

# 船舶操纵系统

## 第一节 操纵系统概述

为了满足船舶在各种工况下的航行需要，将船舶主机的起动、换向和调速等各装置联结成一个统一整体，并可集中控制的所有机构、设备和管路，总称为柴油机推进装置的操纵系统。

小型柴油机的推进装置，其起动、调速及换向系统的控制件距离近，通常分别设置，各自操纵。近年来不少船舶也通过机械、气动等型式传输集中至机舱集控台或驾驶室，对推进装置集中操纵。大、中型柴油机为操纵方便和工作可靠，都将各控制部分通过各种方式有机地联系以便集中控制和远程控制。

随着自动化技术和电子技术的发展，各种遥控技术已广泛地应用于柴油机的操纵机构。特别是近年来电子计算机技术和微处理机已用于主机遥控、巡回检测和工况监视等方面，不仅大大减轻了轮机人员的劳动强度，改善了工作条件，还可以避免人为的操作差错，提高船舶运行的安全性、操纵性和经济性。目前，主机遥控技术水平越来越高，船舶正朝着全面自动化和智能化的方向发展。

### 一、对操纵系统的要求

在船舶柴油机中，操纵部分是最复杂的一部分，其部件多、零件杂、相互牵连制约，近代自动化技术和遥控技术在操纵系统的应用，更增加了操纵系统的复杂程度。为了保证操纵系统能够可靠地工作，对船舶柴油机的操纵系统有下列基本要求：

(1) 必须能迅速而准确地执行起动、换向、变速和超速保护等动作，并能满足船舶规范上相应的要求。

(2) 具有必要的连锁装置，以避免操作差错而造成事故。

起动连锁装置：盘车机未脱开不能起动，换向未到位不能起动。

换向连锁装置：转向与要求不符时不能起动，不允许在较高转速下换向，运转过程中不能自行换向。

滑油保安连锁装置：当滑油压力下降至许用下限值时，将油量调节杆推至零油位，使柴油机自行熄火停车。

(3) 必须设有必要的监视仪表和安全保护、报警装置。在操纵台（或遥控操纵台）上有转速、转向、气压、油压、水温等醒目的仪表，并对直接影响安全运行的有关压力和温度等置有报警装置和安全保护装置。

(4) 操纵机构中的零部件必须灵活、可靠、不易损坏。

(5) 操作、调整方便、维护简单，便于实现遥控和自动控制。

### 二、操纵系统的组成

(1) 换向部分：完成换向指令。当柴油机的转向与要求不符时通过移轴（双凸轮换向）、差动（单凸轮换向）或齿轮箱换向方式完成换向动作。

(2) 起动部分：按指令打开主起动阀，使柴油机迅速起动，并在起动后迅速关闭主起动阀。

(3) 调速部分：按指令要求压缩或放松调速弹簧，或直接移动油量调节杆，通过喷油泵增减油来满足柴油机加、减速的要求。

(4) 停车部分：接停车指令把油量调节杆拉至零油位，保证柴油机按要求熄火停车。

(5) 各部分之间的联接装置及连锁装置：将前述各相互独立的部分用机械、气动、液压等方式组合成方便直观的单手轮或双手柄，按指令进行各种操作，使柴油机按规定的程序和要求进行动作，并通过相互连锁机构确保不发生操作差错，使整个操纵系统能可靠地运行。

### 三、操纵系统和遥控系统的类型

#### 1. 操纵系统的类型

按操纵部位和操纵方式，操纵系统可以分为：

1) 机旁手动操纵：操纵台设置在柴油机旁边，使用相应的控制机构操纵柴油机，由轮机员直接手动操纵，使之满足各种工况下的需要。

2) 机舱集中控制室控制：操纵台设置在机舱适当部位的专用控制室内，由轮机员对柴油机实现操纵和监视。

3) 驾驶室控制：在船舶驾驶室内，专设主机遥控操纵台，由驾驶员直接操纵柴油机。

机旁手动操纵是操纵系统的基础，机舱集中控制和驾驶室控制均称为遥控，三者之间常设有转换装置以便随意转换。每种操纵台上均设操纵手柄，操纵部位转换开关、应急操作按钮及各种显示仪表，以便对主机进行操纵和运行状态的监视。尽管目前主机遥控技术已经达到了相当高的水平，但系统中仍然必须保留机旁手动操纵系统，以保证对主机的可靠控制。

#### 2. 遥控系统的类型

遥控系统是用逻辑回路和自动化装置代替原有的各种手动操作程序。按遥控系统所使用的能源和工质，主机遥控系统可分为：

1) 电动式遥控系统：以电作为能源，通过电动遥控装置和电力驱动装置对主机进行远距离操纵。

该系统控制性好，控制准确，遥控距离不受限制，有利于远距离控制；设备简单，不需要油、气管路，无油、气处理装置，不必担心漏油、漏气；易实现较高程度的自动化，是实现主机遥控的最佳途径。缺点是管理水平要求高，故障不易发现，操作管理人员要具备一定的电子技术知识。

2) 气动式遥控系统：以压缩空气为能源，通过气动遥控装置和气动驱动装置对主机进行远距离操纵。

气源可直接由起动空气经减压、净化得到，信号传递距离较远，一般在 100 米以内可满足系统的控制要求，信号受电气、振动、温度等干扰少，动作可靠，故障容易发现，维修方便。但该系统气源净化品质要求高，需除水、除油、除尘，否则易使气动元件失灵。

3) 液力式遥控系统：以油泵产生的压力油作为能源，通过液压阀件和液动机构进行控制。

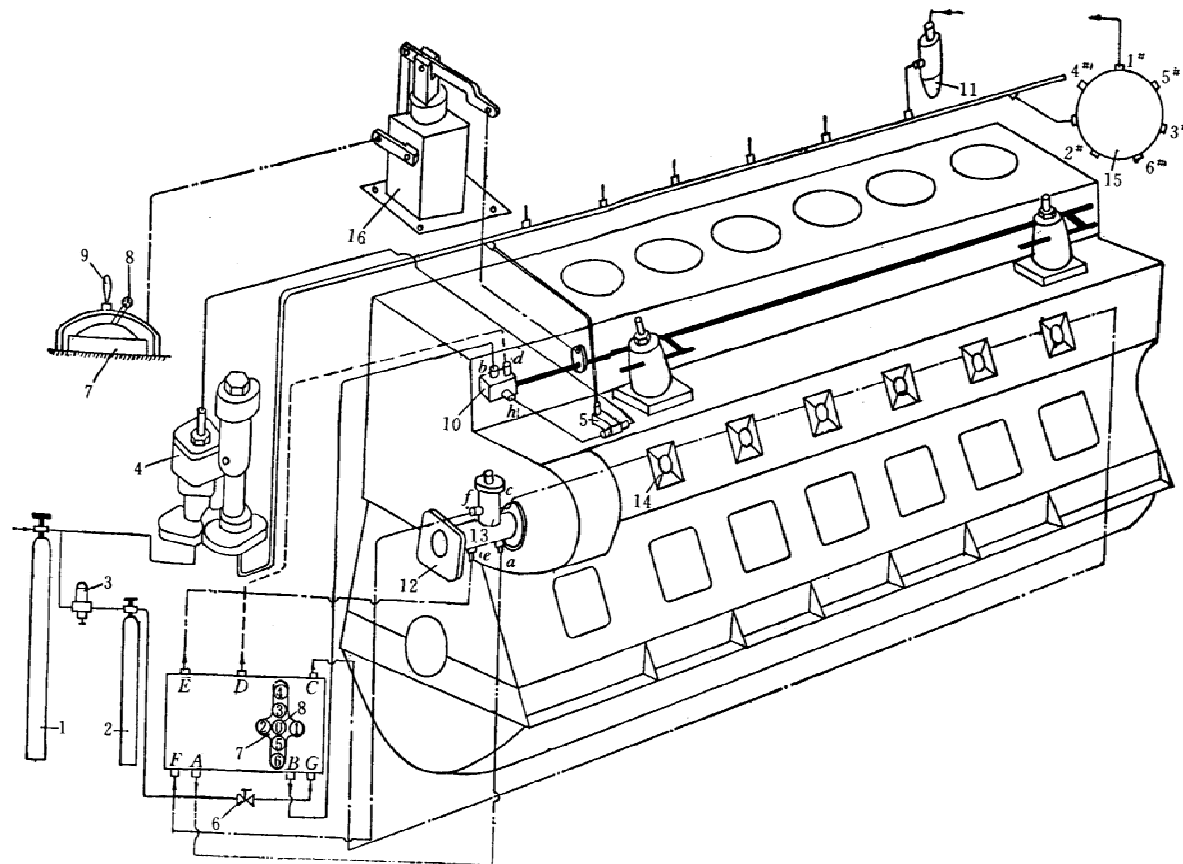


图 9-1 6L350PN 型柴油机操纵系统图

1-起动空气瓶；2-控制空气瓶；3-减压阀；4-主起动阀；5-放气阀；6-空气阀；7-操纵空气分配器；8-分配器操纵手柄；9-油量操纵把手；10-止油器；11-气缸起动阀；12-换向活塞；13-凸轮轴定位器；14-顶升装置；15-起动空气分配器；16-调速器；G-控制空气入口；B-起动；D-停车；C-顶升；E-正车；A-倒车；F-流入正、倒车阀腔室；手柄位置：起动；②-停车；③、⑤-顶升；④-正车移轴；⑥-倒车移轴；图示左边-飞轮端

液力式遥控系统的主要优点是结构牢固，工作可靠，传递力较大。但由于液力传动易受惯性和液压油粘温特性的影响而降低传动的灵敏性和准确性，不适于远距离信号传递。

4) 混合式遥控系统：综合上述各种系统的优点，分段或分系统采用不同的遥控形式。远距离采用电传动，近距离则采用气力或液力。目前船舶上广泛采用电一气混合式和电一液混合式，即从驾驶台到机舱采用电传动，机舱系统采用气动或液动。

5) 微型计算机遥控系统：近年来微型计算机已用于机舱设备的巡回检测和工况监视等方面。采用微机对主机进行遥控是通过专门的软件设计，给计算机一个执行程序来取代常规遥控系统的控制回路。微机执行遥控动作时能根据输入的指令和表征柴油机实际运行状态的各种信息进行综合判断和运算，得出需要的控制信息并经输出接口去控制操纵系统的执行元件，对柴油机进行正倒车换向、起动、调速和停车等操作。

这种控制系统主要特点是用微处理机取代了分立元件或集成逻辑电路元件，体积小，功能强，扩大了逻辑功能、运算功能和增加了灵活性，可实现最佳状态和最经济性控制，是当代向综合性自动化方向发展的主要目标和方向。

主机遥控系统的功能除了根据车钟指令通过各种逻辑回路和自动装置等完成主机起动、换向、调速和停车等程序操作外，还必须具有重复起动、慢转起动、负荷程序、应急停车、自动避开临界转速、故障自动减速或停车、紧急倒车等辅助功能。但柴油机的备车系统状态检查等均由轮机人员在机舱内完成，然后再转换到遥控系统控制。

## 第二节 6L350PN 型柴油机操纵系统

6L350PN 型柴油机是捷克生产的 6 缸直列排列四冲程、废气涡轮增压，可直接反转的船用柴油机。标定转速 375r/min，标定功率 728kW (990 马力)，较广泛地用作内河和沿海船舶的主机，它分左、右两种机型。

### 一、操纵系统特点

图 9-1 为 6L350PN 型柴油机操纵系统图。其操纵系统由操纵台和一系列管系，传动杆系将操纵系统各种设备连接而成。其操纵系统特点为：

(1) 起动：采用间接启阀式压缩空气起动，主起动阀采用气压控制加载式（均衡式）起动空气分配器装置在凸轮轴的前端，采用单气路控制柱塞圆列组合式结构。

(2) 换向：采用双凸轮换向，利用气力轴向移动凸轮轴，并在移轴前利用气力通过“顶升机构”使各种顶头的滚轮抬离凸轮轴，移轴后顶头再自行落位。

(3) 调速：采用全制式液压调速器，使柴油机在各种转速下均能稳定运行。

(4) 操纵：采用双手柄在机旁的操纵台上进行操纵。分配器上的操纵手柄用来操纵柴油机的起动、停车、顶升和换向；油量操纵手柄用来调节柴油机的转速。

### 二、操纵系统的主要设备

#### 1. 气压控制加载式（均衡式）主起动阀

其结构如图 9-2 所示，图示为不起动时的关闭位置。

起动时，控制空气从主起动阀上方进入阀内，克服弹簧 3 的弹力压动启阀活塞 7，将起动阀 1 压开，大股起动空气从常开的单向止回阀 17 进入起动空气总管。

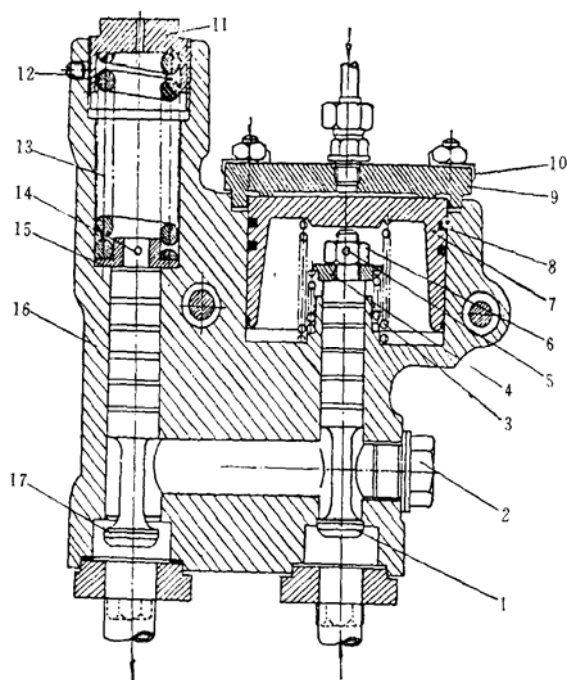


图 9-2 气压控制加载式主起动阀

1-起动阀；2-闷塞；3、13-弹簧；4、15-弹簧盘；5-开口销；6-螺母；7-启阀活塞；8-活塞环；9-盖；10-锁紧垫片；11-调节螺盖；12-制动螺钉；14-中心销；16-阀体；17-止回阀

起动结束，启阀活塞 7 上部的控制空气泄放，起动阀 1 在弹簧 3 的张力下关闭。

单向止回阀与主起动阀制成一体。当某缸气缸起动阀泄漏、缸内的高压燃气倒流至止回阀 17，作用在阀盘底面上将其关闭，用来防止燃气倒流，保护主起动阀不至烧伤。

## 2. 柱塞圆列式起动空气分配器

其结构如图 9-3 所示，它装在柴油机凸轮轴的前端，其内有 6 个柱塞（滑阀）在阀体中围绕起动凸轮径向均匀配置，分别控制相应各缸的气缸起动阀的启闭。不起动时弹簧将滑阀抬离凸轮，以减小磨损。

起动时，压缩空气从进气管 1 进入各滑阀外端，压缩弹簧 5，使各滑阀顶头 7 与起动凸轮 8 的外表面接触：此时，至少有一滑阀与凸轮的切平面接触，使滑阀内移打开出气孔，压缩空气经出气管 4 通入相应的气缸起动阀，使它开启。当凸轮切平面转过顶头后，滑阀外移，关闭进、出气的通路，此时出气管 4 与放气孔 6 沟通，使该缸气缸起动阀因阀上部的控制空气通大气泄放而立即关闭。随着凸轮轴转动，各阀相继动作，使控制空气按发火顺序和起动定时通往各气缸起动阀，使柴油机起动。

起动后，主起动阀关闭，各进气管 1 中的控制空气从放气阀泄放，各滑阀被弹簧 5 抬起复位，与凸轮表面脱离接触，各出气管中的余气均从放气孔 6 处泄放大气。

正车和倒车起动凸轮沿轴向前后排列，随凸轮轴的轴向移动而变更位置，以分别满足正倒车起动的需求。

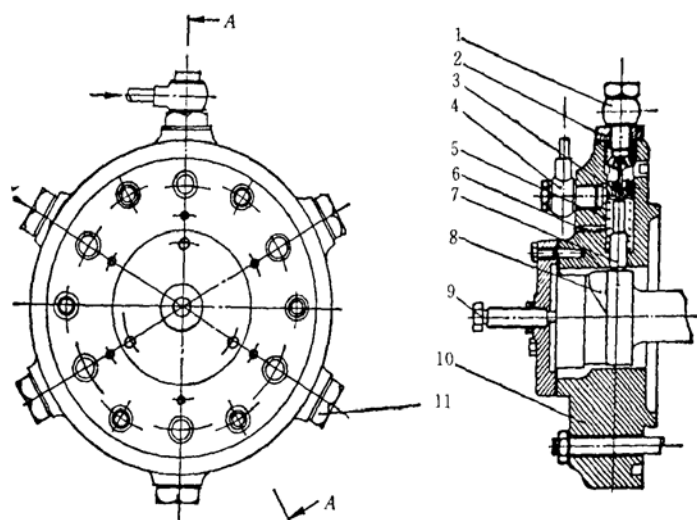


图 9-3 柱塞圆列组合式空气分配器

1-进气管；2-接头螺钉；3-滑阀；4-出气管；5-弹簧；6-放气孔；7-顶头；8-起动凸轮；9-定位螺钉；10-阀体；11-螺钉

### 3. 放气阀

其结构如图 9-4 所示，由一阀壳 1 和杯形阀等组成。其上端与起动空气总管，左端与止油器，右端与主起动阀启阀活塞上部分别连通，它的功用是：起动结束时把起动空气总管中的余气泄放掉。

起动时，来自止油器的控制空气(0.4MPa)流经本阀下部通往主起动阀使该阀开启，并利用 M 孔进入阀 2 下腔形成气垫，将放气阀 2 向上托举把孔 N 关闭(如图所示)。

起动后，流经本阀的 0.4MPa 控制空气泄放，于是阀 2 下落，N 孔打开，使起动空气总管内的余气经 N 孔由孔 P 泄放大气。

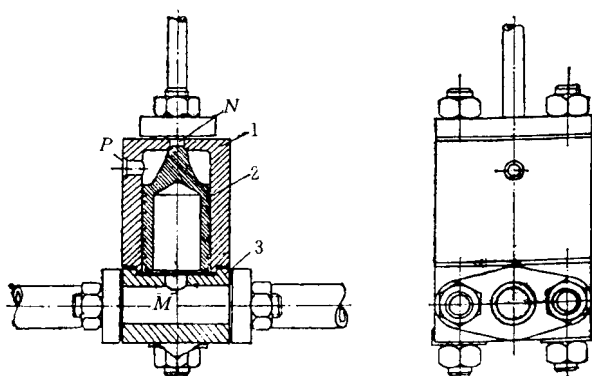


图 9-4 放气阀

1-阀壳；2-杯阀；3-阀壳座；M、N、P-孔

### 4. 止油器

其结构如图 9-5 所示。

它主要由止油器本体 5 及活塞 7 及一些杆件所组成。其功用是：停车时，使油量调节杆处于断油位置；起动时油量调节杆处于起动供油位置，正常运转时，它对油量不起限制作用。

起动时，0.4MPa 控制空气从操纵台上的分配器分配阀 B 输出进入止油器右端的 b 孔，将活塞 7 向左推动，通过接头传动油量调节拉杆 1，以供给起动所需的喷油量。当活塞左移至极限位置后，中央气孔 h 开启，使控制空气经放气阀通向主起动阀，使柴油机起动。

正常运转时，由于活塞杆接头 4 与连接杆 3 之间销孔为长圆形，故拉杆可由调速器按需要继续向左移拉，满足不同供油量的要求。

停车时，0.4MPa 控制空气从操纵台上分配器的分配阀 D 输出进入止油器左端的 d 孔，将活塞 7 向右推动，使各缸喷油泵停止供油。螺钉 10 用以调节供油零位，确保断油停车。

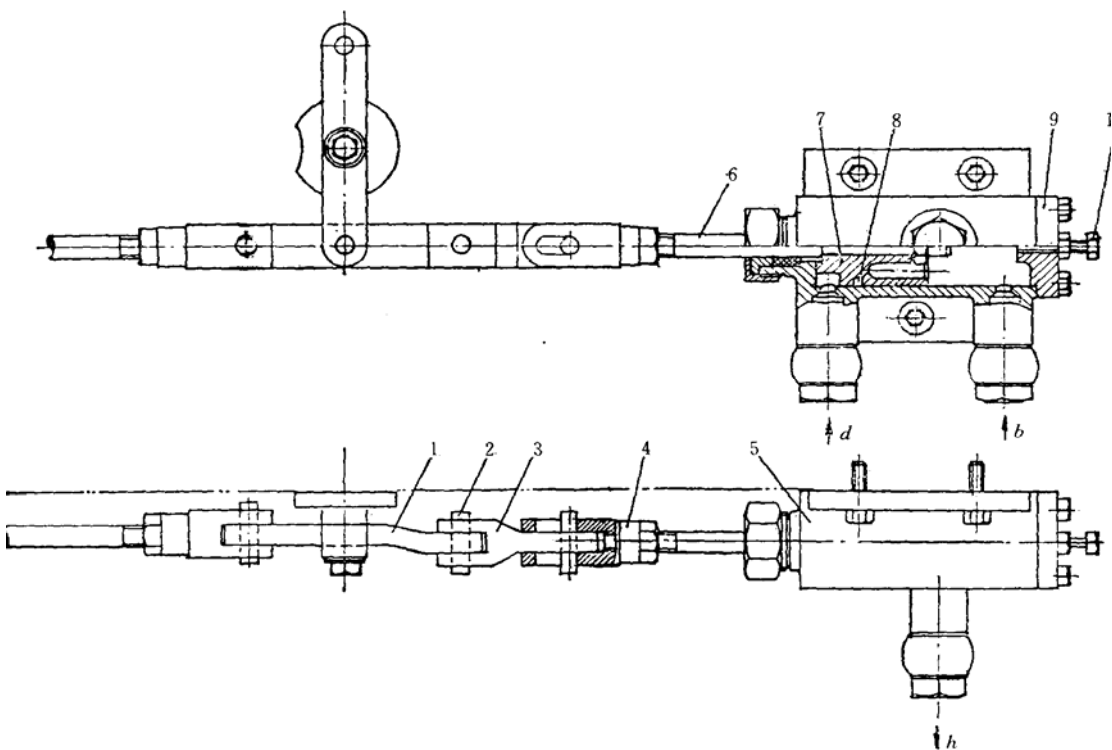


图 9-5 止油器

1-拉杆；2-销；3-连接杆；4-活塞杆接头；5-本体；6-活塞杆；7-活塞；8-密封圈；9-端盖；10-调节螺钉

#### 5. 顶升装置

其构造如图 9-6 所示。

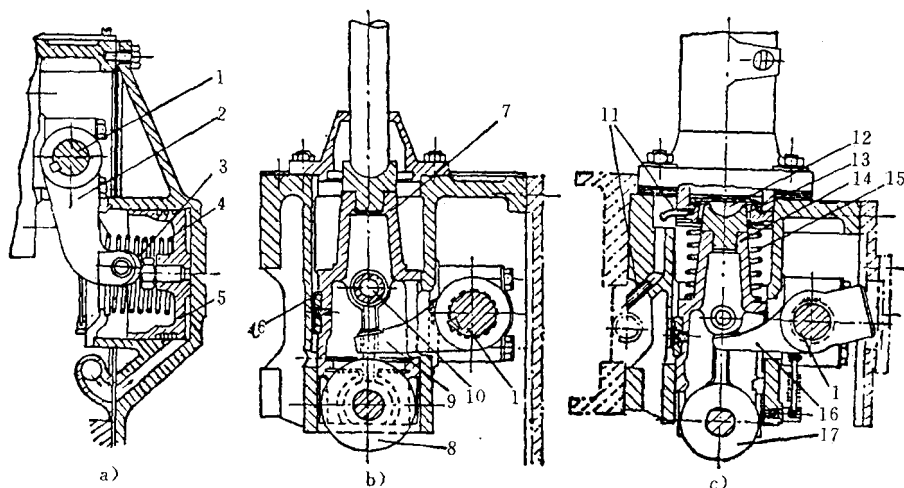


图 9-6 顶升装置

a) 顶杆提升器；b) 进排气阀提升器；c) 高压油泵提升器

1-顶升轴；2、9、6-摇臂；3-摇臂滚轮；4-弹簧；5-顶升活塞；6-导向键；7-进、排气阀从动件；8-从动滚轮；10-滚轮轴；11-短管；12-油泵顶头；13-漏油杯；14-油泵从动件；15-导程弹簧；17-从动滚轮

由安装在机体内侧面上的顶升缸体、顶升活塞 4、顶升轴 1 及顶升摇臂 2、9、16 等组成。其功用是：换向前将凸轮上的各滚轮和从动件抬离凸轮，以利移轴换向，换向完毕后再下落到各凸轮上。

该机每缸各有一个顶升器，其气路串联通通。

顶升时，0.4MPa 的控制空气由操纵台上的顶升气口 C 进入第一缸的顶升气缸推动活塞 5、经摇臂 2，使顶升轴 1 顺时针摆动，摇臂 9 与 16 将进、排气阀及喷油泵的各个顶头抬起脱离凸轮表面。随后从第二缸起依次进入其余各缸顶升器分别进行顶升。当控制空气从最末一个顶升器流出后，再进入位于凸轮轴端的定位器下部进气孔，将定位销拔起，作好移轴准备。

换向完毕后，控制空气泄入大气，弹簧将顶升活塞复位。各顶头全部回落到移轴后的各凸轮表面上。

## 6. 气力换向装置

其构造如图 9-7 所示，它安装在凸轮轴的后端，它由换向气缸、换向活塞及定位器等组成。其功用是：利用气力使凸轮轴前后轴向移动进行换向。

换向前，顶升装置已将所有顶头抬起，并有控制空气进入气孔 13，克服弹簧 10 的弹力使定位活塞向上抬起将定位销从活塞杆 24 的一销孔中拔出。

换向时，压缩空气从接头 21 进入换向气缸的一端，使换向活塞 19 在气力下作直线移动，通过活塞杆 24，联轴器 4 使凸轮轴轴向移动到需要的位置。

换向完毕，各处的控制空气全部泄放大气，定位销被弹簧 10 压下插入另一销孔，起连锁保安作用，当柴油机运转时，确保凸轮轴不会轴向移位。

联轴器 4 内装有推力球轴承，凸轮轴转动时，活塞杆不会跟转。



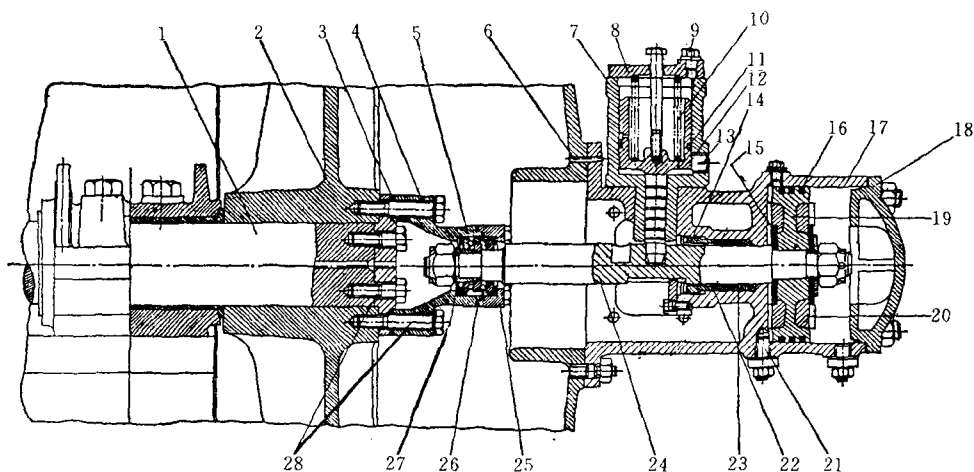


图 9-7 气力换向装置

1-凸轮轴；2-传动齿轮；3-间隔圈；4-联轴器；5-推力球轴承；6-定位销；7-定位器气缸；8-缸盖；9-螺钉；10-弹簧；11、16-活塞环；12-定位活塞；13-气孔；14-填料压紧螺丝；15-密封环；17-换向气缸；18-换向缸盖；19-换向活塞；20-缓冲块；21-气管接头；22-填料环；23-黑粉填料；24-活塞杆；25-轴承盖；26-垫片；27-调节环；28-螺栓

### 三、操纵台

操纵台一般安装在靠柴油机飞轮端上面，由仪表板、操纵空气分配器 7 和油量操纵把手 9 等组成。

仪表板上装有起动空气压力表、滑油压力表、冷却水压力表及转速表等，能清晰地反映各种运转参数。

#### 1. 操纵空气分配器

操纵空气分配器的结构如图 9-8 所示，它通过 7 根压缩空气管与柴油机各操纵机件联系，其联系情况见图 9-1。

分配器壳体内有一个表面开有若干个圆形或长圆形的凸轮销 8，它由分配器操纵手柄 9 操纵，可以前后转动；曲面杠杆 12 用销轴 11 与凸轮销相铰接，可左右摇摆，也由手柄 9 操纵；五组分配阀位于分配器的下部，自左至右分别为正车换向阀 E、倒车换向阀 A、停车阀 D、起动阀 B、顶升阀 C。每一组阀均由按钮 6、球阀 4、滑阀 2 和弹簧 1 组成，它们从分配器体 3 下面的螺孔装入。前两个阀共用一个换向阀腔室，后三个阀共用一个进气腔室，两个腔室有隔板隔开。

控制空气由 G 孔进入分配器下方的进气腔内，当把操纵手柄放在图示不同位置时能打开相应的分配阀，使压缩空气通往有关设备或泄放大气。

当手柄 9 位于中间位置时，五个分配阀均处于关闭状态，如图 9-8 所示。当手柄 9 左右摆动时，曲面杠杆绕销轴 11 左右摆动，向下压开相应的停车阀 D 或起动阀 B。

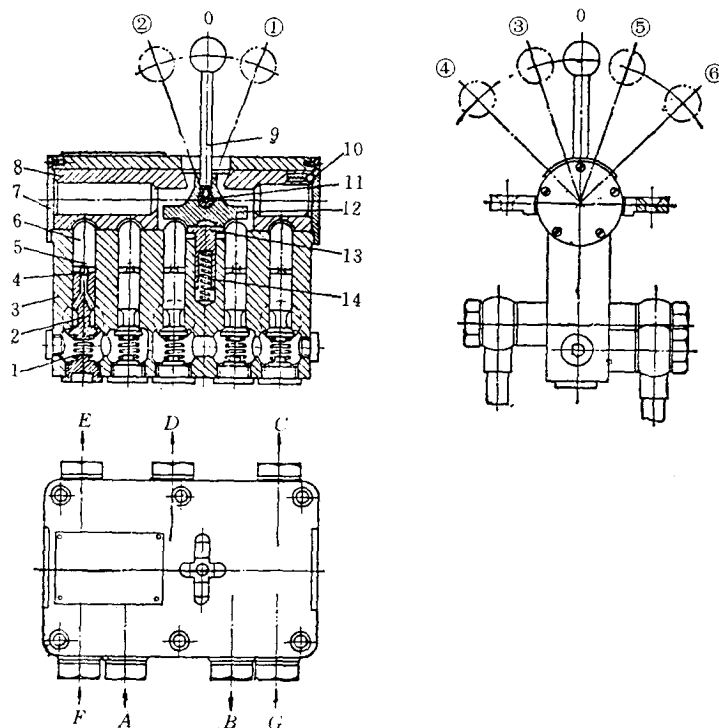


图 9-8 操纵空气分配器

1-弹簧；2-滑阀；3-分配器体；4-球阀；5-泄气孔；6-按钮；7-盖；8-凸轮销；9-分配器操纵手柄；10-定位滚珠；11-销轴；12-曲面杠杆；13-弹簧座；14-弹簧

当手柄 9 前后摆动时，凸轮销被带动同向转动，其圆柱表面将压开相应的分配阀。凸轮销下部圆柱面上，右端有一半球面凹穴与顶升阀 C 对应；左方有两条平行错开的凹槽分别与正、倒车换向分配阀对应。当分配阀的按钮处于凹槽或凹穴内时（图示位置），分配阀关闭，阀内的球阀 4 打开泄气孔 5；凸轮销 8 和曲面杠杆 12 的仰视展开图如图 9-9 所示，自左向右有 5 个凹槽（穴）位置分别对应正车换向阀 E、倒车换向阀 A、停车阀 D、起动阀 B 和顶升阀 C。

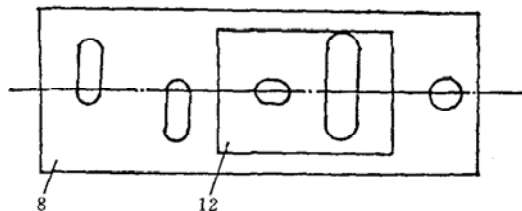


图 9-9 凸轮销和曲面杠杆的仰视展开图

8-凸轮销；12-曲面杠杆

操纵手柄在左右方向有 0、1、2，在前后方向有 0、3、4、5、6 在共计七个位置，手柄处于不同位置均能控制不同的阀件，再通过管路接通对应的设备或通大气，完成相应的操纵功能。手柄位置的作用及有关管路通断情况见表 9-1。

手柄位置作用及管路通断

表 9-1

手柄位置	作 用	通 断 情 况
0	待起动(进排气、喷油及起动定时维持原来的)	G 通: A、B、C、D、E、F 均断, 泄气孔通大气
1	换原向起动(三种定时维持原来的) 换向后起动(三种定时为换向后的)	G、B 通
2	停车	G、D 通
3	正车顶升(进排气阀、喷油泵从动件抬起, 凸轮轴未移动)	G、C、F、D 通
4	正车移轴(供凸轮轴移到正车定时位置)	G、C、F、E、D 通
5	倒车顶升(进排气阀、喷油泵从动件抬起, 凸轮轴未移动)	G、C、F、D 通
6	倒车移轴(供凸轮轴移到倒车定时位置)	G、C、F、A、D 通

## 2. 油量操纵机构(见图 9-1)

由油量操纵把手 9 及一些连接杆件和摇臂等组成。移动手把时, 通过连接件来改变液压调速器内调速弹簧的张力, 调速器的输出轴再经连接件与油量调节杆相连, 使柴油机在某选定的转速下运转。

## 四、操纵原理

### 1. 起动前的准备(见图 9-1)

1) 打开起动空气瓶 1 的出气阀, 使 2.5MPa 的高压起动空气进入主起动阀 4 下部等待; 另一路气经减压阀 3 成为 0.4MPa 的控制空气, 进入低压控制空气瓶 2 内。

2) 打开控制空气瓶 2 的出气阀和管路上的空气阀 6, 使控制空气通过 G 孔进入操纵空气分配器 7 下部的进气腔内, 在起动 B、停车 D、顶升 C 三个分配阀下等候。

### 2. 起动

1) 将油量操纵把手推至适合起动的位置, 以控制起动油量, 使起动后有合适的转速。

2) 将操纵手柄向右扳至“1”(起动)位置, 曲面杠杆将起动分配阀 B 打开: 控制空气经 B—b 通往止油器 10, 使活塞右移, 让油量调节杆处于起动供油位置; 随后空气由止油器中央 h 孔流出经放气阀 5 的下部进入主起动阀 4 上部, 将主起动阀打开; 于是 2.5MPa 的高压起动空气分两路分别进入各缸气缸起动阀 11 下部及起动空气分配器 15 内, 在起动凸轮控制下, 依起动(发火)顺序和起动定时打开相应的气缸起动阀, 使等候在各阀下的大股起动空气冲入气缸, 使柴油机起动。

### 3. 运转

柴油机起动后, 随即将操纵手柄回中置于“0”位上: 起动分配阀 B 关闭, 起动过程通往止油器和主起动阀上部的控制空气按原路 b—B 流回从 B 阀的泄放孔泄放; 止油器内活塞两边也均与大气相通, 此时的油量调节杆就只受调速器控制; 同时主起动阀关闭, 各气缸起动阀也随即关闭, 起动空气总管中的高压余气经放气阀 5 内的放气孔 N 与泄气孔 P(见图 9-4)泄放至大气, 起动过程结束, 柴油机正式运行。

此时的柴油机转速, 为油量操纵把手位于中间时的起动转速。若要人工调速, 只要扳动油量操纵把手, 即能通过调节调速弹簧的张力来使转速发生变化, 此时(见图 9-5)油量拉杆 1 由于活塞

杆接头 4 上的长销孔的存在而能够左右自如移动，对各油泵进行加减油的调节。

#### 4. 停车

1) 将油量操纵把手移至最小油量，使柴油机降速。

2) 将操纵手柄向左扳动，处于“2”（停车）位置；曲面杠杆打开停车分配阀“D”，控制空气经管路 D-d 至止油器 10，使活塞左移，将油量调节杆推至零油位，柴油机随之停车。

3) 停车后，将操纵手柄回中至“0”位：去止油器的空气回流从停车分配阀 D 的放气孔泄放，止油器活塞两边均与大气沟通。再次作好各种操纵准备。

#### 5. 换向运行

由停车、顶升、移轴换向、起动等操纵动作顺序组成。

1) 停车：运行中的柴油机，先减小油门减速，再将操纵手柄向左扳至停车位置“2”处，使柴油机停车，再将手柄回中。

2) 顶升：操纵手柄向前推至顶升位置“3”（需换成开顺车）或向后拉至“5”（需换成开倒车）处。凸轮销转过一角度，压开顶升分配阀“C”，控制空气从分配器 C 孔流出，经管路依次串联进入各缸顶升装置，依次将各个顶头全部抬高凸轮，接着控制空气再进入定位器内（见图 9-7）使定位销拔出销孔，随后控制空气从 a 孔流出又流回操纵空气分配器的 A 孔进入下部的换向阀腔等候。

3) 移轴：再把操纵手柄继续向前推至换向位置“4”（开顺车）或向后拉至“6”（开倒车）处。凸轮销也再转过一角度，压开正车阀“E”（或倒车阀“A”），换向腔内的控制空气经管路 E-e（或 A-a）进入气力移轴换向气缸的左腔或右腔，推动换向活塞移动，使凸轮轴轴向移位至正车（或倒车）工作位置上。

4) 落位：移轴完毕后，操纵手柄回中至“0”位，凸轮销回中，顶升和移轴的控制空气分别从分配阀体上相应的泄气孔泄放，定位销重新插入移轴后的换向活塞杆的销孔中，使凸轮轴轴向定位，各气阀与油泵的顶头（滚轮）下降到移轴后的凸轮表面。因曲面杠杆下方起动阀、对应的凹槽最长，在移轴和换向过程中起动分配阀 B 不会被压开。

5) 反向起动：再按前述 2、3 的起动、运转程序使柴油机接换向后的转向重新起动和运转。

### 第三节 Sulzer RND 型柴油机操纵系统

船用柴油机的操纵机构型式繁多，各种机型均具有自身的特点，其操纵机构的组成也不尽相同。使用中要通过说明书详尽地了解各种机型的操纵特点和操纵程序，才能正常地操纵柴油机。

Sulzer（苏尔寿）RND 型柴油机系瑞士 Sulzer 公司的传统产品，是一种焊接结构，十字头式、直接倒转，带有推力轴承的新式横流二冲程柴油机，有多种缸径与缸数，广泛用于海洋船舶主机。

Sulzer RND 型柴油机可分别在机旁手动操纵、机舱集中控制室遥控和驾驶室遥控。三者之间设有转换装置可随意转换。在使用遥控系统操纵前，机舱内的系统状态模拟检查和柴油机的暖机、盘车、冲车等备车事宜均由轮机人员在机舱内完成，待起动运转正常后，再转换至遥控系统控制。

图 9-10 为 Sulzer RND 型柴油机的操纵系统图。

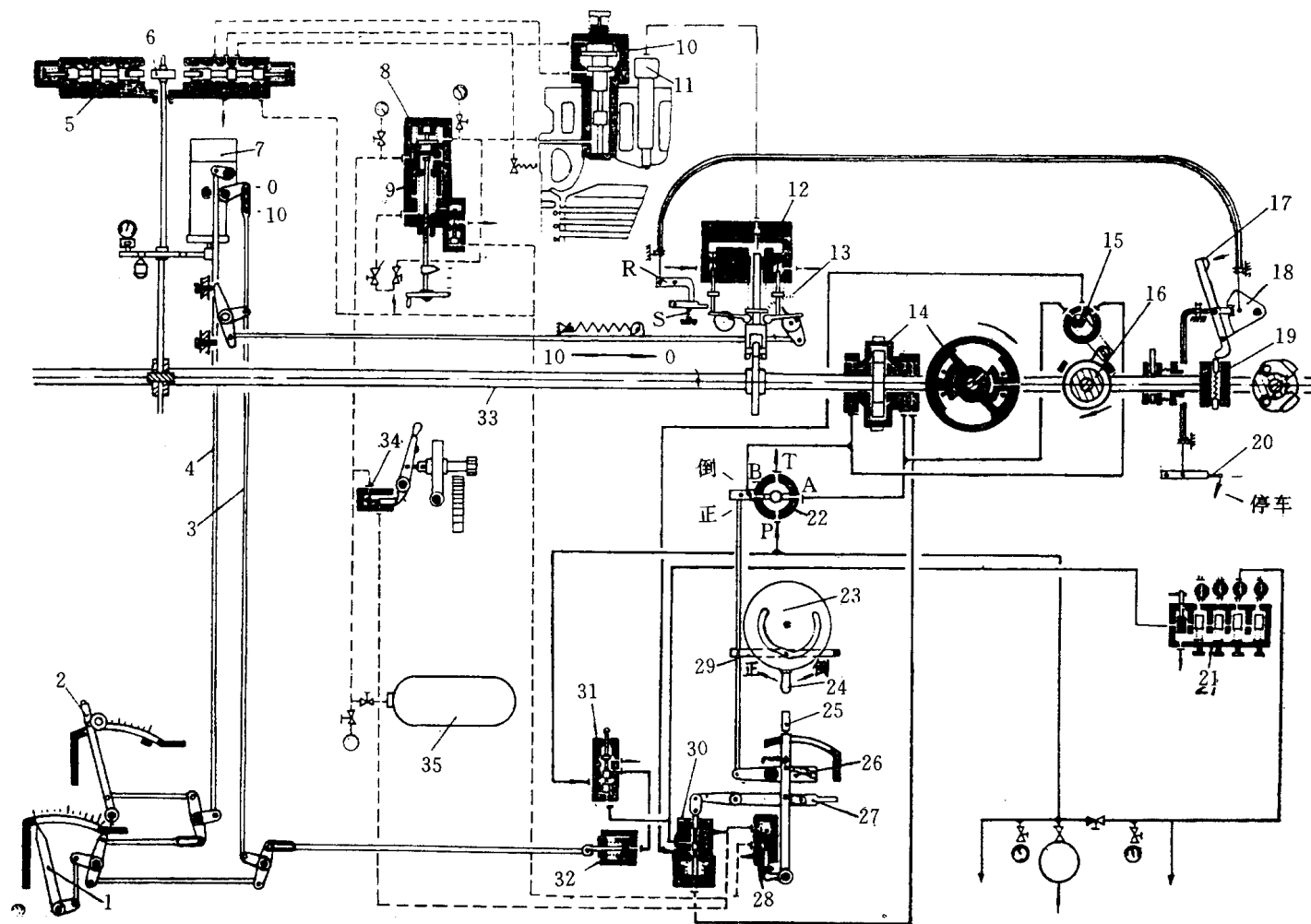


图 9-10 Sulzer RND 型柴油机操纵系统

1-负荷指示器; 2-燃油杆; 3-调速器输出杆; 4-调速器输入杆; 5-空气分配器; 6-空气分配器凸轮; 7-杆式液压调速器; 8-止回阀; 9-主起动阀; 10-气缸起动阀; 11-喷油器; 12-喷油泵; 13-喷油泵负荷指示器; 14-换向伺服器; 15、16-运转方向连锁阀; 17-停车杆; 18-超速限止板; 19-离心式超速限止器; 20-手动紧急停车杆; 21-油水低压保安装置; 22-换向阀; 23-车钟; 24-车钟回令手柄; 25-起动杆; 26-车钟连杆杆; 27-限制杆; 28-控制阀; 29-横杆; 30-换向连锁阀; 31-控制阀; 32-断油伺服器; 33-凸轮轴; 34-盘车机连锁阀; 35-空气瓶

## 一、操纵系统特点

### 1. 起动

采用压缩空气起动。主起动阀为气压控制卸载式（非均衡式）；空气分配器为各缸组合的双气路控制式；气缸起动阀为双气路控制（分级活塞式）式，其结构可兼顾起动和紧急制动时对起动系统的不同要求，换向程序完成后即可进行强制制动。起动时油、气并进，有利于起动顺利进行。

### 2. 换向

采用一般线型单凸轮换向，液压差动换向装置，在主机任何转速时都可完成差动换向动作，使用主机滑油系统的中压滑油（ $0.6 \times 10^3 \text{MPa}$ ）。

### 3. 调速

使用杆式液压全制式调速器及负荷指示器的恒速调速装置，在外负荷变化时能保持主机转速基本不变。

通过设置的燃油调节杆变更调速器的预紧力，可得到不同的加油量，同时负荷指示器指示出相应的负荷。

### 4. 操纵

由起动杆完成柴油机的起动操纵；由燃油调节杆对油泵的燃油供油量进行控制来调节柴油机转速；换向操纵通过车钟回令手柄直接完成。

### 5. 连锁装置

设有功能比较齐全的运转连锁装置，确保柴油机的操纵过程按规定程序正确、安全地进行。

1) 盘车机连锁阀——盘车机未脱开时不能起动。只有脱开盘车机才可使盘车机连锁阀 34 打开，让起动压缩空气穿过此阀至起动控制阀 28，提供起动用控制空气。

2) 起动连锁装置——接到驾驶台车钟的起动指令后，未回车钟时拉不动起动杆 25，柴油机不能起动（车钟连锁）。

3) 换向连锁装置——换向时，若未回车钟由于连锁机构起作用，不能拉动起动杆。换向尚未完成时，同样不能拉动起动杆（换向连锁）。

4) 运转方向连锁装置——在紧急制动过程中，当柴油机回转方向与车钟指示方向不一致时自动切断燃油；制动后柴油机转向与车钟指示转向一致时自动解锁，向气缸供给燃油。

### 6. 安全保护装置

设有必要的安全保护装置，在下述情况出现时，通过自动停车装置（断油伺服器）自动切断燃油供应，使柴油机停车。

1) 车钟回令手柄处于停车位置。

2) 运转方向与车钟指示方向不一致，运动方向连锁装置放泄压力滑油。

3) 冷却水、循环滑油失压时，油水安全装置泄放压力滑油。

4) 换向未结束时，换向连锁阀泄放压力滑油。

5) 超速保安，当柴油机超速时，机械式超速保安装置（超速限止板 18、离心式超速限止器 19 等）能自动切断燃油供应。

## 二、RND 型柴油机的操纵原理

RND 型柴油机的操纵机构由机械、气动和液动三个各自独立的部分组成。机械部分主要包括燃油手柄、调速器、喷油泵及其连接杆系等组成的调速系统；气动部分主要包括由控制空气及起动空

气组成的压缩空气起动系统；液动部分主要包括单凸轮换向装置和安全连锁系统，使用主机循环油作为该系统的液压油。

RND型柴油机的遥控系统采用气动式，将起动用压缩空气经减压（ $0.7 \times 10^3 \text{KPa}$ ）和净化后作为气源。

#### 1. 起动前的准备

起动系统由起动阀 10、空气分配器 5、主起动阀 9、控制阀 28 和起动杆 25 等组成。

1) 脱开盘车机。将车钟回令摇至相应位置。

2) 打开起动空气瓶 35 上的出气阀，使高压空气进入主起动阀 9 等候；另一路穿过盘车机连锁阀 34 至控制阀 28 等候。

3) 将燃油杆（转速调节杆）2 推至油门刻度 3.5 处，以便起动时能“油、气并进”。

#### 2. 起动

拉动起动杆 25 至起动位置：控制阀 28 开启，起动空气立即经此阀一路至主起动阀 9 的卸荷阀，使处于自动位置的主起动阀开启，等候在阀内的起动空气经止回阀 8 通往各缸气缸起动阀 10；另一路通至空气分配器 5，将各缸分配柱塞压在凸轮 6 上，在起动凸轮的控制下，依起动（发火）顺序和起动定时，使压缩空气进入相应气缸的双气路气缸起动阀上部空间，同时泄放下部空间空气，使该气缸起动阀打开，起动空气进入气缸，使柴油机起动。

#### 3. 运转

当柴油机发火起动成功后，进行以下操作：

1) 起动杆 25 回位：起动空气经控制阀和空气分配器等处全部泄放大气，起动过程结束。

2) 推动燃油杆：逐渐加大油门，使柴油机正常运转。

#### 4. 调速

调速装置由燃油杆 2、负荷指示器 1、喷油泵负荷指示器 13、杆式液压调速器 7 以及有关杆件组成。

喷油泵调节装置始终被弹簧拉向加油方向，并联动负荷指示器 1。

1) 起动时：燃油杆 2 推放在 3.5 刻度上，让调速器弹簧有相应的预紧力，使起动时转速能稳定在相应的转速上，此时，油泵旁的负荷指示器 13 指示实际喷油量，为使起动顺利，本机型起动时油、气并进。

2) 加速：起动后，柴油机在低速下运转一段时间后，可按驾驶台指令将燃油杆 2 推向前进二或前进三的相应刻度上，使调速器输出杆 3 下移、喷油量增加。同时，负荷指示器 1 和喷油泵负荷指示器 13 均指示出相应的负荷。全制式液压调速器能自动保持柴油机转速的稳定。

#### 3) 停车

(1) 把车钟回令手柄 24 扳到停车位置：换向阀 22 以后的油压泄放，换向连锁阀 30 和控制阀 31 关闭，断油伺服器 32 因油压消失活塞移动使喷油泵调节机构停止供油，负荷指示器自动移至零位。

(2) 将燃油杆 2 拉回零位。

#### 5. 换向

换向装置由凸轮轴换向伺服器 14、换向阀 22、车钟回令手柄 24 等组成。

1) 将车钟回令手柄 24 扳至驾驶台所指令的位置（例如从“正车”扳至“倒车”位置）：横杆 29 上的销钉在车钟圆盘圆形槽内滑动，使横杆左端上移，换向阀 22 阀芯顺时针转过一个角度。来

自滑油系统的压力油通过换向阀 22 的孔 P 与孔 B 进入换向伺服器 14 的倒车油路,同时正车油路经孔 A 和孔 T 与泄油管接通,于是伺服器转板就带着凸轮油 33 转过一个差动角,使喷油泵凸轮和空气分配器凸轮 6 同时朝正车转向差动,完成单凸轮“差动换向”。

2) 倒车起动:按前述顺车起动操纵顺序一样进行起动操作。先拉动燃油杆至 3.5 刻度,再拉动起动杆 25 至起动位置,柴油机即能反向起动。

#### 6. 紧急制动

船舶在全速前进或机动操作时,在异常紧急情况下,驾驶台车钟指令从“前进三”马上要求开“后退三”,希望船舶立即后退避让。此时速操纵主机停油,但由于船舶前进的巨大惯性仍迅速向前冲,螺旋桨此时受到水流冲击产生水涡轮作用,使主机在一段时间内由螺旋桨带动仍按正车方向转动,船舶惯性滑行距离约为船长的 5 倍,这样很易发生船舶碰撞事故。为使主机能迅速停下并实现换向,就要采取紧急制动措施。其实质是主机已停油但仍按原转向回转时,将空气分配器换向,利用起动压缩空气在活塞的压缩冲程进入气缸,阻止活塞上行,同时使柴油机起压气机作用,消耗螺旋桨的负扭矩,迫使主机迅速停转,再迅速反向起动以实现船舶后退避让。

1) 将燃油杆拉至零油位,使主机立即减油。

2) 将车钟回令手柄 24 从“前进三”越过“停车”位置放在“后退三”上:手柄经过“停车”位置时,断油伺服器 32 使喷油泵停止供油,但主机仍按正车转动;由于回令手柄已置于“后退三”位置,使换向阀 22 转至倒车位置,改变了通往换向伺服器的压力油流向,转板就在凸轮轴转动的情况下转过一个差动角,使喷油泵和空气分配器凸轮在正转情况下差动换向至倒车位置。此过程约为 5s~6s,柴油机转速下降至 50r/min 左右。

3) 拉动起动杆 25:对柴油机进行倒车起动,压缩空气进入正车时是压缩冲程的气缸中去,对柴油机进行制动,直至主机反转后再放回起动杆。

为防止一次制动时曲轴承受过大的附加力,也为减少压缩空气耗量,可进行几次间断地反向起动操纵。为加速柴油机倒车起动,可同时扳动燃油杆 2 加油,使它处于刻度 5 的位置。

在紧急制动过程中,会出现柴油机转向与车钟指示转向不一致的现象,操纵系统中设置的运转方向连锁阀 15、16 能自动切断燃油,不会在制动过程中喷油。直至制动后,柴油机转向与车钟指示转向一致时自动解锁,恢复向气缸供给燃油。

### 第四节 B&W/MAN 型柴油机操纵系统特点简介

#### 一、B&W 型柴油机操纵系统特点

该机型是丹麦 B&W 公司产品,为二冲程单作用十字头式,采用直流阀式扫气的船用柴油机,其常见机型操纵机构的特点为:

(1) 起动:采用单气路气缸起动阀压缩空气(3MPa)起动,起动过程中起动气缸实现油、气并进,以提高起动性能。

(2) 换向:采用双凸轮式空气分配器,单凸轮单轴行星齿轮式机械差动式喷油油泵(鸡心凸轮)和排气阀换向装置。换向时先使空气分配器换向,在换向起动之初利用由大、小齿轮和差动曲柄组成的行星齿轮机构使凸轮轴超前曲轴差动  $30^\circ$ ,完成换向动作。

(3) 调速:采用全制式液压调速器,在外负荷变化时能使主机转速稳定。



(4) 操纵：操纵台设有两根操纵杆，分别为起动调油杆和换向杆，用以完成相应的操纵动作。

(5) 连锁装置：利用机械式连锁装置，保证当换向杆未推至正确极端位置时，起动调油杆被锁在原地，不能起动；换向动作没有完成时，起动调油杆不能从起动位置推至给油位置。

## 二、MAN 型柴油机操纵系统特点

该机型是德国 MAN 公司产品，船用主机多为二冲程单作用式，采用回流扫气。其型号繁多，其操纵系统的特点为：

(1) 起动：采用单气路控制的气缸起动阀和平衡式主起动阀压缩空气（3MPa）起动系统。

(2) 换向：采用双凸轮式换向，利用气力—液压式换向装置，换向时通过压缩空气控制正、反转油缸轴向移动凸轮轮完成换向动作。

(3) 调速：采用液压式极限调速器。在正常转速范围内，调速器不起作用，油量由操纵手轮直接控制；当柴油机因故超速时，极限调速器能自动减小油门。

(4) 操纵：采用单手轮操纵。将换向、起动和调速等装置集中于一个操纵手轮，操纵简便。通过气动机构实现起动、换向及其连锁动作。

(5) 连锁及保安装置：

①盘车机连锁——盘车机未脱开时，柴油机不能起动。

②换向连锁——换向时，凸轮轴尚未移动到位时，操纵手轮不能“加油”。

③车钟连锁——只允许操纵手轮向车钟指令方向转动。

④紧急停油装置——当柴油机润滑油压力下降到某一低压力值时，能自动使油量调节轴减油至停油位置。

⑤超速保护——当转速超过标定转速 10% 时，极限调速器自动减少油量。

## 三、MAN/B&W LMC/MCE 型柴油机的操纵系统

MAN/B&W LMC/MCE 型柴油机的操纵系统是一种电—气联合操纵系统，用于执行操纵者发出的车令。它具有以下几种控制方式：

(1) 集控室控制；

(2) 驾驶室控制；

(3) 机旁应急控制。

为了保证控制部位的转换，在机旁应急操纵台上设有遥控/应急转换阀和手轮进行集控室和机舱应急操纵台的控制部位转换。在集控室设有驾驶室/集控室控制转换阀，用于驾驶室和集控室的控制部位转换。

LMC/MCE 型柴油机的操纵系统由下面几部分组成：

(1) 集控室操纵台与主控制阀箱：在操纵台上有回令车钟、“停车一起动—供油调速”操纵手柄、驾驶室/集控室控制转换阀、主机或遥控系统中某些设备的工况显示、故障报警及安全保护的信息显示，以及若干应急操纵的指令按钮等。在主控制阀箱内有为实现上述主机遥控功能的有关既相互独立又密切相关的功能单元。

(2) 驾驶室控制台及控制阀箱：主要有遥控发令车钟、集控室/驾驶室控制转换阀、电—气转换阀、主机工况显示、重要的故障报警信息，以及若干应急操纵的指令按钮等。

(3) 机旁应急操纵台：主要有遥控/应急转换阀、起动阀、停车阀、正倒车控制阀、调速手轮，以及若干控制阀件等。主要用于当气动遥控系统、调速器或电子设备发生故障的情况下，在机旁应

急操作主机。

在集控室手动控制期间，主机的起动、停车和调速由集控室操纵台上的操纵手柄以电动、气动或电气联合进行。主机转速由气动设定或电子设定的调速器执行，换向操作由回令车钟手柄进行。

在驾驶室自动控制期间，主机完全由发令车钟手柄控制。

遥控系统使用单独的 0.7 MPa 压缩空气做为控制空气；系统的安全保护装置使用单独供应的 0.55 MPa 压缩空气并由单独的电子安全系统进行控制。

柴油机遥控系统的操纵设备有以下特点：

（1）起动：使用单气路控制式气缸起动阀及空气分配器、球阀式主起动阀与慢转阀压缩空气（2.5~3.0）MPa 起动系统，。当主机停车超过 30min 需要重新起动时，必须经慢转阀使主机慢转一圈后，才能进行起动操纵。

（2）换向：燃油凸轮和空气分配器凸轮采用单凸轮换向装置。燃油凸轮仍使用鸡心凸轮，换向时使用 0.7 MPa 控制空气拉动其滚轮连杆即可。

（3）调速：使用 Woodward PGA 气动速度设定液压全制式调速器或电子式调速器，并酌情使用多种辅助装置。如扫气压力燃油限制器等。

（4）安全保护系统：在下列情况下，安全系统触发相关电磁阀使柴油机停车。

①主机超速、主滑油系统低压、凸轮轴滑油低压、推力轴承高温，以及控制室手动停车。

②高压燃油管故障保护：当高压燃油管漏泄时，如其漏泄量大于专设节流孔的排放量，将推动相应的控制阀，使该缸喷油泵停油（油齿条“0”位或抬起油泵滚轮）。

③特急倒车操纵中的安全措施：当在控制室进行特急倒车操纵（crash astern）——主机在“港内全速”以上转速运转 4 min 以上而进行倒车操纵，30 s 后，调速器扫气压力燃油限制器的限制作用自动取消，保证柴油机迅速倒车运转。

另外，在操纵台上亦设有“扫气限制”开关。当此开关转换至“切断”时，扫气压力燃油限制作用也可取消。

（5）设有必需的连锁机构。

①盘车机连锁——盘车机未脱开时，柴油机不能起动。

②换向连锁——换向时，凸轮轴尚未移动到位时，操纵手轮不能“加油”。

③车钟连锁——只允许操纵手轮向车钟指令方向转动。

④紧急停油装置——当柴油机润滑油压力下降到某一低压力值时，能自动使油量调节轴减油至停油位置。

⑤超速保护——当转速超过标定转速 10% 时，极限调速器自动减少油量。