

李四光先生的学术成就和学术思想

——纪念李四光院士诞辰115周年

徐道一¹⁾ 孙文璐²⁾

1) 中国地震局地质研究所,北京,100029; 2) 核工业总公司北京地质研究院,100029

1970年2月,李四光院士(1889~1971)完成了《天文·地质·古生物》(初稿)(李四光,1972)。在他去世后,此书于1972年正式出版,为李老毕生从事的地质研究写下了一个圆满的句号。这也是他为世人留下的一笔丰厚遗产。

李四光先生的学术生涯,可划分为前后相继、不断创新的三个阶段:

早期:他从《中国地质》的编写和对古生物、全球海进海退规律的研究,到地壳运动源于地球自转速度变化的提出,开始了一生不断创新的“长征”之路。

中期:地质力学—构造体系理论的创立,标志着由中国首倡的、可与西方传统地质理论(槽台学说、大陆漂移说和板块学说)并立的新的地质理论体系诞生了。

晚期:《天文·地质·古生物》一书的出版,它向世人宣告:一种全新的“三合一”地质史观的诞生!它是中华文化(人法地、地法天、天法道、道法自然)与西方文化相结合的典范,为未来地球科学的发展指明了正确的方向,并以自己的研究成果作出了表率。

对于地学这一新的研究方法,温家宝同志作了很好的概括:“地质学的发生、发展,从来是同天文学、生物学相联系的。把天体运动、地壳运动和生物运动结合起来,把宇宙作为一个体系,把运动着的天体、地球及生物作为相联系的整体,进行多学科的研究,是当代地质学的一个重要研究方向。”(温家宝,1991)

在李老的《天文·地质·古生物》的启示下,在中国20世纪80~90年代出版了一系列有关天文地震、天文地质、天地生综合研究等方面的专著和论文集(徐道一等,1983;张勤文等,1986;XU Daoyi et al., 1989; 中国地质学会,1989)。现就作者学习李老学术思想一些体会,对几个问题谈些看法。

1 地壳运动与地球自转速度变化

20世纪20年代,李老已提出研究地质构造与地球自转速度变化的相关关系。他认为:应从整体上来考虑地球上不同构造单元的关系,并提出:地球自转速度变化是很多地质现象的动力的观点。“地壳的厚度,在地球全部的结构中,只占极薄一层。然而,这个地球表面极薄的一层,就是地球过去漫长历史中,保存下来的遗迹。造成这些遗迹的因素:第一,来自地壳以外的,首先有笼罩着地球的大气、太阳、月球,其次是星球的各种辐射作用,可能发生某种影响……第二,就是地壳以下地球内部物质的变化和运动,由重力、日月潮汐,主

要指体潮的作用和地球自转的影响而产生的运动,都不可避免地要集中反映到地壳中来。”(李四光,1972,第83页)

李老提出:地壳运动的主要矛盾是地球自转速度的变化(地球自转角速度变化),而运动的动力来源是重力控制下地球自转的惯性离心力。这样一来,地壳表层地块、岩块由于与下部粘连的牢固程度不同,在地球自转惯性离心力的影响下,发生不等速的相对活动。他所提出的地球形态与地球基本构造轮廓有着相当好的一致对应。

地震是现代地壳运动表现形式之一。许多震例表明,地震频度随地球的纬度不同有变化,并呈南北半球对称分布;地震的发生是与地球自转速度变化有关;这也进一步表明,地壳运动与自转速度变化有关。

2 《地质力学》与成矿预测

地质学是近代西方科学的一个组成部分。构造地质学又是地质学的一个分支,专门从事地质构造的形态特征和地质演化史的研究。根据西方着重分析的研究传统,构造学按研究对象的规模,进一步划分出大地构造学、区域构造学、矿田构造、微构造学等,对具体研究对象进行观察与描述,并通过对研究对象“实事求是”的分析,恢复地质演化历史。如根据沉积物的厚度推断地壳下沉的幅度,根据沉积物的粗细、古生物化石等推断沉积的速度与环境(如古气候等)。

李老熟悉这套行之有效,并取得了丰硕成果的研究方法,但他不满足于跟着前人的脚步走。他追求创新,遵循着东方的整体思维,把地球视为宇宙的一员,把地球视为一个整体,把地壳视为地球表层很薄的一部分。地壳表层的构造形迹,乃是过去地壳表层形变过程的记录,它们是一个相互联系的、不可分割的整体。他力图通过对地质构造形迹特征的研究,来恢复地壳形变史。为此,他勇敢、坚定地冲破了传统地质理论对他思想的束缚。

在习惯势力围攻和责难声中,他耗费了毕生大部分时间与精力,排除万难,创立了自己完整的地质理论体系——“地质力学”。这是一门有别于传统构造地质学(或地质学)的新学科。它采用的是宏观综合与具体分析相结合,着重动态变化的研究方法,从构造形变来研究地质演化史。这补充了传统地质学之不足,丰富、完美了地质学,它的具体成就(贡献)可概括为如下几个方面:

(1) 揭示了断裂结构面存在“力学性质”上的显著差别,提出了断裂构造结构面力学性质的鉴别标志。

收稿日期:2004-07-05; 改回日期:2004-08-13; 责任编辑:章雨旭。

作者简介:徐道一,男,1934年生。现为地震局地质研究所研究员,从事数学地质、天文地质、地震预测、天地生人综合研究等, Email: xdy333@qianlong.com。

(2) 根据断裂结构面力学性质,对断裂构造进行新的分类。

(3) 发现了多种新构造型式(如多字型、山字型、歹字型等),并提出它们的鉴别标志。

(4) 提出“构造体系”的概念,将构造地质学从孤立、静态的描述中解放出来,与此同时,也为成矿预测学的发展提供了理论基础。

(5) 提出地壳形变源于地球自转变速的理论,这一理论自提出之日到现在,已有半个世纪,至今仍有很强的生命力。

(6) 开创了地质构造室内物理模拟研究的先河。

(7) 建立了一套完整独立、严谨的概念(从专有名词到术语描述系统),并经受了时间与实践的检验,并为中国地质学界所认同和接受。

上述成果充分证明了:“地质力学”完全具备了一门新兴、独立学科所必备的一切要素。地质矿产资源作为一种特殊的地质体,它的形成与分布,无一不受地质构造的控制。成矿前的地质构造是成矿的前提条件等,成矿后的构造控制着矿产的再分布。由此可见,建立在地质构造彼此相互联系基础上的“地质力学”或构造体系概念,为矿产预测或地质预测学的发展奠定了坚实的理论基础。

作者之一(孙文鹏)通过对“地质力学”的学习,在1964年发现在许多构造型式中,断裂构造具有等间距分布的共同特点(孙文鹏,1998),并将这一发现首先用于矿区盲矿体的预测,获得成功。后于1973年在一次铀矿专业学术会议上预测:受新华夏多字型构造体系控制的某花岗岩体边缘有铀矿床存在的可能,后来被勘探实践证明是正确的。至今这一规律已被铀矿地质界所公认(刘德长等,1991),并广泛被应用于铀矿的成矿预测。

在20世纪70年代,地质力学理论曾被作为矿产预测的理论基础,在煤矿、钨矿(如赣南钨矿)系统得到广泛应用。

3 地外陨击事件与古生物大量绝灭

李老重视地质历史中古生物发展的不连续性,这一不连续性在前寒武系与寒武系分界处异常突出,在以后各地质时代这种不连续还陆续出现,使不同时代的生物群呈现显著的差异(李四光,1972,第41页)。同时,他注意地球上的陨击作用,提出:“巨型陨星向地球表面冲击时,往往形成一种特殊的深坑。这种陨星坑,在世界各地已有所见。这些坑,有人认为是火山口,也有人认为是陨星撞击而成的。根据后一设想,有人曾建议在那些坑的周围勘探镍矿”(李四光,1972,第15页)。

近30多年来,地球科学中一个热门话题就是有关地外陨击(灾变)事件和生物大量绝灭关系的大辩论。从20世纪80年代开始,Alvarez等提出白垩系—古近系(K—E)分界处小行星撞击地球引起恐龙大绝灭的假说以来,这一论题成为科学界前沿热门课题。在K—E界线层中确定天体撞击的标志大体可分为化学和物理的两大类。化学方面标志有亲铁元素异常(应用最多的是铀、钍)、同位素比值等。近年来新进展是在K—E界线层等发现有富勒烯(C₆₀和C₇₀)。物理标志有微球粒(包括宇宙球粒和冲击成因球粒等)、尖晶石、微陨石等。

经过十几年激烈争论,基本上达到了共识,多数人已承认白垩纪末小行星撞击地球的假说。K—E界线的层型剖面

是突尼斯的Elkef剖面,Ir等异常成为这一界线定义的组成部分,而且是作为非人为划定界线的一个代表(Kyte,2002)。与K—E界线撞击事件形成的陨击坑(Chicxulab陨击坑)有关的抛射物遍布全球(Chaeyes et al.,2002),这表明,它的影响已达全球规模。Becker et al.(2001)在浙江长兴煤山的二叠系—三叠系(P—T)界线层中不仅检出有富勒烯,而且发现富勒烯中含有宇宙成因的氦同位素异常。

在5.45亿年中,有约25个生物大量绝灭的峰值。它们的出现可通过直径 $\geq 5\text{km}$ 的天体(多数是彗星)对地球的撞击来解释,其中5个主要生物大量绝灭是与直径 $\geq 5\text{km}$ 天体的撞击有关。生物大量绝灭事件具有约30 Ma的周期,同样,具有较好年龄测定的大陨击坑的谱分析结果的峰值是 $30 \pm 0.5\text{Ma}$ 和 $35 \pm 2\text{Ma}$ (Rampino,1999)。看来,撞击事件与生物大量绝灭有密切联系。不少学者认为地球上生物的大量绝灭(多位于重要地层界线处)可能与小行星和彗星的撞击有关(XU Daoyi et al.,1989; McLaren et al.,1990; Hsu et al.,1985)。Rampino(1999)进一步认为是银河系动力过程调制了小行星和彗星的运动变化。

近年来,Keller等(2002)结合深海钻孔计划(DSDP)525站资料,列出了K—E界线附近古气候、火山、撞击事件和生物绝灭事件的时间次序。印度的Deccan火山活动开始于65.4~65.2 Ma,这与全球气温在65.4到65.2 Ma期间的升温是一致的,那时亦可能在中北美发生过一次陨击事件,然后在65 Ma发生了一次大陨击事件,使生物大量绝灭。

Abbott等(2002)研究了撞击事件对地幔柱活动的影响。地幔柱活动通过玄武岩流、大洋高原火山活动、大量岩脉群、超铁镁质和层状侵入体和高MgO(MgO $>10\%$)喷出岩等来认定。巨大撞击事件可强化已有的地幔柱活动,这是由于地幔柱的谱分析结果亦有32 Ma的峰值。撞击作用可引起地壳裂隙和造成应力释放,可导致地下熔融体易于向地表上升,它也可使核幔边界产生变化,从而强化地幔柱活动。撞击构造与经济矿产(包括金刚石、宝石、Au、Ag、Cu、Ni、Co、Se、Te、Pb、Zn、PGE、REE、U、Th等多种元素以及石油、煤、天然气等)都可能存在不同程度的联系(覃功炯等,2001)。

由此可见,地外成因的大撞击事件,地幔柱强烈活动和生物大量绝灭三者之间形成了一个事件链。由此影响到气候、矿产、生物等许多地质过程的发展和变化,成为21世纪地球科学的一个生长点。这与李老在20世纪60年代所思考的地质学中的重大问题是相一致的。

4 地震是可以预报的

1966年3月8日在河北邢台发生强烈地震,造成人员巨大伤亡。在3月8日晚,李老参加周恩来总理召集研究邢台地震工作的会议。在会上,他提出:地震是可以预报的。周总理在另一次会上说:“三八节那地震后,有些科学家说,地震预报世界上没有解决。李四光独排众议,认为世界上未解决,我们为什么不能解决”(郑明焕,1981)。

在地震预报实践中,李四光亲自预测了一些地震。如在1966年4月10日周总理召开研究地震发展趋势的会上,他提出:“深县、沧县,河间这些地区发生地震的可能性是不能忽视的(郑明焕,1981)。后来,1967年3月27日发生了河间6.3级地震。又如在1967年10月20日科委地震办公室一次会议上,

李老指出:“应向滦县、迁安地区做些观测。如果这些地区也活动的话,那就很难排除大地震的发生”(郑明焕,1981)。后来,1976年7月28日上午在唐山发生7.8级地震,同日下午滦县发生7.1级地震。

1970年1月5日云南通海发生了7.7级大地震。1970年春夏之交,作者之一(徐道一)到云南通海考察时,在震中区看到一个地应力观测台。台站人员告诉作者,他们是据李老的预测意见,在1969年到通海来建立台站,以便得到震前观测资料。这表明:尽管1966~1969年中国大陆地震活动地区是在华北,李老已预见在云南通海附近可能发生大地震。

近30多年以来,美国、英国一些学者仍然在顽强坚持“地震不能预报”的论调,可是当年李老当年已成功地进行了地震预测!

在周总理的亲切关怀下,在李四光、翁文波等前辈积极开展地震预报的实际行动鼓励下,中国地震预测、预报水平有了很大突破,取得了1975年辽宁海城7.3级大地震等预报成功,预报水平居于世界前列。李老对地震预报的指导思想曾起了很重要作用。

5 李四光是自然科学领域中西文化结合的光辉典范

青年时期的李四光留学日本参加同盟会。1905年7月孙中山表扬他:“年龄这样小就要革命,有志气”(郑明焕,1981)。后来,他弃官不做,留英深造。他的治学态度是:凡遇着新景象、新学说,切不可为他所支配,为他所奴隶。我们还要分析他,看他究竟是怎么一回事。李老重视野外实践,反对把西方科学生搬硬套:“我们地质工作者,把外国的东西生搬硬套,用来解决中国地质上的问题,这样就带来了严重的错误和巨大的损失。”、“西欧和苏联地质学界的这种主观主义和形而上学的观点,深深地影响着有一部分中国地质工作者”(李四光,1972,第32、33页)。

他既努力学习西方科学思想,又不局限于西方科学。他敢于超越西方科学体系,不怕被孤立和多数人反对,勇于走前人未走过的路。李老撰写《天文·地质·古生物》一书显然是接受中华传统文化的影响。“群经之首”的《周易》强调天地人三才之道,以重视整体、联系和变化为特征。李四光所创立的地质力学是中华传统文化在地质学中的光辉体现。

在中国近代地质学的发展中,是李老率先从静态、孤立的描述地质学中走出来,促进现代地质学(主要特征是有理论指导)的诞生,发起了学术思想上真正意义的一次革新或革命。在这一过程中,在中国李老的作用是唯一的,在世界上他也可与槽台学说和大陆漂移学说的创始人并列。遥感和计算机技术的进步有利于从整体、宏观上对地球表层的研究和把握,这为李四光的理论的进一步发展提供了新的工具。

李老的一生是“尊重实践,追求真理,勇于探索,敢于创新”的一生。在科学兴国的今天,中国迫切需要成千上万富于创新精神的李四光式的年轻科学家。李四光院士的严谨学术作风和不断创新的精神永远是我们学习的榜样。

参 考 文 献

- 李四光. 1972. 天文·地质·古生物——资料摘要(初稿). 北京: 科学出版社, 1~115.
- 刘德长, 孙文鹏, 董航寿, 黄贤芳, 赵世勤. 1991. 中国铀矿构造与成矿演化. 北京: 原子能出版社.
- 覃功炯, 欧强, 常旭. 2001. 国内外对天体撞击地球的撞击构造研究的新进展. 地学前缘, 8(1): 315~352.
- 孙文鹏, 陈庆兰. 1998. 铀矿化等间距类型、形成条件与成因探讨. 中国数学地质(9), 北京: 地质出版社, 1~12.
- 温家宝. 1991. 用马列主义哲学指导科学实践. 自然辩证法研究, 7(6): 1~3.
- 徐道一, 杨正宗, 张勤文, 孙亦因. 1983. 天文地质学概论. 北京: 地质出版社, 1~284.
- 张勤文, 徐道一. 1986. 天文地质学进展. 北京: 海洋出版社, 1~170.
- 郑明焕. 1981. 李四光同志年谱简编. 见: 李四光研究会筹备组地质学会地质力学专业委员会主编, 李四光纪念文集. 北京: 地质出版社, 129~140.
- 中国地质学会. 1989. 天地生综合研究. 北京: 中国科学技术出版社, 1~452.
- Abbott D H, Isley A E. 2002. Extraterrestrial influences on mantle plume activity. Earth and Planetary Science Letters, 205: 53~62.
- Becker L, Poreda R J, Hunt A G, Bunch T E, Rampino M. 2001. Impact event at the Permian-Triassic boundary: evidence from extraterrestrial noble gases in fullerenes. Science, 291: 1530~1533.
- Chaey P, Kiessling W, Alvarez W. 2002. Distribution of Chicxulub ejecta at the Cretaceous-Tertiary boundary. Geological Society of America, Special Paper, 356: 55~68.
- Hsu K J, Obrhansli H, Gao J Y, Sun Shu, et al. 1985. "Strangelove Ocean" before the Cambrian explosion. Nature, 316: 809~811.
- Keller G, Adatte T, Stinnesbeck W, Affolter M, Schilli L, Lopez-Oliva. 2002. Multiple spherule layers in the Late Maastrichtian of northeastern Mexico. Geological Society of America, Special Paper, 356: 145~161.
- Kyte F T. 2002. Tracers of the extraterrestrial component in sediments and inferences for Earth's accretion history. Geological Society of America, Special Paper, 356: 21~38.
- McLaren D J, Goodfellow W D. 1990. Geological and biological consequences of giant impacts. Ann. Rev. Earth Plan. Sci., 18: 123~171.
- Rampino M R. 1999. Impact crises, mass extinctions, and galactic dynamics: The case for a unified theory. Geological Society of America, Special Paper, 339: 241~248.
- Wen Jiabao. 1991. The application of the philosophy of Marxism-Leninism to guide the scientific practice. Researches on Dialectics of Nature, 7(6): 1~3.
- Xu Daoyi, Zhang Qinwen, Sun Yiyin, Yan Zheng, Chai Zhifang, He Jinwen. 1989. Astrogeological events in China. Beijing: Geological Publishing House; New York: Van Nostrand Reinhold; Edinburgh: Scottish Academic Press, 1~267.