(19)国家知识产权局

(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 115451202 A
(43)申请公布日 2022.12.09

(21)申请号 202211071101.9

(22)申请日 2022.09.02

(71)申请人 衡水瑞纤新材料科技有限公司
地址 053020 河北省衡水市桃城高新区滨河街388号
申请人 中水科水利环境研究院(苏州)有限公司

(72)发明人 王浩 吴智深 汪昕 刘霞 陈兴芬 蒋丽娟 李翠梅 田雨

(74)专利代理机构 南京中律知识产权代理事务所(普通合伙) 32341
专利代理师 沈振涛

(51)Int.Cl.
F16L 9/12(2006.01)
F16L 57/02(2006.01)
F16L 57/06(2006.01)

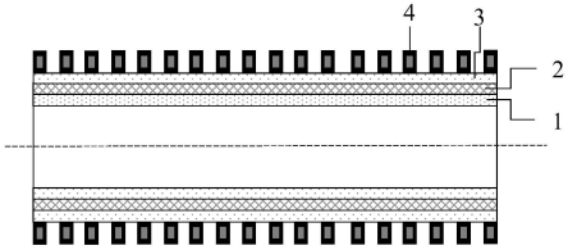
权利要求书1页 说明书4页 附图2页

(54)发明名称

一种BFRP条带增强大口径热塑管道

(57)摘要

本发明公开了一种BFRP条带增强大口径热塑管道,所述热塑管道由内向外,依次包括内衬层、增强层、外包层和加劲肋,增强层呈条带状,缠绕于内衬层表面,加劲肋间隔分布在外包层的表面;所述内衬层和外包层均为短切纤维增强高密度聚乙烯材料;增强层为BFRP条带;加劲肋间隔分布在外包层的表面。该热塑管道能够实现大口径(≥4000mm)输水管道刚度、强度及耐久性的提升。短切纤维增强HDPE层与BFRP条带界面结合性能优异,避免长期使用过程中HDPE层与增强层之间的界面剥离。此外,采用BFRP条带作为增强骨架,充分利用了玄武岩纤维复合材料优异的抗蠕变性能,保证了长期使用过程中增强层的稳定性,避免管道由于增强层失效带来的安全隐患。



CN 115451202 A

1.一种BFRP条带增强热塑管道,其特征在于,所述热塑管道由内向外,依次包括内衬层(1)、增强层(2)、外包层(3)和加劲肋(4),增强层(2)呈条带状,缠绕于内衬层(1)表面,加劲肋(4)间隔分布在外包层(3)的表面;所述内衬层(1)和外包层(3)均为短切纤维增强高密度聚乙烯材料;增强层(2)为玄武岩纤维复合材料。

2.根据权利要求1所述的BFRP条带增强热塑管道,其特征在于,所述短切纤维增强高密度聚乙烯材料主要是由浸胶玄武岩纤维束和聚乙烯制成,所述浸胶玄武岩纤维束中,纤维为高模量玄武岩纤维,纤维乱向分布,纤维强度需不低于3500MPa,弹性模量需不低于90GPa,玄武岩纤维占整个纤维束的体积分数为50-60%;树脂为高密度聚乙烯,相对密度不低于0.94g/cm^3,树脂占整个纤维束的体积分数为40-50%。

3.根据权利要求2所述的BFRP条带增强热塑管道,其特征在于,所述浸胶玄武岩纤维束的纤维束长度为3-6mm,直径为2-4mm,截面形式为圆形或类圆形。

4.根据权利要求2所述的BFRP条带增强热塑管道,其特征在于,所述浸胶玄武岩纤维束占整个内衬层(1)的体积分数为30-40%;所述浸胶玄武岩纤维束占整个外包层(3)的体积分数为30-40%。

5.根据权利要求1所述的BFRP条带增强热塑管道,其特征在于,所述玄武岩纤维复合材料主要由玄武岩纤维,热塑树脂和固化剂制成。

6.根据权利要求5所述的BFRP条带增强热塑管道,其特征在于,所述玄武岩纤维角度为0°,拉伸强度需不低于3500MPa,弹性模量需不低于85GPa,蠕变断裂应力需不低于50%fu,玄武岩纤维占整个增强层(2)条带的体积分数为60-65%;所述热塑树脂为高密度聚乙烯,拉伸强度需不低于30MPa,弹性模量需不低于20MPa,树脂占整个增强层(2)条带的体积分数为35-40%;所述固化剂为六次甲基四胺,固化剂占整个增强层(2)条带的体积分数不超过5%。

7.根据权利要求1所述的BFRP条带增强热塑管道,其特征在于,所述增强层(2)条带宽度为600mm-1000mm,厚度为0.25-0.35mm,条带沿管道正反向螺旋缠绕,正反缠绕角度为60-90°,搭接长度为5-10%条带宽度。

8.根据权利要求1所述的BFRP条带增强热塑管道,其特征在于,所述加劲肋(4)的截面呈箱型,内部填充抗压材料。

9.根据权利要求8所述的BFRP条带增强热塑管道,其特征在于,所述加劲肋(4)的截面为短切纤维增强高密度聚乙烯材料,由玄武岩纤维和高密度聚乙烯制成,玄武岩纤维占箱型截面的体积分数为35-50%;所述抗压材料为石英砂和废弃塑料的混合物,所述石英砂占混合物体积分数的40-60%,废弃塑料占混合物体积分数的40-60%。

10.根据权利要求1所述的BFRP条带增强热塑管道,其特征在于,所述加劲肋(4)的箱型截面的高宽比为1.5-2,箱室内腔高宽比为1.5-2,箱式内腔宽度与肋宽度比值为0.5-0.75。

一种BFRP条带增强大口径热塑管道

技术领域

[0001] 本发明属于热塑管道技术领域,具体地,涉及一种BFRP条带增强大口径热塑管道。

背景技术

[0002] 目前典型的大口径输水管道有铸铁管道、预应力钢筋混凝土管、玻璃纤维增强塑料夹砂管。然而铸铁管道目前最大直径为2600mm,且在长时间使用过程中易生锈腐蚀管道,安全环保性不足。预应力钢筋混凝土管内壁为混凝土结构,表面粗糙易结垢、滋生微生物;且在实际工程长期使用过程中预应力高强钢丝腐蚀断裂,影响管道安全性能。玻璃纤维增强塑料夹砂管由外保护层、外增强层、夹砂层、内增强层和内衬层组成,增强层由径向和轴向玻璃纤维组成,在长期内水压力作用下,玻璃纤维发生蠕变断裂,造成管壁拉裂、结构分层等事故。

发明内容

[0003] 发明目的:针对现有技术的缺陷,本发明提供了一种BFRP条带增强大口径热塑管道,该热塑管道采用短切纤维增强高密度基乙烯(HDPE)管道作为基材,以蠕变性能优异的玄武岩纤维复合材料(BFRP)条带作为增强骨架,以高密度聚乙烯箱型截面作为加劲肋,实现超大口径输水管道刚度、强度及耐久性的提升。短切纤维增强高密度聚乙烯提高了与骨架BFRP条带层之间的粘结性能,增强后的管道直径可达4000mm以上,理化机械性能稳定50年以上,有效解决了大直径管道刚度、强度、界面及耐久性的问题。

[0004] 技术方案:为达到上述发明目的,本发明采用以下技术方案:

[0005] 一种BFRP条带增强热塑管道,所述热塑管道由内向外,依次包括内衬层、增强层、外包层和加劲肋,增强层呈条带状,缠绕于内衬层表面,加劲肋间隔分布在外包层的表面;所述内衬层和外包层均为短切纤维增强高密度聚乙烯材料;增强层为玄武岩纤维复合材料。

[0006] 内衬层和外包层通过短切纤维增强高密度聚乙烯,提高了管道结构的抗磨性和抗压性;同时,短切纤维在HDPE层乱向分布,增加了HDPE层和BFRP条带层的粘结性能。

[0007] 作为优选或者具体实施方案:

[0008] 所述短切纤维增强高密度聚乙烯材料主要是由浸胶玄武岩纤维束和聚乙烯制成,所述浸胶玄武岩纤维束中,纤维为高模量玄武岩纤维,纤维乱向分布,纤维强度需不低于3500MPa,弹性模量需不低于90GPa,玄武岩纤维占整个纤维束的体积分数为50-60%;树脂为高密度聚乙烯,相对密度不低于0.94g/cm^3,树脂占整个纤维束的体积分数为 40-50%。

[0009] 所述浸胶玄武岩纤维束的纤维束长度为3-6mm,直径为2-4mm,截面形式为圆形或类圆形。

[0010] 所述浸胶玄武岩纤维束占整个内衬层(1)的体积分数为30-40%;所述浸胶玄武岩纤维束占整个外包层(3)的体积分数为30-40%。

[0011] 浸胶玄武岩纤维束与普通聚乙烯粒子通过混配后进行管道内衬层和外包层的成

型,不改变原有成型工艺,同时保证了管道的均匀一致性。

[0012] 所述玄武岩纤维复合材料主要由玄武岩纤维,热塑树脂和固化剂制成。

[0013] 进一步优选的,所述玄武岩纤维角度为0°,拉伸强度需不低于3500MPa,弹性模量需不低于85GPa,蠕变断裂应力需不低于50%fu,玄武岩纤维占整个增强层条带的体积分数为60-65%;所述热塑树脂为高密度聚乙烯,拉伸强度需不低于30MPa,弹性模量需不低于20MPa,树脂占整个增强层条带的体积分数为35-40%;所述固化剂为六次甲基四胺,固化剂占整个增强层条带的体积分数不超过5%。

[0014] BFRP条带中玄武岩纤维的蠕变断裂应力不低于50%fu,抗性能优异,避免了长期使用过程中增强层的破断。

[0015] 所述增强层条带宽度为600mm-1000mm,厚度为0.25-0.35mm,条带沿管道正反向螺旋缠绕,正反缠绕角度为60-90°,搭接长度为5-10%条带宽度。BFRP条带的缠绕角度可保证管道在环向及轴向均具有较好的刚度及强度。

[0016] 所述加劲肋的截面呈箱型,内部填充抗压材料。

[0017] 进一步优选的,所述加劲肋的截面为短切纤维增强高密度聚乙烯材料,由玄武岩纤维和高密度聚乙烯制成,玄武岩纤维占箱型截面的体积分数为35-50%;所述抗压材料为石英砂和废弃塑料的混合物,所述石英砂占混合物体积分数的40-60%,废弃塑料占混合物体积分数的40-60%。废弃塑料可以为回收的聚乙烯粒子。箱型截面的设计使材料远离惯性轴,提高截面抗弯惯性矩,充分利用材料性能。箱室内腔选择石英砂和废弃塑料的混合物作为填充物,增加了加劲肋的抗压性能,同时可以实现废弃塑料的回收利用。

[0018] 所述加劲肋的箱型截面的高宽比为1.5-2,箱室内腔高宽比为1.5-2,箱式内腔宽度与肋宽度比值为0.5-0.75。

[0019] 有益效果:与现有技术相比,本发明有如下优点:

[0020] 1、内衬层和外包层通过短切纤维增强高密度聚乙烯,提高了管道结构的抗磨性和抗压性。浸胶玄武岩纤维束与普通聚乙烯粒子通过混配后进行管道内衬层和外包层的成型,不改变原有成型工艺,同时保证了生产过程中纤维束的分散性,提高了管道的均匀一致性。

[0021] 2、内衬层和外包层中短切纤维乱向分布,HDPE和BFRP条带界面上,短切纤维类似铆钉随机嵌入BFRP条带中,增加了界面的机械粘结性能,进而提高了界面粘结强度和整体性。

[0022] 3、增强层选用BFRP条带充分利用了玄武岩纤维优异的抗蠕变性能,其蠕变断裂应力为50%fu。与玻璃纤维蠕变断裂应力(29%fu)相比,玄武岩纤维蠕变性能提升72%,保证了长期使用过程中增强层的力学性能,避免管道由于增强层失效带来的安全隐患。

[0023] 4、BFRP条带沿管道正反向螺旋缠绕,缠绕角度为45-60°,缠绕角度可保证管道在环向及轴向均具有较好的刚度及强度,避免了缠绕管道轴向强度低,易泄露的缺陷。

[0024] 5、箱型截面的设计使材料远离惯性轴,提高截面抗弯惯性矩,充分利用材料性能。箱室内腔选择石英砂和废弃塑料的混合物作为填充物,增加了加劲肋的抗压性能,同时可以实现废弃塑料的回收利用。

[0025] 通过上述技术方案,增强后的管道直径可达4m-6m,理化机械性能稳定50年以上。

附图说明

[0026] 图1为BFRP条带增强大口径热塑管道结构示意图；

[0027] 图2为HDPE和BFRP条带界面短切纤维分布示意图；

[0028] 图3为BFRP条带双向螺旋缠绕示意图；

[0029] 图4为箱型截面加劲肋示意图；

具体实施方式

[0030] 以下对本发明方案进行全面的描述，所述的实施案例是本发明中最优选实施方式，但本发明并不限于以下实施例。

[0031] 实施例1

[0032] 本实施例提供一种BFRP条带增强大口径热塑管道，管道实测直径为6m，如图1 所示，包括内衬层1、增强层2、外包层3、加劲肋4；内衬层为短切纤维增强高密度聚乙烯；增强层为BFRP条带；外包层为短切纤维增强高密度聚乙烯；BFRP条带螺旋缠绕于管道，加劲肋4截面为箱形，内部填充抗压材料。

[0033] 所述短切纤维为浸胶玄武岩纤维束，纤维为高模量玄武岩纤维，纤维强度需为3500MPa，弹性模量需为92GPa，玄武岩纤维占整个纤维束的体积分数为55％；树脂为高密度聚乙烯，相对密度为0.945g/cm^3，树脂占整个纤维束的体积分数为45％；纤维束长度为4mm，直径为3mm，截面形式可为类圆形。

[0034] 所述浸胶玄武岩纤维束占整个内衬层的体积分数为30％，浸胶玄武岩纤维束占整个外包层的体积分数为35％。

[0035] 所述BFRP条带包括玄武岩纤维，热塑树脂和固化剂；所述玄武岩纤维角度为0°，拉伸强度为3550MPa，弹性模量为85GPa，玄武岩纤维占整个BFRP条带的体积分数为 60％；所述热塑树脂为高密度聚乙烯，拉伸强度为30MPa，弹性模量为22MPa，树脂占整个BFRP条带的体积分数为35％；所述固化剂为六次甲基四胺，固化剂占整个BFRP 条带的体积分数为3％。取玄武岩纤维、高密度聚乙烯和六次甲基四胺，按上述比例挤出成型，形成BFRP条带。根据拉伸性能试验，制备的BFRP条带的拉伸强度(fu)为 1050MPa。

[0036] 进一步，所述BFRP条带宽度为800mm，厚度为0.3mm，BFRP条带沿管道正反向螺旋缠绕，缠绕角度为45°，搭接长度为5％条带宽度。

[0037] 所述加劲肋4的截面5为箱型，箱型截面的高度为400mm，宽度为200mm；箱型截面材料为短切纤维增强高密度聚乙烯，所述短切纤维为浸胶玄武岩纤维束，玄武岩纤维占箱型截面的体积分数为45％。

[0038] 所述加劲肋内腔6宽度为200mm，高度为100mm；箱室内腔6填充材料为石英砂和废弃塑料的混合物，所述石英砂占混合物体积分数的50％，废弃塑料占混合物体积分数的50％。

[0039] 上述管道的制备方法如下：

[0040] 管道内衬层1通过将浸胶玄武岩纤维束与普通聚乙烯粒子混配后，送入挤出机挤出成型，高温热熔成型，温度为180℃。

[0041] 增强层2通过BFRP条带双向缠绕，并通过热熔成型工艺与内衬层1熔接。

[0042] 外包层3通过将浸胶玄武岩纤维束与普通聚乙烯粒子混配后，送入挤出机挤出成

型,高温热熔成型,温度为220℃。

[0043] 加劲肋4通过模压成型后螺旋缠绕于外包层3,二者通过熔接紧密连接。

[0044] 针对实施例1所采用的BFRP条带,进行蠕变性能试验。试验方法参考美国规范ACI440.3R,设计两种应力水平(30%fu、50%fu)下的蠕变试验,持荷时间1000h。此外,为了进行对比,试验增加了GFRP条带(玻璃纤维增强热塑性条带)在相同应力水平及持荷时间下的对照组,GFRP条带实测拉伸强度为618MPa。

[0045] 蠕变性能试验结果表明:在经历1000h后,BFRP条带在50%应力水平下保持完整,而GFRP条带在30%fu应力水平下发生了断裂。基于本发明试验数据分析及国内外学者提出的预测模型,预测BFRP条带200年蠕变断裂应力为54%fu,由此可知,BFRP条带具有优异的蠕变性能(>50%fu),可提高管道的理化机械性能。

[0046] 针对实施例1中所制备的管道,进行管道环刚度力学性能试验。试验加载根据GB/T 9647《热塑性塑料管材环刚度的测定》,取管道内径垂直方向3%变形量,管道直径为 6m。试验测得实实测环刚度为5.3kN/m^2。与普通聚乙烯管道环刚度(1.1kN/m^2)相比,实施例刚度提高了380%。

[0047] 以上所述,仅为本发明的较佳实施例而已,并非对本发明作任何形式上的限制,依据本发明的技术实质,对以上实施例所作的任何简单修改、等同变化与修饰,均应包含在本发明的保护范围内。

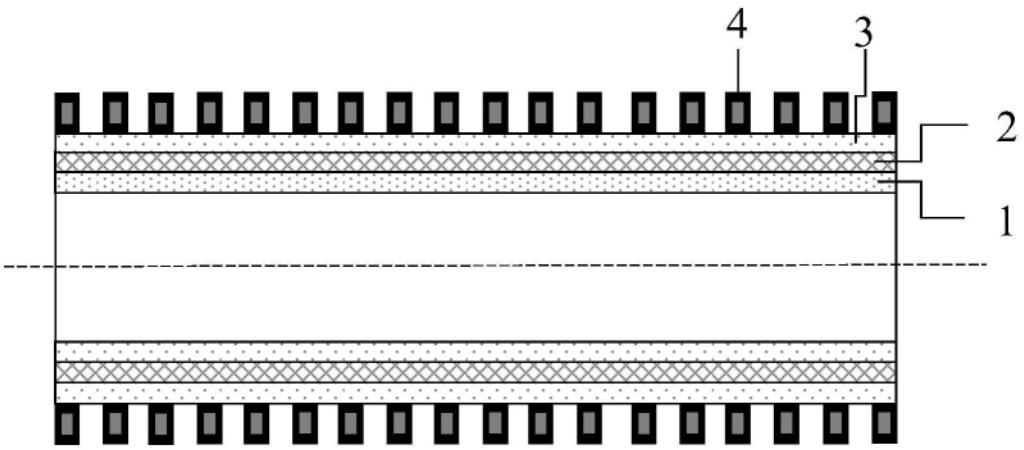


图1

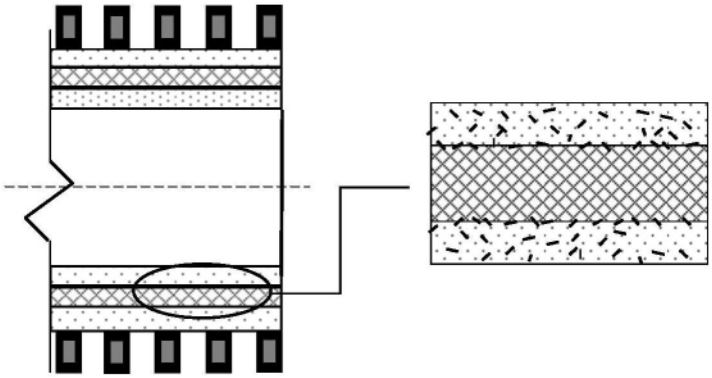


图2

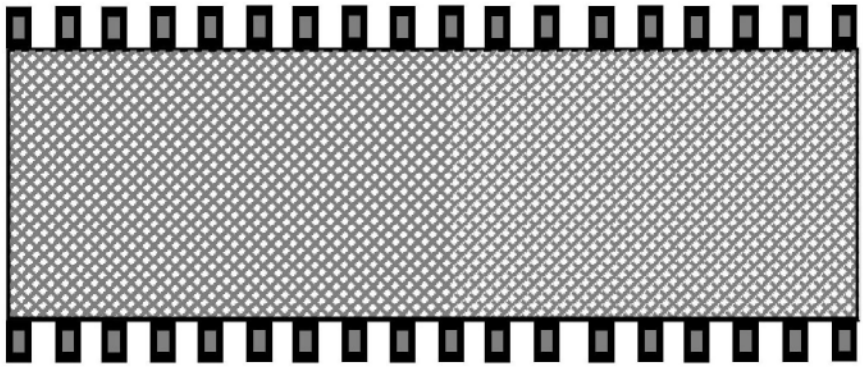


图3

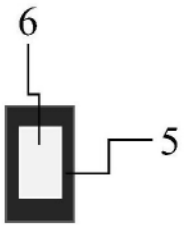


图4