中国金矿集区及其资源潜力探讨

王成辉 王登红 黄 凡 徐 珏 陈郑辉 应立娟 刘善宝

(国土资源部成矿作用与资源评价重点实验室,中国地质科学院矿产资源研究所,北京 100037)

提要:金矿是中国重要的战略矿种之一。由于其产出对时代、地层、构造甚至岩浆岩都没有特别的选择性而在中国广泛分布,但又具有空间分布不均匀的特点,通常某一种类型主要集中在某一区域,如花岗-绿岩型金矿主要集中在华北地台周缘,而卡林型金矿集中在滇黔桂和陕甘川两大金三角。根据这一特点,通过综合研究,本文在 III 级成矿区带的基础上,重点考虑金矿类型、典型矿床成矿条件及其区域分布特征,参照区域成矿要素,初步划分出阿尔泰、准噶尔、东天山—北山等 32 个金矿集区,总结了各金矿集区的基本地质特征,重点分析了胶东、小秦岭、燕辽、滇黔桂 4 个金矿集区的成矿条件,总结了其成矿规律并探讨了各自的成矿潜力和找矿方向,并根据近年来金矿勘查的新进展,对今后找矿工作提出了建议。

关 键 词:金矿集区;成矿条件;成矿规律;潜力评价;找矿方向

中图分类号:P618.51 **文献标志码**:A **文章编号**:1000-3657(2012)05-1125-18

金矿是中国重要的战略矿种之一,全国各地均有产出,但空间分布很不均匀,突出地表现为集中在胶东、小秦岭、燕辽—大青山、辽吉东部、黑龙江流域、陕甘川和黔滇桂等几大矿集区。其中,仅胶东就拥有中国已探明金储量的近 30%(本文所涉及的统计数据,均为本次全国重要矿产资源潜力评价工作的初步统计结果)。近年来,随着金矿地质工作投入不断加大,找矿新成果层出不穷,不但拓宽了找矿空间,丰富了成矿理论,而且增加了金储量。截至 2008 年底,中国已发现金矿产地 7148 处,查明黄金矿产地 2386 处,累计查明金矿资源储量近万吨。鉴于新增资源量主要集中在已知矿集区,因此,开展中国金矿集区的研究和重点矿集区成矿潜力分析,具有重要的理论和现实意义。本文以 2006 年以来开展全国重要矿产潜力评价工作的阶段性成果为基础,对中国主要金矿矿集区的分布格局、地质特征、资源潜力和找矿方向等问题作了概要性的介绍,以服务于地质找矿工作。

1 中国金矿主要预测类型

金具有特殊的地球化学特征,能在几乎所有地质年代、各类岩石、各种地质环境中富集成矿,也能参与各种地质作用,因此金矿床类型十分丰富[1-6]。本次全国矿产资源潜力评价工作,采用了"矿产预测类型"的新概念[3]❶,对金矿而言主要以含金岩系为主要分类准则,综合成矿地质背景和含金建造的历史演化、大地构造背景,将中国的金矿类型划分为花岗-绿岩建造中金矿(花岗绿岩型)、沉积建造中的金矿(微细浸染型、变质碎屑岩中热液型)、火山岩型金矿(陆相、海相)、与岩浆侵入作用有关金矿床(岩浆热液型)、砾岩型金矿、砂金矿和风化壳型金矿(表 1)。其中以岩浆热液型、微细浸染型、火山岩型金矿

收稿日期:2012-07-08;**改回日期**:2012-08-16

基金项目:中国地质大调查项目"我国重要矿产和区域成矿规律研究"(1212010633903)、"中国矿产地质与区域成矿规律综合研究(中国矿产地质志)"(1212011220369)及深部探测技术与实验专项"南岭成矿带地壳岩浆系统结构探测实验"(SinoProbe0301)联合资助。

作者简介:王成辉,男,1982 年生,主要从事岩石、矿物、矿床学研究;E-mail:wangchenghui131@sina.com。

通讯作者:王登红,男,1967 年生,研究员,博导,主要从事成矿学研究;E-mail:wangdenghong@sina.com。

❶王登红,陈毓川,徐志刚,等.矿产预测类型及其在矿产资源潜力评价中的运用.吉林大学学报(地球科学版),待刊.

表 1 中国金矿预测类型及分布简表

Table 1 Major prediction types of Au deposits and their distribution in China

金矿预测类型	西北区	华北区	东北区	西南区	中南区	华东区	占全国百分比
花岗-绿岩型		金厂峪式	小佟家堡子式、东风山式、夹皮沟式				10.32
火山岩型(陆相+海相)	阿希式、阿舍勒式、白银厂式	陈家杖子式、四五牧场式	团结沟式、二道沟式、柏杖子式	腾冲式	银山式、龙头山式	金瓜石式、紫金山式、铜井式、治岭头式	17.68
岩浆热液(包括斑岩、基性-超基性岩、中酸性岩及矽卡岩、破碎蚀变岩、石英脉型)	金川式、煎茶岭式、尼玛式、望峰式	焦家式、玲珑式、三山岛式、峪耳崖式、下双台式、东坪式、金厂沟梁式	多宝山式、四道沟式、老柞山式、五龙式	玉龙式、驱龙式、墨江式、三碉式	抱伦式、河台式	德兴式、城门山式、铜官山式，马山式	37.96
微细浸染型	八卦庙式、崖湾式、金场子式、满丈沟式、棺材山式	泰山庙式		东北寨式、水银洞式、白羊乡式、板其式	凤山式、高龙式		20.1
变质碎屑岩中热液型	滩涧山式、原柳沟式	朱拉扎嘎式、东升庙式、铜矿峪式	猫岭式	大岩窝式	沃溪式、戈枕式	金山式、齐村式	3.75
古砾岩型			黄松甸子式、金盆式				0.16
砂金型	西岔河式、柯尔咱程式、嘉陵江式	金盆式、恩河哈达河式	桦甸式、呼玛式、柳树河式	崩纳藏布式、嘉陵江式、红河源式	汉江式、高都川式、湘江式	臧湾式、辛安河式	9.27
风化壳型(包括淋滤及土型、铁帽)		宝力格式、三合式		老万场式、两河式	蛇屋山式、象山式、七宝山式	黄狮涝山式、铁门坎式、吴家式	0.76

最重要,其次为花岗-绿岩型和砂金矿。金矿预测类型不同于成因类型也不同于工业类型，其理论依据是金矿矿床式,而金矿矿床式往往具有区域性特点,区域性特点又与矿集区尤其是矿集区中的矿田地质特征密切相关,可以理解为“为了成矿预测的方便而划分的、具有区域性特点的矿床类型”。

2 金矿矿集区的圈定

尽管中国金矿成矿地质条件复杂，矿床类型繁多,不同类型金矿往往在同一地区并存[7-14],但各主要矿集区通常具有一种主要的金矿类型,如滇黔桂、陕甘川矿集区以卡林型为主，这为金矿资源潜力评价创造了条件。总体上,中国金矿床具有以下显著特点:①严格受区域成矿构造带、尤其是北西西向、北北东向构造带控制；②含金建造广泛发育。太古界中-基性火山岩系、元古宙含金浅变质岩系、古生代—三叠纪含金沉积岩系、显生宙侵入-火山岩系及中、新生代含金砂砾岩系最为重要,构成了金成矿的初始或衍生矿源；③成矿时代和成矿空间具有显著的集中性，乃至于可形成以金为主的相对独立的矿床成矿系列，而金矿成矿系列的客观存在为矿集区的圈定奠定了理论基础[1,3];④已知矿集区内探明的资源量占全国 2/3 以上,找矿潜力仍然巨大,尤其是潜在资源量一旦探明很快就可以得到开发利用。

综上所述,本次矿集区划分的原则为:在Ⅲ级成矿区带划分[15]的基础上,重点考虑金矿类型、典型矿床的成矿地质条件及其时空分布特征、区域成矿要素和资源量的动态变化，并兼顾区域性经济技术条件。据此,本文将中国金矿划分为 32 个矿集区(表 2,图 1)。

3 重点金矿集区及其潜力分析

中国已探明的金矿构成了上述 32 个矿集区,其中又以胶东、小秦岭、滇黔桂和燕辽 4 个矿集区最为重要,本文对其稍作重点介绍。

3.1 胶东金矿集区

胶东金矿集区地处山东半岛，面积约 2.7 万 km^2,已查明金资源量占全国的 30%,是目前中国产

表 2 中国金矿主要矿集区

Table 2 Major gold concentration areas in China

序号	名称	地质特征	主要成矿时代	主要典型矿床	主要预测类型
1	额尔古纳	矿集区位于新巴尔虎右旗-根河 Cu-Mo-Pb-Zn-Ag-Au-萤石-煤-(铀) III级成矿带中，基底由元古宇变质岩系构成，其上广泛分布有震旦—寒武系类复理石建造，下寒武统称额尔古纳群、兴隆群。奥陶系为陆缘碎屑岩夹酸性火山岩。中新生代陆相沉积-火山岩发育。区内花岗岩及混合岩广布，以华力西中期为主，形成规模巨大的花岗岩链，元古宙花岗岩在漠河地区分布较广，呈岩基状产出。中生代燕山期花岗岩主要沿北东向断裂呈岩株状产出	第四纪	黑龙江漠河县老沟、富克山、古莲河、大林河、府库奇、马达尔等	砂金
2	呼玛-黑河	矿集区位于东乌珠穆沁旗—嫩江Cu-Mo-Pb-Zn-W-Sn-Cr成矿带和小兴安岭—张广才岭(造山带) Fe-Pb-Zn-Cu-Mo-W 成矿带 2 个III级成矿带北部的过渡区域，属天山—兴安构造带的北东部，包含额尔齐斯—喜桂图华力西褶皱带及准噶尔—兴安古生代陆缘增生褶皱带的东北部分。地处额尔齐斯—大兴安岭晚古生代早中期弧盆带东段的弧后盆地内。区内侵入岩分属加里东、华力西和燕山期，岩性为中酸性花岗岩类	第四纪	呼玛兴隆沟、吉龙沟、达拉罕、韩家园子、嘎鲁河、黑河乍达气、法别拉河、嫩江泥鳅河	砂金
3	佳木斯	矿集区位于佳木斯-兴凯(地块)Fe-Au-P-石墨-矽线石成矿带和完达山 Au-Ag-Cu-Pb-Zn 成矿带 2 个III级成矿带，区内出露地层有前寒武系兴华渡口群、新开岭群、震旦—寒武系佳疙瘩群含炭质绿色片岩，奥陶系多宝山组变中性火山岩夹片岩、千枚岩、粉砂岩。它们构成本区的结晶基底，金丰度较高。区内侵入岩分属加里东、华力西和燕山期，岩性为中酸性花岗岩类。其中华力西期侵入岩呈岩基状产出，广布全区，主要为花岗岩、花岗闪长岩、闪长岩、白岗岩、碱性花岗岩等，金丰度较高，与本区岩金矿床关系至为密切	第四纪	桦南、西大川等砂金矿；鹤岗东风山、七台河老柞山等岩金矿	砂金
4	阿尔泰	矿集区地跨北阿尔泰稀有(RM)-Pb-Zn-Au-白云母-宝石成矿带、南阿尔泰Cu-Pb-Zn-Fe-Au-RM-白云母-宝石成矿带和北准噶尔 Cu-Ni-Mo-Au 成矿带 3 个III级成矿带。区内基底由元古宙变质岩系构成，其上为广泛分布的震旦—寒武系类复理石建造，中上奥陶统哈巴河群浅海相-滨海相浅变质碎屑岩、泥盆系托克萨雷组、阿勒泰组、阿舍勒组、齐也组的碎屑岩-碳酸盐及双峰式火山岩，下石炭统南明水组中基性火山-碎屑岩。区内含金岩系为下泥盆统康布铁堡组、中泥盆统阿勒泰组的含炭泥质岩系千枚岩、千枚岩化大理岩，南明水组的沉积凝灰岩，上志留统变质岩系。华力西期火山喷发和岩浆侵入活动强烈，多沿额尔齐斯断裂及北西、北北西向断裂展布	石炭纪—二叠纪	多拉纳萨依、萨尔布拉克、阿舍勒铜(金)矿、喀拉通克、阿克提什坎、赛都等	岩浆热液型，火山岩型
5	准噶尔	矿集区主要位于伊犁微板块北东缘(造山带)Au-Cu-Mo-Pb-Zn-Fe-W-Sn-P-石墨成矿带和伊犁(地块)Fe-Mn-Cu-Pb-Zn-Au 成矿带 2 个III级成矿带的西部，区内于泥盆—石炭纪有大量的钙碱性火山活动，华力西中晚期有辉长岩-花岗闪长岩-花岗岩-二长花岗岩，华力西晚期发育有拉张环境下的基—中性富碱岩石组合。出露最老地层为奥陶系，由基性熔岩、放射虫硅质岩和超镁铁质岩组成，隶属于岛弧火山岩和蛇绿岩岩石组合。志留系也发育有蛇绿混杂岩和复理石建造。泥盆系不整合其上，由火山岩-碎屑岩夹碳酸盐岩组成。石炭系下部为中基—酸性火山岩系，中部为陆相、海相碎屑岩和火山岩，上部为陆相安山岩或碎屑岩，上三叠统为红色磨拉石建造	石炭纪—二叠纪	托里铬门沟、灰绿山、萨尔托海 I 号金矿	岩浆热液型，火山岩型
6	东天山-北山	矿集区地跨觉罗塔格—黑鹰山 Cu-Ni-Fe-Au-Ag-Mo-W-石膏-硅灰石-膨润土-煤成矿带、塔里木板块北缘 Fe-Ti-Mn-Cu-Mo-Pb-Zn-Sn-Au-Sb-白云母-菱镁矿-铝土矿-石墨-硅灰石-红柱石成矿带和磁海—公婆泉 Fe-Cu-Au-Pb-Zn-Mn-W-Sn-Rb-V-U-P 成矿带 3 个III级成矿带，构造上也跨伊林哈别尔尕—觉罗塔格古生代陆缘增生褶皱带、中天山地块及北山裂谷带。区内侵入岩十分发育，主要属华力西期，部分为加里东期仅有少数岩体是燕山期产物。岩性多为中酸性花岗岩类。北山裂谷带是在元古界基底上发育起来的加里东和华力西期褶皱带，基底由古元古界北山群和长城—蓟县系及震旦—寒武系构成，岩性有石英岩、片岩、碳酸盐岩和冰碛岩等	石炭纪—二叠纪，可延续至中生代	南金山、马庄山、霍勒扎德盖、扫子山、狼娃山、金窝子、拾金坡、小两乡、南金滩	岩浆热液型，火山岩型
7	西天山	矿集区地跨伊犁微板块北东缘(造山带)Au-Cu-Mo-Pb-Zn-Fe-W-Sn-P-石墨成矿带和伊犁(地块)Fe-Mn-Cu- Pb-Zn-Au 成矿带 2 个III级成矿带的东部，及伊犁微板块南缘(造山带)Cu-Ni-Au-Fe-Mn-Pb-Zn-白云母成矿带和塔里木板块北缘 Fe-Ti-Mn-Cu-Mo-Pb-Zn-Sn-Au-Sb-白云母-菱镁矿-铝土矿-石墨－硅灰石－红柱石成矿带 2 个III级成矿带的中部，区内断裂和褶皱构造发育，断裂以北西向为主，在伊林哈别尔尕山北麓产有一系列向北逆冲的叠瓦式构造推覆体。出露的地层包括下古生界以碎屑岩-碳酸盐岩建造为主的奥陶系—志留系变质岩	砂金新生代，岩金晚古生代	砂金如红坑、天格尔、后峡；岩金如阿希、望峰	砂金；火山岩型
8	华北陆块北缘东段	矿集区主要位于华北陆块北缘东段 Fe-Cu-Mo-Pb-Zn-Ag-Mn-U-磷-煤-膨润土III级成矿带内，处于天山—兴安构造带与华北陆块接触部位，分布有小莱河、夹皮沟、清原等花岗-绿岩带。辽北—吉南地区太古宇鞍山群，它们呈巨大的残留体赋存于混合岩和花岗质岩石中。清原地区的太古宇下部为浑南群，其下部以麻粒岩为主，上部以角闪黑云斜长片麻岩为主夹斜长角闪岩和角闪磁铁石英岩的表壳岩岩石组合；太古宇上部为清原群，属花岗绿岩建造，其下部(金凤岭组)以斜长角闪岩、变粒岩为主，上部(红透山组)显示明显的火山-沉积旋回，产有块状硫化物铁、金建造	新太古代，侏罗纪—白垩纪	小二道沟、王家店子、板庙子、头道岔、夹皮沟、石棚沟、石大荒、构乃何子、王家大沟、红透山	绿岩型；岩浆热液型

续表 2

9	燕辽	矿集区主要位于华北陆块北缘东段 Fe-Cu-Mo-Pb-Zn-Ag-Mn-U-磷-煤-膨润土Ⅲ级成矿带内，构造上地跨华北陆块北缘隆起带(内蒙地轴)及燕辽中元古裂谷带(燕山台褶带)。区内出露的古老基底为中深变质岩系。本区中生代火山活动和岩浆侵入十分强烈，形成侏罗纪火山岩、火山碎屑岩，燕山期中酸性侵入体对本区金矿的形成起重要作用	新太古代，侏罗纪—白垩纪	小营盘、佘广峪、红花沟、排山楼、二道沟、大石沟	绿岩型；岩浆热液型
10	华北陆块北缘西段	矿集区主要位于华北地台北缘西段 Au-Fe-Nb-REE-Cu-Pb-Zn-Ag-Ni-Pt-W-石墨-白云母Ⅲ级成矿带内，构造上处于华北陆块北缘隆起带西段，分布有乌拉山、色尔腾山等花岗-绿岩带。太古宇集宁岩群、乌拉山岩群出露于南部的大青山—乌拉山一带，由各种片麻岩、麻粒岩、变粒岩、大理岩组成，混合岩化强烈，古元古界二道河群、中元古渣尔泰群由各类片岩、大理岩构成。中元古界白云鄂博群为一套轻微变质泥砂质夹薄层碳酸盐拗拉槽沉积建造。上志留统白乃庙群为中酸性-基性变质火山岩和碎屑岩，中生代火山断陷盆地发育。侵入岩多为华力西期的中酸性岩类	新太古代，古生代，可延续到中生代	乌拉山、十八倾壕、东伙房、赛乌苏、摩天岭金矿、白乃庙铜(钼)伴生金矿	绿岩型；岩浆热液型
11	营口-丹东	矿集区位于辽东(隆起)Fe-Cu-Pb-Zn-Au-U-硼-菱镁矿-滑石-石墨-金刚石Ⅲ级成矿带内，由前震旦纪变质岩系构成结晶基底，其中太古宇鞍山岩群出露分散，古元古界辽河群、集安群和老岭群出露广泛，是本区金矿的主要赋矿层位。区内燕山期构造-岩浆活动强烈，中酸性侵入体多沿北东向断裂侵入于前寒武系变质岩中，促成了部分金矿的形成和叠加富集	新太古代，侏罗纪—白垩纪	四道沟、白云、分水、沙窝沟、猫岭、五龙、活龙寨	绿岩型；岩浆热液型
12	五台-太行	矿集区主要位于山西(断隆)Fe-铝土矿-石膏-煤-煤层气Ⅲ级成矿带内，构造上属华北地台山西隆起之五台—太行隆起区，处于大兴安岭—太行山—武陵山深部构造变异带中。该区内五台山花岗-绿岩带的岩浆活动主要发育于前吕梁期和燕山期，燕山期花岗岩类与金成矿关系密切	侏罗纪—白垩纪	台怀、柏枝岩、义兴寨、耿庄、辛庄、小浪门、太那水、繁峙、大麻花沟、南沟	岩浆热液型
13	胶东	矿集区主要位于胶东(次级隆起)Au-Fe-Mo-菱镁矿-滑石-石墨Ⅲ级成矿带内，构造上地处胶辽台隆南部胶北隆起，区内广泛出露新太古界、元古宇基底变质岩系，其中新太古界的胶东群上部陆源碎屑沉积物金丰度较高。区内玲珑、鹊山、昆仑山和文登花岗岩体呈岩基状产于胶东岩群变质岩中	侏罗纪—白垩纪	玲珑、焦家、新城、三山岛、台上、大格各庄、邓格庄、金青顶	岩浆热液型
14	鲁西	矿集区主要位于鲁西(断隆、含淮北)Fe-Cu-Au-铝土矿-煤-金刚石成矿区Ⅲ级成矿带内，构造上地处沂沭断裂西侧的鲁淮断隆区。区内太古宇泰山群主要是由斜长角闪岩、黑云斜长片麻岩、变粒岩、角闪片麻岩等组成的中—高级变质岩系，属鲁西花岗-绿岩带。前吕梁期和燕山期侵入岩发育，太古宙侵入岩主要为变质交代花岗岩、斜长花岗岩、辉长岩及角闪岩等。燕山期侵入岩主要为中-基性、中—酸性浅成斑岩类，侵位于基底变质岩和寒武—奥陶系灰岩中，与金矿化关系密切	侏罗纪—白垩纪	金厂、铜井、金星头、堆金山、归来庄、七宝山	岩浆热液型
15	小秦岭	矿集区主要位于华北陆块南缘 Fe-Cu-Au-Mo-W-Pb-Zn-铝土矿-硫铁矿-萤石-煤Ⅲ级成矿带北部，构造上位处华北地台南缘中元古代裂谷带中的豫西断隆，金矿赋存岩系主要是太古宇太华群及元古宇熊耳群火山岩。本区岩浆活动强烈，具有多期次活动的特点，除熊耳期火山岩系外，燕山晚期花岗质岩浆活动强烈，形成华山、文峪、娘娘山等花岗岩体，属壳幔混合源岩浆系列	侏罗纪—白垩纪	桐峪、嵩岔峪、潼峪、灵湖、文峪、东闯、四范沟、杨家峪、上宫、祁雨沟、瑶沟、高都川、大王西峪	岩浆热液型
16	桐柏—大别	矿集区位于桐柏—大别—苏鲁(造山带)Au-Ag-Fe-Cu-Zn-Mo-金红石-萤石-珍珠岩-天然碱-石膏Ⅲ级成矿带内，基底为新太古—古元古界的桐柏山岩群（大别山岩群），以混合花岗岩、混合片麻岩发育为特征	侏罗纪—白垩纪	银洞坡、老湾、东溪、南关岭	岩浆热液型
17	东秦岭西段	矿集区位于东秦岭 Au-Ag-Mo-Cu-Pb-Zn-Sb-非金属Ⅲ级成矿带西部，构造上地处祁连—北秦岭褶皱系之北秦岭加里东褶皱带及礼县—柞水华力西前陆褶皱带。它是一个加里东期离合褶皱系，基底具三层结构，基底古元古代秦岭岩群为由火山碎屑岩、镁质碳酸盐岩、钙泥质岩经中深变质形成的混合岩、片麻岩、石英岩、大理岩等。中元古代宽坪岩群下部为硅质、基性火山岩建造，中部为火山复理石建造，上部为复理石-碳酸盐建造。新元古代陶湾群是一套陆缘深水非补偿泥质岩、泥质碳酸盐组成的复理石建造。早古生代基底沿北秦岭裂解，形成二郎坪群和草滩沟群，是一套细碧-石英角斑岩夹硅质岩、炭硅质岩和炭质泥岩。泥盆系在北秦岭缺失，但在南秦岭发育齐全，在山阳板岩镇—留坝江口一线之南泥盆系以海相碎屑岩、白云质碳酸盐岩及泥灰岩为主，在礼县—柞水一带则以海相碎屑岩广泛发育为特征	侏罗纪—白垩纪为主，可能存在古生代和印支期	太白、双王、二台子、胡芦沟、湘子岔、铁炉子	岩浆热液型；
18	南秦岭—武当	矿集区主要位于东秦岭 Au-Ag-Mo-Cu-Pb-Zn-Sb-非金属Ⅲ级成矿带内，东起湖北襄樊，向西经十堰抵陕西安康、石泉、汉中，其北界在丹江口—柞水小茅岭—漕川一线以南。构造上地处南秦岭华力西—印支期褶皱带及武当隆起的西部。中元古界武当山群以变粒岩、钠长片岩、片岩为主，局部出现大理岩。新元古界耀岭河群是一套以中—浅变质为特征的海相活动型基性火山岩-酸性火山岩-陆源碎屑岩建造，岩性以各类片岩为主。本区的下古生界为碳酸盐岩-碳硅质页岩-钙泥质页岩-碱性火山岩建造。上古生界以浅海相灰岩、碎屑岩为主体	震旦纪，可能存在古生代和中生代	银洞沟、秦家沟、茅窝、五峰、弥陀寺、老君观、恒口、月河口、黄龙口	火山岩型

续表 2

19	陕甘川	矿集区地跨西秦岭 Pb-Zn-Cu(Fe)-Au-Hg-Sb 成矿带、龙门山-大巴山(台缘坳陷)Fe-Cu-Pb-Zn-Mn -V-P-S-重晶石-铝土矿成矿带和四川盆地 Fe-Cu-Au-石油-天然气-石膏-钙芒硝-石盐-煤-煤层气 3 个III级成矿带，构造上位于西秦岭—南秦岭华力西—印支期褶皱带，松潘—甘孜印支褶皱系之东部以及上扬子地块的龙门—大巴台缘褶皱带，地质构造复杂，有东西向的玛沁—略阳大断裂和北东向龙门山深断裂通过，次级断裂十分发育。区内以前震旦系碧口群为基底，是一套弱变质的沉积—火山岩系，其中海相中基性火山岩由细碧—角斑岩、石英角斑岩及辉绿岩组成，是金的主要矿源层。下古生界由千枚岩、板岩、片岩、变质砂岩、炭质板岩和碳酸盐岩组成，其中志留系梅子垭组、茂县群含金丰度较高，是本区金矿矿质的又一来源。区内晋宁期、印支—燕山期岩浆活动较为强烈，对金成矿有一定的控制作用，已知大部分金矿床定位于距印支—燕山期中酸性岩体 0~5 km 范围内	三叠纪—白垩纪为主，可能存在其他时代	铧厂沟、东沟坝、铜矿坡、哲波山、房窝、马槽沟、淮尔沟、李家沟、东北寨、桥桥上、马脑壳、渭沟、庆儿沟、大水	微细浸染型
20	祁连	矿集区地跨北祁连 Cu-Pb-Zn-Fe-Cr-Au-Ag-硫铁矿-石棉成矿带、中祁连Fe-Cu-Cr-Ni-W-Mo-Pb-Zn-P-石墨-红柱石-菱镁矿成矿带和南祁连(含拉鸡山)Pb-Zn-Au-Cu-Ni-Cr 成矿带 3 个III级成矿带，大地构造属祁连—北秦岭褶皱系，包括北祁连加里东褶皱带、中祁连隆起和南祁连加里东褶皱带之东段。本区古元古界野马南山岩群由片麻岩、云英片岩、大理岩、白云大理岩、绿片岩组成，原岩属海相火山岩-富镁碳酸盐—复理石建造，其上被长城系不整合覆盖。中元古界下部为陆源碎屑沉积，上部为白云岩、结晶灰岩、板岩，在北祁连山出现大量的基性火山岩及硅质岩。新元古界是含火山岩的海相过渡型碎屑岩—碳酸盐岩组合。自寒武纪至早中奥陶世，北祁连处于海盆扩张阶段，形成两套火山绿岩建造。志留系以下统为主，由砂岩、粉砂岩、页岩组成。上古生界以碎屑岩系为主，并出现碳酸盐岩、泥灰岩等	奥陶纪—志留纪，可能延续至晚古生代和中生代	拾金坡、祁连下沟、松树南沟、天重峡、多米寺伴生金、白银厂、小铁山、泥旦沟、天朋河、大清水沟	火山岩型
21	阿尔金—柴达木北缘	矿集区地跨柴达木北缘 Pb-Zn-Mn-Cr-Au-白云母成矿带、阿尔金 Au-Cr-石棉-玉石成矿带和敦煌(地块)Au-磷-芒硝成矿区 3 个III级成矿带，构造上地跨南祁连优地槽褶皱带和阿尔金构造带，赋矿地层主要是元古宇和古生界，成矿作用与斜长辉橄岩、辉绿岩、花岗闪长岩、花岗岩有关，成矿时代属印支—燕山期	三叠纪—白垩纪	滩涧山、五龙沟	岩浆热液型
22	长江中下游	矿集区主要位于长江中下游 Cu-Au-Fe-Pb-Zn-(Sr-W-Mo-Sb)-硫铁矿-石膏III级成矿带内，区内除太古宇和中下泥盆统外，各时代地层均很发育。其中上泥盆—下二叠统的五通组—栖霞组，上二叠—下三叠统的龙潭组—龙山组，中下三叠统和上侏罗—下白垩统等是主要的赋矿层位，特别是中二叠统—上泥盆统碎屑岩-碳酸盐建造为主要的赋金岩系。以长江断裂为主干，南北分别以崇阳—常州深断裂和襄樊—广济，宿松—响水深断裂为边界，控制着整个矿带的空间展布和沿江的燕山期火山侵入活动。燕山期花岗岩类主要属壳幔同熔成因（扬子型），主要分布于大冶—九江、铜陵等地，与铁、铜、金多金属成矿关系密切	侏罗纪—白垩纪	鸡冠咀、新桥、黄狮涝山、吴家山、栖霞山、大凹山、洋鸡山金(银)矿床、铜井	岩浆热液型
23	黄陵—枝江	矿集区地跨上扬子中东部 (坳褶带)Pb-Zn-Cu-Ag-Fe-Mn-Hg-Sb-磷-铝土矿-硫铁矿-煤和煤层气 III级成矿带北部和龙门山 -大巴山(台缘坳陷)Fe-Cu-Pb-Zn-Mn-V-P-S-重晶石-铝土矿III级成矿带东部，区内岩浆活动以花岗岩类为主，元古宙黄陵花岗岩侵位于古隆起核部，南北两侧有前古元古代变质岩残留。各种岩脉十分发育，断裂带、破碎带分布广泛。该区地处扬子陆块北缘、上扬子地块与秦祁褶皱系的过渡部位，属龙门—大巴台缘褶皱带东端。该区北自兴山，南达松滋，西自秭归—宜都，东达白竹坪—江陵	青白口纪—震旦纪	黑岩子、青藤垭、白竹坪、石板溪、过河口、纪家咀、茅坪、拐子沟	岩浆热液型
24	康滇地轴	矿集区主要位于康滇隆起 Fe-Cu-V-Ti-Sn-Ni-REE-Au-蓝石棉-盐类III级成矿带内，基底康定岩群下部为斜长角闪质混合岩和混合片麻岩，原岩属中基性火山岩；上部为混合质黑云或角闪变粒岩和混合片麻岩，原岩属中酸性火山岩和复理石建造。中元古界会理群与康定岩群不整合接触，其岩性为变质细碎屑岩和大理岩夹少量中酸性火山岩。其上覆为新元古界的苏雄组红色磨拉石建造及火山岩建造,南沱组冰碛层，观音崖组(陡山沱组)砂岩、泥质岩以及灯影组白云岩。前古生界沉积火山建造对本区金矿的形成具有重要意义。本区的岩浆活动具有多旋回多期(次)的特点。太古宙火成活动以形成花岗混合岩为主；晋宁期和澄江期有基性和酸性岩浆喷发和侵入；加里东晚期至海西早期为超基性岩类大规模侵入，相伴形成钒钛磁铁矿、铜、镍(金)矿、铜镍铂金等矿床；海西晚期大量玄武岩浆喷发；印支期有中酸性、碱性岩浆侵入和喷发活动；燕山期中酸性—酸性的岩浆侵入活动强烈，特别是在西部地区，形成众多与之密切相关的金矿化区。带内以南北向构造体系为主，由雅砻江—宾川和安宁河等一系列平行断裂组成，并伴随北西、北东向构造，组成菱形构造格局，控制了金矿的分布	新生代为主，可能有侏罗纪—白垩纪	黄金坪、大牛棚子、偏岩子、灯盏窝、马牙台子、宝兴关	岩浆热液型
25	浙西—闽西—粤东	矿集区主要位于浙中—武夷山(隆起)W-Sn-Mo-Au-Ag-Pb-Zn-Nb-Ta-U-叶蜡石-萤石III级成矿带内，构造上属南华活动带华夏褶皱系武夷—云开褶皱带。其西为武功—诸广褶皱带，东临东南沿海中生代火山断陷带。区内加里东褶皱带和复式花岗岩链呈弧形展布，其间卷入古中元古代结晶块体，在龙泉—诸暨基底隆起区出露有古元古代的陈蔡群，岩石类型复杂，由各种片麻岩、变粒岩、浅粒岩、大理岩、长石石英砂岩等组成，其原岩属泥质岩、硬砂岩夹中酸性火山岩。其中黑云斜长片麻岩含金较高，与金矿关系密切	侏罗纪—白垩纪	银坑山、东游、工母山、官田、紫金山、弄坑	火山岩型

续表 2

26	粤桂琼	矿集区地跨粤西-桂东南 Sn-Au-Ag-Cu-Pb-Zn-Fe-Mo-W-Nb-Ta-Mn-硫铁矿成矿带和海南 Fe-Cu-Co-Au-Mo-水晶-铝土矿成矿区 2 个Ⅲ级成矿带，由震旦系、寒武系组成褶皱基底，属类复理石砂泥质碎屑岩建造，是主要容矿围岩。本区以云开隆起为骨架，区内北东向构造十分发育，常形成规模较大的破碎角砾岩带、硅化带、糜棱岩带及片理化带，它们与东西向构造的交截部位常形成重要的金矿密集区。区内岩浆岩早自雪峰期，晚至燕山期均有发育，而以加里东期、华力西期、印支期、燕山期花岗岩类与金矿关系密切，特别是燕山期酸性岩浆的喷溢和侵入作用对金矿的形成具有重要的控制意义	奥陶纪—志留纪，侏罗纪—白垩纪	民强、金庄、板梯、金鼓、狮子头、牛头、金牛、合江、河台、高村、二甲、新洲、桥头、泗纶	变质碎屑岩中热液型，岩浆热液型
27	滇黔桂	矿集区主要位于桂西—黔西南—滇东南北部(右江地槽)Au-Sb-Hg-Ag-Mn-水晶-石膏Ⅲ级成矿带内，以微细浸染型金矿的广泛发育为特征。地处上扬子地块南缘与湘桂褶皱系的交接部位以及右江(印支)褶皱带。区内出露的地层以泥盆系、石炭系、二叠系、三叠系为主，寒武系出露零星，常构成穹隆和短轴背斜的核部。区内岩浆活动微弱，仅见少量的燕山期基性—超基性岩及花岗斑岩小岩体。本区金矿类型以卡林型金矿为特色，但应加强对穹隆、断裂控矿作用的研究	侏罗纪—白垩纪	水银洞、烂泥沟、泥堡、金牙、高龙、紫木凼、戈塘、板其、丫他、革当	微细浸染型
28	台东	矿集区主要位于台湾 Au-Ag-Cu-Fe-S-明矾石-滑石-石油-天然气Ⅲ级成矿带内，出露的最老地层为二叠系"大南澳片岩"，是由黑云片岩、硅质片岩、大理岩及少量片麻岩和混合岩所组成的地槽型复理石建造，经受了绿片岩相的变质作用。白垩系云林组为砂页岩、灰岩夹砾岩和玄武岩，分布局限。本区位于太平洋板块与亚洲板块俯冲带岛弧环境，中、新生代陆相火山岩甚为发育，金成矿地质条件良好	古近纪—新近纪	金瓜石、九分、武丹坑、箐浓、合欢溪	火山岩型
29	西南三江	矿集区地跨昌都 — 普洱 (地 块 / 造山带)Cu-Pb-Zn-Ag-Au-Fe-Hg-Sb- 石膏 - 菱镁矿 - 盐类成矿带和义敦 — 香格里拉 (造山带，弧盆系)Au-Ag-Pb-Zn-Cu-Sn-Hg-Sb-W-Be 成矿带 2 个Ⅲ级成矿带，区内出露地层为：下奥陶统远海相细碎屑岩和不纯的碳酸盐岩，中—上泥盆统、石炭—二叠系为稳定型碳酸盐岩、碎屑岩夹基—中酸性火山岩。三叠系不整合于石炭—二叠系之上，下统为中酸性火山岩夹凝灰岩、砂砾岩和泥岩，中统为砂板岩夹中性火山岩、灰岩、砾岩，上统相变剧烈，以杂色砂砾岩和泥岩为主，局部夹含铜砂岩和膏盐层，三叠系常构成斑岩矿床的直接围岩，与金矿化关系密切。区内岩浆活动在印支期前以中—基性喷发活动为主，燕山期和喜山期则多为中—酸性岩浆侵入。本区铜、钼、金斑岩型矿化主要与喜山期斑岩有关，其岩性以黑云母二长花岗斑岩为主。共伴生金银矿值得注意	古近纪为主，可能有其他时代者	玉龙、莽总、马拉松多、多霞松多、扎那尕	岩浆热液型
30	哀牢山	矿集区主要位于盐源—丽江—金平(陆缘坳陷和逆冲推覆带)Au-Cu-Mo-Mn-Ni-Fe-Pb-S Ⅲ级成矿带内，区内古元古界是一套变质较深的混合岩、变粒岩、片岩、角闪岩夹大理岩组合，中元古界昆阳群为绿片岩相的板岩、千枚岩、砂岩、粉砂岩、碳酸盐岩，震旦系属碎屑岩、碳酸盐岩及冰碛砾岩，寒武系—志留系为稳定型碎屑岩-碳酸盐岩沉积，上古生界为碎屑岩、火山沉积夹薄层煤、煤线沉积。区内侵入岩广泛分布，岩性和产状也颇为复杂，喜马拉雅期正长岩、花岗斑岩、碱性花岗岩、二长花岗岩，燕山期花岗岩，华力西晚期印支期花岗岩、二长花岗岩、花岗闪长岩及华力西期的基性、超基性小岩体极为发育，这些岩体多沿哀牢山断裂分布。本区金矿严格受北西向断裂构造的控制，哀牢山深大断裂和九甲—墨江深大断裂及其伴生的一系列次级构造制约着本区金矿的分布	新生代为主，可能有中生代和古生代者	老王寨、浪泥塘、库独木、搭桥箐、冬瓜林	岩浆热液型
31	巴颜喀拉	矿集区主要位于南巴颜喀拉—雅江 Li-Be-Au-Cu-Zn-水晶Ⅲ级成矿带内，南抵通天河，北至布尔汉布达山，西至雅拉达泽山，东达巴颜喀拉山口的黄河源区。以松潘—甘孜褶皱系巴颜喀拉褶皱带为主体，其北为东昆仑褶皱系之布尔汉布达优地槽褶皱带。主要出露三叠系巴颜喀拉山群，厚逾万米，下统为长石砂岩夹砾岩和灰色透镜体，底部为紫色砾岩；中统为长石砂岩、粉砂岩和粉砂质板岩；上统为砂板岩互层。在东昆仑南坡，三叠系中、下统为海相砂砾岩，夹灰岩和安山质火山岩，上统为海陆交互相砂岩、粉砂岩、页岩，夹砾岩、安山质火山碎屑岩。白垩系上统分布于巴颜喀拉山南坡，不整合于上三叠统之上，为砖红色砾岩、砂岩、泥岩夹砂质灰岩和含铜砂岩	古近纪	大场、巴干、多熊沟、扎朵多曲、柯尔咱程、多卡、吉卡	砂金
32	冈底斯	矿集区主要位于拉萨地块(冈底斯岩浆弧,含日喀则弧盆地)Cu-Au-Mo-Fe-Sb-Pb-Zn Ⅲ级成矿带内，地处雅鲁藏布江结合带及陆缘活动带。冈底斯陆缘火山弧主要由侏罗世—早白垩世的基性—酸性火山岩组成，具多旋回的特征，日喀则弧前盆地则发育有巨厚的陆源碎屑建造和复理石建造。本区构造复杂、岩浆活动强烈，有较好的成矿条件。斑岩型铜钼矿中共、伴生的金矿具有较大潜力	新生代为主，存在中生代者	加查、邛多、浪卡子、驱龙、甲玛、雄村	岩浆热液型

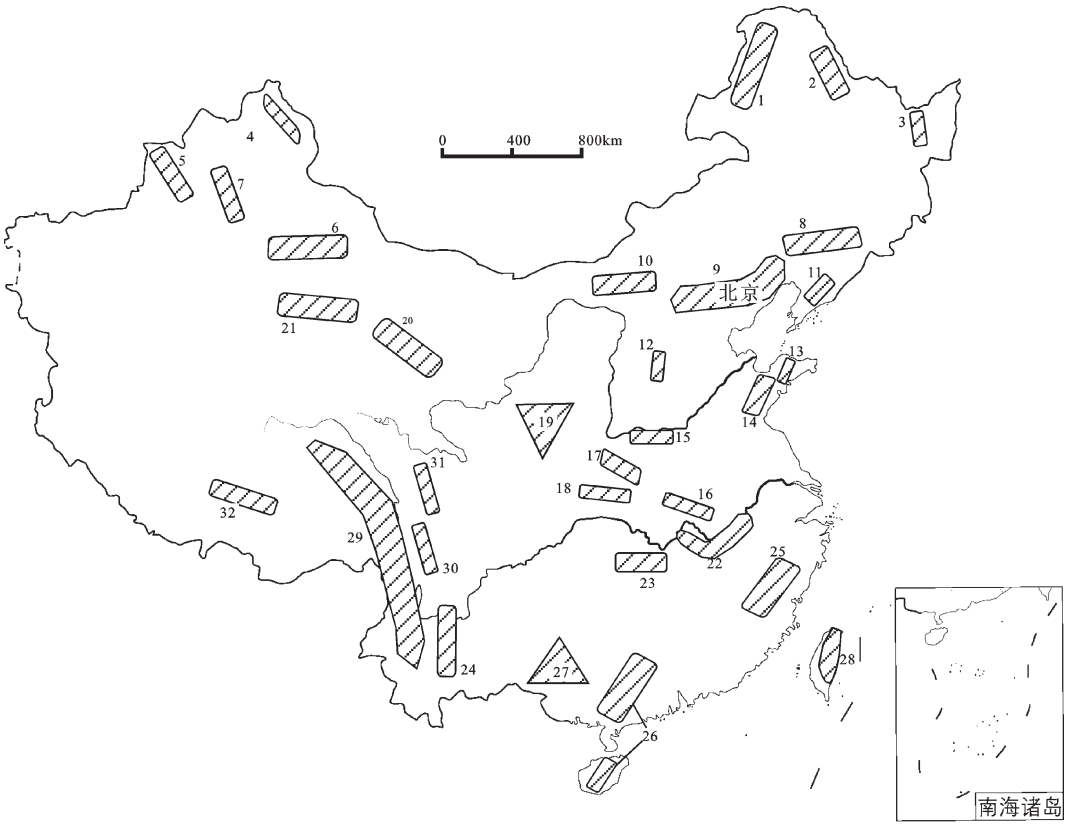


图 1　中国金矿矿集区分布图(编号见表 2)

Fig.1　Distribution of Au-ore concentration areas in China

量最大的黄金基地。其中,资源储量超过 50 t 的岩金矿床有焦家、新城、三山岛、台上、东风、九曲、大尹格庄、河西、金青顶等。本次潜力评价成果表明该地区还有数千吨的潜力,找矿前景良好。

3.1.1 成矿条件

矿集区地处胶东半岛北部, 昌邑—莱阳—海阳一线以北,郯庐断裂带以东,构造单元属胶辽台隆南部胶北隆起。区内广泛出露太古—元古宙基底构造层,包括太古宇胶东群、古元古界荆山群、古元古界粉子山群、新元古界蓬莱群。胶东群以黑云变粒岩、斜长角闪岩和黑云斜长片麻岩为主,原岩为一套中基性火山碎屑岩-泥砂质碎屑岩夹碳酸盐岩建造[16,17]。变质岩的含金丰度为地壳丰度值的 6 倍[18,19],厚度大,分布广,是本区特有的高金背景区。

区内岩浆活动强烈而频繁,以中酸性、酸性岩规模大、分布广。以中生代侵入岩最发育,可分为晚三叠世、晚侏罗世、早白垩世三期。晚三叠世如石岛杂岩体, 主要为正长岩系列杂岩和高钾黑云母系列花岗岩[20],形成于 205 ~225 Ma[21-23];晚侏罗世如玲珑岩体、昆嵛山岩体、鹊山岩体、垛固山岩体、文登岩体等,主要为黑云母花岗岩和二长花岗岩,形成于 142 ~163 Ma[23-25];早白垩世如三山岛岩体、上庄岩体、北截岩体、丛家岩体、郭家岭岩体,主要为花岗闪长岩、二长花岗岩,形成于 126 ~130 Ma[24]。岩体分布受近东西、北东和北北东向断裂控制。

本区构造以东西向栖霞复背斜为骨架, 控制了胶东群变质岩和混合花岗岩的总体展布, 北东向和北北东向断裂构造特别发育(图 2),起到了导矿、容矿的作用。区内著名的三山岛、焦家、新城、马塘、寺庄、玲珑、台上、大尹格庄、夏甸等金矿床均受到该断裂系统的控制。

3.1.2 成矿规律

本区金矿成因类型以混合岩化热液金矿最为重要[1],按照含矿地质体特征和工业类型又可分为破碎带蚀变岩型和石英脉型两大类, 其成矿地质背景和物质来源基本相同,但含矿地质体的岩性、结构构造以及控矿构造性质差异很大。破碎带蚀变岩型金矿呈细粒和细脉浸染状赋存于胶东群斜长角闪岩等

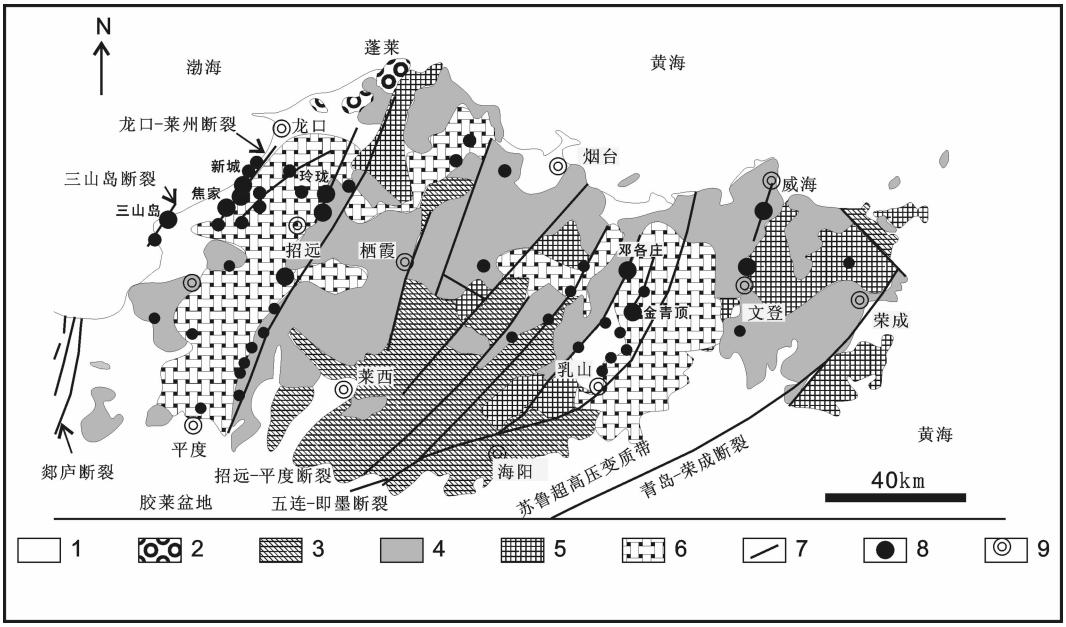


图 2 胶东矿集区金矿地质简图(据文献[26])

1—第四纪沉积物;2—新生代玄武岩;3—白垩纪火山岩;4—前寒武纪岩石;5—白垩纪花岗岩;6—侏罗纪花岗岩;7—断裂;8—金矿床(点);9—城市

Fig.2 Geological sketch map of Jiaodong Peninsula(after Chen et al.,2004)

1- Quaternary sediments;2-Cenozoic basalt; 3-Cretaceous volcanic rocks;4-Pre-Cambrian;5-Cretaceous granite; 6-Jurassic granite;7-Fault;8-Gold deposit;9-City

变质岩与玲珑片麻状混合花岗岩、斑状黑云母花岗岩的内接触带和近接触带的含矿构造蚀变岩内破碎带中,含矿构造蚀变岩由黄铁绢英岩、黄铁绢英质糜棱岩-碎裂岩、黄铁绢英岩化花岗质碎裂岩和黄铁绢英岩化-绢英岩化花岗岩组成。矿体呈脉状和透镜状产出,矿体分布严格受北东向弧形韧性剪切断裂蚀变带控制[1,25-26],规模大,品位低,与围岩呈渐变关系。

成矿机制:含金岩体的形成是胶东群多次变质、混合岩化和花岗岩化重熔-再造的结果。金来源于胶东群含金变质岩系,成矿经历了区域变质-混合岩化的漫长演化历史。在元古代末期混合岩化过程中,矿质可活化、迁移、局部富集成矿[1]。中生代区内发生强烈的构造-岩浆活动,矿质进一步富集,在不同的有利构造部位,形成不同类型的热液金矿。概言之,胶东矿集区以焦家式和玲珑式金矿(表 1)为主要预测类型,其成岩成矿从太古宙到中生代长期演化,但燕山早期的构造岩浆活动对一系列金矿床的最终定位起到了决定性作用[21-25]。

3.1.3 成矿潜力和找矿方向

胶东金矿目前已获得金矿储量约 1 200 t,主要集中于少数矿床,如储量超过 100 t 的焦家、玲珑金矿,还有一批矿山如三山岛、寺庄、新城、台上、东风等极有可能发展成超大型矿床。

同时,本区的深部也是重点的找矿方向。深部找矿有两个方向,一是已知矿床深部第二富集带。由于胶东地区金矿床断裂构造垂向延深大,蚀变带也向深部延伸,三山岛断裂和焦家断裂倾向相反,倾角较小,向深部有交汇趋势[26]。因此,在已知矿区深部根据矿体侧伏规律、尖灭再现规律、分支复合规律,利用构造地球化学叠加晕以及大功率激电法、可控源音频大地电磁(CSAMT)、频谱激电法等地球物理探测方法,结合深钻技术,有助于深部找矿取得新突破[27]。例如新立金矿,在垂深 646.63~664.63 m 处见到工业矿体,其深部尚可追索;仓上金矿在垂深 600 m 处见到工业矿体,且品位和厚度均较浅部更好,显示了深部找矿的良好前景;焦家金矿,在原先控制的 1、2 号主矿体下面发现了 3 号矿脉群,在该矿深部的-620~-710 m 之间又发现了 4 个矿体;新城金矿在 1 号矿脉的下盘发现有矿脉群,探明金矿资源储量大于 20 t;寺庄矿区深部金矿详查发现的 I-1 矿体,在-875 m 深处矿体厚达 19.15 m,向深部延伸更趋

稳定;招平成矿带台上金矿床具有向深部发展,矿体更稳定、金品位更高、厚度更大的特点。第二个找矿方向是目前没有矿产分布的空白区,可结合矿床分布的等间距性规律,运用深穿透地球化学方法等寻找有利靶区[26]。本区重点找矿远景区有招远—掖县、尹格庄—夏甸、牟平—乳山、郭家岭—大柳河、栖霞—牙山、高陵—崖子、桃村—发城、蒿柏—桥头、荣成—高村。

该区今后找矿工作中应注意以下问题:(1)进一步总结该区大型、特大型金矿的形成条件和找矿经验,并进行推广;(2)深入研究该区深部成矿条件,总结预测和找矿经验;(3)找矿方向可由已知金矿带向不同金矿带之间的"空白区"拓展;(4)注意控矿主断裂及与各方向断裂交汇处找矿,着重加强东西向基底构造带与北东、北北东及北西向断裂交汇处;(5)加强平度断裂带南段、龙口南部、蓬莱—栖霞、文登-荣成等地区产于胶东群和粉子山群中的金矿以及火山、次火山岩型金矿的查找。

3.2 小秦岭金矿集区

小秦岭矿集区位于陕西东部和河南西部,主要由小秦岭、崤山、熊耳山 3 个矿田组成,面积约 1.4 万 km^2(图 3)。在原探明文峪、杨寨峪大型金矿床之外,先后又新探明了四范沟、大湖、灵湖、上宫、星星印、瑶沟等一大批大中型金矿。抢马、老鸦岔、东闯、文峪等矿区的储量也不断增长。小秦岭地区也是中国最重要的黄金生产基地之一。

3.2.1 成矿条件

小秦岭金矿集区位处华北地块豫西断隆南缘,南与北秦岭褶皱带毗邻。矿集区属华北地层区、晋冀鲁豫地层分区、渑池—确山小区,地层具双层结构。基底地层有太古宇太华杂岩(即"太华岩群"),太华岩群为一套原岩属中基性火山-沉积建造的中深变质岩系,总厚度大于 3 000 m,普遍发生了混合岩化。太华群下亚群是本区金矿的主要矿源层,控制着

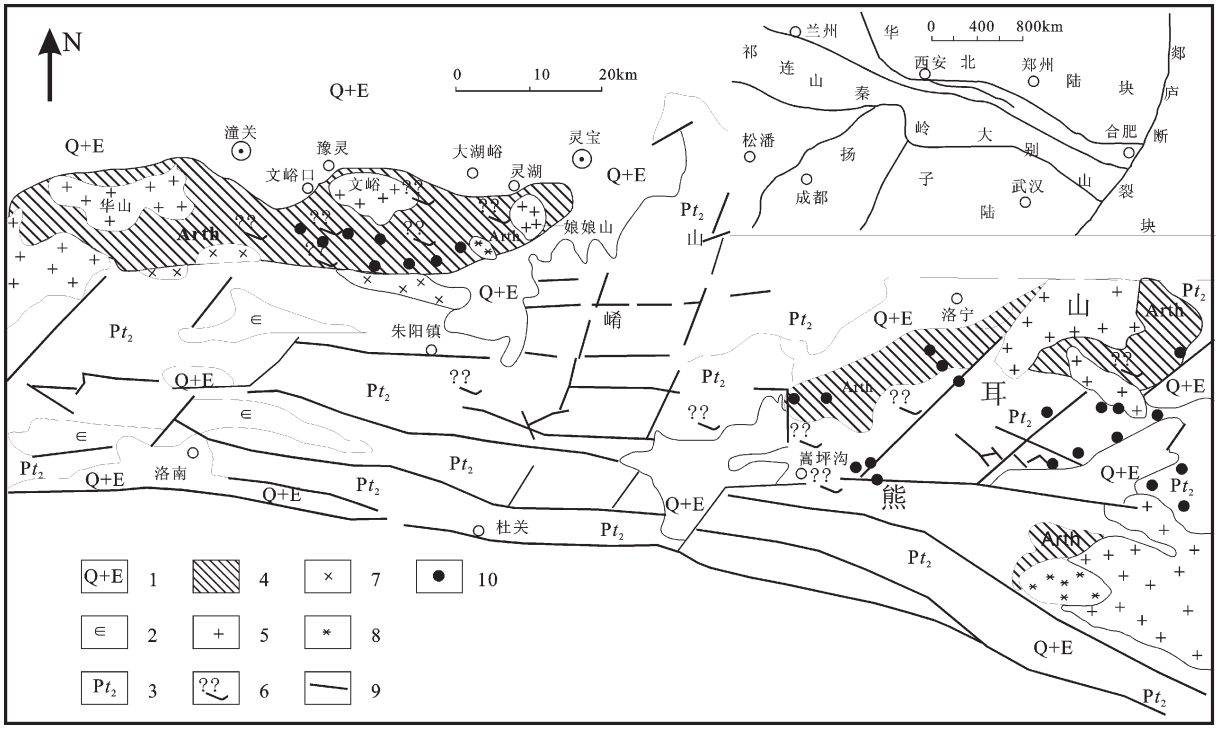


图 3 小秦岭地区地质简图(据文献[30]修改)

1—新生代沉积物; 2—寒武系地层; 3—元古代变火山岩地层; 4—新太古代太华群基底;5—燕山期花岗岩;6—中基性岩墙;7—元古代花岗岩;8—元古代片麻状闪长岩;9—断层;10—金矿

Fig.3 Geological sketch map of the Xiaoqinling area

1- Cenozoic sediments;2-Cambrian strata;3-Proterozoic meta-volcanic strata;4-Neo-Archean basement of Taihua Group;5-Yanshanian granite;6-Intermediate-basic dike;7-Proterozoic granite;8-Proterozoic gneissic diorite;9-Fault;10-Gold deposit

成矿分布范围、规模和类型。盖层有中元古界熊耳群、高山河组,官道口群,震旦系罗圈组及新生界等地层。熊耳群具大陆边缘火山弧的特点,以安山岩为主,是区内构造蚀变岩型金矿的主要赋矿围岩[28,29]。

矿集区总体构造格架表现为多期构造叠加的片麻岩穹隆,主构造线呈近东西向展布,其次为北东向。区域性韧性剪切带和褶皱特别发育。受不同期次、不同方向应力影响,区内形成了复杂的断裂构造形迹,由韧脆性变形变质作用所形成的糜棱岩带、碎裂岩带、蚀变破碎岩带特别发育,与金的矿化作用关系密切。小秦岭金矿田主要受近东西向褶皱断裂控制,熊耳山金矿田主要受近东西向与北东向两组断裂控制,崤山金矿田受北西向断裂控制[29]。

区内岩浆活动频繁,自太古宙、元古宙到中生代皆有表现,具多旋回、多期次特点。阜平期岩浆活动表现为基性—中酸性火山喷发及 TTG 岩系和花岗岩侵入,五台期有花岗伟晶岩脉侵入,古元古代有桂家峪花岗岩体侵入,中元古代有小河花岗岩体侵入,加里东期有辉绿岩脉、闪长岩脉及杨砦峪二长花岗岩侵入,印支期有正长斑岩脉侵入,燕山期有辉绿岩脉、文峪花岗岩岩体、娘娘山花岗岩岩体、花岗斑岩脉及含金石英脉侵入[29]。以燕山期花岗岩浆活动与本区金矿关系最密切。

3.2.2 *成矿规律*

小秦岭的金矿类型主要有:①构造蚀变岩型金矿,如上宫、前河;②蚀变岩-石英脉型金矿,如康山、星星印、瑶沟;③石英脉型金矿,如潼关、桐峪、西施;④次火山隐爆角砾岩型金矿,如祁雨沟;⑤与燕山期重熔花岗岩有关的金矿,如文峪;⑥与中元古界熊耳群古陆活动边缘中-酸性火山岩系有关的金矿;⑦产于太华群中深变质岩系(绿岩带)中的金矿,如灵宝、潼关。

小秦岭矿集区的金矿主要形成于中生代,以往多认为属于燕山期,但近年来也测得一批属于印支期的成矿年龄数据。王义天等[31]测定红土岭金矿 Q875 含金石英脉的 $^{40}Ar-^{39}Ar$ 同位素年龄为 128~126 Ma,李厚民等[32]获得灵宝泉家峪矿区含金石英脉辉钼矿 Re-Os 同位素年龄为 130 Ma 左右,表明金矿成矿时代在早白垩世。另一组同位素年龄主要分布在晚三叠世,可能主要与早期钼(金)矿化有关,如大湖金矿辉钼矿 Re-Os 年龄为(215.4 ±5.4)Ma~(255.6±9.6) Ma[33],灵宝 S35 号矿脉辉钼矿 Re-Os 年龄为(232.9 ±2.7)Ma~(223.7 ±2.8) Ma[32],东桐峪金矿碱性长石 Rb-Sr 等时线年龄为 208.2 Ma[34],15 号含金石英脉中蚀变白云母 K-Ar 年龄为(237.54 ±4.80) Ma[35],上宫金矿早阶段矿物组合 Rb-Sr 等时线年龄为 (242 ±11) Ma、750℃石英 $^{40}Ar-^{39}Ar$ 年龄为(222.83 ±24.91) Ma[36]。可见,印支期也是一个重要的成矿期。

对于成矿物质来源,卢欣祥等[37]总结分析了小秦岭—熊耳山地区金矿的成矿流体特征及矿床同位素地球化学特征,提出金矿床的成矿流体为地幔流体。就空间分布规律,众多金矿严格限定在小秦岭片麻岩穹隆内,总体上分为南、北两个金矿带,受控于先存韧性剪切带、左行平移逆冲断裂带和成矿期复合先存断裂带的低角度正断层。穹隆内白垩纪基性、酸性岩浆活动强烈,岩浆与成矿流体密切共生。穹隆四周边界韧性剪切带之外为短轴向斜及内深外浅的中—新生界箕状盆地,成矿深度在 10 km 以浅。

3.2.3 *成矿潜力及找矿方向*

小秦岭金矿集区是中国第二大岩金生产基地,目前区内已发现金矿床(点)160 余处,其中大中型以上金矿 20 余处,探明储量约 400 t。找矿方向主要有两个:一是深部资源潜力巨大。本区 2 300 m 标高到 0 m 标高均有含金石英脉和工业金矿化体的分布;糜棱岩带中许多容矿断裂延长达 6~7 km,推测其向深部也有一定的延伸,但目前的勘探深度一般为 400~500 m,深部找矿潜力巨大。如中国黄金集团在秦岭金矿深部新探明储量 27 t,初步证实小秦岭深部存在第二富矿带。第二,目前已经发现千余条赋存有含金石英脉的断裂/裂隙构造,但做过评价或勘探的不到一半,无论是已找到矿的还是未勘查的均是重要的找矿靶区。

本区找矿重点为:在熊耳山北坡的太华群中找石英脉型金矿,在熊耳群中找构造蚀变岩型金矿,同时应加强熊耳山南坡的找矿工作;在祁雨沟外围太华群中有很多角砾岩筒值得进一步评价,而太华群本身也不可忽视;在白土街—马超营一带熊耳群及新元古界栾川群、陶湾群中,金重砂异常非常明显,可沿近东西向构造破碎带寻找蚀变岩型金矿。孙卫志等[38]运用地球化学块体理论,通过对区域化探数据的处理,计算了金各含量级别对应地球化学块体的面积、可供金属量和成矿率,预测 Au 资源量 2 445 t,找矿潜力巨大。

3.3 滇黔桂金矿集区

滇黔桂金矿集区位于桂西北、黔西南与滇东南交接处的三角处[39],北起晴隆,南至富宁—田阳,西自罗平—丘北,东至红水河,面积约 15 万 km²(图 4)。该区在 20 世纪 70-80 年代取得重大进展,近年来又有找矿重大突破。成型金矿有桂西北的金牙、高龙、明山、龙川、浪全,黔西南的水银洞、紫木凼、戈塘、板其、丫他、烂泥沟,滇东南的堂上等 100 余处,探获金资源量大于 600 t。

3.3.1 成矿条件

滇黔桂矿集区与传统的右江盆地基本吻合,西南边以红河断裂带与思茅—印支地块为邻;西边、西北边以弥勒—师宗—盘县断裂带与哀牢山变质带为界;东北边和东边以紫云—罗甸—南丹—都安断裂带为界与扬子陆块、江南造山带为邻;东南以凭祥—东门断裂带为界与钦州海槽分开;南边以那坡—富宁断裂、丘北断裂与越北地块相邻。

区内主要有 3 套不同的地层序列:一是典型的深水盆地序列,包括深水碳酸盐岩、硅质岩、泥岩和沉凝灰岩,及其后发展起来的陆源碎屑浊积岩序列。这是右江盆地最主要的富金层序之一;二是右江盆地内的孤立碳酸盐岩台地序列,尽管其后也被浊流沉积所淹没,但推测其上的陆源碎屑岩沉积厚度不大;三是发育于黔西南的隶属于扬子陆块的宽广被动大陆边缘浅水碳酸盐岩沉积,也是重要的赋金层序之一[39]。具体含矿岩层有:①下泥盆统郁江组粉砂岩、泥岩(如坡岩、八渡金矿);②石炭系生物碎屑灰岩(如叫曼金矿);③上、下二叠统之间的"大厂层"(如戈塘、雄武金矿);④中、下三叠统粘土质岩、粉砂岩、细砂岩、泥岩等(如紫木凼、板其、金牙、高龙等金矿)。二叠系的粘土岩层和凝灰岩层,可能是本区金矿的主要矿源层[40,41]。

本期以右江断裂为界,其西南区构造线明显呈北西西-近东西向帚状向南东收敛于右江断裂带,而东北区构造线则明显呈北北东向至南北向。弧形断裂、短轴背斜或穹隆控矿特征明显,金矿主要产于穹隆、短轴背斜轴部及其周边、次级挠曲、古侵蚀面、层间断裂及挤压破碎带等处[42]。

区内岩浆岩不甚发育,以基性-超基性岩为主,多呈岩墙、岩脉或岩株状沿大断裂带零星分布。岩石类型有辉绿岩、辉长辉绿岩、橄榄辉绿岩和煌斑岩等,其成岩时代可能为燕山晚期(黔西南白层超基性

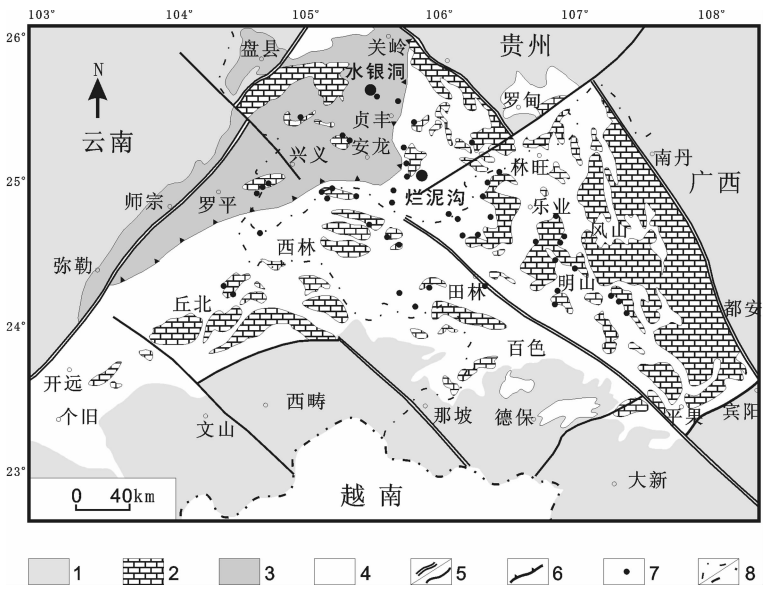


图 4 滇黔桂金矿矿集区地质略图

1—前三叠系;2—晚古生代孤立碳酸盐岩台地;3—三叠系台地相碳酸盐岩夹砂泥岩;4—三叠系盆地相浊积岩;5—区域大断层/断层;6—逆冲推覆构造;7—主要金矿床;8—省界/国界

Fig.4 Geological sketch map of the Yunnan-Guizhou-Guangxi Au-ore concentration area

1- Pre-Triassic;2-Carbonate rock platform of late Paleozoic;3-Carbonate rock and sand-mudstone of platform facies of Triassic /turbidite of basin facies of Triassic;4-Triassic turbidite of basin facies;5-Regional fault/fault;6-Nappe structure;7-Gold deposit;8-Provincial boundaries/national boundaries

岩体中金云母的 Ar-Ar 年龄为 92.69±0.98Ma[43])。

3.3.2 成矿规律

本区金矿皆产于上古生界—三叠系粉砂岩、泥质岩及碳酸盐岩中,按矿体产出形态可分两类:①微细浸染型金矿。如紫木凼、戈塘、金牙,分布最为广泛,找矿潜力大;②石英-方解石脉型金矿。如叫曼,规模小。本区金矿有以下特点:①层位虽多,但对岩性有严格选择性。主要赋矿层位包括二叠系大厂组、下三叠统夜郎组、紫云组、中三叠统许满组(边阳组);赋矿围岩岩性主要是粘土岩、粉砂岩、泥灰岩等;②金多呈微细粒状产出,矿体与围岩之间没有明显边界;③矿化富集带产于两种不同岩性层间破碎带、层间裂隙和短轴背斜轴部及其周边有利部位;④含金地质体大致分两类:其一是破碎蚀变岩本身就是矿体,矿化呈微细浸染状、品位低、规模大;其二是脉型(包括石英-方解石脉型和含金黄铁矿脉型),金为可见金,品位较高,规模小;⑤各矿区岩浆岩体罕见但岩脉较发育,在空间上与金矿关系密切;⑥近矿围岩蚀变主要有硅化、黄(白)铁矿化、高岭土化及碳酸盐化;⑦各金矿床的主要金属矿物有自然金、黄铁矿、白铁矿、毒砂、辉锑矿、辰砂、雄黄、褐铁矿等,非金属矿物有石英、玉髓、水云母、方解石、白云石等;⑧往往有锑、砷、汞、黄铁矿等矿床(矿物)伴生。

对滇黔桂卡林型金矿的成矿时代一直有争议,成矿年龄的测定难度大,但从区域构造和成矿规律看,应该以中生代为主[44-47]。陈懋弘等[48]运用 Re-Os 法获得烂泥沟黄铁矿的等时线年龄为(193±13) Ma。许多学者推断本矿集区金矿与右江盆地发展演化历史及相关的构造-热事件密切有关,认为伴随盆地裂解的二叠纪玄武岩岩浆活动提供了部分矿源[43]。

3.3.3 成矿潜力与找矿方向

滇黔桂矿集区含矿层位分布广,成矿条件有利,已探明的金矿储量大于 600 t,找矿远景好[42]。近年来,本区找矿工作取得重大进展,发现了一批大型、特大型金矿,如烂泥沟特大型金矿(124 t)、水银洞特大型金矿(近 100 t),紫木凼大型金矿(50 t)。全国重要矿产资源潜力评价工作的成果表明,本区仅黔西南的远景储量即可达到 200 t 以上,可转入勘查的 A 级找矿远景区就有 3 个:黔西南、南盘江—右江、乐业—巴马;B 级找矿远景区(田东—德保)和 C 级找矿远景区(广南—那坡)各 1 个。

3.4 燕辽金矿集区

燕辽矿集区位于内蒙古东南、河北北部、辽宁西部的阴山、燕山、努鲁儿虎山地区,面积约 18 万 km^2。该区为中国非常重要的有色金属成矿区(带)之一,也是重要的黄金生产基地。20 世纪 80 年代以来,该区进行了大量金矿勘探和科研工作,进展显著,如张宣地区东坪、后沟、金家庄,辽西排山楼、红石、小盘岭等金矿床的发现及金厂峪、金厂沟梁、二道沟、柏杖子及峪耳崖等金矿储量的扩大,表明该区金矿还有较大的远景。

3.4.1 成矿条件

本区处于古亚洲构造域与滨太平洋构造域交切复合部位,构造复杂。古构造线为东西向,自北而南分别为康保—赤峰断裂带、丰宁—隆化断裂带、崇礼—平泉断裂带、密云—青龙断裂带,控制了区内成矿带的展布。区内北东及北北东向断裂也比较发育,主要生成于中生代,其与东西向断裂交切处,往往是金矿形成的有利部位。

区内出露古老基底构造层为太古宇中深变质岩系,如辽西—赤峰地区的建平群、冀东的迁西群、山海关一带的单塔子群、张宣地区的桑干群、承德—丰宁一带的红旗营子群等。太古宇建平群小塔子沟组、迁西群上川组、桑干群花营组和涧沟组及单塔子群的南店子组对区内金矿具有明显的控制作用,为本区金矿的主要矿源层,通称绿色岩系,岩性主要为片麻岩类、斜长角闪岩、云母石英片岩、磁铁石英岩等。恢复原岩为中基性火山岩-沉积岩系。

区内岩浆侵入活动强烈,主要有五台期、吕梁期、华力西期和燕山期侵入岩。尤以燕山期侵入岩最为发育,且与金矿成矿关系密切。岩性主要为花岗岩、花岗闪长岩、闪长岩、碱性正长岩类,呈岩基、岩株、岩脉产出。基性、超基性岩体呈岩脉、小岩株状零星分布。区内金矿集中分布于崇礼—赤城、丰宁—隆化、锦山、遵化—山海关、建平、阆山等古隆起区。

3.4.2 成矿规律

本区金矿类型主要有:①产于绿色岩系中的金矿。石英脉型如小营盘、金厂沟梁金矿,复脉带型如金厂峪金矿,蚀变糜棱岩型如排山楼金矿;②产于花岗岩体内外接触带中的金矿。石英脉型如柏杖子、峪耳崖金矿,细粒浸染型如峪耳崖金矿;③产于碱性杂岩体中的金矿。以石英脉-蚀变岩型为主,如东坪、

后沟金矿；④与中生代火山岩、次火山岩有关的金矿。石英脉型如二道沟金矿,构造角砾岩型如红石、水泉金矿；⑤产于显生宙基性、超基性岩体中的金矿。如金家庄石英脉-蚀变岩型金矿；⑥现代砂金矿。如星干河、沟门子砂金矿。

各类金矿的产出规律为:①区内金矿床(点)成群(带)分布,层控性明显,多集中分布于古老隆起区内部或边缘,受太古宙绿色岩系控制,产于太古宙绿色岩系中的金矿占 70%以上;②金矿床(点)在空间分布上与中酸性小侵入体关系密切。矿体多产于岩体内部及附近围岩中;③金矿明显受断裂构造控制,成矿区带呈东西向和北东向展布，与主构造线方向一致。金矿田、矿床多位于大断裂带内,受次级断裂或两组断裂交汇处控制；④本区属华北地台北缘中段,位于中朝板块与西伯利亚板块的接合部位,中生代以来又处于欧亚板块与太平洋板块边缘构造活动带，深大断裂的继承性活动与频繁的岩浆活动和含矿构造层(矿源层)的广泛分布,构成了该区特有的金矿地质构造条件;⑤本区经历了漫长的地质演化,成矿作用具有多期、多旋回、多成因特点。

3.4.3 *成矿潜力与找矿方向*

燕辽是一个多矿种的矿集区,除了钼、铜、铅锌等有色金属之外,已发现岩金矿床 100 余处,累计探明储量约 200 t。岩金矿床以绿岩带型、产于侵入体内外接触带型及与中生代火山、次火山岩有关的金矿最为重要,以东坪、后沟为代表的产于碱性岩中的金矿也很重要。区内东西向的大断裂，如康保—赤峰、丰宁—隆化、崇礼—平泉、密云—青龙等断裂和燕山期北东向断裂是主要的控矿构造。根据已知金矿床点的分布、区域“矿源层”及控矿断裂系的展布、与成矿有关的岩浆岩等成矿要素以及重砂、化探异常等预测要素综合分析,可圈出努鲁儿虎山、赤城—崇礼、峪耳崖—毛家店、兴隆—青龙、丰宁—平泉等 5 个 A 级找矿远景区及朝阳湾—红花沟、热水—撰山子、锦西—锦州、东卯—汤河口、阎山等 B 级找矿远景区。

4　近年来找矿新进展及今后工作建议

近年来，通过加强对重点成矿区带矿集区的调查评价,中国金矿的勘查工作取得了新进展(表 3),具体表现如:①完成全国重要成矿区带 1:20 万的化探扫描,为以后大批金矿的发现提供了众多的线索;

表 3　近年来找矿取得重大突破的金矿一览表

Table 3　List of Au deposits discovered in recent years in China

编号	矿区名称	省份	矿集区	资源类型	资源量/t
1	阳山金矿	甘肃	陕甘川	估算资源量	418
2	水银洞金矿	贵州	滇黔桂	探明储量	70
3	烂泥沟金矿	贵州	滇黔桂	探明储量	106.6
4	泥堡金矿	贵州	滇黔桂	估算资源量	70
5	寺庄金矿	山东	胶东	探明储量	51.83
6	焦家金矿深部	山东	胶东	探明储量	103
7	夏甸金矿	山东	胶东	探明储量	30
8	大尹格庄金矿	山东	胶东	探明储量	40
9	曲家金矿	山东	胶东	估算资源量	50
10	抱伦金矿	海南	粤桂琼	探明储量	85.84
11	戈枕金矿	海南	粤桂琼	探明储量	64.39
12	王下金矿	海南	粤桂琼	探明储量	8.03
13	深泥田金矿	广西	粤桂琼	估算资源量	15
14	哈达门金矿	内蒙古	燕辽	探明储量	51.792
15	白云金矿	辽宁	燕辽	估算资源量	31.7
16	大场金矿	青海	巴彦喀拉	探明储量	195
17	秦岭金矿	河南	小秦岭	估算资源量	27
18	北衙金矿	云南	哀牢山	探明储量	151.28
19	哈图金矿	新疆	西准噶尔	探明储量	28
20	宝兴沟金矿	黑龙江	呼玛-黑河	估算资源量	23
21	雄村	西藏	冈底斯	探明储量	240
22	甲玛	西藏	冈底斯	探明储量	75

注：上述资源量数据来源于本次潜力评价工作的统计结果和各相关矿床勘查单位公开发布的公告。

②新类型矿床的发现;③新矿集区的发现;④老矿床的扩大；⑤科学技术的进步推动了低品位和难利用矿床的可采。这些工作既为今后找矿奠定了基础,也指出了以下几方面需要注意：

(1)继续加大新理论、新技术和新方法的研究。近年来,黄金地质领域不断更新找矿理论和认识,地球物理、地球化学、遥感解译、卫星定位、矿床评价等现代找矿技术得到了广泛推广和运用，极大地拓展了找矿空间。如利用浅层地震、可控源音频大地电磁法(CSMAT) 等新技术手段,河北金厂峪金矿、山东牟平金矿均找到了新的金矿体，勘查工作的技术含量越来越高。同时,对于难选冶金矿特别是卡林型金矿,其选冶技术取得了较大突破,使得一批呆矿得到迅速开采。如黔西南地区卡林型金矿密布，该区在

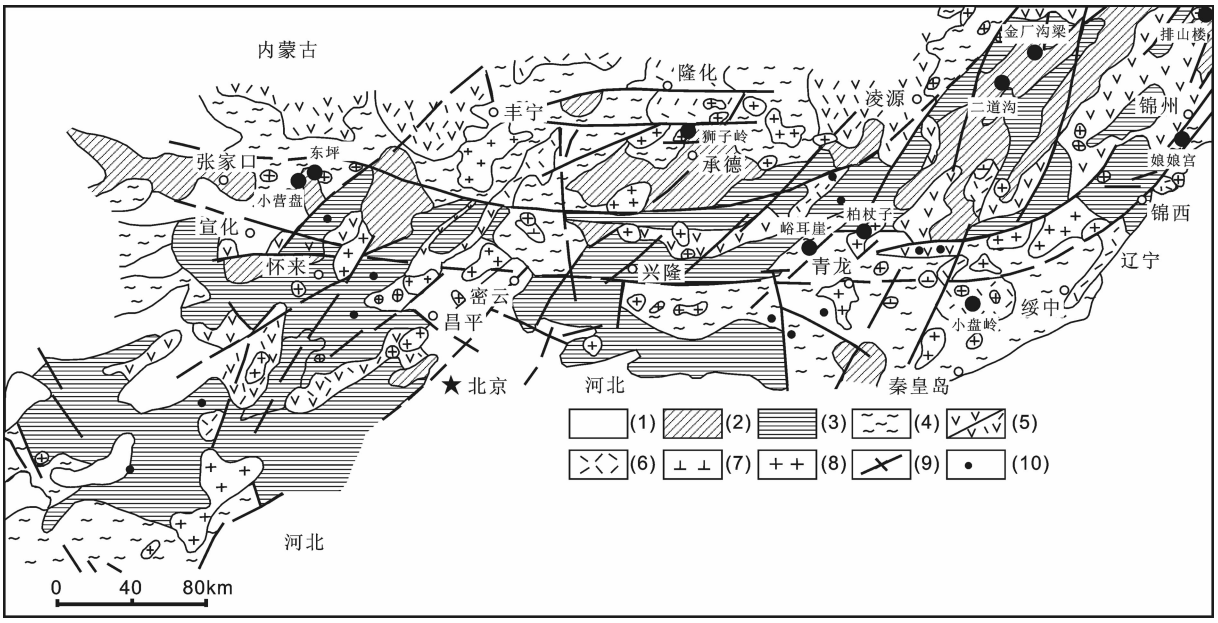


图 5 燕辽地区金矿集区地质简图(据文献[49]修改)

(1)—喜山期构造层(含 R、N、Q); (2)—燕山期构造层(J-K); (3)—后吕梁—印支期构造层(Pt2-T); (4)—太古—古元古代构造层(Ar-Pt1); (5)—燕山期基性-中性火山岩; (6)—燕山期酸性火山岩; (7)—燕山期中性侵入岩; (8)—燕山期花岗岩类; (9)—断裂; (10)—矿床(点)

Fig.5 Geological sketch map of the Yan-Liao gold concentration area

(1)- Himalayan structural layer (including R, N, Q); (2)- Yanshanian structural layer (J-K); (3)- Post-Luliang-Indosinian structural layer (Pt2-T); (4)- Archean-early Proterozoic structural layer (Ar-Pt1); (5)- Yanshaniain basic and intermediate-basic volcanic rocks; (6)-Yanshanian acidic volcanic rocks; (7)- Yanshanian intermediate intrusion; (8)- Yanshanian granitoids; (9)- Fault; (10)- Au deposit

20 世纪 70 年代末首次发现板其卡林型金矿,但限于选矿技术一直未能得到开发利用。直到 21 世纪初,贵州省地矿局与福建紫金矿业联手,利用丰富的勘查成果和先进的技术设备及国内外原生金矿的选冶研究成果,在水银洞卡林型金矿区,第一次探索应用常温常压催化预氧化处理—氰化浸出的先进生产工艺并一举获得成功,大大改进了卡林型金矿的选矿工艺。

(2)加强深部找矿技术方法的研究,攻深找盲。中国多数黄金矿山建设于"七五"、"八五"期间,经过多年开采,浅部资源所剩不多,尤其是老黄金工业基地,矿山资源危机问题十分突出,成为制约黄金工业发展的瓶颈。近年来,随着深部科研和勘探工作的加强,我国实现了重点矿区深部勘查的突破。在胶东矿集区,以往勘查、开采深度主要集中在地表以下 500 m 以浅范围内,但招远玲珑金矿、夏甸金矿等一批矿山在地表以下 800~1200 m 的范围内发现了新的矿化带; 武警黄金部队在山东龙口大磨曲家金矿深部新增资源量近 50 t。此外,内蒙赤峰金厂沟梁、吉林夹皮沟、湖南湘西金矿等一批老矿山均在 1000 m 深处找到了接续资源,对深部勘查起到示范作用,也说明中国金矿深部找矿潜力巨大。

(3)西部地区仍然存在空白区,发现了一批大型、特大型金矿床乃至于新类型、新的金矿集区都是可能的。如,武警黄金部队在甘肃阳山金矿的勘查工作取得了突破性进展,目前已发现 86 条矿脉,累计探获黄金资源量 418 t,有望成为中国大陆第一大金矿床。贵州贞丰水银洞卡林型金矿, 探明储量超过 70 t; 同处于黔西南的烂泥沟卡林型金矿远景储量可达 150 t。云南地矿资源股份公司勘探的北衙金矿探明储量已超过 50 t。同时,在西藏冈底斯成矿带,随着近年来斑岩铜矿的突破, 伴生金的资源量也相当可观, 如雄村铜金矿 I 号矿体金的资源量就达 150 t,II 号矿体含金 80 t;甲玛铜多金属矿中伴生的金资源量也达 75 t[1]。

[1]唐菊兴,陈毓川,多吉,等. 冈底斯成矿带主要矿床类型、成矿规律和找矿评价[R]//中国地质科学院矿产资源研究所主编. 我国重要成矿区带主要矿床类型成矿规律和找矿评价,2009:97-123(内部出版).

5 结 论

综上所述,中国金矿成矿条件较好,类型较全,但金矿资源空间分布不均匀,形成了阿尔泰、准噶尔、东天山—北山等 32 个金矿矿集区。这些矿集区不但是中国目前金矿的主要产地,也是今后找矿的重点远景区,尤以胶东、小秦岭、滇黔桂和燕辽 4 大矿集区最为重要。从资源潜力来说,32 个金矿矿集区中,中东部胶东、燕辽和小秦岭等矿集区的找矿方向将以深部找矿为重点;西部很多地区成矿条件好,但工作程度低,今后应当加大找矿力度,加快深部及外围找矿。具体来说,西部滇黔桂等矿集区一方面需要改进采选冶工艺以提高回收率;另一方面也需要将先进的工业流程引进到其他类似矿集区(如陕甘川卡林型金矿,包括阳山金矿),以便于在保护环境的前提下充分利用资源。总体来说,中国金矿资源潜力较大,今后应加强重点矿集区的科学研究和找矿工作,以进一步扩大金矿资源储量。

致谢:对审稿专家和编辑部给予本文的意见和修改建议深表感谢。

参考文献(References):

[1] 陈毓川, 李兆鼎, 毋瑞身, 等. 中国金矿床及其成矿规律 [M]. 北京:地质出版社, 2001:1-465.
Chen Yuchuan, Li Zhaoding, Wu Ruishen, et al. Gold Deposits and Metallogeny in China [M]. Beijing: Geological Publishing House, 2001:1-465 (in Chinese with English abstract) .

[2] 王登红, 应立娟, 王成辉, 等. 中国贵金属矿床的基本成矿规律与找矿方向[J]. 地学前缘, 2007, 14(5):71-81.
Wang Denghong, Ying Lijuan, Wang Chenghui, et al. Basic patterns of metallogenesis of precious metal deposit in China and vectors for prospecting[J]. Earth Science Forantiers, 2007, 14(5):71-81(in Chinese with English abstract).

[3] 陈毓川, 王登红, 林文蔚. 中国岩金矿床成矿系列 [J]. 矿床地质, 1998, 17 (增刊) :87-92.
Chen Yuchuan, Wang Denghong, Lin Wenwei. Minerogenic series of gold deposits in China [J]. Mineral Deposits, 1998, 17 (Supp.) : 87-92(in Chinese with English abstract) .

[4] 王登红, 陈毓川, 徐珏, 等. 试论伴生矿床——以长坑金矿与富湾银矿为例[J]. 地球学报, 1999, 20(增刊):346-350.
Wang Denghong, Chen Yuchuan, Xu Jue, et al. Discussion on associated deposits -examples from Changkeng Au deposit and Fuwan Ag deposit, Guangdong [J]. Acta Geoscientia Sinica, 1999, 20(Supp.) : 346-350 (in Chinese with English abstract).

[5] 王登红, 陈毓川, 徐珏, 等. 中国大陆科学钻 100~850m 深度岩心的贵金属地球化学[J]. 地球学报, 2005, 26(5):535-540.
Wang Denghong, Chen Yuchuan, Xu Jue, et al. Precious metals geochemistry of cores from 100 to 850m depth of the Chinese continental scientific drilling [J].Acta Geoscientica Sinica, 2005, 26 (5):535-540(in Chinese with English abstract).

[6] 陈毓川, 王登红, 朱裕生, 等. 中国成矿体系与区域成矿评价[M]. 北京:地质出版社, 2007:1-1005 .
Chen Yuchuan, Wang Denghong, Zhu Yusheng, et al. Chinese Mineralization System and Assessment of Regional Mineralization [M]. Beijing:Geological Publishing House, 2007, 1005 (in Chinese with English abstract) .

[7] 范永香. 金矿床主要类型及其地质特征[M]. 北京:中国地质大学出版社, 1989, 1-178 .
Fan Yongxiang. Major Types and Geological Features of Gold Deposits [M]. Beijing:China University of Geosciences Press, 1989, 1-178 (in Chinese with English abstract) .

[8] 沈保丰, 毛德宝, 李俊建. 中国绿岩带型金矿床类型和地质特征[J]. 前寒武纪研究进展, 1997, 20(4):1-1212.
Shen Baofeng, Mao Debao, Li Junjian. Type and geological character of Chinese greenstone belts gold deposits [J]. Progress in Precambrian Research, 1997, 20 (4):1 -1212 (in Chinese with English abstract).

[9] 杨蔚华, 刘友梅. 中国沉积岩型金矿床地球化学及找矿方向[J]. 地球化学, 1997, 26(1):13-23.
Yang Weihua, Liu Youmei. Geochemistry of sediment hosted gold deposits and their prospecting in China [J]. Geochimica, 1997, 26 (1):13-23(in Chinese with English abstract).

[10] 李景春, 庞庆邦, 李文亢, 等. 中国金矿床工业类型[J]. 贵金属地质, 1998, 7(2):114-120.
Li Jingchun, Pang Qingbang, Li Wenkang, et al. Commercial types of gold deposits in China [J]. Journal of Precious Metallic Geology, 1998, 7 (2):114-120 (in Chinese with English abstract) .

[11] 李舒, 李景春, 邵军, 等. 中国金矿床工业类型及其特征 [M]. 北京: 地震出版社, 1999:1-238 .
Li Shu, Li Jingchun, Shao Jun, et al. Commercial Types and Its Features of Gold Deposit in China [M]. Beijing:Seismological Press, 1999:1-238(in Chinese with English abstract) .

[12] 邵晓东, 李景春. 中国金矿床主要工业类型及其分布特征[J]. 贵金属地质, 2000, 9(3):166-169.
Shao Xiaodong, Li Jingchun. The major commercial types an d distributing characters of gold deposits in China [J]. Journal of Precious Metallic Geology, 2000, 9 (3):1 66-169(in Chinese with English abstract).

[13] 王世称, 陈永良. 中国大型金矿床空间分布规律及找矿方向[J]. 地球科学——中国地质大学学报, 1999, 24(5):455-458 .
Wang Shichen, ChenYongliang. Spatial distribution patterns and ore-finding strategy for large-sized gold deposits, China [J]. Earth Science——Journal of China University of Geosciences,1999, 24 (5):455-458(in Chinese with English abstract).

[14] 徐志刚, 陈毓川, 王登红, 等. 中国成矿区带划分方案[M].北京:地质出版社, 2008:1-138.

Xu Zhigang, Chen Yuchuan, Wang Denghong, et al. The Scheme of the Classification of the Minerogenetic Units in China [M]. Beijing: Geological Publishing House, 2008:1-138 (in Chinese with English abstract).

[15] 杨敏之, 吕古贤. 胶东绿岩带金矿地质地球化学[M].北京:地质出版社, 1996:1-228.
Yang Minzhi, Lv Guxian. The Geology and Geochemistry of Gold Deposit in Greenstone Belt of East Shandong Province [M]. Beijing: Geological Publishing House, 1996:1-228 (in Chinese with English abstract).

[16] 杨忠芳, 徐景奎, 赵伦山, 等. 胶东区域地壳演化与金成矿作用地球化学[M]. 北京: 地质出版社, 1998:1-157.
Yang Zhongfang, Xu Jingkui, Zhao Lunshan, et al. Reginal Crust Evolution and Gold Metallogenic Geochemistry in the Jiaodong Area [M]. Beijng:Geological Publishing House, 1998:1-157 (in Chinese with English abstract).

[17] 张裕之. 试论焦家式金矿[J]. 地质与勘探, 1983, 7:11-15.
Zhang Yuzhi. Discussion on the metallogenetic of Jiaojia gold deposit [J].Geology and Exploration, 1983, 7:11-15 (in Chinese with English abstract).

[18] 陈光远, 孙岱生, 周珣若, 等. 胶东郭家岭花岗闪长岩成因矿物学与金矿化[M]. 武汉:中国地质大学出版社, 1993:1-230.
Chen Guangyuan, Sun Daisheng, Zhou Xunruo, et al. Mineralogy of Guojialing Granodiorite and Its Relationship to Gold Mineralization in the Jiaodong Peninsula [M]. Wuhan: China University of Geosciences Press, 1993:1-230 (in Chinese with English abstract).

[19] 林景仟, 谭东娟, 迟效国, 等. 胶辽半岛中生代花岗岩[M]. 北京: 科学出版社, 1992:31-42.
Lin Jingqian, Tan Dongjuan, Chi Xiaoguo, et al. Mesozoic Granites in the Jiao-Liao Peninsula [M]. Beijing:Science Press, 1992:31-42(in Chinese with English abstract).

[20] Yang Jinhui, Chung Sunlin, Wilder Simon, et al. Petrogenesis of post-orogenic syenites in the Sulu orogenic belt, East China: geochronology, geochemical and Nd-Sr isotopic evidence [J]. Chemical Geology, 2005, 214:99-125.

[21] Chen Jiangfeng, Xie Zhi, Li Huiming, et al. U-Pb zircon ages for a collision-related K-rich complex at Shidao in the Sulu ultrahigh pressure terrane, China[J]. Geochemical Journal, 2003, 37(1):35-46.

[22] 郭敬辉, 陈福坤, 张小曼, 等. 苏鲁超高压带北部中生代岩浆侵入活动与同碰撞—碰撞后构造过程: 锆石 U-Pb 年代学 [J]. 岩石学报, 2005, 21(4):1281-1301.
Guo Jinghui, Chen Fukun, Zhang Xiaoman, et al. Evolution of syn-to post-collisional magmatism from north Sulu UHP belt, eastern China: zircon U-Pb geochronology [J]. Acta Petrologica Sinica, 2005, 21(4):1281-1301(in Chinese with English abstract).

[23] Wang L G, Qiu Y M, McNaughton N J, et al. Constraints on crustal evolution and metallogenyin the Northwestern Jiaodong Penisular, China, from SHRIMP zircon studies of granitoids [J]. Ore Geology Reviews, 1998, 13:275-291.

[24] 胡芳芳, 范宏瑞, 杨进辉, 等. 胶东乳山含金石英脉型金矿的成矿年龄: 热液锆石 SHRIMP 法 U-Pb 测定 [J]. 科学通报, 2004, 49(12):1191-1198.
Hu Fangfang, Fan Hongrui, Yang Jinhui, et al. Mineralizing age of the Rushan lode gold deposit in the Jiaodong Peninsula: SHRIMP U-Pb dating on hydrothermal zircon [J]. Chinese Science Bulletin, 2004, 15: 1629-1636(in Chinesewith English abstract).

[25] 郭春影, 张文钊, 葛良胜, 等. 胶东西北部金矿床深部资源潜力与找矿方向[J]. 地质与勘探, 2102, 48(1):58-67.
Guo Chunying, Zhang Wenzhao, Ge Liangsheng, et al. Deep prospecting potential of gold deposits in the northwestern Jiaodong peninsula and their ore-search direction [J]. Geology and Exploration, 2012, 48(1):58-67(in Chinese with English abstract).

[26] 宋明春, 崔书学, 伊丕厚, 等. 胶西北金矿集中区深部大型—超大型金矿找矿与成矿模式[M]. 北京:地质出版社, 2010:1-332.
Song Mingchun, Cui Shuxue, Yi Pi hou, et al. Deep Large-super Large Gold Deposit Forming and Prospecting Model in the Northwestern Jiaodong Gold Deposit Concentrating Area [M]. Beijing: Geological Publishing House, 2010:1-332 (in Chinese with English abstract).

[27] 黎世美, 黄建军, 瞿伦全, 等. 小秦岭金矿地质和成矿预测[M]. 北京:地质出版社, 1996:1-95.
Li Shimei, Huang Jianjun, Qu Lunquan, et al. Geology and Forecast of Gold Deposit in Xiaoqinling Area [M]. Beijing: Geological Publishing House, 1996:1-95 (inChinese with English abstract).

[28] 王平安, 陈毓川, 裴荣富, 等. 秦岭造山带区域矿床成矿系列、构造、成矿旋回与演化[M]. 北京: 地质出版社, 1998:81-83.
Wang Pingan, Chen Yuchuan, Pei Rongfu, et al. Metallogenic Series, Structure, Metallogenic Gyration and Evolution of Region Deposit in Qinling Orogen [M] . Beijing:Geological Publishing House, 1998:81-83(in Chinese with English abstract).

[29] 陈衍景, 富士谷. 豫西金矿成矿规律 [M]. 北京: 地震出版社, 1992:72-155.
Chen Yanjing, Fu Shigu. Metallogenic Rule of Gold Deposit in Wastern Henan Province [M]. Beijing:Seismological Press, 1992: 72-155(in Chinese with English abstract).

[30] 王义天, 毛景文, 卢欣祥, 等. 河南小秦岭金矿区 Q875 脉中深部矿化蚀变岩的 $^{40}Ar-^{39}Ar$ 年龄及其意义[J]. 科学通报, 2002, 47 (18): 1427-1431.
Wang Yitian, Mao Jingwen, Lu Xinxiang, et al. $^{40}Ar-^{39}Ar$ dating and geological implication of auriferous altered rocks from the middle deep section of Q875 gold-quartz vein in Xiaoqinling area, Henan, China [J] . Chinese Science Bullet in, 2002, 47 (20): 1750-1755(in Chinese).

[31] 李厚民, 叶会寿, 毛景文, 等. 小秦岭金(钼)矿床辉钼矿铼-锇定年及其地质意义[J]. 矿床地质, 2007, 26(4):417-424.
Li Houmin, Ye Huishou, Mao Jingwen, et al. Re-Os dating of molybdenites from Au (-Mo) deposit in Xiaoqinling gold ore

district and its geological significance[J]. Mineral Deposits, 2007, 26(4): 417-424(in Chinese with English abstract).

[32] 李诺, 孙亚莉, 李晶, 等. 小秦岭大湖金钼矿床辉钼矿铼锇同位素年龄及印支期成矿事件[J].岩石学报, 2008, 24(4):810-816.
Li Nuo, Sun Yali, Li Jing, et al. Molybdenite Re-Os isotope age of the Dahu Au-Mo deposit [J]. Acta Petrologica Sinica, 2008, 24(4):810-816(in Chinese with English abstract).

[33] 王秀璋, 程景平, 白正华, 等. 中国改造型金矿床地球化学[M]. 北京: 科学出版社, 1992:10-34.
Wang Xiuzhang, Chen Jingping, Bai Zhenghua, et al. Geochemistry of reforming - type gold deposits in China [M]. Beijing:Science Press, 1992, 10 - 34 in Chinese with English abstract).

[34] 胡正国, 钱壮志, 阎广民. 小秦岭拆离-变质杂岩核构造与金矿[M]. 西安:陕西科学技术出版社, 1994:21-22.
Hu Zhengguo, Qian Zhuanzhi, Yan Guangmin. Xiaoqinling Metamorphic Core Complex and Gold Deposits [M]. Xian: Shaanxi Press of Science and Technology, 1994:21-22 (in Chinese with English abstract).

[35] Chen Yanjing, Pirajno F, Qi Fan. The Shanggong gold deposit, eastern Qinling orogen, China: Isotope geochemistry and implication for ore genesi[J]. Journal of Asian Earth Sciences, 2008, DOI:10.1016/j.

[36] 卢欣祥, 尉向东, 董有, 等. 小秦岭-熊耳山地区金矿时代 [J]. 黄金地质, 1999, 5(1):11-16.
Lu Xinxiang, Wei Xiangdong, Dong You, et al. The Metalloginetic epoch of gold deposits in Xiaoqinling-Xiongershan region [J]. Gold Geology, 1999, 5 (1):11-16 (in Chinese with English abstract).

[37] 孙卫志, 张灯堂, 孟宪锋, 等. 豫西矿集区 Au、Mo 地球化学块体分布特征及资源潜力分析[J].中国地质, 2012, 39(2):349-358(in Chinese with English abstract).
Sun Weizhi, Zhang Dengtang, Meng Xianfeng, et al. Characteristics of Au and Mo geochemical blocks and an analysis of resource potential in the west Henan ore concentrate are[J].Geology in China, 2012, 39(2): 349-358(in Chinese with English abstract).

[38] 陈懋弘. 基于成矿构造和成矿流体耦合条件下的贵州锦丰(烂泥沟)金矿成矿模式[D]. 中国地质科学院博士学位论文, 2007:1-209.
Chen Maohong. The Genetic Model of Jinfeng (Lannigou) Gold Deposit Based on the Coupling of Metallotectonics and Ore-Forming Fluid [D]. PhD Thesis of Chinese Academy of Geological Sciences, 2007: 1-209 (in Chinese with English abstract).

[39] 毛景文, 胡瑞忠, 陈毓川, 等. 大规模成矿作用与大型矿集区[M]. 北京: 地质出版社, 2005:1-533
Mao Jingwen, Hu Ruizhong, Chen Yuchuan, et al. Large-scale Metallogeny and Large Ore-concentrated Areas [M]. Beijing: Geological Publishing House, 2005, 1-533(in Chinese with English abstract).

[40] Guo Jiahui, Huang Debao, Shi Lida, et al. Metallogenic and Prospecting Model of Ultrafine Grain Type Gold Deposit in Northwest Guangxi[M]. Beijing:Seismological Press, 1992:1-77.

[41] 韩至钧, 盛学庸. 黔西南金矿及其成矿模式 [J]. 贵州地质, 1996, 13(2):146-153.
Han Zhijun, Sheng Xueyong. Gold deposits in southwest Guizhou and their metallogenetic model [J]. Guizhou Geology, 1996, 13(2): 146-153 (in Chinese with English abstract).

[42] 王成辉. 贵州水银洞金矿地质特征及成矿规律研究 [D]. 中国地质科学院硕士学位论文, 2008:1-78.
Wang Chenghui. Study on the Geological Character and Metallogenic Rules of Shuiyindong Gold Deposit in Guizhou Province [D]. Master Thesis of Chinese Academy of Geological Sciences, 2008:1-78(in Chinese with English abstract).

[43] 胡瑞忠, 苏文超, 毕献武, 等. 滇黔桂三角区微细浸染型金矿床成矿热液一种可能的演化途径: 年代学证据 [J]. 矿物学报, 1995, 15(2): 144-149.
Hu Ruizhong, Su Wenchao, Bi Xianwu, et al. A possible evolution way of ore-formting hydrothermal fluid for the carlin-type gold deposits in the Yunnan-Guizhou-Guangxi triangle area [J]. Acta Mineralogica Sinica, 1995, 15 (2):144-149 (in Chinese with English abstract).

[44] 刘建明, 赵善仁, 沈洁, 等. 成矿流体活动的同位素定年方法评述[J]. 地球物理学进展, 1998, 13(3):46-55.
Liu Jianming, Zhao Shanren, Shen Jie, et al. Review on direct isotopic dating of hydrothermal ore-forming processes [J]. Progress in Geophysics, 1998, 13 (3):46-55 (in Chinese with English abstract).

[45] 毛景文, 谢桂青, 李晓峰, 等. 大陆动力学演化与成矿研究:历史与现状—兼论华南地区在地质历史演化期间大陆增生与成矿作用[J]. 矿床地质, 2005, 24(3):193-205.
Mao Jingwen, Xie Guiqin, Li Xiaofeng, et al. Geodynamic process and metallogeny:History and present research trend, with a special discussion on continental accretion and related metallogeny throughout geological history in South China [J]. Mineral Deposits, 2005, 24(3):193-205 (in Chinese with English abstract).

[46] 苏文超, 杨科佑, 胡瑞忠, 等. 中国西南部卡林型金矿床流体包裹体年代学研究—以贵州烂泥沟大型卡林型金矿床为例 [J]. 矿物学报, 1998, 18(3):359-362.
Su Wenchao, Yang Keyou, Hu Ruizhong, et al. Fluid inclusion chronological study of the carlin -type gold deposits in southwestern China:as exemplified by the Lannigou gold deposit, Guizhou Province[J]. Acta Mineralogica, 1998, 18(3):359-362 (in Chinese with English abstract).

[47] 陈懋弘, 毛景文, 吴六灵, 等. 贵州锦丰(烂泥沟)金矿成矿年代学研究新进展[J]. 矿床地质, 2006, 25(增刊):7-10.
Chen Maohong, Mao Jingwen, Wu Liuling, et al. New advance in chronological study of the Jingfeng (Lannigou) gold deposit in Guizhou Province [J]. Mineral Deposits, 2006, 25(supplement):7-10 (in Chinese with English abstract).

[48] 黄典豪, 杜安道, 吴澄宇, 等. 华北地台钼(铜)矿床成矿年代学研究—辉钼矿铼-锇年龄及其地质意义[J]. 矿床地质, 1996, 15(4):

365−373.
Huang Dianhao, Du Andao, Wu Chengyu, et al. Metallochronology of molybdenum (−copper) deposits in the north China platform: Re−Os age of molybdenite and its geological significance[J]. Mineral Deposits, 1996, 15(4):365−373(in Chinese with English abstract).

[49] 黄凡, 陈毓川, 王登红, 等. 中国钼矿主要矿集区及其资源潜力探讨[J]. 中国地质, 2011, 38(5):1111−1135.
Huang Fan, Chen Yuchuan, Wand Denghong, et al. A discussion on the major molybdenum ore concentration areas in China and their resource potential[J]. Geology in China, 2011, 38(5):1111−1135.

The major gold concentration areas in China and their resource potentials

WANG Cheng−hui, WANG Deng−hong, HUANG Fan, XU Jue,
CHEN Zheng−hui, YING Li−juan, LIU Shan−bao

(*MLR Key Laboratory of Metallogeny and Mineral Assessment, Institute of Mineral Resources, Chinese Academy of Geological Sciences, Beijing,* 100037, *China*)

Abstract: Distributed nationwide for its special features, gold is one of the strategic mineral resources since the founding of the People's Republic of China, and great achievements have been made in the exploration and exploitation of gold; especially since the last decade, many changes have taken place in the pattern of gold resources in whole China. On the basis of the locations of large gold deposits, new discoveries of large and superlarge gold deposits have been made and there have also been important expansions in the main mining areas. Generally speaking, great potentials of gold resource exist in China. Gold deposits in China can be classified into the gold deposits related to granite−greenstone formation, gold deposits related to sedimentary formation (including the vein gold deposits of Carlin type and those related to metamorphosed clastic rocks), volcanic rock gold deposits (including the continental and marine types), intrusion−related gold deposits (including gold deposits of porphyry type and those related to the inner−intrusion and contact zone), fracture zone−altered rock gold deposits, placer gold deposits, gossan type gold deposits and soil type gold deposits. Exploration should be carried out at the depth and in search for new types. In this paper, the authors summarized the characteristics of gold ore resources and preliminarily divided gold deposits into 32 large ore concentration areas in the light of magma, tectonic settings, stratigraphy, fluids, metallogenic ages and other factors in China. Meanwhile, based on the most recent progress and data obtained in recent years, this paper describes the four most important ore concentration areas with an analysis of their resource potentials.

Key words: gold resources; ; ore concentration areas; metallogenic model; resource potential

---

About the first author: WANG Cheng−hui, born in 1982, doctor and senior researcher, mainly engages in the study of, mineral deposits; E−mail: wangchenghui131@sina.com.