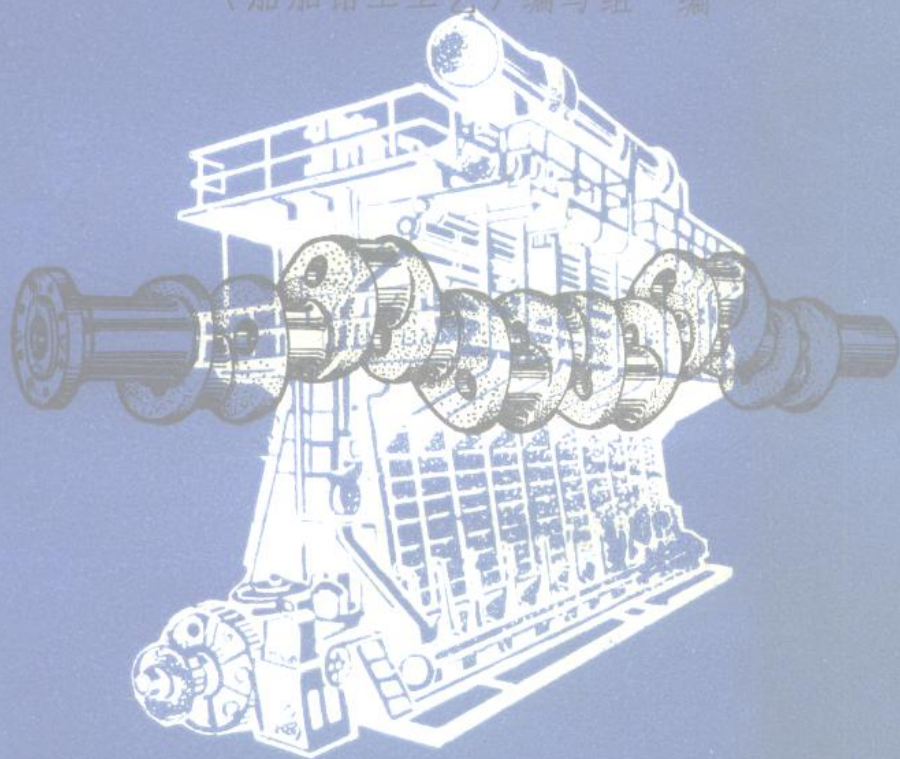


# 船舶柴油机 曲轴的修造与调整

《船舶钳工工艺》第一分册

《船舶钳工工艺》编写组 编



人民交通出版社

# 船舶柴油机 曲轴的修造与调整

《船舶钳工工艺》第一分册

〈船舶钳工工艺〉编写组 编

人民交通出版社

1978·北京

## 内 容 提 要

本书是以船舶柴油机曲轴的修理和曲轴臂距差的调整为重点,比较系统地介绍了船舶柴油机曲轴在制造、修理与曲轴臂距差调整中有关钳工的各种工艺方法。内容切合实际、通俗易懂、深入浅出。书中初步总结了修造船厂广大钳工在这方面的生产实践经验。

本书为《船舶钳工工艺》第一分册。适合于广大修造船厂钳工和船舶轮机员、技术人员阅读,对从事于陆用柴油机的有关人员和有关专业院校的师生也是一本较好的参考书。

## 船舶柴油机曲轴的修造与调整

### 《船舶钳工工艺》第一分册

〈船舶钳工工艺〉编写组 编

人民交通出版社出版

(北京市安定门外和平里)

北京市书刊出版业营业许可证出字第006号

新华书店北京发行所发行

各地新华书店经售

人民交通出版社印刷厂印

开本: 787×1092 $\frac{1}{16}$  印张: 17 字数: 420 千

1978年9月 第1版

1978年9月 第1版 第1次印刷

印数: 0001—11,300册 定价(科三): 1.40 元

# 前 言

在毛主席革命路线指引下，我国社会主义建设飞跃发展，各条战线都呈现出欣欣向荣、蒸蒸日上的景象。在修造船工业方面也和其它工业一样，出现了日新月异的跃进局面。为了适应修造船工业飞速发展的新形势和广大修造船厂钳工、船舶轮机人员为革命学好技术的需要，我们组织了由广州文冲船厂、新中国船厂和广州远洋分公司航修站等单位组成的编写组，编写了《船舶柴油机曲轴的修造与调整》一书。本书是《船舶钳工工艺》的第一分册，以后将陆续出版其它分册。

本书是以船舶柴油机曲轴的修理和曲轴臂距差的调整为重点，比较系统地介绍了曲轴修造与曲轴臂距差调整中有关钳工的各种工艺方法，初步总结了修造船厂广大钳工在这方面的生产实践经验。但鉴于地区所限和调查研究工作做得还不够，加之我们的思想和业务水平都很低，本书还会存在不少缺点和错误，书中所举的某些实例也不一定妥善，有些结论也可能很片面，希望广大读者，尤其是战斗在生产第一线的广大船舶钳工和船舶轮机人员给予批评指正，以便在本书修订时更改。

本书在编写过程中，得到了金陵等各兄弟船厂和有关院校的大力支持，并提供了许多宝贵经验和资料，特在此表示深切感谢。

《船舶钳工工艺》编写组

# 目 录

<b>第一章 曲轴概述</b> .....	1
<b>第一节 曲轴的结构</b> .....	1
一、曲轴的功用 .....	1
二、曲轴的组成 .....	1
三、曲轴按结构的分类 .....	5
四、曲轴的一些结构特点 .....	6
五、曲轴结构实例 .....	10
<b>第二节 曲轴的材料</b> .....	13
<b>第三节 曲轴的技术要求</b> .....	13
一、曲轴轴颈的椭圆度和不柱度要求 .....	13
二、主轴颈对曲轴轴心线的径向跳动要求 .....	14
三、曲柄销轴线与主轴颈轴线不平行度要求 .....	14
四、曲轴法兰端面跳动和径向跳动要求 .....	15
五、轴颈表面光洁度要求 .....	15
六、圆角半径的误差要求 .....	16
七、热处理要求 .....	16
八、曲轴的其它要求 .....	16
<b>第二章 曲轴的制造</b> .....	17
<b>第一节 曲轴毛坯的制造</b> .....	17
<b>第二节 曲轴由毛坯到成品的工艺过程</b> .....	22
<b>第三节 组合式曲轴的制造</b> .....	23
一、组合式方法制造曲轴的工艺过程 .....	24
二、曲轴的红套制造 .....	24
三、曲轴的液压套合制造 .....	37
<b>第三章 曲轴的检验</b> .....	41
<b>第一节 曲轴表面缺陷、曲轴裂纹和轴颈表面光洁度检验</b> .....	41
一、曲轴表面缺陷的检验 .....	41
二、曲轴裂纹的检验 .....	41
三、轴颈表面光洁度检验 .....	43
<b>第二节 上、下死点的测定和轴颈直径、主轴颈跳动量的检验</b> .....	43
一、上、下死点位置的测定 .....	43
二、轴颈直径检验 .....	45
三、主轴颈跳动量检验 .....	49
<b>第三节 曲柄中心距及主轴颈与曲柄销的轴线距和轴线不平行度的检验</b> .....	56
一、曲柄中心距检验 .....	56
二、主轴颈与曲柄销轴线距检验 .....	57

三、曲柄销与主轴颈轴线不平行度检验 .....	57
第四节 曲柄夹角及其它检验 .....	67
一、曲柄夹角检验 .....	67
二、曲轴法兰端面跳动和径向跳动检验 .....	70
三、曲轴臂距差检验 .....	70
四、平衡试验 .....	70
第四章 曲轴的修理 .....	73
第一节 曲轴的常见缺陷及其产生原因 .....	73
一、轴颈表面的擦伤与腐蚀 .....	73
二、轴颈的磨损及过大的椭圆度与不柱度 .....	73
三、主轴颈跳动量和曲柄销与主轴颈轴线不平行度 .....	75
四、曲轴的裂纹与折断 .....	75
五、曲轴的弯曲与扭曲 .....	77
六、组合式曲轴套合处的滑移 .....	77
第二节 轴颈表面缺陷、椭圆度、不柱度和主轴颈跳动量的修理 .....	77
一、轴颈表面缺陷的修理 .....	77
二、轴颈椭圆度和不柱度的修理 .....	78
三、主轴颈跳动量的修整 .....	79
四、轴颈最小极限直径及其修复方法 .....	81
第三节 曲柄销与主轴颈轴线不平行度的修理 .....	86
一、测量 .....	86
二、确定锉削位置和锉削量 .....	86
三、锉削 .....	88
第四节 曲柄销用摇臂式工具加工和曲轴轴颈的就地加工 .....	89
一、曲柄销摇臂式加工工具 .....	89
二、曲轴轴颈的就地加工 .....	95
第五节 裂纹和弯曲的修理 .....	104
一、裂纹的修理 .....	104
二、弯曲的修理 .....	105
三、扭曲的修理 .....	109
第六节 红套处滑移的修理 .....	109
第五章 曲轴轴心线的测量 .....	113
第一节 桥规测量法 .....	113
一、桥规的结构 .....	113
二、桥规的一般测量方法 .....	114
三、桥规测量中的一些现象分析 .....	117
四、桥规测量的其它方法 .....	117
第二节 主轴承下轴瓦厚度测量法 .....	119
一、下轴瓦厚度测量的方法 .....	119
二、下轴瓦厚度测量的意义 .....	120
第三节 曲轴臂距差测量法 .....	122
一、曲轴臂距差的意义 .....	122
二、臂距差量具 .....	124

三、臂距差的测量方法 .....	126
四、臂距差数值的记录与计算 .....	128
五、臂距差测量中一些常见现象分析 .....	135
六、曲轴臂距差的标准 .....	136
<b>第六章 曲轴轴心线的影响因素和理想状况 .....</b>	<b>138</b>
<b>第一节 影响曲轴臂距差的因素分析 .....</b>	<b>138</b>
一、主轴承不均匀磨损的影响 .....	138
二、船舶装载的影响 .....	139
三、飞轮重量的影响 .....	141
四、活塞连杆装置重量的影响 .....	142
五、轴系连接误差的影响 .....	145
六、柴油机冷态与热态的影响 .....	146
七、柴油机运行中燃烧压力的影响 .....	146
八、转车机正倒转的影响 .....	147
九、主轴承盖安装与拆卸的影响 .....	148
十、机座底脚螺栓和贯穿螺栓拧紧后的影响 .....	149
十一、其它影响因素 .....	150
<b>第二节 曲轴轴心线的理想状况 .....</b>	<b>153</b>
一、曲轴轴心线的状况 .....	154
二、曲轴轴心线的理想状况 .....	154
三、曲轴飞轮端的结构及其与轴系、发电机的连接形式 .....	157
四、飞轮端曲柄臂距差的理想状况及其调整 .....	158
五、调整曲轴臂距差中应注意的几个问题 .....	164
<b>第七章 曲轴轴心线的调整 .....</b>	<b>166</b>
<b>第一节 根据臂距差确定主轴承高低的方法 .....</b>	<b>166</b>
一、根据臂距差定性判断主轴承高低的方法 .....	166
二、根据臂距差定量确定主轴承高低的方法 .....	174
<b>第二节 臂距差调整的方法及其实例 .....</b>	<b>189</b>
一、柴油机在安装、修理和营运中臂距差测量 .....	189
二、臂距差调整的方法 .....	194
三、臂距差调整实例 .....	196
<b>第八章 曲轴的安装及其主轴承的装配 .....</b>	<b>203</b>
<b>第一节 主轴承的结构及其轴瓦材料 .....</b>	<b>203</b>
一、主轴承的结构 .....	203
二、轴瓦材料 .....	204
<b>第二节 主轴承的拆卸与安装 .....</b>	<b>206</b>
一、主轴承的拆卸 .....	206
二、主轴承的安装 .....	210
<b>第三节 曲轴的起吊与安装 .....</b>	<b>213</b>
<b>第四节 机座的检验与修理 .....</b>	<b>217</b>
一、机座上平面不平度的检验与修理 .....	217
二、主轴承座孔不同轴度的检验与修理 .....	222
三、主轴承座孔轴心线与机座上平面不平行度的检验与修理 .....	224

四、机座与基座之间垫块的检验与修理 .....	225
第五节 主轴承的检验及其损坏原因分析 .....	226
一、主轴承下轴瓦的检验 .....	226
二、主轴承损坏的原因分析 .....	227
三、轴瓦的修理 .....	231
第六节 主轴承的拂刮 .....	231
一、主轴承的拂刮方法 .....	232
二、主轴承拂刮前的准备工作 .....	232
三、主轴承拂刮顺序 .....	234
四、主轴承的跑合运转 .....	239
第七节 主轴承间隙的测量 .....	239
一、主轴承径向间隙的测量 .....	239
二、主轴承轴向间隙的测量 .....	241
附录一、国外有关验船部门和造机公司(工厂)对曲轴红套过盈量的推荐数值 .....	244
附录二、国内外有关验船部门、造机公司(工厂)和国内外船用柴油机各主要机型 对曲轴臂距差的规定 .....	244
附录三、国产船用柴油机各机型曲轴结构及其主要尺寸和装配间隙汇总表 .....	254
附录四、B&W774VTF-160型低速柴油机主轴承抬高量与曲轴臂距差的变化值 关系图 .....	264



# 第一章 曲轴概述

## 第一节 曲轴的结构

### 一、曲轴的功用

曲轴是带有曲柄的轴。它是柴油机中最重要的部件之一，它的功用是将柴油机各缸的往复功汇总起来，并以回转运动的形式传递出去，如图1-1所示。此外，曲轴还带动保证柴油机正常运转的各种附件，如定时凸轮轴、滑油泵、燃油泵、冷却水泵、扫气泵，甚至空气压缩机等。

曲轴在运转中的受力情况非常复杂，它总是兼受着弯曲、扭转和压缩等多种负荷的作用。这些负荷不仅数值很大，而且又是周期性变化的，这就可能引起曲轴的扭转和弯曲变形，甚至产生裂纹和折断。曲轴上的轴颈是在各主轴承或连杆大端轴承上转动的，因此它还是个易损机件。曲轴一旦损坏后往往会造成十分严重的后果，使船舶失去推动力和引起柴油机其它重要机件的严重毁损。

曲轴又长又重，而且由于它的形状和受力情况复杂，及其在柴油机中的重要地位，因此它在制造和修理中的技术要求很高，是柴油机中造价最高的一个部件，其造价占整台柴油机造价的10~20%左右。

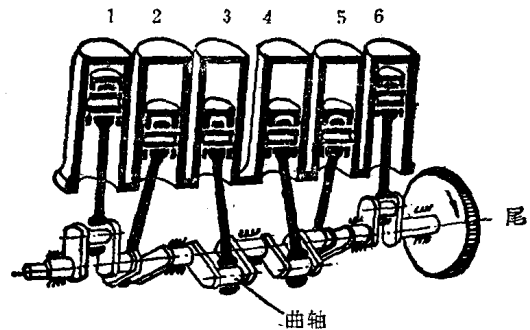


图1-1 曲轴的功用示意图

### 二、曲轴的组成

曲轴是由若干个单位曲柄所组成，每个单位曲柄又是由曲柄销、曲臂和主轴颈组成。如图1-2所示，曲柄销与曲臂的组合称为曲柄。

曲轴的结构形式虽然很多，但其基本上都包括下列六个部分：

#### 1. 主轴颈：

主轴颈是搁置在主轴承上并在其中旋转。曲轴及其附件的重量以及柴油机在运转中曲轴上所承受的负荷也由它传给主轴承和机座。气缸单列立式布置的柴油机（以下简称“单立式柴油机”）主轴颈的数目为气缸数加1~3道，即每一个曲柄的两端都有一道主轴颈，它们分别由主轴承支承，这称为全支承曲轴。全支承曲轴弯曲刚性好，主轴承负荷轻。有些双缸柴油机，主轴颈只有二道，如2105型柴油

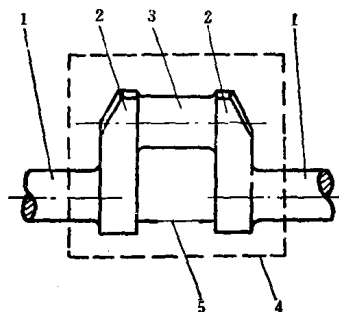


图1-2 单位曲柄的组成

1-主轴颈；2-曲臂；3-曲柄销；4-曲柄；5-臂距

机，见图 1-3。这样，可缩短曲轴和机器的轴向长度，但却使主轴承的负荷增加。

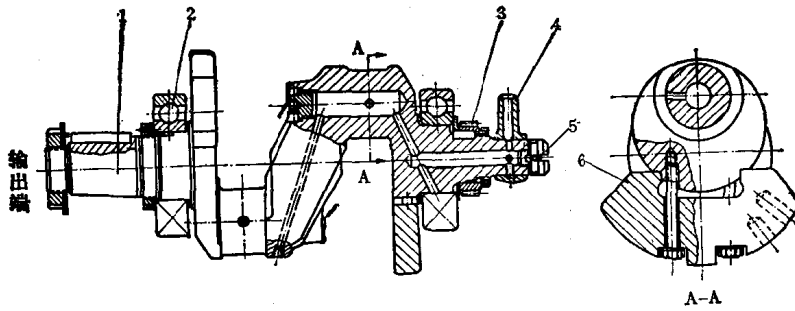


图1-3 2105型柴油机曲轴组合体结构图

1-曲轴；2-滚动轴承；3-定时齿轮；4-滑油输送管接头；5-联轴节；6-平衡重块

### 2. 曲柄销：

曲柄销又叫做曲柄销颈、曲柄轴颈或连杆轴颈，它与连杆大端轴承相配合，并在其中旋转，为曲轴与连杆的连接部分。单立式柴油机曲轴，其曲柄销数目等于气缸数；V 型柴油机曲轴，由于左右两缸的连杆并列地装在一个曲柄销上，所以曲柄销数目等于气缸数之半；对置活塞式二冲程柴油机，则每一个气缸有三个曲柄销，一个主曲柄销，两个副曲柄销，如英国的道克斯福 (Doxford) 大型低速 P 型和 J 型柴油机曲轴即属此结构，见图 1-4 所示。

### 3. 曲臂：

曲臂是主轴颈和曲柄销的连接件，对于如图 1-4 所示结构的曲轴，则还是两相邻曲柄销的连接件。

曲臂的常见结构形状如图 1-5 所示。图中 a) 曲臂加工容易，目前在中低速柴油机中采用较多 (如 350 型柴油机)。图中 b) 曲臂加工较困难，但它可改善曲柄受力的均匀性，并可减轻重量，多用于中、高速柴油机上 (如 12V230 柴油机)。图中 c) 曲臂加工容易，其用加大

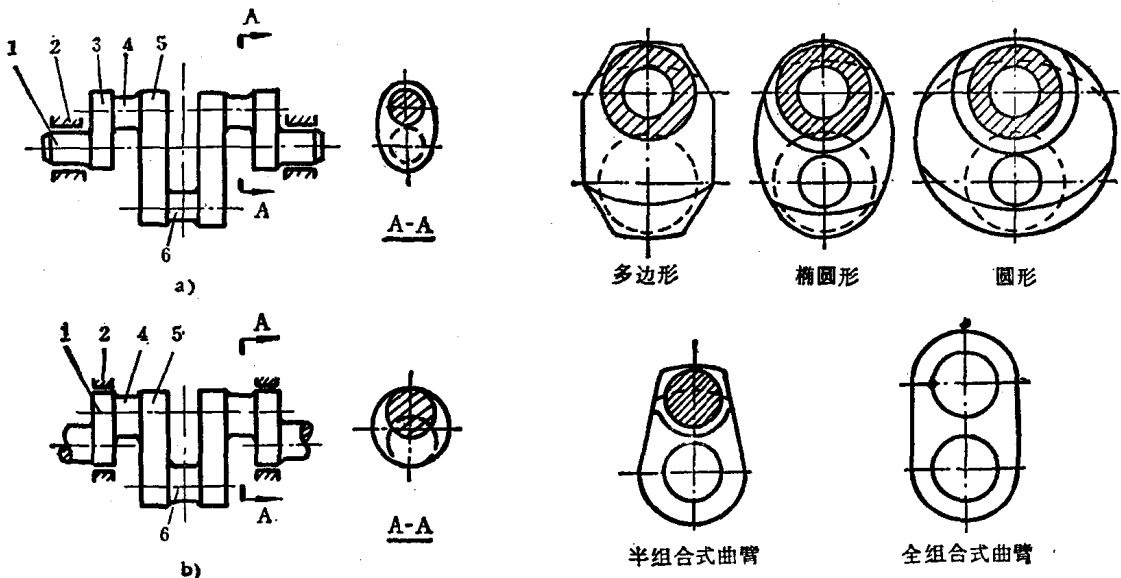


图1-4 道克斯福柴油机曲轴结构图

a) P 型柴油机曲轴；b) J 型柴油机曲轴  
1-主轴颈；2-主轴承；3-短曲臂；4-副曲柄销；  
5-长曲臂；6-主曲柄销

图1-5 曲臂的不同形状

宽度来增加强度而使厚度减小，用于中、高速柴油机上（如 6250 型柴油机）。图中 d) 和 e) 曲臂分别用于半组合和全组合式曲轴上。

曲臂与主轴颈和曲柄销的连接处是曲轴上应力集中的部位，强度最弱。为了减小应力集中，该部位必须制成圆角，常称为过渡圆角处。

在有些曲轴的曲臂上与曲柄销相对的一端装有平衡重块，它的作用是当柴油机运转时平衡曲柄销、曲臂和连杆大端等所产生的离心力，以及活塞连杆装置零件质量直线运动所产生的往复惯性力及其力矩，以减少曲轴的振动。四缸和六缸柴油机曲轴，从整体来看由于曲柄对称布置，离心力和往复惯性力及其力矩都会自行平衡，所以一般都不装平衡重块；但从局部来看，它们还是有可能使曲轴变形，引起主轴颈与主轴承的编磨，为了增强曲轴的弯曲刚性，因此也有加装平衡重块的。平衡重块实际上是曲臂的一部分，是曲臂在曲柄销的另一端的延长和加重。大部分柴油机曲轴的平衡重块是用螺栓连接在曲臂上的，如图 1-6 a) 所示为 160 型柴油机曲轴的平衡重块安装图；有些大型低速柴油机平衡重块是与曲臂一起铸出，如图 1-6 b) 所示为 B&W6K62 型低速柴油机曲轴平衡重块结构图。

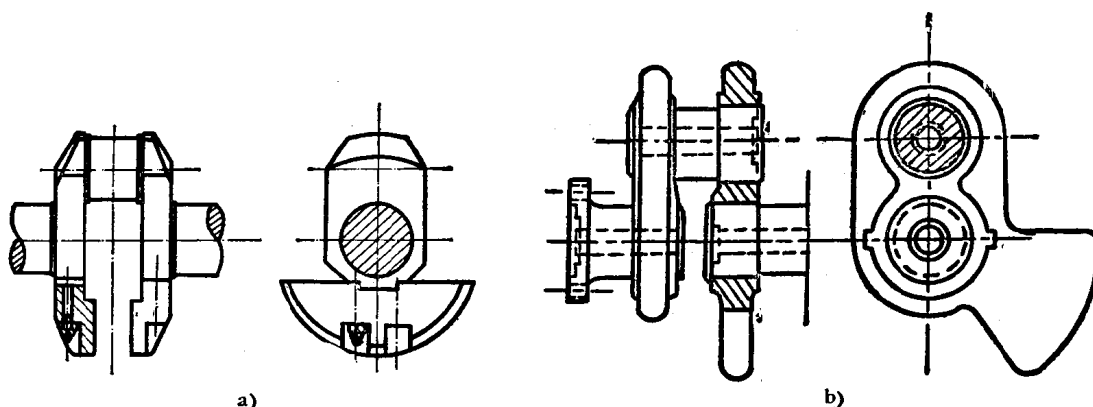


图1-6 曲臂上的平衡重块  
a) 用螺钉连接的平衡重块；b) 与曲臂一起铸出的平衡重块

在一个单位曲柄中，两个曲臂之间的垂直距离称为臂距（俗称开档、拐档、甩档等）。

#### 4. 曲轴的首端：

曲轴的首端又称自内端，这一端一般不是柴油机功率的主要输出端，但有些柴油机允许输出一部分功率。

大部分中小型柴油机在这一端上安装带动凸轮轴的定时齿轮或链轮，并通过齿轮或皮带轮带动齿轮滑油泵、冷却水泵、扫气泵、风扇和发电机等；也有些柴油机曲轴在这一端上加装一段小的单曲柄曲轴以带动空气压缩机，如 350 型柴油机等；有些柴油机曲轴在这一端上还装有飞轮或减振器。

减振器是用来减弱或消除曲轴扭转振动的一种装置，它使曲轴运转平稳，避免曲轴上引起过大的应力。

用人力起动的柴油机其曲轴的首端还是起端。

#### 5. 曲轴的尾端：

曲轴的尾端又称飞轮端，因为在这一端上一般都装有飞轮。它是柴油机功率的主要输出端，在这一端上往往带有法兰，用紧配螺栓将飞轮装于其上；也有采用带链的锥体，飞轮通过其上的锥孔拂配后装于曲轴锥体上。

曲轴上都装有飞轮，其功用是：柴油机在运转中处于作功冲程时，曲轴转速会提高，飞轮的惯性就会吸收一部分能量以使曲轴转速不会提高得太多；当处于其它冲程时，曲轴转速会下降，这时飞轮的惯性所吸收的那部分能量逐渐放出以使曲轴转速不会下降得太多，从而减小了曲轴的转速波动，使柴油机运转平稳，也使输出扭矩比较均匀。柴油机在起动时，飞轮惯性在起动初期所吸收的能量还可以帮助克服气缸内压缩空气的阻力，以使起动容易。一般来说，柴油机缸数越多，其本身发出的扭矩越均匀，则飞轮的重量也可越轻。

在飞轮外圆的圆周上常刻有校准柴油机定时用的角度刻度，并标出如曲柄上死点等的位置。

飞轮还可以用来起动和转车。小型柴油机常是用一小的电动机通过齿轮传动来带动飞轮以使柴油机起动；中小型柴油机还利用飞轮圆周上的转车牙齿或径向圆孔进行人工转车；大型低速柴油机飞轮是作为转车机上的一个大蜗轮，用转车机驱动这个大蜗轮进行转车。

有些柴油机在尾端上安装带动凸轮轴的定时齿轮或链轮和冷却水泵，因此在这一端上往往多加一道主轴承，如图 1-7 所示为 350 型柴油机曲轴尾端结构示意图。

不少用作船舶主机的柴油机其本身带有推力轴承，则曲轴在这一端上带有推力环，并增加一道主轴承，图 1-8 所示为 6187 型船用柴油机曲轴尾端结构图。为了便于与轴系连接与拆卸，一般用作船舶主机的柴油机在曲轴尾端飞轮后还加装一段短轴，如图 1-8 所示。

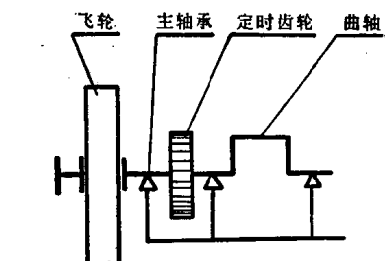


图1-7. 350型柴油机曲轴尾端结构示意图

如果飞轮端只有单道主轴承，则该主轴承往往比其它主轴承略长，以承担飞轮的重量。用作船舶主机的柴油机，其曲轴尾端（飞轮或短轴）有些是与推力轴或中间轴直接连接

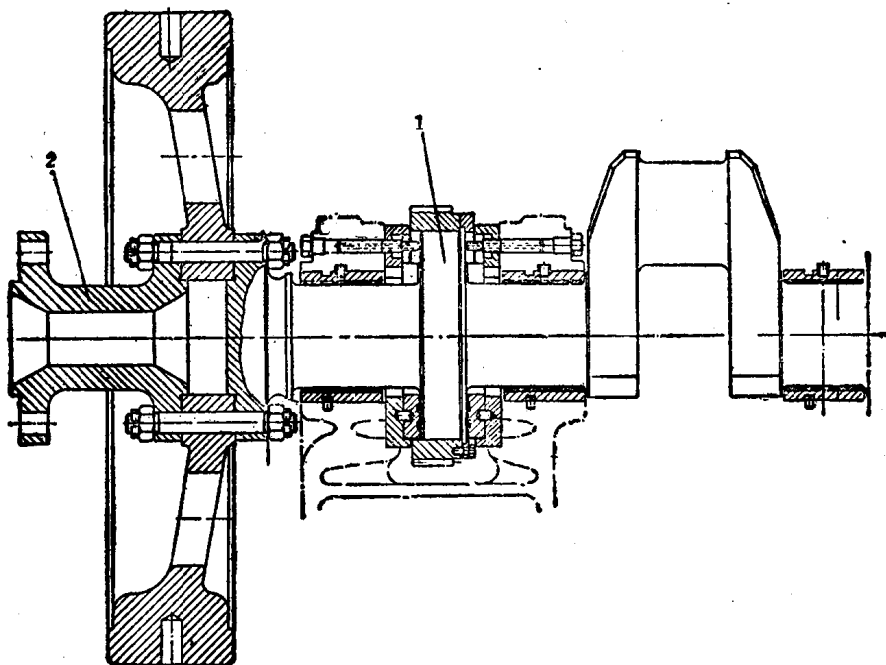


图1-8 6187型船用柴油机曲轴尾端结构图

1-推力环；2-短轴

的，有些是通过倒顺车离合器或齿轮减速箱与轴系相连接的。

用作带动发电机的柴油机，其曲轴尾端大多是采用弹性连接与发电机连接的，但也有采用刚性连接的。

#### 6. 曲轴的中部：

曲轴的中部即为曲轴的中间部分。大型低速柴油机曲轴常常是由两段组成，中间用法兰连接，在曲轴中部法兰处或其附近常装有带动凸轮轴的齿轮或链轮，如国产6ESDZ75/160B柴油机曲轴(见图1-20)。也有是整根红套制造的曲轴，在其中部装有齿轮或链轮，如6ESDZ43/82柴油机曲轴(见图7-4)。

### 三、曲轴按结构的分类

曲轴按结构可分为下列四类：

#### 1. 整体式曲轴：

曲轴是由整根钢料锻造或整体铸造而成。中小型柴油机曲轴基本上都是整体式的，如国产350、300、250型等柴油机曲轴。这种曲轴工作可靠、重量轻，但制造时需有较大的锻、铸设备，其制造工艺也较复杂。

#### 2. 组合式曲轴：

大型低速柴油机几乎全部采用组合式曲轴，这是由于这类柴油机曲轴尺寸大，要制成整体式曲轴无论是制造和加工都极其困难。这种曲轴可靠性不如整体式。它又可分为两种：

(1) 全组合式曲轴：它是把主轴颈、曲柄销和曲臂分别制造加工，然后用红套方法将它们连接起来，成为整根曲轴。国产7ESDZ75/160A型大型低速柴油机曲轴就是这种结构，见图1-9所示。

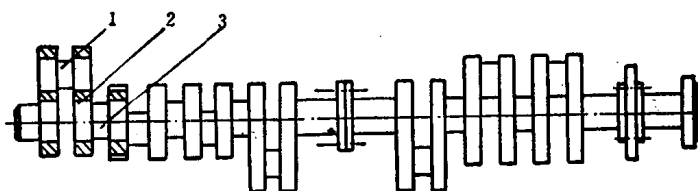


图1-9 7ESDZ75/160A型柴油机全组合拼接式曲轴  
1-曲柄销；2-曲臂；3-主轴颈

(2) 半组合式曲轴：它是将曲柄(曲柄销和曲臂)和主轴颈分别制造，然后用红套或液压套合方法将它们连接成整根曲轴。图1-19和图1-20所示的曲轴均属于这种结构。

#### 3. 可拆式曲轴：

这种曲轴的曲柄是单独铸成，然后用螺栓将它们连接成整根曲轴，其主轴承都采用滚动轴承。135型柴油机曲轴就是采用这种结构，如图1-10所示。这种曲轴结构紧凑、重量轻、易于制造和修理，适用于对尺寸要求紧凑的高速柴油机上。

#### 4. 拼接式曲轴：

这种曲轴是将曲轴分成两段或两段以上，然后在法兰上用螺栓将它们拼接成整根曲轴。图1-9所示的7ESDZ75/160A型柴油机曲轴就是由首尾两段通过中间法兰螺栓拼接而成，它的全称是全组合拼接式曲轴。大型曲轴，当其长度超出10米，为了红套和机械加工上的方便，常采用这种结构。

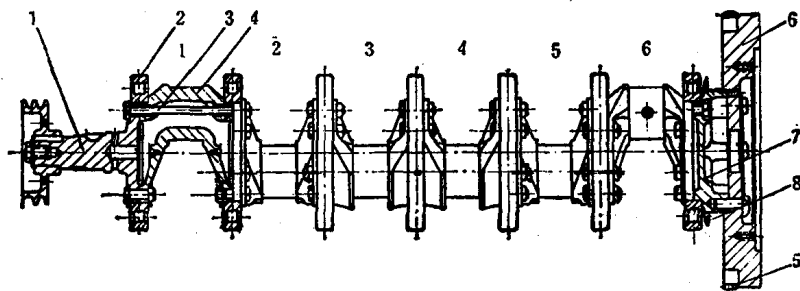


图1-10 135型柴油机滚动轴承可拆式曲轴

1-前轴；2-滚动轴承；3-连接螺栓；4-曲柄；5-启动齿圈；6-飞轮；7-曲轴法兰；8-尾油圈

#### 四、曲轴的一些结构特点

##### 1. 中空轴颈：

目前大部分柴油机曲轴的曲柄销和主轴颈都做成中空结构，而只有一些柴油机曲轴仅将曲柄销做成中空。轴颈中空可以减轻曲轴重量、增加曲轴疲劳强度、在运转中减小离心力，挖去轴颈中心部分组织较差的金属还可使材料品质均匀，并为润滑油的输送提供通道。在一些中、高速柴油机曲轴的曲柄销上，常采用向外偏心的中空，如图1-11所示，以便离回转轴线较远部分的质量减轻，从而减小回转质量的惯性力。

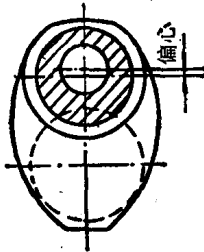


图1-11 曲柄销偏心钻孔

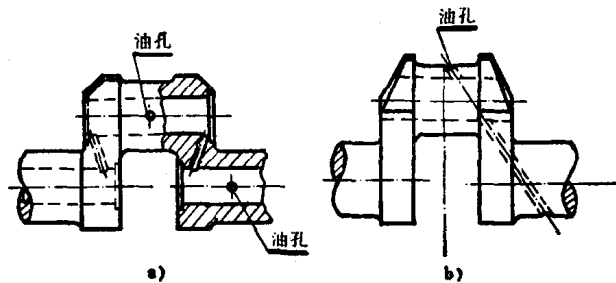


图1-12 曲轴的油孔形式  
a)直油孔；b)斜油孔

##### 2. 油孔：

中小型和某些大型低速柴油机（如曼恩 MANKZ60/105A、KZ70/120C 和 KZ78/140A 等），其连杆大端轴承是由来自主轴颈的润滑油润滑的，因此在主轴颈和曲柄销之间应钻有油孔。油孔常采用图1-12所示的两种形式，图中a)为直油孔，300型柴油机锻钢曲轴油孔属于此形式；图中b)为斜油孔，250型柴油机锻钢曲轴油孔属于此形式。斜油孔往往不可能在轴颈上选择最有利于轴承润滑的位置钻孔，而直油孔则能做到这一点，但后者工艺上较前者复杂。曲柄销上油孔最好钻在与曲柄平面垂直的方向，即水平油孔，如图1-13b)所示，或与曲柄平面成一夹角 $\gamma$ ，如图1-13a)所示，因为在这些位置上是润滑油压力最小的区域。另外，在曲轴运转时，润滑油中的机械杂质因离心力作用，会被甩到曲柄销中空部分靠外侧的内壁上，图中a)所示在曲柄销壁上装一管子，深入其内腔，就能保证进入连杆大端轴承润滑油的纯净。水平油孔也有同样效果。主轴颈上油孔最好钻在润滑油压力最大的区域，借以提高进入主轴颈内腔的润滑油压力。

对于直油孔，曲柄销应为中空，则其中空两端应采用图 1-14 所示方法加以密封。图中 a) 是用铝盖和螺栓拉紧来密封，图中 b) 是用螺塞密封。

主轴颈上的油孔除用作润滑油的通道外，当其装以转瓦工具后可用以转出主轴承下轴瓦。

### 3. 重叠度：

曲轴的重叠度如图 1-15 所示，它可以增加曲轴刚性和弯曲强度。高速柴油机曲轴不少都有重叠度；在大型低速柴油机中也有用减小活塞行程或改进曲轴结构等方法以使曲轴有重叠度，前者如 B&WDE62-VT2BF-90 型柴油机；后者如道克斯福柴油机由 P 型曲轴改进为 J 型曲轴等。

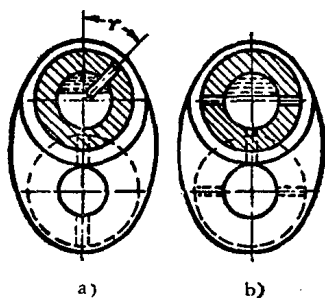


图1-13 曲柄销油孔  
a)管子油道；b)水平油孔

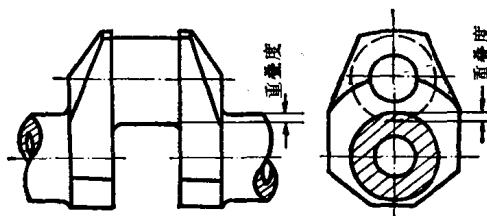


图1-15 曲轴的重叠度

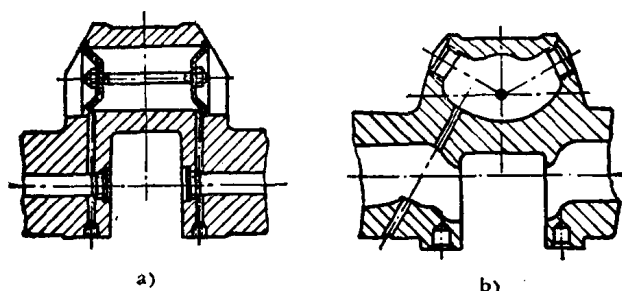


图1-14 轴颈中空部分的密封  
a)铝盖、螺栓密封；b)螺塞密封

### 4. 曲柄的编号与曲柄的排列：

曲柄的编号是与气缸编号相同的。我国国家标准和绝大多数柴油机制造厂规定曲柄的编号是由曲轴自由端开始，以离自由端最近的曲柄为\*1曲柄，然后向飞轮端依次编号，如图 1-16 右图所示。本书中曲柄的编号也按此规定。但是也有些机型的柴油机，如曼恩 (MAN)、SKL NVD36AU 和 NVD48A-2U 等机型曲柄的编号却与上述规定相反，是由飞轮端向自由端依次编号。

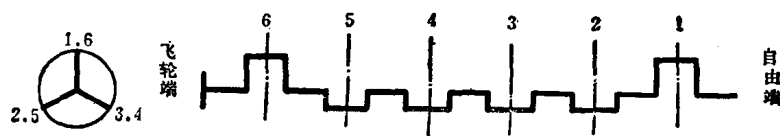




















图1-16 曲柄的编号和曲柄圆图

表1-1

气缸数	曲柄排列	四冲程柴油机		二冲程柴油机	
		曲柄发火夹角	发火顺序	曲柄发火夹角	发火顺序
2		360°	1-2		
2		180° 和 540°	1-2	180°	1-2
3		240°	1-2-3	120°	1-2-3
4		180°	1-2-4-3 1-3-4-2		
4				90°	1-3-4-2
5		144°	1-2-4-5-3	72°	1-5-2-3-4
6		120°	1-5-3-6-2-4 1-2-4-6-5-3		
6				60°	1-6-2-4-3-5
6				60°	1-6-4-2-5-3
7		102 $\frac{6}{7}$ °	1-2-4-6-7-5-3	51 $\frac{3}{7}$ °	1-7-2-5-4-3-6
8		90°	1-6-2-4-8-3-7-5 1-3-7-5-8-6-2-4		
8		90°	1-2-4-6-8-7-5-3		
8				45°	1-8-2-6-4-5-3-7
9				40°	1-9-2-7-4-5-6-3-8
9				40°	1-9-4-3-7-5-2-8-6
10		72°	1-6-2-8-4-10-5-9-3-7 1-6-9-3-7-10-5-2-8-4		
10				36°	1-10-2-8-4-6-5-7-3-9
12				30°	1-6-8-10-3-5-7-12-2-4-9-11



多缸柴油机为了使其有良好的平衡性和运转平稳，并考虑到曲轴的扭转振动和改善主轴承的负荷，在曲轴的每一转或两转中，各缸的喷油、燃烧时刻是相互错开的，这样，也就要求曲柄相互错开一定的角度。这种单位曲柄按一定次序和一定夹角的组成称为曲柄的排列。曲柄的排列可由曲柄圆图表示。曲柄圆图是指曲轴上各曲柄由自由端向飞轮端的端面投影图。图1-16左图所示为常见的六缸四冲程柴油机的曲柄圆图，它表示了该曲轴各曲柄的排列情况。

曲柄的排列主要由以下因素决定的：

①曲柄圆上各曲柄夹角  $\varphi$ （曲柄发火夹角）应相等，以使柴油机运转均匀平稳。由于四冲程和二冲程柴油机完成一个工作循环曲轴的回转数不同，故：

$$\text{四冲程柴油机} \quad \varphi = \frac{720^\circ}{\text{气缸数}}$$

$$\text{二冲程柴油机} \quad \varphi = \frac{360^\circ}{\text{气缸数}}$$

②发火顺序。柴油机在一定的曲柄排列情况下，以一定的定时关系，合理地错开各缸喷油、燃烧时刻，它们按一定次序进行有规律的发火，称为发火顺序。发火顺序与曲柄排列关系密切，一定的曲柄排列能排出相应的发火顺序，故在确定曲柄排列时也应考虑发火顺序。例如：二冲程四缸柴油机的发火顺序可以是1-3-2-4，也可以是1-4-2-3，两者的曲柄排列则就不同。发火顺序的选择除考虑柴油机的平衡性和扭转振动外，还应尽量避免相邻两缸连续发火，以免主轴承负荷过重。

多缸柴油机常用的曲柄排列和发火顺序列于表1-1中。

#### 5. 二冲程和四冲程柴油机曲轴的识别：

由上述和表1-1所列可知：在缸数相同情况，二冲程和四冲程柴油机曲轴的曲柄夹角是不同的，前者为后者之半。缸数为偶数的柴油机，这一区别往往是可从曲轴直接识别该曲轴是用于二冲程还是四冲程柴油机上的—种简便方法。例如：有一根六曲柄曲轴，由其端面大概可看出曲柄夹角为  $120^\circ$ ，可确定该曲轴是用于四冲程柴油机上；若曲柄夹角为  $60^\circ$ ，则用于二冲程柴油机上，因为它们的曲柄圆图是不同的。缸数为奇数的柴油机，虽然也具有这一区别的特性，但它们的曲柄圆图是相似的，仅发火顺序不同，故就难以利用这一特性从曲轴直接识别，为此应按表1-1中所列的曲柄夹角和发火顺序综合考虑识别之。

#### 6. 曲轴的轴向定位：

曲轴的轴向定位是限制曲轴运转时太大的轴向窜动，常用的方法有：

①将某道主轴承做成止推轴承，即做成带有凸缘的轴承，利用其两个端回来限制曲轴的轴向窜动。一般柴油机都是以靠近飞轮端的那道主轴承作止推轴承。图1-17所示为6250型柴油机曲轴的止推轴承，由于它还要承担飞轮重量，故它的宽度也比其它主轴承略宽些。

止推轴承只能用来限制曲轴的轴向窜动，不能用来承受螺旋桨发出的轴向推力，后者需由推力轴承承受。

②在曲轴上安装止推盘。图1-18所示为146W型柴油机曲轴的止推盘结构图。止推盘装于曲轴上与曲轴一起转动，止推盘前后的两个止动铜片限制曲轴作轴向窜动，止动铜片磨损后可用调节垫片来调节它们之间的轴向间隙。

③柴油机本身带有推力轴承，则其能起到限制曲轴轴向窜动的作用。

④当主轴承采用滚动轴承时，则滚动轴承可以限制曲轴的轴向窜动。