

华北板块东缘金刚石成矿 区域地质背景分析与成矿预测

王照波,王庆军

(山东省第七地质矿产勘查院,山东 临沂 276006)

摘要:对分布于华北板块东缘的辽宁铁岭、瓦房店及山东蒙阴等3个金伯利岩区的地质构造特征进行了研究,利用地层时代、构造行迹、古地磁以及同位素资料,对该区域金伯利岩的侵位时间进行了综合约束,认为该区域金伯利岩的侵位时间应该在250~300 Ma之间。在此基础上,结合华北板块与扬子板块在古生代时的相互运移特征,对华北板块东缘金刚石的成矿区域地质背景进行了分析,并结合构造形迹的研究,对该区域金刚石原生矿进行了成矿预测。

关键词:金伯利岩;华北板块;区域地质背景;成矿预测;古地磁

中图分类号:P619.24⁺¹

文献标识码:A

0 引言

就一般的文献资料,在述及华北的金伯利岩时,所采用的区域构造一般表述为“华北地台”或者“华北克拉通”,无论地台或者克拉通,其对应于板块构造而言,其基本的释义为“古老而稳定的板块”。基于此,该文采用板块的概念表述所言及的克拉通。

研究一个地质事件发生的区域地质背景,首先是确定该地质事件发生的时间,将地质事件定位到区域地质发展历史中去,对地质事件发生的区域地质背景进行分析,才能够进行成矿预测。华北板块东缘产出着我国仅有的几处金伯利岩型的金刚石矿,如山东蒙阴、辽宁复县、铁岭、桓仁等几处。在20世纪60年代发现了山东蒙阴金刚石原生矿及其以后几年相继在辽宁发现金刚石原生矿后,我国学者池际尚院士、路凤香、郑建平^[1],对其进行了广泛而深入的研究工作,获得了大量的研究成果,该文在总结与整理前人研究成果的基础上,利用现代地质构造理论进行分析,以期对该区域下一步金刚石的找矿工作有所借鉴(图1)。

1 华北板块东缘金伯利岩的地质特征

该区域已发现的金伯利岩分布,自北而南为铁岭、复县、蒙阴,各岩区总体呈NE 25°方向展布,铁岭岩区距复县岩区300 km,复县岩区距蒙阴岩区500 km。根据金伯利岩成群成带的特征,按照自然的集中特征,每个岩区都划分了3个岩带(图1)。

1.1 铁岭岩区金伯利岩的展布特征

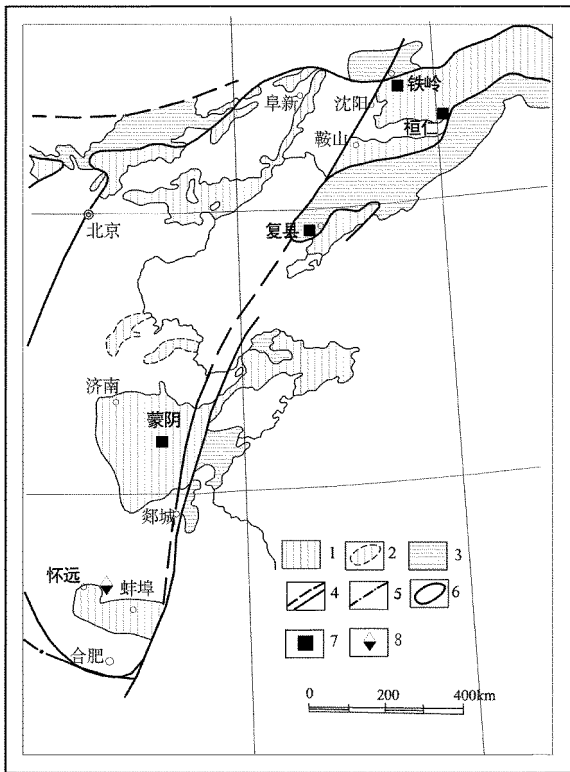
该岩区位于辽宁铁岭市南东方,郊庐断裂带的东侧,由3个岩带共26个岩体(脉)组成,岩带自东向西,其展布方向:I岩带的25°,II岩带的38°,III岩带的48°,呈现出由NNE向NEE向偏转的特征,左列式雁行排列特征明显(图2)。单个岩带内的岩脉,显示出较为明显的右行剪切特征。铁岭岩区各岩带存在明显的偏转特征,与华北板块在早古生代时的顺时针旋转存在区域背景力学上的耦合关系。

1.2 复县岩区金伯利岩的展布特征

复县岩区位于辽东半岛的南端复县瓦房店一带,集中分布在东西长约28 km,南北宽约18 km的范围内,由18个岩管与80多条岩脉组成,他们在空间上成群成带,由北向南可划分3个相距约5~6 km

收稿日期:2014-04-13;修订日期:2014-06-16;编辑:曹丽丽

作者简介:王照波(1971—),男,山东平邑人,工程师,主要从事矿产勘查与成矿预测工作。E-mail:13805498543@163.com。



1—太古代结晶基底;2—隐伏太古宇结晶基底;3—元古代结晶基底;4—深大断裂;5—地台边界;6—古陆核边界;7—金伯利岩岩区;8—金伯利岩预测岩区

图1 华北板块东缘金伯利岩区分布图
(据池际尚、路凤香等,1996)

的岩带,3个岩带的走向具有一致性,均为 $NE\ 65^{\circ}\sim 75^{\circ}$ (图3),岩脉的分布具有定向性,单条岩脉的走向为 $75^{\circ}\sim 85^{\circ}$ 展布,矿带出露部位多为构造薄弱带,如密集节理带、张性裂隙带、张性角砾岩带等。

1.3 蒙阴岩区金伯利岩的展布特征

该岩带位于山东中部的蒙阴县境内,沂沭断裂带的西侧。蒙阴岩区自南向北也依次划分为3个岩带(图4),岩带的中心相距约22 km,3个岩带的展布方向显示出走向向东偏转的特征,I岩带走向 345° ,长约14 km,宽约2.5 km,由2个岩筒与8组岩脉带组成,尽管岩带的总体展布方向为NNW向,但是单条岩脉的展布方向为NNE向,在 $15^{\circ}\sim 35^{\circ}$ 之间。II岩带走向 25° ,由8个岩筒与10条金伯利脉带组成,岩筒位于岩带的中部位置,组成了西峪岩管群,单个岩脉的走向显示出NNE向特征。III岩带走向 35° ,由25条金伯利岩脉组成,岩带的展布方向与单个岩脉的展布方向基本一致,并显示出右行侧列式展布特征。蒙阴岩区金伯利岩带之间存在的旋

转特征,与晚古生代华北板块逆时针旋转存在区域背景力学上的耦合关系。

2 华北板块东缘金伯利岩的侵位时间讨论

前已述及,岩浆的侵位年龄是确定该地质事件在地质演化背景分析中的前提。为了准确判定该区域金伯利岩的侵位时间,前人也做了大量的地质及测试工作,采用地层沉积年代分析、各种同位素测年、古地磁等,试图对金伯利岩的侵位年龄进行有效约束,但是由于金伯利岩诞生之初就已经携带了大量的地幔捕虏体,在后期上升过程中又混入了大量的各种成分老的围岩碎屑,这些混入了年代较老的物质成分,在很大程度上会导致同位素测年结果不同程度的趋于变老的趋势,甚至出现很多的测年结果与地质事实严重的背离。基于此,尽管现代同位素测年技术的可靠度越来越精准的情况下,但由于金伯利岩自身成分的复杂性,导致了并没有更为有效可靠的测试手段去约束金伯利的侵位年龄,基于研究金伯利岩侵位年龄在找矿中的巨大意义,下一步在该类型岩石的测年还需要做大量的实验与研究工作。

2.1 地层对于金伯利岩侵位时间的约束

岩脉侵位的地层层位的时代特征,能够确认岩脉侵位的最早时间,即岩脉侵位的时间不会早于被侵位的地层的时代。根据山东蒙阴地区金伯利岩的最高侵入地层层位为位于洪沟村南东的中奥陶世土峪组地层,从而限定了该区金伯利岩的最早侵位时间为中奥陶世之后,根据国际地科联对于地层年代的划分,中奥陶的沉积时间为470~458 Ma,土峪组的沉积年龄为467.3 Ma的达瑞威尔阶,因此分析该区金伯利岩的侵位年龄约为467 Ma之后,所以有大量的同位素年龄(大约30%)大于467 Ma的年龄样品与地质事实不符。并且侵位时该套奥陶纪地层已经成岩,其侵位应为该套地层沉积之后,因此实际的侵位时间还要晚于467 Ma的年龄。

原生矿中金刚石遭受风化剥蚀后,在后来地层中的赋存情况,能够确认金伯利岩的最晚侵位时间,即金伯利岩的侵位时间最晚要早于其风化后最早接受沉积的地层形成时代。根据鲁西地区金刚石中间储集层中金刚石的颜色、晶型、颗粒等特征与原生矿中所产金刚石的特征进行对比分析,可以有效的约

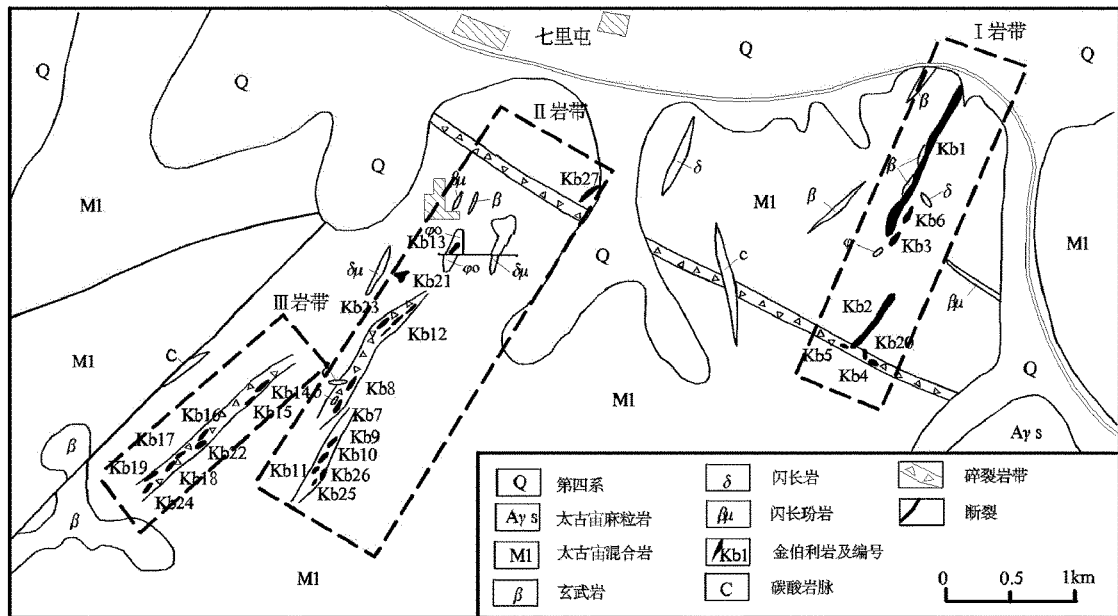


图2 辽宁铁岭金伯利岩区地质图

束该区域金伯利岩的最晚侵入时代。山东省第七地质矿产勘查院对鲁西各时代的砾岩中的金刚石进行了大量的选矿,选获了大量的金刚石,各时代中间储集层中金刚石的特征(图5),根据图5中的类比度分析,石炭纪地层中的金刚石与原生矿的差异明显,而到了侏罗纪后,金刚石的特征则显示出与原生矿的高度一致性。王照波对白彦砾岩的孢粉进行了取样研究^[2],经中科院南京古生物所鉴定为中侏罗世,白彦砾岩中的金刚石的各项特征则显示出与原生矿的一致性。因此至少可以确定,鲁西地区金伯利岩的侵位时代在侏罗纪之前。因此,凡是同位素年龄小于145 Ma的测试年龄,均为与地质事实不相符的年龄。石炭纪地层中金刚石与原生矿中金刚石特征的重大差异,显示了它们之间不具有供源上的联系,从而显示了金伯利岩的侵位时代应为石炭纪之后,中侏罗世之前。

据辽宁六队多年的找矿工作成果显示,辽宁复县金伯利岩区在其周边的石炭纪地层中也未有选获相关的金刚石及相关的指示矿物。

2.2 古地磁研究对于金伯利岩侵入时间的约束

对于华北地台东缘的金刚石的古地磁研究,张京良通过对蒙阴金伯利岩的古地磁进行研究^[3],经与各时代的视极移曲线进行对比,确定金伯利岩的形成时代为中奥陶世或比中奥陶世稍早一些。孟小红研究了辽宁复县的金伯利岩的古地磁^[4],给出了

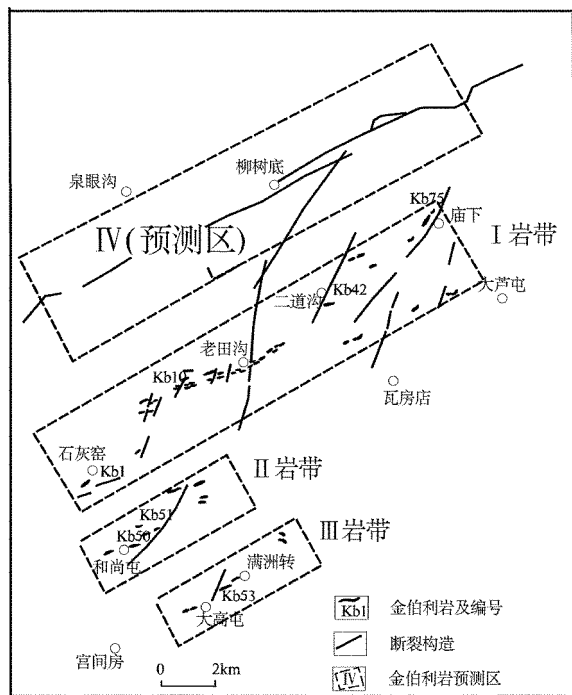


图3 辽宁复县金伯利岩区及预测区位置

寒武纪至奥陶纪的古地磁年龄。笔者根据上述研究者所得的古地磁测试数据,张京亮获得的蒙阴胜利1号岩筒的古地磁数据为317°06'E,42°54'N,将该数据与华北板块古地磁中心参考点坐标112°E,38°N(据万天丰)进行校正,校正后的数据为311°20'E,45°14'N。根据目前国内较为可靠的最新古地磁数

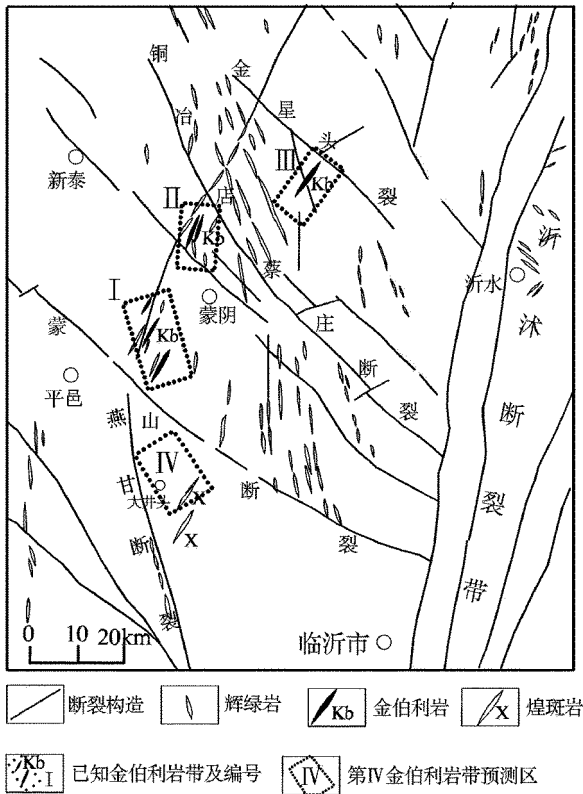


图4 蒙阴金伯利岩带分布特征与成矿预测区

据形成的视极移曲线进行对比(所有数据均进行了中心参考点坐标的校正)^[5],该数据(45°14′)与奥陶纪33.4°的纬度数值相差甚远,已经远远在奥陶纪之后,而与二叠纪47°的纬度数值最为相近(图6),根据此,确定为奥陶纪之后,即晚古生代的侵位年龄较为适合。

2.3 节理优势展布方向对金伯利岩侵入时代的约束

对保存在地层中的节理构造进行统计研究,对于分析区域构造背景的力学性质具有重要的意义。由于不同时代的区域力学背景的差异,其在地层中形成的不同赋存状况,在一定程度上也具有一定的时代信息。蒙阴岩区西峪矿带的南端,较好的保存了早古生代、晚古生代与中生代的地层,并且出露良好,这为对该区各时代的节理展布特征进行统计研究提供了较好的条件。笔者在该区选择了基础节理发育良好的地段进行了统计,并将统计结果制作成玫瑰花图,如图7所示。通过各时代的玫瑰花图特征进行分析可以明确的发现,早古生代的奥陶纪八陡组灰岩中的节理发育以35°,336°与286°三组为主,且3组优势均等。而石炭纪太原组灰岩中的节理以35°为优势方向,这一特征极为明显。侏罗纪

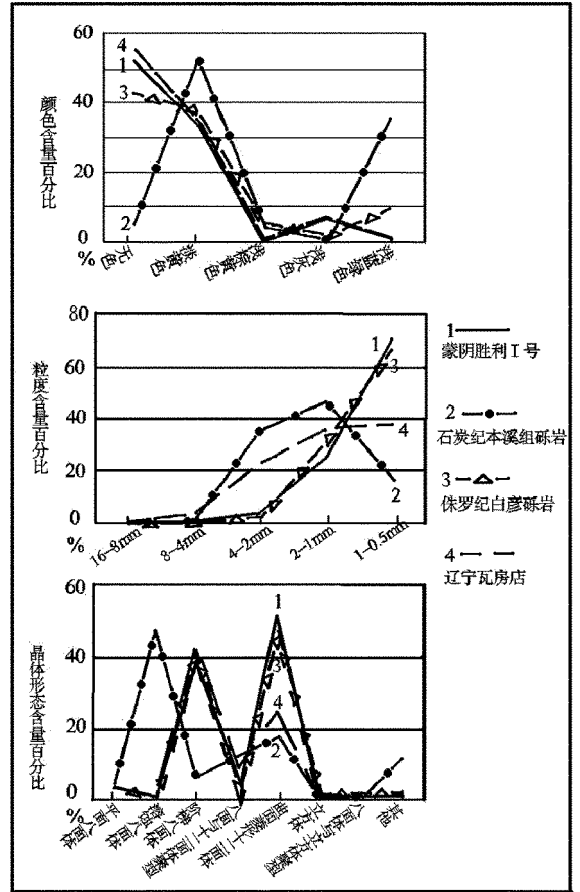


图5 华北板块东缘金刚石原生矿与中间储集层所产金刚石特征分布曲线

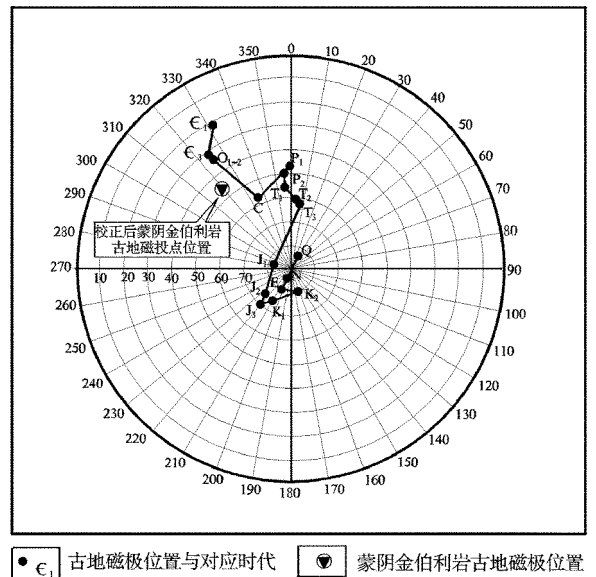


图6 华北板块古地磁视极移曲线图 (数据据万天丰)

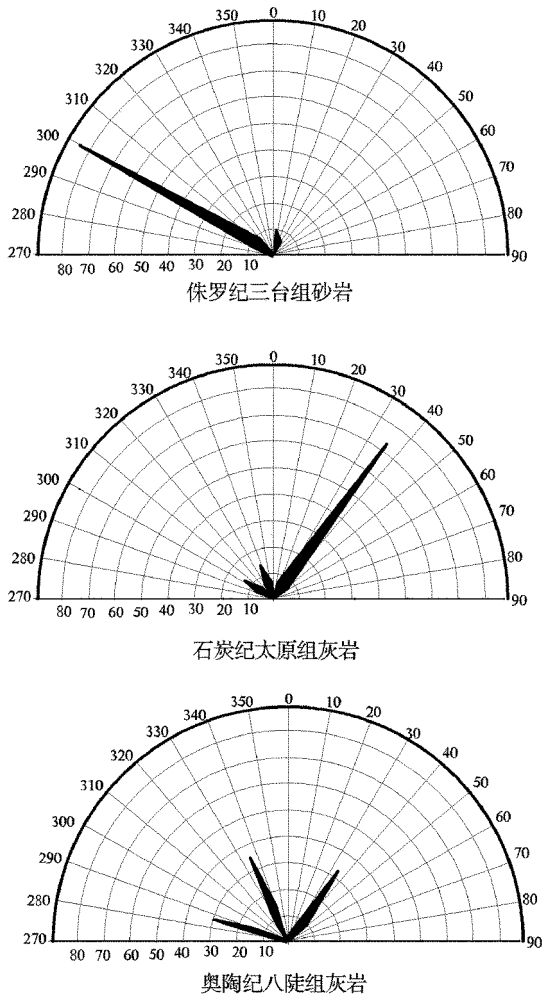


图7 蒙阴西峪矿带南端各时代地层节理玫瑰花图

三台组砂岩中的节理则以 300° 为优势方向。

根据该区控制金伯利岩的优势构造方向为NE向与NNE向,而通过节理统计分析的NE向构造切穿了奥陶纪灰岩的同时,也切穿了石炭纪的灰岩,从而显示,在该区金伯利岩侵位时,石炭纪的灰岩地层极有可能已经存在,从而也显示了金伯利岩的形成时代在石炭纪之后的可能。

2.4 放射性同位素研究对金伯利岩侵入时间的约束

目前根据多种同位素的测试形成的大量的年龄值,不同的研究者根据获得的测试结果,也往往给出差别较大的年龄值,获得的年龄值从 $77 \sim 1584$ Ma都有,跨度巨大。路凤香认为蒙阴岩带 457 Ma(单晶钙铀矿U-Pb年龄)较为可靠^[1],复县岩带 462.7 Ma(金云母Rb-Sr年龄)较为可靠,铁岭岩带的形成年龄为 $701 \sim 1181$ Ma(Sm-Nd模式年龄)。其对

于蒙阴岩区西峪岩带的红旗2号、红旗27号、红旗28号岩脉中镁铝榴石进行的金伯利岩侵位年龄的Sm-Nd模式年龄为 256.26 Ma,红旗6号的金伯利岩的Rb-Sr等时线年为 296.84 Ma^[1]。张宏福通过研究金伯利岩中金云母巨晶的年代学分析^[6],显示华北板块内部的蒙阴和复县金伯利岩其有一致的侵位年龄,约 (465 ± 2) Ma。王瑛通过研究^[7],认为全岩-基质金云母Rb-Sr等时线年龄值 (560 ± 10) Ma代表了蒙阴金伯利岩岩浆侵位的主要活动期。尹作为对蒙阴金伯利岩中的锆石进行了研究^[8],经过测试,多数锆石的 $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ 的年龄变化于 $(2567 \pm 13) \sim (2636 \pm 42)$ Ma,该年龄值与研究区太古宙花岗岩质岩石的年龄 (2457.3 ± 47) Ma相近^[8]。确认锆石由围岩所供给,这些地壳来源的锆石,显示金伯利岩岩浆上升过程受到不同程度的地壳混染。大量古老深源包体与大量古老围岩物质的加入,势必造成古老同位素物质的混入,这种混入必将影响测试结果趋于偏大。

根据复县岩区9个有效K-Ar测试年龄平均值,其侵位年龄为 380 Ma。辽宁复县岩区金伯利岩的侵位年龄确定为 380 Ma或再小一点的数值,则较为可靠。对于辽宁铁岭岩区的侵位年龄,由于各项资料较为匮乏,尚不能具有年龄分析的较多资料,最小的年龄值为Sm-Nd年龄 701 Ma,该年龄尚没有其他资料供佐证。

基于上述多方面对于金伯利岩的侵位时间的约束,笔者认为晚古生代应是华北板块东缘金刚石的侵位时代,同位素获得的蒙阴岩区西峪岩带 $256 \sim 296$ Ma的侵位年龄,较能够代表蒙阴岩区金伯利岩的侵位时代,这与中间储集层所展示的石炭纪至二叠纪的侵位时代($362 \sim 250$ Ma)具有吻合性。同时也与古地磁显示的晚古生代的侵位时代较为贴合。

3 华北板块东缘金伯利岩区域地质背景分析

3.1 古生代华北板块与扬子板块的位置关系

基于前人对于我国古生代大量的古地磁研究,万天丰选取了较为可靠的研究资料^[5],并结合他人的研究成果,恢复了我国古生代时期的华北板块与扬子板块的位置关系(图8),该图显示了我国古生代时期两大板块的相对位置关系。据该项研究,奥陶纪之前,华北板块与扬子板块都位于南半球的低

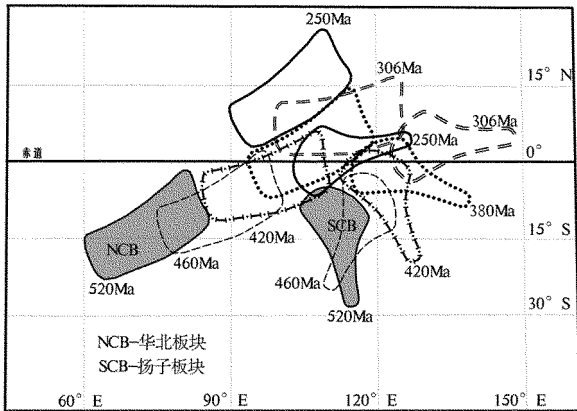


图8 华北板块与扬子板块古生代位置漂移图

纬度地区,且两板块处于相对较远的位置。整个奥陶纪 510 ~ 439 Ma 中,华北板块与扬子板块也都没有直接的接触,华北板块一直向着 NNE 方向移动,扬子板块则基本上为原地顺时针旋转状态,此时两板块均处于较为稳定的陆缘浅海沉积环境。只是在奥陶纪之后的 420 Ma 时(志留纪),在华北板块的东南缘(今东北缘)才与扬子板块的西北缘(今西南缘)开始接触(或为碰撞),这一过程一直持续到 380 Ma 时,华北板块自身也产生了顺时针旋转了 13.8°。这时华北板块与扬子板块处于一个相对的行平移状态。

自 380 Ma 之后,也即泥盆纪的晚期与石炭纪的早期,这也是华北板块大范围的抬升时期,不仅缺失了志留纪、泥盆纪的地层沉积记录,并且使得奥陶纪的沉积物也受到了广泛而严重的剥蚀,鉴于奥陶纪顶部剥蚀时已经成岩,因此奥陶纪上部被剥蚀的地层厚度较大,并且不排除曾经有部分的志留纪沉积地层也被剥蚀殆尽。这时华北板块与扬子板块也处于一个相对的行平移状态,但两板块处于挤压碰撞抬升状态。

此后,自 320 Ma 的中晚石炭纪,持续到 250 Ma 的晚古生代结束,华北板块向北西方向平移,与扬子板块处于一个分离状态,这时华北板块处于一个震荡的接受沉积环境。此一时段,华北板块逆时针旋转了 18.5°。

3.2 金伯利岩形成的区域地质背景分析

根据整个早古生代奥陶纪的板块状态,奥陶纪时的华北板块处于一个稳定的浅海沉积环境,这种环境没有迹象显示能够产生岩石圈断裂,导致岩石

圈底部的金伯利岩浆得以上升到地表的区域构造环境。只是到了奥陶纪之后的志留纪,华北板块与扬子板块的右行擦碰,得以在华北板块的东部边缘产生了区域性的右行力学状态,这种初始碰撞时期,极有可能是铁岭金伯利岩侵位的区域动力。这种斜切式的碰撞,也是华北板块自身顺时针旋转的动力之源,基于此,辽宁铁岭金伯利岩区的侵位时间极有可能为志留纪,约在 420 Ma 左右的时间完成。

此后,华北板块与扬子板块继续沿着旋转后的角度进行右行切碰,其切碰点位于辽宁复县地区移动的板块边界位置,形成了复县金伯利岩区,复县金伯利岩区的形成时间,应该晚于铁岭岩区。约在 380 Ma 左右时间完成了金伯利岩的侵位。

此后,华北板块则产生了右行状态下的逆时针旋转,其切碰点位于蒙阴岩区以东的板块边界位置,这时约在 290 Ma 的二叠纪早期。

自此以后,两个板块再次处于分离状态,经过古生代的演化,扬子板块由原来在华北板块的东北位置,右行平移到了华北板块的南部。

4 华北板块东缘金伯利岩的成矿预测

根据国内外对于金伯利岩的勘查资料显示,金伯利岩产出的规律性极强,其产出的规律性反应了构造在金伯利岩的侵位、定位过程中控制作用,金伯利岩的分带性、对称性、沿袭性特征同时也揭示了控制构造的特性^[9],因此,利用构造规律性进行金伯利岩的成矿具有重要意义,同时再结合相关伴生矿物的产出情况综合进行成矿预测,该文进行的成矿预测即是以构造为基础,以伴生矿物分布特征相结合,对华北板块东缘金刚石原生矿进行预测。

4.1 岩区预测

基于上述华北板块东缘金伯利岩的侵位地质背景与构造分析,铁岭岩区为华北板块的东北缘,再向东北已经超越了当时板块的边界,因此,铁岭岩区的北东方向不可能存在一个新的金伯利岩区。

在蒙阴岩带的南西方向,由于还有 500 km 的距离属于当时的华北板块,按照大约 300 km 的岩区等间距特征预测,约在蚌埠的西部怀远一带可以存在一个金伯利岩预测岩区(图 1)。怀远预测区分布有大面积的太古宙基底与古生代寒武奥陶纪地层,基础地质与蒙阴岩区极为一致,但是如果在蒙阴岩区

侵位后,华北板块的逆时针旋转使得华北板块与扬子板块不再产生切碰,则蒙阴以南区域将不具备形成新岩区的区域地质环境。

4.2 岩带预测

根据金伯利控制构造的对称性、等距性与沿袭性特征分析,在岩区内部的有利找矿区域如下:复县岩区: I号岩带的北侧,复州河谷中,可能存在该岩区内的第IV岩带,但是该岩带的长度要小于I号岩带,并靠近I号岩带的东段一带,其含矿性可能要比I号岩带要差,岩带内岩脉的走向仍由NNE向为主,但总体方向要小于I号岩带(图3)。

蒙阴岩区:考虑到岩区内岩带的旋转展布特征^[9],分析在III号岩带的南端的南东方向20 km左右的地方,也即平邑县大井头村一带,可能存在该岩区的第IV岩带,该岩带内金伯利岩的存在形式应以岩床与岩脉为主,岩脉的展布方向仍为NNE向为主要走向,该岩带的含矿性可能要差于III号岩带(图4)。此外,在III号岩带内部的九女关山谷中,该区位于红旗1号与红旗27号岩脉之间,区内发育NNE向辉绿岩脉,且NE向构造发育,存在尚未发现的新的金伯利岩脉的可能(图9)。在西峪岩带南端的寒武-奥陶纪地层分布区,该区呈NW向展布的金伯利岩以往均认为是NW向构造控制的岩脉,经笔者野外调查研究后显示,该区所有的NW向展布的“岩脉”,其实质上均为顺着奥陶纪土峪组白云岩与五阳山组灰岩的接触下界侵位的岩床,其NW向的展布是由于该区的地质受到了NW向展布的新泰-垛庄断裂及其同向展布的次级断裂的控制而显现的表象,基于新的认识,在该区的相同层位,应该还存在新的金伯利岩床与较大的隐伏金伯利岩管。

5 结语

目前对于金伯利岩侵位年龄的同位素测试,由于受到金伯利岩本身含有大量古老深源捕掳体与古老围岩的影响,尚不能较为准确的获得可靠的测年数据,这为金伯利岩形成的区域地质背景分析带来了极为不利的影响。该文仅是收集以往前人形成资料基础上的整理工作,并尽可能的利用最近形成的地质与古地磁方面的新资料、新认识,难免存在偏颇甚至不当之处,希望能在进一步的找矿实践与成矿研究工作中得以逐步的完善。

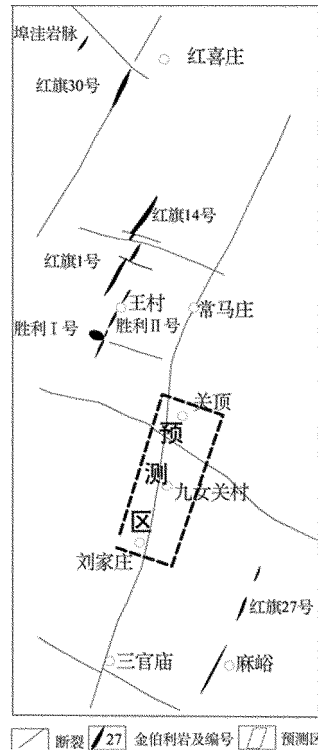


图9 常马岩带九女关成矿预测区

致谢:感谢山东省第七地质矿产勘查院艾计泉、刘文美等老一代金刚石地质工作者对作者研究工作的大力支持!感谢周登诗研究员的悉心指导!

参考文献:

- [1] 路风香,赵磊,邓晋福,郑建平. 华北地台金伯利岩岩浆活动时代讨论[J]. 岩石学报,1995,(4):365-374.
- [2] 王照波,刘安同,王庆军. 白彦砾岩的形成时代与砾石组构特征分析[J]. 山东国土资源,2012,28(1):14-19.
- [3] 张京良. 山东蒙阴金伯利岩的古地磁初探[J]. 山东矿业学院学报,1989,(4):26-30.
- [4] 孟小红,谭承泽. 辽宁复县金伯利岩的磁性特征及其意义[J]. 地球物理学报,1994,(3):353-360.
- [5] 万天丰. 中国大地构造学[M]. 北京:地质出版社,2011:132-280.
- [6] 张宏福,杨岳衡. 华北板块东部含金刚石金伯利岩的侵位年龄和sr87/sr86同位素地球化学特征[J]. 岩石学报,2007,(2):285-292.
- [7] 王瑛,凌文黎,路风香. 山东蒙阴金伯利岩侵位年代研究新成果[J]. 地质科技情报,1997,(3):7-13.
- [8] 尹作为. 山东蒙阴金伯利岩中锆石的成因研究[J]. 宝石和宝石学杂志,2004,(4):19-23.
- [9] 王照波. 论牛岚构造体系的特征及其对蒙阴金伯利岩带的控制[J]. 山东国土资源,2013,29(10):16-22.

Analysis on Regional Geological Background and Metallogenic Predication of Diamond Mineralization in Eastern Margin of North China Plate

WANG Zhaobo, WANG Qingjun

(No. 7 Exploration Institute of Geology and Mineral Resources, Shandong Rizhao 276006, China)

Abstract: Geological structural characteristics of Tieling and Wafangdian kimberlite in Liaoning province and Mengyin in Shandong province in eastern margin of North China plate have been studied. By using stratigraphic age, tectonic deeds, paleomagnetic and isotopic data, emplacement time of kimberlites in the region has been constrained comprehensively. It is regarded that emplacement time of kimberlite in this region should be between 250 ~ 300 Ma. On this basis, combining with migration characteristics of North China plate and Yangtze plate during Paleozoic period, regional geological background of diamond mineralization regions in eastern margin of the North China Plate has been analyzed. Combining with the study on the structural trace, metallogenic prediction of diamond primary ore has been carried out as well.

Key words: Kimberlite; North China plate; regional geological background; metallogenic prediction; paleomagnetic