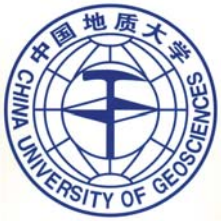




# 胶东夏甸金矿床水热蚀变过程：岩石学和地球化学特征

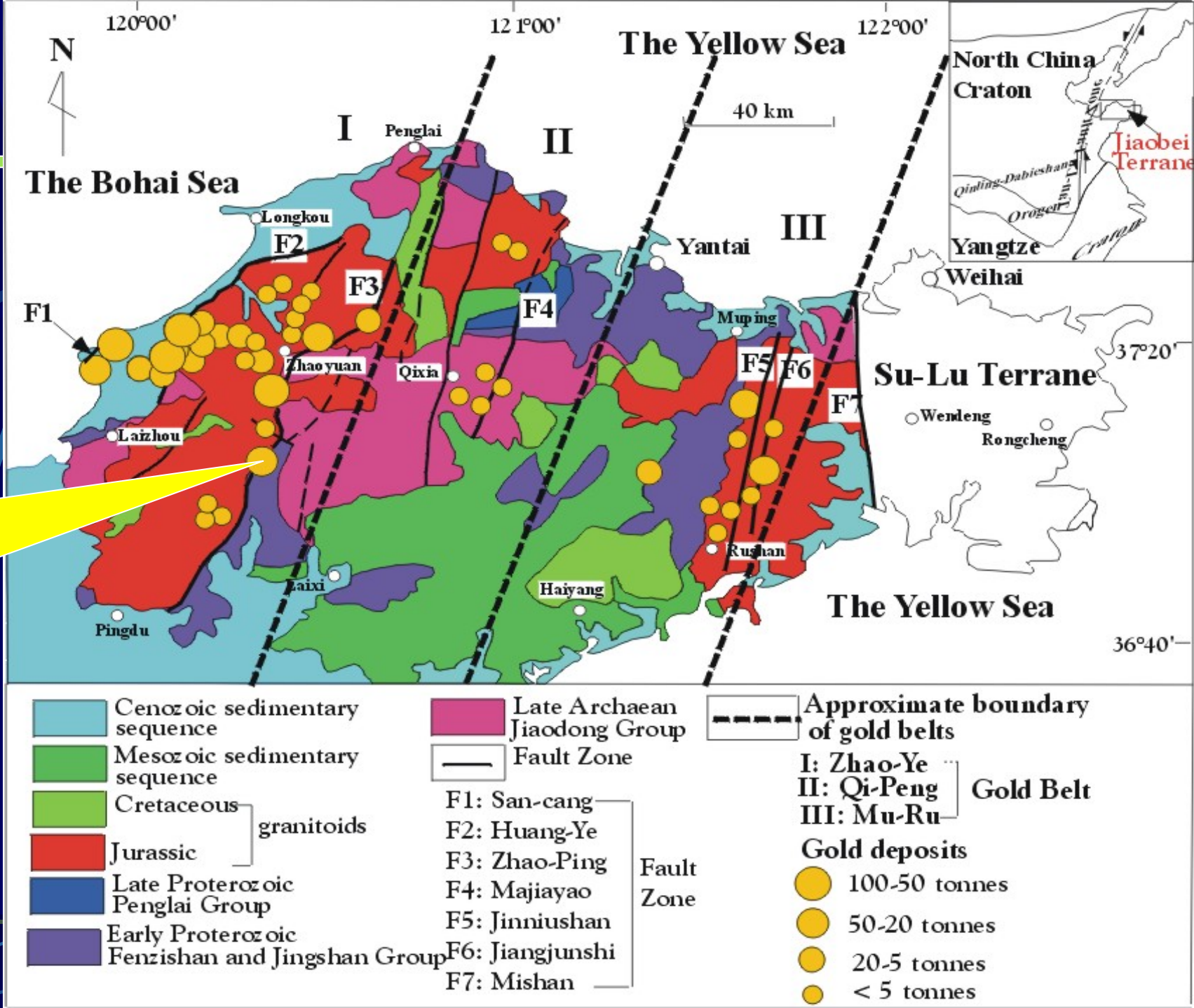
报告人：李楠  
中国地质大学（北京）  
2008-11

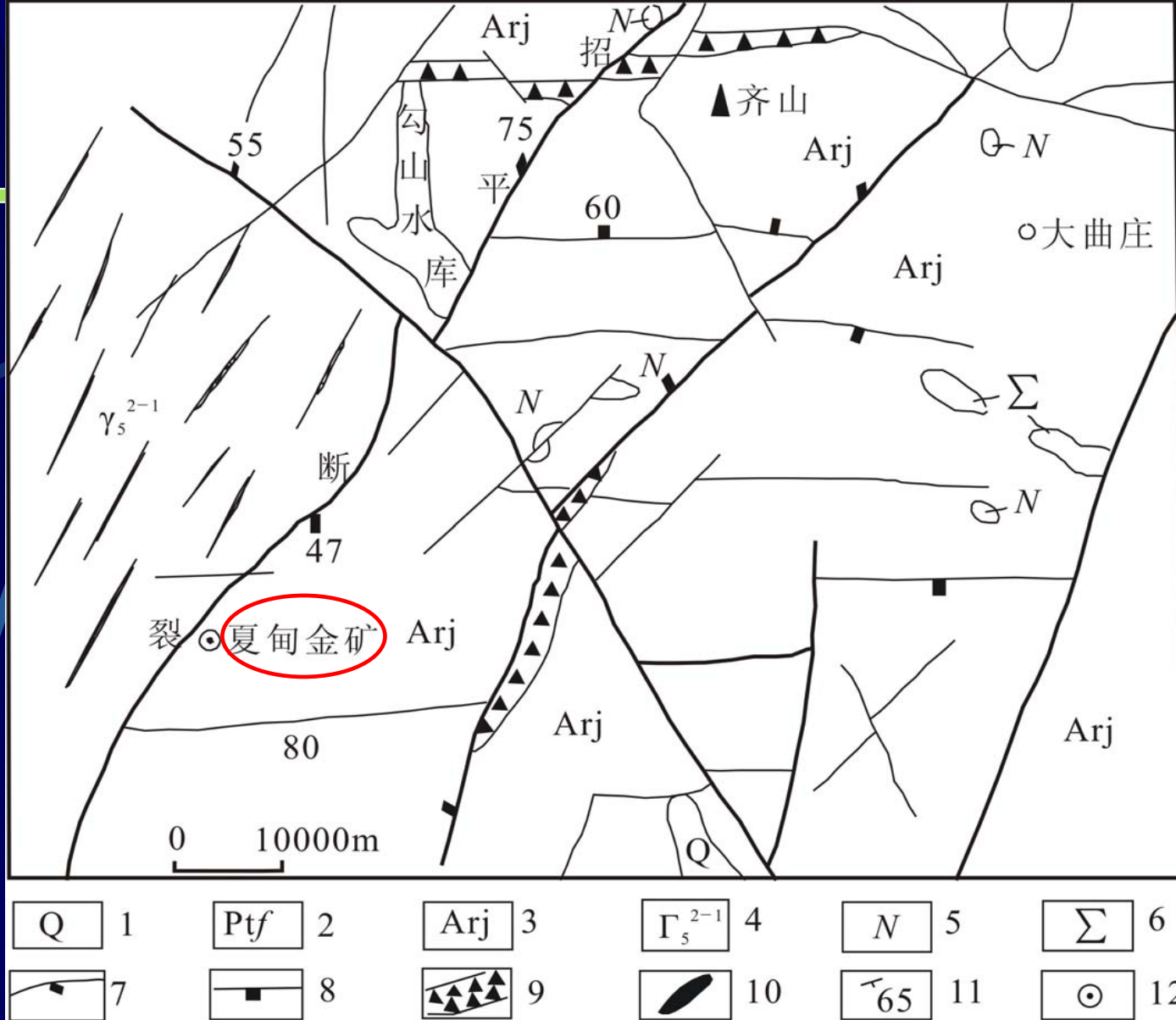


# 报告提纲

- 1、地质背景
- 2、研究思路
- 3、水热蚀变岩石学
- 4、水热蚀变地球化学
- 5、结论

# 夏甸金矿





区域地质构造背景略图

- 1—第四系 2—粉子山群 3—胶东群 4—滦家河型花岗岩  
5—基性岩 6—超基性岩 7—压扭性断裂 8—张性断裂  
9—角砾碎裂岩带 10—脉岩 11—岩层产状 12—矿床(点)




# 报告提纲

- 1、地质背景
- 2、研究思路
- 3、水热蚀变岩石学
- 4、水热蚀变地球化学
- 5、结论



## 2、研究思路

### 2.1 金矿床水热蚀变研究现状

- 
- a 水热蚀变岩石学研究（类型、期次、分带、演化、与金矿化的关系）
  - b 水热蚀变矿物学研究（云母类矿物、黄铁矿）
  - c 水热蚀变地球化学研究（地化、质量平衡、物质组分、流体）
  - d 遥感手段提取蚀变信息（遥感图像处理技术）
  - e 建立蚀变模型（郜松杰等，2005）

宏观



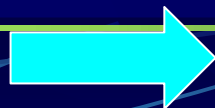
微观

定性



定量

单一手段



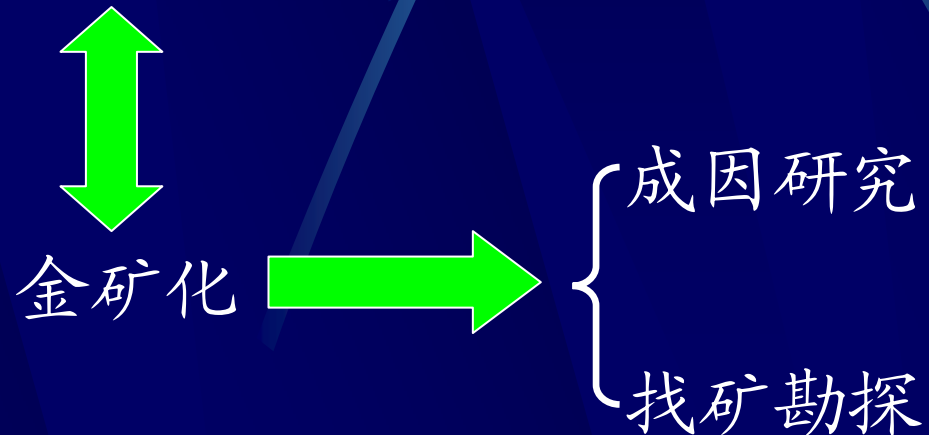
综合多手段

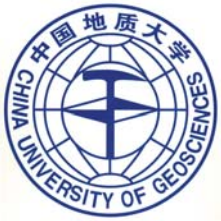
## 2.2 研究目的与意义

### a 必要性

{ 控矿构造、成矿流体（充分）  
水热蚀变（不足）

### b 意义

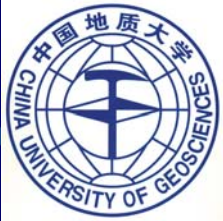




# 报告提纲

- 1、地质背景
- 2、研究思路
- 3、水热蚀变岩石学
- 4、水热蚀变地球化学
- 5、结论





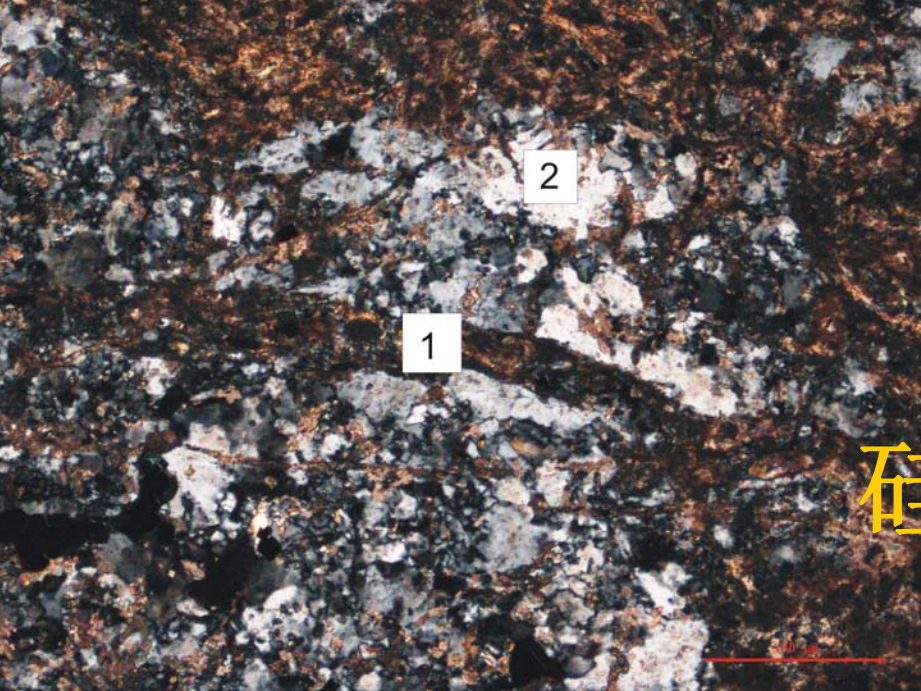
# 3、水热蚀变岩石学

- 3.1 蚀变类型
- 3.2 蚀变期次与演化
- 3.3 蚀变分带与叠加
- 3.4 蚀变与金矿化的关系

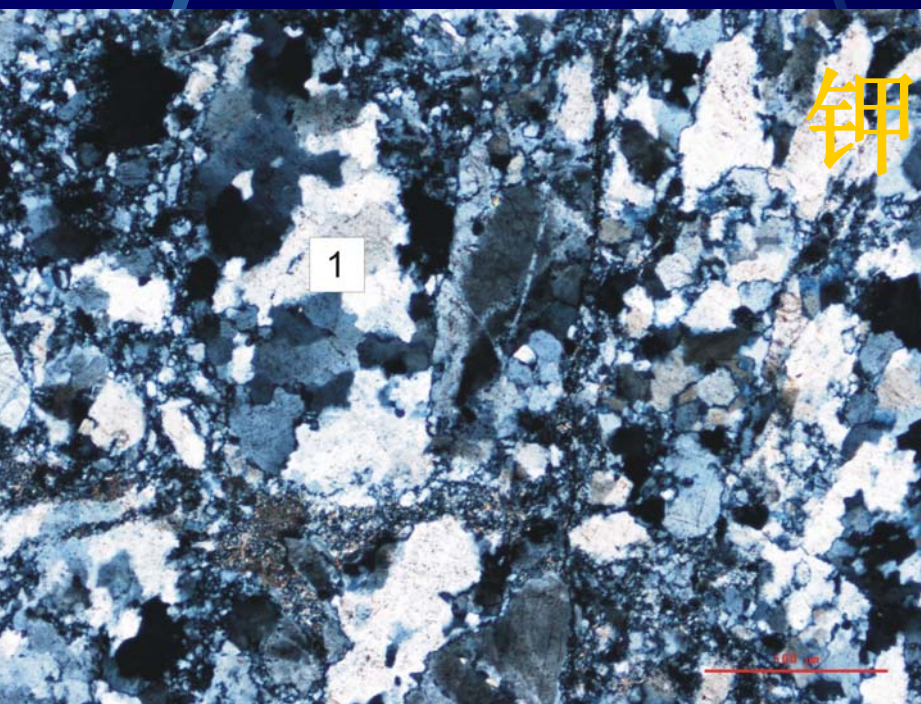
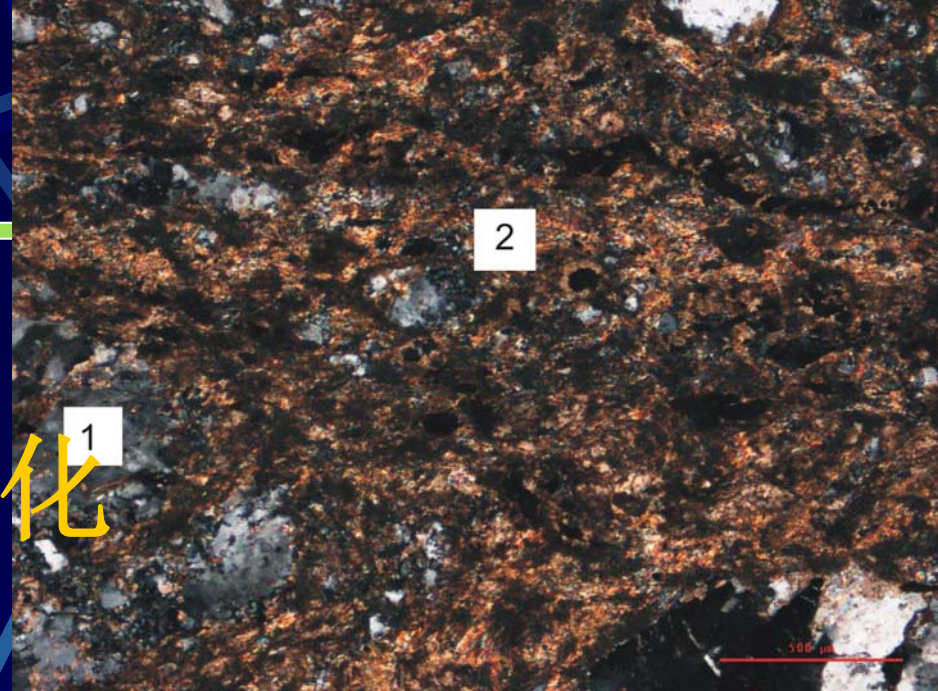


## 3.1 蚀变类型

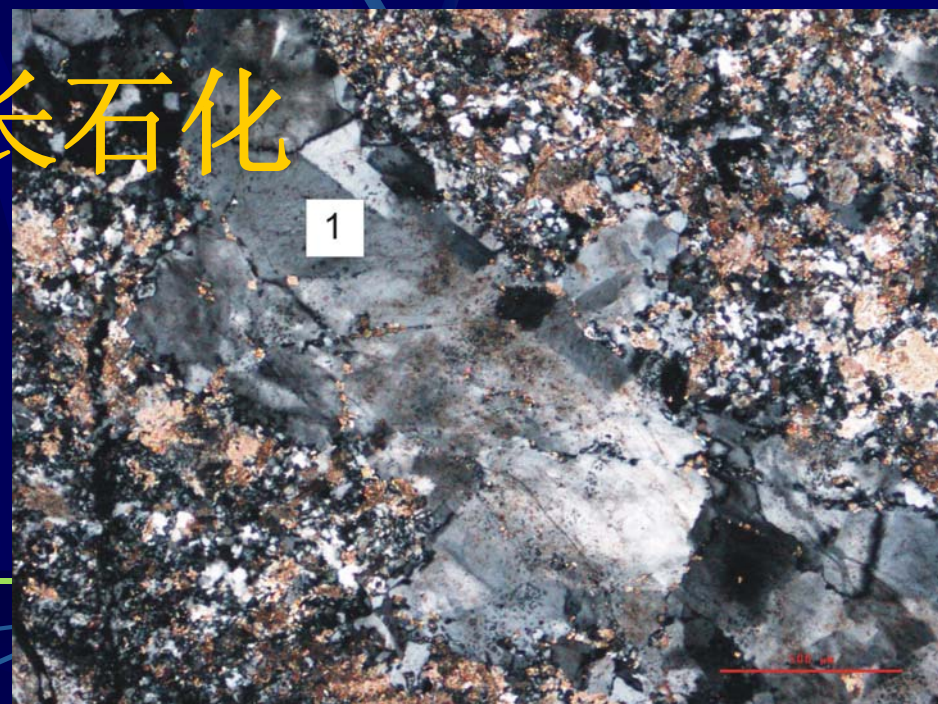




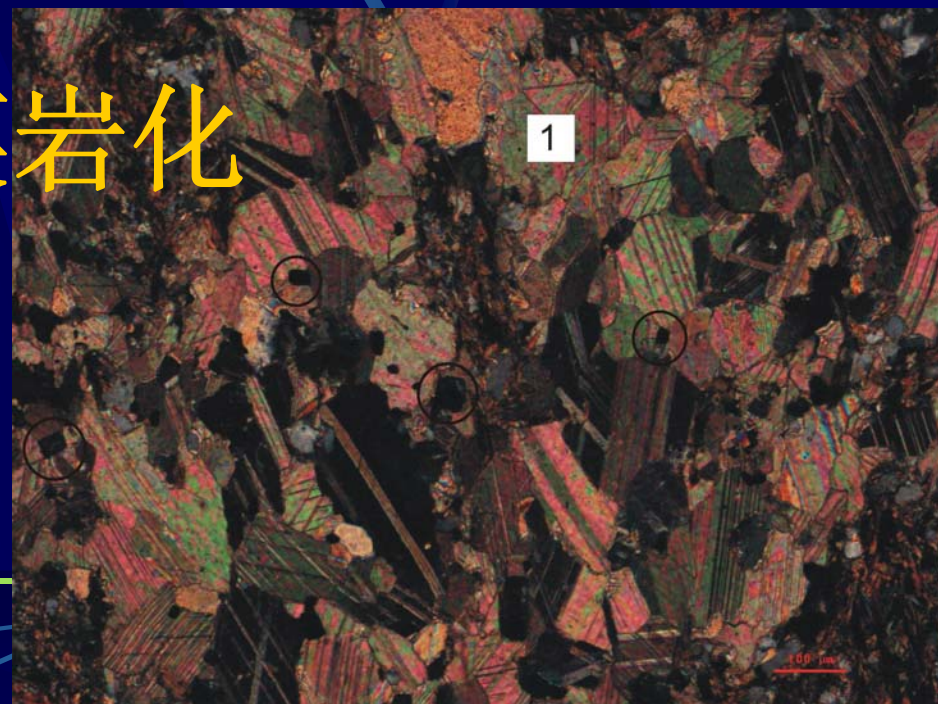
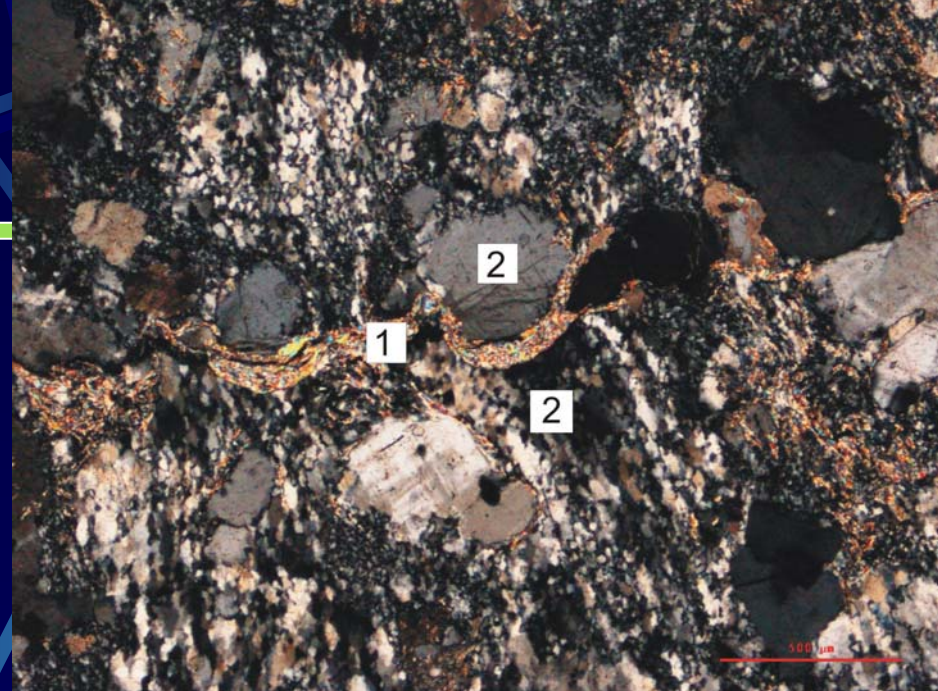
硅化



钾长石



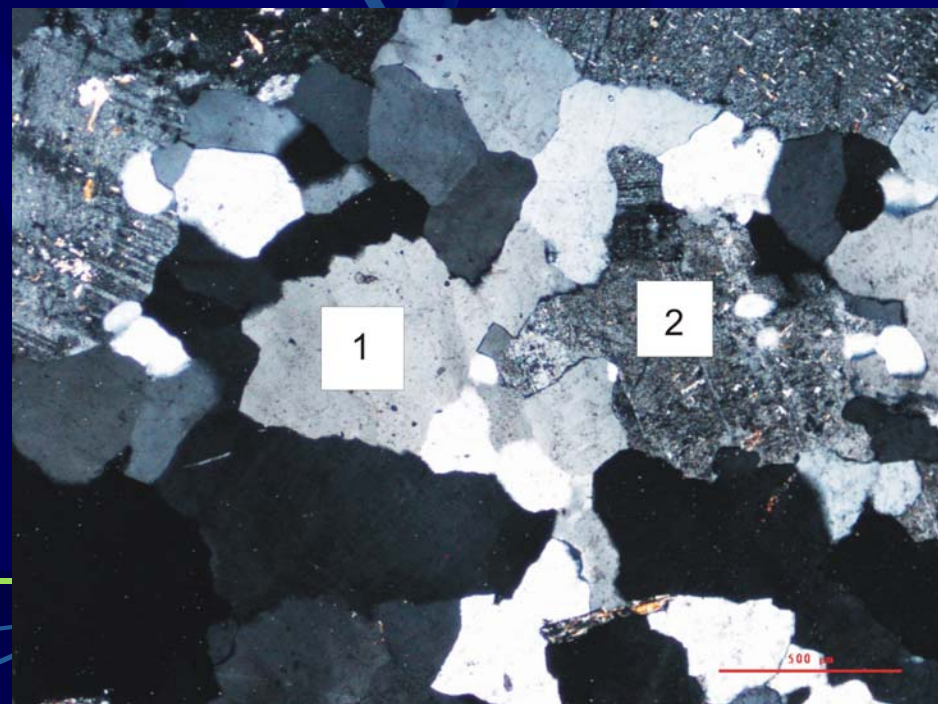
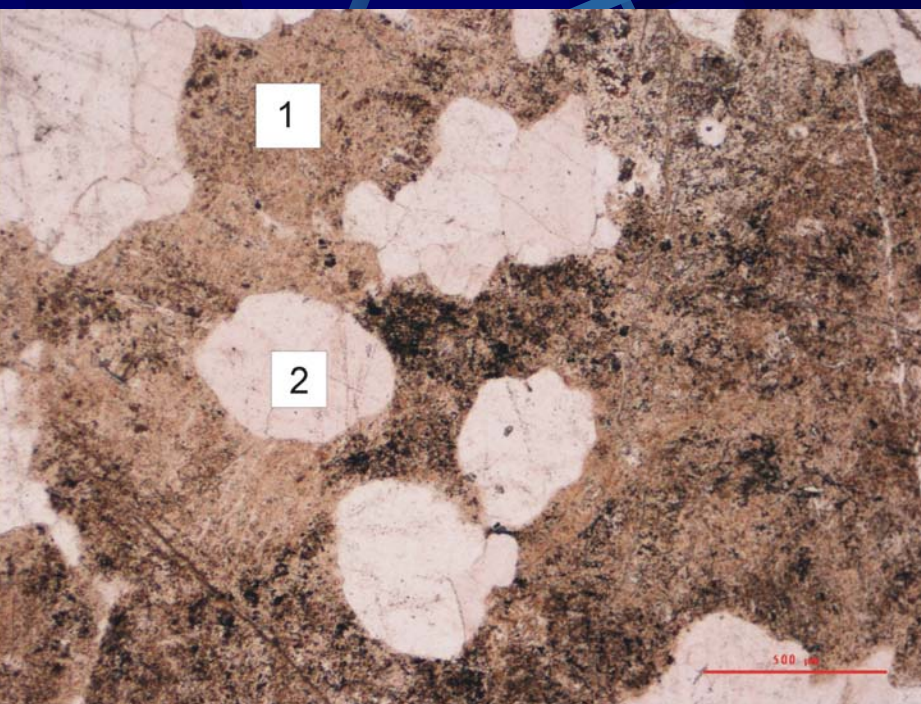




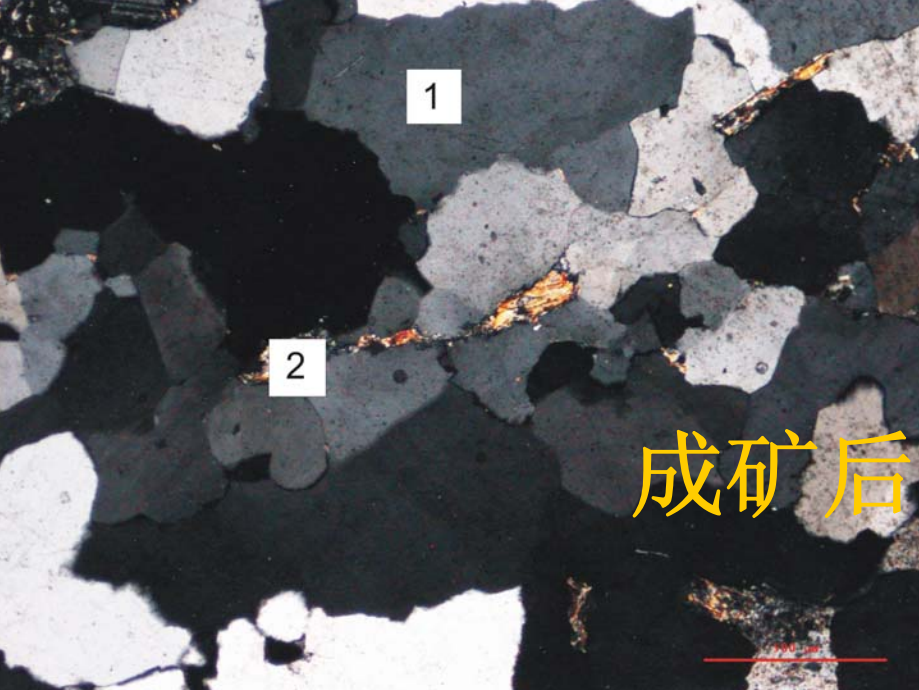


## 3.2 蚀变期次与演化

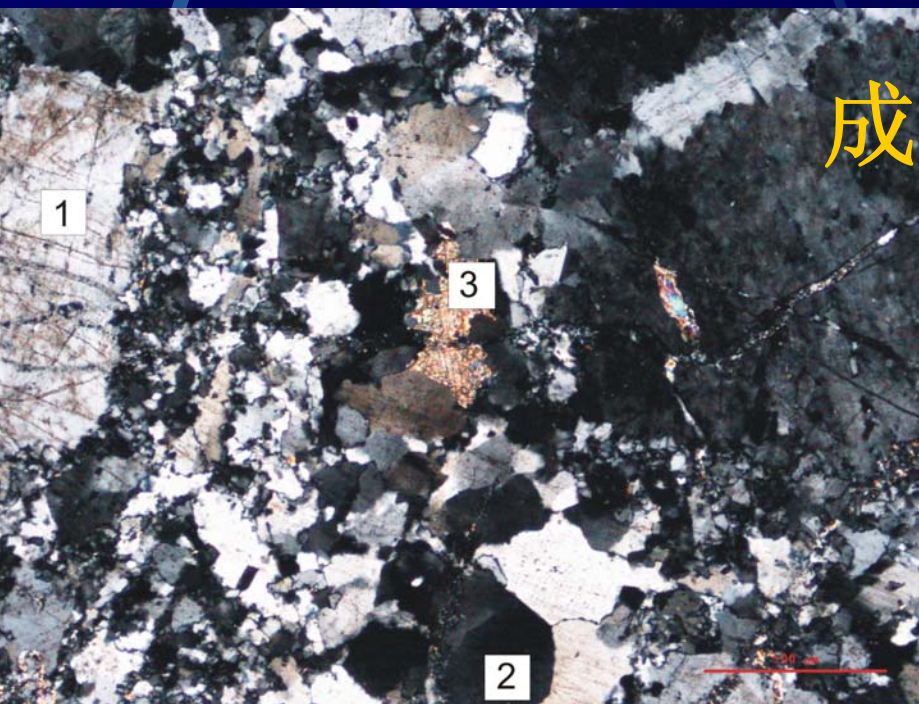
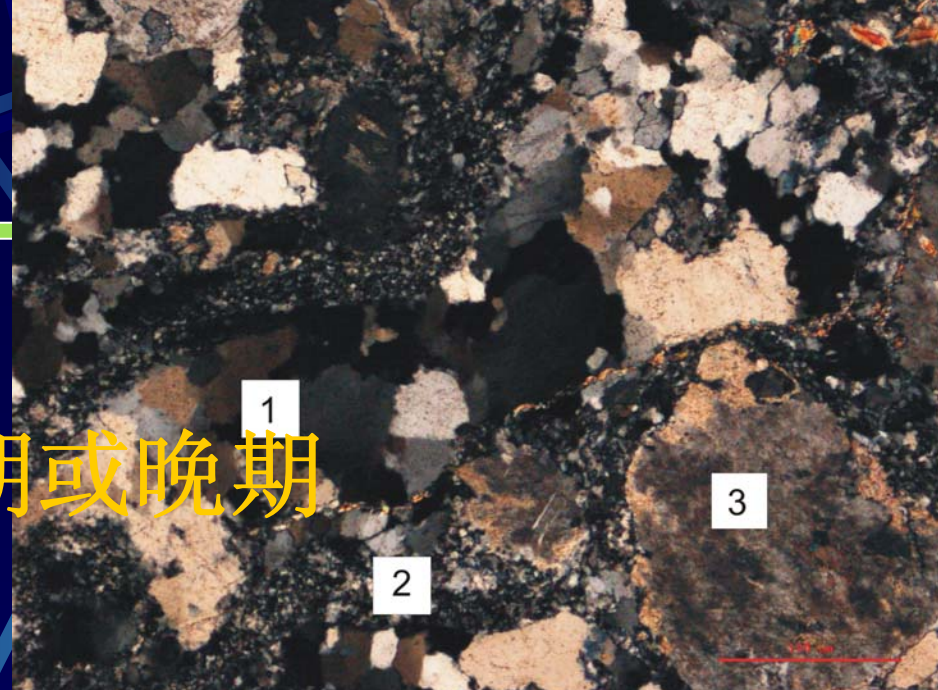
### 成矿早期



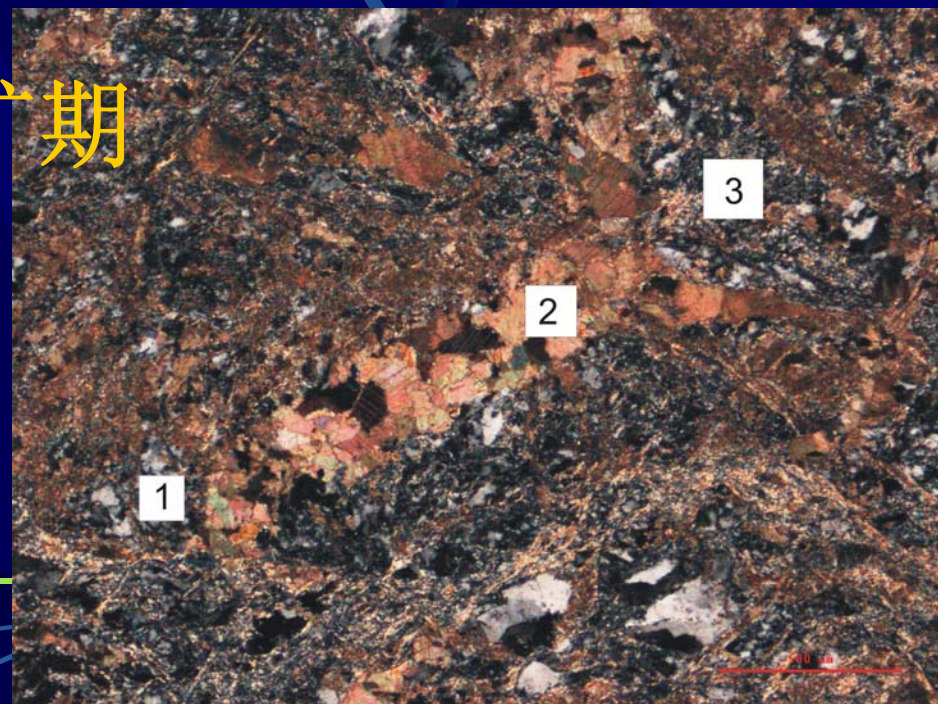




成矿后期或晚期



成矿期







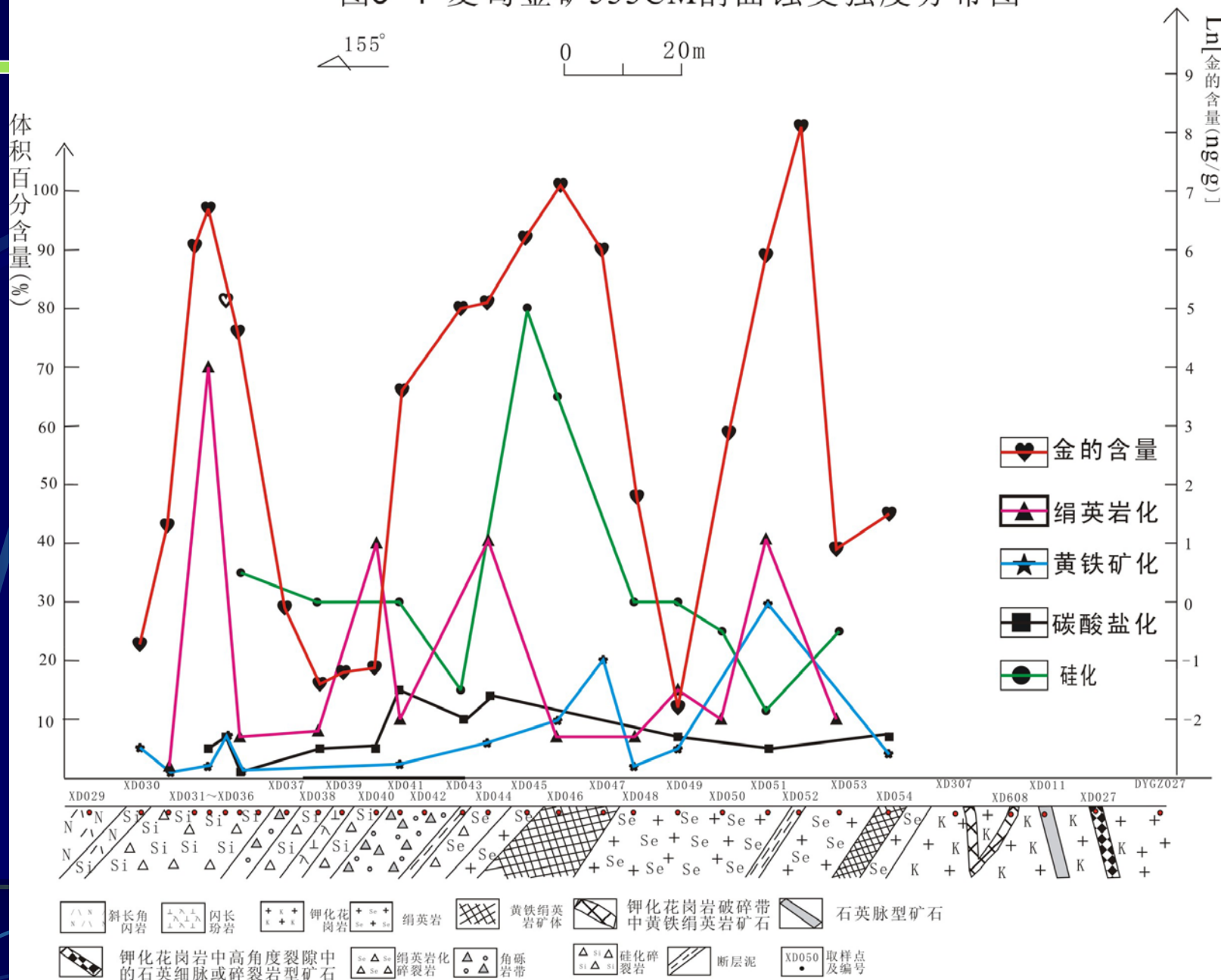
# 3.3 蚀变分带与叠加

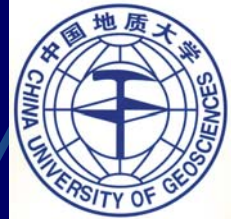
## A 蚀变类型分带

蚀变岩在断裂下盘呈带状分布。从近断层向外大致为：**硅化**糜棱岩带 → **绢英岩化**碎斑花岗岩带 → **钾长石化**碎裂花岗岩带 → **正常**花岗岩带。

# B 蚀变强度分带与叠加

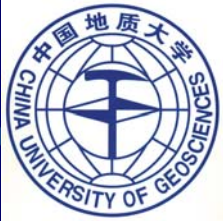
图3-1 夏甸金矿533CM剖面蚀变强度分带图



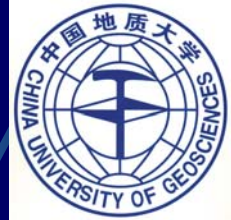


## 3.4 蚀变与金矿化的关系

- 与金矿化关系密切程度由强到弱的蚀变类型依次为**绢英岩化**、**黄铁矿化**和**硅化**。而**碳酸盐化**和金矿化关系不太紧密。
- 金矿化程度最高的地段是在**硅化碎裂岩**、**黄铁绢英岩矿体**中。



- 1、地质背景
- 2、研究思路
- 3、水热蚀变岩石学
- 4、水热蚀变地球化学
- 5、结论



# 4、水热蚀变地球化学

4.1 计算原理

4.2 计算过程

4.3 计算结果及地质解释

A 主量元素

B 微量元素

C 稀土元素

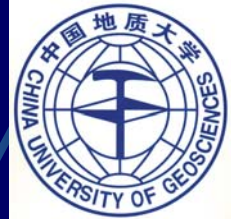


# 4.1 质量平衡计算原理

**质量平衡方法**已广泛用于研究各种地质体系中组分迁移和质量变化。它始于20世纪中后期，由Gresens 率先提出，并得到后人的继承与发展。

**假设前提：**已知岩石质量变化前后的体积变化，或者岩石在质量变化中存在着不活动元素。



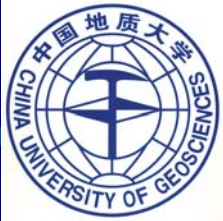


## 4.2 计算过程

### 4.2.1 不活动元素的确定

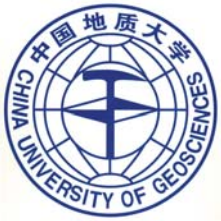
**不活动元素：**岩石在发生交代蚀变的化学变化中，既不从外界加入到岩石中，也不从岩石中迁出的元素。

**确定方法：** ①（宏观定性）寻找岩石体积变化的标志  
②（微观定量）相关分析作图法 ③（比较定性）与不活动元素相比较 ④（精确定量）成矿流体模拟实验。



**不活动元素：**在常量元素中Ti、Al是相对稳定的组分 (Ague, 1991; Condie et al., 1996; Klammer, 1997)，但Al在变形变质作用过程中仍有一定的活动性 (Ague, 1991; 唐红峰等, 2000)，尤其是长石绢云母化过程中有部分析出 (O'Hara, 1988; O'Hara et al., 1989)。Ti在岩石中的含量虽低，但其活动性最小，在天然热液体系中的溶解度仅为5-50  $\mu\text{g/g}$ ，其总分配系数值小于0.0015，在流体渗滤过程中是相对稳定的 (刘德良等, 1996)，在岩石变形变质过程中的活动性相当有限，是一个理想的参照元素 (O'Hara, 1988; Ague, 1991, 1997; 钟增球等, 1995; Condie et al., 1996; 刘德良等, 1996; Klammer, 1997; 唐红峰等, 2000)。

通过以上分析，本文选择**TiO<sub>2</sub>**作为参照组分。

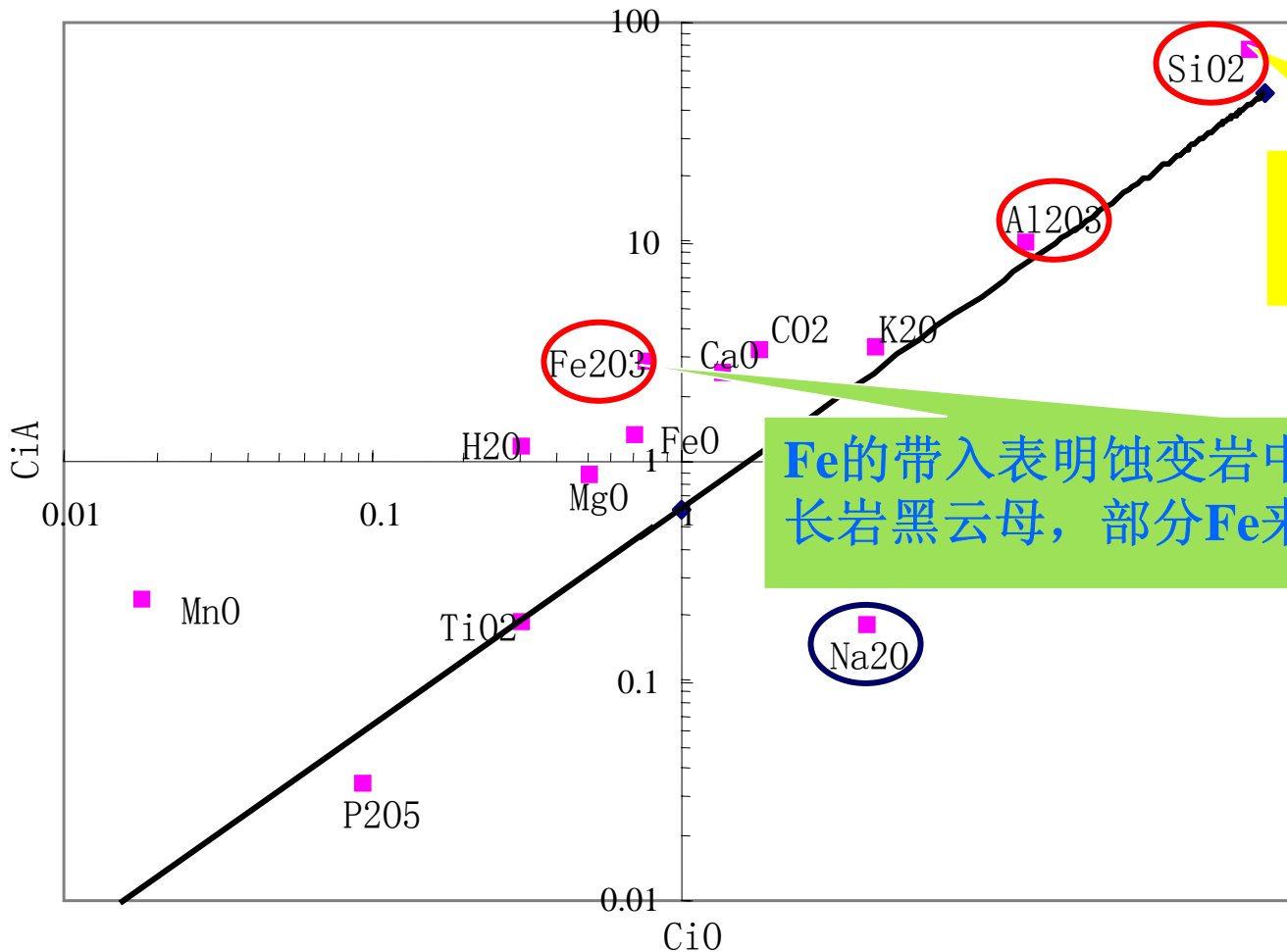


## 4.2.2 质量平衡计算

选定Ti为不活动元素之后，根据公式计算出原岩（花岗闪长岩）和蚀变岩（绢云母化碎裂岩、黄铁绢英岩和钾化黄铁绢英岩）的主量元素、微量元素和稀土元素的质量迁移情况。

## 4.3 计算结果及地质解释

# 4.3.1 主量元素质量迁移



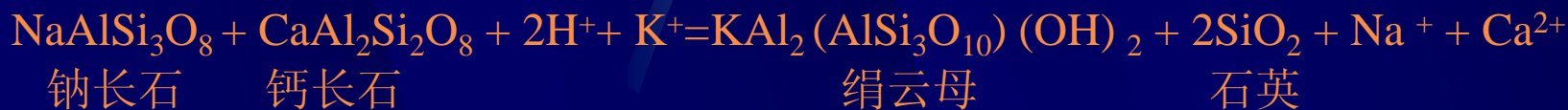
**SiO<sub>2</sub>的大量带入表明硅化伴随在蚀变过程中。**

**绢云母化碎裂岩**

**Fe的带入表明蚀变岩中的Fe不仅来源于花岗闪长岩黑云母，部分Fe来自热液。**

**(k=0.60)**

绢云母化的反应主要是斜长石蚀变为绢云母和石英：

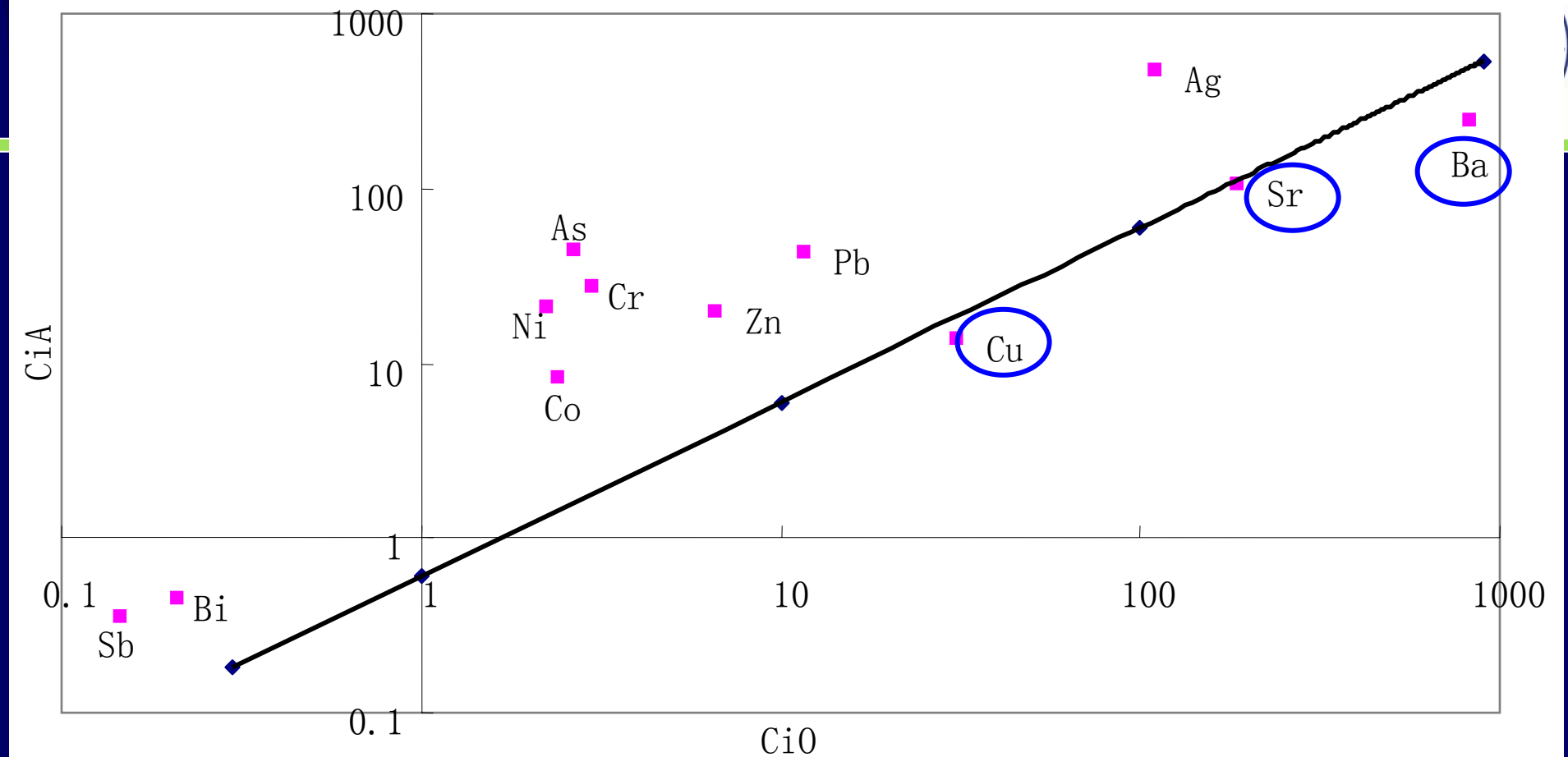


根据CIPW标准矿物计算，花岗闪长岩中的斜长石主要为钠长石（31.86），钙长石较少（5.4），因而由于绢云母化导致的Na<sup>+</sup>的减少较明显，而Ca<sup>2+</sup>的影响不大。





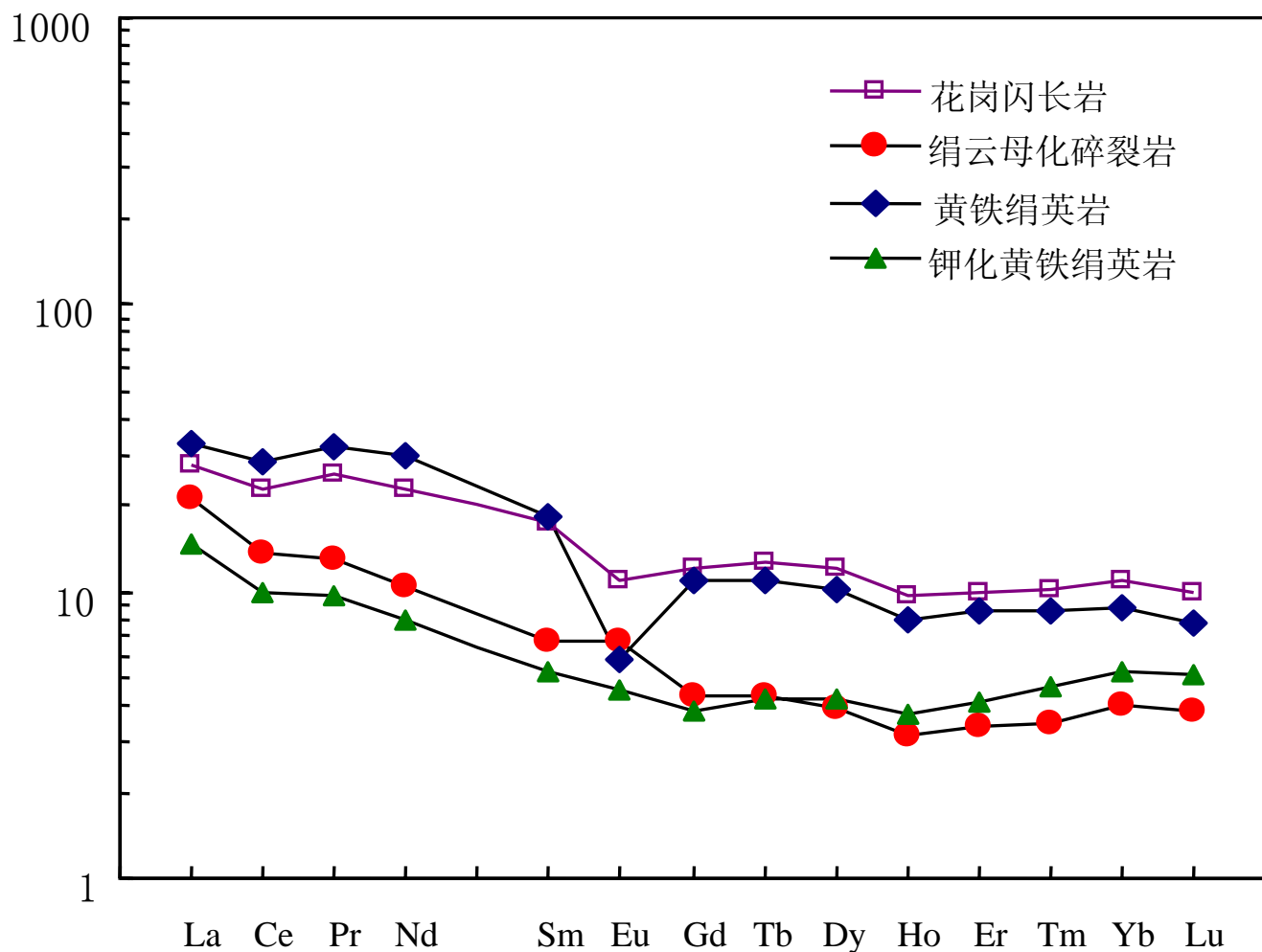
## 4.3.2 微量元素质量迁移



绢云母化碎裂岩与原岩微量元素 $C_i^A-C_i^0$ 图解 ( $k=0.60$ )

Sr 主要与 Ca 发生类质同像，而 Ba 多与 K 发生异价类质同像。花岗闪长岩中的斜长石、钾长石与流体反应，Sr 和 Ba 发生活化，进入到溶液中被带走。Ba 大量带出，显示出钾长石发生了剧烈的绢云母化，而 Sr 微弱带出，可能是进入到了碳酸盐矿物和云母矿物中。

### 4.3.3 稀土元素质量迁移



蚀变过程  
稀土元素  
球粒陨石  
标准化分  
布型式图

(球粒陨石

数据:

A. G. Herrman  
, 1971)

① 蚀变岩和原岩的稀土元素配分模式基本一致。

② 原岩的曲线较为平坦，而蚀变岩的曲线相对右倾更加明显。

# A 稀土元素总量 $\Sigma \text{REE}$

岩石类型	$\Sigma \text{REE}$
花岗闪长岩	85.17
绢云母化碎裂岩	40.89
黄铁绢英岩	90.86
钾化黄铁绢英岩	34.08

热液淋滤

矿物相的稀释

体积增加



## B 轻重稀土比值 LREE/HREE及 $(La/Yb)_N$

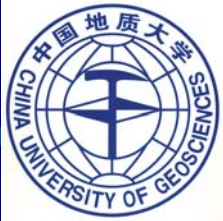
岩石类型	LREE/HREE	$(La/Yb)_N$
花岗闪长岩	1.53	2.57
绢云母化碎裂岩	2.56	5.21
黄铁绢英岩	2.24	3.75
钾化黄铁绢英岩	1.67	2.75



# C 铕异常 $\delta$ Eu 分析

岩石类型	$\delta$ Eu
花岗闪长岩	0.75
绢云母化碎裂岩	1.24
黄铁绢英岩	0.41
钾化黄铁绢英岩	1.03

找矿标志！



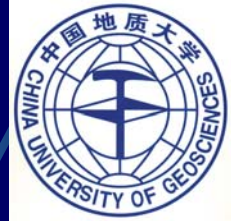
# 报告提纲

- 1、地质背景
- 2、研究思路
- 3、水热蚀变岩石学
- 4、水热蚀变地球化学
- 5、结论

# 5、结论

## 5.1 水热蚀变岩石学

- 蚀变类型：钾长石化、硅化、黄铁矿化、绢英岩化、碳酸盐化和泥化。
- 成矿早期：钾化+硅化  
成矿期：硅化+（绢英岩化+黄铁矿化）  
成矿后期或晚期：（其他蚀变）+碳酸盐化
- 蚀变类型具有分带性。
- 蚀变强度具有分带性。



## 5、结论

### 5.2 水热蚀变地球化学

- **主量元素**：明显带入的组分为 $\text{SiO}_2$ 、 $\text{Al}_2\text{O}_3$ 和 $\text{FeO}$ ，带出的元素在绢云母化中为 $\text{Na}_2\text{O}$ ，基本保持不变的元素为 $\text{TiO}_2$ 和 $\text{P}_2\text{O}_5$ 。
- **微量元素**：亲硫元素（Ag, As, Sb, Bi, Pb, Zn）和亲铜元素（Cu, Cr, Co, Ni）为带入元素。蚀变过程是重要的矿化过程。
- **稀土元素**：蚀变岩和原岩的稀土元素配分模式基本一致；蚀变岩稀土轻重分异更加明显；稀土元素总量减小；黄铁绢英岩化过程稀土总量略微增加，且有明显的Eu异常，可以作为找矿的依据。



谢谢！  
欢迎批评指正！