

古尔班通古特沙漠环境研究

Environments of Gurbantünggüt Desert

钱亦兵 吴兆宁 等 著

457.3



科学出版社

www.sciencep.com

古尔班通古特沙漠环境研究

钱亦兵 吴兆宁 等 著

国家重点基础研究发展计划（973）项目（2009CB825105）资助出版

科学出版社

北 京

内 容 简 介

本书系统论述了我国最大的固定、半固定沙漠——古尔班通古特沙漠的环境特征。书中介绍了准噶尔盆地的古地理轮廓和古尔班通古特沙漠形成的古地理环境,分析了古尔班通古特沙漠气候特点及变化趋势,描述了沙漠中主要沙丘类型及分布,揭示了古尔班通古特沙漠沙物质的来源和沉积学特征以及风沙土的理化性状,探讨了沙漠植被的生态学特征和生态功能及经济价值,基于3S技术和景观生态学原理分析了近20年来沙漠的景观格局变化及其驱动因子,总结了沙漠植被恢复重建的实践经验,并提出沙漠环境保护对策。

本书可供从事干旱地区及沙漠研究工作的地理、地质、林业、环境与工程建设等方面的科技工作者、生产管理人员及高等院校师生参考。

图书在版编目(CIP)数据

古尔班通古特沙漠环境研究/钱亦兵等著. —北京:科学出版社, 2010.7
ISBN 978-7-03-028281-1

I. ①古… II. ①钱… III. ①沙漠-环境-研究-新疆 IV. ①P942.457.3

中国版本图书馆CIP数据核字(2010)第132834号

责任编辑:朱海燕 文 杨/责任校对:刘亚琦

责任印制:钱玉芬/封面设计:王 浩

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

*

2010年7月第 一 版 开本:787×1092 1/16

2010年7月第一次印刷 印张:13 插页:2

印数:1—1 500 字数:290 000

定价:68.00元

(如有印装质量问题,我社负责调换)

序

我国是世界上沙漠分布最多、沙漠化危害严重的国家之一。沙漠广袤千里，绵亘于西北、华北北部和东北西部。沙漠地区沙尘暴频发，流沙蔓延，给当地及周边地区的生产和民众的生活带来极大的危害，严重制约着社会经济的可持续发展，成为全国性的重大生态环境问题。

我国党和政府十分重视沙漠的治理和改造。1958年11月，党中央和国务院在内蒙古呼和浩特召开了西北和内蒙古六省（区）治沙会议，研究部署全国治沙工作。1959年3月，中国科学院成立了治沙队，开展了大规模的沙漠综合考察和治沙试验研究。准噶尔盆地的古尔班通古特沙漠是我国仅次于塔克拉玛干沙漠的第二大沙漠，是我国唯一受大西洋冷湿气流影响的沙漠，也是我国西北干旱区九大沙漠中唯一的固定、半固定沙漠。其独特的沙漠环境特征，备受国内外学者的关注，被专家视为世界温带沙漠中具有最为丰富的植物物种与基因资源的典型地区。然而，对古尔班通古特沙漠的研究，自1959年中国科学院治沙队组织了准噶尔沙漠考察队（队长为著名植物学家胡式之教授，我和郑度院士、沈观冕教授等都为考察队成员之一），对其进行了一次比较全面、系统的多学科综合考察研究后，虽有一些地矿、石油、水利、气象等部门的专家、学者，相继来到这里，进行过专项研究，但再也没有对沙漠的生态环境（包括风沙地貌、气候、水文、植被和土壤等）特征和变化，做过系统、全面的综合研究。近几年，钱亦兵研究员等对古尔班通古特沙漠最近二十多年来的调查、试验成果，进行了一次集成研究及较全面和系统的总结，撰写了这本《古尔班通古特沙漠环境研究》科学专著。

钱亦兵研究员毕业于比利时王国根特大学沙漠学专业，获硕士学位，在中国科学院新疆生态与地理研究所多年从事沙漠与沙漠化研究，有扎实的理论功底和丰富的实践经验，二者的有机结合乃有创新力作。该书系统地论述了准噶尔盆地的古地理轮廓和古尔班通古特沙漠形成的古地理环境，分析了沙漠气候特点及变化趋势；描述了沙漠中主要沙丘类型及分布；揭示了古尔班通古特沙漠沙物质的来源和沉积学特征以及风沙土的理化性状；揭示了沙漠植被分布格局与生境的关系。应用3S技术和景观生态学原理分析了沙漠近20年来的景观格局变化及其驱动因子，总结了沙漠植被恢复重建的实践经验，并提出了沙漠环境保护对策等。

纵观全书，不难看出，这部著作内容丰富，资料翔实，图文并茂，既有广度又有

深度，既运用传统研究手段和经典理论，又拓展新方法和产生新认识，不失为一本理论与实践紧密联系的我国沙漠研究的优秀科学专著。我深信，该书的出版，必将对我国沙区的生态环境建设和社会经济可持续发展具有重要作用。

吴 正

2009年10月20日于广州

前言

新疆维吾尔自治区是我国拥有沙漠面积最大的省区，沙漠面积约 43.81 万 km^2 ，占全国沙漠面积的 54%。其中，位于北疆准噶尔盆地的古尔班通古特沙漠是我国最大的固定、半固定沙漠，面积 5.113 万 km^2 。准噶尔盆地呈不等边三角形，大体为山地封闭，南部以高大的天山为界，西部为准噶尔西部山地，东部为卡拉麦里剥蚀高原和阿尔泰山，与外界相通的低地有西部的额尔齐斯河谷，塔城盆地老风口和阿拉山口—艾比湖湖盆，以及卡拉麦里剥蚀高原与东天山之间的宽谷。古尔班通古特沙漠就位于盆地的中南部，四周为戈壁荒漠环绕，尤以北部和东部的戈壁分布最为广泛。本书涉及范围主要为古尔班通古特沙漠主体，包括四片沙漠：即北部的阔布北—阿克库姆沙漠、中部的德佐索腾艾里松沙漠、西部的索布古尔布格莱沙漠与东部的霍景涅里辛沙漠。

古尔班通古特沙漠属于典型温带荒漠，是我国唯一受大西洋冷湿气流影响的沙漠。它以年内降水相对均匀的干旱气候，占绝对优势的固定、半固定沙丘（沙垄）风沙地貌类型，较为丰富的动植物种群，以及脆弱易损的荒漠生态系统为基本特征。该沙漠的典型性不仅表现为与中亚大部分地区及中国西北部有相似的地理环境和气候条件，还表现为沙漠区生长的植物种类较多，植物区系既有亚洲中部成分，亦有地中海成分和里海—哈萨克斯坦—蒙古成分，与周边沙漠区有很强的可比性。正是由于这些特点，古尔班通古特沙漠被专家学者们称为世界温带沙漠中具有最为丰富的植物物种与基因资源的典型区域。

在 20 世纪 50 年代以前，关于古尔班通古特沙漠的研究比较贫乏，多是一些外国旅行家，特别是俄国旅行家对古尔班通古特沙漠的记载。我国对古尔班通古特沙漠进行详细研究始于 20 世纪 50 年代。1951 年新疆石油管理局对准噶尔盆地进行以寻找储油构造为主的地质勘探，同时对沙地地貌作了简要描述。之后开展的 1:6 万航空测量对古尔班通古特沙漠地貌研究提供了较有价值的资料。中国科学院新疆综合考察队在 20 世纪 50 年代先后对准噶尔盆地西部和北部进行了地貌和第四纪地质调查，编制了地貌图与第四纪沉积类型图。1959 年中国科学院治沙队组织的沙漠综合考察，三次纵穿古尔班通古特沙漠，发现其植物区系丰富，是一个固定、半固定状态的沙漠。考察队以报告和论文的形式提出沙漠改造和利用的初步意见，使人们第一次较完整、较系统地认识了古尔班通古特沙漠，为改造治理和开发利用沙漠提供了科学资料和依据。在以后的沙漠考察过程中，有关部门开始建立定位观测试验站（莫索湾治沙站、精河治沙站），继续观测沙漠自然环境和风沙灾害状况的同时，将重点逐渐转移到研究沙漠利用与危害治理的技术和方法上。

进入 21 世纪,随着中国环境问题的日益严峻和科学技术研究资金的大量投入,专项研究不断深入,如生物结皮对种子植物的影响、线性沙丘的沙面稳定性、荒漠梭梭对草本层植物的保护效应、大范围植物空间分布及与环境关系的定量研究等。

本书是在紧迫的环境保护形势下和由此而形成的学术研究氛围中应运而生,它是作者多年工作的理论和经验积淀,也是众人辛勤劳动和集体智慧的结晶。全书共分 6 章,第 1 章介绍了准噶尔盆地的古地理轮廓和古尔班通古特沙漠形成的古地理环境,分析了古尔班通古特沙漠周边地区 50 年来和沙漠内部近几年的气候特点及变化趋势,描述了沙漠中不同沙漠小区的主要沙丘(垄)类型及分布特征。第 2 章从沉积学的角度,讨论了古尔班通古特沙漠沙的粒度、矿物及石英沙形态和表面微结构特征。第 3 章论述了风沙土的理化性状、分布特征及空间异质性。第 4 章探讨了沙漠植被的生态学特征,包括植被组成、群落演替、分布格局和空间异质性,以及其与生境的关系。第 5 章基于 3S 技术和景观生态学原理分析了沙漠近 20 年来的景观格局变化,并从多角度分析了驱动因子。第 6 章分析了人类活动对沙漠植被的影响,总结了沙漠植被恢复重建的实践经验,并提出沙漠环境保护对策。以上内容系统论述了我国最大的固定、半固定沙漠——古尔班通古特沙漠的环境特征,为丰富我国沙漠科学的基本理论提供实例,为沙漠自然资源的合理利用、风沙危害的防治和沙漠生态环境的保护提供科学依据。

本书各章写作分工为:第 1 章由钱亦兵、吴兆宁和李崇舜撰写;第 2 章由钱亦兵和吴兆宁撰写;第 3 章为钱亦兵、吴兆宁、杨海峰和蒋超合作撰写;第 4 章由钱亦兵、张立运和吴兆宁撰写;第 5 章由蒋超和钱亦兵撰写;第 6 章由钱亦兵、张立运和吴兆宁撰写。全书由钱亦兵和吴兆宁统稿。杨海峰和张海燕完成了书中气象数据的处理工作,蒋超、杨海峰和王忠臣参与了文中一些图件的编制。

本书在撰写过程中得到中国科学院新疆生态与地理研究所周兴佳研究员的大力支持和热心帮助,周先生不仅提出建设性意见和无私提供珍贵资料,而且是某些章节所涉野外工作的领导者和主要参加者,为此向他深表敬意和由衷的感谢。还要感谢吴正先生为本书作序及对作者的热情鼓励。感谢中国科学院新疆生态与地理研究所阜康荒漠生态国家野外科学观测站和莫索湾沙漠研究站提供有关气象资料。另外,蒋进研究员、唐立松博士、王小燕和李有民硕士分别参加了部分野外实地调查、观测和取样工作,为本书的撰写作出了贡献。赵锐锋博士对于某些数据的处理和部分图件的编制提供了帮助。科学出版社的朱海燕女士支持了本书的出版,文杨先生有序而细致的编辑工作保证了本书的质量,在此并致谢意。

限于作者水平,书中可能出现不足之处,恳请批评指正。

作 者

2010 年 2 月

目 录

序

前言

第 1 章 自然地理概况	1
1.1 准噶尔盆地的古地理轮廓	1
1.2 古尔班通古特沙漠形成的古地理环境	2
1.3 气候	4
1.4 水文	15
1.5 风沙地貌	16
第 2 章 沙物质的沉积学特征	26
2.1 分区和分析方法	26
2.2 沙物质的粒度特征	32
2.3 沙物质的矿物成分	47
2.4 石英沙形态及表面微结构	55
第 3 章 风沙土理化性状	63
3.1 主要参数和分析方法	63
3.2 风沙土的质地组成及容重	64
3.3 风沙土的水分及空间变化	66
3.4 风沙土的盐分及 pH	76
3.5 风沙土的养分	81
3.6 沙漠南部风沙土盐分、养分空间异质性	84
3.7 风沙土主要化学成分及微量元素	89
第 4 章 沙漠植被	96
4.1 植物区系组成及特点	96
4.2 植被组成及特征	102
4.3 植被分布及其与环境的关系	110
4.4 植被与沙丘活动类型及稳定状态的关系	144
第 5 章 沙漠景观格局及变化	147
5.1 遥感数据来源、解译和分类系统	147
5.2 景观格局指标的选取与计算	154
5.3 景观格局变化	158

第 6 章 沙漠植被的人为影响及恢复重建	176
6.1 人为活动对沙漠植被影响的主要方式	176
6.2 受损植被的恢复与重建	180
6.3 草地植物资源分布及合理利用	186
主要参考文献	189
照片	

CONTENTS

Foreword

Preface

Chapter 1	General physical geography	1
1.1	Paleo-geographic outline of the Junggar Basin	1
1.2	Paleo-geographic environment of the Gurbantünggüt Desert formation	2
1.3	Climate	4
1.4	Hydrology	15
1.5	Wind-blown sand landforms	16
Chapter 2	Depositional characteristics of sandy materials	26
2.1	Divided deserts sub-regions analysis methods	26
2.2	Grain-size characteristics of sandy materials	32
2.3	Mineral compositions of sandy materials	47
2.4	Morphology and micro-textures of quartz sands	55
Chapter 3	Physical and chemical properties of eolian sandy soils	63
3.1	Main parameters and analysis methods	63
3.2	Texture and bulk density of eolian sandy soils	64
3.3	Spatial distribution and variation of eolian sandy soil moisture	66
3.4	Salt content and pH value of eolian sandy soils	76
3.5	Nutrients of eolian sandy soils	81
3.6	Spatial heterogeneity of soil salts and nutrients on longitudinal dunes in the southern desert	84
3.7	Chemical composition and trace elements of eolian sandy soils	89
Chapter 4	Vegetation of the desert	96
4.1	Composition and characteristics of flora	96
4.2	Composition and characteristics of vegetation	102
4.3	Vegetation pattern and vegetation-environment relationship	110
4.4	Relationship between vegetation cover and sand dune movement and stabilization	144
Chapter 5	Landscape pattern of the desert and changes	147
5.1	Source and interpretation of remote sensing data and classification system	147

5.2	Selection and calculation of landscape pattern indices	154
5.3	Spatial changes of landscape pattern	158
Chapter 6	Impacts of human activities on vegetation and restoration	176
6.1	Impact of human activities on vegetation	176
6.2	Restoration and rehabilitation of disturbed vegetation	180
6.3	Distribution of desert grassland resources and utilization	186
References		189
Photos		

第1章 自然地理概况

古尔班通古特沙漠位于我国北方沙漠及沙漠化地带最西北部的准噶尔盆地中南部($44^{\circ}11' \sim 46^{\circ}20'N$, $84^{\circ}31' \sim 90^{\circ}00'E$), 面积 5.113 万 km^2 (钟德才, 1998), 约占全国沙漠总面积的 6.3%, 是我国最大的固定、半固定沙漠。古尔班通古特沙漠因其深处内陆, 距离海洋均在 3000km 以上, 而成为世界上离海洋最远的大型内陆沙漠。

1.1 准噶尔盆地的古地理轮廓

古尔班通古特沙漠的形成与演变过程与准噶尔盆地的形成和演化过程密切相关。所以, 了解准噶尔盆地地质地理环境变迁对于认识古尔班通古特沙漠特殊环境的形成有重要意义。

准噶尔盆地曾是古亚洲洋盆中漂移着的中间地块。其具有混杂十多亿年前老地壳物质的结晶基地(王福同, 2006)。中一新元古代, 陆壳围绕着准噶尔古陆核不断扩大增生。新元古代末至早古生代初, 作为古亚洲洋中支的准噶尔洋处于重要的扩张和俯冲阶段, 而包括准噶尔地块在内的一些小型地块则通过弧盆积极增生。终于, 这些地块在早古生代拼贴在一起, 形成准噶尔-哈萨克斯坦板块。这个过程全面终结于泥盆纪末。至此, 古亚洲洋大为缩小, 中支的准噶尔洋在准噶尔古陆块南部闭合, 在古陆块北部转变成规模较小的斋桑-额尔齐斯洋。晚古生代中晚期, 准噶尔陆块仅在残余洋盆的基础上两次拉张, 形成有限洋盆, 或是裂谷、裂陷槽及上叠盆地。石炭纪末至早二叠世, 由于残余开放型海相盆地的收缩闭合, 以及周边沉积区的相继褶皱隆起成山, 准噶尔地区开始向封闭型内陆盆地转化。

中—新生代, 准噶尔盆地的轮廓已经清晰。由于发育大量陆内拗陷和断陷盆地, 故断拗盆地构成了这一时期准噶尔盆地的主体。特别是进入新生代, 准噶尔盆地逐渐转变为挤压构造环境, 主要受控于北天山的隆升与向北的逆掩冲断作用。北天山自新近纪以来的强烈隆升和准噶尔盆地南缘边界断层的右行走滑, 使盆地在新近纪至第四纪更新世处于压扭性构造环境, 故在盆地南缘接受 2000~3000m 粗碎屑堆积的同时, 沉降中心略向北移并渐次西迁。盆地南厚北薄的地质结构在古近纪已成雏形。南部发生大幅度的挠曲沉降, 而石英滩—三个泉一带则形成北西-南东向隆起, 将乌伦古拗陷与前陆拗陷相分隔, 使盆地边缘二叠系及其以上地层的剥蚀区扩大。新近纪的压扭作用进一步强化了这种隆拗格局, 使盆地急剧向南掀斜(钱亦兵等, 2001; 何登发等, 2005)。

第四纪以来, 盆地中仍继续着差异性断块升降运动和掀斜作用。盆地北部的隆起

使古近系和新近系的一些红色岩层裸露。中部坳陷（位于北玛纳斯东西向活断层以北）仍在沉降，幅度达 150~350m。盆地南缘的乌鲁木齐坳陷（为阿拉山口-清水河子断层与北玛纳斯断层控制的继承性断陷），自早更新世向东发展，沉降幅度达 1000~2000m，受天山强烈隆起影响，断陷南部逐渐演变成北天山隆起的一部分。断陷北面的西湖隆起、独山子背斜、安集海背斜、玛纳斯背斜以及呼图壁隆起均属新构造隆起，隆升幅度最大约 200m。这些隆起的北面则形成新的坳陷，中心在安集海附近，沉降幅度约 500m（柏美祥，1985）。

1.2 古尔班通古特沙漠形成的古地理环境

古近纪，准噶尔盆地北部卡拉吉拉植物群的成分和植物结构特征以及盆地南部的孢粉组合，反映出当地具有暖温带-亚热带的较潮湿气候（王福同，2006），并且一直为内陆河流湖泊沉积环境（中国科学院新疆资源开发综合考察队，1994）。

新近纪，天山、青藏高原和中亚其他山地的隆升，改变了欧亚大陆大气环流的运移，气候变干变凉，并以变干更为显著。准噶尔南缘的孢粉组合反映出的植被景观由暖温带针叶、阔叶混合林转变为温带针叶林、落叶林草原，进而转变为温带稀疏落叶林—荒漠草原（王福同，2006）。这一时期盆地主要是河流相沉积为主的河湖相沉积环境。

早更新世，昆仑山、天山和阿尔泰山发生强烈断块上升成为高山，阻挡了外来水汽，使气候进一步向着干旱发展。早更新世末期新构造运动异常剧烈，使山麓地带的巨厚砾石层发生强烈褶皱和抬升，加剧了山地与盆地之间的高差，盆地萎缩，内陆性加强，干旱加剧。盆地中的湖泊相应萎缩，盆地中部出露细砂土、亚砂土和砂质黏土的冲积-湖积平原上形成了沙漠（中国科学院新疆资源开发综合考察队，1994）。新近纪喜暖湿的阔叶乔木近于绝迹，灌木和草本占绝对优势，荒漠草原和荒漠不仅在平原发育，而且逐渐向山区发展。

中更新世，沉积环境是早更新世环境的继续和发展。柴窝堡钻孔资料显示，岩性以洪积相和湖积相交替出现。研究表明，新疆更新世冰期气候寒冷干燥，主要形成黄土层和洪积层。间冰期气候相对温暖湿润，古土壤和湖积层发育。钻孔资料反映中更新世的气候存在更加明显的波动性。730ka BP 至晚更新世（120ka BP），盆地出现了 5 次较大的干湿冷暖（温）气候波动。即 730~550ka BP，气候冷干；550~400ka BP，气候温湿；400~300ka BP，气候冷干；300~200ka BP，气候温和略湿；200~120ka BP，气候冷干。400ka BP 以来，盆地中植被以灌木和草本植物占优势，其中又以盐生和旱生的种属为主，反映了一种干旱-半干旱的气候环境。

晚更新世，随着青藏高原及其周边地区继续整体性抬升，加速了盆地干旱化进程。戈壁砾石、风积沙和黄土堆积广泛发育（彭希龄，1985），形成典型的荒漠景观。但柴窝堡钻孔资料显示，在整体干旱的背景上仍存有湿润气候期。120~75ka BP，气候相对温湿，为末次间冰期。高山有茂密的森林，山地与平原过渡区为疏林草原，平原区

为草原。75~12ka BP 为末次冰期,是干冷气候期,出现冰缘草原(韩淑妮,叶玮,1985)。

全新世,艾比湖剖面显示北疆气候存在着波动性。12~8.5ka BP,干凉气候期,木本树种中松、桦树有所增加,盆地南缘为灌木草原环境。8.5ka BP 之后,气温上升,针叶林繁盛,阔叶林中多见栎、栗和胡桃等湿性树种。其中,8.5~7ka BP 具温和而湿润气候条件,7~6ka BP 出现温干气候,6ka BP 之后湿润程度增加,土壤层发育,植被繁茂,山前为阔叶林草原(韩淑妮,1985),是气候适宜期。3~2ka BP 受新冰期冰进影响,气候寒冷但湿润。2ka BP 之后,木本植物比例下降,干旱荒漠景观加强(中国科学院新疆资源开发综合考察队,1994)。古尔班通古特沙漠西南缘莫索湾全新世地层剖面反映古尔班通古特沙漠自全新世(10ka BP)以来经历了至少8次沙漠固定、缩小的逆转过程和8次沙漠活化、扩大的正过程,平均周期1.25ka。对应的气候变化和时代为:干冷多风(10760±330a BP)—温凉稍湿(9460±240a BP)—温暖湿润(7070±180a BP~4850±190a BP),间有短暂的凉干—冷干—冷干波动—四次冷干和温凉湿润的波动(大约从4400~450a BP)—相对寒冷(小冰期,450a BP 至今)(陈惠忠等,2001)。

综上所述,由于天山、阿尔泰山、青藏高原和中亚其他山地始于新近纪的大幅隆升或断块上升,阻挡了东南、西南湿润季风和外来的大部水汽,准噶尔盆地和新疆其他地区一样,气候变干变冷,形成了向干旱化方向发展的环境变化趋势。尽管出现过一些温湿气候期,但都属于整体干旱背景上的小幅气候波动。除了干旱气候外,沙漠形成的必要条件还有物质来源。古尔班通古特沙漠沙的物源复杂多样。主要有古河湖相细粒沉积物,如河流冲积和湖积物中的细砂土、亚砂土和砂质黏土等。还有准噶尔盆地内隆起地带的基岩风化产物。其次是现代河湖相沉积,干涸的河流及湖泊为现代沙漠源源不断地提供着沙物质(吴正,1962;钱亦兵等,2001)。

古尔班通古特沙漠形成的时代悬而未决。有人推测可能在早更新世出现了该沙漠雏形(中国科学院新疆资源开发综合考察队,1994)。有人指出中更新世在广泛的河湖相沉积基础上,盆地北部和东部已经出现了古风成沙堆积(王贵勇,2000)。也有人认为晚更新世伴随戈壁砾石层的堆积,风沙和黄土广泛发育(彭希龄,1985)。另有研究者提出沙漠主要形成期为全新世(新疆维吾尔自治区地质矿产局,1985)。虽然关于古尔班通古特沙漠形成时代的确定尚缺少有力的证据支持,但一些地质地理现象却可为其形成大致时代的判断提供相关信息。在准噶尔盆地,从北向南呈现出由戈壁砾石经沙漠到黄土堆积的地理分布特点(冯先岳,吴秀莲,1981)。这似乎是风力搬运、分选和沉积的结果。当今准噶尔盆地低空环流形式主要是冬季西伯利亚-蒙古高压控制下在古尔班通古特沙漠东北部、中部盛行的东北风和1500m 低空西风气流北支西风控制下在盆地西部和南缘盛行的西北风和偏西风(吴正,1962;叶玮,2001),以及夏季印度热低压影响下盆地中盛行的西北风。中高空则主要受西风急流控制:冬季沙漠区受西北向温带急流(北支激流)影响,夏季副热带急流(南支激流)向北跃移,影响范围可达天山上空或准噶尔盆地南部(王贵勇,2000;魏文寿,2000)。Sun 在探讨塔克拉

玛干沙漠形成时代的研究中注意到, 塔克拉玛干沙漠 5.3Ma 前的沙丘移动方式及沙物质在风力作用下的传输方向和现在基本一致 (Sun and Liu, 2006)。新近纪以来, 受周边山系隆升影响, 塔里木盆地和准噶尔盆地有着近于同步的气候变化过程。由此可以认为, 现在准噶尔盆地中盛行的 NE (或 NNE)、NW 和偏 W 风系应和上新世盆地中低空环流形式相差无几。在新近纪晚期以来的这种气流场和干燥气候环境中, 准噶尔盆地中的沙漠主体——古尔班通古特沙漠与盆地南缘及天山北坡的黄土必然存在着成因联系 (张鸿义等, 1985), 即在风力作用下, 粗颗粒物短距离迁移和堆积形成沙漠, 细物质飘移至山麓地带沉积形成黄土。位于天山北坡的沙湾牛圈子黄土剖面, 最深处黄土热释光年龄为 285 ± 26 ka BP, 属中更新世晚期。但剖面图中显示, 该层黄土未见底 (中国科学院新疆资源开发综合考察队, 1994)。而在沙湾县东湾镇西南约 2km 处的清水河最高阶地上, 有研究者根据黄土剖面中古地磁的 B/M 界限、光释光测年及黄土-古土壤的沉积速率判断, 该剖面形成年龄为 0.8Ma BP (史正涛等, 2006)。由此将该地区黄土堆积的时代向前推进到中更新世初期或早更新世末期。这就意味着与天山北坡黄土有成因联系的古尔班通古特沙漠的出现应该早于中更新世。

1.3 气 候

古尔班通古特沙漠深居欧亚大陆腹地, 远离海洋, 故具有大陆性干旱气候特征。然而, 准噶尔盆地西部和西北部山地的豁口和谷地, 为西来湿润气流提供了通道, 在盆地和沙漠中形成一定降水。所以, 该沙漠又是我国唯一受盛行西风带强烈影响的沙漠。

本节借助沙漠周边地区——北部福海、西部克拉玛依、西南莫索湾、南部蔡家湖和阜康、东南吉木萨尔气象资料, 以及沙漠南部自动气象站的资料, 讨论沙漠周边及内部近年气候状况和变化特征。

1.3.1 气温、降水及蒸发

沙漠周边地区年均气温 $4.15 \sim 8.47^{\circ}\text{C}$, 夏季最热月 7 月的均温为 $25.5 \sim 30.3^{\circ}\text{C}$, 极端最高气温 44°C 。冬季最冷月 1 月的均温为 $-22.7 \sim -26.8^{\circ}\text{C}$, 极端最低气温 -42.7°C (表 1.1)。上述气温参数中的最低值均出现沙漠北部的福海, 而最高值均出现沙漠西部的克拉玛依。有关研究指出 (魏文寿, 2000), 准噶尔盆地的降水分布规律是从盆地边缘向中心减少, 雨量等值线也是从盆地外围向中心减少, 并由西风气流产生的降水有从西南向东北减少的趋势, 但在此规律上亦存在着局地差异。据统计 (表 1.1), 沙漠周边地区平均年降水量 $120.94 \sim 128.66\text{mm}$, 平均年蒸发量 $1591.23 \sim 2335.00\text{mm}$, 蒸发量是降水量的 13~19 倍, 属典型的温带内陆干旱气候。沙漠南缘降水稍高, 北缘的福海蒸发量较低, 西缘的克拉玛依蒸发量最高。沙漠周边地区温度、降水和蒸发状况的差异, 是受盆地地形及附近山体影响所致。

表 1.1 古尔班通古特沙漠周边地区的气象数据

项目	漠北	漠西	漠西南	漠南		漠东南
	福海 (1958~2007 年)	克拉玛依 (1957~2007 年)	莫索湾 (1959~2007 年)	蔡家湖 (1959~2007 年)	阜康 (1971~2007 年)	吉木萨尔 (1961~2007 年)
年平均气温/℃	4.15	8.47	6.65	5.91	7.19	7.08
年极端最高气温/℃	40.00	44.00	43.10	43.90	41.50	41.60
年极端最低气温/℃	-42.7	-35.9	-42.8	-42.2	-37	-36.6
年降水量/mm	121.33	120.94	123.61	123.61	128.66	123.35
年蒸发量/mm	1591.23	2335.00	1940.59	1738.95	1764.40	2140.16
年平均风速/(m/s)	2.59	3.29	1.75	1.85	1.99	2.18
年大风日数/d	31.60	65.37	6.14	13.98	4.65	16.34

沙漠内南部阜康北沙窝和中南部自动气象站的气温监测数据显示：极端最高温分别为 43.75℃ 和 43.6℃（2004 年），极端最低温为 -39.12℃（2006 年）和 -33.6℃（2004 年）；最冷月均为 1 月，平均温度分别为 -19.59~-21.30℃ 和 -16.97~-20.85℃；最热月均为 7 月或 8 月，平均温度分别为 23.13~27.69℃ 和 25.66~27.21℃；年平均气温分别为 6.86~7.73℃ 和 5.51~7.66℃（图 1.1 和图 1.2）。上述两个野外自动气象站记录的气温在一些年份里（如 2003~2005 年）变化基本一致。

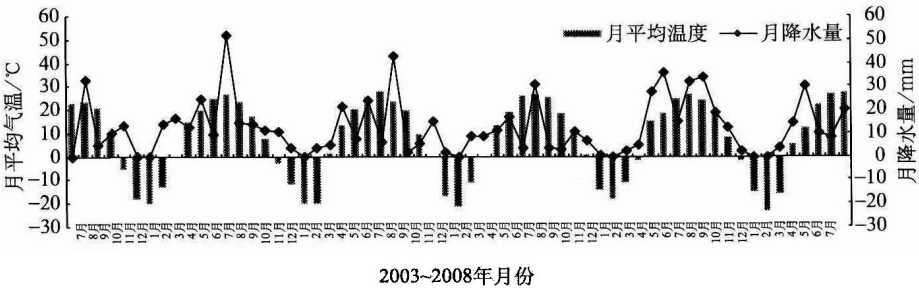


图 1.1 阜康北沙窝气温与降水月变化

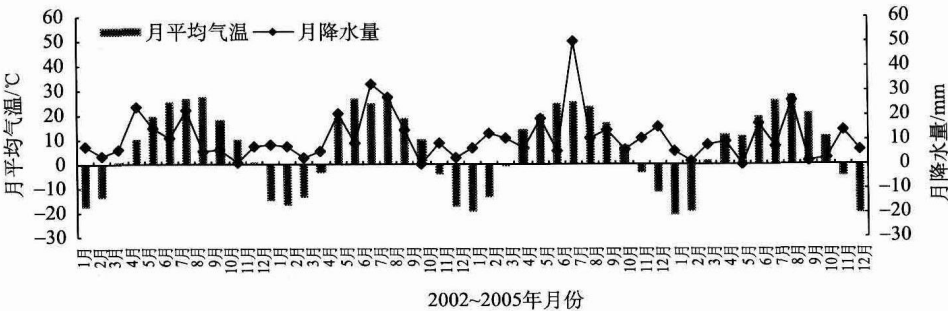


图 1.2 沙漠中南部气温与降水月变化

沙漠南部阜康北沙窝 2003~2008 年的年降水量为 102~185mm, 中南部 2002~2005 年的年降水量为 97~167mm。仅对比 2003~2005 年中的相同月份, 可以看到这两个野外自动气象站记录的降水量存在差异 (图 1.1 和图 1.2, 表 1.2), 表明降水受地形及下垫面等因素的影响空间变化较显著。沙漠南部、中南部和西南部年降水量及月季分配状况显示, 古尔班通古特沙漠年降水量虽然不多, 但各月都有一定数量的降水 (图 1.1 和图 1.2, 表 1.2), 并且夏季 (主要是 7 月、8 月) 降水量较多。古尔班通古特沙漠春季的降水量尽管少于夏季, 但冬季 10~30cm 稳定积雪的消融下渗, 大大提高了沙地的墒情, 给春季短命、类短命植物的发育提供了有利的生存条件。因此, 中国其他沙漠所特有的春旱现象 (耿宽宏, 1986) 在这里不明显, 这是古尔班通古特沙漠不同于我国其他沙漠的主要环境特征之一。

表 1.2 沙漠南部及西南部降水量及月季分配

地点	季节	春季			夏季			秋季			冬季			全年
	月份	3 月	4 月	5 月	6 月	7 月	8 月	9 月	10 月	11 月	12 月	1 月	2 月	
莫索湾 (1959~2007 年)	平均月降水量/mm	7.32	13.74	15.81	13.83	19.72	13.53	9.08	11.51	8.62	6.75	4.82	4.54	129.27
	季节分配/%	28.52			36.42			22.60			12.46			100
阜康北沙窝 (2003~2008 年)	平均月降水量/mm	9.60	20.52	19.08	11.96	28.20	23.80	9.30	9.88	8.63	1.35	0.04	6.38	148.74
	季节分配/%	32.19			45.12			18.73			3.96			100
沙漠中南部 (2002~2006 年)	平均月降水量/mm	6.42	12.61	15.00	8.27	25.87	14.90	9.03	2.50	10.09	8.10	5.82	7.61	126.22
	季节分配/%	25.00			42.04			16.16			16.80			100

古尔班通古特沙漠中南部年平均相对湿度 50%~60%, 5~9 月一般都在 45% 以下。年蒸发量在 2000mm 左右, 蒸发量一般大于降水量近 20 倍, 干燥度 (K_c) >4。

1.3.2 风况

如前所述, 位于准噶尔盆地腹部的古尔班通古特沙漠冬季在西伯利亚-蒙古高压控制下其东北部、中部盛行东北风, 西部和南缘盛行西北风和偏西风。夏季副热带高压影响下的西风气流从准噶尔界山各山口和峡谷 (阿拉山口、托里风口和额尔齐斯河谷) 进入盆地, 多有西北和近西风的性质 (吴正, 1962)。

古尔班通古特沙漠周围地区及内部因地理位置、地形地貌、水文及植被等因素的影响, 风力状况差异显著。由表 1.1 可以看到, 沙漠西缘克拉玛依地区年平均风速最大 (3.29m/s), 年大风天数远多于其他地区 (65.37d/a); 沙漠北缘福海年平均风速和年大风天数位于其后; 沙漠东缘吉木萨尔又逊之; 而沙漠西南、南缘年平均风速和年大风天数均明显较低和较少。

马淑红等 (2007) 利用古尔班通古特沙漠地区以及周围 20 个气象站 45 年 (1961~