

中国沙漠地区的风沙研究



中国科学院治沙队

耿宽宏

1964年9月北京

中國沙漠地區的風沙研究

耿麗宏

前 言

改造和利用沙漠是我國社会主义建設中一項宏偉的任務。這是一場艱巨而長期的人与自然之間的鬥爭。為此，自1957年以來，科學工作者在黨的領導下，在沙漠地區進行了規模空前的系統研究工作。風沙研究僅僅是其中的一部份。

中國沙漠地區分布於西北及內蒙古六省（區），範圍很遼闊，跨越草原，半草原，半荒漠及荒漠等四個自然地帶。東起西遼河，西至新疆中蘇邊境；北包中蒙邊界，南抵青海柴達木盆地。面積（包括戈壁）15.1億畝。將如此廣大的沙漠地區變為利，在經濟和政治上都具有至大的意義。

在這場鬥爭中，首要任務是制止流沙的蔓延。由於它对沙漠資源的開發——农牧業及工礦交通事業的發展，有經常的威脅。這種威脅是風沙的活動所造成的。因此，對風沙研究並與之作鬥爭，在沙漠工作中占很重要的地位。

本文總結多年來對沙漠地區風沙的調查研究工作，以便提供較系統全面的材料，為治理沙漠研究工作提供參考。

一、起沙風的調查和分析

“風吹沙起，風停沙落”，是沙漠里常見的現象。但並不是所有的風以及在任何條件下都能起沙的。因此，查明起沙的風速指標及其出現條件，是風沙研究必須首先解決的問題。經過較廣泛的調查研究，最初得出了這樣的觀念：當風速（離地兩米高处）達到5米/秒時，乾燥的流沙沙粒便開始移動（粒徑見表1），這種風就叫做起沙風[26]。這個概念在國內沙漠研究中得到廣泛地運用。後來，經過更全面的調查，這個概念得到補充：起沙風指標除大部地區為5米/秒以上的風而外，在南疆沙漠地區為4米/秒，以上的風；在固定或半固定的

沙地(有植被或砾石覆盖),起沙风的指标较大,並以沙石的固定状况为轉移[27]。

本区流沙上的上述起沙风指标,和苏联作者在中亚沙漠所发现的相一致[32];並与同室内风洞試驗结果相等。[5]

表1. 不同地面上的起沙风和起沙粒径。

起沙风指标在固定和半固定沙地上較大的事实,激发了对沙障防沙效应的研究。在試驗研究中得出相应的結果[30, 32]。根据这些結果,从理論上进行探討,初步查明地面粗糙度在风沙活动中的作用。固定或半固定沙地,以及在流沙上設沙障后,沙面的粗糙度都显著增大了。它使贴地层风速急剧削弱,从而減低沙粒的起动力学[29]。因而,需要有更大的起沙风速指标。这是所有机械沙障起防风固沙效应的基本原理[31]。

机械沙障在祁连山沙漠地区,目前正在各种规格和形式在农田、铁路、工矿等方面广泛应用。其中色勒克路至中(四甘分)段沙漠地区,大规模設置的草格沙障,已取得显著成效。显示着人工战胜风沙的可能。

为了从广大地区研究沙漠地区的风沙情况,曾经作了不少工作[27, 28, 34]。在工作中都根据近地层风速垂直分布的規律,將上述流沙上的起沙风速指标訂正到气象站的测风高度(8-12米),並利用沙漠地区各气象站長年观测的风速資料来分析研究地区性的风沙活动情况。这种研究之所以必要,是由于改造利用整个沙漠地区的规划,定时的需要。

分析研究是以各气象站的定时观测資料(每日4次)为基础的,利用这种資料所根据的风速指标为5米/秒以上(南疆)或6米/秒以上(其余沙漠区)。先进行过按日按风向(16方位)統計并理然后作图。因此不同于苏联作者直接一律用5米/秒以上风速按时序作图的方法。由于后种方法,难于查明起沙风的頻数和強弱,及其分配情况;不易揭露主要和次要风的作用,同时也很难迅速弄清各地起沙风的总况;此外,还存在着作图繁瑣易錯的缺

莫，先按风向进行统计的整理方法，则消除了上述缺点，所绘出的图更大、简化且一目了然（图1）。图1反映出沙丘路径图（引自工作[2]）

根据这样整理的各站资料，不难在地图上填绘并进行分析，进而阐明起沙区的地区分布情况，并为分析各沙漠的流沙动态提供依据。

但是，这种分析对于风沙的进一步研究来讲，有其局限性。特别是利用单站资料研究地方性风沙活动时。这主要是由于：气象站大多不在流沙地区，资料的代表性较差；其次风区的资料空白只取4次，每次间隔6小时之久，取样的误差机率较大。因此上述分析只说明较大范围的风沙活动情况。为了各地风沙防治的具体目的所进行的风沙研究，必须在当地设站（短期的）观测及登记风速风向记录下，才能揭露各地风沙活动的特殊性。

在另一个分条件下，曾利用某房站气象站的自记资料，分析了沙漠地区的风沙活动特征，结果查明该地三股——西北、东北、南——风沙活动的巨大作用，以及流沙以石翼或付梁（稻米沙丘）蛇行式迅速向东南延伸的特征。对该地铁路（通水桥——孟家湾段）的加强防护，提供了有益的材料。*

可惜，像这样的工作限于资料，还没有更多的开展。下面仅就大范围的风沙研究成果作概括性的介绍。

二 大气环流形势与起沙区的分析

中国为季风气候地区，年中常受东南和西北季风的形响。但中国沙漠地区以深居西北，以及东南有高山和高原的屏障，大部地方主要受西北季风的形响。根据葉笃正等的研究[1,2]本区大气环流形势可概括为：高空受西风北支急流的控制，因位于欧亚大陆上空，常有常定槽所夹动力槽的形势之下，常受两方动力槽分裂的短波槽，被西风北支急流输送过境时所引起的大型天气变化（寒潮天气）的形响；在低空则受东亚环流的支配，东部地区可受东南季风的作用。

沙漠地区南部的西北高原，高达4000—5000米，面积巨大，对本区环流形势有巨大形响，并在环流形势的年中变化上表现出来。

分冬夏两季概述如下：

*关于该地风沙特征及铁路的防护将有专文论述。

冬季，在离地约1500米上空，于东经 $95^{\circ}-100^{\circ}$ 间形成一明显的辐散带，气流自此向东度及西度分流，并为南方高压的堵塞而加强。经西的一支于新疆和西北北支急流相遇，于新疆东和中部形成一东北——西南向的辐合带，气流汇聚；经东的一支则沿高原东北部进入华北（图2）。

在地面，自9月以后，在高空辐散带位置下出现的高压中心，一直维持到次年四月间。气流在高压作用下同样向四方辐散，并在南方高压阻挡下也向东度分流。故地面环流形势与高空相一致。因而势力加强。由于每当高空有短波槽自西向东过境时，此高压中心便分裂南下，遂导致北方冷空气大规模南侵，造成所谓寒潮天气。而东南渤海附近的常驻浅槽，常使冷空气大多自本区东南南端进入华北地区。（图3）

图2 冬季1500米上空流线图

图3 一月地面平均气流图

寒潮为我国冬春常见的气象。本区首当其冲，且因北方地势开阔，受影响很显著。但因寒潮入侵路径不同。根据卢凌的研究[3]，寒潮入侵有三条路径：西北路自库伦入境；中路于内蒙中西部地区侵入；东路则横过本区东部。故除东路之外，寒潮均能影响全区。甚至在高原上的柴达木盆地中也可见到。寒潮南下时，同样受阻于高原，並分成东西两股。东股为主流，向东南挺进侵入华北，西股向西南，进入南疆后逐渐消失。

由于可见，在冬季沙漠地区有明显的两大气系：东北风和西北风。这种风系甚至在高原上的柴达木沙漠也表现出来（参见图6）。例外的，有北疆，以其东及南有阿尔太及天山的屏障，仅受西风及西北路寒潮的影响，故少见东风。

夏季，环流形势已大变（比较2、3、4、5图）。此时，地面1500米上空冬季辐散带位置附近代之以辐合带（偏西约5个经度），仅在西南方，南疆境内的小辐合带尚保持；新疆东和中部

的辐合带也已消失。故高空气流形势和冬季相反。但本区东南方之常定槽已明显发展，故东南部高空气流仍流向东（图4）。

在地西，由于太平洋高压脊的增强并延伸入中国大陆，以及渤海上常驻浅槽的加深并向西北推进，东南季风得以跟踪北上影响本区。最近可中东部，槽线呈东北—西南向，位于河套以西。在这种影响下，地西气流也有所变动：槽线以西仍盛行西北风，以东则有偏东北或东南，西南风的出现。图4 夏季1500米上空平均流线图

但据涂长生及高由禧的研究[4]，东南季风在本区东南部的活动并不长，且范围有限。它在6月下旬始随槽线逼近东部，7月进入，影响内蒙古东部及陕北一线，8月而入鄂陕鄂势力扩大到宁夏及内蒙古盟东部。自8月以后势力大衰并迅速南撤，9月初即已离境南下。故东南季风之影响前后尚不到三个月，且只及本区东部。因而，夏季地西气流形势，在大部地区仍和冬季类似，仅势力减弱而已（图5）。

图5：七月地西平均气流图

起沙风显然与环流形势有关。如图6、7所示，在冬季沙漠地区的合成风向分布形势，几乎和冬季环流形势相同。其中以西北起沙风系——东北风西北风的表现，及其分野位置最为明显。在北疆，西部的北西北风和西南风的分野，也表明和位于这里的高空辐合带有关。

图6：冬季起沙风合成风向流线分布图

夏季，起沙风合成风向流线分布，基本上保有冬季的形势，但在东南部有明显的改向（图7）。这一方面说明，在井岗沙漠地区东南季风势力很弱；同时也显示了它在东南局部地区还具有相当大的作用：例如在河西河地区，它甚至使全年的起沙风合成风向转变为西南（参见图13及14）。图7 夏季起沙风合成风向流线分布图

由于起沙风仍属地西的风，其运行尚受局部地形的影响，故不完全依从环流形势。特别是在山口附近，如巴彥高勒和吉兰太两地，起沙风在冬季和夏季的合成风向常为东北东或西南，并不随环流形势为西北风。显然受很小而贺兰山相峙的山口作用；在敦煌，夏季多东北

凡而冬季则多西风，受流勒河河谷及南西阿尔金山的影响也显著。由于山川的作用而形成的地方性风系，在北疆各山口处，如达板城、老风口、阿拉山口、哈巴河等地，都特别明显。这里风向都乎格性山口方向，但风速特大。

地方性风系，在更小的地区也有表现。例如在宁夏中卫县境，位于黄河北岸的迤水桥和下茶房庙，相距不过12公里，当起南风时，则由于距河谷及南西山地远近不同的影响，各有不同的风向。前者多偏东、后者则多偏西，这种差异在其附近的泥沙淤积上，也明显反映。

起沙风强度——频数及含沙风速的分布，显示了寒潮的作用。

图8 起沙风出现频数与年平均风速的相关

起沙风出现的频数，和年平均风速有关。如图8所示，在3.5米/秒的地方，其起沙风频数可按年平均风速估计，误差不大。

图9示云沙漠地区起沙风年总出现频数的分布。表明，在库苏及中些边境，起沙风的出现最为频繁。年达400次以上，超过总观测次数（1460次）的27%；往南起沙风频数逐渐减少，在塔里木盆地中，河西走廊，宁夏及陕北一带都减少到100次上下，尚不到总观测次数的8%；例外的是柴达木盆地，起沙风的出现达200次以上。这种分布形势除受上述环流形势控制外，也与沙漠地区的井个地势有关。频数多的地区多是由于多山口，地势开阔或地势较高的关系。而频数少的地区，则因处于相对低下的盆地或山麓等较隐蔽的地区。

图9 起沙风全年总出现频数分布图

全区以北疆的阿拉山口起沙风出现最多，年达500次以上，占总观测次数的36%；其次为哈巴河，星星峡，安西，哈日奥布布格，二连等地，出现频数占30%左右；最少为于田，仅占2%，年总不到25次。此外，如石河子，大柴沟，敦煌，高台，银川等地，起沙风的出现者不到10%。因此，各地起沙风的强

现、相差十分悬殊。最多和最少者相差20余倍。这种差别，看来主要是局部地形的作用。

起沙风全年总合成风速的分布和其出现频数的分布相类似。即频数多的地区、风速常较大，反之则较小。前者年总合成风速高达2000米/秒以上，后者则在400米/秒以下。两者差达5倍。按各地极端情况来看，在阿拉山口风速最大，年总达5000米/秒以上；在库尔勒则尚不到40米/秒，相差达80多倍。

图10 起沙风全年总合成风速分布图

然而，起沙风的合成风速并不总是和出现频数成比例关系的。因为前者是向量统计，而后者为较统计。故在单向起沙风活动地区，其出现频数会较多，而合成风速都较小。在单向起沙风活动地区，则可能相反。这样的例子起沙风的年中变化，在出现频数上，春季最多的生所统计的60个资料中，占71%；以夏季最多的占28%，它们几乎全是在南疆地区。在合成风速上情况类似，但所占比重不同，其中以春季最大的仅占48%，此频数的比重增加了7%。这说明，本区起沙的活动主要是在春夏两季期间。秋冬季、特别是秋季是很少的。这种特征对于利用植物固沙来讲，增加了复杂性。

表2 起沙风出现频数与合成风速对照

地 名	于 田	库尔勒	高 台	榆 林	福 海	通 辽
年总频数次	238	879	123	109	219	225
年总合成风速 ^(米/秒)	64	37	157	328	1398	732

风沙的活动表现为流沙的移动和风沙流的侵蚀过程。故起沙风的频数与合成风速的配合具有不同的意义。对于频数和合成风速都大的地区，或频数少合成风速大的地区来讲，它们在流沙的蔓延和扩大上作用巨大，在风沙流的活动上则较为单纯；对于频数多合成风速小的地区来讲，则恰好相反。它们使风沙流的活动更复杂，而在流沙的移动上则贡献较少。至于在频数及合成风速均小的地区，则风沙活动委

以上两种情况来得轻微。这些差异在流沙的形态上有明显反映，在风沙的流沙描述中应密切注意。

三、各地沙漠的基本情况和流沙分布

中国沙漠分布范围虽广，但很分散，如图11所示，东部有河西走廊沙地，小腾格里、库布齐及毛乌素沙带；中部有乌兰布和、腾格里及巴丹吉林沙漠，河西走廊沙地和柴达木沙漠；西部为新疆的库姆尔和塔里木沙漠。除其他零星分布的不称述外，共计大小11块之多。

这些沙漠，虽然总的来讲，都是具有干旱少雨、雨量集中而变化无常；寒暑变化激烈；以及多风沙等共同特征。但由于所处地理位置及周围环境的不同；地区性气候差异较大等因素，各地沙漠的情况仍然是多种多样的。根据多年来的调查材料〔8—25〕及对本区气候条件的研究〔26、27、33〕，各地沙漠的基本情况，由表3汇总引录。

图11 沙漠（带、地）分布示意图。

表3 中国沙漠及其流沙情况一览表

从所掌握的材料，可以指出中国沙漠形成的总特点如下：

(一) 沙漠大多位于或曾经位于河流和湖泊的附近。

目前还在近代河流附近的沙漠，大多在东部。在中部的河西走廊沙地也属于这种情况；至于湖泊，主要是古代的湖泊。这些沙漠都是在中、西部各大湖盆中，其内部至今仍有为数众多的小湖泊散布。还有个别不属上述两种情况。但从地质时期来看，仍然与之有关。如小腾格里沙带，第三纪时曾为湖盆地，只是后来才抬升的〔9〕；乌兰布和沙漠，在汉代曾经是黄河故道所经之地〔17〕等等。

这种分布特征，也是世界沙漠所共有的，这正表明沙漠的形成必须有雄厚的物质基础，而它必须由流水的长期冲刷；搬运和堆积的作用才能实现。

(二) 气候干旱

流水所提供的丰富的沉积物，並不一定就全变成沙漠，形成沙漠的必要条件是气候的干旱。这种条件限制植物生长而促土过程，並加速沉积物质的机械分化，从而决定着它們向“沙化”方向发展。结果形成大量的细小而分散的沙粒。沙的细小而分散的物理特性，正是构成流沙广为分布的沙漠的内在因素。

因此，沙漠与流沙面积的大小，必然与气候的干燥程度有关。*
这个规律从对照图 11 及 12 通连系表 3 上，可明显看出。例如绝大多数的沙漠都分布在干燥度 2 以上的半荒漠与荒漠地区，少数沙漠或沙地也都是散布在这些地区的边缘，其干燥度大多为 1.5 左右，其中突出的是河西河沙地，位于大兴安岭以东，和大多数沙漠间隔以草原地带，但该地区干燥度都高达 1.5 或以上，仍具干旱的特点。因而有大片的沙地分布，并不是偶然的。

总览全区，沙漠面积和流沙的比重，自东而西显然随着干燥度的增大而扩大。例如，在东部干燥度为1.5—2的地区，沙漠面积大多在2万平方公里以下，其中流沙大多占30%以下；在中部，干燥度为2—10，沙漠面积则超过3万平方公里，流沙比重占30—50%，个别达80%；在西部，干燥度大多在10以上，沙漠面积扩大到6万平方公里以上，流沙比重除北疆而外，则占85%。这种相宜的变化，在西部自北而南也同样有明显的反映。甚至在柴达木不大的沙漠地区也清楚表现。例如流沙比重，在德令哈—番白德—线以东，干燥度在4以下的铁盖沙地，大部为固定半固定沙地，流沙不到5%；而在该线以西干燥度超过4的地区，则流沙面积占70%以上[25]。因此在最干燥的南疆，拥有最大的沙漠（32.6万平方公里）和流沙（85%）的面积。

图11 干燥度分布图

(三) 泥沙活动的人为因素。

沙漠面积的大小与流沙的蔓延和扩大有关。后者并不取决于上述两个因素，它还取决于包沙的活动与植被生长情况。植被具有防风固沙干燥度的定义及计算按工作 [38]。

沙的作用，限制着沙漠的扩大；而此相反，风沙的活动则是沙漠扩大的积极推行者。它们在沙漠，特别是流沙面积的扩大上，是自然界中并存着相对立的因素。但在沙漠地区，前者往往受到严重的限制，而后者则得到很多方便的条件。因此，风沙的活动占有主导地位。这也就是今日荒漠里都有规模庞大的流沙地区的原因。它是各种流沙形态的塑造者，同时进行着风化和固定沙地的破坏作用，力图扩大流沙的范围。不少作者，例如彼德洛夫指出，在沙漠中，由于植被的天然消亡而死亡后，被其固定的沙地又将重新被风沙吹蚀，而转变为流沙。〔3〕这种过程，在沙漠地区是到处可以见到的。

因此，对于植被的任何破坏，将意味着流沙范围的扩大，同时也意味着沙漠的扩大。比之植被的自然破坏来说，人为的破坏（樵采、放牧、垦牧等）要迅速而严重得多。这种促使流沙蔓延，沙漠扩大的社会原因，在沙漠又是一个突出的问题。其后果十分惨重。在历史上，在国内外都有许多例证。例如，榆林三边县城，苏联近年来在干旱区的盲目垦荒所引起的严重灾害等，不过是点滴材料而已。因此，在各沙漠的调查报告里，都突出地强调这个问题。这个问题的存在，从表3所列流沙比重不完全由上述两个自然因子相联系上，也充分表露了出来。

这个问题，在旧社会和资本主义制度下，是无法解决的。只有在社会主义制度下，有了人民的解放和觉悟，有了党的统一领导、有了各方面的物质基础，才能逐步把这个人为因素扭转过来，并成为遏止流沙的发展，改造和利用沙漠的社会因素。在我国，这种新的趋势已经到来而日益发展。

总之，在现阶段我们为改造利用沙漠而进行的斗争，是以和风沙作斗争为经常的中心内容。看来，在这个斗争中，改变沙粒的物理特性和阻断风沙的联系，是从根本上解决这个矛盾的两个方面。

四 起沙风和流沙的动态

风对流沙的作用，表现在起沙风与流沙的动态上。事实证明，流

沙的流动和分布是受风力对沙粒的作用，以及沙流的运动和沙丘的移动以及移动来影响的。因此，查明沙丘移动规律十分重要。在这方面研究，由于条件限制使研究的基础薄弱，还不成熟。在国内受限于研究条件，理论及技术水平，还很落后，仅由于结合治沙的需要，在流动沙丘的移动上取得某些进展。工作〔6〕曾从理论上得出和工作〔5〕相一致的结论：

$$C = \frac{A_1 \bar{u}^3}{\rho_s H}, \quad (1)$$

式中 C —— 流动沙丘的移动速度； A_1 —— 单位比例系数常数*

$\bar{u}$ —— 某高度上的平均风速； $\rho_s H$ —— 沙的密度和沙丘的高度。

式(1)中的关系，和工作〔7〕由野外试验测定的结果

$$C = a - bH, \quad (2)$$

相类似。式中 a 和 b 为系数。

两式均一致表示，沙丘移动速度和其高度成反内关系。至于和风速的正向关系，式(2)中包含于系数 a 中。系数 b 则包含有沙粒密度等一些不利于风沙运动的因素。故式(2)係经验公式，其系数 a ， b 数值因地而异。但验证了式(1)在理论上推导的正确性。

因此，在沙丘高度及沙粒密度被确定下，当其他条件相同时，利用(1)式根据起沙风资料，可以估算和介绍各地流沙的动态。这项工作已经发表〔27、28、34〕。从所发表的工作中，可得到关于流沙的下列概念：

(一) 流沙蔓延的方向基本上取决于起沙风的合成风向，并在流动沙丘的排列方向上反映出来。以全区而论，沙丘的排列方向主要有两个系统：东北——西南和西北——东南，并以东经约 98° 处为分界。即使上述两大起沙风系的分布十分吻合。前者属于西北风系，包括中、东部，后者属于东北风系，仅包括甘肃酒泉以西、南疆中东部沙漠。其余地区仍以东北——西南的排列方向为主。

* 按工作〔6〕〔22〕式， $A_1 = \frac{A_1' g}{8 \{ 3AK^2 \left[\left(\frac{u}{u_*} \right)^2 + \left(\frac{u}{u_*} \right)^4 \right] \}^2}$

图13 沙漠地区流沙蔓延的方向和7米高沙丘最大可能移动距离(米/年)图

(二) 流沙蔓延的速度，决定于起沙风合成风速的大小，故各地不同。由图13可知，在内蒙古及中蒙边境以及地势较高的柴达木、祁连山都是流沙蔓延的地区，每年可达20米以上；在北疆南部，南疆中部，河西走廊的敦煌和张掖，宁夏平原，陕北一带则流沙蔓延最迟，每年在5米以下。

(三) 流沙蔓延的方式及其形态，决定于起沙风的繁简。在沙丘移动过程中，其路径可有三种形式——直进式，摆摆式、迂回式。如图14所示，前者全年起沙风向比较单一，沙丘移动的总方向基本不变，故速度最快；后者则相反，年内盛行多向起沙风，特别是在某时期反风向占优势，沙丘移动方向常变，甚至倒退，故移动速度缓慢，而路径曲折；第二种方式则介于上两种之间，年内盛行交叉的起沙风，促使沙丘移动路径摆摆，移动中沙丘的一翼往往横向延伸。

图14 流沙蔓延的不同方式

这三种蔓延方式的相应流沙形态是，单个新月形沙丘或沙丘——直进式；新月形沙丘链或沙垅——摆摆式；格状沙丘或复合型沙丘——迂回式。

这些形态的流沙，其主要分布地区，大致与起沙风的分布相吻合，即在频率多风速大的地区，多见单个新月形沙丘或沙垅；在频率多风速小，或两者都少的地区，则多见格状或复合型沙丘，如腾格里和塔克拉玛干沙漠等。新月形沙丘链或沙垅则分布于这两个地区之间。

流沙蔓延的三种方式和其相应形态，在每个沙漠中都可能存在，其中以塔克拉玛干沙漠最明显，从东到西部，这三种方式及其相应流沙形态依次出现。这体现了局地性气流运行的转变。由于风沙本身所塑造的地貌条件会反过来影响风沙的进一步活动。不难理解，当风沙在平坦的沙地上活动时，必然比在由它造成的起伏沙地上要顺畅得多。而风沙活动本身所带来的新的活动条件，则又会反映到风沙地貌的塑造上。因此，会见到按环流形势和起沙风条件不大可能有的，像巴丹吉林沙漠内部那样的规模宏伟的复合型沙山（高

达数百米);同时在不大的流沙区也会见到三种砂态同时出现。风沙活动本身为风已创造新的活动条件,并且不断在风沙地貌上反映出来,其过程是很复杂的。在一些工作中曾作若干探讨,但缺乏数据,故有待细致地研究。

关于各地沙漠流沙发生的大势,根据所搜集到的材料,已扼要地汇综于表3中,此处不再重复。可参攷原文。

五、群众和风沙的斗争及风沙研究方向

风沙活动在沙漠区常给人们带来巨大的危害。因此,很早以来,人民和风沙的斗争就开始了。在解放前,由于社会原因,这种斗争总是自发的,分散和消极的。因而也常是失败的。在解放后,改变了这种形势,人民在党和国家的领导和支持下;组织起来和风沙进行艰苦的、集体的积极的斗争,并从单纯防禦轉为进攻,就取得了巨大的胜利并积累了丰富的经验。

在不少地方,已经改变了昔日“白有沙漠赶,逼得不走脱”的局面,而实现了“昔日沙漠人,今日人赶沙”和“过去白沙茫茫,今日绿树成行”的愿望。例如西辽河沙地,流沙现已制止发生,面积在缩小;西临着乌兰布和沙漠的丁口镇,通过封沙造林和种草,已改变了沙漠面貌,生产得到很大的发展,复耕地面积从1947年到1958年,由6万8千亩增加到18万7千亩[35]。等等。这些事实的材料都有力地证明:在社会主义条件下,解放了的人民,依靠党依靠集体的力量,完全能够在和风沙长期不懈的斗争中,取得征服沙漠的最后胜利。

总结我国沙漠人民和风沙斗争的经验,最主要的是生物措施,包括防风固沙林,和封沙育林种草,利用植物固定流沙和防止风沙。这项措施,既可改变沙的物理特性,通过植物根系和微生物的生物化学作用,把细小分散的沙粒粘结固化为土块,并在表面结成保护层;同时也阻断了风和沙的直接联系,强烈地削弱了贴地层中的风速,减少起沙的可能。[42]后者,在民利的一项研究中得到证实,固沙地上起沙的机会被减少了一半以上[29]。此外,这项措施还为今后沙漠的开发利用,提供前景。应该肯定,生物固沙措施是治沙中带根本性的

机械固沙措施。

除了这个措施外，在其他措施中主要为机械固沙措施。这种措施的方法很多，所用材料也多种多样。主要材料有草类、乔灌木枝条、粘土和砾石。方法有的是挖井低流沟覆盖起来，如民勒的粘土压沙、沙坡头地区铁路防護用的平铺砾石等；有的是将这些材料在流沙上作成带状或格状沙障，民勒和巴彥高勒等地用的土格和砾石沙障等。后一种方法由于比较省工省料，应用较广。试验研究证明，这类措施或者直接阻断风和沙的连系，如覆盖流沙；或者通过加大流沙石的粗糙度，削弱这种连系〔28, 31〕，实际上只是从包沙形成的外面着手，而未改变沙的物理特性。但在实践中都能迅速见效。这对于大多数不能直接利用植物固沙的地区来讲，是一项很有成就的暂时性措施。正因为植物固沙创造条件——稳定沙面。因此，在植被固沙措施尚不能代替的地区，仍然是项很重要的固沙防沙措施。问题只取决于沙障材料。

利用水利和地势而施行的引水冲沙或淤沙措施，也是很有效的措施。经沙被水冲刷以后全被冲平，並提高沙中水分和增加沙的肥力及稳定性。从而也为植物固沙创造良好条件。经验证明，深用水力冲沙或淤沙后，在自然条件下，植被就能生长。但这种措施有其水泥条件的限制。一般只能在沿河流分布的流沙地区才有可能利用。

应该指出，在和风沙的斗争中，改变沙粒分散的物理特性，是最终解决这个问题的根本方向。由于沙具有这种特性，风沙的有害活动并不是只限于沙漠地区。凡有沙聚集的地方，都有可能出现。例如，在豫原地区黄河泛滥过的地方，在北京——天津之间，在沿海及河岸边，都可見到类似于沙漠中的流动沙丘及风沙不同规模的活动。

上述生物固沙措施，之所以被认为重要，就是由于这种措施能够最终地改变沙的物理特性。但是，在沙漠严酷的气候和自然条件下，植物成长很不稳定，並且大緩慢了。因此只能作長期打算，而赶不上当前的迫切需要。

为此，有必要提示对改变沙粒特征的化学过程进行系統研究，和探索用有机化学方法来大面积和迅速地固沙方法及措施。这是治沙研

究中一项值得重视的新方向。

为了改变农田粘土，压碱、平整沙地及修水渠，不少地方还进行了风力拉沙或积沙的措施。显然，这是和风沙作斗争的另一个方面——“兴利”了。

农田积沙便渗入粘土或白垩土，以改良土地的水热状况，从而达到增产的目的。在甘肃河西一带已在生产中实践，并且获得了科学上的证明〔37, 38〕。至于利用风力积沙筑堤修水渠，在内蒙古哈腾套海国营农场也有成功的经验。

实际上，风也是一项宝贵的资源，它是廉价的和取用不绝的。对于风能的利用，在国外各先进国家都比较普遍。在国内某些地区，也有不少使用。设备比较简单，但在动力、电力和热力上都能利用风能提供。这对缺乏劳力和燃料的沙区来讲，是十分有价值的。广泛地利用风能，无疑会給人民的生产和生活的改善，提供有利的条件。

沙漠地区的风能资源是丰富的。据研究，是凡年平均风速达到3米/秒以上的地方，都可能全年利用风能〔39〕。在本区像这样的地方，仅据70个气象站资料的统计，就有70%（50个站），其余30%在春夏季也都可利用风力。因为，风能资源不仅取决于年平均风速的大小，而且还决定于其年中的分配情况。在沙漠地区风力都具有集中的特征。因此，年平均风速虽然不大，也能提供相当大的风力〔40〕。此外还可改进设备，发掘潜力。图15. 沙漠地区每架By-A-10型风力发动机每年可能输出的有效功率（千瓦小时）分布图

图15 指出，仅根据一架苏式By-A-10型风力发动机的输出功率来看，在沙漠地区打桩机的风能资源是异常广阔的，在1959年于新疆托克逊地区，曾经作了风能利用试验，根据一架M-5型风车的生产率来看，该地每年可有4465千瓦小时，或3300千瓦/小时的风能资源〔40〕。同样证明了这一点。

因此，在和风沙作斗争中，包括了“兴利”和“除害”两个方面。

在和风沙作斗争中，根据目前的需要，应当着重于迅速发展其中的交通、工矿业，以及农牧业的防治风沙问题；在这个问题中的科学研究

除了进一步提高理論和技术水平深入研究風沙規律之外，还应当开展有关沙粒物理特性的改变及其途径的研究。

在兴利方面，主要应着眼于風能的利用问题。这是一个实际问题，国内外已有較成熟的經驗和技术設備。因此在这个问题上的科学研究应当是結合沙漠地区的特点和实际需要，应用和改进現有的設備和技术，使之既符合于沙区自然状况，也符合于经济条件。

1964年、7、24修改于北京