

# 山东蒙阴小方山地区金伯利岩床的成矿作用及找矿意义

王照波<sup>1,2,4</sup>, 曹和才<sup>2</sup>, 李大鹏<sup>1,3</sup>, 卞青<sup>1,5</sup>, 王庆军<sup>2</sup>, 杨斌<sup>1,3</sup>

(1.国土资源部金矿成矿过程与资源利用重点实验室, 山东 济南 250013; 2.山东省第七地质矿产勘查院, 山东 临沂 276006; 3.山东省地质科学研究所, 山东 济南 250013; 4.临沂大学资源环境学院, 山东 临沂 276006; 5.北京大学地球与空间科学学院, 北京 100871)

**摘要:**山东蒙阴地区盛产金刚石, 一直受到国内外地质学家关注。近年来的勘查和研究表明, 该区 NW 走向的金伯利岩不是以往认为的岩脉, 而是岩床, 并根据赋存层位发现了新的金伯利岩床——珍宝 1 号。在此基础上, 研究了岩床的微量元素特征, 并根据构造的切割与地层展布特征恢复了白垩纪晚期时的原始地貌, 对岩床的岩浆来源进行了分析。

**关键词:**金伯利岩; 地质特征; 流动构造; 西峪矿带; 蒙阴小方山; 山东省

**中图分类号:** P588.12<sup>+</sup>5 **文献标识码:** A

**引文格式:**王照波, 曹和才, 李大鹏, 等. 山东蒙阴小方山地区金伯利岩床的成矿作用及找矿意义[J]. 山东国土资源, 2015, 31(5): 1-6. WANG Zhaobo, CAO Hecai, LI Dapeng, etc. Mineralization and Prospecting Significance of Kimberlite Deposit in Fangshan Area of Shandong Province[J]. Shandong Land and Resources, 2015, 31(5): 1-6.

## 0 引言

山东蒙阴地区金刚石成矿作用与超基性金伯利岩活动有关, 尤其是与底侵的深源基性岩关系密切, 地质研究者们做了大量的研究工作<sup>[1-3]</sup>。以往勘查工作认为, 蒙阴地区的金伯利岩, 尤其是 NW 走向的金伯利岩, 是以岩筒或岩脉形式发育的, 然而, 近年来的勘查和研究表明, 该区的金伯利岩是以岩床形式发育的。结合近年来项目组所获得的最新的勘查和研究资料, 介绍了该区金刚石的产出特点与特征, 讨论其成矿作用及找矿方向, 以期抛砖引玉, 引起广大地质同仁的重视与研究。

自 20 世纪 60 年代以来, 809 地质队便对西峪金伯利岩带开展了系统的找矿评价工作, 包括小方

山地区的胜利 VII 号、胜利 VIII 号、红旗 23 号、胜利 IV 号、胜利 V 号 5 个岩体。研究者对这 5 个金伯利岩体的产出形式看法不一, 但总体上还是认为, 除红旗 23 号岩体外, 其他岩体以岩脉产出形式为主。翟德山等(1975)<sup>①</sup>、胡思颐等(1983)<sup>②</sup>均认为, 除红旗 23 号岩体由北部岩管和南部岩脉组成外, 其他均为岩脉; 罗声宣认为除红旗 23 号呈岩床产出外, 其他均为岩脉。另外, 小方山地区的金伯利岩体呈 NW 向展布, 与区域金伯利岩体呈 NNE 向展布不一致, 以往也多认为是受到了 NNW 向构造的控制<sup>[4]</sup>。通过近年来对该区域的勘查与研究, 认为小方山地区早古生代盖层中的 NW 向岩带均呈顺层或近乎顺层的岩床产出, 只是在后期构造作用影响下导致地层走向呈 NW 展布, 才呈现出 NW 向延伸的脉状或管状的假象。

**收稿日期:** 2015-02-27; **修订日期:** 2015-03-14; **编辑:** 曹丽丽

**基金项目:** 国土资源部金矿成矿作用与资源利用重点实验室开放基金(2014004); 山东省“泰山学者”建设工程专项经费; 国家自然科学基金项目(41272047)

**作者简介:** 王照波(1971—), 男, 山东平邑人, 高级工程师, 主要从事矿产勘查及矿床学研究工作; E-mail: 13805498543@163.com

①山东省第七地质队, 翟德山, 山东省蒙阴县西峪金刚石矿带普查报告, 1975 年

②山东省第七地质队, 胡思颐, 山东省蒙阴县金刚石原生矿床研究报告, 1983 年

## 1 区域地质特征

小方山地区 NW 向金伯利岩带位于鲁西地块蒙阴凹陷的北部边缘。其地质背景主要有以下特征。

### 1.1 地层

主要分布于新泰-垛庄断裂南西侧,由 NE 向 SW 时代依次渐新(图 1)。

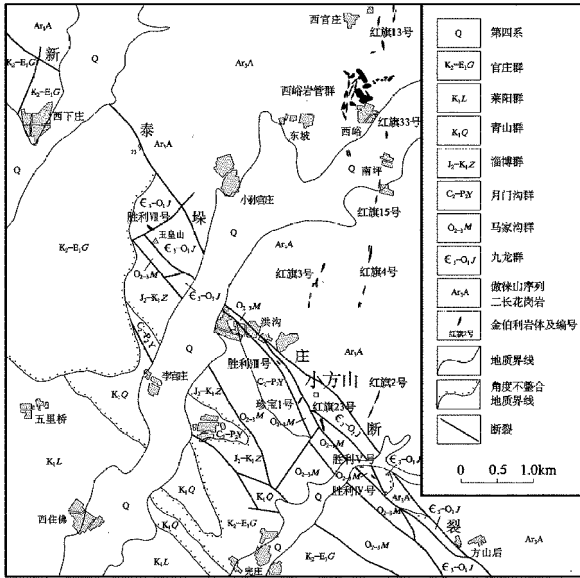


图 1 小方山地区区域地质简图

#### 1.1.1 早古生代地层

主要包括九龙群、马家沟群、月门沟群。地层整体呈 NW—SE 走向,受新泰-垛庄断裂破坏严重,连续性差,产状变化大,厚度不一,多呈断片或断块。

#### 1.1.2 中生代—新生代地层

主要包括淄博群、青山群、莱阳群、官庄群。大面积分布于蒙阴盆地中,总体倾向 NE,倾角  $20^{\circ} \sim 30^{\circ}$ ,厚度向盆地中间变大。

### 1.2 构造

断裂构造发育,按展布方向大体可分为 NW 向、NNE 向、NEE 向 3 组。

#### 1.2.1 NW 向断裂

以新泰-垛庄断裂为主,并在其西侧古生代地层中发育一系列平行次级断裂。断裂总体走向  $315^{\circ} \sim 325^{\circ}$ ,倾向 SW,倾角  $50^{\circ} \sim 70^{\circ}$ ,主断裂面宽  $50 \sim 200$  m 不等,主要表现为断层泥化、角砾岩化及碎裂岩化,断裂 SW 盘下降,造成北东侧新太古代傲徕山序列二长花岗岩与西南侧早古生代沉积盖层直接接

触。该区域性大断裂控制了蒙阴盆地的发育。

次级断裂至少发育有 4 条,均为高角度的正断层,其底部与主断裂相抵,由于上盘向西南依次下滑,造成不同时代的地层与基底花岗岩直接接触。

#### 1.2.2 NNE 向断裂

规模较 NW 向断裂小,多为上五井断裂的次级断裂,具张扭性特征。

#### 1.2.3 NEE 向断裂

该组断裂最不发育,为 NW 向断裂的共轭断裂,断裂面主要倾向 NW,倾角  $60^{\circ} \sim 80^{\circ}$ ,多为张扭性。

上述 3 组断裂中以 NNE 向断裂与金伯利岩关系最为密切,其为金伯利岩浆的上升提供通道或就位空间,而 NW 向、NEE 向断裂在局部与 NNE 向断裂相交切,形成金伯利岩管或较大的岩脉。

### 1.3 岩浆岩

大面积分布于新泰-垛庄断裂北东侧,主要为新太古代傲徕山序列二长花岗岩及古生代常马庄单元金伯利岩。

西峪金伯利岩带可分为 NNE 向岩带和 NW 向岩带,其中 NNE 向岩带由红旗 2 号等 12 条岩脉、红旗 6 号等 8 个岩管组成。NW 向展布于西峪岩带的南端。

## 2 金伯利岩床的地质特征

### 2.1 金伯利岩床分布及特征

小方山地区的 NW 向金伯利岩带均呈岩床产出,位于西峪岩带的南端,由西向东依次编号为:胜利 VII 号、胜利 VIII 号、珍宝 1 号(为新发现岩床)、红旗 23 号、胜利 IV 号、胜利 V 号。受制于侵位时金伯利岩浆的规模、层间薄弱面的性质,该地区岩床规模均不大,见表 1,其中以红旗 23 号地表出露长度及倾向延伸距离最大,其地表出露总长度 125 m,北宽南窄,北段宽 11 m,长 55 m,南端宽 1~5 m,长 70 m,倾向延伸 90 余米,厚度变化较大,并向深部被断失或尖灭,如图 2 所示。

### 2.2 金伯利岩床岩石及化学成分特征

金伯利岩床的岩性主要为强碳酸盐化斑状金伯利岩,岩石呈灰色、土黄色,主要矿物成分为方解石,含量  $>80\%$ ,原岩成分难以辨认,但保留了斑状结构,特别是橄榄石斑晶椭圆状轮廓明显,局部可见晶

形完好的磁铁矿立方体。

表 1 小方山地区金伯利岩床特征

岩床编号	位置	数量(条)	规模	产状	赋存层位
胜利Ⅶ号	玉皇山西北坡	1	长 200 m 左右,宽 5~20m 不等	岩床,倾向 SW,倾角 30°左右	€ <sub>4</sub> O <sub>1</sub> s
胜利Ⅷ号	小东山西南坡	2	北段长 25m,宽 0.13~1.23m;南段长 75m,宽 1.20~3.00m	岩床,倾向 SW,倾角 70°左右	€ <sub>4</sub> O <sub>1</sub> s O <sub>2</sub> t
珍宝 1 号	小方山西南坡	1	长 76m,宽 0.70~2.50m	岩床,倾向 SW,倾角 30°左右	O <sub>2</sub> t
红旗 23 号	山头村东 600m	2	东支长 60m,宽 1~6m;西支长 125m,宽 1~11m	岩床,倾向 SW,倾角 40°左右	O <sub>2</sub> t
胜利Ⅳ号	方柱山西坡	2	Ⅳ <sup>1</sup> 长 50m,宽 5~7m;Ⅳ <sup>2</sup> 长 40m,最宽 2m	岩床,总体倾向 SW,倾角 75°左右	O <sub>2</sub> t
胜利Ⅴ号	方柱山西坡	1	长 50m,宽 0.25m	岩床,总体倾向 SW,倾角 30°~40°	O <sub>2</sub> t

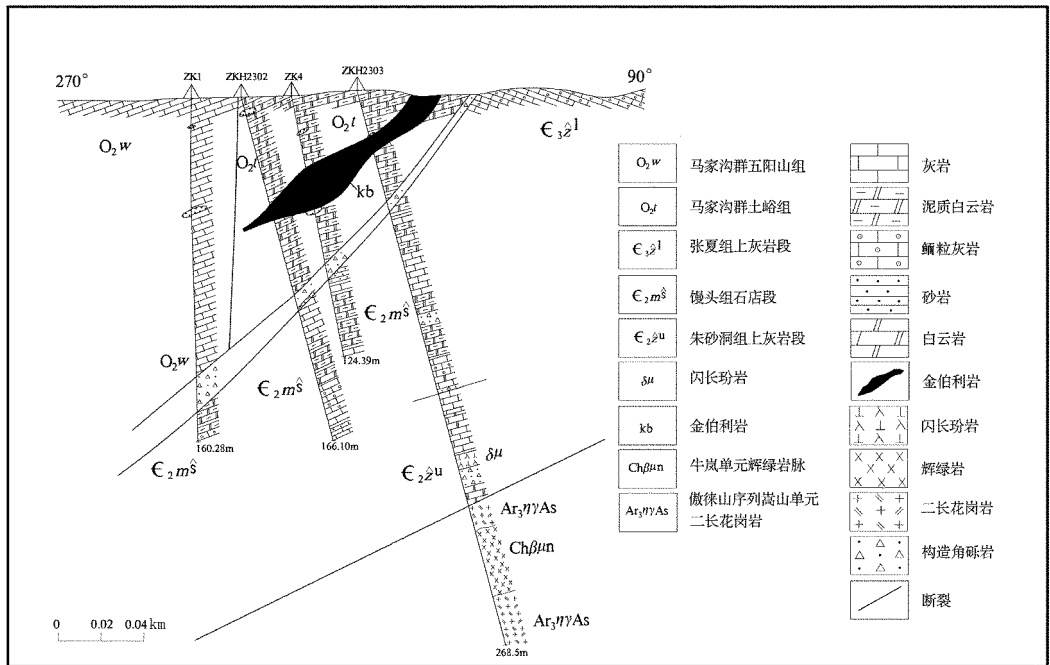


图 2 红旗 23 号岩床 I 勘探线剖面图

强碳酸盐化作用使得金伯利岩床的化学成分较典型金伯利岩有所不同,特别是 CaO,CO<sub>2</sub> 含量分别为 29.54%,24.80%,较斑状金云母金伯利岩(3.015%,0.486%)提高了 1 个数量级。

### 2.3 金伯利岩床的微量元素特征

研究了珍宝 1 号岩床(图 3)钻孔内金伯利蚀变岩与围岩白云岩的微量元素特征,含量分析结果见表 2。

根据微量元素分析结果,按照橄榄石的(矿物/熔体)分配系数对元素自左向右进行排列,形成折线图(图 4),根据微量元素折线图,金伯利蚀变岩与围岩白云岩形成了鲜明的差异,元素含量的差异伴随

着橄榄石的分配系数增大自左向右逐渐减少,P 形成最大差异,至 Co,Ta,W,Mo 四种元素,其含量趋于一致,而自 Sr 至 Pb 四种元素,金伯利蚀变岩的元素含量逐渐低于围岩白云岩的含量。

金伯利蚀变岩与围岩微量元素含量的差异明显,这种差异与橄榄石的分配系数具有高度的一致性,表明珍宝 1 号岩床主要由金伯利蚀变岩组成,为岩石圈地幔橄榄岩部分熔融形成的前锋热液物质上升到近地表后,沿着层间薄弱带运移,与围岩形成金伯利蚀变岩。由于珍宝 1 号岩床的岩石中橄榄石成分相对含量较少,从而导致了与橄榄石具有较高分配系数的 Sr,Mn,Zn,Pb 四种元素逐渐表现为亏损

特征。金伯利蚀变岩与围岩微量元素含量差值折线图 利岩的蚀变具有极强的参考意义。  
图的建立,为在金刚石找矿过程中,寻找及确认金伯

表 2 珍宝 1 号岩床金伯利蚀变岩与围岩微量元素含量(10<sup>-6</sup>)

岩性	编号	P	Ti	Ba	Zr	V	Cr	Rb	Ce	Ni	La	Nb
白云岩(围岩)	ZB1GP1	32.60	10.41	5.52	8.63	5.41	11.47	20.40	16.13	3.96	1.59	0.54
金伯利蚀变岩	ZB1GP2	512.30	244.86	147.95	179.30	55.30	49.52	48.45	40.22	17.97	12.04	11.37
白云岩(围岩)	ZB1GP3	45.06	25.09	41.33	15.23	7.43	12.91	10.18	16.34	5.09	4.64	2.20
金伯利蚀变岩	ZB1GP4	392.49	190.52	161.60	127.70	46.43	43.11	39.95	52.31	15.41	22.57	8.88
白云岩(围岩)	ZB1GP5	38.69	14.25	12.74	9.53	7.84	13.01	11.26	15.88	5.91	3.03	0.64
白云岩(围岩)	ZB2GP6	37.20	10.29	16.41	11.48	6.13	10.41	18.90	14.03	7.44	0.40	0.25
金伯利蚀变岩	ZB2GP7	427.98	199.43	168.84	147.70	46.95	43.93	69.00	54.61	15.88	19.52	9.98
白云岩(围岩)	ZB2GP8	36.06	14.23	19.23	7.36	5.46	10.70	1.70	14.23	2.79	2.78	1.47
岩性	编号	Th	Cu	Co	Ta	W	Mo	Sr	Mn	Zn	Pb	
白云岩(围岩)	ZB1GP1	1.54	11.64	0.95	0.70	0.60	0.93	76.73	157.40	85.37	17.63	
金伯利蚀变岩	ZB1GP2	8.36	22.02	6.11	1.08	1.89	1.56	104.85	166.60	67.41	16.39	
白云岩(围岩)	ZB1GP3	1.14	16.33	1.24	0.65	1.09	0.33	134.09	335.50	114.80	85.32	
金伯利蚀变岩	ZB1GP4	7.69	19.59	5.92	1.13	0.52	1.33	102.04	191.80	43.60	13.15	
白云岩(围岩)	ZB1GP5	2.66	12.56	1.44	0.91	0.93	0.46	92.36	212.00	108.50	14.60	
白云岩(围岩)	ZB2GP6	2.74	12.74	1.87	1.00	1.18	1.05	89.78	319.30	128.50	33.17	
金伯利蚀变岩	ZB2GP7	7.92	16.43	5.52	1.23	1.01	2.71	97.34	172.30	58.59	15.27	
白云岩(围岩)	ZB2GP8	0.77	14.22	0.72	0.67	0.15	0.41	140.28	114.70	61.66	32.56	

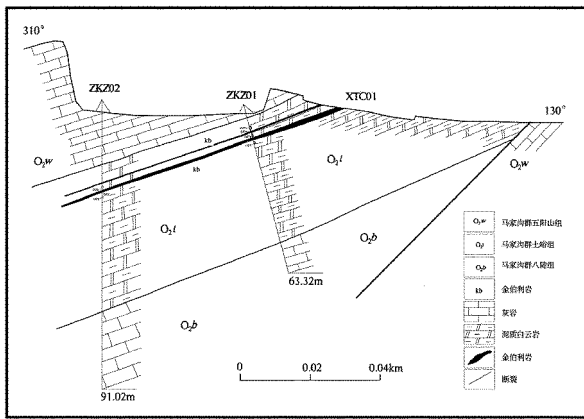


图 3 珍宝 1 号金伯利岩床地质剖面图

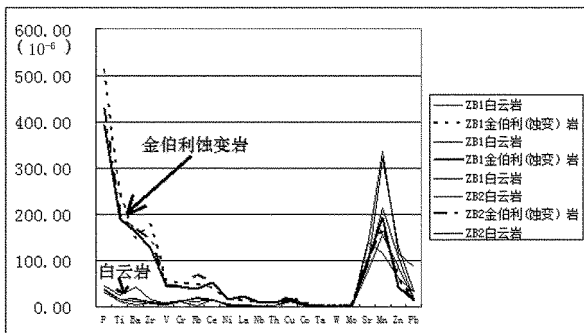


图 4 金伯利蚀变岩与围岩的微量元素含量折线图

### 2.4 金伯利岩床中的金刚石特征

金伯利岩床中产出的金刚石与其他金伯利岩脉

中产出的金刚石特征相似。在+0.5 mm 级别中,粒级以-1+0.5 mm 为主,占 80.94%,其次为-2+1 mm;重量则以-2+1 mm 最高,占 42.03%,其次为-1+0.5 mm,-0.5 mm;晶形以阶梯状八面体为主,占 69.65%,其次为曲面菱形十二面体、平面八面体、八面体与曲面菱形十二面体的聚形。颜色以浅黄色为主,占 57.69%,其次为无色、浅灰色;晶体具有不同程度的破碎,完整度较差,多含有包裹体,裂隙发育;金刚石质量较差,以碎粒级为主,占 80%以上,其次为地质钻头级。

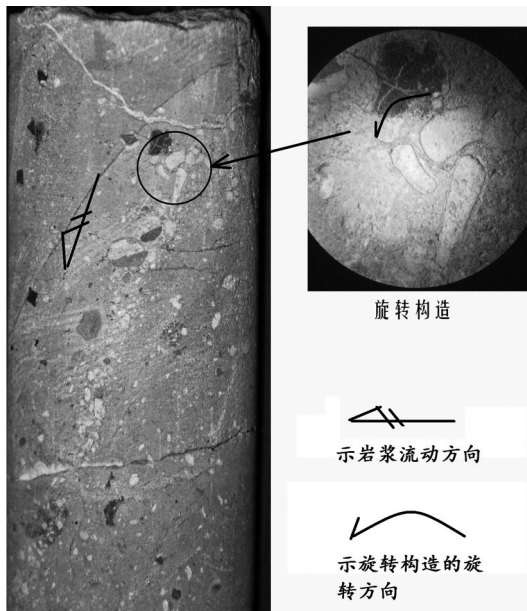
金伯利岩床中的金刚石含量以红旗 23 号最高,为 44.88 mg/m<sup>3</sup>,向两侧迅速变贫,西北端胜利Ⅶ号为 4.34 mg/m<sup>3</sup>,东南端胜利Ⅳ号为 6.94 mg/m<sup>3</sup>。

### 2.5 金伯利岩床岩浆流动方向研究

#### 2.5.1 岩浆流动指示构造

该次研究利用了红旗 23 号岩床上施工的 ZK2302 钻孔、ZK2303 钻孔碳酸盐化斑状金伯利岩心中发现了较为明显的岩浆流动构造(照片 1)。在确定岩心顶底及岩床顺层流动所形成的流线构造(与围岩 SW 倾向一致)的基础上,根据岩床中碎屑的流动方向,流动所形成的拖拽特征、扁平碎屑角砾的叠瓦状排列特征以及扁平碎屑的旋转特征,判断出红旗 23 号金伯利岩床的岩浆流动方向为自北向南西流动,与现在的地层倾向一致。据此推断,该

区域岩床的岩浆来源于新泰-垛庄断裂以北区域。



照片 1 金伯利岩床中的流动构造与旋转构造

### 2.5.2 金伯利岩床的供源分析

小方山地区金伯利岩床属西峪岩带的一部分,位于西峪矿带的南部边缘,东西分布宽达 6 km,红旗 23 号岩床的厚度达到 20 余米,如此规模的岩床由附近的红旗 2 号岩脉(厚度 0.2~2 m)供给的可能性较小,加之该区金伯利岩床受到新泰-垛庄断裂及其次级断裂的滑脱南移,恢复后的岩床位置,已经位于现在 2 号岩脉以北,因此分析金伯利岩床来源于北侧的较大岩浆通道的供给,且有可能与西峪岩管群有直接的关系。

## 3 金伯利岩床的侵位时代分析

小方山地区金伯利岩床最高侵入层位为马家沟群土峪组,该组形成时代为中奥陶统达瑞威尔阶(467.3~458.4 Ma),故而可以肯定的是金伯利岩床的侵位时间要晚于 467.3 Ma。

王照波等<sup>[5]</sup>对蒙阴地区金刚石的中间储集层信息<sup>[6]</sup>、古地磁资料、控制构造形迹<sup>[7]</sup>、放射性同位素及大地构造演化背景进行了综合分析研究,认为蒙阴岩区金伯利岩的侵位时代应为晚古生代二叠纪。小方山地区金伯利岩床的侵位时代应与其为同时代的产物。

## 4 找矿意义

### 4.1 溯源找矿

众所周知,之所以形成金伯利岩床,其母岩浆必然经过一定通道上升,后顺层侵入。从金伯利岩床的规模来看,其上升通道应为较大的岩脉或岩管。通过对新泰垛庄断裂断距的估算,恢复金伯利岩床最初侵位时的位置,以大致判断其上升通道的位置。

如图 5 所示,根据红旗 23 号岩床 I 勘探线 ZK2301 钻孔所揭露的八陡组与下盘张夏组下灰岩段鲕粒灰岩之间有 750 m 的地层厚度被断失,以方山断裂 45° 的平均倾角来计算,该区域岩床因方山断裂的错动就可达到 750 m 的水平错移量。该区更大的断裂为新泰-垛庄断裂,根据红旗 23 号岩床的 1 号勘探线剖面所揭示的断裂倾角在 25° 左右,该断裂北盘原有的地层因抬升已经被剥蚀殆尽,已经没有残存的地层作为错断距离的估算点,但可以肯定的是,该断裂错断了寒武、奥陶、石炭、二叠纪地层,以现在小方山一带方山断裂与新泰-垛庄断裂之间出露的最新地层层位为寒武纪炒米店组为起点进行估算,新泰-垛庄断裂在小方山一带的垂直断距超过了 785 m,若以 30° 的平均断裂倾角进行计算,新泰-垛庄断裂的水平错距可达到 1 570 m,两者水平错距累加为 2 320 m,考虑到新泰-垛庄北盘地层已经被完全剥蚀殆尽,其原始沉积不整合面应该在现有剥蚀的岩体之上数百米的地方,因此实际的错动距离应该还要大。该区岩床至西峪岩管群的垂直距离也就在 3~4 km,本身断裂的北盘还会保留一部分的岩床(已被剥蚀掉),考虑到细窄的岩脉供给如此厚大而广泛的岩床的情况,故而分析西峪岩管群极有可能为小方山地区金伯利岩床的岩浆供给者,但也不排除在西峪—南坪—小北山一线存在未知岩管的可能性,但考虑到金伯利岩侵位的控制构造特征,这种存在的可能性比较小。

### 4.2 外围找矿的指导意义

在平邑县大井头村-宋家庄一带发现了大量的金刚石及伴生指示矿物,并在大井头南东黄山组白云岩中发现 1 条黄色条带状地质体(野外定名煌斑岩),其中选获利马矿 9 颗。另外在大井头地区存在的 3 个金刚石重砂异常均分布在三山子组白云岩分布区,异常的走向与地层走向吻合,暗示了该区金刚石重砂异常与地层之间存在耦合关系,且该区域的地层与小方山地区的地层一致。对比小方山地区金

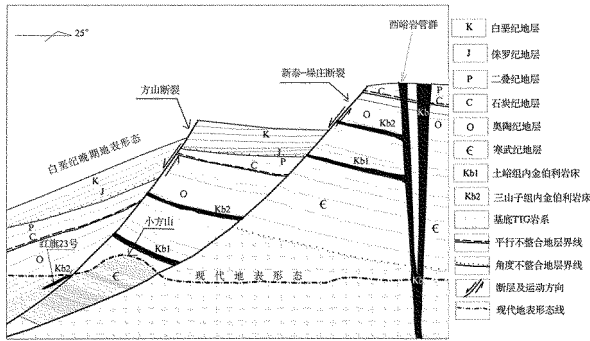


图 5 蒙阴小方山地区现代地表形态与恢复白垩纪晚期地表形态剖面图

伯利岩床的侵位层位、岩性特征、微量元素分布等，认为在大井头地区的白云岩地层中如存在金伯利岩，极有可能会以岩床的形式存在。所以，今后在平邑大井头地区寻找金刚石矿，应重点考虑岩床的可能性以及针对岩床状的金伯利岩进行找矿的有效手段。

## 5 结语

该研究确定了小方山地区早古生代沉积盖层中的金伯利岩是以岩床形式产出的，进行的构造恢复研究表明，小方山地区的金伯利岩床与西峪岩管群在成因上可能存在较大的直接供源联系，然而对其

# Mineralization and Prospecting Significance of Kimberlite Deposit in Fangshan Area of Shandong Province

WANG Zhaobo<sup>1,2,4</sup>, CAO Hecai<sup>2</sup>, LI Dapeng<sup>1,3</sup>, BIAN Qing<sup>1,5</sup>, WANG Qingjun<sup>2</sup>, YANG Bin<sup>1,3</sup>

(1. Key Laboratory of Gold Mineralization Process and Resources Utilization Subordinated to the Ministry of land and resources, Shandong, Ji'nan 250013, China; 2. No. 7 Exploration Institute of Geology and Mineral Resources, Shandong Linyi 276006, China; 3. Shandong Institute of Geological Sciences, Shandong Ji'nan 250013, China; 4. Shandong Diamond Research Center, Shandong Linyi 276006, China; 5. Earth and Space Science College of Beijing University, Beijing 100871, China)

**Abstract:** Diamond is very rich in Mengyin area of Shandong province. It has been concerned by domestic and foreign geologists. As showed by exploration and research, it is regarded that kimberlite rocks with the trend of NW in this region are deposits, not rock veins. According to occurrence layers, new limberlite bedrock has been found and named as No. 1 treasure. On this basis, characteristics of trace elements in the bedrock have been studied. According to the cutting and distribution characteristics of structures, the original landscape restoration in late Cretaceous age has been carried out, and magma source of the bedrock has been analyzed as well.

**Key words:** Kimberlite rock; bedrock; flow structure; Xiyu ore belt; Xiaofangshan area in Mengyin county; Shandong province

研究仅仅是初步的，将从地球化学、构造演化的角度进行更加深入的研究工作，以期对该区的金刚石找矿工作有所帮助。

**致谢:**感谢艾计泉高级工程师的指导与帮助。野外研究过程中，得到了山东省第七地质矿产勘查院褚志远、刘岩、徐衍明等工程师的大力协助，在此一并致谢。

## 参考文献:

- [1] 池际尚, 路风香. 华北地台金伯利岩及古生代岩石圈地幔特征 [M]. 北京: 科学出版社, 1996: 1-6.
- [2] 张宏福, 杨岳衡. 华北克拉通东部含金金刚石金伯利岩的侵位年龄和 Sr-Nd-Hf 同位素地球化学特征 [J]. 岩石学报, 2007, (2): 285-290.
- [3] 董振信. 中国金伯利岩地球化学 [J]. 中国地质科学院院报, 1991: 99-106.
- [4] 罗声宣. 山东金刚石地质 [M]. 济南: 山东科学技术出版社, 1999: 60-63.
- [5] 王照波, 王庆军. 华北板块东缘金刚石成矿区域地质背景分析与成矿预测 [J]. 山东国土资源, 2014, 30(10): 8-14.
- [6] 王照波, 王庆军. 白彦砾岩的形成时代及砾石组构特征分析 [J]. 山东国土资源, 2012, 28(1): 58-63.
- [7] 王照波, 吕青, 葛跃进, 王庆军. 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): 1-8.