



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 102218572 B

(45) 授权公告日 2012. 12. 05

(21) 申请号 201110145011. 5

JP 特开 2011-79077 A, 2011. 04. 21,

(22) 申请日 2011. 05. 31

EP 1036624 A2, 2000. 09. 20,

(73) 专利权人 中国航空动力机械研究所

审查员 董海薇

地址 412002 湖南省株洲市芦淞区董家段

(72) 发明人 张跃春 刘平 熊顺 左晁 王文

(74) 专利代理机构 北京康信知识产权代理有限  
责任公司 11240

代理人 吴贵明

(51) Int. Cl.

B23F 19/02 (2006. 01)

(56) 对比文件

CN 1329959 A, 2002. 01. 09,

CN 101085480 A, 2007. 12. 12,

CN 101518840 A, 2009. 09. 02,

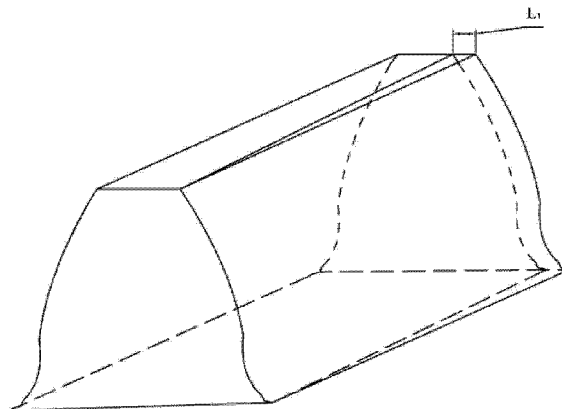
权利要求书 1 页 说明书 4 页 附图 4 页

(54) 发明名称

渐开线直齿行星传动齿轮的修形方法和制造方法

(57) 摘要

本发明提供了一种渐开线直齿行星传动齿轮的修形方法和制造方法,其中修形方法包括以下步骤:获取预定载荷值;根据预定载荷值得到太阳轮轴齿宽段的扭转变形量、行星轮轴齿宽段的弯曲变形量以及行星轮的轮齿的弹性变形量;根据太阳轮轴齿宽段的扭转变形量、行星轮轴齿宽段的弯曲变形量以及行星轮的轮齿的弹性变形量确定修形量的初始值;根据修形量的初始值在虚拟环境中对渐开线直齿行星传动齿轮进行修形;对修形后的渐开线直齿行星传动齿轮进行评估验证,根据评估验证的结果确定最终修形量。本发明的修形方法修形难度和修形量较小,消除了行星齿轮啮合的偏载现象,进而改善了齿轮的传动平稳性,提高了齿轮的承载能力,延长了齿轮的使用寿命。



1. 一种渐开线直齿行星传动齿轮的修形方法,其特征在于,包括以下步骤:  
获取预定载荷值;  
根据所述预定载荷值得到太阳轮轴齿宽段(10)的扭转变形量、行星轮轴齿宽段(20)的弯曲变形量以及行星轮的轮齿的弹性变形量;  
根据所述太阳轮轴齿宽段(10)的扭转变形量、所述行星轮轴齿宽段(20)的弯曲变形量以及所述行星轮的轮齿的弹性变形量确定修形量的初始值;  
根据所述修形量的初始值在虚拟环境中对所述渐开线直齿行星传动齿轮进行修形;  
对修形后的所述渐开线直齿行星传动齿轮进行评估验证,根据所述评估验证的结果确定最终修形量;  
其中,所述修形量的初始值包括:太阳轮齿向螺旋角修形量( $L_1$ )、行星轮齿向修形量( $L_2$ )以及行星轮齿廓修形量( $L_3$ )。
2. 根据权利要求1所述的修形方法,其特征在于,根据所述修形量的初始值在虚拟环境中对所述渐开线直齿行星传动齿轮进行修形为通过以下步骤获得:  
根据所述太阳轮齿向螺旋角修形量( $L_1$ )对所述渐开线直齿行星传动齿轮的太阳轮齿向螺旋角修形;  
根据所述行星轮齿向修形量( $L_2$ )对所述渐开线直齿行星传动齿轮的行星轮齿向修形;  
以及  
根据所述行星轮齿廓修形量( $L_3$ )对所述渐开线直齿行星传动齿轮的行星轮齿廓修形。
3. 根据权利要求2所述的修形方法,其特征在于,所述太阳轮齿向螺旋角修形方向与太阳轮轴的扭转变形方向相反。
4. 根据权利要求2或3所述的修形方法,其特征在于,所述行星轮齿向修形为齿向修鼓,所述齿向修鼓的修鼓曲线为等半径的圆弧曲线。
5. 根据权利要求2或3所述的修形方法,其特征在于,所述行星轮齿廓修形的起始点为单双齿交替啮合转换点,所述行星轮齿廓修形包括两个所述单双齿交替啮合转换点分别朝向所述齿轮的齿顶修形终点和齿根修形终点作直线。
6. 根据权利要求2或3所述的修形方法,其特征在于,所述太阳轮轴齿宽段(10)的扭转变形量、所述行星轮轴齿宽段(20)的弯曲变形量以及所述轮齿的弹性变形量通过有限元方法确定。
7. 根据权利要求1至3中任一项所述的修形方法,其特征在于,所述预定载荷值为所述渐开线直齿行星传动齿轮的额定工作载荷。
8. 一种渐开线直齿行星传动齿轮的制造方法,其特征在于,使用权利要求1至7中任一项所述的修形方法获得行星传动齿轮的修形量,利用数控磨床对所述渐开线直齿行星传动齿轮进行修形。

## 渐开线直齿行星传动齿轮的修形方法和制造方法

### 技术领域

[0001] 本发明涉及齿轮领域,具体而言,涉及一种渐开线直齿行星传动齿轮的修形方法和制造方法。

### 背景技术

[0002] 由于现代工业应用的需求,齿轮传动系统正朝着低速重载,高速重载的方向发展。行星齿轮传动由于其独特的优势,广泛用于航空、工程机械、船舶、风力发电等领域。齿轮传动的高可靠性、长寿命、低噪音和振动水平一直是齿轮传动设计者所追求的目标,但齿轮传动由于受到制造、安装误差,支撑系统的弹性变形以及轮齿本身弹性变形等因素的影响,齿轮副在啮合的过程中不可避免的会产生冲击、振动,偏载等现象,从而导致齿轮出现早期失效。

[0003] 目前,单从提高齿轮的制造和安装精度来满足齿轮传动的高性能要求是远远不够的,而且这样会增加齿轮传动系统的制造成本,同时达不到理想的效果。

### 发明内容

[0004] 本发明旨在提供一种渐开线直齿行星传动齿轮的修形方法和制造方法,以解决现有技术中渐开线直齿行星传动齿轮传动不稳定、承载能力差和易出现早期失效的问题。

[0005] 为了实现上述目的,根据本发明的一个方面,提供了一种渐开线直齿行星传动齿轮的修形方法,包括以下步骤:获取预定载荷值;根据预定载荷值得到太阳轮轴齿宽段的扭转变形量、行星轮轴齿宽段的弯曲变形量以及行星轮的轮齿的弹性变形量;根据太阳轮轴齿宽段的扭转变形量、行星轮轴齿宽段的弯曲变形量以及行星轮的轮齿的弹性变形量确定修形量的初始值;根据修形量的初始值在虚拟环境中对渐开线直齿行星传动齿轮进行修形;对修形后的渐开线直齿行星传动齿轮进行评估验证,根据评估验证的结果确定最终修形量;其中,修形量的初始值包括:太阳轮齿向螺旋角修形量、行星轮齿向修形量以及行星轮齿廓修形量。

[0006] 进一步地,根据修形量的初始值在虚拟环境中对渐开线直齿行星传动齿轮进行修形为通过以下步骤获得:根据太阳轮齿向螺旋角修形量对渐开线直齿行星传动齿轮的太阳轮齿向螺旋角修形;根据行星轮齿向修形量对渐开线直齿行星传动齿轮的行星轮齿向修形;以及根据行星轮齿廓修形量对渐开线直齿行星传动齿轮的行星轮齿廓修形。

[0007] 进一步地,太阳轮齿向螺旋角修形方向与太阳轮轴的扭转变形方向相反。

[0008] 进一步地,行星轮齿向修形为齿向修鼓,齿向修鼓的修鼓曲线为等半径的圆弧曲线。

[0009] 进一步地,行星轮齿廓修形的起始点为单双齿交替啮合转换点,行星轮齿廓修形包括两个单双齿交替啮合转换点分别朝向齿轮的齿顶修形终点和齿根修形终点作直线。

[0010] 进一步地,太阳轮轴齿宽段的扭转变形量、行星轮轴齿宽段的弯曲变形量以及轮齿的弹性变形量通过有限元方法确定。

[0011] 进一步地,预定载荷值为渐开线直齿行星传动齿轮的额定工作载荷。

[0012] 根据本发明的另一方面,提供了一种渐开线直齿行星传动齿轮的制造方法获得行星传动齿轮的修形量,使用上述的修形方法,利用数控磨床对渐开线直齿行星传动齿轮进行修形。

[0013] 应用本发明的技术方案,基于预定载荷值得到太阳轮轴齿宽段的扭转变形量、行星轮轴齿宽段的弯曲变形量以及行星轮的轮齿的弹性变形量,根据上述变形量确定修形量的初始值,在虚拟环境中对渐开线直齿行星传动齿轮进行修形,再进行评估验证,根据评估验证的结果对修形量进行调整,确定最终修形量。本发明的技术方案在不增加齿轮制造和安装精度的基础上进行修形,修形难度和修形量较小,有效的降低行星传动的振动及噪音,消除了行星齿轮啮合的偏载现象,进而改善了齿轮的传动平稳性,提高了齿轮的承载能力,延长了齿轮的使用寿命。

### 附图说明

[0014] 构成本申请的一部分的说明书附图用来提供对本发明的进一步理解,本发明的示意性实施例及其说明用于解释本发明,并不构成对本发明的不当限定。在附图中:

[0015] 图 1 示出了渐开线直齿行星传动齿轮实施例的结构示意图;

[0016] 图 2 示出了渐开线直齿行星传动齿轮的实施例的俯视示意图;

[0017] 图 3 示出了根据本发明的渐开线直齿行星传动齿轮的修形方法中太阳轮修形示意图;

[0018] 图 4 示出了根据本发明的渐开线直齿行星传动齿轮的修形方法中行星轮的齿向修形示意图;以及

[0019] 图 5 示出了根据本发明的渐开线直齿行星传动齿轮的修形方法中行星轮的齿廓修形示意图。

### 具体实施方式

[0020] 需要说明的是,在不冲突的情况下,本申请中的实施例及实施例中的特征可以相互组合。下面将参考附图并结合实施例来详细说明本发明。

[0021] 结合参见图 1 至图 2,示出了渐开线直齿行星传动齿轮的结构示意图和俯视示意图,从图中可以看出,渐开线直齿行星齿轮一般包括:一个太阳轮 1、一个齿圈 3 和多个行星轮 2。本发明的修形方法包括对太阳轮 1 的修形和行星轮 2 的修形,无需对齿圈 3 修形。

[0022] 渐开线直齿行星传动齿轮的修形方法包括以下步骤:

[0023] 步骤 1、获取预定载荷值。

[0024] 具体地,预定载荷值为渐开线直齿行星传动齿轮的额定工作载荷,该额定工作载荷可以根据行星传动轮系的载荷及载荷谱数据来确定。额定工作载荷是行星传动齿轮工作的满功率载荷,在该载荷下进行齿轮修形,可以使齿轮获得较好的接触状态及较为均匀的齿面载荷分布,很显然,在其他小载荷的情况下,齿轮的工作情况也会有所改善。同时行星传动齿轮通常在额定载荷下的工作时间较长,如果能降低该载荷下齿轮的工作应力水平,齿轮的寿命也会得到很大的提高。当然本发明的修形方法也不局限于在额定载荷下,也可用于其他载荷情况。

[0025] 步骤 2、根据预定载荷值得到太阳轮轴齿宽段 10 的扭转变形量、行星轮轴齿宽段 20 的弯曲变形量以及行星轮的轮齿的弹性变形量。

[0026] 具体地,太阳轮轴齿宽段 10 的扭转变形量、行星轮轴齿宽段 20 的弯曲变形量以及行星轮的轮齿的弹性变形量通过有限元方法确定。

[0027] 步骤 3、根据太阳轮轴齿宽段 10 的扭转变形量、行星轮轴齿宽段 20 的弯曲变形量以及行星轮的轮齿的弹性变形量确定修形量的初始值。其中,修形量的初始值包括:太阳轮齿向螺旋角修形量  $L_1$ 、行星轮齿向修形量  $L_2$  以及行星轮齿廓修形量  $L_3$ 。

[0028] 步骤 4、根据修形量的初始值在虚拟环境中对渐开线直齿行星传动齿轮进行修形。具体地,在步骤 4 中采用以下步骤根据修形量的初始值在虚拟环境中对渐开线直齿行星传动齿轮进行修形:

[0029] 如图 3 所示,根据太阳轮齿向螺旋角修形量  $L_1$  对渐开线直齿行星传动齿轮的太阳轮齿向螺旋角修形,其中,螺旋角修形量  $L_1$  为太阳轮轴齿宽段 10 的扭转变形量,太阳轮齿向螺旋角修形方向与太阳轮轴的扭转变形方向相反。太阳轮齿向螺旋角修形能够补偿由于太阳轮轴扭转变形引起的齿向偏载。

[0030] 如图 4 所示,根据行星轮齿向修形量  $L_2$  对渐开线直齿行星传动齿轮的行星轮齿向修形,其中,行星轮齿向修形量  $L_2$  为行星轮轴齿宽段 20 的弯曲变形量。优选地,行星轮齿向修形为齿向修鼓,行星轮齿向修形量  $L_2$  为修鼓量,齿向修鼓的修鼓曲线为等半径的圆弧曲线,圆弧半径由修鼓量确定。行星轮齿向修形(修鼓)能够补偿由于行星轮轴弯曲变形引起的齿轮边缘接触。

[0031] 如图 5 所示,根据行星轮齿廓修形量  $L_3$  对渐开线直齿行星传动齿轮的行星轮齿廓修形,其中行星轮齿最大廓修形量  $L_3$  为行星轮的轮齿的弹性变形量。优选地,行星轮齿廓修形包括:齿顶修形和齿根修形,齿顶修形的起始点和齿根修形的起始点,分别为单双齿交替啮合的转换点,行星轮齿齿廓修形延伸到整个齿向方向,由两个单双齿交替啮合转换点分别朝向齿轮的齿顶修形终点和齿根修形终点作直线,其中,如图 5 所示,用分割点将行星轮的理论渐开线分成三部分,分割点为单双齿交替啮合的转换点 21 和单双齿交替啮合的转换点 22,齿顶至单双齿交替啮合的转换点 21 和单双齿交替啮合的转换点 22 至齿根之间为双齿啮合区,单双齿交替啮合的转换点 21 和单双齿交替啮合的转换点 22 之间为单齿啮合区;齿顶修形终点和齿根修形终点分别与齿廓边缘的距离为行星轮齿最大廓修形量  $L_3$ 。

[0032] 步骤 5、对修形后的渐开线直齿行星传动齿轮进行评估验证,根据评估验证的结果确定最终修形量。具体说,需要考虑行星传动齿轮中行星架、机匣等系统综合刚度对齿轮接触的影响,采用齿轮动态接触分析软件,对修形前后的行星传动齿轮的接触状况进行对比分析,评估修形后效果,视情况对修形量进行微调,再评估后确定最终修形量。其中,效果评估主要评估齿面接触应力的分布情况,齿轮啮合过程中的传动误差变化情况。齿向修形的目标是获得均匀的齿面载荷分布,齿廓修形的目标是获得最小的传动误差峰值及光滑的传递误差曲线。这些目标是通过调整修形量的大小来实现的。

[0033] 因此,上述方法在不增加齿轮制造和安装精度的基础上进行修形,修形难度和修形量较小,有效的降低行星传动的振动及噪音,消除了行星齿轮啮合的偏载现象,进而改善了齿轮的传动平稳性,提高了齿轮的承载能力,延长了齿轮的使用寿命。

[0034] 本发明还提供了一种渐开线直齿行星传动齿轮的制造方法,使用上述的修形方法

获得行星传动齿轮的修形量,利用数控磨床对渐开线直齿行星传动齿轮进行修形。修形后的齿轮传动更加平稳性,承载能力强,同时使用寿命长。

[0035] 以上所述仅为本发明的优选实施例而已,并不用于限制本发明,对于本领域的技术人员来说,本发明可以有各种更改和变化。凡在本发明的精神和原则之内,所作的任何修改、等同替换、改进等,均应包含在本发明的保护范围之内。

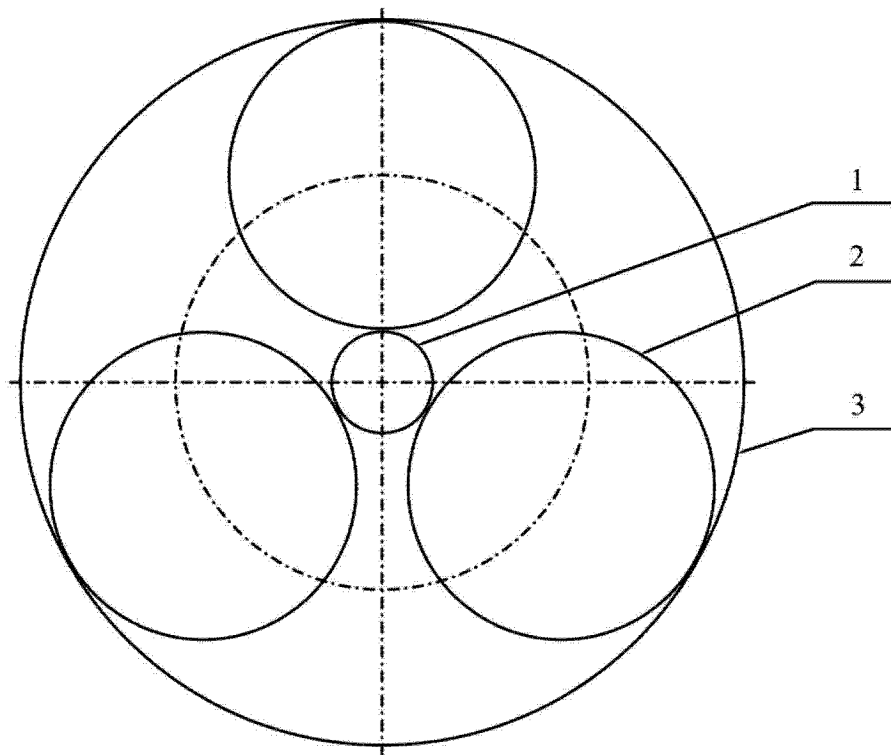


图 1

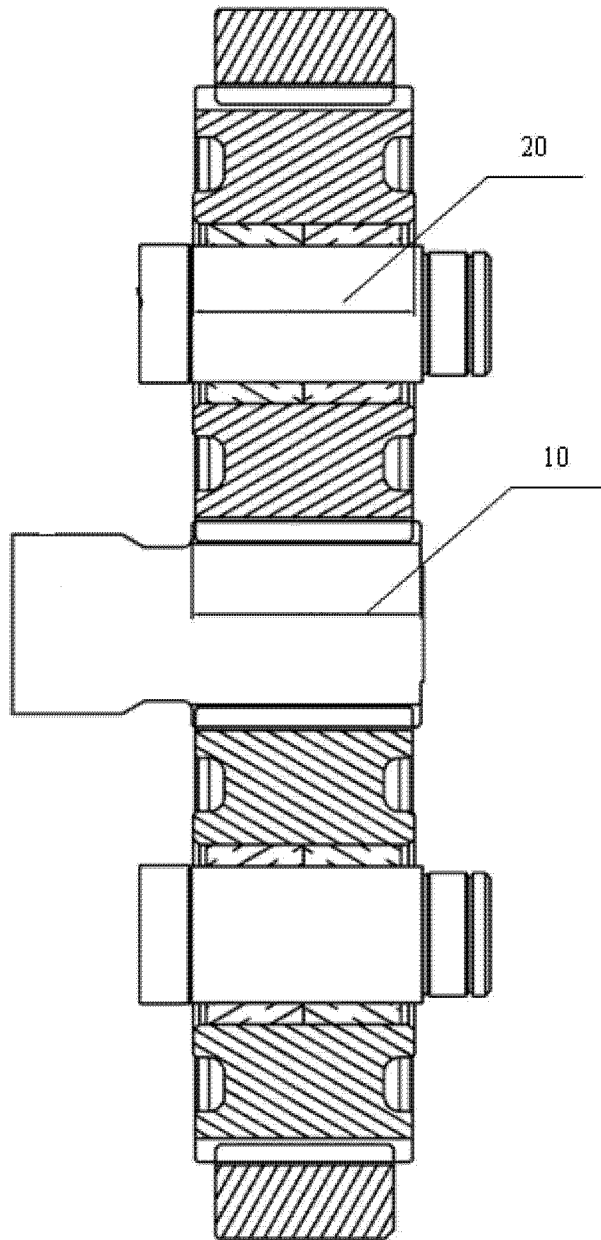


图 2



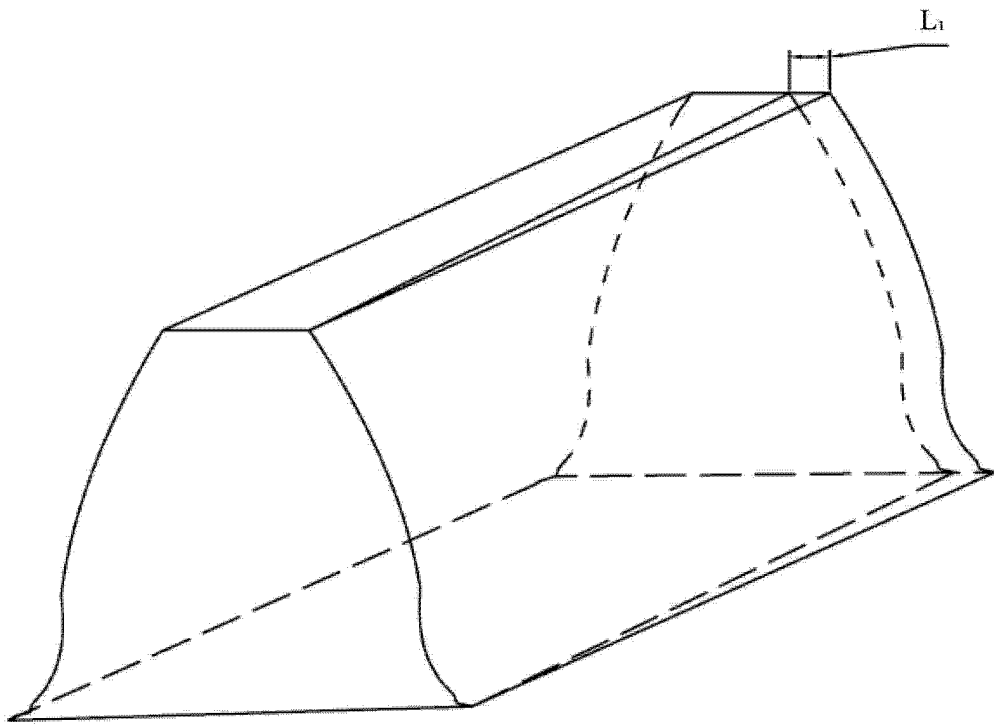


图 3

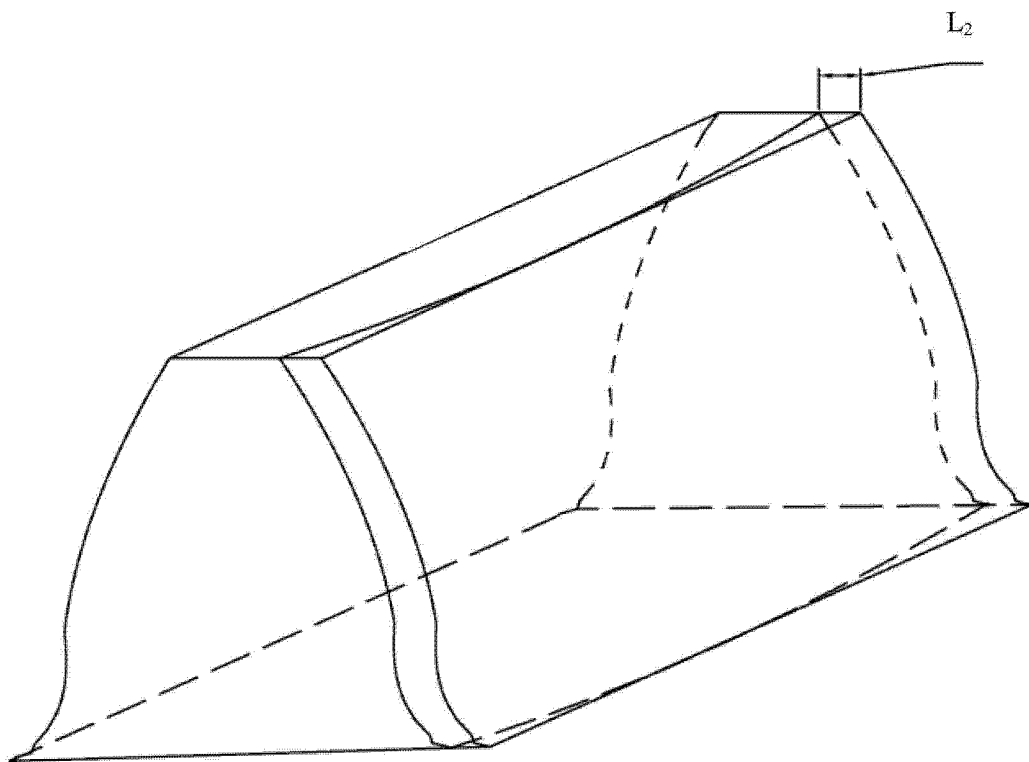


图 4

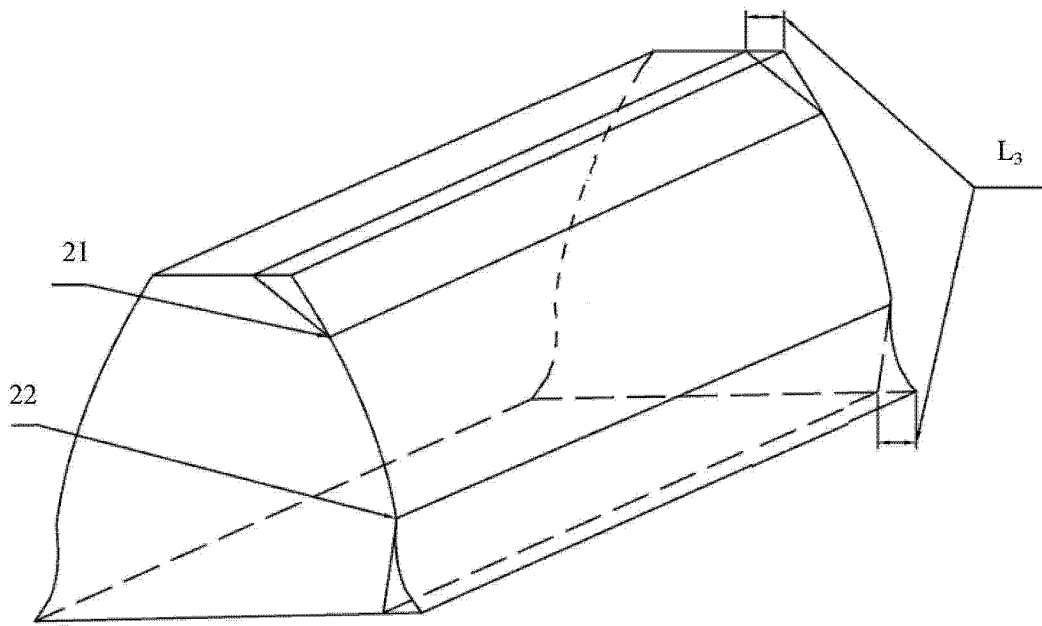


图 5