

中国科学院治沙队1961年治沙科学研究总结会议

中卫沙坡头沙丘移动 观测总结报告

地貌和风沙研究组

执笔人 王允才 (中国科学院治沙队)
朱新野 (华东师范大学)

一九六一年十二月 傅和浩持

中卫沙坡头沙丘移动观测总结报告*

王允木 (治沙队)、朱新轩 (华东师大)

一、自然情况:

中卫沙坡头位于腾格里大沙漠的西南边缘,处于西北内陆地,气候上深受内些古高压的影响,具有寒冷、干燥、多风的沙漠气候特征。

根据茶房庙气候站多年观测记录,该区年平均气温 8.5°C , 寒季 (1月份) 平均气温 -10°C , 暖季 (7月份) 平均气温 23°C , 年绝对低温 -25°C , 年最高气温 37°C , 沙丘表面最高温度 57°C , 年降雨量为 200 毫米, 大部份降雨集中在 6-8 月或 7-9 月, 占全年降雨量的 56% , 水面蒸发量超过降雨量的 16 倍。植物生长期 180 天。

风情: 常年以西北风为主, 但季节的转换比较明显 (3-6 月西北风为主, 6-7 月以东北、东、东南风较多, 9 月至次年 3 月又转为西北风) 使沙丘呈往复摆动前进式。全年风速大于 $5 \frac{\text{m}}{\text{Sec}}$ 约有 200 天。

本区的沙丘为阶梯状的沙山, 地势为西北高、东南低, 相对高差 300 M, (黄河水 海拔为 1200 M), 最高处沙丘海拔为 1500 M。流沙复盖在三迭纪紫红色砂岩与第四纪冲积洪积物上。沙丘类型为格状沙丘、新月形沙丘链与单个新月形沙丘及小的雏形沙丘。

二、研究项目与工作方法:

沙坡头治沙站 61 年的中心任务是加速铁路沿线固沙植物的

* 参加工作的还有李长治、胡智育 (中国科学院治沙队)

生长。风沙地貌任担的任务是：(1) 沙丘运动的观测；(2) 草方格沙障固沙效益的观测。

工作方法：采用标杆法、等高线法，及采用集沙仪测得沙子吹蚀、堆积量，利用小竹片，测定格状沙障内沙子活动情况。二者均定期(10天)进行观测工作，遇风日加测。

三 近地面气流及风沙流特征

控制流沙地形发育和沙丘移动最主要的因素为气流。揭示近地面气流和风沙流运行的规律和特征，对人工控制流沙具有重要的实际意义，为此我们在沙丘不同部位和不同地表性质上，对气流和风沙流进行了观测。由于观测次数较少，仅能将所得资料作一初步整理。

(1) 根据 61 年 7 月 6 日 16 时在麻黄滩新月形沙丘上不同部位(迎风坡脚、坡肤、丘顶及两翼角)气流观测的情况如下：

(表一)

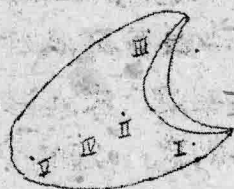
新月形沙丘不同部位气流速度的分布

(风速仪高度 1 米)

表一

风沙流 次数	部位	I	II	III	IV	V				
1	49	NNW	52	NNW	45	NNW	50	NNW	48	NNW
2	32	WNW	32	NW	24	"	22	NW	19	NW
3	31	NW	36	"	28	"	30	"	26	"
4	43	WNW	52	"	25	"	40	"	34	"
5	42	NNW	55	NNW	48	WNW	56	NNW	49	NNW
6	47	WNW	59	"	33	NNW	55	"	48	"
7	32	NW	39	"	35	"	36	"	32	"
8	32	NNW	42	"	34	"	39	"	36	"
9	39	WNW	49	NW	40	WNW	44	NW	36	NW
平均	37		46		35		41		36	

由上表可以看出沙面上气流分布和微地形有极密切的关系。气流速度随地势高低而不同，地势低风速小，地势高风速大。沙丘各部以丘顶风速最大。气流线的运行基本上与地形等高线相一致的。



(2) 根据对沙丘顶部不同高度 (1.5 M、1 M、0.5 M、0.2 M) 气流的观测表明 (表 2)

不同高度气流速度的分布 表 2

风速 高度 次 数	1.5 M	1 M	0.5 M	0.2 M	备 注
1	5.5	5.3	4.6	4.1	
2	3.7	3.6	2.9	2.8	7月6日观测
3	5.1	4.9	4.3	4.1	于新月形沙丘
平均	4.8	4.6	3.9	3.7	来向迎风坡

越靠近地面气流速度越小，离地面越高气流速度越大。产生此现象的原因是气流沿着地面运行时受地面摩擦力影响关系，近地面层气流受摩擦力大显著降低，而较高层次气流仅受内摩擦力的影响，速度减低很少，因此就造成了气流速度随高度增高而增大的变化。

(3) 关于风沙流方向，我们仅在沙丘迎风坡腰，丘顶和丘间低地时进行了四次观测，从所得资料中看出如下现象。

(1) 根据本年 7 月 6 日 17 时在麻黄滩新月形沙丘上的观测可看出不同高度气流中含沙量是不同的 (表 3) (当时的风速是 5.4 M/秒沙子混干)

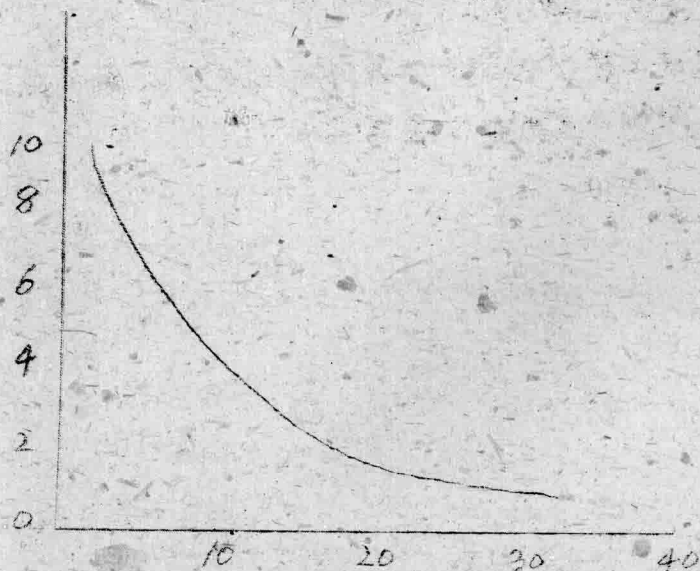
0~10cm 高度气流中含沙量的分布

表3。

离地表 高度 (CM)	沙丘 沙样重量 (克)	顶部 %	迎风 沙样重量 (克)	坡腰 %
0~1	0.97	32.7	0.72	41.6
1~2	0.47	15.9	0.36	20.09
2~3	0.56	18.9	0.17	10.0
3~4	0.33	11.1	0.11	6.14
4~5	0.25	8.45	0.15	8.65
5~6	0.15	5.07	0.06	3.45
6~7	0.09	3.38	0.06	3.45
7~8	0.07	2.36	0.05	2.88
8~9	0.04	1.55	0.03	1.84
9~10	0.03	1.11	0.02	0.98

从表3可知，风沙流中含沙量随高度增加而减少。(图三)

图三 不同高度气流中含沙量分布曲线



在迎风坡顶(沙丘顶部)和迎风坡腰高处，0~2cm 高度的含沙量分别为0~10cm 高度含沙量的48.6%和61.69%。而离地表

9~10cm高度气流中含沙量仅占0.98%与1.11%。

b. 根据观测, 风速不同气流中含沙量也不同, 如风速在5.4 M/s时, 气流中10 cm³ 体积中总输沙量为0.593克/分, 当风速增加到9.9 M/s时, 输沙量增加到8.28克/分。从这里可看出风速由5.4 M/s增加到9.9 M/s时 (即增加了0.83倍) 而输沙量就由0.593克/分^{增加到8.28克/分} (即增加了十三倍) 显然这说明气流中含沙量具有随风速增大而增加的规律。

四. 沙丘移动状况

本地区的沙丘移动观测于56年已开始进行工作。因而, 对于沙丘移动速度、方向、方式等问题已得出初步规律, 并已写出了研究报告 (见林业集刊第三集)。不论是格状的和链状的, 单个沙丘均向东南方向前进 (是由主风NW所决定)。沙丘移动速度视沙丘大小不等, 约2~5 M。近年来, 尤其是包兰线筑成后, 在铁路三侧的沙丘上设置了机械沙障与植物固沙措施, 基本上使沙丘得到了固定; 但在未加人工措施的地方, 如麻黄滩地的沙丘继续向东南方向延伸。

风是沙丘移动的动力, 是沙丘前进的主导因素。从今年1~3月风速风向分布状况如下面4示。

~ 6 ~



(角4)

沙坡头地区1961年1~8月 ≥ 4.5 M/sec 风向风速图

合成风向: NW 合成风速: 3.84

从上面可以看出:

(1) 1~5月的总趋向是西北至东南。因此沙丘在此期间是往东南方向移动。

(2) 6~8月风向紊乱, 致使沙丘来回摆动, 呈往复前进。

上述的风速风向分布状况和历年的风速风向资料是完全一致的。决定着该地的沙丘移动方向, 速度, 方式。如表4, 5图5。

站标707北侧枯水移动表

表4

日期	6月2日	6月19日	6月29日	7月10日	7月21日	8月2日	/
校距	设桥	32cm	160cm	/	159cm	41cm	/
校向	/	SE	NW	SE	NW	NW	/

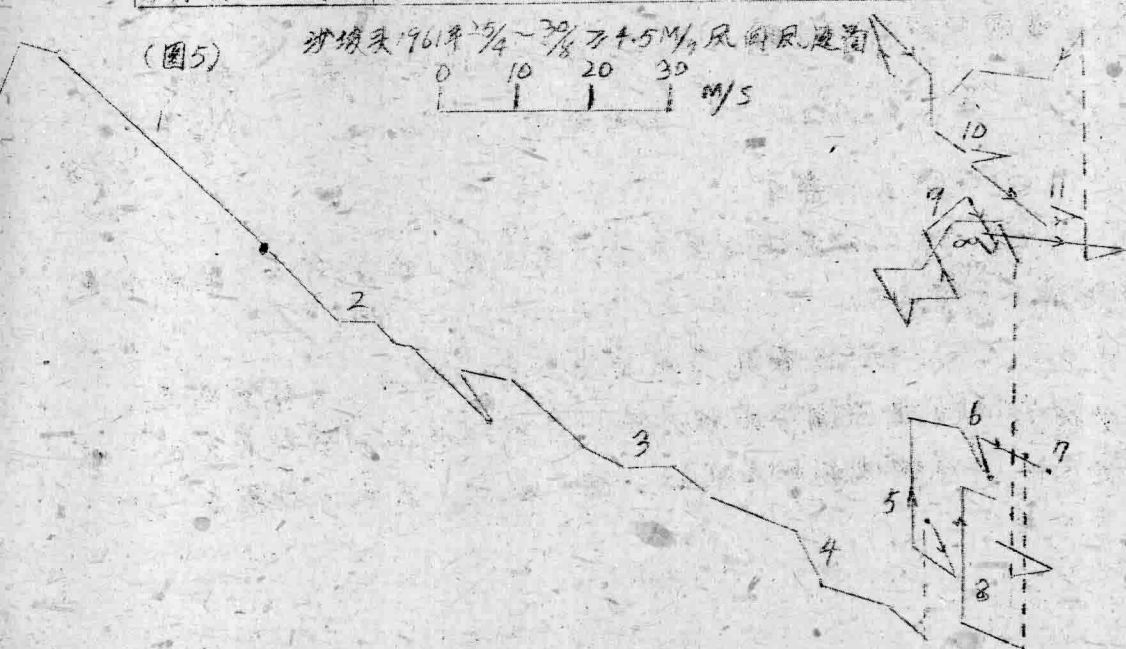
新河形沙丘链移动表 表5

观测日期	沙丘移动距离			备注
	I号	II号	III号	
4月25日-5月5日	+122	+149	+241	— 沙丘
5月5日-5月15日	+160	+204	+294	呈圆形
5月15日-5月29日	+269	+307	+365	无沙脊线
5月29日-6月5日	+310	+399	+405	
6月5日-6月19日	/	+260	+131	
6月19日-6月25	/	/	/	
6月25日-7月5日	/	/	/	
7月5日-7月15日	/	/	/	
7月15日-7月31日	/	-800	-750	
7月31日-8月14日	-145	/	/	
8月14日-8月30	-150	-430	620	

(图5)

沙坡头1961年 $\frac{25}{4} \sim \frac{30}{8}$ 为 $+5M/s$ 风向风速图

0 10 20 30
| | | |
m/s



编号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
时间	25/5 14/5	6/15 15/5	16/29 15/15	34/5 5/16	6/19 16/16	24/25 16/16	26/5 5/19	6/14 17/17	16/31 17/17	1/8 18/18	13/30 18/18
合成 风向	WNW	NW	NW	NW	WSW	WSW	NW	S	W	NNE	ESE
风速	36	38	38	34	11	4	6.7	14	9	25	12

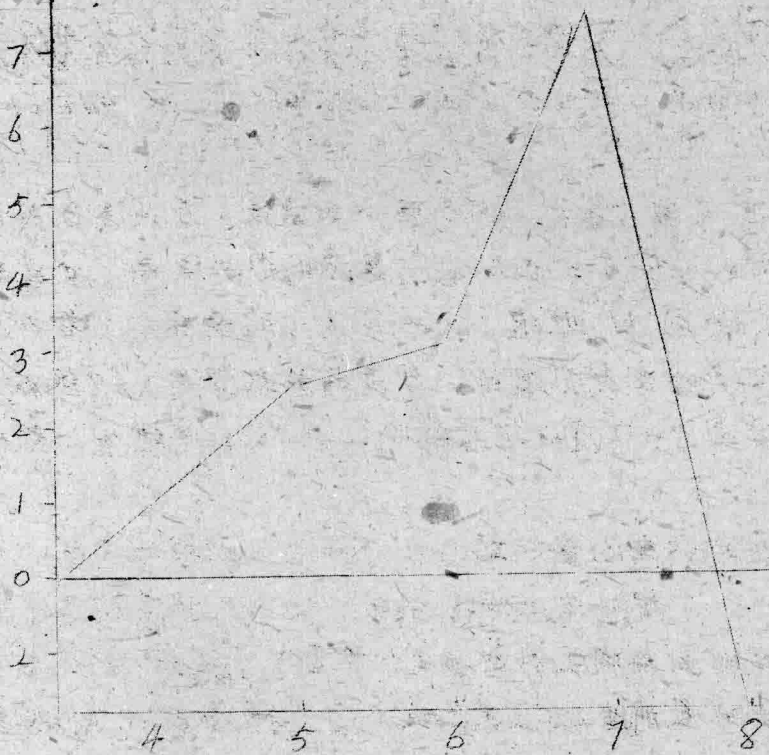
从上表4、5各站来看，沙丘移动的速度，方向与合成风向完全相符合。当从4~5月合成风向是西北走向东南，沙脊线是往东南前进，发现为“+”数值，6~8月，风向紊乱，各方位的风均会出现，致使沙丘来回摆动，沙脊线不明显或无沙脊线，沙丘呈浑圆状，且在6~7月又以东南风、东风出现较多，致使沙丘往后退。

当然沙脊线的变化并不能代表沙丘真正的移动速度，其移动速度视背风坡脚为标准。从6~8月的三个月中，经实测，松状沙丘平均往前移动43.9厘米，最快的沙丘前进99厘米，最慢的沙丘前进28厘米。故从目前铁路线北侧的高大松状沙丘移动速度来看是不大的。

新月形沙丘链是今年4月分新选定的观测点。本区新月形沙丘链都处于沙漠边缘部，高度不大，一般高1~3米，长度在200~300米，宽20~30米，沙丘链的方向近乎南北。

从今年4~8月观测资料中，新月形沙丘的移动随风的大小和方向来回摆动，形态变化很大。如在5月中高3.5米新月形沙丘链前进3.81米，高3米新月形沙丘链前进4.8米，其沙脊线的摆动随着季节性风向的变化，振幅较大，最大在9米左右。如下图所示。

(圖六) I号新月形沙丘鏈脊部移动量



从沙丘的移动过程中，在反风向作用下沙丘后退非常明显。其后退速度远大于在正风向下沙丘前进的速度。如4~5月沙丘脊部向前移4.8米，而在6月5日至28日仅4次真南风（根据定时观测资料）就使沙丘后退4米左右。不仅如此，在沙丘后退过程中，沙丘的形态也随之发生变化，迎风坡和背风坡发生倒置现象，沙丘的高度也随之增大，如下示意图示。



沙丘在正风向下的形态



沙丘在反风向的形态

我们曾从4月15~7月5日，每一月进行一次形态测定（7月以后由于形态不稳定未加测定，其数字如下表6。

表 6.

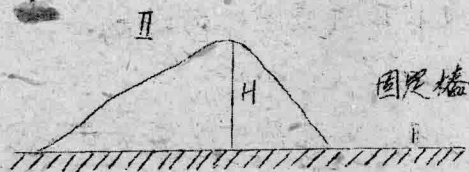
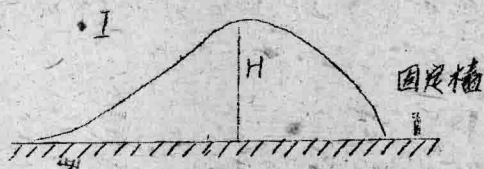
日期	沙丘高度		
	I号	II号	III号
4月15日	3.53	3.00	3.65
5月5日	2.05	2.47	2.24
6月5日	2.01	1.85	1.50
7月5日	2.37	2.71	2.01

由於在4~6月間其合成風向是西北走向東南，沙丘不斷前進，在前進過程中其高度在減小，而6月5日~7月5日一個月中，合成風向

是WSW，沙丘往東北^東後退，沙丘的高度反而有所增加。在反風向作用下沙丘高度並非代表沙丘真正高度，它只是由於反風向的作用沙子在沙丘迎風坡臨時堆積的結果。當正風向再次出現時，沙丘往往又被削平，高度降低。假如反風向特別強或持續時間長時，沙丘也會被削平，高度降低，背風坡和迎風坡不易區分。

為了進一步研究沙丘形態的發育規律，以便為人工控制流沙提供理論基礎，我們於6月份在商墩湖西邊選擇了兩個单个新月形沙丘進行三等高程測量和不定期觀測（測定其坡度、坡長和高度變化）。等高線測量只作了一次，給得一張沙丘等高線圖，無法進行比較，尚待於明年繼續之作後再作分析研究。

這兩個沙丘屬於同一類型，但在其形態上有所不同，I號沙丘，沙丘最高處不在丘頂而在高沙脊線之後，沙丘面積較大；II號沙丘，丘高與丘頂一致，而面積比較小。經不定期的觀測其結果如下表（表7）。



由於此觀測是在6月下旬設置的，至今僅三個月，又是不定期的觀測。從6月26~8月15日前後共觀測四次，故資料

殺果尚少。對於該類型沙丘移動狀況各要素之間關係便難以分析研究。

但仅根据现有的资料,其移动速度(以背凤坡脚与固定墙距离来计算),I号沙丘自6月26日~8月15日前进0.1米;II号沙丘

表 7

日期		I号 沙丘				II号 沙丘			
项目	丘号	2月26	7月8	7月15	8月15	2月26	7月8	7月15	8月15
迎风坡	坡度	0°25'	2°	5°	1°24'	7°25'	3°0'	6°30'	1°12'
	中	4°	1°30'	0°	3°15'	7°30'	1°0'	5°30'	8°34'
	下	6°15'	6°	3°	7°30'	8°	11°30'	6°30'	9°30'
	坡长 (M)	35	31.4	35.1	34.35	17.5	78.1	18.5	17.25
背风坡	坡度	33°	33°	32°	33.36	33°5'	32°	31°30'	32°
	坡长 (M)	3.0	4.3	3.11	3.05	5	5	4.15	4.55
沙丘高度 (M)		2.54	2.34	1.64	1.59	2.45	2.64	2.17	2.41
背风坡脚与固定樁之距离 (M)		13	13.5	13.1	12.9	10	11.2	11.2	10.35

后退0.35米。由于这两个沙丘均位于乌裕河与高墩湖之间沙地的边缘地区。后高沙源较远；沙丘的前进或后退主要是来於迎风坡和背风坡的沙子输移，因而不论其前进或后退距高均较小。

其次、此二沙丘与新月形沙丘链、格状沙丘一样，在其前进过程中高度降低的现象。也二号沙丘6月26日高达2.54 M，7月15为1.64 M。

五、半隱蔽式車燈沙牌圍沙效最

为了对单方格沙障的固沙效果的研究, 继去年的工作 在
1x1M, 1.5x1M, 1x2M, 1.5x1.5M, 1.5x2M, 2x2M, 2x3M, 2x4M, 3x4M
等九种规格的单方格内进行了定期的观测。

規格的單方格內進行定期的觀測。

由於觀測的時間短、收集的资料不多，故今年只能對單方格沙障的^{周沙效應}及規格進行。

半隐蔽式草方格沙障的固沙效益是比较良好的，基本上固定了铁路两侧的流沙。使铁路基不积沙或少积沙。通水桥至孟家湾全长16公里南北均以此种素固沙收到了良好的效果。但由于草方格设置的年限较长，平均有三四年（各段设置的年限不一）。长期的风吹日晒草的质量降低，削弱其固沙效果，使方格受风蚀或沙埋，我组曾于六月份在典型地段作了调查并提出相应的报告，（详见包兰线中1段通水桥至孟家湾草方格沙障调查报告）。

经过今年的定期观测和对去年资料进行了分析研究，与一次典型地段的调查，凡方格的规格不同或设置部位不一其固沙效果是不同的。一般说来方格愈小固沙效果愈好；方格愈大固沙效果愈差。从下表及附图中很明显可以看出。

杆号	时 间	规 格	侵蚀深度	备 注
A ₁₀	61年4月27~7月13	1X1 M	+5.2	十"号表示堆积
83	"	1X2 M	+3.8	
A ₃	"	3X4 M	-1.5	一"号表示风蚀
B ₂	"	2X2 M	+5.0	
A ₁₆	"	2X4 M	-0.9	
A ₂₀	"	2X3 M	+3.0	
A	61年4月10日~8月7日	1.5X2 M	-1.7	
11	"	1.5X1.5 M	-0.5	
53	"	1X1.5 M	-0.1	

从上表中可见目前草方格沙障的侵蚀度化极微，现方格内已形成了稳定的浅凹谷，但也可以看出方格大风蚀的深度大，从草方格沙障侵蚀变化图可看出几乎各种规格的沙障在七月分都有不同程度的风蚀现象，方格大的风蚀深度便更大。假如在此期间进行种植之物，那是不太适宜的。

目前看来，规格大的方格一般经不起强风的吹袭，方格

易被吹毀，尤其是在沙丘頂部方格被吹毀后栽下的植物的根便裸露在外，失去鞏固沙效果。但是，規格小的方格也有被吹毀或沙埋的現象。尤其是在柵欄附近的 1×1 M方格與互頂部份的 2×2 M方格。原因不在於本身的規格問題，而由於柵欄的倒樁之後失去防沙作用。使沙子覆蓋在兩側的方格上或由柵欄之間連樁不牢固風沿縫口吹蝕掉方格。互頂部份 2×2 M方格的吹毀除風的原因外，其次是建造之中不合規格，寬度過大而引起的。

關於小方格沙障固沙效果好，而大方格沙障固沙效果差其原因何在？從現在初步所得到的資料中分析，我們認為可能是下面的原因：

因單格沙規格的不同，引起了地面粗度的不同，沙障地表對氣流的作用隨之發生變化。風沙流中的顆沙量也不一，所以一般說來小方格沙障比大方格沙障固沙效果良好。

曾採用單格沙障來固定流沙，以規格小的沙障為宜，其化作的材料，勞力是比大方格為大，但所收得的效果是好的。

單方格沙障設置的部位問題，從現在單方格沙障在沙丘各部位保持的情況來看，一般在地形低窪部份保存良好，受沙埋或風蝕現象均不嚴重；而在地形較高部份，尤其是在沙丘 $1/3$ 處（互頂部份）受風吹襲的次數較多，均被吹毀單格，引起流沙再起。

根據今年的沙丘活動預測，互頂部份活動頻繁，脅線未固擾動，為要保持固沙植物的生長，以此來固定流沙目的，尤其是在靠近鐵路線較近處，互頂仍要採用機械沙障為好。但根據蘇聯專家安薩，阿希序的設計屬鐵路線近的第一帶，採用 1×1 M方格，全面鋪設，第二帶採用 2×2 M方格鋪設在沙丘迎風坡 $2/3$ 以下部份，互頂部份未鋪設沙障，願利用風來刮平互頂；而未能達到預期目的，相反把這部份沙子吹送到已鋪沙障的鄰近，減低了沙障的

固沙作用，所以要充分利用削平丘顶的办法降低沙丘的高度，仍需在丘顶設置沙障。

其次，从观测的资料中，看出不同地点沙障起到的固沙效益不同，一般采用下面的面式为宜：

丘顶鋪設 1×1 M方格，丘
陽鋪設 2×2 M方格，丘脚鋪
設 1×1 M方格。



沙丘被风坡部位，据调查，一般草格沙障保存较好，仅有轻度的沙埋，并据在流沙地上的观察，其滑动不度化比迎风坡要小，背风坡一般可不鋪設因因本区沙丘高，排列密集丘间低地小，在迎风坡又已鋪設了沙障，气流吹向背风坡的力势必会减弱，沙子的输送量亦不大。

除上述以外，沙障設置的部位还应视当地的风向，风速，沙丘走向，地形及周围的自然环境具体来决定。

关于沙障設置的宽度问题；从几年来的研究中一直未能得到解决，在今年的工作中也不能彻底的解决。

迎水桥至西康河一段，铁路线北侧的 格沙障已設置了3—4年了，平均宽度在500 M左右，最宽达667公尺，由于流沙不断向前移动及风沙旗的巨动，方格沙障的宽度日趋缩小，据专家設計，从铁路线至防护林带共宽2500 M，現仅鋪設600多公尺，基本上能保护火车的通行，並且在生物固沙措施能及时的跟上来。

我們认为，沙障設置的宽度是无上境的，当然是越宽越好，但从現在的铁路移沙情况在沙障固沙情况来看，问题不在于沙丘的向前移动，埋没沙障和路基，主要的危害是风沙流，气流中夹带着沙子向差路的方向吹动而来。要做路基上不积沙或少积沙可采取不积沙原理的方法来解决，其宽度问题也可以随之而解决。因此不积沙的原理，是我们今后研究的方向。

六、工作中存在的问题

由于今年人员的调动，工作交接手续不完善，以往的资料零星不全，难以加以整理。今年参加工作的人员，任务水平低，又缺乏工作方法，对所取得的资料不能加以详细的分析；其次在客观条件上，如器材配备不全，如缺少风速表，观测杆，人为的破坏试验装置（拔去观测杆）等。因而在此报告中不免有好多错误，望阅者多多批评与指导。

在今年的工作中只是泛泛的进行工作，许多问题未能深入的研见，如机械故障因为效益中的线凹面的界限，柱状沙五浪板规律多，均有待于今后继续深入研究。