

我国金矿资源分布特征及国家级实物地质资料筛选^{*}

张苏江 夏浩东 范景义 王楠 尚磊
(国土资源实物地质资料中心)

摘 要 金矿是我国重要的战略矿种之一,在全国范围内均有分布,矿床类型以绿岩带型、浅变质碎屑岩型及卡林型为主,集中分布于胶东、华北地台南缘、西秦岭、东秦岭、辽东、滇黔桂、哀牢山等 9 个成矿带中,青海、新疆地区金矿资源潜力巨大,是未来找矿重点。在分析我国金矿资源分布特征的基础上,认为国家实物地质资料馆金矿资源实物地质资料筛选应考虑金矿床成矿规模、矿床类型、成矿区(带)、成矿时代等因素,可将具有典型性、潜力巨大的金矿床作为筛选对象。上述研究成果对于我国金矿资源勘探找矿、资源开发利用有一定的参考价值。

关键词 实物地质资料 分布特征 矿床类型 成矿区 成矿时代

Distribution Characteristics and Screening of Gold National-class Physical Geological Data of the Gold Mineral Resources in China

Zhang Sujiaog Xia Haodong Fan Jingyi Wang Nan Shang Lei
(National Resources Geological Sample Center)

Abstract Gold resources is one of the most important strategic minerals in our country, it is distributed extensively on a national scale in our country. The gold deposits are mainly of greenstone formation type, shallow metamorphic clastic rock type and micro-granular disseminated type in genesis, they are mainly distributed in nine areas such as Jiaodong, southern edge of north China platform, western Qinling, eastern Qinling, eastern Liaoning province, the triangle area of Guizhou-Guangxi-Yunnan and Ailaoshan etc. The gold resources potential in Qinghai-Xinjiang area is great, so it is an important ore prospecting area in the future. Based on analyzing the distribution characteristics of the gold resources in our country, the factors of the screening of gold national-class physical geological data in national geological cores and samples library, the result show that the factors such as metallogenic scale of gold deposits, ore deposits types, metallogenic region (belt) and metallogenic epoch etc should be considered in the process of screening of gold national-class physical geological data. Besides that, the typical gold deposits with huge metallogenic potential can be taken as the screening objects. The above research results have important reference for the exploration prospecting, exploitation and utilization of the gold resources in our country.

Keywords Physical geological data, Distribution characteristics, Ore deposits types, Metallogenic region, Metallogenic epoch

我国金矿资源较丰富,截至 2013 年底,全国金矿查明资源储量 8 974.7t,较 2010 年增长 2 109.9

t,增幅达 30.73%^[1-3]。然而,由于金矿储量的过度消耗,且一些大型多金属矿山的难选冶金矿资源未得到充分利用,为我国黄金产业的可持续发展带来了严重隐患。为实现我国黄金产业的稳产、高产,近年来,政府加大了金矿找矿勘查及相关地质科研工作的力度。在该形势下,系统筛选、采集一批具有典型性、代表性和系统性的金矿床实物地质资料(地

^{*} 中国地质调查局工作项目(编号:1212011120404;12120114080601)。

张苏江(1984—),男,工程师,065201 河北省三河市燕郊经济技术开发区燕灵路 245 号。

质工作中形成的岩矿芯、岩屑、标本、样品、光薄片等实物及其配套的相关资料) 入库国家实物地质资料馆(目前中国唯一的国家级实物地质资料馆藏机构) 不仅具有重大的科学研究价值, 而且对于分析全国金矿资源潜力、科学部署金矿资源勘查工作具有重要意义^[4-5]。

1 金矿床类型及特征

我国地质构造复杂, 岩浆活动频繁, 沉积类型多样, 变质作用强烈, 金矿成矿地质条件十分优越^[6]。本研究以含金岩系为主要分类准则, 综合成矿地质背景、含金建造的历史演化及大地构造背景, 将全国金矿划分为 9 类(表 1)^[6-12]。

表 1 我国金矿床类型划分

矿床类型	亚类型	典型地质特征	典型矿床
绿岩带型: 产于太古宙中深变质岩或其衍生的后期花岗岩中(绿岩带)	中深成脉型/或剪切带型	亦称造山型金矿床, 主要产于太古宙古陆块(绿岩带) 汇聚板块边缘碰撞增生造山带, 受超壳深断裂或大型韧性剪切带控制。该类金矿是目前我国岩金开采的主要对象, 探明资源量占全国总资源量的 50% 以上。	吉林夹皮沟、三道岔、河北金厂峪、小营盘
	中深变质岩中的硅质岩型	产于前寒武纪条带状铁建造中并与铁建造有密切的时空和成因联系的金矿床, 通称硅质岩型矿床。该类金矿广泛分布于世界各地的早前寒武纪火山-沉积岩中, 产有一系列大型或超大型金矿床。	佳木斯地块鹤岗东风山、五台山区山西柏枝岩
浅变质碎屑岩型		亦称穆龙套型、黑色岩型、硬砂岩型或浊积岩型金矿床, 主要产于元古宙—古生代含金浅变质岩系(含碳碎屑岩、干枚岩、板岩、片岩等), 为我国金矿的主要类型之一, 探明资源量占全国总资源量的 20% 以上。	辽宁猫岭、广东河台、湖南沃溪、漠滨、黄金洞
卡林型		亦称微—细浸染型金矿床, 主要赋存于古生代—三叠纪含碳碎屑岩、泥硅质岩、碳酸盐岩中。典型构造部位为具有伸展体制的汇聚板块边缘的大陆弧或弧后构造带。卡林型金矿床为我国金矿床的主要类型之一, 探明资源量约占全国总量的 20%。	贵州紫木函、戈塘、板其、广西金牙、高龙、四川东北寨、马脑壳、哲波山
陆相火山岩型	火山超浅成—浅成热液脉型	该类金矿床在空间分布上常与火山喷发中心、火山岩穹窿或破火山口构造有密切关系, 常以各类陆相火山岩、次火山岩及其构造角砾岩为容矿岩石, 故称陆相火山岩型或浅成低温热液型金矿床。成矿时代以中生代为主, 其次为古生代与新生代。该类金矿床探明储量约占全国总储量的 2%。	黑龙江团结沟、吉林五凤、内蒙古金厂沟梁、山东归来庄、河南祁雨沟、新疆阿希、云南两河
	斑岩型 隐爆角砾岩型		
海相火山岩型	富金火山块状硫化物和沉积喷气型 蛇绿岩型	太古宙绿岩带之外、元古宙以来含矿岩系为海相基性、偏基性火山岩或火山沉积岩(包括细碧角斑岩) 的金矿床。其中, 金作为共生组分, 形成共生金或伴生金矿床, 以海相火山热液与沉积作用形成的多金属硫化物共生金为主。	甘肃白银厂、金庙沟、新疆阿舍勒、齐求 II、萨尔托海、四川呷村
产于中深成侵入岩及外接触带型	中—酸性侵入岩型 镁铁质—超镁铁质岩型	赋存于中深成侵入岩(超基性、基性、中性、酸性及碱性岩等) 及其外接触带中的金矿床。矿体与深大断裂及次一级断裂有关, 矿化类型以石英脉型为主, 其次为破碎蚀变岩型、砂卡岩型及角砾岩型。主要成矿时代为加里东期、海西期、燕山期和喜马拉雅期, 海西期、燕山期形成的金矿床在全国占有主要地位。	新疆多拉那萨依、哈图、包古图、金窝子、河北东坪、云南北衙、马厂菁
砾岩型		该类金矿床在世界金矿储量中占有重要地位, 在我国, 该类金矿床发现较少, 主要赋存于侏罗系—白垩系、第三系砂砾岩中, 基底多为前震旦系变质岩系, 产于中—新生代断陷盆地边缘。	四川旺金、黑龙江穆稜小金山、吉林珥春黄松甸子
风化壳型		地表或近地表含金地体、含金多金属硫化物经表生风化淋滤作用而形成的表生金矿床(包括铁帽型、红土型及黑土型), 成矿时代为新生代, 具有埋藏浅、品位高、易采选等特点。	湖北黄梅、蛇屋山、湖南七宝山、江西吴家湾
砂金		产于新第三系—第四系松散堆积物中的砂金矿床, 查明资源储量占全国总量的 8%。该类金矿是原生金矿床或含金地体在地表经物理作用破坏后, 金等成矿物质重新堆积、富集的结果。	黑龙江、四川、内蒙古、甘肃、青海、陕西等省份砂金矿床

2 重要金矿成矿区(带)

(1) 鲁胶东成矿带。该带位于胶辽隆起之鲁东隆起区, 区内广泛出露新太古界、元古宇基底变质岩系。区内岩浆构造活动频繁, 太古宇变质岩系经历多期构造岩浆热事件作用后, 形成混合花岗岩和壳源重熔型花岗岩, 为胶东金成矿提供了矿源与热源^[9]。该区为我国最重要的金矿成矿带和目前产量最大的黄金基地, 已探明金资源储量超过 100 t 的

超大型矿床 3 处(焦家、新城、台上)、资源储量超过 50 t 的特大型矿床 7 处(三山岛、东风、九曲、大尹格庄、河西、金青顶) 及中小型矿床近百处。区内累计查明资源储量近 2 000 t(包括三山岛金矿田, 探获资源量 500 t; 玲珑金矿田, 探获资源量 400 t; 焦家金矿深部累计探获金资源量超过 600 t), 约占全国总资源量的 30% 以上^[4, 11, 13]。

(2) 豫陕华北地台南缘成矿带。该成矿带地处

华北地台南缘华熊台隆小秦岭台穹,即位于昆仑秦岭纬向系北亚带与祁吕贺山型构造的前缘弧东翼及新华夏系太行隆起带的交汇部位^[14]。区内岩浆活动强烈,具多期次活动特征,除熊耳群火山岩外还发育中—酸性侵入岩,与该区金矿成矿关系密切^[11]。目前,区内已发现大中型金矿床 20 余处(陕西潼关桐峪、河南东闯、杨砦峪、文峪等),查明资源储量 627 t(中国第二大黄金生产基地)。据区内已有的地质勘探资料,区内金矿脉延深较大(如杨砦峪金矿钻孔控制垂深超过 1 600 m,大湖金矿为 1 050 m),反应其深部仍具有较大的成矿潜力^[11,14]。

(3) 西秦岭(陕甘川三角区)成矿带。该区位于秦祁昆 I 级构造单元秦岭活动带,地跨西秦岭—南秦岭华力西期—印支期褶皱带,松潘—甘孜印褶皱系东部及上扬子地块的龙门—大巴台缘褶皱带,地质构造复杂^[10]。该区为我国主要的黄金产区之一,目前已发现金矿床(点)近百处,其中大型金矿床有寨上、大水、枣子沟、大桥、李坝、拉尔玛等^[9,11]。

(4) 东秦岭成矿带。该区位于秦祁昆造山成矿省,地处北秦岭造山系的北秦岭加里东造山带及礼县—柞水海西前陆造山带,为加里东期离合造山带^[9]。区内发现金矿床(点)数百处^[11],代表性的有八卦庙、马鞍桥、双王、金龙山、废家河等金矿床^[9]。

(5) 滇黔桂三角区成矿区(带)。为我国重要的黄金产地之一,以碎屑岩中—微细浸染型金矿的广泛发育为特征,该区地处上扬子地块南缘与湘桂造山带的交接部位以及右江(印支)造山带^[9]。经 20 多年勘查,目前已发现金矿床(点)100 余处,主要分布于桂西北(金牙、高龙、明山、龙川)、黔西南(水银洞、紫木函、戈塘、板其、丫他、烂泥沟)及滇东南(堂上)等三地。近年来,区内找矿勘探工作取得重大进展,发现了一批大型、特大型金矿床,如烂泥沟(124 t)、水银洞(近 100 t)、紫木函(50 t)。研究表明,区内仅黔西南的远景储量可达 200 t 以上,可供勘查的金找矿远景区有黔西南、南盘江—右江、乐业—巴马、田东—德保及广南—那坡等 5 个。

(6) 燕辽成矿区(带)。该区为我国非常重要的有色金属(钼、铜、铅、锌等)成矿区(带)之一,也是重要的黄金生产基地(发现岩金矿床 100 余处,累计探明储量约 200 t)^[13],地跨华北地台北缘隆起带(内蒙古地轴)及燕辽中元古代裂谷带(燕山台褶

带)^[9]。区内岩浆侵入活动强烈,尤以燕山期侵入岩最为发育,且与金矿成矿关系密切,该区(带)金矿类型较多,典型的有内蒙古红花沟、金厂沟梁、河北小营盘、金厂峪、东坪、后沟、峪耳崖、辽宁排山楼、柏杖子、二道沟、南大线等金矿床^[9,13,15]。

(7) 辽东成矿带。该带属华北地台北缘胶辽台隆的宽甸—营口隆起及太子河—浑河拗陷。区内 NW、NE 向断裂构造发育,控制着岩浆岩的侵入和矿床的空间分布,印支期特别是燕山期的岩浆构造活动促使金矿形成和叠加富集^[9,11],丹东五龙与盖县猫岭为区内金矿床的代表。

(8) 松潘—摩天岭成矿带。该带处于扬子陆块、秦岭—大别造山带和松潘—甘孜褶皱带所夹持的三角区内^[11]。区内金矿类型主要为卡林型(阳山、东北寨、联合村、石鸡坝)与海相火山岩型(铍厂沟、东沟坝),其中阳山、东北寨为大型金矿床,桥桥上、联合村、石鸡坝(新关)为中型金矿床^[11]。

(9) 哀牢山成矿带。该带地处金沙江—哀牢山板块结合带。金矿主要产于晚古生代—早中生代碎屑岩和碳酸盐岩或侵入体的内外接触带,成矿时代主要为喜马拉雅期。带内已发现大型及以上规模矿床 6 处(镇源老王寨、鹤庆北衙、墨江金厂、元阳大坪、广南老寨湾、金平长安),中小型矿床(点)数十处,是我国具有一定成矿潜力的金产区^[9,11]。

(10) 其余重要成金地区。主要包括青海东昆仑—祁连—柴北缘、西藏冈底斯及新疆天山—阿尔泰山—东西准噶尔山等地区。青海金矿较丰富,在北祁连、柴北缘、东昆仑、巴颜额拉等地均有分布,截至 2012 年底,全省共发现大型金矿床 5 处(曲麻莱大场、都兰果洛龙洼、红旗沟—深水潭、大柴旦滩间山金龙沟、青龙沟),中小型矿床(点)数百处,累计查明金资源量 420.936 t。西藏冈底斯地块位于班公湖—怒江缝合带和雅鲁藏布江缝合带之间^[4],金成矿与喜马拉雅期花岗岩类有关,主要以伴生金的形式产出^[2]。近年来,随着该区斑岩型铜矿的突破,伴生金的储量也相当可观^[13,16]。新疆地跨中亚和特提斯两大成矿域,成矿地质条件较好,金矿床类型较齐全,潜在资源量巨大,全区金矿资源分布广泛,主要集中于阿尔泰山、东西准噶尔界山、天山及西昆仑—阿尔金山等山系中。经统计,区内已发现金矿产地共 137 处,目前已知大型及以上规模矿床 4 处(萨瓦亚尔顿、阿希、齐依求 I[#] 矿体、卡特巴阿

苏) 中小型矿床 58 处, 矿点 75 处。截至 2008 年, 全区探明金资源储量 278 t, 预测金资源储量 6 000 t 以上, 探明储量仅约为预测总储量的 4.63%, 可见该区金矿找矿前景巨大。

3 金矿实物地质资料筛选因素

(1) 矿床规模。我国大型—超大型金矿床较少, 中—小型金矿床居多。已勘查的大型—超大型金矿床(福建上杭紫金山、江西德兴金山、山东莱州焦家、山东招远玲珑—台上、河南灵宝文峪—东闯、贵州贞丰烂泥沟、甘肃文县阳山、新疆乌恰萨瓦亚尔顿、新疆新源卡特巴阿苏、内蒙古乌拉特中旗浩尧尔忽洞等)都具有独特的、复杂的成因及形成条件, 加强大型—超大型金矿床的时空分布特征、成矿背景研究, 对于揭示矿床成矿规律、建立区域找矿模型、提高靶区成矿预测精度、发展矿床成矿理论大有裨益。据统计, 我国 117 处大型以上金矿床的金资源储量占累计探明储量的 56.17%^[2]。因此, 从科研、教学研究、馆藏价值等方面来讲, 大型—超大型金矿床的实物地质资料是国家实物地质资料馆的最优选择。

(2) 成因类型。我国金矿床按容矿岩系可划分为 9 类, 其中绿岩带型、浅变质碎屑岩型、卡林型金矿在全国分布最广, 且为当前国内岩金开采的主要对象。因此, 国家馆藏机构在筛选金矿床实物地质资料时, 应重点收藏绿岩带型、浅变质碎屑岩型及卡林型金矿, 火山岩型、产于中深成侵入岩内及其外接触带型次之, 同时兼顾风化壳型、砾岩型等其余成因类型的金矿床。另外, 伴生金矿床(主要伴生于斑岩型、砂卡岩型、岩浆型及海相火山岩型铜、铅、锌等有色金属矿床中)是中国金资源的重要来源之一(查明金资源量占全国总量的 20% 以上, 保有资源量占全国总量超过 30%), 且在全国部分地区(集中分布于长江中下游、南岭等地区)也有分布^[6], 在筛选其余金属矿种时可将金作为伴生元素进行搜集。砂金矿床实物地质资料零散、破碎、易风化, 不易保存, 故一般不采集。

(3) 成矿区(带)。鲁胶东、豫陕华北地台南缘、滇黔桂三角区及燕辽成矿区(带)是我国最重要的 4 大金矿成矿区(带), 也是当前地质勘查与科学研究的重点成矿带, 因此对于该区域的金矿床和成矿远景区需重点关注。西秦岭(陕甘川三角区)、东秦岭、辽东、松潘—摩天岭及哀牢山成矿带在我国金矿成矿带中也占有很重要的地位, 国家馆藏机构也应将其作为主要目标进行关注。青海、西藏及新疆金

矿是近些年乃至今后进行地质普查与勘探工作的重点, 资源潜力巨大, 随着区内勘探开发工作的开展, 应逐一筛选并采集金矿实物地质资料^[4]。

(4) 成矿时代。相对于北美、非洲、澳大利亚、印度和巴西等以太古宙与元古宙成金为主的国家(地区)而言, 我国金矿床具有成矿时代新的特点, 除台湾外, 均不发育环太平洋成矿带的古近纪火山岩型金矿床^[7], 这与我国大地构造位置属非稳定型古陆及侏罗纪—白垩纪强烈的岩浆—构造活动有关。在 7 个主要成矿期中, 以侏罗纪—白垩纪成矿期最为重要, 新生代成矿期次之, 其余依次为晚古生代、三叠纪、早古生代、元古宙及太古宙成矿期^[6]。因此, 应全面考虑成矿时代对矿产的约束条件, 全面收藏各个时代具有代表性的金矿实物地质资料^[4]。

4 入选金矿床

在全国范围内确定了 39 个金矿床为国家实物地质资料馆的重点收藏对象(表 2)^[17]。各时期入选的代表性矿床有: ①侏罗纪—白垩纪成矿期, 福建上杭紫金山、河南嵩县祁雨沟、山东平邑归来庄等; ②新生代成矿期, 湖北嘉鱼蛇屋山; ③晚古生代成矿期, 新疆伊定阿希、吉林夹皮沟等; ④三叠纪成矿期, 贵州贞丰烂泥沟; ⑤早古生代成矿期, 河南桐柏银洞坡; ⑥元古宙成矿期, 江西德兴金山。

5 结 语

我国地质构造复杂, 金矿成矿条件优越, 大型—超大型矿床少, 中—小型矿床居多。详细分析了鲁胶东、豫陕华北地台南缘、滇黔桂三角区等 9 个成矿区(带)金矿床分布特征, 在此基础上, 根据我国金矿床成因类型、成矿区(带)、成矿时代等因素, 共筛选出 39 个金矿床作为国家实物地质资料馆的收集对象, 为金矿地质勘查和科学研究提供依据。

参 考 文 献

- [1] 王银宏. 中国金矿资源现状与思考[J]. 国土与自然资源研究, 2003(2): 75-76.
- [2] 王成辉, 徐 珏, 黄 凡, 等. 中国金矿资源特征及成矿规律概要[J]. 地质学报, 2014, 88(12): 2315-2325.
- [3] 中华人民共和国国土资源部. 2014 中国矿产资源报告[M]. 北京: 地质出版社, 2014.
- [4] 崔立伟, 夏浩东, 王 聪, 等. 中国铁矿资源现状与铁矿实物地质资料筛选[J]. 地质与勘探, 2012, 48(5): 1-12.
- [5] 宋焕霞, 景 明, 赵桂军, 等. 四川阿西金矿床地质特征及找矿模型[J]. 金属矿山, 2016(1): 114-117.
- [6] 张文钊, 卿 敏, 牛翠祎, 等. 中国金矿床类型、时空分布规律及找矿方向概述[J]. 矿物岩石地球化学通报, 2014, 33(5): 721-732.

表 2 国家实物地质资料馆金矿筛选名录

序号	成矿区(带)	矿床名称	地理位置	矿床类型	矿床规模	成矿时代	
1	鲁胶东	玲珑	山东招远	绿岩带型(玲珑式)	超大型	侏罗纪—白垩纪	
2		焦家	山东莱州	绿岩带型(焦家式)			
3		三山岛		绿岩带型			
4		归来庄	山东平邑	陆相火山岩型(隐爆角砾岩型)			大型
5	豫陕	文峪—东闯	河南灵宝	绿岩带型	超大型	早古生代	
6	华北地台南缘	祁雨沟	河南嵩县	陆相火山岩型	大型		
7		银洞坡	河南桐柏	浅变质碎屑岩型	特大型		侏罗纪—白垩纪
8	西秦岭 (陕甘川三角区)	寨上	甘肃岷县	卡林型			
9		大水	甘肃玛曲	产于中深成侵入岩及外接触带型			
10		枣子沟	甘肃合作	陆相火山岩型		大型	
11	大桥	甘肃岷县					
12	东秦岭	太白双王	陕西太白				
13		八卦庙	陕西丹凤	卡林型	大型	侏罗纪—白垩纪	
14	滇黔桂三角区 (带)	烂泥沟	贵州贞丰		超大型		
15		水银洞					
16		金牙	广西凤山				大型
17	燕辽	朱拉扎嘎	内蒙古阿拉善左旗	浅变质碎屑岩型	特大型		
18		哈达门沟	内蒙古包头	产于中深成侵入岩及外接触带型			
19		浩尧尔忽洞	内蒙古乌拉特中旗	陆相火山岩型		超大型	古生代
20		金厂峪	河北迁西	绿岩带型		大型	
21	辽东	东坪	河北崇礼	产于中深成侵入岩及外接触带型	特大型	晚古生代	
22		小佟家堡子	辽宁凤城	浅变质碎屑岩型		侏罗纪—白垩纪	
23		五龙	辽宁丹东	产于中深成侵入岩及外接触带型		大型	三叠纪
24	松潘摩天岭	东北寨	四川松潘	卡林型	特大型	侏罗纪—白垩纪	
25	哀牢山	北衙	云南鹤庆	产于中深成侵入岩及外接触带型	超大型	三叠纪	
26		老王寨	云南镇源	陆相火山岩型		侏罗纪—白垩纪	
27	青海—新疆地区	大场	青海曲麻莱	绿岩带型	特大型	三叠纪	
28		果洛龙洼	青海都兰	绿岩带型	大型	晚古生代	
29		青龙沟	青海大柴旦	浅变质碎屑岩型			
30		萨瓦亚尔顿	新疆乌恰		超大型	三叠纪	
31		阿希	新疆伊宁	陆相火山岩型	特大型		晚古生代
32		哈图(齐1 [#] 矿体)	新疆托里	海相火山岩型	大型		
33		卡特巴阿苏	新疆新源	陆相火山岩型	特大型		
34	除上述成矿带以外的地区	夹皮沟	吉林桦甸	绿岩带型	大型	侏罗纪—白垩纪	
35		金厂	黑龙江东宁	陆相火山岩型	特大型		
36		紫金山	福建上杭		超大型		
37		金山	江西德兴				
38		蛇屋山	湖北嘉鱼	风化壳型	大型		新生代
39		抱伦	海南乐东	产于中深成侵入岩及外接触带型			三叠纪

[7] 陈毓川,李兆鼎,毋瑞身. 中国金矿床及其成矿规律[M]. 北京:地质出版社,2001.

[8] 赵宏军,张泽春,冯本智. 前寒武纪条带状铁建造中的金矿床[J]. 世界地质,2000(4):324-328.

[9] 赵一鸣,吴良士,白 鸽,等. 中国主要金属矿床成矿规律[M]. 北京:地质出版社,2004.

[10] 牛翠祎,王科强,李绍儒. 滇黔桂成矿区金矿资源预测评价[J]. 中国地质,2011,38(6):1576-1583.

[11] 牛翠祎,韩先菊,卿 敏. 中国金矿产预测评价模型及资源潜力分析[J]. 吉林大学学报:地球科学版,2013,43(4):1210-1222.

[12] 吴 松,李文昌,姜文涛,等. 北衙金矿外带似层状 Pb-Zn-Ag 多金属矿床地质特征及成因[J]. 金属矿山,2016(1):104-

108.

[13] 王成辉,王登红,黄 凡,等. 中国金矿集区及其资源潜力探讨[J]. 中国地质,2012,39(5):1125-1142.

[14] 冯建之,岳铮生,肖荣阁,等. 小秦岭深部金矿成矿规律及成矿预测[M]. 北京:地质出版社,2009.

[15] 王佐满,王恩德,李 达,等. 辽西排山楼金矿深部成矿地质特征与找矿标志[J]. 现代矿业,2016(1):132-134.

[16] 张宗祥,郝 娇. 我国斑岩铜矿床分布特征及研究进展[J]. 现代矿业,2015(8):76-81.

[17] 王科强,牛翠祎,张 峰,等. 中国大型—超大型金矿床时空分布及其成矿地质背景[J]. 矿床地质,2008(S):63-76.

(收稿日期 2015-06-29)