



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 112934473 A

(43) 申请公布日 2021.06.11

(21) 申请号 202110118892.5

(22) 申请日 2021.01.28

(71) 申请人 武汉理工大学

地址 430070 湖北省武汉市洪山区珞狮路  
122号

(72) 发明人 刘诚 杨思原 郑云飞

(74) 专利代理机构 武汉智嘉联合知识产权代理  
事务所(普通合伙) 42231

代理人 易贤卫

(51) Int. Cl.

B03D 1/016 (2006.01)

B03D 101/06 (2006.01)

B03D 103/02 (2006.01)

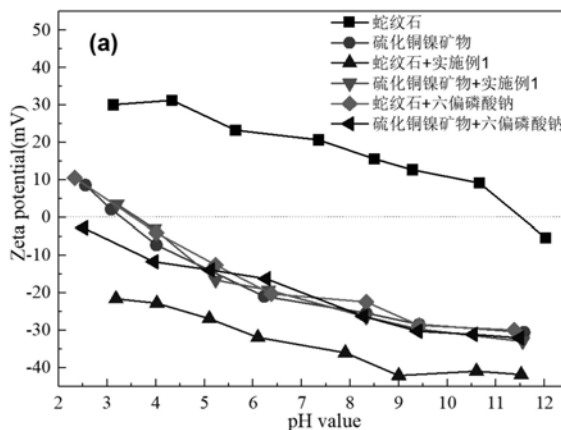
权利要求书1页 说明书12页 附图6页

(54) 发明名称

一种硫化铜镍矿浮选抑制剂、其配制方法及其应用

(57) 摘要

本发明涉及一种硫化铜镍矿浮选抑制剂、其配制方法及其应用。该浮选抑制剂包括以质量份数计包括有机磷酸类化合物30-60份、有机酸聚合物25-40份和羟丙基淀粉15-30份。该抑制剂通过有机磷酸类化合物和有机酸聚合物,对硫化铜镍矿浮选过程中脉石矿物表面镁位点产生强烈络合作用,通过羟丙基淀粉含有羟基可与脉石矿物表面产生氢键作用。这两种作用可在矿浆中选择性抑制脉石矿物,选择性分散硫化矿物与镁硅酸矿物的同时还对镁硅酸矿物产生絮凝作用,可显著提高硫化铜镍矿精矿品位及回收率,并且有助于尾矿过滤。



1. 一种硫化铜镍矿浮选抑制剂,其特征在于,以质量份数计包括有机磷酸类化合物30-60份、有机酸聚合物25-40份和羟丙基淀粉15-30份;

其中,所述有机磷酸类化合物选自氨基三甲叉磷酸、乙二胺四甲叉膦酸钠、二乙烯三胺五甲叉磷酸、2-羟基膦酰基乙酸、膦酰基丁烷三羧酸、多元醇磷酸酯、羟基亚乙基二膦酸和膦酰基羧酸共聚物中的至少一种;所述有机酸聚合物选自马来酸酐、聚环氧琥珀酸和丙烯酸-丙烯酸羟丙酯共聚物中的至少一种。

2. 根据权利要求1所述的硫化铜镍矿浮选中抑制剂,其特征在于,以质量份数计还可包括有机磷酸类化合物40-55份、有机酸聚合物25-35份和羟丙基淀粉20-25份。

3. 根据权利要求2所述的硫化铜镍矿浮选抑制剂,其特征在于,以质量份数计还可包括:有机磷酸类化合物50份、有机酸聚合物30份和羟丙基淀粉20份。

4. 根据权利要求3所述的硫化镍矿浮选抑制剂,其特征在于,所述有机磷酸类化合物为二乙烯三胺五甲叉磷酸,所述有机酸聚合物为聚环氧琥珀酸。

5. 一种权利要求1-4任一项所述硫化镍矿浮选抑制剂的配制方法,其特征在于,包括以下步骤,在常温条件下,将有机磷酸类化合物,有机酸聚合物和羟丙基淀粉按照所述质量份数加入搅拌槽中,采用搅拌进行混合均匀,得到所述硫化镍矿浮选抑制剂。

6. 一种权利要求1-4任一项所述的硫化镍矿浮选抑制剂或权利要求5所述的配制方法配置的硫化铜镍矿浮选抑制剂在硫化铜镍矿浮选中的应用,其特征在于,包括以下步骤:

S1、将原矿磨细后,加水调节后得到浓度为25~50%wt的预选料浆;

S2、调节预选料浆pH值为8~11后,加入所述硫化铜镍矿浮选抑制剂;

S3、经混匀后依次加入捕收剂和起泡剂,即可到硫化铜镍粗精矿。

7. 根据权利要求6所述的应用,其特征在于,所述S2步骤中,所述硫化铜镍矿浮选抑制剂的加入量为每吨原矿40~120g。

8. 根据权利要求6所述的应用,其特征在于,所述S3步骤中,所述捕收剂的加入量为每吨原矿30~100g,所述起泡剂的加入量为每吨原矿10~30g。

9. 根据权利要求6~8任一项所述的应用,其特征在于,所述捕收剂选自黄盐酸盐、硫氨酯、黑药、磺酸酯中的一种或两种及以上。

10. 根据权利要求6~8任一项所述的应用,其特征在于,所述起泡剂选自松醇油合甲基异丁基甲醇中的至少一种。

## 一种硫化铜镍矿浮选抑制剂、其配制方法及其应用

### 技术领域

[0001] 本发明涉及矿物加工技术领域,尤其涉及一种硫化铜镍矿浮选抑制剂、其配制方法及其应用。

### 背景技术

[0002] 镍是一种重要的战略金属,具有很好的可塑性、耐腐蚀性和磁性等性能,因此主要被用于钢铁、镍基合金、电镀及电池等领域,被称为“工业纤维素”。硫化铜镍矿是提供镍金属的重要原料。近年来,随着硫化铜镍矿资源不断开采,易选别的硫化铜镍矿资源日益枯竭,矿石趋于贫、细、杂,难以有效处理,因此,提高贫、细、杂硫化铜镍矿资源的分选技术对我国镍资源供给日益重要。

[0003] 选矿技术滞后是造成复杂硫化铜镍矿资源难以利用的主要原因。硫化铜镍矿矿床,主要分布于基性-超基性岩中。而基性-超基性岩中的橄榄石和辉石等经易受热液蚀变作用蚀变为以蛇纹石为主的岩石,同时伴有绿泥石与滑石生成。而这些矿石主要成分含有镁硅酸盐,其在磨矿过程中极易泥化。因而,在硫化铜镍矿浮选常见的弱碱性矿浆环境下,脉石矿物蛇纹石因高零电点易在硫化铜镍矿物表面发生矿泥罩盖现象,造成硫化铜镍矿精矿回收率低,品位不高,且其精矿中氧化镁含量高,使得后续冶炼过程难以去除镁元素。

[0004] 硫化铜镍矿分选工艺过程中的关键是通过添加抑制剂来调控矿物间界面性质,以实现硫化矿物与镁硅酸盐矿物间的高效分离。硫化铜镍矿浮选过程中,常采用的抑制剂羧甲基纤维素,无机磷酸盐,瓜尔胶,水玻璃,羧化壳聚糖等选择性抑制效果较差,消耗量大、污染水土。对硫化铜镍矿难以实现高效、经济、清洁开发利用。

### 发明内容

[0005] 有鉴于此,提供一种环保性好、选择性好、抑制作用强的镁硅酸矿物抑制剂,对提升我国硫化铜镍矿资源利用水平具有重要的意义。

[0006] 本发明提供一种硫化铜镍矿浮选抑制剂,以质量份数计包括有机磷酸类化合物30-60份、有机酸聚合物25-40份和羟丙基淀粉15-30份;其中,所述有机磷酸类化合物选自氨基三甲叉磷酸、乙二胺四甲叉磷酸钠、二乙烯三胺五甲叉磷酸、2-羟基膦酰基乙酸、膦酰基丁烷三羧酸、多元醇磷酸酯、羟基亚乙基二膦酸和膦酰基羧酸共聚物中的至少一种;所述有机酸聚合物选自马来酸酐、聚环氧琥珀酸和丙烯酸-丙烯酸羟丙酯共聚物中的至少一种。

[0007] 进一步的,所述硫化铜镍矿浮选中抑制剂,以质量份数计还可包括有机磷酸类化合物40-55份、有机酸聚合物25-35份和羟丙基淀粉20-25份。

[0008] 进一步的,所述一硫化铜镍矿浮选抑制剂,以质量份数计还可包括:有机磷酸类化合物50份、有机酸聚合物30份和羟丙基淀粉20份。

[0009] 优选的,所述有机磷酸类化合物为二乙烯三胺五甲叉磷酸,所述有机酸聚合物为聚环氧琥珀酸。

[0010] 本发明还提供一种所述硫化镍矿浮选抑制剂的配制方法,包括以下步骤,将有机

磷酸类化合物,有机酸聚合物和羟丙基淀粉按照所述质量份数加入搅拌槽中,采用搅拌进行混合均匀,得到所述硫化镍矿浮选抑制剂。

[0011] 本发明还提供一种所述的硫化镍矿浮选抑制剂或所述的配制方法配置的硫化铜镍矿浮选抑制剂在硫化铜镍矿浮选中的应用,包括以下步骤:

[0012] S1、将原矿磨细后,加水调节后得到浓度为25~50%wt的预选料浆;

[0013] S2、调节预选料浆pH值为8~11后,加入所述硫化铜镍矿浮选抑制剂;

[0014] S3、经混匀后依次加入捕收剂和起泡剂,即可到硫化铜镍粗精矿。

[0015] 具体的,所述S2步骤中,所述硫化铜镍矿浮选抑制剂的加入量为每吨原矿40-120g。

[0016] 具体的,所述S3步骤中,所述捕收剂的加入量为每吨原矿30~100g,所述起泡剂的加入量为每吨原矿10~30g。

[0017] 具体的,所述捕收剂选自黄盐酸盐、硫氨酯、黑药、磺酸酯中的一种或两种及以上。

[0018] 具体的,所述起泡剂选自松醇油、甲基异丁基甲醇中的一种或两种。

[0019] 有益效果:

[0020] 1、在本发明提供的抑制剂包含有机磷酸类化合物及有机酸聚合物,二者均对硫化铜镍矿浮选过程中脉石矿物表面镁位点具有强烈络合作用,在选矿领域、尤其是在硫化铜镍矿浮选领域尚未见报导。此外,其中羟丙基淀粉含有羟基可与脉石矿物表面产生氢键作用。通过这种络合作用和氢键作用可在矿浆中选择性抑制脉石矿物,选择性分散硫化矿物与镁硅酸矿物的同时还对镁硅酸矿物产生絮凝作用,可显著提高硫化铜镍矿精矿品位及回收率,并且有助于尾矿过滤。

[0021] 2、与传统抑制剂相比,本发明提供的硫化铜镍矿浮选抑制剂具有选择性高、廉价易得、可溶性好、环境友好的显著优势,可显著提高硫化铜镍矿精矿品位和回收率。

## 附图说明

[0022] 图1为本发明实施例提供的不同药剂制度下蛇纹石与硫化铜镍矿表面Zeta电位随pH值变化图。(KN-15:30mg/L;六偏磷酸钠:40mg/L)

[0023] 图2为本发明实施例提供的不同药剂制度下蛇纹石与硫化铜镍矿表面Zeta电位随pH值另一变化图。(CMC:30mg/L)

[0024] 图3为本发明实施例提供的蛇纹石表面P2p-XPS窄区扫描图。

[0025] 图4为采用氨基三亚甲基膦酸处理蛇纹石其表面P2p-XPS窄区扫描图。

[0026] 图5为本发明实施例提供的蛇纹石表面Mg1s-XPS窄区扫描图。

[0027] 图6为采用聚环氧琥珀酸处理蛇纹石其表面Mg1s-XPS窄区扫描图。

[0028] 图7为本发明提供的不同药剂制度下对蛇纹石浊度影响图。

## 具体实施方式

[0029] 为了使本发明的目的、技术方案及优点更加清楚明白,以下结合实施例对本发明进行进一步详细说明。应当理解,此处所描述的具体实施例仅仅用以解释本发明,并不用于限定本发明。

[0030] 硫化铜镍矿浮选抑制剂

[0031] 本发明针对现有调整剂药剂制度存在的不足,提供一种具有抑制-分散双重属性、高效选择性、高效抑制能力、低药剂消耗率以及环境友好的硫化铜镍矿浮选抑制剂,其主要作为脉石矿物蛇纹石及少量绿泥石和滑石的抑制剂。

[0032] 本发明实施例提供一种硫化铜镍矿浮选抑制剂,以质量份数计包括有机磷酸类化合物30-60份、有机酸聚合物25-40份和羟丙基淀粉(简称 HPS) 15-30份。

[0033] 其中,有机磷酸类化合物选自氨基三甲叉磷酸(简称AP)、乙二胺四甲叉磷酸钠(简称EDTMPs)、二乙烯三胺五甲叉磷酸(简称DETPMP)、2-羟基膦酰基乙酸(简称HPAA)、膦酰基丁烷三羧酸(简称PBTCA)、多元醇磷酸酯(简称PAE)、羟基亚乙基二膦酸(简称HEDP)和膦酰基羧酸共聚物(简称POCA)中的至少一种。

[0034] 有机酸聚合物选自马来酸酐(简称MAH)、聚环氧琥珀酸(简称 PESA)和丙烯酸-丙烯酸羟丙酯共聚物(简称AA/HPA)中的至少一种。

[0035] 作为优选配方,该硫化铜镍矿浮选抑制剂,以质量份数计包括有机磷酸类化合物40-55份、有机酸聚合物25-35份和羟丙基淀粉20-25份。

[0036] 作为更进一步优选配方,该硫化铜镍矿浮选抑制剂,以质量份数计包括有机磷酸类化合物50份、有机酸聚合物30份和羟丙基淀粉20份。其中,有机磷酸类化合物为二乙烯三胺五甲叉磷酸(简称DETPMP),有机酸聚合物为聚环氧琥珀酸(简称PESA)。

[0037] 本发明实施例还提供该硫化铜镍矿抑制剂的配制方法,具体为:在常温常压下将有机磷酸类化合物、有机酸聚合物和羟丙基淀粉按上述质量份数加入搅拌槽中,经搅拌混合均匀,即得到硫化铜镍矿浮选抑制剂。

[0038] 本发明实施例还提供一种硫化铜镍矿抑制剂的应用,包括以下步骤:

[0039] S1、将原矿磨细后,加水调节后得到浓度为25~50%wt的预选料浆;

[0040] S2、调节预选料浆pH值为8~11后,加入所述硫化铜镍矿浮选抑制剂;

[0041] S3、经混匀后依次加入捕收剂和起泡剂,即可到硫化铜镍的粗精矿。

[0042] 具体的,S1步骤中,将原矿磨细至粒径小于0.074mm颗粒占原矿总质量60-75%。

[0043] 具体的,S2步骤中,采用氢氧化钠、碳酸钠和碳酸氢钠中的一种或两种进行调节pH值,优选的pH值为9~10。

[0044] 具体的,S2步骤中,硫化铜镍矿浮选抑制剂的加入量为每吨原矿 40~120g;优选为按每吨原矿加入50~110g抑制剂比例,进一步优选为 60~90g硫化铜镍矿浮选抑制剂的比例加入。

[0045] 具体的,S3步骤中,捕收剂的加入量为每吨原矿30~100g,所述起泡剂的加入量为每吨原矿10~30g。捕收剂选自黄盐酸盐、硫氨酯、黑药、磺酸酯中的至少一种。起泡剂选自松醇油和甲基异丁基甲醇中的至少一种。

[0046] 为便于对本发明提供的硫化铜镍矿浮选抑制剂的浮选效果进行评价,将其配方列入表1中。表1中,对比例1仅采用羧甲基纤维素作为抑制剂,对比例2仅采用六偏磷酸钠作为抑制剂,对比例6、7和8分别采用 AP、PESA和HPS作为抑制剂,其他对比例中“-”代表无该项组分。

[0047] 表1

实施例	有机磷酸类化合物	有机酸聚合物	羟丙基淀粉
实施例 1	AP, 50 份	PESA, 30 份	HPS, 20 份
实施例 2	EDTMPs, 50 份	PESA, 30 份	HPS, 20 份
实施例 3	DETPMP, 50 份	PESA, 30 份	HPS, 20 份
实施例 4	HPAA, 50 份	PESA, 30 份	HPS, 20 份
实施例 5	PBTCA, 50 份	PESA, 30 份	HPS, 20 份
实施例 6	PAE, 50 份	PESA, 30 份	HPS, 20 份
实施例 7	HEDP, 50 份	PESA, 30 份	HPS, 20 份
实施例 8	POCA, 50 份	PESA, 30 份	HPS, 20 份
实施例 9	DETPMP, 50 份	MAH, 30 份	HPS, 20 份
实施例 10	DETPMP, 50 份	AA/HPA, 30 份	HPS, 20 份
实施例 11	AP, 30 份	PESA, 40 份	HPS, 15 份
实施例 12	AP, 60 份	PESA, 25 份	HPS, 30 份
实施例 13	AP, 40 份	PESA, 35 份	HPS, 25 份
实施例 14	AP, 55 份	PESA, 25 份	HPS, 20 份
对比例 1	CMC (羧甲基纤维素)		
对比例 2	$(\text{NaPO}_3)_6$		
对比例 3	-	PESA, 30 份	HPS, 20 份
对比例 4	AP, 50 份	-	HPS, 20 份
对比例 5	AP, 50 份	PESA, 30 份	-
对比例 6	AP		
对比例 7	PESA		
对比例 8	HPS		
对比例 9	AP, 29 份	PESA, 40 份	HPS, 15 份
对比例 10	AP, 61 份	PESA, 40 份	HPS, 15 份
对比例 11	AP, 30 份	PESA, 41 份	HPS, 15 份
对比例 12	AP, 30 份	PESA, 24 份	HPS, 15 份
对比例 13	AP, 30 份	PESA, 40 份	HPS, 14 份
对比例 14	AP, 30 份	PESA, 40 份	HPS, 31 份

[0050] 将各配方的抑制剂应用于硫化镍矿浮选过程中的情况列入表2中。

[0051] 表2

实施例	S1 步骤	S2 步骤	S3 步骤
实施例 15	33%wt	pH9, 实施例 1, 40g/t	45g/t, 15g/t
实施例 16	33%wt	pH9, 实施例 2, 40g/t	45g/t, 15g/t
实施例 17	33%wt	pH9, 实施例 3, 40g/t	45g/t, 15g/t
实施例 18	33%wt	pH9, 实施例 4, 40g/t	45g/t, 15g/t
实施例 19	33%wt	pH9, 实施例 5, 40g/t	45g/t, 15g/t
实施例 20	33%wt	pH9, 实施例 6, 40g/t	45g/t, 15g/t
实施例 21	33%wt	pH9, 实施例 7, 40g/t	45g/t, 15g/t
实施例 22	33%wt	pH9, 实施例 8, 40g/t	45g/t, 15g/t
实施例 23	33%wt	pH9, 实施例 9, 40g/t	45g/t, 15g/t
[0052] 实施例 24	33%wt	pH9, 实施例 10, 40g/t	45g/t, 15g/t
实施例 25	33%wt	pH9, 实施例 11, 40g/t	45g/t, 15g/t
实施例 26	33%wt	pH9, 实施例 12, 40g/t	45g/t, 15g/t
实施例 27	33%wt	pH9, 实施例 13, 40g/t	45g/t, 15g/t
实施例 28	33%wt	pH9, 实施例 14, 40g/t	45g/t, 15g/t
实施例 29	25%wt	pH9, 实施例 1, 40g/t	45g/t, 15g/t
实施例 30	50%wt	pH9, 实施例 1, 40g/t	45g/t, 15g/t
实施例 31	33%wt	pH8, 实施例 1, 40g/t	45g/t, 15g/t
实施例 32	33%wt	pH10, 实施例 1, 40g/t	45g/t, 15g/t
实施例 33	33%wt	pH11, 实施例 1, 40g/t	45g/t, 15g/t
实施例 34	33%wt	pH9, 实施例 1, 50g/t	45g/t, 15g/t

[0053]	实施例 35	33%wt	pH9, 实施例 1, 60g/t	45g/t, 15g/t
	实施例 36	33%wt	pH9, 实施例 1, 90g/t	45g/t, 15g/t
	实施例 37	33%wt	pH9, 实施例 1, 110g/t	45g/t, 15g/t
	实施例 38	33%wt	pH9, 实施例 1, 120g/t	45g/t, 15g/t
	对比例 15	33%wt	pH9, 对比例 1, 40g/t	45g/t, 15g/t
	对比例 16	33%wt	pH9, 对比例 2, 40g/t	45g/t, 15g/t
	对比例 17	33%wt	pH9, 对比例 3, 40g/t	45g/t, 15g/t
	对比例 18	33%wt	pH9, 对比例 4, 40g/t	45g/t, 15g/t
	对比例 19	33%wt	pH9, 对比例 5, 40g/t	45g/t, 15g/t
	对比例 20	33%wt	pH9, 对比例 6, 40g/t	45g/t, 15g/t
	对比例 21	33%wt	pH9, 对比例 7, 40g/t	45g/t, 15g/t
	对比例 22	33%wt	pH9, 对比例 8, 40g/t	45g/t, 15g/t
	对比例 23	33%wt	pH9, 对比例 9, 40g/t	45g/t, 15g/t
	对比例 24	33%wt	pH9, 对比例 10, 40g/t	45g/t, 15g/t
	对比例 25	33%wt	pH9, 对比例 11, 40g/t	45g/t, 15g/t
	对比例 26	33%wt	pH9, 对比例 12, 40g/t	45g/t, 15g/t
	对比例 27	33%wt	pH9, 对比例 13, 40g/t	45g/t, 15g/t
	对比例 28	33%wt	pH9, 对比例 14, 40g/t	45g/t, 15g/t
	对比例 29	24%wt	pH9, 实施例 1, 40g/t	45g/t, 15g/t
	对比例 30	51%wt	pH9, 实施例 1, 40g/t	45g/t, 15g/t
	对比例 31	33%wt	pH7, 实施例 1, 40g/t	45g/t, 15g/t
	对比例 32	33%wt	pH12, 实施例 1, 40g/t	45g/t, 15g/t
	对比例 33	33%wt	pH9, 实施例 1, 30g/t	45g/t, 15g/t
	对比例 34	33%wt	pH9, 实施例 1, 130g/t	45g/t, 15g/t

[0054] 浮选试验

[0055] 本实施例以某硫化铜镍矿为例,其中主要为硫化铜镍矿物,脉石矿物主要为蛇纹石,其次是绿泥石、橄榄石等镁硅酸盐矿物。

[0056] 下方以脉石为蛇纹石为例,进行浮选试验和测试。

[0057] 1、浮选试验采用型挂槽式浮选机。每次试验称取矿样置于浮选槽内,按照上述表1和表2中的抑制剂和浮选方法进行浮选,每次试验以1kg 实际矿石浮选,将原矿和浮选所得粗精矿进行烘干、称量,经化学分析后测量铜、镍和氧化镁含量,计算回收率和氧化镁去除率。其中,原矿物的铜含量0.77%,镍含量1.32%,氧化镁含量为18.32%。

[0058] 2、Zeta电位测试:采用Coulter Delsa440sx Zeta电位分析仪进行电位测试。将矿石样品细磨后,用高精度天平称取样品,放入烧杯中并加入添加相关浮选药剂并搅拌然后放入样品池中进行电位测定,每个试验条件测量次后取平均值。试验所用电解质为的0.001M的硝酸钾溶液。

[0059] 3、X射线衍射分析:X射线衍射(分析采用日本公司的型射线衍射仪,测试条件为:



Cu靶K $\alpha$ ,管电压为40kV,管电流为300mA,衍射速度为1°/min,扫描范围 $2\theta$ 为5~80°。

[0060] 浮选试验试验结果见表3和4所示,表3和表4中对粗精矿种铜元素、镍元素和氧化镁含量进行测定,并分别计算铜和镍的回收率,以及氧化镁的去除率,测定此时为10次,结果以平均值±偏差进行表示,并对每一列的数据进行统计学分析,将结果进行显著性差异标记(每列数据由大至小进行标注);其中,回收率=粗精矿含量×粗精矿质量/原矿含量×原矿处理质量;去除率=(原矿含量×原矿处理质量-粗精矿含量×粗精矿质量)/原矿含量×原矿处理质量,忽略浮选过程中矿石的损耗。

[0061] 表3粗精矿中铜元素和镍元素含量、回收率 (测定10次,平均值±偏差)

实施例	Cu 含量 (%)	Cu 回收率 (%)	Ni 含量 (%)	Ni 回收率 (%)
实施例 15	2.68±0.02ab	74.32±4.25ab	6.07±0.36bc	82.56±7.32ab
实施例 16	2.39±0.03ab	75.35±3.63ab	5.96±0.41bc	83.24±6.81ab
实施例 17	3.05±0.05a	80.80±3.82a	6.25±0.53b	89.39±7.05a
实施例 18	2.76±0.04ab	75.32±3.57ab	6.31±0.74b	83.22±5.74ab
实施例 19	2.81±0.03ab	74.27±2.33ab	6.21±0.23b	82.77±4.83ab
实施例 20	2.78±0.07a	75.89±2.43ab	6.36±0.48b	83.19±6.43ab
实施例 21	2.73±0.06ab	75.12±2.03ab	6.16±0.53b	84.16±6.06ab

	实施例 22	2.87±0.03a	76.06±1.73ab	6.26±0.82b	84.32±5.53ab
	实施例 23	2.69±0.06ab	75.65±2.41ab	6.18±0.52b	84.08±3.82ab
	实施例 24	2.72±0.03ab	76.61±1.82ab	6.05±0.62b	84.09±3.78ab
	实施例 25	2.67±0.06ab	76.45±2.11ab	6.26±0.43b	84.52±3.81ab
	实施例 26	2.66±0.04ab	76.38±2.48ab	6.54±0.23ab	89.13±4.62a
	实施例 27	2.72±0.05ab	76.21±1.62ab	6.67±0.46ab	89.04±4.36a
	实施例 28	2.68±0.06ab	76.56±1.82ab	6.61±0.44ab	89.26±3.73a
	实施例 29	2.53±0.12ab	68.72±2.84b	6.76±0.43ab	76.17±2.23b
	实施例 30	2.51±0.08ab	69.57±2.62b	6.71±0.28ab	78.01±2.61b
	实施例 31	2.48±0.15ab	67.62±2.28b	6.84±0.41ab	76.14±2.51b
	实施例 32	2.52±0.08ab	65.82±2.03b	6.86±0.37ab	76.93±2.25b
	实施例 33	2.44±0.14ab	66.16±2.35b	6.78±0.46ab	78.25±2.32b
	实施例 34	2.98±0.04a	75.32±1.73ab	6.96±0.52a	89.12±2.45a
	实施例 35	3.08±0.06a	79.32±1.23a	7.05±0.23a	89.25±2.10a
	实施例 36	3.24±0.04a	80.21±2.12a	7.12±0.52a	89.20±2.14a
	实施例 37	3.02±0.06a	79.35±1.82a	7.37±0.48a	88.82±2.23a
	实施例 38	3.11±0.03a	79.79±1.91a	7.42±0.51a	89.52±2.17a
[0063]	对比例 15	1.22±0.04c	42.96±3.31b	5.27±0.62c	76.41±2.63b
	对比例 16	1.29±0.06c	48.43±3.15b	5.32±0.51c	75.39±2.81b
	对比例 17	0.92±0.03cd	12.42±3.26d	4.32±0.48d	29.31±2.78d
	对比例 18	0.92±0.08cd	25.21±2.77d	2.02±0.42e	35.23±3.13d
	对比例 19	1.08±0.02c	26.02±2.89d	2.05±0.47e	34.62±3.05d
	对比例 20	1.13±0.05c	26.14±2.95d	2.12±0.38e	35.26±3.06d
	对比例 21	1.22±0.07c	20.21±3.14d	2.65±0.35e	25.68±3.11d
	对比例 22	1.09±0.05c	19.36±3.20d	2.47±0.39e	28.69±3.14d
	对比例 23	0.98±0.06c	32.12±3.72c	3.78±0.32de	43.13±5.12cd
	对比例 24	0.97±0.04c	32.07±3.43c	3.67±0.26de	42.86±4.72cd
	对比例 25	0.92±0.02c	32.20±3.51c	3.56±0.27de	41.63±4.42cd
	对比例 26	1.01±0.04c	32.82±2.24c	3.42±0.57de	41.18±3.72cd
	对比例 27	1.05±0.03c	33.99±1.44c	3.92±0.27de	43.01±3.64cd
	对比例 28	1.02±0.01c	35.03±2.51c	3.91±0.21de	43.14±3.57cd
	对比例 29	1.02±0.03c	45.21±2.83c	3.67±0.32de	62.31±2.15c
	对比例 30	1.03±0.07c	45.63±2.51c	3.21±0.71de	62.08±3.24c
	对比例 31	1.01±0.15c	45.82±2.14c	3.46±0.53de	62.25±2.64c
	对比例 32	0.99±0.08c	45.79±2.62c	3.62±0.46de	62.29±2.48c
	对比例 33	1.07±0.07c	47.13±2.75c	3.11±0.18de	63.44±2.58c
[0064]	对比例 34	1.04±0.13c	49.24±2.31c	2.86±0.51e	64.02±2.26c

[0065] 表4粗精矿中氧化镁含量及去除率 (测定10次,平均值±偏差)

实施例	MgO 含量(%)	MgO 去除率(%)
实施例 15	5.15±0.23d	58.91±0.27b
实施例 16	5.05±0.46d	60.14±0.32ab
实施例 17	4.69±0.12d	73.24±0.51a
实施例 18	5.18±0.25d	62.42±0.43ab
实施例 19	5.25±0.31d	61.93±0.26ab
实施例 20	5.12±0.42d	61.73±0.36ab
实施例 21	5.19±0.21d	62.16±0.36ab
实施例 22	5.08±0.34d	62.77±0.52ab
实施例 23	5.04±0.23d	64.63±0.37ab
实施例 24	5.03±0.21d	66.31±0.31ab
实施例 25	5.15±0.31d	65.78±0.36ab
实施例 26	5.17±0.16d	68.32±0.14ab
实施例 27	5.03±0.34d	67.36±0.47ab
实施例 28	5.08±0.12d	67.42±0.39ab
实施例 29	5.16±0.34d	54.32±0.27b
实施例 30	4.99±0.12d	55.63±0.35b
实施例 31	4.91±0.27d	54.26±0.21b
实施例 32	4.85±0.19d	56.27±0.32b
实施例 33	4.87±0.32d	54.82±0.24b
实施例 34	4.31±0.28d	59.36±0.31b
实施例 35	4.23±0.17d	74.18±0.31a
实施例 36	4.31±0.21d	74.36±0.28a
实施例 37	4.42±0.52d	67.42±0.23ab
实施例 38	4.32±0.32d	66.27±0.28ab
对比例 15	10.32±0.27a	16.23±0.18de
对比例 16	10.46±0.31a	15.41±0.24de
对比例 17	12.56±0.25a	6.58±0.31e
对比例 18	13.25±0.22a	12.03±0.27de
对比例 19	13.86±0.37a	11.89±0.22de
对比例 20	12.94±0.32a	11.91±0.34de

[0066]

[0067]	对比例 21	12.64±0.28a	5.86±0.21e
	对比例 22	12.55±0.25a	6.53±0.18e
	对比例 23	9.11±0.32b	36.72±0.32c
	对比例 24	9.23±0.17b	36.48±0.23c
	对比例 25	9.06±0.24b	37.23±0.15c
	对比例 26	9.01±0.19b	36.34±0.22c
	对比例 27	9.31±0.19b	37.57±0.24c
	对比例 28	9.61±0.28b	36.59±0.18c
	对比例 29	7.42±0.18c	44.26±0.21c
	对比例 30	7.26±0.31c	44.96±0.46c
	对比例 31	7.38±0.32c	44.52±0.72c
	对比例 32	7.45±0.22c	45.09±0.63c
	对比例 33	7.63±0.41c	45.21±0.27c
	对比例 34	7.71±0.32c	45.73±0.36c

[0068] 由表3、4可知：

[0069] 1、采用实施例15~38提供的浮选抑制剂，浮选得到的粗精矿中的铜元素和镍元素的含量和回收率均显著高于对比例15~34。实施例15~38 氧化镁含量均显著低于对比例 15~34，氧化镁去除率均显著高于对比例 15~34。

[0070] 2、具体而言，实施例1提供的浮选抑制剂，浮选得到的粗精矿中的铜元素、镍元素和氧化镁的含量和回收率均显著高于对比例15~28，氧化镁去除率均显著高于对比例15~28。这表明，本发明提供的浮选抑制剂，通过将氨基三甲叉磷酸、聚环氧琥珀酸和羟丙基淀粉三者进行合理搭配，可显著提高硫化铜镍矿精矿品位和回收率，并降低其中镁元素含量；且其效果优于现有抑制剂羧甲基纤维素和六偏磷酸钠。这表明该抑制剂在矿浆中选择性抑制脉石矿物，对镁硅酸矿物有一定絮凝作用，可显著提高硫化铜镍矿精矿品位及回收率，并且有助于尾矿过滤。

[0071] 3、进一步的，实施例16~28在实施例15基础上，进一步筛选该浮选抑制剂中有机磷酸类化合物和有机酸聚合物的种类，并且对有机磷酸类化合物、有机酸聚合物和羟基丙基淀粉的比例进行合理搭配，从而实施例17对应的浮选粗精矿中铜元素和镍元素含量进一步显著提高，铜元素和镍元素回收率进一步显著提高。另外，实施例26~28对应的浮选粗精矿中镍回收率也进一步显著提高。

[0072] 4、进一步的，实施例29~38和对比例29~34还对该硫化铜镍矿抑制剂在浮选过程中应用进行具体实施。实施例29~38相对实施例15分别改变了S1步骤和S2步骤中的限定条件，进而使得实施例29~38相对实施例15其浮选效果进一步提升，而实施例35和36达到最佳。而对比例 29~34对S1步骤和S2步骤中的限定条件不在上述范围中，使得其浮选效果劣于实施例15。

[0073] 硫化铜镍矿浮选体系中，荷正电的蛇纹石矿泥易罩盖在荷负电的硫化矿石表面，影响捕收剂在硫化矿表面吸附，因此，调节蛇纹石表面电性使蛇纹石矿泥从硫化矿物表面脱附可实现硫化铜镍矿的高效回收。

[0074] 通过对比不同抑制剂(实施例1、对比例1和对比例2)对硫化铜镍矿物与蛇纹石表面电性的变化示于图1和图2中。

[0075] 结果表明,实施例1提供的抑制剂与六偏磷酸钠均不与硫化铜镍矿物表面发生作用,而蛇纹石表面与实施例1提供的抑制剂具有选择性作用,可显著增强其矿石负电荷,从而强化分散硫化铜镍矿物与蛇纹石,促进硫化铜镍矿的浮选。六偏磷酸钠对蛇纹石表面负电荷作用显著弱于实施例1提供的抑制剂,与硫化铜镍矿物Zeta电位相当,无法分散硫化铜镍矿物与蛇纹石。这也说明,在同等条件下,六偏磷酸钠分选硫化铜镍矿物/蛇纹石效率低于实施例1提供的抑制剂,其他实施例2~14也表现除相同的趋势。

[0076] 图2中CMC虽然能作用于蛇纹石表面,但同时也能与硫化铜镍矿物表面发生一定作用,降低了其对于硫化铜镍矿物与蛇纹石的分选效果。

[0077] 为进一步讨论本发明提供的浮选抑制剂与蛇纹石(镁硅酸盐矿物)的表面作用机制,对蛇纹石表面经药剂作用前后进行XPS测试。

[0078] 图3中未经处理的蛇纹石表面检测不到P的存在。而经实施例1提供的浮选抑制剂处理该蛇纹石后,表面出现了P2p特征峰,经分峰拟合在133.05eV处为Mg-O-P的特征峰,说明该抑制剂中的某些基团与蛇纹石表面的Mg离子发生了络合作用,如磷酸基团。

[0079] 图4为经处理的蛇纹石表面Mg1s特征峰,经KN-15中的聚环氧琥珀酸处理后,出现了新的特征峰位于1303.28eV,属于Mg-COOR的特征吸收峰,说明聚环氧琥珀酸分子中的羧基(-COOH)与蛇纹石表面的Mg离子发生了络合作用。

[0080] 另外,本发明还将蛇纹石采用羟丙基淀粉处理,处理前后蛇纹石表面元素组分含量及价态变化如表5所示。

[0081] 表5蛇纹石经羟丙基淀粉作用前后表面元素价态变化及组分含量

Sample	Element	Peak BE	Atom c%
蛇纹石	C1s	284.8	6.37
	Mg1s	1304.22	23.12
	Si2p	102.48	12.96
蛇纹石+羟丙基淀粉	C1s	284.8	10.29
	Mg1s	1304.20	20.98
	Si2p	102.56	12.31

[0083] 表5结果可知,蛇纹石表面Si2p和Mg1s特征峰未发生有效化学位移,但蛇纹石表面C1s组分含量经羟丙基淀粉作用后显著增加,说明羟丙基淀粉未与蛇纹石表面发生化学吸附,可能是以氢键作用吸附于蛇纹石表面。

[0084] 另外,图7中浊度试验表明,本发明提供的浮选抑制剂对蛇纹石矿泥具有一定的絮凝作用,有助于尾矿后续的沉降,降低过滤成本。

[0085] 因此,综合上述结果表明,在本发明提供的抑制剂中,主要成分包含有机磷酸类化合物和有机酸聚合物,其对硫化铜镍矿浮选过程中脉石矿物表面镁位点具有强烈络合作用,其在选矿领域、尤其是在硫化铜镍矿浮选领域尚未见报导。此外,羟丙基淀粉含有羟基可与脉石矿物表面产生氢键作用。该抑制剂在矿浆中选择性抑制脉石矿物,选择性分散硫化矿物与镁硅酸矿物的同时对镁硅酸矿物有一定絮凝作用,可显著提高硫化铜镍矿精矿品

位及回收率,并且有助于尾矿过滤。该抑制剂中三种组分都能吸附在镁硅酸盐矿物蛇纹石表面,组合使用可以产生协同作用,强化硫化矿石与蛇纹石之间的分离。

[0086] 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,可轻易想到的变化或替换,都应涵盖在本发明的保护范围之内。

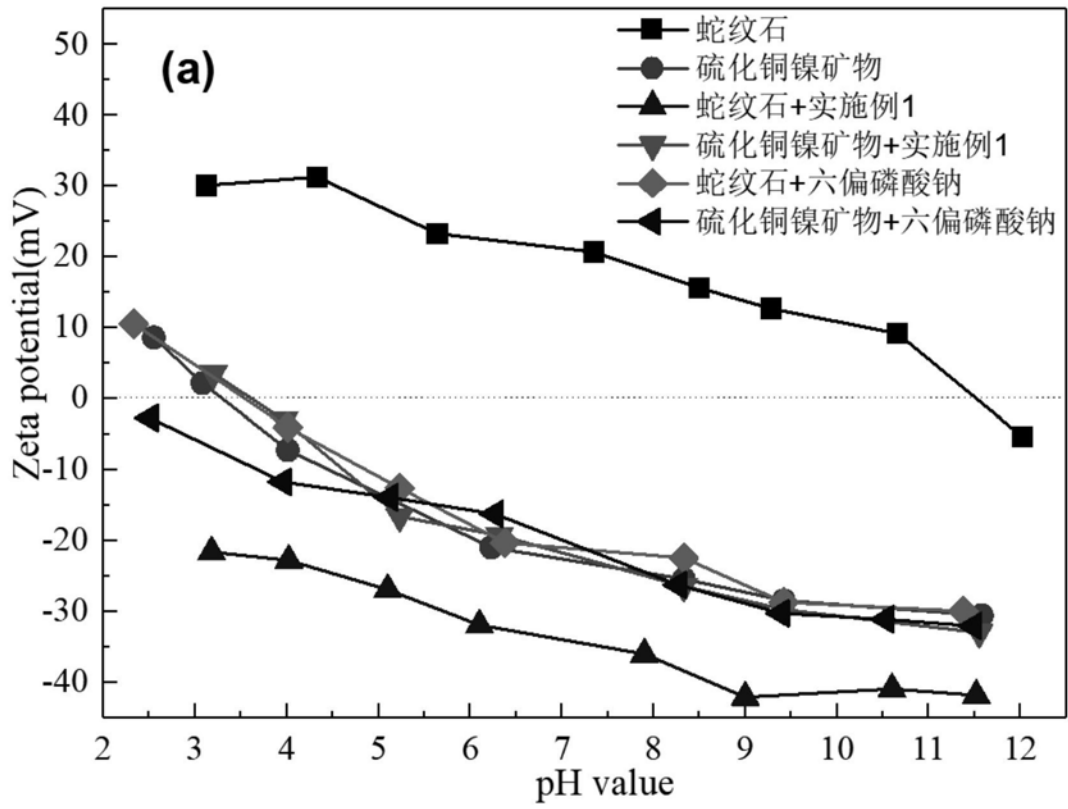


图1

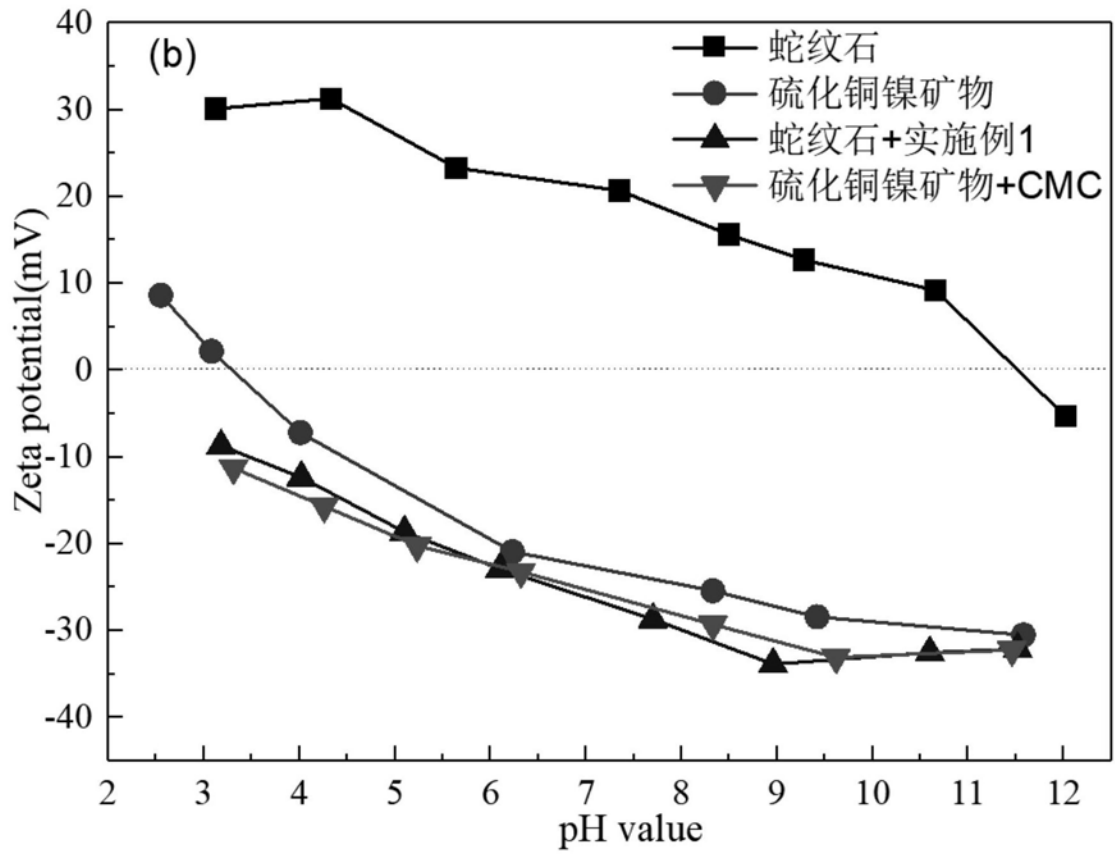


图2



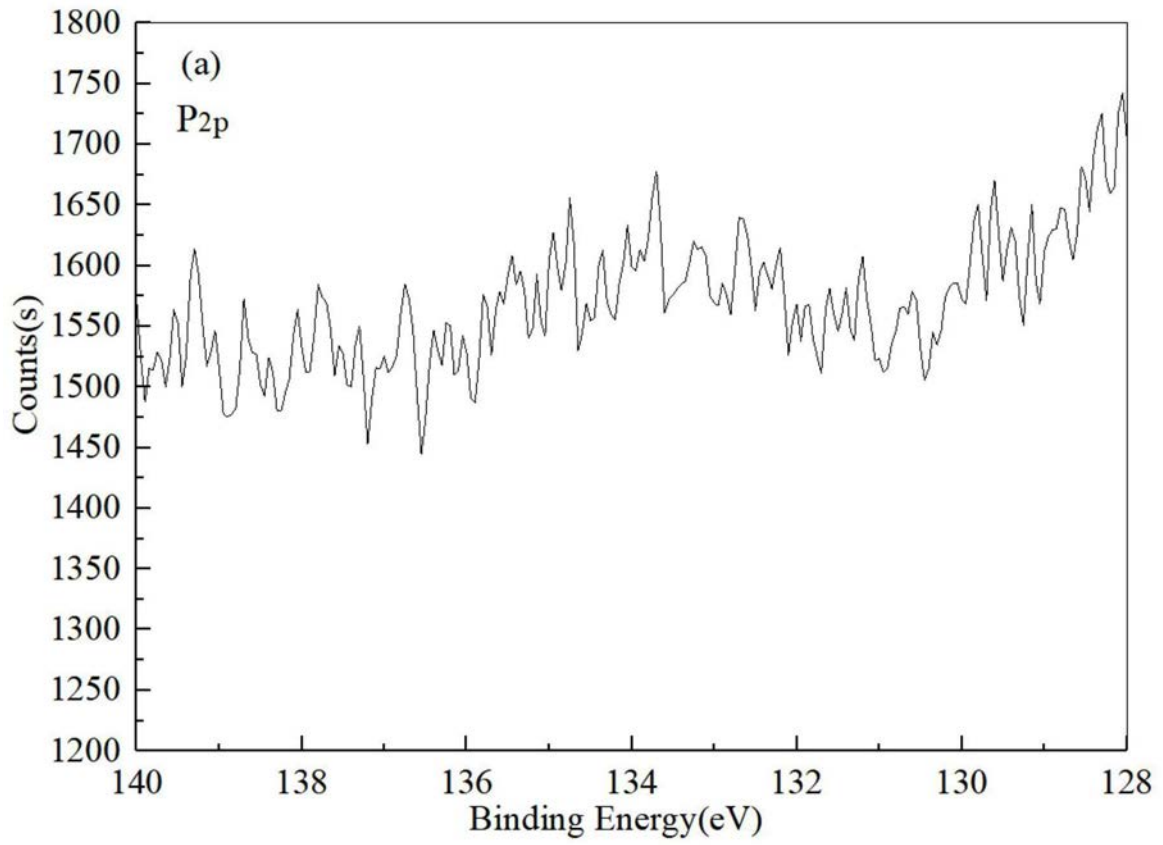


图3

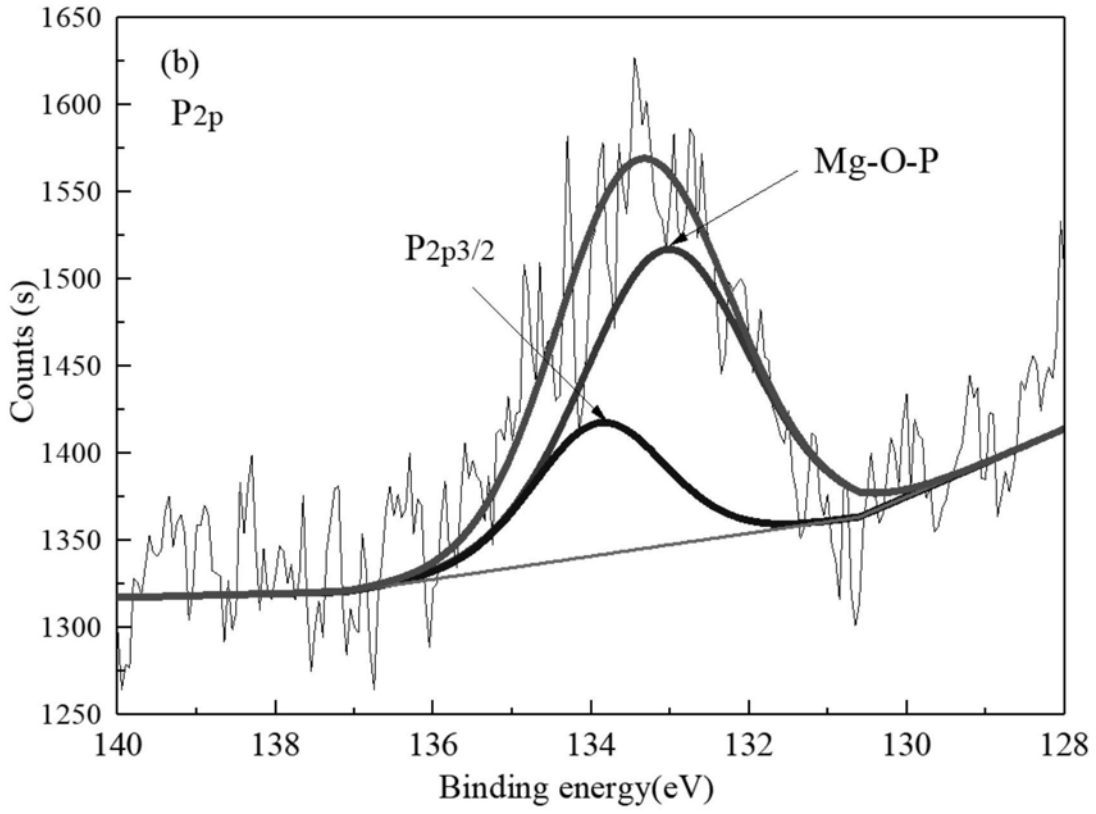


图4

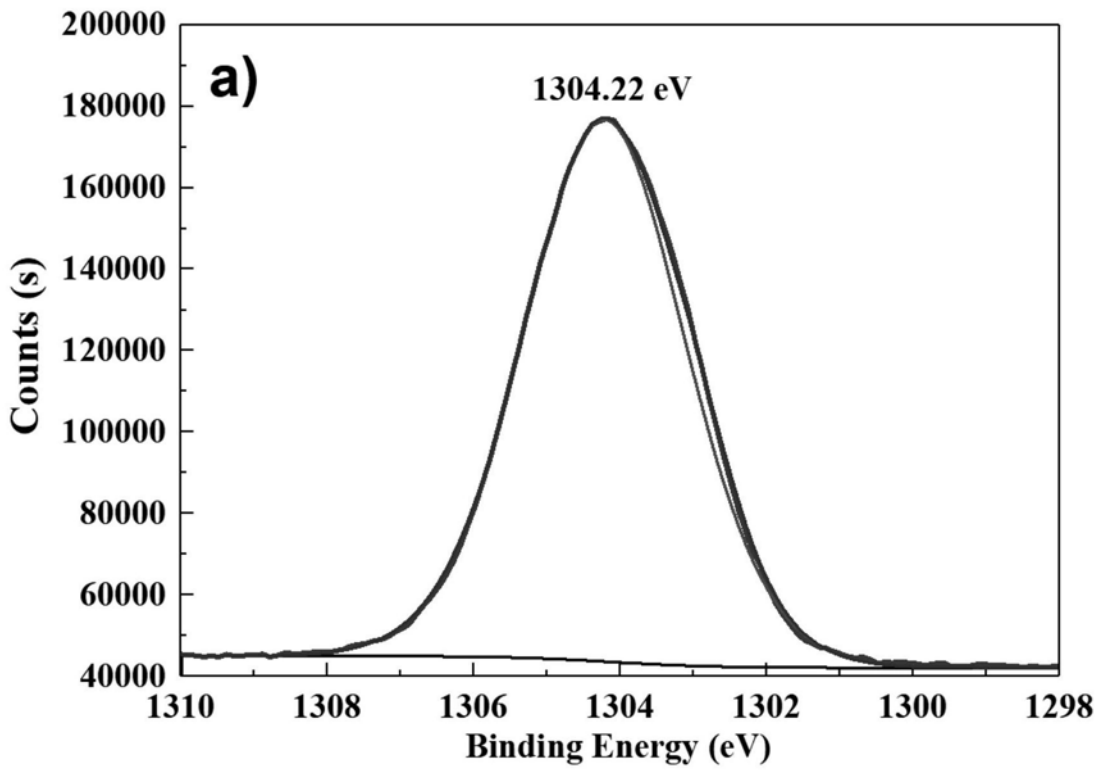


图5

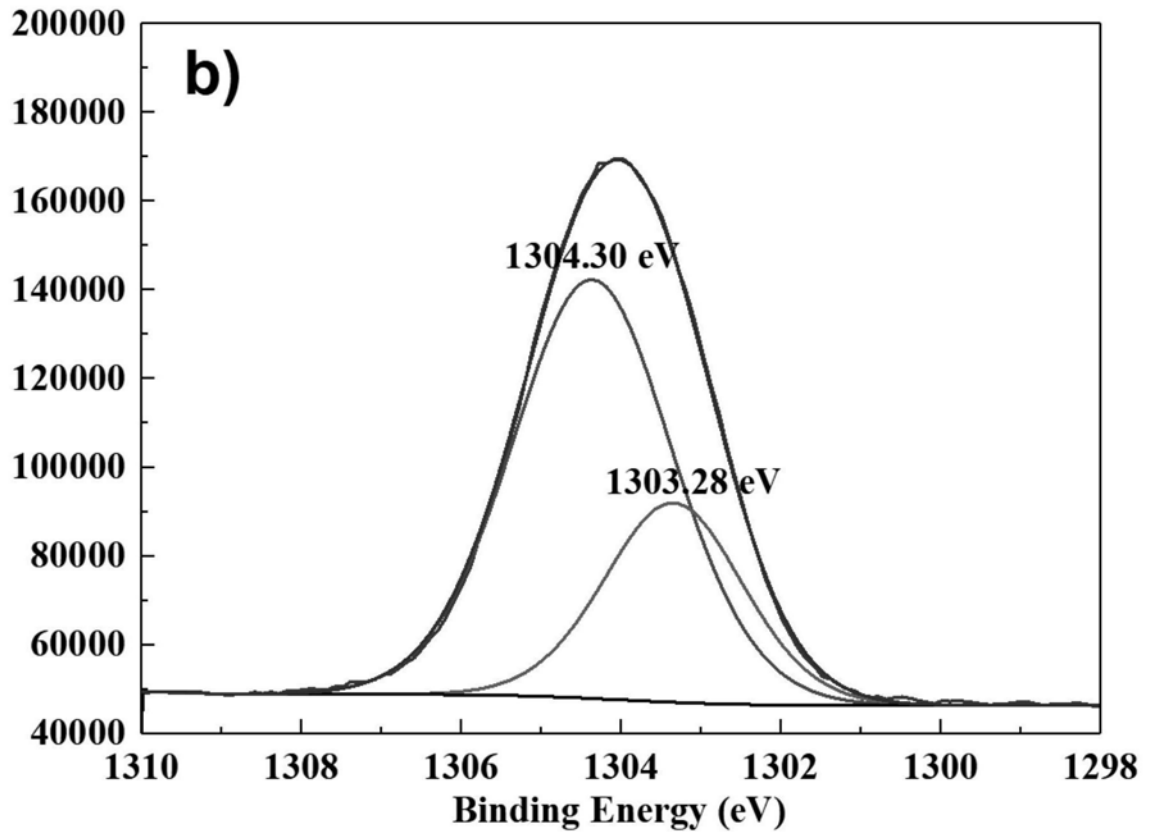


图6

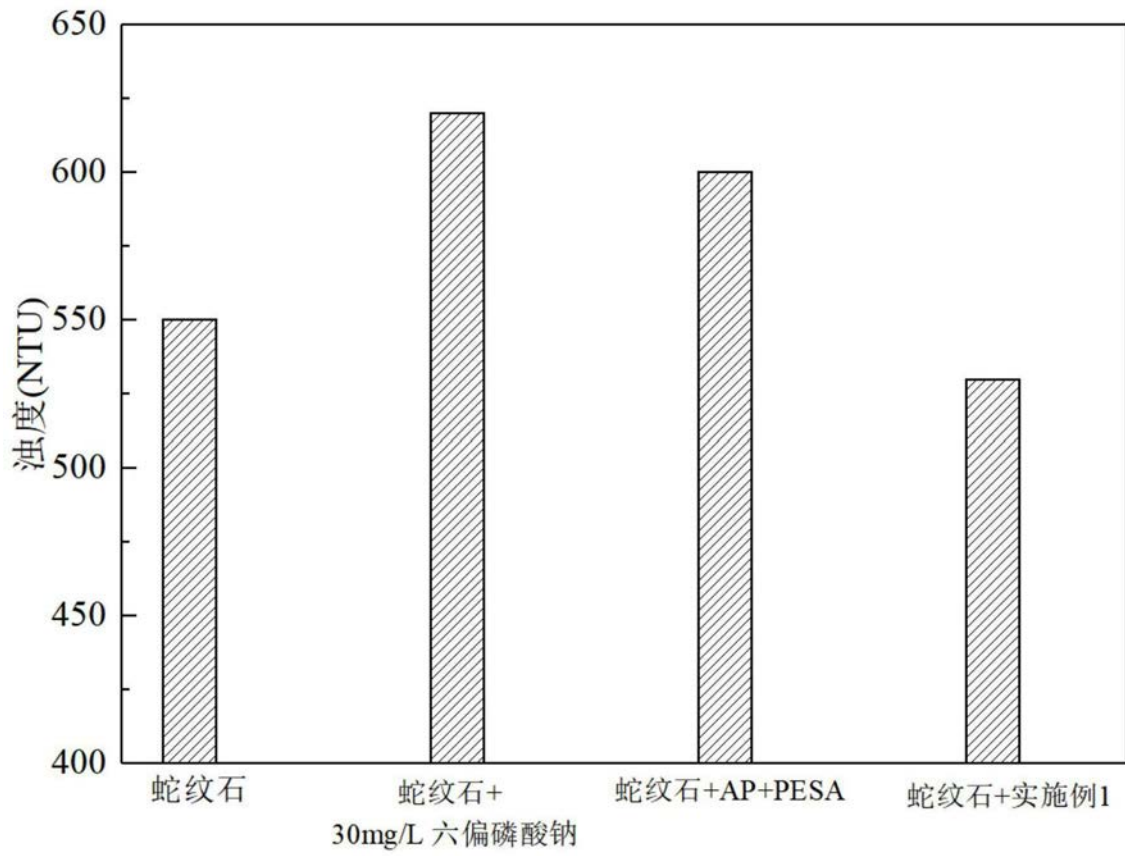


图7