

分 类 号 _____ 密 级 _____
学校代码 _____ 10542 _____

内蒙古额济纳旗松散沉积物的粒度分异特
征及其沉积环境

Grain-size features and sedimentary
environments of loose sediments in Ejina
Banner, Inner Mongolia, China

论 文 编 号 _____ 200813020043 _____

学 科 专 业 _____ 水土保持与荒漠化防治 _____

研 究 方 向 _____ 水土保持规划 _____

湖南师范大学学位评定委员会办公室
二零一一年四月

摘 要

众所周知,由于黑河下游断流,致使沿岸胡杨林和荒漠草原持续退化,加之不合理的人为活动和气候变暖影响,使得整个额济纳旗生态环境明显退化,绿洲在萎缩,戈壁、沙漠、盐碱滩在扩大,沙尘暴更为频繁。因此,从地表松散沉积物的粒度特征出发,分析其沉积环境演变规律,进而为改善当地生态环境提供科学依据便显得非常迫切了。

本文是在对额济纳旗进行较全面路线考察和典型地点实测的基础上,对沙丘、干河床、干湖床、戈壁滩、荒漠草原等不同景观的地表松散沉积物进行了系统的采样、室内粒度分析,然后借助粒度参数分析并推断了该区的沉积环境特征、演变特点及其相互间的关系。结果表明:

1、荒漠草原的表层松散物质主要由中砂组成,占到37%-54%,下层则以粉砂为主,占52%,极细砂和粗粉砂各占10%,个别以粘粒为主占76%,这说明当地长期受强劲风力作用,表层细颗粒作为沙尘暴的物源被吹扬带走,残余的粗颗粒和稀疏的植被保护了下层物质。其中胡杨林下的样品分选系数大都在14.84到29.46之间,属分选极好,应为冲积平原环境。荒漠草原样品的偏度在0.347到0.0329之间,峰度值是0.749到0.998之间,属于平坦到中等。较宽的峰态很可能表示沉积物质是由不同的物源的混合物。

2、戈壁滩的表面砾石层(0-2cm)除大量砾石外,尚包含部分中

砂和少量细砂，分别占到27%至52%不等，平均粒径 $114.6\mu\text{m}$ - $416.1\mu\text{m}$ 之间，属于极细砂到中砂的范围，分选系数是57.98到253.1之间，属分选好和较好之间，偏度是-0.04164到0.437之间，属于近对称到正偏，峰度值0.729到1.615，属于平坦至很尖锐等级，说明表层的沉积物受风力作用影响，物源比较复杂，可以看出环境中风力作用虽然很强，但是砾石的保护作用已非常明显。

3、戈壁滩表面砾石层之下往往存在物理性结皮层，厚度一般在3cm左右，都是由粉砂组成，占53%（平均值）左右，说明风力没有影响到这一层，而且少量降水对细颗粒有明显的集聚作用。分选系数大都是在117.6到148.6之间，属分选好的级别，也有个别分选极好，偏度是0.1513到0.552，都属于正偏，峰度是0.806到1.595，属于中等到很尖锐等级，表明其物源相对复杂，但最主要的应为洪积物。

4、戈壁滩下层（5-10cm）土样的粒度组成因地而异，除砾石外，细颗粒中分别以中砂、细砂、粉砂和粘粒为主。除砾石外的细颗粒分选系数在30.46到256.6之间，分选性中等到极好，偏度是0.0655到0.417之间，都是正偏，峰度是0.62到1.6，属于很平坦到很尖锐之间，说明物源和沉积环境相对复杂，不同地点的具体沉积环境和水动力条件明显不同，但以洪积扇、山区河流阶地沉积为主。

5、同样是湖床，由于地点上的差异，其粒度组成差异很大。苏泊卓尔和嘎顺诺尔分别在黑河两边，位置相隔不远，但是苏泊卓尔是古居延海边缘，主要粒度组成是中砂或细沙，占71%（平均值）左右，

嘎顺诺尔是古居延海中心地带，以极细砂（64%）或粉砂（32%）为主要粒度组成，结皮层样品的分选系数（20.16-53.81）都在62以下，属于分选极好，表层结皮的偏度是0.2895到0.536之间，峰度是在0.903到1.629，下层土样的分选系数在128至203之间，嘎顺诺尔的样品分选系数在62以下。河床湖床下层土样中除了嘎顺诺尔下层土样的偏度是-0.18853之外，其他都在0.3以上。

6、故河道上样品分异较大，有些是以粘土（74%）为主，还有些以中砂为主，这主要是由于不同河段、同一河段不同部位（边滩、心滩、底床）沉积环境的差异所致。其沉积环境主要还是河流沉积环境，风力影响相对不大。河床上除砾石外的细颗粒分选系数在205左右，偏态为0.2895-0.473，峰态为1.259-1.629。

河床湖床的粒度平均值和分选系数差异明显，各粒级砂均可见到，分选系数等级齐全，原因是各水流水动力条件不同，源区碎屑物粒度的影响和风成沙的混入。

7、沙丘砂主要以中砂为主要组成，占50%-73%，说明风力对沙丘影响很大，但是个别地方以细砂或粉砂为主，说明由于采样处的地貌部位、后期改造的原因，受风力作用影响较小所致。沙丘样品的分选系数在62到318之间，偏态为0.638-0.922，峰态为0.789-0.978。巴丹吉林的样品也有些是在62以下，分选极好，偏度在0.0505-0.357，属于近对称到正偏范围，峰态是0.993-2.037，属于尖锐到非常尖锐。

需要指出的是，由于当时的沉积环境在现代沉积环境下存在着重

新调整的问题，所以沉积物之间存在着其时空上和成因方面的必然联系。例如，干涸的拐子湖细砂层为巴丹吉林沙漠输送了源源不断的砂物质，而相应的洪积、坡积平原，由于长期的风化、剥蚀而渐渐演变成戈壁滩。

此外，黑河断流导致了河床、湖底出露，胡杨林的保护作用也在不断减弱。因此，从松散沉积物特性和环境演变趋势来看，如果不采取一定措施，当地环境将继续恶化下去，甚至影响到华北地区。利用砾石的保护作用，将干湖盆、干河床全部用砾石覆盖，是个长久解决方案，但工程量太大，造价太高，目前权宜之计只能继续向居延海输水，来防止沙尘暴和沙漠扩展，缓解当地和华北的生态环境危机。

关键词：额济纳旗，黑河，沉积环境，粒度分析，地表松散沉积物

ABSTRACT

Unreasonable use of the water resources of Heihe River, such as the massive use of upstream water and the intercepting, resulted in the sharp reduction of water of downstream, and ultimately leads to water flow; the ecological environmental degradation of Heihe River basin ;what's more, the vegetation coverage there dropped sharply. The existence and development of the oasis now faces with serious threat. The main causes for the worsening ecological environment of Ejina banner are the dry warming climate and the desertification. Population expansion, the reclamation of land and the over-grazing cattle, causing the destruction of gravel layer surface of the Gobi desert, leads to the exposing of the following particles. As the wind blows, it became desertification and sandstorms.

Based on a comprehensive routine and site investigation in Ejina banner, this paper collected a number of samples of the surface loose sediments from different landscapes, such as the dune, dry riverbed, dry lake bed, Gobi, desert steppe, and then analyzed their grain-size features by automatic grain-size analyzer (Microtrac S3500), finally, it analyzed and discussed the sedimentary environment features, evolution characteristics and the relations between them .The result indicates that:

1. The surface loose materials of the desert steppe are mainly

composed by sand in medium size, which accounted for 37 to 54 percent; the bottom criterion with powder sand primarily, which accounted for 52 percent. Individual are composed by viscous grain ,which accounted 76 percent, and extremely fine sand and thick powder sand every 10 percent. It indicates that the place is in long-term exposure of strong wind, the remnants of coarse and sparse vegetation protected the lower material. The sorting coefficient of the desert steppe is between 14.84 to 29.46 mostly, which means the sorting is extremely good; it also has 323.7 to 329.5, the sorting of which is also preferable. The partial degrees of samples is between 0.347 and 0.0329, which belongs to positive partial. The kurtosis value is between 0.749 to 0.998 , which is smooth to medium. A wider peak state probably means the sedimentary matter is a mixture of material source after the sorting.

2, Besides lots of gravels, the surface of the Gobi desert (which refers to 0-2cm ground below) contains a part of sands in medium size and a small amount of tiny parts, the proportion of which varies from 27 to 52 percent; the average particle size ranging from 114.6 microns to 416.1, which belongs to the scope of extremely fine sand to sand in medium size. The sorting coefficient is between 57.98 to 253.1, which belongs to good separation and better. The partial degree varies from -0.04164 to 0.437, which belongs to nearly symmetry to the positive partial .The kurtosis value is between 0.729 to 1.615 , which is flat to

very sharp level. From the above, it can conclude that because of the wind, the surface sediments content are complex, and that although there is strong wind force function in the environment, the protection of the gravel is still obvious.

3. There is a physical sex tie skin layer, whose thickness is about 3 cm, under the layer of gravel of Gobi desert surface. The physical sex tie skin layer contains about 53%(average value) powder sand, which shows that the wind force didn't effect this layer. The σ is mostly between 117.6 and 148.6, belonging to good level, the individual sorting best, and being partial to the degree is 0.1513-0.552, all belonging to is being partial to. The kurtosis is 0.806-1.595, belonging to amid wait until very sharp rate, which shows its thing source opposite complications, but most of them should accumulate a thing for Hong.

4. The soil grain-size composition of Gobi desert's lower layer (5-10cm) varies according to the position. In addition to gravel, the thin grain mainly includes medium sand, fine sand, powder sand and silt. The sorting coefficients are between 30.46 and 256.6. The divide to choose is very well, being partial to the degree is 0.0655-0.417. All is being partial. The kurtosis is 0.62-1.6, belonging to very flatness to arrive very of taper, which shows thing source and deposition environment are comparatively complicated. The concrete deposition environment and water power condition are obviously different, but mainly are the Hong accumulate,

and the mountain area river bank earth deposition.

5. The grain-size compositions of lake bed are different greatly because of their positions. Subozhuoer park and Gashunnuoer park are at the two banks of Black River both sides, and not far away from each other. But Subozhuoer park is close to the seaside good luck, and its main fineness composition is medium sand or fine sand, containing 71%(average value) or so. While Gashunnuoer park agreeable position is close to the postpond district in the sea centre, with polar bank sand(64%) or powder sand(32%) for the main fineness constitute. Still have new temple past course of river but is with glue soil(74%) for sand, also have with medium sand for sand of individual place, search zone of the river bed lake bed is all withered, it deposits environment mainly still water power sedimentary environment, the impact of the wind force anti big. The sorting of bed tie skin layer in river bed lake sample chooses coefficients (20.16-53.81) all below 62, belong sorting to best, 2 of river bed is 205, sorting like. Being partial to of bed surface layer in the river bed lake tie skin degree is 0.2895-0.536 of, belonging to medium wait until is being partial to range. Kurtosis is at 0.903-1.629, belonging to medium wait or very sharp.

6, River bed is medium, the lake bed is a taper. The deposition environment of lake bed is not effected by wind force greatly. The fineness average value and deci of bed in the river bed lake choose

coefficient discrepancy obvious. Each shot class sand all it is thus clear that arrive. The deci chooses coefficient rate well-found. The reason is that each water current water power condition is different, and the impact moderate breezes of the source zone broken bits thing fineness the interfusion of the sand.

7, the sand of the dunes in the research zone are mainly composed by sand that is in medium size, which accounts for 50 to 73 percent, it indicates that wind has an big influence on sand dunes. Individual places are composed by fine sand or powder sand primarily, which indicates that because of the landform of the sampling place and the later reconstruction , the place is less affected by wind function. The sorting coefficient of the Dunes surface samples is between 318 to 62. The partial degrees is 0.638 to 0.922. The kurtosis value is between 0.789 to 0.978. Most samples are Sand ripples. A part of sample's sorting coefficient are below 62,with a perfect sorting; the partial degrees between 0.0505 to 0.357;the kurtosis value 0.993 to 2.037, these are Badan Jilin samples. Dune sediments are coarse, mainly composed by sand in medium size and fine, low extremely fine and silty sand, which embodies the powerful influence of wind function.

Because of the big difference of the sedimentary environment between that time and now, the sediment exist inner inevitable connection. Like dry Guaizihu Lake transported large particles for Badan Jilin Desert,

the farther to the middle eastern of Badan Jilin, its particles more coarse. And correspondingly, due to long-term weathering and erosion, flood plains, diluvial deposition gradually evolved into Gobi desert .River and lake bed is deposition sedimentary environment of particles before and now becomes a fine particles to the main output; Because of the shallow underground water level and protect from *Populus euphratica* forests, the sahel develops from river alluvial plain. Because of the unreasonable utilization of water resources of upper reaches of Heihe river, the river basin environment has changed all over as compared to the previous, the flow became less and many grasslands into Gobi.

Key Words: Ejina Banner, Heihe River, sedimentary environment, grain-size analysis, surface loose sediments

目 录

摘 要.....	I
ABSTRACT	V
1 绪 论.....	1
1.1 选题背景	1
1.2 研究意义	2
1.3 国内外研究综述	3
2 研究区自然地理概况.....	5
2.1 地貌	5
2.2 气候	6
2.3 水文	6
2.4 植被	8
2.5 土壤	8
3 仪器、材料与方法.....	10
3.1 实验仪器	10
3.2 实验材料	11
3.3 分析方法	14
3.3.1 测量粒度的方法	14
3.3.2 粒度分析	15
4 各类型样品的粒度分布特征.....	19
4.1 荒漠草原	20

4.2 戈壁滩	23
4.2 河床湖床	32
4.3 沙丘	37
5 结论与讨论	44
参考文献	48
致 谢	52

1 绪 论

1.1 选题背景

额济纳旗绿洲生态的恶化受气候干暖化和土壤潜在沙漠化环境影响。人口的膨胀, 土地的开垦, 牲畜的过牧, 造成了对戈壁层的破坏, 导致其下层沙土的出露, 在风的吹扬作用下, 产生沙化^[1]。由于对流域水资源的不合理利用, 上游大量用水与截留, 致使弱水下游来水量急剧减少, 终致缺水以至断流, 绿洲生态环境退化, 盖度下降^[2, 3]。

本文通过对研究区各沙丘、干河床、干湖床、戈壁等地表松散沉积物的粒度分析, 对区域环境分析的方法上作出了探索; 同时, 学术界对额济纳旗绿洲是否保留一直存在着争议, 本文的研究也从环境变化的角度提供了部分根据, 并为政府部门制定解决方案提供依据。

在沉积环境研究中, 粒度分析是普遍运用的方法之一, 技术成熟^[39]。对于沉积物物质来源、搬运介质、动力、沉积环境及变化都具有重要意义^[50-52]。粒度是沉积物重要的特征, 在环境分析研究中具有非常重要地位。不同沉积物的搬运介质不同、搬运强度不同, 颗粒组成也不同, 通过粒度分析可以研究沉积物形成的环境及搬运动力的特征^[53-55]。

近年来, 很多学者、专家在内蒙古的额济纳旗作了研究, 探讨了

额济纳旗自然环境的各个方面。位于内蒙古额济纳旗黑河终端—额济纳绿洲是沙尘暴的前锋地带^[4]，也是我国沙尘暴主要源区之一^[1, 2, 3, 4, 7]。很多专家、学者利用卫星遥感技术、实地考察、资料分析等方式对额济纳旗的土地类型与土地利用现状变化水资源土地利用与景观格局变化等作过研究，并讨论了沉积环境及其驱动因素。迟振卿^[33]等人根据遥感卫星影像解译及野外地质实地调查，将额济纳旗地区的地貌单元划分，测定分析了沉积物的年龄，对额济纳旗地貌特征及其构造、气候事件做出了初步推测^[10]。刘蔚通过对比分析历史资料，指出黑河流域下游地区的土地沙漠化形势严峻，而且造成黑河流域土地沙漠化发生、发展的原因除了自然因素（包括蒸发量大、干旱多风、降水极少、地表组成物质疏松等）外，主要是人类不合理的经济活动^[8]。温小浩认为该区域的环境演变是一个“沙漠化”时期及其后的“绿洲化”时期交替变化的过程，在数百年的时间尺度上，其驱动因子主要与东亚冬夏季风交替演变有关^[9]。

1.2 研究意义

内蒙古黑河下游是一块水草丰美的天然绿洲，是蒙古族聚居的地方，绿洲地区历来在政治、经济、国防和生态防护上都有重要的地位。近些年来，绿洲地区由于来水条件的改变，沙漠化土地已遍布全旗，导致生态环境发生恶化，沙尘暴频繁，对河西走廊、京津唐地区，乃至蒙古、韩国和日本的环境构成不利影响。因此，弄清该区自然环境基本特征、不同地貌单元间的发生关系、该区的环境演变规律便显得非常必要。

1.3 国内外研究综述

国内外研究粒度特征的基本方法是根据样品粒度分析数据计算出粒度参数, 再对粒度参数进行进一步的分析, 以推测环境的演变。例如新月形沙丘粒度变化, 多数研究表明自坡脚至丘顶粒径变细^[38-40], 最细粒径出现在落沙坡或滑落面中部, 分选性也随同一方向变好^[11-13]。Folk在Simpson沙漠^[5]和Lancaster在Namib沙漠^[13]和Kalari沙漠^[6]做过纵向沙丘粒径变化的研究, 他认为沙丘沙粒径变化与沙源沉积物粒度组成密切相关。国内外有很多文章对世界各地有代表性的沉积物做了粒度特征的分析^[14-31]。Folk认为沙丘沙粒度变化同沙源沉积物粒度组成紧密相关, 他认为风力于沙源沉积物中通常分选出 2.50Φ ($180\mu\text{m}$)的沙粒, 并使其集中于沙丘^[14]。Ahlbrandt^[15]和Pye^[16]都肯定偏度同平均粒径有一定的关系。哈斯等对沙坡头地区新月形沙丘进行了研究, 他认为偏度大小反映了分选性, 对于分选性相对差的沙粒来说, 偏度绝对值大小相同的沙粒可能是负偏, 也可能是正偏。对于双峰态沙粒, 频率曲线的正负偏仅代表相对于主众数的位置, 并不能表示沙丘沙对数-正态分布的偏态, 因此也失去真正的表征意义^[18]。张春来研究了包兰铁路沙坡头段铁路防护体系内风沙沉积的粒度特征, 得到了平均粒径减小, 颗粒分选性变差的结论; 防护体系内表层沉积物中的粉沙含量与地表相对高是反相关的关系; 颗粒平均粒径和分选性与地表相对高是正相关关系的结论^[19]。王中波等指出粒度分布受物源、营力等多种因素影响, 因此导致粒度分异地区性的差异^[31]。

额济纳旗面积宽广, 拥有丰富的地貌类型, 地表物质组成的变化

不仅仅只和物源、营力、沙丘高度、部位、植被等因素有关，而且特殊地质地貌单元也会影响其组成^[36]，所以，在对粒度数据、粒度参数进行常规计算之后，对其相互关系的分析尤为重要^[37、38]。

根据研究区的粒度分布与采样点的位置关系，推测自然环境的演变是我们作粒度分析的一个重要工作^[41-54]。国内前后有很多专家学者在各个不同的研究区都做过这样的研究^[22-27]。如何清等在2009年对库姆塔格沙漠做过的粒度分布分析，分析得到的结果说明库姆塔格沙漠沉积环境复杂多样，有风力沉积、河湖沉积、河流冲积(洪积)等^[25]。徐志伟等通过对库姆塔格沙漠的地表沉积物矿物类型和组合特征的研究，其结果表明库姆塔格沙漠的各个分区的矿物类型、组合和相对含量差异并不大，并反映了库姆塔格沙漠的沙物质来源相对简单^[23]。李智佩等认为河流的搬运是沙漠化物质搬运的主要途径，风力作用则是对河流湖泊的沉积物进一步分选和再沉积^[27]。赵元杰等对塔里木沙漠公路的沿线沙物质作了粒度分布，指出其沙物质的粒度是随着沙子受作用力的时间增加而变细，在分析其他沙物质特征与环境的关系时也要注意^[22]。

2 研究区自然地理概况

额济纳旗地处祖国西北边陲，内蒙古自治区最西端，介于东经 $97^{\circ} 10' - 103^{\circ} 7'$ ，北纬 $39^{\circ} 52' - 42^{\circ} 47'$ 。东与阿拉善右旗毗邻，西南与甘肃省酒泉市交界，北与蒙古国接壤，国境线全长 507.147 公里。主要城镇为达来呼布镇、东风镇。达来呼布镇距阿拉善盟府所在地巴彦浩特 640 公里。旗境东西最长 488.59 公里，南北最宽处 324.22 公里。总面积 11.46 万平方公里，是海南省总面积的 3.3 倍；人口密度仅为每平方公里 0.147 人。

2.1 地貌

在漫长的地质年代里，由于气候及地质构造作用，尤其是外营力风水侵蚀和堆积的长时间作用，造就了额济纳复杂的地貌结构。主要地貌是戈壁、半固定、固定沙丘和较少的洪积平原。地质改造上属于天山、阴山地槽，在华北陆台海西褶皱带和内蒙古地槽西部的边缘。北接蒙古国阿尔泰地槽，西部跟北山北部断块相连，东与东南为阿拉善活化台块，南和祁连山地槽的北部相连。是一个介于阿拉善活化台块与北山断块带之间的呈北—北东走向的断裂凹陷盆地。地形整体呈扇状，总势西南高，东北低，中间呈低平状。地域上大部分海拔高度在 1200~1400 米之间，相对高度 50~150 米之间，平均海拔 1000 米

左右，最低点位于西居延海，海拔 820 米。最高山为马鬃山，海拔高度 1600 米。

西部以中低山和山间的洼地、洪积扇群为主；中部黑河流域以冲一洪积平原为主，包括山前的湖积台地、洪积平原及冲积平原绿洲；中东部地区以湖积盆地为主；东南部以风沙地貌为主。因为旗区干旱多风，山地丘陵区基岩基本裸露。洪积平原区为岩漠、荒漠景观。冲积平原绿洲植被较多，却也发育了大面积的风成沙丘、沙垅地貌，由于干旱缺水，湖盆周围的植被也大面积枯死。

2.2 气候

地处中亚荒漠东南部，西、西南、北三面环山，属内陆干燥气候。具有干旱少雨，蒸发量大，日照充足，温差较大，风沙多等气候特点。年均气温 8.3°C ，1 月平均气温 -11.6°C ，极端低温 -36.4°C ，7 月平均气温 26.6°C ，极端高温 42.5°C ，年日均气温 8.6°C 。无霜期天数最短 179 天，最长 227 天。日均气温 0°C 以上持续时期为 3 月中旬 ~ 10 月下旬。年均降水量 37 毫米，年极端最大降水量 103.0 毫米，最小降水量 7.0 毫米。年均蒸发量 3841.51 毫米，湿润度 0.01 毫米。常见天气现象多风。春、冬季各月发生较多，尤以春季为甚。年均 ≥ 8 级以上大风日数 44 天。大风常伴随沙尘暴，年均沙尘暴次数 14 次。

2.3 水文

地表水主要为黑河，古称弱水，是发源于祁连山北麓的季节性河流。黑河入额济纳后称额济纳河，流程 250 多公里，河道平均宽 150

米左右, 正常水位 1.5 米左右, 平均流量 200-300 立方米/秒之间。额济纳河过狼心山分水闸后分为东、西河, 进入额济纳三角洲又分支 19 条, 最终分别汇入东、西居延海(苏泊淖尔和嘎顺淖尔)。地下水主要靠黑河补给, 沿河地区潜水含水层为中更新统及全新统沉积层, 潜水埋深 1-3 米, 水质较好, 矿化度小于 3g/L, 可作人畜饮水及灌溉草场用水。下部承压水最大单井涌水量大于 1000t /d, 水质较好, 开采深度 100-150 米, 宜打深井。

嘎顺淖尔(西居延海), 蒙古语, 意为“苦海子”。位于达来呼布镇西北 52 公里, 西河集水地。原有水域面积 60 余平方公里。由于中游地区用水量增多, 于 1961 年干涸。苏泊淖尔(东居延海), 蒙古语, 意为“水獭湖”, 位于达来呼布镇北 40 公里, 1927 年水深 2.9 米, 现已全部干涸。有蓄水时, 水深 1-2 米之间。居延泽(金斯图淖尔或天鹅湖)位于达来呼布镇东 30 公里, 临近巴丹吉林沙漠北部边缘, 是古弱水径流和现称班巴嘎日河汇水区。史前是西北大型内陆湖泊之一, 位于三角洲下游, 自古就是黑河尾闾。汉至隋唐称居延泽, 元代在居延泽西北出现嘎顺淖尔, 明朝以后有苏泊淖尔, 此后居延泽渐趋萎缩。丰水年份, 水域面积在 20 平方公里左右。微型湖系有水时水域面积在 0.5~12 平方公里的间歇性小湖, 例如东风镇境内的沙日淖尔、希勃音淖尔、乌兰淖尔, 达来呼布镇境内的毛胡日淖尔、亚布日音淖尔、昂茨音淖尔, 赛汉陶来苏木境内的巴嘎淖尔等。

两大湖沼是地处巴丹吉林沙漠北麓的古日乃湖、拐子湖。其间分布着数 10 处泉水小沼, 其中最为著名的是月牙泉, 湖中芦苇密布,

湖周围梭梭林高大密集，是全旗最大的梭梭林地。此外还有分布在木吉湖和戈壁间的多处零星小泽，面积大小各异，小沼周围生长芦苇、梭梭等。

2.4 植被

现有植物 33 科 152 种，大多数为饲用植物，还有一些具有经济价值和药用价值的野生植物。天然乔木有胡杨、沙枣，主要分布于沿河。灌木有红柳、梭梭、沙拐枣等。牧草有芨芨、苜蓿、骆驼刺、沙蓬、碱蓬、沙蒿、柠条、沙米等 88 种，优质牧草 20 余种。野生药材有甘草、苁蓉、锁阳、苦豆、麻黄等 50 余种，其中锁阳、苦豆籽畅销，肉苁蓉、紫花甘草驰名区内外。

2.5 土壤

额济纳旗境内保护区及其周围的土壤可分为 11 个土类、24 个亚类和 28 个土属。荒漠化土地已遍布全旗。土地总面积中 62.32% 是荒漠化土地；流动沙丘(地)面积戈壁滩地分别占荒漠化土地总面积的 14.92% 和 75.60%，这些区域成为流域现代荒漠化十分活跃的地区^[32]。分布于冲积平原和高平原上的灰棕漠土是全旗境内的主体土壤类型。主要分布于额济纳河封闭洼地和河谷阶地上的林灌草甸土和潮土也是旗境内的主要土壤类型；拐子湖、古日乃湖及东、西居延海等湖盆地周围主要分布盐碱土；北部高原封闭洼地上的是漠境盐土；分布与南部及东西部的剥蚀残丘、残山和洪积山面上的是石质土、粗骨土、新成土；巴丹吉林沙漠和额济纳河西岸都有带状分布的风沙土；龟裂

土面积较小，主要分布于高、平原上的蝶形洼地。全旗土壤类型比较简单，母质组成比较粗，砾漠广布，土壤发育不完全，土层薄，土壤肥力低，植被稀少，土地利用价值较低。

3 仪器、材料与方法

本章主要讲述了仪器设备、地表物质样品采集的方法与步骤，并对粒度实验过程、和分析方法做了简要介绍。本项研究的目的是通过对研究区不同地点不同类型的地表沉积物进行粒度特征分析的对比，寻找不同地表沉积物粒度变化的规律，推断环境演变特点。

3.1 实验仪器

我们采用的是美国Microtrac激光粒度仪（S3500）来对样品进行粒度分析。S3500是利用了多个激光源的光束投射通过一串粒子束后产生的散射现象的原理。由众多粒子散射后的光的方向及光量被一个光敏检测器阵列测得，然后由Microtrac软件得出分析结果。粒子样品可以以湿法状态或干法状态被递送，这取决于样品的特征和测量系统中所配置的样品递送设备。

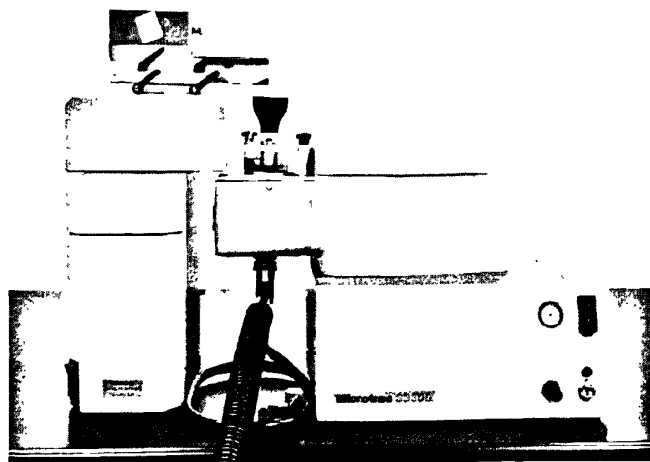


图 3-1 S3500 激光粒度仪

Fig 3-1 Microtrac S3500

S3500 有五种配置：基本型系统---基本配置，可按需求升级硬件；标准型---它比基本型无论对较大粒子样品或较小粒子样品都扩大了测量范围；特殊型---它使用了三激光光源系统，，可以为湿法的测量范围降到 0.09 微米及干法测量降到 0.25 微米。扩展型---扩展型的较低测量范围的极限达到了激光衍射测量法的实际边界；增强型---它提供了最宽的粒子测量范围，增强型系统提供了一个综合系统，它有能力处理你所需要测量的任何尺寸的样品。这个装置是最适用于研究及开法的要求及满足那些测量宽的范围的且不同粒子尺寸的那些用户的要求。

表 3-1 S3500 配置及其测量范围

Table 3-1 Configuration and its measurement range of S3500

仪器结构型号	湿法测量范围（微米）	干法测量范围（微米）
Enhanced 增强型	0.02---2800um	0.25---2800um
Extended 扩展型	0.02---1400um	0.25---1400um
Special 特殊型	0.09---1400um	0.25---1400um
Standard 标准型	0.25---1400um	0.25---1400um
Basic 基本型	0.7---1000um	0.7---1000um

Microtrac公司的样品递送控制器(SDC)，表示在图F1-1中，它用控制所有的样品递送功能来支持S3500系列粒度分析仪器的的工作。它的控制能力取决与订货时的选型。在湿法运行时它自动的让系统注水、循环、冲洗、除气泡、稀释和超声波分散。干法运行时，它包括一个真空泵和振动进样器的自动运行，及实行振动器的幅度调整。所有这些功能能够以手动的方式控制或者从Microtrac公司的应用程序控制。在每种情况下，样品总是人工地被加入到递送装置中去。

3.2 实验材料

额济纳旗的景观特征是沙丘、干河床、干湖床、戈壁等相间分布，且以戈壁滩为主，沙丘、干河床、干湖床也有大片镶嵌其间。额济纳旗在纳林河和鄂木讷河之间，面积广大，拥有不同的地貌类型，其物质组成的变化不仅仅只同物源、营力、沙丘高度、部位、植被等众多因素有关，而且特殊地质地貌单元也影响其组成。按照科考行程，依次在额济纳旗大范围内的东西南北线路上采集样品。

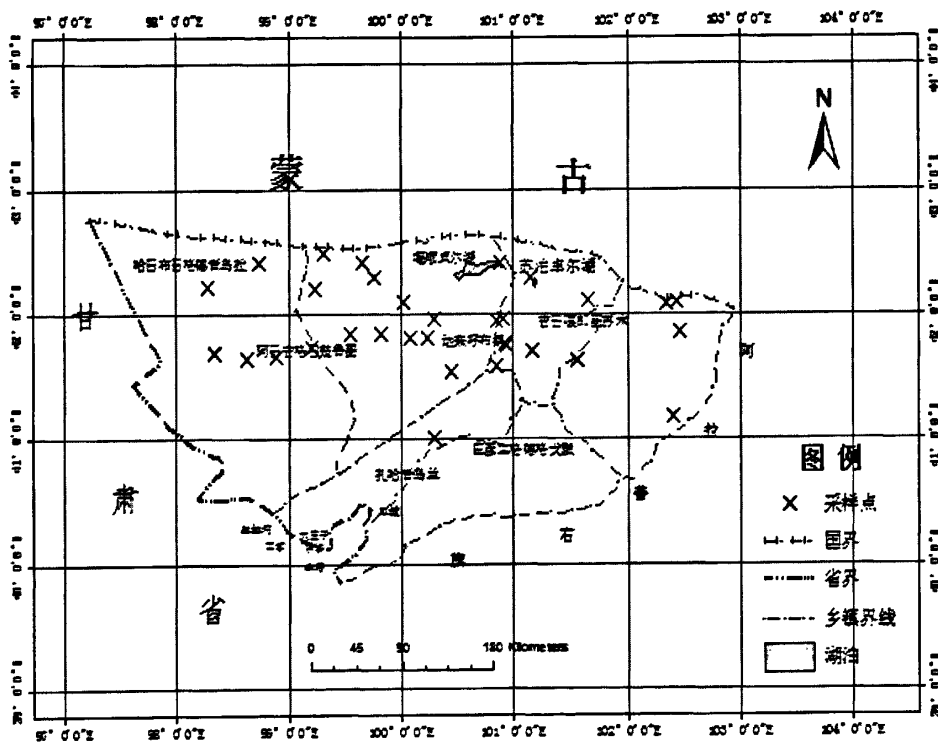


图 3-3 采样点示意图

Fig. 3-3 Schematic diagram of sampling points

所选的样点包括了额济纳旗的沙丘、干河床、干湖床、戈壁、草场、牧等类型，一共54个样品(见表3-2)。采集方法：戈壁滩样品，分表层砾石、结皮、土样和砂样，下部砂样或土样采集深度为2cm-5cm，面积10cm×10cm 或20cm×20cm，共采集28个样；沙样依次在沙丘顶部、半坡、坡脚5cm-10cm深处采集，采样面积10cm×10cm 或20cm×

20cm; 共13个样品。河床、湖床、草场和牧场依戈壁滩采样规格共采样13个。

表 3-2 样品及属性列表

Table 3-2 Attribute of samples list

编号	景观类型	采样部位	简单描述
A-1	戈壁滩	表层砾石	
A-2	戈壁滩	下层土层	
B-1	草场	下层土层	草场钙积层下湿土
B-2	河床	下层砂	河床沙波纹湿砂
B-3	河床	砂	河床沙波纹砂
B-4	草场	地表结皮	
B-5	沙丘	表层土层	东侧沙丘 表层砂样湿土
C-1	牧场	下层砂	下伏砂石土层
C-2	牧场	表层结皮	牧场路上
D-1	沙丘	表层砂	孟格图嘎查沙丘顶部砂
D-2	河床	下层砂	河床砂
D-3	河床	表层砾石	古河床砂石表层砾石土样
E-1	河床	表层结皮	新西庙西故河道表层结皮
F-1	戈壁滩	表层砾石	戈壁滩砾石 20×20cm
F-2	戈壁滩	下层土样	戈壁表层下土样
F-3	戈壁滩	表层下土样	西戈壁表层砾石下土样
F-4	戈壁滩	表层下结皮	戈壁砾石下土层结皮
G-1	湖床	表层下土样	嘎顺诺尔
G-2	湖床	表层结皮	嘎顺诺尔粘土层表层结皮
G-3	湖床	表层硬壳	嘎顺诺尔东侧粘土层表层
G-4	湖床	粘土	东湖心粘土 地势比西面湖复杂
H-1	戈壁滩	表层下土样	20×20cm
H-2	戈壁滩	表层砾石	希热哈达
H-3	戈壁滩	表层下土样	中蒙边界 10×10cm
H-4	戈壁滩	表层砾石	中蒙 戈壁砾石
J-1	戈壁滩	表层砾石	戈壁砾石 20×20cm
J-2	戈壁滩	下层土样	戈壁砾石下土层 10×10cm
J-3	戈壁滩	表层下土样	砾石层下砾石土块
J-4	戈壁滩	表层下结皮	砾石下土层结皮
J-5	戈壁滩	表层下结皮	砾石下土层结皮
J-6	戈壁滩	下层土样	戈壁 10×10cm
J-7	戈壁滩	表层砾石	20×20cm
J-8	戈壁滩	表层下结皮	碱性结皮层
J-9	戈壁滩	下层土样	下伏土样 10×10cm
J-10	戈壁滩	表层砾石	戈壁滩化石点附近 20×20cm
K-1	沙丘沙波纹	混合砂	巴丹吉林边缘
K-2	沙丘沙波纹	表层砂	巴丹吉林边缘

K-4	沙丘沙波纹	砾岩	巴丹吉林边缘丘间湿地
K-5	沙丘沙波纹	表层砂	巴丹吉林边缘沙丘表层砂
K-2	沙丘沙波纹	风成砂块	温图高勒
K-3	沙丘沙波纹	古风成砂块	巴丹吉林北
L-1	戈壁滩	表层砾石	戈壁表层砾石
L-2	戈壁滩	表层下土样	山间戈壁砾石层下土层
L-3	沙丘	土层	巴丹吉林边缘残山下部土层
L-4	沙丘	砂	巴丹吉林边缘石板下风化砂
L-5	湖床	表层砾石	干湖中洪积砾石层
L-6	湖床	表层下土样	干湖中砾石下土样
L-7	沙丘	表层结皮	雅干南约 2km 地表砂质结皮
M-1	戈壁滩	表层砾石	戈壁
M-2	戈壁滩	下层土样	三号山北戈壁下部土层
M-3	戈壁滩	表层砾石	
M-4	戈壁滩	表层下结皮	砾石层下土块结皮层
M-5	戈壁滩	下层土样	砾石区土层

3.3 分析方法

粒度分析又被称为“机械分析”。是旨在研究碎屑沉积物（或岩石）中各种粒度百分含量及分布的一种方法。较为粗大的砾石一般采用直接测量法；对易于分解的碎屑沉积，通常采用筛析法或水析法；对固结较紧且又不易分解开的碎屑沉积，通常采用薄片鉴定法；根据分析结果，可推测出沉积物的形成条件和沉积环境。对于不同原理的粒度仪，因所依据的测量原理不同，其颗粒特性也不相同，所以只能进行等效对比，不能横向直接对比。

3.3.1 测量粒度的方法

粒径测量的方法有直接测量法、筛析法、水析法、激光粒度分析仪法等。

大于2 mm 的砾石直接用尺子或测规量测，测量其三轴：长轴中

轴与短轴，而用三轴的几何平均值除以三或三轴乘积的立方根来代表该砾石粒径。如果只需做粗略的测量，则可以用砾石中轴代表粒径，但不宜用长轴或短轴。

筛析法主要是用来分析细砾和砂的方法。通常取样品50 g 以上，在震筛机上筛约10分钟，然后分级称重。各级重量加起来是100%，若不足或大于此数，应将误差按比例分别分配到每一级的重量中去。筛析法的设备可以很简单，操作也简便，分析速度快，并可将全部样品分离，但缺点是孔径过小的套筛误差会比较大，是利用筛所以不适合用于分析粉砂、黏土颗粒。

水析法也称之为沉降分析法，其原理粒沉降的速度来划分出粒级的分布。因为测定沉降速度比测定沉积物颗粒几何大小更能反映动力学的特性，所以它会比其他任何测定粒度的方法更符合自然情况。这个方法最重要的用途是测量黏土、粉砂级和砂级的沉积物。由于技术等原因，但是目前沉降分析法在所测特性的显著性和测量技术的精确性方面有所限制，还有待发展和完善。

激光粒度仪法是在20世纪70年代就发展起来的一种非常有效、快速测量粒径的方法，其相对于经典的沉降法和重力沉积法来说，具有精准、迅速、人为误差小等优点。在国外该方法已取得众多学者的认可，并得到了广泛地应用。

3.3.2 粒度分析

沉积物粒度的分布主要受搬运介质、搬运方式、沉积环境等因素

的影响,通过研究沉积物粒度分布可了解沉积物的沉积环境。其研究是基于这样的假设:相同粒径的沉积物分布是对应着相同的沉积环境的。

3.3.2.1 粒度参数

常用的粒度参数有平均粒径(M_z)、分选系数(σ_i)、偏度(Sk_i)、峰态(K_g)。

$$\text{平均粒径 } M_z = (\Phi_{16} + \Phi_{50} + \Phi_{84})/3$$

其中 Φ_{16} 、 Φ_{50} 、 Φ_{84} 表示的是累计频率为16%、50%、84%时的粒径。沉积物源区物质的粒度分布决定沉积物的平均粒径,能够指示出沉积物粒径频率分布的集中趋势,可以反映沉积物沉积环境的平均动能。剖面上的平均粒径的变化情况,反映解物质来源和沉积环境的变化。

$$\text{分选系数 } \sigma_i = (\Phi_{84} - \Phi_{16})/4 + (\Phi_{95} - \Phi_5)/6.6$$

分选系数是粒度分布中颗粒大小均匀程度,可以指示对平均粒径的物质分选程度。当其大于等于零值的时候:值越小分选程度越好,分选好的是在风成沙丘的环境中形成的。值越大分选程度越差,分选差的粗颗粒反映当时的沉积环境是冰碛物或冲积扇。分选性变化的敏感部位是粒度分布曲线的两端,所以,这种方法能够照顾到的粒度级别范围大,误差比较小,结果相对精确。在沉积环境的研究中通常用分选系数来判断沉积环境的动力环境和其沉积物的物源。

$$\text{偏度 } SK_i = (\Phi_{16} + \Phi_{84} - 2\Phi_{50}) / 2(\Phi_{84} - \Phi_{16}) + (\Phi_5 + \Phi_{95} - 2\Phi_{50}) / 2(\Phi_{95} - \Phi_5)$$

偏态反映的是沉积环境中沉积物颗粒的粗细程度。偏态的定量表达反映了沉积环境里沉积过程的能量的分异（分析沉积物成因），表示了颗粒大小分布的对称和平均值、中位数的相对位置。福克和沃德于1957年就研究了概括性图解偏度 SK_i ，并分为五个等级：极负偏、负偏、近对称、正偏、极正偏。偏度的出现，对研究沉积物的来源具有相当积极的意义，可以解释很多情况——如风成沙丘多为正偏。是正态分布的频率曲线时候，值是等于零的，平均值、中位线重合于峰值，表示峰值两端对称分布。正偏态分布的频率曲线时候，值大于零，峰值左边分别是中位数和平均值，表示峰值的粒径小于中位数小于平均值，粒度偏向粗颗粒趋势；是负态分布的频率曲线时候，值小于零，粒度偏向细颗粒趋势。

$$\text{峰态 } K_g = (\Phi_{95} - \Phi_5) / 2.44(\Phi_{75} - \Phi_{25})$$

峰态(K_g)是度量粒度分布趋向形态的一个数值，其表示颗粒大小在中间段与两端的分布情况，也就是定量曲线的峰凸程度，这是发现双峰曲线的必要条件，代表了不同物源混杂的混合程度。正态分布曲线或与正态曲线相似的，其峰态值为零；值比正态曲线的峰值高的，然而尾部相对窄的则称为窄峰，其峰态为正值；反之则称为宽峰。峰态是用来解释沉积环境的成因的非常重要的指标。例如，沙丘等沉积环境中，位于窄峰态的曲线中部的分选性较其尾部的要好。

3.3.2.2 技术路线

对采集样品进行分组整理，并用美国麦奇客激光粒度仪测量。得到第一手数据后，进行粒度参数的计算，整理并作图。利用统计软件对分组数据进行相似性检验，再聚类分析，检验各组之间物源关系。根据数据以及统计软件的分析结果，结合现状和他人研究资料反推其环境演变特征和规律。

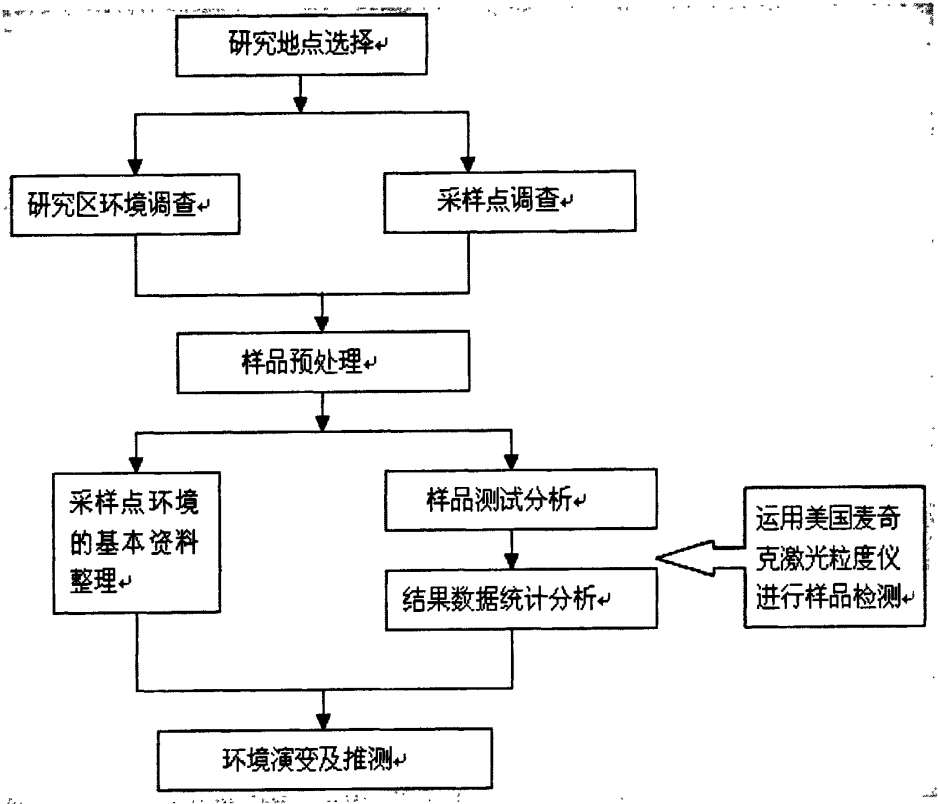


图 3-2 技术路线图

Fig.3-2 Technique route framework

4 各类型样品的粒度分布特征

本文在分析各样品粒度时采用的是谢帕德三角图表法来进行粒度分级。下面是谢帕德三角图表法的图解。

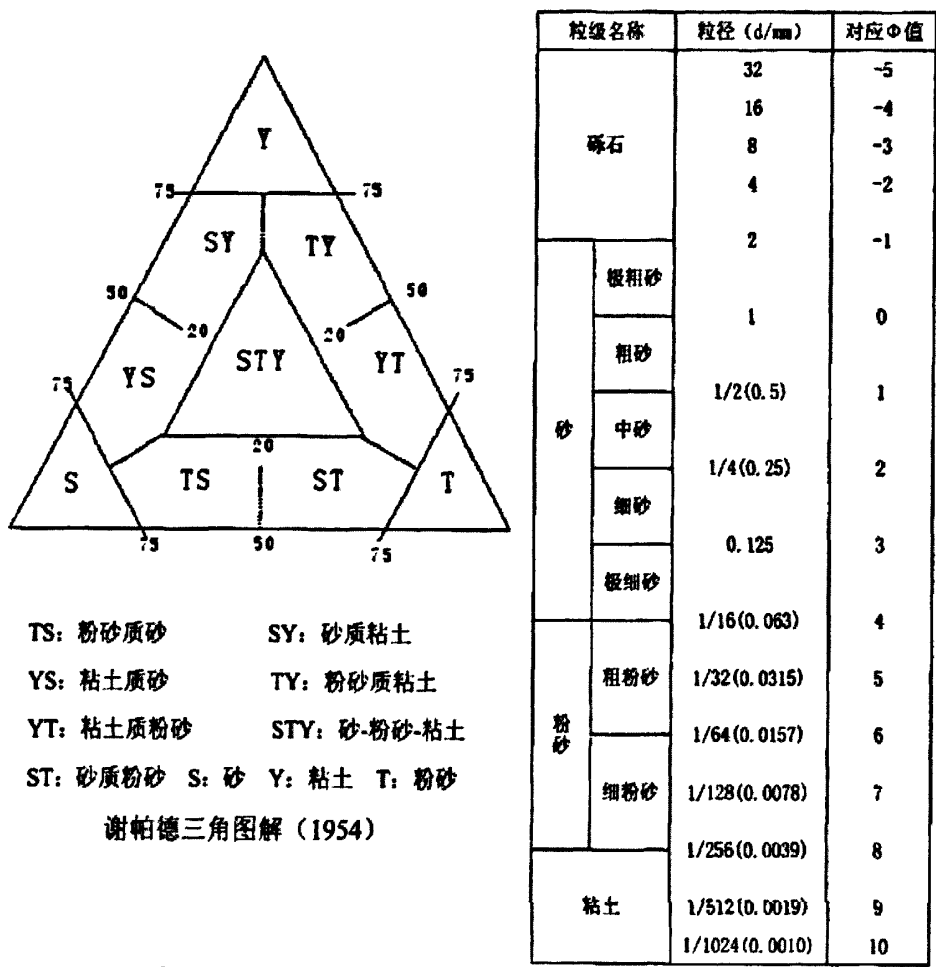


图 4.1 沉积物粒级分类表及三角图解 (GB/Y13909-92)

Fig 4.1 Classification table of sediments size and triangle diagram

本文分选性标准采用福克和沃德 (1957) 提出了对 σ (Φ 单位) 的分级标准。但因本文所用单位都是 μm 而非 Φ ，且数据量庞大，所

以依照毫米对 Φ 的兑换公式 $\Phi=-\log 2d$ 即 $d=2^{-\Phi}$ ，将分选等级表换算成：大于 $784\mu m$ 是分选极差， $784\mu m-707\mu m$ 是分选差， $707\mu m-611\mu m$ 是分选较差， $611\mu m-500\mu m$ 是分选中等， $500\mu m-250\mu m$ 是分选较好， $250\mu m-62\mu m$ 是分选好，小于 $62\mu m$ 的属于分选极好的范围。

偏态的分级： $SK=-1\sim-0.3$ ，很负偏； $SK=-0.3\sim-0.1$ ，负偏，曲线形态不对称，峰偏向细粒度一侧，粗粒一侧有一低的尾部，说明沉积物以细组分为主，分选性变差。 $SK=-0.1\sim+0.1$ ，近对称； $SK=+0.1\sim+0.3$ ，正偏； $SK=+0.3\sim+1$ ，很正偏，曲线形态不对称，峰偏向粗粒度一侧，细粒一侧有一低的尾部，说明沉积物以粗组分为主，分选性变差。峰度值一般是用频率曲线尾部展开度与中部展开度之比来表示的，下面是峰度的分级 $Kg<0.67$ ，很平坦； $Kg=0.67\sim0.90$ ，平坦； $Kg=0.90\sim1.11$ ，中等（正态）； $Kg=1.11\sim1.56$ ，尖锐； $Kg=1.56\sim3.00$ ，很尖锐； $Kg>3.00$ ，非常尖锐。

4.1 荒漠草原

表4-1是荒漠草原样品的基本情况，包括编号、坐标、分类类型和简单描述。

表 4-1 荒漠草原样品列表
Table 4-1 Samples of Pasture and rangeland list

编号	采样坐标			采样部位	描述
B-4	N41° 32'	41.9"	E100° 47' 30.5"	H978m	地表结皮
B-1	N41° 32'	41.9"	E100° 47' 30.5"	H978m	下层土层 草场钙积层下湿土
C-1	N41° 52'	23.8"	E100° 35' 44.5"	H950m	下层砂 下伏砂石土层
B-0	N41° 32'	41.9"	E100° 47' 30.5"	H978m	下层石板 砾石层下石板样厚 0.6-0.8m
C-2	N41° 52'	23.8"	E100° 35' 44.5"	H950m	表层结皮 牧场路上

表4-2是荒漠草原上各个样品的粒度组成，数据由激光粒度分析仪测得。结合表4-1可从中看出草场表面砾石(B-4)下的沉积物较粗，

以中砂为主占到40%左右，粗细不一。C-2是牧场地表沉积物结皮，粗细不一，比较均匀，以中砂为主占45%左右，跟草场情况类似。B-0是草场表面砾石下石板层，以极细砂和粉砂为主，占50%左右。草场表面砾石下石板层下部土样（B-1）情况与B-0类似，以极细砂粗和粉砂为主，占到了50%以上，其中极细砂40%左右。牧场的下层土样（C-1）是以粘土为主占到了81%，其余细粉砂占10%，粗粉砂占10%。

表 4-2 荒漠草原的粒度组成

Table 4-2 Grain-sizes ComPosition of Pasture and rangeland

Size(μ m)	B-4	B-1	C-1	B-0	C-2	Size (μ m)	B-0	B-1	C-1	B-4	C-2
1408	3.92	0	0	0	6.25	18.50	0.76	1.8	8.65	3.74	0.44
1184	3.87	0	0	0	3.59	15.56	0.65	1.17	6.31	2.8	0.42
995.6	5.6	0	0	0	4.41	13.08	0.64	0.86	4.94	2.42	0.47
837.2	5.11	0	0	0	4.63	11.00	0.62	0.71	4.29	2.38	0.5
704.0	3.96	0	0	0	5.15	9.25	0.44	0.43	2.67	1.81	0.39
592.0	4.21	0	0	0	8.11	7.78	0.45	0.36	2.04	1.9	0.41
497.8	6.35	0	0	0	9.91	6.54	0.68	0.48	2.55	2.95	0.63
418.6	11.42	0	0	0	11.35	5.50	0.4	0	1.13	1.8	0.39
352.0	14.04	0	0	0	9.19	4.62	0	0	0.4	0.95	0
296.0	10.52	0	0	0	6.28	3.89	0.38	0	0.55	1.4	0.37
248.9	5.91	0	0	0	4.91	3.27	0.52	0	0.51	1.77	0.49
209.3	3.42	0	0	0	4.46	2.750	0.15	0	0	0.91	0
176.0	2.38	0.63	0	0	4.05	2.312	0	0	0	0.61	0
148.0	2.04	1.99	0	0	3.42	1.945	0	0	0	0	0
124.5	1.84	5.03	0	0.54	2.53	1.635	0	0	0	0	0
104.7	1.61	9.38	0	2.73	1.75	1.375	0	0	0	0	0
88.00	1.4	13.61	0.55	8.37	1.27	1.156	0	0	0	0	0
74.00	1.13	14.77	1.78	12.88	0.9	0.972	0	0	0	0	0
62.23	0.92	13.7	4	12.54	0.67	0.818	0	0	0	0	0
52.33	0.81	11.02	6.76	9.51	0.54	0.688	0	0	0	0	0
44.00	0.75	7.95	9.1	6.97	0.45	0.578	0	0	0	0	0
37.00	0.72	5.65	10.55	5.69	0.4	0.486	0	0	0	0	0
31.11	0.79	4.53	11.61	5.61	0.42	0.409	0	0	0	0	0
26.16	0.79	3.39	11.21	5.14	0.42	0.344	0	0	0	0	0
22.00	0.8	2.54	10.4	4.58	0.43	0.2890	0	0	0	0	0

表 4-3 荒漠草原粒度参数

Table 4-3 Grain-sizes parameter of Pasture and rangeland					
编号	σ_i 分选系数	Mz 平均值	S_D 标准偏差	SKi 偏态	Kg 峰度
B-4	329.5	403.2	333	0.387	1.413
B-1	29.31	59.71	29.15	0.0863	0.996
C-1	14.84	25.75	14.75	0.226	0.998
B-0	29.46	40.28	26.82	0.0329	0.749
C-2	323.7	430.5	343.8	0.347	1.301

表4-3是荒漠草原的粒度参数，包括： S_D （标准偏差）、Mz平均值、 σ_i （分选系数）、Ski（偏度）和Kg（峰度）。通过表4-3可以看出同为结皮的B-4和C-2各个参数均相差无几，分选系数是323.7到329.5之间，属分选较好。平均粒径在403 μm –430 μm 之间，属于中砂。偏度是0.347到0.387之间，都属于正偏。峰度1.3到1.413，属于尖锐等级。B-0、B-1和C-1各个参数相近，分选系数在14.84到29.46之间，属分选极好。平均粒径在25.75 μm 到59.71 μm 之间变化，属于粗粉砂，偏度在0.0329到0.226之间，属于很正偏，峰度值是0.749到0.998之间，属于平坦到中等。

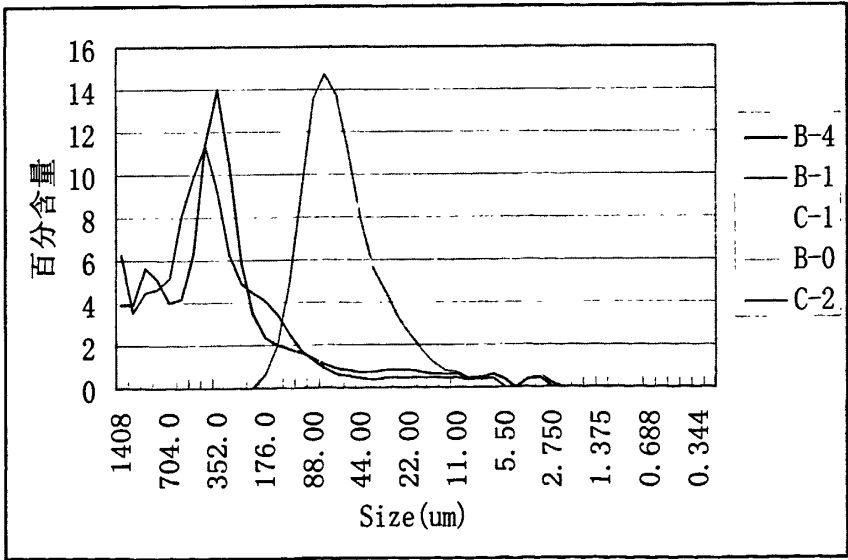


图 4.2 荒漠草原粒度分布曲线

Fig 4-2 Grain-size distribution frequency curves of Pasture and rangeland

从图4-2可以看出, 草场和牧场地表结皮样品的粒度分布曲线大体相同, 都是单峰态, 峰值出现在 $352\mu\text{m}$ 和 $418\mu\text{m}$ 处, 众数组在 $704\mu\text{m}$ 到 $176\mu\text{m}$ 之间, 粒度组成集中于中砂, 两条曲线都在小于 $88\mu\text{m}$ 处往后延伸, 没有明显小峰, 说明草场和牧场的粉砂级含量都不多, 表示颗粒没有非常明显的细化现象。草场和牧场地表下部土层的粒度分布曲线走势相似, 都是单峰态, 峰值分别出现在 $74\mu\text{m}$ 和 $31.11\mu\text{m}$ 处, 众数组在 $176\mu\text{m}$ 到 $22\mu\text{m}$ 之间和 $88\mu\text{m}$ 到 $11\mu\text{m}$ 之间, 粒度组成集中于粗粉砂, 在 $7\mu\text{m}$ 和 $2.75\mu\text{m}$ 出都有明显小峰, 说明细粉砂和粘土占有一定分量, 表示颗粒有细化的现象。

4.2 戈壁滩

表4-4是戈壁滩样品的基本情况, 包括编号、坐标、分类类型和简单描述。

表 4-4 戈壁滩样品列表
Table 4-4 Samples of Gobi Desert list

编号	采样坐标	采样部位	描述
A-1	N41° 57' 40.6" E100° 53' 44.9" H934m	表层砾石	
F-1	N41° 47' 30.6" E100° 57' 52.2"	表层砾石	戈壁滩砾石 20×20cm
H-2	N42° 20' 40.9" E99° 49' 42.3" Hm	表层砾石	希哈达
H-4	N42° 31' 39.8" E99° 19' 41.6" Hm	表层砾石	中蒙 戈壁砾石
J-1	N41° 46' 34.9" E99° 9' 2.9" H1107m	表层砾石	戈壁砾石 20×20cm
J-7	N41° 46' 9.0" E100° 15' 23.0" H971m	表层砾石	20×20cm
J-10	N41° 41' 42.8" E99° 9' 2.9" H1107m	表层砾石	戈壁滩化石点附近 20×20cm
L-1	N41° 38' 26.5" E102° 18' 49.6" H923m	表层砾石	戈壁表层砾石
M-1	N41° 55' 36.8" E100° 32' 1.5" H954m	表层砾石	戈壁
M-3	N41° 57' 22.8" E100° 54' 4.7" H936m	表层砾石	
F-4	N41° 47' 29.1" E100° 57' 54.0" H950m	表层下结皮	戈壁砾石下土层结皮
J-4	N41° 53' 18.9" E99° 41' 8.0" H962m	表层下结皮	砾石下土层结皮
J-5	N41° 53' 18.9" E99° 41' 8.0" H962m	表层下结皮	砾石下土层结皮
J-8	N41° 46' 9.0" E100° 15' 23.0" H971m	表层下结皮	碱性结皮层
M-4	N41° 57' 22.8" E100° 54' 4.7" H936m	表层下结皮	砾石层下土块结皮层
F-3	N41° 47' 29.1" E100° 57' 54.0" H950m	下层土样	西戈壁表层砾石下土样
H-1	N42° 20' 40.9" E99° 49' 42.3" Hm	下层土样	20×20cm

H-3	N42° 31' 39.8"	E99° 19' 41.6"	Hm	下层土样	中蒙边界 10×10cm
J-3	N41° 46' 34.9"	E99° 9' 2.9"	H1107m	下层土样	砾石层下砾石土块
L-2	N41° 38' 26.5"	E102° 18' 49.6"	H923m	下层土样	山间戈壁砾石层下土层
A-2	N41° 57' 40.6"	E100° 53' 44.9"	H934m	下层土层	
F-2	N41° 47' 30.6"	E100° 57' 52.2"		下层土样	戈壁表层下土样
J-2	N41° 46' 34.9"	E99° 9' 2.9"	H1107m	下层土样	戈壁砾石下土层 10×10cm
J-6	N41° 53' 18.9"	E99° 41' 8.0"	H962m	下层土样	戈壁 10×10cm
J-9	N41° 46' 9.0"	E100° 15' 23.0"	H971m	下层土样	下伏土样 10×10cm
M-2	N41° 55' 36.8"	E100° 32' 1.5"	H954m	下层土样	三号山北戈壁下部土层
M-5	N41° 57' 22.8"	E100° 54' 4.7"	H936m	下层土样	砾石区土层

表4-5是各个戈壁滩上表面砾石层的样品粒度组成，数据由激光粒度分析仪测得。结合表4.4可从中看出戈壁表层砾石除了F-1、L-1和M-1之外的沉积物平均粒径都较粗，其中以细砂和中砂为主，占到47%至65%不等。F-1和L-1集中在极细砂和粗粉砂，占到总量的62%以上。M-1则集中于中砂，占到总量的41%以上，但极粗砂也占到15%左右。

表 4-5 戈壁滩砾石层的粒度组成
Table 4-5 Grain-sizes ComPosition of Gobi gravel layer

Size	A-1	F-1	H-2	H-4	J-1	J-7	J-10	L-1	M-1	M-3
1408	1.27	0	0.49	2.22	1.58	0.98	0.58	0	14.8	1.85
1184	1.21	0	0.8	2.06	1.74	1.25	0.63	0	8.18	2.04
995.6	1.88	0	2.51	3.42	3.56	2.99	1.42	0	5.55	4.06
837.2	2.03	0	5.16	4.13	5.08	4.79	2.38	0	2.67	5.57
704.0	1.96	0	7.85	4.53	6.37	6.36	3.5	0	2.27	6.56
592.0	2.34	0	9.94	5.81	9.09	8.84	5.21	0	3.31	8.64
497.8	3.44	0	10.68	8.18	13.47	12.21	7.21	0	8.34	12.15
418.6	5.55	0	10.62	10.86	16.42	14.77	8.61	0	24.9	14.97
352.0	7.98	0.56	10.41	10.57	13.93	14.13	9.01	0.33	19.66	13.43
296.0	9.21	1.84	9.75	7.63	8.82	10.66	8.45	1.27	5.03	9.23
248.9	9.53	4.85	8.59	5.29	5.65	7.47	7.62	4.21	1.31	6.37
209.3	9.28	8.91	7	4.34	4.32	5.38	6.92	9.65	0.75	4.97
176.0	8.87	11.33	5.35	4.19	3.63	3.88	6.19	14.29	0.84	4
148.0	8.37	12.01	4.03	4.39	2.93	2.73	5.55	15.57	1.04	2.98
124.5	7.13	11.88	2.83	4.13	1.9	1.71	4.69	13.98	0.86	1.79
104.7	5.4	11.59	1.81	3.33	1	0.96	3.71	10.96	0.49	0.92
88.00	3.78	11.22	1.12	2.49	0.51	0.56	2.92	7.88	0	0.47
74.00	2.33	8.73	0.66	1.69	0	0.33	2.2	4.72	0	0

62.23	1.38	5.59	0.4	1.21	0	0	1.66	2.6	0	0
52.33	0.88	3.17	0	0.95	0	0	1.35	1.52	0	0
44.00	0.6	1.77	0	0.79	0	0	1.12	1	0	0
37.00	0.46	1.1	0	0.68	0	0	0.96	0.81	0	0
31.11	0.44	0.93	0	0.68	0	0	0.96	0.85	0	0
26.16	0.41	0.8	0	0.64	0	0	0.89	0.88	0	0
22.00	0.42	0.75	0	0.63	0	0	0.85	0.93	0	0
18.50	0.41	0.68	0	0.59	0	0	0.78	0.89	0	0
15.56	0.38	0.55	0	0.54	0	0	0.67	0.78	0	0
13.08	0.43	0.49	0	0.55	0	0	0.63	0.8	0	0
11.00	0.46	0.46	0	0.57	0	0	0.61	0.82	0	0
9.25	0.38	0.33	0	0.45	0	0	0.44	0.65	0	0
7.78	0.41	0	0	0.46	0	0	0.42	0.67	0	0
6.54	0.67	0.46	0	0.72	0	0	0.66	1.06	0	0
5.50	0	0	0	0.23	0	0	0.4	0.66	0	0
4.62	0	0	0	0	0	0	0	0.38	0	0
3.89	0	0	0	0.22	0	0	0.34	0.61	0	0
3.27	0.36	0	0	0.49	0	0	0.46	0.81	0	0
2.750	0.35	0	0	0.34	0	0	0	0.42	0	0
2.312	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

表4-6是戈壁滩表面砾石层的粒度参数，包括： S_D （标准偏差）、 M_z 平均值、 σ_i （分选系数）、 S_{ki} （偏度）和 K_g （峰度）。通过表4.6可以看出除了F-1、L-1和M-1参数差别较大之外，其他样品各个参数均相差不多，分选系数是149.35到253.1之间，属分选好和较好之间。平均粒径226.8 μm —416.1 μm 之间，属于中砂。偏度是0.2738到0.437之间，属于正偏和很正偏。峰度0.951到1.615，属于中等至很尖锐等级。F-1和L-1各个参数相近，分选系数在57.98到58.2之间，属分选极好。平均粒径在114.6 μm 到117 μm 之间，属于极细砂，偏度分别是-0.04164和0.1993，属于近对称和正偏，峰值是0.991到1.105之间，属于中等等级。M-1分选系数是220.9属于分选较好，平均粒径是626.2属于粗砂级别，偏度为0.748，属于很正偏级别，峰度是0.729，属于平坦。

表 4-6 戈壁滩表面砾石层粒度参数
Table 4-6 Grain-sizes parameter of Gobi gravel layer

编号	σ_i 分选系数	Mz 平均值	S_0 标准偏差	SKi 偏度	Kg 峰度
A-1	149.5	226.8	190.4	0.437	1.615
F-1	57.98	114.6	58.51	0.1993	0.991
H-2	213.3	372.6	210.4	0.2768	0.951
H-4	253.1	333	268.4	0.2738	1.17
J-1	202.7	409.9	218	0.2947	1.313
J-7	192.8	390.1	203.8	0.2974	1.203
J-10	196.1	259.7	202.2	0.2881	1.053
L-1	58.2	117	60.27	-0.04164	1.105
M-1	423.2	626.2	374.1	0.748	0.729
M-3	220.9	416.1	232	0.339	1.241

从图4-3可以看出，除了F-1、L-1、M-1、和A-1的粒度分布曲线差异较大，其他样品的粒度分部曲线大体相同，都是单峰态，峰值出现在 $418.6\mu\text{m}$ 到 $497.8\mu\text{m}$ 处，众数组在 $296\mu\text{m}$ 到 $592\mu\text{m}$ 之间，粒度组成集中于中砂，几条曲线都在小于 $44\mu\text{m}$ 处往后延伸，没有明显小峰，说明这几个戈壁滩表面砾石层细粉砂级含量都不多，表示颗粒没有非常明显的细化现象。F-1、L-1和A-1的粒度分布曲线走势大致相似，都是单峰态，峰值分别出现在 $248.9\mu\text{m}$ 和 $148\mu\text{m}$ 处，众数组分别在 $352\mu\text{m}$ 到 $124\mu\text{m}$ 之间、 $209\mu\text{m}$ 到 $74\mu\text{m}$ 之间和 $209\mu\text{m}$ 到 $88\mu\text{m}$ 之间，粒度组成集中于细砂和极细砂。M-1是双峰，高峰在 $418.6\mu\text{m}$ 处，低峰在 $1408\mu\text{m}$ 处， $148\mu\text{m}$ 处有个不太明显的小峰，峰极窄，分选差，组成较混杂。

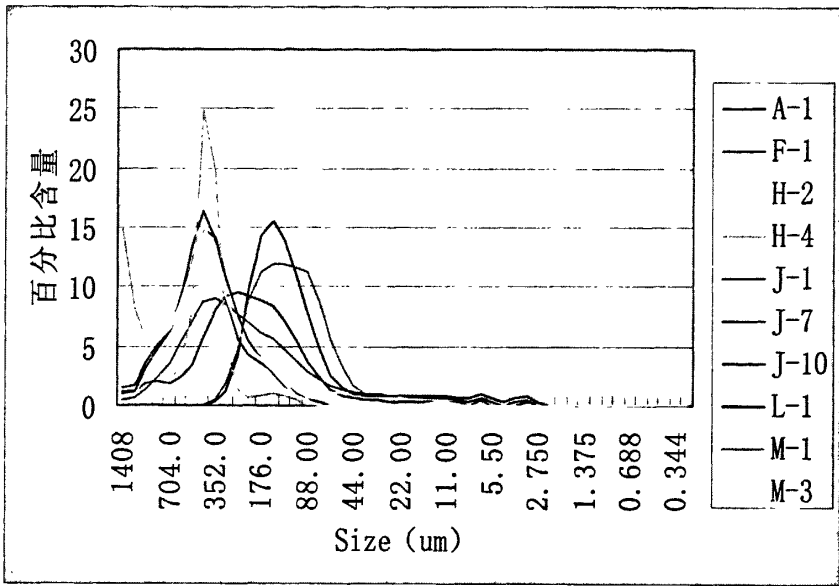


图 4-3 戈壁滩表层砾石粒度分布曲线

Fig 4-3 Grain-size distribution frequency curves of Gobi gravel layer

表4-7是各个戈壁滩表层下结皮层的样品粒度组成，数据由激光粒度分析仪测得。结合表4-4（样品列表）可从中看出戈壁表层下结皮中除了M-4之外的沉积物数据差别不大，其中以粗粉砂和细粉砂为主，占到53%左右。M-4则在粗粉砂、细粉砂和粘土级别都有分布，粘土占12%。

表 4-7 戈壁滩表层下结皮层的粒度组成

Table 4-7 Grain-sizes ComPosition of Gobi Desert subsurface crust

Size	F-4	J-4	J-5	J-8	M-4	Size	F-4	J-4	J-5	J-8	M-4
1408	0	0	1.95	0	0	18.50	1.71	1.07	1.52	1.9	5.68
1184	0	0	1.49	0	0	15.56	1.54	0.95	1.33	1.61	4.71
995.6	0	0	1.49	0	0	13.08	1.63	0.97	1.33	1.54	4.5
837.2	0	0	1.03	0	0	11.00	1.67	1.02	1.4	1.64	4.58
704.0	0	0.27	0.77	0	0	9.25	1.31	0.8	1.12	1.3	3.69
592.0	0.39	0.74	0.88	0.49	0	7.78	1.35	0.85	1.17	1.35	3.71
497.8	1.08	2.23	1.4	1.25	0	6.54	2.17	1.31	1.94	1.94	5.92
418.6	3.2	4.79	3.32	2.96	0	5.50	1.41	0.51	1.28	0.79	3.96
352.0	6.43	7.9	6.09	5.31	0	4.62	0.8	0.17	0.75	0.48	2.21
296.0	7.77	9.57	7.14	6.56	0	3.89	1.25	0.57	1.21	0.87	3.54
248.9	7.25	9.65	6.7	6.64	0	3.27	1.77	0.76	1.75	1.24	5.7
209.3	6.29	9.18	5.78	6.1	0	2.750	0.89	0.72	0.9	1.27	2.68

176.0	6.05	8.7	5.25	5.75	0.51	2.312	0.52	0.46	0.55	0.77	1.18
148.0	6.73	8.44	5.3	5.94	1.13	1.945	0	0	0	0	0
124.5	7.27	7.09	5.27	5.97	2.09	1.635	0	0	0	0	0
104.7	6.88	5.25	4.98	5.75	3.1	1.375	0	0	0	0	0
88.00	5.78	3.74	4.64	5.47	3.78	1.156	0	0	0	0	0
74.00	4.12	2.6	3.97	4.75	3.71	0.972	0	0	0	0	0
62.23	2.86	1.92	3.38	4.12	3.71	0.818	0	0	0	0	0
52.33	2.08	1.59	2.92	3.6	3.74	0.688	0	0	0	0	0
44.00	1.61	1.38	2.47	3.08	4.07	0.578	0	0	0	0	0
37.00	1.4	1.23	2.08	2.62	4.6	0.486	0	0	0	0	0
31.11	1.51	1.25	2	2.54	5.54	0.409	0	0	0	0	0
26.16	1.59	1.18	1.79	2.29	5.96	0.344	0	0	0	0	0
22.00	1.69	1.14	1.66	2.11	6	0.2890	0	0	0	0	0

表4-8是戈壁滩表层下结皮的粒度参数，包括： S_0 （标准偏差）、 M_z 平均值、 σ_i （分选系数）、 SK_i （偏度）和 KG （峰度）。通过表4-8可以看出同为结皮的这组样品除了M-4之外各个参数均相差无几，分选系数是117.6到148.6之间，属分选好级别。平均粒径在121.9 μm -165.1 μm 之间，属于极细砂和细砂范围。偏度是0.1513到0.522之间，属于正偏到很正偏范围。峰度是0.806到1.595，属于中等到很尖锐等级。M-4的分选系数是26.37，分选极好，平均粒度为26.59 μm ，是粗粉砂，偏度是0.606，属于正偏，峰度是1.212，属于尖锐。

表 4-8 戈壁滩表层下结皮层粒度参数

Table 4-8 Grain-sizes parameter of Gobi Desert subsurface crust					
编号	σ_i 分选系数	M_z 平均值	S_0 标准偏差	SK_i 偏态	KG 峰度
F-4	125.1	130.4	114.7	0.307	0.806
J-4	126.7	165.1	121	0.1513	0.933
J-5	148.6	150.7	199.2	0.522	1.595
J-8	117.6	121.9	110.8	0.404	0.851
M-4	26.37	26.59	27.43	0.606	1.212

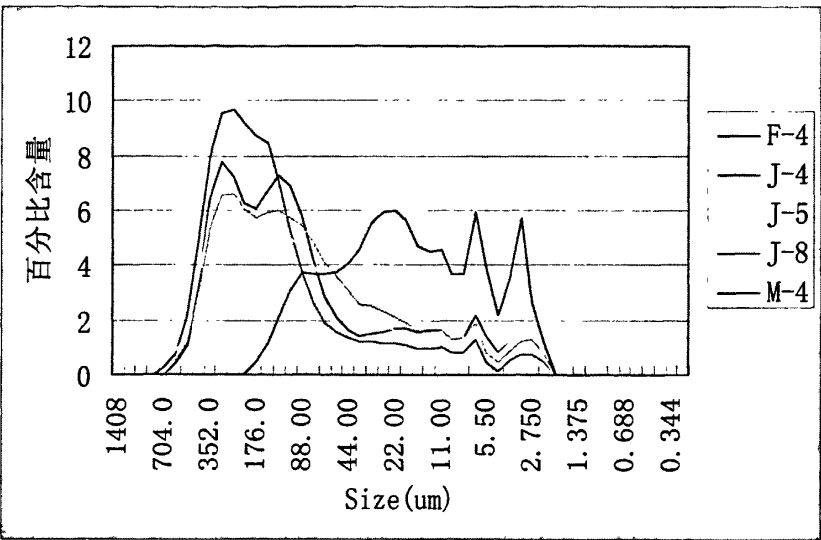


图 4-4 戈壁滩表层下结皮层粒度分布曲线

Fig 4-4 Grain-size distribution frequency curves of Gobi Desert subsurface crust

从图4-4可以看出，戈壁滩表层下结皮样品的粒度分布曲线大体相同（除了M-4），都是双峰态，峰值出现在352 μm 和97 μm 处，众数组在433 μm 到56 μm 之间，粒度组成集中于中砂、细砂和极细砂，几条曲线都在小于44 μm 处往后延伸，在7.78 μm 和2.75 μm 处有明显小峰，说明戈壁滩表层下结皮层的极细砂和粘土级含量都不少，表示颗粒有明显的细化现象。M-4是多峰态，峰值分别出现在22 μm 、7.78 μm 和2.75 μm 处，众数组在88 μm 到2 μm 之间，粒度组成集中于极细砂和粘土，在7.78 μm 和2.75 μm 处出现明显峰值，说明细粉砂和粘土占有很大分量，表示颗粒细化现象很明显。

表 4-9 戈壁滩下层土样粒度组成

Table 4-9 Grain-sizes ComPosition of Gobi Desert Subsoil

Size	F-3	H-1	H-3	J-3	L-2	A-2	F-2	J-2	J-6	J-9	M-2	M-5
1408	0	0	0.84	0	0	0.54	0	0	1.37	0	0.56	1.09
1184	0	0	1.32	0	0	0.67	0	0	1.67	0	0.9	1.09
995.6	0	0	3.05	0	0	1.7	0	0	2.91	0	2.15	1.94
837.2	0	0	3.79	0	0	2.96	0	0	3.13	0	2.47	2.46
704.0	0	0	3.91	0.49	0	4.29	0	0	2.73	0	2.69	2.74

592.0	0	0	4.53	1.53	0	6.21	0.21	0	2.84	0	4.13	3.51
497.8	0.55	0.61	5.83	4.21	0	8.61	0.5	0	3.79	0	7.23	5
418.6	1.47	2.16	7.11	8.43	0	10.8	1.44	0	6.13	0	9.14	7.19
352.0	3.38	5.72	7.49	10.0	0	11.8	2.87	0	9.09	0.66	8.57	8.95
296.0	5.72	9.52	6.64	8.87	0	11.5	4.38	0	10.2	2.06	7.04	9.02
248.9	7.19	10.3	5.43	7.4	0.71	10.1	5.42	0.16	9.79	5.38	5.98	8.59
209.3	7.54	9.43	4.49	6.9	3.4	8.23	5.27	0.77	8.6	9.57	5.81	7.79
176.0	7.5	8.13	3.78	6.96	11.4	6.05	4.44	1.86	7.43	11	5.87	6.95
148.0	7.7	7.57	3.29	7.16	23.2	4.19	3.84	3.7	6.54	10.0	5.58	6.3
124.5	7.53	6.66	2.79	6.46	25.8	2.69	3.59	5.12	5.31	7.71	4.39	5.27
104.7	7.17	5.16	2.27	5	18.0	1.66	3.67	5.21	3.91	5.62	3	3.96
88.00	6.5	3.6	1.91	3.65	9.78	1.1	4.01	4.95	2.79	4.11	2.01	2.8
74.00	5.06	2.28	1.6	2.52	4.36	0.76	4.22	4.46	1.89	2.75	1.35	1.83
62.23	3.71	1.51	1.41	1.82	1.88	0.56	4.62	4.5	1.31	1.77	1	1.2
52.33	2.75	1.21	1.34	1.46	0.82	0.47	5.04	4.78	1	1.23	0.85	0.89
44.00	2.09	1.13	1.31	1.22	0.38	0.42	5.31	4.97	0.81	0.92	0.78	0.72
37.00	1.71	1.2	1.28	1.07	0	0.38	5.47	5.03	0.69	0.81	0.78	0.64
31.11	1.73	1.46	1.36	1.09	0	0.39	5.63	5.26	0.68	0.92	0.86	0.69
26.16	1.69	1.65	1.38	1.04	0	0.38	5.26	5.15	0.6	1.04	0.95	0.7
22.00	1.7	1.83	1.4	1.05	0	0.38	4.66	5.05	0.56	1.21	1	0.7
18.50	1.62	1.83	1.4	0.99	0	0.36	3.75	4.58	0.52	1.38	1.05	0.71
15.56	1.42	1.64	1.31	0.9	0	0.33	2.73	3.75	0.45	1.42	1.01	0.66
13.08	1.41	1.74	1.52	1.02	0	0.38	2.21	3.42	0.46	1.75	1.18	0.75
11.00	1.48	1.85	1.72	1.12	0	0.4	2.01	3.45	0.48	2.02	1.32	0.81
9.25	1.2	1.5	1.46	0.92	0	0.17	1.37	2.63	0.38	1.75	1.11	0.66
7.78	1.29	1.6	1.61	0.99	0	0.33	1.23	2.72	0.41	2.4	1.25	0.7
6.54	1.91	2.34	2.42	1.45	0	0.49	1.88	4.35	0.59	3.08	1.88	1.16
5.50	0.82	0.97	1.07	0.6	0	0	1.08	2.93	0	1.4	0.81	0.42
4.62	0.53	0.59	0.69	0.38	0	0	0.61	1.63	0	0.99	0.52	0
3.89	0.97	1.08	1.24	0.71	0	0	0.92	2.57	0.15	2.16	0.98	0.46
3.27	1.54	1.48	2	0.98	0	0.33	1.3	4.08	0.4	4.42	1.43	0.62
2.750	1.74	1.41	2.25	0.98	0	0.34	0.66	1.95	0.4	6.33	1.48	0.61
2.312	1.06	0.78	1.34	0.61	0	0	0.4	0.97	0	3.5	0.89	0.42
1.945	0.32	0	0.42	0	0	0	0	0	0	0.57	0	0
1.635	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

表4-9是各个戈壁滩下层土样的粒度组成，数据由激光粒度分析仪测得。结合表4-4（样品列表）可从中看出戈壁下层土样中以中砂、细砂和极细砂为主，占到53%左右。L-2则以极细砂为主占到64%左右，细砂占32%。F-2和J-2较为接近，以极细砂、粉砂和粘土为主，分别

占到34%、32%和21%。

表 4-10 戈壁滩下层土样粒度参数

编号	σ_i 分选系数	Mz 平均值	S_0 标准偏差	SKi 偏态	Kg 峰度
F-3	102.4	112.7	96.27	0.2558	0.874
H-1	121.7	135.5	109.3	0.0937	0.712
H-3	256.6	247.9	256	0.37	0.94
J-3	153.2	182.7	141.5	0.2035	0.828
L-2	30.46	116.6	31.01	0.0655	1.039
A-2	178.5	311.2	194.3	0.2562	1.223
F-2	93.2	88.81	90.66	0.664	0.97
J-2	42.28	41.08	40.73	0.568	0.955
J-6	185	260.8	222.6	0.417	1.6
J-9	88.69	92.95	78.46	0.0791	0.62
M-2	218	231.9	223.4	0.2795	1.066
M-5	182.7	245.6	208.9	0.353	1.344

表4-10是戈壁滩下层土样的粒度参数，包括： S_0 （标准偏差）、Mz平均值、 σ_i （分选系数）、Ski（偏度）和Kg（峰度）。通过表4-10可以看出同为下层土的这组样品除了L-2、F-2和J-2之外各个参数均相差不大，分选系数是88.69到256.6之间，属分选好到中等级别。平均粒径在92.95 μm -247.9 μm 之间，属于极细砂和细砂范围。偏度是0.0791到0.417之间，属于正偏到很正偏范围。峰度是0.62到1.6，属于很平坦到很尖锐之间。L-2的分选系数是30.46，分选极好，平均粒度为116.6 μm ，是极细砂，偏度是0.0655，属于正偏，峰度是1.039，属于中等。F-2和J-2相近，分选系数为42.28和93.2，属于分选极好和分选好，平均粒径为41.08 μm 和88.81 μm ，属于极细砂，偏度是0.568和0.664，属于正偏，峰度是0.955和0.97，属于中等。

从下图4-5可以看出，戈壁滩下层土样品的粒度分布曲线大体走向一致，都是单峰态，峰值出现在76 μm 和97 μm 处，众数组在97 μm

到62.23 μm 之间, 粒度组成集中于中砂、细砂和极细砂, 几条曲线都在小于62.23 μm 处往后延伸, 在7.78 μm 和2.75 μm 处有不明显小峰, 说明戈壁滩表层下结皮层的极细砂和粘土级含量都不多, 表示颗粒有不太明显的细化现象。L-2是单峰态, 峰值分别出现在124.5 μm 处, 众数组在176 μm 到75 μm 之间, 粒度组成集中于极细砂。在7.78 μm 和2.75 μm 处出现明显峰值, 说明细粉砂和粘土占有一定分量, 表示颗粒有明显的细化现象。

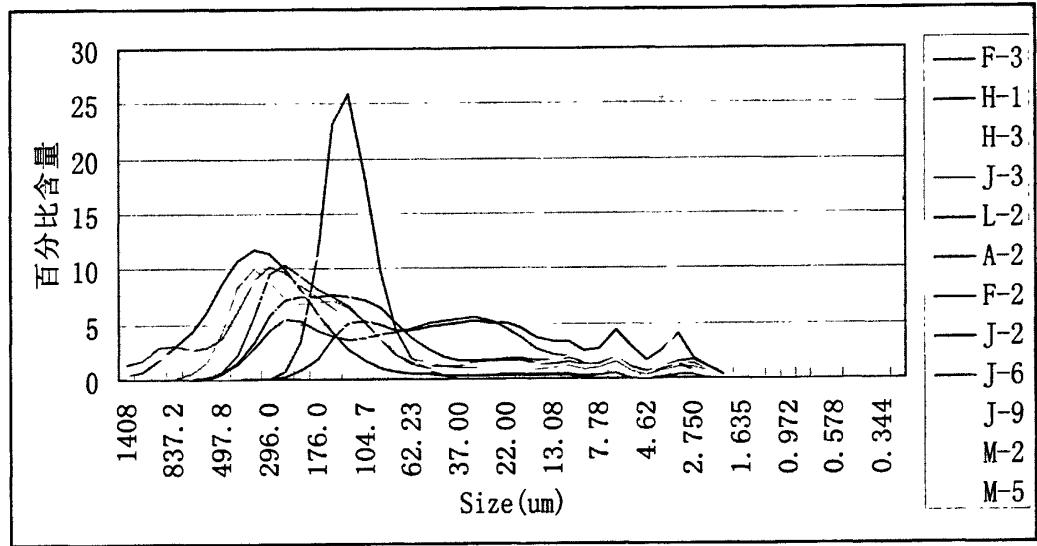


图 4-5 戈壁滩下层土样粒度分布曲线
Fig 4-5 Grain-size distribution frequency curves of Gobi Desert Subsoil

4.2 河床湖床

表4-4是河床湖床地表沉积物样品的基本情况, 包括编号、坐标、分类类型和简单描述。

表 4-11 河床湖床样品列表
Table 4-11 Samples of riverbed and lakefloor list

编号	采样坐标	采样部位	描述
D-3		表层砾石	河床砂石表层砾石土样
L-5	N42° 00' 15.6" E101° 49' 17.7" H933m	表层砾石	苏泊卓尔洪积砾石层

E-1	N41° 10' 36.2"	E100° 22' 39.6"	H1030m	表层结皮	新西庙西河道表层结皮
G-2	N42° 24' 59.9"	E100° 58' 6.9"		表层结皮	嘎顺诺尔粘土表层结皮
G-3	N42° 24' 59.9"	E100° 58' 6.9"		表层硬壳	嘎顺诺尔东侧粘土表层
B-2	N41° 32' 41.9"	E100° 47' 30.5"	H978m	下层砂	河床沙波纹湿砂
D-2				下层砂	河床砂
B-3	N41° 32' 41.9"	E100° 47' 30.5"	H978m	砂	河床沙波纹砂
G-1	N42° 24' 59.9"	E100° 58' 6.9"		表层下土样	嘎顺诺尔
L-6	N42° 00' 15.6"	E101° 49' 17.7"	H933m	表层下土样	苏泊卓尔砾石下土样
G-4	N42° 24' 59.9"	E100° 58' 6.9"		粘土	湖心粘土

表 4-12 河床湖床地表结皮粒度组成

Table 4-12 Grain-sizes ComPosition of riverbed and lakefloor crust

Size	D-3	L-5	E-1	G-2	G-3	Size	D-3	L-5	E-1	G-2	G-3
1408	2.53	1.85	0	0	0	18.50	0	0.6	7.87	3.04	3.95
1184	2.26	1.79	0	0	0	15.56	0	0.51	6.04	2.42	3.19
995.6	3.29	2.87	0	0	0	13.08	0	0.48	5.21	2.15	2.87
837.2	3.88	3.19	0	0	0	11.00	0	0.47	4.79	2.14	2.91
704.0	4.88	3.13	0	0	0	9.25	0	0.35	3.29	1.63	2.22
592.0	7.53	3.66	0	0	0.17	7.78	0	0.36	2.79	1.69	2.3
497.8	11.9	4.93	0	0	0.38	6.54	0	0.56	3.85	2.67	3.69
418.6	16.9	6.85	0	0.17	0.53	5.50	0	0.35	1.88	1.73	2.5
352.0	15.8	8.06	0	0.3	0.71	4.62	0	0	0.83	0.91	1.34
296.0	9.24	8.12	0	0.54	0.92	3.89	0	0.17	1	1.29	1.97
248.9	4.8	7.96	0	1.23	1.19	3.27	0	0.45	1	1.75	2.9
209.3	2.97	8	0	2.36	1.58	2.750	0	0	0.43	1.13	2.1
176.0	2.38	7.91	0	4.06	2.09	2.312	0	0	0	0.75	1.27
148.0	2.38	7.41	0	5.7	2.74	1.945	0	0	0	0	0.37
124.5	2.34	5.84	0	6.36	3.58	1.635	0	0	0	0	0
104.7	2	3.94	0.22	6.73	4.38	1.375	0	0	0	0	0
88.00	1.54	2.56	1.82	7.3	5.29	1.156	0	0	0	0	0
74.00	1.05	1.67	4.78	7.32	5.74	0.972	0	0	0	0	0
62.23	0.74	1.17	7.14	7.14	5.87	0.818	0	0	0	0	0
52.33	0.56	0.97	7.47	6.33	5.88	0.688	0	0	0	0	0
44.00	0.44	0.86	7.21	5.23	5.6	0.578	0	0	0	0	0
37.00	0.35	0.78	7.14	4.38	5.23	0.486	0	0	0	0	0
31.11	0.33	0.79	8.01	4.22	5.22	0.409	0	0	0	0	0
26.16	0	0.72	8.52	3.83	4.85	0.344	0	0	0	0	0
22	0	0.67	8.71	3.5	4.47	0.2890	0	0	0	0	0

表4-12是河床湖床上地表结皮样品的粒度组成，数据由激光粒度分析仪测得。结合表4-11可从中看出这些不同地方的河床湖床表层结皮的数据差异比较大。D-3和L-5颗粒较粗，中沙和细沙为主占到71%

左右。E-1最细，几乎都是细粉砂和粘土，占74%。G-2和G-3相差不大，比较平均，以极细砂和粉砂为主，细砂粉砂和粘土也有一定比例。

表 4-13 河床湖床表层结皮粒度参数
Table 4-13 Grain-sizes parameter of riverbed and lakefloor crust

编号	σ_i 分选系数	Mz 平均值	S_0 标准偏差	SKi 偏态	Kg 峰度
D-3	205	389.6	238.2	0.2895	1.629
L-5	206.8	274.7	238.2	0.473	1.437
E-1	20.16	27.52	19.22	0.375	0.903
G-2	53.81	60.49	52.44	0.347	0.94
G-3	44.68	45.16	49.86	0.536	1.266

表4-13是河床湖床表层结皮的粒度参数，包括： S_0 （标准偏差）、Mz平均值、 σ_i （分选系数）、Ski（偏度）和Kg（峰度）。通过表4-13可以看出同为河床湖床的表层结皮的这组样品因为地点的不同粒度参数上还是存在差异的。D-3和L-5的分选系数是相近，分别是205和206.8，属分选好级别，其他几个都在62以内，属于分选极好。D-3和L-5的平均粒径在274.7 μm -389.6 μm 之间，属于中砂范围，另外几个在27.52 μm -60.49 μm 之间属于极细砂。偏度大致相同，在0.2895到0.536之间，属于中等到正偏范围。峰度差异也不大，是在0.903到1.629，属于中等到很尖锐之间。

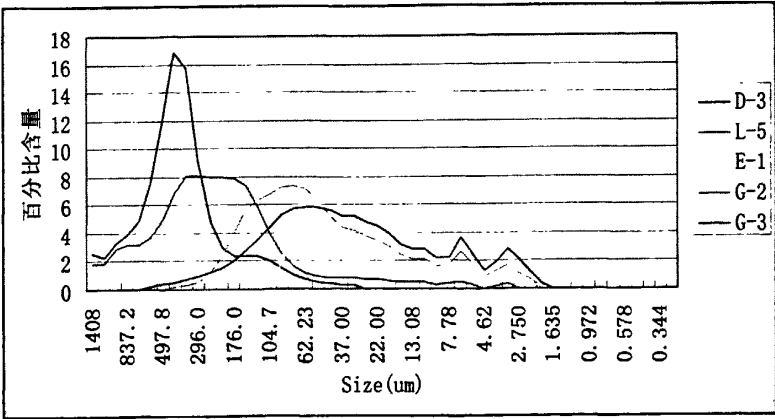


图 4-6 河床湖床表层结皮粒度分布曲线
Fig 4-6 Grain-size distribution frequency curves of riverbed and lakefloor crust

从上图4-6可以看出，河床湖床表层结皮的粒度分布曲线不太一致， L-5、E-1、G-2、G-3峰度很低，平坦但有小峰，百分比含量最大也只到7%，峰值所在和众数组却差异较大，L-5的最大，在352 μm 到124 μm 之间，属中砂，G-2在176 μm 到7.78 μm 跨度较大，E-1和G-3在同一众数组，都属于细砂到粉砂。E-1、G-2、G-3同在6.05 μm 处和3.13 μm 处有小峰，表示有明显细化现象，猜测可能与这几个样的物源有关。

下表（表4-14）是河床湖床下层土样的粒度组成，数据由激光粒度分析仪测得。结合表4-11可从中看出这些不同地方的河床湖床下层土的数据差异比较大。B-2、B-3和D-2数据相差不大，以中砂为主，百分含量54%-61%，粗砂也占较大比例，百分含量25%-35%。L-6以细砂为主，百分含量占62.4%，中砂占24%。G-4以极细砂为主，占百分含量的65%。G-1以粗粉砂为主，占百分含量的64%，细粉砂也占到31%。

表 4-14 河床湖床下层土粒度组成

Table 4-14 Grain-sizes ComPosition of riverbed and lakefloor Subsoil

Size	B-2	D-2	B-3	G-1	L-6	G-4	Size	B-2	D-2	B-3	G-1	L-6	G-4
1408	1.6	0.71	2.04	0	1.42	0	18.50	0	0	0	7.39	0	1.57
1184	2.11	0.88	2.52	0	1.16	0	15.56	0	0	0	6.79	0	1.15
995.6	4.44	2.24	5.01	0	1.21	0	13.08	0	0	0	5.82	0	0.95
837.2	5.82	4.49	6.69	0	0.86	0	11.00	0	0	0	5.7	0	0.83
704.0	6.6	8.18	8.03	0	0.54	0	9.25	0	0	0	5.71	0	0.53
592.0	8.84	15.5	11.6	0	0.53	0	7.78	0	0	0	4.46	0	0.45
497.8	13	24.3	17.6	0	0.84	0	6.54	0	0	0	2.89	0	0.65
418.6	17	24.3	20.8	0	2.79	0	5.50	0	0	0	3.84	0	0.17
352.0	16.1	13.3	14	0	7.43	0	4.62	0	0	0	2.37	0	0
296.0	10.6	4.45	5.91	0	13.6	0	3.89	0	0	0	1.15	0	0
248.9	5.97	1.31	2.38	0	16.8	0	3.27	0	0	0	1.48	0	0.16
209.3	3.47	0.45	1.26	0	16.2	0.42	2.750	0	0	0	1.75	0	0
176.0	2.1	0	0.86	0	13.6	2.1	2.312	0	0	0	1.73	0	0
148.0	1.29	0	0.68	0	10.3	8.13	1.945	0	0	0	0.47	0	0

124.5	0.73	0	0.48	0	6.5	17.4	1.635	0	0	0	0	0	0
104.7	0.4	0	0.16	0	3.42	19.7	1.375	0	0	0	0	0	0
88.00	0	0	0	0.18	1.66	14.9	1.156	0	0	0	0	0	0
74.00	0	0	0	1.18	0.76	8.75	0.972	0	0	0	0	0	0
62.23	0	0	0	2.94	0.37	5.46	0.818	0	0	0	0	0	0
52.33	0	0	0	5.07	0	3.98	0.688	0	0	0	0	0	0
44.00	0	0	0	7.06	0	3.21	0.578	0	0	0	0	0	0
37.00	0	0	0	8	0	2.71	0.486	0	0	0	0	0	0
31.11	0	0	0	8.1	0	2.62	0.409	0	0	0	0	0	0
26.16	0	0	0	8.17	0	2.26	0.344	0	0	0	0	0	0
22.00	0	0	0	7.75	0	1.94	0.2890	0	0	0	0	0	0

表4-15是河床湖床下层土样的粒度参数，包括： S_b （标准偏差）、 M_z 平均值、 σ_i （分选系数）、 S_{ki} （偏度）和 K_g （峰度）。通过表4-15可以看出同为下层土的这组样品不同地点样品粒度参数差异也很大。B-2、B-3和D-2的分选系数较为接近，在128至203之间，属于分选好，L-6为83.9也属于分选好，G-1和G-4的分选分别是15.37和40.05，属于分选极好。B-2、B-3和D-2的平均粒径差不多，450 μm 左右，属于中砂，L-6是212 μm ，属于细砂，G-1的平均粒径是20.62是粗粉砂，G-4是80.07 μm 属于极细砂。这组样品的偏度除了G-4是-0.18853，是负偏之外，都是大于0.3的，都属于很正偏。这组样品的峰度除了G-1和G-4在0.9到1.11之间属于中等以外，都在1.11到1.56属于尖锐。

表 4-15 河床湖床下层土样粒度参数

Table 4-15 Grain-sizes parameter of riverbed and lakefloor Subsoil

编号	σ_i 分选系数	M_z 平均值	S_b 标准偏差	S_{Ki} 偏态	K_g 峰度
B-2	203	437.1	216.3	0.416	1.288
D-2	128.5	457.8	140.7	0.329	1.259
B-3	196.4	485.3	210.3	0.443	1.288
G-1	15.37	20.62	14.92	0.326	0.902
L-6	83.9	212	122.8	0.384	1.942
G-4	40.05	80.07	38.49	-0.18853	0.966

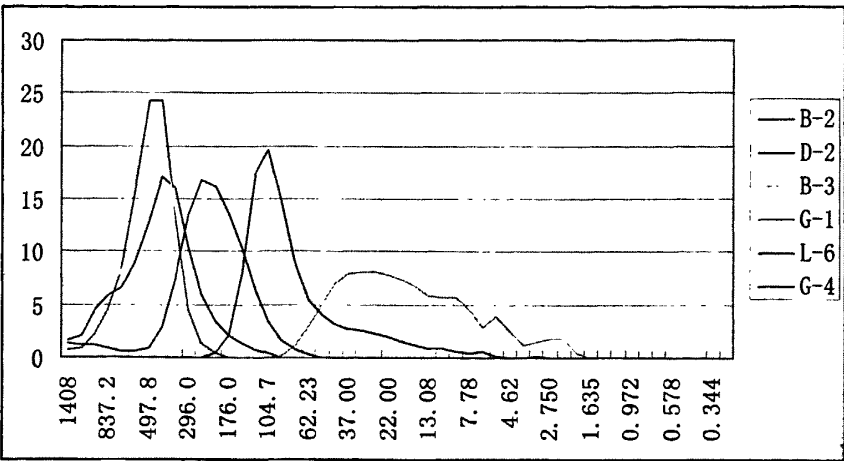


图 4-7 河床湖床下层土粒度分布曲线

Fig 4-7 Grain-size distribution frequency curves of riverbed and lakefloor Subsoil

从上图4-7可以看出，河床湖床下层土的粒度分布曲线大都一致。B-2、B-3和D-2很相似，峰值都在497.8 μm，众数组在837.2 μm和296 μm之间，属于中砂。L-6峰值在248 μm处，众数组148 μm到296 μm之间，属细砂。G-4的峰值在104.7 μm处，众数组在148 μm到62.23 μm之间，属极细砂。G-1的峰值在21.16 μm处，众数组在62.23 μm到4.62 μm之间，属粉砂，在5.50 μm和2.75 μm处有明显小峰，可以推测该地点是有颗粒细化现象。

4.3 沙丘

表 4-16 沙丘样品列表
Table 4-16 Samples of Dune list

编号	采样坐标	采样部位	描述
L-7	N41° 55' 13.6" E106° 30' 39.0"	表层结皮	雅干南约 2km 地表砂质结皮
B-5		表层土层	东侧沙丘 表层砂样湿土
D-1	N41° 33' 00.5" E100° 29' 25.3" H992m	表层砂	孟格图嘎查沙丘顶部砂
K-2	N41° 18' 50.0" E102° 20' 4.6" H1003m	表层砂	巴丹吉林边缘
K-5	N41° 18' 50.0" E102° 20' 4.6" H1003m	表层砂	巴丹吉林边缘沙丘表层砂
K-1	N41° 18' 50.0" E102° 20' 4.6" H1003m	混合砂	巴丹吉林边缘
K-3	N41° 18' 50.0" E102° 20' 4.6" H1003m	石板	巴丹吉林边缘
L-3	N41° 55' 13.6" E102° 30' 39.0" H1096m	土层	巴丹吉林边缘残山下部土层
L-4	N41° 55' 13.6" E102° 30' 39.0" H1096m	砂	巴丹吉林边缘石板下风化砂

K-7	风成砂块	温图高勒
K-8	风成砂块	巴丹吉林北

表4-16（上表）是沙丘地表沉积物样品的基本情况，包括编号、坐标、分类类型和简单描述。

表 4-17 沙丘表层沉积物粒度组成
Table 4-17 Grain-sizes ComPosition of Dune surface sediments

Size	L-7	B-5	D-1	K-2	K-5	Size	L-7	B-5	D-1	K-2	K-5
1408	6.96	0	0.81	0.54	1.85	18.50	0	0	0	0	0
1184	5.31	0	0.6	2.23	1.46	15.56	0	0	0	0	0
995.6	5.47	0	0.97	9.99	2.19	13.08	0	0	0	0	0
837.2	3.83	0.27	1.31	16.68	2.75	11.00	0	0	0	0	0
704.0	2.85	0.91	1.76	15.7	3.52	9.25	0	0	0	0	0
592.0	3.69	2.88	2.98	13.46	6.36	7.78	0	0	0	0	0
497.8	7.48	7.43	5.7	13	13.54	6.54	0	0	0	0	0
418.6	17.15	12.63	10.04	14.47	24.09	5.50	0	0	0	0	0
352.0	19.82	16.7	14.13	9.77	24.05	4.62	0	0	0	0	0
296.0	11.57	18.29	15.69	3.33	12.85	3.89	0	0	0	0	0
248.9	5.65	16.77	14.88	0.83	4.8	3.27	0	0	0	0	0
209.3	3.5	11.96	11.84	0	1.69	2.750	0	0	0	0	0
176.0	2.74	6.55	7.92	0	0.67	2.312	0	0	0	0	0
148.0	2.15	3.2	4.94	0	0.18	1.945	0	0	0	0	0
124.5	1.27	1.48	2.9	0	0	1.635	0	0	0	0	0
104.7	0.56	0.7	1.67	0	0	1.375	0	0	0	0	0
88.00	0	0.23	0.98	0	0	1.156	0	0	0	0	0
74.00	0	0	0.55	0	0	0.972	0	0	0	0	0
62.23	0	0	0.33	0	0	0.818	0	0	0	0	0
52.33	0	0	0	0	0	0.688	0	0	0	0	0
44.00	0	0	0	0	0	0.578	0	0	0	0	0
37.00	0	0	0	0	0	0.486	0	0	0	0	0
31.11	0	0	0	0	0	0.409	0	0	0	0	0
26.16	0	0	0	0	0	0.344	0	0	0	0	0
22.00	0	0	0	0	0	0.2890	0	0	0	0	0

表4-17是沙丘地表沉积物样品的粒度组成，数据由激光粒度分析仪测得。结合表4-16可从中看出K-5和L-7的数据接近，颗粒粒度集中在中砂，分别占到了50%和73%。B-5和D-1接近，颗粒粒度集中在中砂，都占到60%左右，只是细砂部分占到了10%。K-2的颗粒粒度集中在粗

砂，占到总量的66%，不过细砂也占27%。

表 4-18 沙丘表层沉积物粒度参数
Table 4-18 Grain-sizes parameter of Dune crust surface sediments

编号	σ_i 分选系数	Mz 平均值	S_b 标准偏差	SKi 偏态	Kg 峰度
L-7	318.9	499.2	322.8	0.638	1.55
B-5	101.5	283.2	102.1	0.2138	1.013
D-1	118.8	276	135	0.311	1.316
K-2	222.7	575.3	208.7	0.162	0.789
K-5	118.5	390	155.3	0.445	1.836

表4-18是沙丘表层沉积物的粒度参数，包括： S_b （标准偏差）、Mz平均值、 σ_i （分选系数）、Ski（偏度）和Kg（峰度）。通过表4-18可以看到同为沙丘表层沉积物的这组样品因为地点的不同、粒度参数上还是存在差异的。L-7的分选系数与其他样的分选系数不是一个级别，L-7的318.9属于较好，其他的都在250和62之间、属于分选好。K-2的平均粒径是575.3 μm 属于粗砂，其他几个都在250 μm 到500 μm 之间属于中砂。L-7和K-5的偏度都大于0.3，所以属于很正偏，其他的偏度都在0.1到0.3之间属于正偏。L-7和D-1的峰度值是都在1.11到1.56之间，属于尖锐，B-5的峰度是1.013属于中等，K-2的峰度值是0.789属于平坦，K-5的峰度为1.836属于很尖锐。

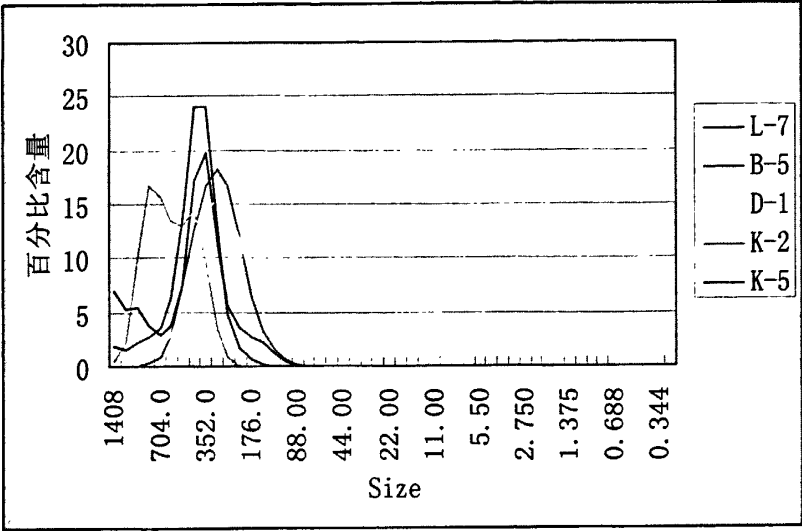


图 4-8 沙丘表层沉积物粒度分布曲线

Fig 4-8 Grain-size distribution frequency curves of Dune crust surface sediments

从上图4-8可以看出，沙丘表层沉积物的粒度分布曲线中粒径的分布范围大都一致，除了K-2之外都是单峰。K-5的峰值在418.6 μm 处，L-7的峰值在352 μm 处，这两个样品的总数组296 μm 到497.8 μm 之间，是中砂为主。B-5和D-1的峰值同为296 μm ，总数组209.3 μm 到418 μm 之间，也是中砂为主。K-2的两个峰值分别是在837.2 μm 和418.6 μm 处，众数组是592 μm 到995.6 μm 之间，属于粗砂。这几个样品粒度分布在63 μm 之后再没有分布，也就是都没有粉砂级别的含量。

表 4-19 沙丘地表沉积物粒度组成

Table 4-19 Grain-sizes ComPosition of Dune surface sediments

Size	K-1	K-3	L-3	L-4	K-7	K-8	Size	K-1	K-3	L-3	L-4	K-7	K-8
1408	1.33	2.06	0	0	0	0	18.50	0	0	3.94	0	0	0
1184	1.36	2.04	0	0	0	0	15.56	0	0	4.82	0	0	0
995.6	2.75	3.04	0	0	0	0	13.08	0	0	5.31	0	0	0
837.2	4.04	3.06	0	0	0	0	11.00	0	0	4.68	0	0	0
704.0	5.18	2.8	0	0	0	0	9.25	0	0	5.54	0	0	0
592.0	7.28	3.74	0.35	0	0	0	7.78	0	0	5.23	0	0	0
497.8	10.6	6.97	0.48	0	0	0	6.54	0	0	5.83	0	0	0
418.6	13.4	14.3	0.75	0	0	0	5.50	0	0	8.12	0	0	0
352.0	13.5	20.4	1.23	0.22	0.15	0	4.62	0	0	5.79	0	0	0
296.0	11.5	17.4	1.98	1.67	1.4	0	3.89	0	0	3.14	0	0	0
248.9	9.52	10.4	2.81	6.2	5.58	1.52	3.27	0	0	4.46	0	0	0

内蒙古额济纳旗松散沉积物的粒度分异特征及其沉积环境

209.3	7.76	5.73	3.3	14.3	14	6.62	2.750	0	0	6.02	0	0	0
176.0	5.57	3.34	3.09	20.1	20.9	17.7	2.312	0	0	3.87	0	0	0
148.0	3.37	2.14	2.33	20.4	21.5	27.1	1.945	0	0	1.52	0	0	0
124.5	1.69	1.33	1.59	16.2	16.5	23.1	1.635	0	0	0	0	0	0
104.7	0.78	0.77	1.06	10.7	10.2	12.9	1.375	0	0	0	0	0	0
88.00	0.4	0.45	0.76	5.95	5.54	6.08	1.156	0	0	0	0	0	0
74.00	0	0	0.68	2.65	2.5	2.63	0.972	0	0	0	0	0	0
62.23	0	0	0.68	1.11	1.09	1.24	0.818	0	0	0	0	0	0
52.33	0	0	0.76	0.52	0.54	0.67	0.688	0	0	0	0	0	0
44.00	0	0	0.99	0	0	0.41	0.578	0	0	0	0	0	0
37.00	0	0	1.29	0	0	0	0.486	0	0	0	0	0	0
31.11	0	0	1.73	0	0	0	0.409	0	0	0	0	0	0
26.16	0	0	2.59	0	0	0	0.344	0	0	0	0	0	0
22.00	0	0	3.28	0	0	0	0.2890	0	0	0	0	0	0

表4-19（上表）是沙丘混合砂、下层砂、风成砂块和砂下土层的粒度组成，数据由激光粒度分析仪测得。结合表4-16可从中看出L-4、K-7和K-8的数据接近，颗粒粒度集中在细砂，分别占到了60%、60%和53%。K-3和K-1接近，颗粒粒度集中在中砂，分别占到69%和56%。L-3的颗粒粒度集中在细粉砂，占到总量的48%，不过其他级别也都有分布，细砂占12%，粘土占19%。

表 4-20 沙丘地表沉积物粒度参数

Table 4-20 Grain-sizes parameter of Dune crust surface sediments

编号	σ_i 分选系数	Mz 平均值	S_b 标准偏差	SKi 偏态	Kg 峰度
K-1	188.2	366.4	202.7	0.357	1.23
K-3	146.5	349.7	193.1	0.454	2.037
L-3	62.33	46.89	68	0.922	4.21
L-4	45.33	141.7	45.02	0.1154	0.978
K-7	43.35	141.3	43.26	0.098	0.993
K-8	32.65	127.7	33.39	0.0505	1.064

表4-20是沙丘表层沉积物的粒度参数，包括： S_b （标准偏差）、Mz平均值、 σ_i （分选系数）、Ski（偏度）和Kg（峰度）。通过表4-20可以看到同为沙丘表层沉积物的这组样品因为地点的不同粒度参数上还是存在很大差异的。K-1、K-3和L-3的分选系数都在62到250之间，

属于分选好, L-4、K-7和K-8的分选系数都小于62, 属于分选极好。K-1和K-3的平均粒度在 $250\mu\text{m}$ 到 $500\mu\text{m}$ 之间, 属于中砂, L-3的平均粒径为68, 属于极细砂, L-4、K-7和K-8的平均粒径都在粗粉砂级别。K-1、K-3和L-3的偏度都在0.3到1之间, 属于很正偏, L-4的偏度是0.1154、在0.1到0.3之间, 属于正偏, K-7和K-8的偏度都在-0.1到0.1之间, 属于近对称。K-1的峰度为1.23在1.11到1.56之间, 属于尖锐, K-3的峰度为2.037在1.56到3之间, 属于很尖锐, L-3的峰度为4.21大于3, 属于非常尖锐, L-4、K-7和K-8都在0.9到1.11之间, 属于中等。

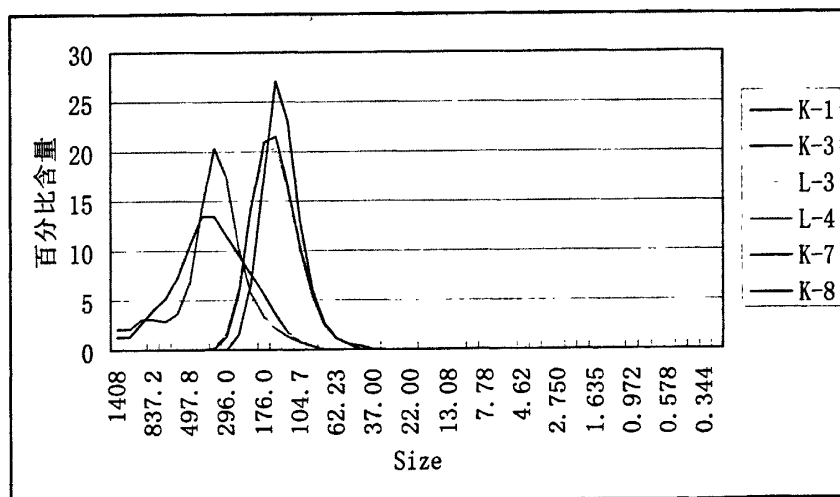


图 4-9 沙丘地表沉积物粒度分布曲线

Fig 4-9 Grain-size distribution frequency curves of Dune crust surface sediments

从上图4-9可以看出, 因为地点的不同各自的粒度分布曲线存在很大差异。除了L-3为多峰之外都是单峰。K-3和K-1的峰值同在 $352\mu\text{m}$ 处, 这两个样品的总数组 $296\mu\text{m}$ 到 $497.8\mu\text{m}$ 之间, 是中砂为主。L-4、K-7和K-8的峰值同为 $148\mu\text{m}$, 总数组 $125\mu\text{m}$ 到 $250\mu\text{m}$ 之间, 也是细砂为主。L-3的三个峰值分别是在 $209.3\mu\text{m}$ 、 $5.5\mu\text{m}$ 和 $2.75\mu\text{m}$

处,众数组是 $3.9\mu\text{m}$ 到 $15.7\mu\text{m}$ 之间,属于细粉砂。除L-3之外这组的几个样品粒度分布在 $39\mu\text{m}$ 之后再没有分布,也就是都没有粘土级别的含量,但L-3的粒度分布集中于两端,分选相对较差,较细颗粒远距离传输的可能性比较大。

5 结论与讨论

荒漠草原的地表沉积物表层物质主要由中砂组成,下层物质以粉砂为主。这是表层物质在风力作用下,细颗粒物质被吹走,沉积物粗化的结果,同时,由于植被的固沙作用,风力没有影响到下层物质。因为地点的不同、有些样品的下层土样以粘土为主要组成部分,说明风力对这个点的环境影响不大,大量细颗粒未被风携带走而保留下来,充分体现了植被的固沙作用。荒漠草原冲积平原样品的分选系数大都在14.84到29.46之间,属分选极好,洪积平原的分选系数在323.7到329.5之间,选一般。荒漠草原样品的偏度在0.347到0.0329之间,都属于正偏。峰度值是0.749到0.998之间,属于平坦到中等。较宽的峰态很可能是沉积物质是由不同的物源分选之后形成的混合物,同时也体现了冲积平原和洪积平原沉积物在粒度参数上的差异。

大部分戈壁滩的表层砾石层,除砾石以外的细颗粒主要由中砂组成,占到47%至65%不等,少数以细砂为主,占到27%至52%不等。沉积物平均粒径为 $114.6\mu\text{m}$ - $416.1\mu\text{m}$ 之间,属于极细砂到中砂的范围,分选系数是57.98到253.1之间,属分选一般到好之间;偏度是-0.04164到0.437之间,属于近对称到正偏;峰度值为0.729到1.615,属于平坦至很尖锐等级,这说明表层的沉积物受风力作用影响,物源比较复杂;环境中风力作用虽然很强,但砾石的保护作用已非常明显。

戈壁滩的结皮层都主要由粉砂组成，平均比例为53%左右，说明风力没有影响到这一层。具体而言，戈壁滩结皮层的分选系数大都是在117.6到148.6之间，属分选好的级别，个别分选为极好；结皮层偏度是0.1513到0.552，均属于正偏；峰度为0.806到1.595，属于中等到很尖锐等级，以上表明物源相对复杂。

戈壁滩下层土样由于地点的差异，粒度的组成也有所不同。由于各地点的地貌环境不同，搬运环境的差异等有多分别以中砂、细砂、粉砂和粘土为主的粒度组成的样品。下层土样除砾石外，细颗粒的分选系数在30.46到256.6之间，分选性属较差到极好；偏度是0.0655到0.417之间，均为正偏；偏度处于0.0791到0.417之间，属于正偏到很正偏范围；峰度为0.62到1.6，属于很平坦到很尖锐之间，以上情况说明这一层的物源和沉积环境同样相对复杂。

由于地点上的差异，河床、湖床样本粒度组成差异很大。苏泊卓尔和嘎顺诺尔分别在黑河两边，位置相隔不远，前者位于古居延海边缘，其主要粒度组成是中砂或细沙，占71%（平均值）左右；嘎顺诺尔则处于古居延海的中心地带，其样本以极细砂（64%）或粉砂（32%）为主要粒度组成；新西庙故河道却是以粘土（74%）为主，还有个地方以中砂为主。研究区的河床、湖床都是干枯的，初步推测沉积环境主要还是水动力的作用，风力的影响不大。具体而言，河床、湖床结皮层样品的分选系数在20.16-53.81之间（均在62以下），属于分选极好，河床的个别样本分选系数为205，分选好；表层结皮的偏度是0.2895到0.536之间，属于中等到正偏范围；峰度为0.903到1.629，

属于中等到很尖锐。河床、湖床下层土样的分选系数在128至203之间，属于分选好，嘎顺诺尔的样品分选系数在62以下，分选极好；除了嘎顺诺尔下层土样的偏度是-0.18853、属于负偏之外，其他都在0.3以上，都是正偏；河床、湖床下层土样峰态基本分成两类，河床是中等，湖床是尖锐。总体来说，河床、湖床各粒级砂均可见，分选系数等级齐全，粒度平均值和分选系数差异明显，湖床沉积环境受风力影响不多，主要是由于水流动力条件不同、源区碎屑物粒度的影响和风成沙的混入等形成的。

研究区沙丘沙主要由中砂组成，说明风力对沙丘的影响很大，个别以细砂或粉砂（50%-73%）为主，说明由于采样处的地貌环境的影响，风力搬运的影响较小。沙丘沉积物有沙丘高度增大，粒度减小，分选性趋于好的变化规律。具体而言，沙丘表层样品的分选系数在318到62之间，分选属较好到好，部分是在62以下，分选极好；研究区沙丘沙的偏度较统一，都处在正偏范围；峰态变化较大，从平坦到很尖锐均有。沙丘沉积物较粗，主要由中砂和细砂组成，极细砂、粉砂含量较低，这在风力作用带走极细物质，使沉积物质粗化的结果。

由于当时的沉积环境与现代沉积环境存在着巨大的差异，沉积物之间必然也必然存在内在的联系。像干枯的拐子湖，就为巴丹吉林沙漠输送了大量细颗粒，越往巴丹吉林中东部，其颗粒越粗；而相应的，由于长期的风化、剥蚀，洪积、坡积平原渐渐演变成戈壁滩；河床和湖床以前是沉积细颗粒的沉积环境，现在则变成了细颗粒的主要输出地；因为地下水位浅加上胡杨林的保护，荒漠草原在河流冲积平原的

基础上发育起来了。因为黑河上中游水资源的不合理利用,整个黑河流域的环境都较之前发生了变化,水流少了,许多草原逐渐演变成了戈壁。

受多方面条件的制约,本项研究中仍存在一些不足之处,有待更进一步的深入补充和完善。主要表现在:没有进行多年的动态观测,所获取的各数据只能反映某一时间点或时间段上沉积物的粒度特点;研究区不同沉积物间的对比、联系不够,有待提高,以确保粒度分析得足够深入;未能通过粒度分析重现环境的沉积过程等。

在本研究的基础上,可进一步开展如下研究工作:

- 1、额济纳各种动力作用下地表物质的粒度变化演变。
- 2、额济纳沉积环境特征研究。例如通过对沉积物进行磁化率及孢粉分析,推测气候环境及古气候环境等。
- 3、地质环境变化之植被演替研究。通过研究水资源开发利用可能引发的根层水、盐条件的改变,结合植物物种的生存域,从而为面向生态环境的水资源的综合规划提供依据。

参考文献

- [1] 王彦成, 王铁均, 王义。 内蒙古额济纳旗三角洲地区土地类型与土地利用近期动态变化[J]。 内蒙古水利, 2000, (3): 19-22。
- [2] 王心源, 郭华东, 王长林, 刘浩。 额济纳旗绿洲生态环境的遥感动态监测分析[J]。 水土保持通报, 2001, (1): 60-62。
- [3] 贺连忠, 姜秀平。 额济纳旗水土保持与节水灌溉的探讨[J]。 内蒙古水利, 2005, (1): 73-74。
- [4] 朱宗元, 梁存柱, 王伟, 刘钟龄。 阿拉善荒漠区的景观生态分区[J]。 干旱区资源与环境, 2000, (4): 30-34。
- [5] 钱亦兵, 周兴佳, 吴兆宁。 准噶尔盆地沙物质粒度特征研究[J]。 干旱区研究, 2000, (2): 34-41。
- [6] Lancaster N. Grain size characteristics of linear dunes in the Southwestern Kalahari[J]. J. Sediment. Petrol., 1986, (55): 395-405。
- [7] 潘竟虎, 刘普幸, 赵军。 黑河下游土地利用与景观格局时空特征分析[J]。 土壤, 2008, (2): 306-311。
- [8] 刘蔚, 王涛, 曹生奎, 司建华, 席海洋。 黑河流域土地沙漠化变迁及成因[J]。 干旱区资源与环境, 2009, (1): 35-43。
- [9] 温小浩, 李保生, 李森, 欧先交, 姚春霞, 罗开利, 曾兰华。 2.5 ka BP 以来额济纳绿洲沙丘的粒度特征及其反映的沉积过程[J]。 地质学报, 2005, (5): 710-718。
- [10] 迟振卿, 王永, 姚培毅, 闵隆瑞, 刘训。 内蒙古额济纳旗地貌特征及其构造、气候事件[J]。 地质论评, 2006, (3): 370-378。
- [11] Vincent P J. Particle size variation over a transverse dune in the Nafud as sirr, central Saudi, Arabia[J]. J. Arid Environments, 1983, (7): 329-36。
- [12] Waston A. Grain-size variation on a longitudinal dune and abarchan dune[J]. Sediment. Geol. 1986, (46): 49-66。
- [13] 王涛, 李孝泽, 哈斯等。 河北坝上高原现代沙漠化的初步研究[J]。 中国沙漠, 1991, 11(2): 39-45。

- [14] Folk R L. Longitudinal dunes of the northwestern edge of the Simpson Desert, Northern Territory, Australia, 1, Geomorphology and grain size relationships[J]. Sedimentology, 1971, (16): 5-54.
- [15] Ahlbrandt T S. Comparison of textures and structures to distinguish eolian environment, Killpecker dunefield [J]. SW Wyoming, Mout. Geol., 1975, (12): 58-61.
- [16] Pye K. Negatively skewed aeolian sands from humid tropical dune field, northern Australia[J]. Sedimentology, 1982, (31): 249-266.
- [17] Folk R L, Ward W C. Brazos river bar: a study in the significance of grain size parameters[J]. Journal of Sedimentary Petrology, 1957, 27(1): 3~26.
- [18] 哈斯, 王贵勇. 沙坡头地区新月形沙丘粒度特征[J]. 中国沙漠, 2001, (3).
- [19] 张春来, 邹学勇, 杨硕, 潘星慧, 王洪涛. 沙坡头铁路防护体系内风沙沉积的粒度特征[J]. 地理研究, 2007, (1): 45-49.
- [20] 董玉祥. 海岸现代风成砂粒度参数特征的研究——以中国温带海岸为例[J]. 沉积学报, 2002, (4): 656-662.
- [21] 钱亦兵, 吴兆宁, 陈冬梅, 张立运, 汪溪远, 李冬梅. 准噶尔中南部沙尘暴源区地表沉积物粒度特征[J]. 中国沙漠, 2005, (6): 12-18.
- [22] 赵元杰, 周兴佳. 塔里木沙漠公路沿线沙物质特征及环境意义[J]. 干旱区研究, 1999, (3): 56-60.
- [23] 徐志伟, 鹿化煜, 赵存法, 王先彦, 苏志珠, 王振亨, 刘宏宜, 王立新, 卢琦. 库姆塔格沙漠地表物质组成、来源和风化过程[J]. 地理学报, 2010, (1): 44-51
- [24] 何明珠, 张志山, 李小军, 贾荣亮, 张景光, 郑敬刚. 阿拉善高原荒漠植被组成分布特征及其环境解释 I. 典型荒漠植被分布格局的环境解释[J]. 中国沙漠, 2010, (1): 54-58.
- [25] 何清, 杨兴华, 霍文, 王式功, 尚可政, 刘宏宜. 库姆塔格沙漠粒度分布特征及环境意义[J]. 中国沙漠, 2009, (1): 485-489
- [26] 李智佩, 岳乐平, 薛祥煦, 王岷, 杨利荣, 聂浩刚, 陈超. 毛乌素沙地东南部边缘不同地质成因类型土地沙漠化粒度特征及其地质意义[J]. 沉积学报, 2006, (2): 312-320.
- [27] 黄臻, 王建力, 王勇. 长江三峡巫山第四纪沉积物粒度分布特征[J]. 海洋地质动态, 2009, (10): 98-102.

- [28] 张存勇, 冯秀丽. 连云港近岸海域沉积物粒度空间分布特征及其分析[J]. 海洋学报(中文版), 2009, (4): 332-338.
- [29] 唐进年, 王继和, 苏志珠, 丁峰, 廖空太, 刘虎俊, 张国中, 郑庆中, 张锦春, 俄有浩. 库姆塔格沙漠羽毛状沙丘表面沙粒度分布特征[J]. 干旱区地理, 2008, (6): 212-218.
- [30] 吉启慧. 粒度分析在塔克拉玛干沙漠研究中的应用[J]. 中国沙漠, 1996, (2): 85-91.
- [31] 王中波, 何起祥, 杨守业, 蓝先洪, 张志珣. 谢帕德和福克碎屑沉积物分类方法在南黄海表层沉积物编图中的应用与比较[J]. 海洋地质与第四纪地质, 2008, (1): 35-38.
- [32] 王根绪, 程国栋. 黑河流域土地荒漠化及其变化趋势[J]. 中国沙漠, 1999, 19(4): 368-377.
- [33] 张宏, 慈龙骏, 孙保平. 对荒漠化几个理论问题的初步探讨[J]. 地理科学. 1999, 19(5) .
- [34] 董治宝, 王涛, 屈建军. 100a 来沙漠科学的发展[J]. 中国沙漠. 2003, 23(1).
- [35] 介冬梅, 胡克等. 东北地区 2002 年春季沙尘暴的物质特征和成因分析[J]. 环境科学. 2004, 25(2): 27-31.
- [36] 贾建军, 高抒, 薛允传. 图解法与矩法沉积物粒度参数的对比[J]. 海洋与湖沼, 2002, 33(6): 577-582.
- [37] 薛允传, 贾建军, 高抒. 山东月湖的沉积物分布特征及搬运趋势[J]. 地理研究, 2002, 21(6): 707-714.
- [38] 周蒂. 利用沉积物粒度数据反演沉积物水动力参数[J]. 地质科学, 1999, 34(1): 49-58.
- [39] 黄思静. 用 EXCEL 计算沉积物粒度分布参数[J]. 成都理工学院学报, 1999, 26(2): 196-198.
- [40] 曹振, 胡克等. 科尔沁沙地地表沉积物粒度分析与可风蚀性讨论[J]. 中国沙漠. 2005, 25(1): 15-19.
- [41] 景爱. 中国北方沙漠化的原因与对策[M]. 济南: 济南科学技术出版社, 1996. 40-47.
- [42] 肖荣寰等. 松嫩沙地的土地沙漠化研究[M]. 东北师范大学出版社, 1995.
- [43] 毛文永, 文剑平. 全球环境问题与对策[M]. 北京: 中国科学技术出版社, 1993.
- [44] 朱震达等. 中国的沙漠化及其治理[M]. 北京, 科学出版社, 1989.

- [45] 毛文永, 文剑平。全球环境问题与对策[M]。北京: 中国科学技术出版社, 1993。
- [46] 肖荣寰等。松嫩沙地的土地沙漠化研究[M]。东北师范大学出版社, 1995。
- [47] 吴正, 等著。风沙地貌与治沙工程学[M]。北京: 科学出版社, 2003。91-361。
- [48] 王涛主编。中国沙漠与沙漠化[M]。石家庄: 河北科学技术出版社, 2003。689-698。
- [49] 中国科学院新疆分队, 罗布泊综合科学考察队编。罗布泊科学考察与研究[C]。北京: 科学出版社, 1987。
- [50] 屈建军主编。库姆塔格沙漠图(说明书)[M]。北京: 中国地图出版社, 2004。
- [51] 马世威, 马玉明, 姚洪林, 等。沙漠学[M]。呼和浩特: 内蒙古人民出版社, 1998。326-328。
- [52] 成都地质学院陕地队。沉积岩(物)度分析及其应用[M]。北京: 地质出版社, 1976。
- [53] 朱震达, 陈广庭。中国土地沙质荒漠化[M]。北京: 科学出版社, 1994。
- [54] 蒋德明, 刘志民, 曹成有等。2003。科尔沁沙地荒漠化过程与生态恢复[M]。北京: 中国环境科学出版社。
- [55] Lancaster N. The Namib Sand Sea[M]。Rotterdam: Balke-ma, 1989。

致 谢

在这三年的学习、工作和生活中，韩广导师给予了我莫大的关怀和帮助，他严谨的治学态度和求实的科研作风以及勤勉的工作态度使我在学习期间受益匪浅，给我今后的工作和学习指引了方向。衷心感谢韩老师在我学习、工作和生活上给予的无微不至的关怀。

感谢王芳师姐和艾福利、庞磊师兄，在学习和工作中给予了诸多有益的指导和教诲，在生活上得到了诸多关怀和帮助。

感谢孙广禄同学在写作过程中给予极好的建议与帮助。龙芳同学、贺致远同学、徐斌同学在论文编写过程中提供了热心的帮助和建议，特此致谢。

最后，感谢我的家人对我一直的理解和支持，这是我一直以来的精神动力和支柱。

谢轲

2011年4月

湖南师范大学学位论文原创性声明

本人郑重声明：所呈交的学位论文，是本人在导师的指导下，独立进行研究工作所取得的成果。除文中已经注明引用的内容外，本论文不含任何其他个人或集体已经发表或撰写过的作品成果。对本文的研究做出重要贡献的个人和集体，均已在文中以明确方式标明。本人完全意识到本声明的法律结果由本人承担。

学位论文作者签名：谢河

2011年 6月 2日

湖南师范大学学位论文授权使用授权书

本学位论文作者完全了解学校有关保留、使用学位论文的规定，研究生在校攻读学位期间论文工作的知识产权单位属湖南师范大学。同意学校保留并向国家有关部门或机构送交论文的复印件和电子版，允许论文被查阅和借阅。本人授权湖南师范大学可以将本学位论文的全部或部分内容编入有关数据库进行检索，可以采用影印、缩印或扫描等复制手段保存和汇编本学位论文。

本学位论文属于

- 1、保密口，在-----年解密后适用本授权书。
- 2、不保密☒。

(请在以上相应方框内打“√”)

作者签名：谢河

日期：2011年 6月 2日

导师签名：韩宁

日期：2011年 6月 2日

