

文章编号: 1009-6248(2003)04-0001-07

北祁连山西段同位素测年概况

宋忠宝^{1,2}, 任有祥¹, 李智佩¹, 杨建国¹, 刘小舟³

(1. 西安地质矿产研究所, 陕西 西安 710054; 2. 长安大学, 陕西 西安 710054;
3. 中国冶金地质工程勘察总局西北地勘院汉中分院, 陕西 汉中 723000)

摘 要: 作者在广泛收集前人资料的基础上, 通过课题研究工作, 剔除了一些地点、岩性、测试不详及方法不系统的年龄数据, 获得了一组有价值的同位素年代学数据。它们可以代表目前北祁连山西段同位素年代学研究的主要成果与认识, 对研究本区盆地-构造-岩浆-热事件提供了重要成因信息。综合评价这一成果, 方法较全面, 数据有一定系统性, 从而有力地支持了对本区各类地质体形成与演化的认识, 解决在北祁连山西段科研、地质找矿以及区域地质调查中一些长期争议的地层时代问题, 对推动本区成矿时代、热历史等问题研究的深入, 有重要意义。

关键词: 北祁连山西段; 同位素年代学; 前寒武纪; 金属矿床; 成矿时代

中图分类号: P588, P597 **文献标识码:** A

1 概述

北祁连山西段地跨甘肃、青海两省, 该区广泛发育有与海相火山岩有关的铜多金属矿床, 与花岗岩类有关的钨、钼多金属矿床及多种类型的金矿床。有关这方面的研究工作已有不少专著问世^[1~3]。与此同时, 一些科研和地质单位(表1注1~7)在该区开展了不同程度的区域地质调查、科研以及地质找矿工作, 从而使北祁连山西段的地质研究程度有了明显的提高, 取得了一些令人满意的成果^[1~8]。工作中获得了大量同位素年龄数据, 方法较全面, 数据较系统, 有重要参考价值。作者通过广泛收集前人的资料, 结合本课题的工作, 经过筛选归纳出一组有价值的同位素年龄数据。这些同位素年龄数据基本上可以代表目前北祁连山西段同位素测年的现状, 同时应该指出的是北祁连山西段同位素测年工作中目前还存在一些问题, 作者认为随着地质工作

的不断深化, 将会有更多的同位素年龄被测定和报道, 存在的问题也会逐步得到解决。

2 同位素测年结果

截止2002年底, 在北祁连山西段可筛选出57个具有代表意义的同位素年龄数据(表1)。测试对象包括了地层、中酸性侵入岩、火山岩以及矿石的全岩和单矿物, 所用测年方法共计7种, 分别为K-Ar法10个, 锆石U-Pb法22个, Pb-Pb法3个, Rb-Sr法8个, 流体包裹体Rb-Sr法3个, Sm-Nd法10个, Re-Os法1个。

3 同位素测年方法评述

各种测年方法既有一定的适用范围, 也存在各自的局限性。了解每一种方法的适用性和局限性, 将

收稿日期: 2003-01-18; **修回日期:** 2003-06-03

基金项目: 本文由原地矿部“九五”科技攻关课题“北祁连山西段黄铁矿型铜多金属矿床与构造蚀变岩型金矿床成矿模式及找矿预测研究(95-02-004-03)”资助。

作者简介: 宋忠宝(1963-), 男, 陕西澄城人, 副研究员, 长安大学在读矿床专业硕士, 主要从事岩石矿产及同位素地质年代学研究, 发表论文20余篇。

表 1 北祁连西段同位素年龄

Tab. 1 Isotopic dating data for various rocks from the western part of the North Qilian Mountains

序号	采样地点	岩性	测试对象	测试方法	年龄 (Ma)	资料来源
1	青海祁连面碱沟	辉石细碧玢岩	全岩	Rb-Sr	634.83	文献 [6]
2	青海祁连下沟	辉石钠长粗玄岩	全岩	Rb-Sr	678.95	文献 [6]
3	甘肃肃南熬油沟	玄武岩	全岩	K-Ar	715	8)
4	甘肃肃北芦草沟	黑云二长花岗岩	锆石	U-Pb	776	2)
5	甘肃肃北柳沟峡	火山岩	锆石	U-Pb	636~741	文献 [4]
6	甘肃玉门小风沟	超镁铁质岩	全岩	Sm-Nd	1100	1)
7	甘肃肃北大冰沟	火山岩	全岩	Sm-Nd	1135	9)
8	甘肃肃南桦树沟	铁碧玉岩	全岩	Sm-Nd	1309 ± 80	文献 [10]
9	甘肃肃北	钾长伟晶岩脉	锆石	U-Pb	1410	2)
10	甘肃肃北红柳沟	二长花岗岩	锆石	U-Pb	1450	2)
11	甘肃肃北柳沟峡	花岗质片麻岩	锆石	U-Pb	1463 ± 74	文献 [4]
12	甘肃安西县巴个峡	花岗闪长岩	锆石	U-Pb	1506	本课题
13	甘肃肃北大泉一带	玄武岩	全岩	Sm-Nd	1529	2)
14	甘肃肃南熬油沟	熔岩	锆石	U-Pb	1770.9	文献 [8]
15	甘肃肃南熬油沟	辉绿岩	锆石	U-Pb	1783	文献 [4]
16	甘肃肃南熬油沟	辉绿岩	锆石	U-Pb	1784	文献 [4]
17	甘肃肃北	黑云斜长片麻岩	锆石	U-Pb	1799	2)
18	甘肃肃北捷大坂	基性火山岩	全岩	Sm-Nd	1810 ± 290	文献 [4]
19	甘肃肃南熬油沟	辉绿岩	锆石	U-Pb	1840	文献 [4]
20	甘肃肃北	长石石英黑云母岩	全岩	Sm-Nd	1980	文献 [7]
21	甘肃肃南熬油沟	细碧岩	全岩	Sm-Nd	2300	文献 [5]
22	甘肃玉门	花岗岩岩脉	锆石	U-Pb	2500	3)
23	甘肃肃北	敦煌群	全岩	Sm-Nd	2947~3487	2)
24	甘肃肃北野牛滩	花岗闪长岩	全岩-单矿物	Rb-Sr	441.97	10)
25	甘肃肃北野牛滩	花岗闪长岩	全岩	Rb-Sr	444.21	5)
26	甘肃肃北野牛滩	花岗闪长岩	锆石	U-Pb	452 ± 12	7)
27	甘肃肃北野牛滩	花岗闪长岩	锆石	U-Pb	459.6	5)
28	甘肃肃北柯特乌苏北	钾长花岗岩	全岩	Rb-Sr	460	2)
29	甘肃玉门红山	花岗闪长岩	锆石	U-Pb	465	4)
30	甘肃肃南白泉门	辉石玄武岩	全岩	Sm-Nd	468.87	文献 [6]
31	甘肃玉门祁连山西段	花岗岩	黑云母	K-Ar	470	2)
32	甘肃安西县巴个峡	花岗闪长岩	锆石	U-Pb	481.6	本课题
33	甘肃玉门黑大坂北	石英二长闪长岩	锆石	U-Pb	485.9	4)
34	甘肃肃北钓鱼沟口	花岗闪长岩	黑云母	K-Ar	502	2)
35	青海祁连面碱沟	辉石细碧玢岩	全岩	Sm-Nd	545.1	文献 [6]
36	甘肃肃南桦树沟	石英闪长斑岩	锆石	U-Pb	476 ± 15	文献 [12]
37	甘肃肃南祁青小柳沟	钨钼矿	钨钼矿物	Re-Os	462	5)
38	甘肃肃北掉石沟	铅锌矿	方铅矿	Pb-Pb	1848	2)

续表 1

序号	采样地点	岩性	测试对象	测试方法	年龄 (Ma)	资料来源
39	甘肃肃北掉石沟	铅锌矿	方铅矿	Pb-Pb	1 689	2)
40	甘肃肃北掉石沟	铅锌矿	方铅矿	Pb-Pb	1 701	2)
41	甘肃玉门白山子	花岗闪长岩	锆石	U-Pb	320. 40	4)
42	甘肃肃南二道沟	二长花岗岩	全岩	K-A r	332. 5	6)
43	甘肃肃南麦龙掌	二长花岗岩	全岩	K-A r	336. 5	6)
44	甘肃安西苕苕沟	闪长岩	锆石	U-Pb	347. 1	本课题
45	甘肃肃北鹰嘴山金矿	石英闪长岩	全岩	K-A r	355. 7	6)
46	甘肃酒泉金佛寺	花岗岩	黑云母	K-A r	362	11)
47	甘肃玉门白山子	花岗闪长岩	锆石	U-Pb	370	本课题
48	青海祁连野牛沟西	花岗岩	黑云母	K-A r	397	11)
49	甘肃肃南羊毛沟	花岗闪长岩	全岩	Rb-Sr	403	6)
50	甘肃肃南头道沟	英云闪长岩	全岩	K-A r	414. 9	6)
51	甘肃玉门西车路沟	英安斑岩	锆石	U-Pb	427. 7	本课题
52	甘肃安西寒山金矿	绢英岩	绢云母	K-A r	213. 95~ 224. 44	5)
53	甘肃玉门西车路沟金矿	石英	石英包裹体	Rb-Sr	253	本课题
54	甘肃安西寒山金矿	石英	石英包裹体	Rb-Sr	303	5)
55	甘肃安西寒山金矿	绢英岩	全岩	Rb-Sr	339	本课题
56	甘肃安西寒山金矿	石英	石英包裹体	Rb-Sr	395	本课题
57	甘肃肃北鹰嘴山金矿	硅化超基性岩	全岩	Rb-Sr	413	文献 [13]

- 注: 1) 甘肃省地矿局酒泉地质调查队 (徐卫东) . 1 5 万鸭儿峡油矿变电所幅区域地质调查报告 . 1995.
- 2) 甘肃省地矿局酒泉地质调查队 (徐卫东) . 1 5 万土达坂幅、红柳峡幅区域地质调查报告 . 1993.
- 3) 甘肃省地矿局酒泉地质调查队 (徐卫东) . 1 5 万旱峡煤矿幅区域地质调查报告 . 1995.
- 4) 甘肃省地矿局酒泉地质调查队 (黄传俭) . 1 5 万西湖幅、昌马幅区域地质调查报告 . 1995.
- 5) 毛景文等, 北祁连山西段镜铁山式铁铜矿床成矿预测和靶区优选, 暨北祁连西段铁铜金铅锌矿床成矿规律和成矿预测科研报告 . 1997.
- 6) 甘肃省地矿局区域地质调查队 (龚全胜) . 1 5 万长沟寺幅、白泉门幅区域地质调查报告 . 1994.
- 7) 西安地质矿产研究所 (王永和) . 1 5 万红坑子幅、国营鱼儿红牧场幅区域地质调查报告 . 1999.
- 8) 甘肃省地矿局 . 1 50 万甘肃省地质图矿产图说明书 . 1976.
- 9) 甘肃省地矿局酒泉地质调查队 (赵恩厚) . 1 20 万甘肃省北祁连西段铜铅锌金成矿带成矿远景区划报告 . 1994.
- 10) 邹治平, 黄传俭 . 甘肃省肃北蒙古族自治县塔儿沟钨矿矿床特征 . 1998 (内部资料) .
- 11) 全国同位素地质年龄汇编小组, 全国同位素地质年龄数据汇编 . 1975.

有利于对成岩时代和成矿时代的研究。

北祁连西段同位素测年方法百分比 (图 1), 其中锆石 U-Pb 法占 38.6%, K-A r 法占 17.5%, Sm-Nd 法占 17.5%, Rb-Sr 法占 14.0%, 流体包裹体 Rb-Sr 法占 5.3%, Pb-Pb 法占 5.3%, Re-O s 法占 1.8%。其中, 锆石 U-Pb 法在本区的年代学研究工作中占据了重要地位。

3.1 U-Pb 法

U-Pb 法测年对象是含铀矿物, 铀有两个放射性同位素²³⁸U 和²³⁵U, 分别衰变为²⁰⁶Pb 和²⁰⁷Pb。通

过对这个两个衰变系列U、Pb 同位素的测定, 可以获得 3 个年龄值 (²⁰⁷Pb-²⁰⁶Pb, ²⁰⁷Pb-²³⁵U 和²⁰⁶Pb-²³⁸U)。这些年龄值的差异大小可指示在同位素平衡以后体系所受扰动的程度, 因此在地质上应用极广, 表 1 和图 1 中有较多的年龄就是用锆石 U-Pb 法所测得。宋忠宝等 (1998) 已经作过专门的报道, 但在成矿过程中形成的适合 U-Pb 测年法的含铀矿物较少, 所以除独居石、褐帘石、磷灰石等少量 U-Pb 数据外, 这种方法在研究成矿时代时不如 K-A r, Rb-Sr 和 Sm-Nd 体系等测年方法普遍。

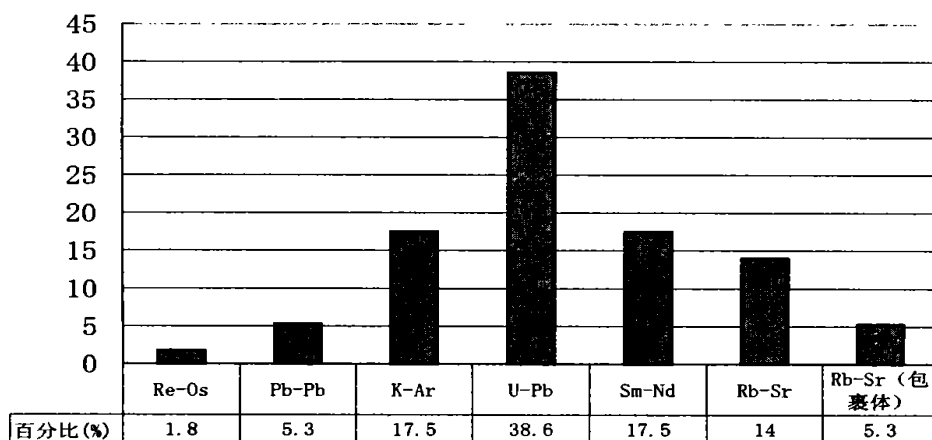


图1 北祁连西段同位素测年方法百分比

Fig. 1 Percentage of isotopic dating method used in the North Qilian Mountains

U-Pb 法本身有多种测定技术, 包括微量矿物法、单颗粒矿物U-Pb 化学法和 Pb-Pb 蒸发法以及高分辨率高灵敏度离子探针质谱技术。就研究成矿时代而言, 目前利用高精度的单颗粒矿物U-Pb 法测定蚀变带或矿体中含铀矿物, 如锆石、金红石、独居石、褐帘石、榍石、锐钛矿和磷灰石等的年龄是一种有前途的测年方法。

3.2 Rb-Sr 法

通过全岩、单矿物或石英包裹体的Rb-Sr 等时线年龄测定, 进行岩体成岩时代、成矿时代研究的成果颇多。全岩Rb-Sr 等时线主要用于解决成岩时代; 在矿床研究中, 全岩Rb-Sr 等时线多用于解决成矿围岩的时代, 是间接测定成矿时代的研究方法; 而测定蚀变矿物或蚀变带、矿体中石英包裹体的Rb-Sr 等时线年龄是直接测定成矿时代的方法。表1 中甘肃玉门西车路沟金矿和甘肃安西寒山金矿的成矿时代就是作者采用矿体中石英包裹体的Rb-Sr 等时线年龄测定的。而甘肃肃北鹰嘴山金矿的成矿时代是作者采用全岩Rb-Sr 等时线年龄测定的。

3.3 Sm-Nd 法

和Rb-Sr 法一样, Sm-Nd 法也是主要进行岩体成岩时代研究, 间接或直接测定成矿时代。Sm-Nd 全岩等时线法主要应用于测定前寒武纪铁镁质火山岩和侵入岩的形成时代^[4~10], 同时Nd 同位素地球化学也被广泛应用于物源的示踪。矿石和矿石中矿物的Sm-Nd 等时线年龄可用于直接确定成矿时代。但目前报道的数据远比Rb-Sr 年龄少。上述Rb-Sr

和Sm-Nd 等时线法都是严格的定年方法, 而不是简单地通过若干个测定结果的组合给出一个年龄数据。方法本身要求样品同源, 具有相近的同位素初始比值和处于封闭体系, 理论上这种严格的制约就决定了实践工作中往往很难得到科学的、合理的等时线年龄^[15]。

3.4 K-Ar 法

K-Ar 法是最早用于测定同位素年龄的方法之一, 早期的同位素年龄大多为K-Ar 法测定, 对于测定成岩时代, 往往年龄偏小, 一般说来全岩的K-Ar 年龄测定结果普遍比单矿物云母偏低。因此, 在条件许可的情况下尽可能选云母或其他单矿物而不作全岩的年龄测定。

3.5 Re-Os 法

Re-Os 法是近年来兴起的一种用于确定矿床时代的新方法, 目前这方面的报道还比较少。

一个好的同位素年龄结果, 对于同一地质体, 采用不同的测年方法, 测定结果是十分接近的。例如, 关于甘肃肃北野牛滩花岗闪长岩岩体年龄的确定, 不同作者对3 种不同的对象(全岩-单矿物、全岩和锆石) 采用两种不同的测年方法(Rb-Sr 法和锆石U-Pb 法)(图2), 得到的年龄分别为全岩-单矿物Rb-Sr 等时线年龄值为441.97Ma, 全岩Rb-Sr 等时线年龄值为444.21Ma, 锆石U-Pb 年龄值为452±12Ma 和459.6Ma, 非常接近, 这就告诉我们, 一个好的同位素年龄测定结果, 无论选用什么测年方法, 其测定结果都是一致的。由于在岩浆结晶过程

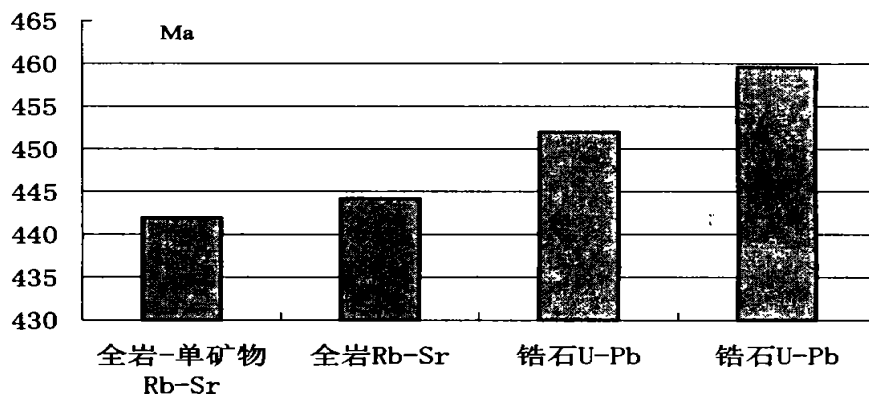


图 2 野牛滩花岗闪长岩不同方法测定年龄结果对比图

Fig. 2 Correlation map of determination age by using many methods to granodiorite in Yeniutan

中, 锆石要早于长石和角闪石等先结晶, 因此锆石 U-Pb 年龄值要略大于全岩-单矿物和全岩 Rb-Sr 等时线年龄值。

4 同位素年代学研究的初步认识

上表所列的年龄数据中, 大体上可分成两个方面, 既有地层、岩浆岩的年龄, 又有矿床围岩蚀变与成矿的年龄。它们可以分为 4 种类型:

4.1 研究区范围内的前寒武纪年代学数据

这类数据共有 23 个年龄数据, 年龄范围 634.83 ~ 3 487 Ma。这些年龄的测定对于本区的地层划分和一些古老地质体的形成时代的确定都有重要的意义, 有关这方面的报道较多^[4~8]。例如徐晓春等(1996)利用 Sm-Nd 等时线测得北大河地区朱龙关群中玄武岩的年龄值为 1 770.9 Ma, 张招崇等(1998)在熬油沟地区朱龙关群利用单颗粒锆石测得辉绿岩的年龄值为 1 784~1 840 Ma, 从而认为北祁连山中元古代早期存在古洋壳; 而夏林圻等^[12]根据最新的同位素数据结合其他地质证据确认了北祁连山存在元古宙大陆溢流玄武岩。关于镜铁山群时代的确定, 前人争议很大, 1970 年完成的 1:20 万区调玉门市幅认为属中寒武统, 1974 年完成的 1:20 万区调祁连山幅认为属蓟县系, 杨化洲等认为属震旦系, 冯益民认为是震旦—寒武系, 等等。左国朝等^[9]根据杨合群等^[10]测得镜铁山群含铁岩系 Sm-Nd 等时线年龄值为 $1\,309 \pm 80$ Ma, 时代为蓟县纪。根据地质特征, 结合毛景文等^[4]测得单颗粒锆石年龄值为 600~700 Ma, 表明 1:20 万祁连山幅区调时由汤光中等所建立的中—上

元古界序列是合理的。

4.2 早古生代地层-岩浆活动的同位素年代学

这类数据相对较少, 共有 12 个年龄数据, 年龄范围 441.97~545.1 Ma。除有两个寒武纪年龄外, 其他均为奥陶纪, 而主要为中酸性侵入岩, 这与本区加里东运动有直接关系, 据夏林圻等^[2]对北祁连山奥陶纪沟弧盆系火山作用的研究, 认为奥陶纪岛弧火山作用跨越整个奥陶纪始末 (即 445~486 Ma), 而本区早古生代中酸性侵入体的同位素年龄为 441.97~485.9 Ma, 两者十分吻合。作者认为这些中酸性侵入体与本区火山作用而形成的火山岩是同期形成的, 还有待于今后的地质工作进一步证实。

4.3 与铜矿、钨钼矿、铅锌矿有关的同位素年代学

共有 5 个年龄数据。其中, 1 个是铁铜矿年龄为 476 Ma; 1 个是钨钼矿年龄为 462 Ma; 其他 3 个是铅锌矿年龄数据, 分别为 1 689 Ma、1 701 Ma、1 848 Ma, 其成矿时代为 1 689~1 701 Ma。关于镜铁山式铁铜型铜矿床的成矿时代, 是一个悬而未决的问题, 夏林圻等^[12]根据石英闪长斑岩脉中锆石 U-Pb 法、蚀变岩型铜矿石的 ^{39}Ar - ^{40}Ar 法、蚀变岩型铜矿石 Rb-Sr 同位素等时线法, 结合矿床地质特征和稳定同位素信息, 初步推断石英闪长斑岩脉中锆石 U-Pb 年龄 (476 ± 15 Ma) 可以近似代表铜矿床的年龄, 而蚀变岩型铜矿石的 ^{39}Ar - ^{40}Ar 法测年结果 (365.4 ± 0.3 Ma) 和蚀变岩型铜矿石 Rb-Sr 同位素等时线测年结果 (363 ± 17 Ma) 仅代表铜矿石形成后经历的晚期热事件。从现有的同位素年龄数据看, 北祁连山西段铁铜矿与钨钼矿的成矿时代基本一致, 为 462~476 Ma; 而铅锌矿形成的时代要早许

多, 为 1 689~ 1 701 Ma。也就是说, 北祁连山西段至少有两期成矿作用。由此可见, 北祁连山西段铁铜矿与钨钼矿应在 462~ 476 Ma 寻找, 而铅锌矿则应在 1 689~ 1 701 Ma 找。

4.4 与金矿有关的同位素年代学^[11~13]

共获得 17 个年龄数据, 其中, 与金矿有关的次火山有 1 个同位素年龄为 427.7 ± 4.5 Ma, 杨建国等^[14]已有专门的报道; 与金矿有关的中酸性侵入体有 10 个同位素年龄数据, 从 320.40~ 414.9 Ma, 即从加里东晚期到华力西期, 有关这方面研究的专门报道很少, 这也是目前北祁连山西段同位素测年工作中存在的问题, 这些中酸性侵入体很可能与本区的祁连运动有关; 金矿的成矿时代共有 6 个同位素年龄数据^[8], 范围从 213.95~ 413 Ma, 可见本区金矿的成矿作用主要发生在加里东晚期到印支期。这 6 个年龄数据代表了目前北祁连山西段 3 种典型金矿(寒山构造蚀变岩型、鹰嘴山超镁铁岩型、车路沟石英脉型)的成矿时代。有关鹰嘴山超镁铁岩型金矿的成矿时代, 宋忠宝等(1998)已有专门的报道。有关车路沟石英脉型金矿的成矿时代, 作者测得车路沟石英脉型金矿石英包裹体 Rb-Sr 同位素等时线年龄结果为 253 ± 61 Ma, 推测应属于矿体形成的上限年龄。关于甘肃安西寒山金矿的成矿时代, 目前意见仍不统一, 这方面研究的专门报道也比较少, 寒山金矿床的形成是一个长时期的过程, 有关这方面的研究夏林圻等^[12]已有专门的报道; 作者测得寒山金矿床的主成矿期石英包裹体 Rb-Sr 同位素等时线年龄结果为 395 ± 46 Ma, 同时测得 Rb-Sr 同位素等时线年龄结果为 339 ± 10 Ma, 代表晚期成矿年龄, 而毛景文等(1997)所测得绢云母 K-Ar 年龄结果为 213.95~ 224.44 Ma, 可能代表更晚期的一次变质作用, 属于蚀变年龄。依据中酸性侵入体的成岩时代(320.40~ 414.9 Ma)与金矿的成矿时代(213.95~ 413 Ma), 不难发现, 中酸性侵入体在本区金矿成矿过程中提供热源是可以肯定的。这告诉我们一个信息, 北祁连山西段金矿的成矿期为加里东晚期到印支期。

5 同位素年代学的研究意义

北祁连山西段这些同位素年龄数据的获得不仅可解决现有地质体的年龄问题, 而且对于解决一些长期有争议的地层时代问题、成矿时代问题、以及

地质热事件问题都有重要的意义, 在今后的北祁连山西段科研工作和地质找矿以及区域地质调查工作中, 这些同位素年龄数据仍然有重要的参考和借鉴价值。

致谢: 在资料收集过程中, 得到甘肃省地矿局酒泉地质调查队、甘肃省地矿局区域地质调查队有关领导以及西安地质矿产研究所杨合群研究员、王永和副研究员的大力帮助和支持; 在编写过程中, 杨合群研究员、李英教授对本文提出了不少意见和建议, 在此一并表示感谢!

参考文献:

- [1] 夏林圻, 夏祖春, 徐学义. 北祁连山海相火山岩岩石成因 [M]. 北京: 地质出版社, 1996.
- [2] 夏林圻, 夏祖春, 任有祥, 等. 祁连山及邻区火山作用与成矿 [M]. 北京: 地质出版社, 1998.
- [3] 冯益民, 何世平. 祁连山大地构造及造山作用 [M]. 北京: 地质出版社, 1996.
- [4] 毛景文, 张招崇, 杨建民, 等. 北祁连西段前寒武纪地层单颗粒锆石测年及地质意义 [J]. 科学通报, 1997, 42 (13): 1 414-1 417.
- [5] Xia Linqi, Xia Zuchun, Zhao Jiangtian, et al. Determination of properties of Proterozoic continental flood basalts of western part from North Qilian Mountains [A]. SCIENCE IN CHINA (series D) Vol. 42 No. 5 October 1999.
- [6] 夏林圻, 夏祖春, 徐学义. 北祁连海相火山岩成因 [M]. 北京: 地质出版社, 1995.
- [7] 毛景文, 张招崇, 左国朝, 等. 北祁连西段北大河群钨-钼同位素测年 [J]. 地球科学, 1998, (1).
- [8] 张招崇, 毛景文, 杨建民, 等. 北祁连西段中元古代蛇绿岩的发现及地质意义 [J]. 矿物岩石地球化学通报, 1998, 17, (2): 114-118.
- [9] 左国朝, 刘文科, 张崇. 北祁连造山带中-西段陆壳残块群的构造-地层特征 [J]. 地质科学, 2002, (37): 302-312.
- [10] 杨合群, 赵东宏. 甘肃镜铁山含铜条带铁建造的年龄 [J]. 西北地质科学, 1999, (20).
- [11] 毛景文, 张作衡, 简平, 等. 北祁连西段花岗岩体锆石 U-Pb 年龄报道 [J]. 地质论评, 2000, 146 (6): 616-620.
- [12] 夏林圻, 夏祖春, 任有祥, 等. 北祁连构造-火山岩浆-成矿动力学 [M]. 北京: 中国大地出版社, 2001.
- [13] 宋忠宝, 任有祥, 李智佩, 等. 北祁连鹰咀山北金矿成

- 矿时代初步研究[J]. 矿床地质, 1998, (17): 783-786.
- [14] 杨建国, 马中平, 任有祥, 等. 北祁连山与斑岩有关的金型金矿床地质特征和成因模型[J]. 西北地质, 2002, 35 (2): 24-33.
- [15] 陆松年, 李怀坤, 李惠民. 成矿地质事件的同位素年代学研究[J]. 地学前缘, 1999, 6 (2): 335-342.
- [16] 宋忠宝, 任有祥, 李智佩, 等. U-Pb 同位素体系测年及其应用[J]. 西北地质, 1998, (1)

Review on isotopic dating in the western part of the North Qilian Mountains

SONG Zhong-bao^{1,2}, REN You-xiang¹, LI Zhi-pei¹, YANG Jian-guo¹
LIU Xiao-zhou³

(1. *Xi'an Institute of Geology and Mineral Resources, Xi'an 710054, China;*

2. Chang'an University, Xi'an 710054, China; 3. Hanzhong Branch,

Northwestern Geological Exploration Institute of

China Exploration and Engineering Bureau,

Hanzhong 723000, China)

Abstract: On the basis of carefully studying on isotopic dating in the western part of the North Qilian Mountains, a lot of valuable isotopic data which could be considered as representatives were selected. It is concluded from these data that the general research degree is low in isotopic dating and that they are of great significance both in the determination of ages of all the geologic bodies concerned and in the settling upon of the ages of stratum and ore-forming and geologic hot events which have been quarreled in geologic scientific research, ore prospecting and regional geologic survey for a long time.

Key words: the western part of the North Qilian Mountains; isotopic chronology; Precambrian; metallic ore deposit, metallogenetic epoch