



新闻动态

您现在的位置: 首页 > 新闻动态 > 研究亮点

- 图片新闻
- 头条新闻
- 通知公告
- 学术活动
- 综合新闻
- 科研动态
- 研究亮点
- 学术前沿

王新等-NG: 地幔过渡带中俯冲板片界面成像

2020-11-09 | 【大 中 小】 【打印】 【关闭】

摘要: 俯冲带是理解地球内部物质和能量交换的重要场所。俯冲板片在俯冲过程中与周围地幔物质相互作用, 在二者边界上发生强烈且复杂的热化学交换。对俯冲板片界面的认识是了解板片组分结构、深部水循环、地幔熔融等地球深部动力学相关过程的关键, 然而200 km以下的俯冲板片界面是否清晰可辨仍然缺乏明确的结论。本研究在西北太平洋俯冲地区的地幔过渡带内观察到两个尖锐且略微倾斜的地震波速度不连续面, 分别代表了俯冲的太平洋板片高速体的上界面和下界面。通过多频段接收函数波形模拟研究, 我们认为俯冲板片的上界面与俯冲板片的莫霍面(洋壳、洋幔界面)相关, 而俯冲板片下侧软流圈的部分熔融则导致板片的下界面清晰可辨。本研究较以往研究更加深入地幔, 在约410-660 km深的地幔过渡带内处观测到明显的俯冲板片界面, 揭示了俯冲板片的层状组分结构和板块下侧的高含水量。

板块俯冲是地球上最宏大、最复杂的地质过程之一, 是理解地球内部物质能量交换、大陆岩石圈演化、地震和火山活动及矿产资源分布等的重要环节。在板块俯冲过程中, 俯冲板片将冷的、不同组分的物质(如地表沉积物、玄武质洋壳、水等)带入地幔, 与周围地幔相互作用, 在二者边界上发生强烈且复杂的热化学交换。对俯冲板片界面的认识是理解板片几何形态、组分结构、深部水循环、地幔熔融等地球深部动力学过程的关键。

在地球浅部(<200 km), 不同俯冲带的地震学探测均揭示出明显的俯冲板片上、下界面(Kawakatsu and Watada, 2007; Kawakatsu et al. 2009; Stern et al. 2015), 即俯冲板片与周围地幔物质存在显著的地震波速度不连续面。在俯冲板片的上界面, 板片大量脱水, 与超镁铁质地幔岩反应形成含水矿物(如蛇纹石), 显著增强了俯冲板块与上覆地幔楔之间的速度对比, 从而形成地震学中观测到的地震不连续面(Kawakatsu and Watada, 2007)。尽管大多数水会在150-200 km的深度从洋壳中释放出来, 但在冷的俯冲环境下, 水还可以通过储存在硬柱石(lawsonite)和高密度含水镁硅酸盐(DHMSs)等矿物, 或者以含羟基(OH)的名义无水矿物(NAMs)形式进入到地幔更深处(Iwamori, 2007; 郑永飞等, 2016)。俯冲板片的下部界面, 即大洋岩石圈与下伏软流圈之间的边界, 也可能表现为明显的速度不连续面(Kawakatsu et al. 2009; Stern et al. 2015)。例如, Kawakatsu et al. (2009)在日本岛下方, 观测到了延伸至200 km深度的俯冲太平洋板片的下界面。俯冲板片下界面的成因, 可能与下伏软流圈顶部的高含水量和部分熔融有关, 对深入了解俯冲的岩石圈与下伏软流圈之间的解耦、板块运动动力学等具有重要意义。然而200 km以下的俯冲板片界面迄今仍没有较好地刻画, 是否清晰可辨仍然缺乏明确的结论。

针对俯冲板片的深部界面问题, 中国科学院地质与地球物理研究所地球与行星物理院重点实验室王新博士、陈棋福研究员、李娟研究员等, 联合美国莱斯大学、新加坡南洋理工大学地球观测研究所、北京大学、中国地震局地震预测研究所、美国加州理工学院和伊利诺伊大学厄巴纳-香槟分校等科研人员, 就西北太平洋俯冲带下方的俯冲板片精细结构展开探测研究(图1)。该研究在410-660 km深的地幔过渡带内探测到两个尖锐且略倾斜的地震波速度不连续面, 与研究区域的全波形层析成像结果以及深源地震的分布吻合较好, 认为它们分别代表了俯冲的太平洋板片高速体的上界面和下界面(图2)。通过多频段接收函数波形模拟, 并结合岩石高温高压实验和地球动力学研究结果, 研究团队认为俯冲板片的上界面与俯冲板片的莫霍面(洋壳、洋幔界面)相关, 而在地幔过渡带含水情况下, 俯冲板片下侧软流圈的部分熔融则导致板片的下界面清晰可辨(图3)。

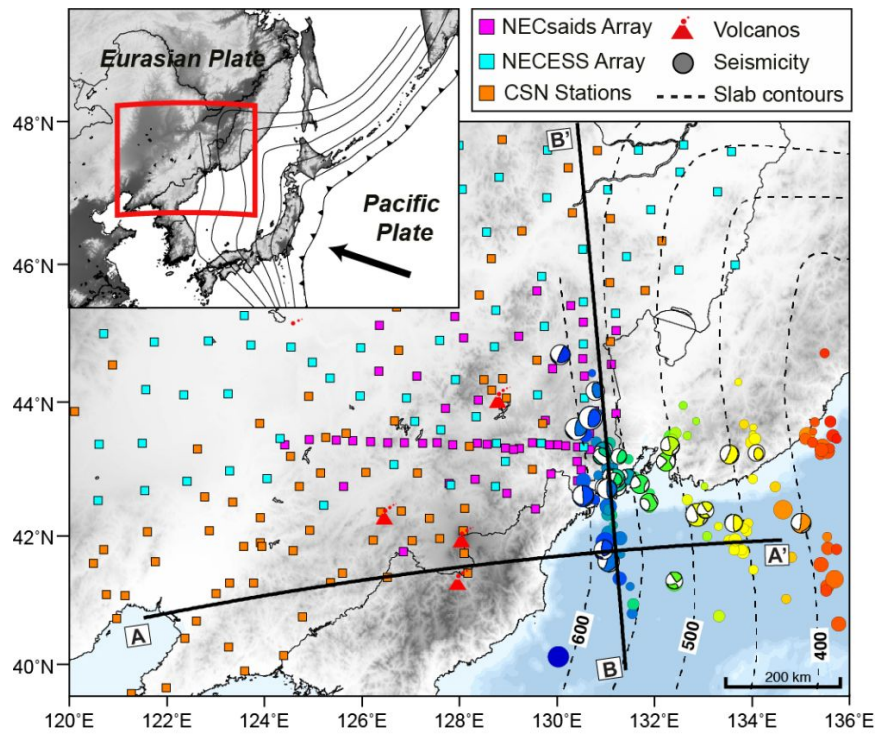


图1 西北太平洋俯冲带构造简图。彩色方块代表该研究中用到的地震台站（紫色表示研究团队布设的NECsajds宽频带流动地震台阵，蓝色表示NECESSArray流动地震台阵，橙色为国家固定台站）。彩色圆圈表示深源地震，黑色虚线表示太平洋俯冲板片等深线。

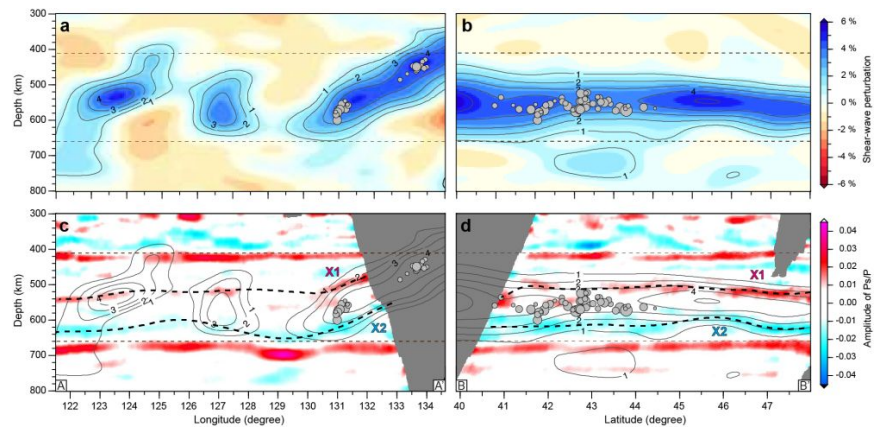


图2 地幔过渡带中观测到明显的俯冲板片上、下界面。(a-b)全波形层析成像(Tao et al., 2018)结果,其中红色代表低速异常,蓝色代表高速异常。灰色圆圈表示深源地震,黑色等值线代表与俯冲板片相关的速度异常。(c-d)接收函数共反射点叠加剖面,其中红色代表低速到高速(从浅到深)的跳变,蓝色代表高速到低速(从浅到深)的跳变。该研究在地幔过渡带中观测到明显的俯冲板片高速体的上、下界面分别用X1、X2标示。剖面位置见图1。

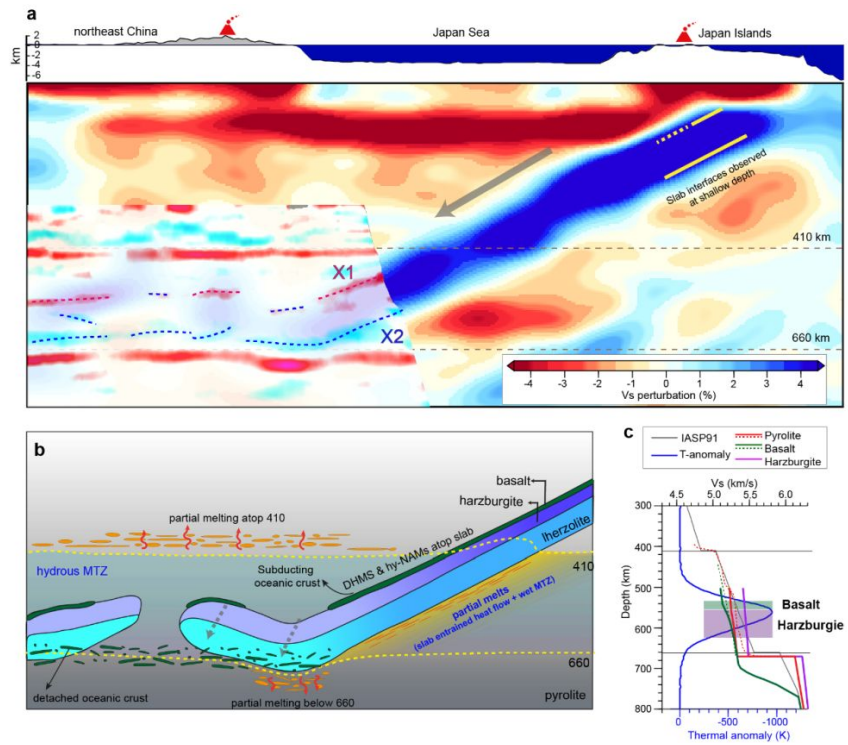


图3 俯冲板片界面形成机制解释。(a) 西北太平洋俯冲带与俯冲板片相关的地震学观测概览。(b) 地幔过渡带深处(约410 km到660 km深度)的俯冲板片界面形成机制卡通示意图。(c) 典型地幔岩的S波速度结构。

大洋俯冲带研究一直是地球科学领域的前沿、热点及难点 (Rosen, 2016; <https://www.sz4d.org/>)。近些年来, 浅部俯冲板片界面的探测已取得较大进展, 但仍缺乏俯冲板片在深部的形态结构研究, 特别是板片界面在深部的探测, 导致无法全面完整地认识俯冲过程。本研究较以往研究更加深入地幔, 在地幔过渡带内观测到明显的俯冲板片界面, 揭示了俯冲板片的层状组分结构和板片下侧的高含水量。

研究成果发表于国际顶级学术期刊 *Nature Geoscience*。(Wang X, Chen Q-F*, Niu F*, Wei S, Ning J, Li J, Wang W, Buchen J, Liu L. Distinct slab interfaces imaged within the mantle transition zone [J]. *Nature Geoscience*, 2020. DOI: 10.1038/s41561-020-00653-5) (原文链接)。本研究受中国科学院战略性先导科技专项 (B类) “地球内部运行机制与表层响应” (XDB 18000000)、国家自然科学基金委“西太平洋地球系统多圈层相互作用”重大研究计划的“西北太平洋俯冲板片形态与岩浆响应活动的地震精细成像” (91958209) 重点支持项目等资助。

主要参考文献

1. 郑永飞, 陈仁旭, 徐峥, 张少兵, 俯冲带中的水迁移[J]. *中国科学: 地球科学*, 2016, 46(3): 253 - 286. (链接)
2. Iwamori H. Transportation of H₂O beneath the Japan arcs and its implications for global water circulation[J]. *Chemical Geology*, 2007, 239(3-4): 182 - 198. (链接)
3. Kawakatsu H, Kumar P, Takei Y, et al. Seismic Evidence for Sharp Lithosphere-Asthenosphere Boundaries of Oceanic Plates[J]. *Science*, 2009, 324(5926): 499 - 502. (链接)
4. Kawakatsu H, Watada S. Seismic evidence for deep-water transportation in the mantle[J]. *Science*, 2007, 316(5830): 1468 - 1471. (链接)
5. Rosen J. The Subduction zone observatory takes shape[J]. *Science*, 2016, 353(6306): 1347-1348. (链接)
6. Stern T, Henrys S, Okaya D. et al. A seismic reflection image for the base of a tectonic plate[J]. *Nature*, 2015, 518: 85-88. (链接)
7. Tao K, Grand S P, Niu F. Seismic structure of the upper mantle beneath eastern Asia from full waveform seismic tomography[J]. *Geochemistry, Geophysics*,

Geosystems, 2018, 19(8): 2732 - 2763. (链接)

8. Tonegawa T, Hirahara K, Shibutani T, et al. Water flow to the mantle transition zone inferred from a receiver function image of the Pacific slab[J]. *Earth and Planetary Science Letters*, 2008, 274(3-4): 346-354. (链接)



地址：北京市朝阳区北土城西路19号 邮编：100029 电话：010-82998001 传真：010-62010846
版权所有© 2009-2021 中国科学院地质与地球物理研究所 京ICP备05029136号 京公网安备110402500032号

