

渭河流域侵蚀产沙强度的区域分异特征

焦菊英^{1,2}, 马祥华^{1,2}, 王 飞^{1,2}, 焦 峰^{1,2}, 王万忠^{1,2}

(1. 中国科学院水利部水土保持研究所; 2. 西北农林科技大学水土保持研究所, 陕西 杨陵 712100)

摘 要: 根据渭河流域水文站的泥沙观测资料, 采用“水文—地貌法”, 将渭河流域划分为 132 个侵蚀产沙单元, 计算分析了渭河流域侵蚀产沙强度的区域分异特征。渭河流域的多年平均侵蚀产沙强度为 4 459. 2 t/(km² · a), 产沙量为 5. 2 亿 t/a; 5 000 t/(km² · a) 的强度侵蚀面积平均为 5. 2 亿 km², 占全流域总面积的 44. 3%; 主要侵蚀产沙区位于渭河南河川及天水以上的黄土丘陵沟壑区、泾河庆阳以上的大部分地区和杨家坪以上的部分地区、以及北洛河刘家河以上的干旱黄土丘陵沟壑区, 侵蚀产沙强度在 6 000 ~ 10 000 t/(km² · a) 之间, 其面积占流域的 39. 1%。由于渭河流域上中游水土流失严重, 导致下游河床泥沙淤积日趋严重, 洪水灾害的潜在危险性很大, 直接威胁着渭河下游以至黄河下游的安澜。因此, 渭河流域的水土保持工作非常重要, 特别是中上游地区的主要侵蚀产沙区和产沙中心。应加强渭河流域水土保持措施的区域适宜性与匹配关系的研究, 开展水土流失动态实时监测, 为科学配置治理措施, 加快水土流失治理步伐提供理论依据。

关键词: 渭河流域; 土壤侵蚀; 水土保持; 区域分异

中图分类号: S 157 文献标识码: A 文章编号: 1005-3409(2004) 04-0060-04

Regional Variation Features of Sediment Yield
Intensity in the Wei River Basin

JIAO Ju-ying^{1,2}, MA Xiang-hua^{1,2}, WANG Fei^{1,2}, JIAO Feng^{1,2}, WANG Wan-zhong^{1,2}

(1. Institute of Soil and Water Conservation, Chinese Academy of Sciences and Ministry of Water Resources; 2. Institute of Soil and Water Conservation, Northwest Sci-tech University of Agriculture and Forestry, Yangling 712100, Shaanxi, China)

Abstract: Based on the distribution of the hydrological station and the different soil erosion type area, 132 soil erosion units was divided in the Wei River basin. According to the observation data of sediment, the spatial variation features of sediment yield intensity in the Wei River basin were analyzed. The annual average sediment yield intensity was 4 459. 2 t/(km² · a), sediment yield was 5. 2 × 10⁸ t/a, the violence erosive area with erosion modulus 5 000 t/(km² · a) was 5. 2 × 10⁴ km², the area of it made up 44. 3% of the total area of the Wei River basin. The main sediment area were distributed in the loess hilly and gully region above Nanhechuan and Tianshui in Wei River, the area above Qingyang and Yangjiaping in the Jing River, and arid loess hilly and gully region above Liujiache in the Beiluo River, the sediment yield intensity were 6 000 ~ 10 000 t/(km² · a), and the area of the main sediment area made up 39. 1% of the total area of the Wei River basin. Because of the severe soil loss in the upper reaches in the Wei River basin, the silt in river bed in the lower reaches was serious gradually, and lead to potential risk of flood hazards, threaten to the safe of the lower reaches of the Wei River and the Huanghe River. So the soil and water conservation in the Wei River is very important, especially in the main sediment area in the upper reaches. The study of regional fitness of soil and water conservation measures and their collocation should be stressed, the dynamic and real-time observation of soil and water loss should be implemented.

Key words: Wei River Basin; soil erosion; soil and water conservation; regional variation

收稿日期: 2004-07-10

基金项目: 国家自然科学基金重点项目(40335050); 中国科学院知识创新重要方向项目(KZCX3- SW- 422); 中国科学院水利部水土保持研究所学科前沿科研专项经费资助项目

作者简介: 焦菊英(1965-), 女, 陕西宝鸡人, 博士, 研究员, 主要从事水土保持的环境效应研究。

渭河是黄河的最大支流, 流经甘肃、宁夏、陕西 3 省(区) 86 个县(市、区), 在西部大开发中具有重要的战略地位和作用。由于渭河流域中上游严重的水土流失, 渭河下游的泥沙淤积日趋严重。截止 2003 年汛前, 渭河下游累积淤积泥沙 13. 21 亿 m³[1]。大量的泥沙淤积造成渭河下游河床大幅度抬升, 主河槽缩窄, 行洪断面变小, 同流量水位抬升, 滞洪时间延长, 对堤防压力增加, 甚至出现渭河支流倒灌, 导致“悬河”的形成, 使“小洪水、高水位”成为了必然[2~4]。2003 年 8~10 月, 渭河流域发生了全流域性罕见的特大暴雨洪水灾害, 给当地人民的生命财产和工农业生产带来了巨大的损失。据统计, 渭河流域“03·8”暴雨洪灾造成的直接经济损失高达 28 亿元[1]。渭河流域“03·8”洪水水位之高、洪峰传播历时之长、灾害之严重、影响之广泛均为历史之最。但据干流各主要水文站的实测资料分析, “03·8”洪水仅相当于 2~7 年一遇的中常洪水, 表明渭河流域洪水灾害的潜在危险性很大[1]。“03·8”洪水的问题暴露在下游, 洪灾的根源是在中上游, 即中上游严重的水土流失所致。因此, 渭河中上游的水土保持工作就显得尤为重要。土壤侵蚀产沙强度是研究土壤侵蚀规律, 制定水土保持规划和评价防蚀措施效果的基础数据, 也是进行水土流失动态监测的依据[5]。因此, 分析渭河流域侵蚀产沙强度的区域分异特征, 对渭河流域水土保持规划、减沙效益评价及下游的防洪减灾具有非常重要的指导意义。

1 分析资料与方法

分析资料为渭河流域内各水文站自建站至 1989 年的泥沙观测资料。目前, 能够直接应用且比较可靠系统的实测资料是渭河流域的水文站泥沙观测资料。但由于流域内土壤侵蚀类型复杂, 区域差异较大, 在一个面积不大的流域内常常包含着几种侵蚀类型和多种侵蚀方式。而水文站测得的输沙量只能说明流域的平均侵蚀产沙状况, 不能反映出不同侵蚀类型区的侵蚀强度差异。据此, 采用水文站实测值与侵蚀形态类型相结合的方法(“水文—地貌法”), 划分若干不同的侵蚀产沙单元(指同一水文站控制区内相同侵蚀形态类型的连片区域), 计算各单元的侵蚀产沙强度和侵蚀产沙量。根据水文站的布设情况, 将渭河流域划分了 53 个水文站控制区, 结合土壤侵蚀类型图[6], 将渭河流域划分了 132 个侵蚀产沙单元[7], 来分析渭河流域侵蚀产沙强度的区域分异特征。

2 结果与分析

2.1 侵蚀产沙强度与产沙量

由表 1 可以看出, 渭河流域 1955~1989 年年均侵蚀产沙强度为 4 459. 2 t/(km²·a), 产沙量为 5. 2 亿 t。其中泾河张家山以上的侵蚀产沙强度很大, 为 5 996. 9 t/(km²·a), 产沙量为 2. 7 亿 t, 占全流域总产沙量的 52%; 北洛河状头以上和渭河咸阳以上的侵蚀产沙强度比较相近, 分别为 3 382. 2 t/(km²·a) 和 3 547. 8 t/(km²·a), 但由于北洛河

流域面积小, 产沙量为 0. 85 亿 t, 占全流域的 16. 3%, 渭河咸阳以上的侵蚀产沙量为 1. 7 亿 t, 占全流域的 31. 7%。从治理前后的对比来看, 渭河流域的侵蚀产沙强度由治理前(1955~1969 年) 的 5 365. 2 t/(km²·a) 减少到 3 778. 5 t/(km²·a), 减沙幅度为 29. 6%。其中泾河张家山以上由治理前(1955~1969 年) 的 7 056. 7 t/(km²·a) 减少到治理后(1970~1989 年) 的 5 199. 4 t/(km²·a), 减沙幅度为 26. 3%; 渭河咸阳以上由治理前(1955~1969 年) 的 4 363. 5 t/(km²·a) 减少到治理后(1970~1989 年) 2 935. 5 t/(km²·a), 减沙幅度为 32. 7%; 北洛河状头以上由治理前(1955~1969 年) 的 4 178. 7 t/(km²·a) 减少到治理后(1970~1989 年) 2 784. 8 t/(km²·a), 减沙幅度为 33. 4%。

表 1 渭河流域的侵蚀产沙强度

| 流 域 出口站 | | 侵蚀产沙强度 | | | | | | | | |
|---------|-----|---|--------|--------|--|---------|---------|-----------|-----|-----|
| | | 集水面 | | | 产沙量/(10 ⁴ t·a ⁻¹) | | | | | |
| | | /(t·km ⁻² ·a ⁻¹) | | | | | | | | |
| | | 未治理 | 治 理 | 平 均 | 未治理 | 治 理 | 平 均 | 未治理 | 治 理 | 平 均 |
| | | 1955~1969 | | | 1970~1989 | | | 1955~1969 | | |
| | | 1970~1989 | | | 1955~1989 | | | 1970~1989 | | |
| 渭 河 | 咸阳 | 46827 | 4363.5 | 2935.5 | 3547.8 | 20433.0 | 13746.1 | 16613.3 | | |
| 泾 河 | 张家山 | 45373 | 7056.7 | 5199.4 | 5996.9 | 32018.4 | 23591.2 | 27209.7 | | |
| 北洛河 | 状头 | 25154 | 4178.7 | 2784.8 | 3382.2 | 10511.1 | 7004.9 | 8507.6 | | |
| 合 计 | | 117354.0 | 5365.2 | 3778.5 | 4459.2 | 62962.5 | 44342.2 | 52330.6 | | |

表 2 渭河流域侵蚀强度 5 000 t/km² 的面积变化

| 流 域 | | 面 积 | | | | | | | | |
|-----|--------|------------------|---------|---------|-----------|-------|-------|-----------|------|--|
| | | 面 积 | | | 占全流域同类面积 | | | | | |
| | | /km ² | | | 的比例/% | | | | | |
| | | 未治理 | 治 理 | 平 均 | 未治理 | 治 理 | 平 均 | 变 化/% | 治理前后 | |
| | | 1955~1969 | | | 1970~1989 | | | 1955~1989 | | |
| 渭 河 | 46827 | 20871.3 | 16387 | 16387 | 37.3 | 36.1 | 31.5 | -21.5 | | |
| 泾 河 | 45373 | 28049 | 23385.2 | 29495.2 | 50.1 | 51.4 | 56.8 | -16.6 | | |
| 北洛河 | 25154 | 7069.3 | 5681.8 | 6070.4 | 12.6 | 12.5 | 11.7 | -19.6 | | |
| 合 计 | 117354 | 55989.6 | 45454 | 51952.6 | 100.0 | 100.0 | 100.0 | -18.8 | | |

* 治理前后变化: (治理-未治理)/未治理

表 2 列出了渭河流域侵蚀强度 5 000 t/(km²·a) 的强度侵蚀面积变化情况。从 1955~1989 年平均统计情况看, 全流域侵蚀强度 5 000 t/(km²·a) 的面积为 5. 2 万 km², 占全流域总面积的 44. 3%。其中泾河张家山以上侵蚀强度 5 000 t/(km²·a) 的面积占全流域的 56. 8%, 渭河咸阳以上占 31. 5%。从治理前后的变化情况看, 强度侵蚀的面积减少幅度不大, 全流域平均 18. 8%。可见, 渭河流域的水土保持工作任重而道远。

2.2 侵蚀强度的结构特征

渭河流域支流较多, 其中泾河、洛河是两条最大支流。流域内地貌复杂多样, 大致划分为黄土丘陵沟壑区、黄土高原沟壑区、高原残塬沟壑区、黄土丘陵林区、土石山区、黄土阶地区和冲积平原区等类型[8,9], 从而表现出渭河流域土壤侵蚀产沙的区域分异也很大。渭河流域四种侵蚀强度的面积结构情况(1955~1989 年) 见表 3。可以看出, 侵蚀类型多样, 侵蚀强度包含了多个量级。渭河流域侵蚀产沙强度为< 2 500 t/(km²

· a)、2 500~5 000 t/(km²· a)、5 000~10 000 t/(km²· a)、> 10 000 t/(km²· a)的面积分别为 4.91 万 km²、1.82 万 km²、3.74 万 km²和 1.26 万 km²,分别占流域总面积的 41.9%、15.5%、31.9%和 10.8%。北洛河状头以上的土壤侵蚀产沙强度以< 2 500 t/(km²· a)为主,面积占 67.0%,侵蚀产沙强度为> 5 000 t/(km²· a)的面积占 24.1%;泾河张家山以上面积为 45 373 km²,土壤侵蚀产沙强度为 5 000~

表 3 渭河流域不同侵蚀强度的面积

| 流 域 | 流域面积 /km ² | 不同侵蚀强度的面积/km ² | | | | 占该流域总面积的比例/% | | | |
|-----|--------------------------|---------------------------|-----------|------------|---------|--------------|-----------|------------|---------|
| | | < 2500 | 2500~5000 | 5000~10000 | > 10000 | < 2500 | 2500~5000 | 5000~10000 | > 10000 |
| 渭 河 | 46827 | 23429.5 | 8927.1 | 12974.0 | 1495.5 | 50.0 | 19.1 | 27.7 | 3.2 |
| 泾 河 | 45373 | 8867.8 | 7010.0 | 21587.4 | 7907.8 | 19.5 | 15.4 | 47.6 | 17.4 |
| 北洛河 | 25154 | 16851.1 | 2232.5 | 2853.8 | 3216.6 | 67.0 | 8.9 | 11.3 | 12.8 |
| 合 计 | 117354 | 49148.4 | 18169.6 | 37415.2 | 12619.9 | 41.9 | 15.5 | 31.9 | 10.8 |

2.3 主要侵蚀产沙区与产沙中心

表 4和表 5列出了渭河流域的主要侵蚀产沙区和产沙中心,图 1和图 2分别为渭河流域主要侵蚀产沙区和产沙中心的空间分布。可以看出:

渭河咸阳以上主要侵蚀产沙区位于上游南河川及天水以上的黄土丘陵沟壑区,面积 22 613.2 km²。产沙中心有 4 个,第 1 个位于南河川以上的干旱黄土丘陵沟壑区,面积 10 248.0 km²,占总面积的 21.9%,侵蚀强度 8 696.4 t/(km²· a),为平均侵蚀强度的 2.5 倍,占总产沙量的 53.6%;第 2 个位于社棠天水以南的黄土山麓丘陵沟壑区,面积 793.3 km²,占总面积的 1.7%,侵蚀强度 8 557.4 t/(km²· a),为平均侵蚀强度的 2.4 倍,占流域总产沙量的 4.1%;第 3 个位于林家村附近的黄土梁状丘陵沟壑区,面积 784.3 km²,占总面积的 1.7%,侵蚀强度 8 373.2 t/(km²· a),为平均侵蚀强度的 2.4 倍,占流域总产沙量的 4.0%;第 4 个是首阳以上的干旱黄土丘陵沟壑区,面积 833.0 km²,占流域总面积的 1.8%,侵蚀强度 7 913.3 t/(km²· a),为平均侵蚀强度的 2.2 倍,占总产沙量的 4.0%。

泾河张家山以上的主要产沙区有 2 个,一个位于庆阳以上的大部分地区,面积 10 168.6 km²;另一个位于杨家坪以上的部分地区,面积 6 023.3 km²。产沙中心有 3 个,第 1 个是洪德以上的干旱黄土丘陵沟壑区,面积 2 784.0 km²,占总面积的 6.1%,侵蚀强度 11 668.6 t/(km²· a),为平均侵蚀强度的 2.0 倍,占总产沙量的 11.9%;第 2 个位于庆阳临近的黄土高塬沟壑区,面积 1 072.7 km²,占总面积的 2.4%,侵蚀强度 11 537.4 t/(km²· a),为平均侵蚀强度的 1.9 倍,占总产沙量的 4.5%;第 3 个位于杨家坪以上的大部分丘陵沟壑和高塬沟壑区,面积 4 116.5km²,占总面积的 9.1%,侵蚀强度 11 819.7 t/(km²· a),为平均侵蚀强度的 2.0 倍,占总产沙量的 17.9%。

北洛河状头以上的主要产沙区位于刘家河以上的干旱黄土丘陵沟壑区,面积 7 069.3 km²。产沙中心位于吴旗、志

丹以上的干旱黄土丘陵沟壑区,面积 3 216.6 km²,占总面积的 12.8%,侵蚀强度 15 797.2 t/(km²· a),为平均侵蚀强度的 4.7 倍,占总产沙量的 59.7%。

表 4 渭河流域的主要产沙区

| 流域 | 主要产沙区范围 | 侵蚀产沙特征 | | | 占流域的比例 | | |
|-----|-----------------|------------------|--|--------------------|--------|------|------|
| | | 面积 | 侵蚀强度 | 产沙量 | 面积 | 侵蚀强度 | 产沙量 |
| | | /km ² | (t·km ⁻² ·a ⁻¹) | ×10 ⁴ t | /% | 强度 | /% |
| 渭河 | 南河川及天水以上的丘陵沟壑区 | 22613.2 | 6384.1 | 14436.6 | 48.3 | 1.8 | 86.9 |
| 泾河 | 庆阳以上的大部分地区 | 10168.6 | 8203.8 | 8342.1 | 22.4 | 1.4 | 30.7 |
| | 杨家坪以上的部分地区 | 6023.3 | 9251.0 | 5572.2 | 13.3 | 1.5 | 20.5 |
| 北洛河 | 刘家河以上的干旱黄土丘陵沟壑区 | 7069.3 | 10711.7 | 7572.4 | 28.1 | 3.2 | 89.0 |

表 5 各支流的产沙中心

| 流域 | 序号 | 产沙中心 | | | 占流域的比例 | | |
|-----|----|------------------|--|--------------------|--------|------|------|
| | | 面积 | 侵蚀强度 | 产沙量 | 面积 | 侵蚀强度 | 产沙量 |
| | | /km ² | (t·km ⁻² ·a ⁻¹) | /10 ⁴ t | /% | 强度 | /% |
| 渭 河 | 1 | 10248.0 | 8696.4 | 8912.0 | 21.9 | 2.5 | 53.6 |
| | 2 | 793.3 | 8557.4 | 678.9 | 1.7 | 2.4 | 4.1 |
| | 3 | 784.3 | 8373.2 | 656.7 | 1.7 | 2.4 | 4.0 |
| | 4 | 833.0 | 7913.3 | 659.2 | 1.8 | 2.2 | 4.0 |
| 泾 河 | 5 | 2784.0 | 11668.6 | 3248.5 | 6.1 | 2.0 | 11.9 |
| | 6 | 1072.7 | 11537.4 | 1237.6 | 2.4 | 1.9 | 4.5 |
| | 7 | 4116.5 | 11819.7 | 4865.6 | 9.1 | 2.0 | 17.9 |
| 北洛河 | 8 | 3216.6 | 15797.2 | 5081.3 | 12.8 | 4.7 | 59.7 |

3 结论与讨论

渭河流域的多年平均侵蚀产沙强度为 4 459.2 t/(km²· a),产沙量为 5.2 亿 t/a;侵蚀产沙强度 5 000 t/(km²· a)的强度侵蚀面积为 5.2 万 km²,占全流域总面积的 44.3%;主要侵蚀产沙区位于渭河南河川及天水以上的黄土丘陵沟壑区、泾河庆阳以上的大部分地区和杨家坪以上的部分地区、以及北洛河刘家河以上的干旱黄土丘陵沟壑区,侵蚀产沙强度为 6 000~10 000 t/(km²· a),占流域面积的 39.1%。

由于渭河流域上中游水土流失严重,导致下游河床泥沙淤积日趋严重。1992~1997 年 6 年淤积总量达 2.92 亿 m³,

是三门峡水库控制运用前 18 年(1974~1991 年)淤积量的 26 倍;1992 年之前 18 年发生冲刷的渭淤 10—渭淤 26 断面 1992 年之后淤积 1.13 亿 m^3 ,占同期淤积总量的 39.3%,淤积带来渭河下游滩面抬升 0.5~1.0 m,洪水位大幅度抬高;河槽最深点上升,槽面宽度缩窄,过洪面积减小,平滩流量由

1986 年的 4 000 m^3/s 骤减到最小 800 m^3/s ;S 型河弯增多,位置不断变化,“河湖”现象普遍,两岸排水负担加重;南山支流河道淤塞、倒灌加剧,接连发生洪水漫溢、决堤灾害,防洪形势严峻^[10~14]。渭河洪水问题出在下游,而祸根则是上中游严重的水土流失。

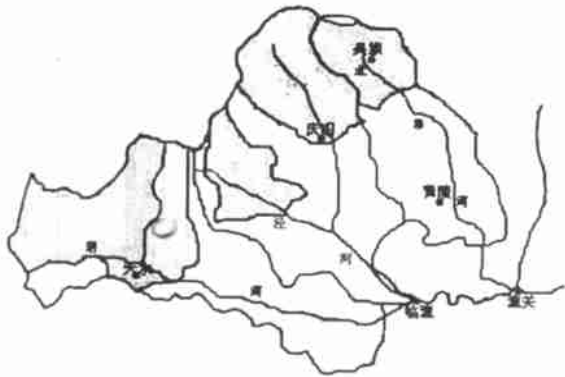


图 1 渭河流域的主要侵蚀产沙区

对于渭河流域的防洪问题,从长远来看,就是加强渭河流域的水土保持工作,特别是主要侵蚀产沙区和产沙中心。据水利部水保司“渭河流域水土保持专题调研组”的调查,目前渭河流域水土流失的治理工作,在大部分地区仍然是治理速度慢、治理工程标准低和治理措施不配套,水土流失治理工作仍然很滞后;在水土保持措施的布设上,过多地强调林、草、梯田等坡面治理措施,忽视了淤地坝等沟道治理措施,从而使目前的水土保持治理措施单调,形不成完整的水土保持综合防护体系,水土保持治理措施防止和抵御自然灾害的能力有限。原因是水土保持措施质量标准比较低,重治轻管;林草保存率低,幼林数量多,影响了水土保持措施的整体水平和质量^[15];淤地坝多建于 70~80 年代,设计标准低,



图 2 渭河流域的侵蚀产沙中心

质量较差,现有小型坝已基本淤满,大、中型坝库容淤损率已在 75% 以上,大多数库坝运行方式已由拦转排,且病险坝数量较多,其防止和抵御自然灾害的能力有限^[15]。因此,应加强渭河流域水土保持措施的区域适宜性与匹配关系的研究,开展水土流失动态实时监测,为科学配置治理措施,加快水土流失治理步伐提供理论依据。

作为黄河第一大支流的渭河,严重的水土流失不仅给当地群众的生产及生活带来了危害,也直接威胁着渭河下游以至黄河下游的安澜。渭河“03·8”洪灾再次警示,目前渭河流域在水土流失防治和流域综合治理方面存在着诸多薄弱环节,加强渭河流域水土保持综合治理工作已刻不容缓。

参考文献:

[1] 水利部水保司. 渭河流域“03·8”特大暴雨洪水及水土保持调研报告[R]. 2003.

[2] 杨丽丰,周丽艳,张东方,等. 渭河下游近年来冲淤演变特点分析[J]. 人民黄河, 2000, 22(7): 32- 33.

[3] 张根广,赵克玉,杨红梅,等. 渭河下游河床演变特征及其淤积上延分析[J]. 西北水资源与水工程, 2003, 14(3): 35- 38.

[4] 李杨俊,段勋年,刘福勤,等. 渭河下游河道萎缩特性分析和改善对策[J]. 人民黄河, 1998, 20(7): 9- 11.

[5] 中国科学院黄土高原综合科学考察队. 黄土高原地区土壤侵蚀区域特征及其治理途径[M]. 北京: 中国科学技术出版社, 1990. 77.

[6] 水利部黄河水利委员会. 黄河流域地图集[M]. 北京: 中国地图出版社, 1989. 248.

[7] 王万忠,焦菊英. 黄土高原水土保持减沙效益预测[M]. 郑州: 黄河水利出版社, 2002. 9- 52.

[8] 王宏,张智忠,董雨亭. 渭河泥沙输移特性初析[J]. 西北水资源与水工程, 1996, 7(1): 66- 71.

[9] 刘斌,冉大川,罗全华,等. 北洛河流域水土保持措施减水减沙作用分析[J]. 人民黄河, 2001, 23(2): 12- 14.

[10] 王敏捷,杨武学. 渭河下游近期泥沙淤积带来的防洪问题[J]. 人民黄河, 1999, 21(10): 4- 5.

[11] 邢大伟,张玉芳. 排沙减淤治理渭河下游三门峡库区洪涝灾害[J]. 水利与建筑工程学报, 2003, 1(1): 1- 6.

[12] 雷文青,唐先海. 渭河下游泥沙淤积及其影响[J]. 水利水电技术, 2000, 31(9): 18- 20.

[13] 陈建国,胡春宏,戴清. 渭河下游近期河道萎缩特点及治理对策[J]. 泥沙研究, 2002, (6): 45- 52.

[14] 唐先海. 渭河下游近期淤积发展情况的分析研究[J]. 泥沙研究, 1999, (3): 69- 73.

[15] 马勇,王宏,赵俊侠,等. 渭河流域水土保持措施保存率及质量状况调查[J]. 人民黄河, 2002, 24(8): 21- 22.