超星·期刊

DOI:10.19948/j.12-1471/P.2022.01.06

华北地区铁矿资源成矿规律初探

李俊建[1,2],党智财[1,2*],彭 翼[3],张 彤[4],宋立军[5],倪振平[6],郭国海[7]

(1.中国地质调查局天津地质调查中心,天津300170; 2.华北地质科技创新中心,天津 300170;
3.河南省地质调查院,郑州 450007; 4.内蒙古自治区地质调查院 呼和浩特 010020; 5.山东省地质调查院,
济南 250013; 6.河北省地质调查院,石家庄 050081; 7.山西省地质调查院,太原 030006)

摘 要:华北地区地处古亚洲、特提斯和环太平洋三大构造体系交汇部位,地质演化历史悠久,岩浆活动频繁,成矿地质条件优越,铁矿资源丰富。已查明铁矿床1 085处,主要分布在河北省、河南省、山东省、山西省、内蒙古中西部和北京市,构成了冀东、包头、莱芜、五台-岚县、许昌-舞阳、邯邢等多处重要的国家级铁矿资源基地。矿床类型有受变质型(沉积变质型)、岩浆型、接触交代型(矽卡岩型)、海相火山岩型、陆相火山岩型、岩浆热液(狭义)型、化学沉积型、机械沉积型和中低温热液型,以受变质型、接触交代型、岩浆型、海相火山岩型为主。华北地区铁矿形成时代从太古代至中生代,其中贫铁矿以太古代、元古代为主,富铁矿以中生代为主。华北地区铁矿床划分出与变质作用、岩浆作用、沉积作用和不明流体作用有关的成矿系列11个,并初步建立了铁矿床成矿谱系。经综合评价,在华北地区划分出76个重要铁矿找矿远景区,显示了良好的铁矿资源潜力。尤其在莱芜-禹城、邯郸-邢台、安阳-林州、古交-临汾-平顺地区圈定出的接触交代型富铁矿成矿带,将成为下一步华北地区富铁矿找矿的最佳部署区带。

关键词:铁矿;资源概况;矿床类型;成矿系列;成矿规律;资源潜力;华北地区

中图分类号: P618.31 **文献标识码:** A **文章编号:** 2097-0188(2022)01-0079-13

铁矿石是钢铁工业的基础原材料,国民经济、国防工业对钢铁的巨大需求,使得铁矿石向来受到国内外学者高度关注[1]。中国铁矿现状是贫铁矿多、富铁矿少,长期依赖进口国外铁矿石才能保障国内的铁矿生产。长远看,必须依靠国内资源、稳定国际资源才是长久之计[2-7]。华北地区地处古亚洲、特提斯和环太平洋三大构造体系交汇部位,地质演化历史悠久,岩浆活动频繁,成矿地质条件优越,铁矿资源丰富,是我国重要的钢铁产地,其中河北省的钢铁产量位居全国第一。近年来在冀东、鲁西、河南舞阳-新蔡、山西五台山等地前寒武纪铁矿和鲁中富铁矿找矿均有重大找矿突破,如河北滦南县司家营铁矿、长凝铁矿、青龙山-庆庄子铁矿、马城-闫庄铁矿、鲁家坨铁矿,山西呼延庆山铁矿、南坡村-孙家庄铁矿、石河铁矿,山东颜店铁矿、兰陵铁矿、大刘庄-龙王庙铁矿、张家洼富铁矿、齐河-禹城李屯、潘店富铁矿等深部勘查均取得重大突破,显示了良好的找矿潜力,因此加强华北地区铁矿成矿规律的总结,对华北地区铁矿勘查工作部署具有重要意义。

1 铁矿资源概况

华北地区行政位置包括河北省、河南省、山东省、山西省、天津市、北京市和和内蒙古中西部地区(不包括东三盟和赤峰市),大地构造位置是以华北陆块为中心,南接秦祁昆造山系,北接天山-兴蒙造山系,该区地壳经历了古、中太古代陆核孕育、新太古代初始克拉通化、古元古代克拉通结晶基底形成、中-新元古代大陆裂陷(或裂谷)、古生代稳定地台盖层沉积和中生代燕山陆内造山作用等地质演化阶段,具备了形成多种矿产极为有利的地质环境,形成了冀东、包头、莱芜、五台-岚县、许昌-舞阳、邯邢等铁矿资源基地(图1)。

华北地区铁矿资源十分丰富,截止2016年累计查明铁矿床1 085个,其中超大型矿床3个、大型矿床

收稿日期:2022-02-20

资助项目:中国地质调查局项目(DD20190379-31、1212011121029、200110200038);国家重点研发计划"深地资源勘查开采"重点专项课题(2016YFC0600107、2018YFC0603805-1)

作者简介:李俊建(1962-),男,研究员,博士生导师,主要从事区域成矿学研究和矿产勘查工作,E-mail:tjljunjian@163.com;*通讯简介:党智财(1989-),男,硕士,高级工程师,主要从事区域成矿学研究及矿产勘查工作,E-mail:dangzhicai@163.com。

超星·期刊

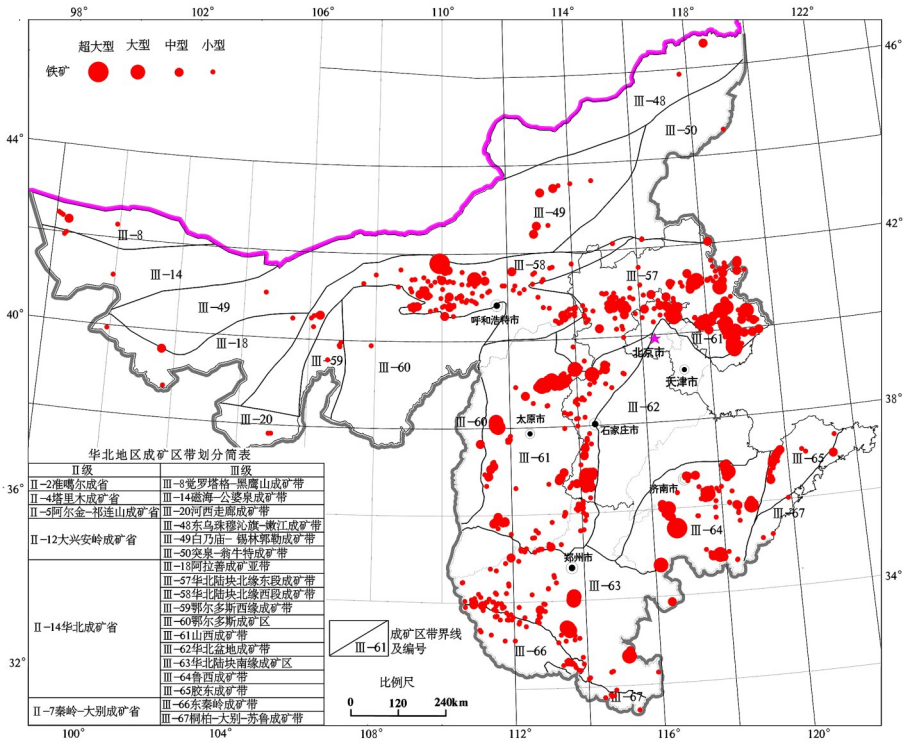

图1 华北地区铁矿床分布图[8]

Fig.1 Map of distribution for Fe deposits in North China(After Li Junjian,2021)

50个、中型矿床275个、小型矿床757个①②③。按省级统计，河北省累计查明铁矿床413个，其中超大型1处、大型矿床20个、中型矿床128个、小型矿床264个，河南省查明铁矿床162个，其中大型矿床6个、中型矿床8个、小型矿床148个，山西省查明铁矿床132个，其中大型矿床13个、中型矿床39个、小型矿床80个，山东省查明铁矿床165个，其中超大型矿床1个、大型矿床7个、中型矿床51个、小型矿床106个，内蒙古中西部地区查明铁矿床166个，其中超大型矿床1个、大型矿床1个、中型矿床28个、小型矿床136个，北京市查明铁矿床数47个，其中大型矿床1个、中型矿床23个、小型矿床23个，天津市仅有铁矿点产出。

2 铁矿床类型

华北地区铁矿床丰富，成因类型较多，参考《中国矿产地质志研编技术要求》中的矿床(成因、工业)类型划分方案等④，依据华北地区铁矿床特征，将其划分为受变质型(沉积变质型)、岩浆型、接触交代型(矽卡岩型)、海相火山岩型、陆相火山岩型、岩浆热液(狭义)型、化学沉积型、机械沉积型和中低温热液型等9种类型[9-11]，以受变质型、接触交代型、岩浆型为主。

2.1 受变质型(沉积变质型)铁矿床

受变质型(沉积变质型)铁矿床是区内最重要的铁矿床类型，主要分布在冀东、鲁西、五台-岚县、舞阳-许昌、包头-集宁等地区，在内蒙古西部乌海及阿拉善也有少量分布。截止2016年累计查明铁矿床584处，其中超大型2处、大型38处、中型172处、小型372处。代表性矿床有河北司家营-大贾庄、马城、长凝、孟家沟、石人沟、水厂、黄官营、榨兰杖子、独山城、梓椤台，山西柏枝岩、山羊坪、大草坪、赵村、平型关、白峪、峨口、孔峪、狐姑山、尖山、袁家村，河南许昌、泉店-灵井、经山寺、铁山、刘营-黄庄，内蒙古三合明，山东颜店、彭集、大刘庄、王埝沟和北京沙厂等。

水厂式铁矿：分布在冀东地区。赋矿地层为迁西岩群水厂岩组，有两个主含矿层，分别为含磁铁石英岩的二辉麻粒岩-次透辉石岩建造、紫苏辉石-次透辉石磁铁石英岩建造；原岩建造为含沉积岩的火山岩系-硅铁建造。变质程度达麻粒岩相，普遍遭受混合岩化作用。矿体的展布及形态、产状受迁安隆起周边的褶皱带控制，向斜利于铁矿的保存，向斜核部和转折端处矿体加厚，两翼变薄甚至拉断，厚度、产状变化较大。矿体多呈似层状，规模较大。矿石矿物以磁铁矿为主，假象赤铁矿次之，次生矿物有褐铁矿等。矿石有磁铁石英岩、透辉磁铁石英岩、磁铁辉石岩和赤铁石英岩等四种基本类型。

司家营式铁矿：分布在冀东地区，赋矿地层为滦

①国土资源部. 中国矿产资源报告[R].2016.

②李俊建等.华北地区重要矿种区域成矿规律研究成果报告[R].天津地质调查中心,2013.

③李俊建等.华北地区重要矿种区域成矿预测研究成果报告[R].天津地质调查中心,2013.

④中国矿产地质志项目办公室.中国矿产地质志研编技术要求[R].中国地质科学院矿产资源所,2016.

超星·期刊

县岩群阳山岩组，含矿建造为含磁铁石英岩的黑云变粒岩夹斜长角闪岩建造、含磁铁石英岩的黑云变粒岩夹片岩（大理岩）建造、下部为铁闪石–阳起石磁铁石英岩建造。原岩建造为火山岩–沉积岩系–硅铁建造。变质程度达绿帘–角闪岩相，普遍遭受混合岩化作用。矿床受司家营–大贾庄复式倒转向斜构造控制，属于“司马长”复式褶皱的次一级褶皱。原始沉积的铁矿层同围岩一起褶皱变形，因被剥蚀作用，仅向斜部分的矿体被保存下来。矿体呈层状或似层状平行带状排列，矿体层位稳定，向斜核部矿体加厚。部分呈透镜状或扁豆状。由于构造和古地形的影响，厚度变化较大，形态变化较复杂，沿走向和倾向均有突然尖灭、分枝复合和膨缩现象。矿石以磁铁石英岩为主，阳起磁铁石英岩和角闪磁铁石岩次之。矿石矿物以磁铁矿、假象赤铁矿为主，次为赤铁矿。

山羊坪式铁矿：分布在五台山一带，赋矿地层为五台岩群文溪岩组，文溪岩组原岩为一套基性火山岩夹硅铁建造。主要岩性为斜长角闪岩、（绿帘）角闪片岩、角闪变粒岩、黑云变粒岩夹条带状磁铁石英岩组合，变质作用达低角闪岩相。矿体一般呈层状、似层状产出，因褶皱作用矿体产状变化较大。在东矿区矿层厚度普遍加厚，形成透镜状、“S”结状等形态不规则的矿体。矿层与围岩界线一般比较清楚，但局部相变为含铁片岩与云母石英片岩。主矿体矿层东西延长850 m，南北353 m，平均厚43.38 m，最厚220 m。矿石矿物以磁铁矿为主，其次是赤铁矿、假象赤铁矿、褐铁矿等含铁矿物，含少量黄铁矿、磁黄铁矿、白铁矿、黄铜矿及毒砂等硫化物矿物。TFe品位为28.15%～35.00%、SFe品位为26.31%～34.32%。

袁家村式铁矿：分布于吕梁山一带，矿床产在与五台岩群层位相当的吕梁岩群中，主要由绿泥片岩，绢云千枚岩，碳质千枚岩，绢云绿泥片岩，石英岩及磁铁石英岩组成，其中夹少量大理岩和燧石岩，属条带状铁建造型铁矿。但由于吕梁岩群的形成环境与五台岩群截然不同，它属于浅海相正常沉积建造。吕梁岩群在吕梁山中北段变质程度由北向南逐渐递增，袁家村属于典型的绿片岩相变质，而到娄烦的尖山东升高为角闪岩相，但矿床的地质构造特征与袁家村铁矿无太大的差异。

铁山式铁矿：分布在舞阳一带，赋存铁矿的地层为太华岩群铁山岭岩组变质表壳岩残留于古元古代TTG岩套中，有上下两个含铁建造，每个含铁建造下部为石榴子石斜长角闪片麻岩、石榴子石（斜长）片麻岩，上部为磁铁矿层夹（蛇纹石）白云石大理岩、（辉石）角闪岩、（石英）辉石岩、含铁石英岩、金云母片岩等。铁矿层围岩为辉石岩、辉石大理岩或片麻状TTG、GMS岩套。铁矿石的矿物组合为磁铁矿–辉石、磁铁矿–辉石–石英和赤铁矿–石英。

许昌式铁矿：分布在嵩山一带，赋存铁矿的地层为新太古界登封岩群常窑岩组变质海相火山岩。含铁变质火山岩系主要由角闪斜长变粒岩、黑云斜长变粒岩、铁闪石片岩、绿泥片岩等组成，底部常见透闪片岩，磁铁蛇纹岩，透辉石岩及辉石岩。登封岩群呈规模较大的岩片保存于TTG岩套之中，呈近南北走向展布，表现为轴迹近南北走向的宽缓褶皱构造。矿体复层状分布在背斜两翼，矿石类型为角闪石英型、角闪石型和铁闪石型。

苍峄式铁矿：主要分布于鲁南峄城–苍山、鲁西南单县南部、东平–汶上等地，空间分布受中–新生代形成的一系列断陷盆地控制，受早期（主要是古元古代侵入岩作用）岩体侵入以及后期剥蚀影响，分布极为零星。铁矿床赋存于新太古代泰山岩群山草峪岩组变质岩系中，岩石组合为变质砾岩–斜长角闪岩、变粒岩–磁铁石英岩组合，岩性为黑云变粒岩、角闪变粒岩、二云变粒岩、浅粒岩、云母片岩，原岩为硬砂岩–泥质岩建造、中酸性火山碎屑岩–火山岩建造。含矿建造主要为条带状磁铁石英岩，由于受强烈挤压作用，含矿建造及矿体内褶皱、褶曲发育，矿体受褶皱控制明显。含矿建造内主要特点是条带较发育，条带主要由石英和磁铁矿微细颗粒相间排列组成，条带宽度不一，一般在0.5～2 cm之间。在新泰市二涝峪村南和村西山草峪岩组中，分别测得含矿围岩黑云变粒岩碎屑锆石SHRIMP U–Pb年龄为（2 572±16）Ma和（2 544±6）Ma[12,13]。

颜店式铁矿：仅在济宁市北部分布。根据钻探揭露，埋深在1 200～2 000 m之间，分布范围大约1 00 km^2，其它地区目前尚未发现有该类型铁矿。铁矿床赋存于新太古代济宁岩群变质岩系中，变质岩石构造组合类型为千枚岩–粉砂岩–磁铁石英岩组合，原岩为绢云千枚岩、绿泥绢云千枚岩、方解石英绢云千枚岩、变英安岩内。含矿建造为条带状方解磁铁石英岩、条带状磁铁石英大理岩。据万渝生、王世进等[12–15]对济宁岩群变质碎屑沉积岩和长英质岩浆岩

超星·期刊

进行的锆石SHRIMP U-Pb年龄测定，含砾绿泥绢云千枚岩的碎屑锆石年龄主要集中在2 700～2 610 Ma，变质长英质火山岩的岩浆锆石年龄为2 561±15 Ma。

受变质型（沉积变质型）铁矿，经历了原生成矿期和区域变质作用两个阶段，在原生成矿期，海底火山活动频繁强烈，带来了丰富的铁质，同时海底火山喷发伴随热水交代作用从下部的基性火山岩中汲取铁质，在海底表面沉积成矿。区域变质作用发生在新太古代-古元古代，原始含铁建造形成之后，主要经历了变质作用及复杂变形，变质作用使含铁建造在封闭条件下发生重结晶，保留含铁建造的条纹条带构造，改变了原岩的矿物成分和结构，使磁铁矿粒度加粗，更具工业意义；含铁建造由于强烈变形而形成褶皱，对矿体的形态与分布具控制作用，常使局部矿体加厚，向斜利于矿体的保存。

2.2 岩浆型铁矿床

岩浆型铁矿床主要分布在河北承德、平泉、赤城，河南栾川、南召、桐柏、新县，山东莒县，北京上庄等地，累计查明岩浆型铁矿床85处，其中大型8处、中型19处、小型58处。代表性矿床有河北大庙黑山、高寺台、梁超、刁富、哈叭沁西沟，河南赵案庄，山东肖家沟，北京上庄等。岩浆型铁矿床在成因上与不同地质时代的基性、超基性杂岩体有关，矿体直接产于岩体内，以铁矿物中富含钒、钛为特征，又称钒钛磁铁矿床[3,16,17]。其形成时代有新太古代（赵案庄、肖家沟铁矿等）、中元古代（大庙黑山、高寺台铁矿等）、早古生代（宣化大白阳、大营盘、响水沟、韩家沟铁矿）和中生代（上庄天宝、乌龙素沟铁矿等）

赵案庄式铁矿：分布在舞阳铁矿田的南侧，有北西走向分布的赵案庄、王道行中型铁矿，下曹、余庄、梁岗、苗庄和黄岗小型铁矿，以及曾庄、陈厂矿点。矿床产于新太古界赵案庄岩组片麻岩系的下部，为变质基性-超基性侵入岩体中的变质磷灰石-钛磁铁矿床。变质含矿超基性岩呈似层状、透镜状断续分布。铁矿体呈大小不一的多层似层状、透镜状，形态与岩体形态基本一致，且与围岩渐变过渡。矿体与岩体厚度大体呈正比关系。矿石构造主要为块状、浸染状，局部呈条带状。矿石矿物以磁铁矿为主，次为钛铁矿、黄铁矿、磁黄铁矿、铬铁矿、黄铜矿、沥青铀矿等。矿石类型为蛇纹石磁铁矿、磷灰石磁铁矿、角闪石磁铁矿、白云石磁铁矿。含铁35%～44%，伴生有磷、钛、钒、钍、铀、钴、硫及稀土元素。

肖家沟式铁矿：矿床主要赋存于新太古代南涝坡变辉长岩、变角闪辉石岩体内，岩体一般呈透镜状包体分布，单个岩体规模数十米至百米，岩体内钛、铁品位较高时即为矿体，该岩体的显著特征是Ti含量较高，岩体内TiO_2含量一般为2%～4%之间，高于其它同时期侵入岩体内钛含量。

黑山式铁矿：含矿岩体为大庙-黑山基性杂岩，岩性主要为苏长岩，斜长岩。苏长岩既是成矿围岩，又是成矿母岩，斜长岩是重要的成矿围岩。矿体成群成带出现，受北东向或北西向压扭性构造控制，矿体形态复杂，多呈脉状、透镜状、囊状、枝叉状及不规则状，膨缩及尖灭再现现象明显。空间上铁矿体、铁磷矿体与矿源苏长岩密切共生。贯入式矿体围岩为斜长岩或苏长岩或者二者的接触带间，矿体与围岩界线清晰，矿石为致密块状构造。分结式铁矿体围岩为矿源苏长岩，二者为渐变过渡关系，矿石具浸染状结构。铁磷矿带常分布于海拔较高地段，铁矿带分布于海拔较低地段，上磷下铁的特点明显。矿石金属矿物主要为含钒钛磁铁矿、钛铁矿、含钒磁铁矿，有少量含钴黄铁矿、黄铜矿、磁黄铁矿。

豫西赵案庄式铁矿床形成于新太古代超基性岩浆分凝作用；肖家沟式铁矿主要受控于新太古代南涝坡超基性侵入岩，富含钛、铁质的超基性岩浆上升、结晶分异过程中析出钛、铁质形成岩浆型铁矿床。该时期侵入的超基性岩体明显特征是钛元素含量较高可形成钛为主、铁为伴生的大型钛铁矿床。承德大庙一带岩浆型铁矿床受深断裂控制，深断裂为深部岩浆上侵提供了通道。深部岩浆房中在重力及结晶分异作用下，原始岩浆大致分成硅铝熔浆、铁镁硅铝熔浆、铁质矿浆，沿深断裂及断裂带多期次的侵入上升，先后生成斜长岩-淡色苏长岩-二长苏长岩-苏长岩 -暗色苏长岩-伟晶苏长岩等，在晚期苏长岩结晶时生成分凝式铁磷矿及贫铁矿。伴随苏长岩体生成，赋含挥发份的铁质矿浆，运移到苏长岩体周围斜长岩之断裂及裂隙中，生成铁磷矿体。铁质矿浆随后侵入上升，多在苏长岩体下盘斜长岩之断裂及裂隙中和斜长岩与苏长岩接触带沉淀，生成贯入式铁矿[18]。

2.3 接触交代型（矽卡岩型）铁矿床

该类型铁矿床主要分布于莱芜-淄博-禹城、邯郸-邢台、安阳-林州、古交-临汾-平顺、涞源-易县和大兴安岭中南段，在华北地台北缘和内蒙古阿拉善

超星·期刊

盟地区也有分布。累计查明接触交代型铁矿产地282处，其中大型5处、中型54处、小型206处、矿点17处。代表性矿床有河北西石门、胡峪、矿山村、五家子、北铭河、杨二庄、锁会、凤凰山、小屯桥、高家店、白涧、王窑、西毛、中关村、符山，山东张家洼、金岭、淄河、淮阳、张马屯–王舍人、顾家台、西尚庄、马庄、黑旺孤山、李屯、潘店，河南八宝山、曲里、乱石岭、大王庄，山西大王村、半山里、塔儿山、张家湾、曲沃、北山角、张家坡村、黑老顶，内蒙古朝不楞、卡休他他铁矿床等。

根据矿床所处大地构造位置及与成矿有关的侵入体岩性组合，可大致划分为：

(1)与燕山期中酸性侵入体有关的铁矿，主要分布在华北陆块中部的莱芜–淄博–禹城、邯郸–邢台、安阳–林州、古交–临汾–平顺、涞源–易县等地，在内蒙古东乌旗(朝不楞铁多金属矿)和阿拉善地区也有出露。

(2)与华力西期中性–中偏基性(或偏碱性)侵入体有关的接触交代型铁矿，主要分布在内蒙古阿拉善地区，成矿岩体为华力西期辉长岩(卡休他他铁钴矿)和石英闪长岩(沙拉西别铁铜矿)，围岩为中新元古代含大理岩的各类沉积建造，矿体均呈似层状、透镜状产出，磁铁矿为矿石的主要矿物。

(3)与华力西期中酸性侵入岩有关的铁矿，主要分布在内蒙古阿拉善地区，如产于阿拉善额济纳旗–北山弧盆系的索索井式铁铜矿，成矿与华力西期斑状花岗岩和钾长花岗岩有关，围岩为青白口系大豁落山群白云石大理岩，金属矿物以磁铁矿、赤铁矿、方铅矿、闪锌矿及黄铜矿为主。

邯邢式铁矿：主要分布在邯邢、莱芜–淄博–禹城、安阳–林州、古交–临汾–平顺等地燕山期幔源型碱性偏碱性岩体周边，岩体与奥陶系马家沟组灰岩的接触部位形成邯邢式接触交代型(矽卡岩型)铁矿床磁铁矿床。与接触交代型铁矿床有关的岩浆岩存在着较明显的成矿专属性，随着成矿岩体酸度的变化，即从辉长岩、辉绿岩类，到闪长岩、二长岩类，到中酸性杂岩体，到花岗闪长岩和花岗岩，铁矿伴生的金属元素组合相应依次发生变化：从钴(铜、镍、金、铂)–铜、钴(金)–铜、铅、锌(钼)–铜、铅、锌、钼。矿石金属矿物以磁铁矿为主，其次为黄铁矿、假象赤铁矿、黄铜矿、褐铁矿等；脉石矿物主要为透辉石、钙铁榴石、透闪石、金云母；其次有方解石、蛇纹石、阳起石、绿帘石、钙铁辉石、方柱石、符山石、白云石、绿泥石等。

朝不楞式铁锌多金属矿：分布在大兴安岭中南段，成矿岩体为燕山期黑云母花岗岩。铁矿体受矽卡岩带控制明显，矿区分为南北两个矽卡岩矿化带，南矿带(一、二矿带)和北矿带(三、四矿带)。一、三矿带的矿体均产于顺泥盆纪地层层理或层间裂隙的矽卡岩内，四矿带主要矿体分布于花岗岩与大理岩接触带矽卡岩中。矿体呈扁豆体、条带状及豆荚状成群成带平行断续分布，在平面上呈雁行状排列，剖面上呈重迭扁豆状和不规则筒状。金属矿物以磁铁矿为主，闪锌矿、辉钼矿少量，次要矿物有赤铁矿、镜铁矿、褐铁矿、磁黄铁矿、黄铁矿，白铁矿、黄铜矿等。元素含量：铁(TFe)最高为63.23%，最低20.06%，平均36.30%；锌(Zn)最高为30.87%，最低0.502%，平均3.533%。伴生的还有金、银等多金属矿。该矿床容矿花岗岩颗粒锆石U–Pb法年龄为(133.1±3.6)Ma、辉钼矿的Re–Os法年龄为135.3±2.9[19]。

该类铁矿床主要赋存于燕山晚期中酸性侵入杂岩体与(含膏)碳酸盐岩的接触带内。其中在华北陆块邯邢、莱芜–淄博、安阳林州、古交–临汾–平顺等地围岩为下–中奥陶统沉积有多层石膏及角砾灰岩，在朝不愣地区围岩为中上泥盆统塔尔巴格特组灰岩，在相同应力作用下易形成层间薄弱带，便于岩浆侵入。岩浆侵入过程中对膏盐层及其它盐类的同化作用增加了岩浆的碱度，利于铁元素的萃取、搬运和富集成矿。成矿母岩为深源中性或中偏碱性侵入岩，岩浆沿北东向和北西西向的区域性断裂交叉部位上侵，沿着薄弱角砾状灰岩层顺层侵入到地层中，形成多层似层状岩体与碳酸盐岩围岩接触带，在不同的有利接触构造部位或接触带附近，形成各种产状、形态的接触交代型铁矿体，部分矿浆沿着某些构造薄弱部位充填到围岩中形成层间矿体。

2.4 海相火山岩型铁矿床

海相火山岩型铁矿床主要分布在华北陆块北缘白云鄂博、狼山–渣尔泰山、燕辽，内蒙古中部温都尔庙、西部黑鹰山，东秦岭西峡、南召、泌阳、桐柏、光山等地。累计查明海相火山岩型铁矿床46处，其中超大型1处、中型5处、小型40处。代表性矿床有白云鄂博铁铌稀土矿、霍各乞式铁铜铅锌矿，大敖包、小敖包、红格尔庙、包日汗、卡巴、白银敖包、条山、黑鹰山、碧玉山铁矿床等。海相火山岩型铁矿床包括与海相火山活动有关的海底喷流沉积型Fe–Nb–稀土

超星·期刊

矿床和Cu–Pb–Zn–硫铁矿床和与海相中偏基性(或偏酸性)火山–侵入活动有关的铁矿床。按铁矿形成时代划分为:产于中元古代白云鄂博式铁铌稀土矿床、霍各乞式铁铜铅锌矿,产于早古生代温都尔庙式铁矿、条山式铁矿,产于晚古生代黑鹰山式铁矿。

白云鄂博式铁铌稀土矿床:出露在华北陆块北缘中新元古代裂陷槽内,规模为超大型。赋矿围岩为白云鄂博群哈拉霍格特组白云岩(亦称H8段)。矿区内侵入岩比较发育,有古元古代钾长花岗岩、含钠闪石正长岩,加里东期花岗岩、辉绿岩、闪长岩,华力西期花岗岩,印支期花岗岩,燕山期花岗岩。此外,分布有较多的方解石碳酸岩及白云石碳酸岩侵入体。矿体受褶皱构造(向斜)控制明显。矿体与围岩产状一致,呈层状产出。有用矿物有磁铁矿、赤铁矿、铌矿物和稀土矿物等。目前发现的元素有70多种。

霍各乞大型铁铜铅锌矿:分布在狼山–渣尔泰山中元古代裂谷内,赋矿地层为阿古鲁沟组炭质板岩内。矿体严格受地层控制,同时受褶皱及层间构造控制,矿体形态为薄层状、似层状、透镜状。矿石中有用元素主要有铜、铅、锌,可综合利用银、铁、硫。金属矿物主要有黄铜矿、方铅矿、铁闪锌矿、磁黄铁矿、黄铁矿、磁铁矿,次要矿物有方黄铜矿、斑铜矿、毒砂和其它氧化物。矿石结构主要有变晶结构、交代结构、交骸晶结构、固溶体分离结构、文象结构、塑性变形结构;矿石构造主要为条带状、细脉一网脉状、斑杂一团块状及浸染状构造。近矿围岩蚀变有硅化、电气石化、透辉透闪石化和白云母化、阳起石化、绿泥石化、碳酸盐化等。

温都尔庙式铁矿:集中分布在内蒙古中部苏右旗地区,目前发现有铁矿床10余处,规模均为中小型。含矿岩系为早古生代温都尔庙群,铁矿主要赋存在桑达来音呼都格组海相火山岩建造上部和哈尔哈达组碎屑岩–火山岩建造下部。矿体呈层状、似层状和透镜状,与围岩产状一致。主要铁矿物有假象、半假象赤铁矿,磁铁矿,褐铁矿,少量针铁矿,纤铁矿,镜铁矿。锰矿物:褐锰矿,硬锰矿,水锰矿;硫化物为黄铜矿,黄铁矿。矿石构造为条带状、致密块状、脉状充填、层理构造、角砾状、皱纹状、蜂窝状、土状、胶状;矿石结构为半自形–它形晶粒结构,晶架结构,镶边结构,针状、放射状结构,

条山式铁矿:主要分布在泌阳–信阳一带。矿产赋存在早古生代二郎坪群的火神庙组、刘山岩组中的层状矽卡岩中,普遍有下列成矿特征:容矿岩层(系)主要为变细碧岩–基性火山碎屑岩,其间夹少量变角斑岩,矿层(尤其顶部)或含矿层位中分布(硅质条带)大理岩。具与围岩同步的褶皱和变质程度,但含矿层能干性较弱,发育剪切透镜体。可具明显的上弱下强的不对称蚀变现象,铁(铜)矿体底板时常发育纹层—条带状矽卡岩,矽卡岩常具较单一的矿物组成,总体由下向上为透辉石矽卡岩、石榴石岩及绿帘(绿泥)石岩,铁矿体紧邻绿泥石层,大理岩中仅具有弥散状磁铁矿化,相邻多层矿化时仍有这种现象。铁(铜)矿体呈似层状、透镜状、盆状或周围不发育矽卡岩的孤立囊状,下盘透辉石矽卡岩、石榴石岩及绿帘石岩仅出现浸染状磁铁矿矿化。以上符合VMS型矿产的特征,成矿时代应为奥陶纪。

黑鹰山式铁矿:分布于内蒙古西部额济纳旗北山地区北部。目前在内蒙古境内发现3处相同成因的铁矿,有黑鹰山及碧玉山两个中型矿床和甜水井铁矿点。该类型矿床产于下石炭统白山组凝灰岩和碧玉岩中,局部铁矿体产于石英斜长斑岩及石英正长斑岩脉中。矿体形态呈透镜状、扁豆状及不规则状,与围岩呈渐变关系。矿石矿物主要为磁铁矿、假象赤铁矿,次为褐铁矿、黄铁矿及黄铜矿。矿石以氧化矿石为主,次为原生矿石。黑鹰山铁矿床6件磷灰石样品 Re–Os 同位素等时线年龄为 322±4.3 Ma[20],与其东南部花岗闪长斑岩辉钼矿 Re–Os 同位素等时线年龄(332±9 Ma)相近[21]。

海底喷流沉积型矿床主要分布在白云鄂博、狼山–渣尔泰山、燕辽中元古代裂谷内。中元古代在华北陆块北部边缘,由于上地幔上涌、陆壳强烈拉张形成的白云鄂博裂谷,受同生断裂控制的次级盆地内发生强烈的碱性火山喷发(喷气作用),形成喷流沉积型的富含 Nb、稀土元素的白云岩,其中形成铁矿体。后期碱性(碳酸岩)岩浆侵位,与之有关的富含铌、稀土的成矿流体交代了先期沉积铁稀土矿体。在加里东期、华力西期又经历了变形、碱性岩浆侵入等作用形成了白云鄂博铁铌稀土矿床,白云岩同位素年龄为 1 984±180 Ma、1 394±64 Ma[22]。同期在白云鄂博裂谷南侧形成与海相中基性–中酸性火山喷发活动有关的狼山–渣尔泰山裂谷,裂谷内靠近受同生断裂控制的三级盆地边部的渣尔泰山群阿古鲁沟组内。代表性矿床有霍各乞、炭窑口、东升庙、甲生盘等铁铅锌铜多金属矿床。

超星·期刊

海相中基性火山岩型铁矿床主要分布在温都尔庙、黑鹰山、东秦岭西峡、南召、泌阳等地，矿化作用以火山喷发–沉积–热液交代以及矿浆充填为主，但都不同程度地受到后期变质作用及热液活动的叠加影响。成因上与活动大陆边缘裂陷带发展阶段的海底火山喷发—侵入活动关系密切，发育的时代为早古生代和晚古生代。

2.5 陆相火山岩型铁矿床

陆相火山岩型铁矿床主要分布在豫西栾川、嵩县等地，累计查明陆相火山岩型铁矿床5处，均为小型。代表性矿床有红石窑、菜地沟、松树沟、红磨沟、清叶沟铁矿床等。

区内陆相火山岩型铁矿均产在长城系熊耳群中，其中红磨沟铁矿和松树沟铁矿分布于许山组，青叶沟铁矿分布于鸡蛋坪组，菜地沟和红石窑铁矿分布于龙脖组。矿体呈似层状、透镜状赋存于安山岩、流纹斑岩岩层中，或脉状赋存于石英绢云片岩中。矿石类型有磁铁矿、赤铁矿和镜铁矿。陆相火山岩型铁矿床处于长城纪碰撞后陆缘裂谷，受控于熊耳群陆相火山岩(安山岩、流纹斑岩)层，矿石具磁性铁、碳酸铁、赤铁、硫化铁等多种物相并含碳酸盐、电气石等，区域上见及流纹岩中存在流动状赤铁矿团块，说明成矿过程为火山口附近稀的矿浆流动。另一处红磨沟小型铁矿床受控断裂构造，早期脉状磁铁矿–方解石–石英矿物组合显示与深源碳酸岩脉活动有关，后经历透辉石–钙铁石榴子石、绿帘石–磁铁矿–磁黄铁矿、粗粒黄铁矿–细粒黄铁矿–菱铁矿、脉石英–磁铁矿等多期次热液交代和充填作用，厘定为矿浆型–火山热液交代型矿床[23,24]。

2.6 岩浆热液(狭义)型铁矿床

本区岩浆热液(狭义)型铁矿床主要分布在山东日照、烟台及威海荣成，河南卢氏、栾川等地，成矿时代主要为新元古代和中生代。累计查明岩浆热液型铁矿床16处，其中中型矿床4处，小型12处。与新元古代侵入岩有关的岩浆热液型含铜、金、磁铁矿矿床，以日照市高旺丁家营子铁铜矿为典型；与中生代燕山期与斑状花岗岩、花岗闪长岩有关的岩浆热液型铁矿，以栾川对角沟铁钼(铜)矿、烟台西泥牛铁矿为代表[23–25]。

高旺式铁铜矿：矿区地层主要为古元古代荆山群野头组，岩性以透闪大理岩、蛇纹大理岩为主；矿体多赋存于大理岩中及其附近。区内岩浆岩大面积分布，主要为新元古代南华纪片麻状中细粒含霓石碱长花岗岩及花岗闪长岩、花岗闪长斑岩。矿体形成与区内花岗闪长岩或花岗闪长斑岩关系密切[26]。该矿床为铁铜共生矿床，在铁矿体规模较大的部位多形成铜矿体。矿体形态多为薄板状–扁豆体状，局部浅部矿体厚度膨大而呈透镜状。矿体多被构造或花岗闪长斑岩切割成多个小矿体，其中Ⅲ号矿体处在背斜的部位，被构造破坏分割成多个不连续的且不规则的小矿体，沿走向可见尖灭再现。铜矿体在Ⅳ－5矿体中分布均匀，连续性较好，厚度比较稳定，在其他矿体中分布不均匀，厚度变化较大。矿石矿物主要有磁铁矿，其次为黄铜矿、黄铁矿及少量的辉铜矿、斑铜矿、赤铁矿与白铁矿等。

与新元古代侵入岩有关的岩浆热液型铁铜矿主要分布于日照、莒南地区，新元古代南华纪中酸性岩浆侵入过程中，因富含挥发份的中–高温含矿热液与围岩的交代充填作用，形成蛇纹石化、透辉透闪石化、碳酸盐化和铁铜矿化。其选择性交代作用的结果，致使铁铜矿体多沿大理岩层位分布。NW向次级断裂构造对成矿起着重要作用，含矿热液常沿NW向构造上升，并沿大理岩层间裂隙交代成矿[25]。

2.7 化学沉积型铁矿床

化学沉积型铁矿主要为宣龙式铁矿和山西式铁矿。宣龙式铁矿赋存于中元古界长城系串岭沟组中，主要分布在河北张家口、宣化、赤城、怀来、怀安、平山、涿鹿、滦平，天津蓟县，河南渑池、卢氏、确山、新安等地；山西式铁矿赋存于上古生界石炭系太原组中，山西晋城、阳城、沁水、沁源、宁武、汾西、孝义、交口、汾阳、阳泉、陵川、武乡，河南内乡、宝丰、陕县、登封、鹤壁、博爱、焦作、新安、三门峡等地。累计查明化学沉积型铁矿产地71处，其中中型16处、小型49处、矿点6处。代表性矿床有河北庞家堡、西葛峪、烟筒山、麻峪口、大岭堡、黄草梁、辛窑、杏树台，山西郭家沟、石岭后、下庄、西河底，河南岱崮砦、茶棚铁矿床等。

宣龙式铁矿：主要位于晋冀陆块宣化伸展盆地(宣化复式向斜)，含矿地层为中元古界长城系串岭沟组，其底部为含铁砂岩，顶部为黑色碳质页岩夹含砂白云岩，是一套以页岩为主，少量碎屑岩、碳酸盐岩的岩石组合，与上、下地层连续沉积。在铁矿发育最好的宣化盆地，串岭沟组下部以砂岩、粉砂质页岩为主，底部为铁矿层，上部为黑色碳质含钾页岩及灰绿色含钾页岩，夹数层含叠层石白云岩，属环陆、半

超星·期刊

封闭式海湾盆地(宣化海盆)中的滨海–浅海相生物化学沉积地层,厚11~91 m。铁矿赋存于串岭沟组一段底部,区域上分布稳定;宣龙地区的矿体主要为层状,其次为似层状,一般1~3层,局部可见第四层矿,但质量差;矿石类型以赤铁矿为主,构成厚大鲕状及肾状铁矿层,其次为由赤铁矿、菱铁矿变质后的磁铁矿,少数菱铁矿层仅分布于盆地中心赤铁矿层的顶部;矿层厚度由西向东由庞家堡到大岭堡一带有变厚趋势,且伴有鲕绿泥石、黄铁矿等。矿石以鲕状、肾状为主,尚有块状和角砾状构造;矿石品位TFe30%~50%,平均41.6%。以第一层矿质量最好,第二层次之,第三层最次。SiO_2一般15%~30%,属酸性矿石,硫平均含量0.08%,磷平均含量0.2%。宣龙式铁矿属滨海相胶体化学沉积型矿床。

该类矿床成矿环境为海湾中部浅水盆地的平坦滨岸,属潮下高能环境。成矿末期有少量铁矿生成于停滞闭水环境中。铁质主要来源于周边古陆变质岩中的含铁矿物,经风化、剥蚀呈胶体或极细小的机械悬浮体被地表径流搬运,周期性的注入到海湾盆地中。早期成矿阶段,海底在正常浪基面上下,PH值在5~6之间,为氧化环境,介质属中酸性,这一阶段铁矿的主要存在形式为赤铁矿。成矿中期,海水变深,海底沉积物中游离氧不足,开始出现菱铁矿,这一时期形成的矿层主要特点是菱铁矿增多,局部出现赤铁矿、菱铁矿互层。成矿末期,海水进一步加深,PH值呈现弱碱性,海底沉积物为弱还原环境,因此在东部地区开始出现单一的菱铁矿层,部分地区矿层顶部出现黄铁矿。

山西式铁矿:由于加里东运动的长期隆起,至晚石炭世华北地区整体沉降,开始接受海侵处于滨海泻湖环境,红土–钙红土古风化壳经水解,被海水搬运到沉积盆地中发生铁的分异沉淀,产出在奥陶系灰岩古侵蚀面之上石炭系太原组下部湖田段中。一般发育1~3层。第一层呈窝状、囊状、透镜状产出在奥陶系灰岩凹凸不平的古侵蚀面上,顶板为铝土岩或铝土质页岩。第二层产出与第一层相距数十厘米至数米间,矿体呈扁豆状、似层状、透镜状形成排子矿。第三层产出于湖田段上部。矿体呈扁豆状、结核状、透镜状,底板为砂质页岩,顶板为铝土质页岩。晚石炭世含铁铝岩系与晚奥陶世灰岩间为平行不整合接触,经历了长达1.5亿年的沉积间断。晚奥陶世马家沟组灰岩沉积之后,经长期风化剥蚀,在碳酸盐岩风化剥蚀过程中和炎热潮湿的气候条件下,因地下水作用K、Na、Ca、Ma、Si大量流失,Fe、Al、Ti相对富集并在原地残留,形成具有一定厚度的红土–钙红土古风化壳。晚石炭世本溪期华北陆块整体下沉,开始海侵,红土–钙红土古风化壳经水解,以碎屑状、胶体状或溶液状被海水搬运到沉积盆地中,铁在适宜的介质与地球化学条件下发生分异沉淀,形成铁质岩(山西式铁矿)和硫铁矿。

2.8 机械沉积型铁矿床

本区机械沉积型铁矿床主要分布在河南巩义、登封、汝州等地,代表性矿床有河南五指岭、井湾、陈楼、梨园沟铁矿床等,成矿时代为古元古代。累计查明海相机械沉积型铁矿产地4处,均为小型。新太古代、古元古代早期华北陆块南缘各类岩石普遍含磁铁矿,其中在含铁表壳岩系及一系列磁铁矿床的表层形成富含假象赤铁矿、磁铁矿的风化层。古元古代层侵纪受水系冲刷作用,嵩箕地区接受来自南侧太华岩浆弧的陆源假象赤铁矿、磁铁矿碎屑沉积,于嵩箕地区嵩山群五指岭组中段经分选、沉积形成较为稳定的浅海相薄层细砂状假像机械沉积赤铁矿含矿层[23,24]。

2.9 中低温热液型型铁矿床

区内中–低温热液型铁矿床现已发现14处矿床,其中中型4处,小型10处。该类铁矿在山东淄河地区,形成沿淄河断裂带分布的淄河铁矿集中区,典型代表为朱崖式铁矿。在内蒙古西部发育阎地拉图式小型低温热液铁矿。矿体呈不规则脉状、透镜状。矿石矿物赤铁矿、褐铁矿、磁铁矿为主。

朱崖式铁矿:矿体主要赋存于寒武纪炒米店组灰岩内,其次为寒武–奥陶纪三山子组白云岩及马家沟群北庵庄组和五阳山组灰岩。淄河断裂为主要控矿和导矿构造,燕山晚期岩浆侵入衍生的中低温含矿热液的交代充填作用是矿床成矿的基础。矿体沿淄河断裂及两侧断裂裂隙分布,矿体赋存于断裂裂隙和附近形成的灰岩孔洞内。原生矿石矿物应为菱铁矿,褐铁矿为潜水面之上的风化产物。矿体分布较稳定,矿层厚度不大,但矿层较多。该矿床物质来源初步认为与岩浆热液活动有关,在还原环境下,Fe^{2+}随热液迁移,在偏还原环境下形成菱铁矿充填于断裂裂隙和碳酸盐岩溶洞内形成矿床[25]。

该类型铁矿对围岩岩性没有特定选择性,矿体既可赋存于地层层间裂隙中,也可在岩体断裂构造

超星·期刊

中。矿体受断裂构造控制明显，脉状矿体可直接赋存于控矿断裂带之中，层状、似层状矿体分布于大型断裂带两侧的地层薄弱面或层间裂隙之间，反映了热液充填矿床一般构造控矿的特点。成矿与岩浆岩的关系不十分明显，如淄河断裂带成矿集中区距离燕山期规模较大的太河岩体15 km，二者之间缺乏明显的控制关系。但成矿集中分布区内广泛分布火成碳酸岩应与矿体生成有较为密切的关系。综合认为该类铁矿属中低温热液型铁矿床，受中基性岩浆岩和含铁碳酸岩侵入，其派生的含矿热液沿断裂上升运移发生热液作用，热液作用早期，随热液沿断裂带上升，压力降低，挥发物质逸出，菱铁矿沉淀结晶。随着成矿环境进一步开放，先形成的菱铁矿在地下水活动及其携带的游离氧作用下，形成褐铁矿。热液成矿作用的末期，矿体进入风化林滤作用阶段，在常温和地表及地下冷水的作用下，局部形成小规模的溶洞堆积型矿体[25]。

3 铁矿成矿规律

3.1 空间分布规律

在空间分布上，华北地区铁矿在五省二市均有分布，按类型分布如下：受变质型（沉积变质型）铁矿床是主要分布在冀东、鲁西、五台–岚县、舞阳–许昌、包头–集宁等地区，在内蒙古西部乌海及阿拉善也有少量分布；岩浆型铁矿床主要分布在河北承德、平泉、赤城，北京上庄，河南栾川、南召、桐柏、新县，山东莒县等地；接触交代型铁矿床主要分布于莱芜–淄博、邯郸–邢台、古交–临汾–平顺、涞源–易县和大兴安岭中南段，在华北陆块北缘和内蒙古阿拉善地区也有分布；海相火山岩型铁矿床主要分布在华北陆块北缘白云鄂博、狼山–渣尔泰山、燕辽，内蒙古中部温都尔庙、西部黑鹰山，东秦岭西峡、南召、泌阳、桐柏、光山等地。陆相火山岩型铁矿床主要分布在豫西栾川、嵩县等地；岩浆热液型铁矿床主要分布在山东日照、烟台及威海荣成，河南卢氏、栾川等地。化学沉积型铁矿主要为宣龙式铁矿和山西式铁矿，其中宣龙式铁矿主要分布在河北张家口、宣化、赤城、怀来、怀安、平山、涿鹿、滦平，天津蓟县，河南渑池、卢氏、确山、新安等地；山西式铁矿主要分布在山西晋城、阳城、沁水、沁源、宁武、汾西、孝义、交口、汾阳、阳泉、陵川、武乡，河南内乡、宝丰、陕县、登封、鹤壁、博爱、焦作、新安、三门峡等地；机械沉积型铁矿床主要分布在河南巩义、登封、汝州等地；中–低温热液型铁矿床主要分布在山东淄河地区，在内蒙古西部也有产出[23-30]。

3.2 时间分布规律

华北地区铁矿形成时代跨越比较大，从太古代至中生代均有不同程度的分布。其中以新太古代–古元古代、中元古代为主，中生代次之。在已查明的1 085个铁矿床中，形成于新太古代–古元古代铁矿床590个，中元古铁矿床95个，新元古代铁矿床8个，早古生代铁矿床51个，晚古生代铁矿床71个，中生代铁矿床286个。其中贫铁矿（以受变质型为主，全铁品位平均30%）以太古代、元古代为主，富铁矿（接触交代型为主，全铁品位大于50%）以中生代为主。新太古代–古元古代形成的矿床主要有水厂式、司家营式、山羊坪式、袁家村式、铁山式、许昌式、苍峄式、颜店式受变质型（沉积变质型）铁矿，主要产出在太古代变质含铁建造中；赵案庄式、肖家沟式铁矿主要受控于新太古代超基性岩，为（变质）岩浆型铁矿床。中元古代时期形成了海底喷流沉积型白云鄂博式铁铌稀土矿床、霍各乞式铁铜铅锌矿，大庙–黑山式钒钛磁铁矿床，红磨沟式、松树沟式陆相火山岩型铁矿和宣龙式化学沉积型铁矿。新元古代时期形成了高旺式岩浆热液型铁铜矿。早古生代时期形成了温都尔庙式铁矿、条山式海相火山岩型铁矿。晚古生代时期形成了卡休他他式铁钴矿、沙拉西别式铁铜矿、索索井式铁铜矿等接触交代型铁矿，黑鹰山式海相火山岩型富铁矿，阎地拉图式中低温热液型铁矿。中生代时期形成了邯邢式、朝不楞式等接触交代型铁矿，上庄式、乌龙素沟式岩浆型铁矿和朱崖式中低温热液型铁矿。

3.3 成矿物质演化

成矿物质的变化一般与成因类型关系密切。太古代沉积变质铁矿多形成单一铁矿，金属矿物以磁铁矿为主，随变质程度的深浅，磁铁矿的粒度有变化，新太古代早期变质程度相对较深，达麻粒岩相，磁铁矿粒度较粗，新太古代晚期–古元古代变质较浅，磁铁矿粒度较细。中元古代海相火山岩型（海底喷流沉积型）多形成铁铜铅锌多金属矿（渣尔泰山群）和铁铌稀土矿（白云鄂博群），前者铁矿单矿体或铁铅锌矿体，铁多为中型，铜铅锌多形成大型，后者铁、稀土均为超大型，尤其稀土矿规模为世界级的超大型矿。新元古代岩浆热液型多形成中小型铁铜

超星·期刊

矿。早古生代海相火山岩型铁矿金属矿物多为磁铁矿、赤铁矿等,相对也比较单一的铁矿;晚古生代接触交代型(矽卡岩型)铁矿多形成中小型铁钴矿、铁铜矿,部分形成黑鹰山式海相火山岩型富铁矿。中生代接触交代型(矽卡岩型)铁矿多为铁多金属矿,不同的大地构造部位由于围岩的不同及侵入岩类型的差别,共伴生的元素也不太一样,如邯邢式铁矿伴生钴、金等,朝不楞铁矿伴生有铜、钼等。热液型铁矿一般也多为多金属矿。

3.4 区域成矿谱系

按照成矿系列划分原则[④],本文划分出华北地区与变质作用、岩浆作用、沉积作用和不明流体作用有关的铁矿床成矿系列11个,在此基础上初步建立了华北地区铁矿床成矿谱系(表1)。

表1 华北地区铁矿床成矿谱系表

Table 1 Metallogenetic genealogy of iron deposits in north China

中生代	Mz-2F与不明流体成矿作用有关的Fe矿床成矿系列 Mz-1I与岩浆作用有关的Fe矿床成矿系列		
晚古生代		Pz2-2S与碎屑岩陆表海沉积作用有关的Fe矿床成矿系列	Pz_2-4F与不明流体成矿作用有关的Fe矿床成矿系列 Pz_2-3I与岩浆作用有关的Fe矿床成矿系列
早古生代	Pz_1-1I与岩浆作用有关的Fe矿床成矿系列		
新元古代	Pt_3-3I与岩浆作用有关的Fe矿床成矿系列		
中元古代		Pt_2-2S与滨浅海沉积作用有关的Fe矿床成矿系列 Pt_2-1I与裂谷岩浆作用有关的Fe矿床成矿系列	
古元古代		Ar/Pt-2I与岩浆作用有关的Fe矿床成矿系列	
新太古代		Ar/Pt-1M与古陆块会聚变质作用有关的Fe矿床成矿系列	
	秦祁昆造山系	华北陆块	兴蒙造山系

4 铁矿资源潜力与找矿方向

华北地区铁矿资源丰富、类型多样、分布集中,具备良好的成矿条件和找矿前景。目前,华北地区铁矿找矿方向主要集中在已知铁矿床深部及外围。随着勘查技术水平不断提升,近年来在河北滦南县司家营、长凝铁矿、青龙山-庆庄子铁矿、马城-闫庄铁矿、鲁家坨铁矿,山西呼延庆山铁矿、石河铁矿,山东颜店铁矿、兰陵铁矿、张家洼富铁矿、齐河-禹城李屯富铁矿、潘店富铁矿等深部勘查均取得重大突破,显示了华北地区良好的铁矿找矿潜力。

在开展华北地区铁矿资源潜力评价基础上[④⑤⑥⑦⑧⑨⑩],根据铁矿资源特征、矿床预测类型、主控矿因素、时空分布规律等要素分析,初步划分出华北地区76个重要铁矿找矿远景区(表2),其中A级远景区52处、B级远景区24处,集中分布于冀东、鲁西(中)、舞阳-新蔡、五台山、太行山中南段、华北陆块北缘等成矿有利地段。尤其在山东莱芜-淄博-齐河-禹城、河北邯郸-邢台、河南安阳-林州、山西古交-临汾-平顺地区圈定出的近东西向分布的接触交代型(矽卡岩型)富铁矿成矿带,将成为下一步华北地区富铁矿找矿的最佳部署区带。

5 结论

(1)华北地区铁矿资源丰富,已查明铁矿床1 085处,在华北地区四省一区两市均有分布,构成了冀东、包头、莱芜、五台-岚县、许昌-舞阳、邯邢等多处重要的国家级铁矿资源基地。

(2)华北地区铁矿有9种类型:受变质型(沉积变质型)、岩浆型、接触交代型(矽卡岩型)、海相火山岩型、陆相火山岩型、岩浆热液(狭义)型、化学沉积型、机械沉积型和中低温热液型,以受变质型、接触交代型、岩浆型、海相火山岩型为主。

(3)华北地区铁矿从太古代至中生代均有不同

⑤何玉良,彭翼,曹月怀,等. 河南省重要矿种矿产预测成果报告[R]. 河南地质调查院,2013.

⑥宋立军,任树祥,马奎宇,等. 河北省重要矿种矿产预测成果报告[R]. 河北地质调查院,2013.

⑦倪振平,李庆平,温桂军,等. 山东省重要矿种矿产预测成果报告[R]. 山东地质调查院,2013.

⑧侯占国,陈志方,霍美芹,等. 山西省重要矿种矿产预测成果报告[R]. 山西地质调查院,2013.

⑨许立权,张彤,闫洁,等. 内蒙古自治区重要矿种矿产预测成果报告[R]. 内蒙古自治区地质调查院,2013.

⑩方同明,孙永华,尤世娜,等. 北京市矿产资源潜力评价重要矿种预测成果报告[R]. 北京市地质调查研究院,2013.

超星·期刊

表2 华北地区铁矿找矿远景区划分表

Table 2 The iron ore prospecting prospective area in north China

编号	远景区名称	类别	主攻矿种	矿床预测类型	代表性矿床
A1	舞钢经山寺铁矿找矿远景区	A	铁	受变质(沉积变质)型	经山寺
A2	舞钢赵案庄-王道行铁矿找矿远景区	A	铁	受变质(沉积变质)型	赵案庄
A3	舞钢余庄东北铁矿找矿远景区	A	铁	受变质(沉积变质)型	余庄
A4	舞钢铁山铁矿找矿远景区	A	铁	受变质(沉积变质)型	铁山
A5	舞钢岗庙刘铁矿找矿远景区	A	铁	受变质(沉积变质)型	岗庙刘
B1	上蔡县邵店台山铁矿找矿远景区	B	铁	受变质(沉积变质)型	邵店台山
B2	上蔡县徐庄铁矿找矿远景区	B	铁	受变质(沉积变质)型	徐庄
B3	新蔡县杨集铁矿找矿远景区	B	铁	受变质(沉积变质)型	杨集
B4	新蔡县练村铁矿找矿远景区	B	铁	受变质(沉积变质)型	练村
B5	汝州市石板河铁矿找矿远景区	B	铁	受变质(沉积变质)型	石板河
A6	汝州市上孟庄铁矿找矿远景区	A	铁	受变质(沉积变质)型	上孟庄
A7	鲁山县三里庙铁矿找矿远景区	A	铁	受变质(沉积变质)型	三里庙
B6	鲁山县马老庄铁矿找矿远景区	B	铁	受变质(沉积变质)型	马老庄
B7	鲁山县西马楼铁矿找矿远景区	B	铁	受变质(沉积变质)型	西马楼
B8	鲁山县李村铁矿找矿远景区	B	铁	受变质(沉积变质)型	李村
A8	许昌县灵井镇铁矿找矿远景区	A	铁	受变质(沉积变质)型	武庄
B9	许昌市大岭口铁矿找矿远景区	B	铁	受变质(沉积变质)型	大岭口
A9	济源市莲东铁矿找矿远景区	A	铁	受变质(沉积变质)型	莲东
B10	武陟县大高村铁矿找矿远景区	B	铁	受变质(沉积变质)型	大高村
A10	冀东铁矿找矿远景区	A	铁	受变质(沉积变质)型	水厂、司家营
A11	颜店铁矿找矿远景区	A	铁	受变质(沉积变质)型	颜店
B11	颜店李营镇铁矿找矿远景区	B	铁	受变质(沉积变质)型	李营镇
A12	枣庄-苍山上桃园铁矿找矿远景区	A	铁	受变质(沉积变质)型	上桃园
A13	枣庄-苍山税廓铁矿找矿远景区	A	铁	受变质(沉积变质)型	税廓
A14	枣庄-苍山信山村铁矿找矿远景区	A	铁	受变质(沉积变质)型	信山村
B12	单县大刘家铁矿找矿远景区	B	铁	受变质(沉积变质)型	大刘家
A15	汶上－东平陈庄村铁矿找矿远景区	A	铁	受变质(沉积变质)型	陈庄村
B13	汶上－东平纸坊村铁矿找矿远景区	B	铁	受变质(沉积变质)型	纸坊村
A16	韩旺铁矿找矿远景区	A	铁	受变质(沉积变质)型	韩旺
A17	五台山铁矿找矿远景区	A	铁	受变质(沉积变质)型	山羊坪
A18	岚娄铁矿找矿远景区	A	铁	受变质(沉积变质)型	袁家村
A19	桐峪铁矿找矿远景区	A	铁	受变质(沉积变质)型	桐峪
A20	白云鄂博铁矿找矿远景区	A	铁	受变质(沉积变质)型	白云鄂博
A21	壕赖沟铁矿找矿远景区	A	铁	受变质(沉积变质)型	壕赖沟
A22	三合明铁矿找矿远景区	A	铁	受变质(沉积变质)型	三合明
A23	迭布斯格铁矿找矿远景区	A	铁	受变质(沉积变质)型	迭布斯格
A24	山神庙-马圈子铁矿找矿远景区	A	铁	受变质(沉积变质)型	马圈子
B14	赶河厂-平顶山铁矿找矿远景区	B	铁	受变质(沉积变质)型	平顶山
A25	半城子-大漕铁矿找矿远景区	A	铁	受变质(沉积变质)型	大漕
A26	霍各庄-沙厂铁矿找矿远景区	A	铁	受变质(沉积变质)型	沙厂
A27	安阳县李珍铁矿找矿远景区	A	铁	接触交代(矽卡岩)型	李珍
A28	安阳李珍铁矿外围找矿远景区	A	铁	接触交代(矽卡岩)型	李珍
B15	林州河顺镇好汉山铁矿找矿远景区	B	铁	接触交代(矽卡岩)型	好汉山
A29	安阳县泉门猪头脑铁矿找矿远景区	A	铁	接触交代(矽卡岩)型	猪头脑
A30	林州市乐山铁矿找矿远景区	A	铁	接触交代(矽卡岩)型	乐山
A31	林州市曹家庄铁矿找矿远景区	A	铁	接触交代(矽卡岩)型	曹家庄
B16	安阳县东沟铁矿找矿远景区	B	铁	接触交代(矽卡岩)型	东沟
A32	林州市留马村铁矿找矿远景区	A	铁	接触交代(矽卡岩)型	留马村
A33	安阳县马家乡铁矿找矿远景区	A	铁	接触交代(矽卡岩)型	马家乡
B17	林州市合顺厂铁矿找矿远景区	B	铁	接触交代(矽卡岩)型	合顺厂
A34	林州市椒栋峪铁矿找矿远景区	A	铁	接触交代(矽卡岩)型	椒栋峪
A35	林州市孤石沟铁矿找矿远景区	A	铁	接触交代(矽卡岩)型	孤石沟
A36	辉市六度市铁矿找矿远景区	A	铁	接触交代(矽卡岩)型	六度市
B18	永城县胡牌坊铁矿找矿远景区	B	铁	接触交代(矽卡岩)型	胡牌坊
A37	邯邢铁矿找矿远景区	A	铁	接触交代(矽卡岩)型	西石门
A38	莱芜张家洼铁矿找矿远景区	A	铁	接触交代(矽卡岩)型	张家洼
A39	莱芜矿山铁矿找矿远景区	A	铁	接触交代(矽卡岩)型	矿山
A40	金岭人和村铁矿找矿远景区	A	铁	接触交代(矽卡岩)型	人和村
B19	金岭中埠镇铁矿找矿远景区	B	铁	接触交代(矽卡岩)型	金岭
A41	金岭上河东村铁矿找矿远景区	A	铁	接触交代(矽卡岩)型	上河东村
A42	禹城李屯铁矿找矿远景区	A	铁	接触交代(矽卡岩)型	李屯
A43	齐河潘店铁矿找矿远景区	A	铁	接触交代(矽卡岩)型	潘店
A44	古交狐堰山铁矿找矿远景区	A	铁	接触交代(矽卡岩)型	狐堰山
A45	临汾塔儿山铁矿找矿远景区	A	铁	接触交代(矽卡岩)型	塔儿山
A46	平顺西安里铁矿找矿远景区	A	铁	接触交代(矽卡岩)型	西安里
A47	朝不楞铁矿找矿远景区	A	铁	接触交代(矽卡岩)型	朝不楞
A48	查干敖包铁矿找矿远景区	A	铁	接触交代(矽卡岩)型	查干敖包
B20	卡休他他铁矿找矿远景区	B	铁	接触交代(矽卡岩)型	卡休他他
B21	索索井铁矿找矿远景区	B	铁	接触交代(矽卡岩)型	索索井
A49	承德铁矿找矿远景区	A	铁	岩浆型	大庙
B22	肖家沟上峪铁矿找矿远景区	B	铁	岩浆型	肖家沟
A50	黑鹰山铁矿铁矿找矿远景区	A	铁	海相火山岩型	黑鹰山
A51	张宣铁矿找矿远景区	A	铁	化学沉积型	庞家堡
A52	霍各乞铁矿找矿远景区	A	铁	化学沉积型	霍各乞
B23	百灵庙铁矿找矿远景区	B	铁	化学沉积型	百灵庙
B24	淄博兴旺店铁矿找矿远景区	B	铁	中低温热液型	朱崖

超星·期刊

程度的分布，其中贫铁矿（全铁品位平均30%）以太古代、元古代为主，富铁矿（全铁品位大于50%）以中生代为主。

（4）划分出与变质作用、岩浆作用、沉积作用和不明流体作用有关的铁矿床成矿系列11个，并初步建立了铁矿床成矿谱系。

（5）华北地区具有良好铁矿找矿潜力。经综合评价，全区可划分出76个重要铁矿找矿远景区，其中A级远景区52处、B级远景区24处，集中分布于冀东、鲁西（中）、舞阳–新蔡、五台山、太行山中南段、华北陆块北缘等成矿有利地段。尤其在莱芜–禹城、邯郸–邢台、安阳–林州、古交–临汾–平顺地区圈定出的接触交代型富铁矿成矿带，将成为下一步华北地区富铁矿找矿最佳部署区带。

致谢：谨以此文祝贺天津地质调查中心成立60周年。衷心感谢原矿床室沈保丰、骆辉、胡小蝶、范成模、任富根、李双保、王魁元、李增慧、赵嘉农等专家对本文作者多年的指导、支持和帮助。

参考文献：

[1] 张艳飞，郑国栋，陈其慎，等. 后疫情时期全球铁矿资源格局分析[J]. 地球学报，2021，42(2)：209–216.
[2] 李厚民，王瑞江，肖克炎，等. 立足国内保障国家铁矿资源需求的可行性分析[J]. 地质通报，2010，29(1)：1–7.
[3] 李厚民，王登红，李立兴，等. 中国铁矿成矿规律及重点矿集区资源潜力分析[J]. 中国地质，2012，39(3)：559–580.
[4] 阴江宁，肖克炎，娄德波. 中国铁矿预测模型与资源潜力分析[J]. 地学前缘（中国地质大学（北京）；北京大学），2018，25(3)：107–117.
[5] 沈保丰，张阔. 中国叠生型铁矿床成矿特征探讨[J]. 矿床地质，2017，35(2)：213–224.
[6] 沈保丰，翟安民，苗培森，等. 华北陆块铁矿床地质特征和资源潜力展望[J]. 地质调查与研究，2006，29(4)：244–252.
[7] 李俊建，沈保丰，骆辉. 中国北方早前寒武纪富铁矿的成因类型和地质特征[J]. 中国地质科学院天津地质矿产研究所所刊，1995，29：77–87.
[8] 李俊建，彭翼，张彤，等. 华北地区成矿单元划分[J]. 华北地质，2021，44(3)：4–24.
[9] 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，2008，1–28.
[10] 肖克炎，娄德波，孙莉，等. 全国重要矿产资源潜力评价模型汇总[J]. 地质学刊，2013，37(3)：341–348.
[11] 朱裕生，肖克炎，马玉波，等. 中国成矿区带划分的历史与现状[J]. 地质学刊，2013，37(3)：349–357.
[12] 万渝生，董春艳，颉颃强，等. 华北克拉通早前寒武纪条带状铁建造形成时代—SHRIMP锆石U–Pb定年[J]. 地质学报，2012a，86(9)：1447–1478.
[13] 万渝生，刘敦一，王世进，等. 华北克拉通鲁西地区早前寒武纪表壳岩系重新划分和BIF形成时代[J]. 岩石学报，2012b，28(11)：3457–3475.
[14] 王世进，万渝生，宋志勇，等. 山东省前寒武纪地层划分及形成时代–同位素地质测年的证据[J]. 山东国土资源，2011，27(11)：1–6.
[15] 王世进，万渝生. 鲁西泰山岩群地层划分及形成时代—锆石SHRIMP U–Pb测年的证据[J]. 山东国土资源，2012，28(12)：15–22.
[16] 程裕淇，陈毓川，赵一鸣. 初论矿床的成矿系列问题[J]. 中国地质科学院院报，1979，1(1)：32–58.
[17] 赵一鸣. 中国主要富铁矿床类型及地质特征[J]. 矿床地质，2013，32(4)：686–705.
[18] 任树祥，张德生，宋立军. 河北省区域成矿规律研究[M]. 武汉：中国地质大学出版社，2015，1–206.
[19] 李俊建，付超，党智财，等. 中蒙跨境成矿带成矿规律和找矿方向[M]. 北京：地质出版社，2021，1–446.
[20] 聂凤军，江思宏，刘妍，等. 内蒙古黑鹰山富铁矿床磷灰石钐–钕同位素年龄及其地质意义[J]. 矿床地质，2005，(2)：134–140.
[21] 聂凤军，江思宏，白大明，等. 内蒙古北山及邻区金属矿床类型及其时空分布[J]. 地质学报，2003，(3)：367–378.
[22] 刘玉龙，彭谷洋，张巽，等. 白云鄂博赋矿地层H8白云岩的U–Pb和Pb–Pb定年[J]. 矿物岩石地球化学通报，2001，(10)：274–277.
[23] 彭翼，何玉良. 河南省区域成矿规律[M]. 武汉：中国地质大学出版社，2015，1–341.
[24] 彭翼，高廷臣，姬青海，等. 中国矿产地质志–河南黑色金属矿产卷[M]. 北京：地质出版社，2019，1–219.
[25] 倪振平，田京祥，王来明，等. 山东省重要矿产区域成矿规律[M]. 济南：山东科学技术出版社，2016，1–440.
[26] 曾广湘. 山东铁矿地质[M]. 济南：山东科学技术出版社，1998，1–40.
[27] 李俊建，党智财，付超，等. 华北陆块晋冀Al–Fe–Au–Pb–Zn–Ag–Cu–煤成矿带主要地质成矿特征及潜力分析[J]. 地质学报，2016，90(7)：1482–1503.
[28] 李俊建，何玉良，付超，等. 豫西Au–Mo–W–Pb–Zn–Ag–Fe–铝土矿–石墨成矿带主要地质成矿特征及潜力分析[J]. 地质学报，2016，90(7)：1504–1524.
[29] 李俊建主编. 华北陆块主要成矿区带成矿规律和找矿方向[M]. 天津：天津科学技术出版社，2006，1–381.
[30] 李俊建，沈保丰，翟安民，等. 冀东地区金矿地质[M]. 北京：地质出版社，2004，1–145.

超星·期刊

Preliminary Study on the iron resources and the metallogenic regularity in North China

LI Jun-jian[1,2], DANG Zhi-cai[1,2*], PENG Yi[3], ZHANG Tong[4], SONG Li-jun[5], NI Zhen-ping[6], Guo Guo-hai[7]
(1.*Tianjin Center of China Geological Survey,Tianjin* 300170, *China;* 2.*North China Center of Geoscience Innovation, Tianjin* 300170, *China;* 3.*Henan Institute of Geological Survey, Zhengzhou* 450007,*China;* 4.*Inner Mongolia Autonomous Institute of Region Geological Survey, Hohhot* 010020, *China;* 5.*Shandong Institute of Geological Survey, Jinan* 250013, *China;* 6.*Geological Survey of Hebei Province, Shijiazhuang* 050081, *China;*7.*Geological Survey of Shanxi Province, Taiyuan* 030006, *China)*

Abstract :North China is located at the intersection of the three major tectonic systems of Paleoasian, Tethys and circum Pacific. It has a long history of geological evolution, frequent magmatic activities, superior metallogenic geological conditions and rich mineral resources. 1085 iron deposits have been discovered in Hebei, Henan, Shandong, Shanxi Province, midwestern Inner Mongolia,Beijing and Tianjin, forming Jidong, Baotou, Laiwu, Wutai-Lanxian ,Xuchang-Wuyang, Handan-Xingtai and other important state-level iron ore resource bases. There are nine types of iron deposits, i.e., metamorphic type (sedimentary metamorphism type) , magmatic type, contact metasomatism type (skarn type) , marine volcanic type, continental volcanic type, magmatic hydrothermal type, chemical sedimentary type, mechanical sedimentary type and meso-low temperature hydrothermal type.The main types are metamorphic type, marine volcanic type, magmatic type and contact metasomatism type.The formation age of iron deposits in north China is from Archean to Mesozoic, in which the lean iron deposits are mainly Archaean and Proterozoic, and the rich iron deposits are mainly Mesozoic.The iron deposits in north China are divided into 11 metallogenic series related to Metamorphism, magmatism, sedimentation and unidentified fluid processes.Based on the classification of metallogenic series, the metallogenic spectrum of iron deposits is established.On the basis of the evaluation of mineral resources potential, 76 important iron prospecting areas can be divided in North China, which shows good prospecting potential. Especially, the contact metasomatic rich iron ore belt delineated in Laiwu-Yucheng, Handan-Xingtai, Anyang-Linzhou and Gujiao-Pingshun area will be the best area for rich iron ore prospecting in north China.
Key words: iron ore；resource overview；deposit type；metallogenic series；metallogenic regularity；resource potential; North China

Revision of Mesoproterozoic chronostratigraphic sequence of the Yangtze Craton，China

TIAN Hui[1,2,3], LI Huai-kun[1,2,3]
(1. *Tianjin Center, China Geological Survey, Tianjin* 300170, *China;*
2. *Precambrain Geological Research Centre, China Geological Survey, Tianjin* 300170, *China;*
3. *North China Center of Geoscience Innovation, CGS, Tianjin* 300170, *China*)

Abstract: The Mesoproterozoic strata of the Yangtze Craton are mainly distributed in the northern and western margins. With the identification of volcanic intercalations (especially bentonite tuffs that were difficult to identify in the past) in sedimentary strata and the development of dating techniques, a lot of age data have been reported and the subdivision and time framework of the Mesoproterozoic sequence in the Yangtze Craton has been revised. Plenty of new lines of evidence demonstrates that the Fanjingshan Group, Sibao Group, etc., distributing along the Jiangnan Orogenic belt, that were originally attributed to the Mesoproterozoic are actually Neoproterozoic strata. The Huodiya Group, Sanhuashi Group in the northern margin of the Yangtze Craton are changed into Neoproterozoic from Mesoproterozoic. Dahongshan Group and Julin Group in the western margin of the Yangtze Craton are classified into the early and late Mesoproterozoic respactively. The Dahongshan Group, Hekou Group and the lower part of Dongchuan Group in the western margin are comparable with each other. Kunyang Group, Huili Group and the Julin Group can be correlated with the upper subgroup of the Shennongjia Group and the Macaoyuan Group in the northern margin. There are still disputes about the the depositional age (Mesoproterozoic or Neoproterozoic) of the Dengxiangying Group and the Ebian Group in the western margin of the Yangtze block.
Key words: Yangtze Craton; Mesoproterozoic; Dahongshan Group; Dongchuan Group; Kunyang Group; Shennongjia Group; Dagushi Group