



内河船舶轮机问答

武汉河运专科学校轮机科

人民交通出版社

内河船舶轮机问答

武汉河运专科学校轮机科

人民交通出版社

1980年·北京

内 容 提 要

本书包括柴油机、辅机、电工与电气三部分，以问答的形式和较通俗的语言简明扼要地讲述了上述内容的构造、原理及维修管理方面的基本知识，并附有较多插图，可供具有高小以上文化水平的全国广大内河船舶轮机管理人员学习参考。

目 录

第一部分 柴油机	(1)
一、基本知识.....	(1)
二、主要固定机件.....	(18)
三、主要运动机件.....	(34)
四、配气机构及进排气系统.....	(70)
五、润滑油及润滑系统.....	(87)
六、冷却系统.....	(102)
七、燃油及燃油系统.....	(110)
八、起动系统.....	(145)
九、调速装置.....	(154)
十、操纵换向装置.....	(170)
十一、增压装置.....	(199)
十二、运转特性.....	(205)
十三、机舱管理.....	(220)
第二部分 辅机	(255)
一、泵.....	(255)
二、空气压缩机.....	(260)
三、离心分油机.....	(265)
四、制冷机.....	(270)
五、锚机和舵机.....	(283)
第三部分 电工与电气设备	(287)
一、电工基础.....	(287)

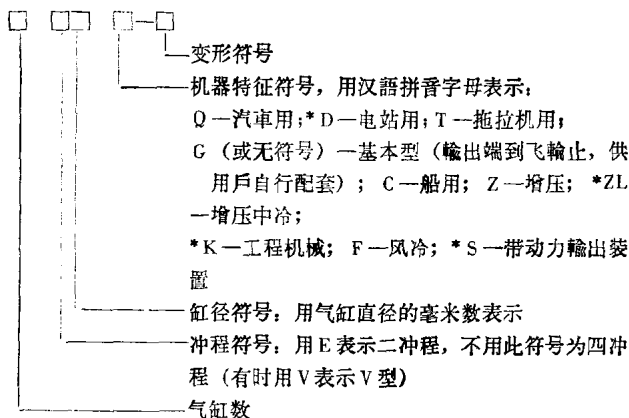
二、半导体电路基础.....	(318)
三、直流电机.....	(368)
四、交流电机.....	(399)
五、控制与保护电器.....	(424)
六、电力拖动与自动控制.....	(440)
七、电站与电力网.....	(462)
八、照明与传讯系统.....	(485)
九、蓄电池和调节器.....	(505)
十、主机遥控.....	(528)
十一、安全用电.....	(541)
附 录 船舶电工符号.....	(548)
附录 I 电量和电气元件文字代号.....	(548)
附录 II 电气原理图图形符号.....	(549)

第一部分 柴 油 机

一、基本 知 识

【1 问】 国产中小型柴油机的型号是怎样表示的？试说明各代号的含义。

【答】 我国中小型柴油机有很多系列产品，其型号的表示方法尚未完全统一，但基本上是一致的。目前，产品型号的排列顺序规定如下：



附注：有“*”号者为有的工厂应用时增加的。

例如：

6135 Z ——表示 6 缸，四冲程，缸径 135 毫米，增压；

6300 C ——表示 6 缸，四冲程，缸径 300 毫米，船用；

8 V 105 F ——表示 8 缸，四冲程，V 型，缸径 105 毫米，风冷；

6E350 ZDC ——表示 6 缸，二冲程，缸径 350 毫米，增压，可倒转，船用。

【2问】 船用柴油机如何分类？

【答】 船用柴油机主要有以下几种分类方法：

1) 按工作循环特点分，有四冲程柴油机和二冲程柴油机。

2) 按空气进入气缸的方法分，有非增压柴油机和增压柴油机。

3) 按转速分有

(1) 高速柴油机，转速大于1000转/分；

(2) 中速柴油机，转速为250~1000转/分；

(3) 低速柴油机，转速小于250转/分。

4) 按气缸排列型式分有单列式、双列式、V型及W型等柴油机。

5) 按用途分有船用可反转式主机、船用不可反转式主机和带动发电机用的辅机。

【3问】 柴油机主要包括哪几部分？

【答】 如图1—1所示，柴油机主要由下列机件及系统组成：

1) 主要固定机件包括机座、机架、主轴承、气缸及气缸盖等；

2) 主要运动机件包括活塞、连杆、曲轴和飞轮等；

3) 配气机构包括凸轮轴、推杆、摇臂和气阀等；

4) 进、排气系统；

5) 燃油系统；

6) 润滑系统；

7) 冷却系统；

8) 起动系统；

9) 调速装置。

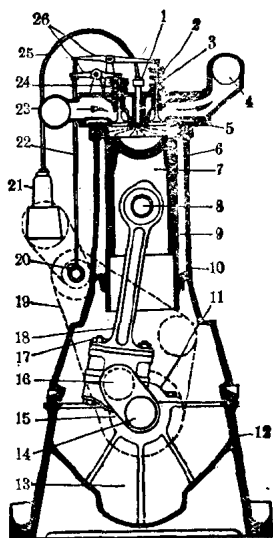


图 1—1 柴油机的主要机件

1—喷油器；2—弹簧；3—排气阀；4—排气总管；5—气缸盖；6—水套；7—活塞；8—活塞销；9—气缸衬；10—气缸体；11—轴承座；12—机座；13—曲轴箱；14—曲轴；15—主轴承；16—曲柄销；17—连杆螺栓；18—连杆；19—凸轮轴传动装置；20—凸轮轴；21—喷油泵；22—顶杆；23—进气总管；24—进气阀；25—输油管；26—气阀摇臂

【4 问】 什么是上死点？什么是下死点？什么是冲程？

【答】 上死点（又叫上止点）是指活塞在气缸中运动至最上端的位置，也就是活塞离曲轴中心最远的位置，如图 1—2 所示。

下死点（又叫下止点）是指活塞在气缸中运动至最下端的位置，也就是活塞离曲轴中心最近的位置。

冲程（又叫行程）是指活塞上、下死点之间的距离，通

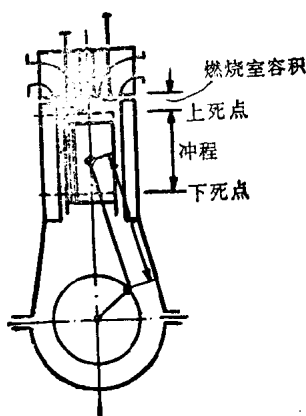


图 1—2 上、下死点示意图

常以 S 表示。

【5 问】 什么是压缩容积、工作容积及气缸总容积？

【答】 压缩容积（又叫燃烧室容积）是指活塞在上死点时，气缸盖与活塞顶之间的容积，如图 1—2 所示，用 V_c 表示。

工作容积（又称冲程容积），即活塞从上死点到下死点所经过的空间，以 V_s 表示。

气缸总容积是指活塞在下死点时，活塞顶、气缸壁及气缸盖三者所包围的全部空间容积，也就是压缩容积 (V_c) 和工作容积 (V_s) 之和，以 V_h 表示。即 $V_h = V_c + V_s$ 。

【6 问】 什么是压缩比？压缩比过大或过小对柴油机有何影响？怎样调整压缩比？

【答】 气缸的总容积与压缩容积之比值，叫做压缩比，以 ϵ 表示。它表示空气在气缸内被压缩后，体积缩小的倍数。即：

$$\text{压缩比 } \epsilon = \frac{\text{气缸总容积 } (V_h)}{\text{压缩容积 } (V_c)}$$

压缩比过大，压缩终了的气体压力和温度也大，致使燃烧爆发压力过高，主要机件受力大，使磨损增加。压缩比过小，压缩终了的气体压力和温度低，使柴油机起动困难，柴油燃烧不良，排气冒黑烟，耗油量增大，功率降低。

船用柴油机的压缩比一般为：

低速柴油机 $\epsilon = 13 \sim 14$ ；

中速柴油机 $\varepsilon = 14 \sim 15$;

高速柴油机 $\varepsilon = 15 \sim 19$;

增压柴油机 $\varepsilon = 11 \sim 13$ 。

调整压缩比的大小就得改变压缩终了的容积，其方法如下：

一种是调整气缸盖垫片的厚度。加厚气缸垫，压缩容积增大，压缩比减小；减薄气缸垫，压缩容积减小，压缩比就增大。

另一种是在分制式连杆上，可调整连杆大头轴承与连杆脚板间的垫片。垫片加厚，压缩容积减小，压缩比增大，反之压缩比减小。

【7问】 什么是存气间隙？它与压缩比有何关系？怎样测量存气间隙？

【答】 活塞在上死点时，活塞顶面与气缸盖之间的垂直距离称为存气间隙（又称压缩室高度）。

压缩比是气缸总容积与压缩容积之比值。要检查压缩比的大小，就得测量出压缩容积来，可是活塞顶及气缸盖之间所组成的容积有的很不规则，测量比较困难。柴油机制造厂为了方便使用者，已将柴油机在规定的压缩比下测得存气间隙。因此，存气间隙的大小就可代表压缩比的数值。例如6135型柴油机，其压缩比为16.5，存气间隙为1.4~2.3毫米；6160型柴油机，其压缩比为16，存气间隙为5.7~6.0毫米。如果存气间隙大了，说明该机的压缩比小了；相反存气间隙小，压缩比就大。

测量存气间隙的方法，先拆下气缸盖，转动曲轴使活塞处于上死点前 30° 左右，用大于存气间隙半倍至一倍的软铅皮（小型柴油机用铅丝）两块，分别放置于活塞最高顶面上

柴油机的前后方向（平行于活塞销轴），而后按规定的拧紧螺栓程度固紧气缸盖，缓慢转动曲轴使活塞越过上死点，再拆下气缸盖，取出被碾压的铅皮（铅丝），用千分卡尺测量其厚度，取平均值即为该缸存气间隙。

为减少拆装缸盖的麻烦，可用细绳系紧铅皮，绳的另一端由喷油器孔中引出系在恰当地方，待铅皮碾压后拉绳将其抽出，颇感方便。

此外，也可用深度千分尺测量存气间隙。

【8问】 什么是柴油机的工作循环？

【答】 柴油机的工作循环是由进气、压缩、燃烧膨胀和排气四个过程组成的，每完成这四个过程，称为一个工作循环。

四冲程柴油机是曲轴旋转两周（即 720° ），活塞上下运动四次，完成一个工作循环；二冲程柴油机是曲轴旋转一周（即 360° ），活塞上下运动两次，完成一个工作循环。

【9问】 什么是压缩压力？什么是爆炸压力？

【答】 进入气缸的新鲜空气，在压缩过程被压缩，压力逐渐升高，至压缩过程结束时的空气压力，就是压缩压力。

当柴油喷入气缸，与压缩空气混合燃烧，此时气缸内压力急剧升高，直至燃气压力达最大的数值，这时气缸内的压力就称为爆炸压力。

【10问】 四冲程柴油机的工作原理是怎样的？

【答】 四冲程柴油机的工作循环是在活塞运动四个冲程内完成的，如图1—3所示。

1) 进气过程：活塞从上死点下行，气缸容积由小变大，气缸内气体随之稀薄，其压力逐渐降低，形成部分真

空，产生吸力。于是大气中的新鲜空气便通过已经开启的进气阀被吸入气缸。

由于进气系统中有流阻损失，进气过程活塞到达下死点时，充入气缸中的气体压力低于外界大气压力，其值约为 $0.85 \sim 0.95$ 公斤/厘米²。为了气缸能充入足够的空气量，使柴油燃烧完全，以提高柴油机的功率，因而采取下列措施：

(1) 进气阀在上死点前开启。这就使得活塞从上死点往下行时，进气阀就有足够的开度，从而减少进气的阻力，提高了进气量。进气阀开启位置至上死点的曲柄转角叫进气提前角，一般约为 $10 \sim 40^\circ$ （增压柴油机可达 $70 \sim 80^\circ$ ）。

(2) 进气阀在下死点后关闭。这样可以延长充气时间，并利用气流的惯性作用，让更多的空气进入气缸。下死点至进气阀关闭位置的曲柄转角叫进气延迟角，一般为 $20 \sim 40^\circ$ 。

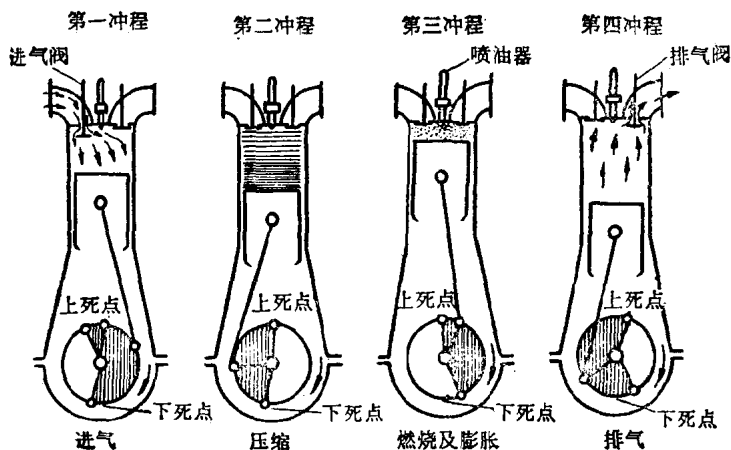


图 1—3 四冲程柴油机的工作原理图

因此进气阀在上死点前开启至活塞行经下死点后关闭，全部进气过程约占 $210\sim 260^\circ$ 曲柄转角（增压柴油机约为 300° 曲柄转角）。

由于气缸中残留的废气及气缸、活塞等零件对新气的加热，所以进气的温度较外界高，一般进气终了时的温度为 $40\sim 60^\circ\text{C}$ 。

2) 压缩过程：进、排气阀关闭，活塞继续上行，气缸容积缩小，气体压力增大，温度升高，活塞到达上死点压缩终了时，气体压力为 $30\sim 40$ 公斤/厘米²，温度为 $500\sim 700^\circ\text{C}$ 。为柴油的自燃准备了必要的条件。

压缩过程约占 $140\sim 160^\circ$ 曲柄转角。

3) 燃烧及膨胀过程：活塞上行至上死点前 $5\sim 30^\circ$ 时，喷油器开始向气缸喷油，喷入油雾与高温气体混合而自行燃烧，使气体压力增高至 $50\sim 80$ 公斤/厘米²，温度升高至 $1600\sim 1900^\circ\text{C}$ 。高温高压的燃气膨胀，推动活塞向下死点运动，使曲轴转动而对外做功。在膨胀终点，气缸内压力降低到 $3\sim 4.5$ 公斤/厘米²，气体温度降低到 $600\sim 700^\circ\text{C}$ 。

燃烧膨胀过程约占 $130\sim 160^\circ$ 曲柄转角。

4) 排气过程：排气阀打开，活塞由下往上行，将废气排出气缸。排气终了时，气缸内废气压力为 $1.1\sim 1.2$ 公斤/厘米²，温度为 $350\sim 450^\circ\text{C}$ 。为使气缸内的废气排得干净，因而采取下列措施：

(1) 排气阀在下死点前开。这就使得活塞从下往上行时，由于废气已开始排出，压力迅速降低，以减低活塞的背压力。从排气阀开启至下死点的曲柄转角叫排气提前角，一般约为 $35\sim 50^\circ$ 。

(2) 排气阀在上死点后关闭。这样仍可利用气缸内外

压力差及气流的惯性作用,使废气继续往外排出。上死点至排气阀关闭位置的曲柄转角叫排气延迟角,一般约为 $10\sim 20^{\circ}$ (增压柴油机达 60°)。

整个排气过程约占 $230\sim 250^{\circ}$ 曲柄转角。

排气结束后紧接着是下一个工作循环的进气过程开始,这样工作循环一个紧接一个的就使柴油机连续不断地工作。

【11问】 二冲程柴油机的工作原理是怎样的?

【答】 二冲程柴油机的工作循环是在活塞运动两个冲程内完成的,如图1—4所示。

1) 第一冲程: 活塞从下死点往上行, 来自扫气泵的新鲜空气, 其压力为 $1.1\sim 1.4$ 公斤/厘米², 从扫气口充入气缸, 它将气缸内的废气从排气阀(口)清扫出去。当活塞上行将扫气口遮闭后, 排气阀(口)也差不多在这时关闭, 于

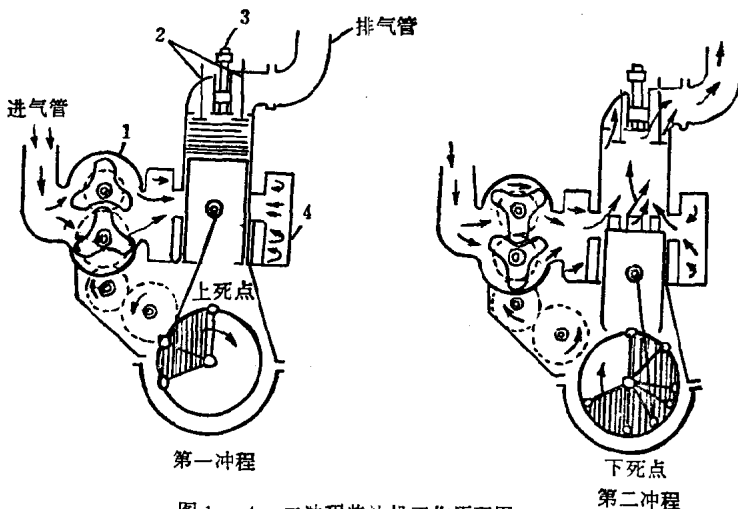


图1—4 二冲程柴油机工作原理图

1—扫气泵; 2—排气阀; 3—喷油器; 4—扫气箱

是进、排过程结束。压缩过程开始，直至上死点时压缩过程结束，此时气体压力为 $35\sim 50$ 公斤/厘米²，温度为 $600\sim 800^{\circ}\text{C}$ 。

2) 第二冲程：活塞上行到上死点前 $10\sim 30^{\circ}$ 曲柄转角时，喷油器开始喷油，柴油立即燃烧，气体压力突升至 $50\sim 80$ 公斤/厘米²，气体温度也升高到 $1600\sim 1900^{\circ}\text{C}$ 。于是燃烧的高温高压气体膨胀推动活塞下行对外做功。当活塞下行至排气阀（口）开启时，燃烧膨胀过程结束，此时气体压力约降至 $3\sim 4.5$ 公斤/厘米²。排气阀（口）开启后，废气有一段自由排气过程，气体压力也迅速降低接近大气压力，紧接着活塞将扫气口让开，来自扫气泵的新鲜空气充入气缸清扫废气，这时扫气与排气过程是同时进行的。

活塞越过下死点上行，再次遮闭扫气口和关闭排气阀（口）后，便开始了下一循环的压缩过程，就这样使二冲程柴油机连续不断地工作。

【12问】 二冲程柴油机常见有哪几种扫气方式？各有何优缺点？

【答】 二冲程柴油机常见有三种扫气方式。

1) 横流扫气式：如图 1—5 所示，扫气口与排气口布置在气缸圆周的两对面。在运转中排气口比扫气口先开，使气缸内的废气尽早排出，从而可降低气缸内的压力，以便进行扫气。在扫气口关闭后排气口还开着，因此有一部分新鲜空气被排出，造成了损失，这是横流扫气的主要缺点。其优点是构造简单，运转可靠。

2) 回流扫气式：如图 1—6 所示，排气口与扫气口均在气缸壁的一边，排气口在扫气口的上面。这种方式缺点：扫气流线长，新气与废气渗混比较严重，因此换气效果差；

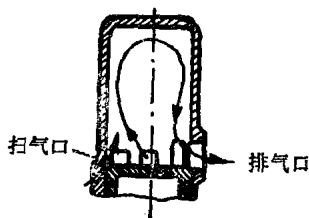


图 1—5 横流扫气式

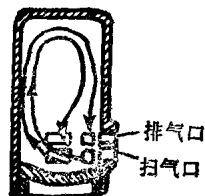


图 1—6 回流扫气式

其优点是构造简单。

3) 单流扫气式: 如图 1—7 所示是气口气阀单流扫气式, 气缸的一整圈上均为扫气口, 而排气阀则置于气缸盖上, 扫气空气由下直流向上。由于排气阀的正时不受活塞运动的限制, 而是利用凸轮控制排气阀, 使之比扫气口先关, 可延长充气。因此, 这种方式换气效果好。

另外, 还有一种是利用气口单流扫气, 如图 1—8 所示, 这是对向活塞柴油机, 扫气空气由下面一排气口进入, 而废气由上面排气口排出。

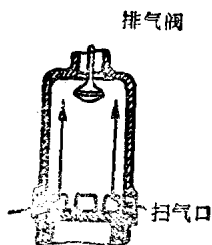


图 1—7 气口气阀单流扫气式

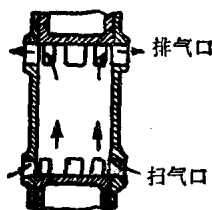


图 1—8 气口单流式

单流扫气式优点是扫气方向好, 流线短, 换气效果好。其缺点是构造较为复杂。

【13问】 试比较四冲程与二冲程柴油机的优缺点。

【答】 1)在相同的气缸尺寸和转速下,二冲程柴油机的功率要比四冲程柴油机的功率大1.7~1.8倍。显然,马力相同,二冲程柴油机的重量较轻。

2)由于二冲程柴油机在活塞的两个行程内完成一个工作循环。所以它的回转力矩较四冲程柴油机要均匀。

3)在构造方面,二冲程柴油机较四冲程柴油机简单一些。特别是气口扫气式二冲程柴油机,它省去了气阀及其传动装置,但二冲程柴油一般需要装置扫气泵,这要消耗一定功率。

4)四冲程柴油机的废气清除及新气进入较二冲程柴油机完善,因此热效率较高,单位马力的耗油量较低。

【14问】 什么是进、排气重叠角?重叠角会不会引起进气与排气相互干扰?

【答】 在四冲程柴油机中,进气阀在上死点前开,而排出阀在上死点后关闭。因此,在上死点前后进、排气阀同时开启的曲柄转角叫进、排气重叠角。在重叠角期间,排气阀还没有完全关闭,进气阀刚刚在打开(开度很小),由于排气终了时气流有惯性,废气仍按原方向继续排出气缸。因此废气不但不会向进气管倒灌,而且还有助于废气的清除和新气的充入。

【15问】 什么是示功图?

【答】 示功图是以气缸容积 V 为横座标,压力 P 为纵座标,表示出柴油机一个工作循环气缸内的压力随气缸容积的变化而变化的曲线。图1—9(1)表示四冲程柴油机的示功图,图1—9(2)表示二冲程柴油机的示功图。在示功图上,循环封闭曲线所围成的面积,就能表示功的大小。示功图一般也称 $P-V$ 图。