内蒙古杜尔基构造混杂岩物质组成及构造属性研究

金松1,2)

1) 中化地质矿山总局地质研究院,北京,100101; 2) 河北地质大学资源学院,石家庄,050031

内容提要:杜尔基构造混杂岩是一套由"基质"和"岩块"构成的混杂堆积地质体。通过岩石学、岩石地球化学特征研究,查明其"基质"主要为一套强变形浅变质的海相碎屑岩,局部具有复理石沉积建造的特点,形成于活动大陆边缘构造环境;"岩块"岩石类型为辉石角闪岩、角闪石岩、玄武岩、辉绿岩、闪长岩,其中玄武岩、辉绿岩具有低Ti、高Mg和Al的特点,为一套富钠贫钾岩系,具有洋中脊和岛弧拉斑玄武岩的双重构造属性,形成于洋内初始俯冲背景下的弧前构造环境,属"外来岩块";闪长岩SiO。均值53.41%,MgO均值5.57%,Mg*均值51,FeO/MgO均值1.08,属镁闪长岩(MA),相比玄武岩、辉绿岩更加富集Ti、Ta、亏损Nb,形成于俯冲消减背景下活动大陆边缘构造环境,与基质大地构造环境基本一致,应属"原地岩块"。通过对杜尔基构造混杂岩的物质组成及其构造属性的研究,结合其各组成物质的同位素年龄信息、区域地质背景及区域构造演化史研究成果,认为杜尔基构造混杂岩可能反映了晚石炭世洋内俯冲-早二叠世洋陆俯冲-中二叠世洋盆关闭的过程。

关键词:构造混杂岩;基质;岩块;镁闪长岩;俯冲作用;杜尔基

中亚造山带是位于西伯利亚克拉通和中朝克拉 通及塔里木克拉通之间的一个巨大的增生造山带 (图 1a),以新元古代到中生代一系列的岛弧,弧前 或弧后盆地,构造混杂带以及微陆块为特征(Sengor et al., 1993; Xiao Wenjiao et al., 2003, 2009; Kroner et al., 2007; Xu Bei et al., 2013; Tang et al., 2013; Zhang Jinrui et al., 2014)。构造混杂带 作为中亚造山带东段的重要岩石单元,一直是古亚 洲洋构造域演化研究的热点问题之一,其作为汇聚 板块边界的特殊地质体是研究板块缝合线的重要解 剖窗口,对造山带结构、物质组成、形成时代与构造 演化的调查研究至关重要(Wei Yushuai, 2017)。构 造混杂岩的概念在提出之时被定义为通常由基质、 原地岩块、外来岩块三部分组成(Greenly, 1919; Fu Junyu et al., 2015), 以此区别于沉积混杂及滑塌堆 积作用。但目前关于混杂岩的"岩块"和"基质"的调 查识别多数依赖于构造变形的相对强弱,侧重对外 来岩块的构造属性的研究(Li Boqin et al., 2007; Shao Dong et al.,2017; Tian Zhen et al.,2018), 而 关于"基质"和"原地岩块"构造属性的讨论相对较 少,也鲜有通过混杂岩中各组成岩石构造属性的对 比研究来准确厘定构造混杂岩的报道。中亚造山带 内构造混杂作用发生期间的大地构造背景及年代学 研究方面也多局限于镁铁-超镁铁岩(蛇绿岩)这一 类的"外来岩块",造成了在混杂岩构造属性及年代 学研究方面过分依赖洋壳残片的研究现状。

研究区地处中亚造山带东段,大地构造位置处于白银宝力道(查干乌拉)俯冲增生杂岩带与锡林浩特岩浆弧结合部位(图 1a、b)(Pan Guitang et al., 2015),白银宝力道(查干乌拉)俯冲增生杂岩带近年来识别出一系列的(蛇绿)构造混杂岩及镁铁-超镁铁岩铁岩(Liu Jianxiong et al.,2006)、牤牛海超镁铁岩(Fu Junyu et al.,2017)、布敦花牧场镁铁-超镁铁岩(付俊彧等⁰,2014)、突泉苇场镁铁-超镁铁岩(宋维 民等⁹,2016)等,共同构成了区域上一条近东西向的镁铁-超镁铁岩带(Fu Junyu et al.,2017),且

注:本文为中国地质调查局项目内蒙古1:5万兴安敖包(L51E016004)、查干保好(L51E016005)、塔拉布拉克(L51E017004)、杜尔基(L51E017005)幅区域地质调查(编号DD20160048-14)资助成果

收稿日期:2019-05-03;改回日期:2020-02-13;网络发表日期:2020-04-23;责任编委:吴才来;责任编辑:黄敏。

作者简介:金松,男,1988年生,工程师,从事区域地质调查研究。通讯地址:100101,北京市朝阳区小营路 19 号财富嘉园 B座 5 层, Email:732818885@qq.com。

引用本文:金松. 2020. 内蒙古杜尔基构造混杂岩物质组成及构造属性研究. 地质学报, 94(8):2227~2242, doi: 10.19762/j.cnki. dizhixuebao.2020062. Jin Song. 2020. Study of material composition and tectonic properties of the Duerji tectonic melange, Inner Mongolia. Acta Geologica Sinca,94(8):2227~2242.



图 1 内蒙古杜尔基构造混杂岩地质-构造略图

Fig. 1 The geological and tectonic maps of Duerji tectonic melange

(a,b)一研究区大地构造位置图(据 Pan Guitang et al.,2015);(c)一杜尔基构造混杂岩区域地质略图;(d)一杜尔基构造混杂岩地质图;(e)— 杜尔基构造混杂岩剖面图(图(c)、图(d)、图(e)据金松等[●]略作修改)

1一海相碎屑岩;2一辉石角闪岩;3一玄武岩;4一辉绿岩;5一闪长岩;6一晚三叠世二长花岗岩;7一流纹斑岩脉;8一石英脉;9一正断层(平面); 10一逆断层(平面);11一平移逆断层(平面);12一性质不明断层;13一逆断层(剖面);14一剖面位置;15一剖面方位;16一采样区域

(a,b)—The geotectonic position map of the study area (after Pan Guitang et al.,2015);(c)—the regional geological map of Duerji tectonic melange;(d)—the geological map of Duerji tectonic melange;(e)— the section of Duerji tectonic melange (Fig. (c),Fig. (d) and Fig. (e) are modified from Jin Song et al. ^(a))

1—Marine sedimentary rocks; 2—pyroxene amphibolite; 3—basalt; 4—diabase; 5—diorite; 6—Late Triassic monzonitic granite; 7—rhyolitic porphyry dike; 8—quartz dike; 9—normal fault(plane); 10—reverse fault (plane); 11—translation reverse fault (plane); 12—unidentified fault; 13—reverse fault (section); 14—section position; 15—section direction; 16—sampling area

普遍被认为是大洋岩石圈的残留。但关于岩石源区 及年代学的研究却出现了较大分歧,好老鹿场超基 性岩被认为形成于洋中脊环境,是泥盆纪古亚洲洋 消减部分的残留体,时代为 362Ma(单颗粒锆石 U-Pb稀释法),牤牛海超镁铁岩、突泉苇场超镁铁岩被 认为形成于与消减带有关的岛弧环境,形成时代介 于 289~345Ma,也在一定程度上反映了以构造混 杂岩中"外来岩块"来研究其形成环境及时代的不确 定性。况且,这些"外来岩块"与"基质"的接触关系 及形成构造环境的对比研究相对较少,在不发育典 型蛇绿岩岩石组合的整体地质背景下,直接将这些 镁铁-超镁铁岩定义为"外来岩块"也显得力不从心。

笔者在研究区杜尔基一带开展1:5万区域地 质调查工作期间在前人厘定的二叠系大石寨组地层 中识别出一套由火成岩及海相碎屑岩混杂堆积构成 的地质体,首次将其厘定为杜尔基构造混杂岩,而其 中的镁铁-超镁铁岩应该属于上述镁铁-超镁铁岩带 的组成部分,本文以杜尔基构造混杂岩为研究对象, 通过系统的野外调查及室内岩相学研究识别其物质 组成,并通过岩石地球化学研究讨论其构造环境,从 而明确各组成物质不同的构造属性,进一步研究构 造混杂岩的形成机制及大地构造背景,结合区域构 造演化史研究成果尝试建立研究区晚古生代构造演 化模式。

1 地质概况

杜尔基构造混杂岩见于兴安盟科右中旗杜尔基 镇西北部,出露于中新生代断陷盆地边缘,露头面积 极为有限,完好露头仅见于人工采坑及公路壁两侧。 区域地层主要出露上二叠统半深海相碎屑岩夹中酸 性火山岩、中二叠统滨浅海相碎屑岩、上二叠统内陆 湖泊相碎屑岩、上侏罗统酸性火山岩。侵入岩主要 包括晚三叠世花岗岩、晚侏罗世花岗岩及早白垩世 花岗岩(图 1c)。由图 1d 可见,杜尔基构造混杂岩 出露区域总体构造线呈 60°~75°,受中生代 NW 向 及 NNE 向构造改造,具有由 NEE 向 NNE 走向扭 转的趋势。混杂岩主要由强变形浅变质的海相碎屑 岩(ss)和基本未发生变形的蚀变火成岩组成,其中 海相碎屑岩岩性以构造片岩,变质砂岩及千枚岩为 主。火成岩岩石类型包括辉石角闪岩-角闪石岩 $(\psi_0\psi)$ 、玄武岩(β)、辉绿岩($\beta\mu$)、闪长岩(δ)。海相碎 屑岩变形强烈,由于强烈挤压作用发育揉皱或层间 弯流褶皱,局部破碎呈断层泥夹于火成岩之间。地 表露头以能干性较强的火成岩为主,呈不规则刚性 块体状包裹于海相碎屑岩之中,不同火成岩之间亦 为断层接触,边部发育不同程度的片理化。岩石断 层接触部位发育同期片理或糜棱面理,表现为构造 协调。构造接触界面倾向为 NW 向 350°左右,断层 面总体呈现下部较缓,上部较陡的逆冲断层特点(图 1e)。后期多条近于平行的 SE 倾向(在 160°~180°) 逆冲断层,对早期构造接触界面进行了改造。本次 研究工作样品采集于杜尔基西北部一处露天采坑及 一处 公路壁,地理坐标分别为 121°11′10″E, 45°15′54″N;121°11′04″E,45°15′37″N。

2 岩石学特征

2.1 海相碎屑岩

石英白云母片岩(图 2a、图 2d):原岩为长英质 粉砂岩,见于与火成岩断层接触部位,露头松散,局 部已被改造为断层泥。多呈浅灰色-灰绿色,具片状 粒状变晶结构,片状构造。由白云母、石英和钠长石 组成。矿物呈明显定向排列,部分石英有拉长现象。

黑云绢云千枚岩(图 2c):原岩为泥质粉砂岩, 靠近断层接触部位变形强烈,向外变形相对减弱,露 头相对完整,与黑云母变质粉砂岩、含砾变质粉砂岩 等呈频繁互层产出,显示复理石建造的宏观特点。 岩石呈灰绿色,具粒状片状变晶结构,千枚状构造, 见丝绢光泽。岩石主要由绢云母、黑云母和长英质 粉砂组成。矿物长轴方向呈较明显连片定向排列。

2.2 火成岩

辉石角闪岩-角闪石岩(图 3a):露头处呈刚性块体包裹于断层泥中,与辉绿岩、玄武岩等均呈断层接触,混杂堆积。岩石十分致密,呈灰黑色-黑绿色,肉眼很难识别出其组成矿物,仅可见蚀变矿物阳起石等。镜下见柱状变晶结构,块状构造。主要由角闪石及少量辉石构成,个别岩块角闪石含量大于90%,构成角闪石岩。蚀变矿物以阳起石、绿帘石为主,局部阳起石仍保留辉石假象,可见近 90°辉石式解理。

辉绿(玢)岩(图 3b、图 3e):由于其能干性较弱 露头相对其它火成岩类型较差,岩石矿物结晶程度 明显较好,肉眼可见残余辉绿结构,局部见似斑状结 构。岩石多呈灰黑色-黑绿色,具变余辉绿结构,斑 晶和基质已经大部分蚀变成阳起石,少量蚀变成绿 泥石,绿帘石等。斑晶大部分为辉石,多蚀变为阳起 石,局部保留辉石假象;基质成分为斜长石和辉石, 可见斜长石的聚片双晶,呈不规则格架状分布于暗 色矿物中。



图 2 杜尔基构造混杂岩海相碎屑岩野外露头及微观特征 Fig. 2 The field and microscopic features of marine sedimentary rocks in Duerji tectonic melange (a)-石英白云母片岩揉皱特征;(b)-变质粉砂岩基质包裹角闪石岩岩块;(c)-黑云绢云千枚岩镜下特征; (d)-石英白云母片岩镜下特征;Kfs-钾长石;Ms-白云母;Qtz-石英

(a)—The crumple deformation of quartz muscovite schist; (b)—the amphibolite are encased in the metamorphic siltstone; (c)—microscopic feature of biotite sericite phyllite; (d)—microscopic characteristics of quartz muscovite schist; Kfs—K-feldspar; Ms—muscovite; Qtz—quartz

玄武岩(图 3c、图 3d):为混杂岩带内出露最多 的火成岩类型,岩石阳起石化及碳酸盐化强烈,局 部发育枕状构造,但被人工破坏,形态不完整。岩 石呈灰绿色-黑绿色,多具变晶结构,块状构造。有 一个样品可识别出原岩的球颗结构,主要由斜长 石和辉石组成的球颗、玻璃质及后期蚀变矿物阳起 石、碳酸盐等组成。球颗主要由呈梳状、帚状和放射 状等形态,由结晶程度低、纤维状辉石和斜长石 构成。

蚀变闪长岩(图 3f):地表可见两处较大的北 东轴向的岩块与海相碎屑岩呈断层接触,采坑内 见其与玄武岩、辉绿岩等呈断层接触,构造界面无 明显规律。岩石呈灰白色-灰绿色,具半自形粒状 结构,块状构造。主要成分为中性斜长石、角闪石 构成,中长石呈自形板状,聚片双晶发育;角闪石为 绿色普通角闪石,呈长柱状,多见新生蚀变物阳起 石、绿帘石等。

3 岩石地球化学特征

为了研究杜尔基构造混杂岩的地球化学特征及 构造属性,在人工采坑内采取了较新鲜的样品进行 岩石地球化学分析,包括5件碎屑岩(表1)及14件 火成岩(表2),这些样品均采自人工采坑及公路壁 基岩露头(图1d),样品较新鲜,采集位置避开了不 同类型岩石的构造接触带、强蚀变带和断裂破碎带 等。研究过程中将海相碎屑岩与火成岩分类讨论。 样品分析测试均由中化地质矿山总局中心实验室完 成,其中主量元素采用 x 荧光光谱仪(XRF)测定, 分析误差低于 2%;微量元素和稀土元素采用电感 藕合等离子质谱仪(ICP-MS)测定。分析精度和准 确度一般优于 5%。

3.1 海相碎屑岩

海相碎屑岩主量元素方面整体具有高 Si、Al、 低 Ti、P、Mn 的特点。Al₂O₃/(Na₂O+K₂O)值反映



图 3 杜尔基构造混杂岩火成岩野外露头及微观特征

Fig. 3 The field and microscopic features of magmatic rocks in Duerji tectonic mélange

(a)一辉石角闪岩岩块与变质粉砂岩基质断层接触;(b)一阳起石化辉绿岩野外特征;(c)一阳起石化玄武岩枕状构造;(d)一碳酸盐化阳起 石化球颗玄武岩镜下特征;(e)一阳起石化辉绿玢岩镜下特征;(f)一阳起石化闪长岩镜下特征;Cb一碳酸盐;Fe一铁质;Px一辉石;Pl一斜长 石;Act一阳起石;Ab一钠长石

(a)—The fault contact of pyroxene amphibolite and metamorphic siltstone; (b)—field outcrop characteristics of diabase; (c)—the pillow structure of actinolitization basalt; (d)—microscopic characteristics of carbonation globular basalt; (e)—microscopic characteristics of actinolitization diabase; (f)—microscopic characteristics of actinolitization diorite; Cb—carbonate; Fe—ferruginous; Px—pyroxene; Pl—plagioclase; Act—actinolite; Ab—albite

泥质岩石中稳定组分和不稳定组分的相对含量, ICV 指数可以用来确定沉积物的成分成熟度(He Youbin et al.,2007)。ICV 指数为 0.86~1.15(均 值 1.00),表明其成分成熟度较低,形成环境动荡。 Al₂O₃/(Na₂O+K₂O)为 1.75~2.87(均值 2.13), 反映其稳定组分含量较低。HREE 元素 La、Ce 等

表 1 杜尔基构造混杂岩海相碎屑岩主量、 稀土及微量元素分析结果

Table 1 Major, REE, and trace element analyzing results of

marine sediment	tarv rocks in Due	rii tectonic melange
-----------------	-------------------	----------------------

样且编早	GPM01	GPM04	DTK16	PM09	GPM08
件曲细与	-16-2	-3-3	-0-3	-13-2	-8-2
<u>ьц</u> , ј.ц.	绢云	石英白	变质	变质	变质
石性	千枚岩	云母片岩	粉砂岩	粉砂岩	粉砂岩
SiO_2	63.81	66.48	66.41	64.92	63.30
${\rm TiO}_2$	0.65	0.74	0.72	0.68	0.62
$\mathrm{Al}_2\mathrm{O}_3$	14.70	15.70	16.17	15.25	16.16
$\mathrm{Fe}_2\mathrm{O}_3$	2.63	2.05	2.50	4.63	3.26
FeO	3.61	3.54	2.61	0.37	2.03
MnO	0.11	0.06	0.06	0.08	0.098
MgO	2.36	1.74	1.52	1.78	1.41
CaO	5.68	1.50	1.81	1.92	1.58
K_2O	1.03	1.38	2.65	5.15	3.91
Na_2O	4.10	6.08	4.84	3.39	5.32
P_2O_5	0.22	0.22	0.18	0.23	0.33
CO_2	1.03	0.44	0.33	1.52	0.54
LOI	1.49	0.91	0.82	1.66	2.32
Total	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
ICV	1.12	0.86	0.87	1.15	1.00
$\begin{array}{c} \mathrm{Al_2O_3/} \\ \mathrm{(Na_2O\!+\!K_2O)} \end{array}$	2.87	2.11	2.16	1.78	1.75
La	18.70	43.57	36.41	38.53	24.84
Ce	37.10	89.78	72.80	77.12	48.84
Pr	4.98	11.11	9.13	9.45	6.42
Nd	21.07	43.83	36.14	37.19	25.84
Sm	4.51	8.42	6.79	6.69	4.63
Eu	1.10	1.69	1.38	1.12	1.13
Gd	3.59	6.80	5.47	5.51	3.65
Tb	0.71	1.17	0.97	0.92	0.57
Dy	4.58	7.17	5.83	5.58	3.28
Ho	0.98	1.44	1.19	1.12	0.62
Er	2.67	4.12	3.30	3.20	1.88
Tm	0.44	0.64	0.52	0.50	0.29
Yb	2.89	4.34	3.44	3.43	2.04
Lu	0.41	0.63	0.52	0.50	0.33
Y	26.46	40.18	31.83	30.60	18.71
ΣREE	103.73	224.69	183.88	190.86	124.35
LREE	87.46	198.40	162.65	170.10	111.70
HREE	16.28	26.29	21.23	20.76	12.65
LREE/HREE	5.37	7.55	7.66	8.19	8.83
$\mathrm{La}_{\mathrm{N}}/\mathrm{Yb}_{\mathrm{N}}$	0.61	0.95	1.00	1.06	1.15
ðEu	1.29	1.05	1.06	0.86	1.29
Rb	27.50	98.60	71.20	139.00	106
Ba	230.00	469.00	697.00	815.00	1008
Th	4.32	9.05	9.66	8.65	4.65
U	1.15	1.99	2.08	2.40	1.83
Nb	6.57	14.70	13.20	12.90	7.71
Sr	299.40	162.70	169.00	173.00	461.8
Zr	153.00	303.00	228.00	225.00	25.8
Hf	4.22	8.28	6.28	5.91	195
Ta	0.39	0.86	0.82	0.79	4.49
Sc	13.0	12.9	9.46	13.9	11.72

注:氧化物含量%,稀土、微量元素含量×10⁻⁶。

含量相对较高,LREE/HREE 较低,为 5.37~8.19 (均值7.19),在稀土元素北美页岩标准化配分曲线 (图 4a)上较平缓,无明显 Eu 异常。在碎屑岩物源 判别方程图(图 5)上,样品投点位置虽然分散,但均 落于火成岩区域内。沉积岩中 Th、Sc 和高场强元 素性质稳定,较少或不受沉积过程的影响(Taylor et al., 1985; McLennan et al., 1991), 在碎屑岩 Th/ Sc-Zr/Sc图解(图 6)上样品投点位置处于玄武岩-长英质岩石之间,更偏向长英质岩石区域,目未经历 明显的沉积再循环作用,进一步说明其碎屑物源区 以火成岩为主(Yan Yi et al., 2002), 且沉积盆地距 物源区较近。海相碎屑岩微量元素蛛网图(图 4b) 显示 Rb、Ba、K 等大离子亲石含量较高,呈 Nb、Sr、 P、Ti 等高场强元素亏损,具有岛弧或者活动陆缘火 成岩(玄武岩)源区的微量元素特点,但其 Th 含量 不具备典型岛弧火成岩的亏损特点,仍略显富集,指 示了其源区火成岩更偏向于大陆环境(Xia Linqi et al.,2007)。

3.2 火成岩

杜尔基构造混杂岩内的火成岩多遭受强烈的后 期蚀变作用,因此在探讨其地球化学特征过程中岩 石类型及相关元素的选择十分关键。研究表明熔岩 是最能反映混杂岩岩块地球化学特征的单元 (Zhang Qi et al., 2001; Shen Weizhou et al., 2003),因此选取火成岩中的玄武岩、辉绿岩、闪长岩 进行地球化学特征讨论,重点研究 Al、P、Ti、Y、Zr、 Nb、Th、Ta 及 REE 等这些在后期变质过程中相对 稳定的元素(Ludden et al., 1978; Bienvenu et al., 1978)。

3.2.1 主量元素特征

杜尔基构造混杂岩中玄武岩和辉绿岩 SiO₂含量 49.06% ~ 54.32% (均值 51.9%), TiO₂含量 0.48% ~ 0.76% (均值 0.68%),接近岛弧拉斑玄武 岩(IAT)的 TiO₂含量(平均为 0.8%) (Sun et al., 1980),高于洋岛玄武岩(OIB)的 TiO₂平均含量 2.86% (Sun Lixin et al., 2014)。MgO 含量 4.4% ~ 12.08% (均值 8.40%),明显高于安山岩 Mg 的 平均含量 4.36% (Zhang Qi et al., 2001), Al₂O₃含量为 11.19% ~ 16.18% (均值 14.11%), K₂O 含量 0.25% ~ 1.63% (均值 0.70%), Na₂O 含量 2.12% ~ 5.15% (均值 3.42%), Na₂ O/K₂ O 为 2.96 ~ 13.54(均值 4.87), 为一套富 Na 贫 K 岩系, P₂O₅含量 0.10% ~ 0.25% (均值 0.17%), 具有典型的低 Ti, P,高 Mg 和 Al 的特点, 在 AFM 图解(图 5)上,



图 4 海相碎屑岩稀土元素北美页岩标准化配分模式、微量元素原始地幔标准化蛛网图 (图 4a 据 Peter et al., 1984;图 4b 据 Sun et al., 1989)

Fig. 4 North American shale-normalized REE distribution patterns and primitive mantle-normalized trace element apider diagram of the marine sedimentary rocks(Fig. 4a after Peteret al. ,1984; Fig. 4b after Sun et al. ,1989)



图 5 海相碎屑岩物源判别方程图(据 Roser et al.,1986) Fig. 5 Source discriminant diagram of marine sedimentary rocks (after Roser et al.,1986)

玄武岩和辉绿岩投图位置较分散,但绝大多数靠近 拉斑玄武系列和钙碱性系列分界的趋势线及与岛弧 有关的镁铁质堆晶岩区域,表明其成因应该与岛弧 的演化密切相关。

因长岩 K₂ O 含量 0.41% ~ 1.43% (均值 1.06%), Na₂ O 含量 2.70% ~ 3.53% (均值 3.22%), Na₂O/K₂O为2.30~7.68(均值3.82), 具 有富 Na 贫 K 的特征, 但较玄武岩和辉绿岩钾含量 更高。TiO₂含量 0.79%~1.46% (均值1.2%), 远 高于岛弧拉斑玄武岩 (IAT)的 TiO₂含量, 其相对高 K、高 Ti 的特征, 表明其成因与大陆地壳关系密切。 MgO 含量介于 3.9%~8.74% (均值5.57%), 高于 安山岩 Mg 的平均含量4.36%, Mg[#]值41.22~ 66.65(均值51), 具有张旗定义的高镁闪长岩的特 点 (Zhang Qi, 2014), 其 SiO₂含量为49.62%~





Fig. 6 Th/Sc-Zr/Sc discriminant diagram of marine sedimentary rocks(after McLenenan et al. ,1993)

53.64%(均值 53.41%),FeO/MgO 为 0.65~1.36 (均值 1.08),结合邓晋福等关于镁闪长岩/安山岩 (MA)的分类建议(SiO₂52%~MgO 4.5%),本文采 用邓晋福的分类建议,认为该套岩石在主量元素成 分上应属其定义的镁闪长岩(MA),与阿留申弧 MA元素含量相似(Kay,1978;Deng Jinfu et al., 2010)。在AFM 图解(图 7)上样品多投点于与岛弧 有关的非堆晶岩区域,且有向 A 端演化的趋势,偏 向于张旗关于镁铁-超镁铁岩分类中定义的橄榄岩-闪长岩岩体,应该是与板块俯冲作用有关的地幔橄 榄岩在含丰富水的条件下部分熔融形成(Zhang Qi, 2014)。

3.2.2 稀土元素特征

玄武岩和辉绿岩 ∑REE 为 32.14~62.47(均值 47.44),具备基性岩低稀土含量的特点,接近且略高



图 7 杜尔基构造混杂岩火成岩 AFM 图解 (据 Zhang Qi, 2014)

Fig. 7 The AFM diagram of magmatic rocks in Duerji tectonic melange(after Zhang Qi,2014) TH-拉斑玄武岩系列;CA-钙碱性系列 TH-Tholeiitic series;CA-calc-alkaline series

于 MORB 型玄武岩(39.11×10⁻⁶)。轻重稀土比值 LREE/HREE 为 2.85~5.28(均值 3.44),高于 MORB 型玄武岩(1.32),与其相比更富含 LREE 元 素,La_N/Yb_N为 1.74~4.55(均值 2.27),反映轻重 稀土分馏明显,在球粒陨石标准化稀土配分曲线(图 8a)略呈右倾趋势,各样品曲线一致性较好,轻稀土 相对富集,重稀土相对略亏损,具有岛弧玄武岩稀土 配分曲线的特点,其右倾趋势又与 MORB 型玄武岩 类似,与典型洋岛玄武岩的右倾稀土配分曲线明显 不同,说明其可能形成于岛弧演化的初期(Li Yingjie et al.,2018), δ Eu = 0.87~1.29(均值 1.01),无明显的铕异常。

闪长岩 ΣREE 相比玄武岩和辉绿岩含量明显 更高,说明与玄武岩和辉绿岩成因明显不同(Zhao Zhenhua, 2007), 轻重稀土比值 LREE/HREE 为 1.55~3.48(均值 2.66),反映轻稀土相对略富集。 La_N/Yb_N比值为 0.68~2.55(均值 1.60),反映轻重 稀土分馏不太明显。δEu 为 0.94~1.33(均值 1.12),具微弱的正铕异常,说明岩浆形成过程中可 能存在斜长石的熔融。在稀土元素球粒陨石标准化 配分曲线(图 8a)上四个样品一致性较好,另外一个 样品 ΣREE 含量较低,可能是流体与地幔交代熔融 程度不均一的结果。曲线总体较平缓但微向右倾, 表现出亏损地幔源区的特征,与大陆地壳玄武岩稀 土元素配分曲线类似,与岛弧玄武岩及洋岛玄武岩 的配分曲线明显不同,说明其成因与陆壳关系密切, 应该是俯冲带上俯冲流体交代陆壳成分部分熔融的 产物。

3.2.3 微量元素特征

玄武岩和辉绿岩微量元素特征基本一致,其中 大离子亲石元素 Rb、K、Ba、Th 等相对富集,Nb、 Hf、Ti 等高场强元素明显亏损。 $w(Sr) = 129.4 \times$ $10^{-6} \sim 371.9 \times 10^{-6}$ (均值 271×10^{-6}),低于大陆地 壳 Sr 平均质量分数(325×10^{-6})(Sun S S et al., 1989); Zr/Hf=14.32~29.26(均值 19.5),明显低 于原始地幔(36.27),但高于大陆地壳值(11.00) (Zhang Yutao et al.,2007)。在微量元素原始地幔 标准化蛛网图(图 8b)上,总体呈右倾锯齿状,呈现 明显的 Nb、Ta、Zr、Ti 异常"谷",与岛弧玄武岩的微 量元素曲线相似(NiuYaoling,2013),与典型洋岛玄 武岩及大陆地壳玄武岩的微量元素蛛网图明显不同。



图 8 火成岩球粒陨石标准化配分模式、微量元素原始地幔标准化蛛网图(图 6a 据 Gromet et al., 1984;图 6b 据 Sun et al., 1989) Fig. 8 Chondrite-normalized REE distribution patterns and primitive mantle-normalized trace

element apider diagram of the magmatic rocks(Fig. 6a after Gromet et al. ,1984, Fig. 6b after Sun et al. ,1989)

表 2 杜尔基构造混杂岩火成岩主量、稀土及微量元素分析结果

Table 2 Major, REE, and trace element analyzing results of magmatic rocks in Duerji tectonic melange

样只编早	GPM09	D8049	GPM01	GPM01	GPM05	GPM05	GPM08	GPM06	GPM03	GPM06	D9046	D9040	PM11	DBK44
11千日 3冊 5	-8-5	-2-3	-27-2	-35-3	-5-2	-7-3	-7-2	-3-2	-3-2	-8-2	-0-1	-0-1	-37-2	-0-1
岩性	玄武岩	玄武岩	玄武岩	辉绿岩	辉绿岩	辉绿岩	玄武岩	玄武岩	辉绿岩	闪长岩	闪长岩	闪长岩	闪长岩	闪长岩
SiO ₂	46.83	49.06	53.67	54.32	51.51	49.59	50.96	52.70	53.75	49.62	53.19	53.64	58.68	51.93
TiO_2	0.70	0.76	0.74	0.63	0.55	0.55	0.48	0.81	0.93	0.79	1.46	1.35	0.67	0.63
$\mathrm{Al}_2\mathrm{O}_3$	13.51	14.27	15.06	16.20	12.66	12.26	11.19	16.28	14.95	16.19	15.07	14.58	14.73	15.43
$\mathrm{Fe}_2\mathrm{O}_3$	4.77	5.03	3.08	3.37	3.09	4.04	3.57	3.76	3.31	5.43	3.17	8.18	1.93	2.24
FeO	4.69	7.64	5.77	5.34	8.57	8.82	8.43	8.46	8.43	6.78	7.28	2.54	5.16	5.78
MnO	0.12	0.25	0.15	0.17	0.21	0.20	0.21	0.19	0.21	0.27	0.21	0.15	0.14	0.12
MgO	8.65	8.10	8.09	6.47	10.40	12.08	11.79	4.40	5.83	5.55	5.32	3.90	4.35	8.74
CaO	7.29	10.13	6.65	10.11	9.12	9.08	11.37	8.44	7.86	10.86	8.60	5.83	7.81	11.09
K_2O	1.37	0.91	1.24	0.39	1.63	0.25	0.30	0.38	0.53	1.23	1.43	1.17	1.16	0.41
Na ₂ O	2.32	2.68	4.48	3.67	2.36	2.25	2.12	5.15	4.67	3.53	3.48	2.70	4.18	3.16
P₂O₅	0.22	0.14	0.23	0.25	0.10	0, 13	0.15	0.18	0.19	0.27	0.22	0.44	0.51	0.04
CO2	5.79	0.54	1.03	0.22	0.76	0.44	0.33	0.36	0.22	0.44	0.60	0.82	0.65	0.12
LOI	3 74	1 88	1 48	0.32	0.75	1 72	0.36	0.19	0.28	0.23	1 37	5 80	1 26	1 07
Total	100 00	100 00	100.00	100 00	100.00	100 00	100.00	100.00	100.00	100.00	100 00	100.00	100.00	100 00
Ma#	63 17	54 28	62 81	57 93	62 03	63 35	64 34	30 83	17 67	45 90	18 34	41 23	52 91	66 65
I o	6 80	6 45	10 65	6.83	4 54	4 21	4 00	7 07	7 48	6 23	0.28	18 14	14 13	5 50
La	15 11	14 45	21 21	14 16	10 73	9.25	4.03 8.80	15 74	16 83	13 12	24 22	36 56	34 49	0.96
D _n	2 25	2 12	2 02	2 16	1 70	3.25	1 42	2 72	2 74	2 14	2 9 85	5 95	1 11	5 12
Nd	11 44	10 47	12 72	10 02	2.62	7 47	7 21	12 02	12 67	10 47	10 21	28 00	10 00	1 99
See.	2 01	10.47	2 14	2 61	0.02	2.04	1.00	2 65	2 79	2 01	19.31	20.09	10.90	1.02
Sili	3.01	2.02	0.77	2.01	2.30	2.04	1.99	3.03	0.06	2.91	1 75	1.21	4.11	1 22
Eu	1.12	0.82	0.77	1.09	0.00	0.00	0.55	0.90	0.90	0.00	1.70	1.92	1.23	1.32
Ga TL	2.00	1.97	2.29	1.00	1.09	1.41	1.41	2.40	2.03	2.04	3.07	0.00	5.10	0.40
T D	2.02	2 27	2.06	2 00	2 01	2.60	2 44	1 20	1 69	2 64	7.56	1.24 9.72	4.04	0.71
Dy	5.02	0.71	2.90	2.90	5.01	2.00	2.44	4.20	4.00	5.04 0.76	1.50	0.70	4.04	0.71
F	1 55	1.96	1 50	1 62	1 50	1 45	1 22	0.09	0.90	2.07	1.04	1.01	0.00	1.91
Er	1.00	1.00	1.59	1.03	1.00	1.40	1.32	2.39	2.03	2.07	4.10	4.74	2.22	0.34
1 m	0.25	0.32	0.24	0.27	0.27	0.23	0.23	0.38	0.44	0.30	0.67	0.78	0.37	2.12
YD	1.61	2.12	1.58	1.74	1.72	1.63	1.52	2.59	2.98	2.36	4.53	4.80	2.49	0.34
Lu	0.23	0.31	0.22	0.27	0.20	0.24	0.22	0.30	0.45	0.37	0.00	0.67	0.35	18.89
Y	15.68	18.40	16.25	16.07	16.29	14.05	13.75	23.64	26.82	22.15	42.10	57.57	22.95	26.69
ZREE	49.59	48.26	62.47	46.09	38.34	33.44	32.14	57.98	60.82	47.79	87.92	125.98	91.34	16.23
LREE	39.83	37.14	52.52	36.48	28.82	24.98	24.16	44.01	45.40	35.70	63.92	97.83	77.37	10.45
HREE	9.76	11.12	9.95	9.61	9.52	8.46	7.98	13.97	15.42	12.09	24.00	28.15	13.97	1.55
LREE/HREE	4.08	3.34	5.28	3.80	3.03	2.95	3.03	3.15	2.94	2.95	2.66	3.48	5.54	0.72
La_N / Yb_N	3.03	2.06	4.55	2.65	1.78	1.75	1.82	1.84	1.70	1.78	1.38	2.55	4.07	1.27
δEu	1.30	1.06	0.88	0.97	1.30	1.01	1.00	0.91	0.94	1.04	1.16	0.94	1.01	2.15
Ba	359.2	162.00	120.00	85.30	301.00	109.00	73.50	139.00	103.00	16.19	15.07	14.58	298.9	116.1
Rb	362.3	27.30	49.10	14.70	61.80	10.20	9.30	10.40	25.60	0.79	1.46	1.35	34.8	19.5
Th	0.78	1.43	1.56	0.76	0.66	0.56	0.53	0.74	0.86	5.43	3.17	8.18	3.77	0.90
Nb	3.26	3.15	6.97	3.55	1.24	1.32	1.55	1.64	2.16	0.27	0.21	0.15	5.86	1.10
U	0.34	0.46	0.51	0.41	0.23	0.21	0.26	0.24	0.26	1.23	1.43	1.17	1.20	0.14
Ta	0.21	0.20	0.47	0.21	0.09	0.08	0.08	0.10	0.14	6.78	7.28	2.54	0.35	0.11
Sr	362.3	260.50	346.10	330.20	296.80	129.40	193.30	371.90	248.90	49.62	53.19	53.64	430.4	285.9
Zr	61.5	53.90	75.80	55.30	53.30	38.30	32.10	84.30	77.70	5.55	5.32	3.90	116.1	30.8
Hf	2.29	3.08	2.59	2.55	2.68	2.67	2.03	5.57	3.46	10.86	8.60	5.83	4.76	1.05

注:氧化物含量%,稀土、微量元素含量×10⁻⁶。

通常与消减作用有关的玄武质岩石亏损 Nb、Ta,而 富 Th,Th/Ta 高(一般>4),岛弧环境玄武岩比值 通常大于 3(Pearce et al.,1973),研究区玄武岩及 辉绿岩 Th/Ta=3.33~7.19(均值 6.03),具有消减 带玄武质岩石特征,明显高于岛弧玄武岩。

闪长岩明显富集 K、Rb、Th 等大离子亲石元 素,但相比玄武岩和辉绿岩 Ba 相对亏损;强烈亏损 Nb、Zr 等高场强元素,与典型岛弧富 Nb 玄武岩地 球化学特征区别明显,Th、Ta元素较区内玄武岩 和辉绿岩更加富集,同时其高Sr,高La/Yb的特 征也区别于典型的弧岩浆岩(Deng Jinfu et al., 2010),说明其源区偏向大陆地壳(Zhao Zhenhua., 2007)。在原始地幔标准化蛛网图(图 8b)上,具有 明显的Rb、Sr、K、Hf等正异常"峰"和Nb、Ta、Ti、 P负异常"谷",显示出与俯冲作用有关的地球化学 特征(Wang Jinfang et al.,2018),但曲线整体位于 玄武岩及辉绿岩曲线之上,显示其不是同源产物。 闪长岩的微量元素特征与研究区外围早二叠世大 石寨期火山岩微量元素特征基本一致,可能为同 时异相的产物,是与俯冲消减作用有关的深成侵 入岩。

4 构造环境

4.1 海相碎屑岩

海相碎屑岩地球化学特征与岛弧或活动陆缘岩 浆岩相似,其物源特征显示其可能来源于板块汇聚 地带的岩浆岩源区,但其 Th 含量较高的特点也反 映了其沉积过程中有陆壳物质的参与。在 Fe₂O₃^T +MgO-TiO₂构造环境判别图解(图 9)内,样品均投 图于大陆边缘弧区域,在沉积岩 Na₂O/K₂O-SiO₂构 造环境判别图解(图 10)上,样品投图于活动大陆 边缘及被动大陆边缘区内。对于其碎屑锆石年龄 的研究表明,在498~2365Ma之间具有多个峰值 年龄,显然具有十分复杂的碎屑物源区特征。其 中有一组年龄值(5个点)在1809.5~2364.5Ma 之间[●]。已有研究表明,华北板块和西伯利亚板块 分别以 2.5Ga 和 1.8Ga 的岩浆事件较为典型 (Chen Shuwang et al., 2015),这说明研究区内海 相碎屑岩物源区仍然偏向于西伯利亚板块,结合 其局部有序露头具有浊流沉积(复理石建造)的特 点,判断杜尔基构造混杂岩中海相碎屑岩应该形 成于陆缘岩浆弧与活动大陆边缘间的弧后盆地中, 但整体应该更偏向于西伯利亚板块一侧的大陆 斜坡。

4.2 火成岩

杜尔基构造混杂岩中的玄武岩及辉绿岩主量元 素部分具有岛弧拉斑玄武岩的特征,与岛弧演化密 切相关。稀土元素及微量元素兼具洋中脊玄武岩和 岛弧玄武岩的特点。在玄武岩 Zr/Y-Zr 构造环境判 别图(图 11)中,样品投点位置处于岛弧玄武岩及洋 中脊玄武岩内,与其元素地球化学特征吻合。已有 研究表明,有一类前弧玄武岩具有稍微富集大离子





图 10 海相碎屑岩 Na₂O/K₂O-SiO₂构造环境判别图解 (据 Roser et al., 1986)

Fig. 10 Na₂O/K₂O-SiO₂ tectonic discriminant diagram of marine sedimentary rocks(after Roser et al. ,1986)

亲石元素和微弱亏损高场强元素的特征,由于俯冲 流体的残余导致其兼有洋中脊与岛弧双重特性 (Hawkesworth et al.,1997; Ishizukaet al.,2009; Xiao Qinghui et al.,2016; Li Yingjie et al.,2018)。 因此,研究区玄武岩和辉绿岩有可能属于前弧玄武 岩,在对其构造环境判别讨论中将其与近年来兴蒙 造山带首次识别出的西乌旗达哈特前弧玄武岩(在 大地构造位置上与研究区处于同一俯冲增生杂岩 带)(Li Yingjie et al.,2012,2015)及自然界马里亚 纳前弧玄武岩进行对比。在玄武岩 Hf-Th-Ta 图解 (图 12)中,样品多投图于 LAT 区内,接近马里亚纳 前弧玄武岩的投图位置,与达哈特玄武岩投图位置





图 11 玄武岩、辉绿岩境 Zr/Y-Zr 构造环境判别图解 Fig. 11 Zr/Y-Zr discriminant diagram of basalt and diabase



图 12 杜尔基玄武岩、辉绿岩、达哈特前弧玄武岩、马里 亚纳前弧玄武岩 Hf/3-Th-Ta 构造环境判别图(据 Wood, 1980;Li Yingjie et al., 2018)

Fig. 12 Hf/3-Th-Ta tectonic discriminant diagram of Duerjibasaltand disbase, Dahate basalt and Mariana forarc basalt (after Wood, 1980; Li Yingjie et al., 2018)

部分重合,研究表明 LAT 型有两类:一类是在蛇绿 岩中,另一类产于初始岛弧或不成熟的岛弧中 (Zhang Qi,2014),研究区内玄武岩、辉绿岩更可能 形成于初始岛弧环境中。在 Th/Yb-Ta/Yb 图解 (图 13)中,样品多投图于大洋岛弧区域内,仅一个 样品落于活动大陆边缘内。大洋岛弧既可能为洋内 俯冲作用形成的洋内弧,亦有可能为地幔柱作用形 成的洋岛玄武岩(OIB),但是区内玄武岩及辉绿岩 并不具备中亚造山带中已发现的洋岛玄武岩(OIB) 的典型特征(Yang Gaoxue,2016),且稀土微量元素 也与洋岛玄武岩特征差异明显。目前内蒙地区最新 报道的洋岛玄武岩位于大兴安岭北部奇乾一带 (Sun Lixin et al.,2014),在 Nb/Th-Nb 构造环境判 别图解(图 14)中,研究区内玄武岩及辉绿岩与奇乾 洋岛玄武岩处于截然不同的投图位置,因此可以排 除其为洋岛玄武岩的可能性。因此可以确定研究区 玄武岩和辉绿岩形成于洋内初始俯冲背景下的前弧 环境。

前文研究表明闪长岩具有与俯冲作用有关的镁 闪长岩(MA)的特点,明显富集 K、Rb 和 Sr 等大离 子亲石元素,亏损 Nb、Zr 和 P 等高场强元素,具有 典型俯冲带组分特征。在安山岩 Th-La/Yb 构造环 境判别图解(图15)中样品投图位置较分散,但与巴 嘎哈尔高镁闪长岩相比整体更靠近大陆边缘弧,与 辉绿岩和玄武岩的构造环境截然不同。闪长岩的地 球化学特征显示其成因与陆壳关系密切,相较形成 于洋内俯冲消减环境西乌旗巴嘎哈尔高镁闪长岩 (HMA)明显富集 Ta、Ti,亏损 Ba(Deng Jinfu et al., 2010; Wang Jinfang et al., 2018), 可能是陆缘 增生带相对洋壳更厚, 使俯冲作用早期相对深度不 够导致熔融岩浆更加富集陆壳成分。在 Ba/Nb-La/Nb 相关图解(图 16)中,研究区闪长岩全部投图 于弧火山范围内,且样品集中分布在大陆地壳平均 组成区域,表明其侵位过程中受到了大陆地壳组分 的混染。因此,区内闪长岩应该形成于洋壳向陆壳 初始俯冲过程中,是俯冲洋壳与俯冲沉积物部分熔 融形成的硅质熔体,交代大陆岩石圈地幔并使其部 分熔融形成的。因此,闪长岩形成的大地构造环境 为活动大陆边缘。

5 讨论

5.1 构造属性

杜尔基构造混杂岩中的海相碎屑岩经研究表明 形成于活动大陆边缘构造环境,应该是弧后盆地更 靠近陆缘的大陆斜坡地带,研究区大地构造位置上 处于俯冲增生杂岩带与岩浆弧结合部位,因此该套 海相碎屑岩是板块汇聚、洋壳消亡的整体大地构造 背景下形成的一套浊流沉积岩,是动荡沉积盆地中 持续增生的产物,结合其具有强变形弱变质的特点, 判断其属于构造混杂岩的"基质"。

杜尔基构造混杂岩中的玄武岩和辉绿岩经研究 表明形成于洋内弧弧前构造环境,形成大地构造位 置应位于西伯利亚板块与华北板块间的晚古生代残 余海盆,是后期洋盆闭合过程中洋内初始俯冲导致 洋内弧形成的产物,属于构造混杂岩中的"外来岩



图 13 玄武岩、辉绿岩 Th/Yb-Ta/Yb 判别图解 (据 Pearce, 1982)





图 14 杜尔基玄武岩、辉绿岩及奇乾洋岛玄武岩 Nb/Th-Nb 构造环境判别图解(据 Sun Lixin et al.,2014)

Fig. 14 Nb/Th-Nb/Yb tectonic discriminant diagram of Duerjibasalt, diabase andQiqian oceanic island basalt (after Sun Lixin et al. ,2014)

图 11-图 14 注释:CAB一钙碱性玄武岩:N-MORB一正常洋中脊玄 武岩:E-MORB一富集洋中脊玄武岩:WPAB一板内碱性玄武岩; IAB一岛弧玄武岩:WPB一板内玄武岩:MORB一洋中脊玄武岩; IAT-岛弧拉斑系列;ICA-岛弧钙碱系列;SHO-岛弧橄榄玄粗 岩系列

annotation of Fig. 11-Fig. 14: CAB—calc-alkaline basalt; N-MORB—normal mid-ocean ridge basalt; E-MORB—enriched midocean ridge basalt; WPAB—intraplate alkaline basalt; IAB—island arc basalt; WAB—intraplate basalt; MORB—mid-ocean ridge basalt; IAT—island arc tholeiite; ICA—island arc calc-alkaline; SHO—island arc Shoshonite

块",指示了洋陆转换早期的洋内初始俯冲作用 (Xiao Qinghui et al.,2016)。

杜尔基构造混杂岩中的闪长岩经研究表明形成 于活动大陆边缘构造环境,是洋壳向陆壳初始俯冲



图 15 杜尔基闪长岩、巴嘎哈尔高镁闪长岩 Th-La/Yb 构造环境判别图 解(据 Condie, 1986; Wang Jinfang et al., 2018)

Fig. 15 Th-La/Yb tectonic discriminant diagram of Duerji diorite and Bagahaer high-Mg diorite (after Condie, 1986; Wang Jinfang et al., 2018)



(after Li Yilong et al. ,2012)

过程中俯冲流体交代大陆岩石圈地幔并使其部分熔 融的产物。在研究区外围多处可见该套闪长岩侵入 至下二叠统大石寨组地层中⁶,其与区域上大石寨 期中酸性火山岩及早-中二叠世花岗闪长岩体、二长 花岗岩岩体共同构成了一条近东西走向的晚古生代 俯冲岩浆弧⁰⁰⁰⁰,与前文所述的近东西向镁铁-超 镁铁岩带平行,而且这一系列岩浆活动的时代与构 造混杂堆积作用形成的时代相对应。因此杜尔基闪 长岩应该是与构造混杂岩伴生的俯冲岩浆弧的一部 分,与区域早二叠世大石寨期火山岩是同时异相的 产物,其早期侵位后又在构造混杂作用中被改造肢 解,属于"原地岩块",指示了洋壳向陆壳初始俯冲 作用。

5.2 地质意义

近年来,有学者认为锡林浩特-西乌旗-牤牛海 一带存在一条(蛇绿)构造混杂岩带,其在内蒙古东 北部的总体分布与前文所述的白银宝力道俯冲增生 杂岩带基本一致 (Pan Guitang et al., 2015; Fu Junyu et al., 2017), 在该近东西向的构造带上断续 分布的镁铁-超镁铁火成岩的成因出现了岛弧及洋 中脊两种不同的观点,而且尚未报道与该期混杂作 用相关的俯冲岩浆弧的识别。近年来针对这些洋壳 残片的年代学研究表明,其形成时代介于晚石炭世-中二叠世之间。这仅仅代表了这些"外来岩块"的成 岩年龄,或者可以在一定程度上反映构造混杂作用 的时代下限。而构造混杂岩的原地基质及俯冲岩浆 弧的年代能够更加精确限定构造混杂岩的形成时 代。本文通过深入的岩石学及地球化学研究,结合 与已有成型研究的类似岩石进行对比,明确了杜尔 基构造混杂岩中"基质"、"原地岩块"、"外来岩块"的 不同构造属性,并首次在研究区内发现一套兼具洋 中脊和岛弧特性的前弧玄武岩(辉绿岩),为研究区 及周边关于镁铁-超镁铁岩成因分歧的解决提供了 基础地质依据。同时,通过研究识别出与俯冲作用 有关的镁闪长岩,属于早期侵位后被构造混杂作用 改造的原地岩块,其时代可以代表洋陆俯冲作用的 起始时代。综合上述结论,杜尔基构造混杂岩的识 别为研究古亚洲洋构造域的演化提供了可靠的基础 地质依据。

研究区外围出露的上石炭统本巴图组、上二叠 统大石寨组、中二叠统哲斯组等晚古生代地层,均发 育不同程度的构造变形,显示其部分卷入了构造混





Fig. 17 Late Carboniferous-Early Permian tectonic evolution model of the study area

杂作用[●]。研究区内"外来岩块"中辉绿岩形成时代 为 312Ma、"原地岩块"闪长岩形成时代为 296.2 ± 4.8 Ma,"基质"中变质粉砂岩碎屑锆石最小峰值年 龄为 267Ma[●]。在对杜尔基构造混杂岩构造属性深 入研究的基础上,结合区域上镁铁-超镁铁岩各自不 同的构造属性及形成时代,初步恢复了研究区晚石 炭世-早二叠世构造演化史,见图 17,即洋内初始俯 冲作用开始于晚石炭世、洋陆俯冲作用开始于早二 叠世,而杜尔基构造混杂岩最终就位时代为中二叠 世。因此,杜尔基构造混杂岩可能反映了晚石炭世 洋内俯冲-早二叠世洋陆俯冲-中二叠世洋盆闭合的 全过程,是区域晚古生代构造演化的良好地质记录。

6 结论

(1)杜尔基构造混杂岩是一套由"岩块"和"基 质"组成的整体无序而局部有序的构造混杂堆积地 质体,基质为一套强变形海相碎屑岩,岩石类型包括 构造片岩类,变质砂岩及千枚岩等,岩块包括玄武 岩、辉绿岩、辉石角闪岩-角闪石岩、闪长岩。

(2)杜尔基构造混杂岩碎屑岩稳定组分含量不高,成熟度较低,局部具有浊积岩的特点,具有活动 陆缘碎屑物源区的地球化学特征,形成于活动大陆 边缘的大陆斜坡地带,属于构造混杂岩中的"基质"。

(3)杜尔基构造混杂岩辉绿岩、玄武岩具有洋中 脊与岛弧双重地球化学特征,与西乌旗达哈特前弧 玄武岩构造环境基本可以对比,应该形成于洋内弧 弧前构造环境,是洋内初始俯冲作用的产物,属于构 造混杂岩中的"外来岩块"。

(4)杜尔基构造混杂岩闪长岩具有镁闪长岩 (MA)的地球化学特征,是俯冲洋壳脱水熔融产生 的岩浆与上覆楔形地幔发生相互作用后形成的岩浆 侵位的产物,构造环境应属俯冲消减背景下的活动 大陆边缘,属于构造混杂岩中的"原地岩块"。

(5)杜尔基构造混杂岩组成物质的构造属性可 能反映了晚石炭世洋内俯冲-早二叠世洋陆俯冲-中 二叠世洋盆关闭作用的全过程,对于区域晚古生代 构造演化史的恢复有重大意义。

致谢:本文在野外调查中得到中国地质调查局 沈阳地质调查中心汪岩、钱程、付俊彧、张立东等专 家的热情指导和帮助,审稿专家提出许多宝贵意见, 使本文得以完善,在成文过程中还得到了河北地质 大学李英杰教授的指点,在此一并表示衷心的感谢!

注 释

(L51E017006)、马家窑幅(L51E017007)、敖兰敖日格幅 (L51E018005)、科尔沁右翼中旗幅(L51E018006)、哈日道布幅 (L51E018007)区域地质调查成果报告.辽宁:沈阳地质调查 中心.

- ② 宋维民,陶楠,庞雪娇,等. 2016.内蒙古 1:50000 前他克吐 (L51E017007)、万宝镇(L51E014008)、保安屯(L51E015007)、突 泉县(L51E016007)、陈家屯(L51E016008)幅区域地质矿产调查 成果报告.辽宁:沈阳地质调查中心.
- ③ 金松,王博,伍光锋,等.2019.杜尔基构造混杂岩地质特征及其对晚古生代构造演化的制约.北京:中化地质矿山总局地质研究院.
- ④ 刘建雄,吕希华,王忠,等. 2004. 内蒙古 1:5 万都日布勒吉幅 (L51E017002)、乌兰哈达幅(L51E017003)、好老鹿场幅 (L51E018003)区域地质调查成果报告.内蒙古:内蒙古自治区地 质调查院.

References

- Chen Shuwang, Zhang Haihua, Zheng Yuejuan, Bian Xiongfei, Zhang Jian, Su Fei, Gong Fanhao, Huang Xin, Zhen Zhen. 2015. Detrital zircon LA-ICP-MS U-Pb age of the Late Permian Linxi Formation in Horqin Right Wing Middle Banner-Tuquan area of Inner Mongolia and its geological significance. Geological Bulletin of China, 34(10):1869~1877 (in Chinese with English abstract).
- Condie K C. 1982. Geochemistry and tectonic setting of Early Proterozoic supracrustal rocks in the southwest united states. Journal of Geology,94:845~864.
- Deng Jinfu, Liu Cui, Feng Yanfang, Xiao Qinghui, Su Shangguo, Zhao Guo Chun, Kong Weiqiong, Cao Wenyan. 2010. High magnesian andesitic/dioritic rocks (HMA) and magnesian andesitic/dioritic rocks (MA): Two igneous rock types related to oceanic subduction. Geology in China, 37(4):1112~1118 (in Chinese with English abstract).
- Fu Junyu, Wang yan, Na Fuchao, Yang Fan, Zhang Guangyu, Liu Yingcai, Kang Zhuang. 2015. Geology of the Hadayang tectonic Melange in Inner Mongolia.Discovery significance. 24(5):409~ 413(in Chinese with English abstract).
- Fu Junyu, Wang Yan, Zhong Hui, Song Weimin, Sun Wei, Na fuchao, Qian Cheng, Yang Yajun, Pang Xuejiao, Jiang Shan. 2017. Geochemistry and source characteristics of ultramafic rocks in TuquanMangniuhai, Inner Mongolia. Journal of Jilin Uniersity (Earth science edition), 47 (4): 1172 ~ 1186 (in Chinese with English abstract).
- Greenly E. 1919. The geology of Angelsey. Great Britain Geol. Survey Mem,1∼980.
- Gromet L P, Haskin L A, Korotev R L. 1984. The "North American shale composite": Its compilation, major and trace element characteristics. Geochimica et Cosmochimica Acta, 48 (12): 2469~2482.
- He Youbin, Wang Wenguang. 2007. Sedimentary Rocks and Sedimentary Facies. Beijing: Petroleum Industry Press, 137 ~ 138 (in Chinese with English abstract).
- Ishizuka O, Yuasa M, Taylor R N. 2009. Two contrasting magmatic types coexist after the cessation of back-arc spreading. Chemical Geology, 266(3-4):274~296.
- Hawkesworth C J, Turner S P, Mcdermott F. 1997. U-Th isotopes in Arc Magmas: Implications for element transfer from the Subducted Crust. Science, 276(5312):551~555.
- Kay R W. 1978. Aleutian magnesian andestites: Melts from subducted Pacific Ocean crust. J. Vol. Geotherm, Res 4:117~ 132.
- Kroner A, Windley B F, Badarch G. 2007. Accretionary growth and crust-formation in the Central Asian Orogenic Belt and comparison with the Arabian-Nubian shield. Geological Society of America Memoir, 200: 181~209.
- L Peter Gromet, Robert F, Dymek, Larry A Haskin. 1984. The "North American shale composite": Its compilation, major and trace element characteristics. Geochimica el Cosmochimica Acta,48:2469~2482.

- Li Boqin, Ji Wenhua, Bian Xiaowei, Wang Feng, Li Wei. 2007. The Composition and geological significance of the Mazha Tectonic Melange in West Kunlun Mountains Geocience, 21(1):78~86 (in Chinese with English abstract).
- Li Yilong, Zhou Hanwen, Xiao Wenjiao, Zhong Zengqiu, Yin Shuping, Li Fulin. 2012. Superposition of Paleo-Asian and West-Pacific tectonic domains in the eastern section of the Solonker suture zone: Insights from petrology, geochemistry and geochronology of deformed diorite in Xar Moron fault zone, Inner Mongolia. Earth-Science-Journal of China University of Geosciences, 37 (3): 433 ~ 450 (in Chinese with English abstract).
- Li Yingjie, Wang Jinfang, Li Hongyang, Dong Peipei. 2015. Recognition of Meilaotewula ophiolite in Xi U jimqin Banner, Inner Mongolia. Acta Petrologica Sinica, 31(5):1461~1470 (in Chinese with English abstract).
- Li Yingjie, Wang Jinfang, Wang Genhou, Li Hongyang, Dong Peipei. 2015. Discovery and significance of the Dahate fore-arc basalts from the Diyanmiao ophiolite in Inner Mongolia. Acta Petrologica Sinica, 34(2): 469~482 (in Chinese with English abstract).
- Li Yingjie, Wang Jinfang, Li Hongyang, Dong Peipei, Liu Yucui, Liu Dewu, Bai Hui. 2012. Recognition of Diyanmiao ophiolite in Xi U jimqin Banner, Inner Mongolia. Acta Petrologica Sinica, 28 (4):1282~1290 (in Chinese with English abstract)
- Liu Jianxiong, Zhang Tong, Xu Liquan. 2006. Discovery and Significance of the Late-Paleozoic ultrabasic-basic rocks in Haolaoluchang Area, Inner Mongolia. Geological Survey And Research. 29(1):21~29(in Chinese with English abstract).
- Ludden J N, Thompson G. 1978. Behaviour of rare earth elements during submarine weathering of tholeiitic basalt. Nature, 274 (5667):147~149.
- McLennan S M, Taylor S R. 1991. Sedimentary rocks and crustal evolution.tectonic setting and secular trend. JGeol,99:1~21.
- Niu Yaoling. 2013. Global Tectonics and Geodynamics: A Petrological and Geochemical Approach. Beijing: Science Press: 1~307(in Chinese with English abstract).
- Pan Guitang, Xiao Rongge. 2015. Explanatory Note to The Tectonic Map of China. Beijing: Geological Publishing House: 1~160(in Chinese with English Abstract).
- Roser B P, Korsch R J. 1986. Determination of tectonic setting of sandstone-mudstone suites using SiO₂ content and K₂ O/Na₂ O ratio. The Journal of Geology, 94(5): 635~650.
- Pearce J A. 1982 Trace element distribution diagrams for the tectonic interpretation of granitic rocks. Journal of Petroleum, 25(4), $956 \sim 983$.
- Pearce J A, Cann J R. 1973. Tectonic setting of basic volcanic rocks determined using trace element analysis. Earth planetary science letters, 19:290~300.
- Roser B P, Korsch R J. 1986. Determination of tectonic setting of sandstone-mudstone suites using SiO₂ content and K₂ O/Na₂ O ratio. The Journal of Geology, 94(5): 635~650.
- Sengor A M C, Natal' in BA and Burtman VS. 1993. Evolution of the Altaid tectonic collage and Palaeozoic crustal growth in Eurasia. Nature, 364(6435): 299~307.
- Shao Dong, Ji Wenhua, Li Rongshe, Chen Shoujian, Li Meng. 2017. Tructural analysis and deformation phases of the Buqingshan tectonic mélange belt in the Southern Margin of East Kunlun. Northwestern Geoloy, 50(1): 4 ~ 12(in Chinese with English abstract).
- Shen Weizhou, Gao Jianfeng, Xu Shijin, Li Huimin, Zhou Guoqing, Yang Zhusheng, Yang Qiwen. 2003. Geochemical characteristics of the Shimian ophiolite, Sichuan Province and its tectonic signcance. Geological Review, 49(1): 17 ~ 27 (in Chinese with English abstract).
- Sun Lixin, Ren Bangfang, Wang Shuqing, Li Yanfeng. 2014. The discovery of the oceanic island basalts in Jiageda Formation of northern Da Hing'an Mountains and its geological implications. Geology in China, 41(4), 1178~1189 (in Chinese with English

abstract).

- Sun S S, McDonough W F. 1989. Chemical and isotopic systematics of oceanic basalts: Implications for mantle composition and processes. In:Saunders A D, Norry M J, eds. Magmatism in the Ocean Basins. Geological Society, London, Special Publications, 42:313~345.
- Tang J, Xu W L, Wang F, Wang W, Xu M J , Zhang Y H. 2013. Geochronology and geochemistry of Neoproterozoic magmatism in the Erguna Massif, NE China: Petrogenesis and implications for the breakup of the Rodinia supercontinent. Precambrian Research, 224:597~611.
- Taylor S R, McLennan S M. 1985. The Continental Crust: Its Composition and Evolution. Oxford: Blackwell, 1985.
- Tian Zhen, Sun Jian, Zhao Zhenying. 2018. Composition and geological significance of tectonic melanges in Shidiquan area of Delingha, Qing Hai. Mineral Exploration, 9(10):1862~1868(in Chinese with English abstract).
- Wang Jinfang, Li Yingjie, Li Hongyang, Dong Peipei. 2018. The discovery of the Early Permian high-Mg diorite in Meilaotewula SSZ ophiolite of Inner Mongolia and and its Intra-oceanic Subduction. Geology in China, 45(4):706~719(in Chinese with English abstract).
- Wei Yushuai, Li Yalin, Chen Xi, Wang Chengshan, Li Xianghui, Li Xin, Zhong Hanting. 2015. The reconstruction of oceanic plate stratigraphy and its implications: A case study of Zhongba area, southern Tibet. Geological Bulletin of China, 34(10):1789~1801(in Chinese with English abstract).
- Wood D A. 1980. The application of a Th-Hf-Nb diagram to problems of tectomagmatic classification and to establishing the nature of crustal contamination of the British Tertiary volcanic provinic. Earth Plant Sci Lett, (50):11~30.
- Xiao Wenjiao, Windley B F, Hao J, Zhai M G. 2003. Accretion leading to collision and the Permian Solonker suture, Inner Mongolia, China: Termination of the central Asian orogenic belt. Tectonics, 22(6):1069~1088.
- Xia Linqi, Xia Zuchun, Xu Xueyi, Li Xiangmin, Ma Zhongping. 2007. The discrimination between continental basalt and island arc basalt based on geochemical method. Actapetrologica et Mineralogica, 26(1):77~88(in Chinese with English abstract)
- Xiao Qinghui, Li Tingdong, Pan Guitang, Lu Songnian, Ding Xiaozhong, Deng Jinfu, Feng Yimin, Liu Yong, Kou Caihua, Yang Linlin. 2016. Petrologic ideas for identification of oceancontinent transition: Recognition of intra-oceanic arc and initial subduction. Geology in China, 43(3): 721~737 (in Chinese with English abstract).
- Xiao Wenjiao, Windley B F, Huang B C, Han C M, Yuan C, Chen H L, Sun M, Sun S, Li J L. 2009. End-Permian to mid-Triassic termination of the accretionary processes of the southern Altaids: Implications for the geodynamic evolution, Phanerozoic continental growth and metallogeny of Central Asia. International Journal of Earth Science, 98(6): 1189~1287.
- Xu B, Charvet J, Chen Y, Zhao P, Shi G Z. 2013. Middle Paleozoic convergent orogenic belts in western Inner Mongolia (China): Framework, kinematics geochronology and implications for tectonic evolution of the Central Asian Orogenic Belt. Gondwana Research, 23(4): 1342~1364.
- Xue Huaimin, Ma Fang, Song Yongqin. 2012. Mafic-ultramafic rocks from the Fangjingshan region, south western margin of the Jiangnan orogenic belt. Ages, geochemical characteristics and tectonic setting. Acta Petrologica Sinca, 28(9):3015~3030.
- Yan Yi, Lin Ge, Wang Yuejun, Guo Feng. 2002. The indication of continental detrital sediment to tectonic setting. Advance in Earth Sciences, 17 (1): 85 ~ 90 (in Chinese with English abstract).
- Yang Gaoxue. 2016. Genesis of oceanic island basalt in ophiolitic mélange from core area of Central Asian Orogenic Belt (in Chinese). Chin Sci Bull, 61(34):3684~3697 (in Chinese with English abstract).
- Zhang J R, Chu H, Wei C J, Wang K. 2014. Geochemical

characteristics and tectonic significance of Late Paleozoic-Early Mesozoic meta-basic rocks in the mélange zones, Central Inner Mongolia. Acta Petrologica Sinica, 30(7): $1935 \sim 1947$ (in Chinese with English abstract).

- Zhang Qi, Zhou Guoqing. 2001. Ophiolite in China. Beijing: Science Press:1~182(in Chinese with English abstract).
- Zhang Qi. 2014. Classifications of mafic-ultramafic rocks and their tectonic significance. Chinese Journal of Geology, 49(3):982~1017(in Chinese with English abstract).
- Zhang Yutao, Zhang Liangchang, Ying Jifeng, Zhou Xinhua, Wang Fei, Hou Quanlin, Liu Qing. 2007. Geochemistry and source characteristics of early Cretaceous volcanic rocks in Tahe, north Da Hing'an Mountain. Acta Petrologica Sinica, 23(11):2811~ 2822 (in Chinese with English abstract).
- Zhao Zhenhua. 2007. How to use the trace element diagrams to discriminate tectonic settings. Geotectonica et Metallogenia, 31 (1):92~103 (in Chinese with English abstract).

参考文献

- 陈树旺,张海华,郑月娟,卞雄飞,张健,苏飞,公繁浩,黄欣,甄甄. 2015. 内蒙古科右中旗一突泉地区晚二叠世林西组碎屑岩 LA-ICP-MS 锆石 U-Pb 年龄及其地质意义. 地质通报,34(10):1869 ~1877.
- 邓晋福,刘翠,冯艳芳,等.2010.高镁安山岩/闪长岩类(HMA)和镁 安山岩/闪长岩类(MA):与洋俯冲作用相关的两类典型的火成 岩类.中国地质,37(4):1112~1118.
- 付後彧,汪岩,那福超,杨帆,张广宇,刘英才,康庄.2015.内蒙古莫 力达瓦旗哈达阳构造混杂岩地质特征及发现的意义.地质与资 源,24(5):409~413.
- 付後彧,汪岩,钟辉,宋维民,孙巍,那福超,钱程,杨雅军,庞雪娇,江山,2017.内蒙古突泉县牤牛海地区超镁铁质岩地球化学及源区特征.吉林大学学报(地球科学报),47(4):1172~1186.
- 何幼斌,王文广.2007. 沉积岩与沉积相.北京:石油工业出版社,137 ~138.
- 李博秦,计文化,边小卫,王峰,李伟.2007.西昆仑麻扎构造混杂岩 的组成及其地质意义.现代地质,21(1):78~86.
- 李益龙,周汉文,肖文交,钟增球,尹淑苹,李福林.2012.古亚洲构造 域和西太平洋构造域在索伦缝合带东段的叠加:来自内蒙古林 西县西拉木伦断裂带内变形闪长岩的岩石学、地球化学和年代 学证据.地球科学一中国地质大学学报,37(3):433~450.
- 李英杰,王金芳,李红阳,董培培.2015.内蒙古西乌旗梅劳特乌拉蛇 绿岩的识别.岩石学报,31(5):1461~1470.
- 李英杰,王金芳,李红阳,董培培,刘玉翠,刘德武,白卉.2012.内蒙 古西乌珠穆沁旗迪彦庙蛇绿岩的识别.岩石学报,28(4):1282 ~1290.
- 李英杰,王金芳,王根厚,李红阳,董培培.2018.内蒙古迪彦庙蛇绿 岩带达哈特前弧玄武岩的发现及其地质意义.岩石学报,34 (2):469~482.
- 刘建雄,张彤,许立权.2006.内蒙古好老鹿场地区晚古生代超基 性一基性岩的发现及意义.地质调查与研究,29(1):21~29.
- 牛耀龄.2013.全球构造与地球动力学:岩石学与地球化学方法应用 实例.北京:科学出版社,1~307.
- 潘桂棠,肖荣阁.2015.中国大地构造图说明书.北京:地质出版社:1 ~160.
- 邵东,计文化,李荣社,陈守建,李猛. 2017. 东昆仑南缘布青山构造 混杂岩带构造解析及变形序列. 西北地质,50(1),5~12.
- 沈渭洲,高剑峰,徐士进,李惠民,周国庆,杨铸生,杨七文.2003.四 川石棉蛇绿岩的地球化学特征及其构造意义.地质论评,49 (1):17~27.
- 孙立新,任邦方,王树庆,李艳锋.2014.大兴安岭北部佳疙瘩组洋岛型玄武岩的发现及地质意义.中国地质,41(4):1178~1189.
- 田振,孙健,赵振英.2018.青海石底泉构造混杂岩带物质组成及其 地质意义.矿产勘查,9(10):1862~1868.
- 王金芳,李英杰,李红阳,董培培.2018.内蒙古梅劳特乌拉蛇绿岩中 早二叠世高镁闪长岩的发现及洋内俯冲作用.中国地质,45

 $(4):706 \sim 719.$

- 魏玉帅,李亚林,陈曦,王成善,李详辉,李鑫,钟瀚涟.2015."大洋板 块地层"的重建与意义一以藏南仲巴地区为例.地质通报,34 (10):1789~1801.
- 夏林圻,夏祖春,徐学义,李向平,马中平.2007.利用地球化学方法 判别大陆玄武岩和岛弧玄武岩.岩石矿物学杂志,26(1):77 ~88.
- 肖庆辉,李廷栋,潘桂棠,陆松年,丁孝忠,邓晋福,冯益民,刘勇, 寇彩化,杨琳琳.2016.洋陆转换的岩石学思路-洋内弧与初始 俯冲的识别.中国地质,43(3):721~737.
- 闫义,林舸,王跃军,郭锋.2002. 盆地陆源碎屑沉积物对源区构造背景的指示意义.地球科学进展,17 (1):85~90.

杨高学.2016.中亚造山带核心区蛇绿混杂岩中洋岛玄武岩成因探

- 讨.科学通报,61(34):3684~3697.
- 赵振华.2007.关于岩石微量元素构造环境判别图解使用的有关问题.大地构造与成矿学,31(1):92~103.
- 张晋瑞,初航,魏春景,王康.2014.内蒙古中部构造混杂岩带晚古生 代~早中生代变质基性岩的地球化学特征及其大地构造意义. 岩石学报.30(7):1935~1947.
- 张旗,周国庆. 2001.中国蛇绿岩.北京:科学出版社,1~182.
- 张旗. 2014. 镁铁、超镁铁岩的分类及其构造意义. 地质科学, 49(3): 982~1017.
- 张玉涛,张连昌,英基丰,周新华,王非,侯泉林,刘庆.2007.大兴安 岭北段塔河地区早白垩世火山岩地球化学及源区特征.岩石学 报,23(11):2811~2822.

Study of material composition and tectonic properties of the Duerji tectonic melange, Inner Mongolia

JIN Song^{*1,2)}

Geological Institute of China Chemical Geology and Mine Bureau, Beijing, 100101;
 College of Resources, ChinaHeBei GEO University, Shijiazhuang, 050031

 Corresponding author: 732818885 @qq. com

Abstract

The Duerji tectonic melange is composed of "matrix" and "blocks". Based on petrological and geochemical studies, the "matrix" is considered to be a set of marine debris rocks formed in the tectonic environment of active continental margins. The "blocks" include pyroxene amphibolite, amphibolite, basalt, diabase, diorite. Basalt and diabase are Na-rich and K-poor rock system with low Ti, high Mg and Al. They have the dual tectonic properties of MORB and IAT, and are allochthonous blocks that formed in the tectonic forearc when the ocean began to initially subduct. Diorite is the Mg diorite (MA) which has the characteristic of SiO₂(53.41%), MgO (5.57%), Mg[#] (51), FeO/MgO (1.08). Compared with basalt and anthracite, diorite has the characteristic of high Ti, Ta and low Nb, and is an autochthonous block formed in the tectonic environment of active continental margins with subduction. The conclusion of the study on the material composition and tectonic properties of the Duerji tectonic melange is that it may reflect the process of late Carboniferous Ocean Subduction-Early Permian Ocean Land Subduction-MiddlePermianoceanBasin Closing.

Key words: tectonic melange; matrix; block; Mg diorite; subduction; Duerji