

西南太平洋地区
斑岩铜矿床译文集
(下 册)

402
(2-1)
178

地质部宜昌地质矿产研究所

一九八〇年八月

西南太平洋地区斑岩铜矿床译文集

(下 册)

地质部宜昌地质矿产研究所

一九八〇年八月

目 录

所罗门群岛瓜达尔卡纳尔岛科洛拉斑岩铜矿勘探区的地质年代学.....	(1)
巴布亚新几内亚布干维尔岛潘古纳斑岩铜矿床蚀变作用的化学研究.....	(14)
巴布亚新几内亚布干维尔岛潘古纳斑岩铜矿床的气液包体的研究.....	(32)
巴布亚新几内亚新不列颠与斑岩铜矿化相伴生的侵入岩.....	(60)
巴布亚新几内亚杨德腊地区斑岩铜矿系的构造演化.....	(74)
巴布亚新几内亚——所罗门群岛区的侵入岩及斑岩铜矿的初步研究	(92)
巴布亚新几内亚西部高地有斑岩铜矿的侵入体和无斑岩铜矿的 侵入体中铁镁矿物成分的变化.....	(115)
西南太平洋的某些矿化斑岩系的侵入作用和断裂类型以及它们 与板块相互作用的关系.....	(130)
澳大利亚新南威尔士铜山蚀变——矿化的地球化学特征	(142)
辉钼矿的多型、铼含量与斑岩铜矿的矿化及蚀变阶段的关系.....	(154)

所罗门群岛瓜达尔卡纳尔岛科洛拉 斑岩铜矿勘探区的地质年代学

Allan R. Chivas和Ian McDougall

引言

在新几内亚和所罗门群岛地区,以前的地质年代学研究已经表明,与斑岩铜矿化有关的侵入杂岩是年轻的。瓜达尔卡纳尔的科洛拉火成杂岩,在已进行过详细地质年龄测定的火成杂岩体的最东部。科洛拉地区已有记录的多次侵入和热液事件系列是复杂的,但它们的关系已被野外证据很好地确定。这就为试图区分火成侵入事件和后期矿化之间在时间上的差异提供了基础。

区域地质

Hackman (1971, 1973) 描述了所罗门群岛主要岛屿之一瓜达尔卡纳尔的地质概况。其基底岩石由可能为白垩纪的基性熔岩和同源岩床组成,被巨厚的第三纪和第四纪沉积及火山层序所覆盖。

科洛拉火成杂岩侵入于苏塔(Suta)火山岩——一系列平缓褶皱的玄武质、安山质熔岩和集块沉积物中(图1)。在与火山堆积上部呈互层的灰岩中(Tualoto石灰岩)Hackman (1971) 记述了丰富的非典型的浮游有孔虫和底栖有孔虫、鳞环虫未定种(*lepidocyclina* SP.)、套状中蛭虫(*Miogypsina thecidaeformis*),表明其地层时代属早中新世。因此,位于这些灰岩之下、巨厚的(~2公里)熔岩被认为属于早中新世,部分可能属渐新世。科洛拉火成杂岩的年龄上限尚没有直接的地层证据。

在瓜达尔卡纳尔岛的西北部,另一个侵入杂岩——波赫(Poha)闪长岩杂岩(图1)占据了64平方公里范围,侵入于Umasani火山岩的蚀变基性熔岩,其上被早中新世的Mbonehe石灰岩不整合覆盖。Hackman认为Umasani火山岩在岩性上与苏塔火山岩有关,可能有相同的年龄。因此,波赫闪长岩杂岩的地层时代很可能是渐新世到早中新世。它的大规模的侵位可能与Umasani火山岩和苏塔火山岩的定位是同时的。本文还首次报道了波赫闪长岩杂岩的同位素年龄数据。



图1 瓜达尔卡纳尔岛科洛拉火成杂岩体和波赫闪长岩杂岩体位置图

科洛拉火成杂岩地质

在科洛拉火成杂岩内，已确定出一个有 30 次以上侵入和热液事件的序列。这些事件列入表 1 中，部分也表示在地质图（图 2、3）中。杂岩由两个主要的火成活动旋迴构成。旋迴 1 的侵入岩包括彻克彻克（chakackaka）辉长岩、闪长岩、瓦瑟特（Vasuta）石英闪长岩、花岗闪长岩和细晶岩岩脉。一个橄榄石辉石岩体赋存在彻克彻克辉长岩内，而斑状粗玄岩岩墙则同时穿过了辉长岩和瓦瑟特石英闪长岩。

旋迴 2 的侵入岩形成了环带状的伊纳缪缪（Inamumu）深成岩和三个远离的卫星深成岩。伊纳缪缪带状深成岩由许多连续的相组成，其中包括两套石英闪长岩、五个英云闪长岩体、细晶岩脉、一个英云闪长斑岩和奥长花岗岩岩墙。这些卫星深成岩包括高奇科拉（High chikora）花岗闪长岩、科洛彻勒（kolochro）石英闪长岩和科洛基莫（Kolokemau）英云闪长岩。被科洛基莫英云闪长岩侵入的科洛彻勒石英闪长岩在断裂发生以前可能与伊纳缪缪带状深成岩的南部原来是连续的。

旋迴 2 的岩石已直接侵入旋迴 1 的许多岩石单位中，而且在旋迴 2 较大岩体的周围，接触变质晕宽达 1—1.5 公里，几乎包括了旋迴 1 所有的岩石类型，可能只有旋迴 1 的花岗闪长岩例外。根据穿插关系，可以分出至少四个时期的安山岩墙。结构不同的姆比纳角闪安山岩墙在侵入顺序中的位置还不清楚。

两个主要的热液蚀变区域（A 和 B 系统）在空间上分别集中在伊纳缪缪带状深成岩内的斑状英云闪长岩和奇科拉英云闪长斑岩 + 奥长花岗岩岩墙中。A 系统蚀变紧接在旋迴 2 细晶岩脉之后，而早于奇科拉英云闪长斑岩，但奇科拉英云闪长斑岩与 B 系统蚀变有关。角闪安山岩墙切割了 B 系统强烈绢云母化岩石。

A 系统蚀变局限于几乎未蚀变岩石的细裂隙中，呈被膜出现。据裂隙中的矿物组合确定了几个不同的蚀变带。内带分布在伊纳缪缪带状深成岩的北部，其中主要是碱性长石。外带

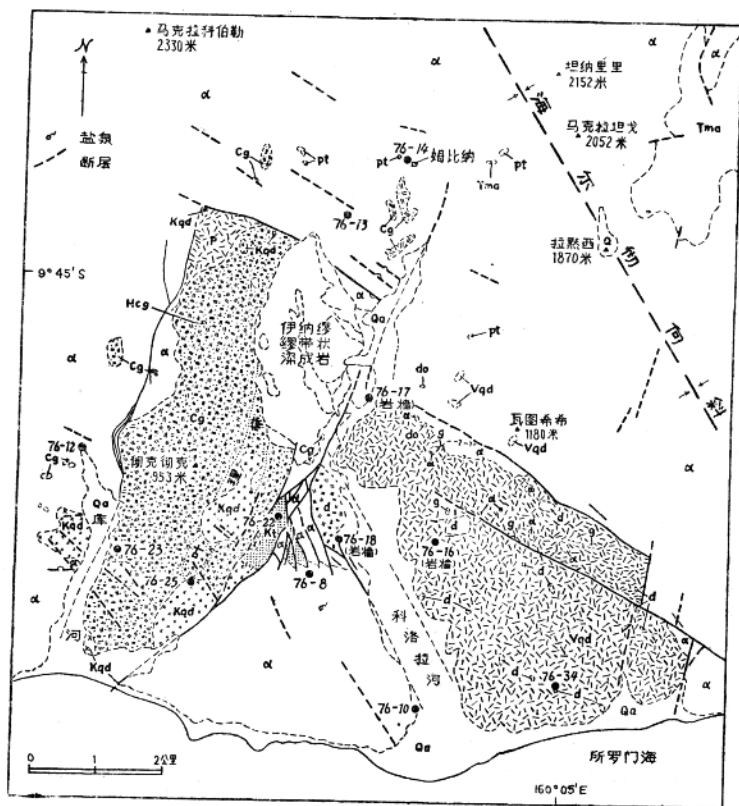


图2 科洛拉火成杂岩地质图 (标有样品位置)

a=苏塔火山岩 (渐新世—早中新世) Tma=Tualoto 石灰岩 (早中新世) Qa=冲积层 Q=早更
新世海蚀面 (其它图例见表1)

(绿泥石、绿帘石和碳酸盐) 分布于带状深成岩的边缘附近和周围的围岩中。

在 B 系统内, 最早的蚀变产生了弥漫状次生黑云母, 而弥漫状和裂隙控制的绿泥石和绢云母组合又大量地叠加其上。在 A 系统内, 铜矿化是极微弱的。较好的矿化被限制在 B 系统的奇科拉英云闪长斑岩及其周围的绿泥石蚀变带。

以前的年龄测定

在这次研究以前,已报道过科洛拉火成杂岩的两个角闪石钾氩法年龄数据,这些数据是伦敦地质科学研究所1969年测定的。N.J.Snelling博士把剩下的未破碎的岩石标本和原始分析数据(BSIP-6967 = 7.8 ± 0.8 M.y. 对于 BSIP-6970 因放射成因氩不容易测定,采用的最大年龄为1.6m.y.)一起转送给我们。这次,从这些标本中再次选出新鲜角闪石重新作了测定,证实以前测定的两个数据是不准确的。

分析程序

采用 Baird 原子仪表的火焰光度计 (by flame photometry using a Baird-Atomic instrument) 测定黑云母和含 $K > 0.35\%$ 的全岩的钾含量。这种方法类似于 Cooper (1963) 所述的方法 (以 Li 作内标)。对角闪石和含 $K < 0.35\%$ 的全岩,先用类似于 Strelow 等 1970 年提出的离子交换法除去阳离子,然后用同样仪器,也以 Li 作内标,进行钾含量测定。

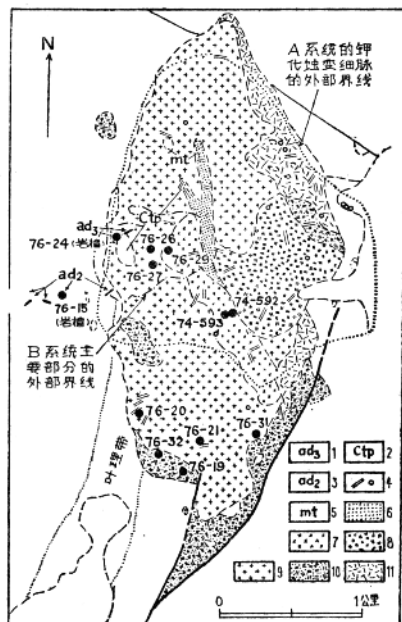


图3 伊纳缪缪带状深成岩地质图
(标有钾氩法样品位置)

1. 角闪安山岩墙 2. 奇克拉英云闪长斑岩 3. 辉石角闪安山岩墙 4. 细晶岩脉 5. 暗色英云闪长岩
6. 英云闪长闪岩 7. 英云闪长闪岩 8. 斑状英云闪长岩 9. 英云闪长岩 10. 查理勒弗石英闪长岩
11. 弗勒克勒石英闪长岩

正如 McDougall (1966) 所描述的,为了提取氩,样品在一条真空的派热克斯玻璃管道中通过感应加热熔融。为了保证完全熔融富含石英和绢云母的全岩样品,其加热温度要求比普通温度更高。装有这些样品的钼坩埚在有水冷却的石英玻璃容器中加热。 Ar^{39} 稀释剂在纯化以前加入释放出的气体中。氩的同位素组成用装有 4200 高斯永久磁铁和数字读出系统的改进型 AEI MS-10 质谱计测定。计算机处理的数据,按 McDougall 等 (1969) 的程序,给出误差。

本文使用的衰变常数是 Steiger 和 Jäger (1977) 最近推荐的,并结合 Beckinsale 和 Gale (1969) 概括的 ^{40}K 放射性资料 and Garner 等人 (1975) 提出的 ^{40}K 同位素丰度的新数据。年龄计算中使用的常数为: $\lambda_{\beta} = 4.962 \times 10^{-10} \text{年}^{-1}$, $\lambda_{\alpha} = 0.581 \times 10^{-18} \text{年}^{-1}$, $^{40}K/K = 1.167 \times$

表 1

科洛拉火成杂岩和热液事件的顺序

最年轻的		油沸石土蒙脱石化 角闪石安山岩墙 (? 姆比纳角闪石安山岩墙) 奥长花岗岩岩墙 闪长斑岩岩墙 C ₁₀ 奇科拉英云闪长斑岩	1.7—1.5m.y.
1.7—1.6m.y.	B 热液蚀变 {		
		伊纳堡带深成岩	带状深成岩以外的深成岩 (卫星深成岩)
旋迴 2 1.55m.y. 2.4—2.1m.y.	A 热液蚀变 最后的蚀变 最初的蚀变 a ₂ 细晶岩脉 mt 暗色的英云闪长岩 t ₂ 英云闪长岩 ₂ t ₂ 英云闪长岩 ₂ pt 斑状英云闪长岩 t ₁ 英云闪长岩 ₁ c _{ad} 查里勒佛石英闪长岩 (包括角闪岩) v _{kad} 弗勒克勒石英闪长岩	k ₂ 科洛基莫英云闪长岩 ad ₂ 辉石角闪石安山岩墙 ? H _{ca} 高奇科拉花岗岩 k _{ad} 科洛彻勒石英闪长岩	2.0m.y. 2.1m.y. 2.4m.y.
2.4m.y. 2.4m.y.			
		ad ₁ 辉石安山岩墙 绢云母化 a ₁ 细晶岩脉 g 花岗岩 do 斑状粗玄岩岩墙 v _{ad} 瓦瑟特石英闪长岩 d 闪长岩 c _g 彻克彻克辉长岩	≥2.5m.y. 4.5m.y. 辉长岩 ₂ p 橄辉辉石岩 辉长岩 ₁
旋迴 1			>4.0m.y.
最老的			

10⁻²原子%。用这些常数对年轻的岩石(如科洛拉)所得到的年龄和使用 Beckinsale 和 Gale (1969) 常数(没有修正⁴⁰K 丰度)计算的年龄没有区别。这两种方法给出的年轻岩石的视年龄比使用 Aldrich 和 Wetherills (1958) 常数确定的年龄大 2.6% 左右。

地质年表

在这次研究中,对更新统—上新统以及更新统—中新统的界线位置颇感兴趣。尽管作了很大努力,这些界线的准确年龄至今仍然没有解决。两个界线的最佳估计值分别是 1.75 ± 0.5m.y. (Berggren 和 Couvering, 1974) 和 5.2 ± 0.1m.y. (McDougall 等, 1977)。这些年龄值是利用 Aldrich 和 Wetherill (1958) 的衰变常数计算的。如果采用本文使用的物理常数,数值将分别变为 1.80 ± 0.15m.y. 和 5.35 ± 0.1m.y.。然而,用这两种常数计算的年龄差值均在误差范围之内,因此,差异几乎是没有什么意义的。Berggren 和 Van Couvering (1974) 认为晚—早更新统以及晚—早上新统的界线分别大约是 0.7m.y. 和 3.3 m.y.。

钾—氩法年龄测定结果

表 2 列出了这次研究的所有分析结果。图 2 和图 3 表示采样位置。给出的年龄值是这些样品重复测定的平均值，所给误差或者为由重复测定的年龄值计算的一倍标准偏差或者是具有最小误差的年龄的标准偏差，无论那一个都是取较大的。这样做是因为在反复测定非常一致的情况下，当把测钾和氩稀释标定的误差算进去时，平均年龄计算误差是太小了，与事实不符。下面按野外关系确定的地层层序提出和讨论这些结果。

苏塔火山岩

苏塔火山岩的地层时代是渐新世—早中新世。由于火山岩受到低级埋藏变质作用的影响，因而不是不大适合于钾—氩法年龄测定。所有的样品都采自科洛拉火成杂岩体已知露头的一公里范围内。在这些样品中，虽然只有 76—12 号样品显示了接触变质的结构证据，但其 K—Ar 法数据 (3.4—1.9m.y. 范围内) 仍可大致反映科洛拉火成杂岩的侵入年龄。K—Ar 法的视年龄和样品离侵入接触带的距离之间有一个粗略的关系。离侵入体最远的样品 76—10 号为 3.4m.y.，距科洛基英云闪长岩 200 米以内的样品 76—8 号为 1.9m.y.，而英云闪长岩为 2.0m.y.。

旋迴 1 岩石的侵入年龄

由于旋迴 2 接触变质热液的影响，在伊纳缪缪带状深成岩非断裂边缘和其它旋迴 2 的卫星岩体周围形成了宽达 1—1.5 公里的接触变质圈，因而很难准确测定旋迴 1 岩石的年龄。在测定旋迴 1 年龄时，样品距旋迴 2 侵入体边缘的位置比岩石类型有更大的影响。

五个样品的年龄是分散的。采自已变质成角闪石—角岩相的斑状粗玄岩岩墙样品 (76—17)，年龄为 1.82m.y.，另一岩墙 (76—18) 的变质程度为钠长石—绿帘石角岩相，其视年龄为 1.88m.y.。两个年龄都记录了旋迴 2 热液变质作用的时间。

彻克彻克辉长岩的两个样品离旋迴 2 变质作用影响范围较远，所以他们的视年龄大于粗玄岩岩墙的年龄。姆比纳地区 (图 2 北部) 一个冷凝辉长岩岩枝样品 (76—14)，获得年龄为 3.6m.y.，位于科洛拉火成杂岩以西的一个辉长岩样品 (76—23) 平均年龄为 4.0m.y.。

采自科洛拉河谷东侧，靠近该岛南岸的瓦瑟特石英闪长岩样品，平均年龄为 4.47 ± 0.19 m.y.。这是唯一采自旋迴 2 接触变质圈以外的旋迴 1 岩石样品 (距最近的旋迴 2 火成接触带 4 公里)。因此，这个角闪石年龄被认为是瓦瑟特石英闪长岩最初冷却年龄的真实估计。

辉长岩的数据稍小于 4.47m.y. (平均年龄)，然而根据野外证据，彻克彻克辉长岩应是较老的单元。这种不一致也许是由于在旋迴 2 热液变质期间辉长岩中长石的放射成因氩部分丢失。在任何情况下，角闪石年龄都比全岩年龄好。不过，辉长岩的年龄仍然明显地大于旋迴 2 的任何年龄。因此，旋迴 1 主要侵入相的年龄被认为等于或稍大于 4.5my。

旋迴 2 侵入年龄

卫星深成岩：在伊纳缪缪带状深成岩周围三个有名的卫星侵入体中，热液蚀变的高奇科拉花岗岩闪长岩是不适合同位素年龄测定的，因为含有数量不等的高度绿泥石化黑云

表 2 科洛拉火成杂岩、苏塔火山岩和波赫闪长岩杂岩的钾—氩法年龄

野外编号	实验室编号	测定对象	K重量 (%)	放射成因 $^{40}\text{Ar} \times 10^{-12}$ 分子/克	$100 \frac{^{40}\text{Ar}(\text{放})}{^{40}\text{Ar}(\text{总})}$	计算的年龄 (m.y.) $\pm 2 \text{ s.d.}$ (标准差)	平均年龄 $\pm 1 \text{ s.d.}$ (标准差)
<u>矿化后的角闪安山岩墙</u>							
A. 1244	76—24	全 岩	0.921, 0.922	2.083	3.8	1.30 $\pm$ 0.18	1.44 $\pm$ 0.12
				2.408	10.4	1.51 $\pm$ 0.07	
				2.424	10.4	1.52 $\pm$ 0.08	
		角闪石	0.302, 0.310	0.924	7.0	1.74 $\pm$ 0.19	
<u>强烈蚀变岩石—B 蚀变系统</u>							
<u>绢云母蚀变带</u>							
CH. 9—104'	76—27	全 岩	3.293, 3.307	8.062 8.413	38.8 20.9	1.41 $\pm$ 0.03 1.47 $\pm$ 0.04	1.44 $\pm$ 0.04
<u>采自角砾岩筒</u>							
CH. 10—115'	76—29	全 岩	0.785, 0.787	2.168	10.0	1.59 $\pm$ 0.08	
<u>蚀变奥长花岗岩墙</u>							
CH. 8—556'	76—26	全 岩	0.659, 0.662	1.952	6.2	1.70 $\pm$ 0.14	1.70 $\pm$ 0.07
				1.995	5.7	1.74 $\pm$ 0.16	
				1.890	3.8	1.65 $\pm$ 0.23	
<u>旋回 2—伊纳缪带状深成岩</u>							
<u>英云闪长岩 3</u>							
A. 82	74—592	黑云母	7.306, 7.328	18.576	30.0	1.46 $\pm$ 0.04	1.49 $\pm$ 0.03
				19.177	29.8	1.51 $\pm$ 0.03	
		角闪石	0.363, 0.363	1.024	3.6	1.63 $\pm$ 0.26	
<u>英云闪长岩 2</u>							
A. 84	74—593	黑云母	6.516, 6.537	17.235	26.0	1.52 $\pm$ 0.04	15.0 $\pm$ 0.03
				16.810	26.8	1.49 $\pm$ 0.04	
<u>英云闪长岩 1</u>							
A. 447	76—20	黑云母	6.181, 6.206	16.514	33.0	1.54 $\pm$ 0.03	1.58 $\pm$ 0.06
				17.457	25.9	1.62 $\pm$ 0.04	
A. 356	76—21	黑云母	5.961, 6.010	16.494	38.9	1.59 $\pm$ 0.03	1.56 $\pm$ 0.04
				15.917	24.8	1.53 $\pm$ 0.04	
		角闪石	0.222, 0.223	0.831	3.5	2.15 $\pm$ 0.34	
BSIP—6970	77—31	角闪石	0.294, 0.295	1.218	6.2	2.39 $\pm$ 0.21	2.56 $\pm$ 0.24
				1.392	5.9	2.73 $\pm$ 0.25	
<u>查里勒佛石英闪长岩</u>							
A. 421	76—19	黑云母	6.203, 6.204	17.047	25.6	1.58 $\pm$ 0.04	1.61 $\pm$ 0.04
				17.602	32.0	1.64 $\pm$ 0.04	
		角闪石	0.378, 0.385	0.913	5.5	1.38 $\pm$ 0.19	
角闪石	0.259, 0.260	0.821	4.1	1.24 $\pm$ 0.19			
BSIP—6967	76—32	角闪石	0.259, 0.260	1.025	2.9	2.28 $\pm$ 0.43	2.27 $\pm$ 0.22
				1.023	2.8	2.27 $\pm$ 0.43	

续表 2

野外编号	实验室编号	测定对象	K 重 量 (%)	放射成因 $^{40}\text{Ar} \times 10^{-12}$ 分子/克	$100 \frac{^{40}\text{Ar}(\text{放})}{^{40}\text{Ar}(\text{总})}$	计算的年龄 (m.y.) $\pm 2 \text{ s.d.}$ (标准差)	平均年龄 $\pm 1 \text{ s.d.}$ (标准差)
<u>旋迴 2 卫星深成岩体</u>							
<u>科洛基莫英云闪长岩</u>							
A. 524	76—22	黑云母	7.295, 7.324	26.258 25.780	29.4 38.1	2.07 $\pm$ 0.05 2.03 $\pm$ 0.05	2.05 $\pm$ 0.03
		角闪石	0.542, 0.544	1.932 1.835	14.4 13.3	2.05 $\pm$ 0.10 1.95 $\pm$ 0.11	2.00 $\pm$ 0.07
<u>科洛彻勒石英闪长岩</u>							
A. 915	76—25	角闪石	0.341, 0.342	1.369 1.487	7.7 11.4	2.31 $\pm$ 0.16 2.51 $\pm$ 0.12	2.41 $\pm$ 0.14
<u>安山岩墙</u>							
<u>辉石—角闪石安山岩墙—晚于 A 系统的脉状绿帘石蚀变</u>							
A. 187	76—15	全 岩	0.534, 0.536	2.240 1.882	5.1 3.7	2.41 $\pm$ 0.24 2.03 $\pm$ 0.28	2.22 $\pm$ 0.27
		角闪石	0.282, 0.284	1.053 0.949	4.8 5.5	2.14 $\pm$ 0.24 1.93 $\pm$ 0.20	2.04 $\pm$ 0.15
<u>辉石安山岩墙—早于 A 系统的脉状绿帘石蚀变</u>							
A. 630	76—16	全 岩	1.423, 1.430	6.322 6.044	18.7 16.1	2.55 $\pm$ 0.08 2.44 $\pm$ 0.08	2.50 $\pm$ 0.08
<u>旋迴 1</u>							
<u>粗玄岩岩墙</u>							
A. 306	76—17	全 岩	1.309, 1.312	4.128	39.7	1.82 $\pm$ 0.04	
A. 563	76—18	全 岩	0.682, 0.683	2.230	12.5	1.88 $\pm$ 0.08	
<u>瓦德特石英闪长岩</u>							
A. 728	76—34	角闪石	0.299, 0.303	2.407 2.263	11.6 12.3	4.61 $\pm$ 0.23 4.33 $\pm$ 0.20	4.47 $\pm$ 0.19
<u>彻克彻克辉长岩</u>							
MB. 4—390 $\frac{1}{2}$	76—14	全 岩	0.352, 0.358	2.238 2.222	6.2 5.9	3.63 $\pm$ 0.33 3.61 $\pm$ 0.33	3.62 $\pm$ 0.16
A. 962	76—23	全 岩	0.118, 0.120	0.785 0.883 0.838	7.4 6.9 6.7	3.79 $\pm$ 0.28 4.27 $\pm$ 0.34 4.05 $\pm$ 0.34	4.04 $\pm$ 0.24
<u>苏塔火山岩</u>							
A. 639	76—8	全 岩	0.650, 0.656	2.119	18.0	1.87 $\pm$ 0.07	
A. 710	76—10	全 岩	0.966, 0.969	5.663	13.4	3.37 $\pm$ 0.14	
A. 1030	76—12	全 岩	0.556, 0.573	2.463 2.813	26.8 28.1	2.49 $\pm$ 0.07 2.84 $\pm$ 0.08	2.67 $\pm$ 0.25
A. 1102	76—13	全 岩	0.428, 0.430	1.980	7.4	2.66 $\pm$ 0.19	
<u>波赫闪长岩杂岩体 (N.W. Guadalcanal)</u>							
<u>英云闪长岩</u>							
波赫	76—30	角闪石	0.212, 0.212	9.086 9.006	23.5 25.3	24.6 $\pm$ 0.7 24.3 $\pm$ 0.7	24.4 $\pm$ 0.3

采用常数: $\lambda\beta=4.982 \times 10^{-10} \text{年}^{-1}$; $\lambda_4=0.581 \times 10^{-10} \text{年}^{-1}$; $^{40}\text{K}/\text{K}=1.187 \times 10^{-2} \text{原子}\%$

母。科洛彻勒石英闪长岩中角闪石平均年龄为 $2.41 \pm 0.14 \text{ m.y.}$ 。已知侵入到上述较晚单元中的科洛基莫英云闪长岩，其黑云母年龄和角闪石年龄一致，分别为 $2.05 \pm 0.03 \text{ m.y.}$ 和 $2.00 \pm 0.07 \text{ m.y.}$ 。因此，这两种岩石类型的年龄和野外关系是符合的。由于科洛基莫英云闪长岩侵入于科洛彻勒石英闪长岩并使其接触变质，这表示两次侵入有一些时间上的间隔，因而年龄的差异可能是真实的。

伊纳缪缪带状深成岩：野外关系表明查里勒弗石英闪长岩和英云闪长岩 1、2、3 可能具有相似的年龄。10 个单矿物的 K—Ar 法年龄支持这种观点。然而在被测定的大多数样品中，黑云母和角闪石（甚至取自同一样品）的年龄是不一致的。在一般情况下，只有两个例外。英云闪长岩 3 中的样品 (74—592)，角闪石年龄 ($1.63 \pm 0.23 \text{ m.y.}$) 仅稍稍大于黑云母年龄 ($1.49 \pm 0.03 \text{ m.y.}$)，这两个年龄是否能分开还是有争议的。查里勒弗石英闪长岩中的样品 (76—19)，其角闪石年龄为 $1.31 \pm 0.10 \text{ m.y.}$ ，这不仅小于共生的黑云母 ($1.61 \pm 0.04 \text{ m.y.}$)，也小于科洛拉火成杂岩迄今所测定的其它任何同位素年龄。这个样品中的角闪石显然是岩浆的，并且包裹了细粒斜长石的嵌晶。在角闪石单矿物中，被包裹的斜长石的放射成因氩的逸出虽然可能是一个因素，但仍不能满意地解释角闪石异常低的年龄。采集样品的露头是块状的，仅有中等程度节理，该区的航片在露头上呈现明显的线状（断层？），这可能也是导致角闪石中放射成因氩减少的原因。

如果不考虑这两个反常的角闪石年龄 (74—592 和 76—19)，其余的测定结果表明角闪石 (3 个样品) 视年龄为 $2.33 \pm 0.21 \text{ m.y.}$ ，而黑云母 (5 个样品) 平均年龄为 $1.55 \pm 0.05 \text{ m.y.}$ 。角闪石和黑云母视年龄的不一致是因为结晶以后的低温蚀变使黑云母中放射成因氩丢失的结果，黑云母年龄可能记录了大约在 1.5 m.y. 前该系统最后冷却的时间。角闪石年龄可能更准确地反映侵入体的结晶年龄。在蚀变期间，由于角闪石对氩的保存性较好，以致放射成因氩较少丢失。

结果不一致的另一种解释是矿物在结晶时混入了少量外来的放射成因氩，换句话说，在结晶时，包含在矿物内的氩的 $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ 比值可能大于 295.5（即大气氩的 $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ 比

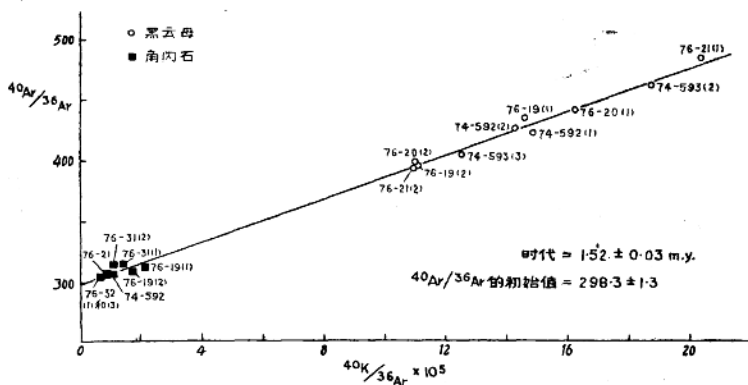


图 4 伊纳缪缪带状深成岩黑云母和角闪石样品的 $^{40}\text{K}/^{39}\text{Ar}$ — $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ 等时线图

值)。在计算 K—Ar 年龄时,是假定非放射成因组分的 $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ 比值为大气氩的比值。如果结晶时,混入样品中初始氩的 $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ 比值高于大气氩的比值,那么使用大气氩比值由角闪石计算出的 K—Ar 法视年龄通常将比黑云母的视年龄高;这是因为角闪石中含有的大气氩比例(相对于放射成因氩)比黑云母要高得多。主要是由于角闪石的钾含量低得多。为了检验这种可能性,我们在等时线图上(McDougall等, 1969)标绘了黑云母和角闪石数据,同时,利用 York (1966)的最小二乘法对数据进行了回归分析。如像单独的实验一样,处理了每一次氩的测定值,这样我们得到一条如图 4 所示的最佳直线,这条直线的斜率相应的年龄为 $1.52 \pm 0.03 \text{ m.y.}$, 直线在 $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ 轴上的截距为 298.3 ± 1.3 , 这里所表示的误差是一倍标准偏差。由于加权均方差是 8.0, 这些数据在实验误差范围内,不能构成直线。这表明由于初始 $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ 比值不同或其他因素的影响(譬如,氩的丢失不同),结果与模式不一致。图 4 表明的 $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ 初始值稍高于大气氩的比值,尽管在统计学上可能没有重要的差异。也注意到同一标本的重复测定值不落在一点上,这表明有来自仪器管道本底或样品本身的不同数量大气氩的污染。

尽管有这些困难存在,但是我们仍然发现这些数据很好地符合一条直线,并且我们可以指出(但不能证明),所有的角闪石和黑云母样品在 $1.52 \pm 0.03 \text{ m.y.}$ 前已成为封闭系统。这个年龄可以解释为:侵入体的结晶年龄,在结晶时它们混入的氩的 $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ 比值在一定程度上大于大气氩的比值。但是,岩体结晶以后的蚀变作用这个地质证据也可能指出,图 4 中数据呈直线排列可能是由于自结晶以来角闪石中放射成因氩积累而黑云母中放射成因氩直到大约 1.5 m.y. 以前连续扩散丢失造成的。在进行回归分析时,单独的黑云母数据得到一个 $1.55 \pm 0.09 \text{ m.y.}$ 的年龄(具有初始值 $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar} = 295.8 \pm 7.6$),这和使用常规方法计算的黑云母 K—Ar 年龄没有什么不同。这是因为黑云母含有适当的放射成因氩,当其所有的数据一起被处理时,图 4 清楚地表明黑云母结果的确决定了回归线的位置。单独的角闪石数据是如此地分散,以至通过它们的回归线还有什么实际意义是有疑问的。总的说来,使用等时线方法,虽然可能建立一个使所有结果都符合大约 1.5 m.y. 的一个模式,但增加不了多少解释。地质资料和以下讨论的其它年龄资料有力地支持这样一个模式:结晶作用发生在 2.0 m.y. 以前,此后,由于低温蚀变作用使黑云母遭到改造推断大约在 1.5 m.y. 以前。

A 系统的年龄

间接测定: 已注意到有几期安山岩墙侵位。它们的相对年龄是根据它们与 A 和 B 蚀变系统的关系来推断的。在 A 蚀变系统的边缘,大的绿帘石脉($\approx 10 \text{ cm}$ 宽)切割了辉石安山岩墙。辉石—角闪安山岩岩墙则交切了类似的绿帘石脉。因此,这两期岩墙的同位素年龄测定提供了对岩墙侵位时间的估计,也指出了绿帘石的最大和最小年龄,因此,也确定了 A 系统蚀变的年龄。

样品 76—16 采自辉石安山岩墙,距绿帘石脉切割窄岩墙($\approx 1 \text{ 米}$ 宽)及其周围的瓦瑟特石英闪长岩处 3 或 4 米以内。该岩墙的平均年龄为 $2.50 \pm 0.08 \text{ m.y.}$, 由于受形成绿帘石的流体再次加热,其年龄可能稍晚于侵入年龄。但是,这个数据应该不晚于绿帘石形成的年龄。

样品 76—15 采自辉石—角闪安山岩墙,该岩墙侵入辉长岩并切割绿帘石脉。其全岩平均年龄为 $2.22 \pm 0.27 \text{ m.y.}$, 而角闪石年龄是 $2.04 \pm 0.15 \text{ m.y.}$ 。综合这些结果表明该岩墙的侵入年龄近似地为 2.1 m.y. 。

同位素年龄测定确定了岩墙的相对年龄,因此,与 A 系统有关的边缘绿帘石脉的年龄范围为 2.1—2.5m.y.。

直接测定:卫星岩体科洛彻勒石英闪长岩的侵入年龄 (2.41 ± 0.14) 和伊纳缪缪带状深成岩的角闪石年龄 (2.33 ± 0.21 m.y.) 是不易区别的,根据这些数据我们可以估计旋迴 2 岩石的侵入年龄。因此,也指出紧接在伊纳缪缪带状深成岩之后的 A 蚀变系统的最大年龄为大约 2.4m.y.。

伊纳缪缪带状深成岩的黑云母年龄为 1.55 ± 0.15 m.y., 这可能反映了 B 蚀变系统对伊纳缪缪带状深成岩的再次低温加热(这种加热不足以改变角闪石年龄)。然而,大多数黑云母采样位置靠近伊纳缪缪带状深成岩南缘,距 B 系统尽可能远(~1 公里),在边缘的绢云母+粘土带中。角闪石和黑云母年龄不一致的另一种可能性是由于延长了的 A 系统热液流体循环造成伊纳缪缪带状深成岩在一定范围内缓慢冷却。

在同样温度下,黑云母中的氩比角闪石中的氩更容易扩散(如 Hart, 1964),因而在冷却的岩石中,角闪石开始积累放射成因氩的温度比共生黑云母的要高。这本身就能够引起同一样品中角闪石和黑云母 K—Ar 年龄不同。

由于科洛基莫英云闪长岩的黑云母年龄 (2.05 ± 0.03 m.y.) 和角闪石年龄 (2.00 ± 0.07 m.y.) 一致,对年轻岩石来说,黑云母年龄和角闪石年龄的差异就不能成为规律。这次侵入在较低的位置没有显示热液蚀变的证据,可能是有意义的。

很难估价这两种过程(即晚期再热作用或缓慢冷却)对产生观察年龄的相对贡献大小。气液包裹体的资料表明 A 系统的主要蚀变形成于大约 550°C (chivas 和 Wilkins, 1977)。也有较晚阶段的包裹体,其均一成液体的温度范围由 210°C 至 330°C 。这些流体可以在 A 系统的块状岩石中产生少量的斑点状绢云母、绿泥石和绿帘石 (chivas, 1978)。尽管大多数角闪石显然未受影响,但是在这个相对的低温蚀变期间, A 系统中原生黑云母将会丢失一些积累的放射成因氩。这种可能性仍然是流体循环继续不断,黑云母年龄 (1.55m.y.) 实际上是“首次冷却”年龄。随便那种情况,都能把 1.55m.y. 年龄归因于渗透到 A 系统的最后的热水溶液。

在 A 系统裂隙中的次生黑云母不适合作 K—Ar 法年龄测定。碱性长石(正长石结构)尽管比较丰富,但没有进行测定。鉴于这系统中原生黑云母视年龄为 1.55m.y., 可以预料热液碱性长石亦会有相似的年龄,因此不能反映 A 系统最初蚀变的年龄。

B 系统蚀变年龄

为了确定矿化年龄,对 B 蚀变内部几种强热蚀变的岩石进行了分析。热液蚀变的奥长花岗岩岩墙中的样品 (76—26), 其全岩平均年龄为 1.70 ± 0.05 m.y.。在角砾岩筒中的填质(由绿泥石和次生绢云母组成),其视年龄为 1.59 ± 0.08 m.y. (76—29)。强烈绢云母化的岩石视年龄为 1.44 ± 0.04 m.y.。

在奇科拉英云闪长斑岩附近,紧接绢云母蚀变之后的一个角闪安山岩岩墙 (76—24), 其一个角闪石年龄为 1.74 ± 0.19 m.y.。在这同一个岩墙中,测定了三个全岩年龄,其中之一 (1.30 ± 0.18 m.y.) 比其它两个 (1.52 ± 0.08 m.y.) 明显地低,后者可能更真实地反映侵入年龄。

没有办法单独准确地确定奇科拉英云闪长斑岩的侵入年龄。测定与这次侵入有关的热液

蚀变和矿化年龄在 1.7—1.44m.y. 之间。年龄更晚的样品取自含绢云母的全岩，由于氩的逸出，使其是稍微年轻一些了。综观所有的资料，B 系统矿化和矿化后安山岩墙的年龄从统计上没有区别，均在 1.6 ± 0.15 m.y. 左右，B 系统矿化的可选用年龄为 1.7—1.6m.y.，该岩墙可选用年龄为 1.7—1.5m.y.。

断裂的年龄

在瓜达尔卡纳尔的许多地方存在两个很明显的断裂方向。北西西—南东东方向平行于圣克里斯托巴耳深海沟轴，与之正交的是北北东—南南西方向的断裂。在科洛拉地区，北西西—南东东断裂错动了旋迴 1 的岩石，而伊纳缪缪带状深成岩穿过了这些断裂之一。因此，这组断裂的年龄应在 4.5—2.4m.y 范围内，也就是早—中上新世。北北东—南南西方向断裂切穿了旋迴 2 的岩石，包括科洛基莫英云闪长岩，因此这组断裂的年龄晚于 2.0m.y.。如果在岛上其他地方，北西西—南东东方向断裂晚于北北东—南南西方向断裂，则可以推断上述年龄仅适合于科洛拉火成杂岩。

波赫闪长岩杂岩体

波赫闪长岩杂岩体由较老的辉长岩边缘和微闪长岩组成，微闪长岩在核心又被英云闪长岩和石英闪长岩侵入。化探发现在杂岩体浅色核心之上及附近有微弱的铜矿化。取自杂岩体英云闪长岩核心的样品，测得年龄为 24.4m.y.。根据现在公认的同位素年表 (Berggren 和 Van Courvering, 1974)，这个年龄应为渐新世的最晚期或很接近渐新世—中新世的界线。因此，它与杂岩体已知的地层年龄是非常一致的。

瓜达尔卡纳尔岛上有许多温泉和温泉，其中一些分布于波赫闪长岩及其岩枝中。Taylor (1976) 称它们为 Bonege (Mbhonehe) 盐泉，并认为它们在成因上与波赫闪长岩杂岩体侵入有关。如果考虑深成岩的年龄，似乎这是非常不可能的。这些泉以及在瓜达尔卡纳尔西北部的其他泉都被认为是与上新世—全新世火山作用有关的残余火山喷气形成的(可能为被加热的雨水)。

讨论和小结

在科洛拉火成杂岩内，主要的火成和热液事件的数据与已知的野外关系非常一致。结论是：最初的岩浆活动始于距今 4.5m.y. 或在这以前(早上新世)。伊纳缪缪带状深成岩侵入于 2.4m.y. 前。最初的 A 系统热液蚀变(由绿帘石脉年龄推断)发生在 2.4—2.1m.y. 之间。主要由 A 系统(也可能有 B 系统)的热和热液活动引起的大规模的流体循环延长了热历史，这就造成了深成岩内的黑云母一直到最后 1.55m.y. 才最后冷却。因此，A 系统流体循环和蚀变的全部有效时间为 0.8—0.9m.y.。B 系统矿化较适合的年龄是 1.7—1.6m.y.，而紧接其后的安山岩墙的年龄为 1.7—1.5m.y. (早更新世)。

在科洛拉测出 A 系统热液活动持续时间的可能性只与其极其年轻有关。注意到许多斑岩铜矿床最初和最后岩浆活动间隔达数百万年，如亚利桑那 Ray、宾厄姆、埃尔萨尔瓦多。因此，Moore 和 Lanphere (1971) 等试图区分矿化系统的侵入年龄和蚀变年龄的研究是较有意义的。

由科洛拉 A 系统的结果可知, 在一些斑岩铜矿系统中, K—Ar 法测定的侵入年龄和后来的矿化年龄有差异。这些年龄也可以解释为是表示热液流体循环近于最大的时间范围而不是表示侵入和后来矿化之间的明显间隔。在其他的一些矿床中, 侵入和矿化之间明显的时间间隔大于数百万年, 这对一个单一连续的热液系统来说是太长了。在这些情况下, 可能出现一系列复杂的火成和热液事件, 在时间上与矿化有关的侵入尚须进一步测定。

刘先智 译

陈好寿 校

巴布亚新几内亚布干维尔岛 潘古纳斑岩铜矿床蚀变作用的化学研究

J. H. Ford

引言

在布干维尔岛上(图1),虽然有30多个斑岩铜矿勘探区和产地,但是潘古纳斑岩铜矿床是美拉尼西亚区的唯一开采矿区。该矿床位于一现代活动弧环境中,并与侵入到较老的玄武—安山质火山岩中的上新世石英闪长岩—花岗闪长岩共生。成矿前的这种类型的岩石在其它斑岩矿床中,特别在岛弧斑岩矿床中是常见的。因此,这次研究的发现对其它许多斑岩铜矿床来说是一些实质性的问题。

本文主要从地球化学观点,着重从伴随特殊岩石蚀变作用而产生的蚀变矿物和化学变化两方面对潘古纳的蚀变作用进行研究。过去几乎没有发表过与斑岩矿床(次生黑云母为明显例外)共生的热液矿物化学变化的资料,本文试图填补这种状况。相反,其它几个矿床已进行过全岩元素增加和(或)减少或者元素分带的研究,部分利用元素分带作为斑岩矿床的一种勘探手段。对有实际经验的勘探学家来说,地球化学晕圈的应用可能有很大的帮助。在特殊的岩石蚀变类型中,原地化学元素带进、带出的资料对我们理解斑岩铜矿系中蚀变—矿化作用是很重要的。

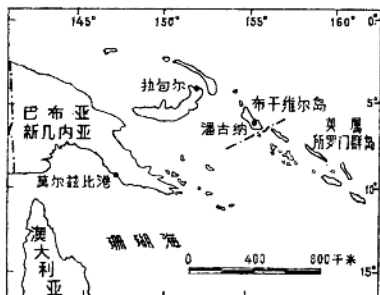


图1 潘古纳斑岩铜矿床位置图

用于蚀变研究的样品是在1972年和1973年期间用了三个多月时间采集的。在坑探期间,由于露头有限,只能着重选择一些通过斑岩系的钻孔详细采样。更多的样品是Fountain从平硐和钻孔中采集的。

地质概况

潘古纳矿床的地质背景在其它文献中已有过详细描述。Macnamara (1968)、Fountain (1972)、Knight (1973)等已经研究了该矿床的地质。地质年代学、稳定同位素和液