



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 111692270 B

(45) 授权公告日 2021.08.03

(21) 申请号 202010575614.8

B60R 19/18 (2006.01)

(22) 申请日 2020.06.22

审查员 吴姣姣

(65) 同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 111692270 A

(43) 申请公布日 2020.09.22

(73) 专利权人 湖北汽车工业学院

地址 442002 湖北省十堰市红卫教育口车
城西路167号

(72) 发明人 刘宇 郝琪 田钰楠 毛怡

崔宏伟

(74) 专利代理机构 北京金智普华知识产权代理

有限公司 11401

代理人 杨传武

(51) Int. Cl.

F16F 15/00 (2006.01)

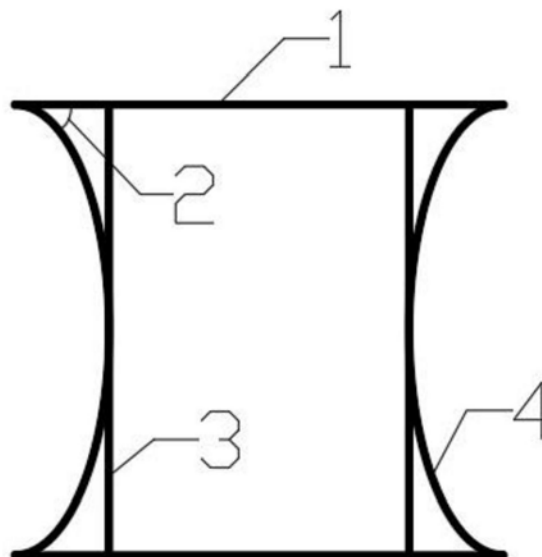
权利要求书1页 说明书4页 附图6页

(54) 发明名称

一种负泊松比胞元及其蜂窝结构

(57) 摘要

本发明公开了一种负泊松比胞元及其蜂窝结构,该负泊松比胞元包括六条边,其中左右侧为弧边,上下侧为长边,胞元内部存在两条内竖杆,内竖杆分别与左右侧的弧边相接,胞元结构整体为上下左右对称分布。将胞元与蜂窝结构结合可以得到性能表现更强的蜂窝堆叠结构,相邻列胞元使用连接杆进行连接,得到了可应用于不同应用场景的二维及三维蜂窝结构。相较于传统结构,其在受到外部载荷时,内部与弧边相接的竖杆可抵抗弧边变形,从而实现更高的吸能抗冲击及承载性能。本发明克服了传统负泊松比结构内部空隙过大、两侧凹角变形失稳且承载力差的缺陷,抗冲击及承载吸能能力更优,结构简单有效,使用胞元设计的蜂窝结构具有更加广泛的应用范围。



1. 一种负泊松比胞元,其特征在於:该负泊松比胞元包括六条边,其中左右侧为弧边,上下侧为长边,胞元内部存在两条内竖杆,内竖杆分别与左右侧的弧边相接,胞元结构整体为上下左右对称分布;所述弧边向胞元内部凹陷,弧边与长边相交处形成四个弧夹角。

2. 根据权利要求1所述的一种负泊松比胞元,其特征在於:在受到上部载荷压缩时,在载荷压缩方向及垂直载荷方向,结构变形模式皆呈现出向中收缩的形式;在受到载荷拉伸时,结构变形模式皆向外部进行膨胀。

3. 根据权利要求1所述的一种负泊松比胞元,其特征在於:所述弧夹角的取值范围为 10° - 90° 。

4. 根据权利要求1所述的一种负泊松比胞元,其特征在於:所述长边和弧边的截面形状尺寸以及厚度均相同。

5. 根据权利要求1-4中任一项所述的一种负泊松比胞元,其特征在於:该胞元结构每条边所采用的截面形状包括四边形或圆形。

6. 一种蜂窝结构,其特征在於:该蜂窝结构通过如权利要求1-5中任一项所述的一种负泊松比胞元排列组合而成。

7. 根据权利要求6所述的一种蜂窝结构,其特征在於:该蜂窝结构沿横向排列若干列,沿纵向排列若干行。

8. 根据权利要求7所述的一种蜂窝结构,其特征在於:每一列中,相邻两个胞元通过连接边连接,所述连接边连接相邻两个胞元的弧边依次进行排列组合;每一行中,相邻胞元通过共用一条长边进行排列组合。

9. 根据权利要求6所述的一种蜂窝结构,其特征在於:该蜂窝结构通过立体胞元结构排列组合而成,每个立体胞元结构均由两个正交的负泊松比胞元组合成,该立体胞元共有四条弧边,在弧边处使用连接边向两个平面方向扩展排列,在另一平面方向则使用共用长边排列方式。

一种负泊松比胞元及其蜂窝结构

技术领域

[0001] 本发明属于新材料技术领域,具体涉及一种负泊松比胞元以及胞元构成的蜂窝结构。

背景技术

[0002] 自然界广泛应用的材料及结构一般具有正泊松比,其在受到单轴拉伸时横截面面积变小,压缩时横截面面积增大。Lakes首次通过对聚氨酯泡沫的热处理得到了负泊松比(Negative poisson's ratio,NPR)泡沫材料,1989年Evans等在研究具有微孔结构的聚四氟乙烯中实现了负泊松比效应,并将其命名为拉胀材料。与传统材料相比,具有负泊松比效应的拉胀材料在受到拉伸时会发生侧向膨胀,这种反常的“拉胀”行为使负泊松比蜂窝材料具有更高的抗冲击、抗剪、能量吸收能力。在汽车碰撞中负泊松比结构在有效吸能的同时,材料出现收缩压实,有效减小压溃量,极大地调节了吸能与压溃距离间的矛盾,具有良好吸能及耐撞性的负泊松比结构研究对于汽车碰撞保护及轻量化极为重要。

[0003] 在对负泊松比结构的研究中国内外学者针对宏观物理模型进行设计得到了满足负泊松比变形特性的结构。Rothenburg将由竿、滑子和弹簧组成的宏观结构进行部分内凹,实现了负泊松比特性。目前研究较多的为凹角六边形结构,国内外学者对其进行了大量的冲击仿真研究,探讨了其负泊松比变形特性及结构性能。崔世堂等研究了凹角六边形结构的面内冲击动力学特性。Qiang等对凹角六边形等结构进行了对比研究,研究发现凹角六边形虽然具有稳定的能量吸收效果,但由于空隙率过大能量吸收仍未达到理想状态。Wang等将凹角六边形结构与汽车前端吸能盒结合,研究结果表明负泊松比前端保护结构可以提高汽车前端保护性能。

[0004] 现有技术中存在的主要问题和缺陷包括:

[0005] 虽然目前传统的凹角六边形结构在汽车碰撞等领域的应用研究皆表明其具有较好的防护作用,但在研究中传统结构也表现出空隙率较大及两侧凹角变形不稳定的缺陷,其在受到外部载荷时发生变形的速度较快,对外界载荷的抵抗能力较差,承载力不足。

发明内容

[0006] 针对现有技术中存在的上述问题和缺陷,本发明提供了一种负泊松比胞元及其蜂窝结构,相较于传统结构,该胞元在变形时产生的相互抵消作用使胞元整体具有更好的承载与抗外部冲击的能力。单纯的胞元结构在应对复杂的应用场景时具有局限性,故将该胞元结构与目前应用较广的蜂窝结构相结合,由胞元排列组合形成二维或三维蜂窝结构。胞元排列而成的二维蜂窝结构可广泛应用于吸能夹层等平面结构,三维蜂窝结构则可应用于汽车吸能盒等立体填充场景,蜂窝结构在受到外部冲击压缩时结构中胞元皆呈现出典型的负泊松比双向收缩的特性,通过单个胞元的承载及相邻胞元间的组合承载从而表现出更加优越的承载吸能性能。

[0007] 为此,本发明采用了以下技术方案:

[0008] 一种负泊松比胞元,该负泊松比胞元包括六条边,其中左右侧为弧边,上下侧为长边,胞元内部存在两条内竖杆,内竖杆分别与左右侧的弧边相接,胞元结构整体为上下左右对称分布。

[0009] 优选地,在受到上部载荷压缩时,在载荷压缩方向及垂直载荷方向,结构变形模式皆呈现出向中收缩的形式;在受到载荷拉伸时,结构变形模式皆向外部进行膨胀。

[0010] 优选地,所述弧边向内部凹陷,弧边与长边相交处形成四个弧夹角。

[0011] 优选地,所述弧夹角的取值范围为 10° - 90° 。

[0012] 优选地,所述长边和弧边的截面形状尺寸以及厚度均相同。

[0013] 优选地,该胞元结构每条边所采用的截面形状包括四边形、圆形。

[0014] 一种蜂窝结构,该蜂窝结构通过上述的一种负泊松比胞元排列组合而成。

[0015] 优选地,该蜂窝结构沿横向排列若干列,沿纵向排列若干行。

[0016] 进一步地,每一列中,相邻两个胞元通过连接边连接,所述连接边连接相邻两个胞元的弧边依次进行排列组合;每一行中,相邻胞元通过共用一条长边进行排列组合。

[0017] 优选地,该蜂窝结构通过立体胞元结构排列组合而成,每个立体胞元结构均由两个正交的负泊松比胞元组合成,该立体胞元共有四条弧边,在弧边处使用连接边向两个平面方向扩展排列,在另一平面方向则使用共用长边排列方式。

[0018] 与现有技术相比,本发明的有益效果是:

[0019] (1) 胞元在受到外部压力时,两侧弧边会沿着弧弯曲方向向内部收缩,传统凹角六边形结构内部无任何结构,空隙过大,在受到冲击时左右侧变形较为剧烈,本发明所设计的结构在内部加入了与弧边相接的竖杆,其在弧边向内部收缩时通过竖杆的阻挡从而抵抗弧边变形,从而使弧边变形较为缓慢平稳,胞元结构整体变形平稳,抗冲击能力较为显著,可以通过调节内竖杆的厚度从而实现不同的变形效果,减小内竖杆的厚度后,内竖杆与两侧弧的抵消作用会减弱,此时结构两向收缩形式较快,结构整体的相对密度会增强,从而在受力变形的后期达到更高的承载能力;增大内竖杆的厚度后,抵消作用会增强。

[0020] (2) 使用该胞元设计成的二维与三维蜂窝结构使用连接边可将上述胞元的变形特征进行连接传递,从而达到蜂窝结构整体更加均匀且优越的两向收缩性能,且整体的吸能效果和承载能力更强。

[0021] (3) 利用上述胞元及其蜂窝结构可设计成应用于不同场景的缓冲填充物,也可制成其它防撞抗冲击结构。

附图说明

[0022] 图1是本发明所提供的一种负泊松比胞元的结构示意图。

[0023] 图2是本发明所提供的二维蜂窝结构的连接示意图。

[0024] 图3是排列完整的二维蜂窝结构的结构示意图。

[0025] 图4是受到压力后二维蜂窝结构的变形示意图。

[0026] 图5是传统结构与本发明所提供的二维蜂窝结构的吸能量对比图。

[0027] 图6是传统结构与本发明所提供的二维蜂窝结构的比吸能对比图。

[0028] 图7是传统结构与本发明所提供的二维蜂窝结构的碰撞力对比图。

[0029] 图8是本发明所提供的三维蜂窝结构的连接示意图。

[0030] 图9是排列完整的三维蜂窝结构的结构示意图。

[0031] 附图标记说明:1、长边;2、弧夹角;3、内竖杆;4、弧边;5、连接边。

具体实施方式

[0032] 下面结合附图以及具体实施例来详细说明本发明,其中的具体实施例以及说明仅用来解释本发明,但并不作为对本发明的限定。

[0033] 本发明的目的是得到比传统负泊松比结构承载力及吸能效果更强的结构,从而扩大负泊松比结构的实际应用范围。该结构可以通过多条具有截面厚度的杆组合而成,也可以通过材料打印技术一体成型,其所用材料可以相同也可以不同,材料可为制造常用材料。

[0034] 实施例

[0035] 如图1所示,本发明公开了一种负泊松比胞元结构,其包括两条长边1、四个弧夹角2、两条内竖杆3以及两条弧边4,其中弧夹角2的取值范围为 10° - 90° ,弧夹角2的角度越大,结构整体越接近正方形,在受到冲击时横向变形越大;弧夹角2的角度越小时,胞元变形收缩负泊松比特性越弱,结构整体为对称结构。

[0036] 在受到外部冲击压缩时,长边1在冲击压缩方向上与外部结构相接,然后在外部载荷的作用下在纵向向内部中心发生压缩变形,纵向上胞元尺寸减少,此时长边1变形时将压力传递给弧边4,弧边4沿着弧弯曲方向变形,即两侧弧边4皆向胞元内部中心弯曲变形;弧边4弯曲变形时,由于内竖杆3与弧边4相接,内竖杆3受到弧边4弯曲传递来的力,从而给弧边4反向抵抗力,二者形成了相互抵抗变形的抵消作用,此时胞元结构整体上发生两向收缩的变形形式,具有显著的负泊松比效应,且由于胞元内部的抵消作用,胞元结构两侧弧边4变形更为平稳,结构整体抵抗冲击的能力比传统结构要强,吸能抗冲击提升较为显著,该胞元结构可以通过调节内竖杆3的厚度从而实现不同的变形效果,减小内竖杆3的厚度后,内竖杆3与两侧弧边4的抵消作用会减弱,此时结构两向收缩形式较快,结构整体的相对密度会增强,从而在受力变形的后期达到更高的承载能力;增大内竖杆3的厚度后,抵消作用会增强。

[0037] 图2所示为胞元二维蜂窝结构的连接示意图,该蜂窝结构采用胞元结构进行排列组合,在横向上使用连接边5连接相邻的胞元弧边4,在纵向上则通过胞元共用长边1排列。

[0038] 图3所示为排列完整的胞元二维蜂窝结构示意图,图4所示为受到压力后二维蜂窝结构的变形示意图。二维蜂窝结构在受到压力时每个胞元皆呈现出不同程度的两向收缩变形的负泊松比特性,而连接边5将相邻列胞元组合在一起,此时连接边5起到载荷变形传递作用,蜂窝结构整体上也呈现出明显的负泊松比变形特性,通过对连接边5的调节将得到具有不同变形形式的蜂窝结构。若连接边5过短,此时列与列胞元间的间隙将变得很小,在受到外部冲击压力时连接边5的传递作用极强,蜂窝结构整体收缩形式更强,收缩速度更快,此时内部密度以及硬度较大,从而可以更好的抵抗上下侧传递的冲击力;若连接边5过长,此时列与列胞元间的间隙将变得很大,列与列胞元间的连接边5传递作用较弱,此时蜂窝结构横向基本不呈现出向中心收缩的形式,此时蜂窝结构行与行间的胞元会逐行变形,在上一行胞元充分变形被压扁后传递至下一行,随着行与行胞元的变形蜂窝结构内每一个胞元皆充分变形吸能,此时蜂窝结构整体上的承载力不如连接边5过短时,但其吸能效果极强。适用于一些仅需要平面填充的场景,如夹层板、汽车车门内部等场景。

[0039] 图5所示为传统结构与本发明二维蜂窝结构的吸能量对比图,在相同的仿真条件下,将本发明结构与传统结构进行对比,从吸能量曲线中可以看出,本发明结构吸能量基本为传统结构的两倍,本发明结构具有比传统结构更高的吸能效果。

[0040] 图6所示为传统结构与本发明二维蜂窝结构的比吸能对比图,比吸能表征为吸能量与结构质量的比值,本发明结构的比吸能也远高于传统结构,这意味着本发明结构具有更好的吸能效率。

[0041] 图7所示为传统结构与本发明二维蜂窝结构的碰撞力对比图,传统结构的碰撞力较低,这与其内部空隙大、承载力不足有关,在达到相同的压缩量时传统结构仅需较小的力即可得到,而本发明则需要更高的碰撞力才能使结构变形至相同的压缩量,这表明本发明具有更高的承载能力。

[0042] 图8所示为胞元三维蜂窝结构的连接示意图,使用旋转方式将胞元旋转 90° 后组合成立体胞元结构,该立体胞元共有四条弧边4,在弧边4处使用连接边5向两个平面方向扩展排列,在另一平面方向则使用与二维蜂窝结构相同的共用边排列方式。

[0043] 图9所示为排列完整的胞元三维蜂窝结构的结构示意图,在受到外部压力作用时,在立体空间上除压力传递方向外,其余方向结构皆呈现出与二维蜂窝结构相同的变形特性,适用于一些需要立体填充的场景,如汽车吸能盒、保险杠等场景。

[0044] 以上所述仅为本发明的较佳实施例,并不用于限制本发明,凡在本发明的精神和原则范围之内所作的任何修改、等同替换以及改进等,均应包含在本发明的保护范围之内。

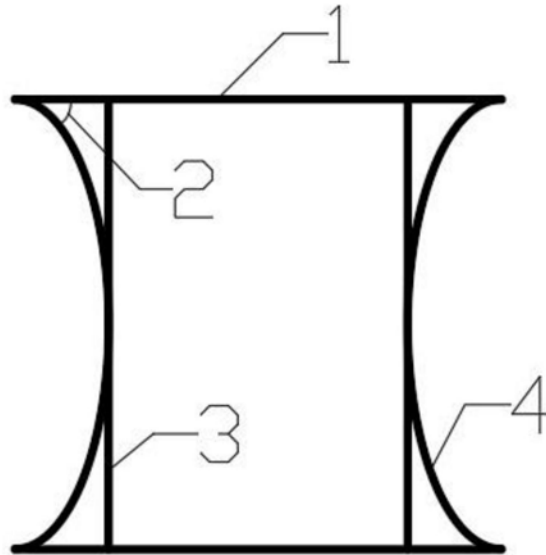


图1

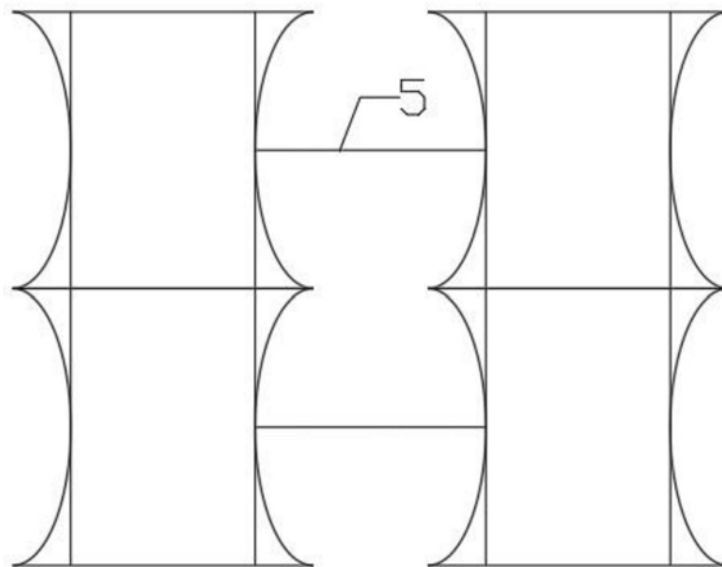


图2

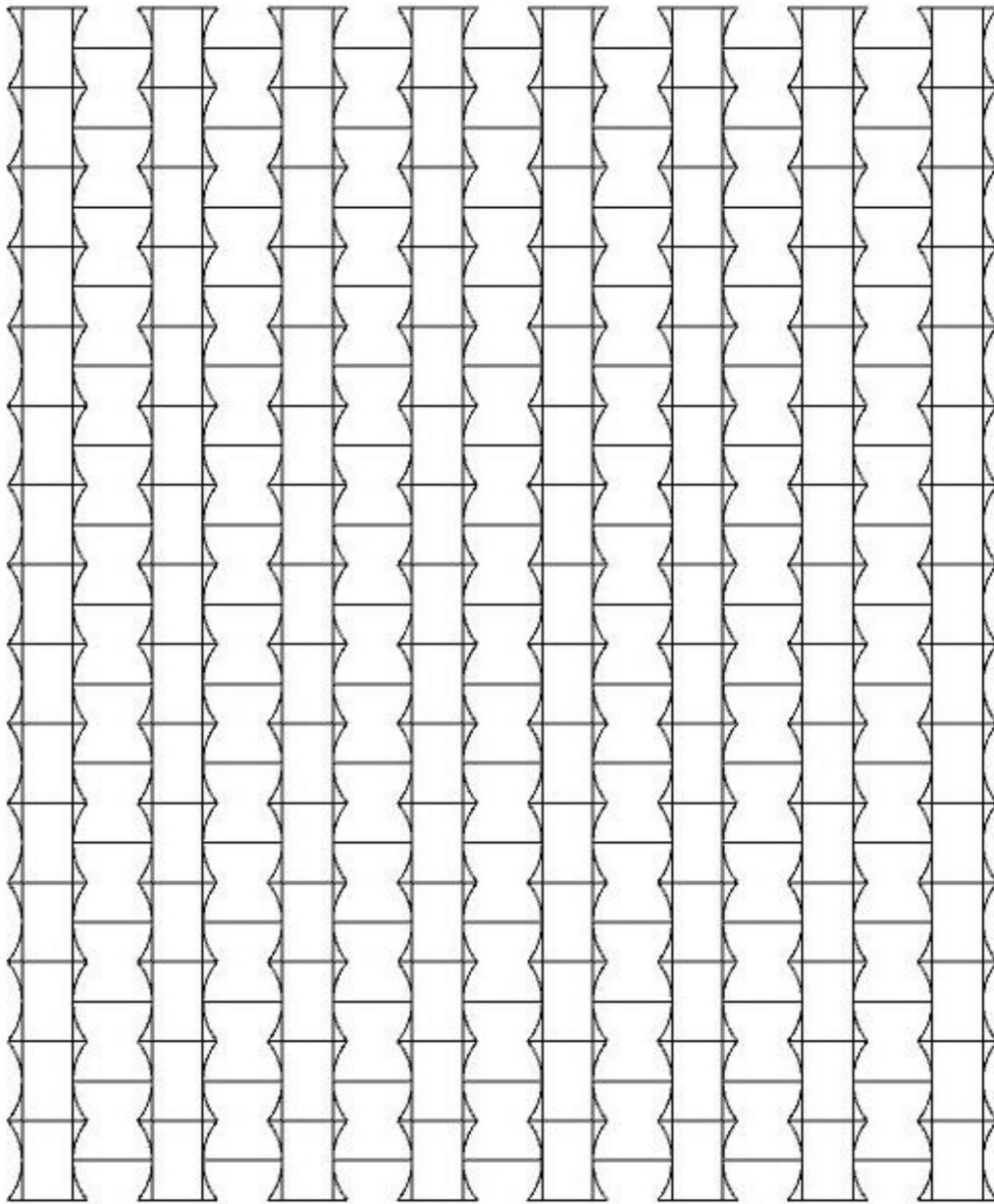


图3

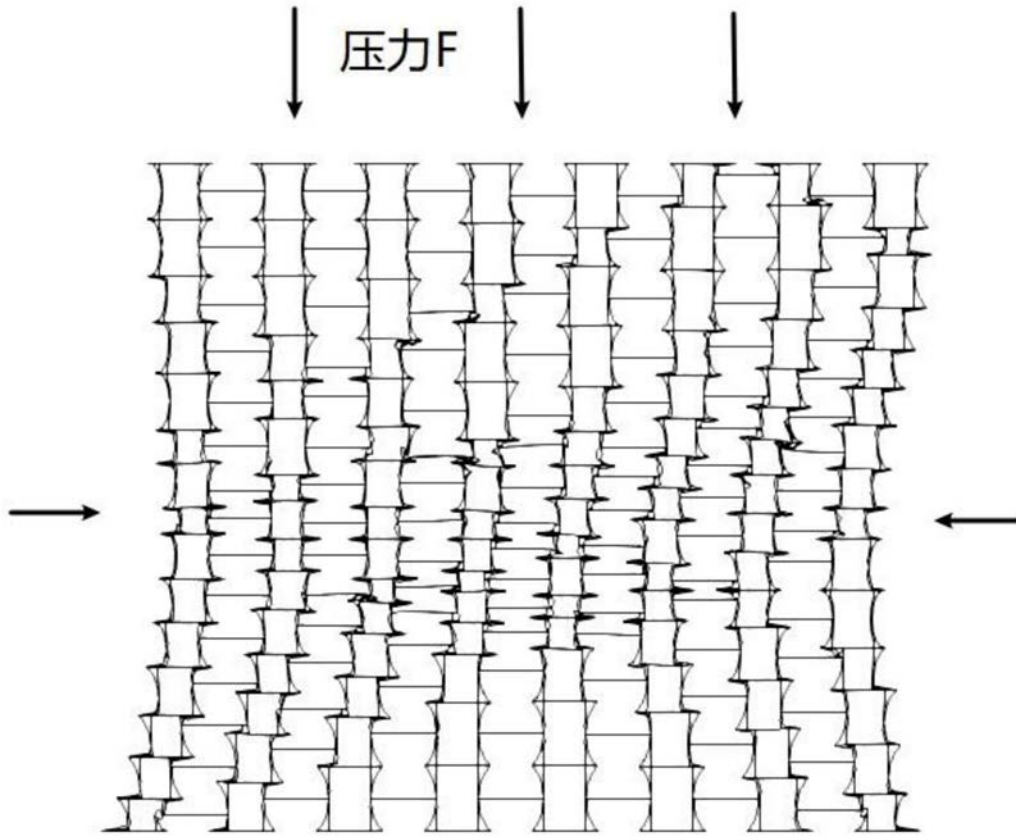


图4

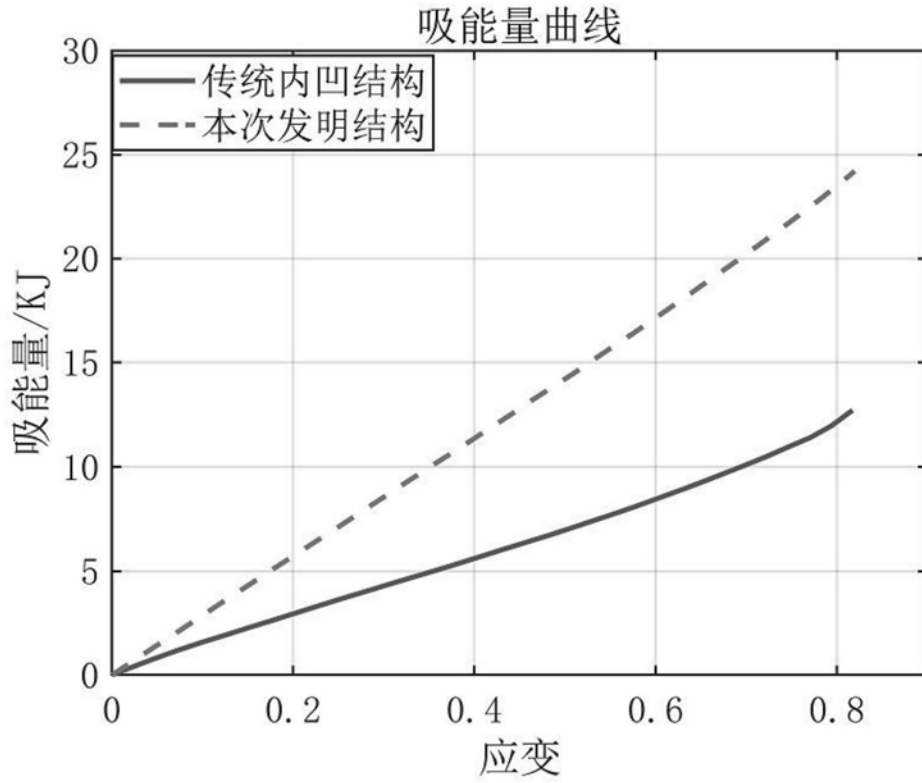


图5

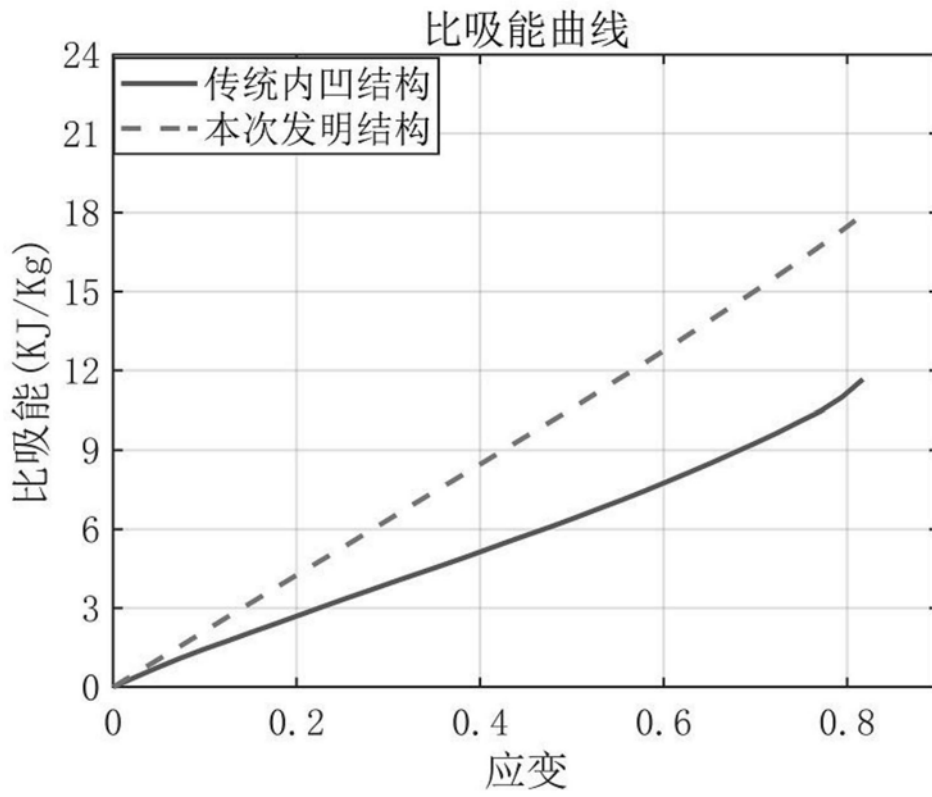


图6

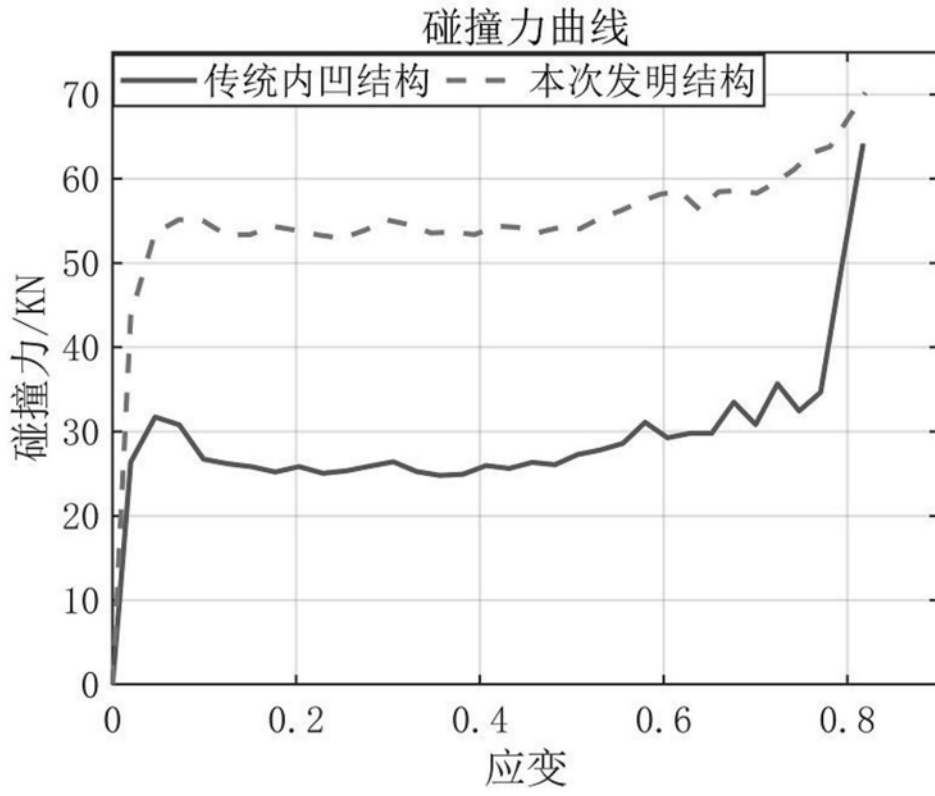


图7

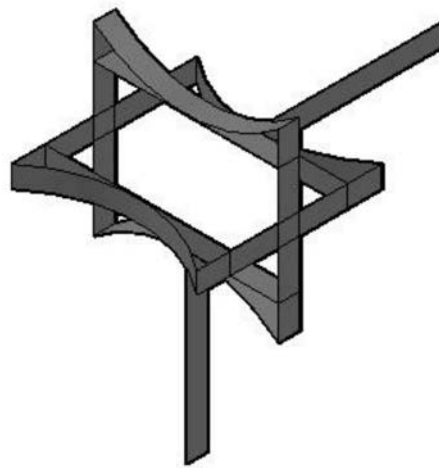


图8

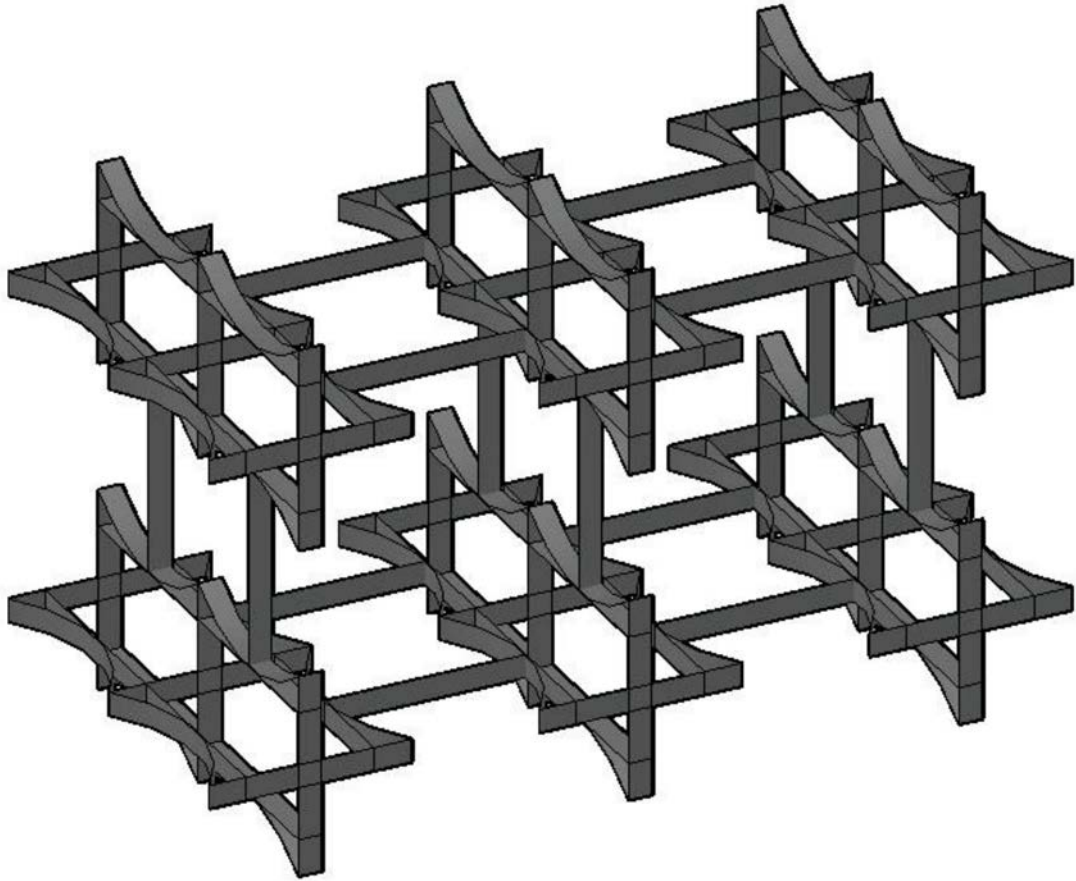


图9