

华北陆块的构造格局及其演化

李俊建¹, 罗镇宽², 燕长海³, 谢汝斌⁴, 李德胜⁵,
李洪奎⁶, 骆 辉¹, 刘晓阳¹, 刘晓雪¹, 李 生¹

(1. 天津地质矿产研究所, 天津 300170; 2. 天津地质研究院, 天津 300061;
3. 河南省地质调查院, 郑州 450007; 4. 河北省地质调查院, 石家庄 050081;
5. 山西省地质调查院, 太原 030001; 6. 山东省地质调查院, 济南 250013)

摘 要: 华北陆块是由陆核[→]地块(体)[→]联合地块逐渐生长、增大、拼合形成的。根据大量的地质构造、地层岩石、同位素年代学、含矿特征、地球化学、地球物理等多方面的信息, 华北陆块可划分为辽吉、燕辽、阴山、晋冀、豫皖、阿拉善前寒武纪地块和鲁西、胶北前寒武纪地体、鄂尔多斯、华北中生代盆地, 共 10 个构造单元。华北陆块是多地块拼(缝)合形成。据现有的岩石记录, 始太古代—中太古代主要是陆核生成阶段, 不排除在早期有绿岩带形成; 新太古代主要是花岗岩—绿岩带的生成阶段, 花岗岩—绿岩带环绕地核周边形成地块, 是华北陆块结晶基底的主要生长时期; 古元古代是联合地块的形成阶段, 多个地块(体)拼合形成联合地块; 中元古代是稳定环境下的拉伸阶段, 沿陆块南北两缘形成三大裂谷系(燕辽、狼山—渣尔泰、熊耳山—西阳河); 新元古代—古生代陆块形成稳定环境的沉积盖层, 除南北两缘外, 内部很少有岩浆活动; 中—新生代陆块大部分地区为活动大陆边缘的环境, 出现大规模的构造—岩浆活动。

关键词: 陆核; 地块; 地体; 拼合; 增生; 华北陆块

中图分类号: P548 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-1412(2010)02-0089-12

0 引言

华北陆块构造格局及其演化是一个极为复杂而争议甚多的问题。任纪舜等主编(黄汲清指导)的“1/400 万中国大地构造图及简要说明书”^[1]将华北陆块划分为 10 个二级构造单元, 分别为阿拉善台隆、鄂尔多斯台缘褶带、鄂尔多斯台拗、内蒙地轴、山西断隆、燕山台褶带、华北断拗、胶辽台隆、鲁西断隆和豫西断隆。这个划分迄今仍是较权威的, 是后来各种不同分区的基础。程裕淇主编的“中国区域地质概论”^[2]将华北陆块划分为 10 个三级构造单元: 阿拉善隆起地块、华北北缘隆起带、燕辽中元古裂谷带、鄂尔多斯中生代拗陷盆地、鄂尔多斯新生代边缘

地堑、山西隆起、华北南缘中元古代裂谷带、胶辽隆起、鲁淮断隆和华北新生代断陷盆地。

20 世纪 60—70 年代以来, 随着板块构造学说^[3-6]和地块拼贴构造学说^[7,8]在我国的传播和研究, 逐渐形成了一些新的认识和观点。刘雪亚^[9]指出: “中朝准陆块不是同一基底的古老块体, 而是不同块体的组合”, “不是陆块的解体, 而是拼合的大陆”; 王东方等^[10]、胡桂明等^[11]采用板块—地体拼贴构造的观点对华北陆块北缘的构造格架进行了研究和探讨, 胡受奚等^[12]采用同样的观点对华北陆块南缘的构造单元进行了划分和研究; 白瑾等^[13]利用深层磁性界面等深线图^[14]向上延拓 20 km 的航磁图圈出了 6 个硅镁壳顶面隆起区, 结合地质构造, 将华北陆块划分为渤海、辽吉、东胜、赤峰、临汾、济宁、阿拉善 7 个古陆核区; 伍家善等^[15]将华北陆块划分为

收稿日期: 2010-02-09

基金项目: 中国地质调查局国土资源大调查项目(编号: 19991020218003, 200110200038)和科学技术部社会公益研究专项资金项目(项目编号: 2001DIB10056)资助。

作者简介: 李俊建(1962-), 男, 江苏沛县人, 研究员, 博士, 从事区域成矿研究与勘查工作, 通信地址: 天津市河东区大直沽八号路天津地质矿产研究所; 邮政编码: 300170; E-mail: junjianl@163.com

胶辽、迁(西)怀(安)、晋冀、豫皖、蒙陕等 5 个独立的前寒武纪陆块;邓晋福等^[16]依据华北陆块前寒武纪花岗岩的研究将华北陆块划分为吉辽、燕辽、怀宣、胶辽、鲁西、沁水、太华、五淮、鄂尔多斯和阿拉善等 10 个陆核区;吴昌华等^[17]从孔兹岩的形成时代、分布地域、形成环境、变质变形等多方面的研究入手,提出了东、西陆块吕梁期 SW-NE 碰撞的认识;李江海等^[18]对华北陆块基底构造格局及其演化的认识是存在东、西两个古陆,即西部鄂尔多斯古陆和东部由胶辽微陆块群组成的古陆,两个古陆之间存在着由 2 个新太古代岛弧带(辽吉—冀东—鲁西岛弧带和五台—登封岛弧带)、1 个弧前增生楔(阜平增生楔)、1 个古元古代裂谷带(吕梁—中条裂谷带)组成的中间拼合带,孔兹岩系被认为是陆内或其边缘的含碳质、高铝质沉积岩的变质产物,高压麻粒岩是古陆碰撞造山带的标志;赵国春等^[19,20]与李江海

的认识基本点是一致的,即东、西陆块加中间拉合带,不过西部陆块是由南部的鄂尔多斯陆块和北部的阴山陆块沿华北西部的孔兹岩带在古元古代(~1.95 Ga)碰撞对接而成,在~1.85 Ga,东西陆块沿中部带发生碰撞拼合,形成现在的华北陆块结晶基底。上述认识为研究华北陆块构造格局和演化提供了新思路。

1 构造单元划分及其特征

综合前人的认识,基于地块拼合的观点,本文将华北陆块划分为辽吉地块、燕辽地块、阴山地块、晋冀地块、豫皖地块、鲁西地体、胶北地体、阿拉善地块、鄂尔多斯中生代拗陷盆地和华北新生代断陷盆地共 10 个构造单元(图 1)。

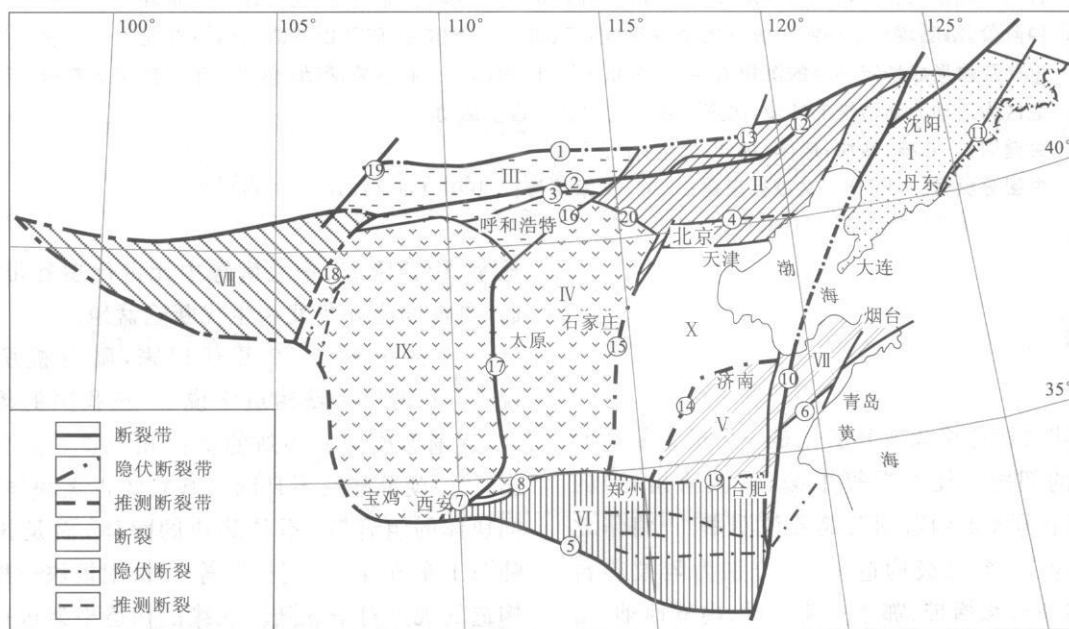


图 1 华北陆块构造分区简图

Fig. 1 Geological map showing the tectonic division of North China Craton

I. 辽吉地块 II. 燕辽地块 III. 阴山地块 IV. 晋冀联合地块 V. 鲁西地块

VI. 豫陕联合地块 VII. 胶北地块 VIII. 阿拉善地块 IX. 鄂尔多斯中生代拗陷盆地 X. 华北新生代断陷盆地

1. 北缘“台槽”分界断裂带 2. 临河—集宁—赤城—平泉断裂带 3. 乌拉特前旗—呼和浩特断裂带 4. 密云—喜峰口断裂带
5. 南缘“台槽”分界断裂带 6. 五莲—荣成断裂带 7. 太要—潼关—三门峡断裂带 8. 济源—焦作—商丘断裂带 9. 安徽宿北断裂带
10. 郯庐断裂带 11. 鸭绿江断裂带 12. 凌源—北票—沙河断裂带 13. 平泉—宁城(嫩江—八里罕)断裂带 14. 聊城—兰考断裂带
15. 太行山东麓断裂带 16. 吴旗—大同—张家口断裂带 17. 鄂尔多斯盆地东缘断裂带 18. 鄂尔多斯盆地西缘断裂带
19. 宝音图隆起西缘断裂带 20. 永定河—洋河断裂带

本文认为华北陆块的前 8 个前寒武纪地块(体)是古元古代拼(缝)合到一起的,新太古代和古元古

代不存在东、西两个陆块;中元古代是稳定环境下的拉伸阶段,沿陆块南北两缘形成三大裂谷系(燕辽、

狼山—渣尔泰、熊耳山—西阳河); 从新元古代末到三叠纪, 华北陆块处于稳定的状态, 没有强烈的构造变动, 接受了统一的盖层沉积, 只有南北两缘受两侧造山运动的影响, 发生了一些构造变动和岩浆活动。到了中、新生代华北陆块再次出现强烈的构造运动和岩浆活动, 即“地台活化”或“板内运动”, 实际还是由于太平洋海洋板块相对亚洲大陆板块运动引起的。鄂尔多斯拗陷盆地是中生代生成的, 而华北断陷盆地是新生代生成的, 这两个盆地的形成应该还是与两板块的相对运动有关。

1.1 辽吉地块

辽吉地块西以郯庐断裂的北延断裂(营口—沈阳和抚顺—密山断裂)为界, 北界为槽台分界断裂, 南界止于渤海湾, 东部延入朝鲜境内, 相当于胶辽台隆的北半部分。以太子河缝合带为界可划分为两部分, 北部为龙岗地块, 由龙岗卵形穹窿及其周边的鞍山、夹皮沟、金城洞、清原等花岗岩—绿岩地体共同组成; 南部为辽东南地块, 是狼林地块的组成部分。辽吉地块的结晶基底由太古宙和古元古代两部分组成。太古宙结晶基底主要分布在龙岗地块, 下部由古太古代陈台沟表壳岩、中太古代龙岗山岩群和辉南岩群(> 2.8 Ga)及同时代的深成侵入岩组成, 变质程度达麻粒岩相和高角闪岩相; 上部由新太古代鞍山岩群、清原岩群、夹皮沟岩群、和龙岩群及同时代的深成岩类组成, 时代为新太古代(2.8~2.5 Ga), 共同构成新太古代花岗岩—绿岩地体^[21-24]。古元古代结晶基底为辽河群^[25]、老岭群和集安群^[26], 广泛分布在太子河缝合带及金州断裂以东的辽东—吉南地区。辽河群可划分为上、下亚群。下辽河群为含有火山岩(里尔峪组)的沉积岩建造, 是相对活动环境下的产物; 上辽河群以碳酸盐岩(大石桥组)和碎屑岩(盖县组)为主, 是相对稳定环境下的沉积, 充分显示从活动环境向稳定环境过渡的特征。空间上, 沿营口—草河口中央断裂分南、北两区。辽河群上部包括大石桥组上部和盖县组, 南、北两区特征基本一致; 大石桥组下部及其以下地层, 两区有明显的差别: 南部未见浪子山组, 也未见与新太古代的接触关系; 北部辽河群直接不整合覆盖于太古宇之上。张秋生^[27]认为南、北两区辽河群是同期不同相的沉积。贺品高等^[28]提出南、北两区的变质特征不同, 北辽河群和老岭群为典型的中压型变质作用, 具有大陆碰撞的顺时针 p - T - t 轨迹; 南辽河群和集安群属典型的低压变质作用, 具有大陆边缘增生带的逆时针 p - T - t 轨迹。两者是古元古代末才缝合到一

起的不同地块的陆缘沉积。即辽北龙岗地块与辽东南地块(狼林地块)原本不是一个统一的太古宙地块, 古元古代末才拼合到一起。辽吉地块缺失中元古界长城系和蓟县系, 新元古界青白口系和震旦系主要分布在南部的复州—大连地区和中部太子河地区。复州—大连地区青白口系底部为永宁砂岩组, 其同位素年龄不大于 1 000 Ma^①, 为一套碎屑岩和碳酸盐岩建造。辽吉地块的古生界主要分布在太子河拗陷中; 中生界陆相碎屑岩和火山岩分布在断陷盆地中; 新生界由河湖相碎屑岩和大陆碱性玄武岩组成, 碎屑岩主要分布在辽河盆地, 而碱性玄武岩流则广泛覆盖在吉林的长白山和龙岗山地区, 辽宁的宽甸及辽河盆地也有产出。

辽吉地块显生宙岩浆活动十分强烈, 主要受北侧加里东期俯冲造山作用、海西期碰撞造山作用和燕山期造山作用的制约。加里东期、海西期和印支期的岩浆活动主要表现为花岗岩和碱性岩的侵入, 而燕山期除了强烈的侵入活动外, 还表现为强烈的火山喷发。

值得一提的是该地块鞍山岩群中富含沉积变质型(BIF)铁矿, 是国内也是世界重要的沉积变质型铁矿的重要产地; 夹皮沟岩群下部老牛沟岩组产出夹皮沟本区、二道沟、三道岔等大型金矿床, 下部的三道沟岩组产出三道沟大型沉积变质型(BIF)铁矿床; 清原岩群则赋存火山喷气沉积变质型(VMSH)红透山大型含金铜—锌矿床。从含矿特点也显示鞍山、夹皮沟和清原花岗岩—绿岩地体本不是“一家”。

1.2 燕辽地块

燕辽地块是指辽河平原以西, 即营口—沈阳—抚顺—密山断裂以西、吴旗—大同—张家口断裂带以东、康保—围场—赤峰—开原(“台槽”分界)断裂以南、永定河—洋河断裂以北的燕辽地区, 包括传统划分的燕山台褶带和内蒙地轴。以尚义—赤城—平泉—凌源—北票断裂为界, 可进一步划分为南、北两个拼贴带。南部拼贴带相当于燕山台褶带, 结晶基底主要是中—新太古代, 冀东地区为迁西岩群、遵化岩群、滦县岩群、双山子群; 北京密云地区为密云岩群、四合堂岩群; 张家口—宣化地区为桑干岩群。在太古宙结晶基底上, 除冀东青龙地区覆盖有古元古界青龙河群外, 大面积不整合覆盖在结晶基底上的是以蓟县剖面为代表的中—新元古界, 其底界的年龄为 1 800 Ma 左右, 顶界年龄约为 850 Ma^[29], 接受了近 10 亿年、近万米的沉积岩, 其中碳酸盐岩占 75%, 碎屑岩占 20%; 火山岩仅占 5%。而辽吉地块

直至1 000 Ma时才开始接受沉积,晚了8亿多年。表明燕辽地块与辽吉地块不仅结晶基底有差异,盖层时代亦差别甚大,这是将它们分成不同地块的重要原因。尚义—赤城—平泉断裂带以北的北部拼贴带相当于内蒙地轴,结晶基底由新太古界—古元古界组成,从东到西依次为建平岩群、单塔子岩群、红旗营子岩群。缺失中新元古界和古生界盖层沉积,中生界陆相碎屑岩和火山岩直接不整合覆盖在早前寒武系结晶基底之上,这是南、北两带的重要区别。至于为什么北部拼贴带缺失中新元古界和古生界沉积,河北省地质矿产局^[30]认为长期处于隆起状态,阻隔了中新元古代及古生代南北两侧海水的沟通;也有研究者认为,北带是早古生代后才拼贴到华北陆块来的^[10]。北带从东到西可进一步划分为赤峰—北票、丰宁—承德和红旗营子3个地块。

古生代区内受古亚洲洋板块俯冲、中朝古陆与西伯利亚古陆碰撞的影响,发生了强烈的SN向挤压作用,形成近EW向的褶皱、韧性剪切带、逆冲断裂、推覆构造及花岗岩类的侵入,包括加里东期和海西期花岗岩。印支期受后碰撞作用的影响,导致本区地壳增厚,EW向断裂继承性活动,花岗岩生成,这一时期称之为后碰撞作用时期,形成后碰撞花岗岩^[31]。燕山期,由于受伊泽奈崎(Izanaqi)板块向NW-N方向^[32]亚洲大陆下斜冲的影响,形成一系列NE-NNE走向左行平移走滑断裂及其次级断裂,成为中生代区域控岩、控矿的重要构造系统,许多燕山期的火山岩盆地、花岗岩体、重要的金属矿床都是沿这个方向的断裂分布。

南带的矿床有与太古宙铁建造有关的冀东、密云等沉积变质型(BIF)铁矿床;与太古代绿岩有关的冀东、张宣地区的金矿床;受中新元古界碳酸盐岩控制的MVT型高板岩铅锌矿床、关门山铅锌矿床;与中生代花岗岩类小侵入体有关的夕卡岩型—斑岩型铜钼矿床、铁锌矿床和金矿床等,如寿王坟铜矿、小寺沟铜(钼)矿床,杨家杖子、肖家营子钼矿床,三义庄铁—锌矿床,峪耳崖、柏杖子、牛心山金矿床等。北带的主要矿床是产在丰宁—隆化—承德一带受古元古界红旗营子群控制(中生代岩浆活动活化改造)的含金富银多金属矿床,如蔡家营子、青羊沟、营房—牛圈子、北岔沟门等含金富银多金属矿床。在东部的赤峰—北票新太古代花岗岩—绿岩地体中,产有沉积变质型铁矿床和与绿岩建造有关的红花岗、大营子金矿床等。

1.3 阴山地块

阴山地块范围为乌拉特前旗—呼和浩特(乌拉山—大青山山前)断裂^[33]以北、北缘“台槽”分界断裂以南的阴山地区,东以吴旗—大同一张家口断裂与燕辽地块相接,西部以宝音图隆起西缘断裂与阿拉善地块相连。该地块的结晶基底为中太古界兴和岩群、新太古界集宁岩群、乌拉山岩群、色尔腾山群和古元古界二道凹群。这些岩群主要由三部分岩石组成:以斜长角闪岩、斜长角闪片麻岩为主的变中基性火山岩—绿岩建造,如乌拉山岩群的一部分和色尔腾山群;以富铝含石墨、堇青石、石榴石、夕线石片岩、片麻岩和镁质大理岩为主的岩石组合,划归孔兹岩系,如乌拉山岩群的一部分和集宁岩群^[34];古元古界变质碎屑岩和碳酸盐岩建造,如二道凹群。除了这些岩群之外,还大面积分布有变深成岩,包括TTG岩套、紫苏花岗岩和变镁铁质侵入岩。在狼山—渣尔泰山地区广泛分布的中元古界渣尔泰山群、白云鄂博群浅变质碎屑岩、碳酸盐岩夹少量火山岩,渣尔泰山群为以碎屑岩(41%)、泥页岩(34%)为主体的浅变质岩系,其次是碳酸盐岩(23%)^[35],含有多个火山岩夹层,变形、变质均比东部燕辽地块的中元古界盖层要强,是不同构造环境下的沉积。这里要强调吴旗—大同断裂^[15](马杏垣等^[36]称为环县—大同断裂)的构造意义,这是一条基底断裂和分界断裂,太古宙就存在了,断裂两侧的燕辽地块和阴山地块不仅基底岩石不同,盖层也迥然不同。

除了前寒武纪的地层和岩浆岩外,区内大面积出露有加里东期、海西期花岗岩类和印支期、燕山期花岗岩类及火山岩,其形成环境与燕辽地块是一致的。乌拉山大桦背花岗岩体的锆石SHRIMP年龄为 $(353 \pm 7) \text{ Ma}$ ^②,表明北部海西期的造山作用强烈影响到本区。

该区矿产资源在早前寒武纪结晶基底区主要产有与太古宙绿岩有关的大型乌拉山金矿床和BIF型三合明铁矿床,与孔兹岩系有关的石墨、夕线石矿床。在狼山—渣尔泰山地区的渣尔泰山群产有超大型(SEDEX)多金属矿床,如东升庙、霍各气、炭窑口、甲生盘等多金属矿床;白云鄂博群产有举世闻名的超大型白云鄂博Fe-Nb稀土矿床。

1.4 晋冀地块

晋冀地块的东界是太行山东麓断裂带,北东通过永定河—洋河断裂与燕辽地块相接,北西通过吴旗—大同一张家口断裂与阴山地块相连,南界为焦作—商丘断裂,西界为鄂尔多斯盆地东缘(离石)断裂带。该地块由太行山—五台山—恒山、吕梁山、中

条山地块和渭汾地堑 4 个次级单元组成, 大体上相当于传统构造的山西断隆^[1]。

太行山—五台山—恒山地块由阜平、五台、恒山 3 个地体组成。李继亮等^[37]认为阜平和恒山隆起是太古宙陆块基底, 主要由灰色片麻岩组成, 含表壳岩的碎块或透镜体, 变质程度达高角闪岩相到麻粒岩相; 五台地区的五台岩群变火山岩代表了火山弧, 新太古代花岗岩代表了岛弧环境的 I 型和 S 型花岗岩, 变质程度为绿片岩相; 滹沱群的豆村组和东亚组代表了阜平古陆被动大陆边缘的沉积, 郭家寨组则代表了磨拉石建造。由此得出结论: 恒山为仰冲陆块, 阜平为俯冲陆块, 整个五台地区构成一个碰撞造山带, 碰撞的时间大致在 2 050 Ma。胡桂明等^[11]认为阜平、五台、恒山是 3 个新太古代地体, 它们拼贴在一起的时间是新太古代晚期或古元古代早期, 滹沱群是地块拼贴后的准盖层沉积。存在问题是目前阜平、五台、恒山地区测得的最老年龄都在 2 800 Ma 左右, 它们的时限大都在 2 800 ~ 2 500 Ma^[38, 39], 所谓的阜平和恒山古陆块并未发现有比五台岩群更老的年龄, 三者到底是何关系还有待进一步研究。

吕梁地块由吕梁、界河口、野鸡山 3 个地体^[11]组成, 界河口地体位于野鸡山西侧, 由新太古代—古元古代界河口岩群及同时代的深成岩组成, 呈 NNE 向展布, 界河口岩群具有孔兹岩系特征^[40]。吕梁地体位于野鸡山东侧, 由吕梁岩群及同时代的深成岩组成, 近 SN 向展布。古元古代吕梁群由变双峰式火山岩、铁建造、碎屑岩^[41-43]组成。两者古元古代晚期的拼贴部位为野鸡山地体区。

中条地块西界为中条山山前断裂, 位于中条山西北坡山脚下, 呈向东南突出的弧形, 全长 120 km。东界为横河断裂, 南界为河南的焦作—济源断裂。从西向东依次分布着涑水杂岩、绛县群、中条群、西阳河群, 有由西向东变新的趋势, 是一个以古元古界为主体的地体^[44], 中条、绛县火山岩均具有裂谷火山岩的特征, 其与南部豫陕地块拼贴部位为中元古代西阳河群火山岩分布区。

五台群产出阿尔果马型沉积变质型铁矿床; 吕梁群产出苏比利尔型沉积变质铁矿床; 中条群产出中条山式铜矿床, 说明三者不是同一裂谷的产物。古生界盖层沉积广泛分布在全区, 特别是上古生界石炭—二叠系含煤地层中赋存有众多大型—超大型煤田, 是我国煤炭资源最丰富的地区。

晋冀地块显生宙的岩浆岩活动不如前述燕辽等

3 个地块发育, 但同样产出一些重要的与夕卡岩型铁、铜及多金属矿床有关的小岩体群, 如邯邢—安林—平顺、塔儿山—二峰山、孤偃山小岩体群; 在五台地区的刁泉、耿庄、支家地等地发育与铜、银、金矿床有关的次火山岩小岩体。

晋冀地块的中部从南向北贯穿着汾渭地堑, 地堑沿河谷发育, 向北一直延伸到大同和怀来盆地, 以斜列雁行式排列, 从南到北包括临汾—运城新断陷、晋中新断陷、滹沱河新断陷、桑干河新断陷。盆地经历了古近纪到第四纪的发育阶段, 堆积了巨厚的河湖相碎屑岩(最大厚度达 6 300 m), 并伴随有火山活动, 如繁峙的新近纪玄武岩和大同的第四纪玄武岩。在平陆盆地中产有石膏矿床, 临汾—运城新断陷中产出三合盐类(碳酸盐、硫酸盐、氯化物)矿床, 属新生代固态和液态矿床^[45]。

1.5 豫皖地块

豫皖地块的南界为“台槽”分界断裂, 西段经洛南—栾川—固始断裂^[46]与秦岭造山带相连, 东段经六安断裂^[47]与大别地块相接; 北界西段经太要—三门峡断裂和济源—焦作断裂与晋冀地块相接, 东段北界为宿北断裂。该地块呈近 EW 向延伸, 东界终止于郟庐断裂带, 向西尖灭于西安临潼附近。总体构造线方向西段为 NW 向, 东段安徽境内为近 EW 向。由嵩箕、华熊和霍丘—蚌埠 3 个地块(体)组成。嵩箕地体南经三门峡—宝丰断裂与华熊地块相连^[12], 北界经济源—焦作断裂与晋冀地块相接, 东界消失在平原区。以发育新太古界登封岩群和古元古界嵩山岩群为特征。登封岩群为新太古界绿岩建造, 嵩山岩群为古元古界变碎屑岩建造。盖层为中元古界熊耳群和汝阳群。华熊地块的结晶基底为新太古界太华岩群, 该岩群西起陕西临潼, 经小秦岭、熊耳山、鲁山一直延伸到舞阳地区, 据钻孔揭露, 向东可能延到新蔡地区。在太华岩群结晶基底上, 广泛覆盖有中元古界熊耳群(长城系)火山岩和汝阳群、官道口群(蓟县系)等稳定环境下的盖层沉积, 局部也发育有古生界盖层。华熊地块岩浆活动强烈, 从古元古代到中生代均有活动, 以中元古代的火山岩(熊耳群)和中生代的侵入岩最为发育。在豫西地区产有与钼、铁、多金属矿床有关的中生代小岩体, 如金堆城、南泥湖、银家沟等富钾酸性花岗岩斑小岩株, 形成超大型夕卡岩—斑岩型金堆城、南泥湖等钼矿床。小秦岭是仅次于胶东的我国第二大原生金矿产地, 金的来源可能主要为太华岩群绿岩建造, 但活化、改造成矿则与燕山晚期华山、闵峪、娘娘山等花

岗岩有关。

霍丘—蚌埠地块的东界为郟庐断裂,南界为六安断裂,北界为宿北断裂,西界隐伏在第四纪下。中部出露的结晶基底包括蚌埠—五河地区新太古界蚌埠岩群、古元古界五河群;南部合肥盆地地下隐伏有新太古界霍丘岩群,并产 BIF 型铁矿床。北部淮北拗陷区出露地层为新元古界和古生界盖层,包括新元古界青白口系、震旦系和古生界寒武系,均为碳酸盐岩和碎屑岩,奥陶系为稳定环境下的碳酸盐岩和蒸发岩,其上为上石炭统和下二叠统的陆相、海陆交互相沉积,是淮北煤矿的产地。区内还发育有一系列的近 EW 向断裂,中生代侵入岩沿两组断裂的交叉部位或褶皱的轴部侵入。

1.6 鲁西地体

鲁西地体是指郟庐断裂带以西的鲁西地区,其北、西、南三面均为第四系覆盖,北西边界可能为聊城—兰考断裂,南界以宿北断裂与豫皖地块相接。鲁西地体的前寒武纪结晶基底主要是新太古界泰山岩群和变质深成杂岩体。在沂水地区,发现有中太古界沂水岩群和伴生紫苏花岗岩等^[48]。泰山岩群主要由太古宙绿岩建造组成,变质程度为绿帘角闪岩相,低于胶东岩群,最新 SHRIMP 锆石 U-Pb 测年表明泰山岩群的形成年龄大于 $(2\ 707 \pm 9)$ Ma。泰山岩群中产出中小型浸染状绿岩带金矿床和 BIF 型铁矿床。该地块缺失古、中元古界,直接被新元古界土门群(震旦系)及寒武—奥陶系盖层所覆盖。直到中生代白垩纪,鲁西地块和胶北地块才有可对比的地层,即莱阳群和青山群。鲁西地体与胶北地体岩浆活动也存在明显的差别:鲁西地块前寒武纪花岗岩特别发育,缺少中生代大花岗岩基,但发育有济南、邹平、莱芜中基性杂岩体^[50]和平邑归来庄等花岗岩小岩体;而胶北地体中生代花岗岩大岩基特别发育,前寒武纪花岗岩则不如鲁西发育。鲁西地体断裂系统走向及泰山岩群的片麻理均以 NW 向为主,完全不同于胶北地块。鲁西地体虽与燕辽联合地块有共同的古生界盖层,但缺失古、中元古界大部分地层,这一点又与燕辽地块有别,故划为一独立地体。鲁西地体产出的矿床有莱芜的夕卡岩型铁矿床,平邑归来庄金矿床,蒙阴的原生金刚石矿床,太古代绿岩带中的沉积变质铁矿和绿岩型金矿床,寒武—奥陶纪含磷建造,石炭—二叠纪煤、铝土矿和古近纪内陆湖相含石膏、自然硫矿床和建造,新近纪砂金、金刚石砂矿、蓝宝石砂矿等冲积砂矿建造。含矿岩浆岩建造有中生代含铁(铜、金、钴)辉长岩类、闪

长岩类岩浆建造,含铜、金、钼基性次火山岩建造(邹平);古生代(加里东期)含金刚石的金伯利岩建造(蒙阴);以及中生代含金、稀土偏碱性—碱性岩建造。

1.7 胶北地体

胶北地体^[51]是指郟庐断裂以东、五莲—荣城断裂以北的胶东地区,是中国金矿资源最重要的产地,全国 1/4 的金矿储量和黄金产量产自于本区。传统构造将胶东划为胶辽台隆的一部分,板块—地体构造将本区划为独立的胶北地体。地体的结晶基底为新太古界胶东岩群、古元古界荆山群和粉子山群。前者为新太古代绿岩建造,同位素年龄在 2 700~2 500 Ma 之间^[50];后者为古元古代孔兹岩系,同位素年龄 2 500~1 800 Ma。胶东岩群和荆山群的变质程度达到角闪岩—麻粒岩相,明显高于鲁西地块的泰山岩群。胶东岩群绿岩建造是金矿床成矿物质的重要来源之一;而粉子山群是石墨、菱镁矿和滑石矿的主要含矿层。在胶北结晶基底之上,局部覆盖有新元古代蓬莱群,为稳定环境下盖层性质的碎屑岩、碳酸盐岩沉积,缺失整个古生代和中生代三叠纪和侏罗系沉积。在南部胶莱盆地和北部黄县盆地沉积有白垩纪及新生代的陆相碎屑岩及火山岩。

胶北地体的胶东岩群被太古宙 TTG 岩套侵入,但 TTG 的发育程度远不如鲁西地块;没有发现有古生代的岩浆岩;中生代花岗岩类十分发育,划分为重熔型和同熔型 2 个系列^[52]。重熔型以玲珑(含滦家河)黑云母花岗岩为代表,同位素年龄为 160~150 Ma,属中生代早中期;同熔型以郭家岭花岗闪长岩为代表,同位素年龄为 135~100 Ma,属中生代晚期,与区内金矿床空间、时间关系都比较密切,可能存在成因联系^[53]。胶北地块的前寒武纪结晶基底的片麻理方向为近 EW 向和 NW 向,而显生宙的构造线主要为 NNE-NE 向,与鲁西地块迥然有异。研究表明,五莲—荣城断裂带不仅是胶北地体的南界^[54],也是华北陆块南界和苏鲁造山带的分界,胶北地体处于后碰撞大陆弧(Postcollisional arc)的环境。

1.8 阿拉善地块

是位于华北陆块最西部的地块,东界为鄂尔多斯盆地西缘断裂带,西部尖灭于祁连山造山带和北山造山带之间,南北两侧为“台槽”分界断裂。区内大面积为沙漠所覆盖,研究程度较低。在地块北缘和贺兰山等地出露有古元古界阿拉善岩群、贺兰山岩群、千里山岩群。其中贺兰山岩群和千里山岩群

具有孔兹岩系特征。上述结晶基底之上发育中新元古界和古生界石炭—二叠系沉积盖层。区内花岗岩比较发育, 包括元古宙花岗岩、古生代加里东期超基性岩和中酸性侵入岩、海西期和印支期花岗岩。受晚期构造的影响, 地块内出现了多个断隆和断陷相间的特征^[55]。据对阿拉善地块古生代花岗岩 Nd, Sr 同位素示踪表明^③, 该地块可能是属中亚造山带中的一个独立地块(该成果将另文发表)。最近李廷栋等^[56]亦将阿拉善地块归入西域岩石圈块体。

阿拉善地块已发现矿产有铜、镍、钴、金、铂、铁、铅、锌、铀、稀土稀有、石油、石膏、湖盐、芒硝、石墨、水晶等多种金属和非金属矿产。典型矿床有龙首山金川岩浆型铜镍硫化物矿床, 其次是新发现的大型层控改造型朱拉扎嘎金矿。

1.9 鄂尔多斯中生代盆地

鄂尔多斯盆地以盆地西缘断裂带与阿拉善地块相连, 东界以东缘断裂带与晋冀地块相接, 北界为乌拉特前旗—呼和浩特断裂, 南界为毓镇—眉县断裂和太要—潼关断裂。该盆地在三叠纪拗陷, 盆地内中生界发育齐全, 属河、湖、沼泽相沉积, 总厚逾 6 000 m。盆地的重力场为近 SN 向、近椭圆形的特征, 为莫霍面平缓的地幔隆起区, 界面变化不大。以定边县和盐池县西南为中心, 重力值向四周降低, 表明幔隆中心就在此地。区域磁场呈 NE 走向, 正负相间, 变化平缓, 显示出稳定的特征, 无火山活动, 断裂也不太发育^[57]。

鄂尔多斯盆地是华北陆块内仅次于华北盆地的大盆地, 赋存有重要的油气田和煤田, 天然气的蕴藏量十分丰富, 如著名的长庆油气田、神(木)—府(谷)煤田和榆林—横山煤田。

1.10 华北新生代断陷盆地

华北新生代断陷盆地位于太行山东麓断裂带和郯庐断裂带之间, 南界以一系列近 EW 向断裂与豫皖联合地块相连。包括下辽河平原、渤海及华北平原广大地区。据钻孔揭露, 盆地内的结晶基底和盖层与燕辽地块相似, 结晶基底为太古宇和古元古界, 其上同样有中新元古界、古生界盖层, 也发育有中生代火山岩地层。盆地的下陷是在古近纪, 形成巨厚的河湖相碎屑岩, 夹有大量拉斑玄武岩流及少量油页岩、蒸发岩, 显示大陆裂谷的特征; 新近系主要是河湖相碎屑岩, 地表为第四系覆盖。盆地内大地热流值较高, 地球物理资料均显示盆地为一大型地幔上隆区, 莫霍面深度只有 33~30 km。盆地内部 NE 向断裂发育, 形成带状隆起区和拗陷区相间的

格局, 如沧州隆起、黄骅拗陷等, 并显示正负相间的磁场特征^[30]。低缓的磁异常走向反映了下辽河—渤海—华北裂陷的延伸方向, 其平均大地热流值高于周围地区。华北盆地是我国主要油气田产地, 赋存有华北、辽河、大港、渤海、胜利、中原等大型—超大型油(气)田。

2 地质构造发展简史

从地球形成的那一天起, 导致地球形成核、幔、壳结构的重力分异作用和导致板块运动的热对流机制也就存在了。地球形成初期, 由于上述两种作用的结果, 在洋壳上形成了一些小的陆块, 这些小陆块经多次拼合—裂解—再拼合, 形成相对较大的陆核。现在可见的太古宙早期的陆核有龙岗古陆核、鞍山铁架山古陆核、冀东的迁安古陆核、鲁西古陆核等。它们的主体是花岗质深成岩, 但也包括少量的表壳岩(绿岩和变碎屑岩)的小块体或透镜体, 被认为是早期绿岩或下部绿岩。这些陆核是各自独立形成的, 在拼贴到一起以前, 彼此之间是没有任何联系的。因此太古宙早期的演化史, 就是这些陆核形成和会聚(拼贴)的历史^[11]。

2.1 新太古代(2 800~2 500 Ma): 花岗岩—绿岩地体形成期

新太古代是地壳高速生长期, 包括以绿岩带为主的横向生长和以 TTG 为主的垂向生长, 在陆核的基础上形成了许多现在可以鉴别的新太古代花岗岩—绿岩地体, 奠定了华北陆块结晶基底的基础。华北陆块现今出露的这些绿岩带具有含洋壳残片的岛孤型火山岩组合特征^[13]; 代表了新太古代末期的拼贴—碰撞带^[21]。M. E. Barley^[58]把西澳耶尔岗地块卡尔古利新太古代含金花岗岩—绿岩带与现今的会聚板块边缘的构造环境相类比, 并认为太古宙的绿岩金矿床是产在与现代岛弧带和活动大陆弧类似的板块会聚的环境下。华北陆块大量的新太古代花岗岩—绿岩地体主要是这一时期形成的。如龙岗陆核北侧的夹皮沟花岗岩—绿岩地体和南侧的鞍山花岗岩—绿岩地体, 环绕迁安穹隆区的多个花岗岩—绿岩地体, 鲁西、五台、豫西花岗岩—绿岩地体等。可以说, 新太古代是花岗岩—绿岩地体的主要形成和生长期, 也是华北陆块结晶基底的主要生长期, 生长方式是陆核周边以绿岩建造为主的横向增长和以 TTG 岩套为主的垂向增长。

2.2 古元古代(2 500~ 1 800 Ma): 华北陆块的初始形成时期

太古代末和古元古代是地块大拼贴时期, 由地体或地块拼合形成联合地块, 到古元古代末, 统一的华北陆块已基本形成。古元古代一方面在局部地区仍旧保留了新太古代的活动特征, 如山西吕梁地区形成了吕梁岩群和野鸡山群火山岩、中条地区形成了绛县群和中条群火山岩、辽东地区的下辽河群的火山岩。这些地区可能发生过陆块张裂, 随后又发生了拼贴, 如吕梁地区的吕梁地体和界河口地体是通过野鸡山群缝合到一起的, 冀东地区的迁西地体和山海关地体是通过双山子群和青龙河群缝合到一起的^[11]; 又如辽吉地区可能发生过 2 个相对较大的地块的拼合, 即龙岗地块(含夹皮沟和鞍山花岗岩-绿岩地块)和辽东南地块通过古元古界辽河群缝合到一起的。另一方面, 又显示有稳定环境下一套浅变质的、层序清楚的、分布在局限海槽中的“冒地槽”式沉积, 可能反映了古老硅铝壳的再造作用, 如上辽河群的大石桥组、盖县组, 前者以镁质碳酸盐岩为主, 后者以细碎屑岩为主, 显示出准盖层的特征; 又如冀东地区的青龙河群、登封地区的嵩山群、内蒙古大青山的二道凹群、五台地区的滹沱河群, 基本上是由碎屑岩组成, 显示出相对稳定的环境, 具有准盖层的特征。古元古代末的吕梁运动使华北原始的太古宙-古元古代的地块或联合地块缝合到一起形成了统一的华北陆块。

2.3 中新元古代(1 800~ 1 000 Ma): 拉张环境下的盖层形成时期

中新元古代是准稳定环境下的盖层形成时期, 构造运动是以拉伸作用为主, 在陆块两缘形成了三大裂谷系, 即北缘东段的燕山-太行山裂谷系、北缘西段的狼山-渣尔泰山裂谷和白云鄂博裂谷系, 南缘的熊耳山-西阳河裂谷系。但是这三大裂谷系的活动性是不一样的, 早期火山活动的强度也不相同, 熊耳山-西阳河裂谷形成了厚近 7 000 m 的熊耳群火山岩^[59]; 沉积物也存在较大差异, 燕辽裂谷中的蓟县剖面 75% 由碳酸盐岩组成^[29]; 变质变形也存在明显的差别, 表明此时华北陆块并未形成统一的盖层。燕山地区、阴山地区和南缘的熊耳山地区仍旧是彼此分开的不同构造环境的沉积, 直到新元古代和早古生代华北陆块才最终形成并有了统一的盖层。在陆块内部的阜平、晋北、吕梁等地区, 中元古代由于拉伸作用, 形成了广泛分布的基性岩墙群^[60, 61], 可分为两组, 早期(1 800~ 1 400 Ma)为

NNW 走向, 主要发育在晋北和太行山阜平地区, 显示近 EW 向的拉张力; 晚期(1 400~ 1 000 Ma)为 NWW 走向, 显示近 SN 向的拉张力。在陆块南北两缘由于受两侧造山作用的影响, 有花岗岩类的侵入, 这种稳定环境一直延续到三叠纪。

2.4 古生代: 稳定环境下的盖层形成时期

早古生代华北陆块整体处于陆表海的稳定环境, 此时整个陆块才有了统一的稳定盖层。有些地区古生界寒武系与下伏新元古界为平行不整合(假整合)关系, 表现为继承性的沉积。寒武系和奥陶系主要是碳酸盐岩和碎屑岩组成, 没有火山岩。到晚奥陶世, 由于南北两侧洋壳俯冲强大的挤压力, 使整个陆块抬升, 除贺兰山发现有上奥陶统的沉积外, 整个陆块均缺失上奥陶统、志留系、泥盆系和下石炭统。到了晚石炭世, 可能南北两侧挤压作用减缓, 华北陆块再次整体下陷, 从晚石炭世开始广泛接受浅海相沉积, 并很快向海陆交互相、陆相沉积转变, 到二叠纪则主要是陆相沉积。这一时期华北陆块处于低纬度下的湿热气候, 是地球上植物大繁盛时期, 又处于稳定的构造环境, 具有成煤和存煤的良好条件, 成为我国最有利的成煤时期^[62]。

古生代华北陆块内部的岩浆活动较弱, 目前仅发现辽宁复县和山东蒙阴的金伯利岩侵入^[63]。但在陆块的北缘, 由于古亚洲洋板块的消减和最后发生碰撞的影响, 发育古生代花岗岩类的侵入。由于来自北方的挤压作用, 陆块北缘从元古界到古生界地层发生了轴向近 EW 的褶皱, 并形成一系列近 EW 向的韧性剪切带和逆冲断裂带等。

2.5 中生代印支期: 后碰撞作用时期

印支期是“后碰撞作用”(postcollision)时期。“后碰撞作用”是指古亚洲洋关闭, 陆陆碰撞后的一段相当长的时期, 这一时期可能延伸到燕山早期, 被认为是更有利于形成花岗岩的时期^[64]。在印支期, 陆块南侧的秦祁古海洋和北侧的古亚洲洋均已关闭, 但陆块南北两侧受到的碰撞挤压作用并未终止, 使得一些近 EW 向的断裂、逆冲断裂和韧性剪切带重新活动, 两缘的地壳增厚, 导致深部地壳重熔形成了后碰撞花岗岩^[65]。如北缘及其以北造山带广泛分布的印支期花岗岩, 如冀东的都山花岗岩、柏杖子花岗岩、丰宁的撒岱沟门花岗岩、喀喇沁花岗岩、敖汉的西台子花岗岩等应属后碰撞花岗岩。南缘是否存在类似的后碰撞花岗岩尚有待研究, 初步研究认为在陆块内部, 早、中三叠世, 因袭二叠纪盆地继续接受陆相沉积。晚三叠世, 陆块的大部分地区已

隆起为陆, 沉积范围缩小到鄂尔多斯拗陷盆地。在后期的伸展作用下, 在北缘地区形成近 EW 向的断陷盆地, 并接受了陆相碎屑岩和火山岩的沉积。从元古宙开始形成的近 EW 向构造体系, 一直持续活动到燕山早期才告结束。

2.6 中生代燕山期: 滨太平洋域构造—岩浆活动大爆发时期

中生代燕山期, 太平洋板块相对欧亚板块的运动已经开始启动。由于太平洋伊泽奈崎(Izanaqi) 板块向 NW-N 方向^[32] 亚洲大陆下的斜冲, 华北陆块东部受到主要是北东方向的压扭性剪切分力, 由近 EW 向构造体制转向 NE-NNE 向构造体制, 形成了陆块东部隆起带和拗陷盆地相间的构造格局。伴随着构造体制的变化, 发生了地幔上涌和岩石圈减薄, 岩石圈由古生代的 200 km 减薄到中生代的不足 80 km^[66]; 伴随构造体制的转变, 中生代爆发了大规模的岩浆活动, 大面积分布的火山岩和花岗岩类都是这一时期形成的; 燕山晚期(早白垩世), 也是金属矿床成矿作用的大爆发期, 已获得同位素年龄资料表明胶东地区金矿床^[67, 68]、辽西排山楼金矿床^[69]、辽东五龙金矿床^[70]、豫西小秦岭金矿床^[71-73] 等大规模金矿床, 以及陆块南、北两缘的铜钼矿床, 如南缘的金堆城、南泥湖超大型钼矿床, 北缘的杨家杖子和兰家沟钼矿床, 寿王坟、小寺沟铜(钼) 矿床都是这一时期形成的^[74, 75]。特别是 120 Ma 前后, 大规模的岩浆活动后期是大型—超大型矿床形成的高峰时期^[76-78]。

这里要强调的是, 从燕山期开始的这种构造格局, 与太平洋(伊泽奈崎) 板块相对亚洲板块的运动直接有关, 并非“板内造山运动”。之所以不同于南北美洲西海岸的造山带, 是因为太平洋的伊泽奈崎(Izanaqi) 板块当时的俯冲方向为 NW-N 向, 而非垂直东亚海岸线的方向。

2.7 新生代: 拉伸期和碱性玄武岩溢流时期

新生代是中生代构造格局的继续, 主体表现为拉伸作用, 盆、岭相间的格局得到延伸, 形成了松辽盆地、渤海湾、华北盆地等大规模断陷区^[79]。这些大规模的盆地是新生代辽河油田、渤海油田、大港油田、胜利油田、华北油田、中原油田的蕴藏地。在东北的长白山、龙岗山形成了广泛覆盖的大陆碱性玄武岩, 华北盆地、渤海湾也有大量的碱性玄武岩溢出, 在内蒙古集宁和赤峰、河北张家口和围场、山西大同和繁峙、山东昌乐等地都有碱性玄武岩岩流的产出。

综上所述, 华北陆块经历了太古宙—古元古代的活动环境, 中新元古代到中生代三叠纪的持续稳定环境, 再到中—新生代的的活动环境三个大的演化阶段。华北陆块的形成是多地块(体) 或联合地块拼合的结果。

3 结论与讨论

经上述华北陆块构造单元的划分及其演化过程的阐述, 可得出以下初步结论:

(1) 从地球形成的那一天起, 导致地球形成核、幔、壳结构的重力分异作用和热对流机制就存在了, 也就是说板块运动的机制就存在了。

(2) 华北陆块是由 8 个前寒武纪地块(体) 拼(缝) 合而成, 不是由东西两个陆块拼合而成。

(3) 华北陆块是由地核→地块(体)→联合地块逐渐生成、增大、拼合而成, 虽然不同时期增长的速度有快有慢, 但决不是一蹴而就的。

(4) 地块(体) 的划分主要是依据地质构造、地层岩石, 含矿特征, 同位素年代学, 地球化学和地球物理等多方面的信息。盖层的差别是重要因素之一, 如燕辽地块的中新元古界盖层从 1 800 Ma 就开始接受沉积, 一直持续到 850 Ma, 有近 10 亿年的相对稳定沉积时间; 但是郯庐断裂带以东的辽吉地块和胶北地体, 最早的盖层沉积是复州—大连地区的永宁砂岩, 其同位素年龄最老才 1 000 Ma, 比西侧的燕辽地块大约晚了 8 亿年; 再如阴山地块的渣尔泰山群和白云鄂博群开始接受沉积的时间与燕辽地块相近(1 800 Ma) 或更老(据最新 SHRIMP 锆石 U-Pb 测年资料, 有可能为古元古代, 作者将另文发表), 其沉积岩的成熟度, 碎屑岩、碳酸盐岩、火山岩所占的比例差异甚大, 所含火山岩的特征、后期变质—变形及含矿性都不相同, 表明两者是不同期或不同构造背景的产物; 南缘的中元古界熊耳群(长城系) 是由厚近 7 000 m 的火山岩组成, 与北缘的燕山和阴山地区都不相同, 覆盖在熊耳群火山岩上的官道口群和汝阳群的碳酸盐、碎屑岩沉积才是稳定环境下的盖层沉积。因此提出华北陆块可能在新元古代末或早古生代才形成统一的盖层。

(5) 地块(体) 的分界一般为深大断裂, 比如郯庐断裂带、台槽分界断裂、吴旗—大同断裂、太行山东麓断裂、鄂尔多斯西缘断裂带等。目前只能找出断裂带两侧地块地质构造特征及其发展演化历史的不

同,但要找出地块与地块缝合碰撞的证据还有一定的困难,一是因为后期构造变动的破坏,没有留下拼合的记录;二是被时代较新的盖层所覆盖;三是研究程度还不够深入,现在一些划分古碰撞带的标志还存在不确定性。解决这些问题有待更深入细致的研究。

(6) 鄂尔多斯拗陷盆地是中生代形成的,在其南侧覆盖区下发现了与小秦岭地区相似的太华岩群基底片麻岩,盆地的大部分地区并未揭露出老基底,只有巨厚(6 000 m)的中-新生代沉积层,地球物理资料显示盆地为一平稳的地幔上隆区^[57],并未显示“鄂尔多斯古陆”的存在。华北断陷盆地区下揭露出类似燕辽地块的太古宙结晶基底,中新元古代和古生代盖层,乃至中生代的火山岩层,表明华北断陷盆地是新生代才形成的,显示其中一部分可能是原燕辽地块的组成部分。

致谢:在研究工作中和本文写作过程中,得到了翟裕生院士和沈保丰、陆松年、朱士兴、万天丰、叶天竺、王瑞江、吴昌华等专家的指导和帮助,特此致谢。

- ①付国民. 辽吉地区晚前寒武纪地层某些同位素年龄数据及其地质意义. 第四届同位素年代学、同位素地球化学学术讨论会论文汇编, 1989.
- ②裘有守, 罗镇宽, 苗来成, 等. 中国华北克拉通北缘金矿床区域控矿条件和矿床成因(研究报告). 天津: 天津地质研究院, 1998.
- ③李俊建. 内蒙古阿拉善地块区域成矿系统. 天津: 天津地质矿产研究所, 2006.

参考文献:

- [1] 任纪舜, 姜春发, 张正坤, 等. 中国大地构造及演化——1/400万中国大地构造图说明书[M]. 北京: 科学出版社, 1980: 29-98.
- [2] 程裕淇. 中国区域地质概论[M]. 北京: 地质出版社, 1994: 150-152.
- [3] 尹赞勋. 板块构造评述[J]. 地质科学, 1973, (1): 56-87.
- [4] 李春昱. 中国板块构造轮廓[J]. 中国地质科学院院报, 1980, 2(1): 11-22.
- [5] 李春昱, 郭令智, 朱夏. 板块构造基本问题[M]. 北京: 地震出版社, 1986: 1-463.
- [6] 金性春. 板块构造学基础[M]. 上海: 上海科学技术出版社, 1984.
- [7] 王成善, 钱奕中, 崔秉全, 等(译). 地体构造——山脉形成和大陆生长[M]. 成都: 四川科学技术出版社, 1991: 58-80.
- [8] 郭令智, 施央申, 马瑞士, 等. 论地体构造——板块构造理论研究的最新问题[J]. 中国地质科学院院报, 1984, (10): 27-34.
- [9] 刘雪亚. 对中国大地构造格局的新认识——不是陆块的解体而是拼合的大陆[J]. 中国区域地质, 1986, (4): 295-305.
- [10] 王东方, 陈从云, 杨森, 等. 中朝陆台北缘大陆构造地质[M]. 北京: 地震出版社, 1992.
- [11] 胡桂明, 王守伦, 谢坤一, 等. 华北陆台北缘地块构造与金铁矿产[M]. 北京: 地质出版社, 1998: 34-57.
- [12] 胡受奚, 林潜龙, 陈泽铭. 华北与华南古板块拼合带地质和成矿[M]. 南京: 南京大学出版社, 1988: 12-45.
- [13] 白瑾, 黄学光, 王惠初, 等. 中国前寒武纪地壳演化[M]. 北京: 地质出版社, 1996: 20-50.
- [14] 管志宁, 安玉林, 吴朝钧. 磁性界面反演及华北地区深部地质结构的推断[C]. 见: 王懋基. 中国东部地区地球物理研究专集. 北京: 地质出版社, 1987: 80-101.
- [15] 伍家善, 耿元生, 沈其韩, 等. 中朝古大陆太古宙地质特征及构造演化[M]. 北京: 地质出版社, 1998.
- [16] 邓晋福, 吴宗絮, 赵国春, 等. 华北陆块前寒武纪花岗岩类、陆壳演化与克拉通形成[J]. 岩石学报, 1999, 15(2): 190-198.
- [17] 吴昌华, 钟长汀. 华北陆台中段吕梁期的 SW-NE 向碰撞——晋蒙高级区孔兹岩系进入下地壳的构造机制[J]. 前寒武纪研究进展, 1998, 21(3): 28-48.
- [18] 李江海, 钱祥麟, 黄雄南, 等. 华北陆块基底构造格局及早期大陆克拉通化过程[J]. 岩石学报, 2000, 16(1): 1-10.
- [19] 赵国春, 孙敏. 华北克拉通基底构单元特征及其早元古代拼合[J]. 中国科学(D 辑), 2002, 32(7): 538-549.
- [20] Zhao Guochun. Paleoproterozoic Assembly of the North China Craton[J]. Geo. Mag., 2001, 138: 87-91.
- [21] 沈保丰, 骆辉, 李双保, 等. 华北陆台太古宙绿岩带地质与成矿[M]. 北京: 地质出版社, 1994.
- [22] 沈保丰, 骆辉, 韩国刚, 等. 辽北—吉南太古代地质与成矿[M]. 北京: 地质出版社, 1994.
- [23] 李俊建, 沈保丰, 李双保, 等. 辽北和吉南早前寒武纪大陆地壳的地质特征和演化[M]. 中国区域地质, 1998, 17(2): 30-38.
- [24] 李俊建, 沈保丰, 李双保, 等. 清原—夹皮沟绿岩带地质及金的成矿作用[M]. 天津: 天津科学技术出版社, 1995.
- [25] 辽宁省地质矿产局. 辽宁省区域地质志[M]. 北京: 地质出版社, 1989.
- [26] 吉林省地质矿产局. 吉林省区域地质志[M]. 北京: 地质出版社, 1988.
- [27] 张秋生. 辽东半岛早元古宙地壳演化[J]. 中国地质科学院院报, 1987, (16): 155-164.
- [28] 贺高品, 叶慧文. 辽东—吉南地区早元古代两种类型变质作用及其构造意义[J]. 岩石学报, 1998, 14(2): 152-162.
- [29] 陆松年, 杨春亮, 李怀坤, 等. 华北古大陆与哥伦比亚超大陆[J]. 地学前缘, 2002, 9(4): 225-233.
- [30] 河北省地质矿产局. 河北省、北京市、天津市区域地质志[M]. 北京: 地质出版社, 1989.
- [31] 肖庆辉, 邓晋福, 马大铨, 等. 花岗岩研究思维与方法[M]. 北京: 地质出版社, 2002: 36-52.
- [32] Maruyama S, Isono T. Orogeny and relative plate motions: example of the Japanese Islands[J]. Tectonophysics, 1986, 127: 306-329.
- [33] 内蒙古自治区地质矿产局. 内蒙古自治区区域地质志[M].

- 北京: 地质出版社, 1991.
- [34] 吴昌华, 钟长汀, 陈强安. 晋蒙高级地体孔兹岩的时代[J]. 岩石学报, 1997, 13(3): 289-302.
- [35] 王辑, 王保良, 徐成海, 等. 内蒙古渣尔泰山群与白云鄂博群时代对比及含矿性[M]. 呼和浩特: 内蒙古人民出版社, 1989: 1-171.
- [36] 马杏垣, 吴正文, 谭应佳, 等. 华北地台基底构造[J]. 地质学报, 1979, (4): 293-304.
- [37] 李继亮, 王怡凯, 王清晨. 五台山早元古代碰撞造山带的初步认识[J]. 地质科学, 1990, (1): 1-11.
- [38] 白瑾, 王汝铮, 郭进京. 五台山早前寒武纪重大地质事件及其年代学[M]. 北京: 地质出版社, 1992: 1-56.
- [39] 王凯怡, 郝杰. 山西五台山—恒山地区晚太古代若干关键地质问题的再认识: 单颗粒锆石离子探针质谱年龄提出的地质制约[J]. 地质科学, 2000, 35(2): 175-184.
- [40] 万渝生, 耿元生, 沈其韩. 孔兹岩系——山西吕梁地区界河群的年代学和地球化学[J]. 岩石学报, 2000, 16(1): 49-58.
- [41] 于津海, 王德滋, 王赐银. 山西吕梁早元古代双峰式火山岩地球化学特征及成因[J]. 岩石学报, 1997, 13(1): 59-68.
- [42] 于津海, 王德滋, 王赐银, 等. 山西吕梁群和其主变质作用的锆石 U-Pb 年龄[J]. 地质论评, 1997, 43(4): 403-408.
- [43] 耿元生, 万渝生, 杨崇生. 吕梁地区早元古代裂陷型火山作用及其地质意义[J]. 地球学报, 2003, 24(2): 79-104.
- [44] 孙大中, 李惠民, 林源贤, 等. 中条山前寒武纪年代学、年代构造格架和年代地壳结构模式的研究[J]. 地质学报, 1992, 65(3): 216-231.
- [45] 山西省地质矿产局. 山西省区域地质志[M]. 北京: 地质出版社, 1989.
- [46] 河南省地质矿产局. 河南省区域地质志[M]. 北京: 地质出版社, 1989.
- [47] 安徽省地质矿产局. 安徽省区域地质志[M]. 北京: 地质出版社, 1987.
- [48] 沈其韩, 沈昆, 耿元生, 等. 山东沂水杂岩的组成与地质演化[M]. 北京: 地质出版社, 2000.
- [49] 王伟, 杨恩秀, 王世进, 等. 鲁西泰山岩群变质枕状玄武岩岩相学和侵入的奥长花岗岩 SHRIMP 锆石 U-Pb 年代学[J]. 地质论评, 2009, 55(5): 736-744.
- [50] 山东省地质矿产局. 山东省区域地质志[M]. 北京: 地质出版社, 1991.
- [51] 胡受奚, 王鹤年, 王德滋, 等. 中国东部金矿地质学及地球化学[M]. 北京: 科学出版社, 1998: 27-49.
- [52] 杨敏之, 吕古贤. 胶东地区绿岩型金矿床地质地球化学[M]. 北京: 地质出版社, 1996.
- [53] 罗镇宽, 苗来成. 胶东招莱地区花岗岩与金矿床[M]. 北京: 冶金工业出版社, 2002.
- [54] 曹国权, 王致本, 张成基. 山东胶南地体及其边界断层五莲—荣成断裂的构造意义[J]. 山东地质, 1990, 6(1): 1-14.
- [55] 宁夏回族自治区地质矿产局. 宁夏回族自治区区域地质志[M]. 北京: 地质出版社, 1990.
- [56] 李廷栋. 中国岩石圈构造单元[J]. 中国地质, 2006, 33(4): 700-710.
- [57] 陕西省地质矿产局. 陕西省区域地质志[M]. 北京: 地质出版社, 1989.
- [58] Baeley M E, Eiseniohr B N, Groves D I, *et al.* Late Archean Convergent Margin Tectonics and Gold Mineralization: A New Look at the Norseman Wiluna Belt, Western Australia [J]. *Geology*, 1989, (17): 826-829.
- [59] 赵太平, 金成伟, 翟明国, 等. 华北陆块南部熊耳群火山岩的地球化学特征与成因[J]. 岩石学报, 2002, 18(1): 59-69.
- [60] 候廷贵, 张臣, 钱祥麟. 华北陆块中元古代基性岩墙群形成机制及构造应力场[J]. 地质论评, 1998, 44(3): 309-314.
- [61] 候廷贵, 李江海, 钱祥麟. 晋北地区中元古代岩墙群的地球化学特征及大地构造背景[J]. 岩石学报, 2001, 17(3): 352-357.
- [62] 桑树勋, 陈世悦, 刘焕杰. 华北晚古生代成煤环境与成煤模式多样性研究[J]. 地质科学, 2001, 36(2): 212-221.
- [63] 池际尚, 路凤香, 赵崇贺, 等. 中国原生金刚石矿形成条件研究[M]. 武汉: 中国地质大学出版社, 1996: 1-144.
- [64] Liegeois J P. Some Words on the Post collisional Magmatism [J]. *Lithos.*, 1998, 45: X V-X VII.
- [65] 罗镇宽, 苗来成, 关康, 等. 冀东都山花岗岩基及相关花岗岩脉 SHRIMP 锆石 U-Pb 定年及其意义[J]. 地球化学, 2003, 32(2): 173-180.
- [66] 翟明国, 朱日祥, 刘建明, 等. 华北东部中生代构造体制转折的关键时限[J]. 中国科学(D 辑), 2003, 33(10): 913-920.
- [67] 骆万成, 伍勤生. 应用蚀变矿物测定胶东金矿的成矿年龄[J]. 科学通报, 1987, 33(6): 1245-1248.
- [68] 张振海, 张景鑫, 叶素芝. 胶东金矿同位素年龄厘定[M]. 北京: 地震出版社, 1991.
- [69] 罗镇宽, 苗来成, 关康, 等. 辽宁排山楼金矿区岩浆岩 SHRIMP 锆石定年及其意义[J]. 地球化学, 2001, 30(5): 483-488.
- [70] 魏俊浩, 刘丛强, 赵永鑫, 等. 辽宁五龙金矿主成矿阶段持续时限[J]. 地质论评, 2001, 47(7): 433-437.
- [71] 徐启东, 钟增球, 周汉文. 豫西小秦岭矿区一组 $^{40}\text{Ar}-^{39}\text{Ar}$ 定年数据[J]. 地质论评, 1998, 44(3): 323-327.
- [72] 李强之, 陈衍景, 钟增球, 等. 小秦岭东沟金矿成矿作用的 $^{40}\text{Ar}-^{39}\text{Ar}$ 年代学研究[J]. 地质论评, 2002, 48(增刊): 122-126.
- [73] 王义天, 毛景文, 卢欣祥. 嵩县祁雨沟金矿成矿 $^{40}\text{Ar}-^{39}\text{Ar}$ 时代学证据[J]. 地质论评, 2001, 47(5): 551-555.
- [74] 黄典豪, 吴澄宇, 杜安道, 等. 秦岭地区钼(铜)矿铼—钨年龄及其地质意义[J]. 矿床地质, 1994, 13(3): 376-381.
- [75] 黄典豪, 杜安道, 吴澄宇, 等. 华北陆块钼(铜)矿铼—钨年龄及其地质意义[J]. 矿床地质, 1996, 15(4): 365-373.
- [76] 毛景文, 张作衡, 余金杰, 等. 华北及邻区中生代大规模成矿的地球动力学背景: 从金属矿床年龄精测得到的启示[J]. 中国科学(D 辑), 2003, 33(4): 289-300.
- [77] 陈毓川. 中国主要成矿区带矿产资源远景评价[M]. 北京: 地质出版社, 1999: 1-536.
- [78] 李俊建, 燕长海, 谢汝斌, 等. 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.
- [79] 万天丰. 中国大地构造学纲要[M]. 北京: 地质出版社, 2004: 12-387.

STRUCTURE FRAMEWORK AND EVOLUTION OF THE NORTH CHINA CRATON

LI Jun-jian¹, LUO Zhen-kuan², YAN Chang-hai³, XIE Ru-bin⁴,

LI De-sheng⁵, LI Hong-kui⁶, LUO Hui¹, LIU Xiao-yang², LIU Xiao-xue¹, LI Sheng¹

(1. Tianjin Center, China Geological Survey, Tianjin 300170, China; 2. Tianjin Geological Academy,

Tianjin, 300061, China; 3. Henan Institute of Geological Survey, Zhengzhou 450007, China;

4. Hebei Institute of Geological Survey, Shijiazhuang 050081, China; 5. Shanxi Institute of Geological Survey,

Taiyuan 030001, China; 6. Shandong Institute of Geological Survey, Jinan 250013, China)

Abstract: The North China Craton(NNC) is generated by amalgamation of continental nuclei, terranes, block and united blocks. According to tectonostratigraphy, geochronology, mineralization, geochemistry and geophysics, the NCC can be divided into eight Precambrian blocks(united block or terrane) and two Mesozoic-Cenozoic basins which are Erdos and North China basins. The eight blocks include Liao-Ji united block, Yar-Liao united block, Yinshan united block, Jir-Ji united block, Yur-Wan united block, Luxi terrane, Jiaobei terrane and Alashan block. The NNC is generated by amalgamation of multiple blocks. The existing rock records show that paleo-continental nuclei is mainly formed in Paleo-Middle Archean Era during which formation of the early greenstone is not precluded; granite-greenstone terranes were mainly formed in Neoarchean and most of the greenstone terrane were formed around the margin of the nuclei during which the crystallized basement of NNC is formed; united blocks were mainly formed during Paleoproterozoic Era by amalgamation of blocks or terranes; three rift zones i. e. Yar-Liao, Langshan-Zhaertaishan and Xiongershan-Xiyanghe rifts were formed along northern and southern margins of the NNC in Mesoproterozoic Era reflecting a stable extensional setting; from Neoproterozoic to Paleozoic Eras, tectonic process of The NNC was rather quiet with stable sedimentary cover formed, magmatism in the northern and southern margins and rare magmatism inner the NNC; during Mesozoic-Cenozoic Eras, the NNC is dominated by an active continental margin setting which differs from Andes active continental margin, but the former active margin is related to movement between Eurasian continental plate and Pacific ocean plate.

Key Words: continental nuclei; terranes; block; united blocks; amalgamation; North China Craton