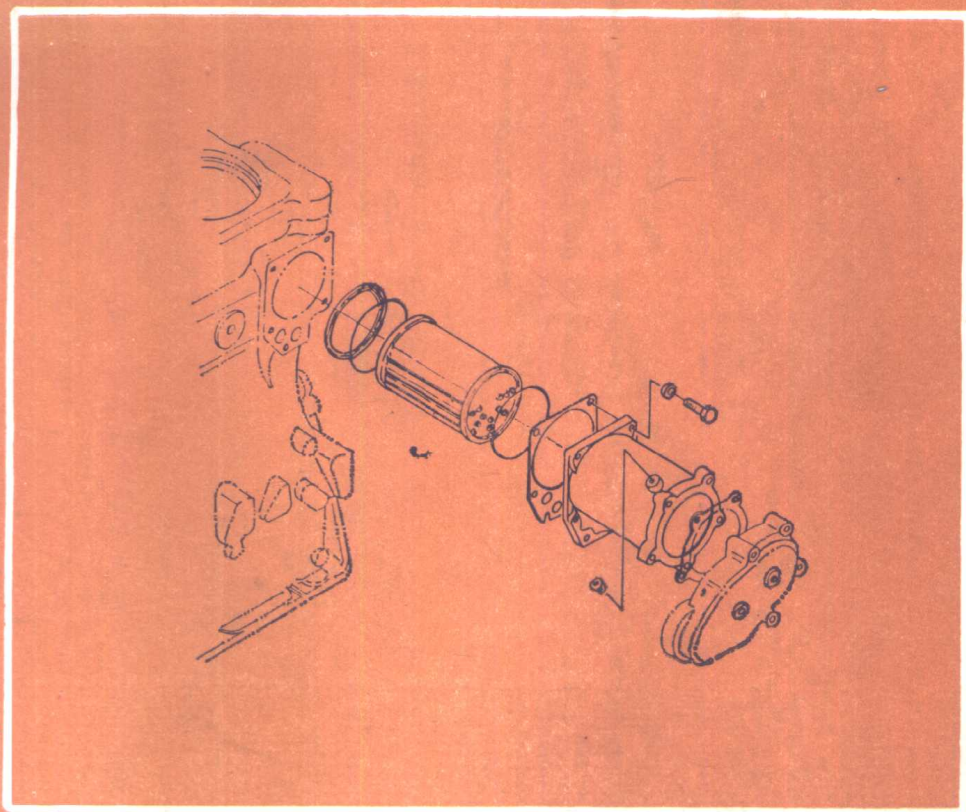


298

工程机械普及丛书

施工机械润滑油的选用

中国公路学会筑路机械学会 编



人民交通出版社

工程机械普及丛书

施工机械润滑油的选用

Shigong Jixie runhuayou de Xuanyong

中国公路学会筑路机械学会 编

人民交通出版社

工程机械普及丛书

施工机械润滑油的选用

中国公路学会筑路机械学会 编

人民交通出版社出版

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 1/32 印张: 8 字数: 60 千

1985年8月 第1版

1985年8月 第1版 第1次印刷

印数: 0001—5,100册 定价: 0.64 元

内 容 提 要

本书从施工机械零件的磨损谈起，对机械用的润滑脂与液压油作了系统的介绍，并对废润滑油与液压油的再生利用有所阐述，书末附录内有国内外用油、脂对照表，本书可供从事施工机械管理人员、机械驾驶和维修人员学习参考。

前 言

为了适应我国公路建设的需要，我学会计划陆续编辑出版一套公路机械化施工的通俗小丛书。按照先专用机械、后通用机械的编辑原则，分别出版路基路面机械、桥梁架设机械以及土方工程机械等。其内容以介绍这些机械的结构特点、技术性能、工作原理为主，兼及使用要求和技术保养等。

公路施工需要机械化，是勿容置疑的。机械化施工的目的，不仅仅是为了提高劳动生产率，减轻劳动强度，更主要地是为了保证工程质量，提高道路桥梁的负荷能力。从目前国内公路运输发展的情况来看，重型汽车的比例日益增多，交通量与日俱增，车辆时速不断提高，这就要求大大改善公路的线型、提高公路的等级和增加桥梁的负荷能力，并相应地修筑一些高速公路。为此需要大量使用施工机械，培养熟练的机械操作手和管理人员。为了适应和发展这种新形势，有必要出版这套小丛书，以提高从业人员对工程机械管、用、养、修的技术水平。

《施工机械润滑油的选用》是这套丛书的一个分册，主要介绍施工机械零件磨损的原因，润滑油的使用性能与选用标准，液压与液力传动用油和润滑油的污染与工作条件的关系，发动机零件的磨料磨损，机油的净化方法和分类，废润滑油和液压油的再生等，可供工程机械管、用、养、修人员学习参考，也可作为培训班的教材。

本书第一、二、四、五、六等五章由长沙铁道学院黄敬业工程师执笔，第三、七两章由长沙铁道学院聂宝安同志执笔，全书由交通部第一公路工程局洪时言工程师审阅。

编 者

目 录

第一章 施工机械零件的磨损	1
一、零件磨损的基本概念	1
二、零件摩擦的表现形式	1
(一)干摩擦	1
(二)液体摩擦	1
(三)边界摩擦	2
(四)半液体摩擦	2
(五)半干摩擦	2
三、零件磨损的表现形式	2
(一)零件摩擦时的磨损	2
(二)磨料磨损	2
(三)抓粘性磨损	2
四、零件磨损的特性	3
(一)磨合阶段 (曲线 OB 段)	3
(二)正常工作阶段 (曲线 BC 段)	3
(三)加速磨损阶段	3
五、典型零件的磨损分析	3
(一)气缸磨损的规律 (指活塞环行程内)	4
(二)气缸磨损原因的分析	4
六、影响磨损的因素	5
(一)摩擦表面外部的机械作用	5
(二)摩擦表面之间的介质的作用	5
(三)相配零件的材料和表面性质对磨损的影响	5
七、延长机械零件寿命的措施	5
(一)零件表面的加工质量	5
(二)选用合适的润滑用油	6
(三)控制各部件的转速、负荷和温度	6
(四)保持摩擦零件的适当间隙	6
第二章 润滑油的使用性能与选用	7
一、对润滑油的要求	7
(一)汽油机对所用润滑油的要求	7
(二)柴油机对所用柴油机油的要求	7
二、发动机润滑油的使用性能	7
(一)粘度与温度的关系	7

(二) 润滑油的润滑性	8
(三) 润滑油的凝点	8
(四) 润滑油的闪点	8
(五) 润滑油的热性能和抗氧化安定性	8
(六) 润滑油的腐蚀性	8
(七) 其它润滑油的残炭值、润滑油灰份、闪点、机械杂质和水	9
三、润滑油在使用中品质的变化和检验	9
四、润滑油的选用及更换周期的确定	10
(一) 润滑油的品种、牌号和规格	10
(二) 润滑油的选用	11
(三) 润滑油更换周期的确定	12
五、传动润滑油的选用	13
(一) 施工机械传动用润滑油	13
(二) 传动润滑油的品种、牌号和规格	13
(三) 施工机械传动润滑油的选用	14
六、润滑油脂的使用性能与选用	15
(一) 润滑脂的组成	15
(二) 润滑脂的使用性能	16
(三) 润滑脂的品种和选用	17
第三章 液压与液力传动用油	18
第一节 液压油	19
一、液压油的粘度与温度和压力的关系	19
二、液压系统对液压油的要求	19
三、液压油的添加剂	21
(一) 增粘剂	21
(二) 消泡剂	21
(三) 抗氧化剂	21
(四) 防锈蚀剂	21
四、液压系统常用的液压油种类及其特性	21
(一) 普通液压油	21
(二) 专用液压油	22
五、液压油的选择	22
第二节 液力传动用油	23
一、对液力传动用油的要求	23
二、液力传动用油的种类	23
第四章 润滑油的污染与工作条件的关系	24
一、润滑油的污染, 污垢杂质的组成和性质	24
二、发动机中影响润滑油污染速度的因素	25
三、润滑油中有机污垢杂质形成的原因	26
四、润滑油污染对发动机可靠性和耐久性的影响	26

第五章 发动机零件的磨料磨损	26
一、污垢微粒和金属零件的硬度对零件磨料磨损的影响.....	27
二、污垢微粒的大小对零件磨料磨损的影响.....	28
三、减少磨料磨损的措施.....	28
第六章 机油的净化方法和分类	30
一、对机油净化系的要求.....	30
二、滤清器的分类.....	31
三、力式净化器的分类.....	32
第七章 废润滑油和液压油的再生	32
一、废油的回收和再生工艺.....	33
二、再生油的质量和使用的.....	35
附录	36
一、国内外用润滑油（脂）对照表.....	36
二、SAE 内燃机机油粘度分级.....	36
三、几种油料的参考比重（密度）.....	37
四、体积单位换算表.....	37
五、各种油类的简易识别方法.....	37
六、API 内燃机油使用性能分类系列.....	38
七、NLGI 润滑脂针入度（稠度）分级.....	38

第一章 施工机械零件的磨损

一、零件磨损的基本概念

施工机械在工作过程中有许多零件在运动着，相互运动的零件经过一定工时后，便会发生尺寸形状和表面质量的变化，这种变化叫做零件的磨损。

机械在开始使用时，各部相互运动的零件表面还是比较粗糙的，这是因为零件表面在机械加工后，总会留有加工痕迹，还有残存的毛刺，不可能很光洁。如气缸壁、活塞、活塞环、曲轴及凸轮各轴颈、底盘各齿轮等零件，在高转速大负荷的情况下运转时，粗糙表面很快发生严重磨损及过热，甚至发生拉缸、研轴或“咬死”等现象，从而导致零件的损坏。

磨损的速度，直接影响到机械工作的寿命。比如，在正常情况下，气缸可以工作几千小时，但有的缸筒却由于制造加工和修理质量不高，或者在使用中对空气滤清器和润滑系未能维护保养好，而导致零件寿命缩短到只有几十小时。严重磨损的零件，必须进行修复或更换，才能继续工作，而磨损过快就会增大修复和制配的工作量，增加材料与零件的消耗量。

二、零件磨损的表现形式

磨损来源于摩擦，而摩擦是将动能转化为分子能的一种形式，在两物体接触表面作相对运动时，又表现为阻止其运动的阻力。摩擦可分为内摩擦和外摩擦。在物质内部将动能变为热能的叫内摩擦，例如全润滑的轴和轴承中的润滑油，当轴和轴承转动时，油层内部相对运动，发生摩擦而生热，在物体分界面上由于滑动而产生热叫做外摩擦，例如没有被润滑剂隔开的轴和轴承，其表面直接接触摩擦而生热。一般说来，内摩擦适用于流体，外摩擦则适用于固体。对于摩擦阻力的产生，一般认为是由分子引力与机械阻力两种力产生的。当表面比较粗糙时，机械阻力起主要作用；当表面光洁度相当高时，分子引力起主要作用。

按照摩擦零件运动特点的不同，摩擦形式可分为滑动摩擦、滚动摩擦和混合摩擦（即滑动和滚动摩擦同时产生，如齿轮传动中齿与齿间的摩擦）。

根据零件表面润滑的情况，摩擦形式又可分为：干摩擦、液体摩擦、边界摩擦、半干摩擦、半液体摩擦等五种。

（一）干摩擦

干摩擦是指在摩擦表面之间完全没有润滑油或其它润滑介质时的摩擦，如离合器摩擦片与离合器压板和飞轮间的摩擦以及制动蹄片和制动鼓间的摩擦等。在干摩擦条件下，摩擦表面直接接触，消耗较大的摩擦功并伴随着强烈的磨损。因而除必须利用干摩擦的特殊情况外，一般是不希望发生干摩擦的。

（二）液体摩擦

液体摩擦是指零件摩擦表面完全被润滑油隔开，不发生直接接触的摩擦。由于这种摩擦大部分发生在润滑油液的内部，产生的磨损是很小的。曲轴轴颈和滑动轴承在稳定运转时的摩擦就是液体摩擦的实例。

从理论上讲，液体摩擦不会引起磨损，但实际工作中因液体摩擦只能在高速运转时产

生，而发动机总有停止运转和停后又起动且在工作中常有大的振动的时候，则液体摩擦的条件就被破坏，当零件表面的局部金属直接接触时，仍然可以出现象干摩擦与边界摩擦那样的磨损。尽管液体摩擦的零件有时因失去液体摩擦而磨损，但和其它形式的摩擦相比，磨损还是较小的。所以，在有条件的地方，应争取造成液体摩擦，以减小磨损。

(三)边界摩擦

边界摩擦是指摩擦表面只有一层很薄的油膜时所产生的摩擦。由于润滑油的油性所形成的油膜有很高的强度，能承受很大的压力，可防止摩擦面直接接触，而使磨损大为减小。齿轮轮齿表面间的摩擦就是边界摩擦的例子。

(四)半液体摩擦

半液体摩擦是指液体摩擦与边界摩擦或液体摩擦与干摩擦同时存在的混合摩擦。

(五)半干摩擦

半干摩擦是指边界摩擦和干摩擦同时存在的混合摩擦。

可以看出，不同的摩擦将引起不同的磨损，当分析某零件的磨损现象时，只要弄清其摩擦条件就可得出正确结论。干摩擦时零件磨损是相当严重的，虽然液体摩擦的零件有时因失去液体摩擦而仍然产生磨损，其磨损是属于最小程度的。在发动机或施工机械零部件中，应根据各摩擦零件的工作特点，运用不同的润滑方式，加注不同的润滑油，其目的均在于尽可能减小摩擦力和减少零部件的磨损。所以，在施工机械使用和修理过程中，应认真遵守有关规定和技术要求。

三、零件磨损的表现形式

(一)零件摩擦时的磨损

经过机械加工的零件摩擦表面，看起来十分光滑，如果将局部放大，则仍可清楚地看出，其表面实际上还是凹凸不平的。摩擦表面的粗糙度越大，磨损越严重。但过分光滑的表面，由于不能存油，又会破坏液体摩擦。所以具有适当光洁度的零件，表面的微小不平，能够贮油和增加散热面积，对减少磨损有利。一般多孔镀铬的零部件，由于能贮油，如活塞环和活塞销经多孔镀铬后会减少磨损，并能延长使用寿命。

(二)磨料磨损

施工机械多半在野外尘土飞扬的地方工作，在实际工作中所遇到的摩擦现象，除了金属与金属的摩擦之外，还有金属和磨料摩擦的现象。例如，由未经滤清的空气带入气缸中的尘土砂粒所引起的摩擦；发动机在运转过程中，零部件相对运动而摩擦（脱落）下来的碎屑微粒混入润滑油中，便会形成磨料。由此而引起的磨损，称为磨料磨损。

不注意油料的清洁，空气滤清器没有及时保养，油底壳的机油不按时更换，以及在机器装配时没有进行认真的清洗，都会加速机械零部件的磨损。

(三)抓粘性磨损

由于使用、修理不当，在发动机工作过程中，还常常产生一种抓粘性磨损。例如，曲轴主轴颈因缺乏润滑油就易于产生抓粘性磨损，继而烧毁；有时因修理质量不高，使轴瓦金属掉下来，将轴抱住，造成抓粘，继而烧毁；有时因对轴瓦清洗不干净，使磨料存留在摩擦表面上，破坏了液体摩擦的最小间隙，使温度增高，将金属表面的吸附膜烧去，金属直接接触，造成抓粘而烧毁。抓粘现象常常发生在接触载荷高、液体润滑差、相对速度小的情况下。如汽车的锥形齿轮、缺油的滑动轴承和已磨损变形的滚动轴承等最易产生抓粘磨损。

四、零件磨损的特性

在发动机中，摩擦零件很多，这些零件所处的工作条件也大不相同，引起磨损的主要原因也不完全一样。但经过大量的实验和总结，发现其磨损增长的规律却是很相似的，即具有共同的磨损特性。从实验得出的零件磨损特性曲线如图1所示，按照磨损增长的速度，大体可分为以下三个阶段。

(一) 磨合阶段(曲线 OB 段)

磨合阶段又可分为生产磨合和运用磨合(如汽车的初驶)两个部分。磨合阶段曲线上升较快，这表明磨损增长较快，因为新的(或大修后的)发动机零件表面比较粗糙，加工后的几何形状

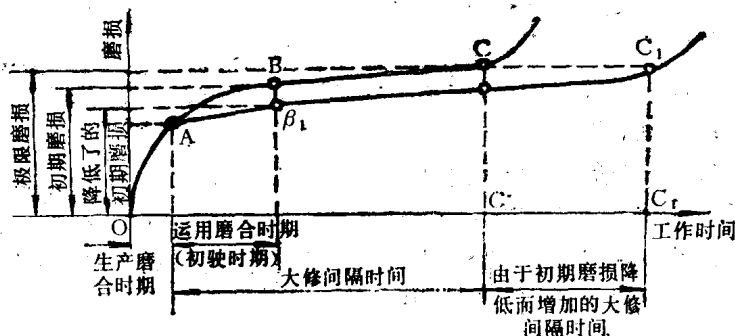


图1 零件磨损曲线

和装配位置存在一定偏差，致使相配零件接触面积减小，而单位面积的负荷增加，润滑油易被挤出而产生干摩擦或半干摩擦；同时，新装配的零件表面凹凸部分嵌合紧密，在摩擦作用下，将有大量的金属屑被磨落而进入润滑油中，使磨损加剧；并且，随着摩擦作用的加剧，零件表面还将产生较大的热量，从而使润滑油的粘度降低，润滑情况恶化。因此，在磨合阶段，相配零件的磨损比较严重。

(二) 正常工作阶段(曲线 BC段)

零件经过磨合之后，其表面凸出的金属尖点部分已经被磨掉，凹入部分被填平，零件的工作表面已达到相当光洁的程度；同时润滑条件已经得到改善。因此，磨损比较缓慢。

(三) 加速磨损阶段

曲线从C点向右，磨损开始剧烈地上升，这主要是相配零件的间隙已经达到最大允许限度的缘故。间隙过大，冲击负荷增大，液体润滑已不能正常保持，润滑油膜易于遭到破坏，从而使零件磨损剧增。此时，如不进行零件的调整、修理而继续使用，则将由自然磨损转变为事故磨损，零件迅速损毁。

从以上可知，虽然磨损是不可避免的，但只要采取必要的措施，就能减轻其磨损，延长使用寿命。例如，图1中所示的下面一条曲线，就是由于在运用磨合时(汽车初驶)采取限载、限速、加强紧定和保养润滑等措施，使运用磨合时期零件的磨损量减轻，从而大大增长了正常工作时间，增加了大修间隔里程。这清楚地表明了运用磨合的重要性。因此，我们必须针对磨损规律，在发动机使用中，除合理负载之外，应当适时地进行各部零件的清洁、润滑、调整和紧定工作，保持各部位的正常工作温度。在修理过程中，要加强技术检验，严格执行技术标准和规定，保证修配的质量。只有这样，才能保证最大限度地发挥机械的作用。

五、典型零件的磨损分析

发动机的各个组成零件，大多在繁重条件下工作，其中又以气缸和活塞环的工作条件为最差，磨损最严重。

气缸和活塞环是在复杂的条件下工作的，例如，在每个工作循环内，其相对滑动是不等

速的，即由零变到最大值，又由最大值降到零，在活塞的行程中，活塞环对气缸壁的压力是不断变化的。此外，在气缸内由于燃烧而引起的高温，在燃烧产物中含有腐蚀性物质，以及进入气缸的混合气体与润滑油夹带着磨料等等都是不利条件。由于以上各种因素对气缸和活塞环的磨损同时起作用，并互相影响，从而使气缸壁处于不同的摩擦状态。

(一) 气缸磨损的规律 (指活塞环行程内)

发动机在工作时，气缸的磨损程度是不均匀的，从气缸的纵断面看，磨损一般是上大下小，称它为“锥度”磨损。从气缸横断面看，磨损后会失去原来的正圆形状，称之为“失圆”；而活塞环接触不到的气缸上口，则几乎没有磨损，于是形成了台阶，俗称之为“缸阶”或“缸肩”。

气缸(在活塞环行程内)磨损的规律如图2所示。

当气缸的“锥度”和“失圆”超过规定范围时，将会造成漏气，窜机油，引起“敲缸”，使发动机动力下降，耗油量增加，使发动机工作的可靠性变坏，甚至不能工作。

(二) 气缸磨损原因的分析

从图2可以看出，气缸磨损的最大位置，发生在活塞到上止点时第一道活塞环相对应的缸壁。这是因为活塞在上止点时，气体温度最高，润滑条件最差，活塞环作用在缸壁上的正压力最大，此时气缸的工作条件最坏。气缸磨损的原因是多方面的，下面就几个主要原因作一些分析。

1. 由于润滑不良造成气缸磨损。因气缸的上部邻近燃烧室，温度最高。在高温影响下，润滑油变稀，粘度降低，在缸壁不能形成良好的油膜，甚至可能被烧掉。同时，对化油器或汽油机来说，其所含的细小油滴不断冲刷缸壁(尤其是进气门对面)也对缸壁的油膜起破坏

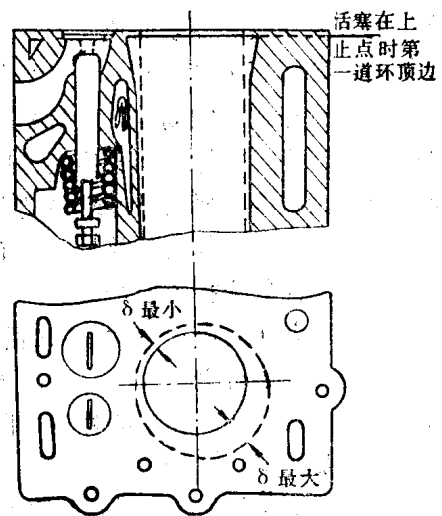


图2 活塞磨损规律

作用，而在发动机低温时，可燃混合气中所含油滴多，这种破坏现象更为严重。由于以上原因，就造成了气缸上部润滑不良，易使活塞环和缸壁形成半干摩擦或干摩擦，使磨损加剧。

2. 腐蚀磨损。当发动机温度低时，气缸内的水蒸汽会在缸壁上凝成水珠，这些水珠与废气接触，生成酸性物质(如硫酸、碳酸等)。这些酸性物质粘附在缸壁上，对气缸壁产生腐蚀作用。我们可以看出，发动机温度愈低，缸内酸性物质愈容易生成，腐蚀作用也就愈激烈。即使在同一缸体上，因各缸冷却程度不同，温度也不完全一样，所以各部位受到的腐蚀程度就有所差别。例如解放CA-10发动机一缸前壁和六缸后壁，因冷却效率最高，其腐蚀就较严重。

如果缸壁油膜保持较好，上述腐蚀将减轻，当油膜遭到破坏时，酸性物质直接接触缸壁，则腐蚀作用还会加剧。

腐蚀磨损是造成气缸“失圆”的主要原因。

3. 磨料引起的磨损。施工机械在风砂大的工地上工作时，空气中的尘埃随同混合气体进入气缸而形成磨料，大部分粘附在气缸的上部，因而使气缸上部磨损严重。当混合气或润滑油中含有过多的磨料时，则磨料磨损将成为气缸主要的破坏形式。

总之，以上提到的几种情况，在发动机使用中是普遍存在的，但一般说来，腐蚀可能是主要原因，而磨料磨损则与不同地区和不同使用条件有关。

六、影响磨损的因素

影响磨损的因素，可以从三方面来分析，即：外部的机械因素；摩擦表面之间的介质；相配零件（摩擦体）的材料性质。

（一）摩擦表面外部的机械作用

摩擦表面外部的机械作用对磨损过程有着重要的影响。这些作用主要有摩擦种类、摩擦表面相对运动的速度、摩擦时的压力特性和数值大小等。

摩擦种类。不同的摩擦种类，将产生不同性质的磨损现象。

速度和压力。相对零件在摩擦时，其相对移动的速度对磨损的影响很大。当其它摩擦条件一定时，改变速度不仅可使磨损过程产生量的变化，而且还产生质的变化。摩擦表面层的温度是随速度的增高而提高的。当表面温度达到 $150^{\circ}\sim 200^{\circ}\text{C}$ 时，摩擦表面的油膜便遭到破坏，其摩擦性质从边界摩擦转变为干摩擦。

在所有情况下，增加单位压力都将使磨损强度和速度增加。

（二）摩擦表面之间的介质的作用

这种介质在发动机中主要是润滑油。润滑油的任务在于变直接摩擦为间接摩擦，此外，润滑油还具有散热、带走磨损物质的作用。因此，润滑油的性质对磨损过程有很大的影响。润滑油必须有适当的粘度、油性和足够的化学稳定性，不含酸类和机械杂质，并保证在摩擦表面能形成坚固的和化学稳定的吸附油膜。

在液体摩擦中，润滑油膜的楔形作用保证了润滑油具有一定的厚度和承载能力，防止了摩擦表面不平处相互嵌入，所以表面不会发生磨损；但在个别情况下，摩擦表面也可能产生接触，从而形成边界摩擦，造成磨损。

在边界摩擦条件下，摩擦表面靠润滑油膜来隔开。提高润滑油膜的强度，是降低零件磨损的有效措施。

（三）相配零件的材料和表面性质对磨损的影响

零件的材料和性质直接影响磨损过程。在各种磨损中，抓粘性磨损危害最大。为防止发生这种磨损，应使表面分子的互相作用限制在最小程度内，使压力均匀分布，提高材料的硬度，采用润滑油或保护性薄膜使摩擦表面不发生金属接触。磨料磨损也是严重的损坏形式，应尽量避免。最理想的情况是希望磨损以显微破坏的形式在很薄的表层进行。因此，应使表层应力不致超过材料的疲劳极限，提高材料抵抗塑性变形的能力，提高耐磨性。

七、延长机械零件寿命的措施

（一）零件表面的加工质量

零件的加工质量即零件的几何尺寸和表面光洁度是否符合要求。例如修理发动机的缸筒时，一是搪削尺寸要准确，以保证正确的几何形状；二是必须进行光磨，以保证足够的光洁度。

另外，零件表面的强度和硬度对耐磨性也有重要影响。一般说来，钢中含碳量愈高，则愈耐磨。在钢中加入某些合金元素（如硅，镍，钒，锰，钼，钨，铬等）而形成合金钢时，其耐磨性也大大提高。

(二)选用合适的润滑用油

国家规定了若干牌号的润滑油，其标准和性能不一；应根据使用条件选择。其次，在使用中，要维护润滑油的性能，特别是保持润滑油的清洁和粘度，要定期更换润滑油和清洗滤清器。

为保证良好的润滑，应根据季节气温的变化，选择具有合适粘度的润滑油。粘度过大，润滑油阻力增加。特别在发动机起动时，润滑油不易到达摩擦表面；粘度过小，润滑系统中建立的油压过低，润滑油供应不足，都不能造成可靠的润滑。一般发动机，在我国冬季宜选用国产6号车用机油，夏季宜选用10号车用机油。15号车用机油只适用于我国南方亚热带地区的夏季。

传动系用润滑油分为齿轮油和双曲线齿轮油两类。

齿轮油有下列三个牌号：

20号齿轮油适用于冬季；30号齿轮油适用于我国长江地区的夏季；通用齿轮油在全年各季节通用。

双曲线齿轮油有下列三个牌号：

13号双曲线油用于严寒地区的汽车、拖拉机和施工机械双曲线齿轮传动装置上。

22号双曲线齿轮油供具有双曲线齿轮传动装置的高级轿车和越野汽车冬季使用。

28号双曲线齿轮油适用于夏季。

应该注意的是，在双曲线齿轮传动装置上不能应用一般的齿轮油润滑。因双曲线齿轮的齿面工作压力很高，可达30,000~40,000公斤力/厘米²（一般齿轮的齿面工作压力为20,000~25,000公斤力/厘米²）。又因双曲线齿轮面的滑动速度很高。所以，双曲线齿轮油内部有添加剂，有良好的抗磨性，能适应工作压力高，滑动速度大的要求。有些现场在双曲线主传动器内使用了一般齿轮油，造成严重的事故，使主传动齿轮工作2~3个月就报废了。

传动系用润滑油也应根据季节温度变化来选用。如果冬季使用凝点高、粘度大的齿轮油，会使起动困难，增加磨损；如果夏季使用粘度小的润滑油，会由于齿面油膜强度不够，而增大磨损。

在施工机械的传动、操纵等装置上有很多摩擦点，由于外露和分散，不易加油和润滑油容易流失等原因，不适宜使用液体润滑油，而需要采用润滑脂来润滑。

润滑脂俗称黄油，在常温下是粘稠半固体油膏，由润滑油和皂类组成。由于润滑脂在金属表面上有良好的粘附性，不会从机械摩擦面间滑落，在高离心力的作用下不易流失，所以在施工机械的滚珠轴承上得到广泛的应用。

(三)控制各部件的转速、负荷和温度

对施工机械各部件的转速、负荷和温度应控制得当。例如在发动机使用过程中，为了减少磨损，应尽量保持说明书规定的温度和适当的转速（不允许空负荷高速长时间运转），防止超负荷运转，冷却水的温度以85°~90°C最为合适。

(四)保持摩擦零件的适当间隙

施工机械各摩擦部件应保持摩擦零件的适当间隙。在相配零件中，为适应相对运动的需要，必须有一定的间隙，由于液体摩擦是在一定条件下产生的，于是就存在着一个最恰当的间隙问题。间隙过大不易形成液体摩擦，且易受冲击负荷；过小也不易形成液体摩擦，摩擦产生的高温不易散出，容易发生“咬死”的现象。这些都会使磨损加剧。

① 按我国“法定计量单位”规定，压力的单位应为[帕]。1公斤力/厘米² = 9.807 × 10⁴帕，下同。

第二章 润滑油的使用性能与选用

一、对润滑油的要求

(一)汽油机对所用润滑油的要求

汽油机工作时，运转速度快，负荷较大，因此工作温度高，其所用润滑油常与各种金属、空气接触，有时因工作场地关系，被尘埃污染，同时在运转中还不断被燃料、摩擦掉下的金属屑末、水蒸汽所污染。要求润滑油具有下列性能：

1)有适当的粘度和适当的润滑性，以保证良好的润滑，使各个摩擦表面有充分的油膜，减少零件的磨损；

2)有相当高的闪点，以保证在使用中安全和减少蒸发损耗；

3)有较低的凝点，保证在低温时能流动；

4)在发动机零件上形成的积炭要少，在燃烧和分解时无胶质沉淀；

5)不应含有对发动机有腐蚀作用和磨损的物质；

6)不应含有机机械杂质和水份。

(二)柴油机对所用柴油机油的要求

柴油机除应具备汽油机润滑油的上述要求外，还应满足下列要求：

1)抗腐蚀性能好，往柴油机油中加入抗腐蚀添加剂时，能在金属表面形成坚固的保护层，以防止外来物质的腐蚀并减少磨损。

2)热氧化安定性好。柴油机油氧化后生成酸类、胶质和沥青等。在常温下机油一般不起氧化作用，随温度升高而氧化速度加快。这些生成物质在油中不断聚集，使润滑油色泽变暗，粘度增高，酸性增大，并自油中析出沉淀。柴油机油中加入适量的抗氧化添加剂，可提高机油的抗氧化能力。在高温高压条件下能保持良好的油膜。不得形成胶状物质，以免粘结活塞环。

3)有良好的清洁性，能抑制燃烧室和活塞等机件上生成漆膜和将生成的胶状物质清洗掉，使零件表面保持清洁。

二、发动机润滑油的使用性能

(一)粘度与温度的关系

粘度是润滑油的主要特性之一。发动机摩擦功率的大小，运动机件的磨损量，活塞环的密封情况，润滑油的消耗量，发动机起动的轻快性以及零件的工作温度等等，均与所使用的润滑油的粘度大小有密切关系。

液体在外力作用下，其中某一液层对另一液层作相对移动时，发生液体分子间的相互摩擦，这种性质称为内摩擦或称为粘度。我国润滑油粘度的单位，大多采用运动粘度，也有使用恩氏粘度的。

国产润滑油通常是以100°C时的运动粘度来划分润滑油的牌号的。运动粘度即液体的动力粘度与其同温度下的密度之比。动力粘度的单位是 $\frac{\text{千克}}{\text{米} \cdot \text{秒}}$ 或 $\frac{\text{公斤}}{\text{米} \cdot \text{秒}}$ ，如果除以密度，则运

动粘度的单位就是 $\frac{\text{公斤}}{\text{米} \cdot \text{秒}} \cdot \frac{\text{米}^3}{\text{公斤}} = \frac{\text{米}^2}{\text{秒}}$ 。

由此可知，国际单位制的运动粘度单位名称为二次方米每秒，中文符号为米²/秒，国际符号为m²/s。粘度的大小是随温度而变化的。温度升高时，粘度就会急剧降低；温度降低时，粘度相应增高。因此标志润滑油的粘度性能，除在一定温度下的粘度指标外，还采用在两种不同温度下粘度比这个指标。如我国石油产品规格标准中，规定润滑油的运动粘度比(50/100℃)不大于一定数值，即润滑油50℃运动粘度与在100℃时运动粘度的比值，称为运动粘度比。润滑油的运动粘度比愈小，即粘度随温度的变化率愈小，润滑油的品质愈高。因为粘度变化小的润滑油，可在低温时保持较小的粘度，以保证发动机在低温时容易起动，也可保证润滑系内润滑油阻力不致过大，使润滑油得到可靠的循环。当温度升高时，由于粘度变化较小，可保证发动机各部润滑的可靠性。

(二) 润滑油的润滑性

润滑油润滑性的好坏，是指保持边界油层能力的强弱。润滑性在液态润滑时不起作用。但在负荷大、转速低、油量供应不足的情况下，由液态摩擦过渡到干摩擦，润滑性的好坏很重要。

润滑油含不饱和烃愈多，润滑性就愈好。润滑油中含有有机酸或某些O、S、CO、OH基等的化合物时，能大大提高润滑性。油膜的强度常常决定于润滑油的表面活性物质的多少。在精制润滑油时，往往排除其中的硫化物和氧化物。但润滑油中还留有少量硫化物和氧化物，这些化合物使润滑油具有形成保护油膜的可能。随着精制程度的降低，润滑性得到改善，但其它性质变坏。

(三) 润滑油的凝点

润滑油受冷后到完全不能流动时的温度叫凝点。凝点高的润滑油容易失去流动性，润滑油达到凝点时，润滑系就不能继续工作。气候寒冷的地区，要求用凝点低的润滑油。在发动机润滑油的选用上，通常是根据润滑油的粘度和凝点来考虑季节性换油的。

(四) 润滑油的闪点

润滑油在一定的加热条件下，润滑油的蒸汽与周围空气形成的混合气体，接近火焰发出闪火时的温度叫做闪点。闪点低的润滑油很容易蒸发和变质，使用消耗量增加。

(五) 润滑油的热性能和抗氧化安定性

润滑油的热性能是润滑油油膜在金属表面上抵抗高温和氧化作用并阻止产生胶质的能力。在一般情况下，温度愈高，油层愈薄，润滑油的抗氧化安定性愈差。氧化的速度和程度以及形成有害物质，取决于润滑油的化学组成、温度、润滑油与空气接触面的大小和金属的催化作用。发动机润滑油的工作温度达200℃~300℃，且常处于薄层油膜和雾滴状态。它在金属催化作用下，很容易与空气中的氧化合成胶质、酸质、沥青等有害杂质，因而使润滑油颜色变黑，粘度变大，并在发动机机件上积炭和产生腐蚀作用。

柴油机组件受负荷较大，表面工作温度也较高（一般比汽油机高10℃~20℃），而轴承多用铜铅合金制成，因而在运行中更易使润滑油氧化。为此，一般柴油机润滑油都掺有抗氧化和抗腐蚀的添加剂。

热氧化安定性好的润滑油使用周期长，消耗少。

应该注意，在换用油底壳的润滑油时，必须先将油底壳清洗干净。否则，废润滑油的氧化物有促使新鲜润滑油迅速氧化的催化作用。

(六) 润滑油的腐蚀性

润滑油中常含有微量的酸性成份，通常在质量标准中以“酸值”大小来表示润滑油的腐蚀性。所谓酸值是以中和1克润滑油所需苛性钾（KOH）的毫克数来表示的。根据酸值多少，可以判定润滑油中有机酸的含量多少。

润滑油中的有机酸对机械有一定程度的腐蚀性，特别是在有水份存在的条件下，其腐蚀性会更大。所以在发动机润滑油中，必须使其基础油（即未加添加剂前的润滑油）的酸值不大于某数值。在使用中，当酸值增大到一定数值时，就必须换油。

有的润滑油加入抗氧化、抗腐蚀添加剂后油品酸值可允许增大。

（七）其它润滑油的残炭值、润滑油灰份、闪点、机械杂质和水

1) 残炭值：残炭值也是润滑油质量指标之一。它是按国家标准（GB268-64）中石油产品残炭值测定法进行测定的。润滑油残炭值可判定润滑油形成炭渣的能力。炭渣是在高温和没有空气接触的情况下蒸发润滑油时所得的残炭。根据残炭量的大小，可以大致判定油料在发动机中结炭的倾向，再结合其它指标便可以判定润滑油的精制深度。一般精制深的油品，残炭量小，反之，残炭量就大。为了保证发动机润滑油的精制深度，在质量指标上规定其残炭量不大于某数值。润滑油中含氧、硫、氮化物较多时，残炭量也有所增加，炭质也较硬。

2) 润滑油灰份：灰份是润滑油完全燃烧后所剩下的残留物，主要是有机酸和无机酸盐类。润滑油内的灰份应以较少为好，因为灰份会增加发动机的积炭，而积炭较硬，又会增大机件的磨损。因此，灰份这个指标一般都是规定不大于某一数值。

3) 闪点：闪点低，表示润滑油的蒸发性好。但发动机润滑油经常处于高温条件下工作，因此要求有较高的闪点。发动机用润滑油的闪点在 $185^{\circ}\sim 215^{\circ}\text{C}$ 范围内。

应该注意，如发现曲轴箱里的润滑油的闪点在使用过程中显著降低，则说明润滑油已受到燃料的稀释，应及时换油或对发动机进行检修。

4) 机械杂质和水份：润滑油中混进机械杂质，会加速零件磨损并易使滤清器和油道阻塞。

润滑油中渗入水份会在油中形成悬浮液和泡沫，堵塞润滑系油道，使润滑油难以附着到润滑表面。

总之，润滑油中严防渗入水份和杂质。在润滑油的运输、保管、使用过程中，要随时注意杜绝各种水份和杂质。

三、润滑油在使用中品质的变化和检验

发动机的润滑油，经常在高温高压下工作，在使用过程中，润滑品质会逐渐变坏，如不及时更换，将会加剧发动机零件的磨损。

发动机中的润滑油逐渐变坏是由于机械杂质的污染及润滑油本身的物理、化学性质发生变化（俗称老化）所致。

润滑油中机械杂质的来源：1) 随空气经燃烧室进入润滑油中的灰尘和砂粒；2) 从燃烧室进入润滑油中的燃料不完全燃烧的产物，胶质和碳粒；3) 摩擦机件表面磨损下来的金属屑粒及加工后残留在发动机内的杂质（如型砂、金属屑、磨屑等）。

实践证明，从油色的变化可以判别油质的变化。机械杂质不到0.1%时，机油颜色变化很少，超过0.1%后油色开始迅速变深，增加到0.4~0.5%时，油色十分深暗，若再继续使用，油色完全变黑。对汽油机来讲，一般不超过0.4~0.6%，柴油机不超过1.0~1.2%。

润滑油变质的检验，最简单的方法是将油滴滴在白纸上，观察油斑颜色，或用机油尺观察润滑油粘度的变化与油色等。