

# 拉萨河下游河谷风沙源分布特征及其成因

常春平<sup>1,2,3</sup>, 邹学勇<sup>1,2\*</sup>, 张春来<sup>2</sup>, 黄永梅<sup>2</sup>, 程宏<sup>2</sup>, 赵延治<sup>2</sup>, 全占军<sup>2</sup>, 邱玉郡<sup>2</sup>, 房志玲<sup>2</sup>, 王升堂<sup>2</sup>  
(1 中国科学院水利部成都山地灾害与环境研究所, 四川 成都 610041; 2 北京师范大学资源学院, 北京 100875;  
3 河北师范大学资源与环境科学学院, 河北 石家庄 050016)

**摘要:** 根据 KONOS 和 Quick Bird 影像解译和实地调查, 对拉萨河下游河谷区风沙源分布特征、沙源粒度特征、植被特征以及人类活动的作用进行了探讨。结果表明, 受大中小尺度风场的影响, 风沙源地沿河谷两侧呈小面积零星分布在多个地貌部位; 河流冲积物是最主要的沙源, 沙源粒径 90% 以上分布在 0.25 mm 以下, 以细沙、极细沙和粘粒成分为主, 平均含量占 60.69%, 易于发生风沙活动; 风沙活动是影响沙生植被的主导因素, 植物种类和盖度能很好反映沙源地的稳定程度; 特别在流动沙地和半流动沙地上, 植被演替朝着有利于风沙活动发展的方向进行, 是风沙活动的主要驱动因素之一, 也是风沙活动不断加剧的产物。尽管自然因素是该区域风沙活动的主要成因, 人类活动对其发展起到了强化作用。

**关键词:** 拉萨河下游河谷; 风沙源

**中图分类号:** P931.3

**文献标识码:** A

沙漠化被认为是当今世界重大环境问题之一, 引起全球范围内广泛的重视。沙漠化以风沙活动为主要特征, 风沙灾害又是沙漠化的伴生灾害<sup>[1]</sup>。风沙产生依赖于一定强度的风力和沙源, 其中沙源及其粒度组成和下垫面性质是影响风沙运动的重要条件<sup>[2]</sup>。中国北方风沙活动主要因人类长期干扰造成的<sup>[3-6]</sup>, 而青藏高原区的风沙活动主要是在高原独特气候背景下, 大中小尺度风场与各类沙源作用产生的, 人类活动在一定程度上起强化和加剧作用, 且各区域风沙活动影响因素差别很大, 具有多因性和地域性<sup>[4-12]</sup>。青藏高原风沙活动产生的各类风沙地貌发育独具特色, 河流冲积物、山地洪积物和基岩风化物是主要沙源物质, 风沙沉积地貌沙粒的平均粒径、分选性与附近沙源物质具有一致性和继承

性<sup>[13-17]</sup>。有关雅鲁藏布江流域部分地段沙生植被的研究表明, 风沙源地植被分布与风沙活动关系密切, 风沙活动是沙地植被演替的主导因子, 半固定沙地上分布沙生槐灌丛是本区植被正逆演替的临界点<sup>[9, 17, 18]</sup>。准确把握风沙源地的空间分布及其与植被、地貌和人类活动的关系对于深入认识风沙活动规律和防沙治沙工程设计具有重要意义。受技术手段的限制, 目前对该区域风沙源地的研究还不够深入。近年来 RS、GIS 技术的长足发展, 使利用高分辨率的环境遥感信息资料对本区风沙源进行更深入的研究成为可能。

拉萨河下游河谷区是青藏高原“一江两河”流域内自然条件优越、人口密集、经济发达的地带, 作为西藏自治区的政治、经济、文化中心的拉萨市位于拉萨河下游宽谷区。该区是青藏高原土地沙漠化和

收稿日期 (Received date): 2006-01-03; 改回日期 (Accepted): 2006-04-29.

基金项目 (Foundation item): 国家自然科学基金 (编号: 40301025, 10532030) 和国家科技攻关课题 (编号: 2005BA517A06) 资助。 [Supported by the National Natural Science Foundation of China (Grant Nos. 40301025, 10532030) and National Key Technologies R&D Program of China of China (Grant Nos. 2005BA17A06)].

作者简介 (Biography): 常春平 (1969-), 男, 河北康保人, 副教授, 博士研究生, 主要从事水土保持、环境评价方面的工作。 [Chang Chunping (1969-), male, born in Kangbao county of Hebei Province, Ph.D. candidate, Associate professor. Research interest is soil & water conservation and environment assessment. E-mail: changchunping@126.com. Tel: 010-62207162.]

\* 通讯作者 (Corresponding author): 邹学勇 (1964-), 男, 安徽六安人, 教授, 博士, 博士生导师。 [Zou Xueyong (1964-), male, born in Lian'an City of Anhui Province, Ph.D., Professor, Professor of Ph.D student. E-mail: zouxy@ires.cn.]

风沙活动严重的区域之一<sup>[19, 20]</sup>。风沙灾害已影响到本区生态环境的稳定性,使本来就脆弱的生态环境日趋恶化,对城市生态环境、交通、水利和农牧业生产等产生了严重危害<sup>[21-23]</sup>,并对青藏铁路拉萨河谷段的安全运行将产生严重威胁<sup>[24]</sup>。目前对该区风沙灾害特征,包括风沙源分布特点、风沙灾害形式和强度等方面的研究均处于空白。本文通过野外实地调查和对高空间分辨率遥感影像(KONOS和Quick Bird)的解译,研究拉萨河下游河谷风沙源和沙生植被分布特征,以及沙源地土壤粒径组成特征,

揭示风沙源地成因,为拉萨河下游河谷风沙源治理工程设计与布局提供依据。

## 1 研究区概况

研究区东自拉萨大桥、西至曲水的拉萨河下游河谷地带(图1)。沿拉萨河河谷全长64.5 km,宽2~7 km不等。地理坐标介于 $91^{\circ}9'7''\sim 90^{\circ}43'52''E$ ,  $29^{\circ}20'5''\sim 29^{\circ}39'29''N$ ,面积727.5 km<sup>2</sup>。

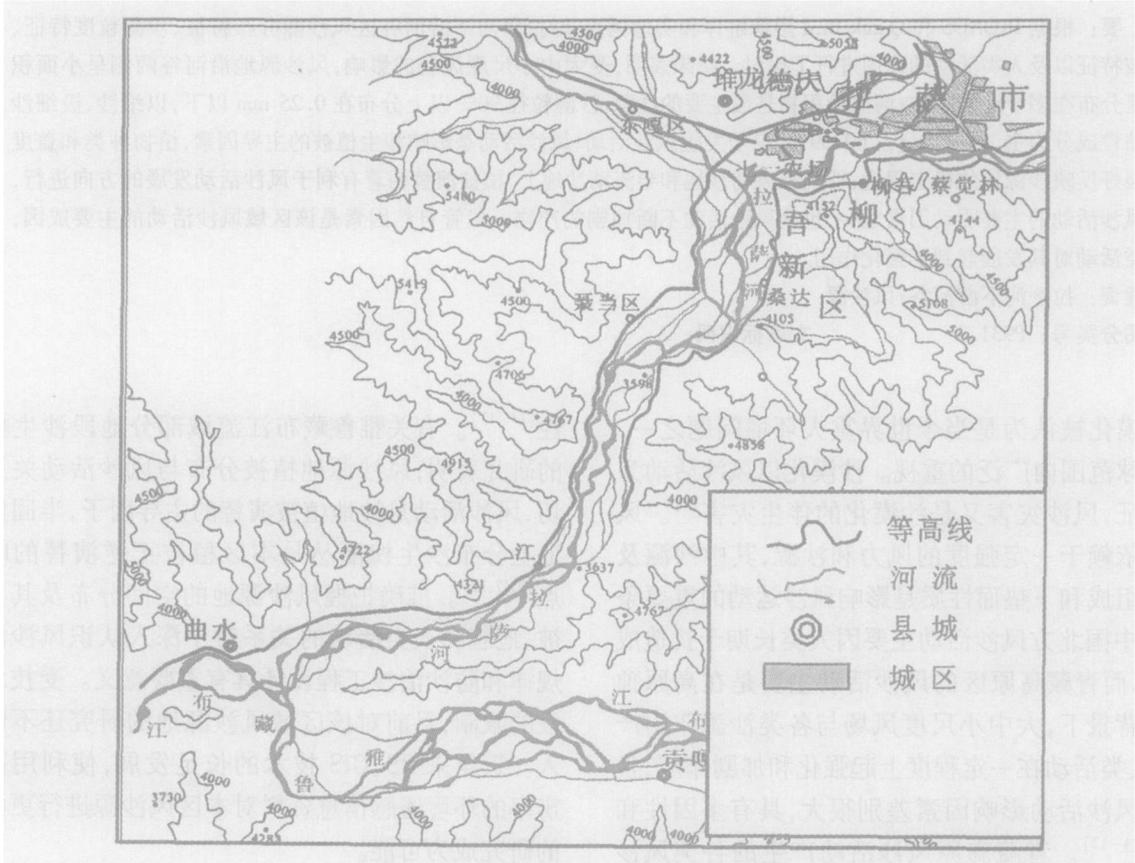


图1 拉萨河下游地理位置图

Fig 1 The geographical location of the valley of lower reaches of Lhasa River

拉萨河下游因受不同等级的断裂(带)控制及第四纪以来强烈的构造运动影响,河谷两侧的山体岩石十分破碎,山势陡峻。山坡中下部以及山前地带堆积厚度不等的第四纪砂砾质沉积物;河道成多股辫状,河漫滩和河心洲沙丘发育。河谷平原为巨厚的第四系松散堆积物,大都为砂卵石层上覆砂土或亚砂土。

本区属高原温带半干旱气候,夏季温凉多雨,冬季干冷多风。据拉萨气象站观测资料,多年平均气

温7.7℃,月均最高气温为6月份15.7℃,月均最低气温为1月份-2℃,年均降水量435 mm,各月降水变率很大,95%以上集中在每年的5~9月,10月至次年4月降水稀少。全年没有明显的酷暑和寒冬,极端气温为29.6℃和-16.5℃,年内最大温差32.6℃。从拉萨市气象站1980~2003年间的风况逐日观测数据来看,月平均风速3月最大,为2.44 m/s,8月最小,仅为1.56 m/s,风向以WSW为主。拉萨市的多年平均大风日数34.8 d/a,最大风力达

32.3 m/s 风向基本为 WSW。大风主要集中于 2~6 月, 占全年大风日数的 69.5%。其中 3 月最多, 达 5.8 d, 8 月最少, 仅有 0.8 d。风沙天气也主要发生在冬春季节 (2~5 月), 起沙风以偏西风为主。风沙天气也主要发生在冬春季节 (2~5 月), 起沙风以偏西风为主。

地表水资源主要是拉萨河及其支流。植被分区属于青藏高原中部温性草原地带的雅鲁藏布江中游谷地灌丛草原区, 地带性植被为温性草原。

## 2 研究方法

### 2.1 遥感数据前处理

采用 2003 年冬季的 Quick Bird 和 KONOS 高分辨率数据作为数据源。这一时期影像数据云量小, 河流处于枯水期, 利于河谷地带沙尘源地的解译和判读。

先分别将 2 个卫星遥感数据的多光谱波段和全色波段各自进行融合, 对多光谱波段进行重采样, 使其融入全色波段数据后生成和全色波段一样的空间分辨率。经融合后 Quick Bird 和 KONOS 的多光谱数据的分辨率分别由 2.44 m 和 4 m 达到 0.61 m 和 1 m。然后采用 2 次多项式法对影像进行精确的几何校正, 使 RMSE 小于一个像元。

### 2.2 野外调查

野外工作于 2004-05-22~2004-05-31 进行, 包括植被状况调查、沙源调查、土壤取样, 建立遥感分类的地面参考数据。

植被调查包括片状沙地和沙丘 (间) 地的植被调查, 以及固定沙地、半固定沙地、半流动沙地和流动沙地的植物群落, 以及河滩和冲洪积扇沙砾地的植物群落。同时对非沙源地植被进行调查。调查方法采用样方法, 其中灌丛、半灌木群落和草本群落样方面积分别为  $4 \times 4$  ( $m^2$ )、 $2 \times 2$  ( $m^2$ ) 和  $1 \times 1$  ( $m^2$ )。调查内容包括植物群落总盖度、植物种类、各物种的高度、分盖度、多度及其营养期和在群落中的分布状况, 植物群落的地理位置、分布的地貌部位、生境特点、枯枝落叶层、土壤基本性质及受人类活动影响程度等。

沙源调查内容包括沙尘源地及其下伏第四纪沉积物岩土特征。着重调查拉萨河两岸对沙尘源地斑块位置 (手持 GPS 定位)、面积、所处地貌部位、地表物质 (取样) 和植被状况、(沙尘) 可能供给量等, 建

立遥感分类的地面样本库; 确定下伏第四纪沉积物可能成为沙源的坡积物和冲积物 (取样) 分布范围和面积。采集地表 5 cm 深度内的土壤样品, 利用马尔文激光粒度分析仪分析土壤样品的粒度组成。

### 2.3 遥感解译

根据野外调查, 对照影像解译分类系统, 建立目视解译标志, 同时将野外记录各点加载到配准纠正后的卫星影像上, 便于解译。加载的各点野外记录信息包括经纬度、所处地貌部位、地表物质特征、植被群落特征和覆盖度, 以及现场判断的沙尘源地类型。

研究区域总土地面积  $72\,744\,77\text{ km}^2$ , 按照土地沙漠化状况和土地利用特征, 将土地覆被划分为 14 类, 即流动沙地、半流动沙地、固定沙地、裸露砾质地、半裸露砾质地、灌丛沙砾地、砂石场地、农田、林地、湿地、石质山地、水域、居民点和道路。

## 3 结果分析

### 3.1 沙尘源空间分布特征

根据野外调查和遥感影像判读结果, 按沙质地表流动性和砂砾质地表的植被覆盖状况, 将沙尘源地划分为 8 类, 再根据所处地貌部位划分为 24 个亚类 (图 2 表 1)。统计表明, 沙尘源地总面积达  $27\,264.74\text{ km}^2$ , 占土地总面积的 37.48%。

#### 3.1.1 沿河谷及河谷两侧分布

从沙尘源地的物质基础来看, 绝大多数是拉萨河及其一级支流冲积物, 即使有部分沙尘源地已被风力侵蚀改造, 但沙尘物质源头仍是河流冲积物。极少数沙尘源地的物质基础为洪积物, 它们也分布于拉萨河两侧的谷地前缘。根据实地调查和 IKONOS Quick Bird 卫星影像解译结果, 在河流冲积物基础上成为沙尘源地 (耕地除外) 的面积占沙尘源地总面积的 31.91%。

#### 3.1.2 分布地貌部位多样

复杂多样的河谷地貌类型, 决定了沙尘源地分布地貌部位的多样性。根据野外调查, 沙尘源地主要分布在洪积扇、边滩 (高河漫滩) 和心滩、河流阶地面和河谷两侧山坡, 分布在这四种地貌部位的沙尘源地总面积 (耕地除外), 自大到小依次为洪积扇 > 边滩 (高河漫滩) 和心滩 > 河谷两侧山坡 > 河流阶地面 (表 2)。

#### 3.1.3 呈小面积零星分布

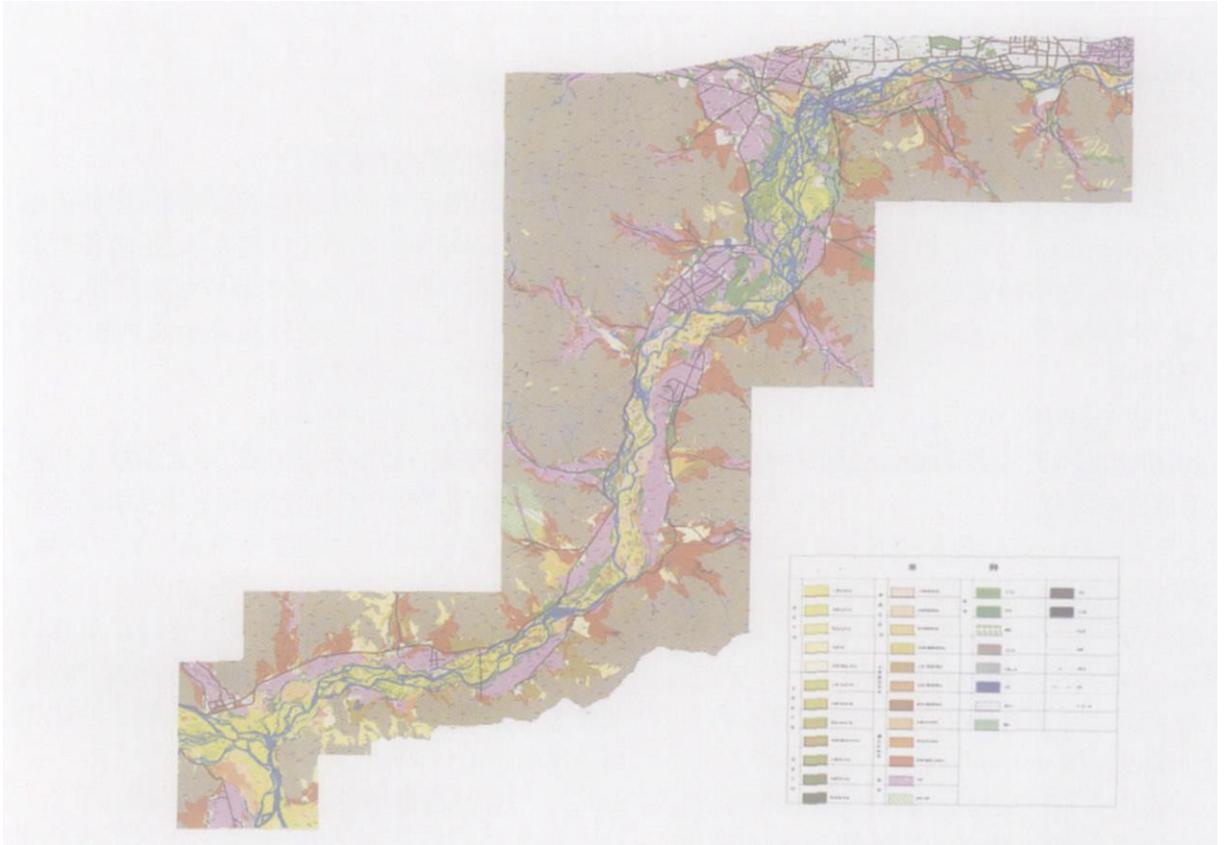
研究区处于拉萨河下游,河床宽阔,河流常常将低级阶地、河漫滩和心滩侵蚀切割成零星斑块。河谷两侧山体高大,拉萨河沿岸突兀的中小山嘴众多,河谷地带近地面风场在大尺度大气流场的控制下,受地形影响显著,山谷风和山嘴附近局部回流十分强盛,形成很多面积不大、相对孤立的山坡覆沙体,主要有三种类型,即阻塞沉积、回流沉积和绕流沉积。人类经济活动对沙尘源地的形成和分布特征也产生重大影响,主要是天然草地利用不当而退化成沙尘源地,以及大面积耕地在冬春季节成为沙尘源地,等等。

### 3.2 沙尘源机械组成

研究区各类风沙源地表的粒度分析表明(图3),各类地表沙粒粒径90%以上分布在0.25mm以下,以细沙、极细沙和粘粒成分为主,平均含量占

60.69%。但不同地貌部位的风沙源粒度特征有较大差别。分布在阶地、洪积扇固定沙地上的沙粒主要由细沙粒组成,<0.125mm沙粒含量达到84.103%。流动沙丘地和心滩、边滩、阶地流沙地以及山坡覆沙上0.25~1.0mm的中沙含量相对较多。平均粒径以心滩、边滩流沙地最粗,其次是半流动沙地,固定沙地粒径最小。

风蚀率与粒度关系特征的研究表明<sup>[25]</sup>,风成沙粒径0.4~0.075mm为易蚀性颗粒。研究区风沙源地表物质易蚀性颗粒含量显示(图4),流动沙丘最易风蚀,其次是山坡覆沙,阶地、洪积扇流沙,心滩、边滩半流动沙地,最不易风蚀的沙尘源地是阶地、洪积扇固定沙地。易蚀性颗粒的总体分布趋势是流动沙地>半固定沙地>固定沙地。



流动沙地; 半流动沙地; 固定沙地; 裸露砾质地; 半裸露砾质地; 灌丛砂砾地;  
砂石场地; 农田; 林地; 湿地; 石质山地; 水域; 居民点; 道路

图 2 拉萨河下游河谷风沙源地分布图

Fig 2 Illustration of sand source distributing in the valley of lower reaches of Lhasa River

表 1 各类沙尘源地面积  
Table 1 Area of various sand sources

类型		亚类		代码	面积 (hm <sup>2</sup> )	占总面积的比例 (%)
编号	类型名称	编号	亚类名称			
流动沙地		1	心滩流动沙地	11	2 426.46	0.0173
		2	边滩流动沙地	12	1 328	0.0059
		3	阶地流动沙地	13	37.36	0.0090
		4	山体覆沙	14	1 258	0.0008
		5	洪积扇覆沙	15	430.9	0.0017
半流动沙地		1	心滩半流动沙地	21	664.7	0.0157
		2	边滩半流动沙地	22	55.51	0.0073
		3	阶地半流动沙地	23	121	0.001
		4	洪积扇半流动沙地	24	1 141.62	0.0002
固定沙地		1	心滩固定沙地	31	527.73	0.0103
		2	边滩固定沙地	32	70.91	0.0125
		3	阶地固定沙地	33	17.52	0.0048
裸露砾质地		1	心滩裸露砾质地	41	750.7	0.0087
		2	边滩裸露砾质地	42	911.3	0.0047
		3	阶地裸露砾质地	43	350.5	0.0046
		4	洪积扇裸露砾质地	44	630	0.0012
半裸露砾质地		1	心滩半裸露砾质地	51	341.38	0.0068
		2	边滩半裸露砾质地	52	335.5	0.0025
		3	阶地半裸露砾质地	53	85.98	0.0107
灌丛砂砾地		1	边滩灌丛砂砾地	61	492.9	0.0011
		2	阶地灌丛砂砾地	62	183.5	0.0096
		3	冲洪积扇灌丛砂砾地	63	7 780.98	0.0173
砂石场地				7	78.29	0.0059
农田		2	耕地	82	7 244	0.0091
		合计			27 264.74	37.48%

表 2 分布在不同地貌部位的沙尘源地面积 (不含耕地)

Table 2 Area of sand sources distributing in different geomorphic position (except for farmland)

分布地貌部位	洪积扇	边滩和心滩	河谷两侧山坡	阶地面
面积 (hm <sup>2</sup> )	9 983.5	7 905.03	1 258.00	795.86
占 4 类沙尘源地总面积 (%)	50.06	39.64	6.31	3.99

### 3.3 不同类型沙尘源地的植被特征

沙漠化地区的植被与风沙活动具有密切的相互作用关系, 植被的生物物理特征如盖度、高度等直接影响到近地面的粗糙度长度, 从而影响到风沙的搬运和迁移; 另一方面, 风沙活动的强弱有影响到植被的发育。

在研究区山坡下部沙黄土母质上发育的冷棕钙土, 地带性植被有宽苞金背柳灌丛和砂生槐灌丛, 受到放牧的影响, 成为退化灌丛。植被盖度和高度都受到明显的影响, 宽苞金背柳灌丛的盖度在 45% 左

右, 群落高度 10 m 左右。物种可达到 10 种以上, 常见的伴生种有砂生槐、固沙草、披碱草、针茅和豆科黄芪属的几种植物等。砂生槐灌丛的盖度也在 50% 左右, 群落平均高度在 20~30 m, 常常伴生有藏沙蒿、固沙草、青藏苔草、西藏黄芪、劲直黄芪、甘遂、马先蒿等, 可达到 10 余种。

砂砾地和沙地上的原生植被砂生槐灌丛和固沙草群落, 由于生态环境脆弱, 受人为活动影响较大, 处于沙地植被的不同演替阶段。砂生槐灌丛的盖度最低只有 30%, 在保护较好的地区, 可以达到 75%

(图 5)。而在覆沙的沙砾地上, 固沙草常常成为砂生槐的共建种, 有时也形成砂生槐 - 藏龙蒿或砂生槐 - 藏沙蒿群落; 群落物种数常常在 2~ 6个, 常见的有固沙草、藏沙蒿、藏龙蒿、劲直黄芪、小画眉草等。固沙草群落的盖度从 10% 到 60% 都会出现。固定沙地上的固沙草草原盖度可以达到 50% ~ 60%, 但常形成单优势种群落, 群落中的伴生种很少, 常常在  $1 \times 1 (m^2)$  范围内仅有 1~ 2个伴生物种出现, 而在半固定沙地上, 盖度只有 10% ~ 40%, 但物种组成有所提高, 可达到 3~ 4种, 并常与藏龙蒿、藏沙蒿和砂生槐形成斑块状镶嵌分布的半流动 - 半固定沙地植被景观。

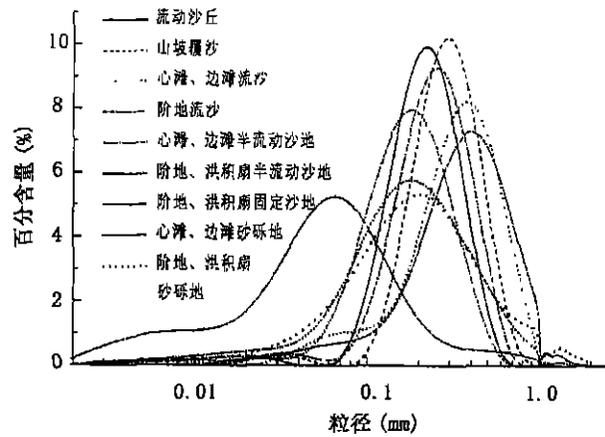
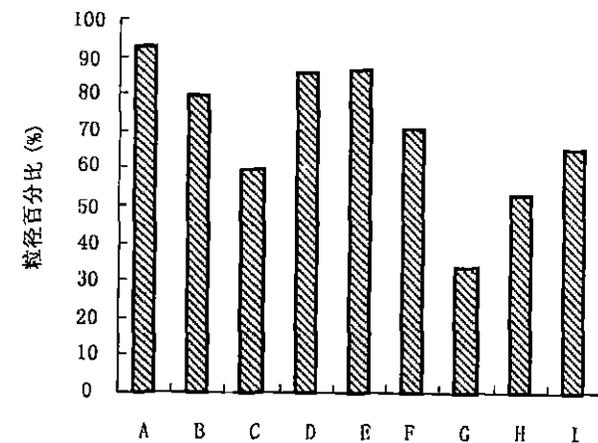


图 3 典型沙尘源地地表物质粒度组成

Fig 3 Mechanical composition of typical sand sources



A 流动沙丘 B 山坡覆沙 C 心滩、边滩流沙 D 阶地、洪积扇流沙 E 心滩、边滩半流动沙地 F 阶地、洪积扇半流动沙地 G 阶地、洪积扇固定沙地 H 心滩、边滩沙砾地 I 阶地、洪积扇沙砾地

图 4 典型沙尘源地易蚀性颗粒含量

Fig 4 Typical erosible sand content of sand source

随着沙砾地和沙地上的原生植被遭到破坏, 有较大面积的沙地处于流动和半固定状态, 流动沙地上次生演替的早期阶段主要为毛瓣棘豆群落, 盖度最大可达 20% ~ 30%, 常形成单优势种群落; 而在沙砾地上, 次生演替的早期阶段主要为劲直黄芪 - 藏沙蒿群落, 盖度常常在 5% ~ 10%, 物种数 3~ 5。在半固定沙地上以藏沙蒿灌丛和藏龙蒿灌丛为主, 常伴生固沙草、劲直黄芪、毛瓣棘豆等。随着群落的演替进程, 渐有砂生槐定居, 在景观尺度上呈斑块状镶嵌分布。在河岸边水分条件相对较好的沙砾地和沙地上生长有三春柳灌丛和白草草原, 三春柳灌丛的盖度一般在 30% ~ 40%, 常有白草伴生。白草草原作为演替中间阶段的群落, 常形成单优势群落, 盖度可达 20% ~ 40%。对沙地植被不同演替阶段的植物群落盖度、物种数和高度进行了对比。群落盖度可很好地反映沙地的固定程度。随沙地植被受干扰强度的增加, 从固定沙地到半固定沙地, 再到半流动沙地, 植物群落的盖度和高度都有明显降低, 而盖度和高度是影响植物群落防沙和固沙效率的主要因素。研究区砂砾地和沙地植被都受到了不同程度的干扰, 特别是半固定 - 半流动沙地植被退化最为严重。由气候变化和人类活动导致的植被退化既是风沙活动增强的主要驱动因素之一, 也是风沙活动发展产生的不良后果。

### 3.4 人类活动的影响

近年来, 研究区的人类工程行为规模越来越大, 涉及的空间范围很广, 对原本脆弱的生态环境造成的局部损害逐渐加剧。人类工程行为主要有交通建设、采挖砂石和建筑工程三种类型, 其中前两者造成的沙尘源地面积最大, 危害最严重。尽管从绝对面积来看, 这三种类型的沙尘源地都不大, 但工程建设过程中对原生地表产生的破坏程度极大, 沙质或砂砾地表的物质内聚力几乎全部丧失。工程建设场地在缺乏保护措施的情况下, 冬春季节的大风极易使干燥疏松的地表物质风蚀, 并形成高浓度的沙尘气流。

对流动沙地、半固定沙地(沙质退化灌草地)、砂砾质地、翻耕农田起沙强度观测表明(图 6), 随风速增大, 地表起沙强度迅速增强, 尤其是砂砾质地表遭人为破坏后, 起沙强度呈现数倍甚至数十倍增加。就原生地表而言, 流沙地的起沙强度最大; 风速在 23 m/s 以下时, 起沙强度从大到小依次为耕作农田、半固定沙地(沙质退化灌草地)、和砂砾质地表。

农业生产活动场所的耕地尽管起沙强度没有流沙地大,但其面积广、可提供的沙尘量大, 临界起沙风速相对较小, 使耕地对大气粉尘的贡献率较高, 成为沙尘源的主体之一。沙质、砂砾质地表由于过度放牧而退化, 是目前主要沙尘源地。根据西藏自治区统计资料分析, 1992~2002 年间研究区人口从 188

662 人增长到 217 828 人, 增加了 29 166 人; 农作物播种面积由 11 786 7  $\text{hm}^2$  增加到 12 667  $\text{hm}^2$ , 增加了 880. 3  $\text{hm}^2$ ; 牲畜总头数由 77. 66 万羊单位下降到 71. 52 万羊单位, 下降了 6 14 万羊单位。因此, 近 10 a 上述三项指标变化微小, 人类活动将继续起到增强风沙灾害的作用, 但不会有显著增强趋势。

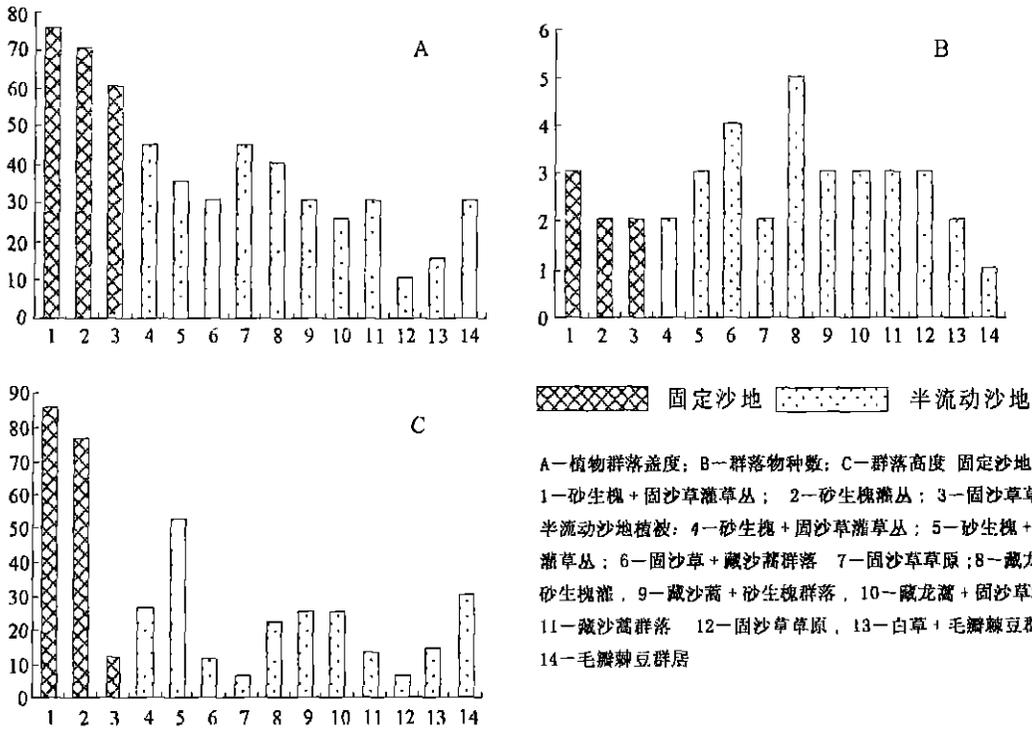


图 5 拉萨河谷沙地植物群落特征  
 Fig 5 Characteristics of vegetation communities in the lower reaches of Lhasa River valley

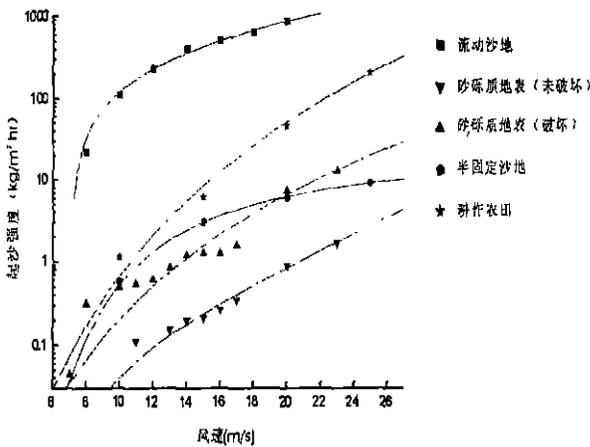


图 6 典型地表类型起沙强度  
 Fig 6 Sand discharge intensity of typical soil surface

### 4 结论

1 河谷沙尘源沿河谷及河谷两侧分布, 从山坡到谷底均有分布, 且呈小面积零星分布。分布特征与空间上的大、中、小尺度风场关系密切。

2 拉萨河下游河谷区沙物质来源有三种地表堆积物类型: 河流冲积物、山前洪积物和山地基岩风化物。其中河流冲积物是最主要的沙源, 其次是山前洪积物和山地基岩风化物。沙源物质的粒径以细沙、极细沙、粘粒为主, 易蚀性颗粒含量较多, 在一定风力作用下易发生风蚀现象, 对周围地区造成风沙灾害。

3 受气候条件的制约和人类活动破坏, 区内地表植被出现不同程度的退化, 植被盖度和高度都受

到明显的影响,特别是半固定-半流动沙地植被退化最为严重。植被演替朝着有利于风沙活动发展的方向进行,是风沙活动的主要驱动因素之一,也是风沙活动不断加剧的产物。

4 自然因素是拉萨河下游河谷地区沙漠化的主导,其中气候因素是最活跃、多变的,并对植被、土壤、水文等因子产生制约,人文因素起强化加剧作用。在全球气候变化的背景下,干燥度将继续上升,由此决定了植被的自然恢复能力不能得到提高,依靠植被自然演替固定沙尘源地是非常困难的。

## 参考文献 (References)

- [1] Dong Zhibao, Wang Tao, Qu Jianjun. Some points to development of blown sand physics as a science. *Journal of Desertification Research*, 2002, 22 (3): 205~209 [董治玉, 王涛, 屈建军. 风沙物理学学科建设的若干问题 [J]. 2002, 22 (3): 205~209]
- [2] Zhu Zhengda, Zhao Xingliang, Lin Yuquan et al. Drift-blown Sands Controlled Engineering [M]. Beijing: Chinese Environment Science Press, 1998, 26~30 [朱震达, 赵兴梁, 凌裕泉, 等. 治沙工程学. 北京: 中国环境科学出版社, 1998, 26~30]
- [3] Yang Gensheng, Fan Shengyue. A quantitative analysis on the factors of desertification in brown-sand region of the Hesse Plateau [J]. *Arid zone Research*, 1991, 8(4): 42~47 [杨根生, 樊胜岳. 黄土高原地区北部风沙区土地沙漠化因素的定量分析 [J]. 1991, 8(4): 42~47]
- [4] Gao Shangyu, Shi Peijun, Ha Si et al. Cause of rapid expansion of blown-sand disaster and long-term trend of desertification in northern China [J]. *Journal of Natural Disasters*, 2000, 9(3): 31~37 [高尚玉, 史培军, 哈斯, 等. 我国北方风沙灾害加剧的成因及其发展趋势 [J]. 自然灾害学报, 2000, 9(3): 31~37]
- [5] Hongyan Liu, Lihong Xu, and Haiting Cui. Holocene history of desertification along the Woodland-Steppe border in northern China [J]. *Quaternary Research*, 2002, 57: 259~270
- [6] Wang Tao, Wu Wei, Xue Xian, et al. Time-space evolution of desertification land in Northern China [J]. *Journal of Desert Research*, 2003, 23(3): 230~235 [王涛, 吴薇, 薛娴, 等. 中国北方沙漠化土地时空演变分析 [J]. 中国沙漠, 2003, 23(3): 230~235]
- [7] Dong Guangrong, Dong Yuxiang, Jin Jiong et al. Study on cause and development trend of desertification in the middle stream region of Yarlung Zangbo River, Tibet [J]. *Journal of Desert Research*, 1994, 14(2): 9~17 [董光荣, 董玉祥, 金炯, 等. 西藏“一江两河”中部流域地区土地沙漠化的成因与发展趋势 [J]. 中国沙漠, 1994, 14(2): 9~17]
- [8] Dong Guangrong, Dong Yuxiang, Li Sen et al. Study on plan of desertification treatment in the middle stream region of Yarlung Zangbo River, Tibet [M]. Beijing: China Environmental Science Press, 1996, 1~161 [董光荣, 董玉祥, 李森, 等. 西藏“一江两河”中部流域土地沙漠化防治规划研究 [M]. 北京: 中国环境科学出版社, 1996, 1~161]
- [9] Zhao Wenzi, Li Sen, Liu Yuzhang et al. Study on sand vegetation in bottom of middle reaches of Yarlung Zangbo River in Tibet [J]. *Journal of Natural Disasters*, 1994, 14(1): 68~74 [赵文智, 李森, 刘玉璋. 西藏雅鲁藏布江中游下段沙地植被研究 [J]. 自然灾害学报, 1994, 14(1): 68~74]
- [10] Ji Helin, Dong Guangrong, Li Shen. Study on the cause, development trend and control measures of desertification in the lower middle reaches of Yarlung Zangbo River [J]. *Journal of Desert Research*, 1997, 17(3): 255~260 [靳鹤龄, 董光荣, 李森. 雅鲁藏布江中游下段土地沙漠化成因、趋势及防治对策 [J]. 中国沙漠, 1997, 17(3): 255~260]
- [11] Dong Yuxiang. Research on the status of desertification disaster and its driving force in Tibet [J]. *Journal of Natural Disasters*, 2001, 10(2): 96~102 [董玉祥. 西藏沙漠化灾害现状及其驱动力研究 [J]. 自然灾害学报, 2001, 10(2): 96~102]
- [12] Wei Xinghu, Yang Ping, Dong Guangrong. Agricultural development and farmland desertification in middle “One river and its two branches” River Basin of Tibet [J]. *Journal of Desert Research*, 2004, 24(2): 196~200 [魏兴琥, 杨萍, 董光荣. 西藏“一江两河”中部地区的农业发展与农田沙漠化 [J]. 中国沙漠, 2004, 24(2): 196~200]
- [13] Yang Yishou. A primary observation on aeolian geomorphology in Yarlung Zangbo River [J]. *Journal of Desert Research*, 1984, 4(3): 12~15 [杨逸畴. 雅鲁藏布江风沙地貌的初步观测 [J]. 中国沙漠, 1984, 4(3): 12~15]
- [14] Dong Guangrong, Jin Jiong, Shao Liye. A Study on desertification land status in the middle reaches of Yarlung Zangbo River, Tibet [J]. *Journal of Desert Research*, 1991, 11(1): 59~61 [董光荣, 金炯, 邵立业. 西藏自治区一江两河流域沙漠化状况 [J]. 中国沙漠, 1991, 11(1): 59~61]
- [15] Li Shen, Wang Qiang. Research on sand geomorphological development mode and original mechanism in the valley of Yarlung Zangbo River [J]. *Science in China D: Earth Sciences*, 1999, 29(1): 88~96 [李森, 王强. 雅鲁藏布江河谷风沙地貌形成机制与发育模式 [J]. 中国科学 (D辑) 1999, 29(1): 88~96]
- [16] Wang Jianli, Fang Xianjun, Li Jijun. Eolian sand deposition over the past 15 Ma in the northeast Qinghai-Tibet plateau, China [J]. *Chinese Science Bulletin*, 1999, 44(12): 1326~1331 [王建力, 方小敏. 青藏高原东北部 15 Ma 以来的风沙沉积 [J]. 科学通报, 1999, 44(12): 1326~1331]
- [17] Shen Weishou. Floristic features of sand vegetation in the middle reaches of the Yarlung Zangbo [J]. *Tibet Acta phytotaxonomica Sinica*, 1996, 34(3): 276~281 [沈渭寿. 雅鲁藏布江中游沙地植物区系特征. 1996, 34(3): 276~281]
- [18] Shen Weishou. A comparison of floras in the sandy land of middle Yarlung Zangbo Basin and in the ALXA desert [J]. *Journal of Desert Research*, 1997, 17(1): 15~19 [沈渭寿. 雅鲁藏布江中游沙地植物区系与阿拉善荒漠植物区系的比较 [J]. 中国沙漠, 1997, 17(1): 15~19]
- [19] Li Sen, Dong Yuxiang, Dong Guangrong et al. Regionalization of land desertification on Qinghai-Tibet Plateau [J]. *Journal of desert research*, 2001, 21(4): 418~427 [李森, 董玉祥. 青藏高原土地沙漠化区划 [J]. 中国沙漠, 2001, 21(4): 418~427]

- [20] Huang Q iongzong Analyses on the ambient air quality relation to meteorological condition in Lhasa *Environmental Monitoring in China* 2001, 17( 6): 50~ 53[黄琼中. 拉萨市环境空气质量与气象特征分析 [J]. 中国沙漠. 2001, 17(6): 50~ 53]
- [21] Shen Weishou Yang Ping Land desertification and its developing trend in Lhasa area of Tibet *Journal of Desert Research*, 1999, 19( 1): 33~ 37[沈渭寿, 杨萍. 西藏拉萨市土地沙漠化现状与趋势 [J]. 中国沙漠. 1999, 19(1): 33~ 37]
- [22] N iXue A preliminary discussion on dry seasonal sand characteristic of dust weather and forecast in Gongga aerodrome of Lhasa [J]. *Sichuan Meteorology*, 2001, 21(4). 46~ 48[倪雪. 拉萨贡嘎机场干季风沙、浮尘天气特征及预报初探 [J]. 四川气象. 2001, 21(4): 46~ 48]
- [23] Zhou Shunwu Huang Q iongzong Statistic analysis on the relationship between concentrations of air pollutants and Meteorological conditions in Lhasa city [J]. *Tibet Science & Technology*, 2002( 5): 39~ 42 [周顺武, 黄琼中. 拉萨市空气污染物浓度的统计分析及其可能的天气原因 [J]. 西藏科技, 2002(5): 39~ 42]
- [24] Shen Weishou, Zhang Hui, Zou Changxin *et al* Approaches to prediction of impact of Qinghai-Tibet Railway construction on alpine ecosystems alongside and its recovery [J]. *Chinese Science Bulletin* 2004 49( 8): 834~ 841 [沈渭寿, 张慧, 邹长新, 等. 青藏铁路建设对沿线高寒生态系统的影响及恢复预测方法研究 [J]. 科学通报. 2004 49(9): 909~ 914]
- [25] Dong Zhbao Wind erodibility of aeolian sand as influenced by grain-size parameters [J]. *Journal of Soil Erosion and Soil and Water Conservation*, 1998 4( 4): 1~ 5 [董治宝, 李振山. 风成沙粒度特征对其风蚀可蚀性的影响 [J]. 土壤侵蚀与水土保持学报, 1998 4(4): 1~ 5]

## The Characteristics and Distribution of the Source Area of Aeolian Sand in the Valley of Lhasa River's Lower Reaches, Tibet, China

CHANG Chunping<sup>1,2,3</sup>, ZOU Xueyong<sup>1,2</sup>, ZHANG Chunlai<sup>2</sup>, HUANG Yongmei<sup>2</sup>  
CHENG Hong<sup>2</sup>, ZHAO Yanzhi<sup>2</sup>, QUAN Zhanjun<sup>2</sup>, QIU Yujun<sup>2</sup>, FANG Zhiling<sup>2</sup>, WANG Shentang<sup>2</sup>

(1 Institute of Mountain Hazards and Environment, Chinese Academy of Sciences, Chengdu 610041, China;

2 College of Resource Science and Technology, Beijing Normal University, Beijing 100875, China;

3 College of Resources and Environment Sciences, Hebei Normal University, Shijiazhuang 050016, China)

**Abstract** Based on KONOS and Quickbird interpretation and field survey, the effects of human activities and characteristic of sand distribution, grain diameter of sand sources and vegetation in the valley of lower reaches of Lhasa River are discussed. The results indicate that valley sand sources distribute along river valley and its two sides in patch and particle form from slope to bottom of valley, and have close interrelation with large, medium and small scale of wind field in space. There are three categories of accumulation substances which are sand sources in the lower reaches of Lhasa River valley: river alluvium, flood deposit and weathering substances of mountain rock. Among them, river alluvium is the most important sand source, grain diameter of sand source is mainly made of silver sand, extreme silver sand and sticky sand, and over 90% of whose grain size is less than 0.25 mm, and inclined to produce wind erosion. Sand activity is the dominant factor affecting sand-nurtured vegetation. Especially the vegetation on semi-fixed and semi-movable sand dune is affected most seriously, species and coverage of vegetation can well reflect the stability of sand sources. Vegetation succession is developing in the tendency in favor of sand activities, which is one of a main driving factors and outcome of worsening sand activities. Though natural factors are the main cause of the sand activities in this area, human activities will further strengthen sand activities.

**Key words** Valley of Lhasa River's lower reaches; sand source