

柳河流域径流、泥沙时变过程研究*

张志玲, 范昊明, 郭成久, 杨丽娜

(沈阳农业大学 水利学院, 沈阳 110161)

摘 要: 柳河是东北地区泥沙问题最为严重的河流之一, 具有河道泥沙淤积严重、大量沉积以及向辽河泥沙输出量高等特点。对柳河流域径流、泥沙要素从 20 世纪中叶到 21 世纪初的年内分配及年际变化进行时变过程分析, 并研究径流量与泥沙输沙量的相关关系系数及关联度, 结果表明, 柳河流域径流量年内及年际分配都很不均匀, 且有随时间的发展更不均匀的趋势。径流量与输沙量之间有着很密切的相关关系, 各站的关联度由 0.560~0.921 不等, 但总体上, 关联度较大。

关键词: 柳河流域; 径流量; 输沙量; 时空变化; 关联度

中图分类号: S157; P332.5 文献标识码: A 文章编号: 1005-3409(2008)01-0229-03

The Temporal and Spatial Variation of Runoff and Sediment Discharge in Liuhe River Basin

ZHANG Zhi ling, FAN Hao ming, GUO Cheng-jiu, YANG Li na

(College of Water Conservancy, Shenyang Agriculture University, Shenyang 110161, China)

Abstract: Liuhe River basin is one of the most serious rivers in the sediment problem of the northeast region, having the characteristics of river sediment to silt up severity, a great deal of deposition and outputting the quantity high toward the Liao River. This text analyzed runoff and sediment discharge of temporal and spatial variation from the middle of 20 centuries to 21 centuries, and studied runoff and sediment discharge to close related connection coefficient and connection of amount of sand. As a result, the Liuhe River basin runoff temporal and spatial variation is asymmetry, and have with time of development, more the trend of asymmetry. Runoff with sediment discharge has a very close relation, the connection of each station from 0.560 to 0.921, but total up, the connection is bigger.

Key words: Liuhe River basin; runoff; sediment discharge; temporal and spatial variation; connection

1 流域资料

柳河流域地处辽河流域中南部, 位于东经 120°54′ - 122°53′, 北纬 41°51′ - 42°56′, 柳河是辽河右侧的一条多泥沙支流, 发源于内蒙古自治区哲里木盟的奈曼旗, 流经内蒙古的库伦旗、科左后旗及辽宁省的阜新、彰武、新民 6 个旗县, 在新民县城南王家窝铺村附近汇入辽河, 河流全长 297 km, 流域面积 6 759 km²。流域上游比较开阔, 平均宽度 30.20 km, 中下游狭长, 平均宽度 19.5 km, 形状系数 0.066。流域内最大的水利工程是闹德海水库, 建于 1942 年, 位于柳河上游彰武县闹德海村, 为一调洪滞沙水库。

柳河流域属北寒温带大陆性季风气候区, 冬季漫长寒冷, 夏季高温多雨, 春季干旱多风。多年平均气温 6~8℃; 平均蒸发量 2 000 mm; 平均降雨量 400~600 mm, 降雨集中于 6~9 月, 暴雨发生在同期, 大暴雨主要集中在 7~8 月, 雨量分布西部小于东部, 从上游至下游递增。径流变化与降雨基本为同期, 洪水由暴雨形成, 基本与暴雨同期。柳河地处科尔沁沙地边缘, 风沙大, 特别是冬春季节干旱少雨, 多大风天气, 风起沙涌, 大风挟沙落于河中或坡面, 夏秋多雨季节, 随水流而下^[1]。

2 径流、泥沙时空分配

2.1 资料与方法

实测资料: 径流、泥沙资料分析采用了石门子(1958~2000 年)、闹德海水库(1957~2000 年)、彰武(1967~2000 年)、新民(六)(1957~2000 年)、三家子(二)(1956~2000 年)和白庙子(三)(1957~2000)6 个系列较长的流域出口控制站资料。

径流、泥沙年内分配分析采用了不均匀系数 C_L 法^[2], 即用大于年平均流量的累积值(以 ΣQ 计)与超过年平均流量的天数乘年平均流量值(以 nQ_0 计)之差与一年的总径流、泥沙量的比值。 C_L 值越大, 说明径流、泥沙量年内越集中, 年内分配越不均匀。其公式为

$C_L = (\sum P_m - KP_0)/12P_0$ 或 $C_L = (\sum Q_m - KQ_0)/12P_0$
式中: C_L ——径流、泥沙年内不均匀系数; P_m , Q_m ——大于月均值的各月径流、泥沙量; P_0 , Q_0 ——月平均径流、泥沙量; K ——月径流、泥沙量大于月平均径流、泥沙量的个数。

2.2 时间分配

柳河流域径流量的年内分配很不均匀(图 2), 径流量 C_L

* 收稿日期: 2006 12 11
基金项目: 辽宁省教育厅高等学校科学研究项目(05L403); 国家自然科学基金项目(40601054)
作者简介: 张志玲(1983-), 女, 辽宁葫芦岛人, 硕士研究生, 从事土壤侵蚀模拟、流域侵蚀、产沙方面的研究。

多年变化不大,总体上为 0.30~ 0.65,其中最大值 0.62,发生在 1984 年,说明 1984 年内径流量分配最不均匀。最小值 0.32,发生在 1958 年,此年有 6 个月大于平均径流量,可见 1958 年的径流量分配相对均匀。总体上径流量 C_L 值随时间变化有增大的趋势,即从 1958—2000 年径流量趋于更不均匀,越来越集中,见图 2,柳河流域泥沙的年内分配均匀,泥沙量 C_L 多年变化不大,基本在 0.00~ 0.34 间波动,其中最大值仅 0.34,发生在 1966 年,说明 1966 年泥沙分配最不均匀。总体上泥沙量 C_L 值随着时间变化趋于稳定。

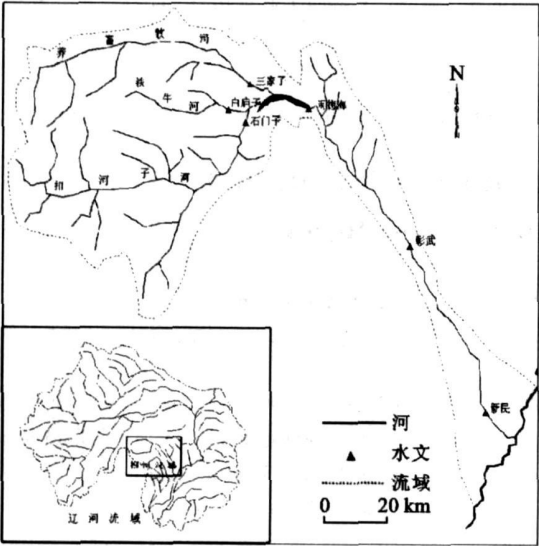


图 1 柳河流域及其水文站位置

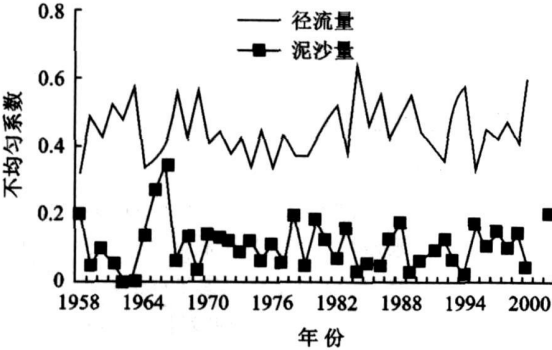


图 2 柳河径流、泥沙不均匀系数

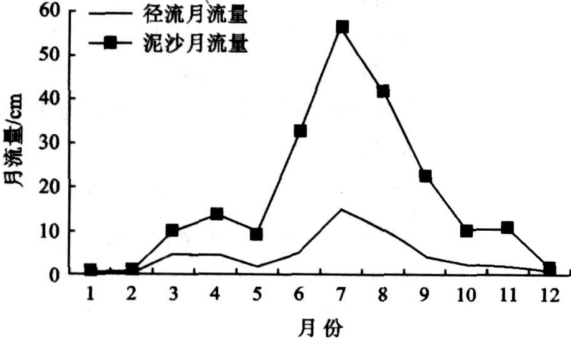


图 3 多年径流、泥沙月平均流量

根据(图 3)可知,多年平均径流量主要集中在 7、8 月,其中 7 月达到 14.21 cm,这与降雨量有密切联系。在柳河流域,降雨主要集中在 7、8 月;1 月、2 月和 12 月径流量最小,径流量不超过 1 cm,因为冬季降雪对于径流量影响小;在 3、4 月径流量有突然上升趋势,这主要与冬季融雪补给相

关。泥沙月平均流量曲线与径流月平均流量曲线基本相似,可见泥沙与径流间有着密切联系。

2.3 空间分配

根据柳河流域 6 个水文站的径流、泥沙资料,流域各水文观测站 1958—2000 年平均径流、泥沙基本情况如表 1 所示。由表 1 可见径流、泥沙量基本集中在汛期,各站汛期径流、泥沙量占全年径流、泥沙量均在 50% 以上,仅有三家子站径流量占全年径流量的 39.77%。闹德海站的汛期来水量占到全年来水量的 56.57%。由于闹德海水库、彰武、新民站处在柳河流域的干流,每年的径流量大于其他三站,径流量均在 10^8 m^3 以上。各站汛期输沙量更占到全年输沙量的 75% 以上。白庙子、石门子、闹德海水库的输沙量占年输沙量的 90% 以上,输沙量与汛期径流量紧密相关。

表 1 柳河各站多年平均径流量特征值(1958—2000 年)

测站	流域	多年平均	汛期(6— 9月)		径流	输沙
	面积/ km ²	径流量/ 10 ⁸ m ³	径流量/ 10 ⁸ m ³	输沙量/ 10 ⁴ t	占年量/ %	占年量/ %
三家子	825	0.76	0.30	140.57	39.77	78.54
白庙子	341	0.14	0.10	129.11	69.26	97.19
石门子	2405	1.00	0.67	306.04	67.41	92.54
闹德海 水库	4051	2.06	1.16	733.92	56.57	94.82
彰 武	6100	2.30	1.31	393.39	56.56	80.84
新 民	6759	2.34	1.39	296.82	59.46	76.49

3 流域径流量与输沙量的相关分析

3.1 方法

径流量与输沙量相关分析采用灰色相关度分析法^[3-4]。灰色关联度的计算步骤如下:

第一步:初值化处理(每行的所有数据均除以第一个数)。令

$$X'_i = \frac{X_i}{x_i(1)} = (x'_i(1), x'_i(2), \dots, x'_i(n)) \quad (i = 0, 1, 2, \dots, m)$$

第二步:求差序列。记

$$\Delta_i(k) = |x'_0(k) - x'_i(k)|, \Delta_i = (\Delta_i(1), \Delta_i(2), \dots, \Delta_i(n)) \quad (i = 0, 1, 2, \dots, m)$$

第三步:求两极最大差与两极最小差,记

$$M = \max_i \max_k |x_0(k) - x_i(k)|$$

$$m = \min_i \min_k |x_0(k) - x_i(k)|$$

第四步:求关联系数,记 $\gamma_{0i}(k) = \gamma[x_0(k), x_i(k)]$, 则

$$\gamma_{0i}(k) = \frac{m + \zeta M}{\Delta_i(k) + \zeta M}, \zeta \in (0, 1), k = 1, 2, \dots, n; i = 1, 2, \dots, m$$

第五步:计算关联度,记 $\gamma_{0i} = \gamma(X_0, X_i)$, 则

$$\gamma_{0i} = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n \gamma_{0i}(k), i = 1, 2, \dots, m$$

根据因素间动态的关联程度选取不同的分辨系数,一般以取小于 0.5 为多; ζ 称为分辨系数, $\zeta \in (0, 1)$ 。关联度的分辨率与分辨系数的取值大小有关。分辨系数越大,关联系数取值范围越小,分辨率越低;分辨系数越小,关联系数取值范围越大,分辨率就高。分析径流量与输沙量相关度,该论文分析采用 $\zeta = 0.5$ 。

3.2 关联度分析

根据对柳河流域各站年径流量、输沙量资料分析,柳河

流域径流量变化趋势基本与输沙量变化趋势一致,水沙量基本集中在汛期^[5-6]。各站的径流量与输沙量的灰色关联度总体上较大,说明它们的年际变化过程起伏相关性很密切。闹德海水库的径流量与输沙量的灰色关联度高达 0.921。为更好地探求年径流量与输沙量之间的相关关系,从表 2 可知:石门子站为 0.847,闹德海水库为 0.921,彰武为 0.837,新民为 0.880,三家子为 0.628,白庙子为 0.560。相关系数表明,三家子以上流域水沙相关性好,而三家子和白庙子站的水沙关系不理想。

表 2 灰色关联度						
测 站	石门子	闹德海 水库	彰武	新民	三家子	白庙子
灰色 关联度	0.847	0.921	0.837	0.880	0.628	0.560

4 结 论

经过对柳河流域自 20 世纪 50 年代初以来的径流、泥沙实测资料进行时变过程分析及径流、泥沙的相关性分析,可以判断出,流域径流、泥沙量时空变化很明显。径流量的年内分配变化大,不均匀系数变幅小,但不均匀系数随年代在波动中逐步变大,河流泥沙情况,随径流的变化而变化,尤其是受汛期的变化影响更大。径流量年内分配的变化情况,主要是最大两个月之后逐步趋向缓和,年径流量的年际变化更明显。柳河流域径流量变化时空分布与汛期降雨有很大关系,降雨是影响径流量的重要直接因素。各站径流量与输沙量关系较好,说明径流量是影响输沙量的主要因素之一。柳河地处科尔沁沙地边缘,风沙大,特别是冬春季干旱少雨,

多大风天气,风起沙涌,大风挟沙落于河中或坡面,夏秋多雨季节,随水流而下。柳河上游土壤侵蚀是柳河泥沙的主要来源,闹德海水库以上为水土流失严重地区,植被稀疏,特别是闹德海水库修建后下泄的泥沙淤积部位上移至彰武河段。研究柳河流域径流量与输沙量相关关系,对于今后在无泥沙资料地区进行水利工程规划、设计及运行将提供重要的科学依据,也为治理柳河流域的水土流失提供了保证。

参考文献:

[1] 范昊明,蔡强国,杨传强,等.柳河流域沙量平衡分析(1968-1983)[J].农业工程学报,2005,21(增刊):52-55.

[2] 冯光杨.水文年内不均匀系数的探讨[J].山地研究,1991,9(1):27-32.

[3] 刘德林,刘贤赵,张继平.大沽夹河流域径流年内分配特征的量化研究[J].水土保持研究,2006,13(6):106-109.

[4] 汪翔.资水流域泥沙特征分析[J].湖南水利水电,2000(6):23-25.

[5] 范昊明,蔡强国.柳河流域悬移质泥沙颗粒特征分析[J].辽宁工程技术大学学报,2005,24(6):1-4.

[6] Haoming Fan, Qiangguo Cai. A Suspended Sediment Budget for Liu River Drainage Basin (1968-2003) [C]. Sediment Budget 1, Proceedings of workshop held at Fozdo Iguacu, Brazil, 2005, IAHS Publ. 2005, 291: 243-249.

(上接第 228 页)

[6] Olsson L, Ardo J. Soil carbon sequestration in degraded semiarid agror ecosystems Perils and Potentials [J]. AMBIO, 2002, 31(6):471-477.

[7] 潘根兴,李恋卿,张旭辉,等.中国土壤有机碳库量与耕地土壤碳固定动态的若干问题[J].地球科学进展,2003,18(4):609-618.

[8] 潘根兴,赵其国,蔡祖聪.《京都议定书》生效后我国耕地土壤碳循环研究若干问题[J].中国基础科学,2005(2):12-18.

[9] 陈渭南,董光荣,董治宝.中国北方土壤风蚀问题研究的进展与趋势[J].地球科学进展,1994,9(5):6-12.

[10] 延昊,王绍强,王长耀,等.风蚀对北方脆弱生态系统碳循环的影响[J].第四纪研究,2004,24(6):672-677.

[11] 青海省贵南县志编纂委员会.贵南县志[M].三秦出版社,1996:51-58.

[12] 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[M].北京:科学出版社,1993:1-53.

[13] 胡云峰,王绍强,杨风亭.风蚀作用下的土壤碳库变化及在中国的初步估算[J].地理研究,2004,23(6):760-768.

[14] 许信旺,潘根兴,侯鹏程.不同土地利用对表层土壤有机碳密度的影响[J].水土保持学报,2005,19(6):193-200.

[15] 董治宝,陈渭南,董光荣,等.关于人为地表结构破坏与土壤风蚀关系的定量研究[J].科学通报,1995,40(1):54-57.

[16] 董光荣,李长治,金炯,等.关于土壤风蚀风洞试验的某些结果[J].科学通报,1987,32(4):297-301.