

中生代以来中国大陆的稳定地块^①

孙加鹏 张兴洲

(长春科技大学地球科学学院, 长春 130061)

摘要 中国大陆主要由塔里木、华北和扬子三个比较大的古老克拉通组成。中、新生代以来, 由于受到环太平洋和喜马拉雅两大构造域的影响, 这三个克拉通发生了巨大变化。从地壳和岩石圈结构来看, 其中相当一部分已不具备了稳定地块的特点。从这些地块目前所处的大地构造位置、地壳及岩石圈的改造方面(主要包括: 其上主要盆地和演化史、盆地结构、地壳和岩石圈(软流圈)结构、以及地球物理场、可能的动力学机制等)的对比可以看出, 中国各稳定地块呈现共性和异性的统一, 其中塔里木、鄂尔多斯和扬子是较为稳定的地块。这一结果将为研究中、新生代以来中国大陆岩石圈的形成和演化提供依据。

关键词 中、新生代 地壳和岩石圈结构 稳定地块 大地构造

1 稳定地块的标志

从地壳和岩石圈结构上看, 稳定地块的主要标志包括: 地块具有巨厚或相对厚的岩石圈, 即所谓的岩石圈根; 具有高密度相对稳定的下地壳^[1], 同时地壳厚度较大, 约为 45 km^[2]; 无地震活动或地震活动微弱。在上地壳, 稳定地块上的断陷作用不发育, 即不应该发育大规模的裂谷系或盆岭构造。在地质上, 稳定地块具有早前寒武纪的结晶基底, 其后期岩浆活动不强烈。大的克拉通, 如波罗的地盾、西伯利亚地盾及北美地盾现在均表现为稳定地块。然而, 即使这些巨大的地盾, 自它们形成之后也不是一成不变的。从早元古代到目前为止, 波罗的地盾的大部分地区地壳仅变薄了 5~10 km, 能够保持相当的稳定, 而在被后期构造运动改造的地区, 地壳减薄了 25 km, 甚至更大^[1]。

2 中国的稳定地块

中生代以来中国大陆的稳定地块是指虽然经历了环太平洋构造域和喜马拉雅构造域以及前中生代构造运动的强烈改造, 但仍基本具有以上稳定地块特点的地块(图 1), 这样的地块有三: 塔里木稳定地块、鄂尔多斯稳定地块和扬子稳定地块。

2.1 中国稳定地块的区域地质及地球物理特征

塔里木和鄂尔多斯稳定地块属于中-朝准地台, 发育早前寒武纪的结晶基底。早前寒武纪, 原始扬子陆块已形成, 经晋宁运动后形成稳定地块^[3]。古生代时期, 三个稳定地块不同程度地发育稳定的地台型沉积。中生代主要表现为拗陷盆地。四川盆地(扬子稳定地块)为典型的台盆^[4], 鄂尔多斯盆地周围为断陷, 内部稳定。而塔里木盆地则有海侵事

① 原地质矿产部“九五”重点攻关项目(No. 9501201)

第一作者简介 孙加鹏 男 33岁 博士 地质学专业 已发表“张广才岭岩石圈结构及盆岭构造”等论文

收稿日期 1999-03-20

件^[4],基底发育轻微的断陷^[5,6]。

重力场能够很好地勾勒出三个稳定地块的外围轮廓,即它们均位于东西向重力梯度带和南北向重力梯度带圈定的青藏高原以外,大兴安岭—太行山—武陵山重力梯度带以西。它们恰好位于喜马拉雅构造域、环太平洋构造域和古亚洲构造域之间。

三个稳定地块在布格重力异常、地壳厚度、温度场、地震层析成像和上地幔P波速度上都表现为相对独立的单元^[7~10]。

而且这种差异在600 km的深度上仍能体现出来^[7,11,12]。

2.2 中国稳定地块的地壳和岩石圈结构

扬子稳定地块 其是扬子地台的一部分,范围见图1。由黑水—泉州地学断面揭示,它位于茂汶以东至重庆段。地壳厚度40~44.5 km。Moho面平缓,自东向西逐渐加深。地块西部和北部的地壳被增厚,东部和南部则被减薄。基底盖层厚度小于8 km。盖层下上地壳厚约10 km。在稳定地块中部,地壳中部发育薄的低速层(v_p 为5.97 km/s)。中地壳厚度小于10 km。下地壳厚约20 km,下地壳可二分。下地壳的下部速度高,最高为7.60 km/s。

总体上,扬子稳定地块的下地壳厚,而且 v_p 高,局部可达7.60 km/s。中地壳相对薄,低速层不发育,与上地壳界线不明显。上地壳相对厚,其上四川盆地的基底断陷不发育。由黑水—泉州地学断面确定的软流圈顶界相对浅,为100 km。利用面波确定的岩石圈厚度可达200 km^[7,13,14]。除了测试方法精度产生的差异外,说明扬子稳定地块的岩石圈确实较厚。同时,可能发生了岩石圈内的变形,使其内部产生的流变,也可使岩石圈变“浅”。

鄂尔多斯稳定地块 它是华北地台的一部分,其范围见图1。稳定地块四周被裂谷盆地出限。如地块东西两侧分别为银川地堑和临汾地堑。中部呈碟形盆地(拗陷),各个方向的剖面均呈“鼎”字形(图2)。地壳厚度变化平缓,由东向西逐渐增厚,由39 km增至44 km。

在上海奉贤—阿拉善地学断面^[15]上,鄂尔多斯稳定地块的上地壳13~15 km厚。中地壳: v_p 为6.4 km/s,深19.4 km,厚度小于7.5 km。中上地壳的分界不甚明显。下地壳15~19 km, v_p 为6.5~6.6 km/s; Moho面为40~42 km。

在地块南部,青海门源—福建宁德地学断面^[16]揭示:上地壳 v_p 6.1 km/s,厚14 km;中地壳层速度6.35 km/s,厚12 km;下地壳层速度6.7 km/s,厚11.5 km;地壳厚40~42 km。

在地块的北部由响水—满都拉地学断面^[17]揭示,以北为黄河半地堑。稳定地块的上地壳厚,为18 km;中地壳薄,具低速高导层;下地壳15 km,接近Moho面2 km处层速度为 v_p

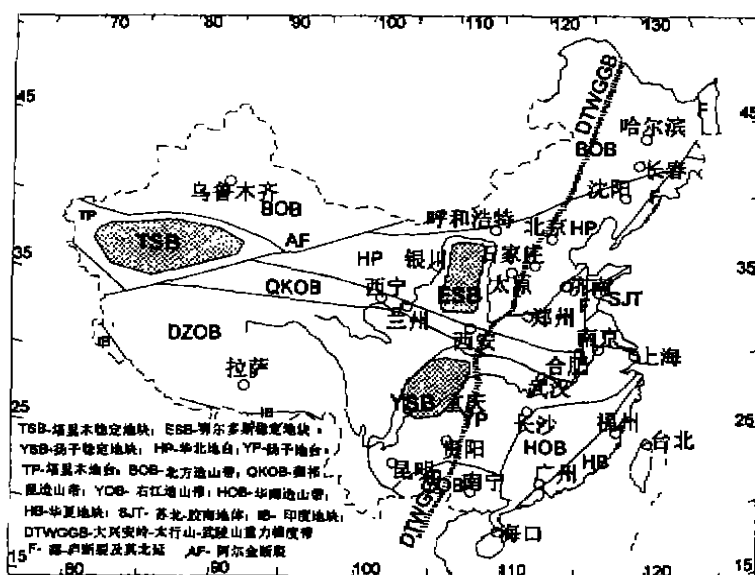


图1 中新生代以来中国大陆的稳定地块

为 6.8 km/s ; Moho 面为 42 km 。

地壳中低速层不发育, 表明地壳结构的变化不大。在局部, 地块的下地壳发育高导层, 因此, 地壳的底部开始变形, 同时也说明地壳的变形是由下向上传递的。鄂尔多斯稳定地块的岩石圈厚 110 km , 壳幔结构简单, 具有整体稳定的特点。软流圈顶界呈平缓的下凹状。在周围地堑处, 软流圈明显上凸。与扬子稳定地块相比, 同样, 该地块基底断陷不明显, 下地壳相对厚, 中上地壳的分界不明显, 地壳中低速层和高导层不发育。不同之处在于, 鄂尔多斯稳定地块下地壳的速度偏低, 基底断陷不明显。

塔里木稳定地块 其是华北地台的一部分, 也有人认为它是单独的稳定陆块^[6]。其东南部为阿尔金断裂, 北部为天山, 南部为昆仑山。目前其具有稳定壳幔结构的范围可能比图 1 中表示的要小得多。在局部, 基底发育断陷。上覆盖层最厚可达 16 km ^[18]。

塔里木稳定地块的地壳厚度在 $40 \sim 50 \text{ km}$ 之间变化, Moho 面上凸。上地壳厚 $10 \sim 20 \text{ km}$, 上地壳 v_p 为 $5.20 \sim 6.09 \text{ km/s}$; 中地壳厚 $10 \sim 15 \text{ km}$, v_p 为 $5.90 \sim 6.40 \text{ km/s}$; 下地壳 $10 \sim 15 \text{ km}$, 上层 v_p 为 $6.15 \sim 7.09 \text{ km/s}$, 下层 v_p 可达 $6.50 \sim 7.30 \text{ km/s}$ ^[19]。

该稳定地块的岩石圈厚度约为 120 km 。上地幔顶部 v_p 为 $8.00 \sim 8.25 \text{ km/s}$, 平均 8.12 km/s 。同前两个稳定地块相比, 该地块基底发育断陷, 上覆盖层厚。地壳厚度大, 而且变化也相对大。Moho 面上凸, 岩石圈相对厚。

总之, 中新生代以来这三个地块的上部均被中新生代盆地所覆盖。盆地以拗陷为主, 地壳结构表现为上下地壳相对厚, 且下地壳波速(密度)较高的特点。中上地壳的分界不明显。地壳内低速高导层不发育。岩石圈相对厚。地壳结构示意图见图 2。但是, 塔里木稳定地块之上盆地巨厚, 沉积盖层最厚大于 16 km ^[18], 而且局部发育断陷作用。因此, 比较而言该地块的稳定性最差。而在前二者之中, 扬子稳定地块要比鄂尔多斯稳定地块稳定得多。

3 结论及讨论

中新生代以来中国大陆的稳定地块有三: 塔里木稳定地块、鄂尔多斯稳定地块和扬子稳定地块。它们的范围要比华北地台和扬子地台的范围要小得多, 它们的地壳和岩石圈结构都或多或少地发生了变化, 所以都是相对稳定的地块。相比之下, 扬子稳定地块最稳定, 鄂尔多斯稳定地块位居其中, 塔里木稳定地块的稳定性最差。

研究中新生代以来中国大陆的稳定地块, 对探讨中新生代和当今中国大陆岩石圈的形变、演化、改造以及地球动力学过程具有特别重要的意义。

在鄂尔多斯稳定地块和扬子稳定地块以东, 即大兴安岭—太行山—武陵山重力梯度带以东的中国东部大陆边缘上发育了一系列大规模的中新生代盆地^[19, 20], 盆地断陷作用强

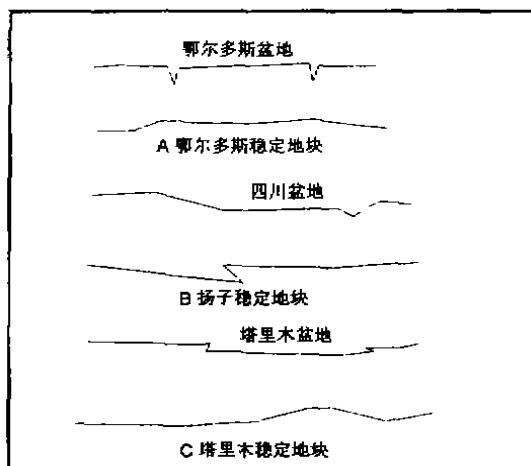


图 2 中国大陆稳定地块地壳结构剖面示意图

烈,地壳和岩石圈都发生了巨大的减薄作用^[6,7,9~11,21~26],而且是中生代强烈岩浆活动的地区^[27~30],这两个稳定地块在重力梯度带以东的部分,其地壳结构和岩石圈已经改变,不具备稳定地块的特点。因此,从另一侧面来分析,鄂尔多斯稳定地块和扬子稳定地块对太平洋板块向欧亚大陆下的俯冲作用起到了阻挡作用,而使太平洋板块对中国大陆的强烈作用都集中在大兴岭—太行山—武陵山以东的地区,因此该重力梯度带是中国东部的重要边界。它可能代表了中国东部大陆边缘大致的西界。

在中国大陆的西南部,塔里木、鄂尔多斯和扬子三个稳定地块则对印度板块向中国大陆下的俯冲作用起到了阻挡作用,由于这三个地块的稳定性很强,同时在它们的西南以外又没有大的陆块,加之印度板块的运动速率比较大,所以在三个地块的西南部就形成了世界屋脊——青藏高原,它的高度(大于8 km)超过通过理论计算地貌的最大高度(4~5 km)^[2]。尽管强大的俯冲作用沿塔里木地块和鄂尔多斯地块产生了巨大的走滑作用,形成阿尔金断裂^[31],但是这种强大的俯冲作用的直接产物也没有越过这两个稳定地块。因此,这三个相对稳定的地块联合起来(包括阿尔金断裂)大致限定了青藏高原的边界。三个地块恰好位于喜马拉雅构造域、环太平洋构造域和古亚洲构造域之间,这样一来,当太平洋板块向西俯冲和印度板块向北俯冲时,三个稳定地块的北部都受到古亚洲构造域的阻挡和支撑作用,各构造域的活动性对它们的影响都比较小,这可能是使它们能够保持相对稳定的重要原因。

综上所述,中生代以来,中国大陆地壳和岩石圈的动力学特点表现为:在大兴安岭—太行山—武陵山重力梯度带以东,主要受太平洋板块俯冲作用的控制;在三个稳定地块的西南则主要受特提斯域和印度板块的俯冲作用控制。在此期间,三个稳定地块遭受改造(主要为减薄作用)后,仍能保持一定的稳定性。在大兴安岭—太行山—武陵山重力梯度带以西,塔里木稳定地块和鄂尔多斯稳定地块以北,则受太平洋板块、印度板块的俯冲作用和古亚洲构造域的共同影响,但三者对它影响的程度则有很大差异。

参考文献

- 1 Blundell D R, Freeman S, Mueller, eds. A continent revealed——the European Geotraverse. Published by the Press Syndicate of the University of Cambridge, 1992
- 2 Fountain D M, Arculus R, Kay R W, eds. Continental lower crust. Elsevier, Amsterdam London New York Tokyo, 1992
- 3 刘宝珺, 许效松, 潘杏南, 等. 中国南方古大陆沉积地壳演化与成矿. 北京: 科学出版社, 1993
- 4 关士聪, 袁捷, 江圣邦, 等. 中国中、新生代陆相沉积盆地与油气(晚三叠—第四纪). 北京: 科学出版社, 1991
- 5 滕吉文. 塔里木地球物理场与油气. 北京: 科学出版社, 1991
- 6 丁道桂, 汤良杰. 塔里木盆地形成与演化. 南京: 河海大学出版社, 1996
- 7 朱介寿, 曹家敏, 李显贵, 等. 中国及其邻区地球三维结构初始模型的建立. 地球物理学报, 1997, 40(5): 627~648
- 8 曾融生, 孙为国, 毛桐恩, 等. 中国大陆莫霍界面深度图. 地震学报, 1995, 17(3): 322~327
- 9 袁学诚. 阿尔泰—台湾地学断面论文集. 武汉: 中国地质大学出版社, 1997
- 10 冯锐. 中国地壳厚度及上地幔密度分布(三维重力反演结果). 地震学报, 1985, 7(2): 143~155
- 11 宋仲和, 陈国英, 安昌强, 等. 中国大陆及其海域地壳—上地幔三维速度结构. 中国科学(B辑), 1993, 23(2): 180~188
- 12 宋仲和, 陈国英, 安昌强, 等. 中国大陆和边缘海的上地幔P波速度结构. 地震学报, 1986, 8(3): 263~273

- 13 宋鸿彪, 罗志立. 四川盆地基底及深部地质结构研究的进展. 地学前缘, 1995, 2(3, 4): 231~237
- 14 郭正岳, 邓康龄, 韩永辉, 等. 四川盆地形成与演化. 北京: 地质出版社, 1996
- 15 孙武城, 徐杰, 杨主恩, 等. 上海奉贤—内蒙古阿拉善左旗地学断面. 北京: 地震出版社, 1992
- 16 林中洋, 蔡文伯, 陈学波, 等. 青海门源—福建宁德地学断面. 北京: 地震出版社, 1992
- 17 卢造勋, 夏怀宽. 内蒙古东乌珠穆沁旗—辽宁东沟地学断面. 北京: 地震出版社, 1992
- 18 何向阳. 塔里木中央拗陷的构造特征及生油条件. 新疆地质, 1987, 5(2): 57~67
- 19 邵学钟, 张家茹. 塔里木盆地深部构造的地震转换波探测结果. 地球物理学报, 1994, 37(6): 836
- 20 F. 冯祯, 杨森楠, 李思田. 中国东部及邻区中、新生代盆地发育及大陆边缘区的构造发展. 地质学报, 1983, 3: 213~223
- 21 孙加鹏, 张兴洲, 杨宝俊. 中国东部新生代盆地成因及其地球动力学. 世界地质, 1997, 16: 1~6
- 22 孙武城, 马宝林, 宋松岩, 等. 湖北随州至内蒙古喀喇沁旗地学断面. 北京: 地震出版社, 1992
- 23 刘国栋, 史书林, F. 宝钧. 华北地区壳内高导层及其与地壳结构活动性的关系. 中国科学(B辑), 1984, (9): 839~848
- 24 刘国栋, 刘昌铨. 华北北部地区地壳上地幔构造极其与新生代构造活动的关系. 中国科学(B辑), 1982, (12): 1132~1140
- 25 国家地震局《深部物探成果》编写组. 中国地壳上地幔地球物理探测成果. 北京: 地震出版社, 1986
- 26 陈胜早. 中国及邻域的深部构造及其成矿意义. 地质学报, 1995, 69(1): 1~15
- 27 曾融生. 大陆岩石圈构造与地球动力学. 地球科学进展, 1991, 6(2): 1~10
- 28 满—绥地学断面地质课题组. 中国满洲里—绥芬河地学断面域内岩石圈结构及其演化的地质研究. 北京: 地震出版社, 1994
- 29 邓晋福, 赵海玲, 莫宣学, 等. 中国大陆根—柱构造——大陆动力学的钥匙. 北京: 地质出版社, 1996
- 30 张理刚, 等. 东亚岩石圈块体地质——上地幔、基底和花岗岩同位素地球化学及其动力学. 北京: 科学出版社, 1996
- 31 国家地震局《阿尔金活动断裂带》课题组. 阿尔金活动断裂带. 北京: 地震出版社, 1992

The Stable Blocks in China Since Mesozoic and Cenozoic

Sun Jiapeng, Zhang Xingzhou

(College of Earth Sciences, Changchun Uni. of Sci. and Tech., Changchun 130061)

Abstract The China continent is mainly made up of three ancient cratons—Tarim, North China and Yangtze. The first two ones are the major part of Sino-Korean platform. Since Mesozoic, the China continent is completely controlled by Pacific tectonism and Himalaya tectonic domain. A great changes took place in the three stable blocks. Analysis on their crustal and lithospheric structures, some parts of them are not characteristics of stable blocks. Through the analysis of their features through with their tectonic position, reworked aspects including basin-developing and their evolutions, crustal and lithospheric structures, geophysics and possible geodynamics, it is suggested the ordos, Tarim and Yangtze are the most stable blocks in China since Mesozoic, which will shed some hints on the formation and evolution of China continental lithosphere.

Key words Mesozoic and Cenozoic, crustal and lithospheric structures, stable blocks, tectonics