



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 110192002 A

(43)申请公布日 2019.08.30

(21)申请号 201780083251.2

(51)Int.Cl.

(22)申请日 2017.02.22

E21B 33/13(2006.01)

(85)PCT国际申请进入国家阶段日
2019.07.12

C09K 8/42(2006.01)

E21B 49/00(2006.01)

(86)PCT国际申请的申请数据
PCT/US2017/018930 2017.02.22

(87)PCT国际申请的公布数据
W02018/156115 EN 2018.08.30

(71)申请人 哈利伯顿能源服务公司
地址 美国得克萨斯州

(72)发明人 R·G·摩根 T·J·皮斯克拉克
S·W·瑞吉欧 S·J·路易斯

(74)专利代理机构 隆天知识产权代理有限公司
72003

代理人 黄艳 聂慧荃

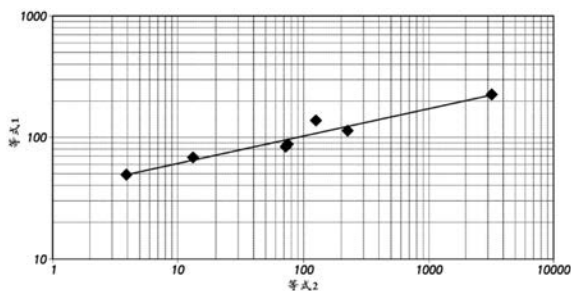
权利要求书2页 说明书17页 附图4页

(54)发明名称

用于取比表面积近似值的需水量测量的应用

(57)摘要

提供了井筒固井方法。一种分析固体微粒的方法,包括:测量所述固体微粒的需水量;以及根据所述需水量确定所述固体微粒的比表面积近似值。



1. 一种分析固体微粒的方法,包括:
测量所述固体微粒的需水量;以及
根据所述需水量确定所述固体微粒的比表面积近似值。
2. 如权利要求1所述的方法,其中所述需水量是获得预定稠度所需的水与所述固体微粒的重量比。
3. 如权利要求1所述的方法,其中测量所述需水量包括用指定量的水制备搅拌器,以指定的搅拌器速度搅拌所述搅拌器,将所述固体微粒添加到所述水中直到获得预定的稠度,以及基于用于获得所述预定稠度的所述水与所述固体微粒的重量比来计算所述需水量。
4. 如权利要求3所述的方法,其中当混合所述固体微粒和所述水时在所述搅拌器表面形成的涡流的直径为约0mm至约50mm时,获得所述指定的稠度。
5. 如权利要求1所述的方法,其中确定比表面积的近似值包括将所述需水量输入到等式中以获得所述比表面积的所述近似值的输出。
6. 如权利要求1所述的方法,其中所述固体微粒包括碱溶性的二氧化硅源。
7. 如权利要求1所述的方法,其中所述固体微粒包括选自由以下项组成的组的至少一种二氧化硅源:粉煤灰、矿渣、煅制二氧化硅、结晶二氧化硅、硅粉、水泥窑灰、火山岩、珍珠岩、偏高岭土、硅藻土、沸石、页岩、农业废灰、稻壳灰、甘蔗灰、波特兰水泥、蔗渣灰,以及它们的组合。
8. 如权利要求1所述的方法,还包括测量所述固体微粒的至少一种附加性质,所述至少一种附加性质选自由压缩强度、杨氏模量和拉伸强度组成的组。
9. 如权利要求1所述的方法,还包括将所述固体微粒包含在水泥组合物中,以及使所述水泥组合物凝固。
10. 一种固井方法,包括:
测量固体微粒的需水量;
根据所述需水量确定所述固体微粒的比表面积近似值;
确定包含所述固体微粒的水泥组合物的压缩强度的近似值;
制备所述水泥组合物,其中所述水泥组合物包含所述固体微粒、一种或多种附加固体微粒、和水;以及
使所述水泥组合物在预定位置凝固。
11. 如权利要求10所述的方法,还包括将所述水泥组合物引入井筒中。
12. 如权利要求11所述的方法,其中使用一个或多个泵将所述水泥组合物引入所述井筒中。
13. 如权利要求10所述的方法,其中所述水泥组合物用于初次注水泥,以在井筒环带中形成凝固的水泥护套
14. 如权利要求10所述的方法,其中所述制备包括使用混合设备混合所述水泥组合物的组分,所述组分包括所述固体微粒、所述一种或多种附加固体微粒、和所述水。
15. 如权利要求10所述的方法,其中所述需水量是获得预定稠度所需的水的重量与所述固体微粒的重量的比。
16. 如权利要求10所述的方法,其中测量所述需水量包括用指定量的水制备搅拌器,以指定的搅拌器rpm搅拌所述搅拌器,将所述固体微粒添加到所述水中直到获得指定的稠度,

以及基于用于获得所述指定稠度的所述水与所述固体微粒的重量比来计算所述需水量。

17. 如权利要求10所述的方法,其中确定比表面积的近似值包括将所述需水量输入到等式中以获得所述比表面积的所述近似值的输出。

18. 如权利要求10所述的方法,其中所述固体微粒包括选自由以下项组成的组的至少一种二氧化硅源:粉煤灰、矿渣、煅制二氧化硅、结晶二氧化硅、硅粉、水泥窑灰、火山岩、珍珠岩、偏高岭土、硅藻土、沸石、页岩、农业废灰、稻壳灰、甘蔗灰、蔗渣灰,以及它们的组合。

19. 如权利要求10所述的方法,还包括测量所述固体微粒的至少一种附加性质,所述至少一种附加性质选自由压缩强度、杨氏模量和拉伸强度组成的组;以及基于所述比表面积近似值来确定所述固体微粒的反应性指数。

20. 一种系统,包括:

固体微粒;

搅拌器,其被配置为将所述固体微粒与水混合;以及

计算机系统,其被配置为接受所述固体微粒的需水量的输入并输出所述固体微粒的比表面积近似值。

21. 如权利要求20所述的系统,其中所述计算机系统被配置为将所述需水量输入到等式中以获得所述比表面积近似值的所述输出。

22. 如权利要求20所述的系统,其中所述需水量是获得预定稠度所需的水的重量与所述固体微粒的重量的比。

用于取比表面积近似值的需水量测量的应用

背景技术

[0001] 在固井(诸如井施工和补救固井)中,通常利用水泥组合物。水泥组合物可在多种地下应用中使用。例如,在地下井施工中,管柱(例如,套管、衬管、膨胀管等)可伸入井筒中并且用水泥固定在适当位置。将管柱用水泥固定在适当位置的方法通常称为“初次注水泥”。在典型的初次注水泥方法中,水泥组合物可被泵送入井筒的壁与设置在井筒中的管柱的外表面之间的环带中。水泥组合物可在环状空间中凝固,由此形成具有硬化的、大致上不可透水泥的环状护套(即,水泥护套),所述环状护套可将管柱支撑并定位在井筒中并且可将管柱的外表面粘结到地下地层。除了其他情况之外,围绕管柱的水泥护套起作用防止环带中流体的迁移,以及保护管柱不受腐蚀。水泥组合物还可用于补注水泥方法中,例如,用于密封管柱或水泥护套中的裂痕或孔洞,用于密封高渗透地层区域或断口,用于放置水泥塞等等。

[0002] 固井中的特定挑战是在放置在地下地层中之后的合理时间段内在水泥组合物中发展出令人满意的机械性质。通常测试具有不同添加剂的几种水泥组合物,以查看它们是否满足特定井的材料工程要求。选择水泥组合物组分的过程通常通过最佳猜测方法完成,该最佳猜测方法通过利用先前的浆料并对所述先前的浆料进行改性直至达到满意的溶液来进行。该过程可能是耗时的并且所得浆料可能是昂贵的。此外,在任何一个特定区域中可用的胶结组分可以与另一个区域中可用的胶结组分在组成方面不同,从而使选择正确浆料的过程进一步复杂化。

附图说明

[0003] 这些附图图示本发明的一些实施方案的特定方面,且应不用于限制或界定本发明。

[0004] 图1是示出压缩强度指数计算的模拟结果的图表。

[0005] 图2是示出压缩强度指数计算的模拟结果的图表。

[0006] 图3是用于分析胶结组分的示例系统的示意图。

[0007] 图4是用于产生水泥组合物的示例性系统的示意图。

[0008] 图5是示出将水泥组合物引入井筒中的示意图。

具体实施方式

[0009] 本公开可总体涉及固井方法和系统。本文提供了基于生理化学性质来对二氧化硅源、水泥和其他材料进行鉴定和分类的方法。在一些示例中,需水量测量可以与比表面积相关,使得可以对水泥组分的比表面积取近似值。水泥组合物的每种水泥组分的物理化学性质可影响浆料的最终凝固机械性质,以及动态或基于时间的性质,诸如可混合性、流变性、粘度等。每种水泥组分都可能影响所提到的性质中的一种或多种性质。例如,可以将本地来源的粉煤灰添加到水泥组合物中。所添加的粉煤灰可以增加水泥组合物的压缩强度,并且可以对例如水泥组合物的增稠时间没有影响。在另一个区域中,本地来源的粉煤灰也可以

增加水泥组合物的压缩强度,但还可能增加增稠时间。在执行多个实验室测试之前,可能无法实现水泥组合物的不可预测的行为。由于比表面积测量可能需要可能不总是可用的专用设备,因此可以使用需水量测量来取比表面积的近似值。一旦比表面积可用,就可以确定水泥组分的反应性并将所述反应性用于设计水泥组合物。

[0010] 水泥组合物通常可包含水和水泥添加剂。水泥添加剂可包含两种或更多种水泥组分,所述两种或更多种水泥组分可在与水混合之前干混以形成水泥添加剂。或者,各水泥组分在与水混合之前可以不进行组合。水泥组分通常可描述为碱溶性的。虽然设想了许多不同的实施方案,但是水泥组合物可包含水和水泥添加剂,其中所述水泥添加剂包括水硬水泥和两种或更多种二氧化硅源,所述两种或更多种二氧化硅源为诸如水泥窑灰和天然火山灰。如本文更详细描述,水泥组合物可以根据本领域普通技术人员的需要而发泡和/或延伸。

[0011] 水泥组合物可具有适合于特定应用的密度。水泥组合物的密度可以在约8磅/加仑(“ppg”)至约16ppg的范围内。在经发泡的示例中,本发明的发泡的水泥组合物的密度可以在约8ppg至约13ppg(或甚至更低)的范围内。

[0012] 水泥组合物中使用的水可包括例如淡水、盐水(例如,含溶解在水中的一种或更多种盐的水)、卤水(例如,从地下地层产生的饱和盐水)、海水,或它们的组合。通常,水可来自任何来源,前提是它不含可能非期望地影响水泥组合物中的其它组分的过量化合物。可包括足以形成可泵送浆料的量的水。水可以在按水泥添加剂的重量计(“bwoc”)约40%至约200%的范围内而包含在水泥组合物中。在一些示例中,水可以在约40%至约150%bwoc的范围内被包含。

[0013] 水泥添加剂可包括两种或更多种水泥组分。根据本公开,可以利用各种水凝水泥,包括但不限于那些包含钙、铝、硅、氧、铁和/或硫的水凝水泥,所述水凝水泥通过与水反应而凝固和硬化。合适的水硬水泥可包括波特兰水泥、石膏,以及高氧化铝含量的水泥等。适用于本公开的波特兰水泥可根据美国石油协会的API Specification for Materials and Testing for Well Cements,API规范10,第五版,1990年7月1日而被分类为A级、C级、G级和H级水泥。另外,在一些示例中,适用于本发明的水泥可以分类为ASTM I型、II型、III型或V型。可以被认为是“低波特兰”的水泥组合物可以通过使用本文公开的技术来设计。

[0014] 当存在时,水硬水泥通常可以以足以提供所需压缩强度、密度和/或成本的量包含在水泥组合物中。水硬水泥可以任何合适的浓度存在于水泥组合物中,包括在约0%至约99%bwoc范围内的量。水硬水泥可以在约1%、约5%、约10%、约20%、约40%、约60%、约80%、或约90%bwoc的任何量之间的范围内和/或包括所述任何量的量存在。水泥组分可以被认为是“低波特兰”是因为波特兰水泥(在使用的情况下啊)可以以约40%或更低的bwoc、或者约10%或更低的量存在于水泥组合物中。水泥组合物还可以设计为不含(或基本上不含)波特兰水泥。受益于本公开益处的本领域普通技术人员应该能够针对特定应用选择适当量的水硬水泥。

[0015] 除波特兰水泥外,还可以使用可被认为是碱溶性的其他水泥组分。在水泥组分至少部分可溶于pH 7.0或更高的水溶液中的情况下,水泥组分被认为是碱溶性的。碱溶性水泥组分中的某些碱溶性水泥组分可包含土工聚合物水泥,所述土工聚合物水泥可包含硅酸盐源、金属硅酸盐源和活化剂。土工聚合物水泥可以反应形成土工聚合物。土工聚合物是

形成长距离、共价键合的非晶网络的无机聚合物。土工聚合物可以通过以下方式形成：进行化学溶解，以及随后进行各种硅铝酸盐和硅酸盐的再缩合，以形成3D网络或三维矿物聚合物。活化剂可包括但不限于金属氢氧化物氯化物盐（诸如KCl、CaCl₂、NaCl）、碳酸盐（诸如Na₂CO₃）、硅酸盐（诸如硅酸钠）、铝酸盐（诸如铝酸钠），以及氢氧化铵。硅铝酸盐源可包含任何合适的硅铝酸盐。硅铝酸盐是包含铝、硅和氧，以及抗衡阳离子的矿物质。可能有数百种合适的矿物质可以是硅铝酸盐源，因为它们可包含硅铝酸盐矿物质。如果可以知道特定性质（诸如组成），则每种硅铝酸盐源可以潜在地用于特定情况。诸如红柱石、蓝晶石和硅线石之类的一些矿物质是具有相同的组成Al₂SiO₅，但晶体结构不同的天然存在的硅铝酸盐源。由于晶体结构不同，每种矿物质红柱石、蓝晶石或硅线石可以在相同的温度和压力下或多或少地快速反应和反应至不同的程度。其他合适的硅铝酸盐源可包括但不限于煅烧粘土、部分煅烧的粘土、高岭石粘土、红粘土、伊利石粘土、火山岩、矿山尾矿、高炉矿渣，以及粉煤灰。金属硅酸盐源可包括任何合适的金属硅酸盐。硅酸盐是含有阴离子硅化合物的化合物。硅酸盐的一些示例包括原硅酸盐阴离子，也称为四氧化硅阴离子、SiO₄⁴⁻；以及六氟硅酸盐[SiF₆]²⁻。其他常见的硅酸盐包括环状和单链硅酸盐，所述环状和单链硅酸盐可具有通式[SiO_{2+n}]²ⁿ⁻；以及成片状硅酸盐([SiO_{2.5}]⁻)_n。每种硅酸盐示例可具有与每种硅酸根分子缔合的一种或多种金属阳离子。一些合适的金属硅酸盐源可包括但不限于硅酸钠、硅酸镁和硅酸钾。

[0016] 当存在时，土工聚合物水泥通常可以以足以提供所需压缩强度、密度和/或成本的量包含在水泥组合物中。土工聚合物水泥可以任何合适的浓度存在于水泥组合物中，包括在约0%至约99%bwoc范围内的量。土工聚合物水泥可以在约1%、约5%、约10%、约20%、约40%、约60%、约80%、或约90%bwoc的任何量之间的范围内和/或包括所述任何量的量存在。受益于本公开益处的本领域普通技术人员应该能够针对特定应用选择适当量的土工聚合物水泥。

[0017] 其他碱溶性的水泥组分可包括二氧化硅源。二氧化硅源可以是向水泥组合物提供二氧化硅的任何合适材料。通过包含二氧化硅源，可以使用不同的路径来获得与波特兰水泥相似的产品。可以引发火山灰反应，其中硅酸(H₄SiO₄)和氢氧化钙(Ca(OH)₂)反应形成水泥产品(硅酸钙水合物)。如果在二氧化硅源中存在诸如铝酸盐之类的其他化合物，则可能发生另外的反应而形成另外的水泥产品，诸如铝酸钙水合物。反应所需的氢氧化钙可以由诸如波特兰水泥之类的其他胶结组分提供，或者可以单独加入到水泥组合物中。合适的二氧化硅源的示例可包括粉煤灰、矿渣、煅制二氧化硅、结晶二氧化硅、硅粉、水泥窑灰(“CKD”)、火山岩、珍珠岩、偏高岭土、硅藻土、沸石、页岩和农业废灰(例如，稻壳灰、甘蔗灰和蔗渣灰)等。下面将更详细地讨论二氧化硅源的一些具体示例。当存在时，二氧化硅源通常可以以足以提供所需压缩强度、密度和/或成本的量包含在水泥组合物中。二氧化硅源可以任何合适的浓度存在于水泥组合物中，包括在约0%至约99%bwoc范围内的量。二氧化硅源可以在约1%、约5%、约10%、约20%、约40%、约60%、约80%、或约90%bwoc的任何量之间的范围内和/或包括所述任何量的量存在。受益于本公开益处的本领域普通技术人员应该能够针对特定应用选择适当量的二氧化硅源。

[0018] 适合的二氧化硅源的示例可包括粉煤灰。多种粉煤灰可能是适合的，包括根据美国石油协会的API Specification for Materials and Testing for Well Cements, API

规范10,第五版,1990年7月1日被分类为C级和F级粉煤灰的粉煤灰。C级粉煤灰包括二氧化硅和石灰,所以它可在与水混合之后凝固来形成硬化块。F级粉煤灰通常不含诱导胶结反应的足量石灰,因此,另外的钙离子源对于包含F级粉煤灰的凝固延迟水泥组合物来说是必需的。当使用时,石灰可与F级粉煤灰以任何合适的量混合,所述任何合适的量包括在按粉煤灰的重量计约0.1%至约100%范围内的量。在一些情况中,石灰可以是水合石灰。粉煤灰的适合实例包括但不限于可购自Halliburton Energy Services, Inc., Houston, Texas的POZMIX[®]A水泥添加剂。

[0019] 合适的二氧化硅源的另一个示例可包括矿渣。矿渣通常是从各种金属的相应矿石生产所述金属中的副产品。例如,铸铁的生产可产生作为成颗粒的、鼓风炉副产物的矿渣,其中所述矿渣通常包含在铁矿中所发现的氧化杂质。矿渣通常不含足够的碱性物质,因此可使用还可包含碱的矿渣水泥以产生可凝固的组合物,所述可凝固的组合物可与水反应以凝固形成硬化物质。合适的碱源的示例包括但不限于氢氧化钠、碳酸氢钠、碳酸钠、石灰,以及它们的组合。

[0020] 合适的二氧化硅源的另一个示例可包括CKD。如在本文中使用的术语水泥窑灰或“CKD”是指在水泥的制造过程中从气流移除并且被收集在例如集尘器中的部分煅烧的窑进料。通常,在水泥生产中收集大量CKD,所述大量CKD通常作为废料被处置。将CKD作为废料处置可增加水泥制造的非期望成本,以及与其处置相关的环境问题。CKD是可以包括在水泥组合物的示例中的另一种组分。

[0021] 合适的二氧化硅源的另一个示例可包括火山岩。某些火山岩可展现出胶结性质,这是因为它们可在水合石灰和水的存在下凝固并硬化。例如,火山岩也可以被研磨。通常,根据对特定应用的需要,火山岩可具有任何粒度分布。在某些实施方案中,火山岩可具有在约1微米至约200微米范围内的平均粒度。平均粒度对应于d50值,如可通过粒度分析器所测量的,所述粒度分析器诸如由Malvern Instruments, Worcestershire, United Kingdom制造的那些分析器。受益于本公开益处的本领域的普通技术人员应能够选择适用于所选应用的火山岩的粒度。

[0022] 合适的二氧化硅源的另一个示例可包括偏高岭土。通常,偏高岭土是可通过将高岭土加热到例如在约600°C至约800°C范围内的温度而制备的白色火山灰。

[0023] 合适的二氧化硅源的另一个示例可包括页岩。其中,包含在水泥组合物中的页岩可与过量的石灰反应形成合适的胶结物质,例如硅酸钙水合物。多种页岩是合适的,包括含有硅、铝、钙和/或镁的页岩。合适的页岩的示例包括玻璃化页岩。通常,根据对特定应用的需要,页岩可具有任何粒度分布。在某些实施方案中,页岩可具有在约37微米至约4,750微米范围内的粒度分布。

[0024] 合适的二氧化硅源的另一个示例可包括沸石。沸石通常是多孔硅酸铝材料,所述多孔硅酸铝材料可以是天然的或合成的材料。合成沸石是基于与天然沸石相同的结构单元类型,并且可包含硅铝酸水合物。如本文所使用,术语“沸石”是指沸石的所有天然和合成形式。沸石的示例可包括但不限于丝光沸石、zsm-5、沸石x、沸石y、沸石a等。此外,包含沸石的示例可包括沸石与阳离子(诸如Na⁺、K⁺、Ca²⁺、Mg²⁺等)的组合。含有诸如钠之类的阳离子的沸石也可在所述沸石溶解时为水泥组合物提供额外的阳离子源。

[0025] 所述水泥组合物还可包含水合石灰。如本文所使用,术语“水合石灰”将理解为是

指氢氧化钙。在一些示例中,水合石灰可提供为生石灰(氧化钙),所述生石灰在与水混合时发生水合以形成水合石灰。水合石灰可以包含在水泥组合物的示例中,例如以与二氧化硅源一起形成水硬组合物。水合石灰可以以任何合适的浓度被包含,包括但不限于以约10:1至约1:1的二氧化硅源与水合石灰重量比或约3:1至约5:1的比率。在存在时,水合石灰可例如以在按二氧化硅源的重量计约10%至约100%范围内的量包含在水泥组合物中。水合石灰可以按二氧化硅源的重量计约10%、约20%、约40%、约60%、约80%或约100%的任何量之间的范围内和/或包括任何量的量存在。受益于本公开的益处的本领域的普通技术人员应会认识到针对选定应用来包含的水合石灰的适当量。

[0026] 水泥组合物还可包含除水合石灰之外的钙离子源,所述钙离子源可另外使用或代替水合石灰使用。通常,可能需要钙和高pH,例如7.0或更高的pH,以进行某些胶结反应。水合石灰的潜在优点可以是在同一分子中供应钙离子和氢氧根离子。例如,在另一个示例中,钙离子源可以是 $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ 或 CaCl_2 ,其中氢氧根由 NaOH 或 KOH 供应。普通技术人员应理解,另选的钙离子源和氢氧根源可以与水合石灰相同的方式包含在水泥组合物中。例如,钙离子源和氢氧根源可以任何合适的量被包含,包括但不限于约10:1至约1:1的二氧化硅源与水合石灰重量比或约3:1至约5:1的比率。在存在时,另选的钙离子源和氢氧根源可以例如在按二氧化硅源的重量计约10%至约100%范围内的量包含在水泥组合物中。另选的钙离子源和氢氧根源可以在按二氧化硅源的重量计约10%、约20%、约40%、约60%、约80%或约100%的任何量之间的范围内和/或包括所述任何量的量存在。受益于本公开的益处的本领域的普通技术人员应认识到针对选定应用来包含的另选的钙离子源和氢氧根源的适当量。

[0027] 可以定义目标二氧化硅石灰比,并且可以鉴定出满足所述二氧化硅石灰比的包含两种或更多种水泥组分的水泥添加剂。在一些示例中,目标二氧化硅石灰比可以在按重量计约80/20二氧化硅比游离石灰至按重量计约60/40二氧化硅比游离石灰的范围内,例如为按重量计约80/20二氧化硅比游离石灰、按重量计约70/30二氧化硅比游离石灰,或按重量计约60/40二氧化硅比游离石灰。二氧化硅石灰比可通过测量给定水泥组分的可用二氧化硅和石灰来确定。

[0028] 适合于在固井操作中使用的其他添加剂还可以根据特定应用的需要而包含在水泥组合物中。此类添加剂的示例包括但不限于:加重剂、活化剂、轻质添加剂、产气添加剂、机械性质增强添加剂、堵漏材料、过滤控制添加剂、失液量控制添加剂、消泡剂、发泡剂、分散剂、触变性添加剂,以及它们的组合。受益于本公开益处的本领域普通技术人员应该能够针对特定应用选择合适的添加剂。

[0029] 如前所述,为了确定上述水泥组分中的两种或更多种水泥组分是否相容,可以进行几次实验室测试。另外,除非执行几次实验室测试,否则可能不知道水泥组分的任何潜在的协同效应。通常,可首先配制已知的水泥组合物并测试其性质,例如24小时压缩强度、失液量和增稠时间。然后,可以将不同量的添加剂添加到新批次的水泥组合物中并重新进行测试。从每次测试中收集结果并进行比较。然后可以使用新浓度的添加剂进行一组新的测试,例如以调节水泥组合物的性质。测试不同浓度的各种添加剂的过程可以进行多次试验,直到配制出一种或多种可接受的水泥组合物。可接受的水泥组合物可以是满足诸如压缩强度、失液量和增稠时间之类的某些设计需求的水泥组合物。水泥组合物设计过程可以以启发式方式进行,从而导致可具有所需工程性质但可能没有针对成本进行优化的水泥组合

物。另外,在基于波特兰的水泥组合物中,诸如CKD之类的二氧化硅源先前已用作纯填料,或在一些示例中用作反应性组分。CKD会贡献一部分二氧化硅,所述一部分二氧化硅需要一部分石灰来进行反应。在上述水泥组合物配制方法中,所述启发式过程没有考虑组合物的二氧化硅与石灰的比率。

[0030] 本文描述的方法可以通过经由对各种水泥组分进行测量和分类的过程来识别用于水泥组合物中的水泥组分的过程(被称为反应性标测),来减少或消除启发式搜索。反应性标测可包括几个步骤。一个步骤可包括通过标准化测试来测量不同材料的物理和化学性质。另一步骤可包括通过对收集数据的分析和预测的对水泥浆料性质的影响来对材料进行分类。又一步骤可包括利用数据来估计材料反应性,优化水泥性能,基于分析结果在数学上预测共混物的机械性质,和/或预测压缩强度的浆料密度依赖性。

[0031] 测量每种所选水泥组分的物理和化学性质可包括许多实验室技术和程序,包括但不限于显微镜法、光谱学、x射线衍射、x射线荧光、粒度分析、需水量分析、扫描电子显微镜法、能量色散X射线光谱、表面积、比重分析、热重分析、形态分析、红外光谱、紫外-可见光谱、质谱、二次离子质谱、电子能量质谱、色散x射线光谱、俄歇电子能谱、电感耦合等离子体分析、热电离质谱、辉光放电质谱x射线光电子能谱、力学性能测试、杨氏模量测试、流变性质、泊松比。前述测试中的一个或多个测试可以考虑API测试,如用于测试油井水泥的API推荐实践中所述(发布为ANSI/API推荐实践10B-2)。上面未具体列出的其他API测试也可用于测量。可以测量一组水泥组分的物理和化学性质。所测量的水泥组分中的两种或更多种水泥组分可以是不同类型的水泥组分(例如,火山岩、CKD、粉煤灰等)。所述水泥组分中的两种或更多种水泥组分可以是相同类型的但来自不同来源(例如,来自源1的火山岩、来自来源2的火山岩等)。

[0032] X射线粉末衍射是一种可用于测量水泥组分的物理和化学性质的分析技术。X射线粉末衍射是一种将样品暴露于x射线、中子或电子并测量原子间衍射量的技术。该样品充当衍射光栅,从而以不同角度产生不同的信号。可以测量的典型性质是用于鉴定和表征结晶固体的相鉴定。其他性质可以是结晶度、晶格参数、膨胀张量、体积模量和相变。

[0033] X射线荧光是另一种可用于测量水泥组分的物理和化学性质的分析技术。X射线荧光可以使用短波x射线来电离样品中的原子,从而使它们在某些特征波长下发荧光。样品释放的特征辐射可以允许准确识别样品中的组分原子以及它们的相对量。

[0034] 粒度分析是另一种可用于测量水泥组分的物理和化学性质的分析技术。粒度分析可以通过用各种实验室技术进行分析来完成,所述各种实验室技术包括但不限于激光衍射、动态光散射、静态图像分析和动态图像分析。粒度分析还可以提供关于特定样品的形态的信息。形态可以包括诸如球形度和圆度之类的参数,以及诸如圆盘、椭球体、浆叶或辊之类的颗粒一般形状。在了解形态和粒度的情况下,可以估计平均表面积和体积。表面积和体积在确定需水量和反应性方面可为重要的。通常,相对较小的粒度可比相对较大的粒度更快地反应。此外,相对较小的粒度可比相对较大的粒度具有更大的完全水合需水量。

[0035] 能量色散x射线光谱是另一种可用于测量水泥组分的物理和化学性质的分析技术。能量色散x射线光谱法是一种用于分析样品中存在的元素并确定样品的化学表征的分析技术。其他技术可包括傅里叶变换红外光谱、紫外-可见光谱、质谱、二次离子质谱、电子能量质谱、色散x射线光谱、俄歇电子能谱,以及x射线光电子能谱。

[0036] 可以分析水泥组分以确定它们的需水量。需水量通常定义为形成指定稠度的浆料而需要添加到粉末状固体材料中的混合水的量。特定应用的稠度可能不同。以下用于确定需水量的示范性技术在改变固体材料的量时保持水的稠度和量恒定。然而,也可以应用以任何组合改变水的量、稠度和/或固体材料的量的技术。以下技术还基于混合器中混合物表面处的涡流大小来估计指定的稠度。特定水泥组分的需水量可通过包括以下步骤的过程确定:a) 制备具有指定量的水(例如,约100克至约500克)的搅拌器(例如,Waring[®]搅拌器), b) 以指定的搅拌器rpm(例如,4,000至15,000rpm)搅拌所述水,c) 将正在研究的粉末状固体添加到所述水中直到达到指定的稠度,以及d) 根据获得所需稠度所需的水与固体的比率来计算需水量。用于确定需水量的具体示例可包括但不限于:1) 制备具有指定量的水(例如,在一个示例中为约100克至约500克或约200克)的搅拌器(例如,Waring[®]搅拌器);2) 以指定的搅拌器rpm(例如,在一个示例中为约4,000至约15,000rpm或约12,000rpm)搅拌所述水;3) 将指定量(例如,在一个示例中为约1克至约1,000克或约400克)的水泥组分加入所述水中;4) 观察混合物以确定是否获得了指定的稠度,例如如果在搅拌器中混合物表面处形成的涡流为约0英寸(0mm)至约2英寸(50mm)或约0.004英寸(0.1mm)至约1英寸(25mm),则可认为水泥组分被完全润湿并混合;5) 如果未获得所需的稠度,则加入更多的水泥组分直至获得所需的稠度,例如直至在搅拌器中形成的涡流为大致一角硬币的大小;6) 基于用于获得所需稠度的水与水泥组分的比率来计算需水量。在一些示例中,特定稠度可以是混合器中混合物表面处的涡流为一角硬币大小或约0.7英寸(17.9mm)的情况下的稠度。如本领域普通技术人员将理解的,也可以使用其他用于确定需水量的合适技术。

[0037] 可以分析水泥组分以确定它们的比表面积。比表面积通常是指总表面积,并且可以报告为每单位质量的总表面积。针对特定区域获得的值取决于分析技术。可以使用任何合适的分析技术,包括但不限于基于吸附的方法,诸如Brunauer-Emmett-Teller (BET) 分析、亚甲蓝染色、乙二醇单乙醚吸附,以及蛋白质保留方法等。

[0038] 热重分析是另一种可用于测量水泥组分的物理和化学性质的分析技术。热重分析是一种热分析方法,其中可以测量样品的物理和化学性质的变化。通常,可以测量随着温度升高(诸如以恒定的加热速率升高)的性质,或者在恒定温度或恒定质量变化下随着时间推移的性质。通过热重分析确定的性质可包括一级相变和二级相变,诸如蒸发、升华、吸附、解吸、吸收、化学吸附、去溶剂化、脱水、分解、氧化和还原反应、铁磁转变、超导转变,等等。

[0039] 除了确定水泥组分本身的物理和化学性质之外,还可以进行实验室测试以确定水泥组合物中的水泥组分的行为。例如,可以分析水泥组合物中的水泥组分以确定它们的压缩强度发展和机械性质。例如,可以将预选量的水泥组分与水与石灰混合(如果需要进行凝固的话)。然后可以确定水泥组合物的机械性质,包括压缩强度、拉伸强度和杨氏模量。可以使用各种不同条件中的任何一种条件进行测试,只要所述条件对于不同的水泥组分是一致的即可。

[0040] 压缩强度通常是材料或结构承受轴向指向的推力的能力。可在水泥组分已经与水混合并且所得水泥组合物保持在指定温度和压力条件下之后的指定时间测量水泥组分的压缩强度。例如,可以在流体混合并且流体保持在100°F至约200°F的温度和大气压下之后约24小时至约48小时范围内(或更长)的时间测量压缩强度。压缩强度可通过破坏性方法或

非破坏性方法测量。破坏性方法通过在压缩测试机中压碎样本来物理地测试处理流体样本在各个时间点的强度。压缩强度是根据断裂载荷除以抵抗所述载荷的横截面积来计算并且以每平方英寸磅力 (psi) 为单位来报告。非破坏性方法通常可采用可购自 Fann[®] Instrument Company, Houston, TX 的超声水泥分析器 (“UCA”)。可根据 API RP 10B-2, 测试井水泥的推荐实务 (Recommended Practice for Testing Well Cements), 第一版, 2005年7月确定压缩强度。

[0041] 拉伸强度通常是材料承受趋于伸长的载荷的能力, 与压缩强度相反。可在水泥组分已经与水混合并且所得水泥组合物保持在指定温度和压力条件之后的指定时间测量水泥组分的拉伸强度。例如, 可以在流体混合并且流体保持在 100°F 至约 200°F 的温度和大气压之下约 24 小时至约 48 小时范围内 (或更长) 的时间测量拉伸强度。可以使用任何合适的方法来测量拉伸强度, 所述合适的方法包括但不限于按照 ASTM C307 中描述的程序。也就是说, 样品可以在压块模具中制备, 所述压块模具具有在中间有一平方英寸横截面积的狗饼干外观。然后可以在试样的扩大端施加张力, 直到试样在中心区域处断裂。试样断裂时的张力 (以磅/平方英寸计) 是测试材料的拉伸强度。

[0042] 杨氏模量也称为弹性模量, 其为所施加的应力与所得应变之间关系的量度。通常, 当约束应力增大时, 高度可变形 (塑料) 材料将表现出更低的模量。因此, 杨氏模量是弹性常数, 其表明测试材料承受所施加载荷的能力。在使处理流体在指定的温度和压力条件下凝固一段时间后, 可以使用许多不同的实验室技术来测量包含胶结组分的处理流体的杨氏模量。

[0043] 尽管可能仅提及了一些选择的实验室技术, 但应该理解, 可能有许多分析技术可能适合或不适合某种样品。受益于本公开益处的本领域普通技术人员应该能够选择适当的分析技术来确定感兴趣的特定性质。

[0044] 一旦对水泥组分执行了分析技术, 就可以对数据进行分类和关联。一些类别可包括但不限于比表面积、形态、比重、需水量等。在一些示例中, 组分可按相对量进行分类, 包括以下至少一种的量: 二氧化硅、氧化铝、铁、铁、钙、钙、钠、钾、镁、硫、它们的氧化物, 以及它们的组合。例如, 可以基于氧化物分析对组分进行分类, 所述氧化物分析包括但不限于二氧化硅含量、氧化钙含量和氧化铝含量, 以及可能存在于水泥组分中的其他氧化物。另外, 可以基于数据分类来生成水泥组分之间的相关性。例如, 各种类别的性质可以相对于彼此绘制成曲线。在一些示例中, 可绘制需水量对照比表面积的曲线。因此, 水泥组分的需水量可以与比表面积相关, 使得比表面积是需水量的函数。比表面积可用于预测一种水泥组分 (或多种水泥组分) 的反应性。然而, 由于比表面积分析通常需要专门的仪器, 因此可能并不总是可以得到每种材料的比表面积。因此, 如果可以获得水泥组分的需水量, 则可以使用需水量与比表面积之间的相关性来获得比表面积近似值, 所述比表面积近似值随后可用于预测反应性。需水量与比表面之间的相关性可包括但不限于需水量与特定表面的关系图或基于需水量的输入分配比表面积的输出的等式。除了比表面积和反应性之间的相关性之外, 还可以在比表面积与其他机械性质 (诸如拉伸强度和杨氏模量) 之间进行相关。

[0045] 一些碱溶性的水泥组分可包括再生或天然材料。具体地, 含二氧化硅的水泥组分可包含诸如开采材料之类的材料, 例如火山岩、珍珠岩、诸如粉煤灰和 CKD 之类的废料, 以及农业灰, 如前所述。在一些示例中, 碱溶性的水泥组分可与波特兰水泥具有协同效应, 而其

他水泥组分可能不相容。在一些示例中,碱溶性的水泥组分可以引起胶凝、高热产生、保水,以及其他效应。在对包含波特兰水泥的水泥组合物中的水泥组分进行实验室测试期间,可以实现这些和其他效应。实验室设备可被配置为检测水泥组分对组合物的效应。在一些示例中,诸如热量计之类的设备可以测量和量化每单位质量的水泥组分的热量产生量。粘度计可以测量由水泥组分引起的胶凝的增加。可以在几种浓度下测量因添加水泥组分而引起的物理效应中的每一种物理效应,然后进行分类,例如进行曲线绘制或标测。一旦组分被标测,就可以通过参考分类来预测将组分添加到水泥组合物中的效应。

[0046] 如前所述,一些碱溶性的水泥组分在包含于水泥组合物中时可能引起胶凝。尽管在一些示例中较高的胶凝速率可能是不期望的,但在其他示例中,较高的胶凝速率可能是对于满足工程设计标准有利或必须的。通常,本领域普通技术人员会选择合适的胶凝剂或增粘剂用于水泥组合物中。利用标测的益处,普通技术人员应能够选择可用于双重目的碱溶性水泥组分。例如,水泥组分可以增加水泥组合物的压缩强度,而且还增加混合期间的胶凝。如果工程设计标准在混合期间需要更高的胶凝,则包括增加压缩强度同时还增加胶凝的水泥组分可为有利的。包含表现出多种效应的水泥组分可以减少所需的附加添加剂(诸如胶凝剂或增粘剂)的量,所述附加添加剂可为高成本的。由于组分的胶凝效应可能已在标测图中记录,因此可容易地确定包含在水泥组合物中的组分的量。

[0047] 可以进行标测的另一个潜在有利的物理效应是分散能力。一些水泥组分可包含相对球形的颗粒。相对球形的颗粒可在水泥组合物中与水一起发挥“滚柱轴承”效应。该效应可能导致水泥组合物中的其他组分变得更易移动,从而将所述组分分散在水泥组合物中。可以进行标测的另一个潜在有利的物理性质是表面积。表面积可以涉及密度,其中相对较高表面积的颗粒可以降低水泥组合物的密度。降低密度的颗粒可用作低密度添加剂。可以进行标测的另一个潜在有利效应是粒度。具有相对较小粒度的组分可具有抵靠地层形成滤饼的能力,从而阻止水泥逸出到地层中。具有小粒度的水泥组分可用作失液量控制剂。利用本公开的益处,普通技术人员应该能够选择水泥组分并绘制其性质的标测图。普通技术人员还应该能够选择水泥组分的第二感兴趣性质,并且利用该标测图的益处产生具有所需性质的浆料。

[0048] 用基于二氧化硅的水泥组分代替传统水泥添加剂的另一个潜在益处是降低成本。如上所述,基于二氧化硅的水泥组分可以部分或完全替代相对更昂贵的水泥添加剂。可以通过平衡所需的工程参数(诸如压缩强度、混合能力、游离水含量等)来优化水泥组合物的成本,以使相对较低成本的基于二氧化硅的水泥组分的量最大化。任何剩余的相对于工程要求的偏差可以用相对更昂贵的水泥添加剂“补充”。以这种方式,可以使水泥组合物降低到最低的每磅成本,因为用主要为较低成本组分的共混物满足了工程要求。

[0049] 一旦数据通过所选择的实验室技术进行了收集、分类和标测,就可以对数据执行若干操作以得到关于包括标测的水泥组分的水泥组合物的预测。例如,可以估计凝固性质。下面将描述基于反应性指数估计材料反应性的方法。材料反应性可以基于许多参数,诸如比表面积和比重等。标测数据的另一个用途可以是基于诸如颗粒形状、粒度和颗粒反应性之类的参数来优化水泥浆料的性能。该数据还可用于预测和捕获压缩强度的浆料密度依赖性,并使用所收集的洞察力来设计优化的水泥配方。该数据还可用于预测浆料组合物以实现最佳水泥配方。恰到好处的标准可以是压缩强度、成本、流变性、机械性质、失液量控制性

质、增稠时间等。

[0050] 反应性标测可用于估计水泥组分的各种机械性质,包括压缩强度、拉伸强度和杨氏模量。如前所述,可以在比表面积与某些机械性质(诸如反应性、拉伸强度和杨氏模量)之间进行相关。使用这些相关性,可以预测水泥组分或水泥组分的组合的机械性质。

[0051] 可用于使反应性与比表面积相关的一种技术是反应性指数。不受理论的限制,水泥组分的反应性指数可以被称为水泥组分的反应性的量度,其根据比表面积差异进行调整。重要的是要注意,术语“水泥组分”是指在必要时与水或/或石灰和悬浮剂混合时为胶结性的,以使得浆料是稳定的任何材料。“胶结反应性指数” CRI_i 可以定义为但不限于以下等式[1]:

$$[0052] \quad CRI_i = f_{CRI}(CS_i, \rho_i, SSA_{PSDi},) \quad [1]$$

[0053] 其中:

[0054] CS_i = 从在特定参考温度、压力和龄期下固化的样品获得的无侧限UCS(极限压缩强度)。

[0055] ρ_i = 为测量UCS而制备和固化的浆料的密度

[0056] SSA_{PSDi} = 通过典型的粒度分析方法获得的比表面积。

[0057] 胶结组分的“物理化学指数”(PCI)可以定义为但不限于以下等式[2]:

$$[0058] \quad PCI_i = f_{PCI}(BETSA_i, SG_i, D_{50}, C_{Si}, C_{Ca}, C_{Al}, C_{Na}, C_{Fe}, C_{其他种类}) \quad [2]$$

[0059] 其中:

[0060] $BETSA_i$ = 通过氮吸附方法获得的胶结组分i的表面积

[0061] SG_i = 水泥组分i的比重

[0062] D_{60} = 胶结组分i的粒度分布的质量平均或体积平均直径,

[0063] C_{Si} = 组分i中的二氧化硅质量浓度,

[0064] C_{Ca} = 组分i中的氧化钙的质量浓度,

[0065] C_{Al} = 组分i中的氧化铝的质量浓度,

[0066] C_{Na} = 组分i中的氧化钠的质量浓度,

[0067] C_{Fe} = 组分i中的氧化铁的质量浓度,

[0068] 应该注意的是,可以测量上面和此处所述的质量浓度,而限于X射线荧光光谱测量技术,并且对“组分i”的提及等同于“胶结组分i”。在等式[1]和[2]中定义 CRI_i 和 PCI_i 的函数被适当定义时,以下普遍关系可适用于各种胶结材料,诸如但不限于波特兰水泥;粉煤灰;其他火山灰材料;其他灰;等等。

$$[0069] \quad CRI_i = f_{CRI-PCI}(PCI_i) \quad [3]$$

[0070] 图1是等式[1]对照等式[2]的曲线图,示出了当应用于五种不同类型的胶结材料源和三种具有类似材料但来自不同来源的样品时,等式[1]、[2]和[3]的精度。发现模拟数据具有关系 $y = 36.252x^{0.2256}$,其中 $R^2 = 0.9406$ 。

[0071] 在一些示例中,等式[3]的形式可以是幂律,诸如在等式4中。

$$[0072] \quad CRI_i = A \{PCI_i\}^B \quad [4]$$

[0073] A和B是对于所选择的各种种类和来源的胶结材料可为唯一的系数。一旦针对给定的一群或一组胶结组分限定了以等式[4]定义的广义函数,下面进一步定义的线性或非线性和关系就可以与等式[5]结合使用,以预测用于指定浆料密度、温度、压力和固化龄期

的各种胶结材料组合的UCS。

[0074] $CRI_c = A \{PCI_c\}^B$ [5]

[0075] 其中，

[0076] CRI_c 被定义为作为复合材料的n种胶结组分的独特组合的CRI，并且类似地

[0077] PCI_c 被定义为复合材料的物理化学指数。

[0078] 质量为 m_c 的给定复合材料被定义为：

[0079] $m_c = f_i + f_{i+1} + f_{i+2} + f_n$ [6]

[0080] 其中： f_i 被定义为胶结组分i的质量分数，并且n是独立胶结组分的总数。一旦在等式[5]中定义了函数，就可以使用以下等式[7]计算物理化学反应性指数的复合值：

[0081] $PCI_c = f_1 PCI_1 + f_2 PCI_2 + f_3 PCI_3 + \dots + f_n PCI_n$ [7]

[0082] 其中： PCI_c 被定义为n个数目的独特独立胶结组分的共混物的总反应性指数， f_i 被定义为胶结组分i的质量分数，并且n是独立胶结组分的总数。一旦已经针对所选择的胶结组分的特定假设共混物确定了 PCI_c ，就确定以下各项的线性或非线性和(等式[8]和[9])：

[0083] $\rho_c = f_1 \rho_1 + f_2 \rho_2 + f_3 \rho_3 + \dots + f_n \rho_n$ [8]

[0084] 并且，

[0085] $SSA_{PSDc} = f_1 SSA_{PSD1} + f_2 SSA_{PSD2} + f_3 SSA_{PSD3} + \dots + f_n SSA_{PSDn}$ [9]

[0086] 使用 PCI_c 来 CRI_c 针对复合材料的各项使用等式[5]或等式[3]的更一般化形式计算的值。一旦给定的复合共混物确定了 CRI_c ，就可以使用 ρ_c 和 SSA_{PSDc} 的合成值来与等式[10]一起预测复合共混物的实际压缩强度 CS_o 。

[0087] $CRI_c = f_{CRI}(CS_c, \rho_c, SSA_{PSDc},)$ [10]

[0088] 收集特定复合共混物的实验数据，并汇总在下表中：

[0089] 表1

胶凝组分的质量分数			
水泥组分	复合共混物 1	复合共混物 2	复合共混物 3
A	0.36		0.53
B		0.32	
C	0.32		0.31
D		0.33	
E	0.32		
F		0.35	
G			0.16
总计	1.00	1.00	1.00

[0091] 重要的是要注意，上述胶结组分中的每种胶结组分是明显不同种类(类型)的胶结组合物和/或来自不同来源。

[0092] 图2是等式[1]对照等式[2]的另一个曲线图，示出了等式[1]、[2]和[3]的精度，等式[1]至[10]也可用于预测其他机械性质，包括但不限于杨氏弹性模量和拉伸强度。另外，应该注意的是，即使在先前的发展中呈现了“线性求和”技术，本发明还包括其他方法，诸如等式[11]中给出的非线性求和方法。

[0093] $PCI_c = (1+f_1)^{a^1}PCI_{1+} + (1+f_2)^{a^2}PCI_{2+} + (1+f_3)^{a^3}PCI_{3+} + \dots + (1+f_n)^{a^n}PCI_n$ [11]

[0094] 其中:ai是针对一组独特的胶结组分确定的指数。

[0095] 现在将讨论使用反应性指数、需水量和其他分析参数的其他示例。可以生成统计表,所述统计表对反应性指数对照需水量进行曲线绘制。示例示于表2中。

[0096] 表2-反应性指数对照需水量

[0097]

需水量	高	X1	X4、X5	X8
	中	X2	X6	X9、X10
	低	X3	X7	X11.....Xn
		低	中	高
		反应性指数		

[0098] 也可以使用其他分析参数,诸如粒度对照反应性指数、热量产生对照反应性指数等。通过将反应性指数与分析参数进行排序,可以选择具有最小化成本和优化的反应性指数,同时仍具有可混合组成的组分共混物。在一些示例中,选定的水泥组合物可具有太多的游离水而无法正常地凝固。在此类示例中,可以选择具有高需水量的组分来代替水泥组合物中的某一组分或补充所述水泥组合物。可以基于反应性指数来选择具有高需水量的所选组分,以确保整体共混物具有足够的反应性。包含所选水泥组分的水泥组合物可由于所述组分的高需水量而表现出较少的游离水,并且还可以通过选择适当的反应性指数而表现出相同的反应性。可以基于对具有所需反应性的水泥组分的选择来调谐水泥组合物的反应性。具有高反应性的组分可以表现出比具有低反应性的组分更快的凝固时间。

[0099] 如本领域的普通技术人员将理解的,本文公开的水泥组合物可用于各种地下应用中,包括初次注水泥和补救固井。水泥组合物可被引入地下地层中并且使之凝固。如在本文所使用,将水泥组合物引入地下地层中包括引入地下地层的任何部分中,引入围绕井筒的附近井筒区域中,或引入上述两者中。在初次注水泥应用中,例如,水泥组合物可被引入到位于井筒中的管道与井筒的壁(和/或井筒中的较大管道)之间的环状空间中,其中所述井筒穿透地下地层。可使水泥组合物在环状空间中凝固以便形成硬化水泥的环状护套。水泥组合物可形成防止流体在井筒中迁移的屏障。水泥组合物还可以例如将管道支撑在井筒中。在补救固井应用中,水泥组合物可用在例如挤水泥固井操作中或替代水泥塞。例如,水泥组合物可被放置在井筒中以便堵塞地层中、填砾(gravel pack)中、管道中、水泥护套中和/或水泥护套与管道之间(例如,微环带)的开口(例如,空隙或裂纹)。

[0100] 虽然本说明书涉及水泥组合物和水泥组分,但应该理解的是,本文公开的技术可以与任何合适的井筒处理组合物和相应的固体微粒一起使用,所述水泥组合物和水泥组分是所述井筒处理组合物和相应的固体微粒的一个示例。浆料组合物的其他示例可包括隔离液、钻井液、清井丸(cleanup pill)、堵漏丸和压裂液等。合适的固体微粒可包括通常用于井处理的各种无机颗粒中的任何一种无机颗粒。

[0101] 因此,本公开描述了与浆料设计过程有关的系统、组合物和方法。非限制地,所述系统、组合物和方法还可以通过以下声明中的一个或多个声明来表征:

[0102] 声明1:一种分析固体微粒的方法,包括:测量所述固体微粒的需水量;以及根据所述需水量确定所述固体微粒的比表面积近似值。

[0103] 声明2:如声明1所述的方法,其中所述需水量是获得预定稠度所需的水与所述固体微粒的重量比。

[0104] 声明3:如声明1或声明2所述的方法,其中测量所述需水量包括用指定量的水制备搅拌器,以指定的搅拌器速度搅拌所述搅拌器,将所述固体微粒添加到所述水中直到获得预定的稠度,以及基于用于获得所述预定稠度的所述水与所述固体微粒的重量比来计算所述需水量。

[0105] 声明4:如声明3所述的方法,其中当混合所述固体微粒和所述水时在所述搅拌器表面形成的涡流的直径为约0mm至约50mm时,获得所述指定的稠度。

[0106] 声明5:如任何前述声明所述的方法,其中确定所述比表面积的近似值包括将所述需水量输入到等式中以获得所述比表面积的所述近似值的输出。

[0107] 声明6:如任何前述声明所述的方法,其中所述固体微粒包括碱溶性的二氧化硅源。

[0108] 声明7:如任何前述声明所述的方法,其中所述固体微粒包括选自由以下项组成的组的至少一种二氧化硅源:粉煤灰、矿渣、煅制二氧化硅、结晶二氧化硅、硅粉、水泥窑灰、火山岩、珍珠岩、偏高岭土、硅藻土、沸石、页岩、农业废灰、稻壳灰、甘蔗灰、波特兰水泥、蔗渣灰,以及它们的组合。

[0109] 声明8:如任何前述声明所述的方法,还包括测量所述固体微粒的至少一种附加性质,所述至少一种附加性质选自由压缩强度、杨氏模量和拉伸强度组成的组。

[0110] 声明9:如任何前述声明所述的方法,还包括基于所述比表面积来确定所述固体微粒的反应性指数。

[0111] 声明10:如任何前述声明所述的方法,还包括估计包含所述固体微粒和一种或多种另外的固体微粒的水泥组合物的压缩强度,其中所述估计使用所述固体微粒的特定表面和所述一种或多种另外的固体微粒的比表面积的近似值作为等式的输入,所述等式输出压缩强度,其中所述固体微粒和所述另外的固体微粒各自为胶结性的。

[0112] 声明11:如任何前述声明所述的方法,还包括将所述固体微粒包含在水泥组合物中,以及使所述水泥组合物凝固。

[0113] 声明12.一种固井方法,包括:测量固体微粒的需水量;根据所述需水量确定所述固体微粒的比表面积近似值;确定包含所述固体微粒的水泥组合物的压缩强度近似值;制备所述水泥组合物,其中所述水泥组合物包含所述固体微粒、一种或多种另外的固体微粒、和水;以及使所述水泥组合物在预定位置凝固。

[0114] 声明13:如声明12所述的方法,还包括将所述水泥组合物引入井筒中。

[0115] 声明14:如声明13所述的方法,其中使用一个或多个泵将所述水泥组合物引入所述井筒中。

[0116] 声明15:如声明12至14中任一项所述的方法,其中所述水泥组合物用于初次注水泥,以在井筒环带中形成凝固的水泥护套

[0117] 声明16:如声明12或15中任一项所述的方法,其中所述制备包括使用混合设备混合所述水泥组合物的组分,所述组分包括所述固体微粒、所述一种或多种附加固体微粒、和所述水。

[0118] 声明17:如声明12至16中任一项所述的方法,其中所述需水量是获得预定稠度所需的水的重量与所述固体微粒的重量的比。

[0119] 声明18:如声明12至17中任一项所述的方法,其中测量所述需水量包括用指定量的水制备搅拌器,以指定的搅拌器rpm搅拌所述搅拌器,将所述固体微粒添加到所述水中直到获得指定的稠度,以及基于用于获得所述指定稠度的所述水与所述固体微粒的重量比来计算所述需水量。

[0120] 声明19:如声明12至18中任一项所述的方法,其中确定所述比表面积近似值包括将所述需水量输入到等式中以获得所述比表面积的所述近似值的输出。

[0121] 声明20:如声明12至19中任一项所述的方法,其中所述固体微粒包括选自由以下项组成的组的至少一种二氧化硅源:粉煤灰、矿渣、煅制二氧化硅、结晶二氧化硅、硅粉、水泥窑灰、火山岩、珍珠岩、偏高岭土、硅藻土、沸石、页岩、农业废灰、稻壳灰、甘蔗灰、蔗渣灰,以及它们的组合。

[0122] 声明21:如声明12至20中任一项所述的方法,还包括测量所述固体微粒的至少一种附加性质,所述至少一种附加性质选自由压缩强度、杨氏模量和拉伸强度组成的组;以及基于所述比表面积近似值来确定所述固体微粒的反应性指数。

[0123] 声明22:一种系统,包括:固体微粒;搅拌器,其被配置为将所述固体微粒与水混合;以及计算机系统,其被配置为接受所述固体微粒的需水量的输入并输出所述固体微粒的比表面积近似值。

[0124] 声明23.如声明22所述的系统,其中所述计算机系统被配置为将所述需水量输入到等式中以获得所述比表面积近似值的所述输出。

[0125] 声明24:如声明22或声明23所述的系统,其中所述需水量是获得预定稠度所需的水的重量与所述固体微粒的重量的比。

[0126] 声明25:如声明22至24中任一项所述的系统,还包括:水泥组合物,其包含所述固体微粒、一种或多种另外的固体微粒、和水;泵,其与管状物流体连通,所述管状物与井筒流体连通,其中所述管状物被配置为将所述水泥组合物输送到所述井筒;以及容器,其设置在所述泵的上游,其中所述水泥组合物设置在所述容器中。

[0127] 现在将参考图3更详细地描述使用反应性标测技术的方法的示例。示出了用于分析水泥组分的系统300。系统300可包括水泥组分样品305、分析仪器310,以及计算机系统315。水泥组分样品305可以是任何感兴趣的水泥组分。如前所述的水泥组分通常可归类为碱溶性的。可以将水泥组分样品放置或进料到分析仪器310中。在一些示例中,分析仪器310可以被配置为自动将水泥组分样品305进料到分析仪器310中。分析仪器310可以被配置为分析水泥组分样品305的物理和化学性质。如前所述,物理和化学性质可包括但不限于形态、化学组成、需水量等。举例来说,分析仪器310可用于测量水泥组分的需水量。由分析仪器310生成的数据可以被发送到计算机系统315以进行处理。计算机系统315可以包括处理器、存储器、内部存储装置、输入和输出装置、网络连接装置,和/或计算机系统共有的其他部件。计算机系统315可以将来自分析仪器310的数据作为输入并将其存储在存储装置中以

供稍后处理。处理数据可以包括将数据输入到算法中,该算法计算结果。处理数据还可以包括如前所述组织数据和标测所述数据。具体地,计算机系统可以包括这样的算法,所述算法被配置为处理数据以生成水泥组分样品305的物理和化学行为的预测模型。所述预测模型可以存储在预测模型数据库320中,所述预测模型数据库320可以本地存储或存储在网络上。所述预测模型数据库320可以包括由所述算法生成的所有先前预测模型,以及生成的数据的标测图,以及原始数据。

[0128] 现在参考图4,示出了用于产生水泥组合物的系统400。系统400可以包括预测模型数据库320和计算机系统410。在一些示例中,计算机系统410可以是图3的相同计算机系统315。用户输入420可以定义工程参数,诸如水泥浆料的所需压缩强度、井筒的井底静态温度、浆料所需的流变性质、浆料的增稠时间、水泥材料、水泥添加剂、自由流体、渗透率、孔隙压力、压裂梯度、泥浆重量、密度、耐酸性、耐盐性,以及其他参数。计算机系统410可以被配置为将用户输入420和存储在预测模型数据库320中的预测模型、标测图和数据输入到预测水泥算法中。预测水泥算法可以生成满足由用户输入420限定的工程要求的一种或多种水泥组合物。预测水泥算法的输出430可以包含生成的水泥组合物中每种胶结组分的相对量,以及水泥组合物的预测材料性质。

[0129] 例如,如果用户选择波特兰水泥、粉煤灰和火山岩作为可用的水泥材料,则计算机系统可以向预测模型数据库320查询对应于所述水泥材料的所需模型、标测图和数据。如前所述,可以存在可以确定从预测模型数据库320中检索哪组数据的许多不同参数,诸如水泥材料的粒度、区域来源等。预测水泥算法可以被配置为基于诸如成本、压缩强度或任何其他选择的参数之类的一个或多个参数来优化输出水浆料。在一些示例中,预测水泥算法可以根据测量的需水量来确定比表面积近似值。在一些示例中,预测水泥算法可以对两个或更多个变量进行优化。该示例中算法的输出可以是例如30%重量的波特兰、30%重量的火山岩、20%重量的粉煤灰和20%重量的石灰,以及120%重量的过量水。产生的浆料可以在误差范围内符合由用户输入420提供的工程参数。可以将生成的浆料添加到预测模型数据库320中以用于将来的计算。

[0130] 如前所述,除了当包含在水泥组合物中时为胶结性的主要效应之外,水泥组分还可具有次级效应,诸如胶凝、分散性质,以及前面提到的其他次级效应。预测水泥算法可以计算水泥浆料中每种组分的次级效应,并优化每种组分的相对量以确保满足目标参数。用户输入420可以指定例如水泥浆料的相对较高的游离水需求量。预测水泥算法可以基于标测图和数据而选择包含需要较少水的水泥组分,以确保满足由用户输入420指定的游离水需求量。

[0131] 现在参考图5,示出了水泥组合物500的使用。水泥组合物500可包含本文所述的任何组分。水泥组合物500可以例如使用如本文所述的反应性标测来设计。现在转向图5,根据示例性系统、方法和水泥组合物,水泥组合物500可以放置到地下地层505中。如图所示,可将井筒510钻入地下地层505中。尽管井筒510被示出为大体上垂直地延伸到地下地层505中,但是本文描述的原理还适用于以一个角度延伸通过地下地层505的井筒,诸如水平或倾斜井筒。如图所示,井筒510包括壁515。在图示中,表面套管520已插入井筒510中。表面套管520可以通过水泥护套525粘固到井筒510的壁515。在图示中,在此被示出为套管530的一个或多个另外的管道(例如,中间套管、生产套管、衬管等)还可被设置在井筒510中。如图所

示,在套管530与井筒510的壁515和/或表面套管520之间形成了井筒环带535。一个或多个定心器540可被附接到套管530,例如以便在固井操作之前和期间使套管530位于井筒510的中心。

[0132] 继续参考图5,可沿套管530的内部向下泵送水泥组合物500。可以使水泥组合物500通过套管530底部的套管底环(casing shoe)545向下流入套管530的内部,并且在套管530周围向上流入井筒环带535。可使水泥组合物500在井筒环带535中凝固,例如以便形成将套管530支撑并定位在井筒510中的水泥护套。虽然未图示,但是其它技术也可用于引入水泥组合物500。例如,可使用反向循环技术,所述反向循环技术包括借助于井筒环带535而不是通过套管530来将水泥组合物500引入地下地层505中。在引入水泥组合物500时,所述水泥组合物500可使其他流体550位移,所述其他流体550诸如为可存在于套管530和/或井筒环带535的内部中的钻井液和/或隔离液。虽然未示出,但是至少一部分被置换的流体550可以经由流动管线离开井筒环带535,并且例如沉积在一个或多个保存坑(retention pit)中。底部塞子355可以在水泥组合物500之前引入井筒510中,例如以在固井之前将水泥组合物500与可在套管530内部的流体550分离。在底塞555到达座箍580之后,隔膜或其它适当装置应破裂以允许水泥组合物500穿过底塞555。底部塞子555被示出为在连顶接箍580上。在图示中,顶部塞子560可以被引入到水泥组合物500后面的井筒510中。顶部塞子360可以将水泥组合物500与置换流体565分离,并且还将水泥组合物500推动通过底部塞子555。

[0133] 所公开的水泥组合物和相关方法可以直接或间接地影响任何泵送系统,所述泵送系统代表性地包括任何导管、管线、卡车、管件和/或管道,所述任何导管、管线、卡车、管件和/或管道可以联接到泵和/或任何泵送系统并且可以用于在井下流体输送水泥组合物;用于驱动水泥组合物运动的任何泵、压缩机或马达(例如,顶部马达或井下马达);用于调节水泥组合物的压力或流速的任何阀门或相关接头;以及任何传感器(即,压力、温度、流速等)、仪表,和/或它们的组合等。水泥组合物还可以直接或间接地影响任何混合料斗和保存坑以及它们的各种变化。

[0134] 应当理解,虽然以“包含”、“含有”或“包括”各种部件和步骤的措辞描述了组合物和方法,但是所述组合物和方法也可以“基本上由各种部件和步骤组成”或“由各种部件和步骤组成”。另外,在权利要求中使用的不定冠词“一”或“一个”,在本文中定义为表示其引入的要素中的一个或多个。

[0135] 为简洁起见,本文仅明确公开某些范围。然而,从任何下限起的范围可与任何上限结合来列举未明确列举的范围,并且从任何下限起的范围可与任何其他下限结合来列举未明确列举的范围,以相同的方式,从任何上限起的范围可与任何其他上限结合来列举未明确列举的范围。此外,每当公开具有下限和上限的数值范围时,具体公开了落入该范围内的任何数字和任何包括的范围。具体地说,本文所公开的值的每个范围(形式为“从约a到约b”,或等效地“从大致a到b”,或等效地“从大致a-b”)应理解为阐述涵盖在所述值的较宽范围内的每个数值和范围,即使没有明确叙述也如此。因此,每个点或单个值可用作其自身的下限或上限来与任何其他点或单个值或者任何其他下限或上限结合,以便列举未明确列举的范围。

[0136] 因此,本公开非常适合于达到所提及的目的和优势以及自身固有的目的和优势。以上公开的特定实施例仅是说明性的,因为本发明可以以不同但等效的方式修改和实践,

这对受益于本文教导的本领域技术人员来说是显而易见的。尽管讨论了个别实施例,但是本发明涵盖所有那些实施例的所有组合。另外,并不意在限于本文所示出的构造或设计的细节,而是限于所附权利要求中所描述的内容。而且,除非专利权人明确和清楚地限定,否则权利要求中的术语具有其平常、普通含义。因此,明显的是,上文公开的特定说明性实施例可加以改变或修改,并且所有这些变化都视为处于本发明的范围和精神内。如果在本说明书与可以引用方式并入本文的一个或多个专利或其他文件中的措词或术语的使用上存在任何冲突,那么应采用与本说明书一致的定义。

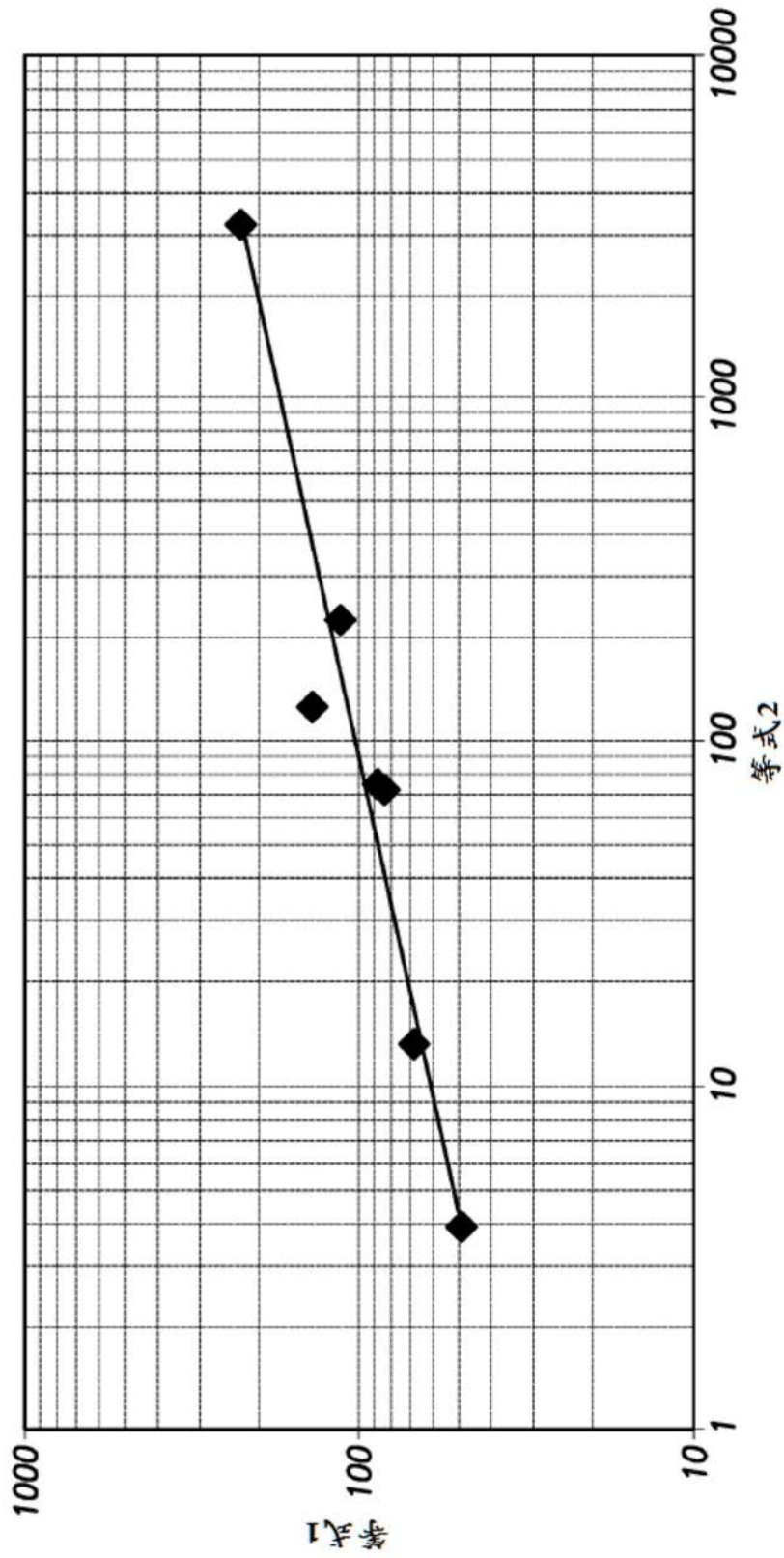


图1

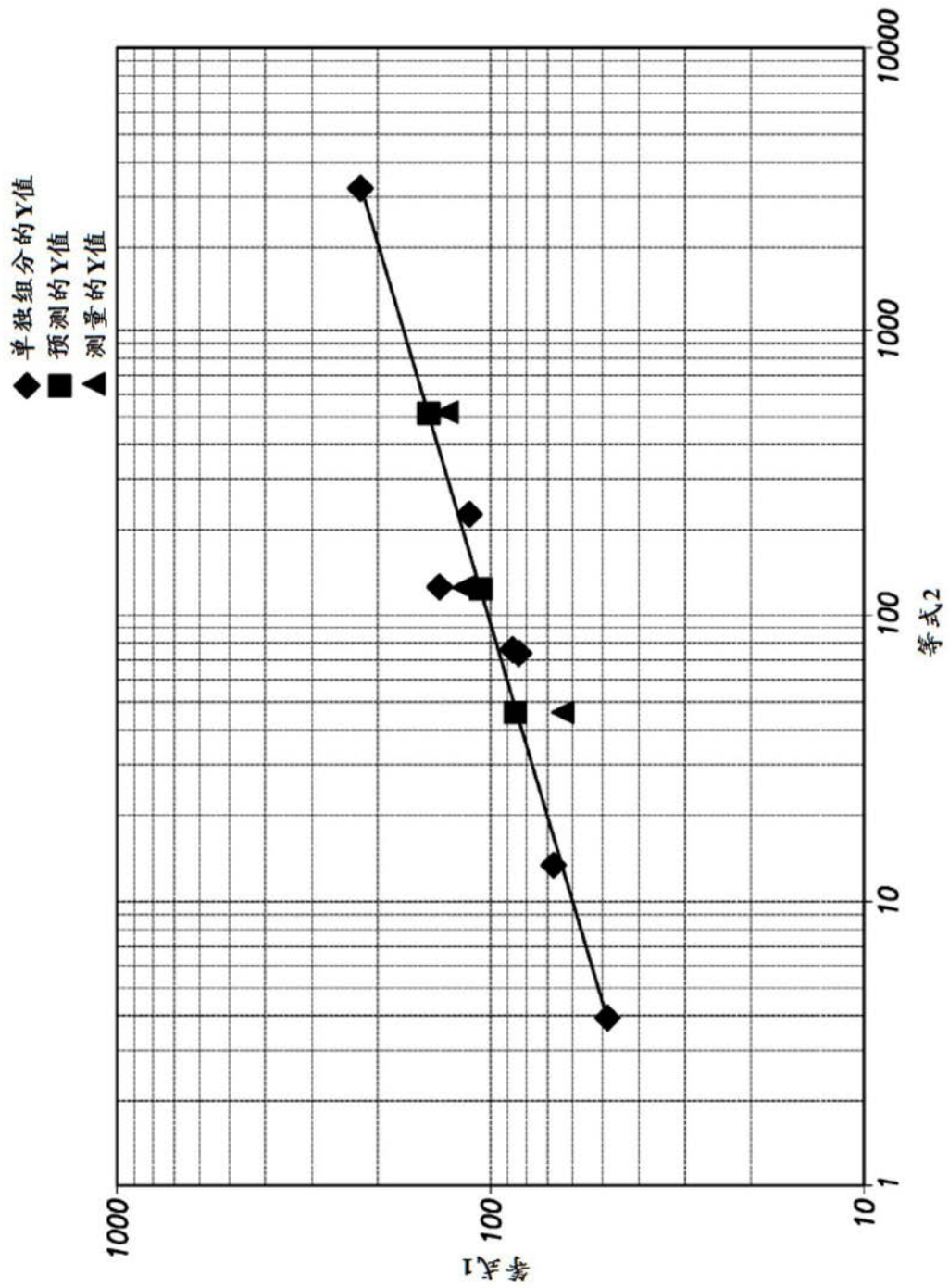


图2

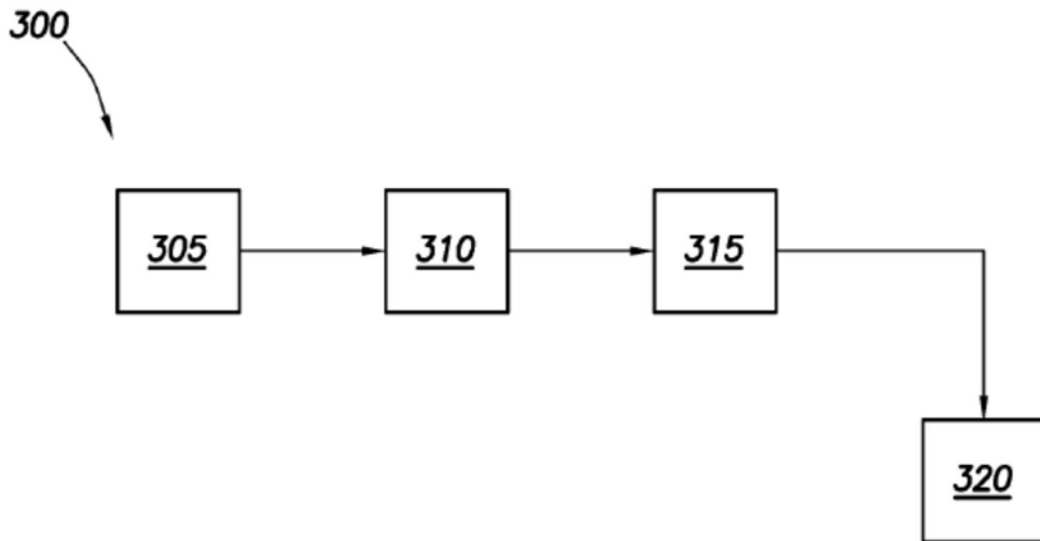


图3

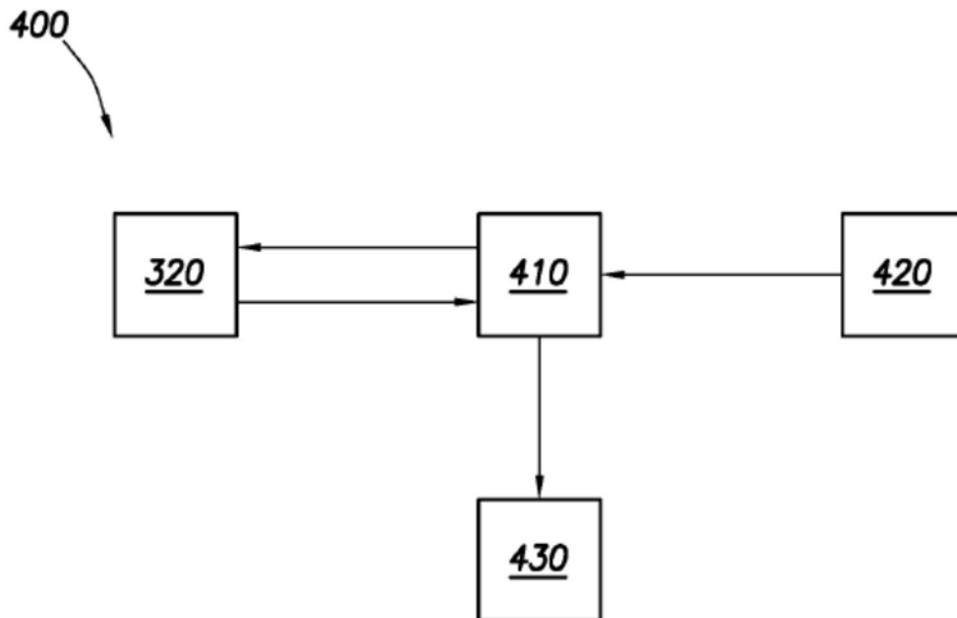


图4

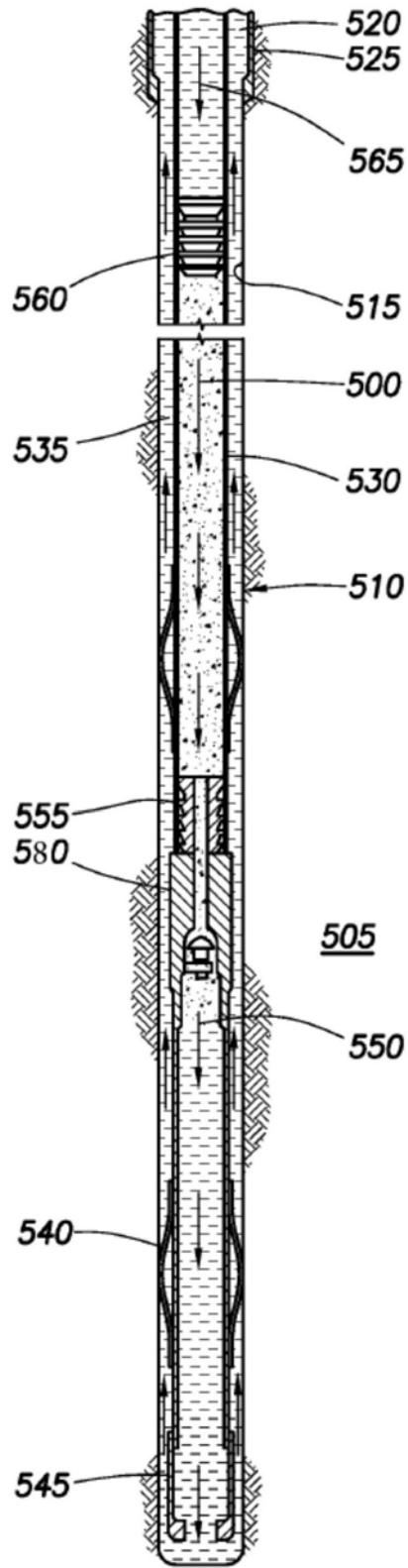


图5