

# 中国岩石圈构造单元

李廷栋<sup>1,2</sup>

(1. 中国地质科学院, 北京 100037; 2. 国土资源部咨询研究中心, 北京 100035)

**摘要:**笔者根据地壳表层构造与深部构造相结合原则,提出岩石圈构造单元划分应遵循的 6 条原则。根据地质和地球化学,特别是地球物理场所显示的特征,以贺兰山—川滇南北构造带为界,初步把中国大陆及邻近海域划分为中亚岩石圈构造域和东亚岩石圈构造域 2 个一级岩石圈构造单元,并进一步划分出 6 个二级构造单元:西域岩石圈块体、青藏岩石圈块体、松辽岩石圈块体、华北岩石圈块体、华南岩石圈块体、南海岩石圈块体,分别阐述了它们的地质、地球物理、地球化学主要特征。最后,就岩石圈构造单元划分的几个问题进行了探讨,提出一些看法。

**关键词:**岩石圈;构造单元划分;中国

**中图分类号:** P313.2      **文献标识码:** A      **文章编号:** 1000-3657(2006)04-0700-11

中国大陆位居欧亚、印度—澳大利亚、太平洋(菲律宾)三大板块交汇部位,经历了漫长的地质演化历史,地质构造十分复杂,岩石圈结构构造颇具特色。

过去几十年来,根据地壳表层地质构造特点,中外地质学家依据各自的学术观点,对中国大陆及其毗邻地区构造单元进行了划分,提出了构造单元划分原则,总结了中国大地构造的若干特点及其发展、演化规律。李四光<sup>[1-4]</sup>从地质力学观点出发,划分了中国构造体系。黄汲清<sup>[5-9]</sup>从历史地质及地槽、地台观点出发,划分了中国大地构造单元,系统总结了中国地质构造特点,提出了地质构造多旋回发展的观点。张文佑<sup>[10-12]</sup>从断块构造观点出发,把地质力学与历史构造相结合,划分了中国断块构造单元。陈国达<sup>[13-16]</sup>以地洼学说和地台活化观点,划分了中国地洼构造单元。张伯声<sup>[17-19]</sup>则以镶嵌构造观点划分了中国构造单元。

20 世纪 60 年代以来,由于地球物理探测、大陆动力学及岩石圈等大型国际合作研究计划的实施,固体地球科学获得迅猛发展,板块构造学说的诞生,使地质学产生了革命性的变革。板块构造理论很快传入中国,岩石圈研究也日趋兴隆,对中国地质构造的认识不断深化,并开始用板块构造观点和从岩石圈尺度划分中国大陆构造单元。李春昱<sup>[20-21]</sup>等通过编制亚洲大地构造图,运用板块构造观点对包括中国在内的亚洲大陆进行了构造单元划分。马杏垣<sup>[22-23]</sup>等运用大陆动力学理论编制了中国大陆及邻区岩石圈动力学图及图集,分

析探讨了中国大陆岩石圈构造及其动力学。其他学者也研究探讨了中国大陆岩石圈格局与演化,提出岩石圈构造单元划分方案<sup>[24-29]</sup>。近年来,张培震等<sup>[30]</sup>通过地震地质研究,依据中国大陆现今地壳运动观测网络及块体活动性,进行了中国大陆活动块体构造分区。

为了从地表与深部的结合上,即从岩石圈三维空间研究解析中国大陆地质构造的总体特征,洞察不同地域岩石圈物质组成及结构构造之差异,以及地球化学属性及地球物理特点,对中国大陆岩石圈构造单元进行划分是十分必要和重要的。它有助于从三维角度认识中国地质构造特点,理解矿产资源形成及地质灾害产生的深部原因,可以为区域成矿规律研究和地质灾害机理分析提供理论支撑。

## 1 岩石圈构造单元划分原则

地壳表层大地构造单元划分原则,许多地质学家都有所阐述<sup>[6,9,12,15]</sup>。岩石圈构造单元划分原则,与传统的地壳表层大地构造单元划分既有相似之处,又有不同之点。岩石圈构造单元划分,需要地表地质与深部地质相结合,地质与地球物理、地球化学特点相结合,需要充分考虑岩石圈的地球物理场、构造应力场及地球化学场的特征。经综合分析,岩石圈构造单元划分似应遵循以下几条原则。

### 1.1 具有地壳表层地质构造的雷同性

作为同一个岩石圈构造单元的多个块体,应具有相似的

收稿日期:2006-03-4;改回日期:2006-06-02

基金项目:国土资源部专项计划项目(20010103)资助。

作者简介:李廷栋,男,1930 年生,中国科学院院士,从事区域地质研究及地质编图。

构造属性(克拉通地块、造山带)或统一的地质发展过程;有时代和类型相同或相似的岩浆活动、变质作用和构造活动特征;有时代和类型相同或相似的沉积建造、古生物群落、古生物区系、古地理面貌和有成因联系的地貌单元;有时代和类型相同或相似的成矿作用和成矿地质背景。

1.2 具有相似的岩石圈结构构造

同一个岩石圈构造单元的不同块体,具有相似的地壳类型、地壳结构和分层特征,地壳厚度相近或有统一的变化规律;具有相似的岩石圈类型、分层特征及结构构造,岩石圈厚度相近或具有统一的变化趋势和规律;具有相近的地壳及岩石圈地幔密度、莫霍面及岩石圈底界面性状、壳幔相互作用特征及其物质遗存(壳幔混合层等)。主要考虑中、新生代,特别是现今岩石圈结构构造格局。

1.3 具有统一的地球物理场特征

作为一个岩石圈构造单元,其岩石圈地震波速度结构、电性结构、热结构、重力场和地壳磁性结构应显示为统一的地球物理场区;具有相似的地壳、岩石圈地震波速分层及电性分层特征,以及相似的低速高导层分布、厚度及其变化状况;重力异常及重力梯度带展布、磁场高低及磁性变差大小、磁异常展布格局等,显示为统一的构造系统;具有相似的热流值和地温梯度变化规律,以及相近的岩石圈热结构类型及其区域展布特征;各种地球物理探测资料显示相似或有规律变化的地壳、岩石圈地幔各向异性状况;层析成像反映出相

近或相似的地球物理特征。

1.4 具有统一的构造应力场特征

同一个岩石圈构造单元,应具有相近的地壳应力活动强度、应力活动方向及其变化规律;具有相似的地壳应力活动类型及水平、垂直和剪切应力分布状态,以及相近的主压应力方向及其变化规律;具有相似的活动断裂、震源断错与地壳应力关系,以及它们在地区上的差异。

1.5 具有相似的地球化学场特征

同一个岩石圈构造单元,地壳和岩石圈地幔性状、物质组成、化学结构及其演化应该雷同;上地幔、特别是岩石圈地幔的化学组成及其结构,在纵、横方向上的不均一性应该基本相同;岩石圈深部乃至更深部位物质活动强度,岩浆、特别是玄武岩岩浆活动强度,以及地幔包体特性等,应该相似或有相似的变化规律。

1.6 具有明显的构造界线

不同岩石圈构造单元之间,一般都应有不同类型但十分明显的构造界线相隔。这种构造界线可以是板块缝合线和巨型断裂带,也可以是造山带。在地球物理场或岩石圈结构构造上,这种构造界线往往表现为地壳厚度、重力异常、磁力异常的陡变带;在地壳应力场上,往往表现为活动断裂带和强地震带。在海域,两个不同岩石圈构造单元之间往往以深海沟、巨型断裂带或强地震活动带为界。

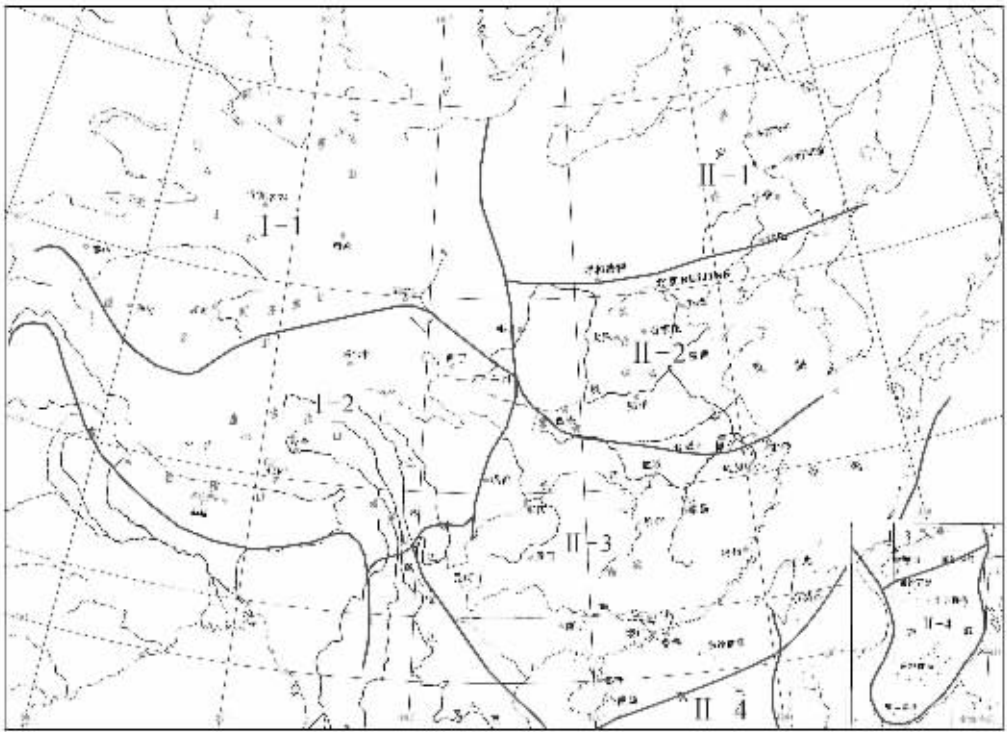


图 1 中国岩石圈构造单元划分

Fig. 1 Lithospheric tectonic units of China

## 2 中国岩石圈构造单元

根据地质和地球化学，特别是地球物理场所显示的特征，以贺兰山—川滇南北构造带为界，可以把中国大陆及邻近海域岩石圈划分为东、西两个大的构造单元，列为中国岩石圈的一级构造单元，并分别命名为中亚岩石圈构造域和东亚岩石圈构造域。

根据上述岩石圈构造单元划分原则及命名的思考，中国大陆及邻近海域岩石圈一、二级构造单元可作如下划分(图1)。

### I 中亚岩石圈构造域(I)

#### ① 西域岩石圈块体(I-1)

康西瓦断裂带—阿尔金断裂带—祁连北缘断裂带

#### ② 青藏岩石圈块体(I-2)

喜马拉雅主边界断裂

印巴岩石圈块体

### II 东亚岩石圈构造域(II)

#### ③ 松辽岩石圈块体(II-1)

中朝地台北缘断裂带

#### ④ 华北岩石圈块体(II-2)

商丹断裂带—磨子潭断裂带—舟山断裂带

#### ⑤ 华南岩石圈块体(II-3)

滨海断裂带

#### ⑥ 南海岩石圈块体(II-4)

现重点分析一下6个二级构造单元的岩石圈结构

造的基本事实和主要特点。

### 2.1 西域岩石圈块体

包括新疆全部、甘肃大部分和内蒙古西部，其大部分属古西域地区，因以命名。

西域岩石圈块体南以康西瓦断裂带—阿尔金断裂带—祁连北缘断裂带与青藏岩石圈块体分界；东界为南北构造带，北部与西部延伸至境外。

地壳表层构造为近东西向造山带与构造盆地相间排列的构造格局，形成“三山二盆”结构，即阿尔泰山、天山、昆仑山与准噶尔盆地、塔里木盆地<sup>[1]</sup>。在大地上包括塔里木地块、准噶尔地块、阿拉善地块和阿尔泰造山带、天山造山带、阿尔金造山带及昆仑造山带。

岩石圈平均厚度100~120 km，南、北两侧厚，可达140~160 km，中部薄。地壳三分，平均厚度45~55 km，为厚壳厚幔岩石圈结构(图2)。岩石圈地幔具有高剪切波速度，为4.30~4.70 m/s，显示了刚性岩石圈地幔的特点。

在1°×1°布格重力异常图上，本区显示为东西向中负异常区，异常值(-150~-250)×10<sup>-5</sup> m/s<sup>2</sup>。在西部有4个近东西向负异常中心，在区域东部为一呈北西西延展的负异常中心。

### 2.2 青藏岩石圈块体

该岩石圈块体包括整个青藏高原，北部以康西瓦断裂带—阿尔金断裂带—祁连北缘断裂带与西域岩石圈块体相邻；南以喜马拉雅主边界断裂带与印巴岩石圈块体相隔；东以龙门山造山带与华南岩石圈块体相接(图3)。

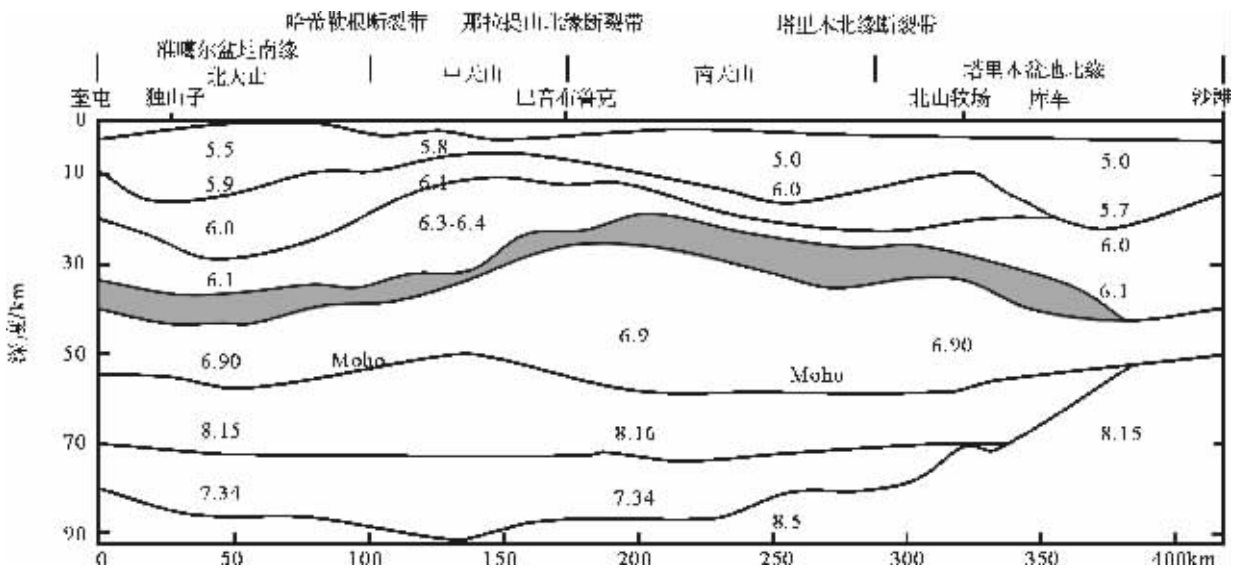


图2 天山造山带壳幔结构<sup>[32]</sup>

Fig.2 Crust-mantle structure of the Tianshan orogenic belt <sup>[32]</sup>

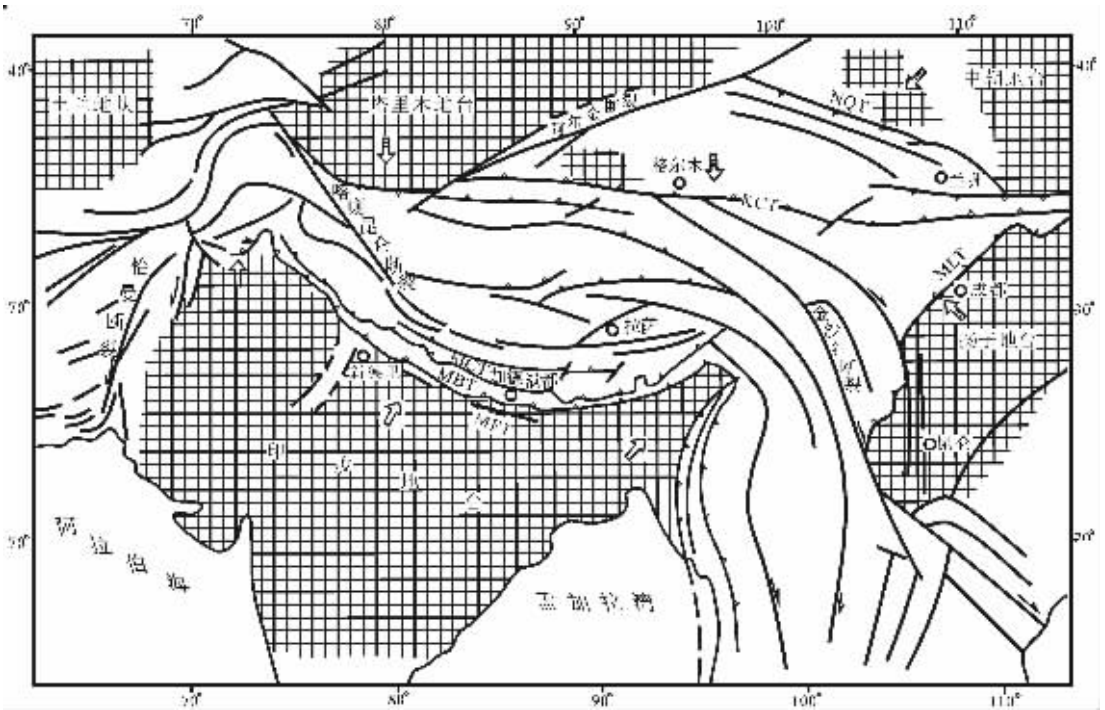


图 3 青藏高原及邻区构造纲要图<sup>[33]</sup>

MCT—喜马拉雅中央主断裂;MBT—喜马拉雅边缘主断裂;MFT—喜马拉雅前缘主断裂;KCT—昆仑中央主断裂;  
 NQT—北祁连断裂;MLT—龙门山主断裂

Fig.3 Tectonic outline map of the Qinghai-Tibet Plateau and its adjacent areas<sup>[33]</sup>

MCT—Himalaya central thrust; MBT—Himalaya mainboundary thrust; MFT—Himalaya main front thrust; KCT—Kunlun  
 main central thrust; NQT—Nouth Qilian thrust; MLT—Longmenshan main thrust

青藏高原是一个四周被土兰、塔里木、华北、扬子、印度等 5 个刚性地块所围限的活动性较大的构造系统,由一系列近东西向造山带、板块缝合带或大型断裂带、构造-岩浆岩带,以及夹持于它们之间的破碎陆块所组成<sup>[33]</sup>。

青藏高原总的构造格局表现为中部撒开,构成几个弧形构造;东西两端收敛,形成帕米尔构造结和南迦巴瓦构造结。

青藏高原岩石圈和地壳均表现为中部厚、四周薄。岩石圈平均厚度 140 km(100~200 km),唐古拉山及巴颜喀拉山地区最厚,达 200 km,喜马拉雅地区较薄,约 90 km 左右。地壳厚度大、密度低,平均厚度 70 km。岩石圈地幔厚度一般为 55~70 km,剪切波速度 4.50~4.70 km/s。本区岩石圈总体特点表现为厚壳厚幔、热壳冷幔和轻壳重幔及软壳硬幔。岩石圈普遍存在两个低速高导层,深度分别为 10~20 km 和 40 km(图 4)。

各种地球物理探测结果表明,青藏岩石圈块体明显地呈现为一个统一的地球物理场区;布格重力异常图表现为一巨大高负异常区,腹地为重力异常缓变区,四周为重力异常陡变区。磁力和卫星磁异常亦表现为一大的负异常区。地壳热结构存在明显不均一性,热流值北低南高。

### 2.3 松辽岩石圈块体

松辽岩石圈块体包括东北东部、松辽平原和大兴安岭地区,南部以中朝地台北缘断裂带为界与华北岩石圈块体相连接;向西、向北可能包括了蒙古东部及俄罗斯外兴安岭以南广大地区;向东连接锡霍特地区。

本区地壳表层构造主体为呈 NNE 向隆拗相间列的构造格局,伴以同方向的断裂带和构造-岩浆岩带;中新世—中更新世有广泛的碱性玄武岩及拉斑玄武岩喷发<sup>[35]</sup>。现今构造活动较弱。

本区岩石圈厚度的变化表现为中部的松辽平原薄,70~90 km,反应了拉张的构造背景;东西两侧的大兴安岭造山带及吉黑东部造山带较厚,100~120 km。地壳厚度平均 30~40 km;岩石圈地幔厚度 40 km 左右(图 5),剪切波速度 4.20~4.40 km/s。所以本区表现为薄壳薄幔和轻壳轻幔的岩石圈结构特征。地壳二分,以 15~21 km 地震界面为界分为上、下两层;在上地壳 10 km 及下地壳 30~40 km 深度分别存在高导层。

### 2.4 华北岩石圈块体

华北岩石圈块体北以中朝地台北缘断裂带为界与松辽岩石圈块体相邻;南以商丹断裂带—磨子潭断裂带—舟山断

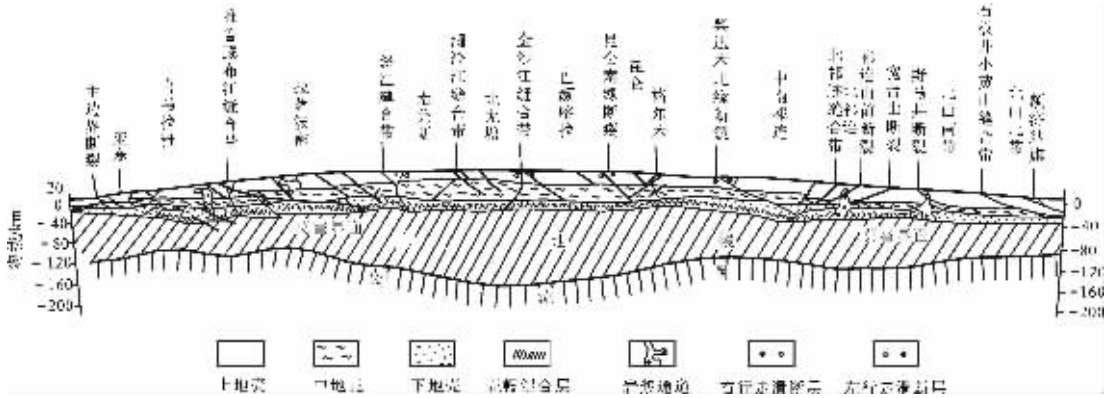


图4 青藏高原岩石圈结构构造剖面图<sup>[34]</sup>

Fig. 4. Tectonic section showing the lithospheric structure of the Qinghai-Tibet Plateau <sup>[32]</sup>

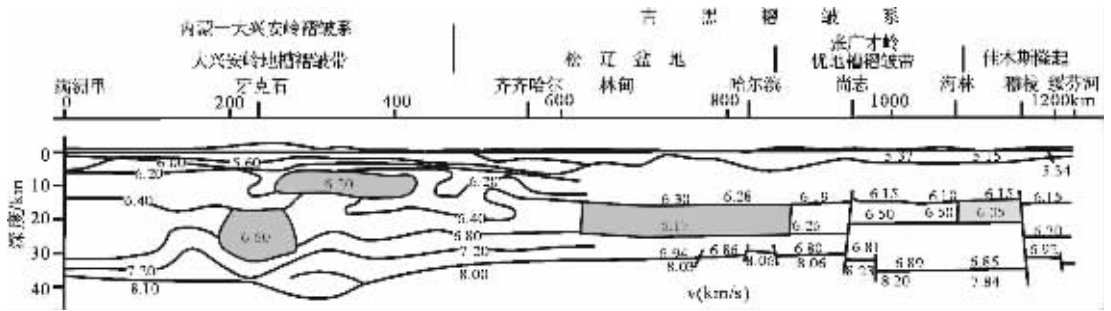


图5 满洲里—绥芬河地学断面图<sup>[32]</sup>

Fig.5 Manzhouli-Suifen River geoscience transect<sup>[32]</sup>

裂带为界与华南岩石圈块体相接;西界为南北构造带;向东包括黄海。在大地构造上主要属于中朝地台范畴。

本区地壳表层构造呈NNE向隆起与拗陷相间的构造格局,自东向西依次为:黄海拗陷带、胶辽隆起带、华北拗陷带、山西隆起带、鄂尔多斯拗陷带;并发育有同方向的大型断裂带和构造-岩浆岩带。区域北缘和南缘分别是近东西向的燕山及秦岭—大别山中生代陆内造山带。

华北岩石圈块体虽然与松辽及华南岩石圈块体同处于中国大陆东部滨太平洋构造域,而且大部分为中朝克拉通地区,按道理应该还是比较稳定的地区。但是由于中生代的构造活动及其他尚未完全揭示的原因,本区地壳十分破碎,断裂发育,地震活动强烈而频繁,是中国东部新构造运动和地震活动最强烈的地区。其岩石圈厚度、地壳厚度和岩石圈地幔剪切波速度,也是中国东部最小的地区,小于松辽岩石圈块体,也小于华南岩石圈块体,这也是华北单独被划分为一个二级岩石圈构造单元的原因之一。

以北部的阴山—燕山、西部的贺兰山和南部的秦岭—大别山为界,华北构成一个东西向的统一的岩石圈块体。岩石圈厚度,在区域周边和鄂尔多斯高原 100~120 km,山西高原和华北平原一般 60~80 km,渤海只有 50~60 km,呈明显的西厚东薄的趋势。地震测深所显示的地壳厚度也是西厚东薄,西部的鄂尔多斯高原 40~45 km,中部的山西高原 35~40 km,东部的华北平原 30~35 km,渤海最薄处只有 20 km,地壳平均厚度 30~35 km(图 6),岩石圈地幔厚度,大部分地区为 30~40 km,西部可达 60~70 km。剪切波速度只有 4.30~4.50 km/s。这些资料说明,本区至少是华北东部地区岩石圈地幔并不坚硬,具有薄壳薄幔和轻壳轻幔的岩石圈结构特征。

地震及大地电磁探测资料表明,地下 20 km 左右存在低速高层,厚度达到 10 km;地壳底部存在壳幔过渡层,厚度 2~8 km。上地幔中普遍发育有高导层,电阻率值多在 10 Ω·m 左右,埋深 72~103 km,可能为岩石圈地幔底界。

华北平原中、北部热流值(1.83 HFU)及地温梯度(3℃/

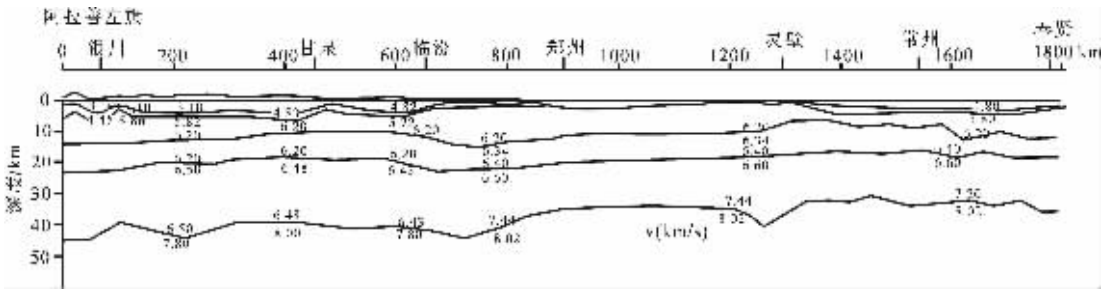


图 6 内蒙古阿拉善左旗—上海奉贤地震剖面图<sup>[32]</sup>

Fig. 6 Seismic section from Alxa Zuoqi, Inner Mongolia, to Fengxian, Shanghai<sup>[32]</sup>

100 m)都较高,向外逐渐降低,显示了本区岩石圈热结构的不均一性。

### 2.5 华南岩石圈块体

华南岩石圈块体北以商丹断裂带—磨子潭断裂带—舟山断裂带为界与华北岩石圈块体相隔,南以滨海断裂带为界与南海岩石圈块体相邻,西抵川滇南北向构造带,向东包括东海与琉球岛弧隆起带。

在大地构造上,这一岩石圈块体跨越扬子地台、南秦岭造山带及华南造山系 3 个构造单元。区域西部即四川盆地、贵州、湖南、湖北等地,地壳较稳定,构造活动及地震活动微弱;东部,特别是台湾及其邻区,构造及地震活动强烈,主要为浅源地震。

本区岩石圈厚度变化大,岩石圈底面起伏也较大。从总体上看,北缘的南秦岭、桐柏山和大别山地区,岩石圈较厚,100~120 km,湘中—赣北一带可达 160~200 km;中部的四川盆地、江汉盆地及东南沿海一带较薄,一般为 80~100 km,到沿海及台湾岛只有 50~70 km,东海陆架区更薄。湘赣地区厚达 200 km 岩石圈的出现<sup>[6]</sup>,是本区岩石圈的一大特点,对其成因尚有不同认识与解释。

本区地壳呈三层结构,总体上亦呈西厚东薄的趋势,平均厚度 30~33 km,西部可达 35~42km,东海陆架及琉球岛弧 28 km 左右,冲绳海槽 14~21 km,琉球海沟及其以东只有 5.5 km 左右(图 7)。

岩石圈地幔厚度变化也较大,具有高的剪切波速度(4.30~4.70 km/s)。壳内高导层不发育,上地幔顶部速度 8.00~8.10 km/s。

以上事实显示:本区尤其是西部,岩石圈是既冷又厚的刚性块体,具有薄壳厚幔和轻壳重幔的结构特征。

### 2.6 南海岩石圈块体

其范围基本上与南海海域相一致,总面积约 210 万 km<sup>2</sup>,北邻中国东南沿海地区,南界加里曼丹岛,西邻中南半岛,东靠菲律宾群岛。南海是一个近南北向的大陆边缘海盆,水深 3 500~4 200 m,南、北两侧大陆架都很宽阔,东西两侧陆架较窄且不对称。南海四周地质构造差异较大。

南海地区岩石圈结构比较复杂,地壳分 3 种类型:陆壳、过渡壳与洋壳。陆壳展布于大陆架地区,地壳厚度 24~25 km,地壳底面起伏平缓,总体向大陆倾斜;过渡壳分布于大陆坡与海底高原,厚度 15~25 km,由大陆坡向深海盆地地壳逐渐减薄,地壳底面起伏大;洋壳见于深海盆地,厚度 5~10 km,地壳底面较平坦,上地幔顶部地震纵波速度 7.90~8.45 km/s。从陆壳到过渡壳和从过渡壳到洋壳之间,莫霍面和重力梯度变化都很大。

南海海盆热流值和地温梯度都较高,例如南沙中部海域热流值 1~3 HFU,地温梯度 3.0~4.5°C/100 m,属中—高热异常和中—高地温梯度区。

## 3 关于岩石圈构造单元划分有关问题探讨

由于岩石圈涉及三度空间和不断地被改造与重塑,不同岩石圈板片之间的俯冲、侵位和叠加,常常形成复杂的组合关系和令人难以想象的景象。因此,岩石圈构造单元的划分比地壳表层大地构造单元的划分要复杂得多,也困难得多。加之岩石圈研究的历史还不长,有许多现象尚未获得科学的解释,有许多问题尚存争议,又有许多现象可能尚未揭示,这就更增加了岩石圈构造单元划分的难度与复杂性。现就有关的几个主要问题予以探讨,以便深化认识,逐步完善岩石圈构造单元划分的原则和方案。

### 3.1 岩石圈构造单元分区原则问题

不管哪个学派,传统大地构造单元划分多采用“条块结合法”,最明显的是地槽、地台学派,把构造单元划分为两大类:成片状分布的地台、地盾和成条状延伸的地槽、褶皱带、造山带、褶皱系等。洲际性或全球性构造单元用“构造域”或“巨型构造带”等来表示。它们以反映地壳表层构造为主。

板块构造学说构造单元划分基本采用“分块法”,即把全球岩石圈划分为若干个大大小小的板块、板片、地体等,其间被板块缝合带或巨型断裂带所分割。它从三维角度反映岩石圈尺度的构造特征。

岩石圈主要通过具有三维结构的块体反映其地质、地球物理、地球化学的总体特性,而且主要反映经历了地质历史

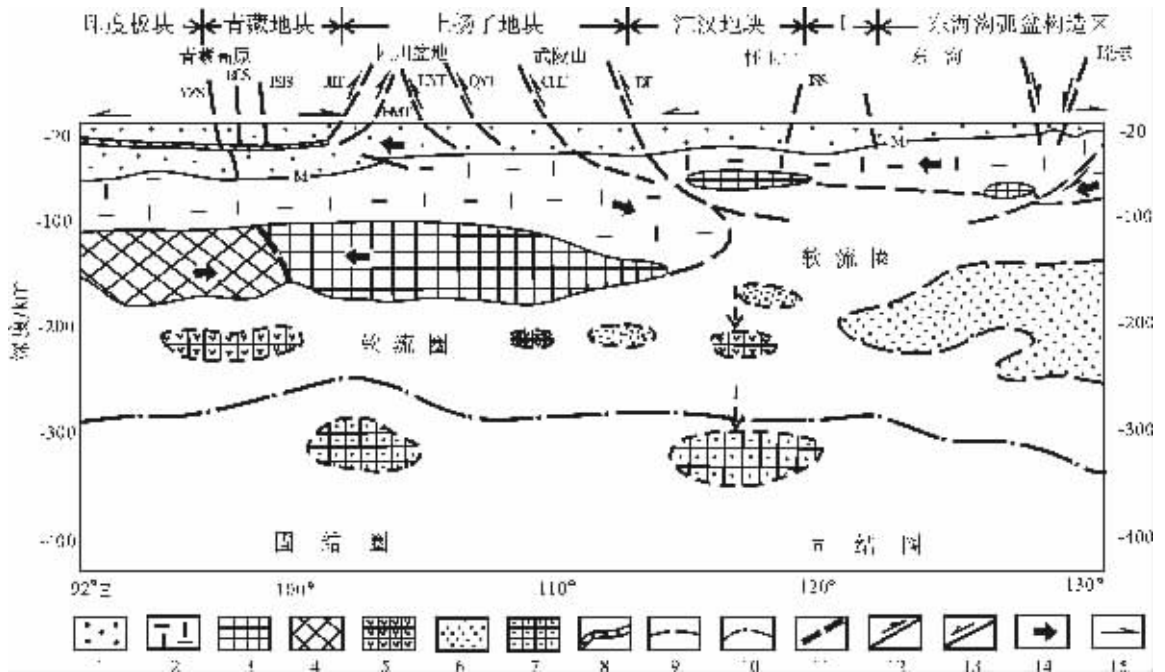


图7 青藏高原—东海地区岩石圈及软流圈结构<sup>[7]</sup>

1—地壳;2—岩石圈地幔;3—华南岩石圈下部高速块体;4—印度板块岩石圈下部高速块体;5—软流圈内高速块体;6—软流圈内低速异常体;7—固结圈高速块体;8—壳内低速层;9—岩石圈底界面;10—软流圈底界面;11—古板块俯冲带;12—板块俯冲带及大型逆冲断裂带;13—伸展正断裂带;14—板块及块体运动方向;15—地壳表层岩块运移方向;YZS—雅鲁藏布江缝合带;BGS—班公—怒江缝合带;JSJS—金沙江缝合带;JHT—金河逆冲断裂带;EMT—峨眉山逆冲断裂带;HYT—华蓥山逆冲断裂带;QYT—七曜山逆冲断裂带;CHT—慈利—花垣逆冲断裂带;DF—都镇湾断裂带;JSS—江绍缝合带;1—华夏地块

Fig.7 Structures of the lithosphere and asthenosphere beneath the Qinghai-Tibet Plateau—East China Sea region<sup>[7]</sup>.

1—Crust; 2—Lithospheric mantle; 3—High-velocity block in the lower lithosphere beneath South China; 4— High-velocity block in the lower lithosphere of the Indian plate; 4— High-velocity block in the asthenosphere; 6—Low-velocity anomaly in the asthenosphere; 7—High-velocity block in the stereosphere; 8—Intracrustal low-velocity layer; 9—Basal boundary of the lithosphere; 10—Basal boundary of the asthenosphere; 11—Paleoplate subduction zone; 12—Plate subduction and large thrust zone; 13—Extensional normal fault zone; 14—Direction of plate and block movement; 15—Migration direction of blocks at the surface of the Earth's crust. YZS—Yarlung Zangbo suture zone; BGS—Bangong Co—Nujiang suture zone; JSJS—Jinshajiang suture zone; JHT—Jinhe thrust zone; EMT—Emeishan thrust zone; HYT—Huayingshan thrust zone; QYT—Qiyashan thrust zone; CHT—Cili—Huayuan thrust zone; DF—Duzhenwan thrust zone; JSS—Jiangshao suture zone; 1—Cathaysia block

时期多次改造、重塑的现今岩石圈的物质组成和结构构造。因此,岩石圈构造单元划分自然要采用“分块法”,即根据地质、地球物理、地球化学诸方面的差异,把一个大区域的岩石圈划分为若干个大小不等的块体,从而分块研究、阐明岩石圈的物理、化学特性及其发展演化。但是在岩石圈构造单元划分图上,各单元之间的界线只能以一条线表示,它也只能代表两个岩石圈构造单元在地表的接触界线。

一般岩石圈构造单元边界两侧往往在地质建造、地质结构、古生物群落或地质演化历史上出现突变;或在地球物理场、地球化学场上出现明显差异;构造单元的边界常常是一条地壳厚度或重力梯度陡变带,巨大的磁异常带或岩石圈密度的突变带等。

### 3.3 关于划分岩石圈构造单元的标志问题

划分或区分不同的岩石圈构造单元,一般依据地质、地

球物理、地球化学等方面的综合性标志。在地质上,主要考虑地质建造、构造变形以及地质块体组合等方面的巨大差异。在地球化学方面,主要考虑岩石圈整体或有关圈层物质组成、地球化学结构、地球化学场诸方面的差别。在地球物理方面,则重点考虑地震波速度结构、电磁场、热结构、重力场等方面的差异。

除上述诸项外,划分岩石圈构造单元还应考虑哪些依据和标志?构造应力场、地球化学场是否应作为岩石圈构造单元划分的主要依据之一?各种依据和标志应包含哪些具体因素?这些都应结合实际具体落实。

除综合性标志以外,还似应顾及某些特殊或重要标志对划分岩石圈构造单元的作用。也就是说,有时可以依据一两项特殊的标志即足以区分相邻两岩石圈构造单元属性。例如,两个相邻岩石圈块体以某一界线为界,两侧岩石圈厚度、

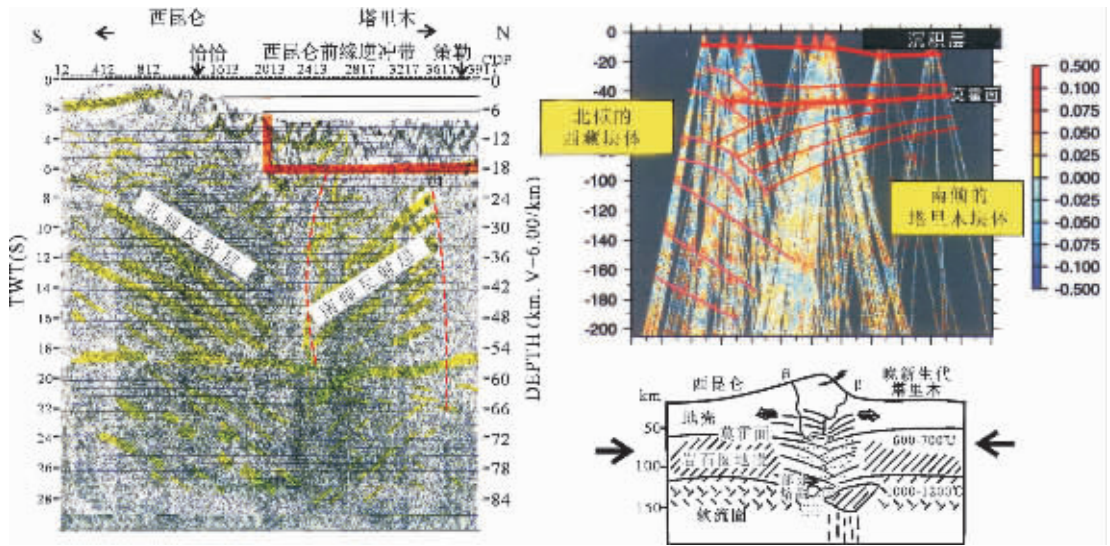


图 8 西昆仑山深地震反射剖面(左图),对应的宽频地震剖面(右上图)及西昆仑碰撞造山模式(右下图)<sup>[31]</sup>  
 Fig.8 Deep reflection section of the West Kunlun Mountains (left) and its corresponding wide-band seismic section (upper right) and model of West Kunlun collision orogeny (lower right)<sup>[31]</sup>

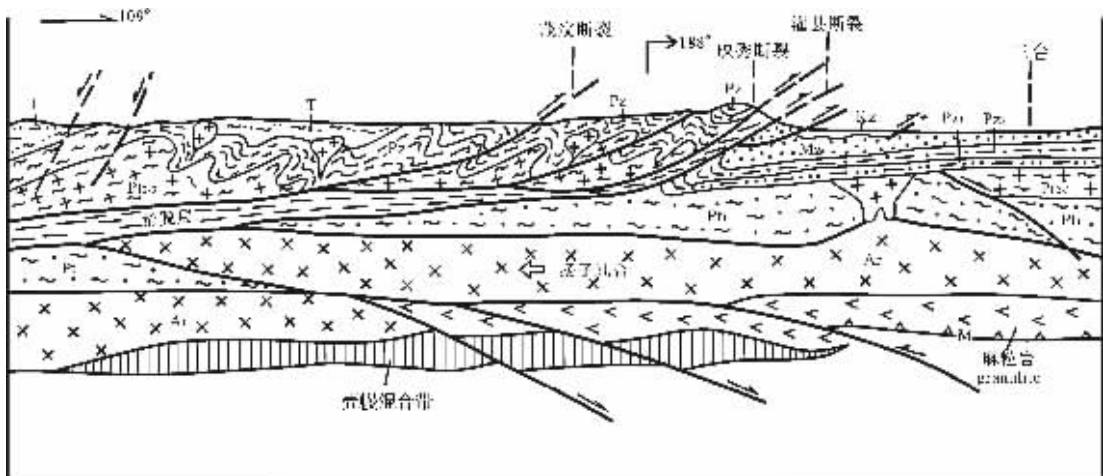


图 9 龙门山松潘—甘孜造山带与扬子地台碰撞挤压嵌入型接触关系  
 (据蔡学林 1993 年于稿修编)

Fig.9 Collisional compressional indentation type contact relationships between the Songpan-Garzê orogenic belt in the Longmen Mountains and the Yangtze platform



结构迥异,或出现两个明显不同的地球物理场景。

### 3.4 关于岩石圈构造单元分级和命名问题

#### 3.4.1 岩石圈构造单元的分级

可暂时分为4级:

一级岩石圈构造单元:主要指洲际性的构造单元,相当于大地构造单元中的“构造域”。主要表现为在岩石圈宏观结构构造上有巨大的差异,二者之间有明显的界线。例如,中国东部滨太平洋带岩石圈的普遍减薄,巨型裂谷系的发育,由于地幔上涌而普遍出现的地壳与软流层之间“过渡性”圈层和上老下新的地壳结构。

二级岩石圈构造单元:主要指大区域性的构造单元,相当于历史大地构造分区中的“地台区”和“地槽褶皱系”。主要表现在岩石圈物质组成、密度、结构构造以及地球物理场和地球化学场上的明显差异。

三级及四级岩石圈构造单元则依据地质、地球物理、地球化学上更微细的差异来判别和区分。

#### 3.4.2 岩石圈构造单元的命名

关于岩石圈构造单元的命名,一种是采用平面上的“域”“区”命名方法,划分为岩石圈构造域、岩石圈构造区、岩石圈构造分区和岩石圈构造微区等4级构造单元。

另一种是采用立体的“块体”的命名方法。可以分别划分为岩石圈巨块体、岩石圈块体、岩石圈分块体和岩石圈微块体等4级构造单元。

不管使用哪种命名方法,都可以在不同级别构造单元前冠以“地区”名称,如“中亚岩石圈构造域”、青藏高原岩石圈块体、松潘—甘孜岩石圈分块体等。

本文除一级构造单元采用“构造域”外,其他采用“块体”命名方法,主要是欲体现岩石圈三维结构的特点。

### 参考文献 (References):

- [1] 李四光.地壳运动问题[A].见:景才瑞主编.李四光全集(第四卷):地质力学[C].武汉:湖北人民出版社,1996.864~879.  
Li Siguang(Lee JS). Problems of Crustal Movement[A]. In: Jing Cairui(ed.). The Collected Works of Li Siguang(Volume 4):Geomechanics[C]. Wuhan: Hubei People's Publishing House, 1996.864~879 (in Chinese).
- [2] 李四光.东亚构造格架[A].见:景才瑞主编.李四光全集(第六卷):区域地质[C].武汉:湖北人民出版社,1996.561~574.  
Li Siguang(Lee JS). Tectonic framework of East Asia[A]. In: Jing Cairui(ed.). The Collected Works of Li Siguang(Volume 6):Geomechanics [C]. Wuhan: Hubei People's Publishing House, 1996.561~574(in Chinese).
- [3] 李四光.天文地质古生物资料摘要(初稿)[A].见:景才瑞主编.李四光全集(第八卷):其他[C].武汉:湖北人民出版社,1996.489~689.  
Li Siguang (Lee JS). Abstracts of the data of astronomy, geology and palaeontology (first draft) [A]. In: Jing Cairui (ed.). The Collected Works of Li Siguang(Volume 8): Geomechanics[C]. Wuhan: Hubei

- People's Publishing House, 1996. 469~689(in Chinese).
- [4] 李四光.中国地质学纲要[M].张文佑编译.南京:正风出版社,1950.  
Li Siguang (Lee JS). Outline of the Geology of China[M](translation by Zhang Wenyu). Nanjing: Zhengfeng Publishing House, 1950(in Chinese).
  - [5] 黄汲清.中国主要地质构造单位[M].北京:地质出版社,1954.4~73  
Huang TK. Major Geotectonic Units of China [M]. Beijing: Geological Publish House, 1954. 4~73(in Chinese).
  - [6] 黄汲清.中国地质构造基本特征的初步总结[J].地质学报,1960,40(1):1~37.  
Huang TK. The main characteristics of the geologic structure of China: Preliminary conclusion [J]. Acta Geologica Sinica, 1960, 40(1):1~37(in Chinese with English abstract).
  - [7] 黄汲清.按大地构造观点进行中国地震地质区划的尝试[J].中国地质科学院院报,1979,1(1):17~31.  
Huang TK. Seismic-geological regionalization from a geotectonic view of point: An attempt [J]. Journal of Chinese Academy of Geological Sciences, 1979, 1 (1): 17~31(in Chinese with English abstract).
  - [8] 黄汲清,姜春发.从多旋回构造运动观点初步探讨地壳发展规律[J].地质学报,1962,42(2):105~152.  
Huang TK, Jiang Chunfa. Preliminary investigation on the evolution of the earth's crust from the point of view of polycyclic tectonic movements[J]. Acta Geologica Sinica, 1962, 42(2):105~152(in Chinese with English abstract).
  - [9] 黄汲清,任纪舜,姜春发,等.中国大地构造基本轮廓[J].地质学报,1977,51(2):117~135.  
Huang TK, Ren Jishun, Jiang Chunfa, et al. An outline of the tectonic characteristics of China [J]. Acta Geologica Sinica, 1977, 51(2):117~135(in Chinese with English abstract).
  - [10] 张文佑.断块构造导论[M].北京:石油工业出版社,1984.218~266.  
Zhang Wenyu. Introduction to Fault-Block Tectonics [M]. Beijing: Petroleum Industrial Press, 1984, 218~266(in Chinese).
  - [11] 中国科学院地质研究所.中国大地构造纲要[M].北京:科学出版社,1959.  
Institute of Geology, Academia Sinica. An Outline of Geotectonics of China[J]. Beijing: Science Press, 1959(in Chinese).
  - [12] 张文佑,等.中国及邻区海陆大地构造[M].北京:科学出版社,1986.45~57.  
Zhang Wenyu et al. Tectonics of Land and Sea in China and Adjacent Areas[M]. Beijing: Science Press, 1986.45~57(in Chinese).
  - [13] 陈国达.地壳的第三基本构造单元——地洼区 [J]. 科学通报,1959, (3):94~95.  
Chen Guoda. The third basic tectonic unit of the Earth's crust—diwa (geodepression) region [J]. Chinese Science Bulletin, 1959, (3): 94~95(in Chinese).
  - [14] 陈国达.地壳动定转化递进说——论地壳发展的一般规律[J].地质学报,1959,39(3):279~291.  
Chen Guoda. Theory of progression with transformation between active and "stable" areas of the earth crust [J]. Acta Geologica Sinica,

- 1959, 39 (3):279~291(in Chinese).
- [15] 陈国达.关于划分构造区的一些观点和思想方法问题[J].科学通报,1960,(17):518~521.  
Chen Guoda. Some views and problems about thoughts and methods on tectonic divisions [J]. Chinese Science Bulletin, 1960, (17): 518~521(in Chinese).
- [16] 陈国达. 亚洲陆海壳体大地构造 [M]. 长沙: 湖南教育出版社, 1998.3~129.  
Chen Guoda. Tectonics of Continental and Marine Crust of Asia [M]. Changsha: Hunan Education Publishing House, 1998.3~129(in Chinese).
- [17] 张伯声. 镶嵌的地壳[J].地质学报, 1962,42(3):275~288.  
Chang Bosheng. The mosaic earth's crust[J]. Acta Geologica Sinica, 1962,42 (3):275~288(in Chinese with English abstract).
- [18] 张伯声.从镶嵌构造观点说明中国大地构造的基本特征[A].见:张伯声论文集[C].西安:陕西科学技术出版社, 1965.119~155.  
Chang Bosheng. Basic Tectonic Characteristics of China Explained from the View-point of Mosaic Structure[A]. In: Contributions of Chang Bosheng[C]. Xi'an: Shaanxi Scientific and Technological Press, 1965. 119~155(in Chinese).
- [19] 张伯声.地壳波浪与镶嵌构造研究[M].西安:陕西科学技术出版社, 1982.  
Chang Bosheng. Crustal Waves and Mosaic Structure [M]. Xi'an: Shaanxi Scientific and Technological Press, 1982(in Chinese).
- [20] 李春昱, 王荃, 刘雪亚, 等. 亚洲大地构造图(1:8000000)及说明书[M].北京:地质出版社, 1982.1~45.  
Li Chunyue, Wang Quan, Li Xueya, et al. Tectonic Map of Asia(1: 8 M) and Its Explanatory Notes[M]. Beijing: Geological Publishing House, 1982.1~45(in Chinese).
- [21] 李春昱, 王荃, 刘雪亚, 等. 亚洲大地构造演化[J]. 中国地质科学院院报, 1984,(10):3~12.  
Li Chunyue, Wang Quan, Liu Xueya, et al. Tectonic evolution of Asia [J]. Journal of the Chinese Academy of Geological Sciences, 1984, (10): 3~12(in Chinese with English abstract).
- [22] 马杏垣.中国岩石圈动力学纲要[M].北京:地图出版社, 1987.1~76.  
Ma Xingyuan. An Outline of the Lithosphere Dynamics of China [M]. Beijing: Cartographic Publishing House, 1987. 1~76 (in Chinese).
- [23] 马杏垣.中国岩石圈动力学地图集[M].北京:地图出版社, 1989.  
Ma Xingyuan. Atlas of the Lithosphere Dynamics of China [M]. Beijing: Cartographic Publishing House, 1989(in Chinese).
- [24] 马宗晋, 杜品仁, 洪汉净. 地球构造与动力学[M].广州:广东科技出版社, 2003.1~62.  
Ma Zongjin, Du Pinren, Hong Hanjing. Earth Tectonics and Dynamics [M]. Guangzhou: Guangdong Scientific and Technological Press, 2000.85~122(in Chinese).
- [25] 丁国瑜. 中国岩石圈动力学概论 [M]. 北京: 地震出版社, 1991. 271~564.  
Ding Guoyu. An Introduction to the Lithosphere Dynamics of China[M]. Beijing: Seismological Press, 1991. 271~564(in Chinese).
- [26] 范承钧, 杨明桂. 中国基本构造格局及其演化[A]. 见:程裕祺主编.中国区域地质概论[C].北京:地质出版社, 1994. 448~476.  
Fan Chengjun, Yang Minggui. Basic tectonic framework and its evolution in China [A]. In: Cheng Yuqi (ed.), An Introduction to the Regional Geology of China [C]. Beijing: Geological Publishing House, 1994. 46~62(in Chinese).
- [27] 袁学诚.中国地球物理图集[M].北京:地质出版社, 1996.  
Yuan Xuecheng. Atlas of Geophysics of China[M]. Beijing: Geological Publishing House, 1996(in Chinese).
- [28] 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[M].北京:地质出版社, 1996.59~96.  
Deng Jinfu, Zhao Hailing, Mo Xuanxue, et al. Continental root-plume tectonics of China: the key of continental kinetic [M]. Beijing: Geological Publishing House, 1996(in Chinese).
- [29] Sengor AMC and Natal' in BA. Paleotectonics of Asia: Fragments of a synthesis [A]. In:Yin A, Harrison T M (eds.). The Tectonic Evolution of Asia [C]. Cambridge:Cambridge University Press,1996. 486~640.
- [30] 张培震, 王琪, 马宗晋. 中国大陆现今构造运动的 GPS 速度场与活动地块[J]. 地学前缘, 2002,9(2):430~441.  
Zhang Peizhen, Wang Qi, Ma Zongjin. GPS velocity field and active crustal blocks of contemporary tectonic deformation in continental China [J]. Earth Science Frontiers, 2002, 9 (2):430~441(in Chinese with English abstract).
- [31] 肖序常, 刘训, 高锐, 等. 西昆仑及邻区岩石圈结构构造演化——塔里木南-西昆仑多学科地质断面简要报道 [J]. 地质通报,2002, 21(2):63~68.  
Xiao Xuchang, Liu Xun, Gao Rui, et al. Lithospheric structure and tectonic evolution of the West Kunlun and its adjacent areas—Brief report on the South Tarim—West Kunlun Multidisciplinary geoscience transect[J]. Geological Bulletin of China, 2002, 21(2):63~68(in Chinese with English abstract).
- [32] 彭聪, 高锐. 中国大陆及邻区海域岩石圈/软流圈结构横向变化研究[M].北京:地震出版社, 2000.1~21.  
Peng Cong, Gao Rui. Lateral Change in the Lithospheric/Asthenospheric Structures in Continental China and Its Adjacent Sea Areas [M]. Beijing: Seismological Press, 2000. 1~21(in Chinese).
- [33] 李廷栋.青藏高原隆升的过程和机制[J]. 地球学报, 1995,(1):1~9.  
Li Tingdong. The uplifting process and mechanism of the Qinghai-Tibet Plateau[J]. Acta Geoscientia Sinica, 1995, (1):1~9(in Chinese with English Abstract).
- [34] 陈炳蔚, 任留东, 王彦斌. 青藏高原及邻区大地构造及有关的变形特征[A]. 见:肖序常,李廷栋主编.青藏高原的构造演化与隆升机制[C].广州:广东科技出版社, 2000.85~122.  
Chen Bingwei, Ren Liudong, Wang Yanbing. Tectonics and related deformation features in the Qinghai-Tibet Plateau and its adjacent areas[A]. In: Xiao Xuchang, Li Tingdong(eds.). Tectonic Evolution and Uplift Mechanism of the Qinghai-Tibet Plateau[C]. Guangzhou: Guangdong Scientific and Technological Press, 2000, 85~122(in Chinese with English abstract).

- [35] 张良臣, 周庆仁, 赵国龙. 天山—兴安地区区域地质特征[A]. 见: 程裕淇主编. 中国区域地质概论[C]. 北京:地质出版社, 1994. 46~62.
- Zhang Liangchen, Zhou Qingren, Zhao Guolong. Regional geological characteristics in the Tianshan—Hinggan region [A]. In: Cheng Yuqi (ed.). An Introduction to the Regional Geology of China [C]. Beijing: Geological Publishing House, 1994. 46~62(in Chinese).
- [36] 邓晋福, 莫宣学, 赵海玲, 等. 中国东部岩石圈根/去根作用与大陆“活化”——东亚型大陆动力学模式研究计划 [J]. 现代地质, 1994, 8 (3):349~356.
- Deng Jinfu, Mo Xuanxue, Zhao Hailing, et al. Lithosphere root/de-rooting and activation of the East China continent[J]. Geoscience, 1994, 8(3):349~356(in Chinese with English abstract).
- [37] 蔡学林, 朱介寿, 曹家敏, 等. 中国东南大陆边缘带岩石圈三维结构—动力学型式[J]. 海洋地质与第四纪地质, 2005,25(3):25~34.
- Cai Xuelin, Zhu Jieshou, Cao Jiamin, et al. Three-dimensional structural and dynamic types of the continental margin lithosphere in southeast China [J]. Marine Geology & Quaternary Geology. 2005, 25 (3):25~34(in Chinese with English abstract).

## Lithospheric tectonic units of China

LI Ting-dong<sup>1,2</sup>

(1. Chinese Academy of Geological Sciences, Beijing 100037, China; 2. Consulting Research Center, MLR, Beijing 100035, China)

**Abstract:** In light of the principle of combining the Earth's surface tectonics with deep tectonics, the paper proposes six principles that should be followed in the lithospheric tectonic unit division. Based on the geological and geochemical characteristics, especially the characteristics shown by the geophysical field, with the Helan Mountains—Sichuan—Yunnan latitudinal tectonic belt as the boundary, the authors preliminarily divide continental China and its adjacent sea areas into two first-order lithospheric tectonic units: the Central Asian lithospheric tectonic domain and East Asian lithospheric tectonic domains, which are subdivided into six second-order lithospheric tectonic units: the Xiyu lithospheric block, Qinghai—Tibet lithospheric block, Songliao lithospheric block, North China lithospheric block, South China lithospheric block and South China Sea lithospheric block. Their main geological, geophysical and geochemical characteristics are described separately. Finally, some problems concerning the lithospheric tectonic unit division are discussed and some views are presented.

**Key words:** lithosphere; tectonic unit division; China

**About the author:** LI Ting-dong, male, born in 1930, academician of the Chinese Academy of Sciences, engages in the study of regional geology and geological map compilation.