

doi: 10.6053/j.issn.1001-1412.2015.02.003

# 新疆双亚幔柱模式及其控矿机制

夏冬<sup>1</sup>, 牛树银<sup>2</sup>, 彭玉旋<sup>3</sup>, 王磊<sup>1</sup>, 杨万志<sup>1</sup>, 杨在峰<sup>1</sup>, 徐永波<sup>1</sup>

(1. 新疆地质调查院, 乌鲁木齐 830000; 2. 石家庄经济学院研究生院, 石家庄 050031;

3. 新疆矿产实验研究所, 乌鲁木齐 830000)

**摘要:** 文章简述了新疆地区的地质理论研究成果、矿产地质特征, 认为准噶尔、塔里木双亚幔柱是新疆金属矿产呈现“8”字型分布的主要控制因素; 双亚幔柱主体形成时期分别为石炭纪和二叠纪。准噶尔亚幔柱斜向天山造山带, 塔里木亚幔柱近垂直, 前者作用强烈、短暂, 后者温和而漫长。准噶尔、塔里木盆地周缘薄弱带与内部构造体制为地幔深源岩浆及后碰撞造山岩浆的上侵提供了通道。天山造山带形成于晚石炭世, 它受双亚幔柱挤压隆起作用有限, 成矿局部叠加; 二叠纪以来, 以相对南北向挤压为主, 是能源矿产主要形成时期; 阿尔金、昆仑等山脉在新近纪快速隆升。基于幔柱构造启示, 建议金属矿产地质找矿勘查与石油、煤炭及铀矿地质勘查展开合作, 在准噶尔、塔里木两盆地内进行金属矿产综合找矿。

**关键词:** 双亚幔柱模式; 幔柱构造; “8”字型成矿; 控矿机制; 新疆

**中图分类号:** P541.5, P612 **文献标识码:** A

## 0 引言

新疆是我国重要的金属矿产、石油、煤炭及铀矿资源产地, 因其地域广袤, 地质作用复杂, 区内地质演化与成矿机制的认识存在显著分歧。板块构造较好的解释了挤压体制下油气成藏机制, 幔柱构造则与盆地内部的大量火成岩吻合。然而, 无论是板块构造还是地幔柱观点都局限于部分地区、局部地段、特定范围, 甚至个别矿床, 缺乏系统性、综合性认识; 尚存在地质作用与成矿机制研究脱节的问题。本文将在总结和分析前人研究成果的基础上, 采用幔柱理论阐述新疆的地质结构特征、地质演化作用过程及矿产成矿机制问题。

## 1 地质作用认识及矿产特征

新疆北部阿勒泰山脉与南部昆仑、阿尔金山脉

的形成及演化, 学者认识趋同<sup>[1-4]</sup>, 主张分别受欧亚、印度板块动力机制影响。笔者认为, 欲深刻认识新疆地质演化过程, 天山造山带及其南北两侧盆地的综合研究是关键, 当前亦取得了大量成果。

(1) 板块构造学说。李锦轶等<sup>[5]</sup>将天山地质演化划分为自石炭纪以来碰撞、幔壳作用及壳内演变三个过程。赵瑞斌等(2008)认为天山南北构造具对称性, 准噶尔板块向南挤入, 塔里木板块向北陆内俯冲。高俊等(2009)指出天山造山作用与早古生代3个洋盆演化相关, 造山结束为早石炭世末期, 二叠纪属后碰撞演化阶段。卢华复等(2005)主张塔里木板块与准噶尔盆地岩石圈于天山下发生后剥拆离。赵俊猛等(2003, 2004)利用横跨天山造山带的库尔勒吉木萨尔地震宽角反射/折射剖面Pg震相, 推测天山两侧盆地向天山造山带的深部对冲。李海鸥等(2004)运用宽频地震探测, 总结南部俯冲挤压是天山隆起的主因, 准噶尔板块为被动挤压。李本亮等<sup>[6]</sup>得出印度-欧亚板块碰撞远程效应穿越天山向北传递时有所滞后的论断。刘绍文等(2006)研究天

**收稿日期:** 2014-02-20; **责任编辑:** 王传泰

**基金项目:** 我国典型金属矿科学基地研究项目(编号:200911007)和国家自然科学基金项目(编号:40872137)联合资助。

**作者简介:** 夏冬(1981—), 男, 硕士, 主要从事幔柱构造及其成矿控矿研究工作。通信地址: 新疆乌鲁木齐克拉玛依西路2号, 新疆维吾尔自治区地质调查院; 邮政编码: 830000; E-mail: agdl@163.com

为塔里木盆地的变形受印度-欧亚大陆碰撞的远程效应影响。罗照华等(2003)总结塔里木南北缘新生代火山岩类成岩特点,认为岩浆源于板块碰撞并伴有深源流体活动。李昱<sup>[7]</sup>利用横跨天山观察剖面,发现100 km深度内天山地壳上地幔S波速度结构,揭示天山两侧盆山结合部存在低速体,并指出其形成可能与两侧盆地地壳的插入和俯冲相关。陈正乐(2009)推测印度与亚洲大陆的碰撞及其随后陆陆汇聚作用的远程效应是形成天山两侧山前新生代构造变形在南北向上相似性和差异性的主要原因。姜常义等(1999)分析南天山花岗岩类,显示具有碰撞造山的地球化学特征。黄河等(2011)通过对南天山典型岩体年代学、岩石学、地球化学的研究,指出碰撞作用发生后存在塔里木微板块北向俯冲和逆冲导致南天山造山带地壳加厚的过程。朱志新等<sup>[8]</sup>通过分析西天山古生代侵入岩时空分布、地质及地球化学特征,认为侵入岩是南、北天山洋盆演化的产物。赵振华等(2003)对西天山北部富碱火成岩同位素定年,结果表明岩石形成于后碰撞造山环境,属挤压向伸展拉张体制,时代为石炭纪末至早二叠世。

(2)幔源物质作用与地幔柱学说。杨经绥等<sup>[9]</sup>提出以天山为中心的石炭纪一早二叠世大规模火山事件不单由古亚洲洋闭合-碰撞造山-地壳增厚-岩石圈拆沉诱发软流圈上涌-减压熔融而发生,怀疑存在一个全球尺度的地幔柱。夏林圻<sup>[10]</sup>将天山石炭纪大火成岩省的形成归因为岩石圈与地幔柱共同作用结果。熊小松等(2011)对天山及周缘深部结构展开深地震探测研究,认为天山地壳缩短、隆升不仅与欧亚-印度板块碰撞的远程效应有关,亦与下方岩浆活动相关。胥颐等<sup>[11]</sup>分析天山深部地球物理特征,指出水平挤压变形是造成西天山与天山毗邻西昆仑附近区域上地幔岩石圈缩短和增厚的主因,同时存在上地幔物质上浮引起小尺度对流现象。王登红<sup>[12]</sup>指出新疆北部与基性超基性岩有关的Cu-Ni(PGE)硫化物矿床是准噶尔地幔柱成因。毛景文<sup>[13]</sup>通过分析天山-阿尔泰东部铜镍硫化物矿床与二叠纪幔源岩浆侵入杂岩的时空分布及特征,认为强烈的镁铁质岩浆-火山事件属中亚地区地幔柱的一部分。颀炜(2010)推定巴楚层状侵入体和基性-超基性岩墙群与塔里木地幔柱有关。张传林等<sup>[14]</sup>展开塔里木和中亚造山带西段二叠纪玄武质岩石研究,认为巴楚大火成岩省的形成与二叠纪地幔柱密切相关。李文渊<sup>[15]</sup>指出新疆北部泥盆-石炭纪岩浆与板块构造作用有关,晚石炭世一二叠纪以地幔柱

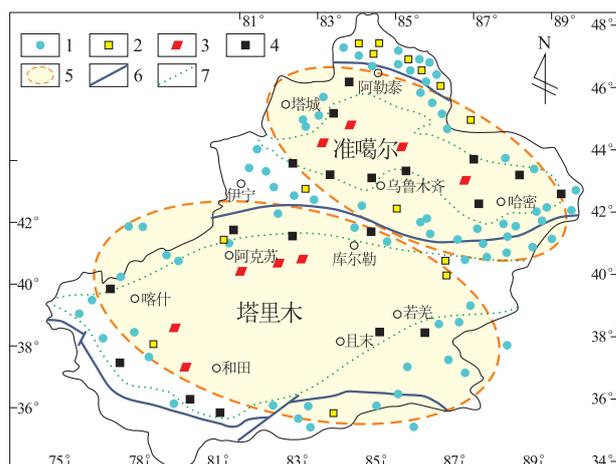


图1 新疆金属矿产“8”字型分布简图

Fig. 1 Sketch showing metal mineralization in form of metal mineral distribution of “8” in Xinjiang

1. 金属矿产; 2. 非金属矿产; 3. 石油; 4. 煤炭; 5. 环形成矿带;  
6. 板块缝合线; 7. 盆地界线

作用为主,二者时间上叠加和空间上并存,导致成矿大爆发。

(3)矿产特征。新疆矿产资源丰富,具显著规律性,即金属、非金属矿基本产于准噶尔、塔里木盆地周缘地区<sup>[16]</sup>,尤其天山造山带,金属矿产种类多样、大型矿床密集,而能源矿产则限于两盆地内<sup>[17]</sup>,储量巨大。“周山都产宝,盆地聚油煤”是对新疆矿产资源的高度概括。金属矿产分布呈明显双连环型,具“8”字型分布特征(图1)。

## 2 双亚幔柱模式特征

用单纯板块构造或单一地幔柱理论解释新疆的矿产特征都存缺陷。因此,笔者提出新疆双亚幔柱模式,并就其特征进行简要阐述。

### 2.1 形成时限

准噶尔盆地及其周缘广泛发育火成岩(图2)。在西准噶尔,早石炭世(340~320 Ma)、晚石炭-早二叠世(310~290 Ma)火山岩最发育,遍布周边地区;东准噶尔主要分布碱性花岗岩,二者时间上没有分带性<sup>[18]</sup>。石炭纪火山岩以中基性钙碱性系列为主<sup>[19]</sup>,其发育程度与分布范围要大于早二叠世<sup>[20]</sup>。晚二叠世准噶尔盆地和吐哈盆地分割成各自沉积体系<sup>[21]</sup>。毛翔等(2012)通过分析准噶尔盆地周缘火山机构特征,表明古生代火山岩年龄为340~320 Ma及300~295 Ma。陈庆等(2009)探讨了准噶尔

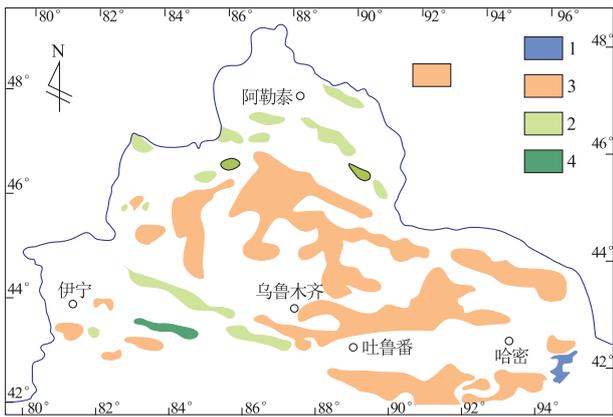


图2 北疆石炭系一下二叠统火山岩分布图<sup>[30]</sup>

Fig. 2 Map showing the distribution of Carboniferous—Lower Permian volcanic rocks in northern Xinjiang

1. 基性火山岩; 2. 中基性火山岩; 3. 中酸性火山岩; 4. 酸性火山岩

盆地西北缘石炭系火山岩油气藏地质特征,显示晚石炭世火山间歇性喷发。滴西地区油气成藏亦受控于石炭系火山岩储层次生孔隙<sup>[22]</sup>。

塔里木盆地火成岩主要发育于早-中二叠世<sup>[23]</sup>,规模大(图3)。二叠纪是塔里木盆地热-构造演化史上最重要的时期,盆地中部和西北部发生了大规模基性—中酸性岩浆活动<sup>[24]</sup>。陈汉林(1997, 1998, 2009)指出塔里木盆地广泛分布二叠纪岩浆岩,面积约 $20 \times 10^4 \text{ km}^2$ ,强调大量早-中二叠世玄武质岩、辉绿岩类由深部热物质控制的主动过程形成,推测塔里木有来自地球深部地幔柱源的岩浆上升作用<sup>[25]</sup>,并厘定了盆地北部源自地壳物质的部分熔融的中酸性火成岩年龄为247~287 Ma。杨树锋等

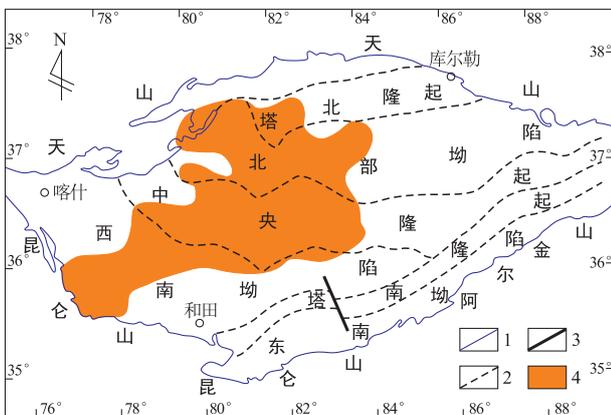


图3 塔里木盆地早-中二叠世基性岩类分布图<sup>[25]</sup>

Fig. 3 The residual distribution map of early to middle Permian basic rock in Tarim basin

1. 盆地边界; 2. 构造单元界线; 3. 断裂; 4. 基性岩类

(2005, 2006)认为早-中二叠世的岩浆作用导致塔里木盆地隆升,但不甚强烈以至未形成断陷,并测定巴楚小海子正长岩体及石英正长斑岩岩墙的年龄为早二叠世晚期(约277 Ma),代表一次岩浆热事件。张传林<sup>[26]</sup>认为二叠纪玄武岩以289.6 Ma为活动峰期,深度为60~80 km。余星等(2009)、励音琪<sup>[27]</sup>等分别测定塔里木大火成岩省年龄为289.6 Ma及其时限为274~290 Ma。陈咪咪等(2010)认为溢流玄武岩主体喷发时期为287~291 Ma,属地幔柱头部分熔融的直接产物<sup>[28]</sup>。罗静兰等(2006)测定塔北隆起英安岩年龄为245~276 Ma,指出正是这一大面积火成岩活动事件,造成二叠系与石炭系间的假整合接触并不同程度地缺失早二叠世沉积。

虽然诸多学者从不同角度论述了准噶尔、塔里木盆地火成岩形成年龄、成因,尚没有一份全面性归纳总结。为此,笔者概略认为准噶尔盆地于石炭纪—早二叠世(340~290 Ma)存在本区最大规模火山活动,而塔里木盆地岩浆岩主体作用时期为二叠纪中早期(250~290 Ma)。即准噶尔、塔里木亚幔柱的主体形成时限分别在石炭纪和二叠纪。需要指出的是,地幔柱对地壳的作用不仅局限于某一特定时期,其具长期、多期性。

### 2.2 主体形态及作用强度

双亚幔柱主体形态与作用强度的研究对认识新疆地区石炭纪以来地质演化及成矿机制有着重要作用,该部分相关成果资料甚少。李玮等<sup>[29]</sup>通过准噶尔盆地周缘造山带裂变径迹研究,得出盆地西侧早于东侧隆升,且西北缘隆升速率大于东部的推论。钱辉等<sup>[30]</sup>运用地震层析成像技术开展对天山—准噶尔地区进行壳幔结构研究,显示天山准噶尔接触带的两个切片表现为西陡东缓特征。天山地区重力资料与远震走时地震层析图像表明天山的北陡南倾样式<sup>[31]</sup>。熊小松等(2011)认为西天山地层的加厚与垂向的岩浆活动有关。谭绿贵<sup>[32]</sup>得出西准噶尔恰其海A型花岗岩与东准噶尔乌伦古A型花岗岩相似的结论,时限较东准噶尔岩浆活动早。准噶尔盆地腹部缓坡型地层油气藏主要来源为深层二叠系,车-莫古隆起可能与塔里木亚幔柱柱头有关<sup>[33]</sup>。天山南北两侧磁性结构存在差异,北部磁性强度较大<sup>[34]</sup>,这可能与准噶尔亚幔柱较高强度火山岩喷发作用及盆地相对较薄岩石圈有关;塔里木盆地整体低磁性特征可能与其低火山强度及岩石圈较厚有关。准噶尔、天山、塔里木地壳厚分别约为50 km, 75 km和55 km;其中,北天山西部地壳厚度大于东

部。

据上述研究成果,结合准噶尔、塔里木盆地火成岩深部特征及天山山脉地球物理特征<sup>[35]</sup>,推测准噶尔亚幔柱热作用较塔里木强烈,其柱头位于准噶尔盆地西南,岩浆作用分为两期,西部以侵入作用为主,东部则以喷发作用为主。塔里木亚幔柱热交换时间长且较温和,柱头位于盆地中部,产状近直立,由于热作用较弱,地幔岩石圈减薄程度较低,达不到产生伸展断陷盆地的临界值,地壳“隆而不陷”,加之岩石圈厚度较大,使得塔里木盆地局部分布较多中酸性侵入岩。二者对天山山脉具有一定侧向挤压与顶托作用,准噶尔稍强。要说明的是,地幔柱构造的研究是非常复杂的问题,有必要进一步深入探讨。

### 2.3 物质来源及其他特征

准噶尔、塔里木盆地内发育有大量火成岩,这与地幔柱的存在关系紧密。许多地质工作者以地球化学统计分析方法研究物质来源,尤其是持地幔柱理论的学者给出了丰富数据。曹剑等(2007)指出准噶尔盆地石炭-二叠系含油气流体上升过程中存在深源幔源流体的混入,且有偏向幔源的特征<sup>[36]</sup>。郑建平<sup>[37]</sup>展开准噶尔盆地基底火山岩 Sr-Nd 同位素研究,发现中生代基底发生了强烈的壳幔作用。袁超等(2006)通过东准噶尔扎河坝钾质玄武岩的地球化学特征研究,指出岩石具高 K,富 Sr 和 Ba, Nb-Ta 亏损,  $w(\text{Nb})/w(\text{Yb})$ ,  $w(\text{Nb})/w(\text{Ta})$ ,  $w(\text{Zr})/w(\text{Hf})$  值高的特征,认为岩石来自经交代作用的地幔源区。励音骥等(2010)分析塔里木瓦吉里塔格超镁铁质隐爆角砾岩铂族元素和微量元素地球化学特征,推测岩石可能发生过地幔交代作用。余星(2009)通过对比塔里木与峨眉山两个大火山岩省地球化学特征,认为二者同具有深源及地幔柱源特征,推测二者可能源于核幔边界的同一地幔柱。厉子龙等<sup>[38]</sup>对广泛发育于塔里木盆地的二叠纪玄武岩类展开研究,运用 K-Ar 法测定岩石年龄为 289.6 Ma,岩石具有高 Ti 和 La,低 Zr/Nb 值,暗示其源于富集地幔,推测塔西南玄武岩受地幔柱作用。可见,双亚幔柱形成的幔源、幔-壳源及壳源火成岩特征于准、塔两个盆地内有充分的体现。值得一提的是,两盆地内皆发育有基性岩墙群,双亚幔柱可能源于同一个超级地幔柱<sup>[39]</sup>。

### 2.4 双亚幔柱后期地质作用

中二叠世以来,准、塔双亚幔柱热作用并未停止,以一种小尺度对流形式存在,这是形成深源成油气流体的重要时期。印度板块向北挤压的水平作用

断续(新近纪显猛烈),原本存在于岩石圈内部(主要石炭-二叠系火山岩储油气层)尺度不等的断裂构造因后期水平挤压,使塔里木地壳局部下陷,而呈现类断陷盆地样式,这为油气藏的圈闭提供了必要条件。准噶尔亚幔柱热作用与塔里木类似,区别在于来自南部的水平挤压作用甚弱,深源油气流体主要形成于准噶尔盆地西部。

准噶尔、塔里木盆地与周缘山脉局部上表现为板块伸展或挤压体制下的“盆山耦合”效应<sup>[40]</sup>。双亚幔柱幔源物质上升,盆地中央岩石圈巨厚及深部热物质上升强度较弱,使得盆地周缘因构造滑脱带存在微陷,在地幔拗陷带,由于幔源物质的亏空,在重力均衡代偿作用下,导致周缘山脉隆升,即造山带与盆地间深部存在横向物质迁移<sup>[41]</sup>,双亚幔柱为周缘山脉隆升提供了物质和能量。由于塔里木亚幔柱引起的岩浆作用,使盆地岩石圈力学性质减弱<sup>[42]</sup>,来自印度板块向北挤压应力在特定时期集中释放于盆地南缘山前,这可能是形成新疆南部高大山脉的部分原因<sup>[43-46]</sup>。

## 3 双亚热幔柱模式与成矿

### 3.1 幔枝构造的启示

牛树银等<sup>[47-48]</sup>提出幔枝构造是地幔热柱多级演化在岩石圈浅部的综合表现形式。受岩石圈应力场及岩石圈断裂的控制,地幔亚热柱蘑菇状顶冠中会发生一系列岩浆活动,岩石圈中的岩浆活动形成了一系列三级构造,在其次级构造和岩浆活动集中区,含矿流体于构造有利部位形成不同类型及不同规模大小的矿床空间组合。笔者认为该理论对于深化地幔柱理论及指导寻找与地幔柱相关的矿床有着重要现实意义。

### 3.2 构造特征

在准噶尔、塔里木盆地内部及其周缘地区,断裂构造十分发育(图4)。曲国胜等<sup>[49]</sup>对准噶尔盆地周缘断裂构造进行了系统整理和分析,查清了其周缘主要断裂空间展布特征,指出盆地基底存在近 SN 向及近 EW 向的岩石圈断裂,盖层中存在断裂密集带,形成以深部断裂为树干,盖层断裂为枝体的构造组合样式,推测盖层与深部断裂的长期活动密切相关(图4a)。邵学钟等<sup>[50]</sup>运用地震转换波测深法对准噶尔盆地基底面构造展开研究,确定了5条近 SN 向莫霍面超壳断裂,7条近 EW 和近 NW 向规模不

等的深大断裂(图 4b)。塔里木盆地基底冲断层及盖层滑脱过程中形成的阶梯状断裂比较发育<sup>[51]</sup>。赵俊猛等<sup>[52]</sup>利用人工地震探测,显示库车坳陷与塔北隆起之间的过渡带可能是连接地幔与地壳甚至地表的通道。龚铭等(1995)归纳塔里木盆地及其周边存在 8 种断裂构造样式。汤梁杰等<sup>[53]</sup>总结了塔里木盆地从加里东期至燕山期断裂分布与活动特征,明确指出该区海西晚期断裂活动非常强烈,控制着岩浆活动及分布(图 4c)。徐鸣杰等<sup>[54]</sup>推测了塔里木盆地结晶基底面构造分布特征(图 4d)。

根据上述研究成果,准噶尔、塔里木盆地周边及内部皆发育规模不等的密集断裂构造系,且大致具环状特征。两盆地基底内的深大断裂为深源流体与岩浆提供了通道及成岩空间,盖层内中小规模密集断裂则是运载并容存含矿流体的导矿、控矿空间。

### 3.3 成矿机制

新疆双亚幔柱成矿机制可概述为,前寒武纪至石炭纪中后期,准噶尔、塔里木盆地形成了具火山岩结晶、褶皱双层结构基底,并沉积较厚盖层。南天山洋壳与古亚洲洋壳向准噶尔板块俯冲<sup>[55]</sup>,于准噶尔板块南北缘形成阿勒泰山及天山的雏形,在盆地碰

撞边缘形成一系列韧性挤压-剪切带(额尔齐斯等断裂),同时阿勒泰山、天山内部形成一系列褶皱及断裂系。随着洋壳继续俯冲,至石炭纪末,南天山洋壳与古亚洲洋壳趋于闭合,于阿勒泰山、天山边缘残留部分洋壳残片,后碰撞造山作用引起幔源物质扰动,幔源物质上升与地壳发生重熔,于天山、阿勒泰山形成部分矿产。

石炭纪末一早二叠世准噶尔亚幔柱主体形成,盖层与结晶基底较厚,幔源物质与岩石圈发生强烈交代,作用强度较大,盆地局部(主要为东部)发生断陷,深源物质沿构造密集带纵向、横向迁移,周缘山脉隆升;在盆-山结合部出现虚脱构造带,深源含矿流体上升与部分岩浆残液混合形成的含矿热液于准噶尔盆地周缘虚脱及内部构造有利的部位形成一系列类幔枝构造型矿床。由于其柱头偏向盆地西南,其顶托、挤压作用致天山北缘发生陡倾、微隆,幔源热物质和深源流体沿天山北侧内部断裂构造系上升并与其地壳(洋壳残片)重熔,进而形成大量不同类型金属矿床,单环型及天山北部、阿勒泰山南部优质成矿特征显现。中-早二叠世塔里木亚幔柱主体形成,作用过程与准噶尔亚幔柱主体类似,区别在于其

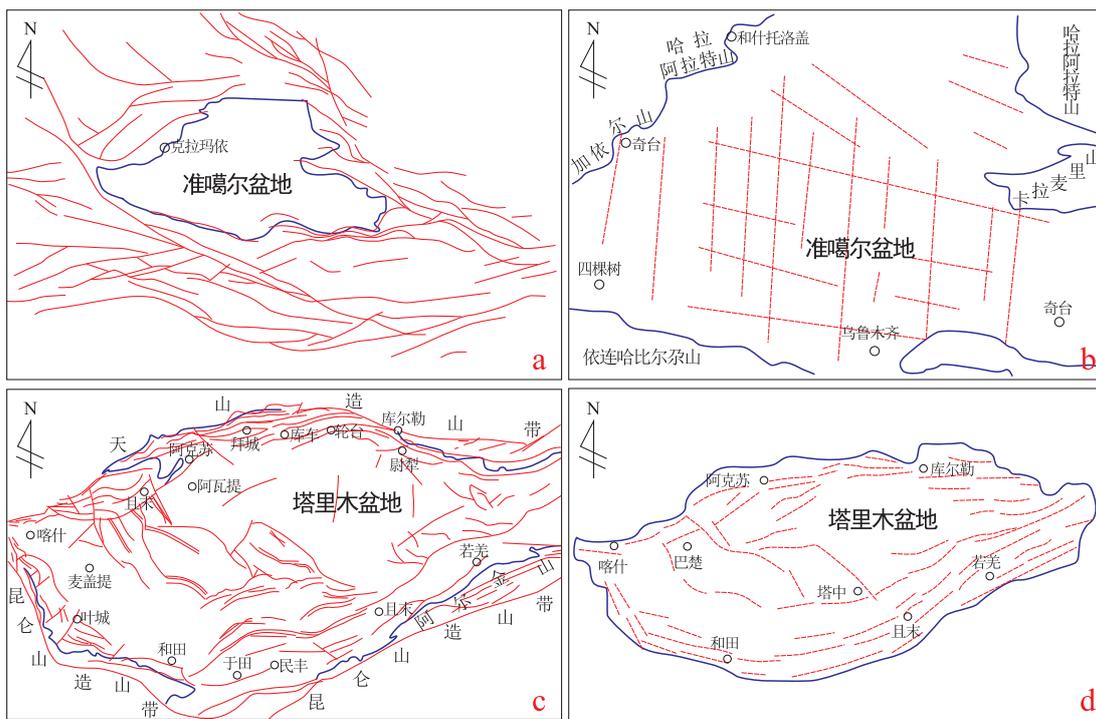


图 4 准噶尔盆地和塔里木盆地断裂构造分布图

Fig. 4 Fault distribution map of Junggar and Tarim Basins

- a. 准噶尔盆地周缘主要断裂分布图<sup>[49]</sup>; b. 准噶尔盆地结晶基底面构造分布图<sup>[50]</sup>;
- c. 塔里木盆地断裂分布图<sup>[53]</sup>; d. 塔里木盆地断裂分布推断图<sup>[54]</sup>

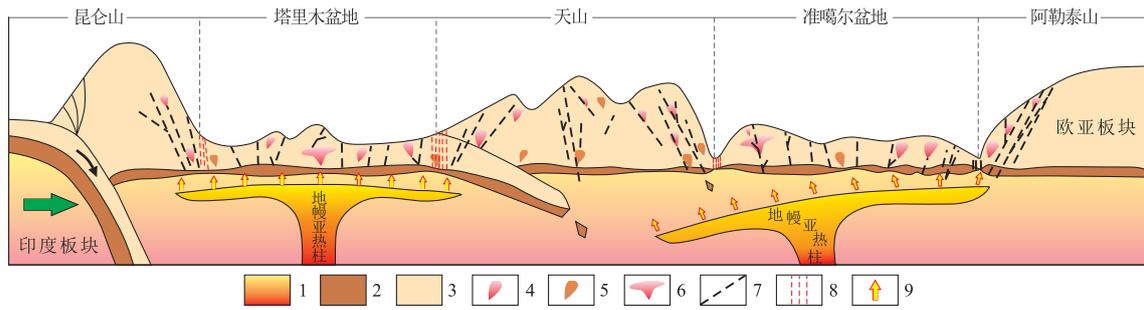


图5 新疆双亚幔柱作用模式图

Fig. 5 Double-secondary mantle plume model in Xinjiang

1. 地幔; 2. 洋壳; 3. 陆壳; 4. 基性岩体; 5. 中酸性(小)岩体; 6. 中酸性(大)岩体; 7. 断裂; 8. 构造虚脱带; 9. 地幔亚热柱作用方向

上升强度显温和,柱头于塔里木盆地中部近直立,盆地基底与盖层巨厚,幔源热物质与上覆地壳作用,盆地微隆而“不破”,深源含矿岩浆沿周缘虚脱及内部构造有利部位形成环塔里木单环成矿带<sup>[56]</sup>。至此,“8”字型成矿特征形成,在天山局部存在叠加(图5)。双亚幔柱幔源热物质上升,于两个盆地内发育的火成岩带来深部热液流体,浅部发生蚀变作用,形成良好火成岩油气储层<sup>[57-59]</sup>,为现存古生界原生油藏的主要形成时期<sup>[60]</sup>。

二叠纪以来,双亚幔柱热物质交换作用断续,表现为一种地幔小尺度对流,深源成烃流体与火成岩向上运移,为油气藏、煤及铀矿等的形成提供了必要的物源。三叠纪至古近纪,印度板块向北断续挤压作用减弱<sup>[61]</sup>,塔里木“微隆”盆地内部因断裂系存在而发生局部断陷,这为油气圈闭提供了良好条件。喜马拉雅期强烈的南北向挤压应力使塔里木盆地南缘山脉快速隆升,这是次生油藏及气藏的主要形成时期。

#### 4 找矿方向与前景

新疆的矿产资源“8”字型双连环分布为金属矿产找矿指明方向,天山山脉的找矿潜力最佳。但是,该区段多高山峻岭,气候变化强烈,生产-生活条件较差,找矿难度很大。鉴于石油、煤田地质已于“8”字型双连环区域内部开展了大量勘查工作,获得了巨量的深部数据,而“8”字型双连环空白范围内同样具备尚佳的金属矿床成矿条件。作者建议将石油、煤炭地质原始勘查资料,尤其是深部钻孔资料为金属矿产勘查领域所共享,地质勘查成果实现整合,并在两个盆地内部展开金属矿产系统找矿,充分利用

现有石油、煤炭地质资源,极大节约成本,提高金属矿产找矿效率。准噶尔西部与塔里木盆地亦具有巨大的非金属矿产、油气、煤炭资源的前景,金属地质找矿方法可为其作必要补充。可以预见,两个面积约 $94 \times 10^4 \text{ km}^2$ 的盆地内矿产资源储量非常之巨大,这将为新疆乃至国家建设提供强力支撑和重要保障。

#### 5 结论与讨论

(1)前寒武纪—石炭纪中后期,受印度—欧亚板块挤压,天山、阿勒泰山山脉隆升,形成一系列后碰撞造山型矿床。

(2)石炭纪末—二叠纪晚期,准噶尔、塔里木亚幔柱相继形成,幔源物质与岩石圈发生物质、能量交换,两个盆地内部形成密集断裂系并发育大面积火成岩,深源物质沿着盆地周缘虚脱构造带横向迁移使得周围山脉隆升,成矿热液沿盆地周缘环型断裂束上侵形成新疆独特的“8”字型成矿特征。二叠纪晚期以来,岩石圈力学性质因岩浆作用而减弱,印度板块向北挤压远程效应弱化,新生代有短暂强烈期,为新疆油气藏重要形成时期。

(3)“8”字型成矿环准噶尔、塔里木盆地及周缘良好的金属、非金属矿产找矿前景;塔里木和噶尔盆地西部具有巨大的非金属、油气、煤炭找矿潜力。

**致谢:**本文撰写过程中得到新疆地矿局董连慧总工程师、石家庄经济学院高永丰教授、新疆地质调查院王克卓高级工程师及新疆维吾尔自治区305项目办公室马华东高级工程师的指导和帮助,在此表示衷心的感谢!

## 参考文献:

- [1] 潘裕生. 青藏高原的形成与隆升[J]. 地学前缘, 1999, 6(3): 153-163.
- [2] 许志琴, 杨经绥, 姜枚, 等. 大陆俯冲作用及青藏高原周缘造山带的崛起[J]. 地学前缘, 1999, 6(3): 139-151.
- [3] 葛肖虹, 任收麦, 马立祥, 等. 青藏高原多期次隆升的环境效应[J]. 地学前缘, 2006, 13(6): 118-130.
- [4] 张培震, 沈正康, 王敏, 等. 青藏高原及周边现今构造变形的运动学[J]. 地震地质, 2004, 26(3): 367-377.
- [5] 李锦铁, 王克卓, 李亚萍, 等. 天山山脉地貌特征、地壳组成于地质演化[J]. 地质通报, 2006, 25(8): 895-909.
- [6] 李本亮, 陈竹新, 雷永良, 等. 天山南缘与北缘前陆冲断带构造地质特征对比及油气勘探建议[J]. 石油学报, 2011, 32(3), 395-409.
- [7] 李昱, 刘启元, 陈九辉, 等. 山地壳上地幔的 S 波速度结构[J]. 中国科学, 2007, 37(3): 344-352.
- [8] 朱志新, 李锦铁, 董连慧, 等. 新疆西天山古生代侵入岩的地质特征及构造意义[J]. 地学前缘, 2011, 18(2): 170-179.
- [9] 杨经绥, 吴才来, 夏林圻, 等. 火成岩的 10 年研究进展和未来的挑战[J]. 地质论评, 2009, 55(3): 406-419.
- [10] 夏林圻, 夏祖春, 徐学义, 等. 天山石炭纪大火成岩省与地幔柱[J]. 地质通报, 2004, 23(10): 903-910.
- [11] 胥颐, 刘福田, 刘建华. 天山上地幔结构及其对壳内构造运动的作用[J]. 地震地质, 1998, 20(4): 405-412.
- [12] 王登红, 陈毓川, 徐志刚, 等. 新疆北部 Cu-Ni-(PGE) 硫化物矿床成矿系列探讨[J]. 矿床地质, 2000, 19(2): 147-155.
- [13] 毛景文, Francor P, 张作衡, 等. 天山阿尔泰地区海西晚期后碰撞铜镍硫化物矿床: 主要特点及可能于地幔柱的关系[J]. 地质学报, 2006, 80(7): 925-942.
- [14] 张传林, 周刚, 王洪燕, 等. 塔里木和中亚造山带西段二叠纪大火成岩省的两类地幔源区[J]. 地质通报, 2010, 29(6): 779-794.
- [15] 李文渊, 牛耀岭, 张照伟, 等. 新疆北部晚古生代大规模岩浆成矿的地球动力学背景和战略找矿远景[J]. 地学前缘, 2012, 19(4): 41-50.
- [16] 董连慧, 徐兴旺, 屈迅, 等. 初论环准噶尔斑岩铜矿带的地质构造背景与形成机制[J]. 岩石学报, 2009, 25(4): 713-737.
- [17] 庄新国, 王平, 周继兵, 等. 准东煤田地球化学特征[J]. 新疆地质, 2013, 31(1): 94-97.
- [18] 童英, 王涛, 洪大卫, 等. 北疆及邻区石炭-二叠纪花岗岩时空分布特征及其构造意义[J]. 岩石矿物学志, 2010, 29(6): 619-641.
- [19] 毛治国, 邹才能, 朱如凯, 等. 准格尔盆地石炭纪火山岩岩石地球化学特征及其构造环境意义[J]. 岩石学报, 2010, 26(1): 206-217.
- [20] 蔡忠贤, 陈发景, 贾振远. 准噶尔盆地的类型和构造演化[J]. 地学前缘, 2000, 7(4): 431-440.
- [21] 方世虎, 贾承造, 郭召杰, 等. 准噶尔盆地二叠纪盆地属性的再认识及其构造意义[J]. 地学前缘, 2006, 13(3): 108-121.
- [22] 刘豈瑜, 郗爱华, 冉启全, 等. 准噶尔盆地滴西地区石炭系火山岩储层次生孔隙的岩相学特征及主控因素[J]. 岩性油藏, 2012, 24(3): 51-65.
- [23] 王登红, 陈郑辉, 陈毓川, 等. 我国重要矿产地成岩成矿年代学研究新数据[J]. 地质学报, 2010, 84(7): 1030-1040.
- [24] 孙林华. 塔里木盆地瓦吉里塔格超镁铁岩地球化学反演[J]. 吉林大学学报: 地球科学版, 2010, 40(6): 1301-1322.
- [25] 陈汉林, 杨树锋, 厉子龙, 等. 塔里木盆地二叠纪大火成岩省发育的时空特点[J]. 新疆石油地质, 2009, 13(2): 179-182.
- [26] 张传林, 周刚, 王洪燕, 等. 塔里木和中亚造山带西段二叠纪大火成岩省的两类地幔源区[J]. 地质通报, 2010, 29(6): 779-794.
- [27] 励音骥, 厉子龙, 孙亚莉, 等. 塔里木二叠纪玄武岩的铂族元素特征及其对岩浆演化和硫化物成矿作用的启示[J]. 矿物学报, 2011(S1): 392.
- [28] 陈咪咪, 田伟, 张自立, 等. 塔里木盆基性-中性-酸性岩浆岩的年代学及其地质意义[J]. 岩石学报, 2010, 26(2): 559-572.
- [29] 李玮, 胡健民, 渠洪杰. 准噶尔盆地周缘造山带裂变径迹研究及其地质意义[J]. 地质学报, 2010, 84(2): 171-182.
- [30] 钱辉, 姜枚, 肖文交, 等. 天山准噶尔地区地震层析成像与壳幔结构[J]. 地震学报, 2011, 33(3): 327-341.
- [31] 李海鸥, 姜枚, 魏素花, 等. 新疆天山南北地区天然地震探测及深部构造研究[J]. 地学前缘, 2004, 11(3): 318.
- [32] 谭绿贵. 新疆西准噶尔恰其海后碰撞花岗岩[J]. 吉林大学学报: 地球科学版, 2008, 38(6): 981-987.
- [33] 唐勇, 孔玉华, 盛建红. 准噶尔盆地腹部缓坡型岩性地层油气藏成藏控制因素分析[J]. 沉积学报, 2009, 27(3): 567-572.
- [34] 赵俊猛, 李植纯, 程宏岗, 等. 天山造山带岩石圈密度与磁性结构研究及其动力学分析[J]. 地球物理学报, 2004, 47(6): 1061-1067.
- [35] 雷显权, 陈运平, 赵俊猛, 等. 天山造山带深部探测及地球动力学研究进展[J]. 地球物理学进展, 2012, 27(2): 417-428.
- [36] 曹剑, 胡文瑄, 姚素平, 等. 准噶尔盆地石炭-二叠系方解石脉的碳、氧、锶同位素组成与含油气流体运移[J]. 沉积学报, 2007, 25(5): 722-729.
- [37] 郑建平, 王方正, 成中梅, 等. 拼合的准噶尔盆地基底: 基底火山岩 Sr-Nd 同位素证据[J]. 地球科学: 中国地质大学学报, 2000, 25(2): 179-185.
- [38] 厉子龙, 杨树锋, 陈汉林, 等. 塔西南玄武岩年代学和地球化学特征及其对二叠纪地幔柱岩浆演化的制约[J]. 岩石学报, 2008, 24(5): 959-970.
- [39] 夏林圻, 夏祖春, 徐学义, 等. 天山及邻区石炭-二叠世裂谷火山岩成因[J]. 西北地质, 2008, 41(4): 1-68.
- [40] 赵瑞斌, 卢静芳, 杨主恩, 等. 天山深浅构造特征及盆山耦合关系[J]. 新疆石油地质, 2008, 29(3): 278-282.
- [41] 牛树银, 孙爱群, 白文吉, 等. 造山带与相邻盆地间物质的横向迁移[J]. 地学前缘, 1995, 2(1-2): 85-92.
- [42] 陈运平, 王良书, 米宁. 天山造山带的宽频带地震台阵流动观测[J]. 勘探地球物理进展, 2009, 32(1): 27-32.

- [43] 刘永江, Franz N, 葛肖虹, 等. 阿尔金断裂带年代学和阿尔金山隆升[J]. 地质科学, 2007, 42(1): 134-146.
- [44] 王庆良, 王建华, 朱桂芝, 等. 东昆仑山断裂带及昆仑山口西 8.1 级地震垂直形变研究[J]. 地震地质, 2004, 26(2): 273-280.
- [45] 柏道远, 熊延望, 刘耀荣. 中昆仑山形成时代与隆升幅度——基于夷平面与磷灰石裂变径迹研究[J]. 资源调查与环境, 2007, 28(1): 5-11.
- [46] 李吉均, 方小敏. 青藏高原隆起与环境变化研究[J]. 科学通报, 1998(15): 1568-1574.
- [47] 牛树银, 李红阳, 孙爱群, 等. 幔枝构造理论与找矿实践[M]. 北京: 地震出版社, 2002: 1-243.
- [48] 牛树银, 孙爱群, 邵振国, 等. 地幔热柱多级演化及其成矿作用[M]. 北京: 地震出版社, 2001: 41-175.
- [49] 曲国胜, 马宗晋, 张宁, 等. 准噶尔盆地及周缘断裂构造特征[J]. 新疆石油地质, 2008, 29(3): 291-306.
- [50] 邵学钟, 张家茹, 范会吉. 准噶尔盆地基底结构的地震转换波探测[J]. 新疆石油地质, 2008, 29(4): 439-444.
- [51] 汤良杰, 漆立新, 邱海峻, 等. 塔里木盆地断裂构造分期差异活动及其变形机理[J]. 岩石学报, 2012, 28(8): 2569-2583.
- [52] 徐鸣洁, 王良书, 钟楷, 等. 塔里木盆地重磁场特征与基底结构分析[J]. 高校地质学报, 2005, 11(4): 585-592.
- [53] 梁慧社, 刘和甫. 新疆塔里木盆地构造样式研究[J]. 河北地质学院学报, 1996, 19(3-4): 268-277.
- [54] 赵俊猛, 黄英, 马宗晋, 等. 准噶尔盆地北部基底结构与属性问题探讨[J]. 地球物理学报, 2008, 51(6): 1767-1775.
- [55] 龙晓平, 孙敏, 袁超, 等. 东准噶尔石炭系火山岩的形成机制及其对准噶尔洋盆闭合时限的制约[J]. 岩石学报, 2006, 22(1): 31-40.
- [56] 董连慧, 屈迅, 朱志新, 等. 新疆大地构造演化与成矿[J]. 新疆地质, 2010, 28(4): 351-357.
- [57] 贾承造. 塔里木盆地构造特征与油气聚集规律[J]. 新疆石油地质, 1999, 20(3): 177-268.
- [58] 秦小双, 师永民, 吴文娟, 等. 准噶尔盆地石炭系火山岩储层主控因素分析[J]. 北京大学学报, 2012, 48(1): 54-60.
- [59] 潘建国, 郝芳, 张虎全, 等. 花岗岩和火山岩油气藏的形成及其勘探潜力[J]. 天然气地球科学, 2007, 18(3): 380-385.
- [60] 高长林, 叶德燎, 张玉箴, 等. 塔里木中新生代盆地扩张和盆地俯冲与地幔柱[J]. 石油实验地质, 2003, 25(6): 661-678.
- [61] 吴孔友, 查明, 王绪龙. 准噶尔盆地构造演化与动力学背景再认识[J]. 地球学报, 2005, 26(3): 217-222.

## Double secondary mantle plume model of Xinjiang and the ore-control mechanism

XIA Dong<sup>1</sup>, NIU Shuyin<sup>2</sup>, PENG Yuxuan<sup>1</sup>, WANG Lei<sup>1</sup>, YANG Wanzhi<sup>1</sup>, YANG Zaifeng<sup>1</sup>, XUN Yongbo<sup>1</sup>

(1. Xinjiang Institute of Geological Survey, Ulrmqi 830000 China;

2. Shijiazhuang University of Economics, Shijiazhuang 050031 China;

3. Xinjiang Institute of Mineral Experient, Ulrmqi 830000 China)

**Abstract:** Based on results of theoretical research of geology, geological characteristics of mineral resources in Xinjiang we consider that the double secondary mantle plume (one occurs in Junggar and the other in Tarim) model is the main control factor of metal mineral resources in the areas which are distributed in form of “8”. The double secondary plumes were formed in Carboniferous and Permian periods respectively. The plume in Junggar area is oblique to Tianshan mountain and the plume in Tarim area is nearly vertical. The former is strong in activity and short in active time; the latter is gentle and long. The periphery weak belts of Junggar and Tarim basins and their internal tectonic regime provide channel for upwelling of the mantle and post-collision orogenic magma. The Tianshan mountain orogenic belt was formed in Late Carboniferous period and its uplift caused by the double secondary plume model is limited and the ore-forming process of the two plumes only overprinted locally. Since Permian period Arqin, Kunlun etc. mountains uplifted abruptly. Enlightened by the model we propose that departments concerned with metal mineral resources and petroleum and coal energy resources should cooperate make integration of metal mineral resources prospecting in Junggar and Tarim areas in future.

**Key Words:** double-secondary mantle plume model; mantle branch structure; metal mineralization in form of “8”; ore-control mechanism; Xinjiang