



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 117630147 A

(43) 申请公布日 2024. 03. 01

(21) 申请号 202311608116.9

(22) 申请日 2023.11.29

(71) 申请人 中国科学院地球化学研究所

地址 550081 贵州省贵阳市观山湖区林城西路99号

(72) 发明人 谭亲平 夏勇 刘建中 谢卓君
高伟 王泽鹏 赵平 杨成富
谭代卫

(74) 专利代理机构 成都方圆聿联专利代理事务
所(普通合伙) 51241

专利代理师 邓永红

(51) Int. Cl.

G01N 27/62 (2021.01)

G06F 17/10 (2006.01)

G01N 1/28 (2006.01)

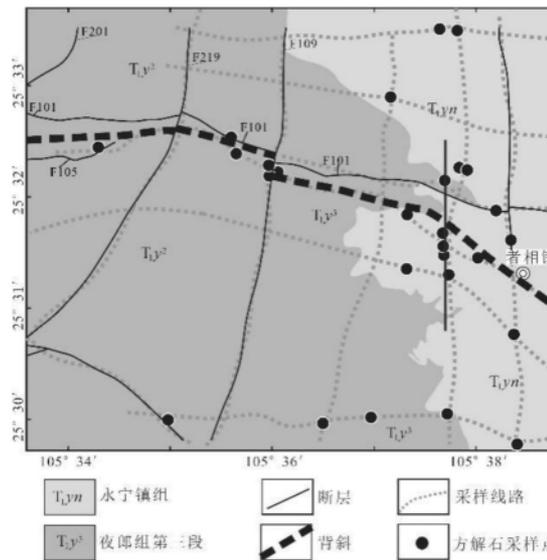
权利要求书1页 说明书5页 附图2页

(54) 发明名称

用稀土元素和碳同位素定位卡林型金矿体埋藏深度的方法

(57) 摘要

本发明提供一种用稀土元素和碳同位素定位卡林型金矿体埋藏深度的方法,收集研究区的区域资料、已有金矿床的要素;编修研究区详细地质图;设计采样路线;采样,利用双目体视显微镜对所采集的方解石进行挑纯;方解石稀土元素含量利用电感耦合等离子质谱仪测试。碳同位素组成由¹³C/¹²C的比值确定,用 $\delta^{13}C$ 表示。方解石碳同位素组成利用气体稳定同位素质谱仪MAT253测试。计算中稀土元素富集系数 $\Delta MREE$;用 $\Delta MREE$ 减去 $\delta^{13}C$ 值,为与金成矿作用的相关程度R;删掉R值小于0的样品,并根据剩余方解石样品计算隐伏金矿体的大致埋藏深度H,推算深部潜在隐伏金矿体的埋藏深度。本发明仅需要采集地表的方解石脉,减少样品量,降低分析测试成本。



1. 用稀土元素和碳同位素定位卡林型金矿体埋藏深度的方法, 其特征在于, 包括以下步骤:

S1、综合研究区的区域地质资料, 包括地质、遥感、地球化学和地球物理资料, 明确研究区所处的成矿带, 成矿地质背景、主要矿床类型及其成因;

S2、在查明拟研究区已有金矿床的矿床类型、矿体就位空间及展布特征、容矿岩石类型及其组合、主要控矿和导矿构造、成矿模式和成矿元素组合要素;

S3、收集研究区已有地质、地球物理、地球化学和遥感资料, 编修研究区详细地质图, 明确主干构造、次级构造和节理裂隙的空间分布及其与已有地球化学异常、矿床/矿点、地球物理异常、遥感异常的空间关系, 形成研究区基础地质图件;

S4、根据研究区基础地质图件所示主干构造、次级构造和节理裂隙的空间分布, 设计采样路线, 采样路线沿着构造的走向布设, 线路间距100米, 构造密集发育的区域加密设计采样路线; 沿着设计采样路线进行地表踏勘, 发现方解石脉即采样, 不发现则不采集样品;

S5、采样要求标注样品编号、记录采样点坐标, 并拍下采样点照片, 详细描述采集方解石脉的粗细和颜色, 矿物组合, 并记录所处构造的类型、性质、形态、产状、规模、样品蚀变类型与特征;

S6、利用双目体视显微镜对所采集的方解石进行挑纯, 纯度达到95%以上, 然后利用玛瑙研钵将方解石研磨至小于200目, 并用自封袋密封保存以备测试;

S7、方解石稀土元素含量利用电感耦合等离子质谱仪测试; 碳同位素组成由 $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ 的比值确定, 用 $\delta^{13}\text{C}$ 表示; 方解石碳同位素组成利用气体稳定同位素质谱仪MAT253测试;

S8、计算稀土元素参数, 稀土元素球粒陨石标准化是指样品与球粒陨石之间稀土元素比值, LREE为La、Ce、Pr、Nd四个稀土元素球粒陨石标准化后的总和; MREE为Sm、Eu、Gd、Tb四个稀土元素球粒陨石标准化后的总和; HREE为Er、Tm、Yb、Lu四个稀土元素球粒陨石标准化后的总和; 中稀土元素富集系数 ΔMREE 为中稀土元素相对轻稀土和重稀土元素的富集程度;

S9、计算每一个方解石样品的 ΔMREE 值, 然后用 ΔMREE 减去 $\delta^{13}\text{C}$ 值, 表示为与金成矿作用的相关程度R, 当R大于0时, 说明方解石与金的成矿作用相关; 当R小于0时, 说明方解石与金的成矿作用无关;

S10、根据R值的大小, 删掉R值小于0的与成矿作用无光的方解石样品, 并根据剩余方解石样品计算隐伏金矿体的大致埋藏深度H, 计算公式: $H = -47R + 800$;

S11、根据方解石R值的大小, 推算深部潜在隐伏金矿体的埋藏深度。

2. 根据权利要求1所述的用稀土元素和碳同位素定位卡林型金矿体埋藏深度的方法, 其特征在于, S5中, 采集的样品质量在10到30克, 用自封袋密封, 避免样品运输途中的污染。

3. 根据权利要求1所述的用稀土元素和碳同位素定位卡林型金矿体埋藏深度的方法, 其特征在于, S8、中稀土元素富集系数 ΔMREE 计算方法为,
$$\Delta\text{MREE} = \frac{2 \times \text{MREE}}{\text{LREE} + \text{HREE}}$$

4. 根据权利要求1所述的用稀土元素和碳同位素定位卡林型金矿体埋藏深度的方法, 其特征在于, S9、相关程度R计算方法为: $R = 3 \times \Delta\text{MREE} - \delta^{13}\text{C} - 3$ 。

用稀土元素和碳同位素定位卡林型金矿体埋藏深度的方法

技术领域

[0001] 本发明提供一种用稀土元素和碳同位素定位卡林型金矿体埋藏深度的方法,属于矿产勘查技术领域。

背景技术

[0002] 目前,滇黔桂地区卡林型金矿深部找矿主要是通过构造地球化学方法寻找。构造地球化学找矿的基本原理如下:

[0003] 构造地球化学作用,一方面在构造活动过程中引起化学元素活化迁移、分散和富集,另一方面所形成构造体系为后期岩浆活动或成矿热液提供运移通道和就位场所,使得构造体系及其周围形成特殊的元素地球化学异常带。金矿体是成矿热液在有利的构造和地层/岩体组合中沉淀而成的。成矿热液在断裂、裂隙和节理等构造发育的岩石中活动性较强,使得成矿热液在构造发育的岩石中垂直渗透性显著提高,导致成矿元素向地表强烈迁移。地表裂隙构造可能直接连通深部构造,甚至连通深部金矿体,是深部成矿信息到达地表的重要通道。成矿指示元素沿着构造裂隙被带至地壳浅部或地表,被构造裂隙中的细脉、蚀变角砾岩和蚀变岩石等所记录。利用构造地球化学方法,对地表裂隙充填物进行采集和分析,能有效提取深部的成矿信息,达到直接探寻深部盲矿体的目的。

[0004] 构造地球化学找矿方法存在以下的技术问题:

[0005] 1、现有构造地球化学方法样品采样量大,需要对断裂破碎带内的角砾岩、断层泥、蚀变岩石等进行分别单独采样,增加了人力采样成本和分析测试费用。

[0006] 2、现有的构造地球化学方法,只能确定成矿异常的“有”和“无”,如果有异常的情况下,无法给出深部矿体大概的埋藏深度,造成了结果的不确定性,预测效果不理想。

发明内容

[0007] 针对滇黔桂地区卡林型金矿已有构造地球化学隐伏矿找矿方法,采样量大,分析成本高,分析结果对金矿体埋深不明确的情况,本发明提出一种用稀土元素和碳同位素定位卡林型金矿体埋藏深度的方法,只采集构造裂隙中的方解石脉,分析方解石的稀土元素和碳同位素组成,根据稀土元素和碳同位素组合关系确定方解石和深部成矿作用的关系,并预测深部隐伏金矿体的埋藏深度。

[0008] 热液方解石是滇黔桂地区以卡林型金矿,在金沉淀过程中形成的普遍发育的脉石矿物。成矿流体中的硫与地层中富铁碳酸盐矿物发生去碳酸盐化释放的铁结合,生成含金黄铁矿认为是卡林型金矿重要的金沉淀机制。成矿流体与地层中的碳酸盐矿物发生水-岩反应,会释放出大量的 Ca^{2+} 和 CO_3^{3-} 离子进入成矿流体,这些离子会随着成矿流体沿着构造裂隙,从成矿中心向外围及地表运移较远,并随着成矿流体温度的降低以及大气水、地下水的混入而逐渐沉淀,形成方解石脉。这种方解石脉具有独特的中稀土元素富集和碳同位素亏损的特征,并且越远离金矿体,中稀土元素富集和碳同位素亏损的强度越低,显示了有规律的空间变化特征,从而能够利用成矿相关的方解石的稀土元素和碳同位素定位金矿体及其

埋藏大致深度。

[0009] 基于上述原理,本发明提供的用稀土元素和碳同位素定位卡林型金矿体埋藏深度的方法,包括以下步骤:

[0010] S1、综合研究区的区域地质资料,包括地质、遥感、地球化学和地球物理资料,明确研究区所处的成矿带,成矿地质背景、主要矿床类型及其成因。

[0011] S2、在查明拟研究区已有金矿床的矿床类型、矿体就位空间及展布特征、容矿岩石类型及其组合、主要控矿和导矿构造、成矿模式和成矿元素组合等要素。

[0012] S3、收集研究区已有地质、地球物理、地球化学和遥感资料,编修研究区详细地质图,明确主干构造、次级构造和节理裂隙的空间分布及其与已有地球化学异常、矿床/矿点、地球物理异常、遥感异常的空间关系,形成研究区基础地质图件。

[0013] S4、根据研究区基础地质图件所示主干构造、次级构造和节理裂隙的空间分布,设计采样路线,采样路线沿着构造的走向布设,线路间距大致100米左右,构造密集发育的区域可加密设计采样路线。沿着设计采样路线进行地表踏勘,发现方解石脉即采样,不发现则不采集样品。

[0014] S5、采样要求标注样品编号、记录采样点坐标,并拍下采样点照片,详细描述采集方解石脉的粗细和颜色,矿物组合,并记录所处构造的类型、性质、形态、产状、规模、样品蚀变类型与特征等。样品质量在10到30克,用自封袋密封,避免样品运输途中的污染。

[0015] S6、利用双目体视显微镜对所采集的方解石进行挑纯,纯度达到95%以上,然后利用玛瑙研钵将方解石研磨至小于200目,并用自封袋密封保存以备测试。

[0016] S7、稀土元素包括14个元素,分别为镧(La)、铈(Ce)、镨(Pr)、钕(Nd)、钐(Sm)、铕(Eu)、钆(Gd)、铽(Tb)、镝(Dy)、钬(Ho)、铒(Er)、铥(Tm)、镱(Yb)、镱(Lu)。方解石稀土元素含量利用电感耦合等离子质谱仪测试。自然界中碳以 ^{12}C 、 ^{13}C 、 ^{14}C 等多种同位素的形式存在,碳同位素组成由 $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ 的比值确定,用 $\delta^{13}\text{C}$ 表示。方解石碳同位素组成利用气体稳定同位素质谱仪MAT253测试。

[0017] S8、计算稀土元素参数,稀土元素球粒陨石标准化是指样品与球粒陨石之间稀土元素比值,比如: $\text{La}_N = \text{La}_{\text{样品}} / \text{La}_{\text{球粒陨石}}$ 。LREE为La、Ce、Pr、Nd四个稀土元素球粒陨石标准化后的总和;MREE为Sm、Eu、Gd、Tb四个稀土元素球粒陨石标准化后的总和;HREE为Er、Tm、Yb、Lu四个稀土元素球粒陨石标准化后的总和。中稀土元素富集系数(ΔMREE)是值中稀土元素相对轻稀土和重稀土元素的富集程度, $\Delta\text{MREE} = \frac{2 \times \text{MREE}}{\text{LREE} + \text{HREE}}$ 。

[0018] S9、计算每一个方解石样品的 ΔMREE 值,然后用 ΔMREE 减去 $\delta^{13}\text{C}$ 值,表示为与金成矿作用的相关程度R, $R = 3 \times \Delta\text{MREE} - \delta^{13}\text{C} - 3$,当R大于0时,说明方解石与金的成矿作用相关;当R小于0时,说明方解石与金的成矿作用无关。

[0019] S10、根据R值的大小,删掉R值小于0的与成矿作用无光的方解石样品,并根据剩余方解石样品计算隐伏金矿体的大致埋藏深度(H),计算公式: $H = -47R + 800$,预测深度的误差在200米左右。比如当地表方解石的R值等于4时,方解石采样位置的深部可能存在隐伏金矿体的埋藏深度大约为 612 ± 200 米。

[0020] S11、根据方解石R值的大小,推算深部潜在隐伏金矿体的埋藏深度。

[0021] 本发明仅需要采集地表的方解石脉,大大减少样品量,降低分析测试成本,具有较

大的经济优势。同时该发明能够预测深部隐伏金矿体的大致埋藏深度,能够更加高效地、准确地预测矿体。

附图说明

[0022] 图1为实施例的水银洞金矿地质图,图中灰色虚线为采样路线,黑色圆点为采样点;

[0023] 图2为实施例的地表方解石脉采样示意图。

具体实施方式

[0024] 该实施例以滇黔桂地区最大的水银洞金矿为案例,利用方解石预测深部金矿体埋藏深度。

[0025] S1、综合水银洞金矿的区域地质资料,明确研究区处于滇黔桂地区南盘江-右江成矿带,该成矿带位于扬子陆块西南缘,是由扬子地台南缘浅水台地相碳酸盐区逐渐演化而成的一个前陆盆地,其东以凭祥-邕宁和武宣-永福断裂为界,西以红河-弥勒-盘县断裂为界,北以水城-紫云-南丹-宜州-永福断裂为界,南以国界为界。南盘江-右江成矿带是卡林型金矿的集中分布区,卡林型金矿主要赋存在富碳酸盐矿物的沉积岩分布区,主要成矿元素主要包括金、砷、锑、汞和铊,金主要包裹在呈浸染状分布大地黄铁矿和毒砂等硫化物中。

[0026] S2、水银洞金矿是滇黔桂地区卡林型金矿的典型代表,为全隐伏(埋深150~1400米)的超大型矿床,探明资源量近300多吨。矿区出露及钻遇地层从下至上依次有二叠系中统茅口组,二叠系上统龙潭组、长兴组和大隆组,三叠系下统夜郎组和永宁镇组。地表出露的地层主要是夜郎组和永宁镇组。灰家堡背斜是水银洞矿区内的主干构造,背斜东段的南北翼分别发育了一条近东西向的逆断层,分别为F105和F101;垂直于东西向的背斜和逆断层,发育一组近南北向的断层(如F219、F201和F109断层)。

[0027] S3、收集水银洞金矿已有地质、地球物理、地球化学和遥感资料,形成研究区基础地质图件,如图1所示。灰家堡背斜和断层F105和F101为主干构造。金矿体主要产于背斜核部的二叠系龙潭组的生物碎屑灰岩中、成矿元素组合为金、砷、锑、汞、铊、钨、硫。

[0028] S4、根据研究区基础地质图件所示主干构造、次级构造和节理裂隙的空间分布,设计水银洞金矿地表采样路线,如图1,采样路线(灰色虚线)沿着构造的走向布设,构造密集发育的区域加密采样,发现方解石脉即采样(图1中灰色圆点),没有发现方解石,则不采集。

[0029] S5、每一个采样点、记录样品编号、坐标,并拍采样点照片,如图2所示,详细描述每一个方解石脉的粗细和颜色,矿物组合,并记录所处构造的类型、性质、形态、产状、规模、样品蚀变类型与特征等。每一件样品扣取方解石10到30克,用自封袋密封。

[0030] S6、利用双面体视显微镜对所采集的方解石进行挑纯,纯度达到95%以上,然后利用玛瑙研钵将方解石研磨至小于200目,并用自封袋密封保存以备测试。

[0031] S7、方解石稀土元素(La、Ce、Pr、Nd、Sm、Eu、Gd、Tb、Dy、Ho、Er、Tm、Yb、Lu)含量利用电感耦合等离子质谱仪测试;方解石碳同位素组成($\delta^{13}\text{C}$)利用气体稳定同位素质谱仪MAT253测试;测试结果见表1。

[0032]

表1水银洞金矿地表方解石稀土元素和同位素组成分析结果

编号	La	Ce	Pr	Nd	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu	$\delta^{13}C$
SYD-1	0.445	0.961	0.132	0.574	0.143	0.035	0.156	0.022	0.127	0.024	0.061	0.007	0.041	0.004	-6.80
SYD-2	0.492	0.830	0.158	0.828	0.368	0.109	0.557	0.073	0.387	0.066	0.141	0.014	0.076	0.009	-6.11
SYD-3	1.340	2.700	0.275	1.040	0.182	0.054	0.194	0.026	0.150	0.030	0.082	0.011	0.065	0.008	-1.65
SYD-4	0.163	0.052	0.038	0.205	0.057	0.019	0.103	0.017	0.118	0.026	0.067	0.009	0.050	0.007	-5.57
SYD-5	0.349	0.762	0.126	0.642	0.183	0.053	0.239	0.032	0.184	0.034	0.080	0.009	0.051	0.005	-5.42
SYD-6	2.530	6.550	0.837	3.890	0.931	0.457	1.060	0.113	0.574	0.095	0.216	0.023	0.120	0.013	-1.28
SYD-7	0.043	0.193	0.043	0.387	0.334	0.136	0.757	0.121	0.775	0.142	0.307	0.033	0.164	0.020	1.57
SYD-8	0.086	0.100	0.017	0.079	0.019	0.005	0.027	0.004	0.023	0.004	0.009	0.001	0.005	0.001	-4.83
SYD-9	0.973	3.400	0.550	3.220	1.320	0.500	2.030	0.317	1.990	0.380	0.933	0.115	0.615	0.086	3.18
SYD-10	2.110	6.654	0.431	1.830	0.414	0.112	0.492	0.068	0.385	0.073	0.178	0.022	0.122	0.016	-4.26
SYD-11	0.037	0.157	0.035	0.233	0.101	0.030	0.141	0.023	0.148	0.029	0.074	0.011	0.066	0.010	-5.61
SYD-12	0.226	0.872	0.135	0.752	0.319	0.102	0.487	0.078	0.500	0.097	0.242	0.033	0.195	0.030	-2.16
SYD-13	1.050	3.450	0.645	4.420	1.810	0.571	2.700	0.424	2.840	0.584	1.520	0.210	1.250	0.187	0.63
SYD-14	0.998	0.134	0.246	1.150	0.276	0.078	0.371	0.056	0.380	0.082	0.223	0.030	0.175	0.026	-7.17
SYD-15	2.050	6.320	0.696	2.600	0.469	0.107	0.392	0.053	0.268	0.048	0.118	0.014	0.080	0.011	0.04
SYD-16	1.510	0.518	0.449	1.890	0.441	0.108	0.436	0.068	0.401	0.079	0.209	0.028	0.171	0.025	-4.94
SYD-17	3.420	9.780	1.440	7.250	1.820	1.240	1.620	0.205	1.020	0.167	0.369	0.039	0.188	0.022	-2.59
SYD-18	0.183	0.960	0.260	1.790	0.670	0.167	0.748	0.089	0.451	0.073	0.165	0.019	0.104	0.013	-5.12
SYD-19	5.670	14.800	1.730	7.160	1.140	1.050	0.812	0.078	0.275	0.041	0.100	0.010	0.059	0.008	0.84
SYD-20	0.895	2.210	0.270	1.200	0.289	0.092	0.334	0.047	0.262	0.046	0.105	0.012	0.062	0.009	-0.53
SYD-21	0.748	1.780	0.202	0.893	0.207	0.060	0.218	0.031	0.189	0.038	0.096	0.012	0.074	0.011	-1.68
SYD-22	2.060	7.330	0.928	3.680	0.682	0.151	0.565	0.076	0.376	0.068	0.169	0.021	0.134	0.019	0.28
SYD-23	2.170	5.330	0.600	2.410	0.479	0.156	0.458	0.057	0.289	0.049	0.120	0.014	0.085	0.013	-4.22
SYD-24	0.040	0.110	0.023	0.157	0.045	0.015	0.060	0.008	0.049	0.010	0.022	0.003	0.016	0.002	-7.58
SYD-25	0.387	0.911	0.107	0.458	0.101	0.024	0.106	0.016	0.103	0.021	0.059	0.008	0.049	0.008	-3.21
SYD-26	0.197	0.825	0.171	1.230	0.568	0.206	0.680	0.094	0.533	0.094	0.219	0.028	0.164	0.024	-0.58
SYD-27	0.152	0.336	0.039	0.201	0.080	0.028	0.124	0.016	0.098	0.018	0.044	0.006	0.030	0.004	-4.20
SYD-28	0.076	0.208	0.032	0.169	0.052	0.016	0.068	0.010	0.062	0.012	0.030	0.004	0.022	0.003	-4.43
SYD-29	1.990	3.720	0.397	1.540	0.286	0.106	0.244	0.031	0.148	0.024	0.054	0.006	0.032	0.004	1.66
SYD-30	8.430	14.500	1.690	7.130	1.340	0.522	1.300	0.145	0.600	0.075	0.148	0.012	0.061	0.008	-1.60
SYD-31	0.160	0.687	0.163	1.520	1.750	0.818	4.180	0.655	4.200	0.771	1.710	0.200	1.060	0.143	1.91

[0033]

表2水银洞金矿地表方解石相关参数计算结果

编号	横坐标	纵坐标	$\Delta MREE$	R	H
SYD-1	563710	2824340	0.81	6.23	507
SYD-2	563241	2824064	1.97	9.03	375
SYD-3	564031	2824752	0.45	-0.01	
SYD-4	564031	2824752	1.13	5.95	521
SYD-5	564269	2824647	1.22	6.09	514
SYD-6	559743	2826062	1.06	1.45	732
SYD-7	559658	2826346	3.43	5.71	532
SYD-8	563890	2819246	0.88	4.47	590
SYD-9	564390	2821099	1.80	-0.77	
SYD-10	564314	2823065	0.82	3.70	626
SYD-11	563164	2824408	1.69	7.67	439
SYD-12	563154	2824515	1.58	3.91	616
SYD-13	563141	2824746	1.58	1.11	748
SYD-14	563177	2825618	0.92	6.92	475
SYD-15	563430	2825832	0.48	-1.59	
SYD-16	563524	2825804	0.85	4.50	588
SYD-17	563086	2828149	1.40	3.78	622
SYD-18	563377	2828129	2.26	8.89	382
SYD-19	562595	2818820	0.76	-1.56	
SYD-20	561174	2821592	0.87	0.14	793
SYD-21	561963	2821703	0.71	0.82	761
SYD-22	563212	2821742	0.57	-1.57	
SYD-23	562547	2824156	0.61	3.04	657
SYD-24	562558	2825061	1.57	9.28	364
SYD-25	562279	2827022	0.62	2.07	703
SYD-26	560442	2825775	2.39	4.76	576
SYD-27	560313	2825735	1.42	5.46	543
SYD-28	560342	2825816	1.25	5.18	557
SYD-29	557427	2825715	0.50	-3.16	
SYD-30	558615	2821661	0.59	0.38	782
SYD-31	549581	2824731	3.44	5.42	545

[0035] S8、计算中稀土元素富集系数 ($\Delta MREE$) 是值中稀土元素相对轻稀土和重稀土元素的富集程度, $\Delta MREE = \frac{2 \times MREE}{LREE + HREE}$, 计算结果见表2。

[0036] S9、计算方解石与金成矿作用的相关程度R, $R = 3 \times \Delta MREE - \delta^{13}C - 3$, 计算结果见表2。当R大于0时, 说明方解石与金的成矿作用相关; 当R小于0时, 说明方解石与金的成矿作用无关。

[0037] S10、根据R值的大小, 删掉R值小于0的与成矿作用无光的方解石样品, 并根据剩余方解石样品计算隐伏金矿体的大致埋藏深度(H), 计算公式: $H = -47R + 800$, 计算结果见表2。

[0038] S11、根据表2中H的计算结果, 平均值为582米, 显示本次水银洞金矿研究区, 深部存在金矿体, 大致的深度为582米。

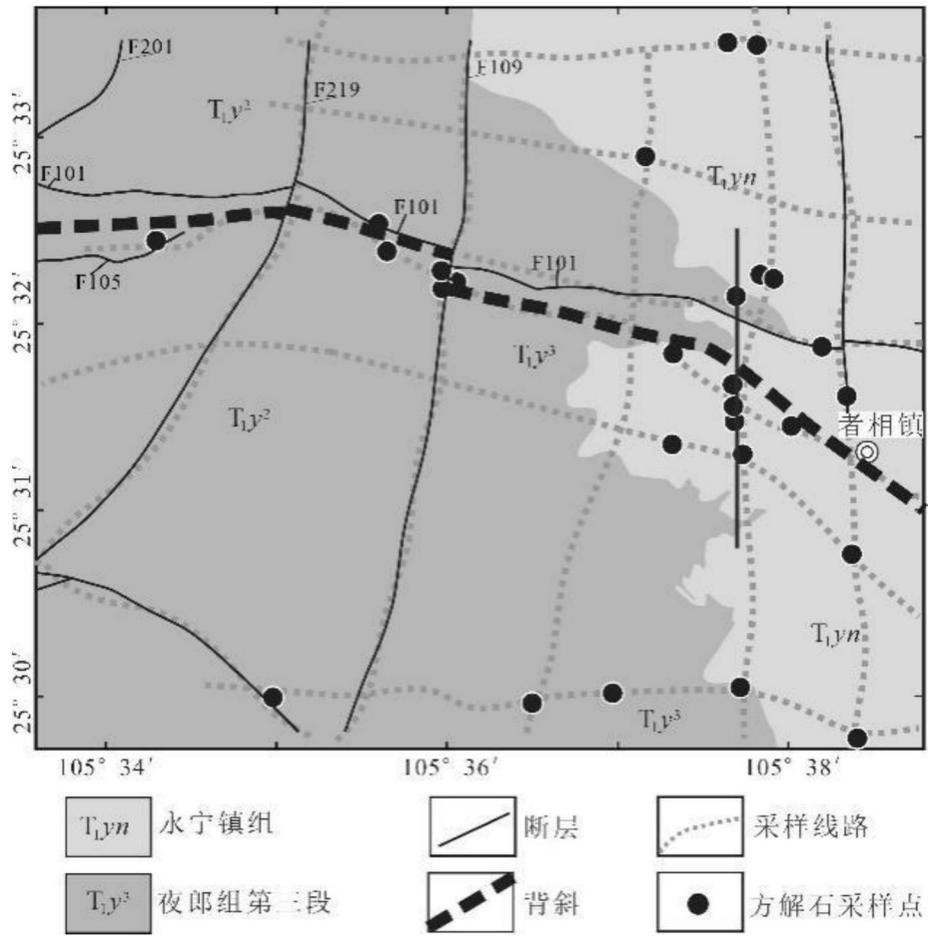


图1

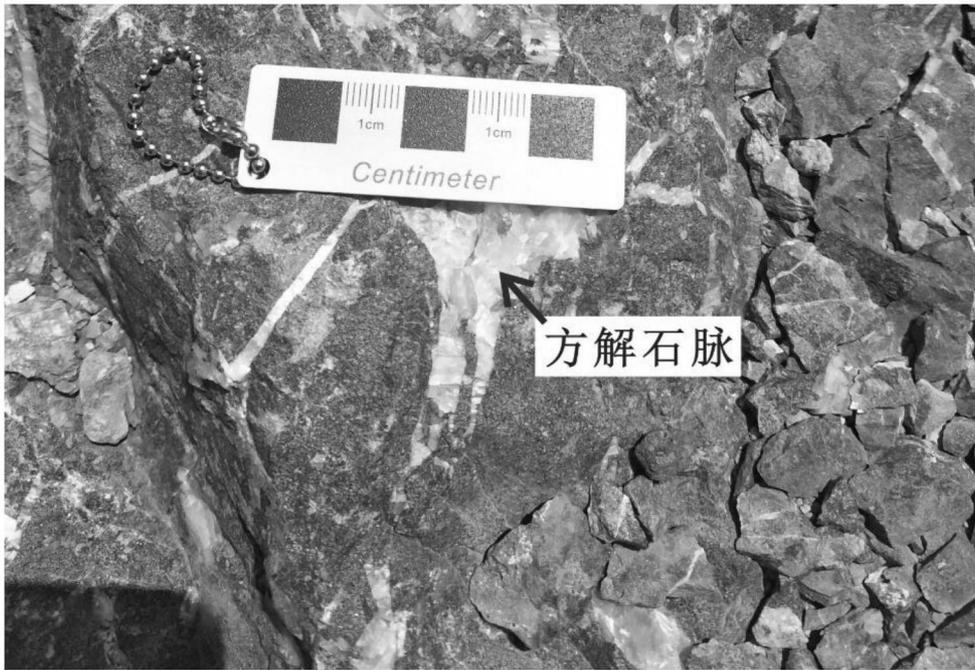


图2