

北京区域成矿规律综述

方同明¹⁾, 高学泉¹⁾, 刘林生¹⁾, 刘旭东¹⁾, 李莉¹⁾, 程新彬¹⁾,
何付兵¹⁾, 张晓亮¹⁾, 董静¹⁾, 林天懿²⁾, 郭高轩³⁾

1) 北京市地质调查研究院, 北京, 102206; 2) 北京市地热研究院, 北京, 102218;

3) 北京市水文地质工程地质大队, 北京, 100195

内容提要:2013~2019年开展的“中国矿产地志·北京卷”项目是全面总结北京地区现代地质矿产工作,特别是新中国成立以来北京地区矿产勘查与研究成果,旨在全面反映北京市矿产全貌及重要成矿规律。本文是对该项工作部分成果的概括总结。系统收集了北京市铁、金、煤、石灰岩等各类矿产资料,划分了矿种矿床类型,重点对铁、金、煤、石灰岩等矿种成矿地质特征进行了阐述。在全国I-III级成矿区带划分基础上,结合北京市地质构造演化和成矿特点,提出北京市区域成矿区带划分方案,划分了怀柔北金萤石成矿区、八达岭金铜铅锌成矿区、京西煤石灰岩成矿区、密云-怀柔铁金成矿区、密云-平谷金石灰岩成矿区5个V级成矿区,总结了不同区带各矿种规律特征。从矿产时空演化、岩浆岩控矿、构造控矿角度进行了区域成矿规律总结,提升了北京地区矿产地质研究水平,填补了北京区域成矿规律多矿种综合性研究的空白。

关键词:矿床类型;成矿区带;成矿规律;北京市

北京作为我国首都,其漫长的地质历史和丰富的矿产资源在全国乃至全世界都独具特色(Dong Demao et al., 1998)。北京的矿产资源勘查开发历史悠久,据记载北京早在汉代就对铁矿进行开采。煤的开采始于南北朝,据《民国房山县卷五实业》:“房山煤业发轫于辽金以前,滥觞于元明之后,摧税于前清中业,老本岩寺碑记创自天监二年,重葺于天庆元年,其碑有取煤于穴之文是辽之前煤已发现矣”。石灰石在明朝时曾设官窑二十座专为采烧以供京师建筑之用。房山大石窝产白玉石,为修建皇家园陵、寺庙等建筑所用石料^①(The Editorial Committee of the Discovery History of Mineral Deposits of China-(Volume of Beijing), 1996; Beijing Local Chronicles Compilation Committee, 2001)。首都地质勘查工作为地方经济建设和城市发展提供了重要支撑。

北京市自1958年以来,开展过两轮区调工

作^②,但区域成矿规律研究少,仅针对区内铁等单矿种进行了相关研究^{③④⑤}。以往成矿规律研究工作,受资料和技术方法限制,致使在成矿区带划分、成矿规律综合研究、成矿系列划分等不系统^{⑥⑦⑧}(Bao Yigang et al., 2000; Lü Jinbo et al., 2016)。

2013~2019年期间,开展中国矿产地志·北京卷项目,全面收集整理北京市基础地质、矿床地质、同位素测年、成矿规律研究等资料(Song Honglin, 1966; Bao Yigang et al., 1983; Chen Zhenhui et al., 2015; Sheng Jifu et al., 2015; Zhang Daquan et al., 2015),按照《中国矿产地志技术要求》^⑨划分为能源矿产、金属矿产、非金属矿产、水气矿产4类。北京市现已发现57个矿种,其中能源矿产5种,黑色金属矿产5种,有色金属矿产6种,贵金属矿产4种,工业矿物非金属矿产15种,工业岩石(土)非金属矿产19种,宝玉石矿产1种,水气矿产2种。已发现矿产地635处,其中固体矿

注:本文为中国地质调查局中国矿产地志项目(编号1212011220369)、中国矿产地志·北京卷(编号KD-[2019]-XZ-066)、北京市市级职工创新工作室(城市地质、活动构造与监测)资助成果。

收稿日期:2019-11-05;改回日期:2019-12-10;网络发表日期:2019-12-17;责任编辑:周健。

作者简介:方同明,男,1979年生。硕士,正高级工程师,从事区域成矿规律研究及矿产预测等工作。Email:fangtongming@163.com。

引用本文:方同明,高学泉,刘林生,刘旭东,李莉,程新彬,何付兵,张晓亮,董静,林天懿,郭高轩. 2020. 北京区域成矿规律综述. 地质学报, 94(1):36~49. doi: 10.19762/j.cnki.dizhixuebao.2020120.

Fang Tongming, Gao Xuequan, Liu Linsheng, Liu Xudong, Li Li, Cheng Xinbin, He Fubing, Zhang Xiaoliang, Dong Jing, Lin Tianyi, Guo Gaoxuan. 2020. A summary of regional metallogenic regularity in Beijing. Acta Geologica Sinica, 94(1):36~49.

产矿产地 478 处,包括超大型 1 处,大型 34 处,中型 108 处,小型 174 处,矿点 161 处(表 1)。对铁、金、煤、石灰岩等重要矿种进行了区域成矿规律研究,提出北京市成矿区带划分方案,总结区域成矿规律,为项目工作提供了基础资料,本文即是对该项工作的总结。

表 1 北京市矿产种类统计表
Table 1 The mineral resources statistics in Beijing

矿类		本次工作统计的矿种	
		名称及矿产地数	矿种数
合计		635	57
能源矿产(39)		煤(29)、地热(10)、石油、天然气、页岩气	5
金属矿产	黑色金属矿产(74)	铁(70)、锰(2)、铬(2)、钒、钛	5
	有色、贵金属矿产(61)	铜(7)、铅(7)、锌(6)、铝土矿(1)、钨(4)、钼(8)、铂(2)、钼、金(24)、银(2)	10
非金属矿产	矿物类非金属矿产(32)	石墨(2)、硫铁矿(3)、磷矿(2)、萤石(3)、水晶(6)、石榴石(1)、红柱石(2)、蓝晶石、透辉石(3)、滑石(2)、石棉(3)、蓝石棉(1)、叶腊石(1)、长石(3)、重晶石	15
	岩石(土)类非金属矿产(275)	石灰岩(59)、白云岩(14)、石英岩(7)、脉石英(5)、砂岩(15)、天然油石(2)、含钾岩石(8)、高岭石(3)、陶瓷黏土(1)、耐火黏土(12)、其他黏土(17)、铁矾土(1)、泥炭(28)、砂、卵石、碎石(17)、玄武岩(2)、花岗岩(13)、大理岩(33)、页岩(21)、板岩(17)	20
	宝玉石矿产(7)	玉石(7)	
水气矿产(147)		矿泉水(147)、地下水	2

注:①矿产种类划分参考《矿产工业要求参考手册》(2010)及中国矿产地质志项目办《省级矿产地质志研编技术要求》(2016);②涉及共伴生的矿产地按照主矿种统计。

1 重要矿种矿床地质特征与矿床类型划分新进展

1.1 铁矿

铁矿是北京市最主要的金属矿产资源之一,优势突出,储量丰富,主要分布在密云和怀柔地区。已发现矿产地 70 处,其中大型矿床 2 处,中型矿床 20 处,小型矿床 23 处,矿点 25 处,现已探明资源储量达 11 亿吨。铁矿成因类型包括受变质型、外生沉积型以及岩浆型。以受变质型为主,已发现矿产地 43 处,已探明铁矿资源储量占全市的 90%以上,代表性矿床有沙厂铁矿、大漕铁矿、兵马营铁矿、四合堂铁矿、冯家峪铁矿、马圈子铁矿等。受变质型铁矿赋存于新太古代密云岩群和四合堂岩群变质地层中。其中密云岩群为一套以黑云变粒岩-斜长片麻岩和角闪辉石质变质岩等互层状组合为主的麻粒岩相变质岩,矿体形态多呈似层状、层状、透镜体状和扁豆状,多呈单层或多层产出,具成群成带特点,单矿体长数十米至 500m,最长达 1000 余米,厚度一般 2~10m,最厚达 115m,延深一般为 200~500m,矿体整体走向与地层向一致,北东向展布,倾向南西,构造发育地段变化较大;四合堂岩群主要由斜长角闪岩、(黑云)角闪斜长片麻岩、黑云变粒岩和斜长片麻岩、片岩、浅粒岩及磁铁石英岩组成,为角闪岩相变质岩,矿体延伸狭长,一般 480~930m,最长 1468m,厚 2.5~8.87m,最厚 40m,控制斜深 118~845m,矿体

走向北西,倾向南西,产状与围岩基本一致,呈似层状、扁豆状、透镜状。近年来诸多学者(Chen Senhuang et al., 1991; He Gaopin et al., 1993; Zhou Shaolin et al., 1993; Guo Hongfang, 1994; Xiong Qun Yao et al., 1999; Jin Wenshan et al., 1999a, 1999b, 2000; Zhai Mingguo et al., 2001, 2004, 2010; Liu Yongsheng et al., 2010; Sun Huiyi et al., 2010; Shi Yuruo et al., 2012; Liu Li et al., 2012; Wan Yusheng et al., 2012; Xiang Peng et al., 2012; Geng Yuansheng et al., 2014)开展了冀东地区太古宙变质岩研究,其中笔者 2016 年在密云威克矿区黑云斜长片麻岩中测得锆石 La-ICP-MS U-Pb 年龄为 (2544±916)Ma,限定铁矿成矿于新太古代(Fang Tongming et al., 2016)。

1.2 金矿

金矿集中分布于北京怀柔、密云、平谷一带,成型矿床较少,民间开采历史悠久。已发现矿产地 25 处,其中中型矿床 1 处,小型矿床 10 处,矿点 14 个。累计查明金属资源储量 29.16 t,其中岩浆热液型约 26.96 t,受变质型约 2.12 t,陆相火山岩型约 0.08 t。代表性矿床有怀柔得田沟金矿、杨树底下金矿、平谷孔城峪金矿等。矿床类型以岩浆热液型为主,分布于平谷、密云一带,共发现矿产地 18 个,该类型矿床规模、工作程度及开采利用均高于其他类型金矿床,成因上认为其与燕山中晚期地壳深部或地幔同熔型岩浆热液关系密切,或因富含金的变质岩经

深部重熔或在重熔岩浆热液作用下成矿。矿化多赋存在中酸性侵入体内部及其接触带附近,或中新元古代长城纪和蓟县纪地层中,或形成于后期热液阶段并多与铜、铅、锌等伴生。如杨家洼金矿、大桥-筒子金矿、西驼古金矿、万庄金矿、孔城峪金矿等(Cui Yanhe et al., 1996; Wang Yu et al., 1997; Li Zhongjian et al., 1998; Li Junjian et al., 2002; Xu Yan et al., 2003)。含金硫化物石英脉一般长几十米,脉宽几厘米至数十厘米,个别可达 1.1m,围岩主要为新太古代的变质岩系及中—新元古界,部分为燕山期侵入岩。金主要以自然金形态赋存,常与 Ag 伴生,含 Au 一般为几克/吨至几十克/吨,一般地表贫深部富,品位变化较大,围岩蚀变以硅化、绢云母化、黄铁矿化为主。

1.3 煤

煤是北京市重要能源矿产,最早用于门头沟龙泉务磁器烧造。明清时期“京城百万之家,皆以石炭为薪”,门头沟以生产煤炭,供应京城炊爨之需,而享有盛名。北京市煤炭资源主要分布于京西百花山向斜、髫髻山-庙安岭向斜、九龙山-香峪大梁、北岭-房山向斜中。

北京市煤矿区勘查工作新老交织,有记录矿区(勘探区)41 个,2011 年北京市地质工程设计研究院经合并、分解、舍弃确定为 28 个^⑩。本次工作最终确定矿区(核查区)29 个,其中中型矿区 4 个,小型矿区 25 个。截止 2017 底,北京市各煤田累计探明煤炭资源/储量 25.81 亿吨。煤种从褐煤、烟煤到无烟煤均有分布,其中无烟煤占 97.1%。成煤时代为石炭纪—二叠纪、侏罗纪及古近纪,其中石炭—二叠纪和侏罗纪是主要形成时代。主要矿产地有皇城峪勘探区、木城涧、斋堂、杨坨、史家营、大安山等众多煤炭勘探区。

其中侏罗系窑坡组含煤岩系主要分布在京西门头沟、房山,京东顺义、平谷地区零星分布。窑坡组早期沉积受南大岭期古地貌影响,盆地周缘及盆地中心沉积相对较粗颗粒粗砂岩、砂岩,而其他地区发育相对较细的粉砂岩、泥岩,主要为陆相湖盆三角洲-沼泽相环境;晚期,随着西山缓慢抬升和南大岭期盆地火山地貌填平影响,西山窑坡组盆地逐渐封闭,演化为平缓内陆湖盆。窑坡组含煤 17 层,自下而上 Y1-Y5 为不可采层。Y6~Y17 之间除 Y16 外均为局部可采煤层,共 11 层,可采煤层长达 3000m,宽 1300m,总厚 15.57m,煤炭资源丰富。煤质干燥基灰分在 4.94%~39.30%之间,干燥基全硫 0.01%

~0.74%,发热量 19.5~37.37 MJ/kg。煤质发热量高,灰分低,煤质优良。

石炭系太原组、石炭—二叠系山西组含煤岩系分布在京西门头沟、房山、海淀区以及京东顺义、通州等地。主要分布严格受九龙山向斜、髫髻山向斜、北岭向斜、大孙各庄向斜控制,在各向斜的翼部呈带状延伸。含煤地层岩性岩相变化大,纵向上呈现陆相—海相短期海进海退特点,横向上表现出同时异相性。太原组底部为底砾岩,砾石成分以石英为主,次为燧石及硅质灰岩,多呈透镜状产出。底砾岩之上岩性为铁质砂岩,夹扁豆状赤铁矿透镜体,再往上为粉红色黏土岩。含煤地层中煤种为无烟煤,可采煤层煤质:石炭—二叠纪煤干燥基灰分含量 24.76%~38.55%,干燥基全硫含量 0.21%~0.54%,可燃基挥发分 4.18%~11.20%,可燃基高位发热量 18.94~33.46MJ/kg。如木城涧煤矿区含煤层及煤线共 10 层,可采煤层共 4 层,自下而上依次为 M1、M3、M5 和 M6,平均总厚 13.20m。煤层以纤维状、条带状、粒状(豆状)构造为主,粉末状、片状次之。

1.4 石灰岩

石灰岩是北京市的优势矿产资源。共有矿产地 59 处,其中超大型矿床 1 处,大型 13 处,中型 21 处,小型 21 处,矿点 3 处。主要分布于门头沟、房山地区,其次在密云、昌平、怀柔、顺义等地零星分布。均为化学沉积型,主要成矿时代为寒武纪和奥陶纪,其次为长城纪、青白口纪。含矿地层为陆表浅海碳酸盐岩,总厚度 1300m 左右,沉积稳定,横向变化小。其中,寒武系绝大部分呈带状分布于西山地区背斜和向斜的翼部与核部,在北山地区受岩浆活动和构造影响,大部分地层被抬升剥蚀,仅在密云西智、怀柔河防口和九渡河、昌平文殊峪与龙山、延庆珍珠泉和转山子等地零星出露。奥陶系大面积分布在西山背斜和向斜翼、核部,其次在京东二十里长山也有少量出露。区内石灰岩用途广、储量多,品质好。区内列入储量表熔剂用石灰岩矿区 6 处,电石用石灰岩 3 处。代表性产地如野溪、鲁家滩等,其曾作为熔剂用原料供首钢使用,为新中国首都冶金工业作出了重要贡献^⑪。

2 成矿区带划分研究新进展

根据《中国成矿区带划分方案》提出的我国成矿域、省、区带划分方案划分依据(Chen Yuchuan et al., 1998, 2003, 2006, 2007; Cheng Yuqi et al., 1979, 1983; Wang Denghong et al., 2011, 2014),

北京市位于滨太平洋一级成矿域中的华北陆块二级成矿省;在二级成矿省上进一步划分为华北陆块北缘东段 Fe-Cu-Pb-Zn-Au-U-硼-菱镁矿-滑石-石墨-金刚石成矿带(Ⅲ-57)和华北盆地(断拗)石油天然气成矿带(Ⅲ-62)两个三级成矿带,前者包括了北京北山和西山,后者包括了华北平原(北京平原);四级成矿亚带与三级成矿区带划分相一致,划分华北陆块北缘东段 Fe-Cu-Pb-Zn-Au-U-硼-菱镁矿-滑石-石

墨-金刚石成矿带(Ⅲ-57)内划分为燕辽(次级拗陷、拉张)Cu-Mo-Zn-Ag-Au-Fe-Mo-煤成矿亚带,华北盆地(断拗)石油天然气成矿带(Kz)不再细分;五级成矿区在四级燕辽(次级拗陷、拉张)Cu-Mo-Zn-Ag-Au-Fe-Mo-煤成矿亚带上进一步划分为怀柔北金萤石成矿区、八达岭金铜钼铅锌成矿区、京西煤石灰岩成矿区、密云-怀柔铁金成矿区、密云-平谷金石灰岩成矿区 5 个成矿区(表 2、图 1)。

表 2 北京市区域成矿带划分方案

Table 2 The division of regional metallogenic belts in Beijing				
I 级	II 级	III 级	IV 级	V 级
滨太平洋成矿域 I-4	华北(陆块)板块成矿省 II-15	华北陆块北缘东段 Fe-Cu-Pb-Zn-Au-U-硼-菱镁矿-滑石-石墨-金刚石成矿带Ⅲ-57	燕辽(次级拗陷、拉张)Cu-Mo-Zn-Ag-Au-Fe-Mo-煤成矿亚带(Ar ₂ , Pt ₂)Ⅲ-57-2	怀柔北金萤石成矿区(Ⅲ-57-2-①)
				八达岭金铜钼铅锌成矿区(Ⅲ-57-2-②)
				石槽-石窑-银冶岭铜银铅锌成矿亚区(北西向)(Ⅲ-57-2-②a)
				薛家石梁金铜钼铅锌成矿亚区(北西向)(Ⅲ-57-2-②b)
				大榆木沟-黄场-大庄科钼铜铅锌成矿亚区(北东向)(Ⅲ-57-2-②c)
				延庆怀柔新生代断陷盆地地热成矿亚区(北东向)(Ⅲ-57-2-②d)
				京西煤石灰岩成矿区(Ⅲ-57-2-③)
				密云-怀柔铁金成矿区(Ⅲ-57-2-④)
				沙厂-霍各庄铁金成矿亚区(Ⅲ-57-2-④a)
				大漕-兵马营铁、铬成矿亚区(Ⅲ-57-2-④b)
		华北盆地(断拗)石油天然气成矿区(Kz)Ⅲ-62	华北盆地(断拗)石油天然气成矿带(Kz)Ⅲ-62	阳坡地-前保岭铁、金成矿亚区(Ⅲ-57-2-④c)
				冯家峪-四合堂铁成矿亚区(Ⅲ-57-2-④d)
				马圈子-双文铺-四道沟铁金成矿亚区(Ⅲ-57-2-④e)
				密云-平谷金石灰岩成矿区(Ⅲ-57-2-⑤)

2.1 怀柔北金萤石成矿区

南界以赤城-长哨营-古北口近 EW 向断裂带为界,因受深断裂控制,中元古代岩浆侵位形成近 EW 向断裂岩浆岩带,故南界位置南移到岩浆岩带边界,其界线向东应有延伸。属承德后造山岩浆杂岩带。沿断裂带有中元古代斜长岩、石英正长岩、斜长花岗岩体侵入,在深断裂带北侧有晚古生代变质辉长岩类为代表的基性岩体和二长花岗岩为代表的酸性岩体呈近 EW 向分布,并叠加有晚三叠世、燕山期酸性岩体的侵入活动。

区内已发现矿种主要为金矿,在大甸子北沟、东岔、八道河等地,金矿沿 EW 向构造分布,主要为岩浆热液型金矿和受变质型金矿,在区内具有一定规模的找矿潜力;在兰营地区发现低温热液型萤石矿;怀柔新地发现岩浆热液型小型钒钛磁铁矿 1 处。已发现矿产地多被开发利用。

2.2 八达岭金铜钼铅锌矿成矿区

该区西南自门头沟大榆木沟向北东经黄场、浇花峪、大庄科、崎峰茶至古北口、白马关一线,跨越门

头沟、昌平、延庆、怀柔、密云等地,呈 NE 向带状展布。长度大于 100 km,宽 30 km 左右。其范围大体与八达岭岩浆岩带主体部位相当,是北京地区内生金属矿产主要产出地段。

构造位置跨冀东古陆核(Ar₃)、遵化岩浆弧(Ar₃、Pt、Mz)和太行山岩浆弧(Pt₂、Mz) 3 个构造单元。出露地层主要有新太古代变质岩,中新元古界和古生界海相碳酸盐岩、碎屑岩及黏土岩,中生界火山-沉积岩系。

区内断裂构造十分发育,主要有 EW 向、NE 向、NNE 向及 NW 向。不同方向构造交汇部位控制了区内不同时期的岩浆活动,同时也控制了区内内生金属矿产的分布。太古宙变质岩系中发育不同规模、不同方向的韧性剪切带,为金成矿与赋矿的重要部位。

本区是燕山期华北克拉通活化重要地区之一,区内不仅断裂构造发育,而且岩浆活动强烈频繁。燕山期大规模的构造-岩浆活动,为成矿元素的叠加提供了良好的成矿条件,形成了铜、铅、锌、钼、铁、金

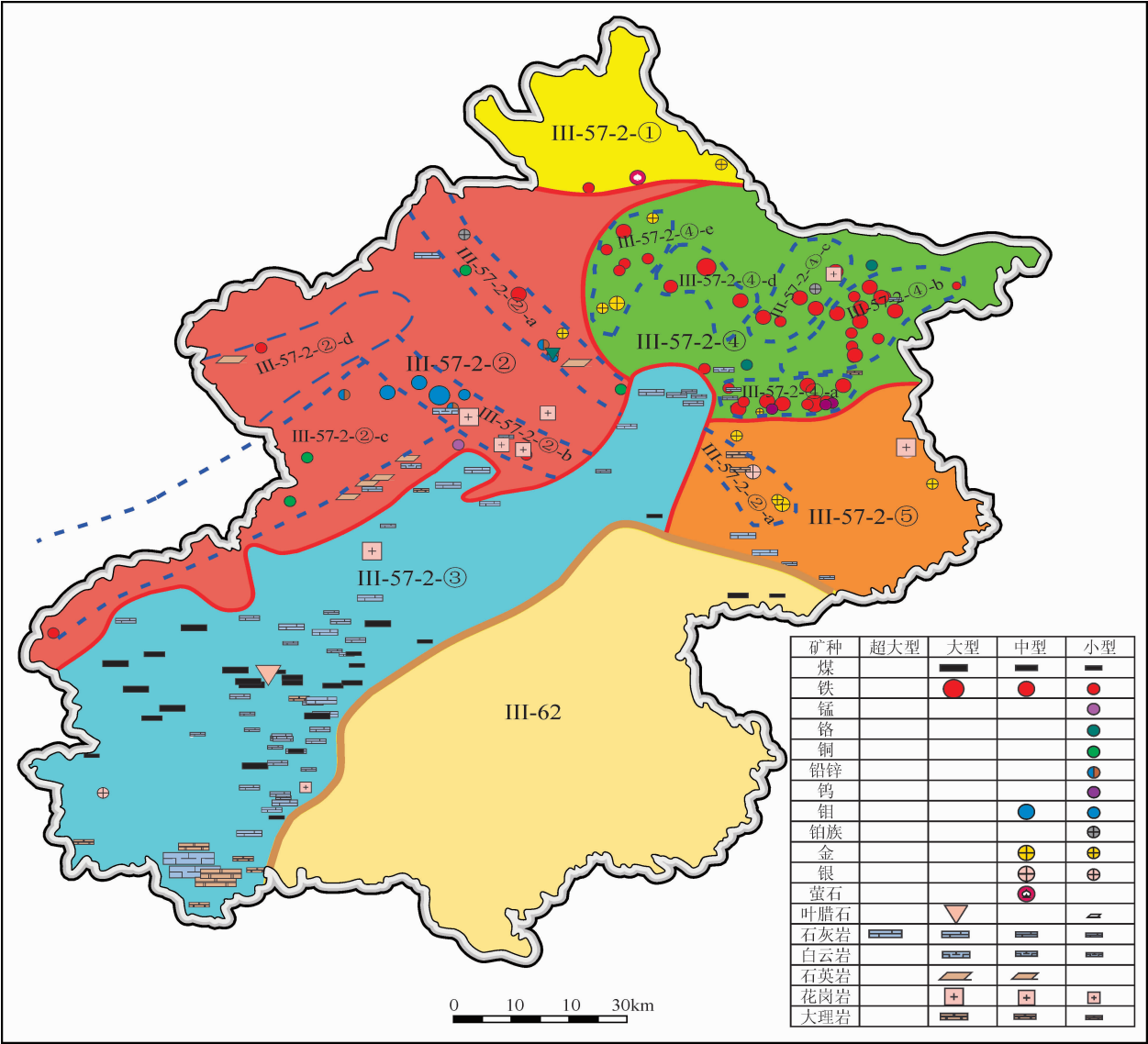


图 1 北京市成矿区带划分及重要矿产地分布简图
Fig. 1 The map of metallogenic belts and major deposits in Beijing

等一系列内生金属矿产。

在该区内依据成矿地质条件、矿床分布规律,细分为 4 个成矿亚区:

(1)石槽-石窑-银冶岭铜银铅锌成矿亚区(北西向)(Ⅲ-57-2-②a):该区为 NW 向隐伏构造岩浆岩带,控制燕山中期(晚侏罗世)一系列中浅成—超浅成中酸性—酸性小岩体侵位,与其成因密切相关的有石槽铜钼矿、石窑金矿、银冶岭银铅锌矿等多金属矿产地。

(2)薛家石梁金钼铜铅锌成矿亚区(北西向)(Ⅲ-57-2-②b):该区分布于大庄科—东三岔—分水岭—上庄—大羊山一线,位于 NW 向薛家石梁构造岩浆岩带内。区内广泛出露燕山早、中、晚期侵入岩体,与其相关的矿产地有东三岔铅锌矿、分水岭金

矿、上庄钒钛磁铁矿等。

(3)大榆木沟-黄场-大庄科钼铜铅锌成矿亚区(北东向)(Ⅲ-57-2-②c):该区分布于大榆木沟—黄场—大庄科一线,区内主要发育中浅成—超浅成中酸性—酸性岩体侵位,发育有大榆木沟、黄场、大庄科钼矿等多金属矿产地。

(4)延庆怀来新生代断陷盆地地热成矿亚区(北东向)(Ⅲ-57-2-②d):位于河北省怀来-延庆新生代北东向断陷盆地内,主要蕴含地热资源。

2.3 京西煤石灰岩成矿区

主要位于北京西山房山、门头沟区域内,属西山断陷盆地(Jx—K)、房山碳酸盐岩台地(Є—O)和十渡-房山陆表海盆地(Jx)构造单元。北京市煤炭、石灰岩、白云岩、大理岩、金银多金属等多种矿产主

要赋存在该区内,其中以煤、石灰岩尤为丰富,开发利用历史悠久。

中—新元古代时期形成一套滨海—浅海相的碳酸盐、碎屑岩和黏土岩。其中蓟县系雾迷山组、铁岭组与区内接触交代型银、铅、锌矿产关系密切。区内褶皱发育,印支期褶皱呈近 EW-NWW 向,为宽缓的向斜构造,控制了古生界、中生界的分布,主要有百花山-庙安岭向斜、九龙山向斜、北岭向斜等。

早古生代时期,华北克拉通进入了陆表海碳酸盐台地演化阶段,早期(ϵ_1)为陆缘碎屑岩-碳酸盐岩组合,中期(ϵ_1-O_1)为缓坡-斜坡碳酸盐岩组合;晚期(O_2)为潮坪-局限台地碳酸盐岩组合。区内石灰岩矿层赋存于寒武系和奥陶系中,主要分布于向斜的两翼。

晚古生代为海陆交互陆表海,沉积一套陆表海沼泽含煤碎屑岩组合(C_2-P_{1-2}),下部为铝土、铁质岩系,上部为砂岩夹紫红色页岩和煤层,太原期早期,海侵范围扩大,形成一套海陆交互相含煤碎屑岩-碳酸盐岩建造。煤层主要赋存于石炭—二叠系山西组和早侏罗系门窑坡组中,主要分布于向斜近核部两翼和核部。

中二叠世后期,进入拗陷盆地演化阶段,为陆相河、湖沉积,发育一套灰色粉砂质页岩-黄绿色(含砾)石英砂岩-页岩-含砾粗砂岩组合,夹煤层(P_2-T_2 ,石盒子组)。以早—中三叠世双泉组与晚三叠世杏石口组之间存在的角度不整合或平行不整合接触为标志的印支运动最终结束了陆块盖层发育的历史。

在区内印支期宽缓褶皱隆起带内,常见有晚三叠纪(印支期)中酸性侵入岩体(小岩体、岩床),其深部可能有隐伏大岩体。在隆起核部的雾迷山组、铁岭组中多见有顺层产出的中低温—低温充填型金矿(珠窝金矿)、重晶石、铅锌矿、银(北直河、大西沟)的矿化、矿点或小型矿床。

2.4 密云-怀柔铁金成矿区

位于赤城-古北口和密云沙厂-墙子路的 2 条断裂,控制了密云-怀柔隆起区,是区内中生代以来隆升幅度最大的地区之一,控制了新太古代变质表壳岩含铁建造的分布。成矿区位于 EW 向赤城-古北口深大断裂和 NW 向崎峰茶大断裂的交汇部位,区内近 EW 向、NE 向、NNE 向次级断裂发育。区内岩浆活动频繁,从新太古代、中元古代到中生代各时期都有岩浆侵入活动。太古代结晶基底作为重要的金矿源层,在多次构造-岩浆叠加活动的热动力作用下,其中的金元素得以活化,并伴随岩浆热液迁

移,富集成矿。

北京受铁矿、铬铁矿、金矿在区内富集,尤以受铁矿更为重要,储量比较丰富,且广为开发利用。已发现铁矿沙厂、大漕、小漕、冯家峪、山神庙、马圈子等矿产地 40 余处,其中大型铁矿床 2 处,中型矿床 10 多处,铁矿以受变质型为主,约占总储量的 97%,具有经济价值的工业矿床,其蕴藏量大,矿石易选,但品位较低,属贫矿;金矿产地 5 处,如大桥-筒子破碎蚀变岩型金矿、冯家峪金矿等,均为小型矿床;铬铁矿产地 2 处,均为岩浆分异型矿床,小型规模。该成矿区根据含矿建造构造特征和矿床分布规律,可进一步细分为沙厂-霍各庄、大漕-兵马营、阳坡地-前保岭、冯家峪-四合堂、马圈子-双文铺-四道沟 5 个成矿亚区。

2.5 密云-平谷金石灰岩成矿区

该区位于平谷县杨家洼、关上、孔城峪和密云银冶岭、冶仙山一带,处于冀东金成矿带的西端。

构造位置处于密云-墙子路 EW 向大断裂南北两侧(以南侧为主),为平谷大陆边缘裂谷(Pt)碳酸盐台地。区内大面积出露中元古界长城系、蓟县系,北部分布有新太古代变质岩,西部零星出露上侏罗统。褶皱、断裂构造较发育。褶皱构造以 NE 向褶皱规模较大,其轴部位于关上一大华山一线,有古老变质岩出露,两翼为中元古界;断裂以密云-墙子路大断裂和南口-平谷-山海关隐伏深断裂为主,断裂构造对区内岩浆活动有一定的控制作用。燕山裂陷槽强烈下陷的中心部位即位于区内,中元古代有富钾玄武质、粗面质熔浆喷溢,以及火山角砾岩管、辉长岩等侵入,活动中心位于平谷熊儿寨一带。燕山期中—酸性中浅成侵入体多形成于构造复合部位,多以小规模岩株、岩墙或岩脉产出,如银冶岭闪长岩、三百山石英闪长岩、盘山花岗岩、关上和玻璃台一带的花岗斑岩等,常与金、银矿化有较密切关系。倪家洼、将军关一带分布有前长城纪基性火山角砾岩、超铁镁质岩等。

3 区域成矿规律新认识

3.1 重要矿产时间演化规律

北京地区已发现固体矿产成矿年代学研究相比邻区较弱。近年来,区内地层、岩体及矿床采取样品,获得了可观的测年数据,并进行了成因方面探讨研究,取得了丰硕的成果(Liu Cui et al., 2004; Yang Jinhui et al., 2005; Gao Linzhi et al., 2007; Li Huaikun et al., 2009, 2010; Su Wenbo et al.,

2010; Fang Tongming et al., 2012a, 2012b, 2017)。北京地区金属矿产成矿期总体呈“一老一新”特点,新太古代是北京市受变质型铁矿、岩浆分异型铬铁矿、岩浆型铂钨矿主要成矿期;燕山期是内生金、铜、铅、锌多金属矿产最重要成矿期;非金属矿产基本贯穿了地质历史全过程,其中以石灰岩、大理岩矿产资源尤为丰富,成矿期集中在中新元古代—

寒武纪(表 3)。

3.1.1 新太古代

新太古代区内发生广泛的火山和火山沉积作用,火山活动呈多旋回韵律特征,在火山间歇期发育不同规模的多层位条带状硅铁建造。经过阜平运动,区内发生了广泛的区域变质作用,原变质地层中硅铁建造被改造形成了广泛以麻粒岩相和角闪岩相

表 3 北京市地区外生沉积矿产成矿时代与主要含矿地层沉积建造一览表
Table 3 The sedimentary mineralization age and main ore-bearing strata in Beijing

成矿时代	地层				主要沉积建造	主要沉积矿产	受变质(层控)矿产	
	界	系	统	组				
新生代	新生界	第四系	全新统	上全新统	近代洪冲积碎屑岩建造 河湖沼泽相含炭建造	泥炭、建筑用砂、砾石、砂金、高岭土(风化残积)		
				中全新统				
				下全新统				
			更新统	上更新统	湖盆碎屑-黏土岩建造	砖瓦黏土、黏土陶粒、水泥用黏土、型砂		
				中更新统				
				下更新统				
		新近系	上新统	天竺组($N_2t\pi$)	陆盆碎屑岩夹湖沼相含煤建造	褐煤		
			中新统	天坛组($N_{1-2}t$)				
古近系	渐新统	前门组($E_{2-3}q$)						
	始新统	长辛店组(E_2c)						
中生代	中生界	白垩系	上统	夏庄组(K_1x)	杂色复陆屑夹蒸发岩建造	石膏		
				坨里组(K_1t)	洪冲积粗陆屑建造			
				九佛堂(K_1j)				
				东狼沟(K_1d)	火山-复陆屑建造			
				张家口组(K_1z)				
		侏罗系	上统	土城子组(J_3tc)	火山-复陆屑建造	煤、砖用页岩		
				髫髻山组($J_{2-3}t$)				
			中统	九龙山组(J_2j)	陆盆杂色碎屑岩含煤建造			
				龙门组(J_2l)				
			下统	窑坡组(J_1y)	陆盆含煤复陆屑建造			煤、陶粒页岩
				南大岭组(J_1n)				
		三叠系	上统	杏石口组(T_x)				
			下—中统	双泉组(T_s)	红、杂色复陆屑建造	陶瓷面砖页岩、水泥用页岩		
晚古生代	上古生界	二叠系	上统	石盒子组(P_2s)	陆盆红色碎屑岩建造	耐火黏土 煤、陶粒页岩	叶腊石、石墨、红柱石	
			下统					
		石炭系	上统	山西组(C_2P_1s)	陆相碎屑岩含煤建造	煤、耐火黏土、陶瓷黏土、陶瓷面砖页岩	石墨、红柱石夕线石	
			中统	太原组(C_2t)	海陆交互含煤碎屑岩建造 铁铝质黏土岩建造	煤、陶粒页岩、黄铁矿、耐火黏土、铁矾土、铁铝土、陶粒页岩		
早古生代	下古生界	奥陶系	中统	马家沟组(O_2m)	浅海富钙碳酸盐岩建造	石灰岩(制碱、电石、熔剂、水泥)大理石、熔剂白云岩、建筑碎石、制灰灰岩		
				下统	亮甲山组(O_1l)	浅海富钙碳酸盐岩建造		石灰岩(制碱、电石、熔剂、水泥)
			冶里组(O_1y)					
		寒武系	上统	炒米店组($\in_4cm$)	滨浅海碳酸盐岩建造	大理石		
			中统	张夏组($\in_3z$)	滨浅海含泥-碳酸盐岩建造	石灰岩(制碱、电石、熔剂、水泥) 天然水泥石灰岩 硫铁矿化		
				下统				馒头组($\in_{2-3}m$)
			昌平组($\in_2c$)					

续表 3

成矿时代	地层				主要沉积建造	主要沉积矿产	受变质(层控)矿产
	界	系	统	组			
中新元古代	新元古界	青白口系		景儿峪组(Pt_3^1j)	滨浅海碳酸盐岩建造	大理石、石灰岩、	
				龙山组(Pt_3^1l)		水泥用石英砂岩	
	中元古界	待建系		下马岭组(Pt_2^3x)	滨海近岸陆屑含铁建造	铁、磷(矿化)	红柱石、瓦板岩
				铁岭组(Pt_2^2l)	滨浅海碳酸盐岩含铁建造	水泥灰岩、铁、彩石、碧玉	滑石
		蓟县系		洪家庄组(Pt_2^2h)	滨海陆屑富镁碳酸盐岩建造	白云岩、大理石	汉白玉大理岩
				雾迷山组(Pt_2^2w)		白云岩、水泥用石英砂岩、玻璃用硅石、大理岩	
				杨庄组(Pt_2^2y)		白云岩、水泥灰岩、油石、锰、硼(矿化)、大理岩	
				高于庄组(Pt_2^2g)	滨浅海富镁碳酸盐岩建造	白云岩、水泥灰岩、油石、锰、硼(矿化)、大理岩	
		长城系		大红峪组(Pt_1^1d)	滨海碳酸盐岩-火山喷发岩建造	硅石、天然油石、磷(矿化)、重晶石(矿化)	陶瓷透辉石
				团山子组(Pt_1^1t)		铁、富钾页岩	
				串岭沟组(Pt_1^1cl)		铁、富钾页岩	
				常州沟组(Pt_1^1c)	滨岸陆屑含铁建造	硅石、赤铁矿、磷矿化	

注:据《北京市区域地质志》(2016)修改^①。

磁铁石英岩为特征的 BIF 建造,主要分布于密云、怀柔一带,后期又经历多期变形作用,最终形成现今密云-怀柔隆起,形如钢铁拳头。

3.1.2 中一新元古代

从中元古代长城纪开始,北京地区早前寒武纪变质基底发生裂解,延续至新元古代发育为一个长达 10 亿年演化的盆地。盆地受华北板块北缘构造环境变化的制约,经历了裂陷槽阶段、过渡拗陷槽阶段和克拉通化阶段。

大红峪期之前,地壳处于南北向拉张构造背景下,形成了北东-近东西向燕山裂陷槽。裂陷槽内沉积了河流-浅海相砂岩建造、高成熟度滨海沙滩相碎屑岩建造、滨岸陆源碎屑含铁建造与富钾黏土岩建造、滨海相碳酸盐岩-富钾火山喷发岩建造。古地形北京中部拗陷,西高东低,海水自东向西漫漫,随着裂陷作用逐步加强形成向西南超覆。在超覆层位底部形成了赤铁磷块岩、赤铁矿(宣龙式)、富钾岩石、石英岩等矿床。

大红峪期地壳裂陷作用加强,裂陷形成达到高峰,平谷—蓟县一带出现火山喷溢,形成潮坪碳酸盐岩-火山岩相沉积,形成富钾页岩、重晶石(矿化)、铜等矿产。

高于庄期北京随同华北地区一起整体沉降,海水向南漫侵,为长城纪最大海侵时期。早中期水体加深,形成局限性的深水碳酸盐盆地,晚期水体变浅。由于蚀源区已趋于准平原化,广阔陆表海缺乏陆源碎屑供给,沉积分异作用开始以内源碳酸盐岩沉积为主,从而形成了天然油石、白云岩等矿产。

进入杨庄期海水的进退表现为由“燕山裂陷槽”

向南的海进以及自南向北至“燕山裂陷槽”的回流。滦县上升结束了高于庄期的广泛海侵,太行-五台古陆抬升,南部古陆界线北移,使杨庄期海盆收缩于燕山地区。在海盆边缘的房山、古北口一带以及“军都山水下隆起”则为石英砂岩、含砂白云岩沉积,形成了砂岩、大理石等矿产。至雾迷山时期北京地区整体沉降,是继高于庄期后最大一次海侵超覆期。温、浅、清陆表海为藻类繁衍提供了良好的生态环境,形成了一套巨厚的以叠层石白云岩为主的藻礁碳酸盐岩,主要矿产有白云岩、大理岩等。

铁岭期海水逐渐回落,广泛发育以叠层石白云岩为主的滨浅海相藻礁碳酸盐岩建造。在北京西南为潮下碳酸盐相,延庆、怀柔、密云一带水体较深,中期形成“四海式”铁锰矿。

“芹峪运动”(Qiao Xiufu, 1976)期间北京整体抬升接受剥蚀,古气候湿热,前期堆积的碳酸盐岩遭受风化淋滤,在古地形凸起部位形成红土风化壳,在低洼地段形成鸡窝式赤铁矿。至下马岭期燕山东部抬升加剧,西部沉陷,沉积中心西迁到青白口—怀来一带。下马岭初期堆积的滨岸陆屑含铁建造只发育于盆地的西南太行北段、京西、怀来等地。晚期堆积的泻湖相含黄铁矿、石膏(矿化)泥岩及叠层石泥灰岩在北京地区没有沉积,主要是由于“蓟县上升”影响,受北部“燕山抬升”影响,使怀来地区的海水未能退出,形成下马岭组四段地层的沉积,“蓟县上升”后,新元古代青白口纪龙山期形成海陆交互相碎屑岩建造,景儿峪期为一套浅海相碳酸盐岩建造,前者形成水泥用砂岩矿产,后者产出大理石、石灰岩矿产(表 2)。

3.1.3 古生代

古生代北京地区地质发展过程中属于稳定沉积阶段,区内地势总体比较平缓,地壳升降速度缓慢,沉积厚度不大,岩性岩相分布均比较稳定。

青白口纪末“蓟县上升”北京地区随同华北克拉通一起抬升成陆,缺失 2 亿年左右震旦纪沉积,长期处于夷平剥蚀阶段。“蓟县上升”后区域整体升降更为明显。总的古地理地貌,北高南低,北部为燕山山脉,中南部为浅水广阔平缓的碳酸盐台地。

昌平期海水入侵,在近北部山前地区形成海湾泻湖(局限海)环境,沉积富钙、质优的化工用(电石、制碱)石灰岩,而西山和西北部地区形成近岸潮上云坪蒸发环境,准同生白云岩发育,形成了大理石、白云岩等矿产。

馒头期区内曾遭受剥蚀,发育了滨海泻湖相红色碳酸盐岩-页岩建造,至张夏期地壳下沉海侵扩大,在水下浅滩环境中形成鲕状灰岩建造,赋存石灰岩(制碱、熔剂、水泥)等矿产。

炒米店期,海水自南向北退却,形成一套以砾屑灰岩沉积,代表性矿产有顺义大楸树和门头沟军响大理石矿。寒武纪以后,海进方向由南方逐渐转南东方向。

治里期海侵扩大,在门头沟丁家滩、千军台、柳林水一带,形成以低能为主的潮下泻湖环境,堆积了巨厚层重碳酸钙型电石、制碱用石灰岩,其余地区为潮间泥坪碳酸盐岩。古气候变得干燥,潮上带高镁卤水的回流渗透作用发育,形成了准同生白云岩。

亮甲山期海水自东、北东方向贯入,高镁卤水渗滤作用减弱,底栖和浮游生物大量繁衍,至该期末地壳再次抬升,形成潮上坪蒸发碳酸盐岩(白云岩)建造。

马家沟期区内气候干燥,地壳相对不稳定,海水进退频繁沉积环境变化较大。在海进沉积韵律顶部形成适宜电石、制碱用优质石灰岩,韵律中下部形成白云(质灰)岩,底部出现潮上带角砾状白云质灰岩或白云岩。期末的加里东运动,使北京地区整体抬升,遭受长期风化剥蚀,呈现西北高东南低地貌,缺失晚奥陶世、志留纪、泥盆纪及早石炭世沉积,并使马家沟期顶部地层遭受不同程度的剥蚀。

加里东运动后,由于长期剥蚀夷平作用,区内古地形比较平坦,自北西往南东方向略有倾斜,形成一个广阔的剥蚀平原。太原期早期,与华北陆块一同下沉,接受沉积。古气候渐趋温湿,河流湖沼发育,形成海陆交互相含煤碎屑岩建造。北京与华北陆块共同遭受抬升夷平剥蚀作用,风化分异为铁、铝、黏

土矿的形成准备了物质源。太原期晚期,海水浸漫,铁铝质不断被流水搬运,氧化铝在酸性介质中多呈胶体状态迁移,当进入滨海环境后,因 pH 值改变,在碱性条件下发生沉积。鉴于本区滨海地形有一定的高差起伏,且距华北北缘高地蚀源区较近,风化作用不够充分完备,因此未能像华北地台大部分地区那样形成很好的铝土矿床,仅形成以水云母、蒙脱石等黏土矿物为主的耐火黏土。除了底部的铁铝质岩沉积之外,尚有泥坪粉砂质沉积、淡化泻湖泥灰岩沉积、滨外砂坝浅滩沉积以及少量泥炭沼泽相沉积。

山西期区内为海陆过渡相沉积环境。古气候仍以暖湿为主,植物繁茂,在稳定构造背景下,形成了近东西向的聚煤盆地。在形成煤层底板处常共生有软质、半软质耐火黏土。晚石炭世经历几次短暂沉积后,海水全部退出,从而结束了海相地层发育史,从山西期晚期开始接受陆相沉积。

二叠世区内军都山地区明显隆升,同华北克拉通北缘山体共同构成蚀源区。沉积区范围仅局限于军都山以南地区。构造活动以差异性升降为主,区内河流发育。在军都山隆升东南洪泛平原上形成一套陆相碎屑岩沉积岩建造。二叠世早期,形成了耐火黏土、陶瓷面砖页岩、陶粒页岩等沉积矿产。二叠世晚期,气候逐渐干热,地壳差异性上升活动明显,在内陆河流、湖沼环境下形成一套红色碎屑岩建造。

3.1.4 中生代

晚二叠世晚期至三叠纪双泉期,本区进入陆内火山活跃期。该时期地形地势变化强烈,气候更趋干热,形成一套红色复陆屑建造,多形成水泥用页岩、陶瓷面砖页岩等沉积矿产。至双泉期末,伴随印支运动,本区进入北东大陆边缘活动发展阶段。

印支期运动是燕山运动之前奏,在区内未形成大规模造山运动,多形成热隆,如北直河隆起,下苇甸隆起等。印支成矿在区内主要分布于房山北直河银铅锌矿、门头沟珠窝金矿及平谷石塘峪铜钼矿等,总体上呈东西向带状分布。

晚三叠世至中侏罗世的双泉—窑坡—龙门期,是构造活动交接的相对宁静期。在北西高南东低的古地理背景下,早侏罗世窑坡期军都山隆升南东侧的京西、京东地区,河流湖沼发育,成为中生代主要的聚煤盆地,并伴生有陶粒页岩等矿产形成,该时期是北京市最主要的成煤期。

中侏罗世末至早白垩世是北京地区重要火山活动和岩浆活动期,是北京地区内生金属成矿作用最重要时期,总的来看早期矿化强度较弱,中期矿化较

强,晚期次之。燕山构造旋回的三期岩浆侵入和火山活动影响极大,燕山早期(晚三叠世—中侏罗世末)形成杏石口组至九龙山组地层,由陆相(中)基性火山岩、含煤岩系及粗碎屑岩系组成。燕山中期区内主要岩浆活动期,集中分布于八达岭带内,该期岩浆活动为区内铜、铅、锌、钼、铁、金、银等的形成提供了动力源和物质源。燕山晚期是中生代规模最大的一次岩浆活动时期,该时期形成了北京市铜、锌、钼、铁、金、银等矿产(Zhao Yue, 1990; Bai Zhiming et al., 1991, 1999; Qian Qing et al., 2002; Cheng Suhua et al., 2010; Zhao Yue et al., 2010; Zhang Shuanhong et al., 2010)。

3.1.5 新生代

晚白垩世至始新世中期,区内整体抬升,接受剥蚀,缺失晚白垩世至始新世早期沉积。地壳活动相对平静,长期剥蚀夷平使地势日趋平缓,至始新世中期,喜马拉雅运动第一幕造成“华北断陷”,区内原始准平原解体,怀柔—房山一线以东地区发生强烈引张断陷。到晚始新世至渐新世时期,在早期断陷区内形成了次一级断陷和断隆。气候由干旱转为温湿,于断陷区内河湖发育,形成河湖沼泽相为主的砂泥岩沉积。该时期构造运动奠定了北京现代地貌单元格局。中新世到现今,天坛期开始气候炎热干燥,“平原”继续下沉,形成一套河湖沼泽相含炭碎屑岩建造。至早更新世,平原区出现差异性沉陷,接受河湖相碎屑岩、黏土岩沉积,形成铸型用砂、砖瓦黏土、水泥黏土等矿产。晚更新世是现今地貌景观的最后塑造成型期。到全新世,平原区处于稀疏草原植被景观,河流湖沼发育,并相继形成冲洪积相的建筑用砂、建筑砂砾石、泥炭等多种矿产^⑨。

3.2 岩浆控矿规律

本区地壳构造演化和岩浆活动细分为前长城纪、中—晚元古代、海西—印支期、燕山期和喜马拉雅期 5 个岩浆旋回。其中燕山运动中的岩浆活动最为强烈,活动频繁且规模大,形成了多期次的复杂岩体。前长城纪,主要为超基性岩类、变质基性岩及变质闪长岩类,与这期侵入岩有关的矿产主要为铬铁矿,如密云放马峪铬矿即为纯橄榄辉石岩分异的产物;中—新元古代,主要为花岗岩类和辉石岩类,与其有关的矿产主要是铂钯矿,并伴生有铜、镍、钴、金、银等,如红石湾铂钯矿床、四合村铂矿点;海西—印支期,本区岩浆活动不强烈,已知怀柔新地辉长岩属海西期产物,与其有关的为钒钛磁铁矿;燕山期,为本区规模宏大的岩浆活动期,具多次喷发和侵入

的特点,岩浆总的演化趋势是由基性→中性→酸性→偏碱性,本区绝大部分的内生金属矿产都形成于燕山期,燕山期岩体与 Fe、Cu、Pb、Zn、Mo、W、Au 多金属矿成矿关系密切,成矿时代主要为燕山中期(晚侏罗世)和晚期(早白垩世),其中以燕山中期为主,且成矿围岩主要是中浅成—超浅成侵入岩体,如分水岭金矿、杨树底下金矿、大庄科钼矿等;喜马拉雅期,主要为基性喷发岩类,目前尚未发现相关矿产。

金属矿产与侵入岩之间具有成矿专属性。其中与闪长岩、石英闪长岩有关的矿产有铜矿、黄铁矿等,如延庆五座山黄铁矿化点、怀柔河防口铜矿点;与花岗闪长岩有关的矿产主要为热液石英脉型、热液蚀变带型金、钼矿,接触交代型铁、锌、钼多金属矿等,如怀柔五道河铁矿、岔道铅锌矿;与正长岩有关的矿产有接触交代型铁锌矿、多金属矿、铅矿等,如延庆东西红山的接触交代型(后期有热液叠加)铁锌矿,门头沟大榆木沟多金属矿;与辉长岩有关的矿产有钒钛磁铁矿,如上庄钒钛磁铁矿;与辉石岩、橄榄岩有关的矿产是铬矿、铂钯矿,如放马峪铬矿、红石湾铂钯矿;与超酸性、碱性浅成侵入体有关的矿产有钼、多金属、铁锌矿^⑩。

3.3 构造控矿特征

(1)构造对矿带的控制作用:燕山 EW 向沉降带的密云—兴隆构造带控制了本区超基性岩的分布,同样亦控制了超基性岩类有关的铬、铂等矿产的分布。此外,EW 向构造带控制了热液石英脉型钨矿的分布。金矿的分布在密云、平谷地区受 EW 向构造带的控制,在昌平、怀柔地区则受燕山期近 NE 向断裂的控制。铜、铅、锌多金属矿产的分布在延庆地区多受大地—石窑背斜的控制。

(2)构造对矿床的控制:北京地区不少内生金属矿床处于背(向)斜的轴部、转折端、不同方向断裂的交叉部位。如红石湾铂钯矿床由于超基性—基性岩体侵位于新太古代变质岩中,受后期(印支—燕山期)构造影响隆起,出现于背斜的核部;东西红山铁锌矿床赋存于倾伏背斜的轴部,并受 NW 向、NE 向 2 组断裂的控制;万庄金矿床则产于关上—万庄子倾伏背斜的 SW 倾伏端;石湖峪钼矿床主要受 NNE 向、NW 向 2 组断裂构造的控制。

(3)构造对矿体的控制:构造对矿体控制主要为接触面构造、捕虏体构造以及断裂构造 3 种。^⑪其中接触面构造:岩体与围岩的接触界面平整、形态简单者不利于成矿,接触界线曲折、形态复杂、产状陡且变化大时则有利成矿,矿体常富集于岩体与围岩

接触面的凹部、岩体超覆于围岩的接触带部位、岩体呈楔形贯入于围岩的顶端部位、接触面由陡变缓的转折部位、岩体接触面呈犬牙交错状部位,石槽、东三岔等地的矿体均富集于上述有利部位。②捕虏体构造有利于成矿,如铁矿峪铁多金属矿点。③断裂和裂隙构造对热液石英脉型矿床的矿体形态、规模以及赋存部位的控制作用极为显著:受张裂隙控制的矿体常呈简单的脉状,受剪切裂隙控制的矿体常呈平行脉状,受羽毛状裂隙控制的矿体常呈网络状,受层间裂隙控制的矿体常呈似层状,受不同方向复合裂隙控制的矿体常具分支复合、膨大尖灭现象。

4 结论

(1)北京市矿产资源丰富,尤以铁、煤、石灰岩、大理岩为主,矿床成因复杂多样。其中铁矿类型主要为受变质型;金矿主要为岩浆热液型;煤矿为沉积型;石灰岩为化学沉积型矿床;大理岩主要为受变质型。

(2)在全国成矿区带划分基础上,提出北京市Ⅳ、Ⅴ级成矿区(带)方案,并对重要成矿区、亚区进行细分,总结了区和亚区成矿地质条件和矿产分布特征。其中北京市金铜铅锌钼等多金属矿产集中分布在Ⅲ-57-2-②区内,煤炭、石灰岩矿产主要赋存在Ⅲ-57-2-③区,而Ⅱ-57-2-④集中了北京市 97% 以上的铁矿。

(3)在以往工作基础上,从时空演化、岩浆控矿以及构造控矿等方面总结北京市区域成矿规律新认识,如内生金属矿产“一早一晚”特点,非金属矿产“全位成矿”特征,岩浆岩带控矿、构造控矿等特征。

致谢:本文是中国矿产地志·北京卷的部分成果,研究过程中还有很多人参与了这项工作,王登红老师和审稿专家在成文过程中提出宝贵意见,在此一并表示衷心感谢!

注 释

- ① 北京市地质矿产局. 1992. 北京市区域矿产总结.
- ② 北京市地质矿产局. 1990. 中华人民共和国区域地质调查报告: 1: 50000 11-50-139 乙、丙、丁等幅.
- ③ 北京市地质矿产局. 1994. 北京市二轮区划总结报告金银远景区.
- ④ 北京市地质调查研究院. 2013. 北京市矿产资源潜力评价成果报告.
- ⑤ 方同明. 2014. 北京密云—怀柔地区深部铁矿产资源潜力评估.
- ⑥ 北京市地质矿产局 101 地质队. 1980. 北京市密云、怀柔地区变质铁矿成矿远景区划说明书.
- ⑦ 北京市地质调查所. 1983. 北京市矿产分布图说明书.
- ⑧ 北京市地质调查所. 1995. 北京市延庆县石青铜矿普查地质报告.
- ⑨ 中国矿产地志项目办公室,中国地质科学院矿产资源研究所.

2016. 中国矿产地志省级矿产地志研编技术要求.

- ⑩ 北京市国土资源局. 2011. 北京市煤矿资源利用现状调查成果汇总报告.
- ⑪ 北京市地质调查研究院. 2016. 北京市区域地质志(第二轮).
- ⑫ 北京市地质调查研究院. 2009. 北京市建筑用矿产(水泥用灰岩、砖瓦用页岩、建筑用砂石)资源潜力评价报告.

References

- Bai Zhimin, Xu Shuzhen, Ge Shiwei. 1991. The Badaling Granitoids. Beijing: Geological Publishing House (in Chinese without English abstract).
- Bai Zhimin, Ge Shiwei, Bao Yigang. 1999. Volcanic eruption and magma evolution in the Yanshanian orogenic belt in the Mesozoic era. *Geological Review*, 45: 535~540 (in Chinese with English abstract).
- Bao Yigang, Xie Deyuan, Chen Zhengbang, Mu Bingtao. 1983. On the Yanshan movement in Beijing area. *Acta Geologica Sinica*, 2: 195~204 (in Chinese with English abstract).
- Bao Yigang, Liu Zhenfeng, Wang Shifa, Huang Renghe, Bai Zhimin, Wang Jiming, Wang Zenghu. 2000. Study on the Geological Century of Beijing. Beijing: Geological Publishing House (in Chinese without English abstract).
- Beijing Local Chronicles Compilation Committee. 2001. *Geology and Minerals Annals*. Beijing: Geological Publishing House (in Chinese without English abstract).
- Chen Senhuang, Liu Daorong, Bao Zhiwei, Zhu Naijuan, Mao Cunxiao, Zhu Bingquan. 1991. Emplacement ages and evolution of several ultrabasic rock belts on the northern margin of the North China platform. *Geochimica*, 6(2): 128~133 (in Chinese with English abstract).
- Chen Yuchuan. 2007. *Chinese Mineralization System and Assessment of Regional Mineralization*. Beijing: Geological Publishing House (in Chinese with English abstract).
- Chen Yuchuan, Pei Rongfu, Song Tianrui, Qiu Xiaoping. 1998. *Minerogenetic Series in China*. Beijing: Geological Publishing House (in Chinese with English abstract).
- Chen Yuchuan, Xue Chunji, Wang Denghong, Li Huaqin, Lu Yuanfa. 2003. A discussion on the regional mineralization pedigree of the ore deposits in the northern margin of the North China Landmass. *Geological Journal of China Universities*, 9(4): 520~535 (in Chinese with English abstract).
- Chen Yuchuan, Pei Rongfu, Wang Denghong. 2006. On minerogenetic (metallagenetic) series: third discussion. *Acta Geologica Sinica*, 80(10): 1501~1508 (in Chinese with English abstract).
- Chen Zhenghui, Wang Denghong, Sheng Jifu, Ying Lijuan, Liang Ting, Wang Chenghui, Liu Lijun, Wang Yonglei. 2015. The metallogenetic regularity of tin deposits in China. *Acta Geologica Sinica*, 89(6): 1026~1037 (in Chinese with English abstract).
- Cheng Suhua, Wang Yang. 2010. Element geochemistry, petrogenesis and tectonic setting of the Yangfang pluton in Beijing. *Geological Review*, 56(2): 205~214 (in Chinese without English abstract).
- Cheng Yuqi, Chen Yuchuan, Zhao Yiming. 1979. Preliminary discussion on the problem of minerogenetic series of mineral deposits. *Bulletin Chinese Acad. Geol. Sci.*, 1(1): 33~58 (in Chinese with English abstract).
- Cheng Yuqi, Chen Yuchuan, Zhao Yiming, Song Tianrui. 1983. Further discussion on the problems of minerogenetic series of mineral deposits. *Bulletin Chinese Acad. Geol. Sci.*, (2): 1~64 (in Chinese with English abstract).
- Cui Yanhe, Qi Shaomei. 1996. The genesis of the detiangu gold deposit, Beijing. *Mineral Deposits*, 15(2): 156~164 (in Chinese without English abstract).
- Dong Demao. 1998. Geological resources and capital economy in Beijing. *Beijing Geology*, 4: 4~8 (in Chinese without English abstract).
- Fang Tongming, Sun Yonghua, You Shina, Zhang Xiaoliang, Liu

- Hong, Wang Zhihui. 2012a. Study on metallogenic pattern in Beijing area. Contributions to Geology and Mineral Resources Research, 27(3): 261~270 (in Chinese with English abstract).
- Fang Tongming, Sun Yonghua, You Shina, Zhang Xiaoliang, Liu Hong, Wang Zhihui, Li Li. 2012b. Metallogenic series and pedigree in Beijing region. Contributions to Geology and Mineral Resources Research, 27(4): 404~409 (in Chinese with English abstract).
- Fang Tongming, Cheng Xinbin, Liu Hong, Sun Yonghua, Wu Hujun, Wei Bo, Wang Wei, Ding Wang. 2016. Constraint from LA-MC-ICP-MS zircon U-Pb dating of Mafic dyke swarms in Miyun County and its geological implications. Geological Bulletin of China, 35(12): 2076~2081 (in Chinese with English abstract).
- Fang Tongming, Sun Yonghua, Cheng Xinbin, Liu Hong, Wu Hujun, Wei Bo. 2017. Geochemical characteristics and metallogenic age of BIF type Fe deposit at Shachang in Miyun County, Beijing. Contributions to Geology and Mineral Resources Research, 32(1): 42~49 (in Chinese with English abstract).
- Gao Linzhi, Zhang Chuanheng, Shi Xiaoying, Zhou Hongrui, Wang Ziqiang. 2007. Zircon SHRIMP U-Pb dating of the tuff bed in the Xiamaling Formation of the Qingbaikouan System in North China. Geological Bulletin of China, 26(3): 249~255 (in Chinese with English abstract).
- Geng Yuansheng, Lu Songnian. 2014. Advances in the study of Precambrian chronostratigraphy in China. Earth Science Frontier, 21(2): 102~118 (in Chinese with English abstract).
- Guo Hongfang. 1994. The tectonic evolutionary succession of the Archean crust in the Anshan area. Regional Geology of China, 1: 1~9 (in Chinese with English abstract).
- He Gaopin, Ye Huiwen, Xia Shengli. 1993. Sm-Nd isotopic age of the metamorphic basic dyke in Miyun Beijing, and its geological significance. Acta Petrologica Sinica, 9(3): 312~317 (in Chinese with English abstract).
- Jin Wenshan, Guan Ailian. 1999a. Isotopic age of the Archean rocks in Beijing area and their geological implications. Progress in Precambrian Research, 22(3): 1~13 (in Chinese with English abstract).
- Jin Wenshan, Guan Ailian. 1999b. Division of the Archean stratum-rock units, and its characteristics in the Beijing area. Progress in Precambrian Research, 22(2): 1~10 (in Chinese with English abstract).
- Jin Wenshan, Li Shuangbao, Guan Ailian. 2000. Early Precambrian Crystalline Basement in the Beijing Region. Beijing: Geological Publishing House.
- Li Huaikun, Lu Songnian, Li Huimin, Sun Lixin, Xiang Zhenqun, Geng Jianzhen, Zhou Hongying. 2009. Zircon and beddeleyite U-Pb precision dating of basic rock sills intruding Xiamaling Formation, North China. Geological Bulletin of China, 28(10): 1396~1404 (in Chinese with English abstract).
- Li Huaikun, Zhu Shixing, Xiang Zhenqun, Su Wenbo, Lu Songnian, Zhou Hongying, Geng Jianzhen, Li Sheng, Yang Fengjie. 2010. Zircon U-Pb dating on tuff bed from Gaoyuzhuang Formation in Yanqing, Beijing: Further constraints on the new subdivision of the Mesoproterozoic stratigraphy in the northern North China Craton. Acta Petrologica Sinica, 26(7): 2131~2140 (in Chinese with English abstract).
- Li Junjian, Shen Baofeng, Zhai Anmin, Luo Hui, Cao Xiulan. 2002. Type and geological character of gold deposits in eastern Heibe Province. Progress in Precambrian Research, 25(2): 73~79 (in Chinese with English abstract).
- Li Zhongjian, Chen Bailin, Dong Faxian, Wang Pingan, Wang Shifa, Li Huaiyong. 1998. Fault systems in the Qifengcha-Detianguo gold field of Huairou, Beijing, and its control of gold mineralization. Journal of Geomechanics, 4(2): 21~29 (in Chinese with English abstract).
- Liu Cui, Deng Jinfu, Su Shangguo, Xiao Qinghui, Luo Zhaohua, Wang Qihang, Xu Liquan. 2004. Zircon SHRIMP dating of Yumengshan gneissic granite and its geological significance. Acta Petrologica et Mineralogica, 23(2): 141~146 (in Chinese with English abstract).
- Liu Li, Zhang Lianchang, Dai Yanpei, Wang Changle. 2012. Formation age, geochemical signatures and geological significance of the Sanheming BIF-type deposit in the Guyang greenstone belt, Inner Mongolia. Acta Petrologica Sinica, 28(11): 3623~3637 (in Chinese with English abstract).
- Liu Yongsheng, Gao Shan, Hu Zhaochu, Gao Changgui, Zong Keqing, Wang Dongbing. 2010. Continental and oceanic crust recycling-induced melt peridotite interactions in the Trans-North China orogen: U-Pb dating, Hf isotopes and trace elements in zircons from mantle xenoliths. Journal of Petrology, 51(1/2): 537~571.
- Lü Jinbo, Zheng Guisen, Li Anning, Li Wei, Wang Jiming, Sun Yonghua. 2016. The progress of Beijing geological survey since 1916—the revision and compilation of “Regional Geology of Beijing Municipality”. Geological Bulletin of China, 35(11): 1906~1917 (in Chinese with English abstract).
- Qian Qing, Zhong Dalin, Li Tongyi, Wen Daren. 2002. Geochemical characteristics and petrogenesis of the Badaling high Ba-Sr granitoids: a comparison of igneous rocks from North China and the Dabie-Sulu orogen. Acta Petrologica Sinica, 18(3): 275~292 (in Chinese with English abstract).
- Qiao Xiufu. 1976. Investigation on stratigraphy of the Qingbaikou Group of the Yenshan Mountains, North China. Scientia Geologica Sinica, 7(3): 246~265 (in Chinese with English abstract).
- Sheng Jifu, Chen Zhenhui, Liu Lijun, Ying Lijuan, Huang Fan, Wang Denghong, Wang Jiahuan, Zeng Le. 2015. Outline of metallogeny of tungsten deposits in China. Acta Geologica Sinica, 89(6): 1038~1050 (in Chinese with English abstract).
- Shi Yuruo, Wilde S A, Zhao Xitiao, Ma Yinsheng, Du Lilin, Liu Dunyi. 2012. Late Neoproterozoic magmatic and subsequent metamorphic events in the northern North China Craton: SHRIMP zircon dating and Hf isotopes of Archean rocks from Yunmengshan geopark, Miyun, Beijing. Gondwana Research, 21: 785~800.
- Song Honglin. 1966. A study on the pitching end of the Kuchishan box-shaped anticline in the western hills of Peking. Acta Geologica Sinica, 46(1): 29~38 (in Chinese with English abstract).
- Su Wenbo, Li Huaikun, Huff W D, Ettensohn F R, Zhang Shihong, Zhou Hongying, Wan Yusheng. 2010. SHRIMP U-Pb dating for a K-bentonite bed in the Tieling Formation, North China. Chinese Science Bulletin, 55: 3312~3323.
- Sun Huiyi, Dong Chunyan, Xie Hangqiang, Wang Wei, Ma Mingzhu, Liu Dunyi, Nutman A, Wan Yusheng. 2010. The formation age of the Neoproterozoic Zhuzhuangzi and Dantazi groups in the Qinglong area, Eastern Hebei Province: Evidence from SHRIMP U-Pb zircon dating. Geological Review, 56(6): 888~898 (in Chinese with English abstract).
- The Editorial Committee of the Discovery History of Mineral Deposits of China-(Volume of Beijing). 1996. The Discovery History of Mineral Deposits of China-(Volume of Beijing). Beijing: Geological Publishing House (in Chinese with English abstract).
- Wan Yusheng, Dong Chunyan, Xie Hangqiang, Wang Shijing, Song Mingchun, Xu Zhongyuan, Wang Shiyun, Zhou Hongying, Ma Mingzhu, Liu Dunyi. 2012. Formation ages of early Precambrian BIFs in the North China Craton: SHRIMP zircon U-Pb dating. Acta Geologica Sinica, 86(9): 1448~1478 (in Chinese with English abstract).
- Wang Denghong, Chen Yuchuan, Xu Zhigang, Chen Zhenghui, Shen Baofeng, Tang Zhongli, Pei Rongfu. 2011. Advance in the study of mineralization system and its application to assessment of mineral resources. Acta Geoscientia Sinica, 32

- (4): 385~395 (in Chinese with English abstract).
- Wang Denghong, Xu Zhiqiang, Shen Jifu, Zhu Mingyu, Xu Yue, Yuan Zhongxin, Bai Ge, Qu Wenjun, Li Huaqin, Chen Zhenhui, Wang Chenhui, Huang Fan, Zhang Changqin, Wang Yonglei, Ying Lijuan, Li Houmin, Gao Lan, Sun Tao, Fu Yong, Li Jiankang, Wu Guang, Tang Juxing, Feng Chengyou, Zhao Zhen, Zhang Daquan. 2014. Progress on the study of regularity of major mineral resources and regional metallogenic regularity in China: A review. *Acta Geologica Sinica*, 88(12): 2176~2191 (in Chinese with English abstract).
- Wang Yu, Yang Wensi, Fan Binghong. 1997. Geological and geochemical features of Changcheng style Au deposit. *Contributions to Geology and Mineral Resources Research*, 12(3): 24~31 (in Chinese with English abstract).
- Xiang Peng, Cui Minli, Wu Huaying, Zhang Xiaojing, Zhang Lianchang. 2012. Geological characteristics, ages of host rocks and its geological significance of the Zhoutaizi iron deposit in Luanping, Hebei Province. *Acta Petrologica Sinica*, 028(11): 3655~3669 (in Chinese with English abstract).
- Xiong Qunqiao, Pei Rongfu, Mei Yanxiong. 1999. A preliminary discussion on some problems concerning metallogeny of the Changcheng type gold deposits in eastern Hebei. *Mineral Deposits*, 18(2): 189~194 (in Chinese with English abstract).
- Xu Yan, Jiang Han. 2003. Study on the metallogenic feature and ore genesis of Wanzhuang gold deposit, Beijing. *Journal of Jinlin University (Earth Science Edition)*, 33(2): 147~151 (in Chinese with English abstract).
- Yang Jinhui, Wu Fuyuan, Liu Xiaoming, Xie Liewen. 2005. Zircon U-Pb ages and Hf isotopes and their geological significance of the Miyun rapakivi granites from Beijing, China. *Acta Petrologica Sinica*, 21(6): 1633~1644 (in Chinese with English abstract).
- Zhai Mingguo, Guo Jinhui, Zhao Taiping. 2001. Study advances of Neoproterozoic-Paleoproterozoic tectonic evolution in the North China Craton. *Progress in Precambrian Research*, 24(1): 17~27 (in Chinese with English abstract).
- Zhai Mingguo. 2004. 2.1~1.7 Ga geological event group and its geotectonic significance. *Acta Petrologica Sinica*, 20(6): 1343~1354 (in Chinese with English abstract).
- Zhai Mingguo. 2010. Tectonic evolution and metallogenesis of North China Craton. *Mineral Deposits*, 29(1): 24~36 (in Chinese with English abstract).
- Zhang Daquan, Jiang Biao, Wang Denghong, Wang Chenghui, Chen Yuchuan, Bai Ge. 2015. A summary of resources characteristic and metallogenic regularity of silver deposits in China. *Acta Geologica Sinica*, 89(6): 1008~1025 (in Chinese with English abstract).
- Zhang Shuanhong, Zhao Yue, Liu Jianmin, Hu Jianmin, Song Biao, Liu Jian, Wu Hai. 2010. Geochronology, geochemistry and tectonic setting of the Late Paleozoic-Early Mesozoic magmatism in the northern margin of the North China Block: A preliminary review. *Acta Petrologica et Mineralogica*, 29(6): 824~842 (in Chinese with English abstract).
- Zhao Yue. 1990. The Mesozoic orogenies and tectonic evolution of the Yanshan area. *Geological Review*, 36(1): 1~13 (in Chinese with English abstract).
- Zhao Yue, Chen Bin, Zhang Shuanhong, Liu Jianmin, Hu Jianmin, Liu Jian, Pei Junling. 2010. Pre-Yanshanian geological events in the northern margin of the North China Craton and its adjacent areas. *Geology in China*, 37(4): 900~915 (in Chinese with English abstract).
- Zhou Shaolin, Chen Dongming, Li Zhirui, Li Xiuping. 1993. Early Precambrian Geology and Iron Ore. Beijing: Geological Publishing House (in Chinese with English abstract).
- 白志民, 葛世伟, 鲍亦冈. 1999. 燕山造山带中生代火山喷发及岩浆演化. *地质论评*, 45: 535~540.
- 鲍亦冈, 谢德源, 陈正帮, 穆纳涛. 1983. 论北京地区燕山运动. *地质学报*, (2): 195~204.
- 鲍亦冈, 刘振锋, 王世发, 黄初河, 白志民, 王继明, 王增护. 2000. 北京地质百年研究. 北京: 地质出版社.
- 北京市地方志编纂委员会. 2001. 北京志·地质矿产水利气象卷·地质矿产志. 北京: 北京出版社.
- 陈森煌, 刘道荣, 包志伟, 朱乃娟, 毛存孝, 朱炳泉. 1991. 华北地台北缘几个超基性岩带的侵位年代及其演化. *地球化学*, 6(2): 128~133.
- 陈毓川. 2007. 中国成矿体系与区域成矿评价(上、下册). 北京: 地质出版社.
- 陈毓川, 裴荣富, 宋天锐, 邱小平. 1998. 中国矿床成矿系列初论. 北京: 地质出版社.
- 陈毓川, 薛春纪, 王登红, 李华芹, 路远发. 2003. 华北陆块北缘区域矿床成矿谱系探讨. *高校地质学报*, 9(4): 520~535.
- 陈毓川, 裴荣富, 王登红. 2006. 三论矿床的成矿系列问题. *地质学报*, 80(10): 1501~1508.
- 陈郑辉, 王登红, 盛继福, 应立娟, 梁婷, 王成辉, 刘丽君, 王永磊. 2015. 中国锡矿成矿规律概要. *地质学报*, 89(6): 1026~1037.
- 程素华, 汪洋. 2010. 北京阳坊岩体元素地球化学特征、成因及构造背景. *地质论评*, 56(2): 205~214.
- 程裕淇, 陈毓川, 赵一鸣, 宋天锐. 1983. 再论矿床的成矿系列问题. *中国地质科学院院报*, (2): 1~64.
- 程裕淇, 陈毓川, 赵一鸣. 1979. 初论矿床的成矿系列问题. *中国地质科学院院报*, 1(1): 33~58.
- 崔艳合, 元绍政. 1996. 北京市得田沟金矿床成因机制. *矿床地质*, 15(2): 156~164.
- 董德茂. 1998. 北京地质资源与首都经济. *北京地质*, 4: 4~8.
- 方同明, 孙永华, 尤世娜, 张晓亮, 刘鸿, 王志辉. 2012a. 北京市区域成矿规律初步研究. *地质找矿论丛*, 27(3): 261~270.
- 方同明, 孙永华, 尤世娜, 张晓亮, 刘鸿, 王志辉, 李莉. 2012b. 北京市成矿系列和成矿谱系. *地质找矿论丛*, 27(4): 404~409.
- 方同明, 程新彬, 刘鸿, 孙永华, 吴虎峻, 魏波, 王玮, 丁望. 2016. 北京密云放马峪基性岩墙群 LA-MC-ICP-MS 锆石 U-Pb 年龄及其意义. *地质通报*, 35(12): 2076~2081.
- 方同明, 孙永华, 程新彬, 刘鸿, 吴虎峻, 魏波. 2017. 北京密云沙厂 BIF 型铁矿地质地球化学特征与成矿时代. *地质找矿论丛*, 32(1): 42~49.
- 高林志, 张传恒, 史晓颖, 周洪瑞, 王自强. 2007. 华北青白口系下马岭组凝灰岩锆石 SHRIMP U-Pb 定年. *地质通报*, 26(3): 249~255.
- 耿元生, 陆松年. 2014. 中国前寒武纪地层年代学研究的进展和相关问题. *地学前缘*, 21(2): 102~118.
- 郭洪方. 1994. 鞍山地区太古宙地壳的构造演化序列. *中国区域地质*, 1: 1~9.
- 贺高品, 叶慧文, 夏胜利. 1993. 北京密云地区变质基性岩墙的 Sm-Nd 同位素年龄及其地质意义. *岩石学报*, 9(3): 312~317.
- 金文山, 管爱莲. 1999a. 北京地区太古宙岩石同位素年龄及其意义. *前寒武纪研究进展*, 22(3): 1~13.
- 金文山, 管爱莲. 1999b. 北京地区太古宙岩石、地层单元划分及其特征. *前寒武纪研究进展*, 22(2): 1~10.
- 金文山, 李双保, 管爱莲. 2000. 北京地区早前寒武纪结晶基底. 北京: 地质出版社.
- 李怀坤, 陆松年, 李惠民, 孙立新, 相振群, 耿建珍, 周红英. 2009. 侵入下马岭组的基性岩床的锆石和斜锆石 U-Pb 精确定年——对华北中元古界地层划分方案的制约. *地质通报*, 28(10): 1396~1404.
- 李怀坤, 朱士兴, 相振群, 苏文博, 陆松年, 周红英, 耿建珍, 李生, 杨锋杰. 2010. 北京延庆高于庄组凝灰岩的锆石 U-Pb 定年研究及其对华北北部中元古界划分新方案的进一步约束. *岩石学报*, 26(7): 2131~2140.
- 李俊建, 沈保丰, 翟安民, 骆辉, 曹秀兰. 2002. 冀东地区金矿床类型

参考文献

白志民, 许淑贞, 葛世伟. 1991. 八达岭花岗杂岩. 北京: 地质出版社.

及其地质特征. 前寒武纪研究进展, 25(2): 73~79.

李中坚,陈柏林,董法先,王平安,王世发,李怀永. 1998. 北京怀柔崎峰茶-得田沟金矿田断裂构造及其控矿作用. 地质力学学报, 4(2): 21~29.

刘翠,邓晋福,苏尚国,肖庆辉,罗照华,王启航,许立权. 2004. 北京云蒙山片麻状花岗岩锆石 SHRIMP 定年及其地质意义. 岩石矿物学杂志, 23(2): 141~146.

刘利,张连昌,代堰铭,王长乐. 2012. 内蒙古固阳绿岩带三合明 BIF 型铁矿的形成时代、地球化学特征及其地质意义. 岩石学报, 28(11): 3623~3637.

吕金波,郑桂森,李安宁,李伟,王继明,孙永华. 2016. 北京百年地质调查的传承与发展——《北京市区域地质志》修编. 地质通报, 35(11): 1906~1917.

钱青,钟孙霖,李通艺,温大任. 2002. 八达岭基性岩和高 Ba-Sr 花岗岩地球化学特征及成因探讨:华北和大别-苏鲁造山带中生代岩浆岩的对比. 岩石学报, 18(3): 275~292.

乔秀夫. 1976. 青白口群地层学研究. 地质科学, 7(3): 246~265.

盛继福,陈郑辉,刘丽君,应立娟,黄凡,王登红,王家欢,曾乐. 2015. 中国钨矿成矿规律概要. 地质学报, 89(6): 1038~1050.

宋鸿林. 1966. 北京西山谷积山箱形背斜倾伏端构造研究. 地质学报, 46(1): 29~38.

孙会一,董春艳,颀颀强,王伟,马铭株,刘敦一, Nutman A, 万渝生. 2010. 冀东青龙地区新太古代朱杖子群和单塔子群形成时代: 锆石 SHRIMP U-Pb 定年. 地质论评, 56(6): 888~898.

万渝生,董春艳,颀颀强,王世进,宋明春,徐仲元,王世炎,周红英,马铭株,刘敦一. 2012. 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. 地质学报, 86(9): 1448~1478.

王登红,陈毓川,徐志刚,陈郑辉,沈保丰,汤中立,裴荣富. 2011. 成矿体系的研究进展及其在成矿预测中的应用. 地球学报, 32(4): 385~395.

王登红,徐志刚,盛继福,朱明玉,徐珏,袁忠信,白鸽,屈文俊,李华芹,陈郑辉,王成辉,黄凡,张长青,王永磊,应立娟,李厚民,高兰,孙涛,付勇,李建康,武广,唐菊兴,丰成友,赵正,张大权. 2014. 全国重要矿产和区域成矿规律研究进展综述. 地质学报, 88(12): 2176~2191.

王郁,杨文思,樊秉鸿. 1997. 冀东长城式金矿地质地球化学特征. 地质找矿论丛, 12(3): 24~31.

相鹏,崔敏利,吴华英,张晓静,张连昌. 2012. 河北滦平周台子条带状铁矿地质特征、围岩时代及其地质意义. 岩石学报, 28(11): 3655~3669.

熊群尧,裴荣富,梅燕雄. 1999. 冀东长城式金矿成矿中一些问题的初步探讨. 矿床地质, 18(2): 189~194.

续颜,蒋菡. 2003. 北京万庄金矿床成矿特征及成因探讨. 吉林大学学报(地球科学版), 33(2): 147~151.

杨进辉,吴福元,柳小明,谢烈文. 2005. 北京密云环斑花岗岩锆石 U-Pb 年龄和 Hf 同位素及其地质意义. 岩石学报, 21(6): 1633~1644.

翟明国,郭进辉,赵太平. 2001. 新太古—古元古代华北陆块构造演化的研究进展. 前寒武纪研究进展, 24(1): 17~27.

翟明国. 2004. 华北克拉通 2.1~1.7Ga 地质时间群的分解和构造意义探讨. 岩石学报, 20(6): 1343~1354.

翟明国. 2010. 华北克拉通的形成演化与成矿作用. 矿床地质, 29(1): 24~36.

张大权,江彪,王登红,王成辉,陈毓川,白鸽. 2015. 中国银矿的资源特征及成矿规律概要. 地质学报, 89(6): 1008~1025.

张拴宏,赵越,刘建民,胡健民,宋彪,刘健,吴海. 2010. 华北地块边缘晚古生代—早中生代岩浆活动期次、特征及构造背景. 岩石矿物学杂志, 29(6): 824~842.

赵越. 1990. 燕山地区中生代造山运动及构造演化. 地质论评, 36(1): 1~13.

赵越,陈斌,张拴宏,刘建民,胡健民,刘健,裴军令. 2010. 华北克拉通北缘及邻区前燕山期主要地质事件. 中国地质, 37(4): 900~915.

《中国矿床发现史·北京卷》编委会. 1996. 中国矿床发现史·北京卷. 北京:地质出版社.

周绍林,陈东明,李致瑞,李修平,杜惠琴. 1993. 北京早前寒武纪地质及铁矿. 北京:地质出版社.

A summary of regional metallogenic regularity in Beijing

FANG Tongming^{*1)}, GAO Xuequan¹⁾, LIU Linsheng¹⁾, LIU Xudong¹⁾, LI Li¹⁾, CHENG Xinbin¹⁾, HE Fubing¹⁾, ZHANG Xiaoliang¹⁾, DONG Jing¹⁾, LIN Tianyi²⁾, GUO Gaoxuan³⁾

1) Beijing Institute of Geological Survey, Beijing, 102206; 2) Beijing Geothermal Research Institute, Beijing, 102218; 3) Beijing Institute of Hydrogeology and Engineering Geology, Beijing, 100195

* Corresponding author: fangtongming@163.com

Abstract

In this paper, we have systematically compiled the information on iron, gold, coal, limestone and other mineral species, classified the deposit types, and studied their metallogenic characteristics. Based on the I-III grade metallogenic belts, we have classified and summarized the characteristics of the regional metallogenic belts in Beijing. These are the Northern Huairou gold-fluorite metallogenic belt, the Badaling gold-copper-molybdenum-lead-zinc metallogenic belt, the West Beijing coal-limestone metallogenic belt, the Miyun-Huairou iron-gold metallogenic belt, and the Miyun-Pinggu gold-limestone metallogenic belt. We have summarized the regional metallogenic regularity from the perspective of spatiotemporal evolution of mineral resources, magmatic rocks and tectonic structures. This study improves the level of mineral geology research and provides a comprehensive overview of research on multi-mineral mineralization regularity in Beijing.

Key words: deposit type; metallogenic belt; metallogenic regularity; Beijing