

含澄江动物群地层的 Pb-Pb 同位素定年

常向阳^{1,2)} 陈良忠³⁾ 胡世学³⁾ 王江海¹⁾ 朱炳泉¹⁾

(1)中国科学院广州地球化学研究所,广东广州,510640; (2)广州大学环境科学系,广东广州,510405;
(3)云南省地质科学研究所,云南昆明,650011)

摘要 对含澄江动物群的地层样品进行了 Pb 同位素定年研究。经测定未受风化作用影响的 20 个黑色页岩样品给出了 534 ± 60 Ma 左右的 Pb-Pb 等时线年龄,应代表了澄江动物群的下限年龄。该年龄较以往采用 Rb-Sr 和 ^{40}Ar - ^{39}Ar 等定年方法所获得的年龄更为年轻。

关键词 澄江动物群 铅同位素 定年

Pb-Pb Isotope Dating of the Chengjiang Fauna-bearing Beds

CHANG Xiangyang^{1,2)} CHEN Liangzhong³⁾ HU Shixue³⁾ WANG Jianghai¹⁾ ZHU Bingquan¹⁾

(1)Guangzhou Institute of Geochemistry, CAS, Guangzhou, Guangdong, 510640;

2)Department of Environmental Science, Guangzhou University, Guangzhou, Guangdong, 510405;

3)Yunnan Institute of Geological Sciences, Kunming, Yunnan, 650011)

Abstract Twenty fresh black shale samples collected from the Chengjiang Fauna-bearing horizon of central Yunnan province yield a Pb-Pb isochron age of 534 ± 60 Ma. Although this age is younger than the Rb-Sr isochron age and the ^{40}Ar - ^{39}Ar age, it should be regarded as the lower limit of the isotope age of the Chengjiang Fauna.

Key words Chengjiang Fauna lead isotope dating

澄江动物化石群处在澳大利亚伊迪卡拉化石群与加拿大伯吉斯页岩化石群之间,是解决二者演化关系和早期生命大爆发的关键。由于澄江动物群赋存于风化较强的黄色页岩中,给准确定年带来了困难,以往采用 Rb-Sr 等时线法测年,结果也不理想。

由于化学沉积过程使铅同位素达到了均一化,且有不同程度的 U 富集,因此某些碳酸盐地层可以用 Pb-Pb 等时线年龄测定,江博明等对某些碳酸盐岩、大理岩和白云岩等进行了 Pb-Pb 定年(Jahn 等, 1992, 1994, 1995),是解决沉积岩定年的重要途径之一。现代海洋与湖泊的泥质沉积物具有十分均一的铅同位素组成,表明泥质岩在沉积作用中能达到同位素均一化,古老泥质岩石的铅同位素组成差异则应是完全由岩石 U-Pb 比的差异所产生的放射成因铅积累所致(朱炳泉, 1998)。因此页岩(特别是黑色页岩及碳质板岩)是良好的 Pb-Pb 等时线测定对象,亦是确定沉积岩年龄的重要手段。富含有机质的黑

色页岩,特别是含芳香族有机物的岩石,对 U 有强的吸附能力,故 μ 值很高,是 Pb-Pb 定年的优良对象。因而,对滇中昆阳群地层的 Pb-Pb 等时线定年也获得了较好的结果(Chang 等, 2002)。

澄江动物群(张文堂, 1987)系指产于澄江及邻近地区的早寒武世筇竹寺组玉案山段上部黄绿色页岩中的硬壳节肢动物与后生动物(部分保存软躯体组织印痕)共生的生物化石群(蒋志文, 2000)。该动物群产出层位是下寒武统筇竹寺组玉案山段黄绿色页岩层的中下部,其下部地层是黑色炭质页岩。这种黑色应是当时海水中藻类死亡后形成的有机炭所引起,成岩作用过程中,借助大量细菌、藻类以及有机酸的作用,使碎屑粘土矿物转化为其他粘土矿物,这种变化可影响到结晶构造层,并产生离子交换作用,从而使同位素组分均一化,而且黑色页岩形成后,未遭受过强烈的后期构造变动影响,可通过同位素定年获得其成岩年龄。

1 分析方法

铅同位素分析在中国科学院广州地球化学研究所同位素地球化学实验室完成。样品准确称重后,在聚四氟乙烯溶样罐中加入适量 HF 和 HNO₃,超声振荡,加热溶解。采用阴离子树脂分离 Pb。实验室全流程 Pb 本底为 2×10^{-10} g。Pb 同位素比值采用 VG-354 质谱仪单接收法测量,仪器状态由国际标样监测(常向阳等,1998)。在本文样品分析期间,NBS-981 标样平均值为 $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 等于 $16.934 \pm$

0.007 , $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 等于 15.486 ± 0.012 , $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 等于 36.673 ± 0.033 。Pb 同位素比值精度优于 0.07%。

2 结果与讨论

在晋宁梅树村剖面采集的炭质页岩和在澄江帽天山采集的黄色页岩样品的 Pb 同位素分析结果列于表 1。等时线年龄计算采用 ISOPLOT 软件(Ludwig, 1991)。

黑色页岩样品的 Pb 同位素组成有较大的变化

表 1 晋宁寒武系黑色页岩和澄江黄色页岩铅同位素分析结果

Table 1 Pb isotope data of Cambrian black shale from Jinning and yellow shale from Chengjiang, central Yunnan

样号	岩性	编号	$^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	$2\sigma/\%$	$^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	$2\sigma/\%$	$^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	$2\sigma/\%$
Cj97-1	黄色页岩	—	23.283	0.012	15.958	0.016	38.593	0.010
Cj97-2	黄色页岩	—	22.792	0.011	15.915	0.012	38.600	0.013
Cj97-4	黄色页岩	—	23.819	0.019	16.032	0.029	44.597	0.030
Cj97-6	黄色页岩	—	22.838	0.012	15.915	0.019	43.733	0.015
Cj97-8	黄色页岩	—	22.287	0.016	15.917	0.018	43.044	0.018
Cj97-10	黄色页岩	—	22.734	0.009	15.940	0.011	43.514	0.010
Cj97-12	黄色页岩	—	21.252	0.046	15.813	0.041	40.660	0.049
Cj97-14	黄色页岩	—	21.511	0.014	15.852	0.018	41.612	0.016
Cj97-16	黄色页岩	—	20.361	0.010	15.794	0.011	40.617	0.011
Cj97-18	黄色页岩	—	22.095	0.007	15.892	0.009	42.399	0.010
Cj97-20	黄色页岩	—	21.417	0.009	15.867	0.009	41.594	0.010
Cj97-22	黄色页岩	—	21.927	0.012	15.887	0.013	42.748	0.013
Ky97-1	炭质页岩	11	22.388	0.018	15.889	0.020	39.770	0.019
Ky97-2	炭质页岩	14	22.744	0.010	15.919	0.008	40.019	0.008
Ky97-3	炭质页岩	9	21.631	0.014	15.851	0.014	40.575	0.015
Ky97-4	炭质页岩	—	23.228	0.019	15.805	0.019	39.087	0.022
Ky97-5	炭质页岩	7	21.280	0.013	15.829	0.013	39.736	0.013
Ky97-6	炭质页岩	3	21.040	0.011	15.812	0.014	40.264	0.014
Ky97-7	炭质页岩	—	21.261	0.049	15.784	0.044	40.139	0.048
Ky97-8	炭质页岩	6	21.227	0.020	15.835	0.026	40.385	0.026
Ky97-9	炭质页岩	—	20.668	0.033	15.739	0.031	39.817	0.034
Ky97-10	炭质页岩	—	20.858	0.042	15.735	0.044	40.012	0.046
Ky97-11	炭质页岩	19	26.005	0.024	16.163	0.027	39.158	0.026
Ky97-12	炭质页岩	5	21.208	0.042	15.820	0.044	39.061	0.048
Cb-I-1	炭质页岩	20	26.534	0.011	16.110	0.011	39.829	0.012
Cb-I-2	炭质页岩	15	23.084	0.015	15.937	0.019	43.296	0.016
Cb-I-3	炭质页岩	—	22.463	0.021	15.990	0.032	43.410	0.028
Cb-I-4	炭质页岩	13	22.681	0.011	15.915	0.012	42.998	0.011
Cb-I-5	炭质页岩	12	22.647	0.040	15.925	0.062	42.901	0.057
Cdp-I-1	炭质页岩	4	21.107	0.014	15.841	0.018	40.707	0.025
Cdp-I-2	炭质页岩	2	20.759	0.024	15.798	0.026	40.353	0.028
Cdp-I-2-j	炭质页岩	1	20.530	0.009	15.784	0.013	40.213	0.015
Cj-I-1	炭质页岩	16	23.721	0.032	15.991	0.041	40.908	0.041
Ky97-11-1	炭质页岩	17	24.656	0.032	16.022	0.052	38.858	0.027
Ky97-11-2	炭质页岩	18	25.729	0.017	16.060	0.017	39.624	0.014
Ky97-13-1	炭质页岩	10	22.107	0.006	15.855	0.006	39.339	0.006
Ky97-13-2	炭质页岩	8	21.436	0.015	15.844	0.017	39.436	0.019
Ky97-13-3	炭质页岩	—	20.732	0.032	15.796	0.058	39.55	0.044
Ky97-14	炭质页岩	—	22.668	0.049	15.863	0.058	39.915	0.035

(表 1), $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 为 20.53~26.53, $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 为 15.78~16.11, $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 为 38.85~42.99。20 个数据点构成了一条 Pb-Pb 等时线(图 1), 年龄为 $534 \pm 60 \text{ Ma}$ (仅取所有误差中的一部分, 即数据分布和分析误差, 所有误差约为 190 Ma), MSWD 为

6.81。另有 6 个黑色页岩样品数据点不在等时线上, Ky97-4 和 Ky97-7 颗粒较粗, Ky97-10 颗粒粗, 且夹浅色条带, Ky97-9, Ky97-13-3, Ky97-14 呈团块状, 颜色较浅。

这一年龄结果比罗惠麟等获得的 Rb-Sr 等时线

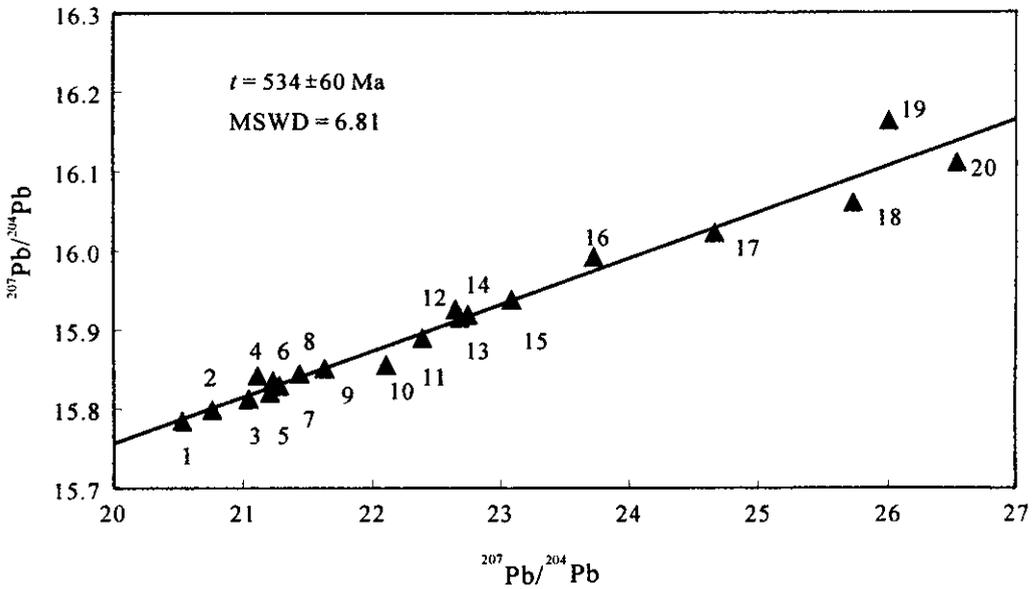


图 1 晋宁梅树村剖面筇竹寺组玉案山段黑色页岩 Pb-Pb 等时线图(点编号详见表 1)

Fig. 1 Pb-Pb isochron of black shales from Meishucun section Jinning, central Yunnan

$612 \pm 36 \text{ Ma}$, $579.7 \pm 8.2 \text{ Ma}$ 和 $556.8 \pm 10.7 \text{ Ma}$ 年龄要小(罗惠麟等, 1982, 1984, 1994)。采用 ISO-PLOT 重新计算结果分别为 $603 \pm 11 \text{ Ma}$, $572 \pm 10 \text{ Ma}$ 和 $557 \pm 33 \text{ Ma}$ 。且 MSWD 都很高, 分别是 54、60、118, 对于砂岩和页岩等沉积岩而言, Rb-Sr 是否可以保持封闭体系尚难确定, 因此, 这些 Rb-Sr 等时线年龄是否可以代表沉积岩的时代尚需进一步研究。最近, 陈良忠等(2001)通过对伊利石的 ^{40}Ar - ^{39}Ar 年龄谱测定, 结果为 559 Ma。

帽天山黄色页岩样品的 Pb 同位素数据变化范围较小, $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 为 20.36~23.82, $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 为 15.79~16.03。12 个样品构成了一条只有参考意义的等时线(图 2), 表明后期地质作用对铅同位素体系的破坏。

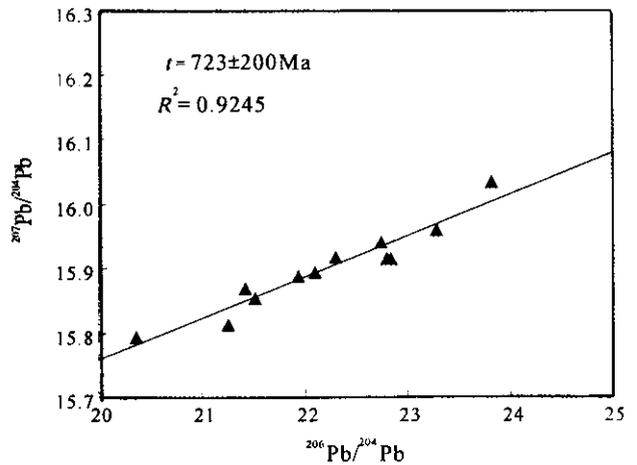


图 2 澄江寒武系黄色页岩 Pb-Pb 等时线图

Fig. 2 Pb-Pb isochron of yellow shales from Chengjiang, central Yunnan

3 结论

由于对沉积岩定年在方法上存在困难, 难以准确测定产于页岩中的澄江动物群的年龄, 影响了对澄江动物群的深入研究。尽管赋存澄江动物群的黄色页岩样品未能给出 Pb-Pb 等时线年龄, 但其下部

未受风化作用影响的黑色页岩样品给出了 Pb-Pb 等时线年龄, 应代表澄江动物群的下限年龄, 即 534 Ma 左右, 但其较高的误差也表明, 该项研究还需要进一步深入的研究和探讨。尝试新的方法测定澄江动物群的年龄, 不仅有助于沉积岩定年方法的完善,

也对澄江动物群的深入研究具有重要意义。

致谢 野外考察中得到了云南省地质科学研究所的帮助,在此表示感谢。

参 考 文 献

- 常向阳,朱炳泉,邹日等. 1998. 金平龙脖河铜矿区变钠质火山岩系地球化学研究: II. Nd, Sr, Pb 同位素特征与年代学. 地球化学, 27(4): 361~366.
- 陈良忠,蒋志文,罗惠麟等. 2001. 澄江动物群产出层位⁴⁰Ar-³⁹Ar 年龄谱. 云南地质, 20(3): 289~296.
- 蒋志文. 2000. “寒武纪爆发”与澄江动物群. 云南地质, 19(2): 111~120.
- 罗惠麟,蒋志文,唐良栋. 1994. 中国寒武统建阶层型剖面. 昆明: 云南人民出版社, 183.
- 罗惠麟,蒋志文,武希彻等. 1982. 云南东部震旦系-寒武系界线. 昆明: 云南人民出版社, 265.
- 罗惠麟,蒋志文,武希彻等. 1984. 中国云南晋宁梅树村震旦系-寒武系界线层型剖面. 昆明: 云南人民出版社, 154.
- 张文堂. 1987. 澄江动物群及其中的一些三叶虫. 古生物学报, 26(3): 223~235.
- 朱炳泉. 1998. 固体地球科学的同位素体系理论. 北京: 科学出版社, 321.

References

- Chang Xiangyang, Zhu Bingquan. 2002. Isotope geochemistry study of the Dongchuan copper deposits: Stratigraphic chronology and application of lead isotopes in geochemical exploration. Chinese Journal of Geochemistry, 21(1): 65~72.
- Chang Xiangyang, Zhu Beiquan, Zou Ri et al. 1998. Geochemical studies on sodium-enriched volcanic rocks in the area of Longbohe copper deposit, Yunnan province, SW China: II. Chronology and characteristic of Nd-Sr-Pb isotope. Geochimica, 27(4): 361~366 (in Chinese with English abstract).

- Chen Liangzhong, Jiang Zhiwen, Luo Huilin et al. 2001. ⁴⁰Ar-³⁹Ar age spectrum of Chengjiang Fauna horizon. Yunnan Geology, 20(3): 289~296 (in Chinese with English abstract).
- Jahn B M, Chi W R, Yui T F. 1992. A late Permian Formation of Taiwan (Marbles from Chia-Li Well No. 1): Pb-Pb isochron and Sr isotopic evidence, and its regional geological significance. Jour. Geol. Soc. China, 35: 193~218.
- Jahn B M, Cuvelier H. 1994. Pb-Pb and U-Pb geochronology of carbonate rocks and direct dating of sedimentary sequences: an assessment. Chemical Geology, 115: 125~151.
- Jahn B M, Simonson B. 1995. Carbonate Pb-Pb ages of the Wittenoom Formation and Carawine Dolomite, Hamersley Basin, Western Australia (with implications for their correlation with the Transvaal Dolomite of South Africa), Precambrian Research, 72: 247~261.
- Jiang Zhiwen. 2000. “Cambrian explosion” and the Chengjiang Fauna. Yunnan Geology, 19(2): 111~120 (in Chinese with English abstract).
- Ludwig R K. 1991. ISOPLOT-a plotting and regression program for radiogenic-isotope data, Version 2. 57. U. S. Geol. Surv., Open File Rept. 91~445, 40.
- Luo Huilin, Jiang Zhiwen, Wu Xiche et al. 1982. The Sinian-Cambrian boundary in Eastern Yunnan, China. Kunming: People's Publishing House, Yunnan, 265 (in Chinese).
- Luo Huilin, Jiang Zhiwen, Wu Xiche et al. 1984. Sinian-Cambrian boundary stratotype section at Meishucun, Jinning, Yunnan, China. Kunming: People's Publishing House, Yunnan, 154 (in Chinese).
- Luo Huilin, Jiang Zhiwen, Tang Liangdong. 1994. Stratotype section for lower Cambrian stages in China. Kunming: Yunnan Science and Technology Press, 183 (in Chinese).
- Zhang Wentang. 1987. The trilobite of Chengjiang Fauna. Acta Palaeontologica Sinica, 26(3): 223~235 (in Chinese).
- Zhu Bingquan. 1998. The theory and application of isotopic systematics in solid Geosciences. Beijing: Science Press, 321 (in Chinese with English abstract).