

# 找矿理念:从定性到定量

(代序)

赵鹏大

ZHAO Peng-da

中国地质大学,湖北 武汉 430074, 北京 100083

China University of Geosciences, Wuhan 430074, Beijing 100083, China

中图分类号:P612

文献标志码:A

文章编号:1671-2552(2011)05-0625-05

Zhao P D. Prospecting idea: from qualification to quantification(article in lieu of a preface). *Geological Bulletin of China*, 2011, 30(5):625-629

找矿理念,西方称之为“找矿哲学”,是指导找矿工作的思想、准则,以及由此而产生的找矿方法、原则、技术、目标、组织等。

找矿的基本问题是“找什么”、“哪里找”和“怎么找”,随着这“三要素”的发展和变化,找矿理念也随之而变。所以,“三要素”是找矿理念变化的驱动力,也是找矿方法和技术发展的驱动力。可以说找矿理念的创新是永无止境的探索和与时俱进的发展的结果。

本文历数了 30 种不同的找矿理念,它的变化反映了找矿工作从浅表到深部,从平面到立体,从单一到综合,从简单到复杂,从陆地到海洋,从传统矿到非传统矿,从定性到定量的变化。总之,是从初级找矿阶段向科学找矿阶段的发展历程,也反映了找矿工作体制的发展和变化。

基于本次学术会议的主题,本文着重概略地介绍了定量找矿理论的一些新进展。

## 1 找矿理念:产生与驱动

找矿理念——找矿的指导思想。

找矿的基本问题:找什么,哪里找,怎么找。构成找矿理念(找矿哲学)的基本内容。

“三要素”的发展变化是找矿理念发展变化的主要驱动力。找矿技术的进步是找矿理念发展的产物。

## 2 找矿理念:永无止境的探索(见表 1)

## 3 找矿理念:与时俱进的发展(见表 2)

## 4 找矿理念:从定性到定量

美国地质调查局(2006~2010 年)“矿产资源工程”5 年目标中指出:“确保未发现矿床的潜力得到最新的定量评估”。认为“现代化的评估是定量的,通过表现与矿产资源相关的经济可行性的形式来估计未发现的矿产资源的数量、价值和产地”。

### 4.1 定量找矿的内涵

(1)找矿靶区圈定与分类分级

5P 地段靶区逐级优化圈定(图 1)<sup>[1]</sup>:

成矿可能地段(Probable ore-forming area)

找矿可行地段(Permissive ore-finding area)

收稿日期:2011-02-25;修订日期:2011-03-28

资助项目:国家自然科学基金项目《深层次致矿信息提取的非线性谱分析模型研究》(批准号:40772197)、《数据挖掘与找矿靶区资源潜力模拟非线性技术研究》(批准号:40972232)和国家高技术研究发展计划(863 计划)项目《基于 GIS“三联式”定量成矿预测方法技术研究》(编号:2006BAB01A03)

作者简介:赵鹏大(1931-),男,中国科学院院士,矿产普查与勘探、地球探测与信息技术专业。E-mail:pdzhao@cugb.edu.cn

表 1 不断探索的找矿理念  
Table 1 The prospecting idea of continuous exploration

找 什 么			哪 里 找	怎 么 找
矿 种	传 统 矿 种	自然物质 单一矿种 多种矿种(共、伴生)	地表、浅部、深部 找矿可行地段 找矿可行和有利地段	地质法 对某矿种有直接找 矿效果的专属方法 综合方法
	非传统矿产：新类型、新矿种		新领域、新深度、新工艺	
规 模	矿体 矿床 矿田 矿带	浅 表  隐 伏	沿已知矿体追溯  按地质成矿规律找	各类探矿工程 航天、航空、地面 地下方法
	地表出露矿 浅覆盖矿 盲体矿 大深度隐伏矿 水下		露头追溯 推断的找矿有利地段 按地球动力学性质及部位找	地物化遥综合方法 及探矿工程法 深钻及超深钻

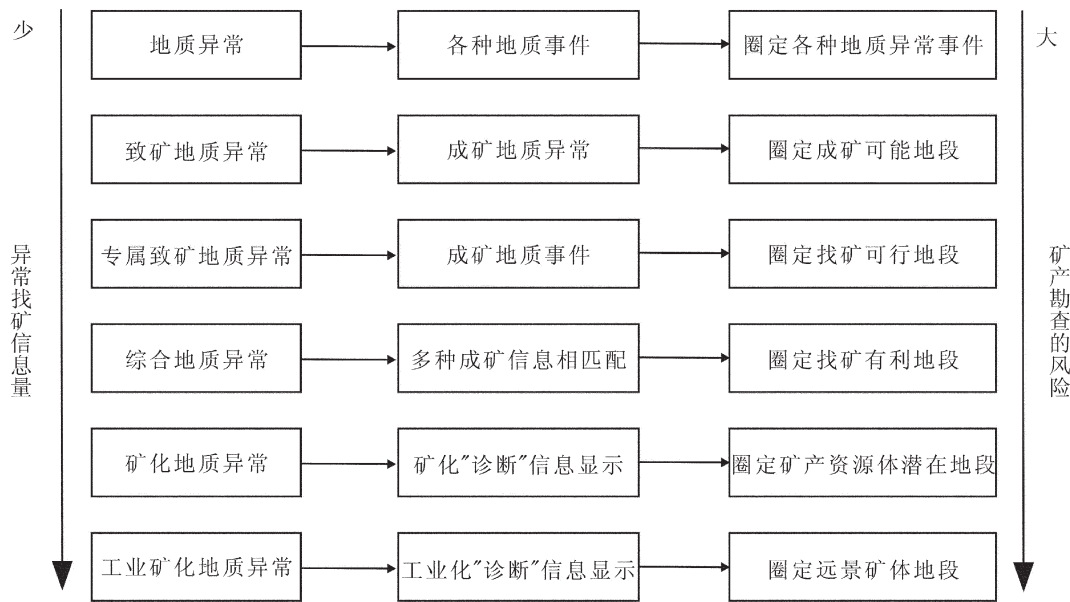


图 1 5P 地段靶区逐级优化圈定框图  
Fig. 1 The diagram of filtering optimization of 5P target area

- 找矿有利地段(Preferable ore-finding area)  
潜在资源地段(Potential mineral resources area)  
远景矿体地段(Perspective ore bodies)  
(2)矿产资源体定量表征  
(3)成矿地质条件或控矿地质因素定量表征  
①地质异常提取与圈定
- ②地质因素找矿信息量计算  
③“证据权”计算  
④地质变量的因子载荷或回归系数  
⑤地质结构的马尔科夫性或其它  
(4)预测或找矿成果的不确定性表征  
①事件结果的概率估计

表 2 不断发展的找矿理念  
Table 2 The prospecting idea  
of continuous development

找矿阶段	找矿理念	备注
1.浅部及 露头矿为 主的找矿 阶段	(1) 露头找矿	整合勘查 整装勘查 找矿体制的改革
	(2) 群众报矿	
	(3) 就矿找矿	
	(4) 经验找矿	
	(5) 直接找矿	
	(6) 间接找矿	
	(7) 专门找矿	
	(8) 综合找矿	
	(9) 模型找矿	
	(10) 异常找矿	
	(11) 技术找矿	
	(12) 整合找矿	
	(13) 整装找矿	
	(14) 系统找矿	
	(15) 信息找矿	
2.深部及 隐伏矿找 矿为主的 阶段	(16) 公益找矿	找矿机制的变化
	(17) 商业找矿	
	(18) 智能找矿	
	(19) 理论找矿	
	(20) 定量找矿	
	(21) 立体找矿	
	(22) 深部找矿	
	(23) 透明地壳找矿	
	(24) “三部式”找矿	
	(25) “三联式”找矿	
	(26) 非线性找矿	
	(27) 非传统找矿	
	(28) 低碳找矿	
	(29) 多目标找矿	
	(30) 多方案找矿	

- ②事件结果的区间估计
- ③事件结果的熵值估计

$$H(P)=H(P_1P_2\cdots P_n)=-\sum_{i=1}^n P_i\cdot\log_2(P_i)$$

式中, $H(P)$ 为事件  $P$  发生的不确定性熵值;

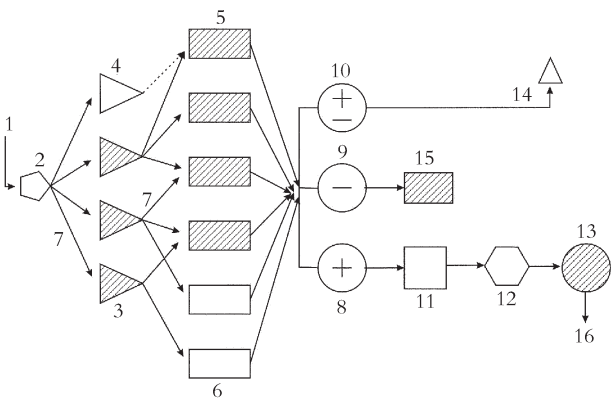


图 2 预测普查组合阶段模块示意图<sup>②</sup>

Fig. 2 The module scheme of prediction  
and census combination stage

1—由上阶段进入;2—工作阶段;3、4—工作方法;3—必用方法;4—重复的或多于的方法;5、6—对象标志;5—必须的;6—补充的;7—联系方法—标志,标志—对象(主要的和次要的);8~10—工作结果;8—肯定性结果;9—否定性结果;10—不确定性结果;11~13—预测及普查对象;11—地质的;12—成矿的;13—资源及储量;14—返回前一阶段;15—终止工作;16—待入下阶段

$P_i$  为事件  $P$  的第  $i$  个取值发生的概率。

(5)发现矿床的经济分析<sup>[24]</sup>

$$BE=TOC+MOC(350\cdot Cml\cdot PV)$$

式中, $BE$  为经济可采与不可采的分界值(美元/吨); $TOC$  为开采成本(美元/吨); $MOC$  为总投资额(美元); $350$  为年工作日; $Cml$  为日处理矿石的能力(吨/天); $PV$  为按矿山寿命年数回收率 1 美元的现值。

Singer 等曾取 0.7 和 1.3 的  $BE$  值作为划分非经济、准经济和经济矿床的界线。

(6)勘探风险估计<sup>[24]</sup>

当事件只有 2 种结果,而且相互独立,则每次试验

$$P\text{ 成功}=1-(P\text{ 失败})^N\quad (N\text{ 为试验次数})$$

在给定至少有一次成功的概率情况下,必须进行的试验次数或者勘探对象的个数

$$N=\log(1-P\text{ 成功})/\log(P\text{ 失败})$$

(7)以数字化地质图及各类相关数据库为基础。美国(2007~2011 年)全国合作地质填图计划中指出:“生产高质量、多用途的数字化地质图和配套的数据库、报告,以解决高优先地区的各类国土利用问题。”<sup>①</sup>

所有定量模型及数学方法的应用,都应以深入的地质研究为基础,以正确的地质模型为依据。

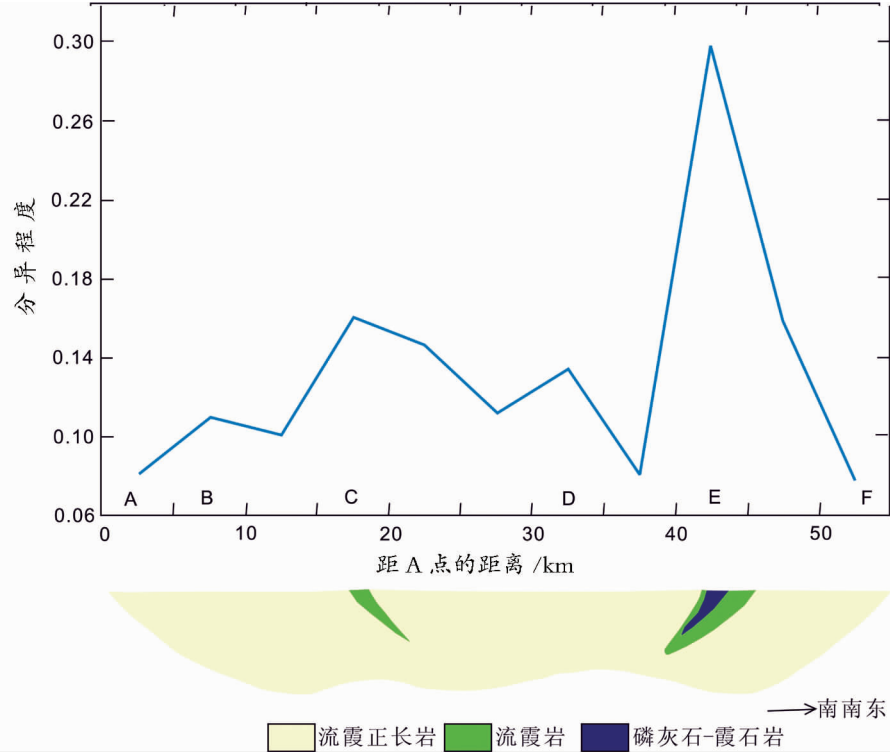


图 3 俄罗斯希宾地块(科拉半岛)剖面分异程度<sup>[4]</sup>

Fig. 2 The profile differentiation degree of Kola Peninsula

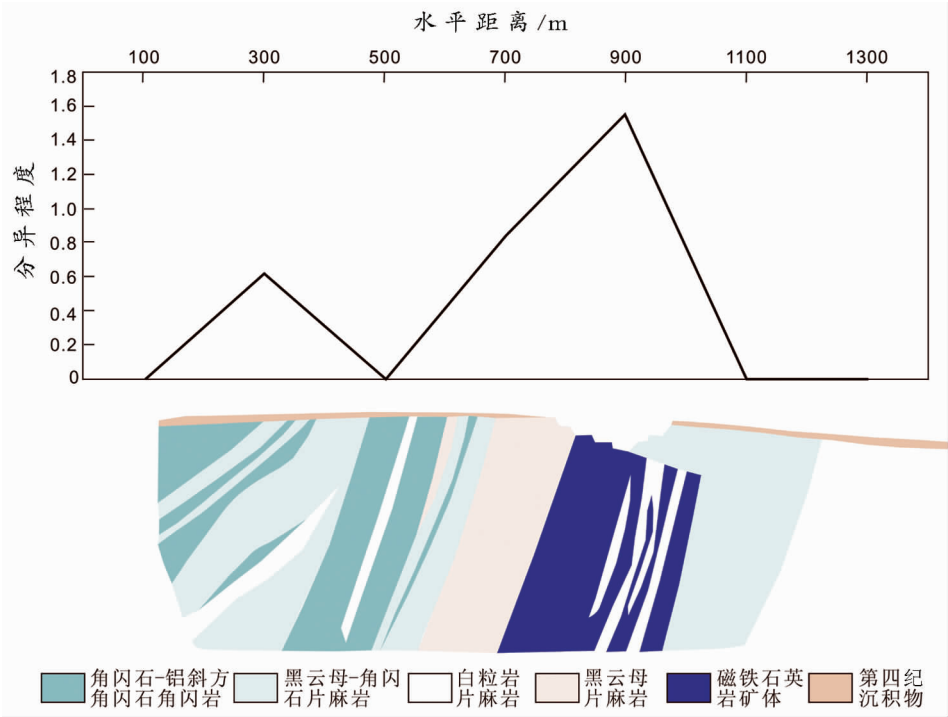


图 4 奥林诺戈尔斯克铁矿床(克拉半岛)剖面分异程度<sup>[4]</sup>

Fig. 4 The profile differentiation degree of Kola Peninsula

## 4.2 几个重要的定量找矿理念

(1)“预测普查组合”(ППК)<sup>②</sup>是由“阶段—方法—标志—对象”中相互联系的要素构成的一个系统。实现这个系统可以保证达到不同勘查详细程度要求的目标(图2)。

(2)“三部式”矿产资源评价<sup>③</sup>

①矿床频率分布为波松分布或更可能是负二项分布,具有很长的右尾。

②对某种估计的矿床大约一半以上矿床大于其吨位和品位的中位数。

③利用找矿可行地段的面积和矿床规模对矿床数的泛回归方程可大致估计矿床的个数。

④对某些矿床类型利用矿床密度模型可以获得更精确的估计。

(3)“三联式”数字找矿<sup>④</sup>

①控矿因素数字化定量化——致矿地质异常识别与提取。

②矿化特征数字化定量化——成矿多样性分析与评价。

③成矿规律数字化定量化——矿床谱系分析与建立。

(4)“非线性”理论找矿

①基于“奇异性—多重分形”的非线性找矿评价<sup>⑤</sup>。

②基于“自组织理论”的找矿预测<sup>⑥</sup>。

根据地壳不同地段“构造—物质有序度”的大小进行找矿,其中最有序的地段即是找矿最有远景、最有希望的地段。

俄罗斯学者<sup>⑦</sup>用“离散模数”评价条带状含铁建造的含矿潜力。“离散模数”代表剖面中单位厚度岩石内的分层数,实际表示地质剖面的不均匀

程度。研究表明,模数高的部位含矿性强。实例见图3和图4。

(5)其它定量预测和找矿方法

最常见的是利用多元综合信息计算出一个反映成矿或找矿的“有利度”指数,用特征分析法计算关联度,用证据权法计算综合信息有利度等。

## 参考文献

- [1]赵鹏大,陈永清.地质异常矿体定位的基本途径[J].地球科学——中国地质大学学报,1998,(2):105-109.
- [2a,b]Signer D A, Menzie W D. Quantitative Mineral Resource Assessments[M]. Oxford University Press, 2010:(2a,73)(2b, 161).
- [3]Singer D A.Basic concepts in three part quantitative assessments of undiscovered mineral resources[J]. Nonrenewable Resources, 1993, 2 (2):69-81.
- [4]赵鹏大.“三联式”资源定量预测与评价——数字找矿理论与实践探讨[J].地球科学——中国地质大学学报,2002,(5):139-146.
- [5]成秋明,赵鹏大,等.奇异性理论在个旧锡铜矿产资源预测中的应用:成矿弱信息提取和复合信息分解[J].地球科学——中国地质大学学报,2009,(3):232-242.
- [6]於崇文,彭年.南岭地区区域成矿分带性——复杂成矿系统中的时空同步化[M].北京:地质出版社,2009:1-256.
- [7]Калашников А О. Степень дифференцированности геохимического поля как поисковый признак [J]. Разведка и охрана недр, 2008,(3): 34-40(卡拉什尼科夫 А О.新的找矿标志:地球化学场的分异程度[J]. 探矿与护矿, 2008,(3):34-40).
- ① 美国全国合作地质填图计划五年计划(2007~2011年).中国地质调查局发展研究中心编辑,2007.
- ② Авдонин В В, Ручкин Г В, Шатагин Н Н, Лыгина Т И, Мельников М Е. Поиски и разведка месторождений полезных ископаемых. 2007, М: Фонд “Мир”152(阿弗东宁 V V, 鲁奇金 G V, 沙塔金 N N, 蕾金娜 T I, 梅利尼科夫 M E. 矿产普查与勘探. 2007,莫斯科和平基金,152).