

多旋回叠合盆地油气地质理论与勘探实践研究丛书

中亚含油气区构造演化 与油气聚集

何登发 童晓光 杨福忠 著
李 智 马德龙 李 滌



科学出版社

多旋回叠合盆地油气地质理论与勘探实践研究丛书

中亚含油气区构造演化与油气聚集

何登发 童晓光 杨福忠 著
李 智 马德龙 李 滌



科学出版社

北 京

内 容 简 介

本书应用地球系统科学思想与大陆动力学、石油地质综合研究方法,对中亚含油气区,这一欧亚地区地缘政治、经济的重心,从大地构造演化、盆地构造及其控制的油气地质条件出发,探讨中亚含油气区的构造演化过程与油气聚集和分布特征。中亚沉积盆地主要位于哈萨克斯坦构造域、图兰地台和特提斯构造域,经历了古生代的古亚洲洋或原特提斯洋演化阶段和中-新生代以来的古、新特提斯洋演化阶段。其中的滨里海、北乌斯丘尔特、曼格什拉克、南里海、阿姆河、阿富汗-塔吉克、费尔干纳、楚河-萨雷苏、图尔盖和斋桑 10 个沉积盆地油气资源丰富,西部盆地产油,东部盆地多气。在对中亚含油气区油气成藏条件与富集特征类比研究的基础上,探讨了油气分布规律与勘探潜力,剖析了有利的油气勘探区(带),为油气勘探战略部署提供了依据。

本书可为海外油气勘探开发工作者参考使用,也可作为石油地质学、构造地质学、油气勘探工程的高年级本科生和研究生学习区域地质学、油区构造学的参考教材。

图书在版编目(CIP)数据

中亚含油气区构造演化与油气聚集 / 何登发等著. —北京: 科学出版社, 2016

(多旋回叠合盆地油气地质理论与勘探实践研究丛书)

ISBN 978-7-03-050775-4

I. ①中… II. ①何… III. ①含油气区-构造演化-研究-中亚②含油气区-油气聚集-研究-中亚 IV. ①P618.130.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2016) 第 278633 号

责任编辑: 韦 沁 / 责任校对: 鲁 素

责任印制: 肖 兴 / 封面设计: 北京东方人华科技有限公司

科学出版社 出版

北京东黄城根北街 16 号

邮政编码: 100717

<http://www.sciencep.com>

中国科学院印刷厂 印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2016 年 11 月第 一 版 开本: 787×1092 1/16

2016 年 11 月第一次印刷 印张: 28 3/4

字数: 680 000

定价: 288.00 元

(如有印装质量问题, 我社负责调换)

前言

中亚地区位于西伯利亚克拉通以南、特提斯造山系之阿尔卑斯-喜马拉雅造山系以北、乌拉尔山系以东、天山-北山山系以西 ($50^{\circ} \sim 80^{\circ}\text{E}$, $30^{\circ} \sim 48^{\circ}\text{N}$) 的广大区域。该地理范围内包括哈萨克斯坦、乌兹别克斯坦、土库曼斯坦、吉尔吉斯斯坦和塔吉克斯坦等国家。共有沉积盆地 17 个, 其中 12 个为含油气盆地, 即滨里海盆地、北乌斯秋尔特盆地、曼格什拉克盆地、捷列克-里海盆地、北高加索盆地、南里海盆地、阿姆河盆地、阿富汗-塔吉克盆地、费尔干纳盆地、楚-萨雷苏盆地、图尔盖盆地和斋桑盆地。除捷列克-里海盆地、北高加索盆地和斋桑盆地外, 其余 9 个沉积盆地的总面积达 $226.7 \times 10^4 \text{km}^2$, 据 IHS 2009 年的数据, 已累计探明石油储量 85401MMBOE (百万桶油当量), 凝析油储量 14607MMBC (百万桶凝析油), 天然气储量 743242Bcf (十亿立方英尺), 共计 224461MMBOE, 折合油气总储量 $314.2 \times 10^8 \text{t}$ 。中亚沉积盆地的油气源源不断地供给欧洲和东亚, 处于地缘政治、经济的核心部位。同时, 中亚造山带 (Central Asia Orogenic Belt, CAOB) 是全球显生宙陆壳增生与改造最为显著的大陆造山带, 系统保存了欧亚大陆形成和演化的信息。该区域中新世处于欧亚大陆的核心地带, 在印度板块与欧亚大陆碰撞的远程效应和深部壳幔作用的共同控制下, 形成了全球最典型的陆内盆-山体系。典型的大陆增生和陆内改造所蕴含的科学问题, 使中亚造山带成为探索大陆构造动力学问题的最佳天然实验室。丰富的油气资源及金、银、铜等其他固体矿产资源, 以及造山带与盆地耦合的典型机制使得中亚地区的构造-沉积演化和油气聚集规律研究具有重要的科学价值和实践意义。

近年来, 随着古地磁、深部地球物理、沉积层序和定量测年的快速发展, 对中亚地区的构造、沉积演化过程的重建越来越精细。中亚含油气区地处欧亚板块的中南部, 夹持在北部东欧和西伯利亚克拉通及南部特提斯造山系之间。不同于陆-陆碰撞的喜马拉雅造山带, 也不同于洋-陆俯冲的环太平洋造山带, 由不同时代的微陆块和岛弧不断拼贴增生形成, 相对于华北克拉通、印度克拉通、阿拉伯克拉通、东欧克拉通和西伯利亚克拉通, 中亚地区的微陆块规模小且构成复杂, 75% 的地块为前寒武纪克拉通微陆块, 其上的沉积物厚度达 $4 \sim 15 \text{km}$ 。整个显生宙, 中亚地区呈现为南部冈瓦纳大陆不断裂解出向北漂移的微地块, 北部劳亚古陆则持续向南拼贴增生; 含油气盆地的形成与造山带的发展关系密切, 盆地的发育受控于古亚洲洋、特提斯洋的俯冲消减及地块、岛弧等的拼贴增生事件以及其后的克拉通化过程。盆地与线状或块状隆起带呈凹、凸相间分布。

该地区构造运动活跃, 上述含油气盆地主要处在由微地块和岛弧拼贴增生形成的图兰地台和哈萨克斯坦板块之上, 且与特提斯洋的演化紧密相关。从古生代以来一直受特提斯洋由南向北的俯冲和间接的太平洋板块西向俯冲的挤压作用影响, 间歇性发生裂谷、弧后拉伸和沉降。该地区基底广泛出露于乌拉尔褶皱区、哈萨克斯坦地块和天山周缘, 盆地内沉积了巨厚的古生代、中生代和新生代沉积物, 最深的南里海盆地沉积厚度达 24km , 其

次滨里海盆地盖层最大厚度达 23km, 最浅的哈萨克斯坦中部的图尔盖盆地盖层最大厚度有 4km, 巨厚的盆地沉积记录了中亚地区造山带的隆升和区域构造演化过程。晚古生代以来, 中亚地区经历了三次海侵海退旋回。第一次海侵发生在泥盆纪—石炭纪, 泥盆系和石炭系为海相沉积, 发育碳酸盐台地和礁滩, 为滨里海盆地主要生油层和储层; 二叠纪海退, 发育膏盐蒸发岩。中生代—古近纪的两次海侵, 方向自西向东, 其一发生在晚侏罗世, 其二为白垩纪—古近纪的海侵, 海侵范围扩大, 向东一直推进到塔里木盆地。三次海侵和多期次挤压抬升, 使多数盆地发育盐下和盐上构造—地层层序, 蒸发岩层成为盆地的区域性盖层。页岩、碳酸盐岩、煤和砂泥岩是该区域重要的烃源岩和储层, 也有一定规模的三角洲碎屑岩和台地边缘碳酸盐岩沉积相带发育, 具备优越的油气成藏条件。

中亚地区各沉积盆地的油气勘探业已全面展开, 但由于中亚地区面积辽阔, 油气勘探资料国内相对欠缺, 对研究区的整体认识有待深入, 特别是对中亚地区的大地构造背景、构造—沉积环境演变、沉积盆地类型、含油气系统和油气成藏组合的分布与特征等还缺乏整体的、系统的和动态的综合研究。

基于中亚地区油气地质研究现状, 本书对中亚地区的主要含油气盆地, 从其大地构造背景出发, 剖析盆地构造—沉积演化的动力学过程, 探讨构造演化对油气成藏要素的控制, 以及构造运动过程对油气成藏作用的影响, 从而分析油气成藏组合特征与油气资源潜力, 为油气勘探战略选区提供依据。

本书是在国家科技重大专项课题“中亚地区含气盆地成藏规律与勘探技术”之专题 1 “中亚地区含气盆地沉积构造特征及成藏条件研究”(项目编号: 2011ZX05029-003-001) 的部分研究成果的基础上编著的。本书主要编写人员有何登发、童晓光、杨福忠、李智、马德龙、李涤, 此外, 单帅强、张旭亮、张艺琼、连奕驰、唐洁云、苏艳参与了部分章节的编写工作。在编写过程中, 得到了中国石油海外勘探开发公司薛良清教授、王武和教授, 中国石油勘探开发研究院赵文智院长、徐树宝教授、潘校华教授、张庆春教授、张兴阳教授、张光亚教授、郑俊章教授、王建君教授、田作基教授, 中国科学院地质与地球物理研究所肖文交研究员、王清晨研究员等的指导与帮助。学术上特别得到李德生院士、许志琴院士、戴金星院士、张国伟院士、贾承造院士、马永生院士的指导与帮助。在基础资料的收集过程中, 徐天光博士与张良杰博士给予了大力帮助。对上述领导、良师益友的指导与帮助谨致谢忱!

由于中亚地区构造—沉积演化和油气聚集的复杂性以及笔者水平有限, 书中难免存在疏漏之处, 敬请读者批评指正。

著 者

2014 年秋于北京

目 录

前言

第1章 中亚地区大地构造背景	1
1.1 中亚地区大地构造	1
1.1.1 中亚地区地理位置	1
1.1.2 中亚地区大地构造位置	2
1.2 中亚地区地球物理场	3
1.2.1 哈萨克斯坦构造域地球物理场	3
1.2.2 图兰-斯基夫地台地球物理场	7
1.3 中亚地区构造单元划分	12
1.3.1 两条重要缝合带	12
1.3.2 哈萨克斯坦构造域构造单元划分	23
1.3.3 图兰-斯基夫地台构造单元划分	26
参考文献	35
第2章 中亚地区大地构造演化	40
2.1 古亚洲洋/原特提斯洋演化阶段	40
2.1.1 寒武纪	40
2.1.2 奥陶纪	41
2.1.3 志留纪	44
2.1.4 泥盆纪	45
2.1.5 石炭纪	48
2.1.6 二叠纪	50
2.2 古-新特提斯洋演化阶段	53
2.2.1 二叠纪—三叠纪	53
2.2.2 早-中侏罗世	54
2.2.3 晚侏罗世—早白垩世	55
2.2.4 晚白垩世	57
2.2.5 古新世—始新世	57
2.2.6 渐新世—中新世	59
2.2.7 中新世末期—第四纪	59
2.3 陆内构造演化	60
2.3.1 中生代	60
2.3.2 新生代	65

2.4 小结	66
参考文献	69
第3章 阿姆河盆地天然气成藏条件与分布规律	73
3.1 阿姆河盆地构造特征	73
3.1.1 阿姆河盆地大地构造背景	73
3.1.2 阿姆河盆地地层系统	75
3.1.3 阿姆河盆地断裂系统	85
3.1.4 阿姆河盆地地质结构与构造单元	89
3.1.5 阿姆河盆地构造-沉积演化	94
3.2 阿姆河盆地油气地质条件	105
3.2.1 阿姆河盆地油气成藏要素	105
3.2.2 阿姆河盆地油气成藏作用	115
3.2.3 阿姆河盆地含油气系统	119
3.3 阿姆河盆地气田地质特征	125
3.3.1 阿姆河盆地气田分区	126
3.3.2 中央卡拉库姆含气区	126
3.3.3 别乌尔杰希克-希文含气区	126
3.3.4 扎翁古兹-卡拉比尔含气区	130
3.3.5 恰尔召乌气区	130
3.3.6 穆尔加布含气区	133
3.3.7 巴德赫兹-卡拉比尔含气区	134
3.3.8 布哈拉-希文含油气区	136
3.3.9 大气田特征	142
3.4 阿姆河盆地油气成藏组合与勘探方向	144
3.4.1 中-下侏罗统碎屑岩油气成藏组合	145
3.4.2 上侏罗统碳酸盐岩油气成藏组合	146
3.4.3 下白垩统碎屑岩油气成藏组合	150
3.5 阿姆河盆地天然气分布规律	153
3.5.1 烃源岩	153
3.5.2 储集层	154
3.5.3 区域盖层控制油气的层系分布	154
3.5.4 蒸发岩区域盖层和深大断裂控制盐上层系油气的分布区域	155
3.5.5 有利储集带和古隆起构造控制盐下层系油气的分布区域	156
参考文献	157
第4章 曼格什拉克盆地天然气成藏条件与分布规律	160
4.1 曼格什拉克盆地构造特征	160
4.1.1 曼格什拉克盆地大地构造背景	160
4.1.2 曼格什拉克盆地构造-沉积演化	162

4.1.3 曼格什拉克盆地地层系统	164
4.2 曼格什拉克盆地油气地质条件	167
4.2.1 曼格什拉克盆地油气成藏要素	167
4.2.2 曼格什拉克盆地油气成藏作用	170
4.3 曼格什拉克盆地油气田地质特征	172
4.3.1 热蒂巴伊油田	172
4.3.2 乌津油田	173
4.3.3 顿加油田	174
4.3.4 坚格带油环凝析气田	175
4.3.5 奥伊马沙油田	176
4.4 曼格什拉克盆地油气勘探潜力	177
参考文献	178
第5章 北乌斯秋尔特盆地天然气成藏条件与分布规律	180
5.1 北乌斯秋尔特盆地构造特征	180
5.1.1 北乌斯秋尔特盆地大地构造背景	180
5.1.2 北乌斯秋尔特盆地地层系统	183
5.1.3 北乌斯秋尔特盆地构造单元划分	185
5.1.4 北乌斯秋尔特盆地构造演化	185
5.1.5 布扎奇地区沉积演化	191
5.1.6 北乌斯秋尔特盆地含油气系统	195
3. 上三叠统一中侏罗统含油气系统	197
5.2 北乌斯秋尔特盆地油气地质条件	199
5.2.1 北乌斯秋尔特盆地油气成藏要素	199
5.2.2 北乌斯秋尔特盆地油气成藏作用	204
5.3 北乌斯秋尔特盆地油气田地质特征	207
5.3.1 卡拉赞巴斯油田	207
5.3.2 卡兰卡斯油田	209
5.3.3 北乌斯秋尔特盆地大气田特征	211
5.4 北乌斯秋尔特盆地天然气分布规律	211
参考文献	213
第6章 滨里海盆地天然气田地质特征与主控因素	214
6.1 构造特征	214
6.1.1 大地构造位置	214
6.1.2 地层发育特征	215
6.1.3 构造-沉积演化	219
6.1.4 盆地构造单元划分及特征	226
6.1.5 盆地沉降史与成因机制	228
6.2 油气地质特征	230

6.2.1	烃源岩特征	230
6.2.2	储集层、盖层及生-储-盖组合	235
6.2.3	圈闭类型及形成机制	240
6.2.4	油气运移聚集特征	242
6.2.5	油气成藏组合	244
6.3	天然气分布规律	246
6.3.1	滨里海盆地天然气分布规律	246
6.3.2	典型气田分析	248
6.3.3	滨里海盆地天然气分布主控因素	252
6.3.4	有利区带预测	254
	参考文献	256
第7章	南里海盆地天然气田地质特征与主控因素	257
7.1	南里海盆地构造特征	257
7.1.1	大地构造背景	257
7.1.2	构造-地层层序	258
7.1.3	地质结构与构造样式	261
7.1.4	构造演化	267
7.2	南里海盆地油气地质特征	272
7.2.1	烃源岩	272
7.2.2	储集体与储-盖组合	275
7.2.3	油气聚集特征	277
7.2.4	油气成藏组合	279
7.2.5	油气分布特征	281
7.3	小结	287
	参考文献	288
第8章	塔吉克盆地构造演化与石油地质特征	289
8.1	构造特征	289
8.1.1	大地构造位置	289
8.1.2	地层发育特征	290
8.1.3	盆地构造单元划分及地质结构特征	292
8.1.4	构造-沉积演化	295
8.2	油气地质特征	301
8.2.1	烃源岩与油气生成	301
8.2.2	储集层	302
8.2.3	盖层	303
8.2.4	油气运移聚集特征	304
8.2.5	油气成藏组合	305
8.2.6	油气藏类型	305

8.3 油气分布规律	306
8.3.1 勘探历程	306
8.3.2 典型油气田分析	306
8.3.3 有利区带预测	308
参考文献	309
第9章 费尔干纳盆地天然气田地质特征与主控因素	310
9.1 费尔干纳盆地构造特征	310
9.1.1 大地构造背景	310
9.1.2 构造地层层序	311
9.1.3 地质结构与构造样式	314
9.1.4 构造演化	317
9.2 费尔干纳盆地油气地质特征	319
9.2.1 烃源岩	319
9.2.2 储集体与储盖组合	321
9.2.3 油气聚集特征	323
9.2.4 含油气系统	325
9.2.5 油气分布特征	326
9.3 小结	333
参考文献	334
第10章 楚河-萨雷苏盆地天然气成藏条件与分布规律	335
10.1 楚河-萨雷苏盆地构造特征	335
10.1.1 楚河-萨雷苏盆地大地构造背景	335
10.1.2 楚河-萨雷苏盆地地层系统	336
10.1.3 楚河-萨雷苏盆地构造单元	338
10.1.4 楚河-萨雷苏盆地构造-沉积演化	340
10.2 楚河-萨雷苏盆地油气地质条件	342
10.2.1 楚河-萨雷苏盆地油气成藏要素	342
10.2.2 楚河-萨雷苏盆地油气成藏作用	347
10.2.3 楚河-萨雷苏盆地含油气系统	348
10.3 楚河-萨雷苏盆地油气田地质特征	348
10.3.1 楚河-萨雷苏盆地勘探现状	348
10.3.2 楚河-萨雷苏盆地典型气田	349
10.4 楚河-萨雷苏盆地油气分布规律	352
参考文献	352
第11章 南图尔盖盆地构造演化与石油地质特征	353
11.1 构造特征	353
11.1.1 大地构造位置	353
11.1.2 构造-沉积演化特征	354

11.1.3 盆地构造单元划分及特征	357
11.2 油气地质特征	359
11.2.1 烃源岩特征	359
11.2.2 储集层、盖层及生-储-盖组合	360
11.2.3 圈闭类型及形成机制	362
11.2.4 油气运移聚集特征	363
11.2.5 油气成藏组合	365
11.3 油气分布特征	366
11.3.1 南图尔盖盆地油气分布规律	366
11.3.2 南图尔盖盆地典型油气田分析	368
11.3.3 南图尔盖盆地油气分布的主控因素	369
参考文献	370
第12章 斋桑盆地构造-沉积演化与石油地质特征	372
12.1 斋桑盆地地球物理场特征和构造单元划分	373
12.1.1 斋桑盆地重力异常特征	373
12.1.2 斋桑盆地据重力异常解释的断裂	374
12.1.3 斋桑盆地构造单元划分	374
12.2 斋桑地区地层特征	376
12.2.1 斋桑地区地层划分	376
12.2.2 斋桑盆地地震层序对比	379
12.2.3 地层分布特征	380
12.3 斋桑盆地构造特征	383
12.3.1 斋桑盆地断裂特征	383
12.3.2 斋桑盆地不整合特征	384
12.3.3 斋桑盆地构造变形特征	384
12.3.4 斋桑盆地构造演化	389
12.4 斋桑盆地沉积充填演化	394
12.4.1 二叠系沉积相及其分布	394
12.4.2 侏罗系沉积相及其分布	399
12.4.3 古近系沉积相及其分布	401
12.5 斋桑盆地石油地质条件	406
12.5.1 生油岩特征及其分布	406
12.5.2 原油成因及来源	406
12.5.3 油气成藏特征	409
参考文献	410
第13章 中亚地区沉积盆地油气地质条件类比与勘探潜力	411
13.1 中亚沉积盆地构造区段的划分	411
13.2 中亚沉积盆地的地层充填序列与构造-地层层序	412

13.2.1	北区段	413
13.2.2	南区段	414
13.3	中亚沉积盆地的原型盆地演化序列	415
13.3.1	中亚沉积盆地演化背景	415
13.3.2	裂谷-被动大陆边缘-前陆-拗陷型盆地	417
13.3.3	裂谷-前陆型盆地	417
13.3.4	被动大陆边缘-前陆-裂谷-拗陷型盆地	418
13.3.5	被动边缘-裂谷-拗陷型盆地	418
13.3.6	裂谷-被动大陆边缘-前陆型盆地	418
13.4	中亚沉积盆地的地质结构	418
13.4.1	平面地质结构	419
13.4.2	剖面地质结构	421
13.5	中亚沉积盆地的生-储-盖组合	422
13.5.1	烃源岩	422
13.5.2	储集层	424
13.5.3	盖层	427
13.5.4	生-储-盖组合	429
13.6	中亚沉积盆地的油气成藏作用	431
13.6.1	北区段	431
13.6.2	南区段	432
13.7	中亚沉积盆地的油气分布规律	433
13.7.1	中亚地区油气分布特征	433
13.7.2	中亚地区沉积盆地油气成藏的主控因素	436
13.8	中亚含油气盆地的勘探潜力与有利勘探区带	438
13.8.1	中亚含油气盆地的油气勘探程度	438
13.8.2	中亚含油气盆地的油气勘探潜力	439
13.8.3	中亚含油气盆地的有利勘探区带	440
	参考文献	442
第14章	结束语	443

第 1 章 中亚地区大地构造背景

1.1 中亚地区大地构造

1.1.1 中亚地区地理位置

中亚地区位于乌拉尔山以南、特提斯造山系之阿尔卑斯造山系以北、里海海域以东、天山山系以西（ $50^{\circ}\sim 80^{\circ}\text{E}$ ， $30^{\circ}\sim 48^{\circ}\text{N}$ ）的广大区域。该范围内包括哈萨克斯坦、乌兹别克斯坦、土库曼斯坦、吉尔吉斯斯坦和塔吉克斯坦等国（图 1-1）。

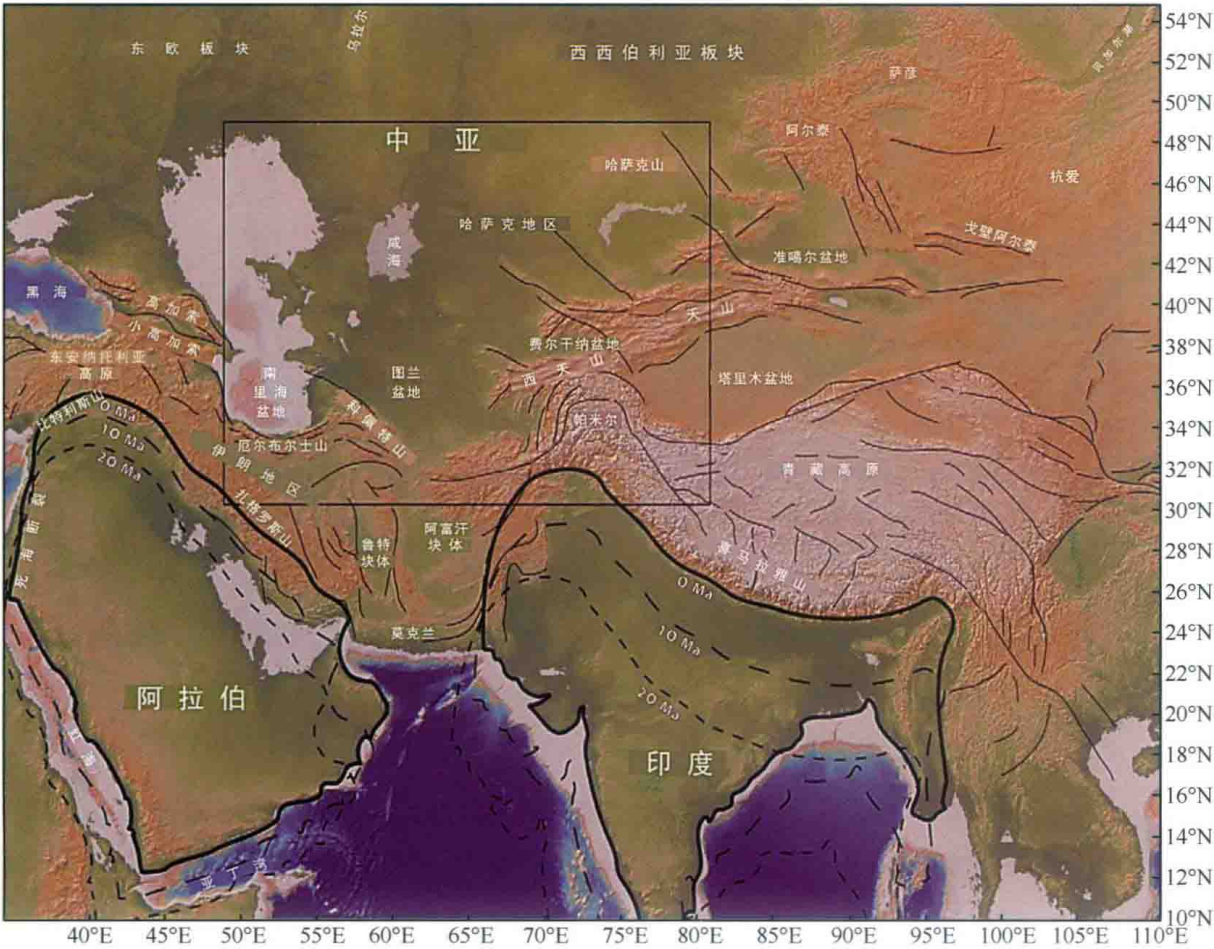


图 1-1 中亚地区地理位置（据 Smit *et al.* , 2013）

1.1.2 中亚地区大地构造位置

中亚地区位于古亚洲造山系的西部，东北部是斋桑-额尔齐斯缝合带，西北部是乌拉尔褶皱带，西边与东欧板块相连，南邻阿尔卑斯-地中海褶皱带，东南侧由海西褶皱带相隔与中国塔里木板块相连（图 1-2）。在组成上，主要包括由乌拉尔-突厥斯坦-南天山缝合带和斋桑-额尔齐斯缝合带所围限的哈萨克斯坦构造域，南天山缝合带与特提斯造山域所围限的图兰-斯基夫地台两大构造域。亚洲大陆构造格局是欧亚板块、非洲板块、印度-澳大利亚板块和太平洋板块相互作用建造起来的，主要由一些大、中型地块和夹持于这些地块之间或位于大陆边缘的几条巨型构造活动带组成。自显生宙以来，古大陆边缘逐步发生裂离，阿尔泰、准噶尔、伊犁、中天山等地块，开始先后从古大陆中分离，并向北部漂移，从而形成了西伯利亚古陆与塔里木古陆之间广阔的古亚洲洋以及大洋中大小不一的块体。在经历了大陆离散阶段、板块活动鼎盛期和大洋消减阶段之后，哈萨克斯坦、西伯利亚和塔里木-华北三大古陆最终对接，形成了统一的亚洲北大陆。

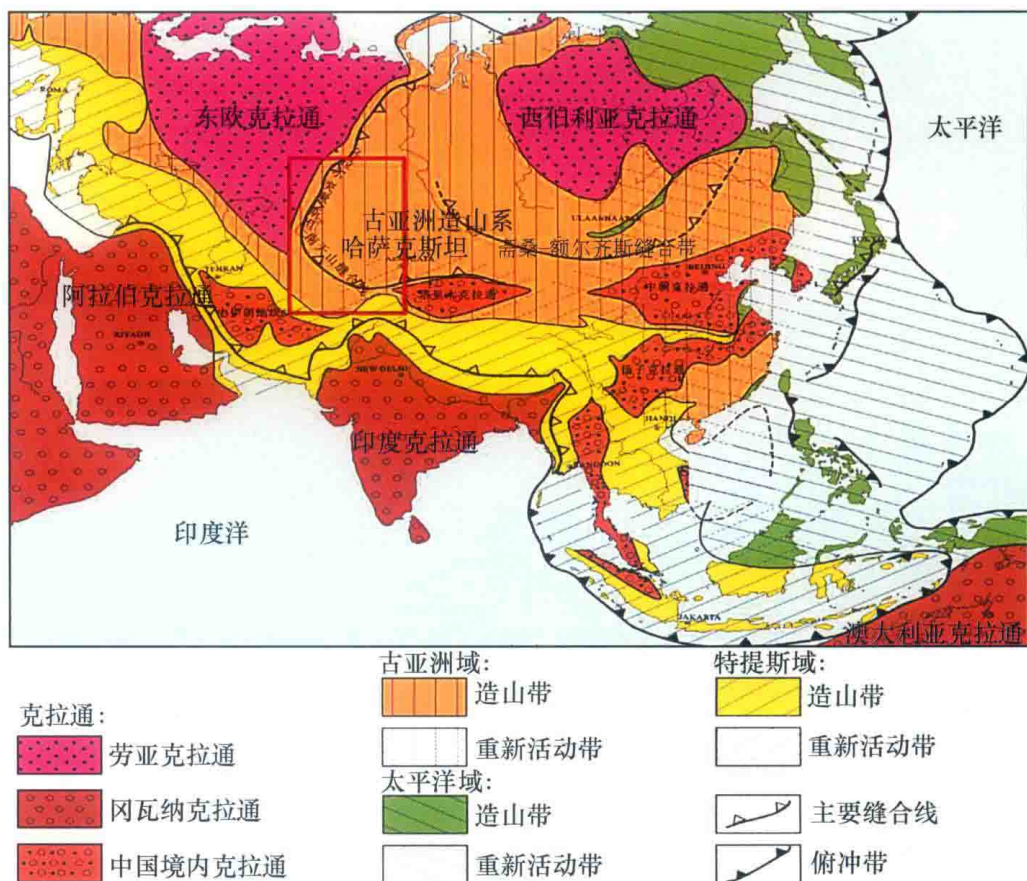


图 1-2 中亚地区大地构造位置（据任纪舜，1998；任纪舜等，2013）

1.2 中亚地区地球物理场

1.2.1 哈萨克斯坦构造域地球物理场

近年来，多种地球物理方法及深部钻井不断揭示哈萨克斯坦及邻区深部地壳结构。图 1-3 显示了该地区很早就已经实施的不同类型的地震反射剖面，并对哈萨克斯坦深部有了一定认识。



图 1-3 哈萨克斯坦构造域及周边地震测线位置 (据 Sheikh-Zade, 1996)

A. Aral-1 剖面; B. 中哈萨克斯坦地区近垂直反射剖面

地震勘探揭示哈萨克斯坦及邻区地壳厚度接近 40km，同时地壳平均速度为 6.5 ~ 6.7km/s。哈萨克斯坦地区呈现大量不同的反射特征和复杂的莫霍面结构，主要表现为近水平或倾斜反射层。每个地区反射特性不同，重要的地质构造和地质过程导致了这些差异。例如，阿姆河盆地是晚中生代的沉积盆地，清晰的反射层主要集中在上地壳；乌斯秋尔特和咸海地区则不同，大量的清晰的反射层主要集中在下地壳，而乌斯秋尔特和咸海地区在古生代已沉积地层，但中新世以后变形严重。发育于图兰地台的盆地，基底以

下通常呈现近水平的反射特征。哈萨克斯坦板块反射特征完全不同，大部分区域呈现非常强烈的倾斜反射和一些“透明”地体，透明可能代表一些侵入的岩浆岩的存在；盆地基底以下的地壳主要由古生代克拉通微陆块和一些狭窄的缝合带形成的地块组成。中哈萨克斯坦古生代褶皱岩石和一些隆起区域在加里东期和海西期强烈变形和变质。同时，此地块发现许多岩浆岩侵入现象。上述各种地球物理方法与其他不同的地球物理方法解释结果基本一致。

中亚地区的沉积岩层分布于性质不同的结晶基底之上，基底岩石的年龄为前寒武纪—晚古生代—早三叠世，局部还有三叠纪—侏罗纪，一部分基底在天山和哈萨克斯坦地区东部基底广泛出露（图 1-4）。滨里海盆地的基底为过渡洋壳，由于沉积超深（大于 20km），只在盆地边缘钻遇奥陶系—志留系，尚未钻遇可能的里菲纪基底；图兰和哈萨克斯坦地区基底基本由增生杂岩体的陆壳组成，图兰地区为不同微陆块镶嵌于被古生代洋壳缝合的基底中，二叠系—新生界沉积厚度最厚达 16km。位于古生代造山带的哈萨克斯坦地区在二叠纪剧烈褶皱，基底出露较多且深度较浅；南里海盆地基底由减薄的陆壳和洋壳组成，基底埋深很大（超过 20km）。

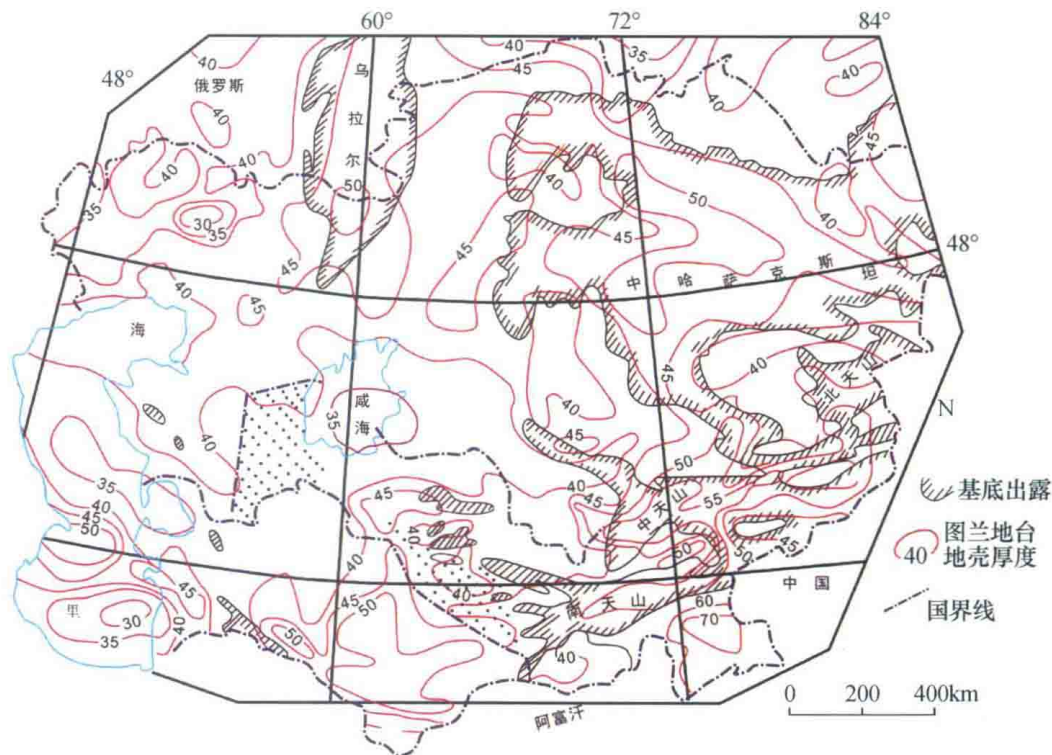
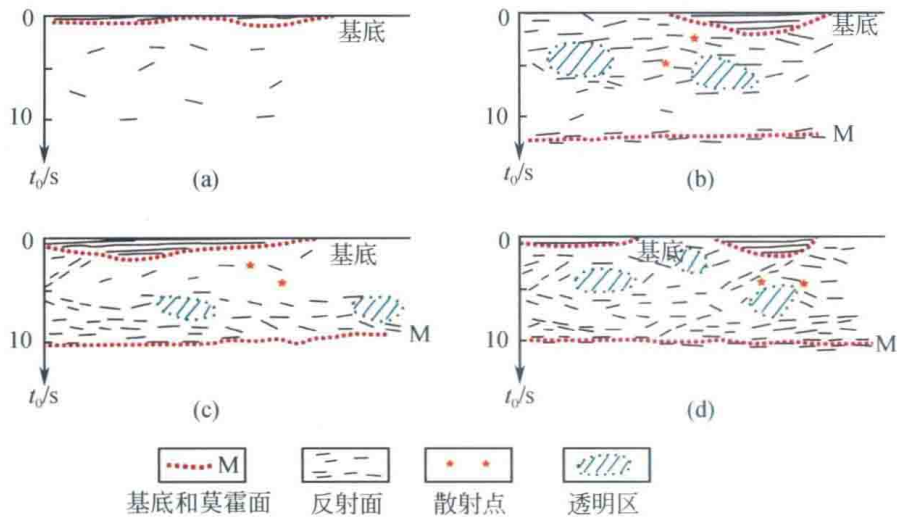


图 1-4 哈萨克斯坦构造域及周边地壳厚度（据 Sheikh-Zade, 1996）

北乌斯秋尔特地区在 6 ~ 8s 双程旅行时下的地壳，反射丰富，并且随着深度的增加近水平反射占主导地位（Babadjanov *et al.*, 1991; Kunin and Sheikh-Zade, 1993a, 1993b），地震剖面反射特征如图 1-5（c）所示。这种类型地壳顶界的下沉，与莫霍面和基底的隆升相伴随，将北乌斯秋尔特盆地分成几个小的构造单元。而这种结晶基底的反射特征在中乌斯秋尔特隆起就不那么明显。在地震剖面中，11.5 ~ 14s 的位置上都能够很明显地看到

具有1~2s强振幅的反射特征,根据DDS数据,这种现象可能与莫霍面有关。下地壳结晶反射特征厚度与上地壳透明反射特征厚度之比为1.5~2.0,并且在北乌斯秋尔特中部显示明显异常,具有线性特征,推测可能为缝合线位置。



代表性地区: (b) 阿姆河盆地东部反射特征; (c) 北乌斯秋尔特反射特征; (d) 哈萨克斯坦地块反射特征

图1-5 哈萨克斯坦构造域及周边不同地区地壳深反射特征 (据 Kunin and Sheikh-Zade, 1993b)

(a) 类地壳实质上是一种透明反射,没有成层反射特征,可能表示无连续的沉积,中亚地区无此地壳类型;

(b) 类和(c)类地壳为强反射地壳:(b)类地壳反射主要位于上地壳,(c)类地壳反射主要位于下地壳;

(d) 类地壳整个上下地壳都呈现强反射特征

阿姆河地区东部的地震剖面显示,上地壳具有较丰富的反射现象,厚度可达21~28km,与图1-5(b)反射特征相似。水平反射特征可以在11km、13~14km、16km、19~20km、23km处清晰获得。并且这些水平反射特征都不能够在区域范围内追踪(Babadjanov *et al.*, 1989a, 1989b)。下地壳反射特征记录较少,表现为相对透明的特征。而且向南地壳透明部分的厚度减薄,由10~12km减为4~6km。在这些透明反射层之下的具有1~1.5s强振幅的反射特征,并且位置与其他剖面中莫霍面的位置一致(双程旅行时为12~14s)。

哈萨克斯坦中部未经叠加的剖面中,整个地壳(深度可达28~30km)都具有较丰富反射(Akischev, 1984; Akischev *et al.*, 1989)。上地壳的厚度可达20~24km,并且具有不规则的反射特征。这种特征往往显示出哈萨克斯坦上地壳结构的特殊性,在14~18km深处,地震波反射特征较弱。另外,具有近于水平的2~3km波长的地震波数量在深度大于20~24km处明显增加,这种地震反射特征有些可在28~30km深处观察到或者是在莫霍面处。因此,有学者将这种水平方向连续、强振幅的地震反射层作为地壳的底部,这种地震反射特征的厚度在水平方向变化范围为3~7km。在有些块体之上,一些上覆波长较短的地震波被认为被莫霍面顶界所切断。

威海拗陷地壳反射特征主要是通过200km长的宽角地震反射剖面来揭示的(图1-6)。这条地震剖面大部分反射特征都集中在下地壳,深度超过25km,而威海盆地本身基底面以下这种反射特征都很典型。与北乌斯秋尔特地区相反,下地壳结晶基底反射特征厚度与