如下几种作业工况下要使用惰性气体装置：

- (1) 卸油时的惰性化；

- (2) 航行中补充惰性气体；

- (3) 洗舱时；

- (4) 注入、排放压载水时；

- (5) 装油时；

- (6) 用惰性气体装置除气时；

- (7) 空货油舱惰性化。

### 3.2 各使用时期惰性气体装置的准备、运行、停止操作

下面重点介绍卸油时惰性气体装置操

作情况,其他的只作简要说明。

### 1. 卸油时的惰性化

卸油时,货油泵将货油舱中的油抽出,惰性气体装置投入运行,应自始至终向货油舱输进与卸油量等容积的惰性气体。

#### (a) 惰性气体装置运转前的准备

(1) 甲板惰性气体管上的各种阀应处于正常的开闭状态。向货油舱送惰性气体前,应将惰性气体总管上的主阀、截止阀和通向各油舱的位于惰性气体支管上的阀门或盲板法兰打开。

(2) 甲板惰性气体总管和透气桅管之间的透气主阀为闭合状态,设置在其旁通管路上的呼吸阀应得到充分保养,处于能正常工作状态。

(3) 在甲板惰性气体总管上装有防止超压和负压的充液压力真空释放器时,其密封液体应位于规定的刻度线上,并处于能正常工作状态。

(4) 除货油舱惰性气体入口外,新鲜空气有可能进入的其他开孔应关闭,即货油舱的舱口盖、消除管盖、人孔盖、洗舱孔盖等应处于闭合状态。

(5) 甲板水封排水管上的排放阀打开,并不停地供应密封水,其液位在所规定的位置上。

(6) 洗涤塔、除雾器、风机处于正常状态,这些装置的排水管上的排放阀均开启。

(7) 从烟气抽气阀至甲板水封前后的惰性气体管道上装有各种用途的手动阀,要检查是否为正常的开闭状态。新鲜空气吸入管道上的阀门要闭合,风机前后的阀(手动阀)要打开。

(8) 对于惰性气体取样管,要确认无异常后才能接通氧分析仪的电源。如果是磁导式氧分析仪,根据其特性电源接通2小时后氧分析仪才能进行正常的检测工作。其他型式的分析仪必须按其相应的要求操作。

(9) 用于驱动各种阀、仪表、电气件用

的压缩空气,要达到所规定的压力值。

(10) 主控盘的电源开关放在“Off”(打开)位置上,进行灯光和蜂鸣试验,确认电气系统是否正常。

(11) 将主控盘上的选择开关放在送惰性气体位置上。

(12) 对惰性气体风机和惰性气体海水泵进行预运转,检查发电机容量是否满足使用要求。

#### (b) 运转(送惰性气体)

以上各项准备工作完成并符合要求后,惰性气体装置就可以随时开动运转。在运转过程中,操作人员还要经常巡视检查。一般来说,惰性气体装置的运转既可以近位操作,也可以通过主控盘远距离操作,其程序如下:

(1) 启动洗涤塔海水泵,将冷却水导入洗涤塔。海水泵工作是否正常,可通过主控盘上的指示灯来确认。观察装在供水管路上的流量或压力表,如果不符合设计值,就要调整水泵出口阀的开口大小。

(2) 远距离操作打开烟气抽气阀,主控盘上的显示灯亮则表示此阀全开。

(3) 启动风机,当风机电机的电流达到设定值(通过主控盘上的电流表显示)时,说明风机运转正常。

(4) 按照以上操作,烟气经过烟气抽气阀进入洗涤塔,从洗涤塔排出的惰性气体抽进旁通管或排向大气。当卸油作业准备完毕,惰性气体检验合格后,便可以开始卸油,惰性气体通过主控阀、甲板水封和甲板惰性气体总管输入各货油舱。

(5) 在惰性气体装置运行期间,通过主控盘和货油舱及机舱、驾驶室内的控制盘上的仪表和指示灯,对惰性气体的流量、压力、温度和含氧量进行监视,出现报警时应及时处理。与此同时,对其他设备和管道应经常检查,有异常现象也要马上处理。

卸油时惰性气体装置的运行情况如图3

—24所示。

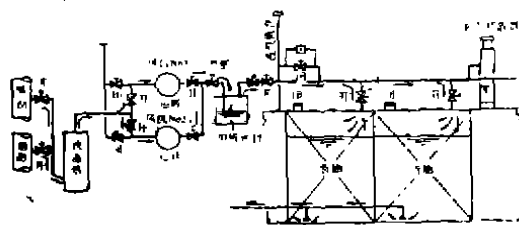


图3-24 卸油时惰性气体装置运行

### (c) 停止

油卸完后，主货油泵和疏油泵停止运行，惰性气体装置随后停车，即停风机；关闭烟气抽气阀和风机入、出口阀及主控阀；洗涤塔海水停止供应；氧分析仪停止工作；主电源切断等。在操作中要注意以下几点：

(1) 油卸完后，货油舱内要维持至少981Pa的正压，以防止新鲜空气侵入货油舱，所以惰性气体装置还要继续运行，当达到以上压力后才停止。

(2) 风机停止运行后，要确认甲板水封（停止供应惰性气体后仍要不停地供应密封水）和压力真空安全器的液位是否正常。

(3) 烟气抽气阀关闭后，经过一定时间洗涤塔供水泵才停止运转，其目的是清洗过滤器，除去上面集结的烟尘；清洗冷却塔内的零件和塔体，使之达到常温状态。

(4) 烟气抽气阀的机座、风机叶片和洗涤塔内的过滤器集结烟尘，要定期检查和清洗。

(5) 惰性气体装置运行过程中，若发生了某些异常现象，经分析判断后认为装置不能再运转时，必须紧急停车。与此同时，货油泵也应停止工作，待惰性气体装置的故障排除后方可卸油，并再按上述的程序启动惰性气体装置。

### 2. 航行中补充惰性气体

油船在航行中，当货油舱内的压力低于外界的大气压时，空气就会通过呼吸阀等设备进入货油舱，为了防止这种情况的发生，

使货油舱内始终维持正压状态，此时惰性气体装置要运行，向货油舱充进一定量的惰性气体，直到符合设定值为止。

航行中补气时惰性气体装置运行情况如图3-25所示，其准备、运转和停止程序与前面所述类同。但是，要注意以下几点：

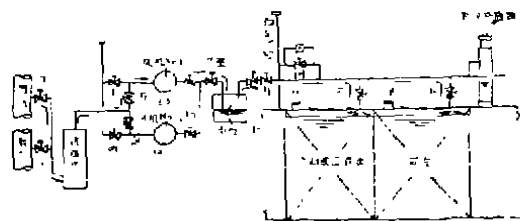


图3-25 航行中补气时惰性气体装置运行

(1) 根据控制盘上的压力表所示的甲板惰性气体总管中的惰性气体压力值，确定是否补气及补气量，当符合要求后惰性气体装置马上停止。

(2) 锅炉提供的烟气质量一定要符合要求，烟气中的氧含量高于5%时，不能送入惰性气体装置中去。

(3) 由于补气量不大，一般可开一台风机。

### 3. 洗舱时使用惰性气体

在第一篇第二章中介绍了洗舱过程中一定要用惰性气体保护，否则就有爆炸的危险。洗舱时惰性气体装置运行情况如图3-26所示，惰性气体装置的准备、运转和停止程序与卸油情况基本相同。但是，还必须注意以下几点：

(1) 洗舱过程中可开1台风机，将惰性气体送到正在洗舱的货油舱中。通向货油舱的惰性气体支管上的阀，除特别油舱外，均应打开，并应连续不断地送进惰性气体，洗舱完毕将此阀关闭。

(2) 上面所提到的特别油舱，是指像入坞前已完全清洗干净的油舱，当然没有必要再洗舱。特别是此时有人进入该舱内工作就会危及人身安全，所以此类油舱的惰性气体入口阀要关闭，并经常监视。



(3) 当使用固定式洗舱机时, 由于油舱内的压力变化大, 所以要连续监测甲板惰性气体总管内的压力, 一定要注意超压和负压的情况。

(4) 用移动式洗舱机洗舱时, 洗舱口始终敞开着。打开洗舱口的程序是: 先将舱口盖稍微开一点, 使舱内气体排出, 压力降低后再打开洗舱口。在洗舱过程中, 惰性气体和油气会从洗舱口喷出, 所以工作人员接近洗舱口要在上风处, 注意安全。

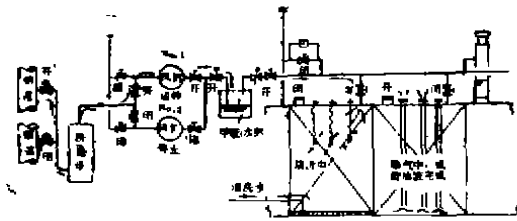


图3-28 洗舱时惰性气体装置运行

#### 4. 注入、排出压载水时舱内气体排出和惰性气体输入

油船在排出脏压载水和注入清洁压载水时, 惰性气体装置的运行情况如图3-27所示。排出压载水时惰性气体装置的操作程序与卸油时相同, 注入清洁压载水时与下面将要介绍的装油操作程序相同。

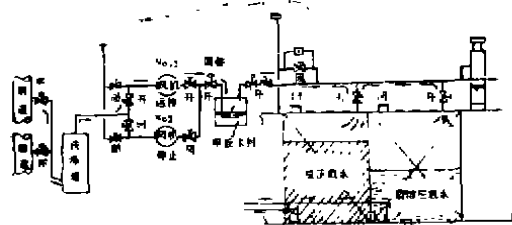


图3-27 注入、排出压载水时惰性气体装置运行

#### 5. 装油时货油舱内气体排出

装油前, 货油舱内已充满了惰性气体, 装油过程中, 惰性气体装置不运行, 货油舱内的惰性气体和油气或从透气桅管排向大气或从高速透气阀排向大气。

装油时货油舱内气体排出情况如图3-28所示。但是, 操作时要注意如下几点:

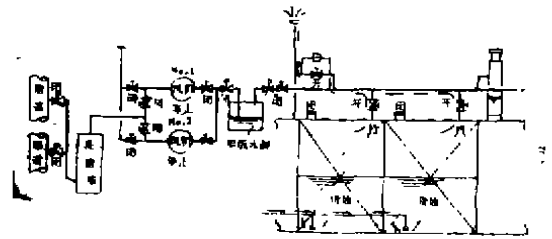


图3-28 装油时货油舱内气体排出

(1) 通往各货油舱惰性气体支管上的阀门全部打开。

(2) 通往透气桅管的总阀完全打开(平时是全闭)。

(3) 安装在甲板水封后甲板惰性气体总管上的止回阀动作正常(平时应维修保养和检查), 紧接止回阀后的截止阀应全闭。

(4) 甲板水封内的密封液体达到设定值。

(5) 充液式压力真空释放器内的液位应达到设定值。

以上几点确认后, 方可开始装油。在装油过程中, 对各部位应经常检查和巡视, 特别是装油量达到预定值以上时, 舱内的压力可能超过允许压力, 对此可通过甲板惰性气体总管的压力表进行监视。

#### 6. 用惰性气体装置除气

除气作业可以用几台移动式风机送风, 也可以利用惰性气体装置来进行这项工作, 即通过惰性气体鼓风机将新鲜空气输入货油舱。

运行准备作业如下:

(1) 检查是否有需要惰性的货油舱, 如果有, 则在除气作业进行的过程中, 不应将惰性气体输进该货油舱。

(2) 将惰性气体主控盘上的选择开关置于“除气”位置上。

(3) 烟气抽气阀关闭, 风机吸气阀亦关闭。打开新鲜空气吸入管道上的盲板法兰和阀门。

(4) 甲板水封内的水封液位达到设定值。

(5) 为了便于舱内的气体排出, 应将远离惰性气体导入口的舱口盖和几个洗舱口的盖子全部打开, 如果该油舱安装有清除管, 也要将其盖子打开。

(6) 关闭通向透气桅管的主阀和不除气的货油舱惰性气体支管上的阀门, 打开惰性气体总管上的主控阀和进行除气的货油舱惰性气体支管上的阀门。

以上的准备工作完成后, 启动风机, 将新鲜空气输入货油舱, 进行除气作业。在除气过程中, 要经常检查烟气抽气阀和风机吸气阀是否关闭, 经常用氧分析仪检测吸入的气体中的氧浓度。除气作业情况如图 3—29 所示。

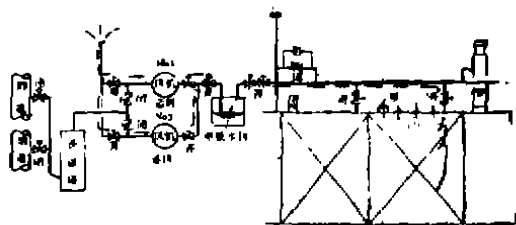


图3—29 除气作业中惰性气体装置的运行

## 7. 向空货油舱输入惰性气体

新船或经检修出船坞的油船, 其货油舱中充满了新鲜的空气, 装油前必须用惰性气体将新鲜空气置换出去, 使货油舱处于惰性状态。

向空货油舱输入惰性气体时的惰性气体装置运行与卸油时基本相同。远离惰性气体输入口的舱口盖及洗舱口盖呈敞开状态, 如装有清除管时应将其盖子打开, 使舱内的空气顺利地排到舱外。在此作业中, 一部分惰性气体会从舱口等处排向大气, 在附近工作的人员应注意安全。

向空货油舱输入惰性气体的作业情况如图 3—30 所示。

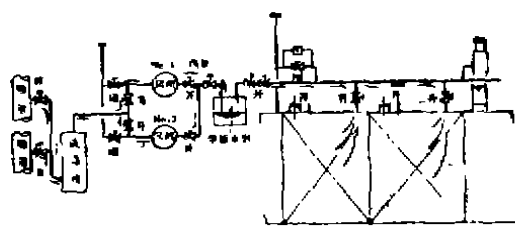


图3—30 向空货油舱输入惰性气体时  
惰性气体装置运行

## 第四章 惰性气体发生装置

惰性气体发生装置与第一、二篇所介绍的利用船上的锅炉烟气产生惰性气体的烟气惰性气体装置不同, 它是靠自身的设备燃烧油或燃气独立地产生惰性气体, 这种惰性气体质量很高, 其含氧量可低到0.5%或接近零。烟气惰性气体适宜于原油船舶的防爆, 惰性气体装置产生的惰性气体适用于成品油船、化学品船、液化石油气船和液化天然气船的防爆, 当然, 原油船更适合。

惰性气体发生装置和烟气惰性气体装置有许多相同之处, 但也有很多不同点, 本章

对此加以论述。

### 4.1 设备的组成

根据使用对象不同, 装置的设备组成略有差异, 但是基本设备组成要素相同, 其主要设备组成见图 3—31 所示。

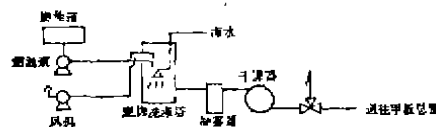


图3—31 惰性气体发生装置主要设备组成

燃料从船上的燃油箱吸出,通过燃料泵加压输进燃烧室,助燃空气由风机送入燃烧室,燃料和空气充分混合,实现完全燃烧。燃烧产生的气体经过海水冷却和净化后,从洗涤塔上部进入气水分离器和除雾器,除去气体中的水份后,干燥的惰性气体通过主控阀和甲板水封等设备送入甲板惰性气体总管中去。

燃烧室和洗涤塔可以分开,也可以组合为一整体,为了减少占地面积和连接管道,目前多为整体型。

根据使用对象不同,对惰性气体可以采取不同的除湿方法。可用硅胶吸附水分,惰性气体的露点最低能达到 $-50^{\circ}\text{C}$ ,即使将此气体输进液化石油气船的货液舱中,惰性气体中也不会出现水滴。也可以用冷冻机除湿,虽然气体露点只能达到 $-5^{\circ}\text{C}$ 左右,但可以用分子筛吸附惰性气体中的 $\text{CO}_2$ 和水分,得到纯氮气,完全能满足液化天然气船的使用要求。

惰性气体发生装置所产生的惰性气体成分如下,如果与烟气惰性气体成分比较,就可以发现二者质量的差别。

惰性气体发生装置产生的惰性气体成分:

$\text{O}_2$ :	0.5~3(Vol%)
$\text{CO}_2$ :	15.0(Vol%)
$\text{N}_2$ :	83.5(Vol%)
$\text{H}_2\text{O}$ :	1.0(Vol%)
$\text{SO}_2 + \text{SO}_3$ :	10~50(ppm)

烟气惰性气体装置产生的惰性气体成分:

$\text{O}_2$ :	3~5(Vol%)
$\text{CO}_2$ :	13(Vol%)
$\text{N}_2$ :	77.0(Vol%)
$\text{H}_2\text{O}$ :	5.0(Vol%)
$\text{SO}_2 + \text{SO}_3$ :	300(PPm)

#### 4.2 燃烧洗涤塔

燃烧洗涤塔有两种结构型式:一是将燃

烧室设置在洗涤塔的侧面;二是将燃烧室设置在洗涤塔的上面。燃烧器装在燃烧室内,点火塞点火后,从油枪喷射出来燃油迅速燃烧。助燃空气由定容量型风机提供,调整供油量,就可以实现完全燃烧。

在图3—32所示的燃烧洗涤塔中,燃烧室设置在洗涤塔的上面,燃烧产生的气体冲出燃烧室经折流后接受海水的冷却和净化,除去气体中的烟尘和二氧化硫,湿的惰性气体从塔上部排出。洗涤后的污水从塔底排至舷外。燃烧室内的温度高达 $1000^{\circ}\text{C}$ 以上,为了防止其周围温度升高,保护燃烧室筒体和其他设备不受高温作用,可以在燃烧室的周围设置夹套,通以冷却水把温度降下来。有的不用水冷却,选用耐高温耐酸不锈钢制造燃烧室。

图3—33所示的燃烧洗涤塔与图3—32塔基本相同,不同的是在塔上部设置有除雾器,干燥的惰性气体从塔顶排出,在塔下部设过滤器。这种几者合一的燃烧洗涤塔的最大优点是结构紧凑,连结管道少,占地面积小,压力损失小。

图3—34所示的燃烧洗涤塔,燃烧室设置在洗涤塔的侧面,燃烧生成的气体水平地进入洗涤塔的下部,冷却水从上部喷射下来,气体和液体逆向而行,潮湿的惰性气体从塔顶部排出去。

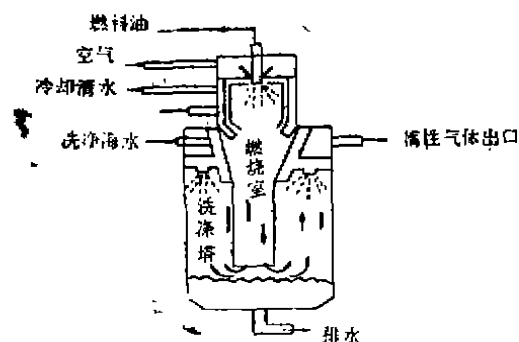


图3—32 燃烧洗涤塔之一

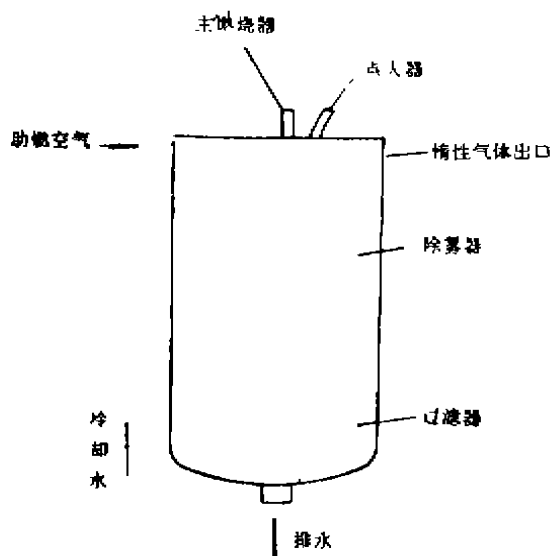


图3-33 燃烧洗涤塔之二

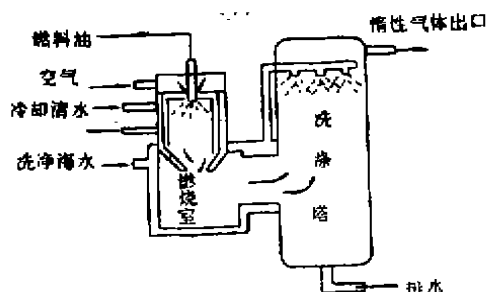


图3-34 燃烧洗涤塔之三

#### 4.3 除雾器

如果从燃烧洗涤塔中排出的惰性气体含有大量的水分，必须将水分除去后才能输进货油舱。除雾器（或者称气水分离器）型式有多种，但是常用的是采用聚丙烯过滤器型式，设有二层或多层滤网。有的将除雾器和燃烧洗涤塔组合成一体，如图3—33所示除雾器装在洗涤塔上部气体出口处。惰性气体发生装置中的除雾器的原理和构造与前面介绍过的烟气惰性气体装置的除雾器基本相同。

#### 4.4 干燥器

要使惰性气体的露点降低，必须采用于

干燥器。干燥器可分：吸附式和冷却式两种。前者所得到的露点可达 $-70^{\circ}\text{C}$ ；后者可达 $-5^{\circ}\text{C}$ ，下面简要介绍这两种方法。

##### 1. 冷却式干燥器

冷却式干燥器如图3—35所示，主要由氟利昂冷冻机和热交换器等组成。惰性气体通过第一和第二热交换器后，再经过氟利昂（R-12）冷冻机处理，其温度可冷却到 $2^{\circ}\text{C}$ 左右，惰性气体中的水滴凝结出来，排放出来。经过干燥的惰性气体再一次经过热交换器和冷冻机，其温度可达到 $0-1^{\circ}\text{C}$ 。

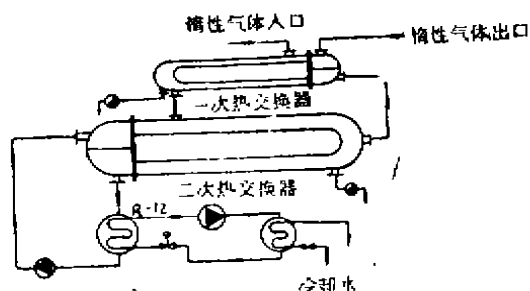


图3-35 冷却式干燥器

##### 2. 吸附式干燥器

图3—36为双塔交替吸附式干燥器。惰性气体经过I塔干燥后，一部分输出，一部分流入II塔，经电加热器加热后，可以再生干燥。以上工作通过定时器和四通阀等自动交替进行。根据惰性气体所需达到的露点不同，可以选用不同的吸附剂（干燥剂）。如果使用硅胶和活性氧化铝等，露点可达到 $-40\sim-50^{\circ}\text{C}$ 。若使用分子筛吸附二氧化碳和水分，可以得到纯氮气。

#### 4.5 惰性气体发生装置的应用实例

图3—37至图3—41为惰性气体发生装置的应用实例。各机器的型式和装置的组合，因设备制造厂家不同而异，各具特色，而且使用对象也不一样。下面，仅就其主要特征作以说明。

1. 图3—37所示的惰性气体发生装置燃烧室设置在冷却塔的侧面，燃烧产生

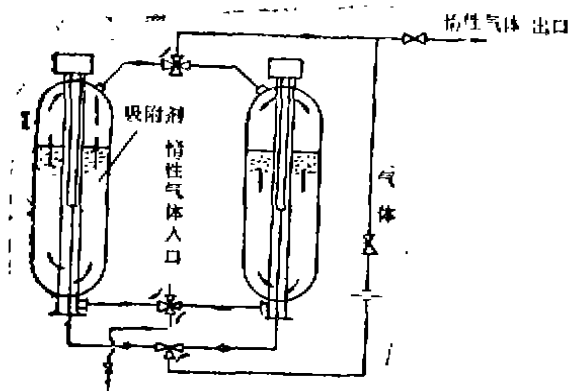


图3-36 吸附式干燥器

的气体经海水冷却、净化后从塔顶部排出，进入除雾器中去，除雾后的惰性气体经氧分析仪检测氧含量合格后可送入货油舱中。如氧含量过高，超过设置值时，则不能送入货油舱，自动地将此气体排放到大气中去。

2. 图3-38所示的惰性气体发生装置虽然与图3-37型式一样，但燃烧洗涤塔的结构不同。燃料用燃料泵加压送入燃烧室，多余的油料返回燃料箱。控制风机的电动机转速，使风机出口处的惰性气体压力恒定于某一值。冷却水一部分送入洗涤塔，冷

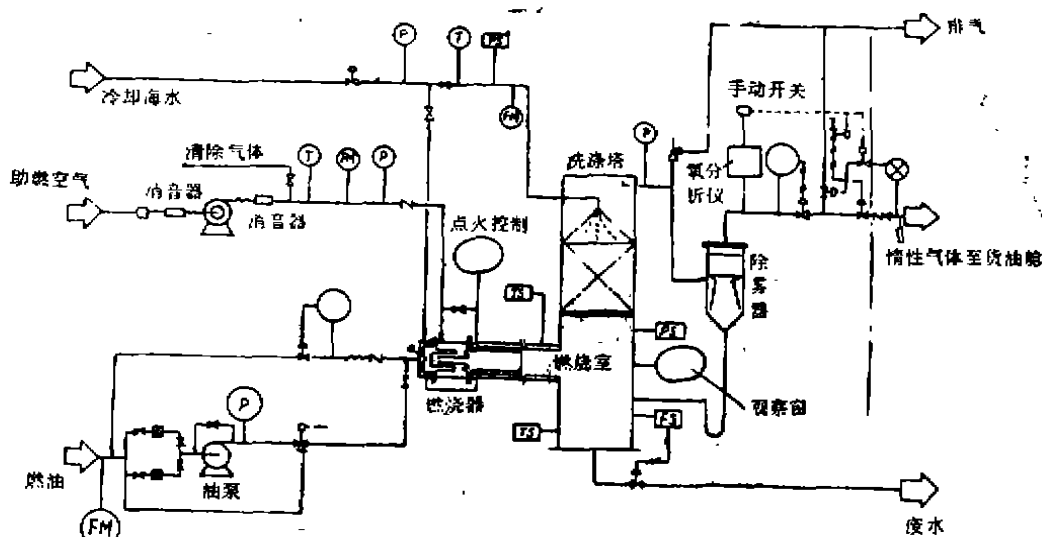


图3-37 惰性气体发生装置之一

却、净化燃烧生成的气体，另一部分送入燃烧室的夹套，对燃烧腔壁进行冷却。经除雾器除雾后的合格惰性气体经甲板水封和主控阀等送入货油舱中。

### 3. 带有冷却式干燥器的惰性气体发生装置

此种惰性气体发生装置如图3-39所示。洗涤塔的上部是燃烧室，下部是洗涤塔。洗涤塔内的液位由液位控制器控制。从洗涤塔排出的气体进入后冷却器，进行第二次冷却和净化，由除雾器除去水雾，再经

冷却式干燥器，进一步除湿降低露点，合格的惰性气体输进液货舱内。干燥器出口处的惰性气体的露点为 $-20\sim 5^{\circ}\text{C}$ ，温度约为 $15^{\circ}\text{C}$ 。

### 4. 带吸附式干燥器的惰性气体发生装置

此种惰性气体发生装置如图3-40所示。与图3-39所不同的是吸附式干燥器代替了冷却式干燥器。该装置产生的惰性气体的露点为 $-20\sim -55^{\circ}\text{C}$ ，温度为 $20\sim 50^{\circ}\text{C}$ ，可用于石油液化船的液气舱防爆。

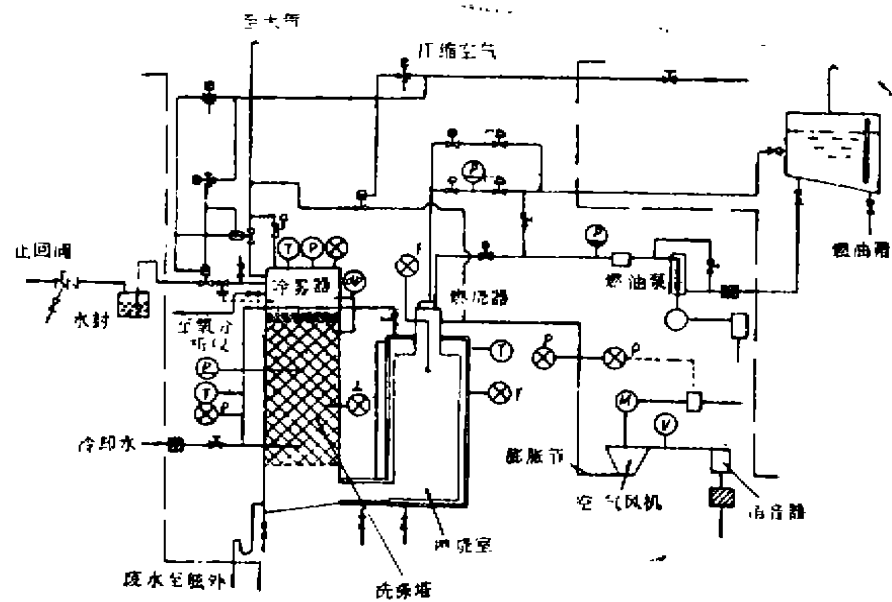


图3—38 惰性气体发生装置之二

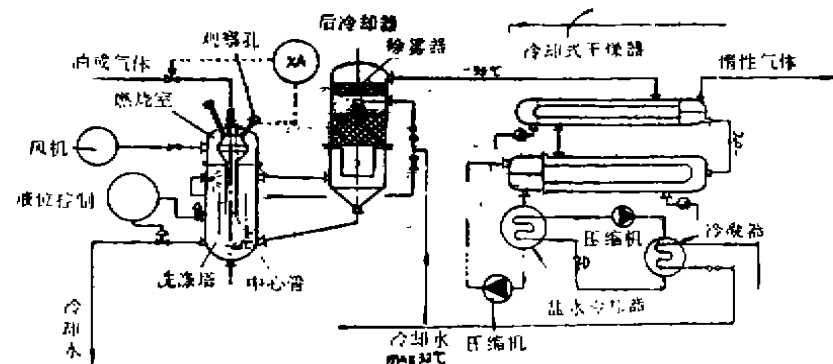


图3—39 带冷却式干燥器的惰性气体发生装置

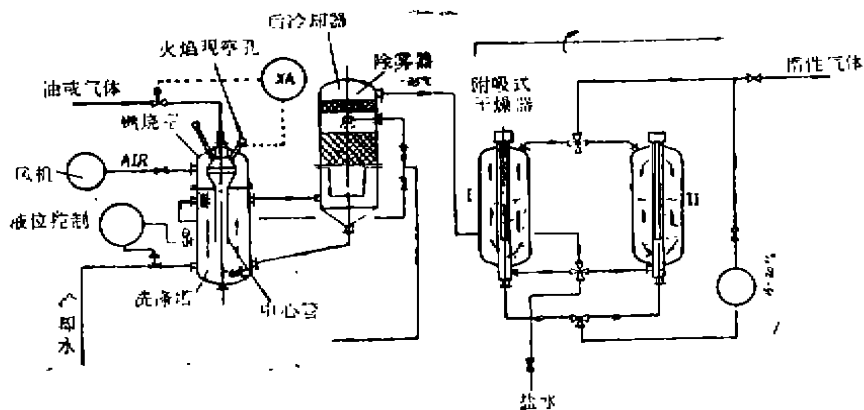


图3—40 带吸附式干燥器的惰性气体发生装置

### 5. 烟气惰性气体装置和惰性气体发生装置的组合

此组合装置如图 3—41 所示。在卸油和洗舱时，使用烟气惰性气体装置，在航行途

中需要补充少量的惰性气体时，不开锅炉就使用惰性气体发生装置。显然，这种组合装置具有良好的经济性。

### 6. 大、小惰性气体发生装置的组合

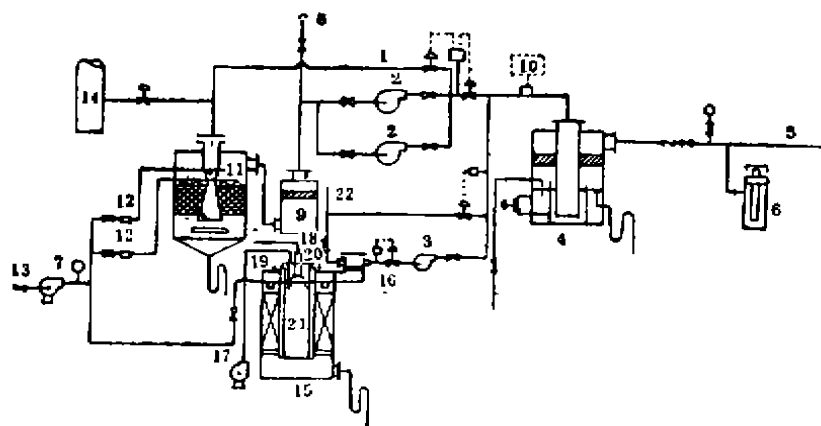


图3—41 烟气惰性气体装置和惰性气体发生装置的组合

该组合装置如图 3—42 所示。这种装置用于石油液化气船，卸货时用大容量的惰性气体发生装置，航行中补气时用小容量的装置。对于大容量的惰性气体装置，用冷却式干燥器降低惰性气体的露点，然后再送入吸附式干燥器进一步干燥，露点可降低到

-55℃。对于小容量的惰性气体装置，由于产生的惰性气体量小，用吸附式干燥器就能得到-55℃的露点。合格的惰性气体通过压缩机加压后，即可送入贮存罐中。航行中根据贮存罐中压力下降的情况，小容量发生器能自动启动，进行适量的补气。

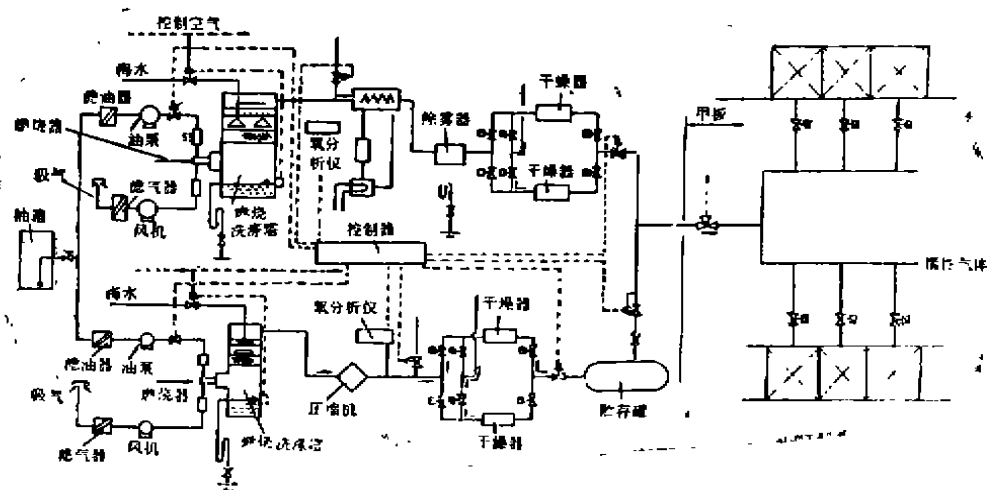


图3—42 大、小惰性气体发生装置的组合

年9月1日正式生效。修正案规定,凡装运闪点不超过60℃(闭杯试验)的油品的下列油船必须装设一个固定式的惰性气体系统:

①载重量为2万吨及以上的油船;

②于1984年9月1日以前建造,载重量为2万吨及以上的载运原油的油船;

③于1984年9月1日以前建造,载重量为4万吨的及载运原油以外的其他油品的油船,载重量为2万吨级以上载运原油以外其他油品,且装有单独排量大于60m<sup>3</sup>/h洗舱机的油船。

(3) 国际海事组织通过的《散装危险化学品和散装液化气体船舶的构造和设备规

则》中,也规定了在载运液化气和某些化学品时必须装设惰性气体系统的具体要求。

(4) 为了执行以上公约,英国劳氏船级社(LR),美国船级社(ABS),法国船级社(BV),日本海事协会(NK),挪威船级社(DNV)和西德劳氏船级社(GL)等制定了相应的装设惰性气体系统的检验规则。我国船舶检验局(ZC)颁布的《钢质海船入级和建造规范》中对载运闪点不超过60℃(闭杯试验)的油品的载重量为2万吨及以上的油船也规定了装设惰性气体系统的要求。

以上这些强制性的规定和措施对载运危险液货的船舶安全起到了良好的作用。

## 第一章 爆炸和防爆

### 1.1 惰性气体系统的防爆效果

“爆炸”这个词在我们日常生活中常常可以听到,如高压容器的爆炸,锅炉的爆炸,石油加工厂的爆炸,炸弹的爆炸,油船的爆炸等等。爆炸可分为化学性爆炸和物理性爆炸两大类。

锅炉和高压容器的爆炸属于物理性爆炸;油船的爆炸属于化学性爆炸。这两种爆炸一旦发生,在瞬间结束,其破坏作用很大,轻者使设备破坏,重者会造成灾难性的大事故。

油船的爆炸,是货油舱内的石油气和空气按一定比例混合后的可燃性混合气体的爆炸。要预防这种爆炸,需控制货油舱内不产生可燃性的混合气体,或消除火源。

油船上的火源一般有:各种明火;高温表面;冲击或摩擦过热起火;电气火花;静电火花;雷击火花等等。按照目前的科技水平,难以绝对消除以上火源。

油船在营运中有:装货、卸货、洗舱等作业,油气会蒸发,大量的空气也会进入货

油舱,即使在航行中,空气有时也会通过呼吸阀等进入油舱,因此,油舱内可形成可燃性混合气体。

惰性气体系统的作用就是向货油舱输进含氧量很低的惰性气体,降低货油舱内混合气体中的氧含量,使其处于不可燃、不可爆的安全环境。装设惰性气体系统是油船防爆行之有效的办法。

### 1.2 燃烧和爆炸

各种可燃物质在一定温度下快速氧化的化学过程称为燃烧。

燃烧三要素是:温度(火源)可燃物质和助燃物。可燃物质一般为可燃性气体,可燃性液体,可燃性粉体及其他易燃性物质等。助燃物质一般为空气中的氧气等。

燃烧一般分为四种形式:表面燃烧、蒸发燃烧、分解燃烧和扩散燃烧。煤的燃烧是固体表面燃烧;酒精的燃烧是可燃液体蒸气燃烧;油脂的燃烧是通过热分解放出可燃性气体的燃烧;可燃气体与助燃空气混合,达到可燃范围的浓度后,就产生混合燃烧。可