文章编号：1000-8845(2012)03-268-04　　中图分类号：P588.12+2　　文献标识码：A

新疆阿尔泰铁木里克花岗闪长岩锆石 U-Pb 年龄及地质意义

李月臣[1]，李美姣[2]，刘锋[3]，杨富全[3]

(1.新疆维吾尔自治区国家305项目办公室，新疆　乌鲁木齐　830000；2.新新疆维吾尔自治区地质矿产研究所，新疆　乌鲁木齐　830000；3.中国地质科学院矿产资源研究所，北京　100037)

摘　要：通过对新疆阿尔泰南缘富蕴-蒙库成矿带中铁木里克铁矿矿区出露的花岗闪长岩进行了锆石 SHRIMP U-Pb 年龄测定，获得岩体形成时代为(389±5.7) Ma(MSDW=1.7)。该岩体是早泥盆世岩浆活动产物，属海西早期侵入体。岩体侵入活动伴随铁矿成矿作用，表明铁木里克铁矿的形成时代略晚于 389 Ma。前人研究表明，阿尔泰造山带早泥盆世时期岩浆活动异常强烈，400~360 Ma 是主造山期。铁木里克岩体的形成处于阿尔泰造山作用最强时期。对比铁木里克岩体与蒙库岩体的形成时代及空间产出，认为铁木里克岩体形成于与板块俯冲有关的活动大陆边缘的陆弧环境。

关键词：阿尔泰造山带；铁木里克；花岗闪长岩；锆石 SHRIMP U-Pb 年龄

中国境内阿尔泰花岗质岩石约占该区面积的70%，其成因复杂，构造环境多样[1-9]，是构成阿尔泰增生型造山带的主要组成部分。伴随花岗质岩浆的侵入，在该区形成大量金属矿床，如哈拉苏斑岩型铜钼矿、蒙库铁矿、萨尔布拉克铁矿、加尔巴斯套铁矿、铁木里克铁矿等。铁木里克铁矿是富蕴-蒙库成矿带中一个小型铁矿床，其形成与矿体附近铁木里克花岗岩有关。对铁木里克岩体进行 U-Pb 年代学研究，以限定岩体形成时代和铁木里克铁矿成矿时代。结合前人资料，简要讨论阿尔泰造山带与岩浆作用有关的构造-岩浆热事件和成矿作用问题。

1　区域地质背景

中国境内阿尔泰位于西伯利亚板块的西南缘(图 1)[10]●。北部诺尔特泥盆—石炭纪上叠火山-沉积盆地位于红山嘴-诺尔特断裂以北一带，主要由中晚泥盆—早石炭世火山-沉积岩组成，S 型花岗岩侵入时代主要为志留纪、泥盆纪和少数二叠—侏罗纪[11]。中部喀纳斯-可可托海古生代岩浆弧位于红山嘴-诺尔特断裂与阿巴宫断裂、巴寨断裂间，主要为早古生代深变质岩系，出露震旦纪至中奥陶世浅变质巨厚陆源复理石建造、晚奥陶世火山-磨拉石及陆源碎屑建造和中—晚志留世变砂岩。花岗岩类广泛分布，时代以早泥盆世为主，少数中奥陶世岩体(如阿巴宫花岗岩基，462.5 Ma)[12]。南阿尔泰主要由上志留—下泥盆统康布铁堡组和中泥盆统阿勒泰镇组变质火山-沉积岩系组成，次为石炭纪火山-沉积岩系[13]。花岗岩类以早泥盆世为主，次为晚石炭世、二叠纪。少数岩体形成于中奥陶世(切木切克岩体，462 Ma)和侏罗纪[2]。

2　岩体地质概况及岩石学

铁木里克岩体位于新疆大型铁矿蒙库铁矿南东约 20 km、铁木里克铁矿矿区内。大地构造上属西伯利亚板块的中阿尔泰喀纳斯-可可托海古生代岩浆弧。岩体侵入于上志留—下泥盆统康布铁堡组变质火山-沉积岩系中。岩性为灰色、灰白色花岗闪长岩，岩石略变形，程度较弱，侵入地层岩性主要为黑云母变粒岩和大理岩。岩体与地层接触带附近发育铁矿体，即铁木里克小型铁矿(图 1)。定年样品岩性为花岗闪长岩。灰白色，半自形粒状镶嵌结构，粒度 0.75~1.3 mm，最大 2 mm，块状构造，主要由斜长石、钾长石、角闪石和石英组成。斜长石 55%~60%，钾长石 10%~15%，石英 20%~25%，普通角闪石 5%~10%，另含 1%左右榍石和少量磁铁矿和锆石等副矿物。斜长石常见半自

项目资助："十一五"国家科技支撑计划重点项目(2006BAB07B02-01)、国土资源大调查项目(1212010786006)联合资助
收稿日期：2012-07-18；修订日期：2012-08-27；作者 E-mail：xj305lyc@vip.sina.com
第一作者简介：李月臣，男(1966-)，河南南阳人，高级工程师，2009 年中国科学院研究生院博士毕业，主要从事岩石学、地球化学和矿产资源方面研究和管理工作

● 中国冶金地质总局西北局乌鲁木齐地质调查所.新疆富蕴县铁木里克铁矿地质普查报告.2005

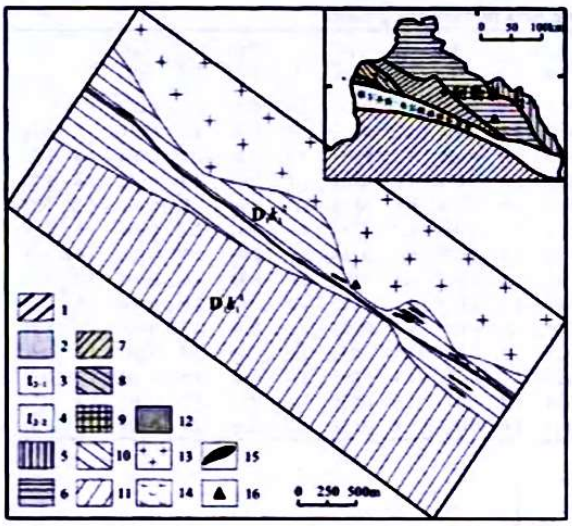


图 1 铁木里克岩体一带地质图

Fig.1 The geological graphics for the Tiemulik pluton

1.哈萨克斯坦-准噶尔板块;2.西伯利亚板块;3.北阿尔泰早古生代陆缘活动带;4.南阿尔泰晚古生代活动陆缘;5.诺尔特泥盆—石炭纪上叠火山-沉积盆地;6.喀纳斯-可可托海古生代岩浆弧;7.克兰早泥盆世—石炭纪弧后盆地;8.卡尔巴-纳雷姆石炭—二叠纪岩浆弧;9.西卡尔巴石炭纪弧前盆地;10.泥盆系下统康布铁堡组下亚组第二岩性段黑云母变粒岩;11.泥盆系下统康布铁堡组下亚组第一岩性段黑云母片麻岩;12.康布铁堡组下亚组不纯大理岩;13.花岗岩;14.斜长角闪岩;15.铁矿体;16.花岗岩采样位置

形板状,发育钠长石聚片双晶和卡斯巴双晶。利用卡斯巴双晶测得斜长石牌号为 AN31±,石英呈它形粒状,具波状消光,角闪石自形程度较好,具黄绿色多色性,测得两组解理夹角为 57°,局部绿泥石化。

3 样品及分析方法

测年样品采自铁矿体附近岩体,锆石单矿物挑选、岩石化学样品破碎由河北省廊坊市科大技术服务公司完成。锆石样品靶的制作和锆石阴极发光照相在北京离子探针中心进行。锆石 U-Pb 同位素分析在北京离子探针中心的 SHRIMP-Ⅱ上完成。详细分析原理和流程参见 Williams 和 Claesson 相关文献[14],仪器工作调节和分析方法详见相关文献[15]。测试中应用 RSES 参考锆石 TEM(417 Ma)进行元素分馏校正、标定样品的 U,Th,Pb 含量,普通铅据实测 ^{204}Pb 进行校正。年龄计算和图解使用 SQUID (1.02)和 ISOPLOT 程序[16]。同位素比值误差为 1σ,加权平均年龄具 95%置信度,年龄值选用 $^{206}Pb/^{238}U$ 年龄。

4 测试结果

锆石颗粒在透反射光下大多为无色或浅褐色,半透明,边部稍磨圆,表面裂纹较少,晶体内暗色不透明包裹体不多。锆石晶体 70~200 μm,一般 80~140 μm,长宽比 2∶1~3∶1,一般自形程度较好,呈板状或短柱状,少量细长柱状。锆石表面较光滑,少数锆石表面略粗糙。阴极发光图像显示(图 2),样品中锆石晶体内发育较好的振荡环带结构,是典型的岩浆成因锆石,少数锆石具增生边。通过透射光、反射光和阴极发光图像研究,样品中选择 14 颗锆石进行 14 次 SHRIMP U-Pb 分析,年龄分析结果见表 1。

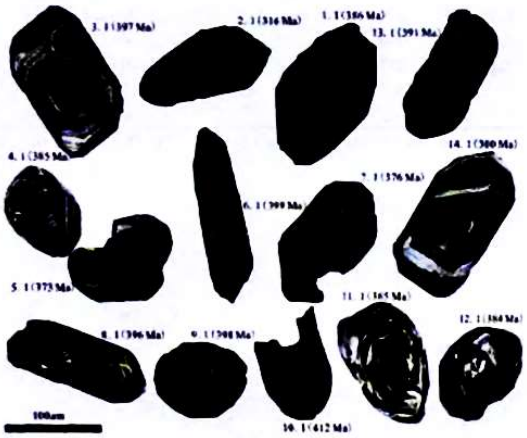


图 2 铁木里克岩体中锆石的阴极发光图

Fig.2 Cathodoluminescence images of the zircons from Tiemulik pluton

铁木里克岩体中锆石 U 含量为 191×10^{-6}~740×10^{-6},Th 含量为 80×10^{-6}~775×10^{-6},Th/U 比值为 0.24~1.32,大于 0.1,表明锆石为岩浆成因[17]。14 个测点都位于谐和线上或附近,其中,有 3 个测点(14.1、2.1 和 5.1)获得的年龄值较低,分别为 300 Ma、316 Ma 和 373 Ma;另外一个测点(10.1)年龄值偏高,为 412 Ma。观察前 3 个测点锆石的阴极发光和透反射光图像,发现测点 14.1 的锆石具后期增生边构造,暗示测得的值代表混合年龄,从而造成年龄值较低;测点 5.1 的锆石显示测点处有一小的暗色包体和裂纹,可能是造成年龄偏低原因;测点 2.1 年龄值较低的原因目前尚不明确。测点 10.1 锆石年龄值与围岩康布铁堡组下亚组中流纹岩年龄一致[13],应该为岩浆侵入过程中从地层捕获的锆石。因此,4 个测点数据均不参与年龄计算。剩余 10 个点锆石 SHRIMPU-Pb 年龄在谐和图上集中成群分布(图 3-a),$^{206}Pb/^{238}U$ 年龄集中在 376~398.5 Ma,10 个测点 $^{206}Pb/^{238}U$ 加权平均年龄为 (389.3±5.7) Ma(MSDW=1.7)(图 3-b),代表岩体形成时代。

表 1 铁木里克岩体锆石 U-Pb SHRIMP 测年数据

Table 1 U-Pb SHRIMP zircon data of Tiemulik granite

点号	$^{206}Pb_c$ /%	U /×10^{-6}	Th /×10^{-6}	^{232}Th /^{238}U	^{206}Pb /×10^{-6}	^{206}Pb /^{238}U /Ma	^{207}Pb /^{235}U /Ma	^{208}Pb /^{232}Th /Ma	Dis-cor-dant	^{238}U /^{206}Pb	±%	^{207}Pb /^{206}Pb	±%	$^{207}Pb^*$ /$^{206}Pb^*$	±%	$^{207}Pb^*$ /^{235}U	±%	$^{206}Pb^*$ /^{238}U	±%	err-corr
1.1	0.68	634	408	0.66	33.8	385.9±5.7	346±41	364±8	-12	16.10		0.059		0.053		0.45		0.062		
2.1	0.08	342	80	0.24	14.8	315.6±4.8	346±35	281±9	9	19.92	1.5	0.054	1.2	0.053	1.5	0.37	2.2	0.050	1.6	0.82
3.1	0.46	191	187	1.01	10.5	397.3±6.1	248±76	393±12	-61	15.66	1.6	0.055	1.3	0.051	3.3	0.45	3.7	0.064	1.6	0.75
4.1	0.18	401	226	0.58	21.3	384.9±5.8	298±40	397±15	-29	16.23	1.6	0.054	1.0	0.052	1.7	0.44	2.3	0.062	1.6	0.82
5.1	0.02	521	605	1.20	26.7	373.3±5.5	372±23	384±6	0	16.77	1.5	0.054	0.8	0.054	1.0	0.44	1.8	0.060	1.5	0.85
6.1	0.12	654	775	1.22	35.9	398.5±5.9	359±29	394±6	-11	15.66	1.5	0.055	0.7	0.054	1.3	0.47	2.0	0.064	1.5	0.90
7.1	0.41	740	243	0.34	38.3	376.0±5.5	383±35	361±12	2	16.58	1.5	0.058	0.7	0.054	1.6	0.45	2.2	0.060	1.5	0.91
8.1	0.44	192	155	0.83	10.5	395.9±6.6	281±82	379±11	-41	15.72	1.7	0.055	1.4	0.052	3.6	0.45	4.0	0.063	1.7	0.79
9.1	0.12	529	511	1.00	29.0	397.9±5.9	339±28	417±11	-17	15.69	1.5	0.054	1.1	0.053	1.2	0.47	2.0	0.064	1.5	0.75
10.1	0.24	275	158	0.59	15.7	412.2±6.2	326±49	401±9	-27	15.11	1.6	0.055	1.2	0.053	2.2	0.48	2.7	0.066	1.6	0.81
11.1	0.00	499	639	1.32	26.4	384.7±6.7	360±36	365±8	-7	16.26	1.8	0.054	1.6	0.054	1.6	0.46	2.4	0.062	1.8	0.80
12.1	0.16	403	465	1.19	21.3	383.9±6.2	409±68	378±9	6	16.27	1.7	0.056	1.8	0.055	3.0	0.47	3.5	0.061	1.7	0.70
13.1	--	267	218	0.84	14.3	391.4±6.8	579±70	399±13	32	16.04	1.8	0.056	1.6	0.059	3.2	0.51	3.7	0.063	1.8	0.75
14.1	0.28	552	148	0.28	22.7	299.7±4.8	308±97	293±20	3	20.95	1.6	0.055	1.8	0.053	4.2	0.35	4.5	0.048	1.6	0.65

注:Common Pb corrected using measured ^{204}Pb, Pb^*代表放射成因铅

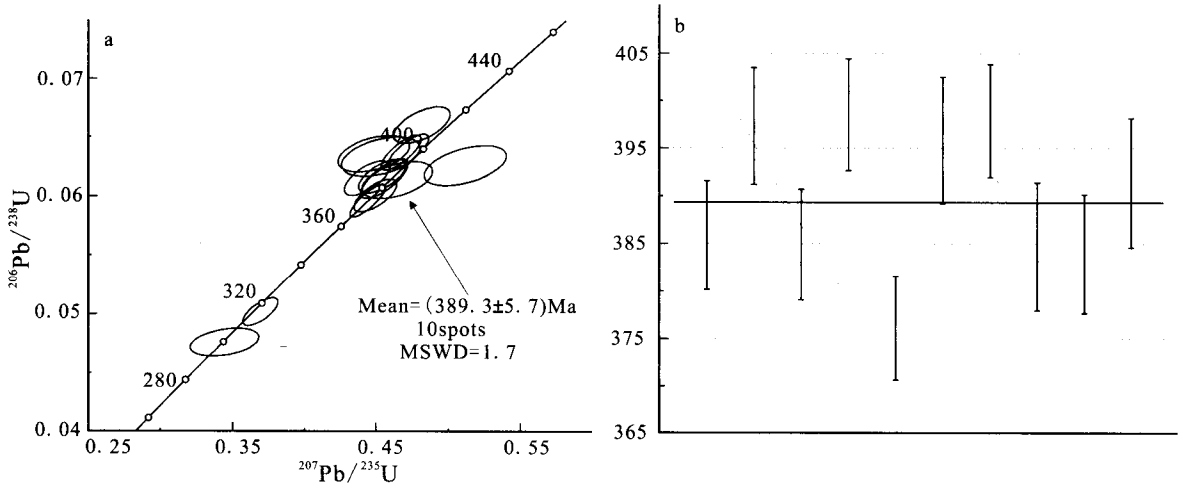


图 3 铁木里克岩体锆石 SHRIMP U-Pb 年龄谐和图

Fig.3 Zircon SHRIMP U-Pb concordia diagrams of Tiemulik pluton

5 讨论

前人对铁木里克岩体形成时代的认识基于 1∶20 万区域地质调查成果。在铁木里克铁矿的勘查报告中❶,该岩体被认为是海西晚期岩浆活动产物,也是沿用原1∶20万区域地质调查成果。本文获得铁木里克花岗闪长岩的锆石 SHRIMP U-Pb 年龄(389.3±5.7) Ma (MSWD=1.7)表明铁木里克岩体侵位于早泥盆世,属海西早期。岩体侵入于周围地层中,限定地层应该早于该岩体。因此,康布铁堡组下亚组上限应不晚于 389 Ma。测年锆石中有一颗测得年龄为(412±6.2) Ma,为捕获地层中变质流纹岩锆石,表明该亚组形成于早泥盆世早期,与有关该地层年代学研究成果一致[13]。前人认为铁木里克铁矿为火山沉积-叠加改造型铁矿,属多期成矿。研究表明,铁木里克岩体与矿床形成有成因联系,矿床为岩浆成矿作用的叠加改造。因此,岩体的成岩年龄可代表铁矿成矿时代,即 389 Ma。大量锆石高精度测年和花岗岩地球化学研究成果显示,阿尔泰造山带发育大量早泥盆世同造山花岗岩类,如铁列克岩体(403 Ma)、喀纳斯岩体(398 Ma)、琼库尔岩体(399 Ma)、阿维滩岩体 (400 Ma)、可可托海岩体(399Ma)、蒙库岩体(400~404Ma)等[2,6,18,19],阿尔泰南缘分布于康布铁堡组中的大量酸性火山岩(变质流纹岩)也形成于早泥盆世(386~401 Ma)[20]。表明早泥盆世阿尔泰地区岩浆活动频繁。研究表明,阿尔泰造山带古生代岩浆侵入活动存在 4 个峰值:460 Ma、408 Ma、375 Ma 和 265 Ma[2,21],特别是早—中古生代花岗岩类分布广泛,多形成于 400 Ma,中部地块主造山期或主碰撞期为 400~360 Ma[22]。铁木里克岩体形成时代与主碰撞期一致,说明该岩体形成于阿尔泰造山作用最强时期。花岗岩侵入体形成受构造环境影响和控制。前人对阿尔泰造山带构造演化提出多种认识,但对晚

❶ 中国冶金地质总局西北局乌鲁木齐地质调查所.新疆富蕴县铁木里克铁矿地质普查报告,2005

志留世—泥盆纪构造环境认知基本相同,即活动大陆边缘环境,岩浆活动与板块俯冲有关[1-2,23-26]。据杨富全等研究,蒙库岩体(400~404 Ma)形成于与板块俯冲有关的活动大陆边缘的陆弧环境[6]。铁木里克岩体与蒙库岩体同时代形成,空间产出位置属同一岩浆活动带。由此可见,铁木里克岩体形成于与板块俯冲有关的陆弧环境。

6 结论

(1) 铁木里克岩体形成于约 389 Ma,属海西早期花岗质侵入体,不是海西晚期产物。

(2) 该岩体为阿尔泰造山作用最强时期岩浆活动产物。

(3) 铁木里克岩体形成于与板块俯冲有关的陆弧环境。

致谢:锆石样品制靶、SHRIMP U-Pb 测年工作得到北京离子探针中心的帮助;野外期间得到铁木里克铁矿的支持,在此一并表示感谢!

参 考 文 献

[1] Windley B F,Kroener A,Guo J,et al.Neoproterozoic to Paleozoic geology of the Altai Orogen,NW China:new zircon age data and tectonic evolution[J]. Journal of Geology,2002,110(6):719-737.

[2] Wang T, Hong DW,Jahn BM,et al.Timing,Petrogenesis, and setting of Paleozoic synorogenic intrusions from the Altai Mountains, Northwest China:Implications for the tectonic evolution of an Accretionary Orogen[J].The Journal of Geology,2006,2114:735-751.

[3] 邹天人,曹惠志,吴柏青.新疆呵尔泰造山花岗岩和非造山花岗岩及其判别标志[J].地质学报,1988(3):228-245.

[4] 童英,王涛,V P Kovach,等.阿尔泰中蒙边界塔克什肯口岸后造山富碱侵入体的形成时代、成因及其地壳生长意义[J].岩石学报,2006, 22(5):1267-1278.

[5] Zhang HX, Niu HC,Terada K,et al.Zircon SHRIMP U-Pb dating on plagiogranite from Kuerti ophiolite in Altay, north Xinjiang[J]. China Sci. Bull,2003,48:2231-2235.

[6] 杨富全,毛景文,闫升好,等.新疆阿尔泰蒙库同造山斜长花岗岩年代学、地球化学及其地质意义[J].地质学报,2008,82(4): 485-499.

[7] Zhu YF,Zeng YS,Gu LB.Geochemistry of the rare metal-bearing pegmatite no.3 vein and related granites in the Keketuohai region, Altay mountains, northwest China[J].Journal of Asian Earth Sciences,2006,27: 61-77.

[8] 刘锋,杨富全,李延河,等.阿尔泰南缘萨尔布拉克铁矿区花岗岩年代学及地球化学研究[J].地质学报,2010,84(2):195-205.

[9] 何国琦,成守德,徐新,等.中国新疆及邻区大地构造图(1∶2500000)说明书[M].北京:地质出版社,2004,1-65.

[10] 袁峰,周涛发,岳书仓.阿尔泰诺尔特地区花岗岩形成时代及成因类型[J].新疆地质,2001,19(4):292-296.

[11] 刘锋,李延河,毛景文,等.阿尔泰造山带阿巴宫花岗岩体锆石 SHRIMP 年龄及其地质意义[J].地球学报,2008,29(6):795-804.

[12] 柴凤梅,毛景文,董连慧,等.新疆阿尔泰南缘阿巴宫铁矿区康布铁堡组变质火山岩年龄及地质意义[J].地质学报,2008,82(11): 1592-1601.

[13] Williams I S,Claesson S.Isotope evidence for the Precambrian province and Caledonian metamorphism of high grade paragneiss from the Seve Nappes,Scandinavian Caledonides,II .Ion microprobe zircon U-Th-Pb[J].Contributions to Mineralogy Petrology, 1987,97: 205-217.

[14] 宋彪,张玉海,万渝生.锆石 SHRIMP 样品靶制样、年龄测定及有关现象讨论[J].地质论评,2002,48(增刊):26-30.

[15] Ludwig K R.Isoplot/Ex, version 2.0: A geochronological toolkit for Microsoft Excel[J].Geochronology Center, Berkeley,Special Publication, 1999,1.

[16] Belousova E A,Griffin W L,O Reilly S Y,et al.Igneous zircon: trace element composition as an indicator of source rock type[J]. Contributions to Mineralogy and Petrology,2002,143:602-622.

[17] 童英,王涛,洪大卫,等.阿尔泰造山带西段同造山铁列克花岗岩体锆石 U-Pb 年龄及其构造意义[J]地球学报,2005,26(9):74-77.

[18] 童英,王涛,洪大卫,等.中国阿尔泰北部山区早泥盆世花岗岩的年龄、成因及构造意义[J].岩石学报,2007,23(8):1933-1944.

[19] 柴凤梅.阿尔泰南缘与铁矿床有关的泥盆纪火山岩特征研究[C].2010

[20] 曾乔松,陈广浩,王核等.阿尔泰冲乎尔盆地花岗质岩体的锆石 SHRIMP U-Pb 定年及其构造意义[J].岩石学报,2007,23(8): 1921-1932.

[21] 王涛,洪大卫,童英,韩宝福,石玉若.中国阿尔泰造山带后造山喇嘛昭花岗岩体锆石 SHRIMP 年龄、成因及陆壳垂向生长意义[J].岩石学报,2005,21(3):640-650.

[22] Xu J F,Castillo P R,Chen F R,et al.Geochemistry of late Paleozoic mafic igneous rocks from the Kuerti area,Xinjiang, northwest China: implications for backarc mantle evolution[J].Chem.Geol.2003,193: 137-154.

[23] Xiao W J,Windley B F, Badarch G, et al.Palaeozoic accretionary and convergent tectonics of the southern Altaids: implications for the growth of Central Asia[J].Journal of the Geological Society,London, 2004,161:339-342.

[24] 牛贺才,于学元,许继峰,等.中国新疆阿尔泰晚古生代火山作用及成矿[M].北京:地质出版社,2006,1-184.

[25] Yuan C,Sun M,Xiao W J,et al.Accretionary orogenesis of the Chinese Altai: Insights from Paleozoic granitoids[J].Chemical Geology, 2007,242:22-39.

Zircon U-Pb Dating and Geological Significance of Granodiorite in Tiemulik,Altay,Xinjiang,

LI Yue-chen[1],LI Mei-jiao[2],LIU Feng[3],YANG Fu-quan[3]

(1.National 305 Project Office,Urumqi,Xinjiang,830000,China;2.Xinjiang Institute of Geological and Mineral Resources,Urumqi,Xinjiang,830000,China;3.Institute of Mineral Resources,Chinese Academy of Geological Sciences,Beijing,100037,China)

Abstract: This paper reports zircon U-Pb dating result for granodiorite located at Tiemulik iron ore deposit of Fuyun-Mengku metallogenic belt in southern Altay,Xinjiang.This granodiorite,yield ages of (389±5.7) Ma(MSDW=1.7). The granodiorite are formed during Early Devonian magmatic activity,belongs to the Early Hercynian intrusive body rather than the Late Hercynian.The intrusion activities along with the mineralization of iron ore,which indicates that the formation age of Tiemulik iron ore later than 389 Ma.Previous studies have shown that there are a magmatic cativity peak in Altay orogen during the Early Devonian,400~360 Ma was the main orogenic period,the granodiorite of Tiemulik was formed during the strongest period of Altay orogeny.Tiemulik pluton is also formed in the continental arc environment after compared the era of Tiemulik pluton and Mengku pluton.

Key words: Tiemulik;Altay orogenic belt;Granodiorite;Zircon U-Pb Dating

新疆阿尔泰铁木里克花岗闪长岩锆石U-Pb年龄及地质意义

万方数据 WANFANG DATA 文献链接

作者： 李月臣， 李美姣， 刘锋， 杨富全， LI Yue-chen， LI Mei-jiao， LIU Feng， YANG Fu-quan

作者单位： 李月臣,LI Yue-chen(新疆维吾尔自治区国家305项目办公室,新疆乌鲁木齐,830000)， 李美姣,LI Mei-jiao(新新疆维吾尔自治区地质矿产研究所,新疆乌鲁木齐,830000)， 刘锋,杨富全,LIU Feng,YANG Fu-quan(中国地质科学院矿产资源研究所,北京,100037)

刊名： 新疆地质 ISTIC PKU

英文刊名： Xinjiang Geology

年，卷(期)： 2012,30(3)

参考文献(25条)

1. Windley B F;Kroener A;Guo J Neoproterozoic to Paleozoic geology of the Altai Orogen,NW China:new zircon age data and tectonic evolution 2002(06)

2. Wang T;Hong DW;Jahn BM Timing,Petrogenesis,and setting of Paleozoic synorogenic intrusions from the Altai Mountains,Northwest China:Implications for the tectonic evolution of an Accretionary Orogen 2006

3. 邹天人;曹惠志;吴柏青 新疆呵尔泰造山花岗岩和非造山花岗岩及其判别标志 1988(03)

4. 童英;王涛;V P Kovach 阿尔泰中蒙边界塔克什肯口岸后造山富碱侵入体的形成时代、成因及其地壳生长意义 2006(05)

5. Zhang HX;Niu HC;Terada K Zircon SHRIMP U-Pb dating on plagiogranite from Kuerti ophiolite in Altay,north Xinjiang 2003

6. 杨富全;毛景文;闫升好 新疆阿尔泰蒙库同造山斜长花岗岩年代学、地球化学及其地质意义 2008(04)

7. Zhu YF;Zeng YS;Gu LB Geochemistry of the rare metal-bearing pegmatite no.3 vein and related granites in the Keketuohai region,Altay mountains, northwest China 2006

8. 刘锋;杨富全;李延河 阿尔泰南缘萨尔布拉克铁矿区花岗岩年代学及地球化学研究 2010(02)

9. 何国琦;成守德;徐新 中国新疆及邻区大地构造图(1∶2500000)说明书 2004

10. 袁峰;周涛发;岳书仓 阿尔泰诺尔特地区花岗岩形成时代及成因类型[期刊论文]-新疆地质 2001(04)

11. 刘锋;李延河;毛景文 阿尔泰造山带阿巴宫花岗岩体锆石SHRIMP年龄及其地质意义[期刊论文]-地球学报 2008(06)

12. 柴凤梅;毛景文;董连慧 新疆阿尔泰南缘阿巴宫铁矿区康布铁堡组变质火山岩年龄及地质意义[期刊论文]-地质学报 2008(11)

13. Williams I S;Claesson S Isotope evidence for the Precambrian province and Caledonian metamorphism of high grade paragneiss from the Seve Nappes,Scandinavian Caledonides,Ⅱ .Ion microprobe zircon U-Th-Pb 1987

14. 宋彪;张玉海;万渝生 锆石SHRIMP样品靶制样、年龄测定及有关现象讨论 2002(增刊)

15. Ludwig K R Isoplot/Ex,version 2.0:A geochronological toolkit for Microsoft Excel 1999(01)

16. Belousova E A;Griffin W L;O Reilly S Y Igneous zircon:trace element composition as an indicator of source rock type 2002

17. 童英;王涛;洪大卫 阿尔泰造山带西段同造山铁列克花岗岩体锆石U-Pb年龄及其构造意义 2005(09)

18. 童英;王涛;洪大卫 中国阿尔泰北部山区早泥盆世花岗岩的年龄、成因及构造意义[期刊论文]-岩石学报 2007(08)

19. 柴凤梅 阿尔泰南缘与铁矿床有关的泥盆纪火山岩特征研究 2010

20. 曾乔松;陈广浩;王核 阿尔泰冲乎尔盆地花岗质岩体的锆石SHRIMP U-Pb定年及其构造意义 2007(08)

21. 王涛;洪大卫;童英;韩宝福 石玉若 中国阿尔泰造山带后造山喇嘛昭花岗岩体锆石SHRIMP年龄、成因及陆壳垂向生长意义[期刊论文]-岩石学报 2005(03)

22. Xu J F;Castillo P R;Chen F R Geochemistry of late Paleozoic mafic igneous rocks from the Kuerti area,Xinjiang,northwest China:implications for backarc mantle evolution 2003

23. Xiao W J;Windley B F;Badarch G Palaeozoic accretionary and convergent tectonics of the southern Altaids:implications for the growth of Central Asia 2004

24. 牛贺才;于学元;许继峰 中国新疆阿尔泰晚古生代火山作用及成矿 2006

25. Yuan C;Sun M;Xiao W J Accretionary orogenesis of the Chinese Altai:Insights from Paleozoic granitoids 2007