

圆锯片适张度量化分析方法的研究*

撒 潮 习宝田

(北京林业大学 北京 100083)

摘要 从研究、选取表征锯片适张状态主要指标——适张度的特征参量入手,研究开发了一种以8031单片机为主体,以基2复序列FFT算法为核心的锯片适张度检测系统。运用该系统对国内外几十种不同规格锯片的实测结果表明,该方法及研制开发的检测系统运用于工业现场是切实可行的。

关键词 圆锯片; 适张; 单片机; FFT算法; 频谱分析

1 引言

近十几年来,圆锯片的适张技术已有了很大发展,出现了一些新的适张方法。但纵观国内外锯片适张度检测技术的现状后可以看出:

①目前世界各国在工业现场条件对圆锯片适张效果的检测仍多沿用传统目测评估的“光隙法”,无量化标准,很难适应现代工业发展的要求。

②在研究中可以用不同方法逐点测试锯片上的应力,但要直接用这些测试的离散量来量化描述锯片的适张度仍很困难。加之检测设备昂贵,操作复杂,技术要求高,不适宜在工业现场应用。

③近年来虽有一些检测新方法,如用正弦激振法研究锯片的共振模态与适张度关系等,但尚未见到有关运用这些新方法构成切实可行的检测设备的报道。

鉴于以上诸点,研究一种适合工业现场条件下应用的圆锯片适张状态量化分析方法,并开发相应的检测设备,对促进锯片适张技术的发展无疑具有重要意义。为此,在大量试验的基础上,研制成功了一种“微机控制圆锯片适张状态综合检测系统”,用以

量化分析圆锯片的适张效果。

从锯片使用角度来看,锯片的适张效果可用锯片适张状态的三个参量——适张度、适张应力分布特征及锯片平整性来量化描述。本文所阐述的主要是关于锯片适张度的量化分析方法。

锯片适张度的识别过程,主要包含两个阶段:即特征参量提取和量化识别。其中量化识别效果依赖于表征锯片适张度的特征参量在特征空间的可分性。由此可见,特征参量的选取、可测性以及相应特征提取方法的实现,对于准确识别锯片适张度具有决定性作用。本文从研究、选取表征锯片适张度的特征参量入手,论述了该特征参量的提取和实现的算法,并结合实例说明锯片适张度量化分析法。

2 特征参量的选取

适张的方法虽然很多,但其共同点都是靠引入合理的适张应力,来达到提高锯片动态稳定性的目的。对于合理适张的锯片来说,其适张应力分布的特点是:靠锯齿的外环区为周向张应力,而靠套装孔的内环区周向张应力较小或为周向压应力。

由于锯片内应力逐点不一,靠逐点检测锯内应力大小来表示锯片适张度,在工业现场条件下既不现实又不经济。

大量研究表明,一个锯片的固有频率,

收稿日期 1994-05-16

*本文系林业部重点科研课题“微机控制圆锯片适张状态综合检测系统研制”的一部分。参加本课题研究的还有黄箭波、路鹏程、陈欣。

由于受引入的适张应力的影响,随着适张度的不同,呈现明显的变化规律:其中波节直径数 $n \geq 2$ 的高阶模态的固有频率,随适张度的增加而增加;而 $n=0$ 和 1 这两个低阶模态的固有频率,却随适张度的增加而降低(图1)。当 $n=0$ 模态的固有频率下降过多时,锯片会明显“碟形化”,这是过度适张的重要标志^[1]。

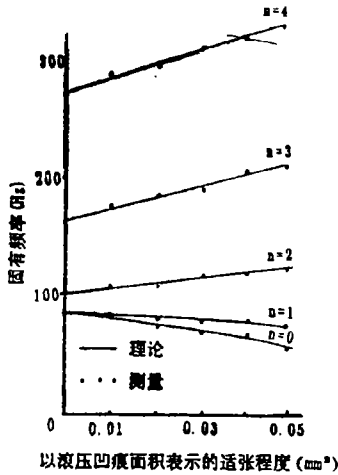


图1 锯片固有频率与锯片适张度的关系

在一般夹持比(夹持法兰直径/锯片直径)情况下, $n=3$ 这一模态为最低临界速度模态^[2],因此,可选用 $n=3$ 这一模态的固有频率作为表征锯片适张度的特征参量。

3 特征量的提取与其实实现的算法

对于任一信号,都可以有时域和频域两种描述。这两种描述依据Fourier变换确立彼此一一对应的关系。频域描述更侧重于反映信号的频率结构组成。由于所选用的特征参量为频率信号,因而可以采用Fourier变换的方法对其进行提取。

据Fourier变换可知,时域内的冲击函数 $\delta(t)$,在频域内为一个所有频段上都具有等强度的信号。若以 $\delta(t)$ 激振锯片,则锯片的振动响应信号就可包含锯片全部各阶模态的固有频率信息。通过对锯片响应信号的自谱分析,可以准确的检测出锯片各阶模态的固有频率,从而解决特征参量提取的问题。其提取主要算法描述如下:

①DFT算法与自谱 设被测锯片在 $\delta(t)$ 函数的激振下,其振动响应的离散信号为 $f(k)$,其Fourier变换为 $F(n)$ 。其中 $0 \leq n \leq N-1$, $0 \leq k \leq N-1$, N 为采样点数。

当 $f(k)$ 满足Nyquist采样时有:

$$F(n) = \sum_{k=0}^{N-1} f(k)W_N^{-nk}$$

$$f(k) = \sum_{n=0}^{N-1} F(n)W_N^{-nk}$$

其中: $W_N = e^{-j2\pi/N}$

而功率谱 $P(n)$ 为:

$$P(n) = |F(n)|^2, \quad (n=0, 1 \dots N-1)$$

幅频谱 $V(n)$ 为:

$$V(n) = \sqrt{P(n)}, \quad (n=0, 1 \dots N-1)$$

由于直接运用上式进行 $F(n)$ 的计算需要做 N^2 次复数乘法,计算量随 N 增大而急剧增加,为提高运算分析速度,一般采用FFT算法。

②FFT算法 这里采用的是时间抽取、基2复序列FFT算法。

设 $N = 2^m$, 而

$$k = (k_{m-1} \dots k_1 k_0) = k_{m-1}2^{m-1} + \dots + k_12^1 + k_02^0$$

$$n = (n_{m-1} \dots n_1 n_0) = n_{m-1}2^{m-1} + \dots + n_12^1 + n_02^0$$

分别是 k 、 n 的二进制表示, k_i, n_i 取值为0或1,将其代入 $F(n)$ 的表达式,有:

$$F(n_{m-1} \dots n_1 n_0) = \frac{1}{N} \sum_{k_0} \sum_{k_1} \dots \sum_{k_{m-1}} f(k_{m-1} \dots k_1 k_0) W_N^{B}$$

其中: $B = (k_{m-1} \dots k_1 k_0)(n_{m-1} \dots n_1 n_0)$

注意到 $W_N^N = 1$,可将上式分成 m 级递归运算。其中,第 i 级迭代运算为:

$$f^{(i)}(n_0 n_1 \dots n_{i-1} k_{m-i-1} \dots k_1 k_0)$$

$$= \frac{1}{N} \sum_{k_{m-i}} f^{(i-1)}(n_0 n_1 \dots n_{i-2} k_{m-i} \dots k_1 k_0) W_N^D$$

其中: $D = k_{m-i}(n_{i-1} \dots n_0, 0 \dots 0)$

最后有 $F(n_{m-1} \cdots n_1 n_0)$

$$= \frac{1}{N} f^{(n)}(n_0 n_1 \cdots n_{m-1})$$

通过上述算法,可以得到锯片响应的自谱,对谱线幅值的判别可检测出锯片各阶模式的固有频率值。

4 系统的实现

该量化分析系统采用体积小,功能强,成本低,可靠性高的8031单片机为主体。其硬件结构框图如图2所示,软件功能框图如图3所示。

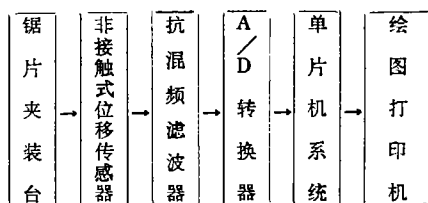


图2 量化分析系统硬件结构框图

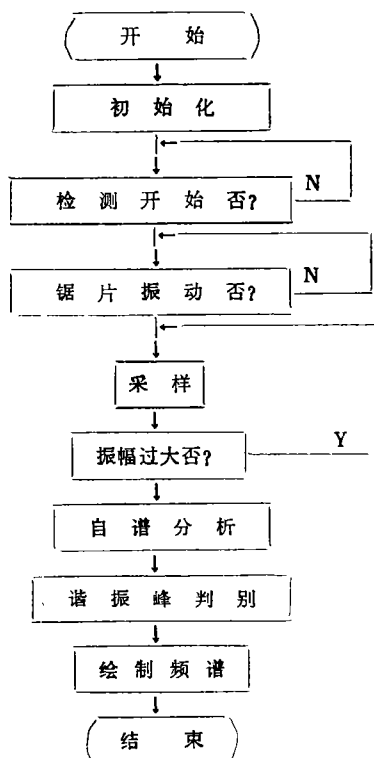


图3 量化分析系统软件功能框图

5 实例分析

一个锯片的适张度是否合理,因其材

料、尺寸和工作条件等而异。在工业现场条件下,建立合理适张度量化标准的简单做法是,首先,通过试锯认定一张锯切效果最佳的锯片,视其适张度为合理。然后,测量该锯片适张度特征参量(如: $n=3$ 阶的固有频率)的数值 f_3 ,并将 f_3 作为同规格锯片适张度判别标准。同理,也可以通过试锯的方法,建立该规格锯片轻度与过度适张的特征参量临界值 f_L 和 f_H 。

运用本系统对一个直径 $D=600\text{mm}$,厚度 $S=2.4\text{mm}$,夹持比 $e=0.3$ 的碳钢锯片所做的未适张时和近于临界过度适张时的分析,结果如图4所示。由图4可以看出:

①锯片适张后的两个低阶固有频率15和32Hz在数值上小于未适张时的最低一阶固有频率39Hz。正如图1所示,当锯片适张到一定程度后, $n=0$, $n=1$ 这两个低阶模式固有频率将会发生分离;而适张前这两个低阶模式的固有频率可能会重合到一起。

②适张后,锯片 $n \geq 2$ 的各高阶模式的固有频率均有不同幅度增加。

③若选用 $n=3$ 阶模式的固有频率为特征参量,则该特征量在适张后增加幅度为33%。考虑到适张后该锯片仍属合理范围内,故可取该规格锯片过度适张的临界频率 $f_H \approx 125\text{Hz}$ 。 f_L 值可根据工作条件适当选择;如,选择 f_L 等于特征量增加幅度的一半所对应的值,即: $f_L = 107\text{Hz}$ 。那么,该规格锯片合理适张时,锯片的特征参量的频率范围是 $107 < f_3 < 125\text{Hz}$ 。

6 结论

①使用该系统对国内外几十种不同规格的锯片进行实测,检测结果令人满意。同时,也证实了本文所提出的圆锯片适张量化分析方法切实可行。

②本文所提及的特征参量,虽然能够量化反映锯片适张度,但却无法反映锯片内应力的分布特征以及适张对锯片其它方面的影响。关于这些问题的解决方法,另有详述。

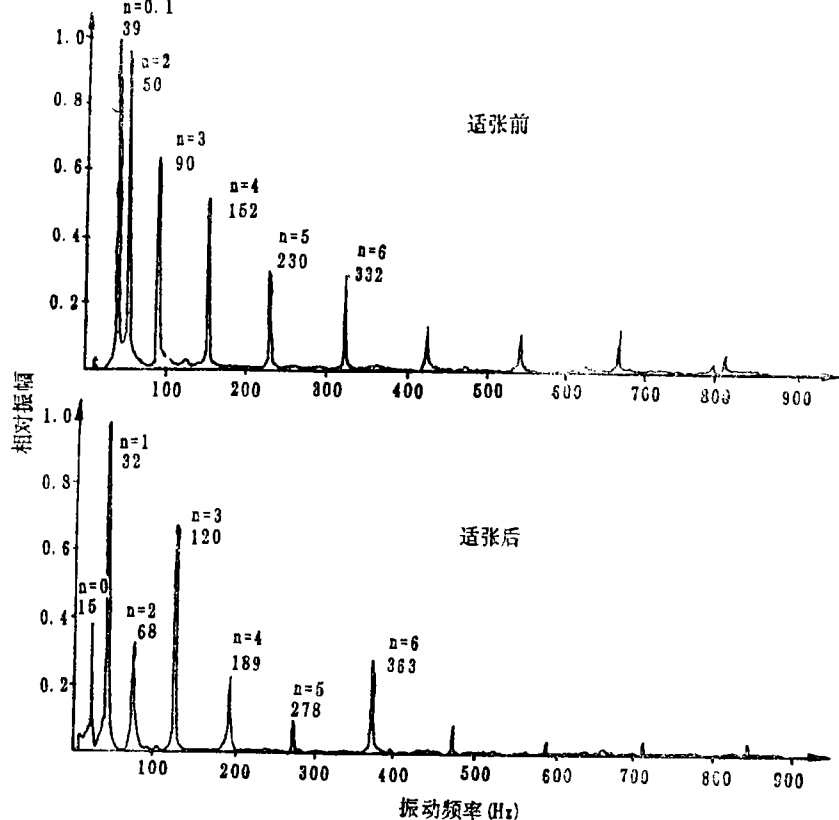


图4 锯片适张前后的幅频谱图

7 参考文献

Schajer G S., C.D. Mote Jr. Analysis of roll tensioning and its influence on circular saw stability, Wood Sci. Technol.

1983, 17: 287~302

2 Schajer G S. Simple formulas for natural frequencies and critical speeds of circular saws, Forest Prod. Jour. 1986, Vol. 36, No. 2: 37~43

A Study of the quantitative analytic approach to the tensioning degree of circular saws

Sa Chao Xi Baotian

(The Dept. of Forest Products and Engineering of BFU, Beijing 100083)

Abstract This paper describes a specific approach to detecting the tensioning degree of circular saws based on the study of the choice on those major indexes for describing the tensioning state of circular saws, with 8031 single-chip computer as leading parts and the calculation method of base 2 and complex sequence of FFT Algorithm as its core. The experiments in the detection of dozens of circular saws of different kinds and sizes demonstrate that the quantitative analytic approach posed and detecting methods developed in this paper are feasible in worksites.

Keywords Circular saw; Tensioning; Single-chip computer; FFT Algorithm; Frequency spectrum analysis