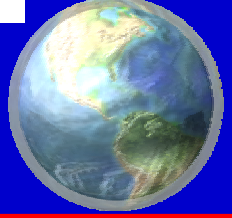
矿产勘查理论与方法

赵鹏大

中国地质大学



提 纲

一、关于非燃料矿产的资源勘查与评价问题

二、资源保证与矿产勘查

三、科学找矿：找矿成功必由之路

四、科学找矿的理论基础与准则

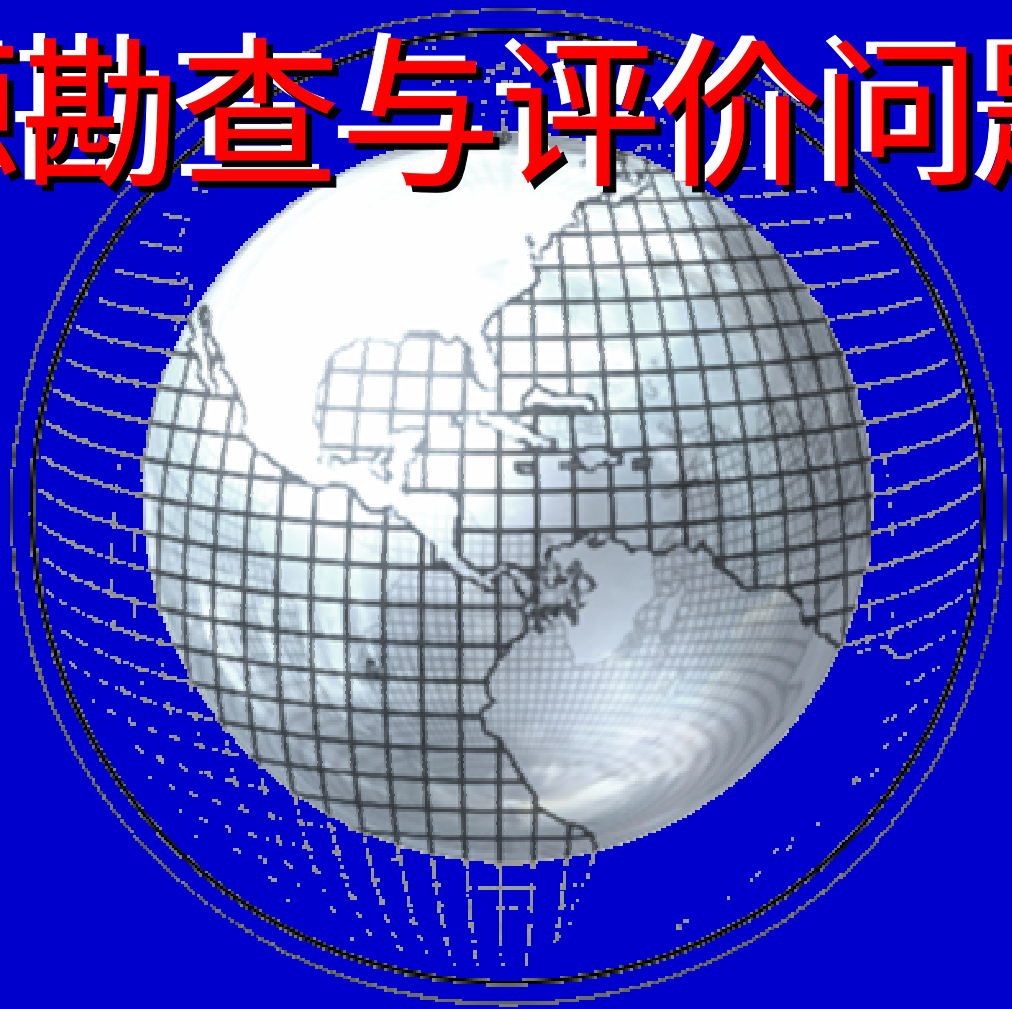
五、危机矿山可接替资源勘查评价

六、非传统矿产资源研究

七、矿产勘查学的发展与未来

八、几个思考问题

一、关于非燃料矿产的资源勘查与评价问题



（一）关于“矿产普查与勘探”学科

专业目录调整前后一二级学科变更如下：

调整前一级：地质勘探

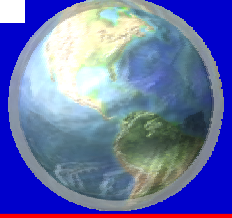
9个二级学科	3个二级学科
矿产普查与勘探	矿产普查与勘探
石油及天然气地质与勘探	
煤田地质与勘探	
数学地质	地球探测与信息技术
遥感地质	
勘查地球物理	
勘查地球化学	
探矿工程	地质工程（部分）
工程地质及水文地质	

调整后一级：地质资源与地质工程

及部分自设二级学科如：非传统矿产资源开发、资源产业经济，等

调整前：“矿产普查与勘探”学科点有两种：

- 狭义的：（固体矿产）“矿产普查与勘探”学科
- 广义的：包罗理工科地质学的大地质勘探



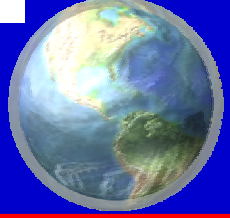
（二）非燃料矿产研究的重要性

“矿产、紧缺矿产和美国经济”（美国国家研究理事会（NRC）所属的地球资源委员会近期发布的资源报告）指出：“非燃料矿产、矿产品、金属和合金，以其独有的特性为食物、房屋、基础设施、运输、通讯、健康及防御提供着保障。在美国，每年必须为每个人提供25000磅（约合11.3公吨）以上的非燃料矿产，以满足人们的日常生活所需。”

- “小到个体消费者，大到整个制造业和工程行业，矿产既是日常生活的基础支撑，也是国民经济的基础支撑。”
- “许多现有技术和新兴技术对非燃料矿产的需求，美国本国资源量是满足不了的。”
- “依赖进口会使美国一系列产业面临政治、经济和其它随特定形势而变化的风险。”

- 哪些矿产被认为是“紧缺的”矿种，又为何是紧缺的；这些矿产在近期和远期的可供应性在什么程度上受限；需要获取哪些数据和信息并进行哪些研究，以帮助决策者采取适当的措施缓解非燃料矿产供应紧张的局面。

- 这个委员会专门研究了“铜、镓、铟、锂、锰、铌、铂族金属（铂、钯、铑、铱、锇、钌）、稀土元素（镧、铈、镨、钕、钜、钐、铕、钆、铽、镝、钬、铒、铥、镱、镥）、钽、钛和钒”，以确定这些矿产的紧缺程度。”



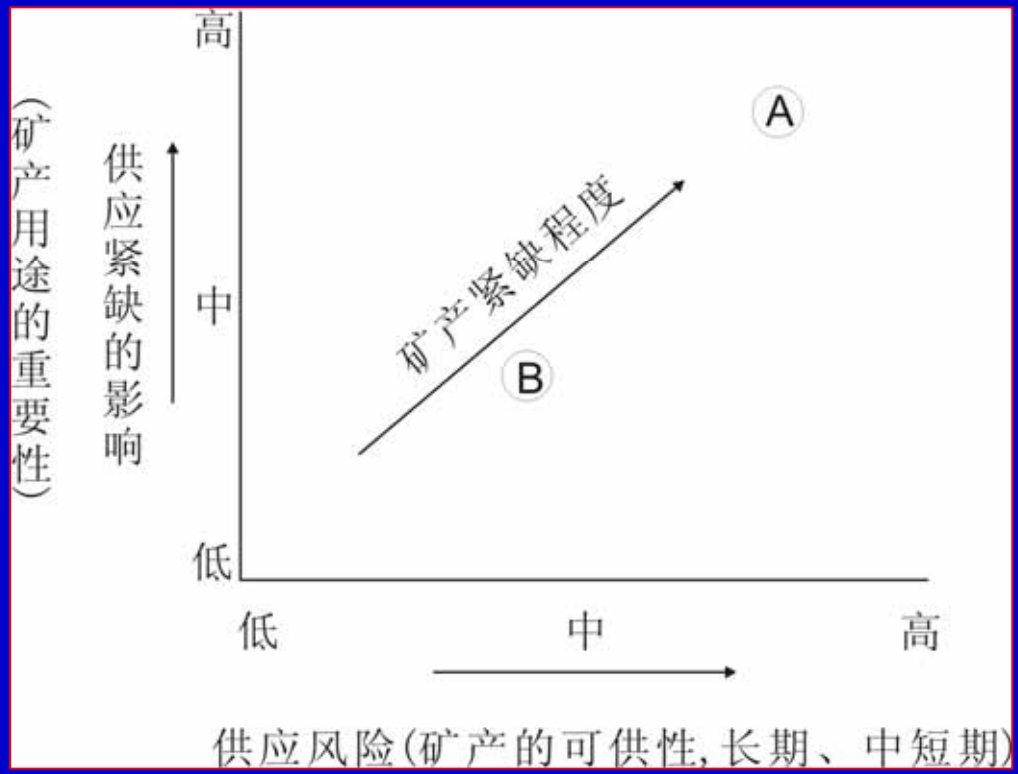
（三）美国资源研究的全球视野

报告指出：“必须彻底弄清本国和世界的矿产资源的来源、矿产生产技术、矿产和矿产品在美国经济中的关键用途以及潜在障碍。”

该项研究的任务是：

1. 确认并识别在国内经济中作为工业和新兴技术之基础的紧缺矿产和矿产品；
2. 评价全球范围内这些紧缺矿产和矿产品的来源及生产状况；
3. 分析研究在满足国内需求时这些矿产和矿产品面临的现实或潜在制约因素，包括但不限于地质的、技术的、经济的和政治问题；
4. 确认紧缺矿产和矿产品供给恶性波动对国内劳动力和经济的影响；
5. 说明和评价在制定矿产决策时可以利用的现有矿产及矿产品数据库和其它的矿产信息源；
6. 确认信息类型和可能的切入点，以提高对全球范围内的紧缺矿产及矿产品资源的认识。

（四）资源战略视角：矿产紧缺度研究



- 上图被称为“紧缺度矩阵”，A矿产的紧缺度＞B矿产
- 通过使用，评价矿产供应风险（Supply Risk）、供应紧缺影响（Impact of Supply Restriction）
- 量化的参数描述方法，即“复合得分法”定量地研究矿产的紧缺度

五）矿产的重要性和可供性都是时间的函数

矿产的重要性与矿产特性和其特定用途的开发和可替代性有关。

该报告以汽车为例：

20世纪初，制造汽车需要5种材料：木材、橡胶、钢铁、玻璃、黄铜。而今天，除橡胶、塑料和其它有机材料外，一辆标准汽车在其各种部件中所包含的非燃料矿产达39种之多（如Cu为50磅（约合23kg），如用混合电力汽车新技术需Cu为75磅），而对汽车催化转化器制造和功能装备，Pt族金属和稀土元素是基本原料，至今还无任何替代品可用。其它产品为飞机动力系统和构架（Ti）、移动电话（Ta）、液晶显示（In）、计算机芯片（一套矿物材料）、光电池（Si、Ga、Cd、Ce、Te、In）、充电电池（Li、Ni、稀土元素）等。

长期可供性取决于5个因素：

1. 地质（是否存在有矿产资源）
2. 技术（能否进行提取和加工）
3. 环境和社会（能否以环境和社会所接受的方式来生产矿产品）
4. 政治（政府委员会通过政策和法令来影响矿产的可供性）
5. 经济（是否能以让用户愿意和能够支付的某个成本供应）

短期和中期供应的制约因素

①需求量大幅增加并超出预期

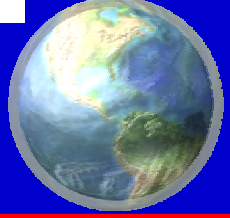
②相对弱（或小）的市场

③生产集中在少数几个矿山或国家

④其供应颇大部分靠副产品获得（如铝土矿开采以来的副产品镓）

⑤不能从旧废料中大量回收的矿产等

此外，还有进口依存度，储量与产量的比率，储量基础与产量的比率等的变化，都可能导致供应的紧张或价格上涨。



（六）矿产勘查的科学问题和前沿课题

1. 矿产勘查是在不确定条件下制定决策的工作。因此，充分挖掘信息，减少对勘查目标推断的不确定性是关键性问题。

- 减少勘查过程的不确定性及不确定性的定量表征。

2、勘查各种可能事件结果的概率分布及其风险评价。

- 不确定事件的风险评估及最佳预期目标的选择。

3、矿床、矿体定量、定位预测及其变化性预测

- 提高矿床预测效果的定量途径

4. 成矿过程动力学特征及地球深部成矿潜力评价，第二、第三成矿空间的含义和特征，它们的时空范围界定。

◆无已经矿床新区的隐伏矿床找矿理论、方法与技术。

◆已知矿区深部找矿及勘查系统。

5. 非传统矿产资源在成矿谱系中的位置，它向可利用资源方向的转化条件。

◆非传统矿产资源及非燃料矿产资源的认知、找寻、开发与利用。

6. 矿产资源地质、技术、经济、环境及社会综合效应。

- 矿产资源的多因素联合评价。

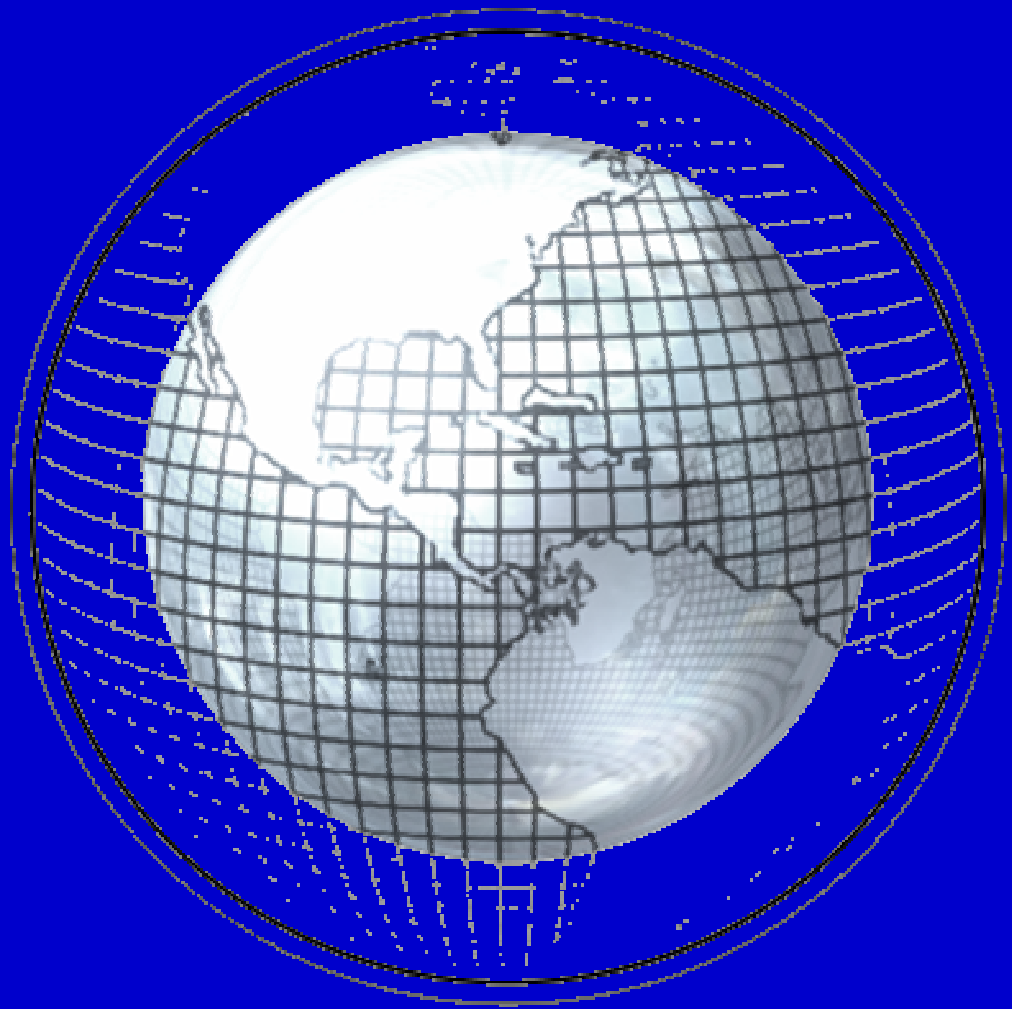
7. 矿产资源对国家安全、经济建设和社会发展的影响。对长期、中期、短期和可持续发展的影响，在国际关系、外交、外贸等方面的影响。

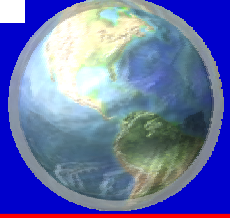
- 矿产资源战略研究。

8. 矿产资源产业发展的充分、必要条件。

- 资源产业竞争力评价。

二、资源保证与矿产勘查





（一）人口增长与地球承载力

1、世界人口的增长

2000年前 → 3 亿

1700年 → 6 亿

2000年 → 60亿

2030年 → 120亿

世界人口增长速度

人口数	大致的年代	增加10亿人所花费时间
10亿	1830年	50万年
20亿	1930年	100年
30亿	1960年	30年
40亿	1975年	15年
50亿	1987年	12年
60亿	2000年	13年

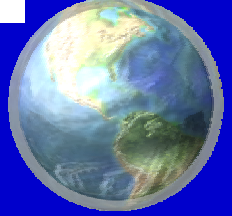
(据朱大奎等2000，略加补充)

2、地球的承载力

- 地球的承载力问题实际上是地球能养活多少人的问题。最基本的是粮食、粮食生产和加工需要土地、水和能源。
- 生产1吨玉米需水1136吨，生产**1**吨小麦需水**4500**吨，而**1**吨牛肉则需水**3.4**×**10**^{4}吨。
- 可见，地球承载力问题，实际上也是一个资源可供性或可供能力问题。

生命支撑系统

- 粮食
- 气候
- 水
- 土壤
- 金属
- 建筑及陶瓷矿物
- 矿物肥料
- 化石燃料及能源
- 动植物



（二）矿产资源作用与地位

- 矿产资源是人类赖以生存和发展的物质基础。
- 目前，我国95%的能源和80%的工业原料都取自矿产资源。
- 极而言之，整个人类的发展史从某种角度来说就是人类开发利用天然岩矿材料的历史。

- 历史学家将人类利用天然岩矿材料的历史作为划分人类进步和时代的标志：如，石器时代、铜器时代、铁器时代、原子能时代等等。

- 当今人类利用非金属矿产的强度和广度极大，有人提出了“新石器时代”的概念。

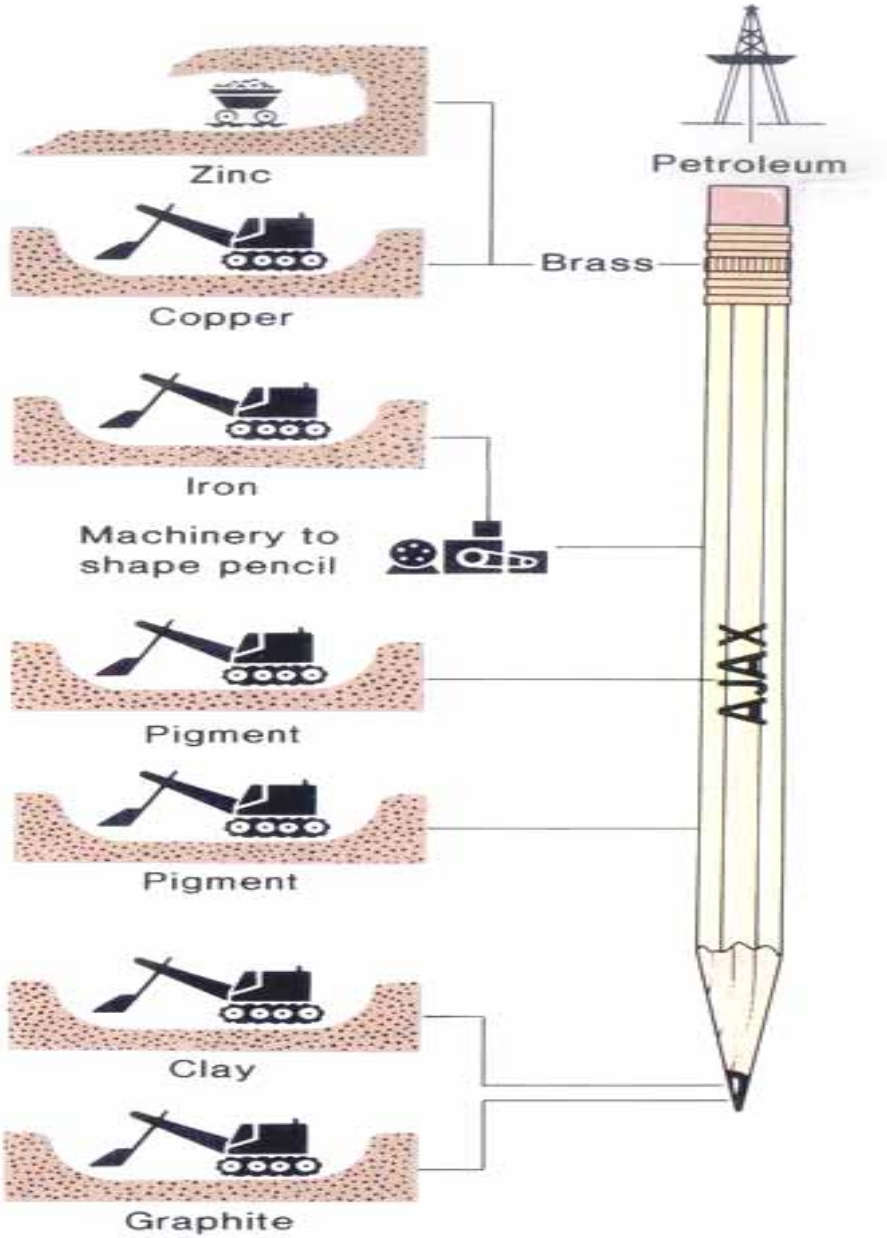
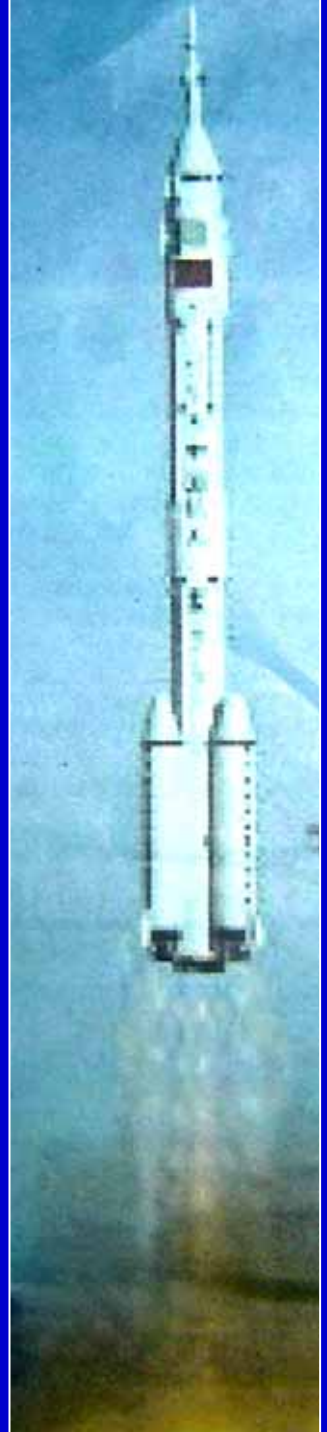


Figure 21.1
Mineral resources necessary to make a wooden pencil.

铅笔的原料构成





宇航员服装的构成

资源的巨大消耗

- 发达国家人年消费20t天然岩矿材料。
- 如100亿人达到先进生活水平，年需消耗 2×10^{14} kg 岩矿材料，相当年消耗 100 km^3 地球物质。
- 从自然资源消耗来看，如果全世界人都达到美国人的生活水平，至少需要20个地球。

➢一些矿产资源大国，其矿业部门或资源工业对国家发展和社会进步起着突出的作用。

澳大利亚：矿产及石油工业是使国家财富持续增长的最重要因素。其矿产及石油部门出口产值达**365**亿美元，占商品出口总数的**60%**。

南非：国家和政府制定了一系列政策和措施，以保证矿业具有更大的国际竞争力。

美国：矿产在国民经济中也发挥着巨大的作用。固体矿产矿业对1995年美国国民经济收入做出5240亿美元的直接和间接双重贡献。

“如果没有矿业，美国国民经济满足人民需要和保持其全球地位的能力就会受到严重的削弱”。

•俄罗斯：矿业的重要性。作为资源大国，即使在其经济危机和开采下降的情况下，其矿业对国内外影响都是巨大的。据2002年资料，俄罗斯石油开采量占世界总量8－10%，天然气26－30%，煤5－6%,铁6－7%，铜9%，镍18－20%，铝13－14%，铂族金属及金刚石占世界第2，在国内，矿业部门保证了国民生产总值的33%。

•俄罗斯出口的矿产占世界总出口额：

石油7%，天然气37.6%，煤4.5%，铀29%，铁矿石7.1%，铜9%，镍16.7%，铝20.5%以及其它贵金属及金刚石等，

•而出口的矿产占其国内开采总量的份额为：

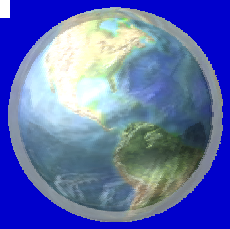
石油41-45%，石油加工产品30-34%，天然气30-33%，铜85-90%，镍97%，铝99%，

•出口上述矿产品赚取了占外汇总额70%的收入。

- 俄罗斯“论固体矿物原料生产国的排序”对世界6个矿业生产大国据20种矿产的矿业产值（美元）的排序为：

1) 美国	578.56亿元
2) 中国	328.49亿元
3) 澳大利亚	185.87亿元
4) 南非	170.00亿元
5) 俄罗斯	126.79亿元
6) 加拿大	114.21亿元

- 中国矿业产值排序 虽位居第二，但人均矿业产值仅为31美元。
- 澳大利亚虽位居第三，但人均产值高达1147.3美元。
- 南非矿业产值虽位居第四，但因其国土面积远远小于其它矿业大国，因而其单位面积产值居世界之首，每平方公里达14166.7美元。
- 中国每平方公里国土的矿产值仅为3421.8美元。



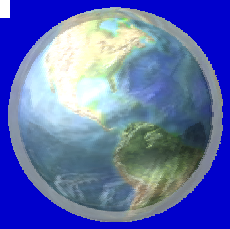
（三）矿产资源形势

- 面向21世纪，无论是发达国家或是发展中国家，对矿产资源的需求都将是有增无减，矿产资源开发和矿物原料采掘业都仍将是其经济的重要组成部分。但是，作为不可再生资源的矿产其形势是严峻的。

- 联合国经济委员会1981年曾发表一份报告预测，如果发展中国家对矿物原料的需求达到美国的消费水平，则现有储量将消耗殆尽：

铝土矿－ 18年；铜－9年；石油－7年；

天然气－5年；铅－6年；锌－6个月。



（四）我国矿产资源现状与问题

⑴ 矿产资源总量虽位居世界前列，但人均占有量小。

⑵ 矿产资源结构性矛盾突出，需求量大，支柱性矿产储量保证程度低。

⑶ 我国大型、超大型矿偏少，贫矿、复杂组分、难选冶矿床偏多，影响资源开发效益和市场竞争力。

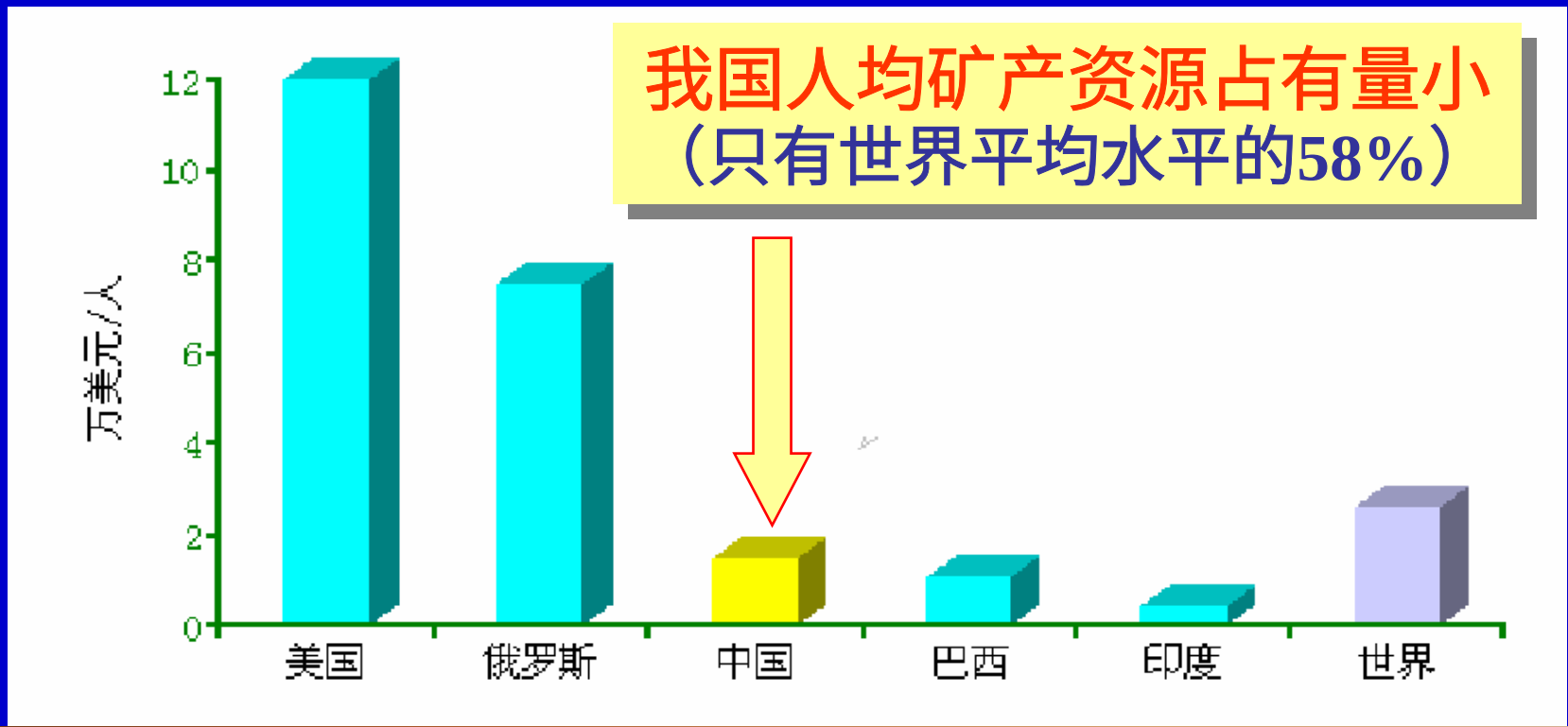
⑷ 现有生产矿山后备资源不足，产量消减严重，不少矿业城市面临经济转型的挑战。

⑸ 矿产地理分布不均衡，产区与消费区错位。

⑹ 资源利用不充分，矿山环境问题严重。

1、总量多--人均少

- 中国已探明的矿产资源总量很大，约占世界的12%，仅次于美国和前苏联，居世界第3位，但人均占有量仅为世界人均占有量的58%，居世界第53位。



2、需求增大 保障不足

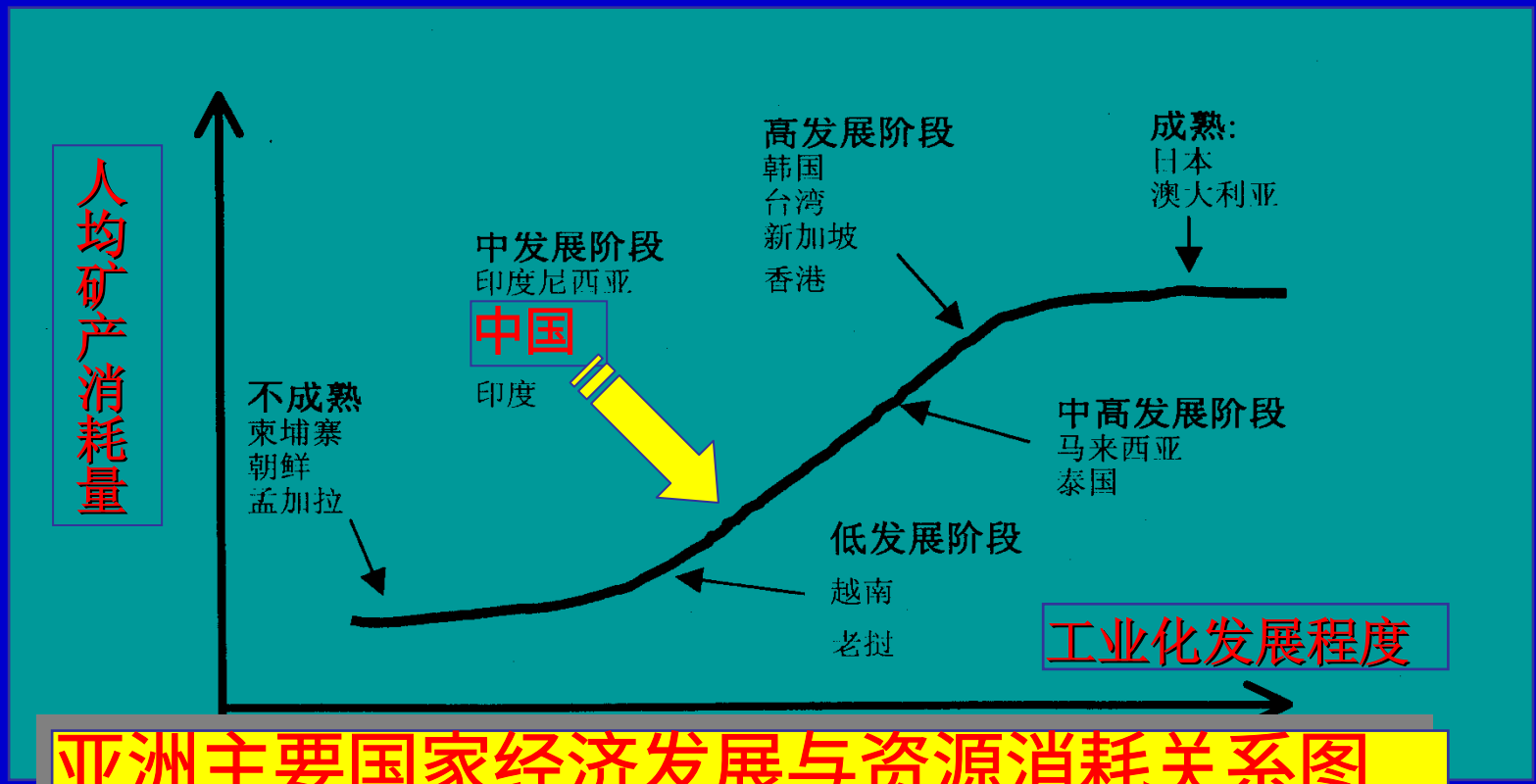
- 矿产资源出现“入不敷出”

储量增长 < 产量增长 < 消费增长

- 后备储量严重不足，已经危及到矿产资源的可持续供给。

需 求 增 大

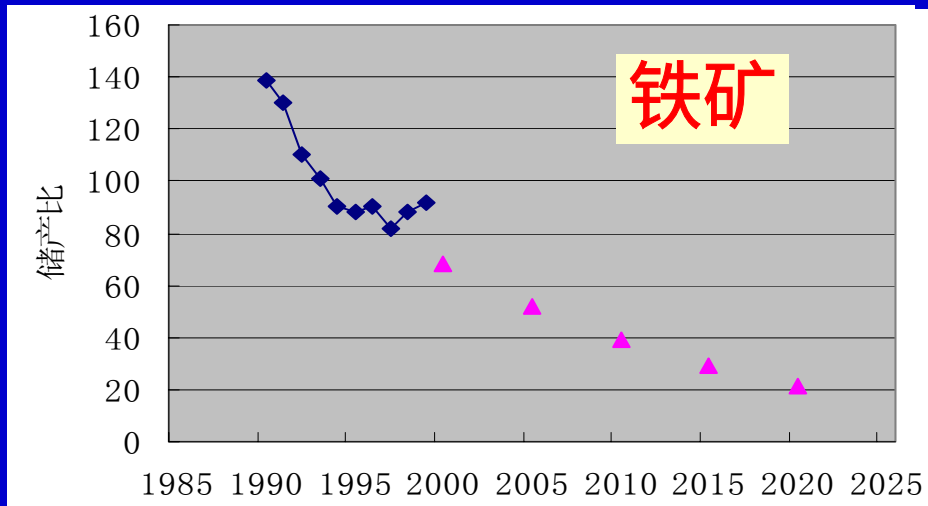
到2020年，我国人口将达到15亿，需要生产粮食6亿吨，城市化将从现在的40%提高到55%，城镇建设用地预计增加360万公顷，我国经济总量将在2000年基础上翻两番，对能源的需求急速增长。煤炭要新增产能7～10亿吨。石油对外依存度将超过60%。

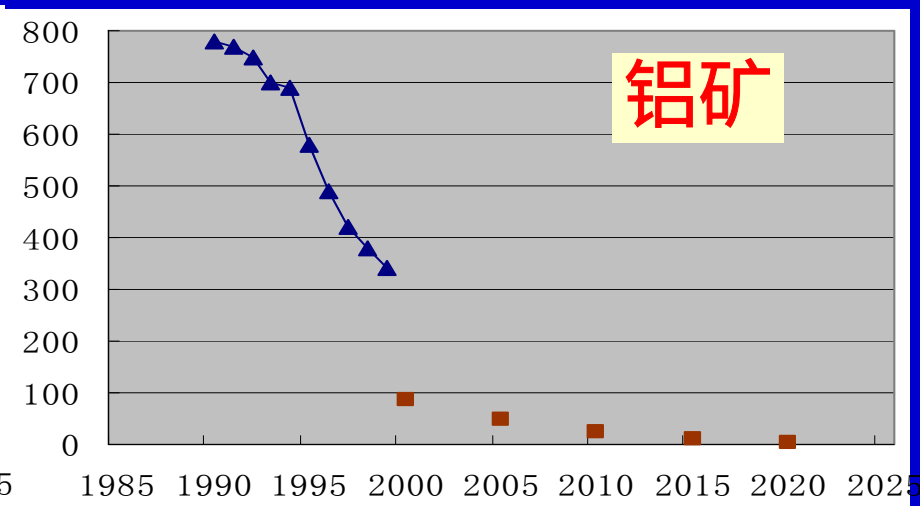


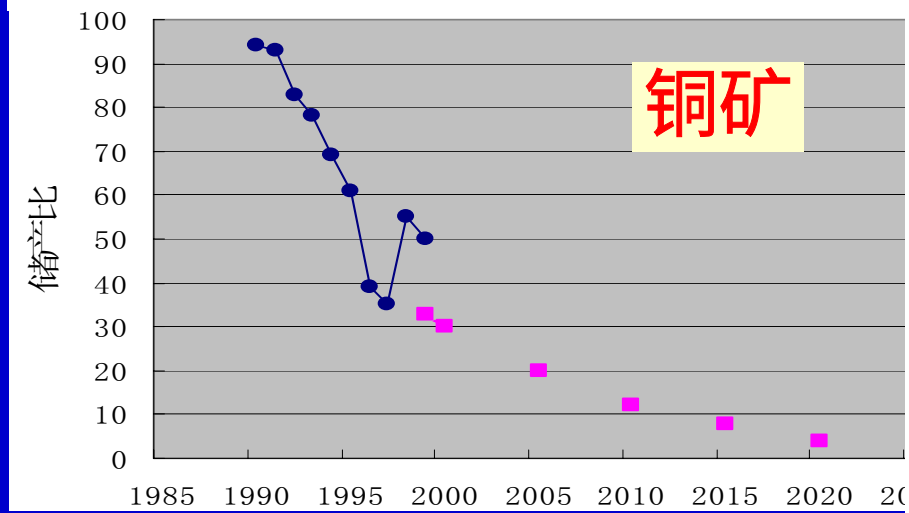
亚洲主要国家经济发展与资源消耗关系图

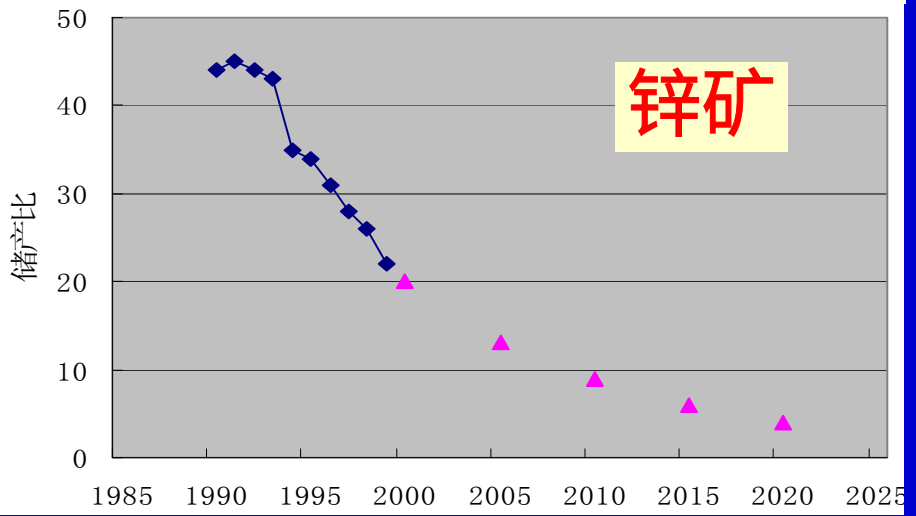
资料来源：中国工程院《矿产资源》咨询项目组，2002。

保 证 程 度 下 降









资料来源：中国工程院《矿产资源》咨询项目组，2002。

我国多数矿产，特别是需求量大的支柱性矿产储量保证程度低，形势严峻

- 据估计，在我国现已探明的45种主要矿产资源中，在2000年可保证需求的有29种；2010年将下降到23种；到2020年仅有6种。

- 到2010年主要靠进口的有铬、钴、铂、钾盐、金刚石等5种；到2010年不能保证需要长期进口补缺的有石油、天然气、铁、锰、铜、镍、金、银、硫、硼等10种；2010年基本可以保证，但需要在国内进一步找矿或进口解决的有铀、铝、锶、耐火粘土、磷及石棉等6种，届时进口矿产品将达到2.5－3亿吨，这将耗费大量资金和外汇。

- 2004年初，45种矿产除U外，一半资源查明储量减少。
- 储量查明10种有色金属储量下降0.7% ，除Al以外，Cu 、Pb 、Zn 、Ni 、Sn、 Sb、 Hg 、Mg、 Ti等储量都有所下降。稀土资源储量也下降0.6%。
- 铁矿： 2004年比2003年减少1.4% ，2004年全年进口量突破2亿吨，对外依存度为55%。

- 石油：分布很不均匀。沙特、伊拉克、科威特、伊朗4国拥有世界63%的储量，世界剩余可采储量1421亿吨，我国剩余可采储量为24亿吨左右（沙特320亿吨，1998），呈缓慢下降趋势。
- 2004年新增探明可采储量1.73亿吨，与采出量基本持平。按目前生产水平，石油可采年限为15年，远远低于世界51年的平均水平。
- 石油对外依存度已从：93年依存度不到10%，94年不到5%，95年5%，2003年36%，提高到2004年45%。预计到2020年达到60%。
- 2004年石油净进口达1.3亿吨（原油进口大于1亿吨）。

➢煤炭：我国2004年比2003年增加探明资源储量16.62亿吨，低于当年的产量。由于国内需求量大，2004年以来煤出口下降，全国煤炭社会库存逐日下降，4月已跌破1亿吨警戒线，下降到9800万吨，是近20年的最低值；与2003年同期相比，下降20％。由于火电装机容量增大，高耗能行业生产惯性增长，煤炭需求仍将居高不下。

铁矿：“铁矿现象”向我们敲响了警钟

- 对外依存度已达到70%，也即：原料主体依靠进口
- 我国的进口量占世界铁矿石贸易量43%（2005），中国为全球铁矿石的最大买主
- 需求量大、自给率低
  - 国际投资银行一份预测报告中称2010年中国对铁矿石的需求将达到4. 57亿吨。未来 5 年我国铁矿石供应紧张局面很难改观。
- 矿石来源多元化程度低
  - 要保持国际开发、市场进口和国产矿石比例协调的多元化供应渠道，但目前我国铁矿石主要来源于澳大利亚、印度、巴西和南非。
- 其结果是世界上的铁矿石垄断商可以随意提高铁矿石价格。2005年每吨铁矿石价格上涨 71. 5%。今年国际矿石供应商又将铁矿石价格上涨19%。澳大利亚力拓、必和必拓及巴西淡水河谷三大公司控制着世界市场74%的铁矿石供应量，使我国在铁矿石价格战上处于十分被动的局面。

- **钨矿：“钨矿现象”令专家呼吁“拯救钨矿资源刻不容缓”**

我国钨矿资源储备量约520万吨，是世界总储量的65%，但这一数字已下降到46%。至2000年，年出口达8000吨，可以用其生产10万吨高速钢，其他国家则作为战略物资加以储备。

问题是：

- 钨矿资源出口的价值为1；
- 加工成高速钢附加值为3；
- 再加工成刃具为21；

而我国出口钨精矿及其中间产品占80%以上。从而使我国的优势矿产消失严重，而且不能获取应有的经济效益。

3、现有矿山后备资源不足，产能消失严重，危机矿山问题突显

•25种主要金属，415个大中型矿山中，已关闭矿山38个，占大中型矿山总数的9%；严重危机矿山54个，占13%；中度危机矿山35个，占8%；潜在危机矿山82个，占20%。上述各项总数已达50%。

•另据调查，全国将有47个矿业城市和400多个矿山面临探明储量枯竭，直接涉及300多万矿工和1000余万家属的工作和生活，因此这是一个很严重的问题。

- 温家宝总理在2002年10月庆祝中国地质学会成立80周年纪念大会上的讲话指出：

  - “全国45种主要矿产中的一半以上的资源储量消耗速度大于增长速度，特别是东、中部地区过去耳熟能详的一批老矿山资源枯竭，成为危机矿山，在有市场需求和资源接替潜力的老矿山周边或深部，努力探寻新的接替资源，具有经济和社会双重效益，是当前的一项极为紧迫的任务。”

危机矿山问题：

国家制定并发布了“全国危机矿山接替资源找矿规划纲要”（2004--2010）部署原则：

分期分批，先急后缓，逐年安排，分步实施

2005年启动了第一批项目，优先安排资源危机程度严重的部分矿山企业的接替资源勘查项目，同时安排少量大比例尺成矿预测项目。

对矿山保有储量按“固体矿产资源/储量分类”（GB/T 17766-1999）进行评估

分类 / 类型 / 经济意义 \ 地质可靠程度	查明矿产资源			潜在矿产资源
	探明的	控制的	推断的	预测的
经济的	可采储量(111)			
	基础储量(111b)			
	预可采储量(121)	预可采储量(122)		
	基础储量(121b)	基础储量(122b)		
边际经济的	基础储量(2M11)			
	基础储量(2M21)	基础储量(2M22)		
次边际经济的	资源量(2S11)			
	资源量(2S21)	资源量(2S22)		
内蕴经济的	资源量(331)	资源量(332)	资源量(333)	资源量(334)?

注：表中所用编码(111-334)，第1位数表示经济意义：1＝经济的，2M＝边际经济的，2S＝次边际经济的，3＝内蕴经济的，? ＝经济意义未定的；第2位数表示可行性评价阶段：1＝可行性研究，2＝预可行性研究，3＝概略研究；第3位数表示地质可靠程度：1＝探明的，2＝控制的，3＝推断的，4＝预测的。b＝未扣除设计、采矿损失的可采储量。

$$\text{尚可服务年限} = \frac{\text{现保有基础储量*综合回采率\%}}{\text{现年均生产规模}}$$

$$\text{尚可服务年限} = \frac{\text{现保有的基础储量}}{\text{年均消耗地质储量}}$$

危机矿山评估等级划分：

- 严重危机矿山：尚可服务年限≤5年
- 中等危机矿山：尚可服务年限5--10年
- 轻度危机矿山：尚可服务年限10--15年
- 尚无资源危机的矿山：尚可服务年限大于15年

4、因技术、管理及资金等造成资源开发不合理、利用不充分并且严重污染环境

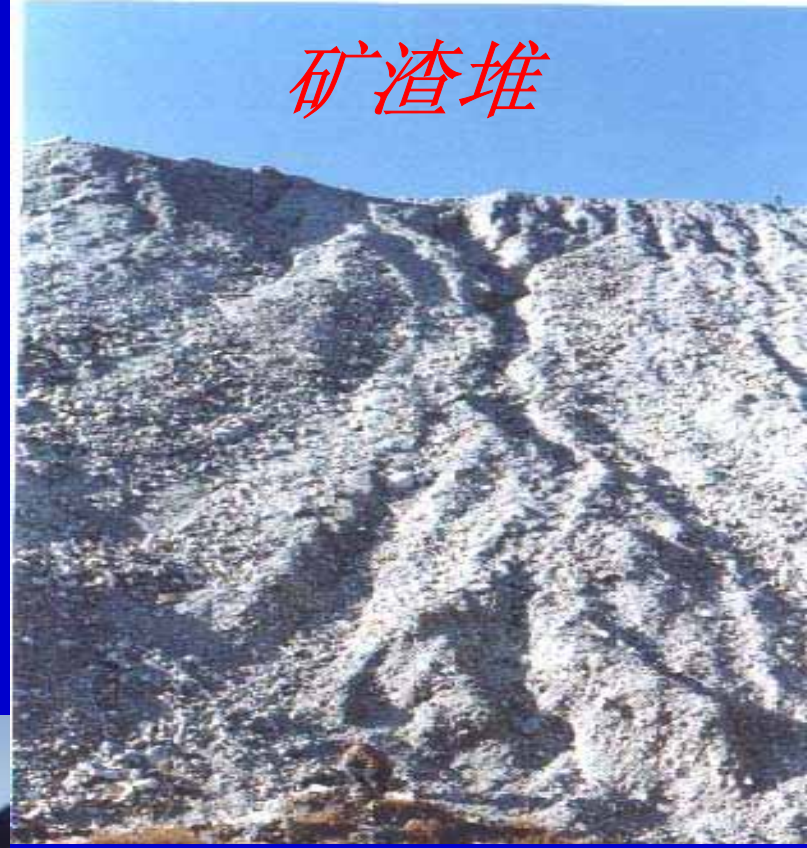
- 我国矿产资源特点之一是共伴生组分复杂、贫矿及难选矿多。矿产的有效综合利用问题十分突出。**我国金属矿山采选回收率比国际水平低20%。9种有色金属综合回收率为67%～35%，伴生、共生矿利用率仅20%。**
- 此外，在矿床开采、选冶、加工及消费过程中，所排放的废水、废气、固体废物造成的环境污染严重，并占用大量土地。

利用程度低
环境污染严重

人类每年采出 170-180 亿吨矿石+废石，而最终产品仅占其总体积的 3%，95% 以上是废弃物



尾矿库



矿渣堆

- 矿山废弃物日益增多
- 利用率低造成资源浪费
- 环境污染日益加剧

- 据不完全统计，至**1995**年中国金属矿山积存的尾矿已达**53.8** 亿吨，并以每年**3**—**5**亿吨的排放量增长，估计**2000**年达到**60**亿吨以上，侵占农田**3**—**5**万亩。

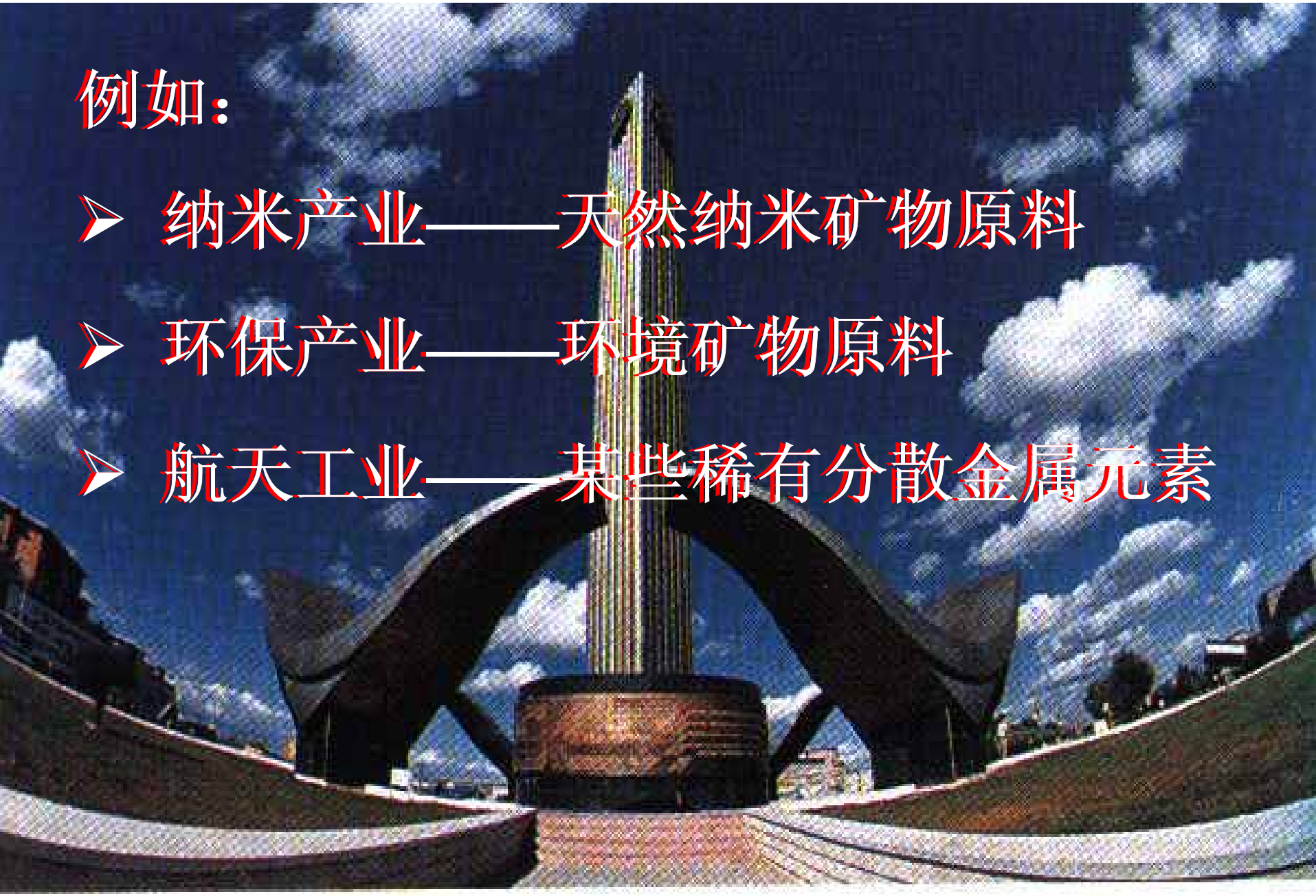
5、矿产勘查升温、外资引入明显、矿产地理分布不均衡

2004年1—11月，全国共批发勘查许可证9453件，比2003年增加1524件，增长19.2%。其中，外资勘查许可证140件，比2003年增加89件，增长174.5%。

- 西部地区5535件，占发证数的61.8%
- 东部地区1909件，占发证数的21.2%
- 中部地区1518件，占发证数的17%

云南、内蒙、西藏、山东、新疆5省区合计5220件，占全国总数的55.2%，尤以云南、内蒙为主，占全国的1/3，成为勘查热点地区。

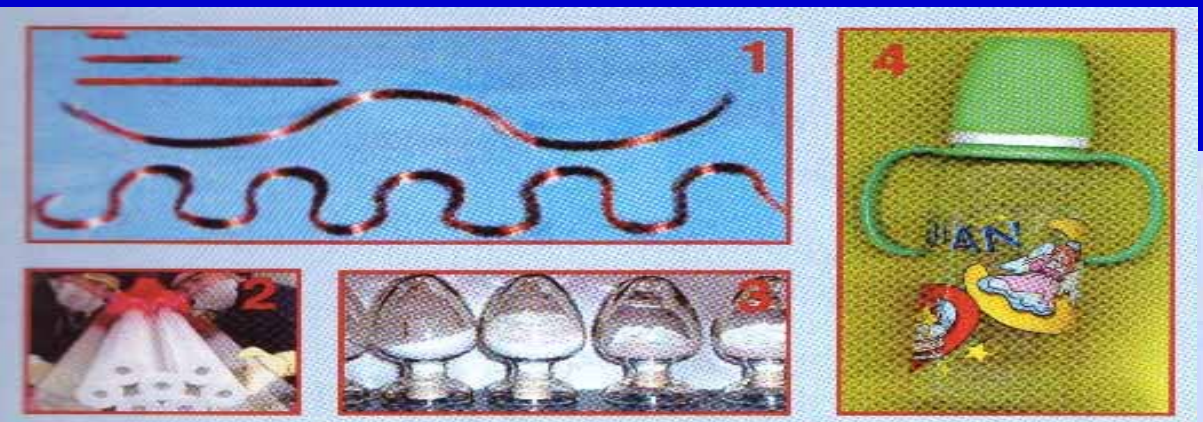
6、新兴产业对新型矿物原料的新需求



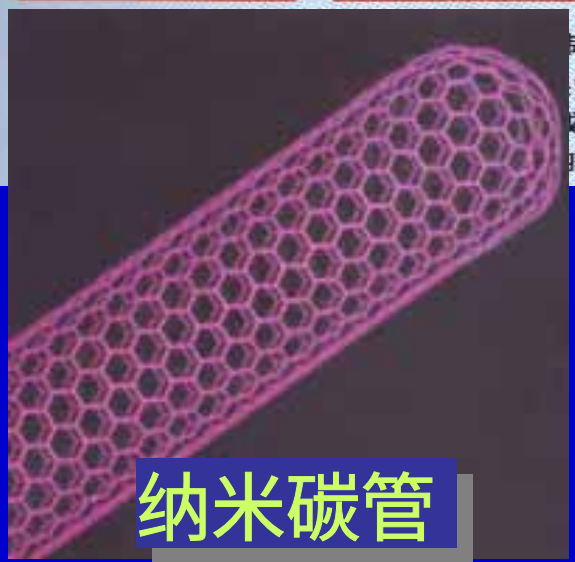
例如：

- 纳米产业——天然纳米矿物原料
- 环保产业——环境矿物原料
- 航天工业——某些稀有分散金属元素

纳米技术与信息技术、生物技术一道被誉为新世纪的三大主流新兴技术，正在引起一场新的产业革命



神奇的纳米材料



纳米碳管



微米尺度的机械



纳米陶瓷

7、 21世纪矿产资源勘查面临新局面

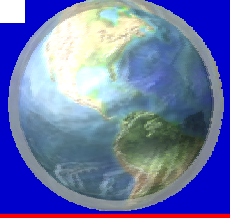
- “三难”：难识别、难发现、难开发
- “三新”：新类型、新深度、新领域

资源勘查越来越依赖于

新理论、新技术、新方法

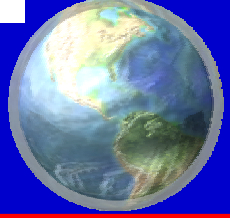

白银折腰山露天矿


金川镍矿



（五）资源安全战略

- 前苏联地矿部部长**E.A.**卡兹洛夫斯基在其专著“俄罗斯：矿物原料政策及国家安全”（**2002**）一书中提出：“今日繁荣之国家如果不具有矿业潜力，则几十年后可能完全出现另一种经济形势。相反，具有发达的的矿业和矿产资源则有可能进入现代文明强国之列。这中间决定性的因素是国家发展地质和矿业的战略。”



（五）资源安全战略

- 他认为在确定资源战略时应考虑以下主要因素：

◆各种矿物原料的紧缺程度及对国家经济和国防安全的保证

◆当前和近5－10年预测可采的储量和资源量潜力保证水平

◆矿物原料世界市场及竞争状况

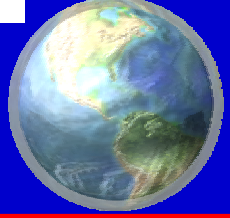
◆在矿产经济有优势地区其社会经济因素作用的提高

◆考虑生产布局、人口及生态等因素，开辟新的矿物原料来源的复杂性

◆在新区增加开采量的可能性

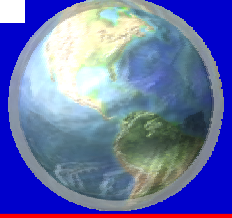
◆超前进行旨在建立和利用未来10－15年的矿物原料基地的区域地质调查、远景基础科学研究和技术工艺开发的可能性

◆查明和利用非传统矿产资源的现实可能性



（五）资源安全战略

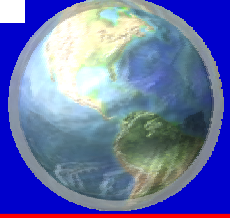
- 从实际国情出发，走资源节约型的发展道路。
- 重视资源储备战略，实行“两种资源及两个市场”的战略。
- 突出能源矿产勘查
- 加强非能源重要矿产勘查
- 做好矿山地质工作
- 努力寻求各种替代资源，认知、发现、开发和利用非传统矿产资源。



（五）资源安全战略

1、从实际国情出发，走资源节约型的发展道路

切实采取有力措施，节约矿产资源和保护矿产资源。严格执行矿产资源法律法规，严禁乱采滥挖、破坏和浪费矿产资源。提高矿产资源开采的回采率和选矿的回收率，减少贫化率，提高综合利用水平。

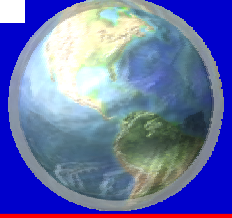


（五）资源安全战略

2、重视资源储备战略，实行“两种资源及两个市场”的战略

结合我国矿产资源的特点和经济全球化的趋势，利用好国内外“两种资源及两个市场”，是建立我国矿产资源安全稳定的供应体系的必要途径。

我国是矿产资源大国，发展经济首先要依靠国内矿产资源；另外，根据我国矿产资源禀赋特征，充分利用国外矿产资源。



（五）资源安全战略

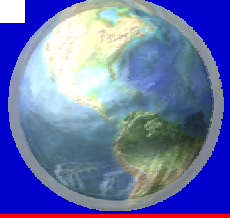
3、突出能源矿产勘查

- 能源矿产是重要的战略资源，必须放在地质勘查的首要位置。按照深化东（中）部、发展西部、加快海域、开辟新区、拓展海外的方针，重点加强渤海湾、松辽、塔里木、鄂尔多斯等主要含油气盆地勘查，积极探索陆地新区、新领域、新层系和重点海域勘查，切实增加可采储量。加快神陕北、晋北、鲁西、两淮等大型煤炭基地普查和必要的详查，加强南方缺煤省区和边远地区的煤炭勘查。加强铀矿勘查，尽快探明一批新的矿产地。积极开展煤层气、油页岩、油砂、天然气水合物等非常规能源资源的调查评价和勘查。

（五）资源安全战略

4、加强非能源重要矿产勘查

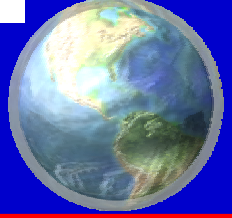
- 非能源矿产是经济社会发展的重要物质基础。以国内急缺的重要矿产资源为主攻矿种，兼顾部分优势矿产资源，按照东部攻深找盲、中部发挥特色、西部重点突破、境外优先周边的方针，实施矿产资源保障工程。重点加强铁、铜、铝、铅、锌、锰、镍、钨、锡、钾盐、金等矿产勘查。在西南三江、雅鲁藏布江、天山、南岭、大兴安岭等重点金属成矿区带，合理部署矿产普查，引导和鼓励商业性勘查，形成一批重要资源基地。继续实施国土资源大调查，积极开展矿产远景调查和综合研究，加大西部地区矿产资源调查评价力度，科学评估区域矿产资源潜力，为科学部署矿产资源勘查提供依据。



（五）资源安全战略

5、做好矿山地质工作

- 矿山地质工作对合理开发利用资源、延长现有矿山服务年限意义重大。按照理论指导、技术优先、探边摸底、外围拓展的方针，搞好矿山地质工作。加强矿山生产过程中的补充勘探，指导科学开采。加快危机矿山、现有油气田和资源枯竭城市接替资源勘查，大力推进深部和外围找矿工作。开展共生伴生矿产和尾矿的综合评价、勘查和利用。做好矿山关闭和复垦阶段的地质工作。

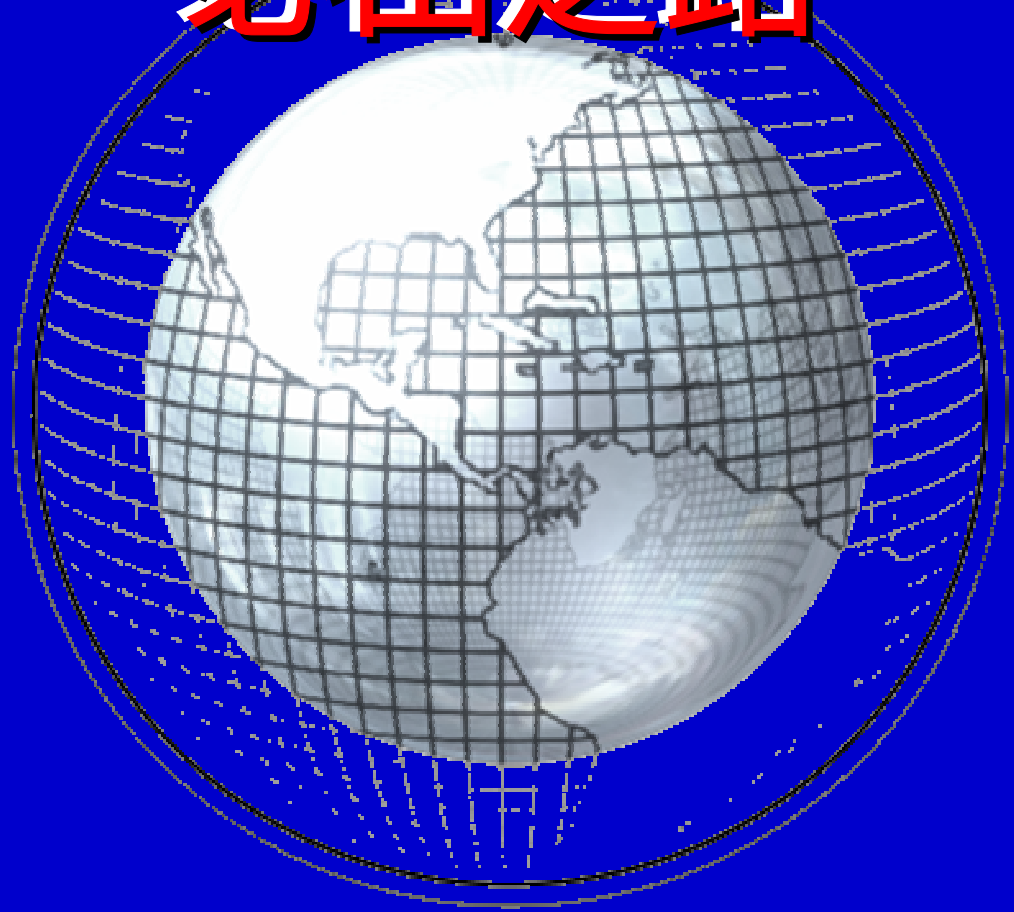


（五）资源安全战略

6、努力寻求各种替代资源，认知、发现、开发和利用非传统矿产资源

- 矿产资源不可再生
- 传统矿产资源渐趋枯竭
- 寻求非传统矿产资源刻不容缓！

三、科学找矿：找矿成功必由之路



1. 理论找矿

2. 综合找矿

3. 立体找矿

4. 定量找矿

1. 理论找矿

- 理论找矿是指在先进的地质成矿理论指导下进行的找矿工作。
- 这是相对过去长期进行的“经验找矿”和“技术找矿”而言的。在找矿难度日益增大的情况下，既不能单凭经验，也不能仅靠技术，而必须以先进的地质成矿理论为指导，布置找矿工作，才能更好地达到预期的找矿目的。

- 成矿理论与矿床模型
- 勘查理论与勘查模型

- 成矿理论与矿床模型

建立“矿床模型”(或“成矿模式”)是理论找矿的重要途径。这就是通过揭示控制矿床形成的最本质的地质因素或形成某种类型矿床的典型成矿环境，然后再根据相似类比原则寻找类似的地质环境或成矿条件，从而达到更有效发现矿床的目的。

- 矿床模型是对控矿因素、矿化特征及其变化规律、矿化标志及成因特征等进行高度的综合与归纳的结果。模型成分越精炼、越能反映成矿的本质因素，其指导找矿意义也就越大。

- 1986年，美国的D．P．科克斯、D.A．辛格在总结了世界上4 000多个矿床地质特征的基础上编写了《矿床模式》一书。他们把矿床分成4个大类（火山的、沉积的、区域变质的及地表的），再按地质环境分为14类。在每一类环境下，都建立了数量不等的矿床模型。总共有39种矿床模型。这里要注意区分两种矿床模型：
- ①一般“矿床模型”。这种模型是在相近地质条件下受共同成矿控制因素制约而形成的矿物成分相似而又相对稳定的一组矿床的共同特征的概括。它含有深刻的成因意义，并不是单个矿床的具体描述。如斑岩铜矿模型、黄铁矿型铜矿模型、沉积变质铁矿模型、花岗岩铀矿模型等。
- ②具体矿床的“矿床模型”。这是为了提取所研究的具体矿床的最本质的成矿控制因素和各种矿化信息而总结出来的成矿模型。它对指导本地区及邻近地区找矿有重要意义。

• 勘查理论与勘查模型

- 为确保矿产资源的可持续供给，特别是面对难识别、难发现、难勘探、难开发的找矿对象，积极探索矿产资源勘查理论和方法具有重要意义。

矿产勘查评价新理论----实例

- 传统：以“相似类比”为基础的“矿床模型预测”理论。
- 非传统：以“求异”为基础的“地质异常成矿预测理论与方法”、“非线性成矿预测理论与方法”等。

地质异常成矿预测理论

- 70年代初，前苏联学者A.H布加耶茨(1973)就认为，“ 最重要的矿床赋存于地壳中具有最大异常地质结构性质组合的地段 ”。
- 80年代初期，另一位前苏联学者 д .A.加利列夫（1982）认为；“大多数重要工业矿床与相邻地区相比具有特殊和异常的地质特征”。

美国：“三部式”矿产勘查与评价

- 近十多年来，美国地调局正在全国推行“三部式”矿产资源勘查及定量评价方法，并已在全国27个地区近$5\times10^6km^2$面积开展1°×2°标准图幅的金属矿产资源潜力评价工作；该理论要求圈定找矿可行地段与矿床模型相一致，估计未发现矿床个数与品位--吨位模型相一致，并要求对控矿因素和找矿信息的不确定性、可信度及时变性等方面建立起科学有效的估计途径和方法体系。

俄罗斯：“预测--普查组合”方法

- 俄罗斯：“预测--普查组合”方法（A.И.克里夫佐夫等）；该方法以成矿建造原理和矿床模式为基础，按照地质勘查过程循序渐进原则和尺度对等原则，把每个地质勘探工作阶段的方法、标志和对象结合一体，形成一种先进的勘查工艺流程，从而把优选找矿靶区的工作提高到系统勘查的新水平。

2. 综合找矿

- 综合找矿有多重涵义，包括综合手段、综合信息和综合矿种。特别要注意综合信息的间接找矿作用（查明地质体、追索地质界线的作用）。

- 根据不同找矿阶段的目的及任务，应注意不同尺度水平和不同范围的综合信息。例如，研究全球构造和地壳深部构造状况，进行地壳结构类型划分所需的综合信息；研究地区大地构造发育类型，进行构造分区，确定深部与浅部构造联系的综合信息；发现矿化带、矿床、矿体所需要的综合信息等。值得强调的是，无论什么层次的综合找矿，都必须统一到最终的成果要求上，各种找矿手段都要把自己的最终成果统一到解决地质问题上和找矿预测问题上。

•根据地质环境和找矿对象的不同，以及找矿范围和比例尺的不同，可以采用各种不同的合理综合找矿模式。例如：

1．地质—地球物理法

在南非维沃特斯兰德金铀砾岩型矿床隐伏的矿体的找寻过程中，地质—地球物理(重—磁)法发挥了重大的作用。

2．地质—地球化学法

它在找金矿的实践中发挥了极显著的作用。如新疆阿尔泰地区，通过化探扫面和地质—地球化学重点地区研究，发现了萨尔布拉克、多拉纳萨依等重要金矿床。

3．地质—地球化学—地球物理法

它是最常用的综合找矿法。特别是在进行1：5万以至更大比例尺的地质填图和找矿时常应用此类组合方法。地质与物探、化探结合，有时可以协助进行地层分层，发现和追索隐伏断裂，发现和圈定隐伏岩体等。因此，应重视其间接找矿作用。

4．地质—地球物理—地球化学—遥感法

它是很有前途的一种高度综合的找矿方法。遥感可以提供充分的、研究程度一致的和分布均匀的找矿信息。

5．地质—物探—化探—遥感—数学地质法

它是近年来找矿方法日趋完善，由定性找矿向定量找矿过渡的集中表现。国内外已高度重视并已开始广泛实践。

3. 立体找矿

- 为了寻找隐伏矿床(体)，查明矿化在三维空间的变化，必须增加找矿深度；为了查明深部的矿化特征，寻找新的矿床(体)，也必须增加找矿深度。

第一成矿空间与深部找矿

第二成矿空间与新类型矿床找矿

• 已知矿床的深部及外围找矿，开拓“第二找矿空间”

•目前，国外许多大型矿山探采深度都超过1000m。如：南非巴伯顿金矿3800m；南非兰德金矿一采金竖井将加深至4117m，这将是世界最深的矿井，要开发的新矿层是世界级的矿体。澳大利亚芒特艾萨铜多金属矿2600m，并在3000m深度又发现储量大于300万吨的富铜矿床。在俄罗斯，黑色金属矿石平均采矿深度为600米，有色金属矿石平均开采深度为500米，但许多已超过1000米，将来可达到1500－2000米；已探明的1/3以上的铜储量，几乎所有的镍、钴，大部分铝土矿，金刚石、金、优质铁矿及磷矿的开采深度将大于1000米。其它国家的采矿深度：加拿大2000米，美国3000米，印度达3500米。

•我国绝大多数金属矿床的探采深度不足500米；埋深大于500米的矿床被称为大深度矿床，目前还很少勘查和评价。考虑到现行探采技术，在500—1000m深度范围内开拓深部“第二找矿空间”，无疑具有重要的现实意义。

•据资料，国外70年代以来发现的100个贵重有色金属大型-超大型矿床，至少有58%是在已知矿床周围发现的；北美39个巨型斑岩铜矿床中90%是在已知矿区附近发现的。如：智利的楚基卡马塔铜矿，在其外围南北两侧均发现了巨型铜矿床，使其成为世界最大的铜矿床；印度尼西亚埃茨贝格铜矿山北部发现了格拉斯贝格巨型铜金矿，等等。显示了已知矿山尤其是大中型矿床外围找矿的有利条件。

•另外，由于大中型矿床成矿地质条件的复杂性以及区域成矿的多样性，在已知矿床周围进行新类型矿床或矿产的找矿潜力也很大。如：菲律宾勒班陀一脉型矿床的老矿山，在其东南部发现了远东南巨型斑岩型铜金矿。我国辽宁青城子铅锌矿，在硐老山空之际，又在矿山外围发现了一系列大中型的金矿床，使青城子地区成了超大型金银多金属矿田；湖南水口山铅锌矿外围发现了龙王山、老鸦巢、仙人岩等金矿床；江西德兴铜矿外围发现了金山、银山等大型金矿床，等等。

•近年来，随着成矿理论的发展，矿床成矿系列、成矿系统、成矿多样性与成矿谱系等方面研究，将进一步推进已知矿山外围新类型矿床和新类型矿产的找矿预测，矿外找矿资源潜力很大。

4. 定量找矿

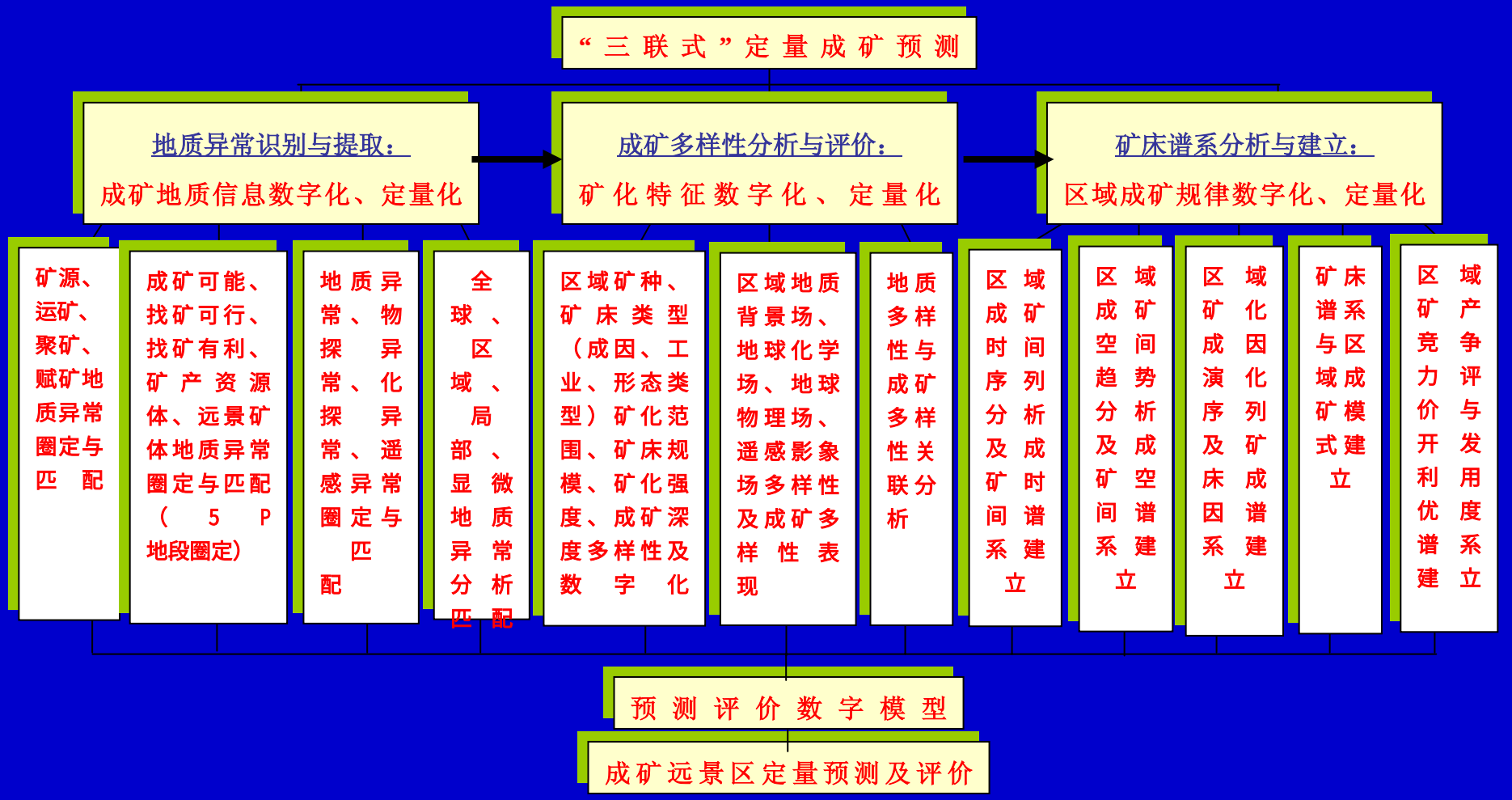
- 定量找矿是定量地质学的一个分支，也是找矿工作向现代化方向发展的重要体现。定量找矿是通过建立矿床成因、时空分布、质量数量评价的数学模型的途径来达到预测和评价矿床的目的。具体地说，就是要查明矿床形成和分布的数量规律性；建立定量的成因和空间分布数学模型；查明各种控矿因素和找矿标志的找矿信息量；查明地区找矿远景或成矿的概率大小及查明远景地区可能的矿产资源量。

“三联式”数字找矿

•把地质异常、成矿多样性及矿床谱系的联合分析研究作为矿产预测评价“切入点”的这种预测途径或预测系统称之为“三联式”成矿预测 。

“三联式” 定量成矿预测以地质异常分析为基础，在逐步实现地质找矿综合信息的数字化及定量化、矿化特征的数字化及定量化、成矿规律的数字化及定量化的基础上，借助GIS技术和数据融合以及数学模型分析等手段，开展成矿预测多元信息集成研究与综合评价。

“三联式”定量成矿预测模型框图



地质异常的基本概念（Geological anomaly）

- 是指在成分、结构、构造或成因序次上与周围环境有着明显差异的地质体或地质体组合。如果用一个数值（或数值区间）作为阈值来表示背景场的话，凡超过或低于该阀值的场就构成地质异常。

地 质 异 常 分 类 表

分类依据	异常类型	异常名称或表现举例
异常结构	单项类型	地层、构造、岩浆岩、岩相、古地理等异常
	综合异常	地质组合异常
表现形式	显式异常	地质界面异常 特征变化异常 异成因地质体 异演化地质体
	隐式异常	标志组合熵 复杂度异常 相似度异常
规模尺寸	洲际异常	成矿域异常
	区域异常	成矿省、成矿带异常
	局部异常	矿床、矿田、矿体异常
	显微异常	矿化标志异常
致矿要素	矿源异常	矿源层异常、含矿流体异常
	通道异常	渗透、扩散、流动、辐射通道异常
	矿聚异常	聚合、耗散异常
	矿贮异常	封闭异常、容矿空间异常
	介质异常	遮挡异常、反应异常
异常演化	静态异常	单阶段、单成因异常
	动态异常	多期复活异常、多期叠加异常、多成因异常

致矿地质异常与其他异常的空间关系



1.



2.



3.



4.

地质异常理论的数学基础：极值分析（Extreme value modeling）

- 极值分析是在超常大（或小）水平上量化过程的随机性状，并估计比任何已观测水平更为极端事件的概率。
- 极值分析是以历史数据为基础，推断模型未知参数的统计方法，可做如下表示：

  Mn = Max { X1, X2, ……, Xn }

  其中：X1, X2, ……, Xn 为 n 次观测获取的参数值

  当 n 趋于无穷大时，可以近似估计Mn的性状
- 极值分析是从已观测水平向未观测水平的外推模型。

极值分析的几个重要问题

- 1）估计方法
  - 在历史数据基础上，推断模型未知参数的方法
- 2）不确定性定量化
  - 估值都是在给定的、可利用历史信息基础上，对真实情况的一种“最佳猜度”，重要的是对模型的估值要补充以由于样本变异而产生的不确定性估计，对于极值模拟，模型的微小变化可以极大地影响外推，基于似然函数的推断，可以较容易的获得不确定性估计。
- 3）模型诊断
  - 极值模型外推必须基于模型对于已观测到的极值代表性的基础上，因此，应注意评价模型的拟合优度。
- 4）信息的最充分利用
  - 通过所有信息源的利用，可以减少模型的不确定性，可以应用协变信息建立多元模型以及结合另外的知识和信息源进行分析。

地质异常的圈定方法

- 地质异常的圈定是在求异理论指导下进行，可以区分异常场与正常场(背景场)。几种地质异常圈定的基本方法如下:

1. 地壳升降系数（G值）法
2. 地质复杂系数（C值）法
3. 熵（H值）法
4. 地质相似系数（S值）法
5. 地质关联度（R值）法

地质异常分析提取的基本步骤

1．预测单元划分与地质体数字化、定量化
2．地质背景场划分与地质异常识别
3．地质异常提取
4．地质异常分析研究

致矿地质异常研究内容

① 地质异常成因及时空演化

② 不同地质异常的时空匹配

③ 地质异常与成矿的关系

④ 地质异常成矿优益度综合值计算

成矿远景区“5P”地段圈定

① 成矿可能地段（Probable ore—forming area）

② 找矿可行地段（Permissible ore—finding area）

③ 找矿有利地段（Preferable ore—finding area）

④ 矿产资源体潜在地段（Potential mineral resources area）

⑤ 矿体远景地段（Perspective ore body area）

地质异常成矿远景地段圈定

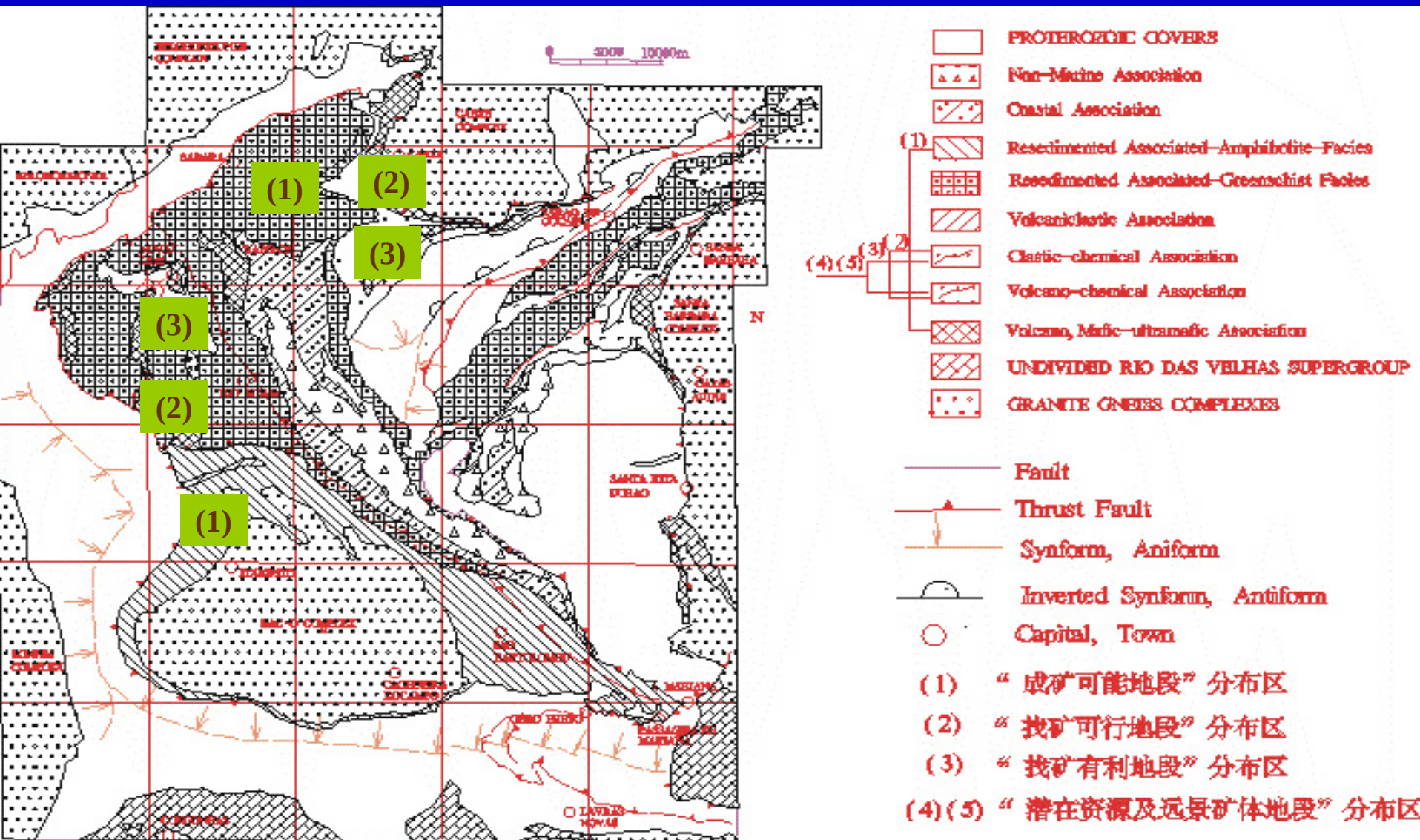
（“5P”找矿地段圈定）



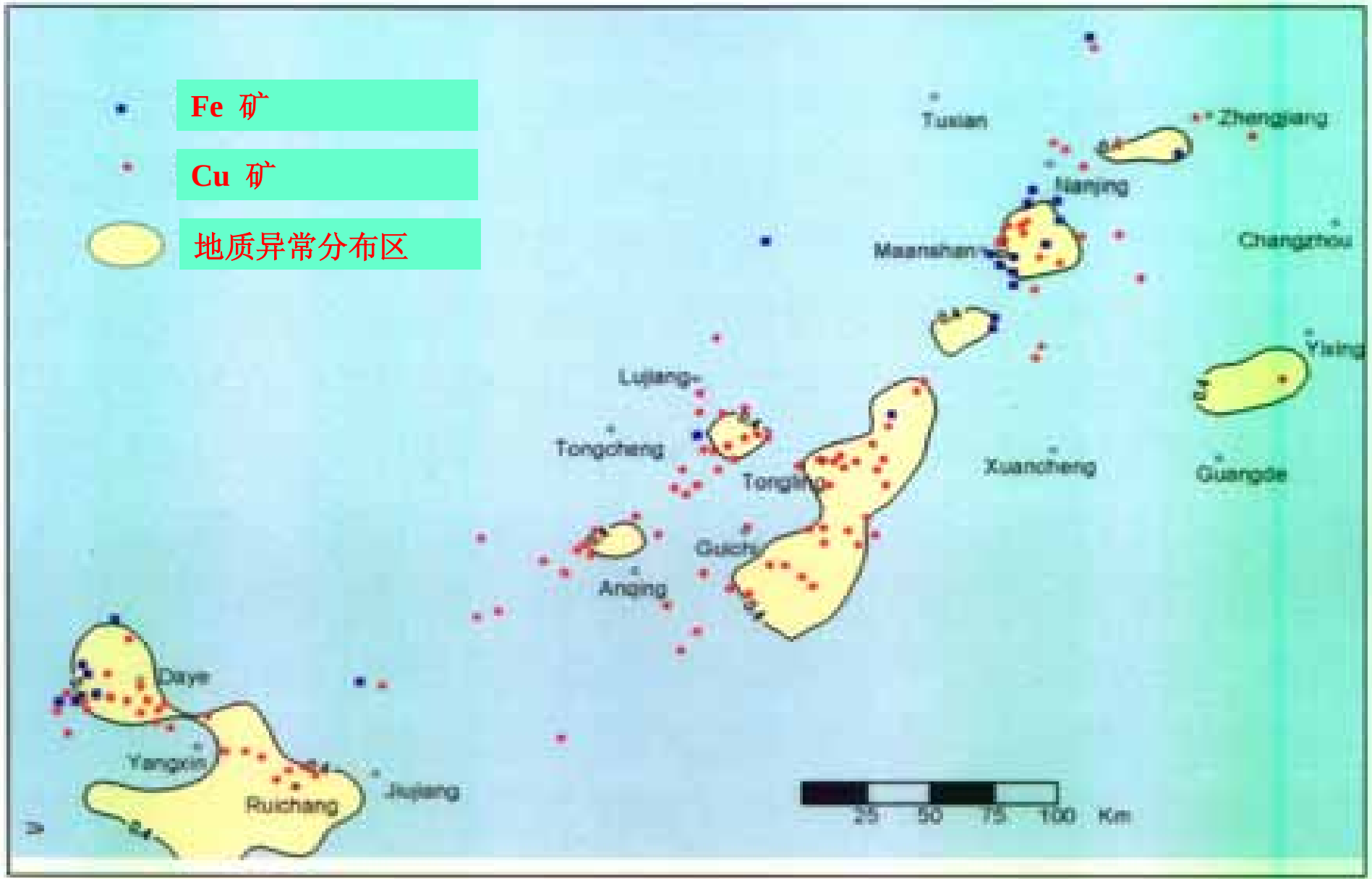
各类地质异常及”5P”找矿地段圈定

序号	地质异常类别	异常信息类别及信息量	靶区圈定类别	工作依据	找矿意义
1	普通地质异常 (GGA) (General Geological Anomaly)	各类地质事件	各类地质界线 (Geological Boundary) (GB)	野外地质调查 从地质图上圈定	地质环境分析
2	致矿地质异常(OCGA) (Ore Controling Geological Anomaly)	有控矿因素, 信息少且不配套	成矿可能地段圈定 (Probable Ore-forming Area)(PBOA)	1∶20 万- 1∶5 万 区域地质调查	区域成矿潜力评价
3	专署致矿地质异常 (SOCGA) (Specialized Ore Controling Geological Anomaly)	有控制特定类型矿化因素, 信息较多且具有利组合	找矿可行地段圈定 (Permissive Ore-finding Area)(PMOA)	1∶5 万 -1∶1 万 地质填图	指示特定类型矿床找矿地段, 可能估计 G 级资源量
4	综合地质异常(CGA) (Comprehensive Geological Anomaly)	地物化遥综合矿化信息, 各异常相匹配(套合)或耦合	找矿有利地段圈定 (Perferable Ore-finding Area)(PFOA)	地物化遥综合调查	指示找矿靶区,可能估计 F,G 级资源量
5	矿化显示综合地质异常 (MGA) (Mineralized Geological Anomaly)	附加有矿化信息, 找矿信息量大	潜在资源地段圈定 (Potential Mineral Resources Area)(PTOA)	矿 点 检 查	优选找矿靶区或确定普查地段, 可能估计 F,G 级资源量
6	工业矿化综合地质异常 (CMGA) (Comercial)	附加有工业矿化信息, 找矿信息量最大	远景矿体地段圈定 (Perspective Ore Body Area)(PPOA)	普查-详查-勘探	指示详查地段, 估计 D, E, F, G 级储量,或资源量

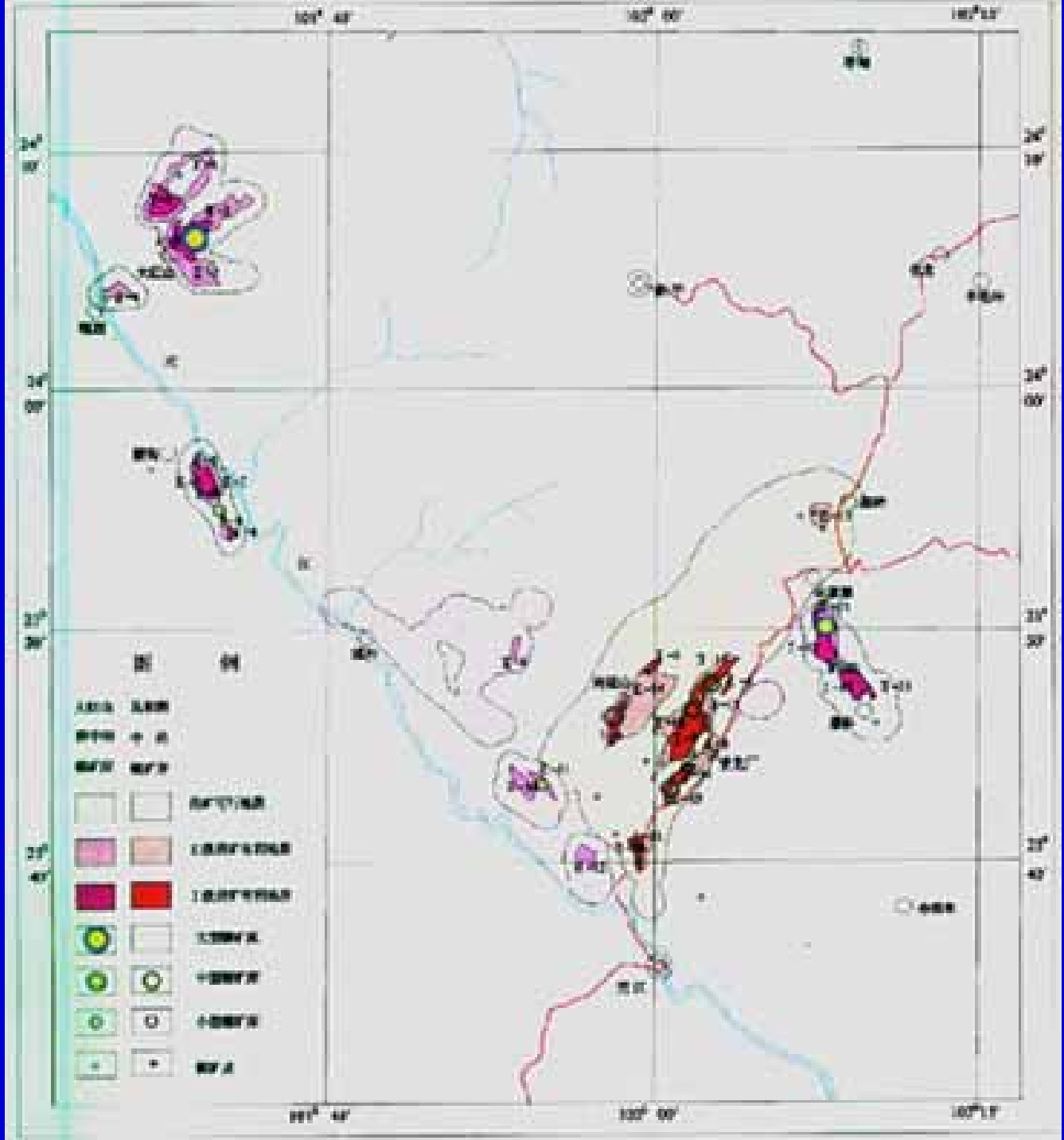
实 例：巴西QF地区太古界绿岩带Au矿区地质图及可能的“5P”地段划分

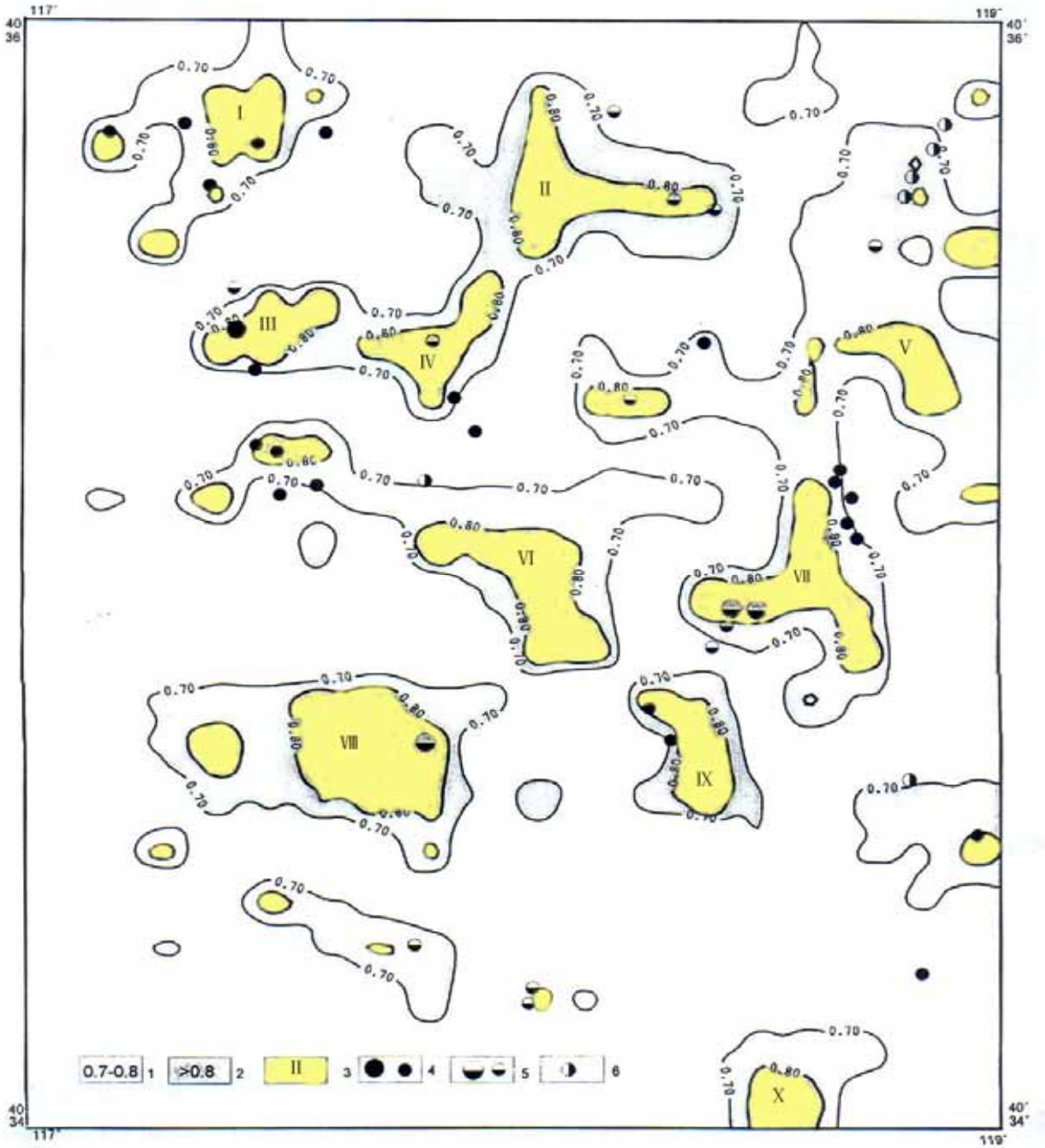


长江中下游地质组合熵异常图



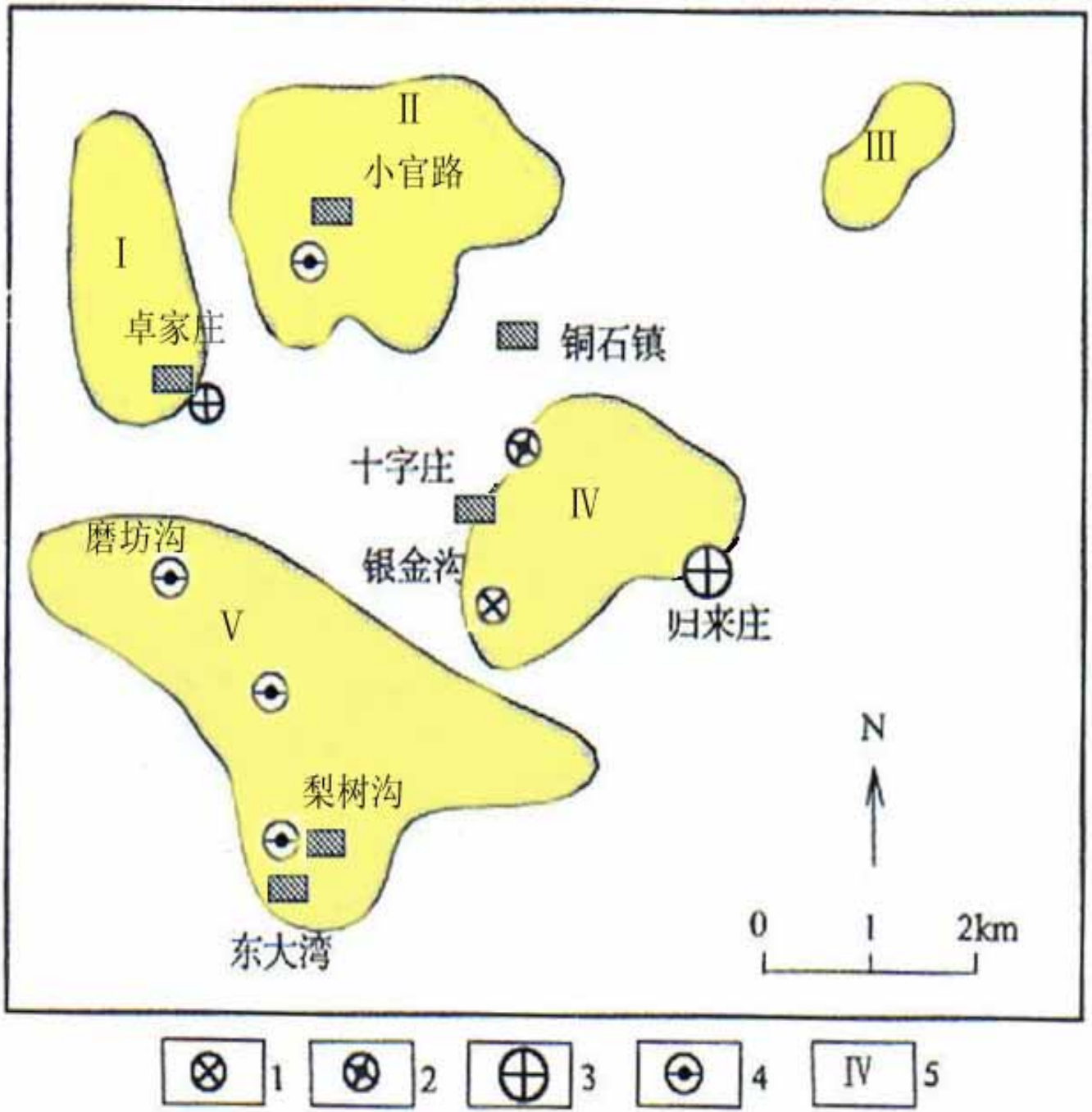
云南省元江地区铜矿预测图





1. 成矿有利度0.7-0.8
2. 成矿有利度 > 0.8
3. 金找矿矿有利地段
4. 变质热液金矿床
5. 岩浆热液金矿床
6. 火山热液金矿床

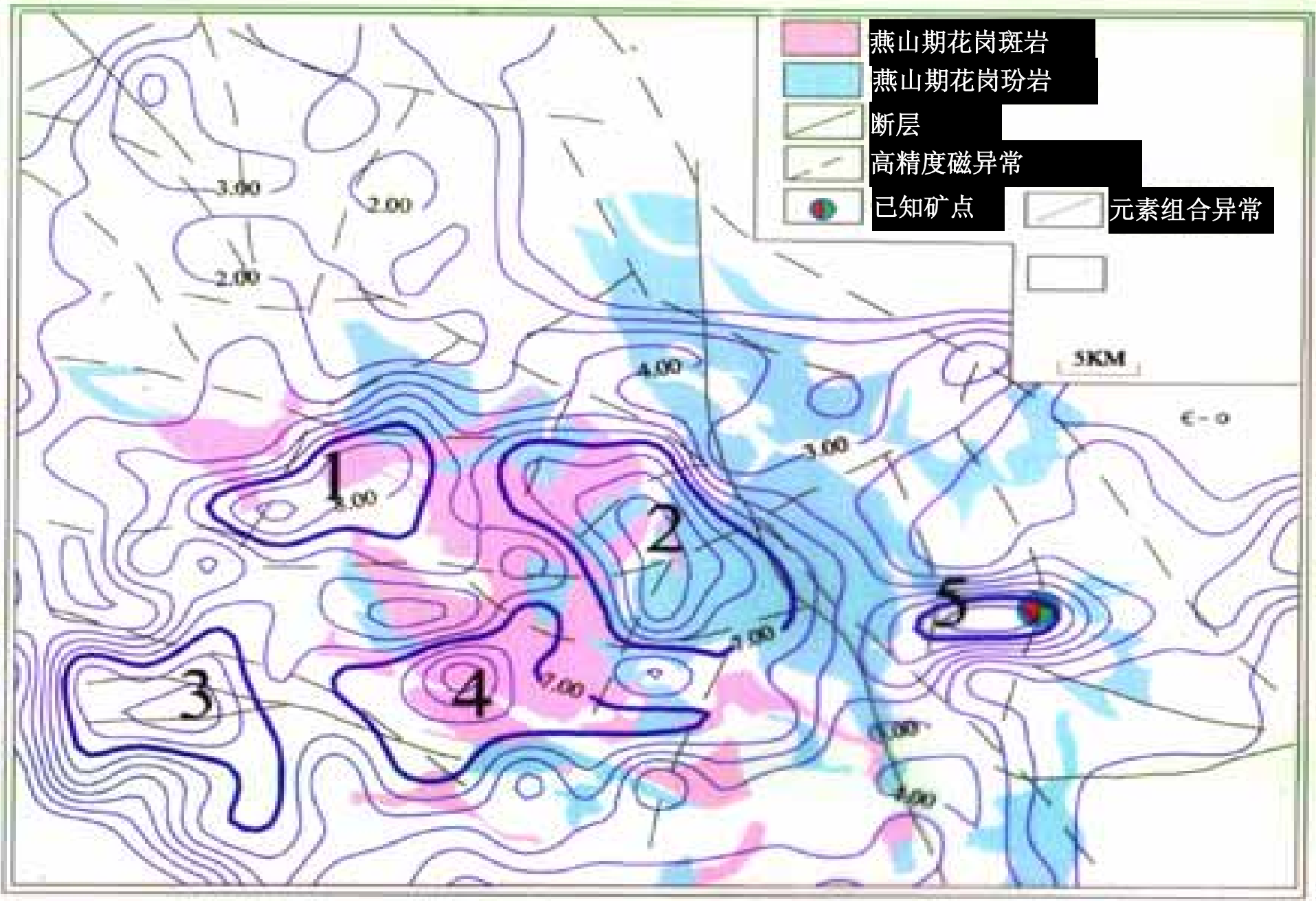
鲁西隆起区金矿找矿有利地段



1. 斑岩型金矿点
2. 矽卡岩型金矿点
3. 隐爆角砾岩型金矿床
4. 层控型金矿床
5. 金成矿有利单元

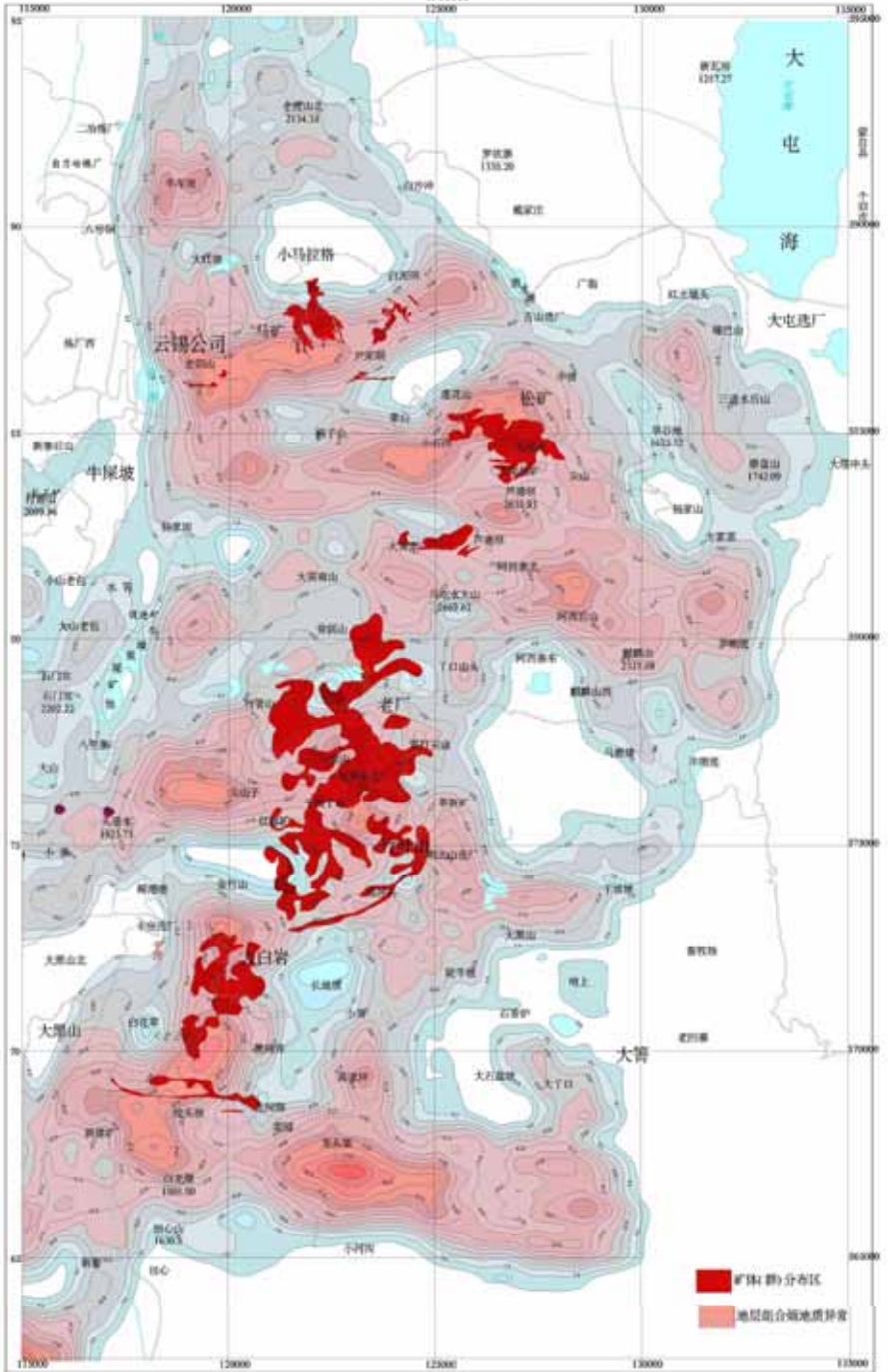
鲁西隆起区金矿资源体潜在地段

鲁西南归来庄金矿综合矿致地质异常图



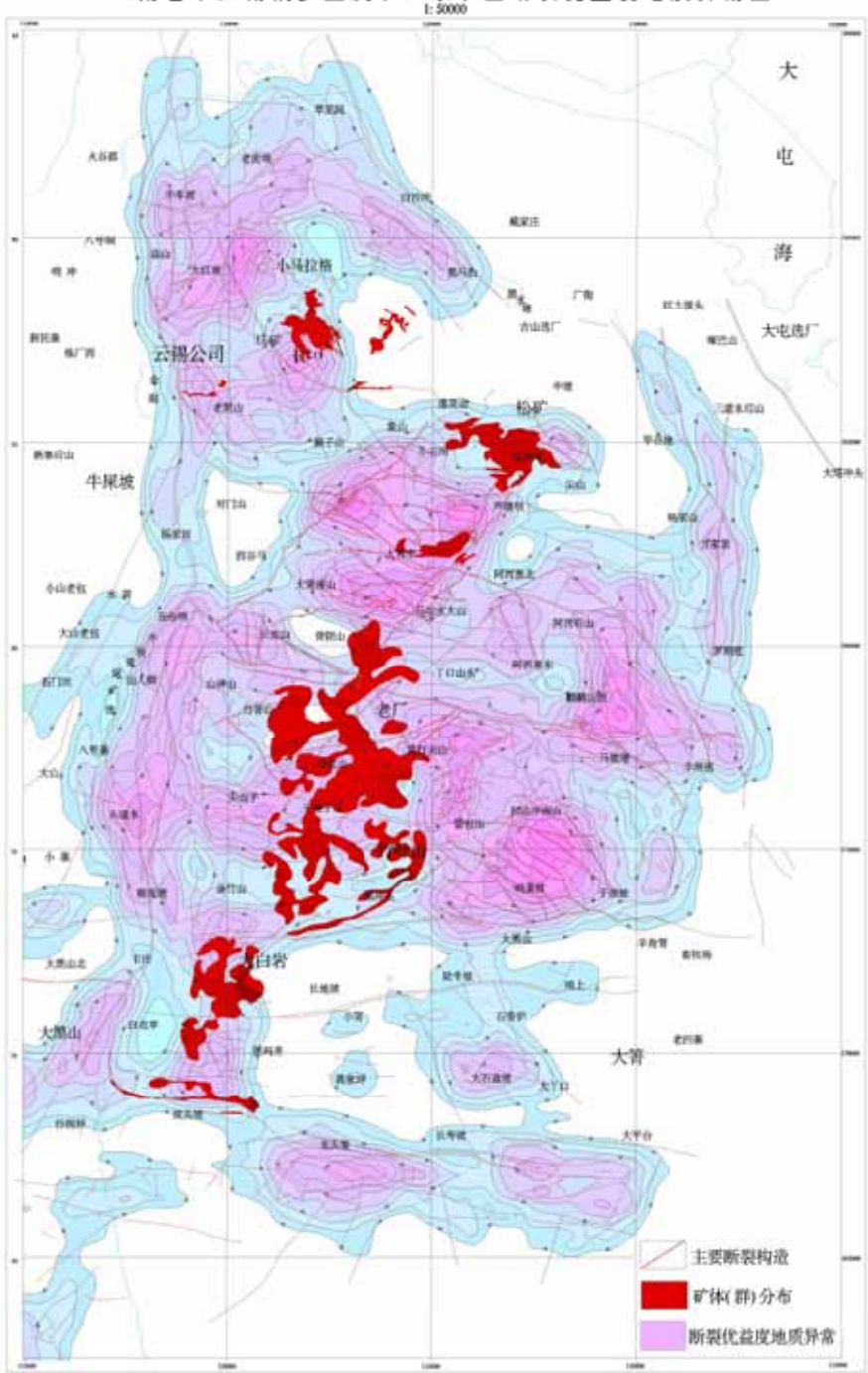
云南省个旧锡铜多金属矿田东矿区地层组合熵地质异常图

1: 50000

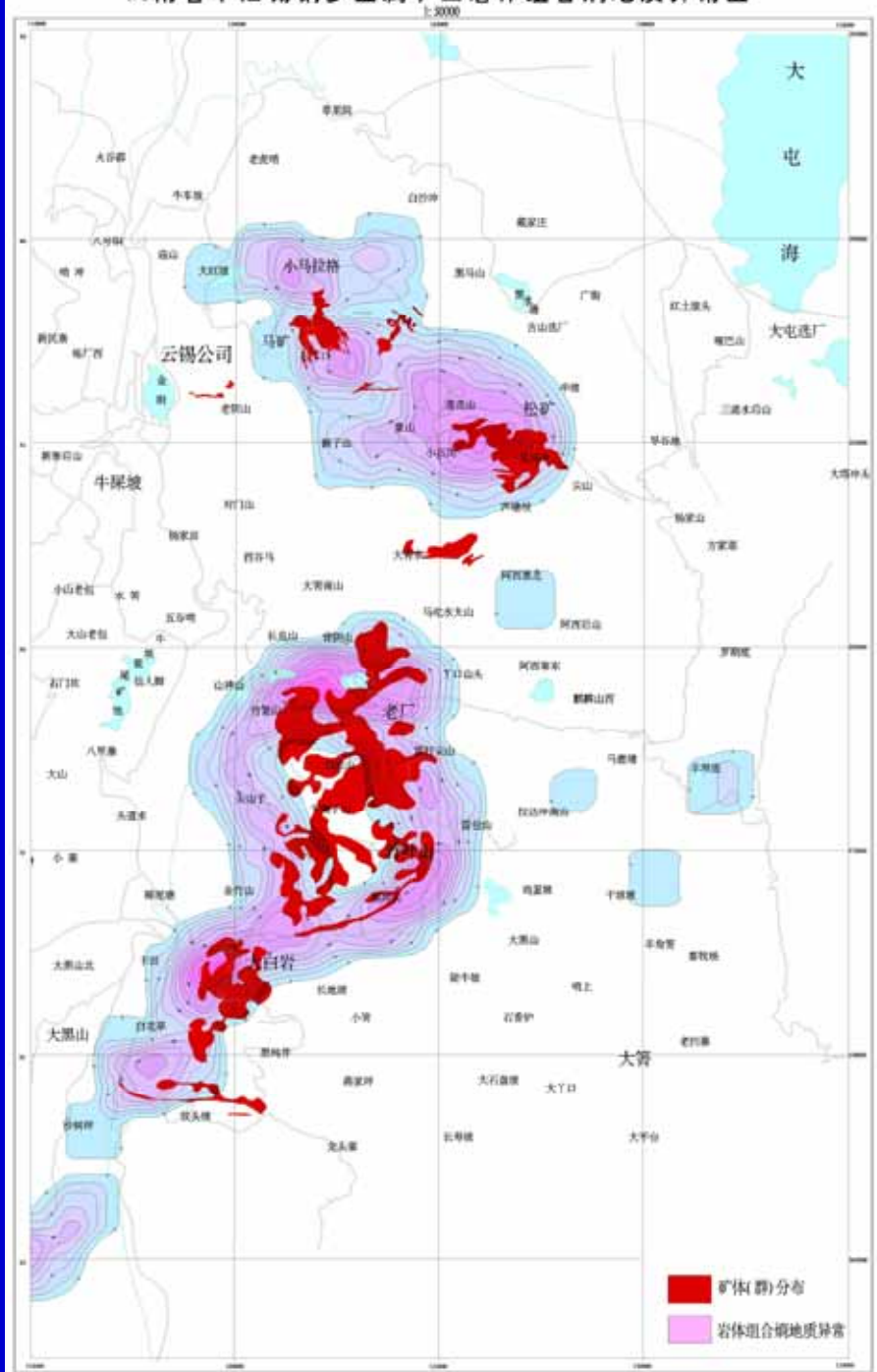


云南省个旧锡铜多金属矿田东矿区断裂优益度地质异常图

1: 50000

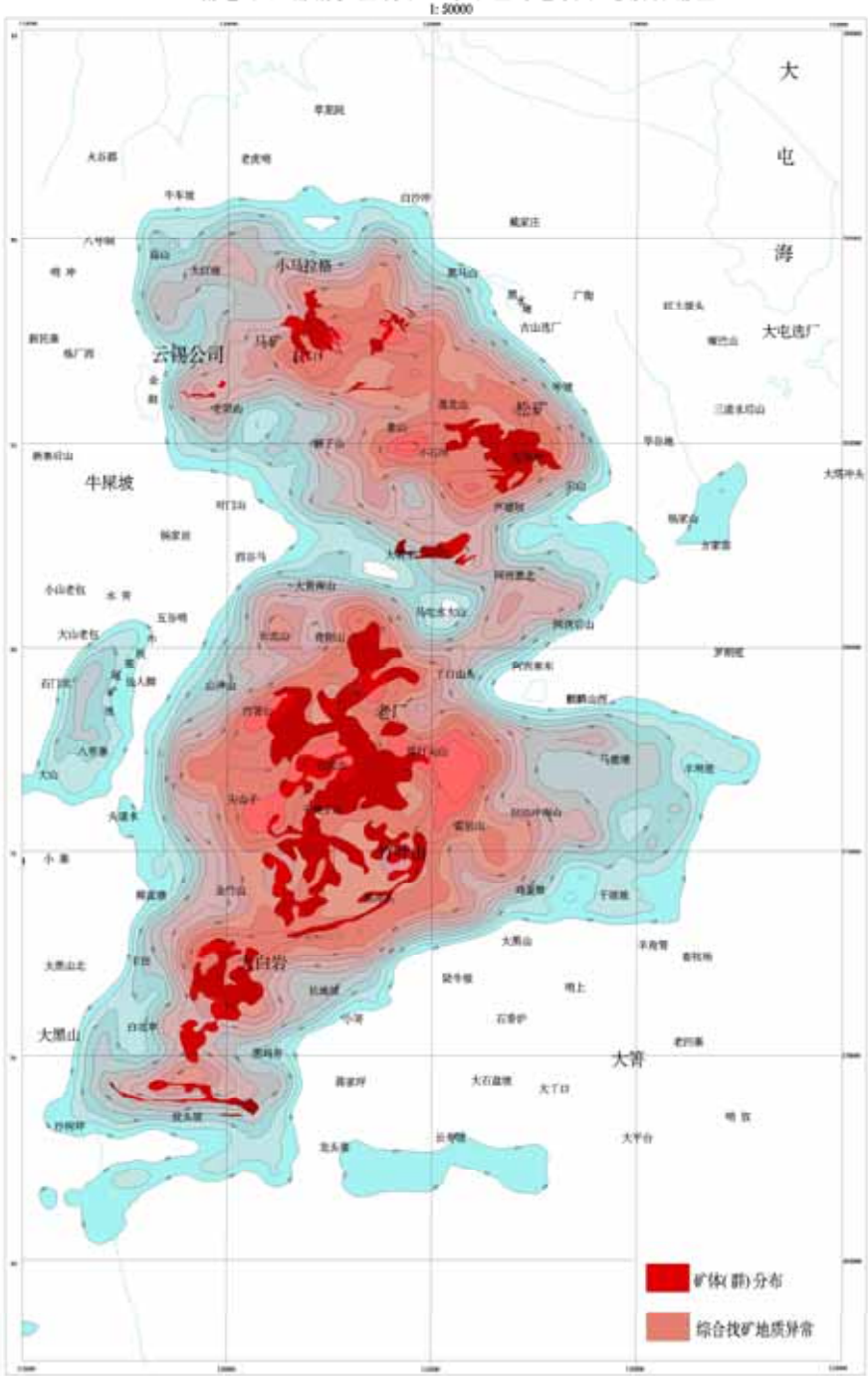


云南省个旧锡铜多金属矿田岩体组合熵地质异常图



云南省个旧锡铜多金属矿田东矿区综合找矿地质异常图

1: 50000



成矿多样性

- 控制成矿的地质异常是由多种成矿必要因素各自异常的有机组合或耦合而成的综合地质异常，异常的产生皆是成矿过程中与地质构造和成矿物质相关联的物理、化学、生物及地质环境发生失常、失稳和失衡变异的结果。
  - ① 矿源、水源及热源异常的组合与匹配提供成矿物质基础和动力基础；
  - ② 导矿、散矿与运矿构造异常的组合与匹配提供成矿物质运移和动力传输的途径；
  - ③ 含矿、聚矿和成矿构造异常的组合与匹配提供成矿物质的聚集和赋存空间；
  - ④ 成矿前、成矿时和成矿后构造异常的组合与匹配提供矿床形成必要的时间和保存条件。

成矿多样性在不同成矿尺度的表现

多样性特征 / 多样性表现 / 多样性尺度	矿种（矿石类型）		成因类型		形态类型		规模		品位		产状	
	常见	少见	常见	少见	常见	少见	常见	少见	常见	少见	常见	少见
矿体尺度（矿体内不同部位）	单一矿种	多种矿石类型	单一成因类型		单一形态类型			单个大矿体或单个小矿体	单一或多种矿石品级		单一多种	
矿床尺度（矿床内不同矿体）	单一矿种多种矿石类型	多矿种	单一或多成因类型		单一形态类型	多种	多个小矿体单个大矿体加多个小矿体	多个大矿体	多种矿石品级	单一矿石品级	多种	单一
矿田尺度（矿田内不同矿床）	多矿种单矿种		多成因类型或单一成因类型		单一或多种		多个小矿床单个大矿床加多个小矿床	多个大矿床	多种矿石品级		多种	
矿区（带）尺度（矿区[带]内不同矿区）	多矿种	单矿种	多成因类型	单一成因类型	多种		单个大矿田多个小矿田	多个大矿田	多种		多种	

成矿多样性定量表征

1.多样性强度值*DI*

$$DI = \frac{n}{S} \cdot 100\ \%$$

S为单位面积或单位剖面长度；

n为单位面积或单位长度内矿种数。

2.多样性强度指数*ID*

$$ID = (n_i / n_{max}) \cdot 100\ \%$$

n_i为第i单元单位面积或单位剖面长度内矿种（或矿产组合类型）数；

n_{max}为研究区单位面积或单位长度内最大矿种（或矿产组合类型）数。

3.偏多样性强度指数*IP*

$$Ip = (n_j / G_{max}) \cdot 100\ \%$$

n_j为第j种地质体单位面积（或长度）内矿种数；

G_{max}为研究区单一类型地质体单位面积（或长度）内最大矿种数。

偏多样性强度指数愈小的地质体，其成矿专属性愈强。

4.资源现实可利用率*Ra*

$$Ra = \frac{n_1}{n} \cdot 100\%$$

n_1为目前技术经济条件下可利用矿种（类型）数；

n为区内现有全部矿种数。

5.资源潜在可利用率*Rp*

$$Rp = \frac{n_2}{n} \cdot 100\%$$

or

$$Rp = 1 - Ra$$

n_2为目前暂不能利用或可用性不确定之矿种（类型）数；

n为区内现有全部矿种数。

实例

滇西北喜山期富碱斑岩相关矿产成矿多样性特征

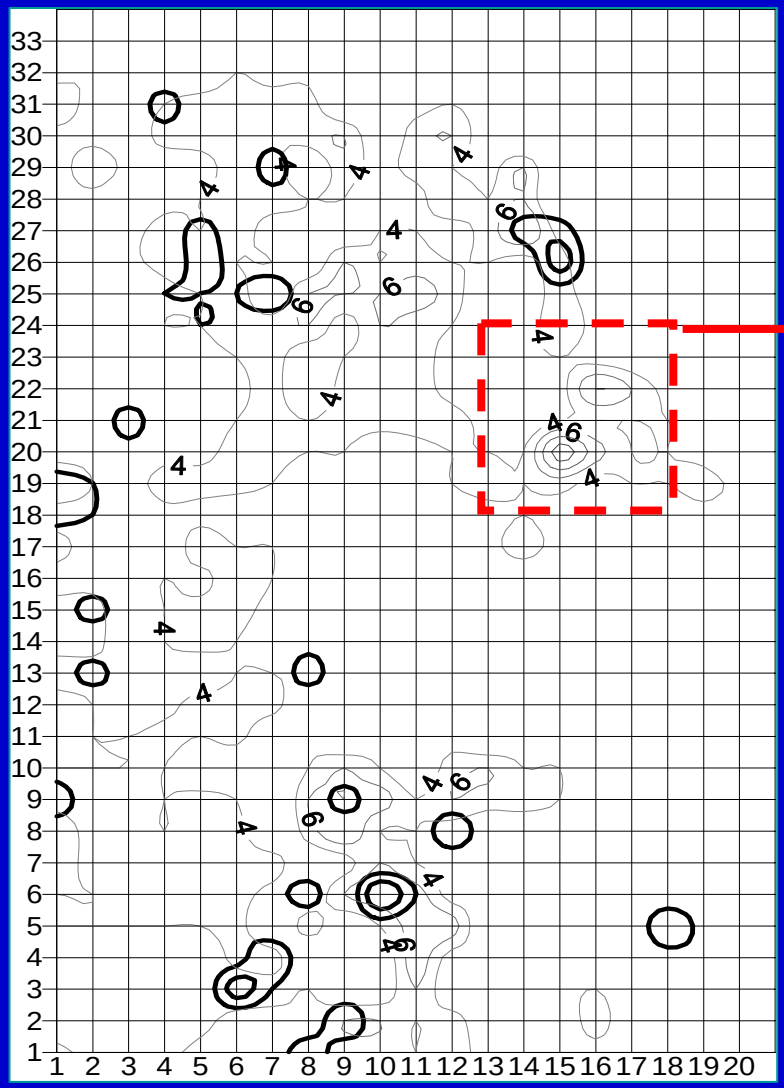
相关程度	成因类型		典型矿床（点）
	类	亚类	
密切相关系列	岩浆型		卓潘磷灰石矿、霞石正长岩矿
	斑岩型		四川盐源西范坪、罗卜地、马厂箐、小龙潭等斑岩型Cu—Mo—Au矿
	接触交代型	矽卡岩型	北衙万洞山、红泥塘等矽卡岩型 Pb—Au—(Cu、Fe)矿
		角岩性	北衙马头湾角岩型 W—Mo—(Cu、Fe)矿，马厂箐角岩型Cu(Mo)矿
	隐爆角砾岩型		罗卜地隐爆角砾岩型 Cu(Fe_2S)矿化，北衙红泥塘Au(Cu)矿化等
	热液（脉）型	热液充填型	北衙笔架山—桅杆坡 Pb—Au 矿，姚安老街子 Pb—Zn—Ag—Au矿，铜厂河Cu矿
		蚀变岩型	宁蒗白牛厂—余家村 Au 矿，丽江玉湖 Au矿（？）
	（热液）改造型		宁蒗巴打湾、四川盐边红宝等重晶石矿，兰坪—巍山一带改造型Hg、As、Sb矿
间接相关系列	风化壳型	残坡积型	北衙马头湾、五里盘Au、W砂矿
		红土型	北衙及白牛厂矿区见少量发育
	人工堆积型	古洞渣型	白牛厂古洞渣型Au矿
		炉渣型	白牛厂炉渣中的Pb、Zn、Ag、Au、冰铁等

2 8 12

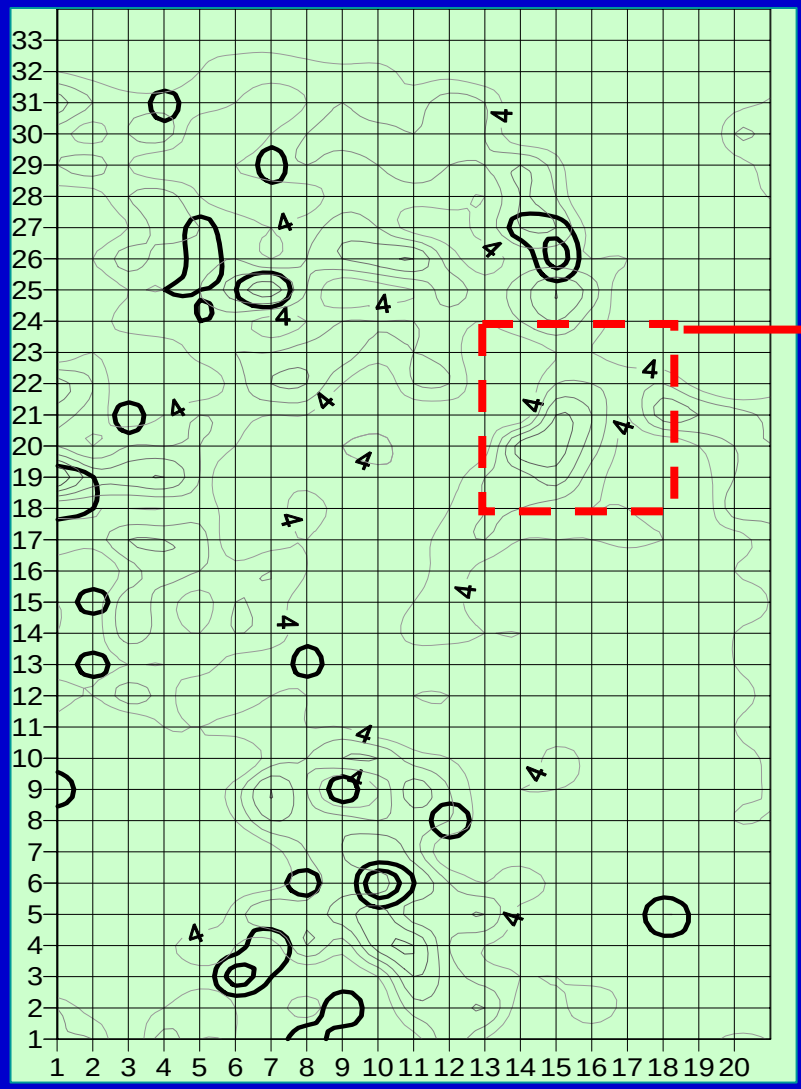
滇西北地区喜山期富碱斑岩若干主要斑岩群分布区相关矿产的成矿多样性强度值（D_I）

No.	The porphyry group	DI	
		Main Ore Types	Main & Associated Ore Types
1	西范坪岩群	1.50%	1.75%
2	剑川岩群	0.75%	1.25%
3	鹤庆北衙岩群	1.00%	1.75%
4	祥云岩群	1.50%	2.50%
5	姚安岩群	0.75%	1.50%

成矿多样性与地质复杂度关系图



成矿多样性与地质变异度关系图



矿床谱系

- 成矿多样性的某种规律性序列表现就是矿床的一种谱系，矿床的规律性序列可以表现在成因上、规模上、成分上、数量上、质量上以及它们的组合上，但最基本地是表现在成矿时间上和成矿空间上的“有序性”和“成套性”。

矿床的时间谱系

- 前苏联著名矿床学家B.И.斯米尔诺夫院士从地槽学说出发，将地球成矿史划分为6大成矿时期：

(1) 月 球 期（距今50－38亿年）

(2) 有 核 期（38－28亿年）

(3) 早地槽期（28－18亿年）

(4) 内地槽期（18－15亿年）

(5) 新地槽期（15－1 亿年）

(6) 裂 谷 期（1－0.0亿年）

不同深度矿床构成的空间谱系

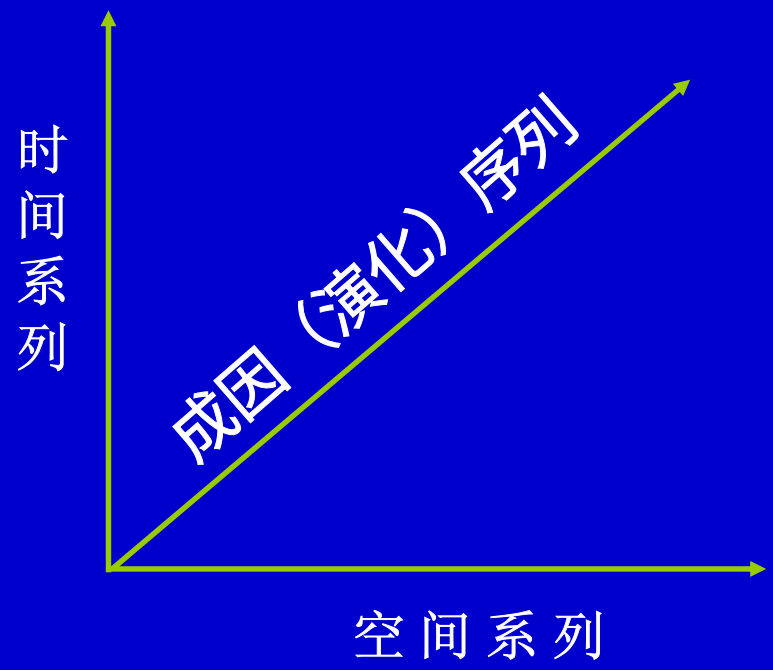
据 В.И.斯塔罗斯金

- 近地表带（0.0-1.5km）：所有外生矿床，火山成因矿床，喷流沉积矿床都产于此带。矿床的形成处于富氧、低温、低压环境，矿石具胶状及细粒结构，发育有泥化，沸石化，绿泥石化及硅化等近矿围岩蚀变
- 浅成带（1.5-3.5km）：在此深度范围内矿床形成最多，几乎所有成因类型及工业类型的矿床都产于此，包括热液矿床，矽卡岩矿床，侵入体中的岩浆矿床等
- 深成带（3.5-10km）：在此带内，与上述两带相比，矿床大大减少，这里主要形成钠长石－云英岩型，碳酸盐型，伟晶岩型矿床以及部分与巨大花岗岩类、基性及超基性岩侵入体有关的岩浆矿床
- 超深成带（>10km）：少量变质矿床形成于此。如顽火辉石、矽线石、红柱石片岩、金红石、刚玉等。还有一些被变质的铁，锰矿床产于此深度

矿床谱系分类

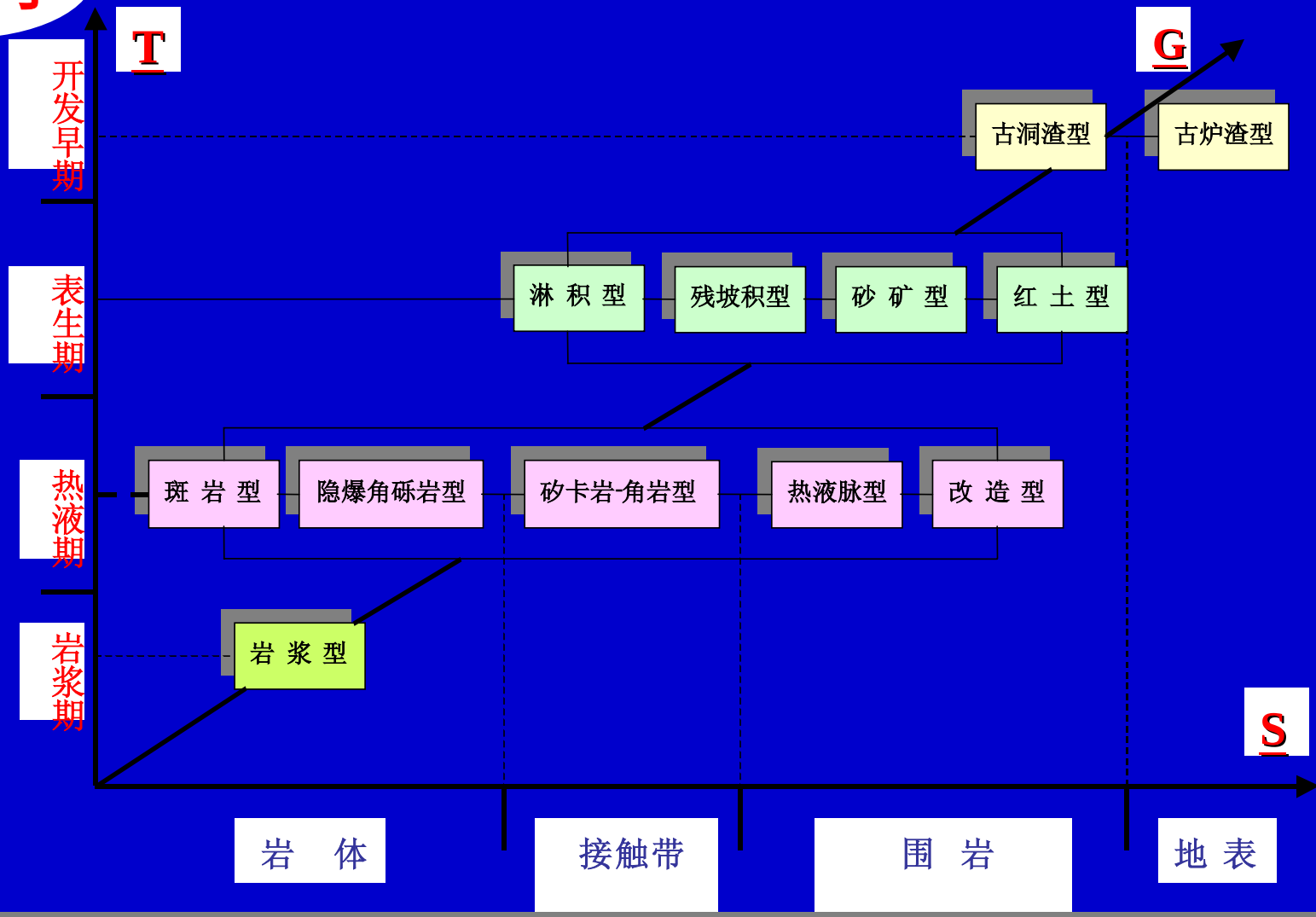
分类	类型	矿床举例
矿床谱系 → 矿床成因谱系	地表次生、地下原生矿床系列谱系	Au, Sn等砂矿与原生矿床系列
	岩浆期后高、中、低温热液矿床系列谱系	Au, Ag, Pb, Zn, Hg, Sb矿床系列
	岩浆分异矿床系列谱系	Cr, Cu-Ni底部、中间及浸染型矿床系列
	岩浆岩体内、外接触带矿床系列谱系	斑岩型Cu, Mo, 矽卡岩型Cu矿床系列
	风化壳矿床系列谱系	赤铁、富铁矿与含铁石英岩型矿床系列
	火山、次火山矿床系列谱系	玢岩铁矿系列、块状硫化物矿床系列
	沉积矿床系列谱系	沉积Fe、Mn、P、Al 矿床系列
	变质矿床系列谱系	前寒武结晶基底绿（片）岩建造系列
矿床谱系 → 矿床空间谱系	成矿温度分带谱系	W-Sn, Pb-Zn, Hg-Sb热液矿床
	含矿岩相分带谱系	沉积Al, Fe, Mn矿床
	含矿构造单元分带谱系	环太平洋W,Sn,Ag,Au,Pb-Zn-Mo矿床
	成矿深度分带谱系	地表、浅成、深成、超深成矿床
	次生变化分带谱系	硫化矿床铁帽、淋滤带、次生富集带、原生矿
矿床谱系 → 矿床时间谱系	不同含矿层位矿床谱系	不同时代地层油气储集层、沉积矿床
	不同成矿阶段矿床谱系	氧化物—硫化物—碳酸盐阶段矿床
	不同构造旋回矿床谱系	燕山早、中、晚期矿床
	不同成矿时代矿床谱系	喜马拉雅、燕山、海西、加里东期矿床
	不同成矿阶段矿床谱系	格陵兰、科拉等成矿期矿床

时空坐标系中矿物集合体（岩石、矿石、矿石构造）的时间、空间及成因（演化）序列的相互关系



（据Д.В.隆德克维斯特，1986）

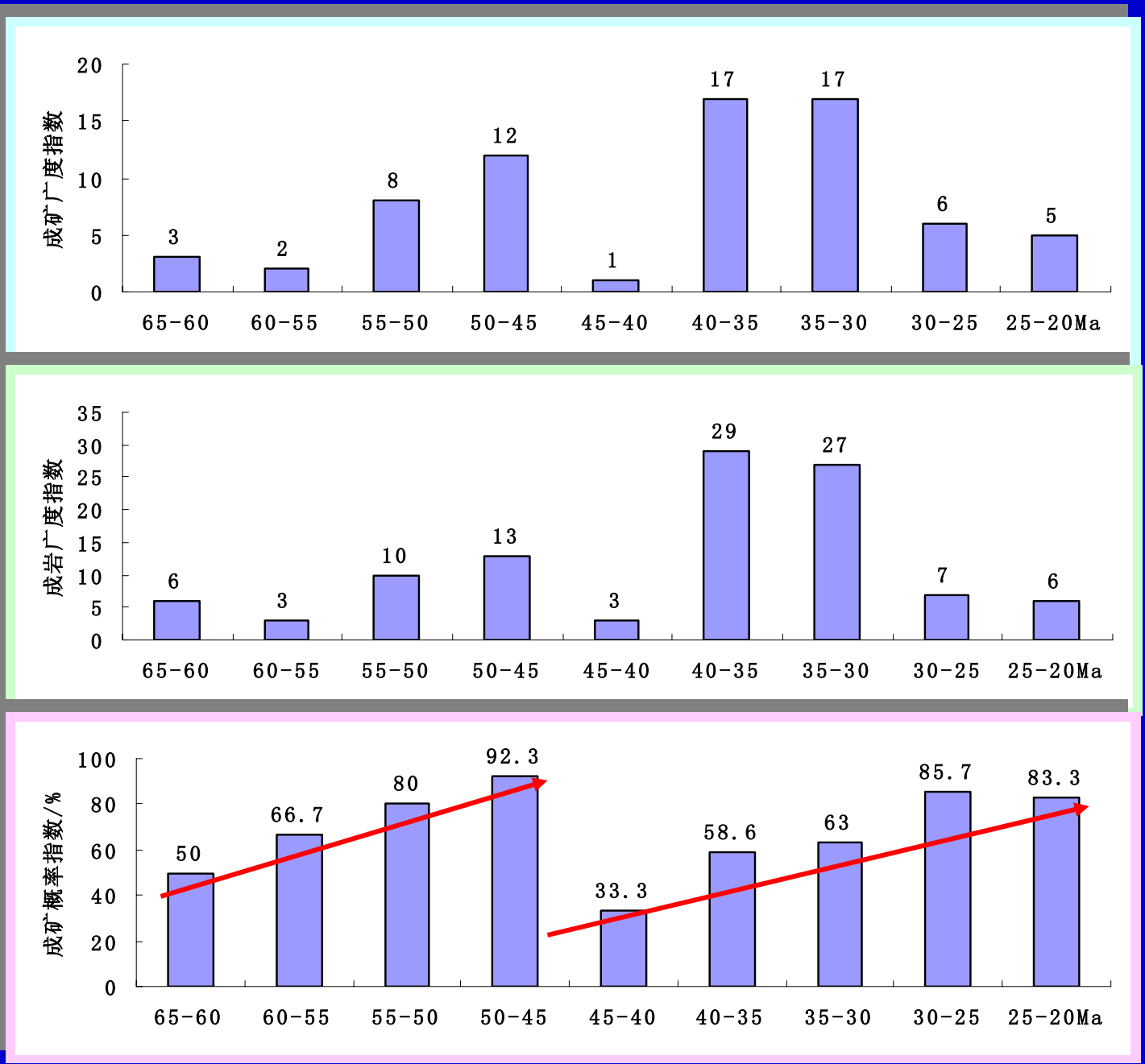
实例



滇西北富碱斑岩相关矿床系列时--空--因结构模式

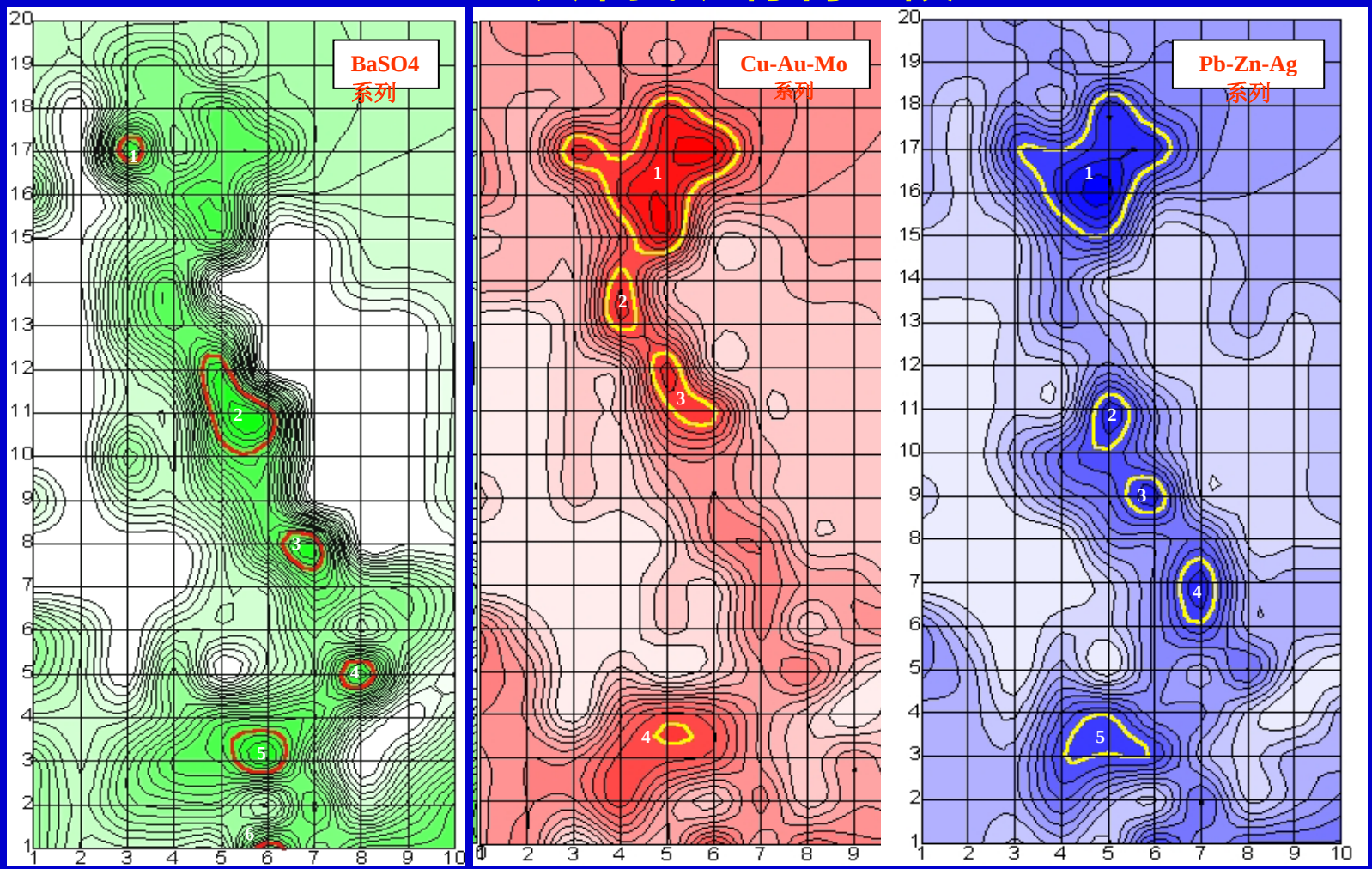
实例

滇西北喜山期富碱斑岩综合成矿时间谱系



实例：宁蒗-永胜斑岩带

在地质异常-成矿多样性-矿床谱系研究基础上，定量圈定不同类型矿床找矿有利地段

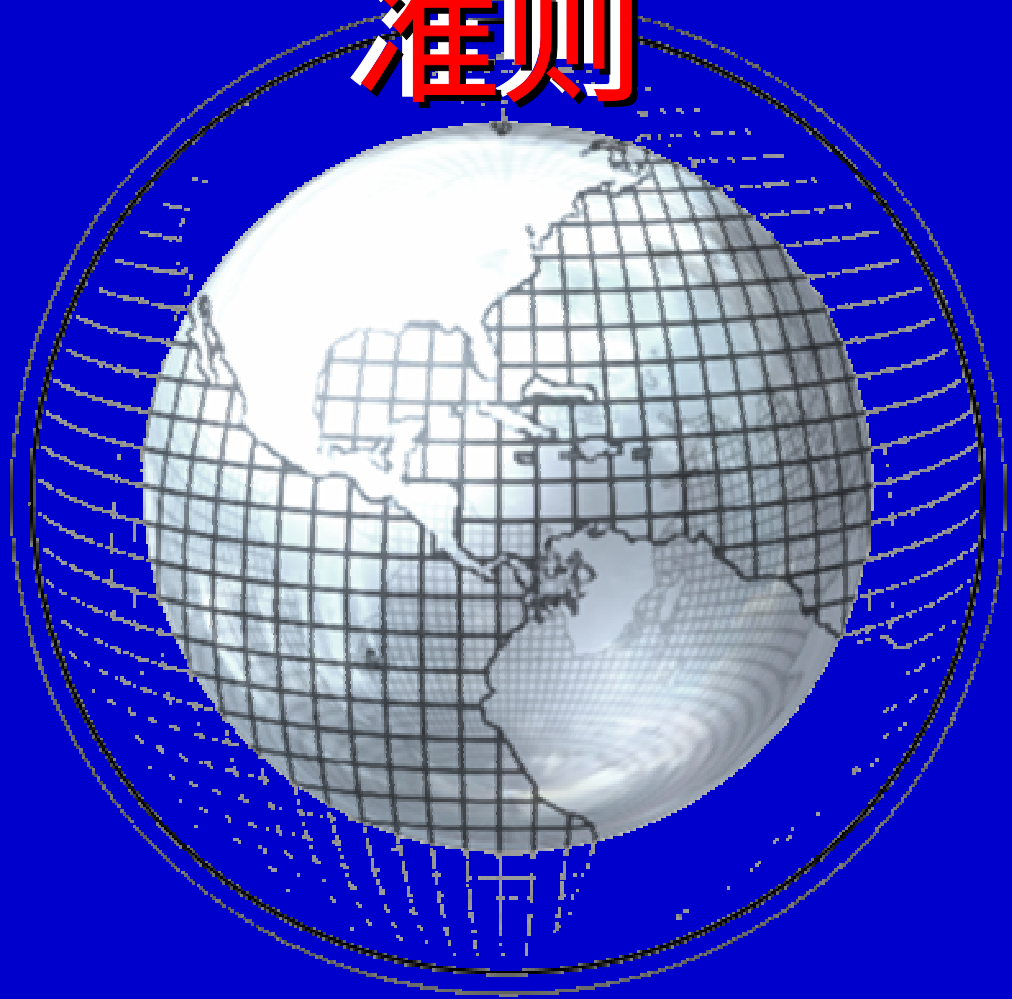


圈定： $BaSO_4$靶区6个　Cu-Au靶区4个　Pb-Zn-Ag靶区5个

特征分析

变量：构造、斑岩体、地层岩性、岩石化学组成、矿化蚀变、组合化探异常

四、科学找矿的理论基础与准则



（一）理论基础

矿产勘查的特点就是在不确定条件下进行各种决策。因此，矿产勘查的核心是预测。预测不同于猜测，其区别就在于预测是有理论指导的。除预测理论外，勘查方法的理论原理也均属于理论基础的范畴。勘查的理论基础包括四个基本方面。

- 地质基础
- 数学基础
- 经济基础
- 技术基础

1、地质基础

- 矿产勘查工作的主要内容包括查明地质特征和矿床特征。

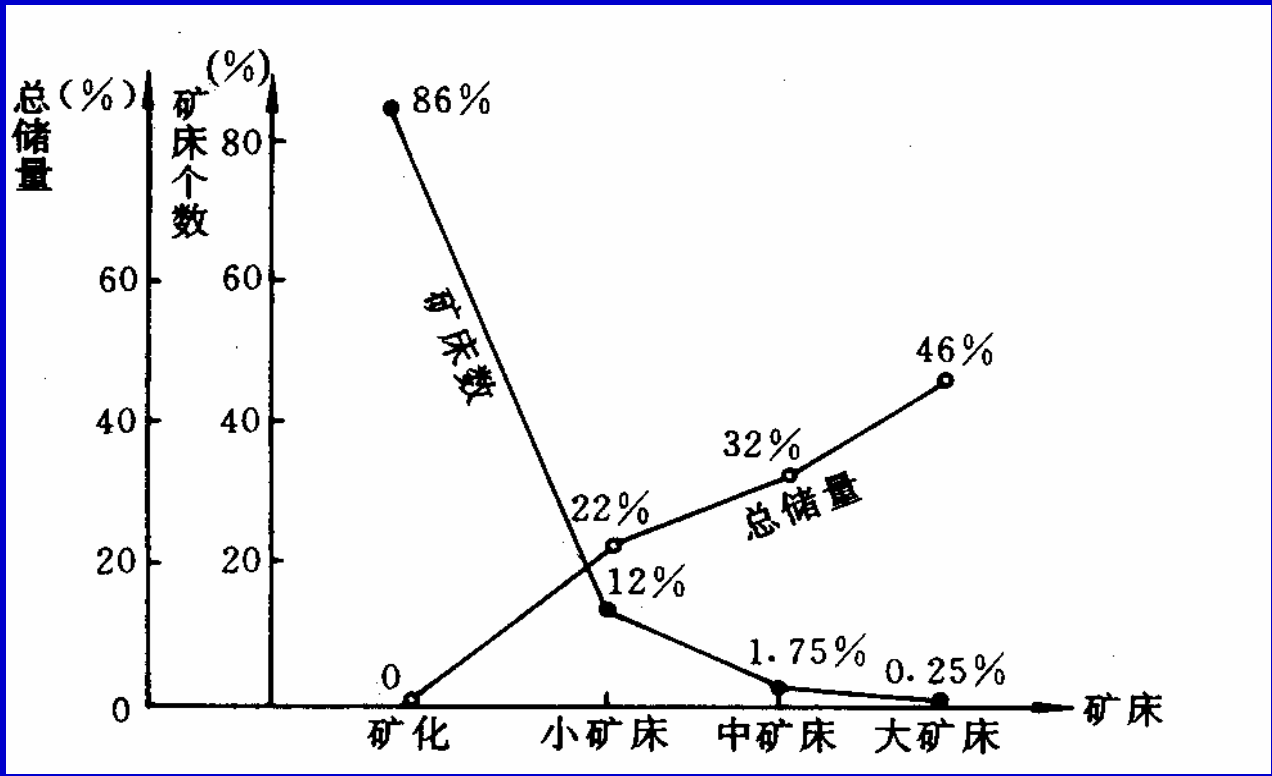
地质特征：基本特征和成矿地质条件。

➢基本特征是地质背景。包括与成矿有关的区域地层、构造、岩浆岩、蚀变特征等。对砂矿床还包括第四纪地质及地貌特征。

➢成矿地质条件是指与成矿有直接关系的诸多因素。不同的矿床其成矿地质条件各异。如:沉积矿产应详细划分地层层序、确定含矿层位、岩性组合、物质组成及沉积环境与成矿关系等；与岩浆岩有关的矿床应查明侵入岩的岩类、岩相、岩性、演化特点、与围岩的关系及蚀变特征等；变质矿床应研究变质作用强度、影响因素、相带分布特点及对矿床形成和改造的影响；与构造有密切关系的矿床，则应对控制或破坏矿床的主要构造进行研究，了解控矿构造的空间分布 范围、发育程度、先后次序及分布规律等。

矿床特征:矿体特征、矿石物质组成、矿石质量

- 矿体特征：控制矿体总的分布范围，矿体数量、规模、产状、空间位置及形态、相互关系等；根据矿床地质因素和矿石矿物共生组合特征，圈定氧化带的范围；研究围岩、夹石的岩性、产状、形态等。
- 矿石物质组成：矿物组成及主要矿物含量、结构、构造、共生关系、嵌布粒度及其变化和分布特征，及对加工选冶性能的影响等。
- 矿石质量：矿石的化学成分、有益和有害组分含量，可回收组分含量，赋存状况、变化及分布特征；划分矿石自然类型和工业品级、研究其变化规律和所占比例；研究矿石的蚀变特征。此外，还要对与主要矿产共伴生的其他矿产进行综合研究和综合评价；对矿床的水文地质、工程地质和环境地质等影响未来开采的各种地质问题进行研究等。



金属矿床数量与矿床规模的分布关系

从该图可见，占矿床总数2%的大、中型矿床占了总储量的78%，而86%的矿床(实际只是矿化点)没有工业开发价值，这清楚地表明了勘查大型矿床的重要性

矿产工业类型	品位(%)	占世界开采量百分比(%)	占世界储量百分比(%)
镍　矿　床			
1. 基性和超基性岩中的层状及脉状的浸染及致密的镍黄铁矿-黄铜矿-磁黄铁矿矿床	Ni 1.3～4.6 (Cu 0.8～2.0)	80	70
2. 在超基性岩风化壳中及超基性岩与石灰岩接触带上的层状、脉状及透镜状硅酸镍矿石	Ni 1.3～4.0	20	30
钨　矿　床			
1. 在花岗岩类岩体和碳酸盐岩接触带上的层状和脉状含白钨矿的矽卡岩矿床	WO_3 0.3～6.0	55	60
2. 花岗岩类岩体内、外接触带的石英-黑钨矿脉和脉带	0.4～0.6	25	30
3. 黑钨矿和钨锰矿的残积、坡积和冲积砂矿	薄层中最少 0.03 厚层中最少 0.015	20	10
钼　矿　床			
1. 主要在小侵入体中的石英-辉钼矿和石英-辉钼矿-黄铁矿矿石的网状脉	0.1～0.4	98	95
2. 在花岗岩类岩体同石灰岩接触带矽卡岩中的层状及脉状矿床	0.1～1.0	2	5
锡　矿　床			
1. 砂矿的、残积的、坡积的、冲积的、滨海的锡矿床	0.5～0.8	70	60
2. 在沉积岩及火山成因岩石中的锡石-硫化物矿脉脉带、网脉	在脉中 1.0～5.0	20	15
3. 在花岗岩类岩体及其接触带的锡石-石英矿石或锡矿化云英岩的矿脉、脉带及网脉	在脉中 1.0～4.0 在网脉中 0.3～1.0	10	25
铜　矿　床			
1. 主要在斑岩侵入体中的细脉浸染矿化(斑岩铜矿)	0.8～2.2	42	40
2. 在砂岩、页岩及砾岩中的细脉浸染型铜-硫化物层状矿床	3～5	25	43
3. 喷出岩中的含铜黄铁矿透镜体	1.5～5	19	9
4. 在各类岩石中的硫化物矿脉及复杂的硫化物矿石带	1～10	5	2
5. 在石灰岩及花岗岩类岩体接触带上的矽卡岩中的以黄铜矿为主的管状、脉状、有时为层状矿体	2～8	1.5	1

各种金属矿产的储量多集中于少数矿床类型，开采利用情况也是如此

- 矿产勘查的第一个基本理论植根于矿产勘查的地质基础。这可以表述为：

  成矿地质特征是矿产勘查中地质研究的主要内容；矿体地质特征是制约矿产勘查难易程度和精度的基础；致矿地质异常是选择矿产勘查目标和确定勘查范围的基本依据。

2、数学基础

- 矿产勘查是一种地球探测活动和地学信息工作。在勘查过程中要与大量数据打交道：要获取数据、处理数据、分析数据、解释数据、评价数据和利用数据。
- 数据的类型很多：名义型、有序 型、比例型、间隔型；离散型、连续型；定性数据、定量数据、图形数据、图像数据；定和数据、方向数据；纯量、矢量；模糊型、灰色型、随机型、确定型、分维型、混沌型；简单型、混合型、点型、线型、面型、体型；单元型、二元型、多元型等等。所以，数学成为矿产勘查不可缺少的和十分重要的基础。

- “数字找矿”、“数字勘查”、“数字矿床”、“数字国土”乃是“数字地球”的组成部分，也是矿产勘查的必然归宿。除去形式上矿产勘查与各种数据打交道而需要依靠数学外，尚有如下更深层次的原因：
- （1）地质体(包括矿体)的数学特征是定量区分、鉴别、预测地质体(含矿体)的重要依据，也是揭示、圈定地质异常及致矿地质异常的前提和“数字找矿”的基础。各种地质作用、地质过程和地质现象(包括成矿作用、成矿过程和矿化现象)都具有一定的数量规律性。
- （2）概率法则对地质现象、地质规律、勘查工作的主要制约作用。

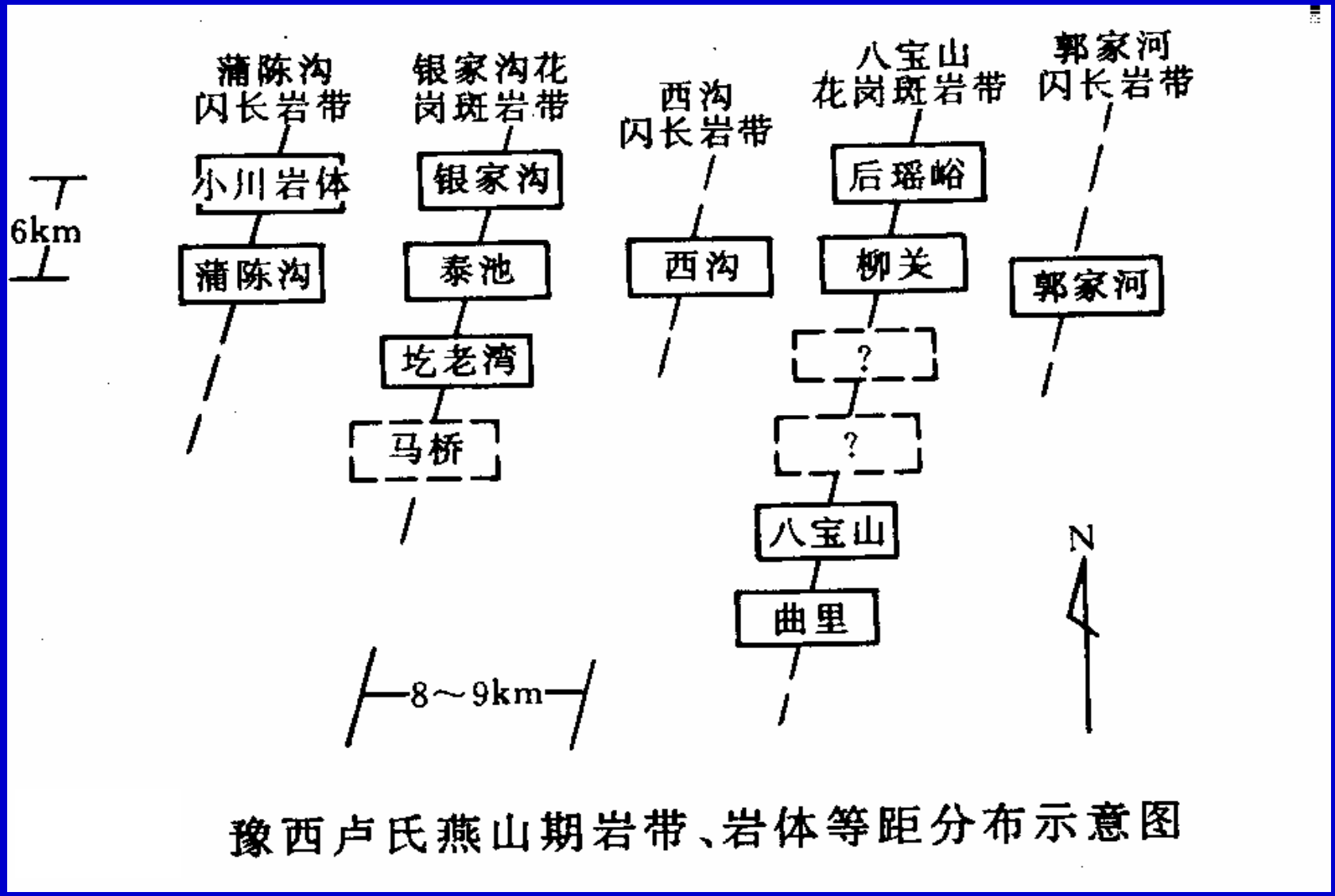
地质运动的数量规律性是客观存在的规律，是各种地质事件的本质的反映，其具体表现则为各种地质产物(各种地质体，包括矿体)的数学特征。

地球历史中大的构造岩浆旋回进程表

构造岩浆旋回序号 (n)	构造岩浆旋回名称	旋回界线年代 (Ma)	旋回期间隔 t(Ma)	发展加速系数 $K_p=T_n/T_{n+1}$	备注 (相当我国)
10	阿尔卑斯	10			喜马拉雅运动
9	基米里	105	95	1.21	燕山运动
8	海西	220	115	1.56	
7	加里东	400	180	1.36	
6	卡探格	650	250	1.46	蓟县运动
5	格林威尔	1 000	350	1.16	吕梁运动
4	熊湖	1 300	400	1.25	
3	白海	1 900	500	1.40	
2	罗德西亚	2 600	700	1.29	
1	—	3 500	900		

(据 Ф. M. 莱普索，1975)

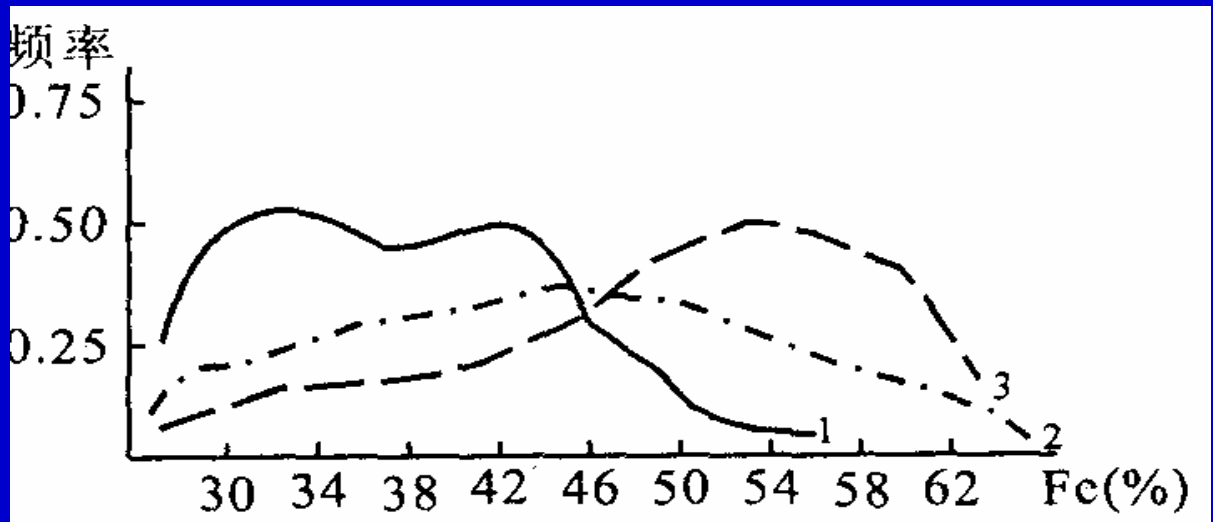
地质运动的发展在时间和空间上具有明显 的周期性



豫西卢氏燕山期岩带、岩体等距分布示意图

空间的等距性也正是空间分布周期性的表现

矿化具有天然(矿化)密度等级的特点



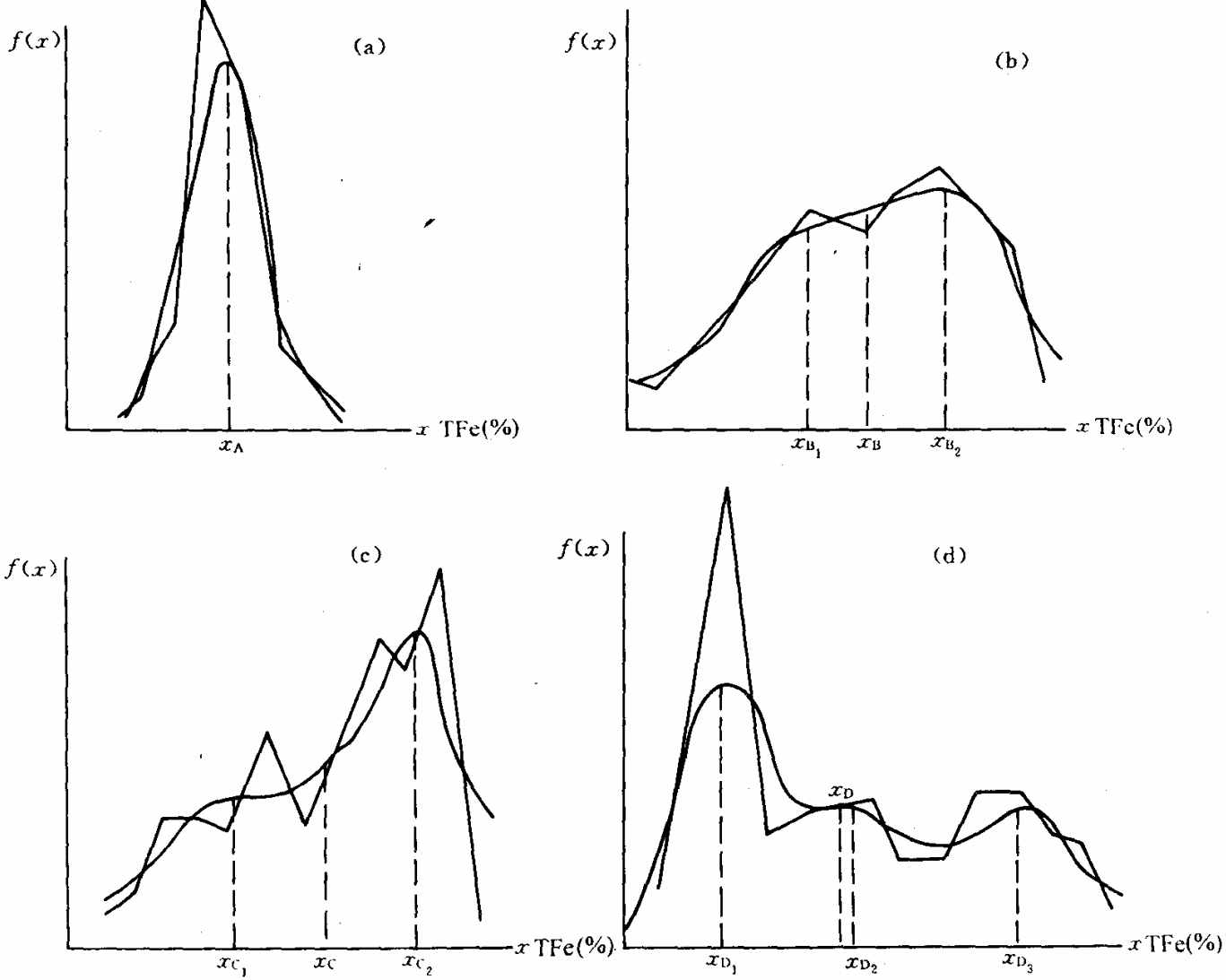
某些矿床铁品位分布函数

(据 B. H. 沙拉波夫,1987)

1—奥德拉-巴什矿床;2—帕米尔套矿床;

3—塔什塔哥尔矿床

许多资料表明，矿化强度可能具有天然的(客观的)的矿化等级。若以平均品位作为矿化强度的度量，则同一类型矿床的平均品位表现具有一些特定的值或区间。



某矿田 4 个铁矿床的铁品位(x)分布曲线图

A 矿床曲线为配置的理论曲线,其余曲线均为一次平差曲线

(a)—A 矿床——接近正态分布　$\bar{x}_A=23.5$　$s_A^2=34$　$C_A=24.8$

(b)—B 矿床——双峰弱负不对称分布　$\bar{x}_B=43.3$　$s_B^2=137.9$　$C_B=27.1$　$\bar{x}_{B_1}=36$　$\bar{x}_{B_2}=52$

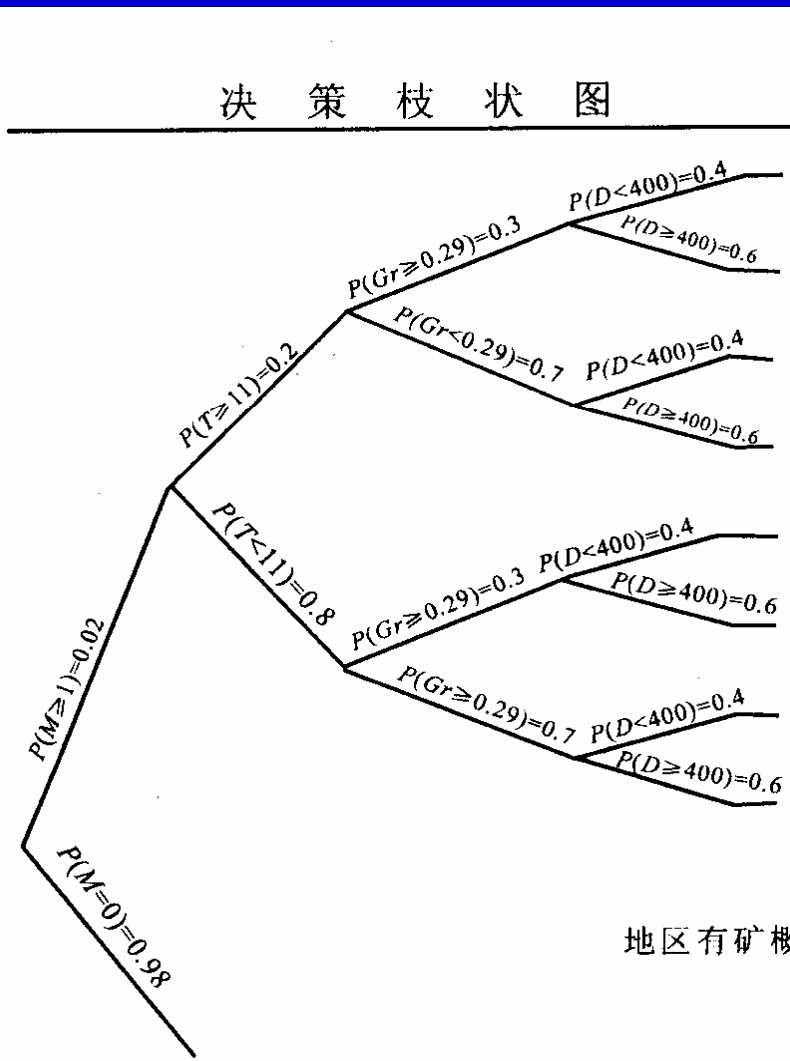
(c)—C 矿床——双峰负不对称分布　$\bar{x}_C=46.9$　$s_C^2=133.4$　$C_C=33$　$\bar{x}_{C_1}=36$　$\bar{x}_{C_2}=56$

(d)—D 矿床——三峰正不对称分布　$\bar{x}_D=37.1$　$s_D^2=153.8$　$C_D=33.4$　$\bar{x}_{D_1}=24$　$\bar{x}_{D_2}=36$　$\bar{x}_{D_3}=56$

概率法则对地质现象、地质规律、勘查工作的主要制约作用

- 1）地质规律只能以一定的概率指示成矿，地质异常也只有在各种成矿因素异常在时空上有效地匹配或耦合时才能有较高控制成矿的概率。
- 2）勘查工作只能以一定的概率去发现一定规模的矿床。
- 3）地质观测结果的误差及其随机性。

• 发现大型和超大型矿床的概率是很低的，而发现“富、近、浅、易”的大型矿床其概率就可能更低。设在一个地区找矿，其可能找到矿床的概率和可能找到不同价值矿床的概率如图所示。



地区有矿概率×地区有矿期望价值总和=0.02×15.4=0.31

扣除勘探成本（百万元） −0.18

纯收入期望值（百万元） +0.13

决策枝状图

M—矿床个数

矿产勘查中的不确定性分析及风险评价

1）两类不确定性

- 是否有矿？
- 如有，矿有多少？

2）如何表征不确定性

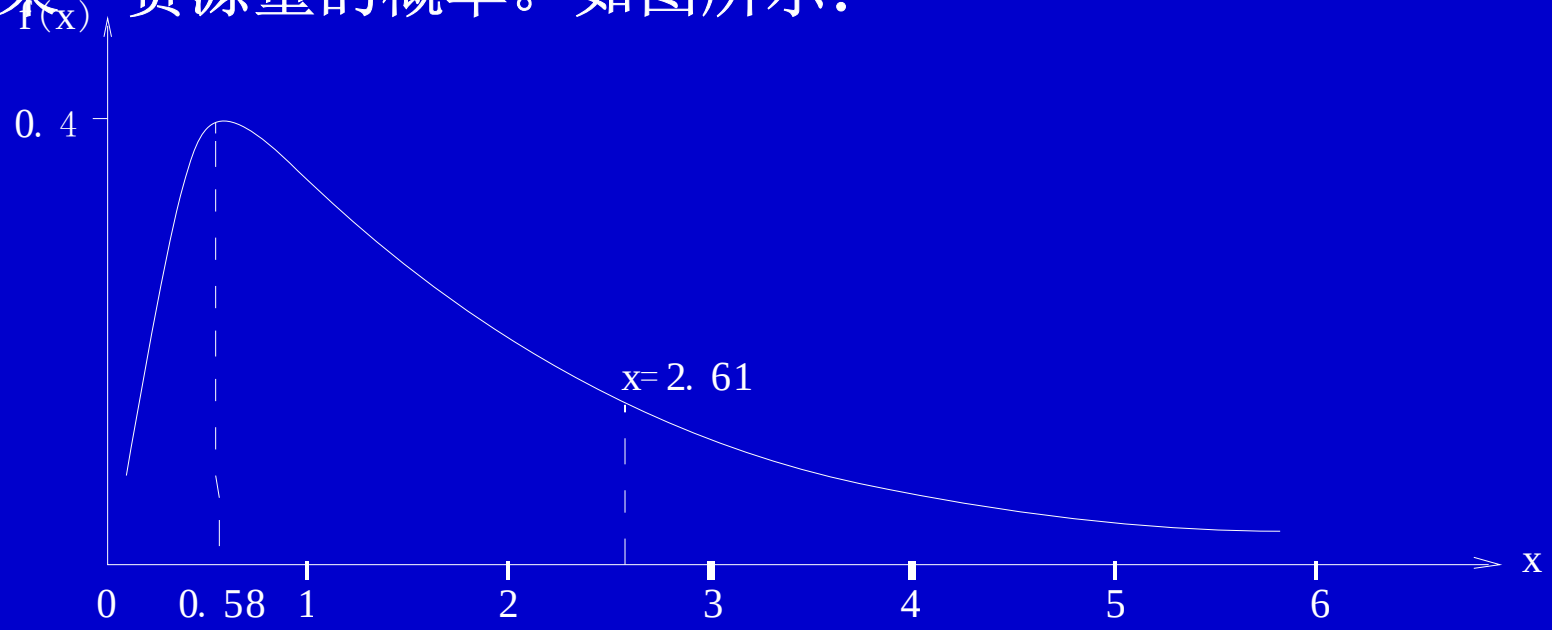
- 区间分析
- 概率分析

- **3）区间分析**

对未确定的参数用一个是够安全的极值区间来表示，其未知数肯定落入其中，可用最佳和最差状态分布来估计不确定性，如可能的资源量，用一个区间来估计。

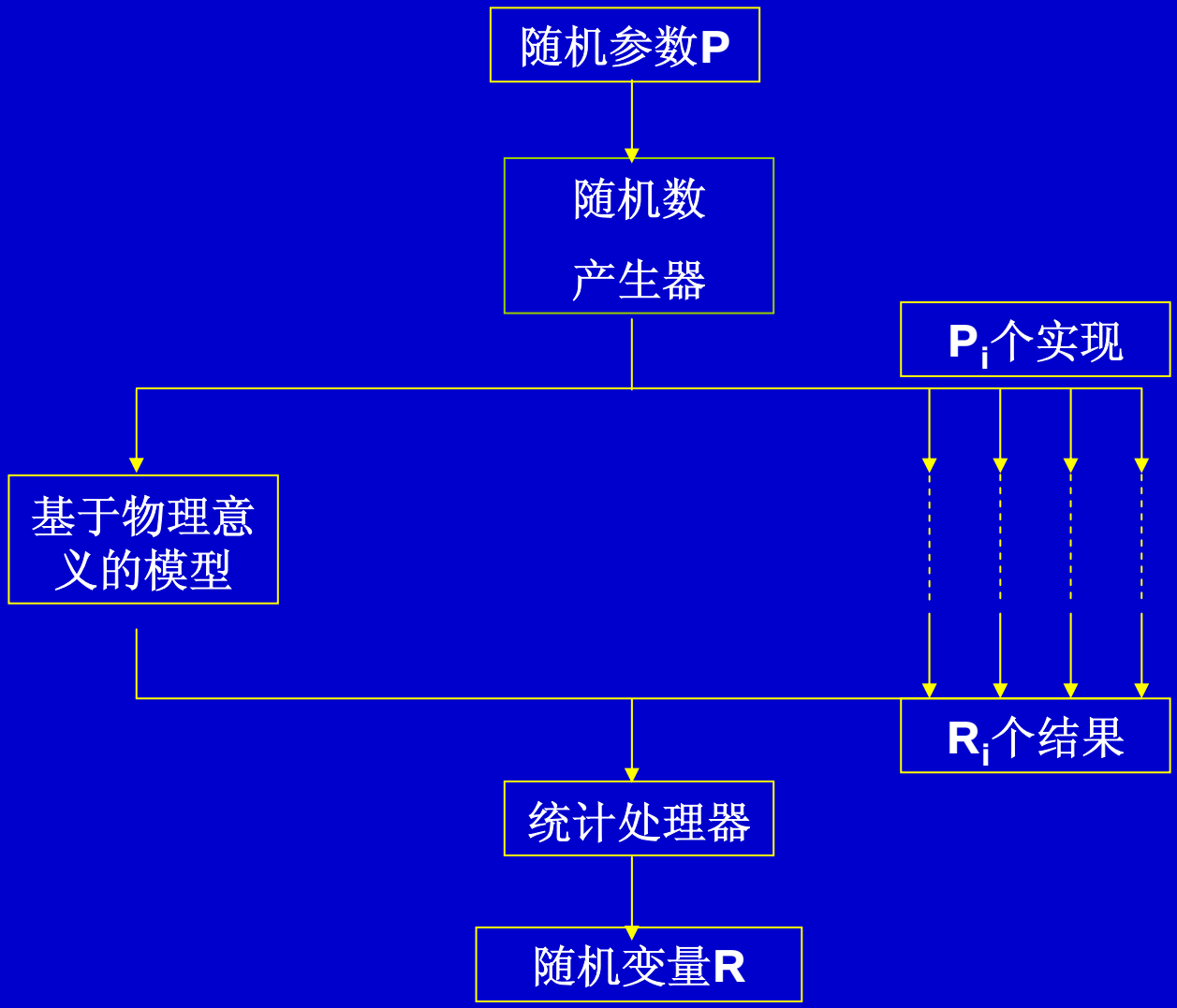
- **4）概率分析**

将不确定参数用概率分布加以模拟，通常用蒙特卡洛模拟一个随机变量的分布函数，这样就可以给出超过某阈值的概率。如用对数正态分布来模拟资源量，则可给出超过某一资源量的概率。如图所示：



对数正态密度函数曲线

（当μ =0.46, σ ＝1时）



蒙特卡洛模拟过程

（据Gyorgy Bardossy, 2004）

- 对数正态分布

$$f(x)=\frac{1}{x\sigma\sqrt{2\pi}}e^{-\frac{1}{2}(\frac{\ln x-\mu}{\sigma})^2} \qquad (x>0)$$

$$f(x)=0 \qquad (x\le 0)$$

- **5）混合法**

近30年来新的不确定性理论提供一种将区间分析与概率分析适当混合的方法。

首先，是用一组概率估值代替单个估计，然后对每个事件用2个估计量，一个是用较低概率估值表示不确定性程度，一个较高概率值表示“真实性”程度（plausibility)，在“信任函数”理论下，避开为每个事件给出一个概率数的做法，而代之以给出可能数值的区间，对此区间给出的权重表示对此参数估计正确性的概率，而不是落入此区间的概率。

这样的结果是得出一对pdf（概率分布函数），而不是一个。这两个pdf之间的差距随着对实际知识量的减少而增大。这种途径可以使决策者知道他们对所研究的问题知之甚少时，避免做出错误的结论。

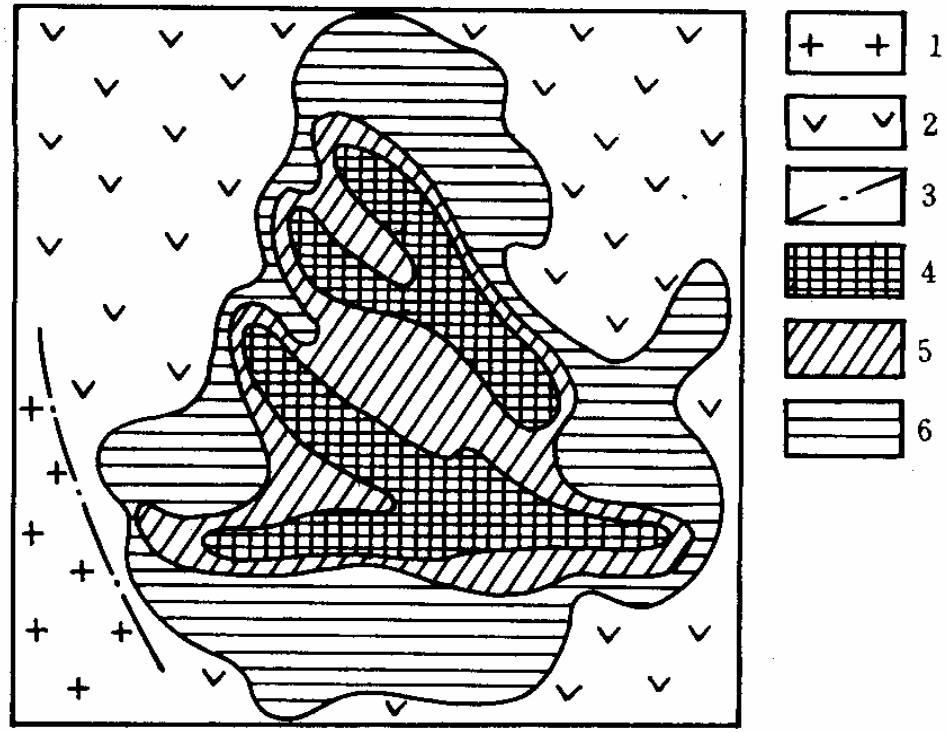
与其做出错误的结论，还不如开始新一轮的数据收集。

3、经济基础

- 1）矿体的属性特征受工业要求和市场价格　的制约
- 2）经济合理性是矿床勘查及评价必须遵循的准则
- 3）矿床经济评价是矿床勘查必不可少的重要组成部分

图示：一网脉状矿体平面图。

当采用较低的边界晶位圈定矿体时，矿体连成一片呈面状分布，但用较高的边界品位圈定时，则矿体成为相互分割的条带状分布，矿石质量虽提高了，但矿石储量减少，矿体形态和内部结构复杂了。



网脉状矿床的面储量和矿石质量与用不同边界品位圈定关系图

（据 A.Б.卡日丹，1984）

1—花岗岩；2—二长岩；3—构造断裂；4—按边界品位 3%圈定的矿体；5—按边界品位 1%圈定的矿体；6—按边界品位 0.5%圈定的矿体

图例序号	平均品位	面储量
4	5%	1 600 个单位
4+5	2.9%	2 650 个单位
4+5+6	1.5%	4 720 个单位

- 最大经济找矿成本（**MEFC)**

美国学者**M·A· Adelman(1970)**曾提出“最大经济找矿成本”的概念（**Maximum Economic Finding Cost)**，他认为勘查成本应该有一个“上限”，即找到新矿床的“找矿＋开拓＋提取成本”的总成本应低于现有矿床所具有的“开拓＋提取”成本的总和。但遗憾的是，很少知道矿业的投资、利润和回报率。计算勘查成本的可行途径是在给定的开发成本下估计找到新矿床的概率。

- 价格门槛（**Dollar threshold)**

矿床可采的金属总量与所给定的矿床最低可采品位密切相关。对于铜矿，大致有以下关系：

$$C=Ke^{-ar}$$

式中：**C**—累积金属含量

K—极限值，约为10^9吨

r—矿石边界品位

a—常数（约＝**0.8**）

（据 **Anonymous, 1952；Brooks, 1967)**

(此数值关系只涉及已知矿床，而不包括未来的发现）

也就是说，铜金属含量大于2%的矿石总量占1/5，大约45%的矿石量品位大于1%，2/3的矿床品位大于0.5%。因此，技术进步将有可能在现有开发成本基础上使一大批资源量转化为储量。

在美国，煤炭储量有时大致按其开发成本进行分类。按1960年价格计算，其可采储量为200亿吨（大约为40年的产量），如将价格提高6%（约为10美元），则可增加150亿吨储量。假如品位再降低，则可将可采储量增加20倍（美国国家燃料与能源研究组，S.G.Lasky，1962）

- 找矿成本

矿床发现是一种机会游戏，大多数勘查是在经历许多虚假线索之后才进入追逐真正的目标。否则就不会有发现。有两个互相牵连的事：首先，期望价值越高，就越是要为追逐一些微不足道的线索付出更多代价，从而使单位面积的找矿成本越高。高价值导致高成本，反之亦然。第二，只有在不同勘查地区存在有激烈竞争的情况下，才会为发现极少好的目标而在大量差的目标上付出代价。

在美国，在**1958－1968**的**10**年间，为寻找新油田而打了**65000**个钻孔，结果仅获取**70－100**亿桶证实储量，如果这个悲惨的记录能指示其它地方的远景的话，那么这些地方也是距离很遥远的。

然而勘探投资也是为以后的找矿创造条件。我们应该允许还无人知晓能转化为经济成果的矿床影响范围。

- 阿莱斯假说：由化学反应而生成的矿床在给定地区范围内其产出服从波松分布，而其含量服从对数正态分布。

$$P_\lambda(k)=\frac{\lambda^k}{k!}e^{-\lambda},(\lambda>0,k=0,1,2,\Lambda)$$

λ—参数，即是平均数又是方差；

P λ(k)表示：在一定时间（空间）范围内，某随机事件的发生率是固定的（即λ），则在给定的时间（空间）间隔内，该事件发生指定次数**k**的概率为**P λ(k)**。通常用来研究“稀有事件”的概率。如单位区域内的矿床个数等。

对数正态分布意味小矿床众多而大矿床极少，在勘探程度很高的美国，在占储量半数以上的**10000**个矿床中，大矿床仅有**200**个左右。概率分析研究是矿业经济的前沿课题。

4、技术基础

- （1）技术水平影响着勘查的深度和广度，也影响着处理数据和分析信息的速度和精度。
- （2）技术水平对勘查战略、勘查程序和勘查方法产生重大影响。
- （3）新技术的发展使一些经济因素发生改变，而影响到矿床的勘查评价。

（1）技术水平影响着勘查的深度和广度，也影响着处理数据和分析信息的速度和精度。

- 人类对矿产的勘查、开发利用最早的是露头矿。随着技术的发展，进而勘查埋藏较浅的矿产。近年来，由于勘查技术及开采技术的迅速发展，又开始向海洋矿产及深部的矿产进军。
- 对天体探测技术的开发更把资源勘查的领域拓展到宇宙太空，“宇宙矿产”的开发具有极大的挑战性。

- 隐伏矿床勘查更加依赖成矿地质理论研究和推断并与有效的现代勘查技术手段相结合。
- **1--**物探方法

各种航空物探方法快速扫面

地面物探加上有效勘查深度

1）地面高精度重力勘查

20世纪**80**年代开始，进入第二代重力勘查，采用**GPS**，解决了中高山区，戈壁等地区的定位问题，可直接测出重力差值，自动化程度高，观测精度和分辨率由毫伽级（**mGal**）提高到微伽级（μ**Gal**）。发展了变密度地形改正，小波变换分解重力场，弱异常增强与提取和图像处理等新方法、新技术。已有成熟的二级、三级正反演方法和程序。

- **2）地面高精度磁法勘查**

20世纪**80**年代以后，引进和研制了高精度磁力仪，发展了磁测解释理论与方法。可用有限元，边界元，神经网络等正反演方法的，实现了由中、低精度向高精度的转化（由**10**－**15nT**提高到**0.5-5nT**，分辨率由**1**～**2nT**提高到**0.1nT**），有效信息量提高近**10**倍；从而可有效揭示微弱磁异常，而且测点观测时间由原来的几分钟提高到**1**－**2**秒钟。实现了由二维正反演向三维正反演的转化以及由手工计算向自动化解译的转化，大大提高了工作精度和效率。

- **3）地面瞬变电磁法(TEM法)**

是一种研究电磁场响应随时间被的变化的瞬变过程而探测地下导体电性分布结构和空间形态的方法。由于与其它电法相比勘查深度较大，容易区分地形异常和抑制噪声干扰，所以**20**世纪**90**年代以来应用较广。

- **4）可控源音频大地电磁法(CSAMT)**

这是一种人工场源频率域电磁测深方法，可研究地质体电磁场响应随频率的变化。随着向地下发送从高到低改变不同频率的电磁波，可以测出不同深度的电阻率值，得到视电阻率测深曲线，探测深度与电阻率及频率大小有关。在目前可用的频率范围（**0.125Hz-4096Hz**）以**30KW**功率条件下，其探测深度可达**2000**米左右，所以是一种探测深度较大的物探方法。

- **5）大地电磁法（MT）**

是以天然电磁场为场源的频率域电磁勘查方法。此方法特点是具有较大的探测深度，不受高阻层屏蔽，对低阻层有较高的分辨能力，但工作效率不高（一个测点要连续观测**5-6h**）。此方法主要用于研究深部地质构造，普查油（气）田和地热资源调查等。

- **6）音频大地电磁法（AMT）**

利用天然音频大地电磁场作为场源，观测电场和磁场分量。主要用于研究地质构造等问题。其缺点是天然音频电磁场信号太弱，只有在干扰小的情况下才能取得较好的结果。

- **7）EH-4导电率成像法**

为部分可控源（主动源）与天然场源（被动源）相结合的一种频率域电磁探测系统，其核心是被动源电磁法，主动源部分探测深度很浅，观测参数为电场分量和磁场分量。通过计算得到视电阻率值。

- **8）井中声波透视法**

是在一个钻孔中激发弹性波，在另一个钻孔中接收，采用层析成像（CT）原理，对接受信号的波特征参数进行成像处理，圈定目标地质体的空间位置和形态，是一种寻找孔间盲矿体和构造裂隙带的新方法，新技术。此法的探测距离较大，地-井工作方式实测深度已达600余米，井-井工作方式水平透距为200米左右，分辨率高，可以分辨0.68米的薄层，所需钻孔直径小（发射为35mm，接收为38mm）还可在套管中工作，这是井中声波透视与其它井中物探所不同的。

- **9）地下电磁波法**

是利用无线电波在钻孔或坑道中发射和接收，根据不同位置上接收的场强大小，来确定地下不同介质分布（空间位置及形态）的一种地下物探方法。（更详细资料可参阅齐文秀、刘涛：《金属矿物探新方法与新技术》一文，“地质与探测”2005，第6期）

- **2--化探方法**

20世纪70年代以来为勘查隐伏矿床而研究和采用了一些化探新理论、新技术和新方法。谢学锦院士等以全国39种元素海量化探高质量数据为基础而提出的“地球化学块体”新理论有效地指导了矿产的勘查与评价。他指出“大型、巨型矿床多产于地球化学块体之中或边缘”，他还认为“多层次采样分析所圈出的多元素地球化学模式比较研究”是一个矿产勘查新的技术理念；“提高确指（pinpoint）矿床（体）位置的理论与方法研究”是有效的持续筛选与跟踪地下矿床的方法。另外，对于边远地区，森林、沼泽和黄土掩盖地区及其他异常弱化地区，使用常规化探方法难以奏效。

- 近年来，国内外有关学者、研究机构和勘查单位研发了多种化探新技术和新方法。如：土壤汞气测量，地电地球化学测量，元素活动志测量，运用痕量相态分析评价铁帽和化探异常，运用岩石地球化探测量方法开展成矿区带地球化学普查，以及在特殊景观区的中大比例尺化探方法技术研究等。

3—超深钻技术

深钻及超深钻的主要任务：

1）研究深部结构并评价代表不同地质动力学环境的主要构造类型的含油气性；

2）研究深部结构，评价含矿性的垂向幅度并查明典型成矿区隐伏矿化预测因素

•为了解不同构造类型深部特征，不同钻孔所研究的地层剖面在时代上能相互联接，以便能获取总沉积厚度达到60Km的实际地质剖面，在时代上相当于30亿年的产物。

•在俄罗斯科拉半岛及乌克兰曲角盆地，各布置了一口超深钻孔，研究古老地质及结晶基地产物，以了解其结构、成份、麻粒岩-玄武岩、片麻岩-花岗岩及地槽组合的含矿性。

在科拉半岛孔设计深度为15Km，至1990年应达深度13 Km；曲角孔设计深度为12Km，已达到8Km。任务是了解富铁矿在深部的分布特征，揭示整个下元古的完整剖面，以评价曲角盆地含矿特征。

- 在乌拉尔设计了深度为15Km的超深钻，至1990年已钻进深度7 Km；其目的是研究地槽的深部结构，确定其基地的性质和地槽的含矿性，此钻孔旨在研究乌拉尔古生代完整剖面，这段剖面富含含铜黄铁矿及矽卡岩型铁矿。

- 在乌兹别克斯坦穆龙套金矿，设计了一个7 Km的深钻，研究冒地槽组合深层的含金性，同时，也研究元古界地层剖面中含矿黑色页岩层位置、研究预计深部存在的花岗岩体及垂向变质分带、研究含矿层中的矿化富集规律、机制和深部矿化分布规律。

为研究地台区沉积地层下部深层的含油气特征，在一系列地区设计了深钻-超深钻：

- 近地中海孔 7Km
- 第耳泊-顿湟茨孔 7Km
- 堤诺曼-别秋尔斯克孔 7Km
- 秋明孔 8Km
- 塔塔尔孔 7Km
- 萨阿特林斯克孔 11.5Km
- 库班孔 12Km

为研究固体矿产深部成矿特征，在一系列地区设计了深钻-超深钻：

- 诺里尔斯克 4Km
- 别钦格 4Km
- 柯瓦列尔 4Km
- 堤尔尼奥兹 3Km
- 希宾 2Km
- 阿尔马累克 2Km
- 小高加索 2Km

上述钻孔，旨在研究深成矿床（硫化铜镍矿床、铬铁矿、稀土-磷灰石、金刚石-金伯利岩）

- 含矿岩浆系统（Au、Sn、Cu、Mo）
- 含矿陆源沉积（有色金属、Au、Sn、Hg、W）
- 火山成因矿床（Au-Ag、Zn-Cu黄铁矿、Fe）

1979年6月6日

克拉超深钻布置于波罗的海地盾北部，已钻进深度12066m，钻孔样可分为三层结构：

- 上部（6824m）：元古代火山-沉积岩
- 中部（6842--11708m）：太古界片麻岩
- 下部（11708-12066m）：花岗岩化岩石

剖面大部分，从4.5—14.5Km，相当于地震波减速带。

克拉超深钻主要成果：

1、创世界最深钻孔纪录（12262m），且是在结晶岩中。美国一钻孔9583m，钻于沉积盆地中。

2、所获直接有关成分和结构的资料（15亿—31亿年）属于太古-元古剖面，重新编制了别钦格地区早元古-太古的地层剖面，推翻了原来认为的“玄武岩层”埋藏不深的推断，原地球物理推断界线在7Km。

克拉超深钻主要成果：

3、首次研究了“玄武岩层”上的2个重要剖面，早元古古裂谷（0-6840m）、基底-太古代结晶岩（6840-12262m ）。

4、钻探结果与原地层-地球物理推断差异很大，原推断的很多地层界面，实际是构造界面。

克拉超深钻主要成果：

5、在很深部位发现有水致岩石松散现象，出现很厚的空隙度增高和显微裂隙带，从而在深钻地区建立地壳水物理分带模型，以及与深度有关的高矿化度水的成因类型：0-800m重力型；800-4500m化学相关型；4500-9200m重力型；9200m以上化学相关型。

对裂隙的专门研究显示：它的形成与进化变质作用及沿大型整合断裂发生的叠瓦式推覆作用有关，随温度增高，剖面由上至下的变质作用，由脆性变形过渡到塑性变形，出现重结晶矿物和新生矿物的空间定向，以及岩石弹性特征的非均质性。

在孔深6—8Km处，岩石的渗透率较近地表的更高，事实还表明：矿化破碎带、裂隙带以及低温热液蚀变的分布，较早先推断者要深得多。

克拉超深钻主要成果：

6、证实了在很大深度上存在有传统的和新型的矿化，钻孔揭示有实际意义的有：在别钦格组合1541-1808m深处有Cu-Ni矿，在科拉系列-在基性岩中有Fe-Ti矿化，在花岗片麻岩中有含铁石英岩及白云母伟晶岩，在9.5-10.6Km深处有热液金矿化（达6.5g/t）、银、铂等。

查明了在大深度下矿床的形成和分布条件，建立了基于岩石在裂谷变质过程中，水成因地球化学疏松变质热液矿化概念模型。。。

克拉超深钻主要成果：

7、研究了岩石圈深层的热和流体体制，发现随深度增加热梯度逐渐增大，平均在元古代为1.6，太古代为2℃/100m；经查明，放射性成因热在整个热流平衡中所占比重高于50%；在6.5Km深度以上，热流密度基本稳定（63MRT/m^2），而在其下降低为（50MRT/m^2），表明，在深度8—9Km流体向下运动。

克拉超深钻主要成果：

8、岩心分析表明，传统上认为“永恒死亡”地带的地壳深层地质成岩，有着生物过程的积极参与，根据同位素分析可以区分2个CO_2气体来源，原生地幔气和生物成因气。在时代为22—23亿年的下雅图林斯克-库维尔涅林斯克层，发现有十几种微生物印痕，清楚表明发生在我们星球演化的早期阶段的生物过程。

钻孔资料证实了B. U. 维尔纳茨基关于地球上存在有前寒武纪生物圈的思想。

克拉超深钻主要成果：

9、在6Km以上，研究了地下环境的现代水生物化学分带性，确定了层间水含有异生和自生的微生物，包括甲烷成因细菌。

10、完善了传统的、建立了全新的钻探技术手段，等等。。。。。。。。

乌拉尔超深钻主要成果：

1、首次在乌拉尔揭示了塔吉尔坳陷两侧火山成因和火山-沉积建造长达6Km的剖面，确定了剖面地层的连续性，地层产出深度大大超出设计的深度。

2、深部矿化特征：岩石的矿化受制于3种流体古体系的作用：同沉积-成岩体系，岩浆-热液-交代体系、变质热液体系。至3200-3600m深度，金属矿物具有微细分散特点，再向下为细脉-浸染状；在帕夫金系（复理石层）查明有黑色页岩型变质热液Au矿化标志、与闪长岩床相联系的有含Cu-斑岩型矿化，更深处发现有卡班含矿组合，在地表与此相联系的有含Cu-黄铁矿型铜矿。

乌拉尔超深钻主要成果：

3、在2.5Km的更深处，发现有具大气降水性质的弱矿化地下水，表明其强渗透性。

4、所获资料表明，地震界线主要为构造边界的性质。

5、至5000m深处，查明了活跃的甲烷成因细菌。

以上实例表明：超深钻是建立深部成矿理论、研究深部成矿预测模型、实现深部找矿重大突破不可缺少的技术手段和关键技术。

• 我国迄今在江苏东海实施一口大陆科学钻，孔深5Km，主要研究超高压变质带的存在及其拆返机制；

•在大庆油田附近的科学钻探，主要研究白垩纪底层及油气生成机理。

• 近期，在四川汶川地区施工了4口构造深钻，用于研究深部构造和汶川地震机理，但没有一口为研究固体矿产深部成矿与深部地质结构特征而布置的超深钻。

- （2）技术水平对勘查战略、勘查程序和勘查方法产生重大影响。
- “3S"技术，地质、物探、化探及遥感综合信息勘查及地质、资源、经济及环境联合评价等。新技术的发展，还促进勘查新学科的兴起。例如，以地质、物探、化探及遥感综合多元信息为基础，以数学为工具，以计算机为手段的“矿床统计预测”新学科已日趋成熟和完善。

- （3）新技术的发展使一些经济因素发生改变，而影响到矿床的勘查评价
- 新技术的发展不仅提高了勘查效率，而且也带来了巨大的经济效益，这包括矿床采、选、冶技术的提高，开采技术的发展，使得许多矿山经营参数发生改变，从而影响到矿床的经济评价。从某种意义上说，技术又是经济的基础，经济因素是在一定的技术水平条件下发挥作用的。

（二）对立统一与优化准则

矿产勘查的主要矛盾是勘查范围的有限性和矿床产出空间的局限性及矿床特征的变化性。显然，在三维空间的勘查程度越高，发现矿床的概率越大。但勘查程度越高，勘查成本越高，勘查周期也越长。因此必需寻找一个合理的“度”，这个“度”就是一系列矛盾对立的统一点，也就是寻找一种优化准则。

- 最优地质效果与经济效果的统一
- 最高精度要求与最大可靠程度的统一
- 模型类比与因地制宜的统一
- 随机抽样与重点观测的统一
- 全面勘查与循序渐进的统一

- 1）最优地质效果与经济效果的统一

这是一切地质勘查工作所应遵循或追求的最基本的最优化准则。它包含的概念是：地质勘探工作必需以获取最佳地质效果为目的，但同时，又必需以达到最好经济效果为前提。这两者的统一在不同的地质勘查阶段有不同的内容。

- 2） 最高精度要求与最大可靠程度的统一

由于地质事件及其结果具有随机性，所以地质勘查结果具有不确定性，由于地质体的变化性及勘查观测的局限性，所以获取的观测结果必然有误差。当然，必须要求地质勘探工作的结果尽可能地正确，尽可能地减少误差或尽可能地缩小不确定的范围。通常，对一项工作所允许的误差范围大小(或所能达到的最小误差范围)称为工作精度。工作精度要求越高，也即允许误差范围越小。

• 3）模型类比与因地制宜的统一

模型类比或相似类比理论是矿床预测的基础，它要求我们详细了解和大量占有国内外已知各类矿床的成矿条件、矿床特征和找矿标志。应用相似类比进行矿床和矿产资源量估计所依据的基本理论是：相似地质环境下，应该有相似的成矿系列和矿床产出；相同的(足够大)地区范围内应该有相似的矿产资源量。根据这一理论，建立矿床模型以指导矿床预测就成为首要工作。这也是进行地质类比的基本工具。

- 4）随机抽样与重点观测的统一

所谓“抽样”，不是单指采样的工作，而是泛指各种观测。为了保证对地质客体观测的正确性，首要是切忌主观任意性，避免人为选择性。例如取样点专门布置在矿化富集部位就会人为地夸大矿石的质量；反之亦然。为了保证观测正确客观，通常采用均匀布置观测点的办法。

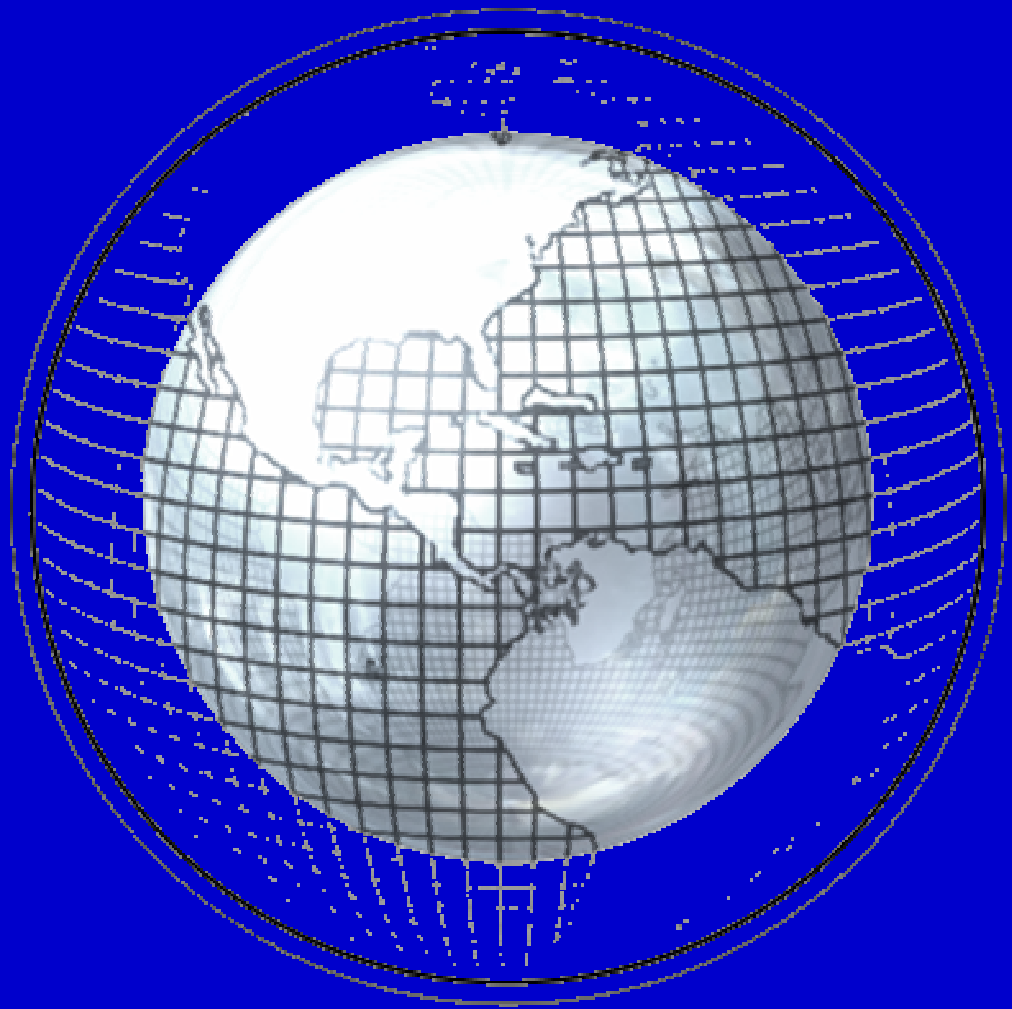
• 5）全面勘查与循序渐进的统一

•全面勘查或调查完满与循序渐进的统一，是决定地质勘查工作能够达到地质效果和经济效果统一的基础，因而它是决定地质勘查全过程的最优化准则之一。

➢首先，“全面勘查”、“全面研究”是分层次和分阶段的，在不同的地质勘查阶段，有不同的任务和要求。我们显然不应脱离各阶段的特有要求，而抽象地追求“完满”和“全面”。全面勘查的含义首先是必需查明整个矿化空间，在勘探时就要以某种与勘查阶段相适应的精度查明矿床所占据的整个空间。决不应只在矿床的某局部地段进行详细勘探而对整个矿床的全貌缺乏了解。

➢其次，如对矿床地质构造条件、矿石物质成分、矿床技术经济条件等方面的研究也应该按全面勘查与循序渐进统一的最优化准则进行。

五、危机矿山可接替资源勘查评价



（一）危机矿山可接替资源预测评价的若干思想方法

1 动态的资源观

•矿产资源是一个历史性的、动态的概念，泛指地球上一切可供人类利用的天然岩矿物质。矿与非矿、表内矿与表外矿、金属矿与非金属矿、有矿与无矿、有利组分与有害组分等，都在人类的认识与实践过程中动态发展。随着认识水平的提高、科学技术的进步、经济状况的改善，无用变为有用、非矿成为矿，这是矿产资源开发利用的客观发展规律。

•因此，危机矿山可接替资源的预测评价研究，需要树立科学的资源观，积极开拓新类型矿产资源的找矿思路。

2 求异的思维

•在以往的研究工作中，找矿预测研究的基本思路是：“相似类比”，即通过对已知矿床成矿地质背景与矿床地质特征的分析，总结矿床的成矿与找矿模式，进而在其它具有相似地质条件的部位寻找此类矿床。

•然而，对危机矿山而言，由于历经多年的探采矿生产实践，可提供再找矿的、可“相似类比”的、直接的和显性的找矿标志与找矿目标日益减少。“求异”思维不但有助于对已知矿床成矿规律的深化认识，而且“求异”是发现不同特征、不同成因矿床乃至新类型矿产资源的根本，因此，“求异”思维在当今危机矿山的找矿预测中更具重要的现实意义。

3 系统的观念

大多数生产矿山由于历史原因，受认识水平以及当时的矿业体制的限制，对成矿系统的复杂性和成矿多样性认识不够，资源勘查评价与矿山建设过程中，缺乏对不同矿床类型的关联性和不同矿产种类的匹配性认识，也即缺乏资源评价与矿业开发中的整体与系统观念。矿产预测评价的整体观、系统观，要求局部与区域预测评价相结合、浅部评价与深部预测相结合、优势资源与非优势资源评价相结合。

4 超前的意识

•危机矿山涉及面很广，原因很多，但是并非所有矿山危急或关闭都是由资源的真正枯竭所造成的，而是由后备资源勘查工作的严重滞后所造成的，并且，既有认识水平、科学技术和经济基础的原因，也有思想意识和政策制度方面的原因。

•矿产预测评价的超前意识要求：后备资源勘查工作不能局限于现行的危机矿山，也包括那些具有潜在资源危急矿山；可接替资源预测评价不仅仅是天然矿床，也包括那些“人工矿床”，需要资源-经济-环境可持续发展观念和综合评价理论的科学指导。

（二）危机矿山可接替资源预测评价主要目标

•危机矿山可接替资源预测评价的主要目标或研究对象，可概述为两大类：一是与矿山已知矿床类型相同或相似的矿床（体）；二是新的矿产种类和矿床类型。

•从预测评价的战略目标与研究方向分析，又可分如下三类：

1、矿下找矿：危机矿山已知矿床的深部找矿，开拓深部“第二找矿空间”。

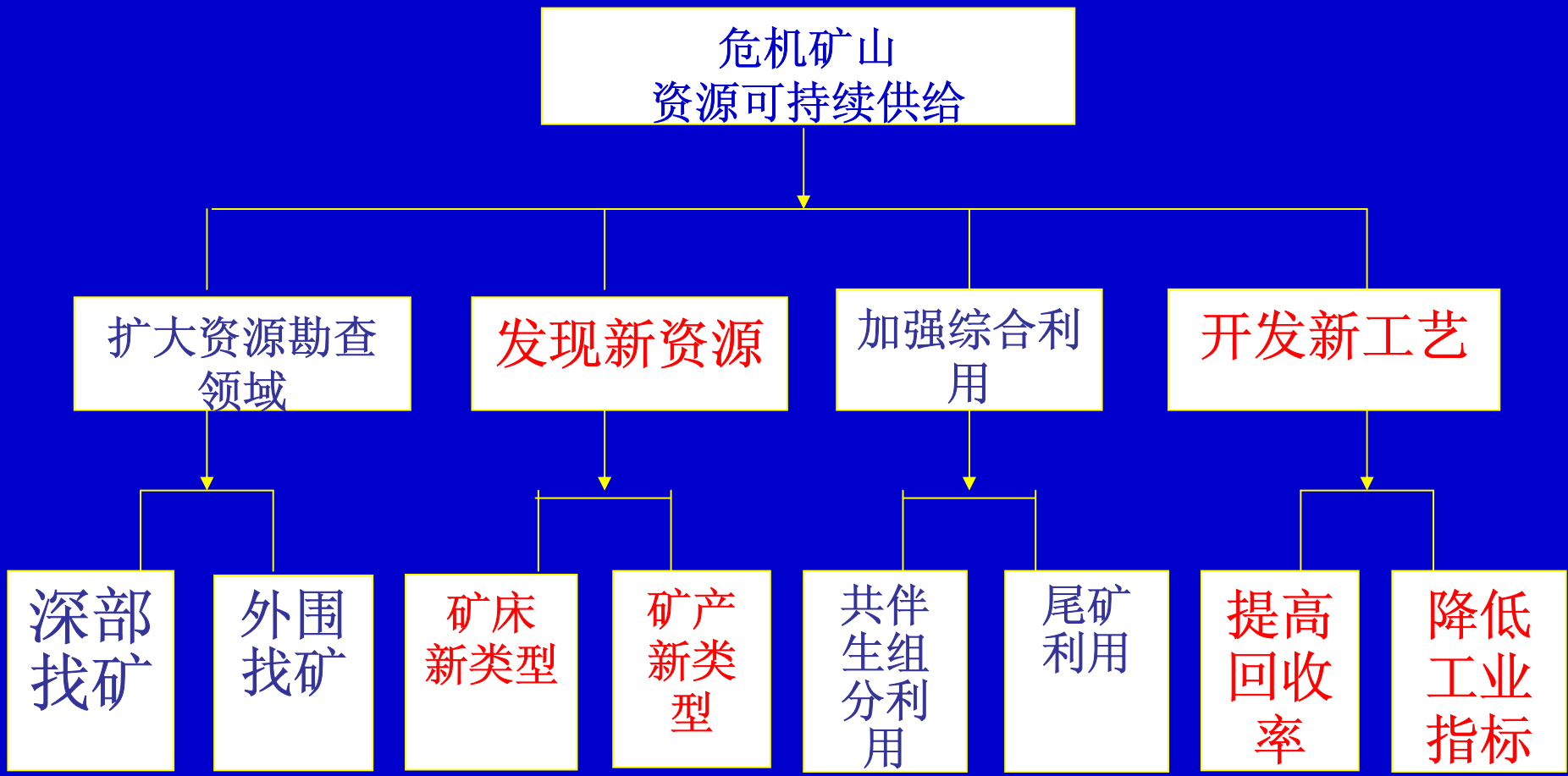
2、矿外找矿：危机矿山外围找矿，尤其是新类型矿床和新类型矿产的预测评价。

3、矿中找矿：危机矿山矿中找矿的主要目标是已知矿床中未综合勘查评价与未综合利用的共伴生矿产、传统矿产资源观中的“非矿”类（表外矿或低品位矿化岩石）和尾矿资源。

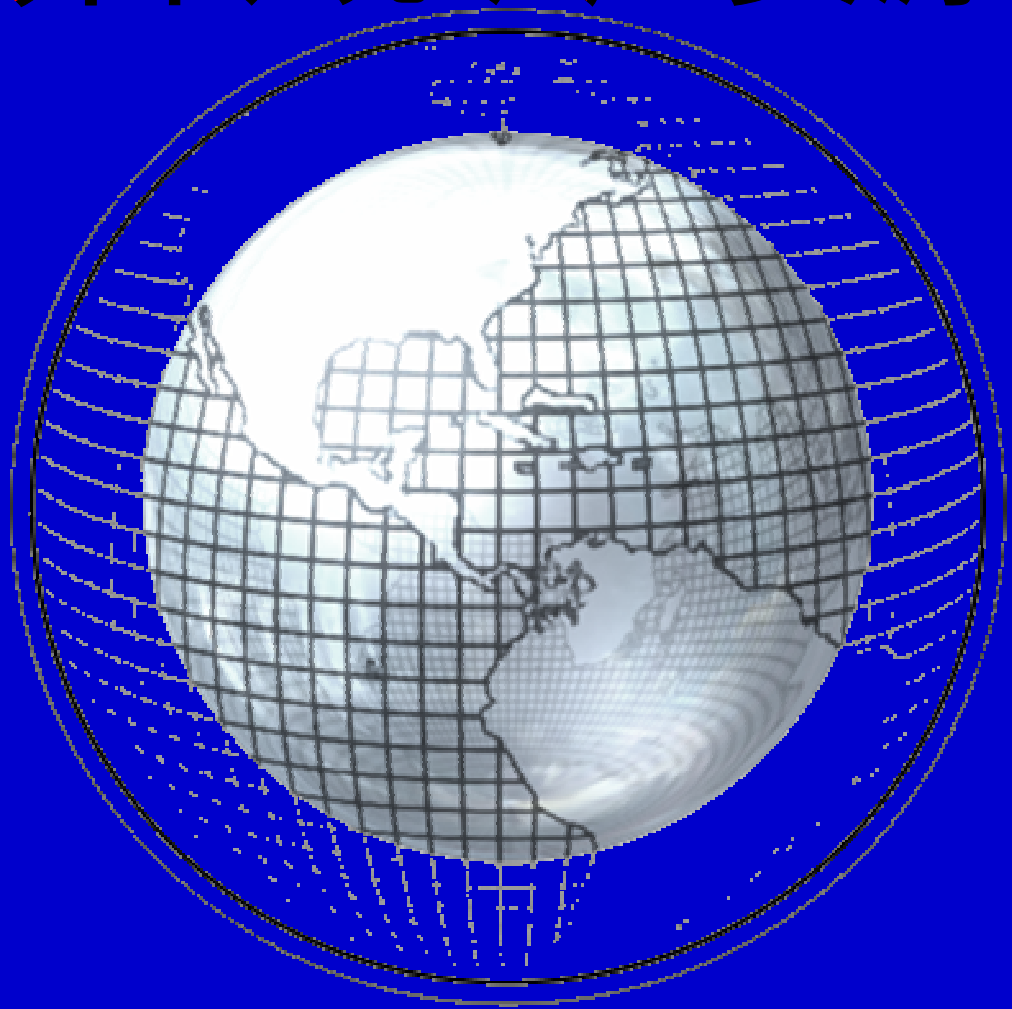
（三）危机矿山资源可持续供给的技术途径

- 危机矿山可接替资源预测评价，要树立开源与节流并举的基本原则，不但需要以科学的资源观、求异的思维、系统的观念和超前的意识为指导，而且必须重视新理论、新技术、新方法的联合攻关。
- 危机矿山资源可持续供给的技术途径也包括开源与节流两大方面（图）。

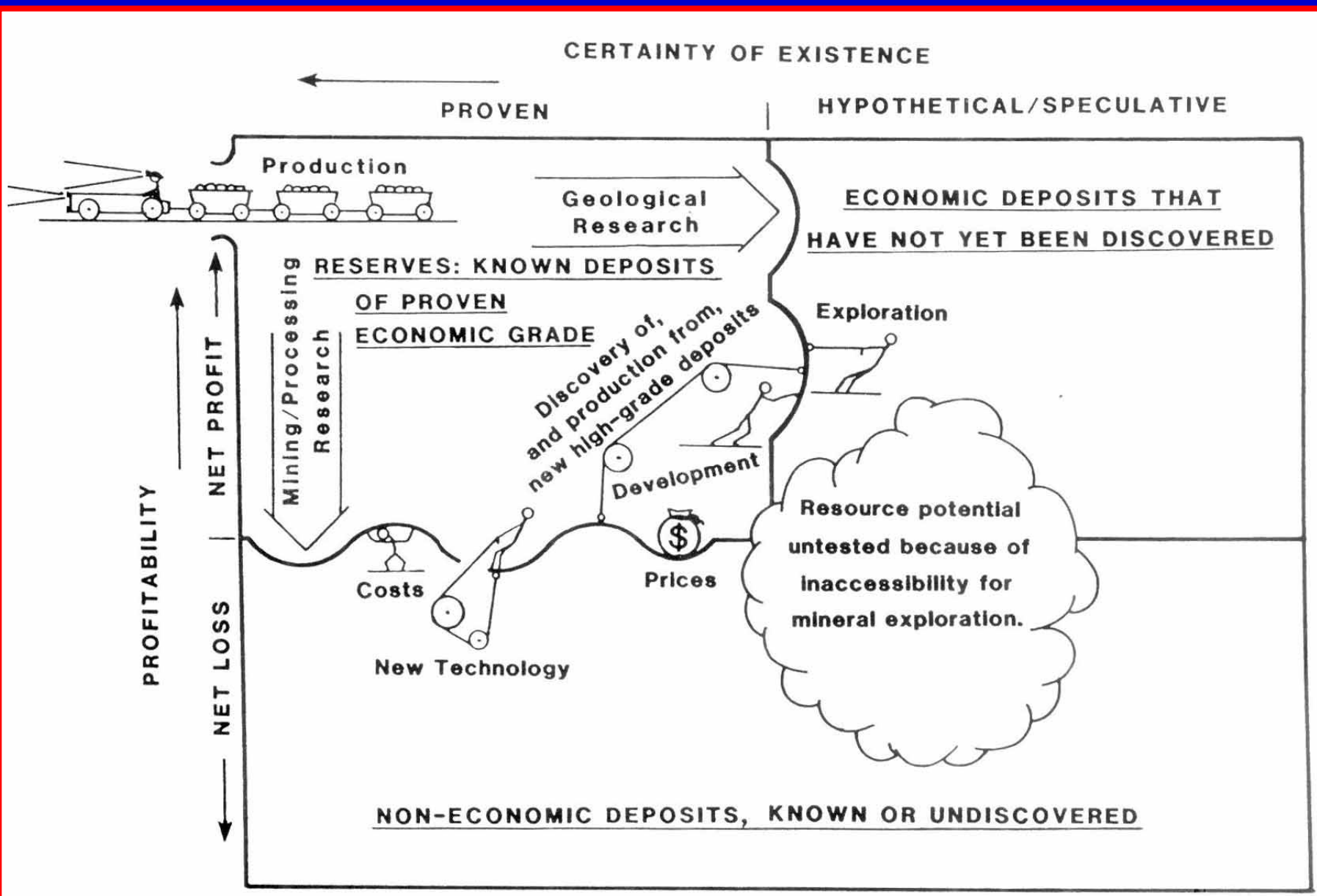
资源可持续供给的技术途径



六、非传统矿产资源研究



非传统矿产资源（**Nontraditional mineral resources**）是指受目前经济、技术以及环境因素的限制，尚难发现和尚难工业利用的矿产资源，以及尚未被看作矿产和尚未发现其用途的潜在矿产资源。


CERTAINTY OF EXISTENCE
PROVEN
HYPOTHETICAL/SPECULATIVE
Production
Geological Research
ECONOMIC DEPOSITS THAT HAVE NOT YET BEEN DISCOVERED
RESERVES: KNOWN DEPOSITS OF PROVEN ECONOMIC GRADE
Mining/Processing Research
Discovery of, and production from, new high-grade deposits
Exploration
Development
Resource potential untested because of inaccessibility for mineral exploration.
Costs
Prices
New Technology
NET PROFIT
NET LOSS
PROFITABILITY
NON-ECONOMIC DEPOSITS, KNOWN OR UNDISCOVERED

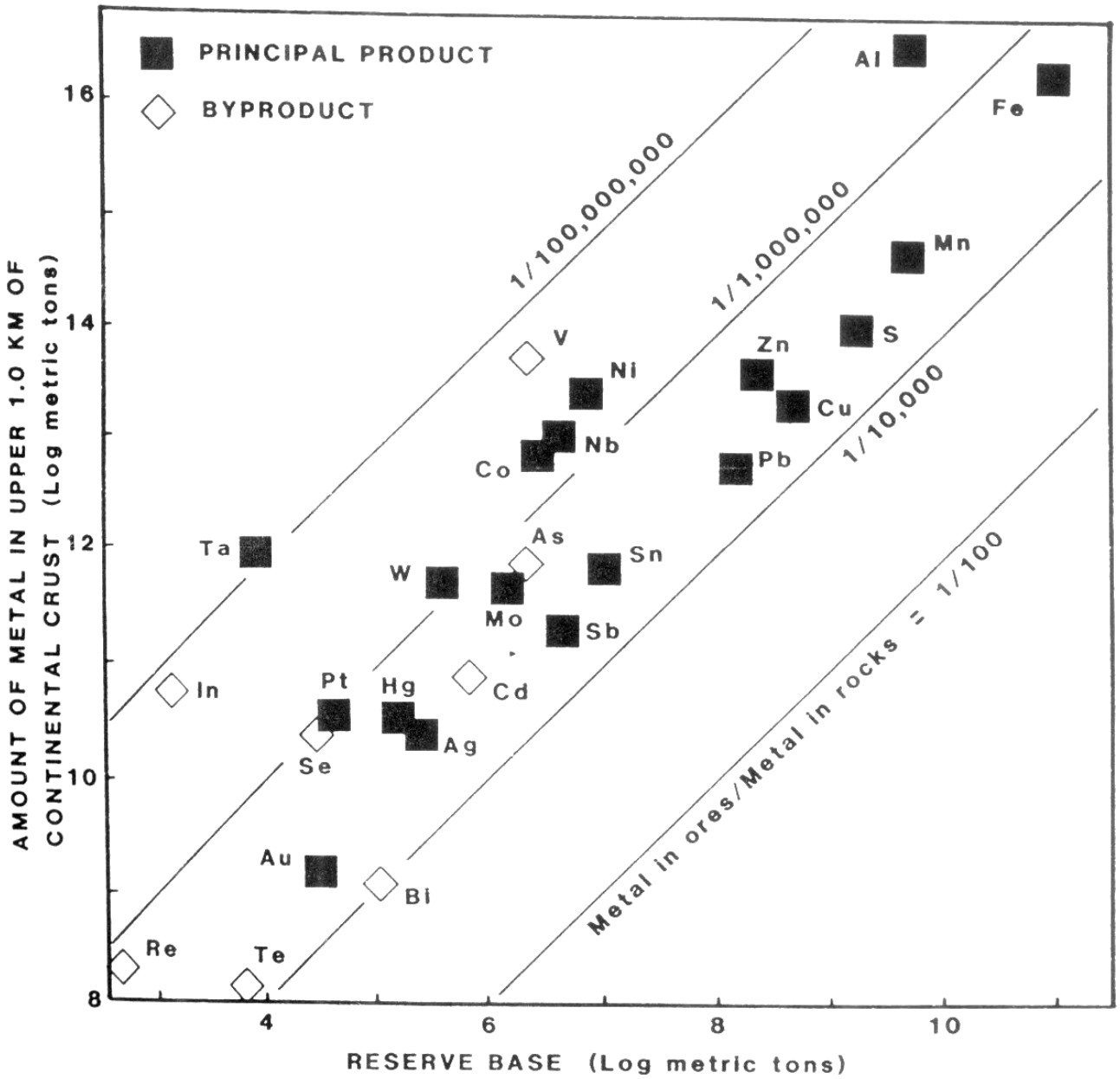


FIG. 2. Comparison of the amounts of metals in known economic (or near economic) deposits with the amounts of metals in the upper kilometer of Continental Crust. Modified from McKelvey (1960). The reserve-base data are from the US Bureau of Mines (1980). The concentrations in the crust are from various sources including Erickson (1973) and Parker (1967).

研究领域

非传统矿产

非传统矿产
勘查理论与方法

非传统矿业

非传统矿业经济

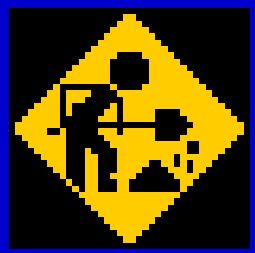
非传统矿产资源
研究体系

（一）非传统矿产资源

- 包括：各种新类型、新领域、新深度、新工艺、新用途的矿产资源。
- 非传统矿产资源是一个动态的概念，随着技术、经济、环境、市场及需求的变化，非传统矿产资源可以转化为传统矿产资源。

非传统--传统矿产资源

非传统
矿产资源





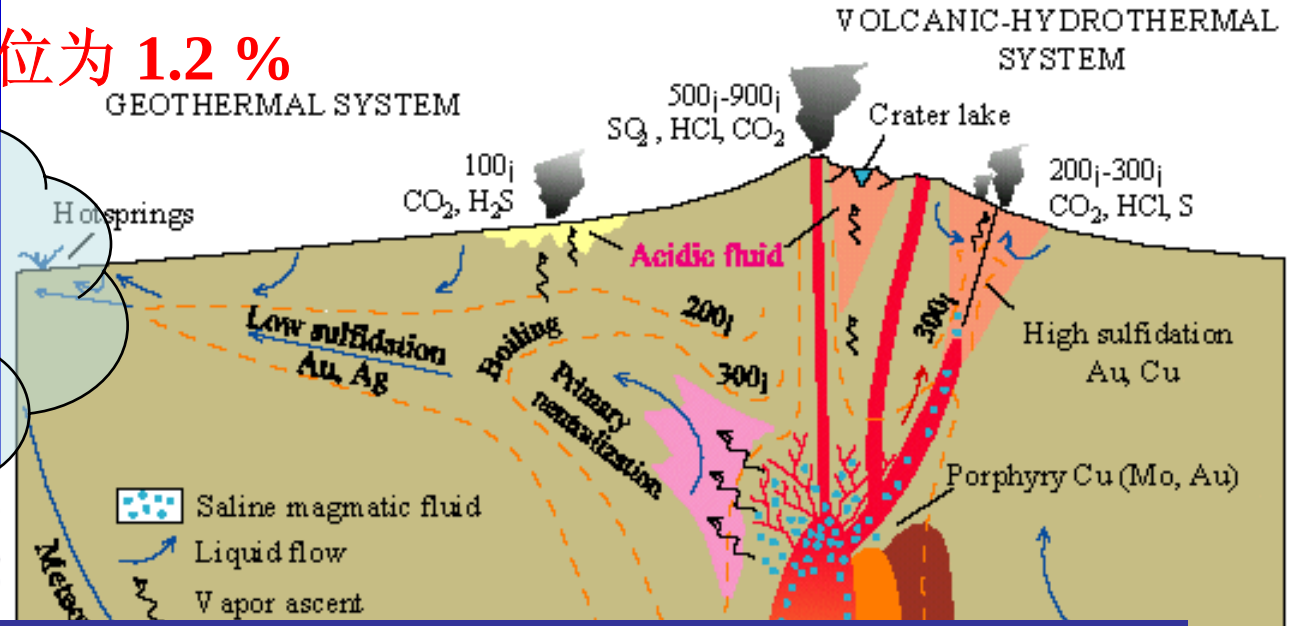
传 统
矿产资源

非传统矿产资源----典型实例

- 斑岩铜矿：在1917年报道，当时钻探出来的铜品位达1.2%的斑岩铜矿原生带矿石，因矿石品位太低不能开发利用而被称为“胚胎矿”。这一昔日的非传统矿产，已成今日的“当家”铜矿类型，“斑岩型铜矿”是现今世界上最重要的铜矿工业类型，占铜矿总储量的60%、产量的50%。这是非传统矿产转化为传统矿产资源的典型实例。

1917年报道当时铜品位为 1.2 %

斑岩铜矿？
“胚胎矿”



昔日典型的非传统矿床
成为当今的支柱型传统矿床！

当今斑岩铜矿占铜总储量 60 %
产量 50 %

非传统矿产资源分类

据 刘劲鸿

表 1. 非传统矿产资源分类 （据刘劲鸿，1999）

类	亚 类
1．难选矿石	1-1． 难选金矿石 1-2． 难选钴矿石 1-3． 难选非金属矿石 1-4． 其他难选矿石
2．尾矿巨型资源（人工矿产资源）	2-1． 选矿尾矿 2-2． 冶炼废渣 2-3． 采矿废渣 2-4． 煤渣、粉煤灰、煤矸石 2-5． 工业废水 2-6． 垃圾
3．极地矿产资源	Fe、Cu、Pb、Zn、Au …… 传统矿床类型，但目前难发现、难利用的资源
4．海洋矿产资源	4-1． 热卤水 4-2． 锰铁结核 4-3． 海底石油 4-4． 富 Co 结壳 4-5． 甲烷水合物 4-6． Li 资源 4-7． 海水淡化 4-8． 其他
5．传统矿产非常规（特殊或新）类型	5-1． 碱性岩中 Au 等矿产 5-2． 煤层中贵金属、金属矿产 5-3． 黑色页岩中贵金属 Au、Pt、Pd、Co 5-4． 氧化类（铁帽、红土、风化壳）中金属矿产 5-5． 石油（稠油）中金属矿产 5-6． 硅质岩（喷流岩）中金属矿产
6．宝玉石矿产资源（砚石、观赏石）	6-1．宝石 6-2．玉石 6-3．观赏石（至今教科书无此类矿床的章节）
7．药用矿物、岩石资源	7-1． 药用矿物 7-2． 药用岩石
8．功能矿物新材料	人工合成或新发现的有光、电、磁、声、热特殊性能矿物原料

表2．非传统矿产资源举例

表 2.　　非传统矿产资源举例　　（据 P. Laznicka, 1999,　部分内容省略）

金 属 来 源	地　　区	金 属 物 质 分 布	品　　位	浓度克拉克值	储量资源量	吨位富集系数
海水中回收的 Mg	世界大洋	溶于海水中的 $MgCl_2$ 中的 Mg	0.13 % Mg	6.6×10^{1}	N $\times10^{13}$	N $\times10^{14}$
干盐湖盐水中回收的 Li	智　利 Salar de Atacama	Li 溶解于盐水中，填隙于盐原子之中	0.14 % Li	7.8×10^{1}	1.35×10^{6}	7.5×10^{10}
干盐湖盐水中回收的 W, As	美国加洲 Searles 湖	W 溶解于盐水中	32 ppm W	W:3.2×10^{1}	6.8×10^{4}	6.8×10^{10}
			100 ppm As	As:5.9×10^{1}	2.1×10^{5}	3.5×10^{11}
石油中回收 V	委内瑞拉及其他国家	V 存在于碳氢化物中，集中于灰分	100 – 464 ppm	1 – 4.64	9.0×10^{3}	9.0×10^{7}
天然气中回收 Hg	荷兰 Groningen 气田，前东德	Hg 蒸汽存在于油储气中	2 mg Hg / M^3	2.0×10^{2}	3.0×10^{3}	$7-5\times10^{10}$
从油砂中回收 V	阿尔伯特 Athabasca 油砂区	分散的 V > Ni 存在于白垩纪砂岩的沥青基质中	240 ppm V	2.4	3.0×10^{6}	3.0×10^{10}
油页岩加工副产品的 Al	科罗拉多 Piceance 盆地	Al 存在于页岩内自生碳钠铝石及诺三水铝石中	2.15 % Al	3.7×10^{1}	3.7×10^{9}	3.9×10^{10}

表2．非传统矿产资源举例

（据P．Laznicka，1999，　部分内容省略）

（续表 2）

金 属 来 源	地　　区	金 属 物 质 分 布	品　　位	浓度克拉克值	储量资源量	吨位富集系数
从煤燃烧残渣中回收 Ge	英国石炭纪煤及其他地区	痕量 Ge 分散到烟尘及灰分中，最高可达 2 %	平均 7 ppm Ge	5.0	2.0×10^{5}	1.4×10^{11}
磷块岩加工副产品的 U	佛罗里达磷矿省，中新世-上新世	痕量 U 在氟磷灰石中并富集于 Al 磷灰石内	平均 85 ppm U	5.7×10^{1}	1.5×10^{6}	9.0×10^{11}
从铝土矿残渣中回收 Ga	罗加铝土矿省，其他地区	Ga 累积于选矿残留的红泥中	平均 50 ppm Ga	3.33	1.0×10^{4}	6.8×10^{8}
从低品位石英砂中回收 Ti，Zr	昆士兰北 Stradbraoka 岛沙丘	在重矿物组中钛铁矿 > 金红石，锆英石：1.5-2 %，边界品位：0.75 %	0.5 % Ti 0.18 % Zr	1.25 Ti 9.00 Zr	4.8×10^{6} 4.6×10^{5}	1.2×10^{9} 2.3×10^{9}
白垩纪页岩结核中的 Mn	南达科它钱伯林地区面积 240 km×180 m	成岩结核含 Mn 15.5 %，占 13 m 页岩段的 5.5 %	0.85 % Mn	1.2×10^{1}	1.1×10^{7}	1.5×10^{10}

1. 非传统矿产资源----新类型

- 在新类型方面，如：红土型金矿、黑色页岩中的铂族矿产、超高压变质带中的金刚石等，都是当今非传统矿产新类型的典例。

实例 非传统矿产资源---- Pt-Pd

据Andy Wilde等（澳大利亚，墨尔本，蒙纳代大学地学院，预测找矿合作研究中心）：

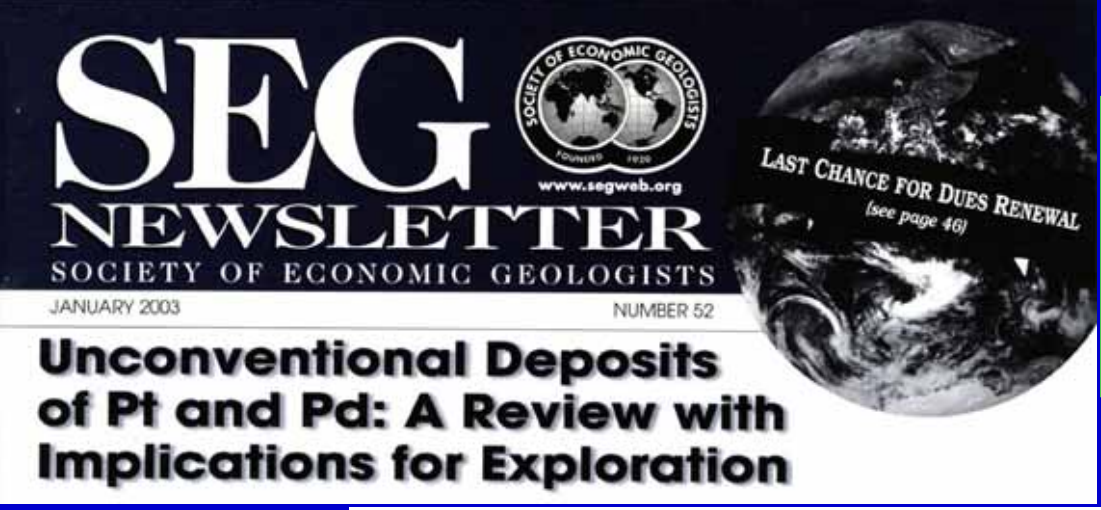
Pt-Pd非传统来源（非岩浆来源）潜力评价---Pt-Pd富集至经济品位的几种环境

1、克拉通间裂谷带，由于地表蒸发产生氧化热卤水或由岩盐溶解产生热卤水，向深处渗流经过主要呈氧化的岩石，Pt-Pd与U、Cu、少量Au在一起。

实例 非传统矿产资源---- Pt-Pd

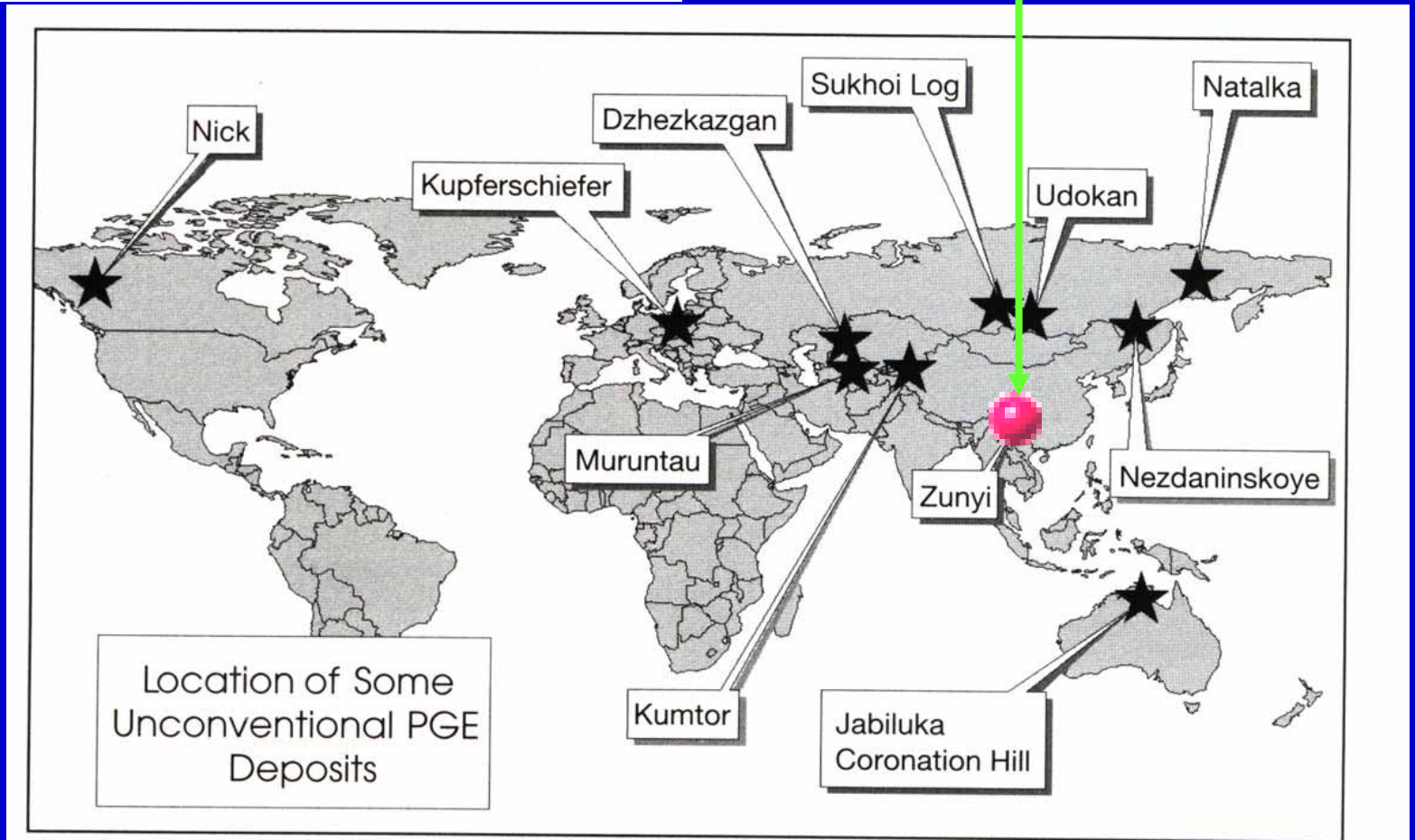
2、被动大陆边缘序列，主要是富碳质的变质沉积岩中，其中Pt-Pd与Au或Ni、Mo一起。在此环境下，热液可能被还原产生S以运输PGE（以二硫化物络合物从含黄铁矿和富碳围岩中分离出来）

3、在地表环境下，低盐度的氧化水，包含着大气氧作用于富Pt-Pd的源岩之上，如超基性岩蛇绿岩，在已知矿床，Pt、Pd成为Au、Cu、Ni、Mo或U的潜在副产品。



我国遵义地区黑色岩系中的PGE矿化

非传统PGE矿化分布



2. 非传统矿产资源----新领域

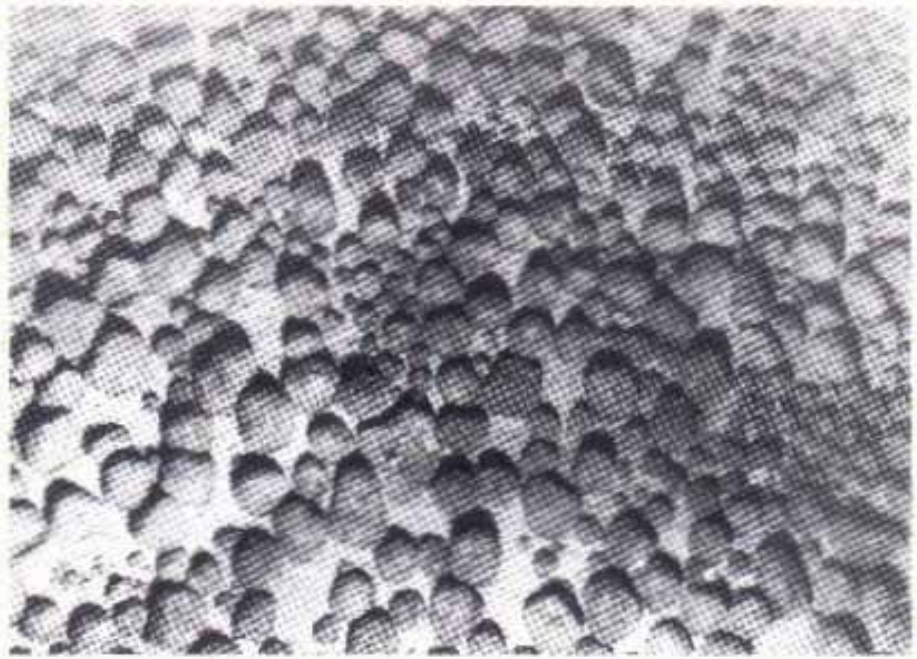
- 在新领域方面，如：深海铁锰结核、深海金属软泥、深海钴结壳以及天然气水合物等资源潜力巨大。

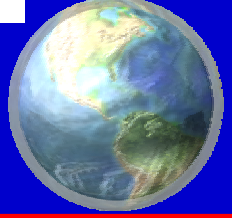


实例

海洋矿产资源

------未来矿产资源的新领域



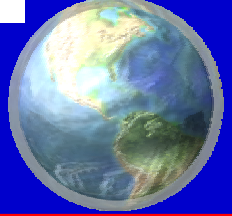


海洋矿产资源--未来矿产资源的新领域

海洋矿产资源的潜力巨大：

•油气。美国1/6以上，世界1/4以上石油产量来自海洋大陆架。此外，大陆斜坡等海水更深部位也有油气，目前开采成本较高。

•天然气水合物。未来海底新能源，是天然气（含甲烷等气体**96.5%**）与水(水分子**3.5%**)的类冰固态简单化合物。**1m^3**天然气水合物**=164m^3**甲烷。估算资源量可达**2×10^{16}m^3**，相当于**2×10^5**亿吨油当量。



海洋矿产资源--未来矿产资源的新领域

•锰结核。含Mn25%，Fe15%，Ni2%，Cu2%以及Co等。

•富钴结壳。2003年对近10座海山重点进行了加密调查，在尖顶海山发现了品位高、厚度大、分布浅的富钴结壳。

•金属软泥及沉积物。红海沉积物含Cu>1%，Zn>3%；其它，Ag，Au及Pb等（1983年估计价值25亿美圆）。

•其它。如Mg，世界产量约2/3来自海水；此外，NaCl，P，Au，Ti，金刚石等。

3. 非传统矿产资源----新深度

- 在新深度方面，据报导，南非兰德金矿盆地一采金竖井将加深至**4117**米，这将是世界最深的矿井，要开发的新矿层是世界级的矿体。在我国，埋深大于**500**米的矿床被称为大深度矿床，目前还很少勘查和评价。

4. 非传统矿产资源----新工艺

- 在新工艺方面，如微生物浸矿工艺、天然纳米矿物开发利用技术等都有巨大的发展潜力，并将使那些低品位、难选冶、低价值的“呆滞型”非传统矿产资源潜力予以充分体现。

- 我国已成功地进行了铀矿原地破碎堆浸开采，用堆浸法生产天然铀和常规水冶生产天然铀相比，生产成本有了大幅度降低，而原地浸出技术的应用，在降低成本方面又有了新的突破。

实例1

新型潜在钾资源

钾长石类难溶性钾资源利用

- 农业部对 N ： P ： K 要求1 ： 0.45 ： 0.20
- 进口钾后，比例为1 ： 0.4 ： 0.007
- 我国自产钾盐仅能满足需求的 7 %
  - 1992　进口220.3万吨　耗资 4.02 亿美元
  - 1994　进口260.0万吨　耗资 5　亿美元
  - 1997　计划进口762万吨　预计10.67 亿美元
- 我国钾长石类资源十分丰富，资源量达数十亿吨，K_2O含量 7 - 13 %。

实例2

新型潜在磷资源

中低及低品位磷矿石的利用

- 我国磷矿品位P_2O_5 >28%　　占 10 %
- 中品位矿石24 - 28 %　　占 15 %
- 中低品位矿石20 - 24 %　　占 25 %
- 低品位矿石 < 20 %　　占 50 %
- 目前，我国占储量 75 % 的中低及低品位磷矿未利用，它们可能是21世纪重要的磷资源。

5. 非传统矿产资源----新用途

- 不断深入研究和发掘天然岩矿材料的新用途，是不断开拓新型矿产资源的必要途径，也是满足新兴产业对矿产资源的新要求所不可缺少。
- 稀土矿产新用途层出不穷 。
- 环保事业的发展和灾害防治要求的提高为许多非金属矿产开辟了应用的新领域。
- 利用非金属矿物原料制造农药、肥料、土壤改良剂、丰产剂、保水剂 、蓄水剂 、污水处理剂、生物保健剂、营养剂等等的潜力是很大的。

实例 非传统矿产资源----新用途

电气石：

长期以来，电气石矿主要用于研磨材料和宝玉石（碧玺）的加工原料。

自1989年日本学者Kubo首次发现电气石存在自发电极，电气石微粒周围存在静电场以来，各国科学家对电气石微粒的电场效应展开了一系列的应用研究，掀起了电气石在环境、人体保健领域的研究新热潮（吴瑞华等2001；杨合群等，2004），目前，已形成电气石相关专利2000多条。

- 根据电气石的自发电极效应和静电效应，电气石被用于吸附水中的重金属离子、装饰涂料和海洋防腐涂料、水的电解、带电微粒的吸附及电磁屏蔽等（张开永等，2004）。

- 近期研究还发现，在室温条件下，电气石能够发射峰值波长为9.5微米的红外线（杨如增等，2002）是天然的红外辐射材料，根据这一特性，电气石被用于制造具有保健功能的纺织品、陶瓷产品和节能产品等。

- 此外，电气石还广泛用于电子机械、橡塑化工、化装美容等领域，作为新型环保材料，电气石的开发利用正越来越受到重视。

6、非传统矿产资源----人工矿床

- 近年来人们正在探索开发利用过去采矿和选矿废弃的废石堆和尾矿坝，这类“人工矿床”的二次开发，对延长矿山寿命、提高经济效益和保护环境等，从某种意义上讲，比建设一座新矿山的经济与社会效益更为重大。

7、非传统油气资源

- 非传统（非常规）油气资源：系指目前技术经济条件下，无法采用常规方法进行勘探开发的那部分油气资源。主要包括：煤层甲烷、根缘气（致密砂岩天然气）、水溶气、甲烷水合物、页（泥）岩气、重油沥青和油页岩。

实例

1990年代中期美国非常规天然气总产量

根缘气（致密砂岩气藏）		煤层甲烷气		页岩气	
累计产量（亿m^3）	所占百分比（%）	累计产量（亿m^3）	所占百分比（%）	累计产量（亿m^3）	所占百分比（%）
358	73.10	103	21.10	28	5.78

（数据摘自Tadashi Asakawa，1995）

实例 美国含气页岩主要特征

盆地	阿巴拉契亚	密执安	伊利诺斯	富特沃斯	圣胡安
页岩名称	Ohio	Antrim	New Albany	Barnett	Lewis
埋藏深度(m)	610-1524	183-730	183-1494	1981-2591	914-1829
TOC(%)	0-4.7	0.3-24	1-25	4.5	0.45-2.5
Ro(%)	0.4-1.3	0.4-0.6	0.4-1.0	1.0-1.3	1.6-1.88
含气孔隙度(%)/总孔隙度(%)	2/4.7	4/9	5/(10-14)	2.5/(4-5)	(1-35)/(3-5.5)
吸附气含量(%)	50	70	40-60	20	60-85
单井日产量(m^3)	850-14159	1133-14159	283-1416	2832-28317	2832-5663
采收率(%)	10-20	20-60	10-20	8-15	5-15
单井储量(万方)	425-1699	566-3398	425-1699	1416-4248	1699-5663

（据Curtis，2002）

（二）矿产勘查的非传统理论与方法

- 为确保矿产资源的可持续供给，特别是面对难识别、难发现、难勘探、难开发的找矿对象，积极探索矿产资源勘查的非传统理论和方法具有重要意义。

矿产勘查评价新理论----实例

- 传统：以“相似类比”为基础的“矿床模型预测”理论。
- 非传统：以“求异”为基础的“地质异常成矿预测理论与方法”、“非线性成矿预测理论与方法”等。

矿产勘查新技术新方法----实例

- 近些年来，大深度、高分辨的地球物理探测技术迅猛发展，在深部隐伏矿找矿预测中发挥重要作用。
- 如：地球气深穿透理论与地气测量技术等。

深层次成矿信息提取及高精度预测模型建立。

矿产勘查新技术新方法----实例

- **20 世纪 80 年代后期发展起来的地气法（Geo-gas prospecting）**，是一种有别于传统气体地球化学方法的深部隐伏矿找矿新方法，该方法是捕集并测定地下上升气流中痕量金属和非金属元素来揭示地下深部矿产资源体的信息。国内外已有研究成果表明（*童纯菡等，1996、1999*）：地气测量可以探测埋深**300-400m**以下的金属矿和埋深**4000m**以下的含油气环型构造，地气异常所反映的是深部矿化信息，而与地表土壤元素异常分布截然不同。

（三）非传统矿业

21世纪，矿业面临重大变革：

- 矿业的国际性与全球性
- 矿业的市场竞争性
- 矿业的高新技术性
- 矿业的高效性
- 矿业的综合服务性
- 矿业的环保性

（四）非传统矿业经济

- “矿业事事都关系到矿业经济”。矿业经济是度量矿业发展的基础。正是矿业经济学确定了什么是矿石，决定建什么样的矿山、选矿厂或冶炼厂。矿业经济贯穿矿业的各个方面。因此，非传统矿业经济所面临的是：两种资源（国际、国内）与两个市场(国际、国内)的经济选择，战略资源与国家安全的政治考虑，资源开发与生态环境保护的可持续发展战略。
- 实行：资源—环境—技术—经济联合评价。

•矿产资源短缺是当今世界各国所面临的紧迫问题，非传统矿产资源研究倍受各国重视！



（美国）非传统矿产资源研究

- 早在20世纪60年代，石油和天然气领域就注意到了*非传统能源和非传统勘查方法的研究*(Heroy-W-B, ed., 1969)。
- 70年代后期，美国地质调查局和能源部就开始联合进行*非传统能源资源的前期研究*。
- 经过20年的工作后于1997年提出，美国的未来能源，尤其是天然气，将主要由目前认为非传统的低渗透率储藏类型提供。并强调：尽管它们并非全新的，但人类对它们的有限了解程度根本不可能使其成为美国未来能源的重要构成部分，因此*建议加快开展相关的基础和应用研究*。

（美国）非传统矿产资源研究

- 1982年美国经济地质学家协会召开“*非常规矿床*”学术讨论会；
- 1987年美国地调局在俄勒冈州召开“*非常规矿床找矿*”研讨会；
- 1989年第28届国际地质大会上，美国学者R. I. 格劳奇发表“*早中元古代不整合：非传统铂族元素及贵金属的来源*”；
- 1991年美国地调局公报形式发表“*黑色页岩中非传统铂族元素资源前景：中国华南与加拿大育空地区实例及对美国资源的启示*”；
- 目前，美国矿业局在俄勒冈州阿尔尼市*建立了规模可观的研究院，专*门研究目前经济上尚不具备工业价值、尚不能开采或利用的矿床和矿石类型，为的是一旦传统矿产资源枯竭，即可能有新类型资源接替。

（美国）非传统矿产资源研究

美国矿产资源调查计划（1998）明确写到“*还有许多另外的、迄今尚未被识别的矿床类型*”。“*发展新的和非传统矿床成因理论*，用以查明新的特别是非传统矿床的远景区，以及通过新矿床理论对区域研究和检验来查明新的矿床远景区”。

（俄罗斯）非传统矿产资源研究

- 在非金属方面：“*非传统镁硅酸盐陶瓷原料矿床的成因分类*”（罗曼诺维奇,1991）；“*粗片状石墨：吉尔吉斯天山的非传统矿物原料*”（金属矿床地质，1992）；“*砂矿非传统找矿方法*”（舒尔科夫等，1993）。
- 有色及贵金属方面：“*中西伯利亚非传统铂矿化*”（少佐诺夫等，1997）；“*有色及稀有金属非传统类型：潜力及发现前景*”（科奇涅夫等，1999）；“*低品位和非传统矿物原料开发前景*”（拉特金等，1997）。
- 近年来，发现*黑色页岩中的Au-Pt-硫化物-碲化物-滑石菱镁片岩建造*（干谷矿床）及*Au-Pt族-石英-硫化物黄铁细晶岩建造*（伊罗京达矿床）等非传统大型金铂矿床已引起广泛重视。

（俄罗斯）非传统矿产资源研究

- 俄罗斯自然资源部下属的“有色及贵金属地质勘查研究所”其研究领域包括：*金刚石、贵金属及有色金属非传统资源。*
- 近年来，发现*黑色页岩中的Au-Pt-硫化物-碲化物-滑石菱镁片岩建造*（干谷矿床）及*Au-Pt族-石英-硫化物黄铁细晶岩建造*（伊罗京达矿床）等非传统大型金铂矿床已引起广泛重视。

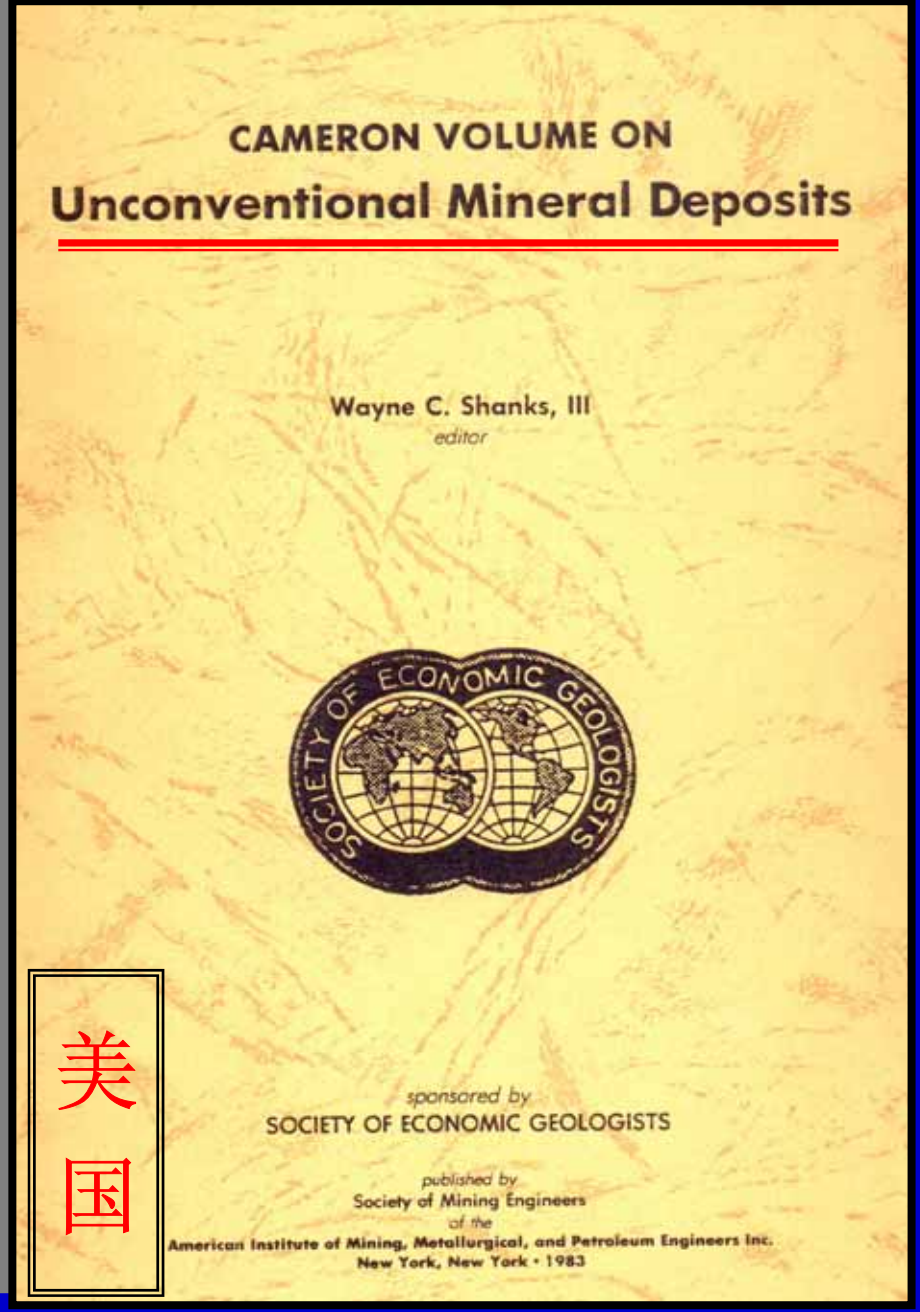
（其他国家）非传统矿产资源研究

如：澳大利亚，加拿大，西班牙，波兰，捷克等国也都有关于非传统矿产资源的论述。如加拿大“*火山弧之非传统金属矿床*”（列菲贝里等，1998）；捷克“*与环境工程及农业相关的非传统非金属矿物原料*”（吉兹瓦尔特，1993）等。

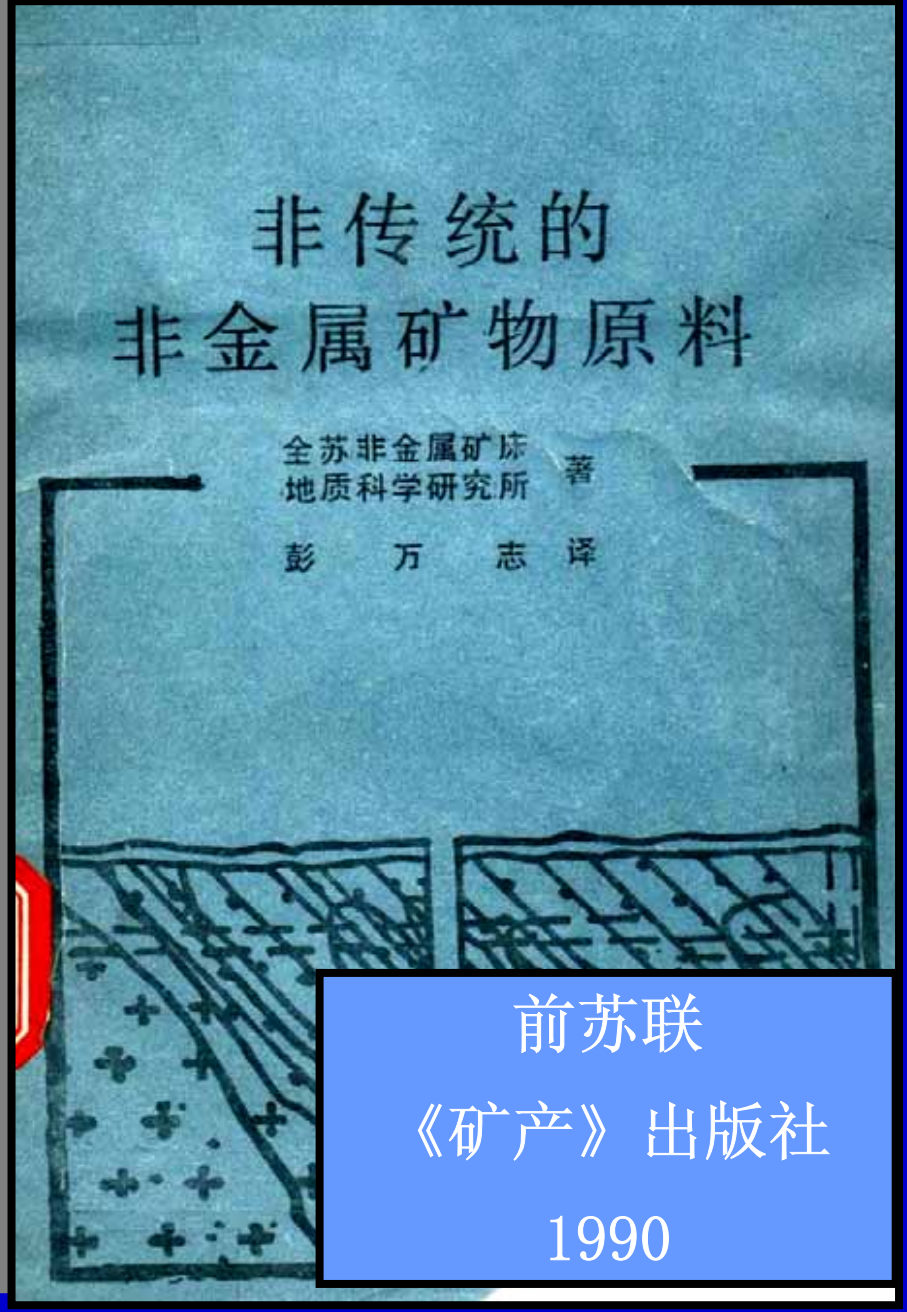
新世纪初，加拿大联邦科学技术部和环境部联合出资成立了*可替代能源的非传统能源研究项目*。

（我国）非传统矿产资源研究

- 1998.3 赵鹏大等6位中科院院士联名倡议：*尽快启动:非传统矿产资源发现与开发基础研究*
- 1998.5\2001.5\2002.3 三次全国政协提案:*开展非传统矿产资源研究*
- 1998.10 在中国地大(武汉)召开:*全国首届非传统矿产资源学术研讨会*
- 1999.8 在中国地大(北京)召开:*非传统矿产资源国际学术研讨会*
- 1999.10 国土资源部重点科技项目开展了“*新型矿产(天然气水合物等)资源评价研究*”（赵鹏大等2002）
- 1999.12 国土资源部*非传统矿产资源开放研究实验室*在地大(北京)建立
- 2001.4 国土资源部非传统矿产资源开放研究实验室*首批基金项目立项*
- 2002.1 中科院《科学发展报告》强调开展*非常规或非传统矿产资源研究的重要性*



美国



前苏联

《矿产》出版社

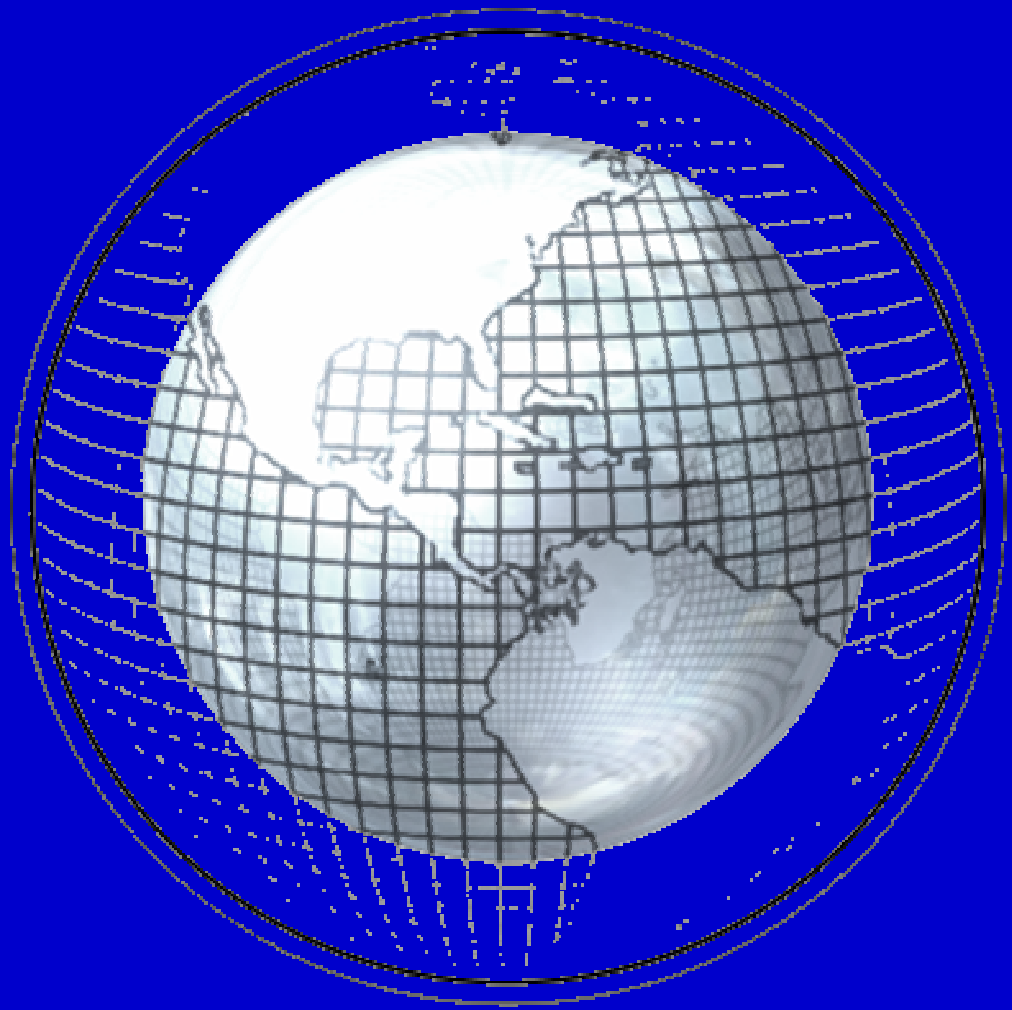
1990


FEI CHUANTONG KUANGCHAN ZIYUAN GAILUN
非传统矿产资源概论
赵鹏大等 编著
地质出版社

第八届国际矿床地质学大会于2005年8月在北京地大举行。350名外国专家学者和200多名中国同仁共同交流、探讨勘探和开发“更深、更远、更高”矿床的新理论和新技术。

相关专家认为要缓解全球性资源紧张的局面，当务之急是寻找新型的和非传统的矿产资源，中国尤其如此。进口矿产资源和在国外合资或独资找矿，都不能从根本上解决中国矿产资源短缺的问题，中国应立足国内，充分发挥本土能源的潜力。

七、矿产勘查学的发展与未来



（一） 矿产勘查的基本概念

矿产勘查是矿产普查与勘探的总称

矿产普查 { 概 查
详 查

回答：找什么？
那里找？
怎么找？

区域性找矿，综合性找矿，专门性找矿

矿床勘探 { 初步勘探：评价勘探
详细勘探：工业勘探
生产勘探

学科名称：

找矿勘探方法

找矿勘探地质学

矿床普查与勘探

矿产勘查

整个矿产勘查开发的流程和阶段划分可概括为：

找矿→详细找矿→储量勘探→设计→建矿

→采掘→加工→闭矿→复垦

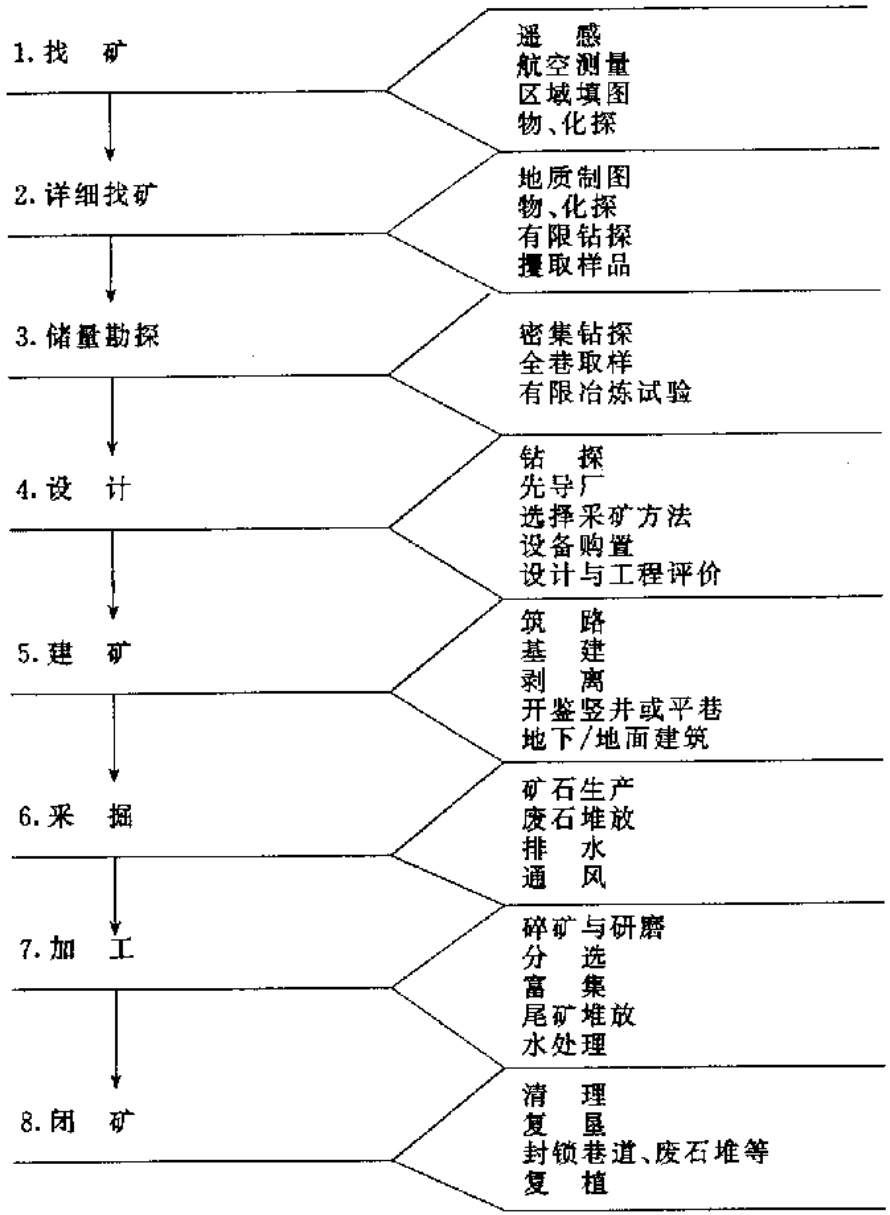


图 1－1　矿产勘查、开发各阶段及其工作内容流程图

(引自联合国环境计划专刊《工业与环境》,1997,20(4)
"矿业与可持续发展"专辑:矿业——事实与数据)

• （二） 与其它学科关系

1. 地质基础：矿床学，矿床工业类型，各门基础地质学科
2. 经济基础：地质经济学，资源经济学，矿业市场经济学
3. 数学基础：概率论及数理统计，多元统计分析，各种现代数学学科
4. 技术基础：物探，化探，遥感，GIS，GPS，计算机技术， 钻探，掘进
5. 环境基础：生态环境学，矿业环境地质学
6. 法律基础：矿产资源法，土地法，投资法，矿业权法，各种税法，贸易法
7. 人文基础：哲学，逻辑学，伦理学

- （三） 学科变迁与发展

- 1940年苏联学者B. M. 克列特尔的“矿床普查与勘探教程”出版，首次系统阐述了学科基本内容：

  找矿，勘探，取样，编录，储量计算

- 它的早期形式为：“勘探作业”，是以探矿技术为主，所以它是从“勘探技术”逐步分离出来而形成单独学科，有的新内容又加添进来。

- 如找矿部分：矿床工业类型，物探方法，化探方法等均有单独学科，成矿规律与成矿预测，隐伏矿床找矿，3S技术有新增加。

- 1、找矿难度日益增大，隐伏矿床找矿问题已成为矿产勘查最突出的问题

美国地质调查局早在1981年第857号公报中就指出：已知的浅、富矿床逐步枯竭，需要找深部矿(埋深数百米以至大于1 000m)，需要利用贫矿及边远或经济不发达地区的矿床。由于寻找隐伏矿的比例日益增大，矿床发现率呈指数下降。

- 据统计美国本土48个州范围内，1937－1957年的20年间，每1亿英尺(＝30．48Mm)钻探进尺所能发现的油田面积呈指数下降。现在每1亿英尺钻探进尺能找到的油田面积已降到100km^{2}以下。
- 40年代早期，大油田约占发现的3／4；50年代早期，小油田在发现中就已占有相当大的比例了。
- 又据前苏联的统计资料，由于矿床勘探面临着更加复杂的条件，新矿床的勘探往往用了过量的钻孔，如在勘探中、小型油田时打了约46％～78％的非生产井或“干孔”。在1959－1972年期间，据2 150个石油矿资料分析，C_1级储量只有62．1％转变为A+B级储量，而另外部分经过进一步勘探被证实是无根据的而被注销或转为表外储量。
- 在鞑靼共和国， C_1级储量的可证实程度不超过40%。

- 与此同时，勘探成本提高了。在加拿大，1950年勘探费用为金属矿床产值的0．8%，1955年增至2．4%，1960年为3．2%，而至1965年已增至4%，即15年中增加了5倍之多。另外，
- 由于采矿的深度加大也使采矿成本提高，例如在南非，威特沃特斯兰德矿层到了70年代开采深度达1万英尺以上，开采和选矿成本占整个黄金生产成本的90%以上。尽管南非劳动力成本和电力成本低，但从品位低于约5g／t的矿石中回收金已经变得不经济了。但由于采选冶技术的日益改进和提高，使得“处理低品位矿床变得经济可行了，最大限度地提高提取效率在经济上是有利的，因为现在即使是回收率稍有提高，收支平衡表上的末行数字也会明显改善”。因此，尽管寻找隐伏矿床，开采低品位及深埋矿床会影响经济效益，但随着科学技术的进步，这些困难是可以逐渐克服的，而寻找隐伏矿床已是势在必行、大势所趋。
- P.拉兹尼卡（1997）对世界上337个巨型、超巨型矿床发现时间的统计如下：从1845－1925的约130年间共发现201个，占全球发现的超大型矿床的60%。

2、为满足对矿产资源的需求，不断开拓新类型矿床的找寻和开发

半个世纪以来世界上发现的一些重要矿床大多是以前不为人知或不被人们重视的新类型矿床。例如：①斑岩型矿床，本世纪末世界上发现的大型Cu矿几乎3／4为斑岩型铜矿床，以后陆续发现斑岩Mo矿、Sn矿、Au矿等；②层状与层控矿床，除碳酸盐岩中的铅锌矿外，还有黑色页岩中的Cu、U、Au、W等矿床；③风化壳型富铁矿床，如澳大利亚的哈默斯利、俄罗斯的库尔斯克等；④火山岩型块状硫化物矿床，如加拿大、美国、澳大利亚、日本等地发现的此类Cu、Pb、Zn、Ag矿床；⑤与前寒武纪含Fe、含Mn建造有关的Cu、U、Au矿床，如澳大利亚奥林匹克坝Cu、U、Au矿床；⑥与基性、超基性层状分异岩体有关的Pt族金属矿床，如美国斯捷尔沃特矿床；近年来，更发现在沉积建造黑色岩系中的Pt族金属矿床，如俄罗斯的干谷矿床等；⑦浅成低温热液的“卡林型”Au矿床，这是前些年在美国西部地区发现的一种分散在第三纪沉积岩中浸染状Au矿床。

此外，美、俄、日等国都十分重视加强海洋矿产资源的勘查，其中包括铁锰结核、钴结壳、天然气水合物等。

- 总之，矿床勘查由浅部向深部、由陆地向海洋、由开发地区向边远地区扩展；矿床勘查对象由大而富向大而贫或富而小类型、由矿床的传统类型向非传统新类型的过渡，矿床勘查为适应“空间时代”、“信息时代”及“知识经济”时代的需要而加强对新型矿物原料的研究趋势是值得重视的。

- **3、为更有效地指导找矿勘探实践，进一步加强了勘查理论的研究**
- 勘查哲学

指一整套指导勘查成功地发现和查明矿床的原则，调查研究的指导思想和智力信条。

勘查哲学在不同时期具有不同的内容，而且随勘查对象不同而有所异。

P．A．拜雷**(1972)**认为：目标的确定应先行于勘查哲学的确定。进行勘查的五个基本要素是：人力、知识、方法、时间和金钱。

- L．B．斯利科特(1960)认为“找矿是世界上最大、最好的赌博事业”。他认为“赌徒破产律”在某种意义上可以作为从事这项风险事业的指导理论。“赌徒破产”的概率P_r，可以用下式表示：

$$P_r=e^{-NP}$$

式中：P_r—每一次冒险的成功概率；

N —冒险次数。

如果每次冒险的成功概率为0.1，则连续10次冒险的失败概率为0.35，连续20次冒险失败概率为0.13，如果资本雄厚，连续进行，经过100次失败，则破产的机会仅有0.000 045，即仅为百万分之四十五。故他建议矿业公司进行联合投资展开大规模勘查活动，以保证矿床勘查的成功。

- 国外勘查理论研究主要成果：
- B．M．克列特尔（1957）：勘探五大原则
- B．и．比留科夫（1959）：勘探的三大基本方法
- E．O．帕格列比茨基（1977）：矿床普查勘探的三大基础
- 克罗林格(1980):勘探过程的最优化决策理论
- A．B．卡日丹(1974,1997)：“矿床勘探的方法基础”、“矿床勘探学”
- B．и．比留科夫（1978）：初步勘探的合理网度
- W．C．彼德斯（1978）：勘查及矿山地质学
- E．A．楚玛琴科等（1978）：地区含矿远景地质评价的系统分析
- 哈博（1978）：石油勘探中的概率决策系统
- 纽温道普（1975）：石油勘查中的决策分析
- 里德曼（1979）：矿床勘查技术
- D．A．辛格（1986）：矿床勘查中的数学模型
- Tim Bedford等（2001）：概率风险分析
- G．Bardossy(2004):地质学中的不确定性与风险评价

- 我国建国50余年来在矿产普查与勘探的生产实践和理论方法研究方面也取得很大进展。除上世纪90年代以前编著有相关教材、专著及大量论文，此外：
- 陈毓川院士主编（1999）的论文集“当代矿产资源勘查评价的理论与方法”概括了我国近些年来在这方面的研究成果。
- 赵鹏大等（2001）编著的“矿产勘查理论与方法”以教材形式概述了本领域的新进展。
- 地调局施俊法等（2003）编译的“21世纪初地质调查挑战与机遇 ”，则综述了国外这一领域的新思维和新进展。
- 最近，以方克定教授为首的中国地调局课题组（2006）完成了“公益性地质工作定位与发展方向”，全面阐述了公益性地质工作的目标与任务。

- **4、为适应“理论找矿”阶段的新要求，加强了对矿床模型和矿床勘查模型的研究。**

美国地质学家**E．H．T．**惠顿**(1983)**曾指出，当今地质科学的三个最重要的事件是：**1）板块构造理论的发展；2）计算机的应用；3）模型概念的引入。**可以认为，矿床模型是矿床工业类型进一步深化和精化，对指导找矿，特别是从分析成矿地质环境人手，类比矿床模型区与研究区的地质环境，从而评价寻找类似矿床的潜力方面发挥了重要的作用。矿床模型是成矿预测的基础，但近年来发展了各种无模型成矿预测方法，使在研究程度较低地区，建立矿床模型依据的资料不充分或无法建立矿床模型时提高成矿预测的效果。

- **5、为提高矿床勘查工作效益并使矿业可持续发展，勘查过程中的经济分析和环境效应分析日益受到重视。**

如果矿床勘查可以“不惜代价”、“不计成本”，那么也就无勘探科学可言。如果矿床勘查和随后的矿床开发可以不考虑其环境效应，不考虑保护生态环境的要求，那么矿产勘查将得不到社会公众的支持，矿业最终也不可能得到持续发展。地质、经济和环境效果的统一是矿产勘查工作最优化准则。勘探的优劣比(或成功概率)、收益和成本比、生态环境影响程度和恢复、保护环境难易程度是影响勘查决策的基本要素。矿物原料的经济合理利用(包括综合勘探、综合利用、工业指标的经济论证等)，勘探基地的正确选择，勘探方法和技术手段的先进性、合理性，以及勘探程度的适当等，都是提高勘查效果的关键因素。

由于，在确定矿床开采的可行性中，经济与环境因素均起十分重要的作用，因而，在经济发达地区和经济欠发达地区，生态环境脆弱地区与开采时易于对环境造成严重破坏或造成严重污染的地区，矿产勘查的战略任务和部署应有所区别。

一般地说，在经济开发程度低的地区，在生态环境较脆弱的地区，找矿的战略任务应集中于发现超大型矿床或特别稀缺的、市场需求极大的矿床。

•6、为提高矿床勘查效果，加强了新技术、新方法的研究和应用，提高了对勘查人才素质的要求。

由于寻找隐伏矿床比例的增大，单纯用传统方法越来越难发现矿床了。据戴瑞(1970)统计，在加拿大，1950年以前，85％的矿床由传统的探矿法找出。1951－1955年期间下降到46％，1961—1965年为31％，而1966—1969仅有9％为传统方法所找到。

找矿新技术、新方法的研究和应用日益加强，导致地质的、物化探的、遥感的和其他勘查信息数量大大增加。电子计算机的普遍应用不仅大大提高了数据处理的能力和效果，而且开辟了勘查方法研究的新途径——系统分析途径和一项极为重要的技术——地理信息系统(GIS)技术的应用。

- 许多国家还把进一步研究地质、地球物理、地球化学、航天遥感等新技术和新仪器，加大探测深度、精度和可靠性，以及在相邻学科新成就基础上，研究全新测试设备和直接找矿的仪器与方法作为整个地质学研究领域中最重要任务之一提了出来。
- 在强调矿床普查勘探新技术、新方法的同时，更注意勘查人员素质的提高。美国在一本勘探专著中写道：“为什么有的公司在勘查中取得很大的成功，有的同样规模的公司却失败，这不是一个容易回答的问题，但要强调的是，矿床的发现要靠有思想的人，要靠愿意跑更多路途的人，靠愿意执行一项有风险的建议的人，靠比考查过该矿床的前人能观察出更多问题的人”。我们国家也在实施组织“精兵加现代化装备的野战军”，以满足当今矿产勘查艰巨任务的需要。

7．矿产勘查信息化：定量找矿、数字找矿及智能找矿等方面受到重视。

8．矿产勘查国际化：入世后这方面将进一步发展。

- **9、公益性与商业性地质工作（包括矿产勘查)分体运行。**

在计划经济条件下，上述两者并不区分。国家是地质工作唯一的投资主体。在市场经济体制下，公益性地质工作是国家经济和社会发展当前和长远的需求和社会公众对地学信息的需求而开展的基础性，战略性和公益性工作，如基础地质调查，资源（包括油、气和水）调查和评价，地质环境与地质灾害调查评价，地质科学技术研究，地学数据中心建设与地下信息服务等主要任务（“公益性地质工作定位与发展方向”课题组，2006）。公益性地质工作由国家（中央和地方政府）投资，不直接为某个经营实体的经济利益服务，那些直接为企业盈利服务的地质工作，被列入商业性地质工作，如大多数矿产资源的勘查工作等，其投资主体是企业或个人。

- **10、开拓矿产勘查新领域和新空间**

新矿种和新类型矿床（包括“人工矿床”）

“第二成矿和找矿空间”

海洋、极地、宇宙

八、几个思考问题



- 爱因斯坦说：“提出一个问题往往比解决一个问题更为重要”。1998年吉林人民出版社出版了一本名为“21世纪100个科学难题”的专著。在本书封皮底面写道：“本书所选均是人类下一世纪必将面对，不能不解决，解决起来又非常困难，一旦解决了就可为人类带来巨大利益或使科学产生重大突破的问题。
- 在这本书中，有关地学的科学难题有以下几项：

1、地球科学中的非线性和复杂性

2、地球构造运动驱动机制的反演

3、人类对全球环境变化影响的预测

4、地震成因与地球内部流体

5、地球的自转运动及其与地球各圈层的相互作用

6、现今岩石圈构造解析中的若干难题

7、地球深化的统一理论：“两均论”与“两非论”

还有若干涉及生命起源与大气科学理论问题未被计入。

- 当然，所谓科学难题是有层次性的，大凡涉及宇宙、地球、全人类、全社会的问题属于一级问题。这样的问题常有普遍性、全局性。科学难题自然是具有合理性、重要性而经过长期求索又不得其解的问题。那么在矿产资源领域有没有世界性、普遍性而又重要性的科学难题呢？

1、什么是矿？地球物质是否能逐步全部被转化为矿？

2、不同尺度、不同类型成矿作用和矿化产物有无共性？它们之间有何种联系？能否找到像生物基因一样的最基本要素？如有，破译之后就能指导找矿吗？

3、矿床的原地开采何提取技术能普遍实现吗？

4、月球和其它星球矿产资源的勘查和开采何时能实现？

谢 谢 ！

