(19)国家知识产权局

(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 117751009 A
(43)申请公布日 2024.03.22

(21)申请号 202280051198.9
(22)申请日 2022.07.12
(30)优先权数据
63/227645 2021.07.30 US
(85)PCT国际申请进入国家阶段日
2024.01.19
(86)PCT国际申请的申请数据
PCT/US2022/036865 2022.07.12
(87)PCT国际申请的公布数据
WO2023/009309 EN 2023.02.02
(71)申请人 雅宝公司
地址 美国北卡罗来纳州
(72)发明人 K·S·平格瑞 J·米勒 葛忠新 Z·张 S·韦尔兹
(74)专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司 72001
专利代理师 童春媛 杨思捷
(51)Int.Cl.
B01J 20/20(2006.01)
B01D 53/80(2006.01)
B01D 53/64(2006.01)
B09C 1/08(2006.01)
B01J 20/32(2006.01)

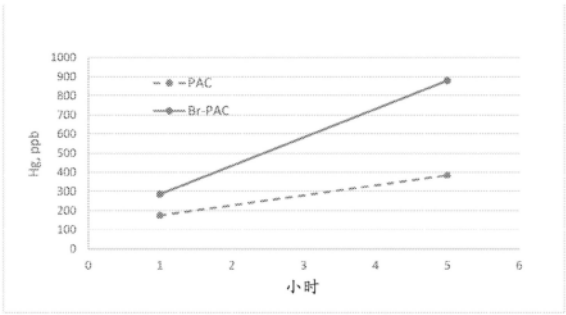
权利要求书1页 说明书12页 附图2页

(54)发明名称

用于抑制汞蒸气排放的方法

(57)摘要

本发明提供了用于抑制汞蒸气从含有可蒸发汞的物质中排放的方法。



CN 117751009 A

1.一种用于抑制汞蒸气从包含可蒸发汞的物质中排放的方法,所述方法包括

将含卤素吸附剂施加至所述物质,其中所述卤素包含一种或多种选自氯、溴和碘的卤素,以及

允许扰动所述物质从而导致汞挥发,

从而抑制至少一部分汞蒸气从所述物质中排放。

2.如权利要求1所述的方法,其中所述含卤素吸附剂包含选自一种或多种碳质材料的基底材料。

3.根据权利要求2所述的方法,其中所述碳质材料为活性碳。

4.根据权利要求1所述的方法,其中含卤素吸附剂包含选自一种或多种无机材料的基底材料,并且任选地其中所述无机材料选自无机氧化物、天然沸石、$CaCO_3$和粘土矿物。

5.根据权利要求4所述的方法,其中所述无机材料选自菱沸石、二氧化硅、高岭石和膨润土。

6.根据权利要求1所述的方法,其中所述含卤素吸附剂为含卤素活性碳吸附剂。

7.根据权利要求1至6中任一项所述的方法,其中所述卤素为溴和/或碘。

8.根据权利要求1至6中任一项所述的方法,其中所述卤素为溴。

9.根据权利要求1至8中任一项所述的方法,其中以溴计算并基于所述含卤素吸附剂的总重量,所述含卤素吸附剂的卤素含量为约0.1重量%至约30重量%。

10.根据权利要求1至9中任一项所述的方法,其中将所述含卤素吸附剂施加至所述物质包括:

(a)将所述含卤素吸附剂施加至所述物质的表面;和/或

(b)将所述含卤素吸附剂与所述物质的至少一部分表面组合;和/或

(c)将所述含卤素吸附剂添加至反应屏障中;和/或

(d)形成含有所述含卤素吸附剂的反应屏障;和/或

(e)将所述含卤素吸附剂引入所述物质的表面下。

11.根据权利要求10所述的方法,其中所述含卤素吸附剂以浆液或悬浮液的形式添加和/或施加。

12.根据权利要求11所述的方法,其中所述含卤素吸附剂为所述浆液或悬浮液的约5重量%至约45重量%。

13.根据权利要求10所述的方法,其中通过喷涂所述含卤素吸附剂的悬浮液或浆液、通过将包含所述含卤素吸附剂的干燥固体散布至所述物质的表面上或通过将所述含卤素吸附剂引入所述物质的表面下来将所述含卤素吸附剂施加至所述物质。

14.根据权利要求1至13中任一项所述的方法,其中所述包含可蒸发汞的物质为土壤、废料、采矿副产品、飞灰或建筑材料。

15.根据权利要求14所述的方法,其中所述包含可蒸发汞的物质为土壤。

16.根据权利要求1至15中任一项所述的方法,其中所述扰动为加热或封闭所述物质的至少一部分,并且任选地其中所述加热为太阳能加热。

用于抑制汞蒸气排放的方法

技术领域

[0001] 本发明涉及使用吸附剂抑制汞蒸气排放。

背景技术

[0002] 已知许多污染物对人和环境有毒。这些已知环境污染物中的一种为汞,已被美国卫生与人类服务部(U.S.Health and Human Services Department)的有毒物质和疾病登记署(Agency for Toxic Substances and Disease Registry,ATSDR)归类为优先危险物质。

[0003] 汞物质,尤其是元素汞,从各种受污染的材料,诸如采矿废料、金属加工废料、土壤、建筑材料、内部受污染的表面和生物质废料中挥发。当受污染的材料或表面受到干扰时,汞会从受污染的材料或表面蒸发,从而增加空气中的汞含量,通常超过美国职业安全与健康组织(U.S.Occupational Safety and Health Organization,OSHA)制定的安全工作环境标准。在环境条件下,元素汞从物质中的蒸发速率受到温度和空气体积均衡参数的限制,因此在环境条件下汞的蒸发量通常仅为可用的可蒸发汞的一小部分。

[0004] 对于在建筑物和/或场所土壤中存在汞污染的情况下的去污染、拆除和解除活动,这些活动可能导致室内汞蒸气浓度超过OSHA设定的0.1毫克每立方米空气(mg/m^3)的允许暴露限值(permissible exposure limit,PEL),目前该限值被执行为8小时时间加权平均值。另外,居民区内的这些活动通常受到空气许可证的约束,这需要满足在活动场所的围栏线外测量的空气中汞浓度限制。这些问题可能会使在活动期间不采取措施抑制汞蒸发的情况下允许并进行此类活动的成本高昂。

[0005] 在一些工业场所的重建期间,土壤中的元素汞浓度低于监管行动水平可能会导致汞蒸气侵入所述场所上新建的建筑物达到不安全水平。因此,当土壤中存在可蒸发汞时,可能需要昂贵的系统来阻止汞蒸气进入此类场所上的建筑物。

[0006] 在一些情况下,整个材料可能被归类为危险的,因为它无法通过TCLP或SPLP汞浸出测试。美国EPA也对此进行监管,并使用毒性特性浸出程序(Toxicity Characteristic Leaching Procedure,TCLP)(旨在测定诸如汞的分析物的迁移率的测试)和合成沉淀浸出程序(Synthetic Precipitation Leaching Procedure,SPLP)来测定迁移的汞量。由于Hg污染,建筑物周围和下方的土壤也可能被归类为危险的。对归类为危险物的废料和土壤的处置成本很高,并且可能会妨碍场所所需的活动。

[0007] 在一些场所抑制汞蒸气从物质中排放可能在技术上具有挑战性,这取决于含有可蒸发汞的物质、物质的状况和存在的汞形式。

[0008] 一些汞处理的也通过TCLP或SPLP浸出测试确定的另一个因素为汞从处理介质中迁移(或浸出)的趋势。

[0009] 在选择一种技术来抑制汞蒸气从含有可蒸发汞的实际物质中排放之前,必须进行复杂的实验室规模和中试规模研究和筛选测试来评估所述技术,以确定其是否合适。另外,每种待处理物质的可变性会使汞蒸气的抑制变得昂贵且耗时。因此,需要新的且更具商业

吸引力的方法来抑制来自含有可蒸发汞的物质中的汞蒸气。

发明内容

[0010] 本发明提供了用于抑制汞蒸气排放的方法。本发明的方法提供的益处是抑制汞蒸气从含有可蒸发汞的物质中排放。

[0011] 本发明的方法的另一个优点是酸性条件不会不利地影响汞蒸气排放的抑制。本发明的方法的又另一个优点是汞不可从吸附剂中浸出。

[0012] 含卤素吸附剂,尤其是含卤素活性碳,更尤其是含溴活性碳,当添加至、散布于或喷涂至含有可蒸发汞的物质或其表面上以形成保护屏障时,将吸附挥发性汞和/或预先挥发的汞。本发明中使用的含卤素吸附剂不仅提供了抑制汞蒸气排放以满足OSHA要求的保护屏障,而且还降低了汞从处理的材料中的可浸出性,这使得可通过较便宜的方式处置所述材料。

[0013] 由本发明的实践中使用的含卤素吸附剂捕获的汞大体上是不可浸出的,如通过TCLP或SPLP方法测定的。

[0014] 本发明的方法可用作抑制汞蒸气排放的唯一方法,或本发明的方法可用于补充和/或增强现有技术实现的汞蒸气排放的抑制。

[0015] 本发明的一个实施方案为一种用于抑制汞蒸气从包含可蒸发汞的物质中排放的方法。所述方法包括将含卤素吸附剂施加至含有可蒸发汞的物质,并允许扰动所述物质从而导致汞挥发。将含卤素吸附剂施加至所述物质抑制了至少一部分汞蒸气从所述物质中的排放。

[0016] 根据随后的描述和所附权利要求,本发明的这些和其他实施方案和特征将变得更加明显。

附图说明

[0017] 图1为示出比较实施例1中随时间变化的穿过普通粉末状活性碳和沙的混合物的汞量的图。

[0018] 图2为示出实施例2中随时间变化的穿过溴化粉末状活性碳和沙的混合物的汞量的图。

[0019] 图3为示出实施例4中测量的不可浸出汞的量的图。

[0020] 附图说明了本发明的特定方面的实施方案,并且不旨在对本发明的范围施加限制。

具体实施方式

[0021] 抑制汞蒸气排放是指通过在汞从物质蒸发之前、期间或之后捕获汞来减少汞蒸气的量。

[0022] 贯穿本文件,术语“捕获”是指稳定、固定(immobilize)、处理(fix)、封装、分离、包含(contain)、破坏、排毒、分解和衰减汞,减少汞的量,降低汞的迁移率(mobility),和/或降低汞的迁移能力(migration ability)。

[0023] 如贯穿本文件所用,术语诸如“处理的”、“接触的”和“修复的”指示含卤素吸附剂

与含有可蒸发汞的物质以导致抑制汞蒸气排放的方式相互作用。

[0024] 本发明的实践中的汞蒸气排放抑制剂为含卤素吸附剂,在本文中有时称为“卤化吸附剂”。含卤素吸附剂通常由一种或多种含卤素化合物和一种或多种基底材料形成。许多基底材料,尤其是活性碳可以纳米至厘米的广泛范围的粒径使用或获得。

[0025] 基底材料包括碳质材料和无机材料。合适的碳质材料包括例如但不限于活性碳、碳黑、木炭(char)和焦炭(coke)。优选的碳质材料为活性碳,其可以许多形式使用,所述形式包括例如但不限于粉末状、颗粒状或挤出的形式;和高比表面积。粉末状活性碳为活性碳的特别优选的形式。

[0026] 合适的无机材料包括无机氧化物,诸如氧化铝(无定形的和结晶的)、二氧化硅、氧化镁和二氧化钛;天然沸石,诸如菱沸石、斜发沸石和八面沸石;合成沸石,诸如合成菱沸石、A沸石、方钠石、具有高Si:Al比的沸石(ZSM-5、β沸石)、具有中等Si:Al比的沸石(Y沸石)、二氧化硅氧化铝磷酸盐(silica alumina phosphate,SAPO)沸石、离子交换沸石、未煅烧沸石、粘土矿物(诸如高岭土、高岭石、膨润土和蒙脱土);无机氢氧化物,诸如氢氧化铁;混合金属氧化物,诸如水滑石和金属化双层粘土;硅藻土(diatomaceous earth);水泥粉尘;加氢处理催化剂,包括基底(诸如氧化铝、二氧化硅或二氧化钛)上的那些加氢处理催化剂;$CaCO_3$;以及上述任两种或更多种的组合。优选的无机材料包括无机氧化物(尤其是二氧化硅)、天然沸石(尤其是菱沸石)和粘土矿物(尤其是高岭石和膨润土);$CaCO_3$也是优选的基底材料。

[0027] 含卤素吸附剂中的卤素元素可为氯、溴、碘或这些卤素中的任何两种或更多种的混合物。溴和碘为优选的卤素;溴为更优选的卤素。合适的含卤素化合物包括例如但不限于元素碘和/或碘化合物、元素溴和/或溴化合物、元素氯和/或氯化合物。含碘化合物和含溴化合物为优选的含卤素化合物;含溴化合物为更优选的。

[0028] 可使用的含卤素化合物的类型包括氢卤酸、碱金属卤化物、碱土金属卤化物和卤化铵。氢卤酸包括氯化氢、溴化氢和碘化氢。碱金属卤化物包括氯化钠、溴化钠、碘化钠、氯化钾、溴化钾和碘化钾。碱土金属卤化物包括氯化镁、溴化镁、氯化钙和溴化钙。卤化铵包括氯化铵、溴化铵和碘化铵。优选的含卤素化合物包括元素溴、溴化氢、氯化钠、溴化钠、碘化钾和溴化钙。更优选的是溴化氢和元素溴,尤其是元素溴。

[0029] 含卤素吸附剂可由如美国专利号6,953,494和9,101,907以及国际专利公开号WO 2012/071206中所述的基底材料和含卤素化合物制成,对于含溴吸附剂尤其如此。在一些实施方案中,优选的含卤素吸附剂为含溴吸附剂。在一些实施方案中,优选的含卤素吸附剂为含卤素活性碳。在其他实施方案中,优选的含卤素活性碳为含氯活性碳、含溴活性碳和含碘活性碳。在优选的实施方案中,含卤素吸附剂为含碘活性碳和含溴活性碳。在更优选的实施方案中,含卤素吸附剂为含溴活性碳。含溴活性碳可从Albemarle Corporation购得。

[0030] 在其他实施方案中,优选的含卤素吸附剂为含卤素菱沸石、含卤素膨润土、含卤素高岭石和含卤素二氧化硅;更优选的为含卤素吸附剂为含碘菱沸石、含溴菱沸石、含碘膨润土、含溴膨润土、含碘高岭石、含溴高岭石、含碘二氧化硅和含溴二氧化硅;还更优选的为含溴二氧化硅、含溴高岭石和含溴膨润土。

[0031] 基于含卤素吸附剂的总重量,基底材料上卤素的量(或卤素含量)通常相当于在约0.1重量%至约30重量%范围内的总溴含量(或以溴计算),优选地相当于在约0.1重量%至

约25重量％、更优选地约0.1重量％至约20重量％、甚至更优选地约0.5重量％至约15重量％、还更优选地约2重量％至约12重量％以及再更优选地约3重量％至约8重量％范围内的总溴含量。

[0032] 除非另有说明,否则如贯穿本文件所用,短语“以溴计”、“以溴报告”、“以溴计算”和针对卤素的类似短语是指卤素的量,其中数值是针对溴计算的。例如,可使用元素氟,但含卤素吸附剂中卤素的量用针对溴的值来表示。

[0033] 适用于本发明的方法中的含卤素活性碳可具有从纳米至厘米的广泛范围的粒径和分布;并且可由活性碳形式形成,所述活性碳形式包括例如但不限于粉末状、颗粒状或挤出的形式;高比表面积、多种独特的孔隙结构;和本领域技术人员熟悉的其他特征。

[0034] 含卤素吸附剂(尤其是含卤素碳质吸附剂,尤其是含碘吸附剂和含溴吸附剂,更尤其是含溴碳质吸附剂)可通过包括例如但不限于氧化和/或吸附的方式来抑制汞蒸气从物质中排放。吸附可通过降低汞的迁移率来减少汞蒸气的排放。在本发明的方法中,稳定由含卤素吸附剂吸附的汞,使得解吸附(和再排放)大致上最小化。

[0035] 汞被吸附至含卤素吸附剂上,尤其是含卤素活性碳,更尤其是含碘吸附剂和含溴吸附剂,又更尤其是含溴碳质吸附剂。可在含卤素吸附剂,尤其是含卤素活性碳上形成不同的溴种类。例如,溴(一种溴种类)可氧化元素汞并形成溴化汞,溴化汞可被吸附到活性碳的孔隙中;溴离子(另一种类)可与离子汞化学键合以吸附至活性碳表面上;另一种组分可催化汞氧化并增强吸附剂中氧化汞产物的稳定或吸附。

[0036] 一些含卤素吸附剂(特别是含卤素活性碳,尤其是含碘吸附剂和含溴吸附剂,更尤其是含溴碳质吸附剂)可物理和化学地吸附不同氧化态的汞,包括元素汞、氧化汞和有机汞。吸附在含卤素活性碳,尤其是含溴活性碳上的汞在广泛范围的pH值中是稳定的,其中“稳定的”意指所述汞在吸附后不会以可观的量从吸附剂中分离出来。

[0037] 本发明的方法中使用的吸附剂可与诸如以下的其他任选组分组合:pH缓冲剂(包括例如但不限于碳酸盐和磷酸盐);载体(包括例如但不限于沙和泥浆);粘合剂(包括例如但不限于泥浆、粘土和聚合物);和/或其他添加剂(包括例如但不限于铁化合物和硫化合物)。

[0038] 在本发明的实践中,含卤素吸附剂可以各种形式使用,包括作为单独的干燥吸附剂使用或与另一种干燥固体诸如沙混合使用,或与合适的流体组合使用,例如以悬浮液或浆液的形式使用。如本文所用,术语“合适的流体”意指诸如水的流体和其他流体;优选地,流体为水。在一些实施方案中,优选的是含卤素吸附剂于水中的浆液,其可喷涂至含有可蒸发汞的物质上。当以浆液或悬浮液形式使用时,含卤素吸附剂占浆液或悬浮液的约0.1重量％至约45重量％,优选地约5重量％至约40重量％;当含卤素吸附剂超过45重量％时,形成糊料。当作为干燥固体使用时,含卤素吸附剂可单独使用或与至少一种额外干燥成分混合使用。

[0039] 在一些应用中,含卤素吸附剂将保留在物质中或与物质一起保留。在其他应用中,含卤素吸附剂可在使用后收集。当含卤素吸附剂在使用后收集时,吸附剂可被处置,或再生和再使用。

[0040] 含卤素吸附剂可用作独立处理或可补充其他处理方法。在根据本发明的其他方法中,在同一处理程序中,可以使用含卤素吸附剂以及一种或多种其他汞处理剂。

[0041] 当将含卤素吸附剂添加至含有可蒸发汞的物质中时,含卤素吸附剂可在蒸发之前、期间和/或之后吸附汞。在一些实施方案中,含卤素吸附剂与物质一起保留或保留在物质中。在其他实施方案中,将组合的含卤素吸附剂和物质常常与粘合剂和其他化合物一起置于填埋场中。

[0042] 提供本发明的方法用于抑制包含可蒸发汞的物质中的至少一部分汞蒸气的排放。

[0043] 在本发明的实践中处理的物质通常为固体。在一些实施方案中,代替本体物质或除了本体物质之外,还用含卤素吸附剂处理物质的表面。在其他实施方案中,通过将含卤素吸附剂引入物质的表面下来处理所述物质。如本文所用,术语“物质(substance和/或substances)”包括但不限于墙壁、地板、天花板、设备、建筑材料、土壤、碎片、废料、采矿副产品、飞灰、水泥和其他此类物质。废料包括采矿废料、金属加工废料和生物质废料。在本发明的实践中待处理的优选物质包括土壤、废料(尤其是采矿废料)、采矿副产品、飞灰和建筑材料。

[0044] 将含卤素吸附剂施加至物质可包括:

[0045] (a)将所述含卤素吸附剂施加至所述物质的表面;和/或

[0046] (b)将所述含卤素吸附剂与所述物质的至少一部分表面组合;和/或

[0047] (c)将所述含卤素吸附剂添加至反应屏障中;和/或

[0048] (d)形成含有所述含卤素吸附剂的反应屏障;和/或

[0049] (e)将所述含卤素吸附剂引入所述物质的表面下。

[0050] 如上文(b)中那样将含卤素吸附剂与物质的表面组合可通过将含卤素吸附剂与物质的一部分组合,然后将吸附剂与物质部分的组合施加至物质的表面,或通过将含卤素吸附剂与物质的表面组合来进行。

[0051] 用于将含卤素吸附剂施加至固体的一些优选方法为:

[0052] (a)将含卤素吸附剂施加至物质的表面;和/或

[0053] (b)将含卤素吸附剂与物质的至少一部分表面组合。

[0054] 含卤素吸附剂可作为水性悬浮液或浆液添加至、散布于或喷涂至含汞物质和其表面上,以抑制汞蒸气排放。

[0055] 应用含卤素吸附剂的优选方法为喷涂含卤素吸附剂的悬浮液或浆液,尤其以涂覆或部分涂覆物质的表面,或将包含含卤素吸附剂的干燥固体散布至物质的表面上。

[0056] 在含卤素吸附剂(尤其是含卤素活性碳)为汞污染的土壤的处理剂的本发明的另一个实施方案中,优选将含卤素吸附剂散布于土壤的顶部。在这种方法中,含卤素吸附剂(尤其是含卤素活性碳)存在于土壤的顶层并通过阻止汞从土壤中迁移来抑制汞蒸气排放。表面下处理为用于处理土壤的另一种优选方法。

[0057] 可将含卤素吸附剂(尤其是含碘吸附剂或含溴吸附剂,更尤其是含溴活性碳)与另一种剂混合,以产生改进含卤素吸附剂向物质(尤其是土壤)中的渗透的混合物。所添加的含卤素吸附剂的量可小于土壤顶层的10%,并且土壤顶层的厚度可高达10cm。在一些实施方案中,还施加了pH调节剂,可单独地施加或与含卤素吸附剂混合地施加,任选地与改进含卤素吸附剂向物质中的渗透的剂一起施加。

[0058] 扰动可为人为的或自然发生的,并且包括导致至少一部分可蒸发汞从所述物质中蒸发的物质的任何合适的扰动(干扰)。典型的扰动包括加热(尤其引起从土壤中解吸附)、

振动、光波、声波、物质的至少一部分的移动以及封闭物质的至少一部分。封闭物质或物质的一部分被视为扰动。例如,封闭可能导致物质上方封闭空间中汞蒸气的浓度增加,因为从物质中释放的汞蒸气未消散,和/或封闭物质的表面升温,这又增加了物质上方的封闭空间中的汞蒸气浓度。加热为优选的扰动。另一种优选的扰动为封闭物质的至少一部分。当物质受到扰动时,溴化吸附剂可吸收汞。在本发明中处理的物质通常在不存在物质扰动的情况下不会自发地释放汞。

[0059] 允许物质扰动会导致汞从所述物质中挥发。在一些情况下,可能例如由于自然发生的扰动,而不需要施加扰动。在一些实施方案中,由于自然发生的扰动,汞随着时间而释放,并且当汞从物质中蒸发时,含卤素吸附剂捕获汞。在一些实施方案中,对物质施加人为扰动。

[0060] 加热已添加和/或施加含卤素吸附剂的物质通常会诱导汞的解吸附。自然发生的加热形式包括太阳能加热;太阳能加热为优选的扰动。加热引起的解吸附的人为方法包括热解吸附,其通常涉及覆盖待加热区域并至少在加热期间去除覆盖区域下方的蒸气。含卤素吸附剂可通过在汞离开被加热的物质时捕获汞来抑制汞蒸气排放。

[0061] 在本发明的实践中的加热扰动中,温度通常为约环境温度(约25℃)至约45℃,这大体上足以使汞从物质中挥发。太阳能加热通常不应用气体流动。烟道气中的汞排放控制通常在更高温度(150℃至300℃)下进行,通常采用高气体流速。

[0062] 由含卤素粉末状活性碳吸附的汞在混凝土的制造和固化期间是稳定的;参见例如美国专利号8,404,038和8,420,033。这在处理飞灰和水泥以及含有飞灰和/或水泥的物质时是有利的。

[0063] 在一些实施方案中,含卤素吸附剂用于去污染、拆除和解除活动;在拆除之前和/或期间,将含卤素吸附剂施加于例如建筑物的内部和/或外部,以抑制汞蒸气并允许将所有废料分类为无害的。这将降低去污染、拆除和解除活动的成本,对工人来说更加安全,并且在一些情况下允许在先前无法进行这些活动的污染场所进行去污染、拆除和解除活动。

[0064] 在其他实施方案中,含卤素吸附剂通过将含卤素吸附剂施加(优选地喷涂)至墙壁、天花板和设备上来用于去污染方法中,通常在工作环境中。去污染场所的实例为有色金属加工厂的碳吸附床建筑。

[0065] 在又其他实施方案中,将含卤素吸附剂作为悬浮液或浆液喷涂至正在封闭物(例如,帐篷)下工作的土壤上,以抑制汞蒸气从土壤中排放,使得封闭物内部的汞浓度保持在安全工作浓度(由OSHA设定)以下。虽然土壤中可能不含足以保证具体补救的汞,但在工作区域上方竖立的封闭物可能会将汞浓缩在封闭物内部。

[0066] 在其他实施方案中,可将含卤素吸附剂添加或施加至含有松散结合汞的飞灰或其他物质中,并且使飞灰或其他物质中的松散结合汞蒸发并被含卤素吸附剂吸收;优选地,将含卤素吸附剂混合或喷涂至飞灰或其他物质中。

[0067] 以下实施例出于说明的目的而呈现,并不旨在对本发明的范围加以限制。

[0068] 实施例

[0069] 实验设置和程序

[0070] 用作吸附测试床的高度为12英寸(30.5cm)和直径为2英寸(5.1cm)的两个玻璃柱在每根柱的底部插入了大约1英寸(2.5cm)的玻璃棉。测量砂子的含水量,并且当含水量高

于3％时,将砂子在烘箱中在相对低的温度(50℃)下干燥。对每根柱称量一定体积的沙(26mL;填充于柱中时高度为大约2英寸(5cm))。对于混合物,相对于干沙的量称量所需量的粉末状活性碳(PAC)或溴化粉末状活性碳(Br-PAC),并将其与干沙混合以使混合物均质化。然后将足以将含水量增加至约8重量％的水添加至混合物,并添加至仅沙样品中。将每根柱在玻璃棉的顶部上装载沙或沙混合物以形成床,然后密封柱。将密封的柱安装于烘箱中的支架上,并将管道连接至柱上。

[0071] 将提供元素汞蒸气的汞发生器连接至油浴中的扩散管。在柱周围设置了汞蒸气旁路管线,以便进行故障排除并作为额外控制流。

[0072] 调整阀门(全氟烷氧基(PFA);Swagelok Company)设置以绕过汞发生器和柱。打开压缩空气流,并且根据需要用调节器和转子流量计的针阀将空气流流速调整至约5L/min。将含有汞发生器的油加热至一定温度(70℃),从而在穿过扩散管的空气流中产生所需浓度的汞蒸气(约50μg/m^3)。将含有柱的烘箱加热至35℃,并在柱的整个测试期期间保持在此温度下。

[0073] 然后调整阀门设置以引导空气流通过汞发生器但绕过柱。打开汞蒸气分析仪(原子荧光光谱法,Jerome®J505)的取样阀,并且开始对空气流进行分析。根据需要调整汞发生器温度和/或空气流速以实现期望的汞蒸气浓度。当空气流中达到稳定的汞浓度时,设置阀门以引导含汞空气流从柱底部流过柱并向上流过每个柱中的材料。分析离开每根柱顶部的空气流中是否存在汞蒸气。

[0074] 测试完成后,调整阀门以绕过柱以便测量空气流中的汞蒸气,从而验证其与之前测量的基线浓度是否一致。然后用单独的无汞空气流(绕过汞发生器)冲洗每根柱。对离开柱的空气进行分析,以确认柱中未释放汞。将柱从烘箱中取出,并将每根柱中的材料倒入单独的玻璃样品罐中;将玻璃棉推出柱外,以确保从样品罐的相应柱中收集所有材料。对每个样品罐中的材料的总汞和可浸出汞进行分析。

[0075] 实施例1-比较

[0076] 在第一个测试中,将湿沙(8重量％的水)添加至柱中,并使汞蒸气穿过柱,以确认沙并不吸附大量的汞蒸气。对于定时测试运行,将干净的干沙与粉末状活性碳(PAC;1重量％)和去离子(DI)水(8重量％)混合;所述量是相对于沙的干重而言的。将PAC/湿沙混合物添加至柱中。

[0077] 启动汞发生器,并对绕过PAC/湿沙柱的气体进行一次采样,并且在不同的时间间隔对离开PAC/湿沙柱的气体进行采样,并测量气体样品中的汞量,以确定穿过柱的汞量。结果汇总于表1中,并以图形方式汇总于图1中,所述图示出了随时间变化的穿过粉末状活性碳/湿沙混合物的汞量。样品1来自绕过柱的气体,其中含有汞发生器中产生的全部量的汞蒸气(基线);样品2-23来自含有湿沙和1重量％粉末状活性碳的混合物的柱。所有运行都是比较性的。

[0078] 表1

[0079]

样品	Δt,hr:min	蒸气中的Hg,μg/m^3
1	0:00	51.60
2	0:00	47.14
3	0:01	52.89

4	0:03	54.53
5	0:08	45.56
6	0:14	29.86
7	0:18	22.22
8	0:49	19.39
9	1:16	22.97
10	1:27	24.55
11	1:36	25.75
12	1:51	26.89
13	2:08	28.12
14	2:53	28.94
15	3:12	30.47
16	3:29	31.51
17	3:59	31.87
18	4:04	31.98
19	4:14	32.33
20	4:21	33.54
21	4:31	33.16
22	4:43	33.15
23	4:58	32.84

[0080] 上述数据证明,PAC与沙的混合物捕获了一些穿过柱的汞,但大量的汞蒸气穿过PAC/沙混合物并且未被捕获。数据表明,在测试开始后约50分钟大量PAC被汞蒸气饱和,因为穿过PAC/沙混合物的汞量在50分钟后增加。

[0081] 实施例2

[0082] 在第一个测试中,将湿沙(8重量%的水)添加至柱中,并使汞蒸气穿过柱,以确认沙并不吸附大量的汞蒸气。对于定时测试运行,将干净的干沙与溴化粉末状活性碳(Br-PAC;1重量%)和去离子(DI)水(8重量%)混合;所述量是相对于沙的干重而言的。将Br-PAC/湿沙混合物添加至柱中。

[0083] 启动汞发生器,并对绕过Br-PAC/湿沙柱的气体进行一次采样,并且在不同的时间间隔对离开Br-PAC/湿沙柱的气体进行采样,并测量气体样品中的汞量,以确定穿过每根柱的汞量。结果汇总于表2中,并以图形方式汇总于图2中,所述图示出了随时间变化的穿过Br-PAC/湿沙混合物的汞量。样品1来自绕过柱的气体,其中含有汞发生器中产生的全部量的汞蒸气(基线),并且是比较性的。样品2-20来自含有湿沙和1重量%Br-PAC混合物的柱。Br-PAC的溴含量为8重量%。

[0084] 表2

[0085]

样品	Δt，hr:min	蒸气中的 Hg，μg/m³
1*	0:00	49.17
2	0:00	22.56
3	0:11	13.93
4	0:16	8.00
5	0:21	5.85
6	0:29	4.17
7	0:36	3.70
8	1:05	3.87
9	1:25	3.98
10	1:42	3.98
11	2:10	4.10
12	2:25	3.94

[0086]

13	3:35	4.06
14	3:40	4.07
15	3:55	4.19
16	4:10	4.23
17	4:25	4.40
18	4:40	4.41
19	4:55	4.54
20	5:00	4.43

[0087] *比较运行;仅沙。

[0088] 如上述数据所证明,Br-PAC与沙的混合物迅速捕获了大部分汞蒸气,从而阻止汞穿过柱。此外,对汞蒸气的这种抑制在整个测试的5小时内持续存在。

[0089] 实施例3

[0090] 分析上述实施例中使用的PAC/沙混合物和Br-PAC/沙混合物以确定混合物所吸附的总汞,从而确认汞的吸附。表3汇总了这些结果。5小时后,Br-PAC/沙混合物中的总汞明显高于PAC/沙混合物。

[0091] 表3

[0092]

测试时间(Δt)	材料	材料中的 Hg
1 hr	沙+1 重量% PAC	217 ppb
	沙+1 重量% Br-PAC	323 ppb
5 hr	沙+1 重量% PAC	432 ppb
	沙+1 重量% Br-PAC	931 ppb

[0093] 实施例4

[0094] 使用合成沉淀浸出程序(SPLP)对来自上述实施例的PAC/沙混合物和Br-PAC/沙混合物进行浸出测试。进行浸出测试后,每个样品中剩余的总汞被认为是不可浸出汞。结果汇总于表4中,并以图形方式示出于图3中。一小时的数据显示,与PAC/沙混合物相比,Br-PAC/沙混合物的不可浸出汞增加了163%,并且5小时的数据显示,与PAC/沙混合物相比,Br-PAC/沙混合物的不可浸出汞增加了229%。

[0095] 表4

[0096]

测试时间(Δt)	材料	浸出测试后材料中的 Hg
1 hr	沙+1 重量% PAC	175 ppb
	沙+1 重量% Br-PAC	286 ppb
5 hr	沙+1 重量% PAC	384 ppb
	沙+1 重量% Br-PAC	879 ppb

[0097] 本发明的其他实施方案包括但不限于:

[0098] A)一种用于抑制汞蒸气从包含可蒸发汞的物质中排放的方法,所述方法包括

[0099] 将含卤素吸附剂施加至所述物质,其中所述卤素包含一种或多种选自氯、溴和碘的卤素,以及

[0100] 允许扰动所述物质从而导致汞挥发,

[0101] 从而抑制至少一部分汞蒸气从所述物质中排放。

[0102] B)如A)所述的方法,其中所述含卤素吸附剂包含选自一种或多种碳质材料的基底材料。

[0103] C)如B)所述的方法,其中所述碳质材料为活性碳。

[0104] D)如A)所述的方法,其中含卤素吸附剂包含选自一种或多种无机材料的基底材料。

[0105] E)如D)所述的方法,其中所述无机材料选自无机氧化物、天然沸石、$CaCO_3$和粘土矿物。

[0106] F)如E)所述的方法,其中所述无机材料选自菱沸石、二氧化硅、高岭石和膨润土。

[0107] G)如A)所述的方法,其中所述含卤素吸附剂为含卤素活性碳吸附剂、含卤素菱沸石、含卤素膨润土、含卤素高岭石或含卤素二氧化硅。

[0108] H)如A)所述的方法,其中所述含卤素吸附剂为含卤素活性碳吸附剂。

[0109] I)如A)至H)中任一项所述的方法,其中所述卤素为溴和/或碘。

[0110] J)如A)至H)中任一项所述的方法,其中所述卤素为溴。

[0111] K)如A)至J)中任一项所述的方法,其中所述含卤素吸附剂的卤素含量为:

[0112] 以溴计算并基于所述含卤素吸附剂的总重量约0.1重量%至约30重量%;或

[0113] 以溴计算并基于所述含卤素吸附剂的总重量约0.1重量%至约25重量%;或

[0114] 以溴计算并基于所述含卤素吸附剂的总重量约0.1重量%至约20重量%;或

[0115] 以溴计算并基于所述含卤素吸附剂的总重量约3重量%至约8重量%。

[0116] L)如A)至K)中任一项所述的方法,其中将所述含卤素吸附剂施加至所述物质包括:

[0117] (a)将所述含卤素吸附剂施加至所述物质的表面;和/或

[0118] (b)将所述含卤素吸附剂与所述物质的至少一部分表面组合;和/或

[0119] (c)将所述含卤素吸附剂添加至反应屏障中;和/或

[0120] (d)形成含有所述含卤素吸附剂的反应屏障;和/或

[0121] (e)将所述含卤素吸附剂引入所述物质的表面下。

[0122] M)如L)所述的方法,其中所述含卤素吸附剂以浆液或悬浮液的形式添加和/或施加。

[0123] N)如M)所述的方法,其中所述含卤素吸附剂为所述浆液或悬浮液的约5重量%至

约45重量%。

[0124] O)如L)所述的方法,其中通过喷涂所述含卤素吸附剂的悬浮液或浆液、通过将包含所述含卤素吸附剂的干燥固体散布至所述物质的表面上或通过将所述含卤素吸附剂引入所述物质的表面下来将所述含卤素吸附剂施加至所述物质。

[0125] P)如L)所述的方法,其中通过将所述含卤素吸附剂引入所述物质的表面下来将所述含卤素吸附剂施加至所述物质上。

[0126] Q)如A)至P)中任一项所述的方法,其中包含所述可蒸发汞的物质为土壤、废料、采矿副产品、飞灰或建筑材料。

[0127] R)如A)至P)中任一项所述的方法,其中所述物质为土壤、废料或采矿副产品。

[0128] S)如A)至P)中任一项所述的方法,其中所述物质为飞灰或建筑材料。

[0129] T)如S)所述的方法,其中所述包含可蒸发汞的物质为土壤。

[0130] U)如A)至T)中任一项所述的方法,其中所述扰动为加热或封闭所述物质的至少一部分。

[0131] V)如U)所述的方法,其中所述加热为太阳能加热。

[0132] W)如A)所述的方法,其中所述吸附剂为含卤素活性碳,其中以溴计算并基于所述含卤素吸附剂的总重量,卤素含量为约0.1重量%至约30重量%,并且其中所述物质为土壤、废料、采矿副产品、飞灰和建筑材料。

[0133] X)如W)所述的方法,其中以溴计算并基于所述含卤素吸附剂的总重量,所述卤素含量为约0.1重量%至约25重量%、优选地约0.1重量%至约20重量%、更优选地约0.5重量%至约15重量%。

[0134] Y)如A)至X)中任一项所述的方法,其中所述卤素为溴和/或碘。

[0135] Z)如A)至X)中任一项所述的方法,其中所述卤素为溴。

[0136] 说明书或其权利要求书的任何位置中由化学名称或化学式提及的组分(无论是以单数形式还是以复数形式提及)都被确认为它们在与另一种由化学名称或化学类型提及的物质(例如另一种组分、溶剂等)接触之前存在。在所得混合物或溶液中发生什么样的化学变化、转化和/或反应(如果有的话)并不重要,因为此类变化、转化和/或反应是在根据本公开所要求的条件下将指定组分放在一起的自然结果。因此,这些组分被确认为被放在一起以便执行所需操作或形成所需组合物的成分。此外,尽管下文的权利要求可能以现在时(“包含(comprises)”、“是(is)”等)提及物质、组分和/或成分,但所提及的物质、组分或成分是指其就在与根据本公开的一种或多种其他物质、组分和/或成分第一次接触、共混或混合之前同时存在。因此,如果根据本公开并根据化学家的普通技能进行,物质、组分或成分可能在接触、共混或混合操作过程期间通过化学反应或转化而失去其原始特性,这一事实并不具有实际意义。

[0137] 本发明可包括本文所述的材料和/或程序,由所述材料和/或程序组成或基本上由所述材料和/或程序组成。

[0138] 如本文所用,修饰本发明的组合物中的成分或本发明的方法中使用的成分的数量的术语“约”是指例如在以下过程中可能发生的数值量的变化:在现实世界中用于制备浓缩物或使用溶液的典型测量和液体处理程序;在这些程序中因疏忽而造成的误差;在用于制备组合物或实施方法的成分的制造、来源或纯度方面的差异;等等。术语约还涵盖由特定的

初始混合物所产生的组合物的不同平衡条件所致而不同的量。无论是否由术语“约”修饰，权利要求书均包括数量的等效值。

[0139] 除非另有明确说明，否则冠词“一个/种(a/an)”(如果在本文中使用以及如本文所用)并不旨在将描述或权利要求限制为所述冠词所指的单个要素并且不应被解释为将描述或权利要求限制为所述冠词所指的单个要素。相反，除非文中另有明确指示，否则冠词“一个/种(a/an)”(如果在本文中使用以及如本文所用)旨在涵盖一个或多个此类要素。

[0140] 本发明在其实践中容易发生相当大的变化。因此，前述描述并不旨在将本发明限制为上文所呈现的特定示范并且不应被解释为将本发明限制为上文所呈现的特定示范。

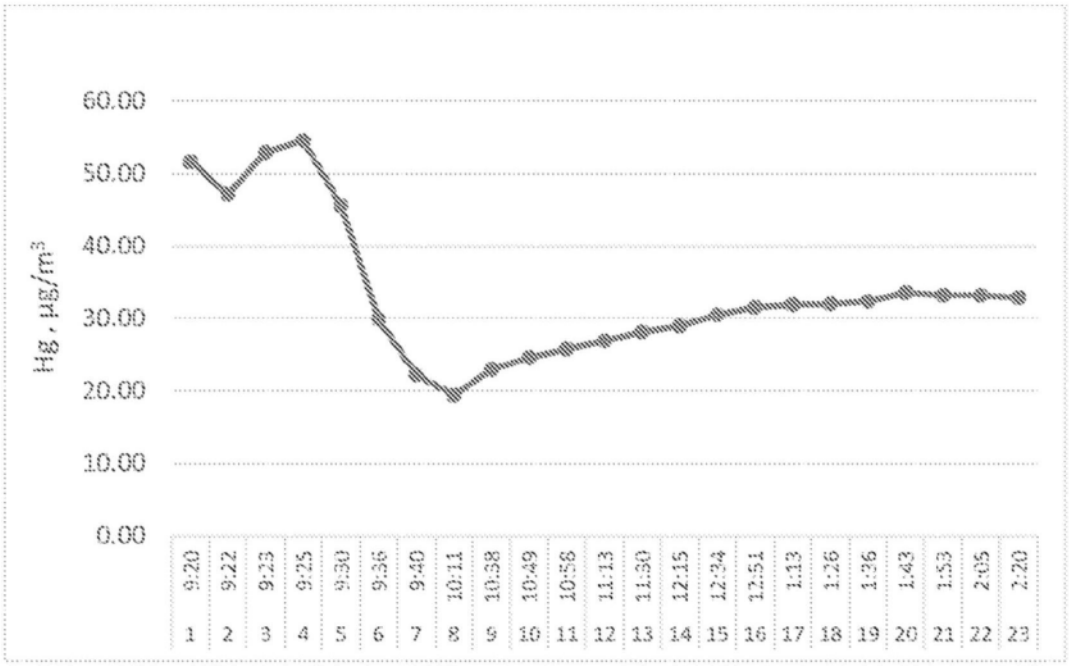

60.00
50.00
40.00
30.00
20.00
10.00
0.00
Hg，μg/m³
9:20
9:22
9:23
9:25
9:30
9:36
9:40
10:11
10:38
10:49
10:58
11:13
11:30
12:15
12:34
12:51
1:13
1:26
1:36
1:43
1:53
2:05
2:20
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23

图1

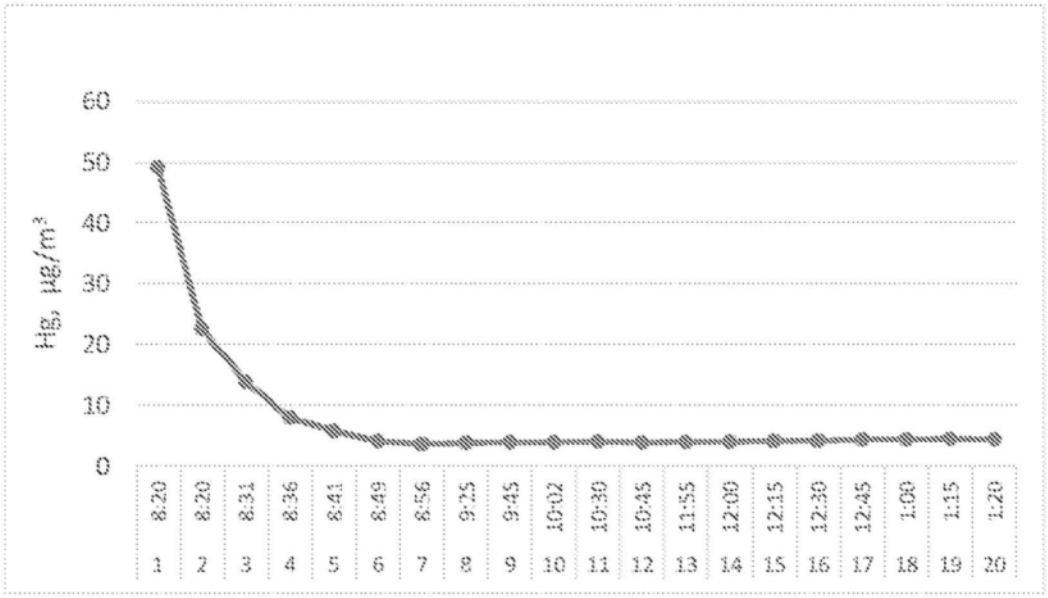

60
50
40
30
20
10
0
Hg，μg/m³
8:20
8:20
8:31
8:36
8:41
8:49
8:56
9:25
9:45
10:02
10:30
10:45
11:55
12:00
12:15
12:30
12:45
1:00
1:15
1:20
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20

图2

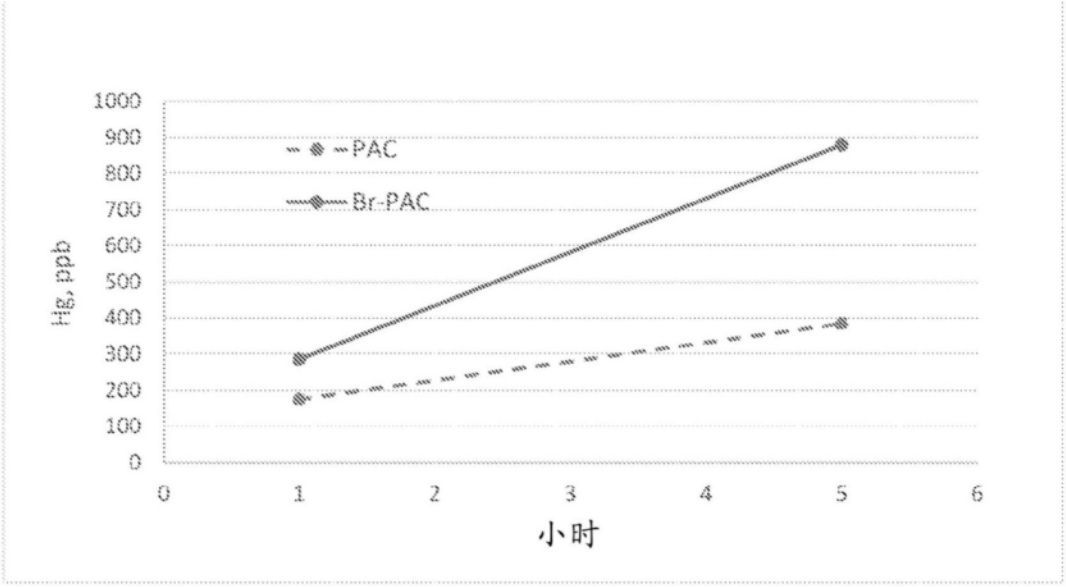

1000
900
800
700
600
500
400
300
200
100
0
Hg, ppb
PAC
Br-PAC
0
1
2
3
4
5
6
小时

图3