维普资讯 http://www.cqvip.com

胶东金矿成矿时代和矿床成因研究述评*

杨立强 邓 军 葛良胜 王庆飞 张 静 高帮飞 江少卿 徐 浩

中国地质大学地质过程与矿产资源国家重点实验室，岩石圈构造、深部过程及探测技术教育部重点实验室，北京 100083

摘要 胶东金矿成矿具有“多源、多期叠加，时-空集中，规模巨大”的显著特征. 该项研究通过对胶东金矿成矿时代和矿床成因研究沿革及进展的系统述评，总结了其叠加成矿的主要特征，提出了胶东矿集区中生代复合成矿系统的若干判据及待深入研究的主要问题. 尽管胶东金矿的矿床类型、分布区域、地质环境和成矿物源具有多元性和复杂性的特征，但其成矿物质聚集、就位的时-空集中、规模巨大，主成矿期成矿时代的高峰值明显具有向中生代集中的趋势. 金矿成矿年龄数据及其地质-地球化学特征表明胶东矿集区至少存在130—110 Ma左右的金矿化和90—80 Ma左右的金-银-多金属矿化两期金矿化，胶东矿集区是多期矿化作用时-空叠接的产物，其中生代复合成矿系统的形成及演化是有待深入研究的重要课题.

关键词 复合成矿系统 中生代 金矿 胶东矿集区

成矿系统研究适应了矿床学向系统化、全球化方向发展的趋势，是当今矿床学研究的一个新的生长点[1—3]. 中国大陆地处古亚洲、滨西太平洋和特提斯-喜马拉雅三大构造域的交汇区，具有复杂的、多期次构造-岩浆活动和演化历史[4]. 这种复合大陆体制提供了发生多个成矿系统叠加的有利条件. 通过多年的研究，在我国确已发现多处成矿系统叠加的实例，并有专门论述[5]，成矿系统叠加及多成因矿床发育已构成中国区域成矿的重要特色.

胶东地区以约0.3%的国土面积占有中国约25%的黄金储量(约1500 t)和产量(年产量约40—50 t)，是中国最重要的金矿集中区，并以玲珑-焦家式金矿享誉全球[6—8]. 长期以来，众多研究者先后在此开展了大量研究，取得了丰硕成果，逐步深化了对金矿成矿条件和矿床成因的认识，为进一步深入研究奠定了坚实基础. 但是，由于胶东矿集区构造-成矿历史具有明显的多期次叠加特征[9,10]，而当前对胶东矿集区复合成矿系统仍然缺乏必要的探讨. 为此，本项研究在综述胶东金矿成矿时代和矿床成因研究沿革及进展的基础上，通过系统剖析其叠加成矿的主要特征，总结胶东矿集区中生代复合成矿系统的若干判据，提出待深入研究的问题.

1 胶东金矿成矿时代和矿床成因研究沿革

胶东金矿的研究历史悠久，早期对胶东地区金矿的研究大多集中于金矿床本身的矿物、岩石和同位素地球化学特征的观测和分析. 这一时期，关于胶东金矿成矿时代和矿床成因的研究大多将其与前寒武纪变质岩相联系，强调绿岩对金矿形成的贡献[11]，主要存在两种倾向性认识：

(1) 太古宙成矿说[12]. 认为本区金矿床属太古代绿岩带型金矿床，矿床形成与变质作用有关，成矿时代与变质作用发生的时间一致.

(2) 元古宙成矿说[13]. 认为金成矿作用与元古宙变质事件和花岗质岩浆侵位有关.

随着胶东地区中酸性岩浆岩与金矿床密切时空

2005-11-10 收稿，2006-01-09 收修改稿

* 国家自然科学基金(批准号：40572063)、国家自然科学基金重点项目(批准号：40234051)、教育部“跨世纪人才培养计划”和教育部科技研究重点项目(批准号：01037)及中国科学院地质与地球物理研究所矿产资源研究重点实验室基金资助项目

E-mail：lqyang@cugb.edu.cn

维普资讯 http://www.cqvip.com

关系的进一步确立及其成岩时代确定为中生代，多数研究者普遍认为成矿作用与其同期岩浆活动关系密切，将金矿床归属为花岗岩-绿岩带型金矿床的认识逐渐成为研究主流. 但对于成矿物质及成矿流体来源仍存在不同认识，概括起来主要包括如下3种观点：

(1) 燕山期成矿说[13,14]. 认为金矿与中生代后碰撞弧后伸展构造体制下花岗岩侵位活动有关.

(2) 多期成矿说[15]. 认为太古宙末和古元古代为变质热液型金矿成矿期，中生代(印支-燕山期)为复成热液型金矿成矿期，成矿作用主要与不同成因热流体与交代-深熔花岗岩的相互作用有关.

(3) 燕山早期成岩、晚期成矿说[6,7]. 认为前寒武纪变质岩于燕山早期被交代重熔成岩，之后有大气降水和幔源物质加入到成矿热液体系，玲珑-焦家式金矿属中生代花岗岩岩浆期后热液矿床.

对胶东地区金矿成矿时代和矿床成因的上述争论持续了相当一段时间. 20世纪90年代以来，随着研究工作的逐步深入和同位素定年实验新技术的飞速发展，金矿直接测年工作迈上了一个新台阶，胶东矿集区金矿成矿年代学亦成为热点研究课题. 国内外矿床学家几乎把当今所有的测年方法皆引入到了其金矿定年工作中，如对矿集区主要金矿床采用蚀变矿物Rb-Sr，K-Ar和$^{40}Ar/^{39}Ar$法，流体包裹体Rb-Sr法，石英$^{40}Ar/^{39}Ar$法和矿石矿物Rb-Sr法(包括黄铁矿亚样品Rb-Sr等时线、矿石Rb-Sr等时线和矿石矿物Rb-Sr等时线)，矿物-全岩的Sm-Nd等时线法及单颗粒含铀矿物U-Pb法和硫化物的Re-Os法等多种方法，取得了大批成矿年龄数据[9,16—19]. 与此同时，还获取了一批与金矿床有密切时空关系地质体的K-Ar，$^{40}Ar/^{39}Ar$及SHRIMP法锆石U-Pb年龄. 这些研究使胶东金矿成矿年代学研究取得了重要进展，积累了大量极富价值的数据，并对金矿床成因提出了许多新认识.

2 胶东金矿成矿时代和矿床成因研究进展

2.1 中生代岩浆岩成因及其与金矿关系

胶东矿集区广泛分布各时代的各种类型岩浆岩(包括侵入岩、火山岩、次火山岩、脉岩)，由于诸多大型-超大型金矿床多以花岗岩为赋矿围岩，因此很多学者将矿床成因研究的重点置于花岗岩成因与时代的剖析. 但是，对花岗岩的成因一直是争论的焦点，主要包括3种认识：(1)(混合岩化)交代成因[15,20]；(2) 岩浆侵入成因[21]；(3) 交代重熔或交代与岩浆双重成因[22]. 对花岗岩形成时代的认识也存在着很大差异，主要存在5种观点：(1) 前寒武纪[23]；(2) 多期复成，最终定位于燕山期；(3) 中生代[9,18]；(4) 太古宙至中生代；(5) 元古代雏形，中生代交代-再生[9,24].

产生上述不同认识的主要原因是对花岗岩与前寒武纪变质岩之间关系存在不同认识. 同时，由于郭家岭岩体和滦家河岩体无直接接触关系，因此对两者相对早晚认识也不一致. 近年来，随着高精确测年方法的广泛应用，对胶东矿集区与金矿床有密切时空关系的中生代岩浆岩的成因与时代基本达成共识. 综合最新同位素定年研究成果[9,16—19]，可将胶东中生代岩浆岩分成3期：(1) 燕山早期玲珑型和滦家河型花岗岩(晚侏罗世，160—135 Ma)，以深成侵位的、大花岗岩岩基为主，主体为壳源花岗质岩浆(地壳重熔)，主要产出于胶北隆起和胶南隆起. (2) 燕山中期(主要时段为早白垩世，135—95 Ma)，不仅包括郭家岭型和艾山型花岗闪长岩，而且还包括早白垩世的青山群火山岩-次火山岩及大量高钾基性-中性脉岩，本期的中-基性岩较多，有时甚至偏碱性，主体为富集地幔来源的岩浆. (3) 燕山晚期(晚白垩世，95—65 Ma)，主要指崂山型碱性花岗岩和一些高钾基性-中性脉岩.

2.2 成矿时代和矿床成因

成矿时代的确定对研究矿床成因、探讨成矿规律、指示找矿方向具有重要意义. 诸多研究者对胶东金矿成矿年代学进行了研究，积累了大量极富价值的数据资料，综合胶东金矿成矿年代学和矿床成因研究的重要进展[9,16—19]，可将其主要认识概述如下：

(1) 以玲珑-焦家式金矿为代表的花岗-绿岩带型金矿3期成矿模式[25]. (i) 矿源层形成期，2.5—3.0 Ga时形成太古宙大洋型超镁铁质岩、基性火山岩和火山-沉积岩，含金量变化于$(2.5—91)\times10^{-9}$. (ii) 元古宙区域变质作用期，2.0，1.6和0.6—0.7 Ga的3次区域构造运动使岩石发生区域变质、

维普资讯 http://www.cqvip.com

变形，矿物重结晶可能使金解析，例如有机质变成石墨、粘土矿物转变成绢云母和绿泥石等使金脱离吸附. (iii) 活化成矿期，165—130 Ma期间的早白垩世燕山运动，太古宙-元古宙绿岩经受深熔作用形成壳源深熔花岗岩，绿岩带内的金在岩浆热液的驱动下迁移、富集. 成矿主要发生于3个层次：一是1—2 km深的上部层次，生成与火山岩有关的金矿床；二是2—5 km深的中部层次，生成与壳源深熔花岗岩-花岗闪长岩有关的金矿床；三是5—8 km深的深部层次，生成与变质有关的金矿床.

(2) 早侏罗世、早白垩世和喜山期3期构造-岩浆-成矿的认识[26]. 最早的金矿化发生于188 Ma前后，形成了以灵山沟金矿为代表的金矿床，这是燕山早期构造-岩浆活动导致的一次成矿作用. 燕山期构造-岩浆活动的高潮期，大批金矿床集中形成于早白垩世(100—110 Ma)的时间内，此为胶东金矿的主成矿期. 喜山期构造-岩浆活动的高潮期，形成以界河金矿(成矿年龄约50 Ma)为代表的喜山期金矿床.

(3) 晚侏罗世和早白垩世2期成矿的观点[27,28]. 认为胶东地区内生金矿成矿溶液是深熔岩浆连续分异演化的产物，成岩与成矿作用发生于同一地质时代，并可分为包括岩浆岩体、脉岩、矿床及其主成矿期在内的早、晚2大成矿期次. 早期(156—136 Ma)为金矿主成矿期，成矿作用与晚侏罗世产出的深成-浅成岩浆岩系列密切相关. 晚期(124—100 Ma)为共生、伴生金矿成矿期，成矿作用与早白垩世的浅成-超浅成岩浆岩系列密切相关，其重熔岩浆深度较浅. 当两期矿床相叠加时，即造成了硫同位素组成的复杂性，如洼孙家金矿的$\delta^{34}S$值高者达8.3，低者只有−2.4，尹格庄金矿亦有7.2和−3.5之分.

(4) 早白垩世晚期(K_1^2)和晚白垩世早期(K_2^1)2期成矿的认识[6,7,16]. 主成矿期为早白垩世晚期(K_1^2，成矿年龄为(115±10)Ma)，金矿化发生于伊泽奈奇板块向欧亚大陆俯冲过程中的减速期(K_1^2). 金-银-多金属矿成矿期为晚白垩世早期(K_2^1，成矿年龄为(85±5)Ma)，金-银-多金属矿化形成于洋中脊俯冲到大陆之下，即胶东地区受来自印支-澳大利亚板块NE-SW向挤压并发生NW-SE向扩张早期(K_2^1). 因此，胶东地区2期矿化作用虽然时间上接近，但却属于不同构造-岩浆活动期[29].

(5) 侏罗纪-白垩纪之交1期大规模成矿作用的认识[10,17,19,30−34]. 主张胶东矿集区大规模成矿发生在早白垩世130—110 Ma这一时段内.

可见，不同成矿年龄数据存在一定差异，对矿床成因的认识也各不相同. 造成这种认识不一致的主要原因除测试方法的差异之外，对成矿时代的不同理解可能是另一重要因素. 首先，诸多金矿床不是单一成矿事件的产物，而是多期成矿作用叠加的结果；其次，同一成矿事件包括多个成矿阶段，其时间间隔可以超过数千万年；第三，早期地质历史时期形成的金矿床由于后期多构造热事件的改造，可能被破坏或形成新的矿体，因此存在改造成矿年龄. 虽然存在上述种种不同认识，但总结现有研究成果，仍然反映出胶东金矿成矿具有“多源、多期叠加，时-空集中，规模巨大”等显著特征[29].

3 胶东金矿成矿的主要特征

3.1 成矿物质聚集、就位的时-空集中、规模巨大

近年来，随着胶东金矿大批精确测年数据的获取，其主成矿期成矿时代的高峰值明显具有向中生代集中的趋势. 不管是胶北隆起上数量众多、分布广泛的石英脉型-破碎带蚀变岩型金矿，还是近年来新发现的与石英脉型-破碎带蚀变岩型金矿矿床类型、矿床分布区域、矿床产出的地质环境等完全不同的爆破角砾岩型(浅成热液型)金矿床和白垩纪底部地层中的砂砾岩型金矿床，其成矿时代均集中于130—100 Ma这一时间范围内，尽管有130 Ma以前和100 Ma之后成矿作用的零星记录，但成矿年龄的分布范围基本未超出70—190 Ma[9,16−19].

3.2 成矿物质和流体来源的多元性和复杂性

关于胶东地区金矿床成矿物质和成矿流体的来源，绝大多数学者强调了其多元性和复杂性[9,35,36]，至于何者为主，则分歧较大，代表性认识包括：

(1) 成矿物质主要来源于地幔[33,37]或幔源煌斑岩[38]，成矿流体来源于与中基性脉岩有关的幔源流体[10,33,37].

(2) 成矿物质来源于燕山期花岗岩，成矿热液为岩浆期后热液[6,39].

维普资讯 http://www.cqvip.com

(3) 成矿热液来源于大气降水[40]；成矿物质来源于地壳围岩，包括花岗岩和变质岩[24].

(4) 成矿物质来源于花岗绿岩地体和孔达岩系[32]，成矿流体为以变质水为主体的同碰撞流体系统[41,42].

(5) 金矿床成矿物质来源于太古代绿岩带(即太古代胶东群变质岩)，成矿热液为变质热液[11].

3.3 多期叠加、复合成矿明显发育

上述金矿成矿年龄数据反映胶东矿集区至少存在130—110 Ma的金矿化和90—80 Ma的金-银-多金属矿化两期金矿化，这两期矿化具有明显时-空叠加特征. 此外，160—150 Ma及中-晚元古代时期发生成矿事件的可能性仍不能被完全排除.

4 胶东矿集区中生代复合成矿系统的若干判据

综观现有研究，关于胶东矿集区多期叠加、复合成矿现象的表述除同位素测年之外，至少还包括如下几个方面：

(1) 众多矿床已经鉴别出2—3期成矿产物[36]，如大尹格庄、夏甸、焦家、黄埠岭、大庄子、蓬家夼、谢家沟、玲珑、三甲等金矿床，有些矿床研究中在成矿阶段中亚阶段的划分也值得关注[43].

(2) 胶东地区金矿床普遍受构造控制，而其构造活动明显具有多期次活动的特征，因此构造活动的多期次控矿是胶东金矿床中的普遍现象[35]. 但是，已有研究往往将其视为同一构造期构造脉动作用的产物[44]. 实际上，发生显著力学性质转换的2组构造形迹往往受不同构造动力体制控制，很可能是不同构造期的产物[45].

(3) 产出于不同地质环境中新类型金矿床可能是不同成矿作用的产物，其发现可能反映了不同类型成矿系统的存在. 经典意义上的胶东金矿是指产在胶北隆起深成侵位花岗岩中的石英脉型和破碎带蚀变岩型金矿床，即常说的“玲珑式”和“焦家式”金矿. 近年的工作又发现了两类新类型金矿床，即产在燕山晚期火山岩-次火山岩-浅成侵入岩区的“七宝山式”爆破角砾岩型(浅成热液型)以及产在胶莱盆地边缘白垩纪底部地层中的“蓬家夼式”砂-砾岩型金矿床等.

(4) 据矿石地球化学和矿化元素组合特征的显著差异，揭示出金矿床、金矿带、矿集区等多重尺度的不同成矿元素组合特征，反映可能存在多期成矿作用.

(5) 金矿石英阴极发光特征及黄铁矿标型矿物学特征均反映存在多期成矿叠加的可能性[46]，例如，文登金矿石英阴极发光特征揭示的不同成矿期石英，金牛山金矿床、蓬家夼金矿床、焦家金矿3号矿脉、界河金矿床、文登金矿等黄铁矿标型均反映了多期成矿叠加的可能性.

(6) 根据金的产出或赋存状态的不同，识别出多期成矿作用的叠加[47,48]. 例如，蓬莱地区金矿床中明金与不可见金的时空关系，反映了明金的形成晚于主矿化期，明金系由浅成的有机质热泉水对成矿主期矿化的再溶解，近迁移沉淀富集的叠加成矿作用产物. 在此过程中，先期所形成的矿床被后期成矿作用完全改造，这个过程类似于矿质发生预富集而后再次富集成矿.

(7) 稳定同位素组成的差异暗示可能存在多期成矿作用的叠加复合. 已有研究分别根据岩石、矿物和流体包裹体的硫、氧、铅、氦和氩等同位素数据的差异性探讨了多期成矿作用的存在标志[16,28].

(8) 此外，现有研究还从蚀变产物的角度、流体包裹体特征[49]、成矿深度[50]、成矿微环境、岩浆活动的多期性[26]等诸多方面探讨成矿多期叠加问题.

如前所述，尽管胶北隆起上的石英脉型-破碎带蚀变岩型金矿数量多、分布广，但它们的成矿时代都集中在130—110 Ma的时间范围内. 更有意义的是，近年来新发现的爆破角砾岩型(浅成热液型)金矿床和白垩纪底部地层中的砂砾岩型金矿床，尽管矿床类型、矿床分布区域、矿床产出的地质环境等都完全不同，但成矿时代也在中生代. 即胶东金矿尽管矿化类型、产出空间、地质背景各不相同，但均在130—110 Ma前后这一时段内形成，是中生代一次或几次统一的重大地质事件的结果，即胶东矿集区中生代复合成矿系统.

尽管现有部分研究已经认识到胶东金矿叠加、复合成矿作用多个侧面的地质表象，但是大多集中于矿床本身的矿物、岩石和同位素地球化学特征的观测和分析，侧重于某一专门领域的讨论，如成矿

维普资讯 http://www.cqvip.com

年龄、控矿因素、矿化类型等；有关矿床成因的总结性工作多数也限于中、小尺度范围的讨论；有的虽已认识到中生代成矿大爆发现象，但对矿集区复合成矿系统的形成及演化缺乏必要的研究，对其叠加、复合成矿作用的本质属性缺乏深入理解，胶东矿集区复合成矿系统的形成及演化是有待深入研究的重要课题.

5 结论

尽管胶东金矿的矿床类型、分布区域、地质环境和成矿物源具有多元性和复杂性的特征，但其成矿物质聚集、就位的时-空集中、规模巨大，主成矿期成矿时代的高峰值明显具有向中生代集中的趋势. 金矿成矿年龄数据及其地质-地球化学特征表明胶东矿集区是多期矿化作用时-空叠接的产物.

显然，由于不同矿床叠加成矿现象的发育程度不一、叠加强度不同，深入理解胶东矿集区复合成矿系统的形成及演化不仅需要对其金矿成矿作用进行更深入和更精确的探索研究，更应该将复合成矿系统形成及演化的研究与其区域构造动力体制联系起来研究，揭示矿集区形成的这种统一的、大区域的制约因素[24,51].

参 考 文 献

1 翟裕生,邓 军，李晓波. 区域成矿学. 北京：地质出版社，1999，1—287

2 翟裕生. 论成矿系统. 地学前缘，1999，6(1)：13—28

3 翟裕生,邓 军，汤中立，等. 古陆边缘成矿系统. 北京：地质出版社，2002，1—416

4 任纪舜,牛宝贵，刘志刚. 软碰撞-叠覆造山和多旋回缝合作用. 地学前缘，1999，6(3)：85—93

5 Zhai Y, Deng J. Outline of the mineral resources of China and their tectonic setting. Australia Journal of Earth Sciences, 1996, 43(6): 673—685

6 吕古贤,杨敏之. 胶东玲珑-焦家式金矿地质. 北京：科学出版社，1993，1—253

7 吕古贤,林文蔚，罗元华，等. 构造物理化学与金成矿预测. 北京：地质出版社，1999，1—458

8 邓 军,徐守礼，方 云，等. 胶东西北部构造体系及金成矿动力学. 北京：地质出版社，1996

9 邓 军,翟裕生，杨立强，等. 构造演化与成矿系统动力学——以胶东金矿集中区为例. 地学前缘，1999，6(2)：315—323

10 Yang L Q, Deng J, Wang J G, et al. Control of deep tectonics on the superlarge deposits in China. Acta Geologica Sinica, 2004, 78(2): 358—367

11 沈保丰,骆 辉. 华北陆台太古宙绿岩带金矿的成矿特征. 华北地质矿产杂志，1994，3(1)：87—96

12 郭文魁,段承敬. 山东招远玲珑金矿. 地质论评，1951，16(1)：112—113

13 余汉茂. 胶东西北部地区岩石同位素地质年代学研究. 山东地质，1987，3(1)：75—88

14 郭文魁. 山东招远县玲珑金矿区岩石及构造之生成. 地质论评，1951b，16(1)：64—65

15 王鹤年,汪 耀，陈延安. 胶东西北部混合岩-花岗岩及其与金矿化的关系. 南京大学学报(自然科学版)，1984，(增刊)：29—40

16 王义文,朱奉三，宫润潭. 胶东金矿集中区金矿成矿年代学研究. 黄金地质，2002，8(4)：48—55

17 Mao J W, Wang Y T, Zhang Z H, et al. Geodynamic settings of Mesozoic large-scale mineralization in North China and adjacent areas: Implication from the highly precise and accurate ages of metal deposits. Science in China, Ser. D, 2003, 46: 838—851

18 Yang J H, Zhou X H, Chen L H. Dating of gold mineralization for super-large altered tectonite-type gold deposits in Northwestern Jiaodong Peninsula and its implications for gold metallogeny. Acta Petrologica Sinica, 2000, 16(3): 454—458

19 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. 科学通报，2004，49(12)：1191—1198

20 胡世玲,王松山，桑海清，等. 山东玲珑和郭家岭岩体的同位素年龄及其地质意义. 岩石学报，1987，3(1)：83—89

21 陈光远，邵 伟,孙岱生. 胶东金矿成因矿物学与找矿. 重庆：重庆出版社，1989，1—45

22 姚凤良,刘连登，孔庆存，等. 胶东西北部脉状金矿. 长春：吉林科学技术出版社，1990

23 裘有守,王孔海，杨文华，等. 山东招远-掖县地区金矿区域成矿条件. 沈阳：辽宁科学技术出版社，1988，1—268

24 Deng J, Yang L Q, Sun Z S, et al. A metallogenic model of gold deposits of the Jiaodong granite-greenstone belt. Acta Geologica Sinica. 2003a, 77(4): 537—546

25 杨敏之,吕古贤. 胶东绿岩带型金矿地质地球化学. 北京：地质出版社，1996，1—228

26 张振海,张景鑫，叶素芝. 胶东金矿同位素年龄厘定. 北京：地震出版社，1994. 1—56

27 黄德业. 胶东内生金矿成矿期次和成矿时代的讨论. 矿产与地质，1991，5(2)：81—89

28 黄德业. 胶东金矿成矿系列硫同位素研究. 矿床地质，1994，13(1)：75—87

29 Deng J, Wang Q F, Wei Y G, et al. Metallogenic effect of transition of tectonic dynamic system, Journal of China University of Geosciences, 2004, 15(1): 23—28

30 Wang, L G, Qiu Y M, McNaughton, N J, et al. Constraints on

维普资讯 http://www.cqvip.com

crustal evolution and gold metallogeny in the Northwestern Jiaodong Peninsula, China, from SHRIMP U-Pb zircon studies of granitoids. Ore Geology Reviews, 1998, 13: 275—291

31 Zhou T H, Goldfarb R J, Phillips G N. Tectonics and distribution of gold deposits in China: An overview. Miner Dep, 2002, 37: 249—282

32 Qiu Y M, Groves D I, McNaughton N J, et al. Nature, age and tectonic setting of granitoid-hosted, orogenic gold deposits of the Jiaodong Peninsula, eastern North China craton, China. Miner Dep, 2002, 37: 283—305

33 Yang J H, Wu F Y, Wilde S A. A review of the geodynamic setting of large-scale Late Mesozoic gold mineralization in the North China Craton: An association with lithospheric thinning. Ore Geol Rev, 2003, 23: 123—152

34 陈衍景, Pirajno F, 赖 勇, 等. 胶东矿集区大规模成矿时间和构造环境. 岩石学报, 2004, 20(4): 907—922

35 邓 军, 杨立强, 方 云, 等. 胶东地区壳幔相互作用与金成矿效应. 地质科学, 2000, 35(1): 60—70

36 邓 军, 杨立强, 翟裕生, 等. 胶东招掖矿集区巨量金质来源和流体成矿效应. 地质科学, 2001, 36(3): 257—268

37 Deng J, Liu W, Sun Z S, et al. Evidence of mantle-rooted fluids and multi-level circulation ore-forming dynamics: A case study from the Xiadian gold deposit, Shandong province, China. Science in China, Series D, 2003b, 46(Supp): 138—142

38 胡受奚, 孙景贵, 凌洪飞, 等. 中生代苏鲁活动大陆边缘榴辉岩煌斑岩金矿及富集地幔间的成因联系. 岩石学报, 2001, 17(3): 425—435

39 李华芹, 刘家齐, 魏 琳. 热液矿床流体包裹体年代学研究及其地质应用. 北京: 地质出版社, 1993, 1—126

40 张理刚. 成岩成矿理论与找矿. 北京: 北京工业大学出版社. 1989

41 Zhou T H, Lu G X. Tectonics, granitoids and Mesozoic gold deposits in East Shandong, China. Ore Geol Rev, 2000, 16: 71—90

42 Fan H R, Zhai M G, Xie Y H, et al. Ore-forming fluids associated with granite-hosted gold mineralization at the Sanshandao deposit, Jiaodong gold province, China. Miner Dep, 2003, 38: 739—750

43 徐金芳. 山东内生金矿矿床谱系及其致矿地质异常. 山东地质, 2001, 17(2): 32—36

44 邓 军, 吕古贤, 杨立强, 等. 构造应力场转换与界面成矿. 地球学报, 1998, 19(3): 244—250

45 翟裕生, 吕古贤. 构造动力体制转换与成矿作用. 地球学报, 2002, 23(2): 97—102

46 申 萍, 沈远超, 李光明, 等. 胶东金牛山金矿床构造-流体-成矿作用体系研究. 地质科学, 2004, 39(2): 272—283

47 周乃武, 张 岩. 山东蓬莱地区金矿床明金成因探讨. 沈阳黄金学院学报, 1997, 16 (2): 81—89

48 刘连登, 孙振佐, 陈国华, 等. "超大玲珑"块金发现与思考. 中国科学, D辑, 2002, 32(8): 653—658

49 卢焕章, Guha J, 方根保. 山东玲珑金矿的成矿流体特征. 地球化学, 1999, 28(5): 421—437

50 吕古贤. 山东玲珑金矿田和焦家金矿田成矿深度的测算与研究方法. 中国科学, D辑, 1997, 27(4): 337—342

51 邓 军, 杨立强, 葛良胜, 等. 胶东矿集中形成的构造体制研究进展. 自然科学进展, 2006, 16(5): 513—518

(上接第 796 页)

3 国家杰出青年科学基金与海外、香港、澳门青年合作研究基金受理情况

今年，国家杰出青年科学基金项目共受理1588项，比去年增加280项，增长21.4%. 其中数理科学部220项，比去年增加39项，增长21.55%. 化学科学部223项，比去年增加18项，增长8.78%. 生命科学部421项，比去年增加58项，增长15.98%. 地球科学部182项，比去年增加41项，增长29.08%. 工程与材料科学部292项，比去年增加57项，增长24.26%. 信息科学部203项，比去年增加58项，增长40.00%. 管理科学部47项，比去年增加9项，增长23.68%. 国家杰出青年科学基金(外籍)共受理77项，比去年增加17项. 国家杰出青年基金申请量也是超过20%的增长，由于资助规模基本保持在160项，竞争越来越激烈.

海外、香港、澳门青年合作研究基金项目共452项，比去年增加26项，增长6.1%. 其中数理科学部44项，比去年减少11项；化学科学部43项，比去年增加16项. 增长59.26%；生命科学部188项，比去年增加19项，增长10.50%；地球科学部32项，比去年减少7项；工程与材料科学部53项，比去年减少2项；信息科学部75项，比去年增加4项，增长5.63%；管理科学部17项，比去年增加7项，增长70%. 2005年呈现减少的学部(化学和管理)在今年又大幅度的增加.