

广西的玻璃陨石及其裂变径迹年龄^①

陈世益

(中南工业大学 长沙 410083)

〔摘要〕 近年来,在广西靖西、百色、博白、贵港等地先后发现了玻璃陨石,使得该物体的陨落地点从海南和广东雷州半岛地区向北推至广西北回归线附近。经采用裂变径迹法对靖西玻璃陨石作年龄测定,它陨落至今的年龄为 0.737Ma。其年龄值与我国琼雷地区以及印支地区、菲律宾、澳大利亚等地的玻璃陨石大致相同,同属亚澳散布区撞击事件的产物。由于亚澳散布区的玻璃陨石被公认为第四纪中更新世初期的事件地层学标志物,可据此划分中更新统和下更新统的地层界线。

〔关键词〕 玻璃陨石 裂变径迹法 事件地层学标志 中更新世 同位素年龄

1 前 言

广西的玻璃陨石早有传闻,在钦州地区被老百姓称为“天星石”^[1],在北海市涠州岛和斜阳岛的玄武岩台地有其分布^[2]。近年来又陆续报道在博白和百色等地有所发现,并测定了年龄^[3]。笔者近年来在靖西县堆积型铝土矿和贵港市三水型铝土矿含矿层上部也发现了该石体。由于玻璃陨石是一种瞬时的天体散落物,同一散布区具有精确的同时性。在亚澳散布区范围内可以作为布容正向极性时与松山反向极性时,即可作为中更新世与早更新世之间非常有效的事件地层年代学标志。

2 玻璃陨石的基本特征

靖西的玻璃陨石见于海拔标高 500~600m 的峰丛洼地中的残坡积红土层,特别是含铝土矿红土层的上部。贵港玻璃陨石则分布于海拔高程 110m 的红土地台中,散布于三水型铝土矿上部。两地的玻璃陨石特征相同,石体呈大小不一的颗粒状、砾块状,形态各异,有椭球状、水滴状、牛轭状、弹头状、块状以及棒状等不规则形状。个体较大,长约 1~4cm,宽约 0.5~3cm,厚约 0.5~2cm。外表类似于核桃的外壳,呈墨黑色,具沥青光泽;新鲜断口呈贝壳状,强玻璃光泽,漆黑色。内部为均一的玻璃质,不透明,见不到任何晶质矿物颗粒,在石体边缘较薄处或沟槽之间的薄片,可见淡褐色或棕色半透明的玻璃质。外表面十分粗糙,尖棱刺手,有密密麻麻的小圆坑、长短不一的刻痕和沟槽,以及指纹状条纹。小圆坑在每个玻璃陨石

① 本文于 1995 年 8 月 28 日收到。

中都可以见到,直径为 0.5~4mm,深不足 1mm,刻痕和沟槽宽 1~2mm,长 2~6mm,深 1~3mm,无方向性,仅在部分石体中见及。条纹也是陨石常见的表面构造,形状类似于指纹,多见于陨石较光滑的侧面,叠加于小圆坑之上。在薄片中还见到为数甚多的气孔,孔径 0.1~2mm,无充填物,个别还见有不规则流纹。根据上述特征,可与火山岩、炉渣相区别。在野外,只要将玻璃陨石洗干净,用放大镜仔细观察,极易识别。

在同一块陨石中,有的部位很粗糙,有的部位则较光滑,这种现象在每个陨石都可见到。在所采集的标本中,大部分椭球状、块状、弹头状、棒状的玻璃陨石的外表面都有程度不一的光滑面,其上有指纹状条纹,说明它们在空中快速陨落时姿态是不稳定的,各个侧面都曾与空气发生过磨擦。而水滴状和牛轭状的陨石,在内凹面十分光滑,外凸面却很粗糙,布满小圆坑,说明这种陨石在空中飞行的姿态稳定,始终是内凹面朝下,与空气发生剧烈的磨擦而变得光滑。显然,这种磨擦光滑面与那种经过水介质搬运磨圆的陨石是不相同的。经过搬运磨圆的陨石,一是石体滚圆或次圆状,没有棱角;二是磨圆面不光滑,其上无指纹状条纹;三是颜色变得暗淡,外表呈棕黑色。确定陨石是原地埋藏保存还是经过较长距离迁移是很重要的,经过搬运迁移的陨石,已失去作为事件地层学标志的作用。

靖西和贵港的玻璃陨石基本上埋藏和保存在一定层位和地貌单元中,个别的由于上覆土层遭剥蚀而露出地表,在有些地方随处可见,俯拾皆是。但它们都保留着原始的形态和光泽,没有发现经过滚圆磨损,表面色调变暗之现象,说明它们自陨落后并未经过较长距离的搬运,因此,用来确定地层时代具有可靠性。

3 玻璃陨石的裂变径迹法测年^[4]

在天然矿物中所含的微量铀,都是由²³⁸U(占99.3%)和²³⁵U(占0.7%)组成的。其中,²³⁸U具有显著的自发产生核裂变性质。裂变碎片在绝缘体矿物(如云母、磷灰石、锆石及天然玻璃等)中,沿自己飞速运动的轨迹穿过并丢失能量,在矿物中产生辐射损伤区,这种损伤区就是自发裂变径迹;不过它是一种潜伏径迹,很难发现,但经某种化学试剂蚀刻扩大,就能在光学显微镜下观测。²³⁵U的自发裂变几率甚小,在数十亿年前的古老样品中也只及0.5%,从统计学角度看来,可以忽略不计。因此,样品中所测的自发裂变径迹几乎全是由²³⁸U造成的。自发裂变径迹一旦形成之后将是稳定不变的,只是当温度升高时,径迹长度会变短,密度也会减少,如果温度进一步升高,径迹将完全消失,出现“退火”现象。这一特性使得裂变径迹法在考古、古地热研究等方面被广泛应用。

自发裂变径迹的数目与径迹累积的时间、矿物中铀的含量成正比。因此,测定矿物中铀的含量和自发裂变速率、自发裂变径迹密度,就可求出矿物形成或热事件冷却后至今的地质年龄。这与其他放射性同位素年龄测定的原理是基本相似的,即在一个封闭体系内根据母体与子体同位素含量以及母体同位素半衰期来测定衰变时间,亦即地质年龄。所不同的,前者测定的是裂变的辐射损伤,而后者测定的是衰变的产物。自发裂变碎片或所形成的径迹实际上相当于放射性子体。必须指出,待测样品微量铀含量的准确测定,不是常规测试分析方法所能完成的。在自然界中²³⁵U在全部含量中所占的比例是恒定的,²³⁵U/²³⁸U为 7.26×10^{-3} 。通过中子辐照含铀矿物,使²³⁵U发生裂变,产生诱发裂变(pi)。由于 pi 主要来自²³⁵U,而²³⁸U、²³²Th所产生的诱发裂变十分微小,可以忽略不计。因此, pi 与²³⁵U的含量、中子通

量成正比。这样,通过测定 p_i 和中子通量即可计算样品中铀的含量,进而计算年龄。

具体做法:将玻璃陨石切成 1~2mm 厚的薄片,初步磨平抛光,将其掰为两半,一半作诱发径迹观察用,另一半作自发径迹观察用。先将作诱发径迹的一半用铝箔包裹,置于原子能反应堆用中子辐照,然后与另一半一起经金刚砂细磨,铬酸铵抛光,一齐放入浓度为 48% 的氢氟酸中,在 23°C 、时间 30 秒的条件下进行化学蚀刻。经蚀刻后的径迹在光学显微镜下呈现圆形或椭圆形的尖底锥形坑,而其他非裂变径迹的缺陷如浅坑、小气泡等,不呈锥形坑,坑很浅,极易区别。记录单位面积内径迹蚀坑数量,计算自发裂变和诱发裂变的径迹密度,即可求出玻璃陨石的表观裂变径迹年龄。裂变径迹年龄计算公式为^[3]:

$$t = \frac{1}{\lambda_1} \cdot \delta \cdot I \cdot \Phi \cdot \frac{P_s}{p_i}$$

式中 t 是所求玻璃陨石的年龄, λ_1 是 ^{238}U 的自发裂变常数,为 $6.9 \times 10^{-17} \text{ a}^{-1}$, δ 是 ^{235}U 中子裂变的有效面积,为 $562 \times 10^{-24} \text{ cm}^2$, I 是 ^{235}U 与 ^{238}U 的同位素丰度比,为 7.26×10^{-3} , Φ 是等效于 2200 m s^{-1} 的中子积分通量, P_s 是自发裂变径迹密度, p_i 是诱发裂变径迹密度。靖西玻璃陨石经测定, P_s 为 $3.18 \times 10^2 / \text{cm}^2$, P_i 为 $1.82 \times 10^5 / \text{cm}^2$, Φ 为 $7.13 \times 10^{15} / \text{cm}^2$, 计算的年龄及误差为 $0.737 \pm 0.13 \text{ Ma}$, 与亚澳散落区各地玻璃陨石的年龄值相当(表 1)

表 1 亚澳散落区玻璃陨石裂变径迹年龄 (Ma)

陨落地点	裂变径迹年龄及资料来源
广西博白	0.656 ± 0.05 (张峰等, 1994)
广西百色	0.693 ± 0.06 (张峰等, 1994)
海南琼海	0.75 ± 0.08 (刘顺生等, 1984)
海南琼山	0.656 ± 0.083; 0.672 ± 0.078 (胡瑞英等, 1991)
海南文昌	0.687; 0.728; 0.703; 0.733 (严正等, 1979)
广西吴川	0.699 ± 0.076; 0.715 ± 0.076 (胡瑞英等, 1991)
印度支那	0.70; 0.78 (Fleischer et price, 1964)
菲律宾	0.63; 0.78 (Fleischer et price, 1964)
澳大利亚	0.70 ± 0.10 (Gentner et al., 1969)

4 玻璃陨石的成因

据记载,唐代以前广西雷州地区将玻璃陨石称为雷公墨。对其成因的探讨是近百余年来事。最初认为是火山玻璃,随后认为是月球火山喷发或彗星等外来天体陨落的产物,是一种陨石。最近几年来,通过与核爆炸成坑、核爆炸玻璃、撞击玻璃的对比研究,以及对玻璃陨石的化学成分、微量元素,特别是稀土元素配分模式等一系列综合分析,发现玻璃陨石的源岩并非地外物质,而与地表分布最广的长英质岩石很相似。其形成机制与核爆炸成坑较为类似^[4]。当巨大的地外天体飞速撞击地球时,地表岩石(主要是砂岩和酸性岩)在瞬时极高压、极高温、远离热力学平衡状态和非线性过程的条件下,发生熔融和气化,由于超高温湍流扰

动混合,使得玻璃熔体在化学成分上十分均匀,并倏然溅射到高空,高度可达 10至数 10km,又骤然冷却后回落地面。 > 1mm 的碎块很快或在几年内落在撞击坑附近或数千公里范围内, < 1mm 的微玻璃陨石,特别是 < 0.05mm 的质点可能进入平流层甚至同温层,在空中滞留时间约为数百年,然后再散落下来,形成分布范围更为广泛的微玻璃陨石散布区。这是从陕西洛川黄土剖面,用古地磁法和粒度分布类比法求出黄土堆积速率,再用含微玻璃陨石黄土层厚度反算时间得知的^[7]。

根据玻璃陨石的化学成分、同位素组成、形成年龄和分布范围,全球可分 4 个散布区:

1) 北美散布区:从墨西哥湾、加勒比海往西进入太平洋、印度洋,环球半周,呈环带分布。年龄为距今 35Ma

2) 捷克散布区:分布面积较小,形成年龄为距今 1.5Ma

3) 西非散布区:分布于非洲西海岸南北纬 8°之间,东西两端延伸范围不详,年龄为距今约 1.0Ma

4) 亚澳散布区:分布于中国东部、东南亚、澳大利亚以及太平洋和印度洋部分海域,分布面积宽广,约占地球表面的 10% (图 1),年龄为距今 0.70Ma

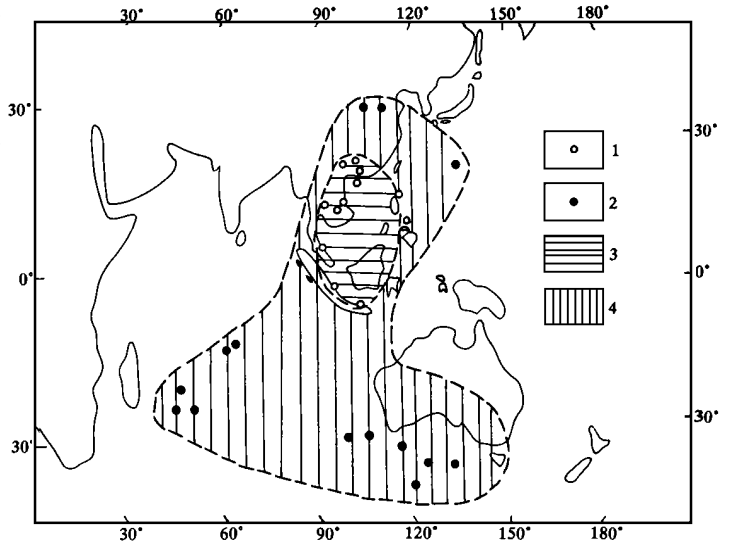


图 1 亚澳玻璃陨石散布区示意图

(据扬子庚, 1993, 稍修改)

1-发现玻璃陨石地点; 2-发现微玻璃陨石地点; 3-亚澳散布区中心部分; 4-亚澳散布区边缘部分。

5 广西玻璃陨石发现的意义

1. 靖西、百色和贵港等地玻璃陨石的发现,使得该物体的散落地点由海南、雷州半岛向北向西推至广西北回归线附近,扩大了它的分布范围,使广西成为我国除琼雷地区之外的又一个主要散落区域。这将为亚澳散落区,特别是中国—印度支那亚区的靶岩和撞击坑的探寻研究提供有益资料。

2. 我国中更新统与下更新统之间并不是一条明显的气候地层界线,很难找到准确的标志层。近年广泛采用古地磁方法,选择时间层作为分期界线,重要依据是中、早更新世之交古地磁出现倒转,分别被称为布容正向极性时和松山反向极性时。而东亚广泛分布的玻璃陨石恰好是布容正向极性时初期散落物,是该地区包括陆相、海相地层在内中更新统对比的标志。不论将玻璃陨石作为月球火山喷发或者是巨大陨石撞击地球表面的散落物,都可视为天体物质,它的散落是瞬时的,在同一散落区具有准确的同时性^[8]。而且玻璃陨石经过高温熔

化,原有的径迹已彻底“退火”。当它冷却陨落地面后,自发裂变径迹才重新累积,地质时钟才开始启动,成为有效的事件地层学标志。靖西堆积型铝土矿和贵港三水型铝土矿含矿层上部都含有保存完整、未经磨损迁移的玻璃陨石,说明红土化和铝土矿成矿作用为前中更新世。

3. 提供 0.70 Ma 左右的测年数据。目前用来测定第四纪地质年龄方法虽多,但大都有局限性。 ^{14}C 测年是用得较多的方法,但 ^{14}C 的半衰期仅为 5730 年,经数万年的衰变使得样品中 ^{14}C 含量很低,在测定灵敏度以下,所以该法只能用于晚更新世晚期至全新世的年龄测定。而 K-Ar 法、 ^{40}Ar - ^{39}Ar 法等则要求含有自生的钾矿物,如火山岩的角闪石、黑云母、白云母、钾长石等,沉积岩中的伊利石、海绿石等,即以含有记录年龄起点的矿物作样品。广西第四纪地层除北海市有玄武岩外,其他地区很少有火山物质。在第四纪陆相地层中含钾较高的矿物是伊利石,但目前的技术难以将其从粘土中分离出来,而且还不能肯定它是否为自生矿物。热释光法可用于测定粘土层的矿物年龄,对象矿物为石英,但第四纪地层中的石英来源复杂,很难代表被测对象的形成年龄。目前对 0.1~1 Ma 的年龄段还找不到较理想的测年矿物,而新发现的玻璃陨石裂变径迹年龄可以弥补这个不足,应该很好地加以利用。

样品裂变径迹年龄由刘顺生教授、李晓明硕士测定,特此致谢!

参 考 文 献

- [1] 张虎男等,粤西玻璃陨石的发现及其断代意义. 海洋地质与第四纪地质, 1991, (4): 101- 108
- [2] 陈华堂,玻璃陨石在琼雷地区地貌第四纪研究中的意义. 热带地理, 1981, (2): 1- 5.
- [3] 张峰等,广西博白县及百色盆地玻璃陨石裂变径迹年龄研究. 科学通报, 1994, 39 (15): 1396- 1398
- [4] 刘顺生等,裂变径迹年龄测定——方法、技术与应用. 北京:地质出版社, 1984
- [5] 胡瑞英等,琼雷地区玻璃陨石的裂变径迹年龄. 地质地球化学, 1991(4): 69- 71
- [6] 林文祝,欧阳自远,核爆炸玻璃、撞击玻璃和玻璃陨石源岩. 地质科学, 1991, (2): 148- 157
- [7] 李春来等,黄土中 0.7 Ma 微玻璃陨石赋存层位地球化学——I. 撞击效应对古气候的影响: 稳定碳同位素研究. 科学通报, 1994, 39(7): 629- 632
- [8] 杨子廉,林和茂,中国东部第四纪进程与国际对比. 北京:地质出版社, 1993

作 者 简 介

陈世益, 1937年 4月生, 1962年毕业于中南矿冶学院地质矿产普查专业。毕业后主要从事区域大地构造与成矿、矿产勘查和遥感地质研究工作, 发表论文数十篇。现任中南工业大学教授, 地洼成矿研究所所长。

通讯地址: 湖南省长沙市岳麓山中南工业大学地洼成矿研究所

邮 编: 410083

电 话: 8883111- 2678

TECTITE OF GUANGXI AND ITS FISSION-TRACK AGE

Chen Shiyi

(Central South University of Technology, Changsha 410083)

Received August 28, 1995

Abstract

In recent years, tectite has been found in Jingxi, Beise Bobei and Guigang etc, which makes the falldown location of this object has been moved northwards to the Tropic of Cancer in Guangxi from Hainan and Leizhou Peninsula Region of Guandong. By using fission-track method to test the age of tectite of Jingxi, its age was determined to be 0.737 Ma from its falldown until now, Its age is roughly the same as those of Leizhou. Indochina, Philippines and Australia etc. They are all the product of the impact event of Asia-Australia distribution area. Because the tectites of this region are commonly considered as the key mark of event stratigraphy of the early age of mid-pleistocene of Quaternary period, the boundary of mid-pleistocene and lower-pleistocene can be divided by these tectites.

Key Words tectite, fission-track method, mark of event stratigraphy, mid-pleistocene, isotopic age.