

雅鲁藏布江流域 $NDVI$ 时空分布及与站点气候因子的关系

付新峰¹,杨胜天²,刘昌明^{1,3}

(1. 北京师范大学水科学研究院,北京 100875;

2. 北京师范大学地理学与遥感科学学院,北京 100875;3. 中国科学院地理科学与资源研究所,北京 100101)

摘要:作为反映流域植被覆盖度的一个指标, $NDVI$ 的变化受多个气候因子的影响,而降水与平均气温是重要的影响因子。对雅鲁藏布江流域 $NDVI$ 时空变化特征分析的同时,根据流域站点的经纬度提取流域面上的 $NDVI$ 值并与流域站点主要气候因子(降水与平均气温)的关系进行了分析。结果表明,流域站点 $NDVI$ 与主要气候因子(降水、平均气温)均具有较强的季节性、时间上的一致性与较高的相关性。 $NDVI$ 与降水量线性相关系数为 0.77,对数相关系数为 0.7; $NDVI$ 与平均气温线性相关系数为 0.72,对数相关系数为 0.68。

关键词: $NDVI$; 气候因子; 植被覆盖; 雅鲁藏布江流域

中图分类号: Q948; TP79

文献标识码: A

文章编号: 1005-3409(2006)03-0229-04

Spatial - temporal Changes of $NDVI$ and Their Relations with Principal Climatic Factors in Yarlung Tsangpo River Basin 's Stations

FU Xin feng¹, YANG Sheng tian², LIU Chang ming^{1,3}

(1. College of Water Science, Beijing Normal University, Beijing 100875;

2. School of Geography, Beijing Normal University, Beijing 100875;

3. Institute of Geographic Sciences and Natural Resources Research, CAS, Beijing 100101, China)

Abstract: As an index of denoting basin 's vegetation cover, $NDVI$ is influenced by many climatic factors such as precipitation and average air temperature. The spatial - temporal change of $NDVI$ is analyzed in Yarlung Tsangpo River basin. Meanwhile, the point data of $NDVI$ data on basin 's stations is extracted based on stations 'latitude and longitude. Then, relation of $NDVI$ and precipitation or average air temperature is analyzed on the basin 's stations. The conclusion is that $NDVI$ and principal climatic factors (precipitation and average air temperature) on the basin 's stations are intensive with season, and are in consistency with time, and are higher in correlation. The linear correlation coefficient of $NDVI$ and precipitation is 0.77, and that of $NDVI$ and average air temperature is about 0.72 on the basin 's stations. And logarithmic correlation coefficient of $NDVI$ and precipitation is 0.7, and that of $NDVI$ and average air temperature is 0.68 on the basin 's stations.

Key words: $NDVI$; principal climatic factors; vegetation cover; Yarlung Tsangpo River Basin

1 引言

归一化差值植被指数(Normalized Difference Vegetation Index, $NDVI$)是常用于植被监测的遥感指数^[1,2]。 $NDVI$ 反映了植被所吸收的光合有效辐射比例,一般通过可见光和近红外波段的反射率得到。绿色植被在可见光和近红外波段的反射特性为空间监测植被提供了新方法。 $NDVI$ 对植被的生长势和生长量非常敏感, $NDVI$ 可以很好地反映地表植被的繁茂程度,在一定程度上能代表地表植被覆盖变化^[3]。因此,在 $NDVI$ 图像上,繁茂的植被非常明显,而植被很少或没有植被的地区也可以很容易地分辨出来。

在研究流域 $NDVI$ 方面,NOAA/AVHRR 由于具有独特的性质而备受关注。因为它对植被研究具有有效的光谱信息,每天覆盖地球以及长期连续的观测记录,还可以以较低

价格获取。其数据已被证明是极有价值的区域、大洲及全球植被研究的重要数据源,在大、中尺度植被区域分布及动态变化研究中具有其它遥感卫星资料无法比拟的优势^[4,5]。

近年来,对 $NDVI$ 与气候因子降水、气温等的关系研究在全球变化研究中占有重要的地位。Weiss 等研究了美国新墨西哥中部季节性与年际植被与气候因子的关系^[6]。我国也有许多学者针对不同区域研究了 $NDVI$ 与主要气候因子的关系。龚道溢等研究了北半球春季植被 $NDVI$ 对温度变化响应的区域差异,发现 $NDVI$ 与气温的相关性非常高^[7]。陈云浩等研究了 1983~1992 年中国陆地 $NDVI$ 变化的气候因子(降水、气温等)驱动分析^[8]。在中国 $NDVI$ 与主要气候因子关系的研究方面也有一些学者做了研究^[9,11]。李晓兵等分析了 1983~1992 年降水的年际动态、季节动态与中国北方几种典型植被类型的 $NDVI$ 的关系,以及降水的空间分布对植被的

收稿日期:2006-02-08

基金项目:国家科技攻关计划项目(2005BA901A11);国家自然科学基金:西藏拉萨河流域冻土水文过程对气候变化响应研究(40561002)

作者简介:付新峰(1977-),男,河南周口人,北京师范大学水科学研究院博士生,研究方向为水资源水环境遥感。

影响^[5]。李震等对中国西北地区 NDVI 变化与温度、降水变化的关系做了一定的研究^[12]。唐海萍等研究了中国东北样带 NDVI 与气温等气候因子的关系^[13]。在黄河流域 NDVI 与降水关系的研究方面也有许多进展,杨胜天等与孙睿等对黄河流域植被覆盖与降水等气候因子的关系进行了探讨^[14,15]。李春晖等做了黄河流域 NDVI 时空变化及其与降水/径流关系的研究^[16]。而对于雅鲁藏布江流域,因其独特的高寒区域,其 NDVI 与主要气候因子的关系则少有研究。杨建平等对长江黄河源区高寒植被变化的 NDVI 记录进行过一定的研究^[17]。除多对流域内拉萨地区的 NDVI 与气候因子(降水、气温)的关系进行了分析^[18]。

2 研究区地理位置

雅鲁藏布江流域地理位置位于北纬 27° ~ 31°, 东经 81° ~ 97°, 流域面积 24.048 万多 km²。流域海拔高度绝大部分在 3 000 m 以上,流域从雅鲁藏布江下游河谷到源头杰马央宗冰川,由湿润地区、半干旱半湿润地区、干旱地区等组成。流域水文与气象站点主要位于流域的中、下游(如图 1,黑色圆点为流域站点)。流域站点跨湿润与半干旱半湿润两个区。流域降水量空间分布极不均匀,湿润地区的年降水量最大可达 4 000 mm 以上,而干旱地区最小仅十几 mm。流域气温空间分布同样不均匀,并随地势的变化而有规律地改变。从全年来看,流域气温从源头的 - 20 左右,到流域出境处的 40 左右的范围变化。降水与气温等主要气候因子的较大差异形成流域内的生态与环境状况变化较大。其中流域 NDVI 变化作为植被覆盖的一个指数能反映流域生态与环境变化趋势,对流域主要气候因子有一定的响应。到目前为止,还没有文献对雅鲁藏布江流域 NDVI 与主要气候因子的关系进行研究,从而探讨流域 NDVI 与主要气候因子的关系具有重要的意义。

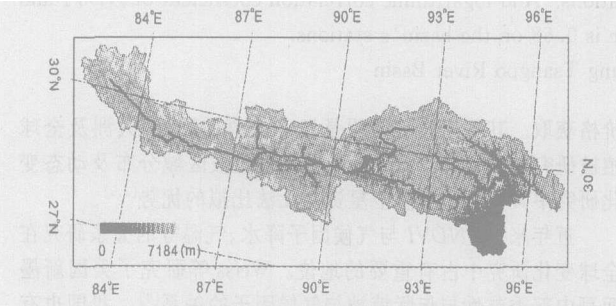


图 1 雅鲁藏布江流域及站点地理位置

3 数据源与数据处理方法

3.1 数据源

本文使用的 NOAA/ AVHRR 数据来自美国地球资源观测系统(Earth Resources Observation System, EROS)数据中心,为从 2001 年 1 月 1 日到 2003 年 12 月 31 日的白天数据。NOAA/ AVHRR 数据的空间分辨率为 1.1 km × 1.1 km。NOAA 数据的特征见表 1。2001 ~ 2003 年各月流域站点平均气温数据由西藏水文水资源勘测局水文信息中心提供。

表 1 AVHRR 的波段特征

波段	光谱范围/μm	星下点分辨率/km	典型应用
B1	0.58 ~ 0.68	1.1	白天云层、冰、雪和植被
B2	0.725 ~ 1.10	1.1	白天云层、植被、水和水汽
B3	3.55 ~ 3.93	1.1	白天云层、冰、雪、植被和火检测
B4	10.30 ~ 11.30	1.1	白天云层、植被和水
B5	11.50 ~ 12.50	1.1	白天云层、冰、雪、植被和海面温度

3.2 数据处理方法

对 AVHRR 数据进行了辐射定标、几何纠正、数据镶嵌以及 ALBERS 等面积投影变化。NDVI 的定义则根据 AVHRR 的第一通道(可见光)和第二通道(近红外)反射率得到:

$$NDVI = (CH_2 - CH_1) / (CH_2 + CH_1) \quad (1)$$

式中:CH₁ 和 CH₂ 分别是可见光(0.58 ~ 0.68 μm)和近红外(0.725 ~ 1.10 μm)反射率。

在遥感软件 ENVI 和 GIS 软件 ArcGIS 的支持下,用界定好的雅鲁藏布江流域边界截取流域 NOAA/ AVHRR 数据第一与第二波段计算得出的 NDVI 数据影像。

将 2001 ~ 2003 年流域每天 NDVI 数据用最大值合成法(Maximum Value Composite, MVC)合成月 NDVI 数据影像。再用 ENVI 对流域每月 NDVI 影像统计计算,得出流域月 NDVI 值。出于对流域 NDVI 与水文与气象站点降水量数据关系的考虑,根据站点经纬度提取流域 NDVI 数据影像上的值,再对站点 NDVI 与降水量的关系进行分析。同样地,根据站点经纬度提取流域 NDVI 数据影像上的值,再对站点 NDVI 与气温的关系进行分析。

4 流域 NDVI 的时空变化

4.1 流域 NDVI 空间变化

选用 2001 ~ 2003 年共 36 个月中一景月合成 NDVI 图进行分析。考虑到 NDVI 值一般在 7、8 月份最大,而且在流域范围内空间上对比比较明显,因此,选取时间为 2003 年 8 月份的流域 NDVI 图来说明流域植被的空间分布状况。流域 NDVI 空间分布如图 2。从图 2 可以看出,流域 NDVI 高值区主要位于中游与下游的部分地区。而流域的中上游与源头 NDVI 值相对较小。从 NDVI 空间分布来看,NDVI 高值与流域的主要支流存在一定的关系,在流域的主要支流经过区域 NDVI 值相对较高。相应地,离流域干流与主要支流远的区域 NDVI 值稍低。

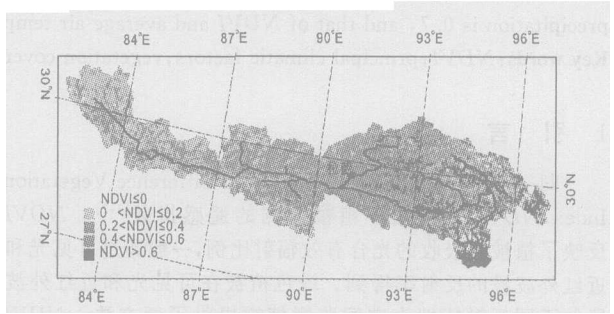


图 2 雅鲁藏布江流域 NDVI 空间分布(2003 年 8 月)

4.2 流域 NDVI 时间动态变化

为说明流域 NDVI 在时间上的动态变化,把 2001 ~ 2003 年流域每天 NDVI 合成为 3 年各月 NDVI 图像,并在流域范围内求其平均值。最后得出流域三年之间月 NDVI 随时间变化图(如图 3)。不难看出,流域 NDVI 具有很强的季节性,每年 5 月份之前 NDVI 值变化不大,5 ~ 6 月份,NDVI 值迅速增大,6 ~ 8 月份 NDVI 值处于较高而且相对稳定的状态,此后 NDVI 值缓慢降低,直至第二年 2、3 月份的最低值。年际变化而言,2001 ~ 2003 年,流域 NDVI 总体上呈缓慢上升的趋势。

5 流域站点 NDVI 与主要气候因子的关系

5.1 流域站点 NDVI 与降水量的关系

根据流域 24 个气象与水文站点经纬度对流域 NDVI 影像的值提取并平均后,分析流域站点 NDVI 与平均降水量的

关系(如图 5)。相对于整个流域而言,流域的站点位置较为集中,主要位于流域的中游、下游以及主要支流上,但站点仍然跨了湿润与半干旱半湿润两个地区。2001~2003 年,流域站点月平均降水量大于流域月平均降水量,同样地,流域站点平均 NDVI 值略大于流域平均 NDVI 值。从图 5 可以看出,

站点 NDVI 与月降水量具有较强的相关性与时空上的一致性。对其相关分析结果表明,三年内流域站点 NDVI 与降水量线性相关系数为 0.77,对数相关系数为 0.7。其相关系数略低于流域 NDVI 与降水量的相关系数,原因可能是流域大部分站点位于较湿润的地区,其降水量的影响相对减弱。

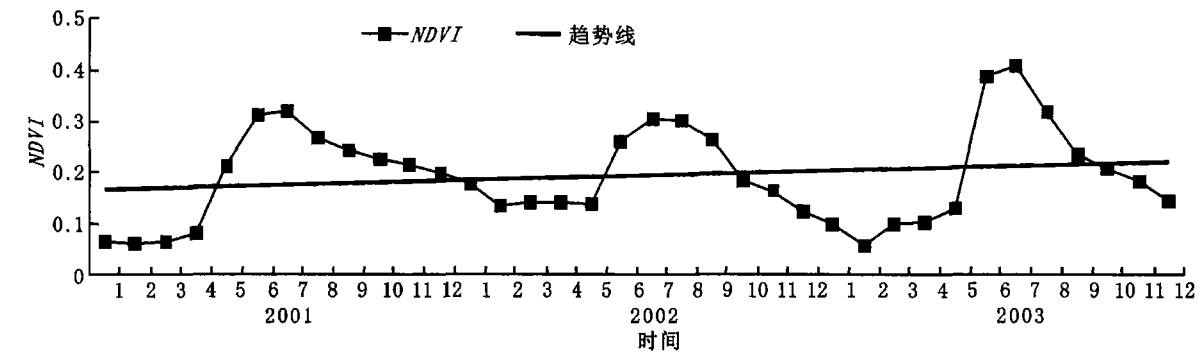


图 3 流域 NDVI 时间动态

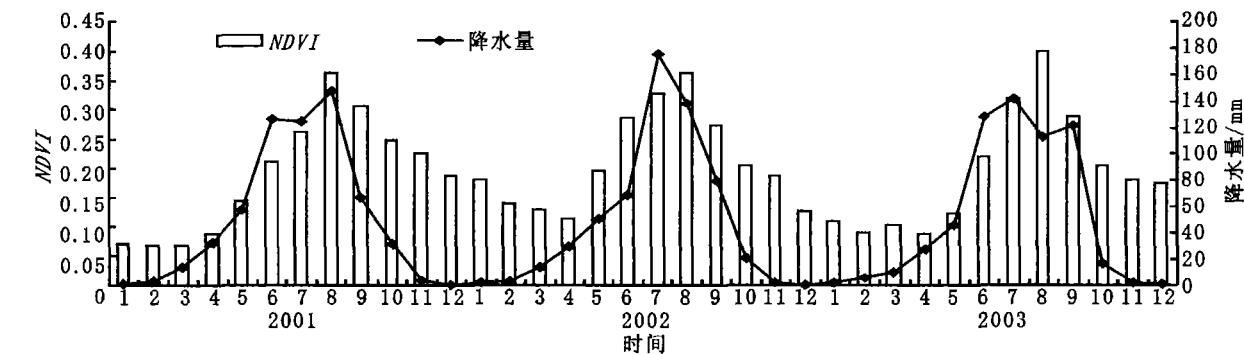


图 4 流域站点 NDVI 与降水量的关系

5.2 流域站点 NDVI 与平均气温的关系

根据流域 24 个气象与水文站点经纬度对流域 NDVI 影像值提取并平均后,分析流域站点 NDVI 与平均气温的关系(如图 5)。相对于整个流域而言,流域的站点位置较为集中,主要位于流域的中游、下游以及主要支流上,但站点仍然跨了湿润与半干旱半湿润两个地区。2001~2003 年,流域站点月平均气温大于流域月平均气温,同样地,流域站点平均 NDVI 值略大于

流域平均 NDVI 值。从图 5 可以看出,站点 NDVI 与月平均气温具有较强的相关性与时空上的一致性。对其相关分析结果表明,三年内流域站点 NDVI 与平均气温线性相关系数为 0.72,对数相关系数为 0.68。其相关系数略低于流域 NDVI 与平均气温的相关系数,原因可能是流域大部分站点位于湿润与半干旱半湿润地区,站点距离相对集中,相对于流域范围而言,流域站点平均温度对 NDVI 的影响相对减弱。

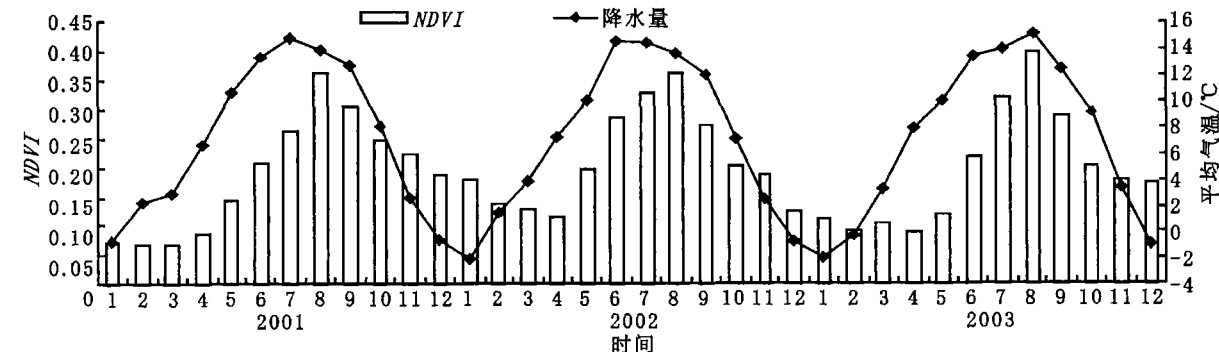


图 5 流域站点 NDVI 与平均气温的关系

6 结 论

NDVI 是反映流域主要植被覆盖的一个重要指数,其变化是流域植被覆盖状况变化一个表现。对于流域植被的气候影响因子而言,降水与气温是主要的因子,对流域 NDVI 的空间分布及其与流域降水、平均气温的关系进行了分析,得出如下结论:

- (1) 空间上,流域 NDVI 高值区主要位于流域的下游与中游,流域的上游与源头 NDVI 值偏低,从流域上游到下游流域 NDVI 值逐步增加。在流域干流、主要支流及邻近区域 NDVI 值相对较高。
- (2) 时间上,流域 NDVI 在每年 2~4 月份变化不大,5 月份后 NDVI 值增加较快,6~8 月份达到峰值,此后逐月递减,直至第二年 2 月份。年际上来看,2001~2003 年流域年

平均 *NDVI* 呈增加的趋势,但量的变化不大。

(3) 流域降水、平均气温是影响 *NDVI* 变化的主要气候因子。流域 *NDVI* 的变化与降水、平均气温的变化在时间上基本上一致,都具有很强的季节性。流域降水量的变化与流域

NDVI 的变化在时间上基本上同步。流域平均气温的增加比流域 *NDVI* 增大的时间早 3 个月。*NDVI* 与降水量的其流域平均线性相关系数达 0.77,对数相关系数为 0.7;流域站点 *NDVI* 与平均气温线性相关系数为 0.72,对数相关系数约为 0.68。

参考文献:

- [1] Justice C O, Hoben B N, Gwynne M D. Monitoring East African vegetation using AVHRR data[J]. International Journal of Remote Sensing, 1986, 7: 1453 - 1474.
- [2] Turker C J, Townshend J R G, Goff T E. African land - cover classification using satellite data[J]. Science, 1985a, 227: 369 - 375.
- [3] Tucker J. Red and photographic infrared linear combinations for monitoring vegetation[J]. Remote Sensing of the Environment, 1979, 8: 127 - 150.
- [4] Defries R S, Townshend J R G. NDVI - derived land cover classification at a global scale[J]. International Journal of Remote Sensing, 1994, 15(17): 3567 - 3586.
- [5] 李晓兵,王瑛,李克让. NDVI 对降水季节性和年际变化的敏感性[J]. 地理学报, 2000, 55(增刊): 82 - 89.
- [6] Weiss, J L, Gutzler, D S, Allred Coonrod, J E. et al. Seasonal and inter-annual relationships between vegetation and climate in central New Mexico, USA[J]. Journal of Arid Environments, 2004, 57: 507 - 534.
- [7] 龚道溢,史培军,何学兆. 北半球春季植被 *NDVI* 对温度变化响应的区域差异[J]. 地理学报, 2002, 57(5): 505 - 514.
- [8] 陈云浩,李晓兵,史培军. 1983 ~ 1992 年中国陆地 *NDVI* 变化的气候因子驱动分析[J]. 植物生态学报, 2001, 25(6): 716 - 720.
- [9] 李本纲,陶澍. AVHRR - *NDVI* 与气候因子的相关分析[J]. 生态学报, 2000, 20(5): 898 - 902.
- [10] 谢力,温刚,符淙斌. 中国植被覆盖季节变化和空间分布对气候的响应[J]. 气象学报, 2002, 60(2): 181 - 188.
- [11] 毕晓丽,王辉,葛剑平. 植被归一化指数 (*NDVI*) 及气候因子相关起伏型时间序列变化分析[J]. 应用生态学报, 2005, 16(2): 284 - 288.
- [12] 李震,阎福礼,范湘涛. 中国西北地区 *NDVI* 变化及其与温度和降水的关系[J]. 遥感学报, 2005, 9(3): 308 - 313.
- [13] 唐海萍,陈玉福. 中国东北样带 *NDVI* 的季节变化及其与气候因子的关系[J]. 第四纪研究, 2003, 23(3): 318 - 325.
- [14] 杨胜天,刘昌明,孙睿. 近 20 年来黄河流域植被覆盖变化分析[J]. 地理学报, 2003, 57(1): 679 - 692.
- [15] 孙睿,刘昌明,朱启疆. 黄河流域植被覆盖度动态变化与降水的关系[J]. 地理学报, 2001, 56(6): 667 - 672.
- [16] 李春晖,杨志峰. 黄河流域 *NDVI* 时空变化及其与降水/径流关系[J]. 地理研究, 2004, 23(6): 753 - 759.
- [17] 杨建平,丁永建,陈仁升. 长江黄河源区高寒植被变化的 *NDVI* 记录[J]. 地理学报, 2005, 60(3): 467 - 478.
- [18] 除多. 基于 NOAA AVHRR *NDVI* 的西藏拉萨地区植被季节变化[J]. 高原气象, 2003, 22(增刊): 145 - 151.

(上接第 228 页)

西安市、渭南市,甚至影响到山西省太原市、临汾市、运城市以及河南省的郑州市、洛阳市等。据分析,西安市的扬沙和浮尘天气多来自陕北的沙尘暴。

4.2.2 加强了黄土区的土壤侵蚀

研究区风蚀沙化,改变了其本身的气候及下垫面状况,有利于南下风势的增强,使黄土地区遭受较强的风力侵蚀作用。进而造成土壤质地变轻,黏粒成分减少,抗冲性降低,水力侵蚀增强,致使土地贫瘠化。从而影响到土地生产力及其利用效益,陷入“愈垦愈穷”的怪圈。

参考文献:

- [1] 刘彦随, Jay Gao. 陕北长城沿线地区土地退化态势分析[J]. 地理学报, 2002, 57(4): 443 - 450.
- [2] 王涛,吴薇. 我国北方的土地利用与沙漠化[J]. 自然资源学报, 1999, 14(3): 355 - 358.
- [3] 朱士光. 黄土高原地区环境变迁及其治理[M]. 郑州:黄河水利出版社, 1999.
- [4] 陕西省农牧厅. 陕西农业自然环境变迁史[M]. 西安:陕西科学技术出版社, 1986.
- [5] 侯仁之. 从红柳河上的古城废墟看毛乌素沙漠的变迁[J]. 文物, 1973, (1): 35 - 41.
- [6] 郭绍礼,杨根生,史培军. 晋陕蒙接壤地区环境整治与农业发展研究(环境整治对策研究)[M]. 北京:中国科学技术出版社, 1995.
- [7] 谭其骧. 何以黄河在东汉以后会出现一个长期安流的局面 - 从历史上论证黄中游的土地合理利用是消弭下游水害的决定性因素[J]. 学术月刊, 1962, (2): 23 - 35.
- [8] 王崇义,董靖保. 统万城的性肺与毛乌素沙地变迁[J]. 地理研究, 2001, 20(3): 347 - 353.
- [9] 榆林地方志办复制本. 榆林府志[M]. 清道光年纂修, 1987(刊印).
- [10] 榆林地方志办复制本. 横山县志[M]. 民国纂修, 1987(刊印).
- [11] 陕西地方志编委会. 陕西省志. 黄土高原志[M]. 西安:陕西人民出版社, 1995.

4.3 风蚀沙化对河流泥沙的影响

长城沿线地带是黄河中游重要的多沙粗沙区,流沙与黄土产沙相结合,可形成浓度较高的粗颗粒泥沙,并以极强的输沙率进入黄河及其支流。其产沙量既大于单纯细沙来源区(如黄土区),也大于单纯粗沙来源区(如风沙区)。研究显示,受毛乌素沙地影响的孤山川、窟野河、秃尾河、佳芦河、无定河等河流对黄河粗泥沙的贡献最大,诸河流的控制面积(测站控制面积)占黄河龙门站控制面积的 9.23%,粒径大于 0.05 mm 的粗泥沙却占 64.05%^[11]。