

考虑水沙参数的河流形态划分标准

李国栋 何潇

山西水务集团建设投资有限公司, 山西省太原市, 030006;

摘要: 河流的演变可能会导致严重的灾害, 带来经济和生命损失。本文基于阻力规律, 以黄河下游河段为研究对象, 提出了河型判别标准, 并应用与汾河。结果表明: 在河流分类表达式基础上通过散点分布情况, 得到了不同河型的分类标准, 并将标准应用与汾河, 分类标准可以满足实际应用需求; 目前, 汾河将长期保持弯曲状态, 该状态下有利于河型稳定。

关键词: 河流演变; 水沙参数; 河流形态; 河流稳定

DOI: 10. 69979/3060-8767. 24. 2. 029

引言

相关研究表明, 不同的水沙参数会导致河流形态产生差异^[1-2]。河流形态的变化可能对安全造成严重的威胁, 如游荡型河流稳定性较差, 河床高程较大, 在多雨季节极易导致河水冲出河槽进入滩地, 对周边建筑物和农田造成损害^[2-4]。目前, 关于河流形态与水沙参数的研究较多, 大多为特定区域的定量描述, 缺乏一定的理论基础, 适用性较差^[5]。河流形态与河流阻力之间有着密切关系, 通过阻力关系的分析, 可以对河流形态与水沙参数的关系得到确定^[6]。

本文以黄河下游不同河段为研究对象, 通过不同河段的阻力关系及对应的河流形态, 来对河流形态与水沙参数的关系进行研究, 以对河流治理提供理论支持。

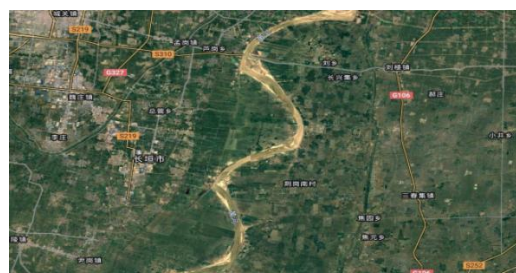
1 研究区概况及参数来源

黄河下游河道从河南省孟津县进入平原, 于山东省垦利县注入渤海, 长约 900km, 河道平面形态上宽下窄(最宽处达 24km, 最窄处 275m), 沿程比降上陡下缓, 排洪能力上大小(花园口 22000m³/s, 孙口 17500m³/s, 艾山 11000m³/s)。

根据谷歌地球卫星资料显示, 过渡段中高村~孙口的河道形态偏向于游荡段, 而孙口~艾山段的河到形态偏向于分汊状。本文将花园口~孙口段定义为游荡性河段(图 1a 和图 1b), 孙口~艾山定义为分汊性河段(图 1c), 艾山~冻口定义为弯曲性河段(图 1d), 冻口~利津定义为分汊性河段(图 1e)。为了作图和表述方便, 后文将游荡性河道用 B 进行表示, 分汊河道用 A 进行表示, 弯曲河道用 M 进行表示。



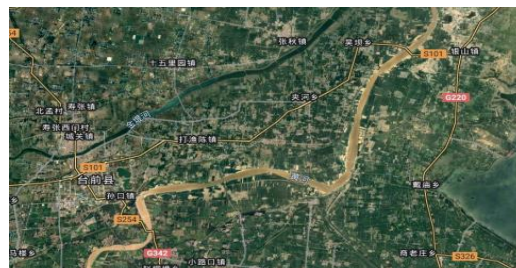
(a)



(b)



(c)



(d)



图 1 黄河下游河道形态

本文水沙数据及河道的断面形态来源于黄河网 (<http://www.yrcc.gov.cn/>) 历年的《泥沙公报》，本文所述的断面资料来源于文献[7]。

2 基本原理及分类

2.1 基本原理

本文将基于河流阻力规律 (Darcy-Weisbach 公式) 来分析不同水沙条件下的河道形态参数变化, 如式 (1) 所示。

$$\lambda = f\left(\text{Re}, \frac{\Delta}{R}, M\right) \quad (1)$$

式中: λ 为阻力系数; Re 为水流雷诺数; Δ 为绝对粗糙度; R 为水力半径。

阻力系数可以用式 (2) 进行表示:

$$h_f = \lambda \frac{l}{4R} \frac{v^2}{2g} \quad (2)$$

式中: 为水头损失; l 为河流长度; v 为平均流速; g 为重力加速度。

将式 (1) 代入式 (2), 则

$$J = \frac{1}{8} f\left(\text{Re}, \frac{\Delta}{R}, M\right) Fr^2 \quad (3)$$

河床形态参数 M 的函数则可以表示为

$$M = F\left(\frac{J}{Fr^2}, \text{Re}, \frac{\Delta}{R}\right) \quad (4)$$

明渠中 Re 可以忽略, 则河床形态参数可以表示为:

$$M = F\left(\frac{J}{Fr^2}, \frac{d_{50}}{h}\right) \quad (5)$$

在下文中为了作图及表述方便, 将式 (7) 第一项写为 Ψ_1 , 第二项写为 Ψ_2 。

2.2 河型分类

通过式 (5) 可以得到黄河下游的不同河段针对的不同河型的分类情况, 如图 2 所示。

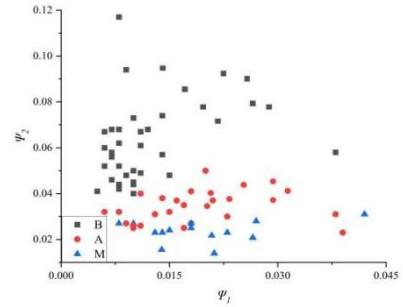


图 2 分类情况

对边界散点进行提取, 可以得到不同河型的划分标准,

x 为 Ψ_1 , y 为 Ψ_2 。当 $y > 0.038 + 0.025 \times e^{\left(-2 \times \left(\frac{x-0.023}{0.01}\right)^2\right)}$

时河流形态为游荡; 当

$0.025 + 0.012 \times e^{\left(-0.5 \times \left(\frac{x-0.026}{0.003}\right)^2\right)} < y \leq 0.038 + 0.025 \times e^{\left(-2 \times \left(\frac{x-0.023}{0.01}\right)^2\right)}$

时, 河流形态为分汊; 当

$0.025 + 0.012 \times e^{\left(-0.5 \times \left(\frac{x-0.026}{0.003}\right)^2\right)} \geq y$ 时, 河流形态为弯曲。

3 划分标准在汾河应用

对划分标准进行验证, 由于资料缺失, 本文只对 2000 年后的河道形态进行验证。资料为汾河二库和义棠站资料, 时间为 2013 年、2014 年和 2016 年。计算结果显示所有年份的河流形态均为弯曲型。图 3a~c 为汾河二库的谷歌影像资料, 图 3d~f 为义棠站河段的谷歌影像资料。



(a)



(b)



(c)



(d)



图 3 汾河影像资料

从图 3 可以看出，影像资料、断面资料与计算结果一致，研究时间段 2013 年、2014 年和 2016 年的河型变化情况不大。河道在短时间内不会发生形态变化，有利于河道的稳定。

4 结论

本文基于阻力规律，以黄河下游河段为研究对象，提出了河型判别标准，并应用与汾河，主要结论如下：

(1) 根据黄河下游数据及河道形态实际情况，提出了一个考虑阻力影响的河型分类表达式。

(2) 在河流分类表达式基础上通过散点分布情况，

得到了不同河型的分类标准，并将标准应用与汾河，分类标准可以满足实际应用需求。

(3) 目前，汾河将长期保持弯曲状态，该状态下有利于河型稳定。

参考文献

- [1] 王长金, 胡鹏. 网格尺寸及初始扰动对辫状河流演变模拟的影响[J]. 泥沙研究, 2022, 47 (04): 30-37. DOI: 10.16239/j.cnki.0468-155x.2022.04.005.
 - [2] 孟翠翠. 河流上的洪道演变与基岩侵蚀耦合模拟[J]. 水利规划与设计, 2022, (03): 45-49+79.
 - [3] 李子贻, 许有鹏, 何玉秀, 等. 城市化下平原河流水系变化及空间响应[J]. 生态学报, 2021, 41 (22): 8953-8964.
 - [4] 景唤, 钟德钰, 张红武, 等. 河流过程的累积现象和随机模型[J]. 地理学报, 2020, 75 (05): 1079-1094.
 - [5] 周家俞, 徐奎, 黄成林. 山区河流枢纽库尾河段航道整治模型试验研究[J]. 水运工程, 2018, (10): 143-147. DOI: 10.16233/j.cnki.issn1002-4972.20181010.011.
 - [6] 雷明, 赵涛, 周家文, 等. 基于 CFD 与 DEM 耦合方法的河床变形数值模拟 [J]. 泥沙研究, 2018, 43 (03): 75-80. DOI: 10.16239/j.cnki.0468-155x.2018.03.013.
 - [7] 徐国宾, 赵丽娜. 基于能耗率的黄河下游河型变化趋势分析[J]. 水利学报, 2013, 44 (05): 622-626.
- 作者简介: 李国栋, 1983.05, 汉族, 忻州市忻府区, 副高职称, 科技创新中心主任, 太原理工大学研究生, 研究方向: 水库河道清淤, 固废资源生态转化;