



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 104812868 B

(45)授权公告日 2019.05.07

(21)申请号 201380055195.3

(73)专利权人 哈利伯顿能源服务公司

(22)申请日 2013.10.25

地址 美国德克萨斯州

(65)同一申请的已公布的文献号

(72)发明人 R·G·摩根 D·C·布伦艾斯
C·W·罗迪

申请公布号 CN 104812868 A

(43)申请公布日 2015.07.29

(74)专利代理机构 隆天知识产权代理有限公司
72003

(30)优先权数据

代理人 黄艳 聂慧荃

13/662,111 2012.10.26 US

(85)PCT国际申请进入国家阶段日

(51)Int.CI.

2015.04.22

C09K 8/46(2006.01)

E21B 33/13(2006.01)

(86)PCT国际申请的申请数据

审查员 杜超

PCT/US2013/066771 2013.10.25

(87)PCT国际申请的公布数据

W02014/066737 EN 2014.05.01

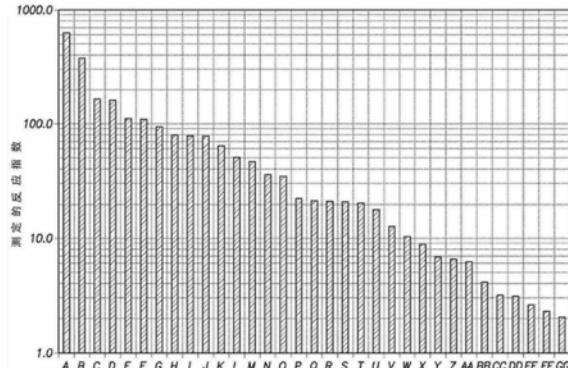
权利要求书3页 说明书12页 附图4页

(54)发明名称

用于测定水泥窑粉尘的反应指数的方法、相关组合物和使用方法

(57)摘要

公开多种方法和组合物，在一个实施方案中，包括一种处理井的方法，其包括：提供包含基液和掺合的水泥基组分的处理液，其中所述掺合的水泥基组分包含来自两种或更多种不同来源的窑粉尘；和将所述处理液引入到井孔中。



1. 一种处理井的方法,其包括:

提供包含基液和掺合的水泥基组分的处理液,其中所述掺合的水泥基组分包含来自两种或更多种不同来源的窑粉尘;和

将所述处理液引入到井孔中,

其中所述方法进一步包括测量每种窑粉尘的反应性,所述测量包括:

测量所述窑粉尘的参数,所述窑粉尘具有比表面积;和

将所述测量的参数除以所述窑粉尘的所述比表面积以获得所述窑粉尘的反应指数,

其中所述测量的参数是压缩强度或流变值,

其中所述窑粉尘包含来自第一来源的第一窑粉尘和来自第二来源的第二窑粉尘,并且其中所述方法进一步包括测定所述第一窑粉尘的反应指数和测定所述第二窑粉尘的反应指数,且

其中所述第一窑粉尘的反应指数与所述第二窑粉尘的反应指数变化至少2:1的因数。

2. 根据权利要求1所述的方法,其中所述流变值为体积平均表观粘度。

3. 根据权利要求1所述的方法,其中所述基液包含选自以下组中的水:淡水、盐水。

4. 根据权利要求3所述的方法,其中所述盐水是卤水。

5. 根据权利要求1所述的方法,其中所述窑粉尘选自以下组中:石灰窑粉尘、水泥窑粉尘和它们的组合。

6. 根据权利要求1所述的方法,其中所述窑粉尘包含水泥窑粉尘,所述水泥窑粉尘以所述掺合的水泥基组分的重量计以0.01重量%到100重量%范围内的量存在于所述处理液中。

7. 根据权利要求1所述的方法,其中所述处理液含有不超过水泥基组分的1重量%的除所述掺合的水泥基组分以外的任何额外水泥基组分。

8. 根据权利要求1所述的方法,其中所述处理液在钻井中用于所述井孔中。

9. 根据权利要求1所述的方法,其中所述处理液在完井中用于所述井孔中。

10. 根据权利要求1所述的方法,其中所述处理液在井刺激中用于所述井孔中。

11. 根据权利要求1所述的方法,其中来自掺合的水泥基组分中的两种来源的每一者的窑粉尘的量基于选自以下组中的参数调节:压缩强度、流变值和它们的任何组合。

12. 根据权利要求1所述的方法:

其中测定所述第一窑粉尘的所述反应指数的步骤使用以下等式:

$$RI_1 = MP_1 / SSA_1$$

其中 RI_1 是所述第一窑粉尘的所述反应指数, MP_1 是所述第一窑粉尘的测量的参数,并且 SSA_1 是所述第一窑粉尘的比表面积;并且

其中测定所述第二窑粉尘的所述反应指数的步骤使用以下等式:

$$RI_2 = MP_2 / SSA_2$$

其中 RI_2 是所述第二窑粉尘的所述反应指数, MP_2 是所述第二窑粉尘的测量的参数,并且 SSA_2 是所述第二窑粉尘的比表面积。

13. 根据权利要求12所述的方法,其中所述掺合的水泥基组分的性能使用以下等式最佳化:

$$EP_{\text{掺合}} = (RI_1) (SSA_1) (f_1)^m + (RI_2) (SSA_2) (f_2)^m$$

其中EP是所述掺合的水泥基组分的估算的参数,f₁是第一窑粉尘的质量分数,f₂是所述第二窑粉尘的质量分数,并且m是1到10的数目,并且其中所述最佳化包括调节f₁和/或f₂。

14. 一种注水泥的方法,其包括:

提供包含水和掺合的水泥基组分的可凝结组合物,其中所述掺合的水泥基组分包含来自两种或更多种不同来源的窑粉尘;和

使所述可凝结组合物凝结以形成硬化的物质,

其中所述方法进一步包括测量每种窑粉尘的反应性,所述测量包括:

测量所述窑粉尘的参数,所述窑粉尘具有比表面积;和

将所述测量的参数除以所述窑粉尘的所述比表面积以获得所述窑粉尘的反应指数,

其中所述测量的参数是压缩强度或流变值,

其中所述窑粉尘包含来自第一来源的第一窑粉尘和来自第二来源的第二窑粉尘,并且其中所述方法进一步包括测定所述第一窑粉尘的反应指数和测定所述第二窑粉尘的反应指数,且

其中所述第一窑粉尘的反应指数与所述第二窑粉尘的反应指数变化至少2:1的因数。

15. 根据权利要求14所述的方法,其中所述流变值是体积平均表观粘度。

16. 根据权利要求14所述的方法,其中所述窑粉尘选自以下组中:石灰窑粉尘、水泥窑粉尘和它们的组合。

17. 根据权利要求14所述的方法,其中所述窑粉尘包含水泥窑粉尘,所述水泥窑粉尘以所述掺合的水泥基组分的重量计以0.01重量%到100重量%范围内的量存在于所述可凝结组合物中。

18. 根据权利要求14所述的方法,其中所述可凝结组合物含有不超过水泥基组分的1重量%的除所述掺合的水泥基组分以外的任何额外水泥基组分。

19. 根据权利要求14所述的方法,其中来自所述掺合的水泥基组分中的所述两种来源中的每一者的窑粉尘的量基于选自以下组中的参数调节:压缩强度、流变值和它们的任何组合。

20. 根据权利要求14所述的方法,其中调节来自所述掺合的水泥基组分中的所述两种来源中的每一者的窑粉尘的量,以调节所述可凝结组合物的压缩强度。

21. 根据权利要求14所述的方法,其进一步包括调节所述第一窑粉尘和/或所述第二窑粉尘的粒度以调节所述可凝结组合物的压缩强度。

22. 根据权利要求14所述的方法,其中所述第一窑粉尘和/或所述第二窑粉尘的粒度已经借助于研磨而减小,以调节所述可凝结组合物的压缩强度。

23. 根据权利要求14所述的方法,其中所述第一窑粉尘的反应指数与所述第二窑粉尘的反应指数以至少100:1的因数变化。

24. 根据权利要求14所述的方法:

其中测定所述第一窑粉尘的所述反应指数的步骤使用以下等式:

$$RI_1 = MP_1 / SSA_1$$

其中RI₁是所述第一窑粉尘的所述反应指数,MP₁是所述第一窑粉尘的测量的参数,并且SSA₁是所述第一窑粉尘的比表面积,并且

其中测定所述第二窑粉尘的所述反应指数的步骤使用以下等式:

$$RI_2 = MP_2 / SSA_2$$

其中 RI_2 是所述第二窑粉尘的所述反应指数, MP_2 是所述第二窑粉尘的测量的参数,并且 SSA_2 是所述第二窑粉尘的比表面积。

25. 根据权利要求24所述的方法,其中所述掺合的水泥基组分的性能使用以下等式最佳化:

$$EP_{\text{掺合}} = (RI_1) (SSA_1) (f_1)^m + (RI_2) (SSA_2) (f_2)^m$$

其中 EP 是所述掺合的水泥基组分的估算的参数, f_1 是第一窑粉尘的质量分数, f_2 是所述第二窑粉尘的质量分数,并且 m 是1到10的值,并且其中所述最佳化包括调节 f_1 和/或 f_2 。

26. 根据权利要求14所述的方法,其进一步包括将所述可凝结组合物放置到通过井孔穿透的地层中。

27. 根据权利要求26所述的方法,其中可凝结组合物在一次注水泥中用于所述井孔中。

28. 根据权利要求26所述的方法,其中所述可凝结组合物在补注水泥中用于所述井孔中。

用于测定水泥窑粉尘的反应指数的方法、相关组合物和使用方法

技术领域

[0001] 本发明涉及水泥基组分，并且更具体来说，在某些实施方案中，涉及测定水泥基组分的反应指数的方法。

背景技术

[0002] 一般说来，井处理包括多种可以在油井、气井、地热井和/或水井中进行的方法，如钻井、完井和修井方法。钻井、完井和修井方法可以包括（但不限于）钻孔、压裂、酸化、测井、注水泥、砾石充填、穿孔和顺应方法。这些井处理中有许多设计成增加和/或促进从地下井回收所要流体。这些流体可以包括烃，如油和/或气。

[0003] 在注水泥方法（如井建设和补注水泥）中，通常使用可凝结组合物。如本文中所用，术语“可凝结组合物”是指水力地凝结或以其它方式产生压缩强度的组合物。可凝结组合物可以用于一次注水泥操作，由此管柱（如外壳和内衬）胶接于井孔中。在进行一次注水泥时，可凝结组合物可以抽吸到在地层与安置于地层中的管柱之间或在管柱与安置于地层中的较大导管之间的环带中。可凝结组合物应在环带中凝结，因此形成硬化水泥的环形护套（例如，水泥护套），其应将管柱支撑并且定位在井孔中并且将管柱的外表面结合到井孔的壁或较大导管。可凝结组合物还可以用于补注水泥方法，如放置水泥塞；和挤注水泥以便密封管柱、水泥护套、砾石充填、地层等中的空隙。可凝结组合物还可以用于表面应用，例如建设注水泥。

[0004] 用于地层的可凝结组合物典型地可以包括水力地凝结或以其它方式硬化以产生压缩强度的水泥基组分。可以包括于可凝结组合物中的水泥基组分的实例尤其包括波特兰水泥（Portland cement）、铝酸钙水泥、水泥窑粉尘、石灰窑粉尘、飞灰、矿渣、浮石和稻壳灰。可凝结组合物中的这些不同水泥基组分的性能可以变化并且甚至可以对于特定水泥基组分取决于例如组分的特定类型或来源而变化。举例来说，某些这些水泥基组分可能具有可能会使其不适用于井处理的非所要性质。另外，水泥基组分的性能的变化可以导致水泥基组分当用于处理液中时缺乏可预测性和一致性。可预测性、一致性的此缺乏甚至对于相同水泥基组分例如在来源于不同位置时可以是明显的。

发明内容

[0005] 本发明涉及水泥基组分，并且更具体来说，在某些实施方案中，涉及测定水泥基组分的反应指数的方法。

[0006] 一个实施方案公开一种处理井的方法，其包括：提供包含基液和掺合的水泥基组分的处理液，其中所述掺合的水泥基组分包含来自两种或更多种不同来源的窑粉尘；和将所述处理液引入到井孔中。

[0007] 另一个实施方案公开一种注水泥的方法，其包括：提供包含水和掺合的水泥基组分的可凝结组合物，其中所述掺合的水泥基组分包含来自两种或更多种不同来源的窑粉

尘;和使所述可凝结组合物凝结以形成硬化的物质。

[0008] 另一个实施方案公开一种注水泥的方法,其包括:提供包含水和掺合的水泥基组分的可凝结组合物,其中所述掺合的水泥基组分包含窑粉尘和一种额外水泥基组分,所述窑粉尘和所述额外水泥基组分各自具有确定的反应指数;和使所述可凝结组合物凝结以形成硬化的物质。

[0009] 另一个实施方案公开一种制备掺合的水泥基组分的方法,其包括:提供第一窑粉尘,所述第一窑粉尘来自第一来源;提供第二窑粉尘,所述第二窑粉尘来自第二来源;和至少掺合所述第一窑粉尘与所述第二窑粉尘以形成所述掺合的水泥基组分。

[0010] 另一个实施方案公开一种测量窑粉尘的反应性的方法,其包括:测量所述窑粉尘的参数,所述窑粉尘具有比表面积;和将所述测量的参数除以所述窑粉尘的所述比表面积以获得所述窑粉尘的反应指数。

[0011] 另一个实施方案公开一种井处理液,其包含:基液;和掺合的水泥基组分,其包含来自两种或更多种不同来源的窑粉尘。

[0012] 本发明的特征和优势将容易对本领域技术人员显而易见。虽然众多变化可以由本领域技术人员作出,但所述变化属于本发明的精神内。

附图说明

[0013] 这些图说明本发明的一些实施方案的某些方面,并且不应用以限制或界定本发明。

[0014] 图1是展示各种供应源的水泥窑粉尘的测量的反应指数的图。

[0015] 图2是比较水泥窑粉尘的干燥掺合物的实际相较于预测压缩强度的图。

[0016] 图3是比较水泥窑粉尘的干燥掺合物在 51sec^{-1} 下的实际相较于预测体积平均表观粘度的图。

[0017] 图4是比较水泥窑粉尘的干燥掺合物在 51sec^{-1} 下的实际相较于预测体积平均表观粘度的图。

具体实施方式

[0018] 本发明涉及水泥基组分,并且更具体来说,在某些实施方案中,涉及测定水泥基组分的反应指数的方法。通过测定水泥基组分的反应指数,水泥基组分的掺合物可以用于井处理,根据特定实施方案,其可以提供更可预测并且一致的性能。另外,额外实施方案可以包括使用确定的反应指数以提供水泥基组分的掺合物,其中一种或多种参数已经被最佳化,包括例如压缩强度、杨氏模量(Young's Modulus)、流体损耗和/或稠化时间。

[0019] 在不受理论限制的情况下,水泥基组分的反应指数可以称为水泥基组分的反应性的量度,如为了表面积的差异而调节。用于测定反应指数的示例性技术可以包括测量水泥基组分的参数,和然后将测量的参数除以水泥基组分的比表面积。在一些实施方案中,水泥基组分的反应指数可以根据以下等式计算:

[0020] $\text{RI} = \text{MP}/\text{SSA}$

[0021] 其中RI是反应指数,MP是水泥基组分的测量的参数,并且SSA是水泥基组分的比表面积。一般说来,比表面积是微粒固体的性质,并且如本文中所用,定义为水泥基组分的总

表面积除以水泥基组分的质量或总表面积除以水泥基组分的毛体积。

[0022] 一般说来,水泥基组分是在水存在下水力地凝结或以其它方式硬化以产生压缩强度的微粒固体。可以适用于本发明的实施方案中的水泥基组分的非限制性实例包括波特兰水泥、铝酸钙、石膏、火山灰材料和窑粉尘。还可以使用一种或多种不同水泥基组分的混合物。在一些实施方案中,水泥基组分可以与石灰组合。

[0023] 在一些实施方案中,水泥基组分可以包含波特兰水泥。波特兰水泥是与水进行水力地反应以产生压缩强度的常用水泥基组分。适合的波特兰水泥的实例可以包括根据 American Petroleum Institute, API Specification for Materials and Testing for Well Cements, API Specification 10, 第五版, 1990年7月1日分类为类别A、C、G和Hcements的那些。另外,适用于本发明的实施方案中的波特兰水泥还可以包括分类为ASTM类型I、I/II、II、III、IV或V的那些。在一些实施方案中,可以使用含有波特兰水泥的水泥基组分的掺合物。

[0024] 在一些实施方案中,水泥基组分可以包含铝酸钙。铝酸钙可以与水进行水力地反应以产生压缩强度。铝酸钙可以包括于通常称为铝酸钙水泥或高矾土含量水泥的水泥中。铝酸钙水泥可以在包括以下的制造方法中制备:混合含钙材料(例如,石灰岩)和含铝材料(例如,铝土矿)。

[0025] 在一些实施方案中,水泥基组分可以包含石膏。石膏是在水存在下凝结以产生压缩强度的材料。石膏可以包括于通常称为石膏水泥的水泥中。为了用于水泥中,在一些情况下,石膏可以在极高温度下进行燃烧并且然后研磨。在特定实施方案中,石膏可以添加到波特兰水泥中。

[0026] 在一些实施方案中,水泥基组分可以包含火山灰材料。可以适用的火山灰材料包括在氢氧化钙存在下展现水泥基性质的多种天然或人造材料。可以适用于本发明的实施方案中的适合火山灰材料的实例包括天然和人造火山灰,如飞灰、硅粉、矿渣、烧页岩、烧粘土、偏高岭土、浮石、硅藻土、火山灰、乳光页岩、凝灰岩;和燃烧的有机材料,如农业废弃物灰、城市废弃物灰(例如,城市固体废弃物灰)、废水处理废弃物灰、动物废弃物灰、非人类非动物工业废弃物灰和它们的组合。农业废弃物灰的特定实例包括例如稻皮灰、木材(例如,锯屑、树皮、嫩枝、树枝、其它废木材)灰、树叶灰、玉米棒子灰、甘蔗(例如,糖甘蔗)灰、甘蔗渣灰、谷物(例如,苋菜、大麦、玉米、亚麻籽、小米、燕麦、藜麦、黑麦、小麦等)和相关副产物(例如,皮、壳、等)灰、果园灰、藤蔓剪屑灰、草(例如,Korai、Tifton、native shiba等)灰、稻草灰、研磨坚果壳灰、豆类(例如,大豆)灰和它们的组合。

[0027] 在一些实施方案中,水泥基组分可以包含窑粉尘。窑粉尘的一个实例包括水泥窑粉尘。水泥窑粉尘,如所述术语在本文中所用,是指在水泥制造期间从气流移出并且例如在粉尘收集器中收集的部分煅烧的窑馈料。水泥窑粉尘通常可以展现水泥基性质,因为其可以在水存在下凝结和硬化。通常,在水泥生产时收集通常作为废弃物处理的大量水泥窑粉尘。水泥窑粉尘的处理可能会给水泥制造增加非所要成本以及与其处理相关的环境问题。对来自各种水泥制造商的水泥窑粉尘的化学分析视许多因素而变化,包括特定窑饲料、水泥生产操作的效率和相关粉尘收集系统。水泥窑粉尘通常可以包含多种氧化物,如SiO₂、Al₂O₃、Fe₂O₃、CaO、MgO、SO₃、Na₂O和K₂O。窑粉尘的另一个实例包括石灰窑粉尘。石灰窑粉尘,如所述术语在本文中所用,是指在石灰制造时产生的产物。石灰窑粉尘可以在石灰石的煅

烧中例如通过粉尘控制系统收集。

[0028] 在一些实施方案中,水泥基组分的一种或多种参数可以经测量并且然后用于测定反应指数。参数可以包括可以使用用于包含水泥基组分和水的可凝结组合物的标准实验室测试技术测量的许多不同参数。额外组分也可以包括于可凝结组合物中例如以改变处理液的一种或多种性质。水泥基组分或含于其中的可凝结组合物的可以测量的参数包括例如压缩强度、杨氏模量、流体损耗、稠化时间、流变值(例如,体积平均表观粘度、塑性粘度、屈服点等)和/或游离水。

[0029] 压缩强度通常是材料或结构承受轴向定向的推力的能力。水泥基组分的压缩强度可以在水泥基组分已经与水混合并且所得处理液维持在规定温度和压力条件下之后规定时间测量。举例来说,压缩强度可以在流体混合并且流体维持在170°F温度和大气压力下之后约24到约48小时范围内的时间测量。压缩强度可以通过破坏性方法或非破坏性方法测量。破坏性方法在各个时间点通过在压缩测试机器中压碎样品物理地测试处理液样品的强度。压缩强度由破坏负荷除以抵抗负荷的截面面积计算,并且以磅力/平方英寸(psi)为单位报告。非破坏性方法典型地可以使用可获自Fann Instrument Company, Houston, TX的超声水泥分析器(“UCA”)。压缩强度可以根据API RP 10B-2, Recommended Practice for Testing Well Cements, 第一版, 2005年7月测定。

[0030] 杨氏模量,也称为弹性模量是施加的应力与所得应变的关系的量度。一般说来,高度可变形(塑性)材料当围束应力增加时将展现更低模量。因此,杨氏模量是展现所测试材料承受施加的负荷的能力的弹性常数。许多不同实验室技术可以用以在已经使处理液在规定温度和压力条件下凝结一段时间之后测量包含水泥基组分的处理液的杨氏模量。

[0031] 流体损耗典型地是指流体(如处理液)向地层中的损耗。许多不同实验室技术可以用以测量处理液的流体损耗以给出井中的处理液的特性的指示。流体损耗可以根据先前提及的API RP Practice 10B-2使用静态流体损耗测试、用静态或搅拌流体损耗单元测量。

[0032] 稠化时间典型地是指流体(如包含水泥基组分的处理液)保持呈能够被泵吸的流体状态的时间。许多不同实验室技术可以用以测量稠化时间以给出处理液将在井中保持可泵吸的时间量的指示。用于确定处理液是否呈可泵吸流体状态的一种例示性技术可以根据先前提及的API RP Practice 10B-2中阐述的用于测定水泥稠化时间的程序在规定压力和温度条件下使用高温高压稠度计进行。稠化时间可以是处理液达到70比尔登单位(Bearden unit)的一致性(“Bc”)的时间并且可以按达到70Bc的时间报告。

[0033] 流体的流变值可以经测定以表征流体的流变学特性。可以测定的流变值尤其包括体积平均表观粘度、屈服点和塑性粘度。塑性粘度典型地是流体对流动的抗性的量度。在一些实施方案中,屈服点可以是宾汉塑性模型(Bingham plastic model)的参数,屈服点是屈服点上面的剪切应力/剪切速率线的斜率。屈服点典型地是材料无法再弹性地变形的点的量度。在一些实施方案中,屈服点可以是宾汉塑性模型的参数,屈服点是外推到零的剪切速率的屈服应力。许多不同实验室技术可以用以测量处理液的流变值以给出井中的处理液的特性的指示。流变值可以根据API RP Practice 10B-2中阐述的程序测定。

[0034] 游离水典型地是指流体中的对于使流体的组分完全水合所需过量的任何水。游离水可以是非所需的,因为其可能会在水泥组合物凝结时从其物理地分离。游离水也可以被称为游离液。许多不同实验室技术可以用以测量处理液的游离水以给出井中的处理液的特

性的指示。游离水可以根据API RP Practice 10B-2中阐述的程序测定。

[0035] 如先前所提及,水泥基组分的反应性在不同类型的水泥基组分之间或甚至对于特定类型的水泥基组分在不同来源之间可以变化。举例来说,波特兰水泥与另一种水泥基组分(如火山灰材料)的反应性可以不同。进一步举例来说,水泥基组分的反应性对于水泥基组分在不同来源之间可以变化。在一些实施方案中,水泥基组分的反应指数在两种或更多种不同来源之间可以变化至少约2:1的因数。举例来说,水泥基组分的反应指数在不同来源之间可以变化以下中任一者之间和/或包括以下中任一者的量:约2:1、约10:1、约50:1、约100:1、约250:1、约500:1或约1000:1。因为反应性在不同水泥基组分之间并且甚至对于水泥基组分在不同来源之间变化,所以不同水泥基组分的性能可能是不可预测的并且还可能导致水泥基组分当用于处理液(如可凝结组合物)中时缺乏一致性。在一些情况下,特定水泥基组分的性能可以具有非所要性质,这可能会使其不适合于使用。举例来说,来自特定来源的水泥基组分可以具有使其对于使用非所要的性质。

[0036] 在一些实施方案中,两种或更多种不同水泥基组分的掺合物可以用以提供掺合的水泥基组分,其可以具有适用于特定应用中的性质。这例如在掺合物中的水泥基组分之一可以具有使其不适用于特定应用的性质时,可以特别适用。举例来说,如来自第一来源的水泥窑粉尘的水泥基组分可以与如来自第二来源的水泥窑粉尘的水泥基组分掺合。在一些实施方案中,水泥基组分中的一者或两者可以具有不适用于特定应用的反应性。举例来说,每种水泥基组分的反应性对于特定应用可能个别地太慢或太快。来自两种不同来源的水泥基组分的掺合物可以形成具有适用于所述应用的压缩强度性质的掺合的水泥基组分。在一些实施方案中,掺合的水泥基组分中的每种水泥基组分的相对比例(例如,重量分数)然后可以经调节以调节掺合的水泥基组分的压缩强度性质。

[0037] 掺合的水泥基组分中的两种或更多种水泥基组分可以包括例如两种或更多种不同类型的水泥基组分,如波特兰水泥和水泥窑粉尘。或者,掺合的水泥基组分中的两种或更多种水泥基组分可以包括例如来自两种或更多种不同来源的水泥基组分。举例来说,第一水泥基组分可以包含来自第一来源的水泥窑粉尘,并且第二水泥基组分可以包含来自第二来源的水泥窑粉尘。应理解,实施方案并不限于仅两种不同来源,但可以包括来自三种、四种、五种或更多种不同来源的水泥基组分,如水泥窑粉尘。水泥基组分的两种或更多种不同来源可以包括不同制造商、不同水泥制造厂等。作为来自水泥制造厂的副产物的水泥基组分,如水泥窑粉尘可以在全世界具有许多可用的不同来源。举例来说,水泥窑粉尘的不同来源可以包括全世界的可以产生水泥窑粉尘的不同制造厂。

[0038] 两种或更多种水泥基组分可以例如在与水和/或处理液的其它组分组合之前掺合以形成掺合的水泥基组分。在特定实施方案中,两种或更多种水泥基组分可以干式掺合以形成包含两种或更多种水泥基组分的干燥掺合物。干燥掺合物然后可以按任何次序与水和/或其它组分组合以形成处理液。然而,使用术语“掺合物”不打算意味着两种或更多种水泥基组分在与水组合之前已经干式掺合。举例来说,两种或更多种水泥基组分的掺合物可以直到在水泥基组分的一者或甚至两者已经与水掺合之后才组合。

[0039] 在一些实施方案中,反应指数可以用以最佳化掺合的水泥基组分,其中掺合的水泥基组分包含两种或更多种水泥基组分。举例来说,反应指数可以用以最佳化掺合的水泥基组分的一种或多种参数,包括压缩强度、杨氏模量、流体损耗和/或稠化时间。最佳化掺合

的水泥基组分可以包括测定掺合的水泥基组分中的每种水泥基组分的反应指数。水泥基组分的反应指数然后可以用以预测掺合的水泥基组分的性能。每种水泥基组分的比率可以经调节以最佳化掺合的水泥基组分的性能。掺合的水泥基组分的性能可以用掺合的水泥基组分的使用以下等式估算的性能最佳化：

$$[0040] EP_{\text{掺合}} = \sum_{i=1}^n (RI_i)(SSA_i)(f_i)^m$$

[0041] 其中EP_{掺合}是掺合的水泥基组分的估算的参数,i是来自一组水泥基组分1到n的个别水泥基组分,n是整数,RI_i是水泥基组分i的反应指数,SSA_i是水泥基组分i的比表面积,f_i是水泥基组分i的质量分数,并且m是1到10的数目。所述组的水泥基组分可以包括2种或更多多种不同水泥基组分。两种或更多多种不同水泥基组分可以是不同类型的水泥基组分,如波特兰水泥和矿渣,或可以来自不同来源,如来自第一来源的水泥窑粉尘和来自第二来源的水泥窑粉尘。在一些实施方案中,m可以是1。在替代性实施方案中,m可以是7/3。

[0042] 在一些实施方案中,水泥基组分的平均粒度可以从其初始粒度改变。反应指数然后可以对于改变的水泥基组分测量。改变的水泥基组分可以包括于掺合的水泥基组分中。根据本发明实施方案,水泥基组分的平均粒度可以使用任何适用技术改变,包括(但不限于)研磨或分离以提供具有改变的粒度的材料。分离水泥基组分可以包括筛选或任何其它适用于分离水泥基组分的技术以提供已经从其初始大小改变的平均粒度。举例来说,筛选可以用以产生视特定应用所需要具有增加或减小的平均粒度的水泥基组分。进一步举例来说,研磨可以用以减小水泥基组分的平均粒度。研磨与分离的组合可以用于一些实施方案中。如本文中所用,术语“研磨(ground/grinding)”意指使用研磨机(例如,球磨机、棒磨机等)以减小规定组分的粒度。适合研磨机的一个实例是可获自SPEX Sample Prep的8000Mixer/Mill[®]球磨机。在一些实施方案中,水泥基组分可以经研磨约30分钟到约1小时范围内的时间段。

[0043] 水泥基组分的平均粒度可以改变到适用于水泥操作中的任何大小。在一些实施方案中,水泥基组分的平均粒度可以从其初始粒度改变到具有约1微米到约350微米范围内的平均粒度。平均粒度对应于如通过粒度分析仪(如由Malvern Instruments, Worcestershire, United Kingdom制造的那些)测量的d₅₀值。

[0044] 在一些实施方案中,水泥基组分的平均粒度可以从其初始大小增加。举例来说,水泥基组分的平均粒度可以比其初始大小大至少5%。在一些实施方案中,至少一部分水泥基组分可以增加到比其初始大小大出约5%到约500%范围内的大小。在一些实施方案中,平均粒度可以增加到以下中任一者之间和/或包括以下中任一者的范围内的大小:比其初始大小大出约5%、约10%、约20%、约30%、约40%、约50%、约60%、约70%、约80%、约90%、约100%、约200%、约300%、约400%或约500%。

[0045] 在一些实施方案中,水泥基组分的平均粒度可以从其初始大小减小。举例来说,平均粒度可以减小足以增加水泥基组分的压缩强度的量。在一些实施方案中,水泥基组分可以具有比其初始大小小至少5%的平均粒度。在一些实施方案中,至少一部分水泥基组分可以减小到具有在约5%到约95%的其初始大小范围内的平均粒度。举例来说,平均粒度可以减小到以下中任一者之间和/或包括以下中任一者的范围内的大小:约5%、约10%、约

15%、约20%、约25%、约30%、约35%、约40%、约45%、约50%、约55%、约60%、约6%、约70%、约75%、约80%、约90%或约95%的其初始大小。举例来说，减小粒度的水泥基组分可以具有小于约15微米的平均粒度。在一些实施方案中，减小粒度的水泥基组分可以具有小于约10微米、小于约5微米、小于约4微米、小于约3微米、小于约2微米或小于约1微米的平均粒度。在具体实施方案中，减小粒度的水泥基组分可以具有约0.1微米到约15微米、约0.1微米到约10微米或约1微米到约10微米范围内的平均粒度。本领域普通技术人员受益于本公开应能选择适用于特定应用的水泥基组分粒度。

[0046] 在一些实施方案中，水泥窑粉尘的平均粒度可以减小足以向可凝结组合物提供压缩强度增加的量。举例来说，平均粒度可以减小以提供至少约5%、约25%、约50%、约75%或约100%的压缩强度增加。

[0047] 根据本发明实施方案，水泥基组分可以包括于可以用于多种可以在地层中进行的操作中的处理液中。水泥基组分可以具有根据所公开的实施方案计算的反应指数。在一些实施方案中，可以使用掺合的水泥基组分。在一些实施方案中，反应指数可以用于测定特定掺合的水泥基组分中的水泥基组分。如本文中所提及，术语“处理液”将理解为意指可以结合所要功能和/或出于所要目的用于地下应用的任何流体。术语“处理液”不打算意味着流体的任何特定作用。处理液通常用于例如钻井、完井和刺激操作中。所述处理液的实例包括钻井液、洗井液、修井液、顺应液、砾石充填液，酸化液、压裂液、水泥组合物、隔离液等。

[0048] 虽然组合物和方法的实施方案可以用于多种应用，但其可以特别适用于地下井完井和补注操作，如对井孔中的外壳和内衬进行一次注水泥。其还可以适用于表面注水泥操作，包括构造注水泥操作。因此，本发明的实施方案公开可凝结组合物，其包含水泥基组分和水。

[0049] 水泥基组分可以按适用于特定应用的量包括于可凝结组合物的实施方案中。在一些实施方案中，水泥基组分可以包含水泥窑粉尘。水泥窑粉尘可以按水泥基组分的重量计(“bwoc”)以约0.01%到100%范围内的量存在。举例来说，水泥窑粉尘可以按以下中任一者之间和/或包括以下中任一者的范围内的量存在：约0.01%、约5%、约10%、约20%、约30%，40%、约50%、约60%、约70%、约80%、约90%或约100%。水泥基组分可以是不含或基本上不含(例如不超过水泥基组分的1重量%)除所述水泥基组分以外的任何额外水泥基组分的。在一些实施方案中，水泥基组分可以是基本上不含波特兰水泥的。本领域普通技术人员受益于本公开应能测定水泥基组分的对于特定应用适当的包括量。

[0050] 用于本发明的可凝结组合物的实施方案中的水可以包括例如淡水、盐水(例如，含有一种或多种盐溶解于其中的水)、卤水(例如，由地层产生的饱和盐水)、海水或它们的任何组合。一般来说，水可以来自任何来源，条件是例如其不含有过量的可能会不合意地影响可凝结组合物中的其它组分的化合物。在一些实施方案中，水可以按足以形成可泵吸浆料的量包括在内。在一些实施方案中，水可以按bwoc约40%到约200%范围内的量包括于本发明的可凝结组合物中。举例来说，水可以按水泥重量计以下中任一者之间和/或包括以下中任一者的范围内的量存在：约50%、约75%、约100%、约125%、约150%或约175%。在具体实施方案中，水可以按bwoc约40%到约150%范围内的量包括在内。本领域普通技术人员受益于本公开将识别水的对于所选应用适当的包括量。

[0051] 根据本发明的实施方案，其它适用于地下注水泥操作中的添加剂也可以添加到可

凝结组合物的实施方案中。所述添加剂的实例包括(但不限于)流体损耗控制添加剂、缓凝剂、强度衰退添加剂、促凝剂、增重剂、轻量添加剂、气体产生添加剂、机械性质增强添加剂、井漏材料、过滤控制添加剂、发泡添加剂、触变添加剂和它们的任何组合。这些和其它添加剂的特定实例包括结晶二氧化硅、非晶形二氧化硅、烟雾状二氧化硅、盐、纤维、可水合粘土、锻烧页岩、玻璃化页岩、微球、中空玻璃球、飞灰、硅藻土、偏高岭土、研磨珍珠岩、稻皮灰、天然火山灰、沸石、水泥窑粉尘、树脂、它们的任何组合等。本领域的普通技术人员受益于本公开将容易能够测定适用于特定应用和所要结果的添加剂的类型和量。

[0052] 本领域普通技术人员将了解,可凝结组合物的实施方案通常应具有适用于特定应用的密度。举例来说,可凝结组合物的实施方案可以具有约4磅/加仑("lb/gal")到约201b/gal的密度。在某些实施方案中,可凝结组合物可以具有约81b/gal到约171b/gal的密度。可凝结组合物的实施方案可以是发泡或非发泡的,或可以包含其它用以减小其密度的手段,如中空微球、低密度弹性珠子或本领域中已知的其它密度减小添加剂。另外,可凝结组合物可以包含增重剂或其它手段以增加其密度。本领域普通技术人员受益于本公开将识别对于特定应用适当的密度。

[0053] 在一些实施方案中,可凝结组合物在3,000psi和约50°F到约400°F范围内、或者约80°F到约250°F范围内的温度下并且或者在约140°F温度下可以具有大于约1小时、或者大于约2小时、或者大于约5小时的稠化时间。在一些实施方案中,可凝结组合物在大气压力和约50°F到约400°F范围内、或者约80°F到约250°F范围内的温度下并且或者在约180°F温度下可以具有约100psi到约10,000psi并且或者约350psi到约3,000psi范围内的24小时压缩强度。

[0054] 可凝结组合物的组分可以按希望形成可以放置到地层中的可凝结组合物的任何次序组合。另外,可凝结组合物的组分可以使用与组合物相容的任何混合装置(包括例如批量混合器)组合。在一些实施方案中,干燥掺合物可以首先由水泥基组分或水泥基组分的混合物形成。干燥掺合物然后可以与水组合以形成可凝结组合物。其它适用技术可以用于制备可凝结组合物,如本领域普通技术人员根据本发明的实施方案将了解。

[0055] 如本领域普通技术人员将了解,本发明的水泥组合物的实施方案可以用于多种注水泥操作,包括地面和地下操作,如一次注水泥和补注水泥。在一些实施方案中,可以提供包含水泥基组分和水的水泥组合物,并且使其凝结。在某些实施方案中,可以将水泥组合物引入地层中并且使其于其中凝结。如本文中所用,将水泥组合物引入到地层中包括引入到地层的任何部分中,包括(但不限于)到钻孔到地层中的井孔中、到环绕井孔的近井孔区域中或到两者中。

[0056] 在一次注水泥实施方案中,举例来说,实施方案可以包括提供水泥组合物,将水泥组合物引入到井孔环带中;和使水泥组合物在环带中凝结以形成硬化的物质。井孔环带可以包括例如导管(例如,管柱、内衬等)与井孔壁之间或导管与井孔中的较大导管之间的环形间隙。一般来说,在大多数情况下,硬化的物质应将导管固定于井孔中。

[0057] 在补注水泥实施方案中,水泥组合物可以例如用于挤注水泥操作或放置水泥塞。举例来说,水泥组合物可以放置于井孔中以塞住开口,如地层、砾石充填、导管、水泥护套中的空隙或裂缝和/或水泥护套与导管或地层之间的微环带。这种方法的一个实例可以包括将水泥组合物放置到空隙中,和使水泥组合物在空隙中凝结。

[0058] 虽然以上描述涉及在注水泥方法中使用水泥基组分,但应理解,本发明技术的实施方案还涵盖在多种不同地下处理中任一者中使用水泥基组分。水泥基组分可以具有根据所公开的实施方案确定的反应指数。在一些实施方案中,可以使用掺合的水泥基组分。在一些实施方案中,反应指数可以用于测定特定掺合的水泥基组分中的水泥基组分的量。一种例示性方法可以包括地下处理方法,其包括提供包含水泥基组分的处理液和将处理液引入到地层中。举例来说,钻井液可以包含水泥基组分,其中钻井液可以通过钻管和钻头向下流通并且然后通过井孔向上流通到地面。所用钻井液可以是多种流体(气态或液体)和流体与固体的混合物(如固体悬浮液、混合物和乳液)。

[0059] 在一些实施方案中,隔离液可以包含水泥基组分,其可以具有根据所公开的实施方案确定的反应指数。隔离液可以用于例如将流体从井孔置换。在一个实施方案中,由隔离液置换的流体包含钻井液。举例来说,隔离液可以用以将钻井液从井孔置换。钻井液可以包括例如多种流体,如固体悬浮液、混合物和乳液。所述方法的实施方案中的额外步骤可以包括将管柱引入到井孔中,将水泥组合物引入到井孔中,隔离液分隔水泥组合物与第一流体。在一个实施方案中,可以使水泥组合物在井孔中凝结。水泥组合物可以包括例如水泥和水。在一些实施方案中,至少一部分隔离液可以留在井孔中,隔离液在井孔中凝结以形成硬化的物质。

[0060] 实施例

[0061] 为了促进对本发明的更佳理解,给出一些实施方案的某些方面的以下实施例。以下实施例决不应理解为限制或界定本发明的全部范围。

[0062] 实施例1

[0063] 测定三十三种不同水泥窑粉尘样品(命名为样品A到GG)的压缩强度的反应指数,并且将其提供于图1中。CKD样品各自来自不同供应源。通过将可凝结组合物的测定的24小时压缩强度除以CKD样品的比表面积来测定三十三种CKD样品的反应指数。通过将特定CKD样品的总表面积除以样品质量来测定每种CKD样品的比表面积。使用Malvern粒度分析仪测定表面积。通过以下方式测定每种CKD样品的24小时压缩强度:首先制备包含100%bwoc的量的CKD样品和足以提供约131b/gal的密度的量的水的可凝结组合物。在制备之后,使可凝结组合物在2"×4"金属圆柱中固化24小时,将其放在水浴中170°F下以形成凝结的水泥圆柱。在从水浴中移出之后即刻,根据API RP 10B-2使用机械压力机测定破坏性压缩强度。

[0064] 实施例2

[0065] 制备掺合的水泥基组分,其包含来自实施例1的CKD样品的混合物,如下表中所指示。然后将CKD样品的确定的反应指数用于以下等式以预测每种掺合的水泥基组分的性能。

$$CS_{\text{掺合}} = (RI_Z) (SSA_Z) (f_Z)^m + (RI_F) (SSA_F) (f_F)^m + (RI_E) (SSA_E) (f_E)^m$$

[0067] 其中 $CS_{\text{掺合}}$ 是掺合的水泥基组分的估算的压缩强度, RI_Z 是CKD样品Z的压缩强度的反应指数并且是6.9, m 是1, SSA_Z 是CKD样品Z的比表面积并且是2.32, f_Z 是CKD样品Z的质量分数, RI_F 是CKD样品F的压缩强度的反应指数并且是105, SSA_F 是CKD样品F的比表面积并且是2.33, f_F 是CKD样品F的质量分数, RI_E 是CKD样品E的压缩强度的反应指数并且是107, SSA_E 是CKD样品E的比表面积并且是3.6,并且 f_E 是CKD样品E的质量分数。

[0068] 然后将掺合的水泥基组分的估算的压缩强度值与掺合的水泥基组分的实际24小时压缩强度值相比。通过以下方式测定每种掺合的水泥基组分的24小时压缩强度:首先制

备包含100% bwoc的量的掺合的水泥基组分和足以提供131b/gal的密度的量的水的可凝结组合物。0.5% bwoc到1.0% bwoc的量的水泥分散剂(CFR-3?水泥减摩剂,来自Halliburton Energy Services, Inc.)添加到一些样品中并且不应影响测定的压缩强度值。在制备之后,使可凝结组合物在2"×4"金属圆柱中固化24小时,将其放在水浴中140°F下以形成凝结的水泥圆柱。在从水浴中移出之后即刻,根据API RP 10B-2使用机械压力机测定破坏性压缩强度。

[0069] 实际压缩强度值相较于估算的压缩强度值的图提供于图2上。如图2上所示,图绘的值具有0.952的R²值和0.9253的斜率。掺合的水泥基组分的估算和实际的压缩强度值还提供于下表1中。

[0070] 表1

[0071]

CKD 样品 Z (% bwoc)	CKD 样品 F (% bwoc)	CKD 样品 E (% bwoc)	估算的压缩 强度 (psi)	实际压缩强 度 (psi)
100	0	0	16	16
75	25	0	73	51
25	75	0	187	183
0	100	0	244	244
75	0	25	108	84
50	0	50	200	192
25	0	75	292	216
0	0	100	384	384

[0072] 实施例3

[0073] 测定来自实施例1的CKD样品Z、F和E在511sec⁻¹和51sec⁻¹下的体积平均表观粘度的反应指数,并且将其提供于下表2中。通过将可凝结组合物的测定的体积平均表观粘度除以CKD样品的比表面积来测定这些样品的反应指数。通过将特定CKD样品的总表面积除以样品质量来测定每种CKD样品的比表面积。使用Malvern粒度分析仪测定表面积。通过以下方式测定每种CKD样品的24小时体积平均表观粘度(“VAV”):首先制备包含100% bwoc的量的CKD样品和足以提供约121b/gal的密度的量的水的可凝结组合物。根据API RP 10B-2测量511sec⁻¹和51sec⁻¹下的体积平均表观粘度。

[0074] 表2

[0075]

	CKD 样品 Z	CKD 样品 F	CKD 样品 E
SSA	2.32	2.33	3.6
511 sec ⁻¹ 下的 VAV (cp)	11	62	123
51 sec ⁻¹ 下的 RI	5	27	32
51 sec ⁻¹ 下的 VAV(cp)	40	410	860
51 sec ⁻¹ 下的 RI	17	176	239

[0076] 随后,制备掺合的水泥基组分,其包含CKD样品Z、F、E的混合物,如下表中所指示。然后将CKD样品的在511sec⁻¹和51sec⁻¹下的确定的反应指数用于以下等式以预测每种掺合的水泥基组分的性能。

$$VAV_{\text{掺合}} = (RI_Z) (SSA_Z) (f_Z)^m + (RI_F) (SSA_F) (f_F)^m + (RI_E) (SSA_E) (f_E)^m$$

[0078] 其中VAV_{掺合}是掺合的水泥基组分的估算的体积平均表观粘度,RI_Z是CKD样品Z的体积平均表观粘度的反应指数,SSA_Z是CKD样品Z的比表面积,f_Z是CKD样品Z的质量分数,m是7/3,RI_F是CKD样品F的体积平均表观粘度的反应指数,SSA_F是CKD样品F的比表面积,f_F是CKD样品F的质量分数,RI_E是CKD样品E的体积平均表观粘度的反应指数,SSA_E是CKD样品E的比表面积,并且f_E是CKD样品E的质量分数。

[0079] 然后将掺合的水泥基组分的511sec⁻¹和51sec⁻¹下估算的体积平均表观粘度与掺合的水泥基组分的511sec⁻¹和51sec⁻¹下实际体积平均表观粘度相比。通过以下方式测定每种掺合的水泥基组分的体积平均表观粘度:首先制备包含100% bwoc的量的掺合的水泥基组分和足以提供121b/gal的密度的量的水的可凝结组合物。在制备之后,根据API RP 10B-2测定511sec⁻¹和51sec⁻¹下的体积平均表观粘度。

[0080] 实际体积平均粘度值相较于估算的体积平均粘度值的图提供于图3和4上。如图3上所示,511sec⁻¹下的图绘的值具有0.9894的R²值和0.9975的斜率。如图4上所示,51sec⁻¹下的图绘的值具有0.9931的R²值和0.9814的斜率。掺合的水泥基组分的估算和实际的体积平均粘度值还提供于下表2中。

[0081] 表3

[0082]

CKD 样品 Z (% bwoc)	CKD 样品 F (% bwoc)	CKD 样品 E (% bwoc)	511 sec ⁻¹ 下的实际 VAV (cp)	511 sec ⁻¹ 下的估算的 VAV (cp)	51 sec ⁻¹ 下的实际 VAV (cp)	51 sec ⁻¹ 下的估算的 VAV (cp)
100	0	0	11.0	11.0	40.0	40.0
75	25	0	11.0	8.1	40.0	36.7
25	75	0	24.0	32.2	190.0	211.3
0	100	0	62.0	62.0	410.1	410.0
0	0	100	123.0	123.0	860.2	860.0
25	0	75	66.0	63.4	500.1	441.5
50	0	50	25.0	26.7	160.0	179.0
75	0	25	16.0	10.5	60.0	54.5

[0083] 应理解,组合物和方法根据“包含”、“含有”或“包括”各个组分或步骤描述,组合物和方法还可以“基本上由”各个组分和步骤“组成”或“由”各个组分和步骤“组成”。此外,如权利要求书中所用的不定冠词“一个(a/an)”在本文中定义为意指其引入的一个或多于一个要素。

[0084] 为简洁起见,本文中仅明确公开某些范围。然而,来自任何下限的范围可以与任何上限组合以叙述未明确叙述的范围,以及来自任何下限的范围可以与任何其它下限组合以叙述未明确叙述的范围,以相同方式,来自任何上限的范围可以与任何其它上限组合以叙述未明确叙述的范围。另外,每当公开具有下限和上限的数值范围时,具体地公开属于所述范围内的任何数目和任何包括的范围。具体来说,本文中公开的值的每个范围(具有形式“约a到约b”或等效地“约a到b”或等效地“约a-b”)应理解为阐述值的较宽范围内涵盖的每个数字和范围(即使未明确叙述)。因此,每个点或个别值可以充当其自身下限或上限,与任何其它点或个别值或任何其它下限或上限组合,用以叙述未明确叙述的范围。

[0085] 因此,本发明充分适于达到提及的目标和优势以及其中固有的目标和优势。上文公开的特定实施方案仅是说明性的,因为本发明可以按对本领域技术人员受益于本文中的教示显而易见的不同但等效的方式改动和实践。尽管论述个别实施方案,但本发明涵盖所有那些实施方案的所有组合。此外,旨在对本文中展示的构造或设计的细节不加以限制,除如所附权利要求书中所述以外。此外,除非由专利权所有人另外明确并且清楚地定义,否则权利要求书中的术语具有其简单、普通的含义。因此显而易见,上文公开的特定说明性实施方案可以经改变或改动,并且所有此类变化都视为在本发明的范围和精神内。如果单词或术语的用法在本说明书中与可以引用的方式并入本文中的一个或多个专利或其它文献存在任何冲突,那么应采用与本说明书一致的定义。

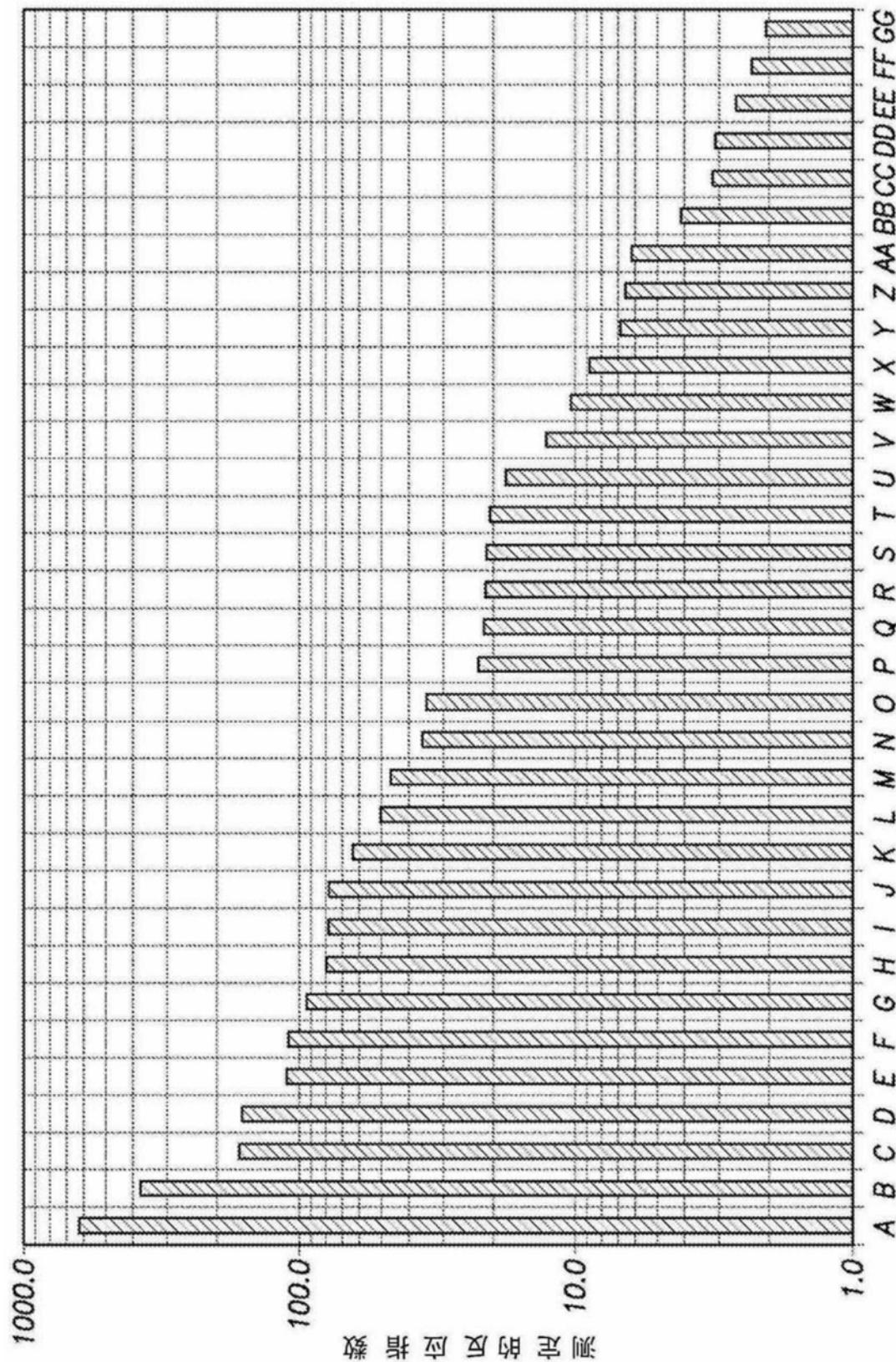


图1

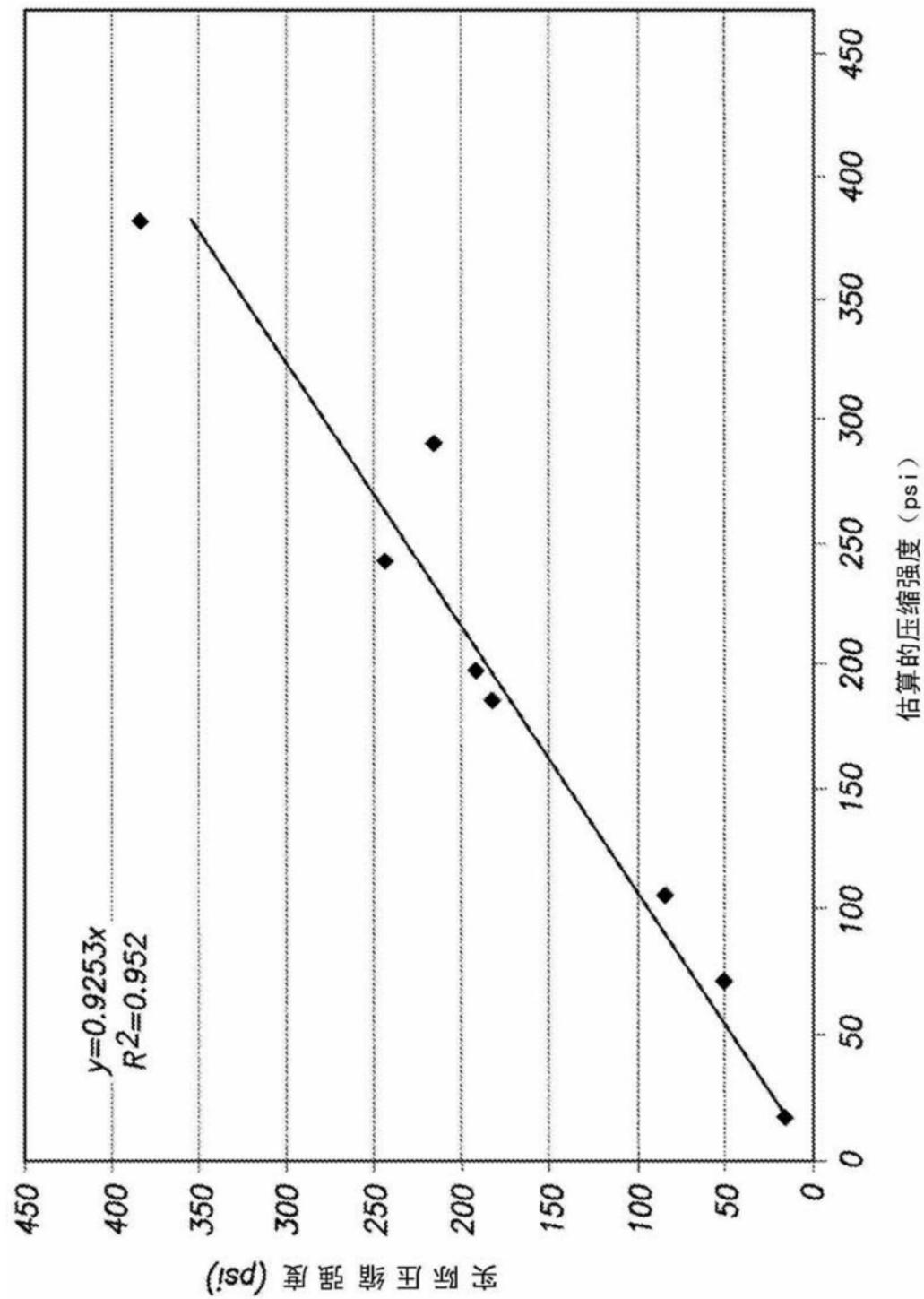


图2

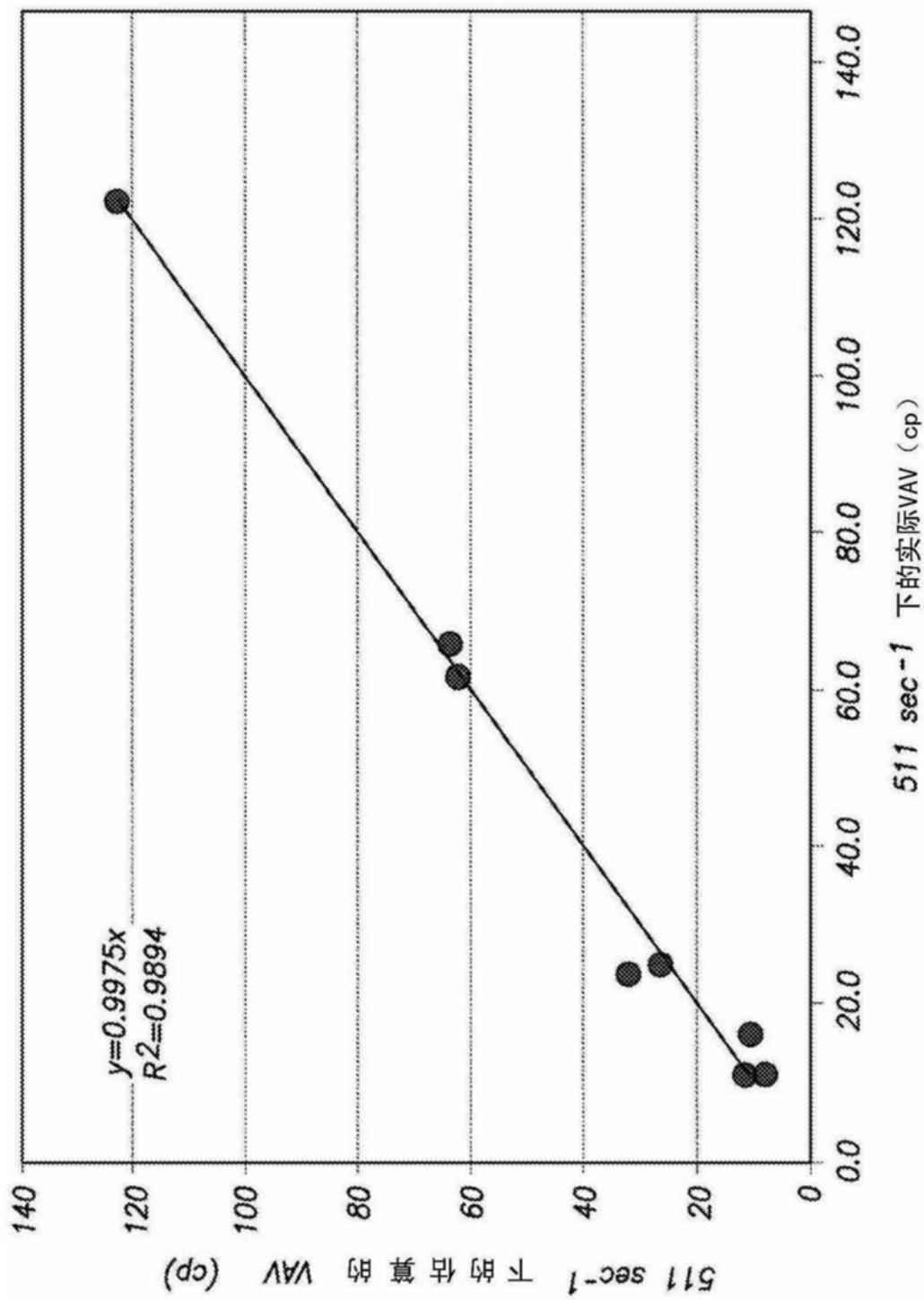


图3

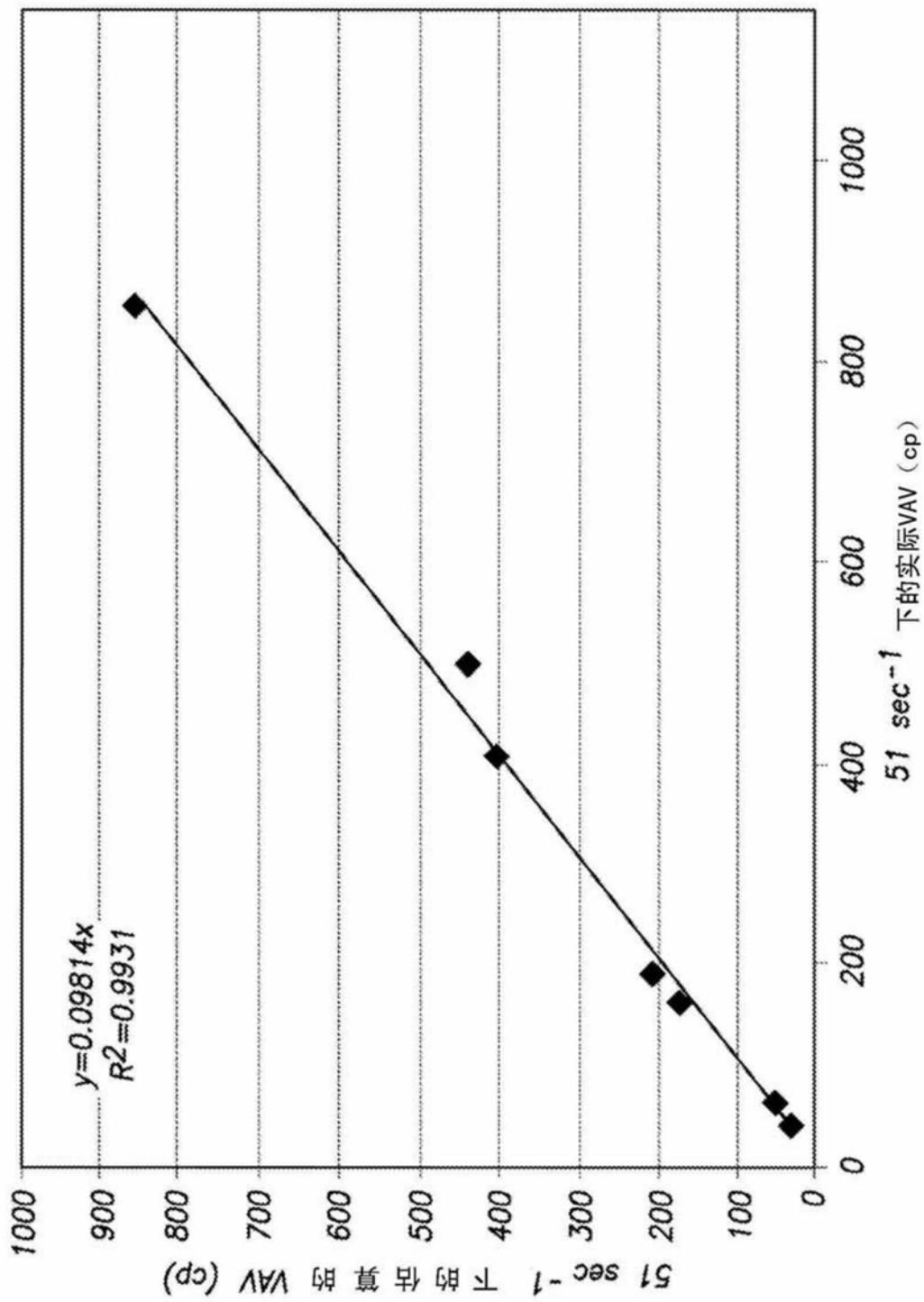


图4