

安徽铜陵新桥铜-硫-铁-金矿床中石英闪长岩和辉绿岩锆石 SHRIMP 年代学及其意义

王彦斌¹ 刘敦一¹ 蒙义峰² 曾普胜² 杨竹森² 田世洪²

(1. 北京离子探针中心, 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: 对安徽铜陵新桥铜-硫-铁-金矿床区内的石英闪长岩和辉绿岩中的锆石分别进行了 SHRIMP 精确定年研究, 石英闪长岩中锆石 $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ 年龄为 (140.4 ± 2.2) Ma, 辉绿岩中锆石的年龄较复杂, 其中发现了元古代锆石颗粒, 其锆石 $^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$ 年龄为 $(2\ 261 \pm 14)$ Ma, $(1\ 612 \pm 8)$ Ma, (919 ± 12) Ma, (831 ± 17) Ma。另外还有一组早古生代年龄的锆石, 锆石 $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ 年龄为 (443 ± 13) Ma。以上这些新资料说明该区可能存在元古代基底的信息, 且燕山期岩浆活动对本区成矿具有重要意义。

关键词: 铜陵新桥铜矿; 锆石 SHRIMP 定年; 元古代基底; 燕山期

中图分类号: P597.3 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-3657(2004)02-0169-05

安徽铜陵新桥铜-硫-铁-金矿床是中国长江中下游铜铁多金属成矿带中的重要矿床。由于存在两种主要矿化类型: 石炭纪地层控制的层状矿体类型和与石英闪长岩有关的夕卡岩型矿化类型, 使得国内外学者对其成因存在以下不同的观点: 一种认为是早期的热液成矿 (冶金 803 队勘探报告, 1971); 另一种认为是接触交代型 (层控夕卡岩型)^[1]; 还有一种认为是与石炭纪海底火山活动有关的火山喷发沉积形成黄铁矿型铜矿, 后经燕山期岩浆热液叠加改造^[2-5]。争论的焦点在于成矿物质来源和成矿时代, 其成矿主要是岩浆控矿 (燕山期岩浆活动) 还是地层控矿 (海西期火山喷发形成为主)。因此, 与成矿有关岩石的同位素精确定年就显得十分重要。笔者针对新桥矿区石炭纪黄灰岩下部层状含铜黄铁矿中夹有的浅成相的辉绿岩和近矿围岩吼头岩株石英闪长岩中锆石进行了 SHRIMP 定年研究, 以便解决矿床成因, 为长江中下游地区更有效地找矿提供同位素年代学依据。

1 地质背景和控矿因素

本区属于下扬子地层区, 由古生代和中生代沉积盖层组成, 元古代变质基底在本区没有出露。主要出露有志留系

至下石炭统的半深海—滨海碎屑岩, 中石炭统至下三叠统的海相碳酸盐岩和海陆交互碎屑岩, 上侏罗统—下白垩统火山岩, 中白垩统红色陆相碎屑岩。

三叠世时本区位于秦岭—大别陆陆碰撞造山带前陆盆地南东缘的相对隆起区, 构造以挤压褶皱变形为特征, 呈近北东向展布。新桥所在的地质构造部位为舒家店背斜开始向西倾没的西北翼和大成山背斜向东北倾没端的斜列交汇地带, 根据褶皱的地层, 认为它们是受近南北向挤压而成, 在早燕山运动 (侏罗纪) 期间就已形成^[6]。一些 NNE 走向的小尺度的褶皱叠加在先存的 NE 向褶皱上, 这些褶皱形成在晚燕山期 (白垩纪)。近南北向的新桥—木镇隐伏断裂是本区的基底深断裂, 矿区断裂构造主要为纵向层间断裂和西北向的 3 条横断层, 前者为成矿主要构造, 是矿液活动和沉淀的良好空间; 后者为成矿前断层, 对矿液活动起阻挡作用。

矿体底板为下石炭统高骊山组砂页岩, 顶板为下二叠统栖霞组或上石炭统船山组的灰岩。矿体主要占据了中石炭统黄龙组、部分上石炭统船山组灰岩和少部分火成岩体的空间。主矿体呈似层状产于上石炭统黄龙组下部白云岩段中, 走向长 2 550 m, 倾向延伸 1 810 m, 垂直平均厚度 21 m, 产状与围岩一致。但是沿矿体和赋矿地层接触带, 局部不协调和

收稿日期: 2003 年-05-17; 改回日期: 2003 年-10-25

基金项目: 国土资源部国际合作与科技司重点项目 (20010209); 中国地质调查局地质大调查项目 (200110000004) 和国土资源部专项 (20010103) 资助。

作者简介: 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工作; E-mail: yanbinw@cags.net.cn。

表1 辉绿岩锆石 SHRIMP 分析数据
Table 1 Zircon SHRIMP analysis of diabase

点号	²⁰⁶ Pb _c ?	U/10 ⁻⁶	Th/10 ⁻⁶	Th/U	²⁰⁶ Pb*/10 ⁻⁶	²⁰⁶ Pb/ ²³⁸ U 年龄 (Ma)	²⁰⁷ Pb/ ²⁰⁶ Pb 年龄 (Ma)	²⁰⁷ Pb*/ ²⁰⁶ Pb* ±%	²⁰⁷ Pb*/ ²³⁵ U ±%	²⁰⁶ Pb*/ ²³⁸ U ±%			
1	0.30	181	121	0.69	11.1	443.1 ± 8.9	301 ± 65	0.0523	2.9	0.514	3.5	0.0712	2.1
2	0.00	594	47	0.08	78.5	923 ± 17	919 ± 12	0.06968	0.56	1.479	2.1	0.1540	2.0
3	--	466	307	0.68	27.5	429.0 ± 8.5	484 ± 22	0.05680	1.0	0.539	2.3	0.0688	2.0
4	--	209	152	0.75	12.9	447.9 ± 8.9	505 ± 47	0.0573	2.1	0.569	3.0	0.0719	2.1
5	0.02	410	70	0.18	152	2315 ± 39	2261 ± 14	0.1428	0.79	8.51	2.2	0.4321	2.0
6	0.06	264	4	0.01	14.3	393.5 ± 7.9	510 ± 53	0.0575	2.4	0.499	3.2	0.0629	2.1
7	--	299	225	0.78	30.2	717 ± 14	893 ± 19	0.06881	0.91	1.115	2.2	0.1176	2.0
8	--	183	63	0.35	27.6	1042 ± 20	1,172 ± 17	0.07899	0.84	1.911	2.2	0.1755	2.1
9	--	334	315	0.97	77.3	1538 ± 28	1612.0 ± 8.3	0.09935	0.45	3.692	2.1	0.2695	2.0
10	--	59	51	0.90	6.93	831 ± 17	885 ± 43	0.0685	2.1	1.300	3.0	0.1376	2.2
11	0.54	115	108	0.97	7.04	441.9 ± 9.2	366 ± 78	0.0539	3.5	0.527	4.1	0.0710	2.2
12	0.14	164	95	0.60	10.4	458.1 ± 9.9	429 ± 42	0.0554	1.9	0.563	2.9	0.0736	2.2
13	--	256	51	0.21	46.6	1240 ± 23	1875 ± 32	0.1147	1.8	3.355	2.7	0.2122	2.1
14	0.03	240	248	1.07	28.5	837 ± 16	841 ± 21	0.06710	1.0	1.282	2.3	0.1386	2.1
15	0.02	653	91	0.14	45.3	501 ± 10	592 ± 31	0.05969	1.4	0.665	2.6	0.0808	2.1

注:(1)误差是 1σ;Pbc 和 Pb* 分别表示普通铅和放射性成因铅;(2)应用实测的 ²⁰⁶Pb 进行普通铅校正。

表2 石英闪长岩锆石 SHRIMP 分析数据
Table 2 Zircon SHRIMP analysis of quartz diorite

点号	²⁰⁶ Pb _c ?	U/10 ⁻⁶	Th/10 ⁻⁶	Th/U	²⁰⁶ Pb*/10 ⁻⁶	²⁰⁶ Pb/ ²³⁸ U 年龄 (Ma)	²⁰⁷ Pb/ ²⁰⁶ Pb 年龄 (Ma)	²⁰⁷ Pb*/ ²⁰⁶ Pb* ±%	²⁰⁷ Pb*/ ²³⁵ U ±%	²⁰⁶ Pb*/ ²³⁸ U ±%			
1	0.46	464	761	1.69	8.96	142.5 ± 2.9	-68 ± 110	0.0448	4.5	0.1380	5.0	0.02236	2.1
2	1.48	386	575	1.54	7.36	139.4 ± 3.0	-479 ± 230	0.0381	8.7	0.115	9.0	0.02186	2.2
3	0.27	242	306	1.31	4.38	134.3 ± 2.9	128 ± 180	0.0486	7.7	0.141	8.0	0.02105	2.2
4	--	401	501	1.29	.50	139.0 ± 2.9	137 ± 53	0.0488	2.3	0.1465	3.1	0.02179	2.1
5	0.11	478	674	1.46	9.27	143.7 ± 3.0	94 ± 58	0.0479	2.4	0.1489	3.2	0.02255	2.1
6	0.49	425	639	1.55	7.94	138.1 ± 2.9	32 ± 95	0.0467	4.0	0.1394	4.5	0.02166	2.1
7	0.79	416	643	1.60	7.93	140.2 ± 3.0	-230 ± 130	0.0419	5.3	0.1271	5.7	0.02199	2.1
8	0.97	291	284	1.01	5.51	139.1 ± 3.3	-301 ± 110	0.0408	4.1	0.1227	4.8	0.02181	2.4
9	1.07	337	472	1.45	6.48	141.1 ± 3.0	-222 ± 150	0.0421	6.1	0.1284	6.4	0.02213	2.2
10	0.68	374	528	1.46	7.08	139.6 ± 3.0	-172 ± 200	0.0429	8.0	0.130	8.3	0.02189	2.1
11	1.55	308	344	1.15	5.90	140.1 ± 3.0	-542 ± 290	0.0372	11	0.113	11	0.02196	2.2
12	0.37	410	552	1.39	8.25	148.6 ± 3.2	-124 ± 200	0.0438	8.0	0.141	8.3	0.02333	2.1

注:(1)误差是 1σ;Pbc 和 Pb* 分别表示普通铅和放射性成因铅;(2)应用实测的 ²⁰⁶Pb 进行普通铅校正。

穿切关系普遍存在,上盘下二叠统栖霞组粉沙岩角砾被矿体胶结^①。层状矿体的矿石类型主要是以含铜黄铁矿及黄铁矿矿石为主。矿石中金属矿物由胶黄铁矿、黄铁矿、黄铜矿、菱铁矿、方铅矿、闪锌矿、磁黄铁矿、磁铁矿等,脉石矿物主要为石英、白云石、方解石以及少量硬石膏、石膏、重晶石等。在岩体接触带附近还出现蛇纹石、石榴石、透辉石。

岩浆岩在研究区呈喇叭岩珠产出,主要为石英闪长岩,钻孔资料显示岩珠侵入中石炭统黄龙组至下二叠统栖霞组灰岩标高为-260 m至-500 m,与侵入体有关的夕卡岩蚀变和硫化物矿化普遍。在矿体的中部,侵入体切穿层状硫化物

矿体,表明岩株侵位在层状硫化物矿体的形成之后,岩体接触带大理岩化和角岩化较强。

2 样品特征和制备分析

在新桥矿西南段采集了石炭纪黄龙灰岩中下部层状含铜黄铁矿中夹有的深灰色浅成相的辉绿岩(XQ4-2)和近矿围岩绿帘石化石英闪长岩(XQ4-4)。辉绿岩中锆石粒径约 60 μm,无色透明,锆石主要呈他型,有明显的圆化现象,只有少量锆石呈柱状,四方双锥发育,反映出锆石来源的复杂特点。石英闪长岩中锆石粒径约 100 μm,无色透明,少量为浅黄

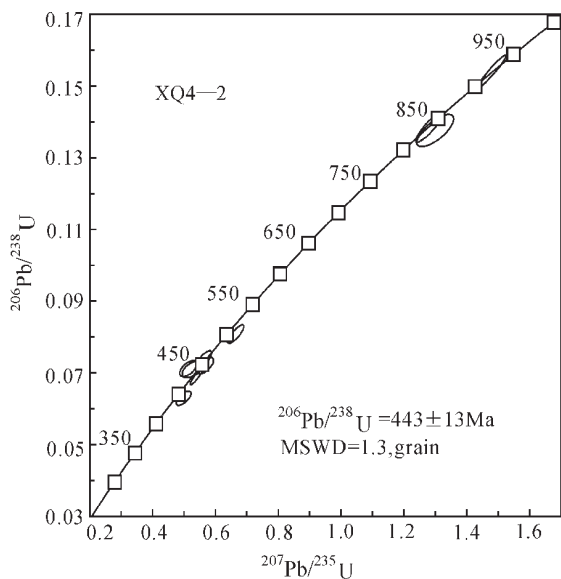


图 1 辉绿岩锆石一致曲线图

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

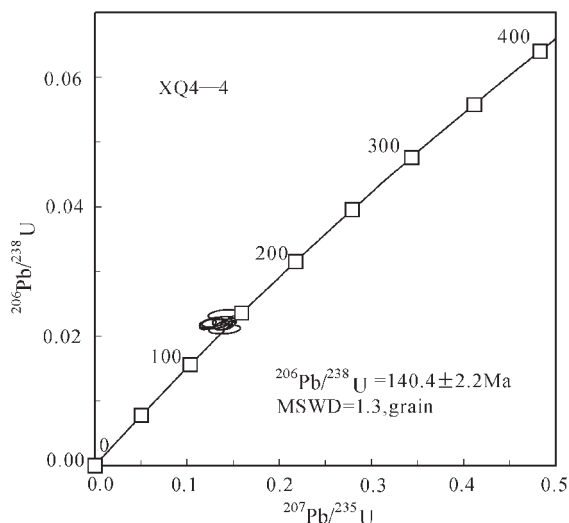


图 2 石英闪长岩锆石一致曲线图

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

色,主要为柱状,四方双锥发育,晶面平直,具岩浆结晶锆石的特点。

把锆石从 0.5kg 至几千克的样品中分选出来,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一半,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 图像在中国地质科学院矿产资源研究所电子探针室完成,其目的是在进行 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^[7-9]和 Williams 等^[9-10]的著作。一次离子源气体为氧气,将其电离后,由 O²⁻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 Zr₂O、²⁰⁴Pb、²⁰⁶Pb、²⁰⁷Pb、²⁰⁸Pb、²³⁸U、²³²ThO、²³⁸UO 质量峰的强度,每个峰的积分时间分别为 2.0、10.0、10.0、10.0、15.0、5.0、5.0、2.0、2.0 秒,每个点的数据由 5 次扫描组成。一次离子为约 4.5nA,10kV 的 O²⁻打到锆石上束斑的直径为 25~30 μm,质量分辨率约 5400 (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, U 含量 238×10⁻⁶) 标定样品的 U、Th、Pb 含量,用 Temra (417 Ma) 进行年龄校正。普通铅根据实测的 ²⁰⁴Pb 进行校正,数据处理采用 Ludwig 的 SQUID1.02 及 ISOPLOT 程序。同位素比值误差为 1σ 加权平均年龄具 95% 的置信度。

3 分析结果

3.1 辉绿岩

从辉绿岩 (XQ4-2) 的锆石 SHRIMP U-Pb 分析数据 (表 1) 和 U-Pb 谐和图 (图 1) 看出,锆石形态复杂,反映其年龄也复杂。测得 4 个锆石颗粒 (2、5、8、9), 获得 ²⁰⁷Pb/²⁰⁶Pb 年龄分别为 (2261±14) Ma, (1612±8) Ma, (1172±17) Ma, (919±12) Ma, 属古中元古代年龄。测得锆石颗粒 13 的 ²⁰⁷Pb/²⁰⁶Pb 年龄为 (1875±32) Ma, 但有 Pb 丢失。锆石颗粒 7、10、14 给出新元古代年龄, 它们的 ²⁰⁶Pb/²³⁸U 年龄为 717~837 Ma。锆石颗粒 6 的 ²⁰⁶Pb/²³⁸U 年龄为 394±8 Ma, 但有 Pb 丢失。锆石颗粒 1、3、4、11、12 给出早古生代年龄, 它们的 ²⁰⁶Pb/²³⁸U 加权平均年龄为 (443±13) Ma, 它们可能代表锆石结晶年龄。以上这些锆石可能是继承性的或捕获本区基底的, 这些同位素年龄资料反映该区锆石来源的复杂性。

3.2 石英闪长岩

石英闪长岩 (XQ4-4) 的锆石 SHRIMP U-Pb 分析见表 2。获得该样品锆石 ²⁰⁶Pb/²³⁸U 加权平均年龄为 (140.4±2.2) Ma, 为锆石的结晶年龄。

4 地质意义

徐克勤等^[2]在新桥铜矿发现石炭纪黄龙灰岩中下部层状含铜黄铁矿中夹有火山凝灰岩,进而认为中石炭世火山喷发沉积形成黄铁矿型铜矿, 后经燕山期岩浆热液叠加改造。新桥矿体矿石 Rb-Sr 同位素等时线年龄为 (313±33) Ma^[11], 与海西期火山岩时代 (345±37) Ma (武山矿区火山熔岩中石英斑晶的裂变径迹年龄) 相近^[4], 这些资料为这一认识提供了同位素证据。顾连兴等^[9]依据矿床的微量元素、硫同位素、铅同位素特征认为该类型矿床具有多来源的特征。特别是依据铅同位素模式年龄结果, 认为异常铅的源区可能为介于 1600~

2 600 Ma 年龄的深部地壳,即相当于江南古陆上四堡群或更老的基底岩系,但缺乏实际证据。当然,长江中下游铜铁多金属成矿带区域内前震旦系变质基底很少出露地表,目前仅在安徽怀宁出露董岭群,其中的斜长角闪岩同位素年龄为 (1895 ± 72) Ma (Sm-Nd 法)^[12]。而新桥研究区辉绿岩中锆石 SHRIMP 精确定年研究中发现了元古代锆石颗粒,其主要残留锆石 $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ 年龄为 $(2\ 261\pm 14)$ Ma, $(1\ 612\pm 8)$ Ma, (919 ± 12) Ma, (831 ± 17) Ma, 反映该区可能具早中元古代基底这一重要信息。另一组锆石为早古生代年龄, $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ 加权平均年龄为 (443 ± 13) Ma。由以上新的同位素年代学资料,认为早中元古代和早古生代锆石年龄信息可能指示深部基底物质对该区的成矿有一定的贡献。由于与岩浆侵入有关的夕卡岩化和硫化物矿化普遍,且可见到层状矿层被岩体穿插,受到明显的叠加改造,新桥矿区重要的吼头岩株石英闪长岩锆石年龄 140 Ma, 显示燕山期岩浆活动对该区成矿有重要的作用。

致谢: 野外工作期间, 得到候增谦研究员的指导和帮助, 在此表示感谢。

参考文献(References):

- [1] 杨兵,王之田.铜官山铜矿床新类型矿体的发现及矿床成因模式[J].矿床地质,1985,4(4):41~13.
Yang Bing, Wang Zhitian. The discovery of a new type of orebody and metallogenic model of the Tongguanshan copper deposit with a discussion on its relationship to the complicated regional copper metallogenic model[J]. Mineral Deposits, 1985, 4 (4):41~13 (in Chinese with English abstract).
- [2] 徐克勤,朱金初.我国东南部几个断裂拗陷带中沉积(或火山沉积)热液叠加类铁铜矿床成因的探讨[J].福建地质,1978,4:1~68.
Xu Keqin, Zhu Jinchu. Origin of the sedimentary- (or volcanosedimentary) iron-copper deposits in some fault depression belts in Southeast China[J]. Fujian Geology, 1978, 4: 1~68 (in Chinese).
- [3] 顾连兴,徐克勤.论长江中下游中石炭世海底块状硫化物矿床[J].地质学报,1986,60(2):176~188.
Gu Lianxing, Xu Keqin. On the Mid-Carboniferous submarine massive sulphide deposits in the lower reaches of the Changjiang (Yangtze) River [J]. Acta Geologica Sinica, 1986, 60 (2): 176~188 (in Chinese with English abstract).
- [4] Gu Lianxing, Hu Wenxuan, He Jinxiang, et al. Regional variations in ore composition and fluid features of massive sulphide deposits in South China: Implications for genetic modelling[J]. Episodes, 2000, 23 (2): 110~118.
- [5] Xu G, Zhou J. The Xinqiao Cu-S-Fe-Au deposit in the Tongling mineral district, China: synorogenic remobilization of a stratiform sulfide deposit[J]. Ore Geology Reviews, 2001, 18, 77~94.
- [6] Zhai Y S, Xiong Y L, Yao S Z, et al. Metallogeny of copper and iron deposits in the Eastern Yangtze Craton, east-central China [J]. Ore Geol. Rev., 1996, 11: 229~248.
- [7] Compston W, Williams I S, Meyer C. U-Pb geochronology of zircons from lunar breccia 73217 using a sensitive high mass-resolution ion microprobe [J]. Journal of Geophysical Research, Supplement, 1984, 89: B325~B534.
- [8] Compston W, Williams I S, Kirschvink J L, et al. Zircon U-Pb ages for the Early Cambrian time scale[J]. Journal of the Geological Society, London, 1992, 149: 171~184.
- [9] Williams I S, Claesson S. 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[J]. Contributions to Mineralogy and Petrology, 1987, 97: 205~217.
- [10] Williams I S. U-Th-Pb geochronology by ion microprobe. In: McKibben M A., Shanks III W C, Ridley W I (eds.). Applications of Microanalytical Techniques to Understanding Mineralizing Processes[J]. Reviews in Economic Geology, 1998, 7:1~35.
- [11] 谢华光,王文斌,李文达.安徽新桥铜矿床成矿时代及成矿物质来源[J].火山地质与矿产,1995,16(2):101~107.
Xie Huaguang, Wang Wenbin, Li Wenda. The genesis and metallogenic epoch of Xinqiao Cu-S deposit, Anhui[J]. Volcanology & Mineral Resources, 1995, 16(2): 101~107 (in Chinese with English abstract).
- [12] 邢凤鸣,徐祥,李志昌.长江中下游早元古代基底的发现及意义[J].科学通报,1993,38(20):1883~1886.
Xing Fengming, Xu Xiang, Li Zhichang. The discovery and Significance of the Early Proterozoic basement from the lower and middle reaches of the Changjiang River [J]. Chinese Science Bulletin, 1993, 38(20): 1883~1886 (in Chinese).

SHRIMP U-Pb geochronology of the Xinqiao Cu-S-Fe-Au deposit in the Tongling ore district, Anhui

WANG Yan-bin¹, Liu Dunyi¹, MENG Yi-feng², ZENG Pu-sheng²,
YANG Zhu-sen², TIAN Shi-hong²

(1. Beijing SHRIMP Lab, Institute of Geology, Chinese Academy of Geological Sciences, Beijing 100037, China;

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

Abstract: High-precision SHRIMP U-Pb dating was performed on zircon from quartz diorite and diabase in the Xinqiao Cu-S-Fe-Au deposit, Tongling ore district, Anhui. Zircon from quartz diorite yielded a $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ age of (140.4 ± 2.2) Ma, while the zircon age of diabase is relatively complex. Several Proterozoic zircon grains were found in diabase, which yielded $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ ages of $(2\,261 \pm 14)$ Ma, $(1\,612 \pm 8)$ Ma, (919 ± 12) Ma and (831 ± 17) Ma. In addition, there is also a group of Early Paleozoic zircon grains, whose $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ age is (443 ± 13) Ma. The above new data give the information of the possible existence of Proterozoic basement in this district, and Yanshanian magmatism is of great significance for mineralization in the district.

Key words: Zircon SHRIMP dating; Tongling ore district; Xinqiao copper deposit; Proterozoic basement; Yanshanian