

中国金矿资源特征及成矿规律概要

王成辉,徐珏,黄凡,陈郑辉,应立娟,刘善宝

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

内容提要:我国金矿资源较为丰富,金矿是中国重要的战略矿种之一。本文在全国潜力评价项目开展过程中,在典型矿床研究的基础上,通过对我国资源特征、勘查进展、金矿类型、时空分布、成矿谱系的分析与归纳,初步总结了我国金矿成矿规律。文章总结了我国金矿的资源特征及存在的问题;从预测的角度,将我国金矿分为花岗绿岩型金矿、火山岩型金矿、与岩浆岩有关金矿、沉积建造中的金矿、与表生作用有关金矿等五大预测类型;在统计的基础上,将我国金矿分为新太古代—古元古代、中—新元古代、古生代、中生代和新生代5个成矿期,并初步总结了各成矿期金矿的空间分布特征等;提出了成金带的概念,并划分了53个成金带,概括了其 主要特征;厘定出71个与金矿有关的成矿系列,建立了中国金矿成矿谱系。认为应该继续加强我国金矿成矿体系和成矿规律研究,通过理论指导找矿勘查部署并综合评价,以期取得更大的找矿进展。

关键词:金矿;资源特征;金矿类型;成矿时代;成金带;成矿系列

由于兼具金融、货币和商品属性,黄金有别于其他金属而成为一种非常重要的战略矿种。我国金矿资源较为丰富,但类型多样、成矿地质条件复杂(陈毓川等,2001)。近年来随着黄金科研工作和商业勘查投入的加大,我国金矿找矿和黄金产业取得了较大突破,从2009年起,我国连续5年成为世界第一产金大国;在找矿突破战略行动第一阶段(2011~2013年),我国新增金矿资源储量达2395 t^①。这表明我国金矿找矿潜力巨大,但找矿突破的前提是要查明成矿条件,加强成矿规律研究,以指导找矿勘查工作部署。本文在全国重要矿产潜力评价项目实施过程中,通过对全国数千处金矿矿产地资料的整理和分析,初步总结了我国金矿的成矿规律。

1 中国金矿资源概况

1.1 资源量

中国金矿开发和利用的历史悠久,资源较为丰富,新中国成立以后,我国的黄金产业发展基本上经历了3个阶段:①建国后逐渐建成了胶东、小秦岭、燕辽-大青山、辽吉东部、黑龙江流域、鄂皖赣伴生金矿三角区等多个黄金基地(陈毓川等,2001);②20世纪80年代后,随着地质工作在金矿方面投入的加

大,特别是完成全国重要成矿区带1:20万化探扫面、新类型金矿的发现、新矿集区的勘查、老矿山的探边摸底、选冶技术的进步、大型贵金属企业的发展等(王登红等,2007),我国金矿的勘查进展取得了前所未有的突破;③近十年来,随着我国地质行业的快速发展以及相应的黄金科研工作、商业勘查投入的加大,新近发现了一批大型、特大型金矿,主要是集中在一些老矿山的“边、深部”,以及一些重点金矿矿集区(王成辉,2012),使得我国金矿资源量大幅增加。根据国土资源部《全国矿产资源储量通报》相关数据^②,从2006年至2012年,全国金矿矿区数从2104个增加到2755个(图1),平均每年新增查明金资源量533.22 t,相当于平均每年新发现5个超大型金矿床,或者26.6个大型金矿床,平均每年增加8.61%。根据本次最新统计,全国共有金矿矿产地7148处,其中特大型14处、大型103处、中型307处、小型1748处、矿点4978处。全国累计查明资源量达8648.47 t。从查明资源量来看(图2),排在前列的是山东、河南、江西(包括伴生金)、黑龙江(包括砂金)、陕西等省份,尤其是山东省,金矿资源较为丰富,且深部找矿潜力较大。从矿产地数量来说,黑龙江、新疆、青海、辽宁、湖北、西藏、甘肃等排在前列,

注:本文为中央级公益性科研院所基本科研业务费专项资金项目(编号K1325,K1422)、中国地质大调查项目“中国分矿种(组)矿产地质总结研究”(编号12120114039601)、“中国矿产地质与区域成矿规律综合研究(中国矿产地质志)”(编号1212011220369)和全国重要矿产区域成矿规律研究(编号1212011121037)联合资助的成果。

收稿日期:2014-09-21;改回日期:2014-10-13;责任编辑:周健。

作者简介:王成辉,男,1982年生。高级工程师,主要从事矿床学研究。Email: wangchenghui131@sina.com。

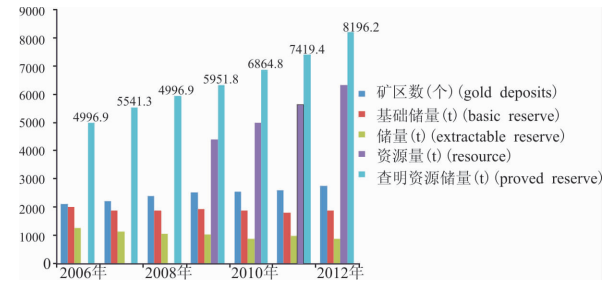


图1 中国金矿 2006~2012 年矿床
数量和储量变化柱状图

Fig. 1 Histogram of numbers and reserves of
gold mining area from 2006 to 2012 in China

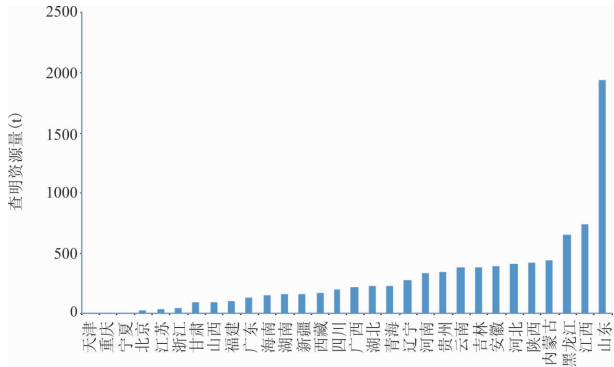


图2 全国主要省区市金矿查明资源量柱状图
Fig. 2 Histogram of the proved reserve of
gold mining area in main provinces, China

反映西部地区矿产地数量较多(图 3)。近年来在青海大场、新疆西天山等地取得突破的金矿床在以往均为矿点或者小型矿床,表明西部地区可能是未来我国金矿找矿的重点地区。

1.2 存在的问题

(1)我国金矿床规模较小。根据本次统计,我国金矿中、小型、矿(化)点占全国金矿的 95% 以上,而其储量仅占 50% 左右(图 4)。与国外相比,我国金矿床规模普遍偏小。因此应该继续加强金矿基础研究和勘探工作,可以预见,随着金矿地质找矿工作的深入,更多的大型、特大型金矿将被发现。

(2)深部找矿的探、采、选冶技术亟需突破。我国多数黄金矿山建设于“七五”至“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。随之而来的是,这些深部金矿资源该如何采、选、冶,只有这些技术取得突破,金矿深部找矿的成果才能真正为我们所用。

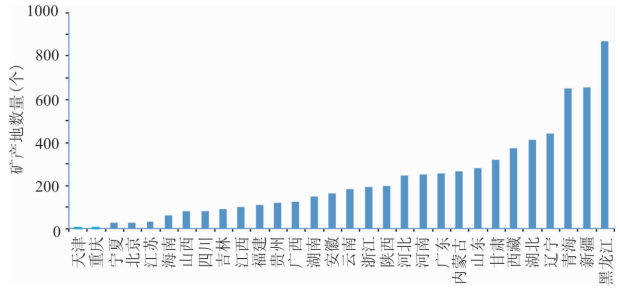


图3 我国主要省区市金矿矿产地数量柱状图
Fig. 3 Histogram of the numbers of gold
mining area in main provinces, China

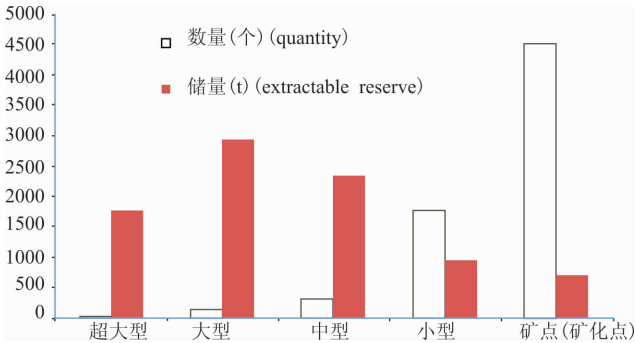


图4 中国不同规模金矿查明资源储量柱状图
Fig. 4 Histogram of the proved reserve of
different scales of gold mining area in China

(3)利用率需提高。我国金矿资源占用率很高,但利用效率低,目前绝大多数探明金矿都已被占用,很多中小型矿山为地方或乡旗企业所有,出现掠夺式开采现象,采富弃贫、乱采乱挖、资源浪费严重。

(4)要加强我国多矿种综合探采的开发新思路,例如冈底斯地区斑岩铜矿所共伴生的金矿要引起重视。

2 金矿类型

2.1 前人工作评述

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,金矿床产出形态具有多样化的特点,因此金矿类型的划分方案也多种多样。总的来说,以往金矿类型分类方案主要基于以下考虑:①以成矿温度和深度作为划分依据,划分为深成高温、中温中深、浅成低温等;②以矿体形态、矿化类型作为划分依据,如石英脉型、破碎带蚀变岩型、细脉浸染型等;③以含金建造为划分依据,如 Tatsch (1975)、Boyle(1984)、罗镇宽等(1993)的划分方案;④以成矿物质来源作为划分依据,如郑明华等

(1983)的划分方案;⑤以构造环境作为划分依据,如葛良胜等(2009)。这些分类从不同侧面反映了金的成矿规律,对丰富成矿理论,指导找矿起到了一定的作用。但鉴于金矿成矿的复杂性,特别是金矿成矿作用具有长期性、多期性、多源性与叠加成矿的特点,也鉴于人们对事物的认识、科学发展水平、拥有的基础资料等诸方面的局限性,目前尚没有一个能概括各学派观点,被各方普遍接受的统一方案。人类的认识是个无穷尽的过程,金矿的分类也必然在人类的社会实践中不断深化。

2.2 金矿矿产预测类型

本次全国金矿潜力评价工作,提出了“金矿矿产预测类型”的新概念。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。因此,金矿矿产预测类型可以理解为“为了成矿预测而划分的、具有区域性特点的金矿床类型”。对金矿而言,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。基于此,将中国的金矿预测类型划分为花岗-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)、与岩浆岩有关金矿床(岩浆热液型)、与表生作用有关

金矿(砂金矿和风化壳型金矿)(表 1)。其中以与岩浆岩有关金矿、沉积建造中的金矿、火山岩型金矿最重要,其次为花岗-绿岩型和砂金矿。

3 金矿成矿规律概要

3.1 中国金矿成矿期的划分

由于金独特的地球化学性质,使得金矿的成矿作用具有继承性和叠加性等特点,这也就决定了金矿定年的复杂性和特殊性。但精确的金矿定年对正确建立矿床模型和指导找矿勘探具有重要意义。如广东长坑金矿和富湾银矿是两种不同来源的成矿流体利用了同一构造体系所形成的两个独立矿床,而不是一个矿床由于矿化分带而形成的两部分,它们属于伴生矿床。燕山期的岩浆成矿作用和喜马拉雅期的岩浆-成矿作用分别形成两个独立的矿床,这一特征对于区域地质找矿具有重要意义(王登红等,1999)。同样的,系统而准确的划分金矿成矿期次对于总结全国金矿成矿规律也具有重要的意义。

近年来,由于蚀变矿物、流体包裹体、石英、锆石和矿石矿物同位素定年技术(⁴⁰Ar-³⁹Ar,Rb-Sr、K-Ar、U-Pb、Sm-Nd)的发展,以及裂变径迹、热释发光等技术在金矿床定年中的广泛使用,使金矿床年龄测定的精度大大提高。同时,由于中国金矿与其他矿种密切共生或伴生,其他矿种的众多测年结果可以为金矿的

表 1 中国金矿预测类型划分表
Table1 Major prediction types of gold deposit 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
花岗绿岩型	花岗-绿岩型		金厂峪式	小佟家堡子式、东风山式、夹皮沟式			
火山岩型	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、冶岭头式
与岩浆岩有关金矿	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、三碛式	抱伦式、河台式	德兴式、城门山式、铜官山式、马山式
沉积建造中的金矿	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	
	变质碎屑岩中热液型	滩洞山式、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
与表生作用有关金矿	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
	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

定年提供佐证或者约束,进一步提高了部分金矿测年数据的可信度。本次研究对在我国地学期刊公开发表的 20000 余篇有关金矿成矿时代文献进行了统计分析中的 1437 个数据,同时参考以往研究成果和本次潜力评价工作成果,将我国金矿床分为 5 个主要成矿期,即新太古代—古元古代、中—新元古代、古生代、中生代和新生代。同时对各个时期矿床数量与储量进行了初步的统计和分析(图 5)。根据统计结果,新太古代—古元古代和中—新元古代的矿床数量和储量约占总数的 2%左右,古生代的矿床数量和储量约占总数的 8%左右,中生代的矿床数量和储量约占总数的 80%左右,新生代的矿床数量和储量约占总数的 10%左右。这表明,中生代是我国金矿最重要的成矿时期或高峰期。近年来云南北衙等一些新生代金矿找矿的突破说明新生代也是我国金矿一个重要的成矿期(王登红等,2005)。

3.2 各成矿期主要特征

各成矿期的特点如下:

(1)新太古代—古元古代成矿期:从空间上来说该成矿期金矿主要分布于华北陆台北缘,多呈花岗绿岩型出现。金矿床皆以太古宙绿岩建造为原始矿源层,多产于变质基底中,主要为构造控制的含金石英脉和硅化带金矿,部分为受层位控制的层状硫化物浸染金矿床。该成矿期矿物成分较简单、稳定,矿石建造以金-石英-硫化物和碲化物为主。

(2)中—新元古代成矿期:总体来讲,该期金矿化强度较弱,分布不广,主要形成于太古宙变质基底上较稳定的原地台拗陷区。根据成矿地质背景和成矿条件的不同,该期金矿床可以划分为两类(表 2):第一类是花岗-绿岩型金矿,主要产于吉黑褶皱系佳木斯地块,其赋矿地层为古元古代东风山群,为一套变质的火山—沉积岩系。第二类是与岩浆作用有关

的金矿床,主要分布于扬子地台龙门-大巴台缘褶皱带黄陵隆起区。该类金矿床的赋矿地层为古—中元古代变质岩系,成矿作用与元古宙黄陵花岗岩有关。

表 2 中国不同类型金矿在不同时代中所占比例(%)统计表
Table 2 Statistics table (%) of different types of gold deposits in different periods in China

时代	花岗绿岩型	火山岩型	与岩浆岩有关金矿	沉积建造中的金矿	与表生作用有关的金矿
新生代		10	3		100
中生代		60	86	100	
古生代		30	10		
中—新元古代	5		1		
新太古代—古元古代	95				
合计	100	100	100	100	100

(3)古生代成矿期:该成矿期地质背景复杂,矿床类型多样,但以火山岩型金矿为主,与岩浆岩有关金矿次之。可分为加里东期和海西期二期,多以含金石英-硫化物建造和含碳细碎屑岩-碳酸盐岩建造产出,前者常与 Fe、Cu、Pb、Zn、Mo、W 等元素伴生,后者则多与 Hg、Sb、As 共生;部分矿床与深成花岗质中酸性侵入体或铁镁质基性—超基性侵入体密切相关,形成含金硫化物浸染型金矿(化)、多金属硫化物伴生金矿床,或与 Cu、Co、Ni、Cr 相伴生的岩浆热液金矿产。空间上主要分布在阿尔泰构造带、天山构造带、东准噶尔构造带、西准噶尔构造带、东天山—北山构造带、华北地台北缘、大兴安岭褶皱带、祁连构造带,代表性矿床有白银厂火山岩型块状硫化物铜多金属伴生金矿床。同时在华南的武夷-云开隆起带也存在加里东期与岩浆岩侵入有关的金矿,如广西昭平县的古袍、藤县的桃花等。该地区金矿点较多,金矿大多产于寒武纪老地层当中,具有继承性和叠加性的特点,也是值得注意的找矿区域之一。

(4)中生代成矿期:该成矿期是我国金矿床极为重要的成矿期或高峰期。该成矿期金矿分布十分广泛,从类型来说,主要以与岩浆岩有关金矿、火山岩型金矿、沉积建造中的金矿为主。从空间来说,主要分布在我国中西部和东部。在东部主要分布于滨西太平洋成矿域范围内,包括东南沿海大陆边缘、武夷-云开隆起、鲁西构造带、胶东地块边缘隆起带、长江中下游陆内构造裂陷带、华北地台北缘、吉黑褶皱系、江南古陆东南缘等,成矿大多与印支—燕山期火山、岩浆侵入有关;在中西部,中生代金矿主要分布在中条山-小秦岭地块、湘西-湘中陆内断陷边缘、陕

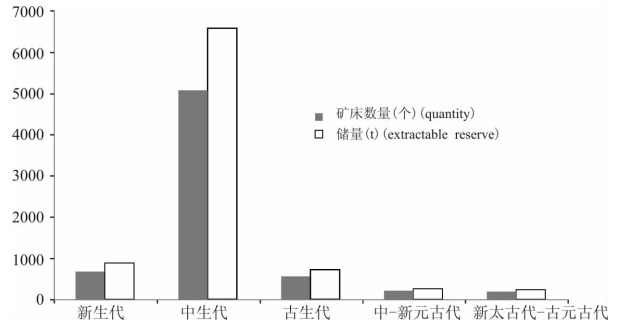


图 5 我国不同成矿期金矿床数量与储量柱状图
Fig. 5 Histogram of numbers and reserves of gold deposits in different periods in China

甘川(秦岭西段)、滇黔桂、川西、秦岭褶皱系、东昆仑褶皱系等。该地区金矿除了与岩浆岩有关外,产于沉积建造中的金矿也较为重要,如陕甘川和滇黔桂两个金三角中的微细浸染型金矿,近年来取得较大突破,如甘肃阳山金矿、贵州烂泥沟、水银洞金矿等;湘西产于变质碎屑岩中的热液型金矿也是一种重要的类型,如湖南沃溪、黔东南寨、猴子山等金矿。

(5)新生代成矿期:近年来新近发现的一些金矿形成于新生代,如云南北衙金矿(超过 200 t)。大量的测年资料表明,新生代也是我国金矿(岩金)最为重要的成矿期之一(Wang et al., 2005;王登红等, 2007;应汉龙等,2005)。在空间上,新生代金矿主要分布于滨西太平洋成矿域和特提斯成矿域。滨西太平洋成矿域在第三纪,由于太平洋板块向亚洲板块的持续俯冲,沿西太平洋形成了世界上最大的岛弧火山活动带,同时形成了一系列与中酸性火山岩有关的金矿,如台湾金瓜石矿床。对于特提斯成矿域,新生代金矿主要集中在我国西南边缘的三江褶皱系和喜马拉雅褶皱系雅鲁藏布江优地槽褶皱带内。如哀牢山构造碰撞带,金矿成矿与喜马拉雅期超基性—中酸性岩浆作用有关,如云南墨江金厂、镇沅老王寨、元阳大坪、祥云马厂菁等;澜沧江地块,金矿成矿与喜马拉雅—燕山晚期中酸性火山—侵入作用有关,有独立的金矿如北衙金矿等,但多数以伴生金矿产出,如玉龙、马拉松多等;西藏雅江碰撞带,成矿与喜马拉雅期花岗岩类有关,主要以伴生金形式产出,如甲玛铜多金属矿、雄村铜金矿等,由于其伴生的金矿规模一般较大,在未来的找矿中应该予以重视。有资料表明,喜马拉雅期的金矿成矿作用向东一直可以延伸到滇中、川西、甘南等地(韩春明等,2004)。新生代也是与表生作用有关金矿的主要成矿期,如砂金矿等,主要形成于第四纪和第三纪,各类砂金矿床主要发育在前泥盆系古老的含金变质岩系分布区,如陕甘川地区、川西地区、黑龙江流域。同时,新生代形成的众多风化壳型金矿对我国也有重要意义,如黔西南等地微细浸染型金矿经风化形成的土型金矿具有一定规模。

3.3 金矿的空间分布——成金带划分

我国金矿在区域上广泛分布,但又具有空间分布不均匀的特点,通常某一种类型金矿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。根据金矿这一自然集中的特点,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,全国可划分出 32 个金矿矿集区(王成辉等,2012)。可以看出,金矿矿集区是按照矿产资源集中分布的自然状况圈定出来的区域,本次工作在此基础上,从成矿预测的角度出发,提出了“成金带”的概念。二者的区别在于,成金区带是根据主导金矿成矿作用及其所依托的地质背景的基本特征圈定出来的区域。金矿矿集区重资源,成金带重地质基础;前者是“果”,后者是“因”;前者强调对已知矿产地资料的搜集、整理和分析,后者强调对成矿作用和成矿条件的分析。

在全国成矿区带划分的基础上(徐志刚等, 2010),以单矿种矿产资源的空间分布特征(不考虑时代因素)为基础,以单矿种的成矿规律和成矿条件为依据,充分利用成矿模式和预测模型(包括典型矿床和区域成矿模式)的研究成果,将单矿种聚集程度比较高、又具有特定成矿背景的区域划分为单矿种的成矿区带。简言之,成矿要素背景下的单矿种聚集区、带称之为单矿种的成矿区带。此时的成矿要素主要指区域背景下导致该矿种富集成矿的构造、岩浆、沉积、变质、变形等主要地质条件,这种成矿地质条件可以是一个方面的,也可以是几个方面共同作用的;可以是同一时代的,也可以是多旋回的;可以是独立成矿的也可以是多矿种的。综上所述,本次金矿单矿种成矿带划分的原则为:在Ⅲ级成矿区带划分的基础上,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,将我国金矿划分为 53 个成金带,其中 14 个为重要级别,19 个为次要级别,20 个为一般级别(表 3)。

4 金矿成矿系列与成矿体系

矿床的成矿系列是指在一定的地质历史时期或构造运动阶段,在一定的地质构造单元及构造部位,与一定的地质成矿作用有关的一组具有内在成因联系的矿床的自然组合(陈毓川等,2006,2007)。陈毓川等(1998,2001)根据地球演化的不同时期不同构造环境中形成的金与其他矿产的共生组合,基于我国 666 个金矿床的实际资料,建立了中国金矿床的 39 个矿床成矿系列,并归纳成 9 个成矿系列类型:①地块边缘裂陷带的海相火山—喷气沉积热液改造块状硫化物铜、铅、锌、银、金成矿系列类型;②大陆边缘活动带与中酸性火山—侵入岩有关的 Cu、Pb、Zn、Ag、Au(U)成矿系列类型;③地块内断陷与基性—中酸性火山—侵入活动有关的 Fe、Cu、Pb、Zn、

表 3 中国成金带划分表

Table 3 Gold-forming belts in China

成金带编号	成金带名称	代表性矿床	III 级区带编号	成金带级别
Au1	阿尔泰	阿克提什坎、多拉纳萨伊、赛都	III-01、III-02	次要
Au2	北准噶尔	萨尔布拉克	III-03	一般
Au3	西准噶尔	齐依求 1 号、布尔克斯岱、包古图	III-04-①	重要
Au4	东准噶尔	双泉、黄羊山西、双峰山	III-04-②	次要
Au5	准噶尔南缘	索尔巴斯套	III-06	一般
Au6	东天山	红石、康古尔塔权	III-08	次要
Au7	西天山	阿克赛、萨日达拉、阿希、卡特巴阿苏(76 t)	III-09、III-10、III-11	重要
Au8	塔里木北缘	梧南	III-12-②、III-12-③、III-12-④、III-13-②	一般
Au9	北山	金厂沟、小西弓、南金山、拾金坡、大青山、八一泉	III-14	重要
Au10	阿尔金	大平沟、盘龙沟	III-19	次要
Au11	祁连	白银厂、小铁山、泥石沟	III-21、III-22、III-23	次要
Au12	柴达木北缘	滩间山	III-24	一般
Au13	东昆仑	五龙沟	III-26	一般
Au14	西昆仑	卡拉玛	III-27	次要
Au15	西秦岭	八卦庙(100 t)、双王、拉尔玛、马脑壳	III-28	重要
Au16	巴颜喀拉	大场(195 t)	III-30、III-31	次要
Au17	义墩-香格里拉	马达柯、嘎拉、金厂沟农都柯、普朗、色坝沟	III-32	一般
Au18	三江	老王寨、金厂、大坪、伊力克、	III-33、III-35、III-36、III-38、III-39	次要
Au19	羌南	色当	III-37	一般
Au20	班怒	崩纳藏矿	III-40、III-41、III-42	一般
Au21	冈底斯	雄村(240 t)、洞嘎、弄如日、克鲁	III-43	重要
Au22	喜马拉雅	马攸木、然巴	III-44、III-45	一般
Au23	上黑龙江	砂宝斯、二根河、富拉罕	III-46	次要
Au24	新巴尔虎右旗-根河	巴彦洁雷、大巴、阿利亚、乌玛、吉拉林	III-47-②	一般
Au25	东乌珠穆沁旗-嫩江	廿四号桥、罕达气、宝力格	III-48	次要
Au26	白乃庙-锡林浩特	白乃庙	III-49	一般
Au27	小兴安岭-张广才岭	团结沟	III-52	一般
Au28	佳木斯-兴凯	东风山、老柞山	III-53	一般
Au29	完达山	四平山	III-54	一般
Au30	吉中-延边	二道甸子、头道沟	III-55	次要
Au31	辽东	猫岭、五龙、沙窝沟	III-56	次要
Au32	燕辽	东坪、小营盘、营房、红花沟、辛庄、太那水、 柏杖子、排山楼、大樱桃、铨尖、	III-57	重要
Au33	华北陆块北缘西段	东伙房、碱泉子、乌拉山、新地沟、驼盘	III-58	次要
Au34	五台-太行	柏枝岩	III-61-①、III-61-②	次要
Au35	中条山	铜矿峪	III-63-①	一般
Au36	小秦岭-熊耳山	北岭、祈雨沟、前河	III-63-②、III-63-③	重要
Au37	鲁西	化马湾、利国、归来庄(34.8 t)	III-64	次要
Au38	胶东	焦家(126.19)、玲珑、沙岭、新城、三山岛(91.2 t)	III-65	重要
Au39	东秦岭	许窑沟、石门、余家院、浦堂	III-66	次要
Au40	桐柏-大别-苏鲁	老湾	III-67	一般
Au41	长江中下游	金井咀、洋鸡山、富水、黄狮荡山金驹山	III-69	重要
Au42	江南隆起东段	小七宝山、雁林寺	III-70	一般
Au43	武功山-杭州湾	金山、银山、铁坑、	III-71	次要
Au44	陕甘川	阳山(418 t)	III-73	重要
Au45	哀牢山	老王寨、墨江、北衙(151.28 t)	III-34、III-75	重要
Au46	康滇地轴	田湾	III-76-①	一般
Au47	江南古陆西段	铲子坪、江溪龙、沃溪、半边天	III-78、III-86-①	重要
Au48	台东	金瓜石(600 t)、合欢溪	III-79	一般
Au49	东南沿海	紫金山(138 t)、萝卜岭	III-80、III-82	次要
Au50	武夷	双旗山	III-81	一般
Au51	南岭	留龙、柳木坑	III-83、III-86-②	次要
Au52	粤桂琼	龙头山、河台	III-84、III-85、III-87、III-90	重要
Au53	滇黔桂	水银洞(70 t)、烂泥沟(150 t)、金牙	III-88	重要

注:代表性矿床中“()”内为该矿床的资源量,数据来源为各列矿山所公开发布的公告或地质报告。

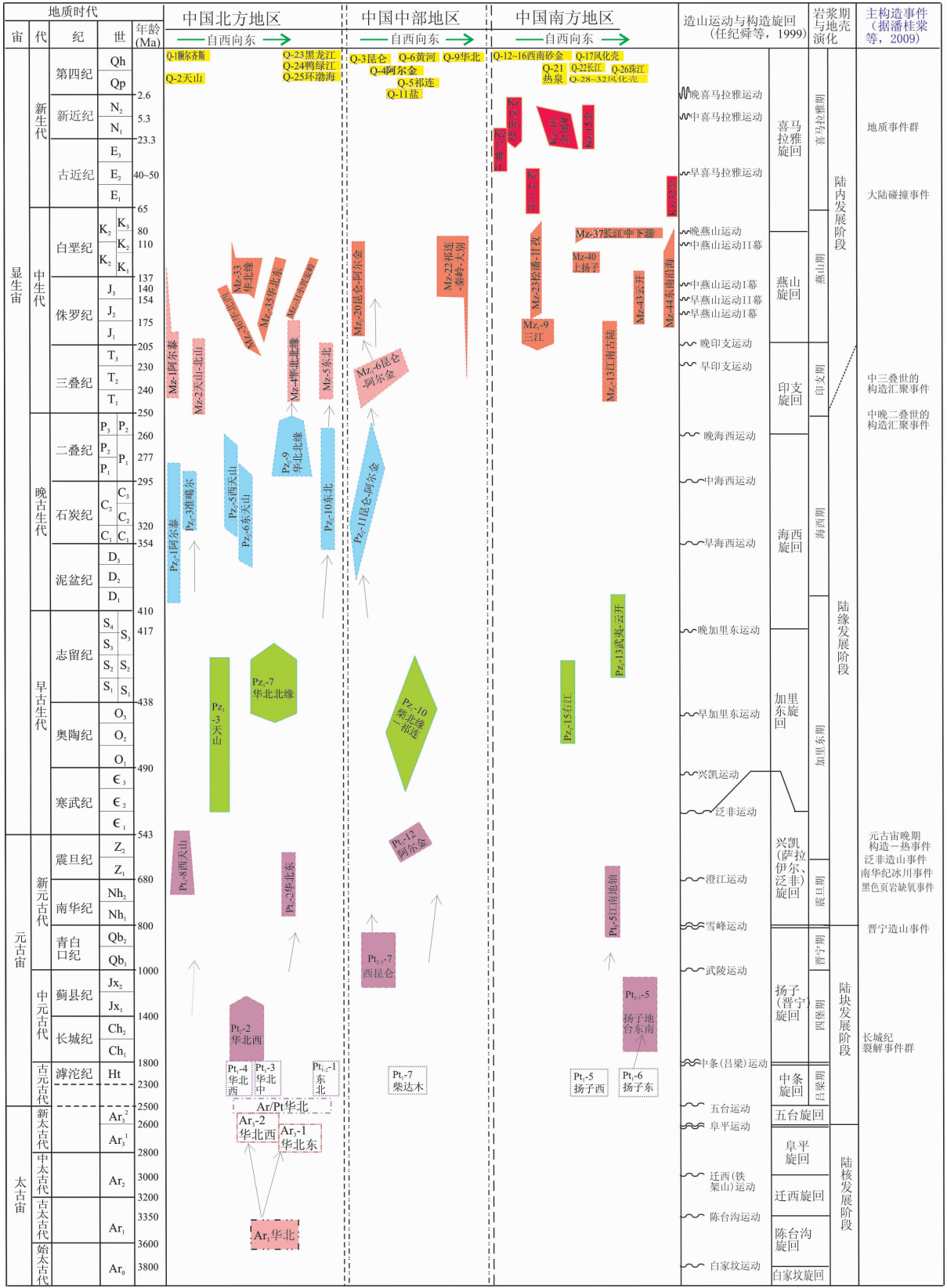


图 6 中国金矿成矿谱系图

Fig. 6 Metallogenic lineage of gold deposits in China

Ag、Au、非金属成矿系列类型；④地块碰撞带与动力变质花岗岩有关的 Ag、Au、Sn、Nb、Ta、成矿系列类型；⑤地块边缘断块隆起带与壳源花岗岩有关的 Au、Mo、Pb、Zn 成矿系列类型；⑥陆内断陷边缘与花岗岩

有关的 W、Sb、Au 成矿系列类型;⑦海相火山-沉积绿岩建造 Fe、Au(Cu)成矿系列类型;⑧火山岛弧与中酸性火山岩有关的 Au、Ag、Cu、Pb、Zn 成矿系列类型;⑨陆内拗陷带的褶皱盖层中微细浸染型 Au、Sb、As、Hg 成矿系列类型。这一成矿系列的厘定方案对近年来金矿地质找矿工作起到了积极作用。在上述成矿系列划分和《中国成矿体系与区域成矿评价》(陈毓川等,2007)的基础上,综合近年来的找矿成果,本次工作对与金成矿有关的矿床成矿系列进行了重新厘定,

共厘定出 71 个与金成矿有关的成矿系列(表 4),并依此建立了中国金矿成矿谱系图,从时空角度反映了区域金成矿演化规律(图 6)。

5 结论

- (1)我国金矿资源较为丰富,近年来找矿取得较大突破,需要继续加强成矿规律研究,查明成矿条件,以指导找矿勘查工作的部署。
- (2)从预测的角度,可将我国金矿划分为花岗-

表 4 中国以金矿为主的矿床成矿系列简表
Table 4 Ore-forming series of gold deposits in China

序号	时代	编号	成矿系列(组)名称
1	前寒武纪	Ar1	华北地台太古代(3.2~2.8 Ga)陆核发育阶段形成的 Fe、石墨、Au 矿床成矿系列(组)
2		Ar ₃ -1	华北地台中东部(辽吉、冀东、鲁西花岗绿岩带中)与新太古代早期(2.8~2.7 Ga)构造旋回有关的 Fe、Cu、Zn、Au 多金属矿床成矿系列(组)
3		Ar ₃ -2	华北地台中西部(鲁西、五台、色尔腾山、中条地区花岗-绿岩带中)与新太古代晚期(2.7~2.5 Ga)构造旋回有关 Fe、Cu、Au、非金属矿床成矿系列(组)
4		Ar/Pt	华北地台及其周边地区与太古宙末期-元古宙初期(2500 Ma 前后)挤压(造山,五台运动)环境强烈变质作用(混合岩化)有关的 Fe、Au、石墨等矿床成矿系列(组)
5		Pt ₃ -12	阿尔金新元古代与岩浆作用有关的 Fe、Au、Cr、石棉矿床成矿系列(组)
6		Pt ₃ -8	西天山新元古代构造旋回 Cu、Au、白云母、磷矿床成矿系列组
7		Pt ₃ -5	江南地轴与雪峰期岩浆作用有关的 W、Sn、Cu、Nb、Ta、Au、Ag 矿床成矿系列
8		Pt ₃ -2	华北地台东部与新元古代构造-岩浆作用有关的 Fe、Cu、Au 矿床成矿系列
9		Pt ₂ -3-7	西昆仑中、新元古代裂陷拉张盆地与火山-沉积作用有关的 Fe、Cu、Zn、Au 矿床成矿系列
10		Pt ₂ -3-5	扬子地台东南部与中、新元古代火山-沉积变质改造作用有关 Cu、Au 矿床成矿系列组
11		Pt ₂ -2	华北地台西部与中元古代裂陷拉张环境火山-沉积变质改造作用有关 Fe、Cu、Pb、Zn、REE、稀有、Au、硫铁矿矿床成矿系列组
12		Pt ₁ -4	华北地台西部(山西裂谷?)与元古代构造旋回有关的 Cu、Co、Au、非金属矿床成矿系列组
13		Pt ₁ -3	华北地台中部与元古代裂谷火山-沉积变质改造作用有关的 Fe、Cu、Au 矿床成矿系列
14		Pt ₁ -2-1	小兴安岭-张广才岭(佳木斯地块)元古代变质岩容矿的 Fe、Au、Co、石墨、矽线石成矿系列
15	古生代	Pz ₁ -3	天山-北山与加里东旋回岩浆、沉积作用有关的磷、V、U、Cu、Mn、重晶石、硫铁矿、Au、Mo、Pb、Zn、Fe、萤石、稀有、W、Sn 矿床成矿系列组
16		Pz ₁ -7	华北地台北缘与加里东旋回岩浆、沉积、变质作用有关的 Fe、Cr、Cu、Pb、Zn、Au、硫铁矿、碳酸盐岩、板岩矿床成矿系列组(岩浆成矿系列)
17		Pz ₁ -10	柴北缘-祁连与加里东旋回岩浆、沉积、变质作用有关 Cr、Fe、Cu、Ni、Pb、Zn、W(Mo)、Au、REE 矿床成矿系列组
18		Pz ₁ -13	武夷-云开及周边地区与加里东运动有关的 W、Sn、Nb、Ta、Cu、Au、Be 白云母矿床成矿系列
19		Pz ₁ -15	右江与加里东期花岗岩类有关的 Sn、Cu、Au 矿床成矿系列
20		Pz ₂ -1	阿尔泰与海西期旋回构造-岩浆作用有关的 Cu、Ni、Pb、Zn、Au、Ag、Co、PGE、Be、Li、Nb、Ta 宝石矿床成矿系列
21		Pz ₂ -3	准噶尔与海西旋回构造-岩浆作用有关的 Cr、Fe、Ni、Cu、Pb、Zn、Au、硫铁矿、石墨、石棉、水晶、宝石矿床成矿系列
22		Pz ₂ -5	西天山与海西旋回构造-岩浆作用有关的 Fe、Cu、Pb、Zn、Mo、W、Sn、Au、Ag、Ni、Co、V、Ti、蛇纹石、滑石矿床成矿系列组
23		Pz ₂ -6	东天山与海西旋回构造-岩浆作用有关的 Fe、Cu、Pb、Zn、Mo、W、Sn、Au、Ag、Ni、Co、V、Ti、蛇纹石、滑石矿床成矿系列组
24		Pz ₂ -9	华北地台北缘与海西旋回构造-岩浆作用有关的 Au、Cu、Fe、Cr、Ni、V、Ti、Fe、PGE、P、萤石、膨润土矿床成矿系列组
25		Pz ₂ -10	兴安岭-张广才岭-太平岭与海西旋回岩浆-沉积作用有关的 Cu、Cr、Fe、Ti、Mo、Au、Ag、Be、水晶、石墨、碳酸盐岩、陶粒页岩、煤矿床成矿系列组
26		Pz ₂ -11	昆仑-阿尔金与晚古生代构造-岩浆-沉积作用有关的 Fe、Cu、Pb、Zn、Au、Co、Ni、V、Ti、S、石棉、石膏、玉石矿床成矿系列组

续表 4

27	中生代	Mz-1	阿尔泰与印支—燕山期造山期后与碱长-偏碱性岩浆作用有关的稀有金属、白云母、宝石、贵金属、有色金属矿床成矿系列
28		Mz-2	天山-北山与印支—燕山期花岗质岩浆作用有关的 Au、Cu、Mo、Pb、Zn 矿床成矿系列组
29		Mz-4	华北地台北缘与印支—燕山期中酸性岩浆岩侵入-喷发活动有关的 Au、Ag、Pb、Zn、Mo 矿床成矿系列
30		Mz-5	中国东北部(吉黑)与印支期陆相火山喷发-岩浆侵入活动有关 Cu、Ni、Co、Pb、Zn、Ag、Au 矿床成矿系列
31		Mz-6	昆仑-阿尔金与印支旋回构造-岩浆-沉积作用有关的 Au、Fe、Cu、REE、石膏矿床成矿系列组
32		Mz-9	三江地区与印支(—燕山)期火山-沉积-岩浆侵入作用有关的 Cu、Fe、Pb、Zn、Ag、Au、石膏矿床成矿系列组
33		Mz-13	江南古陆与印支期岩浆活动有关的 Nb、Ta、W、Sn、Au、Ag、Mo、Pb、Zn、红柱石、刚玉、萤石矿床成矿系列
34		Mz-20	昆仑-阿尔金与燕山期岩浆作用有关的稀有金属、Fe、Cu、Au 矿床成矿系列
35		Mz-22	秦岭-大别与燕山期构造、岩浆、沉积作用有关的 Au、Hg、As、Sb、Ag、Pb、Zn 矿床成矿系列组
36		Mz-23	松潘-甘孜褶皱带与中生代岩浆、热液作用有关的稀有金属、Au 矿床成矿系列
37		Mz ₂ -27	藏南与燕山期蛇绿岩和花岗岩类有关的 Cr、PGE、Au、蛇纹岩矿床成矿系列
38		Mz ₂ -31	小兴安岭-张广才岭与燕山期陆相火山喷发-岩浆侵入活动有关 Cu、Mo、Pb、Zn、W、Ag、Au 矿床成矿系列
39		Mz ₂ -33	华北地台北缘与燕山期中酸性岩浆侵入-喷发活动有关的 Au、Ag、Pb、Zn、Mo 矿床成矿系列
40		Mz ₂ -35	华北地台东部与燕山期壳幔源基性—中酸性—碱性浅成超浅成侵入岩有关的 Au、Fe、Cu、Mo、Pb、Zn 矿床成矿系列组
41		Mz ₂ -36	华北地台西部与燕山期壳幔源基性—中酸性—碱性浅成超浅成侵入岩有关的 Au、Fe、Cu、Mo、Pb、Zn 矿床成矿系列组
42		Mz ₂ -37	长江中下游与燕山期壳幔源侵入-喷发岩有关的 Fe、Cu、Mo、Pb、Zn、Au、Ag 多金属矿床成矿系列组
43		Mz ₂ -40	上扬子台褶皱带沉积岩容矿的 Pb、Zn、Hg、Au、Ag、Sb、As、萤石、重晶石矿床成矿系列
44		Mz ₂ -43	云开-海南古隆起区与燕山期岩浆-构造作用有关的 Nb、Ta、W、Fe、Cu、Au、Ag、Pb、Zn、Mo、Sb、水晶、萤石矿床成矿系列
45		Mz ₂ -44	东南沿海与燕山期火山-侵入活动有关的 Fe、Cu、Pb、Zn、Au、Ag、Hg、W、Sn、Mo、Nb、Ta、萤石、叶蜡石、明矾石、沸石、膨润土矿床成矿系列。
46	新生代	Q-1	额尔齐斯流域砂金成矿系列
47		Q-2	天山内流河砂金成矿系列
48		Q-3	昆仑山北麓内流河砂金、宝玉石成矿系列
49		Q-4	阿尔金内流河砂金成矿系列
50		Q-5	祁连山黑河—党河内流河砂金、铂族元素成矿系列
51		Q-6	黄河流域砂金成矿系列
52		Q-12	藏北内流河砂金成矿系列
53		Q-13	可可西里内流河砂金成矿系列
54		Q-14	怒江流域砂金成矿系列
55		Q-15	红河哀牢山砂金成矿系列
56		Q-16	雅鲁藏布江流域砂金成矿系列
57		Q-17	西南部风化壳稀有、分散元素、镍、金、铂族元素、钛铁矿、砂锡成矿系列组
58		Q-21	川西-滇西与上新世—全新世热泉有关的金、硫成矿系列
59		Q-22	长江流域砂金成矿系列
60		Q-23	黑龙江—松花江流域砂金成矿系列
61		Q-24	鸭绿江—图们江流域砂金矿床成矿系列
62		Q-25	环渤海流域砂金成矿系列
63		Q-26	珠江砂金成矿系列
64		Q-28	长江中下游风化壳金多金属成矿系列
65		Q-32	东南沿海玄武岩区风化壳铝土矿、金、宝石、钴土成矿系列
66	Kz-14	Kz-14	兰坪-思茅盆地与古新世—中新世地质流体作用有关的铅锌、银、铜、锑、天青石、石膏、金、锑、砷成矿系列
67		Kz-15	青藏高原东部与构造-流体有关的金(多金属)成矿系列
68		Kz-16	西南三江与陆内造山过程-岩浆作用有关的 Cu、Au、Pb、Zn、W、Sn、Mo、Sn、REE、稀有金属矿床成矿系列组
69		Kz-17	冈底斯-雅鲁藏布江碰撞带与构造-岩浆作用有关的 Cu、Au、Ag、Pb、Zn、Sb 矿床成矿系列
70		Kz-18	班公湖-怒江碰撞带与构造-岩浆作用有关的 Cu、Au、Sb 矿床成矿系列
71		Kz-32	西南太平洋与岩浆作用有关的 Au、Cu、硫矿床成矿系列

绿岩型、火山岩型、与岩浆岩有关金矿、沉积建造中的金矿、与表生作用有关金矿等五大类型,其中以与岩浆岩有关金矿、火山岩型金矿、沉积建造中的金矿最为重要。

(3)根据统计结果,可将我国金矿划分为晚太古代—早元古代、中—新元古代、古生代、中生代和新生代 5 个成矿期,以中生代、新生代最为重要,也是我国金矿找矿的重点方向。

(4)空间分布规律方面,可将我国金矿划分为53个成金带,其中14个为重要级别,19个为次要级别,20个为一般级别。

(5)在前人工作的基础上,划分出71个与金矿成矿作用有关的成矿系列,并构建了中国金矿的成矿谱系。

致谢:感谢所有对“全国重要矿产和区域成矿规律研究项目”给予了大力支持的各省级地勘单位、科研院所的领导和技术人员。在陈毓川院士八十华诞来临之际,谨以此文向陈院士表达崇高的敬意!

注 释

- ❶ 引自国土资源部网站. 网址: http://www.mlr.gov.cn/xwdt/zsdwdt/201409/t20140915_1329797.htm.
- ❷ 国土资源部. 2006~2012. 全国矿产资源储量通报.

参 考 文 献

陈毓川,王登红,林文蔚. 1998. 中国岩金矿床成矿系列. 矿床地质, 17(增刊): 87~92.

陈毓川,李兆鼎,毋瑞身,沈保丰,邹光华,李华芹,王全明,林文蔚,李文亢,刘娟群,欧阳宗圻,孟繁义,王登红,张招崇,毛德宝,陈富文,李景春,李俊健. 2001. 中国金矿床及其成矿规律. 北京: 地质出版社, 1~465.

陈毓川,裴荣富,王登红. 2006. 三论矿床的成矿系列问题. 地质学报, 80(10): 1501~1508.

陈毓川,常印佛,裴荣富,任纪舜,汤中立,朱裕生. 2007. 中国成矿体系与区域成矿评价. 北京: 地质出版社, 1~1005.

葛良胜,邓军,杨立强,张艳春,刘荫春,路彦明,肖力. 2009. 中国金矿床: 基于成矿时空的分类探讨. 地质找矿论丛, 24(2): 91~100.

韩春明,袁万明,于福生,汤云晖,保增宽. 2004. 甘肃省玛曲大水金矿床地球化学特征. 地球学报, 25(2): 127~132.

潘桂堂,肖庆辉,陆松年,邓晋福,冯益民,张巨信,张智勇,王方国,

邢光福,郝国杰,冯艳芳. 2009. 中国大地构造单元之划分. 中国地质, 36(1): 1~28.

任纪舜,王作勋,陈炳蔚,姜春发,中宝贵,李锦轶,谢广连,何政军,刘志刚. 1999. 中国及邻区大地构造图及其说明书. 北京: 地质出版社, 1~50.

罗镇宽,关康. 1993. 中国金矿床概论. 天津: 天津科学技术出版社, 1~308.

王登红,陈毓川,徐珏,伍广宇,魏琳,李晓焰. 1999. 试论伴生矿床——以长坑金矿与富湾银矿为例. 地球学报, 20(增刊): 346~350.

王登红,陈毓川,徐珏,杨建明,薛春纪,闫升好. 2005. 中国新生代成矿作用. 北京: 地质出版社, 1~853.

王登红,应立娟,王成辉,陈郑辉,许建祥,曾载淋,陈毓川,徐珏,白鸽. 2007. 中国贵金属矿床的基本成矿规律与找矿方向. 地质学前缘, 14(5): 71~81.

王成辉,王登红,黄凡,徐珏,陈郑辉,应立娟,刘善宝. 2012. 中国金矿集区及其资源潜力探讨. 中国地质, 39(5): 1125~1142.

徐志刚,陈毓川,王登红,陈郑辉,李厚民. 2010. 中国成矿区带划分方案. 北京: 地质出版社, 1~138.

应汉龙,王登红,刘和林. 2005. 云南墨江金厂镍-金矿床镍矿化地质特征及形成时间. 矿床地质, 24(1): 44~51.

郑明华. 1983. 中国金矿床类型的初步划分. 成都地质学院学报, 1: 27~41.

Boyle R W. 1984. 金的地球化学及金矿床. 马万均,王立文,罗永国,秦国兴译. 北京: 地质出版社, 1~784.

Tatsch J H. 1975. Gold deposits: origin, evolution, and present characteristics: an analysis of the present gold deposits in terms of the geometrical, mechanical, thermal, and chemical aspects of the Earth's behavior during the past 4. 6 billion years. Sudbury, Mass: Tatsch Associates.

Wang D H, Mao J W, Yan S H, Chen Y C, Xu J. 2005. Episodes of Cenozoic gold mineralization on the eastern margin of the Qinghai-Tibetan plateau: ⁴⁰Ar/³⁹Ar dating and implication for geodynamic events. Acta Geologica Sinica, 79(2): 233~253.

Resources Characteristics and Outline of Regional
Metallogeny of Gold Deposits in China

WANG Chenghui, XU Jue, HUANG Fan, CHEN Zhenghui, YING Lijuan, LIU Shanbao
*MRL Key Laboratory of Metallogeny and Mineral Resource Assessment ,
Institute of Mineral Resources , CAGS, Beijing, 100037*

Abstract

Gold is one of the most important strategic mineral resources in China with its rich mineral resources. In recent years, significant progress was made on the process of gold resources exploration. New discoveries of large and super large gold deposits were made and there have also been important expansions in the main mining regions. Gold deposits in China are classified into the granite-greenstone formation related gold deposit, the sedimentary formation related gold deposit (including the Carlin type and the metamorphosed clastic rock related vein gold deposit), the volcanic rock gold deposits (including the continental and marine types), the intrusion related gold deposit (including the porphyry type and the inner intrusion and contact zone related gold deposit), the hypergenesis related gold deposits (including fracture zone-altered rock gold deposit, placer gold deposit, gossan type gold deposit and soil type gold deposit). Statistics precise chronology data of gold deposits indicate that there occurred 5 periods of gold-mineralization in geological history of China. They are Late Archaean to Early Proterozoic, Mesoproterozoic, Paleozoic, Mesozoic, and Cenozoic. Gold deposits in China were mainly formed in the Mesozoic and the Cenozoic. On the studies of the spatial-temporal distribution characteristics of gold deposits, 53 III-level gold-forming belt were divided in China. The metallogenic regularity of gold deposits was preliminarily summarized, and 71 gold ore-forming series were divided for China. Generally, great potentials exist in gold exploration in China.

Key words: gold deposits; resources characteristics; gold deposits types; mineralization epoch; gold-forming belt; ore-forming series