

矿床成矿系列综合预测模型

丁建华^{1,2}, 肖克炎^{1,2}, 薛顺荣³, 姜德波^{1,2}, 丛源^{1,2}, 张婷婷^{1,2}

(1. 中国地质科学院矿产资源研究所, 北京 100037; 2. 国土资源部成矿作用与资源评价重点实验室, 北京 100037; 3. 云南省地质调查院, 云南 昆明 650051)

摘要:以香格里拉地区与印支期中酸性斑(玢)岩有关的有色金属成矿系列为例, 探讨了矿床成矿系列综合预测模型的建立方法及过程。认为成矿系列的不同序次均应有与之相对应的预测模型, 只有将不同级次的预测模型结合起来, 相互补充, 才能更好地完成从面上评价到点上突破的找矿预测过程。综合预测模型建立的好坏, 直接影响基于成矿系列的全位预测和缺位预测。

关键词:矿床成矿系列; 矿产资源评价; 综合预测模型; 云南

中图分类号: P628.1

文献标识码: A

文章编号: 1674-3636(2013)03-0366-06

0 引言

成矿系列概念是由程裕淇等(1979)系统地提出来的。经过30多年的不间断研究, 逐步得到了完善。20世纪90年代, 王世称等(2000)开始运用成矿系列理论指导区域矿产资源预测评价的探索性工作, 并提出了沉积矿化系列、岩浆矿化系列、变质矿化系列和火山作用矿化系列等概念, 目的是将成矿预测与成矿系列理论结合起来。

在我国新一轮25种重要矿产资源预测评价工作中, 应用的是叶天竺等(2007)在成矿系列理论的基础上提出的矿床模型地质综合信息预测技术方法来开展未发现的矿产资源潜力评价工作。全国潜力评价项目在分省单矿种预测阶段, 矿床成矿系列理论对潜力评价的指导作用主要体现在指导成矿构造环境的选择、成矿区带的划分以及预测工作区的圈定等方面(肖克炎等, 2009)。矿床成矿系列在潜力评价中的另一个重要作用是指导预测模型的建立, 在分省单矿种预测阶段指导了典型矿床(矿床式)预测模型的建立, 在预测成果汇总阶段将指导成矿系列预测模型的建立。

笔者以香格里拉地区与印支期中酸性斑(玢)岩有关的有色金属成矿系列为例, 展示区域矿床成

矿系列预测模型的建立方法及过程。

1 云南香格里拉与印支期中酸性斑(玢)岩有关的有色金属成矿系列

将成矿系列模型叠加地球物理、地球化学、遥感、重砂等多元找矿信息后建立的成矿系列综合预测模型, 一方面可以全面归纳矿床产出的关键地质因素, 从而通过相似类比寻找与已知矿床类似的矿床; 另一方面, 可以根据成矿系列缺位理论, 预测理论上应当存在但目前尚未被发现的矿床。

根据矿床成矿系列理论, 矿床成矿系列包括6个层次, 即矿床成矿系列组合→矿床成矿系列组→矿床成矿系列→矿床成矿亚系列→矿床式→矿床。在省级单矿种预测过程中建立的典型矿床预测模型, 对应于矿床式(或可称作矿床式预测模型)。在预测成果汇总阶段, 要求将属于同一矿床系列(亚系列)的矿床式预测模型进行归纳总结, 从而建立区域矿床成矿系列综合预测模型, 该模型将涉及多个矿种、多个预测类型。

1.1 与印支期中酸性斑(玢)岩有关的有色金属成矿系列划分

根据矿床成矿系列理论, 构造环境是决定形成具体矿床成矿系列的主导因素, 不同的矿床成矿系

收稿日期: 2013-06-25; 编辑: 陆李萍

基金项目: 中国地质调查局项目“全国重要矿产总量预测”(1212011121040)、中国地质调查局项目(12120113091500)资助

作者简介: 丁建华(1969—), 女, 副研究员, 博士, 矿产普查与勘探专业, 主要从事矿产资源潜力评价研究, E-mail: dingzhazhan@163.com

列内由于成矿地质作用不同,例如挤压变质、不同源岩浆和火山活动、裂隙槽内的热水沉积和正常沉积以及深大断裂处的地幔流体汇聚等,会形成不同的矿床式。

云南香格里拉的构造位置位于扬子准地台西缘,隶属松潘—甘孜褶皱系南端中甸褶皱带,即三江义敦岛弧带南段的香格里拉火山—岩浆弧。区内岩浆火山活动频繁,成矿作用主要为与印支晚期—燕山期大规模的中酸性岩浆有关的成矿作用。据此,在本区划分出 2 个矿床成矿系列:与印支期中酸性斑(玢)岩有关的有色金属(铜、铅、锌等)成矿系列,与燕山期花岗岩有关的有色金属(钨、钼、铜、铅、锌等)成矿系列。

图 1 为与印支期中酸性斑(玢)岩有关的有色金属(铜、铅、锌等)成矿系列的分布范围,属香格里拉火山岩浆弧之普朗—沙鲁里山外火山岩浆弧带;与三江(造山带)成矿省(Ⅱ级)、香格里拉(陆块)Cu-Pb-Zn-W-Mo-Au 成矿带(Ⅲ级)、香格里拉(岛弧)Cu-Pb-Zn-W-Mo-Au 成矿带(Ⅳ级)的范围相对应。

1.2 与印支期中酸性斑(玢)岩有关的有色金属成矿系列特点

香格里拉(岛弧)带内有 31 个矿床(矿点、矿化点),其中与印支期浅成—超浅成中酸性侵入岩有关的有色金属矿床(矿点、矿化点)有 25 个,成因类型主要为斑岩型、矽卡岩型及热液脉型多金属矿。具有小型以上规模的主要包括:普朗特大型斑岩型铜矿、雪鸡坪中型斑岩型铜矿、红山中型矽卡岩—斑岩型铜矿、浪都小型矽卡岩型铜铁矿、烂泥塘小型斑岩型铜矿、春都小型斑岩型铜矿、高赤坪小型矽卡岩型铜矿、卓玛小型热液型铜多金属矿等,正在评价中的松诺斑岩型铜矿也已具中—大型远景。

表 1 为香格里拉(岛弧)带内与印支期中酸性斑(玢)岩有关的矿床、矿点特征。

印支期中酸性斑(玢)岩有关的有色金属成矿系列内主要包括普朗式斑岩型铜矿、红山式矽卡岩型铜多金属矿以及卓玛式热液脉型铅锌银矿 3 个矿床式。矿床形成有着相同的大地构造背景(刘学龙等,2012),即:扬子西缘多岛—弧—盆系之印支期义敦岛弧带的普朗—沙鲁里山外火山岩浆弧带。该地区在晚古生代为碳酸岩台地环境;到了二叠纪—

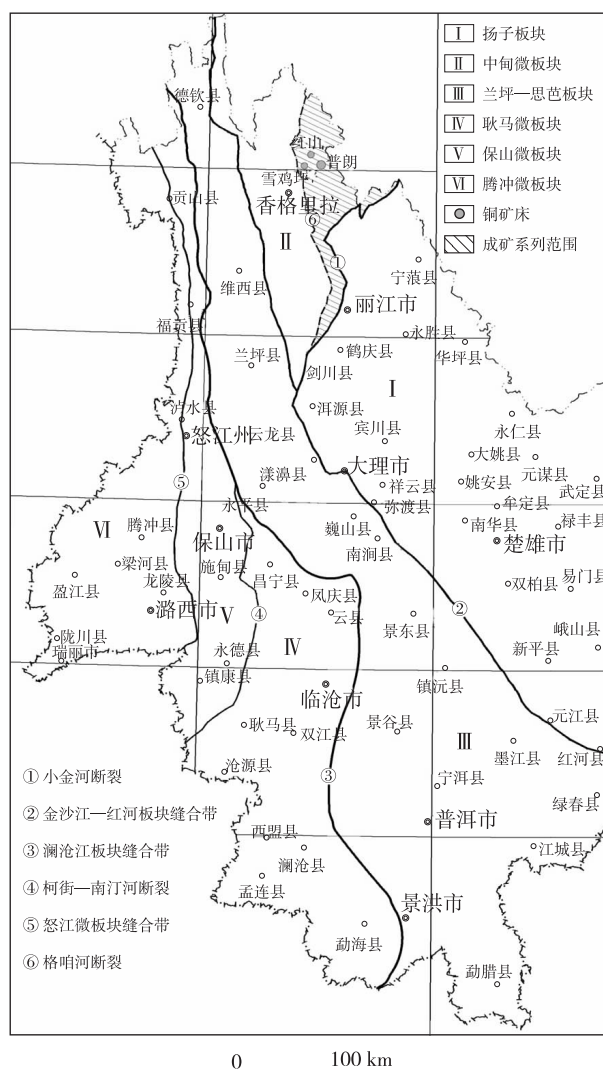


图 1 香格里拉区域大地构造略图

早三叠世进入特提斯多岛洋的发展演化阶段,在形成甘孜—理塘等多岛小洋格局的同时,伴随着强烈的基性火山喷发活动,形成了 1 套碎屑岩—碳酸盐岩—硅质岩—基性火山岩建造;中三叠世末—晚三叠世初,随着甘孜—理塘小洋盆向西俯冲消减,该区由主动大陆边缘转变为被动大陆边缘环境,以及发生弧—陆碰撞造山作用,形成了著名的义敦—普朗岛弧带;岩浆弧发展的晚期阶段(晚三叠世),该区发生较大规模的浅成—超浅成、中性—中酸性岩浆侵入活动,并形成普朗式斑岩型铜矿、红山式矽卡岩型铜多金属矿和卓玛式热液型铅锌银矿等多个矿床式。该系列内不同的矿床式成矿特征见表 2。

表 1 香格里拉(岛弧)带印支期成矿的矿产地

编号	矿产地名称	主矿种	规模	成因类型	成矿时代
1	普朗铜矿	铜	特大型	斑岩型	213 ~ 235 Ma(Re-Os)
2	雪鸡坪铜矿	铜	中型	斑岩型	215.3 Ma(U-Pb)
3	烂泥塘铜矿	铜	小型	斑岩型	晚三叠世
4	春都铜矿	铜	小型	斑岩型	237.5 Ma(Rb-Sr)
5	地苏嘎铜多金属矿	铜铅	矿点	斑岩型	晚三叠世
6	普上铜矿	铜	矿点	斑岩型	晚三叠世
7	松诺铜矿	铜	中—大型	斑岩型	晚三叠世
8	红山铜多金属矿	铜铅锌	中型	矽卡岩型	214 Ma(Rb-Sr)
9	浪都铜铁矿	铜铁	小型	矽卡岩型	晚三叠世
10	高赤坪铜矿	铜	小型	矽卡岩型	晚三叠世
11	恩卡铅锌矿	铅锌	小型	矽卡岩型	晚三叠世
12	卓玛铜铅锌多金属矿	铜铅	小型	热液型	晚三叠世
13	格咱沃迪措铅锌银矿	铅锌	小型	热液型	晚印支—燕山期
14	乌休牛场铅锌矿	铅锌	矿点	热液型	晚三叠世
15	纳通牛场西铅锌矿	铅锌	矿点	热液型	晚三叠世
16	莫磨亚铅锌矿	铅锌	小型	热液型	晚三叠世
17	查拉牛场铜铅锌多金属矿	铜铅	矿点	热液型	晚三叠世
18	霍迭喀铜铅锌多金属矿	铜铅	矿点	热液型	晚三叠世
19	欠虽铜铅锌多金属矿	铜铅	矿点	热液型	晚三叠世
20	特浪用铜铅锌多金属矿	铜铅	矿化点	热液型	晚三叠世
21	辛喀北东铜矿	铜	矿化点	热液型	晚三叠世
22	丹迈铜矿	铜	矿化点	热液型	晚三叠世
23	欧赛拉铅锌矿	铅锌	矿化点	热液型	晚三叠世
24	塘坡铜矿	铜	矿化点	热液型	晚三叠世
25	阿热达铜矿	铜	矿化点	热液型	晚三叠世

注：(1) 松诺铜矿正在评价中,远景规模为中—大型;(2) 据《云南省铜、铅、锌、金、钨、锑、稀土矿资源潜力评价成果报告》、《云南省重要矿种区域成矿规律成果报告》、《云南省重要矿产预测成果汇总报告》数据整理

表 2 香格里拉印支期中酸性斑(玢)岩有关的有色金属成矿系列成矿特征

矿床式	成矿元素	构造单元	围岩或含矿岩石	岩浆岩	成矿物质来源	成矿时代	矿床成因类型	代表性矿床
普朗式斑岩型铜矿	Cu 为主,伴生 Au、Ag、Mo、S	扬子西缘多岛—弧—盆系之印支期义敦岛弧带的普朗—沙鲁里山外火山岩浆弧带	上三叠统图姆沟组碎屑岩与火山岩			印支期	斑岩型	普朗、雪鸡坪、烂泥塘、春都
红山式矽卡岩型铜多金属矿	Cu、Pb、Zn 为主,次为 Mo、W		上三叠统曲嘎寺组砂岩与角岩化带	印支期钠质中—基性火山岩	成矿物质与岩体具有同源性,来源于壳幔	主成矿期为印支期,叠加有喜山早期铜铅矿化	矽卡岩型	红山、浪都、高赤坪、恩卡
卓玛式热液脉型铅锌银矿	Pb、Zn、Cu 为主		上三叠统曲嘎寺组			印支期	热液型	卓玛、沃迪措

从表 2 可以看出,普朗式斑岩型铜矿、红山式矽卡岩型铜多金属矿、卓玛式热液脉型铅锌银矿都有着相同的构造背景、产出层位、成矿物质来源和成矿时代,不同的是矿产产出的具体位置不同,反映了主成矿作用的不同。主矿体产于斑岩体内的为斑岩型

矿床;主矿体产于斑岩体与围岩的接触部位的矽卡岩、角岩带的,为矽卡岩型矿床;再向外围,主矿体产于岩体边部—内外接触带的构造破碎带中(如:碎裂蚀变岩带、角岩化带和其中的石英脉),则形成了热液脉型矿床。

2 成矿系列综合预测模型建立

根据全国矿产资源潜力评价项目技术要求,各省在分矿种预测时,单矿种区域预测模型是通过预测要素表+预测模型图来表示。其中预测模型图要求必须是典型矿床的图切剖面图,剖面图上要反映与预测矿床类型有关的地质、物探、化探、遥感、重砂等特征。在汇总阶段,要求进行不分矿种的成矿规律总结,划分成矿系列,总结并建立成矿系列综合预测模型,表达方式仍然为预测要素表+预测模型图,不同的是预测模型图上不再是真实的图切剖面,而是该成矿系列的综合预测模式图。

香格里拉与印支期中酸性斑(玢)岩有关的有色金属成矿系列中,“四个一定”(程裕淇等,1979;陈毓川等,1998)被赋予了特定的内容:特定的成矿空间——普朗—沙鲁里山外火山岩浆弧带,特定的成矿作用——与中古酸性岩浆岩有关,特定的成矿时间——印支期,特定的成矿物质组合——Cu-Pb-Zn-W-Mo-Au 等。

2.1 与矿床成矿系列有关的地球物理特征

研究区内上三叠统图姆沟组和曲嘎寺组地层以碎屑岩和中、基性火山岩为主,它们具较高密度,应表现为较高的重力值,地层中侵入的印支期二长花岗岩和石英闪长岩体对应着局部相对重力低值区。因此,这些局部剩余重力低异常区对于寻找与印支期中酸性有关的矿床起到了很好的指示作用。

区内与成矿有关的地层上三叠统图姆沟组和曲

嘎寺组以中、基性火山岩为主,在航磁图上表现为磁性多变化的、不连续分布的串珠状异常带,这种影像特征间接地指示了赋矿地层的存在。

2.2 与矿床成矿系列有关的地球化学特征

香格里拉(岛弧)带内与印支期中酸性岩体有关的矿床的异常元素组合有 Cu、Pb、Zn、W、Mo、Au,如翁水—浪都—雪鸡坪一带,是区内异常分布范围最大、元素组合最全、元素异常间套合最好的地区,特别是在浪都—雪鸡坪一带,几乎所有元素异常都叠加套合在一起,著名的中甸普朗特大型、雪鸡坪中型铜矿,红山中型铜钼金矿等矿床就分布其中。区内有较多的中酸性斑岩体分布,还有较多的矿化点有待进一步评价。

2.3 与矿床成矿系列有关的遥感及重砂特征

综合研究区已知地质、矿产特征,发现区内已知矿床与遥感地质解译推断的隐伏岩体及相关线、环构造在空间上关系密切。因此,将解译推断的隐伏岩体的内外边界上线、环构造发育地段提取出来,作为该区找矿有利部位。

重砂异常对区内寻找铜、铅、锌多金属矿也有着很好的指示意义,在研究区主要提取了铜族、铅族、锌族重砂异常范围。

2.4 与印支期中酸性斑(玢)岩有关的有色金属成矿系列综合预测模型

将上述对寻找该系列中的矿床具有指示意义的物探、化探、遥感、重砂异常等综合找矿信息及其空间变化规律叠加,从而提取出寻找与印支期中酸性斑(玢)岩有关的有色金属矿床的预测要素(表3)。

表 3 与印支期中酸性斑(玢)岩有关的有色金属成矿系列预测要素

要素名称		描述内容	要素分类
大地构造背景	Ⅱ级	甘孜—理塘弧盆系	必要
	Ⅲ级	义敦岛弧带(普朗—沙鲁里山外火山岩浆弧带)	
成矿区带	Ⅱ级	三江(造山带)成矿带	必要
	Ⅲ级	香格里拉(陆块)Cu-Pb-Zn-W-Mo-Au 成矿带	
	Ⅳ级	香格里拉(岛弧)Cu-Pb-Zn-W-Mo-Au 矿带	
成矿构造环境		区域构造为红山复式背斜,发育的一系列北北西—北西向断裂,控制中酸性斑(玢)岩体空间展布,印支期中酸性斑(玢)岩体与上三叠统曲嘎寺组、图姆沟组之间形成砂卡岩、角岩接触带	重要
岩浆岩		与成矿有关的岩浆岩为印支期中酸性斑(玢)岩体,岩石类型为石英闪长玢岩、石英二长斑岩、花岗闪长斑岩。岩体及接触带是普朗式斑岩铜矿的含矿岩石;中酸性岩体与围岩接触带形成砂卡岩、角岩,是红山式砂卡岩型铜多金属矿有利赋矿部位;岩体与地层内外接触带的构造破碎带是卓玛式热液脉型铅锌银矿的赋矿部位	必要

续表 3

要素名称	描述内容	要素分类
地层建造	主要是上三叠统图姆沟组火山岩、碎屑岩建造,其次为曲嘎寺组碳酸盐岩、碎屑岩建造	重要
断裂	北北西—北西向断裂,控制着中酸性斑(玢)岩体空间展布,进而控制铜(多金属)矿床(点)空间展布	重要
剩余重力异常	已知铜(多金属)矿床点多分布在重力剩余(-5 ~0 值)异常区	重要
航磁异常	已知铜(多金属)矿床点多分布在航磁 ΔT ($\Delta T > 40$) 化极异常区	重要
化探异常	Cu、Pb、Zn、Au、Ag、W、Mo 等元素异常与已知铜(多金属)矿床(点)套合好,是本区铜(多金属)矿床点存在的重要标志	重要
重砂异常	铜族、铅族、锌族重砂异常范围可指示铜(多金属)矿的存在区域,是本区铜多金属矿床(点)存在的重要标志	重要
遥感解译线环构造	将对遥感解译线、环构造有一定影响的宽度、密度分布区与已知铜、铜多金属矿床(点)套合好,是本区铜(多金属)矿床(点)存在的有利部位	重要
矿产地	已知铜(多金属)矿床、矿点、矿化点是寻找该类型铜(多金属矿)的直接预测标志	重要

将预测要素表现在图面上,即得到与印支期中酸性斑(玢)岩有关的有色金属矿床成矿系列的综合预测模型图(图 2)。

3 结 论

成矿系列的划分过程实质上是对矿床(组)的成矿环境、成矿作用、成矿时代及其矿床组合等成矿规律的认识过程(毕伏科等,2006),矿床成矿系列综合预测模型的建立过程则是在成矿系列研究的基础上,对该成矿系列成矿有关的地质、地球物理、地球化学、遥感、重砂等成矿信息进行提取的过程。因此,综合预测模型建立的好坏,直接影响着成矿系列全位预测和缺位预测。

根据成矿系列理论,成矿系列是分序次的(陈毓川等,1998):一级矿床成矿系列组合,二级矿床成矿系列类型,三级矿床成矿系列,四级矿床成矿亚系列,五级矿床式(或矿床类型)。各序次成矿系列均对应有其独特的预测模型。笔者主要针对三(或四)级矿床成矿系列(或亚系列)的综合预测模型进行了说明。

对应于第五级次的矿床式预测模型(潜力评价项目中又称典型矿床预测模型)所描述的均是与某一类矿床有关的特定模型,突出的是这一类矿床的个性问题,如:普朗式斑岩型铜矿的围岩蚀变主要为蚀变类型主要有钾长石化、黑云母化、钠长石化、硅

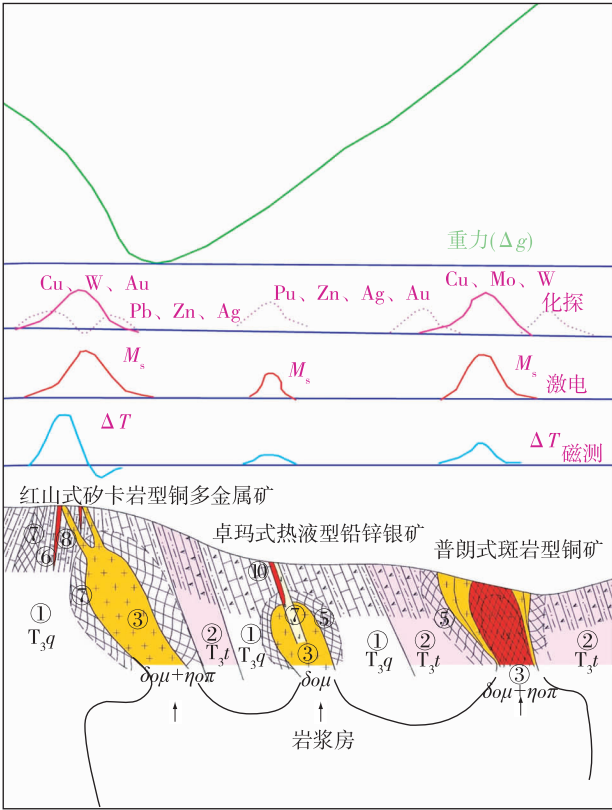


图 2 与印支期中酸性斑(玢)岩有关有色金属矿床成矿系列的综合预测模型图

- ① 上三叠统曲嘎寺组板岩、砂岩、安山岩、灰岩;② 上三叠统图姆沟组安山岩、板岩;③ 石英闪长玢岩 + 石英二长斑岩;④ 钾化硅化蚀变带;⑤ 角岩带;⑥ 砂卡岩带;⑦ 断层破碎带;⑧ 矿体

化、绢云母化、黏土化、绿泥石化、钠黝帘石化等,而红山式矽卡岩型铜多金属矿的矿化蚀变主要为矽卡岩化和角岩化等。在把这些矿床式汇总归纳成高一级次的矿床成矿系列(亚系列)综合预测模型(潜力评价项目中称之为区域预测模型)时,就要求提取并突出这个成矿系列(亚系列)的成矿规律中的共性特征,从而将专属于某一类矿床式的特征忽略。这种忽略无形中弱化了具体矿床类型的找矿特征,因此,要将成矿系列综合预测模型与典型矿床式预测模型相结合使用,使得面上找矿信息与点上找矿信息互补。

不同级次的预测模型适用于不同的项目,只有将不同级次的预测模型结合起来,相互补充,才能更好地完成从面上评价到点上突破的找矿预测过程。

参考文献:

- 毕伏科,肖文遑,阎同生. 2006. 成矿系列的缺位问题及其在成矿预测中的应用[J]. 矿床地质, 25(6): 735-742.
- 程裕淇,陈毓川,赵一鸣. 1979. 初论矿床的成矿系列问题[J]. 中国地质科学院院报, 1(1): 32-58.
- 陈毓川,裴荣富,宋天锐,等. 1998. 中国矿床成矿系列初论[M]. 北京:地质出版社.

- 李文昌,刘学龙,曾普圣,等. 2011. 云南普朗斑岩型铜矿成矿岩体的基本特征[J]. 中国地质, 38(2): 403-414.
- 李文昌,王可勇,尹光侯,等. 2013. 滇西北红山铜矿床成矿流体地球化学特征及矿床成因[J]. 岩石学报, 29(1): 270-282.
- 刘学龙,李文昌,尹光侯,等. 2012. 云南省格咱岛弧印支期岩浆演化及普朗斑岩型铜矿成矿作用[J]. 地质学报, 86(12): 1933-1945.
- 裴荣富. 1995. 中国矿床模式[M]. 北京:地质出版社.
- 王世称,陈永良,夏立显. 2000. 综合信息矿产预测理论与方法[M]. 北京:科学出版社.
- 王登红,陈毓川,朱裕生,等. 2006. 以矿床成矿系列构筑中国成矿体系及其运用[J]. 矿床地质, 25(增刊1): 43-46.
- 王登红,陈毓川,徐志刚,等. 2011. 成矿体系的研究进展及其在成矿预测中的应用[J]. 地球学报, 32(4): 385-395.
- 肖克炎,丁建华,姜德波. 2009. 试论成矿系列与矿产资源评价[J]. 矿床地质, 28(3): 357-365.
- 叶天竺,肖克炎,严光生. 2007. 矿床模型综合地质信息预测技术研究[J]. 地学前缘, 14(5): 11-19.
- 翟裕生,熊永良. 1987. 关于成矿系列的结构[J]. 地球科学: 中国地质大学学报, 12(7): 375-380.
- 翟裕生. 1992. 成矿系列研究问题[J]. 现代地质, 6(3): 301-308.
- 朱裕生,肖克炎,宋国耀,等. 2007. 中国主要成矿区(带)成矿地质特征及矿床成矿谱系[M]. 北京:地质出版社.

On integrated prognosis model for metallogenic series

DING Jian-hua^{1,2}, XIAO Ke-yan^{1,2}, XUE Shun-rong³, LOU De-bo^{1,2}, CONG Yuan^{1,2}, ZHANG Ting-ting^{1,2}

(1. Institute of Mineral Resources, Chinese Academy of Geological Sciences, Beijing 100037, China; 2. Ministry of Land And Resources Key Laboratory of Metallogenesis and Resource Assessment, Beijing 1000037, China; 3. Yunnan Institute of Geological Survey, Kunming 650051, China)

Abstract: Nonferrous metal metallogenic series related with intermediate-acid porphyry of Indosinian period in Shangri-La were chosen as a case study in the text, the authors discussed the way of building a metallogenetic series integrated prediction model. The authors indicated that different prognosis models should be built corresponding to different grades of metallogenic series, which not only could be used in regional survey but also in occurrences and spots prediction.

Keywords: Deposit metallogenetic series; Mineral resource assessment; Integrated prognosis model; Yunnan