

新疆西天山吐拉苏—也里莫墩火山岩带年代学: 对加曼特金矿成矿时代的约束

白建科, 李智佩, 徐学义, 茹艳娇, 李 婷

西安地质矿产研究所, 陕西西安 710054

摘 要: 吐拉苏—也里莫墩火山岩带是西天山北段晚古生代构造—岩浆成矿带的重要组成部分, 它严格控制着矿带内金矿床的时空分布。在充分研究前人资料的基础上, 本文实测了也里莫墩地区加曼特金矿围岩大哈拉军山组火山岩剖面, 发现火山岩地层与矿化关系密切。利用 LA-ICP-MS 锆石 U-Pb 方法测定了金矿赋矿围岩(英安岩)的形成时代, 其 $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ 谐和年龄为 354.0 ± 1.3 Ma(MSWD=1.4), 表明加曼特金矿赋矿围岩大哈拉军山组火山岩形成于早石炭世, 金矿成矿时代被约束在 354.0 ± 1.3 Ma 至早石炭世维宪期之间; 区域对比表明, 吐拉苏—也里莫墩火山岩带中分布着大规模的中酸性火山岩-火山碎屑岩, 受构造控制影响, 东西段火山岩的喷发时间存在一定的差异。

关键词: 加曼特金矿; 早石炭世; 锆石 U-Pb 年龄; 吐拉苏—也里莫墩火山岩带; 西天山

中图分类号: P588.14; P597 文献标志码: A doi: 10.3975/cagsb.2011.03.07

The Chronology of Tulasu-Yelimodun Volcanic Belt: Constraints on the Metallogenic Epoch of the Jiamante Gold Deposit, Western Tianshan Mountains of Xinjiang

BAI Jian-ke, LI Zhi-pei, XU Xue-yi, RU Yan-jiao, LI Ting

Xi'an Institute of Geology and Mineral Resources, Xi'an, Shaanxi 710054

Abstract: The Tulasu-Yelimodun volcanic belt is a key component part of the Late Paleozoic tectonic-magmatic metallogenic belt in the northern part of western Tianshan Mountains and strictly controls the temporal and spatial distribution of gold deposits within the ore belt. Based on geological data available, the authors measured the section of Dahalajunshan Formation volcanic host rocks of the Jiamante gold deposit in Yelimodun area, and the result shows that the volcanic strata are closely related to mineralization. LA-ICP-MS dating of zircons separated from dacite (the host rock of the gold deposit) yields a concordant $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ age of 354.0 ± 1.3 Ma(MSWD=1.4), suggesting that volcanic host rocks were formed in the Early Carboniferous, and the metallogenic epoch of the Jiamante gold deposit is constrained between 354.0 ± 1.3 Ma and the Visean period of the Early Carboniferous. Regional correlation shows that there exist extensive intermediate-acidic volcanic-volcaniclastic rocks. Meanwhile, due to tectonic controls, there are differences in eruption time between the eastern and the western Tulasu-Yelimodun volcanic belt.

Key words: Jiamante gold deposit; Early Carboniferous; zircons U-Pb dating; Tulasu-Yelimodun volcanic belt; western Tianshan Mountains

本文由中国地质调查局项目“西北地区重要成矿带基础地质综合研究”(编号: 1212010610319)和“天山—兴蒙成矿带火山岩浆作用对成矿制约的综合研究”(编号: 1212010050503)联合资助。

收稿日期: 2011-03-14; 改回日期: 2011-04-15。责任编辑: 魏乐军。

第一作者简介: 白建科, 男, 1983年生。助理工程师。从事区域地质调查与沉积岩石学研究。通讯地址: 710054, 西安市友谊东路438号。E-mail: baijianke2003@163.com。

吐拉苏—也里莫墩火山岩带是西天山地区晚古生代重要金矿成矿区, 这个呈近东西向狭长带状展布的火山岩带中已经陆续发现了阿希、京西、伊尔曼得、恰布坎卓它、加曼特、铁列克特、小于赞等一系列金矿床(图 1)。随着找矿工作程度的不断提高, 前人对吐拉苏—也里莫墩火山岩带内诸多金矿做了大量卓有成效的工作: 刘洪林等(1992)和董连慧等(2001)分别探讨了阿希金矿的成因类型; 漆树基等(1994)分析了阿希地区大哈拉军山组火山岩金元素的地球化学特征; 毋瑞身等(1999)对阿希金矿进行了较系统的研究; 翟伟等(2007, 2010)研究了阿希金矿的矿床地质特征, 得出浅成低温热液金矿床的认识; 姜晓玮等(2002)研究了阿希金矿的成矿系列及其成因; 肖龙等(2002)、沙德铭(1998)和贾斌等(2003)进一步研究了西天山阿希、京西和伊尔曼得金矿的热液蚀变和流体包裹体。关于这套赋矿火山-沉积岩系“大哈拉军山组”的形成时代有不同的认识: 1、中泥盆世晚期-晚泥盆世晚期(386~363 Ma)(翟伟等, 2006; 安芳等, 2008); 2、早石炭世(刘洪林等, 1992; 董连慧等, 2001; 沙德铭等, 2003; 周圣华等, 2008)。由于对含矿岩系形成时代认识的不一致性, 必然导致对该地区晚古生代大哈拉军山组火山岩的形成环境和成矿机制的认识不清。前人大部分研究与讨论大多仅限于火山岩带西段的阿希金矿及其周围矿点, 涉及火山岩带东段加曼特金矿的研究相对较少, 特别是到目前为止, 对加曼特金矿围岩形成时代还缺乏可靠的年代学资料, 不但影响到其与西段阿希金

矿在成矿序列、成矿时代、形成环境方面的对比性研究, 而且制约了加曼特金矿外围区域的找矿方向和战略部署。因此, 本文选择加曼特金矿直接赋矿围岩——大哈拉军山组火山岩, 进行精细同位素测年, 不但可以限定这套赋矿火山岩的形成时代及金矿成矿时代, 还可以为吐拉苏—也里莫墩地区火山岩区域对比研究提供可靠的年代学支撑, 从而对深化研究区域成矿背景和成矿机制提供年代学依据。

1 地质背景和样品描述

吐拉苏—也里莫墩火山岩带呈近东西向狭长带状展布, 西起彼利克溪上游, 经阿希、吐拉苏、东延至也里莫墩地区。大地构造位置处于哈萨克斯坦板块(I 级)伊犁—中天山陆壳板块(II 级)北东缘博罗科努早古生代岛弧带(III 级)与上叠晚古生代火山岩区结合部位。火山岩带北界为科古尔琴山南坡断裂, 与赛里木地块隔开; 南界为伊犁盆地北缘断裂, 与伊犁晚古生代裂谷带隔开。火山岩带内发育 NWW-SEE 向的区域断裂构造, 总体构成一个复式背斜(蒙马拉勒复式背斜)(肖序常等, 1992; Gao et al., 1997; 毋瑞身等, 1999; 董连慧等, 2001; 韩刚, 2010), 加曼特金矿即位于蒙马拉勒复式背斜的南翼(图 1)。区内地层主要由下石炭统大哈拉军山组、阿恰勒河组的一套中酸性火山岩和碎屑岩建造组成。下石炭统大哈拉军山组主体为一套中酸性火山熔岩、火山碎屑岩, 均角度不整合于盆地的基底地层之上。基底地层主要由中奥陶统奈楞格勒达坂组 and 上奥陶统呼

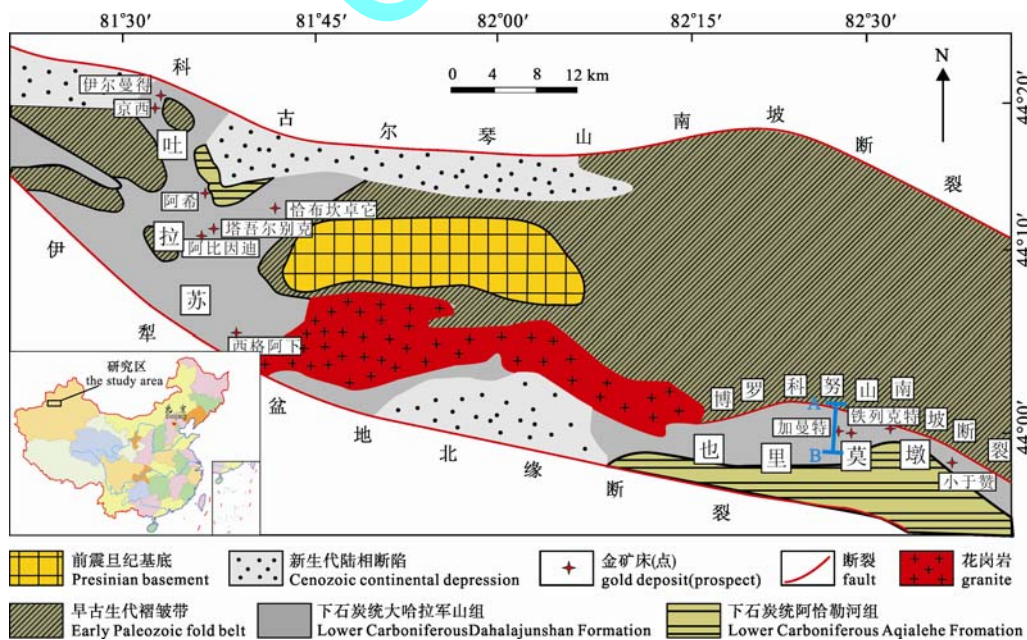


图 1 吐拉苏—也里莫墩火山岩带地质构造略图(据董连慧等, 2001 修改)

Fig. 1 Geological and structural map of Tulasu-Yelimodun volcanic rock belt (modified after DONG Lian-hui et al., 2001)

独克达坂组的一套浅海相复陆屑碳酸盐岩建造或碳酸盐岩复陆屑建造, 以及下志留统千子里克组、尼勒克河组, 上志留统基夫克组的中酸性火山岩、陆源碎屑岩和碳酸盐沉积组成(漆树基等, 2000; 姜晓玮等, 2002; 朱永峰等, 2005; 翟伟等, 2006; 安芳等, 2008)。大哈拉军山组火山岩与上覆地层下石炭统阿恰勒河组(C_{1a})同样呈角度不整合接触关系, 阿恰勒河组主要由砂砾岩、砂岩、灰岩等组成, 富含动植物化石, 时代为早石炭世维宪期(李永军等, 2009, 2010)。

笔者等实测了加曼特金矿赋矿围岩早石炭世大哈拉军山组火山岩地层剖面(图 2), 主体岩性为一套中酸性火山岩及火山碎屑岩, 地层总体南倾, 倾角约 35° 。早石炭世大哈拉军山组火山岩与下部的志留系尼勒克河组(S_{3n})安山岩呈逆冲断层接触; 与上部早石炭世阿恰勒河组(C_{1a})灰岩呈角度不整合接触。火山岩剖面主要由两个韵律组成, 第一韵律主要由下部的灰褐色—褐色英安质角砾熔岩-英安质角砾凝灰岩-英安岩-英安质(流纹质)晶屑凝灰岩组成, 该韵律段是加曼特金矿的赋矿层位段; 第二韵律主要由灰绿色英安岩-紫红色英安岩-安山岩-英安质角砾凝灰岩组成。通过剖面测制和金矿矿区调研, 发现地层与矿化关系密切。矿区内含矿地层赋存断裂构造, 并受一定的层位控制。用于锆石 U-Pb 测年的样品(编号 10HJ04-1)产自加曼特金矿矿区南, GPS 测定其地理坐标为 N: $44^\circ 00.085'$, E: $82^\circ 26.065'$ (图 2), 岩性为灰绿色英安岩, 斑状结构, 块状构造, 斑晶主要由钾长石、斜长石组成, 钾长石呈淡红色, 呈自形长板状, 长径约 2~4 mm, 含量约 13%, 斑晶斜长石, 表面有少量次生绢云母, 大小 $(0.3\sim 0.5)\times 1.5$ mm, 有些形成聚斑, 含量 68%, 还有少量角闪石、石英和白云母斑晶, 角闪石被绿泥石交代, 含量 2%, 基质为隐晶质。

2 分析方法

样品经过常规的粉碎、浮选和磁选法, 分选出纯度较高的锆石, 然后在双目显微镜下经过人工挑选出纯度在 99% 以上的锆石, 将锆石颗粒粘在双面胶上, 然后用无色透明的环氧树脂固定于样品靶上, 待环氧树脂充分固化后, 将样品靶表面研磨抛光, 直至锆石新鲜截面露出。对靶上锆石进行镜下反射光、透射光照相后, 进行 CL 分析及 LA-ICP-MS 分析, 锆石的阴极发光(CL)显微照片在西北大学大陆动力学国家重点实验室的 Cameca 电子探针仪器上完成, 分析电压 15 kV, 电流 19 nA。

LA-ICP-MS(激光剥蚀等离子体质谱)法单颗粒锆石微区 U-Pb 年龄测定在西北大学大陆动力学教育部实验室完成, 采用 Agilent 型 ICP-MS, 采用的激光斑束直径是 30 μm , 激光剥蚀样品的深度为 20~40 μm 。在分析中, 锆石年龄采用国际标准锆石 91500 作为外标标准物质; U、Pb 含量分析以 ^{29}Si 作为内标, NIST SRM 610 作为外标进行校正; 同位素比值数据处理采用 GLITTER 4.0 软件, 并按照 Andersen(2002)的方法, 对测试数据进行普通铅校正(Andersen, 2002), 锆石加权年龄计算及谐和图的绘制采用 ISOPLOT 3.0 版软件程序(Ludwig, 2003)进行, 详细分析步骤和数据处理方法请参考文献(Gao et al., 2002; 柳小明等, 2002)。

3 分析结果

从加曼特金岩赋矿围岩早石炭世大哈拉军山组第一韵律段采集的英安岩(10HJ04-1)中分选锆石, 锆石阴极发光(CL)图像见图 3, 锆石 U-Pb 年龄见图 4, 分析结果见表 1。测试过程中尽量选择阴极发光照片中生长环带明显无包裹体或无裂隙纹的锆石晶体(祝禧艳等, 2008)。1~28 号测点 Th/U 比值介于

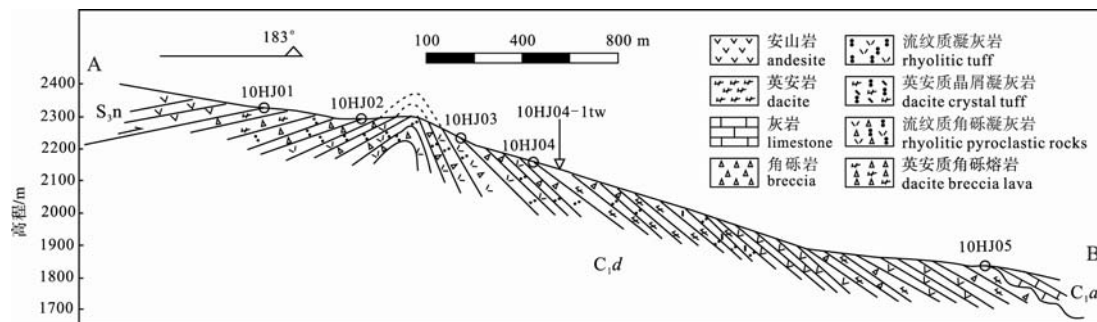


图 2 加曼特金矿矿区大哈拉军山组实测地质剖面图及采样位置

Fig. 2 Geological section of Dahalajunshan Formation and sampling locations in the Jiamante gold deposit

表 1 加曼特金矿英安岩的 LA-ICP-MS 锆石 U-Pb 年龄测定结果
 Table 1 LA-ICP-MS zircon ages of dacite in the Jiamante gold deposit

序号	样号	元素含量 (10^{-6})		元素比值	同位素比值								年龄/Ma							
					$^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$		$^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$		$^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$		$^{208}\text{Pb}/^{232}\text{Th}$		$^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$		$^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$		$^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$		$^{208}\text{Pb}/^{232}\text{Th}$	
		Th	U	U/Th	比值	1 σ	比值	1 σ	比值	1 σ	比值	1 σ	(Ma)	1 σ	(Ma)	1 σ	(Ma)	1 σ	(Ma)	1 σ
1	10HJ04-1-15	132.69	182.32	1.37	0.05406	0.00197	0.40980	0.01449	0.05498	0.00047	0.01719	0.00011	374	84	349	10	345	3	344	2
2	10HJ04-1-10	64.17	137.45	2.14	0.05350	0.00125	0.40811	0.00873	0.05532	0.00041	0.01775	0.00021	350	35	348	6	347	3	356	4
3	10HJ04-1-11	137.47	195.94	1.43	0.05240	0.00121	0.40088	0.00852	0.05548	0.00040	0.01716	0.00017	303	35	342	6	348	2	344	3
4	10HJ04-1-24	128.08	230.48	1.81	0.05389	0.00123	0.41343	0.00861	0.05564	0.00040	0.01844	0.00023	366	34	351	6	349	2	369	5
5	10HJ04-1-05	45.63	88.05	1.93	0.05581	0.00196	0.43024	0.01439	0.05591	0.00054	0.01823	0.00030	445	57	363	10	351	3	365	6
6	10HJ04-1-17	150.15	220.17	1.47	0.05475	0.00141	0.42276	0.01008	0.05600	0.00044	0.01803	0.00023	402	39	358	7	351	3	361	5
7	10HJ04-1-01	95.2	258.42	2.71	0.05498	0.00192	0.42580	0.01415	0.05616	0.00055	0.01886	0.00038	411	57	360	10	352	3	378	8
8	10HJ04-1-38	461.09	515.49	1.12	0.05787	0.00117	0.44787	0.00808	0.05613	0.00039	0.01839	0.00017	525	27	376	6	352	2	368	3
9	10HJ04-1-14	55.1	110.91	2.01	0.05105	0.00171	0.39755	0.01266	0.05648	0.00050	0.01813	0.00029	243	57	340	9	354	3	363	6
10	10HJ04-1-26	114.78	551.7	4.81	0.05387	0.00106	0.41961	0.00736	0.05650	0.00039	0.01939	0.00031	366	27	356	5	354	2	388	6
11	10HJ04-1-27	67.78	171.96	2.54	0.05388	0.00146	0.41909	0.01065	0.05641	0.00045	0.0188	0.00031	366	43	355	8	354	3	376	6
12	10HJ04-1-30	24.73	49.87	2.02	0.05556	0.00244	0.43188	0.01833	0.05638	0.00064	0.01786	0.00032	435	74	365	13	354	4	358	6
13	10HJ04-1-09	256.89	244.86	0.95	0.05439	0.00165	0.42436	0.01210	0.05659	0.00050	0.01686	0.00024	387	48	359	9	355	3	338	5
14	10HJ04-1-29	79.04	177.78	2.25	0.05260	0.00138	0.41069	0.01001	0.05663	0.00044	-0.05628	0.00079	312	41	349	7	355	3	-1171	17
15	10HJ04-1-34	43.4	116.16	2.68	0.05883	0.00179	0.45910	0.01348	0.05660	0.00046	0.01752	0.00011	561	68	384	9	355	3	351	2
16	10HJ04-1-40	301.38	231.47	0.77	0.05277	0.00136	0.41142	0.00986	0.05654	0.00044	0.01852	0.00017	319	40	350	7	355	3	371	3
17	10HJ04-1-08	42.48	79.51	1.87	0.05178	0.00207	0.40499	0.01559	0.05672	0.00058	0.02052	0.00040	276	69	345	11	356	4	411	8
18	10HJ04-1-18	156.99	212.66	1.35	0.05271	0.00121	0.41212	0.00867	0.05671	0.00042	0.01741	0.00019	316	34	350	6	356	3	349	4
19	10HJ04-1-19	68.21	137.58	2.02	0.05506	0.00160	0.43075	0.01180	0.05674	0.00048	0.01922	0.00031	415	46	364	8	356	3	385	6
20	10HJ04-1-22	96.53	166.79	1.73	0.05408	0.00100	0.42301	0.00685	0.05673	0.00037	0.01916	0.00019	374	25	358	5	356	2	384	4
21	10HJ04-1-28	288.74	604.22	2.09	0.05462	0.00086	0.42714	0.00561	0.05672	0.00035	0.01926	0.00016	397	18	361	4	356	2	386	3
22	10HJ04-1-32	59.86	169.68	2.83	0.05410	0.00192	0.42333	0.01436	0.05675	0.00054	0.01938	0.00041	375	59	358	10	356	3	388	8
23	10HJ04-1-41	31.91	79.64	2.49	0.05773	0.00218	0.45152	0.01632	0.05673	0.00058	0.02049	0.00051	520	61	378	11	356	4	410	10
24	10HJ04-1-16	95.01	128.08	1.35	0.05439	0.00142	0.42724	0.01034	0.05697	0.00045	0.01837	0.00021	387	40	361	7	357	3	368	4
25	10HJ04-1-23	341.05	313.84	0.92	0.05448	0.00140	0.42775	0.01021	0.05694	0.00045	0.01728	0.00021	391	39	362	7	357	3	346	4
26	10HJ04-1-35	47.62	104.5	2.19	0.05560	0.00185	0.43704	0.01381	0.05701	0.00053	0.02003	0.00039	436	54	368	10	357	3	401	8
27	10HJ04-1-20	270.48	367.96	1.36	0.05536	0.00106	0.43647	0.00738	0.05718	0.00038	0.01892	0.00017	427	26	368	5	358	2	379	3
28	10HJ04-1-33	49.96	106.88	2.14	0.05384	0.00184	0.42438	0.01378	0.05717	0.00054	0.02069	0.00038	364	56	359	10	358	3	414	8

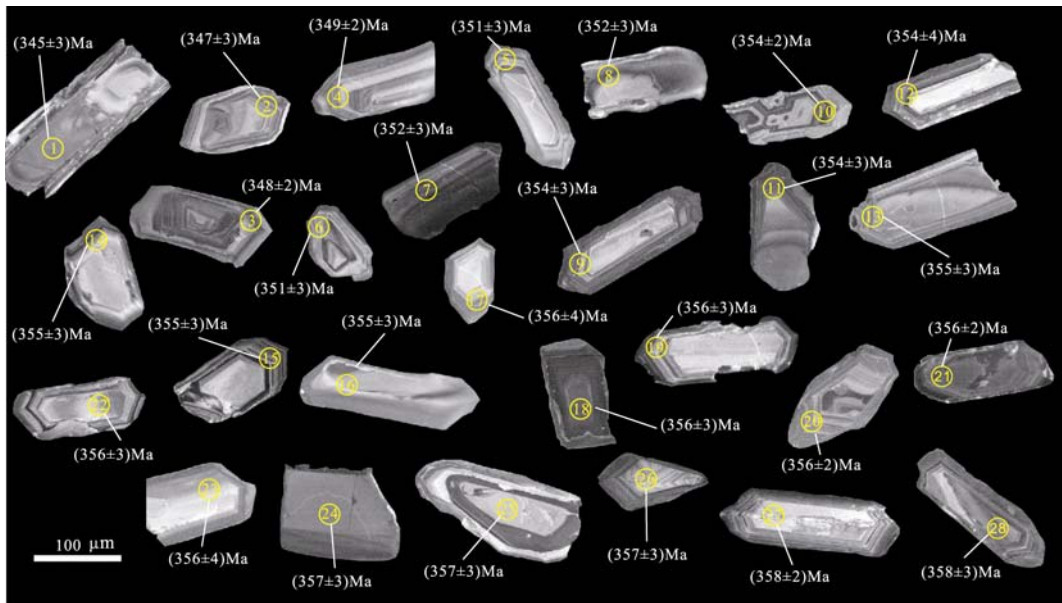


图 3 加曼特金矿围岩英安岩中锆石的 CL 图像

Fig. 3 CL images of zircons from dacite host rock in the Jiamante gold deposit

圆圈内数字表示 U-Pb 分析点; 其他数字表示 $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ 表面年龄

Numerals in the circle represent the analytical spots of U-Pb; other numerals represent $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ ages

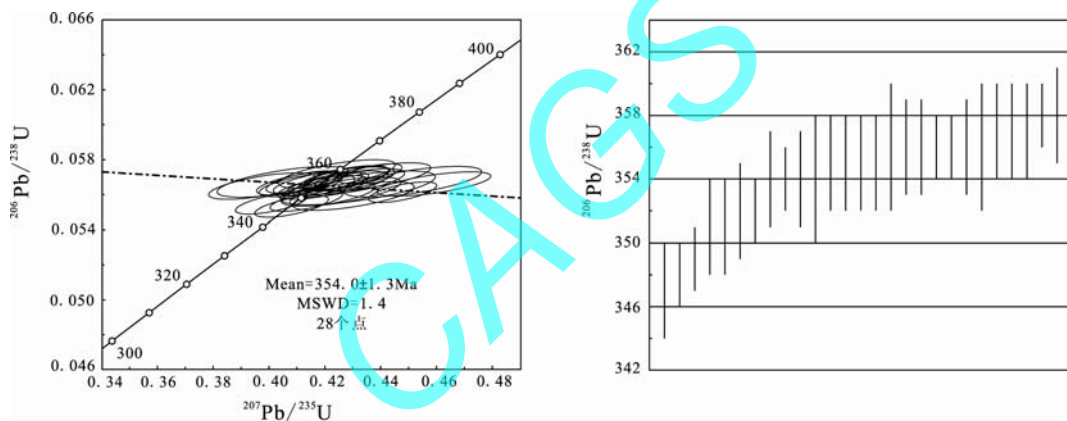


图 4 加曼特金矿围岩英安岩中锆石 U-Pb 谐和图和加权平均图

Fig. 4 U-Pb concordia and weighted average mean age diagram of zircons from dacite host rock in the Jiamante gold deposit

0.77~4.81 之间, 该比值高于变质成因的锆石(通常 <0.1)而与岩浆成因锆石一致 (>0.1) (Hoskin et al., 2000)。

样品 10HJ04-1 中的锆石可以分为 3 类: 第 1 类占多数, 显示短柱状或长柱状的半自形到自形的晶形, 见清楚的生长韵律或振荡环带结构(锆石 2~6, 9, 12, 15, 17, 19~22, 27~28), 具典型岩浆成因锆石的特征(李奋其等, 2010), 部分锆石外部发育后期加大边(锆石 2, 6, 22, 28); 第 2 类锆石呈自形—半自形柱状, 内部具较宽的条带状结构或宽缓的环带结构, 而边缘振荡环带较窄(锆石 1, 7, 8, 11, 13, 14, 23, 25); 第 3 类数量也较少, 粒径相对较大, 呈长条状-柱状, 特征是环带或核-边结构不发育或不清晰(锆石 16, 18, 24)。28 个测点显示的 $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ 年龄变化范围在

345~358 Ma 之间, 在置信度 95% 时的 $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ 加权平均年龄值为 354.0 ± 1.3 Ma (MSWD=1.4) (图 4)。这个年龄代表了英安岩的形成时代, 即西天山吐拉苏—也里莫墩火山岩带中火山岩大规模喷发的时间, 也就是加曼特金矿成矿时代的下限年龄。

4 讨论

4.1 成矿时代

晚古生代是西天山地区最重要的岩浆活动时期, 尤以大规模火山活动为特征。火山岩在伊犁地区为中心展开分布, 其分布具有两侧对称特征。早石炭世大哈拉军山组火山-沉积岩系主要出露于伊犁地块南北缘及中部的阿吾拉勒地区。吐拉苏—也里莫墩火山岩带处于伊犁地块的北缘, 是晚古生代重要

金矿成矿区。并进一步确定了金矿赋矿围岩为大哈拉军山组中基性-中酸性陆相火山岩系,以钙碱性为主,少量碱性系列岩石(董连慧等,2001)。本文所讨论的火山岩带东段也里莫墩地区大哈拉军山组赋矿火山岩系目前还没有确切年龄数据的报道,前人仅靠吐拉苏—也里莫墩火山岩带内火山岩特征、赋矿规律和地层接触关系,认为这套火山岩系同吐拉苏地区火山岩时代一样,属于早石炭世大哈拉军山组(董连慧等,2001;沙德铭等,2003;韩刚,2010)。笔者等在野外调研过程中,实测了加曼特金矿区的大哈拉军山组火山岩地层剖面,获得的大哈拉军山组英安岩的 LA-ICP-MS 锆石 U-Pb 年龄为 354.0 ± 1.3 Ma, 根据最新国际地层表(2004)(Gradstein et al., 2005)划分的泥盆纪/石炭纪的界线为 359.2 ± 2.5 Ma, 认为也里莫墩地区加曼特金矿围岩大哈拉军山组火山岩时代应为早石炭世。同时,这套赋矿火山岩又被上覆地层阿恰勒河组(C_1a)灰岩中的早石炭世维宪期的腕足 *Gigantopraduct* 和珊瑚 *Gangamophyllum vetiforme* 限定,因此加曼特金矿的成矿时代被约束在 354.0 ± 1.3 Ma 至早石炭世维宪期之间。

4.2 区域对比

西天山地区晚古生代大哈拉军山组建组剖面位于特克斯县城南科克苏河流域的大哈拉军山,根据剖面中细砂岩所含层孔虫、卢木 *calamites sp.* 及其与上下地层的接触关系确定为下石炭统大哈拉军山组(新疆维吾尔自治区地质矿产局,1978), $^{40}\text{Ar}-^{39}\text{Ar}$ 等时线法测得剖面次火山岩(辉长玢岩)中辉石的 $^{39}\text{Ar}/^{40}\text{Ar}$ 年龄为 326.15 ± 15 Ma(刘友梅等,1994)。新疆地矿局认为吐拉苏—也里莫墩火山岩带中这套火山岩在岩性特征、组合序列和地球化学等方面与南侧伊犁地块上广泛分布的晚古生代火山岩具有可对比性,因此命名这套赋矿火山岩系为大哈拉军山组,时代为早石炭世(新疆维吾尔自治区地质矿产局,1993)。近年来,我国西部找矿工作重点突破之一是在西天山吐拉苏地区发现了大型阿希金矿,随后,又在阿希金矿外围发现了伊尔曼得、恰布坎卓它、京西、巴拉克、吉兰等一批金矿床、金矿点(沙德铭等,2003)。同时对火山岩带西段吐拉苏地区这套广泛分布的赋矿火山岩系的时代做了大量的讨论。 $\text{Rb}-\text{Sr}$ 等时线法测得阿希金矿赋矿围岩大哈拉军山组火山岩的年龄为 345.9 ± 27.59 Ma, 时代为早石炭世(李华芹等,1998)。随着锆石 U-Pb 定年逐渐成为同位素年代学研究中 most 常用和最有效的方法之后,前人又对吐拉苏地区做了最新的 U-Pb 测年数据:吐拉苏地区的阿希金矿赋矿围岩安山岩中的锆石

SHRIMP 年龄为 363 ± 5.7 Ma(翟伟等,2006)、流纹岩中的锆石 SHRIMP 年龄为 386.4 ± 9.3 Ma(安芳等,2008),并认为吐拉苏地区中的“大哈拉军山组”形成于中泥盆世晚期-晚泥盆世晚期,并建议创建一个新的地层单位“伊尔曼得组”代替大哈拉军山组来表达吐拉苏盆地中的这套火山-沉积岩地层(安芳等,2008)。本文首次精确测定了火山岩带东段也里莫墩地区大哈拉军山组赋矿火山岩系的精确年龄,获得的也里莫墩地区加曼特金矿围岩英安岩 LA-ICP-MS 锆石 U-Pb 年龄为 354.0 ± 1.3 Ma, 时代为早石炭世。同时,通过与大哈拉军山组的建组剖面—新疆特克斯县城南科克苏河大哈拉军山组对比分析,发现它们在岩石组合、地层序列、火山喷发旋回等方面都具有一定的可对比性,可能处于相似的构造环境。火山岩喷发时代上差别不大,都属于早石炭世,具有连续喷发的特点。所以建议在吐拉苏—也里莫墩火山岩带仍用大哈拉军山组表示这套火山-沉积岩地层(新建地层单元需要综合考虑生物地层、岩石地层和年代地层资料等)。加曼特金矿与阿希金矿围岩年龄的差异可能与区域构造控制有关,吐拉苏—也里莫墩火山岩带东西两段的构造存在明显的差异,并且控制着金矿床的空间分布形态:火山岩带西段金矿床产于近南北向火山构造拗陷带内,而东段金矿床产于近东西向火山构造拗陷带。因此,吐拉苏—也里莫墩火山岩带东西两段金矿床围岩时代的差异可能与两段区域构造不同有关。

5 结论

(1)吐拉苏—也里莫墩火山岩带东段加曼特金矿赋矿围岩主要是大哈拉军山组下部的灰褐色—褐色英安质角砾熔岩-英安质角砾凝灰岩-英安岩-英安质(流纹质)晶屑凝灰岩。锆石 U-Pb 测年结果显示,加曼特金矿围岩英安岩的 LA-ICP-MS 锆石 U-Pb 年龄为 354.0 ± 1.3 Ma, 表明也里莫墩地区加曼特金矿围岩大哈拉军山组火山岩形成时代为早石炭世;结合上覆地层阿恰勒河组古生物化石的时代,认为加曼特金矿的成矿时代被约束在 354.0 ± 1.3 Ma 至早石炭世维宪期之间。

(2)区域对比表明,吐拉苏—也里莫墩火山岩带东段加曼特金矿围岩在火山岩岩石组合、地层序列、火山喷发旋回等方面与大哈拉军山组建组剖面都具有一定的可对比性。且金矿赋矿围岩英安岩 U-Pb 年龄为 354.0 ± 1.3 Ma, 表明火山岩形成时代为早石炭世。因此,加曼特金矿围岩应该仍然使用“早石炭世大哈拉军山组”来命名,其与火山岩带西段阿希

金矿围岩年龄的差异可能与区域构造控制有关。

参考文献:

- 安芳, 朱永峰. 2008. 西北天山吐拉苏盆地火山岩 SHRIMP 年代学和微量元素地球化学研究[J]. 岩石学报, 24(12): 2741-2748.
- 董连慧, 田昌烈. 2001. 西天山吐拉苏—也里莫墩金成矿带简述[J]. 地质与资源, 10(2): 85-90.
- GRADSTEIN F M, 金玉珩, 王向东, 王玥. 2005. 国际地层表(2004)[J]. 地层学杂志, 29(2): 98.
- 韩刚. 2010. 新疆尼勒克县加曼特金矿床地质特征及成因浅析[J]. 新疆有色金属, 33(2): 34-37.
- 贾斌, 毋瑞身, 田昌烈, 沙德铭. 2003. 西天山伊耳曼得型金矿流体特征及成矿环境[J]. 地质与资源, 12(3): 136-153.
- 姜晓玮, 王永江. 2002. 西天山阿希型金成矿系列及其成因[J]. 中国地质, 29(2): 203-207.
- 李奋其, 刘伟, 耿全如. 2010. 西藏冈底斯带那曲地区中生代火山岩的 LA-ICP-MS 锆石 U-Pb 年龄和地质意义[J]. 地球学报, 31(6): 781-790.
- 李华芹, 谢才富, 常海亮. 1998. 新疆北部有色贵金属矿床成矿作用年代学[M]. 北京: 地质出版社: 107-127.
- 李永军, 李注苍, 佟丽莉, 高占华, 佟黎明. 2010. 论天山古洋盆关闭的地质时限——来自伊宁地块石炭系的新证据[J]. 岩石学报, 25(10): 2905-2912.
- 李永军, 李注苍, 周继兵, 高占华, 高永利, 佟黎明, 刘静. 2009. 西天山阿吾拉勒一带石炭系岩石地层单位厘定[J]. 岩石学报, 25(6): 1332-1340.
- 刘洪林, 董连慧. 1992. 阿希金矿地质特征及成因初探[J]. 新疆地质, 10(2): 110-119.
- 柳小明, 高山, 袁洪林, BODO H, DETLEF G, 陈亮, 胡圣红. 2002. 193nm LA-ICPMS 对国际地质标准参考物质中 42 种主量和微量元素的分析[J]. 岩石学报, 18(3): 408-418.
- 刘友梅, 杨蔚华, 高计元. 1994. 新疆特克斯县林场大哈拉军山组火山岩年代学研究[J]. 地球化学, 23(1): 99-104.
- 漆树基, 李长河. 1994. 新疆阿希地区大哈拉军山组火山岩金元素地球化学特征及其成矿关系[J]. 新疆地质, 12(2): 139-145.
- 漆树基, 张桂林. 2000. 伊宁吐拉苏地区硅化岩型金矿特征及成因[J]. 新疆地质, 18(1): 42-50.
- 沙德铭. 1998. 西天山阿希金矿流体包裹体研究[J]. 贵金属地质, 7(3): 180-188.
- 沙德铭, 董连慧, 毋瑞身, 田昌烈, 贾斌. 2003. 西天山浅成低温金矿容矿火山岩地球化学及成矿环境初探[J]. 地质与资源, 12(4): 206-214.
- 毋瑞身, 田昌烈, 沙德铭, 贾斌, 杨森, 漆树基, 王永新, 张伟博. 1999. 西天山吐拉苏—也里莫墩早石炭世火山岩带地质特征[J]. 地质论评, 45(7): 1078-1087.
- 肖龙, 王方正. 2002. 新疆伊犁京希—伊尔曼德金矿区角砾岩特征及成因[J]. 矿物岩石, 22(2): 9-12.
- 肖序常, 汤耀庆, 冯益民, 朱宝清, 李锦轶, 赵民. 1992. 新疆北部及其邻区大地构造[M]. 北京: 地质出版社: 1-169.
- 新疆维吾尔自治区地质矿产局. 1978. 1: 20 万昭苏幅区域地质调查报告[R]. 新疆: 新疆维吾尔自治区地质矿产局.
- 新疆维吾尔自治区地质矿产局. 1993. 新疆维吾尔自治区区域地质志[M]. 北京: 地质出版社.
- 翟伟, 孙晓明, 高俊, 贺小平, 梁金龙, 苗来成, 吴有良. 2006. 新疆阿希金矿床赋矿围岩——大哈拉军山组火山岩 SHRIMP 锆石年龄及其地质意义[J]. 岩石学报, 22(5): 1399-1404.
- 翟伟, 孙晓明, 贺小平, 苏丽薇, 吴有良, 董艺辛. 2007. 新疆阿希低硫型金矿床流体地球化学特征与成矿机制[J]. 地质学报, 81(5): 659-670.
- 翟伟, 孙晓明, 苏丽薇, 贺小平, 吴有良. 2010. 新疆阿希金矿: 古生代的低硫型浅成低温热液金矿床[J]. 地学前缘, 17(2): 266-285.
- 周圣华, 胡庆雯, 田培仁. 2008. 论新疆伊犁浅成低温热液型金矿与斑岩型铜(钼)矿的相随相伴规律[J]. 矿山与地质, 22(5): 400-404.
- 祝福艳, 陈福坤, 王伟, PHAM T H, 王芳, 张福勤. 2008. 豫西地区秦岭造山带武当群火山岩和沉积岩锆石 U-Pb 年龄[J]. 地球学报, 29(6): 817-829.
- 朱永峰, 张立飞, 古丽冰, 郭璇, 周晶. 2005. 西天山石炭纪火山岩 SHRIMP 年代学及其微量元素地球化学研究[J]. 科学通报, 50(18): 2004-2014.

References:

- AN Fang, ZHU Yong-feng. 2008. Study on trace elements geochemistry and SHRIMP chronology of volcanic rocks in Tulasu basin, Northwest Tianshan[J]. Acta Petrologica Sinica, 24(12): 2741-2748(in Chinese with English abstract).
- ANDERSEN T. 2002. Correlation of common lead in U-Pb analysis that do not report ^{204}Pb [J]. Chemical Geology, 192: 59-79.
- Bureau of Geology and Mineral Resources of Xinjiang Uygur Automomous Region. 1978. The Report of Regional geological survey of Zhaosu Sheet at the scale of 1:200000[R]. Xinjiang: Bureau of Geology and Mineral Resources of Xinjiang Uygur Automomous Region(in Chinese).
- Bureau of Geology and Mineral Resources of Xinjiang Uygur Automomous Region. 1993. Regional Geology of Xinjiang Uygur Autonomous Region[M]. Beijing: Geological Publishing House(in Chinese).
- DONG Lian-hui, TIAN Chang-lie. 2001. Geology of Tu-

- lasu-Yelimodun gold mineralization belt, Western Tianshan, Xinjiang[J]. *Geology and Resources*, 10(2): 85-90(in Chinese with English abstract).
- GAO J, HE G Q, LI M S. 1997. Paleozoic orogenic processes of western Tianshan Orogen[J]. *Earth Science, Journal of China University of Geosciences*, 22(1): 27-32.
- GAO S, LIU X M, YUAN H L. 2002. Determination of forty-two major and trace elements of USGS and NIST SRM Glasses by LA-ICP-MS[J]. *Geostandards Newsl.*, 22: 181-195.
- GRADSTEIN F M, JIN Yu-gan, WANG Xiang-dong, WANG Yue. 2005. International Stratigraphic Chart(2004)[J]. *Journal of Stratigraphy*, 29(2): 98(in Chinese).
- HAN Gang. 2010. Geological characteristics and genesis of the Jiamante gold deposits in Nileke county, Xinjiang[J]. *Xinjiang Nonferrous Metals*, 33(2): 34-37(in Chinese).
- HOSKIN P W O, BLACK L P. 2000. Metamorphic zircon formation by solid-state recrystallization of protolith igneous zircon[J]. *Journal of Metamorphic Geology*, 18(4): 423-439.
- JIA Bin, WU Rui-shen, TIAN Chang-lie, SHA De-ming. 2003. Mineralizing environment and ore-forming fluid characters of Yiermande type of gold deposits in western Tianshan[J]. *Geology and Resources*, 12(3): 136-153(in Chinese with English abstract).
- JIANG Xiao-wei, WANG Yong-jiang. 2002. Characteristics and genesis of the minerogenetic series of the Axi type gold deposits in the west Tianshan[J]. *Geology in China*, 29(2): 203-207(in Chinese with English abstract).
- LI Fen-qi, LIU Wei, GENG Quan-ru. 2010. Zircon LA-ICP-MS U-Pb ages of the Mesozoic volcanic rocks in Nagqu area of Gangdise in Tibet and their geological significance[J]. *Acta Geoscientica Sinica*, 31(6): 781-790(in Chinese with English abstract).
- LI Hua-qin, XIE Cai-fu, CHANG Hai-liang. 1998. Study on metallogenetic chronology of nonferrous and precious metallic ore deposits in north Xinjiang, China[M]. Beijing: Geological Publishing House, 107-127(in Chinese).
- LI Yong-jun, LI Zhu-cang, TONG Li-li, GAO Zhan-hua, TONG Li-ming. 2010. Revisit the constraints on the closure of the Tianshan ancient oceanic basin: New evidence from Yining block of the Carboniferous[J]. *Acta Petrologica Sinica*, 25(6): 2905-2912(in Chinese with English abstract).
- LI Yong-jun, LI Zhu-cang, ZHOU Ji-bing, GAO Zhan-hua, GAO Yong-li, TONG Li-ming, LIU Jing. 2009. Division of the Carboniferous lithostratigraphic units in Awulale area, western Tianshan[J]. *Acta Petrologica Sinica*, 25(6): 1332-1340(in Chinese with English abstract).
- LIU Hong-lin, DONG Lian-hui. 1992. Geologic characteristics and preliminary study on genesis of Haxi gold deposit[J]. *Xinjiang Geology*, 10(2): 110-119(in Chinese with English abstract).
- LIU Xiao-ming, GAO Shan, YUAN Hong-lin, Hattendorf B, GUNTHER D, CHEN Liang, HU Sheng-hong. 2002. Analysis of 42 major and trace elements in glass standard reference materials by 193nm LA-ICPMS[J]. *Acta Petrologica Sinica*, 18(3): 408-418(in Chinese with English abstract).
- LIU You-mei, YANG Wei-hua, GAO Ji-yuan. 1994. Study on isotopic age of Dahalajunshan Formation in Tekesi forestry of Xinjiang[J]. *Geochimica*, 23(1): 99-104(in Chinese with English abstract).
- LUDWIG K R. 2003. Isoplot 3.00: A Geochronological Toolkit for Microsoft Excel[M]. Berkeley: Berkeley Geochronology Center Special Publication: 1-70.
- QI Shu-ji, LI Chang-he. 1994. Gold geochemistry and mineralization of the volcanics of Dakarajonshan Formation in Axi[J]. *Xinjiang Geology*, 12(2): 139-145(in Chinese with English abstract).
- QI Shu-ji, ZHANG Gui-lin. 2000. The characteristics and genesis of silicified-rock-type gold deposits in Tulasu, Yining[J]. *Xinjiang Geology*, 18(1): 42-50(in Chinese with English abstract).
- SHA De-ming. 1998. The fluid inclusion of Axi gold deposit in west Tianshan mountains[J]. *Journal of Precious Metallic Geology*, 7(3): 180-188(in Chinese with English abstract).
- SHA De-ming, DONG Lian-hui, WU Rui-shen, TIAN Chang-lie, JIA Bin. 2003. A preliminary analysis on the epithermal gold deposits in west Tianshan mountains, Xinjiang: geochemical characteristics of host rocks and ore-forming environments[J]. *Geology and Resources*, 12(4): 206-214(in Chinese with English abstract).
- WU Rui-shen, TIAN Chang-lie, SHA De-ming, JIA Bin, YANG Sen, QI Shu-ji, WANG Yong-xin, ZHANG Wei-bo. 1999. Geological characteristics of the Early Carboniferous Tulasu-Yelimodun volcanic Belt, West Tianshan Mountains[J]. *Geological Review*, 45(7): 1078-1087(in Chinese with English abstract).
- XIAO Long, WANG Fang-zheng. 2002. Study of characteristics and origin of breccias in the Jingxi-Yilmend gold deposit, Yiling, Xinjiang[J]. *Mineral Petrol*, 22(2): 9-12(in Chinese with English abstract).
- XIAO Xu-chang, TANG Yao-qing, FENG Yi-min, ZHU Bao-qing, LI Jin-yi, ZHAO Min. 1992. Tectonic evolution of northern Xinjiang and neighboring area[M]. Beijing: Geological Publishing House: 1-169(in Chinese with English abstract).
- ZHAI Wei, SUN Xiao-ming, GAO Jun, HE Xiao-ping, LIANG

- Jin-long, MIAO Lai-cheng, WU You-liang. 2006. SHRIMP dating of zircons from volcanic host rocks of Dahalajunshan Formation in Axi gold deposit, Xinjiang, China, and its geological implications[J]. *Acta Petrologica Sinica*, 22(5): 1399-1404(in Chinese with English abstract).
- ZHAI Wei, SUN Xiao-ming, HE Xiao-ping, SU Li-wei, WU You-liang, DONG Yi-xin. 2007. Geochemistry of the ore forming fluid and metallogenic mechanism of Axi low-sulfidation gold deposit in Xinjiang, China[J]. *Acta Geologica Sinica*, 81(5): 659-670(in Chinese with English abstract).
- ZHAI Wei, SUN Xiao-ming, SU Li-wei, HE Xiao-ping, WU You-liang. 2010. Axi gold deposit: a Paleozoic low-sulfidation type of epithermal gold deposit in Xinjiang, China[J]. *Earth Science Frontiers*, 17(2): 266-285(in Chinese with English abstract).
- ZHOU Sheng-hua, HU Qing-wen, TIAN Pei-ren. 2008. Discussion about the associating rules between the epithermal gold deposits and porphyry Cu (Mo-Au) deposits in Yili, Xinjiang[J]. *Mineral Resources and Geology*, 22(50): 400-404(in Chinese with English abstract).
- ZHU Xi-yan, CHEN Fu-kun, WANG Wei, PHAM T H, WANG Fang, ZHANG Fu-qin. 2008. Zircon U-Pb ages of volcanic and sedimentary rocks of the Wudang Group in the Qinling orogenic belt within western Henan Province[J]. *Acta Geoscientica Sinica*, 29(6): 817-829(in Chinese with English abstract).
- ZHU Yong-feng, ZHANG Li-fei, GU Li-bing, GUO Xuan, ZHOU Jing. 2005. Study on trace elements geochemistry and SHRIMP chronology of Carboniferous volcanic rocks in Western Tianshan[J]. *Chinese Science Bulletin*, 50(18): 2004-2014(in Chinese).

“中国地质碳汇潜力研究” 2010 年取得重要进展

中国地质调查局计划项目“中国地质碳汇潜力研究”2010年6月下达,中国地质科学院岩溶地质研究所作为实施单位,严格按照中国地质调查局的要求,组织中国地质科学院岩溶地质研究所、中国地质科学院地球物理化学勘探研究所、南京大学、中国地质大学(北京)等4个承担单位,按岩溶碳汇、土壤碳汇和矿物碳汇三个方面的8个工作项目开展调查研究工作,通过几个月的努力已经取得重要进展。

通过广西桂江流域的岩溶作用调查、测试,获得一百多个水点的测试数据,由此计算的流域内单位面积CO₂通量达41 t/km².a,比以前该流域2005年发表的由几个点的观测资料计算的结果高出51.5%。通过中国北方山西霍泉、雷鸣寺泉等泉域的碳汇调查,初步计算出中国北方岩溶地区单位面积CO₂通量为5.3 t/km².a。根据年度调查结果,中国岩溶碳汇的总量每年可达6000多万吨,占全球岩溶碳汇6亿吨的十分之一强。同时,本项目对全国主要河流的碳酸盐风化所消耗的大气CO₂量进行了资料统计,统计结果约为1260×10⁹~1759×10⁹摩尔/年,也是占全球河流大气CO₂消耗量12300×10⁹摩尔/年的十分之一强。由此证实了我国的岩溶作用对于全球大气CO₂汇具有重要作用。

岩溶地区的调查研究还发现,不同土地利用方式对岩溶碳汇的影响很大,从石漠化到灌丛到次生林地,由岩溶作用产生的碳汇可增加2到8倍。从耕地演化到次生林地,由岩溶作用产生的碳汇可提高5.71~7.02 t/km².a。因此,我国西南大范围的岩溶石漠化综合治理不但对于改善区域生态环境和维护生态安全具有重要意义,而且将为全球二氧化碳减排做出重要贡献。研究还表明,我国岩溶地区土壤的溶解有机碳含量是酸性土的五分之一,每公顷土壤添加50 t污泥,6个月后每公斤土壤中有有机碳平均可增加1.7 g。用污泥改良岩溶土壤,不但能够改良土壤性能,而且可大大提高土壤的碳汇潜力。

我国矿物碳汇的初步调查表明,玄武岩流域硅酸盐风化作用的大气CO₂消耗率为6.00×10⁵ mol·km⁻²·a⁻¹,高于世界平均水平;蛇纹石等超基性岩矿物及其产生的尾矿封存CO₂总量可达到13.5万亿吨,相当于2005年全国CO₂的释放量的2000多倍。由此,我国除了碳酸盐岩岩溶作用能够形成大的地质碳汇外,我国的玄武岩和超基性岩矿物风化也具有巨大的碳汇潜力,初步估算中国境内大河流域硅酸盐风化所消耗的大气CO₂量约为305×10⁹~811×10⁹摩尔/年,约占全球河流消耗大气CO₂量8700×10⁹摩尔/年的3.5%~9.3%。

该项目还开展了我国土壤碳汇调查,在中国地质调查局近年来对我国160万平方公里的土壤地球化学调查资料的基础上进一步展开和深入,已完成9省9种主要土壤类型30个实验选区的调查、典型土壤的呼吸监测站建设和不同地质环境区的土壤剖面采样工作。