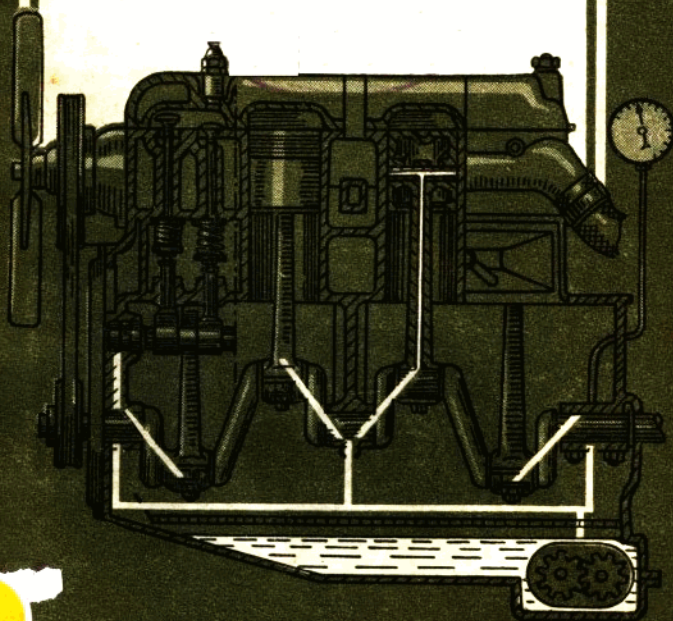




В.П.塔拉辛可夫 著

发动机的 潤滑



引 言

保养发动机的潤滑系，是保証坦克、汽車和拖拉机发动机的可靠性和耐用性的主要措施之一。

內燃机是一种非常复杂的机器，其中有許多零件相互作用着。互相接触的零件承受着很大的負荷，为了不使零件磨損的太快，所以要往零件之間的間隙中加滑油。而且、只有当供給摩擦表面的滑油，在温度和質量上完全合乎規定要求的时候，发动机才能經久和正常地工作。

現在我們来看一下 T-34 坦克以 25 公里/小时的速度行駛时，发动机各零件的工作情况。我們再看一下，如果发动机的曲軸每分鐘轉动 1600 轉，在这短短的时间內发动机的十二个汽缸中发生的情况。

在这短短的时间內，噴咀約往汽缸中噴油 10000 次之多。燃料每一次燃燒，使燃燒室內的温度高到 2000° 以上。燃燒后产生的燃气約以 90 个大气压的力量作用在活塞上，也就是說开始作用在每一个活塞上的压力大約为 15 吨。

在这段時間之內，活塞改变自己运动方向的次数在 38000 次以上。在一分鐘之內、发动机活塞所經過的路程要超过 8 公里。如果我們来算一下 12 个活塞在一分鐘之內的摩擦面积，那末这一面积等于 3500 平方公尺。这样一个面积約等于一条 1 公里长 4 公尺寬的公路。

假如在这种工作条件下，不去潤滑发动机的零件，发动机会馬上損坏，甚致不按潤滑規則进行潤滑，都会使发动机的使用時間大大縮短。

这个例子說明，坦克駕駛員、汽車司机和拖拉机手非常需要了解发动机潤滑系的构造、零件的潤滑以及为了使发动机长久而正常地工作需要如何保养潤滑系。

汽車、拖拉机及坦克发动机潤滑系的构造原理都是一样的，而且潤滑系个别部件的作用也是相同的，只是构造上有所不同。坦克发动机的潤滑系最复杂，因此在本書中敘述得比較多一些。

这本小冊子的目的是使坦克駕駛員、汽車司机和拖拉机手熟知发动机潤滑系的构造、工作及保养。

目 录

引 言

第一章 发动机的零件为什么需要潤滑？	1
自然界中的摩擦	1
一个零件沿着另一个零件运动时会发生什么情况？	3
如何减小摩擦力和零件的磨損？	6
发动机的零件还为了什么需要潤滑？	10
第二章 发动机潤滑用的滑油	13
从石油中提炼滑油的简单說明	13
发动机应使用什么滑油？	15
滑油的物理化学性質	16
改善滑油性質的加料	20
发动机滑油的技术条件	20
第三章 滑油在內燃机中的工作	23
滑油在发动机中的工作条件	23
发动机工作时滑油的情况如何？	24
第四章 发动机的潤滑系	30
发动机中那些部件需要潤滑？	30
发动机的零件是怎样潤滑的？	32
潤滑系的构造	35
第五章 汽車发动机潤滑系的构造	37
第六章 坦克发动机的潤滑系	41
坦克发动机主要部件和零件的潤滑	41
曲柄—連杆組零件的潤滑	42
分气机构零件的潤滑	48
分气机构傳动装置傾斜軸的潤滑	50

燃料泵传动装置零件的润滑	51
空气分配器零件的润滑	51
上垂直轴零件的润滑	53
发电机传动装置零件的润滑	54
下垂直轴零件的润滑	54
低压燃料泵传动装置零件的润滑	56
滑油泵传动装置零件的润滑	56
水泵传动装置零件的润滑	56
坦克发动机润滑系的构造	53
第七章 润滑系的附件和零件	62
发动机曲轴箱	62
滑油箱	64
滑油泵	68
滑油滤	71
滑油散热器	78
手摇滑油泵	81
检查仪表	83
滑油变路装置	85
滑油导管	86
第八章 发动机润滑系的保养	89
曲轴箱和滑油箱的油量检查	89
发动机供油的检查	91
滑油箱和发动机曲轴箱的加油	92
滑油箱和发动机曲轴箱的放油	93
发动机滑油滤的清洗	93
发动机润滑系滑油的更换	94
冬季发动机曲轴轴承的加温	95

第一章 发动机的零件为什么需要潤滑？

自然界中的摩擦

在我們周圍的自然界里，或在工程界中，常常碰到物体运动的現象，象飞机在空气中运动，機車沿着鉄軌运动，汽車和坦克沿着道路运动，活塞順着汽缸鏡面运动。如果仔細观察一下这些現象，那末便可以发现，当运动的时候，常常是一个物体沿着另一个物体或在某一种介質中运动。譬如，飞机在空中飞行，对飞机来講空气是固定不动的，坦克在地面上行駛，对坦克来講地面是固定不动的。

是什么使一个物体沿着另一个物体运动呢？运动的原因是作用在物体上的力。例如，有坦克、汽車发动机所产生的力，或者有筋肉作功产生的力。譬如一个物体在某种力的作用下，在水平面上以等速运动，如果此种力的作用突然停止，那末物体的运动便会逐渐减慢，直到最后靜止下来。

当力的作用停止以后，是什么使物体靜止下来的呢？为什么物体不繼續运动呢？原因是运动的物体之間有着运动的阻力，阻碍着物体的运动。而当作用在物体上的力小的时候，那末运动的阻力便会使正在运动的物体停下来，使原来不动的物体动不了。

現在我們来看一下，物体在水平面上运动时的情况。阻碍物体运动的力，便是摩擦力。

摩擦力取决于該物体的特性、形状、制作的材料，并取决于另一物体的特性，以及两种物体接触表面所处的条件。如果两种物体是被某种液体隔开的，那末所产生的摩擦力一定比一个固体在另一个固体上直接移动所产生的摩擦力要小。物体的表面愈不平滑(粗糙)，摩擦力就愈大；因此，机器的零件，其中包括发动机的零件，总是尽量作的比較光整。

譬如，发动机曲軸軸頸的表面都是經過磨光的，都是非常平整和光滑的。大家都知道，汽缸筒的內壁是多么光亮而又平滑。难怪把这种表面叫做汽缸鏡面。

但是事实上发动机的零件表面并不象我們用肉眼去看或用手去摸的那样平整，那样光滑。

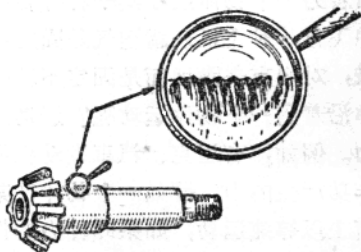


图1 放大的零件表面

如果我們用放大几千倍的显微镜去观察零件的平滑表面，那末可以看到，整个表面是由相互交錯的凸凹所构成(图1)。

用車床、鉋床或銑床粗加工后的零件表面，甚致用肉眼观察便能够看到如上所述的粗糙表面。

表面粗糙度有大有小，加工愈粗，粗糙度就愈大。例如，在車床上粗加工后的零件表面粗糙度的高度达100公微^①，經過細加工后，为10~12公微，經過磨光以后，为1.6~0.2公微，而經過抛光后，一般不超过0.2公微。

① 1公微等于千分之一公厘

这就是說，发动机零件的表面沒有绝对平整和光滑的。任何精加工的表面都是有一定的粗糙度的。

一个零件沿着另一个零件运动时 会发生什么情况？

当发动机工作时，通过发动机零件傳送着很大的使一个零件紧压另一个零件的力。由于零件表面不是完全平整的，所以零件并不是以整个表面相接触，而只是以某些凸起部分相接触着（图2）。如果这些凸起的高度不同，那末当一个零件沿着另一个零件运动的时候，它們便会相互咬住（见图2上的A点）。

凸起与凸起相接触的地方会产生这样大的力，以致使两个零件的金属分子之間产生分子內聚力，使零件如同焊在一起一样。

由于凸起与凸起相互咬住和分子內聚力的作用，使一个零件难以沿着另一个零件运动。只有当一个零件压另一个零件的力量非常小的时候，或者是咬住的凸起损坏时，一个凸起才能越过另一个凸起，也就是一个零件才能沿着另一个零件运动。由于摩擦表面凸起的机械啮接和分子的相互作用所产生的阻碍一个零件沿着另一个零件运动的力，叫做摩擦力。

摩擦力可以达到相当大，而其大小取决于一个零件压在另一个零件上的力，取决于摩擦表面的加工程度。摩擦力的方向与零件运动的方向刚好相反，因此，它在发动机里是一种有害的力。为了克服它，需要消耗很大的力和大量有效功。

一个零件沿另一个零件运动时所经历的全部过程，已

由苏联学者、苏联科学院通讯院士B.B.德辽金詳細研究过，并且已經在他的摩擦理論中加以闡明。对摩擦的理論有兴趣的讀者，可以讀一讀1952年苏联科学院出版的B.B.德辽金所著的“什么是摩擦”一書。

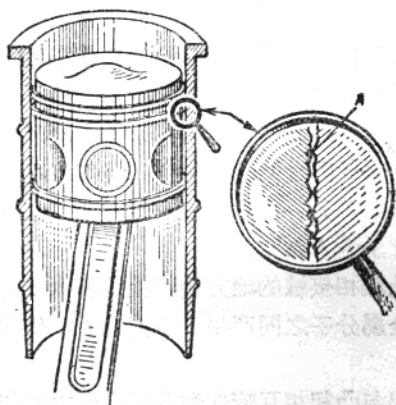


图 2 两个平滑的表面只有几点相互接触

当发动机工作时，还应该注意与摩擦现象同时产生的一种有害现象，即零件的磨损。相互咬住的凸起，由于本身的阻力不能停止零件的运动，所以凸起便被磨掉（见图 3, a），结果零件表面的形状或尺寸都改变了。

这种零件表面形状或尺寸的变化，叫做磨损。

零件还可能由于其他原因而磨损。例如，一个零件以很大的速度沿着另一个零件运动的时候，两个表面的粗糙处也同样以这样大的速度相互撞击着。在撞击中，受到撞击的地方、金属温度便升高。关于在撞击时不平滑表面的受热问题，已经有许多学者詳細研究过。并且还能十分精确地确定表面受热时的温度。譬如，在发动机正常工作中，

汽缸与活塞环不平滑表面相互撞击时，撞击处的温度可以达到 600°C 。不错，只是在撞击处一点上有这样高的温度，但是在此处的两种零件的分子仍然是形成了直接的接触，零件的金属结合在一起，或者是象我们上面所说的，如同焊在一起一样。假如零件继续运动的话，结合处必然要损毁，而且损毁不一定是在“焊接”的地方，而常常是在分子内聚力较弱之处（见图3,6）。

此外，硬粒（磨料）掉入摩擦表面之间后，表面受硬粒摩擦也同样可能造成磨损。这种硬粒很可能是从零件上掉下来的金属粒，或砂子等。它们如同研磨一样，摩擦着零件的表面，因而改变了零件的形状和尺寸（见图3, a）。

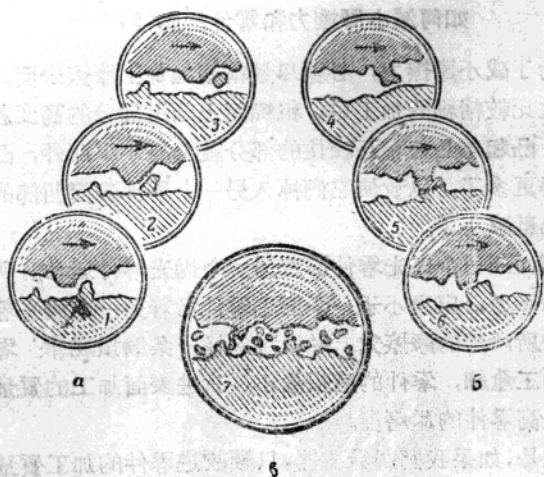


图3 零件表面的磨损

a, 6—凸出部分的破损；b—磨料磨损。

有时磨料的颗粒非常大；它们掉入相接触的两表面中间，在金属上划出沟槽来，造成表面擦伤（图4）。

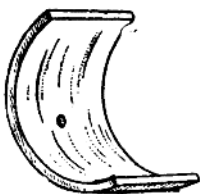


图4 轴瓦表面的擦伤

零件相互摩擦的过程中，克服摩擦力所消耗的能，并没有消失，而是转变成了热能。摩擦零件的发热，便说明了热能的增加。零件摩擦时发出的热量会相当多，致使零件的温度超过容许温度。

如何减小摩擦力和零件的磨损？

为了减小摩擦力，必须尽量精细地加工摩擦表面。表面经过比较精细的加工后，粗糙面上凸出部分的高度就会减低，凸起与凸起相互咬住的部分就会变小。此外，凸部也变得更少了，以致使它们掉入另一个零件表面凹部的可能性也就减小了。

因而，一个抛光零件沿着另一个抛光零件运动时所产生的摩擦力，应当小于一个磨光零件沿着另一个磨光零件运动时所产生的摩擦力。并发现这样一条磨损规律：零件表面加工愈细，零件的磨损愈小。改进表面加工的质量，能够提高零件的耐磨性。

但是，如果我们制造机器，只愿改进零件的加工质量，我们不会有现在这样大马力的发动机和高速行驶的车辆。所有制成的机器会迅速地磨损，因为摩擦零件的负荷增大

和它們的运动速度增加后，摩擦力也同时在增大着。为了不發生这种情况，必須减小摩擦力，而如果在摩擦表面之間隔上一层液体——滑油，便可以达到这一目的。

当零件被滑油层隔开后，在液体摩擦条件下会发生什么情况？

虽然人們在很久以前，已經知道了滑油的作用，但只是在19世紀末期才发现了液体摩擦的定律。第一次进行科学分析和数学論証这种現象的是俄国工程师和学者H. II. 彼得洛夫。他所創立的潤滑油的流体动力学理論，非常簡單而又正确地闡明了液体摩擦的进程。后来，潤滑油的流体动力学理論又經苏联学者H. E. 儒可夫斯基和C. A. 查布雷金作了进一步的发展。

这一理論的主要內容如下：第一，滑油紧貼在摩擦表面上，并且最靠近摩擦表面的一层随着摩擦表面而移动；第二，当潤滑油隔离开摩擦表面后，金屬之間的摩擦即被滑油层之間的摩擦所代替。

現在我們来看一下这种情况。負荷为 P 公斤力的零件 A

（見图5），沿着不动零件 B 上的滑油层，以每秒10公尺

的速度运动。假定我們把此滑油层再分成很多非常薄的油层，譬如說100层。根据潤滑油流体动力学理論，靠近零件表面的一些滑油层，便紧紧貼在零件的表面上，并且同零件一起移动。这就是說，靠近零件 A 的油层也具有和零件



H. II. 彼得洛夫
(1836~1920)

相同的运动速度，即每秒10公尺，而靠着零件B的油层则固定不动，因为零件B本身是不动的。

由于薄薄的滑油层之间的摩擦（滑油的內摩擦），所有中间的油层应以不同的速度移动，从零件A至零件B各层的速度逐渐减小。假如說油层的运动速度是平均地变化，那末下面一层的速度要比上面鄰接层的速度小 0.1公尺/秒 （ $10\text{公尺}/100 = 0.1\text{公尺}$ ）。例如，靠近零件A的第二层速度是每秒10公尺 $\sim 0.1\text{公尺}$ ，第三层的速度是每秒10公尺 $\sim (0.1 \times 2)\text{公尺}$ ，以下依次类推。如图5所示，每一层的速度可以这样来表示：上面一个箭头表示最上面一层的速度、为每秒10公尺，而靠着零件B的最下面一层的速度等于零。其余各层的速度变化，則如直綫AB所示。

現在来看一下曲軸軸承中的液体摩擦情况。軸承与曲軸之間的整个間隙中充滿着滑油。图6,a表示：发动机停車以后，曲軸在軸承中的位置。曲軸在負荷或本身重量的作用下而落在軸承上，这样就把間隙下部的滑油几乎全部挤走。剩下的只是一层油膜，假定象图6,b所表示的白点鏈的形状。当軸旋轉的时候，粘附在軸上的油层也同軸一起旋轉。由于內摩擦的原因，位于間隙中的滑油被挤到軸的下面（見图6,b），并且如同滑油楔子把軸向上抬起。随着軸的旋轉速度的增加，滑油愈来愈多地被挤到了間隙的下部（見图6,c），最后，軸就象“浮起”一样，不接触軸承地旋轉着（見图6,d）。

从图5和图6,d中可以看到，在液体摩擦条件下，两零件表面上的凸出部分是彼此不相接触的。在这种情况下，零件不会因相互摩擦而磨損，由于摩擦是在油层之間进行的，所以摩擦力也就大大减小了。因而，减小了使一个

零件沿着另一个零件运动所必须的力，增大了发动机有效功。

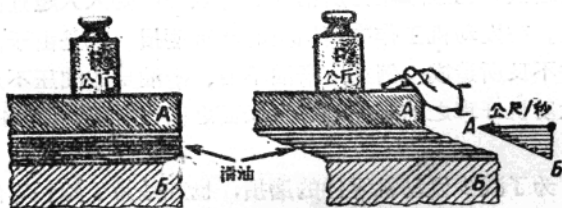


图5 摩擦表面間油层运动速度的变化情况

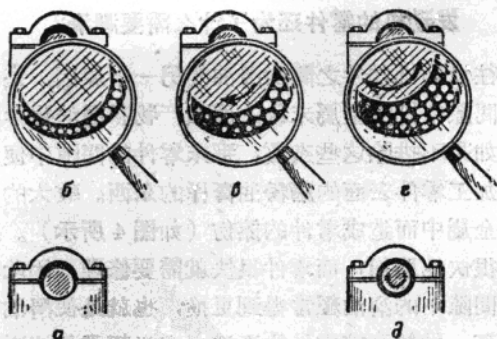


图6 轴承的液体摩擦简图

а、б、в、г、д—轴的旋转速度不同时轴与轴承間油层厚度的变化情况

这样，在摩擦表面之間加滑油的目的，显然是为了减小摩擦力，而主要地在于减少零件表面的磨损程度。

为了使加到摩擦表面之間的滑油能将摩擦表面完全隔离开，必须供給能保証分开摩擦表面所需压力的滑油量。

否則，滑油將被擠出，零件表面上的凸出部分又重新相互接觸。這樣，便會產生半液體摩擦。在半液體摩擦時，零件的磨損和克服摩擦力所消耗的有效功，要大大超過液體摩擦。在發動機工作中所出現的嚴重磨損，都是由於潤滑條件不良所造成：例如，滑油不潔、滑油層的油壓不足、和發動機開車之前零件的摩擦表面之間沒有隔離的油層等。

為了減少發動機零件的磨損，也就是為了延長零件的使用期限，在發動機工作中必須有足夠的滑油加在摩擦表面上。當滑油不足時，滑油導管中的壓力將小於正常壓力。

發動機的零件還為了什麼需要潤滑？

往發動機零件之間加滑油的另一個原因，是為了從零件的間隙中排除金屬末狀的磨損產物和滑油化學變化的產物。如果不排除這些雜質，那末零件的間隙中便形成一種用來加工零件表面的磨粉油膏樣的东西。較大的雜粒，會擠入金屬中而造成零件的擦傷（如圖4所示）。這樣，表面會很快地磨損，而零件很快就需要修理。因此，盡量使零件間隙中的滑油經常得到更換，也就是使滑油在潤滑系中循環。供給摩擦零件的滑油，應當經常是潔淨的，不應含有機械雜質。從零件間隙中擠出來的滑油，必須經過油濾濾淨。

前面已經講過，零件相互摩擦時會排出大量的熱，因而使零件的溫度大大升高。發動機零件溫度升高的另一原因是由於汽缸內燃料在不斷進行着燃燒。燃料燃燒後的燃氣具有非常高的溫度—— 2000°C 以上。當燃氣與汽缸壁、活塞和活塞環接觸時，燃氣傳給它們大量的熱。假如發動機

的零件不进行散热，那末这些零件的温度会达到很高，以致降低了零件金属的机械强度，因而零件便会迅速地磨损。

当温度升高时，物体便要膨胀，零件膨胀后，势必使零件与零件间的间隙缩小，甚至使间隙完全消失。

为了使零件的温度不致于超过容许限度，所以要进行零件的散热。有一些零件，譬如，发动机的汽缸和汽缸头是用水或空气来散热的。而有一些零件；譬如，曲轴的轴承和活塞就不能用水或空气来散热（因很难将它们送到这种零件上），只能用滑油来进行散热。

在发动机以不同工作规范工作时，被滑油带走的热约为全部热的6~14%。例如，每台发动机如果每工作一小时平均消耗30公斤柴油，而每公斤柴油燃烧后能发出10000大卡的热，那末，每小时带进发动机的热为300000大卡。其中18000到50000大卡的热是通过滑油，从发动机零件上带走的。这样大的热量能够将一、两桶水（每桶200公升）烧开。

因此，润滑发动机零件的滑油还起着另一种作用，即冷却发动机工作时受热的零件，将零件上多余的热带走。

流到发动机汽缸壁上的滑油，充满着活塞与汽缸之间的不大的间隙，而将燃烧室密封起来（如图7所示）。由于这样，减少了由燃烧室经发动机

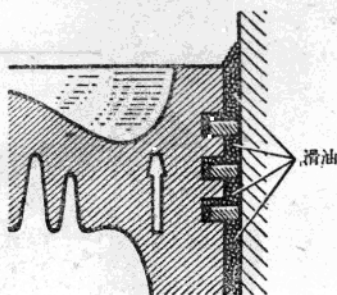


图7 滑油“密封”
发动机的燃烧室

来（如图7所示）。由于这样，减少了由燃烧室经发动机

曲軸箱的漏氣量。所以，當舊而磨損的發動機開車時，有時要往汽缸中注入少量滑油，以便減少漏氣量。這樣一來，潤滑發動機零件的滑油還有密封燃燒室的用處。

當零件溫度升高時和當零件與空氣中的氧或其它氣體接觸時，它們的表面易于氧化。

當燃料燃燒時，其中的硫即變成氧化物，這些氧化物同其他燃燒產物一起落在零件的表面上，並且可能掉進發動機的曲軸箱中。此外，燃燒產物中常常含有大量的水蒸氣，當溫度低於 100°C 時蒸氣即變成水；也落在零件表面上。水與氧化硫相化合即變成嚴重侵蝕金屬零件表面的酸。

零件表面上如果有薄薄一層滑油，便能使零件不受嚴重的氧化和不與侵蝕的酸接觸，保護零件不生銹。

這樣一來，可以作出這樣一個結論，即發動機中使用滑油具有下列幾種用途：潤滑零件的摩擦表面，排除摩擦表面的雜質，冷卻受熱的零件，密封燃燒室，防止零件生銹。
