内蒙古阿拉善右旗杭嘎勒中二叠世石英闪长岩地球 化学特征和 LA-ICP-MS 锆石 U-Pb 定年

刘治博,张维杰

中国地质大学(北京),北京,100083

内容提要:杭嘎勒地区中二叠世石英闪长岩,轻重稀土分馏程度较强,无明显铕异常,稀土配分曲线为向右倾, 属轻稀土富集型。中二叠世石英闪长岩显示了 I 型花岗岩的特点。中二叠世石英闪长岩表现出元素 Th、Ta、Sr、 Hf 元素富集,而 Nb、La、P 元素亏损。AR-SiO2 图解显示,主体与包体岩石虽同属钙碱性+拉斑玄武系列区,显示 了同源岩浆演化的特点,在 R1-R2 图解上,大部分样品集中在碰撞前与碰撞后花岗岩区分界处,以碰撞前为主;在 Nb-Y 图解上,样品落在了火山弧一同碰撞花岗岩区;在 Rb-Y+Nb 图解上,样品落在了火山弧花岗岩区,反映石 英闪长岩形成于板块边缘的岩浆弧环境。LA-ICP-MS 锆石 U-Pb 定年表明主体岩石年龄(266.4±3.7)Ma。杭嘎 勒晚二叠世石英闪长岩为碰撞前火山弧石英闪长岩,研究区在晚二叠世时属于活动大陆边缘的火山弧。

关键词:地球化学特征;LA-ICP-MS 锆石 U-Pb 定年;石英闪长岩;中二叠世;杭嘎勒

内蒙古阿拉善右旗杭嘎勒地区的大地构造归属 历来存在比较大的争议,有学者认为研究区属塔里 木一华北板块北缘(程裕淇,1994),也有学者认为本 区位于天山地槽褶皱系中的北山晚华力西期地槽褶 皱带巴音毛道复向斜和乌兰呼海坳陷的交接地带, 属于内蒙古地槽型构造岩浆区的巴丹吉林南中华力 西岩浆岩带,依板块构造观点处在哈萨克斯坦板块 南部靠近华北板块一侧(内蒙古自治区地质矿产局, 1991)。也有学者认为位于华北板块西北缘陆缘区 褶皱系上的宗乃山一沙拉扎山晚古生代陆壳基底 火山弧褶皱带南侧,靠近属于陆弧碰撞带的查干 楚鲁一霍尔森晚古生代弧后盆地褶皱带(王廷印 等,1994)。海西中晚期作为宗乃山一沙拉扎山岩 基的主体部分,其典型岩石组合闪长岩--石英闪 长岩一花岗闪长岩一二长花岗岩直至钾长花岗岩 (王廷印等,1994;吴茂炳.1993),该期花岗岩的 K-Ar 同位素年龄主要为 230~289Ma(吴茂炳. 1993)。石英闪长岩是其中分布面积较广的一套地 质单元。内蒙古阿拉善右旗杭嘎勒地区内侵入岩发 育,然而一直以来缺少对其系统的精细研究,这也是 造成其大地构造归属存在较大争议的原因之一。因 此,笔者对研究区内晚二叠世石英闪长岩的地球化 学特征和年代学进行详细研究,并探讨其形成环境 与年代。

1 区域地质概况

研究区位于恩格尔乌苏断裂带和巴丹吉林断裂 带之间(图1)。区内地层跨度较大,主要的岩石地 层单位包括前寒武纪变质表壳岩系哈乌拉岩组、中 下侏罗统芨芨沟组、下白垩统巴音戈壁组和第四系 (内蒙古自治区地质矿产局,1996;宁夏地质局区域 地质调查队,1983)。区内构造线方向主要为北东东 向,主要发育近东西向或北东东向断裂,褶皱构造不 发育。区内的岩浆活动强烈,侵入岩出露面积占研 究区总面积的 2/3 以上。侵入岩从前寒武纪到三 叠纪均有发育,但以晚古生代侵入岩为主,主要有石 炭纪二长花岗岩、中二叠世石英闪长岩、晚二叠世石 英二长花岗闪长岩、晚二叠世花岗闪长岩和似斑状 二长花岗岩、三叠纪二长花岗岩等。中二叠世石英 闪长岩是研究区内出露面积较大的侵入岩,是前人 资料中的沙拉套尔汉岩基的组成部分。中二叠世石 英闪长岩主要分布在研究区南部的扎盖图阿玛一扎 德盖一带,呈北东向延伸的长条状展布,并向北东方 向延出图外,出露面积约 22km²。此外在哈尔扎盖

注:本文为中国地质调查局国土资源大调查项目《内蒙古1:5万杭嘎勒幅、哈尔扎盖幅区域调查》(编号:K48E02005 1212010610419) 成果。

收稿日期:2013-08-24;改回日期:2014-1-27;责任编辑:黄敏。

作者简介:刘治博(1981-),男,在读博士,构造地质学专业。Email:geoleo@163.com。



图 1 杭嘎勒地区地质简图(a)及大地构造位置图(b)

Fig. 1 Geological sketch map of hanggale area(a) and tectonic location map(b)

1-第四系;2-下白垩统巴音戈壁组;3-中下侏罗统芨芨沟组;4-哈乌拉岩组;5-三叠纪钾长花岗岩;6-三叠纪二长花岗岩;7-晚三叠 世似斑状二长花岗岩;8-晚二叠世花岗闪长岩;9-晚二叠世含斑石英二长闪长岩;10-晚二叠世闪长岩;11-中二叠世二云母花岗岩; 12-中二叠世似斑状二长花岗岩;13-中二叠世石英闪长岩;14-早石炭世片麻状二长花岗岩;15-中元古界扎盖图片麻岩;16-断层; 17-韧性剪切带;18-塔里木板块;19-华北板块;20-样点及点位;(a)-据1:5万地质图修改;(b)-据王廷印等,(1994)修改 1-Quaternary; 2-Bayingobi Formation of the lower Cretaceous; 3-Jijigou Formation of the lower and Middle Jurassic; 4-Hawula Formation;5-Triassic moyite;6-Triassic monzogranite;7-Late Permian monzogranite;8-Late Permian granodiorite; 9-Late Permian quartz monzodiorite;10-Late Permian diorite;11-Middle Permian mica granite;12-Middle Permian monzogranite;13-Middle Permian quartz diorite;14-Early Carboniferous monzogranite;15-Mesoproterozoic Zhagaitu gneiss;16-fault;17-ductile shear zone;18-the Tarim plate;19-The North China plate;20-sample NO. and location;(a)-modified from 1: 50000 geological maps;(b)-modified from wang et al. 1994

幅北侧的浩尧尔・敖包以东也有零星分布。中二叠 世石英闪长岩岩体南侧被中下侏罗统芨芨沟组不整 合覆盖,北侧受到晚二叠世花岗闪长岩和三叠纪中 细粒二长花岗岩的侵入。在浩尧尔・敖包以东,孤 立分布于晚二叠世花岗闪长岩中。

2 岩石学特征

中二叠世石英闪长岩的主体岩石类型为细一中 粒角闪黑云石英闪长岩。

从野外观察看,大部分岩石受构造影响而出现 片麻状构造,岩石以中粒石英闪长岩为主。同时,在 岩体中出现中细粒一细粒石英闪长岩,局部地段,岩 石中石英含量较少,暗色矿物增加而渐变为辉长闪 长岩,少量为辉长岩,不同岩性之间没有明显界限, 而表现为渐变过渡的接触关系。

另可见到晚二叠世花岗闪长岩穿插于石英闪长 岩中,石英闪长岩同时受到北东向、北东东向闪长玢 岩、花岗岩脉的侵入,上述岩脉常切过石英闪长的片 麻状构造。

中二叠世石英闪长岩以较深的颜色和片麻状构 造为特征。岩石内部多数已经发生了变形变质作 用,岩石多为片麻状构造,少数块状构造。从横向延 展上看,侵入体的东部岩石粒度相对较细,片麻状构 造较弱,且闪长岩、辉长岩出露;而中部和西部主要 为中粒结构,片麻状构造相对发育,岩性也相对稳 定。从横切侵入体的剖面看,片麻状构造南侧较弱, 岩石仍保持侵入岩的外貌特征;北侧的片麻状构造 较强,但大部分岩石的原岩仍可识别,部分岩石呈现 片麻岩的外貌特征,外貌近于黑云角闪斜长片岩。 片麻理总体倾向北西,倾角较陡。

组成中二叠世石英闪长岩侵入体的岩石以中粒 片麻状石英闪长岩为主,同时包括辉长闪长岩及少 数辉长岩。

辉长岩:岩石为深灰色,变余辉长结构,弱片麻 状一块状构造。岩石的矿物组成为:斜长石、石英、 暗色矿物。斜长石为半自形板状一它形粒状,大小 一般为2~4mm,少量0.4~2mm,定向分布,粒间 镶嵌状,绢云母化,含量45%~50%。暗色矿物已 蚀变为阳起石,半自形一它形粒状,大小2~3mm, 部分0.1~2mm,定向分布,粒间镶嵌状,含量45% ~50%。石英为它形粒状,0.2~1mm,填隙状分 布,含量1%~2%。黑云母为叶片状,0.1~1mm, 绿泥石化,含量2%~3%。副矿物为磁铁矿、磷灰 石、榍石、锆石。

辉长闪长岩:岩石为深灰一黑灰色,变余中细粒 结构,弱片麻一块状构造。岩石主要由斜长石、角闪 石、黑云母、石英组成。斜长石为它形粒状,个别残 留近半自形板状,大部分1~2mm,少数0.2~ 1mm,定向分布,粒间镶嵌状,轻度绢云母化。斜长 石含量50%~60%。角闪石为柱粒状,1~3mm,个 别4mm,定向分布,部分变为阳起石。角闪石含量 30%~35%。黑云母为叶片状,0.1~1mm,少数1 ~1.5mm,绿泥石化,定向分布,含量2%~3%。石 英为它形粒状,一般为0.1~1mm,少量1~ 1.5mm,定向分布,含量5%。副矿物为磁铁矿、磷 灰石、榍石、锆石。

石英闪长岩:岩石为深灰一绿灰色,变余中细粒 结构,部分为粗粒结构,弱一中片麻状构造。微斜长 石为它形粒状,局部交代斜长石,含量5%。斜长石 为它形粒状一半自形板状,隐约可见环带构造,局部 被微斜长石交代,可见交代蠕英结构,斜长石含量 55~60%。石英呈它形粒状,均匀分布,粒内波状消 光,含量10~20%。黑云母呈鳞片一叶片状;角闪 石半自形粒状,粒径0.1~2mm,呈星散状或断续似 条痕状分布,长轴大致定向排列,黑云母+角闪石含 量15~20%。

石英闪长岩中的副矿物为磁铁矿、磷灰石、榍 石、锆石、黄铁矿。

锆石为半自形柱状,金刚光泽,晶棱面略显钝 化,有溶蚀痕迹,常见锥面不对称的歪晶。个别见连 晶。锆石颜色单一,晶群集中,改造程度相近。推测 锆石为高温结晶的(110)型复柱岩浆锆石,锆石结晶 后又受到力的作用和溶蚀作用。

3 测试方法

岩石化学分析由河北省区域地质矿产调查研究 所实验室完成,常量元素用 3080E型X 荧光光谱仪 测定,微量、稀土元素使用 X-series 型等离子质谱仪 测定。

锆石 U-Th-Pb 同位素定年和微量元素测定工 作在中国地质大学(武汉)地质过程与矿产资源国家 重点实验室利用 LA-ICP-MS 完成,仪器为德国 Mi-croLas 公司的 GeoLas 2005 准分子激光剥蚀系 统和美国 Agilent 公司的 Agilent 7500a 型 ICP-MS。以氦气为载气,束斑直径 32μ m,剥蚀深度 20 ~40 μ m,激光脉冲 8Hz,采用标准锆石 91500 作为 外标标准物质,元素含量采用 NIST SRM610 作为 外标,29Si 作为内标元素。具体分析条件及流程详 见参考文献(Liu Y S, Hu Z C, Gao S, et al., 2008,)。元素含量计算采用 GLITTER(ver4.0, Macquarie University)程序,同位素计算和图件绘 制使用 Isoplot 3 程序。

4 岩石地球化学特征

中二叠世片麻状石英闪长岩的主量元素及相关 参数见表1。

岩石中 SiO₂ 为 52. 32%~67. 10%、Al₂O₃ 为 12. 49%~19. 98%、TiO₂ 为 0. 51%~1. 30%、 Fe₂O₃ 为 1. 08%~2. 77%、FeO 为 1. 65%~ 4. 91%、CaO 为 3. 65%~7. 76%(辉长岩为 9. 54%)、MgO 为 1. 92%~6. 79%(辉长岩为 11. 52%)、K₂O 为 1. 21~2. 46%(辉长岩为 0. 5%)、Na₂O 为 3. 62%~5. 63%(辉长岩为 2. 20%)、MnO 为 0. 07%~0. 12%(辉长岩为 0. 12%)、P₂O₅ 为 0. 11%~0. 47%(辉长岩为 0. 22%),Na₂O > K₂O。

除去辉长岩的一个样品外,岩石中里特曼指数为1.44~2.99,属介于钙性一钙碱性岩系之间。碱度率AR为1.53~2.10;在AR-SiO2图解上(图2),主要落在钙碱性+拉斑玄武系列区,且岩石样品的分布与碱度的区间分界线基本平行,显示了同源岩浆演化的特点。A/CNK为0.77~0.95,属偏铝质。岩石 CIPW 标准矿物组合为q、or、ab、an、di、hy,属 SiO2 过饱和型。

在硅碱图上,岩石成分点投入亚碱性区系列区 (图 3);在 AFM 图解中显示钙碱性系列的特征(图 4);

样品号	岩性	Si02	Al_2O_3	${\rm TiO}_2$	Fe_2O_3	FeO	CaO	MgO	K_2O	Na ₂ 0	MnO	P_2O_5	$H_2 Op$	H_2Om	LOI	Total
P7-5HX1	山市山市手	64.04	15.83	0.66	1.59	2.83	4.64	2.74	1.80	4.42	0.07	0.16	0.70	0.13	0.63	99.72
P7-12HX1	万 麻 朳 受 顶 て 素 向 匕 山	67.10	14.53	0.52	1.51	1.65	4.37	1.92	2.32	4.13	0.06	0.11	0.35	0.14	1.18	99.57
P7-15HX1	口 贝 内 氏 石	67.50	14.70	0.64	1.08	2.63	3.65	2.35	2.46	4.05	0.06	0.12	0.26	0_10	0.61	100.14
P8-3HX1	变质辉长岩	52.32	12.49	0.90	2.41	5.01	9.54	11.52	0.50	2.20	0.12	0.22	0.92	0.13	1.54	99.33
P8-7HX1	变质辉长闪长岩	54.76	16.79	1.30	2.93	4.65	7.76	4.54	1.22	3.90	0.12	0.26	0_78	0.18	0.87	99.62
P8-14HX1		56.58	16.01	1.20	2.87	4.57	6.66	5.15	1.29	4.05	0.12	0.26	0.67	0.15	0.80	100.07
HX1455-1		54.04	16.17	1.30	2.09	4.91	7.38	6.79	1.39	3.62	0.10	0.47	1.02	0.09	0.87	99.68
HX3377-1	质中粒	64.14	15.40	0.73	2.00	2.71	4.30	2.56	2.44	4.38	0.07	0.18	0.71	0.14	0.60	99.82
3414	石英闪长岩	58.56	19.98	0.94	1.89	2.92	5.77	2.00	1.19	5.63	0.09	0.26	0.46	0.08	0.70	99.94
P18-HX1		66.10	14.89	0.51	1.95	2.37	4.77	2.34	1.75	4.01	0.07	0.16	0.50	0.14	1.35	100.91
P18-HX2		56.84	17.95	1.01	2.77	4.00	6.84	3.34	1.21	4.01	0.10	0.34	0.75	0.16	1.21	100.53
												1				
样品号	岩性	Q	Or	Ab	An	Di	Hy	Mt	Il	Ap	AR	σ	SI	A/CNK	ANK	ALK
样品号 P7-5HX1	岩性	Q 17. 39	Or 10. 64	Ab 37.40	An 18.04	Di 3. 17	Hy 8.22	Mt 2.31	Il 1.25	Ap 0.37	AR 1. 87	σ 1.84	SI 20.48	A/CNK 0.90	ANK 1.72	ALK 6.22
样品号 P7-5HX1 P7-12HX1	岩性 片麻状变质	Q 17. 39 23. 26	Or 10. 64 13. 71	Ab 37.40 34.95	An 18.04 14.26	Di 3. 17 5. 33	Hy 8. 22 3. 28	Mt 2.31 2.19	Il 1.25 0.99	Ap 0.37 0.25	AR 1. 87 2. 04	σ 1.84 1.73	SI 20.48 16.65	A/CNK 0.90 0.84	ANK 1.72 1.56	ALK 6.22 6.45
样品号 P7-5HX1 P7-12HX1 P7-15HX1	岩性 片麻状变质 石英闪长岩	Q 17. 39 23. 26 22. 76	Or 10. 64 13. 71 14. 54	Ab 37.40 34.95 34.27	An 18.04 14.26 14.66	Di 3. 17 5. 33 2. 15	Hy 8.22 3.28 7.80	Mt 2.31 2.19 1.57	Il 1.25 0.99 1.22	Ap 0.37 0.25 0.28	AR 1.87 2.04 2.10	σ 1.84 1.73 1.73	SI 20.48 16.65 18.70	A/CNK 0. 90 0. 84 0. 92	ANK 1.72 1.56 1.58	ALK 6.22 6.45 6.51
样品号 P7-5HX1 P7-12HX1 P7-15HX1 P8-3HX1	岩性 片麻状变质 石英闪长岩 变质辉长岩	Q 17. 39 23. 26 22. 76 2. 91	Or 10.64 13.71 14.54 2.95	Ab 37. 40 34. 95 34. 27 18. 62	An 18.04 14.26 14.66 22.73	Di 3. 17 5. 33 2. 15 18. 38	Hy 8. 22 3. 28 7. 80 25. 93	Mt 2. 31 2. 19 1. 57 3. 49	Il 1.25 0.99 1.22 1.71	Ap 0.37 0.25 0.28 0.51	AR 1.87 2.04 2.10 1.28	σ 1.84 1.73 1.73 0.78	SI 20.48 16.65 18.70 53.23	A/CNK 0.90 0.84 0.92 0.58	ANK 1.72 1.56 1.58 3.00	ALK 6. 22 6. 45 6. 51 2. 70
样品号 P7-5HX1 P7-12HX1 P7-15HX1 P8-3HX1 P8-7HX1	岩性 片麻状变质 石英闪长岩 变质辉长岩 变质辉长闪长岩	Q 17.39 23.26 22.76 2.91 5.44	Or 10. 64 13. 71 14. 54 2. 95 7. 21	Ab 37.40 34.95 34.27 18.62 33.00	An 18.04 14.26 14.66 22.73 24.70	Di 3.17 5.33 2.15 18.38 9.72	Hy 8.22 3.28 7.80 25.93 10.84	Mt 2. 31 2. 19 1. 57 3. 49 4. 25	Il 1.25 0.99 1.22 1.71 2.47	Ap 0.37 0.25 0.28 0.51 0.60	AR 1.87 2.04 2.10 1.28 1.53	σ 1.84 1.73 1.73 0.78 2.23	SI 20. 48 16. 65 18. 70 53. 23 26. 33	A/CNK 0.90 0.84 0.92 0.58 0.77	ANK 1.72 1.56 1.58 3.00 2.17	ALK 6. 22 6. 45 6. 51 2. 70 5. 12
样品号 P7-5HX1 P7-12HX1 P7-15HX1 P8-3HX1 P8-7HX1 P8-14HX1	岩性 片麻状变质 石英闪长岩 变质辉长岩 变质辉长闪长岩	Q 17.39 23.26 22.76 2.91 5.44 7.01	Or 10. 64 13. 71 14. 54 2. 95 7. 21 7. 62	Ab 37.40 34.95 34.27 18.62 33.00 34.27	An 18.04 14.26 14.66 22.73 24.70 21.70	Di 3. 17 5. 33 2. 15 18. 38 9. 72 7. 73	Hy 8. 22 3. 28 7. 80 25. 93 10. 84 13. 39	Mt 2. 31 2. 19 1. 57 3. 49 4. 25 4. 16	Il 1. 25 0. 99 1. 22 1. 71 2. 47 2. 28	Ap 0.37 0.25 0.28 0.51 0.60 0.60	AR 1.87 2.04 2.10 1.28 1.53 1.62	σ 1.84 1.73 1.73 0.78 2.23 2.10	SI 20. 48 16. 65 18. 70 53. 23 26. 33 28. 72	A/CNK 0.90 0.84 0.92 0.58 0.77 0.79	ANK 1.72 1.56 1.58 3.00 2.17 1.99	ALK 6. 22 6. 45 6. 51 2. 70 5. 12 5. 34
样品号 P7-5HX1 P7-12HX1 P7-15HX1 P8-3HX1 P8-3HX1 P8-7HX1 P8-14HX1 HX1455-1	岩性 片麻状变质 石英闪长岩 变质辉长岩 变质辉长闪长岩	Q 17. 39 23. 26 22. 76 2. 91 5. 44 7. 01 2. 74	Or 10. 64 13. 71 14. 54 2. 95 7. 21 7. 62 8. 21	Ab 37. 40 34. 95 34. 27 18. 62 33. 00 34. 27 30. 63	An 18. 04 14. 26 14. 66 22. 73 24. 70 21. 70 23. 77	Di 3. 17 5. 33 2. 15 18. 38 9. 72 7. 73 7. 82	Hy 8. 22 3. 28 7. 80 25. 93 10. 84 13. 39 18. 50	Mt 2. 31 2. 19 1. 57 3. 49 4. 25 4. 16 3. 03	Il 1. 25 0. 99 1. 22 1. 71 2. 47 2. 28 2. 47	Ap 0. 37 0. 25 0. 28 0. 51 0. 60 0. 60 1. 08	AR 1.87 2.04 2.10 1.28 1.53 1.62 1.54	σ 1.84 1.73 1.73 0.78 2.23 2.10 2.27	SI 20. 48 16. 65 18. 70 53. 23 26. 33 28. 72 36. 12	A/CNK 0. 90 0. 84 0. 92 0. 58 0. 77 0. 79 0. 77	ANK 1.72 1.56 1.58 3.00 2.17 1.99 2.17	ALK 6. 22 6. 45 6. 51 2. 70 5. 12 5. 34 5. 01
样品号 P7-5HX1 P7-12HX1 P7-15HX1 P8-3HX1 P8-7HX1 P8-7HX1 P8-14HX1 HX1455-1 HX3377-1	岩性 片麻状变质 石英闪长岩 变质辉长岩 变质辉长闪长岩	Q 17. 39 23. 26 22. 76 2. 91 5. 44 7. 01 2. 74 16. 86	Or 10. 64 13. 71 14. 54 2. 95 7. 21 7. 62 8. 21 14. 42	Ab 37.40 34.95 34.27 18.62 33.00 34.27 30.63 37.06	An 18. 04 14. 26 14. 66 22. 73 24. 70 21. 70 23. 77 15. 15	Di 3. 17 5. 33 2. 15 18. 38 9. 72 7. 73 7. 82 4. 02	Hy 8. 22 3. 28 7. 80 25. 93 10. 84 13. 39 18. 50 6. 71	Mt 2. 31 2. 19 1. 57 3. 49 4. 25 4. 16 3. 03 2. 90	Il 1. 25 0. 99 1. 22 1. 71 2. 47 2. 28 2. 47 1. 39	Ap 0. 37 0. 25 0. 28 0. 51 0. 60 1. 08 0. 41	AR 1.87 2.04 2.10 1.28 1.53 1.62 1.54 2.06	σ 1.84 1.73 1.73 0.78 2.23 2.10 2.27 2.20	SI 20. 48 16. 65 18. 70 53. 23 26. 33 28. 72 36. 12 18. 17	A/CNK 0. 90 0. 84 0. 92 0. 58 0. 77 0. 77 0. 77 0. 77 0. 87	ANK 1.72 1.56 1.58 3.00 2.17 1.99 2.17 1.56	ALK 6. 22 6. 45 6. 51 2. 70 5. 12 5. 34 5. 01 6. 82
样品号 P7-5HX1 P7-12HX1 P7-15HX1 P8-3HX1 P8-3HX1 P8-7HX1 P8-14HX1 HX1455-1 HX3377-1 3414	岩性 片麻状变质 石英闪长岩 变质辉长岩 变质辉长闪长岩 质中粒 石英闪长岩	Q 17. 39 23. 26 22. 76 2. 91 5. 44 7. 01 2. 74 16. 86 5. 80	Or 10. 64 13. 71 14. 54 2. 95 7. 21 7. 62 8. 21 14. 42 7. 03	Ab 37.40 34.95 34.27 18.62 33.00 34.27 30.63 37.06 47.64	An 18. 04 14. 26 14. 66 22. 73 24. 70 21. 70 23. 77 15. 15 25. 73	Di 3.17 5.33 2.15 18.38 9.72 7.73 7.82 4.02 0.97	Hy 8. 22 3. 28 7. 80 25. 93 10. 84 13. 39 18. 50 6. 71 6. 93	Mt 2. 31 2. 19 1. 57 3. 49 4. 25 4. 16 3. 03 2. 90 2. 74	Il 1. 25 0. 99 1. 22 1. 71 2. 47 2. 28 2. 47 1. 39 1. 79	Ap 0.37 0.25 0.28 0.51 0.60 1.08 0.41 0.60	AR 1.87 2.04 2.10 1.28 1.53 1.62 1.54 2.06 1.72	σ 1.84 1.73 0.78 2.23 2.10 2.27 2.20 2.99	SI 20. 48 16. 65 18. 70 53. 23 26. 33 28. 72 36. 12 18. 17 14. 67	A/CNK 0. 90 0. 84 0. 92 0. 58 0. 77 0. 79 0. 77 0. 87 0. 95	ANK 1.72 1.56 1.58 3.00 2.17 1.99 2.17 1.56 1.89	ALK 6. 22 6. 45 6. 51 2. 70 5. 12 5. 34 5. 01 6. 82 6. 82
样品号 P7-5HX1 P7-12HX1 P7-15HX1 P8-3HX1 P8-7HX1 P8-7HX1 P8-14HX1 HX1455-1 HX3377-1 3414 P18-HX1	岩性 片麻状变质 石英闪长岩 变质辉长闪长岩 质辉长闪长岩	Q 17. 39 23. 26 22. 76 2. 91 5. 44 7. 01 2. 74 16. 86 5. 80 23. 01	Or 10. 64 13. 71 14. 54 2. 95 7. 21 7. 62 8. 21 14. 42 7. 03 10. 34	Ab 37.40 34.95 34.27 18.62 33.00 34.27 30.63 37.06 47.64 33.93	An 18. 04 14. 26 14. 66 22. 73 24. 70 21. 70 23. 77 15. 15 25. 73 17. 46	Di 3. 17 5. 33 2. 15 18. 38 9. 72 7. 73 7. 82 4. 02 0. 97 4. 14	Hy 8. 22 3. 28 7. 80 25. 93 10. 84 13. 39 18. 50 6. 71 6. 93 5. 88	Mt 2. 31 2. 19 1. 57 3. 49 4. 25 4. 16 3. 03 2. 90 2. 74 2. 83	Il 1. 25 0. 99 1. 22 1. 71 2. 47 2. 28 2. 47 1. 39 1. 79 0. 97	Ap 0.37 0.25 0.28 0.51 0.60 0.60 1.08 0.41 0.60 0.37	AR 1.87 2.04 2.10 1.28 1.53 1.62 1.54 2.06 1.72 1.83	$\begin{array}{c} \sigma \\ 1.84 \\ 1.73 \\ 1.73 \\ 0.78 \\ 2.23 \\ 2.10 \\ 2.27 \\ 2.20 \\ 2.99 \\ 1.44 \end{array}$	SI 20. 48 16. 65 18. 70 53. 23 26. 33 28. 72 36. 12 18. 17 14. 67 18. 84	A/CNK 0. 90 0. 84 0. 92 0. 58 0. 77 0. 79 0. 77 0. 87 0. 95 0. 87	ANK 1.72 1.56 1.58 3.00 2.17 1.99 2.17 1.56 1.89 1.75	ALK 6. 22 6. 45 6. 51 2. 70 5. 12 5. 34 5. 01 6. 82 6. 82 5. 76

表1 中二叠世片麻状石英闪长岩岩石化学成分(wt%)、标准矿物及其参数表

Table 1 Major elements(wt%) chemical composition of Middle Permian quartz diorite







在 R1-R2 分类图解中,样品在英云闪长岩与辉长岩 之间分布(图 5)。

中二叠世片麻状石英闪长岩的稀土元素丰度及 相关特征值见表 2。

稀土元素总量 ΣREE 为 59.92~152.03×



图 3 中二叠世石英闪长岩硅碱图 (底图据 Irvine T N,1971)

Fig. 3 SiO₂-K₂O+Na₂O diagram of Middle Permian quartz diorite(after Irvine T N,1971)

10⁻⁶,LREE/HREE = 4.50~9.88,(La/Yb)N= 3.28~11.96,反映轻重稀土分馏程度较高。δEu为 0.74~1.23,一个为 2.59,铕异常不明显。稀土配 分曲线为右倾(图 6),属轻稀土富集型。

岩石中微量元素的丰度及特征值见表 3。

微量元素显示为岩石中 K/Rb = 192.18~ 364.10、Rb/Sr = 0.02~0.27、Sr/Ba = 0.76~ 3.81、Zr/Hf = 17.40~45.00、Nb/Ta = 4.26~



图 4 中二叠世片麻状石英闪长岩 AFM 图解 (底图据 Irvine T N,1971)



17.35、Sm/Nd=0.20~0.23、U/Th=0.24~0.43。 微量元素蛛网图(图7),表现出元素 Th、Ta、Sr、Hf 富集,而 Nb、La、P 亏损。



- 图 5 片麻状石英闪长岩 An-Ab-Or 图解 (底图据 De la Roche et al., 1980)
- Fig. 5 R1-R2 classification diagram of Middle Permianquartz diorite(after De la Roche et al. ,1980)

表 2 中二叠世石英闪长岩稀土元素含量(×10⁻⁻)及特征值

Table 2	The REE($\times 10^{-1}$	⁶) composition o	f Middle	Permian	quartz	diorite
---------	---------------------------	------------------------------	----------	---------	--------	---------

样品号	岩性	La	Ce	Pr	Nd	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Но	Er
P7-5HX1	山市山市氏	15.80	36.10	4.75	18.70	3.93	1.08	3.71	0.65	3.50	0.67	1.96
P7-12HX1	万麻扒受顶 五丈豆と山	19.30	42.30	5.17	19.70	3.92	0.92	3.59	0.65	3.41	0.64	1.91
P7-15HX1	口央内长石 	22.60	51.10	6.39	24.00	4.74	1.05	4.20	0.74	4.03	0.77	2.26
P8-3HX1	变质辉长岩	10.40	24.90	3.47	15.20	3.36	1.20	2.87	0.45	2.32	0.40	1.13
P8-7HX1	变质辉长闪长岩	16.10	36.50	4.99	21.20	4.93	1.64	4.86	0.86	4.65	0.91	2.69
P8-14HX1		14.30	35.50	5.22	22.50	5.27	1.72	5.11	0.92	5.06	0.96	2.95
HX1455-1		20.10	45.90	6.26	25.80	5.19	1.73	4.42	0.67	3.39	0.58	1.70
HX3377-1	变质中粒	24.00	56.80	7.21	28.20	5.64	1.24	5.12	0.93	5.07	0.98	2.96
3414	石英闪长岩	11.00	23.90	2.85	11.40	2.23	1.83	2.36	0.32	1.68	0.33	0.83
P18-HX1		15.60	32.00	4.65	18.00	3.62	1.05	2.95	0.48	2.33	0.42	1.25
P18-HX2		29.20	61.00	8.30	31.74	6.14	1.68	4.93	0.76	3.66	0.66	1.89
样品号	岩性	Tm	Yb	Lu	Y	REE	LREE	HREE	L/HREE	ðEu	$\mathrm{La}_{\mathrm{N}}/\mathrm{Yb}$	
P7-5HX1	片麻状变质	0.33	2.01	0.32	19.10	93.51	80.36	13.15	6.11	0.91	5.09	
P7-12HX1	万林祝文质 五黄问幺当	0.30	2.05	0.32	18.50	104.18	91.31	12.87	7.09	0.79	6.09	
P7-15HX1	1 天内氏石	0.36	2.17	0.35	21.80	124.76	109.88	14.88	7.38	0.75	6.74	
P8-3HX1	变质辉长岩	0.16	0.98	0.16	10.50	67.00	58.53	8.47	6.91	1.23	6.87	
P8-7HX1	变质辉长闪长岩	0.40	2.56	0.41	23.80	102.70	85.36	17.34	4.92	1.08	4.07	
P8-14HX1		0.47	2.82	0.47	26.30	103.27	84.51	18.76	4.50	1.07	3.28	
HX1455-1		0.25	1.45	0.23	15.80	117.67	104.98	12.69	8.27	1.15	8.97	
HX3377-1	变质中粒	0.47	2.91	0.47	27.60	142.00	123.09	18.91	6.51	0.74	5.34	
3414	石英闪长岩	0.14	0.92	0.13	8.50	59.92	53.21	6.71	7.93	2.59	7.74	
P18-HX1		0.20	1.17	0.17	12.10	83.89	74.92	8.97	8.35	1.02	8.63	
P18-HX2		0.27	1.58	0.22	1.58	152.03	138.06	13.97	9.88	0.97	11.96	

				•		•				•				
样品号	岩性	Sc	V	Cr	Со	Ni	Rb	Sr	Zr	Nb	Ba	Hf	Ta	Th
P7-5HX1	山山中市田	12.60	85.00	36.90	16.30	23.50	73.90	386.00	210.00	7.30	321.00	10.30	0.70	7.30
P7-12HX1	万 麻 朳 受 顶 石 本 向 匕 些	9.20	64.00	27.00	11.00	16.70	76.80	307.00	177.00	7.30	377.00	7.90	0.62	11.20
P7-15HX1	石英内长石	9.70	69.00	33.30	11.70	18.90	82.90	309.00	198.0	8.10	406.0	9.50	0.86	8.20
P8-3HX1	变质辉长岩	29.50	117.00	562.40	40.10	315.00	11.40	598.00	62.00	4.10	157.00	2.50	0.63	1.70
P8-7HX1	变质辉长闪长岩	22.60	150.00	50.10	26.20	337.00	40.10	474.00	87.00	12.40	188.00	5.00	2.91	4.50
P8-14HX1		24.70	144.00	101.30	31.40	53.10	38.40	503.00	190.00	9.20	285.00	10.70	0.69	7.60
HX1455-1		20.00	143.00	127.00	29.80	83.90	33.70	830.00	99.00	10.90	318.00	4.30	1.12	3.50
HX3377-1	变质中粒	12.70	87.00	31.80	15.20	19.20	105.40	319.00	226.00	10.00	375.00	8.60	0.94	17.60
3414	石英闪长岩		66.00	5.10	10.00	5.60	35.00	714.00	585.00	6.40	333.00	13.00	0.47	1.30
P18-HX1		8.80	70.00	40.00	11.60	18.80	66.00	494.00	99.00	7.90	394.00	5.71	0.96	8.30
P18-HX2		16.00	129.00	39.00	18.90	17.80	29.00	700.00	222.00	8.50	328.00	11.56	0.49	7.50
样晶号	岩性	U	Р	К	Fe	Mg	Mg/Fe	K/Rb	Rb/Sr	Sr/Ba	Zr/Hf	Nb/Ta	Sm/Nd	U/Th
P7-5HX1	山山中市田	3.15	698.21	14942	33119.0	16524.29	1.13	202.20	0.19	1.20	20.39	10.43	0.21	0.43
P7-12HX1	万 麻 扒 受 顶	2.78	480.02	19259	23387.2	11579.06	1.12	250.77	0.25	0.81	22.41	11.77	0.20	0.25
P7-15HX1	石央内 石	2.34	523.66	20421	27997.3	14172.29	1.14	246.34	0.27	0.76	20.84	9.42	0.20	0.29
P8-3HX1	变质辉长岩	0.40	960.04	4150	55799.8	69474.37	2.81	364.10	0.02	3.81	24.80	6.51	0.22	0.24
P8-7HX1	变质辉长闪长岩	1.21	1134.59	10127	56638.6	27379.66	1.09	252.56	0.08	2.52	17.40	4.26	0.23	0.27
P8-14HX1		2.12	1134.59	10708	55597.1	31058.42	1.26	278.88	0.08	1.76	17.76	13.33	0.23	0.28
HX1455-1		1.00	2050.99	11539	52784.3	40948.87	1.76	342.41	0.04	2.61	23.02	9.73	0.20	0.29
HX3377-1	变质中粒	4.17	785.49	20255	35053.9	15438.75	1.00	192.18	0.33	0.85	26.28	10.64	0.20	0.24
3414	石英闪长岩	0.54	1134.59	9878	35916.9	12061.52	0.76	282.25	0.05	2.14	45.00	13.62	0.20	0.42
P18-HX1		1.17	698.21	14527	32061.4	14111.98	0.99	220.12	0.13	1.25	17.34	8.23	0.20	0.14
P18-HX2		1.38	1483.70	10044	50466.9	20142.74	0.90	346.37	0.04	2.13	19.20	17.35	0.19	0.18



Table 3 Trace elements(×10⁻⁶) chemical composition of Middle Permian quartz diorite





Fig. 6 Chondrite-normalized REE patterns of Middle Permian quartz diorite(after Boynton W V, 1984)

5 年代学特征

本次工作中对中二叠世石英闪长岩进行了同位 素测年。岩石中锆石为自形到半自形,绝大部分晶 粒完整。长短轴之比(1.6~3.3):1,以长柱状和短 柱状为主。阴极发光图像上(图 9),大多外形较规



图 7 中二叠世片麻状石英闪长岩微量元素蛛网图 (底图据 Sun and McDonough, 1989)

Fig. 7 MOBB normalized trace elementspidergrams of Middle Permian quartz diorite(after Sun and McDonough, 1989)

则,但棱角圆化,大部分内部结构为清晰的振荡分带,小部分为面状分带,扇形分带。振荡环带的宽度 大部分较窄,小部分稍宽。核一幔一边结构,核部大 部分为残留核,小部分有规则的形态,与锆石整体轮 廓基本一致。 本次工作中,采用 LA-ICP-MS 法锆石 U-Pb 对 片麻状石英闪长岩进行了同位素测年(表 4)。

测年结果中 Pb206/U238 的年龄分布范围是 242~290.4Ma,多数为 254~272Ma; Pb207/U235 变化范围范围是 252.8~485.2Ma,多数为 258~ 288Ma。在一致曲线图中成群分布(图 8),加权平 均年龄为 Mean = 266.4±3.7Ma, MSWD = 1.05 (N=24)。个别锆石呈它形,蚀变严重,阴极发光强 度强,测年结果略低于平均年龄,为 242 Ma。

岩石中见到北东向延伸的花岗闪长岩脉和闪长 玢岩脉。闪长玢岩脉应当是最后一期的岩脉。花岗 闪长岩脉的岩石特征与剖面被测花岗闪长岩侵入体 的岩石特征一致,应当为同一期岩浆活动的产物,由 此也可以证明,花岗闪长岩侵入石英闪长岩。

根据地质体间的相互关系和同位素测年资料, 将本套岩石的形成时间定为 266.4±3.7Ma,时代

为中二叠世。



图 8 中二叠世片麻状石英闪长岩 LA-ICP-MS 法锆石 U-Pb 同位素测年谐和图

Fig. 8 Zircon U-Pb concordia diagram of weighted average ages of Middle Permian quartz diorite

表 4 中二叠世片麻状石英闪长岩 LA-ICP-MS 锆石 U-Pb 同位素测年数据

Table 4 LA-ICP-MSzicon U-Th-Pb isotope analytical results of Middle Permian quartz diorite

		表面年龄(Ma)														
样品点	Pb^{207}	1.	Pb^{207}	1.	Pb ²⁰⁶	Pb^{208}	1.	Pb^{207}	1	$\mathrm{Pb}^{\mathrm{206}}$	1.	Pb^{207}	1	Pb208	1.	
	Pb^{206}	10	U^{235}	10	U^{238}	10	Th ²³²	10	Pb^{206}	10	U^{238}	10	U^{235}	10	Th ²³²	10
TW3414-01	0.09968	0.00206	0.61264	0.01243	0.04460	0.00054	0.01997	0.00026	1618 . 1	38.02	281.3	3.32	485.2	7.83	399.7	5.24
TW3414-02	0.05189	0.00152	0.29058	0.00841	0.04064	0.00050	0.01315	0.00023	280.5	65.64	256.8	3.09	259.0	6.61	264.1	4.67
TW3414-03	0.06371	0.00405	0.36680	0.02284	0.04178	0.00074	0.01747	0.00067	732.0	129.29	263.8	4.55	317.3	16.97	350.1	13.40
TW3414-04	0.05200	0.00347	0.29550	0.01937	0.04124	0.00070	0.01190	0.00062	285.3	145.44	260.5	4.35	262.9	15.18	239.1	12.46
TW3414-05	0.04869	0.00153	0.28964	0.00901	0.04316	0.00054	0.01359	0.00027	133.0	72.43	272.4	3.32	258.3	7.09	272.9	5.37
TW3414-06	0.05051	0.00121	0.29068	0.00690	0.04176	0.00049	0.01344	0.00018	218.4	54.41	263.7	3.02	259.1	5.43	269.9	3.56
TW3414-07	0.05158	0.00124	0.28741	0.00687	0.04044	0.00047	0.01247	0.00018	266.7	54.31	255.5	2.94	256.5	5.42	250.5	3.64
TW3414-08	0.05462	0.00185	0.31035	0.01034	0.04123	0.00053	0.01382	0.00033	396.9	73.35	260.4	3.28	274.4	8.01	277.5	6.62
TW3414-09	0.05067	0.00135	0.29153	0.00772	0.04175	0.00050	0.01324	0.00021	225.7	60.66	263.7	3.10	259.8	6.07	265.8	4.13
T W 3414-10	0.04896	0.00381	0.28751	0.02207	0.04262	0.00074	0.01265	0.00072	145.7	172.95	269.0	4.59	256.6	17.41	254.1	14.28
TW3414-11	0.05403	0.00180	0.31284	0.01030	0.04202	0.00054	0.01425	0.00026	372.1	73.33	265.3	3.33	276.4	7.96	286.1	5.19
TW3414-12	0.05790	0.00148	0.33904	0.00858	0.04249	0.00051	0.01558	0.00025	525.8	55.43	268.3	3.16	296.4	6.51	312.4	5.02
TW3414-13	0.05458	0.00183	0.29933	0.00988	0.03980	0.00051	0.01326	0.00027	395.2	72.68	251.6	3.18	265.9	7.72	266.3	5.33
T W 3414-14	0.08876	0.00247	0.54788	0.01485	0.04479	0.00059	0.02117	0.00037	1399.0	52.30	282 . 5	3.61	443.6	9.74	423.5	7.37
T W 3414-15	0.04917	0.00170	0.28267	0.00966	0.04172	0.00053	0.01330	0.00026	156.0	79.05	263.5	3.28	252.8	7.65	267.1	5.14
T W 3414-16	0.05194	0.00155	0.30902	0.00909	0.04318	0.00054	0.01401	0.00022	282.8	66.70	272 . 5	3.31	273.4	7.05	281.2	4.30
TW3414-17	0.04900	0.00397	0.27198	0.02168	0.04028	0.00075	0.01468	0.00063	147.8	179.48	254.6	4.62	244.3	17.31	294.5	12.60
TW3414-18	0.04970	0.00126	0.29547	0.00745	0.04315	0.00051	0.01362	0.00022	180.9	58.18	272.3	3.16	262.9	5.84	273.5	4.30
TW3414-19	0.05339	0.00213	0.31163	0.01226	0.04236	0.00058	0.01387	0.00030	345.2	87.79	267.5	3.57	275.4	9.49	278.3	5.88
T W 3414-20	0.06129	0.00490	0.32308	0.02537	0.03826	0.00075	0.01459	0.00084	649 . 4	163.06	242 . 0	4.63	284.3	19.47	292.8	16.68
TW3414-21	0.05313	0.00139	0.30896	0.00802	0.04220	0.00051	0.01551	0.00023	334.4	58.31	266.5	3.13	273.4	6.22	311.1	4.51
TW3414-22	0.04987	0.00227	0.31208	0.01400	0.04542	0.00064	0.01425	0.00034	188.9	102.65	286.3	3.93	275.8	10.83	285.9	6.82
TW3414-23	0.05181	0.00182	0.32898	0.01140	0.04609	0.00060	0.01462	0.00028	276.9	78.47	290.4	3.68	288.8	8.71	293.4	5.57
T W 3414-24	0.05611	0.00537	0.33168	0.03120	0.04290	0.00092	0.01374	0.00085	456.5	199.60	270.8	5.67	290.8	23.79	275.9	16.99
TW3414-25	0.05361	0.00120	0.30787	0.00683	0.04168	0.00049	0.01411	0.00021	354.8	49.68	263.2	3.01	272.5	5.30	283.2	4.19

204



图 9 中二叠世石英闪长岩代表性锆石阴极发光照片 Fig. 9 CL images of representative zircons from Middle Permian quartz diorite

6 讨论

从岩石的化学成分上看,中二叠世片麻状石英 闪长岩为钙碱性系列岩石。CIPW标准矿物计算中 出现透辉石,而不出现刚玉,A/CNK均小于1;实际 矿物中的暗色矿物及副矿物为黑云母、角闪石、榍 石、磁铁矿,上述特征反映 I 型岩浆的特点。在 Q-Ab-Or 图解中投点分散(图 10),反映交代岩浆特 征。在 AR-SiO₂ 图解上(图 2),样品的分布与碱度 的区间分界线基本平行,显示了同源岩浆演化的特 点。从相关花岗岩构造判别图解上看,在 R1-R2 图 解上(图 11),大部分样品集中在碰撞前花岗岩区;



(底图据 H. G. F. Winkler, 1961) Fig. 10 Q-Ab-Or diagram of Middle Permianquartz diorite (after H. G. F. Winkler, 1961)



图 11 中二叠世片麻状石英闪长岩 R1-R2 图解 (底图据 Batchelor and Bowden, 1985)

Fig. 11 R1-R2 diagram of Middle Permianquartz diorite (after Batchelor and Bowden,1985)

在 Nb-Y 图解上(图 12)和 Rb-Y+Nb 图解上(图 13),落在了火山弧花岗岩区;在 Rb-Hf-Ta 图解上(图 14),样品大部分落在弧系统区,部分落在板内区,反映石英闪长岩发生碰撞前的板块边缘(活动陆缘)火山弧的构造环境,大致可推测位于华北板块北缘靠内侧的碰撞增生岩浆弧。

研究区以北的恩格尔乌苏蛇绿岩混杂带通常被 认为是塔里木板块与华北板块拼合的位置(王廷印 等,1993),并且研究区以南的沉积建造具弧后盆地 的特征(吴泰然,1993),说明研究区在晚二叠世时为 活动大陆边缘的火山弧,属于华北板块北缘增生的 岩浆弧。研究区中东部发育同时代的花岗闪长岩, 而花岗闪长岩--花岗岩组合一般发育于活动大陆边



图 12 中二叠世片麻状石英闪长岩 Nb-Y 图解 (底图据 Pearce J A et al., 1984)







Fig. 13 Rb-Y+Nb diagram of Middle Permian quartz diorite(after Pearce J A et al. ,1984)

缘弧环境靠内陆一侧(邓晋福等,2007),说明研究区 位于火山弧靠内陆一侧。这也间接印证了可将阿拉 善地区的构造单元以恩格尔乌苏断裂带为界,划分 为北部的塔里木板块东端陆缘区褶皱系和南部的华 北板块西北陆缘区褶皱系 2 个次一级构造单元,研 究区处在华北板块西北缘陆缘区褶皱系上的宗乃山 一沙拉扎山晚古生代陆壳基底火山弧褶皱带的南 侧,靠近属于陆弧碰撞带的查干楚鲁一霍尔森晚古 生代弧后盆地褶皱带(王廷印等,1994)。研究区板 块在晚二叠世或稍晚相拼合碰撞(王廷印等,1993), 结合年代学的研究(中二叠世石英闪长岩的成岩年 龄为 266.4±3.7Ma),研究区在中二叠世时尚在俯



图 14 中二叠世片麻状石英闪长岩 Rb-Hf-Ta 图解 (底图据 Harris and Pearce, 1986)

Fig. 14 Rb-Hf-Ta diagram of Middle Permian quartz diorite (after Harris and Pearce, 1986)

冲阶段,未发生板块的拼合碰撞,对于约束板块的拼 合碰撞时间具有一定的意义。

7 结论

(1)中二叠世石英闪长岩 La/Yb)N=3.28~ 11.96,反映轻重稀土分馏程度较高。∂Eu为0.74 ~1.23,一个为2.59,铕异常不明显。稀土配分曲 线为右倾,属轻稀土富集型。微量元素表现出Th、 Ta、Sr、Hf元素富集,而Nb、La、P元素亏损。中二 叠世石英闪长岩显示了I型花岗岩的特点。

(2)杭嘎勒中二叠世石英闪长岩 LA-ICP-MS
锆石 U-Pb 定年结果表明,岩石形成于 266.4±
3.7Ma,时代为中二叠世。

(3)中二叠世石英闪长岩为碰撞前火山弧花岗岩,研究区在中二叠世时尚未发生板块的拼合碰撞,属于活动大陆边缘的火山弧,并且靠近内陆一侧。

致谢:感谢王根厚教授、王行军博士在研究和成 文过程中给予的启发和帮助,感谢审稿人对本文提 出的宝贵修改意见。

参考文献

程裕淇.1994.中国区域地质概论.北京:地质出版社,144~158.

- 邓晋福,肖庆辉,苏尚国,等.火成岩组合与构造环境:讨论. 高校地 质学报,2007,13(3):392~402.
- 内蒙古自治区地质矿产局.1991.内蒙古自治区区域地质志.北京: 地质出版社.
- 内蒙古自治区地质矿产局.1996.内蒙古自治区岩石地层.北京:中国地质大学出版社.

- 宁夏地质局区域地质调查队.1983.沙拉套尔汗幅(K-48-26)地质 图及区域地质报告.
- 吴茂炳. 1993. 内蒙古阿拉善北缘陆缘弧区火成岩的地质地球化学 特征及构造演化. 甘肃地质学报, 2(2):23~33.
- 吴泰然,何国琦.内蒙古阿拉善地块北缘的构造单元划分及各单元 的基本特征.地质学报,1993,67(2):97~108.
- 王廷印,王金荣,刘金坤,等.华北板块和塔里木板块之关系.地质学报,1993,67(4):287~300.
- 王廷印,王金荣,刘金坤,等.1994.宗乃山一沙拉扎山陆壳基底火山 弧火成岩组合及地球化学特征.地球化学,23(12):162~172.
- Batchelor R A, Bowden P. Petrogenetic interpretation of granitoidrock series using multicationic parameters. Chem. Geol., 1985, 48:43~55.
- Boynton W V. Cosmochemistry of the rare earth elements: Meteorite studies//Henderson P. Rare Earth Element Geochemistry. New York: Elsevier Science Publishing Company, 1984: 63~114.
- Harris N B W, Pearce J A, Tindle A G. Geochemical characteristics of collision zone magmatism. Coward M P. Collision tectonics [C]. Geological Society Special Publication, 1986, 19:67~81.
- H. De la Roche, J. Leterrier, P. Grandclaude, et al. A

classification of volcanic and plutonic rocks using R1R2-diagram and major-element analyses—Its relationships with current nomenclature. Chem. Geol. 1980, 29:183~210.

- Irvine T N, Baragar W R A. A guild to the chemical classification of the common volcanic rocks. Canad. Earth Sci., 1971, 8: 523 ~548.
- Liu Y S, Hu Z C, Gao S, et al. Insitu analysis of major and trace elements of anhydrous minerals by LA-ICP-MS without applying an internal standard. Chemical Geology, 2008, 257 (1/2): 34~43.
- Pearce J A, Harris N B W, Tindle A G. Trace element discrimination diagrams for the tectonic interpretation of granitic rocks. J. Petrol., 1984, 25: 956~983.
- Sun SS, McDonough W F. Chemical and isotopic systematics of oceanic basalts: Implications for mantle composition and processes//Saunders A D, Norry M J. Magmatism in the Ocean Basins. Geological Society Special Publication, 1989, 42: 313~ 345.
- Wright J B. A simple alkalinity ratio and its application to questions of non-orogenic granite genesis. Geological Magazine. 1969, 106:370~384.

Geochemical Characteristics and LA-ICP-MS Zircon U-Pb Dating of the Middle Permian Quartz Diorite in Hanggale, Alax Right Banner, Inner Mongolia

LIU Zhibo, ZHANG Weijie

China University of Geosciences, Beijing, 100083

Abstract

Quartz diorites in Hanggale area are characterized by strong REE fractionation, enrichment of LREE, and without significant Eu anomalies, implying an I-type granite. Enrichment of Th, Ta, Sr, Hf elements and depletion of Nb, Sr, P, Ti elements. In the R1-R2 diagram, most of the samples are concentrated in the pre-collision granite area. In the Nb-Y diagram, the samples fall into the area of the volcanic arc-syncollisional granite. In the Rb-(Y+Nb) diagram, the samples lie in the area of volcanic arc granite. LA-ICP-MS zircon U-Pb dating shows that its age is 266. 4±3. 7Ma. The Middle Permian quartz diorite of Hanggale was a pre-collisional volcanic arc granite, and Hanggale area was a volcanic arc that belonged to active continental margin in Middle Permian.

Key words: geochemical characteristics; LA-ICP-MS zircon U-Pb dating; quartz diorite; Middle Permian; Hanggale