

太平洋凸缘微玻璃陨石的研究*

彭汉昌

刘正坤

(国家海洋局第一海洋研究所, 青岛 266003) (湖南有色金属研究所, 长沙 410007)

庄世杰

(中国有色金属工业总公司矿产地质研究院, 桂林 541004)

提要 于 1985 年, 一颗独特的凸缘微玻璃陨石被发现于采自北太平洋 ($9^{\circ}33'N$, $167^{\circ}00'W$; 水深 4928m) 深海沉积物中。使用各种分析方法对它的显微特征、微结构和化学成分进行了研究。结果表明, 太平洋凸缘微玻璃陨石的形态和结构与达尔文的凸缘澳大利亚石(或玻璃陨石)和查普曼的人造凸缘玻璃陨石相似, 从而揭示了玻璃陨石和微玻璃陨石的凸缘结构是由空气动力消融作用的产物。这一研究具有重要的理论和实际意义。

关键词 凸缘结构 微玻璃陨石 澳大利亚玻璃陨石 空气动力消融

玻璃陨石起源问题是一个争论近两个世纪且悬而未决的问题, 其假说云云, 但主要集中在地球外源说和地球内源说两种对立观点之中。其中以陨石撞击地球岩石为主要内容的地球内源说似乎在某些方面占优势, 但以月球火山作用为主要内容的外源说并没完全被否定, 因空气动力消融作用形成的达尔文玻璃陨石(现珍藏于伦敦自然博物馆)和模拟它的著名查普曼人工凸缘玻璃陨石一直被视为前一种玻璃陨石起源假说的重要证据, 所形成的陨石空气动力消融原理也一直成为美国航空与航天科学的重要陨石学基础^[1]。

最近, 我们从采自北太平洋深海沉积物中偶然发现了一粒甚为罕见的凸缘微玻璃陨石, 并利用各种分析技术对它的显微特征、微结构特征和化学成分进行了研究。

一、微结构特征

首先, 在一般光学显微镜下对凸缘微玻璃陨石的形态、大小、光泽、折光率等作了细致观察和测定。在实体显微镜下观察, 它为一颗淡黄绿色透明玻璃小球, 其直径为 $223\mu m$ 。在偏光显微镜下使用油浸法测得它的折光率为 1.54, 正交偏光下为全消光。它的凸缘结构和环形波纹清楚可见(图版 I:1)。

为了便于比较, 在图版中还分别展示了达尔文凸缘玻璃陨石(图版 I:2)和查普曼人工凸缘玻璃陨石(图版 I:3)。可以清楚地看到, 它们三者中凸缘形(帽状)外貌和凸缘上的环形波纹都是因在稳定飞行中空气动力消融作用和旋转运动造成的特殊形态和结构。

为了进一步研究太平洋凸缘微玻璃陨石的微结构特征, 我们利用具有高分辨能力的

* 国家自然科学基金资助项目, 4880234。
接受日期: 1991 年 11 月 4 日。

日产扫描电子显微镜 (JSM-35C 型, 加速电压为 25kV, 二次电子像工作束流为 $1 \times 10^{-9} - 10^{-11} \text{A}$) 对它进行了详细观察, 并拍摄了二次电子像照片 (图版 I:4)。由该照片可以看出, 凸缘结构显得尤为逼真, 表面环形波纹、凸起、凹槽清楚可见, 进一步指示出玻璃陨石在稳定飞行中因空气动力消融作用而产生的特殊结构。

另外, 在侧视像下方还可以见到微形撞击坑。它们是在玻璃陨石处于高速运行并受到其它超高速飞行粒子的撞击作用下产生的微结构。

图版 I:5 展示出了其中一个超高速撞击坑的图像。坑周围呈现的白色环带, 是被超高速运行的微粒子撞击-熔蚀生成的“灼蚀环”, 其下方熔融物质流动和下滴的景象依然清楚可见。这一特征进一步证明了凸缘部位应是玻璃微粒稳定飞行的前方位。

上述微结构特征的产生环境只能用地球外源假说方可解释。

二、形成原理

为了研究凸缘微玻璃陨石的形成原理, 我们引用前人的某些研究结果进行对照。美国地球物理学家 Chapman 于 1962 年前后进行了一次模拟实验, 他在 NASA 的艾里斯研究中心, 利用自然玻璃作原料, 在电弧装置中成功地制造出了与生物学家达尔文所发现的凸缘玻璃陨石完全相象的人工凸缘玻璃陨石 (图版 I:3)。由于玻璃陨石在空间所具有的 5.1—8.5km/s 超音速运行状态, 无法在风洞装置中模拟, 只得用电弧热流来加热融化自然玻璃。虽然热流推动实验物的超高(或超音)速仅有 1.0km/s, 但它的总能量(包括内能、动能和机械能)与玻璃陨石运动时的实际能量相同^[1]。

在实验中, Chapman 还对生成人工凸缘玻璃陨石时的消融量进行了精确计算, 并以此推算出玻璃陨石进入地球大气层时的撞入速度为 10—12km/s。这与推算物体从月球抛入地球顶部的撞入速度 11.2km/s 相近^[16]。

另外, 也曾有许多科学家对凸缘澳大利亚玻璃陨石的形成原理及变化过程作过研究^[1-9, 11-15, 18, 19], 一致认为, 玻璃陨石生成后或进入地球大气层之前为一光滑球体, 后来因空气动力消融作用, 逐渐发生形态变化, 即系列性形态变化, 最终变成为钮口状或杏仁状。

图 1 示出了澳大利亚凸缘玻璃陨石形成序列图。图中从 A 到 H 阶段为玻璃球体进入地球大气层后因空气动力消融作用发生的连续变化过程。从中可以看出, 物质首先从前表面损失, 并流向后部; 赤道部位也失去物质, 流向后部。当中心直径部位失去一半或一半以上物质时, 失去的物质全部堆积于它的背风面上, 形成凸缘形态, 有的最终生成钮口状玻璃体。需要指出的是, 并非每一个玻璃陨石都成为最终产物, 它们可能只成为某一阶段的产物。从澳大利亚玻璃陨石降落区中发现了大量不同阶段玻璃陨石。

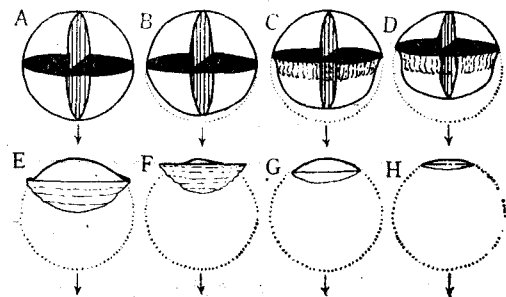


图 1 澳大利亚凸缘玻璃陨石形成序列图

(据 Baker, 1956)

(箭头表示飞行方向)

Fig. 1 Successive stages of flanged australites

对照这一理想序列图可以看出,太平洋凸缘微玻璃陨石相当于 D-E 阶段产物,而达尔文凸缘玻璃陨石和 Chapman 人工凸缘玻璃陨石则相当于 E-F 阶段产物。再结合 Chapman 的模拟实验结果,我们得出结论认为,太平洋凸缘微玻璃陨石同样是空气动力消融作用的产物,它的稳定飞行速度及进入地球大气层顶部的撞入速度不会低于一般宇宙尘微粒的撞入速度(如黄道尘埃的撞入速度为 11.5km/s)。上述该微玻璃陨石表面的特殊结构,也足以证明它在外层空间的飞行速度以及撞击它的超高(音)速粒子的运行速度都是非常惊人的。在超高速飞行状态下,因空气动力消融作用生成凸缘微玻璃陨石的原理是不难理解的。

三、化学成分

利用电子探针测定了太平洋凸缘微玻璃陨石的主要氧化物含量列于表 1,同时还列出了一颗凸缘澳大利亚玻璃陨石(低硅包体部分)和一颗普通澳大利亚玻璃陨石的氧化物含量,以便进行对比。由表 1 看出,太平洋凸缘微玻璃陨石的主要氧化物含量与澳大利亚玻璃陨石基本一致,属于低 SiO₂ 和高 MgO 型玻璃陨石。正如 Glass 等人通过对大量澳大利亚玻璃陨石研究后指出,百分之六十八 SiO₂ 含量值通常为该降落区玻璃陨石 SiO₂ 含量最低界限。同时还指出,澳大利亚玻璃陨石具有较广泛的氧化物含量范围和较高 MgO 含量总特征^[14]。太平洋凸缘微玻璃陨石的 Na₂O, K₂O, TiO₂ 和 MnO 含量都较低,也符合一般玻璃陨石的总化学特征。

表 1 太平洋凸缘微玻璃陨石的电子探针分析结果和对比(%)

Tab. 1 Results of electron probe analysis of Pacific flanged microtektites and comparisons (%)

氧化物	太平洋凸缘微玻璃陨石	凸缘澳大利亚玻璃陨石 ^[15]	普通澳大利亚玻璃陨石 ^[10]
SiO ₂	66.68	60.00	64.76
Al ₂ O ₃	8.05	23.00	13.04
FeO	6.21	6.00	8.63
MgO	12.55	4.00	7.95
CaO	4.28	4.90	2.85
Na ₂ O	0.64	0.70	0.72
K ₂ O	0.25	1.00	1.34
TiO ₂	0.12	1.00	0.71
MnO	—	0.10	—

四、结 论

1. 太平洋凸缘微玻璃陨石具有奇特的形态和结构特征,与达尔文凸缘玻璃陨石和 Chapman 人工凸缘玻璃陨石十分相似。它们都是空气动力消融作用的产物。本研究结果为陨石空气动力消融理论提供了 1 μ m 级陨石消融的证据。

2. 太平洋凸缘微玻璃陨石的主要氧化物含量与凸缘澳大利亚玻璃陨石及普通澳大利亚玻璃陨石相一致,表明它们都是同一玻璃陨石家族的成员。

3. 太平洋凸缘微玻璃陨石的来源似乎用地球外源假说解释较为合理。虽然如此,我

们认为目前人类从地球上找到的玻璃陨石,不能归结为一种起源(地外或地内),两种起源假说都可以成立,主要根据发现物本身的特征而定。

4. 空气动力消融理论具有非常重要的学术价值,既有学术理论意义,又有重要的实际应用性,有益于人类空间工程事业的发展,应当作深入研究。

参 考 文 献

- [1] Baker, G., 1940, Some australite structures and their origin, *Mineral Mag.*, 25:487—494.
- [2] Baker, G., 1944, Flanged of australites, *Mem. Natl. Mus.*, 14(1):7—20.
- [3] Baker, G., 1955, Curvature-size relationships of Port Campbell australites, Victoria, *Proc. R. Soc.*, 67: 165—219.
- [4] Baker, G., 1956, Nirranda strewnfield australites, southeast of Warrnambool, Western Victoria, *Mem. Natl. Mus.* 20:59—172.
- [5] Baker, G., 1958, The role of aerodynamical phenomena in shaping and sculpturing Australian tektites, *Am. J. Sci.*, 256:369—383.
- [6] Baker, G., 1959, Australites from Kanagulk, Telangtuk East, and Toolonda, western Victoria, *Mem. Natl. Mus.*, 24: 69—89.
- [7] Baker, G., 1960, Origin of tektites. *Nature*, 185:291—294.
- [8] Baker, G., 1963, *Form and Sculpture in Tektites*, University of Chicago Press, Chicago, Ill, pp.1—24.
- [9] Baker, G., 1967, Structures of well-preserved australite buttons from Port Campbell, Victoria, Australia, *Meteoritics*, 3: 179—217.
- [10] Chapman, D. R. and Scheiber, L. C., 1969, Chemical investigation Australasian tektites, *J. Geophys. Res.*, 74:6737—6776.
- [11] Fenner, C., 1938, Australites, III. An contribution to the problem of the origin of tektites, *Trans. R. Soc. S. Aust.*, 62: 192—216.
- [12] Fenner, C., 1940, The John Kennett collection, with notes on Darwin glass and bediasites, *Trans. R. Soc. S. Aust.*, 64:305—324.
- [13] Fenner, C., 1949, Tektites in the South Australian Museum with some notes on theories of origin, *Trans. R. Soc. S. Aust.*, 73: 7—21.
- [14] Glass, B. P., 1990, Tektites and microtektites: Key facts and inferences, *Tectonophysics*, 171:393—404.
- [15] Glass, B. P., 1970, Comparison of the chemical variation in a flanged australite with the chemical variation among "Normal" Australasian microtektites, *Earth Plane. Sci. Lett.*, 9:240—246.
- [16] O'Keefe, J. A., 1978, The tektite problem, *Scientific American*, 239(2): 116.—125.
- [17] O'Keefe, J. A., 1976, *Tektites and their Origin*, New york, Elsevier Scientific Publishing Company, p.67.
- [18] Stelzner, A. W., 1893a, Supplementary notes on rock specimens, *R. Soc. S. Aust. Trans.*, 16: 112.
- [19] Stelzner, A. W. 1893b, Ueber eigenthuemliche obsidianbomben aus Australien, *Disch. Geol. Ges. Z.*, 45: 299—319.

STUDY OF A FLANGED MICROTEKTITE COLLECTED FROM THE NORTH PACIFIC

Peng Hanchang

(First Institute of Oceanography, S.U.A., Qingdao 266003)

Liu Zhengkun

(Hunan Research Institute of Non-Ferrous Metals, Changsha 410007)

Zhuang Shijie

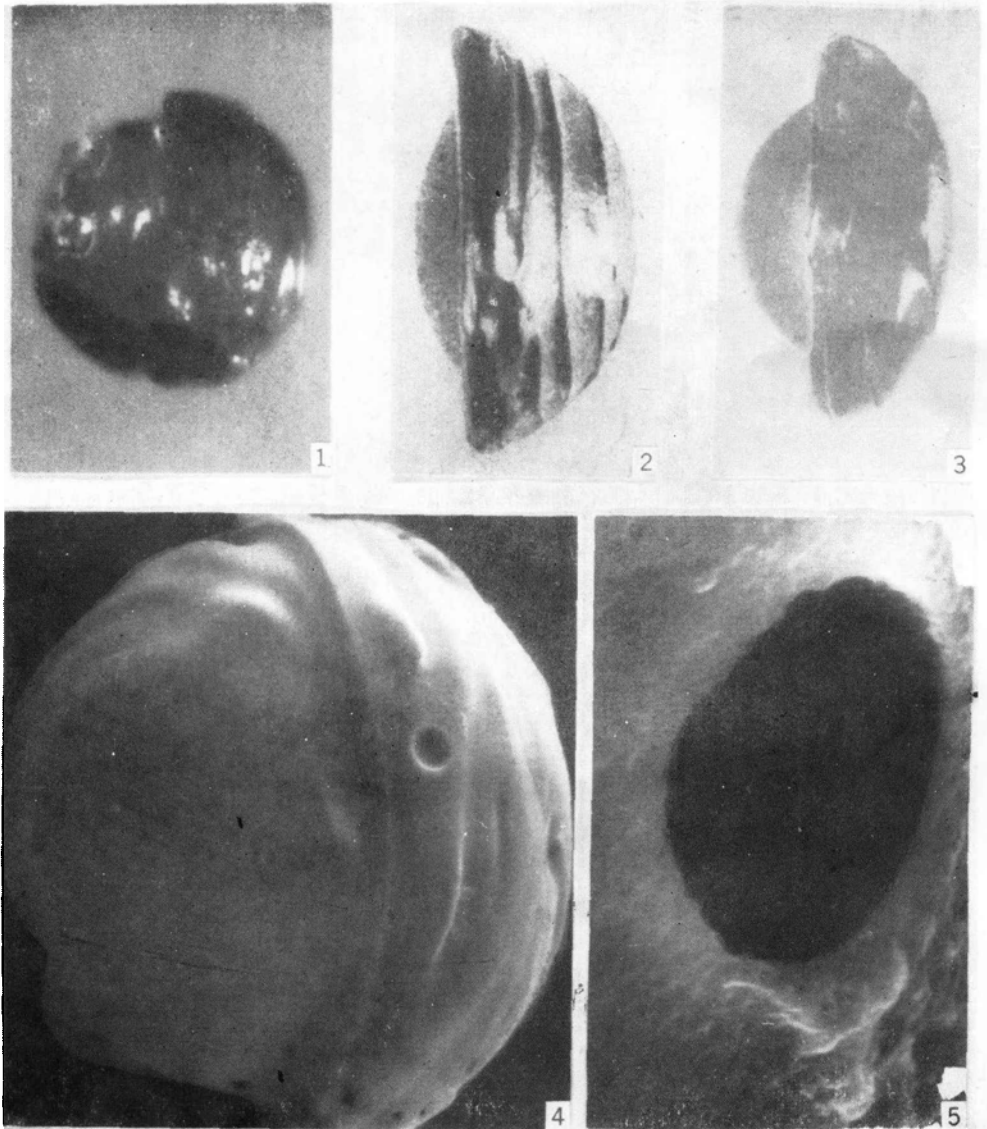
*(China National Non-Ferrous Metals Industry Corporation, Research Institute of Geology for Mineral Resources,
Guilin 541004)*

ABSTRACT

The origin of tektite has long been controversial. Some of scientists maintained that the tektites are of earthly origin, others maintain they are of extraterrestrial origin. The flanged button tektites (flanged australites) found by Charles Darwin and the remarkable australite-like specimens of Dean R. Chapman were believed to be important evidence of the extraterrestrial origin hypothesis.

A rare peculiarly flanged microtektite was found in deep-sea sediment collected from the North Pacific ($9^{\circ}33'N$, $167^{\circ}00'W$; 4928 m water depth). Various analytic methods used to studies the microscopic characteristics, microstructures and chemical compositions showed that the morphology and structures of the Pacific flanged microtektite are similar to Darwin's flanged australite and Chapman's man-made flanged tektite, and that the flanged structure of the tektite and microtektite is produced by aerodynamical ablation. This study is of important theoretical and practical significance.

Key words Flanged structure, Microtektite, Australian tektite, Aerodynamical ablation.



1. 笔者发现于北太平洋深海沉积物中的凸缘玻璃陨石；2. 生物学家达尔文发现于澳大利亚南部塔斯马尼亚岛上的凸缘玻璃陨石、直径为 26mm^[17]；3. 地球物理学家查谱曼在美国航空与航天局艾米斯研究中心，利用电弧装置仿照达尔文凸缘玻璃陨石制造的人工凸缘玻璃陨石；4. 太平洋凸缘微玻璃陨石的扫描电镜二次电子像(×300)，它的表面还布有被其他超高速飞行微粒撞击生成的撞击坑或撞击孔；5. 来自图 4 右下侧的一个超高速粒子撞击孔(×4000)。