

中国科学院治沙队1961年治沙科学研究总结会议

試論內蒙高原西部沙漠发展規律

地貌和风沙研究組

执笔人： 沈光貴

(地質部水文地質工
程地質局第一大队)

一九六一年十二月 呼 和 浩 特

目 录



序 言

一 沙漠形成的自然地理条件

二 沙漠的分布起源和分带性

三 沙漠发展规律问题

四 沙漠蔓延方向推测和几个问题的解释

结 论

試論內蒙高原西部沙漠發展規律

序 言

為了基本上摸清沙漠的情況，並提出改造和利用沙漠的規劃設計方案所需的水文地質資料，我隊在1959—1960年對內蒙西部庫布齊沙漠、烏蘭布和沙漠、騰格里沙漠、雅瑪利克沙漠、哈拉套老海沙漠等進行了比例尺1/50萬綜合性地質——水文地質普查工作，同時也進行了巴丹吉林沙漠水文地質路線考查工作。

在工作過程中對區域的自然特征、風成沙的起源、流動沙的特點、沙地類型和防沙固沙措施，以及沙地利用現狀等獲得了許多資料。現對以下幾個問題提出初步的意見。由於缺乏經驗，水平限制，存在的問題很多，請給予指教。

一、沙漠形成的自然地理條件：

(一)位置和地形：從經緯度看，位於東經 $97^{\circ}—110^{\circ}$ ，北緯 $38^{\circ}—42^{\circ}$ 之間。行政區劃依次屬內蒙伊克昭盟的北部，巴彥淖爾盟的阿拉善旗，烏拉特中後聯合旗，額濟納旗。沙漠區人口稀少，交通不便，除有包蘭鐵路和巴彥浩特至額濟納旗公路外，絕大部分交通運輸工具為駱駝等。

沙漠區位於中亞大陸腹地，遠離重洋，又為高山環繞，本區邊境有：東部的大興安嶺、太行山象一座屏障阻礙海洋潮濕氣候進入；南部的阿爾金山、六盤山、秦嶺等，將干旱氣候區與潮濕氣候區隔離；西部除馬宗山和北部的陰山山系之外，大多平坦開闊。其海拔高度均在2000米以上，對本區的環流形勢又阻截水氣上均有甚大影響，形成典型的大陸性干旱沙漠氣候特征。

(二)適宜的氣候條件：本區深處內陸，遠離海洋，受蒙古高氣壓的影響極大，屬於極端大陸性干旱荒漠沙漠氣候區。

气候特征是：气候干燥，冷热剧烈，风大沙多，蒸发量为降水量数十倍計。由东到西雨量逐渐减少，东部的东胜、达拉特旗年降雨量最大437.3毫米（1958年）至西部額齐納旗約50毫米以下。降雨季节大都集中在六、七、八三月，尤其多集中在个别阴雨日，多以暴雨形式出現，造成对本区地下水补给极为不利。蒸发量平均在2500—3500毫米，最高如哈日奥日布格，59年达4089毫米，为降雨量的30—60倍。蒸发量最高月份为九月。

由于区域降雨少、蒸发量大，所以反映在相对湿度上也是很小的，年平均相对湿度东部50%，多雨季节达60—70%，西部一般在35%左右，最高达61%，最低为17%。

冷热剧烈表现为年、日温度变化巨大，年平均温度在8℃左右，年温差30℃以上，最大可达60℃左右。日温差一般在10—20℃，最大可达30℃左右。年最高气温月份是6、7月，其中尤以7月份最高达40℃以上。年最低气温月份是一月。一般为零下2.6—2.8℃，最大达零下40℃（巴音红古尔地区）。地表温度变化极为剧烈，沙漠戈壁中7月份的午間地表温度一般均在60—70℃，最高可达80℃左右，夜間温度則降至10℃左右。

另外强烈日照，以日照时数計全年各地大都可有3000小时以上，即使冬季日照时数亦可达7—8小时。

风大沙多表现于风力强，起沙风和广大流沙分布。由于蒙古高气压的影响，强烈的西北或西风終年持續，尤以3—5月份更为强烈。风力一般为4—5級，7級以上者可占全年的5%，风速一般为5—10米/秒，最大风速可达18米/秒分布趋势向北增强，以中蒙国界附近风速最强。风力强大，当2米高沙丘风速一般在5米/秒时，即有起沙現象出現，因此为沙漠形成提供动力基础。

(三)地质构造和地貌特征：沙漠的分布、形成与地质构造、地貌特征是紧密相关的。本区跨越大地构造单元有内蒙地槽、鄂尔多斯地台，祁连山地槽北、山块断带、阿拉善活化台块。而沙漠大部堆积在阿拉善活化台块上之巴丹吉林拗陷，阿拉善隆起和北祁连槽背斜及包头吉兰太内陆断陷的部位上。岩相变化也反映了地台相和地槽相建造特征。所见地层有中生界前的片岩、片麻岩、千枚岩等的变质岩系。中生界内陆相紫红色、灰绿色砂岩、砂砾岩和新生界第三系紫红色砂岩、砂砾岩层，第四系广泛分布在拗陷地带和山间盆地的松散砂、砂砾石等。

吕梁、加里东及海西宁和喜马拉雅期的花岗岩皆有存在，且广泛分布，与上述半胶结和松散岩层同为重要沙源地。

构成现今地貌轮廓受内力控制和外力作用在地貌上的综合反映。该区地貌类型众多，有强烈切割的中高山、中低山、低山，有缓慢起伏的低山丘陵、丘陵，有饱经剥蚀的广阔戈壁平原与残山；有四周环山的山间盆地、活动沙丘和复合式沙山，同时亦有窄成的湖盆和盐碱地带。由于气候条件和地质构造作用的影响，构成了本区地貌上具有干旱荒漠的景观：植物稀少，基岩裸露，广布石漠（戈壁平原）和沙漠，在荒漠中常见泥漠分布。因此形成本区现代地貌动力为剥蚀作用，而特别又以风的作用更为重要。

二、沙漠的分布、起源和分带性

(一)沙漠的分布：沙漠的面积占内蒙高原西部 $\frac{1}{3}$ 弱，约8万平方公里。包括有：库布齐沙漠、乌兰布和沙漠、腾格里沙漠、哈拉套老海、雅马里克沙漠、巴丹吉林沙漠。

1. 库布齐沙漠：位于伊盟北部的黄河南岸，呈东西条带状分布。自西部的代庆召至东部吴四圪堵，北部的黄河至南部杭锦旗盐海子，东西长达250公里，南北宽度变化不一，在西部大保堂以南为60公里，而在隆茂永附近以南为5公里左右。库布齐沙漠的沙丘形态自四周到中心部分呈

規律性变化，由边缘的波状沙地向中心部分变为新月形沙丘、新月形沙丘鏈以至格状沙丘。自四周到中心部分沙丘逐渐增高，由小于5米，5—10米至10—50米。有的大于50米。

2. 烏兰布和沙漠：为北东—南西向分布于狼山、巴音烏拉山和賀兰山之間，东临黄河，对岸与庫布齐沙漠相望，西南达和屯池三道梁一带。其特点在巴彥高勒市以西和賀兰山以北至吉兰太附近分布有新月形壘状、鏈状沙丘格状沙丘，高度一般为10—50米，个别高度大于50米。在巴彥高勒市以北至綠海子、和屯池、吉兰太間等地分布有波状沙地、固定沙丘、半固定壘状沙堆、单个新月形沙丘，高度有为5—10米，一般均小于5米。

3. 騰格里沙漠：四周环山，中間分布有126个大小不等近南北向的湖盆凹地。位于巴彥浩特西南、民勤东南、阿拉善旗头道湖以西，中卫甘塘子、上火浴井、土門子以北。北部在民勤北山馬路湖附近与哈拉套老海沙漠相接。但在中卫附近沙漠蔓延至黄河边，面积约3万平方公里。沙丘的形态在庆阳山和长岭山以北有单个新月形沙丘分布，高度5—10米，沙漠内部沙丘形态主要为新月形壘状鏈状，高度靠近湖盆附近为5—10米，往外为10—50米。唯有南吉冷沙漠沙丘形态以格状为主，高度一般为10—50米，中心部分有的高达100余米的沙山。

4. 雅瑪利克、哈拉套老海沙漠：雅瑪利克沙漠分布于薩尔扎山和那林哈拉山、德里冬山的山間洼地內。西部在宗乃山北部紧与巴丹吉林沙漠相連，东部为狼山所截，构成东西长约300公里，南北寬10—30公里，呈“Y”字型的沙带。沙丘的形态以新月形鏈状壘状、半固定堆状沙丘为主，其次波状沙地，高度10—50米、5—10米，和小于5米。

哈拉套老海沙漠，呈“7”字型分布于雅布賴大山和巴音諾尔公樑之間。西部在庫雷图庙附近与巴丹吉林沙漠相連，东南部与騰格里沙漠相連。沙丘形态单一，为新月形鏈状壘状，高度在西半部为5—10米，东半部为10

—50米。

5.巴丹吉林沙漠：位于阿拉善北部边界逼近拐子湖，西北有一尖角延伸至东居延海附近，东以宗乃山与雅布赖山为界，西至古鲁乃湖，南至北大山为界，面积约4万平方公里。沙丘形态在古鲁乃湖以北为固定堆状沙丘，高1—5米；在巴丹吉林沙漠四周全为新月形链状、星状沙丘，中部有复合式沙山，高度变化四周均小于100米，中间为大于100米，在巴丹吉林庙东山沙高达384米。

(二)沙的起源：关于沙源的问题曾有过争论，要了解沙漠的发展规律，先了解沙的来源，是就地起沙呢？还是通过风把外地的沙携带来堆积而成呢？或者是二者兼有呢？通过二年来所收集的資料，关于沙源问题，我们认为总的特点仍以就地起沙为主，但有的由于沙漠所处的地理环境的不同，在广大面积内沙的起源也是不会完全一致的。

阐明沙源的问题，先谈组成风成沙的母岩，为两大类：一为组成戈壁平原的松散岩石，一为是由组成沙漠四周的中高山、低山、丘陵的坚硬岩石。二者长期饱受物理风化作用和侵蚀作用形成细粒土，再经过风的搬运而形成今日的沙地景观。下面从几个方面来阐明沙的起源问题。

1.沙丘沙的矿物成分：见民勤的沙井子和巴丹吉林沙漠二地沙样分析成果。(表1、2)

从巴丹吉林沙漠和民勤沙井子二地的沙样矿物成分的分析可看出：(1)沙井子附近沙丘的沙，不论轻粒级或重粒级矿物成分相同或相似，说明沙源来自一处。再从风蚀程度不同的丘间洼地，冲积沙的矿物成分与风蚀沙矿物成分含量一样广大。说明沙井子沙地的沙是就地起沙，是从大西河冲积层经风吹蚀再堆积而成。(2)由巴丹吉林沙样分析資料我们也很容易看出沙样矿物成分随地而异，在沙漠边缘部分成分以磁铁矿、电磁性钛铁矿、赤铁矿等及燧石、蛇纹石化的微晶岩碎屑为主，含量占80%以上，而石英、长石为次或含微量。在复合式沙山内部或沙漠西部边缘石英，长石

合計占90—95%，磁鐵礦等含量均微少。前者是米日沙渠周圍長期飽經構造剝蝕的典型准平原化的低山及低山丘陵地形的古老變質岩系和花崗岩的風化碎屑產物。後者是來自沙漠下伏基座第四系下更新統和新第三系湖積碎屑物質的風化結果。

2. 沙丘沙的機械成分：將部分的庫布齊、烏蘭布和、騰格里、巴丹吉林沙漠沙樣機械成分列表於表(3)。

通過庫布齊、烏蘭布和、騰格里、巴丹吉林沙漠沙樣的機械成分的分析資料，不難看出細沙占絕對優勢，次為中沙、粉沙。沙粒的分布野外觀察，在廣大面積的沙漠內，中部顆粒細，靠近邊緣山區部分顆粒粗，這是受風的吹揚作用所致。在巴丹吉林沙漠南部邊緣山區附近分布有粉沙，是由於盛行西北風從東、西戈壁吹進巴丹吉林的沙遇到南部的北大山等阻攔產生渦動氣流，絕大部分沙子帶至沙漠內沉積下來，有的則沉積於沙漠邊緣地帶。在庫布齊沙漠北邊低河漫灘的風成沙丘為粉沙，是因漫灘上的沖積沙質粘土成粉質沙土經風蝕的產物，也說明為就地起沙之一。

3. 沙漠下伏基底和周圍物質的供給：

(1) 與下伏基底的關係

1. 沙源來自沙漠下伏基底為第四紀松散物質。按時代、岩性和成因類型可分為：

① 下伏為下更新統湖積細沙岩、粘土岩等。

② 下伏中上更新統沖積洪積沙礫石層。

③ 下伏為中更新統至近代沖積湖積的沙及粘質沙土三種類型。

① 下伏為下更新統湖積細沙、細沙岩、中沙。主要分布在巴丹吉林沙漠西半部，黑城子組($Q_{el}^{*} + al$)主要為碎屑物質^{*}及薄層的板狀細沙岩、細沙、中沙互層。該二層岩性組織成分主要為石英顆粒，次為變質岩暗色碎屑物，礦物成分與今日沙山完全一致。這些松散岩層在地貌上

^{*} 和灰綠色、黃褐色細沙岩及昂茨克組(Q_{el}^{*})的粘土岩與碎屑物質。

构成很多平台、洼地、殘丘，长期遭受干旱气候的强烈剥蚀和风蚀，經风短距离的搬运或就地堆积成为沙山，为巴丹吉林沙漠主要沙源之一。

②下伏为中上更新統冲积洪积沙砾石层：此种沙源形成沙地，主要包括騰格里沙漠的哈什哈湖、长湖、头道湖一綫以南至长岭山、庆阳山之間和烏兰布和沙漠的賀兰山和巴音烏拉山前地带。为灰黑色、灰白色，成分受附近基岩控制，一般为花崗岩、花崗片麻岩和变質岩碎屑，松散，經风蚀、搬运、堆积造成現代沙地沙源。

③下伏为中更新統至近代冲积、湖积的沙及沙质粘土：主要分布在巴丹吉林沙漠西北角的固定堆状沙丘下；騰格里沙漠中馬路湖、五个山子、哈什哈湖、长湖、头道湖之間；烏兰布和沙漠中吉兰太至磴口以北；

庫布齐沙漠的黄河漫滩，一級阶地一带。分布在以上地区特点有二：其一形成这些松散物質的地理环境絕大部分在低凹盆地內，唯庫布齐沙漠多为第四紀黄河下切过程中淤积的，但也有来自鄂尔多斯地台的洪积物；其二，造岩矿物主要为石英、长石，顆粒松散，为供給沙漠的沙源創造极其良好的条件。

2 沙源来自下伏第三系的岩层：主要分布在巴丹吉林沙漠的东部，雅瑪利克、哈拉套老海沙漠、南吉冷和庫布齐沙漠西南部。岩性为沙岩、沙砾岩、泥岩互层和碎屑物質等。組織松散，成分80%左右为石英，經风的搬运堆积亦为以上沙漠的沙源地之一。如庫雷图庙附近在风蚀等作用下形成达190米深的陡坎，这些被风蚀掉的物質去至何处呢？主要还是通过风的搬运作用补給了当地的沙丘。

3 沙源来自下伏白堊系沙岩、砾岩：分布在庫布齐沙漠的南半部。自第三紀后因气候干燥、人为对植物的破坏，經风、水侵蚀和剥蚀而就地起沙。在野外观察中往往可以見到在高大沙梁上，固定沙地上、流动沙地的低地中发现有紅色、紫色、灰色等各种沙岩露头 and 殘丘，有部分已风化成粗大的沙粒，經风蚀流沙即起形成沙地。

4 沙源来自下伏花岗岩：主要分布在雅瑪利克沙漠南部，哈拉套老海沙漠中段的巴音諾尔公祿附近。

根据上述的因素我們认为供給沙源主要是中生代、新生代岩层，特別又是以第四紀的松散岩石更为重要。

(2)除沙漠下伏基底层石为沙源之外，至于沙漠外圍的第四系松散物質及第四紀前岩石受多次造山运动的破坏和长期的强烈风化作用或为松散的碎屑沙粒，亦为沙源的供給地之一。細顆粒被风吹騰、搬运堆积在巴丹吉林沙漠，原沙源地就形成为今日的东西戈壁平原呢？

綜合上述，总的說來各沙漠的沙源仍以就地起沙为主要的，特別是該区沉积了丰富的第四系松散物質，但部分可为外地的供給（沙源来自沙漠分布范围較远的地方）。

1. 雅瑪利克、哈拉套老海沙漠：呈近东西向分布于低山丘陵的凹地內，而西部又紧紧与巴丹吉林沙漠相連，沙丘分布的方向又与主风向垂直，沙子的主要成分为石英等。因此說雅瑪利克、哈拉套老海沙漠沙子主要来源应为巴丹吉林沙漠供給。

2 本巴台沙漠的来源：本巴台沙漠呈北西—南东向条带状分布和风向相一致，按Б. А. 費道洛維奇教授风成地形的分带，沿风向明显的三带：

①风蝕形态占优势地带：处于銀根盆地，是一广大的戈壁平原，上有很多的侵蝕陡坎、島状平台，很少有第四紀堆积物。

②风蝕风积带：大致位于布谷提以西与綜推格拉山和敖音烏拉山連綫以东之間地段。中段沙丘一般高度小于10米。且多半固定沙丘，侵蝕的島状平台、陡坎、殘丘及风蝕柱等。

③风积形态占优势地带：位于布谷提以东、本巴台以北。沙丘高度多大于10米，沙丘带較寬，边缘是波状沙地，风蝕地形很少。由于有这样的明显分带性，足以說明沙的来源主要是外地供給。但也不否認周圍基岩及基底物質之补給。

(三)沙漠的分带性：

区域内沙漠大都分布在湖盆洼地和低山丘陵间的凹地之冲积湖积物上，是由于河湖沉积和外围第四纪松散物质及第四纪前的岩石受长期强烈的风化作用成松散的碎屑颗粒，重新吹扬堆积而形成的。在银根盆地，巴丹吉林沙漠的西北、乌兰布和沙漠内等地，可以看到新第三系和第四系岩层的原始地面被风等因素破坏，形成剥蚀残丘和岛状平台，在其周围即为各种不同的沙丘所组成的沙漠。因此我们可以将分布在沙漠周围的低山丘陵、戈壁平原划为剥蚀作用的沙源补给区；雅玛里克、哈拉套老海沙漠和巴丹吉林沙山外围半固定沙丘及其他地区的波状沙地、半固定沙丘等，划为搬运堆积区；组成今日的库布齐、乌兰布和、腾格里沙漠的新月形壟状、鏈状沙丘、格状沙丘、巴丹吉林沙漠内的新老沙山等，为堆积区。但这三个区在图上不易分开。

三、沙漠发展规律问题

沙丘是构成沙漠的基础，要了解沙漠的发展问题，必须从：(一)沙丘的基本类型；(二)沙丘的移动特点；(三)沙丘形态的发生发育规律来阐述：

(一)沙丘的基本类型：区域内的沙漠分布广泛，受地貌条件和风向等因素的控制，主要分布在山间湖盆凹地或山前地带。其特点：沙丘活动性不一，形态变化复杂，下复基底和形态关系没有一定规律，在同一形态上可有不同的基底，同一基底上可有不同形态的沙丘。因此关系沙丘的分类问题，可以从它的形态特征来分，可以从它的形态丈量指标来分，亦可以从它的活动性来分。我们根据沙地的活动性和形态分为四类：1.活动沙丘；2.半固定沙地；3.固定沙地；4.波状沙地。

1.活动沙丘：

(1)单个新月形沙丘：主要分布在库布齐沙漠西部边缘，乌兰布和沙漠的中部，腾格里沙漠的南部等地。它在一种主风向下形成，由迎风坡、

背风坡、脊綫及左右翼組成。高度一般小于5米，长度一般10—30米，大者达50米左右，迎风坡角为 $8-20^{\circ}$ ，背风坡角 $50-40^{\circ}$ ，多分布在沙漠边缘及寬广的戈壁平原上。

(2)新月形壘状、鏈状沙丘：主要分布在巴丹吉林沙漠的外围，雅瑪利克沙漠中部，哈拉套老海沙漠；本巴台沙漠东北部，騰格里沙漠，烏兰布和沙漠南部，庫布齐沙漠西部，格状沙丘的外围。在巴丹吉林复合式沙山的外围形态复杂，成条带状，海拔高程南端1400—1550米，北端1050—1200米，沙丘高度南高北低，南端一般50—80米，最高达100米，北端30—50米。沙丘鏈或壘方向北端为北东向，南端不定，在雅布賴大山前为北 $50-60^{\circ}$ 东，向西到北大山前由南北向轉到北 60° 西。迎风坡角 $10-15^{\circ}$ ，背风坡角 $20-30^{\circ}$ ，背风坡下多凹地。主要由細沙組成在近山处有中粗沙組成。其他沙漠壘状、鏈状沙丘走向为北 $10-50^{\circ}$ 东，高度为5—10米，10—50米，壘鏈长度一般在100—300米，个别达500米，迎风坡角 $10-30^{\circ}$ ，背风坡角 $30-50^{\circ}$ ，有些壘状沙丘两边坡角近似相等达 40° 左右。

(3)格状沙丘：分布于南吉冷沙漠、烏兰布和沙漠中部，庫布齐沙漠的核部等地。高度一般为10—50米，在南吉冷沙漠达100米以上。由两组壘状沙丘組成，以北 $40-60^{\circ}$ 东方向为主，次一组北 $20-30^{\circ}$ 西。迎风坡角 $10-30^{\circ}$ ，背风坡角 $20-40^{\circ}$ 。格状间距30—50米，有的达100米左右，下都相連成漏斗状。

(4)复合式沙山：分布在巴丹吉林沙漠中部，占其全面积的 $\frac{1}{4}$ 有余。形态特殊而复杂，属长期多次堆积而成（即在原沙山上又分布次一級的新沙丘），故称作复合型沙山。

为了更合理的闡明复合式沙山的成因、时代、发展历史，以便进一步提供改造和利用的可能性。我們按沙山沙粒間松紧压实程度、植被复盖度、

范围、种类、沙山形态特征等，将复合式沙山分为新老两种。但这种划分是否恰当，尚待今后继续研究。现将新老沙山的差异性分别描述如下：

1. 新老沙山在地貌形态方面的区别：

新沙山多分布在巴丹吉林沙漠的外围边缘及北部地区。沙山主脊排列方向不规则，由沙漠北部的北 20° — 30° 东，向南转为北 50° — 60° 东，至近南北及北 30° — 50° 西。沙山顶部形态可分为三种类型：第一种类型多见次一级的新月型沙丘或沙丘链及格状、堤坝式沙丘，这反映出形成沙丘的风向至少有二个，其中主要为北西和北西西，次为北东和北北东；第二种类型：沙山顶部都次一级沙丘不明显，构成长条堆状沙山脊或梁，形态较单一；第三种类型：沙山顶部除次一级沙丘不明显外，沙山脊或梁也不甚规则，多为参差不平的锯齿状沙丘，峰尖而窄。上述三种形态的新沙山，它们的迎风坡角一般 10° — 15° ，并常见在沙山 $\frac{1}{3}$ 处坡度突然变陡为 20° — 30° ，背风坡一般 20° — 35° ，最大达 45° ，此外在沙山背风坡顶下可见漏斗状沙坑。

老沙山分布于巴丹吉林沙漠的内部。沙山主脊排列方向较规则，一般主要为北 30° — 50° 东。由于长期以来沙漠没有停止其堆积作用，所以新沙山几乎盖满了老沙山，老沙山直接露在地表者面积较少，一般在沙山迎风坡的下端可见，在巴丹吉林沙漠南部的若干湖盆洼地出露较广。地貌形态较新沙山单一，多成长柱状的沙山脊和梁，迎风坡角缓，一般在 10° 左右，而背风坡极陡，平均 25° 左右，大者达 45° ，沙漠中若干有水或干涸的盐碱湖都分布在老沙山背风坡的下端，上部复盖新搬运的小沙丘。

2. 新老沙山植被复盖度、种类及分布地点的区别：植被复盖强度、种类是受新老沙山地貌形态、水文地质条件的控制。第一，在沙漠外围（包括活动链状、垄状沙丘及复合式沙山少部）的链状垄状沙丘和新沙山区，植被分布极端稀疏，复盖度平均不到5%，以沙拐枣、沙蒿为主。但

在第三系出露的沙山洼地內，植被复盖度增大，种类也多，有坝王、沙拐枣等；第二，在复合式沙山内部大体成北 30° 东的长条形的范围内，植被复盖较大。特别是南部的若干湖盆洼地、沙山的迎风坡高度以下的背风坡最下端，植被复盖度一般达 $10-15\%$ ，多者达 25% ，有花棒、木蓼、拐枣，而在湖盆边缘有芦苇、甘草、苦菜、罗布麻等喜水耐旱沙生和盐生、湖沼生植物。

3. 新老沙山沙层结构的压实密度区别：

巴丹吉林沙漠^沙层厚度可证实的已达 $200-300$ 米，最厚 400 余米。可以想象这样厚的沙子决不是短时间所能堆积成的，因而沙山下部早期堆积的沙子经受长期的压密压实，结构紧密、牢实，人和骆驼行走沙层上并不感到象一般沙丘上的沙层松散难行的困难，并且在局部出露的老沙山迎风坡和背风坡沙层中有时常可见厚 $0.3-0.5$ 厘米的薄层理特征。

归纳起来，巴丹吉林沙漠复合式沙山的特征为：第一，沙山地形由南、东南向北、西北倾斜，南部沙山顶部位海拔一般 $1400-1550$ 米，最高达 1700 米，集中在巴丹吉林庙东北、西南向北渐变为 $1200-1300$ 米；第二，沙山下伏基座，南部为第四系下更新统湖积地层，向北的在格德至拐子湖则为第三系上新统湖相地层；第三，沙山沙子厚度一般 $100-300$ 米，大者达 400 或 450 米；第四，沙山间的洼地相对高差南部巴丹吉林庙、巴音诺尔、毛勒吐……一般为 $300-400$ 米，大者达 450 米，而北部一般 $100-150$ 米，大者 250 米，同时南部复合式沙山背风坡下普遍分布有湖盆，据访问所知达 100 多个；第五，无论新老沙山主脊方向主要为北 $30^{\circ}-50^{\circ}$ 东，部分北西或南北；第六，在新沙山广泛分布的复合式沙山环带外围植被分布极少，在沙漠内部，特别是南部湖盆地区沙山迎风坡以下和背风坡最底部植被复盖较多，部分可作牧场；第七，复合式沙山内部的若干湖盆洼地，由于水文地质条件良

子、地下水蘊藏丰富，植物复盖度大，种类較多，可作为改造和利用沙漠良好的場地。

2. 半固定沙丘：

(1) 半固定壟状沙丘：分布在雅布賴大山前及巴丹吉林沙漠边缘及沙漠中湖盆地四周，本巴台沙漠西北部、烏兰布和沙漠北部等地。一般成平坦的不規則壟状，高度小于5米，有为5—10米，个别达20米。壟的方向以北东为主，壟間距不等，坡角不一，一般 10° 左右。組成岩性多为細沙，含少量的粉沙。生长植物以梭梭、白刺为主。

(2) 半固定堆状沙地：主要分布在宗乃山北部，雅布賴、騰格里沙漠湖盆凹地四周，吉兰太东部等地。由中細沙組成，成堆状，高一般5—10米，沙丘随地形起伏而起伏。生长植物以沙蒿、白刺为主，次为梭梭、貝王、樟条等。

3. 固定沙丘：

大面积分布在古魯乃湖西部，其他零星分布在和屯池、雅瑪利克沙漠和东西戈壁低凹地、拐子湖、布谷提、土克木庙、哈拉套老海沙漠边缘等地。从分布所在地貌单元来看，一般是于湖盆凹地或流动沙丘边缘低凹地带，呈堆状。高一般1—3米，个别达20米，其直径和高度成正比。組成岩性多細沙，但含粉沙，有的全为粉沙組成，生长植物有白刺、梭梭等。

4. 波状沙地：

分布在本巴台沙漠北边、南吉令沙漠北边、雅瑪利克沙漠东部、烏兰布和沙漠中部和庫布齐沙漠西部、民勤北山以北等地。一般分布在流动沙丘的边缘，面积較大，沙子复盖厚度小于5米，且受基底地形控制。組成岩性为細沙，亦含粉沙，分选性差，成分复杂。生长植物有沙蒿、冬青等。

(二) 沙丘移动的特点

本区沙漠是处在不同程度的活动中，沙丘移动主要受风的作用和沙丘的高度控制，因此沙丘移动特点分以下三种：

1. 沙丘移动方向：

合成风

沙丘移动的方向，是取决于一定延續时间的起沙风的合成风。起沙风向在大气环流影响下不仅因地而异，亦随时季而不同，因此沙丘移动方向也是有变化的。根据B. A. 費道洛維奇教授划分出四种基本的沙丘地形的动力类型：

(1)对流型：形成在均等的玫瑰风图的地区；(2)信风型：形成在单向或数个方向近似的定向风区；(3)季风——軟风型：发生在季风更替区和相反风向制动的地区；(4)干扰型：发生在主要的气流和由山勢阻碍返回的气流产生干扰的地区。

从野外观察内蒙高原西部沙漠地区的沙丘，按其移动方向属干扰型和季风——軟风型。在烏兰布和沙漠磴口附近，主要受西北风和西风影响較大，沙丘迅速向黄河移动，严重地影响着包兰铁路及其沿綫一带城鎮和农田。再从民勤、中卫的資料說明沙丘总的移动方向为南东，如巴丹吉林沙漠的东南雅布賴山上，可見到小块流沙及单个新月形沙丘，其顆粒成分及矿物成分均与巴丹吉林沙漠相同。

2. 沙丘移动方式：

沙丘移动的方式，是受不同季节风的影响，有繼續前进式、往返摆动前进式、原地往返摆动及往返摆动后退式四种。該沙漠区的主导风向是西北风沙丘一般向东南移动，故以繼續前进式为主。但在东南部受季风的影响阻擋显著，因此在騰格里沙漠南緣沙丘以民勤沙井子观测資料，沙丘移动的方式为主，其发生在第一年的10月至次年5月，值蒙古高原气压强盛之际，强烈的西北风一直推动沙丘前进；次为往返摆动前进式，出現在6月和9月是由西北风和东南风互相作用形成，但以西北风占优势；7月、8月是原地往返摆动，略有退的現象，是东南风增强所造成。

根据头道湖治沙中心站59年5月—8月的观察，夏季这里沙丘基本向西北倒退，但由于全年西北风占主要优势，不論是风向、頻率和风力强度均

胜过东南季风，故沙丘移动总的趋势仍然是繼續前进式。

3. 沙丘移动速度：

沙丘移动的速度，除直接受风向頻率、风速、植被影响外，还受下列因素影响：

(1)沙丘高度的影响：沙丘高度愈增，移动速度愈慢；高度愈减，移动速度愈快。民勤沙井子的定向观测，从59年4月至8月底，高12.2米的新月形沙丘向前移动4.87米，高4米新月形沙丘向前移动15.29米，小新月形沙丘是大沙丘向前移动的3倍。

(2)沙丘形态的影响：不同的沙丘，前进速度不同。8米高的新月形沙丘鏈，由59年4月7日至8月30日前进4.40米；9米高的沙壟在同期內前进1.71米。沙丘鏈是沙壟前进速度的2.5倍。

(3)沙丘分布的密度影响：沙丘間距愈近、密度愈大，沙丘移动速度愈慢，一般沙丘平均前进10米。反之，間距愈大移动愈快，最快可达25米之多。

(4)与所处的地形有关：地面平坦起伏很微移动就快，地面起伏大移动慢。致于沙丘移动速度和移动方式，在野外調查訪問中一般为5—10米/年，移动的方式亦多为繼續前进式。

(三)几个沙丘形态的发生和发育規律

1. 固定沙丘：它的形成可有两种。一种由于干沙地上水分条件較好，植物（白刺、沙蒿等）生长多，当起沙风携带大量泥沙遇到这些植物时，就在植物的背风面将沙子堆积起来，其后植物就往沙包上蔓延，即形成固定沙丘；另一种，风沙流携带大量沙粒遇到有起伏的地表堆积成小沙丘，后来由于沙丘上植物生长茂盛，沙粒不断的供給而形成固定沙丘。

2. 单个新月形沙丘：

单个新月形沙丘的形成：野外观察在开闊的平坦地和单一之风向气流所携带的沙粒不断向前移动，当地面上遇有微起伏的地方，风沙流受到