



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 110573473 A

(43)申请公布日 2019.12.13

(21)申请号 201880024806.0

安东尼·约瑟夫·西尔威斯特

(22)申请日 2018.04.12

哈桑·塔巴塔巴依

(30)优先权数据

(74)专利代理机构 永新专利商标代理有限公司
72002

62/484,526 2017.04.12 US

代理人 张海涛

62/597,678 2017.12.12 US

(85)PCT国际申请进入国家阶段日

(51)Int.Cl.

2019.10.12

G04B 18/02(2006.01)

(86)PCT国际申请的申请数据

G04B 24/00(2006.01)

PCT/US2018/027309 2018.04.12

G04B 26/00(2006.01)

G08L 95/00(2006.01)

(87)PCT国际申请的公布数据

W02018/191501 EN 2018.10.18

(71)申请人 嘉吉公司

地址 美国明尼苏达州

(72)发明人 托德·库斯 斯科特·尼文斯

克里斯多夫·斯蒂弗莫尔

权利要求书3页 说明书18页 附图2页

(54)发明名称

具有高再循环内容物的高性能沥青组合物中的再生化合物

(57)摘要

本文描述了一种再生沥青和一种使沥青再生的方法,所述方法包括混合再生剂、地沥青和骨料以获得沥青混合料,其中所述再生剂以按所述地沥青的重量计在约0.1-40wt%范围内的量存在,并且其中所述地沥青的至少35wt%源自再循环沥青内容物。所述再生沥青提供了所需性能。

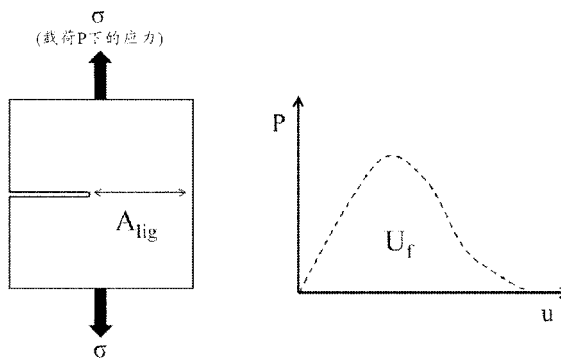


图 1: 破坏能示意图

1. 一种方法,所述方法包括:
混合再生剂、地沥青和骨料以获得沥青混合料,
其中所述再生剂以按所述地沥青的重量计在约0.1-40wt%范围内的量存在,
其中所述地沥青的至少35wt%源自再循环沥青内容物;并且
其中所述沥青混合料实现如通过汉堡轮辙试验仪试验标准测定的小于12.5mm的车辙。
2. 一种方法,所述方法包括:
混合再生剂、地沥青和骨料以获得沥青混合料,
其中所述再生剂以按所述地沥青的重量计在约0.1-40wt%范围内的量存在,
其中所述地沥青的至少35wt%源自再循环沥青内容物;并且
其中所述沥青混合料实现如通过圆盘紧凑拉伸试验标准测定的大于400J/m²的抗裂性,
以及如通过汉堡轮辙试验仪试验标准测定的小于12.5mm的车辙。
3. 一种方法,所述方法包括:
混合再生剂、地沥青和骨料以获得沥青混合料,
其中所述再生剂以按所述地沥青的重量计在约0.1-40wt%范围内的量存在,
其中所述地沥青的至少35wt%源自再循环沥青内容物;并且
其中所述沥青混合料实现如通过NEN-EN12697-25试验标准测定的小于0.6um/m/循环的车辙、如通过NEN-EN12697-12测定的大于80%的拉伸强度比,以及如通过NEN-EN12697-24测定的大于90um/m的4点梁疲劳 ϵ_6 。
4. 一种方法,所述方法包括:
混合再生剂、地沥青和骨料以获得沥青混合料,
其中所述再生剂占所述地沥青重量的0.1-40wt%,
其中所述地沥青的至少35wt%源自再循环沥青内容物;并且
其中所述沥青混合料实现通过APA试验标准所测定的小于7mm的车辙,以及至少100个循环的抗裂性。
5. 一种方法,所述方法包括:
混合再生剂、地沥青和骨料以获得沥青混合料,
其中所述再生剂占所述地沥青重量的0.1-40wt%,
其中所述地沥青的至少35wt%源自再循环沥青内容物;并且
其中所述沥青混合料实现在-20℃下为至少200J/m²或在0℃下为至少250J/m²或在25℃下为至少300J/m²的破坏能。
6. 一种方法,所述方法包括:
混合再生剂、地沥青和骨料以获得沥青混合料,
其中所述再生剂占所述地沥青重量的0.1-40wt%,
其中所述地沥青的至少35wt%源自再循环沥青内容物;并且
其中所述沥青混合料实现0℃或更低、更优选-5℃或更低、更优选-10℃或更低、更优选-15℃或更低、更优选-20℃或更低且更优选-25℃或更低的混合料T_g。
7. 如权利要求1-6所述的方法,其中所述再生剂是聚合油。
8. 如权利要求7所述的方法,其中所述聚合油源自生物可再生油源。
9. 如权利要求7所述的方法,其中所述聚合油是使用硫化技术聚合的。

10. 如权利要求1-6所述的方法,其中所述地沥青还包括原始地沥青。
11. 如权利要求1-6所述的方法,其中所述地沥青是聚合物改性的地沥青。
12. 如权利要求1-6所述的方法,其中所述再循环沥青内容物已经被再循环了不止一次。
13. 如权利要求1-6所述的方法,其中地沥青的至少50wt%源自再循环沥青内容物。
14. 如权利要求1-6所述的方法,其中地沥青的至少60wt%源自再循环沥青内容物。
15. 如权利要求1-6所述的方法,其中地沥青的至少70wt%源自再循环沥青内容物。
16. 如权利要求1-6所述的方法,其中地沥青的至少80wt%源自再循环沥青内容物。
17. 如权利要求1-6所述的方法,其中地沥青的至少85wt%源自再循环沥青内容物。
18. 如权利要求1-6所述的方法,其中地沥青的至少90wt%源自再循环沥青内容物。
19. 如权利要求1-6所述的方法,其中地沥青的至少95wt%源自再循环沥青内容物。
20. 如权利要求1-6所述的方法,其中地沥青的100wt%源自再循环沥青内容物。
21. 如权利要求1-6所述的方法,其中所述再循环沥青内容物是再循环沥青路面或再循环沥青瓦或由溶剂脱沥青过程产生的沥青。
22. 如权利要求1-6所述的方法,其中所述再循环沥青内容物是再循环聚合物改性的沥青路面。
23. 如权利要求1-6所述的方法,其中所述再循环沥青内容物是再循环蜡改性的沥青路面。
24. 如权利要求1-6所述的方法,其中所述再循环沥青内容物是再循环多孔沥青路面。
25. 如权利要求1-6所述的方法,其中所述再循环沥青内容物来自经过温拌剂、抗剥离剂、乳化剂和/或蜡添加剂处理的路面。
26. 如权利要求1-6所述的方法,其中所述再生剂和所述地沥青能够以乳液形式掺入所述沥青混合料中。
27. 如权利要求1-6所述的方法,其中所述再生剂能够以乳液形式掺入所述沥青混合料中。
28. 根据权利要求1-6制备的所述沥青混合料用于道路应用的用途。
29. 根据权利要求1-6制备的所述沥青混合料用于屋顶应用的用途。
30. 一种再生沥青,所述再生沥青包含:
再生剂、地沥青和骨料,
其中所述再生剂以按所述地沥青的重量计在约0.1-40wt%范围内的量存在,
其中所述地沥青的至少35wt%源自再循环沥青内容物。
31. 如权利要求30所述的沥青,其中所述再生剂是聚合油。
32. 如权利要求31所述的沥青,其中所述再生剂源自生物可再生油源。
33. 如权利要求31所述的沥青,其中所述聚合油是使用硫化技术聚合的。
34. 如权利要求30所述的沥青,其中所述地沥青还包括原始地沥青。
35. 如权利要求30所述的方法,其中所述地沥青是聚合物改性的地沥青。
36. 如权利要求30所述的沥青,其中地沥青的至少50wt%源自再循环沥青内容物。
37. 如权利要求30所述的沥青,其中地沥青的至少60wt%源自再循环沥青内容物。
38. 如权利要求30所述的沥青,其中地沥青的至少70wt%源自再循环沥青内容物。

39. 如权利要求30所述的沥青,其中地沥青的至少80wt%源自再循环沥青内容物。
40. 如权利要求30所述的沥青,其中地沥青的至少85wt%源自再循环沥青内容物。
41. 如权利要求30所述的沥青,其中地沥青的至少90wt%源自再循环沥青内容物。
42. 如权利要求30所述的沥青,其中地沥青的至少95wt%源自再循环沥青内容物。
43. 如权利要求30所述的沥青,其中地沥青的100wt%源自再循环沥青内容物。
44. 如权利要求30所述的沥青,其中所述再生剂具有在约6至约12范围内的希尔德布兰德溶解度参数。
45. 如权利要求30所述的沥青,其中所述再生剂补充源自再循环沥青内容物的地沥青的树脂级分。
46. 如权利要求30所述的沥青,其中所述再生剂具有在130°C下为15分钟或更长的氧化诱导时间。
47. 如权利要求30所述的沥青,其中与未老化的再生剂相比,所述再生剂在100°C下在2.1MPa的空气压力下在压力老化容器中老化20小时后具有300%或更小的60°C粘度增加的增加。
48. 如权利要求30所述的沥青,其中所述再生剂补充所述树脂级分并且具有在130°C下为15分钟或更长的氧化诱导时间。
49. 如权利要求30所述的沥青,其中所述再生剂补充所述树脂级分,并且与所述未老化的再生剂相比,所述再生剂在100°C下在2.1MPa的空气压力下在压力老化容器中老化20小时后具有300%或更小的60°C粘度增加的增加。
50. 如权利要求30所述的沥青,其中所述再生剂具有约6至约12的希尔德布兰德溶解度参数并且具有在130°C下为15分钟或更长的氧化诱导时间。
51. 如权利要求30所述的沥青,其中所述再生剂具有约6至约12的希尔德布兰德溶解度参数,并且与所述未老化的再生剂相比,所述再生剂在100°C下在2.1MPa的空气压力下在压力老化容器中老化20小时后具有300%或更小的60°C粘度增加的增加。
52. 如权利要求30所述的沥青,其中所述再生剂由聚合油组成并补充所述树脂级分并且具有在130°C下为15分钟或更长的氧化诱导时间。
53. 如权利要求30所述的沥青,其中所述再生剂由聚合油组成并补充所述树脂级分,并且与所述未老化的再生剂相比,所述再生剂在100°C下在2.1MPa的空气压力下在压力老化容器中老化20小时后具有300%或更小的60°C粘度增加的增加。
54. 如权利要求30所述的沥青,其中所述再生剂由聚合油组成并具有约6至约12的希尔德布兰德溶解度参数并且具有在130°C下为15分钟或更长的氧化诱导时间。
55. 如权利要求30所述的沥青,其中所述再生剂由聚合油组成并具有约6至约12的希尔德布兰德溶解度参数,并且与所述未老化的再生剂相比,所述再生剂在100°C下在2.1MPa的空气压力下在压力老化容器中老化20小时后具有300%或更小的60°C粘度增加的增加。

具有高再循环内容物的高性能沥青组合物中的再生化合物

技术领域

[0001] 本公开涉及一种利用源自生物可再生油源的再生剂使回收的和/或老化的地沥青材料再生以增强总体性能的方法。

背景技术

[0002] 沥青行业最近面临的技术挑战已为引入基于农业的产品用于沥青的整体性能增强创造了机会。这样的性能增强可包括使老化沥青再生。

发明内容

[0003] 本文描述了一种使沥青再生的方法,所述方法包括混合再生剂、地沥青和骨料以获得沥青混合物,其中所述再生剂以按所述地沥青的重量计在约0.1-40wt%范围内的量存在,并且其中所述地沥青的至少35wt%源自再循环沥青内容物。本文所述的沥青混合物提供所需性能。本文进一步描述了一种高性能再生沥青,所述高性能再生沥青包含再生剂、地沥青和骨料,其中所述再生剂以按所述地沥青的重量计在约0.1-40wt%范围内的量存在,并且其中所述地沥青的至少35wt%源自再循环沥青内容物。

附图说明

[0004] 图1以图形方式示出了破坏能示意图。

[0005] 图2以图形方式示出了膨胀测定玻璃化转变温度的定义。

[0006] 图3显示,多个老化和再生循环的趋势产生了具有改善的高温性能等级和改善的低温性能等级的独特且创新的结合料。

[0007] 图4显示了在多个老化和再生循环中可用温度间隔的显著提高。

具体实施方式

[0008] 如本文所用,“沥青”、“沥青结合料”、“结合料”和“地沥青”是指沥青路面的结合料相。结合料可以是来自沥青产生精炼厂、造渣、精炼厂真空塔塔底级分、焦油沥青(pitch)以及真空塔塔底级分处理的其他残留物获得的材料,以及来自诸如回收沥青路面(RAP)和再循环沥青瓦(RAS)的再循环地沥青材料的氧化和老化沥青。此外,结合料可以是已经包含聚合物添加剂(在掺入沥青混合物之前可能已经处于再循环地沥青材料中或者直接添加到再循环地沥青材料中)的聚合物改性结合料,所述聚合物添加剂例如有苯乙烯、二乙烯基苯、茛、苯乙烯-丁二烯-苯乙烯和聚烯烃。

[0009] 如本文所用,“骨料”是指通过结合料结合在一起的沥青路面的岩相。骨料可以是来自RAP和RAS源获得的材料,并且/或者可以是以前未在沥青应用中使用过的原始材料。

[0010] 如本文所用,“沥青混合物”是指再生剂、地沥青和骨料的组合,并且是可用于道路和屋顶应用的产品。

[0011] 如本文所用,“再生剂”是指促成或补充老化的再循环沥青内容物的树脂级分的组

分或组合物。在本发明的各方面,再生剂可以源自生物可再生油源,并且在优选的方面是源自生物可再生油源的聚合油。

[0012] 如本文所用,“再循环沥青内容物”包括由溶剂脱沥青过程产生的RAP、RAS或沥青。这种再循环沥青内容物包括首次再循环的内容物,并且包括多次再循环的内容物。

[0013] 沥青通过多种机制的组合,主要是氧化和挥发进行“老化”。老化增加沥青模量、降低粘性耗散和应力松弛,并且增加在较低性能温度下的脆性。因此,沥青变得更容易发生破裂和损伤累积。含有来自诸如回收沥青路面(RAP)和再循环沥青瓦(RAS)的来源的高度老化沥青结合料的再循环和回收的地沥青材料的使用量越来越多,已经产生了对于能够部分或完全恢复老化沥青的流变和断裂特性的“再生剂”的需要。

[0014] 不受任何特定理论的束缚,在下文提供了对地沥青化学结构和老化机制的描述。沥青包括一系列复杂的化合物,涵盖分子量、官能度、极性和杂原子含量的光谱。因此,通常使用一组预先确定的溶剂就反应性和溶解度方便地将沥青分级。研究人员已经使用许多模型(诸如胶体模型)描述了定义的级分之间的相互作用[1、2、3、4]。在胶体模型中,介质相或连续相被定义为主要由相对低极性的环烷烃-芳族化合物(或“溶剂相”)和链烷烃化合物组成,所述化合物可能由结晶级分组成。高极性胶束在各种分子间缔合水平下在连续介质中的分散提供了沥青的许多机械和流变特性。胶束的成分通常被定义为高极性和高分子量的“沥青质”级分,其被较低极性的“树脂”(也称为“极性芳族”)级分包围,所述较低极性级分对中性芳族级分和极性沥青质级分均具有高亲和力[1、5]。

[0015] 这些级分之间的平衡,尤其是“树脂”级分和“沥青质”级分之间的平衡,对于保持具有良好的耐久性和流变性能的相相容且稳定的地沥青至关重要。地沥青的“老化”破坏了这种平衡。Petersen或许已经提供了关于这种氧化老化对沥青的机械特性和抗损伤特性的影响的最有用的描述之一[1]:“如果在氧化老化过程中,极性官能团的浓度变得足够高以至于能够通过分子间缔合固定过多的分子,则这些分子或分子团聚体失去足够的移动性而无法在热或机械应力下绕过彼此流动。所导致的沥青脆化使得沥青易于断裂或破裂,并且难以愈合。”

[0016] 本文所述的再生剂的使用对于RAP和RAS应用特别有用,因为在本文档中描述的再生剂模拟地沥青中“树脂”级分的功能。此级分可充当地沥青级分的增容剂和地沥青中(尤其是老化和氧化的地沥青,诸如来自再循环沥青路面的地沥青)中缔合极性(沥青质)级分的破坏剂,可产生具有恢复的性能和耐久性的平衡且稳定的沥青结合料。

[0017] 本文提供了一种方法,所述方法将源自生物可再生来源的具体定义的再生剂应用于具有高量再循环沥青内容物(诸如回收沥青路面(RAP)和/或再循环沥青瓦(RAS))的沥青混合料,以产生用于道路和屋顶应用的高性能沥青混合料。

[0018] 再生剂的出乎意料特性是其能够使老化的再循环沥青产品再生。不受任何特定理论的束缚,据信再生剂能够补充再循环沥青内容物的树脂组分。因此,本文所述的再生剂可以是源自生物可再生油源的促成或补充老化的再循环沥青内容物的“树脂”级分的任何材料,如通过ASTM D3279中定义的对作为正庚烷不溶物的沥青质的测量以及用于正庚烷可溶性级分分级的Iatroscan MK-6S薄层色谱法的组合所测量的,所述色谱法采用ASTM D4142针对地沥青分级所列的原理,使用正戊烷洗脱“饱和物”并使用甲苯和氯仿的90:10混合物洗脱“环状”或“芳族”级分。通过将保留时间范围为0.01-0.250的峰面积分配给“饱和

物”，将“0.251-0.400”分配给“环状化合物”，并将其余部分(0.401-0.510)分配给“树脂”级分来解释数据。

[0019] 再生剂的希尔德布兰德溶解度参数(Hildebrand solubility parameter)是可以表示再生剂与地沥青的树脂级分的相似性的参数,其也可以指示再生剂作为地沥青的树脂级分的能力。本文所述的再生剂的希尔德布兰德溶解度参数的范围为约6至约12。

[0020] 生物可再生油的实例可包括从植物、动物、藻类和石化来源分离的油。

[0021] 基于植物的油的实例可包括但不限于大豆油、亚麻籽油、低芥酸菜籽油、油菜籽油、蓖麻油、妥尔油、棉籽油、向日葵油、棕榈油、花生油、红花油、玉米油、玉米酒糟油、卵磷脂(磷脂)以及它们的组合和粗制料流。

[0022] 基于动物的油的实例可包括但不限于动物脂肪(例如,猪油、牛脂)和卵磷脂(磷脂)以及它们的组合和粗制料流。基于石化的油包括大范围的烃基组合物和精炼石油产品,它们具有从化石基油中回收和精炼获得的多种不同的化学组成,这些油是原始的且被视为不可再生的,因为要花费数百万年的时间才能产生粗制起始材料。

[0023] 生物可再生油还可包括部分氢化的油、具有共轭键的油和其中未引入杂原子的稠化油,例如但不限于二酰基甘油酯、单酰基甘油酯、游离脂肪酸、脂肪酸的烷基酯(例如,甲酯、乙酯、丙酯和丁酯)、二醇和二醇酯(例如,乙二醇、丙二醇、丁二醇、三羟甲基丙烷)以及它们的混合物。生物可再生油的实例可以是废烹饪油或其他用过的油。

[0024] 生物可再生油还可包括先前改性或官能化的油。先前改性的油的实例是先前已通过其他聚合技术硫化或聚合的那些,诸如马来酸酐或丙烯酸改性、氢化、双环戊二烯改性、通过与碘反应而共轭、酯交换或被加工来改变酸值、羟基数或其他特性的那些。先前改性的油的一些实例是多元醇酯,例如聚甘油酯或蓖麻油酯或聚内酯。此类改性的油可以与未改性的基于植物的油或基于动物的油、脂肪酸、甘油和/或卵磷脂共混。官能化的油的实例是其中已引入杂原子(氧、氮、硫和磷)的那些。

[0025] 此类油可以使用多种技术来改性,所述技术例如如国际专利申请W02016/138377、W02016/138384、W02016/138407和W02016/138390中所述的硫化;如U.S.2016/0369203和国际专利申请W0 2016/149102中所述的吹塑和剥离;以及通过多元醇酯合成,诸如国际专利申请PCT/US17/019445中所述的合成。此类聚合油是再生剂的优选方面。

[0026] 沥青混合料包含再生剂、地沥青和骨料。再生剂以按地沥青的重量计通常在约0.1-40wt%范围内的量存在于沥青混合料中。在某些方面,在沥青混合料中存在的再生剂的量的范围为约0.1-30wt%,在一些方面为约0.1-20wt%,在一些方面为约0.1-15wt%,在一些方面为约0.1-10wt%,在一些方面为约0.1-5wt%,并且在其他方面为0.5-5wt%。

[0027] 沥青混合料通常包含约3-7wt%的地沥青,并且在某些方面包含4-6wt%的地沥青。

[0028] 沥青混合料中的其余余量包含来源于再循环沥青内容物和/或原始骨料的骨料,并且可包含在沥青应用中常用的其他添加剂,诸如热塑性弹性和塑性聚合物(苯乙烯-丁二烯-苯乙烯、乙烯-乙酸乙烯酯、官能化聚烯烃等)、多磷酸、抗剥离添加剂(基于胺的添加剂、基于磷酸盐的添加剂等)、温伴添加剂、乳化剂和/或纤维,不胜枚举。

[0029] 沥青混合料包含高再循环内容物,并展示出可主要归因于再生剂的期望性能特性。高再循环沥青内容物通常是指沥青混合料,其中地沥青内容物源自至少约35wt%的再

循环沥青内容物。在本发明的方面,地沥青内容物源自至少约40wt%、至少约45wt%或至少约50wt%的再循环沥青内容物。在优选的方面,地沥青内容物源自至少约55wt%、至少约60wt%、至少约65wt%、至少约70wt%、至少约75wt%、至少约80wt%、至少约85wt%、至少约90wt%或至少约95wt%。

[0030] 还应理解,本文所述的沥青混合料的方面可以是“100%再循环沥青内容物”混合料,其意在描述以下方面,其中(1)地沥青和骨料均源自约100%的再循环沥青内容物,或地沥青内容物源自约100%的再循环沥青内容物,或骨料内容物源自约100%的再循环沥青内容物(并且在这个方面,地沥青源自至少约35wt%的再循环沥青内容物)。

[0031] 本文还描述了一种制备再生沥青混合料的方法,所述方法包括混合再生剂、地沥青和骨料以获得再生沥青混合料,其中所述再生剂以按地沥青重量计在约0.1-40wt%范围内的量存在,并且其中所述地沥青源自至少35wt%的再循环沥青内容物。

[0032] 可以以各种制造配置来生产沥青混合料。例如,可以在通常在130-190C范围内的许多温度下生产本文所述的沥青混合料,并且可以在通常在110-150C范围内的温度下在沥青应用项目现场压实所述沥青混合料。在此温度范围内的具体范围通常被称为“热拌”和“温拌”温度。另外,通过适当的设计,可以在环境温度至约100C的温度下生产沥青混合料,并且在约环境温度下在沥青应用项目现场压实所述沥青混合料。这样的温度通常被称为“冷拌”温度。

[0033] 可以在沥青混合料生产中以各种方式并且在各个点添加本文所述的再生剂。例如,可以在沥青混合料生产中的各个点将再生剂直接添加到地沥青(原始地沥青或再循环地沥青或两者)中,或者添加到地沥青和骨料的整个混合料中。

[0034] 在先将再生剂与地沥青混合(在引入骨料和其他组分之前)的情况下,可将“再生组合物”(包含再生剂和地沥青两者)直接按原样输送,也可以乳液形式输送。

[0035] 在一方面,可以通过连续滚筒法生产沥青混合料,其中将再循环沥青内容物、原始骨料和/或原始地沥青连续添加到滚筒中。

[0036] 在另一方面,可以通过分批法生产沥青混合料,其中分别称量再循环沥青内容物、原始骨料和/或原始地沥青,并将它们添加到滚筒中以混合并生产单批的沥青混合料。

[0037] 在另一方面,可以在拌合机中生产沥青混合料,其中将再循环沥青内容物引入拌合机仓中并用再生剂处理。此方法最常用于生产冷拌沥青。

[0038] 在另一方面,沥青混合料可以是通过将再生剂掺到未加热的新鲜碾磨的再循环沥青内容物上而就地产生的“冷拌合料”。此方法通常被称为“就地冷再循环”。

[0039] 在另一方面,沥青混合料可以是通过将再生剂掺到加热的新鲜碾磨的再循环沥青内容物上而就地产生的“热拌合料”。此方法通常被称为“就地热再循环”。

[0040] 在各个方面,可以通过各种设置掺入再生剂。例如,可以将校准的应用系统(例如,喷杆或注入系统)安装在工厂设计的现有斜槽上的任何点上。又如,可以将校准的应用系统安装在再循环沥青内容物运输系统到工厂的任何点上,如安装在传送带上。又如,如果使用的话,可以将校准的应用系统安装在拌合机混合室上。又如,安装校准的应用系统,所述系统将再生剂在线共混到沥青罐和工厂之间的地沥青运输管线中。可以使用静态共混或用于液体在线共混的其他机制来实现在线共混。

[0041] 可以在不加热的情况下或通过使用加热室掺入再循环沥青内容物。在一个实例

中,使用间接加热来实现对再循环沥青内容物的加热。使用独特的热稳定再生剂使得可以在加热过程之前或之后将再生剂掺入再循环沥青内容物中。通过在再循环沥青内容物离开间接加热室后立即注入再生剂,可以方便地实现再生剂的掺入。

[0042] 从各种方法获得的沥青混合料展示出高性能,在于它能抵抗破裂、湿气损伤、氧化老化、热降解和车辙。本领域技术人员将理解,所需性能特征因美国各州和全球辖区而异。此外,本领域技术人员将理解,每个辖区都具有测量和测定此类特性的优选方法。

[0043] 在本文中,引用了“破坏能” G_f ,而非任何具体定义诸如模式I断裂能(G_{IC} 参数),如“线弹性断裂力学”中所定义的[6]。即使在接近玻璃化转变温度(T_g)的温度下,沥青也会表现出粘弹行为,因此取决于结合料特性以及试验温度与相应结合料 T_g 的距离,预计一部分破坏功将对应于由于形成新表面而耗散的弹性能(裂纹扩展),而其余部分则通过各种机制来耗散,最显著的是粘性耗散。本文中的“破坏能”被定义为整个载荷-挠度($P-u$)曲线下的总面积除以系带面积,如公式(1)和图1所示,其中 U_f 是破坏功, G_f 是破坏能, P 和 u 是载荷和位移,并且 A_{lig} 是系带面积。

$$[0044] \quad G_f = \frac{U_f}{A_{lig}} = \frac{\int P du}{A_{lig}} \quad (1)$$

[0045] 由于粘弹性材料(诸如本文所述的沥青混合料)的破坏特性取决于加载速率和温度,因此需要定义一组标准条件,以正确描述本文档中所使用的“破坏能”参数。为此,假定挠曲速率($\frac{du}{dt}$)为50mm/min,其中“ u ”被定义为在施加的载荷 P 方向上的体积挠度。破坏能是在整个 $P-u$ 曲线下测量的,包括峰前和峰后行为,如图1所示。

[0046] 本文所述的沥青混合料具有在 -20°C 下为至少 $200\text{J}/\text{m}^2$ 的破坏能,并且可以具有在 0°C 下为至少 $250\text{J}/\text{m}^2$ 的破坏能,并且还可以具有在 25°C 下为至少 $300\text{J}/\text{m}^2$ 的破坏能。

[0047] 可以通过使用诸如根据AASHTO TP101使用动态剪切流变仪进行的线性振幅扫描的实验室试验来评定地沥青的抗裂性,并且可以使用遵循AASHTO T361进行的地沥青粘结强度试验来测量地沥青的抗湿气损伤性。可以通过以下操作来评定氧化老化:使用针对地沥青的压力老化容器(ASTM D6521)和旋转薄膜烘箱(ASTM D2872),在不同的温度和持续时间下对混合料进行烘箱老化,然后使用其他性能试验进行试验以评定老化导致的性能损伤。可以通过使用动态剪切流变仪进行的各种动态蠕变试验(诸如AASHTO M315和AASHTO M332)来测量车辙。可以使用诸如Superpave性能级配(AASHTO M320)或针入度(Penetration)(ASTM D5)和Ring&Ball级配(ASTM D36)以及它们的地区等效物的级配标准来测量总体流变和粘弹特性。其他方法包括遵循ASTM D7175的原理使用动态剪切流变仪生成“主曲线”。玻璃化转变温度也会影响地沥青的破裂以及在低温下的延性和脆性行为,如使用ASTM D3418、ASTM D4419、ASTM E1858的原理使用差示扫描量热仪(DSC)或膨胀测定系统测量的。

[0048] 例如,可以通过使用以下试验来评定沥青混合料的抗裂性:实验室破裂、损伤和断裂试验诸如德克萨斯州罩面层试验仪(Texas Overlay Tester)(Tex-248-F、NJDOT B-10或ASTM WK26816)、各种半圆弯曲试验(SCB)方法(AASHTO TP-124、ASTM E1820、TR 330)、圆盘紧凑拉伸试验(DCT)(ASTM D7313)、4点弯曲梁疲劳试验(AASHTO T321、ASTM D7460、NEN-EN12697-24),以及为评定抗裂性和抗损伤性而开发的其他性能试验诸如利用(AASHTO

TP107) 使用沥青混合料性能试验仪 (AMPT) 进行的直接拉伸循环疲劳试验。作为低温方面的热应力和应变,且在特殊设置下,可以使用热应力约束应变试验 (TSRST或UTSST) (AASHTO TP10) 以及通过间接拉伸 (IDT) 试验 (AASHTO 6931、AASHTO T322) 进行的强度和顺应性测量来测量玻璃化转变温度。

[0049] 与SCB、DCT和IDT的情况一样,上述抗损伤性试验在许多情况下可能与各种试验温度下的破坏能有关。与4点梁疲劳试验、TSRST、直接拉伸循环疲劳试验的情况一样,在其他情况下,损伤扩展速率或破坏强度可能与所测得的试验特性间接相关。因此,破坏能是统一了各种破裂和耐久性试验方法的重要的基本概念和参数。由于破裂性能是高再循环内容物沥青混合料性能的一个关键方面,因此可以将破坏能视为向沥青混合料赋予“高性能”中的显著性的重要量度。

[0050] 玻璃化转变温度是与低使用温度下地沥青和沥青混合料的延性-脆性行为密切相关的另一种材料特征。可以使用DSC或膨胀测定法测量此参数,如文献[7、8]中所述。较低的玻璃化转变温度指示低至较低温度下的非脆性行为。老化通常会增加玻璃化转变温度,因此要进行有效再生以制备高性能拌合料,就需要降低玻璃化转变温度。出于本文档的目的,

“混合料 T_g ”被定义为液体与玻璃态热水-体积平衡线之间的交点($\frac{\Delta V}{V_0}$ vs. T),其中 T 是温度, V 是样品体积,并且 V_0 是 25°C 下的初始体积,以 $10^\circ\text{C}/\text{min}$ 的恒定冷却速率进行测量。

[0051] 本文所述的沥青混合料的玻璃化转变温度为 0°C 或更低,并且混合料玻璃化转变温度可为 -5°C 或更低,并且玻璃化转变温度可为 -10°C 或更低,并且玻璃化转变温度可为 -15°C 或更低。

[0052] 可以通过使用拉伸强度比 (AASHTO T263、NEN-EN12697-12)、汉堡轮辙试验仪 (Hamburg Wheeltracker) (AASHTO T324) 和沸腾试验 (ASTM D3625) 评定湿气损伤。可以通过多种方法进行氧化老化,所述方法包括在试验前在不同温度和持续时间下对混合料进行烘箱老化 (诸如AASHTO R30中描述的短期和长期老化方法),使用其他性能试验来评定老化导致的性能损失。热降解是长期暴露在高温下的结果,这可能是由于地沥青或混合料在高温下长时间储存所致。尽管不存在标准的试验方法,但高温烘箱调节可以很好地体现这种效果。可以使用各种动态和静态蠕变试验 (流量数值和流动时间) (AASHTO TP62、AASHTO TP79、NEN-EN12697-25)、汉堡轮辙试验仪 (AASHTO T324) 和沥青路面分析仪 (AASHTO T340) 测量车辙。其他方法包括使用复模量试验 (AASHTO T342) 使用专用的专业设备 (诸如沥青混合料性能试验仪 (AMPT)) 或改装的万能试验机生成“主曲线”。这些实例按辖区强调了各种试验标准,并总体证明了沥青混合料在各个辖区均实现了所需的性能。

[0053] 高性能沥青混合料可被定义为其不仅在生产期间具有高可加工性和压实性,而且还实现了高的抗裂性和针对湿气和老化的耐久性,同时保持良好的抗车辙性。可以生产本发明中描述的沥青混合料以满足并超过基于性能的规范的标准 (也称为“平衡拌合料设计”),同时掺入35%或更高的再循环沥青内容物。地区机构指定了使用前述试验方法的这些标准,尽管这些试验方法可能会因形式而有所不同,但实际上描述的是相似的系统。例如,本文所述的沥青混合料可实现如通过汉堡或APA轮辙试验仪试验测定的小于 12.5mm 的车辙,同时实现使用在美国中北部 (例如威斯康星州、伊利诺伊州和芝加哥市辖区) 和美国东北部 (例如纽约州和纽约市) 经常使用的SCB或DCT试验标准测得的高于 $400\text{J}/\text{m}^2$ 的断裂能

(抗裂性)。又如,沥青混合料可以实现使用罩面层试验仪标准测得的大于100个循环的抗裂性以及如通过美国东北部和南部(例如新泽西州和德克萨斯州)使用的沥青路面分析仪(APA)试验标准测定的小于7mm的车辙。又如,沥青混合料可以实现如通过NEN-EN12697-12测定的大于80%的拉伸强度比,以及 $>100\mu\text{m}/\text{m}$ 的抗梁疲劳强度 ε_6 和NEN-EN12697-24,同时保持如通过在欧洲辖区(例如荷兰)经常使用的NEN-EN12697-25试验标准测定的小于 $0.6\mu\text{m}/\text{m}/\text{循环}$ 的车辙。

[0054] 多个再循环循环:

[0055] 使用本文所述的再生剂,可以在多个老化和再利用循环中再使用RAP,并且可以在每个连续的老化和再生循环中进一步改善处理过的材料,最终得到的材料在性能方面被认为优于初始沥青结合料。这是本文所述的再生剂的创新特征,直接涉及用适当设计的再生组合物使老化的地沥青级分重新平衡。

[0056] 普遍认为,RAP将随着每个使用和老化循环而进一步恶化,由此使得RAP的多个使用循环具有自限性。由于RAP材料的过度老化,这导致在一些国家(诸如德国和法国)形成了大量囤积的“无法使用”的RAP。本文所述的再生剂消除了这种限制,从而可以通过在一个或多个循环中用本文所述的再生剂进行再生实现RAP的多次再使用。

[0057] 此外,多次老化和再生的RAP提供了独特的高质量和高性能地沥青源,所述地沥青源可用于在使用此类老化和再生的地沥青材料时建造更高质量或更经济的路面。此类混合物可被描述为创新的高性能地沥青路面组合物。

[0058] 来自聚合物改性地沥青和路面的RAP的使用

[0059] 近年来,越来越多地使用聚合物改性的地沥青(通常称为PMB或PMA(聚合物改性的沥青))来建造路面。这种聚合物可包括但不限于热塑性弹性体(诸如苯乙烯-丁二烯苯乙烯(SBS)或其他基于苯乙烯的聚合物和嵌段共聚物)、胶乳、反应性三元共聚物(诸如Elvaloy®)和蜡(诸如聚乙烯和氧化聚乙烯),以及来自地面轮胎或天然橡胶源的橡胶改性物。此外,沥青可包含聚酰胺蜡(诸如乙烯双硬脂酰胺和三硬脂酰胺)、蒙旦蜡和费托蜡(诸如由Sasol生产并以Sasobit®销售的那些)。

[0060] 预计几年后,越来越多的RAP将来自最初包含如上所述的聚合物改性地沥青的路面。此外,人们普遍认为,由于担心由RAP贡献的地沥青会实质上“稀释”PMB地沥青,因此聚合物改性的路面不能包含显著的RAP含量(通常少于混合物总重量的10%),从而导致整体地沥青和路面性能较差。

[0061] RAP还可以来自再循环多孔沥青路面,或者可以来自经过温拌剂、抗剥离剂、乳化剂和/或蜡添加剂处理的沥青路面。

[0062] 但是,通过适当地再生RAP(如此处所述),尤其是来源于PMB路面的RAP,可以重新捕获初始PMB地沥青的许多弹性特性,从而可以制备独特且创新的RAP含量较高的高性能聚合物改性路面。实施例13中特别强调了这一点。

[0063] 实施例

[0064] 在这些实例中使用的聚合油再生剂是使用硫化技术聚合的Cargill Anova®产品(例如Anova 1815)。

[0065] 实施例1:36.7%RAP结合料更换表面层

[0066] 在美国中北部使用聚合油再生剂实施36.7%RAP结合料更换基层,以制备用于混合料中的聚合物改性PG58-40结合料。使用12.5mm标称最大骨料尺寸(NMAS)。根据300万当量单轴载荷(ESAL)设计混合料。对用于拌合料设计的拌和料进行结合料和混合料性能试验,以确定是否符合当地性能要求。根据AASHTO R30将混合料长期老化,然后在-24℃下使用圆盘紧凑拉伸(DCT)试验进行试验,并与400J/m²最小阈值进行比较。该混合料显示出显著更高的断裂能,因此很容易通过要求。

[0067] 在高温端,在AASHTO R30短期老化后,针对在5000个循环下12.5mm的最大允许车辙深度在50℃下进行了汉堡轮辙试验。仅观察到相对较小的永久变形,因此混合料以健康限界通过。混合料和结合料性能试验结果示于表1中。

[0068] 表1

试验标准	所测特性	结果	规格
AASHTO R30	短期老化	-	在 135±3℃下 4 h
AASHTO R30	长期老化	-	在 85±3℃下 120 h
[0069] 圆盘紧凑拉伸	抗裂性	631.7 J/m ²	在-24℃下>400 J/m ²
AASHTO T324: 汉堡轮辙试验仪	车辙	3.18 mm	在 5000 个循环下 <12.5 mm
AASHTO M320	性能等级	PG79.2-34	超过 PG58-34

[0070] 实施例2:用于表面层的45%RAP拌合料设计

[0071] 使用聚合油再生剂和原始Pen 40/60地沥青产生表面层拌合料设计。所述拌合料包含按混合料总重量计45%的RAP,33%的RAP(占总拌和料的15%)来源于多孔沥青,其余RAP来源于密级配热拌沥青RAP。多孔沥青RAP通常由于含有高度老化和氧化的地沥青而不能在表面层中再使用。

[0072] 聚合油再生剂的用量为地沥青总重量的2.5%或混合料总重量的0.15%,Pen 40/60原始地沥青占混合料总重量的3.80%,使得结合料总含量为混合料重量的6.0%。

[0073] 压实的板、梁和圆柱体是由这种混合料制成的,并且试验符合欧洲道路建筑材料标准。在混合料的试验中使用以下标准规范:

[0074] • NEN-EN 12697-12+NEN-EN 12697-23:测定地沥青混合料的圆柱形试样的间接拉伸强度和水敏感性:抗湿性

[0075] • NEN-EN 12697-25:测定地沥青混合料的圆柱形试样的抗永久变形性:车辙

[0076] • NEN-EN 12697-26:对棱柱形试样进行的四点弯曲试验:刚度

[0077] • NEN-EN 12697-24:对棱柱形试样进行的四点弯曲试验:疲劳

[0078] 前述试验的结果示于表2中。将这些结果与荷兰“2015RAW标准”的要求进行比较,发现符合AC表面层DL-A、B和C(针对自行车道、城市道路和高速公路)。这些发现具有重要意义,因为异常高含量的高度老化的多孔沥青RAP被成功利用并再生,从而形成了高性能沥青路面表面层。

[0079] 表2

	试验标准	所测特性	结果	AC 表面层 DL-C 的规格
	NEN-EN12697-12	抗湿性	TSR = 98%	拉伸强度比(TSR) > 80%
[0080]	NEN-EN12697-25	车辙	Fc = 0.23 μm/m/循环	< 0.6 μm/m/循环
	NEN-EN12697-26	刚度	5.6 GPa	在 20°C、8 Hz 下为 5.5-11.0 GPa
	NEN-EN12697-24	疲劳	ε6 = 151 μm/m	>100 μm/m

[0081] 实施例3:45%RAP表面层

[0082] 在美国东北部,使用聚合油再生剂进行高RAP表面层铺装。拌和料包含按拌和料总重量计45%的RAP。结合料相由0.11%的Anova 1815和5.19%的PG64-22原始地沥青组成,使得结合料总含量为混合料总重量的5.3%。使用9.5mm标称最大骨料尺寸(NMAS)。

[0083] 产生具有类似设计的对照切片,其仅包含按拌和料重量计45%的RAP和5.3%的原始PG64-22结合料,没有再生剂。对切片进行取芯并使用针对车辙的沥青路面分析仪(APA)和用于测量抗裂性的单面层试验仪(OT)进行试验。

[0084] 表3中的试验结果表明,没有再生剂的切片未显示出抗裂性,而添加再生剂则显著提高了破裂破坏的循环次数,从而获得通过性能。在另一方面,再生剂的使用不会显著影响车辙。结果表明,所描述的再生系统具有独特的能力,能够以高于典型的再循环内容物实现目标性能。

[0085] 表3

试验标准	所测特性	45% RAP +原始地沥青	45% RAP +再生剂	规格界限
[0086] NJDOT B-10 : OT	抗裂性	8 个循环	197 个循环	≥150 个 循环
AASHTO T-340: APA	车辙	4.8 mm	4.9 mm	< 7 mm

[0087] 实施例4:45.9%RAP结合料更换基层

[0088] 在美国中北部使用聚合油再生剂实施45.9%RAP结合料更换基层,以制备用于混合料中的聚合物改性PG58-40结合料。使用19mm标称最大骨料尺寸(NMAS)。根据300万当量单轴载荷(ESAL)设计混合料。

[0089] 对用于拌和料设计的拌和料进行结合料和混合料性能试验,以确定是否符合当地性能要求。根据AASHTO R30将混合料长期老化,然后在-24°C下使用圆盘紧凑拉伸(DCT)试验进行试验,并与400J/m²最小阈值进行比较。该混合料显示出显著更高的断裂能,因此很容易通过要求。

[0090] 在高温端,在AASHTO R30短期老化后,针对在5000个循环下12.5mm的最大允许车辙深度在50°C下进行了汉堡轮辙试验。仅观察到相对较小的永久变形,因此混合料以健康

限界通过。混合料和结合料性能试验结果示于表4中。

[0091] 表4

试验标准	所测特性	结果	规格
AASHTO R30	短期老化	-	在 135±3°C下 4 h
AASHTO R30	长期老化	-	在 85±3°C下 120 h
[0092] 圆盘紧凑拉伸	抗裂性	593.6 J/m ²	在-24°C下>400 J/m ²
汉堡轮辙试验仪	车辙	2.05 mm	在 5000 个循环下<12.5 mm
AASHTO M320	性能等级	PG79.1-34	超过 PG58-34

[0093] 实施例5:45%RAP+5%RAS表面层

[0094] 在美国东北部,使用聚合油再生剂进行高RAP和RAS表面层铺装。拌和料包含按拌和料总重量计45%的RAP。结合料相由0.42%的Anova 1815和4.88%的PG64-22原始地沥青组成,使得结合料总含量为混合料总重量的5.3%。使用9.5mm标称最大骨料尺寸(NMAS)。在此设计中非常值得注意的是使用了高量再循环沥青瓦,因为高度氧化和进一步老化的RAS地沥青在实现高路面破裂性能方面提出了重大挑战。

[0095] 产生具有类似设计的对照切片,其仅包含按拌和料重量计45%的RAP和5.3%的原始PG64-22结合料,没有再生剂。对切片进行取芯并使用针对车辙的沥青路面分析仪(APA)和用于测量抗裂性的单面层试验仪(OT)进行试验。

[0096] 表5中的试验结果表明,没有再生剂的切片未显示出抗裂性,而添加再生剂则显著提高了破裂破坏的循环次数,从而获得通过性能。在另一方面,再生剂的使用不会显著影响车辙。结果表明,所描述的再生系统具有独特的能力,能够以高于典型的再循环内容物实现目标性能。

[0097] 表5

试验标准	所测特性	45% RAP + 5% RAS +原始地沥青	45% RAP + 5% RAS +再生剂	规格界限
[0098] NJDOT B-10 : OT	抗裂性	4 个循环	169 个循环	≥150 个循环
AASHTO T-340: APA	车辙	5.1 mm	4.2 mm	< 7 mm

[0099] 实施例6:用于基层的67%RAP拌合料设计

[0100] 使用聚合油再生剂和原始Pen 70/100地沥青产生基层拌合料设计。所述拌合料包含按混合料总重量计67%的RAP,33%的RAP(占总拌和料的29%)来源于多孔沥青,其余RAP来源于密级配热拌沥青RAP。多孔沥青RAP通常由于含有高度老化和氧化的地沥青而不能在表面层中再使用。

[0101] 再生剂的用量为地沥青总重量的5.0%或混合料总重量的0.21%,Pen 40/60原始地沥青占拌和料总重量的0.84%,使得结合料总含量为拌和料重量的4.3%。

[0102] 将所述混合料与参照组合物进行比较,在所述参照组合物中,再生剂和Pen 70/

100地沥青的再生组合被替换为未再生的软Pen 160-220原始地沥青。再生地沥青组合物和原始软地沥青具有相似的针入度等级。

[0103] 压实的板、梁和圆柱体是由这种混合料制成的，并且试验符合欧洲道路建筑材料标准。在混合料的试验中使用以下标准规范：

[0104] • NEN-EN 12697-12+NEN-EN 12697-23:测定地沥青混合料的圆柱形试样的间接拉伸强度和水敏感性:抗湿性

[0105] • NEN-EN 12697-25:测定地沥青混合料的圆柱形试样的抗永久变形性:车辙

[0106] • NEN-EN 12697-26:对棱柱形试样进行的四点弯曲试验:刚度

[0107] • NEN-EN 12697-24:对棱柱形试样进行的四点弯曲试验:疲劳

[0108] 前述试验的结果示于表6中。将这些结果与荷兰“2015RAW标准”的要求进行比较，发现符合AC基层DL-A、B、C和IB(针对自行车道、城市道路、高速公路和工业道路)。这些发现具有重要意义，因为异常高含量的再循环地沥青尤其是高度老化的多孔沥青RAP被成功利用并再生，从而形成了高性能沥青路面表面层。

[0109] 此外，包含未再生的软原始地沥青的混合料的结果表明，尽管该组合物以相对窄的限界满足了疲劳要求，但是由于混合料的过度软化其不能满足“车辙”要求。在另一方面，使用再生剂的混合料以宽限界同时满足疲劳和车辙要求。

[0110] 表6

试验标准	所测特性	67% RAP +再生剂	67% RAP +软地沥青	AC 基层 OL-IB 的规格
NEN-EN12697-12	抗湿性	TSR = 93%	TSR = 80%	拉伸强度 比(TSR) > 80%
NEN-EN12697-25	车辙	Fc = 0.13 μm/m/循环	Fc = 0.4 μm/m/循环	< 0.2 μm/m/循环
NEN-EN12697-26	刚度	9.0-9.5 GPa	8.0 GPa	在 20°C、8 Hz 下为 7.0-14.0 GPa
NEN-EN12697-24	疲劳	ε ₆ = 115-130 μm/m	ε ₆ = 105 μm/m	>90 μm/m

[0111] 实施例7:76%RAP和再循环骨料基层

[0113] 使用聚合油再生剂和原始Pen 70/100地沥青产生基层拌合料设计。拌和料中使用的骨料的100%来源于再循环材料，如下所示：

[0114] • 混合料总重量的76.43%由各种RAP材料组成，其中总拌和料的28.68%来源于多孔沥青RAP，其余RAP来源于密级配热拌沥青RAP。

[0115] • 拌和料总重量的22.95%由来源于路基铁路轨道的矿物骨料(“Rebeas砂砾”)以及来自焚烧炉焦油沥青的砂砾和砂(“Ecogrit”和“Ecosand”)的共混物组成。

[0116] 再生剂的用量为地沥青总重量的5.0%或混合料总重量的0.24%，Pen 70/100原始地沥青占拌和料总重量的0.38%，使得结合料总含量为拌和料重量的4.3%。

[0117] 压实的板、梁和圆柱体是由这种混合料制成的，并且试验符合欧洲道路建筑材料标准。在混合料的试验中使用以下标准规范：

[0118] • NEN-EN 12697-12+NEN-EN 12697-23:测定地沥青混合料的圆柱形试样的间接拉伸强度和水敏感性:抗湿性

[0119] • NEN-EN 12697-25:测定地沥青混合料的圆柱形试样的抗永久变形性:车辙

[0120] • NEN-EN 12697-26:对棱柱形试样进行的四点弯曲试验:刚度

[0121] • NEN-EN 12697-24:对棱柱形试样进行的四点弯曲试验:疲劳

[0122] 前述试验的结果示于表7中。将这些结果与荷兰“2015 RAW标准”的要求进行比较，发现符合AC基层DL-A、B、C和IB(针对自行车道、城市道路、高速公路和工业道路)。这些发现具有重要意义，因为异常高含量的再循环地沥青和再循环骨料尤其是高度老化的多孔沥青RAP被成功利用并再生，从而形成了高性能沥青路面表面层。

[0123] 表7

试验标准	所测特性	结果	AC 表面层 OL-C 的规格
NEN-EN12697-12	抗湿性	TSR = 90%	拉伸强度比(TSR) > 80%
[0124] NEN-EN12697-25	车辙	Fc = 0.20 μm/m/循环	≤ 0.4 μm/m/循环
NEN-EN12697-26	刚度	7.4 GPa	在 20°C、8 Hz 下为 7.0-14.0 GPa
NEN-EN12697-24	疲劳	ε6 = 108 μm/m	>90 μm/m

[0125] 实施例8:100%RAP表面层

[0126] 使用聚合油再生剂实施100%RAP项目。该混合料由分级的RAP和约0.27%的Anova 1815再生剂(按混合料的重量计)组成。在加热的RAP离开滚筒时将再生剂添加到其中并运输至施工现场，无需任何额外的停留时间。

[0127] 在项目完成后的几天内对路面取芯，并根据纽约市表面路面规范将样品送去进行混合料性能试验。如表8所示，结果表明混合料通过了破裂(半圆弯曲试验)和车辙(汉堡轮辙试验)的要求。

[0128] 表8

试验标准	所测特性	结果	规格
AASHTO R30	短期老化	-	在 135±3°C下 4 h
半圆弯曲	抗裂性	500 J/m ²	在 25°C下 ≥500 J/m ²
AASHTO T324: 汉堡轮辙试验仪	车辙	4.7 mm	在 10000 个循环下 <12.5 mm
ASTM D6927: 马歇尔稳定度	车辙	1584 lbf	在 60°C下 > 1500 lbf
ASTM D6927: 马歇尔流动值	延性	11.3	8.0-12.0 [0.01 英寸]

[0129] 实施例9:改性油共混物#1的再生剂分级

[0131] 试验再生剂并使用如ASTM D3279所定义的用以测量作为正庚烷不溶物的沥青质的前述分级方法以及用于正庚烷可溶性级分分级的Iatroscan MK-6S薄层色谱法进行分级。

[0132] 所述再生剂包含:

[0133] • 具有70.8%的低聚物的59.0wt%的改性生物可再生油

[0134] • 41.0wt%的直大豆油

[0135] • 所述再生组合物的总低聚物含量为46.31%，且希尔德布兰特溶解度为8.69。

[0136] 分级结果表明,使用与用于确定主要地沥青级分的方法相同的分级方法,可以得到与“树脂”组分对应的相当大的组分。

级分	饱和物	环状化合物	树脂	沥青质
%wt	0.2%	38.6%	61.2%	0.0%

[0137] 实施例10:改性油共混物#2的再生剂分级

[0139] 试验以下再生剂并使用如ASTM D3279所定义的用以测量作为正庚烷不溶物的沥青质的前述分级方法以及用于正庚烷可溶性级分分级的Iatroscan MK-6S薄层色谱法进行分级。

[0140] 所述再生剂包含:

[0141] • 具有70.8%的低聚物的14.5wt%的改性生物可再生油

[0142] • 85.5wt%的直大豆油

[0143] • 所述再生组合物的总低聚物含量为16.59%，且希尔德布兰特溶解度为约8.60。

[0144] 分级结果表明,使用与用于确定主要地沥青级分的方法相同的分级方法,可以得到与“树脂”组分对应的相当大的组分。

级分	饱和物	环状化合物	树脂	沥青质
%wt	0.2%	63.1%	36.7%	0.0%

[0145] 实施例11:改性油共混物#3的再生剂分级

[0147] 试验以下再生剂并使用如ASTM D3279所定义的用以测量作为正庚烷不溶物的沥青质的前述分级方法以及用于正庚烷可溶性级分分级的Iatroscan MK-6S薄层色谱法进行

分级。所述再生剂由经合成达到17.7%的低聚物含量和约8.57的希尔德布兰特溶解度的改性生物可再生油组成。

[0148] 分级结果表明,使用与用于确定主要地沥青级分的方法相同的分级方法,可以得到与“树脂”组分对应的相当大的组分。

[0149]	级分	饱和物	环状化合物	树脂	沥青质
	%wt	0.0%	45.5%	53.5%	1.0%

[0150] 实施例12:多个再循环循环

[0151] 此实施例说明了普通铺装级地沥青的多个老化和再生循环,显示了如何在每个循环中获得具有优异性能等级和流变特性的地沥青。

[0152] 在此实施例中使用以下定义:UTI:如使用AASHTO M320所测定的,作为高温性能等级与低温性能等级之间差值的可用温度间隔。HT-PG:如遵循ASTM D7175和AASHTO M320使用动态剪切流变仪(DSR)在每个老化条件下在高使用温度下控制 $|G^*|/\sin\delta$ 参数所测量的,沥青结合料的高温性能等级。I-PG:如遵循ASTM D7175和AASHTO M320使用动态剪切流变仪(DSR)在每个老化条件下在中等使用温度下控制 $|G^*|\sin\delta$ 参数所测量的,沥青结合料的中温性能等级。S级:遵循ASTM D6648和AASHTO M320的指导使用4mm心轴DSR设置利用液氮冷却系统测量的,由蠕变刚度参数(“S”)控制的低温性能等级。m级:遵循ASTM D6648和AASHTO M320的指导使用4mm心轴DSR设置利用液氮冷却系统测量的,由蠕变速率参数(“m”值)控制的低温性能等级。

[0153] 使用来源于Flint Hills精炼厂的PG64-22原始地沥青来展示多次老化和再生对普通铺装级地沥青的影响。根据AASHTO M320和相关标准通过以下操作对地沥青进行老化:首先使用旋转薄膜烘箱(RTF0)进行老化,之后在100°C下在2.1MPa的空气压力下在压力老化容器(PAV)中老化20小时,以模拟7-10年的现场性能。在此阶段,在1个使用循环后地沥青被认为代表典型的RAP地沥青,对其进行级配。然后用3wt%的实施例#10中所述的再生剂(改性油共混物#2,或MOB2)对地沥青进行处理并再次级配,之后再进行20小时的PAV老化循环和后续级配。再次使地沥青再生并级配,然后进行第3次PAV老化和再生循环。

[0154] 结果示于下表中。图3显示,多个老化和再生循环的趋势产生了具有改善的高温性能等级和改善的低温性能等级的独特且创新的结合料。如图4所示,每个循环中UTI的显著增强也证明了这一点。最终的共混物在适用性能和允许温度范围方面表现出重大改善。

结合料说明	PAV 老化 小时 数	UTI	HT PG	I-PG	S-BBR	m-BBR
		°C	°C	°C	°C	°C
循环#1: RTFO 和 PAV 老化的 PG64-22	20	97.0	80.4	27.4	-16.6	-20.4
再生循环#1: 97%循 环#1 + 3% MOB2	20	105.0	81.6	20.5	-23.4	-25.8
循环#2: “再生循环 #1”的 PAV 老化	40	102.5	83.1	26.3	-19.4	-21.1
再生循环#2: 97%循 环#2 + 3% MOB2	40	106.4	80.2	19.9	-26.2	-28.2
循环#3: “再生循环 #2”的 PAV 老化	60	109.0	86.4	24.2	-23.5	-22.6
再生循环#3: 97%循 环#3 + 3% MOB2	60	115.0	87.5	18.2	-31.1	-27.5

[0156] 实施例13:使用已经掺入聚合物的RAP

[0157] 如今,通常使用动态剪切流变仪使用多重应力蠕变和恢复试验(MSCR)来对聚合物改性沥青的性能进行基准试验。试验程序在AASHTO T350中进行了描述,其包括一系列短的蠕变加载时期,之后是较长的“恢复”时期。使用多个参数评定性能,最显著的是“恢复百分比”,这归因于地沥青中已建立的聚合物网络的弹性。

[0158] 在此实施例中,使用来源于美国东北部的SBS改性PMA(聚合物改性沥青)来展示使来源于聚合物改性沥青路面的老化RAP再生的影响。根据AASHTO M332,将PMA级配为PG64V-22。

[0159] 将样品在RTFO中调节,并根据AASHTO T350在25°C、58°C、64°C和70°C下进行试验。还在这些众条件下测量了高温性能等级(HT-PG)并进行了记录。然后使样品在2.1MPa空气压力和100°C下经历PAV老化20小时以模拟7-10年的现场老化(代表RAP地沥青的状况),之后用两个用量的实施例#10中所述的再生剂(MOB2)进行处理。

[0160] 下表中所示的结果指示,再生的老化PMA能够保持(并超过)经历模拟现场老化之前的初始PMA的弹性。

[0161] 本领域的技术人员可能会争辩说,这些结果仅仅是由于在试验温度下老化PMA的刚度增加所致,如从HT-PG增加所推断的。为了满足这些问题,还通过内插法针对每种条件预测了恢复%,以表示在“等粘”温度下的恢复率。选择等粘温度作为与64°C下RTFO老化对照物的性能等效的性能。结果显示与初始PMA相比有明显改善,这表明来源于PMA的再生RAP具有卓越的PMA贡献。这样的结果具有重要的经济意义,因为它指示了通过在路面中掺入更高含量的再生PMA RAP利用本发明来实现显著的经济节省和性能提升的潜力,具体说明了聚合物改性或通常与低RAP PMA路面相关的性能。

试验类型	试验温度 $^{\circ}\text{C}$	PMA 条件		
		RTFO 老化的	RTFO+PAV+3% MOB2	RTFO+PAV+5% MOB3
[0162] HT-PG	变化	76.8 $^{\circ}\text{C}$	91.39 $^{\circ}\text{C}$	88.23 $^{\circ}\text{C}$
在 3.2 kPa 下的 MSCR %R	25	77.2%	88.5%	86.6%
	58	61.3%	78.5%	76.5%
	64	49.5%	74.4%	71.2%
	70	33.5%	67.1%	61.2%
	等粘	49.5%	66.3%	60.8%

[0163] 实施例14:处理高含量的再循环沥青瓦地沥青

[0164] 再循环沥青瓦 (RAS) 是再循环地沥青的一种来源,在工业中已得到不同水平的使用。由于屋顶地沥青在木瓦中使用之前会经历极高的吹气水平,因此人们担心在路面中过多使用此类地沥青源会出现过早破裂和耐久性的问题,这导致其在许多辖区的使用受到限制。随着基于性能的设计和规范的出现,人们努力寻找基于性能的标准来指定路面使用RAS的可接受水平。一个这样的参数是 ΔT_c ,它被定义为如AASHTO M320所定义的,在PAV老化20或40小时后最终地沥青的S级和m级之间的差值。 ΔT_c 值越负,表明相容性越低,出现过早耐久性问题的可能性就越大。

[0165] 如本实施例所展示的,本发明中所述的再生化合物能够改善包含高含量RAS地沥青的结合料的 ΔT_c 值,同时还增强了所得地沥青的整体性能,特别是在低温性能和松弛方面的性能。将来源于Flint Hills精炼厂的PG64-22原始结合料与25wt%的提取RAS地沥青共混。然后用连续更高用量的实施例#10中所述的再生剂 (MOB2) 对共混物进行处理。如下表所示,结果指示随着MOB2用量增加有改善趋势,连同低温性能,尤其是m级的明显改善。

[0166] 此外,再生的含RAS的地沥青的UTI也有所增加,这展示了独特的高性能再生老化地沥青共混物,其满足了PG64-28结合料的要求,所述PG64-28结合料与用作起始材料的PG64-22原始结合料相比被认为是优质级。这种独特的高性能再生再循环地沥青共混物是本发明输送高价值地沥青源用于各种利用地沥青组合物的工业的独特能力的另一个实例。

结合料说明	再生剂含量	UTI	HT-PG (未老化的)	HT-PG (RTFO)	S 级	m 级	ΔT_c
		$^{\circ}\text{C}$	$^{\circ}\text{C}$	$^{\circ}\text{C}$	$^{\circ}\text{C}$	$^{\circ}\text{C}$	$^{\circ}\text{C}$
[0167] 100%基础结合料	0	89.1	65.5	66.4	-23.7	-23.6	-0.1
75% 基础结合料: 25% RAS	0	93.4	71.7	72.9	-24.2	-21.7	-2.5
+ 1% MOB2	1	93.4	69.9	71.6	-25.1	-23.5	-1.6
+ 2% MOB2	2	94.9	68.3	69.6	-28.2	-26.6	-1.6
+ 3% MOB2	3	94.5	66.3	68.2	-29.0	-28.2	-0.8

[0168] 实施例15:再生油的抗老化性

[0169] 如先前所讨论,如本发明所述的合适的再生剂将补充老化地沥青的级分。因此,可

以合理预期的是,再生油能够耐受与地沥青和沥青在生产和使用过程中所经历的热和氧化条件相同的热和氧化条件并在这些条件下发挥作用。这些条件是遵循AASHTO M320列出的框架在实验室中以标准方式模拟和试验的,也就是说,地沥青是使用旋转薄膜烘箱(RTF0)在163℃下短期老化了85分钟,并在90℃至110℃下在2.1MPa的空气压力下在压力老化容器(PAV)中长期老化了20小时。同样也已遵循ASTM D1754使用薄膜烘箱(TF0)在163℃下老化5小时分钟试验了地沥青的短期老化。RTF0试验程序被设计为近似等于TF0程序。

[0170] 在当前实施例中,遵循ASTM D6521,在100℃下在2.1MPa的空气压力下在压力老化容器(PAV)中将再生油老化20小时。遵循ASTM D4402,使用布氏粘度计测试油在60℃下的粘度。此外,使用TA DSC 2920对样品进行加压差示扫描量热法试验,方式为将样品在氧气吹扫下保持在130℃并测量氧化诱导时间(OIT)。较长的起始时间表明较高的抗氧化性。

#	油说明	在 130℃下的 PDSC OIT	在 60℃下的粘度, SP # 21 (cP)		
			未老化的	PAV 之后	增加%
1	MOB2	23 min	27	29.25	8%
2	MOB3	-	17.75	46.25	161%
[0171] 3	SylvaRoad RP1000	< 5 min	22.75	7975	34955%
4	Evoflex CA3	< 5 min	-	-	-
5	精炼大豆油	11 min	16.25	1515	9223%
6	回收玉米油	11 min	15.25	542	3454%
7	粗制脱胶大豆油	-	15.75	1070	6694%
8	精炼向日葵油	-	18	1603	8806%

[0172] 结果表明,由于PAV老化过程,使用硫化聚合的植物油共混物(MOB 2和MOB3)的粘度增加程度最少,而对未改性植物油和试验的商业沥青添加剂的影响则显示出1至3个数量级范围内的粘度增加。使用PDC也证明了这种趋势,其中MOB2油比其他试验的油系统具有显著更长的氧化诱导时间,这进一步证明了氧化稳定性。这种氧化稳定性在再生剂应用中是必不可少的,因为它指示再生油对再生地沥青组合物性能的影响的年限。

[0173] 实施例16:使用抗氧化剂改善植物油沥青添加剂的抗老化性

[0174] 出于本发明的目的,还设想了使用抗氧化剂可以有益地实现相似的抗时效硬化性,前提条件是使用正确的用量和类型。当抗氧化剂的用量超过植物油重量的1%-2%时,观察到溶解度的损失,因此优选的实施例将使用充足的抗氧化剂以实现200%的较低的60℃粘度增加,同时保持在油中的溶解度。

[0175] 如实施例#15中所述,遵循ASTM D6521,在100℃下在2.1MPa的空气压力下在压力老化容器(PAV)中将油老化20小时。遵循ASTM D4402,使用布氏粘度计测试油在60℃下的粘度。此外,使用TA DSC 2920对样品进行加压差示扫描量热法试验,方式为将样品在氧气吹扫下保持在130℃并测量氧化诱导时间。

[0176] 在下表中,将三种类型的抗氧化剂与回收玉米油结合使用。其他改性和未改性的生物可再生油可以使用抗氧化剂以相同的方式进行优化,所述抗氧化剂包括但不限于在本实施例中使用的那些。

#	油说明	在 130°C下的 PDSC OIT	在 60°C下的粘度, SP # 21 (cP)		
			未老化的	PAV 之后	增加%
[0177]	1 回收玉米油(RCO)	11 min	约 15.3	542	3454%
	2 RCO + 0.2% BHT	-		338	2116%
	3 RCO + 0.66% BHT	28 min		32	110%
	4 RCO + 0.66% BNX1010	26 min		22	44%
	5 RCO + 0.66% Irgafos 168	-		364	2287%

[0178] 参考文献

[0179] [1]C,Petersen,"A Review of the Fundamentals of Asphalt Oxidation: Chemical,Physieochemical,Physical Property,and Durability Relationships," Transportation Research Board,Washington D.C.,2009.

[0180] [2]C.Petersen and R.Glaser,"Asphalt Oxidation Mechanisms and the Role of Oxidation Products on Age Hardening Revisited,"Road Materials and Pavement Design,vol.12,pp.795-819,2011.

[0181] [3]S.Priyanto,G.Mansooriand A.Suwono,"Measurement of property relationships of nano-structure micelles and coacervates of asphaltene in a pure solvent,"Chemical Engineering Science.vol.56,p.6933-6939,2001.

[0182] [4]D.Christensen and D.Anderson,"Chemical-Physical Propeerty Relationships for Asphalt Cements and the Dispersed Fluid Model,"in Proceedings of the Trasportation Research Board,Washington D.C.,1992.

[0183] [5]T.Yeh,"Colloidal Aspect of a Macrostructure of Petroleum Asphalt,"FUEL SCIENCE&TECHNOLOGY INTERNATIONAL,vol.10,no.4,pp.723-733,1992.

[0184] [6]H.Tabatabaee and H.Bahia,"Establishing Use or Binder Cracking Tests for Prevention of Pavement Cradcking,"Submitted to the Journal of the Association of Asphalt Paying Technologists,2014.

[0185] [7]H.Tabatabaee,R.Velasquez and H.Bahia,"Preddicting Low Temperature Physical Hardening in Asphalt Binders,"Submitted for publication in the Joumal of Construction and Building Materials,2012.

[0186] [8]H.Bahia,H.Tabatabaee and R.Velasquez,"Asphalt Thermal Cracking Analyzer,"in 7th International Conference on Cracking in Pavements, Netherlands,2012.

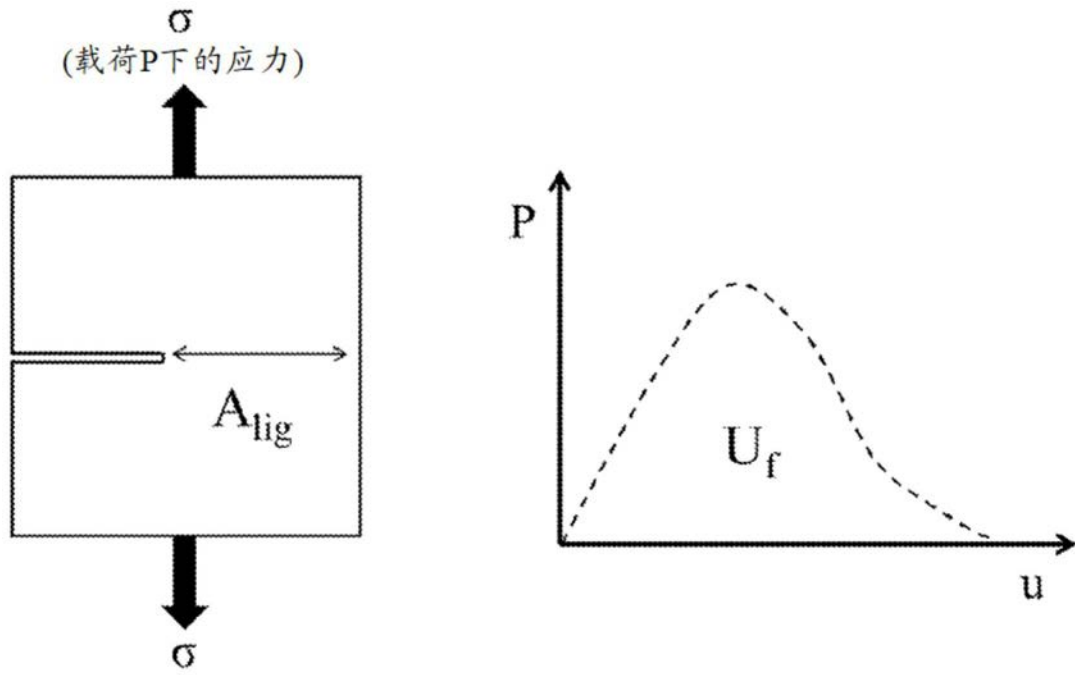


图1:破坏能示意图

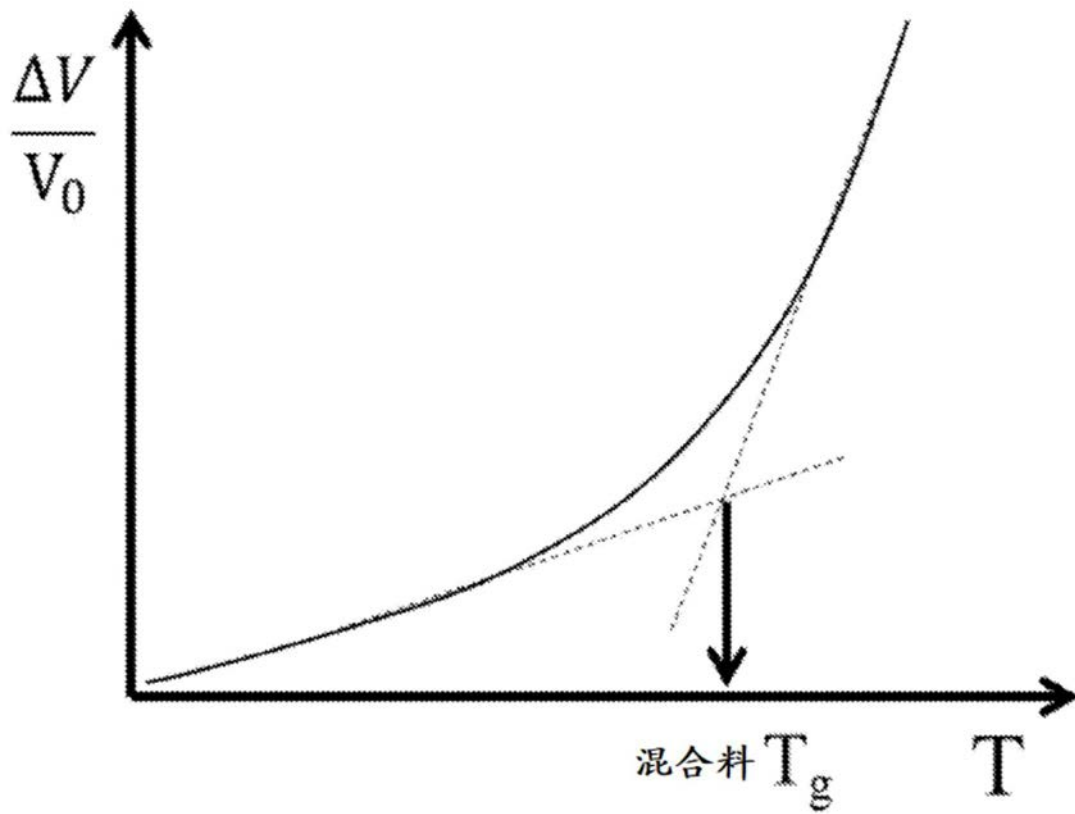


图2:膨胀测定玻璃化转变温度定义

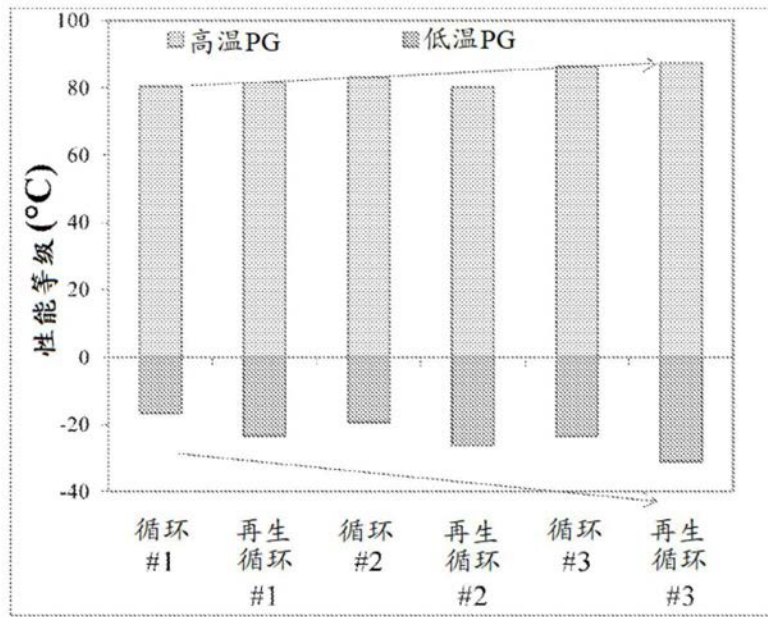


图3

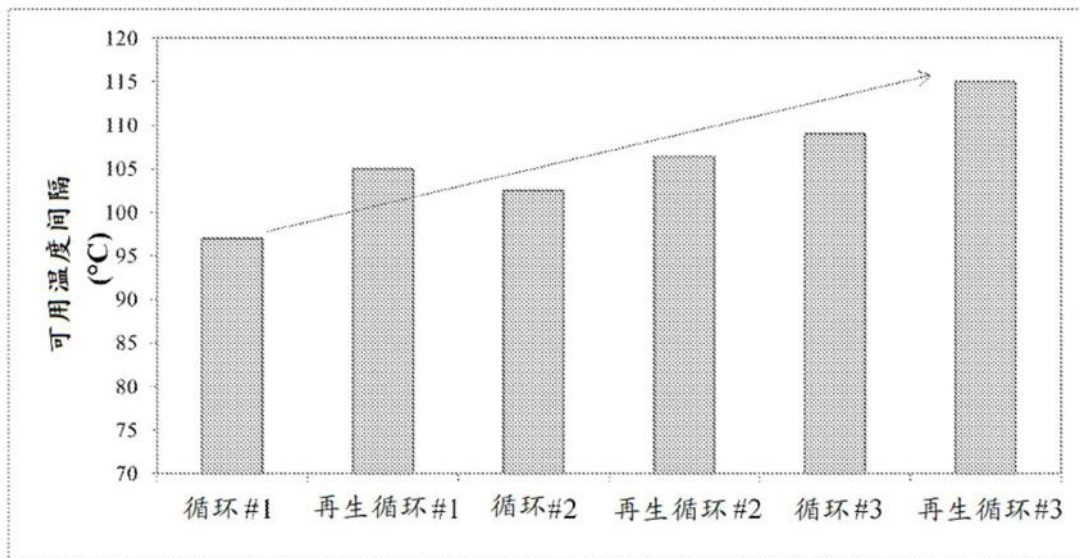


图4