

中国前寒武纪矿床时空分布*

沈保丰 杨春亮 翟安民 胡小蝶 曹秀兰 宫晓华

(天津地质矿产研究所, 天津 300170)

摘 要 文章详细地分析研究了中国前寒武纪矿床的时空分布。指出中国前寒武纪蕴藏着丰富的矿产资源, 形成了众多的铁、铜、铅锌、镍、金、稀土、锰、石墨、菱镁矿、滑石、硼、磷、硫铁矿、金红石、蛭石等大型-超大型矿床。成矿时代从古太古代到震旦纪, 但以新太古代、古元古代、中元古代-青白口纪 3 个地质时期为成矿高峰期。随着中国前寒武纪地史的演化, 成矿物质种类和矿床类型具有明显的变化和增多。中国前寒武纪矿床主要分布在陆块区, 尤以华北陆块、扬子陆块较多, 较少分布在造山带。而陆块边缘和陆块内部裂谷是前寒武纪矿床产出的十分有利的空间。

关键词 前寒武纪矿床 时空分布 成矿期 陆块边缘 中国

前寒武纪蕴藏着十分丰富的矿产资源, 是地史上十分重要的成矿期, 也是大规模矿床的形成时期。据不完全统计, 前寒武纪时期形成的铁矿约占世界总储量的 80%、锰矿占 67.91%、金矿占 73%、铀矿占 57%、钴矿占 63%、镍矿占 34%、铜矿占 30%、锌矿占 28%、铅矿占 24%。中国前寒武纪亦是重要的成矿期, 在约 7/8 地球年龄的期间内, 形成了众多的铁、铜、铅、锌、锰、金、镍、稀土、硫铁矿、硼、石墨、菱镁矿、滑石、金红石等大型、特大型、超大型矿床和众多的中小型矿床(图 1)。据笔者初步统计, 中国在前寒武纪时期形成的铁矿占全国总储量的 59.5%、锰矿占 31.08%、铜矿占 24.4%、铅锌矿各约占 30%、金矿占 19.3%、镍矿占 67%、稀土矿>90%、晶质石墨矿占 94.2%、菱镁矿占 78.96%、滑石矿占 95.0%、磷矿占 69.71%、硼矿占 53.8%、金红石矿占 86%。

1 矿床的地史分布

1.1 中国最古老的矿床

根据目前的资料, 中国最古老的矿床是产在冀东迁安古太古代曹庄岩组中的杏山、脑峪门、黄柏峪等一些中小型条带状铁建造铁矿床(或矿点), 其中以杏山铁矿床的规模较大, 为中型规模。条带状铁建造铁矿层常与斜长角闪岩、铬云母石英岩、硅线斜长片麻岩、铁英岩共同产出, 变质作用为高角闪岩相至麻粒岩相, 原岩建造为钙硅酸盐-基性-泥砂质-硅铁质火山-沉积建造, 常以大小不等的包体分布在早期英云闪长岩和新太古代的花岗闪长岩和花岗岩内, 分布零星。铁矿石为贫矿, 条带状、条纹条带状构造, 中粗粒结构, 主要矿物为磁铁矿、石英、镁铁闪石, 次要矿物有阳起石、普通角闪石。与条带状铁建造铁矿层共同产出的斜长角闪岩 Sm-Nd 等时线年龄为 3 500 Ma(Jahn et al., 1987), 铬云母石英岩中锆石 U-Pb 年龄大于 3 600 Ma(刘敦一等, 1994), 因而黄柏峪、杏山等铁矿床的形成时代 $\geq 3 500$ Ma, 不仅是中国最古老的矿床, 也是世界上最古老的一批矿床。其形成环境为大陆边缘相对稳定的火山沉积盆地。

1.2 中太古代(3 200~2 800 Ma)矿床

在中国, 大规模成矿作用最早出现在中太古代, 但是矿种单一, 仅为铁矿, 而且是条带状铁建造铁矿床。在此期间, 在冀东、密云、辽北、阜平、内蒙古等地形成了一批铁矿床, 如冀东迁安的水厂、孟家沟、宫店子、大石河等矿床(构成迁安铁矿区), 北京密云的冯家峪、马圈子等矿床。其中以冀东水厂

*本文得到地质大调查综合研究项目(编号K1.4-3-1)“前寒武纪成矿作用”的资助

第一作者简介 沈保丰, 男, 1935 年生, 研究员, 博士生导师, 主要从事矿床和前寒武纪成矿作用研究。

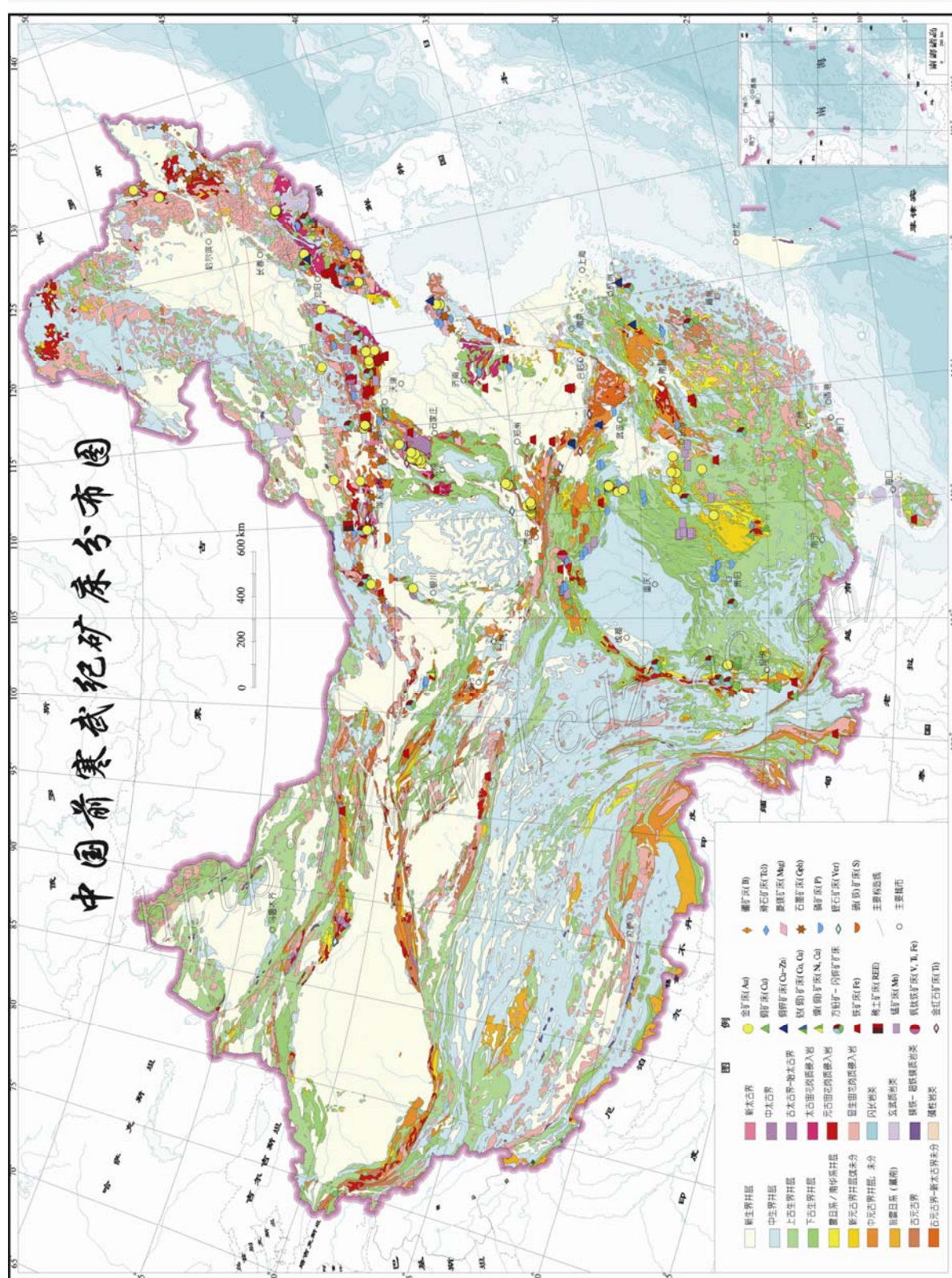


图1 中国前寒武纪矿床分布略图

铁矿床规模最大, 为超大型矿床(铁矿石储量 9.02 亿吨, 本文中矿床的储量主要引自姚培慧等, 1993 和 1995 及《中国矿床发现史·综合卷》等专著)、冀东迁安大石河和密云的冯家峪、密北、密南铁矿床为特大型矿床, 此外, 多数为中小型矿床, 甚至矿点(本文指的超大型矿床为大型矿床储量下限的 5 倍及以上, 特大型矿床指大型矿床储量下限的 2.5~5 倍)。赋矿地层分别为迁西岩群、浑南岩群、密云岩群、阜平岩群等。以冀东迁安铁矿区为例, 条带状铁建造常与二辉斜长麻粒岩、(石榴)黑云紫苏斜长片麻岩等岩层构成互层带。在铁矿层的上部出现硅线石榴斜长片麻岩、堇青石榴斜长片麻岩等, 为富含铝的岩石。矿体或矿层常被后期的太古宙 TTG 岩系、花岗岩和伟晶岩穿切交代, 甚至成残留体。其原岩建造为基性火山岩-中酸性杂砂岩-泥沙质-硅铁质沉积建造。铁矿石为贫矿, 中粗粒结构, 条纹条带状-条带状-片麻状结构, 矿物成分有磁铁矿、石英、紫苏辉石、透辉石, 次要矿物有角闪石、黑云母、石榴石等。矿体为层状、似层状及大的构造透镜体, 常构成同斜褶皱。该类铁矿床形成于大陆边缘火山沉积盆地, 中浅-半深水环境, 远源火山沉积。

1.3 新太古代(2 800~2 500 Ma)矿床

新太古代是中国十分重要的大规模成矿作用时期, 其间不仅沉积了大量的铁矿床, 同时也形成了大型、特大型的金矿床、石墨矿床和铜锌矿床。新太古代是中国绿岩带的主要形成时期, 辽宁鞍山, 冀东滦县、遵化, 山东泰山, 河南登封, 山西五台山等地的铁矿床多数与绿岩带有关。在此期间形成的铁矿储量约占全国铁矿总储量的 50%, 形成了辽宁西鞍山、齐大山、南芬、东鞍山、胡家庙子、弓长岭, 冀东司家营, 山西山羊坪, 山东东平等超大型铁矿床及辽宁歪头山、吉林板石沟、河北大贾庄、山西柏枝岩、河南许昌等一大批大型、特大型铁矿床。这些矿床多数产在新太古代绿岩带中, 铁矿床在空间上、时间上与海底火山活动关系密切。火山作用促使大量的铁质自深部带入海盆, 一般火山活动强烈、延续时间愈长, 则产生的铁质愈多。在强烈的火山活动后, 一个较为稳定和长时间的火山间歇期, 是形成大矿的重要条件。如辽宁南芬、歪头山、弓长岭等铁矿床的条带状铁建造常与斜长角闪岩、黑云变粒岩、石榴绿泥片岩、云母石英片岩等岩层呈互层, 其原岩为基性-中酸性火山岩-泥沙质-硅铁质火山沉积建造, 变质相为高绿片岩-低角闪岩相, 铁矿物主要是磁铁矿。辽宁东、西鞍山等铁矿床的条带状铁建造下部为灰绿色千枚岩段, 上部为灰色千枚岩段。原岩建造为基性火山岩-泥质-中酸性杂砂岩-硅铁质建造。总之, 这类铁矿床可与绿岩带的阿尔戈马型铁矿相对比。

大规模金矿的成矿作用也出现在新太古代, 金矿床的形成主要在新太古代末期或新太古代-古元古代, 与绿岩带关系密切。较具规模的是河北迁西金厂峪特大型金矿床(储量 58.98 t)和吉林桦甸夹皮沟金矿床密集区内的三道岔、板庙子和二道沟等中型金矿床。金矿床的赋矿围岩是受韧性剪切作用的斜长角闪岩和角闪斜长片麻岩所形成的糜棱岩, 呈石英脉型, 金矿物以自然金为主, 常与黄铁矿等共同产出, 金厂峪金矿床含金石英脉锆石 TIMS 法年龄为 $(2\ 539 \pm 23)$ Ma (李俊建等, 2002)、二道沟金矿床含金石英脉中锆石 TIMS 法年龄为 $(2\ 475 \pm 19)$ Ma (沈保丰等, 1998)。该类金矿床属绿岩带同构造晚期初生型金矿床(沈保丰等, 1997)。

分布在辽宁新太古代清原绿岩带中的红透山矿床是目前中国最古老的块状硫化物铜锌矿床(铜金属储量 51.1 万吨, 锌金属储量 66.5 万吨)。矿体赋存在清原岩群红透山岩组变粒岩为主的“薄层互层带”中。矿区构造为紧密倒转向形褶皱, 在向形构造枢纽部位, 出现一些形态复杂、产状多变的小型褶曲, 主构造为枢纽陡直的倾竖褶皱(张秋生等, 1988)。本区已发现的工业矿体都集中在向形构造西部倾竖褶皱枢纽内。从整体上看矿体产状为似层状, 与围岩整合接触, 并与围岩片理一致。但实际上矿体形态较为复杂, 有似层状、透镜状、柱状、脉状等。在倾竖褶皱枢纽部位出现矿柱。矿石的金属矿物组合主要有黄铁矿(占金属硫化物的 65%~80%)、磁黄铁矿(20%~30%)、闪锌矿(5%~10%)和黄铜矿(<10%)。矿石中主要有用组分为 Cu、Zn 和 S, 伴生有用组分为 Au、Ag、Cd、Se、In、Co 等。矿床形成与海底火山喷流作用关系密切, 含矿岩系为分异较好的镁铁质-安山质-长英质钙碱性火山岩, 属 VHMS 型(沈保丰等, 1994a; 1994b)。

1.4 古元古代(2 500~1 800 Ma)矿床

古元古代是中国前寒武纪一次十分重要的成矿期, 它不仅和华北陆块广泛分布, 而且在扬子陆块上

也显示其出其重要性。在此期间除铁和金大规模成矿外,还有石墨、菱镁矿、滑石、铜、铅锌等成矿。铁矿仍是此时期大规模成矿的重要矿种,但其规模和分布范围则远逊于新太古代的铁矿。矿床类型主要有两类:在华北陆块有山西岚县袁家村超大型铁矿床(铁矿石储量 8.945 亿吨)和云南新平大红山特大型铁铜矿床(铁矿石储量 4.58 亿吨、铜金属储量 135 万吨)。袁家村超大型铁矿床的含矿岩系是古元古代吕梁群袁家村组。袁家村组可再细分 3 个段,相应为 3 个矿带。每个矿带的底部均从变质石英砂岩起,经绢云石英片岩、绢云千枚岩、绿泥片岩、铁硅质岩,到绿泥片岩而绢云千枚岩,也就是说原岩由碎屑岩经粘土岩到化学沉积岩再到粘土岩。条带状铁建造的铁矿物,以氧化物相的赤(或镜)铁矿和磁铁矿为主,有少量菱铁矿、黑硬绿泥石和镁铁闪石。铁矿床在浅海相的海湾-泻湖环境中形成,属苏必利尔湖型(沈保丰等, 1982)。

扬子陆块西南缘大红山铁铜矿床产于呈东西向展布的古元古界大红山群中。大红山群是一套浅-中等变质的海相火山喷发-沉积岩系,共分 5 个组,矿体产在火山喷发-沉积旋回的一定部位,铁矿与铜矿紧密共生,并呈多层交替产出。铁矿体主要产在第 3 组红山组中部的“次火山岩相”变钠质熔岩(钠长变粒岩)中,富集在钠质的火山熔岩与火山碎屑岩及大理岩的过渡部位。主要铜矿体则赋存在第 2 组曼岗河组中的角闪片岩和大理岩的过渡部位,主要产于石榴黑云片岩(变钠质凝灰岩)与黑云白云石大理岩及变钠质熔岩的过渡部位,容矿岩主要为石榴角闪片岩、黑云钠长片岩及白云石大理岩。矿区有 7 个含矿层位,共 79 个矿体。主要铜矿是赋存于曼岗河组第三段的 I 号矿体,分 3 个矿体,均为铁铜共生。主要铁矿是赋存于红山组第一段的 II 号铁矿带,分 5 个矿体,除 II-4 矿体是铁铜共生外,其它均为单一铁矿体。矿体形态以层状、似层状为主,层位稳定。矿石构造以条纹状、条带状为主。矿床形成条件较为复杂,主要位于活动大陆边缘裂谷盆地,矿体沿受断裂控制的火山机构呈有规律的分布,并在海相偏碱性的中基性火山喷发、溢流和间歇时期形成不同类型的矿体。

古元古代大规模金成矿作用主要分布在华北陆块,矿床类型比新太古代单一的绿岩带同构造晚期初生型脉型金矿多,有绿岩带脉型金矿(如小秦岭文峪大型金矿床),也有绿岩带细脉浸染型金矿床(如辽西排山楼大型金矿床)及浅变质碎屑岩型金矿床(如辽宁猫岭大型金矿床)。古元古代是中国最早形成大规模铜矿的时间,不仅在云南大红山与铁矿共同产出,而且在华北陆块南缘古元古代中条裂谷中形成中国超大型的铜矿峪铜矿床及胡家峪、崑子沟等一批中、小型铜矿床,构成铜矿床密集区。铜矿峪超大型铜矿床(铜金属储量 267.2 万吨)赋存在古元古代绛县群铜矿峪亚群骆驼峰组变火山-次火山岩系内。矿体容矿围岩主要为变石英晶屑凝灰岩、变石英斑岩,其次为变石英二长斑岩。矿体呈扁平透镜体。矿化类型早期以细脉浸染状为主,晚期为脉状。主要金属矿物有黄铜矿、黄铁矿、辉钼矿等。矿床成因类型为与裂谷拉伸作用有关的受变质海相火山-斑岩型铜矿床。

古元古代也是最早的铅、锌、硼、菱镁矿、滑石大规模成矿期,而且集中分布在华北陆块北缘中段辽吉裂谷和冀北蔡家营子地区。硼矿床主要产在辽吉古元古代裂谷中央凹陷区里尔峪组含硼岩系内。含硼岩系是一套夹镁质碳酸盐岩的,以富钠、铁、硼为特征的火山-沉积岩系。区内分布着翁泉沟、后仙峪、砖庙等近百个大、中、小型矿床和矿点,其中翁泉沟硼铁矿床属超大型规模。翁泉沟硼铁矿床(B_2O_3 储量 2 185 万吨,Fe 矿石储量 2.8 亿吨)产在辽河群里尔峪组变粒岩所夹蛇纹岩中。矿区分上下两层矿,9 个矿体。矿体呈层状、似层状、透镜体状,长约 3 000 m,宽约 1 500 m。最大延深 600 m,一般厚度 30~50 m,厚度变化较大。I 号矿体规模最大,储量占全区的 90%。矿石类型主要为硼镁铁矿-磁铁矿型。矿石 B_2O_3 含量最高 22.68%,一般 4%~10%。成矿物质是与海底火山活动有关的含硼流体,属变质改造的热液沉积矿床。

在辽吉裂谷中央凹陷区近北缘斜坡带一侧的辽河群高家峪组二段和大石桥组三段的碳酸盐岩内,分布着近百个规模不等的铅锌(银)矿床,构成一个巨大的铅锌(银)矿带,其中青城子为大型铅锌矿床(铅金属储量 73 万吨,锌金属储量 34 万吨)。青城子铅锌矿床由 13 个矿体组成。东区以榛子沟层状铅锌矿为代表,容矿围岩为高家峪组条纹状含石墨大理岩;西区以喜鹊沟脉状铅锌矿为代表,容矿围岩为大石桥组三段透闪透辉大理岩。矿区内花岗岩侵入体出露面积达 1/5 以上,既有古元古代辽吉花岗岩,也有印支期的黑云母花岗岩体。矿体形态有层状、似层状、脉状、囊状。脉状矿体多出现在层状矿体上

盘,或受层间韧-脆性断裂及旁侧的羽毛状裂隙所控制。层状矿体的矿石成分比脉状、似层状矿体简单,前者主要的金属矿物为闪锌矿,后者则为方铅矿。属 Sedex 型。

菱镁矿-滑石矿床主要分布在辽宁海城一大石桥一带,在长达 60 km 的范围内,分布着海城(含王家堡子、下房身、金家堡子 3 个矿段)、桦子峪、青山怀、平二房、圣水寺等大型-超大型菱镁矿床和范家堡子、水泉、杨家甸、范马峪等大中型-超大型滑石矿床,其中海城菱镁矿床储量 8.61 亿吨,为超大型,是目前世界上最大的菱镁矿床;范家堡子滑石矿储量为 3 808 万吨,属超大型。菱镁矿床主要产在裂谷西段北缘斜坡区,矿体主要赋存在大石桥组镁质碳酸盐岩中,其次是高家峪组镁质碳酸盐岩中,呈层状,具稳定层位,矿石矿物以菱镁矿为主。矿床形成在海湾潮间带环境,经绿片岩相-角闪岩相变质和变形作用改造,属受变质沉积型。滑石矿的区域分布与菱镁矿的分布范围几乎一致。但具有一定规模的滑石矿床大部分都出现在菱镁矿层与白云石大理岩的接触带,为受变质变形作用形成的挤压透镜状矿体。

古元古代亦是集中出现大规模石墨矿床的成矿期。在佳木斯微陆块、华北陆块等地形成一批像柳毛(晶质石墨储量 2 954 万吨、超大型)、南墅(晶质石墨储量 393.4 万吨、特大型)等那样的大型-超大型石墨矿床。柳毛矿床位于佳木斯陆块南缘,是超大型鳞片状晶质石墨硅线石矿床。含矿岩系为一套由硅线含墨石英片岩、硅线斜长片麻岩、石榴石墨片岩、蛇纹石化大理岩等组成的孔兹岩套。矿体赋存在古元古代麻山岩群麻山岩组石墨片岩、石榴石墨片岩和钙钒榴石石墨片岩中,呈复层状与变质地层产状一致。属沉积变质型矿床。

1.5 中元古代-新元古代青白口纪(1 800~800 Ma)矿床

中元古代-新元古代青白口纪是中国前寒武纪地质的广泛发育时间,其大规模成矿作用的类型也更复杂,既有产于大陆边缘的 Sedex 型铅锌、铜矿床,沉积型锰矿床外,也有与喷流沉积-碳酸岩有关的稀土、铌矿床和由于伸展作用形成的岩浆型铜镍矿床及有生物参与成矿作用的铁矿床。

内蒙古包头白云鄂博稀土、铌、铁矿床是中国中元古代一个世界级的巨型矿床,稀土占全国稀土总储量的 90%以上,占世界稀土矿总储量的 77%,铌矿储量也极大,铁矿石储量 14.59 亿吨。矿床产在中元古代狼山—白云鄂博裂谷东部的白云鄂博群尖山组上段,东西长 18 km,南北宽 0.5~5 km。矿层由 4 种产状不同的含矿地质体组成:①层状矿体;②含稀土、铌矿碳酸岩脉;③产于层状矿体中的后期含稀土、铌矿细脉和④白云岩和钾长板岩与华力西期花岗岩接触形成的硅卡岩矿床(白鸽等,1996),其中以层状矿体为主。矿床规模巨大,矿床矿物成分极为复杂,已发现矿物(包括变种)190 多种,其中铌钽矿物近 20 种,稀土矿物近 30 种。白云鄂博是一个有多次裂谷作用的地区,第一期裂谷发生在 1 728 Ma 左右,是白云鄂博群沉积时期,不仅有铁矿沉积,还有稀土矿化;第二期裂谷作用在 1 300~1 200 Ma,是火成碳酸岩浆活动,与其有关的含稀土流体交代了先期沉积的稀土铁矿床,使稀土进一步富集;第三期裂谷作用在 800~700 Ma,有碱性脉体活动(任英忱等,2000)。矿床属喷流-沉积,又经历与火成碳酸岩有关富稀土流体的叠加改造。

在中元古代狼山—白云鄂博裂谷的渣尔泰山群内,分布着甲生盘、东升庙、炭窑口和霍各乞 4 个大型-超大型铜铅锌硫铁矿矿床及对门山等近百个中小型矿床、矿点。东升庙是超大型黄铁矿铅锌铜矿床(黄铁矿储量 1.45 亿吨、锌金属储量 518.99 万吨,均为超大型,铅金属储量 106.78 万吨,为大型)。矿体主要产在渣尔泰山群的增隆昌组二岩段的黑云磁铁白云岩和阿古鲁沟组一岩段的千枚状含炭粉砂质板岩或位于板岩与碳酸盐岩的过渡带靠近碳酸盐岩一侧。矿体形态多为层状、似层状、透镜体状,与围岩呈渐变过渡关系。矿化具明显的侧向水平和垂直分带。矿物成分简单,颗粒较细,主要为黄铁矿、磁黄铁矿、闪锌矿、方铅矿、黄铜矿和磁铁矿。成因属 Sedex 型。

中元古代是中国首次较大规模的锰成矿期,矿化主要发育于华北陆块北缘中段,形成瓦房子、太平沟、东水厂、胥家窑等一批大、中、小型矿床和矿点,其中瓦房子锰矿为大型,锰矿石储量 3 765.8 万吨,赋存在蓟县系铁岭组中,有上、中、下 3 个含矿层,中、下两个含矿层具有工业意义。矿体形态为透镜状矿饼群。矿石自然类型有氧化锰矿石和碳酸锰矿石,其中氧化锰矿石有原生和次生两种成因。主要锰矿物有水锰矿、硬锰矿、软锰矿、褐锰矿、黑锰矿、含铁菱锰矿和含锰方解石等。属海相沉积型锰矿床。

在伸展构造体系作用下,在华北陆块西南缘大陆边缘裂谷中形成岩浆型金川超大型铜镍矿床,镍金

属储量 547.89 万吨,铜金属储量 346.5 万吨。容矿的镁铁质-超镁铁质岩体侵位于古元古代龙首山岩群的片岩、变粒岩、大理岩、斜长角闪岩和古元古代花岗质片麻岩中。岩体呈岩墙状,面积仅 1.34 km²。容矿岩石有二辉橄榄岩、橄榄二辉岩、斜长二辉橄榄岩、二辉岩和纯橄榄岩等,属铁质镁铁质-超镁铁质拉斑玄武岩系列。成岩时代 Sm-Nd 等时线年龄为 (1 508±31) Ma。主要金属矿物有磁黄铁矿、镍黄铁矿、黄铜矿、方黄铜矿及砷铂矿等矿物。矿石构造有浸染状、星点状、块状,具典型的海绵陨铁结构。成因为岩浆深部熔离-复式贯入型矿床(汤中立等, 1998)。最近李献华等(2004)获得金川超镁铁质侵入岩 SHRIMP 锆石 U-Pb 年龄为 827±8Ma,说明金川铜镍矿床形成于新元古代。

中元古代-新元古代青白口纪是扬子陆块十分重要的大规模铜的成矿期,主要形成分布在康滇裂谷中段东缘的昆阳群下亚群的因民组、落雪组内的东川地区的汤丹、因民、落雪、新塘和易门地区的铜厂、狮山、三家厂凤山等一批特大型-大、中型铜矿床。汤丹铜矿床铜金属储量 128.66 万吨,属特大型矿床。赋矿地层为落雪组,容矿主岩分两部分,下部为条带状和浸染状铜矿,产于灰黄、灰白色薄层泥砂质白云岩中;上部为藻席或礁藻形成的波纹状、马尾丝状主矿层,叠加网状或网脉状次要矿体或矿化。矿体呈层状、似层状、透镜体状。金属矿物以黄铜矿、斑铜矿为主。矿石结构有含铜碎屑结构、藻细胞结构、文象结构等,矿石构造为叠层状构造、浸染-层状构造、层纹状构造等。其成因属沉积-深源热水叠加改造型。最近邱华宁等(2002)在东川式落雪铜矿的两个石英样品中,获得 810~770 Ma 的 ⁴⁰Ar/³⁹Ar 等时线年龄,可能反映铜矿床的晋宁-澄江期成矿年龄或富集改造年龄。在华南陆块中元古代-新元古代青白口纪的板溪群、冷家溪群中产出黄金洞、沃溪、漠滨、西安、符竹溪、黄土店、龙江等受韧性剪切作用的浅变质碎屑岩型金矿床,其中沃溪金矿床为大型,金矿储量为 32.4 吨,属大型矿床,其余为中、小型金矿床。含金岩系为石英岩、页岩、板岩、千枚岩、片岩等浊积岩系。矿化类型有石英脉型和细脉浸染型,受韧-脆性剪切带控制。金属矿物以黄铁矿为主,其次为毒砂和磁黄铁矿,金矿物有自然金和银金矿。金矿主要形成在雪峰期。

新元古代青白口纪是中国富铁矿储量最大的海南石碌铁矿床的形成期。石碌铁矿床探明原生铁矿石储量 3.98 亿吨,坡积矿(已采完)铁矿石储量 1 764 万吨,合计 4.16 亿吨,并伴生钴、铜等金属,全矿区铁的平均品位 51.15%,是超大型富铁矿床。铁矿床赋存在青白口群石碌群内,共分 6 层,上、中、下 3 段,第 6 层为含矿岩系。矿床形成于海湾-泻湖环境,属受变质沉积矿床。

1.6 新元古代南华纪-震旦纪(800~543 Ma)矿床

新元古代南华纪-震旦纪是中国磷、锰、金红石及铅锌等大规模成矿作用的成矿期,主要在华南陆块,其次在华北陆块和桐柏—大别造山带内。从青白口纪末,华南古大陆开始裂解为扬子古大陆和华夏古大陆。在扬子古大陆东南缘被动大陆边缘的山地、山间盆地或断陷盆地中,并与冰川作用和生物成矿作用关系密切,形成了一批超大型、特大型、大型等热水沉积型的磷、锰、铁矿床。南华纪的下统(莲沱组、古城组)底部为陆源碎屑沉积组成,常含火山碎屑岩及火山熔岩,上部含冰成岩(下冰碛层);上统(大塘坡组、南沱组)常由冰碛层及间冰期的海相沉积层组成,冰碛层(上冰碛层)为南沱组,两个冰碛层之间为大塘坡组间冰期沉积。震旦纪的下统为由灰-灰黑色泥质白云岩组成的陡山沱组和上统由灰-灰白色为主白云岩组成的灯影组。铁、锰、磷在成矿时间上具有一定的规律性,铁矿床产在间冰期大塘坡组下部,锰矿床层位稍高,含矿地层主要为缺氧环境间冰期的大塘坡组,磷矿床中含有较多的藻类化石,主要产在上冰碛层以上的震旦纪碳酸盐岩层中。铁、锰等含矿岩层常与火山岩、凝灰岩层共同产出,反映其产在高地热环境。江西新余式铁矿床是中国时代最新的条带状铁建造铁矿床,矿带断续延伸达 350 km,已发现杨家桥(大型,铁矿石储量 2.15 亿吨)、良山(中型,铁矿石储量 2 451 万吨)、太平、寨口、下坊、井头、松山等一批铁矿床。含铁岩系是南华纪浅变质海相火山岩、火山沉积岩和碎屑岩。含铁岩层由绢云绿泥千枚岩、含磁铁绿泥千枚岩、磁铁石英岩、含磁铁绢云千枚岩和绿泥绢云千枚岩组成。矿石类型为磁铁石英岩和绿泥磁铁石英岩,条纹-条带状构造,类似于阿尔戈马型。本区是“湘潭式锰矿床”分布区,产有湘潭(中型,锰矿石储量 1 184 万吨)、民乐(大型,锰矿石储量 2 970 万吨)、松桃、秀山、古城等一批大、中、小型锰矿床。以湘潭锰矿床为例:锰矿床赋存在南华纪上统湘锰组(相当于大塘坡组)地层。湘锰组夹于两个冰碛层之间,由富含炭质、有机质和黄铁矿的黑色页岩、含锰黑色页岩和碳

酸锰矿层组成。矿石类型比较单一,为碳酸锰矿石,主要矿物为菱锰矿,有时见锰-藻鲕(球)粒和菌类莓球体结构。形成在浅海陆架-次深海拗陷滞流盆地中,成矿作用与冰川消溶时期的海水缺氧环境和藻类生物作用密切相关,属沉积型。本区也是大规模磷矿的成矿期,产出湖北荆襄(储量 5 亿多吨,超大型)、贵州开阳(储量 4.23 亿吨,超大型)等一批磷矿床。荆襄磷矿床的磷块岩矿体赋存在震旦纪陡山沱组下部含磷岩系中,底板为具干裂构造的铁锰质白云岩,顶板为厚层状粗晶白云岩。矿层由致密块状、蠕虫状、白云质条带状磷块岩组成。矿床形成与生物化学和浅海相化学沉积联合作用有关。在此期间扬子古大陆西侧的川滇裂谷带东侧的边缘活动带,是西南地区著名的铅锌成矿带,矿床赋存在震旦纪灯影组白云岩中,特别是二段含藻层白云岩,在地层中还经常有膏盐层相伴产出。按矿体产状分层状和脉状两类,其中以脉状矿床规模较大,如大梁子(锌金属储量 225.2 万吨、铅金属储量 12.9 万吨,特大型)、天宝山(锌金属储量 114.6 万吨、铅金属储量 16.1 万吨,大型)、团宝山均属此类。大梁子矿床的赋矿层位是震旦纪灯影组白云岩,矿体受北西西向断裂控制,具明显的切穿地层,显示后生成矿特征。矿石成分以闪锌矿为主,其次是方铅矿、黄铜矿等,属于 MVT 型(密西西比河谷型)(林方成, 1994; 刘文周等, 2002)。在此期间,也形成大规模金红石矿,具有代表性的是湖北枣阳大阜山矿床。该矿床探明金红石储量 556.93 万吨,含 TiO_2 2%~2.6%,伴生石榴石储量 2 444 万吨,是大型矿床。大阜山金红石矿床位于桐柏—大别造山带西北端,主要赋存在变基性岩体-石榴角闪岩体中,岩体与震旦纪地层呈侵入接触。容矿岩石主要是石榴角闪岩,其次为富钠黝帘石岩和钠黝帘石岩。矿体的产状、形态完全受石榴角闪岩体的控制。岩体形成时间不清,可能是震旦纪(?)。矿床为变质岩浆型。

2 矿床的空间分布

中国前寒武纪矿床的空间分布与中国前寒武纪地壳演化紧密相关,它具有以下特征:

(1) 中国东部前寒武纪矿床的分布数量、规模、成矿时期远远大于、多于中国西部(指东经 108°以西)广大地区。

中国前寒武纪多数矿床分布在东部,而且矿种多、铁、铜、铅锌、锰、镍、金、黄铁矿、磷、硼、菱镁矿、滑石、石墨等金属、非金属矿床都有;成矿时代长,从古太古代开始一直到南华纪-震旦纪;规模大,前寒武纪的超大型、特大型的矿床大多数都产于该区。在中国西部前寒武纪矿床分布有限、规模不大、矿种较少,尚未发现确切的太古宙矿床,其中南方比北方重要,在南方以云南、川西、黔西较多,北方在内蒙古西部、新疆、青海、甘肃等地也有分布。在云南、川西的康滇裂谷带中产出元古宙的大红山式、东川式铜(或铜铁)矿床和会理、会东的 MVT 型(密西西比河谷型)铅锌矿床、云南惠民铁矿床和震旦纪开阳等磷块岩型矿床。在北方以内蒙古中元古代东升庙、炭窑口的黄铁矿、铜、铅锌矿床和甘肃镜铁山特大型铁矿床最为重要。在新疆的元古宙且干布拉克超大型蛭石矿床,新疆、青海、甘肃等分布着中小型元古宙沉积变质铁矿床。

(2) 前寒武纪矿床主要分布在陆块区,在造山带中较少。

中国前寒武纪矿床主要分布在华北陆块、扬子陆块,其次在华夏陆块、佳木斯微陆块和塔里木陆块,而在昆仑—祁连—秦岭造山带、桐柏—大别造山带内分布较少。华北陆块是中国前寒武纪矿产分布最多的陆块区,其中尤以铁、稀土、铌、金、硼、菱镁矿、滑石、铅、锌、镍、石墨等最为重要。如分布在鞍本、冀东、吕梁 3 个地区的条带状铁建造(BIF)铁矿床的探明储量达 220.7 亿吨,占全国总储量的 41.52%。北缘西段的白云鄂博稀土-铌-铁矿床,是世界级稀土矿床,占世界总储量的 77%。翁泉沟硼铁矿床、海城菱镁矿床、范家堡子滑石矿床、东升庙黄铁矿-铅矿床、铜矿峪铜矿床、金川铜镍矿床等均超大型矿床。成矿时代从古太古代到青白口纪的各个时期内均有。由于华北陆块的地壳演化历史较早,因而中国铁、铜、金、铜镍、铅、滑石、菱镁矿、变质磷矿、钒钛磁铁矿等最老成矿时代的矿床均分布在本区。扬子陆块亦是前寒武纪成矿较为重要的地区,但矿种和成矿特征与华北陆块有较大的差别,主要成矿时代是元古宙,从古元古代直到震旦纪。主要矿产有铜、锰、磷、铅、金、铁等。铜矿主要产在川滇裂谷带中,也是目前中国最主要的铜矿带,有古元古代的拉拉厂铜矿床和大红山铁铜矿床,

中元古代到新元古代青白口纪中的东川、易门铜矿田。前寒武纪锰矿床是扬子地台的优势矿种,特别是分布在湘西、湘北、黔东、川东南及湖北长阳地区的南华纪中的湘潭、花垣、江口、棠甘山、大塘坡、杨立掌、笔架山等锰矿床。这类锰矿床占扬子陆块锰矿探明储量的 24.77%, 探明优质锰矿储量的 16.6%。中国最主要的具工业价值的磷矿床基本上都分布在本区, 成矿时代以新元古代震旦纪陡山沱组为主, 较重要的磷矿床有湖北荆襄、晓峰、丁家河、盐池河、白果园、白竹和贵州的开阳、息峰、瓮安等。矿床是与生物作用有关的沉积型。产在江西中部的新元古代的新余式铁矿, 已查明大小矿床(点) 30 余处, 是扬子陆块的主要铁矿床, 也是中国成矿时代最新的条带状铁建造(BIF) 铁矿床。而分布在湘西、湘中冷家溪群、板溪群中的沃溪、西安、符竹溪、冷家溪等受韧性剪切作用控制的浅变质碎屑岩型金矿床则是扬子陆块前寒武纪金矿床的主要类型。华夏陆块的前寒武纪矿床以石碌铁矿床最为重要, 形成于新元古代青白口纪, 是目前中国储量最多的富铁矿床。塔里木陆块前寒武纪矿床目前发现不多, 其中以产在新元古代晋宁期超镁铁质岩-碳酸岩杂岩体内的蛇纹岩和黑云次透辉岩中的且干布拉克岩浆型蛭石矿和磷矿较重要, 此外在哈密天湖还产出有青白口纪沉积变质-热液改造型磁铁矿床。佳木斯微陆块虽然面积不大, 但以柳毛、云山、佛岭等晶质石墨矿床、羊鼻山沉积变质铁矿床及与东风山与铁建造有关的金矿床具有特色。昆仑—祁连—秦岭—大别造山带延伸达数千公里, 矿产十分丰富, 成矿时期主要是显生宙, 而前寒武纪的矿床分布则不多。

(3) 陆块边缘和陆块内部裂谷是前寒武纪矿床产出的十分有利的空间。

中国前寒武纪矿床的分布主要在陆块的边缘, 如华北陆块北缘东西长约 1 500 km, 南北宽约 200~300 km, 涉及辽宁全省、吉林南部、河北北部和内蒙古中西部, 面积约 400 000 km², 是中国前寒武纪条带状铁建造铁矿床、太古宙绿岩带型金矿床、VHMS型和Sedex型铅锌矿床、与喷流沉积-碳酸岩有关的稀土热水叠加的稀土-铌-铁矿床、变质沉积型(或叠加热水改造) 菱镁矿床和滑石矿床、受变质火山沉积型硼矿床等的主要产区。在华北陆块西南缘产出中国最大的金川铜镍矿床。在陆块内部的裂谷亦是成矿的十分有利部位, 如中条裂谷、辽吉裂谷等均蕴藏着十分丰富的矿产资源。在扬子陆块的西南缘、北缘和东南缘是该区矿产资源的集中分布区。扬子陆块东南缘中西段是新元古代沉积型磷块岩矿床、湘潭式锰矿床、新余式铁矿床、沃溪式金矿床等主要产区。而扬子陆块的西南缘则集中产出东川式铜矿床、大红山—拉拉厂式铜(铁) 矿床、大梁子等MVT型铅锌矿床和满银沟等沉积变质铁矿床等。

3 结 语

(1) 中国前寒武纪蕴藏着丰富的矿产资源, 形成了众多的铁、铜、铅锌、镍、金、稀土、锰、石墨、菱镁矿、滑石、硼、磷、硫铁矿、金红石、蛭石等超大型-大型矿床。成矿时代从古太古代到震旦纪, 但以新太古代、古元古代、中元古代-青白口纪 3 个时期为成矿的高峰期。

(2) 随着中国前寒武纪地史的演化, 成矿物质种类具有明显变化。太古宙以铁为主, 有少量的铜、锌、金和石墨。进入元古宙后, 成矿物质有明显增多, 除铁外, 大量出现铜、铅、锌、金、铜镍、锰、石墨、硼、菱镁矿、滑石、磷等成矿物质。与此同时矿床类型也由单一到多样, 太古宙早期铁矿床主要类型为浅海沉积变质型, 在新太古代则为与绿岩带有关的阿尔戈马型铁矿、VHMS 型铜锌矿和金矿, 从古元古代起矿床的类型明显增多, 不仅有浅海沉积变质型铁矿、VHMS 型铅锌矿和与绿岩带有关的金矿, 还有 Sedex 型铜铅锌矿床、沉积变质型石墨矿床、受变质沉积(或火山沉积) 型菱镁矿床、硼矿床、受变质海相火山-斑岩型铜矿床、喷流沉积-热液交代型稀土-铌-铁矿床、岩浆型硫化物铜镍矿床, 自中元古代起生物成矿作用也明显增多, 到新元古代达到高峰形成超大型开阳、荆襄等磷矿。

(3) 中国前寒武纪矿床主要分布在陆块区, 尤以华北陆块、扬子陆块较多, 较少分布在造山带。而陆块边缘和陆块内部裂谷是前寒武纪矿床产出的十分有利的空间。

参考文献

- 白 鸽, 袁忠信, 等. 1996. 白云鄂博矿床地质特征和成因论证[M]. 北京: 地质出版社. 1~104.
- 李俊建, 沈保丰, 骆 辉, 等. 2002. 华北地台北缘中段金矿床成矿年代学研究[J]. 前寒武纪研究进展, 25(3-4): 233~239.
- 李献华, 苏犁, 宋彪, 刘敦一. 2004. 金川超镁铁质侵入岩 SHRIMP 锆石 U-Pb 年龄及地质意义[J]. 科学通报, 49 (4): 401-402.
- 林方成. 1994. 四川会东大梁子铅锌矿床成因新探[J]. 矿床地质, 13(2): 126~136.
- 刘敦一, Nutman A P, Williams J S, 等. 1994. 中朝克拉通老于 38 亿年的残余陆壳-离子探针锆石微区 U-Pb 年代学证据[J]. 地球学报, 1~2: 3~13.
- 刘文周, 王奖臻, 李泽琴. 2002. 康滇地轴东缘铅锌矿床地球化学特征[J]. 矿床地质, 21(增刊): 173~176.
- 邱华宁, Wijbrans J R, 李献华, 等. 2002. 东川式层状铜矿 $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ 成矿年龄研究: 华南地区晋宁-澄江期成矿作用新证据[J]. 矿床地质, 21(2): 129~136.
- 任英忱, 王凯怡. 2000. 白云鄂博超大型 REE-Fe-Nb 矿床研究[A]. 见: 涂光炽, 等, 着. 中国超大型矿床 (I) [C]. 北京: 科学出版社. 10~26.
- 沈保丰, 宋亮生, 李华芝. 1982. 山西省岚县袁家村铁建造的沉积相和形成条件分析[J]. 长春地质学院学报, 增刊: 31~51.
- 沈保丰, 骆 辉, 韩国刚, 等. 1994a. 辽北-吉南太古宙地质及成矿[M]. 北京: 地质出版社. 1~255.
- 沈保丰, 骆 辉, 李双保, 等. 1994b. 华北陆台太古宙绿岩带地质及成矿[M]. 北京: 地质出版社. 1~202.
- 沈保丰, 毛德宝, 李俊建. 1997. 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, 20(4): 1~12.
- 沈保丰, 李俊建, 毛德宝, 等. 1998. 吉林夹皮沟金矿地质与成矿预测[M]. 北京: 地质出版社. 1~175.
- 汤中立, Barnes S J. 1998. 岩浆硫化物矿床成矿机制[M]. 北京: 地质出版社. 1~60.
- 姚培慧, 王可南, 杜春林. 等. 1993. 中国铁矿志[M]. 北京: 冶金工业出版社. 1~662.
- 姚培慧, 林镇南, 杜春林, 等. 1995. 中国锰矿志[M]. 北京: 冶金工业出版社. 1~541.
- 张秋生, 等. 1988. 辽东半岛早期地壳与矿床[M]. 北京: 地质出版社. 1~552.
- 《中国矿床发现史·综合卷》编委会. 2001. 中国矿床发现史综合卷[M]. 北京: 地质出版社. 1~801.
- Jahn B.M., Auvray B., Conicher J., Bai Y.L., Shen Q.H., Liu D.Y. 1987. 3.5Ga old amphibolites from eastern Hebei province, China: Field occurrence, Pterography, Sm-Nd isochron age, REE geochemistry [J]. Precambrian Research, 34: 311-346.

Temporal and Spatial Distribution of Precambrian Mineral Deposits in China

Shen Baofeng, Yang Chunliang, Zhai Anmin, Hu Xiaodie, Cao Xiulan and Gong Xiaohua
(Tianjin Institute of Geology and Mineral Resources, Tianjin 300170, China)

Abstract

This paper has made a detailed analysis of the temporal and spatial distribution of Precambrian mineral deposits in China. It is pointed out that there exist abundant Precambrian mineral resources in China, forming numerous large-superlarge iron, copper, lead, zinc, nickel, gold, REE, manganese, graphite, magnesite, talc, boron, phosphorus, pyrite, rutile and vermiculite deposits. The minerogenetic epoch lasted from Paleoarchean to Sinian, with Neoproterozoic, Paleoproterozoic and Mesoproterozoic-Qingbaikouan being the culmination periods. With the geological evolution in Precambrian, minerogenetic materials and types of mineral deposits obviously varied and increased. Precambrian mineral deposits are mainly distributed in paleocontinents, especially in North China platform and Yangtze platform, with a few distributed in orogenic belts. Paleocontinental margins and rifts within paleocontinents are very favorable places for the distribution of Precambrian mineral deposits in China.

Key words: Precambrian mineral deposit, temporal and spatial distribution, minerogenetic epoch, paleocontinental margin, China