

机修手册

(修订第一版)

第七篇 设备的润滑

中国机械工程学会
第一机械工业部 主编



机械工业出版社

第三章 设备的润滑方法和润滑装置

一、设备的润滑方法及添加油脂装置

在选定润滑材料之后，就需要用适当的方法和装置将润滑材料送到润滑的部位。有关润滑材料的输送、分配、检查、调节的方法和所采用的装置是构成设备结构和其运行的主要一环，对提高设备工作性能及其使用寿命起着极为重要的作用。

设备润滑方法主要是根据设备结构和运动的特点和对润滑的要求选用的。如办公、家务等应用的机构简单、运动缓慢、负荷轻微的装置对润滑要求不高，一般用手工添加油脂，甚至“一次润滑”就可以满足需要。但在大型和复杂的生产自动线就必须提供高度自动化的、集中润滑系统，以保证其正确可靠的润滑。

(一) 对润滑的要求和润滑分类

1. 对润滑的要求

1) 润滑的质量及可靠性：为了达到摩擦副的正常运转，要求供油均匀、连续，润滑系统的油位应该稳定，才不致影响到润滑的效果。另一方面，润滑装置又要便于调节油量，便于在设备工作条件改变时（如工作速度改变）按实际需要人为或自动改变供油量。

润滑的可靠性对设备运行起到保证的作用，特别在高速、重负荷和关键设备上润滑偶尔的故障或中断，必然带来灾难性的后果。选用润滑装置时，润滑的质量和可靠性应是首要考虑的问题。

2) 耗油量大小及经济性：润滑油脂是我国工业的重要物资，特别现在供应还不充分，故在保证润滑良好的前提下，还必须节约用油。我们在选用润滑方法和装置时应注意充分发挥油脂的作用，尽量降低油脂的消耗，特别要减少或消除漏油，并把降低耗油量作为我们奋斗目标之一。

3) 冷却的作用：现代高速重负荷设备常带来高温而要求润滑油加以冷却。甚至设备所能承受负荷和速度的高低，主要根据润滑油的冷却效果而定。我们选用润滑方法和装置，不能不重视其冷却的效果。

4) 维护工作量：机械化和自动化对润滑提出了新的要求，而润滑本身业务和润滑装置在过去常是较薄弱和简陋，不能适应现代化的要求，除必须保证设备润滑效果外，应极力使润滑作业机械化自动化，并保证润滑装置简单适用，减少维护工作量。

5) 装置的标准化通用化：润滑装置应尽量采用标准件、通用件。在同一种设备上应采用同一型式的润滑装置，从而简化品种，便于集中生产和减少备件的储存。

2. 润滑方法的分类

1) 从油脂的利用情况可以将润滑分为一次使用和循环使用两种方法：

① 一次使用：凡润滑一次用过的油脂就不加回收，让其流失。这种方法应用在简单、分散、低速、轻荷、需油、脂量很小而安排油池、油箱有困难的装置，如简单车床的溜板和大小刀架与走刀挂轮等。

② 循环使用：在高速、重荷、机件集中、需油量大的设备上都将油循环使用，以充分发挥其潜力而避免过大的损失，如各种减速箱、床头箱、走刀箱和溜板箱等。

2) 从润滑装置的配置方式可以将其划分为分散润滑和集中润滑两种方法：

① 分散润滑：一般在结构上分散的部件，如电机主轴的两个轴承、中小型机床几十处润滑点均按其润滑部位，就地安排润滑油杯、油孔、油嘴，分散进行的润滑。

② 集中润滑：在机构集中，同时有多数配件要求润滑，如各种减速箱、走刀箱等，既有变速的齿轮或蜗轮，又有它们的轴和轴承，还可能有各式的联轴器和离合器等，有必要集中进行的润滑。

3) 从润滑装置的作用时间上又可将其划分为间歇润滑和连续润滑两种方法：

① 间歇润滑：一般负荷速度均较低，对润滑要求不高的部件，采用间歇润滑已足以满足其需要。如上述的车床溜板和大小刀架等。

② 连续润滑：负荷速度均较高，除要求充分润滑外，还有散热的需要，就应进行连续的润滑。如高速运行的齿轮箱和滑动、滚动轴承等。

4) 从油脂进入摩擦面的情况又可划分为无压润滑和压力润滑两种方法：

① 无压润滑：油脂只依靠本身的重力或毛绳、毡垫的毛细管、虹吸管作用来给油。无压润滑过程简单、经济、方便但供应的油量少、不易进入小间隙、而且扩散时间十分缓慢，故不大可靠。除手工添油外，一般的油绳、毡块、油杯、油链、吸油、带油、油池、飞溅等无强制送油措施的润滑方法均属之。

② 压力润滑：通过泵送，使油脂承受较高的压力。其结构极为复杂，但可靠性高，对高速重负荷的现代设备有更好的效果。

表3-1-1 各种润滑方法的适用范围及其优缺点

| 润 滑 方 法 | | 适 用 范 围 | 供油 质量 | 安全 可靠 | 冷却 作用 | 耗油量 大小 | 装置 复杂性 | 维护 工作量 | |
|---------|------------------|----------------|-------------------------|----------|----------|-----------|-----------|-----------|---|
| 油 | 一 次 使 用 | 手工加油润滑 | 轻负荷滑动轴承、导轨、外露及封闭齿轮 | 差 | 差 | 差 | 大 | 低 | 大 |
| | | 滴油润滑 | 一般滑动及滚动轴承、导轨、汽缸、外键及封闭齿轮 | 中 | 中 | 差 | 大 | 中 | 中 |
| | | 油绳和毡块润滑 | 一般滑动轴承 | 中 | 中 | 差 | 中 | 中 | 中 |
| | | 强制送油润滑 | 主要滑动及滚动轴承、内燃机汽缸、导轨、齿轮 | 好 | 好 | 差 | 中 | 高 | 小 |
| 滑 | 循 环 使 用 | 油雾润滑 | 高速滚动轴承封闭齿轮 | 优 | 好 | 优 | 小 | 高 | 小 |
| | | 滴油或油池润滑 | 重要滑动及滚动轴承、导轨、封闭齿轮 | 好 | 好 | 好 | 小 | 中 | 中 |
| | | 油环、油链、油轮 润滑 | 一般滑动轴承 | 好 | 好 | 中 | 小 | 中 | 小 |
| | | 喷油润滑 | 封闭齿轮 | 好 | 好 | 好 | 中 | 高 | 中 |
| 脂 | 一 次 使 用 | 压力循环润滑 | 主要滑动、滚动轴承、封闭齿轮、导轨 | 好 | 好 | 优 | 中 | 高 | 中 |
| | | 集中润滑 | 自动机床、生产自动线 | 优 | 优 | 中 | 中 | 高 | 小 |
| | | 脂杯润滑 | 一般滑动滚动轴承、导轨 | 中 | 中 | 差 | 中 | 小 | 小 |
| 滑 | 循 环 使 用 | 脂枪润滑 | 中等及重要滑动滚动轴承 | 中 | 中 | 差 | 中 | 小 | 小 |
| | | 集中润滑 | 中等及重要滚动轴承、导轨 | 好 | 好 | 差 | 中 | 大 | 小 |
| | | 内在润滑 | 连续运转的高级滚动轴承 | 中 | 好 | 差 | 小 | 小 | 小 |

表 3-1-1 系根据第一种分类办法来划分的各种润滑方法及装置, 表中还列举出其适用范围及优缺点比较。

(二) 各种润滑方法及其供油脂装置

1. 手工润滑

手工润滑是一种最普遍、最简单的方法。一般是由操作工人用油壶或油枪向油孔油嘴加油。油在注入孔中后, 沿着摩擦表面扩散以进行润滑。因润滑油量不均匀、不连续、无压力, 依靠人的自觉, 有时不大可靠, 故只用于低速、轻负荷和间歇工作的部件和部位。

油孔油嘴中最简单的为仅有带喇叭口的孔(图 3-1-1 a), 只在位置受到限制、缺乏装置油嘴的地位时采用, 如缝纫机、手推车等。

一般机器上的油孔、油嘴均有防止灰尘侵入的保护装置, 但也可分为带阀(图 3-1-1 b、c)和不带阀(图 3-1-1 d)的两类(无阀的为自动关闭式铰链盖油杯)。此外, 还有图 3-1-2、3-1-3 的油杯。为了适合不同情况的需要, 油孔油嘴又做成了垂直、水平和倾斜安装的各种型式。

有的油孔还可填充毛毡或毛绳, 使起到储油和过滤作用, 使润滑达到较为清洁和均匀。

手工加油除油孔, 油嘴要求畅通, 保证能进油外, 加油工具还必须适合需要, 能使油准确加入而不溢流到各处。同时操作还必须熟练和认真, 方不致使油量过多或过少, 以致影响润滑效果或者浪费滑油, 破坏文明生产。

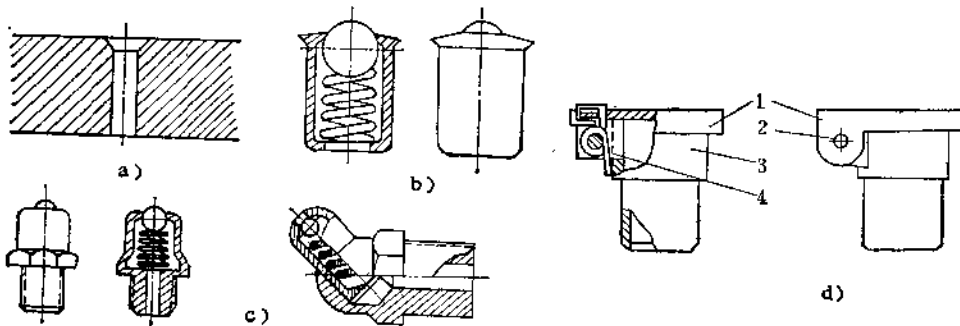


图3-1-1 手工润滑油孔及油嘴

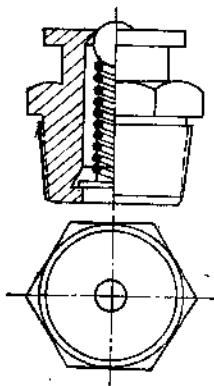


图3-1-2 旋入机体内的手工润滑油杯

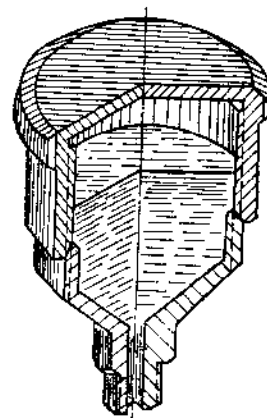
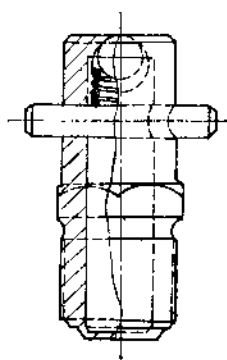


图3-1-3 旋盖加油油杯

手工加油的油壶油枪(图 3-1-4), 为最常见最简单的喷油壶。图 3-1-5 为泵式油枪, 每压一次活塞杆就能压出一定的油量。这些手工工具种类繁多, 主要应使用方便, 出油处能与所用油孔油嘴相适应。在机台应有专人保管, 不让损坏或失散, 方能保证可靠的润滑。

2. 滴油润滑

1) 针阀调节式滴油油杯: 图 3-1-6 为这种型式的常用油杯。其滴油量受针阀 1 的控制, 而开关 2 则控制针阀的启闭和滴油的多少。针尖一般做成 $20^{\circ} \sim 30^{\circ}$, 改变这一倾斜角可以改变其调节的灵敏度。油杯中的油位高度直接影响通过阀中环形间隙的滴油量。

2) 压力作用滴油油杯: 图 3-1-7 为装在透平式压缩机上的滴油杯。此种油杯的底面有一个针阀 1, 其阀杆通过油杯上的操作缸伸出外面, 连接一调节螺母 2, 阀的启闭由压缩机排气通过弹簧压着的活塞 3 加以控制。并可用阀杆上的螺帽 2 来调节油杯的滴油量。

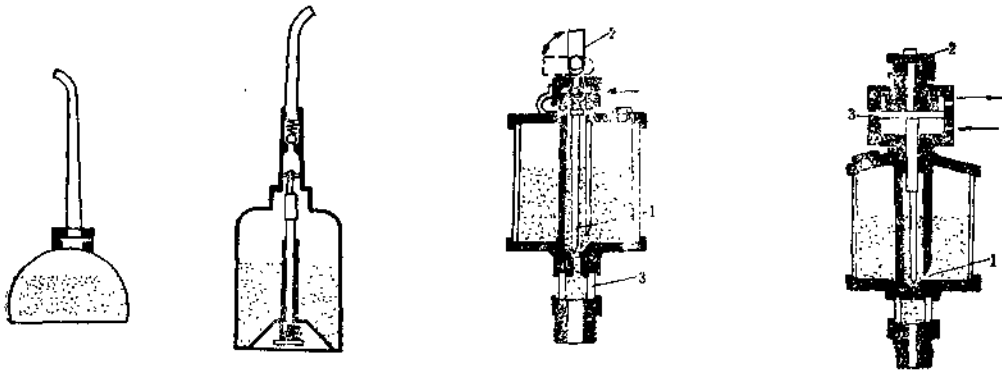


图3-1-4 喷油壶 图3-1-5 泵式油枪 图3-1-6 滴油油杯 图3-1-7 压力作用滴油油杯
1—针阀 2—开关 3—玻璃管 1—针阀 2—调节螺母 3—活塞

3) 跳针式润滑油杯: 图 3-1-8 为这种润滑油杯, 一般直接装在所润滑的摩擦副上, 通过摩擦副轻微的垂直振动所产生的泵送作用, 使油沿跳针下降至摩擦副。

4) 热膨胀给油油杯: 图 3-1-9 即为这种油杯, 能受摩擦副温度变化的控制。摩擦副中温度的变化通过油杯的金属管传到油杯上的空腔, 使其中的空气膨胀或收缩。当空气膨胀时, 油杯上面空档的气压增大, 强迫少量油流出油杯, 送入摩擦副; 而在空气收缩时, 油流即停止。如此连续不断地进行工作。此种油杯在某些要求先加油, 然后起动的摩擦副上无法应用

5) 自动均匀给油的油杯: 图 3-1-10 这种油杯由于下面贮油器能保持着不变的油压, 故能保证自动均匀给油。

图 3-1-11 为均匀给油油杯, 润滑用油从上面的贮油器经过连在浮漂上的阀, 补充到下面的贮油器, 其送往摩擦副的油量靠针阀来调节。

图 3-1-12 为活塞式滴油油杯, 其滴油的量可通过杯上的杠杆机构加以调节。

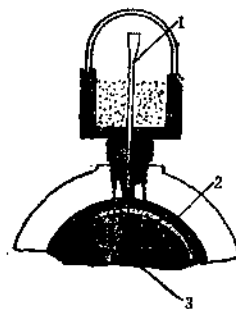


图3-1-8 跳针式油杯
1—跳针 2—轴承 3—轴



图3-1-9 热膨胀油杯

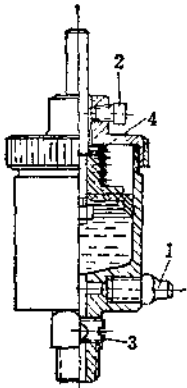


图3-1-10 连续压注杯

- 1—利用油枪补给的压注孔
2—活塞杆的固定螺钉
3—开缝式油门 4—弹簧

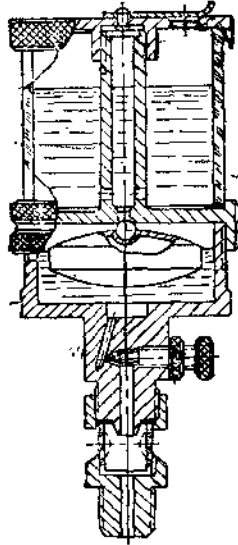


图3-1-11 均匀给油的油杯

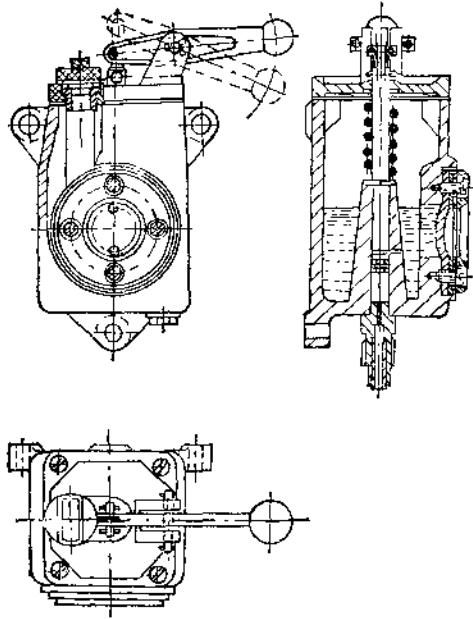


图3-1-12 活塞式滴油油杯

滴油润滑油杯的骨架多数用铝或铝合金制造，故较为轻便，而油杯壁或检查孔宜用透明的塑料，以便于观察油位。

油杯一般只供一次润滑的小量润滑油，其给油量受杯中油位和油温的影响。阀的加工质量亦往往影响到供油的稳定性，故在装置和调节以前，必须认真加以检查。油杯储油的高度应不低于全高的 $1/3$ ，如发现低于这一下限就必须加以补充。油杯中的针阀和滤网必须定期清洗，以免堵塞。油杯的优点是结构简单，可以做到较均匀、连续又便于检查的给油。缺点是仍然要求人工照顾，不完全可靠。一般油杯在停车时如不关闭，难免浪费滑油。

3. 油绳和毡块润滑

1) 图 3-1-13 为油绳式油杯，毛绳的吸油一端浸在油中而供油，另一端则通过送油管露出。油绳利用本身的毛细管和虹吸管作用吸油，故采用油的粘度应较低。如采用 60 厘沱 (50°C) 粘度的油，则油绳最少须露出油杯底下 10~50 毫米。毛绳从油杯向下悬垂，它离油杯底愈远则油的流动速度就愈快。但当油杯的液面降低时，滴油量就会减少。采用油绳润滑时，须注意以下一些问题：

① 白色的废羊毛绳一般均具有虹吸滑油而使之沿绳上升的作用，故不宜染色和渗入防霉防水的化学剂。

② 油绳的送油率和毛绳的根数成正比；和油杯油面与发送管顶的距离成反比；随发送管的长度愈向下延伸而增加；随油的粘度降低而增加。

③ 面积大而浅的油杯较面积小而深的油杯更能做到均匀的滴油。

④ 当油杯充满油时，其供油量最大，而当油位逐渐降低时，供油量逐渐减少。

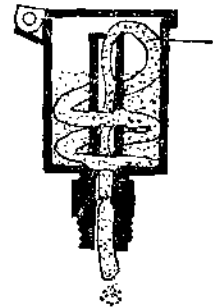


图3-1-13 油绳式油杯

⑤ 毛绳附带有过滤的作用，一般应每三个月清洗一次。清洗时，可从股绳流油反方向剥掉积垢，再用煤油洗净。油绳应每年更换一次。

⑥ 不要使用镀锌铁皮做的油杯来盛装含有脂肪酸等油性添加剂的油。

⑦ 在机器长期停车时，应将油绳吸油一端提起与油脱离接触，而将送油一端卷在送油管上，以免继续送油造成浪费。

⑧ 还可利用大型油杯装置及一些发送管和油绳分别送油到一些摩擦零件去。对发送管一端最好装设旋阀便于控制。

⑨ 一个容积为 0.12 升的油杯采用羊毛绳可供油 4~10 小时左右。

油绳润滑还可应用在轻负荷的滑动轴承丝杠等如 C620 等车床主轴箱、走刀箱的齿轮轴滑动轴承和某种卧式和立式拉床的丝杠等（图 3-1-14）。但以铸出的边缘高处小油池代替油杯，而将发送油管及油绳接到润滑的油孔上。

2) 图 3-1-15 是依靠弹簧压在轴上的油垫润滑装置。油垫和油绳一样也是借材料的毛细管作用吸油供油的。一般用在加油有困难或不易接近的轴线上。如让油垫从上面和轴接触，由于油有重力作用，给油量将有增加。

摩擦表面的圆周速度不超过 4 米/秒时，可以采用油垫润滑，如传动装置、铁路车辆、金属切削机床的轴承等。

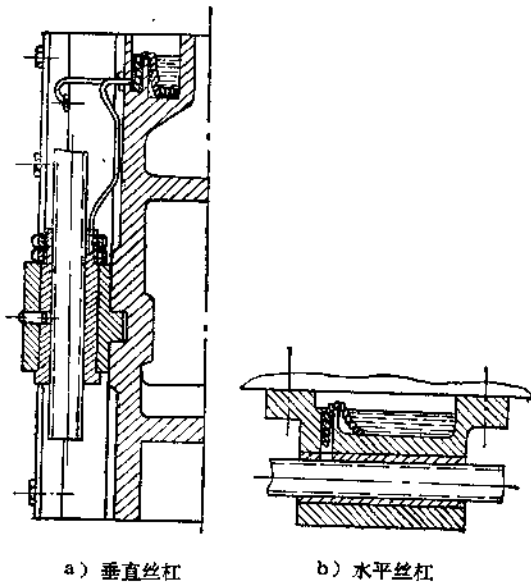


图3-1-14 走刀丝杠的毛绳润滑法

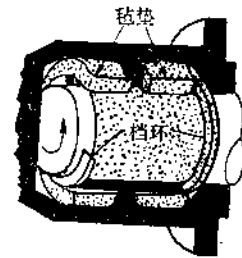


图3-1-15 饱和毡垫加油器

油垫从专用的贮油槽中吸进润滑油以供和其接触的轴颈。故安放在轴承座贮油槽中的油垫应尽可能紧密地从下面成半圆形包住轴颈，并用小弹力的弹簧将油垫压向轴颈。油垫距对开式轴瓦边缘不应小于 25~30 毫米，以防止其纤维为旋转的轴所带出，挂在轴瓦边缘上面引起发热。

油垫润滑特别要求保持清洁。不然油受沾污，油垫的毛细管堵塞就不能渗透进油。久之，油垫的表面将形成一层结实的外皮，阻止油的进给，而摩擦表面必然出现高热。

如轴承的负荷落在其下半部，则油垫应放在其上部的低压区，方能顺利地供油。

油垫主要应用粗细毛毡和其他毛织品制成。棉织品虽也具有毛细管作用，但因缺乏弹性，会迅速粘结变硬，丧失毛细管作用。

油垫装入轴承以前，须放在 50°C 的油中浸渍几个小时，以填充充足的滑油。

油垫结构简单，能自动给油，在适当维护时工作尚可靠。其缺点是使用情况不易察看和了解，有时还会为轴承所撕破带走，而出现事故。油垫必须定期清洗，加以烘干，然后能重新使用。

另一种用于开式轴承的毡滚润滑器。其毡滚因与轴颈接触而被带转动，以供油到轴承。毡滚的油则来自浸润的油池或另一毛绳送油杯。因毡滚的滚动作用能减少表面的研伤和磨损，因而提高了使用寿命。如造纸机干燥滚筒上的某种滑动轴承，即利用这种毡滚以进行润滑。

4. 强制送油润滑

机械强制润滑装置能均匀地发送油，慢的几分钟发送一滴油，快的一秒钟发送几滴油。发出油的压力一般为几公斤/厘米²，但有时却高达 300 公斤/厘米²，图 3-1-16 是这种装置的一个示例。利用一个装在传动轴上的凸轮或偏心轮 3，在轴

转动时推动活塞 1 压住弹簧 2。活塞 1 则通过送油阀 4 将油压出，发送到摩擦副去。弹簧再压回活塞并在此返回的行程中通过单向阀 5 吸入油，以此循环不断地发送油。

在一般情况下，机体油池内可装用几个同样的机械强制润滑装置，但都用单独的送油管送油。

此种装置也可以装在机体内部，通过棘轮机构、摆杆、齿轮或皮带轮带动。如需调节油量，可以在偏心轮和活塞之间装入一根可调位置的摆杆，以改变活塞的有效行程而增减其送油量。

有的磨床主轴因其润滑特殊，要求低粘度的主轴油，故在主轴上装偏心轮推动小活塞泵打油供本身的润滑，效果很好。但因精密磨床要求高度平稳，必须避免任何可能的冲击振动。

有的机械轴件，还可以借助齿轮带动单片或双片的简单叶片泵供油到一定的润滑部位。

强制送油润滑因系由运行机器本身所带动，故可靠程度高，维护工作量小。油量可以预先计划，必要时还可加以调整，故耗油量中等。这种润滑由于需要增加一套机构，常受位置的限制，而装配也较复杂，故只适用于少数机械。在小型电动机和小型油泵广泛出现标准件以后，一般在机外附装小型单独的润滑系统反而较为经济和简单。

5. 油雾润滑

(1) 油雾润滑的优缺点及应用范围 油雾润滑是利用悬浮在空气中成为雾状的微小油粒进行润滑的。一般应用压缩空气或蒸气吹散润滑油成为油雾，然后将其送到摩擦表面上。实际摩擦表面的润滑仅需极薄的油膜，即足以隔离金属和金属的接触，油雾所耗的油量很小，但能保证不断的供给，而且载体压缩空气的渗透能力强，速度快、能以微高于大气的压

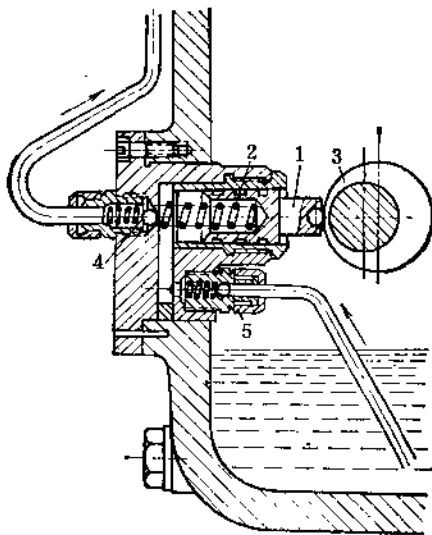


图3-1-16 装在机床内部的强制润滑泵

1—活塞 2—弹簧 3—偏心轮 4—送油阀 5—单向阀

力将油连续送入所有表面，这就更能保证润滑的效果。

这种润滑方法的优点有：

- 1) 送到摩擦表面的油量很小，故不致在润滑部位产生搅动涡旋等过量的液体摩擦热。
- 2) 压缩空气对摩擦表面有强烈的冷却作用。
- 3) 在摩擦表面上有一定的正压力，能避免外围气流的沾污。
- 4) 能保持摩擦表面的均匀和经常的润滑。

但也有以下的缺点：

- 1) 较为复杂，制造成本较高。
- 2) 适用于有压气源的地方。如自备压气源会更增加复杂的程度和设备的成本。
- 3) 排出含细油粒的空气会沾污环境。

污环境。

油雾润滑在1950年以前只局限用于风动装置上。但也开始在小的高速精密转轴上应用。1950年以后，这种润滑型式已在所有各种工业设备上普遍推广。现在这种润滑办法已不受摩擦副的大小和其运转速度的限制，如从高速达250000转/分的 $\phi 2.4$ 毫米滚珠轴承直至装在钢铁和有色金属轧滚轴颈轴承的 $\phi 860$ 毫米主轴上的四列滚子轴承均已有效地加以应用。但油雾润滑因会破坏线圈的绝缘材料，不宜用在电机上。

(2) 油雾润滑器的种类和作用原理 油雾润滑器有很多种型式。图3-1-17为常用的一种，其结构比较简单，易于制作。但其缺点是压气带走的油雾直接送入摩擦副，而这种油雾中的大部分是较大的油粒，常会落到联通的管道中或粘附在摩擦副间隙以外的表面上，实际能起润滑作用的不多，故效果差，油的浪费也较多。

图3-1-18是一种经过改进的油雾润滑器。其原理仍是让压气通过喇叭口，产生压力差，利用低压将油吸入喇叭口。但油在喇叭口与压气混合形成油雾以后不是直接引出，而是向下经过旋转和加速导入油杯的上部空腔。这时

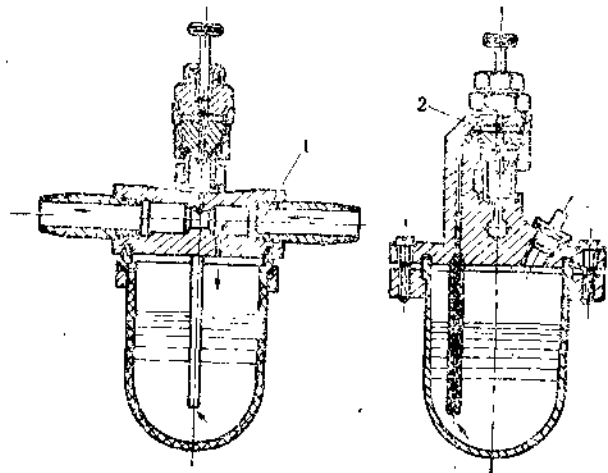


图3-1-17 油雾润滑装置

1—压缩空气进口管 2—调整阀

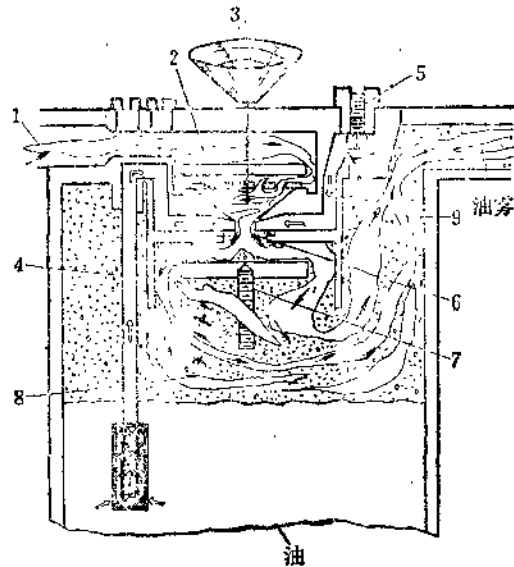


图3-1-18 油雾形成过程图解

大约只有吸入全部油量的 10% 为小于 2 微米的细油粒，能为气流所卷走并被引入润滑点，其中多数能起到润滑的作用。其余的 90% 的大油粒仍返回到油杯下部的储油池中，故油雾润滑的质量较好，而油的浪费亦较少。

这种油雾润滑器产生油雾的具体过程如下：

- 1) 从压力调整阀直接引入压缩空气。
- 2) 压气从进口沟道 2 进入润滑器，并向下流经过环形间隙继续进入旋转腔 3。
- 3) 压气被迫以高速向下从喇叭口旋转冲出。这时气流以声速离开喇叭口并旋涡式地向下转动。高速形成低压，引起强烈的抽气作用。
- 4) 油在喇叭口从吸管 4 抽入，进入旋转腔 6 和压气混合。
- 5) 油在缝隙中为气流所撕裂、膨胀、向下旋转，并在三座标方向以声速和超声速范围的频率高度涡旋和脉动。这有减小油粒至最好油雾粒子大小的倾向。
- 6) 油雾流为一挡板 7（粒子尺寸调整盘）所阻扰折下再返回，水平引出。油雾粒子冲击在挡板上。
- 7) 太大的油雾粒子为挡板所截留并滴回油杯下部 8。
- 8) 适用的细粒油雾从出口 9 压出，进入分配系统。

(3) 用油的选择和压气的处理 油雾润滑用油的粘度仍服从一般选油的原则，即高速、轻荷、低温采用低粘度的油，而低速、重荷和高温时则相反。在一定的油雾润滑系统中，如将润滑油的粘度增大，则送出油雾的含油量就会减少。油雾润滑在低温条件下的用油粘度受一定的限制。表 3-1-2 列举在某一低温时的最高粘度限制，可供选油时参考。油雾润滑可以按需要选用各种油品，如齿轮油、汽缸油以及其他极压性能的油种。

油雾器发送油雾的量随压气压力的增加而增加，直至临界流动点为止，超过该点，油将从管道中的油-空气流中脱出而滴落。其发送油雾量又随油粘度的降低而增加，如将油加热时能获得较大的油雾输出。

油雾润滑有赖压气源的带动。要防止润滑油的沾污和磨料、锈皮的侵入，应在油雾润滑器的前面装入空气管线过滤器，以净化应用的压缩空气。同样为了有效和经济地利用压气，应在油雾润滑器的前面装置压力调节阀。而压力调节阀常装在过滤器和润滑器的中间，让过滤器能对调节阀起到保护的作用。

图 3-1-19 a 为带有压气过滤和压力调节的油雾润滑器，图 3-1-19 b 为油雾润滑器在各种机器部件上的应用。而图 3-1-19 c 则是带有加热器和水分离器的另一种油雾润滑器。

图 3-1-20 示出油雾润滑器的工作范围。

(4) 用油量的计算法 油雾润滑装置比较复杂不易改变。故对润滑的需油量应事先估算，便于选定适当规格。一般对每个摩擦副需要的油量可按下式做近似的计算：

$$G = G_0 K_1 K_2 K_3$$

式中 G ——摩擦副耗油量（克/小时）；

G_0 ——规定耗油量（在滚珠轴承上 $G_0 = 0.1$ 克/小时，在圆柱滚子轴承上 $G_0 = 0.2$ 克/小时，在圆锥形和锥形滚柱轴承上 $G_0 = 0.4$ 克/小时）；

表 3-1-2 在一定低温时采用油粘度的限制

| 温 度 | 用油的最高粘度 (厘泊 50°C) |
|-------|----------------------|
| 24°C | 104 |
| 13°C | 55 |
| 7°C | 35 |
| 0°C | 25 |
| -13°C | 13 |

K_1 , K_2 和 K_3 ——考虑到轴承有关大小和旋转速度, 在轴承中能装入润滑油的空间, 轴承的工作温度等因素而加以选取。

系数 K_1 的值按下列的比例选取 [d (毫米), n (转/分)]。当 $nd^{3/2} < 100000$ 时 $K_1 = 1$; 当 $100000 \leq nd^{3/2} \leq 1000000$ 时 $K_1 = 2$, 当 $1000000 < nd^{3/2}$ 时 $K_1 = 4$ 。

在转动速度、性能参数 $nd^{3/2} > 5000000$ 时在开动时耗油量非常大, 其润滑规范按经验方法选取之。

系数 K_2 的值在有大量储油时 (油池) $K_2 = 1$, 在储油量不大时 $K_2 = 2$; 在无储油时 (自由流油通过轴承) $K_2 = 4$ 。

系数 K_3 值按下法选取: 当轴承温度在 70°C 以内时 $K_3 = 1$, 在 $70 \sim 100^\circ\text{C}$ 时 $K_3 = 2$, 在 $100 \sim 130^\circ\text{C}$ 时 $K_3 = 4$, 在 $130 \sim 160^\circ\text{C}$ 时 $K_3 = 6$ 。借上法估算或者利用油雾形成器的控制图表可求出通过摩擦面的相应耗油量, 通过在仪器进出口空气压力的调整可求出空气的消耗量。

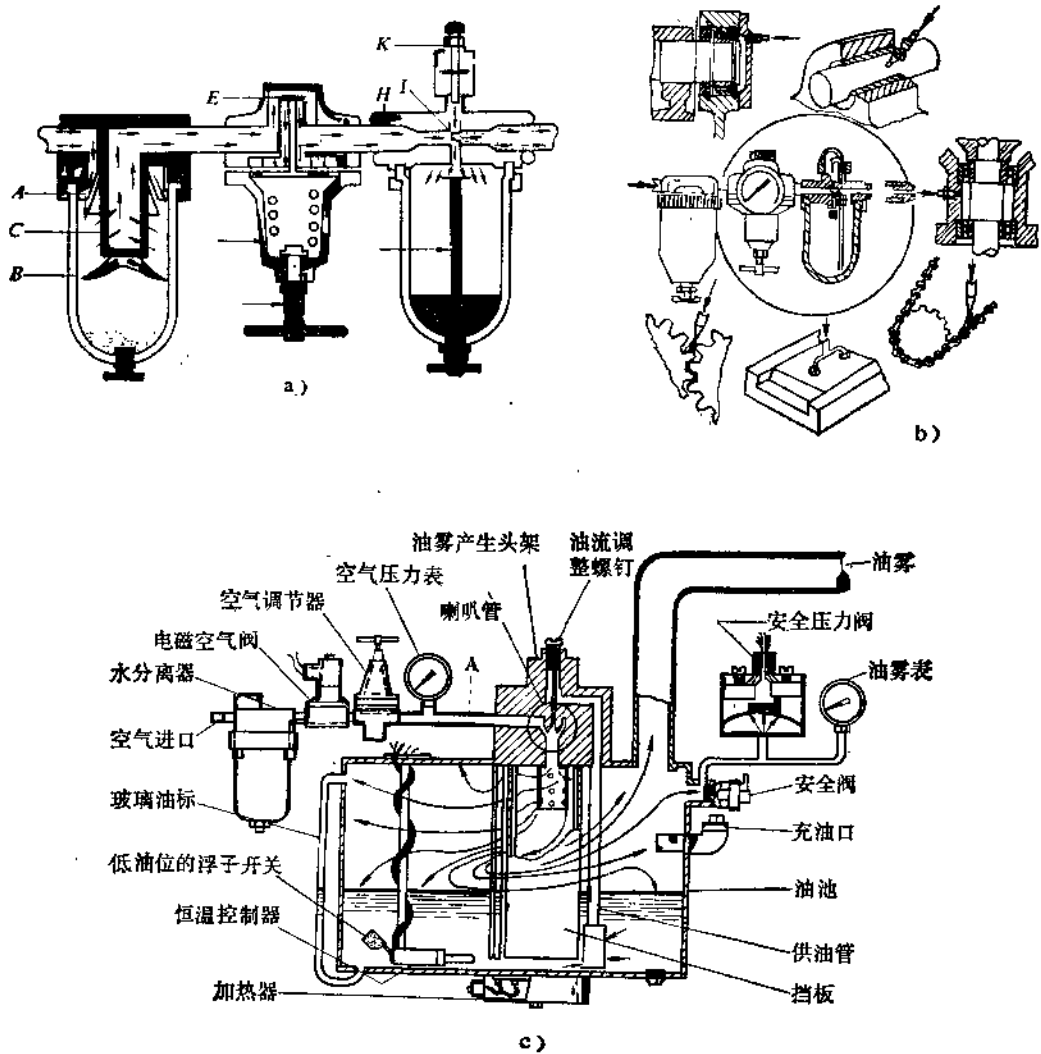


图3-1-19 油雾润滑器工作原理图

按上法求出 $\phi 55$ 毫米磨头滚动轴承的润滑油消耗量为 4.4 克/小时，而锥齿轮传动的空气消耗量为 3 升/分。

(5) 连接管道的估算 油雾润滑系统的分配管道必须采用适当的规格，以保证将油雾有效地输送到所有润滑点上。

为便利工作起见，有人利用所谓“摩擦厘米”的单位来大致衡量各型机械部件对润滑的要求。即极其复杂机床对油雾的需要量也可借以算出。按其规定 1 厘米轴径的单列滚动轴承叫做 1 “摩擦厘米”。

一般机床部件所需的“摩擦厘米”数分别按下述方法计算之。

- 1) 滚动轴承（滚珠和滚柱）：将轴的直径（厘米）数乘以滚珠或滚柱的排数。
- 2) 滑动轴承：将轴径（厘米）乘以轴承宽度（厘米），将所得的积再除以 10。
- 3) 滑板或导轨：将其运动和不动部件之间的接触面积（平方厘米）除以 130。
- 4) 齿轮：将其节圆直径（厘米）乘以齿宽（厘米），再除 25。

油雾润滑所用管径可按“摩擦厘米”的参考数字加以选择。表 3-1-3 提供典型油雾润滑器的适当送油管道尺寸。在多头复杂的油雾系统里，由于开动率不可能全满，系统中部分送油管道和主管尺寸可以适当减小一些以资节约。

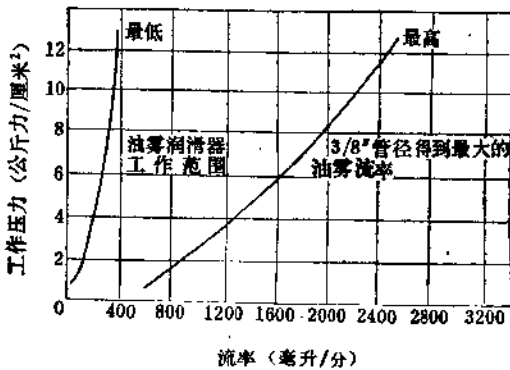


图3-1-20 油雾润滑器的工作范围图

（在21°C和大气压下用20号油在0~12公斤/厘米²的工作压力下的油雾流量）

表 3-1-3

| 油雾润滑器“摩擦厘米”数 | 最小的公称管径(英寸) |
|--------------|-------------|
| 80 | 1/4" |
| 250 | 1/2" |
| 510 | 3/4" |
| 840 | 1" |
| 2540 | 2" |

如用几种装置的工作压力和需用风量为已知时，则亦能从表 3-1-4 找到应用管子的规格。

(6) 油雾润滑用喷嘴 油雾润滑时，油雾单个粒子的大小对润滑效果有特殊的重要性。在实际应用上，2 微米直径或更小的油雾粒子是真正由空气派生的。如油雾润滑器的容量符合于润滑点的需要而管道内部断面积又按比例适当规定尺寸，则这些小的油粒子能随着压缩空气通过复杂的管道系统，而油又能按比例地沉降在众多的润滑点上。

油雾的粒子愈小，则必然对摩擦表面进行润湿和润滑的冲击速度愈高。含有 2 微米或更小直径粒子的油雾因沉降得少，故对润滑的效果较差，但可以通过复杂管道系统有利于远道分送。让油雾小粒子凝聚再生为大粒子，能使其以较低的速度和摩擦表面冲撞而凝结，然后适合供给润滑的油膜。油雾喷嘴有三重目的。

- 1) 提供上述油雾再生的手段。
- 2) 定时对摩擦表面提供适量的润滑，其油量可按摩擦厘米加以选用。
- 3) 保证在摩擦表面上沉降润滑油，而将逃入大气中的油雾减至最少。

表3-1-4 通过标准管子的允许最大流量(米³/秒)
(用于在压气系统中求出管子和润滑器规格)

| 所用的压力 (公斤/厘米 ²) | 公称标准管径(英寸) | | | | | | | | | |
|--------------------------------|------------|-------|------|-------|------|------|-------|-------|------|--|
| | 1/8 | 1/4 | 3/8 | 1/2 | 3/4 | 1 | 1 1/4 | 1 1/2 | 2 | |
| 0.34 | 0.02 | 0.045 | 0.10 | 0.147 | 0.28 | 0.37 | 0.80 | 0.88 | 1.73 | |
| 0.68 | 0.031 | 0.07 | 0.16 | 0.22 | 0.45 | 0.60 | 1.25 | 1.42 | 2.5 | |
| 1.36 | 0.054 | 0.125 | 0.22 | 0.36 | 0.77 | 0.96 | 2.1 | 2.4 | 4.7 | |
| 2.72 | 0.10 | 0.224 | 0.50 | 0.68 | 1.4 | 1.75 | 3.7 | 4.2 | 8.5 | |
| 4.08 | 0.14 | 0.33 | 0.75 | 0.97 | 2.0 | 2.63 | 5.5 | 6.4 | 12.2 | |
| 5.44 | 0.19 | 0.43 | 0.96 | 1.28 | 2.6 | 3.4 | 7.2 | 8.2 | 16.0 | |
| 6.5 | 0.23 | 0.54 | 1.2 | 1.52 | 3.2 | 4.25 | 9.1 | 10.3 | 20.0 | |
| 10.2 | 0.36 | 0.80 | 1.75 | 2.26 | 4.8 | 6.2 | 13.4 | 15 | 30.0 | |
| 13.0 | 0.47 | 1.05 | 2.38 | 3.1 | 6.4 | 8.4 | 17.6 | 20 | 35.5 | |
| 17.0 | 0.60 | 1.21 | 3.0 | 3.75 | 8.0 | 10.5 | 22.7 | 25 | 48.0 | |

注：本表的数据系基于下列标准而来：

| | |
|--------------------------|------------------|
| 每10米管子的压力降(Δp) | 应用管径 |
| 所加压力的6.6% | 1/8", 1/4", 3/8" |
| 所加压力的3.3% | 1/2", 3/4" |
| 所加压力的1.7% | 1", 1 1/4" |
| 所加压力的1% | 1 1/2", 2" |

油雾喷射装置的管头上可以准备三种不同结构的配换喷嘴以适应不同的润滑要求(图3-1-21)。图3-1-21 a 的油雾喷嘴具有较短的发射孔，使空气通过时产生最少的涡流，因而保持均匀的雾状，适用于要求散热的高速齿轮、链条、滚动轴承等的润滑。图3-1-21 b 的喷射喷嘴有较长的小孔，使空气有较少的涡流，便于应用中速的零件。图3-1-21 c 为凝结的喷嘴，利用挡板在油、气流中增加涡流，使油雾互相冲撞凝聚成为较大油粒，更多地滴落和附着在摩擦表面上，应用在低速滑动轴承和导轨上。

6. 几种自带油润滑

(1) 油池或溅油润滑 这种润滑非常简单方便。主要应用在闭式齿轮、链条及内燃机等处。

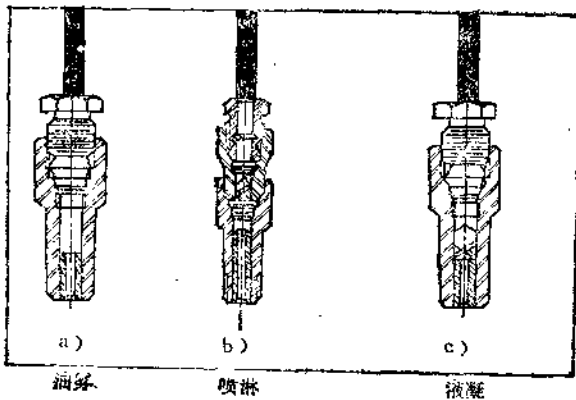


图3-1-21 油雾的喷嘴

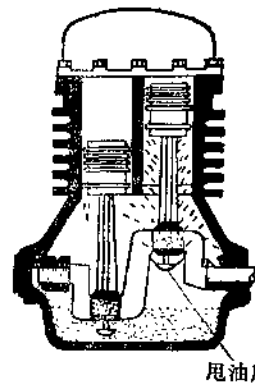


图3-1-22 溅油与油池装置

一般利用高速转动的机械零件从专门设计的油池中辗转将油带到相互咬合和紧紧靠近的各个摩擦副上。这种方法只能用于方便封闭的机构上。

油池里的油应有适当粘度，以适合摩擦副的需要。粘度过高过低均会影响带油的效果，应在设计时提起注意。

图 3-1-22 为内燃机曲轴箱的溅油润滑图解。在曲轴转动时将油带起并溅落到曲轴、主轴及活塞销轴的轴承内，不断起到润滑的作用。

用以润滑斜齿轮和人字齿轮的油池，当齿轮的旋转方向和齿的倾斜角适合时能将油提升到很高，起到搅拌油的作用。这有助于散去油中的热，但因而也加快了油的氧化变质。

在油池中润滑的正齿轮会将带在齿面上的油顺着整个齿长挤压出去。但如是斜齿轮则沿齿宽逐渐赶出，挤在一侧，可能淹没轴端的轴承形成沿轴漏油的现象。

在油池中润滑的蜗杆也有定向赶油的倾向。故油有淹没蜗杆该方向轴承，造成漏油的危险。但如将蜗杆赶油方向对着封闭的轴承一端，就能避免这种漏油。

在装有多级齿轮的油池中，如油位不能提高时，须在低处附装一个辅助齿轮与高处的工作齿轮啮合，以便给油。辅助齿轮的宽度只需工作齿轮宽度的 $\frac{1}{3} \sim \frac{1}{2}$ 即可。

油池温度一般不宜超过 70°C ，如油池温度过高，可以在油池底部装设黄铜或紫铜的蛇形管水冷却器。或在高速轴一端装风扇，直接抽风散热。如壳体散热面积小，则可按热源位置在壳体上部或下部另加散热肋。一般蜗轮副的热源是蜗杆。

油箱壳体最好装设油标，油池必须保持一定范围的油位，然后才能正常工作。

在齿轮、蜗轮、链条的传动箱壳体上部须加装通风口引出热空气。不然箱中的空气受热膨胀会形成正压，而油池受到搅拌又大量生成泡沫，这些泡沫会带着油从轴承间隙挤出箱体外，形成不断的漏油。

箱体温度低于外圈温度时（如早晨开车前），会形成局部负压，致使吸入大气中的尘埃和潮湿，以致影响到摩擦表面的磨损和锈蚀。

齿轮节圆速度在 10 米/秒以下，蜗杆的节圆速度在 8 米/秒以下时，可用油池法润滑。速度更高时，油将受离心力的甩离，使啮合处的润滑不足。而且油受到剧烈的搅拌有起泡沫和加速氧化的危险，故应改用喷油的润滑方式。

加入油池的油应先经过滤清。油池中的最高油位应将最低的齿轮淹到 $2 \sim 3$ 个的齿高。对配置在下面的蜗杆则应淹没其全齿高。

油池润滑几乎不需要维护，只保持规定的油位即可，而润滑作用却十分可靠。因是密闭的，故能防止沾污，又是循环润滑，所以既能节约用油，又能防止漏油。其润滑作用不但较均匀，而且是连续的。油的流量一般不能调整，只有改变油箱油面的高低，或另加入甩油轮才能加以改变。

油池润滑的缺点是搅拌和热损失较大。油池中还可能积聚冷凝水，对油的使用寿命均会带来不利的影响。

(2) 自动吸油润滑 这种润滑方法主要应用在整圆形的滑动轴承上。其工作原理是利用快速转动轴颈在轴承的无荷低压区带走油，形成局部真空以从油池中再吸入油供润滑用。吸油管一端浸在油池内，另一端则接到轴承的低压区域上。如果作用在轴承上的力方向是向下的，则吸油区的位置要顺着旋转方向转过垂直线 $60^{\circ} \sim 70^{\circ}$ 左右。

图 3-1-23 为利用高速旋转的主轴吸入润滑油的轴承。

自动吸油润滑应用在精密的主轴上，其条件是轴颈和滑动轴承之间的间隙不得大于0.01毫米，一般还应更小些，而且圆周速度不得低于5米/秒。

应用的润滑油只能是低粘度的主轴油，高粘度油很难利用吸油润滑的办法。

采用这种润滑方法的轴承，在起动时必须先进行点动，吸起油后，然后才能全速运行。

这种润滑的办法非常简单，其来油是均匀、连续而且是可靠的，但其应用范围只限于负荷方向不变的高速轴承。如负荷方向改变，油孔为主轴所压住成为高压区时，就不可能吸上油。又如主轴运转方向改变（如主轴驱动电动机的反接），其低压区的位置也必然改变，油孔也同样吸不上油，如轴承不来油必然会形成事故，而终于破坏主轴和轴承。

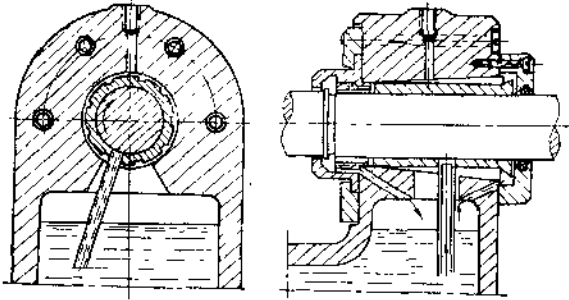


图3 1-23 利用旋转的主轴吸润滑油的轴承

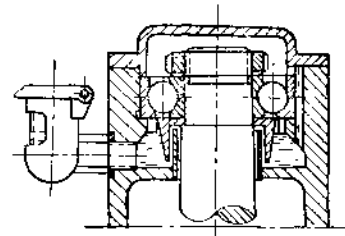


图3-1-24 带有圆锥形吊环的离心法润滑

(3) 离心甩油润滑 这种润滑方法系利用圆锥形表面的离心力变化使油从小端自行移向大端送油的。利用离心法的润滑装置有两种类型。一种是增加专用的圆锥形零件来引导油流（图 3-1-24），另一种直接利用锥滚或机轴的锥面送油（图 3-1-25）。

离心润滑方法主要用于垂直高速主轴和圆锥滚子轴承上。其效果以 3500~15000 转/分之间较好。转数太低供油量不足，太高发热量大，供油量增加仍不足以散热。

离心润滑法让油循环使用，能达到良好的冷却，而且结构简单、可靠。但不能调整油量，并只能在一定条件下加以应用。

7. 几种简单机件润滑

(1) 油环润滑 油环润滑常用在电机、机床及传动装置的轴承上。它仅适用于水平装

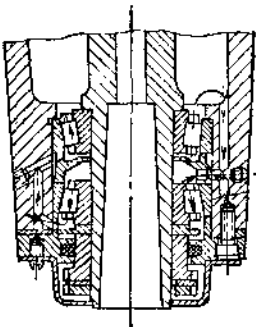


图3-1-25 离心法润滑靠垂直轴上的锥形滚柱轴承本身使油循环

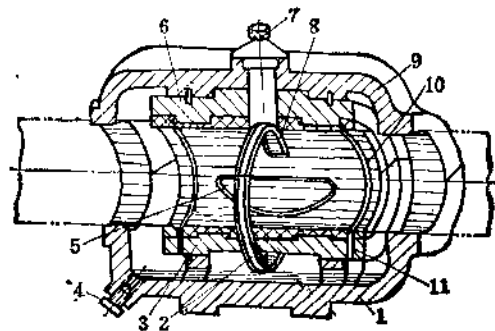


图3-1-26 用油环润滑的滑动轴承纵向断面图

- 1—轴承体 2—油环 3—下半瓦套 4—放油塞
- 5—油沟 6—上半瓦 7—可卸盖 8—上轴套切
- 槽 9—瓦盖 10—回油环槽 11—滴油孔

置而且只在无冲击振动的轴承上才有效。如轴受到冲击或振动，则油环会从轴上跳离而停止转动，带不起油来。利用油环润滑的轴承须定期检查其油位，并在3~4个月换一次油。在尘埃大的车间，甚至需要每月换油一次。

油环润滑系在轴上挂一油环（图3-1-26），环的下部浸在油池内，利用在轴转动时的摩擦力将环带着转，把油从环的下部带到轴上，再散流到轴的两端进行润滑。

图3-1-27为几种可用的油环断面形状。试验证明，矩形和梯形带油的效果较好。圆形的效果最差，可按不同的要求油量而分别加以选用。如应用润滑油粘度超过40厘沱（50℃）时，可采用在内圆一侧开有槽子的环，以增加环和轴的摩擦力便于克服粘油给环带来的较大阻力。

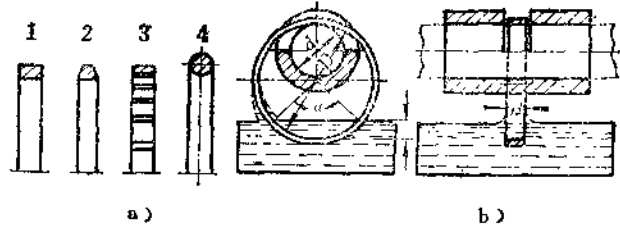


图3-1-27 油环截形

油环润滑按其工作温度和轴速快慢，实际每分钟可带起润滑油2~10毫升。环的直径 D 及其沉入油的深度 T （图3-1-27）可按轴径 d （10~200毫米）利用下列示例求得。

油环的内径 $D = 1.5d + (10 \sim 15 \text{ 毫米})$

油环宽度 $B = (0.3 \div 0.1)d$ 但不应小于5毫米

沉入油的深度 $T = \frac{D}{4}$ 当 $D = 25 \sim 40$ 毫米时

$T = \frac{D}{5}$ 当 $D = 40 \sim 65$ 毫米时

$T = \frac{D}{6}$ 当 $D = 65 \sim 310$ 毫米时

将油环沉入油过深时，其带油量反而会减少。油环应在油池中稍有漂起使其中心角不大于 90° ，并不小于 60° （ $\phi 60 \sim \phi 300$ 毫米轴径范围内）。

油环的重量（公斤）应在 $0.015 \sim 0.05d$ 的范围内。

油环在轴颈上自由旋转带油，其轴的转速应不低于100转/分，不高于2000~3000转/分。如轴的转速需要提高时，可在轴承壳体上装设专用的刮板，以收集油环外表面带来的油，从而增大其润滑和冷却的油量。

如整体的油环穿到机轴上有困难，则可采用对开联结式油环，但联结处必须牢固可靠，而表面还要圆滑无棱，避免有转动不灵的情况。

油环润滑的优点是装置极为简单，主轴一开始运转就能对轴承自动给油。因油是循环使用，耗油量较省，主要保持油池的油位，并不需要经常的维护。但其应用在轴的速度、滑油粘度和运动特性上均有限制，如不认真校核，妥善安排润滑效果仍将成问题。

(2) 油轮润滑 油轮系固定装在轴上的带油轮子（图3-1-28）。它应用在低转速100转/分以下时比较好，但在转数高时也有采用的。油轮因不致打滑，故可以采用粘度较高的油。油轮仍应用在滑动轴承及传动装置上。

(3) 油链润滑 油链（图3-1-29）应用在速度更低的滑动轴承上，其作用与油环相同。因其接触角较大，不得不割去一部分下轴瓦，链条还可能迅速磨损而折断，因为链条与

轴接触时可能有撞击，故有损坏轴的危险。

(4) 油滚的润滑 图 3-1-30 为润滑机床平导轨和棱形导轨所用的油滚。装置在油池中的油滚是利用弹簧的弹力或液体的浮力而贴紧在摩擦表面上进行润滑的。在利用浮力的情况，其滚子材料必须轻于润滑油。

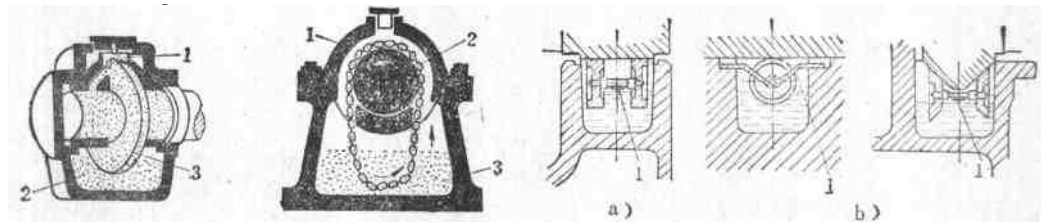


图3-1-28 油轮润滑 图3-1-29 油链润滑 图3-1-30 利用滚子润滑金属切削机床导轨
 1-刮板 2-油池 3-油轮 1-油链 2-轴 3-油池 a) 平导轨 b) 棱形导轨
 1-弹簧片借其弹力把滚子压在上导轨上

靠滚子和运动表面之间的摩擦力使滚子转动，又靠滚子的转动把油带给摩擦表面。

油滚的数量和贮油器的容积，须根据摩擦表面的长度及其移动量来决定。为防止上导轨作往复运动时，油大量向外溢漏，故必须在静止的下导轨的两端装设导油沟和集油槽，以收集过剩的油，并将其引到沉淀池里去。

利用油滚润滑的优点是简单，自动和可靠。缺点是不能调节油量。

8. 喷油润滑

(1) 直接喷油润滑 密闭齿轮传动的节圆速度超 10 米/秒以上时，油池溅油润滑从油池带上的油因受离心力的作用，将从齿面抛离而达不到润滑的效果。故在这种高速齿轮上要求直接在压力下送油到进行啮合的齿隙中去。

如正齿轮的节圆周速达 20 米/秒，斜齿轮节圆周速达 40~50 米/秒时，油应顺着啮合方向（即随齿的转动方向）送入齿隙间去（图 3-1-31）。如给油方向相反，则轮齿鼓动的气流会将油压回来而达不到相接触的齿面。如果齿轮有时需要反转，则在齿轮的两面都需安装喷油孔管。在高速传动中，常用一根开有两排孔眼的输油管对啮合的两个齿轮分别供油（图 3-1-32）。齿轮的圆周速度愈大，则供油点应配置得距啮合处愈远些。在蜗轮传动中，喷油应从蜗杆螺纹开始与蜗轮牙啮合的一面射入。

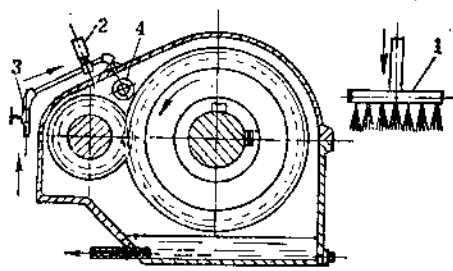


图3-1-31 大周速齿轮的喷流润滑
 (周速20米/秒以内)
 1-喷流器 2-压力计 3-密封开关 4-检查孔

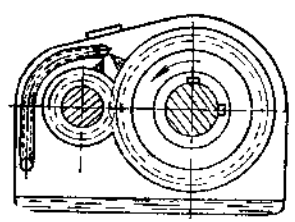


图3-1-32 高周速齿轮的喷流润滑
 (周速在20米/秒以上)