

綜合考察工作簡訊

(內部刊物 注意保存)

第 期

中國科学院綜合考察委員会办公室編印

195 年 月

中国科学院治沙队第一次学术报告会文件

应用实验的方法来研究风沙地貌 形成过程的若干特征

朱震达 (中国科学院地理研究所)

(一)

在内陆砂质沙漠地区风沙地貌发展的基本动力乃是以风力作用为主,但是风力究竟如何作用于地表?乃是近代风沙地貌形成动力过程中一个值得探讨的问题,这不仅是在科学意义上,而且具有着实践的意义,只有掌握了它发展的规律,才能提出正确的措施来与风砂作斗争。

对于近代风沙地貌形成动力过程研究的基本方法,一般说来分成野外利用仪器的观察测量和室内实验的研究,只有借助于这两种方法,才能避免空洞泛泛一般的描述,而从质量上数量上探讨出风沙地貌形成的规律和地表的特征,特别对于生产实践来说,所要求的不仅只是这里分布着新月形砂丘,那里是壠岗状砂丘……而是要求了介它们是如何发展形成?速度如何?有那些因素影响它们的移动和发展?如何影响?路基或厂房附近那个方向吹来的沙最多?与及根据这些特征如何进行防风固沙的措施,提出控制流沙发展的方法而对所有这些问题的回答,便是从事风沙地区地貌科学工作者研究的基本任务。

在本文内不可能讨论风沙地貌形成动力过程研究的全部方法,而只就风沙地貌形成的若干特征为例来说明如何应用实验的方法来研究风沙地貌形成的动力过程¹⁾。工作系在 А. И. 士那敏斯基指导及帮助下,在苏联中亚阿希哈巴德土库曼加盟共和国科学院地质研究所的风力侵蚀实验室中所进行,实验的内容系野外工作时(土库曼西北部的沙漠及东南喀拉库姆沙漠地区)在自然界中所经常遇到的地貌现象作为实验题材:

(一) 砂质沙漠地区风沙流的结构及特征:

(二) 沙质沙漠地区风沙流作用下地表形态的发展。

上述这些现象在一般的野外路线普查中,往往只能了解其目前存在的情况——暂时的静止的状态,而不能了解其变化发展的过程——动的形态和发展过程中所依赖的因素和条件,但是借助于固定的工作站利用仪器的观测或在实验室中模仿自然界的条件,进行特殊的仪器设置,那么可以在较短的时间内窥见其地貌演变的过程和形成过程中随各种

1) 关于应用实验室方法来研究风在沙质沙漠地区地貌作用的详细原理及其实践可参阅 А. И. Знаменский 所著 Экспериментальные исследования процессов ветровой эрозии песков и вопросы защиты от песчаных заносов издательство АН ТССР Ашхабад 1958

外營力因素而轉移的變化。

在這一次實驗中所模仿的自然環境，主要是參照蘇聯中亞士庫曼加盟共和國東南喀拉庫姆沙漠中流動砂丘地帶的地表條件和風的條件。實驗地系在空氣動力管中進行，空氣動力管的設備系士那敏斯基及其所領導下的風力侵蝕實驗室的同志們所設計的，主要的設備為(1)風沙流所進行的空氣動力管及風力作用於沙地地表的工作台：動力管全長3M(括包工作台在內)，高與寬均為30cm，除底部及頂部為木板所製成外，兩側均為玻璃，藉以窺見管內風力作用的情況，工作台為一長91cm高6cm寬30cm的木盤，該盤置放於空氣動力箱的末端，系活動裝置，可根據實驗內容和要求加以變換，如在進行吹蝕吹積強度研究時，木盤上平鋪砂粒，盤下置放磅秤，藉助於磅秤上重量的變化，可以計算出吹蝕吹積的數量¹⁾(以地表每秒鐘時間內堆積或吹走了多少克重量的砂作為強度的指標)。假使在進行風沙流結構的研究時，那麼可置放平鋪砂粒並且有風砂儀裝置的長方形木盤。(2)進砂器，置於空氣動力管的前端上方，並有調節砂量，砂粒由此箱進入氣流中形成風沙流²⁾。(3)濾過箱，風沙流經此，其中砂粒進入底部的儲砂箱內，而氣流經箱頂上方的過濾網進入。(4)稀薄箱，此兩箱相互連接共長5m高2.7m寬1.5m設置該兩箱主要的目的在於避免砂子阻塞馬達。(5)馬達與通風器——借以發生氣流。(6)調節和測量空氣動力管中氣流速度的微氣壓器和畢托管(ПИТО)。

工作進行時，可以根據實驗內容和要求。在工作台上布置模仿自然界的條件(如以細砂為主的砂質沙漠地面等等……)，在微氣壓計上也模仿自然界中風的條件³⁾，然後按動電鈕，轉動馬達及通風，發生氣流，砂粒由進砂器進入氣流中形成風沙流，風沙流經過動力管吹經具有平鋪砂粒的工作台面，這時工作台面上便發生各種變化，如吹蝕凹地的出現，沙波的移動，砂粒的堆積等等……假使氣流速度或地表組成物質的顆粒度大小等任何一個因素改變。那麼地表形態又呈現另一種情況，藉助於空氣動力管，自然界中風砂地貌形成的動力過程，便具體而微呈現在眼前。

(二) 沙質和沙漠地區風沙流的結構和特徵

旅行或工作過在沙質沙漠地區的人們，都感覺到當在大風中進行時，常有砂粒隨着氣流迎面打擊在身上，和見到靠近地表部分的氣流中常有着密集而眾多的砂粒隨着風而急疾前進，這就是風沙流發生的現象，換言之當風力吹襲沙地地表時，由於氣流運動上升力的作用，砂粒乃被攜帶入氣流中，而隨之前進，形成風沙流，這種砂在氣流中的運動乃是砂

1) 關於吹蝕吹積強度實驗的全部方法和理論，可參閱 А. И. Знаменский 所著“砂的風蝕作用的實驗室及對流砂防止問題”一書中的第二部分——各種風速和各種含砂條件下，平坦砂質地表的吹蝕——重量法。在本文內不再加以討論和敘述。

2) 在自然世界中，只有當風力吹襲砂地地表，砂粒帶入氣流而隨之前進的情況下，方形成風砂，但在實驗室條件下因限於空氣動力管的長度，所以只能模仿自然界中風中含砂量的一般情況，設置進砂器，砂粒由此進入氣流形成風沙流。

3) 這裡所指的限於空氣動力管內的氣流速度，為了可和地面實際風速相對照，尚加以換算，根據風力侵蝕實驗室同志們換算結果，它們之間數值的對照如下：空氣動力管中氣流速度，地表風速 M/сек

21	6.8
35	8.8
46	10.1
57	11.2
83	13.6

地貌形态形成和流砂蔓延的先决条件和因素,没有这种砂粒在气流中运动的特点,风砂地貌也就不可能形成,同时气流中含砂量的多少也直接关系着风砂堆积地貌模規的大小,可是气流中的砂粒是如何运动?它的数量配置又是如何?……乃是一个值得研究的问题,为此我們应用了风砂仪(пескоуловитель)来观察风砂流的特征,这种仪器不仅可以适用于实验室中空气动力管的条件下,而且也可用之于野外的实验。

风砂仪为铝制的扁平铁盒,铁盒内部又按着每1cm的高度分成10个作45度倾斜排列的长方形细管,细管口經为1cm×1cm,各细管的尾部有橡皮管連接相应的10个小铝匣。在工作进行时,将风砂仪置放于砂地地表,并使第一个管的管口(即0—1cm高度的细管)面和地面相一致,这样每一个小管离地表的高度依次为0—1cm,1—2cm,2—3cm,3—4cm,4—5cm,5—6cm,6—7cm,7—8cm,8—9cm,9—10cm;管口面向气流的方向,在其旁离地表2公尺高度处,置放风速仪(Анемометр)藉以测定风的速度。当风砂流发生时,风砂流便进入具有离地表各个不同高度的风砂仪小细管内,砂粒順着倾斜的细管进入相应的小铁盒内,而气流则在旁边小孔内逸出,經過一定时间以后,取出各小匣内的砂粒,称其重量,并計算其百分比,这样便可得到在某单位时间内,在某种风速下离地表0—1,1—2,2—3,3—4,4—5,5—6,6—7,7—8,8—9,9—10cm各个高度内每1cm³气流中所含砂的数量。

使用风砂进行观察实验的结果,得出一系列的数值,根据这些数值,可以看出砂质沙漠地区风砂流的结构存在着如下的规律:

1. 砂粒在气流中的运动,是随风速和其本身粒度的大小而轉移,砂的颗粒愈小,微弱的风即可使其运动,相反粒度較大的颗粒,須要較大的风速才能使其运动而进入气流中,随气流前进而形成风砂流,下面观察的,即可說明这种特征¹⁾。

表 1

风速米/秒[砂粒开始移动时风速]	砂的粒度 mm (直径)
3.5	0.15—0.25
4	0.25—0.5
6	0.5以上

这种特征也就决定了风砂流在一般砂地(直径0.25—0.01mm的颗粒占大多数)地表

1) 关于风速和各种不同粒度砂粒运动的关系,根据 Н. А. Соколов 的资料为:(1884年)

风 速 M/сек	4.7—6.7	6.7—8.4	8.4—11.4	11.4—13.0
砂的粒度 mm	0.25	0.50	1.00	1.50

根据 принц 的资料为:(1932年)

风 速 M/сек	0.25	1.50	4.00	7.40	11.40
砂的粒度 mm	0.03	0.12	0.32	0.60	1.04

根据 В. А. Федоровиг 的资料为:(1950年)

风 速 M/сек	0.25	0.6	1.5	3	4	5	6	7.5	1.5
砂的粒度 mm	0.03	0.05	0.12	0.25	0.32	0.4	0.5	0.6	1.00

条件下的出现，是在风速 4 米/秒。以下观察所得的数字可以看出风砂流出现的风速条件：

表 2

风 速 米/秒	离地表 1cm 高 1cm 气流中的含砂量克/分
3	0
4	开始有风砂流现象
4.8	0.12
5	0.16
5.9	0.18
6.7	0.38
8.1	1.4
8.8	2.1

2. 风砂流的速度在离地表各个不同的高程内，并不是相同的，而是随着高度而增大，高度愈高，风砂流的速度也愈大，其数值的变化有如下表所示：(图 1)

表 3

地 貌 部 位	离地面高度M	风砂流的速度 M/cek
新月形砂丘链的岭脊部分	2	8
	1.15	7.4
	0.15	5.8
新月形砂丘链的迎风坡部分	2	8.4
	1.15	7.8
	0.15	5.5

上述这种特征的形成，乃是因为靠近地表部分的气流受地面粗糙度摩擦和阻挡的影响，所以速度较小，反之在大气上部各层中的气流速度，则渐渐增高，在这些地方气流的速度，仅因内摩擦才能降低，但是众所周知，这种决定内摩擦的空气凝集力并不大，由此可以说明为什么由于风力吹送而扬起的细小砂粒能在空气中保持较久并能搬运到较远的地方去¹⁾。

表 3 系 12 次观察所得的平均数值根据这些数值我们又编制了风砂流速度随高度而变化的曲线图，从该曲线的型式又可看出各个高程间风砂流速度差数的变化，在靠近地表部分比离地表较高部分为大，这也就是说离地面愈高，风砂流速度的差数愈小，愈靠近地面，差数愈大，以新月形砂丘链岭脊部分所测得的风砂流速度数值为例，在离地面 0—15cm 高度内，其差数为 5.8，但在离地 0.15—1.15m 高度内，差数显著地减小为 1.6，而在 1.15—2m 高度内，其差数更小为 0.6。由于这种特征也就影响到各个高程气流中含砂量的多少，气流速度的差数愈大，上升力也愈大，因此有较多的砂粒受上升力作用而进入气流中，这也就影响到邻近地表部分的气流层中，砂的含量大大增加，远远超过于离地表较高部分气流中的含砂量(关于这一方面的特征，在下一节中将详细讨论)。

为了进一步说明各个不同高度内风砂流速度在砂丘地表上的特征，我们在砂丘的表

1) Т. Ф. Якубов著 ветровая эрозия почвы в борьбе с ней селъхозгиз 1955.

面又进行了对各个不同地貌部位，各个不同高度内风砂流速度的观测并求出风砂流速度系数，六次观察所得的平均数值和风砂流速度系数有如下表所列：(图2)

表 4

观察点	地 貌 部 位	观察点离 地面高度 M	2 m		1.15m		0.15m	
			风沙流 速度 米/秒	风沙流速 度系数	风沙流 速度 米/秒	风沙流速 度系数	风沙流 速度 米/秒	风沙流速 度系数
1	岭 脊	4.8	6	1	5.6	0.93	4.9	0.82
2		4.7	6.5	1	6.2	0.95	5.6	0.86
3	迎 风 坡	4.5	6.8	1	6.2	0.91	5.5	0.81
4		4.2	6.4	1	5.7	0.89	5.2	0.81
5		3.8	6.2	1	5.2	0.84	4.5	0.73
6		3.5	6.6	1	5.5	0.83	4.8	0.72
7		3	7.4	1	5.8	0.78	4.9	0.66
8	迎 风 坡 麓	2.4	5.8	1	4.3	0.74	3.5	0.61
9		1.1	6	1	4.1	0.68	3.1	0.51
10		1.3	5.3	1	3.8	0.71	2.5	0.47

根据这些数值，编制了新月形沙丘表面上不同高程内风沙流速度系数曲线，在该图上，首先按照实际测量的资料，编制出沙丘的纵剖面图，然后根据剖面上各个观察点所得各个不同高度内风沙流速度系数的数值，把它表示在沙丘实际剖面相应的各个观察点上，这样便可表示出沙丘表面各个不同高度内风沙流速度系数变化的曲线，分析这些曲线可以看出：

a. 在离沙丘表面同一高度下，风沙流的速度系数在沙丘各个部分，并不是相等的，而是自迎风坡麓逐渐向岭脊部分增大，因而在曲线形式上也并不是和沙丘地表线相平行，而

表 5

高 度	1cm 气流的含沙量% (风速)		
	6米/秒	7米/秒	8米/秒
1	33	31	33
2	18	23	24
3	12	13	16
4	9	9	10
5	8	7	6
6	5	5	4
7	5	4	3
8	4	3	2
9	3	3	1
10	3	2	1

是作向上发展的趋势，正是如此，因此在大风时在野外观察，常见由沙丘迎坡风面上吹来的风沙流，在岭脊部分，速度特别急疾，而砂粒也特别密集。

6. 风砂流吹经沙丘表面时，在靠近地表的高程内，其气流运行的方式并不是作平行的直线，而是顺着沙丘的表面而前进，气流线的方式大致和沙丘表面形态相似，正是因为风

沙流运行的方式,是顺着地面进行,所以除极微小的粘粒外,一般不能从高空经过,因此一般所谓沙粒从空中渡河的说法,也就不可能存在。

B. 风沙流的运行是顺着地面而前进,而其沙的含量则随着高度而变化,离地表愈高,含量愈少,相反愈靠近地表,风沙流中的含量也愈多,下面的图表提供了这种特征:(图3)由上述的资料,清楚地说明着风沙流中含量的多少是和高度成反比,假使我们连续用若干架风沙仪置放于10cm以上各个高度,那么可以看出风沙流中的沙有90%是分布在离地面10cm以下的范围内,而在10cm以下的气流中,又有50—60%的沙粒是集中在离地表0—2cm的高程内,至于10cm以上的气流中沙仅占有10%左右, A. H. Знаменский 在 Репеток 曾进行了在离地表32.4cm高度内气流中含沙量的观察,得出了如下的数值:

表 6

风速米/秒	离地表的高度CM	各个高程内气流中含沙量%	
5	0—3.6	43	90.1
	3.6—7.2	31	
	7.2—10.8	16.1	
	10.8—14.4	6.5	
	14.4—18	2.0	9.9
	18—21.6	9.9	
	21.6—25.2	0.3	
	25.2—28.8	0.1	
	28.8—32.4	0.1	

风沙流中含沙量的多少,不仅随高度而转移,同时也随风速而转移,风速愈大,气流中含沙量愈多,下面观察的数值说明了这种特征。

表 7

风速米/秒	在离地表0—10cm高度内10cm ³ 体积气流中含沙量的总和克/分
4.8	0.35
5.9	0.56
6.7	1.23
8.1	4.1
8.6	4.9

为什么在风沙流中沙的含量配置具有着这样的特征呢?根据空气动力学的原理,沙粒之所以能离开地面进入气流中,并随气流而前进,主要是由于上升力作用的缘故,依照柏努利定理气流在空间的状况是,地表部分气压较大,气流速度较小,而在较高部分则处于气压较小,气流速度较大的状态中,在这样的情况下两个部份之间压力的差引起了上升力自下而上,由前者向后者作垂直方向的前进,也就是说空气从压力较大的一方向压力较小的一方移动正是如此,因而地表的沙粒乃受其影响而被带入气流中,惟由于各种沙粒颗粒的大小重量和其在气流中运动方式的不同以及风沙流速度差数大小随高度而转移的关系,沙粒大部分布在靠近地表部分的气流中。假使风速不增大,那么上升力就不可能携带更多的沙粒到更高的空间,因为上升力是以气流的速度为转移,气流速度增加,上升力也随之增大,因而也有较多的沙粒籍上升力而被带入较高空间的气流中,并产生了在风速较

大的情况下，气流中的含沙量較风速小者为多，而分布高度也产生了在风速較大的情况下，离地表較高部分气流中所携带的沙量較同一高度而在风速較小情况下所携带的沙粒为多，如在风速8.8米/秒情况下，离地9—10cm高度1cm³气流中含沙量为0.04克/分，而在风速5.9米/秒情况下，同一高度沙的含量仅0.015克/分。詳細的資料可見見于下列图表：(图4)

表 8

高度CM	风 速 (米/秒)			
	5.9	6.7	8.1	8.8
	1cm 气流中含沙量(克/分)			
1	0.18	0.38	1.4	2.1
2	0.11	0.29	1.0	1.9
3	0.07	0.17	0.66	1.5
4	0.05	0.11	0.42	1.2
5	0.04	0.08	0.26	0.7
6	0.03	0.06	0.16	0.4
7	0.28	0.05	0.10	0.24
8	0.021	0.04	0.06	0.12
9	0.017	0.03	0.04	0.06
10	0.015	0.02	0.03	0.04

4. 风沙流中沙的顆粒大小在离地表各个高度内的配置也是不相同的，离地表愈高的气流中所含顆粒愈細，而在接近地表的气流中所含顆粒較为粗大，这也就是说在气流中沙的粒度是随着高度增加而減小，下列的材料提供了这种顆粒粒度配置的特征。

表 9

高 度 cm	各粒径在各层中所占的百分比	
	大于 0.1mm	小于 0.1mm
1	20.96	79.04
2	18.25	81.75
3	12.80	87.20
4	10.55	89.45
5	8.72	91.28
6	7.92	93.08
7	4.49	95.51
8	2.19	97.81
9	2.02	97.98
10	1.75	98.25

为什么具有这种特征呢？根据实验观察的结果，沙粒为风力吹动而所发生的运动，一般是呈跳跃状前进，在其刚离开地表时，作較陡而略垂直的方向向上跃起，然后再作一緩傾斜角度的方向而降落在地表，这也就是说，沙粒在气流中的运动是呈拋物綫的跳跃，而这种运动则是由于上升力的结果。較粗的顆粒以其重量較大，上升力不能把它带到較高的高度，而仅能在地表作短距离的滚动，較細的顆粒則相反，上升能力把它带到略高的高

度而作跳跃状运动,至于更細的顆粒重量較輕,上升力所达到的高度也較大,假使暂时气流速度条件不变,它可以作飞跃前进,而暂时不降落到地表,如云一样作悬浮状态,正是如此,因此沙粒在气流中的分配也就产生了上述的特点。

(三) 沙质沙漠地区风沙流作用下地表形态的发展

本实验主要在空气动力管内工作部分具有平鋪沙粒的长方形木盘内进行,在实验时我們在工作台上置放 14500 克重量的沙,其中細沙占 95%(顆粒直径为 0.25mm 以下)粗沙占 5%(顆粒直径为 0.25—1mm),沙地表面高出工作台面为 3.3cm,也可以說沙层厚度为 3.3cm,然后轉动馬达和通风器发生气流,观察地面在不同风的条件下地表形态的变化,其变化的特征,我們可以藉助于形态測量数值来加以确定。

藉助于本实验,我們可以見到地表形态的变化,首先是随着风速条件而轉移。

表 10

风速米/秒	吹蝕凹地地带		沙波移动带波頂高度 cm	远处沙粒堆积带的沙粒堆积高度 cm	历时(分)
	长 cm	深 cm			
3	0	0	0	0	1
4	1	0.02	0.05	0.01	1
5	1.5	0.05	0.1	0.05	1
6	5.3	0.13	0.3	0.25	1
8	6.6	0.16	0.7	0.47	1

由上表可以看出,当风速在 4 米/秒以下,在空气动力管条件下,历时一分鐘对地表形态的变化不甚显著,而在 4 米/秒以上,地表微現吹蝕和沙波移动的特点,并开始呈現出三个不同的地貌作用地带—吹蝕为主的微凹地带,沙波移动及沙粒搬运地带,及堆积地带,而这三个地带地表的形态又随着风力作用時間的延长而发展,下面便是在风速 8.8 米/秒情况下,随着风力作用時間的延續吹蝕凹形地带发展的数值:

表 11

累积时间(秒)	吹蝕凹地前緣向前推进离工作台前緣的距离
0	0
19	18
39	20
59	23
77	25
96	27

現在再以沙波为例來說明它在风力作用下是如何发展的?

沙波为风力作用于沙地地表最原始而最基本的特征地貌形态,也是流动沙丘形成过程具体而微的縮影,因此研究其整个形成的过程,可以提供出沙丘地貌形成的一般动力过程,所以在实验中我們詳細观察了在不同风速不同地表性質下沙波形成的过程。根据观察的結果,当风力吹經沙

地地表时,沙粒隨即轉移,但其移动的方式随着顆粒的大小而有不同,細粒部分为风力带到較高高度而随气流前进,較粗的顆粒由于其本身重量的关系,不能带到較远的場所而仅能作較短的运动,順地表滚动,聚集成波状沙埂,于是平坦地面乃出現起伏的沙波,而其排列的方向則和风的方向相垂直,假使风向改变,沙波排列的方向也隨即改变。波状沙埂在风力作用下其动力过程的图式为:迎风坡的下部为吹揚地带,沙粒由此为风力吹动,順着斜坡跳跃前进,形成移动搬运带,而在到达波頂以后,因风力扩散,搬运携带力減弱,乃在

背风坡下落,形成堆积带。惟当背风坡上由迎风坡搬运而来的沙粒超过了其静止角,而不能负荷时,沙粒乃开始泻溜,这时沙波向前移动,因此也可以这样说由于背风坡的落沙,沙波乃开始移动。至于其移动的速度则决定于风速和地表沙粒度的大小,根据下面观察所得的数值可以看出其移动速度是随着风速而转移,风速愈大,移动速度也愈快(图5):

表 12

风速米/秒	靠近工作台前缘第一条沙波第一次出现时		靠近工作台前缘第一条沙波当实验结束时		自第一次出现到实验结束时的总历时(秒)	自第一次出现到实验结束时的沙波前移距离cm	每秒速度米/秒
	离工作台前缘距离cm	时 间(秒)	离工作台前缘距离cm	时 间(秒)			
6.8	7	56	11	229	163	4	0.024
8.8	18	65	34	269	204	16	0.078
10.1	23	21	33	104	73	10	0.130
11.2	33	14	43	66	52	10	0.190

地表沙粒粒度的大小对于沙波移动的速度也有很大的影响,为此我们又进行了另一个实验,在工作台上平铺由30%粗沙和70%细沙所组成的沙粒,观察其风力作用下沙波移动的情况,并把观察的结果与粗沙5%细沙95%所组成的地面上沙波移动的情况相比较(两种地表都在风速6.8米/秒条件下)得出如下的数值。

表 13

地表性质	靠近工作台前缘第一条沙波第一次出现时		靠近工作台前缘第一条沙波当实验结束时		自第一次出现到实验结束时的总历时(秒)	自第一次出现到实验结束时的沙波前移距离cm	每秒速度(米/秒)
	离工作台前缘距离cm	时 间(秒)	离工作台前缘距离cm	时 间(秒)			
粗沙30% 细沙70%	4	106	12	1059	953	8	0.0083
粗沙5% 细沙95%	8	147	16	549	594	8	0.019

根据上述的数值,可以看出沙波移动的速度除了受风速的影响外,也随地表沙粒粒度的大小而转移,地表沙粒的粒度愈大,沙波移动的速度也愈慢,粒度愈小,移动的速度也愈快,但其所形成的形态则相反,粗沙粒所组成的地表上所形成的沙波高度较细沙地表上所形成的沙波为高,其数值有如下表所示:

为什么具有这种特征呢?这是因为颗粒较粗沙所组成的地表,其沙的粒度较大,风力不能把它带到较高的高度而吹向远方,仅能顺地表滚动而聚集,因其数值较多,愈聚集也就愈高,但在细沙地面风力吹扬带走了大部的细沙,仅有少部分的粗沙遗留地表滚动聚集成为沙埂,但由于其数量有限,因而也就不可能形成较高的高度。

表 14

地表性质	风速米/秒	沙波岭脊高度cm(高出原来沙地地面)
粗沙30% 细沙70%		0.65
粗沙10% 细沙90%	6.8	0.50
粗沙5% 细沙95%		0.30

以上所述仅就沙波为例来说明在实验室条件下各种因素对沙地地貌形成一般特征的

关系,但是除了上述因素以外,沙质沙漠地表沙波形态的发展和型式尚受风向的影响,为此我们在野外固定的重点地区,选择了2平方公尺面积大小的沙地地面,根据风向仪,风速仪来观察在各种不同风的情况下沙波形态的变化和发展图式,观察实验的结果,有如下列图片所示,假使我们把这些图片和航空摄影的各种沙丘地貌照片相比,其形态的特征完全一致,充分反映出沙波为沙丘具体而微的缩影。

从图片(6)表示出壠崗状沙波的形态,此种沙波乃在一个主要横方向(或相近似方向)风所作用下,沙波狭长如带,各带大致相互平行,其排列方向则与风向垂直。实验系在风速6米/秒,气流中含沙量1.2克/分(每10cm³体积气流中),风向SWW历时30分条件下所进行,该照片系斜视摄影,图7则系高空航摄(平面摄影)的壠崗沙地貌形态。地点在苏联土庫曼共和国阿希哈巴特以北的中央喀拉庫姆沙漠。

从图(8)表示出一个方向(或相近似方向)风所作用下的密集新月形沙波,其形态与风向相垂直,这里也许要问为什么在同一个方向风的作用下,图(6)与图(8)为什么有不同的形态呢?这是因为密集的新月形沙波形成乃是在较大风沙流的情况下,而且该种强大的风沙流历时也较久,速度也较大,同时由于风沙流继续不断延续进行的结果,继续来的风沙流向两侧分散,而沙波两侧沙粒也被带动向前成为两翼,微呈新月形形态,实验系在风速10米/秒气流中含沙量8.26克/分(每10cm³体积气流中),历时60分,风向SWW条件下进行,照片系斜视摄影。图9系高空航摄的密集新月形沙丘地貌形态,摄自喀兹尔庫姆沙漠中。

从图10表示出壠崗蜂窩状沙波形态,这种沙波系两种不同的形态所组成——即若干狭长的壠崗岭脊和若干与其相交的短矮沙埂,其形成的过程则受两种不同风速不同方向的风所影响,壠崗岭脊受主要的横方向风所影响,而这种风向在该地段作用时间较久,风速也大,每秒8公尺,所形成岭脊非常显著,与壠崗岭脊相交的砂的,则受其他次要方向风的影响,这种风的风速在该地段为4—5米/秒,作用时间也较短,因而所形成的形态规模也远远赶不上前者。

*

* . . *

*

根据以上所述,我们可以看出应用实验观测的方法,能够提供近代风沙地貌形成的一般特征——动的发展过程,及其发展过程中所依赖的各种因素,而在这些因素中,以风为最主要,因而我们也可以这样说风乃是沙质沙漠地区沙地地貌的基本创造者,认识了风沙地貌形成作用的动态后,就使得我们能够比较容易解决关于防止风沙侵袭的问题,如苏联土庫曼共和国科学院地质所风沙地貌组根据了多次实验室研究风沙流特性的结果,找出了气流中含沙量多少随地表粗糙度而转移的规律,提出改变沙地表条件减少气流中含沙量,不使气流中沙粒堆积形成沙丘的办法,保证了喀拉庫姆运河两岸沙质堤坝的效用(按在未进行风沙措施以前,运河两岸沙质堤坝在风力作用下往往形成新月形流动沙丘),此外根据了实验室中气流环绕着槽形低地流动时所发生上升力反作用的研究提出了在沙漠地区道路建设中给路基和流砂之间设置截断带(截断堤和其相联的槽形低地综合而成),利用气流涡动力将砂吹出路基不使堆积为害道路的建议,保证了流沙地区公路的顺利通车,由此可以看出应用实验方法来研究风沙地貌不仅限于科学的意义而且有着国民经济上的实践意义。