

[19] 中华人民共和国国家知识产权局



[12] 发明专利申请公布说明书

[21] 申请号 200710072055.3

[51] Int. Cl.

G02B 7/183 (2006.01)

B32B 27/04 (2006.01)

B32B 27/12 (2006.01)

B32B 3/24 (2006.01)

B32B 37/15 (2006.01)

B32B 38/00 (2006.01)

[43] 公开日 2007 年 10 月 17 日

[11] 公开号 CN 101055344A

[22] 申请日 2007.4.19

[21] 申请号 200710072055.3

[71] 申请人 哈尔滨工业大学

地址 150001 黑龙江省哈尔滨市南岗区西大直街 92 号

[72] 发明人 冷劲松 刘彦菊 吕海宝

[74] 专利代理机构 哈尔滨市松花江专利商标事务所

代理人 岳泉清

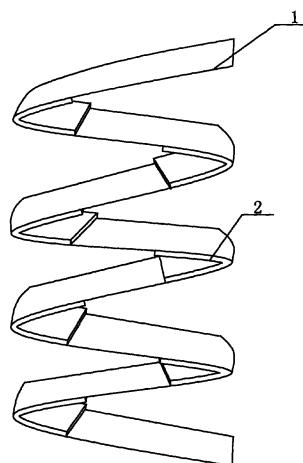
权利要求书 2 页 说明书 4 页 附图 2 页

[54] 发明名称

空间展开三翼梁的形状记忆聚合物复合体及其制备方法

[57] 摘要

空间展开三翼梁的形状记忆聚合物复合体及其制备方法，它涉及一种空间展开三翼梁的形状记忆聚合物复合体及其制备方法，为了解决现有的空间展开梁结构设计过程中存在的材料重量大、展开机槭性复杂和展开伸缩过程控制不稳定以及其制造工艺复杂的问题。本发明的复合体的形状记忆聚合物复合材料层的形状为叠加形，形状记忆聚合物复合材料层内铺设有电阻丝网，在形状记忆聚合物复合材料层弯曲部位的内面上连接有合金材料层，其制备方法包括选材、配制材料、固化等步骤。本发明的空间展开三翼梁的形状记忆聚合物复合体具有比强度高、材料重量小、对梁展开的控制能力强、空间梁展开机槭性简单的优点，同时它还具有形状记忆特性，其制备方法工艺操作简单。



1、空间展开三翼梁的形状记忆聚合物复合体，其特征在于它由形状记忆聚合物复合材料层（1）和合金材料层（2）组成，所述的形状记忆聚合物复合材料层（1）的形状为叠加形，形状记忆聚合物复合材料层（1）内铺设电阻丝网（3），在形状记忆聚合物复合材料层（1）的弯曲部位的内侧面上连接有合金材料层（2）。

2、根据权利要求1所述的空间展开三翼梁的形状记忆聚合物复合体，其特征在于所述形状记忆聚合物复合材料层（1）由形状记忆聚合物材料层和纤维增强材料层组成；所述的形状记忆聚合物材料层在形状记忆聚合物复合材料层（1）中的重量百分比含量为40~99%，所述的纤维增强材料层在形状记忆聚合物复合材料层（1）中的重量百分比含量为1~60%。

3、根据权利要求1所述的空间展开三翼梁的形状记忆聚合物复合体，其特征在于所述的形状记忆聚合物材料为形状记忆聚氨酯树脂、聚氨酯类形状记忆聚合物、异氰酸酯类形状记忆聚合物、苯乙烯类形状记忆聚合物、环氧类的热塑性形状记忆聚合物或热固性形状记忆聚合物。

4、根据权利要求1所述的空间展开三翼梁的形状记忆聚合物复合体，其特征在于所述的纤维增强材料为石墨纤维、碳纤维、玻璃纤维、硼纤维、Kevlar纤维或以上纤维织物或以上纤维的短切纤维，以及炭黑、石墨粉或碳纳米管。

5、根据权利要求1所述的空间展开三翼梁的形状记忆聚合物复合体，其特征在于所述的电阻丝网（3）为金属电阻丝网、陶瓷电阻丝网或聚合物电阻丝网。

6、空间展开三翼梁的形状记忆聚合物复合体的制备方法，其特征在于它由下列步骤完成：

步骤一：选择形状记忆聚合物材料和纤维增强材料；

步骤二：将形状记忆聚合物材料与固化剂按比例配比，将配制好的形状记忆聚合物材料涂附在纤维增强材料的正反表面上；

步骤三：在涂附有形状记忆聚合物材料的纤维增强材料表面铺设电阻丝网，再在电阻丝网表面涂附形状记忆聚合物材料，即形成形状记忆聚合物复合材料；

步骤四：将未固化的形状记忆聚合物复合材料放置在真空袋中，抽真空使真空袋内气压达到-0.1MPa，然后用胶带将形状记忆聚合物复合材料及真空袋均匀包裹在模具外表面上进行固化；

步骤五：在热压釜中进行固化，固化温度为 65~85℃，环境湿度为 30~100RH，前期固化时间 8~24 个小时，后期固化温度为 30~65℃之间，时间 12~48 个小时；

步骤六：将固化好的形状记忆聚合物复合材料脱模，并对形状记忆聚合物复合材料毛坯进行裁剪、切割周围不均匀和不整齐的部分；

步骤七：使形状记忆聚合物复合材料弯曲形成叠加形；

步骤八：选择合金材料，合金材料通过表面开孔固定在形状记忆聚合物复合材料弯曲处的内侧面上，形成形状记忆聚合物复合体。

7、根据权利要求 6 所述的空间展开三翼梁的形状记忆聚合物复合体的制备方法，其特征在于步骤四中模具为金属模具，模具的弧度是 130°—180°，模具的长度为其底面圆半径的 10 倍。

## 空间展开三翼梁的形状记忆聚合物复合体及其制备方法

### 技术领域

本发明涉及一种空间展开三翼梁的形状记忆聚合物复合体及其制备方法。

### 背景技术

形状记忆聚合物复合材料空间展开三翼梁是指对空间领域中使用的设备，如RF反射镜，雷达板和光学望远镜中起支撑作用的结构。这样的梁不是固定不变的，在发射过程中是卷曲叠加的，占用的空间非常小，而在空间使用过程中是可以根据需要能够伸缩展开的；三翼梁则是指整个支架梁系统是由三个子梁组成的。对于空间展开梁的结构设计，主要包括两个方面，一个是整体结构的重量设计，这主要取决于材料的选择；但仅仅降低重量是不够的，同时还需要满足力学性能要求，甚至是提高。另一方面是展开机械性操作方面的设计，主要有两类，第一种是管状可伸缩梁，它的展开机械性简单，但是比较笨重；还有是轴环连接梁，这种梁的整体重量轻，但是展开机械性比较复杂，并且存在展开可靠性的问题，同时由于这种梁选用的是金属或不锈钢材料，存在卷曲收缩时材料内部产生大的应变能造成系统不稳定。为解决上述空间展开梁存在的种种问题，需要选择新型材料。综上所述，形状记忆聚合物作为具有形状记忆特性的新型智能材料，就具有这样的属性被应用在空间展开梁中。但形状记忆聚合物作为聚合物具有输出强度低的缺点，然而当形状记忆树脂与纤维增强相复合而成复合材料时，就可以有比金属和无机材料更高的比强度和比模量的性能。形状记忆聚合物的形状记忆特性使展开梁具有了形状记忆特性，增加了对梁展开的控制，降低了空间梁展开机械性的复杂性，提高了展开可靠性问题。

### 发明内容

为了解决现有的空间展开梁存在的材料重量大、展开机械性复杂和展开伸缩过程控制不稳定以及其制造工艺复杂的问题，本发明提供了一种空间展开三翼梁的形状记忆聚合物复合体及其制备方法。

本发明的空间展开三翼梁的形状记忆聚合物复合体由形状记忆聚合物复合材料层和合金材料层组成，所述的形状记忆聚合物复合材料层的形状为叠加形，形状记忆聚合物复合材料层内铺设有电阻丝网，在形状记忆聚合物复合材料层

的弯曲部位的内侧面上连接有合金材料层。

本发明的空间展开三翼梁的形状记忆聚合物复合体的制备方法由下列步骤完成：

步骤一：选择形状记忆聚合物材料和纤维增强材料；

步骤二：将形状记忆聚合物材料与固化剂按比例配比，将配制好的形状记忆聚合物材料涂附在纤维增强材料的正反表面上；

步骤三：在涂附有形状记忆聚合物材料的纤维增强材料的表面铺设电阻丝网，再在电阻丝网表面涂附形状记忆聚合物材料，即形成形状记忆聚合物复合材料；

步骤四：将未固化的形状记忆聚合物复合材料放置在真空袋中，抽真空使真空袋内气压达到-0.1MPa，然后用胶带将形状记忆聚合物复合材料及真空袋均匀包裹在模具外表面上进行固化；

步骤五：在热压釜中进行固化，固化温度为 65~85℃，环境湿度为 30~100RH，前期固化时间 8~24 个小时，后期固化温度为 30~65℃之间，时间 12~48 个小时；

步骤六：将固化好的形状记忆聚合物复合材料脱模，并对形状记忆聚合物复合材料毛坯进行裁剪，切割周围不均匀和不整齐的部分；

步骤七：使形状记忆聚合物复合材料弯曲形成叠加形；

步骤八：选择合金材料，合金材料通过表面开孔固定在形状记忆聚合物复合材料弯曲处的内侧面上，形成形状记忆聚合物复合体。

本发明的空间展开三翼梁的形状记忆聚合物复合体具有比强度高、比模量高、材料重量小、对梁展开的控制能力强、空间梁展开机械性简单和展开可靠性高的优点，同时它还具有形状记忆特性。本发明的空间展开三翼梁的形状记忆聚合物复合体的制备方法具有工艺操作简单的特点。

## 附图说明

图 1 是形状记忆聚合物复合体脱模后的结构示意图，图 2 是空间展开三翼梁的形状记忆聚合物复合体的结构示意图，图 3 是空间展开三翼梁的结构示意图。

## 具体实施方式

具体实施方式一：下面结合图 1 和图 2 具体说明本实施方式，本实施方式

由形状记忆聚合物复合材料层1和合金材料层2组成，所述的形状记忆聚合物复合材料层1的形状为叠加形，形状记忆聚合物复合材料层1内铺设有电阻丝网3，在形状记忆聚合物复合材料层1的弯曲部位的内侧面上连接有合金材料层2。一个完整的空间展开三翼梁的形状记忆聚合物复合体的收缩过程：形状记忆聚合物复合体内的合金材料层是与纵梁4相接的，对形状记忆聚合物复合材料层内置电阻丝网通电使结构达到形状记忆聚合物复合材料的形状转变温度，此时形状记忆聚合物复合材料层在外力驱动作用下达到展开状态；要保持展开状态，则在保持外力的条件下，停止对电阻丝网通电加热，以降低温度至形状记忆复合材料层的形状转变温度以下；要恢复到叠加状态，则撤除外力，重新给电阻丝网通电加热使形状记忆复合材料层达到形状转变温度，这时形状记忆复合材料层将自动地恢复到原来的叠加状态。

具体实施方式二：下面具体说明本实施方式，本实施方式中所述形状记忆聚合物复合材料层1由形状记忆聚合物材料层和纤维增强材料层组成；所述的形状记忆聚合物材料层在形状记忆聚合物复合材料层1中的重量百分比含量为40~99%，所述的纤维增强材料层在形状记忆聚合物复合材料层1中的重量百分比含量为1~60%，其它组成及连接关系同具体实施方式一。

具体实施方式三：下面具体说明本实施方式，本实施方式中所述的形状记忆聚合物材料为形状记忆聚氨酯树脂、聚氨酯类形状记忆聚合物、异氰酸酯类形状记忆聚合物、苯乙烯类形状记忆聚合物、环氧类的热塑性形状记忆聚合物或热固性形状记忆聚合物，其它组成及连接关系同具体实施方式二。

具体实施方式四：下面具体说明本实施方式，本实施方式中所述的纤维增强材料为石墨纤维、碳纤维、玻璃纤维、硼纤维、Kevlar纤维或以上纤维织物或以上纤维的短切纤维，以及炭黑、石墨粉或碳纳米管，其它组成及连接关系同具体实施方式二。

具体实施方式五：下面具体说明本实施方式，本实施方式中所述的电阻丝网3为金属电阻丝网、陶瓷电阻丝网或聚合物电阻丝网。

如图3所述，上述实施方式中的空间展开三翼梁的形状记忆聚合物复合体通过表面上的孔固定在纵梁4上，可在纵梁上上下移动，其在发射过程中是卷曲叠加的，占用的空间非常小，在空间使用过程中可以根据需要伸缩展开，三组复合体通过弯曲处的孔固定在纵梁4上，形成空间展开三翼梁。

具体实施方式六：下面结合图 1、图 2 和图 3 具体说明本实施方式，本实施方式由下列步骤完成：

步骤一：选择形状记忆聚合物材料和纤维增强材料；本实施例中采用的是苯乙烯类热固性形状记忆聚合物，因为热固性聚合物具有优良的耐温和耐环境性，纤维增强材料采用碳纤维织布，型号为 T-300；

步骤二：将形状记忆聚合物材料与固化剂按比例配比，将配制好的形状记忆聚合物材料涂附在纤维增强材料的正反表面上，形状记忆聚合物复合材料的密度小于  $2\text{g/cm}^2$ ；本实施方式中形状记忆聚合物材料与固化剂按 28: 1 配比，纤维增强材料的层数和铺层方向可以根据要求设置；

步骤三：在涂附有形状记忆聚合物材料的纤维增强材料的表面铺设电阻丝网，再在电阻丝网表面涂附形状记忆聚合物材料，即形成形状记忆聚合物复合材料；

步骤四：将未固化的形状记忆聚合物复合材料放置在真空袋中，抽真空使真空袋内气压达到-0.1MPa，然后用胶带将形状记忆聚合物复合材料及真空袋均匀包裹在模具外表面上进行固化，这样可以进一步降低复合材料的厚度；

步骤五：在热压釜中进行固化，固化温度为 65~85°C，环境湿度为 30~100RH，前期固化时间 8~24 个小时，后期固化温度为 30~65°C 之间，时间 12~48 个小时；

步骤六：将固化好的形状记忆聚合物复合材料脱模，并对形状记忆聚合物复合材料毛坯进行裁剪、切割周围不均匀和不整齐的部分；

步骤七：使形状记忆聚合物复合材料弯曲形成叠加形；

步骤八：选择合金材料，合金材料通过表面开孔固定在形状记忆聚合物复合材料弯曲处的内侧面上，形成形状记忆聚合物复合体。

具体实施方式七：本实施方式步骤三中模具为金属模具，模具的弧度是  $130^\circ$ — $180^\circ$ ，模具的长度为其底面圆半径的 10 倍，本实施例中模具采用圆柱体模具，其底面半径为 20mm，长度为 200mm，其它步骤同具体实施方式五。采用这样的模具有能够保证固化后的复合材料的力学性能受到外边界作用的影响最小，同时复合材料的曲率半径的大小也决定着材料在结构中的输出力的大小和作用面积。

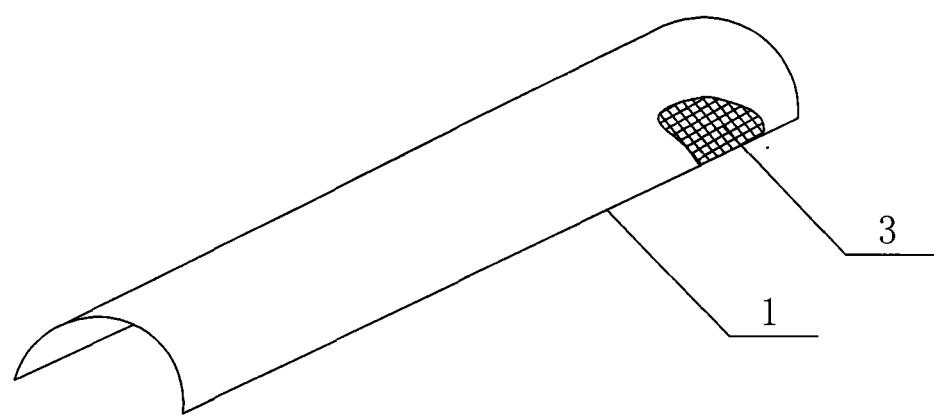


图1

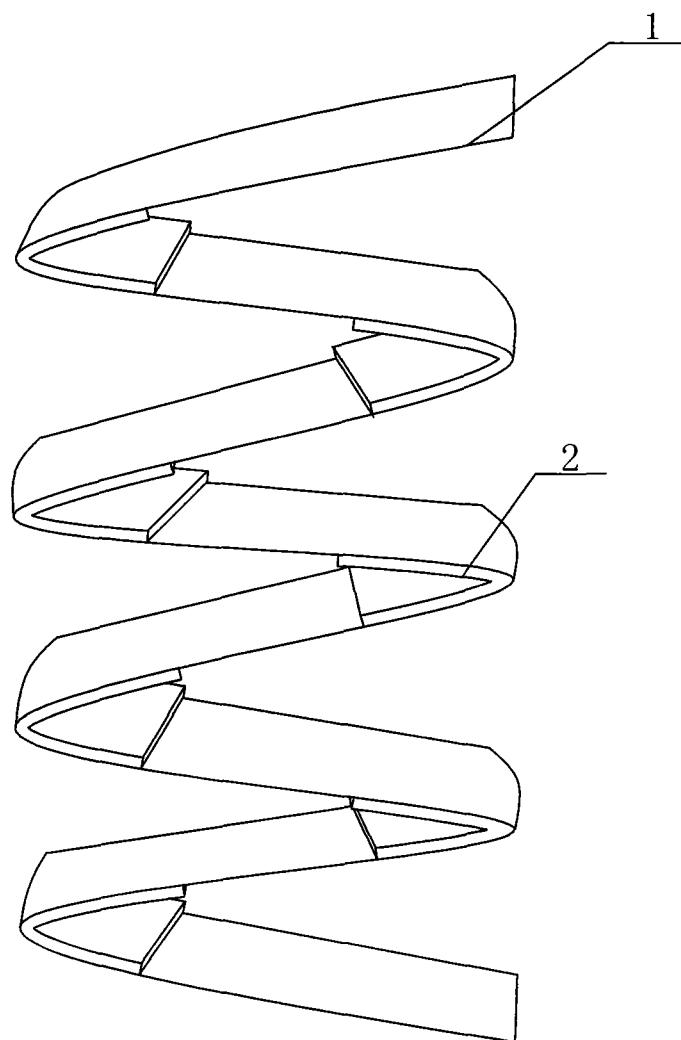


图2

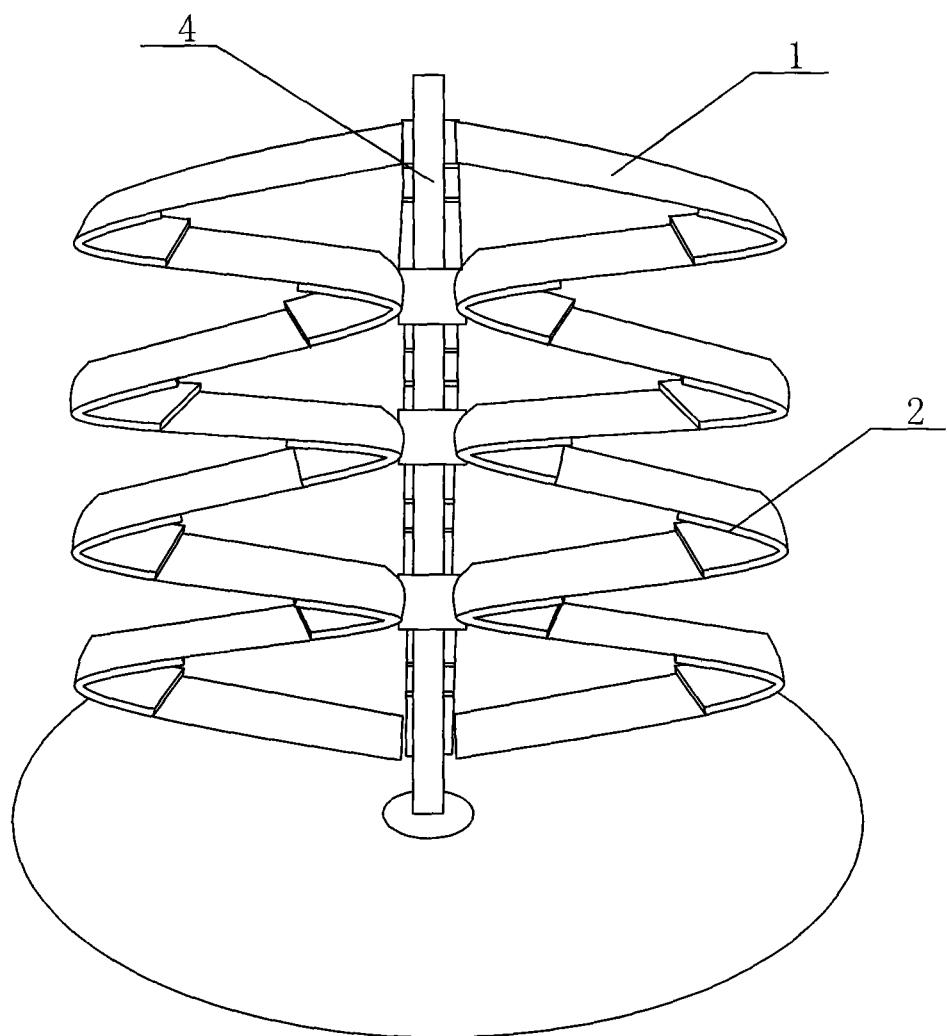


图3