



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 111056789 A

(43)申请公布日 2020.04.24

(21)申请号 201911269377.6

C04B 24/26(2006.01)

(22)申请日 2019.12.11

C04B 14/06(2006.01)

C04B 111/27(2006.01)

(71)申请人 南华大学

地址 421001 湖南省衡阳市蒸湘区常胜西路28号

(72)发明人 洪昌寿 陈逸凡 刘永 罗明亮  
李熙琪 兰明 李向阳 汪弘  
余修武 李苏哲 陈艳

(74)专利代理机构 武汉松涛知识产权代理事务所(特殊普通合伙) 42266

代理人 胡婷婷

(51)Int.Cl.

C04B 28/04(2006.01)

C04B 22/14(2006.01)

C04B 22/16(2006.01)

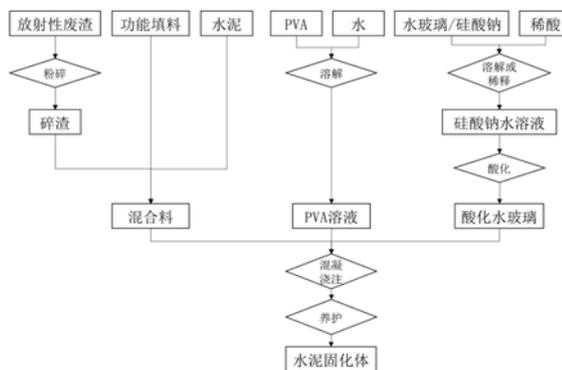
权利要求书1页 说明书7页 附图1页

(54)发明名称

一种放射性废渣的固化方法

(57)摘要

本发明提供了一种放射性废渣的固化方法,包括以下步骤:S1.将待处理的放射性废渣粉碎为碎渣;S2.将碎渣与功能填料和水泥混合均匀,得到混合料;S3.将水加入到硅酸钠或水玻璃中,得到硅酸钠水溶液,然后添加无机酸得到酸化水玻璃;S4.将PVA加入预设温度的水中,溶解得到PVA溶液;S5.将所述混合料与所述酸化水玻璃和PVA溶液混合均匀,得到浇注料,然后将浇注料浇注和养护,得到水泥固化体废渣包。本发明利用PVA的固化和成膜作用以及酸化水玻璃中活性硅胶的填充作用,显著提高了固化体的强度和抗水性能,降低了固化体的孔隙率,从而增加了离子扩散阻力,使得核素离子的扩散渗出率显著降低。



1. 一种放射性废渣的固化方法,其特征在于,包括以下步骤:
  - S1. 废渣粉碎:将待处理的放射性废渣粉碎为碎渣;
  - S2. 配料混合:将碎渣与功能填料和水泥混合均匀,得到混合料;
  - S3. 酸化水玻璃:按预设质量比,将水加入到硅酸钠或水玻璃中,得到硅酸钠水溶液,然后添加无机酸使之酸化,得到酸化水玻璃;
  - S4. 配制PVA溶液:按预设质量比,将PVA加入预设温度的水中,溶解得到PVA溶液;
  - S5. 混凝浇注:将所述混合料与所述酸化水玻璃和PVA溶液混合均匀,得到浇注料,然后将浇注料浇注和养护,得到水泥固化体废渣包。
2. 根据权利要求1所述的一种放射性废渣的固化方法,其特征在于,在步骤S3中,所述硅酸钠或水玻璃的模数 $>1.5$ 。
3. 根据权利要求1所述的一种放射性废渣的固化方法,其特征在于,在步骤S3中,所述无机酸为硫酸或磷酸中的一种或两种。
4. 根据权利要求1所述的一种放射性废渣的固化方法,其特征在于,在步骤S4中,所述预设温度为 $25\sim 95^{\circ}\text{C}$ 。
5. 根据权利要求1所述的一种放射性废渣的固化方法,其特征在于,在步骤S2中,所述功能填料包括但不限于为活性白土、蓝晶石、硅线石、红柱石、硅灰、钢渣粉、粉煤灰、粒化高炉矿渣粉中的一种或多种;所述功能填料中粒径小于 $0.075\text{mm}$ 的含量大于 $95\%$ ;所述水泥为强度等级 $\geq 42.5$ 的普通硅酸盐水泥。
6. 根据权利要求5所述的一种放射性废渣的固化方法,其特征在于,在步骤S2中,所述功能填料至少包含活性白土。
7. 根据权利要求1所述的一种放射性废渣的固化方法,其特征在于,在步骤S2中,所述碎渣、功能填料和水泥的质量比为 $100:(10\sim 50):(10\sim 50)$ 。
8. 根据权利要求1所述的一种放射性废渣的固化方法,其特征在于,在步骤S5中,所述浇注料中混合料、硅酸钠、PVA和水的质量比为 $100:(1\sim 4):(0.05\sim 1.00):(15\sim 25)$ 。
9. 根据权利要求1所述的一种放射性废渣的固化方法,其特征在于,在步骤S5中,所述浇注和养护的具体步骤为:将浇注料浇注入模,待固化后拆模,然后标准养护21天以上。
10. 根据权利要求1所述的一种放射性废渣的固化方法,其特征在于,在步骤S1中,所述放射性废渣包含但不限于为含有放射性成分的矿渣、尾矿、泥浆或焚烧灰;所述碎渣的粒度 $\leq 15\text{mm}$ 。

## 一种放射性废渣的固化方法

### 技术领域

[0001] 本发明属于放射性废渣处理技术领域,尤其涉及一种放射性废渣的固化方法。

### 背景技术

[0002] 放射性废渣根据放射性水平可分为低放废渣、中放废渣和高放废渣。放射性废渣是核工业采矿、冶炼产生的低放废渣、中放废渣。我国自上世纪50年代开始建设铀矿和湿法冶炼厂(水冶厂),这些铀矿的矸石山和水冶厂尾矿坝均存留有大量的放射性废渣。这些放射性废渣的腐蚀性和放射性会对人体健康构成威胁,对生态环境带来危害。因此,如何安全可靠地处置放射性废渣已经成为全球性的重大研究课题。

[0003] 目前,对放射废渣的处置通常采用地质处置,而在地质处置前需要对放射性废渣进行固化处理。常见的固化方法包括水泥固化、沥青固化、陶瓷固化、塑料固化、玻璃固化等,其中水泥固化是水泥同废渣、功能填料中的活性成分发生反应产生凝胶化,把含有有害物质的废渣分别包覆而逐渐硬化,这种固化体的结构主要是在水泥水化反应产生的 $3\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$ 结晶体之间包进了废渣的微粒。因此,即使固化体破裂或粉碎并浸入水中,也可减少有害物质的浸出性。水泥固化法具有对含重金属废物的处理特别有效,固化工艺和设备比较简单,设备和运行费用低,水泥原料和添加剂便宜易得等优点,生产出的固化体能够满足GB 14569.1《低、中水平放射性固化体性能要求—水泥固化体》的要求。因此,水泥固化是放射性废渣固化处理中最常用的固化方法。但是目前水泥固化处理仍存在以下问题:

[0004] (1)为使水泥固化体有足够的强度,就必须加入足量的水泥,但足量的水泥在水化凝结过程中会因放热而使固化体升温并膨胀,致使冷却后的固化体强度降低和出现裂缝;(2)为延缓水泥固化过程的放热和升温,通常需要添加粉煤灰、高炉渣、高岭土等功能填料,造成体积和成本增加,难以适应放射性废渣的大规模治理;(3)为实现水泥的和易性和胶凝性,就必须加入足量的水,通常的水胶比不小于0.45,造成水泥固化体具有多孔性连通孔,使其中的核素浸出率较高;(4)由于放射性废渣组成、物理、化学特性和成分等差异,造成水泥配方难以适应不同废渣类型和组成的废渣处理;(5)一些特殊水泥,由于其放热速度快,放热量大且集中的特性,影响水泥固化体长期贮存的稳定性,也不适用于大体积的固化体。

[0005] 成熟的放射性废物的水泥固化处理方法,以美国西屋的放射性废物水泥固化系统为基础,利用水泥、碱激发剂和功能填料等对放射性废物进行固化。但类似的固化体均存在包容量低、成本较高、工艺复杂等问题。

[0006] 例如申请公布号为CN110232981A的发明专利《放射性废物的水泥固化处理方法》,其固化体配方为水泥、废树脂、石灰、添加剂、改性剂的质量比150:45-55:4-6:0.1:40-60,使得含硼废树脂体积包容量从25%左右提升到29%,实现了核电厂固化所需水泥的属地化和普通化,很大程度上节约了采购和贮存的成本。但其配方中水泥用量是废树脂的3倍左右,包容量仍相对较低,成本较高;且该方法所述固化体是针对废树脂设计的,水泥掺量较大,只适合于小体积固化,难以适应矿渣、尾砂等大量放射性废物的固化需要。

[0007] 因此,有急需研究和开发出一种能够克服上述问题的、更好的放射性废渣的固化

处理方法。

### 发明内容

[0008] 针对上述现有技术存在的缺陷,本发明的目的在于提供一种放射性废渣的固化方法,在常规的水泥固化配料的基础上,加入PVA溶液以及酸化水玻璃。利用PVA的固化和成膜作用以及活性硅胶的填充作用,提高固化体的强度和抗水性能,降低固化体的孔隙率,从而增加离子扩散阻力,使得核素离子的扩散渗出率降低而实现机械固化;与此同时,废渣中的核素离子在水泥水硬化过程中,与活性硅胶、游离氧化铝、氧化钙等水化产物反应生成新的矿物而实现化学固化。

[0009] 为实现上述目的,本发明采用以下技术方案实现:

[0010] 一种放射性废渣的固化方法,包括以下步骤:

[0011] S1. 废渣粉碎:将待处理的放射性废渣粉碎为碎渣;

[0012] S2. 配料混合:将碎渣与功能填料和水泥混合均匀,得到混合料;

[0013] S3. 酸化水玻璃:按预设质量比,将水加入到硅酸钠或水玻璃中,得到硅酸钠水溶液,然后添加无机酸使之酸化,得到酸化水玻璃;

[0014] S4. 配制PVA溶液:按预设质量比,将PVA加入预设温度的水中,溶解得到PVA溶液;

[0015] S5. 混凝浇注:将所述混合料与所述酸化水玻璃和PVA溶液混合均匀,得到浇注料,然后将浇注料浇注和养护,得到水泥固化体废渣包。

[0016] 进一步的,在步骤S3中,所述硅酸钠或水玻璃的模数 $>1.5$ 。

[0017] 更进一步的,所述水与硅酸钠溶液或水玻璃的质量比为 $1:(0.5\sim3)$ 。

[0018] 进一步的,在步骤S3中,所述无机酸为硫酸或磷酸中的一种或两种。

[0019] 进一步的,在步骤S4中,所述预设温度为 $25\sim95^{\circ}\text{C}$ ,所述PVA与水的预设质量比为 $(2:98)\sim(15:85)$ 。

[0020] 进一步的,在步骤S2中,所述功能填料包括但不限于为活性白土、蓝晶石、硅线石、红柱石、硅灰、钢渣粉、粉煤灰、粒化高炉矿渣粉中的一种或多种,所述功能填料中粒径小于 $0.075\text{mm}$ 的含量大于 $95\%$ ;所述水泥为强度等级 $\geq 42.5$ 的普通硅酸盐水泥。

[0021] 进一步的,在步骤S2中,所述功能填料至少包括活性白土。

[0022] 进一步的,在步骤S2中,所述碎渣、功能填料和水泥的质量比为 $100:(10\sim50):(10\sim50)$ 。

[0023] 进一步的,在步骤S5中,所述浇注料中混合料、硅酸钠、PVA和水的质量比为 $100:(1\sim4):(0.05\sim1.00):(15\sim25)$ 。

[0024] 进一步的,在步骤S5中,所述浇注和养护的具体步骤为:将浇注料浇注入模,待固化后拆模,然后标准养护21天以上。

[0025] 进一步的,在步骤S1中,所述放射性废渣包含但不限于为含有放射性成分的矿渣、尾矿、泥浆或焚烧灰;所述碎渣的粒度 $\leq 15\text{mm}$ 。

[0026] 有益效果

[0027] 与现有技术相比,本发明提供的放射性废渣的固化方法具有如下有益效果:

[0028] (1) 本发明提供的放射性废渣的固化方法,在常规水泥固化配料的基础上,选用PVA来改善固化体的性能。但由于PVA具有反复的吸水软化和失水固化特性,如果只添加

PVA,则得到的水泥固化体的稳定性较差。因此,本发明以硫酸或磷酸中和硅酸钠水溶液,得到包含硫酸钠或磷酸钠和硅胶的酸化水玻璃。其中,硫酸钠或磷酸钠可以作为PVA的固化剂,PVA与硫酸钠或磷酸钠发生不可逆的固化后,不再吸水软化;同时,次生的活性硅胶不但反应活性高,而且对固化体空隙具有充填作用,从而提高固化体强度。

[0029] (2) 本发明提供的放射性废渣的固化方法,利用PVA的固化作用以及酸化水玻璃中活性硅胶的填充作用,显著提高了固化体的强度,降低了固化体的孔隙率,改善孔结构,从而增加了离子扩散阻力,使得核素离子的扩散渗出率显著降低而实现机械固化;在此基础上,通过水泥的水化产物和功能填料,对核素离子产生吸附作用,将其滞留在水化产物中而实现吸附固化;与此同时,废渣中的核素离子在水泥水硬化过程中,与活性硅胶、游离氧化铝、氧化钙等水化产物反应生成新的矿物而实现化学固化。通过以上所述机械固化、吸附固化和化学固化的多重固化作用,赋予水泥固化体高强度、低浸出率的优点。

[0030] (3) 本发明通过PVA的固化和成膜作用,降低了固化体的孔隙率,提高了固化体的抗水性能。

[0031] (4) 本发明提供的放射性废渣的固化方法放射性废渣的固化方法,仅在常规水泥固化方法的基础上,添加了PVA和酸化水玻璃固化体系,具有固化方法简单,重复性强,固化效果好的优点。因此普适性较高,可以用于处理铀矿山产生的放射性矿渣、含放射性成分的冶炼渣、废过滤介质(废活性炭和沸石等)、泥浆、焚烧灰等。

## 附图说明

[0032] 图1为本发明提供的放射性废渣的固化方法的流程示意图。

## 具体实施方式

[0033] 以下将对本发明各实施例的技术方案进行清楚、完整的描述,显然,所描述的实施例仅仅是本发明的一部分实施例,而不是全部的实施例;基于本发明的实施例,本领域普通技术人员在没有做出创造性劳动的前提下所得到的所有其它实施例,都属于本发明所保护的范围。

[0034] 请参阅图1所示,本发明提供的放射性废渣的固化方法,包括以下步骤:

[0035] S1. 废渣粉碎:将待处理的放射性废渣粉碎为碎渣;

[0036] 通常在采用本发明方法处理放射性废渣前,应先确认被处理的废渣不含有氧化剂(如双氧水、过氧化物、过硫酸盐、硝酸盐等),如果含有氧化剂,则应按化学计量的理论值,加入还原铁粉,以消除其影响。在废渣粉碎前,若待处理的放射性废渣含有较多的游离水,则应预先进行脱水或干燥至含水量小于5wt%以适应于粉碎。

[0037] S2. 配料混合:将碎渣与功能填料和水泥混合均匀,得到混合料;

[0038] 所述功能填料包括但不限于为活性白土、蓝晶石、硅线石、红柱石、硅灰、钢渣粉、粉煤灰、粒化高炉矿渣粉中的一种或多种,所述功能填料中粒径小于0.075mm的含量大于95%;所述水泥为强度等级 $\geq 42.5$ 的普通硅酸盐水泥。通常优选功能填料中含有活性白土,因为活性白土有助于提高固化体的抗浸出性。

[0039] S3. 酸化水玻璃:按预设质量比,将水加入到硅酸钠或水玻璃中,得到硅酸钠水溶液,然后添加无机酸使之酸化,得到酸化水玻璃;

[0040] 无机酸优选为硫酸,硫酸与硅酸钠中和反应后,生成硫酸钠和硅胶,硫酸钠能与PVA发生不可逆的固化,消除PVA的反复吸水、失水特性;硅胶能够填充固化体的空隙,提高固化体强度。

[0041] S4. 配制PVA溶液:按预设质量比,将PVA加入预设温度的水溶液中,溶解得到PVA溶液;

[0042] S5. 混凝浇注:将所述混合料与所述酸化水玻璃和PVA溶液混合均匀,得到浇注料,然后将浇注料浇注和养护,得到水泥固化体废渣包。

[0043] 需要说明的是,本发明并不排除减水剂、引气剂等外加剂的使用,外加剂的使用可能有利于提高固化体的耐久性、抗水性,但使用不当,也可能降低固化体的强度和抗水性等。因此,应根据固化体的要求经试验确定外加剂的掺量。

[0044] 以下结合具体实施例和对比例对本发明做进一步的说明。

[0045] 实施例1

[0046] 本实施例取湖南某铀矿矿渣为试样,试样为0~300mm矸石。

[0047] 按照以下步骤对试样进行固化,得到水泥固化体:

[0048] S1. 废渣粉碎:在粉碎前,先将矿渣试样晾干至水分含量为3.6wt%,然后用颚式破碎机将矿渣破碎成粒度为0~5mm的碎渣,该粒度为未经选择的连续级配;

[0049] S2. 配料混合:选用强度等级为52.5的普通硅酸盐水泥,以“活性白土和粉煤灰质量比为1:2”为功能填料,且功能填料中粒径小于0.075mm的含量均大于95%,按碎渣、功能填料和水泥的质量比为70:15:15进行配料,搅拌混合均匀得到混合料;

[0050] S3. 酸化水玻璃:选用牌号LGY402、模数为3.20~3.40的液体硅酸钠(水玻璃),其技术参数如表1如示,在搅拌条件下,先按水玻璃与自来水的质量比为1:1进行稀释,得到硅酸钠水溶液,再与10%的硫酸按质量比1:1混合,得到的酸化水玻璃;

[0051] 表1水玻璃技术参数

液体硅酸钠	°Be% (20℃)	Na <sub>2</sub> O (wt%)	SiO <sub>2</sub> (wt%)	水不溶物 (wt%)	模数
LGY402	39.0~40.0	≥8.3	≥26.5	0.80	3.20~3.40
LGY403	39.0~40.0	≥8.2	≥26	—	3.20~3.40

[0053] S4. 配制PVA溶液:选用牌号100~27H速溶聚乙烯醇(PVA速溶胶丝),其物化参数如表2所示,在容器中加入95份水,加热至55~60℃后,开动搅拌器,保持100~150r/min慢速转动,再加入5份PVA,搅拌分散后,继续搅拌并升温至90~95℃,使PVA完全溶解;

[0054] 表2 PVA的物化参数

规格	等级	醇解度 [%(mol/mol)]	粘度 (mPa·s)	挥发分 (%)	PH 值	灰分 (%)	透明 度(%)	纯度 (%)
100~ 27H	优等品	≥99.0	22~28	≤6.0	7~10	≤2.5	≥90.0	87.0

[0056] S5. 混凝浇注:在满足混合料、硅酸钠、PVA和水的质量比为100:(1~4):(0.05~1.00):(15~25)的情况下,根据酸化水玻璃和PVA中的含水量,按混合料、酸化水玻璃和PVA溶液的质量比为85:10:5进行配比,搅拌均匀后,浇注入模,带模湿养1天后,拆模并标准养护27天,得到废渣水泥固化体。

## [0057] 实施例2

[0058] 本实施例取湖南某铀矿水冶厂的浸出渣为试样,试样粒度为0~1.0mm,含水率为8%~15%。

[0059] 按照以下步骤对试样进行固化,得到水泥固化体:

[0060] S1. 废渣粉碎:在粉碎前,先将浸出渣平铺为厚度10mm~20mm,于100~105℃下烘干2小时,然后用球磨机将浸出渣分散为碎渣;

[0061] S2. 配料混合:选用强度等级为52.5的普通硅酸盐水泥,以“活性白土、粉煤灰和粒化高炉矿渣粉质量比为1:1:1”为功能填料,且功能填料中粒径小于0.075mm的含量均大于95%,按碎渣、功能填料和水泥的质量比为65:20:15进行配料,搅拌混合均匀得到混合料;

[0062] S3. 酸化水玻璃:选用牌号LGY403、模数为3.20~3.40的液体硅酸钠(水玻璃),其技术参数如表1如示,在搅拌条件下,先按水玻璃与自来水的质量比为2:1进行稀释,得到硅酸钠水溶液,再与15%的稀硫酸按质量比1:1混合,得到酸化水玻璃;

[0063] S4. 配制PVA溶液:该步骤与实施例1的步骤S4基本相同;

[0064] S5. 混凝浇注:在满足混合料、硅酸钠、PVA和水的质量比为100:(1~4):(0.05~1.00):(15~25)的情况下,根据酸化水玻璃和PVA中的含水量,按混合料、酸化水玻璃和PVA溶液的质量比为80:10:10进行配比,搅拌均匀后,浇注入模,带模湿养1天后,拆模并标准养护27天,得到废渣水泥固化体。

## [0065] 实施例3~11

[0066] 实施例3~11与实施例1相比,不同之处在于,其制备条件如表3所示,其他与实施例1基本相同,在此不再赘述。

## [0067] 表3实施例3~12的制备条件

实施例	水玻璃: 水	无机酸	PVA: 水	碎渣: 功能填料 : 水泥	混合料: 酸化水玻璃 : PVA 溶液	
[0068] 3	0.5:1	10%的硫酸	5:95	70:15:15	85:10:5	
	4	3:1	10%的硫酸	5:95	70:15:15	85:10:5
	5	1:1	10%的硫酸	2:98	70:15:15	85:10:5
	6	1:1	10%的硫酸	15:85	70:15:15	85:10:5
[0069] 7	1:1	10%的硫酸	5:95	70:10:20	85:10:5	
8	1:1	10%的硫酸	5:95	70:20:10	85:10:5	
9	1:1	10%的硫酸	5:95	70:15:15	85:5:10	
10	1:1	10%的硫酸	5:95	70:15:15	85:12:3	
11	1:1	10%的磷酸	5:95	70:15:15	85:10:5	

## [0070] 对比例1

[0071] 对比例1提供的放射性废渣的固化方法与实施例1相比,不同之处在于,在步骤S5中,将酸化水玻璃等量替换为水,即按混合料、水和PVA溶液的质量比为85:10:5进行配比,搅拌均匀后,浇注入模,带模湿养1天后,拆模并标准养护27天,得到废渣水泥固化体。其他

与实施例1基本相同,在此不再赘述。

[0072] 对比例2

[0073] 对比例2提供的放射性废渣的固化方法与实施例2相比,不同之处在于,在步骤S5中,将PVA溶液等量替换为水,即按混合料、酸化水玻璃和水的质量比为80:10:10进行配比,搅拌均匀后,浇注入模,带模湿养1天后,拆模并标准养护27天,得到废渣水泥固化体。其他与实施例1基本相同,在此不再赘述。

[0074] 对比例3

[0075] 对比例3提供的放射性废渣的固化方法与实施例2相比,不同之处在于,在步骤S2中,不配入活性白土,即:选用等级为52.5普通硅酸盐水泥,以“粉煤灰和粒化高炉矿渣粉的质量比为1:1”为功能填料,按碎渣、功能填料和水泥的质量比为65:20:15进行配料,搅拌混合均匀得到混合料。其他与实施例1基本相同,在此不再赘述。

[0076] 表4水泥固化体的性能测试结果

检测项目	抗压强度	抗冲击性	抗浸泡性	抗冻融性	抗浸出性
标准要求	不应 小于 7MPa	从 9m 高处落下 不应有明显的 破碎	抗压强度 损失不超 过 25%	抗压强度 损失不超过 25%	42 天累积浸 出分数低于 0.17cm
实施例 1	20.7MPa	无明显破碎	5.1%	6.7%	0.07cm
实施例 2	16.9MPa	无明显破碎	6.1%	7.2%	0.09cm
实施例 3	12.2MPa	无明显破碎	10.3%	23.5%	—
实施例 4	11.5MPa	有破碎	— <sup>注</sup>	—	—
实施例 5	16.7MPa	有破碎	—	—	—
实施例 6	11.6MPa	无明显破碎	—	—	—
实施例 7	22.5MPa	无明显破碎	4.9%	6.9%	0.15cm
实施例 8	8.5MPa	有明显破碎	—	—	—
实施例 9	12.3MPa	无明显破碎	10.5%	23.7%	—
实施例 10	16.9MPa	有破碎	—	—	—
实施例 11	20.2MPa	无明显破碎	5.2%	6.9%	0.11cm
对比例 1	10.9MPa	无明显破碎	11.1%	25.6%	—
对比例 2	14.6MPa	有明显破碎	—	—	—
对比例 3	17.2MPa	无明显破碎	6.9%	7.7%	0.13cm

[0078] 注:性能测试的先后顺序为:抗压强度—抗冲击性—抗浸泡性—抗冻融性—抗浸出性,在前面测试不合格或不理想情况下,后面测试不进行。

[0079] 按GB14569.1—2011及其引用文件,对以上实施例1~11及对比例1~3得到的废渣水泥固化体的性能进行测试,测试结果如表3所示。从实施例1可以看出,添加了PVA和酸化

水玻璃的废渣水泥固化体抗压强度、抗冲击性、抗浸出性、抗浸泡性及抗冻融性均较高,满足GB 14569.1《低、中水平放射性固化体性能要求—水泥固化体》的要求,水泥固化体废渣包可满足我国放射性废渣的近地表处置标准的要求。而对比例1未添加酸化水玻璃时,抗压强度、抗浸泡性及抗冻融性均明显降低,说明酸化水玻璃的加入,有利于PVA的固化,并能填充固化体的空隙,从而提高固化体的强度。

[0080] 从对比例2的测试结果可以看出,未添加PVA的水泥固化体,其抗冲击性不能达标。

[0081] 从对比例3的测试结果可以看出,未添加活性白土的水泥固化体,其抗浸出性明显减弱,说明活性白土的加入有助于提高水泥固化体的抗浸出性效果。

[0082] 从实施例3~11的测试结果可以看出:

[0083] 1. 适量的硅酸钠可以促进固化体凝固,提高固化体密度。减少其加入量,则固化体的强度、抗浸出性和抗冻融性随之下降;但硅酸钠加入过多,则会因局部凝固过快,难以达到抗冲击性要求。

[0084] 2. PVA有改善固化体韧性的作用。加入量过低,则效果不明显,水泥宁固体的抗冲击性达不到标准要求;加入量过高,则抗压强度显著降低。

[0085] 3. 水泥对固化体强度影响明显。加入量过低,则固化体难以达到强度要求;但加入量高,则既不经济,也降低固化体的包容率。

[0086] 4. 实施例11中,当添加磷酸对水玻璃进行酸化时,得到的水泥固化体也具有良好的抗压强度、抗冲击性以及抗浸泡性,与实施例1相当,但磷酸成本相对较高,目前,磷酸的市场价格是硫酸价格的五倍,因此综合考虑实际生产需求和生产成本,实际应用通常优选硫酸作为水玻璃的酸化原料。

[0087] 综上所述,本发明在常规水泥固化配料的基础上,通过加入PVA和酸化水玻璃,利用PVA的固化和成膜作用以及酸化水玻璃中活性硅胶的填充作用,显著提高了固化体的强度和抗水性能,降低了固化体的孔隙率,从而增加了离子扩散阻力,使得核素离子的扩散渗出率显著降低。

[0088] 以上所述,仅为本发明较佳的具体实施方式,但本发明的保护范围并不局限于此,任何熟悉本技术领域的技术人员在本发明揭露的技术范围内,根据本发明的技术方案及其发明构思加以等同替换或改变,都应涵盖在本发明的保护范围之内。

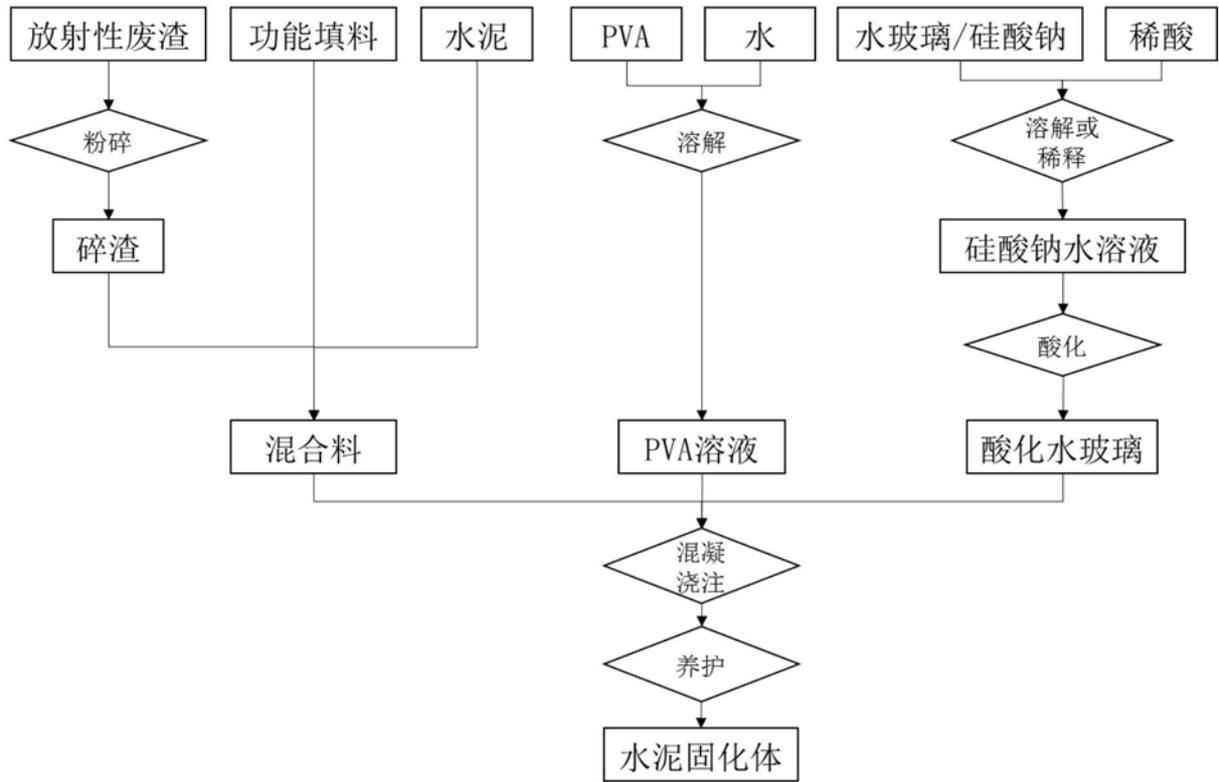


图1