2004 年 8 月
25 卷 4 期:423-427

地 球 学 报
ACTA GEOSCIENTICA SINICA

Aug. 2004
25(4):423-427

安徽铜陵地区幔源岩浆底侵作用的时代
——朝山辉石闪长岩锆石 SHRIMP 定年

王彦斌[1)] 刘敦一[1)] 曾普胜[2)] 杨竹森[2)] 田世洪[2)]

1) 中国地质科学院地质研究所,北京,100037;2) 中国地质科学院矿产资源研究所,北京,100037

摘 要 铜陵是中国著名的铜(金)、铁成矿带,其金属矿产与区内燕山期侵入岩有着密切的时空、成因联系。对与铜陵地区典型的夕卡岩型朝山金矿有关的辉石闪长岩中的锆石进行了 SHRIMP 精确定年研究,辉石闪长岩锆石 $^{206}Pb/^{238}U$ 年龄为 142.9 ±1.1 Ma,结合新获得的新桥矶头石英闪长岩和铜官山石英闪长岩的锆石 U-Pb 年龄。认为铜陵地区幔源岩浆底侵作用发生在早白垩世(133 ±143 Ma),这一时期也是成矿的重要时期。

关键词 锆石 SHRIMP 定年 辉石闪长岩 朝山金矿 底侵作用

SHRIMP U-Pb Geochronology of Pyroxene Diorite in the Chaoshan Gold Deposit and Its Geological Significance

WANG Yanbin[1)] LIU Dunyi[1)] ZENG Pusheng[2)] YANG Zhusen[2)] TIAN Shihong[2)]

1) *Institute of Geology, Chinese Academy of Geological Sciences, Beijing*, 100037;

2) *Institute of Mineral Resources, Chinese Academy of Geological Sciences, Beijing*, 100037

Abstract Sensitive High Resolution Ion Microprobe (SHRIMP) U-Pb zircon dating of pyroxene diorite from the Chaoshan gold deposit in Tonglin mineral district of Anhui Province indicates intrusive activity at 142.9 ±1.1 Ma. New U-Pb ages were obtained for quartz diorite from Tongguanshan quartz diorite and the Xinqiao Cu-S-Fe-Au deposit. These data indicate that mantle source magmatic underplating occurred in Early Cretaceous (133～143 Ma). This suggests that magmatism and associated ore-forming process became active in this area since the Yanshanian movement.

Key words SHRIMP U-Pb geochronlogy pyroxene diorite the Chaoshan gold deposit underplating

安徽铜陵以丰富的铜金矿产资源而著称,夕卡岩金矿床是其中引人关注的一类重要矿床,与辉石闪长岩体有直接成生关系的安徽铜陵朝山金矿就是其中的典型矿床(图 1)。虽然前人在矿床的成矿地质特征和成矿预测、矿石矿物学、侵入岩的冷却年龄等方面已进行了研究工作(Pan Y 等,1999;袁小明,2002;吴才来等,1996,2003),但对与成矿密切有关的侵入岩的侵位时代未见报道,而侵入岩侵位时代的确定不仅对研究矿床成矿时代及其成因具有重要的学术意义,而且对进一步的找矿勘探具有重要的指导作用。因此,本文运用锆石 U-Pb 同位素方法对辉石闪长岩进行准确的年龄测定。研究表明,夕卡岩成矿在辉石闪长岩 143 ±1 Ma 侵入之后,这一时期的岩浆活动对成矿具有重要意义。

1 地质背景和矿床地质特征

该区构造位置属于大通-顺安复安复向斜次级褶皱——青山背斜北东段的南东翼。区域内出露的地层为下、中三叠统的碳酸盐岩和页岩。印支期、燕山期的断裂构造和褶皱组成复杂的网格状格架,控制了区内岩浆岩和矿床的分布。区内岩浆岩活动强烈,以钙碱性-碱性系列的辉石闪长岩、石英闪长岩及花岗闪长岩为主,主要以岩墙-岩枝形式产出,与成矿关系密切(傅世昶,1999;胡欢等,2001)。

本文由国土资源部国际合作与科技司"同位素新技术的地质应用研究"项目(20010209)资助。
改回日期:2003-1-10;责任编辑:宫月萱。
第一作者:王彦斌,男,1966 年生,研究员,从事同位素地质年代学和地球化学研究。

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

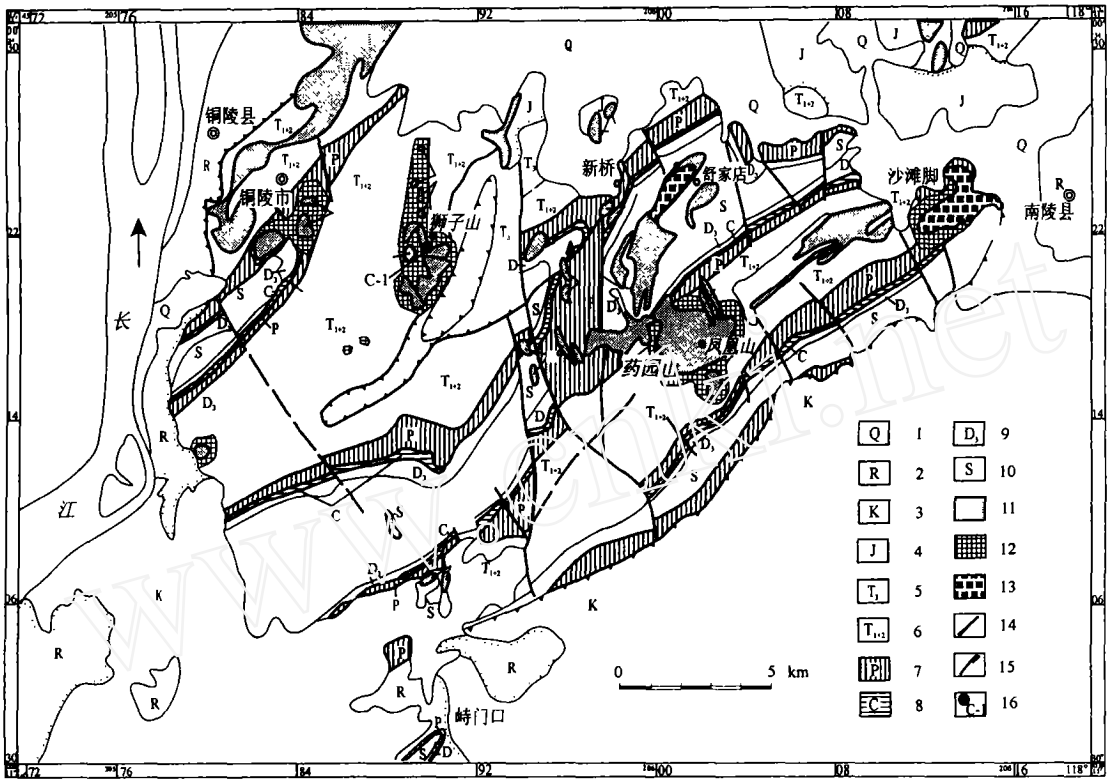

图 1 铜陵矿集区地质简图

Fig. 1 Sketch geological map and sampling location of Tongling mineralization concentration area

1-第四系;2-第三系砂砾岩;3-白垩系砂岩、砾岩;4-侏罗系砂岩、火成岩;5-上三叠统砂岩、页岩;6-中下三叠统灰岩、白云岩;7-二叠系灰岩、硅质岩、页岩;8-石炭系页岩、灰岩;9-上泥盆统砂岩;10-志留系砂岩、页岩;11-中酸性岩体;12-大理岩化带;13-斑岩铜矿化岩体;14-地质界线;15-实测及推测断层;16-取样位置及编号

1-quaternary; 2-Tertiary sandy conglomerate; 3-Cretaceous sandstone and conglomerate; 4-Jurassic sandstone and igneous rock; 5-Upper Triassic sandstone and shale; 6-Middle-Lower Triassic limestone and dolostone; 7-Permian limestone, silicalite and shale; 8-Carboniferous shale and limestone; 9-Upper Devonia sandstone; 10-Silurian sandstone and shale; 11-intermediate-acidic rock; 12-marmorization zone; 13-porphyry copper mineralization zone; 14-geological boundary; 15-measured and inferred faults; 16-sampling site and its number

朝山金矿位于铜陵狮子山矿田东部,朝山金矿区内岩浆岩为白芒山碱性辉石闪长岩体,宽 150 m。矿体赋存的地层为三叠系中统南陵湖组,南陵湖组下部为青灰色叶片状、薄层状石灰岩夹中厚层状石灰岩,中部为灰色叶片状-薄层状石灰岩,缝合线构造发育。变质后为白-灰白色中-薄层状大理岩,局部夹角岩细条带。矿体主要赋存于辉石闪长岩体与灰岩接触带及其围岩层间裂隙中,构造叠加处矿体变厚,主矿体受接触带构造控制,呈透镜状、薄板状;次要矿体受近接触带围岩裂隙构造控制,沿主矿体东侧自北至南呈斜列式排列,矿体形态为透镜状。由于围岩灰岩质纯,仅在接触带附近形成较窄的夕卡岩带。当围岩呈薄-中厚层状,质不纯,夹角岩薄层时,在岩浆侵入过程中或构造作用下,易产生层间裂隙和层间滑脱,成为含矿热液聚集沉淀的良好场所。

区内岩浆活动强烈,主要为白芒山辉石闪长岩体,呈 NNW 向的岩墙状产出,出露面积 0.3 km^2,岩体中含尖晶石辉石岩、角闪石岩等深源包体及辉石、角闪石巨斑晶。岩体侵入围岩为三叠纪碳酸盐岩,接触带发育大理岩化和 Au、Ag 等多金属矿化。岩石具深灰色-浅黑色,自形-半自形粒状结构,主要矿物为斜长石(An = 43～52,60 %～70 %),次透辉石(10 %～15 %),角闪石(8 %～12 %)其次为黑云母(3 %～4 %),钾长石(3 %～5 %),副矿物主要有磁铁矿、磷灰石、锆石和榍石。岩石成分为:SiO_2 53.02 %, TiO_2 1.22 %, Al_2O_3 16.23 %, Fe_2O_3 3.71 %, FeO 4.72 %, MnO 0.14 %, MgO 3.94 %, CaO 7.76 %, Na_2O 4.38 %, K_2O 2.72 %, P_2O_5 0.46 %。

朝山金矿矿石矿物成分复杂,金属矿物以磁黄铁矿、毒砂为主,其次为黄铁矿、黄铜矿、方铅矿、闪锌矿、黝铜矿和辉铋矿等。脉石矿物以方解石、石

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

英、透辉石、斜长石为主。朝山金矿原生自然金的载体矿物主要为磁黄铁矿、毒砂、辉铋矿、石英和方解石。

矿床的接触热变质作用形成大理岩和角岩,接触交代变质作用形成夕卡岩化辉石闪长岩及夕卡岩化大理岩。夕卡岩的主要组成矿物为石榴子石、透辉石、方柱石、符山石、阳起石及绿帘石等。自岩体向外大体上依次出现夕卡岩化辉石闪长岩-石榴子石透辉石方柱石夕卡岩-透辉石夕卡岩、石榴子石夕卡岩-夕卡岩化大理岩,局部出现隐爆角砾状夕卡岩。矿床的围岩蚀变主要有钾化(钾长石、黑云母)、硅化(交代石英岩化)、碳酸岩化(菱铁矿、方解石),局部见有绿帘石化、阳起石化、绿泥石化、绢云母化。

2　样品特征和实验方法

采集矿区远离矿体的侵入岩辉石闪长岩样品 C-1,样品 C-1 的锆石粒径约 100～150 μm,为浅黄色透明,主要为柱状,晶面平直,具岩浆结晶锆石的特点。

把锆石从 0.5 kg 至几公斤的样品中分选出来,在双目镜下挑纯。将待测锆石与澳大利亚国立大学地球科学研究院(RSES)的一片锆石标样 SL13 及数粒锆石标样 TEM 置于环氧树脂中做成样品靶(Mount)。将靶上的锆石磨至约二分之一,以使锆石内部暴露。接着进行照相、阴极发光(CL)分析、抛光、清洗、镀金,然后进行 SHRIMP 分析。CL 图象在中国地质科学院矿产资源研究所电子探针室完成,其目的在进行 SHRIMP U-Pb 分析时,需参考锆石颗粒剖面的阴极发光图像,以便对锆石颗粒的不同区域 U、Th、Pb 同位素成分进行分析。

SHRIMP U-Pb 分析在中国地质科学院地质研究所北京离子探针中心的 SHRIMP II 上完成。详细分析流程和原理参考 Compston 等(1984,1992)和 Williams 等(1987,1998)资料。一次离子源气体为氧气,将其电离后,由 O^{2-} 打击锆石颗粒,激发出锆、铅、铀、钍的氧化物离子或金属离子。测定 Zr_2O、^{204}Pb、^{206}Pb、^{207}Pb、^{208}Pb、^{238}U、^{232}ThO、^{238}UO 质量峰的强度,每个峰的积分时间分别为 2.0 s、10.0 s、10.0 s、10.0 s、15.0 s、5.0 s、5.0 s、2.0 s、2.0 s,每个点的数据由 5 次扫描组成。一次离子为约 4.5 nA,10 kV 的 O^{2-},打到锆石上束斑的直径为 25～30 μm,质量分辨率约为 5 400(1 %峰高)。待分析未知点与标样 TEM 的点交叉进行分析。应用 RSE 的锆石 SL13(572 Ma,238 ×10^{-6})标定样品的 U、Th、Pb 含量,Temrra(417 Ma)进行年龄校正。数据处理采用 Ludwig 的 SQUID1.02 及 ISOPLOT 程序。普通铅根据实测的^{204}Pb 进行校正,同位素比值误差为 1σ,加权平均年龄具 95 %的置信度。

3　实验结果

表 1 给出了辉石闪长岩 C-1 的锆石 SHRIMP

表 1　辉石闪长岩 C-1 锆石 SHRIMP 分析数据

Table 1　SHRIMP U-Pb isotopic analytical data of pyroxene diorite sample

测点	$^{206}Pb_c$/ %	U / ×10^{-6}	Th / ×10^{-6}	$\frac{^{232}Th}{^{238}U}$	$^{206}Pb^*$ / ×10^{-6}	$^{206}Pb/^{238}U$ t/ Ma	$\frac{^{207}Pb^*}{^{206}Pb^*}$	±%	$^{207}I/^{235}U$	±%	$\frac{^{206}Pb^*}{^{238}U}$	±%
C-1	0.15	518	973	1.94	9.83	140.7 ±2.0	0.0514	3.5	0.1563	3.8	0.02206	1.4
C-2	0.60	482	1130	2.42	9.27	141.8 ±2.1	0.0415	9.8	0.127	9.9	0.02224	1.5
C-3	—	678	1817	2.77	13.5	148.5 ±2.1	0.0545	6.0	0.175	6.2	0.02331	1.5
C-4	2.01	411	753	1.89	7.92	140.1 ±2.4	0.0355	22	0.108	22	0.02197	1.7
C-5	0.68	1151	2792	2.51	22.4	143.4 ±2.1	0.0454	5.9	0.1407	6.0	0.02249	1.5
C-6	3.15	267	431	1.67	5.20	140.2 ±3.4	0.0266	23	0.081	23	0.02198	2.5
C-7	0.60	456	950	2.15	8.78	141.9 ±2.3	0.0443	13	0.136	13	0.02226	1.6
C-8	0.12	799	2229	2.88	15.5	143.9 ±1.9	0.0496	4.0	0.1543	4.2	0.02257	1.3
C-9	2.24	434	942	2.24	8.70	145.3 ±2.2	0.0396	13	0.125	13	0.02280	1.6
C-10	0.85	325	574	1.82	6.32	143.0 ±2.6	0.0514	14	0.159	14	0.02243	1.9
C-11	3.10	239	260	1.13	4.81	144.9 ±3.1	0.027	40	0.085	40	0.02273	2.2
C-12	0.47	438	830	1.96	8.51	143.5 ±2.1	0.0447	5.9	0.1386	6.1	0.02250	1.5
C-13	2.79	552	1391	2.60	10.9	143.1 ±2.3	0.0351	19	0.109	19	0.02245	1.6
C-14	2.44	338	745	2.28	6.43	137.6 ±2.6	0.0389	24	0.116	25	0.02157	1.9
C-15	4.99	362	744	2.13	7.23	141.0 ±2.7	0.036	29	0.110	30	0.02212	2.0
C-16	0.91	466	954	2.12	8.96	141.5 ±2.3	0.0404	12	0.124	12	0.02219	1.6
C-17	—	245	412	1.74	4.52	138.2 ±2.8	0.0610	11	0.182	11	0.02167	2.0
C-18	—	485	1182	2.52	9.67	148.5 ±2.3	0.0546	7.6	0.175	7.8	0.02330	1.6
C-19	0.05	478	1019	2.20	9.24	143.2 ±2.0	0.0490	4.7	0.1517	4.9	0.02246	1.4

注:误差为 1σ;Pb_c 和 Pb^* 分别表示普通铅和放射成因铅;标准校正值的误差;C-1 为 0.71 %;普通铅校正应用^{204}Pb 实测值。

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

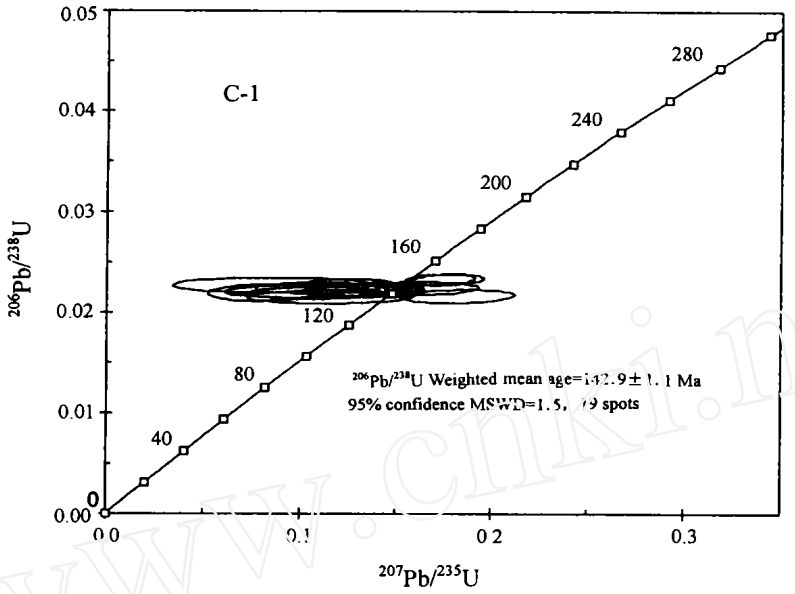

图 2 辉石闪长岩 C-1 锆石一致曲线图

Fig. 2 U-Pb Weatherill concordia diagrams showing SHRIMP data for C-1 sample

U-Pb 分析结果。其 U-Pb 谐和图见图 2,该样品锆石 $^{206}Pb/^{238}U$ 加权平均年龄为 142.9 ±1.1 Ma,为锆石结晶年龄,该年龄代表该辉石闪长岩的侵位时代。

4 地质意义

研究表明,三叠纪时扬子陆块和华北陆块间的陆-陆碰撞及后期的大陆伸展,使区域构造体制从早期(T_2-T_3)挤压转换为后期(J_3—K_1)拉张和断陷,引发幔源岩浆的底侵作用,导致长江中下游地区大规模的壳幔能量和物质交换(杜杨松,2003;Pan Y 等,1999)。作为扬子岩浆-成矿带的重要组成部分,安徽铜陵地区中生代的岩浆-成矿作用无疑与此有关。

朝山金矿的形成与辉石闪长岩侵入岩有关,而且接触热变质和接触交代以及围岩蚀变在时间和空间上都与辉石闪长岩的侵入作用有关,岩体为矿床提供了热源及丰富的成矿物质来源。该区辉石闪长岩中含角闪辉长岩包体,包体主要由单斜辉石($Wo_{47}En_{41}Fs_{12}$)、基性斜长石($Or_1Ab_{46}An_{53}$)和含钛镁绿钙闪石组成,矿物晶质熔融包裹体的均一温度为 1 281～1 292 ℃,这种高温熔浆可能是底侵幔源岩浆同熔下地壳形成的(田世洪等,2001;杜杨松,2003)。周 若等(1993)则根据辉石闪长岩中发现的角闪辉石岩堆积岩包体,计算堆积岩形成的压力为 0.8 GPa,温度 1 100 ℃。邢凤鸣等(1996)依据岩石学和同位素资料,如该区辉石闪长岩的 Sr 同位素初始比值($^{87}Sr/^{86}Sr)_i$ = 0.70607,εNd(t) = - 6.5,认为该区的侵入岩在 26 km 左右的下地壳和 1 100 ℃左右的高温下,幔源高钾碱性玄武岩浆同化下地壳酸性组分后,侵入地壳浅部形成。

吴才来等(1996)获得该区辉石闪长岩中黑云母的 Ar-Ar 坪年龄为 136.6 ±1.1 Ma,其为岩体在 275～325 ℃时的冷却年龄(黑云母 Ar-Ar 封闭温度为 275～325 ℃;Cliff,1985;Zeitler,1989)。笔者获得的辉石闪长岩中锆石 $^{206}Pb/^{238}U$ 年龄为 142.9 ±1.1 Ma,其为该岩体的侵位年龄,结合笔者应用离子探针技术获得新桥矶头石英闪长岩岩珠锆石 $^{206}Pb/^{238}U$ 年龄为 140.2 ±2.2 Ma,获得铜官山石英闪长岩两次脉动侵位年龄分别为 141.3 ±2.9 Ma 和 133.3 ±3.2 Ma,可以认为铜陵地区幔源岩浆底侵作用发生在早白垩世(133～143 Ma),这一时期也是成矿的重要时期。

致谢 野外工作期间,得到侯增谦研究员的指导和帮助,同时该文还得到郭敬辉研究员的指正,作者表示诚挚的感谢。

参 考 文 献

胡欢,王汝成,陆建军等. 2001. 安徽铜陵狮子山矿田夕卡岩型金矿床的矿物组合、化学成分及成因意义. 矿床地质,20(1):86～98.

傅世昶. 1999. 铜陵朝山金矿床成矿地质特征和成矿预测. 地质找矿论丛,14(2):69～74.

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

唐永成,邢凤鸣,吴言昌等. 1998. 安徽沿江地区铜金多金属矿床地质. 北京:地质出版社,1～349.

田世洪,杜杨松,秦新龙等. 2001. 安徽铜陵地区中酸性侵入岩及其岩石包体中的矿物包裹体研究. 地学前缘,8(4):422～428.

杜杨松,刘金辉,秦新龙等. 2003. 岩浆底侵作用研究进展. 自然科学进展,13(3):237～242.

吴才来,陈松永,史仁灯等. 2003. 铜陵中生代中酸性侵入岩特征及成因. 地球学报,24(1):41～48.

吴才来,周　若,黄许陈等. 1996. 铜陵地区中酸性侵入岩年代学研究. 岩石矿物学杂志,15(4):299～306.

周　若,吴才来,黄许陈等. 1993. 铜陵中酸性侵入岩同源包体特征及岩浆动力学. 岩石矿物学杂志,12(1):20～31.

邢凤鸣,徐祥. 1996. 铜陵地区高钾钙碱性系列侵入岩. 地球化学,25(1):29～38.

袁小明. 2002. 铜官山矿田铜金成矿模式探讨. 地球学报,23(6):541～546.

References

Compston W, Williams I S, Meyer C. 1984. U-Pb geochronology of zircons from lunar breccia 73217 using a sensitive high mass-resolutionion mocroprobe. Jouranl of Geophysical Research, 89(Sup.): B325～534.

Compston W, Williams I S, Kirschvink J L et al. 1992. Zircon U-Pb ages for the Early Cambrian time scale. Journal of the Geological Society, London, 149:171～184.

Cliff R. 1985. Isotopic dating in metamorphic belts. J. Geol. Soc. London, 142:97～110.

Du Yangsong, Liu Jinhui, Qin Xinlong et al. 2003. Research progress of magmatic underplating. Progress in Natural Science, 13(3):237～242(in Chinese with English abstract).

Fu Shichang. 1999. The geological characteristics and metallogenic prediction in Chaoshan gold deposit, Tonglin. Contributions to Geology and Mineral Resources Research, 14(2): 69～74 (in Chinese with English abstract).

Hu Huan, Wang Rucheng, Lu Jianjun et al. 2001. Mineral association, chemical composition andgenetic significance of skarn gold deposits in the Shizishan orefield, Tonglin area, Anhui province. Mineral Deposit, 20(1):86～98.

Pan Y, Dong P. 1999. The Lower Changjiasng(Yangzi/ Yangtze River) metallogenic belt, east central China: intrusion-and wall rock-hosted Cu-Fe-Au, Mo, Zn, Pb, Ag deposits. Ore Geology Review, 15:177～242.

Tian Shihong, Du Yangsong, Qin Xinlong et al. 2001. Minera linclusion studies of the intermediate - acid intrusive rocks and their rock enclaves in Tongling area, Anhui province. Earth Science Frontiers, 8(4):422～428 (in Chinese with English abstract).

Williams I S, Claesson S. 1987. Isotopic evidence for the Precambrian provenance and Caledonian metamorphism of high grade paragneisses from the Seve Nappes, Scandinavian Caledonides: II. Ion microprobe zircon U-Th-Pb. Contributions to Mineralogy and Petrology, 97,. 205～217.

Williams I S. 1998. U-Th-Pb Geochronology by Ion Microprobe, in McKibben, M. A., Shanks III, W. C. and Ridley, W. I. (eds), Applications of microanalytical techniques to understanding mineraling processes. Reviews in Economic Geology, 7:1～35.

Wu Cailai, Chen Songyong, Shi Rendeng et al. 2003. Origin and features of the mesozoic intermediate acid intrusives in the Tongling area, Anhui, China. Acta Geoscientia Sinica, 24(1):41～48(in Chinese with English abstract).

Wu C L, Wang Z H, Qiao D W et al. 2000. Type of enclaves andtheir features andorigins inintermediate-acid intrusive rocks from the Tongling district, Anhui province, China, Acta Geologica Sinica, 74(1):55～67.

Wu Cailai, Zhou Xunrou, Huang Xuchen et al. 1996. $^{40}Ar/^{39}Ar$ chronology of intrusive rocks from Tongling. Acta Petrologica et Mineralogia, 15(4):299～306(in Chinese with English abstract).

Xing Fengming, Xu Xing. 1996. High-potassium calc-alkaline intrusive rocks in Tonglinf area, Anhui province. Geochemistry, 25(1):29～38 (in Chinese with English abstract).

Yuan Xiaoming. 2002. A tentative discussion on the copper and gold metallogenic model of the Tongguanshan orefield. Acta Geoscientia Sinica, 23(6):541～546(in Chinese with English abstract).

Zhou Xunrou, Wu Cailai, Huang Xuchen et al. 1993. Characteristics of cognate inclusions in intermediate-acid intrusive rocks of Tongling area and their magmatic dymatics. Acta Petrologica et Mineralogia, 12(1):20～31(in Chinese with English abstract).

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