

机械产品的信息化——面向机械装备的信息技术

屈梁生, 胡兆勇

(西安交通大学, 西安 710049)

[摘要] 机械工业是我国的传统工业, 机械装备技术直接影响和制约国民经济诸多领域的发展。信息科学是一门迅速发展的前沿学科, 已经渗透到国民经济的各个领域。文章从机械产品的角度出发, 讨论了如何用信息技术来提升和发展传统的机械产品, 提出了机械产品信息化的内涵、特点与实现的步骤; 结合作者过去的一些科研实践, 重点分析了机械产品信息化过程的信息融合和特征提取两个技术关键; 文章最后强调了理论开拓是产品拥有自主知识产权和核心技术的前提。

[关键词] 信息化; 机械工业; 信息融合; 特征提取

[中图分类号] TH17; TP3-05 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 1009-1742(2004)11-0020-09

1 前言

当前, 我国的制造业正处在一个蓬勃发展的时期。有些产品, 如两弹一星, 已经处于国际前沿, 成为中国人民的骄傲。但就多数企业来说, 不论是从企业的素质、竞争能力, 还是从拥有自主核心技术看, 在全球制造链中, 仍然处在中、低端, 与一些处于制造链高端的跨国企业相比, 差距很大(见表1)。这种差距不但表现在产品的品种、性能、品质、可靠性、成套性等方面, 更重要的, 还表现在产品的技术含量和对核心技术的拥有程度上。不少产品, 由于没有自主知识产权的核心技术, 关键零部件不得不依赖进口。如若深入剖析一些产品的核心技术, 就不难发现, 它们实际上是由多种前沿学科交叉所形成的聚合技术。因此, 以产品为中心, 用前沿技术提升和发展机械产品, 是提高我国机械产品技术含量, 掌握核心技术的关键。

信息学科是当代最活跃、发展最迅速的学科。它已经渗透到社会经济的各个领域。所谓机械产品的信息化, 就是要充分利用机械产品(装备)运行中的各类动态信息, 来延伸产品, 以提高和扩展它

表1 全球制造链上中低端产品与高端产品的差异

Table 1 Differences between lower-end and higher-end products on the global manufacturing chain

中低端产品	高端产品
·劳动密集型产品	·高技术含量产品
·传统机械产品	·机电光多种新技术集成产品
·仿造国外产品	·拥有自主知识产权和核心技术
·以单一装备为主	·成套装备供应
·持续、多次引进	·前瞻性产品研发
·来料加工	·品牌效应
·低利润或零利润	·高利润

的性能。与机械产品的信息化相对应的, 是人们所熟悉的制造过程信息化和管理信息化, 如CAD, CAM, CIMS, ERP, 并行工程, 快速响应工程, 等等。但是, 产品是一个企业的根本, 是企业进入社会主义市场经济不可或缺的一环。历史经验告诉我们, 制造过程信息化必须与机械产品信息化相辅相成, 才是正确的途径。从某种意义上说, 产品的信息化, 对我国的一些制造企业来说, 更为迫切, 更为重要。

与产品信息化密切相关的是产品智能化。目前, 机械产品的智能化程度还比较低, 但这个领域

是大有可为的。

2 机械产品信息化的内涵

机械产品信息化包括三个内容。首先要充分采集产品的动态信息，其中涉及传感器技术、数据库技术和网络技术；其次是处理信息，涉及信息融合、特征提取和判断决策等；最后是要充分利用处理后的信息，通过设计与制造，在产品上添加功能延伸系统，包括存储显示系统、反馈补偿系统、数字控制系统、预报预警系统、诊断监测系统、远程维护网络等，使产品的功能更加完备，更加先进。以机床为例，当前数控机床已经成为机床发展的主要方向。2003 年，我国数控机床产量已达到机床总产量的 30%；有的国家达到 70%。又如汽车，除了常备的车速显示仪表、油量显示仪表外，还有气囊保护、GPS 定位、自动驾驶系统、汽缸熄火显示以及发动机性能检测接口等各种功能延伸系统，都属于产品信息化之列。

图 1 是一台蜗杆砂轮磨齿机的分齿传动链（工作台部分），它必须保证砂轮转速与工件转速间的严格比例。用地震式传动链精度测量仪测出整个传动链的误差后，用图 2 所示的自回归谱进行分析^[1]，谱图上的每根谱线都相当于一对齿轮的啮合频率；有的是高速齿轮副，有的是低速齿轮副，如表 2 所示。其中，用于消除主轴反向时齿轮侧隙的阻尼泵（轴 12）和挂轮 A-D（见图 1）的误差占有很大的比重，对它们的结构加以改进后，分度

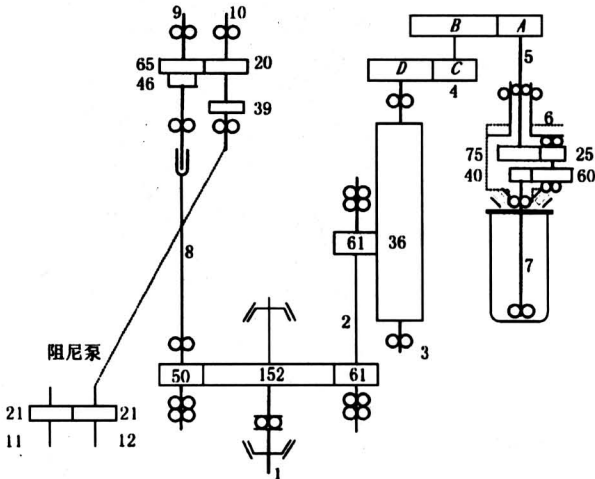


图 1 蜗杆砂轮磨齿机的传动链
Fig.1 Transmission chain of worm wheel gear grinding machine

链的传动精度大幅度提高。进一步在产品上添加反馈补偿系统，就可以全面提高产品的性能。对录音机机芯的传动链和雷达俯仰箱的传动链也做过类似的试验分析^[2,3]，并取得满意的结果。

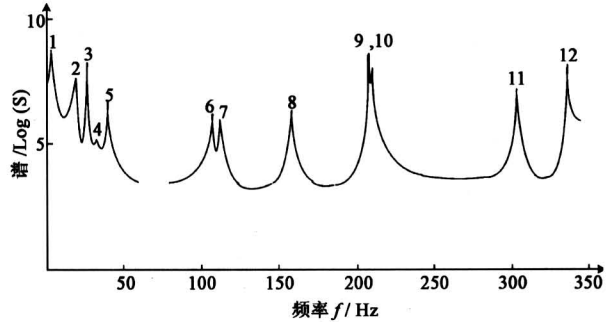


图 2 传动链误差曲线的自回归谱

Fig.2 Autoregressive spectrum of transmission error

表 2 磨齿机分度链的误差分析

Table 2 Error analysis of dividing gear chain in a gear grinding machine

频率 / Hz	误差幅值 / (°)	来源及原因分析	所占误差 / %
3.09	13.50	轴Ⅷ一倍频，加阻尼力后由于机构精度低引起	33.7
19.60	3.03	轴 V 二倍频，由挂轮 A 制造及安装误差、分齿差动机构壳体压入齿轮导致的变形引起	7.5
26.37	6.06	轴 VI 一、四倍频，由齿轮与 VI 轴的装配间隙、差动机构壳体压入齿轮导致的变形引起	15
106.47	1.52		4
39.56	3.81	轴Ⅶ一、四倍频，同步电机主轴径向跳动，四极反映式电机旋转磁场脉动	10
158.33	30.3		7.5
337.76	3.81	轴Ⅲ啮合频率（挂齿 D，齿数 80），挂轮制造及安装误差	10
其他成分			< 10

图 3 是自由剃齿时作用在工件上的扭矩模糊控制系统^[4]。实验证明，根据所测出的累积误差来改变作用在工件上的扭矩，能将剃齿轮的累积误差削减一半以上，从而提高了剃齿的精度。

我们的工作更多是在大型回转机械的监测诊断领域，下面将详细阐述。

3 机械产品信息化的特点和实现步骤

机器的信息有如下的共性：零件信息不等于整体信息，静态信息不等于动态信息，出厂信息不等于服役信息。

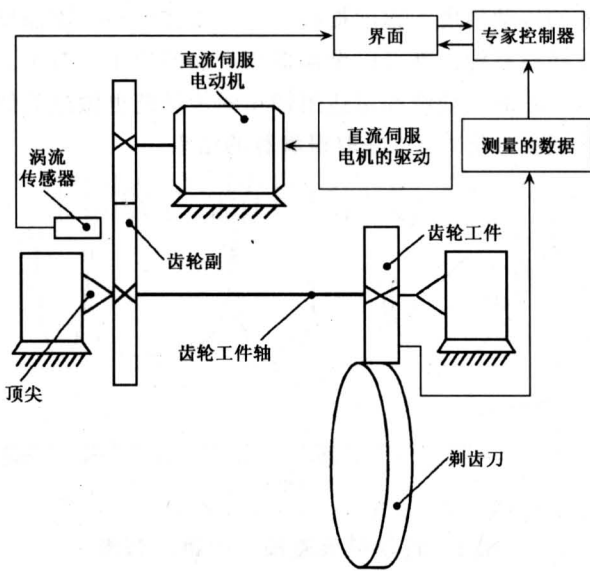


图3 剃齿精度控制

Fig.3 Precision control of gear-shaving process

机器整体的信息较之个别零件会产生质的变化或量的增减。个别零件的振动、温升、磨损、腐蚀、结垢等，都是以机器整体的形式表现出来的，既有质的变化，也有量的增减。它们和系统功能参数之间的联系也往往不是直接的。

在万能磨床上用内圆磨具磨内孔时，虽然机床的静态精度可以做得很好，然而在工作时，由于砂轮架温升使中心线上抬；又由于内圆磨具工作时温升，使中心线下移，热态精度发生了变化，破坏了砂轮中心线平面和工件中心线的等高性（图4）^[5]，结果磨出的锥孔呈喇叭形。由此可见，机器的热态精度和冷态精度是有差别的。

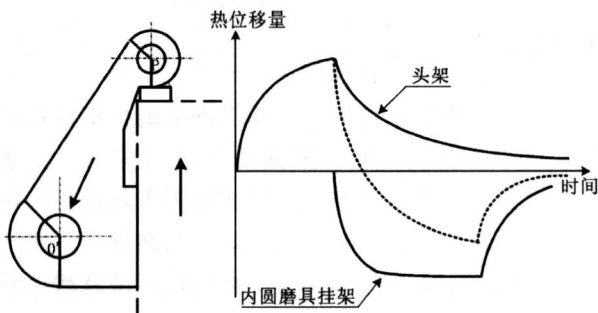


图4 万能磨床的结构及热位移图

Fig.4 Structure and thermal displacement of universal grinding machine

图5是模拟人造卫星上一个组件的示意图。它

是由两个径向止推滚动轴承和转轴组成的。端盖压紧时通过盘弹簧和推力盘压紧两个轴承，改变推力盘的厚度 H ，可以调节轴承的预紧力。两个面对面的径向止推滚动轴承的接触锥顶点 $o-o$ 形成转轴的实际回转中心线。由于 $o-o$ 间距离短，稳定性差，轴承的任何一点偏差在转轴端部都可能被放大。用同样的零部件，我们做了6次拆装试验，如图6所示。图6上面3个图是在 $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ 环境温度下转轴两端的轴心轨迹，下面3个图是在 $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ 环境温度下转轴的轴心轨迹。每次实验中轴心轨迹都有变化。所以，凭手感判断摩擦力矩大小的方法来推测轴承安装正确与否是不可靠的。这两个实例既说明动态信息有别于静态信息，也说明整体信息不同于零件信息。

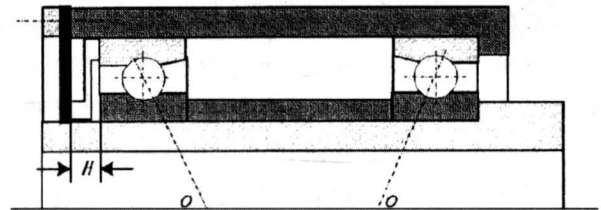


图5 模拟人造卫星一个组件的示意图

Fig.5 A simulating component of artificial satellite

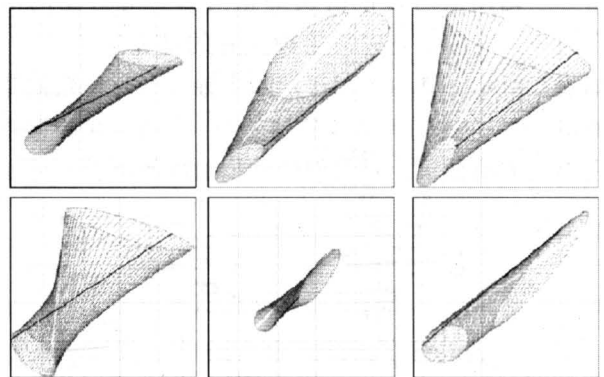


图6 组件6次拆装的轴心轨迹图

Fig.6 Orbits of above component repeatedly assembled six times

机械产品信息化有3个特点：它是多学科融合，包括机械学、力学、材料、非线性和信息科学等；其次，它是反向工程，从分析机器的行为，即采集机器运行的信息入手，经过分析处理，进行设计制造，形成产品新的功能延伸系统；最后，机器的这些动态信息，长期依赖主观直觉和经验，没有用科学仪器提取和充分利用。

实现机械产品信息化的步骤是：对产品样机进行系统的试验→对基础零部件的劣化趋势进行系统的试验→对所采集的信息进行融合→特征提取→对上述各种产品延伸系统进行设计和制造。

其中，产品的样机试验和基础零部件试验是前提。没有这两项工作，后面将无从谈起。日本的汽车制造公司有完善的产品实验室和基础零部件实验室，其实验台 24 h 连续运转，通过试验来采集各类动态信息，如温升、噪声、振动、磨损等。

4 机械产品信息化中的信息融合问题

信息融合和特征提取是产品信息化的关键。信息融合有数据层融合、特征层融合和决策层融合三种形式。全息谱技术就是一种在数据层的融合形式^[6,7]。图 7 是二维全息谱的原理图，它是将转子在 X 和 Y 两个方向的振动信号分别做出 FFT 谱，将谱上对应的各次倍频分量合成一系列的椭圆。每个椭圆都反映了转子在一个支承截面上振动的某阶倍频分量。只用一个传感器，不能全面反映转子的振动情况；只有用两个传感器，才能把转子在一个平面上的振动全面反映出来。

图 8 是大机组管道激励和油膜振荡两种不同故障形成的 FFT 谱^[8]，它们都含有一个分倍频分量。如果只看这两个 FFT 谱图，则无法分辨出这两种

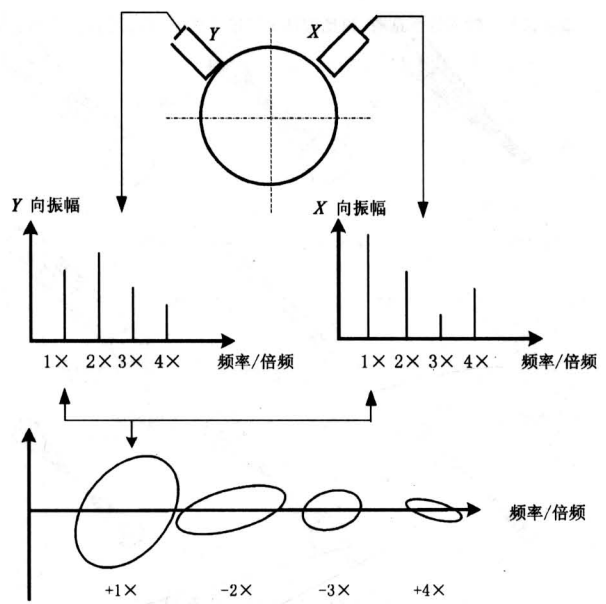


图 7 二维全息谱的构造原理

Fig.7 Principle of 2-D holospectrum construction

故障；如果利用全息谱判断，则可以清楚地看到它们在全息谱上的差别，从而将两种故障清晰地区分开来。

三维全息谱是将每个轴承截面上的二维全息谱中的转频分量串结起来，它反映了整个轴系在全部支承面上的转频振动。

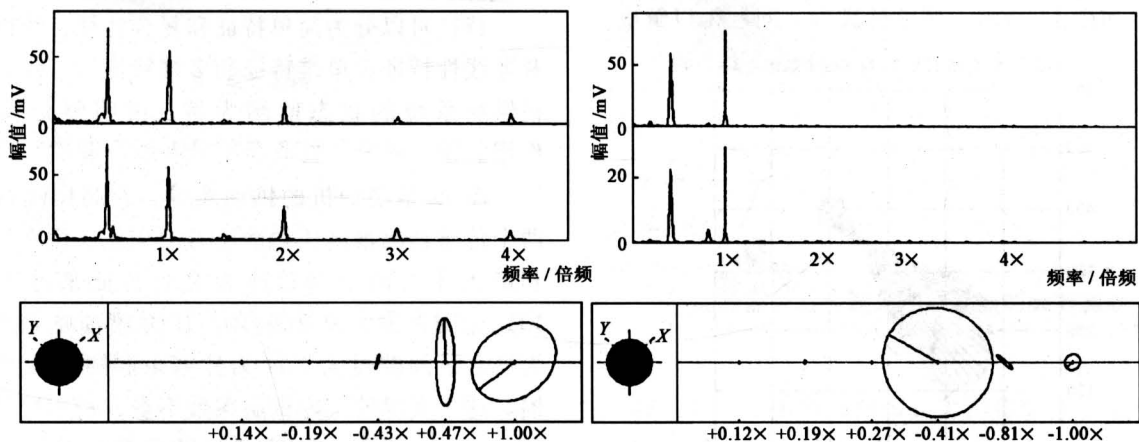


图 8 转子系统两种故障的 FFT 谱与二维全息谱

Fig.8 FFT spectra and 2-D holospectra under two different faults on rotor system

图 9 是由转子两个支撑面上转频振动构成的三维全息谱，它可以分解成力和力偶响应。力响应的创成线是平行线，形成一个圆筒；力偶响应的创成线相交成一个倒锥。图中原始振动与添加试重后的三维全息谱先分解然后相减，就可以确定在任意转

速下，纯试重的力响应和力偶响应。调节试重的位置，使图中等式左端的三维全息谱趋于最小，就可以达到平衡转子的目的，这就是全息动平衡的基本原理^[9,10]。

图 10 是利用三维全息谱诊断故障的例子，所

添加试重后的三维全息谱 原始振动的三维全息谱 纯试重的三维全息谱

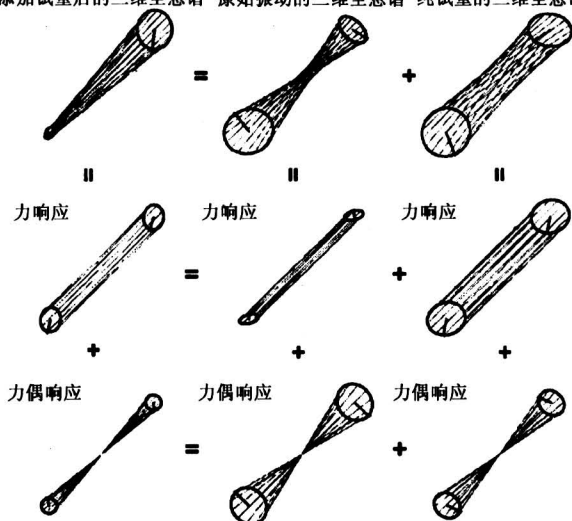


图9 三维全息谱的分解技术

Fig.9 Decomposition of 3-D holospectrum

监测的是一台 30×10^4 kW 汽轮机低压缸轴瓦的振动；2002年4月21日，机组起车后，振动不断增加，到4月25日振动报警。这段时间内，机组的功率和载荷都没有变化。将25日的三维全息谱和21日的三维全息谱相减，得到的转频响应形成了一个倒锥，这说明受到一个力偶的作用，分析认为是由于机体热膨胀导致标高的变化而引起附加的力偶，如图11所示。调节标高后，问题得以解决。

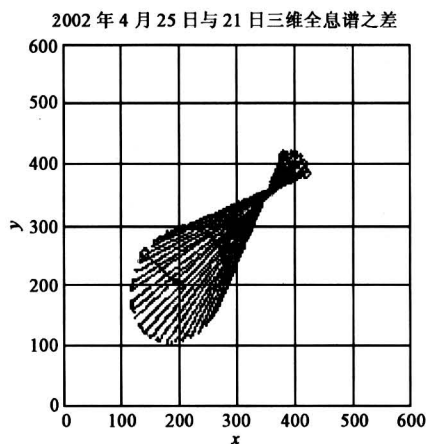


图10 故障机组的三维全息谱

Fig.10 The 3D holospectrum of faulty machine set

在全息谱的基础上，我们承担了“大型离心压缩机机组的在线监测和故障诊断系统（1991—1995）”和“全息动平衡原理与技术（1992—1994；2002—2004）”三个纵向项目和31个有关机器监测

诊断的横向项目，取得了良好的效果。

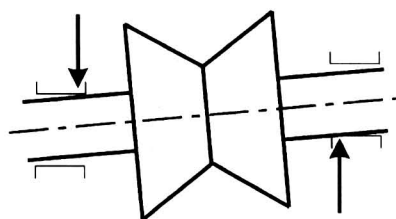


图11 机体热变形示意图

Fig.11 Machine case thermal expansion induced vibration

5 机器动态信息的特征提取

特征提取是故障诊断中的一个核心环节，所选择的特征是否恰当，决定了诊断的效率和水平。数字特征可以直接选用产品的功率、油耗等功能参数；也可以通过信号处理方法来得到；还可以从数学模型中的系数选取，比如时序模型的系数，状态空间方程的系数，用来作为特征量来表征机器的变化；第四种方法是人工神经网络。特征的选择标准是提高特征的识别能力，减少特征的数目和维数，简化诊断过程，在复杂的环境下，增加特征的稳定性，消除装备运行中工艺参数变化的干扰，提高信噪比。

特征可以分为简单特征和复合特征，线性特征和非线性特征，单维特征和多维特征等。现以柴油机供油系统的状态监测为例，说明复合特征的作用。

图12是柴油机的供油系统，在高压油管上用两个传感器测量高压油管压力的变化。用平均压力和最大压力两个参数作为复合特征来分类（图13）。图13中，A为正常，B为喷油嘴堵塞，C为柱塞泵间隙过大，D为柱塞泵和喷油嘴严重磨损。这个实验的实际试验次数不多，利用统计模拟(Bootstrap)方法，在少量试验次数的情况下达到了评估样本分散性的效果^[11]。

另一个例子是车床主轴箱悦耳度的评价^[12]。原来机床出厂前依靠技师的听觉来判断运行时主轴箱声音的悦耳程度。为了提高产品的合格率以及找到产生次品的原因，进行了一系列试验（图14）。图14上方两图是车床主轴箱在160和1500 r/min时的不悦耳声音谱图；下方两图是相应的悦耳声音谱图。在分析中发现，在不悦耳声音谱图上有较多由于轮

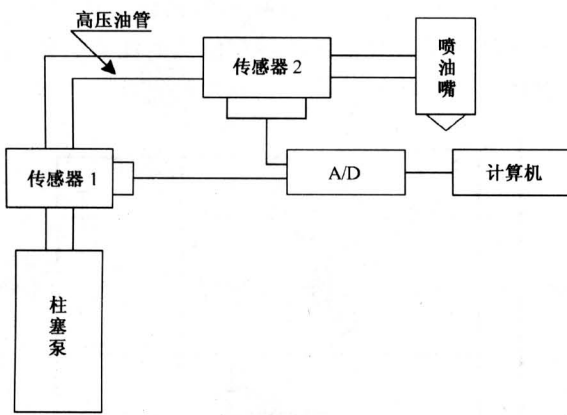


图 12 柴油机供油系统的压力检测示意图

Fig. 12 The detection of pipe pressure in oil feed system of diesel engine

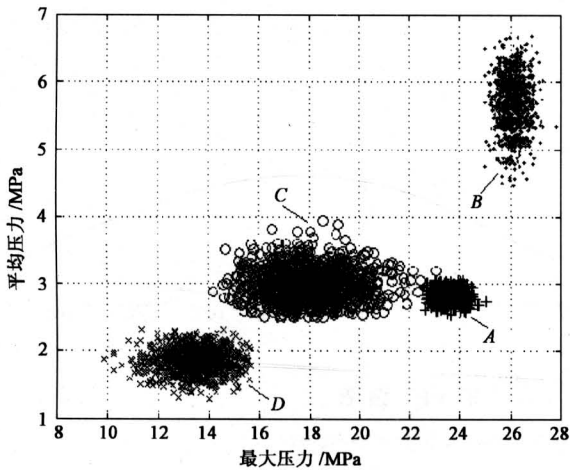


图 13 供油系统 4 种状态在特征空间上的分布

Fig. 13 The distribution of four states of oil feed system in feature space

齿之间的撞击产生的谱线，这种撞击受齿轮制造误差的影响。最明显的影响就是齿形，当齿形中凹 1 μm 时，撞击声用耳朵听起来就很清晰。我们用 K-L 信息数来定量地表征两个谱的差异程度：

$$K(r, t) = \frac{1}{2N} \sum_{i=1}^{N-1} \left[\log \frac{S_{ti}}{S_{ri}} + \frac{S_{ti}}{S_{ri}} - 1 \right],$$

式中 S_{ri} 为参考谱（白噪声）的分割面积； S_{ti} 为待检谱的分割面积。

将白噪声作为标准参考谱，是因为如果它没有突出的缺陷，相当于主轴箱中有无穷多个微小缺陷引起的声源，这时声音接近于白噪声。做出的图如图 15 所示，上图是人耳检查合格的，下图是人耳

检查没有通过的产品的 K-L 信息数分布。可以看到。这两个图的 K-L 指标分布有很大的交叉带，说明人耳的直观感觉是不可靠的，容易出现误判。比较科学的是用 K-L 指标来做定量的判断。

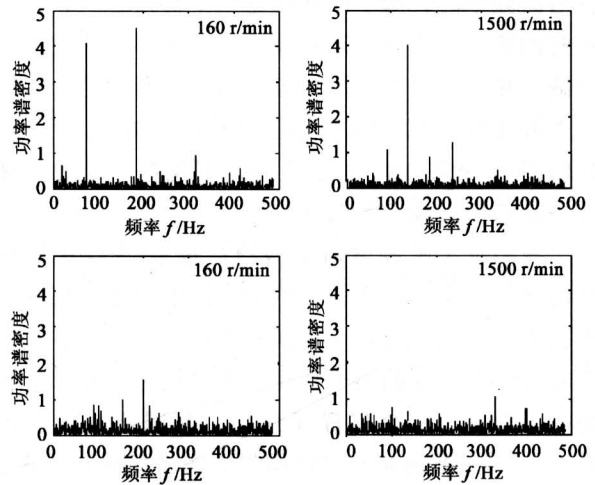
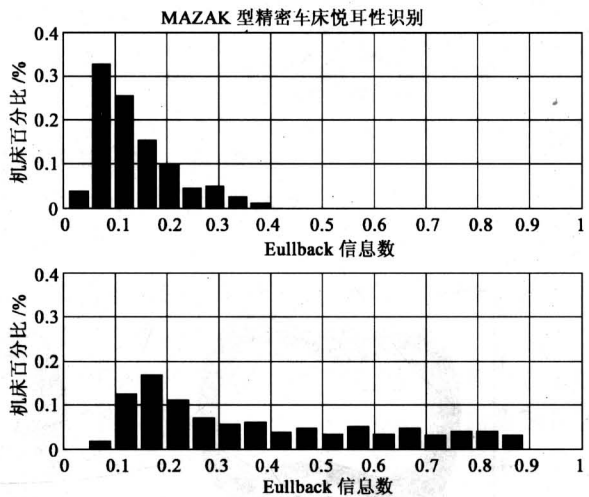


图 14 不同转速、不同悦耳度的主轴箱功率谱密度

Fig. 14 Power spectral density of headstock noise under different speeds and euphonious degrees



15 K-L 信息数分布：上图合格；下图不合格

Fig. 15 The distributions of K-L information number: Upper, qualified; lower, unqualified

再一个例子是利用混沌振子^[13]。混沌属于非线性现象。图 16 是汽车变速箱传动图，我们用混沌振子来判断齿轮 42 上的缺陷。其所以选择齿轮副 15/42 作为监测对象，是因为在整个传动链中，这对齿轮的转速最低，力矩最大。图 17 是经过带通滤波后的 FFT 谱图。在正常状态下，谱图上有

对应齿轮副 15/42 啮合频率的谱线。有了裂纹以后，它的旁瓣增大，啮合频率分量压缩。轮齿断裂后，啮合频率下的敲击又增大，产生更多的旁瓣。当外界干扰信号的频率等于 Duffing 振子周期扰动信号的频率时，振子的相图是一个周期运动，这是正常的情况。当轮齿出现裂纹，该频率的干扰信号削减，相图就显现混沌现象。当轮齿断裂后，相图又由混沌变为混沌与周期运动交替，如图 18 所示。比较图 17 和图 18，可以看到，混沌振子对轮齿裂纹的敏感度远高于 FFT 谱图。

我们也用神经网络来做特征提取^[14]。比较成功的例子是对磨削烧伤的判别。影响磨削烧伤的因素很多，取其中的 8 个因素作为输入，包括砂轮的主要特性、工件的主要特性、磨削用量、冷却液种类等。输出为有烧伤和无烧伤，其网络结构如图 19 所示。预测结果与实际结果如表 3 所示，从表 3

中可以看出只有第 7 组信号预测错误。由此可知，人工神经网络具有很强的融合信息的能力，作为一个整体的复合特征，其可预测性很强。

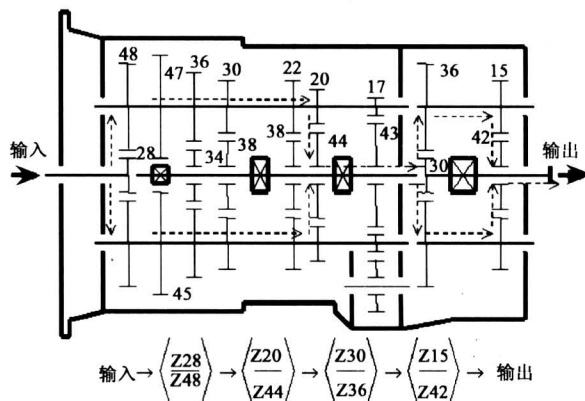


图 16 变速箱示意图

Fig.16 Schema of automobile transmission box

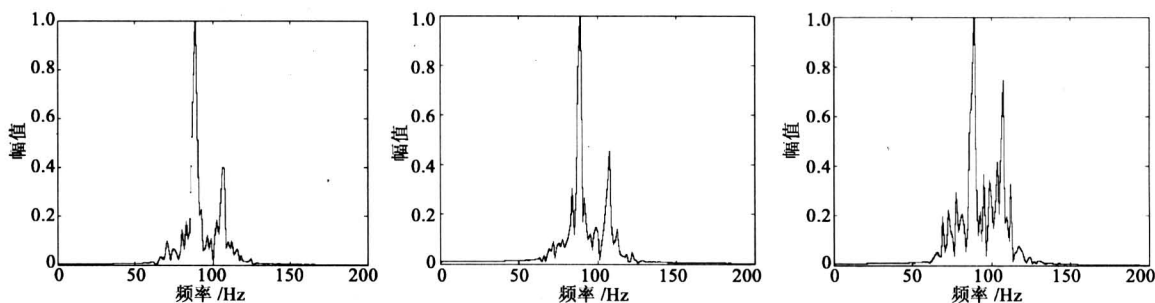


图 17 齿轮副 15/42 在不同状态下的 FFT 谱图

Fig.17 FFT spectra of gear pair 15/42 in different states

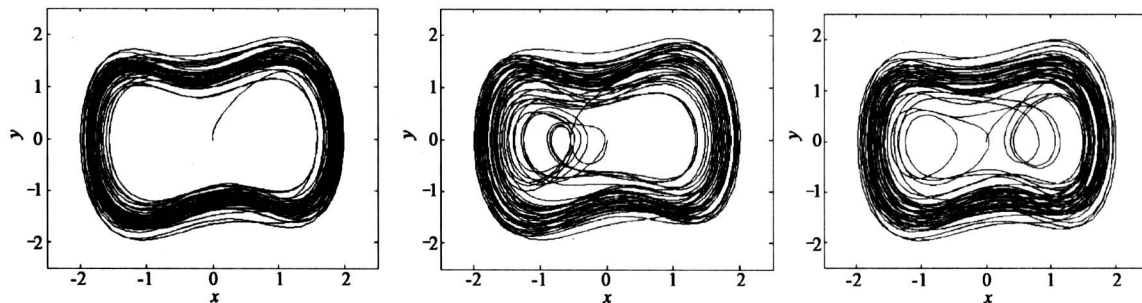


图 18 混沌振子相平面轨迹的变化

Fig.18 The change of phase portraits of chaotic oscillator

6 重视基础理论的开拓

新产品结构和性能既有继承，又有突变（图 20）。一般情况下，新的结构总是继承老的结构，做了局部的改进，但一定的时刻又会出现突变。例

如飞机，从螺旋桨飞机到喷气式飞机，就是一个突变。汽车也是这样，原来的能源是石油，现在如果变成氢能源的燃料电池，结构也会出现新的突变。突变往往需要新的理论上的开拓。

在做全息谱的时候，我们首先解决了 FFT 谱

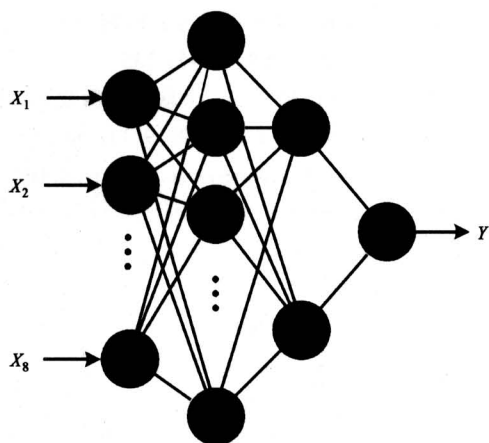


图 19 判别磨削烧伤的神经网络结构

Fig.19 The structure of artificial neural network for detecting grinding burn

表 3 现场磨削用量下 300M 钢的预测和实际结果

Table 3 Verification of prediction results to 300M steel grinding burn

组号	输入								预测结果	实际结果
	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	X ₅	X ₆	X ₇	X ₈		
1	0	0	2	1	20.0	15.0	0.005	2	0.05	无
2	0	0	2	1	20.0	15.0	0.01	2	0.05	无
3	0	0	2	1	20.0	15.0	0.02	2	0.95	烧伤
4	0	0	2	1	20.0	15.0	0.03	2	0.95	烧伤
5	1	0	2	1	35.0	19.8	0.005	0.285	0.05	无
6	1	0	2	1	35.0	19.8	0.01	0.285	0.05	无
7	1	0	2	1	35.0	19.8	0.02	0.285	0.95	无
8	1	0	2	1	35.0	19.8	0.03	0.285	0.95	烧伤
9	1	0	2	1	35.0	19.8	0.05	0.285	0.95	烧伤
10	2	0	2	1	20.0	47.0	0.005	0.5	0.05	无
11	2	0	2	1	20.0	47.0	0.01	0.5	0.05	无
12	2	0	2	1	20.0	47.0	0.03	0.5	0.95	烧伤

的内插技术，其原理如图 21 所示。由于采用的是离散傅氏谱，只有准确地确定谱线的频率、幅值和相位，才可能合成全息谱；如果频率、相位和幅值不准确，就没有办法合成。例如，频率有 1 Hz 的误差，转速就有 60 r/min 的误差，两根谱线的相位误差太大，完全无法利用。所以只有准确地确定了谱线的位置，两根谱线才可能合成。否则，其合成的全息谱就没有实用价值。1987 年我们所求出的谱线幅值、频率和相位远优于当时用 HP5892A, BK2032 等进口仪器以及用 ZOOM FFT 方法求出的数值。由于精确计算出所合成谱线的位置，为 FFT 谱线合成全息谱打下了基础。后来，我们用“全部”的前缀词作为全息谱的英文名词——

Holospectrum，得到认可，并且被列入 EI 的关键词中。

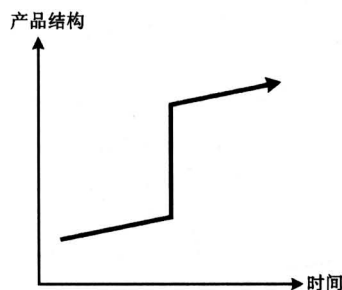


图 20 产品结构和性能的继承和突变

Fig.20 Succession and jump phenomenon of product structure and performance

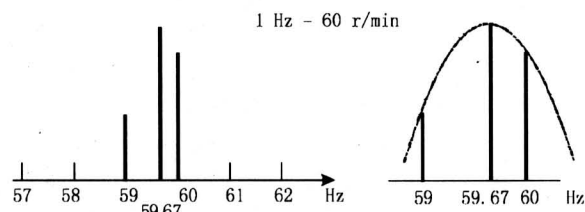


图 21 内插技术

Fig.21 Interpolation technique of FFT spectrum

自主的知识产权离不开理论上的开拓，这是值得我们认真思考和对的。

7 结语

实践是科研的源泉，也是科研的归宿。作为一个例子，在解决内插技术之前，我们发现与 FFT 谱上转频分量频率所对应的转速和车间仪表盘上的转速二者之间总相差 20~30 r/min。找出原因是因为离散谱相邻间隔为 1 Hz 或 2 Hz。当实际谱线落入间隔之中时，就会出现 20~30 r/min 的误差。为了解决这个问题，研究了准确求谱线的位置的方法。在故障诊断中，很多故障的特征都是从工厂实际信号提取出来并经过实践验证的。所以，从实践中来，到实践中去是非常重要的。

我国正处在一个从制造大国转向制造强国的阶段。既有机遇，又有挑战。时代赋予我们以机会，但更面临巨大的挑战，挑战来自制造强国的干扰和压力。抓住机遇，开拓创新，进一步提高我国的制造业水平，实现机械产品的信息化，是时代赋予我们的光荣使命和历史责任。

参考文献

- [1] 屈梁生,陈人亨,崔东印,沈玉娣. 自回归谱在机械故障诊断中的应用[J]. 工具技术,1982,(1):7~12
- [2] 何正嘉,刘东升,屈梁生. 录音机机芯动态特性谱分析诊断[J]. 西安交通大学学报,1986,20(5):71~82
- [3] 何正嘉. 自回归谱分析在机械制造中的一些应用[D]. 西安:西安交通大学,1982
- [4] Zhong Jiangsheng, Qu Liangsheng. Intelligent control of gear-shaving process [J]. Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers. Part B, Journal of Engineering Manufacture, 1993, 207(B3): 159~165
- [5] Qu Liangsheng, Chao Zhefeng, Shen Zeng. The thermal behavior of machine tool guideways [A]. Proceedings of NAMRC-9[C]. 1981. 349~355.
- [6] Qu Liangsheng, Liu Xiong, Chen Yaodong. Discovering the holospectrum [J]. J Noise & Vibration Worldwide, 1989, 20(2): 58~63
- [7] Qu Liangsheng, Chen Yaodong, Liu Xiong. A new approach to computer-aided vibration surveillance of rotating machinery [J]. Int J Computer Application in Technology, 1989,2(2): 108~117
- [8] 屈梁生,史东锋. 全息谱十年:回顾与展望[J]. 振动、测试与诊断,1998,18(4):235~242
- [9] 屈梁生,邱海,徐光华. 全息动平衡技术:原理与实践[J]. 中国机械工程,1998,9(1):60~63.
- [10] Xu Bingang, Qu Liangsheng, Sun Ruixiang. The optimization technique based balancing of flexible rotors without test runs [J]. J Sound and Vibration, 2000, 238(5): 877~892
- [11] Qu Liangsheng. Some applications of statistical simulation in engineering diagnostics [J]. J British NDT, 2000, 42(8): 512~519
- [12] Qu Liangsheng, Zhang Hanfu, Shen Yudi, Wan Jieming. Statistical control of low frequency knock in machine tool gearbox production [J]. Mechanism and Machine Theory, J IFToMM, 1987, 22(3): 237~242
- [13] Qu Liangsheng, Lin Jing. A difference resonator for detecting weak signals [J]. J Measurement,1999, 26: 69~77
- [14] Liu Hongxing, Chen Tao, Qu Liangsheng. Predicting grinding burn using artificial neural networks [J]. J Intelligent Manufacturing, 1997, 8(3): 235~237

Informatization of Mechanical Product

—Some Information Techniques for Mechanical Equipment

Qu Liangsheng, Hu Zhaoyong

(Xi'an Jiaotong University, Xi'an 710049, China)

[Abstract] Mechanical engineering is the basic content in traditional industry in China. Especially, the development of mechanical equipment will confine the development of many fields in national economy. The information technology is a frontier subject with rapid progress, and has been penetrated into many domains. This paper discusses how to use information technology to motivate and develop the traditional mechanical engineering from the viewpoint of mechanical product, i. e. mechanical product informatization. The paper introduces in detail the connotation, characteristics and realization steps of informatization. Combining with some achievements in authors' research practice, the paper mainly analyzes information fusion and feature extraction during the process of mechanical product informatization. In the end, the paper proposes that the theoretical breakthrough is essential for assuring autonomous intellectual property and kernel techniques.

[Key words] informatization; mechanical engineering; information fusion; feature extraction