

应开展地球演化早期的陨石撞击构造研究

向 缉 熙

近 20 年来,随着航天事业的发展,在地外星球上进一步发现大大小小、密密麻麻的陨石撞击构造(简称陨坑构造),启发地质工作者广泛开展了地球上的陨石、陨坑及其地质作用的调查研究,并取得巨大成绩。截至 1989 年,地球上已发现的陨坑或星疤^①约 120 个(不包括中国报导的多伦星疤等构造及笔者正在勘查的安徽“十字铺陨坑构造”线索),并按每年大约新发现 5 个的速度在增加着(R. A. F. 格雷夫,1989)。但是,这些已知的陨坑都是在地球有了沉积盖层以后发生的,特别以年龄不到两亿年或属近代者居多,而对陨石撞击最频繁、最激烈的地球演化早期(>30 亿年)所发生的陨坑构造研究,至今尚是空白。

近年,笔者根据宇质学及宇、地关联、比较研究成果,认为撞击构造——尤以巨陨(含小行星、彗星)对地球撞击所产生的构造,是地球演化早期的第一特征构造。这种早期的构造,影响非常深远,可能是地学研究发展的重要前沿。特此作文,以抛砖引玉。

一、陨石撞击构造应是地球原始表面第一特征构造

根据美国和前苏联对月球及类地行星进行实地或近距探测所取得的资料,发现它们均没有地球上所形成的沉积盖层,其表面的原始构造主要是反差很大的对峙构造(如月球上月陆与月海的对峙等)及环形构造。这些环形构造除极少数是火山作用外,主要是因陨石饱和撞击形成的大大小小、密密麻麻、交切叠加的陨坑构造(据月球探测资料,约占月表 4/5),对峙构造中的月海或平原,一般认为也是巨陨或小行星、彗星撞击所留下的环形盆地(B. P. 格拉斯,1982

年),如火星的海希腊盆地直径达 1 600 km。由此可见,陨石(含小行星、彗星)撞击构造是地外星球上第一位的特征构造。毋庸置疑,联想到地球在没有沉积盖层以前,也应该有那样的原始构造特征。用美国国家航空与航天局 C. 伍德的话来说,“陨石撞击作用是太阳系中最基本的地质作用,也是我们近 20 年才在地球上广泛研究的一种作用。地球大概没有什么办法可以逃脱这一作用”。

但是,为什么地球上出现沉积盖层以后,陨坑构造就不是第一位的特征构造了呢?这因为地球在没有出现沉积盖层以前经历过陨石撞击的激烈期,只有那时才会出现陨石的饱和撞击。

据宇质学及天文学资料,银河系这个大旋涡构造,尽管起因有争议,但其天体物质从早期杂乱无章的无序运动逐步发展到相对有规律的有序运动这一点是无疑义的。既是实际存在的客观现象,也符合“耗散结构”理论(向缉熙,《原始金刚石的巨陨撞击成因及转化富集递进规律》,庆祝地洼学说 35 周年大会上论文,1991 年)。现在观察到的太阳系各星球围绕恒心公转和自转,就是一种相对有规律的有序运动。演化早期无序运动的特点是,无数的天体物质相互碰撞、吸积和排斥。从无序到有序,实际是太阳系各星球通过碰撞达到形成的过程,并一直发展到相对有规律的运动。可以这样理解,“没有撞击就不会有地球、火星、金星以及水星的存在”(Shoemaker, 1977 年)。

太阳系星球形成于 46 亿年左右。在地外星球表面已记录到的陨石撞击坑产生频

^① 经过侵蚀等作用改造过的陨坑残痕

率,以距今 40 亿年以前最高,比现代要高出达 1 000 倍,大约到距今 30 亿年时才急剧下降并逐步达到现代的水平(B. P. 格拉斯,1982 年)。因此,太阳系各天体(含地球)演化早期即大约 30 亿年以前,是陨石撞击最频繁、最激烈的时期,简称为激烈期。那时,地球上出现陨石饱和撞击及对峙构造是无疑的。正如 J. W. 诺曼所说:“鉴于地球具有强大的万有引力,如果地球未经过与类地行星相同的充满广泛撞击事件的早期,那就不可思议了”,只不过是它们被后来的沉积盖层所覆盖而难以被人们直观和鉴别吧了。

二、地球演化早期巨陨撞击构造的重要地质作用

如果对陨坑按规模进行简单分类(见表 1),上面所指巨陨的含义是表 1 中的巨型与超巨型两类撞击坑的统称。一般认为,超

表 1 陨石撞击坑分类简表

撞击坑类型	坑径大小	主要特征
微 型	<1 cm	只有在没有大气层屏蔽的星球上见到
小 型	<4 km	简单碗状
大 型	5~30 km	坑底具有中央突起,属复杂陨坑
巨 型	>30 km	坑底中央突起为一系列同心环形构造所替代,属复杂陨坑
超巨型	>300 km	坑底平坦,一般是小行星或彗星撞击而成的盆地

巨型级是由小行星或彗星撞击而成。

根据对近代陨坑构造的研究,如果有一个直径仅为 10 m 左右的小陨石,以 10 km/s 的速度向地球撞击,经计算大致会出现相当一次中等地震(里氏 5 级左右)释放出来的能量,约相当于 38 万吨 T. N. T. 炸药的爆炸,差不多等于 19 颗投在广岛的原子弹的威力(B. P. 格拉斯,1982)。如果有一个直径 1 km 的陨石撞击,可以掘出一个直径

10 km 以上的大陨坑。如果有一个直径 100 km 的天体或特大陨石撞击,就会出现像月球上所见直径达 1 000 km 以上的大型盆地,可以掘出大约 10^{24} 克的物质,几乎相当于北美地壳的重量。地球演化早期没有大气屏蔽层,巨陨撞击的强度还会要大得多。所以,那时的巨陨撞击所产生的地质作用的影响之大,简直无可估量。现就一些可能是最重要的地质作用概述如下:

(一) 撞击构造作用。撞击作用产生环形构造、环(弧)形地堑、放射状断裂等已为人们所熟悉,这里仅讨论撞击作用对大地构造的影响:①众所周知,地球演化早期的大地构造性质一直不清楚,曾有过泛大陆与泛大洋之争。现在看来,那时地球上的主要构造,可能就是类似地外星球上目前所见的撞击构造,并以其中由小行星或彗星撞击形成的盆地及山地组成的对峙构造为基本格架,成为后来大地构造演化的基础。②巨大撞击构造的大的熔接和熔化的中心区,可能形成凝固的圆盘形态,岩石冷却后成为一个高密度的单独坚固单元。这种实质是星疤构造的单元,可能就是常被描述的所谓古陆核或克拉通。另外,一些被称为克拉通的地区,还可能就是被叠加撞击效应焊接在一起的若干这类单元的残余(J. W. 诺曼)。在它们的外边往往是所谓环形或弧形地堑。③尽管在地外星球上未发现板块构造,但地球特定阶段如果真出现这类构造的话,早期巨陨撞击遗留下来的地堑边界或重要破裂线容易被所谓板块、地体以及陈国达所划分的壳体、壳块的某些边界所利用;板块运动的驱动力甚至也可能和巨陨撞击产生的大量剩余持续热有关。

(二) 撞击变质作用。陨石特别是巨陨撞击,可以形成几十亿帕的瞬时高压,使岩石溶化甚至气化的高温,能产生众所周知的撞击变质作用,形成一系列特有的变质矿物。如撞击高压效应导致产生高压同质多象

变体矿物（如柯石英）；撞击高应变率效应导致包括面状矿物的形成和晶体构造的完全破坏以致形成冲击玻璃；撞击高温效应导致熔融以产生矿物玻璃（如焦石英），或使矿物分解为二种或二种以上的化合物（如锆石成为斜锆石和SiO₂）等。长期以来，变质学家认为撞击变质只是地球上一种局部变质现象，但当他们了解到地球演化早期出现过陨石饱和撞击和对峙构造，就不得不考虑撞击变质作用以及与其有关的热变质作用在区域变质中应有的地位，并重新审查过去的区域变质理论。

（三）撞击岩浆作用。在陨石撞击激烈期，巨陨特别是小行星或彗星撞击所发生（或诱发）的岩浆作用，如充填陨坑或盆地中的玄武岩流、被覆盖的熔融、环形或弧形地堑中的绿岩带等已被许多人描述过。近年提出的一个新问题是，认为巨陨撞击还可能形成巨大的、持续时间很长的热库、岩浆库，成为后来不同时期构造岩浆活动的热源或岩浆源。其成因：一种可能是巨陨撞击产生的熔融，被上覆的玄武岩流封闭而持续保留下来；另一种可能是撞击穿透地壳产生的高温、高压与深部核反应热的双重作用形成巨大的热库、岩浆库；还有一种可能是因地球早期无大气屏蔽层，某些巨陨不会与大气摩擦烧毁，而成为一定规模的残留体钻入地下，熔化了上部或周围的岩石而成持续的热源、岩浆源，并被上覆玄武岩流封闭而长期保存下来。

（四）撞击沉积作用。地球演化早期尚无成岩，这里指的沉积，是因反复的陨石撞击在地球表面形成的表土层以及溅射物在坑唇上及其附近所形成的撞击地层。后者的成因是，因撞击先掘起溅飞的上部岩石，先回落而位于底下，后掘出溅飞的是下部岩石，后回落而覆于上部，致形成所谓反序层，即撞击地层。

（五）撞击成矿作用。陨石撞击的成矿

作用愈益被人们所重视。B. JI. 马赛季斯在“撞击成矿系统”（1989年）一文中，认为直接或间接与撞击构造有关的矿产至少有30多种，并随着调查的不断深入尚在继续增加。近年有趣的发现是，撞击构造的坑底及坑唇上的回落角砾，如果有渗透性差的沉积岩覆盖，则成为很好的油气储层，所以美国石油地质学家协会天体地质委员会正招收更多的撞击构造专家和石油地质专家，共同来推动这类油气田的寻找和研究。现在美国、加拿大等国都已发现了产在巨大星疤构造内的大油气田，经济意义非常可观。笔者认为，地球演化早期巨陨撞击的成矿作用更值得注意。如受环形或弧形地堑控制的古老绿岩带中的金矿，就是众所周知的例子。不少资料证明，地球上的原始金刚石可能主要是在巨陨撞击期由含碳的小行星或彗星撞击而成，并作为矿源随着地壳发展历史转化递进富集成各个时期的砂矿型及火山岩（金伯利岩）型金刚石矿床（向缉熙，1991年）。还可以举出许多金属、非金属矿床受地球演化早期的陨坑或星疤构造控制的例子。总之，如果认为太古代基底形成了许多矿床或矿源层，并为后来成矿的物质来源，那么巨陨撞击构造可能是造就这一切的真正原因。

在我国北部出露的迁西岩群、集宁岩群、龙岗岩群、下鞍山岩群、下泰山岩群等，至少其中时代大于30亿年的部分，应是地球原始表面露头，结合物探等资料追索，可以圈出大片范围，大致相当于所谓辽冀鲁古陆核（向缉熙，《安徽省大地构造与成矿》，1988年）的位置。各岩群下部的岩性主要是基性火山岩，似相当于充填在撞击盆地或撞击巨坑中的玄武岩流；另外，古陆核上有重力高异常分布，反映深部有高密度物质，类似月海中分布的“高密度体”。其成因，除了前述可能是巨大撞击构造的大的熔接和熔化中心区冷却凝固的高密度体外，最大可能是巨陨撞入地下的残核。因此，推

谈山东省宝玉石 开发对策

张希雨

一、山东省宝玉石矿产资源概况

山东素有“宝石之乡”的美称，宝玉石资源丰富，已发现宝玉石矿十几种，主要有金刚石、蓝宝石、红宝石、黄宝石(黄玉)、尖晶石、锆石、石榴石、紫水晶及绿宝石等。

金刚石为山东省优势矿产之一，其储量和产量均居全国第二位。金刚石原生矿及砂矿十儿处，金刚石原生矿分布在蒙阴和沂、沭河中上游一带；砂矿分布在郯城、临沭等地。按用途可分为工业用金刚石和宝石(Ⅱ型)金刚石。宝石级金刚石颗粒大，呈白色、乳白色、淡黄色等，其成色80左右。1937年发现的“金鸡钻”重281.25克拉；1977年发现常林钻石重158.786克拉；后又发现的陈埠1~3号重92.86~124.27克拉；蒙山1~3号重65.57~119.01克拉。根据资料分析山东Ⅱ型金刚石远景可观。

山东地矿局四队在昌乐地区于1984年发现蓝宝石，后又在潍县、临朐发现了蓝宝石砂矿，分布面积达350km²。1988年发现红宝石及黄宝石高档宝石。业经地质部门的勘查，基本圈出含矿富集带，其中蓝宝石原生矿的远景储量可观。虽然山东蓝宝石颜色较深，但进行试验改色有成效，有关专家认为改色的蓝宝石，将成为山东的“拳头”产品。伴生在含蓝宝石玄武岩中的尖晶石、石榴子石、锆石等亦有开发利用价值。

山东紫晶质量较好，产于临朐、沂南、沂源、沂水及枣庄等地。产量供不应求。

目前发现9种玉石，产地20余处，主要玉石类有琅琊玉(硅质)、泰山玉(蛇纹

测所谓辽冀鲁古陆核实际可能是华北地区一个大于30亿年的巨大撞击构造或撞击构造组合，暂称古华北撞击构造。围绕它分布的是大别山群、胶东群等晚太古一早元古代岩层。两群之间在地史上曾被NNE向的郯庐断裂带平错200多公里，如果大致恢复到原来的位置，恰好呈向南东外突的弧形，并围绕古撞击构造的主体分布。对比现代撞击构造特征可能相当于属撞击构造组成部分的环形或弧形地堑中的产物。

近年，在大别山群及胶东群中呈杂乱无章分布的、大大小小的榴辉岩内，均发现柯石英及微粒金刚石(张树业等)，应是巨陨撞击时回落在坑唇外侧环形或弧形地堑中的溅射物。它们既可是地堑中的第一批“来客”，也可是在后来从坑唇上崩塌进去的外来体，其本身的形成时代可早于周围的岩层。有人提出这种榴辉岩是所谓板块缝合带中的产物，笔者认为值得商榷。因为柯石英是撞击效应产生的特有矿物，只在陨石及陨坑(如Meteor陨坑)中发现；而金刚石无论是在高压低温变质带或低压高温变质带中都无法产生，因没有形成金刚石必须同时具备高压高温的条件；另外，为什么只在呈杂乱无章分布的榴辉岩中有金刚石、柯石英，于板块缝合带中竟会出现如此选择性地产生特殊矿物的机制也是很难想像的。因此，只有用撞击溅射物来解释比较顺理成章。因在溅射物中发现微粒金刚石，说明撞击事件是在有原生碳存在的情况下发生的。所以，在华北古撞击构造区找到原始金刚石及其转化递进富集的砂矿型、火山岩(金伯利岩)型金刚石矿床，是在意料之中(向缉熙，1991)。

开展地球演化早期撞击构造的研究，虽然才刚刚提出和起步，尚缺乏经验，但从近年获得的初步成果来看，其意义非常重大，可能对地学的发展产生深远影响。

参考文献(略)

(中国地质矿产经济研究院)