

iMonitor在设备故障管理中实现丝杠批量损坏故障的预判

■ 上海通用东岳动力总成有限公司 （山东烟台 264006） 郭 兴 刘建超

摘要：本文介绍一种利用互联网技术并结合大数据分析对机床状态进行主动预测的新型预知维修模式——iMonitor。通过实际应用案例，对iMonitor的基本工作原理和方法进行了说明。

通过对设备运行过程中产生的海量数据的捕捉，利用专家诊断系统，对这些状态数据进行解释，从而实现故障的提前预判，我们称这种前瞻的预诊断模式为iMonitor。

1. iMonitor概念的引入

iMonitor是“工业4.0”概念的一次前瞻探索，是基于网络技术将日常生产中机床运行过程产生的海量状态信息，通过先进的技术对这些转瞬即逝的状态数据进行捕捉，并通过数学模型，将这些原本毫无关系的数据进行各种连接，赋予大数据主动性和预测性，让信息智能化。

2. iMonitor预诊断模式介绍

常规的预测维修方式如图1虚线右侧所示，通过仪器手动取样电动机轴承的振动信号，并对幅值信号进行分析，判断其是否超出阈值，若超过阈值，即发出报警，同样的红外测量也是通过对一个模拟量的捕捉，仪表根据阈值设定，输出诊断结果。传统

的预测维修方法，例如振动、红外或电动机静态测量技术等，都是对特定的部件所做的单一信号解析，例如振动测试中的振动信号、红外测试中的温度信号，其共性的特点是采样效率相对较低，长时间连续取样跟踪的成本较高，专家系统的预警结果基本上都临近该部件的寿命晚期，状态无法矫正，建议的维护策略只能是对部件进行更换。

iMonitor的工作方法与传统的预测维修方法不同，如图1虚

线左侧部分所示，借助互联网技术，将设备上运行的海量数据实时、高频、自动、连续地取样，由于取样速度足够快（伺服数据可达到10ms/次），可以保证设备上瞬息万变的状态信号得到完整的记录，即使是很细微的变化也能记录下来。同时，互联网技术确保了采样效率和数据的连续性。

这些海量数据存储在数据库中，通过自主开发的专家诊断系统，将这些原本毫无关系的数据

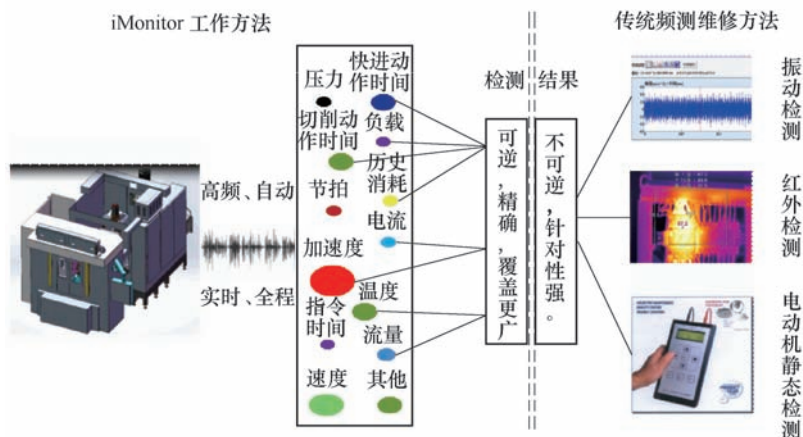


图 1

进行种种连接，输出维护策略。因为设备全生命周期的运行数据都按照一定的采样周期得到捕捉，确保了生命周期内设备运行数据的连续和准确，通过全生命周期的趋势变化，iMonitor可以实现故障的前期预判，避免故障恶化到无法挽救的地步，及时予以矫正，延长设备使用寿命。

数据的准确性是大数据分析结果可靠性与否的基础，因此，数据取样的频率、周期，必须经过严格论证，以确保采样数据能够真实反映机床的实际运行状态。

取样信号的时间属性有两个：①取样信号的频率。②每次取样的间隔时间。对于伺服状态信号的采样频率问题，笔者在已发表的文章中有详细论证，本文不再赘述。而对于每次取样的间隔时间，既要兼顾到设备状态信息的不遗漏，也要考虑数据的取样负荷以及存储成本，即实时连续、不间断地取样，可以确保状态信息的完整性，但是却会给数据处理和分析带来很大的挑战，我们把伺服信号的取样周期定义为1个月，从近一年的抓取分析结果看，已经能够完全符合要求，供大家参考。当然，如果条件允许，采样周期越短越好。

3. 实际案例介绍

2015年5月份开始，缸体生产线的一台加工中心Z轴丝杠发生损坏，破损部位是丝杠滚珠导向器，如图2和图3所示。考虑到现象较为特殊，对该丝杠的历史损耗情况做了统计，发现该类型机床已经发生多次损坏，且现象

一致。



图 2



图 3

根据维修经验，影响丝杠运行寿命的因素（见图4）有：

①丝杠的基本属性，即速度和加速度。②机床的运行指标，即负载、运行距离、润滑、历史消耗分布和使用寿命。把上面所列出的速度、加速度、负载、运行距离、润滑、历史消耗分布和使用寿命称为状态信号。

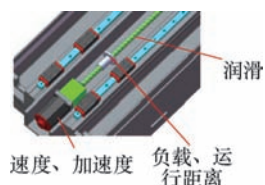


图 4

要对丝杠失效的原因进行分析，就要把上述列举出来的状态信号进行大数据分析。下面详细介绍整个分析过程。

（1）要对上述7个状态信号定义各自的物理意义，以进行抓取（使用系统：FANUC 31i，SERVOGUIDE软件版本号V6.0）。①丝杠的基本属性速

度和加速度：速度，通过采集驱动电动机的速度，作为丝杠旋转速度，对于FANUC系统，SERVOGUIDE中对应SPEED变量；加速度，通过电动机速度拟合出丝杠运行的加速度。②机床的运行指标负载、运行距离、润滑、历史消耗分布和使用寿命：负载，通过采集驱动电动机的电流，作为丝杠负载的反映，在SERVOGUIDE中对应IEFF变量；运行距离，通过采集一个加工循环中的G00（快速移动指令）、G01（切削指令）、电动机速度，计算G00=1且电动机速度>0的时间为快速移动时间，计算G01=1且电动机速度>0的时间为切削指令时间，通过快速移动时间和切削指令时间的和值，与该设备加工节拍的占比，称为运行指令占比，间接表示机床运行距离，在SERVOGUIDE中，G00对应F2.1，G01对应F2.6；润滑，通过润滑油历史加注量表示润滑情况；历史消耗分布，通过备件发货记录表示历史消耗情况；使用寿命，记录从投产到现在的时间作为使用寿命。

（2）根据上面的定义，对这7个有实际物理意义的信号进行采集。对运行指标进行采集，如表1所示，可以得出如下结论：由于GXX基本上没有损坏，且运行时间久，而BXX区域丝杠损坏相对较多，因此判断BXX区域丝杠损坏的主要原因是伺服轴驱动电动机速度过大。

使用FANUC SERVOGUIDE软件，对伺服电动机电流（IEFF）、伺服电动机速度

表1 各区域丝杠使用情况统计

区域	投产日期	使用寿命/年	丝杠型号	品牌	消耗数量/个	润滑加注情况	最大运行速度/(mm·min ⁻¹)
BXX1	2011年	4	BIF4520HSS-10QZWWG0+1174LC5		1	正常	60 000
BXX2	2012年	3		THK	4	正常	60 000
BXX3	2013年	2			0	正常	60 000
GXX	2009年	6			0	正常	50 000

(SPEED)、G00指令时间(F2.1)、G01指令时间(F2.6)进行取样。

通过收集电流、G00指令/G01指令和速度数据,分析三个信号的变化趋势,在BXX区域的机床内作纵向比对(失效的工位和未发生过失效的工位比对),寻找关联,如图5所示。

①对曾经发生过失效的工位进行分析。在对曾经发生过失效的工位的负载、运行指令占比(运行距离)两个要素研究时发现一个规律:负载和运行指令占比(运行距离)相对较高,如图6所示。发生过损坏的工位平均负载/运行指令比为675.1,其余设备的均值为436.23,比发生过失效的工位低35.4%。因此,通过上面的研究,将丝杠失效与负载和运行距离相对较大,建立起联系。

②对未发生过失效的工位进行负载和运行距离分析。基于上面得到的规律,对所有机床的负载、运行指令比(运行距离)进行排序,筛选出TOP10机床进行重点排查。经过检查,在这10台机床中,有5台存在同样的现象,预测成功率达到50%,如表2所示。

表2 检查结果

BXX一期 CH	OP60A	OK
	OP60B	NOK
	OP70A	NOK
	OP70B	OK
BXX二期 CH	OP60A	OK
	OP60B	NOK
	OP70B	NOK
BXX三期 CB	OP70A	OK
	OP70B	OK
	OP60B	NOK

对排查出的大量失效丝杠及时邀请供应商到厂了解实际情况,

分析解决。现场维修对失效现象和工况进行汇总,并紧急联系采购备件。由于处理及时,避免了备件采购周期过长而带来的潜在停机风险。同时,现场对损坏的丝杠导向器进行了更换,避免丝杠状态继续恶化,有效预防了可能发生的长时间停机维修。

4. 丝杠批量失效原因分析

根据失效丝杠的分布特点,对GXX和BXX两个区域的机床伺服电动机控制参数进行比较,如图7所示。

(1)速度比对结果:从实际取样结果上看,BXX区域机床Z轴电动机的运行速度比GXX区域大20%。BXX区域使用的机床Z轴电动机转速是3 000r/min,而GXX区域是2 500r/min。对于设备上使用的THK丝杠(型号为BIF4520HSS-10QZWWG0+1174LC5),其设计使用的最大速度为2 550r/min。损坏较严重的BXX区域,其丝杠实际运行速度已经超过设计要求。

(2)加速度比对结果,如图8所示。两者比较可知,BXX区域的电动机加速度比GXX区域大22.7%。因此得出结论:Z轴丝杠损坏的原因是丝杠运行速度已超过其最大设计速度。需要对G00(快速移动)速度进行调

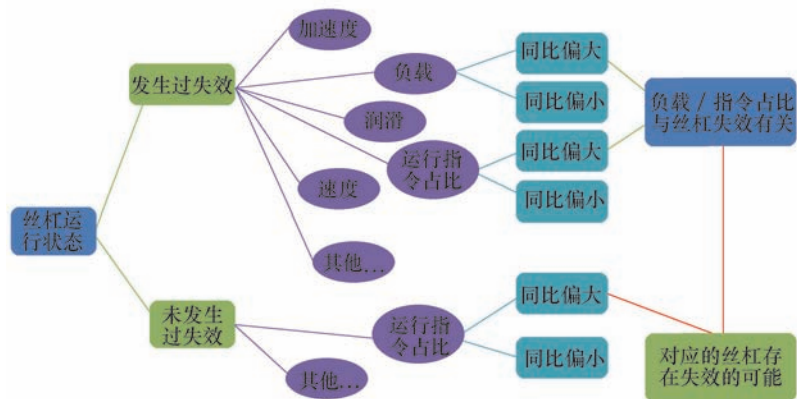
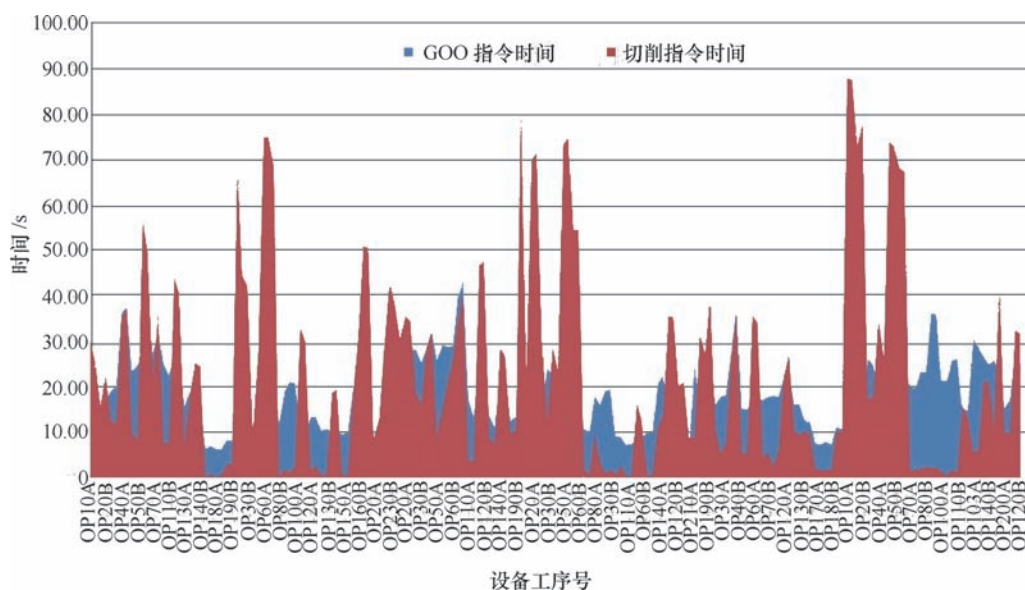
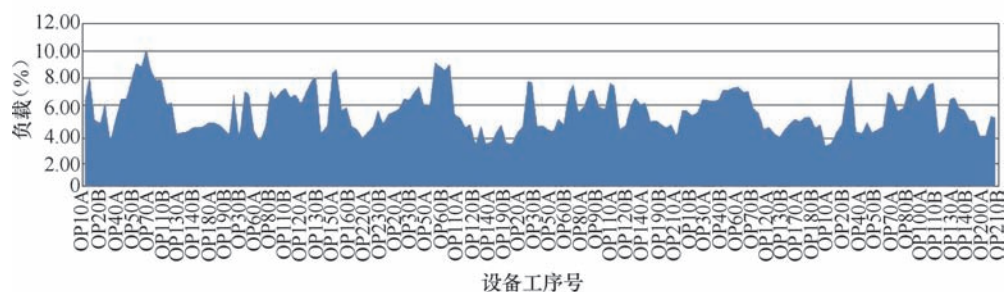


图 5



(a)



(b)

图 6

整，使其符合丝杠设计要求。至此，整个故障分析过程结束。

5. 结语

就像智能手机一样，通过手机上集成的加速度传感器信号做二次分析，就可以模拟出持有该手机的人每天行走的步数。同

样，设备上每天也有数以百计的传感器在工作，若能够对这些信号进行采集、分析，就可以让数据活起来，并最终产生价值。

iMonitor对设备上运行的海量数据的采集分析，除了可以达到故障提前预判的目的外，由于

设备状态的透明化，还可以大大降低设备维修对高技能人员的依赖。同时，通过绘制设备全生命周期寿命曲线，精确预测设备运行寿命，就可以对备件采购策略进行主动化管理，大大降低备件库存。

另外，由于iMonitor系统可以将一个完整的设备加工节拍，细化为多个运动部件的运行过程时间，通过趋势分析和同类设备的比对等分析手段，就可以为节拍提升提供建议和科学的管理方法。扩展开来，通过全线设备的运行指令占比的分析，可以指导工艺排布，使生产线的工艺排布达到最优化。

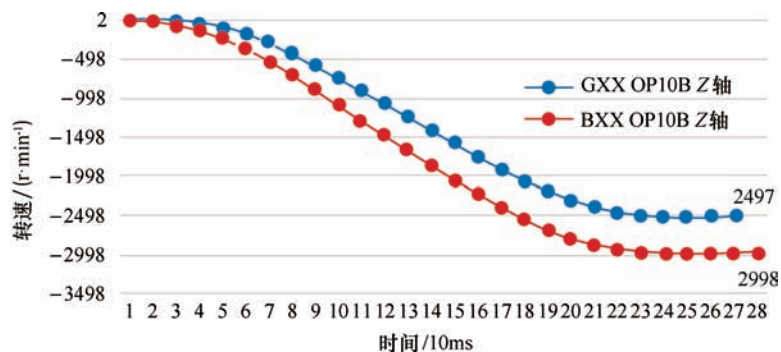


图 7

FANUC系统功能在插齿机防碰撞方面的应用

■ 常州豪爵铃木摩托车有限公司 （江苏 213133） 张 明

■ 宜昌长机科技有限责任公司 （湖北 443000） 张 伟 黄 帅

摘要：本文利用FANUC系统提供的位置开关、轴互锁等安全功能，解决了插齿机在加工中常出现的机械碰撞问题。

1. 插齿机中存在的碰撞

插齿机作为一种传统的齿轮制造设备，主要由3个数控轴组成：立柱的前后进给运动（X轴）、工作台的分度运动（C1轴）和刀具的分度运动（C2轴）（见图1）。根据加工零件的特点还可以增加提拉轴（Z轴）和尾座等辅助部件。这些辅助部件使机

床结构变得更加复杂，同时也增加了的碰撞可能性。

轴类零件的加工，一般都需要增加尾座。尾座不仅可以实现工件定位，还可以在自动上下料等结构中实现零件进出工位的传送。由于尾座增加在工作台上面，因此尾座的上升、下降就存在和立柱的前后运动发生碰撞的

可能性：一种是当尾座没有下降到底时，立柱前进；另一种是当立柱在最前端时，尾座上升。这两种碰撞情况在调试现场都出现过，且对机床的几何精度和稳定性造成了很大的影响，在自动上下料结构中，表现得尤为突出。

针对深孔内齿、双联齿等特殊工件的加工，我公司自主研发

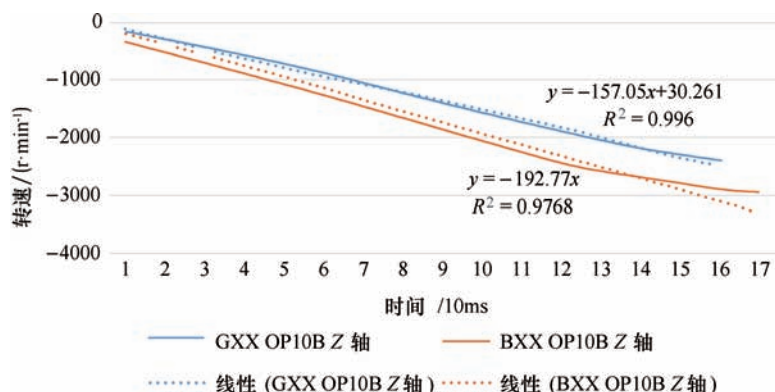


图 8

最后一个应用是节能减排方面，通过对伺服启动参数的再优化和标定，可以指导设备供应商

选择合适的启动参数，使加工效率和能耗得到最优化的组合。

透过上面的案例，笔者仅

就iMonitor在故障预知方面的应用做了简单介绍。今后笔者会继续选取典型案例，详细介绍iMonitor在能耗和节拍改善方面的实际应用。

在设备精益化管理这条路上，互联网技术和大数据分析已经为我们呈现出了更加开阔的格局和更加多变的方式方法，互联网技术+设备管理的工作模式必将颠覆传统的设备管理模式，给设备管理带来全面革新。**MW**

（收稿日期：20151220）