



数控机床爬行故障诊断与排除

皖西学院(东区)工学系 (安徽六安 237010) 聂延崇

数控机床的滑动部件,如工作台、溜板、滑座等,在低速运动时常常会出现爬行现象。所谓爬行就是指上述部件时走时停的非匀速运动,轻微时表现为目光不易察觉的振颤,严重时表现为大距离冲动。由于爬行是非匀速冲动,从而严重地影响了加工精度;对定位精度要求高的数控机床则难以实现精确定位及微量进给;个别情况还可能出现扎刀、崩飞工件等情况,故应引起高度重视。

1. 引起爬行的几个因素

引起爬行的因素很多,归纳起来主要有以下几种:

(1) 摩擦阻力变化引起的爬行 机床床身导轨和工作台导轨面都是经过磨削或刮削的,宏观看是平直而光滑的,但在微观上却存在着不同程度的犬牙参差的微峰。滑动导轨的两个接触面只是两面的微峰峰尖接触,所以它们之间实际接触面积是非常小的,因而峰尖所承受的压力之高,远远超过其弹性变形的极限而出现塑性变形,尤其是大(重)型数控机床更为突出。此外,发生塑性变形的接触点的金属分子会产生强烈的粘着作用。由于参差不齐的微峰会相互交错啮合,相对运动时便产生了爬行现象。这便是机床相对运动的两导轨表面产生摩擦阻力的主要根源。

机床的爬行现象主要发生在低速运动时,此时两导轨面之间难以形成高速运动时的动压油膜,从而出现了由微峰直接接触的边界润滑。这时两导轨表面的微峰直接接触,压力极高,因而发生塑性变形,运动导致接触局部高热,出现金属分子的粘着,也称“冷焊”,这时两导轨间的摩擦系数是相当大的。

我们都知道,推动一个物体运动所用的力应大于维持这个物体运动所用的力。也就是静摩擦力(静摩擦系数)大于动摩擦力(动摩擦系数)。如图 μ_b 表示边界润滑的摩擦系数作为滑动速度的曲线。在低速运动开始的短暂时间,摩擦系数 μ_b 从静止状态下



的最大值开始呈迅速下降趋势至最小值。此时工作台表现为向前冲动。随着速度 v 的增大,而开始上升。上升到较大值时,摩擦阻力增大,工作台趋向静止。此时,由于摩擦阻力的增大,相对驱动也随之增大。当驱动增大到足以克服摩擦阻力时,工作台又重复出现以前的相同冲动,驱动力随之减小。这个驱动力和摩擦力不断变化的过程,也就是工作台时走时停的循环冲动过程,这便是爬行的因素之一。

(2) 机械零(部)件别劲引起的爬行 由于执行元件与运动部件中心线不同心或不平行(如滚珠丝杠螺母副之间);或执行元件与导向面不平行(如工作台与床身导轨之间);或运动部件导向装置夹得太紧(如导轨副预紧过大);或液压缸活塞与活塞杆不同心产生别劲等现象均会造成因摩擦阻力不均而产生爬行。还有因导轨平行度及扭曲度大,或导轨各段变化不一致使工作台移动时所需克服的阻力经常变化,滑动表面油膜破坏,导致出现爬行。

(3) 润滑不良引起的爬行 当运动副的滑动速度减小时,油楔作用减弱,润滑油膜厚度降低,甚至破裂,造成金属表面局部接触。当滑动速度降低到一定数值时,油膜断裂比率增加,摩擦力随之增大,这种变化的摩擦力将导致工作台爬行。

(4) 液压系统泄漏引起的爬行 由于液压系统中密封圈老化破裂,执行元件磨损等造成泄漏,使系统压力损失导致爬行,如液压泵内部零件磨损,引起液压泵输出流量和压力不足或波动;阀类元件及液压缸磨损,元件间隙变大,或液压缸活塞与缸体配合间隙过大,使高压腔与低压腔互通引起压力不足,使推力减小,在阻力变化时,液压泵不能提供压力变化而产生爬行。在液压系统的爬行中,及时消除液压缸中的气体是防止爬行的有效做法。

2. 消除爬行的对策

为了有效地消除爬行,应针对具体原因采用不同的措施:

(1) 改善摩擦阻力 改善摩擦阻力的变化。旨在减小摩擦曲线随运动速度增加而下降的斜率,也就是减小静、动摩擦系数差,其主要措施在于改善



润滑状态。

①改善导轨的润滑，保证充足的润滑油量及润滑油油性好、粘度适宜。对工作台载荷大的大型机床应采用粘度高的导轨润滑油。

②在单靠润滑油本身难以达到性能要求的情况下，可在油中加入添加剂，以改善润滑油的性能，例如加入硫化鲸鱼油、三甲酚磷酸脂、 MoS_2 油剂等，或在导轨表面涂上一层固体 MoS_2 润滑剂。

③在导轨上粘贴上一层 TSF 导轨软带。TSF 导轨软带是一种以聚四氟乙烯为基的高分子复合材料，具有优异的摩擦性能，摩擦系数很低，约为铸铁滑动导轨的 1/10，在维修时采用 TSF 导轨是一种非常省事的办法。它工艺简单、性能优越有着极广阔的应用前景。

(2) 减少机械传动部件间的摩擦阻力 对于机械别劲原因造成的爬行，在保证各元件自身精度的同时，着重调整运动导向装置的平行度和同心度，重视导向装置（如滚珠丝杠）松紧程度的调整。加强润滑减少摩擦阻力，对于液压缸要处理好油缸与工作机构的联接要求，保证活塞、活塞杆运动时不受弯力、扭力的作用。对于大行程的液压缸，为防

止滑动面压力过高，在设计时可采用无缝钢管作活塞杆，以减轻自重增大刚度。

(3) 液压元件磨损导致的系统泄漏 分为正常磨损和非正常磨损。对正常磨损可以修复或更换新件，对非正常磨损则一定要查明原因采取相应措施。若导轨被拉伤，则要修复导轨。若是油缸拉毛时，可研磨修刮，严重拉伤时可上镗床修复，并根据具体情况改进活塞结构或重配活塞。

(4) 液压系统内存在空气造成的爬行 当系统内存在空气时，则应对密封不良处严加密封，并定时更换油液。选用消泡性能好的液压油，或在油中加入消泡添加剂。从油箱的设计出发，尽可能采用有隔离板的油箱，使回油产生的气泡不会很快到达吸油管附近，液压泵的吸油管与系统回油管之间的距离尽可能远，也不失为一个有效方法。

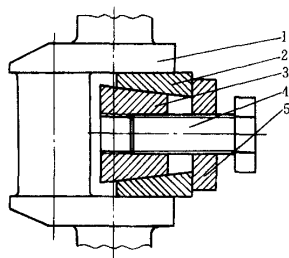
机床爬行现象作为一种故障，对于数控机床所造成的直接后果相当严重，经济损失也是相当可观的。其引发的原因主要有机械、液压、润滑、电气等几个方面，它们之间往往相互关联、交织在一起。要在实践中不断积累经验，学会分析故障原因，以找到解决问题的最佳措施。

(收稿日期：20031008)

一种曲轴校直装置

天润曲轴有限公司 (山东文登 264400)

姜增强 张伟辉 丛建滋



1. 曲轴 2. 斜铁 3. 校直螺母
4. 螺栓 5. 挡铁

我公司在国内最大的发动机曲轴专业生产厂家，在曲轴的生产过程中，精磨曲轴之后，采用离子氮化方式对曲轴表面进行强化处理。在此过程中，由于加工过程中产生的残余应力在热态下得到释放，以及离子氮化处理产生的热应力，导致曲轴发生弯曲变形。为解决该问题，特设计了如图所示的装置。

使用方法：当曲轴弯曲变形时，首先测量曲轴变形量，在曲轴弯曲的最低点，沿轴向选择两个对称位置，将两个装置分别放入曲轴 1 的平衡扇铁中

间，先将装置预紧，然后旋转螺栓 4，由于挡铁 5 的作用，斜铁 2 不动，校直螺母 3 向外运动，装置对平衡扇铁产生支撑力，支撑力大小可通过旋转螺栓进行调节，平衡扇铁受支撑力作用，产生反向弯曲变形从而达到曲轴校直目的。曲轴是否被校直及所需支撑力大小，可在校直过程中用百分表检测曲轴跳动量来控制。曲轴经校直后，重新进行氮化处理，在热态下进行热定型。经热定型后，曲轴变形量稳定、不反弹，满足使用要求，且曲轴表面仍保持漂亮的银灰色。该装置经使用，规律性强、易操作，一次校直合格率大于 95%，经 X 射线探伤未发现校直裂纹，取得了良好效果。该装置可广泛应用于校直曲轴热处理过程中产生的弯曲变形。

(收稿日期：20030827)