[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[12] 发明专利说明书

专利号 ZL 200480033352.1

[51] Int. Cl.
B03D 1/02 (2006.01)
B03D 1/004 (2006.01)
B03D 1/01 (2006.01)
B03D 1/06 (2006.01)
C07C 229/24 (2006.01)

[45] 授权公告日 2009 年 7 月 8 日

[11] 授权公告号 CN 100509169C

[22] 申请日 2004.11.5
[21] 申请号 200480033352.1
[30] 优先权
[32] 2003.11.13 [33] SE [31] 0302986-5
[86] 国际申请 PCT/EP2004/012744 2004.11.5
[87] 国际公布 WO2005/046878 英 2005.5.26
[85] 进入国家阶段日期 2006.5.12
[73] 专利权人 阿克佐 诺贝尔股份有限公司
地址 荷兰阿纳姆
[72] 发明人 L·艾森胡特 E·亨里克森
A·克林贝格
[56] 参考文献
JP2000-136172A 2000.5.16
US4358368A 1982.11.9
US4790932A 1988.12.13
AU601244BB2 1990.9.6
CN87107280A 1988.6.15
US6077962A 2000.6.20
审查员 遇 抒
[74] 专利代理机构 北京市中咨律师事务所
代理人 林柏楠 刘金辉

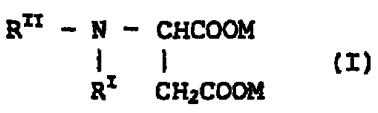
权利要求书 5 页 说明书 10 页

[54] 发明名称

天冬氨酸衍生物、其制备方法和使用此天冬氨酸衍生物的泡沫浮选方法

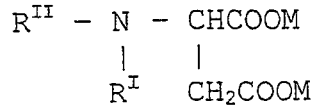
[57] 摘要

本发明涉及一种在泡沫浮选方法中用作用于含磷酸盐的矿物、例如磷灰石的收集剂的天冬氨酸衍生物。根据本发明，所述收集剂即使在碳酸盐矿物如方解石存在下也对含磷酸盐的矿物具有高选择性。所述衍生物具有式(I)，其中 R^I 是包含 6-24 个碳原子的烃基的憎水基团；R^{II} 是具有 1-7 个碳原子的烷基或式 $(B)_yH$ 的基团，其中 B 是具有 2-4 个碳原子的亚烷基氧基，y 为 1-10 的数；M 是选自阳离子或氢的基团。还描述了制备该衍生物的方法。



(I)

1. 一种用于从还包含碳酸钙的矿石中富集含磷酸钙的矿物的泡沫浮选方法，其特征在于所述方法在作为收集剂的下式天冬氨酸衍生物存在下进行

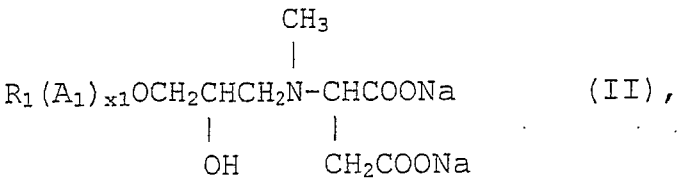


(I)，

其中 R^I 是包含具有 6-24 个碳原子的烃基的憎水基团；R^{II} 是具有 1-7 个碳原子的烷基，或式 $(B)_yH$ 的基团，其中 B 是具有 2-4 个碳原子的亚烷基氧基，y 为 1-10 的数；并且 M 是选自阳离子或氢的基团。

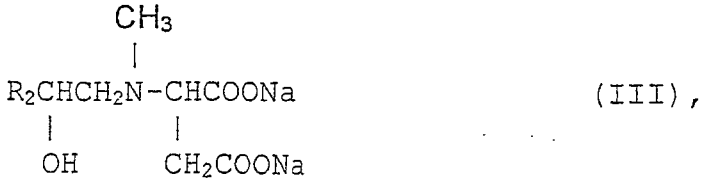
2. 如权利要求 1 所述的泡沫浮选方法，其特征在于 R^I 是式 $CH_2CH(OH)CH_2O(A_1)_{x1}R_1$ 的缩水甘油醚基团，其中 R_1 是具有 8-24 个碳原子的烃基，A_1 是具有 2-4 个碳原子的亚烷基氧基，x1 是 0-10 的数；式 $CH_2CH(OH)R_2$ 的羟基基团，其中 R_2 是具有 6-22 个碳原子的烃基；式 $C_3H_6O(A_3)_{x3}R_3$ 的亚丙基醚基，其中 R_3 是具有 8-24 个碳原子的烃基，A_3 是具有 2-4 个碳原子的亚烷基氧基，x3 是 0-10 的数；或式 R_4 的基团，其中 R_4 是包含 8-24 个碳原子的烃基。

3. 如权利要求 2 所述的泡沫浮选方法，其特征在于所述衍生物选自



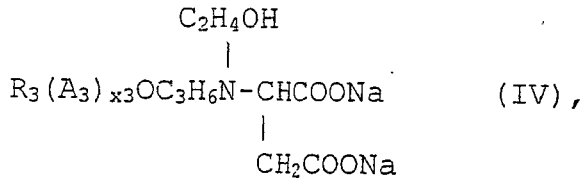
(II)，

其中 R_1、A_1 和 x1 具有与权利要求 2 中相同的含义，



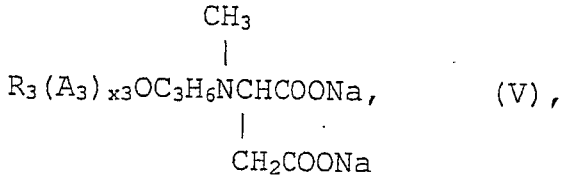
(III)，

其中 R_2 具有与权利要求 2 中相同的含义，



(IV)，

其中 R_3、A_3 和 x3 具有与权利要求 2 中相同的含义，和



(V)，

其中 R_3、A_3 和 x3 具有与权利要求 2 中相同的含义，和两种或多种式 II、III、IV 或 V 衍生物的混合物。

4. 如权利要求 2 或 3 所述的泡沫浮选方法，其特征在于 A_1 和 A_3 是亚乙基氧基，x1 和 x3 是 1-4 的数。

5. 如权利要求 1 或 2 所述的泡沫浮选方法，其特征在于 R^{II} 是甲基、羟乙基或羟丙基。

6. 如权利要求 1-3 中任一项所述的泡沫浮选方法，其特征在于所述衍生物的存在量是以每吨矿石计的 10-1500 克。

7. 如权利要求 1-3 中任一项所述的泡沫浮选方法，其特征在于所述方法在下式（VI）或（VII）的极性辅助收集剂存在下进行，

$$R^{III}(A)_pOH \qquad (VI)$$

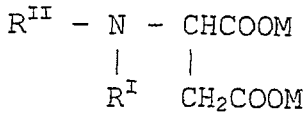
其中 R^{III} 是具有 8-22 个碳原子的烃基，A 是具有 2-4 个碳原子的氧亚烷基且 p 是 1-6 的数，



(VII)，

其中 R^{IV} 是具有 7-21 个碳原子的脂族基团，A 是具有 2-4 个碳原子的氧亚烷基，q 是 0-6 的数，Y 是具有 1-4 个碳原子的烷基或氢，前提条件是当 q 为 0 时 Y 不能是氢。

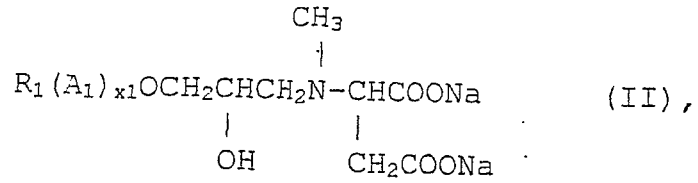
8. 一种天冬氨酸衍生物，其特征在于它具有下式



(I)，

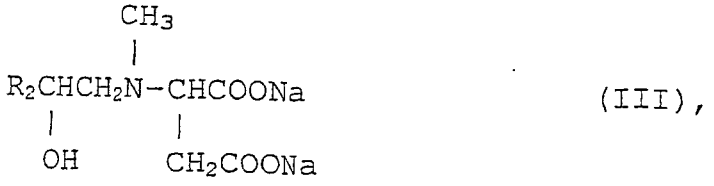
其中 R^I 是式 $CH_2CH(OH)CH_2O(A_1)_{x1}R_1$ 的缩水甘油醚基团，其中 R_1 是具有 8-24 个碳原子的烃基，A_1 是具有 2-4 个碳原子的亚烷基氧基，x1 是 0-10 的数；式 $CH_2CH(OH)R_2$ 的羟基基团，其中 R_2 是具有 6-22 个碳原子的烃基；式 $C_3H_6O(A_3)_{x3}R_3$ 的亚丙基醚基，其中 R_3 是具有 8-24 个碳原子的烃基，A_3 是具有 2-4 个碳原子的亚烷基氧基，x3 是 0-10 的数；或式 R_4 的基团，其中 R_4 是包含 8-24 个碳原子的烃基；R^{II} 是具有 1-7 个碳原子的烷基或式(B)yH 的基团，其中 B 是具有 2-4 个碳原子的亚烷基氧基，y 为 1-10 的数，前提条件是当 R^{II} 是具有 1-7 个碳原子的烷基时 R^I 不是以下基团：基团R，其中R是C_8-C_{22}-烷基或链烯基；或基团$(CH_2)_3OR$，其中R是C_8-C_{22}-烷基或链烯基；并且 M 是选自阳离子或氢的基团。

9. 如权利要求 8 所述的衍生物，其特征在于它选自：



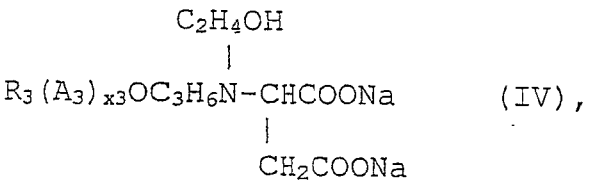
(II)，

其中 R_1、A_1 和 x1 具有与权利要求 8 中相同的含义，



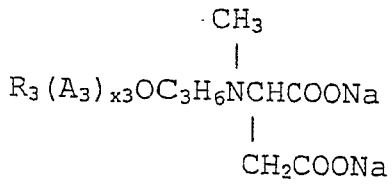
(III)，

其中 R_2 具有与权利要求 8 中相同的含义，



(IV)，

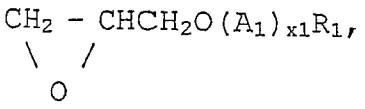
其中 R_3、A_3 和 x3 具有与权利要求 8 中相同的含义，和



其中 R_3、A_3 和 x3 具有与权利要求 8 相同的含义，和两种或多种式 II、III、IV 或 V 衍生物的混合物。

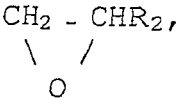
10. 一种生产如权利要求 8 所述的衍生物的方法，其特征在于在碱性条件下，马来酸或其盐如下反应：

a) 与式 $R^{II}NH_2$ 的伯胺反应，其中 R^{II} 具有与权利要求 8 中相同的含义，接着使获得的中间体与下式的缩水甘油醚，



其中 R_1、x1 和 A_1 具有与权利要求 8 中相同的含义

或下式的环氧化物



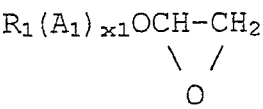
其中 R_2 具有与权利要求 8 相同的含义，

或式 $HalR_4$ 的卤化物反应，其中 Hal 是卤素并且 R_4 具有与权利要求 8 中相同的含义；或

b) 与式 $R^{I}NH_2$ 的伯胺反应，其中 R^{I} 具有与权利要求 8 中相同的含义，接着使获得的中间体与式 $HalR^{II}$ 的卤化物反应，其中 Hal 是卤素并且 R^{II} 具有与权利要求 8 中相同的含义。

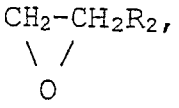
11. 如权利要求 10 所述的方法，其特征在于

i) 马来酸的二钠盐与甲胺反应，获得的 N-甲基天冬氨酸二钠盐进一步与下式化合物反应，以获得式（II）的天冬氨酸盐，



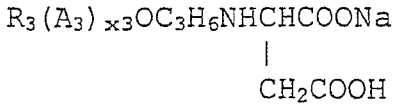
其中 R_1、A_1 和 x1 具有与权利要求 10 中相同的含义

或与下式化合物反应以获得式(III)的天冬氨酸盐，



其中 R_2 具有与权利要求 10 中相同的含义，或

ii) 使马来酸的一钠盐与式 $R_3(A_3)_{x3}OC_3H_6NH_2$ 的醚胺反应，其中 R_3、A_3 和 x3 具有与权利要求 10 中相同的含义，以获得下式中间体



该中间体进一步与 $Cl(CH_2CH_2O)H$ 和 NaOH 反应，或该中间体进一步与 CH_3Cl 和 NaOH 反应，以分别形成式 IV 和式 V 的衍生物。

天冬氨酸衍生物、其制备方法和使用此天冬氨酸衍生物的泡沫浮选方法

发明领域

本发明涉及天冬氨酸衍生物在泡沫浮选方法中用作用于含磷酸盐的矿物、例如磷灰石的收集剂的用途。根据本发明，所述收集剂即使在碳酸盐矿物如方解石存在下也对含磷酸盐的矿物具有高选择性。本发明还公开了一种制备所述衍生物以及特殊天冬氨酸衍生物的方法。

背景技术

磷酸盐岩包含主要呈磷灰石形式的磷酸钙矿物，一般与其它矿物如硅酸盐矿物和碳酸盐矿物如方解石一起。磷灰石是还包含其它元素或基团的磷酸钙矿物的通用名，例如氟磷灰石、氯磷灰石、碳酸盐磷灰石和羟基磷灰石。

利用泡沫浮选方法从贫瘠矿物中分离有价值的磷酸盐矿物是众所周知的，其中所述磷酸盐矿物富集在漂浮物中。在这些浮选方法，脂肪酸和环烷酸及它们的金属盐经常用作收集剂。但是，这种类型的收集剂仅仅在硅酸盐矿物是所述贫瘠矿物时才能满意地发挥作用。当碳酸盐矿物如方解石存在于矿石中时，获得对磷酸盐矿物的低选择性。通过同时使用抑制剂，例如不同类型的多糖，所述选择性可得到一定程度的改进。

已经建议阴离子表面活性剂例如烷基苯磺酸盐、烷基磷酸盐和烷基磺基琥珀酸盐用作含磷酸盐的矿石的浮选剂，但它们在泡沫浮选方法中对磷酸钙的选择性和收率仍然过低。

美国专利 **4 358 368** 公开了通过使用肌氨酸盐类型的两性表面活性剂，对磷酸钙矿物的选择性可得到基本改善。所述肌氨酸盐有利地与非离子的不溶于水的极性辅助收集剂组合使用。肌氨酸盐作为收集剂的缺点在于它固定到磷灰石表面上的能力有限，这限制了在浓缩物中的磷灰石收率。

另外，美国专利 **4 043 902** 公开了一种泡沫浮选非硫化物矿石的方法，这些矿石例如是硫酸盐、碳酸盐、氟化物、钨酸盐、磷酸盐和氧化物，如

天青石、重晶石、白钨矿、氟石方解石、菱镁矿、石膏、无水石膏、锡石、磷灰石等，其中使用包含三个和四个羧基的脂肪烷基取代的天冬氨酸的盐、天冬氨酸单酯和天冬氨酸二酯作为收集剂，并且在需要时与适当的脉石抑制剂共同使用。

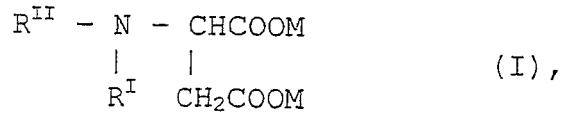
美国专利 4 790 932 描述了一种泡沫浮选含非硫化矿物的矿石的方法，在该方法中，阴离子和/或非离子收集剂表面活性剂用作收集剂，并与至少一种作为辅助收集剂的 N-烷基或 N-链烯基天冬氨酸共同使用。

许多出版物还公开了天冬氨酸衍生物除了在泡沫浮选方法中用作收集剂之外的用途。例如，CAPLUS 资料 1995: 721486，文件号 123: 122759 公开了含天冬氨酸的酰胺衍生物的组合物，该组合物据说适用于身体和面部皮肤。出版物 CAPLUS 资料编号 1993: 581234，文件号 119: 181234 描述了一种制备天冬氨酸的 N-取代衍生物的方法，其中取代基是 C_8-C_{22}-烷基或链烯基，或$(CH_2)_3OC_8$-C_{22}-烷基或链烯基；和可以被-OH、-COOH 或 $-SO_3H$ 取代的 C_1-C_{22}-烷基或链烯基。美国专利 6 077 962 公开了包含一个或两个与氮原子键连的 3, 3-二甲基丁基的天冬氨酸衍生物。

天冬氨酸衍生物的其它实例可见于 CAPLUS 资料编号 1991: 82448，文件号 114: 82448，CAPLUS 资料编号 1997: 476570，文件号 127: 220944，美国专利 No. 6 054 260 和德国专利申请 DE35 11 678A1。

发明内容

根据本发明，现在发现某种天冬氨酸衍生物在还包含碳酸钙的矿石的碱性泡沫浮选方法中作为收集剂对于含磷酸钙的矿物具有优异的性能。本发明的衍生物具有下式



(I)，

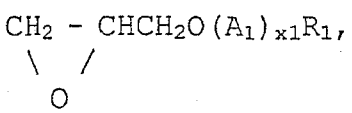
其中 R^I 是包含具有 6-24 个碳原子的烃基的憎水基团，所述烃基优选是一价的；R^{II} 是具有 1-7 个碳原子、优选 1-3 个碳原子的烷基，或式$(B)_yH$ 的基团，其中 B 是具有 2-4 个碳原子的亚烷基氧基，y 为 1-10、优选 1-3 的数；并且 M 是选自阳离子或氢的基团。式 I 中的氮化适宜地是叔氮原子。

根据本发明，R^I优选是式 $CH_2CH(OH)CH_2O(A_1)_{x1}R_1$ 的缩水甘油醚基团，其中 R_1 是具有 8-24 个碳原子的烃基，A_1 是具有 2-4 个碳原子的亚烷基氧基，x1 是 0-10、优选 0-5 的数；式 $CH_2CH(OH)R_2$ 的羟基基团，其中 R_2 是 6-22 个碳原子的烃基；式 $C_3H_6O(A_3)_{x3}R_3$ 的亚丙基醚基，其中 R_3 是 8-24 个碳原子的烃基，A_3 是具有 2-4 个碳原子的亚烷基氧基，x3 是 0-10、优选 0-5 的数，或 1-5 的数；或式 R_4 的基团，其中 R_4 是包含 8-24 个碳原子的烃基。合适的基团 $(A_1)_{X1}R_1$ 是 $(C_2H_4O)_{1-3}R_1$，其中 R_1 是 10-20 个碳原子的烃基，例如脂族基团或烷基苯基，其中 x3 为 0 或 1-3 的数。最优选 R^{II} 是甲基、羟乙基或羟丙基。阳离子 M 一般是一价阳离子，例如钠、钾或铵阳离子。所述衍生物的量可以在宽范围内变化，但以每吨矿石计一般在 10 和 1500 克之间，优选在 50 和 800 克之间。

本发明泡沫浮选方法在浮选过程中导致高度浓缩和高的磷酸钙收率。本发明衍生物适合与作为辅助收集剂的非离子性的、不溶于水的极性化合物共同使用，从而进一步提高选择性和收率。所述极性辅助收集剂对于被所述衍生物涂覆的颗粒具有良好的亲合力，从而改善或进一步提高所述衍生物的性能。所述辅助收集剂可以按每吨矿石计 0-1000 克、优选 5-350 克的量使用。

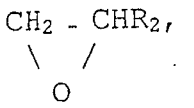
本发明衍生物可通过本领域人员公知的反应步骤制备。例如，在碱性条件下，马来酸或其盐可以如下反应：

a) 与式 $R^{II}NH_2$ 的伯胺反应，其中 R^{II} 具有式 I 定义的含义，接着使获得的中间体与下式的缩水甘油醚



其中 R_1、x_1 和 A_1 具有上述定义的含义，

下式的环氧化物



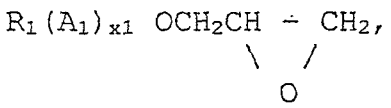
其中 R_2 具有上述定义，

或式 $HalR_4$ 的卤化物反应，其中 Hal 是卤素并且 R_4 具有上述含义；

或

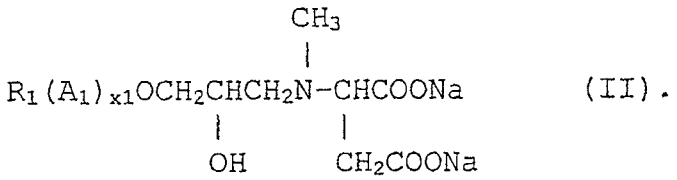
b) 与式 R^INH_2 的伯胺反应，其中 R^I 具有式 I 定义的含义，接着使获得的中间体与式 $HalR^{II}$ 的卤化物反应，其中 Hal 是卤素并且 R^{II} 具有上述含义。

生产本发明衍生物的更具体的方法是使例如马来酸的二钠盐与甲胺反应以获得 N-甲基天冬氨酸二钠盐。该反应产物然后可进一步与下式化合物反应，

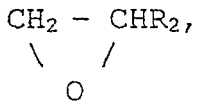


其中 R_1、A_1 和 x_1 具有上述含义

获得式（II）的天冬氨酸盐。

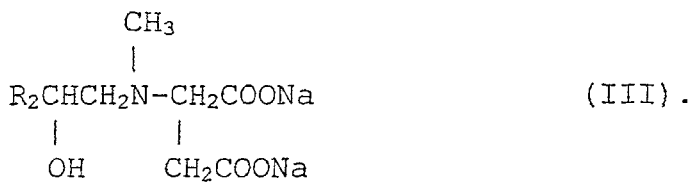


另一种方法是使中间体产物 N-甲基天冬氨酸二钠盐与下式化合物反应，



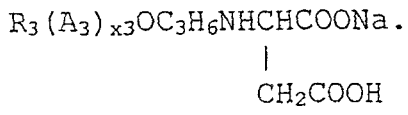
其中 R_2 具有上述含义，

获得式(III)的天冬氨酸盐。

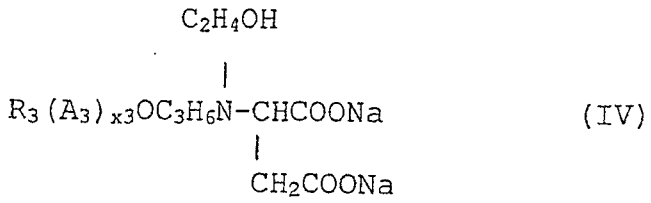


另外一种方法是首先使马来酸的一钠盐与式 $R_3\ (A_3)_{x3}OC_3H_6NH_2$ 的化

合物反应，其中 R_3、A_3 和 x_3 具有上述含义，获得下式的天冬氨酸盐中间体，

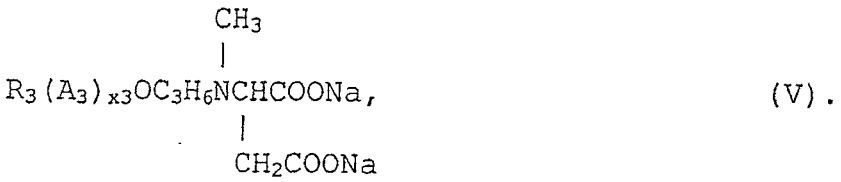


该中间体然后可与 $ClCH_2CH_2OH$ 或 CH_3Cl 和 NaOH 反应，分别形成下式的衍生物：



(IV)

和

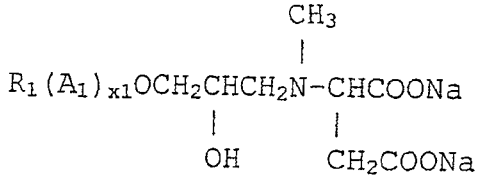


(V)。

本发明还涉及具体的式 I 天冬氨酸衍生物，其中 R^I 是包含具有 6-24 个碳原子的一价烃基的憎水性基团；R^{II} 是具有 1-7 个碳原子的烷基或式 $(B)_4H$ 的基团，其中 B 具有 2-4 个碳原子的亚烷基氧基并且 y 是 1-10 的数；M 是选自阳离子或氢的基团，前提条件是当 R^{II} 是具有 1-7 个碳原子的烷基时 R^I 不是以下基团：RCO 基，其中 R 是 C_7-C_{21}-烷基或链烯基；基团 R，其中 R 是 C_8-C_{22}-烷基或链烯基；或 $(CH_2)_3OR$ 基团，其中 R 是 C_8-C_{22}-烷基或链烯基。

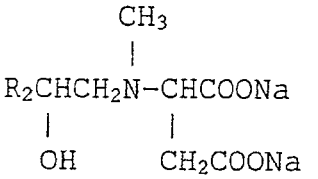
合适的式 I 化合物是其中 R^I 为式 $CH_2CH(OH)CH_2O(A_1)_{X1}R_1$ 的缩水甘油基的那些，其中 R_1 是具有 8-24 个碳原子的烃基，A_1 是具有 2-4 个碳原子的亚烷基氧基，x1 是 0-10 的数；式 $CH_2CH(OH)R_2$ 的羟基基团，其中 R_2 是具有 6-22 个碳原子的烃基；式 $C_3H_6O(A_3)_{x3}R_3$ 的亚丙基醚基，其中 R_3 是具有 8-24 个碳原子的烃基，A_3 是具有 2-4 个碳原子的亚烷基氧基，x3 是 0-10 的数，或式 R_4 的基团。

更具体的衍生物实例是选自下述的那些：



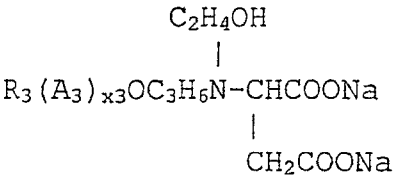
(II),

其中 R_1、A_1 和 x_1 具有与上述相同的含义，



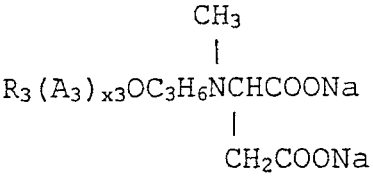
(III),

其中 R_2 具有与权利要求 2 相同的含义，



(IV),

其中 R_3、A_3 和 x_3 具有与上述相同的含义，和



(V),

其中 R_3、A_3 和 x_3 具有与上述相同的含义，或两种或多种式 II、III、IV 或 V 衍生物的混合物。

与本发明天冬氨酸衍生物共同使用的极性辅助收集剂适当地是式(VI)的氧化烯加成物，

$$R^{III}(A)_pOH \qquad (VI)$$

其中 R^{III} 是具有 8-22 个碳原子的烃基，优选脂族基团或烷基苯基，A 是具有 2-4 个碳原子的氧亚烷基，p 是 1-6 的数。所述氧亚烷基适当地是氧亚乙基，或氧亚乙基和氧亚丙基的混合物。通过将氧亚丙基、特别是氧亚丁基置于加成物的端部位置，实现了较低的发泡。

另一种合适的辅助收集剂是下式的酯

$$R^{IV}CO(A)_qY \quad \text{(VII)},$$
O

其中 R^{IV} 是具有 7-21 个碳原子的脂族基，A 是具有 2-4 个碳原子的亚烷基氧基，q 是 0-6 的数，Y 是具有 1-4 个碳原子的烷基或氢，前提条件是当 q 为 0 时 Y 不能是氢。

除了它们的有利的泡沫浮选作用外，当与本发明衍生物共同使用时，所述辅助收集剂还通过使泡沫稳定性变差而对发泡产生有利影响。

在本发明方法中，还可以添加 pH-调节物质，例如碳酸钠和氢氧化钠，发泡剂、泡沫调节剂，抑制剂如水玻璃，不同类型的淀粉和 CMC，以及活性物质。在本发明的泡沫浮选方法中，浆体的 pH-值应适当地在 8-11 范围内。

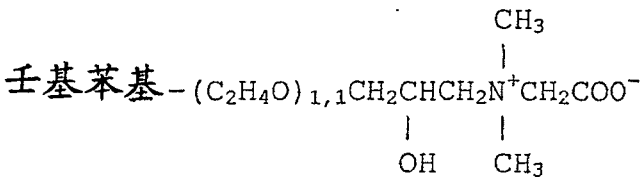
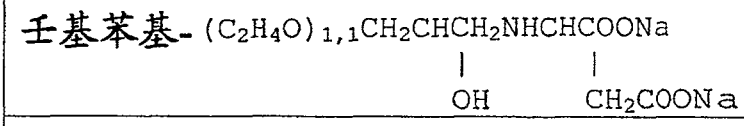
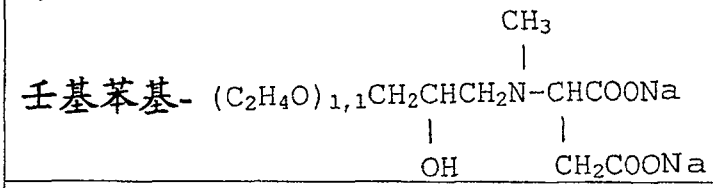
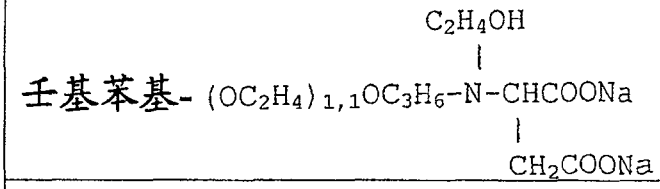
本发明进一步通过下述实施例加以阐述。

实施例 1

将包含约 12 重量％氟磷灰石和约 73 重量％方解石并且其余部分包含硅酸盐和磁铁矿的岩浆矿石磨细到粒径＜630 μm。将 390g 的磨细矿石、0.8 升水和 78 mg 的以 1 重量％的量溶解于水中的水解玉米淀粉加入 1.5 升的浮选池中，其中的 pH 值通过加入 NaOH 调节到 10.5，并将所述磨细矿石在 23℃下调节 5 分钟。在调节后，将 78 mg 如下表所述的试剂作为 1 重量％的水溶液加入并通过加水将浮选池中的总量调节到 1.4 升。然后调节浮选池中的内容物 2 分钟，接着进行粗浮选步骤并进行一个或多个对粗选浓缩物的清洁步骤。

对粗选浓缩物和来自清洁步骤的浓缩物进行磷酸盐(P_2O_5)和方解石含量分析。获得的结果示于下述表 II。

表 1. 试剂

代码	组分
A	a) 39 重量%的根据美国专利 4 358 368 的下式肌氨酸盐 
	b) 27 重量%的 1 摩尔壬基酚与 2 摩尔氧化乙烯的反应产物
	c) 34 重量%的由水和丙二醇组成的溶剂
B	a) 39 重量%的 
	b) 与试剂 A 的 b)相同
	c) 与试剂 A 的 c)相同
1	a) 39 重量%的 
	b) 与试剂 A 的 b)相同
	c) 与试剂 A 的 c)相同
2	a) 39 重量%的 
	b) 与上述试剂 A 相同
	c) 与上述试剂 A 相同

试剂 A 代表现有技术，B 是对比，而包含天冬氨酸盐的试剂 1 和 2 是根据本发明的。

表 II. 试剂 A、1 和 2 的浮选结果

试剂	浮选步骤	浓缩物		
		P_2O_5 含量%	磷灰石收率%	方解石含量%
A	粗选	18.3	99.0	43.2
	清洁 1	38.8	68.0	2.3
B	粗选	19.9	93.6	-
	清洁 1	29.5	86.2	-
	清洁 2	36.7	77.9	-
	清洁 3	41.7	64.2	-
1	粗选	17.3	98.5	43.2
	清洁 1	31.9	96.5	9.1
	清洁 2	40.2	92.3	2.0
	清洁 3	42.5	87.3	0.5
2	粗选	23.2	94.3	41.4
	清洁 1	34.0	90.8	15.9
	清洁 2	38.7	85.4	4.5
	清洁 3	40.2	78.3	2.0

结果说明，含天冬氨酸的试剂比依照现有技术的试剂 A 和对比 B 性能优越。磷灰石的含量和收率得到提高，同时方解石含量下降。

实施例 2

将 500 g 粒径＜5 μm、包含 9 重量%氟磷灰石、17 重量%方解石并且其余主要由硅酸盐组成的岩浆矿石置于棒磨机中，与 0.4 升水、180 mgNaOH 和 50 mg SiO_2/Na_2O 之比为 3.3 : 1 的水玻璃一起研磨达到下述粒径：其中 80 重量%的磨细矿石的粒径＜250 μm。将磨细矿石、125 mg 表 3 中的试剂和水加入 1.5 升浮选池中，添加水以使矿石浆的总体积达到 1.4 升。在通过添加 NaOH 将 pH 值调节到 11 后，在 21℃下将浆体调节 5 分钟。向调节后的浆体中加入 25mg 的仲丁醇异丁酸酯作为发泡剂，进行粗选步骤，之后进行三个清洁步骤。对粗选浓缩物和来自清洁步骤的浓缩物

进行磷灰石收率分析，获得的结果示于下述表 IV。

表 III. 试剂

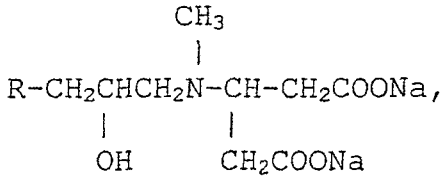
代码	组分
3	b) 36 重量%的下式的天冬氨酸盐  其中 R 是包含 13-15 个碳原子的脂族基团
	b) 21 重量%的 1 摩尔壬基酚与 2 摩尔氧化乙烯的反应产物
	c) 43 重量%的由水和丙二醇组成的溶剂

表 IV 试剂 3 的浮选结果

试剂	浮选步骤	浓缩物	
		P_2O_5 含量%	磷灰石的收率%
3	粗选	18.5	97.1
	清洁 1	23.7	94.8
	清洁 2	32.1	90.6
	清洁 3	37.5	74.5

这些结果说明，尽管矿石中的磷灰石含量低，本发明试剂能够提高磷灰石的含量并且能够获得高收率。