塔克拉玛干沙漠风沙地貌研究

朱震达　吴　正　　李钜章　陈治平　吴功成　李炳元

（中国科学院冰川冻土沙漠研究所）　（中国科学院地理研究所）

我们于 1959—1963 年进行了塔克拉玛干沙漠风沙地貌的研究，工作方法是采用大面积航空象片分析判读、地面考察和定位半定位观测相结合的方法．现将研究结果报导于下：

一　风沙地貌的形成发育和沙漠沙的来源

塔克拉玛干沙漠根据地面考察和航空象片分析资料表明，除了麻札塔格、罗斯塔格、北民丰隆起外，大部分地区的原始地面系一系列洪积冲积扇和三角洲所组成的平原．北部为塔里木河冲积平原，东部是塔里木河、孔雀河下游冲积平原，西部属喀什噶尔河、盖孜河、库山河、叶尔羌河的干三角洲，南部则系源出昆仑山北坡诸河的冲积扇及干三角洲．沙漠就是产生在这样的基础上．

沙漠沙的来源，通过沙丘沙与下伏沉积物的机械和矿物组成的分析可以看出，它们便是由上面所述这些沉积物就地再经风力作用改造成的．在机械组成方面，风成沙由沙漠的东部、西部向中部并不具有顺风向递变的规律，却随下伏沉积物的组成表现出明显的区域差异性．例如沙漠西南部叶城、皮山、和田一带原始地面的物质组成很细，沙丘沙也很细（粒径数学平均值在 0.06—0.10 毫米），沙漠南部的于田、民丰一带的下伏沉积物较粗，沙丘沙也就较粗（数学平均值在 0.12—0.18 毫米）．在矿物组成上，沙丘沙的重矿物成分和下伏沉积物具有相似之处，根据其依赖关系，塔克拉玛干沙漠的沙丘沙大致可以分为五个不同的重矿物组合区：以角闪石占绝对优势的沙漠南部区（角闪石含量大部分在 40—55%），以云母为主的沙漠北部区（如塔里木河地区云母含量＞40%），以金属矿物及绿帘石为主的沙漠西北部区（如喀什噶尔河流域金属矿物含量为 39.5%，绿帘石为 22.6%），以云母、石榴石为主的沙漠西南部区（如盖孜河地区云母含量达 48.3%，石榴石为 12%）和以云母、角闪石为主的沙漠东部区．

二　风沙地貌的形态及其分布规律

风沙地貌形态的形成发育是与多种因素有关．在干旱气候条件下，风是地表形态塑造的基本动力，其作用主要表现在两方面：首先，风的状况决定了沙丘的形态，不同的风信情况有着不同的沙丘形态特征，例如在

单向风的地区一般以新月形沙丘、沙丘链为主(如沙漠西南部和东部等地)，而在风向复杂具有多种风向且风力又大致相似的地区，如沙漠南部于田、且末之间则出现有金字塔沙丘；其次，风还决定着沙丘的排列分布特征．在塔克拉玛干沙漠区，对风沙地貌发育影响最大的有两大风系，大致在伽师—民丰一线以东，主要受东北风影响，因此沙丘多作西北东南走向，在该线以西，西北风系占优势，沙丘则作东北西南走向，在这两大风系交汇的伽师、于田、民丰一带，由于两种风向的交替作用，沙丘排列则较零乱．

风固然是沙漠地表形态塑造的基本动力，但由于风作用于沙质地表的过程中又受到各种自然条件的影响，因此即使在同一风信情况下，其形态仍有所不同．例如，沙源供应的状况就影响到沙丘发育的规模大小，在沙漠内部的沙质冲积平原地区，沙源丰富，一般出现高大的沙丘，而在沙源供应不足的山前洪积扇地区，沙丘则较低矮．又如，地面起伏造成对风沙流运行的障碍，也影响到风沙地貌形态的发育，如横贯沙漠西部中央的麻札塔格、罗斯塔格山地，由于其对气流的阻碍，在迎风坡上沙子大量堆积，形成的沙丘就很高大，一般高度可达 50—100 米，且愈靠近山地沙丘相对高度就愈大，个别达 100 米以上．另外，还表现在沙丘形态上自北而南亦有规律的变化，即从一般的沙丘链变为迭置的沙丘链，再转变为迎风坡上有沙丘链层层迭置的复合型沙丘链，沙丘形态愈靠近山地愈复杂．地面局部起伏对风沙地貌形成发育的另一影响是这些突起成为若干巨大沙丘的基础，使它们的高度大大高出周围的沙丘，造成一些特殊的形态，如沙漠南部于田、且末之间的一些大沙丘都和下伏的切割残余扇形地有关；沙漠西北部的高度可达 250 米左右的沙丘则和蚀余残山有关．此外，水分植被条件对风沙地貌的形态也有影响．在水分植被条件较好的地区（如洪积冲积扇的前缘地带、深入沙漠的河流两岸冲积平原及干三角洲地带）的沙丘形态往往多为固定半固定的灌丛沙丘．

正是由于风沙地貌的形成发育是取决于上述这些因素的相互作用的结果，而这些因素在各个地区却是都不一样的，因此使得塔克拉玛干沙漠风沙地貌就变得相当复杂．根据野外调查和大面积航空象片分析，塔克拉玛干沙漠流动沙丘占 85%，固定半固定的沙丘占 15%，沙丘的类型除一般沙漠所常见的沙垅、新月形沙丘及沙丘链外，还广泛分布着很多形态复杂的沙丘，它们占了整个沙漠面积几近 1/2，主要的类型有复合型沙丘链，复合型纵向沙垅、金字塔沙丘、鱼鳞状沙丘及穹状沙丘等．其中以复合型沙丘链的分布面积最广，复合型纵向沙垅和鱼鳞状沙丘群次之，金字塔沙丘和穹状沙丘不作大面积分布，而是零星分布于特定的自然条件下．

1. 复合新月形沙丘及复合型沙丘链：主要分布于沙漠内部，总的特征是沙丘高大，在巨大的沙丘迎风坡上层层迭置着次一级的新月形沙丘链，整个沙丘复合体的走向和优势方向风大致相垂直或成 60—80° 的交角．复合新月形沙丘大多作单个分布，一般高度在 20—40 米，在平面图形上为一完整的新月形．复合型沙丘链的长度自 5—15 公里不等，最长可达 30 公里；宽度一般在 300—500 米，最宽为 1000—1500 米；高度在 80—200 米之间，具有高而陡峭的落沙坡．

2. 复合型纵向沙垅：主要分布在沙漠西

南部罗斯塔格以南、皮山以北及沙漠中部东径 85° 与 82° 之间的地区，其排列方向和主风向相平行或成 30° 以下的交角．主要特点是：沙垅延伸很长，一般在 10—20 公里，最长可达 45 公里，沙垅的两侧斜坡一般较为对称，表面覆盖着许多迭置的沙丘链，沙垅的高度一般在 50—80 米，垅宽 0.5—1 公里．

3. 金字塔沙丘：这种沙丘因其形态与埃及尼罗河畔的金字塔相似，所以称为金字塔沙丘．它的分布范围仅限于且末和于田之间，麻扎塔格、罗斯塔格以北和巴楚东部诸残山附近．金字塔沙丘形态总特征是成角锥状体，具有三角形斜面，坡度一般在 25—30° 左右，有尖锐的顶和狭窄棱脊线，丘体高大，一般在 50—100 米．

4. 鱼鳞状沙丘群：广泛分布在塔克拉玛干沙漠西部及西北部，其特点是沙丘成密集的群体分布，丘间地不很明显，前一个沙丘迎风坡的起点即为后一沙丘背风坡麓，若从沙丘群的每一个个别丘体来看，沙丘与主风风向相垂直．每个沙丘的两翼顺风向延伸和其前方沙丘的迎风坡相连，造成沙丘与沙丘之间顺风向延伸的沙埂，因此，从整个沙丘群体来观察，则又具有与主风向相平行的纵向的沙丘形态特征．

5. 穹状沙丘：主要分布在沙漠北部塔里木河的老河床以南及喀拉哈什河干三角洲以西的地区，其形态特征是：沙丘两侧斜坡较为对称，次一级沙丘层层迭置其上，没有明显高大的曲弧状落沙坡，沙丘体长度与宽度的比例大致相等，高度一般在 40—60 米之间，平面图形成圆形或椭圆形，犹似馒首，一般都成零乱不规则的个体分布，部分地区也有相连，但仍保持每个穹状体的形态．

除上述这些不同类型的沙丘复合体外，沙漠边缘的风向单一的洪积扇上，一般都为发育不久的低矮（5 米以下）新月形沙丘及其初期诸形态(如莎车、叶城、皮山一带)，在两种风向呈锐角斜交的情况下，则出现新月形沙丘的一翼顺着较强的一组风延伸出去而成的新月形沙垅(如且末东部)，在洪积—冲积扇前缘及间歇性河流沿岸水分植被较好的地区，则分布着红柳灌丛沙丘（如皮山、墨玉、策勒以北及塔里木河沿岸)．

综上所述，我们不难看出，塔克拉玛干沙漠的风沙地貌形态是多种多样的，但它们在地区配置上仍有一定的规律可循，主要有下列几点：

1. 在沙漠内部除了深入到沙漠中去的一些间歇性河流两岸有固定半固定灌丛沙丘分布外，全为裸露的流沙所分布；而在沙漠边缘，河流沿岸(如塔里木河)及山前洪积冲积扇前缘潜水位较高的地区则以灌丛沙丘分布为主，流动沙丘零星分布．

2. 沙丘类型复杂的地区主要分布在沙漠西部罗斯塔格、麻札塔格南北两侧及沙漠南部于田、且末之间的地区，这与地面起伏或风向复杂有关．

3. 巨大沙丘复合体集中在西部麻札塔格、罗斯塔格南北，塔里木河老河床以南于田、且末以北，克里雅河下游之间沙质沉积物所组成的平原上，而低矮沙丘主要分布在沙漠边缘山前洪积扇上．

三　沙丘移动的性质和强度

前面我们讨论了塔克拉玛干沙漠多种多样的风沙地貌形态特征及其分布．然而应该进一步指出，除灌丛沙丘外，所有这些风沙地貌形态不论其为简单的新月形沙丘和沙

垅，或是复杂的复合形沙丘链等，都不是固定静止的，而是在风力作用下发生移动.

沙丘移动的性质和強度，根据定位半定位观察资料，是与多种因素有关. 沙丘移动的方向是随起沙风（在塔克拉玛干起沙风是≥5米/秒的风）风向的变化而变化， 移动的总方向大致与起沙风合成方向相一致. 在塔克拉玛干沙漠地区，总的来说，沙丘移动的方向和与沙丘移动有关的风，诚如前面曾提及的，明显地存在着两个系统. 东半部受东北风系的作用， 沙丘总的向西南移动，西半部受西北风的影响，沙丘移动方向是西北趋向东南. 但是，必须指出的，由于西北风系和东北风系在其向东和向西运行的过程中，风力是逐渐由強变弱，这两种风在作用的地域上并不是绝然改变的，而是存在逐渐的替代过程， 因此在两者之间的过渡带内，同时存在着东北风和西北风系的交替作用，沙丘就循其合力方向(合成风向)移动，所以在沙漠东、西部沙丘的移动方向上也并不是绝然改变的，而是作缓慢的、有规则的弧形转向.

不过， 应该指出， 上面所描绘的塔克拉玛干沙漠地区的沙丘移动情况只是一个梗概. 由于沙漠四周高山围峙和沙漠内部一些局部隆起高地等地形的影响，使得各地气流的运行更为复杂，因此也就反映到沙丘移动性质方面的多样性. 例如， 塔克拉玛干沙漠北部塔里木河中游地区的偏北部，由于除受东北风外，还受到天山山地吹来的局部偏北风的影响，因此沙丘移动具有向南南西的移动方向. 又如和田河以西 ，叶尔羌 河以东的塔克拉玛干沙漠西部的麻札塔格和罗斯塔格附近，由于隆起山地影响，使通过哑口地带气流由原来的东北风转变为北风或北北东风，哑口附近和山地南侧的沙丘移动方向就近乎正南. 在北民丰隆起附近，东西向的隆起高地对东北气流的障碍作用，使气流发生偏折现象，风向变成东北东、沙丘移动方向随之也发生明显的改变，成为向西南西方向移动；而南缘于田、民丰一带，因同时受到东北风、西北风和昆仑山的地方性西南风等多种方向风的影响，因此，沙丘移动显得比较复杂和杂乱，随着这三种方向风的风力在不同地方不同的強弱配置而各异.

至于沙丘移动的強度则密切依赖于风向、风速、水分植被条件、沙丘本身高度等多种因素. 超过起沙风的风速愈大，单位时间搬运的沙量愈多，沙丘移动速度也愈快；沙子在湿润条件下， 粘滞性和团聚作用加強，从而提高了沙子的起动风速值，減弱了沙丘移动的強度；沙丘上生长植被，增加了地面的粗糙度，削弱了近地面的风速，減少了沙子的搬运， 也就減缓了沙丘的移动速度. 由于影响沙丘移动的这些因素在塔克拉玛干沙漠各个地区不尽相同，所以沙丘移动強度是很复杂的. 根据野外实测和重复航空摄影象片的量测资料，塔克拉玛干沙漠广大沙漠内部地区沙丘移动強度很小，年前移值一般不超过3米，大部分在1米以下；沙漠边缘地区，沙丘移动的強度较大，一般年前移值达5—10米，最大者如沙漠西南缘皮山一带发育于洪积扇缘裸露的沙砾地面上的沙丘，甚至达40—60米/年.

按照沙丘平均年移动速度的大小，塔克拉玛干沙漠沙丘移动的強度可区分为下列四种类型：

（1）慢速的类型：沙丘平均年前移值小于1米，包括塔克拉玛干沙漠内部的绝大部分地区，沙漠边缘于田、民丰之间的金字塔

沙丘和策勒西南的大沙丘分布地区.

（2）中等速度的类型：沙丘平均年前移值在 1—5 米之间. 主要地区有： 塔克拉玛干沙漠的和田河沿岸， 北部塔里木河沿岸，沙漠南缘的和田、于田等绿洲附近，民丰绿洲的西部和北部，以及托克拉克库姆等地区.

（3）快速的类型：沙丘平均年前移值在 5—10 米/年之间. 包括的主要地区有： 布古里库姆东南部，塔克拉玛干皮山绿洲西北部，木桂、木吉绿洲西部， 策勒绿洲西南、民丰绿洲西南以及瓦什峡等地区.

（4）最快速的类型：沙丘平均年前移值在 10 米以上. 主要包括喀什三角洲中的零星沙丘，塔克拉玛干沙漠西南部皮山绿洲的西南地区，沙漠东南且末一带等.

更　　正

本刊 1966 年第 12 期目录中“胚胎细胞高尔基体的电子显微镜观察”和“胚胎细胞在诱导过程中的电子显微镜观察”二文的作者之一“庄孝德”系“庄孝惪”之误. 特此更正，并向作者表示歉意!