

矿产勘查与评价中的风险与不确定性

左仁广^{1,2}, 夏庆霖^{1,2}

(1 地质过程与矿产资源国家重点实验室, 北京 100083; 2 中国地质大学, 湖北 武汉 430074)

由于地质本身的变化性和复杂性(如矿床类型的多样性、矿床成因的复杂性、控矿因素的隐蔽性和找矿信息的多解性)以及人类认识的不完备性等因素, 导致矿产预测结果具有风险和不确定性并常常因人而异(赵鹏大, 2007)。查明矿产预测的风险与不确定性的主要来源, 寻求有效的方法与途径减少风险与不确定性, 使其矿产预测的正面结果概率最大, 负面结果概率最小, 是矿产勘查与评价的主要目的之一, 同时也是矿产资源定量化预测与评价中的热点与前沿问题。

1 矿产勘查与评价中的风险与不确定性

风险和不确定性是两个不同术语, 前者主要指失败或损失的可能性大小, 经常用于经济活动; 而后者则主要指对结果或收入缺乏知识或信息。矿产勘查与评价是一个经济活动, 它具有很大的风险。如美国原子能机构(1973)统计, 找矿成功概率 0.7%。加拿大勘探工作发现矿床的比率 1951 年为 1%, 1969 年下降为 0.1%; Perry(1968)统计找矿成功比为 176:1, 即约 0.6%; Bailly(1967)计算的找矿成功比 330:1; Griffs(1971)统计的找矿成功比为 0.7%。印度从 1976 年开始对 1100 个异常进行地质普查工作, 到 1982 年末 6 个被认为有希望, 如期一个成为矿床, 则原始风险为 1:1100, Lord 等(2001)总结了找寻金矿的概率为 4%(1 in 24); Kennecott(2007)和 Rio(2007)分别总结找寻世界级矿床的找矿概率为 0.1%(1 in 1000)和 0.03(1 in 3333)(吕鹏等, 2006)。

不确定性作为理论数学中的一个基本概念, 是指在描述对象特征(属性)和过程时缺乏确定性。矿产预测不确定性一方面源于地质不确定性; 另一方面, 矿产预测中数据处理、信息提取、信息综合与预测评价、成果表达等都会带来不确定性, 而且前一阶段的不确定性又会传播给后一阶段, 从而导致相当数量的不确定性积累与传播。矿产资源勘查与评价的不确定性主要有: 勘查目标的不确定性、矿床产出的空间位置的不确定性和矿产资源潜力的不确定性。在一个新的勘查区内, 由于没有充分的认识该区的成矿地质背景、缺乏必要的信息(如地球化学异常)等因素, 无法确定该区的主攻矿床类型和主攻矿种, 从而导致该区的勘查目标的不确定性。由于控矿因素的隐蔽性和找矿信息的多解性等因素, 导致矿产预测远景区的空间位置具有不确定性。此外, 由于大多数矿床埋于地下, 及矿体空间结构的复杂性和变化性, 及矿体品位的不均匀性, 使得预测的资源量具有不确定性。

2 降低矿产勘查与评价中的风险与不确定性的策略与方法

风险可表达为在多次试验中, 至少成功一次的概率:

$$P_{\text{成功}} = 1 - P_{\text{失败}}^n \quad (1)$$

上式可以说明,从以下几个方面减少风险①通过增加检测预测远景区的个数(n)来增加发现矿床的概率,②通过地质的、经济的和矿床的分布规律等综合研究,降低每个预测远景区内发现矿床的失败率 $P_{\text{失败}}$ (或提高发现矿床的概率 $P_{\text{成功}}$),如可通过在已知的矿床周边或在矿集区内找矿,可提高发现矿床的概率,③通过先验的信息或知识来提高每个预测远景区内发现矿床的成功率 $P_{\text{成功}}$ (Singer et al., 2010)。

矿产勘查与评价中的不确定性主要是由于缺乏认识复杂成矿系统的知识或信息,因此要减少不确定性,需要①深入研究区域地质背景和主攻矿床的成矿地质条件,加强成矿系统研究,并研究成矿系统如何转化成勘查系统,在此基础上建立主攻矿床类型的主攻矿种的预测模型;②建立高质量的空间数据库。空间数据是基于GIS矿产预测的基础,因此需要确保所收集的空间数据库的位置精度、属性精度、时域精度、逻辑精度等,才能从源头上确保矿产预测结果的可靠性;③在预测方法和手段上需要发展一套根据地球物理数据、外推数据和地球化学数据,从空间上预测与产在覆盖层之下的矿床类型有关的地质条件的方法,并加强对重要成矿区的区域地质和成矿规律的研究和重要成矿类型及其地质环境的成因研究;④在矿产潜力预测评价时,需要认真分析和对待造成吨位、品位的估计不确定性因素,如矿体的出露面积、埋深、密度变化等因素,并整体估计矿床的吨位、品位和相对误差,从而降低矿产潜力预测评价的不确定性(左仁广, 2009)。

参考文献

- 吕鹏, 陈建平, 张路锁, 等. 2006. 基于矿床规模模型的西南三江北段区域资源潜力定量预测与评价[J]. 地质与勘探, 42(5): 66-71.
- 左仁广. 2009. 基于地质异常的矿产资源定量预测与不确定性评价(博士学位论文)[D]. 武汉: 中国地质大学.
- 赵鹏大. 2007. 成矿定量预测与深部找矿[J]. 地学前缘, 14(5): 1-10.
- Bedford T and Cooke R M. 2001. Probabilistic risk analysis: foundations and method[M]. UK: Cambridge University Press. 15-38.
- Doubois D and Prade H. 2000. Fundamentals of fuzzy sets (the handbook of fuzzy sets series 7), Kluwer Academic Publishers, Boston/London Dordrecht, 647.
- Kennecott Exploration 2007, About exploration. <http://www.kennecottexploration.com/>.
- Lord D, Etheridge M A, Willson M, Hall G and Uttley P J. 2001. Measuring exploration success: An alternative to the discovery-cost-per-ounce method of quantifying exploration success[J]. SEG Newsletter, 45: 1, 10-16.
- Rio Tinto. 2007. Rio Tinto Exploration[R]. Annual Business Report 2006.
- Singer D A and Menzie W D. 2010. Quantitative mineral resource assessments-An Integrated Approach[M]. Oxford University Press. 232.
- Zimmermann H J. 2000. An application oriented view of modeling uncertainty[M]. European Journal of Operational Research, 122:199-249.