

堆积体作用下陡坡河道流速沿程及横向分布规律

郭志学, 彭清娥, 汤 雷, 刘家富, 苏杨中

(四川大学 水力学与山区河流开发保护国家重点实验室, 四川 成都 610065)

摘要: 滑坡、泥石流等灾害过程,常在河流岸边形成大型堆积体,缩窄了主河道过流宽度,对主河道水流运动产生影响。通过水槽试验,研究了堆积体作用下陡坡急流河道流速沿程及横向分布规律。试验结果表明:受堆积体影响,水流流态一般可分为上游低速区、主流区、下游回流区及堆积体下游段折冲水流与隐蔽区缓流相遇而形成的斜向水跃。堆积体的壅水作用对主流区流速沿程分布影响较大,随堆积体尺度的增加,对主流流速影响增大,影响范围加大。堆积体上游段,主流流速受堆积体影响减小;急流条件下,堆积体段的过流断面束窄,过流能力降低,主流流速较天然状态有所降低,出现急、缓流过渡,堆积体末端逐步恢复至天然状态。堆积体下游临近断面流速大小与天然状态基本一致,沿横断面的流速比天然状态略有增大,对岸流速则略有降低,随堆积体规模的增加,流速横向变化幅度增大。

关 键 词: 堆积体; 流速沿程分布; 流速横向分布; 堆积体规模

中图分类号: TV131.61; P642.23 **文献标志码:** A **文章编号:** 1009-640X(2011)04-0027-05

2008年5月四川汶川地震,造成震区大量的滑坡、崩塌灾害,同时地表破碎,形成大量松散堆积体。滑坡、崩塌等地质灾害,直接堵断江河,形成堰塞湖(如唐家山堰塞湖),这种灾害因危害严重,所以往往能得到足够的重视。而破碎的山体以滑坡、崩塌、泥石流等形式侧向汇入主河道,在河流沿岸形成一般水流条件下难以搬运的大型堆积体,却因近期危害较小,没有受到应有的重视,实际上却会挤压主河流路,改变主河边界条件,从而影响河流水流运动规律。

目前关于堆积体对河道水流特性影响的研究成果较少,多数研究主要集中于堆积体自身的稳定^[1-2]。码头、丁坝等工程对水流影响的研究成果或可作为借鉴。高桂景等^[3]通过水槽概化试验,深入研究了丁坝附近水流脉动动能的分布,并对其分布进行了分区研究,还对坝长、流量以及水深对丁坝附近水流脉动影响的机理进行了详细阐述。黑鹏飞^[4]研究了丁坝下游回流区的水流特性,系统地对丁坝下游回流区的各分区水流特性、水流紊动强度、挟沙能力进行了研究。徐芳等^[5]通过大量的概化模型试验对山区河道中码头工程对河段水流特性的影响进行了研究,分析表明,码头工程对上游最大水位壅高值和周围水流流速的影响程度,主要取决于河道阻水率、码头自身形态尺寸及水流弗劳德数。

堆积体作用显著改变了局部河道的水流条件。在堆积体的压缩、挑流作用下,河道流速发生调整,流速的沿程及横向变化将直接影响泥沙冲淤及河岸侵蚀,该问题的研究对山区河流防护及整治至关重要,为此本文对不同规模堆积体作用下的水流流速变化规律开展了系列水槽试验研究。

1 试验概况

试验水槽底部为光滑的水泥底板,两侧边壁为钢化玻璃,水槽底宽1 m,高0.75 m,床面比降0.01,试验

收稿日期: 2011-08-01

基金项目: 国家自然科学基金项目(50949057)

作者简介: 郭志学(1976-),男,黑龙江呼兰人,副研究员,博士,主要从事泥沙、泥石流输移规律研究。

E-mail: scugzx@scu.edu.cn

段总长 12 m. 堆积体布置于试验段中部, 沿程共布设 15 个测量断面(见图 1). 试验水位测量采用 WYG-II 型水位仪, 在各断面横向上均布 7 个测点; 流速测量采用 LGY-III 型多功能智能流速仪, 横向上布设 7 条测线, 垂向上从距离床面 2 cm 开始, 每 2 cm(3 cm) 布 1 个测点.

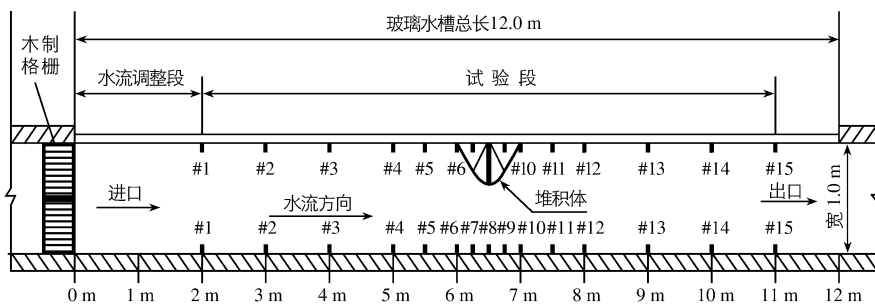


图 1 试验水槽布置

Fig. 1 Layout of flume experiment

为了对比不同形态的堆积体对水流结构的影响, 考虑天然堆石的休止角变化范围, 堆积体侧向坡度为 45° , 堆积体占河道宽度分别为河宽的 $1/4$, $1/3$ 和 $1/2$, 依次编为 1#~3#, 顺河向堆积体长度为 1 m, 与河宽相等.

堆积体模型采用有机玻璃制作, 固定于水槽左岸试验段中部. 根据前期野外调查成果, 对堆积体形态进行概化. 堆积体顺河向长度为 1 m, 上、下游面及侧面分别采用斜平面, 侧面与上、下游面间采用锥线过渡, 过渡曲面宽度随堆积体规模改变(见图 2).

通过调整尾水, 使水槽中的水流达到均匀流. 为对比不同量级的来流量下, 堆积体对水流的影响, 分别取流量为 58, 94, 128 和 161 L/s.

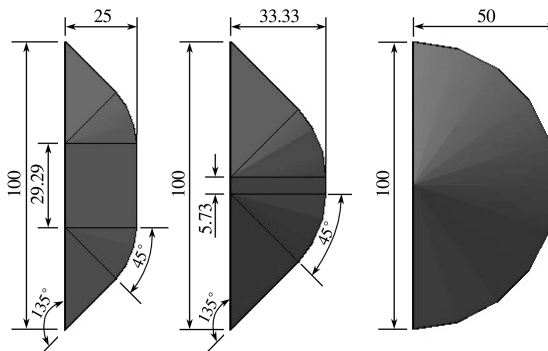


图 2 堆积体模型平面示意图(单位: cm)

Fig. 2 Model for accumulated body

2 试验结果分析

2.1 堆积体对水流流态的影响

在堆积体上游, 水流受堆积体阻水影响水位迅速壅高, 对于同一流量级下不同堆积体对上游壅水影响的范围不同, 因此在上游不同位置处还有水跃产生, 水跃过后水流流速在全断面上急剧减小; 由于上游水面壅高所造成的较大落差, 使下游水流紊动更为剧烈, 在堆积体一侧形成了一个范围比较大的流速加速区, 同时在加速区末端形成了一条斜跨明渠的水跃, 水跃过后, 主流出现了折冲现象. 堆积体附近区域流态大致分为上游低速区、主流区、下游回流区及水跃. 图 3 为试验中水流流态情况及各流区分区示意图.

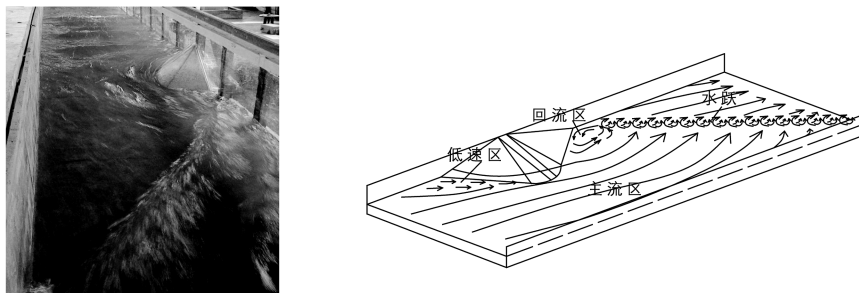


图 3 主河道比降 1% 时堆积体作用下水流流态及分区示意图

Fig. 3 Regime of flow and going by action of accumulated body under condition of 1% main channel slope

该研究成果与河道比降 1‰ 时情况存在差别,河道比降 1‰ 时,堆积体作用下河道水流被分为主流区、上游滞流区、下游回流区、下游主流区和回流区之间的过渡区^[6]。

2.2 堆积体对主流流速的影响分

模型水槽在布置堆积体后,原本的均匀流态受堆积体的阻流作用影响,堆积体上游受壅水影响,流速一般有所降低,堆积体段断面收缩,主流流速将有所增加,下游段受堆积体挑流作用,向岸流速一般加大,对河岸侵蚀加剧。在 1‰ 水面比降条件下,堆积体作用下的流速分布规律与此一致,但与对河道比降 1% 的急流条件下的流速变化规律有所不同。

2.2.1 主流流速的沿程变化 各流量下主流流速的沿程变化见图 4。可见,在堆积体上游,主流流速受堆积体的壅水影响显著降低,在堆积体上游局部河段,流速降幅更为明显,且流速降低幅度随堆积体宽度增加而增大。大约在堆积体上游 5#~6#断面之间,流速降到最低。堆积体段主流流速并未较天然状态有所增加,而是表现为过流深度的加大,断面平均流速小于天然状态,在堆积体下游段,由于壅水附加比降作用,主流流速有所加大,流速较天然状态略有增加或基本一致。可见在急流条件下,堆积体束水冲刷作用并不明显,其对河道行洪的主要危害主要表现在水位壅高上。堆积体上、下游主流流速总体随流量的增加而加大,但在堆积体前局部河段,主流流速基本一致,均较天然情况显著降低。

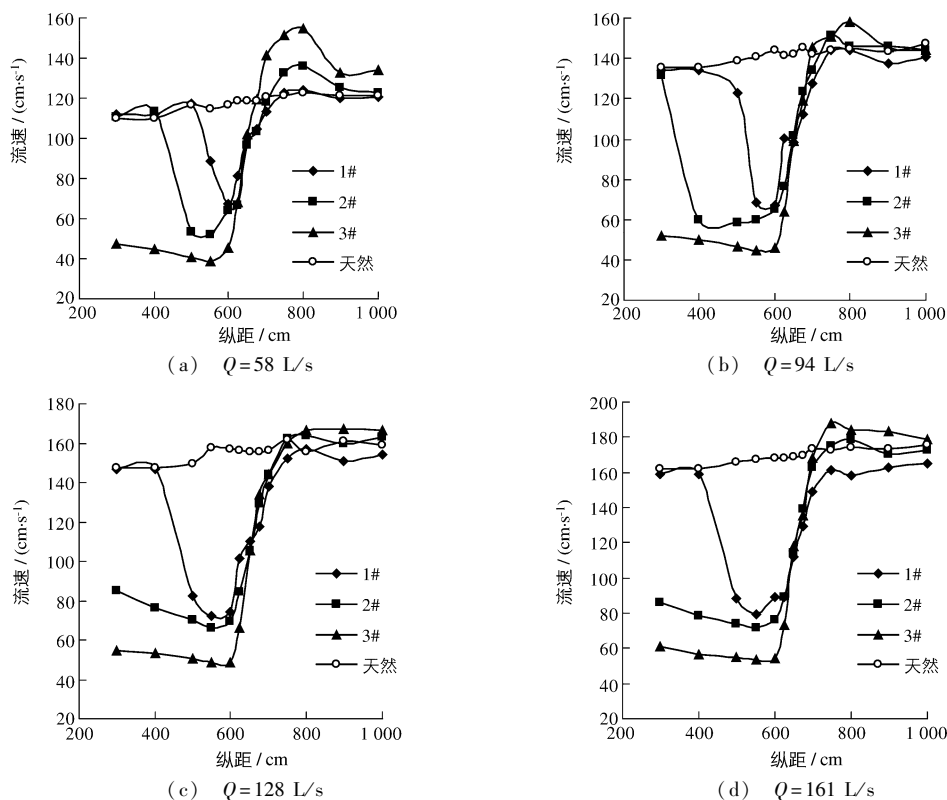


图4 主流流速沿程分布

Fig. 4 Main flow velocity distribution

2.2.2 主流流速的沿横断面变化 图5为堆积体下游 10#断面位置处流速沿横断面的分布,由图可见,对于急流河道,堆积体的影响更主要表现在壅水影响,而非流速分布的调整,堆积体下游临近断面的主流流速总体上与天然状态一致。在堆积体下游隐蔽区内流速虽较天然状态明显降低,但主流区流速并未显著增加(该断面水深较天然状态增大)。流速沿横断面的分布,总体上表现为本岸流速略增或与天然状态一致,堆积体对岸流速则降低。当堆积体规模增大时,断面束水作用加大,堆积体端流速较天然状态有所增大。

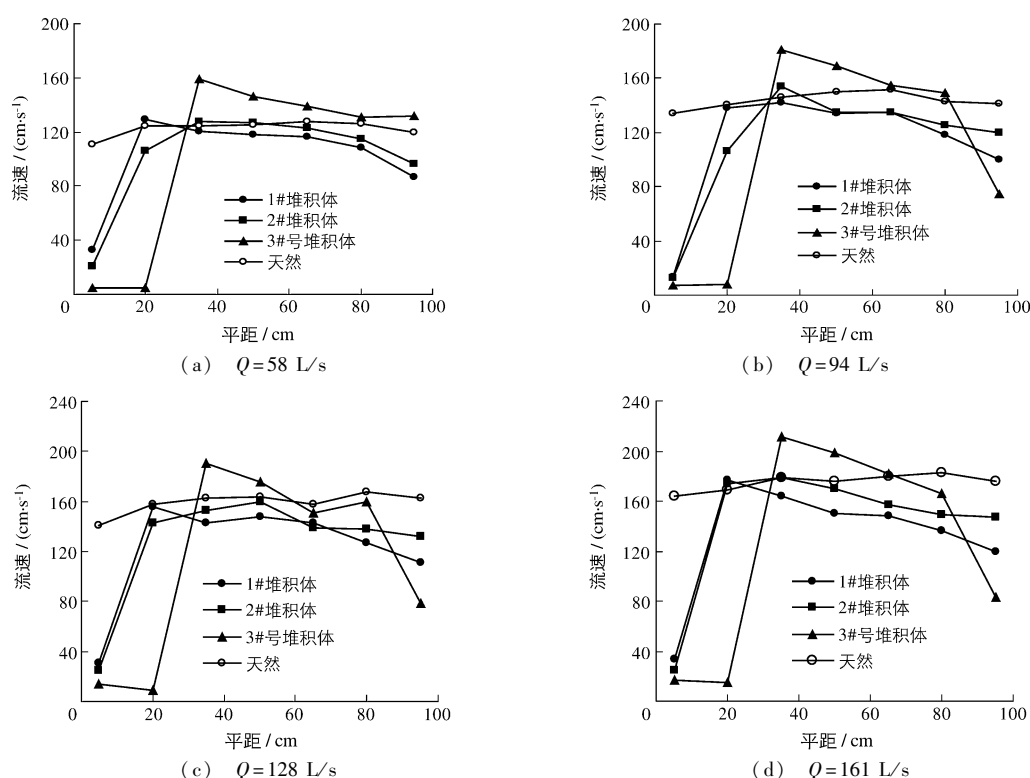


图5 下游流速横向分布

Fig. 5 Transverse distribution of downstream velocity

急流条件下堆积体段的流速变化规律与缓流条件^[6]下的变化规律存在明显差异,在堆积体段,断面虽然束窄,但水流流速并未增加,而是表现为水深的增大.堆积体下游天然状态为急流流态,堆积体段壅水附加比降引起的水流加速作用并不明显,水流表现为横向折冲,受岸壁反弹的急流与受堆积体隐蔽的下游缓流区水流交汇处出现明显急、缓交界峰面,呈类水跃流态(见图3).

3 结 语

河流中大型堆积体的存在,引起河道水流的侧向收缩和向岸挑流,常加剧河道岸坡冲刷.本文通过水槽试验研究了陡坡急流河道受堆积体影响下的水流流速变化规律.结果表明,急流河道断面的束窄直接作用改变了河道水流流态,使堆积体段及其上游河道流速显著降低,由急流变为缓流.堆积体段水流流速沿横断面的分布相比天然状态并未显著增加,对岸流速略有降低.从堆积体的规模分析看,堆积体规模越大,对水流流速的调整作用越大.

参 考 文 献:

- [1] 朱颖彦, 崔鹏, 陈晓晴. 泥石流堆积体边坡失稳机理的试验与稳定性分析[J]. 岩石力学与工程学报, 2005, 21: 3927-3934. (ZHU Ying-yan, CUI Peng, CHEN Xiao-qing. Experiment on mechanism of slope failure of debris flow fan and stability analysis[J]. Chinese Journal of Rock Mechanics and Engineering, 2005, 21: 3927-3934. (in Chinese))
- [2] 董志高, 吴敏敏, 王文远. 地震作用崩塌堆积体边坡稳定性分析[J]. 水利水电科技进展, 2006(5): 37-40. (DONG Zhigao, WU Ji-min, WANG Wen-yuan. Stability analysis of avalanche deposit slopes under earthquake action[J]. Advances in Science and Technology of Water Resources, 2006(5): 37-40. (in Chinese))
- [3] 高桂景, 王平义. 丁坝附近水流动能分布研究[J]. 水运工程, 2007(11): 75-79. (GAO Gui-jing, WANG Ping-yi.

- Distribution of pulsation kinetic energy of flow around spur dike[J]. Port & Waterway Engineering, 2007(11): 75-79. (in Chinese))
- [4] 黑鹏飞. 丁坝回流区水流特性的实验研究[D]. 北京:清华大学, 2009. (HEI Peng-fei. Experimental study on the flow structure downstream of the spur dike[D]. Beijing: Tsinghua University, 2009. (in Chinese))
- [5] 徐芳, 杨胜发, 付旭辉. 码头工程对山区河道水流特性影响试验研究[J]. 水道港口, 2010, 31(5): 454-458. (XU Fang, YANG Sheng-fa, FU Xu-hui. Experimental study on impact of wharf structures on flow characteristics in mountain stream[J]. Journal of Waterway and Harbour, 2010, 31(5): 454-458. (in Chinese))
- [6] 汤雷. 堆积体作用下河道水流特性试验研究[D]. 成都:四川大学, 2010. (TANG Lei. Experimental study on the flow characteristics of channel under the influences of accumulation body[D]. Chengdu:Sichuan University, 2010. (in Chinese))

Streamwise and lateral velocity distribution of steep river under the action of deposit body

GUO Zhi-xue, PENG Qing-e, TANG Lei, LIU Jia-fu, SU Yang-zhong

(State Key Laboratory of Hydraulics and Mountain River Engineering, Sichuan University 610065, China)

Abstract: The disasters such as landslides and debris flows, often form large deposit in the river bank, which can exert an influence on the river flow through minishing the riverway. Based on the flume experiment, the streamwise and lateral velocity distributions of steep channel under the impact of deposit body are analyzed herein. The results show that: under the impact of deposit, the flow pattern can be divided into four sections, i. e. the low speed zone upstream, the main flow zone, the backflow zone downstream and the ROEUP caused by the encounter of the ski-jump flow downstream and the low speed flow in shadow zone. The backwater significantly affects the streamwise velocity distribution of the main flow. With the increase of deposit body shape, the influence extent and range both augment. The influence of deposit on the mainstream velocity of upstream decreases, while on the condition of rapids flow in the region of deposit, because the cross-section is narrower and the conveyance capacity is lessened, the mainstream velocity is lower compared to natural condition and the flow will change between the rapids and tranquil flow, and then return to natural condition. The velocity in sections near the downstream of deposit body is approximately in accordance with natural condition. Compared with natural condition, the lateral distribution of velocity has a little increase in the bank of deposit body and a little decrease in another bank. The larger the scale of deposit is, the more the change extent of lateral distribution of flow will be.

Key words: deposit; streamwise velocity distribution; lateral velocity distribution; the scale of deposit