



陈 曦 总主编

《亚洲中部干旱区生态系统评估与管理》丛书
Series on "Ecosystem Assessment and Management of Arid Region in Central Asia"

**GEOLOGY AND GEOMORPHOLOGY
OF CENTRAL ASIA**

中亚地质地貌


周可法 杨发相 徐 新 等 编著

 气象出版社
China Meteorological Press

中亚地质地貌

周可法 杨发相 徐 新 等 编著



 气象出版社
China Meteorological Press

内容简介

本书是对中亚五国地质地貌和矿产资源研究成果的集成,是国内比较系统地研究中亚五国地质地貌形成、演变、矿产资源及开发利用的科学著作。全书共5章,第1章和第2章介绍中亚五国及亚洲中部干旱区的大地构造框架、主要地质构造单元特征及地质深化过程;第3章对中亚五国的地貌发育过程、类型及特征进行论述;第4章和第5章主要简述中亚五国矿产资源的研究及利用。

本书资料新颖、翔实,图文并茂,可供从事干旱区地理、地质和环境保护的科技工作者、高等院校有关专业的师生以及政府部门参考。

图书在版编目(CIP)数据

中亚地质地貌 / 周可法等编著. —北京:气象出版社,2013.12

(亚洲中部干旱区生态系统评估与管理)

ISBN 978-7-5029-5846-6

I. ①中… II. ①周… III. ①地质—中亚②地貌—中亚 IV. ①P563.6②P943.6

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 283444 号

Zhongya Dizhi Dimao

中亚地质地貌

周可法 等 编著

出版发行:气象出版社(内部发行)

地 址:北京市海淀区中关村南大街46号

总 编 室:010-68407112

网 址:<http://www.cmp.cma.gov.cn>

责任编辑:李天宇 王亚俊

封面设计:博雅思企划

印 刷:北京地大天成印务有限公司

开 本:787 mm×1092 mm 1/16

字 数:440千字

版 次:2013年12月第1版

定 价:110.00元

邮政编码:100081

发 行 部:010-68409198

E-mail: qxchs@cma.gov.cn

终 审:黄润恒

责任技编:吴庭芳

印 张:17

印 次:2013年12月第1次印刷

《亚洲中部干旱区生态系统评估与管理》丛书

编委会

总主编：陈曦

编委：（按姓氏拼音排序）

包安明 胡汝骥 吉力力·阿不都外力 李彦 李耀明

罗格平 罗毅 王亚俊 吴森 肖文交 徐俊荣

杨德刚 杨辽 杨维康 张驰 张建明 张元明

周宏飞 周可法 Salamat ALAMANOV

David BLANK Ramazan KUZIEV(Р. К. Кузиев)

Ernazar MAHMUDOV Dyuxin MAMATKANOV

Ahmatkal MEDEU Xavket RAHIMOV

Kadirbek SAKIYEV Abdulla SAPAROV(А. С. Сапаров)

Gulnara SITPAYEVA Rustam USMANOV

序 一

自工业革命以来,以全球变暖为主要特征的全球气候环境变化问题日益突出,这种变化已经并将继续对自然生态系统和人类社会经济系统产生重大影响,成为人类可持续发展最严峻的挑战之一。中亚位于欧亚大陆的中心,远离海洋,气候干旱,受西风环流、北冰洋高纬气团和印度洋暖湿气流的交错作用,使得该区域温度、湿度变化较大,极端气候事件频发,生态系统脆弱,是全球变化的敏感区域。研究发现,近百年来,中亚区域地表温度呈现加速上升趋势,平均增温 0.74°C ,显著高于全球百年平均值。由此,导致了天山和阿尔泰山区的冰川面积持续减小,近40年缩减了 $15\%\sim 30\%$,区域水系统、农业系统和生态系统都发生了明显变化。

生态与环境问题一直是中亚各国政府关切的重要问题,中亚生态系统灾变——咸海生态危机更引起了国际社会的高度关注,联合国、上海合作组织以及中国政府都提出了相应的应对计划。2011年9月,上海合作组织峰会发布了联合开展中亚区域生态系统保护的倡议。研究全球变化对中亚生态系统的影响和对策,对保障我国和中亚区域的国际生态安全、经贸通道的安全和发展意义重大,并可促进上海合作组织应对气候变化的科技合作。

《亚洲中部干旱区生态系统评估与管理》系列专著汇集了国内外40多家科研院所百余名科研工作者,是上海合作组织成员国第一次大型资源与环境科技合作研究成果。该系列专著对中亚区域基本气候和自然地理特征、生态系统变化规律进行了评估,内容丰富,科学性强,在我国尚属首次,具有重要的科学和实用价值,对研究全球气候变化条件下中亚地区生态系统的响应与适应特点,维护该区域生态安全具有重大的科学意义,对建设丝绸之路经济带具有重要参考价值。

秦大河

2013年12月4日

序 二

新疆和中亚是亚欧内陆干旱区的主体,集中了全球 90% 的温带荒漠,是世界上独一无二的巨大温带荒漠生态系统,该区域独特的山地—绿洲—荒漠生态系统格局具有全球意义。亚欧内陆干旱区主要受西风环流以及北冰洋高纬气团、印度洋暖湿气流的影响,形成显著区别于非洲、美洲和大洋洲的水热组合,使其生态系统对全球气候变化响应过程独特而复杂。同时,该区域的植物是中亚植物区系与青藏、蒙古和古地中海的交汇区,对温度、水分变化十分敏感。

中亚区域生态系统十分脆弱,气候变化和人类活动影响极易引起生态系统的变化,甚至发生重大的生态灾难。中亚五国之间以及与新疆之间国际跨界河流交错,生态系统和自然地带相连贯通,局部的生态系统变化,亦可导致国际性生态问题。中亚咸海的逐步消亡成为世界著名的区域性跨国生态灾难。近年来降水和温度的变化,导致了该区域生态系统对全球变化的响应表现出更大的不确定性和复杂性,极端灾害事件更易发生。因此,深入开展全球变化背景下中亚生态系统变化和管理研究,对保障该区域生态安全、促进社会经济的可持续发展具有重大意义。

2012 年我和项目组成员一起考察了中亚的巴尔喀什湖流域和咸海流域,深切感受到中亚国家对生态系统保护和修复的热切期望。《亚洲中部干旱区生态系统评估与管理》系列专著凝聚了哈萨克斯坦、吉尔吉斯斯坦、乌兹别克斯坦、塔吉克斯坦、土库曼斯坦众多科学家以及国内 18 家科研院校百余名科技工作者三年多的研究成果,是国际上首次对这一区域生态系统评估和管理的系统性研究成果。该系列专著对中亚区域气候、植物、动物、土壤、土地覆被变化进行了综合分析和评估,提出了中亚生态系统管理的对策和建议,资料和数据翔实,观点明确,具有重要的科学意义和应用价值,对该区域生物多样性保护、生态系统安全保障和促进上海合作组织生态与环境合作具有重大意义。



2013 年 12 月 5 日

前 言

中亚位于欧亚大陆腹地,是典型的大陆性干旱气候,占世界干旱区面积的三分之一。地理上广义的中亚地区是指里海以东的亚洲腹地地区,包括中亚五国(哈萨克斯坦、吉尔吉斯斯坦、塔吉克斯坦、乌兹别克斯坦和土库曼斯坦)以及中国、蒙古、俄罗斯、阿富汗、伊朗的部分地区。而通常意义上的中亚地区是指上述中亚五国,土地面积约 400 万 km^2 ,人口 5890 万。

中亚是全球变化的敏感地带,全球变化对中亚生态与环境产生了重大影响,生态与环境问题一直是中亚各国政府关切和研讨的重要问题,也是历届上海合作组织峰会研究的焦点,全球变化导致区域生态与环境问题对中亚社会—经济系统的影响是深远的。研究表明,中亚地区自 20 世纪初以来气温在持续上升,天山和阿尔泰山区的冰川面积持续减小,近 40 年已经缩减 15%~30%,导致了区域水系统、农业系统和生态系统的变化。同时,20 世纪初开始的大规模土地开垦引起的咸海生态危机等生态环境问题,更加剧了该地区生态与资源的竞争局面。因此,研究全球气候变化背景下的中亚地区资源与生态环境问题,对该区域生态环境保护与改善、社会经济的可持续发展意义重大,将为上海合作组织成员国生态保护与资源开发提供科学支持。

2010 年科技部设立了国家国际科技合作项目“中亚地区应对气候变化条件下的生态环境保护与资源管理联合调查与研究”、中国科学院—国家外国专家局设立了创新团队项目“中亚生态系统样带研究”、联合国 UNDP 资助项目“亚洲中部干旱区典型区域应对气候变化的生态系统管理”,由新疆维吾尔自治区科技厅组织,中国科学院新疆生态与地理研究所牵头承担,联合国内 17 家科研院校,包括:新疆大学、新疆农业大学、新疆师范大学、新疆农业科学研究所、新疆林业科学研究所、新疆畜牧科学研究所、新疆社会科学院、中国气象局乌鲁木齐沙漠气象研究所、新疆遥感中心、中亚科技经济信息中心、中国科学院地理科学与资源研究所、中国科学院南京地理与湖泊研究所、中国科学院寒区旱区环境与工程研究所、中国科学院深圳先进技术研究院、中国科学院遥感应用研究所、浙江大学、兰州大学。中亚国家参加本项目研究的合作单位 26 家,包括:哈萨克斯坦土壤与农业化学研究所、哈萨克斯坦植物研究所、哈萨克斯坦动物研究所、哈萨克斯坦地理研究所、哈萨克斯坦林业研究所、哈萨克斯坦国立大学、哈萨克斯坦农业大学,吉尔吉斯斯坦地质研究所、吉尔吉斯斯

坦水问题研究所、吉尔吉斯斯坦奥什大学、吉尔吉斯斯坦农业大学、吉尔吉斯斯坦国立大学,乌兹别克斯坦遗传研究所、乌兹别克斯坦土壤研究所、乌兹别克斯坦灌溉与水问题研究所、乌兹别克斯坦植物与动物研究所、乌兹别克斯坦国立大学,塔吉克斯坦地质研究所、塔吉克斯坦植物研究所、塔吉克斯坦动物研究所、塔吉克斯坦国立大学、塔吉克斯坦农业大学、塔吉克斯坦农业科学院、塔吉克斯坦水问题研究所,土库曼斯坦沙漠与动植物研究所、土库曼斯坦国立大学。

经过三年多的合作研究,中国科学家与中亚国家科学家共同完成了前述三个项目资助的系列专著编写,采取项目首席领导下的总主编、卷主编、章主笔负责制,共撰写专著 18 部(中文、英文、俄文):中亚自然地理、中亚地质地貌、中亚土壤地理、中亚环境概论、中亚植物资源及其利用、中亚野生动物生态现状与保护管理(英文)、中亚生态系统演变与数据挖掘(英文)、中亚干旱生态系统对全球变化响应的模型模拟(英文)、中亚经济地理概论、中亚土地利用与土地覆被变化、气候变化对山地生态系统的影响(中文、俄文)、吉尔吉斯斯坦自然地理(中文、俄文)、哈萨克斯坦土壤与土地资源(中文、俄文)、乌兹别克斯坦水资源及其利用(中文、俄文),每部专著均有数十万字。本系列专著阐明了中亚区域气候、植物、动物、土壤和生态系统变化状况,预测了未来不同情境下生态系统变化趋势,提出了气候变化背景下中亚区域生态系统和自然资源管理的对策。

中亚干旱区资源和生态研究是一项长期的工作,本次出版的系列科学专著是对该区域气候变化下生态保护与资源管理的首次系统阐述,为中亚地区的可持续发展提供科技支撑。本项研究得到了国家科技部、中国科学院、新疆人民政府的大力支持和新疆科技厅精心的组织以及中外同行的大力协作和全体研究人员的不懈努力,研究成果是一项集体劳动的结晶,在此一并致谢。因是首次系统研究中亚资源和环境问题,难免存在不足之处,敬请指正。



2013 年 11 月 28 日

本卷前言

地球表层系统是人类社会发生、发展的环境。地球各圈层在地球表面相互渗透、重叠并进行着复杂的物质、能量交换和循环,如水循环、地质循环、化学物质循环等,并且在交换和循环中伴随着信息的传输。地球表面存在着复杂的内部分异。分异的结果形成不同等级的自然地理综合体,即自然区域。研究、认识这些自然区域的发展史并阐明其空间结构的演变过程,成为人类生存和发展的必然。

中亚五国是地球陆地北半球温带面积最大的世界干旱区,即亚洲中部干旱区的重要组成部分。它是世界上生态十分脆弱然而自然资源和能源却相对富集的自然生态地理区域。认识它、了解它,从而集成亚洲中部干旱区研究的重要内容,也是亚洲中部干旱区社会经济可持续发展的重要课题。

本书主要介绍了中亚五国的大地构造框架、主要构造单元特征、地质演化史、主要矿带及成矿规律,同时,对中亚五国的地貌发育过程,主要地貌类型及特征作了概述。

本书共分5章。第1章和第2章由肖文交、徐新、敖松坚、冯乾文、杨又陵和姜枚编写;第3章由杨发相、王树基编写;第4章由张楠楠、王煜、张志欣、孙莉和刘朝霞编写;第5章由陈曦、周可法、王金林、桑苗和程宛文、吴洁编写。由桑苗、万应彩、吴冰、白琳、张东英组成的技术小组做了大量行之有效的工作,对本书的顺利完稿作出了贡献。全书由胡汝骥和王亚俊统稿。

本书是科技部国际合作项目“中亚地区应对气候变化条件下的生态环境保护与资源管理联合调查与研究”和中国科学院、外国专家局创新团队项目“干旱区特殊生态过程样带研究”及联合国 UNDP 资助项目“亚洲中部干旱区典型区域应对气候变化的生态系统管理”的研究成果。感谢科技部、中国科学院和外国专家局、联合国 UNDP 及中国科学院新疆生态与地理研究所的大力支持和帮助。

特别感谢我们在写作中所引用的许多资料的作者,尤其是尚未公开发表的资料的作者。

由于时间仓促,加之作者水平所限,书中难免有错,恳请指正。

作者

2013年7月10日

目 录

序 一	
序 二	
前 言	
本卷前言	
第 1 章 中亚地质构造特征	(1)
1.1 主要地质构造带	(1)
1.1.1 乌拉尔海西构造带	(2)
1.1.2 哈萨克斯坦高地的加里东—海西构造带	(2)
1.1.3 天山加里东—海西构造带	(3)
1.2 主要地质构造单元	(3)
1.2.1 巨型复背斜	(4)
1.2.2 巨型复向斜	(8)
1.2.3 中、新生代构造	(9)
1.2.4 褶皱构造	(10)
第 2 章 中亚地层概要	(37)
2.1 地层	(37)
2.1.1 前寒武系	(37)
2.1.2 下古生界	(37)
2.1.3 上古生界	(44)
2.1.4 中生界	(54)
2.1.5 新生界	(56)
2.2 侵入岩	(58)
2.2.1 前寒武纪侵入岩	(61)
2.2.2 早古生代侵入岩	(64)
2.2.3 晚古生代侵入岩	(67)
2.2.4 中生代侵入岩	(77)
2.2.5 新生代侵入岩	(89)
第 3 章 中亚地貌基本轮廓	(92)
3.1 中亚地貌轮廓	(92)
3.1.1 地貌结构	(93)
3.1.2 地貌形成	(97)
3.1.3 地貌类型	(100)
3.2 哈萨克斯坦	(104)

3.2.1	地貌结构特征	(104)
3.2.2	地貌特征	(104)
3.3	塔吉克斯坦	(110)
3.3.1	地貌结构	(110)
3.3.2	地貌特征	(111)
3.3.3	地貌类型	(111)
3.3.4	地貌灾害	(114)
3.4	吉尔吉斯斯坦	(117)
3.4.1	地貌结构	(117)
3.4.2	区域地貌特征	(119)
3.4.3	地貌类型	(121)
3.4.4	地貌灾害	(124)
3.5	乌兹别克斯坦	(126)
3.5.1	地貌结构	(126)
3.5.2	地貌形成与区域地貌特征	(127)
3.5.3	地貌灾害	(138)
3.6	土库曼斯坦	(141)
3.6.1	地貌结构	(141)
3.6.2	地貌特征	(141)
3.6.3	地貌类型	(146)
3.6.4	地貌灾害	(148)
第4章	中亚地质成矿规律	(150)
4.1	地质成矿规律概述	(150)
4.1.1	大型矿床的时空分布	(150)
4.1.2	矿床时代分布特征	(151)
4.1.3	区域构造控矿规律	(154)
4.1.4	区域地质建造控矿规律	(156)
4.2	典型矿床特征与成矿模式	(160)
4.2.1	典型金矿床特征与成矿模式	(160)
4.2.2	铜矿床特征与成矿模式	(171)
4.3	中亚成矿带矿床特征	(175)
4.3.1	托克劳—巴尔鲁克成矿带	(175)
4.3.2	环巴尔喀什成矿带	(178)
第5章	中亚矿产资源分布特征	(182)
5.1	中亚各国矿产资源概述	(185)
5.1.1	哈萨克斯坦共和国	(185)
5.1.2	吉尔吉斯斯坦共和国	(187)
5.1.3	乌兹别克斯坦共和国	(188)
5.1.4	土库曼斯坦共和国	(190)

5.1.5 塔吉克斯坦共和国	(191)
5.2 贵金属、有色金属、稀有金属矿产	(193)
5.2.1 金(银)矿	(193)
5.2.2 铜(铜钼、铜镍)矿	(205)
5.2.3 铅锌矿	(214)
5.2.4 钨、锡矿	(218)
5.2.5 汞、锑矿	(222)
5.3 黑色金属	(224)
5.3.1 铁	(224)
5.3.2 铬	(226)
5.3.3 锰	(226)
5.4 其他矿产资源	(227)
5.4.1 石油、天然气	(227)
5.4.2 煤	(236)
5.4.3 铀	(236)
5.4.3 钾盐	(240)
5.4.4 金刚石	(241)
5.4.5 磷	(242)
主要参考文献	(243)

第 1 章 中亚地质构造特征

1.1 主要地质构造带

中亚地区地质演化历史漫长而复杂，其独特的地壳生长过程具有区别于世界其他地区的特殊性。中亚造山带是全球显生宙陆壳增生与改造最显著的地区，在 10 亿年来的陆壳演化过程中，经历了陆缘增生、后碰撞和陆内造山作用 3 个阶段。在陆缘增生造山和后碰撞地壳垂向增生过程中，发生了强烈的壳幔相互作用，系统保存了亚欧大陆形成和演化的完整信息。该区域中生代处于亚欧大陆的核心地带，在印度板块与亚欧大陆碰撞远程效应和深部壳幔作用的共同控制下，造就了中亚成矿域复杂多样的地质构造格局(图 1.1)，该地区因此成为目前大陆动力学研究的热点区域。中亚构造区域包括哈萨克斯坦、吉尔吉斯斯坦、塔吉克斯坦、乌兹别克斯坦、土库曼斯坦以及与蒙古、中国的部分地区，它的构造活动阶段始于元古代晚期，不同的部位分别结束于萨拉伊尔、加里东、海西和晚石炭纪时期。现今，它全部属于陆内造山带；空间格局上表现为呈向南突出的弧形。按其南西缘计算，长度达到 1 万多千米。相对窄的乌拉尔段为南北走向；相对宽广的哈萨克斯坦—天山段，走向从南北变为东西。

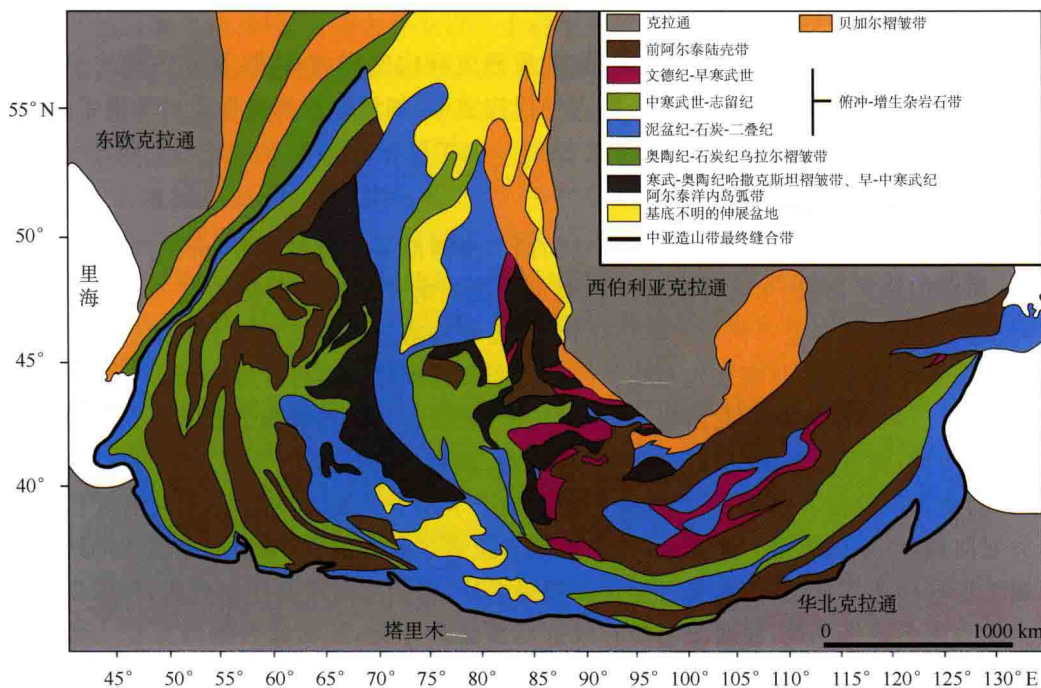


图 1.1 中亚地质构造图

在构造位置上,主要由东欧、西伯利亚、塔里木—华北三个老陆块决定,在有些地段,它与微陆块相连接,向东与中国境内的天山相接。主要分以下几个构造单元。

1.1.1 乌拉尔海西构造带

以乌拉尔断裂带为界,自西向东分成:

(1)前乌拉尔边缘凹陷,石炭纪末—二叠纪初,上叠在东欧陆块的东缘,由自东向西的生长褶皱构造引起;开始是非补偿凹陷,到二叠纪末,局部到三叠纪早期填满;形成厚达几千米的磨拉石沉积。

(2)西部褶皱带,包括巴什基尔复背斜、泽拉伊尔复向斜、乌拉尔套复背斜。

(3)东部褶皱带,包括马哥尼达果尔斯复向斜、乌拉尔—托勃利复背斜、伊尔及斯—阿亚特斯基复向斜。

1.1.2 哈萨克斯坦高地的加里东—海西构造带

由两个相互有关联的、向北西突出的弧形构造——加里东和海西构造带组成。向南东方向,这两个套在一起的弧形构造带延伸至中国境内。地貌上,本区大部分是400~800 m高的丘陵和剥蚀高地。马蹄形的哈萨克斯坦加里东褶皱带与北天山一起,构成广大的哈萨克斯坦—北天山早期固结的中间地块。位于马蹄形内部的是海西褶皱带。两者之间是泥盆纪陆缘火山岩带。本区西部与乌拉尔的海西带相连,交接地带被中生代地层所覆盖;东部与额尔齐斯—斋桑海西带相连。

1. 哈萨克斯坦加里东褶皱带

由几个期次的构造带组成;按建造性质、变质程度和构造样式分成:早元古代—早中里菲构造带,属前加里东的微陆块;晚里菲—早古生代构造带;加里东早泥盆世造山构造带;晚泥盆世—二叠纪构造带。

2. 准噶尔—巴尔喀什褶皱带

位于哈萨克斯坦高地褶皱带的内部。它的西和西南部是半掩盖在古生代时期被强烈改造的前晚里菲变质基底,称巴尔喀什地块。准噶尔—巴尔喀什褶皱带经历的是一个统一的活动带发展过程,结束于海西变形作用。早古生代时,发育与哈萨克斯坦加里东褶皱带一样的环境,至少部分有洋壳基底,其残余物是捷克图尔马斯和北滨巴尔喀什蛇绿岩带。

准噶尔—巴尔喀什褶皱带北西缘,经历了长期、复杂而又强烈的构造变动。东段被中哈萨克斯坦断裂所截;西段被泥盆纪陆缘火山岩带所截、或急转弯成北西—南东东向。由北向南:强烈挤压的死巴斯克复背斜带,沿缓倾的断裂逆推于卡拉干达复向斜之上,同时有左行走滑运动;努林复向斜,巨厚的志留—泥盆系,向东延到卡拉索尔复向斜带;窄的捷克图尔马斯复背斜带,褶皱—逆冲构造发育,其中有早古生代的蛇绿岩片,向西与阿塔斯呈斜列式;乌斯品复向斜带,其南缘为同名的挤压带,泥盆纪和早石炭世岩系强片理化;膝状弯曲的阿克套—穆云复背斜具有前晚里菲的基底,属于巴尔喀什中间地块,其上不整合覆盖文德—早古生代的盖层和呈分散状态的泥盆纪上叠盆地。

准噶尔—巴尔喀什褶皱带内部是巴尔喀什—伊犁火山岩带;呈马蹄形,由晚古生代的陆相、以酸性火山岩为主的火山岩系构成,伴有花岗岩类岩体。火山岩层缓倾,由几个短轴的巨

大盆地构成,盆地又被各种火山机构以及各种方向的正、逆和走滑断裂复杂化,整体上表现为断块构造。几条晚海西的右行走滑断裂切过加里东构造带,如成吉思、扎拉伊尔—纳曼;或切过加里东—海西构造带,如中国—哈萨克斯坦断裂等。

1.1.3 天山加里东—海西构造带

与哈萨克斯坦类似,主要由加里东和海西期褶皱带构成;区别在于这里的加里东和海西期褶皱带之间有一个过渡构造系。此外,天山在晚新生代发育了强烈的再生构造活化作用,形成4000~7000 m的高山,伴着山前和山间盆地。

天山全长大于2500 km,东半段位于中国境内;分出两个纬向的褶皱带,即北和南天山褶皱带;两者向东几乎合并;向西呈扇形散开,然后逐渐消失。

北天山加里东褶皱带向北西,与哈萨克斯坦高地的加里东区相接;共同构成了哈萨克斯坦—北天山后加里东中间地块。南天山山系与同名的海西期褶皱带相当;向北西延伸到克孜尔沙漠和咸海南部,与乌拉尔海西褶皱带的南端相接。北天山的南部,加上山间盆地,是南北天山之间的加里东—海西过渡带,称为中天山。南天山以南是南图兰台地、塔吉克盆地、帕米尔—阿莱带和塔里木盆地。

亚洲区域构造的研究有2个显著的特色:一是大区域多学科综合研究深入和细化,如亚欧大地构造图及亚欧大陆形成演化研究,清晰地展示了亚欧大陆三大构造域的构造格局。北部构造域围绕西伯利亚、东欧、中朝、扬子等地台发育了若干古生代构造带及展布其间的蛇绿岩带,它们清晰地揭示了这些构造带向古老地台增生的历史;北部构造域固结成陆之后受太平洋板块的影响,其上叠加了若干中生代构造岩浆带、内陆盆地带和现代活动构造带。南部构造域由古老的印度地台、阿拉伯地台和发育其上的中生代沉积组成;展示了中部构造域—特提斯构造域的时空演化及南北构造域拼贴、焊接的历史;揭示了特提斯构造域自东向西逐渐张开、自西向东逐渐闭合的构造迁移形式和演化历史;面向全球,对包括亚洲大陆在内的认识逐渐深入。早在20世纪70年代就编制了《1:500万亚洲地质图》,划分了亚洲地质构造发展的主要阶段(王鸿祯,1979)。20世纪80—90年代的成果最为丰富,主要成果包括:出版了《1:300万亚洲地质图》(黄汲清,1981)和《1:800万亚洲大地构造图》(李春昱,1982),首次用板块构造观点对亚洲大陆显生宙以来的岩石圈板块进行了划分,对其大地构造演化特点和过程作了表述。李廷栋等(1993,1998)编写了《亚洲地质》和编制了《1:500万地质图》,首次将亚欧两大陆联合在一起,在内容上全面反映了亚欧各国、各地区的最新区域性地质图成果,建立了亚欧大陆统一的前寒武系地层对比表和亚欧大陆地质历史发展演化的分期,表示出了亚欧大陆火成岩的系统分类和构造—岩浆的详细分期,既展现了亚欧大陆区域地质和区域构造的特征,也清楚地显示了区域断裂系统的特征。另外一个显著的特色是,在中国地质调查局等部门大力支持下,开展国际合作,进行多国编图,并取得重要成果。

1.2 主要地质构造单元

本研究区域内的褶皱构造包括四个主要的地质构造单元:加里东构造的成吉思—塔尔巴哈台巨型复背斜,华力西构造的斋桑褶皱系和准噶尔—巴尔喀什褶皱系的北滨巴尔喀什湖巨型复向斜。

这些构造之间的界线沿陡倾的深断裂带上通过^①。北滨巴尔喀什复向斜与成吉思—塔尔巴哈台巨型复背斜以巴尔喀什—成吉思断裂为界,而斋桑褶皱系与其西南和东北边缘的成吉思加里东构造和山区阿尔泰加里东构造则相应地以卡尔巴—成吉思断裂和北东断裂为界。

上述这些褶皱构造不仅是根据自身的发展历史和它们地质产物的成分,而且是根据基底褶皱组合的时代和结构而划分出来的。

1.2.1 巨型复背斜

成吉思—塔尔巴哈台巨型复背斜是中哈萨克斯坦加里东构造的东北部,与此同时,它在地质构造及构造发育的特征方面也显示出与阿尔泰—萨彦褶皱区构造的联系。

成吉思—塔尔巴哈台巨型复背斜发育在大洋地壳之上形成的早古生代优地槽处。阿克沙套复背斜中的变质岩露头可能就是它的残留部分。它的构造发展过程可以细分为几个阶段,各个阶段形成了一定的岩石组合。

第一阶段,即地槽阶段(早寒武世),优地槽拗陷开始形成,此阶段堆积了巨厚的基性喷发岩、碧玉岩和硅质—陆源碎屑岩石的地层,这些地层是在原始地槽拗陷开始发育的条件下形成的。第一阶段结束伴随着褶皱活动和构造超覆体的出现,从而产生了早期内部隆起和辉长—辉绿岩体的侵入。此阶段形成的地层聚集成狭窄、线状、常常为等斜陡倾($60^{\circ} \sim 85^{\circ}$)的褶皱。

第二阶段,即优地槽发展的回返阶段,延续时间从中寒武世到早志留世。它的各个部分有各自独特的发展,这与次生拗陷在不同的时期形成和封闭有关。这就导致了不同时期形成的建造类型可以相似,相反,在同一时期形成的建造类型却不相同。该阶段可以细分为两个亚阶段。

在第一亚阶段,中寒武世初期,在中成吉思拗陷的内部,实际上在现代成吉思复背斜处出现了强烈的火山作用,并且在此处火山岛弧的条件下堆积了有序分异(安山岩—英安岩—流纹岩)建造的地层。该构造的其他一些地区抬升(隆起)并成为陆地,或者被浅海覆盖,堆积了科克辛吉尔组和玛依丹组的砂砾岩地层、其中含有玢岩、粉砂岩和硅质粉砂岩夹层。

此亚阶段结束时期伴随着强烈的褶皱活动幕和早奥陶世的萨甘岩石组合的花岗闪长岩的侵入。

在本区的西南部,晚寒武世发生了沉积作用,在局部的拗陷中堆积了薄层的砾岩和砂岩,其中含有安山玢岩和安山玄武玢岩的夹层。

由于上述褶皱幕,早奥陶世末至中奥陶世初本区的构造格局发生了根本的改造,现代的阿克沙套复背斜,成吉思复背斜和阿尔卡雷克复背斜就独立成为稳定的正向构造。在现代的复向斜地区产生了次级的地槽拗陷。这些拗陷在构造体制方面是不同的,导致了其中特有的地质建造的形成。

在阿布拉林拗陷和绍奈拗陷中形成了如下的建造:中奥陶世的类复理石建造,晚奥陶世的安山岩建造和早志留世的安山—玄武岩建造,早—晚志留世的安山—英安岩建造。此阶段以晚志留世的辉长—闪长—花岗闪长岩建造的侵入而告结束。

该时期特别活动的构造运动是成吉思—塔尔巴哈台巨型复背斜西南部的南阿克沙套拗陷,这里堆积着以下的建造:晚奥陶世有序分异的(玄武岩—安山岩—英安岩—流纹岩)建造和

^① 大部分断层是逆掩断层。

辉长岩—斜长花岗岩建造,以及晚奥陶世—早志留世的类复理石建造。在晚志留世或者在志留纪和泥盆纪之交曾经出现的褶皱活动幕引起了地槽的普遍回返,这是地槽发展阶段和造山发展阶段的界线。

在第三阶段,即造山阶段,形成了早—中泥盆世英安—流纹岩(斑状)建造的岩石组合,以及中泥盆世和晚泥盆世亚碱性花岗岩和淡色花岗岩建造的岩石组合。该构造就此稳定下来,并且具有了褶皱活动结束区的一些特征。造山阶段的构造运动包括个别地区幅度有限的地块迁移和平缓的上叠拗陷的形成。在此环境中堆积了中—晚泥盆世—石炭纪的钙质—泥质含煤建造和中生代陆源碎屑含煤建造。

成吉思—塔尔巴哈台巨型复背斜各个部分构造运动的差异性导致了这些部分在结构上的差异。此巨型复背斜由走向北西和相互交替的复背斜和复向斜组成,复背斜与复向斜之间一般以大型深埋的断裂为界^①。此处,可划分出南阿克沙套复向斜,阿布拉林复向斜,绍奈复向斜和通德克—阿尔卡雷克复向斜,以及阿克沙套复背斜,成吉思复背斜和阿尔卡雷克复背斜。复背斜构造向南东方向倾伏,出现分支构造,并在东南边缘变成塔尔巴哈台复背斜。

南阿克沙套复向斜是本区西南边缘的构造,它分布在与准噶尔—巴尔喀什巨型复向斜的交界处,形成于晚地槽拗陷。其构造具有楔形状,向东南方向收窄。该复向斜主要充填着早志留世和早—中泥盆世地层。在其核部是一些较小型的背斜构造,出露有晚奥陶世的地层。此外,在个别构造断块中,早寒武世的地层和与此伴生的前寒武纪的阿尔佩洛钦超镁铁岩岩体出露地表。

寒武纪、奥陶纪和志留纪的岩层构成两翼角度陡倾的线状短轴褶皱,并被大量的断裂复杂化。充填在上叠碟形构造中的泥盆系地层,形成了箱形短轴褶皱,两翼倾角较缓($10^{\circ}\sim 30^{\circ}$)。阿克沙套复背斜是地垒—背斜类型的构造,此复背斜被苏鲁—绍金地塹—向斜分离成次级的阿克沙套地塹—背斜和扎乌厄尔塔金地塹—背斜。地塹—背斜由下寒武统、至少是中寒武统的地层组成。此外,在扎乌厄尔塔金地塹—背斜出露有前古生代的变质岩的地块和晚寒武世的地层。在这些地垒—背斜范围内,上叠构造中充填着上奥陶统和志留系的地层(图 1.2)。

苏鲁—绍金地塹—向斜主要由下志留统的陆源碎屑地层构成,向斜边缘部分出露着晚奥陶世的钙质—陆源碎屑地层。

前寒武纪的岩层具有陡倾、不协调的褶皱发育特征,其两翼倾角为 $70^{\circ}\sim 85^{\circ}$ 。该地层构造的显著特征是,褶皱构造呈近经向的走向,与成吉思加里东构造的总体方向—北西向不一致。阿布拉林复向斜总体上是一个复杂的、向南西倾伏的非对称构造。复向斜东北部由中奥陶统地层组成,向西南逐渐变成上奥陶统和下志留统的沉积地层。此构造被次级和较高序次的褶皱复杂化。在该构造的东南部发育着巨大的构造—火山口,充填着祖马克组的地质。此外,上叠拗陷(玛尚构造,斯宾构造)在复向斜构造中很发育。这些拗陷中充填着泥盆纪的岩系。还发现有地垒—背斜隆起,其核部出露早寒武世岩层和阿尔卑斯型超镁铁岩的岩体,其中含有角闪岩的岩块。

在寒武系和中奥陶统的地层中,两翼陡倾($60^{\circ}\sim 80^{\circ}$)的线性褶皱为分布最多的构造类型。在较年轻的地层中,主要发育着两翼倾角为 $30^{\circ}\sim 40^{\circ}$ 的短轴褶皱(图 1.2)。在断裂带中,在这

^① 此处逆掩断层是大部分构造的分界。