

“玻璃陨石”的前世今生

作者：陈宏毅^{1,2}，谢兰芳¹，张佳莉^{1,2}

1. 桂林理工大学地球科学学院，桂林 541004；2. 桂林理工大学地质博物馆，桂林 541004

“玻璃陨石”由于奇特的形态，美丽的色泽，加上“扑朔迷离”的身世，在矿物晶体和陨石收藏界一直备受争议，争议的焦点是它是不是陨石？作者个人认为，它是不是陨石不重要，重要的是它是如何形成的？前世是什么？今生又是什么？作者在翻阅大量资料、实地考察和实验的基础上，形成本文，以飨读者。

1900 年 F.E.Suess 据“玻璃陨石”熔融的特征，由希腊语将之转译命名为英语“Tektite”并一直沿用至今。本世纪初，由于这种天然玻璃被认为是地外成因的。因此也曾被称为“Glass Meteorite”，“玻璃陨石”这一中文译名即源于此。

一、有关“玻璃陨石”的几个关键科学问题

1. 陨石的基本概念

地球上的陨石一般是指来自于地球之外的固态物质，被地球引力捕获，高速经过地球大气层时被烧蚀后的残余部分降落在地表的物质。降落于地球上的陨石大部分来源于小行星带，有些特殊类型的陨石可来源于月球和火星，系星际碎片强烈撞击月球和火星表面，而使月球和火星的岩石溅射到太阳系空间，之后极少部分被地球捕获而陨落于地球上的月球或火星的物质。有些陨石包含了太阳系形成初期和有关生命的关键信息，如碳质球粒陨石；还有些陨石是已经形成了核幔壳分异的小行星的碎片，如铁陨石和橄榄陨铁等；因此，陨石对于研究太阳系形成和演化等具有十分重要的科学意义。



图 1 2017 年 7 月 1 日发现于内蒙古巴音戈壁的 L5 型普通球粒陨石，重 28 公斤，现珍藏于桂林理工大学地质博物馆。



图2 月球陨石：月球混合角砾岩，2016 年发现于非洲西北部沙漠，现珍藏于桂林理工大学地质博物馆

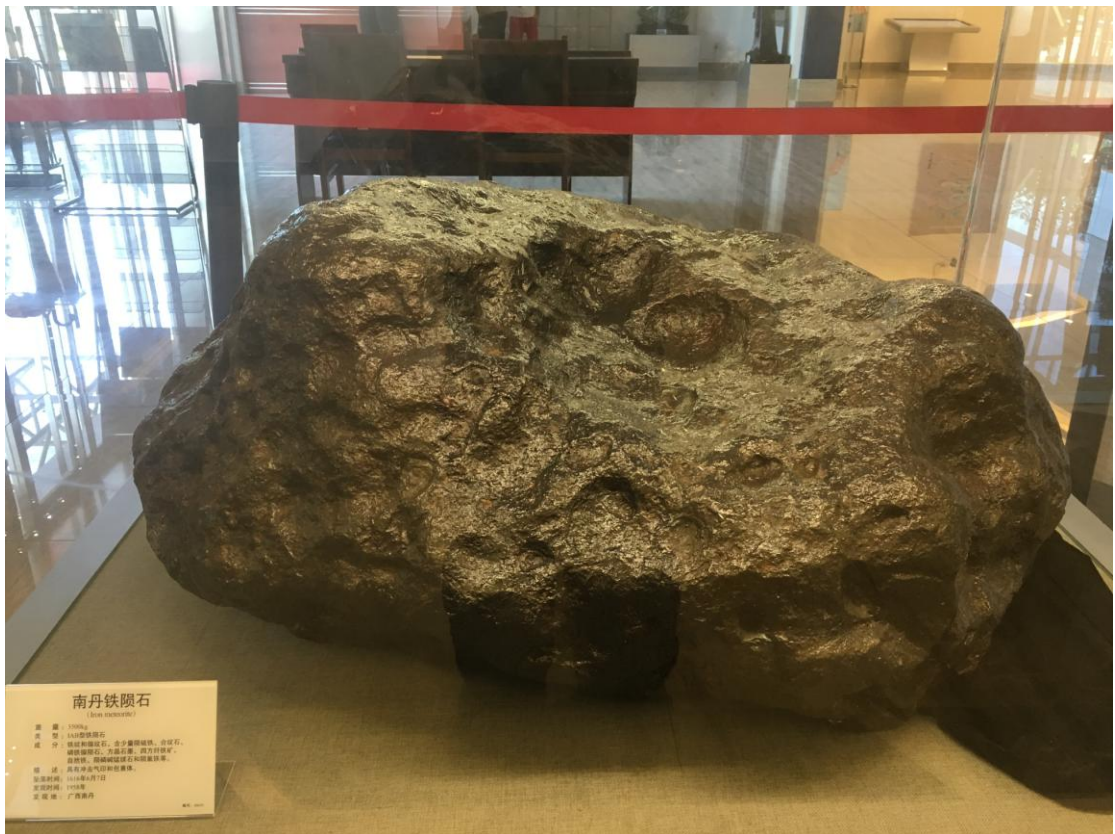


图3 公元 1516 年（明朝万历年间）陨落于广西南丹的铁陨石，重 3.5 吨，现珍藏于桂林理

2. “玻璃陨石”的成因

玻璃陨石的主要成分是玻璃，玻璃在结构上没有结晶，是非晶体，但这种玻璃不是火山玻璃，不是人造的玻璃，也不是太空玻璃，而是地外物质（陨星、彗星等）以高速撞击地球时，造成撞击区岩石的快速熔融，并被抛射到大气中快速冷凝，进而形成形态各异的“玻璃陨石”再降落于地表并沉积在特定地质年代的地层中保留下来。一些被溅射的微小液滴甚至可参与高空大气循环，在远离撞击靶区数千公里之外的地方降落，这些微米级别的颗粒称之为“微玻璃陨石”。

有关“玻璃陨石”的几个有趣的科学问题：

（1）是谁撞击了地球？

在历史上关于玻璃陨石的成因有很多，比如雷击成因说（地球上有一种雷击石，另文论述）、太空玻璃说、陨石撞击成因说和火山玻璃成因说等。各种文章和新闻都有类似的讨论，本文不再赘述，仅介绍主流观点和个人考察研究结论。

目前玻璃陨石为彗星撞击的成因比较为大众所接受。当彗星与地球相撞时，与稠密的大气摩擦发热，因为彗星结构松散，“脏雪球”会迅速挥发膨胀，继而瓦解成碎片，甚至在空中爆炸。由于彗星密度较低($<1\text{g/cm}^3$)，不能侵彻地面很深，但波及面却相当大，爆炸形成物的动量部分传入大气，其余向下传入岩石，“脏雪球”急速膨胀产生的冲击波峰压大大低于同样大小的小行星撞击，但极高的温度足以使地表大面积熔融，熔融后的岩石在地表或者被溅射到低空快速冷凝而形成“玻璃陨石”。玻璃物质及其它抛射物主要以低角度溅射，最终形成玻璃皿状浅坑。如果彗星在空中或太空中发生分裂，由于地球的自转，可能产生数十个撞击点，构成大面积的玻璃陨石分布。由于彗星撞击的成坑能力较差，一般只能形成宽缓而浅的撞击坑。这类撞击坑极易受到造山运动、断裂甚至地表流体、重力风化作用的影响而遭到破坏，因而难以辨认，所以也解释了为什么没有找到玻璃陨石的坑源的原因。

（2）撞击对象是什么？

玻璃陨石的类型与靶源具有十分密切的关系，通过对玻璃陨石的稀土配分模式研究表明，玻璃陨石成分更接近于地表沉积物，源区有可能为页岩和砂岩。这也与玻璃陨石发现的地层岩性相符。当然，不同类型的玻璃陨石的成分不尽相同，靶物质也不会是同一种岩性。



图 4 2007 年 1 月美国加利福尼亚州帕洛马天文台观测到的彗星撞击事件

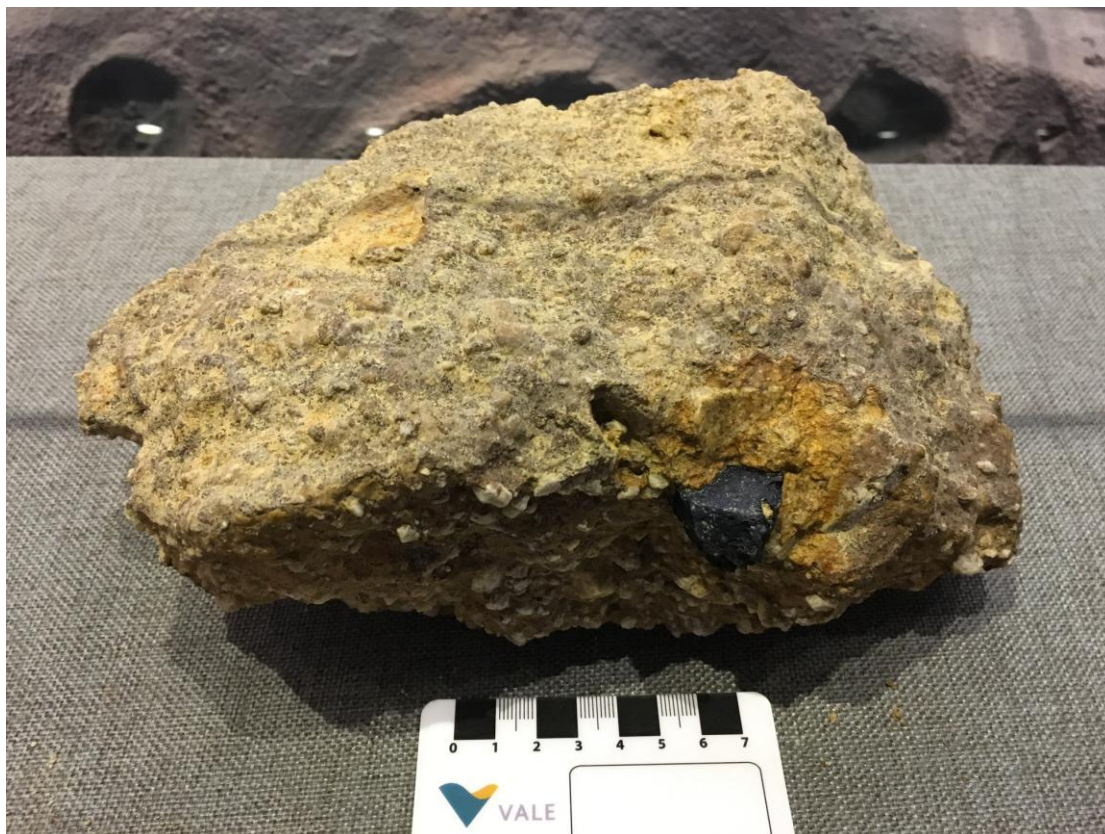


图 5 广东湛江“玻璃陨石”的产出地层岩性，捐赠人：桂林理工大学 1982 级校友冯春光，现珍藏于桂林理工大学地质博物馆

3. 玻璃陨石的类型

玻璃陨石和地球上发现的其他陨石不一样，陨石降落在地球上随机的，没有固定的产

出地层和区域，而玻璃陨石具有明显的产出地层、地理分区和形成年代。

迄今为止，地球上只发现了 4 个玻璃陨石群，因为它们分布在不同的区域，所以称为玻璃陨石散落区 (Tektite Strewnfield)。

它们分别是：①北美散落区(包括得克萨斯州的 Bediasites 和佐治亚州的 Georgia tektites)；②莫尔达维石散落区(包括波西米亚和摩拉维亚两个主要产地，如捷克玻璃陨石)；③象牙海岸散落区(如利比亚玻璃陨石)；④澳大利亚—东南亚散落区(我国的雷公墨分布区)。

北美散落区的玻璃陨石一般呈棕褐色；

莫尔达维石散落区玻璃陨石成墨绿色、翠绿色和橄榄绿色；

象牙海岸散落区的玻璃陨石成浅黄色、黄绿色；

澳大利亚——东南亚散落区玻璃陨石呈墨色、俗称“雷公墨”，形态最为多样，是最大的一个散落区，北到我国西北的陕西、内蒙，南达澳大利亚南部，其中我国广东湛江、茂名、雷州半岛、广西梧州、海南岛等地为主产区。

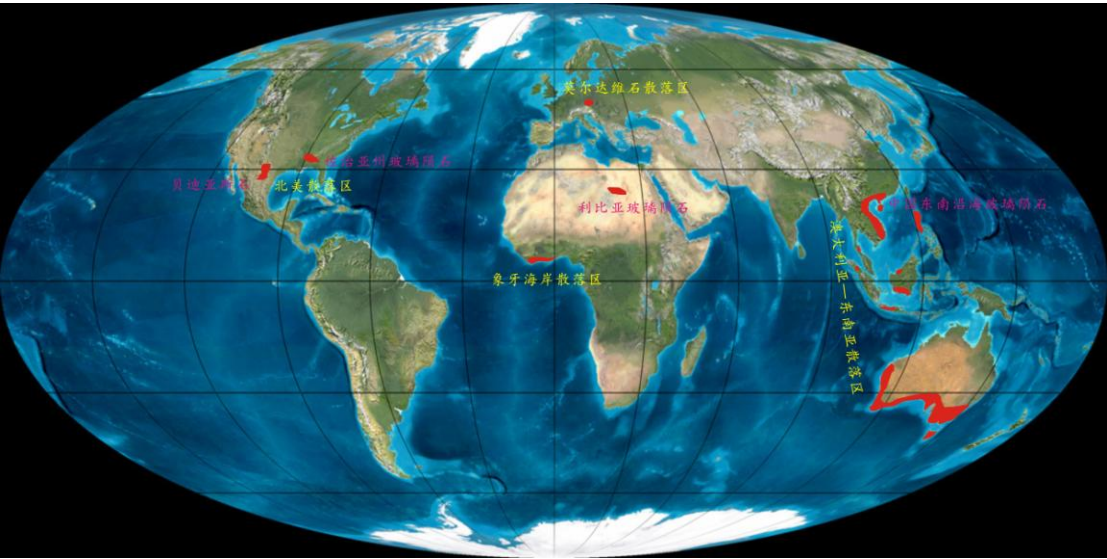


图 6 “玻璃陨石”在全球的分布图



图7 莫尔达维石散落区的玻璃陨石（捷克玻璃陨石），笔者个人收藏



图8 象牙海岸散落区的玻璃陨石（利比亚玻璃陨石），笔者个人收藏



图9 中国东南沿海的玻璃陨石（雷公墨），笔者个人收藏

4. 四种玻璃陨石芳龄几何？

北美散落区、莫尔达维石、象牙海岸散落区和澳大利亚——东南亚散落区的玻璃陨石，它们较公认的形成年龄分别为 $34 \pm 1\text{Ma}$ ， $14 \pm 1\text{Ma}$ ， $1.3 \pm 0.2\text{Ma}$ 和 0.7Ma 。我国东南沿海、琼州半岛和海南岛的“玻璃陨石”是世界上最年轻的玻璃陨石，与澳大利亚的玻璃陨石具有一致的年龄分布，与我国西北地区黄土高原的黄土层中发现的微玻璃球粒也具有一致的年龄分布，大约是 71 万年前形成。每个玻璃陨石群代表了不同的地外物体撞击事件。

从澳大利亚——东南亚散落区玻璃陨石的散落区域范围，收集到的样品数量、形态，以及为玻璃球粒的年龄和成分一致性，说明 71 万年前的彗星撞击事件非常严重，可能是目前所知地球上最大的一次彗星撞击地球事件。

5. 玻璃陨石的形态特征

玻璃陨石的颜色主要有棕黑色到浅绿色，一般为厘米级大小，表面多具空气动力学熔蚀刻痕。形态主要有层状：外形不规则，具清楚的薄层结构；圆球状；椭球状：长的球形，往往一端较大，一端较小。长轴的大于短轴的两倍，垂直长轴的断面为圆形；泪滴状：像拉长的泪滴，长轴大于短轴的三倍以上。垂直长轴的断面为圆形；哑铃状：两端稍有膨大的长棒状；长棒状：一般长 3-5 厘米，截面圆形，截面直径一般小于 1 厘米；透镜状：中间厚边缘变薄；碎胡桃核状；薄片状；瓦片状；不规则状。表面构造主要有刻蚀形态（指表面的圆坑、沟槽、气孔、沟纹、及流动条纹等）和磨蚀形态（将刻蚀形态磨平，使其外形变得光滑平整）。

二、中国的玻璃陨石

中国的玻璃陨石主要分布在海南岛、湛江地区、广西南部沿海地区及百色盆地。中国玻

玻璃陨石裂变径迹年龄主要为 0.65-0.75Ma。海南玻璃陨石成分为 SiO_2 (71.33~75.25%)、 Al_2O_3 (11.5~12.80%), 其次为 Fe_2O_3 、 FeO 、 CaO 、 MgO 、 K_2O 、 Na_2O 等, 陨石中 $\text{Fe}_2\text{O}_3/\text{FeO} < 1$, K_2O 、 Na_2O 含量低, 且 $\text{K}_2\text{O} > \text{Na}_2\text{O}$; 广西玻璃陨石化学成分类似于大陆上的一些砂岩和花岗岩的化学成分, 其特点是 SiO_2 含量高 (约 74%, $\text{Fe}_2\text{O}_3/\text{FeO} = 0.162 \sim 0.197$, Na_2O 和 K_2O 的含量低, 且 $\text{Na}_2\text{O} < \text{K}_2\text{O}$, $(\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O})$ 含量近似于 FeO 。这些特点与我国琼雷地区及印度尼西亚、澳大利亚玻璃陨石相近似。根据地理位置、年龄和化学成分来判断, 中国玻璃陨石归属于澳亚——东南亚群。

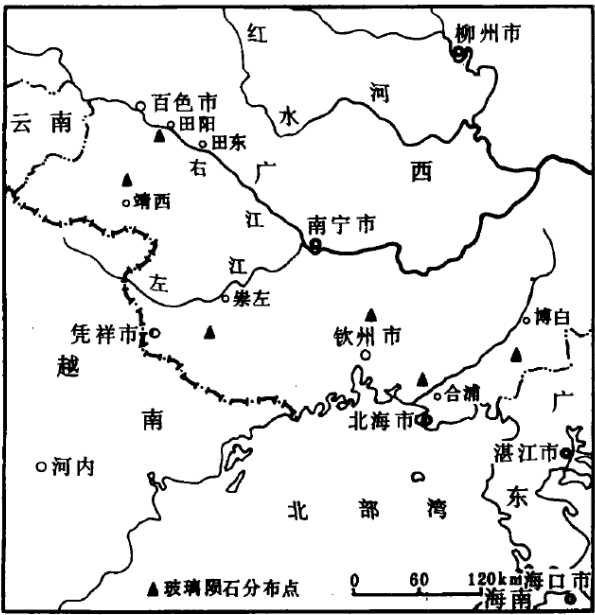


图 10 广西壮族自治区玻璃陨石分布图 (黄志涛, 1995)

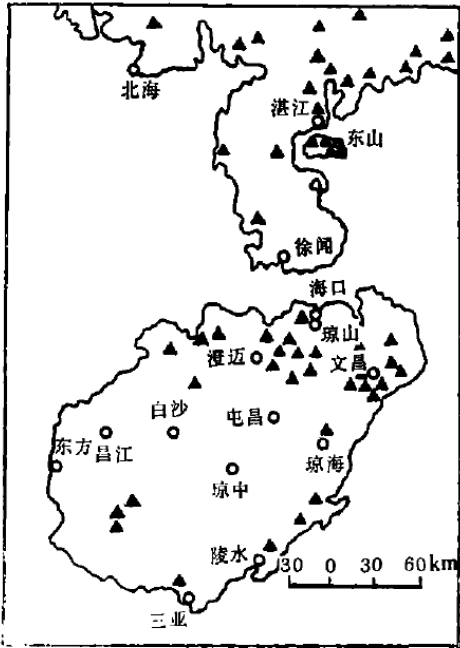


图 11 我国琼雷地区玻璃陨石分布图 (李昌年, 1984)

而在我国北方及其他地方发现的微玻璃陨石被认为是飘落区而非原始的撒布区。微玻璃陨石和玻璃陨石的成分差异较大,主要是母源成分和保存环境不同所致,也有人认为微玻璃陨石表面积大,在形成过程中元素挥发强所致。

【参考文献】

1. 李春来, 1997, 矿物岩石地球化学通报;
2. 林文祝等, 1996, 空间科学学报;
3. 李昌年, 1984, 岩石矿物及测试;
4. 李春来, 1997, 科学通报;
5. 黄志涛等, 2002, 矿物岩石;
6. 廖香俊, 1994, 珠宝科技;
7. 许汉卿, 1983, 地球化学;
8. 欧阳自远, 1976, 地球化学;
9. 黄志涛, 1995, 地质地球化学;
10. 李春来等, 1992, 中国科学(B辑);
11. 朱照宇等, 2001, 地质力学学报;
12. 张虎男, 1991, 海洋地质与第四纪地质;
13. 陈世益, 1996, 广西地质;
14. 袁宝印, 1981, 地质科学;
15. 郭士伦等, 1995, 地质地球化学。

第一作者简介: 陈宏毅(1980.08), 男, 山西长治人, 博士, 副研究员, 现任桂林理工大学地质博物馆副馆长, 研究方向: 陨石学与天体化学。