

缸套磨损的判定与分析

□ 陕西柴油机重工有限公司/赵妍

缸套是柴油机的重要件，它与活塞、缸盖组成燃烧室，缸套的异常磨损会造成润滑不良，引起缸套与活塞环间窜气，直接影响柴油机的效率，决定着柴油机的大修期限。所以对缸套异常磨损的判断尤为重要，废品会造成不必要的损失，直接影响制造厂的利益；缸套承受活塞的侧推力，两者之间相对高速运动，与活塞环直接接触，内表面受到强烈的摩擦，在润滑不良、空车运转、冷却不当、不正常燃烧及细小的颗粒物进入的情况下，都会对缸套内表面造成磨损。

目前，德国MAN公司大功率中、低柴油机缸套采用特种铸铁，其抗拉强度要求 $\geq 275\text{MPa}$ ，表面硬度 $210 \leq \text{HB} \leq 290$ ，为了增加抗疲劳强度和耐磨性，对缸套内表面进行氮化或磷化等处理。为了保证足够的润滑，内表面还应有适当的粗糙度，使其具有一定贮油能力和磨合性能，对其缸套内表面进行珩磨。

缸套是柴油机的易损件，缸套内表面的磨损程度直接决定了缸套的寿命。缸套的寿命又决定了柴油机的大修期。

缸套结构形式

缸套为离心浇铸的铸铁件。轴向定位靠气缸套上部凸肩与机体（或间隔套）支承面配合实现，通过支承面研磨配合完成上部密封。下部环带上的橡胶密封圈与机体密封，以保证下部水套的密封和缸套

的径向定位。该缸套为湿式气缸套，它的优点是机体上没有密封水套，容易铸造，传热好，温度分布比较均匀，检测及维修方便。气缸套的顶面有凸起的环带与气缸盖底平面相应的凹槽配合，中间压入密封垫圈以保证燃烧室的密封。并将气缸套从顶部压紧在机体上（见图1）。

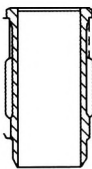


图1 缸套安装结构

气缸套的工作条件

气缸套内表受高温高压燃气直接作用，并与活塞环直接接触，内表面受到强烈的高速滑动摩擦。外表与冷却水接触，在较大温差下产生严重热应力，受冷却水腐蚀。

活塞对缸套的侧推力不仅加剧其内表摩擦（见图2），并使其产生弯曲。侧推力改变方向时，活塞还撞击缸套。此外还受到较大的安装预紧力影响。

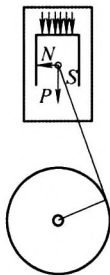


图2 缸套受力简图

气体压力使气缸壁产生切向拉应力和径向压应力，并且在内表面最大，这种应力都是高频脉动应力。

因缸壁内外温差产生极大的热应力，一般温度下使内表面产生压应力，而冷却面存在拉应力。但在特高温下，内表面金属蠕变塑性变形，冷却后即在内表面形成残余

拉应力，这种随起动、停车变化引起的低频应力会使材料疲劳。

缸套磨损的判定

缸套磨损在磨合异常情况下进行检查。首先手动盘车使活塞位于下死点，拆掉喷油器，将内窥镜头部插入喷油器座孔内，反复缓慢地将内窥镜旋转360°，以便检查缸套内壁情况，确保缸套和减磨环内没有任何杂质或窜气痕迹，否则要查明原因。

缸套磨损检查可以目视检查，目视不能判定用千分尺测量。磨损判定有以下几种情况：

(1) 不需要更换缸套可继续使用。单个较小划痕区的最大外形尺寸小于活塞环开口间隙，这种划痕不严重，不会出现窜气，不必更换缸套；划痕的宏观照片无毛刺，无窜气痕迹，不必更换缸套；由积炭引起的密集划痕，但珩磨网纹仍存在，不必更换缸套；划痕区域有许多密集且清晰可见的深的划痕线。这类划痕之间的最小距离必须不小于划痕的10倍宽度，不必更换缸套。

(2) 不需要更换缸套，重新珩磨后就能继续使用。润滑问题引起的宽痕迹，或者划痕数量增加，有破坏润滑油膜的风险，需要重新珩磨缸套。

(3) 必须更换缸套。活塞环的圆度引起的痕迹，由于气缸过热，活塞环和缸套之间直接接触，没有润滑油膜，需要更换缸套；破坏润滑油膜严重较宽的痕迹，应更换缸套。

(4) 更换缸套和活塞环。由于金属屑经气缸润滑油孔进入缸

套，对气缸壁和活塞环均造成严重磨损，需要同时更换缸套和活塞环。

(5) 尺寸检查。用缸径检测仪测量缸套内径，缸套内径、椭圆度、凸起任何一项达到报废尺寸值，报废缸套。

缸套磨损的原因分析

气缸套的工作环境十分恶劣，造成磨损的原因也很多。通常由于构造原因允许有正常的磨损，但使用和维修不当，就会造成异常磨损，异常磨损的原因大致有以下几点：

(1) 润滑条件不好，使气缸套上部活塞环接触的部位磨损严重。缸套上部接近燃烧室，温度很高，润滑条件很差，上部活塞环接触的部位处于干摩擦或半干摩擦状态，这是造成气缸上部磨损严重的原因。

(2) 缸套上部承受压力大，使气缸磨损呈上重下轻。活塞环在自身弹力和侧推力下紧压在缸壁上，侧推力越大，润滑油膜形成和保持越困难，机械磨损加剧。在做功行程中，随着活塞下行，随着压力的减少侧推力逐渐降低，因此气缸磨损呈上重下轻。

(3) 润滑油滤清器滤清效果

差。若主润滑油自净式滤清器工作不正常，使润滑油得不到有效的过滤，大量硬质颗粒漂浮物会随着润滑油进入活塞环与缸套的间隙中，必然使气缸套内壁磨损加剧。

(4) 空气中的灰尘、润滑油中的杂质，进入活塞和缸壁间造成磨料磨损。灰尘或杂质随活塞在气缸中往复运动时，由于在气缸中活塞的运动速度最大，故加剧了气缸中部的磨损。

(5) 零部件的油道清理不干净，金属颗粒会随着润滑油一起进入活塞环和缸壁的间隙中，由于活塞在运动中存在侧推力的挤压，致使缸套内壁磨损严重。

结语

正确合理地判定缸套的磨损，关乎着制造厂的经济效益，杜绝了不必要的浪费，延长了柴油机的大修期。通过对缸套磨损原因的分析，使我们了解柴油机的安装和使用，及周围的环境和润滑油的处理，会造成缸套的磨损。同时操作者在今后的工作需提高警惕，严格要求自己，提高质量意识，减少不必要的损失，认真做好每个环节的清理工作，确保柴油机处于良好的工作状态。 **AME**



赵妍

陕西柴油机重工有限公司设计所设计员，主要从事PA、PC系列柴油机的生产研究及改进提高工作。