



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 102636346 B

(45) 授权公告日 2014. 07. 30

(21) 申请号 201210100567. 7

(22) 申请日 2012. 04. 09

(73) 专利权人 湖南大学

地址 410082 湖南省长沙市岳麓区麓山南路
2号

(72) 发明人 谢小平 周长江 白云志 罗云峰
郝立峰 张敏

(74) 专利代理机构 长沙市融智专利事务所
43114

代理人 黄美成

(51) Int. Cl.

G01M 13/02 (2006. 01)

审查员 管士涛

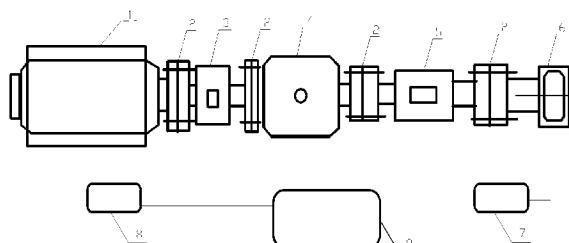
权利要求书1页 说明书5页 附图3页

(54) 发明名称

自供电无线齿轮应力分析系统

(57) 摘要

本发明公开了一种自供电无线齿轮应力分析系统，包括齿轮传动试验系统、发电装置、AC/DC变换器和可充电电池及其保护电路组成的电源系统、应变采集系统、无线收发装置和应变分析系统组成的应变采集与分析系统。可充电电池及其保护电路是固定在齿轮上和齿轮一起旋转，当齿轮轴旋转时带动发电装置转子旋转产生的交流电，通过AC/DC变换给应变采集系统和无线发送装置使用，同时给电池充电；数据采集系统通过无线方式传输信号，分析系统对应变信号进行计算分析，为后续动态分析计算齿轮寿命提供数据依据。该自供电无线齿轮应力分析系统具有节能效果，采集信号是抗干扰性强。



1. 一种自供电无线齿轮应力分析系统,其特征在于,包括齿轮传动系统、电源系统和应变采集和应力分析系统;

齿轮传动系统包括电机、齿轮箱、输入转速转矩传感器、输出转速转矩传感器和磁粉制动器;电机通过联轴器与输入转矩转速传感器相连,输入转矩转速传感器再经联轴器驱动齿轮箱,齿轮箱经联轴器连接到输出转矩转速传感器,输出转矩转速传感器再通过联轴器与磁粉制动器相连;

电源系统包括发电装置、AC/DC 变换器以及锂离子电池;AC/DC 变换器的交流侧接发电装置, AC/DC 变换器的直流侧接锂电池;所述的发电装置包括定子支座、定子和转子,转子随齿轮箱中的齿轮轴旋转;

应变采集和应力分析系统包括应变计、数据采集与无线发送装置、无线接收装置和应力分析系统;应变计粘贴在齿轮箱的齿轮槽根部,当电机带动齿轮传动系统按设定转速旋转时,应变计将齿轮啮合时的变形量转化为模拟电信号;应变计的输出端接数据采集系统;数据采集与无线发送装置的电源端电源系统;无线接收装置接收由无线发射装置的应变信号并传递给应力分析系统连接;

磁粉制动器受控于加载控制器;

无线发送装置与无线接收装置基于 802.11 无线通信协议通信连接。

2. 根据权利要求 1 所述的自供电无线齿轮应力分析系统,其特征在于,所述的电机与变频器连接。

自供电无线齿轮应力分析系统

技术领域

[0001] 本发明涉及一种自供电无线齿轮应力分析系统。

背景技术

[0002] 齿轮传动是机械传动中最主要的一类传动装置，在各种机械设备中应用广泛，由于斜齿轮在传递运动和动力时，具有承载能力高、传动较平稳，冲击、振动和噪音较小等优点而广泛应用于各种机械设备和仪器仪表中。

[0003] 齿轮传动性能的好坏直接影响着传动系统性能的好坏，随着机械向高效、高速、精密、多功能方向发展，对传动机构的功能和性能的要求也越来越高，机械的工作性能、使用寿命、能源消耗、振动噪声等在很大程度上取决于传动系统的性能。尽管设计人员在设计时就注意在各个环节改善和提高整机的机械传递性能，但经理论设计出的机械传动性能往往受到安全系数的限制，它只能作为参考值。随着科学的发展、技术的进步，机械传动系统的传动方式、方法、承载能力都有了迅速的发展，人们对产品性能和产品质量提出了更高更严格的要求，为了对机械传动系统的性能、寿命进行测试和分析，对齿轮传动系统的应变进行实时监控就显得十分必要。

[0004] 自供电无线齿轮应力分析系统对比于以前的方法有如下 4 点优势：(1) 原来齿轮应变分析系统的传输信号一般采用水银滑环，它转速最高在 2000-3000r/min，而且转速提高以后通道数减少，市场上普通水银滑环 2000r/min 时一般只有 2 个通道，而高速滑环通道数较多但价格非常昂贵。无线传输信号可适应超过 10000r/min 的高转速情况，且只要通道带宽足够，可实现较多通道同步采集数据。现在采用的 WLS-9237 无线应变采集装置可以实现 4 通道 50k/s 的同步应变信号采集；(2) 由于滑环内部有电磁混合干扰和电流电压突变引起的干扰，只适合强电传输，不适合微弱信号特别是应变信号的传输。采用无线传输克服了以上弊病，信号质量有了大幅度的提升。(3) 水银滑环或高速滑环与系统连接的一端和系统一起旋转，另一端为信号输出端不旋转且在外部要额外固定。旋转的一端和系统同步要非常好，固定端和系统必须处于完全对齐状态，否则高速旋转时容易引起滑动和位移，致使滑环受到损坏。

发明内容

[0005] 本发明所要解决的技术问题是提供一种自供电无线齿轮应力分析系统，该自供电无线齿轮应力分析系统具有节能效果，采集信号是抗干扰性强。

[0006] 发明的技术解决方案如下：

[0007] 一种自供电无线齿轮应力分析系统，其特征在于，包括齿轮传动系统、电源系统和应变采集和应力分析系统；

[0008] 齿轮传动系统包括电机、齿轮箱、输入转速转矩传感器、输出转速转矩传感器和磁粉制动器；电机通过联轴器与输入转矩转速传感器相连，输入转矩转速传感器再经联轴器驱动齿轮箱，齿轮箱经联轴器连接到输出转矩转速传感器，输出转矩转速传感器再通过联

轴器与磁粉制动器相连；输入转矩转速传感器和输出转矩转速传感器分别测量输入轴和输出轴的转矩及转速。当电机带动齿轮传动系统转动时，齿轮箱中的齿轮啮合时齿根部的应力由齿轮本体材料结构、润滑条件、转速和载荷决定。齿轮的材料和结构与润滑条件为已知条件参数，转矩和转速需要通过高精度转矩转速传感器测量得到。输入输出转速基本为同一个数值，齿轮啮合时所受到的载荷为输出转矩和输入转矩之差；】

[0009] 电源系统包括发电装置、AC/DC 变换器以及锂离子电池；AC/DC 变换器的交流侧接发电装置，AC/DC 变换器的直流侧接锂电池；所述的发电装置包括定子支座、定子和转子，转子随齿轮箱中的齿轮轴旋转；

[0010] 应变采集和应力分析系统包括应变计、数据采集与无线发送装置、无线接收装置和应力分析系统；应变计粘贴在齿轮箱的齿轮槽根部，当电机带动齿轮传动系统按设定转速旋转时，应变计将齿轮啮合时的变形量转化为模拟电信号；应变计的输出端接数据采集系统，【数据采集与无线发送装置将模拟信号转化为数字信号并向外发射】；数据采集与无线发送装置的电源端电源系统；无线接收装置接收由无线发射装置的应变信号并传递给应力分析系统连接。

[0011] 应力分析系统根据应力和应变关系，得到齿轮旋转时的应力曲线图，将它与根据齿轮具体材料和结构、润滑条件、转速和载荷进行 CAE 数值仿真的得到的应力结果相比较，进一步修正仿真模型。

[0012] 磁粉制动器受控于加载控制器。

[0013] 当齿轮处于静止状态时或刚开始旋转而达不到功率要求时由锂电池给数据采集与无线发送装置供电，当齿轮正常旋转时由发电装置给数据采集与无线发送装置供电，并给锂电池供电。采用旋转的齿轮传动系统给数据采集与无线发送装置供电，节省了外部供电装置，减少了电能损耗。

[0014] 无线发送装置与无线接收装置基于 802.11 无线通信协议通信连接。

[0015] 所述的电机与变频器连接【由变频器控制转速】。

[0016] 有益效果：

[0017] 本发明的自供电无线齿轮应力分析系统主要包括齿轮传动试验系统、发电装置、AC/DC 变换器和可充电电池及其保护电路组成的电源系统、应变采集系统、无线收发装置和应变分析系统组成的应变采集与分析系统。可充电电池及其保护电路是固定在齿轮上和齿轮一起旋转，当齿轮轴旋转时带动发电装置转子（线圈）旋转产生的交流电，通过 AC/DC 变换给应变采集系统和无线发送装置使用，同时给电池充电；电池是系统刚启动和发电装置发电量不足时给应变采集系统和无线发送装置供电；数据采集系统采集到应变信号，无线发送装置发送应变的数字信号，无线接收装置根据 802.11 无线通信协议接受无线应变信号并送入应变分析系统，分析系统对应变信号进行计算分析，为后续动态分析齿轮的摩擦状态和衡量齿轮寿命提供数据依据。

[0018] 本发明的自供电无线齿轮应力分析系统对比于以前的方法有如下 4 点优势：

[0019] (1) 原来齿轮应变分析系统的传输信号一般采用水银滑环，它转速最高在 2000–3000r/min，而且转速提高以后通道数减少，市场上普通水银滑环 2000r/min 时一般只有 2 个通道，而高速滑环通道数较多但价格非常昂贵。无线传输信号可适应超过 10000r/min 的高转速情况，且只要通道带宽足够，可实现较多通道同步采集数据。现在采用的

WLS-9237 无线应变采集装置可以实现 4 通道 50k/s 的同步应变信号采集；

[0020] (2) 由于水银滑环内部有电磁混合干扰和电流电压突变引起的干扰,只适合强电传输,不适合微弱信号特别是应变信号的传输。采用无线传输克服了以上弊病,信号质量有了大幅度的提升。

[0021] (3) 水银滑环或高速滑环与系统连接的一端和系统一起旋转,另一端为信号输出端不旋转且在外部要额外固定。旋转的一端和系统同步要非常好,固定端和系统必须处于完全对齐状态,否则高速旋转时容易引起滑动和位移,致使滑环受到损坏,而本发明避免了这种状况发生。

[0022] (4) 采用自供电的方法对无线应变采集装置供电可省去滑环作为外部电能供应传输装置,成本降低。同时利用旋转物体自身能发电的特点,达到节能的目的。

[0023] 另外,齿轮传动(试验)系统用于模拟实际情况中的齿轮传动情况,为机械功率开放式试验台,结构简单,制造、安装方便,配置灵活;

附图说明

[0024] 图 1 是自供电无线齿轮应力分析系统原理图;

[0025] 图 2 是齿轮传动试验系统的结构示意图;

[0026] 图 3 是发电装置示意图;(图 a 左视图,图 b 为主视图)

[0027] 图 4 测量与仿真测得的应力对比图;(图 a 为测量应力图,图 b 为仿真应力图)

[0028] 标号说明:1 变频调速电机 2 联轴器 3 输入转矩转速传感器 4 试验用齿轮箱 5 输出转矩转速传感器 6 磁粉制动器 7 加载控制器 8 变频器 9 计算机,11- 定子,12- 转子,13- 定子支座,14- 齿轮轴。

具体实施方式

[0029] 以下将结合附图和具体实施例对本发明做进一步详细说明:

[0030] 实施例 1:

[0031] 如图 1 所示,自供电无线齿轮应力分析系统包括齿轮传动系统、发电系统、AC/DC 变换器和可充电电池及其保护电路组成的电源系统、应变采集系统、由无线收发装置和应变分析系统组成的应变采集与分析系统。可充电电池及其保护电路是固定在齿轮上和齿轮一起旋转,发电装置转子(线圈)随着齿轮轴的旋转产生交流电经 AC/DC 变换器后给应变采集系统供电和电池充电,应变采集系统用 NI-9237 数据采集卡采集应变信号;NI-9237 具有 24 位分辨率,配有 RJ50 连接器的 ±25mV 模拟输入,4 路同步采模拟输入;最高采样速率达 50kS/s,半桥和全桥完整编程,内部激励可达 10V,兼容智能传感器(TEDS)。采集到的应变信号经 WLS-9237 无线发送装置发送应变数字信号,无线接收装置根据 802.11 通信协议接受无线信号并送入应变分析系统,对应变信号进行计算分析,实现对齿轮传动系统的动态监测。应变信号转化为应力曲线,应力曲线反映了齿轮传动时齿的相互碰撞产生变形和受力情况,它与齿轮结构、材料、旋转速度、润滑条件、温度等综合因素相关。

[0032] 如图 2 所示,齿轮传动系统主要包括变频调速电机,以下简称电机、联轴器、输入转矩转速传感器、试验用齿轮箱、输出转矩转速传感器、磁粉制动器、加载控制器、变频器、计算机。其工作原理如下:电机通过联轴器与输入转矩转速传感器相连,再经联轴器驱动试

验用齿轮箱,从试验用齿轮箱经联轴器连接到输出转矩转速传感器,再通过联轴器与磁粉制动器相连,加载控制器控制磁粉制动器产生负载、电机是由计算机控制的变频器驱动的,输入输出转矩转速传感器测量输入输出轴的转矩转速。该系统可以有效模拟实际情况中各种齿轮传动工况。当电机带动齿轮传动系统转动时,齿轮箱中的齿轮啮合时齿根部的应力由齿轮具体材料和结构、润滑条件、转速和载荷决定。齿轮的材料和结构与润滑条件为已知条件参数,转矩和转速需要通过高精度转矩转速传感器测量得到。输入输出转速基本为一个数值,齿轮啮合时所受到的载荷为输出转矩和输入转矩之差。

[0033] 如图 3 所示,本发明的一个显著特征就是实现系统的自供电,发电装置很特别,从转子(线圈)上引出电流。发电装置的定子(电磁铁)布置在靠近输入轴的转速转矩传感器和齿轮箱之间的齿轮轴两侧,转子(线圈)沿靠近输入轴的转速转矩传感器和齿轮箱之间的齿轮轴布置,齿轮轴旋转带动转子(线圈)旋转切割磁力线产生电流从转子引出流经 AC/DC 变换器变换给一部分固定在齿轮上轴上的电池充电,一部分给应变采集系统和无线发送装置使用。供电过去采用适合强电传输水银滑环或电池,用电池寿命太短,两者对应变采集装置的供电并不是理想,通过这套系统实现了系统的自供电,系统的供电得到改善并节省能量。

[0034] AC/DC 变换器和锂电池及其保护电路组成系统的电源系统,AC/DC 具有电压交流变直流的变换,稳定输出电压,在系统启动后时在电池电量不足时能短时给系统供电保护;电池采用锂离子电池,保护电路采用 S8254,防止电池过压、欠压、过充电、过放电。可充锂电池是固定在齿轮上和齿轮一起旋转,当齿轮旋转时带动发动机旋转产生的交流电,通过 AC/DC 变换成直流电给应变采集系统和无线发送装置使用,同时给电池充电,电池是系统刚启动时和发电量不足时给应变采集系统和无线发送装置供电。供电过去采用适合强电传输水银滑环或电池,用电池寿命太短,两者对应变采集装置的供电并不是理想。因此,通过这套装置供电问题得到改善。

[0035] 齿轮应变信号的采集传输采用无线传输,NI-9237 数据采集系统采集应变信号,无线发送装置 WLS-9237 发送应变数字信号,无线接收装置根据 802.11 通信协议接受无线应变信号。应变分析系统对应变信号进行分析,得到齿轮的摩擦状态。对比于以前传输信号用的水银滑环有以下 2 点优势:(1)水银滑环转速最高在 2000~3000r/min,而且转速提高以后通道数减少,市场上普通水银滑环达到 2000r/min 时一般只支持 2 个通道;而高速滑环通道数较多但价格昂贵;(2)由于滑环内部有电磁混合干扰和电流电压突变引起的干扰,只适合强电传输,不适合微弱信号特别是应变信号的传输。采用无线传输克服了以上弊病,信号质量有了大幅度的提升。

[0036] 齿轮应力测量与仿真结果的对比分析

[0037] 当由无线应变采集系统得到齿轮的应变并传输到计算机后,根据应力 σ 与应变 ϵ 的关系 $\epsilon = \frac{\sigma}{E}$ 将应变转化为应力,其中 E 为材料的弹性模量。然后对测量得到的以上应力与仿真得到的应力进行对比分析。由于弹性模量 E 一般为常数,所以应力与应变曲线相同。

[0038] 在转速为 343.24 转 / 分钟,转矩为 33.71 牛米时,测量与仿真测得的应变对比如图 4 所示。其中当前轮齿对齿根部的应力测量图如图 4(a) 所示,在相同载荷的情况下在 CAE 软件 Ansys 中进行隐式的准静态分析测得齿根部的应力见图 4(b)。对两图进行对比分

析可知：

[0039] ①齿根部的应变大致相同,仿真比试验的所测得的最大应变略大。

[0040] ②应变曲线的变化趋势较相同,都有很明显的啮入和啮出冲击。而且图 4(b) 相比图 4(a) 有更加明显的齿轮接触区域的变化,主要原因是在试验中由于前后两轮齿的叠加效应明显,而仿真中由于计算量的关系计算时间较短没有体现出前后两齿双啮区的叠加效应。

[0041] ③试验中测得的最大应变根据应力应变关系式和弹性模量 $E = 2.09 \times 10^{11}$ (牛每平方米) 转化为应力,与仿真结果对比如表 1 所示。相对于试验误差只有 9.22%,可见试验和仿真结果的准确性。

[0042] 表 1 试验、仿真的齿根应力最大值

[0043]

	试验	仿真
弯曲应力	14.42MP	15.75MP
误差		9.22%

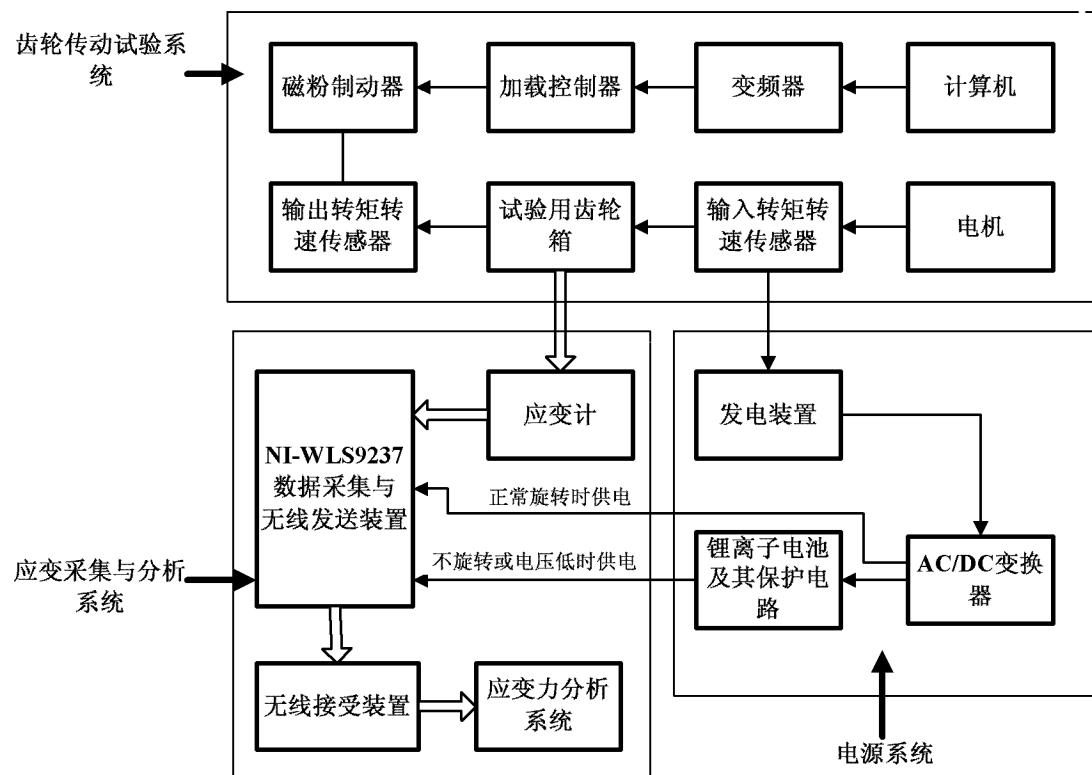


图 1

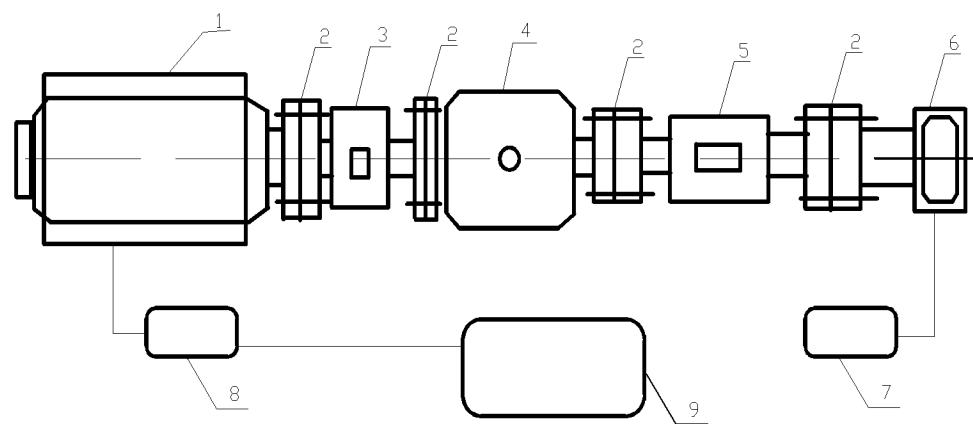
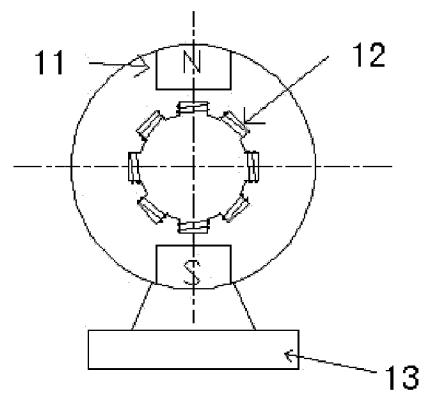
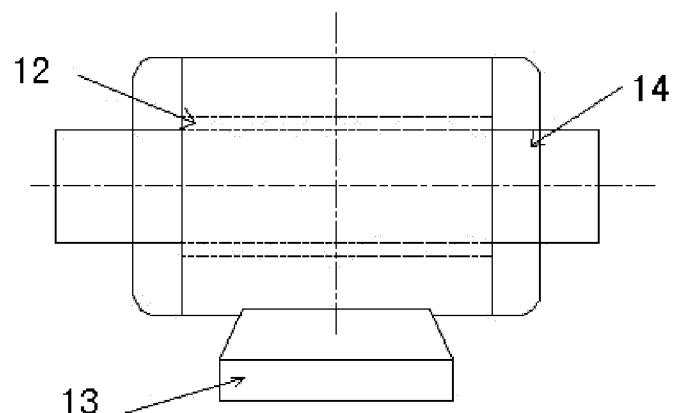


图 2



(a)



(b)

图 3

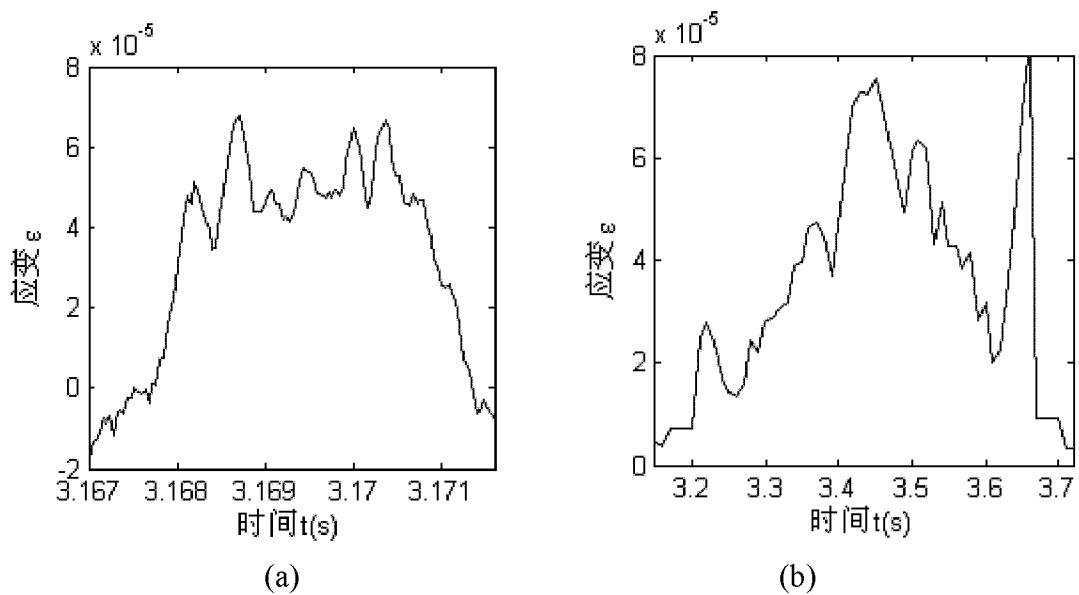


图 4