专题情报资料

# 延长发动机使用寿命资料汇编

辽宁省交通科学研究所

# 前　言

随着我国国民经济的迅速发展，汽车保有量逐年增多，延长汽车发动机使用寿命，是合理使用汽车、提高汽车大修间隔里程、多快好省地完成运输任务的重要环节。

国外对发动机的使用寿命即耐久性和可靠性的研究和试验十分重视，取得了很大成绩。国外先进国家汽油发动机一般行驶里程可达60～70万公里，已不再进行大修。苏联ЗИЛ——130发动机第一次大修里程已达30万公里。我国在延长发动机使用寿命方面作了不少工作，但从未系统正理过这些切实可行的技术措施，以作为汽车运输部门的参考。延长汽车发动机使用寿命必须从使用、驾驶、保修制配、耐磨材料等方面共同努力，才能取得显著效果。为此，我所在一九八二年初进行延长汽车发动机使用寿命的情报研究，我们搜集、正理与汇编了六个国家（中、美、英、日、德、苏）五十篇文章，内容包括：如何确定发动机大修间隔里程；发动机主要另件的修理工艺；机油的使用（换油周期及添加剂、机油滤清等）；驾驶技术；新型耐磨材料等许多方面的问题，汇编成册，以供参考。

由于我们人力不足，业务水平有限，汇编中可能有不少缺点和错误，欢迎读者批评指正。

编　者

一九八二年十月

# 目　　录

## ·综　　述·

延长发动机使用寿命的技术措施……辽宁省交通科学研究所……周士崇（1）

## ·使　　用·

磨损机件和提高发动机气缸寿命……（苏）M·A·格利高里也夫等（11）
如何确定发动机的大修和大修间隔里程……（中）李挺生（16）
予修前发动机最佳工作时间的测定法……（苏）ф·H·阿伏冬金等（20）
时间因素和大修质量对汽车寿命的影响……（苏）B·阿沃金等（23）
按技术标准估计发动机第一次大修前的使用期限……（苏）B·C·鲁金斯基（28）
基础件的修复质量和发动机的可靠性……（苏）M·柯里比茨尔等（31）
必须保持发动机适宜的工作温度范围……（美）M·考斯特罗等（36）
在起动时活塞式发动机曲轴轴承中的磨擦……（苏）Б·C·弗拉托夫等（37）
空气滤清器对发动机寿命的影响……（苏）E·斯拉波夫等（41）
曲轴连杆组件检测仪……（苏）B·包切鲁也夫等（44）
检查曲轴的测量卡规……（苏）B·别辽也夫等（46）
活塞环形状的检查鉴定……（苏）Ю·A·柯岗（48）
连杆孔径修复检验仪表……（苏）O·沙洛维也夫等（49）

## ·修　　理·

修理发动机基础另件的工业方法……（苏）Д·玛柯穆达夫等（51）
缸套的修复……（苏）A·日尔诺夫等（56）
发动机缸套和汽缸用平头金刚石的搪磨……（苏）И·X·切波维茨基等（58）
缸套的热朔修复法……（苏）Ю·Л·卡斯尤考夫等（61）
缸体上缸套座孔下密封面的修复……（苏）M·别茨波罗瓦诺等（64）
气缸盖的修理……（苏）A·依尔诺夫等（67）
活塞连杆组件修理工艺改造……湖南省衡阳地区汽车运输公司保修厂（68）
活塞、活塞肖及连杆的衬套装配工艺的探讨……
……湖北交通局汽车运输局武昌汽车修理厂（72）
活塞肖和万向节十字轴的修复……（苏）A·宾捷尔等（75）
用热朔法修复活塞肖……（苏）B·A·道列兹克等（77）
延长活塞环的寿命……（苏）A·宾捷尔等（80）

活塞环的使用与维修……（美）《国际汽车》编辑部（82）
曲轴的磨损原因及修理工艺……河北省张家口运输公司汽车修理厂（84）
不断完善工艺提高曲轴修理质量……天津汽车修理厂（86）
曲轴磨削的改进……（苏）耶尔诺夫等（90）
修复柴油机曲轴磨损新工艺的制定及采用……（苏）B·A·达林斯基等（93）
凸轮轴、气门挺杆修磨与检验……河南省交通局开封汽车修理厂（96）
气门的修理……（美）《国际汽车》编辑部（99）
气门不研磨工艺的探讨……湖北省交通局汽车运输局武昌汽车修理厂（101）

## ·润 滑 油·

最近的润滑材料……（日）南谷 弘（103）
放射性同位素法测定机油消耗……（德）A·Gerve等（111）
测定发动机润滑油消耗量的新方法……（日）伊藤 亮三（116）
测定机油消耗量的新方法……（日）日本丰田汽车公司（124）
汽车机油添加剂对燃料经济性、排气污染、
排气控制成分和对发动机磨损的影响……（美）T·F·麦克多纳尔等（132）
石墨机油可延长发动机使用寿命和降低机油消耗……交通部科技情报所编（144）
关于汽车发动机润滑油从定期换油改为按质换油的初步探索
……黑龙江省交通科研所 哈尔滨市运输公司汽车三队（145）
关于汽车发动机机油劣化及其判定方法的研究……（日）林修 二郎（152）
使用合成润滑油可显著延长换油期并改善车辆性能……（美）D·B·帕顿等（158）
各种机油滤清系统对汽车发动机另件磨损影响的研究……
……（苏）M·A·格里高利也夫等（173）

## ·耐磨材料·

新的耐磨材料的特点……（日）山田裕弘（179）
改善发动机磨擦材质，提高大修间隔里程……陈士俊 章敏（188）
38×2MIOA钢缸套双面渗氮……（苏）A·A·阿切夫等（190）
内燃机活塞环涂层……（美）G·F·海德等（192）
一种延长发动机气缸寿命的新工艺……交通部重庆公路科学研究所编译（203）
离子氮化在汽车配件上的应用……新疆第二汽车修配厂（204）

## ·其 它·

汽车大修时的诊断……（苏）H·Б·奥斯特洛夫斯基等（208）

# 延长发动机使用寿命的技术措施

辽宁省交通科学研究所　周士崇

## 前　言

延长发动机使用寿命是一个牵涉多方面的问题。为了解我省汽车运输系统当前存在的薄弱环节，我们重点对本系统和国内先进单位在汽车发动机的使用、保养、修理、制配等方面进行了调查。同时又搜集了国外在这些方面的资料。

近年来，我省汽车运输部门在各级主管部门领导下，对如何延长发动机行驶里程，作了大量的工作，行驶里程逐年增加，一九八一年全省平均大修里程为 11.6 万公里，其中大连地区为 15.6 万公里。优秀驾驶员超过 40 万公里（为第一次大修里程）。但与国内先进省份（一九八〇年北京地区为29.7万公里，广东省达到23.3万公里）相比，还有很大差距。通过调查，发现了一些问题，也在兄弟省学到了一些先进的东西，并且找出了与国外的差距。

本文拟从几个主要方面，就延长发动机使用寿命，从国内先进水平，国外经验结合本省实际作一简单的汇报，不当之处，望指正。

### 一、使用方面

（1）发动机润滑油（简称机油）

机油在延长发动机使用寿命方面的作用是尽人皆知的。其中主要是：选择润滑油应根据发动机总成和机构的使用特点和结构特点；应根据季节气候的变化，选择具有合适粘度的润滑油。同时，目前对于节约能源的要求，寄于润滑油的希望很大，目前依靠润滑油节约燃料估计占全部的 2——3 %。所以研制更有效的摩擦调节剂和价格低、性能高的合成机油是十分关键的。

国外机油发展很快，日本一九七一年平均每年每台消耗机油 36.0 升/台·年，而一九八〇年为 16.6 升/台·年。这固然与汽车本身技术水平提高有关，但最主要的是机油性能提高了。美国一九八〇年小客车的更换机油里程比一九七一年的延长 1.3～1.8 倍。而到一九八五年美国更换机油行驶里程将要延长 1.5～2.0 万英哩。

综上所述，可知机油添加剂、机油换油周期、机油温度、机油滤清等对延长发动机使用寿命影响甚大，下面分别叙述。

1、机油添加剂

为了使机油适应汽车结构日益紧凑、比功率增大而引起因润滑问题发生故障，其主要方法就是在原来的精制矿物油内加入专门的添加剂。

众所周知，粘度降低对降低摩擦损失是有效的，但粘度过分降低，可能造成摩擦损失增大及产生轻度擦伤，因此希望尽量使粘度随温度变化小，即所谓粘度指数高的润滑油，通常



此为试读，需要完整PDF请访问：www.ertongbook.com

是用添加粘度指数添加剂来调正的。它可使发动机内滑动部分稠化机油粘度比表面适度粘度降低。

此外，还可添加摩擦调节剂，主要有固体润滑剂，包括二硫化钼、石墨等，和油溶性液体有酯类、氮铬、硫类、有机钼化合物等。

我国很早就应用二硫化钼，如湖北省曾于六六～六八年间，先后二次在柴油货车上装用添加 3 %二硫化钼粉剂的机油，但均在二万公里左右发现含铁量突增。据有的部门试验，二硫化钼$M_oS_2$添加量以 0.1 %为宜，仍须继续进行试验研究。

目前国外着重于油溶性有机钼化合物的研究，它的效果比固体润滑剂好，它吸附在金属表面上，在厚油膜表面不发挥作用，而在高温高压油膜发挥作用。另外这些摩擦调节剂由于吸附在金属表面开始发挥它的作用，因而到完全吸附需要一些时间，所以即使添加了摩擦调节剂也不能马上显示其效果，而将其换掉之后，即使换上没有添加摩擦调解剂的机油，也可能马上复原，调解作用持续很长时间，我们把它称之为“携带作用”，这种现象已为试验所证实。国内石油化工部门从一九六五年开始生产加有添加剂的清净性润滑油。但与国外相比，尚有很大的差距。

2 、机油换油周期

使用中如何确定机油的换油期，早已引起国内外的重视。黑龙江省交通部门经过大量的试验和研究，认为：现在实行的定期换油（二保时换油）是不合理的。而推行监测化验技术，实行按质换油是比较合理的。评定使用中机油的质量指标和监测化验项目，可从下列四个方面考虑：

（1）浮游性添加剂的失效程度——用班痕法测定；

（2）检查机油粘度变化程度和机油被燃料稀释程度——测定 100℃ 运动粘度，润滑油稀释量，闪点（开口）；

（3）氧化产物和固体污染物的含量——测定石油醚不溶物含量，苯不溶物含量，和酸值。

（4）侵入水分的多少——测定水分含量。

具体步骤可按以下程序进行：

（1）采样；

（2）外观检验；是对油品初步的检查。油品如有明显的混浊可能由于水分过多所致，气味也可显示机油被稀释的程度，查看颜色和将油样壁上油层的透明度可大致看出油品被氧化的深度，查看油样的流动性也可了解油品的稀稠，用手捻油也能感觉其油品的润滑性等等，这样经过长时间的观查与监测化验数据进行对比，就能积累较丰富的外观检验经验。有助于对油品的正确判断。

（3）用班痕法测定的班痕是监测化验的首项。班痕合格就可接着测定水分。班痕不合格时则应立即更换新油。

（4）水分：测定水分如合格，则应接着测 100 ℃运动粘度。如果含水多时应当停车检查原因排除“水患”。

（5）测定 100 ℃运动粘度，如果粘度比原机油粘度值下降 1——1.5 厘沲，是允许的，如下降过多应查找原因，消除其隐患。

（6）测定闪点可根据需要测定，一般应在 140 ℃以上。

实践证明：定期换油制的缺陷就是不应当换的油给换了，浪费了大量的润滑油。应当换油的不能得到及时更换，而增大了发动机磨损使发动机的寿命缩短。由于采用按质换油，一方面可大量节约油料，另一方面，由于汽车结构的改进，对机油质量要求也愈来愈高，这样就可保证正常润滑，延长发动机使用寿命。因此，国内汽车发动机机油的更换里程，已由原来的3000～4000 公里延长到 8000～10000 公里。

另外，由于大量采用各种润滑油添加剂而大大延长了机油换油周期，现在大多在12000公里左右，最近几年出厂的汽车有推荐到 18000 公里换油的。

3、机油温度

从发动机台架试验得知，机油温度对发动机的马力和燃料消耗有较大影响。因此，机油温度不适当，不仅将浪费燃油，而且也增加了发动机的磨损。

由于目前我们所使用的机油均随温度而变化，因此，若能装用机油冷却器，并能自动控制恒温，使机油温度或粘度保持最佳值，保证润滑良好而机件摩擦损失又最小，则不仅可延长发动机寿命，而且又能节约燃油。

另外，目前国外已生产一种机油其粘度可随温度变化而变化，这样对功率无影响，当然是最理想的润滑油。

4、机油滤清

在汽车大修和二、三级保养中，应彻底清洗机油滤清器，去掉机油中的杂质，这样就能延长发动机的寿命。

机油中机械杂质或含铁量以不超过多少为宜，尚无定论。含铁量方面，一般认为每克机油中最大不超过 0.4 毫克为宜。

滤清器的滤蕊，对机油质量和发动机寿命影响如何，国内有许多单位对常用的叠片式纸质滤蕊、锯末滤蕊及废棉纱滤蕊进行比较。认为锯末滤蕊比纸质滤蕊好。但还认为在勤换滤蕊条件下，废棉纱滤蕊（经过除去其杂质和灰尘处理）表现出比锯末滤蕊和纸质滤蕊更为良好的性能。

浙江建议在大修、三保采用锯末纸浆滤蕊及粗滤器滤蕊，在出厂时再换用新滤蕊及原车的粗滤器滤蕊。

国外还进行各种不同滤清系统的试验，如图为苏联国家汽车运输研究院研究出的各种滤清系统示意图。

试验表明：综合型全流式细滤器结合非全流式离心过滤器是降低污染润滑油的磨料粒子对另件磨损的最有效系统。具有综合转子驱动的全流式离心过滤器次之。以下是具有二个纸质滤清元件的全流式滤清器和具有一个纸质滤清元件的全流式滤清器。

（2）保持水温

行驶中保持发动机正常工作温度 80～85 ℃，可减少气缸磨损。

根据苏联的试验资料：冬季发动机起动和加温一次，气缸磨损量相当于使用里程为180～210 公里。其磨损增大的原因是降低起动温度而使润滑油的粘性急剧增加，经过曲轴轴承供应到气缸的润滑油数量减少，从而延迟供油到另件表面，而使另件表面处于临界摩擦、干摩擦状态，加剧了磨损。

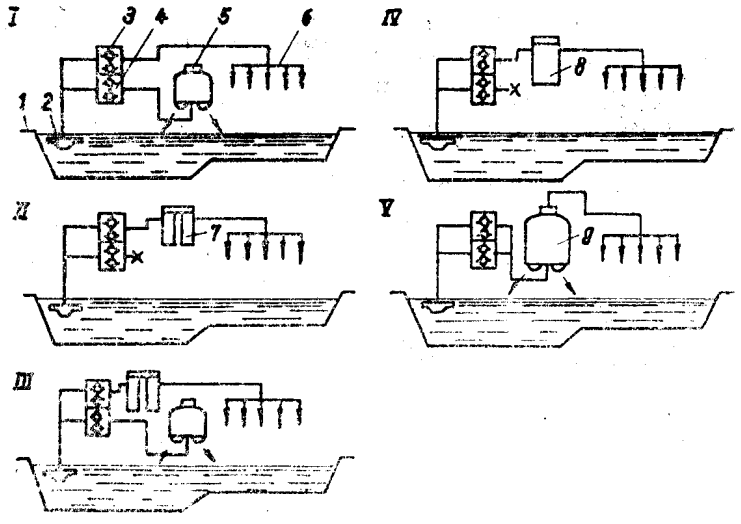


图　润滑油滤清系统示意图

Ⅰ、反作用非全流式离心器；　Ⅱ、具有二个纸质的滤清元件的全流式滤清器；　Ⅲ、由具有二个纸质的滤清元件的全流式滤清器和反作用式非全流离心滤清器组成的综合滤清系统；　Ⅳ、具有一个纸质滤清元件的全流式滤清器；　Ⅴ、综合转子驱动的全流式离心机：

1、油底壳　2、滤网　3、机油泵主要另件　4、机油泵辅助部分　5、非全流式离心滤清器　6、主油道　7、二个滤清元件的全流式滤清器　8、一个滤清元件的全流式滤清器　9、转子综合驱动的全流式离心滤清器

（1）水温过低

试验表明：当发动机冷却温度降到 40～50 ℃时，气缸磨损比正常工作温度增加六倍，原因是水蒸气凝结，腐蚀性气体和有机酸溶解于水，形成电化学腐蚀，而增加了气缸的磨损。

目前，我省及北方地区为解决冬季冷起动的问题。大多采用加装热水或过热蒸气加热的办法，这在一定程度上解决了冷车起动的问题，但在冬季发动机另件特别是缸体温度很低，由于骤然升温度（温差高达 100 ℃以上）容易造成发动机另件损坏。所以，国内许多单位对冷起动问题作了许多研究。如五九一六五部队研制了利用起动液加注器结合使用 50 号柴油、14 号稠化机油并加有蓄电池加热保温装置的情况下，可使柴油车在－42 ℃的环境温度下顺利起动。

国外对冷起动问题十分重视。如西德魏巴斯托（WEBASTO）公司对冷起动研制了许多种予热起动装置，主要是魏巴斯托系列加热器，配装有简单的自动控制系统，实现了标准化、系列化、通用化，它具有高水平的性能指标，是一种较为优秀的成熟产品。苏联对电力加热器进行了深入的研究，并广泛地应用。用于 ЗИЛ——130 汽车上的电力加热器，它的机身是厚 15 毫米的薄钢板，其接触表面有耐腐蚀的导热层，而其余表面涂上能承受加热到 120 ℃温度的搪瓷和其它油漆。该电力加热器在 ЗИЛ——130 汽车部位上的安装没有什么困难。安装工时为 2——4 个，拆卸约 1 个工时，同时其在汽车的布置对汽车部件和总成进

行技术保养没有障碍。此外，苏联还研制了适于不同车型如载重汽车、大客车、小客车的各种类型的电力加热器。利用电力加热器就避免了上述方法的缺点，即，可以逐渐升温，减少应力集中，防止缸体损坏，而且起动迅速、经济效率高。

（2）水温过热

水温过热将影响发动机的正常运转，大负荷时有拉缸现象，缩短发动机寿命。

在夏季高温气节，为防止发动机过热，我省主要作了清除缸体和缸盖的积炭、水垢，及修复散热器等工作。对于加拖挂、过载的汽车，另当别论，可进行风扇叶和水泵的改装等工作。

（3）冷却不均

另一个影响发动机寿命的因素是各缸冷却不均，因此应充分注意分水管的更换和冷却系的修复。对于一些国产汽车因结构、工艺上的问题，引起各缸磨损不均的现象，也还不同程度地存在，应提醒有关厂家注意。

（3）空气滤清器

通过调查，发现空气滤清器使用保养差，是气缸早期磨损的重要原因之一。

据浙江省宁波运输公司试验：不装空气滤清器，气缸磨损增加 8 倍，活塞磨损增加 3 倍，活塞环磨损增加 9 倍。根据西安公路学院的资料：空气中有 1 克尘土进入气缸，可使气缸上部磨损 0.01 毫米，使活塞环磨损 0.75 毫米。

所以应充分重视空气滤清器的保养：滤清器油盘按规定加足机油；滤网必须符合规定，过滤作用良好，否则应修正和换新，滤网外周应浸以微量机油；各连接部位，下口与固定支座的连接都要垫以符合规格的油毛毡垫圈，不能残缺等。

国外研制了许多新型的空气滤清器，其指导思想是一方面加强其滤清效果，同时减少对吸入空气的阻力。

**二、遵守驾驶操作规程**

一辆汽车 70 %的时间在驾驶员手中，所以正确的驾驶操作，及时的判断和调正、紧固、润滑对发动机使用寿命是一个关键因素。

根据我省各地的实际经验，可总结为以下几点：

（1）要坚持予热起动，空摇慢转，不猛踏油门，怠速运转水温至 45～55 C，低挡起步，逐渐加速，油门轻踏缓抬。

（2）保持匀速行车，上坡时换低挡，作到一、二挡不猛踩，三、四挡不硬撑，不用低挡跑快车，不用高速挡跑慢车。

（3）严格执行走合期限载、限速的规定。

汽车使用中，车辆的中速行驶，即保持发动机运转于某一转速范围内，无论是对减少发动机的磨损，延长发动机使用寿命，还是对节约燃油都是十分重要的。因此经常变动转速将无疑地影响润滑油膜的变化，从而影响到发动机的寿命。所以从技术观点上，我们不支持为节油而采用平路加速滑行，其原因如上述。据有关单位测试：气缸的前后磨损率大于左右，约占 76～95 %，原因就在平路上频繁地加速滑行，频繁地关闭电路的平路滑行，既严重磨损气缸，也不能取得节油的实际效果。

另外，转速也不宜过低，因转速过低在摩擦表面间承载系数过低，不易建立起能承受相应负荷的油膜。所以，应建议在驾驶操作过程中不再推荐怠速运转接近 300 转/分，同时要

及时换挡。

根据气缸磨损特性，新车或大修后的汽车在走合期，因磨损，使初始间隙增大至走合间隙，这个间隙越小越好，该间隙越小气缸使用寿命就越长。所以，走合期的磨损除与加工表面光洁度有关外，还与使用有关，必须执行走合期的规定，如加装限速片、减载免拖、执行走合期的保养，这是延长发动机使用寿命的一个重要措施。

另外，有的司机为了节油，采取一方面将化油器量孔换小，而另一方面将点火正时提得过早，造成连续突爆而继续行驶，特别是长期行驶在平原地区客车更应引起注意，因为这对气缸磨损极大，应正确合理调正化油器主量孔和点火提前角。

**三、保修制配方面**

（1）搪缸磨缸

气缸表面光洁度对气缸磨损影响很大，缸筒表面粗糙，破坏了油膜的连续性，使油膜断开，润滑条件变坏，燃烧后腐蚀性物质，易从表面不平处渗透，易发生粘附摩损，加刷气缸摩损。又由于粗糙表面装配后，在走合期内不平度被磨掉或挤平，扩大了配合间隙。而过于光滑，易伎二配合表面形成半干摩擦，润滑条件变坏，也加剧了气缸的磨损。据浙江省交通部门认为部颁标准不低于 $\nabla_8$，对一般合金铸铁材料来说是合适的，他们认为，应进一步根据气缸的材质，表面的处理方法来决定缸壁的表面光洁度，如松孔镀铬气缸应为 $\nabla_{10}$。

此外，在搪缸作业中，规定最后进刀量及切削深度不要太大，最后二刀尤为重要，因缸套在较大切削量下，其表面石墨易被挑破，形成针孔，而精细的搪缸则针孔即不存在，保持了石墨的润滑作用。

磨缸工序作为最后工序，由于细粒度磨缸砂条缺乏，一般采用细粒度砂布，可使缸壁光洁度达到 $\nabla_8$ 以上，用细砂布可达 $\nabla_9$。湖北省武昌汽车修理厂试行采用金相砂纸最后加工，结果光洁度达到 $\nabla_{11}$，但缸壁在加工中仍因热膨不均而局部有些变形。磨缸后的光洁度一般认为干式缸套为 $\nabla_9$ 较为合式，湿式缸套多为 $\nabla_{10}$。更高的光洁度可能产生附着划痕或粘附现象，不利于走合。

建议在磨缸将近完成时，采用硫酸铜溶液磨缸，使缸壁沉积簿层的铜，使壁上微孔凹陷填平，增大接触面积，并加速热传导，据湖北省交通部门认为可延长发动机寿命一万公里。

（2）冷磨热试

坚持冷磨热试，并在润滑方面坚持冷磨后过滤，热试换油，作好拆检清洗工作，这是延长发动机寿命的关键一环。

冷磨规范的部颁标准和各地的修理规程都有规定，但各不相同，需在实际使用中验证，硬性规定冷磨时间也不一定合适，主要因为发动机另部件的配合程度和光洁度不一样，装配质量也不同。

据调查，有的省份实行二次拆检（即冷磨热试后再拆装一次），它们认为配合另件经过热试磨合仍有磨合下来的金属微粒存于配合表面或机油中，仍将对配合表面的磨损、拉伤产生巨大影响。所以湖北省交通部门坚持二次热试具体步骤如下：

（1）冷磨不装缸盖、附件、油底壳。

（2）冷磨后的曲轴、活塞连杆组、机油泵拆下。汽油洗，揩净缸体，组装发动机。

（3）第一次上台架热试、怠速、中速、调试、检查。消除漏油、漏水、漏气、漏电、消除异响。

（4）第二次热试，无论第一次热试有无毛病，均拆缸盖、拆油底壳、抽出全部活塞，检查气缸活塞组、轴承、气门等。无毛病后再用汽油将气缸、活塞连杆组、油底壳洗净，加装新机油，组装热试，再用怠速、中速最后确认无四漏和异常声响，出厂。

但有相当一部分省份认为配合表面经热试磨合后已形成摩擦付，如若再行拆卸，再组装，不能保证原来摩擦配合部位完全重合（实际上是作不到的）；又引起新的磨损。所以建议一次折装热试后，仅换机油就可以了，不必二次折检。

以上两种观点，我们认为是需要进行充分地试验，取得必要的数据，才能作出结论的。

（3）曲轴分度磨，凸轮轴靠模磨

根据部颁标准：各道连杆轴颈的分配角度应不大于 0°30′。动平衡试验时，不平衡重量不大于 150克·厘米。如分配角误差达1——2°，曲轴动平衡试验不平衡量严重超差，将导致活塞装配后出现各缸高低差，三组连杆轴颈的中心线与主轴颈中心线的不平度不能保证，因而发生气缸偏磨的严重后果。

据浙江运输部门的试验对比：分度光磨曲轴的连杆分配角误差为 0°15′，动平衡试经时的不平衡量为162克·厘米，发动机运转时比较稳；不分度光磨曲轴的连杆轴颈分配角误差是 1°20′，动平衡试验时不平衡量为 599 克·厘米，发动机运转时震动较大。

另外凸轮采用 CA—10C 的新型凸轮，消除原凸轮包角过大，进气门关闭落后角过大的缺点，采用复合摆线的凸轮曲线，适当改进排气门开启提高角等。提高了功率，增加了扭矩。

（4）环槽寿命

调查中，各地区均发生因发动机使用周期较长，活塞环与活塞侧隙增大，虽然更换活塞环，却得不到类似新件的效果。

这个问题的解决，在于生产制造环高增大的活塞环（环高为非标尺寸），配合已磨大了的活塞环槽，将得到与新件一样的效果。以前我省有些地区曾制造过这样的活塞环，但因组织工作差，货源不易保证，未能坚持。我们认为这是一个值得注意的环节，它对延长发动机寿命，节约燃润料方面必将起重要作用。

**四、装配质量**

发动机的装配，道道工序都与发动机使用寿命有关，

1）缸体正形工艺

根据湖南省对 CA—10B 发动机缸体变形研究表明：无论是已大修过的缸体，还是未经大修的缸体普遍存在变形，严重地破坏了气缸配合表面的相互位置精度，影响了发动机的修理质量和使用寿命。我省大连，沈阳市的调查也同样证明了这一点。

其中气缸轴线相对于曲轴轴承孔中心线的不垂直度对气缸磨损影响较大。据湖南测试，当气缸轴心线不垂直度由 0.018～0.039 毫米增至 0.079～0.132 毫米时，气缸磨损量增大 30～40 %。经过正形的缸体，其轴心线不垂直度小于 0.05 毫米时，气缸缸孔的平均磨损率为 0.0012 毫米/每千公里，如气缸最大磨损到 0.3 毫米，作为发动机大修标准，那么气缸体经正形修复的发动机可行驶 25 万公里。

通过调查，为此建议（另有专述）：

（1）CA—10B 发动机第一次进厂大修时，必须对其气缸体进行正形。以后再进厂大修是否继续进行正形，视变形情况而定。

（2）配备好有关气缸配合表面的相对位置的检验仪表。



此为试读，需要完整PDF请访问：www.ertongbook.com

（3）气缸体正形时，以气缸体曲轴轴承座孔Ⅰ，Ⅶ为基准搪缸搪轴承。其加工精度不受气缸体变形的影响，且搪缸、搪瓦基准面一致，易于保证精度，同时得到较小气缸轴心线不垂直度，可控制在 0.02 毫米左右。而以气缸体上平面为基础的不定位搪缸的气缸轴线不垂直度达 0.075～0.12 毫米。大大超过部颁标准 0.05 毫米。

2）气缸与活塞、曲轴轴承、凸轮轴轴承的间隙

“间隙即寿命”据国外资料活塞间隙大 0.1 毫米等于使这辆车少行驶一万公里而提早大修，可见配合间隙的选配十分重要。

（1）选择最小最合理的间隙。对于这个间隙原厂都有上下限可供选择，如果选取最小最合理的间隙，一般根据活塞的膨胀量来决定。

根据浙江交通部门的经验：

活塞实际间隙＝活塞标准间隙值 ＋0.000012 ×缸套各义尺寸×（标准室温 20 ℃－实际室温）

活塞标准间隙值＝ 0.08－0.10

如，实际室温为 4 ℃时，活塞实际间隙值＝ 0.10～0.12 毫米

实际室温为 36 ℃时，活塞实际间隙值＝ 0.06～0.08 毫米

装车时，对新来活塞进行热膨胀试验，掌握在 130 ℃时（活塞在气缸中正常工作温度）膨胀量，如较原厂活塞为大，则取上限，反之，取下限，通过试经，再行选择。

（2）注意装配时的室温来调正实际间隙。这是防止拉缸或活塞敲缸的一项重要工艺。原厂规定的装配间隙是指室温时（20℃）的间隙，但实际装配时室温与标准不同，尤其冬、夏温差很大。推荐如下公式：

实际间隙＝原厂规定间隙（或各厂自行选定最小最合理间隙）＋ 0.000012 ×气缸直径 × （20℃－实际室温）

（3）注意检查测量活塞在热走合后的椭元度。这是防止拉缸、敲缸、减缓气缸磨损的又一项重要工艺。

活塞装配时应根据厂家的规定将椭元度控制在规定范围内，装配后作好记录，热走合后仍进行拆洗，冷却至室温后再检查测量，其变化不得超过原记录 0.03 毫米，如超过必须松开肖子调正。这样可保证发动机在全负荷时，活塞裙部膨胀接近于正元，使裙部周围与缸壁的间隙接近均匀，有利于气缸的正常磨损，延长寿命。

武昌汽车修理厂对这三个间隙都根据加工工艺的可能，适当缩短了公差带。缸壁间隙自 0.06～0.10 毫米（原修理规范 0.08～0.10 毫米）缩短为 0.06～0.08 毫米，尽量靠近 0.06～0.07 毫米，连杆轴承间隙自 0.026～0.084 缩短为0.030～0.050 毫米；曲轴轴承间隙自 0.026～0.090 缩短 0.040～0.070 （以往亦曾 0.030 毫米，加工尽量向较小间隙靠近。

向较小间隙靠近，从减少机械的磨擦功来说，最小间隙可能并非最好。但从延长寿命看来，则是可取的。最小间隙究竟多大是合理的，需进一步深入研究试验确定。

3）缸套与活塞环的正确选配。

缸套和活塞环的硬度，除必须达到规定的技术标准外，在大修或二、三保及小修装用环时，必须进行恰当的选配，使二者硬度保持适当比例关系。铸铁缸套和活塞环的硬度比值在 0.80～0.94 之间。从比值上说下限硬度的缸套不允许与上限硬度的活塞环配合装用。此

外，决定磨损率不只是磨擦付的相对运动材料的硬度，耐磨性的高低，主要取决于基体组织，不同金属之间的磨擦系数是不同的，我们要求材料有较高的硬度，在于断裂现象发生在粘附层上，可能使夹在其间的磨粒研细，不致对气缸表面造成更大的损伤。

**五、耐磨材料**

发动机的使用寿命，取决于缸套的质量，选择材质好，硬度合格的缸套是延长发动机使用寿命的首要因素。根据磨损规律，磨损都是由于材料的塑性变形开始的，材料的耐磨性和抵抗塑性变形的能力与材料的硬度有关，所以缸套应选用材质较好，并有一定硬度。

下面就近几年来国内外在缸套上所作研究叙述如下：

①缸套

（1）气缸内表面镀铬。

出现很早，虽然气缸内表面电镀密实的硬铬并磨成较高的光洁度，但由于铬膨胀系数小，与基体结合强度不好，导热性差，证明不大适合实际使用。但由于镀层有较高的硬度，所以国内一直在进行试验。主要采用气缸套不解体松孔镀铬，用于钢和轻金属，也用于铸铁，耐磨性好，硬度可达 HR59——65 。据广东经验，气缸平均磨耗率仅为 3.5 微米/万公里，有的已行驶 28.7 万公里。山东省临沂平均达 23 万公里，仍是一项提高气缸耐磨性的工艺。存在问题是镀铬产生的有害污水处理没有得到妥善解决。

（2）采用硼铸铁和其它耐磨铸铁。

已在我国各行各业广泛推广使用，证明是一种很有前途适合我国资源情况的耐磨铸铁。每万公里磨损在 10 微米以下，比普通铸铁缸套磨耗率低 50 %。不仅加硼铸铁，例如加铜、钼等合金元素的铸铁气缸套，加锑和钨活塞环，都证明耐磨。在球墨铸铁加入 0.5～0.6 % 钼后，可获得较好性能的珠光体——索氏体组织，加入 6～8 %锰、 0.8～1 %铜可获奥氏体。

采用加硼铸铁缸套最好配用镀铬活塞环。北京汽车五场试验， 20辆汽车平均气缸磨损率为 6.67 微米/万公里，而未配用镀铬环的硼铸铁气缸则为 9.7 微米/万公里。质量稳定，好的使用寿命在 15 万公里以上，差的在 10 万公里左右。加合金铸铁缸套硬度在 HB187——241 ，平均寿命 12 万公里。

（3）辉光离子氮化气缸套。

它不同于以往的气体氮化，生产周期短，氮化层脆性低、硬度高、变形小、无毒等优点。是利用含氮的气体辉光放电原理进行的。正在机械行业推广采用。

（4）高磷合金铸铁缸套。

最近几年也在陆续使用，平均使用寿命在 15 万公里。

（5）钒—钛中磷缸套。上海内燃机配件厂生产，是比较理想的一种耐磨缸套，经实际使用试验、装用 40 多台套，平均使用寿命 30 万公里，最高达 43 万公里，但原料来源有问题，是一种极有前途的耐磨缸套。

钒—钛中磷缸套磨损率每万公里 0.010 毫米，原缸缸套每万公里 0.022 毫米。据浙江杭州运输公司试验同一台发动机装用钒—钛中磷缸套比原机缸套耐磨率提高 2～2.5 倍。

从工艺上看，（1）国内引进的气缸套喷镀自熔表面硬化合金，其自熔合金粉末国内已有供应，它是以镍为基，内含 2～4 %硼和硅， 10 %左右铬的合金粉末，边喷边用熔管熔融，使喷镀的表面有一层硬化合金，附着强度高，耐磨性好。

（2）最近，国外介绍一种气缸套浸渗碳化硅的工艺。坦克使用的柴油发动机一般仅使用约8000公里左右，就需要换缸套。而经过浸渗碳化硅的缸套最少可以用到16000公里左右。

其主要内容请见本专集内“一种延长发动气缸寿命的新工艺”一文。

②活塞环

国内有的单位已采用钨合金代替铬钼合金，也试制硼环和硼钨铸铁环。试验表明：钨能有效地改善活塞环的机械性能，硼环又能普遍提高耐磨性15—20%，使用寿命可超过10万公里。

结构上试制成三片组成的钢带组合油环，提高油环对缸壁的径向压力，提高润滑性能，降低机油消耗，适应缸筒正元度的变化。

国外为提高环的初期磨合性能，克服活塞在运转中产生摆头而引起拉缸等故障，正在对第一道气环采用桶面结构。

③活塞

据调查江苏省交通部门从七六年开始采用液态模锻，因而获得组织致密无缩孔、缩松等铸造缺陷的，具有铸造的和锻造的特点的优质产品。性能改善，重量减轻150克，气环由三道改为二道，使摩擦力和惯性力减少，功率增加5马力，还因为热膨胀系数小，在适当放大活塞裙部椭元度情况下，使和缸筒配合间隙减少到0。甚至过盈0.02毫米，彻底改善了目前解决发动机冷敲热拉现象，这种活塞有的已行驶20万公里，磨耗率为0.01毫米/万公里，成本也降低了。

④曲轴

曲轴生产从自由锻造过渡到铸造，这是因为球墨铸铁简化了工艺，降低了成本，而且提高了它的减摩性能。但由于球铁曲轴铸态基体组织还有大量铁素体，须经高温正火，使之达到85%以上的珠光体基体组织，而曲轴高温正火较困难，且要消耗能源，参考国外的最新加锑铸态球铁技术，江苏金陵汽车配件厂，于七九年开始试制，初步获得成功，珠光体基体达到85%以上。加锑球铁曲轴材料立足于国内，加入微量锑（0.05%），其成本不到加铜和钼的10%，又省去了劳动强度大，能源消耗多的高温热处理工艺。

曲轴修复工艺方面，比较低温镀铁、金属喷涂和镍丝打毛喷钢工艺用模拟磨损试验机上反复对比试验，证明镀铁试件的耐磨性能远比喷钢的好。

⑤排气门和座圈

排气门座圈国外均由贵重镍铬合金奥氏体铸铁。二汽、北汽目前采用中级铬钼铜合金铸铁，效果不好，据国外苏联用高锰代替镍铬铸造奥氏体排气门座圈成功，基于排气门座在高温撞击下工作，奥氏体基体转变为高硬度马氏体耐磨组织。

综上所述，影响发动机大修间隔里程的因素很多，从发动机设计制造水平，技术使用水平以及保养、修理水平等，各方面情况较为复杂。本文只从使用、保养维修等方面谈及延长发动机使用寿命。但是规定发动机是否需要大修，不能单纯从技术观点出发，而要同时考虑经济效果、环境、污染、能源等方面的因素。另外，延长发动机大修间隔里程不能采用牺牲发动机性能，而要采取先进的、有效的、经济的措施，使发动机技术性能处于良好状态。再者，在考虑延长发动机使用寿命时，应提倡和保护技术上先进、经济上有潜在竞争力的新技术、新工艺和新材料，如硼铸铁缸套等，以获得较大的经济效果。

# 磨损机理和发动机汽缸寿命的提高

（苏）M·A·格利高里耶夫等

现代汽车发动机的寿命主要是由它的另件，特别是汽缸的耐磨性能决定的。使用过程中，由于汽缸和活塞环的接触表面以及磨料粒子和化学活性介质等的相互作用，在汽缸的工作表面上产生并形成了各种损伤。

对汽车发动机汽缸的磨损机理和磨损规律进行分析后〔1〕，认为，如果采用含有高效中性（碱性）添加剂的润滑油和低硫的燃料时，磨损主要是由于磨料粒子的作用和粘附引起的。大多数苏联产的汽车发动机的汽缸磨损是由磨料粒子造成的〔2〕。所以，降低汽缸磨损的主要工作方向是：提高空气，燃料和润滑油的滤清效果和采用耐磨性能高的材料制造汽缸。

为了寻找进一步提高汽缸耐磨性能和确保所规定要求的途径，我们在产成状态下，试运转，台架磨合以及在不同负载和使用不同介质的条件下，对化油器式V型八缸发动机的汽缸上部（工作条件最恶劣且易磨损）的摩擦表面的性能进行了综合研究。

为研究汽缸摩擦表面性能，我们测定了显微硬度的相对变化，不平度，表层结构的变化，损伤层的深度，损伤种类以及损伤形成的过程。

此发动机汽缸结构的特点是：在汽缸的上部压入一个高 50 毫米的耐腐蚀奥氏体铸铁嵌套。铸铁缸套的成份是：C～2.3～2.8%；Si～1.9～2.2%；Mn～0.6～1.0%；P～0.5%以下；S～0.1%；以下；Cr～1.8～2.2%；Ni～1.60～17.5%；Cu～7.0～7.5%，其余为铁。汽缸套是由含有限的（5%以下）铁素体的СЧ24——44铸铁制成的。缸套铸铁硬度为HB197——229，嵌套的硬度为 HB143——163。

汽缸嵌套摩擦表面性能研究结果列于表内。嵌套表面的显微硬度用 270 型干涉测深仪测定。由表看出，使用过的嵌套表面硬度在不同的高度上是不等的。其硬度值是由发动机工作条件所决定的。人们发现，使用过的嵌套硬度在非工作区内（距端部 5 毫米处）比新缸套的原始硬度（最后机加工后）增加了 0.5——1.2 倍。特别是发动机在试验台上按增高了的热力和负荷规范工作后，嵌套在这个区域内的硬度明显升高（1.2倍）。

嵌套在停在上止点第一道压缩环处区域内（距端部 14 毫米）的硬度不仅取决于发动机工作的热力和负荷规范，而且也取决于其它使用因素。

X光结构分析和金相分析表明，使用过的嵌套在上死点上方非工作区域内表面硬度的提高是由于汽缸内燃料燃烧过程中，在高温和气体压力作用下金属结构相变所致。此时，嵌套的原来结构：奥氏体，纲状分布的共晶碳化物（占面积的 3——4 %）和片状石墨强化了。这使得奥氏体分解，析出细小分散的碳化物〔3〕。从而使嵌套表面的硬度和强度提高了，而塑性降低了。

当发动机在没有磨料粒子工作时（在试验台上试验，不输入石英粉尘），嵌套在第一道压缩环停留的工作区域内的硬度较非工作区域内（上止点上方）提高了 0.7——1.4 倍，较

| 发　动　机　工　作 | 奥氏体嵌套在上部不同距离内，表面硬度值KГС/mm²， | | |
|---|---|---|---|
| | 5毫米 | 14毫米 | 45毫米 |
| 发动机未工作，最终机加工后的汽缸…… | 312—449 | 421—449 | 421—449 |
| 发动机按工厂技术条件磨合…… | 516—702 | 280—555 | 647—917 |
| 发动机在试验台上 650 次冷起动和暖机（低温规范）…… | 481—598 | 1011—1797 | 350—767 |
| 发动机在试验台上按提高了的热力和负荷规范工作 60 小时后…… | 555—1248 | 1248—1797 | 481—702 |
| 发动机在试验台上，在人工往汽缸内输送石英粉尘条件下工作 240 小时…… | 555—1120 | 253—350 | 229—280 |
| 市内公共汽车，行驶 15 万公里…… | 559—835 | 399—555 | 331—590 |
| 城市间行驶的汽车，行驶 15 万公里…… | 371—917 | 555—764 | 295—449 |

原始硬度提高了 2.5——3 倍。嵌套在工作区域内硬度的提高，是由于奥氏体铸铁结构改变所致。燃料燃烧和摩擦所产生出的热量以及汽缸与活塞环和活塞运动接触中表面层的塑性变形均使奥氏体结构产生改变。嵌套表层变形时，出现了金属的复杂变态过程，在表面上形成了次生结构，而在表层下面形成了细密的马丁体。

嵌套表面硬度最高值是在第一道压缩环停留的区域。这是由于汽缸和活塞环在此区域处润滑不足以及表层严重变形所致。

当发动机在具有稳定负荷和速度规范的正常热状态条件下工作时，在接触部位会出现正常的油膜断开和恢复的交替过程。这在由于燃料燃烧和摩擦产生的热量以及变形而引起的结构改变时，可进一步强化嵌套表面。嵌套表面的强化不会超出导致奥氏体分解的极限值，从而保证汽缸磨损控制在最低限度。

当发动机在低温（冷起动和暖机）和高温（即汽缸和活塞环润滑不足条件下）规范下工作后，嵌套在第一道压缩环停留区域处的硬度可达最大值。

嵌套工作表面的金相分析及其表面的硬度变化证实了先前援引的分析结果〔1〕。其中，指出，在起动和低温规范下发动机汽缸的磨损主要是由于润滑条件变坏而引起粘附发展造成的（图1，а，）。沿嵌套工作表面的形成线出现了对粘附件破坏来说典型的损伤。

发动机在试验台上在较高的热力和负荷规范下工作后，在嵌套工作表面上可看到擦伤和粘附的痕迹，以及由于奥氏体热疲劳引起的无数裂痕（图1，б）。在这种情况下，汽缸的磨损性质和磨损量在很大程度上取决于汽缸套和活塞环接触表面的温度。奥氏体嵌套的金相分析表明，此温度为 700 ℃，在某些情况下，可达 900 ℃或更高。这样高的温度会引起汽缸表层金属的疲劳，从而形成了沿片状石墨体扩散的裂缝，然后使表面分层，并使破损部份以典型的环状物形式从表面的个别部份分离出来。当活塞环和汽缸这对配合件润滑条件极度变

坏时，表面温度可达极限值，从而使上述损坏过程很快发生。汽缸出现擦伤。研究表明，汽缸的擦伤主要是由于汽缸表层的热疲劳，起保护作用的第二层组织的严重损坏和金属原生表面的不可避免的接触造成的。当汽缸表面硬度提高和接触时的压力很大时，擦伤的几率也高。此时，由于强力超负载也可造成粘附。

图1（略）为汽缸奥氏体缸套上部的表面（200倍）金相图

当发动机内没有或者少量进入磨料粉尘时，嵌套工作表面在使用过程中不断强化。摩擦部位有磨料时会使硬度降低。譬如，在实验台试验时，往发动机进气通道人工输入石英粉尘后，嵌套上部工作部位的硬度较原硬度降低 30 %～37.5 %。嵌套硬度降低会使摩擦时已强化的层瞬间脱落，并在磨料作用下，使强化层下部变软。众所周知，在机油介质中存在磨料时，使表面层脱落所耗费的能量比在正常摩擦条件下少二三成〔4〕。

通过对发动机做磨料磨损试验，我们得到，带奥氏体嵌套的汽缸磨损，比不带嵌套的，即灰铸铁汽缸套磨损小 35%～50 %〔5〕。

大家知道，奥氏体嵌套是抗腐蚀的。但这一优点只有当燃油中硫含量高时，才能表现出来（图2）。奥氏体嵌套抗磨损和粘附能力的提高是由于以下原因形成的。在发动机工作过程中，嵌套表面和表面层中的组织，性能和形状都发生了根本性改变，奥氏体分解，析出细小分散的碳化物，形成马氏体和珠光体区域。

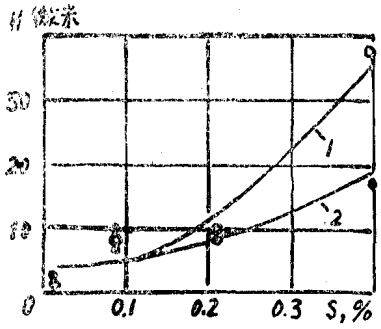


图 2.低温规范下工作时，发动机汽缸套的磨损量N与燃油中硫S含量的关系曲线：

1—灰铸铁缸套；

2—带奥氏体套的缸嵌套。

由于嵌套表面既有坚硬的马氏体和碳素体，又有较软的组份，所以有着不同的变形性能和抗损坏性能。摩擦过程中，在这种基体上形成的第二层保护组织即呈现出明显的机械性能（硬度），物理化学性能（附着力）和表面形状特征（高低不平）等方面的多相性。嵌套摩擦表面的这种多相性对摩擦系数，润滑作用和磨损系数都有良好影响。

发动机磨料磨损试验所用的石英粉尘是石英砂经人工粉碎取得的，所以颗粒都带有锐边，磨蚀和切入金属的能力较强。天然砂土（路上的）没有锐边，系圆形，它不仅能切入金属，而且会引起摩擦表面的弹性——塑性变形。

发动机投入运行后，其汽缸嵌套工作表面的硬度比发动机在试验台上，在无磨料粉尘情况下，在低温或高温规范下工作后的硬度低 50%～75 %，比输入石英粉尘进行抗磨料磨损试验后的发动机汽缸嵌套工作表面的硬度高 0.5～1 倍。显微镜分析表明，此时，汽缸嵌套表面性能指标（见图 1，2，g）介于无磨料粉尘时试验的发动机（图 1,2,δ）和输入大量磨料时试验的发动机（图1,B）的相应指标之间。

在没有临界变化的情况下，汽缸嵌套表面特殊形状及其表面性能和表层性能的形成，使得汽缸的磨损强度变低。这可从予先经磨合的发动机工作一定时间后，汽缸磨损强度降低的事例中得到证明。例如，予先经磨合（60小时）的化油器发动机单缸工作时（$CV_h$ = 6升），



此为试读，需要完整PDF请访问：www.ertongbook.com