文章编号: 1007- 3701(2004)04- 0022- 06

内蒙古大青山北前壕石英闪长岩锆石 U- Pb 年龄及地质意义

张玉清, 刘俊杰

(内蒙古自治区地质调查院, 呼和浩特 010020)

摘要: 前壕石英闪长岩侵入到新太古界色尔腾山岩群中, 它们与斜长花岗岩等共同构成了新太古代花岗岩—绿岩带, 石英闪长岩岩石化学、地球化学显示为 I 型花岗岩系, 与太古宙高铝型 TTG 花岗岩系特征一致, 为不同源岩部分熔融的产物(可能有幔源岩浆参与)。选自石英闪长岩中的锆石具岩浆型锆石的特点, 5 个单颗粒锆石 U- Pb 同位素年龄不一致曲线上交点年龄(2 535±16)Ma, 代表了该岩体的结晶年龄。结合色尔腾山岩群的年龄分析, 大青山地区花岗岩-绿岩带形成于 2 500~ 2 900 Ma 之间。该年龄的确定为华北陆台(或华北克拉通)的地壳演化提供了新证据。

关 键 词: 石英闪长岩; 锆石 U- Pb 年龄; 新太古代; 花岗岩- 绿岩带; 大青山, 内蒙

中图分类号: P588. 12+ 2; P597+. 3 **文献标识码**: A

前壕位于大青山北侧中段, 是内蒙古中部太古宙地体研究的热点地区之一。它与古太古界兴和岩群、中太古代片麻杂岩(TTG 岩系①)、混合钾长花岗岩, 中太古界乌拉山岩群, 新太古代片麻状斜长花岗岩、片麻状闪长岩、斜长角闪岩以及新太古界色尔腾山岩群一起构成了华北陆块太古宙古老结晶基底, 区域上呈近东西向带状展布。新太古代变质侵入岩和新太古界色尔腾山岩群形成了大青山北侧新太古代- 中太古代古隆起区, 构成了区域上典型的花岗岩- 绿岩带[1], 是研究区内重要的金、铁含矿层位。

该地区同位素地质年代学研究工作程度较低, 对华北陆块北缘基底的形成时代、分布范围、地壳演化等的研究还很肤浅。20 世纪 80 年代后期, 区域上陆续获得了一些宝贵的同位素数据。如朱拉沟麻粒岩和英云闪长质片麻岩 U- Pb 不一致线上交点年龄为(2 462±9)Ma 和(2 455±5) Ma②; 庙沟紫苏花岗岩锆石 U- Pb 年龄 2 656 Ma③; 黑龙洞沟基性麻粒岩、召河庙附近长英质麻粒岩(变质深成体)和西乌兰不浪苏斜长麻粒岩(变质花岗岩)锆石 U- Pb 不一致线上交点年龄分别为(2 648. 5±4. 6)Ma④、(2 543±59)Ma[1]和(2 511. 4±4. 9)Ma[2]。这些同位素年龄表明, 本区 2 500 Ma 左右发生过一次大规模的区域性热事件, 即以新太古代为主的年代信息。

本文所讨论的地质体—— 片麻状石英闪长岩, 过去被归于早元古代吕梁早期($\delta\Omega_2^{1(1)}$)⑤⑥及中元古代[3]。为澄清这一基本地质事实, 在开展双玉成幅 1∶5 万区域地质调查时, 在石英闪长岩中取

收稿日期: 2004- 05- 15
基金项目: 中国地质调查局 1∶5 万区域地质调查项目(20001300008031).
作者简介: 张玉清(1965—), 男(汉族), 地质矿产工程师, 从事区域地质调查及综合研究工作.

①内蒙古自治区地质调查院, 1∶25 万白云鄂博幅区域地质调查报告, 2003.
②李树勋等, 内蒙古中部东五分子—朱拉沟地区太古宙地质特征与含矿性, 1986.
③内蒙古地质调查院, 1∶5 万庙沟幅区域地质调查报告, 1992.
④中国地质调查局天津地调中心, 1∶5 万石兰哈达、下湿壕幅区域地质调查联测报告, 2000.
⑤内蒙古自治区地质局, 1∶20 万固阳幅区域地质测量报告, 1972.
⑥内蒙古自治区地质局, 1∶20 万呼和浩特幅区域地质测量报告, 1972.

© 1994-2008 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

单颗粒锆石进行U - Pb 年龄测试。笔者拟通过对前壕石英闪长岩锆石U - Pb 年龄的研究, 为华北地块(华北陆台)的地壳演化、花岗岩- 绿岩带的形成时代等提供新的佐证。

1　地质特征

片麻状石英闪长岩和变质斜长花岗岩密切共生, 并呈近东西向展布(图 1), 出露东西长> 300 km, 南北最宽处达 50 km。呈多个大小不等的岩基、岩株状产出, 外形多为椭圆状或不规则状, 其侵入新太古代色尔腾山岩群[4]①② 之中。空间上它们紧密相伴, 共同构成了典型的花岗岩- 绿岩带。该带岩石韧性剪切变形作用十分强烈, 形成各种糜棱岩及糜棱岩化岩石, 强糜棱岩带几百米到几公里不等, 走向近东西或北西向, 糜棱面理向南或向北倾, 倾角中等, 旋转碎斑系、S- C 组构等运动学标志指示以右旋剪切运动为主。该石英闪长岩体在区域上(研究区西) 被古元古代闪长岩(锆石U - Pb 年龄为(2 278±1. 6)M a[4]) 侵入。

石英闪长岩呈灰绿色, 具变余半自形粒状结构、粒状变晶结构, 条带状、片麻状和块状构造。主要矿物成分: 斜长石 50%～ 70%, 大小多在 0. 5～ 3. 0 mm 之间, 强绢云母化、黝帘石化; 角闪石 10%～ 20%, 多在 1. 0～ 4. 5 mm 之间, 长轴定向分布, 多阳起石化、绿泥石化; 石英 10%～ 15%, 大小为 0. 5～ 2. 0 mm, 压碎、拉长、带状消光, 集合体定向分布。副矿物为磁铁矿、磷灰石、锆石。其中锆石多数为浅玫瑰色, 少数为淡乳黄色, 透明到半透明, 金刚光泽, 硬度> 5, 粒径 0. 065～ 0. 75 mm, 多数在 0. 1～ 0. 35 mm 之间, 长宽比大部分为 2～ 2. 5∶1, 部分为 1～ 1. 5∶1。

2　岩石化学及地球化学特征

本区石英闪长岩的岩石化学分析结果(表 1) 显示, SiO_2 在 53. 54%～ 64. 90% 之间, 为中性岩; Al_2O_3 在 15. 35%～ 18. 03% 之间, 含量高。SiO_2 与 CaO 呈负相关, $Na_2O > K_2O$, 为钠质花岗岩类, $Al_2O_3/(Na_2O + K_2O + CaO)$ 在 0. 73～ 1. 02 之间, 均< 1. 1。在ACF 图解中均落入 I 型花岗岩区(图略), 里特曼指数 σ 在 0. 85～ 3. 52 之间, 主要

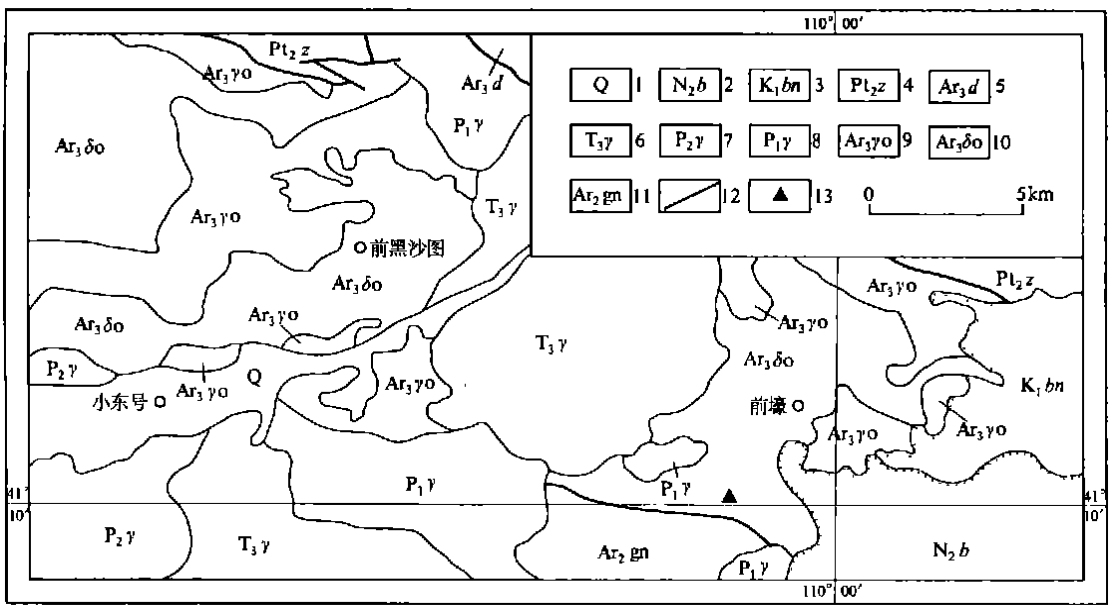


图 1　前壕地区地质简图

Fig. 1　Geological sketch map of the Qianhao area

1. 第四系; 2. 宝格达乌拉组; 3. 白女羊盘组; 4. 渣尔泰山群; 5. 东五分子岩组; 6. 晚三叠世花岗岩; 7. 晚二叠世花岗岩; 8. 早二叠世花岗岩; 9. 新太古代斜长花岗岩; 10. 新太古代石英闪长岩; 11. 中太古代片麻岩; 12. 断层; 13. 同位素采样点

①内蒙古自治区地质调查院 1∶25 万白云鄂博幅区域地质调查报告, 2003.
②内蒙古自治区地质调查院 1∶5 万包头地区区调片区总结报告, 1999.

© 1994-2008 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

表 1 石英闪长岩岩石化学分析结果

Table 1 Chemical compositions of the quartz diorite

序号	样号	SiO_2	TiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	FeO	MnO	MgO	CaO	Na_2O	K_2O	P_2O_5
		w_B/%										
1	4P9Gs37-1	64.90	0.38	16.50	2.06	1.84	0.051	2.11	4.26	4.06	1.50	0.27
2	4P26Gs18	53.54	0.62	16.35	4.28	3.62	0.120	6.13	7.92	4.37	0.66	0.33
3	4P3Gs10	58.15	0.57	18.03	2.32	2.90	0.075	2.40	6.65	6.41	0.89	0.41
4	4P3Gs12-1	63.07	0.36	15.85	1.00	4.25	0.079	3.39	6.01	4.30	0.54	0.12
5	4P3Gs13-4	59.60	0.56	17.94	2.32	2.98	0.084	2.76	6.48	5.52	0.16	0.18
6	4Gs1058	58.76	0.29	15.35	3.16	4.34	0.120	5.18	7.49	3.43	0.23	0.094
7	4P12Gs7	62.69	0.43	17.03	0.31	3.90	0.062	2.43	3.66	5.58	1.93	0.22

序号	样号	H_2O^+	灼失	总和	σ	Na_2O/K_2O	A/CNK
		w_B/%					
1	4P9Gs37-1	1.54	1.68	101.251	1.46	2.77	1.02
2	4P26Gs18	1.24	1.1	100.28	2.4	6.62	0.73
3	4P3Gs10	0.22	0.44	99.465	3.52	7.2	0.76
4	4P3Gs12-1	0.65	0.61	100.09	1.17	7.96	0.85
5	4P3Gs13-4	0.58	0.51	99.674	1.94	34.5	0.85
6	4Gs1058	0.87	0.77	100.084	0.85	14.91	0.79
7	4P12Gs7	0.84	0.95	100.032	2.81	2.89	0.94

注: 由内蒙古自治区中心实验室采用原子吸收分光光度计测试, 2000。

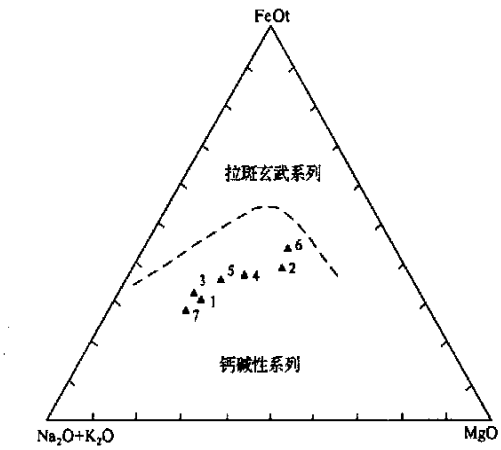


图 2 石英闪长岩 FeOt-(Na2O+K2O)-MgO 图解

Fig. 2 FeOt-(Na2O+K2O)-MgO diagram of quartz diorite

(图中序号同表 1)

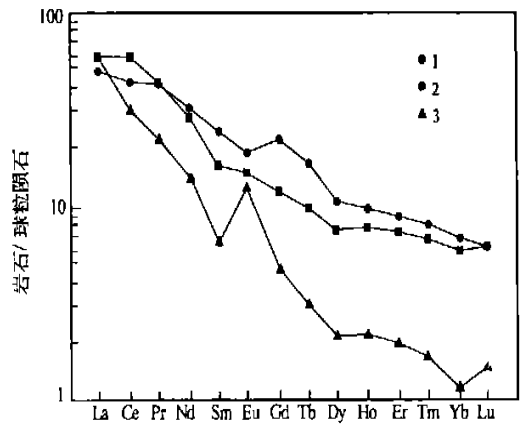


图 3 石英闪长岩稀土元素配分型式

Fig. 3 REE distribution patterns of quartz diorite

(图中序号同表 2)

集中在 3.3 以下, 为钙性-钙碱性岩系列(图 2)。

稀土元素总量较低(80.73×10^{-6}～128.248×10^{-6}) (表 2), LREE/HREE 为 5.4～19.22, $(La/Yb)_N$ 为 7.40～52.73, $(La/Sm)_N$ 为 2.03～9.50; Sm/Nd 在 0.15～0.25 之间, 小于未发生分馏的球粒陨石的 Sm/Nd 比值 0.325(据 Boynton, 1984 年数据计算); 稀土配分型式为右倾斜型(图 3), 显示轻稀土富集。但 δEu 为 0.79～2.32, 显示出 Eu 无异常或呈明显的低正异常, 与太古宙 TTG 花岗岩高铝型的特征一致[5], 是不同源岩部分熔融和(或)熔体分离结晶的产物[6]。

3 同位素地质年龄

3.1 样品采集、处理

样品选自远离裂隙、变形相对较弱的地段(样

© 1994-2008 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

表 2　石英闪长岩稀土元素含量及特征参数

Table 2　REE contents and parameters of the quartz diorite

序号	样号	La	Ce	Pr	Nd	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm
		$w_B/10^{-6}$											
1	4P26XT8	17.04	39.076	5.95	21.03	5.16	1.48	6.34	0.86	3.66	0.77	1.97	0.3
2	4P12XT7	20.43	53.956	5.86	18.91	3.43	1.21	3.308	0.48	2.66	0.63	1.711	0.253
3	4P9XT37-1	20.47	28.45	3.03	9.12	1.33	1.03	1.37	0.16	0.76	0.18	0.46	0.06

序号	样号	Yb	Lu	Y	总和	L/H①	$(La/Yb)_N$	$(La/Sm)_N$	Sm/Nd	δEu
		$w_B/10^{-6}$								
1	4P26XT8	1.54	0.211	20.019	125.406	5.4	7.40	2.03	0.25	0.79
2	4P12XT7	1.36	0.21	13.84	128.248	9.8	10.05	3.67	0.18	1.09
3	4P9XT37-1	0.26	0.05	14.00	80.73	19.22	52.73	9.50	0.15	2.32

注: ①L/H = LREE/HREE; 北京大学地质学系测试中心稀土室采用 ICP-AES 法测试, 2000。

重 20 kg, 编号 4P12TW 7)。全岩大样经内蒙古地质矿产勘查院岩矿鉴定室粉碎, 选取无磁性或电磁性极弱的锆石单颗粒在双筒显微镜下提纯, 送国土资源部天津地质矿产研究所实验测试室, 挑选颜色、粒度、长宽比、自形程度等形态不同, 纯净透明、没有裂纹和包体、未退晶质化的锆石晶体作为测年对象, 并采用同位素稀释法进行单颗粒锆石U - Pb 同位素年龄测定。

锆石的溶解和U, Pb 的分离在超净化学实验室中进行, 采用的稀释剂为$^{205}Pb/^{235}U$ 混合稀释剂。锆石样品经高温高压溶解、蒸干后, 用硅胶-磷酸溶液与样品的U, Pb 混合后加在同一单铼带上, 在 VG354 型热离质谱仪上用高灵敏度 Daly 检测器进行U - Pb 同位素测定。所有同位素数据均进行了质量歧视效应和系统误差校正, 误差为 2σ。实验室全流程 Pb 空白为 0.05 ng, U 空白为 0.002 ng。实验数据用 PBDAT 和 ISOPLOT 程序计算处理。

3.2　测试结果

石英闪长岩中 5 粒锆石U - Pb 同位素数据(表 3)构成和谐图的上交点和下交点年龄分别为(2 535±16) Ma 和(1 261±179) Ma(MSWD = 1.2)(图 4)。所有样点均位于和谐曲线的右侧, 不一致线的线性很好。所有数据点都偏向上交点部位, 显示样品后期 Pb 丢失较少[7], 因此获得的上交点年龄可靠[8, 9]。

表 3　石英闪长岩锆石U - Pb 同位素分析结果

Table 3　U-Pb isotopic data of zircon in quartz diorite

点号	锆石类型及特征	重量/μg	U/μg·g^{-1}	Pb/μg·g^{-1}	普通铅含量/ng	$^{206}Pb/^{204}Pb$	$^{208}Pb/^{206}Pb$	$^{206}Pb/^{238}U$	$^{207}Pb/^{235}U$	$^{207}Pb/^{206}Pb$	表面年龄/Ma $^{206}Pb/^{238}U$	$^{207}Pb/^{235}U$	$^{207}Pb/^{206}Pb$
1	浅紫色透明细长柱状自形晶	13	174	103	0.017	3393	0.3008	0.4643 (33)	10.56 (8)	0.1650 (3)	2459	2485	2507
2	近无色透明长柱状表面圆滑	12	75	45	0.009	2910	0.3889	0.4515 (50)	10.18 (12)	0.1635 (4)	2402	2451	2492
3	浅紫色透明细长柱状自形晶	14	114	65	0.021	1896	0.2936	0.4433 (28)	9.880 (66)	0.1616 (2)	2366	2424	2473
4	近无色透明长柱状表面圆滑	10	85	46	0.012	1693	0.2138	0.4432 (54)	9.910 (126)	0.1622 (5)	2365	2426	2479
5	近无色透明细长柱状自形晶	10	44	26	0.018	601	0.3225	0.4380 (102)	9.650 (236)	0.1598 (9)	2342	2402	2453

注: 天津地质矿产研究所实验测试室测试, 2002; $^{206}Pb/^{204}Pb$ 已对实验空白(Pb = 0.050 ng, U = 0.002 ng)及稀释剂作了较正, 其他比率中的铅同位素均为放射成因铅同位素, 括号内数字为(2σ)绝对误差。

© 1994-2008 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

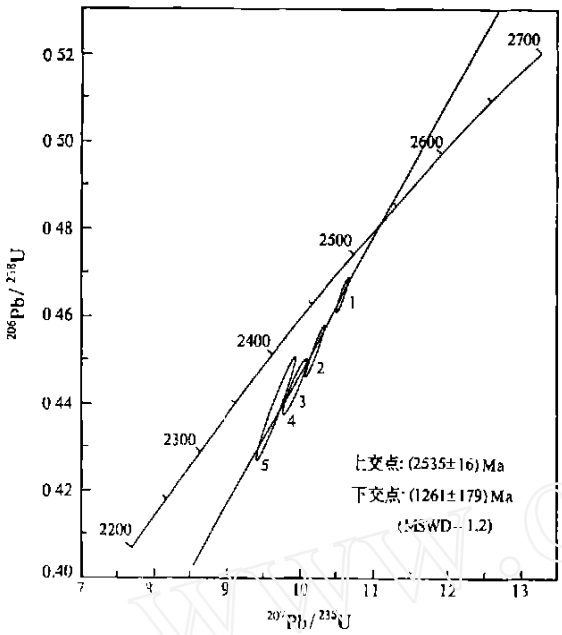


图 4 石英闪长岩锆石 U - Pb 同位素年龄和谐图

Fig. 4 U-Pb concordia diagram of zircon in quartz diorite

4 结论及地质意义

(1) 片麻状石英闪长岩(样品 4P12TW-7) 单颗粒锆石 U - Pb 年龄不一致曲线上交点年龄为(2 535±16) Ma, 代表了石英闪长岩的成岩年龄(新太古代), 从而否定了过去为元古宙的认识。$^{207}Pb/^{206}Pb$ 表面年龄为 2 507 Ma, 更进一步佐证了新的成岩年龄。

该年龄值也得到了其他地区该石英闪长岩同位素年龄值的印证。如湾兔河北 $^{207}Pb/^{206}Pb$ 表面年龄为(2 471±2) Ma, 后黑沙图、信和当两地分别获单颗粒锆石权重年龄(2 541±30) Ma、(2 575±1) Ma①, 后两个结果的单颗粒锆石点落在和谐曲线的左侧, 没有构成不一致线, 可能是 U 丢失造成的; 张玉清等在西乌兰不浪紫苏斜长麻粒岩(原岩为花岗闪长岩) 获锆石 U - Pb 上交点年龄(2511.4±4.9) Ma[2], 被解释为花岗闪长岩的侵位时代。

这个年龄值与区域上 2500 Ma 左右[1]②③的区域变质热事件年龄十分吻合, 充分说明这期岩浆侵位活动直接影响了新太古代末期地质体的变质变形。另外这期岩浆活动事件不只在阴山地区发生, 包括河南在内的华北克拉通也有响应(流纹岩结晶的精确 U - Pb 年龄为(2 512±12) Ma[10], 因此具有区域意义。样品 4P12TW-7 的下交点年龄(1 261±179) Ma, 因误差较大意义尚不确定。

(2) 变质石英闪长岩为高铝 I 型花岗岩类, 是不同源岩部分熔融的产物。它与斜长花岗岩、花岗闪长岩一起构成新太古代花岗岩 TTG 岩系。区调成果④表明, 侵入石英闪长岩的斜长花岗岩铷锶初始比值为 0.702448±0.000003, $^{87}Rb/^{86}Sr$=0.0303, 均小于 0.7047 和 0.087, 表明成岩时有幔源岩浆的参与。

(3) 包括石英闪长岩在内的新太古代 TTG 岩系侵入新太古界色尔腾山岩群中, 形成近东西向展布的大规模花岗岩- 绿岩带。1997 年地质部沈阳地质矿产研究所在色尔腾山岩群柳树沟岩组中获 Sm - Nd 年龄为 2 870 Ma⑤, 结合张玉清等的花岗闪长岩年龄(2 511.4±4.9) Ma 看, 本区花岗岩- 绿岩带形成于 2 500～2 900 Ma 之间, 与华北陆台花岗岩- 绿岩地体形成的时限完全吻合[11,12], 花岗岩绿岩地体中绿岩带的形成年龄明显大于花岗质岩石年龄, 证明了二者的侵入关系。根据绿岩带中原岩建造组合、地球化学特征等⑤, 推断华北绿岩带形成的构造环境为大陆裂谷带[12]或大陆边缘活动带。部分地区镁铁质火山岩 $\varepsilon_{Nd}(t)$ 值在+2.23～+2.91 之间[11], 说明绿岩带形成于亏损地幔。结合野外地质产状, 绿岩带与花岗质岩石密切伴生, 预示着二者有成因联系, 部分花岗质岩石很可能是变质镁铁质岩石(绿岩带的部分原岩) 经部分熔融侵位后形成的侵入岩。花岗质岩石的最后上侵, 为大青山北部新太古代古隆起的形成奠定了基础。

①内蒙古自治区地质调查院, 1∶5 万双玉城幅、召河庙幅区域地质调查报告, 2001.

②中国地质调查局天津地调中心, 1∶5 万石兰哈达、下湿壕幅区域地质调查联测报告, 2000.

③中国地质大学(北京), 多仑地区四幅联测区域地质调查报告, 2000.

④内蒙古自治区地质调查院, 1∶5 万双玉城幅、召河庙幅区域地质调查报告), 2001.

⑤内蒙古自治区地质调查院, 1∶25 万白云鄂博幅区域地质调查报告, 2003.

© 1994-2008 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

成文过程中同贾和义教授级高工进行过多次讨论, 并提出了宝意见。内蒙古自治区地质调查院三合明 1∶5 万区调项目组的同志参加了野外工作, 在此一并致谢。

参考文献:

[1]陶继雄, 许立权. 内蒙古中部召河庙北侧片麻岩的锆石 U - Pb 年龄[J]. 内蒙古地质, 2002, 3: 5—9.

[2]张玉清, 王敬, 贾和义, 等. 内蒙古中部大青山北西乌兰不浪紫苏斜长麻粒岩锆石 U - Pb 年龄[J]. 中国地质, 2003, 30(4): 394—399.

[3]内蒙古自治区地质矿产局. 内蒙古自治区区域地质志[M]. 北京: 地质出版社, 1991.

[4]李景春, 赵爱林, 王力, 等. 内蒙古色尔腾山地区白彦花斜长花岗岩锆石 U - Pb 年龄[J]. 岩石矿物学杂志, 2003, 22(3): 225—228.

[5]胡桂明. 华北陆台北缘(中、东段)早前寒武纪变质杂岩特征与陆台早期演化[A]. 胡桂明, 谢坤一, 王守仑, 等. 华北陆台北缘地体构造演化及其主要矿产[M]. 武汉: 中国地质大学出版社, 1996. 1—11.

[6]李双保, 管爱莲. 稀土元素地球化学对太古宙花岗岩类成因的判别[J]. 前寒武纪研究进展, 2000, 23(2): 76—87.

[7]张宗清. 同位素年代学方法的应用和限制[A]. 张炳熹, 洪大卫, 吴宣志. 岩石圈研究的现代方法[M]. 北京: 原子能出版社, 1996. 186—199.

[8]涂荫玖, 杨晓勇, 郑永飞, 等. 皖东南黄片麻岩的锆石 U - Pb 年龄[J]. 岩石学报, 2002, 17(1): 157—160.

[9]吴元保, 陈道公, 夏群科, 等. 北大别黄土岭麻粒岩锆石 U - Pb 离子探针定年[J]. 岩石学报, 2002, 18(3): 378—384.

[10]A. 克劳纳(Kroner), W. 康普斯顿(Compston), 张国伟, 等. 用单颗粒锆石数据揭示中国河南省晚晚太古代绿岩- 片麻岩地体的年代和构造背景[A]. 早太古代地壳形成及演化- 颗粒锆石 U - Pb 同位素测年研究与应用[M]. 北京: 冶金工业出版社, 1992. 140—153.

[11]沈保丰, 骆辉. 略论我国太古宙绿岩带[J]. 中国区域地质, 1991, 1: 35—39.

[12]王守仑. 华北陆台北缘地体构造与铁金矿产[A]. 胡桂明, 谢坤一, 王守仑, 等. 华北陆台北缘地体构造演化及其主要矿产[C]. 武汉: 中国地质大学出版社, 1996. 37—45.

Zircon U-Pb age of the quartz diorite in North Daqing mountains, central Inner Mongolia

ZHANG Yu-qing, LIU Jun-jie

(*Inner Mongolia Institute of Geological Survey, Hohhot* 010020, *China*)

Abstract: The Qianhao quartz diorites emplaced in Late Archean Se'ertengshan Group composes a part of the Late Archean granite-greenstone belt with plagiogranites. Petrochemical and geochemical research of quartz diorites shows the features I-type granites and accord with Archean high-aluminum TTG granites. They might be resulted through partial melting of different source rocks with participation of mantle magma. Five zircons selected from quartz diorites were crystallized from magma and constitute a U-Pb upper intersection age of (2535±16) Ma, which represents the crystalline age of the intrusion and providing new evidence for crustal evolution of North China Craton.

Key words: quartz diorite; U-Pb age; Late Archean; granite-greenstone belt; North Daqingshan, Inner Mongolia

© 1994-2008 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net