



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 105548334 A

(43) 申请公布日 2016. 05. 04

(21) 申请号 201610059352. 3

(22) 申请日 2016. 01. 28

(71) 申请人 河南省岩石矿物测试中心
地址 450012 河南省郑州市金水路 28 号

(72) 发明人 王琳 连文莉 来新泽 闫红岭
刘军 刘春霞

(74) 专利代理机构 郑州优盾知识产权代理有限公司 41125

代理人 孙诗雨

(51) Int. Cl.
G01N 27/62(2006. 01)

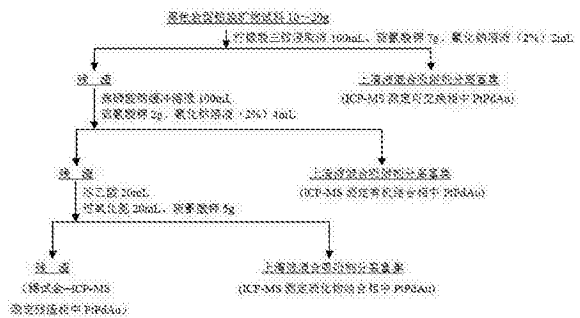
权利要求书1页 说明书7页 附图3页

(54) 发明名称

黑色岩型铂族矿物中 Pt、Pd、Au 的相态分析方法

(57) 摘要

本发明公开了一种黑色岩型铂族矿物中 Pt、Pd、Au 的相态分析方法, 结合黑色岩的矿物组成、贵金属元素在该类矿物中的富集形式以及贵金属元素的性质, 同时参照铂钯金活动态的分析方法, 将黑色岩中 Pt、Pd、Au 的赋存相态划分为可交换相、有机结合相、硫化物结合相、残渣相四个相态, 通过研制新型解吸剂—硫氰酸钾—氰化钠, 抑制了有机质和炭质对各相态中 Pt、Pd、Au 的吸附。分别用 5% 柠檬酸三铵、焦磷酸钠缓冲溶液、冰乙酸—过氧化氢浸取可交换相、有机结合相、硫化物结合相中 Pt、Pd、Au, ICP-MS 准确测定各相态中 Pt、Pd、Au 的含量, 为地质找矿及黑色岩中贵金属元素的综合利用提供理论依据。



1. 一种黑色岩型铂族矿物中Pt、Pd、Au的相态分析方法,其特征在于:结合黑色岩的矿物组成、贵金属元素在该类矿物中的富集形式以及贵金属元素的性质,同时参照铂钯金活动态的分析方法,将黑色岩中Pt、Pd、Au的赋存相态划分为可交换相、有机结合相、硫化物结合相、残渣相四个相态,具体相态分析方法步骤如下:

(1)准确称取黑色岩铂族矿物10.0g于250mL塑料离心杯中,加柠檬酸三铵浸取液100mL,再加入7g硫氰酸钾及氰化钠溶液2mL,充分搅拌均匀,置于35℃恒温水浴中振荡8小时,取下,于离心机离心20分钟,上清液置于250mL锥形瓶中,残渣水洗,于离心机离心10分钟,弃去水相,残渣备用;

(2)向步骤(1)得到的上清液中加入20mL盐酸,煮沸至溶液体积为45mL~55mL,补加20mL盐酸,定容至200mL后,倒入制作好的吸附柱中,滤速为10~15mL/min,减压抽滤,抽干后,用盐酸洗涤锥形瓶及滤饼各3次,每次10 mL,再用蒸馏水洗涤吸附柱,每次10 mL,洗涤2次,抽干,取出滤饼,将其放入20mL瓷坩埚中,置于马弗炉内,升温到650℃至灰化完全,取出瓷坩埚,冷却,加入10mL王水置于180℃电热板加热提取,冷却,定容至100mL,摇匀,利用ICP-MS测定可交换相中Pt、Pd、Au;

(3)向步骤(1)所得残渣中加入100mL焦磷酸钠缓冲溶液,2g硫氰酸钾及氰化钠溶液4mL,充分搅拌均匀,置于90℃恒温水浴中振荡2小时,取下,于离心机离心20分钟,上清液置于250mL锥形瓶中,残渣水洗,于离心机上,离心10分钟,弃去水相,残渣备用;

(4)向步骤(3)得到的上清液中加入20mL盐酸,煮沸至溶液体积约为50mL,以下操作同步骤(2),利用ICP-MS测定有机结合相中Pt、Pd、Au;

(5)将步骤(3)所得残渣于100℃烘干,移入瓷方舟,500℃灼烧4小时,冷却,转入250mL塑料离心杯中,加入20mL冰乙酸,60mL纯水,再加入5g硫氰酸钾,充分搅匀,置于95℃恒温水浴中振荡4小时,振荡过程中,每小时加入5mL过氧化氢,共加入20mL过氧化氢,取下,于离心机离心20分钟,上清液置于250mL锥形瓶中,残渣水洗,于离心机离心10分钟,弃去水相,残渣备用;

(6)向步骤(5)得到的上清液中加入20mL盐酸,煮沸至溶液体积为45mL~55 mL,以下操作同步骤(2),利用ICP-MS测定硫化物结合相中Pt、Pd、Au;

(7)将步骤(5)所得残渣于105℃烘干,研磨,全部放入试金坩埚,采用锡试金分离富集—ICP-MS测定黑色岩残渣相中Pt、Pd、Au。

2. 根据权利要求1所述的黑色岩型铂族矿物中Pt、Pd、Au的相态分析方法,其特征在于:所述步骤(1)中柠檬酸三铵浸取液的质量浓度为5%。

3. 根据权利要求1所述的黑色岩型铂族矿物中Pt、Pd、Au的相态分析方法,其特征在于:所述步骤(1)和步骤(3)中氰化钠溶液的质量浓度为2%。

4. 根据权利要求1所述的黑色岩型铂族矿物中Pt、Pd、Au的相态分析方法,其特征在于:所述步骤(2)中盐酸的质量浓度为5%,温度为50℃~70℃。

5. 根据权利要求1所述的黑色岩型铂族矿物中Pt、Pd、Au的相态分析方法,其特征在于:所述步骤(2)中蒸馏水的温度为60℃~80℃。

6. 根据权利要求1所述的黑色岩型铂族矿物中Pt、Pd、Au的相态分析方法,其特征在于:所述离心时离心机的转速为4000r/min。

黑色岩型铂族矿物中Pt、Pd、Au的相态分析方法

技术领域

[0001] 本发明属于矿床分析技术领域,具体涉及一种黑色岩型铂族矿物中Pt、Pd、Au的相态分析方法。

背景技术

[0002] 目前对铂族元素矿床的主要类型及分布规律、矿床类型的基本特征,PGE富集规律等的研究还远远不够,铂族元素矿床的分类尚未成型。根据岩石学、矿物学和地球化学研究结果,现将我国铂族元素主要分为岩浆成因、岩浆热液成因和沉积成因三大类矿床。不同地质年代的黑色页岩多金属成矿作用目前成为地质工作者关注的焦点,特别是发现黑色岩中的金属矿床伴生有铂族元素和高含量的有机碳。根据对黑色岩化学成分研究结果,表明黑色页岩是铂族元素的重要容矿岩石,铂族元素常与有机质伴生,有机质对铂族元素的富集具有重要意义。该类矿床属于典型沉积成因矿物,也就是外生型铂族元素矿床,是在外生地质作用下形成的铂族元素矿床。铂族元素在该类矿物中赋存形式目前很多地质工作者主要从地层结构、PGE随层位变化的规律性研究铂族元素的成矿机理,而其在该类矿物中的分布及富集形式目前并不十分清楚,这也是造成黑色岩中铂族元素测定不稳定的主要原因。

[0003] 近十几年来,国内外地质工作者十分注意研究不同地质年代的黑色岩多金属成矿作用,特别是发现黑色岩中的金属矿床伴生有铂族元素和高含量的有机碳。该类矿床是除岩浆岩型PGE矿床外的一种非传统PGE矿床类型。通过研究Pt、Pd、Au在黑色岩中的分布状态,能够了解元素不同亲和性的差异,了解Pt、Pd、Au在低温条件下的活化、迁移和沉淀富集规律,为研究黑色岩中贵金属元素所处的地球化学环境及其成矿规律提供了重要信息。

[0004] 2011年,韩涛等采用逐级化学提取法对贵州遵义黑色岩系多金属层中铂族元素的赋存形式开展了研究,认为样品中的PGE可能呈可交换结合态、有机质结合态、碳酸盐结合态、硫化物结合态和残渣结合态存在。由于黑色岩中存在大量的碳和有机质,对PGE有较强的吸附作用,在浸取可交换结合态时浸取剂无法有效浸取其中PGE。采用重液分离碳和有机质,由于矿物中的碳颗粒太细,即使样品粒度达到600目,也无法使碳和矿物相完全分离。因此,可交换结合态和有机质结合态中PGE还不到PGE总量的5%,而在硫化物结合态和残渣结合态中的PGE占总量的90%以上。

发明内容

[0005] 本发明的目的提供一种黑色岩型铂族矿物中Pt、Pd、Au的相态分析方法,彻底解决了黑色岩中PGE测定不稳定问题,为地质找矿提供更加准确的信息。

[0006] 为实现上述目的,本发明采用以下技术方案:

一种黑色岩型铂族矿物中Pt、Pd、Au的相态分析方法,结合黑色岩的矿物组成、贵金属元素在该类矿物中的富集形式以及贵金属元素的性质,同时参照铂钯金活动态的分析方法,将黑色岩中Pt、Pd、Au的赋存相态划分为可交换相、有机结合相、硫化物结合相、残渣相四个相态,具体相态分析方法步骤如下:

(1)准确称取黑色岩铂族矿物10.0g于250mL塑料离心杯中,加柠檬酸三铵浸取液100mL,再加入7g硫氰酸钾及氰化钠溶液2mL,充分搅拌均匀,置于35℃恒温水浴中振荡8小时,取下,于离心机离心20分钟,上清液置于250mL锥形瓶中,残渣水洗,于离心机离心10分钟,弃去水相,残渣备用;

(2)向步骤(1)得到的上清液中加入20mL盐酸,煮沸至溶液体积为45mL~55mL,补加20mL盐酸,定容至200mL后,倒入制作好的吸附柱中,滤速为10~15mL/min,减压抽滤,抽干后,用盐酸洗涤锥形瓶及滤饼各3次,每次10 mL,再用蒸馏水洗涤吸附柱,每次10 mL,洗涤2次,抽干,取出滤饼,将其放入20mL瓷坩埚中,置于马弗炉内,升温到650℃至灰化完全,取出瓷坩埚,冷却,加入10mL王水置于180℃电热板加热提取,冷却,定容至100mL,摇匀,利用ICP-MS测定可交换相中Pt、Pd、Au;

(3)向步骤(1)所得残渣中加入100mL焦磷酸钠缓冲溶液,2g硫氰酸钾及氰化钠溶液4mL,充分搅拌均匀,置于90℃恒温水浴中振荡2小时,取下,于离心机离心20分钟,上清液置于250mL锥形瓶中,残渣水洗,于离心机上,离心10分钟,弃去水相,残渣备用;

(4)向步骤(3)得到的上清液中加入20mL盐酸,煮沸至溶液体积约为50mL,以下操作同步骤(2),利用ICP-MS测定有机结合相中Pt、Pd、Au;

(5)将步骤(3)所得残渣于100℃烘干,移入瓷方舟,500℃灼烧4小时,冷却,转入250mL塑料离心杯中,加入20mL冰乙酸,60mL纯水,再加入5g硫氰酸钾,充分搅匀,置于95℃恒温水浴中振荡4小时,振荡过程中,每小时加入5mL过氧化氢,共加入20mL过氧化氢,取下,于离心机离心20分钟,上清液置于250mL锥形瓶中,残渣水洗,于离心机离心10分钟,弃去水相,残渣备用;

(6)向步骤(5)得到的上清液中加入20mL盐酸,煮沸至溶液体积为45mL~55 mL,以下操作同步骤(2),利用ICP-MS测定硫化物结合相中Pt、Pd、Au;

(7)将步骤(5)所得残渣于105℃烘干,研磨,全部放入试金坩埚,采用锡试金分离富集—ICP-MS测定黑色岩残渣相中Pt、Pd、Au。

[0007] 所述步骤(1)中柠檬酸三铵浸取液的质量浓度为5%。

[0008] 所述步骤(1)和步骤(3)中氰化钠溶液的质量浓度为2%。

[0009] 所述步骤(2)中盐酸的质量浓度为5%,温度为50℃~70℃。

[0010] 所述步骤(2)中蒸馏水的温度为60℃~80℃。

[0011] 所述离心时离心机的转速为4000r/min。

[0012] 本发明的有益效果:黑色岩型铂族矿物化学相态分析方法的建立,从化学角度查明了Pt、Pd、Au在各相态存在的量,彻底解决了黑色岩中PGE测定不稳定问题,为地质找矿提供更加准确的信息。同时利用“依黑找黑”及Pt、Pd、Au在各相态的分布,开拓了找矿思路,在我国实现铂族元素矿床的找矿新突破,彻底缓解我国铂族矿床资源的匮乏的局面。本方法根据黑色岩的成矿机理、矿物性质及矿物组成,将黑色岩中铂族元素的赋存状态划分为:可交换相、有机结合相、硫化物结合相、残渣相。通过研制新型解吸剂—硫氰酸钾-氰化钠,使Pt、Pd、Au在有氧的条件下,与氰化物络合暴露于硫氰酸钾-氰化钠混合解吸剂中,而被各相态浸取剂有效浸取, $2Au+4NaCN+O_2+2H_2O \longrightarrow 2NaAu(CN)_2+2NaOH$,抑制了有机质和炭质对各相态中Pt、Pd、Au的吸附。分别用5%柠檬酸三铵、焦磷酸钠缓冲溶液、冰乙酸-过氧化氢浸取可交换相、有机结合相、硫化物结合相中Pt、Pd、Au,利用717阴离子交换树脂-活性炭混合吸

附剂分离干扰元素,ICP-MS准确测定各相态中Pt、Pd、Au的含量。基本了解Pt、Pd、Au在黑色岩各相态的分布,为地质找矿及黑色岩中贵金属元素的综合利用提供理论依据。

[0013] 目前,在我国四川万源—重庆城口地区、湖南大庸和慈利地区、贵州遵义、以及云南沾益德泽、江西都昌、浙江诸暨和桐庐等地的黑色岩系内发现了不同规模铂族元素矿化。本发明的方法适应于各地区黑色岩样品中Pt、Pd、Au的相态分析。

附图说明

[0014] 图1为本发明相态分析的流程图。

[0015] 图2为黑色岩型铂族矿物中Pt相态分布图。

[0016] 图3为黑色岩型铂族矿物中Pd相态分布图。

[0017] 图4为黑色岩型铂族矿物中Au相态分布图。

具体实施方式

[0018] 采集我国贵州纳雍水东乡、遵义黄家湾、湖南张家界的田家湾、桐木山、三岔坪各类黑色岩型铂族矿物,采用变频正反转不锈钢球磨机破碎至200目,充分混匀,储存于塑料瓶中备用。原矿经光、薄片等岩矿鉴定分析,得到矿物成份及目估含量,见表1。

[0019] 表1样品岩矿鉴定结果(光片)

样号	样品特征	矿物性质	金属矿物及含量	脉石矿物
HZY1	贵州遵义黄家湾铂族矿	含粉砂白云质炭泥质铁质岩	黄铁矿 10~15%, 针铁矿 少量, 方铅矿 少量	粘土矿物、炭质、粉砂、白云石
HNY1	贵州纳雍水东铂族矿	铁质粉砂质炭质泥岩	黄铁矿 15~20%, 铂钨矿 少量, 辉钨矿 少量, 闪锌矿 少量, 方铅矿 少量	粘土矿物、炭质、粉砂
HTY1	湖南田家湾	炭泥质黄铁矿铁质岩	黄铁矿 35~40%	石英、炭泥质等
HMY2	湖南桐木山	含黄铁矿粉晶白云岩	黄铁矿 4~6%	白云石、粘土矿物等
HSH12	湖南三岔坪	黑色铁质泥岩	黄铁矿 30~35%, 黄铜矿 2~3%, 闪锌矿 少量	粘土矿物、碳酸盐、石英等

1、黑色岩中Pt、Pd、Au全量分析方法

(锡试金富集—ICP-MS测定Pt Pd Au)

称取试样10~20g,精确至0.1g,将试样和试金配料(碳酸钠20g、碳酸钾20g、硼砂25g、二氧化硅25g、锡粉20g、面粉2g、氟化钙2g、硝酸钾10 g)混匀后放入黏土坩埚中,并均匀添加带还原性质的覆盖剂(轻质氧化镁+碳化硅),在1130℃熔融55分钟。把熔融体倒入铁模中,取出锡扣、压扁,放入磨口锥形瓶中。加入40 mLHCl,装上风冷管,在120℃电热板上微沸分解至溶液清亮,取下,补加40ml纯水,稍冷,用0.45μm的微孔滤膜过滤,沉淀及锥形瓶用5%的HCl洗涤5~6遍。将沉淀及滤膜放入原锥形瓶中,加入王水10mL,在风冷管的保护下,于低温电热板上加热溶解至溶液澄清,取下,定溶于50mL比色管中。以Lu为内标元素,用ICP-MS测定Pt、Pd、Au的含量。

[0020] 2、黑色岩型铂族矿物中Pt、Pd、Au的相态分析方法,结合黑色岩的矿物组成、贵金属元素在该类矿物中的富集形式以及贵金属元素的性质,同时参照铂钯金活动态的分析方

法,将黑色岩中Pt、Pd、Au的赋存相态划分为可交换相、有机结合相、硫化物结合相、残渣相四个相态,如图1所示,具体相态分析方法步骤如下:

(1)准确称取黑色岩铂族矿物10.0g于250mL塑料离心杯中,加柠檬酸三铵浸取液(质量浓度为5%)100mL,再加入7g硫氰酸钾及氰化钠溶液(质量浓度为2%)2mL,充分搅拌均匀,置于35℃恒温水浴中振荡8小时,取下,于离心机离心20分钟,上清液置于250mL锥形瓶中,残渣水洗,于离心机离心10分钟,弃去水相,残渣备用;

(2)向步骤(1)得到的上清液中加入20mL盐酸,煮沸至溶液体积为45mL~55mL,补加20mL盐酸,定容至200mL后,倒入制作好的吸附柱中,滤速为10~15mL/min,减压抽滤,抽干后,用盐酸(质量浓度为5%,温度为50℃~70℃)洗涤锥形瓶及滤饼各3次,每次10 mL,再用蒸馏水(温度为60℃~80℃)洗涤吸附柱,每次10 mL,洗涤2次,抽干,取出滤饼,将其放入20mL瓷坩埚中,置于马弗炉内,升温到650℃至灰化完全,取出瓷坩埚,冷却,加入10mL王水置于180℃电热板加热提取,冷却,定容至100mL,摇匀,利用ICP-MS测定可交换相中Pt、Pd、Au;

(3)向步骤(1)所得残渣中加入100mL焦磷酸钠缓冲溶液,2g硫氰酸钾及氰化钠溶液(质量浓度为2%)4mL,充分搅拌均匀,置于90℃恒温水浴中振荡2小时,取下,于离心机离心20分钟,上清液置于250mL锥形瓶中,残渣水洗,于离心机上,离心10分钟,弃去水相,残渣备用;

(4)向步骤(3)得到的上清液中加入20mL盐酸,煮沸至溶液体积约为50mL,以下操作同步骤(2),利用ICP-MS测定有机结合相中Pt、Pd、Au;

(5)将步骤(3)所得残渣于100℃烘干,移入瓷方舟,500℃灼烧4小时,冷却,转入250mL塑料离心杯中,加入20mL冰乙酸,60mL纯水,再加入5g硫氰酸钾,充分搅匀,置于95℃恒温水浴中振荡4小时,振荡过程中,每小时加入5mL过氧化氢,共加入20mL过氧化氢,取下,于离心机离心20分钟,上清液置于250mL锥形瓶中,残渣水洗,于离心机离心10分钟,弃去水相,残渣备用;

(6)向步骤(5)得到的上清液中加入20mL盐酸,煮沸至溶液体积为45mL~55 mL,以下操作同步骤(2),利用ICP-MS测定硫化物结合相中Pt、Pd、Au;

(7)将步骤(5)所得残渣于105℃烘干,研磨,全部放入试金坩埚,采用锡试金分离富集—ICP-MS测定黑色岩残渣相中Pt、Pd、Au。

[0021] 上述各步骤中离心时离心机的转速为4000r/min。

[0022] 吸附柱的制作:向20个吸附柱(Φ32mm)中分别加入15mL 0.5%定量滤纸纸浆并压紧。在600mL0.5%的纸浆中加入处理好的5%717阴离子交换树脂30mL及活性炭2g,搅匀,然后每次15mL分2次分别将其加入20个吸附柱,减压抽滤,压紧。

[0023] 3、各相态的回收率

黑色岩中贵金属的测定目前为止不仅没有物相、相态相关的分析方法,就是黑色岩中贵金属全量都没有相关的标准分析方法,也没有相应的标准物质。因此本方法所研究的Pt、Pd、Au相态分析方法,其准确性只能通过加标回收来确定方法的准确度。取10g HNY1、HZY1、HTY1三个不同地区、不同类型的黑色岩样品,分别加入相应量的Pt、Pd、Au标准溶液,按各相态的提取方法进行加标回收实验,其结果见表2。

[0024] 表2各相态的回收率

相态	样品号	元素	测定值 mg/g	%			回收率 %
				所含待测元素的量	加入量	测得量	
可交换相	HZY1	Pt	38.9	389	500	372	96.6
		Pd	38.6	386	500	347	92.2
		Au	8.00	80.0	100	171	91.0
	HNY1	Pt	38.5	385	500	355	94.0
		Pd	47.0	470	500	936	93.2
		Au	6.49	64.9	50	110	90.2
	HI Y1	Pt	83.2	832	1000	1752	92.0
		Pd	110	1100	1000	2058	95.8
		Au	5.72	57.2	50	102	89.6
有机结合相	HZY1	Pt	39.9	399	500	381	96.4
		Pd	38.5	385	500	365	96.0
		Au	7.40	74.0	100	165	91.0
	HNY1	Pt	55.0	550	500	1012	92.4
		Pd	44.5	445	500	932	97.4
		Au	5.19	51.9	50	97.7	91.6
	HI Y1	Pt	156	1560	2000	3521	98.1
		Pd	175	1750	2500	4137	95.5
		Au	5.48	54.8	50	101	92.4
硫化物结合相	HZY1	Pt	71.1	711	1000	1678	96.7
		Pd	77.3	773	1000	1752	97.9
		Au	119	1190	1000	2182	99.2
	HNY1	Pt	75.3	753	1000	1695	94.2
		Pd	96.1	961	1000	1895	93.4
		Au	111	1110	1000	2085	97.5
	HI Y1	Pt	175	1750	2500	4152	96.1
		Pd	211	2110	2500	4627	101
		Au	218	2180	2500	4521	93.6

由试验可知,通过在浸取剂中加入研制的解吸剂,基本能够有效抑制有机碳、游离碳对Pt、Pd、Au吸附,使Pt的回收率达到92.0%~98.1%、Pd的回收率达到92.2%~101%,Au在可交换相和有机结合相回收率稍有不足,但也能够达到89.6%~99.2%,满足相关规范要求。

[0025] 4、各相态及全量方法的检出限和精密度

取黑色岩HZY1样品,按各相态的分析方法分别进行12次提取试验,用所测结果统计方法的精密度。同样,按各相态的提取流程,做20次空白实验,定义测定值的3倍标准偏差作为方法的检出限,同时考虑试样的称样量及稀释倍数,计算各相态的检出限。结果见表3。

[0026] 表3 各相态检出限(3σ)和精密度(RSD%)

元素相态	Pt		Pd		Au	
	RSD %	3σ (mg/kg)	RSD %	3σ (mg/kg)	RSD %	3σ (mg/kg)
可交换相	9.26	0.201	12.3	0.203	14.1	0.385
有机结合相	16.3	0.200	11.0	0.202	16.2	0.415
硫化物结合相	12.7	0.132	5.78	0.203	8.64	0.312
残渣相	8.98	0.082	7.36	0.103	6.18	0.181

5、样品相态分析

(1)样品相态分析结果

采用本方法的相态提取流程,对贵州纳雍水东乡(HNY1)、遵义黄家湾(HZY1)、湖南张家界的田家湾(HTY1)、桐木山(HMY2)、三岔坪(HSH12)5个典型黑色岩样品进行Pt、Pd、Au相态分析,并进行综合评价,见表4。由结果可知,各元素各相态浸取之和与样品各元素的总量之比Pt为94.4%~101%、Pd为95.8%~101%、Au为96.7%~102%。该指标完全满足目前形态及相态分析采用的分量之和与总量之比在70%~120%的技术要求,说明研究的方法具有较好的准确性和重现性。

[0027] 表4样品相态分析结果

元素	样品号	可交换相	有机结合相	硫化物结合相	残渣相	总相	全量	总相/全量 (%)
Pt	HZY1	38.9	39.9	71.1	137	287	304	94.4
	HNY1	38.5	55.0	75.3	130	299	302	99.0
	HTY1	83.3	156	175	157	571	568	101
	HMY2	36.3	65.3	30.1	114	246	253	97.2
	HSH12	32.5	65.2	84.4	98.2	280	281	100
Pd	HZY1	38.6	38.5	77.3	110	264	271	97.4
	HNY1	47.0	44.5	96.1	121	309	314	98.4
	HTY1	110	175	211	201	697	701	99.4
	HMY2	53.7	91.7	43.5	135	323	318	101
	HSH12	38.9	79.5	104	134	356	362	95.8
Au	HZY1	8.00	7.40	119	100	234	242	96.7
	HNY1	6.49	5.19	111	729	197	203	97.0
	HTY1	3.72	5.48	218	149	378	383	98.7
	HMY2	3.64	13.1	26.7	104	177	182	97.3
	HSH12	4.57	4.42	82.3	73.7	165	162	102

(2)黑色岩型铂族矿物中Pt、Pd、Au相态分布

根据样品相态分析的结果,可以得到黑色岩型铂族矿物中Pt、Pd、Au在各相态中的分布图见图2、图3、图4。

[0028] 从黑色岩型铂族矿物中Pt、Pd、Au在各相态中的分布情况可知:

(a)、结合岩矿鉴定的结果可知,HMY2样品中硫化矿(主要为黄铁矿)含量最低,Pt、Pd、Au在该样品硫化物结合相的分布也明显低于其他样品。说明黑色岩铂族矿物中Pt、Pd、Au具有亲硫性,而且其在该矿物相分布的量与硫化物的含量有一定的相关性。

[0029] (b)Pt、Pd、Au在有机结合相中的分布仅次于硫化物结合相的分布,说明Pt、Pd、Au的富集除了与硫化物有关之外,还与有机碳的吸附有关。但Pt、Pd、Au在有机结合相中的分布与有机碳、全碳的含量没有明显的相关性,而与黑色岩存在的地区有关,也就是说,同一个地区Pt、Pd、Au在有机结合相中的分布比例较为接近。说明:1)有机碳富集Pt、Pd、Au的能力很强,Pt、Pd、Au的富集只与有机碳是否存在有关,与其含量没有明显的相关性;2)Pt、Pd、Au的富集与黑色岩型铂族矿物形成的地质条件、地质背景有关。该研究结论与一些学者推断PGE的富集与有机碳有关的结论吻合。

[0030] (c)黑色岩中Pt、Pd除了在硫化物结合相和有机结合相中分布,在可交换相中也存在一部分Pt、Pd。说明在温暖和潮湿的环境下,Pt、Pd会以化合物或配合物的形式吸附在粘土矿物表面或在粘土矿物层间存在。Au在可交换相和有机结合相中的分布较低,是因为Au主要与硫化物伴生,而且会有一部分以单质Au的形式存在,结构较为紧密、稳定。

[0031] (d)从试验结果可知,Pt、Pd、Au在残渣相中的分布较高,其中一部分可能是由于被硅酸盐包裹而带入,更主要的是说明在黑色岩中还有一部分Pt、Pd、Au是以金属互化物相和独立矿物的形式存在。

[0032] 黑色岩型铂族矿物化学相态分析方法的建立,从化学角度查明了Pt、Pd、Au在各相态存在的量,彻底解决了黑色岩中PGE测定不稳定问题,为地质找矿提供更加准确的信息。同时利用“依黑找黑”及Pt、Pd、Au在各相态的分布,开拓了找矿思路,完全有可能在我国实现铂族元素矿床的找矿新突破,彻底缓解我国铂族矿床资源的匮乏的局面。

[0033] 以上显示和描述了本发明的基本原理和主要特征以及本发明的优点。本行业的技术人员应该了解,本发明不受上述实施例的限制,上述实施例和说明书中描述的只是说明本发明的原理,在不脱离本发明精神和范围的前提下,本发明还会有各种变化和改进,这些变化和改进都落入要求保护的本发明范围内。本发明要求保护范围由所附的权利要求书及其等效物界定。

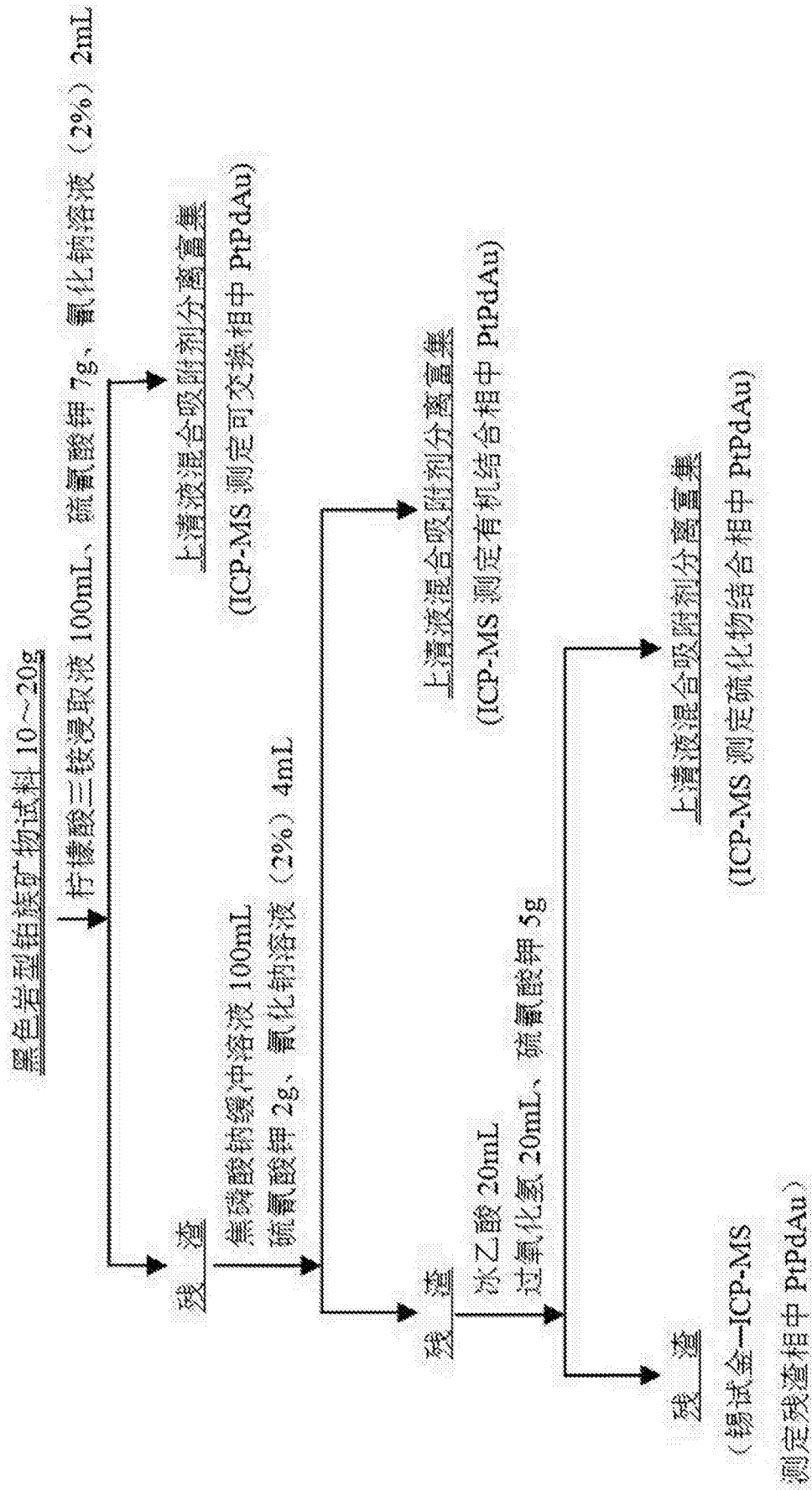


图1

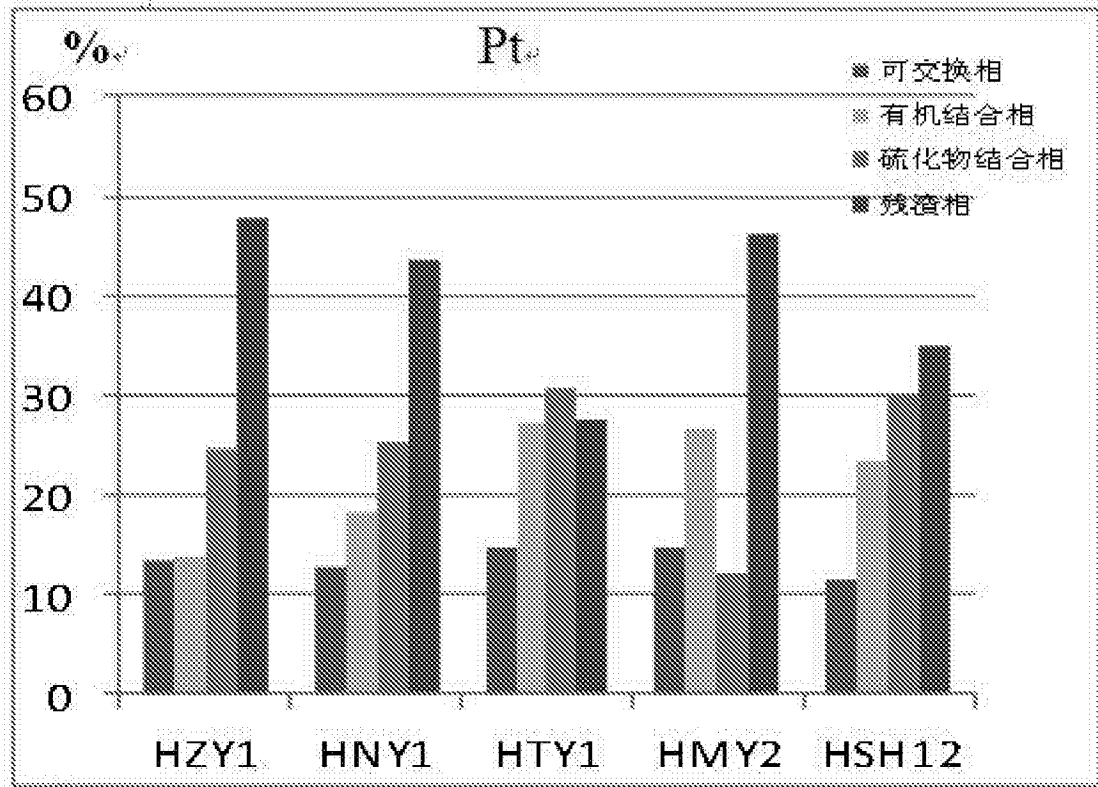


图2

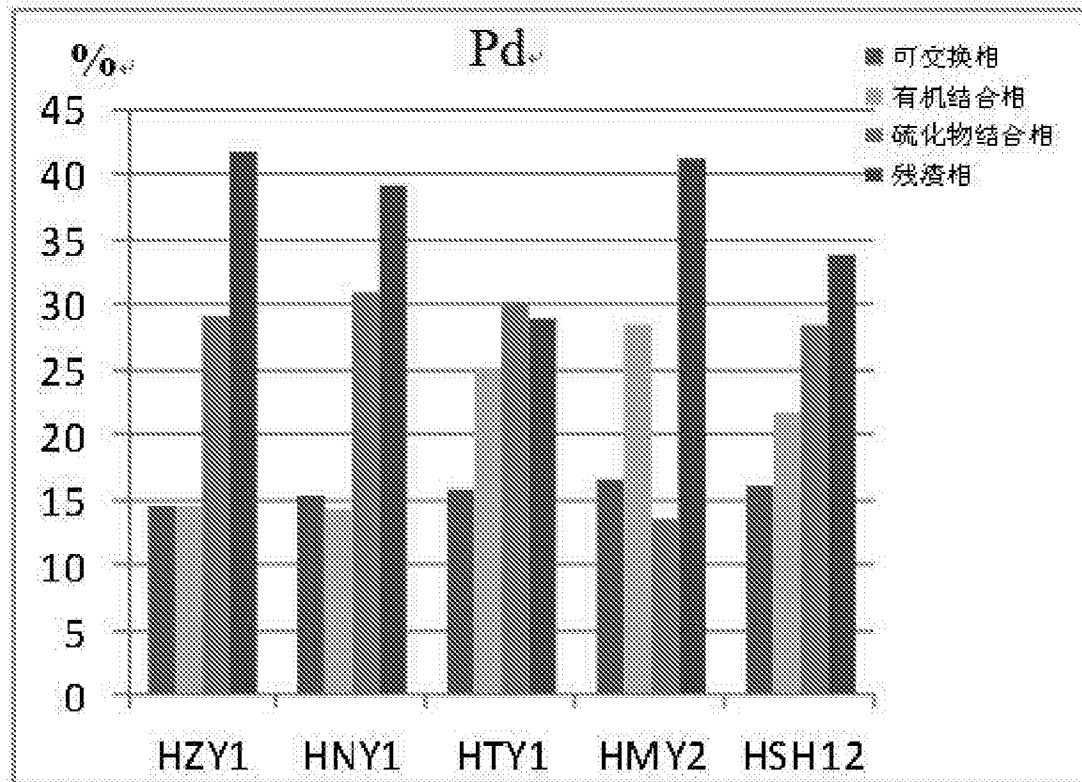


图3

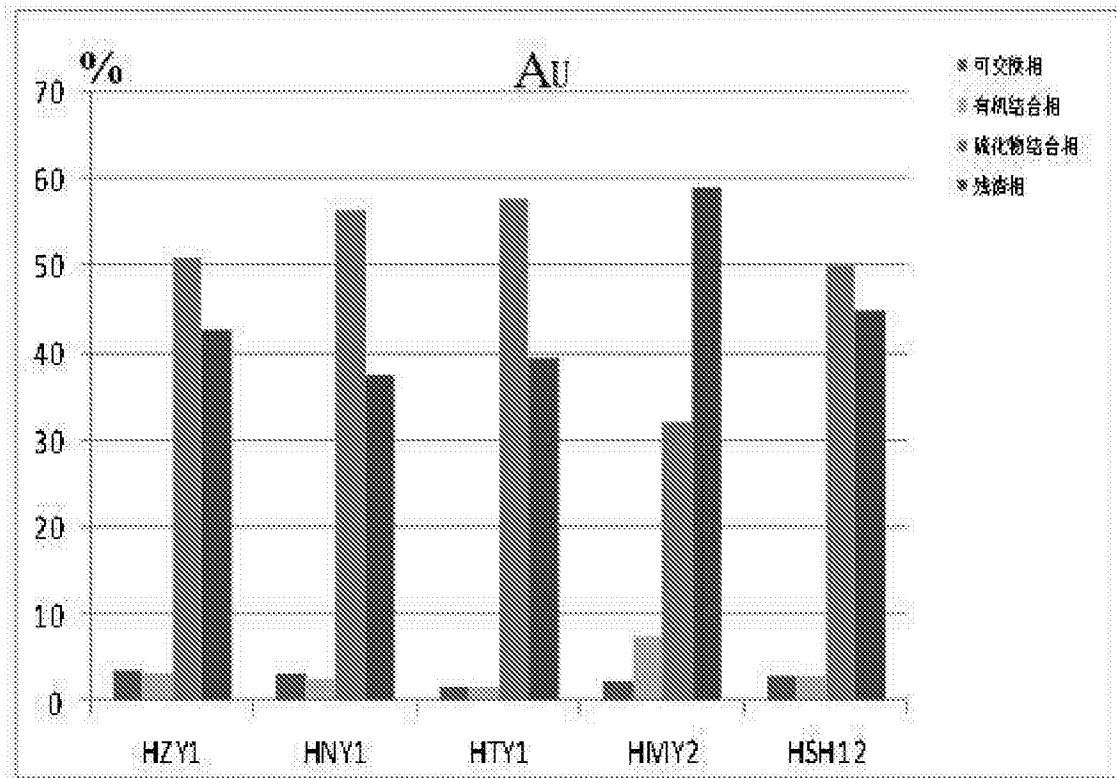


图4