

# 陨星撞击地球<sup>①</sup>

## 将是 21 世纪的研究热门

□ 向 绎 熙

人类对陨星撞击的研究,始于 1609 年,当时伽利略凭望远镜对月球表面环形“斑点”的观察,提出月坑陨击成因的科学见解。1906 年, D. M. 巴林格成功地论证了地球上第一个陨星撞击构造——美国亚里桑那州梅蒂尔 (Meteor) 陨击坑。嗣后,据原苏联和美国宇宙飞

行探测所取得的丰富资料,特别是 1969 年人类首次踏足月球以来,认为陨星撞击作用是太阳系各星球上已知最基本的“地质”作用,所有星球都遭受过陨星的撞击,地球也绝不例外。从此在地球上广泛开展陨星撞击研究。目前,这种研究至少在三方面进行:1. 对露在地表(或复盖很浅)、保存较好的陨击坑或被严重改造过的陨击构造遗迹进行研究,简称地球上陨击构造研究;2. 对地史上已无法找到陨击构造的陨星撞击地球事件进行研究,简称陨击地球事件研究;3. 对今后可能有陨星撞击地球而进行的预测、监视、预报及防治研究,简称陨击地球的预测、防治研究。这三个方面是“陨星撞击地球研究系统”中的三个子系统。其中第 1 子系统的研究是第 2 子系统研究的基础,而 1、2 两子系统的研究又是第 3 子系统研究的前提。它们的研究现状简述如下:

### 一、地球上陨击构造研究

1. 寻找和查证陨击构造。至今地球上已发现陨击坑近 200 个。其中大部分通过查证,详细描述了地理位置、形态规模、卫片影象特征、地质构造及撞击矿物学特征、地球物理及地球化学特征等。但少数陨坑查证不够深入,且有争议。

2. 研究陨击构造的成矿与控矿作用。地球上已发现的近 200 个陨击坑中,约 1/5 发现有与陨击成矿作用有关或被陨击构造控制的金属、非金属矿产及油气和地下水资源。原苏联 A. П. 马赛季斯等还专门研究陨击坑成矿系统。<sup>[12]</sup>目前,特别值得重视的是,人类在陨击坑中不仅发现微、细粒金刚石,而且发现有宝石级金刚石<sup>[13]</sup>,不仅知道陨击作用可形成金刚石,还知道陨石可带来金刚石。早在 1888 年,原苏联学者 M. B. 叶罗费也夫等发现陨石中有微、细粒金刚石,但知道陨石能带来宝石级金刚石才是不久前的事,美国学者夏露·威尔逊在亚里桑那州的沙漠里找到一块重量超过 500kg 的陨石中,发现了数以千计的宝石级金刚石。其中至少有 300 颗会比“南非之星”(530 克拉)大 1 倍,约有 100 颗是“希望之钻”(317.40 克拉)的 7 倍<sup>[10]</sup>。这说明以下推测已有证据:宇宙中行星碰撞(包括小行星、慧星撞击地球)或爆炸而产生的极高温度和极大压力条件可形成金刚石。

3. 研究陨星撞击的成灾作用。灾难性陨击虽不常见,但一旦发生足以破坏人类文明。1996 年 1 月 22 日,人们亲眼目睹洪都拉斯的圣路易斯落下的陨石,虽然只在地面挖掘了一个直径仅 50m 的陨石坑(估算陨石直径只不过 2.5~5m)。但一声巨响后,爆炸气浪引起的火灾就烧毁了数英亩的

① 陨星撞击,主要指小行星、慧星等天体对包括地球在内的各星球的撞击。陨星撞击构造,是指陨星撞击星球留下的坑形或盆形构造及其构造组合,简称陨击坑、陨击盆地或陨击构造。被各种作用严重改造残留的陨击坑(盆)组分,称陨击构造遗迹,或称星疤构造。

咖啡田,附近的国道也受到严重破坏。<sup>[14]</sup>如果这是一个直径几十米、几百米或几十公里的陨星撞击,情况又会怎样?科学家们计算,假如有一个直径为 10 米多的陨星,以 10~12km/s 的速度向地球撞击,大致会出现相当里氏 5 级左右的地震所释放出来的能量,约相当 380 千吨 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。如果有一个直径 1 公里的陨星撞击,就可以掘出一个直径 10 公里以上的大陨坑。如果有一个直径达 100km 的陨星撞击,就会出现像月球上所见的直径达 1000km 以上的大型陨击盆地,可以掘出大约  $10^{24}$  克的物质,几乎相当于北美地壳的重量。因此,目前在查证陨星撞击构造的同时,特别重视研究陨星撞击形成的灾害,包括研究其诱发的气候变异、地震、火山爆发、火灾、海啸等相关灾害。例如正在开展墨西哥 Chicxulub 陨击坑研究的科学家,特别重视研究某些生物的绝灭、气候变异和这次撞击是否有关<sup>[14]</sup>。

我国在陨石研究方面水平较高,如欧阳自远、王道德等都有影响较广的专著问世。但我国对陨星撞击构造的研究起步较晚,与国外的差距较大。据文献记载,80 年代中国地质科学院吴思本,在黄汲清、李春昱等老先生的鼓励下,首先开展了这方面的研究,报导了一批陨击坑。可惜后因身体欠佳,无法继续深入研究,致被公认者不多。1988 年 P. A. F. Grieve 等编的《地球上陨击坑标志宇航员指南》中,共收集了全球 82 个重要陨击坑,其中有吴思本的一个(Shanghewan),但被认为仅是可能的陨击坑。另外,B. J. 马赛季斯在《陨击坑成矿系统》一文中,引用过吴思本提出的多伦陨击构造。80 年代末,因研究大地构造和地质灾害的需要,在陈国达的指导下,曾组织南北两个组同时开展陨击构造研究。南组王道经于 1992 年发现海南白沙陨击坑(笔者曾参加初期工作),并出版《海南白沙陨击坑》一书。北组在初期,主要开展陨星撞击与成矿作用及成灾作用研究,向缉熙于 1991 年提出“金刚石的陨击成因假说”<sup>[1]</sup>,并把陨星撞击作为一类地质灾害进行研究<sup>[5]</sup>。从 1992 年起,改为“太古宙岩石组合的构造环境专题研究”,结果向缉熙等从华北到华东都发现太古宙陨星撞击构造遗迹(星疤构造)。曾撰写“太古宙壳核构造及其巨陨撞击成因”一文,与吴思本一起参加了 1997 年在加拿大召开的“大陨星撞击及行星演化国际讨论会”。

我国还有一些学者在陨击构造研究方面开展了工作,其研究成果暂无报导。

从我国目前开展陨星撞击构造研究的广度和深度以及所取得的成果来看,远远落后于美、加、俄等先进国家。在全球陨击坑分布图上,广阔的中国几乎还是一片空白。由于有关方面对这个领域的研究缺乏了解,投入的资金和人员很少,主要靠一些很有远见的老专家推荐在支撑这方面的研究。目前特别存在的一个突出问题是,该领域的专门人才青黄不接。建议有关方面采取紧急措施,改变现状。

## 二、陨星撞击地球事件研究

有人估计,地球历史上曾有几十万颗大大小小的陨石撞击。大约每 6500 万年左右要发生一次灾难性的小行星或彗星撞击事件,但大都已无法找到其撞击构造,只能从研究它们留下的玻陨石分布、气候变异、生物绝灭等遗迹去推测事件的存在,这就是开展陨星撞击地球事件要研究的内容。陨击事件的遗迹大都可通过地层学研究反映出来,所以它又属“事件地层学”研究范畴。

把玻陨石或微玻陨石和陨星撞击联系起来,在地学界几乎早已众所周知,但把生物绝灭和陨星撞击挂勾,还只是近 30 年的事,且是在经历了一个漫长的争论过程以后。早在地质学萌芽时期,居维叶发现了南美州的巨兽 *Megatherium* 和西伯利亚的猛犸等动物绝灭的证据,在巴黎盆地他还发现白垩层之上的海陆相交互层中,每个陆相地层的生物都与下面的层不同,据此居维叶提出“灾变论”,认为地球的历史曾被多次的灾变所打断。1831 年,莱伊尔的《地质学原理》提出渐变观点,彻底

否定“灾变论”。他认为地球当前的性质和状态都是代表地球“正常的”历史状况。地球历史上的变化只是地方性的变化,而整个地球的状况保持不变。后来达尔文提出生物进化论,认为物种是可变的,通过变异、遗传、和自然选择,物种发生逐渐的变化,而不需用灾变去解释。达尔文的进化论与莱伊尔的渐变观点相呼应,成为战胜“灾变论”且在地学中长期占统治地位的“均变论”。本世纪 50 年代以来,生物大规模绝灭现象成了热门研究课题,各国学者提出了许多假说,探讨大规模生物绝灭的原因。近 20 年来更出现了用天外原因解释生物绝灭现象,可以 Alvarez 等(1980)的小行星撞击说和许靖华(1980)的慧星撞击说为代表,并被称之为“新灾变论”。

我国学者过去在事件地层学的研究方面做了大量工作,首先是各省区调队在历年完成的区调报告中,汇集了丰富的资料。王鸿祯(1979、1982)多次总结地层构造和生物界发展的阶段性。齐文同(1987)编著《事件地层学概论》,系统介绍了事件地层学研究。乐森瑛在为《事件地层学概论》写的序言中,简明总结了事件地层学的发展,并突出介绍“新灾变论”。黄汲清提出“要加强对‘新灾变论’的研究”。杨遵仪等(1984)介绍了国外的生物大类群绝灭假说。许靖华、何起群、孙枢等(1980、1982、1986)探讨了白垩纪末和前寒武纪末的生物大绝灭现象。殷鸿福等(1984)系统分析了二叠纪末的生物群交替。张勤文(1984)、徐道一(1985)和李子舜等(1986)研究了我国前寒武系、二叠系和白垩系顶部界线,并发现铀异常,等等。为小行星、慧星撞击说提供了进一步的证据。<sup>[7]</sup>

80 年代末,陈国达认为地球发展进程中,尚有限击等骤变事件的叠加,应重新认识“均变论”与“灾变论”的争论。向缉熙认为地史上“均变论”与“灾变论”各都有可取部分,但也各都有所不足,并从哲学角度提出“叠变论”。认为一事物在从渐变到突变、量变到质变的飞跃式发展进程中,往往有外来的、难以预测的、甚至是意想不到的骤变事件叠加或嵌嵌,骤然改变了正常发展的进程和结果。例如:地球正常发展进程中,不时会遇上诸如陨星(小行星、慧星)撞击等外来骤变事件的叠加<sup>[6]</sup>。无疑,这为“陨星撞击事件研究”、“新灾变论”等提供了哲学依据。

关于地层中发现铀异常及玻璃陨石等与陨星撞击的关联研究,中国科学院、地矿部等系统都有一支众所熟悉的研究队伍,在此介绍从略。

从总体来看,地史上陨星撞击事件的研究在我国开展比较广泛,取得的成果较多,和国外的研究差距不是太大。

### 三、陨星撞击地球的预测和防治研究

对今后可能出现灾难性的小行星、慧星撞击地球事件,开展预测、监视、预报及防治研究,主要是天文学家及宇航部门的任务,但地学界将积极配合并十分关注。因为 1994 年慧木相撞的事实告诉我们,不能把耽心陨星撞击地球,完全说成是杞人忧天。其实小行星、慧星“光顾”地球的频率是很高的,只不过绝大多数都不会对地球造成威胁,它们多在大气中燃尽,少数成为落在地球上的陨石。能对人类构成威胁的,主要是直径为 0.5~5 公里的小行星,其撞击能量为 10 亿吨到 10 万亿吨 T. N. T. 当量。据赵君亮 1996 年资料,总共有 1 万颗这样大小的近地小行星(据朱进为 449 颗,1998),目前已经观察到并对其轨道进行跟踪的只有 100 颗左右(据朱进为 104 颗,1998)。这一 100 颗小行星都不会在短期内与地球相撞。然而,在其余的 9900 颗小行星中,是否有一颗或几颗,今后会与地球相撞呢?不能排除这种可能性。据 1997 年美国《未来学家》双月刊 11—12 月号发表文章估计,100 亿吨以上的小行星、慧星等天体与地球相撞的可能性约为每 7 万年才 1 次,而 1 万亿吨以上的天体撞击地球的可能性约为每 100 万年才 1 次。尽管如此,如果你的预期寿命为 75 岁,就意味着你死于天体撞击的可能性在 0.01%至 0.1%之间。相比之下,你死于飞机失事的可能性为

0.005%。所以,我们不仅十分关注科学家设法探测并确定所有直径大于 0.5 公里的近地小行星等天体的轨道,给予严密监视,同时还很关注研究出化险为夷的有效措施和方法(如发射核弹撞击),在小行星等天体尚未接近地球以前,就将它推离原有轨道。这是人类的共同希望。

综上所述,无论是对过去陨星撞击过地球的研究,还是今后可能有陨星撞击地球的研究,都属基础性、战略性研究,具有重大的理论和现实意义以及重要的经济意义。毋庸置疑,它必将成为 21 世纪的研究热门。事实上,目前世界各国已有普遍加强这方面研究的趋势,投入的力量和机构日益增加,国际信息交流比过去频繁,特别是研究的重视程度空前提高,连美国的国会山也经常对此作出反应。例如慧木相撞后,美国国会就责成国家宇航局,在今后的十年中,要把有可能撞击地球的小行星,一颗一颗地都寻出来(1996 年 3 月 19 日《文汇报》)。因此,我国应审时度势,抓住时机,增加投入,十分积极地部署“陨星撞击地球”这个领域的研究,争取在 21 世纪初赶上世界先进水平。

### 主要参考文献

- [1]向辉熙,1991,一种金刚石成因新假说,《中国地质》3 期
- [2]向辉熙、王道经,1992,我国应加速开展宇质学及宇(宙)地(球)关联研究,《中国地质》2 期
- [3]向辉熙,1992,应开展地球演化早期的陨星撞击构造研究,《中国地质》5 期
- [4]陈国达、向辉熙,1995,初论综合大地构造学,《中国地质》12 期
- [5]向辉熙,1996,地质灾害经济评价系统,地质出版社
- [6]向辉熙,1997,综合大地构造学取得新成果,《中国地质》4 期
- [7]齐文同,1990,事件地层学概论,地质出版社
- [8]吴思本,1996,多伦陨石坑的研究进展,《中国地质》8 期
- [9]王道经等,1997,海南白沙陨击坑,海南出版社
- [10]郝素琴、赵献军,1997,未来的金刚石资源,《地质与勘探》4 期
- [11]B. P. 格拉斯,1986,行星地质学导论,地质出版社
- [12]B. Л. Масайтис, 1986, Милерагенические системы Имлактны Кратеров《Геология рудных месторождения》№. 3
- [13]S. A. Vishnevsky, et al., 1997, Impact Diamonds: Their features, Origin and Significance, Published by RAS Siberian branch
- [14]Conference on Large Meteorite impacts and planetary evolution (Sudbury 1997), Abstracts

(上接第 5 页)念”,即矿产资源国家所有观念,有偿使用观念,不可再生观念。通过多年来的宣传教育,广大干部群众法制观念,依法管矿、依法办矿、矿产资源国家所有观念进一步增强,为搞好矿业秩序整顿和维护工作奠定了基础。

(四)建立联合执法队伍,加大执法力度,是搞好矿业秩序整顿和维护工作的重要措施。自 1996 年以来各级政府组织了以分管领导为组长,地矿、劳动、公安、环保、工商、司法等部门参加的领导小组,组织协调辖区内的矿业秩序维护工作,形成了政府统一领导,充分发挥地矿部门的行政职能作用,各有关部门各司其职,通力协作,强化了执法力度。

(五)矿业秩序整顿促进了矿产资源补偿费征收工作,为地矿行政、地勘经济工作注入了新的生机和活力。1997 年 1~12 月全省共征收入库矿产资源补偿费 2.4 亿元。与省财政厅密切配合,共同努力,积极利用好中央返还的补偿费;1997 年共安排地质勘查经费 6694 万元,地矿行政补充经费 3130 万元,分成返还各市地县 4280 万元,总计 1.4104 亿元,有力支持了地勘经济工作的发展。