

# 木材过渡切削过程中的声发射特性研究

The study on acoustic emission in wood transitional cutting

刘 艳<sup>1</sup>, 朱典想<sup>1</sup>, 陈治国<sup>2</sup>

(1 南京林业大学木材工业学院, 2 金陵科技学院)

**摘要:** 本文研究了木材过渡切削过程中的声发射特性。木材切削过程中的声发射与切削条件密切相关。木材切削过程中, 切屑厚度对声发射活动有显著影响。切屑厚度越大, 声发射活动越剧烈; 切屑越薄, 声发射活动越微弱。切削方向与纤维方向之间的夹角也会影响切削过程中的声发射活动。

**关键词:** 木材 过渡切削 声发射均方根值 振铃计数

**中图分类号:** TS391 TS653

## 1 前言

声发射技术作为一种全新的无损检测方法, 在发达国家已得到广泛应用, 我国的声发射技术起步于70年代, 通过几十年的发展, 已广泛应用于许多领域, 如用于压力容器、管道的检测, 核工业、航空、航天工业重要部位的检测等, 金属材料、复合材料及磁性材料的声发射检测等, 也在金属切削中。

国外对木材加工中的声发射(AE)已有了一些研究和一定程度的应用。在国内木材加工领域内, AE技术也已逐步在木材及其制品的非破坏检测及干燥应力的监测等方面得到了应用; 但在木材切削方面还是一片空白。研究木材切削过程中的声发射特性, 很有理论价值及实际应用价值。

木材切削的过程, 实质上是被切下的木材层在刀具的作用下, 发生剪切、挤压、弯折等变形的过程。由于木材是各向异性材料, 因而有必要分不同的切削方向, 分析切屑的类型、形成条件和切削区木材的变形。根据刀具相对木材纤维方向的不同, 以及刀刃运动方向相对纤维方向的变化, 木材直角自由切削可以分为纵向、横向和端向三个

基本切削方向及纵端向、纵横向和横端向等过渡方向切削。本文主要研究在纵端向过渡切削过程中声发射的特性。

## 2 试验方法

### 2.1 木材切削系统

#### 2.1.1 试验采用国产 MX160 型铣床

该机床具有切削速度均匀、振动小、可以实现自由进料等特点。试验时, 将试件放在进料器下, 进行直线自由进料, 刀具作高速旋转运动, 从而实现直角自由切削条件下的切削运动。

**加工参数:** 刀轴转速 4834r/min; 进料量 2.5mm; 进料速度 7m/min。

#### 2.2.2 刀具

刀具材料为硬质合金, 刀齿个数  $N=2$ 。

刀具角度: 前角  $\gamma=20^\circ$ ; 后角  $\alpha=20^\circ$ ; 楔角  $\beta=50^\circ$ 。

### 2.2 信号采集系统

声发射信号的采集系统分为传感器、前置放大器、信号条理装置、采集卡四大部分。其简单原理框图见图1。

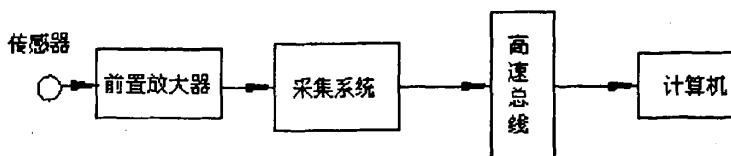


图1 AE信号采集原理图

声发射信号首先被压电传感器转换成微弱的电信号。在前置放大器中,进入一个阻抗匹配放大电路完成信号的阻抗匹配,然后进入滤波电路完成滤波。由于滤波对声发射信号有一定的衰减作用,因此在完成滤波以后必须再对声发射信号进行一次衰减后的补偿放大,这个功能由信号调理装置来完成。进行上述处理后,信号调理板输出正负5V的模拟信号,再通过采集卡进行A/D转换,输入到计算机的内存中,进而处理或保存。

传感器:型号为PXR15,频率范围是100 - 300KHz,其频率特征如图2所示:

前置放大器:PXPAII型,频带宽度为20KHz - 1MHz。

信号调理装置:PXMA 4通道信号放大滤波调理装置,主要进行信号的进一步放大。

声发射采集卡:PXDAQ1220 4通道12位精度20MHz采样率。这是一款基于32位PCI总线结构

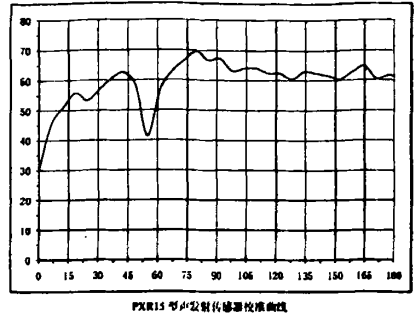


图2 传感器频率特征

的高性能数据采集卡。在保持连续、不间断、高速模块转换数据流到达主机内存的同时,单通道最大采样速度可以达到每秒20MHz;如果只是两通道同时采样,每通道最大采样速度可以达到10MHz;如果是四通道同时采样,每通道最大采样速度可以达到5MHz。

声发射超便携主机。

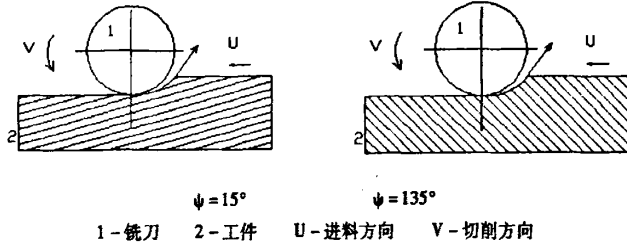


图3 试件示意图

### 2.3 试件

木材的过渡切削,各过渡切削方向的过渡量用切削方向与纤维方向之间的夹角 $\psi$ 表示。譬如纵端向过渡切削,如 $\psi = 20^\circ$ (纤维方向取切削平面以外的纤维方向),切削方向接近纵向; $\psi = 60^\circ$ ,切削方向接近端向。

本试验试件采用樟子松,材质无缺陷。所有试件为气干,含水率约为12%。纵端向过渡切削,试件角 $\psi$ 每隔 $15^\circ$ 变化一次,从 $0^\circ$ 逐渐变化到 $180^\circ$ ,可见图3。

## 3 结果和讨论

### 3.1 单个刀齿一次参加切削时的声发射

#### 3.1.1 相关计算

刀具参数:前角 $\gamma = 20^\circ$ ;后角 $\alpha = 20^\circ$ ;楔角 $\beta = 50^\circ$

铣刀直径  $D = 190\text{mm}$

转速  $n = 4834\text{r/min}$

进料速度  $U = 7\text{m/min}$

刀齿个数  $Z = 2$

切削深度  $h = 2.5\text{mm}$

(1) 刀轴旋转一圈所需时间  $T = 60000 / 4834\text{ms} = 12.412\text{ms}$

(2) 刀轴每转一圈,单个刀齿参加切削的时间  $t(\text{ms})$ :

$$t = \frac{6 \times 10^4}{360n} \cdot \varphi_0 = \frac{6 \times 10^4}{360 \times 4834} \cdot 13.094 = 0.451\text{ms}$$

#### 3.1.2 单个刀齿一次参加切削时的声发射

下图4为铣削时,刀轴旋转一周产生的声发射信号。由以上的计算,我们知道刀轴旋转一周的

时间是 12.412ms。观察图 4, 可以发现, 此次铣削约从 0.16ms 处开始, 在 12.6ms 处结束, 持续时间约为 12.44ms。这与我们的计算结果相符。另外, 本试验中铣刀有两个刀齿, 即刀轴每旋转一周, 刀齿两次参加切削。从下图 4 可以看出, 在一个铣削周期中, 会有两次剧烈的波形变化, 即刀齿每参加一次铣削就会有一次剧烈的声发射产生。

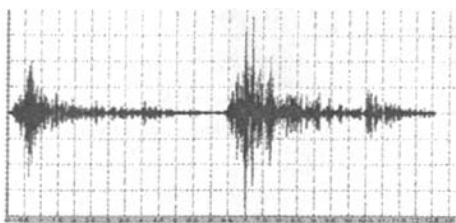


图 4 刀轴旋转一周产生的声发射信号

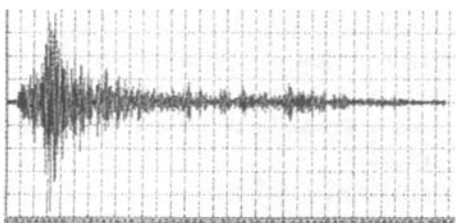


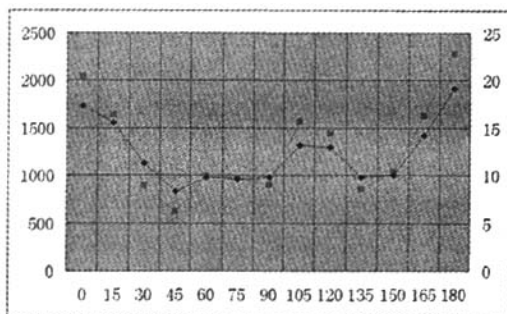
图 5 单个屑瓣产生过程中的声发射信号

图 5 为单个屑瓣形成过程中产生的声发射信号(即把图 4 中的第一个波形放大后的图片)。如前所述, 铣削时随着刀齿切入工件的位置不同, 切屑厚度是变化的。逆铣时, 刀齿刚接触木材时,  $a = 0$ , 而刀齿离开木材的瞬间, 切屑厚度为最大  $a_{max}$ 。图 5 中, 时间 0.16ms 处的波形幅度最小, 随后逐渐增大, 在时间约 0.61ms 时达到最大值, 然后波形逐渐减小。可以得出, 波形增大持续时间约为 0.45ms。由以上的计算可知, 刀轴每旋转一周, 单个刀齿参加切削的时间为 0.451ms。此处, 试验结果与理论计算结果相符。单个切屑形成过程中, 当刀刃刚刚接触试件开始切削时, 产生的声发射信号最为微弱。随后, 信号逐渐增强。当刀刃即将要从试件中出来时, 声发射信号达到最大值。这个变化规律与切屑瞬时厚度的变化是一致的。单个屑瓣形成的过程中, 当刀刃开始切入试件, 在刀刃与工件接触的第一个点, 切屑的瞬时厚度是最小的; 当刀刃从工件中出来时, 切屑厚度达到最大值。时间范围在 0.16ms - 0.61ms 之间的波形,

正是单个刀刃一次参加切削时产生的声发射。此范围之后仍有高幅信号, 我们认为一部分原因是由于刀刃从木材中出来后, 木材继续劈裂产生的。由于传感器与声发射源之间有一定的距离, 所以传感器感应到信号的时间要滞后于切削过程中产生声发射的时间, 这也可能是一方面的原因。

另外, 在单个屑瓣形成的过程中, 切削方向的变化对声发射也有很大影响。在切削过程中, 尽管进料速度与木材纤维之间的夹角恒定不变, 但是切削速度与木材纤维之间的夹角始终在变化。曾经有学者做过试验, 发现瞬时切削方向的变化将会影响切屑形成的过程, 木材切削过程中产生的声发射的波动可能与此有关。

以上可以看出, 切削厚度对声发射的影响尤为明显。切屑越厚, 产生的声发射愈加强烈; 切屑越薄, 产生的声发射越微弱。另外, 切削方向的变化对声发射也有很大影响。



1-振铃计数(counts/0.052s) 2-均方根值(RMS)

图 6 声发射均方根值和振铃计数随  $\psi$  角变化趋势

### 3.2 纵端向切削过程中的声发射特性分析

在当前的研究中, 声发射计数率和均方根值 RMS 都被用来描述声发射信号。相对而言, RMS 对声发射信号的变化反应不够灵敏。RMS 对门限电平、检测系统电子增益和传感器耦合效率的变化不够灵敏, 是有其有利的一面的。它在降低灵敏度的同时, 也使得测得的声发射信号趋于平滑。这有利于用测得的数据建立解析方程。但是, 灵敏度较低也将会导致声发射信号中重要的变化检测不出来。这样, 本研究将会同时研究声发射计数率和均方根值(RMS)。

图 6 为声发射均方根值(RMS)和振铃计数与

纵端向切削夹角之间的函数关系图。我们可以看出,纵端向切削过程中,切削方向与纤维方向之间的夹角 $\psi$ 的变化对声发射活动有很明显的影响。在 $0^\circ$ 到 $45^\circ$ 之间,声发射信号快速地减小,直至减至最小值;然后,增加至 $60^\circ$ ;随后,又逐渐减小至 $90^\circ$ ;之后,逐渐增加至 $105^\circ - 120^\circ$ 之间;然后,又快速减小至 $135^\circ$ ;最后,快速增加至 $180^\circ$ 。总体上看,此变化规律以 $90^\circ$ 为中心,两边变化趋势相似, $0^\circ - 90^\circ$ 之间的声发射值要小于 $90^\circ - 180^\circ$ 时。其中, $0^\circ - 45^\circ$ 之间的值与 $135^\circ - 180^\circ$ 之间的值比较接近; $60^\circ - 75^\circ$ 之间的声发射值与 $105^\circ - 120^\circ$ 时差距较大。可以看出,纤维倾斜角为 $0^\circ$ 时的声发射信号最大。

从图6可以看出,声发射均方根值(RMS)和声发射计数率(ringdown)随纵端向切削夹角 $\psi$ 的变化趋势相似。相对而言,声发射计数率随纵端向切削夹角 $\psi$ 的变化幅度更大。因此,从这里可以看出,声发射均方根值(RMS)和声发射计数率(ringdown)都是分析声发射信号的良好参数,声发射计数率相对更灵敏一些。

#### 4 结论

鉴于以上试验分析可以得出,木材切削过程中的声发射与切削条件的确相关。结果总结如下:

1)木材切削过程中,切屑厚度对声发射活动有显著影响。切屑厚度越大,声发射活动越剧烈;切屑越薄,声发射活动越微弱。

2)木材切削过程中,切削方向与纤维方向之间的夹角会影响切削过程中的声发射活动。在 $0^\circ$ 到 $45^\circ$ 之间,声发射信号快速地减小,直至减至最小值;然后,增加至 $60^\circ$ ;随后,又逐渐减小至 $90^\circ$ ;之后,逐渐增加至 $105^\circ - 120^\circ$ 之间;然后,又快速减小至 $135^\circ$ ;最后,快速增加至 $180^\circ$ 。总体上看,此变化规律以 $90^\circ$ 为中心,两边变化趋势相似, $0^\circ - 90^\circ$ 之间的声发射值要小于 $90^\circ - 180^\circ$ 时。其中, $0^\circ - 45^\circ$ 之间的值与 $135^\circ - 180^\circ$ 之间的值比较接近; $60^\circ - 75^\circ$ 之间的声发射值与 $105^\circ - 120^\circ$ 时差距较大。可以看出,纤维倾斜角为 $0^\circ$ 时的声发射信号最大。

3)声发射均方根值(RMS)和声发射计数率(ringdown)都是描述声发射活动的良好参数,相对而言,声发射计数率更为灵敏一些。

说明:在本文的试验过程中,得到了高峰博士、卞兆娟硕士和何计龙硕士的帮助,在此表示衷心感谢!

#### 参 考 文 献

- [1]杨明纬. 声发射检测[M]. 北京:机械工业出版社, 2004
- [2]李喜孟. 无损检测[M]. 北京:机械工业出版社, 2000
- [3]南京林产工业学院. 木材切削原理与刀具[M]. 北京:中国林业出版社, 1982
- [4]阮锡根. 木材物理学[M]. 北京:中国林业出版社, 2005
- [5]Yasuhide Murase. Measurements of Acoustic Emissions in Wood Cutting with a Super Surfacers I [J]. Mokuzai Gakkaishi. vol. 38, No. 3, p241 - 246
- [6]Yasuhide Murase. Acoustic Emission Monitoring of Wood Cutting IV [J]. Mokuzai Gakkaishi. vol. 36, No. 9, p717 - 724
- [7]Yasuhide Murase. Acoustic Emission Monitoring of Wood Cutting II [J]. Mokuzai Gakkaishi. vol. 34, No. 3, p271 - 274
- [8]Chiaki Tanaka. Detection of Wear Degree of Cutting Tool by Acoustic Emission Signal [J]. Mokuzai Gakkaishi. vol. 38, No. 9, p841 - 846
- [9]Chiaki Tanaka. An Automatic Control of the Feed - Rate of a Band - Saw for Woodworking [J]. Mokuzai Gakkaishi. vol. 38, No. 12, p1172 - 1174
- [10]Chunrui Zhao. Relationship between Surface Finish Qualities and Acoustic Emission Count Rate [J]. Mokuzai Gakkaishi. vol. 36, No. 3, p169 - 173
- [11]GRZEGORZ CYRA. ON - LINE CONTROL OF ROUTER FEED SPEED USING ACOUSTIC EMISSION [J]. FOREST PRODUCTS JOURNAL. vol. 46, No. 11/12
- [12]Richard L. Lemaster. Analysis of Acoustic Emission in Slow Speed Wood Cutting [J]. WOOD SCIENCE. vol. 15, No. 2
- [13]Nanfeng Zhu. Automatic detection of a damaged cutting tool during machining II [J]. J Wood Sci (2001) 47: 490 - 492
- [14]Nanfeng Zhu. Automatic detection of a damaged cutting tool during machining II [J]. J Wood Sci (2000) 46: 437 - 443
- [15]周兆兵. 浅谈声发射的小波分析与木工刀具磨损检测 [J]. 木材加工机械, 2000 (6)
- [16]曹平祥. 木材切削过程中声发射 [J]. 木工机床, 1995, (2)

第一作者:刘艳,南京林业大学 木材工业学院 硕士研究生,主要从事木工机械方向的研究。邮编:210037

(收稿日期:2008.3.6)

# 木材过渡切削过程中的声发射特性研究

作者: [刘艳](#), [朱典想](#), [陈治国](#)  
 作者单位: [刘艳,朱典想\(南京林业大学木材工业学院\)](#), [陈治国\(金陵科技学院\)](#)  
 刊名: [木工机床](#)  
 英文刊名: [WOODWORKING MACHINERY](#)  
 年,卷(期): 2008, ""(1)  
 引用次数: 1次

## 参考文献(16条)

1. [杨明纬](#) [声发射检测](#) 2004
2. [李喜孟](#) [无损检测](#) 2000
3. [南京林产工业学院](#) [木材切削原理与刀具](#) 1982
4. [阮锡根](#) [木材物理学](#) 2005
5. [Yasuhide Murase](#) [Measurements of Acoustic Emissions in Wood Cutting with a Super Surfacers I](#)
6. [Yasuhide Murase](#) [Acoustic Emission Monitoring of Wood Cutting IV](#)
7. [Yasuhide Murase](#) [Acoustic Emission Monitoring of Wood Cutting II](#)
8. [Chiaki Tanaka](#) [Detection of Wear Degree of Cutting Tool by Acoustic Emission Signal](#)
9. [Chiaki Tanaka](#) [An Automatic Control of the Feed-Rate of a Band-Saw for Woodworking](#)
10. [Chunrui Zhao](#) [Relationship between Surface Finish Qualities and Acoustic Emission Count Rate](#)
11. [GBZEGOBZ CYBA](#) [ON-LINE CONTROL OF ROUTER FEED SPEED USING ACOUSTIC EMISSION](#)
12. [Richard L.Lemaster](#) [Analysis of Acoustic Emission in Slow Speed Wood Cutting](#)
13. [Nanfeng Zhu](#) [Automatic detection of a damaged cutting tool during machining II](#) 2001
14. [Nanfeng Zhu](#) [Automatic detection of a damaged cutting tool during machining II](#) 2000
15. [周兆兵](#) [浅谈声发射的小波分析与木工刀具磨损检测](#)[期刊论文]-[木材加工机械](#) 2000(06)
16. [曹平祥](#) [木材切削过程中声发射](#) 1995(02)

## 相似文献(2条)

### 1. 学位论文 [刘艳](#) [木材过渡切削过程中的声发射特性研究](#) 2008

声发射技术作为一种全新的无损检测方法,在发达国家已得到广泛应用。国外对木材加工中的声发射已有了一些研究和一定程度的应用。在国内木材加工领域内,声发射技术也已逐步在木材及其制品的非破坏检测及干燥应力的监测等方面得到了应用;但在木材切削方面的应用还较欠缺。本文主要研究了木材过渡切削过程中的声发射特性以及年轮对声发射的影响。主要研究内容和工作如下:

1. 针对铣削加工中刀具与工件都在运动的实际情况,探索了声发射传感器安装位置。对采集到的声发射信号进行消噪处理。针对木材切削中的声发射信号,提出了行之有效的消噪方法,应用Matlab小波工具箱编程实现信号消噪。
2. 分析了木材切削过程中的声发射源。通过分析一个切削周期中的声发射信号,得出切削厚度对声发射的影响尤为明显。切屑越厚,产生的声发射愈加强烈;切屑越薄,产生的声发射越微弱。
3. 纵向过渡切削过程中,通过参数分析和波形分析两种方法研究声发射特性。比较了声发射均方根值和计数率这两个参数的优劣,探讨了纵向切削过程中的声发射源,分析了振铃计数与粗糙度值之间的关系。
4. 纵向过渡切削过程中,对声发射均方根值与振铃计数进行比较,分析了纵向过渡切削时的声发射源,并且建立粗糙度值与振铃计数之间的关系。
5. 研究了年轮对声发射的影响。当角度 $\phi$ 变化时,分析声发射变化的原因,也探讨了振铃计数与粗糙度值(Ra)之间的关系。

### 2. 学位论文 [安珍](#) [沙柳材切削加工性能研究](#) 2006

沙柳材的切削力是评价沙柳材切削性能的基础,是木材在刀具的作用下发生弹性和塑性变形的结果,是设计沙柳材加工机械的必要依据,在沙柳材加工过程中具有极其重要的作用。切削阻力是确定切削机械所需输入动力、刀具和夹具设计以及机械零部件设计的主要依据,是确定最佳切削条件的基础。本研究是在木材切削理论的基础上,研究沙柳材的物理性能、切削参数对切削力与切削质量的影响规律,得出相关数学模型,探讨刀具前角、切削量和含水率等对沙柳材端向切削力的影响规律,为降低沙柳材切削加工动力消耗、提高木片质量寻求技术支持,为研制新型沙生灌木削片机及剥灌机提供科学依据,为编制国家标准“藤灌木物理力学性能试验方法”提供理论依据。沙柳材的物理力学性质的研究是参照国标《木材物理力学性能试验方法》制作小试件,在木材力学万能试验机上进行测试。沙柳材切削力的研究是综合运用了信号分析、高速摄像、显微测量、正交试验等技术手段,在木材切削力实验装置上对沙柳材进行端向和端轴向切削加工性能测试,采用方差分析、数学回归等方法进行数据处理,分析结果,获得以下几点主要结论:1.沙柳材的各项物理力学试验结果表明,顺纹抗压强度约为横纹抗压强度的5.8倍,约为顺纹抗拉强度的1.1;抗弯强度与顺纹抗压强度之比值约为1.6;顺纹剪切应力较小,顺纹抗拉强度与横纹抗压强度之比值约为6.5;变异系数均小于木材的平均变异系数。2.沙柳材物理性质对切削力影响的研究表明,①沙柳材不同截面切削力有明显区别,端向、纵向与横向三个方向主切削力比约为4.5:1.6:1。②过渡切削主切削力与切削量呈对数曲线上升,法向切削力与切削量呈对数曲线下降,木片厚度与切削量呈线性关系。③在纤维含水率10.7%以前主切削力随含水率增加略有增大,之后逐渐减小,沙柳材削片其在含水率40%~80%为宜。3.切削参数对切削力影响的研究表明,①刀具前角对切削力的影响显著,切削力与切削前角成对数关系。②切削量对主切削力的影响较为明显,随切削量的增加,主

切削力明显增加. 切削量较小时, 主切削力随切削量的增加幅度较大; 切削量较大时, 主切削力随切削量的增大幅度降低, 法向切削力随切削量的增大而减小. 4. 沙柳材屑片形态研究表明, ①切入角、切削量、刀具前角及沙柳含水率诸因素对沙柳削片厚度影响的顺序为: 切削量→切入角→刀具前角→含水率. 方差分析表明, 切入角对削片厚度影响显著, 切削量对削片厚度影响极为显著, 随着切削量的增加, 沙柳削片厚度呈线性增加, 刀具前角和含水率对削片厚度无显著性影响. ②结果表明, 在设计沙柳削片机时, 其进给速度应满足单刀进给量不少于15mm的要求; 在设计削片机料机构时, 应该保证切入角不宜过大, 以小于45°为宜.

以上研究结果为沙柳材的切削加工和工业化利用提供了重要依据.

## 引证文献(1条)

1. [高峰](#), [朱典想](#), [陈治国](#), [刘艳](#) [木材纵横向切削过程中的声发射特性](#)[期刊论文]-[木材工业](#) 2009(4)

本文链接: [http://d.g.wanfangdata.com.cn/Periodical\\_mgjc200801002.aspx](http://d.g.wanfangdata.com.cn/Periodical_mgjc200801002.aspx)

下载时间: 2010年5月31日