
Farallon 板块俯冲过程对北美大陆的地质学， 地球化学，及地球动力学意义

刘丽军

University of Illinois at Urbana-Champaign, Urbana, IL, USA 61801

板块重组模型告诉我们，Farallon 板块，一个目前基本已经消亡的东太平洋板块，自中生代的侏罗纪以来持续在北美西部俯冲。而大量的地质学和地球化学证据表明，该板块的俯冲历史对北美大陆尤其是美国西部的地质构造造成了巨大的影响。然而，关于很多地质现象的严格地球动力学解释一直存在着大量的争议。这些地质结构包括曾经覆盖北美大陆近一半面积的晚白垩纪(100–65 Ma) 内陆海，紧随以后的美国西部的落基山脉 (Rockies) 的形成和广泛的地壳隆升 (通常称作 Laramide orogeny)，以及自 40Ma 以来美国西部的大范围地壳拉张形变 (Basin and Range extension)。伴随这些地壳形变的还有不规则的北美西部火山带迁移 (~80Ma) 和局部暂时熄灭 (80–60Ma)，从 50Ma 开始的 Ignimbrite flare-up 到 17Ma 突然爆发的 Columbia River 泛布玄武岩省，以及接下来持续活跃到现在的 Yellowstone 和 Newberry hotspot track 火山带系统。

我们通过建立大尺度的地幔对流模型来研究 Farallon 板块俯冲和地表构造之间的定量关系。为了重塑远至白垩纪时期的俯冲过程，我们借鉴天气预报理论常用的一种算法—伴随数据同化算法—来反推古老地质时期的地球内部结构及流场 (Liu & Gurnis, JGR, 2008)。运用该算法，我们将目前通过地震波观测到的地球深部结构作为起点，反演过去的深部对流过程，进而预测地表形变及其随时间的变化。反演结果显示 Farallon 板块在北美西部的平俯冲导致大范围的地表动力沉降，从而形成了晚白垩纪内海 (Liu et al., Science, 2008)。而通过进一步的与板块重构模型和区域构造地质观测做比较，我们推断该时段的 Farallon 平俯冲是由一个巨大的海底高原俯冲造成的 (Liu et al., Nature Geoscience, 2010)。而大量构造地质学及同位素热年代学数据所显示的落基山脉及整个北美西部的隆胜都跟该异常俯冲事件紧密相关 (Liu & Gurnis, Geology, 2010)。

为了进一步理解北美西部复杂的火山活动变迁与深部地幔活动的关系，尤其是自 Columbia River 泛布玄武岩省形成以来的历史，我们通过设计高精度的板块俯冲模型来预测 USArray 观测到的美国西部复杂的地幔结构。该过程同时考虑板块运动速度，洋壳俯冲年龄，以及板块边界演化等因素对地幔内部结构的影响，而各层地幔的粘滞系数和下行板块的力学强度则是模型的自由变量 (通过拟和地震层析成像结果来约束)。结果显示，目前观测到的复杂的地幔结构是由于 Farallon 俯冲过程中板块内部撕裂所造成的 (Liu & Stegman, EPSL, 2011)。通过进一步与岩浆层序学，构造地质学，及同位素地球化学证据做比较，我们发现该板块破裂过程所导致的热力学过程与 Columbia River 泛布玄武岩省的形成过程紧密吻合，从而为这一广泛争论的地质现象提供了一个全新的地球动力学解释 (Liu & Stegman, Nature, 2012)。同时，断裂后的下行板块演化过程及其伴随的地幔对流也为解释接下来的 Yellowstone 和 Newberry hotspot track 提供了一个全新的视角。