

朱震达 陈治平 吴正 著
李钜章 李炳元 吴功成



塔克拉玛干沙漠 风沙地貌研究

科学出版社

塔克拉玛干沙漠风沙地貌研究

朱震达 陈治平 吴正 著
李钺章 李炳元 吴功成

科学出版社

1981

内 容 简 介

塔克拉玛干沙漠是我国最大的沙漠,也是世界上著名的大沙漠之一。本书是对这个沙漠进行调查研究的科学总结,是一部比较全面的区域性风沙地貌专著。全书按内容可分两部份。

第一部份,系统地讨论了塔克拉玛干沙漠风沙地貌形成发育的有关问题。根据野外考察、半定位观测和室内分析,对沙物质来源、风沙地貌的形成、沙丘形态特征和运动规律作了详细的定性和定量研究。

第二部份,讨论了塔克拉玛干沙漠风沙地貌分区及防止风沙的若干地貌问题,如绿洲附近沙丘移动问题、新垦荒地的土壤风蚀问题等。

本书可供从事干旱地区的地理、地质、林业、土壤、自然保护与道路建设等方面的工作人员和有关高等院校师生参考。

塔克拉玛干沙漠风沙地貌研究

朱震达 陈治平 吴 正 著
李钜章 李炳元 吴功成

科 学 出 版 社 出 版

北京朝阳门内大街 137 号

中 国 科 学 院 印 刷 厂 印 刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经营

1981年7月第一版 开本:787×1092 1/16

1981年7月第一次印刷 印张:7 1/4 插页:2

印数:0001—3,380 字数:163,000

统一书号:13031·1991

本社书号:2187·13—13

定 价: 1.60 元

Brief Introduction

The Taklamakan Desert is the largest desert in China as well as one of the famous largest deserts in the world. This book summarises the investigations and the scientific work done in the Taklamakan Desert. It is a comprehensive treatment on regional geomorphology of wind-drift sands.

The first part deals with the formation and development of geomorphology of wind-drift sands in a systematic way. Based upon the semi-location observation and laboratory analysis, a qualitative and quantitative analyses have been made in detail on the source of sand materials, the formation of geomorphology of wind-drift sands, the morphological features and the rule of movement of sand dunes.

The second part deals with several geomorphological problems about the division of geomorphology of wind-drift sands and the prevention of drift sands in the Taklamakan Desert, such as the movement of sand dunes near the oases and wind erosion of soil in the newly cultivated fields.

This book can be used as a reference book for the research workers of geography, geology, forestry, soil, natural protection and highway or railway construction, and for the teachers and students in the colleges and universities concerned.

目 录

第一章 绪言	1
第二章 第四纪古地理基本轮廓及沙漠沙物质特征	3
第一节 第四纪古地理轮廓	3
第二节 沙物质的机械与矿物组成	8
第三章 风沙地貌的形成发育和形态特征	27
第一节 与风沙地貌形成发育和分布有关的诸因素	27
第二节 风沙地貌形态特征	35
第四章 沙丘移动规律	56
第一节 沙丘移动的条件和影响沙丘移动的因素	56
第二节 各主要沙丘形态运动过程和动力学特征	65
第三节 沙丘移动的性质和强度	70
第五章 风沙地貌区划	81
第六章 防止风沙的若干地貌问题	96
第一节 灌溉绿洲附近的沙丘移动问题	96
第二节 新垦荒地的土壤风蚀问题	99
第三节 流沙对道路危害的性质及其防止问题	103
结论	107

STUDY ON THE GEOMORPHOLOGY OF WIND-DRIFT SANDS IN THE TAKLAMAKAN DESERT

CONTENTS

I. INTRODUCTION	1
II. GENERAL SITUATION OF QUATERNARY PALEOGEOGRAPHY AND CHARACTERISTICS OF SAND MATERIALS	3
a. General Situation of Quaternary Paleogeography	3
b. Mechanical and Mineral Composition of Sand Materials	8
III. THE FORMATION AND DEVELOPMENT OF GEOMORPHOLOGY OF WIND-DRIFT SANDS AND ITS MORPHOLOGICAL FEATURES	27
a. Factors Relating to the Formation, Development and Distribution of Geomorphology of Wind-drift Sands	27
b. The Morphological Features of Geomorphology of Wind-drift Sands	35
IV. THE RULE OF SAND DUNE MOVEMENT	56
a. The Conditions of Sand Dune movement and the Factors Affecting the Movement	56
b. The Process of Morphological Movement of Several Main Types of Sand Dunes and Their Dynamic Characteristics	65
c. The Nature and Intensity of Sand Dune Movement	70
V. GEOMORPHOLOGICAL DIVISION OF WIND-DRIFT SANDS	81
VI. SOME GEOMORPHOLOGICAL PROBLEMS OF PREVENTING SHIFTING SANDS	96
a. The Movement of Sand Dunes near the Irrigated Oases	96
b. Wind Erosion of Soil in Newly cultivated Fields	99
c. The Harmfulness of Drift Sands to the Highway or Railway and Their Prevention	103
CONCLUSION	107

第一章

绪言

塔克拉玛干沙漠位于我国最大的内陆盆地——新疆南部塔里木盆地的中央。北为天山,西为帕米尔高原、南为昆仑山,东为罗布泊洼地,是我国最大的沙漠,也是世界上著名的大沙漠之一,面积达 33.7 万平方公里¹⁾。从它的自然特征来看,在我国沙漠中有着它的独特性。首先是气候极端干旱,年降水量仅有 10—60 毫米,沙漠内部更低到 10 毫米以下,干燥度在 20 以上²⁾,不象其它沙漠那样年降水量一般在 100—400 毫米(其中巴丹吉林沙漠为 50—100 毫米),干燥度在 1.5—4。其次是流动沙丘大面积分布,占整个沙漠面积的 85%,不象其它沙漠那样流动沙丘面积仅在 50—70% 左右。第三是沙丘类型复杂,有 1/2 左右的面积都是高大的沙丘复合体(即不同形状的巨大沙丘体上又覆盖着许多次一级的沙丘),具有我国其它沙漠所罕见的沙丘形态,如金字塔沙丘、复合型沙垅、复合型沙丘链和穹状沙丘等,不象其它沙漠那样以一般常见的沙丘链、沙垅及灌丛沙堆为主(巴丹吉林沙漠除外)。正是如此,所以阐明塔克拉玛干沙漠风沙地貌的形成、发育和移动特征具有科学上的意义。虽然塔克拉玛干沙漠流沙面积大,景色荒凉,但在历史上沙漠的边缘地区曾经是我国通往西方各国的交通要道之一,这从塔克拉玛干沙漠内部河流沿岸及丝绸之路沿线广泛出现的汉唐文物遗址,如楼兰、精绝、喀拉屯等古城遗址,可见当时的盛况。目前沙漠边缘的绿洲仍是新疆重要的农业地区之一。但是也须指出,这些灌溉绿洲都位于沙漠边缘受到风沙的危害,正是如此,所以研究防止流沙对现有农业、交通的危害具有重要的实践意义。

由于塔克拉玛干沙漠条件极为艰苦,进行考察工作比较困难,因此过去对这样一个大面积的沙漠研究得很少。关于塔克拉玛干沙漠的记载最早见于“汉书”。在“汉书”地理志中有:“白龙堆,乏水草,沙形如卧龙”的记载。“周书”“西域传”中更对白龙堆的分布位置作了叙述:“鄯善,古楼兰所治,城方一里,地多沙鹵、少水草,北即白龙堆,西北有流沙数百里。”白龙堆即风蚀雅丹地貌,位于楼兰遗址罗布泊北部一带。对流沙的描述在“汉书”“西域传”中曾提及,在鄯善西北有流沙数百里,……。当时的鄯善位于阿尔金山山麓,现在的若羌、米兰附近,而流沙显然指塔克拉玛干沙漠而言。其后在“大唐西域记”里也有对塔克拉玛干沙漠的描述,如“于田东行人大流沙,人行无迹……”等等。所有这些虽然也说明在我国古代的著作中早已注意到了塔克拉玛干沙漠,但由于当时的历史条件,不可能对塔克拉玛干沙漠的自然现象作出科学的叙述和规律的探讨。

十九世纪八十年代以来,有不少外国人抱着不同的目的对塔克拉玛干沙漠地区进行了考察,如 Н. М. 普尔热瓦斯基 (Пржевальский), М. В. 彼夫佐夫 (Певцов), К. И. 博格达诺维奇 (Богданович), 斯文赫定 (Sven Hedin), М. 斯坦因 (M. Stein), Е. 诺

1) 此数字包括边缘的零星沙漠在内。

2) 系根据陈恩久等同志所列我国沙漠地区气候简表。

林(Norin)等。但是他们的工作有的只是一般性的旅行记载,有的是在对这一地区进行考古或地质的研究时,才涉及到一些自然地理特征的描述,对风沙地貌的研究很不够。二十世纪卅年代以来,我国学者陈宗器等曾在塔里木盆地东部和罗布荒原进行了考察,考古学家黄文弼等曾对塔克拉玛干沙漠边缘地区的古城遗址作了研究。

全面而综合的进行塔克拉玛干沙漠考察,还是在中华人民共和国成立以后的五十年代末期。中国科学院新疆综合考察队,对塔里木盆地进行了自然条件、自然资源的研究,中国科学院治沙队也曾对塔克拉玛干沙漠进行了考察和研究,不仅对沙漠边缘地区风沙严重危害的地方进行了调查,研究了防治的措施,同时也深入到沙漠内部进行考察,分析了全部的航空相片,因此取得的资料比较全面、系统,从而为治理沙漠提供了科学依据。

风沙地貌的野外研究工作于1959年至1963年进行,是上述沙漠综合考察研究工作的一个组成部份。采用的工作方法有下列三种:

1. 路线考察,包括地面和航空考察两种,行程共达3万余公里。
2. 室内航空相片的分析和实验室沙样的粒度及矿物分析。
3. 风沙运动规律的定位与半定位观测,包括莎车及皮山等地。

在上述这些方法中必须强调指出,在研究面积这样广大的沙漠地貌基本特征时,航空考察方法是具有重要意义的,只有这种方法才能清楚、无遗地反映出沙漠地貌的基本特征,不仅如此,而且还能揭示出它的形成分布规律和自然条件的关系。

本书便是以上述方法所收集到的资料为基础编著而成。由于沙漠面积广大,沙丘类型复杂,因此除了围绕沙漠边缘地区进行一般性考察外,工作进行较多的是在塔克拉玛干沙漠的西南部,至于沙漠内部的广大地区除了利用航空相片分析及航空考察外,地面的研究工作主要是在深入到沙漠中去的若干条主要河流的两岸地区,如和田河下游、克里雅河下游、尼雅河下游及罗布泊以西的库鲁克库姆等地。至于沙漠地貌的有些问题,如沙漠中央部份沙丘下伏地貌的成因、各种巨大沙丘复合体的形成发育和运动的动态过程及沙漠的形成年龄和第四纪时期环境变化等问题尚未进行研究,有待于今后继续工作。在讨论的内容上,由于塔克拉玛干沙漠风沙地貌主要表现为沙丘,所以本书所讨论的内容重点在沙丘部份。同时,工作重点是结合沙漠治理这一中心而进行的,所以对塔里木盆地的一般性干旱区地貌问题,在本书内没有加以讨论。

本书由朱震达、陈治平、吴正、李钜章四同志执笔,李炳元、吴功成¹⁾参加了沙漠地貌图的编制工作和航空相片的分析。在工作过程中新疆维吾尔自治区人民委员会、中国科学院新疆分院等单位曾予大力支持和协助,在此表示衷心的感谢。在野外工作过程中,北京师范大学地理系徐振付,沙漠研究室田裕钊等同志也给予了很大的帮助。本书大部份附图是由翁世良同志清绘,沙漠地貌图是由陆锦华同志清绘,沙样矿物分析由李长甫同志担任,野外测量是由寇新和、吕亚来等同志担任。上海师范大学地理系朱新轩、钱济丰,陕西师范大学地理系郭恒文等同志也参加了部份野外工作。照片冲洗和地图晒印,得到兰州沙漠研究所制图室同志的帮助,在此谨致谢意。由于本书撰写时间较早,且来不及作太大修改,加上我们的水平较低,文中错误和不当之处尚希大家批评指正。

1) 朱震达、吴正现在中国科学院兰州沙漠研究所工作。陈治平、李钜章、李炳元、吴功成现在中国科学院地理研究所工作。

第二章

第四紀古地理基本輪廓及沙漠沙物质特征

第一节 第四紀古地理輪廓

风沙地貌的形成、发育及其物质来源和第四纪时期古地理有着密切联系,因此有必要对塔克拉玛干沙漠的第四纪古地理的特征作简单的分析。但由于缺乏大量的沉积物钻探资料和古生物资料,因此,仅能提供出第四纪时期沙丘下伏地貌的特征,至于其形成发育的确切时代,因限于资料,尚待今后更深入地研究。

塔克拉玛干沙漠的基底是中国地台的一部分,据中国科学院地质研究所⁽¹⁾的研究,主要由三大构造单元组成:中部为奥依哈特台凸,其南为莎车台凹,北为库车边缘拗陷。莎车台凹和库车边缘拗陷在中新生代经受着强烈的凹陷,例如库车边缘拗陷中,中新世沉积的厚度达 9,000 米;但两个凹陷中的沉积相却有很大不同。在早第三纪时莎车台凹中具有海相地层,直到早第三纪之后,经强烈的褶皱上升,才转为陆相沉积区域;而库车边缘拗陷始终为陆相沉积区域。两个凹陷之间的奥依哈特台凸是微微隆起的基台组成的丘陵地形,在晚第三纪以后,凹陷褶皱升起,奥依哈特台凸也产生了大规模的断裂和陷落活动,例如塔克拉玛干沙漠本部与罗布泊之间的地势阶梯就是这样形成的,前者高度为 1,000—1,200 米,后者(罗布泊区域)高度为 780—820 米。

关于塔克拉玛干沙漠区域第四纪古地理特征,前人的看法主要有三种:一种是海成的,以 B. B. 舒莫夫为代表,即认为整个塔里木盆地是一个大海,现在的罗布泊是这个海向东退缩的结果,而塔克拉玛干沙漠东部的巨大沙丘呈向西突起的弧形排列,便是海水退缩过程中的岸线经改造而成的。B. B. 舒莫夫认为这个海包括了噶顺戈壁和哈密-吐鲁番盆地,时间为早更新世,也就是说塔克拉玛干沙漠下伏地貌是一个海成平原。海面曾达到 1,250 米的高度。另一种看法认为第四纪时塔里木盆地部分地区曾为湖泊所占据,以 E. 那琳与 B. M. 西尼村为代表。如 E. 那琳于 1932 年指出,在第四纪后期塔克拉玛干中部为一巨大的淡水湖,四周河流环注,带下来的物质填充在湖里,以后湖泊逐渐变干。B. M. 西尼村则进一步证明了它的存在,认为上第四纪湖泊类型的沙和粘土,可见于从且特喀尔到麻扎塔格的玉龙喀什河的陡岸,也可见于盆地的西部边缘地区,类似的沉积尚可见于克里雅河的河谷中,乌松达吉、唐唐乌辽克等古居民点附近,及皮山向北的喀拉库姆沙漠中。在麻扎塔格东部的南坡,还保存着湖泊侵蚀活动的痕迹,并分布着湖泊沉积的残余。因此认为湖或湖群占据了塔里木盆地的西南部,它的北界达麻扎塔格的山麓,南界接近和田、皮山绿洲的边缘。第三种看法认为塔克拉玛干沙漠下伏的地貌是由河流的冲积物所组成的,可以 B. A. 费道洛维奇为代表。

现在就我们进行的野外考察、航摄影片分析所获得的资料,将整个沙漠地区分成为昆仑山北麓及塔克拉玛干沙漠南部地区,天山南麓及塔里木河沿岸的沙漠北部地区,和东部

罗布泊地区等三部分,分别来讨论其下伏地貌的基本特征。

1. 昆仑山北麓及塔克拉玛干沙漠南部地区

在昆仑山北麓有十多条较大的河流程度不同地深入沙漠,它们的共同特点是:一出山口,由于坡度迅速减小,河流所携带砾石和沙子的能力大大减小,而发生大规模的沉积,形成了一个冲积扇。其中水量较小的河流,就在出山口的冲积扇上消失。例如皮山的杜瓦河、于田的阿羌河……等。而水量较大的河流,在山前冲积扇上大量渗漏之后,还有足够的水量冲过冲积扇,在其下部的平原上形成三角洲(如克里雅河),或汇入其它河流(如和田河、叶尔羌河等)。

航摄像片及野外调查的资料表明,山口的冲积扇有下列特点:它的上部坡度较陡,一般达 $6-8^{\circ}$,由砾石组成,向下坡度渐小,一般为 $1-2^{\circ}$,主要由沙和粘土组成。在冲积扇上水文网常以山口为起点作扇状向外散开。冲积扇具有迭置的特点,由不同年龄的多级冲积扇迭置而成。经调查证明,在塔克拉玛干西南的皮山、和田和民丰一带有五级冲积扇。这些冲积扇级数相同,说明第四纪时期在昆仑山北麓地貌演变及新构造运动特点的相似性。

多级冲积扇地貌在皮山地区是很显著的,其最大范围可以直达麻扎塔格的南麓。在皮山绿洲以南,地面由砾石组成,在第四纪时期,这里不但遭受到强烈的上升,而且还被两列新的背斜隆起所变形,在地貌上很清楚的反映着新构造运动的特点。当伙什塔克河通过背斜的时候,特别在第二列背斜区域,河流两岸形成了五级阶地。而在背斜以北这五级阶地扩展为五级冲积扇。据新疆地质局资料,其中最高级的冲积扇,由 $N_2 + Q_1$ 的砾石层组成。第二级冲积扇呈扇状分布在山前平原之上,并远远深入到沙漠的内部,但其在绿洲以北的部分,地面完全由沙和粘土所组成,现在洪水已不能到达,仅遗留了一个很完整的扇形古河道网,古河道在绿洲以北,深入沙漠长达80公里左右;在这古河道区域的前缘,无论其地面覆盖的沙丘类型和高度上都有一条很清楚的界线,勾画出第二级冲积扇的轮廓。至于较新的洪积冲积扇,分布范围很小,其范围大致和目前绿洲范围相当。

昆仑山中段山前的民丰、且末一带,冲积扇地貌的特点与皮山地区基本相同。但在冲积扇前端出现北民丰隆起,河流切过隆起又向外形成新的冲积扇。隆起在某些地区(如民丰以东)虽已为沙丘所覆盖,地表形态不明显,但从这些新冲积扇的顶点均处于同一线上的情况,可以说明北民丰隆起继续向东延伸。

在昆仑山北麓冲积扇的组成物质中,普遍分布着作为干燥气候标志的石膏层,其中以第四级冲积扇上最为典型,例如在叶城以南山前隆起与山地之间的向斜谷地中,在 $N_2 + Q_1$ 的砾石层以上的剖面中,有两层石膏层和洪积物的交替沉积,从下向上为:(1)含石膏的砾石层,厚23厘米;(2)洪积亚沙土层,厚80厘米;(3)石膏层10—12厘米。和田—皮山间的洪积扇顶部的剖面上同样可以看到这种特征:(1)石膏层,厚65厘米;(2)洪积层,厚1米;(3)石膏层,厚1.1米。有些地方厚层的石膏层形成多角形的龟裂地,或形成很多穹起的小阜。

此外,在昆仑山北坡曾发现亚沙土覆盖在古老的风化壳上,例如叶尔羌河菩提附近,由于叶尔羌河河流的旁蚀作用,使山坡崩塌后出现在天然剖面上,看到亚沙土以下有很完整的石灰岩风化壳。风化壳没有被侵蚀而得以保存,说明在亚沙土覆盖之前,昆仑山地的流水侵蚀作用较弱,处于干燥的气候条件下。

一些穿过了山前冲积扇的大河,在奥依哈特台凸区域,形成了广大的冲积平原。其中以克里雅河为最典型。现在的克里雅河的洪水只流到沙漠的中部唐古兹巴斯特一带,但更古老的克里雅河曾注入塔里木河,在地面上还清楚的遗留着古河床的遗迹。根据塔克拉玛干中部复合型沙垆的特征及其分布规律和干河床的扇状排列等特征,我们推测在第四纪时期克里雅河与其西侧和田河,其东的尼雅河、安的尔河等河道一起曾造成了一个广大的三角洲平原,在奥依哈特台凸之上覆盖了厚度在数十米至上百米的第四纪沉积物。

塔克拉玛干沙漠区域河流的三角洲面积非常大,这并不能说明过去河流之大足以形成很大的三角洲。这种广大的三角洲是在河流不断的迁移过程中形成的。造成这种情况的原因有二:其一是塔克拉玛干下伏地形的地势很平坦,而这些河流泥沙含量很高,因此使河床很快淤高而改道。第二是构造运动的影响,使河流定向的发生迁移。这些大河都有多级阶地分布,在上升速度较大的山麓地带,一般有五级阶地,例如叶尔羌河的出山口处,喀拉喀什河、杜瓦河背斜的东端,克里雅河,民丰附近的尼雅河及且末河等。但当河流进入沙漠地区以后变为三级阶地,与山麓的后三级阶地相连,其最高级阶地往往被高度5—8米的新月形沙丘链所覆盖。

根据地质资料,最高级阶地与冲积扇是由 $N_2 + Q_1$ 地层组成,无疑最迟是属于早更新世的产物。因而不难看出,沙漠区域的河流于中更新世就下切了。这种情况也表示塔克拉玛干沙漠的大部分地区流水的堆积作用变得微弱,沙漠开始大规模的发展,这一点还可以从昆仑山北坡 4,000 米高度以下广泛分布的黄土状亚沙土得到旁证。这种黄土状亚沙土的时代,据新疆地质局及 B. M. 西尼村、Э. M. 穆尔扎也夫资料,均认为是中更新世的沉积,它与中更新世沙漠的大规模发展有关¹⁾。现在塔克拉玛干沙漠的规模,是在中更新世以后不断发展的结果。

至于塔克拉玛干沙漠西南存在着湖泊,直到最后一次冰期以后才消失的说法,也是不全面的。实地调查的资料并没有找到湖相沉积的证据。在和田河附近,玉龙喀什河的陡岸,第二级阶地的组成部分主要为砾石层,仅表层为沙及亚沙土,系河流沉积。同样,位于第二级阶地上的塔洼库勒绿洲,在 6 米深的井中看到,上部由冲积沙组成,下部由河床砾石组成,显系河流相的二元结构。沿玉龙喀什河两岸深 200 米左右的钻孔资料中亦没有发现湖相沉积物。在麻扎塔格东段南麓的奥依托格拉克平原,是皮山、墨玉北部与麻扎塔格之间最低的地方,在很多试坑中看到,剖面全由灰色细沙组成,也没有湖相沉积层的特点。根据沉积层的特点,称它为冲积层更适当些。在奥依托格拉克与麻扎塔格之间,分布着 2—3 公里宽的山前剥蚀面,淡红色的洪积物仅薄薄的覆盖在剥蚀面的上部。剥蚀面大部分暴露在地面,这里岩层倾角极大,露头表面是一层风化壳。这种剥蚀面在麻扎塔格前只有一级。据新疆地质局资料,在海米其塔格的西部可看到 2—3 级地势阶梯,认为是上新世与更新世之间的构造运动使山前剥蚀面分解而成。H. A. 别里雅也夫斯基在描述托合孜山西南部的地形时认为:不大的碎石洪积扇直接覆盖于山前剥蚀面上,年青的洪

1) B. A. 奥布鲁契夫的研究认为:“在亚洲中部的一些巨大内陆洼地……吹蚀作用获得了发展,使内陆盆地变成巨大的粉沙制造厂,粉沙被风吹走,大的沙粒在内陆沉积形成了沙漠。小的粉沙被挟运到边缘,形成了华北……甚至更西的昆仑山斜坡的黄土层”(B. A. Обручев, Роль пыли в природе. Изд. АН СССР, сер. георг., 1951. № 3.)。这种情况反映了沙漠和黄土在形成的时代上是有密切的联系。

积物又嵌入在上述的洪积层中。洪积扇呈扇状向南分布，与山前平原汇成一片。从剥蚀面的分解，其上两套洪积扇的形成，风化壳的存在等特征均说明剥蚀面的古老性。在这里流水作用很弱，如果在更新世确实有过湖泊分布，那么处于背风部位的、位置低下的剥蚀面上一定有湖相沉积的覆盖，湖岸线也一定保存得很清楚，但实际上并没有发现。B. M. 西尼村又认为厚约 50 厘米的薄层淡黄色粘土湖相沉积几乎遍布整个塔里木盆地的西南部。事实也并非如此。如叶尔羌河、和田河的沿岸，沙漠南部绿洲的沉积层，一般均为细沙和粉沙组成，系冲积扇的一部分。

沙漠西南部的喀什地区，也为河流的冲积扇及三角洲。北部系克孜河及阿图什河冲积扇，目前在托克拉克沙漠中尚有明显的东西走向的干河床，并保存有软体介壳类动物遗体；南部则系岳普湖河、库山河三角洲的一部分及源出西昆仑山一些小河的洪积冲积扇，古河道遗迹除北部和东部有出露外，大部为沙丘所覆盖。其组成物质根据钻孔资料，0—120 米厚度内为粉沙、细沙和中沙，并夹有薄层粘土。

综上所述，可以看出，昆仑山北麓塔克拉玛干沙漠南部的下伏地面主要是由发源于昆仑山的一些河流洪积冲积扇和干三角洲所组成。

2. 天山南麓及塔里木河沿岸的沙漠北部地区

从地貌的形成过程来看，本区包括两个部分：一为天山南麓洪积冲积扇区，一为塔里木河冲积平原区。

天山南麓洪积冲积扇区由源自天山的一系列河流的洪积冲积扇所组成，从西向东有阿克苏河、木扎尔特河、库车河、迪纳河和孔雀河等河的冲积扇。此外，尚有一些小河的洪积冲积扇穿插于各三角洲之间（如台兰河等洪积扇）或覆盖于大河冲积扇之上（如阿克苏东的柯柯牙儿河冲积扇等）。地表组成物质的分布规律也和昆仑山北麓相似，靠近山麓为砾石带，其最大宽度可达 30 公里左右；但在秋立塔格的南部及迪纳河洪积冲积扇之东，砾石带的宽度在 10 公里以下。砾石带以南是洪积冲积扇下部的沙质盐土平原。尽管这里河流阶地和迭置冲积扇级数与昆仑山北麓不同，但从其分布和发展规律来看是相同的，例如阿克苏河上游有七级阶地，到阿克苏附近变为三级，最高级阶地由中更新世的黄土状物质组成。

至于冲积扇的分布规律，孔雀河是一个例外，它并不是由多级冲积扇迭加而成，而是由于受孔雀河以西山前断陷的影响，使得孔雀河放弃了从铁门关向东南流经尉犁的古道，而逐渐向西迁移，因此现在的孔雀河出山口后向西南方向绕了一个大弯，才向东进入罗布泊。这个迁移过程在地面上及航摄像片上均非常清楚（参阅封里套装黑白风沙地貌图）。

天山山前的冲积扇不象昆仑山北麓那样广阔，宽度仅 50—90 公里左右，这是由于天山南部山前地区在第四纪时期不断的凹陷，凹陷区的地势从西向东倾斜，使河流出山以后便很快转向东之故。

塔里木河冲积平原位于冲积扇的前端，这里由于河道迁移频繁，遗留很多干河床。其中分布于塔里木河平原北部的干河床，从航摄像片上可以清楚的看出由西北向东南方向延伸，显示冲积扇河道的特点；而在现在塔里木河南部遗留的大量干河床则呈东西分布，其南界达北纬 $40^{\circ}20'$ 。分布在这里的沙丘类型，也从南向北，呈由高到低，由复杂向简单，由裸露的流动沙丘到具有植被覆盖的丛草沙堆成带状的变化。这种特点可以认为是塔里木河阶段性向北迁移的结果。所以，宽达 130 公里的塔里木河冲积平原，实际上并不完全

是塔里木河造成的,而是在凹陷的基础上,由塔里木河及天山南麓诸河共同造成的。由于奥依哈特台凸使塔里木河北移,而天山南麓的上升,使冲积扇上的河流向南延伸,汇入塔里木河,才形成今日河系的特征。

由此得出:天山南麓及塔里木河沿岸的塔克拉玛干沙漠北部的下伏地面系一系列洪积冲积扇和塔里木河平原所组成。

3. 罗布泊地区

罗布泊地区是一个巨大的古代湖盆。现在的罗布泊象一个心脏一样位于该地区的中部。罗布泊以东主要分布着雅丹地貌和盐土平原。沙漠只分布在罗布泊与塔里木河下游河段之间,称为库鲁克库姆。它的形成与罗布泊的发展有关。

罗布泊地区出露最老的湖相沉积,据现在所知是老方山沉积,系石膏晶体及沙的薄层,成互层交替分布。其时代相当于晚第三纪。在罗布泊西部的库鲁克库姆区域没有发现这种地层。位于老方山沉积之上的新方山沉积由细沙及粘土互层组成,颜色为红棕色,石膏晶体仍然很丰富,其岩性和层位与 B. M. 西尼村所称的蚀余山区沉积相当,可能属下更新统,它在楼兰附近隆起最高的地方出露。从沉积物中广泛分布有石膏层的情况来看;当时沉积环境可能也是处于干燥气候条件下。广大的库鲁克库姆中普遍分布着雅丹沉积,其时代可能属于中更新世,由淡黄和浅灰色的亚粘土组成,富含 *Limnæa stagnalis*, *L. auricularia* (*L. ovata*), *Planorbis* 等软体动物化石,是河流下游三角洲沉积。但沉积相变化很大,在库鲁克库姆东部是河湖相沉积,而西部和西北部为河流相和沼泽相交替沉积,雅丹沉积之后,孔雀河形成了高级阶地(第二级阶地),阶地表层覆盖着灰白色粘土。在库鲁克库姆区域灰白色粘土只分布在古河床中。这种现象可以表明,三角洲上的河流在晚更新世起逐渐消亡,地表水都纳入孔雀河中,局部地区(三角洲中部)可能开始形成沙丘。到全新世三角洲水系完全死亡,才广泛地形成沙漠。从上述沙漠形成时代的分析,结合前面提及的塔克拉玛干沙漠大部分地区沙丘形成时代的推论,我们不难看出,塔克拉玛干沙漠的沙并不是来自罗布泊地区(第二节中还要从沙子的机械和矿物组成上详细讨论),当这里还是广大湖泊和充水三角洲的时候,其西部(塔里木河下游以西)的沙漠已经形成和发展了。这里从湖泊向三角洲和沙漠演变的原因主要是中游博斯腾湖的扩大和孔雀河与塔里木河水系的重新调整等原因使进入罗布泊的水量减少,同时孔雀河南岸隆起的形成¹⁾,逐渐截断了河水向东南流的去路,从而使这个三角洲区域变为干旱的无径流区域。在风力作用下,为风沙地貌的形成提供了有利条件。

由上分析可以看出,塔克拉玛干沙漠东部的库鲁克库姆下伏地面是和孔雀河三角洲及罗布泊变化有关,也就是说风沙地貌的下伏基础系河湖相平原。

× × ×

综上所述,我们可以得出结论,塔克拉玛干沙漠第四纪下伏地貌并不是海成平原或湖

1) 隆起在地貌上的表现,例如楼兰一带雅丹地貌的相对高度达 15—25 米(切割深度),而周围的雅丹仅高 5—6 米,同时也是库鲁克库姆区域,一出现新方山沉积的地方,其上缺雅丹沉积。据何勒报道,位于广大库鲁克库姆中的雅丹沉积一般是水平的,有些地方有轻微的变动。我们在罗布泊的北部也看到有向北作微小的倾斜(约 5° 左右)。孔雀河南岸阶地宽度远比北部为大,也可证明隆起在不断活动。

在稳定的地台区有如此明显的隆起,参照新疆各地第四纪地壳运动的特点,雅丹沉积的时代可能为中更新世(因为一般来说在中更新世以前构造运动的地貌表现较为明显,而以后形成的地貌表现不十分明显),要比 B. M. 西尼村所说旧石器时代(武木冰期)早一些。

成平原,而主要是干燥气候条件下河流的洪积冲积扇、干三角洲,部分地区则为河湖相平原。

第二节 沙物质的机械与矿物组成

沙物质是风塑造风沙地貌的物质基础,同时在风塑造风沙地貌形态的过程中,风对沙物质也不断地改变其机械、矿物组成,并使沙粒形态发生变化。而这些改变是依动力条件——风的情况和沙粒运动的方式为转移的。因此,现在的风成沙的性质是由其沙源物质的性质和风的改造情况来决定的。反之,查明了风成沙及其沙源物质的特点和它们之间相互的关系,将有助于对风沙运动及风沙地貌形成的研究。

正如前一节所述,塔里木盆地第四纪以来大量沉积了源自天山、昆仑山的大小河流的冲积、洪积物;在一些地区还有内陆湖泊沉积。风在这些松散沉积物上作用形成了风沙地貌。各河的沉积物由于其流域地层不同,沉积物也就各具不同特点。特别是流经不同地质、地貌单元的河流,其沉积物之间的差异就更大。这种差异我们从沉积物色调的变化上也就明显的分辨出来。例如,流域上游有大理岩广泛分布的阿克苏河、木扎尔特河的沉积物为灰色,而主要流经前山地带的小河的沉积物则往往与组成前山的岩层(库车东侧,扎木台、克孜尔等地为第三系;阿恰为寒武系)具有相同的颜色——红色。正由于这些河流的相间排列,所以围绕沙漠边缘沿公路就可以看到如下的颜色变化:库车附近一带为红色,木扎尔特河(拜城盆地)为灰色,扎木台又具红色,阿克苏为灰色,阿恰一带又为红棕色,英吉沙又复为灰色,克孜尔为紫红色,莎车为灰色,皮山为灰黄色,和田为灰色,于田为灰黄色,……可见,组成塔里木盆地的冲积物是异常复杂的。当然在其上形成的风成沙必然也是十分复杂的。要查明它们的特征和彼此间的关系,说明各地风成物质的来源必须有大量的野外和室内的工作,而这几年我们在这方面的工作还作得不够。仅能提供出一个轮廓和进一步研究的一些线索。

一、沙物质的机械组成特征*

任何粒度分析方法所得到的结果都是一种统计资料。从统计学来看,对每一组统计资料都有四个中心值可以用来说明被统计对象的分配特征。这四个中心值就是数学平均值、均方差、不对称系数和余额。对沙粒粒配来说,颗粒的大小尺度是一个最重要的数值,而数学平均值乃是表示大小尺度的一个很重要的特征值。因此我们首先来论述塔克拉玛干地区沙物质的数学平均值,也即这些物质的粗细:首先,从分析资料可以看到,所有计算的62个风成沙的数学平均值都在0.06—0.19毫米之间,而且50%集中在0.08—0.11毫米内(表II-1)。可见所有风成沙均属细沙,而且粗细差异不大。其次,从分析的资料

* 文中分析系根据显微镜下测量450粒以上的沙粒的中径的统计资料。而粒配特征均按颗粒含量百分数计算,为便于读者与其它资料进行对比,附有换算为体积的百分含量。假设比重相等则应与重量百分含量相同。与一般筛分有如下对比关系:

筛孔孔径 (毫米)	第一套筛			第二套筛				
	0.075	0.100	0.250	0.090	0.105	0.125	0.150	0.25
相应百分含量的 粒径(毫米)	0.083	0.145	0.330	0.113	0.147	0.180	0.232	0.299

表 II-1 风成沙的各种粒径数学平均值的含量

粒径数学平均值	0.19	0.18	0.17	0.16	0.15	0.14	0.13	0.12	0.11	0.10	0.09	0.08	0.07	0.06
百分比	1.6	3.2	—	3.2	6.4	8.1	8.1	4.9	14.5	22.5	12.9	6.4	8.1	

中可以看出地方性的差异。在大范围来说，沙漠的西南缘叶城—皮山—和田一带为最细(0.06—0.10)，而盆地的西部英吉沙、麦盖提、阿恰(0.12—0.17)和南缘民丰一带(0.14—0.18)较粗，东部罗布泊地区则介于两者之间(0.11—0.13)。此外，在同一大范围之内还可以看到如下两种变化：(一)在现代河床附近的沙物质较粗。例如和田绿洲地区和田河之西(墨玉西样品 36, 37)和和田河之东(洛浦样品 42, 43)的沙物质数学平均值为 0.06—0.07 毫米，而和田河畔为 0.09—0.125 毫米。(二)同一河流顺流由上游到下游变细。例如克里雅河在于田绿洲以南为 0.09—0.145，绿洲以北的下游为 0.096 毫米；尼雅河民丰绿洲以南为 0.135—0.143，绿洲以北下游为 0.07—0.09 毫米。

沙物质的粗细、大小除了用数学平均值表示以外，也可以从代表性粒级含量的百分数来分析。从这种分析中我们可以得出下列几个特点：(一)所有的风成沙大多集中在 0.06—0.25 毫米的粒级中。这个粒级一般都占颗粒数的 70—90% (占分析过的风成沙样品的 80%)；最少的占 47%，最多的占 94% (附表 1)。(二)从粗粒级(0.11—0.25)和细粒级(0.03—0.06)的含量来看，同样也可以看到前面提及的地方性差异特点。在大范围内，英吉沙、麦盖提、阿恰的粗粒级含量为 37—78%，细粒级为 2—11%，叶城—皮山—和田一带粗粒级含量是 3—24%，细粒级是 22—47%，民丰一带粗粒级含量为 36—66%，细粒级为 4—8%；罗布泊地区粗粒级含量为 37—71%，细粒级为 4—11%。至于现代河床附近变粗的情况则可以在图 II-1 中清楚地看到：在和田河、克里雅河的位置上，粗粒级含量的曲线陡然增加而细粒级含量陡然下降。

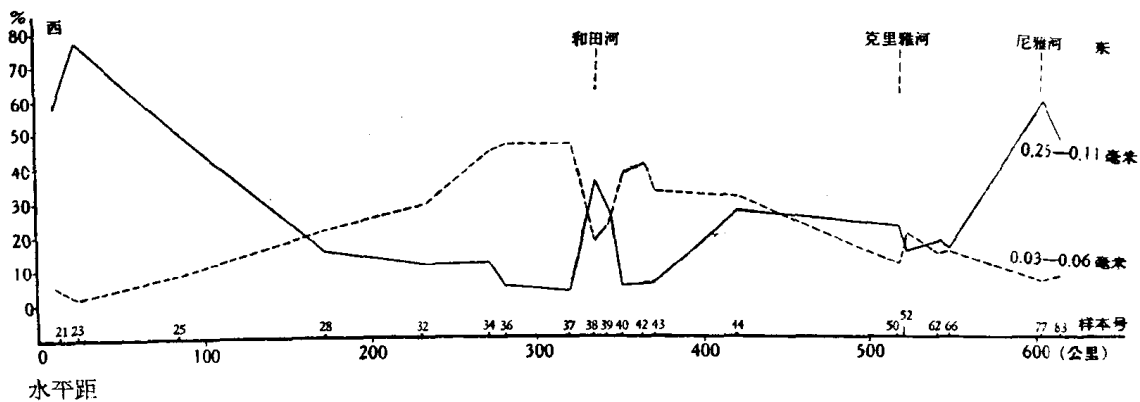


图 II-1 沙漠西南边缘风成沙粗细粒级含量水平变化

当然，上述这些只是一种总体的趋势，而不是绝对的，不是说同一地点的风成沙物质有同样的粗细；相反，在同一地点的风成沙粗细也可以有相当大的差别。例如策勒以西公路北金字塔沙丘顶的风成沙的颗粒粒径数学平均值为 0.100 毫米，又如维托拉克南金字塔沙丘顶的沙为 0.114 毫米，而其附近的沙垅垅脊的沙为 0.089 毫米。

以上我们分析了沙物质的粗细特征，亦即沙物质总体在粒径尺度上占有哪一级。下面我们将进一步分析沙物质的粒配曲线的特点，也就是分析其它三个中心值。其中一般

附表1 塔克拉玛干沙漠沙

编 号	取 样 地 点 及 部 位	颗 粒 含 量 百 分 数 (粒 径: 毫 米)								
		<0.031	$0.031-0.063$	$0.063-0.11$	$0.11-0.25$	$0.25-0.31$	$0.31-0.50$	>0.50	<0.11	$0.063-0.25$
1	塔里木河下游塔四场附近新月形沙丘链脊	1.0	14.8	44.7	38.7	0.8	—	—	60.5	83.4
2	塔里木南沙漠边缘高大新月形沙丘链脊	5.2	5.8	34.1	50.5	3.6	0.8	—	45.1	84.6
3	塔里木胜利十六场东部新月形沙丘链顶	5.9	16.3	45.2	32.1	0.5	—	—	67.4	77.3
4	塔里木共青团农场之南新月形沙丘链脊	2.3	7.9	26.1	57.6	5.9	0.2	—	36.4	83.7
5	塔里木农一师共青团农场之南冲积沙层	17.0	55.8	25.2	2.0	—	—	—	98.0	27.2
6	柯坪县阿恰附近沙丘顶部	3.3	10.8	34.4	45.9	4.7	0.9	—	48.5	80.3
7	柯坪县阿恰附近雅丹地层	69.6	17.8	10.0	2.6	—	—	—	97.4	12.6
8	巴楚羊克库都克附近沙丘顶	1.3	4.3	19.4	70.7	3.9	0.4	—	25.0	90.1
9	巴楚羊克库都克北才拉大斯冲积沙层	3.3	28.2	45.7	22.4	0.4	—	—	77.2	68.1
10	巴楚麻扎拉尔冲积红沙层	3.1	10.3	27.0	57.4	1.9	0.3	—	40.4	79.4
11	巴楚麻扎拉尔附近复合新月形沙丘顶	4.6	6.6	16.5	69.3	3.0	—	—	27.7	85.8
13	麦盖提东北沙漠边缘新月形沙丘脊	1.1	3.0	5.9	63.2	25.2	1.6	—	10.0	69.1
14	麦盖提克孜阿瓦提东北沙漠中的新月形沙丘链脊	2.7	7.8	11.9	34.7	28.0	15.1	0.3	22.4	46.6
16	岳普湖阿合勒滚北新月形沙丘顶	4.2	19.3	40.3	34.0	2.0	0.2	—	63.8	74.3
17	岳普湖阿合勒滚西剧烈吹扬具广泛流沙出露的草丛沙丘	4.0	11.1	30.7	52.6	1.2	0.3	0.1	45.8	83.3
19	岳普湖牙恰克古河床中新月形沙丘顶	6.1	17.9	47.8	27.8	0.2	0.2	—	71.8	75.6
21	英吉沙圆眼南新月形沙丘顶	4.4	5.4	11.4	58.5	16.4	3.8	0.1	21.2	69.9
22	英吉沙圆眼南新月形沙丘下冲积沙层	1.5	2.8	16.1	71.1	6.2	2.3	—	20.4	87.2
23	英吉沙窝且木大麻扎高大新月形沙丘链	1.3	2.0	11.7	77.9	7.1	—	—	15.0	89.6
24	英吉沙窝且木大麻扎南5公里冲积沙层	2.7	10.4	16.3	63.3	5.8	1.5	—	29.4	79.6
25	莎车西北麻扎库姆横向沙壟顶	4.1	8.5	36.9	50.1	0.4	—	—	49.5	87.0
26	叶城卡依瓦斯曼东沙漠边缘复合新月形沙丘链脊	1.8	26.4	46.9	22.1	1.8	1.0	—	75.1	69.0
27	叶城卡依瓦斯曼东沙漠边缘冲积沙层	52.2	39.2	8.2	0.4	—	—	—	99.6	5.6
28	叶城卡依瓦斯曼粘土平原上新月形沙丘顶	3.1	22.2	58.9	15.4	0.4	—	—	84.2	74.3
29	叶城卡依瓦斯曼粘土平原上地层	52.3	36.6	9.3	1.8	—	—	—	98.2	11.1
30	叶城-皮山间公路北高的复合新月形沙丘顶	—	27.5	45.3	23.5	3.3	0.4	—	72.8	68.8
31	皮山四管区新月形沙丘链顶	1.2	29.4	58.1	11.1	—	0.2	—	88.7	69.2

样颗粒粒度及形态分析

按颗粒百分数计算的 粒配曲线特征值				换算为体积的含量百分数 (粒 径: 毫 米)							按体积百分 数计算的曲 线特征值		滚圆度(目估) (颗粒%)			特殊形态 含量 (颗粒%)	
数 学 平 均 值 (μ)	离 散 系 数	对 称 性 系 数	余 量	<0.031	0.031—0.063	0.063—0.11	0.11—0.25	0.25—0.31	0.31—0.50	>0.50	数 学 平 均 值 (μ)	离 散 系 数	稜 角	稜 角 滚 圆	滚 圆	长 轴 状	方 形
0.105	0.41	0.76	-0.80	—	1.3	17.0	74.8	6.9	—	—	0.156	0.31	39.1	58.5	2.4	7.7	0.4
0.123	0.48	0.84	0.93	—	0.3	7.5	63.5	20.6	8.1	—	0.204	0.25	46.2	52.6	1.2	8.7	1.5
0.096	0.46	0.64	0.39	—	0.7	11.5	39.8	48.0	—	—	0.150	0.33	43.5	56.3	0.2	7.8	3.2
0.139	0.44	0.26	-0.10	—	0.2	4.3	68.7	25.1	1.7	—	0.203	0.25	45.8	53.2	1.0	6.8	0.2
0.052	0.46	0.92	3.03	0.8	28.4	48.8	22.0	—	—	—	0.082	0.45	42.5	57.1	0.4	8.4	1.4
0.114	0.54	0.89	1.13	—	0.4	7.3	56.3	26.4	9.6	—	0.209	0.34	26.2	72.4	1.4	5.6	1.3
0.021	1.38	0.42	6.58	3.4	12.7	38.7	45.2	—	—	—	0.105	0.39	47.7	52.3	—	2.1	0.4
0.145	0.36	0.23	0.39	—	0.1	3.4	75.6	15.6	5.3	—	0.199	0.29	39.1	59.7	1.2	9.1	1.8
0.086	0.46	0.91	1.23	—	3.5	27.5	63.5	5.5	—	—	0.141	0.35	33.2	66.3	0.5	9.7	1.5
0.121	0.43	0.49	1.07	—	0.5	7.1	74.8	12.4	5.2	—	0.182	0.35	46.5	52.6	0.9	7.6	1.9
0.134	0.41	-0.20	-0.11	—	0.2	3.6	82.2	14.0	—	—	0.185	0.24	43.4	55.9	0.7	8.3	1.2
—	—	—	—	—	—	0.4	45.6	46.9	7.1	—	—	—	55.2	43.5	1.3	11.0	0.3
—	—	—	—	—	0.1	0.5	12.8	36.2	44.7	5.7	—	—	52.4	46.6	1.0	8.8	1.0
0.105	0.54	1.02	1.32	—	1.3	11.3	65.9	15.8	5.7	—	0.193	0.39	25.6	74.0	0.4	8.8	1.3
0.117	0.45	0.86	4.16	—	0.5	8.8	71.7	7.1	6.2	5.7	0.197	0.26	22.1	77.5	0.4	7.6	1.4
0.091	0.47	1.48	8.71	—	2.0	24.5	63.6	2.5	2.4	—	0.154	0.46	43.6	56.3	0.1	8.0	1.3
0.171	0.47	0.35	0.49	—	0.1	1.0	37.6	37.8	20.6	2.9	0.270	0.34	32.6	65.6	1.8	10.9	2.1
0.151	0.42	1.54	4.80	—	0.1	2.5	53.0	21.7	22.7	—	0.246	0.43	49.5	50.2	0.3	4.0	0.6
0.159	0.32	-0.05	-0.28	—	—	1.9	75.5	22.6	—	—	0.200	0.23	47.2	51.1	1.7	3.9	0.6
0.138	0.47	0.84	1.98	—	0.3	2.5	56.8	23.7	16.7	—	0.228	0.40	55.1	44.3	0.6	5.5	1.3
0.108	0.38	0.03	0.33	—	0.7	15.0	80.3	4.0	—	—	0.145	0.28	56.1	43.2	0.7	2.8	0.5
0.094	0.57	2.14	6.27	—	2.1	14.7	40.3	19.8	23.1	—	0.220	0.46	47.5	51.2	1.3	9.7	2.7
0.034	0.64	1.20	3.45	5.4	41.6	37.5	15.5	—	—	—	0.079	0.59	52.8	47.2	—	4.8	—
0.082	0.39	1.68	7.73	—	3.9	39.6	44.4	12.1	—	—	0.137	0.52	51.2	48.4	0.2	7.7	1.3
0.033	0.81	1.81	6.17	2.7	27.1	32.2	38.0	—	—	—	0.104	0.70	55.3	44.7	—	4.3	1.9
0.098	0.57	1.63	2.14	—	1.9	10.8	52.4	28.5	6.4	—	0.204	0.35	43.3	54.2	2.5	—	—
0.079	0.42	1.67	9.05	—	5.5	39.9	47.0	—	7.6	—	0.142	0.52	46.9	52.7	0.4	5.8	3.7