

文章编号: 1006-6616 (2001) 04-0296-07

华南玻璃陨石的原生层位及其事件地层学意义

朱照宇¹, 周厚云¹, 乔玉楼¹, 张海祥¹, 梁俊平²

(1. 中国科学院广州地球化学研究所, 广州 510640; 2. 广东省地质矿产局, 广州 510080.)

摘要: 华南大玻璃陨石分布于广西、广东和海南。根据广东西部和海南岛实测的两类含玻璃陨石的地层剖面——第四系北海组与湛江组界线附近的连续剖面和与湛江组顶部剥蚀面相当的原始台地剖面。玻璃陨石从产状来看可分为埋藏的原生撒落型、暴露的原生撒落型和次生搬运型等几类, 赋存的原生层位是北海组中—下部的组内剥蚀面, 而不是北海组与湛江组的界面; 发现了玻璃陨石及其层位附近的某些元素异常以及早更新世晚期—中更新世早期存在的环境事件与灾变, 指出将华南玻璃陨石事件与华北黄土和南海深海盆沉积中的微玻璃陨石进行准确地层对比的必要性, 并从玻璃陨石的研究中引入事件地层学及其与全球变化关联研究的新思路。谨以此文深切悼念我国第四纪地质及第四纪冰川地质的优秀科学家吴锡浩先生。

关键词: 华南玻璃陨石; 原生撒落型; 次生搬运型; 原生层位; 事件地层学

中图分类号: P534.63⁺1

文献标识码: A

0 前言

华南玻璃陨石(“雷公墨”)是中国唯一一种大玻璃陨石(以下简称玻璃陨石), 长度一般为1cm~6cm。现有研究资料表明, 玻璃陨石分布地区大致在广西壮族自治区的北海、合浦、博白、横县、平果、贵港、靖西、田东和百色, 广东省的廉江、化州、茂名、阳江、电白、吴川、遂溪、湛江和徐闻以及海南省的文昌、定安、琼海、万宁、陵水、乐东、东方等地, 范围大致为东经106°20′~111°30′, 北纬18°20′~23°55′^[1~12]。

近70年来玻璃陨石的科学研究主要集中于其本身的年龄、成分和成因方面^[13~20], 而华南玻璃陨石具有地层学意义^[7~10, 19, 21, 22]这一客观地质特点早已得到国内学者的关注。近年来我国学者袁宝印^[23]、吴锡浩^[24, 25]、李春来^[27]等在黄土中发现了微玻璃陨石, 结合深海沉积中微玻璃陨石的发现^[27, 28], 使这一天文事件的地层意义及古环境意义得到进一步重视。

收稿日期: 2001-08-28

基金项目: 广东省自然科学基金(970562)和国家自然科学基金(40072057、49894170)

作者简介: 朱照宇, (1950—), 男, 博士, 研究员, 兼任中国科学院地球环境研究所黄土与第四纪地质国家重点实验室客座研究员和华南师范大学兼职教授, 主要从事第四纪与全球变化研究。

因此，我们提出玻璃陨石事件地层学与全球变化关系研究的思路^[29, 30]，籍此给国际玻璃陨石研究和全球变化研究增添新的内容。

已有研究的资料表明，华南大玻璃陨石的年龄（ $0.7\text{Ma} \pm 0.1\text{Ma}$ ）氧同位素比值（ $8.9\% \sim 11.0\%$ ）及化学成分等与泰国、菲律宾和澳大利亚等地的大玻璃陨石相近，因此，它们应当同属于澳大利亚—东南亚玻璃陨石撒落区。目前主流观点认为，玻璃陨石是一种由地外物体撞击地球、使地球表面物质产生高温熔融并向外溅射经快速冷凝而形成的玻璃物质，但也有学者认为是月球成因的。但是，不论成因如何，它是一次重大的天文地质事件，并与地球动力学系统之间存在可能的关联，其中关键问题在于其原生层位。

1 华南大玻璃陨石的原生层位

1.1 原生玻璃陨石的概念

我们定义玻璃陨石的“原生”概念是指玻璃陨石撒落地面后没有被地球外营力作用搬离原来撒落的沉积层位或原地貌部位，或在极短暂的时间内（没有沉积作用的情况下）滚落并停留在当时的最低的地貌表面上，其后，它们或是被新的沉积物覆盖，或是其赋存的层位和地面被整体抬升而遭受侵蚀或剥蚀。若被地质动力作用搬运而离开原来撒落的部位，并沉积到新的地层中或是滚落到新的地貌部位的玻璃陨石，应视为“次生”的。因此，我们可根据产状将玻璃陨石划分为“原生散落型”和“次生搬运型”两种。显然，玻璃陨石的原生层位实质上是指玻璃陨石撒落时的下伏沉积层或地貌面的层位。

根据我们和多数学者的野外考察，在华南沿海一带，玻璃陨石多见于海拔 30m ~ 40m 的台地或 3 ~ 4 级（海积或河流）阶地的表面或层位中，也见于海拔 100m ~ 300m 的由花岗岩、砂页岩等基岩及其风化壳组成的丘陵，部分见于二级、一级阶地或现代河谷和海滩沉积中以及玄武岩夹层中^[4, 7~10, 19, 22]，个别见于溶洞堆积中（如海南岛崖县落笔洞）^[8]。

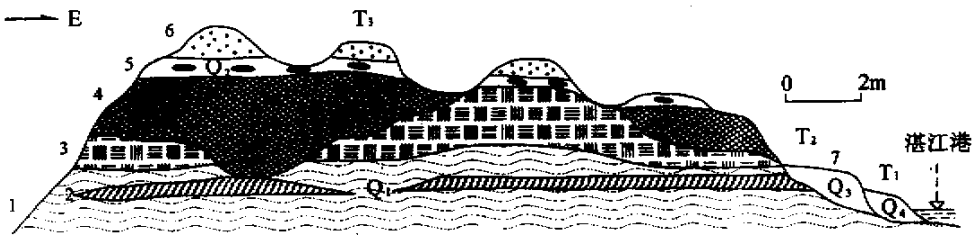


图 1 埋藏型原生玻璃陨石层位的实测剖面图（广东湛江开发区）

Fig.1 The measured section of initial stratum with buried tektite in the Development Region of Zhanjiang City, Guangdong Province

- 1. 灰色薄层状粘土；2. 杂色砂层；3. 杂色粘土层；4. 棕红色砂 - 砂砾石层；5. 含玻璃陨石的深褐红色铁质砂层；6. 红色 - 砖红色粉砂、砂及含砾砂层；7. 黄色 - 黄灰色砂层
- Q₁. 湛江组；Q₂ (T₃). 北海组（第三级阶地）；
- Q₃ (T₂). 上更新统（第二级阶地）；Q₄ (T₁). 全新统（第一级阶地）

① 朱照宇，华南玻璃陨石的事件地层学，“大陆物质演化及其对华南沿海资源与环境的影响学术讨论会”论文摘要汇编，广州，1997，26。

1.2 埋藏的原生撒落型玻璃陨石

主要产于广义的中更新统北海组之中。北海组在沿海近海地带主要为滨海沉积相，在沿海内陆主要为冲积-洪积相，但其总体剖面结构均可分为上下两段：上段以红色-砖红色粉砂、砂、含砾砂为主，粒度较细，分选较好；下段以红色-棕红色含砾砂和砂砾石为主，粒度较粗，分选中等。玻璃陨石主要赋存于下段的顶部，其形态完好，基本无后期水动力磨圆作用，表面较新鲜，粒径与其上下层位的沉积物完全不同，且常与铁质结核、“铁豆砂”及硅铝质结核等相伴生，在剖面上极为明显。北海组之下常伏有下更新统湛江组杂色（网纹）粘土-砂层，两个组的特点不同，易于区别。这些剖面见于我们所调查的广东湛江赤坎和东海岛、吴川塘尾、海南省海口永庄、文昌大致坡、东方八所等地^[9,18~20]（图1）。有些文献认为玻璃陨石位于北海组底部或底层与湛江组交界处^[10]，据我们观察，这是因为北海组下段缺失的缘故。因为湛江组与北海组之间呈微角度不整合或侵蚀不

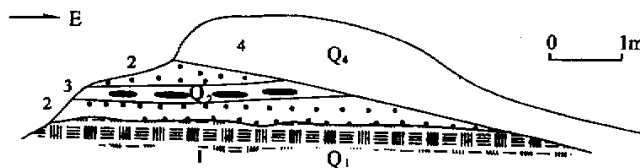


图2 埋藏型原生玻璃陨石层位的实测剖面 (广东湛江赤坎砖瓦场)

Fig.2 The measured section of initial stratum with buried tektite in Chikan brickfield of Zhanjiang City, Guangdong Province

- 1. 湛江组 (Q₁) 杂色粘土; 2. 北海组 (Q₂) 粉砂-砂-砂砾石;
- 3. 含玻璃陨石层位; 4. 全新统 (Q₄) 风成砂

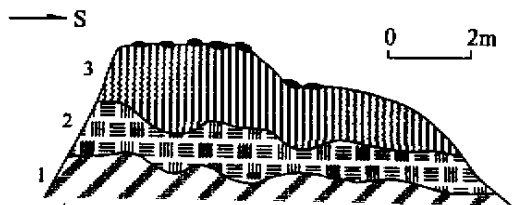


图3 暴露型原生玻璃陨石层位的实测剖面图 (广东茂名西部)

Fig.3 The measured section of initial stratum with exposed tektite in the West part of Maoming City, Guangdong Province

- 1. 上新统砂页岩; 2. 红色-杂色风化壳; 3. 含玻璃陨石的褐红色铁铝质风化壳

整合，因此，不仅北海组可以覆盖在湛江组的不同层位上，而且由于湛江组顶面的起伏而造成局部地段北海组下段沉积的缺失（图1）。在有些剖面上，由于北海组上段被后期侵蚀作

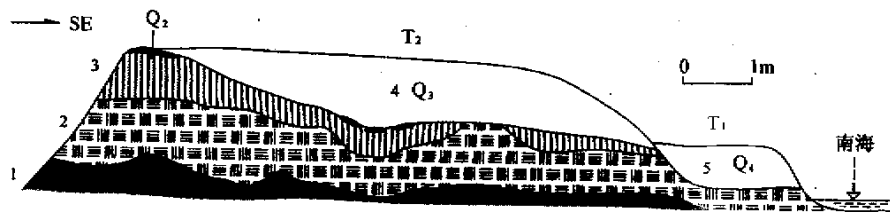


图4 暴露型原生玻璃陨石层位的实测剖面图 (广东吴川覃巴)

Fig.4 The measured section of initial stratum with exposed tektite in Qinba Town, Wuchuan County, Guangdong Province

- 1. 寒武系弱风化变质岩; 2. 杂色风化壳; 3. 含玻璃陨石的褐红色铁铝质风化壳 (Q₂);
- 4. 上更新统灰红-黄色海相砂层 (T₂: 第二级阶地); 5. 全新统黄色海相砂层 (T₁: 第一级阶地)

整合，因此，不仅北海组可以覆盖在湛江组的不同层位上，而且由于湛江组顶面的起伏而造成局部地段北海组下段沉积的缺失（图1）。在有些剖面上，由于北海组上段被后期侵蚀作

用夷平，使较为坚硬的含玻璃陨石的层位直接暴露于地表（图 1）；而在有些剖面上，暴露于地表的玻璃陨石层位又被更晚的黄（红）色—灰黄色沉积物（上更新统或全新统）覆盖（图 2）。迄今为止，尚未在典型的湛江组杂色粘土及其以下的原生层位中发现玻璃陨石的报道。

1.3 暴露的原生撒落型玻璃陨石

本类型玻璃陨石主要见于较为平缓开阔的 3~4 级台地上。玻璃陨石形态完好，基本无后期水动力磨圆作用，表面常因风化作用呈灰色，一般与红—褐色褐铁矿化角砾、硅铁结核或板结层或残坡积砂砾层共生暴露于地表，其下为红—褐色半胶结含角砾风化层，再下为杂色（网纹）风化粘土层，最下部为半风化—弱风化—未风化基岩（火成岩、变质岩、沉积岩以及新近系半胶结砂页岩）；这些台地与北海组属同一高度、同一时代的轻微剥蚀台地，见于广东省吴川覃巴、塘符（图 3）电白七径和茂名西部等地^[9, 17~19]。在有些剖面上，由于海侵作用，这一剥蚀面和玻璃陨石被晚更新世海相砂层覆盖，但现今它又成为二级阶地（图 4）。与埋藏型相反，在时代更老、海拔更高的台地上也见有玻璃陨石分布，但数量较少，并且它们也属原生撒落型。

1.4 次生搬运型玻璃陨石

在比北海组年轻的不少地区的阶地（如一级阶地、二级阶地、晚更新世“老红砂”等）或台地表面，甚至在阶地沉积剖面的中间（层位中），可见到玻璃陨石的产出，如海南东方八所、广东吴川塘尾等地均有见及；以往有些文献也提到这一现象^[4, 7, 8, 10]。这些玻璃陨石分布更为零散，形态或缺不全或经后期水动力磨圆作用，表面常呈毛玻璃状，其粒径与同层沉积物（多为砂砾石）相仿，沉积物多呈黄（红）色—灰黄色—灰白色，表层红色风化层厚度一般小于 1m。这是一种被搬运过或被改造过的次生搬运型玻璃陨石的特征。

2 玻璃陨石事件地层学

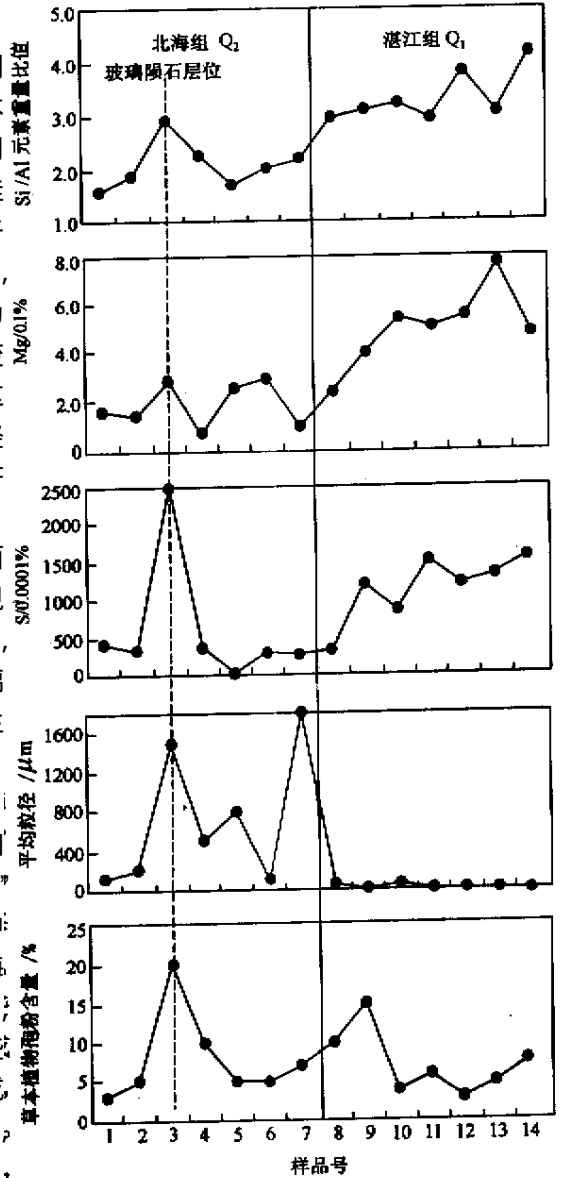


图 5 广东沿海北海组及其与湛江组界限附近若干古环境指标

Fig. 5 Some paleo-environment indicators near the boundary between Zhanjiang Formation and Beihai Formation along the coast of Guangdong Province

和古生物异常提出了玻璃陨石事件与古气候可能有关联。20世纪90年代初,作者也曾提出玻璃陨石天文事件与地球动力学系统之间的可能关联^[32,33]。与此同时,我国学者在北方黄土中也发现了微玻璃陨石^[23~26],并研究了其赋存层位的元素、同位素和磁化率并发现了异常^[35,36]。从对广东湛江地区的玻璃陨石原生层位进行的环境指标初步分析结果表明(图5),北海组中部含玻璃陨石层位的若干化学元素发生了异常变化,其Si/Al比值、Mg和S含量明显增高,尤其是S含量比北海组本身其他层位的含量高一个数量级,比湛江组的也高出70%左右,这反映了一种较为异常的还原条件以及大气成分的变化。由于玻璃陨石的加入,使得该层位的平均粒径加大,显示了侵蚀作用的强弱变化。草本植物孢粉含量的增高,显示了当时较为干旱的气候。这似乎暗示着玻璃陨石天文事件与全球变化突发事件(古气候、古磁场、新构造等)之间存在着某种关联。换言之,原生玻璃陨石层位可以作为距今0.7Ma~0.8Ma事件地层的标志层,用于地层对比、划分以及标定不同地质事件的年代,例如人类古文化的划分问题^[37]。事实上,真正的有意义的古环境变化的界限是在北海组和湛江组之间,比玻璃陨石原生层位要低(图5),这表明撞击事件可能并不一定是巨大界限环境变化的直接原因,其动力学及相互关系尚待研究。

这里,至关重要的问题仍然是玻璃陨石的确切年龄问题,即其赋存的原生层位及其年龄问题。这一问题在20世纪50年代已经提出,当时玻璃陨石发现于现代和晚更新世地层中^[38]。20世纪80年代有些学者根据玻璃陨石年龄认为澳洲高原(0.830Ma BP)老于印度支那和菲律宾高原(0.693 Ma BP)^[38];20世纪90年代在华北发现黄土中微玻璃陨石赋存层位是L₈上部,位于B/M之上,约0.72Ma BP,然而在低纬度海洋中,如印度洋、南海等地的深海盆沉积中的微玻璃陨石层却位于B/M之下,约0.8Ma BP^[39,40]。这种陆地层位和海-陆层位对比的不一致性,应当进一步深入研究和讨论,才能真正理解澳洲和亚洲玻璃陨石事件的全球变化的动力学关联问题以及一些更深层次的问题。

3 结语

华南玻璃陨石,以产状来划分,可分为埋藏的原生撒落型、暴露的原生撒落型和次生搬运型等几类。玻璃陨石赋存的原生层位是北海组中-下部的组内剥蚀面及其与湛江组顶部剥蚀面相当的原始台地面,而不是北海组与湛江组的沉积界面,玻璃陨石及其层位附近的若干元素和同位素异常反映了早更新世晚期-中更新世早期存在的环境事件与灾变。原生玻璃陨石层位可以作为距今0.7Ma~0.8Ma的事件标志层用于地层对比、划分以及标定不同地质事件的年代,进一步深入研究和讨论原生玻璃陨石层位的陆地和海-陆层位对比的不一致性,可能会得出一些有意义的结论。

谨以此文深切悼念我国新生代地质科学研究的优秀科学家吴锡浩先生,他在新生代地质事件(含玻璃陨石等天文事件)的气候与构造因素控制作用和古环境演变的内、外地质动力学方面的研究成果,给我们留下了丰富的遗产,并给予作者极大的启迪和帮助。

参 考 文 献

- [1] 章鸿钊. 石雅[J]. 地质专报乙种第二号. 1927, 412~413.
- [2] Lacroix M A. Nouvelles observations sur la distribution des tectites en Indochine et dans les pays voisins [J]. Comptes Rendus de

l'Academie des Sciences. 1931, 192 (26): 1685 ~ 1689.

- [3] Lacroix M A. Les tectites de l'Indochine et de ses abords et celles de la Cote d'Ivoire [J]. Arch. Mus. Nat. Histoire Nat. , 6th ser. 1935, 12 : 151 ~ 170.
- [4] 李达明. 雷州半岛与海南岛玻璃陨石——雷公墨的调查与初步研究 [J]. 地质科学, 1963, (1): 42 ~ 49.
- [5] 中国科学院原子能研究所, 贵阳地球化学研究所协作组. 用裂变径迹法测定白云母和玻璃陨石的年龄 [J]. 地球化学, 1976, (2): 148 ~ 156.
- [6] 严正, 袁宝印, 叶莲芳. 海南岛玻璃陨石 (雷公墨) 裂变径迹年龄的测定 [J]. 地质科学, 1979, (1): 37 ~ 42.
- [7] 袁宝印, 叶莲芳. 雷公墨的地层年代学研究 [J]. 科学通报, 1979, 24 (6): 171 ~ 173.
- [8] 陈华堂. 玻璃陨石在琼雷地区地貌第四纪研究中的意义 [J]. 热带地理, 1981, (2): 1 ~ 5.
- [9] Zheng Honghan, Zhu Zhaoyu, Wang Junda, et al. Tropical quaternary deposits along the coast of southeast China [M]. Hefei : Press of University of Science and Technology of China, 1991. 1 ~ 40.
- [10] 张虎男, 陈伟光, 李子权, 等. 粤西玻璃陨石的发现及其断代意义 [J]. 海洋地质与第四纪地质, 1991, 11 (4): 101 ~ 108.
- [11] Futrell D S, Wasson J T. A 10.8kg layered (Muong-Nong-type) tektite from Wenchang, Hainan, China [J]. Meteoritics, 1993, 28 : 136 ~ 137.
- [12] 张峰, 黄志涛, 莫进尤. 广西博白县及百色盆地玻璃陨石裂变径迹年龄研究 [J]. 科学通报, 1994, 39 (15): 1396 ~ 1398.
- [13] 袁宝印. 海南岛雷公墨 (玻璃陨石) 起源问题的初步探讨 [J]. 地质科学, 1981, (4): 329 ~ 337.
- [14] 欧阳自远, 宗普和, 易惟熙. 海南岛玻璃陨石中某些微量元素组成 [J]. 地球化学, 1976, (2): 144 ~ 147.
- [15] 严正, 袁宝印, 叶莲芳. 海南岛玻璃陨石和第四纪玄武岩氧同位素特征 [J]. 地质科学, 1983, (4): 387 ~ 391.
- [16] 欧阳自远. 天体化学 [M]. 北京: 科学出版社, 1988. 290 ~ 310.
- [17] 郑洪汉, 黄宝林, 高三玫. 琼雷地区玻璃陨石的化学组成和热释光特征初步研究 [J]. 科学通报, 1990, 35 (4): 282 ~ 284.
- [18] 朱照宇. 华南玻璃陨石显微结构与包体成分初探 [A]. 见: 刘东生等主编. 黄土·第四纪地质·全球变化, 第三集 [C]. 北京: 科学出版社, 1992. 161 ~ 167.
- [19] Zhu Zhaoyu et al. The quaternary geology and modern tropical landscape along the coast from Guangzhou to Zhanjiang of south China [M]. Beijing : Geological Publishing House, 1996.
- [20] 李春来, 欧阳自远. (微)玻璃陨石研究进展 [J]. 科学通报, 1997, 42 (16): 1681 ~ 1695.
- [21] 葛同明, 樊利民, 徐行, 等. 雷琼地区湛江组、北海组的古地磁学研究 [J]. 海洋地质与第四纪地质, 1994, 14 (4): 61 ~ 69.
- [22] 袁宝印, 叶素娟, 蒋忠信, 等. 论华南地区红土地层问题 [A]. 见: 刘加麒、袁宝印主编. 中国第四纪地质与环境 [C]. 北京: 海洋出版社, 1997. 56 ~ 67.
- [23] 袁宝印, 赵慧敏, 张家云. 黄土中微玻璃陨石的发现及其意义 [J]. 科学通报, 1989, 34 (22): 1725 ~ 1728.
- [24] 吴锡浩, 徐和聆, 邓寄温, 等. 陕西蓝田黄土地层中的两次天文地质事件记录 [J]. 科学通报, 1991, 36 (23): 1799 ~ 1802.
- [25] 吴锡浩, 徐和聆, 邓寄温, 等. 新近系—第四系界面撞击事件研究的新进展 [J]. 地质力学学报, 1996, 2 (1): 8 ~ 15.
- [26] 李春来, 欧阳自远, 刘东生, 等. 黄土中微玻璃陨石和微玻璃球的发现与意义 [J]. 中国科学 (B 辑), 1992, (11): 1210 ~ 1219.
- [27] Glass B P. Microtektites in deep-sea sediments [J]. Nature, 1967, 214 : 372 ~ 374.
- [28] 赵泉鸣, 翥知混, 李保华, 等. 南沙深海沉积中的中更新世微玻璃陨石 [J]. 中国科学 (D 辑), 1999, 29 (1): 45 ~ 49.
- [29] Glass B P, Cheeze B. Tektites and geomagnetic reversals [J]. Nature, 1967. 214 : 372.
- [30] Glass B P. Possible correlations between tektite events and climatic change ? [J]. Geological Society of America, 1982, Special paper 190 : 251 ~ 255.
- [31] Scheider D A, Kent D V, Mello G A. A detailed chronology of the Australasian impact event, the Brunhes-Matuyama Geomagnetic polarity reversal, and global climate change [J]. Earth Planet Sci. Lett. , 1992, 111 : 395 ~ 405.

- [32] 朱照宇, 张国梅, 王俊达, 等. 华南沿海 B/M 界线附近的群发地质事件 [J]. 海洋地质与第四纪地质, 1993, 13 (3): 33 ~ 42.
- [33] Zhu Zhaoyu. The Chinese tektite event [J]. Eos (American Geophysical Union), 1994, 75 (25): 25.
- [34] 欧阳自远, 管云彬. 巨大撞击事件诱发古气候旋回的初步研究 [J]. 科学通报, 1992, 37 (9): 829 ~ 831.
- [35] 李春来, 林文祝, 欧阳自远. 黄土中 0.7Ma 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 [J]. 科学通报, 1994, 39 (7): 629 ~ 632.
- [36] Hou Yamei, Potts R, Yuan Baoyin, et al. Mid-Pleistocene Acheulean-like stone technology of the Bose Basin, South China [J]. Science, 2000, 287: 1622 ~ 1626.
- [37] Cassidy W A. Australite investigations and their bearing on the tektite problem [J]. Meteoritics, 1956, 1: 426 ~ 437.
- [38] Storzer D, Wagner G A. Australites older than indochinites: Evidence from fission-track plateau dating [J]. Naturwissenschaften, 1980, 67 (2): 90 ~ 91.
- [39] Zhou L P, Shackleton N J. Misleading positions of geomagnetic reversal boundaries in Eurasia loess and implications for correlation between continental and marine sedimentary sequences [J]. Earth and Planetary Science Letter, 1999, 168: 117 ~ 130.
- [40] 王吉良, 赵泉鸿, 成鑫荣, 等. 南海中更新世微玻璃陨石事件的年龄估算: 海陆对比复杂性的一个例证 [J]. 科学通报, 2000, 45 (23): 2558 ~ 2562.

INITIAL STRATA OCCURRENCE OF THE SOUTH CHINA TEKTITE IN STRATA AND ITS IMPLICATION FOR EVENT-STRATIGRAPHY

ZHU Zhao-yu¹, ZHOU Hou-yun¹, QIAO Yu-lou¹, ZHANG Hai-xiang¹, LIANG Jun-ping²

(1. Guangzhou Institute of Geochemistry, Chinese Academy of Sciences, Guangzhou 510640, China ;

2. Guangdong Bureau of Geology and Mineral Resources, Guangzhou 510080, China.)

Abstract : The South China tektite, especially a type of big tektite, is solely found in Chinese continent at the early time, belonging to Asia-Australia strowed area. The tektites were distributed in the areas of Guangxi, Guangdong and Hainan Provinces. According to the investigations in two types of the stratigraphic profiles, which are the boundary section of Beihai Formation and Zhanjiang Formation and the section of weathering crust on the 3rd tableland, it is suggested that there are three type of big tektites in South China continent, which are imbeded-initial-strowed type, exposed-initial-strowed type and deuterogenic moved type; the initial occurrence of the South China tektite in strata is in the middle horizon within Beihai Formation, which is the erosion surface on the top of the lower part of Beihai Formation, but not on the top of Zhanjiang Formation. The chemical compositions, average grain size and the palynology characteristics indicate that a series of geological events occurred in the period of 0.1 ~ 0.8 MaBP, so that the tektite event and its initial stratum are a good time scale for the correlation of marine and continental event-stratigraphy as well as the global geodynamics. This paper is in memory of Prof. Wu Xihao who was an excellent scientist in the field of Neozoic geology.

Key words : South China tektite; initial-strowed type; deuterogenic-moved type; initial strata; eventstratigraphy