

# 中华人民共和国地质矿产行业标准

DZ/T xx -xx

---

## 《岩石地球化学测量技术规范》

（征求意见稿）

---

2012年6月

# 目 录

1 适用范围 .....	1
2 规范性引用文件 .....	1
3 总则 .....	1
4 设计书编写 .....	2
5 野外工作方法 .....	3
6 野外工作质量检查 .....	6
7 样品分析及质量监控、质量评估 .....	6
8 岩石地球化学测量资料整理与地球化学图件编制 .....	13
9 异常查证与评价 .....	15
10 成果报告编写 .....	16
11 汇交资料要求 .....	17

附录A（规范性附录）	岩石地球化学测量记录卡
附录B（规范性附录）	剖面岩石地球化学测量记录表
附录C（规范性附录）	构造叠加晕找矿取样记录卡
附录D（资料性附录）	质量检查记录格式
附录E（资料性附录）	某些金属矿床指示元素及其岩石地球化学异常分带序列
附录F（资料性附录）	热液型矿床岩石地球化学分带方法
附录G（资料性附录）	地球化学异常分带序列确定方法
附录H（资料性附录）	构造叠加晕找矿方法
附录I（资料性附录）	脉岩地球化学测量野外工作方法
附录J（资料性附录）	矿产资源潜力评价方法

---

# 岩石地球化学测量技术规范(征求意见稿)

## 1 适用范围

**1.1** 本规范规定了岩石地球化学测量工作性质与任务、设计书编写、野外采样、样品加工、质量检查、测定元素选择和元素分析测试质量监控、图件编制、异常查证与评价、成果报告及附图、资料汇交等要求。

**1.2** 本规范适用于不同地球化学勘查阶段的岩石地球化学测量工作。

## 2 规范性引用文件

下列文件中的条款通过本标准的引用而成为本标准的条款。凡是注明日期的引用文件，其随后所有的修改单（不包括勘误的内容）或修订版均不适用于本标准，然而，鼓励根据本标准达成协议的各方研究是否可使用这些文件的最新版本。凡是不注明日期的引用文件，其最新版本适用于本标准。

GB/T14496-93 地球化学勘查术语

GB/T14839-1993 地球化学勘查技术符号

GB 9649.29-2009 地质矿产术语分类代码 地球化学勘查

地球化学勘查图式、图例及用色标准(待新规范号)

DZ/T0167-2006 区域地球化学勘查规范

地球化学普查规范(待新规范号)

多目标区域地球化学调查规范（待新规范号）

## 3 总则

**3.1** 岩石地球化学测量主要应用于区域地球化学勘查与背景研究、成矿带地球化学勘查、矿区地球化学勘查以及矿床成因研究。

**3.2** 岩石地球化学测量以岩石中元素分布与分配调查为主，以同位素示踪、包裹体成因环境与成分研究为辅。

**3.3** 岩石地球化学测量主要任务是查明地球化学元素、同位素分布特征，圈定并评价地球化学异常；进行资源潜力评价，预测矿体、矿床分布，判断矿床成因；同时了解区内地层、岩体、构造等地球化学分布分配特征，为基础地质研究提供地球化学信息。

**3.4** 岩石地球化学测量适用于基岩出露较好地区的地表以及钻孔、坑道等深部地球化学测量工作。

**3.5** 岩石地球化学测量根据不同的目的，可分为区域岩石地球化学测量、岩石地球化学普查、岩石地球化学详查、岩石地球化学专项测量。

---

**3.6** 岩石地球化学测量工作包括野外样品采集、样品分析、数据处理、图件编制、异常查证与评价、成果报告编制等内容。

## **4 设计书编写**

**4.1** 设计书是开展岩石地球化学测量工作的依据，由项目承担单位根据相关规范、任务书或委托方合同要求编写。

### **4.2 设计书编写前的准备工作**

**4.2.1** 收集与测区有关的自然地理、区域地质、矿产资源、地球化学、地球物理、遥感等基础资料。

**4.2.2** 根据测区地质背景以及以往化探、地质矿产工作情况等，研究和确定野外采样方法。

**4.2.3** 在收集资料和初步研究基础上，对测区进行实地踏勘，提出测区切实可行的岩石地球化学测量工作实施方案，必要时进行方法试验。

**4.2.4** 收集同比例尺工作用地形图。

### **4.3 设计书主要内容**

#### **4.3.1 工作任务**

包括任务来源、目标任务、选区依据、测区范围、工作量及技术要点等。

#### **4.3.2 测区概况**

- a. 概述自然地理、区域地质、矿产资源、地球化学、地球物理、遥感等情况；
- b. 简述测区基岩出露特点及成矿控制因素等，对所选岩石地球化学测量工作方法的效果影响；
- c. 评述前人工作及研究程度。

#### **4.3.3 野外工作方法、技术及质量要求**

- a. 野外工作方法；
- b. 野外工作质量检查方案。

#### **4.3.4 样品分析测试及质量监控**

- a. 测定元素、指标的选择；
- b. 样品加工方案；
- c. 分析测试方法技术和质量要求；
- d. 分析测试质量监控方案。

#### **4.3.5 数据处理及编图方法**

**4.3.6** 异常查证与评价工作，包括拟采用的异常圈定、异常分类、异常评价方法，异常查证工

作方案、异常登记方法等。

#### 4.3.7 实物工作量与预期成果

#### 4.3.8 组织管理和人员及装备

#### 4.3.9 经费预算

#### 4.3.10 质量管理与技术保障措施

### 4.4 设计书附图

设计书应附选区的地理景观与工作部署图、地质矿产图、设计采样点位图等图件。

4.5 设计书应提交委托方审查后实施。在实施过程中，如有较大变化时，应提出设计变更书面申请，经委托方批复后实施。

## 5 野外工作方法

5.1 根据地球化学勘查不同阶段及测区特点和工作目的，选择不同的岩石地球化学测量方法。

### 5.2 区域岩石地球化学测量

5.2.1 区域岩石地球化学测量主要用于了解地层、岩体等地球化学背景、解释区域地球化学异常。

5.2.2 了解地球化学背景的岩石地球化学测量样品要求按不同的地质单元系统布设，并均匀分布于各单元岩石出露区。每个地质单元一般采集 30 件以上样品，对出露面积较小的地质单元，可适当减少，但不应低于 10 件样品。岩石地球化学样品应采集未蚀变、矿化的样品。

5.2.3 解释区域地球化学异常的样品，可选择岩石地球化学面积性测量或岩石地球化学剖面测量工作，样品应系统采集背景样品、各类构造、矿化、蚀变样品等。

5.2.4 区域岩石地球化学测量采样一定要具有代表性，力求新鲜。采样时应采集采样点 200m 范围附近的同种岩石，多点组合。

5.2.5 布设的采样点应准确地标绘在地形图上。采样时使用 GPS 结合地形图定点，定点误差 $\leq$ 100m。

5.2.6 背景样品和蚀变、矿化样品分开，按种类连续编号。

### 5.3 岩石地球化学普查

5.3.1 面积性岩石地球化学普查应为基岩出露较好地区。工作比例尺为 1: 50000 和 1: 25000。

5.3.2 岩石地球化学普查一般以不规则网（网格化）进行样点布设，也可采用规则网进行样点布设（表 1）。

表 1 岩石地球化学普查参考测网

工作类型	比例尺	网度（点距）（米）	采样点/km <sup>2</sup>	备注
岩石地球化学普查	1: 50000	500×200 250×250	8-16	
	1:25000	250×100 200×100	20-50	

**5.3.3** 岩石地球化学普查样品种类根据工作目标任务和工作区地质矿产特征确定,可分为地层、岩体及构造、蚀变、矿化等样品。

**5.3.4** 岩石地球化学普查原则上应采集新鲜的岩石样品,构造、蚀变、矿化样品可采集半风化样品。采集的样品应最大限度代表采样单元内同种岩石,在采样点周围或点线距的 1/3 范围内多点(大于 5 点)采样的方法均匀敲取同种或同类岩性的岩石碎块。样品重量应不少于 500g。

**5.3.5** 样品采集时,应注意样点周围与沿途地质观察,搜寻构造、矿化、蚀变地质体并采集相应样品,同时适当采集供光片、薄片鉴定的岩石标本。

**5.3.6** 样品编号以 1: 50000 或 1: 25000 图幅为单元,分样品种类连续编号。以 1 km<sup>2</sup> 为基本采样单元,采样单元编号由左至右自上而下顺序编号。在每个基本采样单元前标样品种类代码,基本采样单元号加阿拉伯数字顺序号,以“—”分隔,如 K256-1、K256-2 等。

**5.3.7** 布设的采样点应准确地标绘在地形图上。采样时使用 GPS 结合地形图定点,定点误差≤ 50m (1: 50000) 和 ≤25m (1: 25000)。在 GPS 上录入每一个采样点坐标信息, GPS 定点和航迹管理录入计算机,并以纸介质和电子文档两种形式保存。

**5.3.8** 采样点或采样点附近应用红漆留有易于查找的明显标记号,并在记录卡上备注。

**5.3.9** 野外记录使用统一的记录卡。记录卡内容应逐项填写,对采样点及其附近的构造、矿化、蚀变现象进行观察并记录。记录使用 2H 铅笔,不得涂改、擦改和转抄,记录要字迹工整、清洁。

**5.3.10** 重复样。岩石测量重复样应在同点、不同采样组不同时采集,重复采样率为 2%~3%。重复样应均匀分布在测区,兼顾各种地质体。重复样合格率≥80%为标准 (RD≤50%)。重复

样合格率计算公式:  $RD\% = \frac{|A-B|}{\frac{1}{2}(A+B)} \times 100\%$

其中 A 为第一次采集样品某元素含量, B 为重复样品同一元素含量。

**5.3.11** 采样点变更应在记录中说明原因。

**5.3.12** 每天野外工作结束后,在现场或驻地,采样小组对样品、记录卡、野外手图、GPS 录入情况进行清点核对。

## **5.4 岩石地球化学详查**

**5.4.1** 岩石地球化学详查可分为面积性地球化学详查和岩石地球化学剖面测量

**5.4.2** 面积性地球化学详查

**5.4.2.1** 岩石地球化学详查一般以规则网进行样点布设,可分为 1: 5000、1: 10000 两种比例尺(表 2)。根据地球化学普查异常分布、控矿因素分布特点,选择采样网形态。

表 2 岩石地球化学详查参考测网

工作类型	比例尺	网度（点距）（m）	采样点/km <sup>2</sup>	备注
岩石地球化学详查	1: 10000	100×20 100×40	250-500	
	1: 5000	50×10 50×20	1000-2000	

**5.4.2.2** 岩石地球化学详查样品，可根据任务要求确定采集新鲜基岩、蚀变矿化岩石、构造裂隙物质、脉岩、铁帽等。

**5.4.2.3** 样品由 5~8 个同一种类岩石子样组合而成；组合范围在 1/2 点、线距范围内。当矿化极不均匀，或遇到构造带、矿化带、蚀变带等成矿有利地段时，应适当加密采样。样品重量一般不低于 500g。

**5.4.2.4** 样品编号原则上以测线连续编号，但对具有较强矿化的样品，应单独进行编号，以防污染其它样品。

**5.4.2.5** 布设的采样点应准确地标绘在相应比例尺地形图上。采用高精度 GPS 布设测网，定点误差≤10m（1: 10000）和≤5m（1: 5000）。在 GPS 上录入每一个采样点坐标信息。

**5.4.2.6** 采样点或采样点附近应以木桩或红漆留有点线号，并在记录卡上备注。

**5.4.2.7** 采样记录同 5.3.9。

### 5.4.3 岩石地球化学剖面测量

**5.4.3.1** 岩石地球化学剖面测量可分为地表岩石地球化学剖面测量，坑道、探槽岩石地球化学剖面测量，钻孔岩石地球化学剖面测量。

#### 5.4.3.2 地表岩石地球化学剖面测量

**5.4.3.2.1** 地表岩石地球化学剖面应根据异常分布进行布设，通常需穿越异常浓集中心或矿化带中心，两端到达正常场。

**5.4.3.2.2** 根据地质复杂程度和矿化情况布设样品。采样间距一般在 20-5m，在地质背景区采样，点距以 20m 为宜；在异常浓集中心、矿化带、构造破碎蚀变岩带、赋矿层位等地段，应加密采样，点距 5-10m；对某些特殊的赋矿地质脉体、矿化体，则应进一步加密采集特殊样品。

**5.4.3.2.3** 样品由 1/2 点距范围内 3~5 个同一种类岩石子样组合而成。样品重量一般不低于 500g。

**5.4.3.2.4** 样品编号、定点、记录、标记同 5.4.2.4—5.4.2.7。

#### 5.4.3.3 坑道、探槽岩石地球化学剖面测量

**5.4.3.3.1** 原则上坑道、探槽范围内都应布置岩石地球化学样品采集。坑道、探槽岩石地球化学剖面测量通常是沿探槽的一壁或底板，坑道的一壁或顶板布设样品。

**5.4.3.3.2** 根据地质复杂程度和矿化情况布设样品。采样间距一般在 5~10m，在有矿脉、蚀变、构造带部位应加密单独采集样品。样品采用连续检块法进行采样组合。

**5.4.3.3.3** 布设的采样点应准确地标绘坑道、探槽素描图上。采用测绳量距的方式定点。

**5.4.3.3.4** 样品编号、记录、标记同 5.4.2.4—5.4.2.7。

#### **5.4.3.4 钻孔岩石地球化学剖面测量**

**5.4.3.4.1** 原则上钻孔岩心都应布置岩石地球化学样品采集。

**5.4.3.4.2** 取样间距按地质特征划分岩性段、矿化分布确定。采样点距一般在 5m。对无矿化、厚度大的岩层，采样点距可放稀至 10m。矿化层、脉型矿或断裂构造带等采样点距可加密到 1~2m，并应保证有一个以上单独样品。

**5.4.3.4.3** 样品采用连续检块法进行采样组合。在确定的样距内均匀地敲下 5~8 块，直径小于 20mm 的碎块组成样品，样重不小于 300g。矿化段样品也可利用化学样副样代替。

**5.4.3.4.4** 布设的采样点应准确地标绘在钻孔槽素描图上。采用回次记录的方式定点。

**5.4.3.4.5** 样品编号、记录同 5.4.2.4—5.4.2.7。

**5.5** 构造叠加晕找矿方法，见附录 H。

**5.6** 岩石地球化学测量工作中，如需开展脉岩地球化学测量，见附录 I；如需开展矿产资源潜力评价中的岩石地球化学测量，见附录 J。

### **6 野外工作质量检查**

**6.1** 项目承担单位应建立三级质量检查制度，即采样小组的自检与互检；采样大组和项目组的质量检查；项目承担单位的质量检查。三级质量检查均应在质检表上做相应的记录。

**6.2** 野外工作质量检查包括野外现场质量检查和室内质量检查。

**6.2.1** 室内质量检查包括：岩石定名、野外工作点位图、记录卡与定点、送样单、各种质检记录表等的准确性、完整性、一致性。

**6.2.2** 野外现场质量检查包括：野外地质记录是否反映地质客观实际，野外标志与定点的准确性，采样的代表性，采样点变更依据的充分性等。

**6.3** 质量检查要求采样小组自检与互检为全部工作量的 100%；面积性岩石地球化学测量工作大组、项目组和项目承担单位野外抽检总工作量应占总工作量的 5%，室内抽检占总工作量的 20%。剖面性岩石地球化学测量要求大组、项目组和项目承担单位质量检查工作量要求野外抽检占总工作量的 10%，室内抽检占总工作量的 40%。

**6.4** 质量检查发现问题较多时，应扩大检查工作量；对发现有重大问题的工作，应进行返工。

### **7 样品分析及质量监控、质量评估**

#### **7.1 样品验收及样品加工**

**7.1.1** 采集的岩石样品应由专人送交实验室，实验室应配备专职的样品管理人员，负责样品的验收、检查和保管，具体要求见实验室管理规定。

**7.1.2** 供分析用的岩石样品，首先全部经过无污染的粗、中破碎机破碎至 1~2mm 粒度，经过混匀，并分取 20~50g 样品留作原始副样保存，其余样品在恒温干燥箱中于 45℃下烘干，然后用高铝瓷或玛瑙球磨机研磨，每个样品经粉碎后粒度应≤0.074mm(200 目筛)。为避免加工过程中样品间相互污染，一批样品应将非矿化样品与矿化样品分开加工，先加工非矿化样品，后加工矿化样品。每个样品加工完后，所使用的机具必须彻底清扫干净，以免沾污下一个样品。



**7.1.3** 样品加工全过程损耗率% =  $\frac{\text{样品总质量} - \text{破碎后样品质量}}{\text{样品总质量}} \times 100\%$  不得超过 5%，缩分误差% =  $\frac{\text{计算缩分后的质量} - \text{实际缩分后的质量}}{\text{计算缩分后的质量}} \times 100\%$  不得大于 3%，过筛率必须在 98% 以上。

## 7.2 元素分析方法及质量要求

### 7.2.1 分析元素的选定

区域地球化学调查、地球化学普查、地球化学详查样品分析元素的选定，以测区内拟找的矿种和潜在的矿化类型以及工作目的为依据进行选择。区域地球化学调查、地球化学普查在同一个成矿区带所分析的元素应保持一致。

### 7.2.2 分析方法的选择

**7.2.2.1** 用于岩石地球化学样品分析的各种元素分析方法，需遵循下列原则：

a. 所要求测定的元素都是指它们的全量，不能用待测元素不能完全溶解出的量和偏提取量替代。

b. 区域岩石地球化学测量样品分析方法的各项质量指标，包括分析方法检出限、准确度、精密度与《区域地球化学勘查规范（比例尺 1: 250000）》要求相匹配。普查、详查岩石地球化学测量样品分析方法的各项质量指标，包括分析方法检出限、准确度、精密度与《地球化学普查规范（比例尺 1: 50000）》要求相匹配。

c. 必须报出分析元素的定量结果，不能用半定量、近似定量结果替代。

d. 报出率必须满足规范规定或设计书要求。

e. 主量元素应采用 FUS-XRF 法(熔片 X 射线荧光光谱法)分析。

**7.2.2.2** 选择元素的分析方法时，应根据测区元素组合特征及含量情况，根据本规范所规定的各种元素分析方法检出限、准确度、精密度，优先选择分析方法质量参数好、效率高、成本低以及兼顾同一分析流程可同时测定多种元素的原则，合理优化配置分析配套方案，无论采用何种分析方法，其分析方法的各项质量指标，必须达到本规范的各项要求，以保证样品分析质量。

### 7.2.3 分析方法的技术要求

**7.2.3.1** 区域岩石地球化学测量样品分析方法检出限要求：分析方法检出限用 12 份试样空白溶液平行测定，由试样空白溶液测定平均值和它的 3 倍标准偏差值计算得到。区域岩石地球化学测量样品分析方法检出限要求见表 3：

**表 3 区域岩石地球化学测量样品分析方法检出限要求（53 项）** 计量单位：μg/g

元 素	检出限(D <sub>L</sub> )	元 素	检出限(D <sub>L</sub> )	元 素	检出限(D <sub>L</sub> )	元 素	检出限(D <sub>L</sub> )
Ag	0.02	Mn	10	W	0.4	Tm	0.01
As	1	Mo	0.3	Zn	4	Y	0.8
Au	0.0003	Nb	2	Zr	2	Yb	0.03
B	1	Ni	2	La	0.1	Lu	0.01
Ba	10	P	10	Ce	0.2	SiO <sub>2</sub>	

续表 3

元 素	检出限(D <sub>L</sub> )	元 素	检出限(D <sub>L</sub> )	元 素	检出限(D <sub>L</sub> )	元 素	检出限(D <sub>L</sub> )
Be	0.5	Pb	2	Pr	0.02	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	
Bi	0.05	Rb	10	Nd	0.08	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	
Cd	0.03	Sb	0.05	Sm	0.03	CaO	
Co	1	Sn	1	Eu	0.01	MgO	
Cr	5	Sr	5	Gd	0.03	K <sub>2</sub> O	
Cu	1	Th	2	Tb	0.02	Na <sub>2</sub> O	
F	100	Ti	10	Dy	0.03		
Hg	0.0005	U	0.1	Ho	0.01		
Li	1	V	5	Er	0.03		

**7.2.3.2** 普查、详查岩石地球化学测量样品分析方法检出限要求见表 4:

表 4 普查、详查岩石地球化学测量样品分析方法检出限 (33 项)

元素	检出限 (μg/g)	元素	检出限 (μg/g)	元素	检出限 (μg/g)
Ag	0.03	F	100	Sb	0.1
As	1	Fe	1000	Sn	1
Au	0.0003	Hg	0.001	Ti	100
B	5	La	40	Th	5
Ba	50	Li	10	Sr	10
Be	1	Mn	30	U	1
Bi	0.1	Mo	0.5	V	20
Cd	0.1	Nb	5	W	0.5
Co	1	Ni	3	Y	7
Cr	15	P	100	Zn	15
Cu	1.5	Pb	5	Zr	10

**7.2.3.3** 分析方法检出限要求是指用于岩石地球化学测量样品的各种分析方法最低要求, 能否满足某一测区样品分析要求, 还须以各元素报出率来衡量, 报出率低于 85%时, 说明所用分析方法不能满足该测区样品分析要求, 需采用检出限更低的分析方法进行分析, 达到要求的报出率。

**7.2.3.4** 岩石地球化学测量样品分析方法准确度要求

分析方法的准确度用国家一级标准物质进行考核, 选用 GSR 系列(GBW07103-GBW07108、GBW07120-GBW07122) 9 个岩石国家一级标准物质, 用选定的岩石样品分析方法, 对每个国家一级标准物质分析 12 次, 并分别计算每件标准物质每种元素测量值的平均值与标准值之间的对数偏差 ( $\Delta \lg \bar{C}$ ) 或平均值与标准值之间的相对偏差 (RE%), 其结果应符合表 3 准确度的要求。

**7.2.3.5** 岩石地球化学测量样品分析方法精密度要求

分析方法的精密度, 是指在一定条件下对样品进行多次测定, 各次测定数据之间符合程度, 反映了多次测定值波动幅度的大小。分析方法的精密度用国家一级标准物质进行考核, 选用 9

个岩石国家一级标准物质（GBW07103-GBW07108、GBW07120-GBW07122），用选定的岩石样品分析方法，对每个国家一级标准物质分析 12 次，并分别计算每件标准物质每种元素 12 次测量值与标准值之间的相对标准偏差（RSD%），其结果应符合表 5 精密度的要求。

表 5 岩石地球化学测量多元素分析方法的准确度和精密度要求

监 控 含 量 范 围	表 示 方 法 限 度		准 确 度	精 密 度
			$ \Delta \lg \bar{C}(GBW)  =  \Delta \lg \bar{C}_i - \lg C_s $	$RSD\%(GBW) = \frac{\sqrt{\sum_{i=1}^{12} (C_i - C_s)^2}}{C_s} \times 100\%$
检出限三倍以内			$\leq 0.12$	$\leq 27$
检出限三倍以上			$\leq 0.08$	$\leq 18$
1-5%			$\leq 0.05$	$\leq 12$
> 5%			$\leq 0.03$	$\leq 7$

注：Ci 为 GBW 标准物质的 n 次测量值；Cs 为 GBW 标准物质的标准值；n 为 GBW 标准物质的测量次数。

### 7.3 岩石样品分析质量控制方法及质量要求

岩石样品分析质量控制方法分别为：实验室内部质量控制和实验室外部质量控制。

#### 7.3.1 岩石样品分析内部质量控制方法

内部质量控制是由承担样品分析实验室进行的自我质量控制，通过插入国家一级标准物质与样品同时分析，进行重复性检验等方法进行的质量控制。

**7.3.1.1 准确度的控制**，根据测区岩石类型、元素组合、含量分布状况，从岩石国家一级标准物质（GBW07103-GBW07108、GBW07120-GBW07122）中，选出 4 件（元素含量尽量有梯度）标准物质，密码插入每个分析批（46 件样品）中，与样品同时分析，按单元素、单个标准物质统计测量值与标准值的对数差（ $\Delta \lg C$ ），控制样品分析的准确度。

**7.3.1.2 精密度的控制**，根据测区岩石类型、元素组合、含量分布状况，从岩石国家一级标准物质（GBW07103-GBW07108、GBW07120-GBW07122）中，选出 4 件（元素含量尽量有梯度）标准物质，密码插入每个分析批（46 件样品）中，与样品同时分析，按分析批统计 4 个国家一级标准物质测量值与标准值的平均对数差（ $\Delta \lg \bar{C}$ ）和对数差的标准偏差（ $\lambda$ ），控制样品分析的精密度。

**7.3.1.3 重复性检验**：按分析样品总数的 5% 随机抽取重复性检验样品，编成密码，交由不同的分析人员分析，分析完毕，计算重复性检验结果和基本分析结果的相对双差 RD%（ $RD\% = \frac{A_1 - A_2}{(A_1 + A_2)/2} \times 100\%$ ），控制样品分析的重复性。

**7.3.1.4 金元素准确度控制**：从痕量金及矿石金国家一级标准物质（GBW07242-GBW07248、GBW07297-GBW07300、GBW07805-GBW07810、GBW（E）07002）中选出 4 件（元素含量

尽量有梯度)标准物质,密码插入每个分析批(46件样品)中,与样品同时分析,按单个标准物质统计测量值与标准值的相对偏差  $RE\%$  ( $RE\% = \frac{C_i - C_s}{C_s} \times 100\%$ ),控制样品分析的准确性。

**7.3.1.5 金元素重复性检验:**抽取金元素分析样品总数 10% 的样品,进行重复性检验,抽取的 10% 样品,应该包括全部高含量和部分中、低含量,并计算重复性检验结果和基本分析结果的相对双差  $RD\%$  ( $RD\% = \frac{A_1 - A_2}{(A_1 + A_2)/2} \times 100\%$ ),控制样品分析的重复性。

**7.3.1.6 异常点的重复检验:**每个地区或每批样品分析完毕后,对部分特高或特低含量试样,应进行异常点重复性检验。异常点重复检验比例 2~4%,合格率统计计算按试样的重复性检验(7.3.1.3)的要求进行。

**7.3.1.7 元素报出率控制:**报出率( $P\%$ )是指能报出元素含量数据的样品数( $N$ )占样品总数( $M$ )的百分数  $P\%$  ( $P\% = \frac{N}{M} \times 100\%$ )。

**7.3.1.8 分析过程的控制:**在分析过程中还要注意进行试液(料)制备控制、标准溶液控制、标准曲线(工作曲线)控制、空白试验、背景扣除和干扰校正等。

**7.3.1.9 监控图的绘制:**标准物质质量参数的日常监控曲线图的绘制,按照多目标区域地球化学调查规范。

### **7.3.2 岩石样品分析外部质量控制方法**

外部质量控制方案由送样单位根据工作任务和质量要求确定。可由送样单位或委托质量检查人员,在分析样品中,密码插入国家一级标准物质;或密码插入重复采样、重复分析样品;或抽出一定比例样品进行外检重复分析等方法控制质量。

**7.3.2.1 准确度控制,**在样品送达分析实验室前,由送样单位在岩石国家一级标准物质(GBW07103-GBW07108、GBW07120-GBW07122)中挑选 4 件标准物质密码插入每个分析批(46 件样品)中,与样品同时分析,样品分析完毕,报出分析数据后,由送样单位按单元素、单个标准物质统计单个国家一级标准物质测量值与标准值的对数差( $\Delta \lg C$ ),其结果应符合表 4 要求,控制样品分析的准确度。

**7.3.2.2 精密度控制,**由送样单位在岩石国家一级标准物质(GBW07103-GBW07108、GBW07120-GBW07122)中挑选 4 件标准物质密码插入每个分析批(46 件样品)中,与样品同时分析,样品分析完毕,报出分析数据后,由送样单位按分析批统计 4 个国家一级标准物质测量值与标准值的平均对数差( $\overline{\Delta \lg C}$ )和对数差的标准偏差( $\lambda$ ),其结果应符合表 5 要求,控制样品分析的精密度。

**7.3.2.3 重复性检验,**在样品送达分析实验室前,由送样单位采集样品总数 3% 的重复样品,编成密码插入样品中,送达分析实验室与样品同时分析,样品分析完毕,报出分析数据后,由送

样单位统计双份样品分析的相对双差 RD% ( $\frac{A1-A2}{(A1+A2)/2} \times 100\%$ ), 控制样品分析的重复性。

**7.3.2.4** 再现性检验, 样品分析完毕, 报出分析数据后, 送样单位认为必要时, 可从分析样品中, 抽取至少 30 件样品, 送其它实验室分析, 样品分析完毕, 报出分析数据后, 由送样单位统计双份样品分析的相对双差, 控制样品分析的再现性。

### 7.3.3 岩石样品分析内部质量控制质量要求

**7.3.3.1** 岩石样品分析准确度的控制质量要求: 国家一级标准物质测量值与标准值的对数差 ( $\Delta \lg C$ ) 应符合表 6 的要求。每个分析批插入 4 件国家一级标准物质, 只允许一件标准物质超差。

表 6 岩石样品日常分析标准物质准确度控制限

允许 控制 含量 范围	统计 参数 限	$ \Delta \lg C_i(GBW)  =  \Delta \lg C_i - \lg C_s $	备 注
检出限三倍以内		$\leq 0.15$	Ci 为 GBW 标准物质的 i 次测量值。 Cs 为 GBW 标准物质的推荐值。
检出限三倍以上		$\leq 0.12$	
1~5%		$\leq 0.08$	
> 5%		$\leq 0.07$	

**7.3.3.2** 岩石样品日常分析精密度控制质量要求: 国家一级标准物质测量值与标准值对数差的标准偏差( $\lambda$ )应符合表 7 的要求。每个分析批国家一级标准物质统计计算的  $\lambda$  合格率应为 98%。

表 7 岩石样品日常分析标准物质精密度控制限

允许 控制 含量 范围	统计 参数 限	$\overline{\Delta \lg C} = \frac{\sum_{i=1}^4 ( \lg C_{Ri} - \lg C_{RS} )}{4}$	$\lambda = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^4 (\lg C_{Ri} - \lg C_{RS})^2}{4-1}}$
检出限三倍以内		$\leq 0.15$	$\leq 0.20$
检出限三倍以上		$\leq 0.12$	$\leq 0.17$
1-5%		$\leq 0.08$	$\leq 0.12$
> 5%		$\leq 0.07$	$\leq 0.08$

注:  $C_{Ri}$  为 GBW 标准物质的 n 次测量值;  $C_{RS}$  为 GBW 标准物质的标准值;

**7.3.3.3** 重复性检验质量要求: 重复性检验合格率, 按全图幅分元素统计双份样品分析的相对双差 RD% ( $RD\% = \frac{A_1 - A_2}{(A_1 + A_2)/2} \times 100\%$ )  $\leq 40\%$  统计合格率, 要求一次合格率  $\geq 90\%$ 。

**7.3.3.4** 金元素准确度检验质量要求: 金元素重复性检验合格率, 以全图幅为单元统计, 计算

单个标准物质测量值与标准值的相对偏差 RE% ( $RE\% = \frac{C_i - C_s}{C_s} \times 100\%$ ), 按表 6 的要求统计合格率, 要求一次合格率  $\geq 95\%$ 。

**7.3.3.5 金元素重复性检验质量要求:** 金元素重复性检验合格率, 以全图幅为单元统计双份样品分析的相对双差 RD% ( $RD\% = \frac{A_1 - A_2}{(A_1 + A_2)/2} \times 100\%$ ), 按表 8 的要求统计合格率, 要求一次合格率  $\geq 90\%$ 。

**表 8 痕量金元素分析重复性检验允许相对误差**

单位: ng/g

含量范围	相对误差 RD% = $\frac{A_1 - A_2}{(A_1 + A_2)/2} \times 100\%$
0.3 - 1	$\leq 100$
1~30	$\leq 66$
> 30	$\leq 50$

**7.3.3.6 异常点重复性检验质量要求:** 异常点重复性检验合格率, 按全图幅分元素统计双份样品分析的相对双差 RD% ( $RD\% = \frac{A_1 - A_2}{(A_1 + A_2)/2} \times 100\%$ ) 分别按 **7.3.3.3**、**7.3.3.4** 和 **7.3.3.5** 所规定的要求执行。

**7.3.3.7 元素报出率质量要求:** 元素报出率按全图幅分元素统计 P% ( $P\% = \frac{N}{M} \times 100\%$ ), 每种元素的报出率应  $\geq 95\%$ 。

**7.3.3.8 在一个图幅中,** 当含有部分特殊成分如: 高铁、高硅、高铝、高钙、高镁样品时, 元素报出率的统计可剔除这些样品后再行统计。

**7.3.3.9 监控图的绘制:** 标准物质质量参数的日常监控曲线图的绘制, 按照附录 G 监控图格式。

#### **7.3.4 岩石样品分析外部质量控制质量要求**

**7.3.4.1 岩石样品分析准确度的控制质量要求:** 国家一级标准物质测量值与标准值的对数差 ( $\Delta \lg C$ ) 应符合表 4 的要求。每个分析批插入 4 件国家一级标准物质的合格率应为 98%。

**7.3.4.2 岩石样品分析精密度控制质量要求:** 国家一级标准物质测量值与标准值对数差的标准偏差 ( $\lambda$ ) 应符合表 5 的要求。每个分析批国家一级标准物质统计计算的  $\lambda$  合格率应为 98%。

**7.3.4.3 重复性检验质量要求:** 重复性检验合格率, 按全图幅分元素统计双份样品分析的相对双差 RD% ( $RD\% = \frac{A_1 - A_2}{(A_1 + A_2)/2} \times 100\%$ )  $\leq 40\%$  统计合格率, 要求一次合格率  $\geq 95\%$ 。

**7.3.4.4 再现性检验质量要求:** 再现性检验合格率, 按全图幅分元素统计双份样品分析的相对双差 RD% ( $RD\% = \frac{A_1 - A_2}{(A_1 + A_2)/2} \times 100\%$ )  $\leq 40\%$  统计合格率, 要求一次合格率  $\geq 90\%$ 。

**7.3.4.5 金元素重复性和再现性检验质量要求:** 金元素重复性和再现性检验合格率, 以全图幅

---

为单元统计双份样品分析的相对双差 RD% ( $RD\% = \frac{A_1 - A_2}{(A_1 + A_2)/2} \times 100\%$ ), 按表 6 的要求统计

合格率, 要求一次合格率  $\geq 85\%$ 。

## 7.4 质量评估

**7.4.1** 实验室内部质量控制及质量评估是对每一分析批、每人、每天分析质量按控制限要求所进行的实时控制, 以判断分析人员的素质、环境、试剂材料、仪器设备是否处于正常运行及受控状态等进行评估。

**7.4.2** 实验室外部质量控制及质量评估是送样单位即用户对实验室所报出的分析数据的可靠性、可利用性是否达到合同或协议规定的要求, 是否符合有关规程、规范的要求进行的评估。

**7.4.3** 每个图幅或工作或项目样品分析工作结束后, 实验室必须及时地对最终报出的样品分析数据的可靠性和合理性进行全面的、综合的质量评估, 并提交质量评估报告。

## 8 岩石地球化学测量资料整理与地球化学图件编制

### 8.1 数据库

**8.1.1** 岩石地球化学测量应以原始采样信息、基本图件和分析数据为数据源, 根据不同勘查层次分别建立数据库。

**8.1.2** 数据库软件可采用 GeoMDIS、ARC/info、MapGis 等通用的数据库系统和可互换的格式。

#### 8.1.3 数据库内容

**8.1.3.1** 野外调查资料: 样品种类、坐标信息、各类采样信息、异常查证记录、质量检查记录、数字照片与摄像资料、以及野外工作相关描述信息。

**8.1.3.2** 分析数据: 面积性测量和剖面性测量样品实验室分析结果和分析质量评估数据, 异常检查分析数据及其质量监控数据。

**8.1.3.3** 图件资料: 野外实际材料图, 平面或剖面图地球化学图、地球化学异常图, 垂直纵投影地球化学异常图, 地球化学推断图等。

### 8.2 地球化学参数统计

**8.2.1** 岩石地球化学参数统计单元应按岩性、岩相、地质年代等进行细分。

**8.2.2** 岩石地球化学参数主要包括数据分布检验、样本数(N)、面积(S)、算术平均值( $\bar{X}$ )、标准离差( $S_o$ )、变异系数(CV)、逐步剔除平均值加减 3 倍标准离差后的算术平均值( $\bar{X}_o$ )、几何平均值( $\bar{X}_g$ )、中位数(Me)以及最大值( $X_{max}$ )、最小值( $X_{min}$ )。

**8.2.3** 对多重母体数据, 应进行混合分布分解, 并对分解后的数据进行参数统计。

### 8.3 地球化学图编制

**8.3.1** 岩石地球化学测量图件可以分为: 采样实际材料图、地球化学图、地球化学异常图、各种推断解释图等。

**8.3.2** 采样实际材料图包括面积性测量实际材料图、剖面测量实际材料图。

**8.3.2.1** 面积性岩石地球化学实际材料图由简化的地理信息、地质信息、采样网格、采样点位、采样剖面、重复采样、质量检查点等构成。要求整个图面表达准确、标示字体大小合理, 层次

---

清晰，图面美观等。

**8.3.2.2** 剖面、坑道、探槽、钻孔岩石地球化学测量，实际材料图应由地质剖面图或坑道、探槽各类素描图或钻孔柱状图、采样点位、质量检查点等构成。

**8.3.2.3** 采样点属性信息包括：记录卡中所记录的全部地质信息、样品分析数据信息、样品分析方法等。

### **8.3.3 岩石地球化学图**

**8.3.3.1** 岩石地球化学图包括平面图、剖面图、柱状图、垂直纵投影图、模式图等。

**8.3.3.2** 地球化学平面图编制方法参照《地球化学普查规范》执行。

**8.3.3.3** 地球化学剖面图是在已编制完成的地质剖面图基础上，由不同元素含量折线置于地质剖面图上方构成。地球化学剖面图水平比例尺与地质剖面一致。

**8.3.3.4** 地球化学柱状图是在已编制完成的地质柱状图基础上，由不同元素含量折线置于地质剖面图右侧构成。地球化学柱状图垂直比例尺与地质柱状剖面一致。

**8.3.3.5** 地球化学剖面图、地球化学柱状图每个划分的坐标区内可以由多个相关联的地球化学元素组成，以进一步对比地球化学指标间的变化关系，比例尺以显示曲线清晰为原则。

**8.3.3.6** 地球化学剖面图、地球化学柱状图剖面，应标注起点、终点坐标、剖面线方向，地质和地球化学图例以及工作责任表等。

### **8.3.4 地球化学异常下限确定及异常图编制**

**8.3.4.1** 地球化学异常下限应按照地质单元分别求取异常下限。当工作区岩性单一或变化不大时，也可确定统一的异常下限。

**8.3.4.2** 单元素异常图可以选择元素含量值、异常衬度值进行勾绘。

**8.3.4.2.1** 根据元素含量，求取异常下限，以异常下限值的 1、2~4、3~8 倍划分三个异常浓度分带勾绘异常图。

**8.3.4.2.2** 根据地质单元确定的异常下限，求取衬度值；以衬度值 1 作为异常下限勾绘异常，以衬度值 1、2~4、3~8 倍划分三个异常浓度分带勾绘衬度异常图。

**8.3.4.3** 组合异常图在单元素异常的基础上，根据研究对象的元素相关组合特征，一般选择 3~5 个元素编绘。组合异常图应确定一个主要元素用面色表示，划出 3 个浓度带；其它元素按异常下限圈定，用线表示，并用不同颜色区分。

**8.3.4.4** 综合异常图在组合异常图基础上，将空间上密切相关组合异常进行归并，圈定异常范围，并将元素组合标于线上，如：Au-Cu-Pb-Zn。

**8.3.4.5** 地球化学异常剖面图、地球化学异常柱状图异常圈定参照 8.3.3.2。

**8.3.4.6** 构造叠加晕异常图以构造叠加晕剖面图、平面图、垂直纵投影表示。以充填黄、兰、红色圆圈代表外、中、内带异常，表示在剖面图、平面图、垂直纵投影图上。

## **8.4 综合解释推断**

**8.4.1** 岩石地球化学测量综合解释推断依据不同目的、不同阶段确定。通常包括：典型矿床（矿体）地球化学分带模式图、矿床（矿体）地球化学找矿模型、区域地球化学找矿预测、地球化



学预测推断等工作内容。

**8.4.2** 在矿床（矿体）地球化学含量分布特征，异常分带研究的基础上，编制典型矿床（矿体）地球化学分带模式图、构造叠加晕模式图。热液型矿床岩石地球化学分带方法见附录 F。

**8.4.3** 在典型矿床（矿体）研究的基础上，根据地球化学勘查程度、找矿类型、地球化学分布特征等研究，确定地球化学找矿模型、构造叠加晕找矿模型。构造叠加晕找盲矿新方法研究方法见附录 H。

**8.4.4** 在进行异常分类、评价、查证的基础上，结合成矿地质背景，编制区域地球化学找矿预测图，进行矿产资源潜力评价。矿产资源潜力评价方法见附录 J。

**8.4.5** 根据地球化学异常和构造叠加晕特征，结合矿床（矿体）地球化学找矿模型和构造叠加晕找矿模型，结合成矿规律、控矿因素，推断矿床（矿体）赋矿部位，预测深部盲矿。

## 9 异常查证与评价

**9.1** 异常查证与评价主要包括异常的解释推断、异常分类、异常筛选、异常查证、下一步工作建议等内容。异常查证与评价主要任务是：通过异常对比分析和模式、模型辨认，综合地质、物探、化探资料，研究总结出异常空间分布规律，解释推断引起异常的原因，识别矿异常与非矿异常，预测异常找矿前景并提出异常查证工作建议。

### 9.2 异常评价

**9.2.1** 异常评价指标包括异常的结构（异常形态、浓度级次、元素组合、元素分带）、异常的规模（异常面积、强度）以及异常范围内的地球化学参数（各地质体元素含量、平均值、离差、变异系数、元素对或元素组比值、相关性）和成矿环境地球化学指标等。

**9.2.2** 将地球化学异常的评价指标，与典型矿床分带模式和地球化学找矿模型进行对比，同时结合地质、矿产、物探等资料，进行异常评序、筛选。

**9.2.3** 通过异常评序与筛选、结合元素地球化学图、组合异常图、综合异常图和地质矿产背景，对异常进行评价分类(表 9)，根据不同阶段异常查证的结果可对异常分类进行调整。

表 9 异常分类表

类	性质	亚类	说明
甲	已知矿异常	甲 1	有进一步扩大找矿远景、或发现新矿种前景的矿致异常
		甲 2	已知矿引起，但找矿远景不明的异常。
乙	推断有找矿意义的异常	乙 1	推断可能发现大中型矿床的异常
		乙 2	推断可能发现中小型矿床的异常
		乙 3	推断可能发现矿点或者矿化的异常
丙	其他异常	丙 1	岩性异常
		丙 2	性质不明的异常
		丙 3	目前条件下无找矿意义的异常

**9.2.4** 对重要异常提出查证工作建议。建议书包括异常区地质构造背景、异常特征、异常区查

---

证工作的主攻矿种及矿床类型，相应的技术思路、方法技术组合、实物工作量等。

### **9.3 异常查证**

**9.3.1** 首先应对发现的甲 1、乙 1、乙 2 类异常进行查证，并达到异常踏勘检查工作程度。有找到大型超大型矿床远景的重要异常应达到异常详细检查工作程度。

**9.3.2** 异常踏勘检查主要是了解异常区地层、岩体、构造、蚀变等的矿化特征，初步查明与异常有关的地质体，确定异常源。主要工作方法为加密岩石地球化学取样或开展 1: 1 万岩石地球化学剖面测量、1: 1 万地质剖面测量等。

**9.3.3** 异常详细检查主要目的是预测、推断矿体分布，控制含矿构造分布，判断矿化规模，基本查明成矿地质背景，控矿地质因素，为深部工程验证提供依据。选择的方法技术主要是面积性的 1: 10000~1: 5000 地球化学测量、构造叠加晕找矿、地质测量及轻型山地工程。

**9.3.4** 异常推断解释：异常查证后，根据所获的地质、物探、化探资料进行综合分析研究，对异常作进一步解释推断、评价、预测。

## **10 成果报告编写**

**10.1** 野外工作和分析测试结束后，应系统进行资料整理、图件编制、综合研究和报告编写。岩石地球化学测量报告包括文字报告和附图两部分。

### **10.2 文字报告提纲及编写要求**

#### **10.2.1 序言**

主要说明项目来源及任务目标，完成的工作量，主要成果概述等。

#### **10.2.2 工作区地质、地球化学特征**

主要介绍本地区自然地理、地质、矿产资源分布概况，地球化学特征；简述前人完成的地质、矿产、物探、化探、遥感地质工作。

#### **10.2.3 工作方法技术及质量评述**

##### **a. 野外工作方法技术及质量评述**

主要包括采样方法选择及布局、采样密度、样品种类，样品加工方法的选择与确定，野外施工各环节操作方法概述。野外质量监控措施及其质量评述。

##### **b. 样品分析测试方法及工作质量评述**

包括样品测定元素的选择，各元素分析测试方法检出限、准确度、精密度；样品分析质量内部监控方法及其质量评述；样品分析测试外部监控方法及其质量评述。

##### **c. 数据处理及地球化学图件编制**

背景值和异常下限以及重要地球化学参数的确定方法，多元素地球化学统计分析方法，地球化学图、异常图、综合异常图等编图方法。

##### **d. 异常查证与评价方法**

包括异常分类方法、异常筛选方法，异常查证采用的方法，资源潜力评价采用的方法等。

#### **10.2.4 地球化学特征**

---

对区内各元素地球化学参数特征、地球化学元素分布规律、各元素之间的关系进行分析、总结；对典型矿床（矿体）地球化学特征、分带模式、找矿模型进行论述；对区内地球化学异常分布与成矿规律进行论述；

#### **10.2.5 异常推断解释与评价**

对区内的异常登记、异常分类、排序成果进行总结；对重要异常查证成果进行评述；对区内资源潜力作初步评价；对工作区矿床（矿体）分布进行推断、预测；对地球化学成果在基础地质等方面的应用进行分析；问题提出与讨论。

#### **10.2.6 结论与建议**

对通过岩石地球化学测量获得的重要找矿信息、元素富集规律、重要异常的矿产潜力和预测等取得有主要成果进行总结；对下一步工作部署、工作方法、找矿方向等提出较具体的书面方案、意见、建议。

**10.3 报告需附岩石地球化学测量图件和异常查证图件及异常验证建议书。**

**10.3.1 岩石地球化学测量**包括单元素地球化学图、地球化学组合异常图、地球化学综合异常图、地球化学综合推断图。

**10.3.2 异常查证图件**包括重要异常剖析图，重要异常查证平面、剖面图。

### **11 汇交资料要求**

汇交资料包括：岩石地球化学测量数据库、采样点位图、异常查证实际材料图、异常登记表册、成果报告及附图、附件。

附录 A（规范性附录）

# 岩石地球化学测量记录卡

图幅名称（或地区）：

采样日期：

年 月 日

(A) 主标识符		(B) 样品号		(C) 图幅号	
(D) 横坐标		(E) 纵坐标		(F) 海拔高程	
(G) 样品类型		(H) 岩石名称		(I) 风化程度	
(J) 岩性描述：					
(K) 地质构造特征描述：					
(L) 蚀变矿化特征描述：					
(M)照片（或素描）及编号：					
(N) 标记位置		(O) 样点 GPS 号		(P) 布袋号	

记录：

采样：

审核：

第

页

---

### 岩石测量记录卡填写说明

- A 主标识符：**C2。代码填写，规定：岩石为 1；土壤为 4；水为 6
- B 样品号：**C7。面积性测量样品号按：图幅名拼音代码+样品类型+采样大格编号+小格代码+小格样号，如：MPF234B1。该样品号中：MP-茅坪幅代码；F-构造样；234-大格号；B-小格号；1，B 小格第一个样号)。剖面、钻孔等可根据需要情况编写。
- C 图幅号：**C10。1：50000 地形图图幅号，如 H49E007008
- D 横坐标：**N8。统一确定为高斯 6 度带，记录 带号+横坐标 精确到 m。 如 20428303
- E 纵坐标：**N7。高斯 6 度带 精确到 m。如 3395158
- F 海拔高程：**N4。采样点高程坐标，精确到 m。从地形图等高线或通过 GPS 直接读取。
- G 样品类型：**代码填写采集的岩石样品类型：1、普通岩石， 2、构造破碎带；3：裂隙充填物及其披膜，4、蚀变岩石，5、矿化岩石。
- H 岩石名称：**填写测点所测点采集的岩石名称。参见“区域地球化学勘查规范”附录 B 表 B2。
- I、风化程度：**包括1、新鲜岩石；2、半风化岩石；3、风化岩石。
- 岩性、地质构造、蚀变矿化以文字描述，可参考以下内容：**
- J、岩性描述内容包括：**岩石成分、结构、构造、地质时代等内容。
- K、地质构造特征内容包括：**构造类型、产状、矿化情况及与样品的关系；
- L、蚀变矿化特征内容包括：**蚀变类型、蚀变矿物分布特征、变与矿化关系；矿化类型、矿化分布特征、矿石结构构造特征；样品蚀变矿化情况。
- M、照片（或素描）及编号：**可直接表示或填编号。
- N、标记位置：**标记用红油漆填写，注明标记位置。
- O、GPS 文件号：**指采样点某 GPS 坐标数据转存入计算机内的批次文件。要求以 GPS 手持机编号后四位数+录入的第 n 批数（n 为两位数）。每批坐标存点宜在 500 个以内。
- P、布袋号**

## 附录 B (规范性附录)

剖面岩石地球化学测量记录表

剖面位置:

所在 1: 5 万图幅或工作区:

工作日期:        年        月        日

[illegible]

记录:

采样：

审核:

第

页

附录 C（规范性附录）

构造叠加晕找矿取样记录卡

(1) 地表采样      矿种      矿区：

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
样品序号	样品号	坐 标		探槽（勘探线）	围岩岩性	构 造 产 状		构造带宽度 m	蚀变矿化特点	备注
		横	纵			倾向	倾角			

采样员：

记录员：

采样日期：      年    月    日

(2) 坑道采样    矿种    矿区：

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
样品序号	样品号	中段（标高）	穿（沿）脉号	围岩岩性	构造产状		构造带宽度 m	蚀变矿化特点	备注
					倾向	倾角			

采样员：

记录员：

采样日期：    年   月   日



(3) 钻孔采样      矿种      矿区：

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
样品序号	样品号	钻孔号	孔深 m	围岩岩性	剖面图构造产状		构造带 宽度 m	蚀变矿化特点	备注
					倾向	倾角			

采样员：

记录员：

采样日期：    年   月   日

附录 D（资料性附录）

质量检查记录格式

岩石地球化学测量原始资料日常自检（互检）登记表（一）

图幅（号）或工作地区：

采样日期	检查日期	采样号	重量(g)	记录卡		图、样、卡一致性		岩石定名		采样拣块			是否变更	变更原因	检 查 意 见	整 改 情 况
				清晰 度	完整性			野外定 名	检查 定名	5 块 以上	5-3 块	小于 3 块				
					是	否	是									
存在问题：									质量评述：							

工作者：

检查者：

年    月    日

岩石地球化学测量（室内部分）质量检查登记表（二）

图幅（号）或工作地区：

采样日期	检查日期	采样号	重量(g)	记录卡			图、样、卡一致性		岩石定名		采样拣块			点位变更原因	航迹记录	自检互检情况	备注
				清晰度	完整性				野外定名	检查定名	5块以上	5-3块	小于3块				
					是	否	是	否									
存在问题：									质量评述：								

工作者：

检查者：

年 月 日

岩石地球化学测量（野外部分）质量检查登记表（三）

图幅（号）或工作地区：

点 号	标记		点位误差		采样代表性		样品名称		地质描述		构造矿化蚀变		采样对象		其它问题	备 注	
	有		无	正确	点位差 (m)	好	差	对	错	准确	错项	采样合 理	采样不 合理	基岩			转石
	对	误															
存在问题：												质量评述：					

注：对者以√表示，其它以 / 充填，不对者×并在应填部分填上正确数字。本表适用于采样大组、项目组、承担单位的野外质量检查。

工作者：

检查者：

年      月      日

### GPS 坐标校正校验记录（四）

项目名称: GPS 检验前坐标: E: N:  
 工作地区: 1:50000 幅 校验值: Dx: Dy: Dz:  
 实地（三角）坐标点坐标: E: N: 校验后坐标: E: N:

机号	坐 标 值							
	E(m)		N(m)		E(m)		N(m)	
	观测值	偏差	观测值	偏差	观测值	偏差	观测值	偏差
1								
2								
3								
4								
5								
6								
7								
8								
9								
10								
11								
12								
13								
14								
15								
16								
17								
18								
19								
20								
最大偏差 (±)								
平均偏差 (±)								

记录: 复核: 观测日期: 年 月 日  
 验证结果简要评价:

校验人（签字）:

负责人确认（签字）:

年 月 日

## 附录 E (资料性附录)

## 某些金属矿床指示元素及其岩石地球化学异常分带序列

矿种	矿床类型	矿床名称	指示元素及分带序列		来源
			①垂直(下→上)	②水平(内→外)	
铜	斑岩型	西藏玉龙式(新生代)	Mo→Cu→Ag、Pb、Zn	Mo、Cu→Cu、Mo、W、Bi、Au→Pb、Zn、Ag、Cd→Sb、Bi	唐仁鲤等,1995
		江西德兴式(中生代)(富家坞)	Mo→Mo、Cu、Ag、Au、Se→As、Pb、Zn、Mn、Co、Cd	Mo、Cu、Ag、Se、Sb、Au→(Cu、Ag、Au)、W、Sn、Bi、As→(Cu、Ag、Au、Bi、W、As)、Pb、Zn、Cd、Co、Mn	吴承烈等,1998
		黑龙江多宝山式(古生代)	Cu、Mo、Au、Ag、Se、Sb、Bi、F→Co、As→Pb、Zn、Cd、Mn (矿体上盘:在花岗闪长岩围岩内)	Cu、Mo、Au、Ag、Se、Sb、Bi、K <sub>2</sub> O、Rb→Co、As、Mn、Pb、Zn、Hg、F	
	矽卡岩型(岩体与围岩接触带矽卡岩)	江西武山铜矿床	W、Sn、Mo→Cu、Ag、Bi→Pb、Zn、As(Hg)	Mo、Cu→Cu、Ag→Pb、Zn	引自张本仁等,1985
		湖北铜绿(录)山铜铁矿床	Co、Mo、Zn、Mn、Cu、Mo、Ag、Zn、Pb、Ba	Sn、Ni、Co、Pb、Zn、Mn、Mo、Ag、Cu	引自张本仁等,1985
		湖北鸡冠咀铜金矿床	Co、Cu、W、Mo、Bi(尾部晕)→Au、Ag(矿体晕)→Sb、B、F、As、Hg、I(前缘晕)		刘崇民等,1996
	矽卡岩型(层控式矽卡岩)	安徽老鸦岭铜矿床	Co、Pb→Cu、Ag、Au、Zn、Bi→I、Hg、As、Sb、Se		吴承烈等,1998
		安徽冬瓜山铜矿床	W、Co、Bi、Mo→Cu、Ag→I、Sb、Hg、B、As		
		西藏甲玛铜(铅)矿床	Mo→Cu、Mo→Au(Ag)→Pb、Zn	Mo→Cu、Mo→Cu、Au→Pb、Zn	郑文宝,2010
	岩浆铜镍硫化物型	新疆喀拉通克铜镍矿床	Co、Cu、Ni→Cr→Ba、B、As、Mo		李应桂等,1990
		甘肃金川铜镍矿床	Cu、Ni、Co→Ag、Cr、Se、(Au、Ti、V、Pb、Zn)→B、I、F、Ba(Mo)		吴承烈等,1998
	陆相火山-次火山型	福建紫金山铜金矿床	Cu、Mo、W、Sn→Cu、Pb、Zn→Cu、Au、Ag、As、Sb、Bi、Pb(Zn)→Au、Ag、Bi、Hg(Mo) 铜矿带尾部→铜矿带→金铜过渡带→金矿带		
	热液脉型	江西朱溪铜矿床	Sn、W、Bi→Cu、Ag、Pb、Zn→As(Ag、Pb、Zn)	W、Sn、Bi→Cu、Zn、Ag、Pb→As	
		福建管查铜矿床	Sn、Cu、As→Cu、Pb(Zn、Ag、Sn、As)→Pb(Zn、Ag)		

矿种	矿床类型	矿床名称	指示元素及分带序列		来源
			①垂直（下→上）	②水平（内→外）	
铜	热液脉型	广东钟丘洋铜矿床	Bi、Co、W（Mo）→Cu、Ag、Sn、Pb、Zn→B、As、Sb（Hg）		
金	石英脉型	山东金青顶金矿床	Bi、Mo、Mn、Co、Ni→Cu、Pb、Zn→Ag、Au→Hg、As、Sb、B		禹斌等，2011
		山东邓格庄金矿床	Au、Cu、Mo、Bi、Sb、As、Ag、Pb、Hg、Zn		李惠等，1999
		山东玲珑金矿床	Hg、W、Ag、Bi、Cu、Ni、Co、As、Au、Sb、Zn、Pb、Ba		孙国胜等，2002
			Zn、Mn→Pb、Cu、Se、Au→Sb、Hg、As、Ag、Te、（Mo）		刘汉忠等，1983
		山东望儿山金矿床	Sb <sup>2</sup> 、Ba、W、Hg <sup>2</sup> 、Cr、Sn、V、Sr→Hg <sup>1</sup> 、Mo、Zn、Pb、Ni、Bi、Co→Cu、As、Ag、Rb、Sb <sup>1</sup> 、Au	Ti、V、Ni、Cr、Co、Fe、Mo、Sn、Pb、W、Hg、Zn、Bi、Ag、Au、As、Sb、Cu、Mn、Rb、Ba、Sr、Ca	陈宏毅，2010
		辽宁柏杖子金矿床	Ti、V、Mo、Cu、Co、Mn、Zn、Bi、Cr、Au、Sb、（Ag、Pb）、As		邹光华主编，1996
		山东三甲金矿床	Pb、B、Au、Cu、Ag、As、Zn、W、Sb、Co、Sn、Mo、Ni、Bi		李惠等，1998
		海南抱伦金矿床	Mo、W、Sn→Au、Ag、Bi、Pb、Sb→Hg、As、Pb、Cu、Zn		丁式江等著，2007
		新疆哈图金矿床	Bi、Mo、W→Ag、As、Se、Au→B、Ba、Hg、Sb	W、Mo、Bi、As、Au、Ag、Se→Au、As、Ag、Sb、Hg→As、Hg、B、Ba	余学东，1998
	蚀变岩型	山东焦家金矿床	Ba、Sb、As、Te、Pb、Au、Se、Ag、Zn、Cu		刘汉忠等，1983
		山东灵山沟（V号）金矿床	Mn、Mo、Bi、Zn、Pb、As、Sb、Ag、Cu、Au		李惠等，1998
		山东三山岛金矿床	Bi、Co、（W）、Mn、Mo、（V）、（Ni）、（Sn）、（Ti）→Cu、Ag、Au、Pb、Zn→Hg、Sb、As、B		禹斌等，2010
		山东新城金矿床	Ni、Zn、Mn、Co、Se、Ba、Mo、Pb、As、Te、Bi、Sb、Cu、Au、Ag		李惠等，1998
		山东河东	Zn、Pb、Sb、Au、Bi、Ag、Cu、As		邹光华等著，1996
		山东大尹格庄	Bi、Zn、Pb、Ag、Au、Cu、As、Sb		
	绿岩型	山东大庄子金矿床	Bi、Mo、Mn→Au、Ag、Cu、Pb、Zn→As、Sb、Hg、B		司乃欣等，2012
		山东旧店（I号）金矿床	Bi、Pb、Ag、Ni、Hg、Sb、As、Co、Au		代军治等，2004

矿种	矿床类型	矿床名称	指示元素及分带序列		来源
			①垂直（下→上）	②水平（内→外）	
金	绿岩型	河南文峪金矿床	Mo、(Zn、Pb)、(Sb、Cu)、Bi、W、(Au、Ag、Ni)、As、Hg		谭铁龙等，1995
		湖南灵湖金矿床	Co、Ni→Ag、Pb、Bi、Au、W、Sn、Cu、Mo→As、Sb、Hg、Ba		引自张本仁主编文集，1985
		陕西东桐峪金矿床	Bi、Mo、Mn、Co、Ni→Au、Ag、Cu、Pb、Zn→As、Sb、Hg、B		张北廷等，2006
		河南杨砦峪金矿床	V、Mn、Ni、Co、Bi、Mo、Ti、W、Sn、Zn、Pb、Cu、Ag、Au、B、Sb、As、Hg		李惠等，1997
		吉林夹皮沟金矿床	Hg、As、Mn、Ni、Mo、Co、Au、Ag、Cu、Pb、F		朱太天，1984
		河北金厂峪金矿床	Co、Ni→Au、Bi、Ag、Mo、Pb、Cu、Zn→Hg、As、Sb		许云程等，1992
		河北峪耳崖金矿床	Au、Cu、Se、Zn、Bi、Te、Pb、Mn、Sb、Ag、As、Hg		郭万超等，2002
		内蒙乌拉山金矿床	As、Ag、Hg、Bi、Sb、Zn、Pb、Cu、W、Au、Mo		邹光华主编，1996
		内蒙古东伙房金矿床	Mo、Bi、Co、Ni→Au、Pb→Zn、Ag、As、Cu、Sb		
		河南上宫金矿床	Bi、Mo→Ag、Au、Pb、As、Cu→Hg、Sb、Zn		引自廊坊所所刊，古平等，1990
		陕西葫芦沟金矿床	Mn、As、F、Hg、Ti、Ba、Co、Ni、Zn、Cu、Pb、W、Mo、Ag、Au		杨宏林等，2005
			Mn、Ti、Cr、Ni、Co、V→Cu、Au、W、Mo→Zn、Pb、Ag、Ba→F、Hg、As		邹光华等著，1996
		陕西王排沟金矿床	Co、Ni、Mn、Cr、V、Ti→Cu、Bi、W、Mo、Au→F、As、Hg、Zn、Pb、Ag、Ba	Co、Cu、Au、Bi、Mo、Ag、Pb、Ti、F、V、Zn	
		河北后沟金矿床	Ti、Mn、Co、Ni、Cr、V、Sr、Ba、Cu、(Mo)、Au、Ag、Zn、Pb		常志民等，1995
		河北东坪金矿床	V、Ti、Sr、Ba、Zn、Mn、Cu、(Mo)、Au、Ag、(Sb)、Pb、(As)		
		内蒙古哈达门沟金矿床	Co、Ni、W、Mo→Au、Ag、Cu、Pb、Zn→As、Sb、Hg		喻万强等，2010
		内蒙古赛乌素金矿床	Cd、Mn、Cr、Zn、V、Ti、Cu、Ni、Mo、Co、Au、Sr、Ba、Pb、As、Ag、Bi、Hg、Sb		郑豪等，1988；李惠等，1988
		内蒙撰山子金矿床	Ni、Au、Zn、Cu、Mo、Ti、V、Pb、Ag、As、Sb、Hg		刘克义等，1991



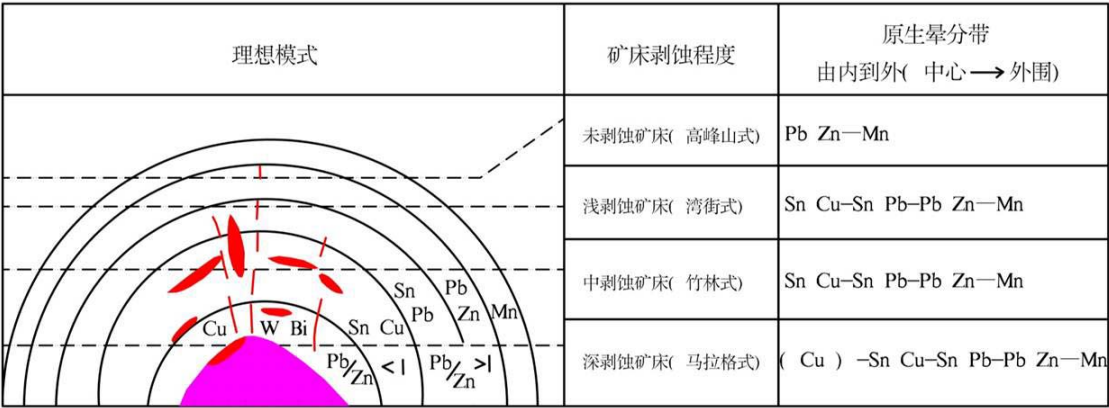
矿种	矿床类型	矿床名称	指示元素及分带序列		来源
			①垂直（下→上）	②水平（内→外）	
金	绿岩型	综合（7个）	Bi、W、Mo、Mn、Cd、Cr、V、Ti、Co、Ni→Ag、Pb、Au、Zn、Cu→B、As、Hg、F、Sb、Ba		李惠等，1999
	卡林型（微细浸染型）	贵州烂泥沟金矿床	Cu、W、Mo→Au、Ag→Bi、Pb（F、As）、（Hg、Sb）		引自王砚耕等，1994 李惠等，1999
		贵州板其金矿床	W、Mo、Sn（Cr）→Au、As（Sb、Hg）→Sb、Bi、As、Hg、Pb、Ba（F、Cu）		
		贵州丫他金矿床	W、Mo（Cr、Cu、Zn）→Au（Ag、Hg、Sb）→As、Pb、F（Hg、Sb、Bi）		
		贵州紫木幽金矿床	W、Mo、Sn（Cu）→Au（Hg、Pb、Mo）→Pb、As、Hg、Sb、F（Bi、Zn）		
		贵州戈塘金矿床	W、Mo（Cr、Cu、Zn）→Au（Ag、Hg、Sb）→As、Pb、F（Hg、Sb、Bi）		
		贵州板其金矿床	Co、Zn、Sn、Cr→As、Au、Cu、Mo、Sb→Ba、Sr、Pb（F、Hg、Ag）	Sb、Mo、Cu、Au、As、Pb、Sr、Ba（F、Hg、Ag）	陈远明等，1987
		桂西浪全金矿床	Ni、Co、W、Mn、Cu、Au、Mo、Sb、As、Hg		何希雄等，1998
		陕西二台子金矿床	Mn、Mo、Co、Ni、Cu、Zn、Au、Ba、Sb、Ag、Pb、As		郭瑞栋，1984
		甘肃李坝金矿床	Bi、Mn→Ag、Pb、Au、Cu、Zn→As、Hg、Sb		李惠，2000
			Ti、Sr、Ba、Ni、Mn、Zn、Cu、Au、Bi、Pb、Ag、Sb、Hg、As		高珍权等，1997
		四川东北寨金矿床	Co、Mo、W→As、Au、Bi、S、Cu、Zn→Ag、Sb、Pb、Ni→Ba、Hg		邹光华主编，1996
		综合（13个）	Bi、Ni、W、Mo、Mn、Co、Ti、V、Cr→Ag、Pb、Au、Cu、Zn→F、As、Hg、Sb、Ba		李惠等，1999
	碳硅泥岩型	综合（邛莫、俄都、拉日玛综合）	Ni、W、Zn→Au、As、Se、Sb、（Ag、Ba）→Au、As、Hg、Ba、（Mo、V）		邹光华等著，1996
		拉日玛金（铀）矿床	W、Ni、Zn、Cu、U、As、Bi、Sb、Au、Se、Ba、V、Hg、Ag、Mo		邹光华主编，1996
		修水地区金（铀）矿床	Zn、Co、Ni、Bi→Ag、Hg、As、Sb、Au、W→As、Sb、Hg、Ag		

矿种	矿床类型	矿床名称	指示元素及分带序列		来源
			①垂直（下→上）	②水平（内→外）	
金	钠长角砾岩型	陕西双王金矿床	Ni、Mn、Bi、Au、Ag、As、Sb、B、Hg		李惠等，2000
	变质碎屑岩型	海南抱板-土外山金矿床	Bi、Mn、Ni、Cd、Co→Au、Ag→As、Cr、Zn、Cu、Pb、Be、Sb		李惠等，1999
		河南银洞坡金矿床	Mo、Co、Ni、Cu、Pb、Ag、Au、Zn、Cd、As	Mo、Co、Ni、Cu、Zn、Au、Ag、Pb、Cd、As	韩存强等，1996
		河南老湾金矿床	Mo、Ni、Pb、Zn、Cu、Ag、Au、Sb、As	Mo、Ni、Cu、Zn、Pb、Bi、Au、Ag、Hg、Sb、As	韩存强等，1993,1994
		广西龙水金矿床	Zn、Bi、Ba、Mn、Be、Cd、Au、Co、Ni、V、Ag、Cu、Mo、Sb、Cr、Ti、As、Pb		李富国等，1989
		广东河台金矿床	Ni、Sb、As→Co、Be→Bi、Mo→Cu→Au、Hg、Ag		引自廊坊所所刊，古平等，1990
		广东庞西垌金银矿床	Bi、Ni→Co、W→Ag、Pb、Au、Zn、Cu、Hg、B→Mo		
		综合（5个）	Cd、Bi、Co、Mo、Ni、Mn、V→Pb、Cu、Ag、Ba-Au、Zn→As、Sb		李惠等，1999
	火山、次火山岩型	河南祁雨沟金矿床	Mo、Co、Cu、Au、Ag、Pb、Ni、V、Ti、Cr	W、Sn、Mo→Cu、Au、Ag、Pb→Ni、Co	王宝德等，1992
		甘肃小宛南山金矿床	Mo、W→Au、Ag、Cu、Zn→Hg、Sb、As		林玉飞等，1995
		河南康山金矿床	Ni、Co、Mo、Bi、W、Cu、Au、Ag、Zn、Sb、As、Pb、Hg		邹光华主编，1996
		甘肃南金山金矿床	Mn、Ni、Co、Pb、Zn、Au、Ag、Cu、Mo、As、B、Sb、Hg		
		云南老王寨	老王寨矿段 W、Cu、Cr Au Hg、Sb、Pb、As、Zn、Ni		
			冬瓜林矿段 Cr、Ni、Cu、Au、As、W、Sb、Ag、Pb、Hg、Zn		
			库独木矿段 W、Cu、As、Au、Hg、Cr、Pb、Sb、Ni、Zn		

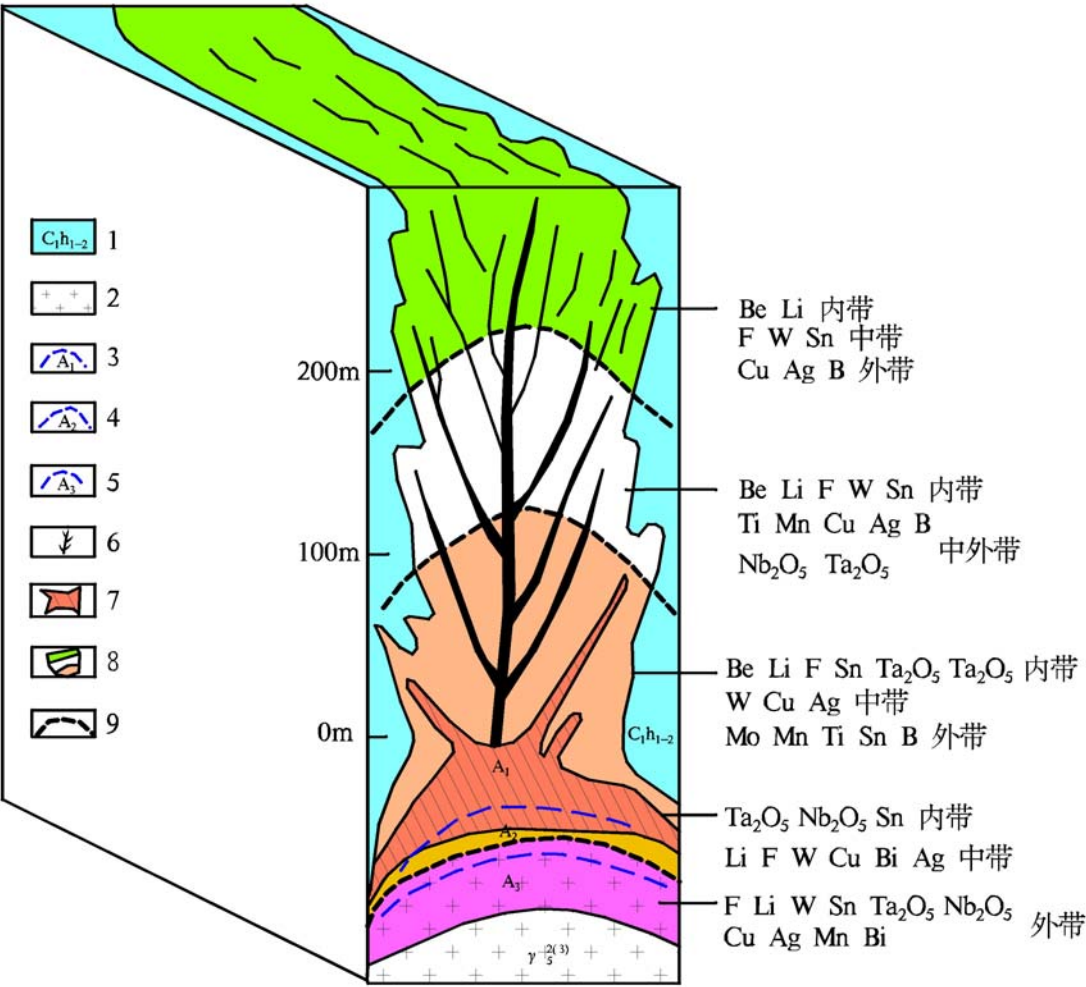
矿种	矿床类型	矿床名称	指示元素及分带序列		来源
			①垂直（下→上）	②水平（内→外）	
金	火山、次火山岩型	综合（10个）	W、Mo、Ni、Cr、Bi、Mn、Co→Zn、Ag、Au、Cu→Hg、B、Sb、As、Pb		李惠等，1999
银	火山、次火山岩型	湖北银洞沟银矿床	Mo、Sn、Bi→Ag、Mo、Pb、Zn、Cu→Sb、As、Ba	Pb、Mo（南侧） Ag、Zn、Cu（矿带） Ba、As（北侧）	引自张本仁等，1985；朱维新等，1985
		江西银山银多金属矿床	W、Co、Bi、Cu、Au→As、Hg、Sb、Mn、Zn、Pb、Ag→Cd、Sb、Mn、Hg		万大理，1990
			Cu、Au（I带）→Cu、Au、Pb、Zn、Ag（II带）→Pb、Zn、Ag（III带）→Pb（Zn）、Ag（IV带）		莫测辉等，1996
			Cu、S、Au→Cu、Pb、Zn→Pb、Zn、Ag→Pb、Ag		张德会等，1988
		河南皇城山银矿床	Mo、Sn、Zn、Cu、Sb、Pb、W、Mn、Au、As、Hg、Bi、Ag	Mo、Sn、W、Cu、Mn、Au、Bi、Ag、Sb、Zn、Pb、As、Hg	吴宏伟，2004
		河北牛圈银矿床	W、Sb、Zn、Cu、Hg、Bi、Au、Mn、Mo、Pb、Ag、As		姚玉增等，2005
	岩浆热液脉型	内蒙花敖包特银铅锌多金属矿床	W、Mo、Sn、Bi、As→In、Cu、Hg、Zn→Ag、Cd、Pb、Sb		陈永清等，2010
		内蒙古甲乌拉银多金属矿床	Cu、Zn、（Ag）→Ag、Pb	Cu、Zn→Ag、Pb、Zn、Cu→Ag、Pb、Zn（自SE向NW）	赵一鸣等，1997
	变质火山碎屑岩-浅成岩浆热液型	河南银洞岭银矿床	Cu、Mo→Ag、Pb、Zn、Au、Cd→Sb、（As）、Ag	Cu、Mo→Zn、Cd、Au、As→Ag、Pb、Sb	吴宏伟等，2005
	海相火山喷流沉积叠加改造型	云南老厂银多金属矿床	Mo（Cu、Bi、W）→Cu、S（Pb、Zn）→Pb、Zn、Ag→Ag、Pb（Zn）		李峰等，2009
	矽卡岩型	山西刁泉银铜矿床	Bi、Mo、Mn、Co、Ni→Ag、Cu、Pb、Zn→As、Sb、B、Hg		李惠等，2008
	层控中低温热液型	河南破山银矿床	Zn、Cd、Mo、Mn、Co、Ni、Cu、Ag、Pb、As	Ag、Zn、As、Pb、Cd、Cu、Ni、Mn、Mo、Co	张传庭，1993；王云等，2006

矿种	矿床类型	矿床名称	指示元素及分带序列		来源
			①垂直（下→上）	②水平（内→外）	
钨	石英脉型（岩浆热液） 南岭钨锡成矿带（江西、广东、广西）	W-Sn-S 型	W、Sn、Mo、Bi→Cu、Zn、Pb、Ag、Cd→Pb、As、K、Sc、Ce、Ba、Li、Hg		欧阳宗圻等，1990
		W-Mo-Bi 型	W、Sn、Mo、Bi→Cu、Zn、Pb、Ag、Cd→As、B、Be、Sn		
		江西小龙钨矿床	Cu、Ag、W、Bi、Au、Pb、Zn、Sn、As		张艳宜，1996
		江西大吉山钨矿床	Sn、Ta、Be、Zn、W、Mo、F、Pb、Bi、Ag、Nb、Cu、Cs、B、Rb、Au、Sb、Li、Cl、Hg、I、As		张德会等，2009
		广西珊瑚钨锡矿床	Ba、Pb、V、Bi、Ag、Ni、Co、Be、Ga、Cr、Cu、Cd、Zn、Sr、F、Mn、W、Sn		刘慷怀，1989
			Ni、Co、V、Cr、Sb、Bi、Pb、Ag、Cu、Ga、Cd、Zn、Mn、Cl、As、W、Sn、F	Ni、Co、V、Cr、Sb、Bi、Sr、Cu、Zn、Mn、Cd、Ga、Sn、Pb、Ag、W、F	宋慈安，1991
	斑岩型	江西阳储岭钨钼矿床	Be、Sn、W、Mo→As <sup>1</sup> 、Bi、Cu、Ag、Pb、Au→As <sup>2</sup> 、Sb、Hg		引自廊坊所所刊，1986；据李应桂等，1986
				Sn、Bi、W、Mo（岩体）→Cu、As、Ag（接触带）→Pb、Zn、Ni、Co、Mn（围岩）	江西 916 地质大队三分队，1985
锡	岩浆热液型（富硫化物型）	云南个旧锡多金属矿床	Cu→Sn、Cu→Sn、Pb→Pb、Zn→Mn		欧阳宗圻等，1990
	岩浆热液型（贫硫化物型）	广西栗木锡钨（铌钽）矿床	模式图二		李惠等，1983；欧阳宗圻等，1990
	斑岩型	广东银岩锡矿床	Be、Li、W、Nb、Mo→Bi、Sn、Y、F→Cu、Hg、Ag、Zn、Pb（综合）		张定源，1989
		江西岩背锡矿床	Zn-W-Mo（底板围岩）→Sn-Cu-Ag-Pb-Zn（矿体下部）→Sn-Cu-Li-W（矿体中部）→Zn-Li-Pb-Be-Sn（矿体上部）→Pb-Zn-Be（顶板围岩）		梅勇文，1994
	矽卡岩型	四川岔河锡矿床	Be、W、As、Zn <sup>2</sup> 、Sn、Bi、Cu、Pb、Zn <sup>1</sup>		邢利琦等，2011

矿种	矿床类型	矿床名称	指示元素及分带序列		来源
			①垂直（下→上）	②水平（内→外）	
锡	喷流沉积-改造型	广西大厂锡矿床（100号）	乙烷、丙烷、Co、Ni、V、Ti、Mo（矿中下晕）→Sn、Pb、Zn、Bi、Mn（矿中晕）→As、异丁烷、正丁烷、Ag、Cu（矿中上晕）→甲烷、乙烷、丙烷、Hg、Sb（矿前缘晕）		张志伟等，2009
钼	斑岩型（矽卡岩型）	河南南泥湖钼（钨）矿床		W、Mo、Sn→Cu、Zn→Pb、Ag、As（地表岩石）；Sn、W、F、Mo（Cu）→Cu、Zn→Pb、Ag（钻孔岩心）	引自张本仁等，1985；河南第一地质调查队，1985
	矽卡岩型	河南上房钼矿床	（W、Mo）、Sn、F→Cu、Zn→Pb、Ag	（W、Mo）、Sn、F→Cu、Zn→Pb、Ag	
铅锌	斑岩型	江西冷水坑铅锌矿床	Mo、Cu、Ag→Pb、Zn、Cd、As→Sn、Cu、Ag、Mn		引自张本仁主编文集，1985
		安徽岳山铅锌矿床	Cu、Zn <sup>2</sup> 、Pb、Ag、Zn <sup>1</sup> 、As、Hg、Ba		引自孙焕振等主编，1990
	层控型	陕西铅硐山铅锌矿床	Pb、Ag、Sb、As、Au Cu（Ga、Ge）→Hg（吸附汞）、Zn、Hg（全汞）、As、Cd		黄转莹等，2003
		湖南大乘山铅锌矿床	Co、Mn、Ni→Ag、Pb、Zn→Ba、As、Cu、Cd、Sb（同生沉积成岩）→（成矿作用）→（后期改造富集）		欧阳宗圻等，1990
		青海锡铁山铅锌矿床	Mo、Bi、W、As <sup>2</sup> 、Au、Zn <sup>2</sup> 、Cu、Zn、Cd、Zn <sup>1</sup> 、Sn、As <sup>1</sup> 、Pb、Ag、Sb、Hg、Mn		引自孙焕振主编文集，1992
	火山-次火山热液型	河北蔡家营铅锌银矿床	Cu、Mn、Co、Bi→Cd、Zn、In、Pb、Ag→As、Hg、Sb、B、I	Cu、Mn、Bi、Co→In、Ag、Pb、Cd、Zn→Hg、Sb、As、B、I	刘崇民，1994；徐外生等，1987
		浙江乌岙铅锌矿床	Bi、（Sn）→Cu、Zn、Pb、Ag→Sb、As、Hg	Bi、Ag→Cu、Zn、As、（Sn）、Pb、Ag→As、Hg、Sb	引自廊坊所刊；据徐外生等，1990
	沉积-喷流型	内蒙古白音诺尔铅锌矿床	Cu、（Mo、Ni）、Sn、Ag、Co、Mn、Cd、（Zn、Pb）、Sb、As、Ba		引自孙焕振主编文集，1992
	热液型	浙江南弄铅锌多金属矿床	Mn、Ni、Sb、Mo、W、Pb、Ag、Cu、Zn、Co、As、Bi、Sn、Hg		王启等，2011



模式图一 云南个旧东部矿区锡多金属矿床(田)地球化学异常模式(据欧阳宗圻等修改, 1990)



模式图二 广西栗木铌钽钨锡矿床地球化学异常分带模式(据李惠等, 1983; 欧阳宗圻等修改, 1990)

1-石炭系黄金组灰岩; 2-燕山早期第三幕花岗岩; 3-富钠长石花岗岩; 4-钠长石花岗岩; 5-少钠长石花岗岩;  
6-含钨锡石英脉; 7-铌钽矿体; 8-原生异常分带; 9-异常分带界线

## 热液型矿床岩石地球化学分带方法

**F1** 寻找热液型盲矿及判别矿体剥蚀程度应开展岩石地球化学分带研究

**F2** 指示元素的选择原则：

- a.形成的异常清晰、有较高浓度、梯度，易于分辨、异常具有较高的衬度和较大范围；
- b.指示元素异常与矿体具有空间上和成因联系；
- c.不同矿床类型的原生晕轴(垂)向分带中前缘晕、近矿晕和尾晕特征指示元素研究成果是选择分析元素的重要依据之一。
- d.根据寻找矿种，指示元素应少而精，并有快速、灵敏度达到要求的分析方法。

**F3** 在地表—坑道—钻孔中系统采岩石样和多元素分析的基础上，作异常剖面图或异常柱状图，初步判定矿体的前缘晕、近矿晕和尾晕元素组合。

**F4** 根据矿体与构造分布特征，确定地球化学轴向分带的表达方式。矿液沿构造破碎带流动方向的岩石地球化学轴向分带。矿体陡倾时，轴向分带与垂直分带一致；矿体近水平或缓倾斜时，轴向分带与垂向分带不一致；矿体侧伏时只有在垂直纵投影图上才能显示出其轴向分带。

**F5** 计算不同标高(轴向不同截面)地球化学参数，包括指示元素浓度、线金属量、标准化累加、累乘或前缘元素浓度 / 尾晕元素浓度等，以指示元素异常强度最高位置相对排列顺序为原则，确定原生晕的轴向分带序列。一般计算结果从上至下为：前缘晕特征指示元素在上，近矿特征指示元素在中间、尾晕特征指示元素在下部。如果计算结果出现不正常或反分带，则反映不同期次成矿-晕叠加，指示矿体延伸还很大或深部有盲矿存在。如计算结果是渐降低—尾部又升高(转折)，则反映不同期次成矿-晕叠加，指示矿体延伸还很大或深部有盲矿存在。

地球化学异常分带序列确定方法

分带序列的计算方法有多种，A.A.别乌斯和 C.B.格里戈良（1975）提出的指示元素的分带指数（IZ）法和 E、M 克维雅特科夫斯基法，二十世纪八十至九十年代，我国化探工作者也提出了一些简易较好的方法，如经验法：在矿体原生晕的剖面图上，分别做各元素异常浓度分布图，根据各元素浓集中心在矿体（轴）向的上、中、下位置，确定元素的大致分带序列。元素分带序列的计算方法方法虽多，但计算结果总体一致。C、B 戈里格良法和 E、M 克维雅特科夫斯基法相比相比，C.B.格里戈良提出的指示元素的分带指数（IZ）法较好。

G1 C.B.格里戈良（1975）指示元素的分带指数（IZ）算法（1、2）

以某种元素晕的线金属量（ $P_{Lx}$ ）与被研究矿化类型的所有知识元素晕的线金属总量（ $\sum_{i=1}^n p_{Li}$ ）之比值。具体步骤：

G1.1 采用晕的线金属量——将选择的勘探剖面，划分 3-5 个中段，在异常内取数。就是以晕中元素的平均含量（ $\omega_B\%$ ），乘上该元素晕的宽度（米）所获的乘积。

表 G1 原生晕的线金属量（ $\omega_B\%$ 米）

中 段	指 示 元 素					
	Pb	As	Sb	Cu	Bi	Mo
地表	1.5	<u>0.17</u>	<u>0.066</u>	0.96	0.07	0.0007
I	<u>8.1</u>	0.006	0.006	0.75	0.03	0.0074
II	1.3	0.077	0.014	<u>1.2</u>	0.16	0.018
III	0.15	0.017	0.006	0.67	<u>0.76</u>	<u>0.02</u>

G1.2 将晕的金属量标准化——Cu、Pb 线金属量具有最大的同一量值，标准化系数（Cs）等于 1，而其余元素标准化系数等于铅或铜与该元素最大的最级之差，即 As 的标准化系数为 10（0.17→1.7），Sb 的 Cs 为 100（0.066→6.6），Bi 的 Cs 为 10（0.3→1.6），Mo 的 Cs 为 100（0.07→2.0）。

表 G2 原生晕的线金属量标准化值

中 段	指 示 元 素						金属总量
	Pb <sub>1</sub>	As <sub>10</sub>	Sb <sub>100</sub>	Cu <sub>1</sub>	Bi <sub>10</sub>	Mo <sub>100</sub>	
地表	1.5	<u>1.7</u>	<u>6.6</u>	0.96	0.7	0.07	11.5
I	<u>8.1</u>	0.06	0.6	0.75	0.3	0.74	10.6
II	1.3	0.77	1.4	<u>1.2</u>	1.6	1.8	8.1
III	0.15	0.17	0.6	0.67	<u>7.6</u>	<u>2.0</u>	11.2

G1.3 据晕的线金属量标准化值计算分带指数： $I_z I_x = \frac{p_{Lx}}{\sum_{i=1}^n p_{Li}}$ （ $P_L$  矿床某中段某元素的线金属

量标准化值； $\sum_{i=1}^n p_{Lx}$  矿床某中段指示元素线金属量标准化值总和），它量化反应了元素在每一个中段的相对聚集程度。



表 G3 原生晕中不同中段指示元素的分带指数

中段	Pb	As	Sb	Cu	Bi	Mo
地表	0.1304	<u>0.1478</u>	<u>0.5739</u>	0.0835	0.0609	0.0061
I	<u>0.7642</u>	0.0057	0.0566	0.0708	0.0283	0.0698
II	0.1605	0.0951	0.1728	<u>0.1481</u>	0.1975	<u>0.2222</u>
III	0.0134	0.0152	0.0536	0.0598	<u>0.6786</u>	0.1786

按分带指数计算结果，可以建立这样一个序列（上至下）：（As，Sb）→Pb→（Cu，Mo）→Bi。

**G1.4** 为了进一步搞清分带指数最大值处于同一中段的元素（括号内元素）在分带序列中的确切位置，可以使用分带指数值在垂向上的变化度。对于分带指数位于最上部（如 As、Sb）或者最下部（本实例中只有 Bi）的元素。其相对位置可以用变化指数（IV）来估计。

$$I_v = \sum_{i=1}^n \frac{L_{Z_{\max}}}{L_{zi}}$$
，式中  $L_{Z_{\max}}$  为该元素的分带指数最大值， $L_{zi}$  为元素 i 中段的分带指数值；n 为中段数。

对于 As 和 Sb 的变化指数：

$$I_v As = \frac{0.1478}{0.0057} + \frac{0.1478}{0.0951} + \frac{0.1478}{0.0152} = 37.6739$$

$$I_v Sb = \frac{0.5739}{0.0566} + \frac{0.5739}{0.1728} + \frac{0.5739}{0.0536} = 25.0296$$

据  $I_v As > I_v Sb$ ，分带序列中 As 排在 Sb 前面。即当多个元素的分带指数（IV）最大值同处于最上中段时，IV 值大者在分带序列的位置排前，小者排后；若多个元素的分带指数最大值同处于最下中段时，与上述相反。IV 值小者在分带序列的位置排前，大者排后。（计算结果：上大上，下大下）

然而，当多个元素的分带指数（IV）最大值处于上下中段之间的某一中段（如例中的 Cu、Mo）时，则用其分带指数的变化梯度差（ $\Delta IV$ ）来确定他们之间的相对位置。

$$\Delta I_v = I_{v上} - I_{v下}$$

式中： $\Delta IV$  某元素的分带指数变化梯度差，IV 上为分带指数最大值所在中段以上中段梯度值（如有多个中段则为其和）；IV 下为分带指数最大值所在中段以下中段梯度值（一个中段）或梯度值之和（多个中段）。同一中段  $\Delta IV$  大者排后，小者排前。（计算结果：中间小在上）。

$$I_v Cu = \frac{0.1481}{0.0835} + \frac{0.1481}{0.0708} - \frac{0.1481}{0.0598} = 1.3920$$

$$I_v Mo = \frac{0.2222}{0.0061} + \frac{0.2222}{0.0698} + \frac{0.2222}{0.1786} = 38.5594$$

上式中  $I_v Mo > I_v Cu$ ，由于 Mo 的分带性变化指数梯度差比较大，则 Mo 应在 Cu 元素的后

面，从而获得该类矿床指示元素的分带序列（自上到下）：**As-Sb-Pb-Cu-Mo-Bi**。

必须指出：他们所提出的热液矿床指示元素统一的（一般性）分带序列，只具有统计上的指导作用，具体矿区（床）的分带序列不可能也不必要刻求与之完全一致；计算方法所排定出的分带序列，只是作为原生晕空间分布研究所确定的分带关系的一种表述和补充。应为应该计算分带性指数的方法会因人理解不同、操作上的熟练程度、取数和中段上的划分的差异等，其结果会有差异。尤其是多阶段、多期形成的矿床，用分带指数算法很难排定准确的分带序列。

资格来源：地质调查标准汇编-地化学勘查分册，中国地质调查局，2006.6。166-168 页。

## **G2 C.B.格里戈良计算方法的一些问题**

**G2.1** 线金属量取值范围问题：很难找到控制各元素原生晕齐全范围的剖面。

**G2.2** 根据上表 1 数据，中同样中段，元素增减计算结果，计算出分带序列同一元素上下位置有变化：

去掉 As 、 Pb、 Cu 计算结果与不去掉元素计算结果 **As-Sb-Pb-Cu-Mo-Bi** 相比，参加计算元素前后位置未变。

去掉 Pb 后分带序列计算结果为：**As-Sb-Cu-Mo-Bi**。

去掉 Cu 后分带序列为：， **As-Sb-Pb -Mo-Bi**

去掉 As 后分带序列为：， **Sb-Pb-Cu-Mo-Bi**

去掉 Sb 计算结果为：**As- Cu-Pb-Mo-Bi**。参加计算元素前后位置 **Cu-Pb** 有变。

**G2.3** 根据上表 1 数据，计算中同样元素，中段增减计算结果，计算出分带序列同一元素上下位置有变化：

例如：在上表一原生晕的线金属量，如果缺失 II 中段，其分带序列计算结果为：**As-Sb-Cu-Pb-Mo-Bi**，与三个中段计算结果 **As-Sb-Pb-Cu-Mo-Bi** 相比，**Cu-Pb** 前后有变。

如果缺失 1 中段计算结果为：， **Sb- As- Cu-Pb- Mo-Bi**，**Sb- As- Cu-Pb** 前后有变。

如果缺失 3 中段计算结果为：， **As-Sb-Pb-Cu-Bi -Mo**，**Bi -Mo** 前后有变 **3.建议**

**G2.3.1** 取值建议：①不同标高(中段)取各元素的几何平均值；②以各元素或主成矿元素的外带异常为标准取线金属量或几何均值。

**G2.3.2** 计算方法简化：鉴于上述元素数不同或中段数不同计算，计算结果在表 1 同一标两个元素高最大值上下有变化情况，建议简化计算，从表 1 到表 3 各元素最大值所在中段没变，根据表 1 就可大致确定分带序列了，两个或多个元素在一中段放在一起，没必要复杂计算再分上下。

**G2.3.3** 有经验的专家可根据原生晕剖面图或垂直纵投影图中各元素强异常中心可大致确定原生晕轴向分带序列，其结果会与计算结果相近。

## 构造叠加晕找矿方法

构造叠加晕找矿新方法是李惠九十年代初在研究热液矿床原生晕找盲矿理论上,根据热液成矿严格受构造控制,构造活动有脉动性,热液成矿也具有多期多阶段叠加成矿特点,提出原生叠加晕找盲矿法。近年李惠等又根据热液矿床成矿成晕严格受构造控制,构造带中前缘晕离开矿头更远,将原生叠加晕找盲矿法发展为构造叠加晕找盲矿法,强化了异常,加大了预测深度,减少了采样和分析工作量。

### H1 适用范围

**H1.1** 构造叠加晕找矿适用于矿区深部、外围盲矿预测;也可用于成矿区带成矿预测。

**H1.2** 适用于热液成因的金、铜、银、铅、锌、钨、锡、锑、铌、钽等有色和稀有金属矿床等。

### H2 构造叠加晕找矿法概述

#### H2.1 原生叠加晕找盲矿法

原生叠加晕找盲矿法是研究识别每一期次形成矿体-晕的轴向分带及不同期次形成矿-晕在空间上叠加结构,建立盲矿预测的原生叠加晕模型,进行盲矿预测的方法。

#### H2.2 构造叠加晕找盲矿法

构造叠加晕找盲矿法是研究识别构造蚀变带中每一期次成矿形成矿体-晕的轴向分带及不同期次形成矿体-晕在空间上叠加结构,用于盲矿预测的方法。

#### H2.3 构造叠加晕法预测深度

构造叠加晕预测深度能力:取决于控矿构造性质和矿床体的前缘晕离开矿体头的距离,研究表明(邵跃,1997;李惠,1990,1991),热液成因有色金属(铜、铅、锌、钨、锡、锑等)和贵金属(金、银等)矿体原生晕的前缘晕离开矿体头部一般可达 200-300m,构造叠加晕可超过 300m,据此确定了构造叠加晕预测盲矿体的头部最大深度一般为 200-300m,盲矿体的头部最小深度取决于构造叠加晕特征,特别是前缘晕及近矿指示元素强度,预测盲矿体延伸大小决定于已知矿体延伸大小。

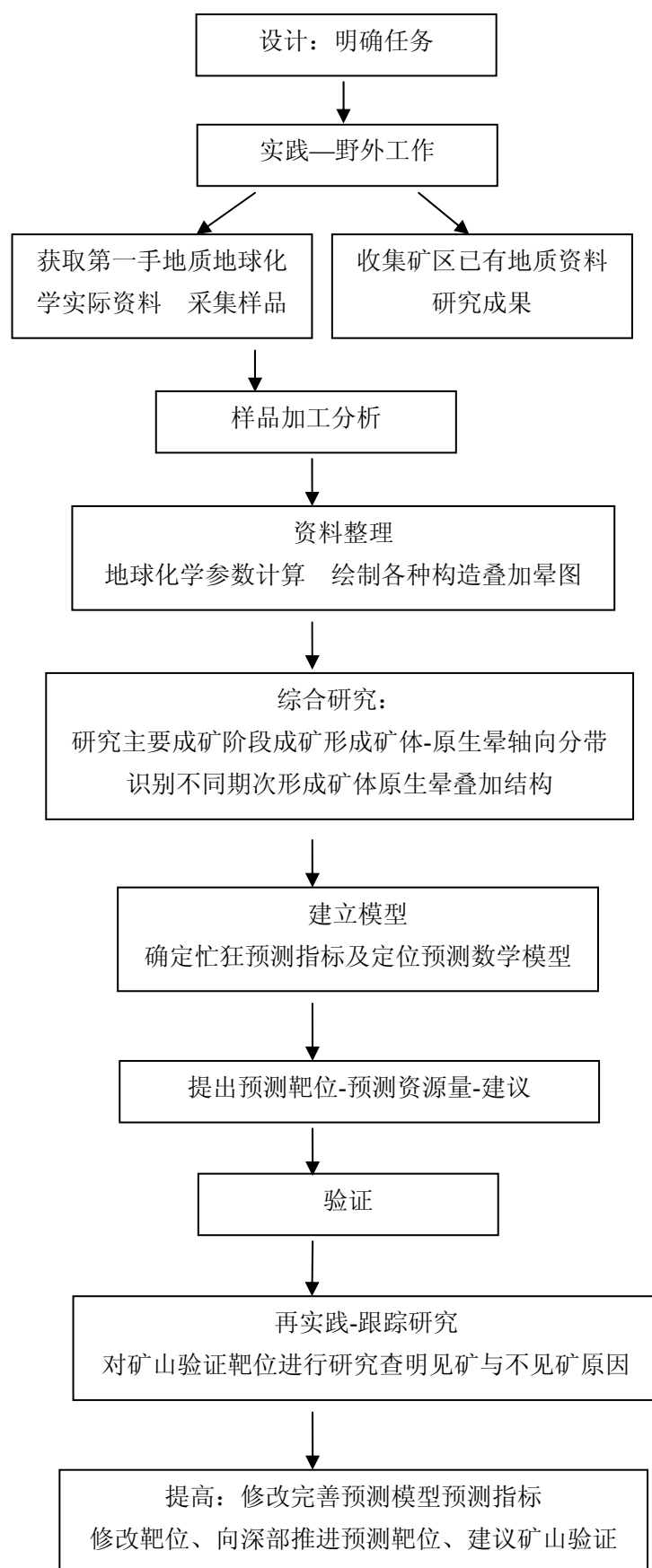
#### H2.4 研究思路、方法、流程

**H2.4.1 研究思路:**控矿构造→多期多阶段叠加成矿成晕→发现每一期次成矿成晕轴向分带→识别不同期次成矿成晕叠加结构→建模→确定盲矿预测标志-预测。

**H2.4.2 研究方法:**研究已知矿体的构造叠加晕特征→建模,未知区→预测。

#### H2.4.3 研究及预测流程

野外工作→样品采集→样品加工分析→资料整理→地球化学参数计算→绘制各种地球化学图→综合研究—建立模型→提出预测靶位-预测资源量-建议验证。



构造叠加晕研究及预测流程

### **H3 野外工作方法**

**H3.1 野外工作前**必须准备好各矿床（点）地质平面图，不同中段坑道平面图、剖面图、垂直纵投影图，将设计采样点绘在图上。

#### **H3.2 工作布置：**

##### **H3.2.1 建立矿床深部盲矿预测的构造叠加晕模式工作布置**

在控制已知矿体-晕的构造带内布样，即在地表-坑道及钻孔岩心中的构造带内布样。点距 5-10m，当构造带宽度大于 2 米时，垂直构造带每 2 米采一件样品，在采样点 2-5 米构造带范围内多点采样，样品重量 300-400 克左右。

##### **H3.2.2 不同成矿阶段样品布置**

按已划分不同成矿阶段，在钻孔、坑道沿构造带布样，每个阶段样品 20-30 件。

##### **H3.2.3 对待预测地表构造、坑道构造及钻孔岩心所见构造系统布样，要求同 3.2.1。**

##### **H3.2.4 背景样品采集工作布置**

在远离矿化蚀变带的钻孔、坑道内采集不同地层、岩浆岩及脉岩。

### **H3.3 构造叠加晕特殊的采样方法**

**H3.3.1** 在地表、坑道、钻孔岩浆构造带内选择有主要成矿阶段形成的蚀变-矿化最强部位采样，如石英脉型金矿，不采第 1 阶段（不成矿）形成的乳白色大石英脉，而在大石英脉边缘有第 II-III 阶段成矿形成的烟灰色石英或含细粒黄铁矿细脉（示图 I1）；蚀变岩型金矿，则选择蚀变最强部位采样；角砾岩型金矿，要避开角砾采集胶结物中主要成矿阶段的蚀变-矿化样品，矽卡岩型矿床，在矽卡岩体内选择有热液期主要成矿阶段的蚀变矿化叠加的样品。

**H3.3.2** 不同阶段形成矿体分别采样。在地表矿化露头、坑道、钻孔岩心矿化仔细观察基础上，选择不同阶段形成矿脉采样。

**H3.4** 采样记录内容包括：统一号、采样号、位置、构造带产状、厚度、矿化蚀变特点、围岩特点等（见-附件记录卡）。

**H3.5** 采样点定位：根据坑道图（1/1000-1/500）用测绳量距定点，采样后将实际采样位置准确落在图上。

### **H3.6 样品加工、分析元素及分析方法**

同岩石地球化学。分析元素应根据各矿种总结出的最佳指示元素。

## **H4 资料整理、综合研究、建模及预测**

### **H 4.1 基本图件包括：**

- ①采样点位图，单元素数据图。
- ②构造叠加晕图：平面图、剖面图、垂直纵投影图。（图 I2）
- ③矿床构造叠加晕模式图；
- ④构造叠加晕预测靶位图：剖面图、垂直纵投影图（图 I3、I4）。

### **H4.2 地球化学特征研究及参数计算内容包括：**

- ①矿区不同岩石微量元素背景及矿区背景几何平均值。
- ②确定矿床元素组合：按不同矿种最低工业品位要求值，如  $Au \geq 1g/t$ ，从已采样矿体品中选择 30 个样品，求矿体各元素的几何平均值，再求出其衬度值(元素的几何平均值/矿区相应元素背景平均值)。如各元素衬度值  $\geq 2$  为标准，即凡是衬度值  $\geq 2$  的元素都列入矿床元

素组合。

③计算矿床中各元素相关系数矩阵

④计算不同阶段样品元素含量几何平均值、衬度值及元素相关系数矩阵。

⑤原生晕轴向分带序列计算。

⑥研究矿体-晕地球化学数在轴(垂)向上变化规律,即计算从矿体前缘晕→头部→矿中部-矿尾部不同标高构造叠加晕的地球化学参数:如前缘晕元素/尾晕元素,前缘晕元素(标准化)累加或累乘/尾缘晕元素累加(标准化)或累乘。

⑦为判断盲矿头深度或判别矿体剥蚀程度(延伸大小),研究建立判别分析、回归分析数学模型等。

#### H 4.3 综合研究

**H4.3.1** 确定构造叠加晕内、中、外带分带标准,一般以本矿区各元素背景值的2、4、8倍或2、8、32倍作为外、中、内带的下限值。

**H4.3.2** 确定矿床主要成矿阶段成矿晕轴向分带,即确定已知矿体的前缘晕、近矿晕及尾晕的特征指示元素。

**H4.3.3** 不同阶段形成矿体的构造叠加晕的识别。在构造叠加晕剖面图和垂直纵投影图上的识别标志是:矿体及近矿晕强异常(内、中带异常)有多中心,前、尾晕强异常(内、中带异常)也相对应有多中心。

前、尾晕指示元素强异常共存指示叠加:在矿体中下部共存,指示两次成矿大部分同位叠加,预示矿体延伸很大;在上部矿体尾晕又有前缘晕叠加,预示深部有盲矿存在;在已知矿体上部或前缘出现前、尾晕共在指示上部矿已被剥蚀。

**H4.3.4** 轴向变化规律分析解释。利用地球化学轴向指示参数进行变化规律分析解释。如前缘晕( $As+Sb$ )/尾晕( $Bi+Mo$ ),或 $As/Mo$ ,在轴(垂)向上变化规律,进行预测分析。从矿体头部→矿中部-矿尾部,高→低→高,反映叠加,并预示深部还有盲矿存在。

**H4.3.5** 对原生晕轴向分带序列计算结果分析解释:从上→下,如前缘晕指示元素 **Hg、As、Sb** 出现在分带序列的中部,与近矿指示元素混存,指示两次成矿大部分同位叠加,预示矿体延伸很大;前缘晕指示元素在分带序列下部与尾晕元素混存,指示深度盲矿体前缘晕叠加,预示深部有盲矿存在;尾晕元素出现在分带序列上部指出上部矿体已被剥蚀。

**H4.4 建立盲矿预测的构造叠加晕模型。**盲矿预测的构造叠加晕模型可以剖面图或垂直纵投影图形式展示,主要内容包括:

①矿体形态及在构造中赋存部位,围岩名称。

②单一阶段形成矿体原生晕轴向分带--前缘晕、近矿晕和尾晕。

③不同成矿阶段形成原生晕在空间上的叠加结构。

④盲矿预测的构造叠加晕标志。

**H4.5 盲矿预测。**在矿区深部及外围进行盲矿预测,提出盲矿具体靶位,预测体靶位内金属资源量。

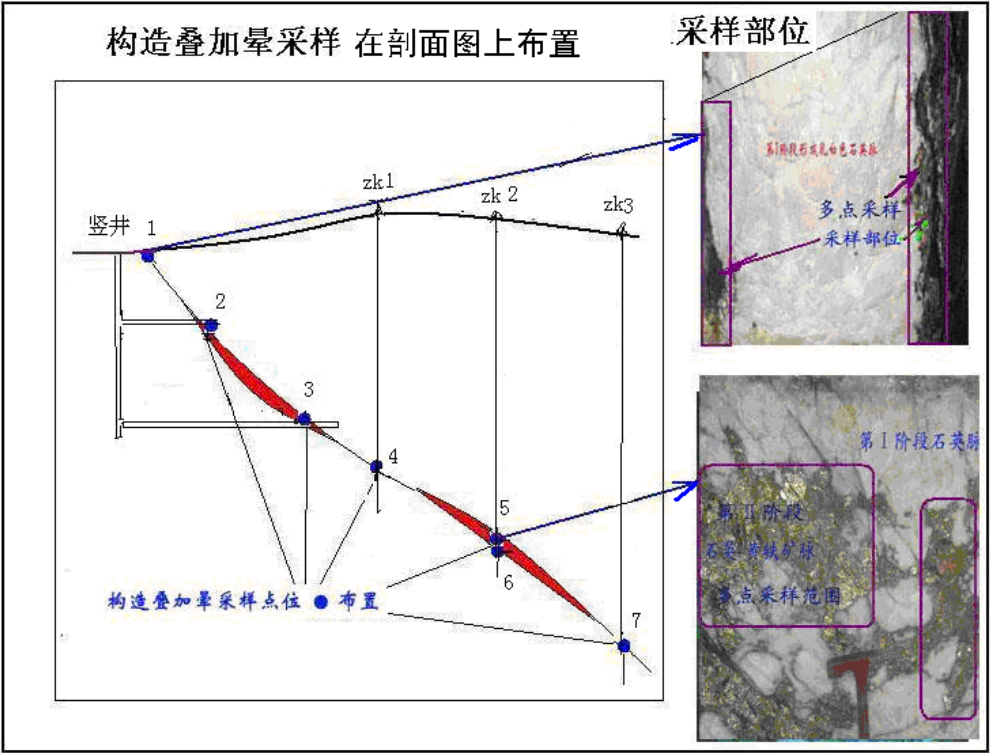


图 H1 石英脉型金矿构造叠加晕采样剖面布置及在矿脉中采样部位示意图

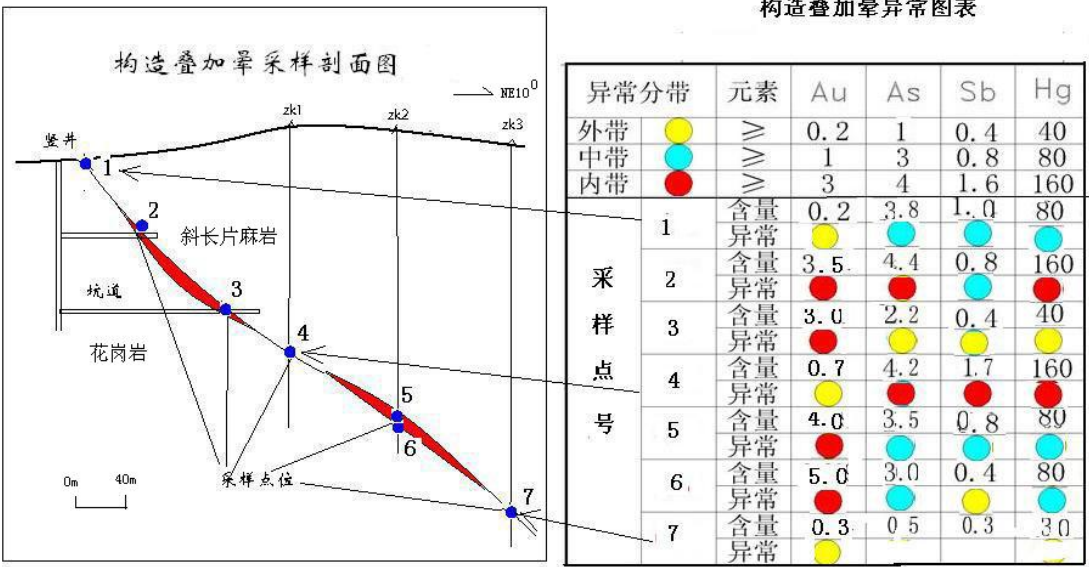


图 H2 石英脉型金矿构造叠加晕剖面图

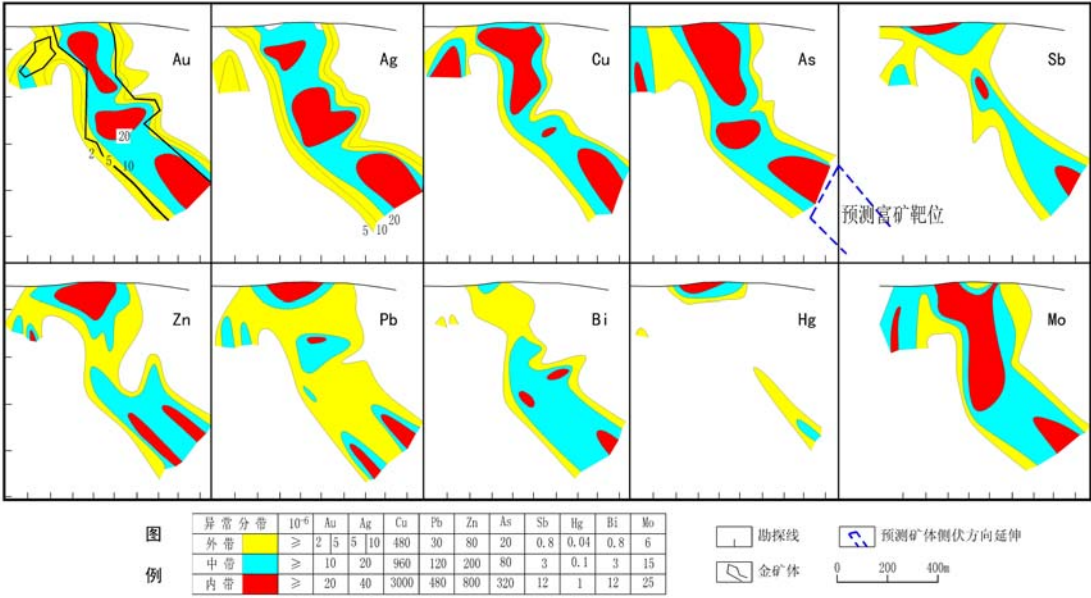


图 H3 山东乳山金青顶金矿床-700m 标高以上原生叠加晕及预测靶位垂直纵投影图

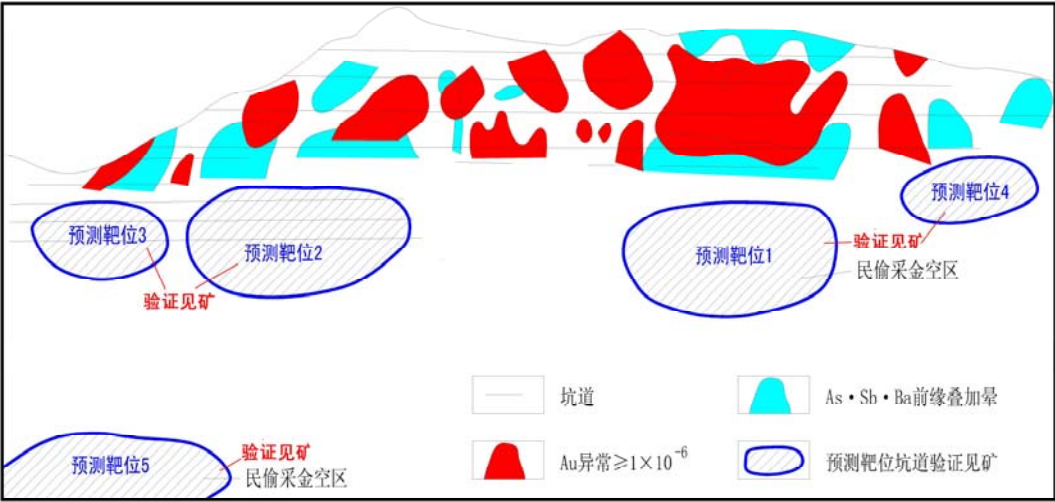


图 H4 1995 年杨砦峪矿区 60 号脉东段深部盲矿预测靶位及验证效果.



---

## 附录 I（资料性附录）

### 脉岩地球化学测量野外工作方法

**I1** 主要应用于热液矿床的矿区深部预测盲矿。

**I2** 脉岩地球化学测量通过判别、分析脉岩与成矿的亲缘关系，根据成矿脉岩的地球化学特点进行深部盲矿预测。

**I3** 在地质资料研究分析的基础上，对区域上或矿区内所有脉岩系统野外观察，确定区内各种脉岩与成矿时间上关系，识别脉岩是否有后期成矿热液叠加或某种脉岩本身就含矿。

**i4** 对不同类型、不同方向脉岩系统布样，每个类型脉岩采集 10-20 件样品。确定与成矿有关的脉岩。

**I4.1** 对与成矿有关的岩脉类型的所有脉体沿脉岩走向按点距 10-20m 系统布样。当脉岩厚大于 2m 时，以点距 2m 垂直脉岩走向系统布样。

**I4.2** 选择有蚀变矿化部位采样，沿脉岩走向 3-5m 范围内多点（5-8 点）组合采样，样重为 300g 左右。

**I4.3** 样品要求记录脉岩编号、岩性、脉岩总长度、样品总编号、采样点号、脉体宽度、脉岩矿物成分、蚀变矿化特点。

**I4.5** 采样定点同 5.4.2.5

## 矿产资源潜力评价方法

矿产资源潜力评价方法的研究思路可概述为：以我国已有的 1：20 万（1：50 万）区域地球化学数据为主，综合利用 1：5 万~1：1 万中大比例尺的地球化学资料，以现代成矿、成晕理论为指导，以现代计算机技术为手段，以“源”→“动”→“储”为基本建模思路，在 III 级成矿带的尺度上，充分研究成矿区带的基础地质、成矿成矿规律、理论地球化学及勘查地球化学特征，研究总结典型矿床（矿田）的异常特征，建立矿床（矿田）、成矿带的地球化学找矿模型，为预测区的圈定和资源量的估算提供可类比的依据（图 J1）。

矿产资源潜力评价方法涉及到岩石地球化学测量的工作内容主要为“追源”和“建模”。

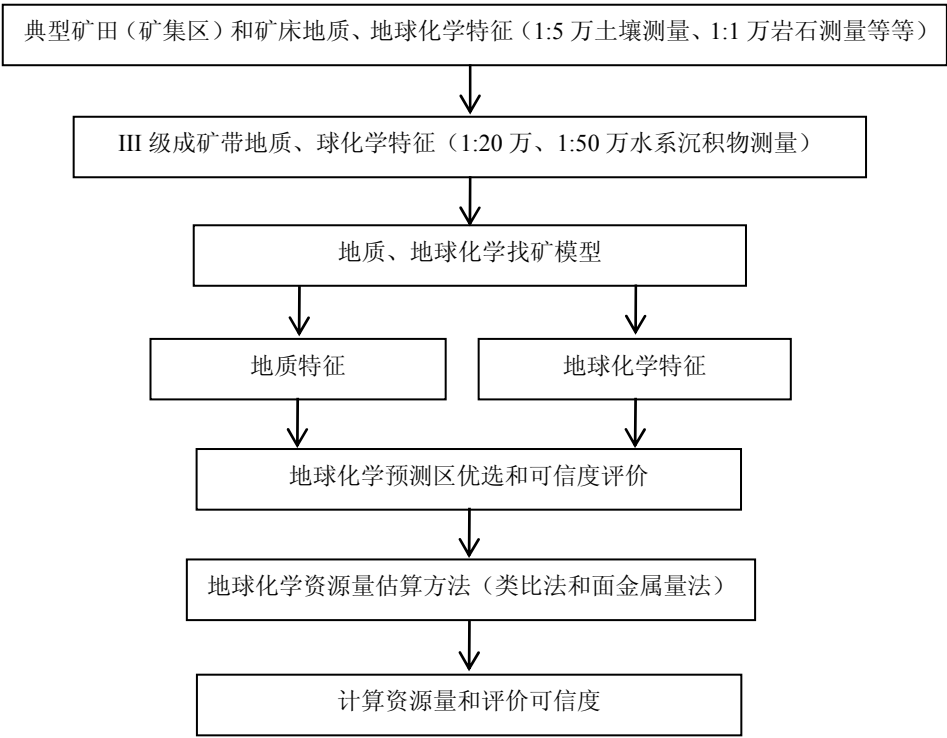


图 J1 地球化学定量预测研究思路

### J1 成矿物源岩石地球化学示踪

#### J1.1 定义

成矿物质来源是矿带、矿田、矿床地球化学找矿模型（模式）所涉及的最基本问题，也是最复杂的问题之一。研究阐明一个矿床乃至整个矿田、成矿带内的矿质来源是认识矿床成因和矿床分布规律的基础，也是进行成矿预测的重要依据。

成矿物源研究是指针对富含成矿物质并直接对成矿作用提供矿质来源的地质体进行研究，如矿源层、含矿岩浆岩等。

#### J1.2 成矿物源研究的工作内容

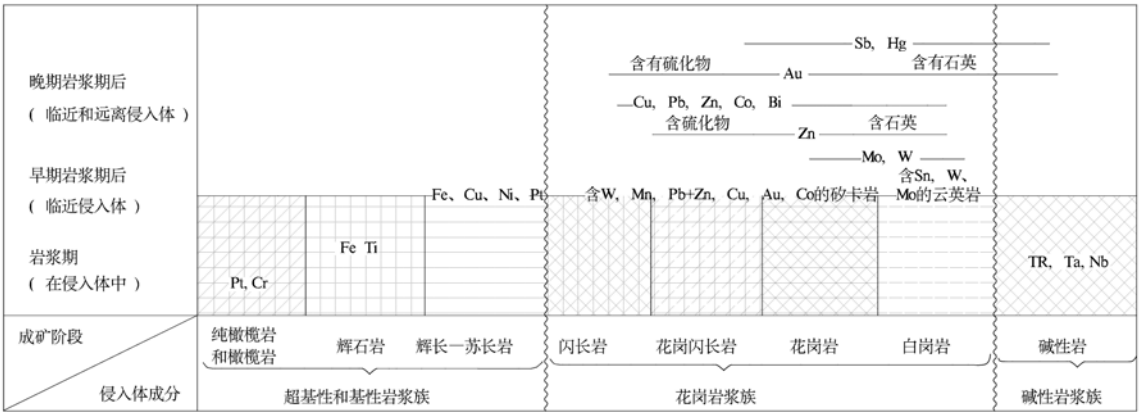
（1）矿源层、含矿岩浆岩的成矿元素地球化学参数统计（表 J1）

表 J1 矿床地球化学找矿模型参数

内 容	项 目
含量及分布特征	区域背景、算术平均值、几何平均值、众数、中位数等
富集与贫化特征	标准离差、变异系数、极差、区域浓度克拉克值、浓集系数等
赋存形式	独立矿物相、类质同象、吸附相、有机相、水溶相等
迁移、沉淀的物理化学环境	温度、压力、酸碱度、氧化还原电位、元素迁移的形式等

(2) 含矿岩浆岩的成矿专属性

在岩浆侵位分异过程中，发生了金属元素的沉淀。一定的岩浆类型常与一定类型的矿床有亲缘关系，二者之间存在岩石地球化学的联系。在基性超基性岩中成矿专属性表现最明显，酸性花岗岩的成矿专属性也具特色（见图 J2）。



矿源层指初步富集的某种（某些）成矿元素的岩层，即在该岩层的沉积、堆积或成岩过程中，某种（某些）成矿元素在其中有较丰富的含量（高于区域平均含量），如黑色页岩中 U、Cu、V、Mo、Au、Ag、Ni、Bi、C 等元素富集（表 J2）。

表 J2 不同地质体的成矿元素组合（据翟裕生等著，1999）

矿源层	成矿元素组合
黑色页岩	U、Cu、Ge、V、Mo、Au、Ag、Ni、Bi、C
煤层	U、Ge、Mo、Ag、Ni、Au、Bi、C
石油及沥青	V、Mo、Ni、Pb、Zn、Cu、Cr、Co、Sn、C
磷块岩	P、U、V、Pb、稀土元素（REE）、Ag、Nb、As、Ni、Cd、Sc
蒸发岩层	Li、Sr、Zn、Ba、Cs、Pb
铁质红土	Fe、Co、Ni、As、Be、Cr、Mo、Cu、Sc、Se、V
富铝红土	Al、Be、Ga、Ti
热卤水层	F、Cl、Br、I

(4) 铅同位素对矿质来源的示踪作用

由于铅同位素独特的地球化学性质，根据普通铅的原理，在普通铅矿物（方铅矿、黄铁矿、钾长石等含铅矿物）形成后，其铅同位素组成基本保持不变。在时间一定的条件下，铅同位素成分的变化，仅受源区 U、Th 丰度的制约，为此可用来示踪成矿来源。一般是通过

矿石与岩石（赋矿围岩、变质基底或可能与成矿有成因联系的岩浆-火山岩）的铅同位素成分的对比来示踪的。

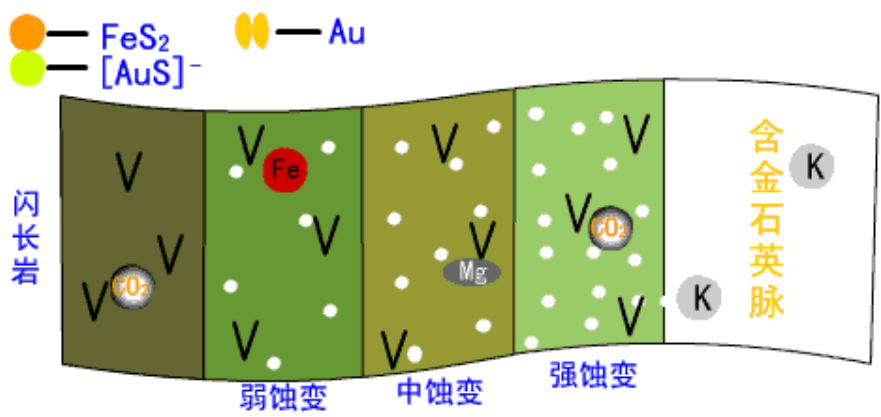
**J1.3 岩石地球化学物源示踪实例**

**实例一：岩石常量元素对成矿物质来源的示踪**

表 J3 给出了不同蚀变程度的闪长岩中氧化物的含量，图 3 给出了蚀变分带的空间关系，试分析蚀变热液成分的变化和性质及其对矿质来源的示踪意义。

**表 J3 辽宁某金矿含金石英脉围岩岩石地球化学成分表**

氧化物 (%)	闪长岩	弱蚀变闪长岩	中等蚀变闪长岩	强蚀变闪长岩
K <sub>2</sub> O	2.49	3.43	3.36	5.01
FeO	6.03	5.47	3.67	0.83
MgO	7.28	4.97	3.08	1.27
CO <sub>2</sub>	3.73	2.38	2.85	0.84

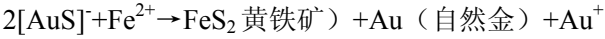


**图 J3 含金石英脉蚀变分带示意图**

分析：

(1) 从原岩→强蚀变岩 K<sup>+</sup>含量增加，显示了成矿热液中 K<sup>+</sup>大量析出，致使溶液碱度降低，向着弱酸性转 (pH: 5.14~5.03)；

(2) 而 Fe<sup>2+</sup>、Mg<sup>2+</sup>从原岩到强蚀变岩急剧减少，Fe<sup>2+</sup> (Mg<sup>2+</sup>) 转入热液，从而增强了溶液的还原能力，同时为金的主要载体黄铁矿的形成提供了充足的 Fe<sup>2+</sup>，促使金络合物的急剧分解及金的沉淀：



(3) 随着减压沸腾，CO<sub>2</sub> 等挥发分大量进入溶液，可迅速减低各种络合物的溶解度，有利于金等元素的沉淀。

**实例二：黑龙江多宝山斑岩铜矿床赋矿围岩提供部分矿质的地球化学示踪**

中奥陶统多宝山组岩石铜平均含量达 130×10<sup>-6</sup>，为矿田外围正常场 (图 J4)，从 A-B 岩石剖面测量 Cu 含量变化曲线可见，在矿田范围内有两个降低场 (Cu: 44×10<sup>-6</sup>) 和两个增高场，其中一个增高场为矿体晕所致，另一个为矿田中的矿化晕。这示踪了在成矿过程中围岩里的成矿物质发生了迁移，向有利的构造位置集中成矿。

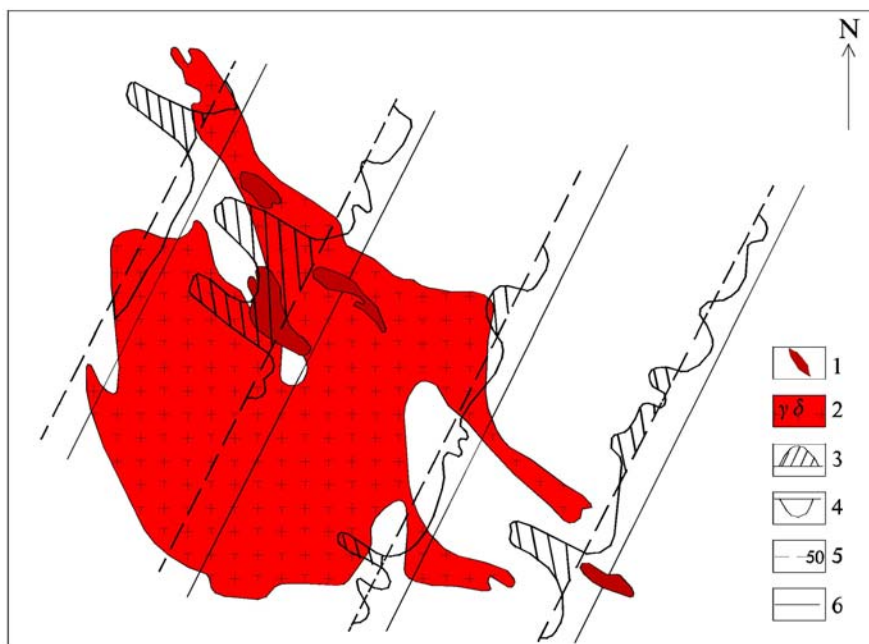


图 J4 多宝山矿床周围铜元素分布平面剖面图（杜琦等，1988）

1-铜矿体；2-花岗闪长岩；3-铜元素增高场；4-铜元素降低场；5-中奥陶统 Cu 平均含量；6-勘探线及编号

### 实例三：铅同位素组成示踪矿床来源（以江西德安锡铅锌银多金属矿床为例）

马振东等（1999）在对江西德安曾家垅锡多金属矿田各成矿元素的物源探讨中（见图 J5），列出了在隐伏二云母碱长花岗岩接触带夕卡岩型锡矿床及其外围的震旦系地层中层状、似层状张十八铅锌矿的铅同位素组成（表 J4）。从铅同位素组成特征来看，锡矿和铅锌矿明显有别，一个富放射成因铅，其  $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 、 $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$  比值高，另一个贫放射成因铅，该比值相对较低。锡矿和二云母碱长花岗岩、铅锌矿和震旦系沉积黄铁矿铅同位素组成的两两对应的现象不是偶然的，而是示踪各自不同的源区，Sn 元素主要来自二云母碱长花岗岩，而 Pb、Zn（Ag）等矿质主要源于基底和赋矿围岩。

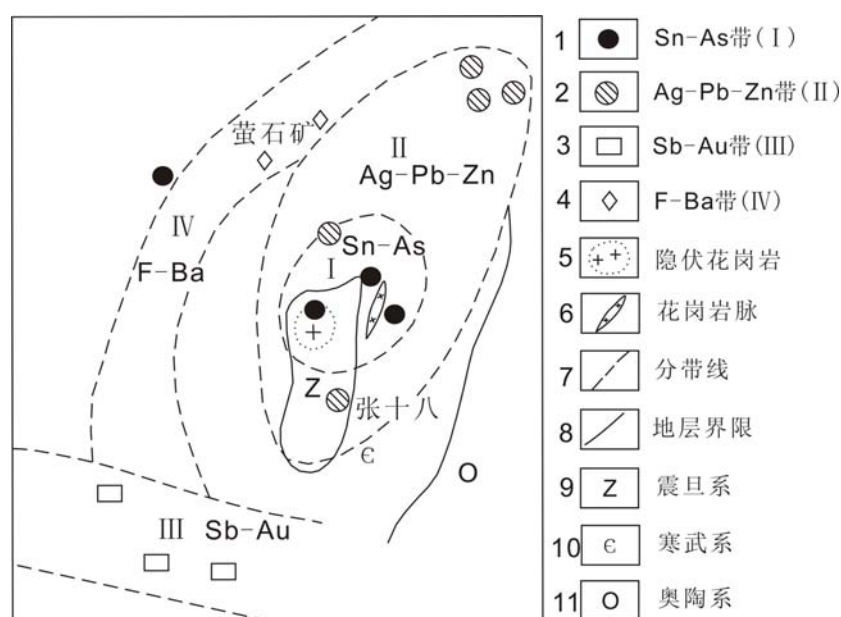


图 J5 曾家垅锡多金属矿田金属元素面状分带（据马振东等，1999）

表 J4 江西曾家垅锡多金属矿田铅同位素组成

采样位置	地质产状	测定对象	$^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	$^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	$^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	资料来源
曾家垅锡矿	夕卡岩型锡矿	黄铁矿(1)	21.046	16.608	38.366	引自马振东等, 1999; 据江西 916 地质队, 1986
	二云母碱长花岗岩	长石(1)	20.717	15.930	38.746	
	黑云母二长花岗岩	长石(1)	29.852	21.450	39.948	
张十八铅锌矿	震旦系洞门组砂岩中层状、似层状铅锌矿床	黄铁矿(2)	17.401	15.129	37.502	引自马振东等, 1999; 据江西 916 地质队, 1986
		黄铁矿(3)	17.780	15.610	38.023	卢树东等, 2005
		闪锌矿(1)	17.936	15.579	37.896	
		方铅矿(3)	17.196	15.562	37.664	
江西修水震旦纪地层(Z)	灯影组富含黄铁矿硅质层	黄铁矿(1)	17.816	15.596	37.606	马振东等, 1996
	陡山沱组含黄铁矿灰岩透镜体	黄铁矿(1)	17.976	15.598	38.059	
	南沱组冰碛砾岩中黄铁矿	黄铁矿(1)	17.992	15.491	37.824	
	洞门组石英砂岩中黄铁矿	黄铁矿(1)	17.849	15.574	37.742	

注: 括号内为样品数, 铅同位素组成为平均值

## J2 矿田、矿床(矿体)地球化学找矿模型建立

### J2.1 定义

矿田地球化学找矿模型是指在一系列实测矿床地球化学找矿模式的基础上按矿种和矿床类型进行综合归纳, 以文、图、表等形式对某矿田(矿带)的地质、地球化学基本特征的概括。他的研究内容不仅包含各种地球化学统计参数, 而且还包括地球化学异常与成矿作用的“源、动、储”有关的基础地质特征, 以及它们之间的相互联系和对成岩、成矿、成晕机制的认识和分析。

### J2.2 矿田地球化学找矿模型的工作内容

(1) 矿田内成岩、成矿模式的厘定。矿田是一个成岩-成矿-成晕的完整地质、地球化学系统。为此, 必须从整体上认识矿田内的各个要素(地层、构造、火山-岩浆、成矿作用的“源、动、储”), 了解它们的联系和相互作用及对成晕机制的制约。

(2) 矿田地球化学参数的确定(表 J5)。

异常结构: 异常形态、元素组合、元素分带等。

异常规模: 一般是指异常强度与异常面积乘积的综合性参数。

成岩成矿地质背景: 是指在与成矿环境、成矿作用有关的各类地质体(围岩、岩体、矿体、矿石、矿物)中某些元素(同位素)的含量及分布特征参数, 利用这些特征参数来分析矿源、元素赋存形式与共生关系, 示踪元素在成矿作用中分散、富集与迁移的状态。

(3) 编制矿田地球化学找矿模型

在已选择的成矿模式图上配以成岩、成矿、成晕的各种地球化学特征,各种晕的分布、规模、组合、分带、介质环境等,用图解、表格等形式表达其在时间、空间、成因上的联系及演化关系(图J6)。

表 J5 矿田地球化学找矿模型参数

内 容		项 目
成岩成矿地质背景(围岩、岩体、矿体、矿石、矿物)		常量元素、微量元素(稀土元素)、成矿元素、同位素、气液包裹体成分等
矿田成矿元素及主要伴生元素	含量及分布特征	区域背景、算术平均值、几何平均值、众数、中位数等
	富集与贫化特征	标准离差、变异系数、极差、区域浓度克拉克值、浓集系数等
	分带特征	垂直分带(从下至上)、水平分带(从内往外)
	异常形态	连续性、均匀性、渐变性(浓度梯度)
	异常强度	异常下限、异常峰值、平均异常强度、衬度、线金属量、面金属量、衬度异常量
	其它	剥蚀程度系数
成矿元素及主要伴生元素赋存形式		独立矿物(硫化物相、氧化物相、硅酸盐相、金属相等)、类质同象等
成矿元素迁移、沉淀的物理化学参数		温度、压力、酸碱度、氧化还原电位、元素迁移络离子的配位体(F <sup>-</sup> 、Cl <sup>-</sup> 、S <sup>2-</sup> )及络离子的稳定常数等

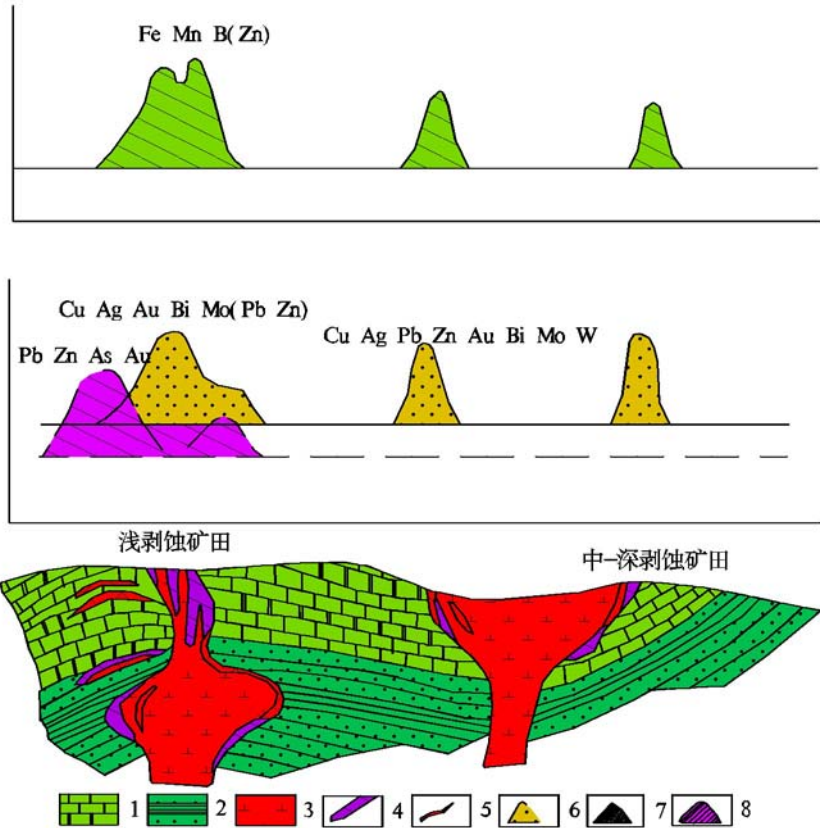


图 J6 砂卡岩型铜矿田地质、地球化学找矿模型(吴承烈与徐外生等, 1998)

1-灰岩、大理岩; 2-砂岩、页岩; 3-闪长岩、花岗闪长岩; 4-砂卡岩; 5-不同类型铜矿;  
6-内部带元素组; 7-外围带元素组; 8-砂卡岩化元素组



### J2.3 建模样品的野外布局和采样要求

(1) 明确的代表性：代表某一地质作用的产物，代表某一成因的某种产状的地质体，样品应尽量避免后期作用的叠加。样品不在于多，而在于“精”（代表性）。

(2) 样品的配套性（系统性）：对采样对象在空间上、时间上、不同成因上应构成一个系列，从而在比较中分析讨论。如了解成矿特征，应采集矿体、矿化和背景样品使之配套。

(3) 样品的统计性：要定量描述地球化学规律，必须用数理统计的方法，一两个样品的代表意义有限，必须由一组样品组成小子样，小子样的样品数量应根据采样对象复杂程度、规模大小及测试方法的难易程度而定（每个统计单元的背景样品数不少于 30 件，而特殊样品数一般为 5~10 件）。

(4) 采样方法、样品重量、采样点的定位、采样编录、样品的加工与分析、资料的整理同详查岩石地球化学测量的有关规定。同位素、包裹体等特殊样品的分析见相应的规定。

### J2.4 矿床（矿体）地球化学找矿模式

矿床（矿体）地球化学找矿模式是对元素的量变规律、组合特征、结构特征等各种地球化学指标与矿床（矿体）空间关系的描述。是用来对矿床范围内的异常评价与大比例尺的矿产预测，特别是矿区外围和深部盲矿体的预测。

矿床（矿体）地球化学找矿模式的工作内容见矿田地球化学找矿模型。在同一矿田、矿区内具有相似的成矿地质条件，产出的矿床类型相同或相似，其所形成的异常特征相同或相似程度很高，具有较大的可比性。可直接利用已知矿床模式与新发现的异常进行对比（图 J7），野外实践工作中可以取得较好的找矿效果。

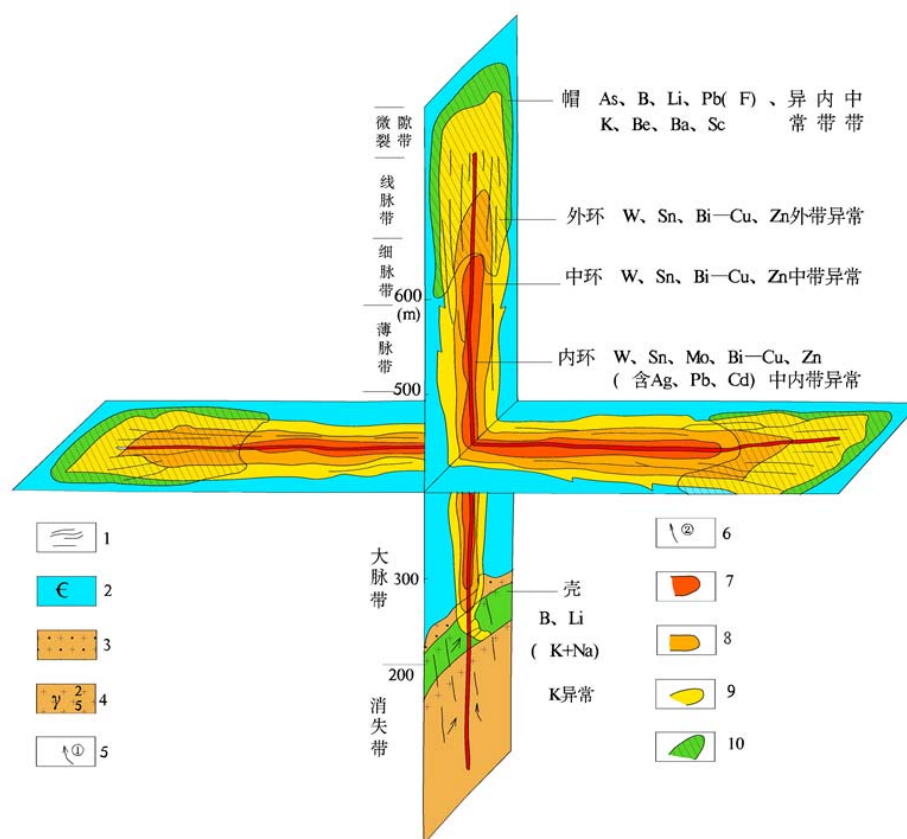


图 J7 脉状钨矿床地球化学异常分带模式图（据欧阳宗圻，1990）

1-石英脉带；2-寒武系砂板岩；3-伟晶岩壳；4-花岗岩；5-岩浆演化晚期矿液汇集方向；6-花岗岩碱质交代 W 进一步富集；7-异常内环；8-异常中环；9-异常外环；10-帽晕、壳晕