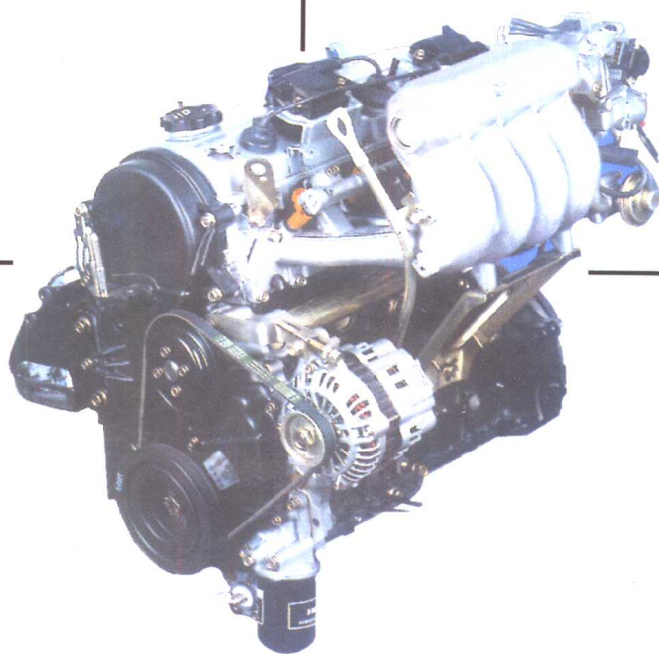


燃

内 燃 机 典 型 零 件 损 伤 图 谱

魏春源 曲振玲 张卫正 编著



内

机

北京理工大学出版社

内燃机典型零件损伤图谱

魏春源 曲振玲 张卫正 编著

北京理工大学出版社

内 容 简 介

本书是从大量的内燃机常见损伤零件中以其损伤形貌为特征经筛选编撰而成，它使读者能够更好地分析故障的成因，具有鲜明的对照性和直观性。书中还简要地给出了由于设计、工艺、材料、装配、使用等方面造成损伤的可能原因。

本书是内燃机科研、生产人员、失效研究人员和使用维修工作者重要的参考书，也可供有关院校师生参考。

图书在版编目(CIP)数据

内燃机典型零件损伤图谱/魏春源等编著. —北京：北京理工大学出版社. 2001.8
ISBN 7-81045-843-4

I. 内… II. 魏… III. 汽车-内燃机-零部件-损伤-图谱 IV. U464.13-64

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2001) 第 033917 号

责任印制：刘京凤 责任校对：郑兴玉

北京理工大学出版社出版发行
(北京市海淀区中关村南大街 5 号)
邮政编码 100081 电话(010)68912824
各地新华书店经售
北京房山先锋印刷厂印刷

*

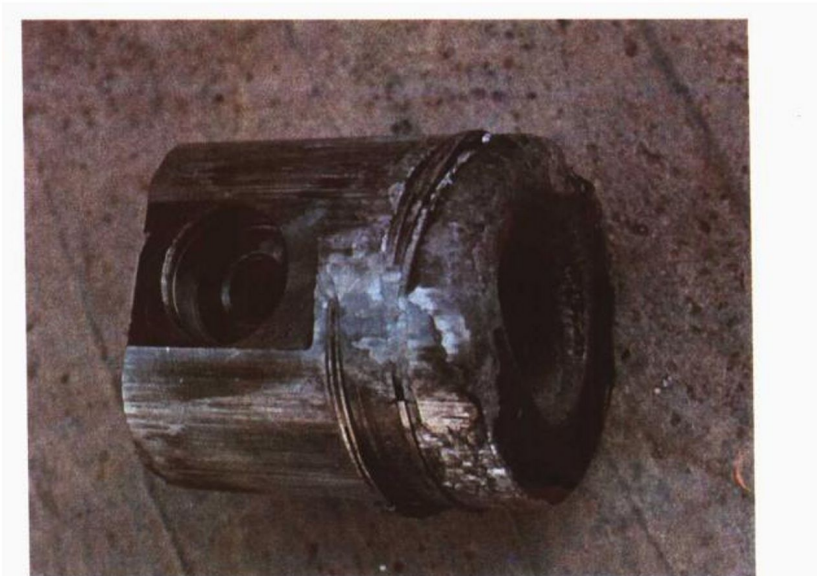
787 毫米×1092 毫米 16 开本 4.5 印张 彩插 3 90 千字
2001 年 8 月第 1 版 2001 年 8 月第 1 次印刷
印数：1—3000 册 定价：11.00 元

※图书印装有误，可随时与我社退换※



6120 柴油机活塞拉缸

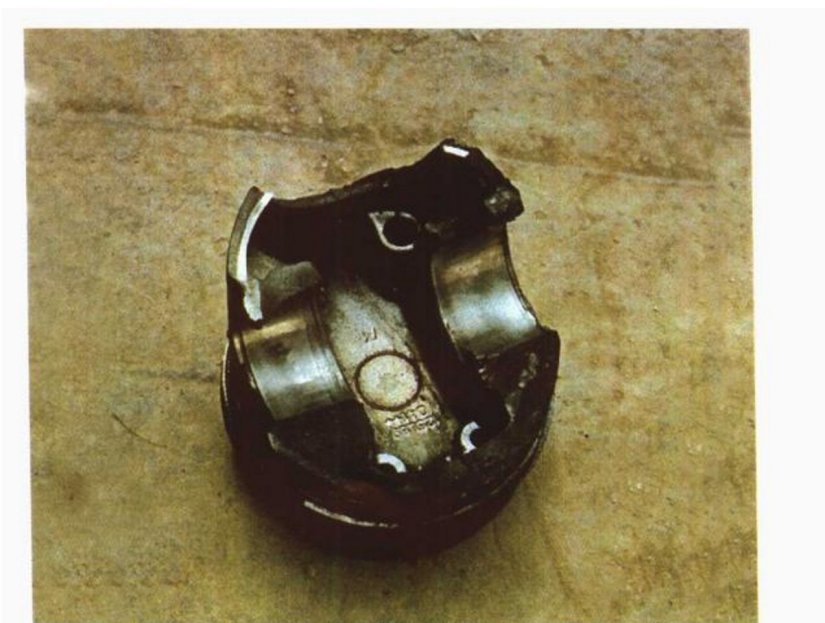
原因：将6135柴油机上的喷油器装在6120柴油机上，使活塞顶过热、积炭、活塞环粘结，直至拉缸停车。



活塞烧顶

特征：燃烧室喉口边缘烧蚀并扩展至缸缸。

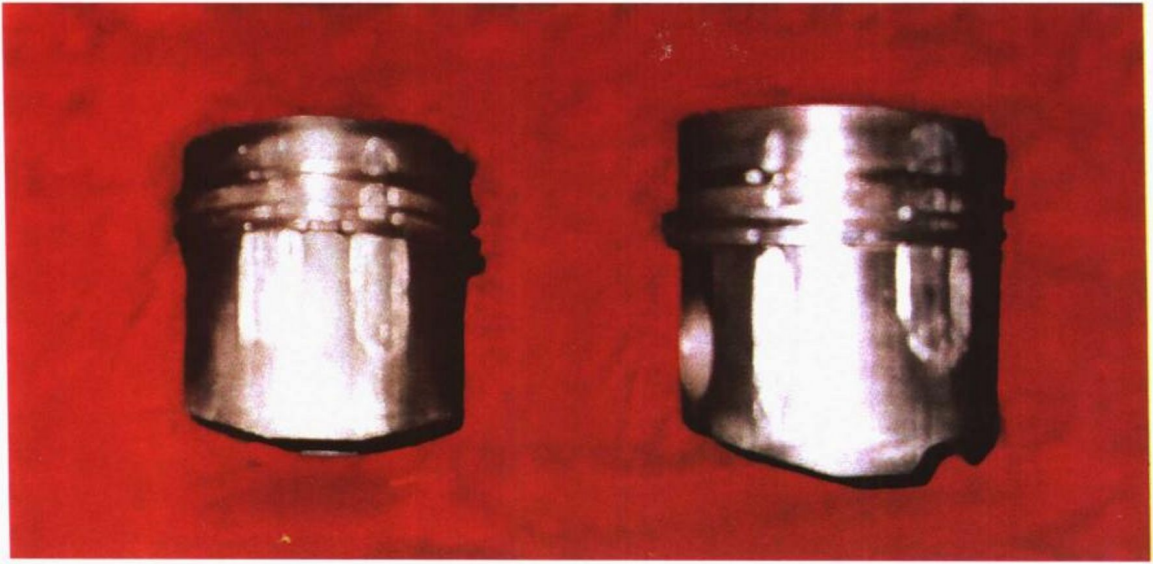
原因：喷油器失效。



活塞裙部及座孔断裂

特征：活塞整个下部碎裂。

原因：内燃机超速或缺油使连杆螺钉断裂或变形，
使连杆与盖脱开并撞击机体与曲轴。



活塞四点划伤

特征：活塞销孔两侧处划伤。

原因：冷却液温度低或流量不足；不适当的连续冷起动；大负荷工作后马上停车；超负荷运行；活塞销与孔配合不当。



座孔内侧压裂

原因：机械负荷过大；销与销孔刚度不匹配，变形不协调。



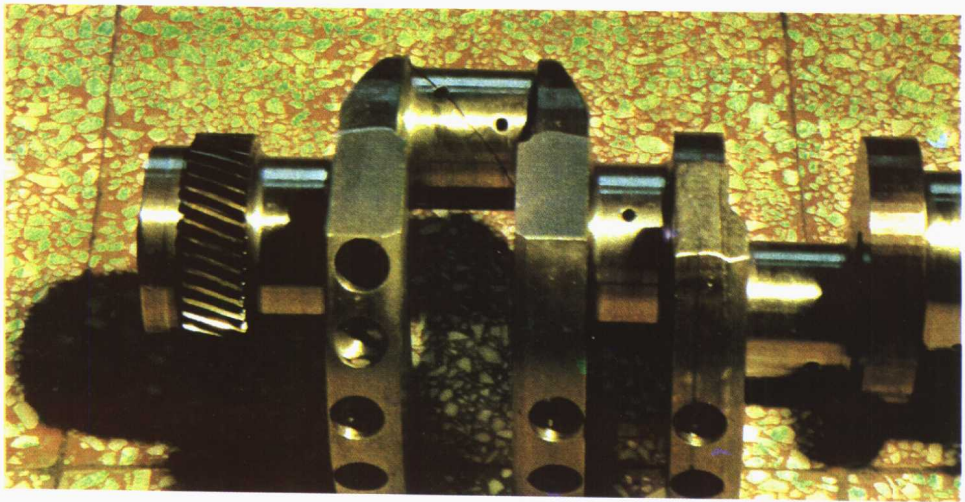
活塞顶外侧疲劳腐蚀损伤

特征：活塞顶、火力面外侧及周向材料呈点状连片损伤，它出现在严寒地区冷起动。

原因：频繁冷起动引起酸性介质（燃烧气冷凝）腐蚀；冷起动时出现突发性爆震，特别是在发动机压缩比较低情况下。



活塞弯曲疲劳（疲劳源在圆根处）



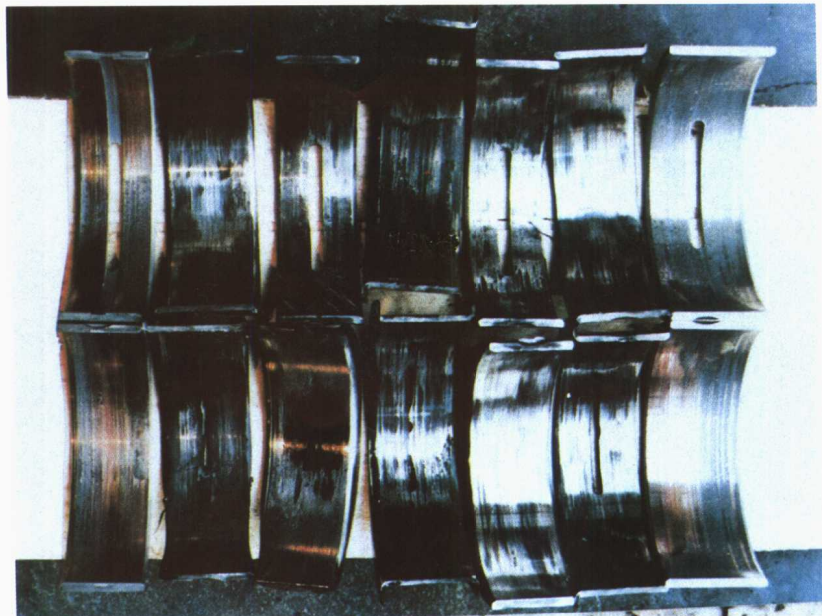
连杆轴颈扭转疲劳裂纹（疲劳源在油孔处）



连杆轴颈扭转疲劳断裂（疲劳源在油孔处）



连杆轴颈扭转疲劳断口



曲轴主轴承烧伤

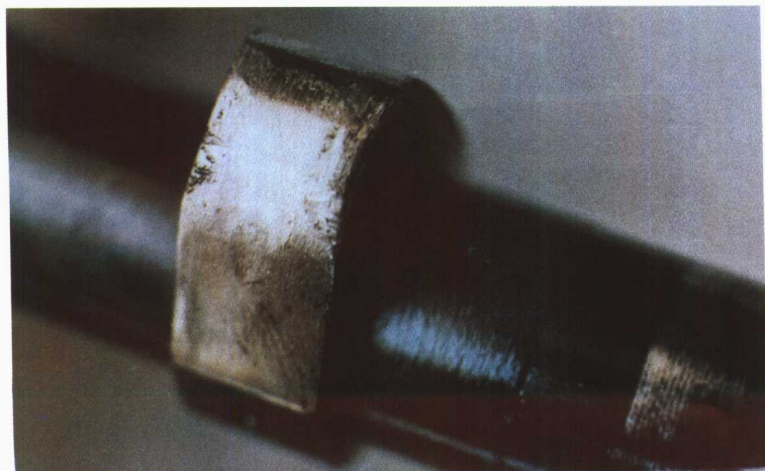
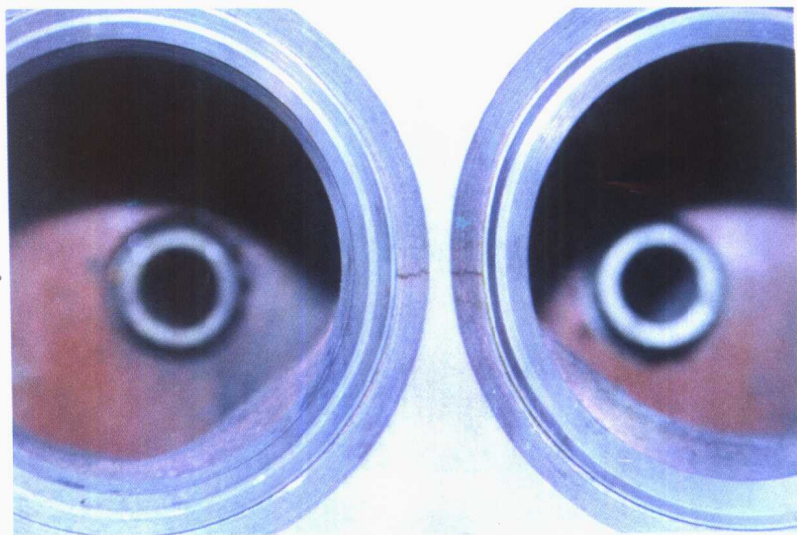
特征：柴油机全部主
轴瓦损坏。

原因：机油滤清器堵
塞；未装机油
滤清器密封圈。

气缸盖进、排气门 间鼻梁区裂纹

特征：从微裂纹到贯穿裂纹

原因：热负荷过高；鼻梁区太窄。



凸轮桃尖及型面严重磨损

原因：机械负荷过大；加工质量
不符合要求。

前 言

内燃机的不断完善和发展是与不断对内燃机出现的故障（损伤）进行分析、研究密切相关的。这是改进产品结构，不断提高性能和可靠性的重要途径。厂家不但注重生产过程中严格的质量控制和管理，而且也十分重视售后服务，关心产品出厂后的种种故障和损伤情况，如汽车回收制度，以便从可靠性定期抽样试验及在各种使用场合下的故障和损伤的“场”统计分析中得到可贵的资料。这些故障和损伤资料隐含了产品设计、材料、工艺、安装、使用等各个方面的丰富信息。故障和损伤可以告诉我们发生了什么，为什么发生，怎样才能避免。

由于事物的独立性和相关性，不同的损伤有其不同的原因和表现形式；但就是同一损伤也可能是由一个原因或多个原因而单独发生或综合发生，因而同一类型的损伤表现形式既相同又不尽相同；再则，一种零部件的损伤形式随着事态的发展又可能转变为另一类的损伤形式。单从损伤件损伤的形貌，在很多情况下还不能准确地判断其原因，还必须要有的内燃机的工作时间、工作条件、使用工况、维修状况、燃油与机油品质和相应的一些零部件的损伤等详细资料。这说明了每一个（或几个）损伤件背后都有一个或大或小的“故事”。所有这些，表明了零件故障和损伤分析的难度和复杂性，并带有某种程度的随机性。但只要有零部件故障和损伤的不断积累，对相关影响因素的深入研究、分析，并在有关理论指导下，还是能找到符合实际的损伤判断。

本书仅以图谱形式就内燃机主要件典型损伤从现象、特征、可能的原因及预防、改进措施等方面加以说明，同时还给出了相关零件在正常工作时的一些图表及特征数据。其目的在于能给读者一些方向性的启示，以期加强对内燃机零件故障和损伤的认识与重视，不断充实、积累零件故障和损伤的资料库，使我国内燃机行业技术水平不断提高。这就是我们编写本书的初衷。

山西发动机研究所邵仰一（研究员级高级工程师）和岳文忠（高级工程师）主审了本书全部内容并提出了许多宝贵意见，华北柴油机厂高书堂（高级工程师）对本书的编写也给予了大力帮助，在此表示衷心的感谢。

由于我们的知识、经验及资料的收集有限，读者如能从中得到一些启示，我们将甚为欣慰。不当之处，恳请赐教。

编著者

2000年12月于北京

目 录

第一章 轴承

一、轴承基本型式	(1)
二、材料及金相组织	(2)
三、轴承工作状况	(4)
四、影响轴承损伤的因素	(4)
五、损伤形貌	(5)
1. 异物侵入	(5)
2. 表面擦伤、磨损、剥落、烧熔	(7)
3. 负载不均匀、偏磨	(8)
4. 表面反应(穴蚀、腐蚀、电流、疲劳等)	(12)
5. 碎斑、裂纹、合金层滑移	(18)
6. 微动磨损、撞伤	(19)

第二章 活塞组

一、活塞的典型结构及环组	(21)
二、活塞的型线及温度分布	(23)
三、活塞环结构、径向压力分布和工作面	(26)
四、典型活塞环组	(26)
1. 轿车汽油机活塞环组	(26)
2. 轿车柴油机活塞环组	(27)
3. 载重车柴油机活塞环组	(27)
4. 船用和固定式柴油机活塞环组	(27)
五、内燃机工况和冷却方式对活塞及第一环温度的影响(方向值)	(28)
六、损伤形貌	(28)
1. 顶和头部损伤	(28)
2. 环区烧伤、拉伤、粘结,环岸损坏、磨损	(30)
3. 裙部划伤、破裂、腐蚀	(34)

第三章 曲轴、连杆

一、曲轴组损伤形貌	(36)
1. 轴颈烧损、磨损	(36)
2. 弯曲和扭转疲劳	(37)
二、连杆组损伤形貌	(38)

第四章 气门、挺柱、凸轮轴

一、气门受热状况、典型温度分布和座合面尺寸	(40)
二、损伤形貌	(41)

1. 气门头部烧伤、积炭、磨损、蚀痕、麻坑·····	(41)
2. 气门杆磨损、腐蚀、折断、弹簧断裂·····	(43)
3. 挺柱磨损、麻坑·····	(44)
4. 推杆弯曲、球头(球窝)磨损·····	(44)
5. 凸轮表面拉伤、桃尖磨损、点蚀·····	(45)

第五章 气缸套、气缸盖

一、气缸套结构及内壁网纹·····	(47)
二、损伤形貌·····	(48)
1. 气缸套内壁拉伤、划伤·····	(48)
2. 气缸套的穴蚀、水垢、腐蚀·····	(48)
3. 气缸套裂纹、变色·····	(49)
4. 气缸盖积炭、裂纹、侵入异物、镶块裂口·····	(50)

第六章 喷油器、喷油泵

一、常见的损伤及关键数据·····	(52)
二、损伤形貌·····	(52)
1. 磨损·····	(52)
2. 穴蚀·····	(53)
3. 针阀体头部断裂·····	(54)

第七章 火花塞

一、火花塞、传热途径、型式、热特性·····	(55)
二、损伤形貌·····	(57)
附录 拉缸·····	(59)
参考文献·····	(63)

第一章 轴 承

一、轴承基本型式

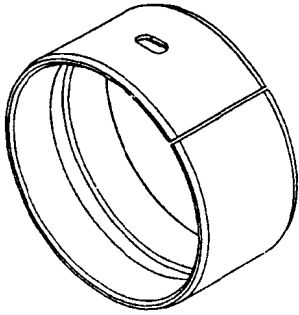


图 1-1 轴套

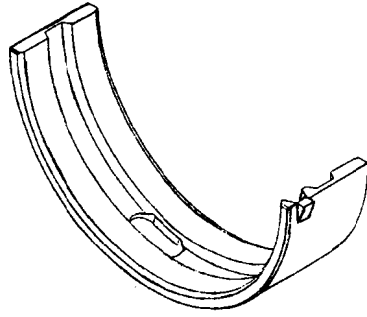


图 1-2 轴瓦

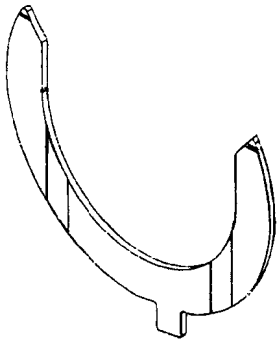


图 1-3 止推片

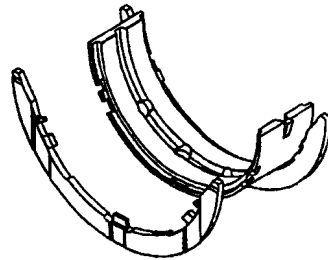


图 1-4 组合式止推轴瓦

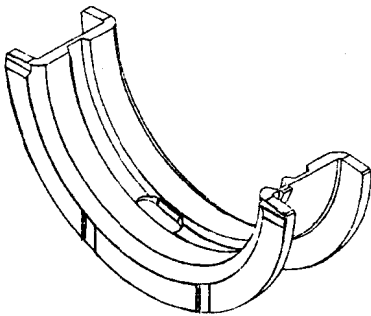


图 1-5 止推轴瓦

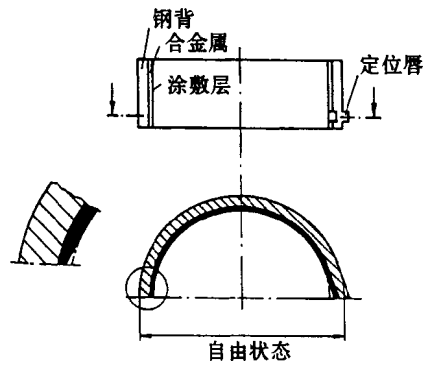


图 1-6 三层合金轴瓦

二、材料及金相组织

内燃机用轴承材料必须具备下列性能：

(1) 耐疲劳。在动载下不易出现开裂、合金剥落等疲劳损坏现象，且耐疲劳性不应随温度升高而下降。

(2) 抗咬合性。即在内燃机工况变化，特别是频繁起动、停车时出现的边界摩擦时有自润滑作用，以抵抗金属间油膜破坏后的咬合损坏。

(3) 嵌藏性。能忍让侵入轴承中的异物和杂质，使轴颈免遭损伤。

(4) 顺应性。即能克服或减少由于不同心或几何形状偏差、变形等引发的局部负荷过大的能力。

(5) 磨合生。能在尽短时间内适应轴颈因加工或安装所产生的形状和形位偏差。

此外对耐腐蚀性、耐磨性、导热性等也有一定要求。

目前还没有一种材料能满足上述要求，需要有数种材料的搭配，而且根据不同的内燃机和同一内燃机的不同地方而各有侧重才能实现。内燃机用轴承主要有白合金、铅青铜合金和铝基合金三类，即：

(1) 白合金（又称巴氏合金）。它分为锡基和铅基两种。锡基白合金的基本金属为锡，铅基白合金的基本金属为铅。锡基白合金的耐磨性、嵌藏性及耐腐蚀性优于铅基白合金，但铅基白合金的高温强度好。白合金抗疲劳性差，适用于负荷不高的汽油机上。

(2) 铅青铜轴承合金。它是在钢背内表面烧结有铅、锡、铜合金层，厚度约 0.3~0.6mm。铅起着良好的减摩作用，锡可提高合金的强度和耐疲劳。这种轴承合金的承载能力可高达 68.6~98MPa。但铅青铜的磨合性能、嵌藏性及耐机油的腐蚀性差。为此在它上面再涂敷一层厚度约为 0.02~0.03mm 的铅、锡、铜或铅、钢软合金层，以提高和改善表面的磨合、抗咬合和耐磨损、抗穴蚀性能。这样便构成三层铅青铜合金轴瓦。为防止铜、铅合金层与表面镀敷层中的锡向铜、铅合金层扩散，在涂敷表面合金层前要先镀一层 0.015~0.025mm 厚的镍栅镀层。

(3) 铝基轴承合金。它主要是铝锡合金。按含锡量多少可分高锡铝合金($w(\text{Pb})=20\%$)和低锡铝合金($w(\text{Pb})=6\%$)。高锡铝合金轴承表面顺应性、嵌藏性好；低锡铝合金承载能力较高。铝基合金不能烧结在钢背上，而是与钢带轧制在一起。铝基轴承性能是软的巴氏合金性能与硬的铅青铜合金性能的折中，兼有白合金减摩性好和铅青铜合金疲劳强度高的特点而广泛应用在汽油机和柴油机上。在低到中等负荷时采用二层铝基轴承，在中到大负荷时在表面再涂敷一层电镀层（即三层铝基轴瓦）。

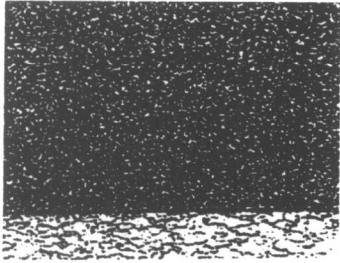


图 1-7 铅基合金

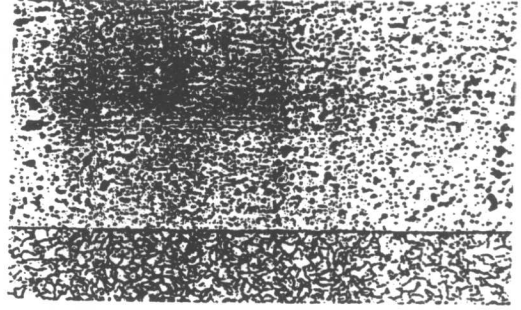


图 1-8 锡基合金

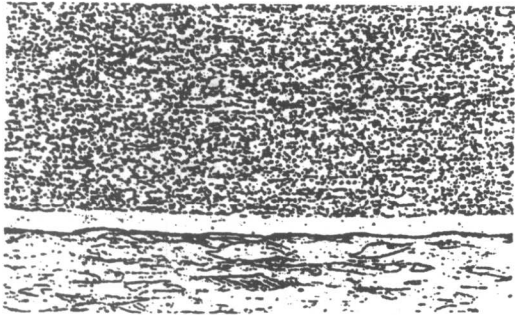


图 1-9 铝合金 AlSn20Cu
(因工艺需要在钢背与铝合金间有约 0.005mm 的纯铝层)

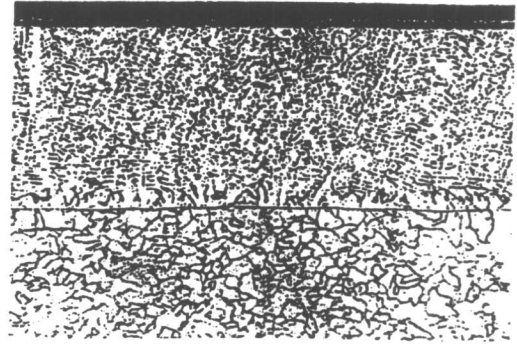


图 1-10 三层铅青铜合金 CuPb22Sn
(在钢背和合金层上还有一层电镀层 PbSnCu)

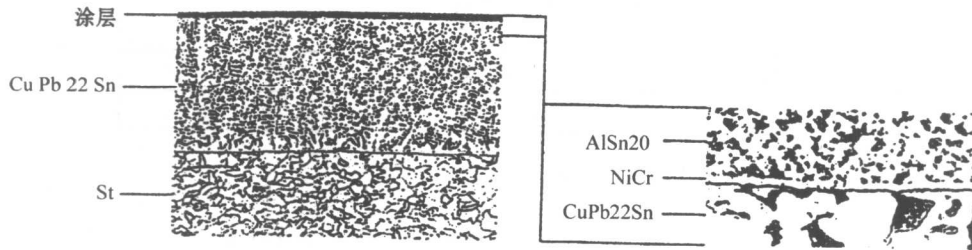


图 1-11 三层铅青铜合金 CuPb22Sn
(在钢背和合金层上还有一层物理蒸发沉积层 AlSn20, 并由 NiCr 层阻隔)

三、轴承工作状况

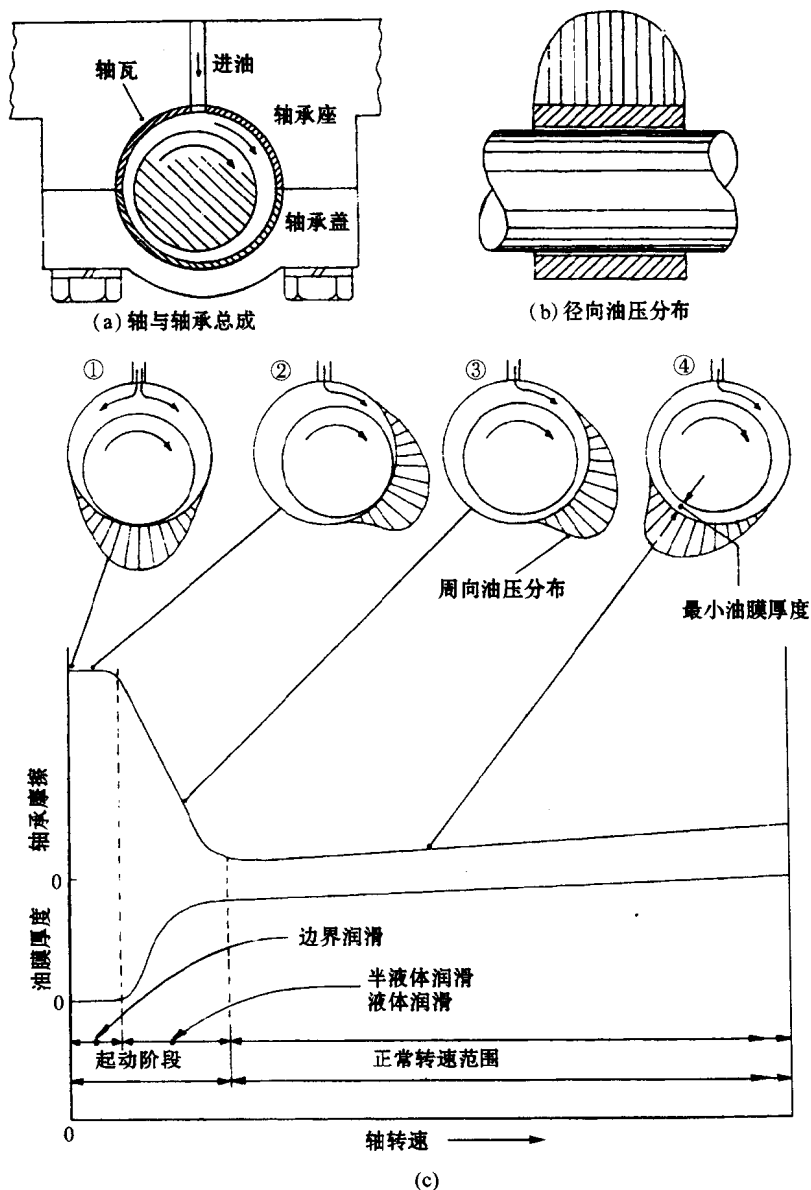


图 1-12 轴颈在轴承内运动时的摩擦和油膜状态
 ①静摩擦；②边界摩擦；③半干（半液体）摩擦；④液体摩擦



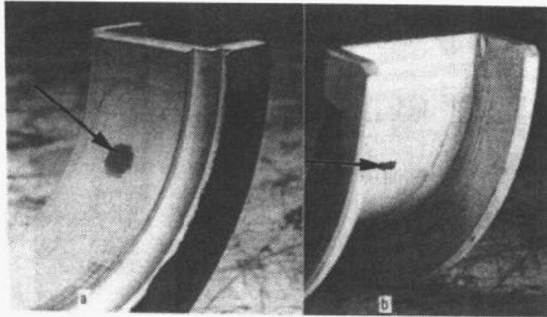
四、影响轴承损伤的因素

内燃机轴承的主要损伤为偏磨、划痕（伤）、嵌入异物、磨损、剥落、烧熔、疲劳、穴蚀、化学腐蚀等。在这些损伤中有的损伤在不出现功能性损坏时实际上还在继续使用。从磨损角度来划分，有正常磨损损伤和非正常磨损损伤两种情况。一般常将工作达 4500h 的轴承损伤归于正常磨损损伤，低于 2000h 或行驶里程在 16000km 内的则属不正常磨损损伤。据统计，由于灰尘、润滑不佳、安装不正确和表面反应（电流、化学腐蚀、穴蚀、疲劳）等原因造成的

轴承损坏分别占 45%、25%、15%、15%。又如一家轴瓦制造公司对 7000 余件轴瓦的实际损伤统计,其各类损伤的百分率分别为:异物占 43.4%,润滑不当占 16.6%,装配不当占 12.2%。轴线偏斜占 11.7%,过载占 6.7%,腐蚀占 4.0%,不明确或其它原因占 5.4%。可见各种统计数据大致接近。此外,由于使用不当,如超速超负荷、长期低速低负荷、不恰当的起动和冷起动也是造成轴承损伤的重要因素。汽车内燃机起动至正常工作温度时造成的轴承磨损量相当于汽车正常行驶 70km 的磨损量;在 0℃ 起动和在 -5℃ 起动至正常工作温度的磨损量则分别为汽车正常行驶 150km 和 180km 时的磨损量。即内燃机每起动一次所造成的轴承等运动件磨损量相当于正常工作几小时的。又如 54-A 柴油机 100 次冷起动后再暖机所引起的磨损量相当正常工作 800~1000h 的磨损量。

五、损伤形貌

1. 异物侵入

现 象	特 征 与 原 因
 <p style="text-align: center;">磨粒磨损</p>	<p>特征:表面某些地方呈研磨状。</p> <p>原因:磨合时由于轴颈表面粗糙的尖端分离而形成磨粒磨损。一般是无害的。在建立起液体承载压力后损伤甚微</p>
 <p style="text-align: center;">划伤 嵌入异物</p> <p style="text-align: center;">侵入(异物)磨损</p>	<p>特征:轴瓦表面嵌入灰尘等异物或受到它们的划伤。</p> <p>原因:外部异物进入轴承软基体内,如机油不洁,油道内的残留物等</p>
 <p style="text-align: center;">侵入磨损</p>	<p>特征:局部磨损或磨穿。</p> <p>原因:残粒进入瓦背,常见的是装配不洁</p>