

# 空气磨蚀技术<sup>①</sup>

## 在单颗粒锆石 U-Pb 稀释法测年中的应用

甘晓春 李惠民

(天津地质矿产研究所,天津,300170)

**提 要** 应用空气磨蚀技术将发生铅丢失的锆石表层磨掉,可以提高锆石测年数据点在 U-Pb 谐和图中的谐和程度,进而可以提高不一致线与谐和线上交点年龄的精度和准确度。本文将这一技术应用用于浙西南早元古代花岗质岩石的测年中,取得了很好的效果。

**关键词** 空气磨蚀 单锆石测年

单颗粒锆石 U-Pb 稀释法是目前地质年代学研究中的一种先进测年方法,在国内虽然开展工作时间不长,但已得到愈来愈多人的重视和推崇。这种方法只用单颗或者几颗锆石进行测年,因而具有常规锆石测年所不能比拟的优点。由于锆石用量极少,在实验方面,减少了酸、水等试剂的用量,从而降低了实验本底,使测试精度大为提高。在数据的可靠性方面,避免了常规法中由于用大量锆石测试而产生不同成因、不同世代锆石造成混合年龄的可能性。另外,它使锆石的测年与成因矿物学研究相结合成为现实,可以分别测得同一样品中各种成因意义的锆石年龄。

空气磨蚀技术是针对锆石 U-Pb 稀释法测年设计的一种专门技术,用这种方法对某些锆石进行预先处理,可以提高年龄的精度和准确性,使年龄结果的地质意义更趋合理可靠。

### 1 引言

根据 U-Pb 系统测年的基本原理,天然铀同位素向铅的衰变形成了两个独立的地质年代计—— $^{238}\text{U}$ - $^{206}\text{Pb}$  体系和  $^{235}\text{U}$ - $^{207}\text{Pb}$  体系。若测年矿物保持铀及其所有子体的封闭体系,而且若能对矿物形成时所带入的普通铅做出合适的校正,则这两个地质年代计将给出一致的年龄,并且与  $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$  年龄一致,数据点将落在 Wetherill (1956, 1963)<sup>(1)(2)</sup> 所绘制的 U-Pb 谐和图的谐和线上,此年龄即所谓的谐和年龄。这是锆石 U-Pb 测年中所期望的理想结果。但是多数情

<sup>①</sup> 收稿日期 1995.3.17

况下锆石的数据点偏离谐和线,这是由于锆石形成之后在后期热事件过程中或在连续扩散过程中其 U-Pb 系统已经部分开放。由于放射成因铅的丢失造成数据点落在谐和线下方,或者由于铀丢失造成数据点落在谐和线上方。在这种情况下,相同成因锆石中具有不同程度铅丢失的锆石数据点连线构成的不一致线与谐和线的上交点年龄,被视为最接近锆石的形成年龄。但常常出现下述情况,一是由于铅严重丢失造成数据点强烈偏低,从而影响了不一致线与谐和线上交点年龄的可信度;二是同一样品中锆石的铅丢失程度大致相同,使数据点集中在一起而不能拟合成一条线性关系较好的直线,从而得不到确切的上交点年龄。这时就需要设法提高数据点的位置,使之靠近谐和线。

在锆石保持完整晶形和无内部裂隙的前提下,其与外界的元素交换是从晶体表层开始的。一般情况下,矿物核心部分相对于边缘部分,其 U-Pb 系统的封闭程度较高,铅丢失的程度小,甚至不发生丢失。若采用一定方法将锆石表层除去,然后对核心部分进行测年,可望提高数据点的谐和程度,甚至可得到谐和年龄。空气磨蚀技术即为行之有效的一种方法。

## 2 方法介绍

空气磨蚀技术最初由 Krogh<sup>[3]</sup>设计成功,李惠民 1989 年引入天津地矿所同位素实验室。先在显微镜下将锆石挑入容器内,尽量选择无裂隙完整锆石,以避免磨蚀过程中破碎。磨蚀锆石所用容器采用不锈钢材料制成,容器盖上留有进气孔和出气孔。为缓冲锆石与容器壁之间的碰撞,在容器内同时加入少量黄铁矿。出气孔用 200 目的筛网罩住,以免锆石被吹出。用空气压缩机通过进气孔向容器内输入压缩空气,推动锆石使之与钢壁及黄铁矿之间产生摩擦,达到磨蚀的效果。磨蚀时间可依锆石而定,根据经验,用 WM-11 型无油气体压缩机时间一般为 1 小时左右。锆石取出后可在镜下观察磨蚀情况,然后用浓硝酸仔细清洗表面附着的黄铁矿,即可以进行测年工作。

## 3 应用实例

在对浙西南两个早元古代花岗岩进行单颗粒锆石测年时,经预先对锆石进行空气磨蚀处理,取得了令人满意的结果。

下际二长花岗岩出露于浙江省庆元县下际村,侵位于浙西南早元古界八都群中,对未经空气磨蚀的锆石进行测试后发现,所测锆石具有相似的同位素比值,数据点集中在一起(表 1,图 1,1~5 号),不能构成一条相关性较好的直线,5 个点的<sup>207</sup>Pb/<sup>206</sup>Pb 加权平均年龄为 1788Ma。所测锆石数据点较为集中,说明样品中大多数锆石成因相同,并且铅丢失的程度相近。挑选同样的锆石经空气磨蚀后,分 3 组进行测年,与未经磨蚀的锆石相比,这 3 组数据在谐和图中的投影位置更靠近谐和线(表 1,图 1,6~8 号)。这一结果证实了锆石颗粒表层的铅丢失比内部

严重。用福尔(1977)<sup>[4]</sup>的方法计算的铅丢失量,整体锆石铅丢失约 54.5%,而磨去表层之后,内核铅丢失最小者为 29.7%。全部 8 个测点构成的不一致线与谐和线的上交点年龄为 1975±80Ma(图 1),这一结果较为真实地反映了下际二长花岗岩的结晶年龄。通过比较可以看出,未经表层磨蚀处理的锆石,其<sup>207</sup>Pb/<sup>206</sup>Pb 平均年龄和谐和年龄相差 200Ma 多。这说明并非所有的<sup>207</sup>Pb/<sup>206</sup>Pb 年龄都能代表锆石结晶年龄,若锆石遭受非现代铅丢失,这一年龄小于真实年龄。

表 1 浙江下际和里庄二长花岗岩单颗粒锆石 U-P 数据

Table 1 Single Zircon U-Pb data for Xiaji and Lizhuang monzonitic granite in Zhejiang Province

序号	U ( $\times 10^{-6}$ )	总 Pb ( $\times 10^{-6}$ )	普通 Pb ( $\times 10^{-12}$ g)	$\frac{^{206}\text{Pb}}{^{204}\text{Pb}}$	$\frac{^{208}\text{Pb}}{^{206}\text{Pb}}$	$\frac{^{206}\text{Pb}}{^{238}\text{U}}$	$\frac{^{207}\text{Pb}}{^{235}\text{U}}$	$\frac{^{207}\text{Pb}}{^{206}\text{Pb}}$	$\frac{^{206}\text{Pb}}{^{238}\text{U}}$	$\frac{^{207}\text{Pb}}{^{235}\text{U}}$	$\frac{^{207}\text{Pb}}{^{206}\text{Pb}}$
下际二长花岗岩											
1	1233	248	100	1800	0.039	0.1971(7)	2.931(29)	0.1079(9)	1160	1390	1764
2	1170	222	8.2	17760	0.038	0.1914(6)	2.890(11)	0.1095(2)	1129	1379	1791
3	1031	199	24	4578	0.043	0.1914(6)	2.956(18)	0.1120(5)	1129	1397	1832
4	790	152	45	2138	0.04	0.1892(30)	2.908(19)	0.1114(6)	1117	1384	1823
5	329	61	2.5	17622	0.056	0.1843(6)	2.741(12)	0.1079(3)	1090	1340	1764
6	160	41	1	27925	0.088	0.2473(9)	3.968(27)	0.1164(6)	1425	1626	1901
7	429	119	62	1154	0.08	0.2567(9)	4.083(37)	0.1153(9)	1473	1651	1885
8	313	67	5	9833	0.031	0.2168(9)	3.360(27)	0.1124(8)	1265	1495	1839
里庄二长花岗岩											
9	1064	282	37	4419	0.059	0.2597(10)	4.065(27)	0.1135(6)	1488	1647	1857
10	877	231	0.4	321120	0.036	0.2663(11)	4.166(20)	0.1135(3)	1522	1667	1856
11	482	143	20	5212	0.054	0.2914(9)	4.594(27)	0.1143(5)	1649	1748	1870
12	1032	308	100	2129	0.06	0.2894(9)	4.538(18)	0.1137(3)	1638	1738	1860

$\frac{^{206}\text{Pb}}{^{204}\text{Pb}}$  已对空白及稀释剂作了校正,括号内数字为  $2\sigma$  误差

测试:甘晓春 李惠民

本文所测的另一个样品是出露于松阳县的里庄二长花岗岩。对未经空气磨蚀处理的两组锆石进行测试之后(表 1,图 2,9~10 号),又对经过表层磨蚀的 2 组锆石进行测年(表 1,图 2,11~12 号)。投影在 U-Pb 谐和图上,数据点之间的距离被拉开,后者的位置更靠近谐和线。上述 4 个数据构成的不一致线具较好的线性关系,与谐和线的上交点年龄为 1870±36Ma(图 2),代表了二长花岗岩的结晶年龄。经过计算,该样品中锆石整体铅丢失约 23.9%,而将表层磨去之后,内核的铅丢失仅为 14.1%。

## 4 小 结

在单颗粒锆石测年中应用空气磨蚀技术对锆石预先进行表层磨蚀处理,其效果是非常明显的,这是一种值得推广的方法,就本文所测两个样品而言,磨蚀之后锆石的数据点位置更靠近谐和线,提高了不一致线的精度,从而得到了较为精确的交点年龄。可以设想,若锆石遭受的铅丢失程度不十分严重,尚未影响到内核部分的话,用空气磨蚀技术除去锆石表层,对内核进行测年,可望获取谐和年龄,即数据点落在谐和线上。谐和年龄可以真实地代表锆石的结晶年龄。

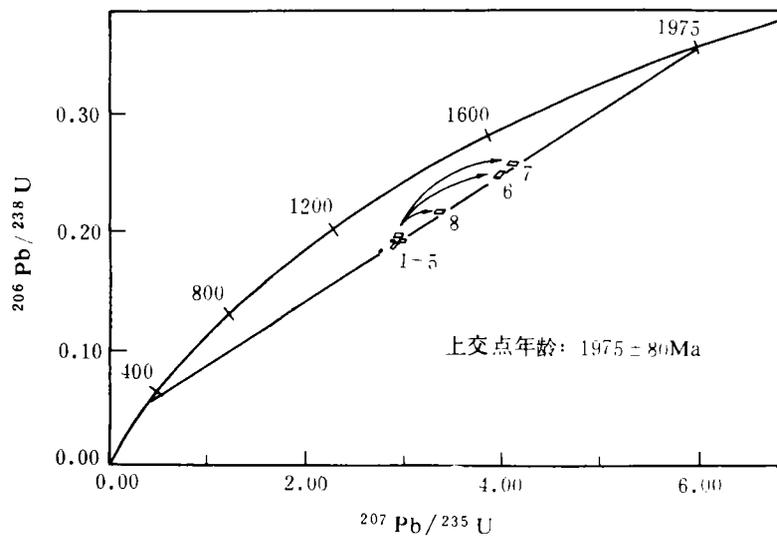


图 1 下际二长花岗岩单颗粒锆石 U-Pb 年龄

Fig. 1 U-Pb concordia diagram showing single zircon age for Xiaji monzonitic granite in Zhejiang Province

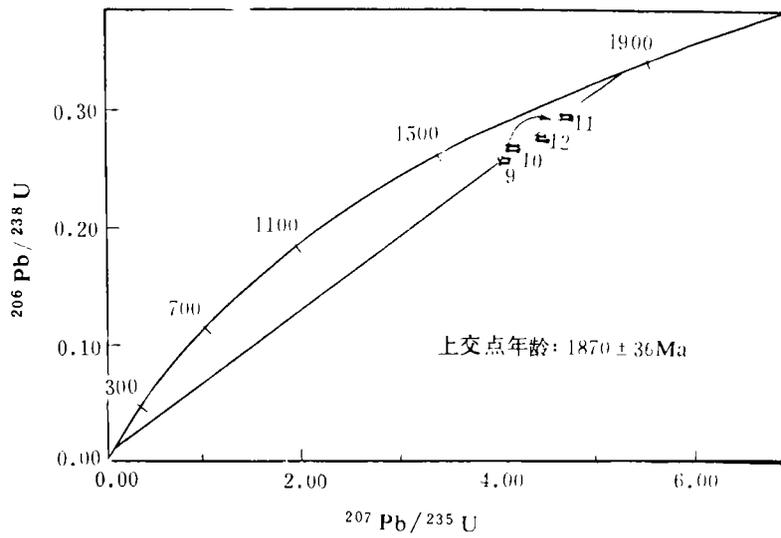


图 2 里庄二长花岗岩单颗粒锆石 U-Pb 年龄

Fig. 2 U-Pb concordia diagram showing single zircon age for Lizhuang monzonitic granite in Zhejiang Province

### 参考文献

- 1 Wetherill G W. Discordant uranium-lead ages. Trans. Geophys. Union. 1956, 37, 320~326
- 2 Wetherill G W. Discordant uranium-lead ages, part 2: discordant ages resulting from diffusion of lead and uranium. J. geophys. Res. 1963, 68, 2957~2965
- 3 Krogh T E. Improved accuracy of U-Pb zircon ages by the creation of more concordant systems using an air abrasion technique. Geochimica et Cosmochimica Acta. 1982, 46, 637~649
- 4 福尔 G. 同位素地质学原理(潘曙兰, 乔广生译). 科学出版社, 1983

## THE APPLICATION OF AIR ABRASION TECHNIQUE TO SINGLE ZIRCON U-Pb DATING

*Gan Xiaochun Li Huimin*

*(Tianjin Institute of Geology and Mineral Resources, Tianjin, 300170)*

### Abstract

With air abrasion technique we can remove away the outer parts of zircon grains so that ages can be more concordant in the concordia diagram, and the accuracy of U-Pb zircon age is improved. We apply this technique successfully to the single zircon dating of two Early Proterozoic monzonitic granite in Southwestern Zhejiang Province.