

# 大型机床润滑系统介绍

■ 沪东重机有限公司（上海 200137） 杨懿欣 何海良

**摘要：**本文介绍了各种实用的润滑方式及其标准产品，并对其适用场合作了说明。同时根据大量使用经验，对各种润滑方式的应用效果作了评价，期望此文给广大机床生产厂提供设计借鉴，将高效可靠的润滑方式进行推广。

大型机床是一个自动化程度很高的机械设备，其结构中包含了大量机械传动形式及各种形式的摩擦副，因此润滑方式的选择是其设计中的一个重要指标。本文主要从主轴润滑、导轨润滑、传动机构等部位的润滑进行介绍。

### 1. 主轴润滑

主轴为机床使用最为频繁的部位，主轴轴承既要有足够的刚性，又要保证高精度，大型机床的主轴工作模式通常为低速重载，需要承受冲击载荷，同时主轴在工作时会产生大量的热量，主轴润滑方式不仅要保证润滑可靠，还要能带走大量的热量。目前使用最为广泛的方式为油雾润滑和带有恒温套的油脂润滑。

（1）油雾润滑。油雾润滑不仅可以保证润滑充分，还能带走润滑部位的部分热量；在低速主轴上运用时，通过计算可以保证主轴恒温。

日本TACO公司生产的油雾润滑单元作为日系机床的油雾润滑的代表，被广泛使用在东芝和新日本工机所生产的机床上，其基本结构如图1所示。压缩空气通过空气过

滤器2和空气供给阀11，进入油气混合器5；同时，另一路压缩空气通过柱塞泵作动阀3控制柱塞泵9，将润滑油泵入油气混合器5，与从空气供给阀11进入的压缩空气混合形成油雾，油雾通过调节器8进入油雾总管7，进而被分配到各个润滑点，液位开关10实时监测润滑油的存量，不足时及时补油，压力开关4监测供气压力，保证油雾形成。

欧系机床采用的油雾润滑方式基本与日系相同，但其检测方式更为先进，如图2所示的光电流量传感器，直接夹持在透明的油雾管

上，直接监测管道中是否有油雾通过，灵敏度高的甚至能监测油雾量的大小。笔者认为这种监测方式，相比对供气压力的监测更为直接有效，且布局简单。

现在对工厂现场的环境要求越来越高，对于配备油雾润滑系统的机床，往往采用真空收集器，把油雾收集起来，集中处理，避免污染周围空气环境。

（2）带有恒温套的油脂润滑。传统的油脂润滑由于其没有降温作用，已不再被直接单独使用，取而代之的是带有恒温冷却套的油脂润滑方式，如图3所示，恒温液

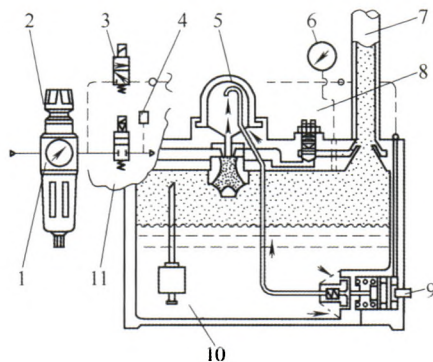


图1 日本TACO油气润滑装置简图

1.供气压力表 2.空气过滤器 3.柱塞泵作动阀 4.压力开关 5.油气混合器 6.压力表 7.油雾总管 8.油雾量调节器 9.柱塞泵 10.液位开关 11.空气供给阀



图2 WONER油雾监测用光电流量传感器

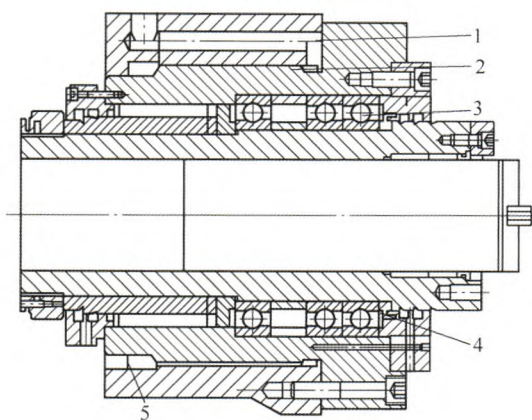


图3 捷克TOS机床主轴示意图

1.恒温液进口管道 2.螺纹套 3.主轴轴承 4.迷宫封 5.恒温液出口管道

由进口管道1进入螺纹套，外套表面加工成螺纹形状，使恒温液流过轴承外套保持整个外套温度均匀恒定，预防热变形，主轴轴承3内加注润滑脂，旋转时由迷宫封保证没有外部污染物进入；同时，由于轴承温度恒定，润滑脂长久处于半凝固状态不会失效，同时保证其使用寿命。在每个轴承处布置测温点，实时监测轴承温度。这种润滑方式既有油脂润滑所具有的成本低、维护方便的优点，又使用恒温套，有效地避免了油脂润滑不能降温的缺点，因此被很多机床生产厂商选用。其不足之处在于，占用主轴空间大，同时需要布置密封件，防止恒温液泄漏。该方式使用寿命中几乎不需要保养，一次加注润滑脂后可使用5年之久。

(3) 不同润滑方式主要适用对象。当主轴结构空间足够大时，往往采用带有恒温套的油脂润滑方式，以减少维护保养的工作量，主轴空间紧凑时，采用油雾润滑方式。

油雾润滑方式需要一套完整的供气、供油系统，并且对压缩空气的洁净度、含水量要求很高，因此

使用成本高，故障率也高。对于油脂润滑方式来说，使用成本低，结构简单，因此故障率低。我单位有数台采用油脂润滑的设备主轴，以每天24 h的工作强度连续使用5年以上，仍然保持精度合格；大修时更换主轴轴承时，没有发现轴承有明显磨损。

## 2. 导轨润滑

大型机床的导轨既要承受重载，又要保证导向精度，通常采用滑动导轨、重型滚动导轨及静压导轨，可靠的润滑保证其具有很长的使用寿命。滑动导轨需要不断润滑，其润滑方式已经非常成熟。本文主要介绍滚动导轨及静压导轨的润滑设计方式及其相关性能。

(1) 自润滑重型滚动导轨。滚动导轨正在得到蓬勃发展，目前所推出的圆柱滚子直线导轨以其载重量大、刚性好被重型机床普遍采用，其接触件都是淬硬的钢件，滚动型式使其摩擦因数仅为滑动方式的1/9。润滑方式有定量供油润滑和油脂润滑两种方式，定量润滑方式采用润滑单元和定量分配器供油，需要布置管道，有一定的润滑油消耗，也需要集中回收润滑油，但不

循环利用。这里介绍一种新的自润滑方式，日本IKO公司推出自润滑滚动导轨，含内置在导轨滑块内部的自润滑管。这个自润滑管是将微细的树脂粉烧结成形为管状，制成连通多孔的烧结树脂润滑部件。自润滑管内浸含大量润滑油，内置于滑块内部的钢球循环路径。滚动体（钢珠或圆柱滚子）沿着管道运行，润滑油不是供给滑轨，而是直接供给钢球。钢球通过内置于滑块钢球循环路径上的自润滑管时，润滑油会加注到接触自润滑管的钢球或圆柱滚子，再通过钢球或圆柱滚子循环被输送到负载区域。因此，负载区域能够始终确保最佳油量，长期保持润滑性能。自润滑管表面始终有润滑油，当钢球或圆柱滚子接触到自润滑管表面时，自润滑管表面的张力将润滑油不断地加注到钢球表面；而钢球或圆柱滚子接触过的自润滑管内表面，又会被从其他部分过来的新润滑油不断补给。这种润滑方式可以无需在设计自动加注系统，但要留有手动加脂窗口。采用以上导轨时，可以节省一套自动加油系统。

(2) 定量预润滑。定量预润滑分配器由于每次工作只提供定量的润滑，工作频率根据系统需要设置，用于直线导轨润滑时，根据该导轨行程进行润滑。

在用作预润滑分配器的单线分配器上，当压力集中在主管道后，即润滑单元运行时，润滑剂才会输送至润滑点。在预润滑分配器上，挤压压力可以设置，从而接近润滑单元上压力调节阀的最大允许压力。打开润滑单元后，润滑剂通过润滑泵从润滑剂储液箱中抽出，并利用压力释放阀和压力调节阀，通

过主管道进给到预润滑分配器。集中润滑系统中的压力可使计量活塞移动至出油口（见图4b），通过润滑点管道，将计量活塞中的上游润滑剂（见图4a）从计量室输送至润滑点。润滑单元关闭后，集中润滑系统中的压力得到缓解，从而缓解主管道压力。在此过程中，弹簧张紧力可使计量活塞回到其正常的位置；同时，润滑剂从储集室转移至计量室（见图4a）。预润滑分配器随时可用于下一个润滑周期。预润滑分配器每周期仅将固定量的润滑

剂输送到润滑点，润滑油的用量很省。图5所示为带有3个点的分配器实样，该润滑方式常用于贴塑滑动导轨，润滑油一般不循环利用。

（3）静压润滑。静压润滑就是在摩擦副之间建立一个压力油膜，使摩擦力仅由液体内部产生，该润滑方式大大地降低了摩擦因数，同时压力油膜又能弥补摩擦副之间的制作误差，提高精度，是高精度大型机床的不二选择。

带有工作台的大型机床其工作台的导轨型式基本都采用的静压

方式，有多头定量泵一腔一泵型式（见图6、图7）、定值节流阀等各种型式。设计优秀的静压系统，耗用功率低，用油量少，发热低，符合节能的要求，导轨永久工作在一层油膜之上，基本没有磨损；缺点是需要设置一套润滑油回收过滤恒温系统，保证静压润滑可靠。

INA公司已经推出标准的静压导轨，结构安装形式类似于线性导轨，使用非常方便（见图8）。对于超精密中大型机床的导轨，是个很好的选择。

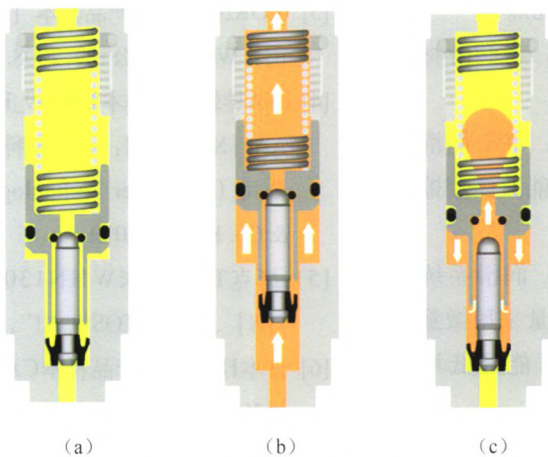


图4 SKF预润滑分配器工作原理图



图5 SKF预润滑分配器实样图

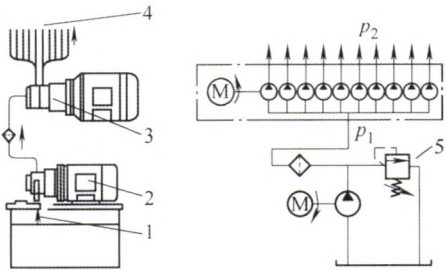


图6 SKF多头泵原理图

1.前置泵吸口 2.前置泵 3.多头泵  
4.多头泵出油口 5.溢流阀

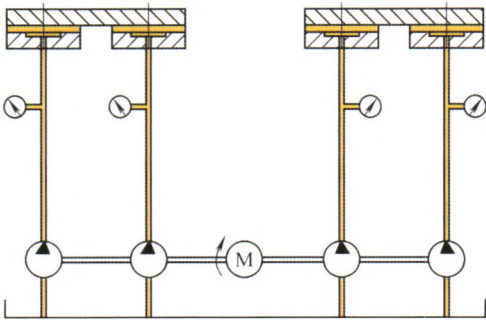


图7 SKF多头泵在静压导轨上的应用

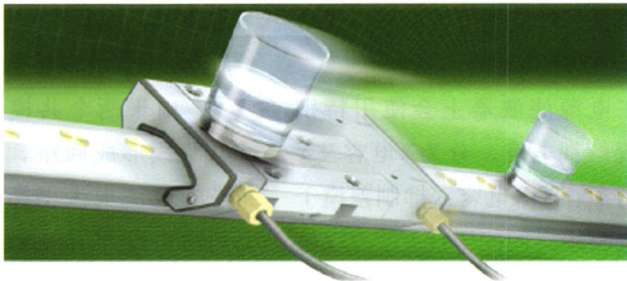


图8 INA静压导轨标准件，运行及其平稳

### 3. 传动机构润滑

大型机床作为各种机械结构的集大成者,有各种型式的传动机构,甚至有某些机床所独有的诸如静压蜗杆或者静压丝杆等传动装置,不同的传动方式需要不同的润滑方法。

(1) 主轴齿轮箱。大型机床主轴传动由于其传递功率转矩都大,因此基本都采用齿轮传动,其他传动齿轮箱普遍采用喷油润滑,设计的要点是润滑油循环利用,尽量减少润滑油的使用量,将喷油点设置在最需要的部位。某些机床生产厂采用了和风电齿轮箱相同的技术,高速齿轮在齿根处钻孔,润滑油直接从齿根喷出,保证啮合处润滑充分。同时主轴电动机采用水冷电动机,避免将电动机产生的热量传给齿轮箱。

(2) 进给轴传动。工作台或者其他重载轴传动主要采用静压蜗杆传动或者齿轮齿条传动。其他轴采用电动机通过减速齿轮箱带动滚珠丝杆传动。

静压蜗杆采用在静压蜗杆和蜗条之间建立压力油膜的方式将摩擦因数降低,同时用高压油填充传动间隙,提高传动精度。

齿轮齿条传动中,由于机床用齿轮箱精度高,齿轮传动侧隙小,容纳润滑油的空间小,因此需要不间断的油润滑或者直接在齿轮箱内注满油脂,目前有很多能和电动机直连的行星齿轮箱都采用预先充润滑脂的方式进行润滑。

滚珠丝杆采用油脂润滑,滚动体直接浸没在油脂中,油脂可以采用手动加注方式或者自动加注方式进行加注,一般采用手动加注,一次加注可以使用5年以上。同时也可采用预润滑分配器对滚珠螺母进行油润滑。

### 4. 结语

大型机床的润滑系统设计方式设计要求总结为以下几点:

(1) 润滑可靠:将润滑材料直接加注到摩擦副处。

(2) 监测到位:每个润滑点可以实时监测,同时能监测摩擦副的温度。

(3) 耗油量少:润滑系统消耗的功率降低,用油量采用微量润滑的原理,尽一切可能降低用油量。

(4) 润滑材料普通:尽量选用普通而又廉价的润滑材料。

(5) 结构简化,自动化程度

高:尽量避免设计冗长的管道,尤其是穿过拖链的管道,以降低故障概率。

(6) 有完善的油品回收设计,防止漏油或油雾,达到环境要求。

(7) 设计成功的润滑系统并不是各种前卫设备和新技术的堆砌,而是依靠成熟可靠的现成技术和设备与出色的设计有机结合。

### 参考文献:

- [1] 日本TACO油雾润滑单元产品样本 [X]. 日本:阿自倍尔TA株式会社Azbil TA Co., Ltd, 2004.
- [2] SKF润滑产品样本 [X]. 瑞典:SKF集团, 2010.
- [3] WORNER润滑产品样本 [X]. 德国:WORNER公司, 2008.
- [4] INA导轨产品样本TPI149\_HLE45-AA [X]. 德国:舍弗勒科技股份有限公司(Schaeffler Technologies AG & Co. KG), 2010.
- [5] 捷克TOS机床WHN130Q样本 [X]. 捷克:TOS机床厂, 2006.
- [6] 日本IKO导轨产品样本CAT-9503 [X]. 日本:东晟株式会社, 2006.

**MW** (收稿日期:20140828)

(下转第84页)

模的,但上面也可能会噪声以差模的形式出现,若要抑制差模噪声,需要另外使用差模电感,或是各相有个别的电感器。

在电源滤波器上会使用特别的安规解耦电容,分为X电容及Y电容两类:①X电容:抑制差模干扰(电源线之间的干扰)。②Y电容:抑制共模干扰(各组电源线对地之间的干扰)。

由于Y电容提高会使电器的漏电流增加,而电器的漏电流有其规定范围,因此Y电容不能太大,一般都会比X电容要小。

由于两个共模信号没有通过电源线形成回路,导致经过滤波器的电流失去平衡,漏电开关会判断电路中存在触电事故或者漏电事故,从而漏电保护开关跳闸。

### 2. 改进措施

(1) 拆除配电屏中的漏电保护开关,换成空气开关。

(2) 使用灵敏度不高的漏电开关。

(3) 加大配电屏中的漏电开关的通断能力。

(4) 更改漏电开关与电源滤波器的次序,先滤波后在接入漏电开关。**MW**

(收稿日期:20140820)