

东北亚地区地壳密度结构与垂向构造应力场

王振宇¹, 余雅文^{2,3}, 付广裕^{1*}, 皮誉洋⁴

1. 中国地震局地震预测重点实验室 (中国地震局地震预测研究所), 北京 100036

2. 河北省地震局, 石家庄 050021

3. 中国地震局地球物理研究所, 北京 100081

4. 中国地震局地震研究所, 武汉 430071

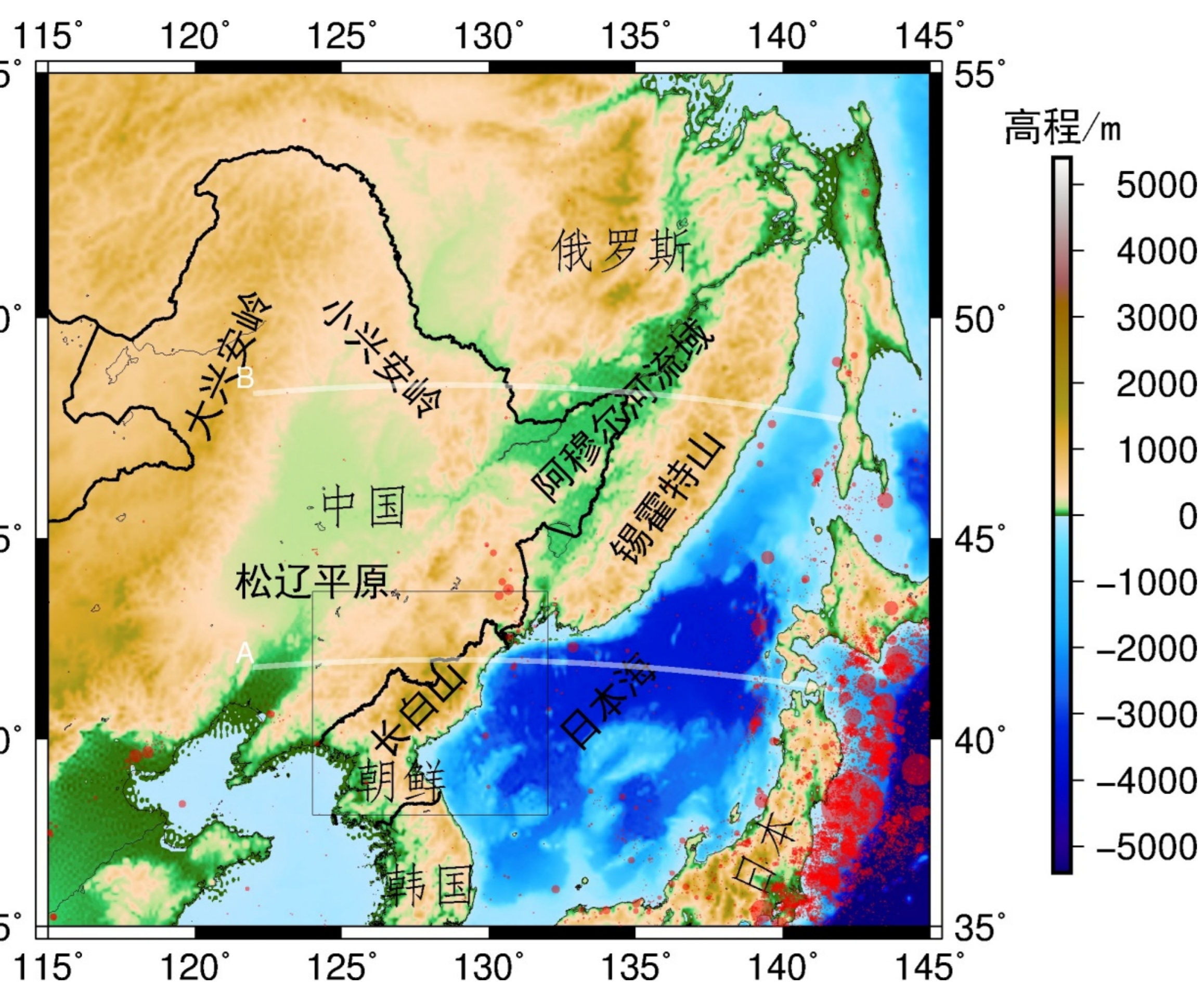


图1. 东北亚地区地形图. 红色圆点为近一百年Mw4.5以上的地震; 白线为图3和图4两条剖面的空间位置; 黑框区域为长白山及其周边地区.

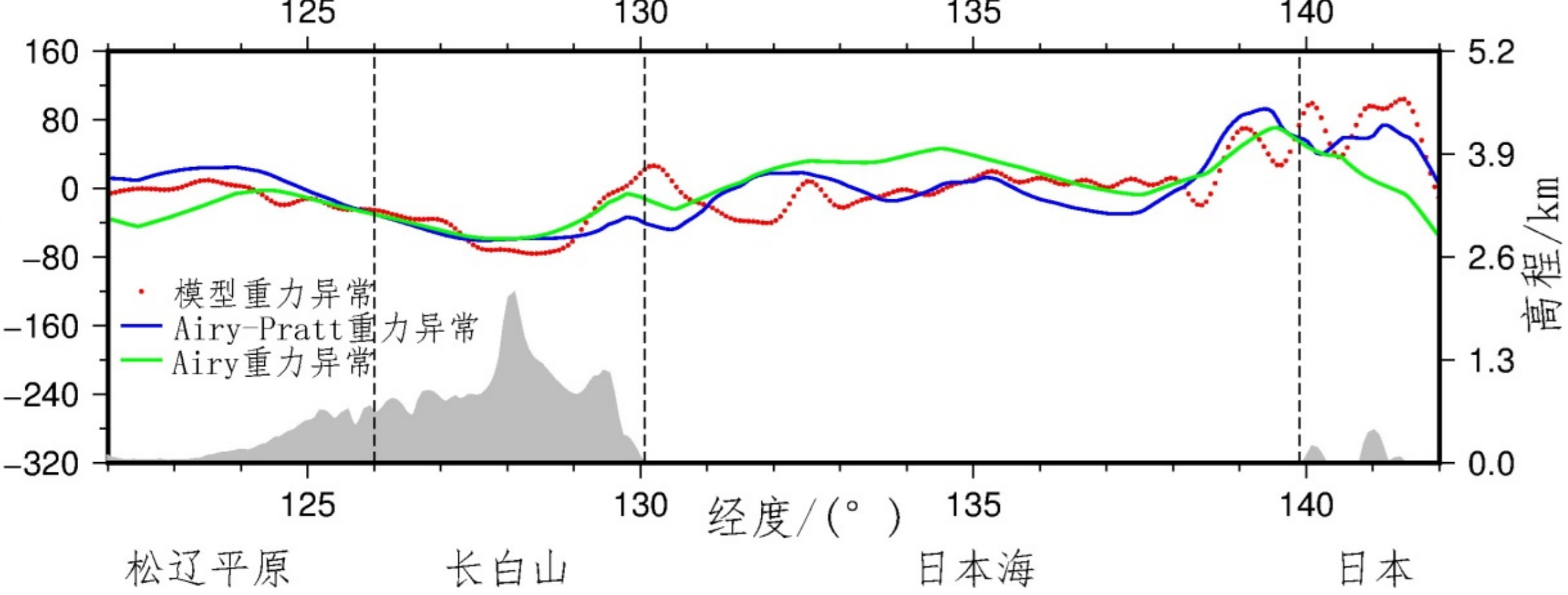


图2. 不同模型正演结果对比. 红点代表模型数据; 蓝线代表Airy-Pratt模型的正演值; 绿线代表Airy模型的正演值; 灰色区域代表地形.

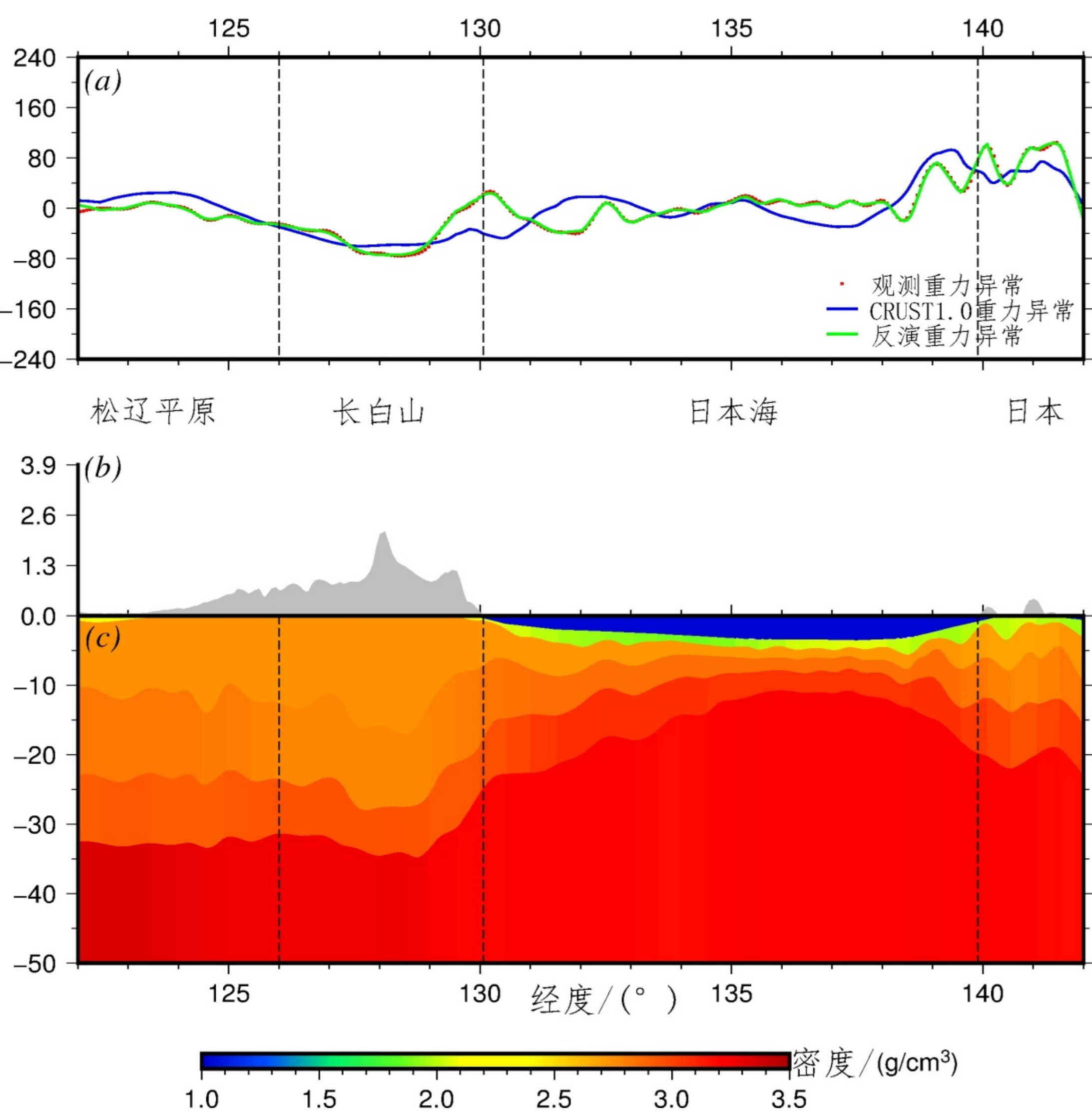


图3. 剖面A重力异常与地壳分层结构反演结果. (a) 重力异常对比; (b) 地形图; (c) 密度结构反演结果.

摘要: 利用EIGEN-6C4重力数据和ETOPO1地形数据, 在考虑物质密度横向不均匀的情况下, 在东北亚地区展开地壳均衡研究, 并重点分析了长白山的隆升机制. 首先, 针对穿越长白山和库页岛的两条近东西向的剖面 (剖面A、B) 展开详细研究, 以CRUST1.0模型为初始条件, 利用布格重力异常数据, 基于Airy模型和Airy-Pratt模型分别反演了相应剖面的地壳密度结构, 发现两剖面的地壳密度呈现一定程度的横向不均匀特性; 基于上述密度结构和高程数据, 利用Airy均衡理论计算了相应剖面的均衡面深度, 并进一步比较莫霍面 (Moho) 和均衡面的差异, 计算了剖面的垂向构造应力分布; 把上述方法应用到整个东北亚地区, 计算了1°采样的21条东西向剖面的垂向构造应力, 插值得到整个东北亚地区的垂向构造应力分布. 结果表明, 东北亚大部分地区垂向构造应力基本为零, 总体处于均衡状态, 长白山地区垂向构造应力为-15~-25MPa, 日本列岛垂向构造应力为-40~-50MPa, 太平洋海沟垂向构造应力15~25MPa; 最后, 本文运用自由空气重力异常导纳方法, 计算了长白山地区有效弹性厚度 (Te) 和加载比, 发现长白山地区的Te为10km, 表明该地区的岩石圈较为柔软; 加载比结果显示, 岩石圈初始加载主要来自Moho, 占总加载的78%, 表明长白山的隆升主要源自地幔物质上涌.

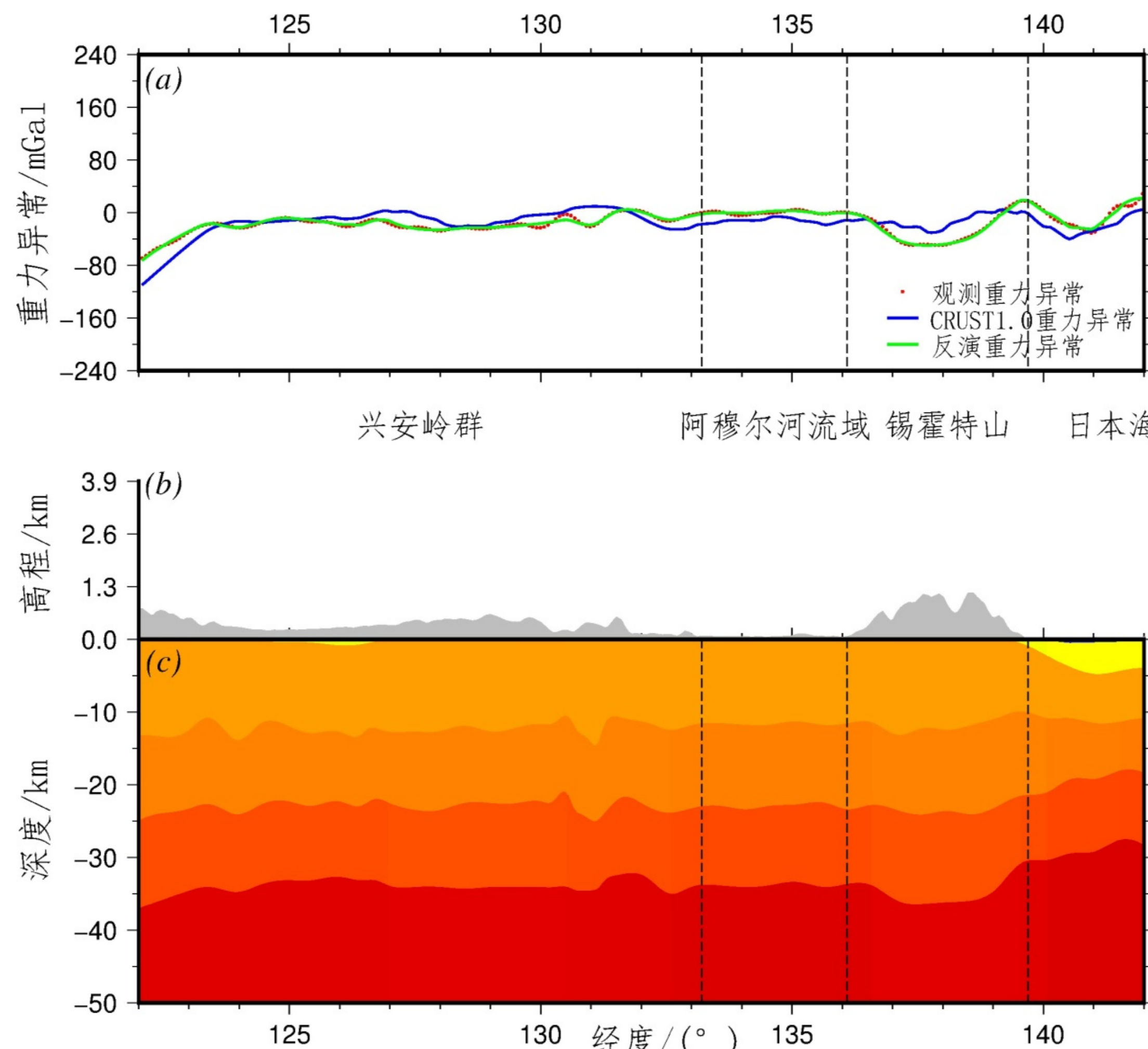


图4. 剖面B重力异常与地壳分层结构反演结果

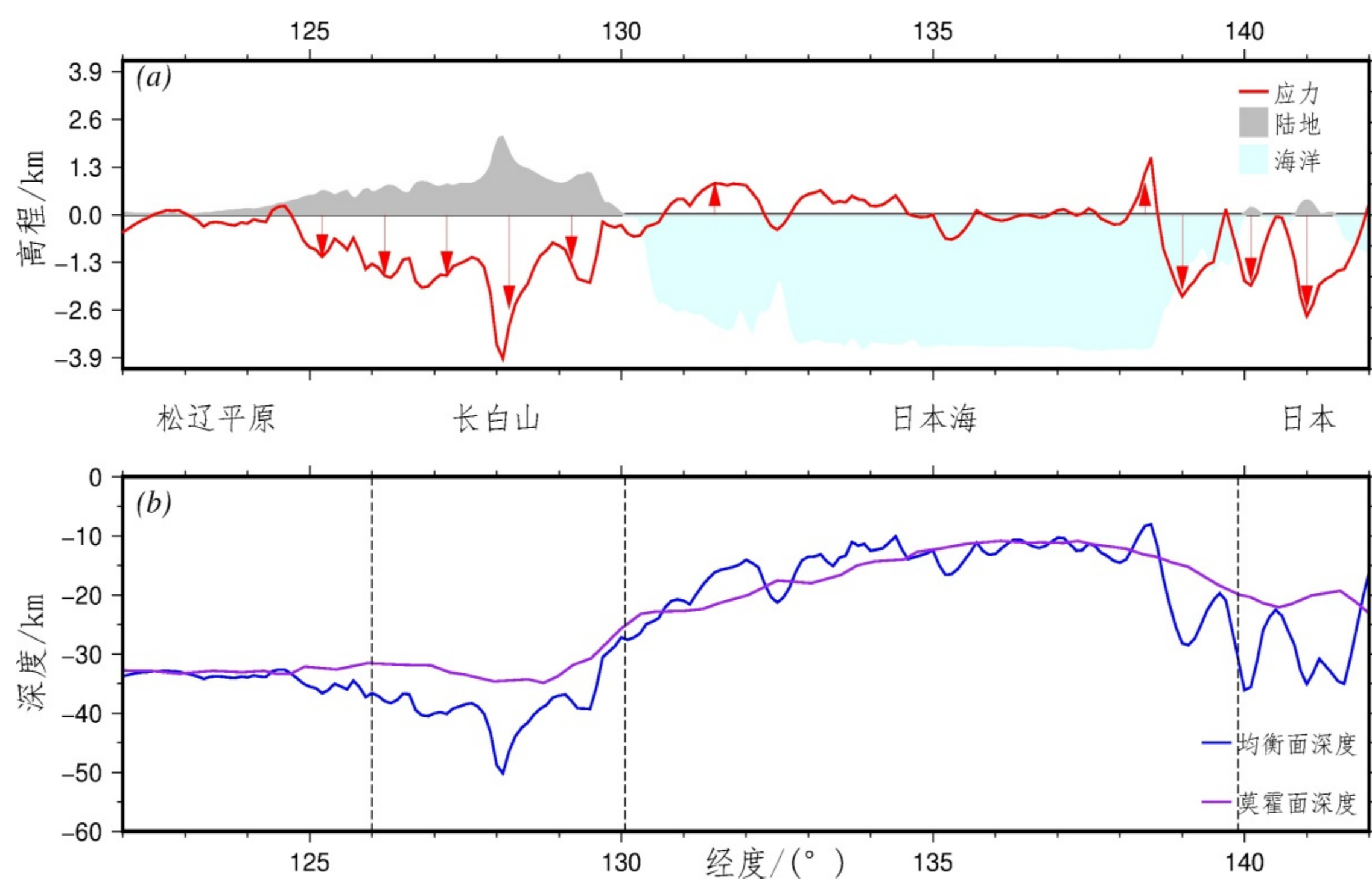


图5. 垂向构造应力与均衡面深度. (a) 剖面A垂向构造应力示意图. 红线表示垂向构造压应力, 红色箭头表示应力方向, 灰色区域表示陆地, 蓝色区域表示海洋; (b) 剖面A均衡面和莫霍面深度对比, 蓝线表示均衡面, 紫线表示莫霍面.

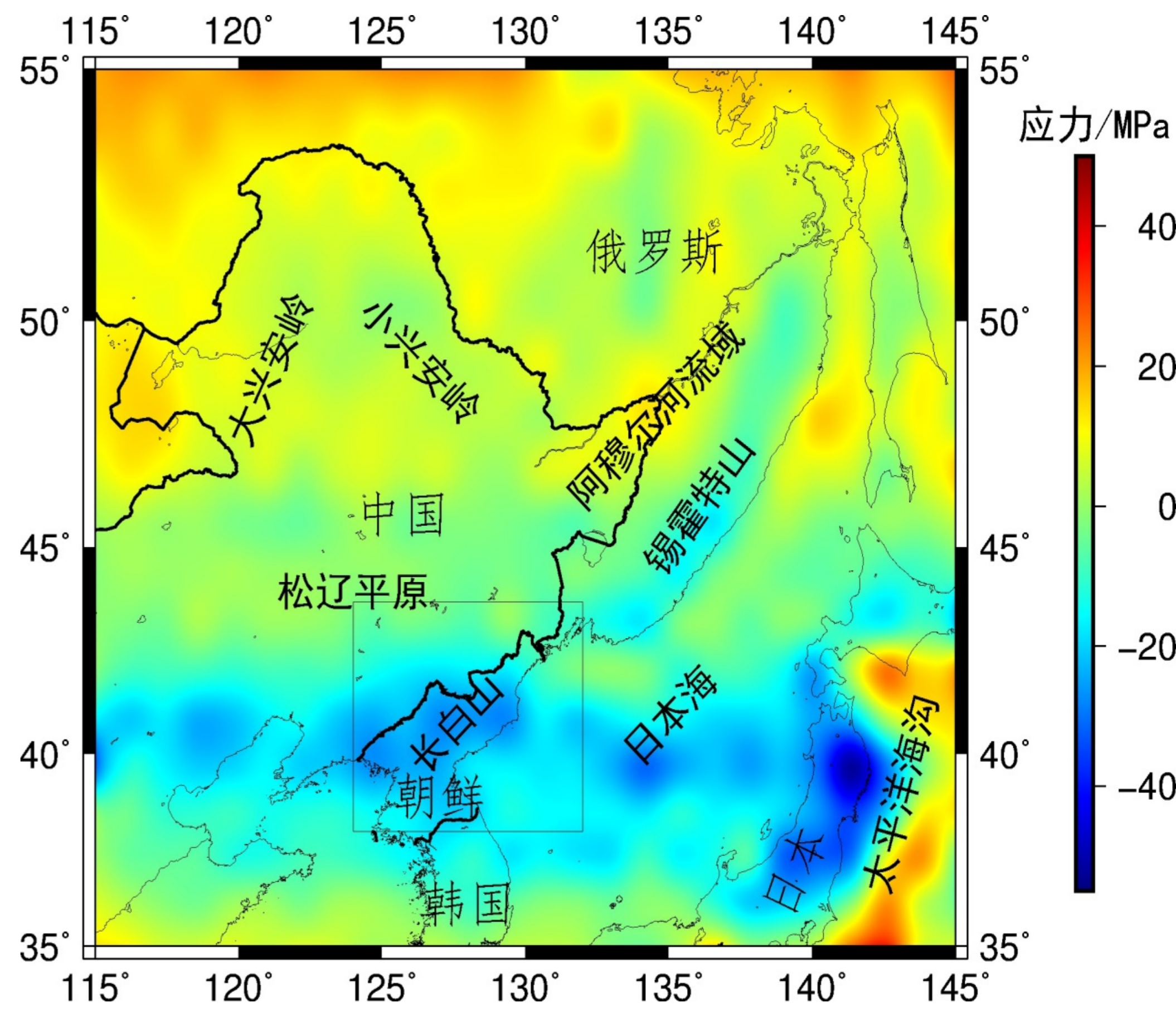


图6. 东北亚地区垂向构造应力分布

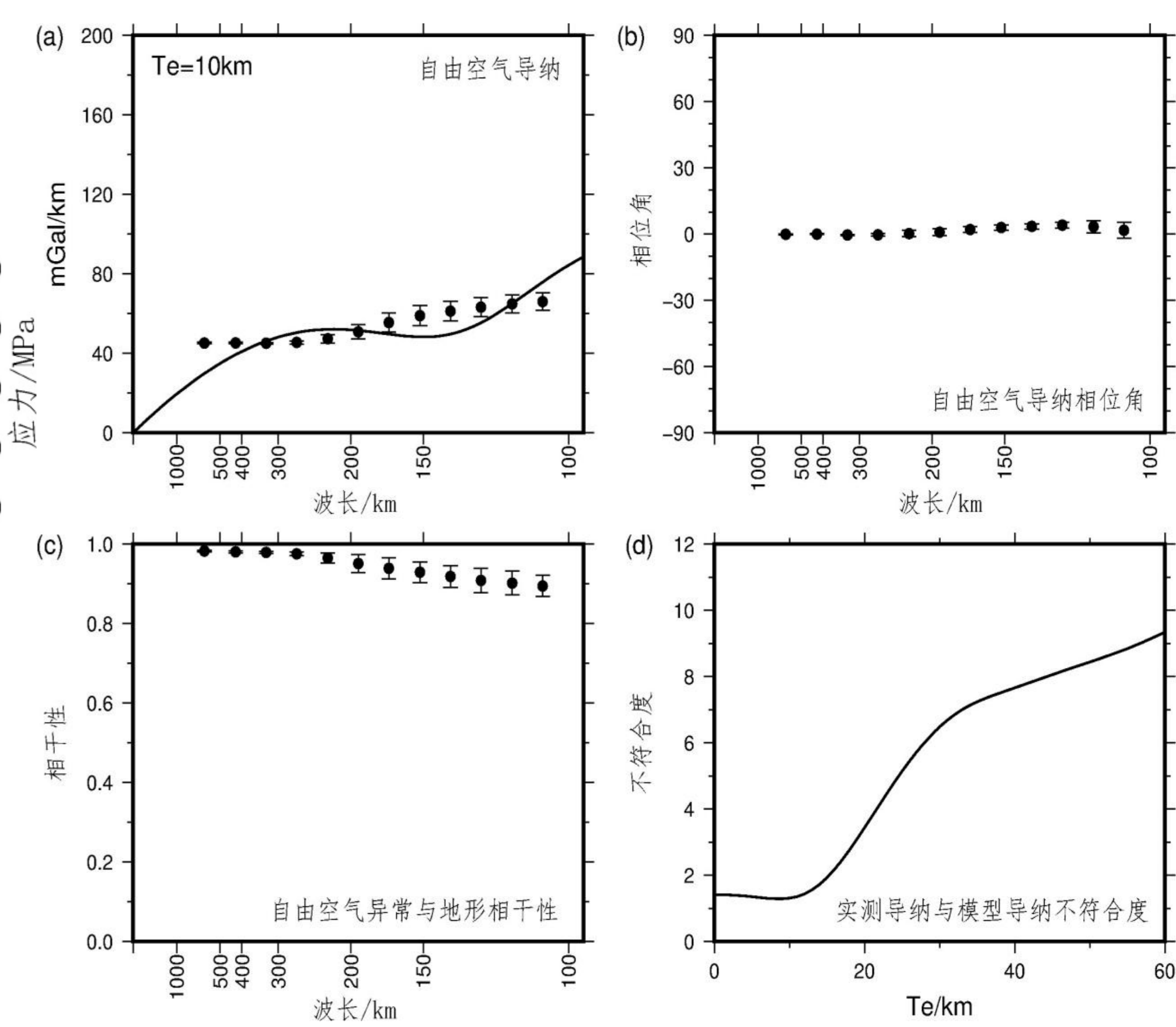


图7. 自由空气导纳方法计算结果. (a) 自由空气导纳; (b) 自由空气导纳相位角; (c) 自由空气重力异常与地形的相关度; (d) 实测导纳与模型导纳的不符合度, Te=10km; 实点表示观测值, 误差棒取一个标准差.

结论

- (1) 基于Airy模型的地壳结构正演的重力异常与观测值的均方根误差为34.2mGal, 基于Airy-Pratt模型的误差为26.1mGal, 东北亚地区的地壳呈现一定程度的横向不均匀特征.
- (2) 剖面密度结构反演结果大体符合Airy均衡理论. A剖面的反演结果表明, 在长白山地区地壳各层界面均向下凹陷, 在日本海地区各层界面均向上凸起, 符合Airy均衡理论.
- (3) 垂向构造应力计算结果表明, 东北亚地区总体处于均衡状态. 长白山和日本列岛存在明显的向下的构造应力, 太平洋海沟和俄罗斯远东地区南部则有向上的构造应力.
- (4) 自由空气重力异常导纳方法计算的长白山地区有效弹性厚度为10km, 莫霍面加载占总加载的78%. 说明长白山地区岩石圈不能承载过大负载, 其隆升机制为地幔物质上涌.