华北地台及其周边金地球化学与金矿集区的空间关系*

Spatial Relation of Gold Geochemical Blocks and Gold Deposits in Northwestern China and Its Neighborhood

向运川[1, 2] 刘大文[3] 彭润民[1]

（1 中国地质大学, 北京 100083；2 中国地质调查局发展研究中心, 北京 100083；3 中国地质科学院地球物理地球化学勘查研究所, 河北 廊坊 065000）

Xiang Yunchuan[1,2], Liu Dawen[3], Pen Runming[1]

(1 Faculty of Earth Sciences and Mineral Resources, China University of Geosciences, Beijing 100083, China；2 Center for Development and Research, China Geological Survey, Beijing 100083, China; 3 Institute of Geophysical and Geochemical Exploration, Langfang, 065000, Hebei, China)

摘 要 我国金矿资源丰富，成矿条件多样，分布广泛。但已探明的金矿储量和可供开采量远不能满足国民经济发展的需要。因此，找寻大型金矿床及矿集区的研究是近年来国家攀登计划和基础规划中的重要研究课题。本文以华北地台及周边若干金矿集区空间分布特征为对象，以地球化学块体和成矿系统理论为基础，研究金地球化学、地质演化、成矿轨迹特征及空间分布关系，为扩大金矿资源、预测新的金矿集区提供分析方法技术。

关键词 金地球化学 金矿集区 华北地台

大型、特大型矿床及矿集区形成的必要与充分条件是要有巨大的成矿物质供应量（谢学锦，1999），地球上一些巨大的成矿带很可能都是富含某种金属的巨量物质源，只有存在这种巨大的物质供应源才有可能在漫长的地质时期内，经过不同规模的种种地质过程，逐步富集成矿，其浓集成矿过程中势必留下巨大的轨迹。这一成矿过程，通过地表的地质现象展现出来。近年的研究表明，区域地球化学从宏观上展现了大型矿床及大型矿集区形成的印迹，即在矿床或矿集区周围形成其有规律性分布的地球化学模式，称为套合的地球化学模式谱系（谢学锦，1996），这些宽阔的地球化学模式反映了地球上存在着特别富含各种金属的地球化学块体，在这些地球化学块体中由于成矿元素供应量巨大，因而可能在其后漫长的多期的地质过程中，逐步在块体中地质条件有利的地域内富集而形成密布着矿床的矿集区，或超量聚集成一个或几个巨型矿床。地球化学块体的一个重要属性是其套合性，当地球化学块体内存在着大型至巨型矿床，那么，其内部地球化学模式表现出明显的套合与逐步浓集趋势。如果地球化学块体内部分散一些中小型矿床，其内部结构的套合与逐步浓集趋势不明显。

按照成矿系统理论的观点，研究在一定地质时空域中控制矿床形成，变化和保存的全部地质因素和作用动力过程，以及形成的矿床系列，矿化异常系列构成整体（翟裕生，1999），这一思路与地球化学块体逐步聚焦的思想具有很多共性。因此，结合成矿系统的思想，研究地球化学块体与矿床形成，在时间、空间上的相互关联具有重要的指导意义。其研究方法包括：① 地球化学块体的空间展布特征；② 地球化学块体分布与地质特征；③ 地球化学块体的成矿预测。

华北地台及周边的夹皮沟、桦甸—清原、冀东、冀北、小秦岭、陕甘川接壤、胶东等区域分布着我国重要的金矿床与金矿田和金矿类型，是我国主要的产金基地，在今后的一段时期内这些地区仍然是是我国金矿找矿的远景地区。本文应用地球化学块体的研究思路，结合成矿系统理论，以 1∶2.5 万图幅金地球化学数据为基础，分析华北地台及其周边金元素的区域

* 本文为国家 973 项目（G1999043215）课题资助成果

第一作者简介 向运川，男，1957 年生，教授级高级工程师，从事 GIS 技术在地学领域中综合应用研究及系统的研制与开发工作。

地球化学特征；并按一定的方式圈定这些元素的地球化学块体，初步探讨金地球化学块体与地质、构造、矿产等的分布关系，及其在地球化学块体内及边缘形成大型矿床、矿集区的可能性。

1 金地球化学区域性特征

区域地球化学特征的研究，受多种因素的影响，不仅受到物源的（地质的）、原生的、以及表生作用的影响，还受到研究方法技术的影响。在对区域地球化学的宏观研究中，表生作用的影响即景观地球化学条件是十分显著的。地表环境条件是气候、自然地理（地貌、疏松层特征等）、生物、人类活动和地质诸因素的综合，它影响着元素在地表的分布和迁移规律，在景观条件相似，分析元素的空间分布特征及更深入的研究才有意义。

华北地台及其周边研究区域面积约 400 万平方公里，包含水系沉积物地球化学数据 25000 个，覆盖全区三分之二的范围。统计计算 Au 的几何平均值、算术平均值和标准差分别为 1.44 ng/g、1.99 ng/g 、6.16 ng/g，其 Au 的丰度高出上地壳丰度（0.74 ng/g，鄢明才等，1997）的一倍，标准差大，分布不均匀，反映了 Au 元素在这一区域具有分散富集的特征，有利于富集成矿。

Au 元素的地球化学分布特征（图略）可归纳如下。

（1） Au 的总体分布趋势呈现南高北低，高背景高含量分布区集中在华北地台的南缘，以陕、甘、川和长江中下游一带，地台东西北缘分布有较强的局部高含量带，如胶东、冀北、长春东南，其它均呈小规模串珠状分布。

（2）Au 异常带的分布和走向与主要的区域性构造展布的方向密切相关：① 华北地台南缘，川甘陕交汇部位，分布着强度和规模最大的 Au 异常带，该区是华北板块与华南板块的接合部位，北祁连—北秦岭褶皱带和南缘隆起带的东段（程裕琪，1994）与龙门山—红河推覆带的北段结合，构成一弧形展布的锥形，Au 异常就是沿这个弧形带分布；② 长江中下游 Au 异常的分布受绍兴—鹰潭、崇安—河源、丽水—莲花山主断裂带控制；③ 胶东、吉林东部 Au 异常，受郯城—庐江和五莲—荣城断裂的控制；④ 冀北 Au 异常带及向西成串珠状局部异常，受华北陆块北缘断裂控制；⑤ 甘肃北祁连的 Au 弱异常带受北祁连山的南缘断裂和北缘断裂控制。

综合上述，区内 Au 异常的展布与我国主要断裂构造分布格局基本一致，反映了金的成矿与基底构造活动有关。

（3）在内蒙与河北交界部位存在一低背景带，向东延展到辽宁北部，向北延展到内蒙境内。主要分布在中生代白垩纪及侏罗纪地层。

（4）区内的 Au 异常主要分布在前寒武变质基底内，如冀北、胶东、小秦岭和长江中下游。

2 Au 地球化学块体与矿产

区内有 5 个规模较大的 Au 地球化学块体，按照 Au 2.5 ng/g 为下限，计算出块体内的特征参数如表 1。

（1）胶东金矿集区的地球化学块体特征。胶东是我国重要的金矿密集区，也是目前探明、保有、新增储量最大的成矿区（陆松年等，1997）。我国已探明的 10 处特大型金矿，胶东就占有 3 处。此外，胶东还有大型金矿床 10 余处，中小型金矿床几十处。整体上可分为招-掖、牟-乳、蓬莱—栖霞和文登—荣城 4 个成矿带，其中以招-掖金矿带规模最大。从成因上划分，绝大多数属于与花岗质岩浆侵入活动有关的热液矿床，少部分小型矿床属变质热液金矿床。

表 **1** 华北地台及周边 Au 地球化学块体

名 称	面积/km^2	平均值/(ng/g)	中位数/(ng/g)	几何平均值/(ng/g)	离差/(ng/g)	500 m 厚岩块中金总质量/万吨	浓集系数
胶东	15226	8.15	2.32	3.44	17.96	16.75	11.01
冀北	18514	8.57	1.88	2.59	44.31	21.42	11.58
川陕甘	58183	4.37	3.00	3.26	5.12	34.35	5.90
川西	63885	4.55	2.66	2.92	12.95	39.25	6.15
长江中下游	70955	4.70	2.69	2.95	11.54	41.81	5.90

注：浓集系数是以地球化学块体平均值除以华北地台上地壳 Au 丰度值。

胶东金矿富集区的所有大中型矿床都包含在胶东巨大的地球化学块体内，块体在北、东、西 3 个方向皆为大海所遮掩，向南为厚层冲沉积物掩盖。块体呈近 EW 向展布，西自三山岛—焦家—新城，东至乳山和青顶—邓格庄，面积约 15000 km^2，平均值 8.15 ng/g。在块体内部按 3.2　ng/g，4 ng/g，5 ng/g，6 ng/g，10 ng/g 不同的级次划分，其层次清晰，逐步聚焦到几个浓集中心。以 6 ng/g 界定，聚焦成 3 个带，分别为三山岛—焦家—新城，乳山—青顶—邓格庄，威海。再往下(10 ng/g)分乳山—青顶—邓格庄呈现出几个局部的浓集中心，威海已不能再形成高含量浓集中心，而三山岛—焦家—新城，仍保持着较大规模的浓集带，其面积 2170 km^2，Au 平均值 26.2 ng/g，中位数 12.3 ng/g，块体内估算 Au 总量 7.67 万吨。胶东主要的大中型矿都集中于这个带内，而东部和北部的浓集区范围内仅发现中小型的金矿床。按照谢学锦先生（1999）的观点，如果地球化学块体内存在着大型乃至巨型矿床，那么其内部地球化学模式就表现出明显的套合与逐步浓集趋势；如果地球化学块体内只分散着一些中小型矿床，那么其内部结构的套合与逐步浓集趋势就不明显。胶东地球化学块体的分布特征及已发现的矿集区的分布事实，再一次印证了这一观点的客观性。

据统计，胶东金矿集区已探明及已开采的金矿储量约 1400 t，由于这一地区勘探程度较高，假定在近地表的金矿床大部分已被发现，根据地球化学块体估计的估算 Au 总量，换算成该区的成矿率为 0.0084。

大规模的金矿富集，必然存在一个 Au 的物质供应源，按照地球化学块体内平均值与华北地台上地壳丰度计算富集系数为 11.01，这是一个极高的富集值。通过对胶东群地层元素地球化学研究表明，胶东群地层中 Au 含量为 1 ng/g～10.2 ng/g（招掖地区）和 3.23 ng/g（牟乳地区），远高于地壳和华北地台上地壳丰度。同时，该区的 Au 与硫化物关系密切，亲硫元素含量高，指示 Au 易活化部分比例大，更多的特点和证据推测胶东群是胶东金矿富集区的矿源层（李惠，1998）。胶东群地层同时还经受了混合岩化作用，不仅使其中与硫化物伴生金和同有机碳、腐植质有关吸附金等易活化富集，已发现的金矿床严格受构造控制，产于混合花岗岩中，少部分产于胶东群中。上述表明，胶东地区具有丰富的成矿物质来源，充足的热力和良好的构造条件，构成了一个良好成矿系统环境，这是胶东金矿成矿，特别是形成大型及超大型金矿的有利条件。

（2）冀北金矿集区及地球化学块体特征。矿集区位于华北地台北缘燕山台褶带。岩性主要是中、太古界变质岩，次为中、上元古界沉积岩。EW 向分布的深大断裂控制地层的分布。据重力、地震资料，在兴隆—青龙段沿马兰峪复式背斜轴部（即迁西群）存在一条近 EW 向隐伏深大断裂，沿此断裂带有一系列串珠状燕山期中酸性侵入岩分布，构成了该区主要的构造–岩浆岩–金矿成矿带。其断裂带对金矿的成矿作用具重要控制作用。区内最大的金矿集区群分布于金厂峪—峪耳崖，由 3 个大型金矿床和数十个中小型金矿床组成，矿产储量超过 100 t。

按 2.5 ng/g 圈定地球化学块体，呈 EW 走向，长约 280 km，宽 50 km。块体内有两个浓集中心，之一是位于金厂峪，面积 3344 km^2，平均值 33.64 ng/g，中位数 29.24 ng/g，几何平均值 30.56 ng/g，标准差 17.99 ng/g，估算 Au 总量 1.5 万吨；另一个浓集区位于金厂峪之东，面积 2550 km^2，平均值 26.9 ng/g，中位数 2.68 ng/g，几何平均值 4.24 ng/g，标准差 100.26 ng/g，估算 Au 总量 10 万吨；后者比前者，无论是从规模上，还是从 Au 的总质量上远优于前者，但在前者的分布范围和附近已探明近似 100 t 的金矿床，而在后者的区域仅发现数十个中小型金矿床，形成“只见星星，不见月亮”的局面。该浓集带的特征与胶东三山岛—焦家—新成 Au 浓集带相似，其地质特征也类似，因此，对该区域金矿资源的进一步研究值得重视。

冀北金矿集区的形成与陆核形成初始期的迁西运动有关。在构造运动中，使以基性为主的多旋回海相火山喷发和火山碎屑沉积岩类普遍遭受深成变质作用，南侧形成了一个 EW 向狭长分布的陆核带，后经多期的构造运动迭加成为一条 EW 向控矿韧性剪切带。后期强裂的岩浆与构造活动，为矿液的活动提供了热源及活动空间，使太古界迁西群金矿源层的金活化、迁移，在适宜的环境发生富集，进而形成矿床。Au 地球化学块体分布于陆核之北侧。

（3）川陕甘 Au 地球化学块体特征。川陕甘三省交界的金三角区是著名的金和银多金属成矿区，在摩天岭古陆的基础上长期的地质演化形成多种成矿背景，出现了金-镍-钴、金-黄铁矿及金-多金属等不同类型大中型金矿床。该区金地球化学块体面积 58183 km^2。西起四川北部，跨越甘肃东南部东至陕西南部，呈 NE 向展布，长约 400 m，宽约 120 km。区域地质上处在华北地台、扬子地台及松潘甘孜地块的交接部位，是秦祁昆褶皱带与龙门山—红河推覆带东段的结合部位。已知 Au 矿床主要产在中生代、新生代地层中。在块体分布区域已勘探的 Au 矿储量超过 500 t，如已知的陕西双王（100 t）、八卦庙（100 t）、庞家河（50 t），四川东北寨（50 t），马脑壳（20 t）等金矿床。

与胶东和冀北 Au 地球化学块体相比，其浓集趋势不那么显著，但以 6 ng/g 圈定，仍可划分出 4 个浓集中心。以陕西金山寺和甘肃四川交界处的秋家坝规模较大，前者面积 3673 km^2，平均值 8.73 ng/g，中位数 5.27 ng/g，几何平均值 6.14 ng/g，标准差 10.3 ng/g，估算 Au 总量 4.3 万吨；后者面积 1880 km^2，平均值 10.27 ng/g，中位数 6.36 ng/g，几何平均值 6.4 ng/g，

标准差 12.96 ng/g，估算 Au 总量 2.6 万吨。该区具备了进一步寻找金多金属矿床的有利前景。

（4）长江中下游 Au 地球化学块体。长江中下游是我国有色金属之乡，在众多的有色金属矿山及深部与外围已找到一批独立的金矿体或金矿床，该地区多是处于以前寒武变质岩系为基底的中、新生代构造-岩浆活化区，多期多阶段成矿作用明显。这一区域的地球化学块体位于皖浙赣苏四省交界处九江之下，面积约 7000km^2。大地构造位置处于华北地台东南的扬子板块的江南隆起带内，夹于嘉山—响水断裂和宜丰—杭州断裂，宜春—绍兴断裂之间。块体为不规则的团块，总体趋势走向 NE，块体内部已发现伴生金矿达数百吨。由于该区大片覆盖层的存在，导致异常弱化，块体内部聚焦性较差，成多个串珠的局部浓集中心，可分出 3 个较明显的带。其一是块体西边沿长江分布（NE），在长江中下游的成矿带范围内（翟裕生等，1999），凤凰山铜金矿床及马山金矿床产于此带内；其二是块体南，呈 NNE 走向分布；另一个带是块体之东，呈近南北走向；后面两个带内均未发现具有规模的金矿床。对比块体所处的地质构造背景和块体的分布特征，在该带内寻找大型–巨型斑岩型金铜矿或铜金矿是可能的。

（5）小秦岭及夹皮沟金地球化学块体。这两个区域的地球化学块体呈孤立分布，为单一的浓集中心，面积小，浓集强度高，小秦岭地区分布着两个块体，面积分别为 8000 km^2 和 4935 km^2，平均值 13.9 ng/g 和 5.6 ng/g；夹皮沟地区亦分布着两个块体，面积分别为 4623km^2 和 1621km^2，平均值 6.5ng/g 和 6.17ng/g。

小秦岭 Au 地球化学块体位于华北地台南缘，分布于中新生代伸展构造运动背景中形成的变质核杂岩中，金矿床在空间上受变质核杂岩构造的控制，赋存在早前寒系变质基底的斜长角闪岩–片麻岩组合区。该区主要金矿床包括大湖、文峪、桐峪、上宫、祁雨沟等大型金矿床，累计探明储量约 620 t。

夹皮沟金矿床密集区位于华北地台北缘东段边缘构造活动带上，主要产出在夹皮沟花岗岩–绿岩带一侧，矿体主要产出在韧性剪切带中（沈保丰，2000）。绿岩带、钾质花岗岩和韧性剪切带与金矿的空间关系最为密切。其金矿床处在地球化学快体的中心部位。

3 讨论与结论

华北地台及其周边是我国最重要的金及多金属矿床密集区，在我们的研究中，采用区域性地球化学块体空间分布特征及大型矿集区成矿系统的研究思路与方法，分析该区元素迁移、富集成矿的规律及地球化学块体特征。与已探明矿床在构造、岩浆岩、地层等地质背景的关系，探索应用区域地球化学填图所圈定的地球化学块体规模、特征来衡量成矿元素的物质供应量、元素活化、迁移轨迹以富集成矿的有利部位。结合对大型矿集区成矿系统的研究，进而预测近地表未发现的，尤其是埋藏较深的大型矿床。

本文仅对华北地台及周边金地球化学空间特征及地质、构造、矿产的关系进行了初步分析，但就地球化学块体的形成机制和未知区、覆盖区地球化学块体的成矿因素有待进一步探索。

参 考 文 献

程裕淇. 1994. 中国区域地质概论. 北京: 地质出版社.

李 惠, 等. 1998. 大型、特大型金矿盲矿预测的原生叠加晕模型. 北京: 冶金工出版社.

沈保丰, 等. 2000. 矿床密集区预测的理论和方法. 北京: 地质出版社.

谢学锦, 等. 1999. 走向 21 世纪矿产勘查地球化学. 北京: 地质出版社.

谢学锦. 1996. 勘查地球化学的现状与未来展望. 地质论评, (4).

鄢明才, 迟清华. 1997. 中国东部地壳与岩石的化学组成, 北京: 科学出版社.

翟裕生, 等. 1999. 长江中下游铜金矿床矿田构造. 北京: 中国地质大学出版社.

翟裕生, 等. 1999. 区域成矿学. 北京: 地质出版社.