

红树林多孔介质阻力模型与消波效果仿真分析

吴沿友^{1,2}, 郭晓君¹, 付为国¹, 陈玉军³

(1. 现代农业装备与技术教育部重点实验室, 江苏大学农业工程研究院, 镇江 212013;

2. 中国科学院地球化学研究所环境地球化学国家重点实验室, 贵阳 550002;

3. 中国林业科学研究院热带林业研究所, 广州 510520)

摘要: 滩涂植被的防风消浪对堤岸保护具有重要作用, 该研究根据动量守恒方程和多孔介质源项为速度的幂率方程, 建立红树林多孔介质水流阻力数学模型, 并利用计算流体动力学软件 Fluent 分析不同影响因子对红树林水流的阻力效果, 结果显示: 林带疏透度、宽度及水深与消波效应具有密切关系, 其中, 林带宽度的消波效应更明显; 波速随疏透度的增加起初呈现急剧增加的趋势, 当疏透度大于 0.4 时, 波速变化较平缓; 随着林带宽度增加, 波速呈不同程度下降趋势, 4 参数 Logistic 方程拟合结果显示, 波速随林带宽度增加呈反 S 型曲线下降。该研究可为红树林抗浪效果与性能评价提供参考。

关键词: 数值模拟, 模型, 红树林, 消波效应

doi: 10.3969/j.issn.1002-6819.2012.23.013

中图分类号: S271

文献标志码: A

文章编号: 1002-6819(2012)-23-0092-06

吴沿友, 郭晓君, 付为国, 等. 红树林多孔介质阻力模型与消波效果仿真分析[J]. 农业工程学报, 2012, 28(23): 92-97.

Wu Yanyou, Guo Xiaojun, Fu Weiguo, et al. Porous medium resistance model and simulation on effect of wave dissipation of mangrove forest[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering (Transactions of the CSAE), 2012, 28(23): 92-97. (in Chinese with English abstract)

0 引言

泉州湾河口湿地存在大量红树林植被, 滩涂植被的防风消浪对堤岸保护具有重要作用。近年来已经有学者开始针对植物种群格局对水流结构的影响进行研究。Carollo 将植被密度这一参数引入到了明渠水力学研究, 建立了植被密度与曼宁系数之间回归方程^[1-2]; Schutten 等研究了 18 种水生植物对水流的阻力^[3-5], 并建立了大型水生植物水流阻力模型; Duun 等通过矩形河道中圆杆后的尾流, 验证了植被对于水流阻力效果^[6]; Gordanova 研究了挺水植物种群对泥沙运输的影响^[7-8]; Velasco 等在不同植被密度条件下对明渠水流中的柔性植被对水流阻力以及紊流机制进行了理论和试验研究^[9]; 王洁琼等针对植物高度非均匀性对渠床面糙率的影响进行了试验研究^[10-12]。目前关于植物对水流阻力的研究主要以物理模型结合原型观测为主, 往往受

到模型尺寸、流场扰动、人身安全和测量精度的限制。本文针对目前研究方法的不足, 运用数值模拟方法研究了泉州湾红树林对波浪的阻力效果, 并用 4 参数 Logistic 方程拟合了波速消减率与林带宽度的相关关系。

1 红树林水流阻力模型建立

1.1 研究地区概况

洛阳江红树林湿地, 位于中国东南沿海, 是福建省泉州湾河口湿地省级自然保护区之核心区。总面积 136.42 km², 湿地面积 131 km², 占泉州湾总面积的 96%。内湾面积 79.51 km², 99%为滩涂湿地。2002-2010 年, 惠安县林业局, 在洛阳江滩涂湿地上, 共完成红树林造林面积 420 hm²^[13]。红树林适应潮间滩涂环境形成独特的形态结构和生理生态特性, 在保证生物多样性和减灾防灾功能上有不可替代的作用^[14]。

1.2 红树林多孔介质模型简化

以洛阳江红树林屿头点为例, 建立基于多孔介质的红树林消波模型。沿岸红树林宽度大约 100 m, 树高 2 m, 涨潮时红树林全部淹没在水里, 潮流的最大速度为 2.21 m/s。

由已知条件可以将红树林消浪模型简化成图 1 所示, 取水刚流入红树林侧为水流入口, 在沿水流

收稿日期: 201206-01 修订日期: 2012-11-14

基金项目: 国家科技支撑计划专题“闽东北与江浙沿海消浪湿地植物多样性林带构建技术研究与示范(2009BADB2B04-03)和”消浪红树林带防护效益研究及人工红树林生态功能恢复评价(2009BADB2B0404)。
作者简介: 吴沿友(1966-), 教授, 博士生导师, 主要从事农业生态环境研究。镇江 现代农业装备与技术教育部重点实验室, 江苏大学农业工程研究院, 212013。Email: yanyouwu@ujs.edu.cn

方向取高度为 2 m 长度为 100 m 的区域作为计算区域，水流区域为多孔介质，水流方向如箭头所示。

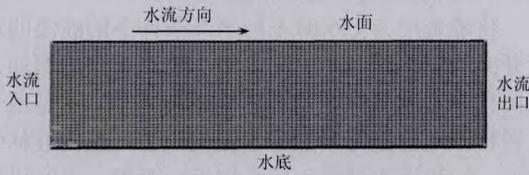


图 1 红树林多孔介质模型

Fig.1 Model of porous media of mangrove

1.3 红树林多孔介质数学模型

求解流经红树林区的波浪流场遵守动量守恒方程

$$\frac{\partial}{\partial t}(\rho u_i) + \frac{\partial}{\partial x_j}(\rho u_i u_j) = -\frac{\partial p}{\partial x_i} + \frac{\partial \tau_{ij}}{\partial x_j} + \rho g + F_i \quad (1)$$

X 方向: $F_i = -k_r \bar{u} |v(x,0) s(y,h)$

Y 方向: $F_2 = 0$

式中, p 为静压, N; ρ 为水的密度, kg/m^3 ; k_r 为压力损失系数; u_i 为流体速度矢量 u 在水平方向上的分量, m/s; u_j 为流体速度矢量 u 在竖直方向上的分量, m/s; g 为重力体积力, N; F_i 为多孔介质自定义源项, N/m^3 ; $v(x,0)$ 是 v 函数, 当 $x=0$ 时为 0, 其余为 1; $s(y,h)$ 为步长单元函数, 当 $y = h$ 时为 1, 其他情况为 0。

对于不可压缩流体

$$k_r = A(\text{Re})(1 - \beta^2) / \beta^2$$

其中 β 为疏透度, $A(\text{Re})$ 取 0.52 计算。

多孔介质中模拟源项为速度的幂率方程

$$S_i = -C_0 |v_j|^{C_1} = -C_0 |v|^{(C_1-1)} v_i \quad (2)$$

式中, S 为源项, C_0, C_1 为自定义经验系数; v 为速

度, m/s。

由于动量模型方程中的源项设定能与多孔介质中的模拟源项为速度的幂率方程相匹配, 所以:

$$F_i = S_i - k_r \bar{u} |v(x,0) s(y,h) = -C_0 |v|^{(C_1-1)} v_i$$

$$C_0 = A(\text{Re})(1 - \beta^2) / \beta^2$$

$$C_1 = 2$$

此时动量方程中的源项就转化为多孔介质中的阻力项, 由于林带所占据的流场区域可简化为多孔介质区域, 所以式 (1) 即转化为求解红树林消浪效果的多孔介质数学模型。

1.4 边界条件设置

1) 入口边界条件设置

入口边界条件设为速度入口, 用于定义水流 x 方向的初始入口速度方程为^[11]

$$\bar{u} = u_{\max} - \frac{u_*}{\kappa} \ln \frac{H}{y}$$

式中, \bar{u} 为水流入口速度, m/s, u_* 为水流摩阻流速, m/s; κ 卡门常数, H 水深, m。

2) 壁面边界条件设置

壁面边界条件对流体的影响尤其重要, 水流的上壁面设为 wall; 水流的下壁面设为 No slip。

3) 出口边界条件设置

出口边界条件定义为 outflow。

2 仿真结果与模型建立的可行性

2.1 仿真结果

仿真时分别以疏透度为 0.1、0.2、0.3、0.4、0.5、0.6、0.7、0.8、0.9 时的林带内部流场进行模拟, 并将疏透度为 1 (代表流场中无红树林分布) 作为对照分析, 截取疏透度为 0.9、0.8、0.7、0.6 时的流场内速度分布云图如图 2 所示。

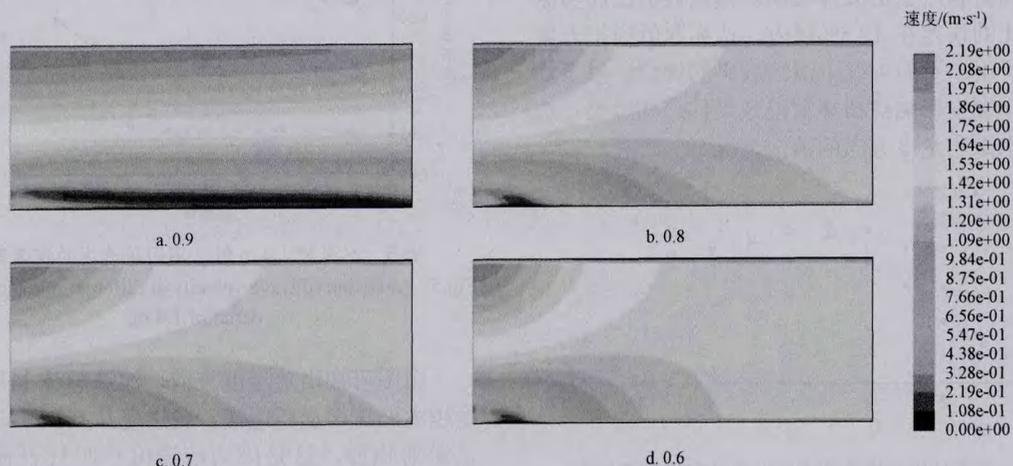


图 2 不同疏透度下的红树林水流速度流场分布云图

Fig.2 Flow field velocity field distribution of different porosity mangrove forest

通过对比分析不同疏透度下的速度分布云图可知,随着疏透度的逐渐变小,波浪流速逐渐变缓,在同一疏透度下的波浪流速沿林带宽度方向不断减小,沿水深方向越接近水面速度越大,靠近水底时速度最小,说明红树林对波速有明显的消减作用。

2.2 实地测量结果

为了验证仿真结果的可靠性,采用波浪仪对屿头点距林缘为 25、50、75 m 及林缘处的不同点位的波能和不同波高特征进行了测量,测量结果如表 1 所示。

表 1 不同水深条件下距林缘不同位置处的波能
Table 1 Wave energy from forest edge at different positions in different water depth conditions

点位序号	水深/ m	林缘/ (J·m ⁻²)	25 m/ (J·m ⁻²)	50 m/ (J·m ⁻²)	75 m/ (J·m ⁻²)
1	0.37	0.118	0.036	0.009	0.005
2	0.90	0.125	0.021	0.008	0.008
3	1.16	0.026	0.022	0.013	0.009
4	1.47	0.026	0.025	0.019	0.018
5	1.64	0.032	0.032	0.029	0.028
6	1.65	0.050	0.050	0.039	0.029
7	1.48	0.035	0.038	0.034	0.034
8	1.16	0.016	0.023	0.018	0.017
9	0.79	0.008	0.008	0.007	0.008
10	0.42	0.013	0.014	0.014	0.015

2.3 模型建立的可行性分析

当林带宽为 50 m 时,取数值模拟结果林缘处的流速与林带内 25 m 处的波浪流速比值同测量结果的同位置上的波浪流速比作对比,对比结果如图 3 所示。由图 3 可以看出由于建立模型时忽略了波浪在流经红树林后的各种损失如流动损失等,模拟的数值比明显大于实测的数值比,但模拟数值比的整体分布趋势和测量值大体相同。模拟数值比和实测的数值比的误差在 12.5% 以内,认为数值模拟方案可行,可用于不同工况下消浪效果的评价。以下均以该模型探索影响红树林消浪效果的结构因素:疏透度、水深和宽度方向的消浪情况。

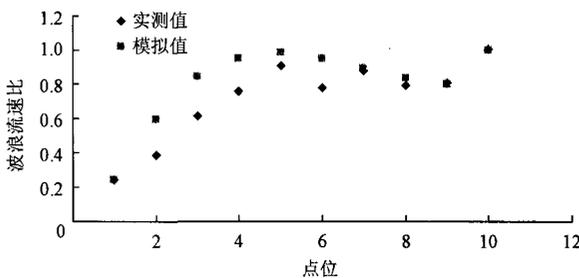


图 3 波浪仪测量的波浪流速比的实测值和模拟值
Fig.3 Values measured by wave gauge and simulated for wave velocity ratio

3 不同工况下红树林消浪效果的分析

3.1 不同水深的红树林的消浪效果

将疏透度为 0.6 时不同水深条件下的波浪的速度分布绘制于图 4。由图可知,随着水深的增加,不同林带宽度条件下的波速均逐渐减小,这是由于红树林湿地的淤泥增加了水流的阻力,越接近林带根部,波浪流速越缓。以水深 1 m 为界,当红树林带较宽时,水深小于 1 m 时波速沿水深的增加变化越慢,水深大于 1 m 时波速沿水深的增加变化越快当红树林带较窄时,水深小于 1 m 时波速沿水深的增加下降越快,水深大于 1 m 时波速沿水深的增加下降越慢。林带宽 100 m 时 1.8 m 水深处的波速消减率约为 89.3%,0.2 m 处水深的波速消减率约为 37.0%;而林带宽 10 m 时 1.8 m 水深处的波速消减率约为 42.7%,0.2 m 处水深的波速消减率仅为 5.0%。

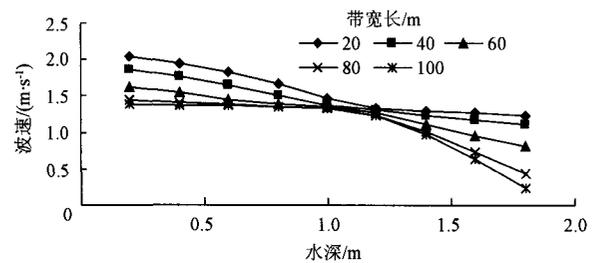


图 4 疏透度为 0.6 时,不同水深的波速变化
Fig.4 Wave velocity variation in different water depth with porosity of 0.6,

3.2 不同疏透度的红树林的消浪效果

将水深为 0.6 m 时不同疏透度条件下波浪出口断面的波速分布绘制于图 5。

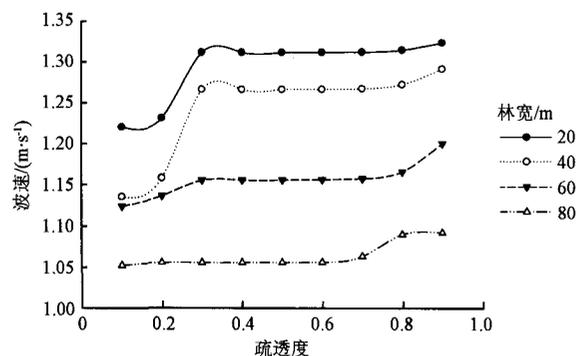


图 5 水深为 1.4 m 时,不同疏透度的波速变化
Fig.5 Variation of wave velocity at different porosity at water depth of 1.4 m,

由图可知沿疏透度方向,波速整体上升,疏透度越大波速增加越缓慢,疏透度从 0.1~0.3 的波速呈激增趋势,这是因为疏透度小时代表林带越密集,对波浪流速阻力越大,疏透度从 0.4~0.9 时,波速变化相对平缓,与林带相对稀疏有关,对波浪

传播阻力较小引起。80 m 宽的林带疏透度为 0.3 时的波速较 0.9 时的波速消减了 4.5%，20 m 宽的林带疏透度为 0.3 时较 0.9 时的波速消减了 83.0%。

3.3 不同林带宽度的红树林的消浪效果

将水深为 1.4 m 时不同疏透度条件下波浪出口断面的波速分布绘制于图 6。

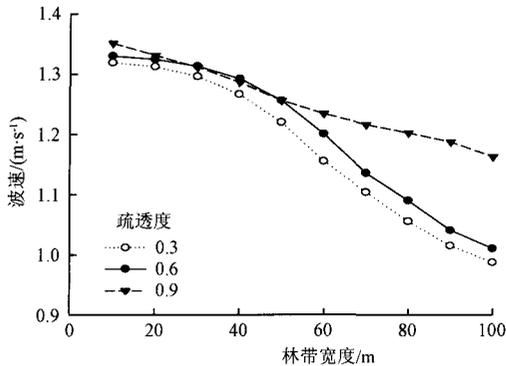


图 6 水深为 1.4 m 时, 不同林带宽度的波速变化
Fig.6 Wave velocity variation at different belt width with water depth of 1.4 m,

由图可知沿林带宽度方向, 波速整体下降, 当林带宽度从 10 m 增加至 40 m 时, 不同疏透度的波速变化均比较平缓, 林带宽度大于 40 m 后, 波速呈急剧下降的趋势, 林带宽度达到 80 m 后变化又趋于平缓, 可见林带过宽或者过窄消波效果无大的变化。分析疏透度为 0.3 时 40 m 处的波速较 10 m 处的波速下降了 2.3%, 80 m 处的波速较 40 m 处的波速下降了 15.5%, 波速降低值约为前者的 6.7 倍。

3.4 方程拟合波速与林带宽度的关系

红树林消浪效应与林带宽度之间的关系为非线形关系^[15], 为了能定量地比较不同林带宽度条件下红树林的消浪状况, 根据波速随红树林宽度的变化规律, 用 4 参数 Logistic 方程来拟合这种变化关系。图 7 为用 4 参数 Logistic 方程拟合的疏透度为 0.6、水深为 1.8 m 时林带宽度从 10~100 m 的波速变化情况。

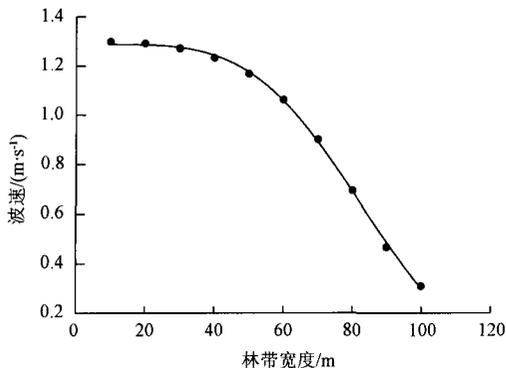


图 7 用 4 参数 Logistic 方程拟合波速随林带宽度的变化
Fig.7 Logistic equation with 4 parameters fitting velocity and belt width variation

从图中可以看出, 利用 4 参数 Logistic 方程对波速沿林带宽度的变化具有很好的拟合效果。拟合后的方程为

$$Y = -0.28 + \frac{1.5}{1 + (X/86.6)^{-3.9}}$$

其中决定系数 $R^2 = 0.999$ ($n=10, P < 0.001$)。

4 讨论

众多的研究表明, 红树林虽然不能直接减少湿地边缘的侵蚀, 但能有效地消减波能, 起到防风消浪作用^[16-19]。本文依据多孔介质水流阻力数学模型利用 Fluent 软件能很好地表征林带疏透度、宽度及水深对消波效应的影响, 一定程度上解释前人众多的研究成果。

Moller 和 Spencer (2002) 以及 Lara 等 (2011) 研究表明水深影响波高和波的释放^[20-21]。Quarte 等 (2007) 研究表明, 随水深增加, 波能消减减少^[22]。本文印证了这些结果。

多孔介质的疏透度对能量消减效应很明显^[23] 本文的结论也证实了疏透度和林带宽度是影响消波效应的重要因素。这与植物的种类、植被的结构、盖度、密度、株型等影响波的消减的结论是一致的^[20,24-26]。幼嫩的红树植物波的消减能力很弱, 而高密度、成年植株波能消减能力较大^[27]。在稀疏的红树林中, 植被对波起破碎作用, 而在浓密的红树林中, 波和树干的相互作用较为重要^[28]。树干、树枝以及叶片的高度决定了波的减少速率, 浓密的红树林能有效地消减巨大的能量^[29]。波能减少的幅度与红树林的植物的密度、根和树干的直径有关^[30]。红树林的这种消波效应与红树林的网状树干和树枝以及地上部根系能够产生巨大的拽力来消减波能有关^[22]。

5 结论

1) 根据动量守恒方程和多孔介质中模拟源项为速度的幂率方程, 推导出红树林多孔介质水流阻力数学模型。

2) 通过不同林带结构条件下红树林消波效应模拟结果表明, 林带疏透度、宽度及水深均对消波效应有明显的作用。水深以 1 m 为界波速变化呈相反趋势; 当红树林带较宽时, 水深小于 1 m 时波速沿水深的增加下降越慢, 水深大于 1 m 时波速沿水深的增加下降越快; 当红树林带较窄时, 水深小于 1 m 时波速沿水深的增加下降越快, 水深大于 1 m 时波速沿水深的增加下降越慢。疏透度越大波速减小越缓慢, 疏透度为 0.3 时, 波速下降最明显。

3) 林带宽度与波速的关系可以用 4 参数 Logistic 方程来表征。

4) 红树林多孔介质水流阻力数学模型为红树林抗浪效果与性能评价提供了实用可靠的数值模拟工具。

[参 考 文 献]

- [1] Carollo F G, Ferro V, Termini D. Flow resistance law in channels with flexible submerged vegetation[J]. *Journal of Hydraulic Engineering*, 2005, 131(7): 554—564.
- [2] 李怀恩. 沙棘植物柔性坝坝体变形初步分析[J]. *干旱区资源与环境*, 2007, 21(3): 144—148.
Li Huaen. Analysis on the deformation of the seabuckthorn flexible dam[J]. *Journal of Arid Land Resources and Environment*, 2007, 21(3): 144—148. (in Chinese with English abstract)
- [3] Schutten J, Davy A J. Predicting the hydraulic forces on submerged macrophytes from current velocity, biomass and morphology[J]. *Oecologia*, 2000, 123(4): 445—452.
- [4] 庞敏. 黄土高原植被建设的生态水文效应研究[D]. 西安: 西安理工大学, 2010.
Pang Min. Eco-Hydrology Effects of Vegetation Construction in Loess Plateau[D]. Xi'an: Xi'an University of Technology, 2010. (in Chinese with English abstract)
- [5] 倪汉根, 顾峰峰. 湿地非淹没芦苇水流阻力的试验研究[J]. *水动力学研究与进展: A 辑*, 2005, 20(2): 167—173.
Ni Hangen, Gu Fengfeng. Roughness coefficient of non-submerged reed[J]. *Journal of Hydrodynamics (Ser.A)*, 2005, 20(2): 167—173. (in Chinese with English abstract)
- [6] Dunn C J, Lopez F, Garcia M H, et al. Hydrosystems (1996). Mean flow and turbulence in a laboratory channel with simulated vegetation[M]. Hydrosystems Laboratory, Department of Civil Engineering, University of Illinois at Urbana-Champaign, 1996.
- [7] Jordanova A A, James C S. Experimental study of bed load transport through emergent vegetation[J]. *Journal of Hydraulic Engineering*, 2003, 129(6): 474—478.
- [8] 顾峰峰, 倪汉根. 芦苇密度与阻力的关系[J]. *水动力学研究与进展: A 辑*, 2006, 21(5): 626—631.
Gu Fengfeng, Ni Hangen. The effects of the reeds density on flow resistance[J]. *Journal of Hydrodynamics (Ser.A)*, 2006, 21(5): 626—631. (in Chinese with English abstract).
- [9] Velasco D, Bateman A, Redondo J M, et al. An open channel flow experimental and theoretical study of resistance and turbulent characterization over flexible vegetated linings[J]. *Flow, Turbulence and Combustion*, 2003, 70(1): 69—88.
- [10] 陈景仁. 湍流模型及有限分析法[M]. 上海: 上海交通大学出版社, 1989.
- [11] 王洁琼, 槐文信, 李志伟. 水浮莲型生态河道水流纵向流速垂线分布规律[J]. *武汉大学学报: 工学版*, 2011, 44(4): 39—44.
Wang Jieqiong, Huai Wenxin, Li Zhiwei. Vertical profiles of longitudinal velocity in ecological channel flow with water lettuce[J]. *Engineering Journal of Wuhan University*, 2011, 44(4): 39—44. (in Chinese with English abstract)
- [12] 杨克君. 植被作用下的复式河槽流速分布特性[J]. *力学学报*, 2006, 38(2): 246—250.
Yang Kejun. Velocity distribution in compound channels with vegetated. *Floodplains*[J]. *Chinese Journal of Theoretical and Applied Mechanics*, 2006, 38(2): 246—250. (in Chinese with English abstract).
- [13] 吴沿友, 刘荣成. 泉州湾河口湿地植物的环境适应性[M]. 北京: 科学出版社, 2011.
- [14] 张乔民. 红树林防浪效益定量计算初步分析[J]. *南海研究与开发*, 1997(3): 1—4.
Zhang Qiaomin. Preliminary study on efficiency quantitative assessment of mangrove attenuating waves and protecting coasts[J]. *Study and Development of South China Sea*, 1997(3): 1—4. (in Chinese with English abstract)
- [15] Koch E W, Barbier E B, Silliman B R, et al. Non-linearity in ecosystem services: temporal and spatial variability in coastal protection[J]. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 2009, 7(1): 29—37.
- [16] Feagin R A, Lozada-Bernard S M, Ravens T M, et al. Does vegetation prevent wave erosion of salt marsh edges[J]. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 2009, 106(25): 10109—10113.
- [17] 吉红香, 黄本胜, 邱秀云. 植物消波消浪研究综述[J]. *水利水运工程学报*, 2005(1): 75—78.
Ji Hongxiang, Huang Bensheng, Qiu Xiuyun. Review on research of wave absorption by vegetation[J]. *Hydro-Science and Engineering*, 2005(1): 75—78. (in Chinese with English abstract).
- [18] 宋连清. 互花米草及其对海岸的防护作用[J]. *东海海洋*, 1997, 15(1): 11—19.
Song Lianqing. *Spartina alterniflora* and its effects of the coastal protection[J]. *Donghai Marine Science*, 1997, 15(1): 11—19. (in Chinese with English abstract).
- [19] Gardel A, Gensac E, Anthony E J, et al. Wave-formed mud bars: their morphodynamics and role in opportunistic mangrove colonization[J]. *Journal of Coastal Research*: 2011, SI64: 384—387.
- [20] Moller I, Spencer T. Wave dissipation over macro-tidal saltmarshes: Effects of marsh edge typology and vegetation change[J]. *Journal of Coastal Research*, 2002, SI36: 506—521.
- [21] Lara J L, Losada I J, Maza M, et al. Breaking solitary wave evolution over a porous underwater step[J]. *Coastal Engineering*, 2011, 58(9): 837—850.
- [22] Quartel S, Kroon A, Augustinus P, et al. Wave attenuation in coastal mangroves in the Red River Delta,

- Vietnam[J]. *Journal of Asian Earth Sciences*, 2007, 29(4): 576—584.
- [23] Ju Yang, Yang Yongming, Mao Yanzhe, et al. Laboratory investigation on mechanisms of stress wave propagations in porous media[J]. *Science in China Series E-Technological Sciences*, 2009, 52(5): 1374—1389.
- [24] Moller I. Quantifying saltmarsh vegetation and its effect on wave height dissipation: Results from a UK East coast saltmarsh[J]. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 2006, 69(3/4): 337—351.
- [25] Kathiresan K, Rajendran N. Coastal mangrove forests mitigated tsunami[J]. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 2005, 65(3): 601—606.
- [26] Leonard L A, Croft A L. The effect of standing biomass on flow velocity and turbulence in *Spartina alterniflora* canopies[J]. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 2006, 69(3/4): 325—336.
- [27] Mazda Y, Magi M, Kogo M, et al. Mangroves as a coastal protection from waves in the Tong King delta, Vietnam[J]. *Mangroves and Salt marshes*, 1997, 1(2): 127—135.
- [28] Vo-Luong P, Massel S. Energy dissipation in non-uniform mangrove forests of arbitrary depth[J]. *Journal of Marine Systems*, 2008, 74(1/2): 603—622.
- [29] Mazda Y, Magi M, Ikeda Y, et al. Wave reduction in a mangrove forest dominated by *Sonneratia* sp.[J]. *Wetlands Ecology and Management*, 2006, 14(4): 365—378.
- [30] Massel S R, Furukawa K, Brinkman R M. Surface wave propagation in mangrove forests[J]. *Fluid Dynamics Research*, 1999, 24(4): 219—249.

Porous medium resistance model and simulation on effect of wave dissipation of mangrove forest

Wu Yanyou^{1,2}, Guo Xiaojun¹, Fu Weiguo¹, Chen Yujun³

(1. *Key Laboratory of Modern Agricultural Equipment and Technology, Ministry of Education, Institute of Agricultural Engineering, Jiangsu University, Zhenjiang 212013, China*; 2. *State Key Laboratory of Environmental Geochemistry, Institute of Geochemistry, Chinese Academy of Sciences, Guiyang 550002, China*; 3. *Research Institute of Tropical Forestry, Chinese Academy of Forestry, Guangzhou 510520, China*)

Abstract: Wind and wave dissipation of tidal flat vegetation plays an important role in the embankment protection. The flow resistance mathematical models for mangrove porous media were built based on the momentum conservation equation and exponent equation using porous media source of speed. The effects of different factors on the flow resistance of mangrove were analyzed by using computational fluid dynamics software, Fluent. The results showed that the dissipation effect was involved in the porosity, the width of shelterbelt, and the depth of wave. Of which, the effect of water depth on wave dissipation was most obvious. With the increase in the porosity, the wave velocity increased sharply at first, and then increased slightly as the porosity was more than 0.4. With increase in the forest belt width, the wave velocity decreased at different degree. The fitting results of Logistic equation based on 4 parameters showed that wave velocity presented a decrease tendency of anti-S-Shape with increase of the forest belt width. Based on above results, a new approach was put forward for evaluation of the effect of mangroves on wave dissipation.

Key words: computer simulation, model, porous materials, mangroves, effect of wave dissipation

吴沿友, 等. 红树林多孔介质阻力模型与消波效果仿真分析 (图2)

Wu Yanyou, et al. Porous medium resistance model and simulation on effect of wave dissipation of mangrove forest (Figure 2)

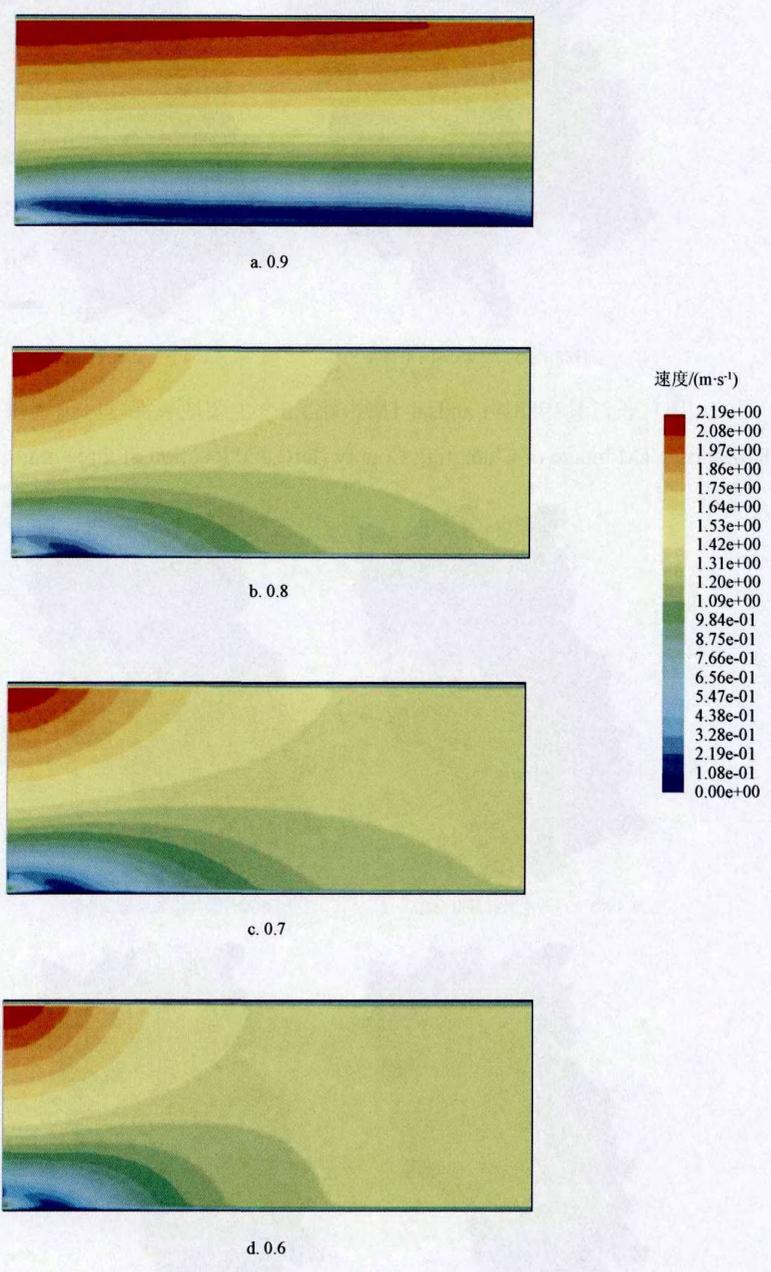


图2 不同疏透度下的红树林水流速度流场分布云图

Fig.2 Flow field velocity field distribution of different porosity mangrove forest

223