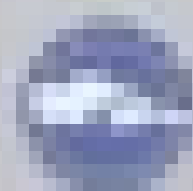




Retrieval and Analysis of
Evapotranspiration in Central Areas of Asia

亚洲中部干旱区 蒸散发研究

陈曦 等 编著

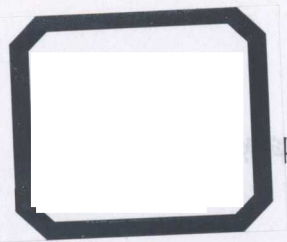


Review and Analysis of
Evapotranspiration in Central Areas of Asia

亚洲中部干旱区 蒸散发研究

王 强 等著

科学出版社



科学基金重点项目 40730633 资助

亚洲中部干旱区蒸散发研究

Retrieval and Analysis of Evapotranspiration in
Central Areas of Asia

陈 曦 等 编著

 气象出版社
China Meteorological Press

内容简介

本书基于细致而又深入的蒸散发理论研究,同化站点观测数据与多源遥感系列数据,从叶片、冠层、群落、流域和区域五个尺度提供了干旱区无资料和缺资料地区蒸散发计算参数方法,解决区域下垫面非均质性的蒸散发计算问题,通过地面涡度相关仪器观测资料分析,提出了瞬时蒸散发的日尺度扩展方法。

该书内容丰富,资料翔实,结构合理,有许多新观点、新方法和新结论,可供自然地理、水文资源、气候、土壤、农牧业科学工作者,研究人员、学生及政府部门农牧业、水利和环境保护管理人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

亚洲中部干旱区蒸散发研究/陈曦等编著. —北京:气象出版社, 2012. 2

ISBN 978-7-5029-5423-9

I. ①亚… II. ①陈… III. ①干旱区-水蒸发-研究-亚洲 IV. ①P426. 2

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 012813 号

出版发行: 气象出版社

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: 李太宇 王亚俊

封面设计: 博雅思企划

印 刷: 北京中新伟业印刷有限公司

开 本: 787 mm×1092 mm 1/16

字 数: 410 千字

版 次: 2012 年 2 月第 1 版

定 价: 68.00 元

邮政编码: 100081

发 行 部: 010-68409198

E-mail: qxcbs@cma.gov.cn

终 审: 黄润恒

责任技编: 吴庭芳

印 张: 14

印 次: 2012 年 2 月第 1 次印刷

本书如存在文字不清、漏印以及缺页、倒页、脱页等,请与本社发行部联系调换

序

早在 1950 年代后期,中国科学院黄秉维与水利部谢家泽等我国著名地理学家与水利学家就提出“大搞水平衡,攻破蒸发关”,虽然迄今已半个多世纪,但这个问题仍是中国与世界一个方兴未艾的重大科学问题。这是因为水平衡与水循环同出一辙,前者是后者的定量表述,而当今水循环的研究又上升为世界地学与环境基础研究的热点和新兴地球系统科学的核心问题之一。在全球能量与水循环研究计划(WCRP-GEWEX)中,由于蒸散发把水分与能(热)量联系在一起,使蒸散发问题的研究成为全球变化的前沿。地球上的蒸散发现象无处不在。据 Rosenberg 等的研究表明,地球表面的降水有 70% 是被蒸散发到大气之中,在干旱地区则高达 90%。这说明地球上的热能主要耗于水分蒸散发,尤以干旱区为甚。从干旱区生态系统的维系与农业生产发展来看,定量研究蒸散发、确切揭示其动态变化规律及区域格局,对适应气候变化影响,有效管理用水、防治干旱灾害,维持生态安全、保障农业安全等多个方面都具有深刻的理论意义与重大的应用价值。

众所周知,在研究水循环过程与定量监测水平衡要素中,大气降水量与地表径流量是可以直接观测的,而蒸散发(evapotranspiration)则看不见也摸不着。如何确切地确定区域蒸散发成为一个科学难题。虽然水面蒸发可以用设置水面蒸发皿来观测,但是由于器皿的环境条件与尺度(直径 20 cm、E601、A 级蒸发皿等等)的不同,能够测得的蒸发量仍然无法等同于自然水面的实际蒸发量。称重式土壤蒸发器(Lysimeter)可以进行实际蒸散发量测定,也因测定面积的限制而不能获得较大范围自然条件下的实际蒸散发量。因此,从 1802 年道尔顿蒸发公式开始至今 200 多年来,国内外多数学者研发了众多蒸发与蒸散发估算公式和模型,不胜枚举。目前,国际国内通常采用的方法主要有联合国 FAO 推荐的 Penman-Monteith 公式。此外,还有一些应用较多的方法,包括 Shuttleworth, Bastiaansen, Priestly-Taylor, Bouchet 等许多学者的模型以及波文比仪法、涡度相关法和闪烁通量仪等等的测定蒸散发量的方法。但是,这些模型与方法都是基于单点的研究,仅适合于下垫面条件均匀(homogeneous)或者土地覆盖一致的较小区域。由于下垫面总是非均质(heterogeneous)的,因此,目前我们还很难确切地计算较大面积或区域的蒸散发量。

影响蒸散发量的下垫面条件众多,但可以主要概括为两组向量:一是驱动蒸散发的能(热)量;二是可供蒸散发的水量。不言而喻,它们包括了一系列时空差异因素,从而使一个区域的蒸散发的研究成为极其复杂的问题,特别是在干旱、半干旱地区研究蒸散发更加困难:主要是水、热观测站网十分稀疏,可用的资料非常不足,因而也使这类地区可供参考的蒸散发研究的文献偏少。中国科学院新疆生态与地理研究所陈曦研究员编著的《亚洲中部干旱区蒸散发研究》一书,基于细致、深入的蒸散发理论研究,有效地利用遥感信息与技术进行了蒸散发计算,从叶片、冠层、群落、流域和区域五个尺度建立了干旱区实际蒸散发计算模型,提出了区域尺度干旱区蒸散发遥感反演的下垫面空间变异性计算方法、土壤水分含量计算方法、地表辐射通量计算方法,解决了区域下垫面非均质性的蒸散发计算问题;通过地面涡度相关仪器观测资料分析,提出了瞬时蒸散发的日尺度扩展方法。该书在中亚干旱区大尺度区域蒸散发的研究文献中,独树一帜,颇有创新。

刘昌明*

2012年1月7日于北京

* 刘昌明,中国科学院院士。

前 言

水是干旱区的命脉,干旱区水文循环决定了干旱区水资源的分布和数量,因此,水文循环一直是国际干旱区研究的热点问题。近年来,很多研究发现,全球变化对干旱区水文循环过程产生了很大的影响,特别是对水文循环的蒸散发过程的影响表现得尤为突出,但众多研究都集中在对气候变化引起的蒸发皿蒸发变化的探讨,而蒸发皿蒸发只能代表潜在蒸发能力。因受下垫面的影响,蒸发皿蒸发与实际蒸散发之间存在很大的差距,尤其是广大的荒漠地区,虽然具有很强的蒸发能力,但实际蒸散发量却很小。因此,研究气候变化下干旱区实际蒸散发的变化是阐明干旱区水文循环规律的重要内容。

地球表面的实际蒸散发是水文循环的重要组成部分,是联系土壤—植物—大气连续体(soil-plant-atmosphere continuum, SPAC)中不同功能作用层水分上行运动的重要纽带,也是水文循环和水量平衡的基础。蒸散发包括水面蒸发、土壤蒸发和植被蒸腾,它受到气象因子(辐射、气温、湿度、气压、风速等)、下垫面类型、地表含水率(土壤湿度和植被冠层含水率)、植被的生理特性、地表结构及粗糙度等因素的影响。不同地表下垫面影响蒸散的因子也不同。因此,在气候条件类似的区域,地表覆被和土地利用对实际蒸散发过程的影响很大。土地利用/覆被变化是人为因素作用于水文过程的主要表征,准确测定、估算和模拟地表覆被对区域蒸散发时空变化和格局的影响,对于评价区域水循环和水平衡的功能,认识干旱区陆面水文生态过程,理解气候变化与人类活动对生态系统的影响都具有重要意义。

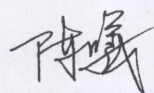
《亚洲中部干旱区蒸散发研究》是在多项科研成果基础上凝练而成的。其内容涵盖了干旱区蒸散发试验、实际蒸散发的反演以及近几十年的亚洲中部干旱区蒸散发时空格局与过程。各章之间自成体系,相互衔接;既有蒸散发的理论探讨,又有野外台站的试验分析;既有理论创新,又有实例分析。在学术上,强调蒸散发理论在干旱区的适用性和可行性,突出干旱区蒸散发计算的特殊性。在结构体系上,以“理论—试验—模型—分析”为主线,通过对蒸散发理论的概括与总结,分析了干旱区遥感蒸散发模拟中对模型的选取、建立、改进和参数反演。在局地尺度上,分别从叶片、冠层、像元尺度进行了野外试验模拟与分析,重点探讨了干旱区植被水分蒸散发的机理。在区域尺度上,分别从蒸散参数反演、土壤水分反演、蒸

散模型构建方面,分析了大区域蒸散发反演的关键技术与方法。本书重点探讨了TCL,SEBAL,SEBS蒸散发模型在干旱区应用的改进,开发出一套干旱区遥感蒸散发反演的原型系统。

全书共分为7章。第1章由陈曦、胡汝骥、王亚俊、班卫强完成,介绍了亚洲中部干旱区的定义、分布和地理特征,以及干旱区内陆河流域水文系统与水文循环要素的主要特征;第2章由李均力完成,讨论了现阶段蒸散发测定和模型计算的理论与方法;第3章主要由陈曦、王权、王珊珊、曹晓明完成,主要分析了叶片、冠层和像元尺度蒸散发测定的野外试验方法;第4章由陈曦、李均力、李琴完成,主要构建了两种尺度的遥感蒸散发模型;第5章和第6章由李琴、李均力、陈曦完成,重点分析了亚洲中部干旱区蒸散发遥感模拟的计算过程。在蒸散发反演结果的基础上,分析了亚洲中部蒸散发的时空格局与过程,并进行了重点案例分析。第7章由陈曦完成,从多方面对全书内容进行了系统总结。胡汝骥、王亚俊对全书进行了统稿和编辑。包安明研究员、杨辽研究员、王伟胜副研究员在数据处理和软件编制方面做了大量工作。阿不都米吉提·阿不力克木、班卫强、骆君和叶慧君组成的技术小组所做的插图编制等卓有成效的工作,为完成本专著提供了保障。气象出版社李太宇编审为本书的出版做了很多工作,在此表示衷心感谢。

本书是在国家自然科学基金重点项目(40730633)、国家重大工程“塔里木河水量调度系统”、新疆维吾尔自治区“科技支疆”项目(200891128)的资助下完成的。感谢国家自然科学基金委员会的大力支持,感谢新疆维吾尔自治区科学技术厅的大力支持,感谢刘昌明院士在百忙中为本书写了序,感谢中国科学院新疆生态与地理研究所学术委员会及研究所的领导和同事们的热心帮助和大力支持。

由于时间仓促和作者经验不足,书中难免有错,敬请指正。



2011年11月

目 录

序	
前 言	
第 1 章 亚洲中部干旱区的地理位置和特征	(1)
1.1 地理位置概述	(1)
1.2 自然地理基本特征	(1)
第 2 章 蒸散发测定和计算的理论与方法	(14)
2.1 概述	(14)
2.2 实验测定法	(14)
2.3 模型计算方法	(19)
2.4 遥感模拟方法	(24)
2.5 蒸散模型的适用性分析	(32)
第 3 章 叶片、冠层和像元尺度蒸散发实验与模拟	(37)
3.1 植物水分观测研究方法	(37)
3.2 实验数据采集及处理	(39)
3.3 叶片尺度实验	(46)
3.4 冠层尺度实验	(61)
3.5 像元尺度蒸散发模拟	(75)
第 4 章 区域尺度遥感地面蒸散发模型	(89)
4.1 区域尺度遥感蒸散发计算的特点和问题	(89)
4.2 地表温度与地表反照率模型	(94)
4.3 土壤含水量反演热惯量模型	(96)
4.4 基于 LANDSAT 的改进型 SEBAL 模型	(99)
4.5 基于 MODIS 的改进型 SEBS 模型	(100)
4.6 蒸散模型的尺度扩展	(106)
第 5 章 中亚五国及新疆地区蒸散发模拟	(111)
5.1 研究区数据准备	(111)
5.2 蒸散发参数的遥感反演	(122)
5.3 蒸散发模型验证研究	(146)
5.4 土壤含水量热惯量反演模型验证研究	(163)
5.5 中亚五国及新疆地区蒸散发模拟及参数敏感性分析	(167)
5.6 典型区域分析	(175)
5.7 模型比较	(180)

第 6 章 中亚五国及新疆地区蒸散发的时空格局和变化过程.....	(182)
6.1 近 30 年地表蒸散发变化的时空过程.....	(182)
6.2 近 30 年来遥感蒸散发变化的空间格局.....	(198)
6.3 小结	(201)
第 7 章 结束语.....	(203)
7.1 结论	(203)
7.2 研究展望	(205)
参考文献.....	(206)

Retrieval and Analysis of Evapotranspiration in Central Areas of Asia

Editor-in-Chief: CHEN Xi *et al.*

Contents

Preface

Foreword

Chapter 1	Geographical Characteristics of Arid Regions in Central Asia	(1)
1.1	Geographical Locations	(1)
1.2	Environmental Features	(1)
Chapter 2	Theory and Methodology of Evapotranspiration(ET) Measurements	(14)
2.1	Overview	(14)
2.2	Experimental ET Measurements	(14)
2.3	Traditional ET Models	(19)
2.4	Remotely Sensed ET Models	(24)
2.5	Applicability Analysis of Remotely Sensed ET Models	(32)
Chapter 3	Experimental ET Models on the Scales of Leaf, Canopy and Pixel	(37)
3.1	Experimental Observations of Vegetation Water Contents	(37)
3.2	Acquisition and Processing of Field and Experimental Data	(39)
3.3	ET Simulations in the Leaf Scale	(46)
3.4	ET Simulations in the Canopy Scale	(61)
3.5	ET Simulations in the Pixel Scale	(75)
Chapter 4	Remotely Sensed ET Models on Regional Scale	(89)
4.1	Problems of Regional ET Computations	(89)
4.2	Models of LST and Albedo Retrieval	(94)
4.3	Thermal Inertia Models of Soil Moisture Content Retrieval	(96)
4.4	Modified SEBAL Model Based on Landsat	(99)
4.5	Modified SEBS Model Based on MODIS	(100)
4.6	Scaling-up of ET Models	(106)
Chapter 5	ET Computations in Arid Regions of Central Asia	(111)
5.1	Data Preparations in Study Areas	(111)
5.2	Remotely Sensed Retrievals of ET Parameters	(122)
5.3	Validations of ET Models	(146)

5.4	Validations of Soil Moisture Models	(163)
5.5	ET Computation in Central Asia and Sensitivity Analysis of ET Parameters ...	(167)
5.6	Analyses of Typical Analyses	(175)
5.7	Comparison of ET Models	(180)
Chapter 6	Spatial Patterns and Temporal Processes of ET Changes in Central Asia ...	(182)
6.1	ET Temporal Changes of Central Aisa in the Past 30 Years	(182)
6.2	Spatial Patterns of ET Retrieval on the Regional Scale	(198)
6.3	Summaries	(201)
Chapter 7	Concluding Remarks	(203)
7.1	Conclusions	(203)
7.2	Prospects of ET Research	(205)
References		(206)

第1章 亚洲中部干旱区的地理位置和特征

1.1 地理位置概述

中亚(中亚细亚),意指亚洲的中部地区,即原苏联领土在亚洲的部分。关于“中亚”这一地理概念在学术界认识并不统一:在西文中有 Central Asia(中亚), Inner Asia(内亚), Haute Asia(亚洲腹地)等,在俄语中有 Средняя Азия(中亚)和 Центральная Азия(中央亚细亚)。

狭义的中亚只包括中亚五国,即哈萨克斯坦(南部)、乌兹别克斯坦、土库曼斯坦、吉尔吉斯斯坦和塔吉克斯坦。其区域范围:西到里海和伏尔加河,东到中国的边界,北到咸海与额尔齐斯河的分水岭,并延伸至西伯利亚大草原的南部,南到伊朗、阿富汗的边界。中亚西部是图兰低地,有卡拉库姆沙漠、克孜勒姆沙漠相连,其北部与东北部是图尔盖台地和呈半荒漠及干枯草原面貌的哈萨克丘陵地。

广义的中亚不仅包括上述五国(哈萨克斯坦、乌兹别克斯坦、土库曼斯坦、吉尔吉斯斯坦、塔吉克斯坦),还包括中国干旱区以及蒙古国部分区域。其范围:西起里海和伏尔加河,东至贺兰山以西,北到咸海与额尔齐斯河的分水岭,并延伸至西伯利亚大草原的南部及蒙古国境内,南到伊朗、阿富汗的边界,并延伸至我国昆仑山、祁连山。中亚西部是图兰低地,有卡拉库姆沙漠、克孜勒姆沙漠相连,其北部与东北部是图尔盖台地和哈萨克丘陵地,东部为准噶尔盆地、塔里木盆地、河西走廊,有塔克拉玛干沙漠、古尔班通古特沙漠、巴丹吉林沙漠、腾格里沙漠。

对于中亚的划分方法,也有把哈萨克斯坦排除在外的,即中亚四国(乌兹别克斯坦、土库曼斯坦、吉尔吉斯斯坦、塔吉克斯坦)。

本书所介绍的中亚包括中亚五国以及中国干旱区(图 1.1)。中亚五国范围与狭义的中亚范围一致。中国干旱区仅限于自然地理学所划分的西北干旱区,即东起贺兰山和乌鞘岭以西,西到国境线,中纬度西风带作用的温带与暖温带气候带(赵松乔,1985;陈曦,2010),地处欧亚大陆中心,35°~50°N,连绵 2500 km 以上,横跨 30 个经度。

1.2 自然地理基本特征

1.2.1 地形地貌特征

中亚地貌类型多种多样,主要有两类,即山地地貌类型和盆地(平原)地貌类型(陈曦,2010)。山地随着海拔升高、外营力急剧变化,形成不同的地貌类型,又因山地位于不同的地理位置和相邻地区的环境状况,而呈现出地貌组合的明显差异。盆地(平原)地貌类型反映出强烈的干旱区地貌特征,在干旱自然环境背景下,地貌是风沙作用和干燥风化剥蚀作用的产物,

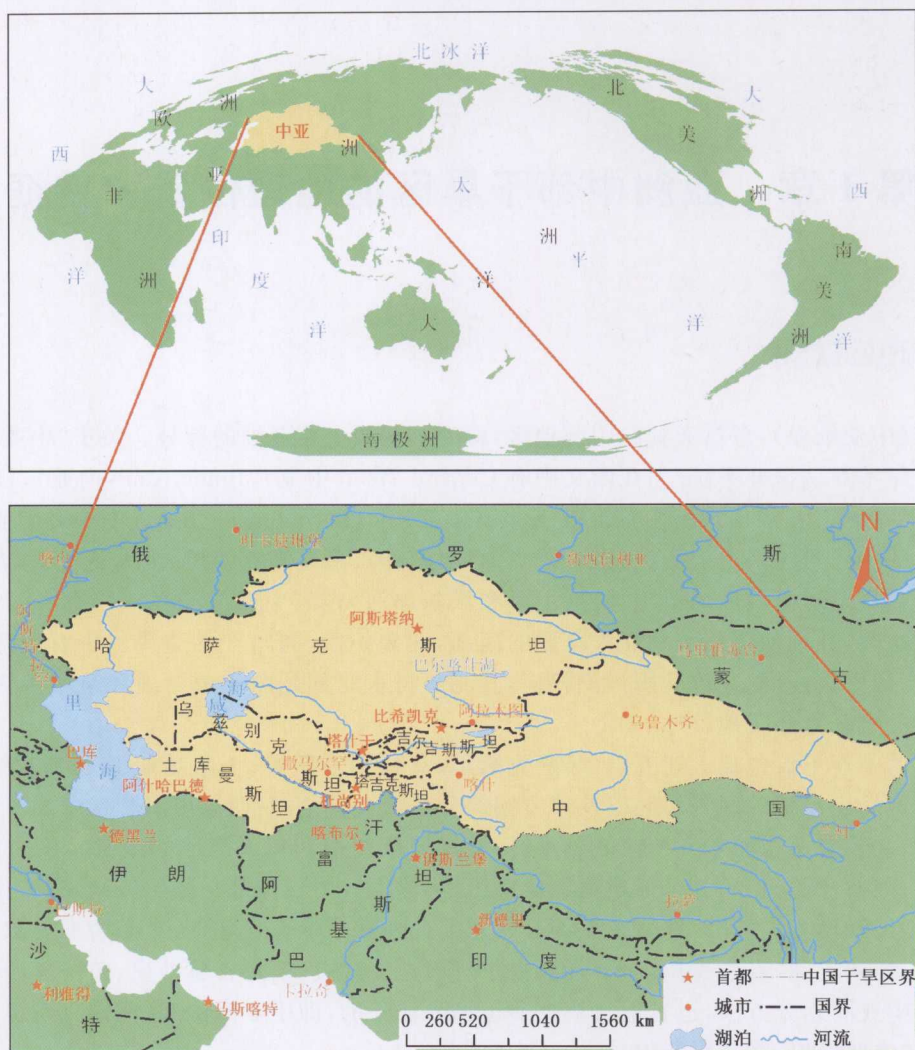


图 1.1 亚洲中部干旱区略图

以大面积的沙漠和戈壁(包括盆地边缘砾石戈壁和盆地中基岩被风化剥蚀的石质劣地)最为典型。山系主要有天山、昆仑山(包括帕米尔高原、阿尔金山)、阿尔泰山、祁连山、阿赖山等。大型盆地主要有天山山系与阿尔泰山山系之间的准噶尔盆地,昆仑山山系与天山山系之间的塔里木盆地,天山山系中一个典型的大山间盆地的代表——吐鲁番—哈密盆地,祁连山与北山、阿拉善高原之间的河西走廊,天山山系与吉萨尔—阿赖山系之间的费尔干纳盆地,天山山系与里海之间的图兰平原,里海沿岸平原(新疆维吾尔自治区科学技术委员会,1992;胡汝骥,2004;2011)。

1. 主要山系

(1) 天山山系

天山山系是亚洲中部最大的山系,西起乌兹别克斯坦的克孜尔库姆沙漠以东,经哈萨克斯坦、吉尔吉斯斯坦,进入我国延伸至哈密以东的戈壁之中。整个山系大体上呈东西向展布,总长度达 2500 km(图 1.2)(谢自楚等,1996;胡汝骥,2004)。天山山系在古生代晚期褶皱成山,

(2) 昆仑山系

昆仑山系西起帕米尔高原,横亘于新疆南缘,西藏自治区北部,东部延伸至青海省境内。整个山系由北西—南东走向转为近东西向,长约 2500 km,宽 100~250 km。昆仑山系是一条结构复杂的华力西褶皱山系,成为青藏高原的组成部分,喜马拉雅运动强烈隆升为高大山系,北西向和东北向大断裂控制着整个山地的走向。昆仑山西段为塔里木盆地与藏北高原的界山,西北端以克孜勒苏河与天山南脉分界。西昆仑山自昆盖山至琼木孜塔格,至青藏公路的昆仑山口,分三支,北支为祁曼塔格山,中支为阿尔喀山,南支为可可西里山。中昆仑山中还有库木库勒盆地和以阿克苏库木库勒、阿其克库勒、鲸鱼湖三大湖为中心的高位山间盆地,海拔均在 4000 m 以上(王树基,1986)。昆仑山南坡与喀喇昆仑山、藏北高原相间,山势和缓,具高原特征。昆仑山的山脊线平均海拔 6000 m,部分山峰超过 7000 m,西段的公格尔峰达 7719 m,琼木孜塔格峰为 7546 m;中段的慕士峰海拔为 6942 m,东面的木孜塔格峰为 6973 m。昆仑山系是亚洲中部最干旱的高大山系,地表缺少森林,草原面积比较小,整体呈荒漠景观(郑度,1999)。

(3) 阿尔泰山系

阿尔泰山系是亚洲中部跨中国、蒙古、俄罗斯、哈萨克斯坦等国的巨大山系,呈西北—东南走向,总长度约 2000 km,宽 200~350 km。阿尔泰山系为一褶皱断块山地,山体范围和走向主要受西北向大断裂控制,地貌与构造基本吻合。沿西北向断裂发生的差异升降运动,致使山系层状地貌非常明显,出现多级夷平面。在自然地貌上,阿尔泰山系主要为森林—草原景观。受北冰洋气流的影响,西部山区降水较多,森林茂密,云杉、落叶松、冷杉和桦、杨等的针、阔叶林分布广泛。东部山区降水逐渐减少,森林面积减少,主要以草原为主(中国科学院额尔齐斯河流域科学考察组,1991)。

(4) 祁连山系

祁连山系是河西走廊与柴达木盆地之间的巨大山系,由许多北西走向的平行山脉与宽谷组成。祁连山系是一条褶皱断块山地,主要由前寒武纪及早古生代变质岩和火山岩系构成。晚古生代以来,尤其是中生代末期以来,祁连山地一直以北西西—南东东方向的断块运动占优势,这种运动导致狭窄的地垒式山岭和宽阔的地垒式谷地相间分布。第三纪末,剧烈的新构造运动使祁连山地大幅度隆升,山体又一次达到巨大的高度。祁连山系地势高峻,山脊线海拔 4000 m 以上,山体占全山区总面积的 30% 左右,许多山峰超过 5000 m,最高的团结峰为 5805 m,位于哈拉湖以北的疏勒南山中心地段。祁连山整个山系呈一不规则的菱形地块,短轴靠近西段。祁连山西部与阿尔金山相接,东部止于六盘山,全长 850 km,宽 160~280 km。祁连山是一巨大的复式山系,山脉西段条数最多,山势西高东低;山间宽谷和盆地在山系内部广泛分布,占总山体面积的 1/3 以上,一般多出现在出山大河的上游。祁连山高山地带普遍发育现代冰川,冰川冰缘地貌十分发育,中山地带河沟众多,流水侵蚀地貌占优势,山麓地带河流阶地和扇形地发育普遍。祁连山东段森林呈带状分布,整个山系平原广阔。源自祁连山的较大河流均流向河西走廊,属于石羊河、黑河、疏勒河三大水系,为农田灌溉主要水源(尹泽生和徐叔鹰,1992)。

(5) 吉萨尔—阿赖山系

吉萨尔—阿赖山系在中亚南部,其西部和中部是土耳其斯坦山脉、泽拉夫尚山脉和吉萨尔山脉,东部为与北面前沿山脉相连的阿赖山脉。海拔高度 5621 m。主要的山脊呈典型的高山

地貌;常年积雪和冰川覆盖着(最大的是泽拉夫尚冰川,长 25 km);在阿赖山脉的北山上和土耳其斯坦山脉及其他山上是平台。沿着山坡自上而下垂直分布着五个地带——短命植物带、暂时长有苦艾的半荒漠山前平原地带、不规则的丘陵地带、冰川雪原地带、悬崖峭壁地带。设有扎阿明山林自然保护区和拉米特自然保护区(新疆维吾尔自治区科学技术委员会,1992)。

阿赖山位于吉尔吉斯斯坦(奥什州)和塔吉克斯坦之间(大部分在吉尔吉斯斯坦),长约 400 km,东北—西南走向,最高峰海拔 5539 m,冰川总面积达 811 km²。山体由厚层的砂质黏土岩和结晶片岩组成。北坡平缓,南坡陡峭,山顶有积雪和冰川。山前地带为沙漠,坡地为草原和栓柏林,3000 m 以上为高山草地。吉萨尔山在乌兹别克斯坦和塔吉克斯坦境内,是泽拉夫尚河和阿姆河的分水岭,长约 200 km,海拔高达 4643 m。

2. 主要盆地

盆地平原地貌外营力主要是在干旱气候条件下的物理风化、物质移动、流水侵蚀、堆积及更为广泛的风力堆积和吹蚀,常有超过 5 m/s 的起沙风。安西风力多在 30 m/s 以上,大风日数可达 34.8 d;阿拉山口多达 165 d。吐鲁番盆地曾实地观测到 50 m/s 的特大风速(刘海燕等,2008)。因此,地表组成物质粗糙而贫瘠,以砂为主的沙漠、以砾石为主的戈壁、以基岩为主的低山丘陵占居主导地位。山麓倾斜平原上有部分黄土分布,荒漠植被覆盖度较好,绿洲分布其间(王树基,1998)。

(1) 准噶尔盆地

准噶尔盆地位于天山山系以北,阿尔泰山系以南,西部紧邻准噶尔西部山地,东部毗邻北塔山等。准噶尔盆地是一个古老的寒武纪地块,其上沉积有较厚的沉积盖层,盆地周边被大断裂所围限。因此,盆地呈三角形,底边在南部,东西长 700 km 以上,南北最宽处为 450 km,面积约为 $1.8 \times 10^5 \text{ km}^2$ 。盆地总地势向西南倾斜,北部高于南部,北部和东部的海拔多为 700 m 左右,最低处为西南隅的艾比湖低地,海拔仅 189 m。盆地中心带为我国第二大沙漠——古尔班通古特沙漠,盆地边缘特别是南部,分布着众多大小不等的人工绿洲,自治区首府——乌鲁木齐市分布在此。

(2) 塔里木盆地

塔里木盆地是中国最大的内陆盆地。四周高山环绕,北部为天山山系,西部为帕米尔高原和昆仑山西段,南为昆仑山、喀喇昆仑山及阿尔金山,东北为北山丘陵和库木塔格沙漠。塔里木盆地是天山褶皱系与昆仑山褶皱系之间的前震旦纪稳定地块,其上堆积着很厚的沉积盖层,构造变化比较微弱,盆地四周被深大断裂围限。塔里木盆地西部原为古特提斯海(古地中海)的东延部分,直到新生代晚期盆地西部山地强烈隆升,致使塔里木盆地成为完全封闭的盆地。塔里木盆地呈不规则菱形,东西长 1400 km,南北宽 520 km 左右,面积达 $5.3 \times 10^5 \text{ km}^2$ (图 1.4)。盆地总地势西高东低,微向北倾。盆地一般海拔为 800~1400 m,最低处为东端的罗布泊洼地,海拔 780 m。塔里木盆地中西部有麻扎塔格、海米塔格及巴楚附近基岩残丘处,沿昆仑山和天山山麓都有充填中新世沉积层的山前拗陷,即南缘的叶尔羌拗陷和北部的库车拗陷,堆积有很厚的中新世沉积,塔里木盆地的现代地表为流水堆积和风沙面貌。来自天山、帕米尔高原、昆仑山、喀喇昆仑山等山地河流在盆地边缘形成众多三角洲,和田河、叶尔羌河、克孜勒苏河、阿克苏河、渭干河、开都—孔雀河等在出山口构成宽广的冲积平原,尤其是盆地北部冲积—洪积平原宽度 130 km,东西长约 1000 km。整个盆地边缘分布着大小不等的众多人工绿洲,主要有库尔勒弧形绿洲、阿克苏绿洲、喀什绿洲、叶尔羌绿洲、和田绿洲等,它们都