

西藏雄村斑岩铜金矿集区火山—岩浆岩 锆石 Hf 同位素组成

黄勇¹⁾, 唐菊兴²⁾, 张丽¹⁾, 郎兴海³⁾

1) 中国地质调查局成都地质调查中心, 成都, 610081;

2) 中国地质科学院矿产资源研究所, 国土资源部成矿作用与资源评价重点实验室, 北京, 100037;

3) 成都理工大学, 成都, 610059

内容提要:通过对西藏雄村斑岩铜金矿集区内各期次火山—岩浆岩开展锆石 Hf 同位素研究, 结合岩浆锆石 U-Pb 年龄, 可将矿集区内火山—岩浆岩划分为两组。第一组为早—中侏罗世火山—岩浆岩: 包括富矿安山质凝灰岩、成矿早期角闪石英闪长玢岩、成矿期石英闪长斑岩、含粗粒石英斑晶的石英闪长斑岩、以及穿插矿体的安山岩脉。第二组为始新世黑云母花岗闪长岩。第一组火山—岩浆岩锆石 Hf 同位素具有高度亏损的 Hf 同位素组成以及年轻的单阶段模式年龄, 初始 $\epsilon_{\text{Hf}}(t)$ 值分别为 +13.76 ~ +17.50、+12.24 ~ +18.79、+14.39 ~ +17.64、+12.50 ~ +16.26、+10.66 ~ +15.44 之间, 高度亏损的铪同位素组成表明该组火山—岩浆岩起源于亏损地幔的部分熔融。同时相对均一的 Hf 同位素组成暗示该组火山—岩浆岩并未经历过壳源物质的混染, 即该组火山岩岩浆岩形成于洋壳之中的岛弧环境, 火山—岩浆岩可能受控于深部同一岩浆房。第二组始新世黑云母花岗闪长岩初始 $\epsilon_{\text{Hf}}(t)$ 值介于 +5.75 ~ +9.42 之间, 与冈底斯南缘同期岩体 $\epsilon_{\text{Hf}}(t)$ 组成类似, 起源于新生下地壳的部分熔融。

关键词: Hf 同位素; 火山—岩浆岩; 斑岩铜金矿床; 雄村; 冈底斯; 西藏

西藏冈底斯成矿带是世界三大成矿域喜马拉雅—特提斯成矿带的一部分, 也是中国重要的铜、铅、锌、金、银、锑、钼等金属矿产资源宝库。目前该带上发现的金属矿床类型有斑岩型、矽卡岩型、热液脉型、浅成低温热液型等, 其中斑岩型及矽卡岩型矿床是该带内最为重要的两类矿床类型。前者如驱龙斑岩铜—钼矿、厅宫斑岩铜—钼矿床、朱诺斑岩铜—钼—金矿床、雄村斑岩铜—金矿床、冲江斑岩铜—钼矿床、沙让斑岩钼矿床等; 后者如甲玛斑岩—矽卡岩铜多金属矿、冲木达矽卡岩铜—金(钼)矿床、普桑果矽卡岩铜—铅—锌矿床、亚贵拉矽卡岩铅—锌矿床、帮浦斑岩—矽卡岩铜多金属矿床等。精确的年代学研究表明冈底斯成矿带成矿时限主要集中在古新世—始新世期间(65 ~ 45 Ma)以及中新世期间(17 ~ 13 Ma)。雄村斑岩铜金矿是冈底斯成矿带上唯一一个达到超大型规模的斑岩型铜—金矿床, 也是该带上唯一一个早—中侏罗世斑岩铜—金矿床。前人已详细开展过雄村矿集区内火山—岩浆岩成岩成矿年

代学研究(Tafti et al., 2009; 唐菊兴等, 2009, 2010), 本文在前人精确的测年基础上, 开展矿区内各期次火山—岩浆岩锆石 Hf 同位素研究。对岩浆锆石开展锆石 U-Pb 年龄和 Hf 同位素测试, 可为岩浆源区示踪提供重要的同位素证据(吴福元等, 2007)。锆石具有极高的封闭温度及抗氧化能力, 抗后期地质扰动能力较强, 对斑岩矿床中蚀变岩体的成因研究有重要的作用。通过系统的锆石 Hf 同位素测试, 深入探讨矿集区内各期次岩浆源区特征, 并与区域火山—岩浆岩对比, 进而探讨岩石成因及其对区域成矿预测的指示意义。

1 地质背景

雄村斑岩铜金矿位于冈底斯南缘, 雅鲁藏布江北岸, 东距日喀则市 53 km。矿集区由三个矿体及多个矿化体组成(图 1)。区内出露的地层有中—下侏罗统安山质凝灰岩, 中—下侏罗统粉砂岩夹基性凝灰岩, 全新统冲积物—崩积物。中—下侏罗统雄

注: 本文为国家自然科学基金(编号: 41172077); 西藏大型矿床成矿专属性研究(编号: 1212011221073)共同资助成果。

收稿日期: 2012-07-22; 改回日期: 2014-02-21; 责任编辑: 郝梓国, 黄敏。

作者简介: 黄勇, 男, 1982 年生, 博士, 工程师。专业: 矿物学、岩石学、矿床学。Email: yong.huang@hotmail.com。通讯作者: 唐菊兴, 男, 1964 年生, 研究员, 主要从事矿床学和矿产普查与勘探研究工作。Email: tangjuxing@126.com。

村组安山质凝灰岩是矿区主要的含矿围岩,原岩蚀变强烈,锆石 U-Pb 年龄为 $176 \pm 5\text{Ma}$ (唐菊兴等, 2010)。区内发育有多期次岩浆活动,其中规模最大的一期岩浆活动为早—中侏罗世的角闪石英闪长玢岩至石英闪长斑岩,岩浆岩带呈北西走向侵入到安山质凝灰岩中。角闪石英闪长玢岩呈斑状结构,斑晶由斜长石及少量角闪石组成,少见或不含石英斑晶,基质由斜长石、石英、黑云母、角闪石及副矿物组成,蚀变较弱,且基本或很少矿化,主要分布在 I 号矿体底板(锆石 U-Pb 年龄: $172.4 \pm 2\text{Ma}$),与 I 号矿体呈断层接触,在 II 号矿体和 III 号矿体中分布较广(锆石 U-Pb 年龄: $173.5 \pm 1.0\text{Ma}$)。石英闪长斑岩(J-fq)含 5%~15% 的溶蚀状石英斑晶(锆石 U-Pb 年龄: $171.7 \pm 1.2\text{Ma}$)(Tafti et al., 2009),矿化与蚀变围绕该斑岩体呈环带状分布,表明该岩体是区内主成矿斑岩体。含粗粒石英斑晶的石英闪长斑岩[J-fq(c)]分布在 II 号矿体南侧及 III 号矿体中,该期斑岩与成矿期石英闪长斑岩矿物组成相似,但含 10%~20% 左右的粗粒方角至浑圆状石英斑晶,斑晶含量(体积)大于 40%。主要由石英、碱性长石、少量角闪石组成(锆石 U-Pb 年龄: $174.4 \pm 1.6\text{Ma}$)(郎兴海, 2012),含有少量或微量的硫化物。上述岩浆岩被闪长岩脉、安山岩脉穿插。大部分安山岩脉宽度小于 2m,极少数可达 10m,无矿化,或含弱黄铁矿化。黑云母花岗闪长岩(锆石 U-Pb 年龄: $47.9 \pm 0.2\text{Ma}$)(Tafti et al., 2009)位于矿区北东侧,岩体呈主要呈中粒等粒花岗结构,块状构造。岩石组分主要由浅肉红色钾长石、白色斜长石、石英、黑云母及少量角闪石组成。矿区内最晚一起岩浆活动为煌斑岩脉,这种脉体穿插区内所有岩体。

2 样品情况及测试方法

2.1 样品情况

本次研究共采集分析 8 件样品,其中矿化安山质凝灰岩、成矿期石英闪长斑岩、安山岩脉、黑云母花岗闪长岩分别采自 I 号矿体钻孔中。三件角闪石英闪长玢岩及含粗粒石英斑晶的石英闪长斑岩采自 II 号矿体钻孔中,采样位置见图 1。上述样品锆石 U-Pb 年龄测试由唐菊兴等(2010)和郎兴海(2012)完成,各岩体部分锆石阴极发光照片及测试点位见图 2。

2.2 测试方法

锆石分选由河北省地质调查研究院实验室完成。样品经粉碎和重选,经人工分选出纯度在 99%

以上的锆石样品,用环氧树脂将锆石样品和标样固定成圆饼状,磨去一半,抛光。通过阴极发光相观察,查明锆石的内部结构。锆石原位 Hf 同位素测试在中国地质科学院矿产资源研究所同位素实验室完成,利用 Thermo Finnigan Neptune 型多接受等离子质谱仪和 Newwave UP213 激光剥蚀系统对锆石 Lu-Hf 同位素开展原位测定,采用 GJ1 锆石作为标样,激光斑束直径为 $55\mu\text{m}$ 。Hf 同位素测试点位位于 U-Pb 测试点位附近或与之重合(图 2)。GJ1 标准锆石 $^{176}\text{Hf}/^{177}\text{Hf}$ 测试加权平均值为 $0.282014 \pm 0.000020(2\sigma, n=10)$,与文献报道值(侯可军, 2007; Morel et al., 2008)在误差范围内一致。

3 锆石特征及 Hf 同位素组成

3.1 锆石特征

总体上角闪石英闪长玢岩、石英闪长斑岩、含粗粒石英斑晶的石英闪长斑岩,以及安山质凝灰岩锆石形态特征基本一致。锆石呈自形晶—半自形晶,粒径介于 $150 \sim 220\mu\text{m}$ 之间,长宽比介于 $2 \sim 2.5$ 之间。锆石阴极发光照片显示锆石具有清晰生长韵律环带,未观察到继承锆石或继承核。成矿期后黑云母花岗闪长岩(1BG)锆石相对较大,呈自形—半自形晶,粒径介于 $200 \sim 260\mu\text{m}$ 之间,长宽比介于 $1.5 \sim 2.5$ 之间。锆石阴极发光照片显示锆石具有清晰生长韵律环带,少见继承锆石(图 2)。安山岩脉锆石粒径相对较小,主要介于 $50 \sim 100\mu\text{m}$ 之间,长宽比为 $1 \sim 1.5$,具有清晰的韵律环带。石英闪长斑岩 U 含量为 $71 \times 10^{-6} \sim 308 \times 10^{-6}$,平均为 167×10^{-6} 。角闪石英闪长玢岩共测试了 3 件: 7225-159.9 号玢岩 U 含量为 $99 \times 10^{-6} \sim 403 \times 10^{-6}$,平均为 182×10^{-6} ; 7226~233.7 号玢岩 $108 \times 10^{-6} \sim 276 \times 10^{-6}$,平均为 193×10^{-6} ; 7235-123.4 号玢岩 U 含量为 $36 \sim 139 \times 10^{-6}$,平均为 75×10^{-6} 。含粗粒石英斑晶的石英闪长斑岩 U 含量为 $152 \times 10^{-6} \sim 624 \times 10^{-6}$,平均为 287×10^{-6} 。安山质凝灰岩锆石 U 含量为 $93 \times 10^{-6} \sim 342 \times 10^{-6}$,平均 186×10^{-6} 。黑云母花岗闪长岩锆石 U 含量为 $351 \times 10^{-6} \sim 1431 \times 10^{-6}$,主要集中在 $351 \times 10^{-6} \sim 732 \times 10^{-6}$ 之间,平均为 550×10^{-6} 。安山岩脉除一个锆石 U 含量达 721×10^{-6} 外,其余介于 $58 \times 10^{-6} \sim 454 \times 10^{-6}$,平均为 183×10^{-6} 。

总体上角闪石英闪长玢岩,石英闪长斑岩,安山岩脉和安山质凝灰岩的锆石粒径、形态以及 U 含量类似,含粗粒石英斑晶的石英闪长斑岩 U 含量稍

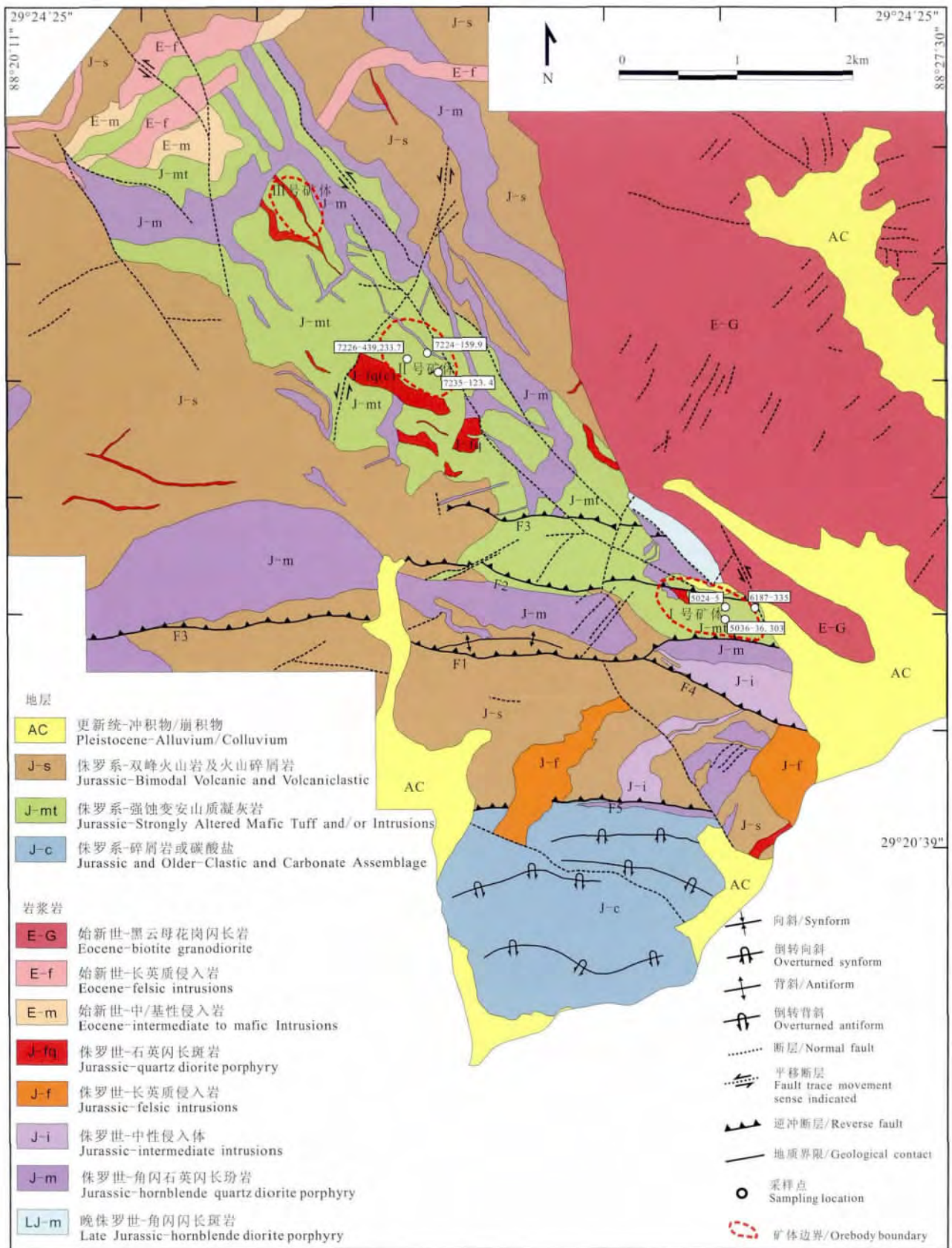


图 1 雄村矿区地质简图(据 Oliver,2006; Tafti,2011 修改)

Fig. 1 Geological map of Xiongcu deposit (After Oliver, 2006 and Tafti, 2011)

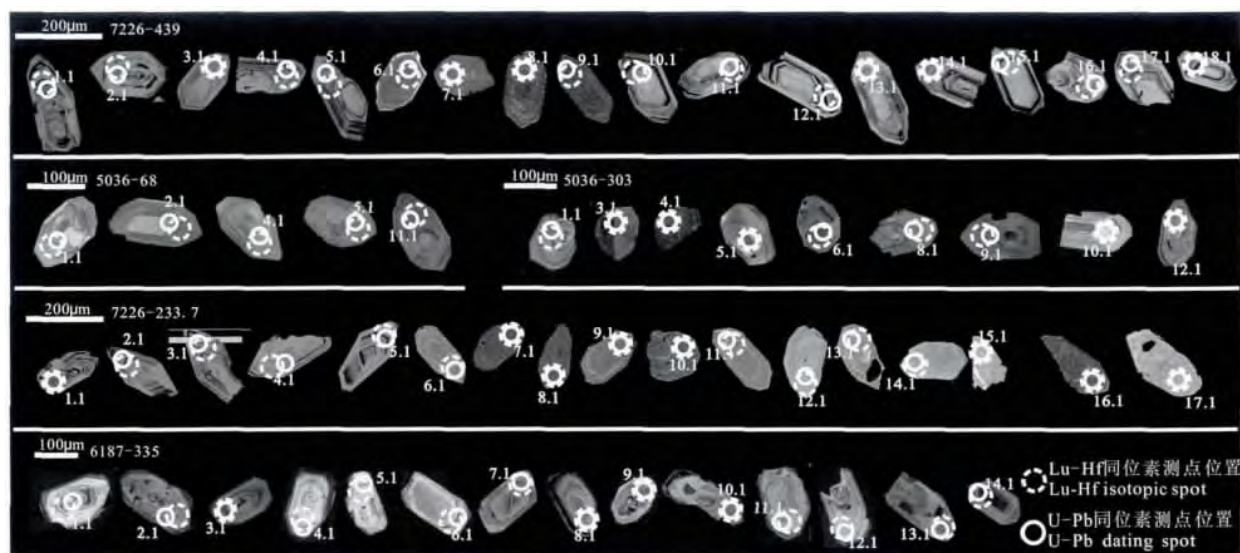


图 2 西藏雄村矿区不同地质体阴极发光照片及 Hf 同位素测试位置

Fig. 2 CL images and location of Hf isotope test of zircons from different rocks in Xiongcu deposit in Tibet

高,始新世黑云母花岗闪长岩锆石晶形最好,粒径最大,U 含量最高。所有样品锆石均具有清晰的生长韵律环带,属岩浆成因锆石。

3.2 Hf 同位素组成

8 件样品中所有的 Hf 同位素原位分析点均位于相同锆石 U-Pb 测试点旁边或同一锆石相同韵律环带内, $^{176}\text{Hf}/^{177}\text{Hf}$ 初始比值和 $\epsilon_{\text{Hf}}(t)$ 值依据同一锆石 U-Pb 年龄值计算,除 7235-123.4 样品 04 号测点 $^{176}\text{Lu}/^{177}\text{Hf}$ 为 0.002417,其余所有锆石 $^{176}\text{Lu}/^{177}\text{Hf}$ 均小于 0.002,显示出锆石结晶后放射成因 Hf 的累积极为有限,分析结果列于表 1。

安山质凝灰岩 5 颗锆石 Hf 同位素测试结果表明 $^{176}\text{Hf}/^{177}\text{Hf}$ 初始比值为 0.2830551~0.2831599 之间, $\epsilon_{\text{Hf}}(t)$ 介于 13.76~17.50 之间。成矿早期角闪石英闪长玢岩三件样品 36 颗锆石测点结果表明 $^{176}\text{Hf}/^{177}\text{Hf}$ 初始比值分布区间一致:7224-159.9 号样品 $^{176}\text{Hf}/^{177}\text{Hf}$ 初始比值介于 0.2830094~0.2831361 之间, $\epsilon_{\text{Hf}}(t)$ 介于 +12.24~+16.75 之间;7226-233.7 号样品 $^{176}\text{Hf}/^{177}\text{Hf}$ 初始比值介于 0.2830087~0.2831462 之间, $\epsilon_{\text{Hf}}(t)$ 介于 +12.71~+16.68;7235-123.4 号样品 $^{176}\text{Hf}/^{177}\text{Hf}$ 初始比值介于 0.2830581~0.2831319; $\epsilon_{\text{Hf}}(t)$ 介于 +14.4~+18.79,所有角闪石英闪长玢岩 $\epsilon_{\text{Hf}}(t)$ 频率分布图符合正态分布(图 3)。

成矿期石英闪长斑岩 9 颗锆石测点结果表明 $^{176}\text{Hf}/^{177}\text{Hf}$ 初始比值与角闪石英闪长玢岩类似,介于 0.2830755~0.2831031 之间, $\epsilon_{\text{Hf}}(t)$ 介于 +14.39~+17.64,集中分布在 +14.39~+15.59 之间,对

应的单阶段模式年龄为 86.18~291.95Ma,集中分布在 222.43~240.55Ma 之间。含粗粒石英斑晶的石英闪长斑岩 18 颗锆石测点结果与角闪石英闪长玢岩和石英闪长斑岩锆石测试结果一致, $^{176}\text{Hf}/^{177}\text{Hf}$ 初始比值在 0.2830122~0.2831220 之间, $\epsilon_{\text{Hf}}(t)$ 介于 +12.50~+16.26,呈正态分布(图 3)。穿插矿体的安山岩脉同样与成矿斑岩具有相似的 $^{176}\text{Hf}/^{177}\text{Hf}$ 初始比值,介于 0.2829773~0.2830947, $\epsilon_{\text{Hf}}(t)$ 介于 +10.66~+15.44。成矿期后始新世黑云母花岗闪长岩 $^{176}\text{Hf}/^{177}\text{Hf}$ 初始比值和 $\epsilon_{\text{Hf}}(t)$ 与早—中侏罗世火山—岩浆岩 Hf 同位素明显不同,分别为 0.2829050~0.2830223 和 +5.75~+9.42 之间。

4 讨论

4.1 岩石成因

相对于全岩 Sr-Nd 同位素,锆石 Hf 同位素数可以更好的反映岩浆源区特征(Griffin et al., 2000)。通过对雄村矿集区内各期次火山—岩浆岩开展锆石原位 Hf 同位素分析,结果表明矿集区内火山—岩浆岩均具有相对均一的亏损 Hf 同位素组成特征。依据锆石 U-Pb 年龄和 Hf 同位素组成,可将矿集区内火山—岩浆岩划分为两组。第一组为早—中侏罗世火山—岩浆岩,包括含矿安山质凝灰岩、角闪石英闪长玢岩、成矿期石英闪长斑岩、含粗粒石英斑晶的石英闪长斑岩、以及安山岩脉;第二组为始新世黑云母花岗闪长岩。

第一组火山—岩浆岩均具有高度亏损的锆石

表 1 西藏雄村矿集区火山—岩浆岩锆石 Hf 同位素分析结果表

Table 1 Hf isotopic data of zircons in Xiongcu volcanic-magmatic rocks in Tibet

样号及测点	年龄(Ma)	$^{176}\text{Hf}/^{177}\text{Hf}$	2σ	$^{176}\text{Lu}/^{177}\text{Hf}$	2σ	$^{176}\text{Yb}/^{177}\text{Hf}$	2σ	$(^{176}\text{Hf}/^{177}\text{Hf})_0$	$\epsilon\text{Hf}(t)$	T_{DM}	T_{DMC}	fs
5036-68; 安山质凝灰岩												
1.1	182.8	0.2830551	0.0000229	0.0010056	0.0000151	0.0320816	0.0004023	0.2830516	13.91	278.48	335.70	-0.9697106
2.1	187.4	0.2830668	0.0000282	0.0013084	0.0000127	0.0393180	0.0004836	0.2830622	14.38	263.95	308.74	-0.9605897
4.1	176	0.2831599	0.0000285	0.0007764	0.0000073	0.0304630	0.0002244	0.2831574	17.50	128.05	98.91	-0.9766134
5.1	179.8	0.2830536	0.0000304	0.0012633	0.0000053	0.0438808	0.0002147	0.2830493	13.76	282.55	342.88	-0.9619488
11.1	202	0.2830684	0.0000233	0.0013896	0.0000067	0.0389459	0.0001685	0.2830631	14.74	262.18	297.18	-0.9581453
5024-5; 安山岩脉												
1.1	173.1	0.2830963	0.0000181	0.0007487	0.0000032	0.0265649	0.0001358	0.2830938	15.19	218.25	245.73	-0.9774474
4.1	174.6	0.2830711	0.0000197	0.0008793	0.0000103	0.0273103	0.0003077	0.2830682	14.32	254.78	303.13	-0.9735146
5.1	173.5	0.2830596	0.0000210	0.0013211	0.0000290	0.0308295	0.0005506	0.2830553	13.83	274.34	333.32	-0.9602069
6.1	177.8	0.2830671	0.0000241	0.0023275	0.0000403	0.0494653	0.0008936	0.2830593	14.07	270.96	321.41	-0.9298934
7.1	183.1	0.2831017	0.0000273	0.0020413	0.0000081	0.0534483	0.0002814	0.2830947	15.44	218.09	237.46	-0.9385156
8.1	154.5	0.2829794	0.0000271	0.0007258	0.0000067	0.0162453	0.0001618	0.2829773	10.66	383.37	522.96	-0.9781378
10.1	181.4	0.2830461	0.0000282	0.0021600	0.0000262	0.0437807	0.0005217	0.2830387	13.42	300.56	365.93	-0.9349404
11.1	175.9	0.2830406	0.0000278	0.0022673	0.0000116	0.0450927	0.0001854	0.2830331	13.10	309.56	382.29	-0.9317089
13.1	183.7	0.2830197	0.0000206	0.0017500	0.0000154	0.0408679	0.0005892	0.2830137	12.59	335.50	421.44	-0.9472898
14.1	175.1	0.2830766	0.0000210	0.0014874	0.0000159	0.0307690	0.0001854	0.2830718	14.45	250.95	294.76	-0.9551986
5036-303; 石英闪长斑岩												
1.1	184.8	0.2830964	0.0000217	0.0010287	0.0000084	0.0342677	0.0003017	0.2830928	15.41	219.71	240.55	-0.9690154
3.1	161.9	0.2830832	0.0000301	0.0013805	0.0000275	0.0334066	0.0007398	0.2830790	14.42	240.76	286.66	-0.9584190
4.1	186.7	0.2830989	0.0000400	0.0010606	0.0000186	0.0243032	0.0004334	0.2830952	15.54	216.28	233.90	-0.9680537
5.1	190.5	0.2830974	0.0000290	0.0012144	0.0000085	0.0292536	0.0001898	0.2830930	15.54	219.40	236.43	-0.9634222
6.1	176.5	0.2831079	0.0000260	0.0014546	0.0000400	0.0401023	0.0005695	0.2831031	15.59	205.59	222.43	-0.9561856
8.1	170.1	0.2830809	0.0000267	0.0012486	0.0000349	0.0342983	0.0008266	0.2830770	14.52	243.18	286.13	-0.9623909
9.1	171.0	0.2831676	0.0000261	0.0010001	0.0000037	0.0434040	0.0000583	0.2831644	17.64	117.93	86.18	-0.9698779
10.1	166.4	0.2830813	0.0000246	0.0018765	0.0000328	0.0548647	0.0007917	0.2830755	14.39	246.84	291.95	-0.9434790
12.1	171.7	0.2831046	0.0000236	0.0008890	0.0000085	0.0266117	0.0002037	0.2831017	15.44	207.27	228.72	-0.9732238
6187-335; 黑云母花岗岩闪长岩												
1.1	48.6	0.2829136	0.0000226	0.0008945	0.0000094	0.0380078	0.0003431	0.2829128	6.05	478.26	737.26	-0.9730557
2.1	47.2	0.2829615	0.0000249	0.0010048	0.0000032	0.0451559	0.0000936	0.2829606	7.71	411.62	629.57	-0.9697342
3.1	43.7	0.2829536	0.0000241	0.0011830	0.0000042	0.0552643	0.0004126	0.2829526	7.35	424.88	649.95	-0.9643687
4.1	45.4	0.2829631	0.0000236	0.0012394	0.0000191	0.0572797	0.0007204	0.2829620	7.72	411.99	627.57	-0.9626683
5.1	48.2	0.2830090	0.0000212	0.0006299	0.0000011	0.0298610	0.0001188	0.2830084	9.42	340.73	520.37	-0.9810286

续表 1

6.1	45.4	0.2829666	0.0000258	0.0010723	0.0000081	0.0505982	0.0001860	0.2829657	7.85	405.15	619.27	-0.9677028
7.1	45.0	0.2829070	0.0000260	0.0008834	0.0000035	0.0408397	0.0003175	0.2829062	5.73	487.54	754.51	-0.9733912
8.1	48.7	0.2829927	0.0000277	0.0011700	0.0000030	0.0547073	0.0001477	0.2829917	8.84	368.83	558.04	-0.9647602
9.1	48.3	0.2829779	0.0000235	0.0012589	0.0000082	0.0521195	0.0003981	0.2829768	8.30	390.94	592.14	-0.9620810
10.1	43.3	0.2830231	0.0000234	0.0009565	0.0000139	0.0385947	0.0006144	0.2830223	9.80	323.64	491.88	-0.9711899
11.1	45.2	0.2829316	0.0000222	0.0010793	0.0000088	0.0461622	0.0003090	0.2829307	6.60	455.04	698.86	-0.9674923
12.1	47.5	0.2829203	0.0000254	0.0010895	0.0000038	0.0485066	0.0003141	0.2829193	6.25	471.30	723.23	-0.9671840
13.1	47.8	0.2829062	0.0000213	0.0013853	0.0000175	0.0581917	0.0007048	0.2829050	5.75	495.17	755.46	-0.9582731
14.1	47.8	0.2830034	0.0000194	0.0014380	0.0000167	0.0580623	0.0005709	0.2830021	9.19	356.17	534.89	-0.9566879
7224-159.9:角闪石英闪长玢岩												
1.1	176.9	0.2830666	0.0000181	0.0009549	0.0000103	0.0372399	0.0004056	0.2830634	14.20	261.74	312.67	-0.9712378
2.1	176.6	0.2830893	0.0000201	0.0009552	0.0000078	0.0320848	0.0003109	0.2830862	14.99	229.34	260.99	-0.9712299
3.1	177.4	0.2830672	0.0000187	0.0012239	0.0000071	0.0464816	0.0002156	0.2830631	14.20	262.78	313.05	-0.9631366
4.1	176.5	0.2830727	0.0000229	0.0012497	0.0000183	0.0490781	0.0005672	0.2830686	14.37	255.03	301.18	-0.9623577
5.1	174.6	0.2830921	0.0000241	0.0011276	0.0000025	0.0402063	0.0002605	0.2830884	15.03	226.39	257.10	-0.9660356
6.1	176.4	0.2830953	0.0000256	0.0010096	0.00000216	0.0416118	0.0006776	0.2830920	15.19	221.15	247.91	-0.9695892
7.1	175.7	0.2830746	0.0000265	0.0010735	0.0000085	0.0448376	0.0003333	0.2830711	14.44	251.07	295.92	-0.9676643
8.1	176.2	0.2831395	0.0000238	0.0010428	0.0000160	0.0442727	0.0006992	0.2831361	16.75	158.17	147.42	-0.9685909
9.1	171.4	0.2830893	0.0000225	0.0011241	0.0000032	0.0380054	0.0001557	0.2830856	14.86	230.48	265.52	-0.9661411
11.1	176.9	0.2830753	0.0000181	0.0014007	0.0000120	0.0443896	0.0004672	0.2830707	14.45	252.28	296.08	-0.9578090
12.1	175.0	0.2830124	0.0000187	0.0009052	0.0000132	0.0304048	0.0004113	0.2830094	12.24	338.40	436.82	-0.9727363
13.1	174.8	0.2830764	0.0000228	0.0014286	0.0000069	0.0527487	0.0004759	0.2830717	14.44	250.92	295.06	-0.9566989
14.1	184.2	0.2830508	0.0000204	0.0009768	0.0000115	0.0352165	0.0006095	0.2830474	13.79	284.35	344.36	-0.9705776
15.1	188.3	0.2830467	0.0000214	0.0012300	0.0000098	0.0488571	0.0003147	0.2830424	13.70	292.13	353.22	-0.9629512
7226-439:含粗粒石英斑晶的石英闪长玢岩[$f_{\text{q(c)}}$]												
1.1	175.8	0.2830391	0.0000215	0.0010511	0.0000090	0.0357434	0.0004532	0.2830357	13.19	301.57	376.55	-0.9683393
2.1	176.4	0.2830629	0.0000221	0.0009369	0.0000024	0.0347759	0.0002377	0.2830598	14.06	266.81	321.15	-0.9717808
3.1	176.9	0.2830194	0.0000245	0.0011989	0.0000048	0.0440675	0.0004119	0.2830155	12.50	330.93	421.77	-0.9638892
4.1	178.8	0.2830515	0.0000244	0.0012742	0.0000152	0.0463855	0.0008061	0.2830472	13.66	285.63	348.29	-0.9616210
5.1	170.1	0.2830911	0.0000213	0.0014572	0.0000233	0.0536148	0.0012836	0.2830864	14.86	229.93	264.56	-0.9561073
6.1	179.4	0.2830395	0.0000227	0.0013039	0.0000049	0.0459559	0.0002786	0.2830351	13.25	303.15	375.57	-0.9607257
7.1	172.7	0.2830171	0.0000250	0.0015393	0.0000045	0.0555710	0.0004731	0.2830122	12.29	337.31	431.99	-0.9536349
8.1	171.7	0.2831050	0.0000236	0.0014820	0.0000116	0.0491177	0.0004401	0.2831003	15.38	209.95	232.04	-0.9553615
9.1	170.6	0.2831031	0.0000231	0.0016735	0.0000119	0.0526064	0.0002785	0.2830977	15.27	213.84	238.46	-0.9495948
10.1	154.6	0.2830381	0.0000228	0.0013537	0.0000293	0.0422180	0.0008098	0.2830342	12.67	305.52	393.53	-0.9592257

续表 1

11.1	175.8	0.2830649	0.0000213	0.0011464	0.0000026	0.0351974	0.0001121	0.2830612	14.09	265.44	318.50	-0.9654696
12.1	178.1	0.2831237	0.0000237	0.0018759	0.0000057	0.0613618	0.0003921	0.2831174	16.13	184.93	188.76	-0.9434958
13.1	172.6	0.2830567	0.0000189	0.0011491	0.0000165	0.0358924	0.0006882	0.2830530	13.73	277.25	339.20	-0.9653874
14.1	158.3	0.2830845	0.0000214	0.0014110	0.0000295	0.0447758	0.0008970	0.2830803	14.38	239.11	286.04	-0.9575003
15.1	164.8	0.2830689	0.0000212	0.0011792	0.0000132	0.0361301	0.0005497	0.2830653	14.00	259.92	316.10	-0.9644826
16.1	176.4	0.2831263	0.0000199	0.0012956	0.0000119	0.0422021	0.0005307	0.2831220	16.26	178.27	179.37	-0.9609757
17.1	174.9	0.2830414	0.0000231	0.0013122	0.0000035	0.0435374	0.0002222	0.2830371	13.22	300.37	373.76	-0.9604770
18.1	172.0	0.2830444	0.0000227	0.0013186	0.0000057	0.0392528	0.0004953	0.2830402	13.27	296.11	368.67	-0.9602817
7226-233.7:角闪石英闪长玢岩												
1.1	181.0	0.2830798	0.0000204	0.0018771	0.0000042	0.0700481	0.0003543	0.2830735	14.64	249.00	287.14	-0.9434594
2.1	174.5	0.2830264	0.0000186	0.0010471	0.0000040	0.0377902	0.0001608	0.2830230	12.71	319.64	406.18	-0.9684618
3.1	184.0	0.2830457	0.0000212	0.0012834	0.0000081	0.0473854	0.0005329	0.2830413	13.57	294.02	358.51	-0.9613428
4.1	177.7	0.2830523	0.0000206	0.0010100	0.0000102	0.0364431	0.0005421	0.2830489	13.70	282.46	345.09	-0.9695796
5.1	187.6	0.2830354	0.0000210	0.0014326	0.0000079	0.0527387	0.0005612	0.2830304	13.26	310.06	381.06	-0.9568488
6.1	191.1	0.2830478	0.0000293	0.0019322	0.0000144	0.0800296	0.0005464	0.2830409	13.71	296.17	354.84	-0.9418005
7.1	184.2	0.2831514	0.0000278	0.0014971	0.0000398	0.0439595	0.0009025	0.2831462	17.29	142.93	119.12	-0.9549065
8.1	181.5	0.2831061	0.0000229	0.0013864	0.0000103	0.0567558	0.0008358	0.2831014	15.64	207.85	223.18	-0.9582420
9.1	180.5	0.2830640	0.0000249	0.0010309	0.0000192	0.0403629	0.0008831	0.2830605	14.17	265.90	316.88	-0.9689488
10.1	187.1	0.2831321	0.0000247	0.0013604	0.0000141	0.0474109	0.0006731	0.2831274	16.68	170.18	160.32	-0.9590234
11.1	180.1	0.2830688	0.0000217	0.0012314	0.0000124	0.0427360	0.0006737	0.2830647	14.31	260.46	307.75	-0.9629094
12.1	184.6	0.2830659	0.0000239	0.0016349	0.0000059	0.0570084	0.0001702	0.2830603	14.25	267.50	314.85	-0.9507551
13.1	177.3	0.2830908	0.0000223	0.0017301	0.0000087	0.0647203	0.0007173	0.2830850	14.97	232.07	263.13	-0.9478893
14.1	178.8	0.2830475	0.0000244	0.0014037	0.0000093	0.0527288	0.0001184	0.2830428	13.51	292.41	358.43	-0.9577192
15.1	175.1	0.2830616	0.0000256	0.0012110	0.0000042	0.0470910	0.0001932	0.2830576	13.95	270.70	327.03	-0.9635235
16.1	183.9	0.2830124	0.0000255	0.0010715	0.0000060	0.0431357	0.0003098	0.2830087	12.41	339.91	432.78	-0.9677264
17.1	181.9	0.2830627	0.0000290	0.0015757	0.0000082	0.0641758	0.0005941	0.2830573	14.09	271.81	323.39	-0.9525397
7235-123.4:角闪石英闪长玢岩												
1.1	176.5	0.2830771	0.0000240	0.0023064	0.0000276	0.0848073	0.0005547	0.2830695	14.40	255.96	299.06	-0.9305296
2.1	175.2	0.2832028	0.0000275	0.0026210	0.0000157	0.1025077	0.0018348	0.2831942	18.79	70.57	15.21	-0.9210555
4.1	177.3	0.2831399	0.0000259	0.0024170	0.0000071	0.0981710	0.0006498	0.2831319	16.63	163.61	156.24	-0.9271980
5.1	175.3	0.2831339	0.0000232	0.0018522	0.0000129	0.0736426	0.0008201	0.2831278	16.44	169.93	166.91	-0.9442113
13.1	178.7	0.2830688	0.0000237	0.0025937	0.0000157	0.0923540	0.0016485	0.2830581	14.05	273.41	323.62	-0.9218774

注: $\epsilon_{\text{Hf}}(t) = 10000 \times [({}^{176}\text{Hf}/{}^{177}\text{Hf})_{\text{S}} - ({}^{176}\text{Lu}/{}^{177}\text{Hf})_{\text{S}} - ({}^{176}\text{Lu}/{}^{177}\text{Hf})_{\text{CHUR}} \times (e^{\lambda t} - 1)] / [({}^{176}\text{Hf}/{}^{177}\text{Hf})_{\text{S}} \times (e^{\lambda t} - 1)] - 1$, $({}^{176}\text{Hf}/{}^{177}\text{Hf})_{\text{S}} = ({}^{176}\text{Hf}/{}^{177}\text{Hf})_{\text{S}} - ({}^{176}\text{Lu}/{}^{177}\text{Hf})_{\text{S}} \times (e^{\lambda t} - 1)$ 。其中 $({}^{176}\text{Hf}/{}^{177}\text{Hf})_{\text{S}}$ 和 $({}^{176}\text{Lu}/{}^{177}\text{Hf})_{\text{S}}$ 为样品测定值, $({}^{176}\text{Lu}/{}^{177}\text{Hf})_{\text{CHUR}} = 0.0332$, $({}^{176}\text{Hf}/{}^{177}\text{Hf})_{\text{CHUR},0} = 0.028272$ (Blichert Toft et al., 1997)。 t 为样品形成时间 $\lambda = 1.867 \times 10^{-11} \text{ a}^{-1}$ 。

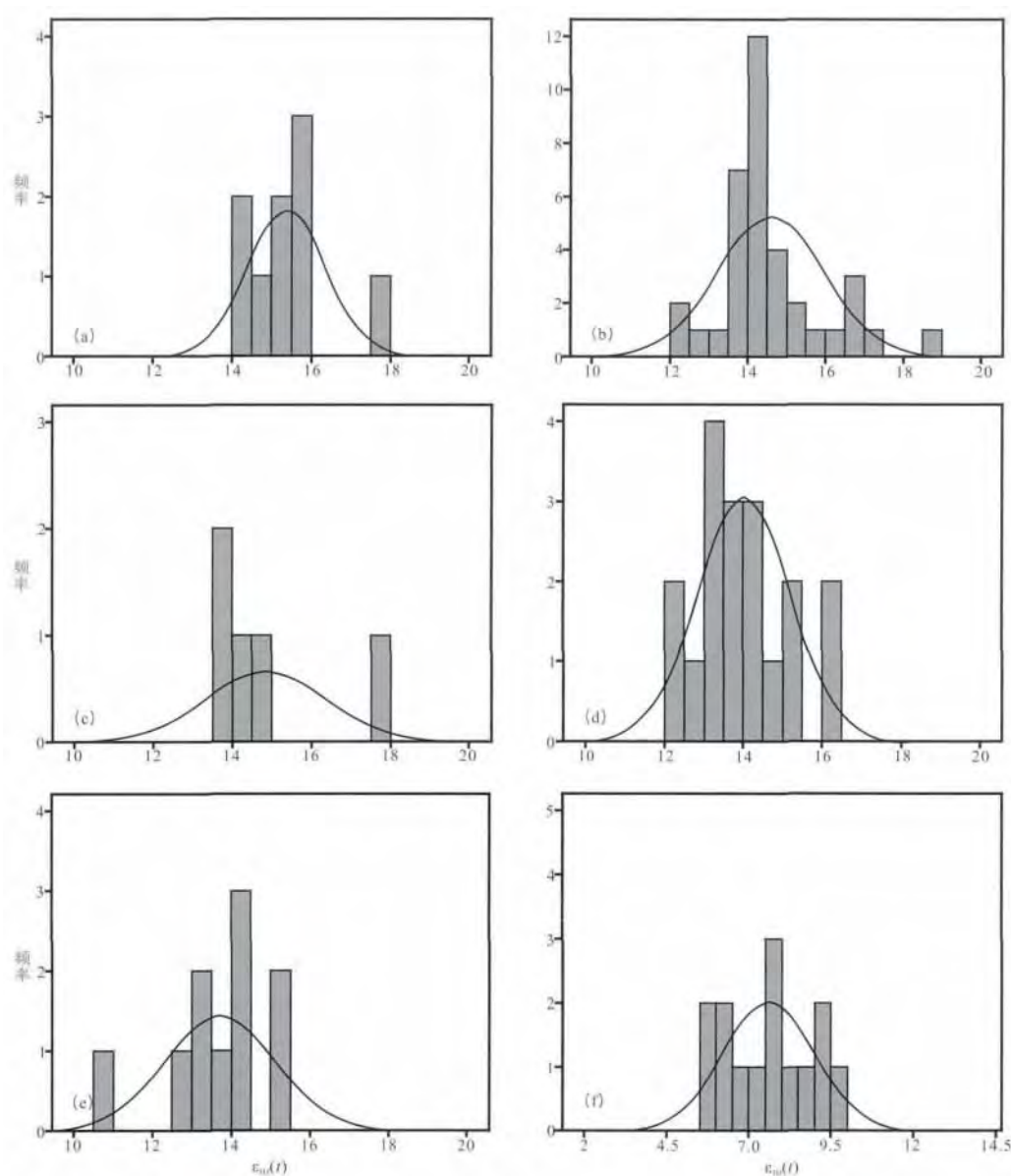


图 3 西藏雄村矿区火山—岩浆岩锆石 $\epsilon_{\text{Hf}}(t)$ 频率分布图

Fig 3 $\epsilon_{\text{Hf}}(t)$ frequency distribution diagram of volcanic-magmatic rock from Xiongcu deposit in Tibet

(a)—样品 5036-303, 石英闪长斑岩; (b)—角闪石英闪长玢岩; (c)—样品 5036-68, 安山质凝灰岩; (d)—样品 7226-439, 含粗粒石英斑晶的石英闪长斑岩; (e)—样品 5024-5, 安山岩脉; (f)—样品 6187-335, 黑云母花岗闪长岩

(a)—Sample 5036-303, quartz diorite porphyry; (b)—hornblende quartz diorite porphyry; (c)—sample 5036-68, mafic tuff; (d)—sample 7226-439, Quartz diorite porphyry with coarse Quartz phenocrysts; (e)—sample 5024-5, andesite dyke; (f)—sample 6187-335, biotite granodiorite

Hf 同位素特征, $\epsilon_{\text{Hf}}(t)$ 值接近亏损地幔演化线上(图 4), 表明该组火山—岩浆岩起源于地幔的部分熔融。同时该组火山—岩浆岩 Hf 同位素比值范围基本一致, 且相对均一。U-Pb 年龄结果显示除早侏罗世安山质凝灰岩外, 早—中侏罗世各期次岩岩活动的锆石结晶年龄相隔小于 2Ma(唐菊兴等, 2009, 2010; Tafti et al., 2009), 暗示该组火山—岩浆岩可能起源于深部同一岩浆房。另一方面, 野外地质

调查及超过 7 万米岩心编录过程中未观察到早—中侏罗世火山—岩浆岩中含有铁质包体, 岩浆锆石中也未观察到继承锆石。上述地质现象与同位素分析结果暗示第一组火山—岩浆岩深部岩浆房相对均一, 且未经历过古老基底的混染。通常地幔部分熔融形成的玄武质岩浆会在浮力作用下向上运移(Hildreth, 1981)。这种玄武质岩浆可能会停留在上地幔与下地壳之间的 MASH 带中或直接侵入到

近地表。但不管是哪种情况,均有可能混染有地壳成分。但雄村矿集区早—中侏罗世花岗岩岩浆岩具有高度亏损的 Hf 同位数组,展示出单一亏损地幔源区特征。造成这种结果的原因可能是部分熔融形成的玄武质岩浆上侵过程中未经历过硅质壳上地壳的同化混染,即火山—岩浆岩形成与岛弧环境。上述推论得到了常微量元素以及 Sr-Nd 同位素的支持:该期火山—岩浆岩均富集大离子亲石元素,亏损高场强元素, $Mg^\#$ 值明显小于平均地壳值(黄勇等, 2011), 并亏损 Nd 同位数 [$\epsilon_{Nd}(t)$ 介于 3.75 ~ 7.58 之间, 集中在 5.54 ~ 5.96 之间(曲晓明等, 2007)]。异地花岗岩岩石的成因有三种:岩浆分异、同化混染、岩浆混合。上述同位素分析结果以及火山—岩浆岩中未观察到铁镁质包体的事实排除了岩浆活动发生过明显的同化混染以及岩浆混合的可能性,同时各地质体间相似的同位素特征指示其来源于深部同一岩浆房,并经历过深部岩浆房中岩浆分异作用。

长期以来关于冈底斯南缘早—中侏罗世的火山—岩浆岩形成的动力学机制仍然存在广泛的争议(Zhu D C et al., 2011; 耿全如等, 2006; 纪伟强等, 2009)。雄村斑岩铜金矿床位于冈底斯成矿带南缘, 紧邻雅鲁藏布江缝合带, 但离北部班公湖—怒江缝合带距离超过 250km, 因此很难用北部班公湖怒江洋向南俯冲来解释。张宏飞等(2007)报道的冈底斯南缘变形花岗岩(~178Ma) 锆石 $\epsilon_{Hf}(t)$ 为 +14.1 ~ +17.1; Chu M F et al(2006)报道了冈底斯南缘早侏罗世花岗岩(~188Ma) 锆石 $\epsilon_{Hf}(t)$ 为 +10.4 ~ +16.8; Liang H Y 等(2004)报道的雅鲁藏布江沉积碎屑物中早侏罗世锆石(182~175Ma) $\epsilon_{Hf}(t)$ 为 +15。同时,在冈底斯成矿带南缘东段出露的叶巴组火山岩同样被普遍认为是起源于岛弧环境的火山岩(陈炜等, 2009)。上述火山—岩浆岩集中展布在冈底斯南缘,因此这一事件应与新特提斯洋向北俯冲有关,并应具有相似的岩浆源区。但冈底斯南缘同期岩浆岩从东到西 Hf 同位数组成仍然呈现不均一性,如杨志明等(2011)报道的驱龙早侏罗西部斑岩 $\epsilon_{Hf}(t)$ 值为 +2.6 ~ +8.2, $\epsilon_{Nd}(t)$ 值为 -0.1 ~ 1.2, 反映出有古老地壳的混入。如果确实存在从东部到西部古老地壳物质混染增多的趋势,那东部叶巴组火山岩理应具有相似的 Sr-Nd-Hf 同位素特征,是否进一步暗示在冈底斯南缘寻找类似雄村斑岩铜金矿床应该集中在拉萨—尼木—日喀则这一带?

第二组岩浆岩(47.9Ma)相对第一组火山—岩

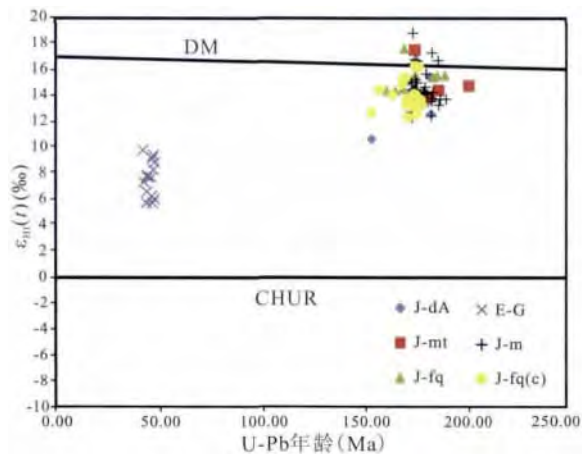


图4 西藏雄村矿区火山—岩浆岩锆石 $\epsilon_{Hf}(t)$ 同位素组成
Fig 4 Zircon U-Pb age vs $\epsilon_{Hf}(t)$ diagram of volcanic-magmatic rocks from Xiongcu deposit in Tibet

浆岩具有较低的 $\epsilon_{Hf}(t)$ 值(+5.75 ~ +9.42)和相对较老的单阶段模式年龄($T_{DM} = 323.64 \sim 495.17\text{Ma}$)(表1)。该期岩体是冈底斯岩基的主体,展布于谢通门—南木林—尼木—曲水一带,并含有较多的暗色铁镁质包体,雄村矿集区第二组岩浆岩与冈底斯南缘同期花岗岩体 Hf 同位素组成类似(徐旺春, 2010)。该期岩体的岩浆锆石 $\epsilon_{Hf}(t)$ 变化较小(<4),反映出相对单一的亏损地幔岩浆源区。部分学者认为始新世期间,印度板块前端的残留新特提斯洋壳俯冲速率减慢,停留在亚洲大陆之下,使得有足够的时间发生部分熔融,形成古新世—始新世岩浆岩和同期林子宗组。但这种观点不能够解释古新世—始新世期间发生的大规模火山—岩浆活动。区域年代学资料显示冈底斯带古新世—始新世火山—岩浆活动集中分布在南侧,且在~50Ma达到高峰,同期并发育有林子宗火山岩的帕拉组(李皓扬等, 2007)。因此我们认为新特提斯洋板块的“剥离”模式(Lee H Y et al., 2006)可以更好的解释上述现象。当洋壳向深部俯冲,相继发生角闪岩相向绿片岩相、绿片岩相向榴辉岩相过渡,在洋壳前端重力不断加大,并最终发生板块“剥离”而下沉。板块剥离形成的“构造窗”促使软流圈地幔上涌,提供新生下地壳部分熔融的热源(Davies et al., 1995),该模式可以很好的解释雄村始新世黑云母花岗闪长岩亏损的锆石 Hf 同位素特征,区域上这类岩体被认为是起源于新生下地壳的部分熔融(Chu M F et al., 2006)。

4.2 地质意义

雄村斑岩铜金矿床位于拉萨地体南缘,冈底斯

成矿带西段。矿集区内火山—岩浆岩锆石 U-Pb 年龄结果表明,弧岩浆岩成岩年龄集中分布在 $175 \pm 3\text{Ma}$ 之间。结合冈底斯南缘现已发表的年龄数据(纪伟强等,2009;杨志明等,2008),结果表明 $\sim 175\text{Ma}$ 期间是南冈底斯带重要的一期增生造山运动。展布于冈底斯南缘的早侏罗世花岗质岩石均具有极高的 Hf 同位素比值, $\epsilon_{\text{Hf}}(t)$ 集中分布在 $+15$ 左右,同时 $\epsilon_{\text{Nd}}(t)$ 集中分布在 $+5$ 左右,并且均具有年轻的模式年龄,反映早—中侏罗世岩浆源区单一,因此雄村斑岩铜金矿床的发现预示着在冈底斯南缘具有寻找类似于西南太平洋岛弧型斑岩铜金矿床的潜力。但冈底斯成矿带先后经历了俯冲、碰撞造山过程,早—中侏罗世形成的浅成斑岩铜金矿床是否能够保存下来还不确定,而雄村斑岩铜金矿床得以保存的原因还需要做进一步的研究。

5 结论

通过对雄村矿集区各期次 8 组岩体开展岩浆锆石原位 Hf 同位素分析测试,我们得出如下结论:

(1)依据锆石 U-Pb 年龄和 Hf 同位素测试结果,可将雄村矿集区内火山—岩浆岩划分为两组:第一组为早—中侏罗世火山—岩浆岩,包括含矿安山质凝灰岩、成矿早期角闪石英闪长玢岩、成矿期石英闪长斑岩、含粗粒石英斑晶的石英闪长斑岩、以及安山岩脉;第二组为始新世黑云母花岗闪长岩。

(2)第一组火山—岩浆岩具有相对一致的 Hf 同位素组成, $\epsilon_{\text{Hf}}(t)$ 分别为安山质凝灰岩: $+13.76 \sim +17.50$; 角闪石英闪长玢岩: $+12.24 \sim +18.79$; 石英闪长斑岩: $+14.39 \sim +17.64$; 含粗粒石英斑晶的石英闪长斑岩: $+12.50 \sim +16.26$; 安山岩脉: $+10.66 \sim +15.44$ 之间。 $\epsilon_{\text{Hf}}(t)$ 集中分布在亏损地幔演化线上,高度亏损的 Hf 同位素特征表明该组火山—岩浆岩均起源于亏损地幔。前人开展的锆石 U-Pb 年龄研究表明早—中侏罗世各期次岩浆岩活动间隔不超过 2Ma ,并具有相同的 Hf 同位素分布特征,以及相似的常微量元素, Sr-Nd 同位数组组成特征。表明第一组火山—岩浆岩形成与岛弧环境,并可能受控于深部同一岩浆房控制。

(3)第二组始新世黑云母花岗闪长岩 $\epsilon_{\text{Hf}}(t)$ 介于 $+5.75 \sim +9.42$, $^{176}\text{Hf}/^{177}\text{Hf}$ 初始比值为 $0.2829050 \sim 0.2830223$, 单阶段模式年龄 T_{DM} 为 $323.64 \sim 495.17\text{Ma}$ 。与冈底斯南缘同期岩浆岩具有类似的 Hf 同位素组成,均起源于新生下地壳的部分熔融。

致谢:中国地质科学院矿产资源研究所张婷婷博士、郭春丽博士、侯可军博士、高一鸣博士、王成辉博士在 Lu-Hf 同位素测试过程中给予了热心的帮助,在此一并表示感谢。

参 考 文 献

- 陈炜,马昌前,边秋娟,胡远清,龙桃成,喻水林,陈冬明,屠江海. 2009. 西藏得明顶地区叶巴组火山岩地球化学特征和同位素 U-Pb 年龄证据. 地质科技情报, 28(3): 31~40.
- 耿全如,潘桂棠,王立全,朱弟成,廖忠礼. 2006. 西藏冈底斯带叶巴组火山岩同位素地质年代. 沉积与特提斯地质, 26: 1~7.
- 纪伟强,吴福元,钟孙霖,刘传周. 2009. 西藏南部冈底斯岩基花岗岩时代与岩石成因. 中国科学 D 辑: 地球科学, 39(7): 849~871.
- 李皓扬,钟孙霖,王彦斌,朱弟成,杨进辉,宋彪,刘敦一,吴福元. 2007. 藏南林周盆地林子宗火山岩的时代、成因及其地质意义: 锆石 U-Pb 年龄和 Hf 同位素证据. 岩石学报, 23(2): 493~500.
- 侯可军. 2007. LA-MC-ICP-MS 锆石 Hf 同位素的分析方法及地质应用. 岩石学报, 23(10): 2595~2604.
- 黄勇,唐菊兴,郎兴海,张丽,陈渊. 2011. 西藏雄村铜金矿床 II 号矿体侵入岩—火山岩的地球化学特征—对岩石成因及构造背景约束. 矿床地质, 32(2): 340~352.
- 郎兴海. 2012. 西藏雄村斑岩型铜金矿集区成矿作用与成矿预测. 博士学位论文.
- 曲晓明,辛洪波,徐文艺. 2007. 西藏雄村特大型铜金矿床容矿火山岩得成因及对成矿得贡献. 地质学报, 81(7): 964~971.
- 唐菊兴,张丽,黄勇,王成辉,李志军,邓起,郎兴海,王友. 2009. 西藏谢通门县雄村铜金矿主要地质体的 $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ 年龄及地质意义. 矿床地质, 28(6): 759~769.
- 唐菊兴,黎凤估,李志军,张丽,唐晓倩,邓起,郎兴海,黄勇,姚晓峰,王友. 2010. 西藏谢通门县雄村铜金矿主要地质体形成的时限: 锆石 U-Pb、辉钼矿 Re-Os 年龄的证据. 矿床地质, 29(3): 461~475.
- 吴福元,李献华,郑永飞,高山. 2007. Lu-Hf 同位素体系及其岩石学应用. 岩石学报, 23(2): 185~220.
- 徐旺春. 2010. 西藏冈底斯花岗岩类锆石 U-Pb 年龄和 Hf 同位数组成的空间变化及其地质意义(D). 中国地质大学(北京): 42~57.
- 杨志明,侯增谦,夏代详,宋玉财,李政. 2008. 西藏驱龙铜矿西部斑岩与成矿关系的厘定: 对矿床未来勘探方向的重要启示. 矿床地质, 27(1): 28~36.
- 杨志明,侯增谦,江迎飞,张洪瑞,宋玉财. 2011. 西藏驱龙矿区早侏罗世斑岩的 Sr-Nd-Pb 及锆石 Hf 同位素研究. 岩石学报, 27(7): 2003~2010.
- 张宏飞,徐旺春,郭建秋,宗克清,蔡宏明,袁洪林. 2007. 冈底斯南缘变形花岗岩锆石 U-Pb 年龄和 Hf 同位素组成: 新特提斯洋早侏罗世俯冲作用的证据. 岩石学报, 23(06): 1347~1353.
- Blichert-Toft J and Albarede F. 1997. The Lu-Hf isotope geochemistry of chondrites and the evolution of the mantle-crust system. Earth Planet. Sci. Lett. 148, 243~255.
- Chu M F, Chung S L, Song B, Liu D, O'Reilly S Y, Pearson N J,

- Ji J and Wen D J. 2006. Zircon U-Pb and Hf isotope constraints on the Mesozoic tectonics and crustal evolution of southern Tibet. *Geology*, 34: 745~748.
- Davies J H and Blanckenburg F. 1995. Slab breakoff: A model of lithosphere detachment and its test in the magmatism and deformation of collisional orogens. *Earth and Planetary Science Letters*, 129: 85~102.
- Griffin W L, Pearson N J, Belousova E A, Jackson S R, van Achterbergh E, O'Reilly S Y, Shee S R. 2000. The Hf isotope composition of cratonic mantle: LAM-MC-ICPMS analysis of zircon megacrysts in kimberlites. *Geochimica et Cosmochimica Acta* 64, 133~147.
- Hildreth W. 1981. Gradients in silicic magma chambers: Implications for lithospheric magmatism. *Journal of Geophysical Research*, v86, 10,153~10,192.
- Lee H Y, Chung S L, Wang Y B, Zhu D C, Yang J H, Song B, Liu D Y, Wu F Y. 2007. Age, petrogenesis and geological significance of the Linzong volcanic successions in the Linzhou basin, southern Tibet: Evidence from zircon U-Pb dates and Hf isotopes. *Acta Petrologica sinica*, 23(2): 493~500.
- Liang, Y H, Chung S L, Liu D, O'Reilly, S Y, Chu M F, Ji J, Song B, and Pearson N J. 2004. Detrital zircon study along the Tsangpo River, SE Tibet: *Eos* (Transactions, American Geophysical Union), v. 85, abs. T53A-0466.
- Morel M L A, Nebel O, Nebel-Jacobsen Y J, et al. , 2008. Hafnium isotope characterization of the GJ-1 zircon reference material by solution and laser-ablation MC-ICP-MS. *Chemical Geology*, 255: 231~235.
- Oliver J. 2006. Geological mapping of the Xietongmen property and continuous areas, Tibet, People's Re-public of China. Private Report to Continental Minerals Corp. Xizang(Tibet) Tianyuan Minerals Exploration Ltd.
- Tafti R, Mortensen J K. 2009. Jurassic U-Pb and Re-Os ages for the newly Discovered Xietongmen Cu-Au Porphyry District, Tibet, PRC: Implications for Metallogenic Epochs in the Southern Gangdese Belt. *Economic Geology*, 104: 127~136.
- Tafti R. 2011. Metallogeny, Geochronology and Tectonic Setting of The Gangdese Belt, Southern Tibet, China. PHD thesis.
- Zhu D C, Zhao Z D, Niu Y L, Mo X X, Chung S L, Hou Z Q, Wang L Q and Wu F Y. 2011. The Lhasa Terrane: Record of a microcontinent and its histories of drift and growth. *Earth and Planetary Science Letters*, 301: 241~255.

Zircon Hf Isotopic Composition of Volcanic-Magmatic Rocks at Xiongcu Porphyry Copper-Gold Deposit, Tibet

HUANG Yong¹⁾, TANG Juxing²⁾, ZHANG Li¹⁾, LANG Xinghai³⁾

1) Chengdu Center, China Geological Survey, Chengdu, 610081;

2) MLR Key Laboratory of Metallogeny and Mineral Resource Assessment, Institute of Mineral Resources, Beijing, 100037;

3) Chengdu University of Technology, Chengdu, 610059

Abstract

This paper report the Hf isotope compositions of volcanic-magmatic rocks from Xiongcu Porphyry copper-gold deposit, Tibet. Volcanic-magmatic rocks are divided into two groups based on U-Pb dating and Hf isotope. The first group is early to middle Jurassic volcanic-magmatic rocks; ore-bearing andesitic tuff, pre-mineralization hornblende quartz diorite porphyry, syn-mineralization quartz diorite porphyry, quartz diorite porphyry with bigger quartz eyes, and andesite dyke crosscutting ore-body. The second group is Eocene biotite granodiorite. The first group volcanic-magmatic rocks are characterized by similar depleted Hf isotope composition and young model age. The initial value of $\epsilon_{\text{Hf}}(t)$ are +13.76~+17.50, +12.24~+18.79, +14.39~+17.64, +12.50~+16.26, +10.66~+15.44 respectively. The depleted Hf isotope compositions of first group indicate that magmas are derived by partly melting of depleted mantle. At other hand, relatively homogeneous Hf isotope compositions also indicated that the first group magmatisms did not mixed with older continent crust, and are belong to island arc magmas. The initial value of $\epsilon_{\text{Hf}}(t)$ of second group Eocene biotite granodiorite are +5.75~+9.42, which are similar to the same period magma of south Gangdisi belt, which are derived by partly melting of juvenile lower continental crust.

Key words: Hf isotope; volcanic-magmatic rocks; porphyry copper-gold deposit, Xiongcu; Gangdese; Tibet