

中国大陆五大成矿域岩石圈结构与成矿作用*

彭 聪¹ 邓晋福² 邱瑞照³

(1 中国地质科学院矿产资源研究所, 北京 100037; 2 中国地质大学, 北京 100083;

3 中国地质科学院地质研究所, 北京 100037)

摘 要 文章汇集了中国大陆人工地震、天然地震层析成像、大地电磁、地热等资料, 给出了中国大陆及其邻近海域岩石圈速度结构。以南北带为界, 中国大陆岩石圈划分为东、西两个基本单元。西部和东部的华南岩石圈厚; 东部的东北、华北和邻近海域岩石圈薄。以南北带为界, 中国大陆岩石圈地幔划分为东、西两个基本单元。西部和东部的华南为高速厚幔区; 东部的东北、华北和邻近海域为低速薄幔区。

关键词 成矿域 岩石圈 地震波速度 中国大陆

1 岩石圈对比研究

目前主要用 4 种方法研究岩石圈的结构和确定其厚度。天然地震(剪切波)用 S_n 确定上地幔低速层顶界面, 认为是岩石圈的厚度; 人工地震用 P 波研究岩石圈, 用 P_n 确定上地幔低速层顶界面, 确定岩石圈的厚度; 大地电磁测深研究岩石圈, 认为上地幔高导层埋深是岩石圈的厚度。还有用大地热流研究岩石圈结构与厚度的, 称之为岩石圈热结构。

将这 4 种资料得到的中国大陆五大成矿域的岩石圈厚度进行对比, 列于表 1。表 1 主要列出了地震 P 波解释的地壳厚度、天然地震解释的岩石圈地幔厚度和岩石圈厚度(彭聪等, 2000)、地震 P 波解释的上地幔低速层顶界面(袁学诚, 1996)、大地电磁测深发现的上地幔高导层埋深(李立, 1996)和热岩石圈厚度(汪集旻, 1997)。

在岩石圈减薄区, 大地电磁得出的上地幔高导层埋深和地震 P 波解释的上地幔低速层顶界面比较接近、一致性较好; 在岩石圈增厚区, 这两种资料得出的岩石圈厚度值有差异。大地电磁测深发现的上地幔高导层埋深和地震 P 波解释的上地幔低速层顶界面均大于天然地震(剪切波)解释的岩石圈厚度, 它们相互之间的差异原因尚待探讨, 也许它们反映的不是同一构造界面。天然地震解释的岩石圈厚度精度相对差一些。虽然这 4 种资料得出的岩石圈厚度结果不尽相同, 但是岩石圈的相对厚度变化几乎是一致的。可以明显划分出岩石圈增厚区和岩石圈减薄区等不同构造单元型式。岩石圈缩短增厚、拉伸减薄变形在地壳和岩石圈下部并不是同步进行的。一般有 4 种型式:

岩石圈增厚型式:

- (1) 地壳和岩石圈下部两者都缩短增厚, 属于厚地壳厚岩石圈地幔变形型式;
- (2) 地壳不变形, 而岩石圈下部缩短增厚, 属于薄地壳厚岩石圈地幔变形型式。

这 2 种增厚型式一般存在于造山带中: 一种是厚地壳厚岩石圈地幔特征, 如: 大兴安岭、阿拉善、上扬子、江南地轴、天山、青藏高原、喜马拉雅、西昆仑和三江地区。另一种是薄地壳厚岩石圈地幔特征, 如: 张广才岭、华南。

*本文得到地质大调查综合研究项目“中国成矿体系与成矿评价”(编号: K1.4)的资助
第一作者简介 彭 聪, 女, 1954 年生, 研究员, 从事地球物理与成矿作用综合研究。

表1 中国大陆五大成矿域岩石圈研究不同资料对比

Table 1 Comparison of data from lithospheres of five major metallogenic domains of Chinese Continent

成矿域划分	地壳厚度 (Moho 界面深度, P (km)	岩石圈地幔厚度 (岩石圈底部高速层)		岩石圈厚度 (上地幔低速 层顶界面埋 深, P 波) (km)	岩石圈厚度 (上地幔低 速层顶界面 埋深, S 波) (km)	岩石圈厚 度(上地幔 高导层埋 深, MT) (km)	热岩石圈 厚度 (km)
		厚度 (km)	速度 v_s (km/s)				
I-1 古亚洲成矿域							
II-1 吉黑成矿省							
III-1 佳木斯	32~34	45	4.2~4.4	140	85	100	110
III-2 张广才岭	34	40~45	4.2~4.4	140	80	120	110
III-3 小兴安岭	32~34	50	4.2~4.4	140	85	120~160	110
II-2 兴安岭成矿省							
III-4 额尔古纳	36~40	55	4.4~4.7	160	94	100~140	120
III-5 大兴安岭	36~42	50~55	4.5~4.7	120	94	90~180	110~120
III-6 突泉—林西	34~40	40~50	4.4~4.5	100~120	80~90	120~140	110
III-7 锡林浩特—北阴山	38~44	40	4.3~4.4	140	85	100~120	120
II-4 阿尔泰成矿省							
III-11 哈龙—诺尔特	46~48	55	4.6~4.7	180	98	140	140
III-12 克兰	46	55	4.6~4.7	180	98	140	140
II-6 北疆成矿省							
III-13 准噶尔北缘	42~44	54	4.4~4.7	140~200	98	120~180	140
III-14 准噶尔西缘	42	54	4.6~4.7	200	98	160	140
III-15 博格达	42~44	60	4.4~4.7	120	110	120~140	140
III-19 哈尔力克	46	60	4.4~4.7	120	110	120	140
II-7 东天山—北山成矿省							
III-20 东天山—北山	48~52	60	4.4~4.7	100~120	110	120~160	140
III-21 额济纳旗	44~56	40~50	4.4~4.5	180	80~90	100~120	130
II-8 西天山成矿省							
III-16 北天山	48~50	60	4.4~4.7	120~160	110	100~160	140
III-17 伊犁—新疆	50~52	55	4.6~4.7	140~160	105	160	150
III-18 西南天山	50~52	60	4.5~4.7	120	110	100~140	140
II-12 西昆仑成矿省							
III-37 公格尔	56~58	60	4.4~4.6	160	115	140	160~170
III-38 塔什库尔干	60~68	60	4.4~4.6	160	115	140	170
I-2 秦祁昆成矿域							
II-9 秦岭—大别成矿省							
III-28 北秦岭	30~44	30~40	4.3~4.4	80	70~80	100	120
III-29 桐柏—大别	30~46	30~50	4.3~4.4	100	70~90	100~120	120
III-30 南秦岭	34~48	20~40	4.3~4.4	80	70	100~120	140
II-10 祁连成矿省							
III-31 北祁连	48~66	20~40	4.4~4.5	80~100	70~90	80~120	140
III-32 南祁连	50~66	20~40	4.4~4.5	80~100	70~90	120	140
II-11 东昆仑成矿省							
III-33 拉鸡山	58~66	30	4.4~4.5	80	80~90	100	130
III-34 柴达木	58~64	40~50	4.4~4.5	100	100	120~160	140
III-35 东昆仑	66~70	40~60	4.4~4.5	120~140	100~110	100~120	140
III-36 阿尔金	54~58	50~60	4.4~4.5	160~200	100~110	120	140
I-3 特提斯喜马拉雅成矿域							
II-17 三江成矿省							
III-57 三江	36~66	20~50	4.3~4.6	80	70~120	120	160
II-18 松潘—甘孜成矿省							
III-54 松潘—玛多	50~68	30~60	4.3~4.5	80	80~120	120~140	140~200
III-55 可可西里—盐源	56~72	50~60	4.5~4.6	80~120	110~120	100~120	160~180
III-56 藏东—唐古拉山	70~74	60~64	4.5~4.7	120	125	140~180	160~170
II-19 藏北成矿省							
III-58 措勤—念青唐古拉山	68~72	60	4.5~4.6	120	127	140~180	150
III-59 冈底斯山	64~70	57	4.5~4.6	120	127	140~180	160
III-60 尼玛—斑公错	72~74	57	4.5~4.6	120	127	180	150
III-61 雅鲁藏布江上游	72	57	4.4~4.6	120	127	180	160
II-20 藏南成矿省							
III-62 藏南	60~70	57	4.4~4.7	200~240	127	120	160
I-4 滨西太平洋成矿域							
II-1 吉黑成矿省							
III-1 佳木斯	32~34	45	4.2~4.4	140	85	100	110
III-2 张广才岭	34	40~45	4.2~4.4	140	80	120	110
III-3 小兴安岭	32~34	50	4.2~4.4	140	85	120~160	110

续表 1-1 Table 1(Cont. 1)

成矿域划分	地壳厚度 (Moho 界面 深度, P 波) (km)	岩石圈地幔厚度 (岩石圈底部高速层)		岩石圈厚度 (上地幔低速 层顶界面埋 深, P 波) (km)	岩石圈厚度 (上地幔低 速层顶界面 埋深, S 波) (km)	岩石圈厚度 (上地幔 高导层埋 深, MT) (km)	热岩石圈 厚度 (km)
		厚度 (km)	速度 v_s (km/s)				
I ₋₄ 滨西太平洋成矿域							
II ₋₂ 兴安岭成矿省							
III ₋₄ 额尔古纳	36~40	55	4.4~4.7	160	94	100~140	120
III ₋₅ 大兴安岭	36~42	50~55	4.5~4.7	120	94	90~180	110~120
III ₋₆ 突泉—林西	34~40	40~50	4.4~4.5	100~120	80~90	120~140	110
III ₋₇ 锡林浩特—北阴山	38~44	40	4.3~4.4	140	85	100~120	120
II ₋₃ 华北地台北缘成矿省							
III ₋₈ 华北陆块东段	34	35	4.3~4.4	100	70	100~120	110
III ₋₉ 华北陆块中段	34~44	35	4.3~4.4	100~120	75	60~100	120
III ₋₁₀ 华北陆块西段	42~44	35	4.3~4.4	80~100	80	120	130
II ₋₅ 华北准地台成矿省							
III ₋₂₂ 胶辽	28~32	30	4.3~4.5	胶: 140, 辽: 80	60	80~100	110
III ₋₂₃ 鲁西	30~32	30	4.3~4.5	100~140	50	80~100	110
III ₋₂₄ 五台—太行	36~44	30	4.4~4.5	100~140	70	60~80	120~140
III ₋₂₅ 小秦岭—豫西	34~40	30	4.4~4.5	80	70	80	110
III ₋₂₆ 鄂尔多斯	44~56	20~30	4.4~4.5	160~200	70	80~100	130
II ₋₉ 秦岭—大别成矿省							
III ₋₂₈ 北秦岭	30~44	30~40	4.3~4.4	80	70~80	100	120
III ₋₂₉ 桐柏—大别	30~46	30~50	4.3~4.4	100	70~90	100~120	120
II ₋₁₃ 下扬子成矿省							
III ₋₃₉ 长江中下游	30~32	30~50	4.3~4.5	100	60	100	110
III ₋₄₀ 江南地块	30~32	50	4.3~4.5	120	100	100~200	110
III ₋₄₁ 洞庭湖周边	36~38	40~50	4.3~4.5	120	90~100	120~140	120
III ₋₄₂ 湘西—黔东	38~46	50	4.5~4.6	140	70~80	140~200	120
III ₋₄₃ 右江地槽	36~52	40~50	4.4~4.6	140	80	120~200	130
III ₋₄₄ 川南—黔中	44~52	50	4.3~4.5	140~200	80~110	120	130
III ₋₄₅ 龙门山—神农架	36~50	20~30	4.2~4.3	100	70~80	120	130
II ₋₁₄ 上扬子成矿省							
III ₋₄₆ 扬子地台西缘	36~56	30~40	4.4~4.5	80~100	70~80	80~100	110~120
II ₋₁₅ 东南沿海成矿省							
III ₋₄₇ 浙闽沿海	30~32	25	4.4~4.5	80~100	70	100~120	110
III ₋₄₈ 闽粤沿海	28~30	25	4.4~4.7	60	70	100~120	110
II ₋₁₆ 华南成矿省							
III ₋₄₉ 武夷山北段	30~32	40~50	4.3~4.7	100~120	80~90	60~100	110
III ₋₅₀ 湘中—赣中	30~40	50	4.4~4.7	120	90	200	110
III ₋₅₁ 南岭中段	28~32	45	4.4~4.7	80~100	80	100~200	110
III ₋₅₂ 粤琼	28~30	45	4.5~4.7	70	70	100	120
III ₋₅₃ 粤西—桂东	28~32	45	4.3~4.7	80~100	80	120	110
I ₋₅ 前寒武纪成矿域							
II ₋₅ 华北地台北缘成矿省							
III ₋₈ 华北陆块东段	34	35	4.3~4.4	100	70	100~120	110
III ₋₉ 华北陆块中段	34~44	35	4.3~4.4	100~120	75	60~100	120
III ₋₁₀ 华北陆块西段	42~44	35	4.3~4.4	80~100	80	120	130
II ₋₅ 华北准地台成矿省							
III ₋₂₂ 胶辽	28~32	30	4.3~4.5	胶: 140 辽: 80	60	80~100	110
III ₋₂₃ 鲁西	30~32	30	4.3~4.5	100~140	50	80~100	110
III ₋₂₄ 五台—太行	36~44	30	4.4~4.5	100~140	70	60~80	120~140
III ₋₂₅ 小秦岭—豫西	34~40	30	4.4~4.5	80	70	80	110
III ₋₂₆ 鄂尔多斯	44~56	20~30	4.4~4.5	160~200	70	80~100	130
III ₋₂₇ 阿拉善	48~60	20~30	4.4~4.5	80~180	70~75	80~140	140
II ₋₁₃ 下扬子成矿省							
III ₋₃₉ 长江中下游	30~32	30~50	4.3~4.5	100	60	100	110
III ₋₄₀ 江南地块	30~32	50	4.3~4.5	120	100	100~200	110
III ₋₄₁ 洞庭湖周边	36~38	40~50	4.3~4.5	120	90~100	120~140	120
III ₋₄₂ 湘西—黔东	38~46	50	4.5~4.6	140	70~80	140~200	120
III ₋₄₃ 右江地槽	36~52	40~50	4.4~4.6	140	80	120~200	130
III ₋₄₄ 川南—黔中	44~52	50	4.3~4.5	140~200	80~110	120	130
III ₋₄₅ 龙门山—神农架	36~50	20~30	4.2~4.3	100	70~80	120	130
II ₋₁₄ 上扬子成矿省							
III ₋₄₆ 扬子地台西缘	36~56	30~40	4.4~4.5	80~100	70~80	80~100	110~120

续表 1-2 Table 1(Cont. 2)

成矿域划分	地壳厚度 (Moho 界面深度, P 波) (km)	岩石圈地幔厚度 (岩石圈底部高速层)		岩石圈厚度 (上地幔低速层顶界面埋深, P 波) (km)	岩石圈厚度 (上地幔低速层界面埋深, S 波) (km)	岩石圈厚度 (上地幔高速层埋深, MT) (km)	热岩石圈厚度 (km)
		厚度 (km)	速度 v_s (km/s)				
II-16 华南成矿省							
III-49 武夷山北段	30~32	40~50	4.3~4.7	100~120	80~90	60~100	110
III-50 湘中—赣中	30~40	50	4.4~4.7	120	90	200	110
III-51 南岭中段	28~32	45	4.4~4.7	80~100	80	100~200	110
III-52 粤琼	28~30	45	4.5~4.7	70	70	100	120
III-53 粤西—桂东	28~32	45	4.3~4.7	80~100	80	120	110
	彭聪, 2000	彭聪, 2000		袁学诚等, 1996	彭聪, 2000	李立, 1996	汪集旻, 1997

岩石圈减薄型式:

- (3) 地壳和岩石圈下部两者都拉伸减薄, 属于薄地壳薄岩石圈地幔变形型式;
 (4) 地壳缩短增厚、岩石圈下部拉伸减薄, 属于厚地壳薄岩石圈地幔变形型式。

2 盆地岩石圈特征

中国东部区域松辽盆地和华北盆地是岩石圈减薄区, 具有薄地壳薄岩石圈地幔特征。中国中部盆地和西部盆地都为岩石圈增厚区, 又可分为两种型式, 一种为厚地壳厚岩石圈地幔型式, 如鄂尔多斯和柴达木盆地; 另一种为薄地壳厚岩石圈地幔型式, 如四川盆地, 准噶尔盆地和塔里木盆地。

3 造山带岩石圈减薄区及其成矿作用

贯穿中国南北的南北构造带 ($102^{\circ} E$) 和贯穿中国东西的祁连秦岭大别构造带, 是岩石圈减薄带。南北构造带和秦岭大别构造带岩石圈变形特征为薄地壳薄岩石圈地幔型式, 是深部地幔物质流通的通道, 为形成幔源矿产的有利深部构造背景。

鲁西地区是岩石圈减薄区, 薄地壳薄岩石圈地幔特征为山东金伯利岩上升到地壳浅部提供了有利深部构造条件, 这种岩石是金刚石矿的母岩, 据说是来自地幔 100 km 以上深处的岩浆形成的。胶辽 (山东) 是岩石圈减薄区, 薄地壳薄岩石圈地幔特征为山东的焦家金矿带的有利深部构造背景。山西是岩石圈减薄区, 厚地壳薄岩石圈地幔特征为山西生产铜矿提供了地质条件。

表 2 中国大陆八大盆地岩石圈研究不同资料的对比

Table 2 Comparison of data from lithospheres of eight major basins in Chinese Continent

盆地	地壳厚度 (Moho 界面深度, P 波) (km)	岩石圈地幔厚度 (岩石圈底部高速层)		岩石圈厚度 (上地幔低速层顶界面埋深, P 波) (km)	岩石圈厚度 (上地幔低速层顶界面埋深, S 波) (km)	岩石圈厚度 (上地幔高速层埋深, MT) (km)	热岩石圈厚度 (km)
		厚度 (km)	速度 v_s (km/s)				
1 松辽盆地	32~34	45	4.2~4.4	80~100	85	60~80	110
2 准噶尔盆地	42	54	4.6~4.7	200	98	140	140
3 塔里木盆地	48	60	4.5~4.7	160~200	114	160	160
4 鄂尔多斯盆地	44~48	20~30	4.4~4.5	160~200	60~70	80~100	130
5 华北盆地	32~34	20~30	4.2~4.3	60~80	60~80	70~80	110
6 苏北盆地	32	20	4.3~4.4	60~80	50	70~80	110
7 四川盆地	36~38	50	4.3~4.5	100~140	90~100	100~120	140
8 柴达木盆地	58~64	40	4.4~4.5	120~140	100	120~160	140

4 结论与讨论

岩石圈的形变特征是复杂的，人们利用人工地震、天然地震(剪切波)、大地电磁测深、大地热流研究岩石圈结构与厚度，虽然这些资料得出的结果不尽相同，但是岩石圈的相对厚度变化几乎是一致的。而且，可以肯定，造山带中的岩石圈减薄区无疑是预测各种矿产的有利深部构造背景。

参 考 文 献

- 李 立. 1996. 中国大陆地壳上地幔电性特征[J]. 地球物理学报, 39(增刊):130 ~ 139.
- 彭 聪, 高 锐. 2000. 中国大陆及邻近海域岩石圈/软流圈结构横向变化研究[M]. 北京: 地震出版社.
- 袁学诚主编. 1996. 中国地球物理图集[M]. 国际岩石圈委员会 201 号出版物. 北京: 地质出版社.
- 汪集旻. 1997. 深部地热岩石圈研究中的意义及应注意的几个问题[A]. 岩石圈研究的现代方法[C]. 北京: 原子能出版社.113~126

Relationship between Lithospheric Structures and Metallogenic Processes in Five Major Metallogenic Domains of Chinese Continent

Peng Cong¹, Deng Jinfu² and Qiu Ruizhao³

(1 Institute of Mineral Resources, Chinese Academy of Geological Sciences, Beijing 100037, China; 2 China University of Geosciences, Beijing 100083, China; 3 Institute of Geology, Chinese Academy of Geological Sciences, Beijing 100037, China)

Abstract

Based on geoscience transects and seismic data, the authors collected data from such aspects as seismic tomography, magnetotelluric survey and geothermal exploration, determined the thickness and constructed the velocity model of the crust in various metallogenic provinces of China. The crust gradually becomes thinner and thinner from east to west in China. The velocity-histogram map of the crustal structure was compiled in accord with the metallogenic provinces of China. The horizontal low velocity layer, the vertical low velocity zone and the high velocity layer in the basement of the lower crust are related to the ore-forming processes.

key words: metallogenic province, lithospheric structure, seismic velocity, China