

内燃机先进技术译丛

 Springer

# 内燃机设计

Verbrennungsmotoren

原书第6版

[德] 爱都瓦尔多·科勒尔 (Eduard Köhler) 著  
鲁道夫·富利尔 (Rudolf Flierl)

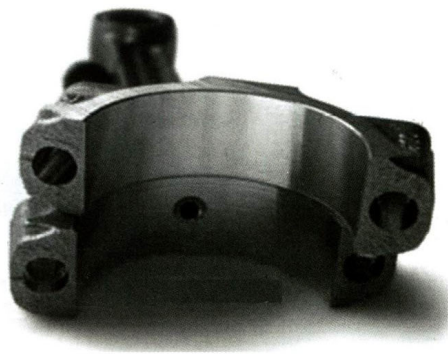
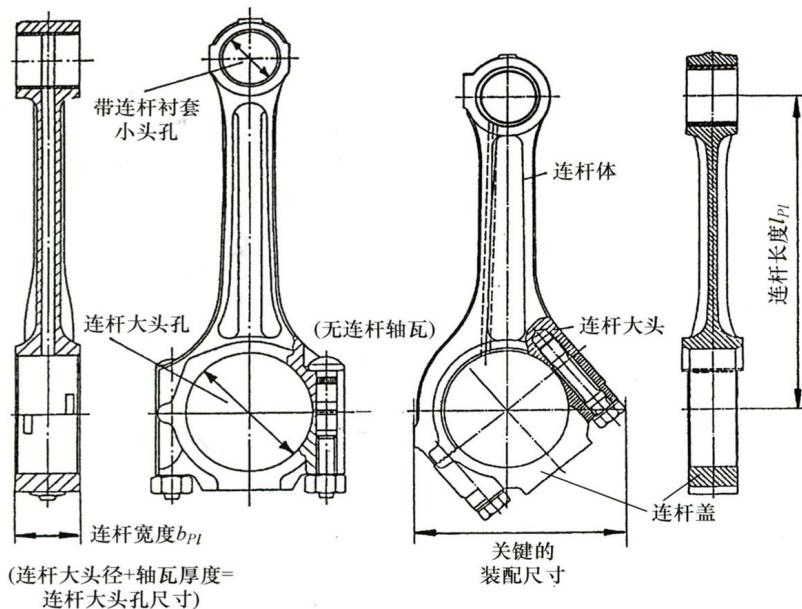
中国第一汽车股份有限公司技术中心 组译

张建强 等译

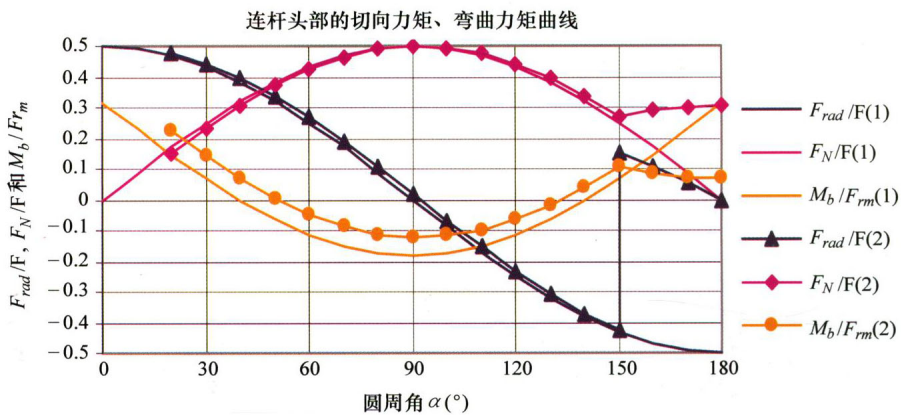
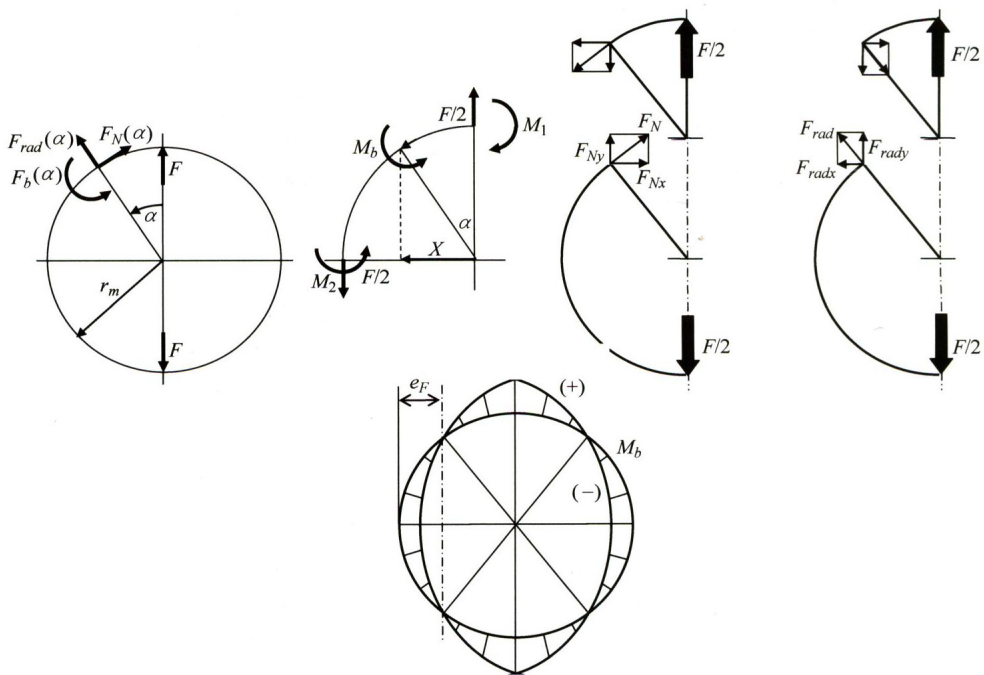
李骏 主审校 / 侯福建 等审校



 机械工业出版社  
CHINA MACHINE PRESS



**图 4.1-1** 连杆的主要尺寸(上): 直切口连杆(左, 乘用车用)及斜切口(右, 商用车用), 引自文献 [C12]; 涨断式连杆(中)(出处: Corus Engineering Steels, Rotherham S60 1DW UK); 传统的工字形截面连杆与赛车上转  $90^\circ$  方向的工字形截面连杆(出处: Carillo Industries, San Clemente, CA(USA))



**图 4.1-7** 环形模型的切向力及切向力矩，弯曲力矩曲线（上）；简化环形模型的径向力与法向力以及弯曲力矩曲线的比较（标识：（1）按照文献 [C12] 使用昂贵的连杆代用模型（标识：（2））（下）

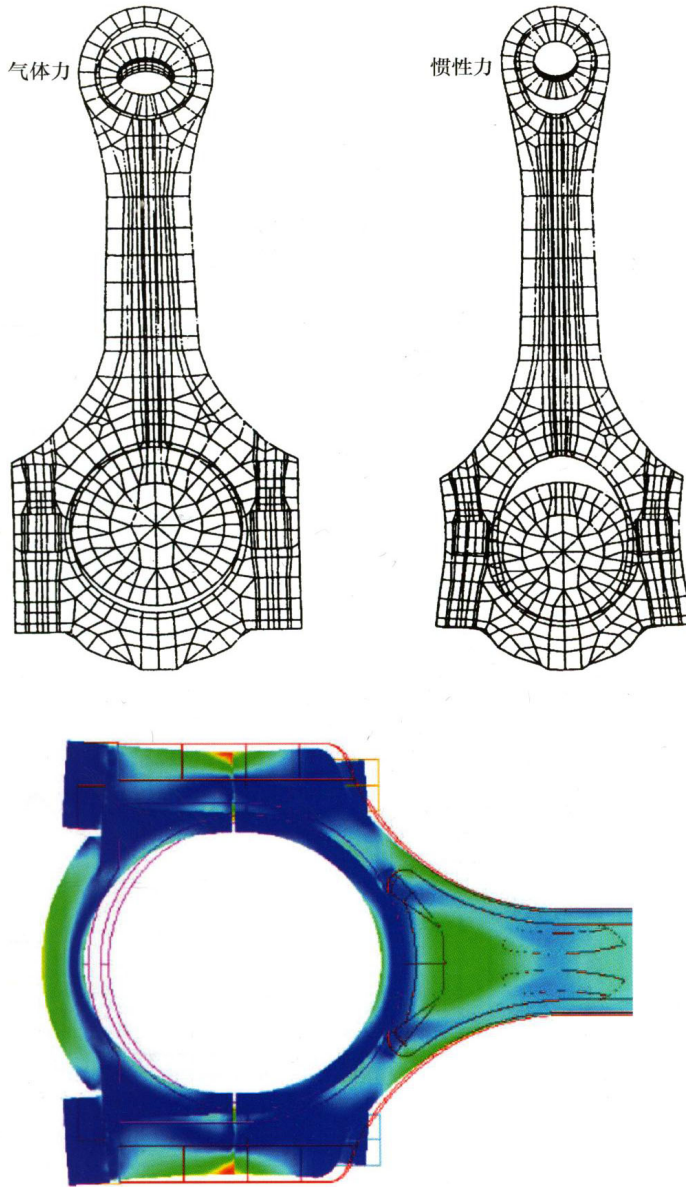
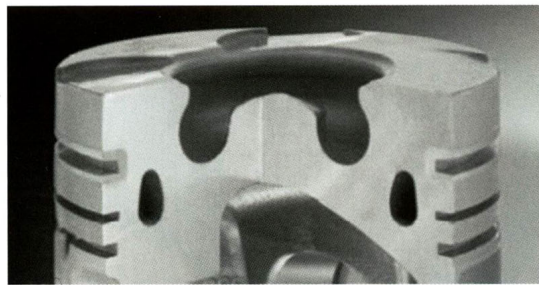
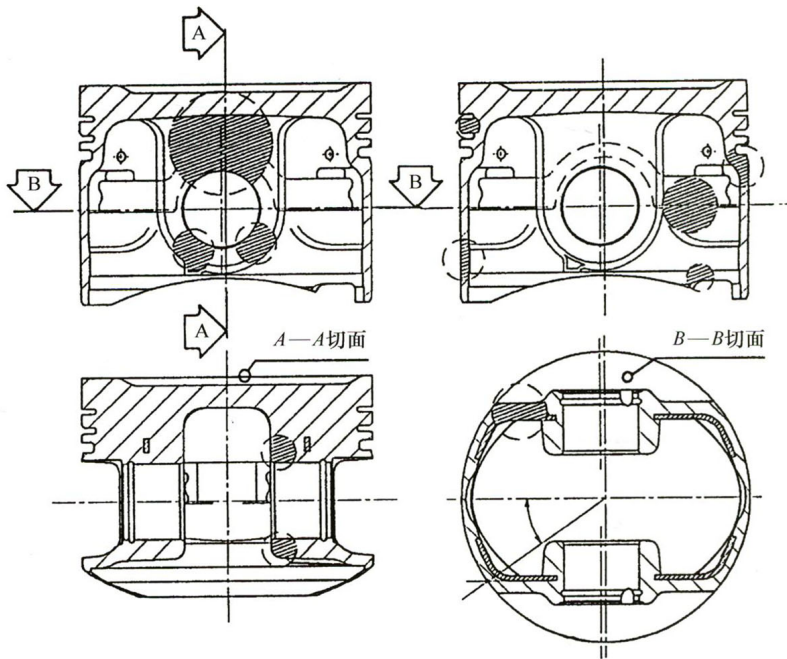
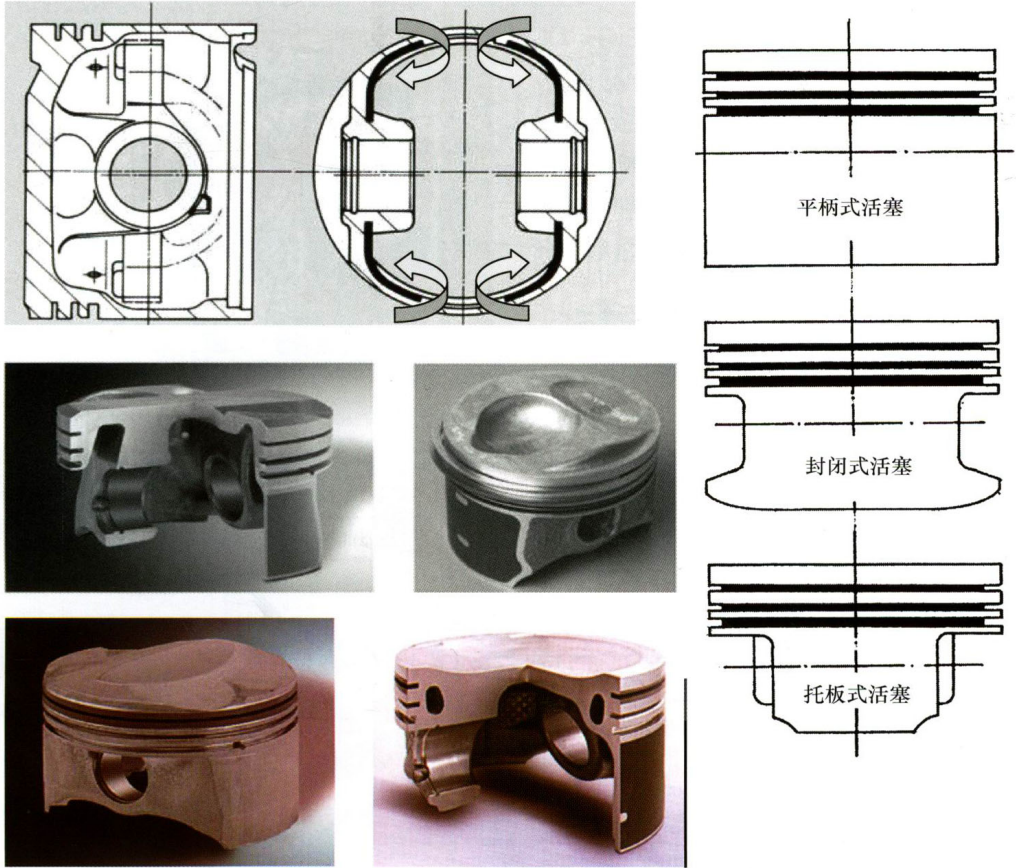


图 4.1-11 在气体及惯性力作用下连杆的变形<sup>[C17]</sup> (上)；  
 连杆大头在惯性力作用下的变形以及应力分布云图 (按“冯米色斯”比较应力；“红”表示高，  
 “绿”表示中及“蓝”表示低负荷)<sup>[C18,C19]</sup> (下)



**图 4.2-1** 活塞上的高负荷区域（示例显示的是传统汽油发动机经过技术优化带防胀钢片的活塞）（上）；乘用车直喷柴油发动机的具有避阀坑的燃烧室边缘（下）（施密特活塞有限公司资料）



**图 4.2-9** 在按此原理起作用的调节活塞上的双金属效应的意义（上）；活塞设计的原则区别，在此根据活塞裙部的形式（右）；现代的单金属轻型活塞 (LiteKS® 形式)（中左）；直喷汽油发动机活塞（第 1 代及第 2 代，缸壁 / 气道混合气形成）（中中及下左）；增压汽油发动机用冷却槽活塞（下中）（插图取自施密特活塞公司技术资料中的活塞示例）

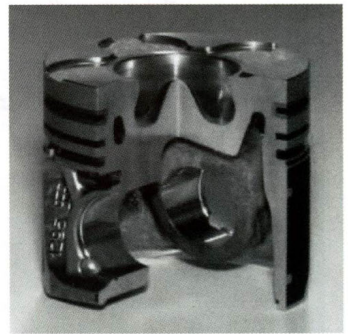
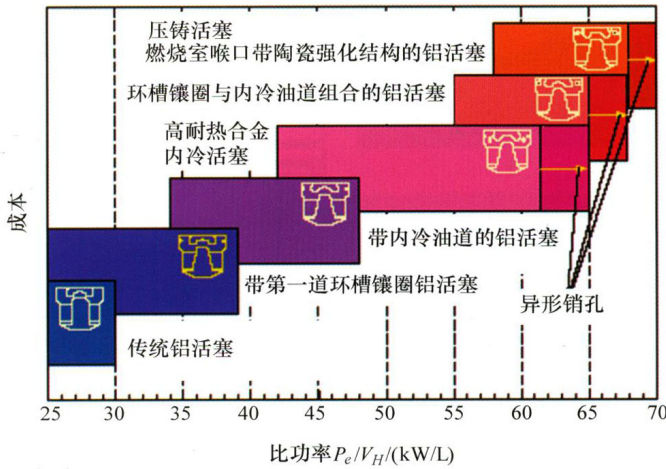
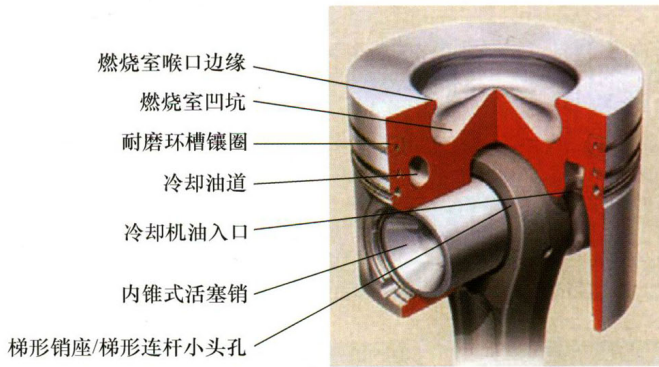


图 4.2-10 当代乘用车柴油机活塞结构特征 (见 [C40]) (上); 乘用车直喷柴油发动机用不同活塞方案的比功率极限 (下左); 奥迪 2.5L V6TDI 用活塞示例 (下右) (引自施密特活塞公司资料)

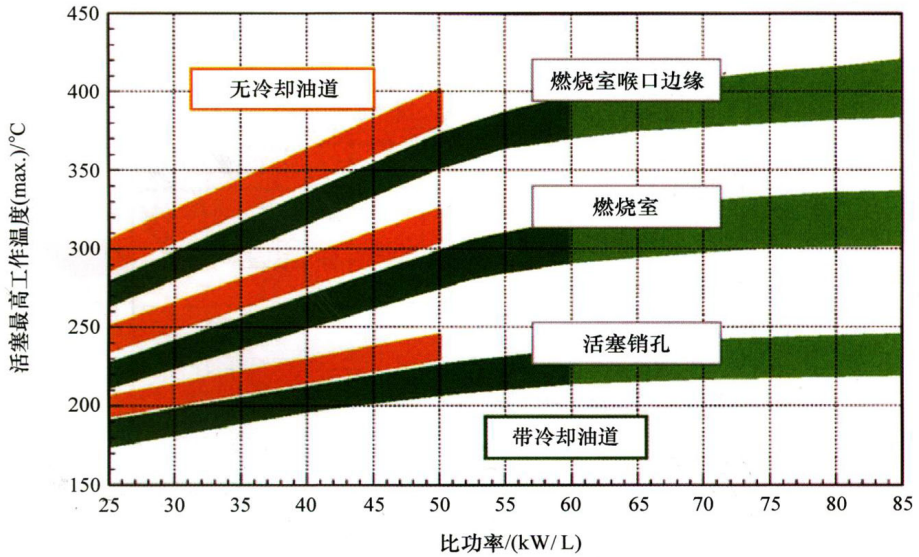
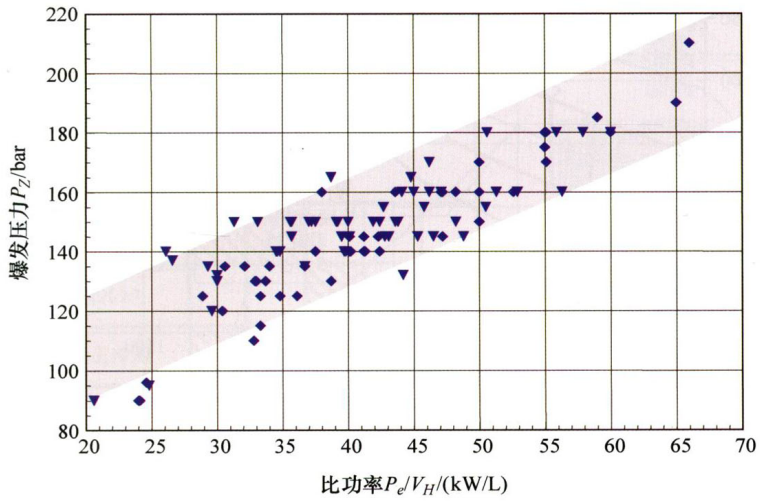


图 4.2-11 乘用车柴油发动机爆发压力与比功率之间的相互关系（上）（引自施密特活塞公司资料）；取决于比功率的带或不带冷却油道的活塞温度（见 [C36]）（下）

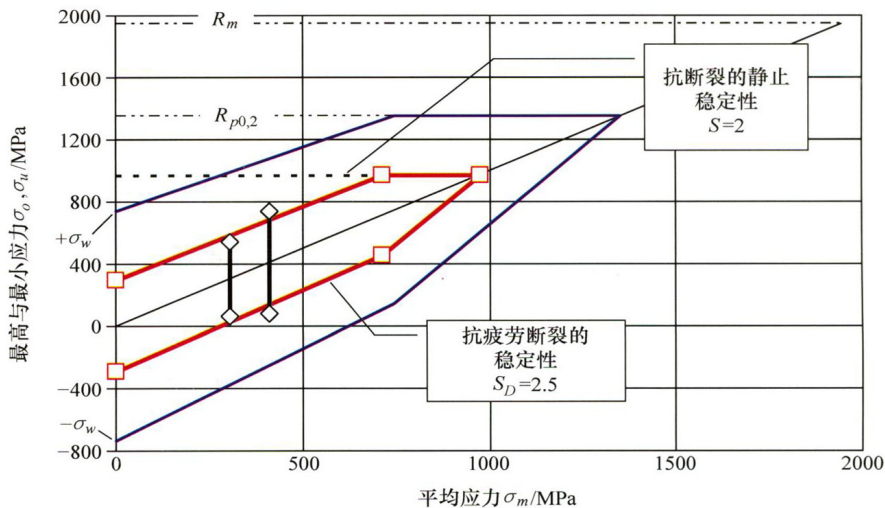


图 4.2-25 活塞销材料 17Cr3 和 16MnCr5 的疲劳强度图示, 适用于表面渗碳; 附加显示: 活塞销全浮装配与半浮动装配不同的两个示例

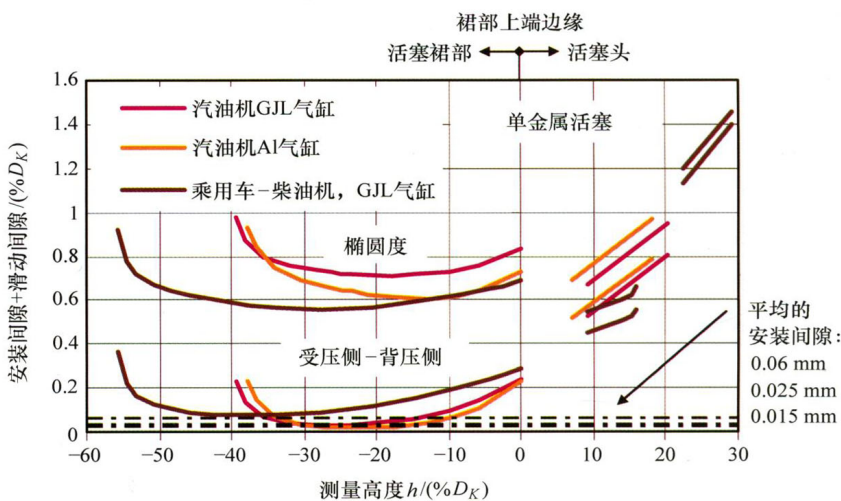


图 4.2-28 以乘用车发动机用单金属活塞为例的不同类型的燃烧方式以及气缸体 / 气缸材料对活塞安装间隙及滑动间隙的影响; 间隙的近似值为活塞直径的百分比 (注释: 考虑到气缸不同的热膨胀的两个汽油发动机活塞裙部范围区别, 即在头部范围总是符合个性设计的要求, 但绝不是其原理本性)

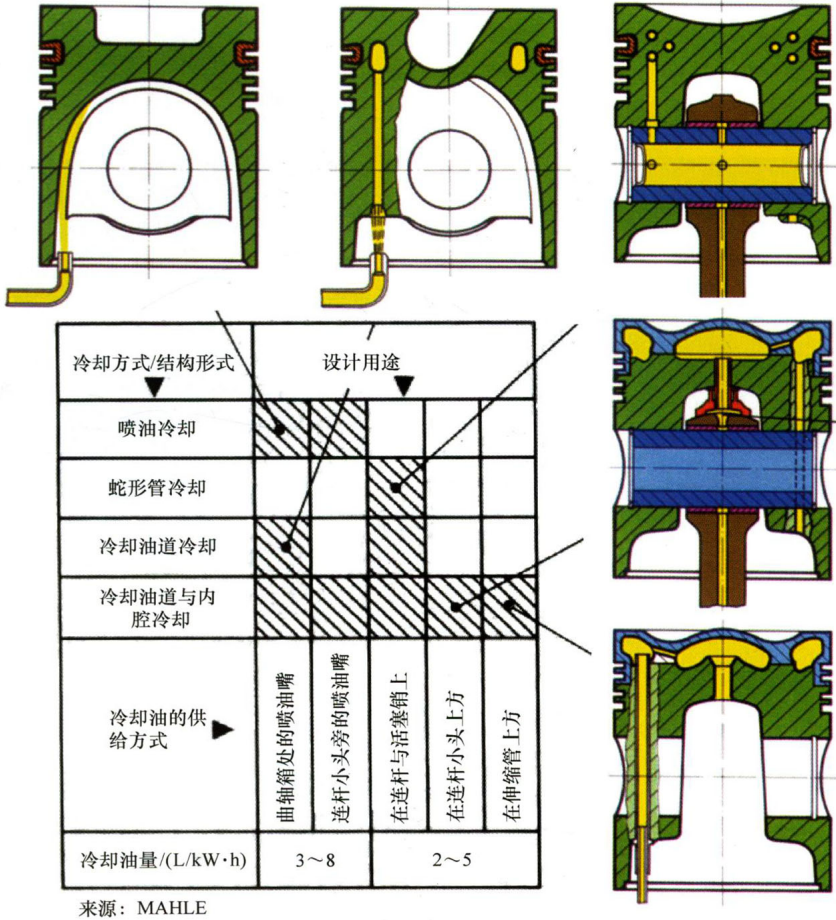


图 4.2-34 活塞润滑油冷却的原理 (引用自 [C32])

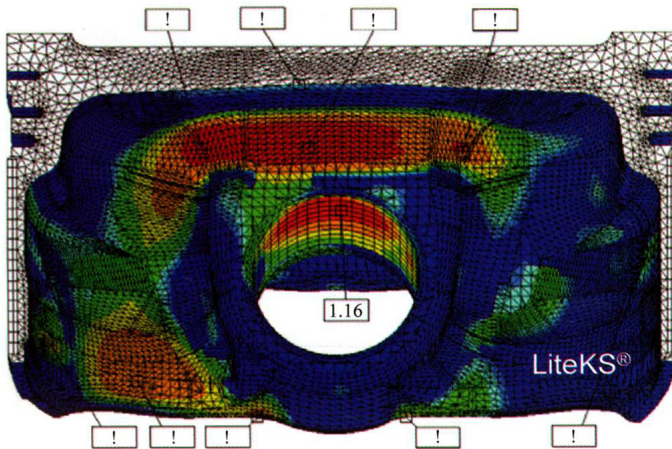


图 4.2-35 以现代汽油发动机用轻型结构活塞 (LiteKS®) 为例在确定的设计负荷下针对过负荷的局部安全性的分布 (“红色”关键, “黄-绿色”较大的安全性, “蓝色”较小的负荷) (引自施密特活塞有限公司的技术资料)



图 4.3-8 “FO” 具有可变径向尺寸的活塞环形式

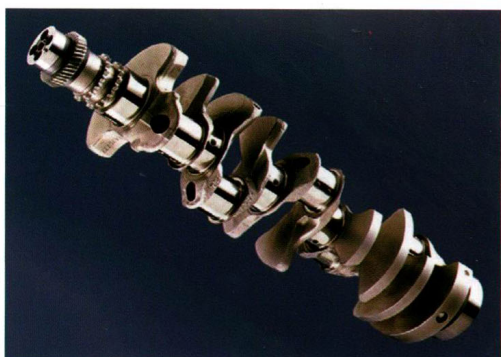


图 4.4-1 宝马 V10 汽油发动机曲轴

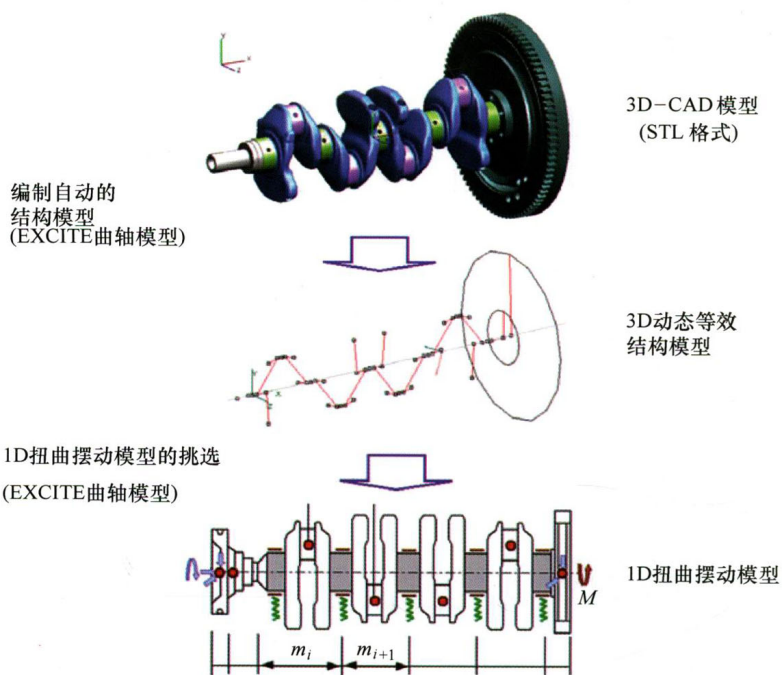


图 4.4-15 模型概述：应力及动态计算用曲轴代用模型

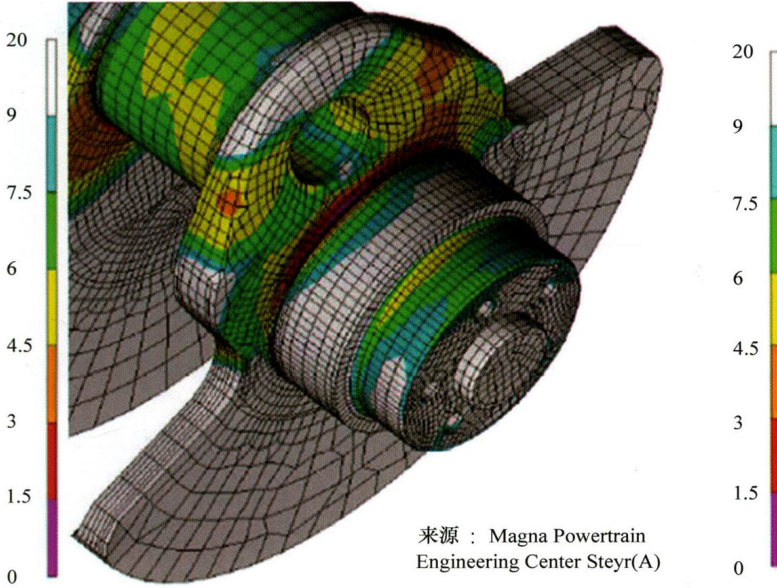


图 4.4-18 通过局部的安全系数表达曲轴的疲劳强度（引自 [E43]）

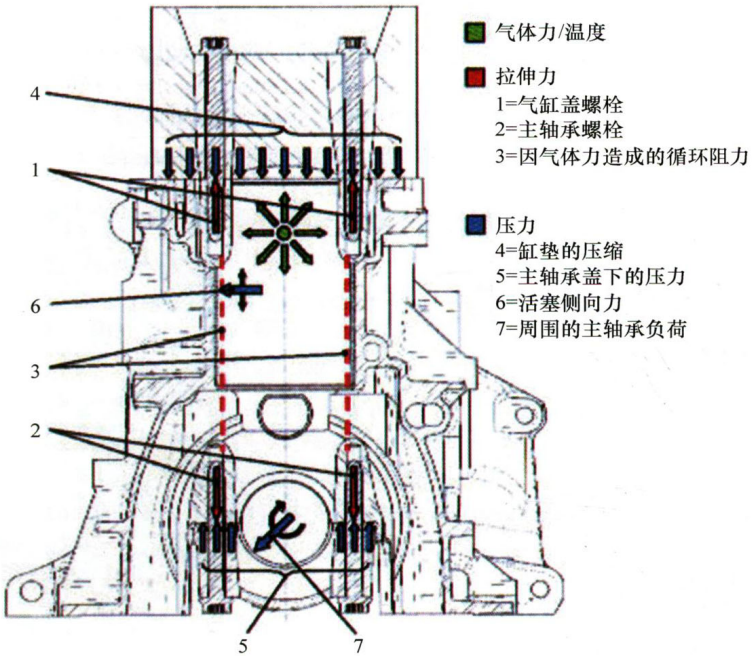


图 4.5-1 气缸体中的负荷<sup>[F1]</sup>

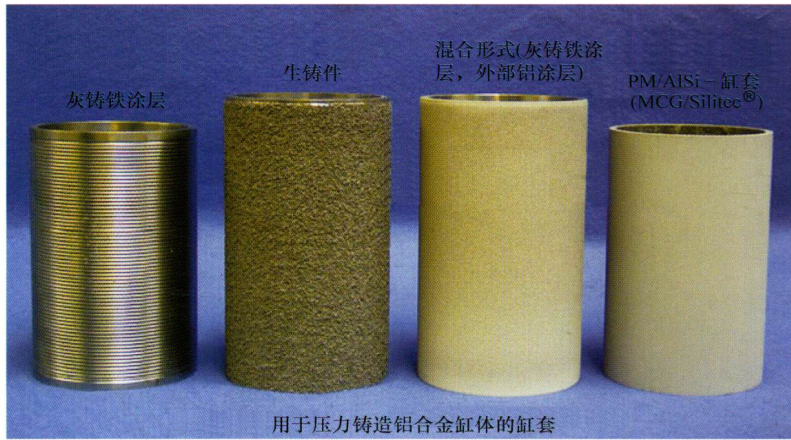


图 4.5-5 用于浇铸在压铸件中的不同的气缸孔摩擦面的形式(上)以及用于热套装及插入式的缸套(下); 插入式湿缸套(右下)

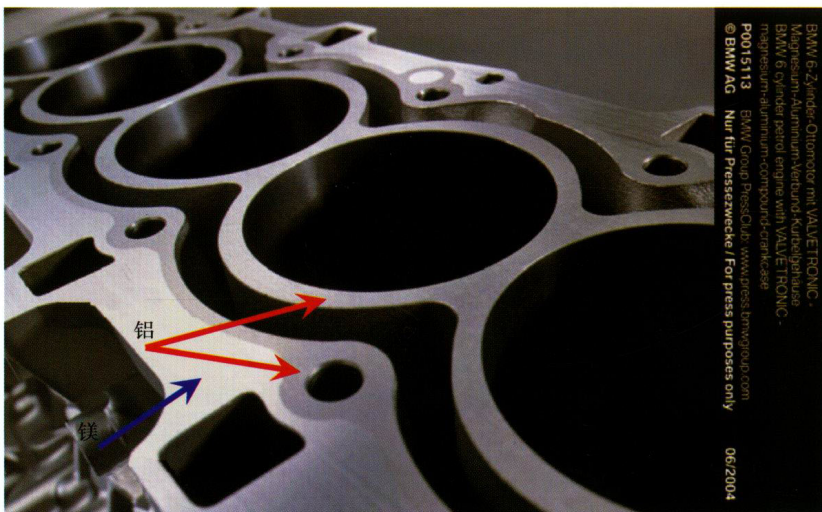


图 4.5-7 镁-铝复合气缸体曲轴箱 [F5]

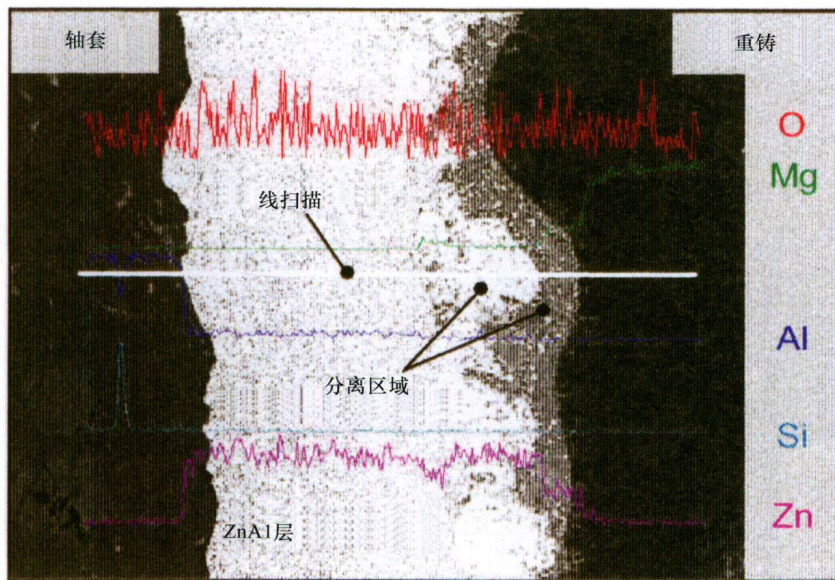


图 4.5-8 连接层<sup>[F1]</sup>

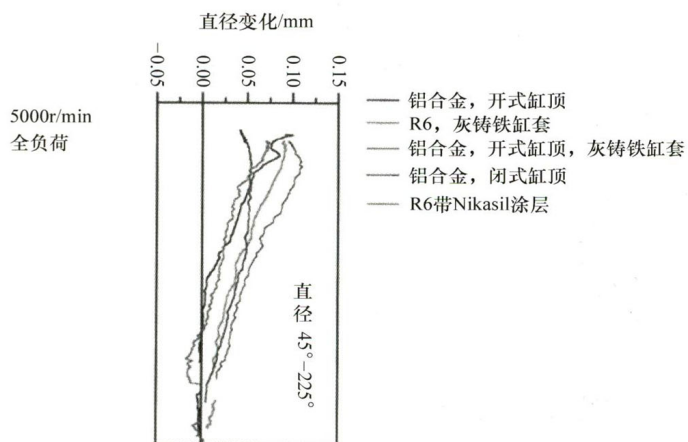
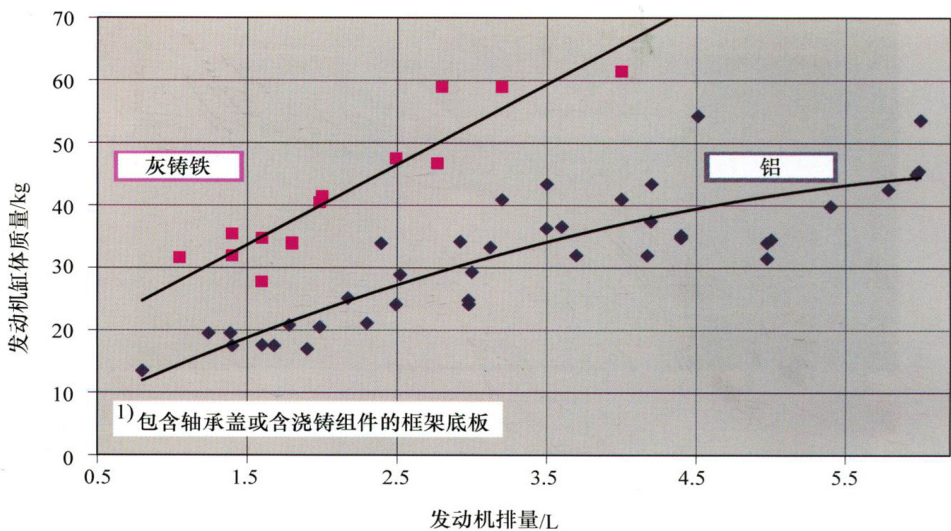
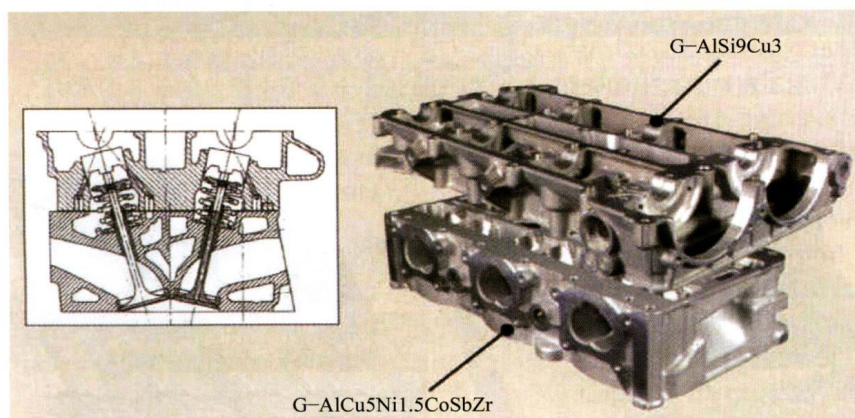
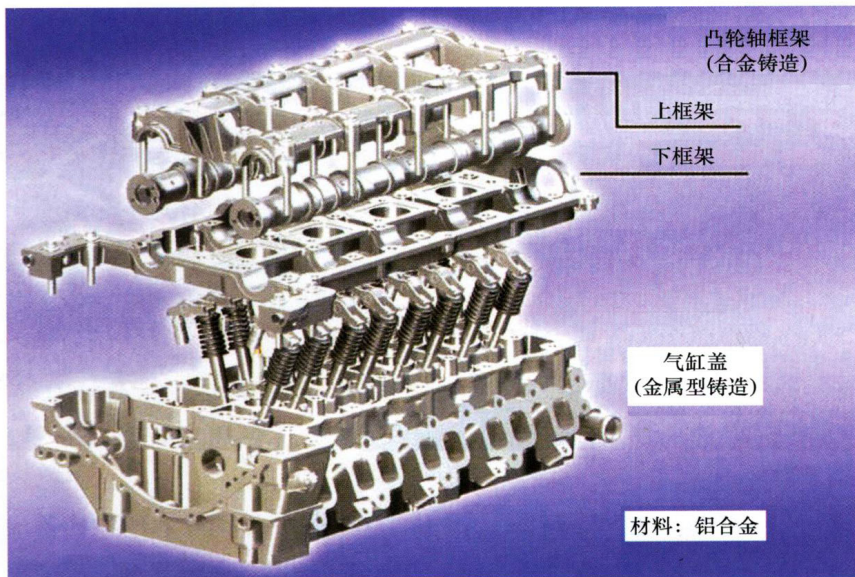


图 4.5-10 点燃式发动机中的缸套变形<sup>[F7]</sup>



**图 4.5-29** 考虑到材料与排量相关的气缸体质量（单个点代表量产发动机的气缸体质量）随着铸造工艺的继续发展，在此期间灰铸铁可以减轻质量 10%~15%（蠕墨铸铁），但是由于非常薄壁的结构上的挠曲问题通过功能要求已确定达到极限，至少 10% 总质量的潜能蕴藏在缸体壁厚公差中，此处问题在于砂型及砂芯位置精确的定位。减少铸型的组成部分（意味着必然采用明显很大的并且很复杂的砂型及砂芯）的方案是由 AVL 公司提出的建议。不同铸造工艺的轻量化的潜能是由表 4.5-3 中得出的结论（此处为铝的经验值；不一定必须与相关标准的要求一致）。



**图 4.6-3** 分体结构的乘用车汽油发动机气缸盖；由于成本原因凸轮轴框架采用铝压铸形式（上，戴姆勒）<sup>[G4]</sup>；高热负荷气缸盖本体选用耐高热的铝铜特种合金（下，保时捷）<sup>[G5]</sup>



**图 4.6-10** 乘用车柴油发动机气缸盖水套围绕喷油器处具有精益设计的环形水套 [G35]

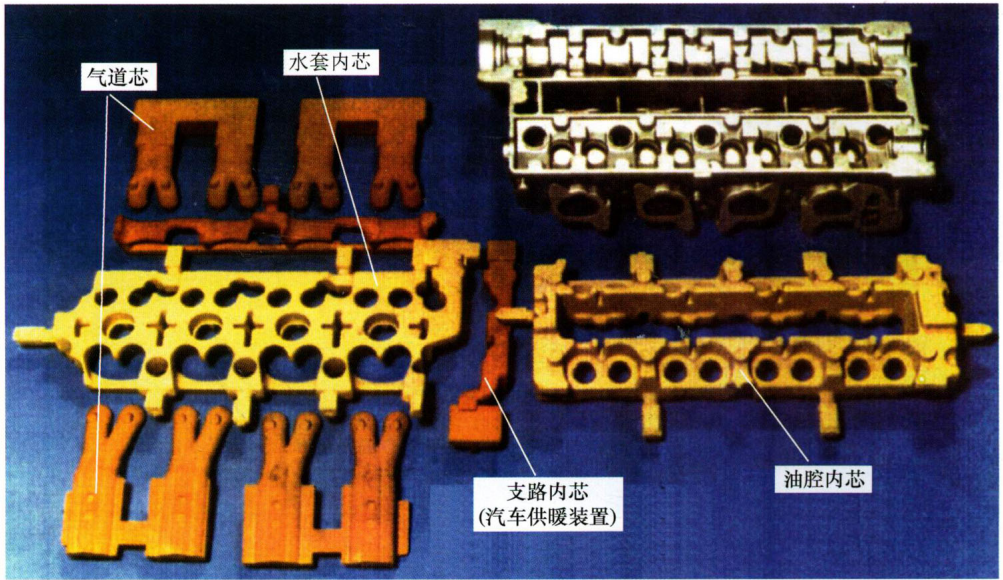


图 4.6-11 用于制造 R4 汽油发动机四气门气缸盖在金属型中需要的砂芯的示例

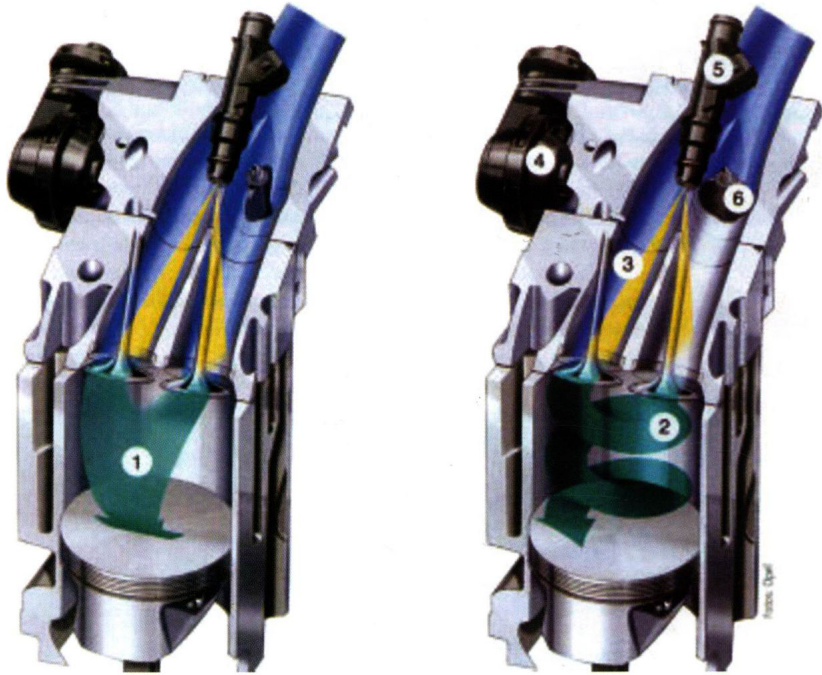


图 4.6-14 “双进气道技术” - 气道切断原理 (G42)