文章编号: 1009-3850(2004) 02-0101-05

天文事件与二叠纪末联合古陆解体

傅 恒[1], 李雪兰[2], 邝碧湘[3]

(1. 成都地质矿产研究所, 四川 成都 610082; 2. 中国石化西北分公司研究院, 新疆 乌鲁木齐 830011; 3. 新疆地质矿产局第 7 地质大队, 新疆 乌苏 833200)

摘要: 二叠纪末发生了全球规模的剧烈变化, 这种变化表现为古地磁逆转、古气候改变、显生宙规模最大的海退、缺氧事件、火山活动、地球化学异常及地史上规模最大的生物集群灭绝。 全球二叠纪/三叠纪界线附近陆续发现了陨星撞击抛射物(微球粒) 和不同程度的 Ir 等地球化学异常, 表明二叠纪末发生了陨星撞击地球的天文事件。 联合古陆从三叠纪开始解体, 联合古陆解体的过程实际上就是特提斯洋缩小直至消亡的过程, 也就是特提斯洋周缘板块聚合的过程。 陨星撞击点可能位于二叠纪末特提斯洋北部, 最终导致了特提斯洋消亡及联合古陆解体。

关 键 词: 天文事件; 二叠纪末; 联合古陆解体
中图分类号: P541 文献标识码: A

陨星撞击作用是太阳系各星球已知最基本的“地质”作用, 地球大约每6500万年要发生一次灾难性的陨星撞击事件[1]。撞击事件的瞬时性和高能量特征, 在以渐变为主的地球演化史中构成灾变事件, 是地质历史中生物、沉积、岩浆、构造等演化的重要营力[2]。

1 二叠纪末的天文事件

二叠纪末地球曾经历全球规模的剧烈变化。地磁极性发生逆转, 由石炭—二叠纪的极性反向优势逆转为三叠—白垩纪的极性正向优势。而全球气候由冷变暖、由湿变干, 二叠纪冈瓦纳出现的大规模冰川在三叠纪消失。前苏联和美国都记录了二叠纪末规模空前的海退, 全球陆地区被海水覆盖率由二叠纪初的40%降至二叠纪末的10%以下[3]。

随着二叠纪末大海退之后的迅速海侵, 还发生了全球性的缺氧事件。发育富含有机质、黄铁矿的暗色泥质岩, 底栖生物贫乏或侏儒化, 生物分异度极低。湖北黄石二叠系/三叠系界线粘土层中发现大量古菌类, 指示生存环境极端缺氧或高温[3]。

二叠纪末在西伯利亚及其周边出现了规模宏大的暗色岩岩浆活动区, 分布面积超过$150\times 10^4 km^2$, 体积为$200\times 10^4 km^3$。若考虑暗色岩的剥蚀及其在周边的延伸, 暗色岩的体积可能加大 1 倍, 估计最大体积可能为$1600\times 10^4 km^3$[3,4]。在南非及我国华南此时也发生过强烈的火山活动[3]。

俄罗斯地台沉积岩记录了二叠纪末的$CaSO_3$及Sr的高异常, 这些地球化学异常与全球稍后的 $\delta^{34}S$ 正突跳(三叠纪早期的罗特事件——缺氧事件) 有关联, 构成了海洋史上灾变性的化学事件。此外, 在我国浙江、四川、广西、湖北、陕西、江西及意大利、奥地利希腊、亚美尼亚、伊朗、巴基斯坦、印度、尼泊尔等地的二叠系/三叠系界线附近还出现了 $\delta^{13}C$ 和 $\delta^{18}O$ 的大变动(负偏)[3]。

二叠纪末发生了地史上规模最大的生物集群灭绝, 生物最后灭绝总量及净减量达到了最大值。主

收稿日期: 2003-11-28

要无脊椎动物化石群科的灭绝量在海百合、腕足、珊瑚、苔藓及有孔虫等科达到了最大值,三叶虫全部灭绝。全球科一级减少52%,种一级减少90%以上,我国华南灭绝率达90%~100%[3]。

一些学者在全球不同地点的二叠系/三叠系界线附近发现了陨星撞击的直接证据。何锦文等(1985)在浙江长兴煤山二叠系/三叠系界线发现了5类微球粒,认为其中2类(富钾的铝硅酸球粒和光滑球粒)可能来自地外,是陨击事件的抛射物,而其它地内成因的微球粒(黄铁矿球粒和鲕绿泥石球粒)也与地外(缺氧)事件有密切关系[5]。高振刚等(1987)在四川广元上寺二叠系/三叠系界线发现了3类微球粒,认为其中的硅质微球粒可能是地外物质在空中下落过程中的残留物,铁质微球粒部分来源于地外。微球粒可能形成于一种超高温特快速冷的物理环境,并推测二叠纪末可能发生过极其强烈的撞击事件[6]。王尚彦等(2001)在滇黔地区陆相二叠系/三叠系界线发现了2类球粒,其中硅质球粒的化学成分与普通微玻璃陨石非常接近,很可能是撞击的产物。钡质球粒含有较高的W、Bi、Au,可能为陨星撞击含Ba、Si矿物的靶岩混合熔融溅入空中后降落地面形成[7]。Gregory等(1999)在南极洲和澳大利亚二叠系/三叠系界线的泥岩角砾岩发现了冲击石英颗粒,这些石英颗粒是在25~28GPa瞬时压力下形成的,具陨石冲击的特征[8]。周遥琪等(1989)对中国浙江、四川、贵州、广西等地的二叠系/三叠系界线附近粘土层稀土元素地球化学研究发现,所测得的中国南方不同剖面的二叠系/三叠系界线粘土几乎具有一致的REE模式,其特点是(La/Yb)$_N$比值大、Eu和Ce负异常,与中国南方梅树村前寒武系/寒武系、黄茆泥盆系/石炭系和丹麦石炭系/三叠系等发生过大型冲击事件的界线有相似之处[11]。这些二叠系/三叠系界线粘土是火山物质与撞击产生的上地壳溅射物质的混合产物。在撞击事件发生的同时,中国南方的火山活动也是十分普遍而剧烈的[9]。

在中国浙江、贵州及意大利、奥地利、亚美尼亚、印度等地的二叠系/三叠系界线还报告了不同程度的Ir异常和Pt族元素异常,其异常及撞击抛射物是判断天文事件的直接证据。而二叠纪末古地磁逆转、古气候改变、大海退、缺氧事件、火山活动、地球化学异常及生物集群灭绝则与天文事件有因果关系。

由此推断,二叠纪末发生了陨星撞击地球的天文事件,该事件不仅引起一系列全球性的剧烈变化,还标志着地史上古生代的结束,中生代的开始,并且在地球此后的演化历程中发生深远的影响。

2 二叠系末联合古陆的解体

由劳亚和冈瓦纳两个超级大陆组成的联合古陆(Pangea—250Ma)从三叠纪开始解体(图1)[11]。

二叠纪末期至三叠纪中期(图1A、B),原属冈瓦纳大陆的"西藏"板块从南半球向北漂移,越过赤道与劳亚大陆拼贴。但原图中所谓"西藏"板块从北向南实为特提斯洋中的"羌塘"以及从冈瓦纳大陆分离出的"拉萨"、"江孜"等小块体,分别于二叠纪晚期—三叠纪早期、侏罗纪中期—白垩纪、第三纪晚期与劳亚大陆拼贴[12]。图1B中塔里木、西藏的位置不准,李永安等(1989)在塔里木北缘据古地磁测定的古纬度约为N33°[13]。

三叠纪中期至侏罗纪晚期(图1C),劳亚大陆整体向南漂移,冈瓦纳大陆整体向北漂移,特提斯洋缩小。侏罗纪晚期至白垩纪晚期(图1D),属劳亚大陆的北美板块与欧亚板块分离,属冈瓦纳大陆的南美板块与非洲板块分离,大西洋形成雏形。劳亚大陆整体继续向南漂移,冈瓦纳大陆整体继续向北漂移,特提斯洋进一步缩小。白垩纪晚期至古近纪早期(图1E),北美板块与欧亚板块、南美板块与非洲板块进一步分离,大西洋进一步拉张。印度板块向北快速漂移,印度洋形成,特提斯洋已近消亡。

联合古陆解体的过程实际上就是特提斯洋缩小直至消亡的过程,也就是特提斯洋周缘板块聚合的过程。

3 天文事件与联合古陆的解体

大的撞击可使地球岩石圈产生分裂,导致板块的出现[14,15]。Oberbeck等(1993)已经将二叠纪末联合古陆的解体与陨星撞击事件联系在了一起[14,16],在对二叠纪末冰碛岩的地理分布位置研究时发现,冰碛岩主要沿大陆分裂的边界分布,而且常与溢流玄武岩共生,认为存在于明显没有水源的冈瓦纳大陆中心的冰碛岩是撞击沉积物,联合古陆的分裂是由撞击作用引起的。

一颗直径大于100km的天体在二叠纪末以一

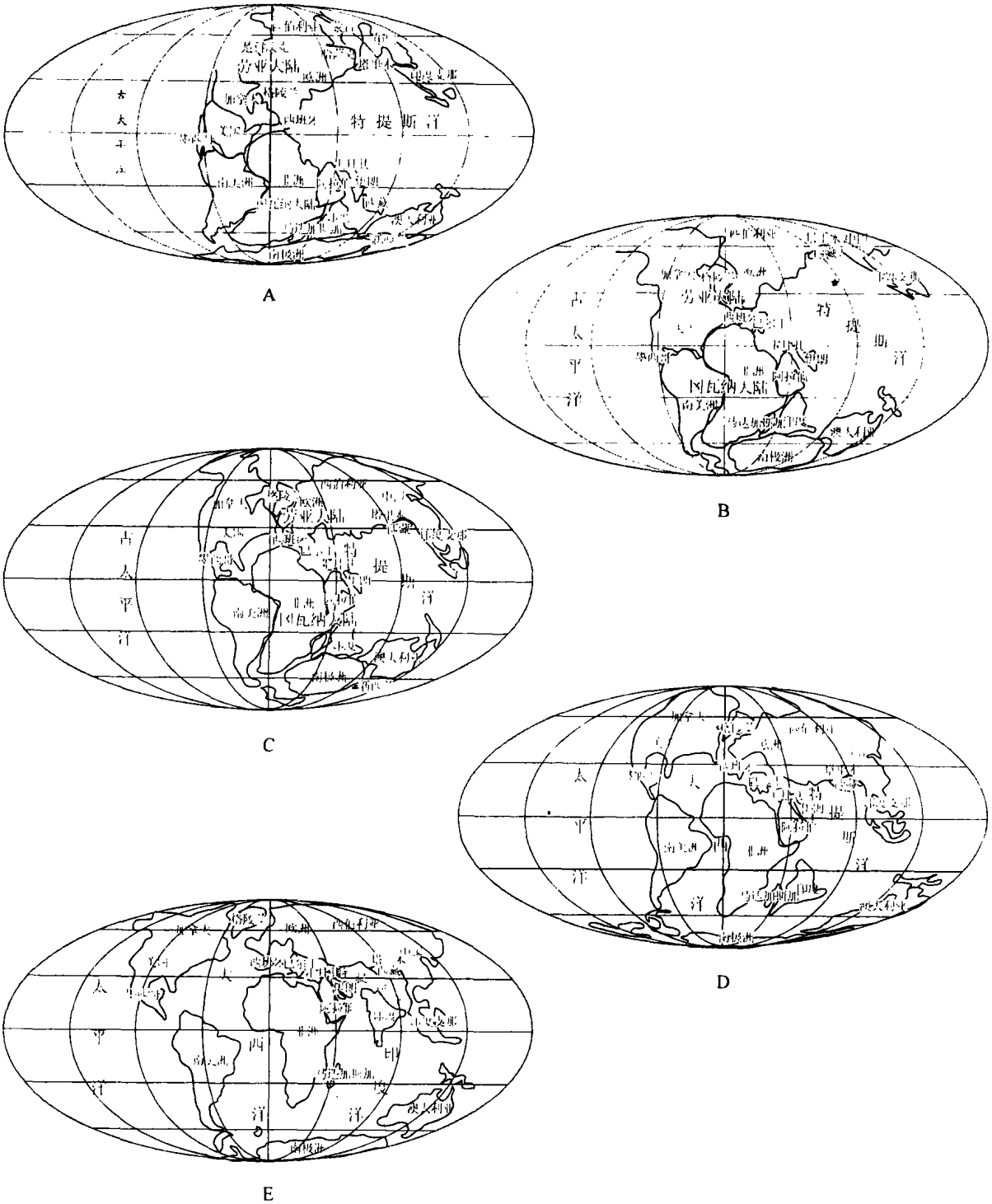

图 1　二叠纪晚期—古近纪早期大陆复原图(据 Scotese 等, 1981, 有修改)

A. 二叠纪晚期; B. 三叠纪中期; C. 侏罗纪晚期; D. 白垩纪晚期; E. 古近纪早期。B 图中“?”表示笔者对塔里木和西藏古纬度的怀疑,“★”表示塔里木最新据古地磁测定的古纬度 N33°。

Fig. 1　Palinspastic maps of the globe during the Late Permian to the Palaeogene (after Scotese et al., 1981)

A= Late Permian; B= Middle Triassic; C= Late Jurassic; D= Late Cretaceous; E= early Palaeogene. “?” in B means the doubts about the palaeolatitudes of Tarim and Xizang during those periods, and “★” also in B indicates the palaeolatitude of N33° based on the current palaeomagnetic determinations of the Tarim Basin

定角度撞击地球,撞击点位于现今青藏高原,也就是二叠纪末特提斯洋的北部。这一猜想的"直接证据"来自青藏高原的重力资料,现今青藏高原下 600km 有一直径约 1000km 统一的近圆型的重力高异常区(图 2)[17],可能是天体撞击后残留在地幔中巨型"结核"的反映。

以下的全球变化及特提斯洋在二叠纪后的演化与联合古陆的解体是这一猜想的"间接证据":撞击产生的"烟云"将海水带入太空,引起了二叠纪末显生宙最大规模的海退,并主要使浅海底栖生物遭受灭顶之灾。撞击抛射物(各类微球粒)散落在全球。撞击冲击波在 D″层(地幔/地核界面)同时诱发了多个地幔柱,这些地幔柱分别在西伯利亚、南非及我国华南等地引发了大规模的火山活动。撞击将地幔中的S 释放到地表,引起了二叠纪末 S 的极高异常。撞击还引起了包括 Ir 在内的其它地球化学异常。撞击后的"核冬天"效应及"太空水"回归造成的海侵引发了全球性的缺氧事件。撞击产生的综合效应使地磁极性发生逆转,全球气候发生剧烈改变。撞击本身及撞击后的全球性变化导致了二叠纪末地史上最大规模的生物集群灭绝。撞击还直接诱发了联合古陆的解体,撞击是解体过程的开始。撞击产生的"星震"使联合古陆"碎裂",导致二叠纪后大量板块(联合古陆的碎片)出现及其随后的漂移,并最终导致联合古陆解体。

由于当前的认识倾向于将上升超地幔柱与大陆的分散相联系,将下降流与超大陆的形成相联系[18]。因此,这次撞击在特提斯洋北部形成的下降流导致板块在特提斯洋汇聚,其结果是特提斯洋消亡及联合古陆解体。

大西洋在白垩纪后拉张成形可能就始于这次在联合古陆上沿现今大西洋中央海岭产生的不规则的

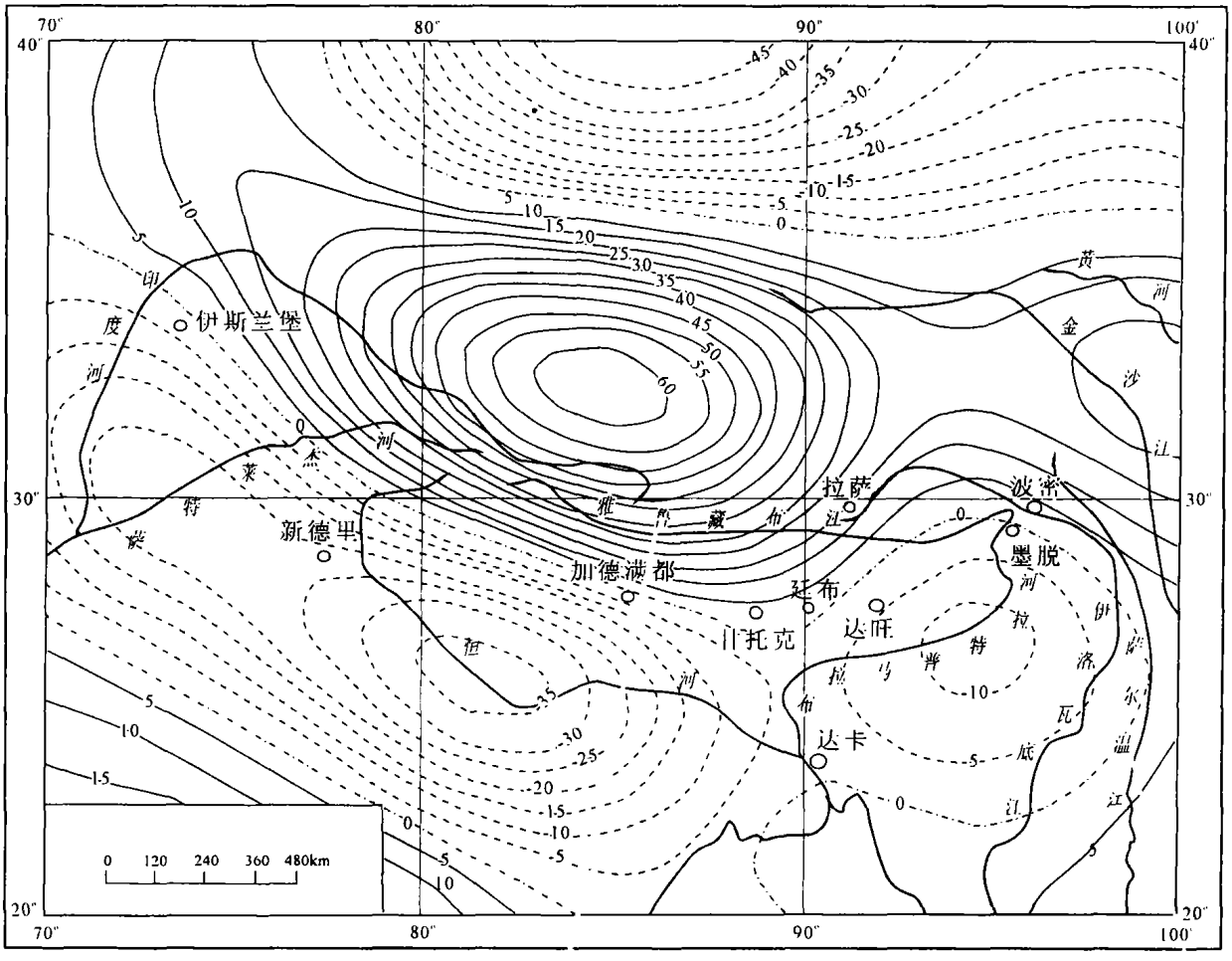

图 2 青藏高原及其邻区 13—36 阶重力异常[17]

Fig. 9 13th- to 36th-order satellite gravity anomalies on the Qinghai-Xizang Plateau and its adjacent areas (after Zhou Guofan et al., 1996)

撞击裂痕。印度洋的形成与印度板块在第三纪向北漂移有关,可能也始于这次撞击产生的裂痕。

值得注意的是,现今板块分布还叠加了二叠纪后多次天文事件(如白垩纪末的天文事件)的影响。

参考文献:

[1] 向辑熙. 陨星撞击地球将是 21 世纪的研究热门[J]. 中国地质, 1998, (3): 26—29.

[2] 王世杰, 等. 一种全新的全球演化营力: 撞击作用[J]. 地质地球化学, 1995, (4): 80—82.

[3] 彭元桥, 等. 古—中生代之交的全球变化与生物效应[J]. 地学前缘, 2002, 9(3): 85—93.

[4] H.Л. 多布列佐夫. 欧亚大陆二叠—三叠纪岩浆活动和沉积作用是超地幔喷流柱的反映[J]. 地质科技动态, 1998, (6): 20—22.

[5] 何景文. 浙江长兴煤山二叠—三叠系混生层 1 中微球粒的发现及其意义[J]. 地层学杂志, 1985, 9(4): 293—297.

[6] 高振刚, 等. 四川广元上寺二叠系—三叠系界线层内微球粒的发现与研究[J]. 地质评论, 1987, 33(3): 203—210.

[7] 王尚彦, 等. 滇黔地区陆相二叠系—三叠系界线附近粘土岩中发现微球粒[J]. 地质评论, 2001, 47(4): 411—414.

[8] Gregory J. Retallack, 等. 寻找南极洲与澳大利亚二叠系(P)—三叠系(T)边界碰撞的证据[J]. 海洋地质动态, 1999, 204(11): 9—11.

[9] 周瑶琪, 等. 中国南方二叠—三叠系界线及其附近粘土层稀土元素地球化学研究[J]. 大地构造与成矿学, 1989, 13(2): 188—196.

[10] 王砚耕, 贵州主要地质事件与区域地质特征[J]. 贵州地质, 1996, 13(2): 99—104.

[11] K. C. 康迪. 板块构造与地壳演化[M]. 北京: 科学出版社, 1986.

[12] 李兴振, 等. 西南三江地区碰撞造山过程[M]. 北京: 地质出版社, 2002. 174.

[13] 李永安. 塔里木陆块晚古生代以来古地磁特征研究[J]. 新疆地质, 1989, (3): 1—77.

[14] 欧阳自远, 等. 天体化学: 地球起源与演化的几个关键问题[J]. 地学前缘, 1997, 4(3—4): 175—183.

[15] ALT D. Terrestial maria and the origins of large basalt plateaus, hot spot tracks, and spreading ridges [J]. Journal of Geology, 1988(96): 647—662.

[16] OBERBECK V R. Impacts, tillites and breakup of Gondwana land[J]. Journal of Geology, 1993(101): 1—19.

[17] 周国藩, 等. 青藏高原卫星重力场及所反映的壳幔结构和深部构造特征[J]. 地球科学, 1996, (2): 191—197.

[18] 王鸿祯. 地球的节律与大陆动力学的思考[J]. 地学前缘, 1997, 4(3—4): 1—11.

Astronomical events and its bearings on the breakup of Pangea during the latest Permian

FU Heng[1], LI Xue-lan[2], KUANG Bi-xiang[3]

(1. *Chengdu Institute of Geology and Mineral Resources, Chengdu* 610082, *Sichuan, China*; 2. *Northwestern Branch, SINOPEC, Urumqi* 830011, *Xinjiang, China*; 3. *No.* 7 *Geological Party, Xinjiang Bureau of Geology and Mineral Resources, Usu, Xinjiang, China*)

Abstract: The spectacular changes on a global scale once took place during the latest Permian. These events include palaeomagnetic reversal, palaeoclimatic changes, large-scale regression, anoxic events, volcanism, geochemical anomaly, and mass extinction during the periods of the Phanerozoic. The discovery of the meteorite falls (micropellets) and Ir anomaly at the Permian/Triassic boundary on a global scale show that the astronomical events such as meteorite impacts also occurred during the latest Permian, followed by the breakup of Pangea from the earliest Triassic (250 Ma). The breakup in reality marked the waning and waxing of the Tethys Sea, or the plate convergence around the Tethys Sea. The meteorite impact sites may be delineated in the northern par of the latest Permian Tethys Sea. The meteorite impacts eventually resulted in the termination of the Tethys Sea and the breakup of Pangea.

Key words: astronomical event; latest Permian; breakup of Pangea