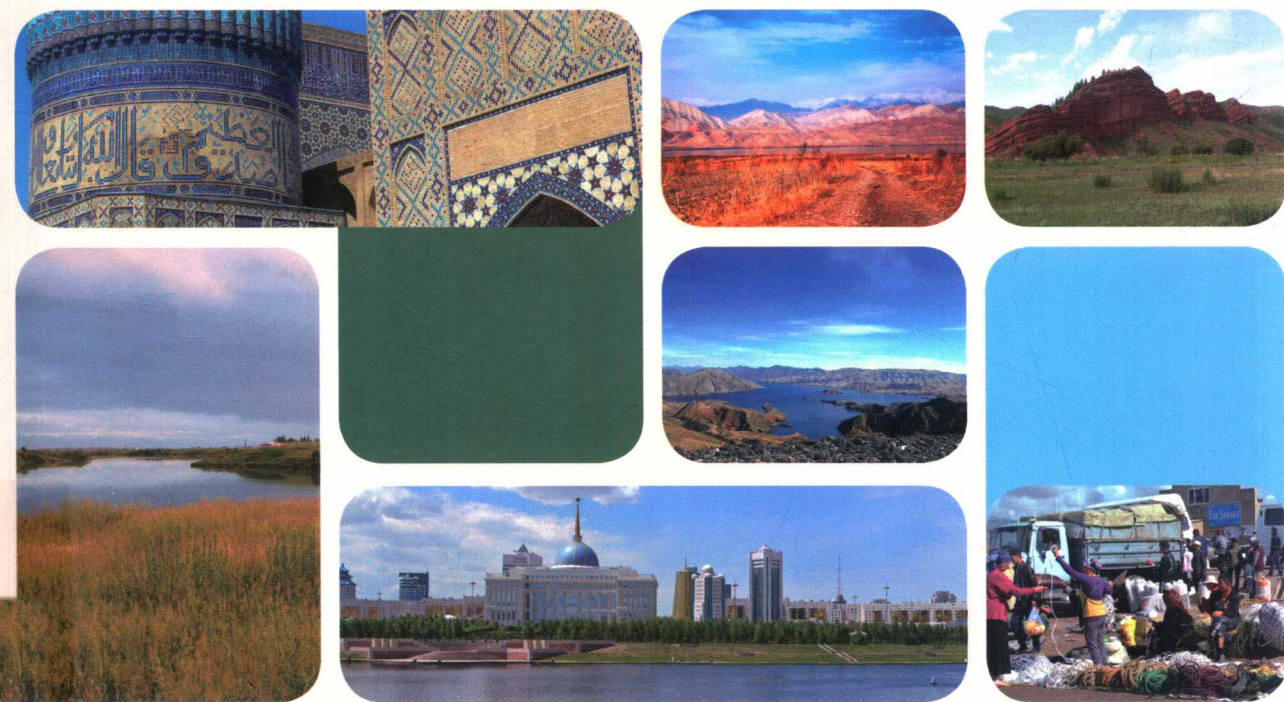


“一带一路”生态环境遥感监测丛书

“一带一路”中亚区生态环境遥感监测

包安明 李小玉 白洁 常存 古丽·加帕尔 著



 科学出版社

“一带一路”生态环境遥感监测丛书

“一带一路”
中亚区生态环境遥感监测

包安明 李小玉 白洁 常存 古丽·加帕尔 著

科学出版社

北 京

内 容 简 介

本书应用遥感、地理信息系统等技术和方法,基于多种传感器获取的卫星遥感影像和多类型地图资料等信息,针对“丝绸之路经济带”沿线5个中亚国家的生态环境特征遥感监测与评估,以及港口城市发展潜力与限制因子特征对比分析。

本书可作为遥感科学与技术、生态地理学、城市地理学、世界地理等方向科研与教学人员以及政府部门管理人员的参考书。

审图号:GS(2018)3876号

图书在版编目(CIP)数据

“一带一路”中亚区生态环境遥感监测/包安明等著. —北京:科学出版社, 2018.9

(“一带一路”生态环境遥感监测丛书)

ISBN 978-7-03-051284-0

I. ①—… II. ①包… III. 区域生态环境—环境遥感—环境监测
IV. ①X87

中国版本图书馆CIP数据核字(2016)第319592号

责任编辑:朱海燕 籍利平/责任校对:李 影

责任印制:张 伟/封面设计:图阅社

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>

北京建宏印刷有限公司印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2018年9月第 一 版 开本:787×1092 1/16

2018年9月第一次印刷 印张:5 3/4

字数:119 000

定价:99.00元

(如有印装质量问题,我社负责调换)

“一带一路”生态环境遥感监测丛书

编委会

主 任 李加洪 刘纪远

委 员 张松梅 张镱锂 林明森 刘 慧 柳钦火
牛 铮 高志海 宫 鹏 包安明 葛岳静
徐新良 何贤强 侯西勇 张 景 张 瑞
欧阳晓莹 李 晗 彭焕华

本书编写委员会

主 任 包安明 李小玉 白 洁 常 存
古丽·加帕尔

委 员 包安明 白 洁 常 存 古丽·加帕尔
郭 浩 李小玉 黎秀花 孟凡浩
孙 浩 杨会巾 杨书雅 叶飞鹏
朱晓蓉

丛书出版说明

2013年9月和10月，习近平主席在出访中亚和东南亚国家期间，先后提出了共建“丝绸之路经济带”和“21世纪海上丝绸之路”（简称“一带一路”）的重大倡议。2015年3月28日，国家发展和改革委员会、外交部和商务部联合发布《推动共建丝绸之路经济带和21世纪海上丝绸之路的愿景与行动》（简称“愿景与行动”），“一带一路”倡议开始全面推进和实施。

“一带一路”陆域和海域空间范围广阔，生态环境的区域差异大，时空变化特征明显。全面协调“一带一路”建设与生态环境保护之间的关系，实现相关区域的绿色发展，亟须利用遥感技术手段快速获取宏观、动态的“一带一路”区域多要素地表信息，开展生态环境遥感监测。通过获取“一带一路”区域生态环境背景信息，厘清生态脆弱区、环境质量退化区、重点生态保护区等，可为科学认知区域生态环境本底状况提供数据基础；同时，通过遥感技术快速获取“一带一路”陆域和海域生态环境要素动态变化，发现其生态环境时空变化特点和规律，可为科学评价“一带一路”建设的生态环境影响提供科技支撑；此外，重要廊道和节点城市高分辨率遥感信息的获取，还将为开展“一带一路”建设项目投资前期、中期、后期生态环境监测与评估，分析其生态环境特征、发展潜力及可能存在的生态环境风险提供重要保障。

在此背景下，国家遥感中心联合遥感科学国家重点实验室于2016年6月6日发布了《全球生态环境遥感监测2015年度报告》，首次针对“一带一路”开展生态环境遥感监测工作。年报秉承“一带一路”倡议提出的可持续发展和合作共赢理念，针对“一带一路”沿线国家和地区，利用长时间序列的国内外卫星遥感数据，系统生成了监测区域现势性较强的土地覆盖、植被生长状态、农情、海洋环境等生态环境遥感专题数据产品，对“一带一路”陆域和海域生态环境、典型经济合作走廊与交通运输通道、重要节点城市和港口开展了遥感综合分析，取得了系列监测结果。因年度报告篇幅有限，特出版《“一带一路”生态环境遥感监测丛书》作为补充。

丛书基于“一带一路”国际合作框架，以及“一带一路”所穿越的主要区域的地理位置、自然地理环境、社会经济发展特征、与中国交流合作的密切程度、陆域和海域特点等，分为蒙俄区（蒙古和俄罗斯区）、东南亚区、南亚区、中亚区、西亚区、欧洲区、非洲东北部区、海域、海港城市共9个部分，覆盖100多个国家和地区，针对陆域7大区域、

6 个经济走廊及 26 个重要节点城市的生态环境基本特征、土地利用程度、约束性因素等，以及 12 个海区、13 个近海海域和 25 个港口城市的生态环境状况进行了系统分析。

丛书选取 2002—2015 年的 FY、HY、HJ、GF 和 Landsat、Terra/Aqua 等共 11 种卫星、16 个传感器的多源、多时空尺度遥感数据，通过数据标准化处理和模型运算生成 31 种遥感产品，在“一带一路”沿线区域开展土地覆盖、植被生长状态与生物量、辐射收支与水热通量、农情、海岸线、海表温度和盐分、海水浑浊度、浮游植物生物量和初级生产力等要素的专题分析。在上述工作中，通过一系列关键技术协同攻关，实现了“一带一路”陆域和海域上的遥感全覆盖和长时间序列的监测；实现了国产卫星与国外卫星数据的综合应用与联合反演多种遥感产品；实现了遥感数据、地表参数产品与辅助分析决策的无缝链接，体现了我国遥感科学界在突破大尺度、长时序生态环境遥感监测关键技术方面取得的创新性成就。

丛书由来自中国科学院遥感与数字地球研究所、中国科学院地理科学与资源研究所、国家海洋局第二海洋研究所、中国林业科学研究院资源信息研究所、北京师范大学、清华大学、中国科学院烟台海岸带研究所、中国科学院新疆生态与地理研究所等 8 家单位的 9 个研究团队共 50 余位专家编写。丛书凝聚了国家高技术研究发展计划（863 计划）等科技计划研发成果，构建了“一带一路”倡议启动期的区域生态环境基线，展示了这一热点领域的最新研究成果和技术突破。

丛书的出版有助于推动国际间相关领域信息的开放共享，使相关国家、机构和人员全面掌握“一带一路”生态环境现状和时空变化规律；有助于中国遥感事业为“一带一路”沿线各国不断提供生态环境监测服务，支持合作框架内有关国家开展生态环境遥感合作研究，共同促进这一区域的可持续发展。

中国作为地球观测组织 (GEO) 的创始国和联合主席国，通过 GEO 合作平台，有愿意和责任向世界开放共享其全球地球观测数据，并努力提供相关的信息产品和服务。丛书的出版将有助于 GEO 中国秘书处加强在“一带一路”生态环境遥感监测方面的工作，为各国政府、研究机构和国际组织研究环境问题和制定环境政策提供及时准确的科学信息，进而加深国际社会和广大公众对“一带一路”生态建设与环境保护的认识和理解。

李加洪 刘纪远
2016 年 11 月 30 日

目 录

丛书出版说明

引言	1
第 1 章 生态环境特点与社会经济发展背景	3
1.1 区位特征	3
1.2 自然地理特征	4
1.2.1 地形地貌	4
1.2.2 气候	5
1.2.3 水文	6
1.2.4 植被	7
1.3 社会经济发展现状	7
1.3.1 人口、民族与宗教	7
1.3.2 社会经济状况	9
1.3.3 城市发展状况	11
1.4 小结	12
第 2 章 主要生态资源分布与生态环境限制	13
2.1 土地覆盖与土地开发状况	13
2.1.1 草地和荒漠广布, 人类活动强度较弱	13
2.1.2 土地开发强度低, 城镇化相对集中	15
2.2 气候资源	16
2.2.1 光温与辐射	16
2.2.2 降水与蒸散	18
2.3 主要生态资源分布	23
2.3.1 农田生态系统	23

2.3.2	草地生态系统	24
2.4	丝绸之路经济带开发活动的主要生态环境因素	27
2.4.1	自然限制因子	27
2.4.2	保护区需求	29
2.5	小结	30
第 3 章	重要节点城市分析	31
3.1	阿拉木图市	32
3.1.1	概况	32
3.1.2	典型生态环境特征	33
3.1.3	城市发展现状与潜力评估	35
3.2	阿克套市	36
3.2.1	概况	36
3.2.2	典型生态环境特征	37
3.2.3	城市发展现状与潜力评估	39
3.3	塔什干市	41
3.3.1	概况	41
3.3.2	典型生态环境特征	42
3.3.3	城市发展现状与潜力评估	44
3.4	奥什市	45
3.4.1	概况	45
3.4.2	典型生态环境特征	46
3.4.3	城市发展现状与潜力评估	49
3.5	杜尚别市	50
3.5.1	概况	50
3.5.2	典型生态环境特征	50
3.5.3	城市发展现状与潜力评估	53
3.6	小结	54
第 4 章	典型经济合作走廊和交通运输通道分析	56
4.1	廊道概况	56
4.2	生态环境特征	57

4.2.1	地形	57
4.2.2	太阳辐射	57
4.2.3	降水与蒸散	58
4.2.4	土地覆盖	58
4.2.5	土地开发强度	61
4.2.6	草地	61
4.2.7	夜间灯光	64
4.3	主要生态环境限制因素	64
4.3.1	地形和温度	64
4.3.2	荒漠化	65
4.3.3	保护区需求	66
4.4	廊道潜在影响	66
4.5	小结	67

参考文献	68
------------	----

附录	69
----------	----

1	遥感数据源	69
2	陆地遥感专题产品	72
3	其他参考数据	79

引 言

历史“丝绸之路”是指起始于西汉时期，连接亚洲、非洲和欧洲的古代陆上商业贸易路线。东起中国古都长安（今西安），经甘肃、新疆，通过中亚、西亚，到达地中海东岸，直达罗马的欧亚陆上通道。2013年9月和10月，习近平主席在出访中亚和东南亚国家期间，提出共建“丝绸之路经济带”和“21世纪海上丝绸之路”（简称“一带一路”）的重大倡议。全新的现代“丝绸之路”东边连接着活跃的亚太经济圈，西边延伸到发达的欧洲经济圈，把中国与中亚、西亚、南亚、东欧、南欧、西欧、非洲等地区的许多国家联系在一起，被认为是“世界上最长、最具有发展潜力”的经济大走廊。古代和现代“丝绸之路”的时间跨度和具体内涵虽有所不同，但本质上都是经济文化交流和商贸互通的重要方式。自古以来，中亚地区就是“丝绸之路”上连接东亚、南亚、西亚和欧洲的重要交通枢纽和国际经济走廊，与中国新疆有着高度相似的人文和历史背景，区内资源丰富，经济发展潜力巨大。中亚现代陆路交通网络的建立，形成了连接亚洲、欧洲和非洲的高效、通畅、安全的运输大通道，给通道沿线国家的政治、文化和经济互联互通带来了前所未有的发展机遇。

中亚地区毗邻中国新疆，土地面积广阔，具有相似的典型干旱区自然环境和气候特征。既有群山起伏的高原、山地，又有富饶肥沃的平原、三角洲；既有葱郁成荫的森林和水草肥美的草原，又有植被稀疏的荒漠和寸草不生的沙漠；生态环境总体较为脆弱。其中，中亚有70%的地区为干旱和半干旱的草原、荒漠和沙漠。中亚也是全球气候最为干旱的地区之一，高温干燥，蒸发强烈，降水量少且时空分布不均。中亚水资源严重短缺且分布极不均匀，主要以冰川和深层地下水等形式存在，也是全球湖泊分布相对密集的地区之一，其中还有两个具有海洋性特征的超大型跨境湖泊（里海和咸海）。区内干旱生物资源独特，生态环境极其脆弱，自然条件相对恶劣，土地荒漠化严重，生态系统一旦破坏将难以恢复，因此生态环境保护与区域协调发展是区域长期面临的主要问题。

中亚地区陆域空间范围广阔，生态系统多样，需要利用遥感技术手段快速获取宏观、动态的全球及区域多要素地表信息，开展生态环境遥感监测。通过获取中亚生态环境背景信息厘清生态脆弱区、环境质量退化区、重点生态保护区等，可为科学认知区域生态环境本底状况提供数据基础；同时，通过遥感技术快速获取中亚陆域生态环境要素动态变化，发现其生态环境时空变化特点和规律，可为科学评价中亚建设的生态环境影响提

供科技支撑。

本书的监测区域覆盖中亚 5 个国家,包括:哈萨克斯坦、塔吉克斯坦、吉尔吉斯斯坦、乌兹别克斯坦、土库曼斯坦。通过对 2000 ~ 2015 年期间的风云卫星(FY)、环境卫星(HJ)、高分卫星(GF)、陆地卫星(Landsat)和地球观测系统(EOS) Terra/Aqua 卫星等多源、多时空尺度遥感数据的标准化处理和模型运算,形成了土地覆盖、植被生长状态与生物量、农情、光合有效辐射和初级生产力等遥感数据产品。基于上述遥感数据产品,对中亚陆域生态环境、典型经济走廊与交通运输通道、重要节点城市开展了遥感综合分析,形成了本书及相关数据产品集。相关成果一方面可以提供中亚地区的数据支持、信息支撑与知识服务;同时生态环境保护与合作是“一带一路”倡议的重要内容之一,中国率先将利用遥感技术生产的生态环境监测数据产品免费共享给中亚各国,通过与中亚国家开展合作,共同促进区域可持续发展。

本书是在中国科学院战略性先导科技专项“中亚-西亚地区荒漠化时空格局与风险评估”一子课题“中亚-西亚地区荒漠化时空格局与风险评估”(XDA20030101)资助下完成。感谢科学技术部、中国科学院,以及中国科学院新疆生态与地理研究所的大力支持。由于时间仓促和作者经验不足,书中难免出现错误,敬请指正。

第1章 生态环境特点与社会经济发展背景

中亚位于欧亚大陆的腹地，具有连接东亚、南亚、西亚和欧洲的枢纽作用。经过中亚的陆路交通可以大大缩短太平洋到大西洋和印度洋的距离，密切欧洲、亚洲乃至亚洲、非洲之间的经济联系。中亚地区毗邻中国新疆，具有相似的人文特征和区域地理条件，人文交流便利，地缘合作优势明显，经贸合作前景广阔。本节重点介绍中亚地区自然环境和区域条件，分析中亚各国社会和经济的发展及其与中国近年来的区域合作，为“丝绸之路经济带”倡议实施和区域地缘合作提供重要的参考。

1.1 区位特征

作为“丝绸之路经济带”的核心开发区域（图 1-1），中亚是上海合作组织最主要的核心区域，在实现丝绸之路经济带东西互通互联中具有不可替代的作用，不仅具有特殊的地缘优势，而且拥有丰富的能源、矿产和旅游资源，具有广阔的发展潜力。中亚是世界主要的能源蕴藏区，在中亚五国能源分布中，哈萨克斯坦、乌兹别克斯坦和土库曼斯坦的油气资源尤为丰富，塔吉克斯坦和吉尔吉斯斯坦水能资源丰富。中亚的枢纽作用以及安全系数较高的陆路管道运输便利，使得中亚成为世界油气供应战略格局中的新兴力量中心。

建设现代化的交通基础设施，打造以航空、铁路、公路和管道多位一体的综合运输体系，是实施“丝绸之路经济带”倡议的基础，基础设施互通互联也成为丝绸之路经济带建设的优先领域。近年来中国与中亚国家的互联互通进展显著：沿陇海—兰新铁路深入中亚地区的铁路干线成为新亚欧大陆桥的重要组成部分；中国已经开通直达哈萨克斯坦、乌兹别克斯坦、塔吉克斯坦等国的航线；“丝绸之路经济带”首个实体平台——中哈物流合作基地项目已正式启动。对于中亚国家而言，“丝绸之路经济带”基础设施建设将使中亚交通不便的地缘劣势转变为优势，不仅进一步促进中国与中亚的深度合作和商贸交流，还为中国拓展欧洲与非洲的国际合作提供了更为便捷的条件。

中国与中亚国家在农业和工业现代化建设方面具有明显产业梯次关系和承接转移便利。作为传统农业地区，中亚国家经济发展水平普遍较低，现代化工业体系基础相对薄弱，农业人口比例高。成功由农业大国向初步工业化和现代化国家跃进的中国，有足够经验和条件帮助中亚国家建立现代农业，以及纺织和皮革加工等轻工业，帮助更多人口从传统农牧业转向城市生活。

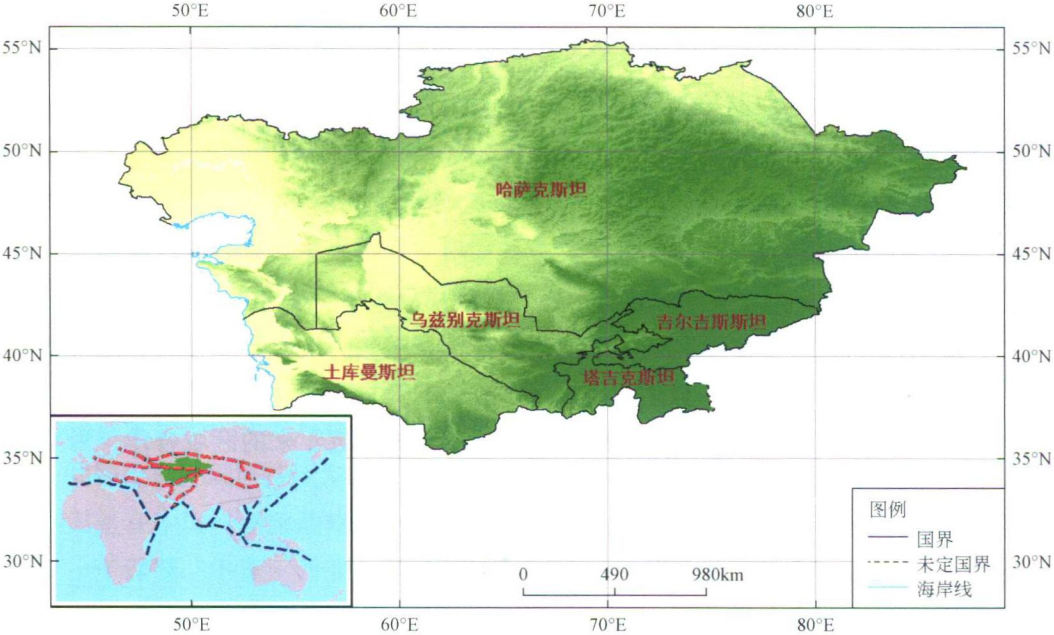


图 1-1 “一带一路”中亚分区位置示意图

1.2 自然地理特征

中亚区域包括哈萨克斯坦、乌兹别克斯坦、塔吉克斯坦、吉尔吉斯斯坦和土库曼斯坦五个国家，总面积约 400 万 km²，位于 35° ~ 55° N 和 50° ~ 80° E 之间。东以西天山的南脉为界与中国相邻，南以科佩特山脉和阿姆河上游喷赤河源为界与伊朗、阿富汗毗邻，北部哈萨克草原深入到西西伯利亚南缘的额尔齐斯河流域，西界为里海东岸。

1.2.1 地形地貌

中亚北部是广袤的哈萨克斯坦大平原，东、南部地区的地貌具有典型的山—盆特征，主要山脉有帕米尔—阿赖山、天山、阿拉套山和阿尔泰山等。主要沙漠有卡拉库姆沙漠、克孜勒库姆沙漠、莫因库姆沙漠和萨雷耶西克阿特劳沙漠等。典型地貌类型包括帕米尔高原、图兰低地、费尔干纳盆地、哈萨克丘陵、图尔盖高原、图尔盖洼地、于斯蒂尔特高原等。

中亚地区总体上呈现东南高、西北低。塔吉克斯坦帕米尔地区和吉尔吉斯斯坦西部天山地区山势陡峭，海拔在 4000 ~ 5000m，其中海拔 7495m 的伊斯梅尔索莫尼峰和 7134m 的列宁峰是世界上著名的山峰之一。哈萨克斯坦西部里海附近卡拉吉耶洼地是中亚地区最低点，低于海平面 132 m。东西之间广阔的荒漠、绿洲地区，海拔为 200 ~ 400m 之间，丘陵、草原海拔为 300 ~ 500m，东部山区在海拔超过 1000m (图 1-2)。

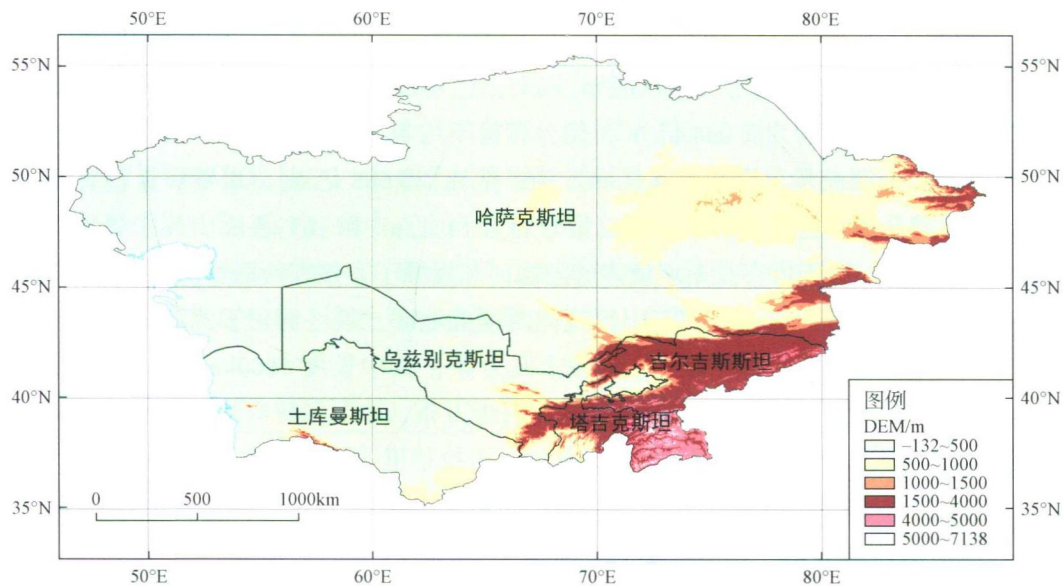


图 1-2 中亚 DEM 等级分布

1.2.2 气候

中亚地区与中国西北同处一个气候区带，是全球最大的、独一无二的内陆干旱区（图 1-3）。中亚地区处于欧亚大陆腹地，东南缘高山阻隔了印度洋、太平洋的暖湿气流，形成了典型的温带大陆性干旱气候。降水受西风环流的影响，集中分布在冬、春两季，明显有别于受季风环流控制的中纬度亚洲大陆东部地区。

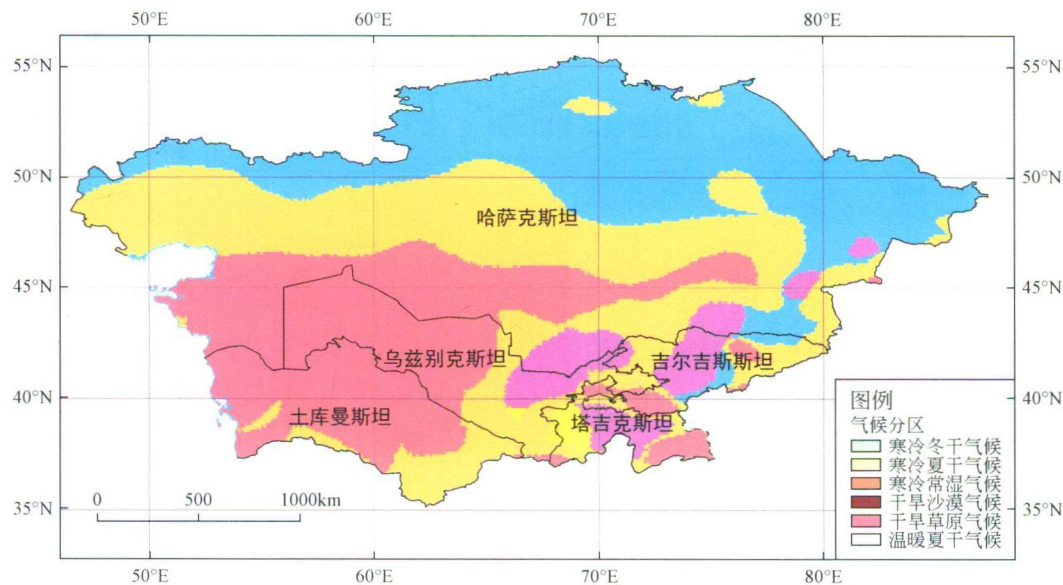


图 1-3 中亚气候类型

1.2.3 水文

中亚五国的淡水总量约 10 000 亿 m³ 以上，主要以冰川和深层地下水等形式存在，可以利用的水资源量约为 2 064 亿 m³，但分布极不均匀。哈萨克斯坦、塔吉克斯坦和吉尔吉斯斯坦水资源总量分别为 754 亿 m³、465 亿 m³ 和 668 亿 m³，水资源量相对较多。土库曼斯坦和乌兹别克斯坦的水资源总量分别为 14 亿 m³ 和 163 亿 m³，属于缺水国家，其用水主要依赖发源于塔吉克斯坦境内的阿姆河和发源于吉尔吉斯斯坦境内的锡尔河。

中亚地区大多数河流由东部高山区流向西部低地区，最终消失于荒漠，或注入于内陆湖泊（图 1-4）。中亚地区有大小河流十几万条，其中长度 1000km 左右的有 6 条，100km 以上的有 228 条，10 ~ 100km 的河流有近万条，主要河流有阿姆河、锡尔河、泽拉夫尚河、喷赤河、纳伦河、瓦赫什河、楚河、卡拉达里亚河、萨雷扎兹河、伊希姆河、乌拉尔河、伊犁河和额尔齐斯河等。

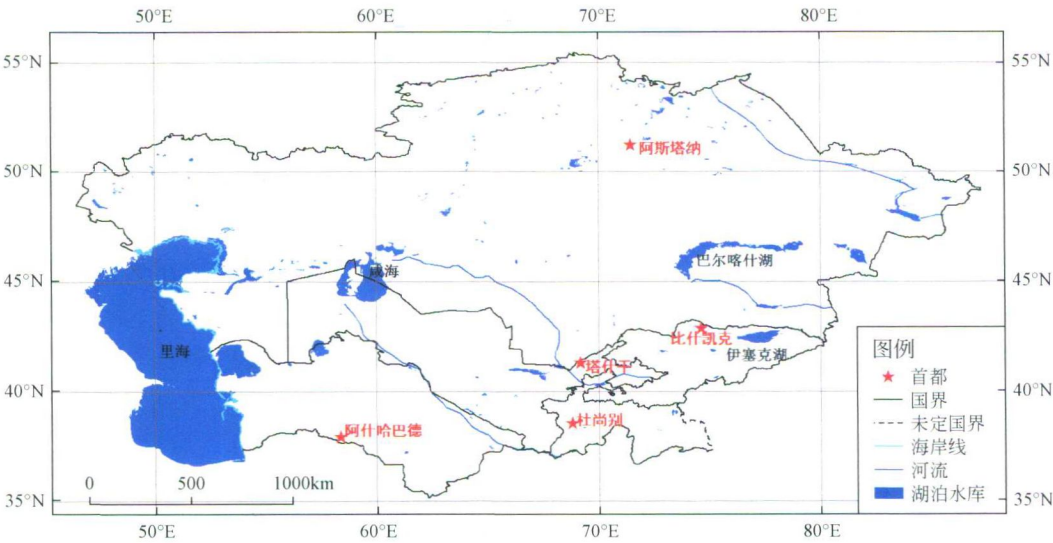


图 1-4 中亚水系分布

中亚干旱地区湖泊众多，1km² 以上的湖泊有 3000 多个，100km² 以上的湖泊 60 多个，湖泊总面积超过 88000 km²，是全球湖泊分布相对密集的地区之一。在中亚五国中，哈萨克斯坦 100km² 以上的大型湖泊有 21 个，主要有巴尔喀什湖（面积 1.8 万 km²）、阿拉湖（面积 2650km²）、斋桑泊（面积 1800km²）、坚吉兹湖（面积 1162km²）和马尔卡科尔湖（面积 455km²）等，占中亚湖域面积的 60%。此外还有两个具有海洋性特征的超大型跨境湖泊—里海和咸海。

1.2.4 植被

中亚五国生态地理环境差异显著（图 1-5）。中亚温带荒漠植被带，发育了砾石质荒漠植物、砂质荒漠植物和稀疏灌木及河谷林（又称“土加依林”），自北向南依次被分为哈萨克荒漠—草原植被区、中亚北部温带荒漠区和南部荒漠区。东南部的帕米尔高原和北东延伸的天山山系决定着中亚地区降水分布，植被垂直分布自山麓平原至山顶依次是：温带荒漠带—山地（灌丛）草原带—山地落叶阔叶林带—山地暗针叶林带—亚高山草甸带—高山灌丛草甸带—高山垫状植被带。中亚山地是全球 34 个生物多样性研究热点地域之一。

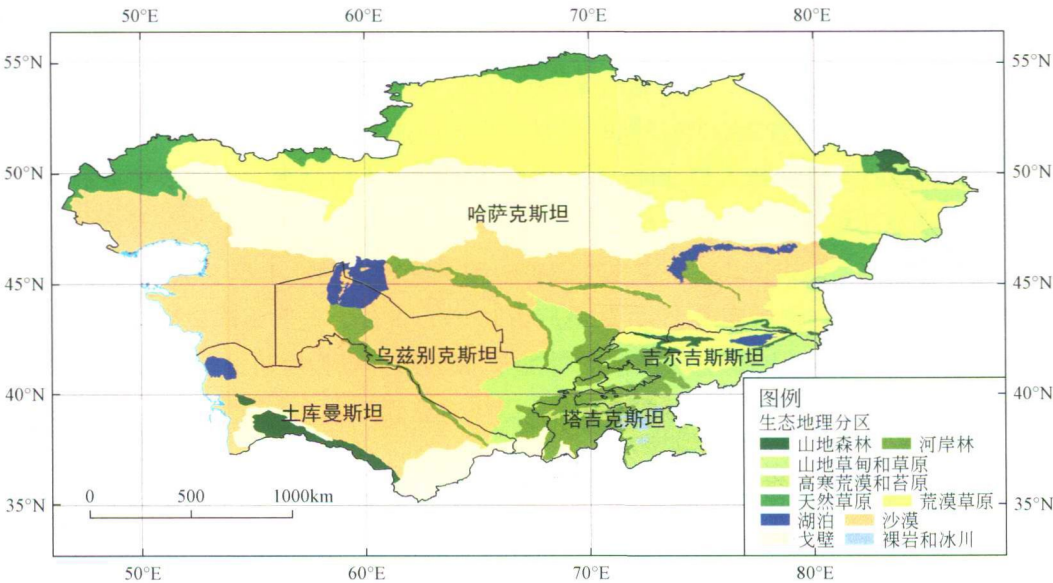


图 1-5 中亚五国生态地理分区

1.3 社会经济发展现状

1.3.1 人口、民族与宗教

2000 年以来中亚五国人口均呈缓慢增长趋势，其中以塔吉克斯坦的增速最大，2011 ~ 2014 年人口增加了 30.27%，年均增 2.16%；其次为乌兹别克斯坦，2011 ~ 2014 年人口增加了 22.89%，年均增加 1.64%；吉尔吉斯斯坦和哈萨克斯坦年均增加率分别为 1.37% 和 1.22%；土库曼斯坦人口增加速率最慢，年均均为 1.19%（图 1-6）。

哈萨克斯坦 2014 年人口为 1742 万，占中亚总人口 26.2%，由 130 多个民族组成，是典型的多民族国家，其中哈萨克族是最大的民族，占到了总人口的 66%，其次为俄罗斯族，占该国总人口的 21%，此外，还有乌兹别克族、乌克兰族、白俄罗斯族、德意志族、