



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 106092395 B

(45)授权公告日 2018.10.02

(21)申请号 201610523479.6

(22)申请日 2016.07.05

(65)同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 106092395 A

(43)申请公布日 2016.11.09

(73)专利权人 太原理工大学

地址 030024 山西省太原市万柏林区迎泽西大街79号

(72)发明人 赵利平 梁义维 朱纬亚 高建

蒋雪洋 叶美图

(74)专利代理机构 太原市科瑞达专利代理有限公司

14101

代理人 申艳玲

(51)Int.Cl.

G01L 1/24(2006.01)

(56)对比文件

CN 104198097 A,2014.12.10,

CN 105067170 A,2015.11.18,

CN 105067169 A,2015.11.18,

JP 特开2004-93362 A,2004.03.25,

CN 105547541 A,2016.05.04,

US 5608169 A,1997.03.04,

CN 105675201 A,2016.06.15,

审查员 刘嘉

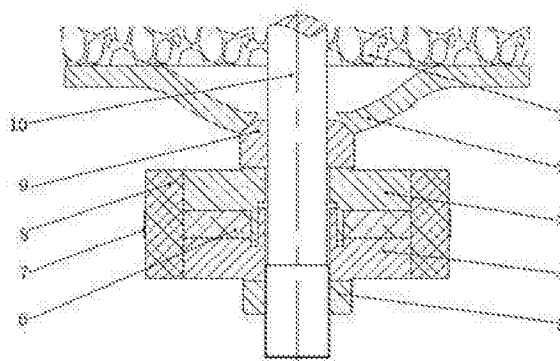
权利要求书1页 说明书6页 附图3页

(54)发明名称

一种利用等厚干涉原理对锚杆力监测的装置和方法

(57)摘要

本发明公开了一种利用等厚干涉原理对锚杆力监测的装置和方法,该装置包括承载机构和显示装置,承载机构包括上盖板、下盖板、弹性垫、承载体,均为环形结构,显示装置为光学膜;上、下盖板分别设置在锚杆的外侧,上盖板上方为调心球垫,下盖板下方为螺母,弹性垫位于上、下盖板之间,在弹性垫外侧设有承载体,承载体外壁上贴有光学膜。拧紧螺母时,锚杆力作用于岩体上,岩体压力通过托盘和调心球垫将力传递给上盖板,上盖板压缩弹性垫将轴向压力转为径向压力传递到承载体上,承载体受压使光学膜产生径向变形;光学膜受力后显示不同的颜色,实现力的颜色指示。本发明实现了人人均能检测锚杆锚固工程设施安全的目标,大大提高了工程设施的安全性能。



1. 一种利用等厚干涉原理对锚杆力监测的装置,包括承载机构和显示装置,其特征在于:所述承载机构包括上盖板、下盖板、弹性垫、承载体,均为环形结构,所述显示装置为光学膜;上盖板、下盖板为含导向凸环的环形结构,上盖板、下盖板分别设置在锚杆的外侧且上、下盖板的轴线和锚杆的轴线重合,锚杆贯穿上盖板和下盖板,上盖板、下盖板分别设有导向凸环互相导向,上盖板的导向凸环内侧设有凹槽,下盖板的导向凸环外侧设有凹槽,上、下盖板的导向凸环分别插入对应的凹槽内,使二者扣合在一起,上、下盖板之间能相对滑动;上盖板上为调心球垫,下盖板下方为螺母,弹性垫位于上盖板和下盖板之间,弹性垫与上、下盖板的接触面分别用环氧树脂胶粘接,弹性垫内侧与上盖板的导向凸环外侧相接触,在弹性垫外侧设有承载体,承载体与弹性垫之间用环氧树脂胶粘接,承载体外壁上贴有光学膜。

2. 根据权利要求1所述的利用等厚干涉原理对锚杆力监测的装置,其特征在于:所述上、下盖板采用钢制材料制成;所述钢为45#或40Cr。

3. 根据权利要求1所述的利用等厚干涉原理对锚杆力监测的装置,其特征在于:所述弹性垫选取聚氨酯或硅胶中的一种弹性材料制成;承载体根据变形量选择尼龙或酚醛树脂中的一种弹性材料制成。

4. 根据权利要求1所述的利用等厚干涉原理对锚杆力监测的装置,其特征在于:所述光学膜为光学干涉膜;光学膜选用聚甲基丙烯酸甲酯或聚苯乙烯材料制成。

5. 一种利用等厚干涉原理对锚杆力监测的方法,采用权利要求1~4任一项所述的利用等厚干涉原理对锚杆力监测的装置,其特征在于包括以下步骤:

(1) 将监测装置安装在螺母和调心球垫之间;

(2) 当拧紧螺母时,锚杆力作用于岩体上,岩体压力通过托盘和调心球垫将力传递给上盖板,上盖板压缩弹性垫将轴向压力转为径向压力传递到承载体上,承载体受压发生径向膨胀,使光学膜产生径向变形;

(3) 不同的力使光学膜显示不同的颜色,从而实现力的颜色指示。

6. 根据权利要求5所述的利用等厚干涉原理对锚杆力监测的方法,其特征在于:以锚杆破断力为100%,破断力与颜色之间的对应关系如下:

破断力0%,绿色;

破断力0~40%,从绿色渐变成蓝色;

破断力40~70%,从蓝色渐变成紫色;

破断力70~100%,从紫色渐变成红色。

一种利用等厚干涉原理对锚杆力监测的装置和方法

技术领域

[0001] 本发明涉及一种利用等厚干涉原理对锚杆力监测的装置和方法,属于传感技术领域。

背景技术

[0002] 锚杆支护作为岩土锚固支护技术的主要方式,代表了煤矿巷道支护技术的主要发展方向。近年来由于掘进面的不断延伸和开采范围的持续扩大,冒顶事故时有发生,已造成巨大经济损失和人员伤亡。在锚杆支护巷道的服务年限内,为保证人员和财产安全,及时、准确的对锚杆受力状态进行监测十分必要。

[0003] 传统的锚杆力监测装置主要分为两类,一类需要使用电源。如:中国专利CN104594949A公开了一种利用无损采集仪采集围岩表面位移数据监测锚杆支护巷道安全的方法。中国专利CN104913818A公开了一种利用压力传感器、位移传感器和监测仪表,监测锚杆锚索变形并进行声光报警的方法。中国专利CN104747217A公开了一种利用液压千斤顶、压力变送器及监控主机等监测锚杆垫板压力的方法。中国专利CN204535895U公开了一种利用单片机和电气电缆组成的传感器监测锚杆锚索应力的方法。中国专利CN204666089U和CN104833303A公开了一种利用单片机、电阻应变片、显示器等监测锚杆变形的的方法。中国专利CN104763453A公开了一种围岩锚杆应力波定位监测系统。中国专利CN103835759A公开了一种由控制器、支护状态监测装置、支护不良报警单元和时钟电路组成的巷道支护结构监控装置。中国专利CN203891909U公开了一种通过测量应变片数据监测玻璃钢锚杆受力的装置。中国专利CN204422110U公开了一种由应力监测玻璃钢锚杆、井下数据处理分站、本安稳压电源、工业电脑组成的围岩应力预警系统。中国专利CN104406626A公开了一种利用激光测振装置监测冲击地压的方法。中国专利CN203502154U公开了一种用于煤矿监测的新型锚杆应力传感器线路板。中国专利CN102839693A公开了一种测量锚杆锚索位移的增阻变形监测方法。中国专利CN202090952U公开了一种由现场信号采集以及传输模块、单片机和显示屏组成的监测矿井支护锚杆或锚索的应力装置。中国专利CN202788894U公开了一种由锚杆、螺母、托盘、电阻应变传感器、电阻应变仪、导线、测量接口、保护外壳、端盖组成的预应力测力锚杆。中国专利CN202274954U公开一种由锚杆锚索拉力传感器、位移传感器和二次仪表组成的用于巷道冒顶的监测预警仪。中国专利CN204572068U公开一种由测力环、垫圈和警示器组成的锚杆锚索支护力监测预警装置。中国专利CN201382830公开了一种由应力计及引出电缆等组成的用于岩体应力监测的锚杆结构。中国专利CN202693167U公开了一种由合金圆管和电阻应变传感器等组成的地下工程模型试验用锚杆测力计。中国专利CN204591321U公开了一种由杆体、应变片、导线和应变仪组成的应用于巷道围岩支护的新型应力测量锚杆。中国专利CN202329885U公开了一种由圆柱形弹性体、电阻应变片、外壳和连接线组成的锚杆锚索拉力传感器。中国专利CN203669903U公开了一种由锚杆杆体、锚杆紧固件、智能测力计和数据处理显示控制装置四部分构成的实时监测预紧力锚杆。中国专利CN102207404A公开了一种通过检测煤矿非全长粘结锚杆横向振动固有频率监测巷道稳

定性的方法。中国专利CN104879151A公开了一种由杆体和装有应变片的锚杆终端组成的同步测力锚杆。中国专利CN202832596U公开了一种利用位移感应器对围岩动力灾害监测的预警锚杆。中国专利CN105067169A公开了一种采用声激励,通过听取声音的大小和频率来辨别锚杆力的方法。中国专利CN87206290公开了一种由液压枕、外传力板、内传力板、钢弦式压力-频率转换器、钢弦频率计组成的小量程锚杆测力计。中国专利CN101082564公开了一种利用加速度传感器对锚杆外露端振动信号进行采集、分析对锚杆受力状态进行检测的技术。中国专利CN104481564A公开了一种利用导电复合材料的拉敏特性,通过监测锚杆杆体的电阻变化获取自身变形信息的方法。中国专利CN201826335U公开了一种通过激振器和加速度传感器测量固有频率获取锚杆预紧力的动态监测系统。中国专利CN101358886公开了一种光纤光栅锚杆测力装置及监测锚杆应力变化的方法。中国专利CN203231842U公开了一种具备温度自补偿功能、适用于锚杆应力的在线监测的光纤光栅锚杆测力环。中国专利CN103422890A公开了一种通过发声器和光二极管组成的监测锚杆抗拔力的声光报警仪。中国专利CN203587255U公开了一种用于检测煤矿巷帮围岩压力的光纤Bragg光栅压力传感装置。中国专利CN203479435U公开了一种通过改变光栅传感器的有效折射率得到锚杆杆体应力的非金属抗浮测试装置。中国专利CN202188929U公开了一种利用电阻应变片的可让压式锚杆工况监测装置。中国专利CN201236341公开了一种基于压力传感器的锚杆锚索预应力全自动遥控监测及预警系统。中国专利CN202255723U公开了一种煤矿井下物联网无线传输式锚杆应力计。中国专利CN203443708U公开了一种基于ZigBee的锚杆锚索应力传感器监测仪。中国专利CN103323385A公开了一种利用由光纤锈蚀膨胀监测单元、光纤光栅温度补偿单元和光纤光栅应力修正单元三部分组成的传感器监测锚杆锈蚀状况的方法。中国专利CN103362552A公开了一种煤矿巷道分布式光纤光栅锚杆群应力监测系统。中国专利CN203259281U公开了一种由锚杆、光栅、光纤、光纤光栅保护管组成的煤矿井下多测点锚杆应力测量装置。中国专利CN203259273U公开了一种矿用光纤光栅锚杆锚索测力计。中国专利CN102797491A公开了一种煤矿动力灾害的光纤光栅监测系统及方法。中国专利CN101059382A公开了一种光纤光栅锚杆测力计。由于这类监测装置需要电源,给巷道的管理带来极大的安全隐患。

[0004] 另一类不需要电源。如:中国专利CN105067170A公开了一种利用锤击声学法对锚杆轴力监测的装置及方法。中国专利CN104198097A公开了一种由弹性结构和显示装置组成的通过观察条纹图案监测矿用锚杆轴向力的方法。中国专利CN98222604.7公开了一种通过观察既定数值的碟形弹簧的压缩变形量测得初锚力和锚固力。中国专利CN103267596A公开了一种通过测量液体压力来判断锚杆的轴向力。中国专利CN200952965公开了一种通过目测塑性测力环的变形量大小,实现对锚索、锚杆预紧力的大小及其受力状况进行实时监测的锚索、锚杆预紧力监测计。中国专利CN2189739公开了一种液压式锚杆测力计。中国专利CN203452813U公开了一种通过观察高强弹簧的位移来判断轴向力的方案。但这类监测装置普遍存在结构复杂、制造维护成本高、体积大、不宜大规模使用等不足。

[0005] 因此,需要一种低成本、高可靠性、无需电源、适合大规模安装使用的监测装置。

发明内容

[0006] 本发明旨在提供一种利用等厚干涉原理对锚杆力监测的装置和方法,实现了人人

均能检测锚杆锚固工程设施安全的目标,大大提高了工程设施的安全性能。

[0007] 本发明提供了一种利用等厚干涉原理对锚杆力监测的装置,包括承载机构和显示装置,所述承载机构包括上盖板、下盖板、弹性垫、承载体,均为环形结构,所述显示装置为光学膜;上盖板、下盖板为含导向凸环的环形结构,上盖板、下盖板分别设置在锚杆的外侧且上、下盖板的轴线和锚杆的轴线重合,锚杆贯穿上盖板和下盖板,上盖板、下盖板分别设有导向凸环互相导向,上盖板的导向凸环内侧设有凹槽,下盖板的导向凸环外侧设有凹槽,上、下盖板的导向凸环分别插入对应的凹槽内,使二者扣合在一起,上、下盖板之间能相对滑动;上盖板上方为调心球垫,下盖板下方为螺母,弹性垫位于上盖板和下盖板之间,弹性垫与上、下盖板的接触面分别用环氧树脂胶粘接,弹性垫内侧与上盖板的导向凸环外侧相接触,在弹性垫外侧设有承载体,承载体与弹性垫之间用环氧树脂胶粘接,承载体外壁上贴有光学膜。

[0008] 上述装置中,所述上、下盖板采用钢制材料制成;所述钢为45#或40Cr。

[0009] 上述装置中,所述弹性垫选取聚氨酯、橡胶或硅胶中的一种弹性材料制成;承载体根据变形量选择尼龙或酚醛树脂中的一种弹性材料制成。

[0010] 上述装置中,所述光学膜为光学干涉膜;光学膜选用聚甲基丙烯酸甲酯或聚苯乙烯材料制成。

[0011] 本发明提供了一种采用上述监测装置利用等厚干涉原理对锚杆力监测的方法,包括以下步骤:

[0012] (1) 将监测装置安装在螺母和调心球垫之间;

[0013] (2) 当拧紧螺母时,锚杆力作用于岩体上,岩体压力通过托盘和调心球垫将力传递给上盖板,上盖板压缩弹性垫将轴向压力转为径向压力传递到承载体上,承载体受压发生径向膨胀,使光学膜产生径向变形;

[0014] (3) 不同的力使光学膜显示不同的颜色,从而实现力的颜色指示。

[0015] 上述方法中,以锚杆破断力为100%,破断力与颜色之间的对应关系如下:

[0016] 破断力0%,绿色;

[0017] 破断力0~40%,从绿色渐变成蓝色;

[0018] 破断力40~70%,从蓝色渐变成紫色;

[0019] 破断力70~100%,从紫色渐变成红色。

[0020] 本发明提供了一种由光学膜与承载机构组成的锚杆力监测装置。其监测原理是:在承载机构受压时,岩体压力通过托盘和调心球垫传到监测装置的上盖板,上盖板压缩弹性垫将轴向压力转为径向压力并传递到承载体上,承载体受到径向的压力产生径向膨胀,导致光学膜产生径向变形;光学膜将压力转化为不同的颜色,通过观察光学膜的不同颜色来判断锚杆力。

[0021] 本发明的有益效果:

[0022] (1) 本发明无需电源供电,方便巷道安全管理;

[0023] (2) 结构简单,成本低,适合大规模推广使用;

[0024] (3) 通过观察颜色直接判断锚杆受力状态,人人皆可充当安全员,大大提高了监测效率,对锚杆支护工程的监测管理和煤炭产业的安全生产具有重要意义。

附图说明

- [0025] 图1为本发明监测装置的结构及其连接关系示意图。
- [0026] 图2为承载体受力模型。
- [0027] 图3为光学膜力学模型。
- [0028] 图4为光学膜变形曲线图。
- [0029] 图5为干涉示意图。
- [0030] 图6为上盖板的立体结构图。
- [0031] 图7为下盖板的立体结构图。
- [0032] 图中1为岩体,2为托盘,3为上盖板,4为下盖板,5为螺母,6为弹性垫,7为光学膜,8为承载体,9为调心球垫,10为锚杆。

具体实施方式

- [0033] 下面通过实施例来进一步说明本发明,但不局限于以下实施例。
- [0034] 实施例1:
- [0035] 如图1所示,一种利用等厚干涉原理对锚杆力监测的装置,上下采用金属制成的上盖板3和下盖板4,中间为弹性垫6,弹性垫6外侧为承载体8,承载体外壁上贴有光学膜7。
- [0036] 整个装置安装于螺母5和调心球垫9之间,调心球垫9上方为托盘2,托盘2与岩体1直接接触。岩体压力通过托盘2和调心球垫9传到监测装置的上盖板3,上盖板3压缩弹性垫6将轴向压力转为径向压力并传递到承载体8上,承载体8受到径向的压力产生径向膨胀,导致光学膜7产生径向变形。
- [0037] 本发明提供了一种利用等厚干涉原理对锚杆力监测的装置,包括承载机构和显示装置,所述承载机构包括上盖板3、下盖板4、弹性垫6、承载体8,均为环形结构,所述显示装置为光学膜7;上盖板3、下盖板4分别为含导向凸环的环形结构,上盖板3、下盖板4分别设置在锚杆10的外侧且上、下盖板的轴线和锚杆10的轴线重合,锚杆10贯穿上盖板3和下盖板4,上盖板3、下盖板4分别设有导向凸环互相导向,上盖板的导向凸环内侧设有凹槽,下盖板的导向凸环外侧设有凹槽,上、下盖板的导向凸环分别插入对应的凹槽内,使二者扣合在一起,上、下盖板之间能相对滑动(见图6和图7);上盖板3上方为调心球垫9,下盖板4下方为螺母5,弹性垫6位于上盖板3和下盖板4之间,弹性垫6与上盖板3和下盖板4的接触面分别用环氧树脂胶粘接,弹性垫内侧与上盖板的导向凸环外侧相接触,在弹性垫6外侧设有承载体8且承载体8与弹性垫6之间用环氧树脂胶粘接,承载体8外壁上贴有光学膜7。
- [0038] 所述上、下盖板采用钢制材料制成;所述钢为45#或40Cr。
- [0039] 所述弹性垫选取聚氨酯、橡胶或硅胶中的一种弹性材料制成;承载体根据变形量选择尼龙或酚醛树脂中的一种弹性材料制成。
- [0040] 所述光学膜为光学干涉膜,光学膜选用聚甲基丙烯酸甲酯或聚苯乙烯材料制成。
- [0041] 本发明提供了一种采用上述监测装置利用等厚干涉原理对锚杆力监测的方法,包括以下步骤:
- [0042] (1) 将监测装置安装在螺母和调心球垫之间;
- [0043] (2) 当拧紧螺母时,锚杆力作用于岩体上,岩体压力通过托盘和调心球垫将力传递

给上盖板,上盖板压缩弹性垫将轴向压力转为径向压力传递到承载体上,承载体受压发生径向膨胀,使光学膜产生径向变形;

[0044] (3) 不同的力使光学膜显示不同的颜色,从而实现力的颜色指示。

[0045] 受力过程分析如下:

[0046] 设监测装置径向为X轴,切向为Y轴,轴向为Z轴,承载体力学模型如图2所示。根据弹性力学知识,承载体Y向应变 ε_{y1} 和Z向应变 ε_{z1} 分别为:

$$[0047] \quad \varepsilon_{y1} = \frac{1}{E_1} [\sigma_{y1} - \mu_1 (\sigma_{x1} + \sigma_{z1})] \quad (1)$$

$$[0048] \quad \varepsilon_{z1} = \frac{1}{E_1} [\sigma_{z1} - \mu_1 (\sigma_{x1} + \sigma_{y1})] \quad (2)$$

[0049] 其中: E_1 、 μ_1 分别为承载体弹性模量和泊松比;

[0050] σ_{x1} 、 σ_{y1} 、 σ_{z1} 分别为承载体力学模型中微元体(如图2)X向、Y向和Z向应力。

[0051] 光学膜力学模型如图3所示。由弹性力学知识可知光学膜微元体X向应力为

$$[0052] \quad \sigma_{x2} = \frac{E_2}{1 + \mu_2} \left[\frac{\mu_2}{1 - 2\mu_2} (\varepsilon_{x2} + \varepsilon_{y2} + \varepsilon_{z2}) + \varepsilon_{x2} \right] \quad (3)$$

[0053] 光学膜贴在承载体外壁上,X向应力极小,可忽略不计,即 $\sigma_{x2} = 0$;且光学膜Y向和Z向应变分别等于承载体Y向和Z向应变,即 $\varepsilon_{y2} = \varepsilon_{y1}$ 、 $\varepsilon_{z2} = \varepsilon_{z1}$ 。将其代入式(3)可得

$$[0054] \quad \varepsilon_{x2} = \frac{-\mu_2}{1 - \mu_2} (\varepsilon_{y1} + \varepsilon_{z1}) \quad (4)$$

[0055] 光学膜厚度方向为X轴方向,设光学膜初始厚度为 h ,变形后厚度为 h' ,则 $\varepsilon_{x2} = \frac{h' - h}{h}$,即

$$[0056] \quad h' = h (\varepsilon_{x2} + 1) \quad (5)$$

[0057] 联立(1)、(2)、(4)、(5)可得

$$[0058] \quad h' = \frac{-h\mu_2}{(1 - \mu_2)E_1} [\sigma_{y1} + \sigma_{z1} - \mu_1 (2\sigma_{x1} + \sigma_{y1} + \sigma_{z1})] + h \quad (6)$$

[0059] 由式(6)可知,光学膜受力后近似呈楔形。本实施例针对端头锚固类的树脂锚杆进行监测。锚杆的材质为335螺纹钢,杆体的公称直径为20mm,其屈服载荷10.5t,破断载荷12.6t。根据锚杆的初锚力是屈服载荷的50%~75%,设定初锚力为5.3t。上、下盖板材料为合金结构钢40Cr,承载体材料为尼龙1010,光学膜干涉层材料为聚甲基丙烯酸甲酯。承载体尺寸为内径为 $\Phi 80$ mm,外径为 $\Phi 108$ mm,Z向高度为40mm的圆柱;光学膜干涉层X向厚度为6.9 μ m,Z向宽度为10mm。测得在0到12.6t监测范围内光学膜的变形曲线如图4所示。如图5,根据等厚干涉原理,在光源的垂直照射下,光学膜上下两表面反射波在膜上表面发生干涉,光程差为:

$$[0060] \quad \Delta L = 2nh' + \lambda/2 \quad (7)$$

[0061] 其中: n 光学膜材料折射率

[0062] λ 为光波波长。

[0063] 干涉点的光强 I 为:

$$[0064] \quad I = I_1 + I_2 + 2\sqrt{I_1 I_2} \cos(2\pi \cdot \Delta L / \lambda) \quad (8)$$

[0065] 其中: I_1 、 I_2 分别为两列相干光的的光强。

[0066] 在白色光源的照射下,单色光波在光学膜上下两表面的反射波产生相干叠加,不同波长的光波产生非相干叠加,光学膜厚度不同处光程差不同,叠加后的光强不同,进而合成不同的颜色。由图4所示光学膜变形数据及式(8)所示光强公式根据等厚干涉原理测得0到12.6t监测范围内光学膜显色图案。因此,由式(6)可以看出,锚杆力的变化导致光学膜厚度发生改变,进而导致其显示不同的颜色,实现力的颜色指示。

[0067] 以锚杆破断力为100%,破断力与颜色之间的对应关系如下:

[0068] 破断力0%,绿色;

[0069] 破断力0~40%,从绿色渐变成蓝色;

[0070] 破断力40~70%,从蓝色渐变成紫色;

[0071] 破断力70~100%,从紫色渐变成红色。

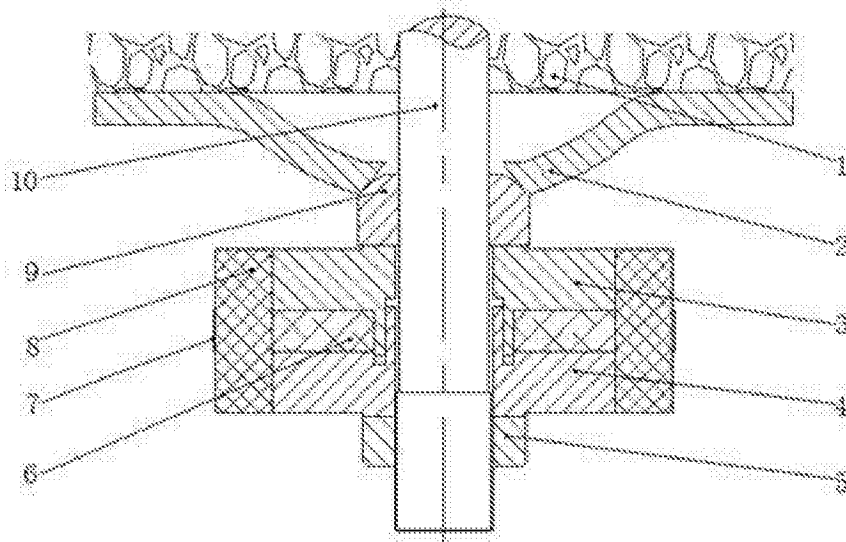


图1

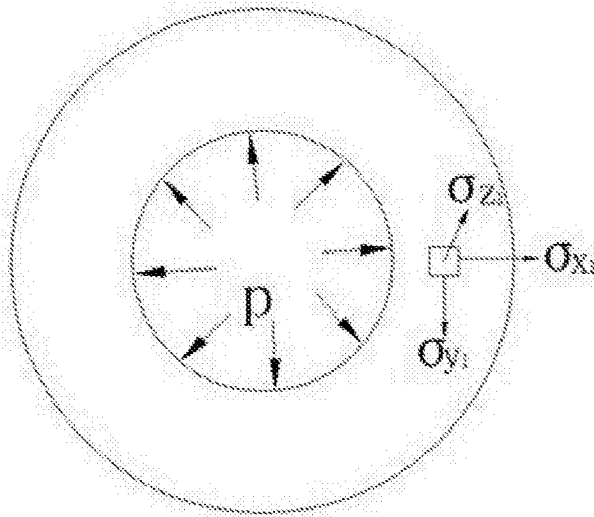


图2

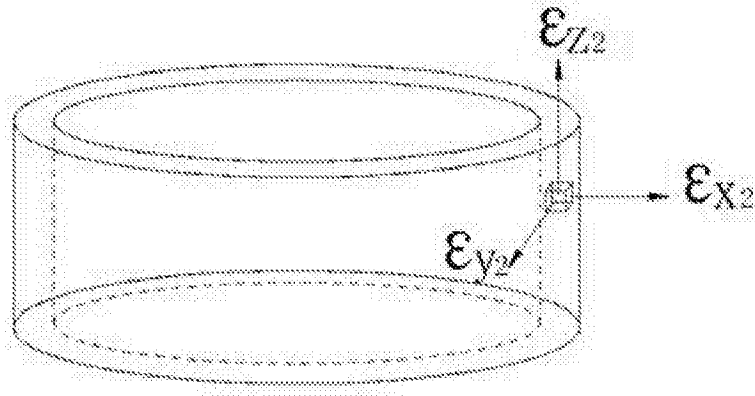


图3

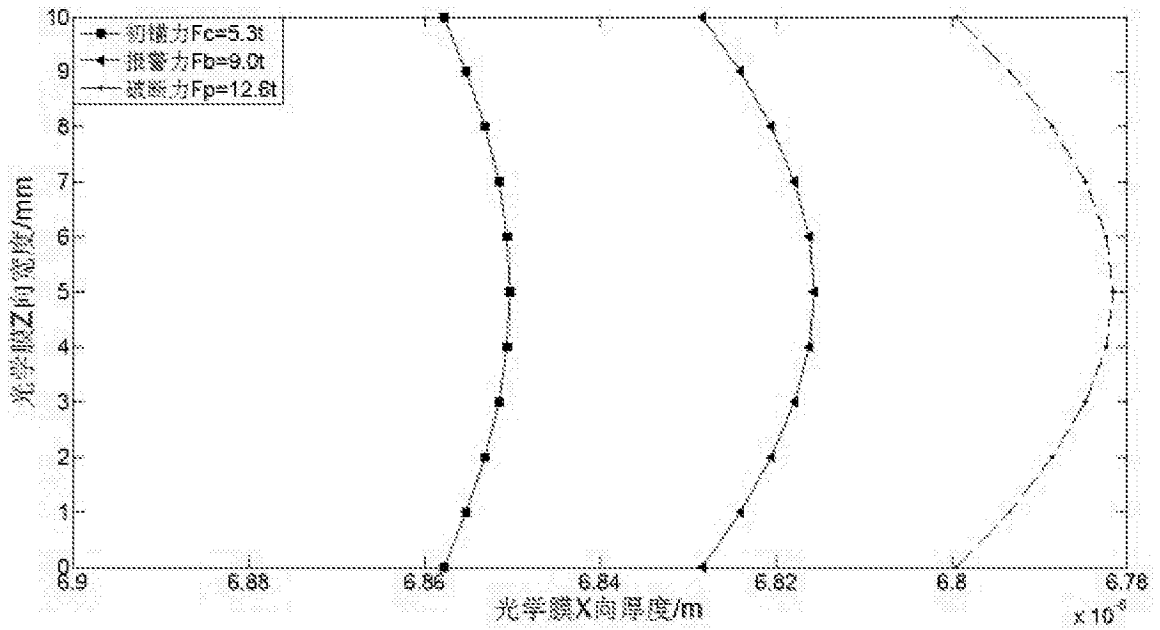


图4

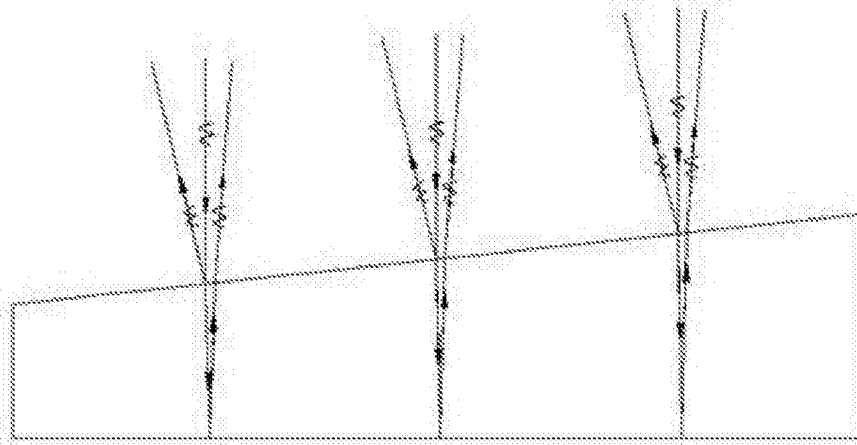


图5

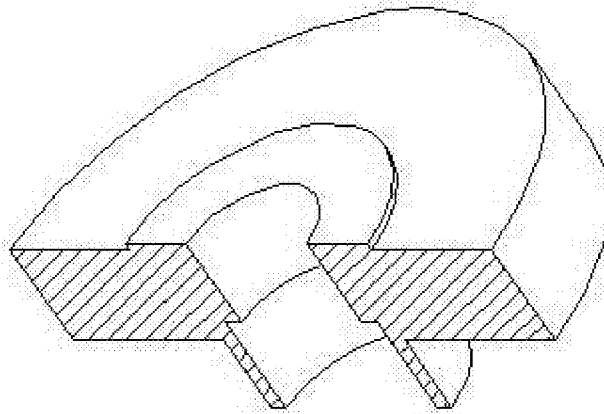


图6

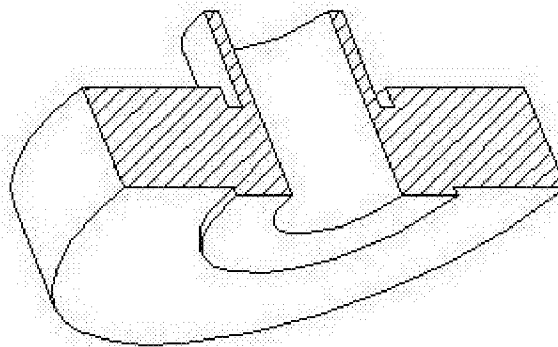


图7