



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 110360389 B

(45) 授权公告日 2020.10.13

(21) 申请号 201910671070.2

(22) 申请日 2019.07.24

(65) 同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 110360389 A

(43) 申请公布日 2019.10.22

(73) 专利权人 中国石油大学(华东)
地址 266580 山东省青岛市黄岛区长江西
路66号
专利权人 威海纳川管材有限公司

(72) 发明人 时晨 夏和萍 王森 孙宝江
付光明

(74) 专利代理机构 济南圣达知识产权代理有限
公司 37221
代理人 赵敏玲

(51) Int.Cl.

F16L 11/08 (2006.01)
F16L 55/165 (2006.01)
B32B 1/08 (2006.01)
B32B 27/04 (2006.01)
B32B 9/00 (2006.01)
B32B 9/04 (2006.01)
B32B 17/04 (2006.01)
B32B 17/06 (2006.01)
B32B 33/00 (2006.01)

审查员 李迅

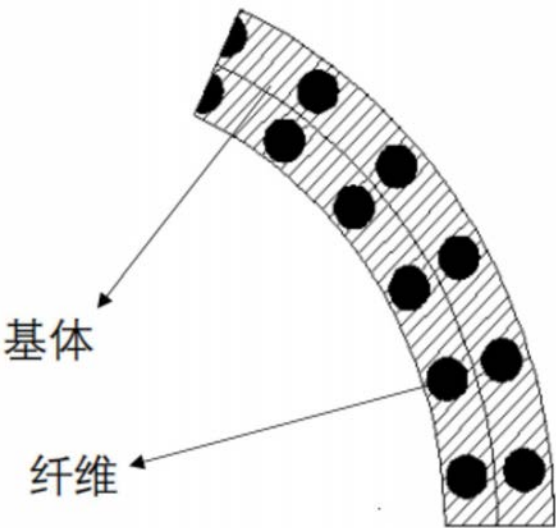
权利要求书1页 说明书5页 附图3页

(54) 发明名称

一种拉胀复合材料管道及输送管路

(57) 摘要

本发明公开了一种拉胀复合材料管道,包括管体,所述管体的管壁包括依次设置的2N层同心的铺层,所述N为大于等于2的正整数,所述每个铺层均包括基体和被嵌在基体内的增强体,其中第n层与第2N+1-n层的铺层对应的增强体与管体轴线的夹角相同;第一层和第2N层的铺层内的增强体与管体轴线平行,其他铺层的增强体均以螺旋缠绕的方式分布在对应铺层的基体中,所述的管体能够在所述2N层铺层的作用下表现出负泊松比特性;通过设置偶数层的且对称布置的铺层,使得管道在整体上表现出负泊松比特性,达到在轴向施加拉力径向能够发生膨胀的效果。



1. 一种拉胀复合材料管道, 其特征在于, 包括管体, 所述管体的管壁包括依次设置的2N层同心的铺层, 所述N为大于等于2的正整数, 所述每个铺层均包括基体和被嵌在基体内的增强体, 其中第n层与第2N+1-n层的铺层对应的增强体与管体轴线的夹角相同; 第一层和第2N层的铺层内的增强体与管体轴线平行, 其他铺层的增强体均以螺旋缠绕的方式分布在对应铺层的基体中, 所述的管体能够在所述2N层铺层的作用下表现出负泊松比特性。

2. 如权利要求1所述的拉胀复合材料管道, 其特征在于, 所述管体在受到轴向拉力时, 内壁和外壁的应变方向均沿径向远离轴心, 其满足:

$$\varepsilon_3 = -\frac{\nu_{12}\sigma_1}{E_1} - \frac{\nu_{23}\sigma_2}{E_2} > 0;$$

其中, ε_3 是沿径向应变, σ_1 是轴向应力, σ_2 是周向应力, E_1 是轴向的弹性模量, E_2 是周向的弹性模量, 第一方向指的是增强体的轴向, 第二方向指的是第一方向所在的管体切面内第一方向的垂线方向, 第三方向指的是管体的径向, ν_{12} 是第一方向和第二方向所在平面内的泊松比, ν_{23} 是第二方向和第三方向所在平面内的泊松比。

3. 如权利要求2所述的拉胀复合材料管道, 其特征在于, 所述的基体选用聚氨酯、聚硅酮、聚丙烯、聚乙烯或环氧树脂材料, 所述的增强体选用碳纤维、玻璃纤维、芳纶纤维材料, 并采用湿法缠绕成型制备每层铺层。

4. 如权利要求3所述的拉胀复合材料管道, 其特征在于, 所述的铺层中的增强体均具有多条, 所述每个铺层中的多条增强体均以管体轴线为对称轴呈中心对称均匀分布在对应的铺层中。

5. 如权利要求2所述的拉胀复合材料管道, 其特征在于, 所述管体内壁的应变量等于管体外壁的应变量。

6. 如权利要求1所述的拉胀复合材料管道, 其特征在于, 每层铺层的厚度均相等, 所述增强体为柔性杆状, 其弹性模量大于基体的弹性模量。

7. 如权利要求1所述的拉胀复合材料管道, 其特征在于, 相邻铺层对应的基体热熔连接。

8. 一种输送管路, 其特征在于, 包括如权利要求1-7任一项所述的拉胀复合材料管道。

9. 如权利要求8所述的输送管路, 其特征在于, 还包括主管道, 用于输送油气, 所述拉胀复合材料管道用于在主管道破损时引入主管道内, 并与主管道同轴设置。

10. 如权利要求9所述的输送管路, 其特征在于, 所述拉胀复合材料管道的直径小于主管道的直径, 所述拉胀复合材料管道用于在轴向两端施加张力使其外壁紧贴主管道内壁。

一种拉胀复合材料管道及输送管路

技术领域

[0001] 本发明属于特种管道领域,具体涉及一种拉胀复合材料管道及输送管路。

背景技术

[0002] 在管道输送领域,尤其是油气运输管道应用过程中,钢管以其易加工、刚度大的优点常作为主要输送管道,但是,其具有耐腐蚀性差、重量大难以运输,以及安装效率低、维护成本高的缺点;随着高分子材料的发展和进步,柔性管道中的纤维增强等复合材料管道逐渐取代钢管的使用,其弯曲柔性好,易于铺设,可回收,工期短,成本相对较低,并且克服了金属管道易腐蚀的问题。

[0003] 发明人发现,随着柔性输送管道的利用,其在输送过程中也出现了因管道内压力和管道外压力导致的形变问题;管道内压力过大时,由于其径向的泊松比为正值,管壁材料由于周向膨胀,随着管道内部压力的扩展,管壁厚度区域减小,从而导致环向应力增加,最终导致管道破裂;在管道外部受压时,壁厚变薄,管道的轴向长度会增加,无法保持拉紧状态,从而会在外力作用下引起管道的塌陷和屈曲,从而导致管道系统的塌陷。

[0004] 负泊松比特性与泊松比特性相反,负泊松比特性是指受拉伸时,材料在弹性范围内横向发生膨胀;而受压缩时,材料的横向反而发生收缩;市面上虽然具有负泊松比效应的材料,但是这类材料均为板材,并没有形成闭合环形的管道类负泊松比材料。

发明内容

[0005] 本发明为了解决上述技术问题,本发明提供一种拉胀复合材料管道及输送管路,通过将多层铺层的角度进行匹配,使其在周向上对应轴向的拉伸和压缩呈现负泊松比特性,从而达到具有拉胀功能的管道,并且能够将其利用到各类输送管路中,使管路的质量和承载能力进一步提高。

[0006] 为了达到上述目的,本发明采用以下技术方案:

[0007] 一种拉胀复合材料管道,包括一个管体,所述管体的管壁包括依次设置的2N层同心的铺层,所述N为大于等于2的正整数,所述每个铺层均包括基体和被嵌在基体内的增强体,其中第n层与第2N+1-n层的铺层对应的增强体与管体轴线的夹角相同;第一层和第2N层的铺层内的增强体与管体轴线平行,其他铺层的增强体均以螺旋缠绕的方式分布在对应铺层的基体中,所述的管体能够在所述2N层铺层的作用下表现出负泊松比特性。

[0008] 所述管体在受到轴向拉力时,内壁和外壁的应变方向均沿径向远离轴心,其满足:

$$[0009] \quad \varepsilon_3 = -\frac{\nu_{12}\sigma_1}{E_1} - \frac{\nu_{23}\sigma_2}{E_2} > 0;$$

[0010] 其中, ε_3 是沿径向应变, σ_1 是轴向应力, σ_2 是周向应力, E_1 是轴向的弹性模量, E_2 是周向的弹性模量,第一方向指的是增强体的轴向,第二方向指的是1方向所在的管体切面内第一方向的垂线方向,第三方向指的是管体的径向, ν_{12} 是第一方向和第二方向所在平面内的泊松比, ν_{23} 是第二方向和第三方向所在平面内的泊松比。

[0011] 更进一步地,所述的基体选用聚氨酯、聚硅酮、聚丙烯、聚乙烯或环氧树脂材料,所述的增强体选用碳纤维、玻璃纤维或芳纶纤维材料,采用湿法缠绕成型制备每层铺层。

[0012] 更进一步地,所述的每层铺层中的增强体均具有多条,所述铺层中的多条增强体均以管体轴线为对称轴呈中心对称均匀分布在对应的铺层中。

[0013] 更进一步地,所述管体内壁的应变变量等于管体外壁的应变变量。

[0014] 更进一步地,每层铺层的厚度均相等,所述增强体为柔性杆状,其弹性模量大于基体的弹性模量。

[0015] 更进一步地,相邻铺层对应的基体热熔连接。

[0016] 本发明还提供一种输送管路,所述输送管路包括上述的拉胀复合材料管道。

[0017] 更进一步地,还包括主管道,用于输送油气,所述拉胀复合材料管道用于在主管道破损时引入主管道内,并与主管道同轴设置。

[0018] 更进一步地,所述拉胀复合材料管道的直径小于主管道的直径,所述拉胀复合材料管道用于在轴向两端施加张力使其外壁紧贴主管道内壁。

[0019] 本发明和现有技术相比,拥有以下有益技术效果:

[0020] 1.通过设置偶数层的且对称布置的铺层,使得管道在整体上表现出负泊松比特性,达到在轴向施加拉力径向能够发生膨胀的效果;

[0021] 2.在管道内部受到压力时,能够表现出负泊松比特性,从而使其在周向发生膨胀,从而使管壁随着内部压力的增大而变厚,从而提高了抗破裂能力;

[0022] 3.在管道外部受到压力时,管道轴向产生收缩,使其壁厚增大,从而克服了管道在外力作用下的塌陷或屈曲,使其能够承受管道系统的塌陷;

[0023] 4.能够作为内衬对现有的待修补管道进行修复,通过将直径略小的管道引入待修补管道中,然后对其轴向进行拉伸,从而使其径向发生膨胀,使其外壁紧贴待修补管道内壁,进而将拉胀复合材料管道锁定在待修补管道内。

附图说明

[0024] 构成本申请的一部分的说明书附图用来提供对本申请的进一步理解,本申请的示意性实施例及其说明用于解释本申请,并不构成对本申请的不当限定。

[0025] 图1是本发明实施例1的基体和增强体的结构示意图;

[0026] 图2是本发明实施例1的铺层角度示意图;

[0027] 图3是本发明实施例1的管体径向应变分布图;

[0028] 图4是本发明实施例1以环氧树脂为基体的负泊松比值的曲线图;

[0029] 图5是本发明实施例1以聚氨酯为基体的负泊松比值的曲线图;

[0030] 图6是本发明实施例2中钢管和拉胀复合材料管道在内压工况下的变形示意图。

具体实施方式

[0031] 应该指出,以下详细说明都是例示性的,旨在对本申请提供进一步的说明。除非另有指明,本文使用的所有技术和科学术语具有与本申请所属技术领域的普通技术人员通常理解的相同含义。

[0032] 需要注意的是,这里所使用的术语仅是为了描述具体实施方式,而非意图限制根

据本申请的示例性实施方式。如在这里所使用的,除非上下文另外明确指出,否则单数形式也意图包括复数形式,此外,还应当理解的是,当在本说明书中使用术语“包含”和/或“包括”时,其指明存在特征、步骤、操作、器件、组件和/或它们的组合。

[0033] 为了方便叙述,本发明中如果出现“上”、“下”、“左”“右”字样,仅表示与附图本身的上、下、左、右方向一致,并不对结构起限定作用,仅仅是为了便于描述本发明和简化描述,而不是指示或暗示所指的设备或元件必须具有特定的方位,以特定的方位构造和操作,因此不能理解为对本发明的限制。

[0034] 术语解释部分:本发明中的术语“安装”、“相连”、“连接”、“固定”等术语应做广义理解,例如,可以是固定连接,也可以是可拆卸连接,或为一体;可以是机械连接,也可以是电连接,可以是直接连接,也可以是通过中间媒介间接相连,可以是两个元件内部连接,或者两个元件的相互作用关系,对于本领域的普通技术人员而言,可以根据具体情况理解上述术语在本发明的具体含义。

[0035] 正如背景技术中所介绍的,现有柔性输送管道的利用,其在输送过程中也出现了因管道内压力和管道外压力导致的形变问题;管道内压力过大时,由于其径向的泊松比为正值,管壁材料由于周向膨胀,随着管道内部压力的扩展,管壁厚度区域减小,从而导致环向应力增加,最终导致管道破裂;在管道外部受压时,壁厚变薄,管道的轴向长度会增加,无法保持拉紧状态,从而会在外力作用下引起管道的塌陷和屈曲,从而导致管道系统的塌陷,为了解决上述技术问题,本申请提出了一种拉胀复合材料管道及输送管路。

[0036] 实施例1

[0037] 本发明的一种典型实施案例:提供一种拉胀复合材料的管道。

[0038] 材料通过湿法缠绕成型,将连续碳纤维浸渍聚氨酯或环氧树脂后,在一定的张力作用下按需要铺设的角度螺旋缠绕到芯模上,然后加热固化成型。

[0039] 所述的管道包括一段管体,所述管体的管壁包括依次设置的2N层同心的铺层,所述N为大于等于2的正整数,即最少为4层铺层,所述每个铺层均包括基体和被嵌在基体内的增强体,其中第n层与第2N+1-n层的铺层对应的增强体与管体轴线的夹角相同,即靠近轴心的N层铺层和远离轴心的另外N层铺层的角度分布时对称的;所述第一层和第2N层的铺层内的增强体与管体轴线平行,其他铺层的增强体均以螺旋缠绕的方式分布在对应铺层的基体中,所述的管体能够在所述2N层铺层的作用下表现出负泊松比特性,即在轴向对管体进行拉伸时,其径向会发生膨胀;

[0040] 当然,可以理解的是,本申请区别于现有的具有负泊松比特性的板件结构,板件结构在直接通过弯折对接所形成的管状结构并不能表现出轴向拉伸径向膨胀的对应关系,而本申请正是通过对铺层角度和材料的改变,实现管状结构下的负泊松比特性。

[0041] 其原理如下:由于剪切-拉伸耦合特性,当内部剪应力作用于偏轴层时,会引起拉伸。正是这种拉伸使试样变宽,使层合板具有负泊松比,这也是基于平面应力下厚度方向应变表达式来解释的:

$$[0042] \quad \varepsilon_3 = -\frac{\nu_{12}\sigma_1}{E_1} - \frac{\nu_{23}\sigma_2}{E_2} > 0; \quad (1)$$

[0043] 其中, ε_3 是沿径向应变, σ_1 是轴向应力, σ_2 是周向应力, E_1 是轴向的弹性模量, E_2 是周向的弹性模量,第一方向指的是增强体的轴向,第二方向指的是1方向所在的管体切面内第

一方向的垂线方向,第三方向指的是管体的径向, v_{12} 是第一方向和第二方向所在平面内的泊松比, v_{23} 是第二方向和第三方向所在平面内的泊松比;

[0044] 根据等式(1), ε_3 的值为平面外方向的应变,其可以是正值也可以是负值,取决于 σ_1 (轴向应力)和 σ_2 (周向应力)的符号和大小,在特定的限位取向层复合材料中, σ_2 可以具有高度压缩的状态,因此, ε_3 能够正值,从而允许复合材料在径向向外膨胀。

[0045] 所述管体的内壁和外壁均发生膨胀,并且在不受外力限制的情况下,所述外壁和内壁均沿径向向远离轴心的方向扩展,即管体的外壁和内壁直径均较原状态增加。

[0046] 在本实施例中,管体材料是以碳纤维作为增强体、聚氨酯作为基体复合而成的纤维增强复合材料,其纤维铺层不同于具有负泊松比特性的板件结构中的平面铺设,而是以螺旋缠绕的方式与基体通过预浸料复合在一起,如图1所示其截面示意图,阴影部分为聚氨酯基体,黑色部分为碳纤维增强体。

[0047] 所述的N取4,即该管体共有8层铺层,如图2所示,其铺层的角度依次为 0° 、 15° 、 75° 、 15° 、 15° 、 75° 、 15° 、 0° ,每层铺层中碳纤维的体积比为42.1%;

[0048] 为了验证其负泊松比特性,用仿真软件ABAQUS模拟其轴向拉伸状态下径向应变的变化。如图3所示,以管体一个端面中心为坐标原点,轴线所在方向为Z轴,并在该端面上配置相互垂直的X轴和Y轴,向施加0.15%的拉伸应变后,径向位移的分布如图所示,E22为径向应变,根据泊松比的定义:

$$[0049] \quad v_{xy} = \frac{-\varepsilon_z}{\varepsilon_x};$$

[0050] 显然该结构具有负泊松比特性。

[0051] 当然,可以理解的是,所述的基体还可以为环氧树脂材料,同样采用湿法缠绕成型制备每层铺层;并且,相邻的铺层在不同角度下所表现出的泊松比特性是不同的,对于环氧树脂作为基体的管道来说,如附图4所示,其中 θ 为第n层铺层内的增强体与轴线的夹角, α 为第n+1层铺层内的增强体与轴线的夹角,其中 $1 < n < N$,图4中所示的泊松比值小于0部分,对应的 θ 和 α 的值均满足拉胀特性;

[0052] 对于基体为聚氨酯材料的管体来说,相较于环氧树脂材料的基体能够实现更大的负泊松比,如图5所示,就图中所示,在 θ 和 α 分别取值 3° 和 30° 时,能够获取较大的负泊松比值。当然,采用更大硬度的增强体或采用更高体积分数的增强体能够进一步得到更大的负泊松比值。

[0053] 进一步的,所述的每层铺层中的碳纤维均具有多条,所述每个铺层中的多条碳纤维均以管体轴线为对称轴呈中心对称均匀分布在对应的铺层中;所述每层铺层的厚度均相等,所述增强体为柔性杆状,其弹性模量大于基体的弹性模量;所述相邻铺层对应的基体热熔连接。

[0054] 负泊松比的大小表征了径向膨胀的性能的大小,性能的好坏与其应用环境相关,在不考虑材料模量的情况下,负泊松比越大,拉胀性能就越好;

[0055] 每层铺层的厚度都是相等的,由其湿法缠绕制作工艺可知,基体的厚度略大于增强体的直径,其中增强体的弹性模量远大于基体,所以其厚度与管体整体的拉胀性能关系不大,其主要取决于增强体的体积分数和增强体的硬度。

[0056] 实施例2

[0057] 本发明的另一典型实施例,提供一种利用实施例1的输送管路。

[0058] 所述输送管路包括实施例1所述的拉胀复合材料管道,所述的管体能够单独用于输送油气等物料,尤其是用于海上输送管路中,具体如下:

[0059] 管路在输送物料的过程中需要承受载荷,然后,在不同的工况下其载荷并不相同,可能会出现高于所能承受的载荷而导致破裂或失效,此时,利用本申请提出的拉胀复合材料管路能够克服该问题;

[0060] 第一种工况,钢管和本申请提供的拉胀复合材料管道在受到内部压力时而产生的不同的变形行为。如图6所示,对于现有常用的钢管,径向的泊松比为正,在管道流动过程中若承受过大的径向压力,会导致管壁的周向膨胀,从而使管壁厚度区域减小,这种效应会导致周向应力增加,最终导致管道的破裂失效;

[0061] 而采用拉胀复合材料管道,在管道内部压力增大时,由于负泊松比效应,管壁会随着内部压力的增大而变厚,从而使其抗破裂能力提高。

[0062] 第二种工况,在传统钢管和本申请所提供的拉胀复合材料管道受到外部压力时,也会产生不同的变形行为。对于现有常见的钢管,在径向受到压力作用时,推动钢管径向向内收缩,从而使其轴向变长,从而会引起钢管的塌陷和屈曲,并且其壁厚会变薄,进一步降低钢管的所能承受的压力,导致管道的塌陷变形;

[0063] 而采用拉胀复合材料管道,在收到外部压力时,不同于普通钢管受压后管壁变薄、轴向伸长,而是轴向收缩的,同时由于负泊松比效应,管道壁厚增大,从而能够进一步抵抗外压,并且克服了管道在外力作用下的塌陷或屈曲,使其能够承受管道系统的塌陷,达到提高管路系统耐用性的效果。

[0064] 第三种工况,所述的拉胀复合材料管道还可以作为内衬,对海上管道的内部腐蚀部分进行修补。对于传统的钢管输送管路,其内部由于长时间接触流体,会导致钢管内壁的腐蚀,从而使其局部的刚度削弱,通过将拉胀复合材料管道引入现有的钢管输送管路,使其紧贴在钢管的内壁上,能够达到修补的效果;

[0065] 将直径比钢管直径略小的拉胀复合材料引入钢管内部,并使其同轴布置,对拉胀复合材料管道的两端施加张力,在两端张力的作用下,拉胀复合材料管道的管壁会发生膨胀,从而使其外壁紧贴在钢管的内壁上,从而将拉胀复合材料管道作为钢管的内衬锁定在钢管内部,并将钢管内壁与所述输送的物料进行隔离,达到修复钢管内壁的功能。

[0066] 以上所述仅为本申请的优选实施例而已,并不用于限制本申请,对于本领域的技术人员来说,本申请可以有各种更改和变化。凡在本申请的精神和原则之内,所作的任何修改、等同替换、改进等,均应包含在本申请的保护范围之内。

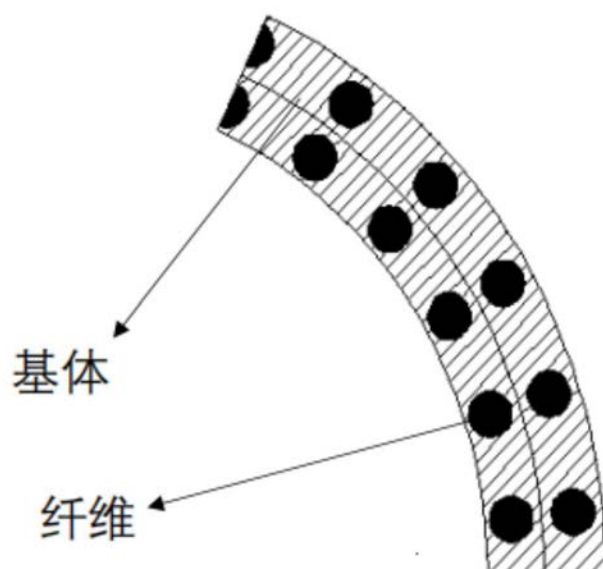


图1

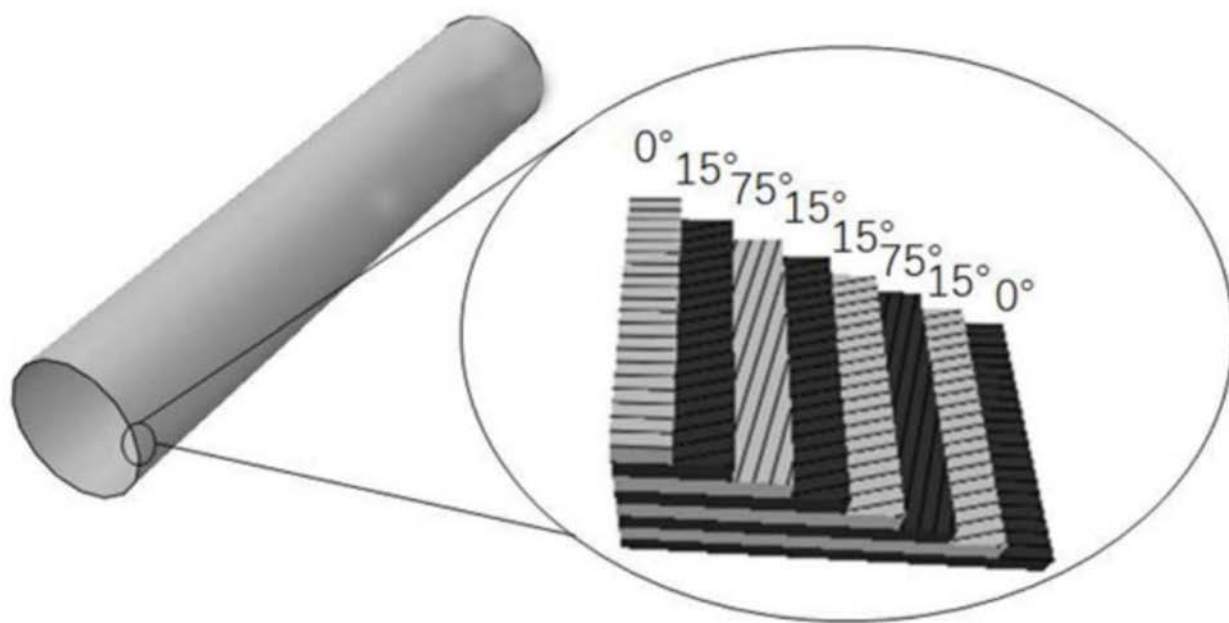


图2

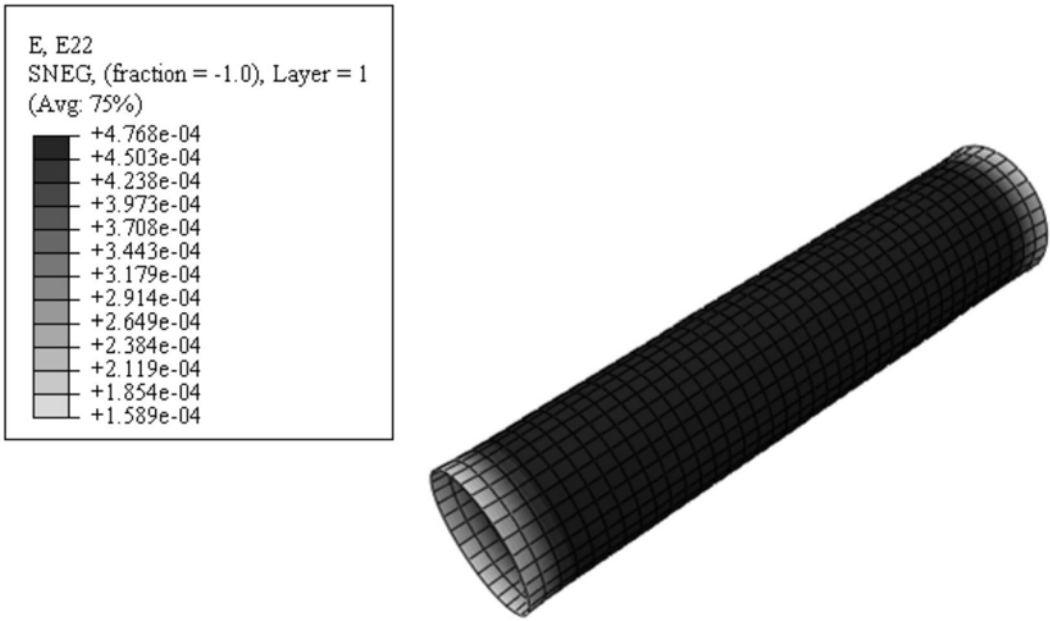


图3

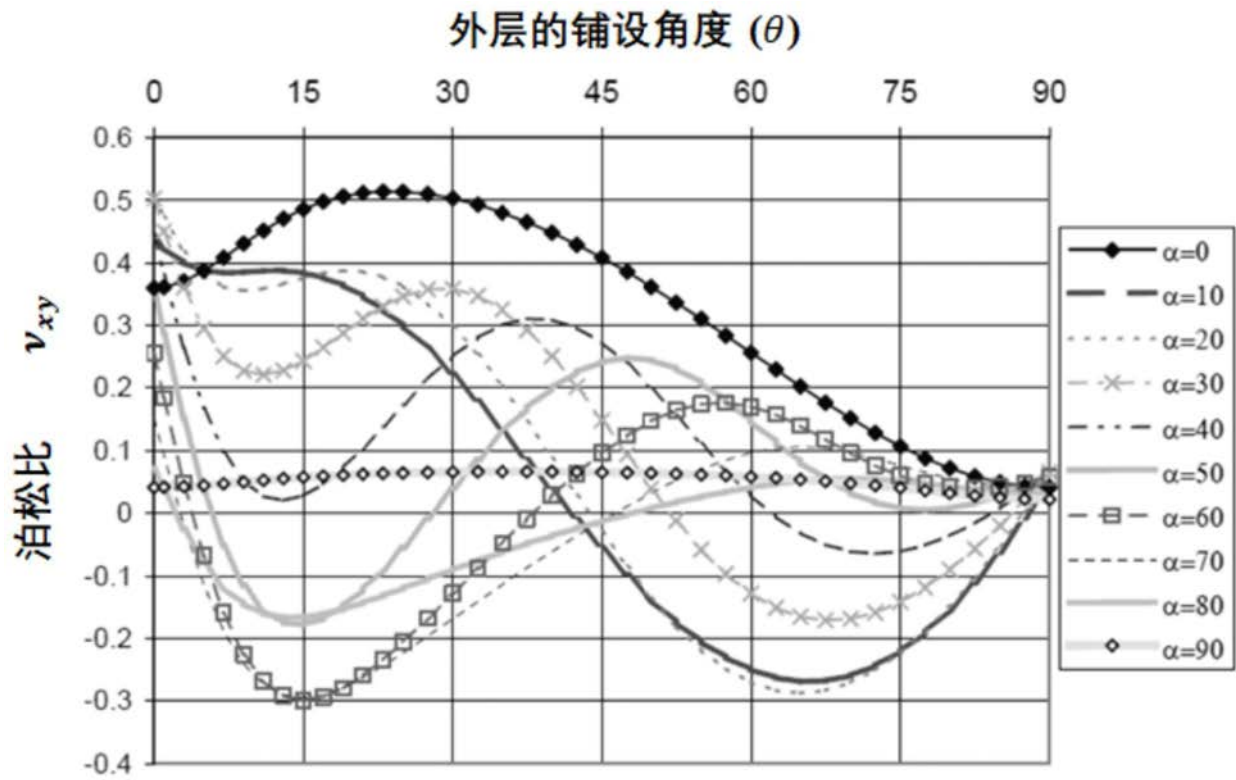


图4

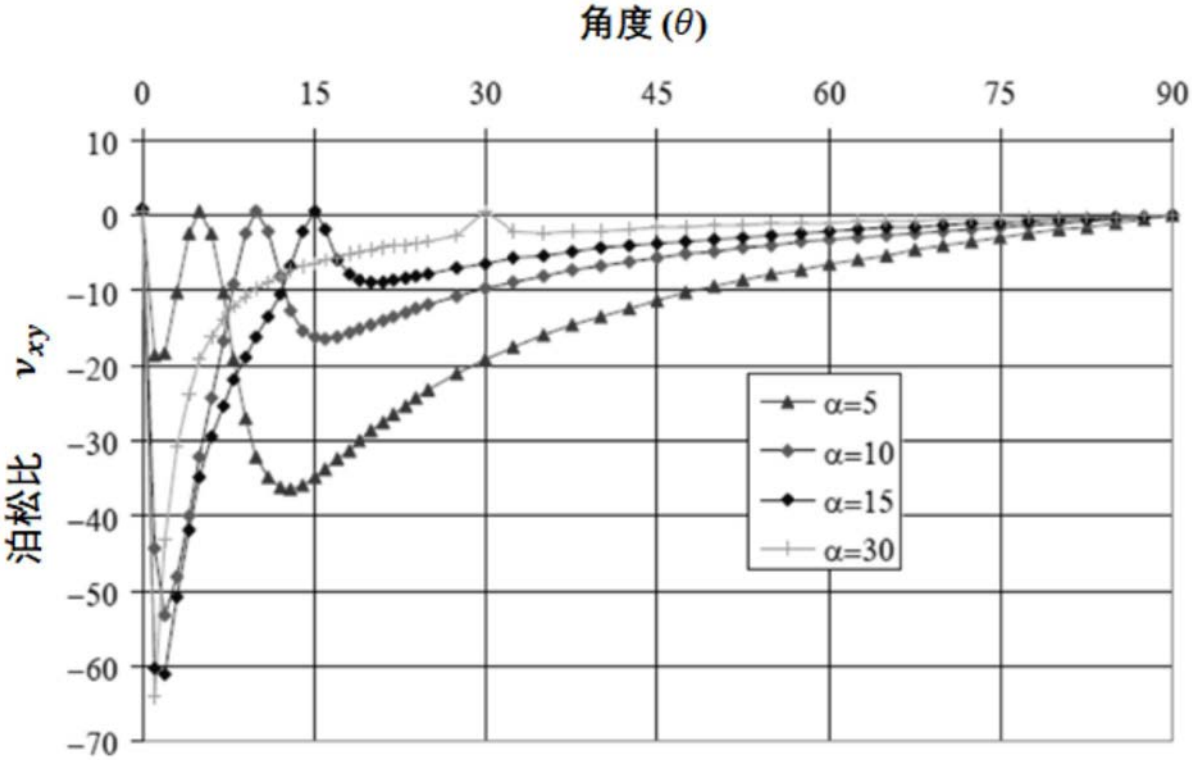


图5

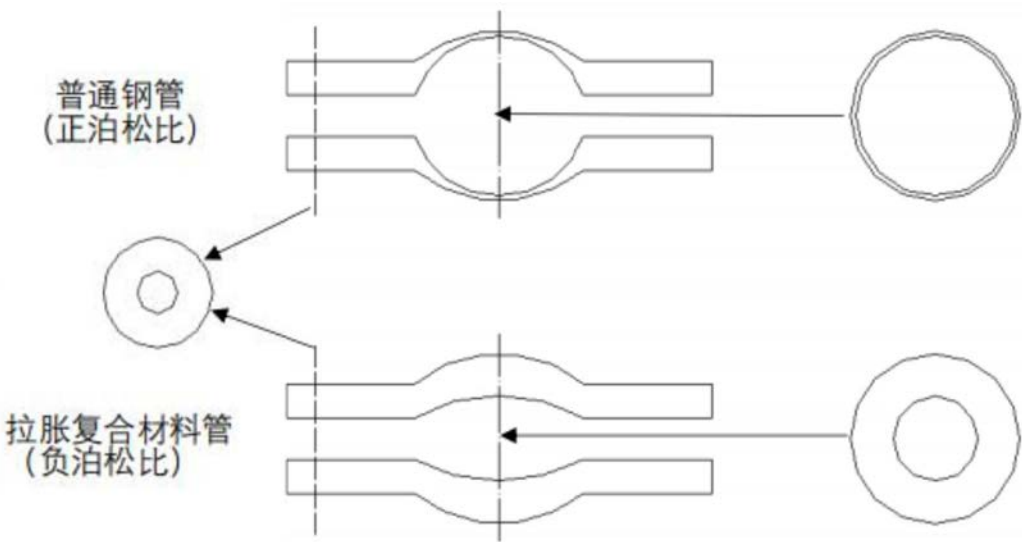


图6