

<https://doi.org/10.3799/dqkx.2022.830>



秦岭隆升过程及其如何控制气候环境？

董云鹏, 杨 钊, 孙圣思, 史小辉, 何登峰, 惠 博, 龙晓平, 郭安林

西北大学地质学系, 大陆动力学国家重点实验室, 陕西西安 710069

秦岭东连桐柏—大别山, 西接昆仑和祁连山, 构成中国中央造山带, 横亘中国大陆中部, 是中国南方大陆和北方大陆完成主体拼合的主要造山系(张国伟等, 2001, 2019; Dong *et al.*, 2021). 现有研究表明, 秦岭是在大约 4 亿年和 2 亿年板块俯冲—碰撞造山基础上, 叠加 150~100 百万年的陆内造山, 并于 60 百万年以来迅速隆升崛起(Dong *et al.*, 2021). 特别是在新生代以来, 在深部地质作用控制下, 秦岭浅表构造地貌快速隆升, 成为我国南北地质地理、生态环境、经济文化的分界带, 导致中国南方与北方在地质、地理、生物、水文、气候、环境以及经济和人文等方面均存在明显差异(Dong *et al.*, 2022a, 2022b). 同时, 秦岭山脉本身也是我国大陆最主要的“绿肺”, 由于秦岭构造隆升, 促使气候环境变化、生物变化, 控制大气和水循环, 净化了空气和水源. 但是, 秦岭又是一个地质灾害频发的高危地区.

1 秦岭对中国大陆乃至东亚大陆形成的意义

秦岭山脉如同脊梁一样横亘于中国大陆中部, 东西延伸 1 600 余千米, 在地质、地理、生物、水文、气候以及人文等方面形成了一道分隔中国南、北方的天然屏障(Dong *et al.*, 2022b).

秦岭是一个历经长期多幕式演化的复合造山

带, 在中国大陆乃至东亚大陆演化中占据关键地位. 它的演化开启于元古代的早期, 经历了新元古代格林威尔造山运动、早古生代加里东运动、印支运动、燕山运动和喜马拉雅运动, 最终形成了现今的构造形态和地形地貌. 其中加里东造山运动对秦岭造山带北部弧沟系统形成以及与华北地块的联合起到了至关重要的作用; 中生代早—中期的印支造山作用完成了中国南北大陆的拼合, 缔造了统一中国大陆的基本构造格架, 自此中国大陆进入了陆内演化阶段(Dong *et al.*, 2018, 2021).

晚中生代的燕山造山运动和新生代的喜马拉雅造山运动代表了秦岭的陆内造山运动, 其构造活动继承、改造并奠定了现今秦岭深部的“立交桥”构造和浅部的花状构造样式并与地表作用一起刻画了现今秦岭的主体地形地貌(张国伟等, 2001). 秦岭在新生代发生了大规模山体隆升作用. 同时, 与其北侧渭河谷地的盆山耦合效应进一步强化了其隆升效应, 其结果导致了上述多重意义天然屏障的形成.

因此, 从地质意义上研究中国大陆和东亚大陆的构造演化离不开秦岭造山带构造研究, 而研究秦岭的隆升以及对秦岭南北气候、环境甚至人文的影响和制约作用, 更离不开秦岭造山带地质构造的精细研究. 因为所有地球多圈层包括地表作用在内的相互作用过程, 都离不开构造活动的主导和制约.

2 秦岭隆升的中国南北气候环境

作者简介: 董云鹏(1967—), 男, 博士, 教授, 长期从事大地构造学与地球系统科学研究. E-mail: dongyp@nwu.edu.cn

引用格式: 董云鹏, 杨钊, 孙圣思, 史小辉, 何登峰, 惠博, 龙晓平, 郭安林, 2022. 秦岭隆升过程及其如何控制气候环境? 地球科学, 47(10): 3834—3836.

Citation: Dong Yunpeng, Yang Zhao, Sun Shengsi, Shi Xiaohui, He Dengfeng, Hui Bo, Long Xiaoping, Guo Anlin, 2022. Uplifting Process of the Qinling Mountains and How to Control the Climate and Environment Change? *Earth Science*, 47(10): 3834—3836.

效应

在秦岭 20 亿年的演化进程中,伴随多期次的造山运动,秦岭的不同构造区域经历了不同期次不同幅度的隆升.但是这些隆升导致的地形地貌以及气候环境效应多半已经埋没在地质记录中.对于现今秦岭而言,燕山期和喜山期的造山隆升显得更加显著.根据近年地质热年代学的研究,秦岭大部分地区的隆升均发生在 80~100 Ma 期间,而新生代以来秦岭相对渭河谷地,发生了 7 000~8 000 m 以上的隆升,形成了今天我们看到的雄伟峻峭的秦岭山脉 (Yang *et al.*, 2017; Shi *et al.*, 2018, 2020).

秦岭的中新生代的隆升使其成为气候分带的界限,造成了其南北差异明显的气候效应.从今天来看,秦岭以南为亚热带季风气候类型,以北是温带季风气候带.南北年平均温度相差 5~10 °C 左右,降雨量以南在 800 mm 以上,以北低于 800 mm (Dong *et al.*, 2022a, 2022b).

从地质历史时期(中、新生代)分析,秦岭以北当时广泛分布的湖泊(例如,白垩纪的鄂尔多斯湖盆达到历史最大规模,新生代的三门湖广布秦岭以北)、森林以及脊椎动物群落(例如黄河古象、犀牛)也充分说明气候的温暖湿润.而秦岭的持续隆升最终导致了其北部湖泊的消亡并在其上直接叠加了黄土高原的沉积,这些环境的变化后来影响到人类历史时期的生存方式和社会形态.

同时,由于秦岭山脉隆升及其驱动的气候、环境、生物变化,不仅促使有益的大气水循环,而且净化了空气、水源.因此,秦岭山脉的隆升是气候环境、水资源等的根本控制因素.

3 秦岭及其邻区的地质灾害研究

地质灾害是一个多因素问题,它的出现既有地质构造和物质组成的原因,亦有与气候关系密切的地表作用参与.但是,任何空间的物质组成和小构造的发育都受控于大地构造位置.

秦岭地区主要涉及到石质地体的滑坡、地表塌陷(喀斯特溶洞的塌陷)、河谷泥石流等地质灾害现象.地质体的滑坡和垮塌涉及到本身的物质组成和岩石的构造,一般而言片状构造发育的岩石(例如页岩、板岩、千枚岩、片岩)其产状较陡容易发生滑坡,而地质体的垮塌多出现在岩石裂隙构造发育或者破碎地区.地表塌陷主要限于石灰岩地区,而

泥石流出现于沟壑发育地区并与暴雨后洪水的形成有关.

从秦岭岩石分布区域分析,北秦岭变质岩区易于出现地质体的滑坡和垮塌灾害,南秦岭多发生喀斯特溶洞的陷落.西秦岭南侧由于地势高且气候寒冷,岩石多发生物理风化形成碎片,这些岩石碎片极易形成滑坡.泥石流则广泛出现于山高沟深地区.

另外,秦岭以北的黄土台塬和黄土高原区极易出现黄土塌陷和滑坡灾害.因此从秦岭造山带大地构造位置出发厘定地质灾害类型及其空间分布对于防治地质灾害、保护秦岭的青山绿水和人民生命财产安全极具意义.

4 秦岭隆升的经济人文分隔效应

由于秦岭山脉的隆升,诱发气候、环境、土地、水资源等的南北差异演化,使得南北方经济发展差异日渐加大.特别是从农耕时代开始,由于这一巨型屏障的分隔作用,导致人类文明、南北方文化也出现差异、各具特色 (Dong *et al.*, 2022a, 2022b).由于地形环境原因,北方人们生活以大型村庄、聚落为特色,而南方则以相对分散居住为主;由于地形地貌、气候降雨等差异,导致南北方农业经济的明显不同.北方以旱区农业,如高粱、玉米、小麦、大豆、棉花等为主,而南方则以水稻为主;北方以相互协作的大型工业、集体经济为主,而南方则以小规模手工业、个体经济发展为特色;生态环境和生活方式的差异逐步形成了南北方不同的文化、性格特色,例如北方的“苍凉、厚重、奔放、帝王将相”与南方“多彩、细腻、温婉、才子佳人”形成鲜明对照.

5 未来的研究趋势

综上所述,秦岭及其两侧的盆山构造系统的深部地质过程控制着浅表构造地貌隆升,导致气候、环境发生变化,进而驱动着中国南北经济、文化的差异演变.然而,迄今仍然缺乏相关的定量研究,亟待开展关于“深部过程、浅表地貌、气候变化、经济文化”的控制与响应的量化时空过程研究,系统揭示“深部地质作用—浅表构造地貌—气候环境变化—经济文化变迁”之间的时空关系和内在作用机理,为国家战略和人类社会可持续发展提供重要科学支撑 (董云鹏等, 2022). 未来主要有以下研究方

向和问题:

(1) 秦岭隆升机理与构造地貌形成过程. 该研究方向的关键科学问题: ① 秦岭隆升的时空分布与速率特征; ② 秦岭隆升的构造特征, 与特定断层作用和褶皱作用的关系; ③ 秦岭隆升的构造事件组合; ④ 秦岭隆升与构造地貌形成; ⑤ 秦岭隆升的构造背景和动力学机制.

(2) 秦岭及邻区气候环境演变及其内在机理. 该方向最关键的科学问题是解决秦岭隆升的时空分布以及速率特征与气候演变和环境变迁的连接. ① 秦岭隆升时间段的秦岭南北气候环境效应的记录; ② 秦岭隆升与气候环境事件的时空对接; ③ 隆升—构造地貌—气候环境效应序列; ④ 人类历史阶段的气候环境变化的人文效应.

(3) 秦岭及邻区的地质灾害成因机理及防治. 该研究方向的关键科学问题: ① 秦岭及邻区地质灾害的分类; ② 地质灾害与地质体构造、物质组成和地表作用的关系; ③ 地质灾害空间分布的大地构造划分; ④ 地质灾害重点防治区及其防治措施.

参考文献

- Dong, Y.P., Neubauer, F., Genser, J., et al., 2018. Timing of Orogenic Exhumation Processes of the Qinling Orogen: Evidence from $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ Dating. *Tectonics*, 37(10): 4037–4067. <https://doi.org/10.1029/2017tc004765>
- Dong, Y.P., Sun, S.S., Santosh, M., et al., 2021. Central China Orogenic Belt and Amalgamation of East Asian Continents. *Gondwana Research*, 100: 131–194. <https://doi.org/10.1016/j.gr.2021.03.006>
- Dong, Y.P., Sun, S.S., Santosh, M., et al., 2022a. Cross Orogenic Belts in Central China: Implications for the Tectonic and Paleogeographic Evolution of the East Asian Continental Collage. *Gondwana Research*, 109: 18–88. <https://doi.org/10.1016/j.gr.2022.04.012>
- Dong, Y.P., Shi, X.H., Sun, S.S., et al., 2022b. Co-Evolution of the Cenozoic Tectonics, Geomorphology, Environment and Ecosystem in the Qinling Mountains and Adjacent Areas, Central China. *Geosystems and Geoenvironment*, 1(2): 100032. <https://doi.org/10.1016/j.geogeo.2022.100032>
- Shi, X.H., Yang, Z., Dong, Y.P., et al., 2018. Longitudinal Profile of the Upper Weihe River: Evidence for the Late Cenozoic Uplift of the Northeastern Tibetan Plateau. *Geological Journal*, 53: 364–378. <https://doi.org/10.1002/gj.3195>
- Shi, X.H., Yang, Z., Dong, Y.P., et al., 2020. Geomorphic Indices and Longitudinal Profile of the Daba Shan, Northeastern Sichuan Basin: Evidence for the Late Cenozoic Eastward Growth of the Tibetan Plateau. *Geomorphology*, 353: 107031. <https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2020.107031>
- Yang, Z., Shen, C.B., Ratschbacher, L., et al., 2017. Sichuan Basin and Beyond: Eastward Foreland Growth of the Tibetan Plateau from an Integration of Late Cretaceous–Cenozoic Fission Track and (U–Th)/He Ages of the Eastern Tibetan Plateau, Qinling, and Daba Shan. *Journal of Geophysical Research: Solid Earth*, 122(6): 4712–4740. <https://doi.org/10.1002/2016jb013751>
- 董云鹏, 任建国, 张志飞, 等, 2022. 地质学科未来 5~10 年发展战略: 趋势与对策. *科学通报*, 67(23): 2708–2718.
- 张国伟, 郭安林, 董云鹏, 等, 2019. 关于秦岭造山带. *地质力学学报*, 25(5): 746–768.
- 张国伟, 张本仁, 袁学诚, 等, 2001. 秦岭造山带与大陆动力学. 北京, 科学出版社.