

黄河源风沙沉积及意义^①

方小敏 李吉均 周尚哲 康世昌

(兰州大学地理科学系 兰州 730000)

提 要 考察发现黄河源发育有广泛的现代、古代风沙沉积和沙漠化草地。地貌、沉积和年代学的分析表明,这些沙丘都是就地形成的半成熟沙丘,粒度粗,分选中等,形成于四个主要时期,即倒数第二次冰期末、末次冰期最盛期,全新世寒冷时期和现代,为青藏高原及邻区黄土提供了丰富的粉尘。

关键词 黄河源 风沙 沉积特征 粉尘

第一作者简介 方小敏 男 34岁 博士 教授 沉积学

兰州地区黄土石英砂的系统分析曾发现有约10%的物质来源于青藏高原及西部的山地冰碛物和寒冻风化物^[1]。最近在对青藏高原东部边缘及邻区马兰黄土的系统研究中不但更明确了这一结论,而且还证明青藏高原黄土有完全不同于黄土高原黄土的特征和物源。青藏高原黄土为冷黄土,黄土物质来源于高原本身;黄土高原黄土为热黄土,物质主要来

自中国内陆沙漠和戈壁,高原西部及黄河源宽广的高原有利于风沙的形成,可能为黄土提供了大量的粉尘物质^[2]。本着这一推论,近来对黄河源进行了考察,发现了大量古风沙和现代风沙活动的证据。现对黄河源风沙分布、特征、形成过程及其与高原黄土的关系作一探讨。

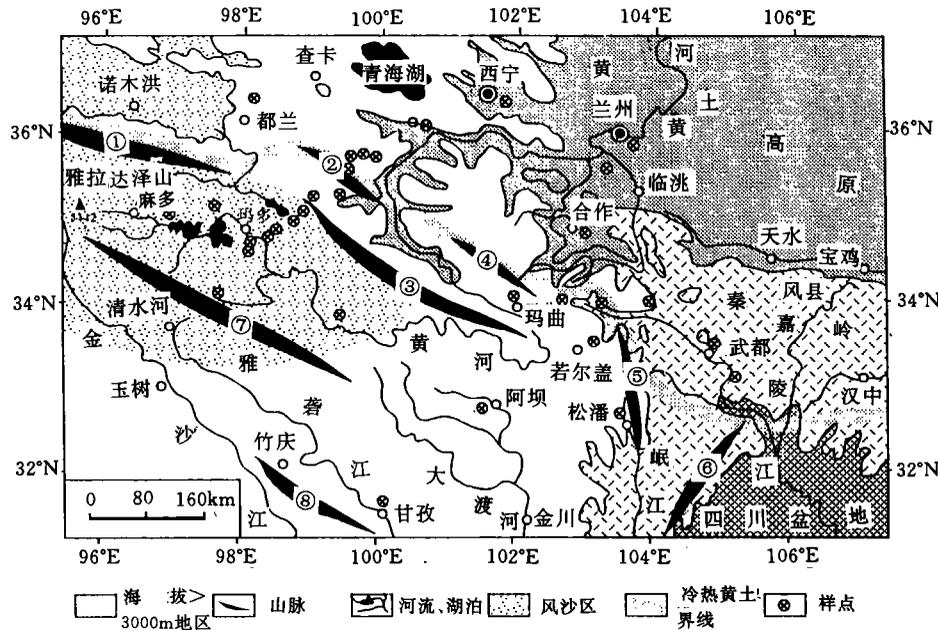


图1 研究区地貌和样点分布图

1. 布尔汗布达山; 2. 阿尼玛卿山; 3. 鄂拉山; 4. 西倾山; 5. 岷山; 6. 龙门山; 7. 巴颜喀拉山; 8. 雀儿山

Fig. 1 Map showing the geomorphology and sample localities in the studied region

① 国家教委重点基金和跨世纪人才计划基金项目成果之一。

收稿日期:1996-01-01 收修改稿日期:1997-12-20

1 研究区概况

黄河源系指西端雅拉达泽山、东端阿尼玛卿山、南面巴颜喀拉山、北面布尔汗布达山所围成的黄河发源地。它地势平坦、宽广、西高东低, 平均海拔 4 300~ 4 500 m, 四周山地海拔也多在 5 000 m 以下, 呈东西和北西向延伸。河流以曲流为主, 自西向东流畅, 河网、湖泊密布, 河湖滩地广袤 (图 1)。全年平均气温 - 4℃, 年平均降水量 300~ 400 mm, 为高寒半干旱特点的高山草甸和草原景观。冬、春盛行偏西风, 以大风为主。以上自然地理景观和特点为风沙的发生提供了极为有利的条件, 导致现代风沙在河、湖滩地上十分发育。

2 风沙类型分布

通过野外大面积实地考察和 1: 50 万 MSS (部分 TM) 卫星影像图的判读和绘图, 最后缩制成本文中的黄河源风沙分布图 (图 2)。初步分析发现为黄土提供大量粉尘的主要物源有二类, 一是沙丘 (现代活动沙丘和固定的古沙丘), 二是形态不显的沙漠化高山草甸土和草原土。活动沙丘主要分布于河滩、古

河道和湖滩上, 如成片分布于黑河及其以东黄河古河道中的活动沙丘, 星星海、日格错和扎陵湖滩上的连片沙丘。还有部分活动沙丘发于洪积扇上, 如鄂陵湖以西约古宗列渠一带。同样, 在紧邻的通天河上游河道, 如曲麻莱以西通天河段, 也发育大片活动沙丘 (图 2)。在更西的长江源区及昆仑山口至拉萨沿线西侧广袤的高原面上, 也发现大片活动沙丘和古沙丘 (详细工作我们将另文报道)。绝大部分活动沙丘呈北东向展布, 呈单个新月形沙丘 (近山前) 或纵向沙垄 (河、湖滩中心)。前者一般高数米, 长 10~ 30 m, 发育典型前积层理; 后者一般高约十米, 宽 100 多米, 延伸可达 2 km 以上, 发育大型交错层理。

古沙丘分布范围更宽广, 以高位滩地、阶地和丘陵上分布为多, 部分位于低滩地和河道中的古沙丘均遭地下水和地表水浸渍, 正在进行沼泽化过程, 如黑河部分地段及鄂陵湖南岸。大部分地区是现代沙丘与古沙丘共同分布, 许多活动沙丘带就是古沙丘再活动而成。绝大部分古沙丘的特征与现代沙丘相似, 仅形态多已变缓 (图 2)。

在古沙丘下及倒数第二次冰期冰碛物上常发育大量沙楔和冰楔假型^[4, 5], 其中沙子特点与现代风沙

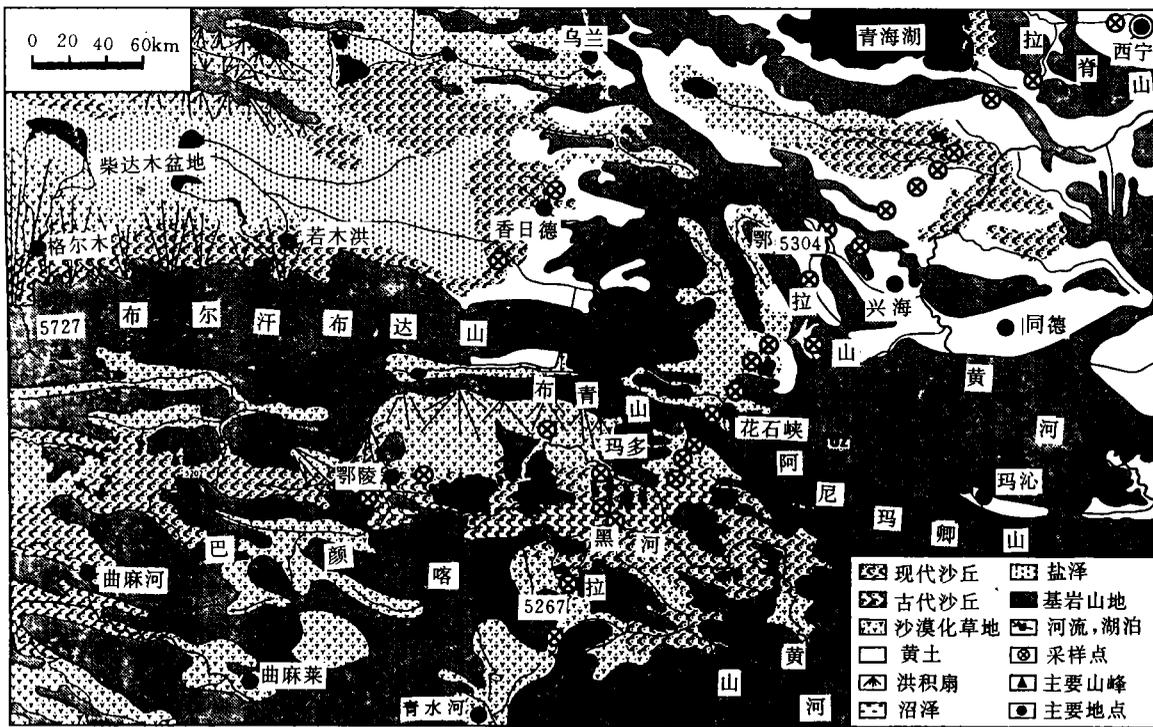


图 2 黄河上游和源区风沙地貌分布图

Fig. 2 Geomorphological map of aeolian sands in the upper reaches and source area of Yellow River

十分相似,它们为过去风沙活动的残余。

沙漠化草甸土和草原土(以下简称沙漠化草地)的分布面积远比沙丘宽广,几乎包括了除沙丘和山地中心基岩部分以外的所有地区(图2),是粉尘另一重要来源。它们的组成物质极为复杂,有河湖相沉积物、坡积物、残积物、洪积物;也有冰碛物和冰水沉积物。最大特点是沉积物松散,颗粒粗,其上土层薄,成土作风弱,土壤的松软A层(Mollic A)多遭侵蚀,代之以有机质含量较低的淡色A层(Ochric A)或它们之间的过渡类型,其上植被覆盖差,草丛间有明显的风蚀浅沟、小凹地和流动薄层沙粒堆积,如苦海四周和鄂陵湖北部滩地。还有一部分草原土尽管目前草地植被覆盖度较好,沙化不明显,但是其组成物质已经过明显的风蚀分选,含有不少风沙颗粒,表明在过去气候严寒条件下,它们也都是粉尘的物源,如巴颜喀拉山至黑河间的宽广山前地带,多格茸滩东端至苦海间流线型丘陵及其间洼地(图2)。

3 风沙沉积特征

为了更进一步说明上述二类粉尘物源的特点及其所提供的粉尘的可能特点,我们进行了系统的粒度分析和石英砂类型分析,图3为样品的粒度分析结果。从中可以清楚的看出所有高原上沙丘样都集中在平均粒径与标准偏差(分选系数)散点图的中央,组成粒度较粗(2~3 ϕ),分选中等(1~1.3),与30多个粒度资料所圈出的共和盆地半成熟^[1]的现代沙丘粒度参数范围非常接近或一致,而与国内外大型沙漠中的成熟沙丘^[7,9]的粒度参数相差甚远。据对非洲撒哈拉沙漠^[7],中国塔克拉玛干沙漠^[8,9],古

尔班通古特沙漠^[9]和库木齐沙漠等几十个著名大沙漠的采样和近百个前人的粒度分析资料统计,它们的组成都明显偏细,平均粒径2~4 ϕ ,分选很好(0.4~0.8)(图3)。因此,黄河源头的沙丘是搬运距离较短的就地半成熟沙丘。沙楔中沙子的粒度参数也都落在半成熟的共和风沙范围内,亦应为半成熟风积物。沙漠化草地虽由不同沉积组成,但在粒度散点图上却非常集中于图幅上方(图3),不仅它们可能来源于同一物源(如冰碛物),而且更明确说明它们都经受过一定程度风的分选,使得不同沉积过程造成的分选信息受到较大破坏。由于分选系数多在1.5~1.6,表明沙化草地受风沙作用的强度远不如沙丘。

用石英砂表面结构分析鉴定沙漠砂及其发育程度既快速简便又准确可靠,每个样品经前期处理后(详见文献[1]),挑选敏感粒级(0.25~0.125mm)^[1,2]中的50~60颗石英砂进行电镜分析与统计。经早先对中国沙漠所做的背景材料统计得出沙漠砂的典型表面结构共生组合特征为:低一中等突起的圆状、次圆状外形+碟形坑和月牙形坑+曲脊+麻面^[1,2]。这些特征在本次分析的样品中均见到,证明它们都是风沙作用物无疑,而差别在于这些表面特征的发育程度和分布面积。观察中发现,本批样品石英砂可明显分成三大类,一类是石英颗粒表面60%以上的面积为沙漠砂表面结构所覆盖(图4),视为成熟沙漠砂,其表面结构一般发育典型,麻面清晰,连续性好,颗粒磨圆好,碟形坑大而深(图4)。一类是60%~10%的表面结构为沙漠砂表面结构所覆盖(图5),视为半成熟砂,其表面结构发育不典型,但可清楚鉴别,麻面较稀,多不连续,深度也较浅,碟形坑较小,坑底麻面常不发育(照片2)。颗粒10%以下表面即使发育风沙表面结构特征,一般极不典型,难以准确辩论,尤其是表面结构成因组合不全,无法准确确定其风沙成因,而归入最后一类,即没有风沙作用特征的石英砂。图6为样品中这三类砂的三角统计图,它清楚表明研究的砂子可分成A、B、C、D四个聚类。A类为成熟沙丘,成熟砂的含量在80%以上,基本无非风沙颗粒,系强风力长时间作用的结果,其所对应的样品全部来自塔克拉玛干沙漠、库木齐沙漠、毛乌素沙漠等大型沙漠。B类为半成熟沙丘,成熟砂的含量小于50%,半成熟砂的含量大于50%,非风沙颗粒变化于10%~30%,所对应的样品几乎全部为黄河源沙丘、沙楔砂和共和盆地风

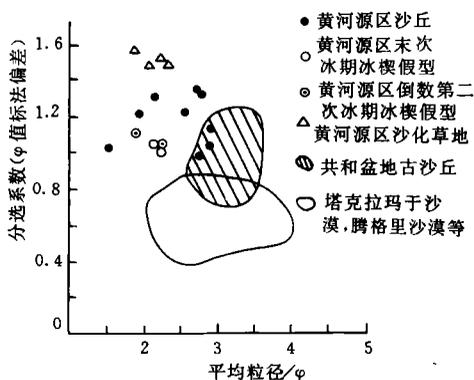


图3 黄河源区风沙分选系数与平均粒径散点图

Fig. 3 Sorting coefficient v. mean grain size co-plot of aeolian sands in the source area of Yellow River



图4 成熟风沙颗粒(多格茸滩沙漠化草地)
Fig. 4 Matured aeolian sand grain from desertified grassland at Duogerongtan



图5 半成熟风沙颗粒(星星海现代沙丘)
Fig. 5 Semi-matured aeolian sand grain from dunes at Xingxinghai

沙。C类为弱成熟沙丘,成熟砂小于15%,半成熟砂约50%,非风沙颗粒高达40%以上,所对应的样品为发育于倒数第二次冰期冰碛物上的沙楔砂及个别遭受较强成土作用影响的现代风沙。D类为弱风沙沉积物或受风沙影响的沉积物,成熟砂含量一般小于15%,半成熟砂约占30%,非风沙颗粒猛增,达60%~70%,所对应的样品几乎全为不同沉积物上的沙化草地样品,仅多格茸滩中部一个样品除外(因

离古沙丘太近,其中混有不少沙丘砂)(图6)。因此,石英砂分析的结果与粒度分析及野外宏观地貌与沉积特征所得结论是一致的。

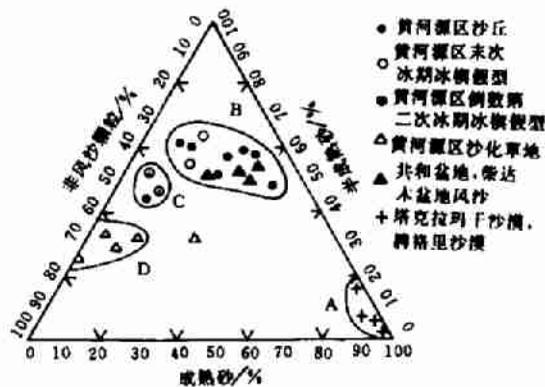


图6 黄河源区风沙颗粒(石英砂)成熟度三角统计图
Fig. 6 Triangle diagram showing the maturity of aeolian sands in the source area of yellow River

4 风沙形成、演化与意义

黄河源风沙的形成与演化从野外风沙地貌发育相关关系可分成四个时期,一是现代风沙时期;二是形态依然明显的古沙丘所代表的风沙时期;三是分布于末次冰期冰碛^[3,4]之外伏于古沙丘底的沙楔或冰楔假型中沙子所代表的风沙时期;四是分布于倒数第二次冰期冰碛^[3,4]或同期冰水沉积物、冰碛物上冰楔假型中沙子所代表的风沙时期。古沙丘中上部常夹二层古土壤,有机¹⁴C测年分析为(4 150±365)a BP和200 a,底部风沙经光释光测年为(14 210±172)a BP,证明古沙丘为全新世较寒冷时期和末次冰盛期的产物,可与共和盆地这一时期的古风沙及其中古土壤^[6,10]相对比。这些古沙丘下沙楔的¹⁴C年龄在星星海为(16 340±245)a BP,在多格茸滩为(24 490±350)a BP^[4],也与共和盆地许多沙楔中所测年代^[10]相似,即为末次冰期最盛期。发育于倒数第二次冰期冰碛或冰水沉积物上的沙楔或冰楔假型,其沙子热释光年龄为(101±7.8)ka BP^[4]和(135±10.5)ka BP^[5],即形成于倒数第二次冰期晚期,此结果与其上常覆古土壤S1和2~3 m的乌兰黄土(TL年龄30.1~2.6 ka BP^[5]及古土壤S0所指示的地层年龄(详见黄土高原黄土、古土壤序列年龄^[11])吻合。

因此,结合前述风沙物本身的特点,可知全新世

及现代风沙活动最强烈,分布范围最广,沙子成熟度最高,末次冰期最盛期次之,而最弱为倒数第二次冰期的风沙活动,推测当时以薄层流沙为主,沙丘形态不完整,不连续分布,流沙多灌入冰冻裂隙或融化的冰楔中,形成广泛分布的沙楔或冰楔假型。它说明风沙活动首先是在冰期或全新世中较干冷的时期发生,二是指示气候越来越干,三是指示高原北侧大气环流偏西风状态在倒数第二次冰期就已形成,但后期环流加强,反映高原后期仍在快速隆升。这一过程同时为分布于风沙外围,尤其高原东侧的冷黄土所记录^[2]。在这些地区黄土仅在末次冰期以来才大规模分布,其石英砂组成^[2]与黄河源风沙中非风沙颗粒组成(平均为河湖砂约6.2%,寒冻风化和冰川砂约13.3%,泥石流、洪积砂0.5%,化学作用砂约13%)相近。因此,高原冷黄土与风沙是高原隆起至一定高度后所形成的低层高原季风环流和高空北支西风环流共同作用下的同时异地产物,是一对伴生的偶合系统。青藏高原是一个独立的黄土粉尘产生、搬运和沉积体系。

承蒙施雅风院士、董光荣研究员审阅全文和给予许多有益的修改意见,沈明智教授协助电镜分析,张民强同志协助样品前处理,在此一并表示衷心的感谢。

参 考 文 献

- 1 方小敏,史正铸,沈明智. 试从兰州地区黄土石英砂表面特征探讨黄土物质来源、成因及环境变迁. 中国西部第四纪冰川与环境. 北京:科学出版社,1991. 138~148
- 2 方小敏. 青藏高原东部边缘及邻区马兰黄土成因与来源的初步研究. 中国科学, B辑, 1994, 24(5): 539~546
- 3 李吉均,周尚哲,潘保田. 青藏高原东部第四纪冰川问题. 第四纪研究, 1991, 3: 193~203
- 4 周尚哲,李吉均,潘保田等. 黄河源区更新世冰盖初步研究. 地理学报, 1994, 49(1): 67~72
- 5 潘保田,李吉均,周尚哲. 青藏高原倒数第二次冰期的发现及其意义. 科学通报, (17): 1599~1602
- 6 董光荣,高尚玉,金炯等. 青海共和盆地土地沙漠化与防治途径. 北京:科学出版社,1993. 59~100
- 7 Bradied W. Sand Dunes of Sahara Desert. London: John and Wiley, 1987. 356
- 8 朱震达,程治平,吴正等. 塔克拉玛干沙漠风沙地貌研究. 北京:科学出版社,1981. 8~26
- 9 吴正. 风沙地貌学. 北京:科学出版社,1987. 167~316
- 10 徐叔鹰. 共和盆地地貌发育与环境演化探讨. 兰州大学学报(自然科学版), 1984, 20(1): 146~157
- 11 刘东生等. 黄土与环境. 北京:科学出版社. 1985. 481

Aeolian Sand Deposition in the Source area of yellow River and its Sgnificance

Fang Xiaomin Li Jijun Zhou Shangzhe Kang Shichang

(Dept. Geography, Univ. Lanzhou, Lanzhou, Gansu, 730000, China; E-mail: fangxma@zsu.edu.cn)

Abstract

We found a vast area of modern and paleo-sand dunes and desertified grassland in the source area of Yellow River on the northeastern Qinghai-Xizang (Tibet) Plateau. Remote sensing, geomorphological, sedimentological and chronological analyses have demonstrated that these sand dunes are locally formed semi-matured dunes characterized by coarse and moderately sorted grains and a majority of semi-matured aeolian sands. They are formed mainly in four periods, i. e., the late penultimate glacial, last glacial maximum, cold episodes of the Holocene, and present day. The distribution of sand dunes and the aeolian maturity of sands increase significantly with time, suggesting an intensified air circulation, with which tremendous dusts were transported to loess deposition areas on the eastern front of the Qinghai-Xizang Plateau and its adjacent downwind area.

Key Words source area of Yellow River sand dune sedimentary characteristic dusts