

海军舰艇机电教材

高速柴油机结构

中国人民解放军 海军司令部

# 通 知

本教材是根据海军训练团专业教学大纲编写的，作为各训练团的基本教材，也是海军舰艇部队的训练教材。

各部队在教学和学习过程中，如发现问题，望及时上报海司军训部，以便补充修改。

海 军 司 令 部

一 九 八 二 年

# 目 录

<b>第一章 概 论</b> .....	( 1 )
第一节 舰用柴油机的分类.....	( 1 )
第二节 舰用高速柴油机的用途和性能.....	( 3 )
<b>第二章 燃烧室组件</b> .....	( 6 )
第一节 气缸.....	( 6 )
第二节 气缸盖.....	( 8 )
第三节 活塞组.....	( 11 )
<b>第三章 动力传递组件</b> .....	( 16 )
第一节 连杆.....	( 16 )
第二节 曲轴.....	( 19 )
第三节 机体和主轴承.....	( 25 )
<b>第四章 配气机构</b> .....	( 31 )
第一节 气阀机构.....	( 31 )
第二节 凸轮轴.....	( 34 )
第三节 配气机构的传动装置.....	( 36 )
第四节 气阀间隙和配气定时.....	( 37 )
<b>第五章 柴油机增压装置</b> .....	( 43 )
第一节 各种增压系统.....	( 43 )
第二节 机械增压器.....	( 44 )
第三节 废气涡轮增压器.....	( 46 )
第四节 空气冷却器.....	( 53 )
<b>第六章 供油装置</b> .....	( 55 )
第一节 概述.....	( 55 )
第二节 喷油器.....	( 59 )
第三节 高压泵.....	( 62 )

第四节	自动调喷器.....	( 72 )
第五节	燃油系统及低压油路附件.....	( 74 )
<b>第七章</b>	<b>调速器.....</b>	<b>( 80 )</b>
第一节	调速器的类型.....	( 80 )
第二节	高速柴油机的调速器.....	( 81 )
第三节	超速安全装置.....	( 93 )
<b>第八章</b>	<b>润滑系统.....</b>	<b>( 94 )</b>
第一节	润滑系统的组成.....	( 94 )
第二节	润滑系统主要部件.....	( 98 )
<b>第九章</b>	<b>冷却系统.....</b>	<b>( 106 )</b>
第一节	冷却系统的组成.....	( 106 )
第二节	冷却系统的主要部件.....	( 108 )
<b>第十章</b>	<b>起动系统.....</b>	<b>( 118 )</b>
第一节	电起动系统.....	( 118 )
第二节	空气起动系统.....	( 121 )
第三节	保证可靠起动的措施.....	( 126 )
<b>第十一章</b>	<b>变向离合器.....</b>	<b>( 128 )</b>
第一节	概述.....	( 128 )
第二节	高速柴油机的变向离合器.....	( 129 )
<b>第十二章</b>	<b>轴系.....</b>	<b>( 147 )</b>
第一节	轴系的组成与布置.....	( 147 )
第二节	轴.....	( 147 )
第三节	联轴节.....	( 148 )
第四节	轴承.....	( 148 )
第五节	艀管.....	( 149 )
<b>第十三章</b>	<b>1—0.27/150 型空气压缩机.....</b>	<b>( 151 )</b>

# 第一章 概 论

柴油机是内燃机的一种类型。工作时柴油喷入燃烧室里燃烧，放出热能，通过燃气的膨胀将热能转变成机械功。

柴油机的基本结构如图1—1所示。气缸、气缸盖和活塞共同组成一个密封空间——燃烧室。新鲜空气进入燃烧室后，通过压缩来提高温度，当把柴油喷入时，则立即与高温空气混合燃烧。燃烧后产生的高温高压气体作用在活塞顶上，推动活塞在气缸内运动。然后通过连杆把作用力传给曲轴，并把活塞的直线往复运动转变为曲轴的旋转运动。

工作时活塞作直线往复运动，曲轴作旋转运动，活塞与曲轴之间的相对位置保持一定的关系。运动时，活塞离曲轴中心最远的位置，称为上死点；离曲轴中心最近的位置，称为下死点。由于活塞位于这两个位置时，作用在它顶上的力，都不能推动曲轴旋转，所以称为死点。活塞由一个死点到另一个死点的距离，叫做一个活塞冲程，其长度通常用 $S$ 表示。若曲柄半径为 $R$ ，则 $S=2R$ 。

为了使柴油机不间断地、有规律地运转工作，在柴油机上除具有如图1—1所示的主要机件外，还必须有各种系统和辅助装置来保障。一般柴油机都有燃油、润滑油、进排气、冷却、起动五大系统及变向离合器。

## 第一节 船用柴油机的分类

目前在国内外中小型舰艇中，柴油机应用极为广泛，而且结构类型繁多。但是，不论何种柴油机，它们的基本原理都是一样的，只是在不同的方面（工作循环或构造等）各有其特点而已。为了便于从总体上了解和掌握柴油机的特点，可根据柴油机最基本的特征作如下分类：

### 一、按完成工作循环的冲程数分

1. 四冲程柴油机。每完成一个工作循环需四个活塞冲程（曲轴转两圈）。
2. 二冲程柴油机。每完成一个工作循环需二个活塞冲程（曲轴转一圈）。

### 二、按新鲜空气充入气缸的方法分

1. 增压柴油机。带有增压器的四冲程柴油机以及压气机出口压力大于 $1.5$ 公斤/厘米<sup>2</sup>（绝对压力）的二冲程柴油机。
2. 非增压柴油机。新鲜空气的充填完全依靠活塞下行所产生的吸力进入气缸的四冲程柴油机以及压气机出口压力小于 $1.5$ 公斤/厘米<sup>2</sup>（绝对压力）的二冲程柴油机。

### 三、按曲柄连杆机构的型式分

1. 箱式柴油机（又称筒式和无十字头式），如图1—2a、b所示。活塞的箱部直接起导向作用，工作时由于连杆的倾斜所产生的侧推力，通过活塞箱部作用在气缸壁上。中、高速柴油机均采用这种类型。

2. 十字头式柴油机, 如图 1—2c 所示。在活塞和连杆之间增设了十字头来起导向作用, 十字头通过活塞杆与活塞连接。工作时由于连杆倾斜所产生的侧推力, 通过十字头作用在滑轨上, 因而可以减轻活塞与气缸间的磨损, 延长使用期限。大型低速柴油机一般采用这种结构型式。

#### 四、按气缸排列方法分

1. 单列式柴油机, 如图 1—3(a) 所示。只有一根曲轴和一系列气缸。
2. 单轴多列式柴油机。只有一根曲轴, 但有两列或两列以上的气缸排。又可分为:
  - ① V型。有两列气缸, 两列间的夹角小于 $180^\circ$ , 如图 1—3(b) 所示。
  - ② W。三列气缸排列成扇形, 如图 1—3(c) 所示。
  - ③ X型。四列气缸排列在两个平面上, 如图 1—3(d) 所示。
  - ④ 星型。有五列或五列以上的气缸排分布成一个星状如图 1—3(e) 所示。
3. 多轴多列式柴油机。有两根或两根以上曲轴。又可分为:
  - ① 双轴。如图 1—4(a) 所示的对置活塞式二冲程柴油机。
  - ② 三轴。如图 1—4(b) 所示的 $\Delta$ 形二冲程柴油机。

#### 五、按速度分

##### 1. 按活塞平均速度分

当曲轴转一圈时, 活塞移动两个冲程长度(2S)。如果曲轴每秒钟转 $n/60$ 转(转速 $n$ 的单位一般为转/分), 则活塞平均速度 $C_m$ 为:

$$C_m = 2S (\text{米}) \times \frac{n}{60} = \frac{ns}{30} (\text{米/秒})$$

- ① 低速机:  $C_m < 6$ 米/秒。
  - ② 中速机:  $C_m = 6 \sim 9$ 米/秒。
  - ③ 高速机:  $C_m > 9$ 米/秒。
- ##### 2. 按柴油机转速分
- ① 低速机:  $n < 500$ 转/分。
  - ② 中速机:  $n = 500 \sim 1000$ 转/分。
  - ③ 高速机:  $n > 1000$ 转/分。

##### 3. 按速度系数 $C_s$ 值分

有的柴油机虽然转速较高, 但活塞平均速度却较低, 若按上述方法划分, 往往会出现矛盾, 引起混淆。为此, 引出速度系数 $C_s$ 这个概念, 它统筹兼顾柴油机转速 $n$ 和活塞平均速度 $C_m$ 两个因素, 以此来准确区分低、中、高速柴油机。

$$C_s = n \times C_m \times 10^{-3}$$

- ① 低速机:  $C_s < 1.5$ 。
- ② 中速机:  $C_s = 1.5 \sim 4.6$ 。
- ③ 高速机:  $C_s = 4.6 \sim 13.75$ 。

#### 六、按柴油机用途分

1. 主机: 带动螺旋桨工作, 推动舰艇运动。
2. 副机: 带动发电机、水泵、空气压缩机等辅助机械工作。

## 第二节 舰艇高速柴油机的用途和性能

柴油机由于在各种动力机械中，具有热效率最高、功率范围宽广、起动迅速、机动性好、独立性强、体积小、重量轻等优点，因而得到广泛使用。在国民经济和国防建设中处于重要地位。特别是在船舶方面，柴油机作为主机和副机更是占统治地位。目前我人民海军的水面舰艇和潜艇，大多数都以柴油机作为动力装置。

在我人民海军水面舰艇和常规潜艇作为动力装置装备的柴油机中，高速柴油机占有很大比重。它作为高速护卫艇、鱼雷快艇、导弹快艇、扫雷艇、登陆艇以及小型辅助舰船的主机带动螺旋桨，推动舰艇运动；作为导弹驱逐舰、导弹护卫舰、猎潜艇、坦克登陆舰以及大型辅助舰船的副机带动发电机、水泵、空气压缩机等辅助机械工作。

目前，我人民海军舰艇作主、副机的高速柴油机类型很多。下表列出几种典型高速机的主要技术性能：

部分舰用高速柴油机主要性能数据

机 型	轻12—180	重12—180	42—160	12V150	6135G
型 号	轻12—180型	12V180ZC 12V180ZCa	轻 42—160	12V150C 12V150C <sub>-1</sub>	6135G
右 机 左 机					
型 式	四冲程、机械增压、直喷式、水冷。	四冲程、预燃室式、废气涡轮增压、带中冷器、水冷。	四冲程、废气涡轮增压、直喷式、水冷。	四冲程、直喷式、水冷。	四冲程、半分开式、水冷。
缸 数	12	12	42	12	6
气 缸 排 列	V型、夹角60°	V型、夹角60°	星型、七列、夹角51°25'43"	V型、夹角60°	单列式
气 缸 编 号 顺 序	从增压器端向 变向离合器端 看： 左排1—6 右排1—6	从输出端向前 看： 左排1—6 右排7—12	从增压器端看，左下方为第一列，顺时针方向至第7列。涡轮增压器端算起第1—第6缸。	从传动装置向 变向离合器 看： 左排1—6 右排1—6	从传动装置 置向变向 离合器 看： 1—6缸
气 缸 直 径 D (mm)	180	180	160	150	135
活 塞 行 程 S (mm)	主连杆200 副连杆209.8	205	主连杆170(第3列) 副连杆： 174.8(第2、4列) 178.1(第1、5列) 171.98(第6、7列)	主连杆180 副连杆186.7	140
全部气缸工作 总容积(升)	62.4	62.6	147.1	38.8	12
压 缩 比 (ε)	13.5±0.5	16	13±0.5	14~15	16.5
功 率 Ne (马力)	最大 1200/1850 额定 1000/1700 使用	最大 1000/1545 额定 910/1500 倒车最大 250/750	正车：最大 4000/2200 全功率 3300/2000 使用 3000/1900 倒车：最大 500/750	正车：额定 300/1500 倒车：额定 180/1100	正车： 最大 120/1500 额定 108/1500
转 速 n (转/分)	900/1600 倒车最大 250/750				

机 型		轻12—180	重12—180	42—160	12V150	6135G	
增压方式		机 械	废气涡轮增压	废 气 涡 轮			
增压压力 $P_K$ (公斤/厘米 <sup>2</sup> )		1.55~1.68	1.48	2.3			
活塞平均速度 $C_m$ (米/秒)		主连杆11.3 副连杆11.9	10.56	12.46	9	7	
最高爆炸压力 $P_z$ (公斤/厘米 <sup>2</sup> )		90~95	85	120	<75	75	
平均有效压力 $P_e$ (公斤/厘米 <sup>2</sup> )		9.5	9.30	11		6	
有效燃油消耗 率 $g_c$ (克/马力·小时)		最大功率<210 全功率<193 使用功率<186	<175	左机<177 (全功率) 右机<175	<185	<175	
机油消耗率 (克/马力·小时)		全功率<10	最大功率<5	全功率<10	<9	<2.5	
喷油提前角 (上死点前)		29°~31°	25°±0.5° n=1500时为 37°±0.5°	最大28° 最小20°	31°±1°	28°~31°	
燃油牌号		专用柴油	-10号或0号 轻柴油	专用柴油	专用柴油	-10号 或0号 轻柴油	
机油牌号		20号柴油机油	20号柴油机油	20号柴油机油	20号柴油机油	14号柴 油机油	
* 配 气 定 时	进 气 阀	开	上死点前50° ±3°	上死点前72°	上死点前48°	上死点前20° ±3°	上死点前 20°±6°
		关	下死点后56° ±3°	下死点后47°	下死点后46°	下死点后48° ±3°	下死点后 48°±6°
	排 气 阀	开	下死点前56° ±3°	下死点前44°	下死点前53°	下死点前48° ±3°	下死点前 48°±6°
		关	上死点后50° ±3°	上死点后49°	上死点后38°	上死点后20° ±3°	上死点后 20°±6°
	重叠角		100°±6°	121°	86°	40°±6°	40°±12°
发 火 次 序		右转机 1左 6右↙5左 2右↙3左 4右↙6左 1右↙2左 5右↙4左 3右	左机 1 8↙5 10↙3 7↙6 11↙2 9↙4 12	每 列 1→5→3→ 6→2→4	右转机 1左 6右↙5左 2右↙3左 4右↙6左 1右↙2左 5右↙4左 3右	1 ↓ 5 ↓ 3 ↓ 6 ↓ 2 ↓ 4	



机 型	轻12—180	重12—180	42—160	12V150	6135G
发 火 次 序	左转机 1右 6左 ↙ ↘ 4右 3左 ↙ ↘ 2右 5左 ↙ ↘ 6右 1左 ↙ ↘ 3右 4左 ↙ ↘ 5右 2左	右机 1 12 ↙ ↘ 4 9 ↙ ↘ 2 11 ↙ ↘ 6 7 ↙ ↘ 3 10 ↙ ↘ 5 8	每 星 1→3→5→ 7→2→4→6	左转机 1右 6左 ↙ ↘ 5右 2左 ↙ ↘ 3右 4左 ↙ ↘ 6右 1左 ↙ ↘ 2右 5左 ↙ ↘ 4右 3左	
外形尺寸 (mm)	长 2600 宽 1220 高 1250	长 2935 宽 1382 高 2080	长 3700 宽 1560 高 1630	长 2464 宽 1052 高 1158.5	长 1435 宽 785 高 1255
柴油机净重 (公斤)	<1700	3980	左机<5540 右机<5400	<1900	1160
柴油机使用寿命 (小时)	500	2000	300	2400	6000
最低稳定转速 (转/分)	500±20	500	550	<500	≤500

注：五种机型外形参看整机图。

• 如图4—19~23所示。

## 第二章 燃烧室组件

燃烧室组件包括气缸、气缸盖和活塞组三大部分。它们共同组成一个密封的燃烧室空间。柴油机工作时，柴油就在这里燃烧，燃烧后产生的高温高压燃气也在这里膨胀，并通过活塞经连杆将燃气的作用力传递给曲轴，以带动工作机械（螺旋桨或发电机等）工作。因此燃烧室组件的功用是组成燃烧室和传递动力。因为它们直接承受高温高压燃气的作用，且活塞在气缸中作变速的高速运动，所以燃烧室组件的工作条件十分恶劣。

以轻 12—180 型柴油机为例，作用在活塞顶上的最大总作用力达 24,162 公斤 ( $P_{总} = \frac{\pi}{4} D^2 P_c$ ，这里  $D = 180 \text{ mm}$ ， $P_c = 95 \text{ kg/cm}^2$ )，在巨大燃气压力作用下，燃烧室组件会产生变形。变形结果，使每个机件金属材料的内部产生机械应力，当承受的机械应力超过金属材料的强度时，就会引起机件的破坏。

又例如燃烧室内的燃气瞬时温度可达 1600℃ 以上，使直接与燃气接触的燃烧室组件的温度也相当高，而且各处温度分布也极不均匀。在高温情况下，金属材料的机械强度会下降，气缸壁表面的润滑条件也会恶化。不均匀的温度分布，使机件结构各部变形不一致，从而产生使机件破坏的热应力。

在活塞变速高速运动的过程中，由于连杆倾斜所产生的侧推力，使活塞紧紧贴在气缸上，因而两者之间存在着剧烈摩擦。摩擦不仅带来功率的损失，而且带来机件表面上的生热和磨损，使机件表面形状和尺寸发生变化。如果相互配合的间隙失去保证，将影响机件的正常工作。严重的生热会导致烧坏机件的事故。

根据燃烧室组件的任务和工作条件，为了保证该组件正常可靠地工作，燃烧室组件必须具备：

1. 良好的密封性，使漏气量达到最低限度。因为漏气不仅会降低功率，影响柴油机的正常起动，而且可能引起机械故障。
2. 足够的强度、刚度及良好的耐磨性，使之能承受高温、高压燃气的作用和摩擦。
3. 良好的散热性，使机件各部温度均匀并处于可靠范围。
4. 良好的润滑，以降低活塞与气缸之间的磨损速度，延长使用寿命。

### 第一节 气 缸

气缸是燃烧室的组成部分之一，通常由气缸套和气缸体两部分组成。在一般结构中，气缸体是机体的一部分，所以气缸又称做气缸套或气缸衬筒。

#### 一、气缸套的功用和工作条件

气缸套位于气缸体圆座孔中。工作时，活塞在其内部作高速往复运动。所以气缸的功用除了组成燃烧室的一壁以外，同时还引导活塞在其中运动。

气缸套直接与燃烧气体接触，受到燃烧气体的高温、高压作用和化学腐蚀。气缸套内壁承受气体压力、活塞的侧向推力和摩擦力。这些力对气缸产生不同的影响：气体压力和方向不断变化的侧向力，导致气缸套的弯曲、变形和振动；作用在内壁上的摩擦带来了表面磨损。因此，气缸套必须具有足够的强度和刚度及耐磨性，以抵抗上述外力的作用，延长气缸的使用期限。

此外，由于高温燃气的作用，气缸套经常处于高温状态，活塞对气缸套的摩擦，也促进了温度的升高。高温不仅使材料的机械强度下降、润滑条件变坏，同时使进气量下降，从而影响柴油机的功率和经济性。而且内壁是高温燃气，外壁是冷却水，内外形成很大的温差而产生热应力。为了使温度保持在允许范围内，必须对气缸套进行良好的冷却。

## 二、气缸套的分类和基本结构

气缸套按照水套结构的不同，一般分为干式气缸套和湿式气缸套：

干式气缸套如图2-1(b)所示，主要结构特点是：气缸套外表面不和冷却水直接接触，而是紧紧地贴在气缸体的圆柱形搪孔中，冷却水套设置在气缸体内，燃气传给缸套的热量，通过气缸体传给冷却水(如GM6-71、海格里斯等柴油机)。其优点是有较好的刚度和强度，冷却水腔无防漏问题。但冷却效果差，制造工艺较复杂。

湿式气缸套如图2-1(a)所示，主要结构特点是：气缸套外表面直接和冷却水接触，燃气传给缸套的热量直接传给冷却水(如轻12-180、重12-180等柴油机)。优点是冷却效果好，制造工艺简便。

目前在船用高速柴油机中，广泛采用湿式气缸套。

气缸套的基本结构如图2-2、5所示，它是两端开口并且有一定厚度的圆筒，上端有凸肩，下端外壁有环形凹槽，上下两端分别由气缸盖和活塞来密封。如图2-6所示，气缸套利用上凸肩支承在气缸体的环形台阶上由气缸盖压紧，并依靠凸缘A、B(又称配合带)横向定位和横向支承，气缸套上的侧推力也通过凸缘传给机体。为了使气缸套保持适当的温度，整个套的外壁被冷却水所包围。工作时，虽然缸套与机体两部分温度不一致，但由于它们是分制的，因而缸套可相对于气缸体向下自由膨胀，从而消除了气缸套的热应力和变形。

## 三、气缸套冷却水腔的密封

气缸套外壁的冷却水不断地循环流动，带走燃气传给它的热量，使缸套保持正常的工作温度。船用高速柴油机缸套冷却水一般是淡水。冷却水通常从气缸体下部进入冷却水腔，自下而上流动然后进入气缸盖。

为了保证冷却水腔的密封性，一般采用如下措施：

1. 缸套上部凸肩处。凸肩和台阶接触面处的防漏方法主要有以下几种：

① 接触面研磨配合(如轻12-180、重12-180、12V150型柴油机)。

② 在配合台阶处加紫铜垫圈(如6135G型柴油机)。

③ 在支承台阶处装耐热橡皮圈(中速机采用，如12VE230Zc型柴油机)。

2. 缸套下部配合带处。这里的防漏措施主要是在配合带处设置橡皮圈，安装时将橡皮圈挤压在配合带的环形槽内，根据橡皮圈安装方法的不同，具体结构有以下几种，如图2-4所示。

① 缸套下部配合处开有2~5道环形槽(槽的断面为圆弧形或者方形)，每道环形槽内安装一个橡皮圈(图a、b)。这种类型应用较普遍。轻12-180、重12-180、6135G型柴油机均采用此种类型。有的柴油机(如轻12-180)在气缸体上开有检查孔(图b)用来检查橡皮圈

的工作情况。

② 缸套配合带处成台阶状,一定数量的橡皮圈都装在台阶上,利用曲轴箱支承面把橡皮圈压紧(图c、d)。这种类型用在某些轻型高速柴油机上。图C为12V150型柴油机的结构,图d为42—160型柴油机的结构。

③ 将橡皮圈装在缸套下部配合带与机体下平面接触处,然后用螺钉通过压盖将其压紧(图e)。某些中速机采用此种类型。

为了保证正常工作,每种机型对橡皮圈尺寸都有具体规定。橡皮圈与机件接触不能太紧,否则会引起气缸套变形。但也不能太松,以免漏水。

#### 四、高速柴油机气缸套实例

1. 轻12—180型柴油机:如图2—2、2—3所示。气缸套用特种钢制成,内表面经氮化处理,以增强其耐磨性;外表面镀铬或镉,以防腐蝕。下部外壁有五道环槽(有的四道),用以承装橡皮圈。上部凸肩上平面有三条密封线槽,当气缸盖和气缸体压紧时,铝垫床被挤压嵌入密封线槽内以保证燃烧室气密。凸肩上有凸缘,用以防护铝垫床。

2. 重12—180型柴油机:如图2—6所示。气缸套由高磷合金铸铁制成,外表面经过镀镉(也有的镀铬或镀锌)以提高抗腐蚀性;内表面具有菱形磨痕,并经磷化处理(呈暗黑色)以提高抗拉缸性能。凸肩上有凸舌嵌入气缸盖底平面凹槽内,下部配合带有三条环形槽,内装橡皮密封圈。

3. 42—160型柴油机:如图2—21所示。气缸套用优质合金钢制成,以提高其耐磨性,外表面受淡水冲洗部分(即两配合带之间)镀有乳白色铬层,以免腐蚀。为了防止孔穴腐蚀,在气缸套中部与气缸体中部凸环上装有带橡皮的不锈钢气缸体护板。气缸套上部配合带镀有一层薄锡,以提高密封面的气密性。下部装有四道橡皮密封环,如图2—4(d)、2—7所示,两密封环之间放一个隔离环,第四道橡皮密封环用支撑环(过盈配合)托住,最后用一压紧环压紧。压紧环下面还有一道断面呈圆形的橡皮密封环。上配合带与气缸体是过盈配合。

4. 12V150型柴油机:如图2—9所示。气缸套用合金钢或铸铁合金制成,内壁经氮化处理,以提高耐磨性。下部装有三道橡皮圈。上部凸肩上面有四道密封线槽,气缸垫压紧在上面,保证燃烧室气密。

5. 6135G型柴油机:如图2—5所示。气缸套用高磷合金铸铁制成,外壁涂有防锈漆,以防止锈蚀;内壁经过精细膛磨和热处理,具有较高耐磨性。凸肩与气缸体接触面有0.25mm厚的紫铜垫片。下配合带有二道环形槽,内装有橡皮圈。

## 第二节 气 缸 盖

气缸盖又称气缸头,它安装在气缸体和气缸套的上端。

### 一、气缸盖的功用和工作条件

功用:

- ① 密封气缸,组成燃烧室的一壁;
- ② 构成柴油机的进排气通道(一般指四冲程柴油机);
- ③ 作为安装配气机构、喷油器等装置的基础。

气缸盖的工作条件甚为恶劣，其底部直接与燃气接触，受到高温高压燃气的作用和腐蚀，燃气压力有使气缸头向上弯曲的趋势，内部水腔与冷却水接触会受到腐蚀。由于形状复杂，各部受热不均匀，温度差大，因而产生不均匀的热应力。各种装置（如配气机构）的运动，定位螺栓的予紧力使其又产生机械应力。因此，气缸盖必须有足够的强度和刚度，以保证气缸盖与气缸之间的气密和配气机构的正常工作。所以气缸盖一般采用能耐高温、不透水、膨胀系数小、铸造性好、组织严密的材料制成。通常用铝合金或高级铸铁制造。

## 二、气缸盖的结构型式

1. 单制式：每缸制造一个单独的气缸盖，如图2—12所示（如重12—180型柴油机气缸盖）。

2. 合制式：若干个气缸盖或者整排气缸盖合制成一体。如图2—8、16所示（如轻12—180、42—160、12V150、6135G型柴油机气缸盖）。

单制式具有制造工艺简单、维修方便等优点，在大缸经柴油机中采用较广泛，合制式在轻型高速柴油机中广泛使用，其优点是：可减小柴油机的纵向尺寸，减轻柴油机重量，增加整个机体的刚度。

## 三、高速柴油机气缸盖实例

### 1. 轻12—180型柴油机

气缸盖是合制式（又称做整体式，每排6只气缸共用一个气缸盖），如图2—16所示，用铝合金制成。它通过14只气缸体螺栓和24只气缸盖螺栓及2只定位销与气缸排连接成一体。它底部平面制有6个圆形加深部，构成燃烧室顶壁。每一加深部有一个喷油器安装孔，一个起动空气孔，两个进气阀孔和两个排气阀孔（分别与进气道和排气道相通），孔内嵌装有铜制气阀座和气阀导管，以承受气阀工作时的冲击力和增加耐磨性。进气阀导管上有三个径向孔，滑油由此进入导管润滑阀杆，如图2—17所示。加深部周围平面经过良好加工，并各嵌有两道钢丝圈，如图2—3所示，在与气缸连接时垫一张铝垫床，以保证燃烧室的密封性。

为了使气缸盖获得良好的冷却，它内部有水腔，底面每个加深部周围各有四个通水孔，经导水管与气缸体出水孔相通，导水管上有橡皮密封圈用以防止漏水，如图2—14所示。

气缸盖前端底部有凸缘与配气传动机构的上轴套相连接，前端内侧固定有滑油进油管和淡水通气管接头，后端固定有滑油回油管和淡水出口管，两侧凸缘固定进、排气管，进气管一侧装有起动阀，前后装有吊环。

气缸盖上面为槽形腔，对应每缸有固定喷油器的螺杆。喷油器的进油管穿过缸盖内侧壁与高压油管相接。上面还有固定进、排气凸轮轴和中间分配轴轴承的螺杆。为了保证缸盖上滑油清洁和防止外漏，缸盖上装有气阀室盖，如图2—15所示。它由铝合金制成，用螺钉和定位销与气缸盖连接，接合面有石棉垫料密封，盖后端有连接转速机的凸缘孔。

### 2. 重12—180型柴油机

气缸盖为单制式，由合金铸铁制成，用四只大螺栓（M22）和四只小螺栓（M16）固定在机体上，结构如图2—12所示。

预燃室装在缸盖中央，如图2—10所示。它和主燃室把全部压缩空间分为两个压缩容积，组成分隔式燃烧室，因两者通道截面较小，在压缩燃烧过程中，有较大的压力差使燃烧气体和燃油形成强烈的涡旋运动，从而改善燃料和空气的混合质量。预燃室用螺纹旋紧在气缸盖的螺孔内，接触面装有紫铜垫圈，以保证密封。喷咀旋紧在预燃室的螺孔内，并稍伸出于

气缸盖的工作底面,其端部有六个喷孔。喷油器座安装在预燃室上部,用锁紧螺母固定,喷油器固定在喷油器座上。为了防止水腔的水从预燃室上部漏出,在预燃室上部凸肩处装有喷涂石墨的石棉垫圈,其上下面都装有软铁垫圈,并用压紧螺帽压紧。预燃室另件如图2—11所示。

气缸盖内部有冷却水腔,经底部八个水孔与机体水腔连通,水孔处用封水圈来保证密封,出水口在气缸盖上部。气缸盖左、右侧水腔中各装有一个锌塞,以减少冷却水对缸盖的腐蚀。

气缸盖底面有环形凹槽,与气缸套上凸舌相配合,密封装置装在凸舌的外面,由软铁镀铜垫环(主要用来调整燃烧室高度)、石棉环(耐高温的材料)和气缸盖垫片(紫铜石棉垫片)组成,如图2—13所示。

气缸盖底部各有二个进排气孔,孔内装气阀导管,进气阀孔还镶有气阀座(新产品排气阀也有阀座),它们分别与进排气道相通。进气道一侧还装有起动阀和放气螺塞。

为了保持气缸盖上部机构清洁及防止工作滑油外漏,在气缸盖上部装有气缸盖罩,它由铝合金制成,用两个螺钉与缸盖固紧,盖罩凹槽装有橡皮密封垫圈,以防结合面处漏油。

### 3. 42—160型柴油机

气缸盖为合制式(整体式),铝合金铸成,该型机采用气缸盖、气缸体铸成一体的形式,如图2—20所示。

气缸盖上部为槽形腔,每个气缸上都有一斜孔“D”(装有一个喷油器)和进排气阀孔各二个。进排气阀安装位置与气缸中心线成 $4^{\circ}30'$ 的倾斜角。进气道“C”,排气道“T”,分别与进排气阀孔相通。气缸盖的一侧有起动柴油机的压缩空气通道“P”。

前端有安装配气机构垂直传动装置和其花键轴用的孔“K<sub>1</sub>”和“J”。

滑油由垂直孔“G”流入,经斜孔“A”流向垂直传动套筒。后端有回油孔“B”和水孔“I”,内部有冷却水腔,冷却水经通道“N”进入,冷却后流入排气管水套。

### 4. 12V150型柴油机

气缸盖是合制式(整体式,每排6只气缸共用一个气缸盖)如图2—8所示。它用铝合金制成,其基本结构与轻12—180型柴油机气缸盖相似。主要结构不同点是:前端有柴油滤清器支架,气阀室盖(又称气门室盖)是生铁制成,其上面还有三个小气阀盖,供检查喷油器工作情况和拆装喷油器之用。高压油管接头是通过气阀室盖上的孔接喷油器。

### 5. 6135G型柴油机

气缸盖是合制式,如图2—18、19所示。它是用合金铸铁铸造而成,每两缸气缸盖合铸一体,结构与重12—180型柴油机气缸盖有相似之处,不同点主要是:前后壁各有两只半圆螺栓孔,偏向进气管一侧的两只喷油器孔中心线与气缸中心线成 $15^{\circ}$ 夹角,孔内有喷油器套管和耐油橡胶圈,进气道成螺旋形,气缸盖垫片用紫铜皮夹石棉材料制成,每缸进排气阀各一个。

## 四、气缸盖的防漏措施和结构

防止气缸盖与气缸接触面之间漏气,是保证燃烧室密封性的一个重要方面,它直接影响柴油机的功率和经济性。具体防漏措施是:

1. 在接触面之间,垫上耐高温的软金属,例如铝、紫铜、紫铜—石棉等。
2. 保证接触面平整。
3. 保证固定螺栓有一定的预紧力,而且各螺栓受力均匀。

高速柴油机具体防漏结构有以下类型,如图2—22所示。

1. 将紫铜—石棉垫片放在气缸盖和气缸之间的整个接触面上,这种型式在小功率高速

机中普遍应用(图a),如6135G型柴油机。

## 2. 采用一些特殊材料和结构。

① 图c为12V150型柴油机的防漏结构。气缸套的顶面上有四道同心的细凹槽,在气缸盖的相对应部位有同样数量的凹槽,气缸盖固紧后铝垫片的部分材料就挤压在这些槽内。

② 图d为轻12—180型柴油机的防漏结构。气缸套上有三道同心的细凹槽,气缸盖上有两道,而且装防漏钢丝圈,当固紧气缸盖时,铝垫片分别卡在凹槽和钢丝圈内。

③ 图e为重12—180型柴油机的防漏结构。在气缸套凸肩的平面上安放一个镀铜的铁垫环,石棉环放在垫环的内侧,气缸盖垫片在外侧,然后由气缸盖压紧。

## 第三节 活 塞 组

活塞组由活塞、活塞环、活塞销三部分组成。它位于气缸之中,与连杆小头相连接。

### 一、活塞组的功用和工作条件

#### 1. 功用

① 构成燃烧室的一壁,并保证燃烧室的密封性,以避免燃气漏入曲轴箱,同时防止滑油窜入燃烧室;

② 承受燃气压力,并经连杆传给曲轴;

③ 在连杆带动下往复运动,使气缸容积周期性变化,从而完成柴油机的进气、压缩、动力、排气四个过程;

④ 控制二冲程柴油机气孔的启闭。

#### 2. 工作条件

从柴油机两次能量转换的观点来看,活塞是实现热能转变成机械功的主要部件。工作时,活塞组承受巨大的机械负荷和热负荷,主要是:

① 活塞组承受着很高的气体压力。例如轻12—180型柴油机,当最高爆炸压力 $P_e = 95\text{Kg/cm}^2$ 时,活塞顶受到的气体总作用力高达24.162吨。因此要求活塞组具有较高的强度与刚度。

② 活塞组承受着自身往复运动惯性力的作用。活塞在气缸中作方向、大小不断变化的高速运动,因而也就会产生很大的往复惯性力,这一个力的值和转速的平方及活塞组重量成正比。为了减小往复运动惯性力的作用,要求活塞组在保证足够强度的前提下,应尽量减轻重量。

③ 活塞组在沿气缸壁作往复运动的同时,受到连杆作摆动运动产生的侧压力的作用。此力会使活塞产生较严重的磨损,因此要求活塞组应具有良好的耐磨性。

④ 活塞组受到摩擦力的作用。由于活塞组在气缸内作高速运动,从而引起严重的摩擦,因而要求活塞组的材料摩擦系数要小。

⑤ 活塞组始终在高温条件下工作,受到高温燃气的加热作用。随着温度的上升,活塞组材料强度会大幅度下降。活塞在受热后还会膨胀,使气缸与活塞的间隙发生变化。因此要求活塞有较好的导热性,能及时将高温燃气传来的热量传递出去。同时,活塞材料的膨胀系数要尽可能地小,以保持合理的配合间隙。

此外由于高温和受热不均,使活塞产生热应力。高温还会使滑油结焦,造成活塞环卡

死，失去密封作用。因此要求活塞组的润滑条件和冷却条件得到切实的保证。

综上所述，活塞组要满足以上要求，必须采用适宜的材料和合理的结构。

## 二、活塞组的结构

### 1. 活塞

#### ① 活塞的材料

制造活塞的材料应用最广泛的是铸铁（铸造）和铝合金（铸造或模锻）两种。铸铁活塞具有较高的强度、较小的热膨胀系数、良好的耐磨性和耐蚀性，价格也较低廉。其主要缺点是比重大、导热性差、吸热性比铝合金大30%，所以一般用于中低速柴油机中。轻型高速柴油机（以及部分中速机）常用铝合金来制造活塞。铝合金有以下优点：（1）比重小，因此可减轻活塞重量从而减小惯性力；（2）导热系数高，因此能使活塞保持较低的温度；（3）摩擦系数小，因而摩擦损失小。主要缺点是：（1）耐磨性较差；（2）受热后强度降低较大；（3）线膨胀系数大。但总起来说，它可以满足高速柴油机活塞在复杂条件下工作的要求。

#### ② 活塞的种类

柴油机活塞的种类很多，常见的型式有：

##### a、十字头式和无十字头式活塞。

十字头式：如图1—2（c）所示，在活塞和连杆之间增设十字头来起导向作用，十字头通过活塞杆与活塞连接。大功率低速柴油机采用这种型式；

无十字头式（又称筒式）：活塞的箱部直接起导向作用，中高速柴油机采用这种型式。

##### b、无冷却活塞和油冷活塞，如图2—23所示。

无冷却活塞：如图（a）所示，其吸收热量主要通过气密环传给气缸壁。一般高速柴油机采用。

油冷活塞：如图（b）所示，采用滑油对活塞进行冷却，活塞内部加工有油道、油腔。一些大功率的高、中、低速柴油机采用。

c、组合式活塞：根据活塞工作时各部受热、受力情况，采用不同的材料，将各部分先分制，然后组合在一起。大功率柴油机采用较多。

#### ③ 活塞的结构

以轻12—180型柴油机活塞为例，如图2—24所示。它用铝合金模锻而成，其结构可分为三个部分：

##### a、活塞顶部

它是燃烧室的一壁，直接承受燃气的作用力，其形状基本有两种类型：平顶和凹顶。凹顶形状又各不相同，以便和喷油雾化的形状相适应，使柴油能很快与空气相混合，保证有效的燃烧。轻12—180型柴油机活塞顶部是“w”型，其边缘切有四块凹穴，使活塞到达上死点时，不致与气阀相碰。安装时注意气阀与凹穴位置相对应。顶部除具有一定的厚度外，内表面有肋条，它既能增加顶部的强度，又能增大散热面，改善散热情况（但肋条处易引起裂纹）。不同柴油机肋条型式也不同（或没有）。

##### b、活塞防漏部（又称为头部、体部）

它是从顶部边缘到活塞销孔以上最下一道活塞环槽底边的部分。防漏部外表面开有四道环形槽，用来安装活塞环以保证燃烧室的密封性和活塞的散热及刮去缸壁上多余的滑油。上两道环槽安装钢制防漏环（气密环），下两道安装铸铁刮油环。第三、四道槽下和第四道槽内有



径向油孔，以使刮油环刮下的滑油流回下曲轴箱。防漏部活塞环的数量随机型不同而异，一般是1~4环。

### c、活塞导向部（又称裙部、箱部）

防漏部以下的部分称为活塞的导向部，用以安装活塞销并起导向作用，同时还承受侧向力的作用，是活塞遭受磨损最严重的部位。它有活塞销孔，孔中有青铜衬套，并有三个油孔与销孔油孔相对应，以便使飞溅滑油进入衬套润滑活塞销，其中一油孔有止动管销止动衬套。销孔两侧共有四块凹穴，以减轻活塞重量并作为受热膨胀余地。一般柴油机活塞导向部下外表开有环形槽，以便安装一定数量的刮油环，通常环形槽下有油孔。

整个活塞与气缸套之间应保持适当的间隙，在工作温度变化范围内，保证活塞自由运动。工作时，由于活塞温度自上而下逐步降低，因而膨胀量也就上大下小，为了适应各部分热膨胀量不同的需要，一般将活塞防漏部做成圆锥形，且直径小于导向部，如图2—25所示，从而保证正常的工作间隙。如图2—26所示，又因活塞沿销座方向为加强强度而金属较多，受热后膨胀量大（图甲），侧压力的作用使导向部变形成椭圆，长轴在销孔中心线方向（图乙），燃气压力的作用使活塞销座跨度内发生弯曲变形，销座方向变形增大（图丙）。为了保证活塞和气缸之间的正常工作间隙，以免强烈摩擦、卡死等现象发生，因此将导向部做成椭圆形，如图2—27所示。

### ④ 高速柴油机活塞实例

a、重12—180型柴油机活塞，如图2—28所示。

它用铝合金铸成，其外形与轻12—180型柴油机活塞基本相似。主要差别是：防漏部四道环槽，上三道装气密环，最下一道装刮油环；导向部下端还装有一道刮油环；导向部外表面渗一层石墨，呈褐色以提高耐磨性。

b、42—160型柴油机活塞，如图2—29所示。

它用铝合金铸成，其外形与轻12—180型柴油机活塞相似。主要差别是：顶部内表面为球形向下过渡成锥面；销孔内无青铜衬套，两侧无凹穴。

c、12V150型柴油机活塞，如图2—30所示。

它用铝合金制成，其外形与轻12—180型柴油机活塞相似。主要差别是：导向部下端安装一道刮油环；销孔内无青铜衬套。

d、6135G型柴油机活塞，如图2—31所示。

它用铝合金制成，表面经过阳极氧化处理，以提高其抗氧化腐蚀能力。其外形与重12—180型柴油机相似，活塞环的数量和位置与其相同。主要差别是：顶部呈深“ω”型，并偏向喷油器一侧，其边缘只有两块凹穴；导向部下边缘沿活塞销中心线切去两块弧形材料，防止活塞在下死点位置时与机体主轴承座相碰。

## 2. 活塞环

活塞环装在活塞环槽内，分防漏环和刮油环两种。它同活塞一样，在高温、高压和润滑条件差的情况下工作，为环的端面受冲击力的作用，外表面摩擦严重，所以容易受到严重磨损，甚至出现断裂现象。因此要求活塞环具有：一定的强度，足够的耐磨性以及在工作温度下有足够的弹性做到与气缸壁紧密贴合。活塞环一般用合金铸铁制成，某些轻型高速大功率柴油机采用合金钢（如轻12—180、42—160型柴油机），摩擦表面上广泛采用多孔性镀铬等措施，以提高耐磨性，减小磨损。