

DOI: 10.20040/j.cnki.1000-7709.2023.20230106

# 基于SWAT 模型的西枝江流域洪水资源利用潜力研究

杨 吉<sup>1a</sup>, 巨鑫慧<sup>1a</sup>, 李力群<sup>2</sup>, 周鹏程<sup>3</sup>, 龚轶青<sup>1b</sup>

(1. 河海大学 a. 水利水电学院; b. 水科学研究院, 江苏 南京 210098; 2. 长沙县水利局, 湖南 长沙 410100;  
3. 湖南省水利水电勘测设计规划研究总院有限公司, 湖南 长沙 410007)

**摘要:** 科学评价洪水资源利用潜力是高效利用流域洪水资源与缓解水资源供需矛盾的前提。为评估西枝江流域不同河段洪水资源利用潜力,通过构建 SWAT 模型模拟西枝江流域多年天然径流过程,基于极限分析理论量化评价上、中、下游河段的洪水资源利用潜力,并结合水质条件探讨西枝江流域洪水资源利用的可行性。结果表明,SWAT 模型在西枝江流域径流模拟方面具有较好的适用性;该流域洪水资源年际分布不均,洪水资源利用潜力年际差异较大;下游洪水资源利用条件优于上游,但下游河段的洪水资源利用率较低,下游多年平均现状和理论利用潜力分别为  $3.48 \times 10^8$ 、 $7.97 \times 10^8 \text{ m}^3$ ;西枝江流域干流河段水质指标均不低于 III 类标准,洪水资源利用具有可行性。研究结果可为西枝江流域洪水资源优化配置提供支撑,对实现流域高质量发展具有重要参考价值。

**关键词:** 西枝江流域; SWAT 模型; 径流模拟; 洪水资源利用潜力

中图分类号: TV213.9

文献标志码: A

文章编号: 1000-7709(2023)08-0061-05

## 1 概况

西枝江位于粤港澳大湾区东部,为东江第二大支流,流域面积为  $4\,120 \text{ km}^2$ ,年平均径流量  $41.69 \times 10^8 \text{ m}^3$ ,年平均降雨量  $1\,800 \text{ mm}$ , $82\% \sim 85\%$ 降水集中在汛期(4~9月)<sup>[1]</sup>。西枝江流域水资源总量丰富,是大湾区重要的供水水源地,但由于水资源时空分布不均和惠州市经济社会的高速发展,跨区域水资源配置矛盾和流域内水资源供需矛盾逐渐显现,因此研究西枝江流域洪水资源利用条件对该流域水资源优化配置尤为重要。以 SWAT 为代表的分布式机理模型,能直观、高效地模拟流域内各子流域径流变化规律,可弥补研究区观测资料不全的问题,已成为计算流域各断面水资源量的有效手段<sup>[2]</sup>。既有研究多以流域整体进行分析<sup>[3]</sup>,未充分考虑流域上、中、下游不同河段的洪水资源潜力利用差异,这已成为水资源优化配置亟需解决的重要问题。鉴此,本文构建西枝江流域 SWAT 模型,在上、中、下游干流河段天然径流模拟的基础上,利用极限分析理论计

算现状和理论洪水资源利用潜力,分析洪水资源利用潜力的时空分布特点,并结合水质条件探讨洪水资源利用的可行性,旨在为流域洪水资源优化配置提供依据。

## 2 研究数据及方法

### 2.1 基础数据

数字高程数据 DEM 来源于地理空间数据云平台,为分辨率  $30 \text{ m}$  的 ASTER GDEM 数据,利用 Burn-in 算法修正原始 DEM 数据并生成准确的河流水系;土地利用数据来自中国科学院资源环境科学数据中心,根据 SWAT 模型中土地利用数据分类标准重分类为 5 种;土壤数据来自联合国粮农组织(FAO)和维也纳国际应用系统研究所(IIASA)构建的世界和谐土壤数据库 HWSO,利用美国农业部土壤类型划分标准将土壤类型重分类为 10 种,同时结合土壤水特性软件 SPAW 中的土壤水分特征参数估算模块计算土壤物理属性参数;气象数据来源于国家青藏高原科学数据中心,在 2008~2016 年 SWAT 模型中国大气同化驱

收稿日期: 2023-01-30,修回日期: 2023-03-20

基金项目: 江苏省科研创新项目(KYCX20\_0546)

作者简介: 杨吉(1999-),女,硕士研究生,研究方向为水利工程水生态安全,E-mail: yangji12@hhu.edu.cn

通讯作者: 龚轶青(1992-),男,助理研究员,研究方向为水利工程水生态安全,E-mail: yqgong@hhu.edu.cn

动数据集(CMADS V1.1)中选用具有代表性的27个CMADS气象站点;实测径流数据来源于双下、平山水文站2008~2016年月径流资料。以水文站控制断面作为研究断面,将西枝江流域划分为双下断面以上河段(上游河段)、双下一平山断面河段(中游河段)和平山一河口断面河段(下游河段)。

## 2.2 研究方法

### 2.2.1 SWAT 分布式水文模型

SWAT模型<sup>[4]</sup>模拟流域水文循环过程分为陆地阶段和汇流阶段,其中水文循环陆地阶段模拟基于水量平衡方程,计算公式为:

$$S_{SW_t} = S_{SW_0} + \sum_{i=1}^t (R_{day} - Q_{surf} - E_a - W_{seep} - Q_{gw}) \quad (1)$$

式中, $S_{SW_t}$ 为土壤最终含水率,mm; $t$ 为时间,d; $S_{SW_0}$ 为第*i*天时土壤初始含水率,mm; $R_{day}$ 为降水量,mm; $Q_{surf}$ 为地表径流,mm; $E_a$ 为蒸散发量,mm; $W_{seep}$ 为进入包气带水量,mm; $Q_{gw}$ 为回归流量,mm。

地表径流估算采用以日降水为基础的SCS径流曲线法,河道汇流采用马斯京根法估算。

### 2.2.2 流域洪水资源利用潜力计算方法

一般认为洪水资源可利用量是洪水调控利用能力的函数,流域洪水资源可划分为可利用量和不可利用量两部分,其中不可利用部分又包括现有调控能力下不能够利用与考虑流域具体断面以下区域的生产、生活和生态用水而不允许利用两部分<sup>[5]</sup>。由此,采用基于极限分析理论推导和完善后的流域洪水资源利用潜力相关概念和评价方法,具体计算公式如下。

(1)洪水资源实际利用量。计算公式为:

$$W_r^{x_0}(i) = W(i) - W_d^{x_0}(i) \quad (2)$$

式中, $W_r^{x_0}(i)$ 为现状工程调控利用能力 $x_0$ 下的洪水资源可利用量; $W(i)$ 为时段*i*的洪水资源总量; $W_d^{x_0}(i)$ 为时段*i*的流域出境水量。

(2)洪水资源理论利用潜力 $W_p(i)$ 。计算公式为:

$$W_p(i) = \lim_{x \rightarrow \infty} W_p^x(i) = \lim_{x \rightarrow \infty} (W_d^x(i) - \max(W_e(i), W_u^x(i))) = W_d^x(i) - W_e(i) \quad (3)$$

式中, $W_e(i)$ 为满足流域基本用水需求而不允许利用的部分洪水资源量; $W_u^x(i)$ 为受流域洪水调控利用能力 $x$ 限制而不能够利用的部分洪水资源量; $W_p^x(i)$ 为调控利用能力为 $x$ 时的流域洪水资源利用潜力,即在现状利用水平 $x_0$ 基础上可

进一步挖掘的增量。

(3)不可控洪水径流量。计算公式为:

$$W_u^{x_0}(i) = \max(W(i) - W_0, 0) \quad (4)$$

式中, $W_u^{x_0}(i)$ 为限于调控能力 $x_0$ 不能利用的洪水资源量,现状洪水调控能力 $x_0$ 对应的水量 $W_0$ 取*n*年内洪水资源实际利用量最大值。

(4)现状利用潜力 $W_p^{x_0}$ 。计算公式为:

$$W_p^{x_0} = W_d^{x_0}(i) - \max(W_e(i), W_u^{x_0}(i)) \quad (5)$$

(5)理论可利用量 $W_a(i)$ 。计算公式为:

$$W_a(i) = \lim_{x \rightarrow \infty} W_a^x(i) = \lim_{x \rightarrow \infty} (W(i) - f(W_e(i), W_u^x(i))) = W(i) - W_e(i) \quad (6)$$

(6)现状可利用量 $W_a^{x_0}$ 。计算公式为:

$$W_a^{x_0}(i) = W(i) - \max(W_e(i), W_u^{x_0}(i)) \quad (7)$$

(7)利用率 $\eta$ 。计算公式为:

$$\eta = [W_r^{x_0}(i) / W(i)] \times 100\% \quad (8)$$

## 3 结果与分析

### 3.1 SWAT 模型率定验证及适用性分析

#### 3.1.1 模型参数率定和验证

在参考相关研究成果<sup>[6]</sup>的基础上,选取与径流相关的16个参数进行模型率定和验证,利用SUFI-2算法反复迭代运算完成参数优化。选用2008~2016年双下站、平山站河流断面作为模型输出结果的验证断面,月尺度径流数据为考虑水库调度后的天然径流还原资料。率定期设置为2008~2012年,验证期设置为2013~2016年。

图1为双下站、平山站率定期和验证期月尺度径流模拟结果。由图1可看出,在模型模拟的率定期和验证期,双下、平山断面月尺度径流模拟值与实际值变化趋势基本一致。由模型模拟评价结果(表2)来看, $P$ 因子均大于0.7, $R$ 因子均小于1,表明模型的不确定较小,双下站和平山站模拟结果在率定期的确定性系数( $R^2$ )和纳什系数

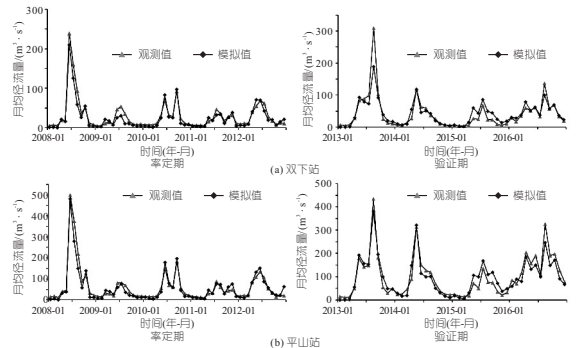


图1 双下站、平山站率定期和验证期月尺度径流模拟结果  
Fig.1 Monthly scale runoff simulation results of regular and verification periods of Shuangxia and Pingshan station

表 1 SWAT 模型参数最优值结果表

Tab. 1 Table of SWAT model parameter optimal values

序号	参数名称	参数含义	迭代方式	最佳校准值
1	ALPHA_BF	基流衰减系数	v	0.57
2	CN2	径流曲线数	v	86.10
3	SOL_K	土壤饱和和传导率	r	-0.59
4	CH_K2	干流有效水力传导率	v	90.61
5	RCHRG_DP	地下水下渗系数	v	0.19
6	CH_N2	河道曼宁系数	v	0.04
7	SFTMP	降雪温度	v	6.12
8	GWQMN	浅层地下水径流系数	v	435.00
9	GW_DELAY	地下水延迟时间	v	123.50
10	CANMX	最大冠盖指数	v	7.50
11	SOL_AWC	土壤有效含水量	r	0.02
12	REVAPMN	浅层地下水再蒸发系数	v	480.50
13	HRU_SLP	平均坡度	v	0.68
14	ESCO	土壤蒸发补偿系数	v	0.96
15	EPCO	植物吸收补偿因子	v	0.38
16	SLSUBBSN	平均坡长	v	25.26

注:v 为现有参数值被给定的值取代;r 为现有参数值乘以(1+给定值)。

表 2 西枝江流域 SWAT 模型模拟评价结果

Tab. 2 SWAT model simulation and evaluation results of Xizhijiang River Basin

水文站点	时间	P	R	R <sup>2</sup>	N <sub>s</sub>
双下站	率定期	0.78	0.74	0.94	0.92
	验证期			0.87	0.82
平山站	率定期	0.82	0.85	0.94	0.94
	验证期			0.90	0.90

(N<sub>s</sub>)均大于 0.9,验证期均大于 0.8,表明在流域月尺度径流模拟精度较高,可用于西枝江流域天然径流模拟分析。

### 3.1.2 径流模拟结果

将率定后的 SWAT 模型参数应用到西枝江流域其他子流域,可得到 3 个关键断面月尺度天然径流量模拟值。2008~2016 年西枝江流域各控制断面汛期(4~9 月)河流天然径流量计算结果见表 3,以断面汛期天然径流量作为该断面以上流域洪水资源量<sup>[4]</sup>。

表 3 西枝江流域汛期天然径流量

Tab. 3 Natural runoff in flood season of Xizhijiang River Basin

年份	双下	平山	河口
2008	13.00	30.43	54.51
2009	2.54	6.84	16.44
2010	7.11	15.96	30.20
2011	4.11	8.97	19.82
2012	6.18	13.12	23.63
2013	14.79	31.00	55.23
2014	7.40	18.40	40.41
2015	7.97	17.55	31.48
2016	9.32	23.63	42.99
多年平均值	8.05	18.43	34.97

## 3.2 西枝江流域洪水资源利用潜力分析

### 3.2.1 洪水资源利用潜力分析

(1)汛期河道内必要需水量。西枝江流域河道内用水主要考虑发电、航运、满足下游供水工程取水要求和维持流域内河道生态环境功能正常发

挥等。参考文献[7],河道内必要需水量选取多年平均径流量的 25%,确定双下断面以上河段(上游河段)、双下—平山断面河段(中游河段)和平山—河口断面河段(下游河段)的汛期最小生态环境需水量分别为  $2.01 \times 10^8$ 、 $2.60 \times 10^8$ 、 $4.13 \times 10^8 \text{ m}^3$ 。

(2)流域现状调控利用能力。根据平山站实测径流数据和平山—河口区间降雨蒸发数据,经面积比修正后得到河口断面径流数据。其中,中游和下游河段洪水资源利用潜力计算分别选用双下—平山断面和平山—河口断面汛期天然径流量的差值作为洪水资源量,实测径流数据差值作为出境水量。

对于上游河段而言,2013 年西枝江流域的上游局部地区发生洪涝,洪水实际利用量( $4.68 \times 10^8 \text{ m}^3$ )为近 10 年内最大,且 2008~2016 年河段内并未修建大型调蓄水库及大型引调水工程,洪水利用调控利用能力较为稳定,故上游河段选择实际利用量  $4.68 \times 10^8 \text{ m}^3$  作为现状洪水资源调控利用能力,同理可得中游河段和下游河段的现状洪水资源调控利用能力分别为  $7.88 \times 10^8$ 、 $8.76 \times 10^8 \text{ m}^3$ 。

表 4 双下断面以上河段(上游河段)洪水资源可利用量和利用潜力计算结果

Tab. 4 Calculation results of the usable amount and utilization potential of flood resources above the

Shuangxia section(upper reaches)									10 <sup>8</sup> m <sup>3</sup>
年份	洪水资源总量	出境水量	实际利用量	不可控洪水量	不可利用量	现状可利用量	理论可利用量	现状利用潜力	理论利用潜力
2008	13.00	8.83	4.16	8.31	8.31	4.68	10.99	0.52	6.82
2009	2.54	2.00	0.54	0.00	2.01	0.53	0.53	0.00	0.00
2010	7.11	2.71	4.40	2.43	2.43	4.68	5.10	0.28	0.70
2011	4.11	1.70	2.41	0.00	2.01	2.10	2.10	0.00	0.00
2012	6.18	3.48	2.70	1.49	2.01	4.17	4.17	1.47	1.47
2013	14.79	10.10	4.68	10.10	10.10	4.68	12.78	0.00	8.09
2014	7.40	4.91	2.49	2.72	2.72	4.68	5.39	2.20	2.90
2015	7.97	3.42	4.55	3.28	3.28	4.68	5.95	0.14	1.41
2016	9.32	7.08	2.24	4.64	4.64	4.68	7.31	2.45	5.07
多年平均	8.05	4.92	3.13	3.66	4.17	3.88	6.03	0.78	2.94

### 3.2.2 洪水资源特点分析

(1)年际分布特点。绘制各河段洪水资源数量年际变化图(图 2),可以看出从上游至下游河

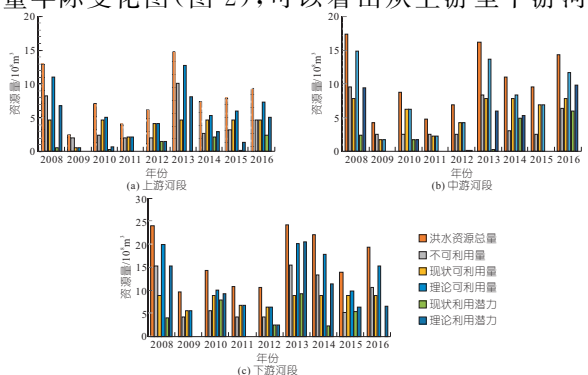


图 2 各河段洪水资源年际分布

Fig. 2 Annual distribution of flood resources in each river section

段各项洪水资源利用潜力指标的年际分布规律基本一致。以西枝江上游河段为例,从洪水资源总量来看,上游河段洪水资源总量最大值为  $14.79 \times 10^8 \text{ m}^3$  (2013 年),最小值为  $2.54 \times 10^8 \text{ m}^3$  (2009 年),极值比达到 5.82,其余指标年际变化趋势与洪水资源总量相似。其中丰水年(2013、2016 年)洪水资源利用潜力高于枯水年(2009 年),可见西枝江流域洪水资源总量受降雨影响,年际分布不均匀,洪水资源利用潜力年际差异较大。

(2)沿程分布特点。西枝江流域上、中、下游河段的多年平均洪水资源总量分别为  $8.05 \times 10^8$ 、 $10.39 \times 10^8$ 、 $16.53 \times 10^8 \text{ m}^3$ ,多年平均实际利用量分别为  $3.13 \times 10^8$ 、 $4.56 \times 10^8$ 、 $4.57 \times 10^8 \text{ m}^3$ ,利用式(8)算得洪水资源实际利用率分别为 40.41%、50.48%、32.00%。从多年平均洪水资源数量及利用率图(图 3)可以发现,从上游至下游,各河段的洪水资源量、理论可利用量、理论利用潜力等指标都呈增长趋势,说明洪水资源的利用条件下游较上游更好,流域下游具有较大的洪水资源利用潜力。从实际利用量来看,下游河段洪水资源总量最大,但洪水资源调控利用能力和实际利用量与上中游差异较小,同时西枝江流域干流上游建有白盆珠水库,平山断面附近建有西枝江水利枢纽,下游无水利枢纽对洪水资源进行有效调节,因此下游洪水资源利用率较低,洪水资源尚未被充分利用,洪水资源利用潜力较大,未来西枝江流域下游可通过加强水利工程建设和综合治理提高洪水调控利用能力和洪水资源利用率。

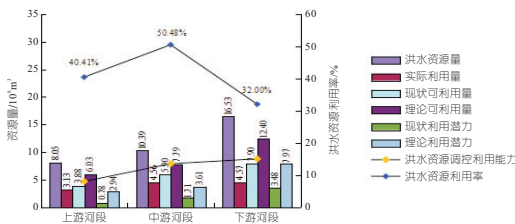


图 3 西枝江流域各河段洪水资源数量及利用率  
Fig. 3 Quantity and utilization ratio of flood resources in Xizhijiang River Basin

### 3.2.3 洪水资源利用可行性分析

对流域各监测断面水质条件进行分析(表 5),

表 5 2018 年西枝江流域断面水质监测部分数据

Tab. 5 Water quality monitoring data of some sections in Xizhijiang River Basin in 2018

控制断面	溶解氧	化学需氧量	生化需氧量	总氮	总磷	水质类别	水质控制目标
白盆珠水库甘园	I	I	I	II	I	II	II
白盆珠水库坝下	I	I	I	I	II	II	III
惠东城上	I	I	I	II	II	II	III
惠东城下	II	I	I	III	II	III	III
新圩村	II	I	I	III	III	III	III
马安大桥下	II	I	I	III	III	III	III

结果表明西枝江惠东县城以上的上中游河段水质较好,水质各项指标(除总氮外)均可达到 II 类水质;下游河段的新圩村、马安大桥下断面水质指标均可达到 III 类水质。总体上,西枝江干流水质指标均不低于 III 类标准,达到生活饮用地表水源地二级保护区标准,干流水质均在控制目标范围内,可作为洪水资源利用的取水河段;干流惠东城区以上河段及白盆珠水库水质常年维持在 II 类及以上,是较为优良的供水水源。

## 4 结论

a. 以西枝江流域为例,构建西枝江流域 SWAT 水文模型模拟天然径流过程,利用极限分析理论,阐述流域洪水资源利用潜力等相关概念及计算流程,分析西枝江流域洪水资源时空分布特征,结合流域水质条件探讨洪水资源利用的可行性。结果表明,所建模型适用于西枝江流域径流模拟。

b. 本文洪水资源利用潜力的计算方法尚需进一步完善,特别是确定洪水资源调控能力计算方面,需考虑地理环境条件、水利工程建设、社会经济因素等多种因素影响。此外,后续研究可进一步联合上下游引水调蓄工程和工程建设条件,考虑不同河段水资源利用潜力差异,进一步开发建设水资源配置工程,为西枝江流域洪水资源利用及运行管理提供充分依据。

### 参考文献:

- [1] 李思阳,张娟,姚玲爱,等. 西枝江流域浮游植物群落结构特征与主要环境因子的关系研究[J]. 环境科学学报,2016,36(06):1939-1947.
- [2] 闫成山,董风军,王君诺,等. 岸堤水库流域洪水资源利用潜力计算方法研究[J]. 中国农村水利水电,2019(4):13-18.
- [3] BERA S, MAITI R. Assessment of water availability with SWAT Model: a study on Ganga River[J]. Journal of the geological society of India,2021,97(7).
- [4] AKOKO G, TU H L, GOMI T, et al. A review of SWAT model application in africa [J]. Water, 2021, 13(9).
- [5] 王宗志,程亮,刘友春,等. 流域洪水资源利用的现状与潜力评估方法[J]. 水利学报,2014,45(4):474-481.
- [6] 郭伟,陈兴伟,林炳青. SWAT 模型参数对土地利用变化的响应及其对不同时间尺度径流模拟的影响[J]. 生态学报,2021,41(16):6373-6383.
- [7] 王永勇,谢宏旭. 珠江片水资源可利用量的初步估算[J]. 人民珠江,2007(6):27-29,34.

## Assessment of Flood Resources Utilization Potential in the Xizhijiang River Basin Based on SWAT Model

YANG Ji<sup>1a</sup>, JU Xin-hui<sup>1a</sup>, LI Li-qun<sup>2</sup>, ZHOU Peng-cheng<sup>3</sup>, GONG Yi-qing<sup>1b</sup>

(1a. College of Water Conservancy and Hydropower Engineering; 1b. Institute of Water Science, Hohai University, Nanjing 210098, China; 2. Changsha Water Conservancy Bureau, Changsha 410100, China; 3. Hunan Water Resources and Hydropower Survey, Design, Planning and Research Co., Ltd., Changsha 410007, China)

**Abstract:** Scientific evaluation of flood resource utilization potential is an important prerequisite for carrying out flood resource utilization in the basin and alleviating the contradiction between supply and demand of water resources. To evaluate the potential of flood resource utilization in different sections of the Xizhijiang River Basin, the SWAT model was constructed to simulate the natural runoff process of Xizhijiang River Basin, and the flood resources of the basin were quantified by combining the limit analysis theory. The potential of flood resources utilization in the upper, middle and lower reaches of the basin was evaluated, and the feasibility of flood resources utilization in Xizhijiang River Basin was discussed based on the water quality conditions. The results show that the SWAT model has good applicability in runoff simulation of Xizhijiang River Basin; The inter-annual distribution of flood resources is uneven, and there are great differences in inter-annual flood resources utilization potentiality. The utilization condition of flood resources in the lower reaches is better than that in the upper reaches, while the utilization rate of flood resources in the lower reaches is lower. The average annual current and theoretical utilization potential of flood resources in the lower reaches are  $3.48 \times 10^8 \text{ m}^3$  and  $7.97 \times 10^8 \text{ m}^3$ , respectively. The water quality indexes of the main stream of Xizhijiang River Basin are not lower than the class III standard, and the utilization of flood resources in Xizhijiang River is feasible. This study can provide support for the optimal allocation of flood resources in Xizhijiang River Basin, and it has an important reference value for achievement of high quality development of the basin.

**Key words:** Xizhijiang River Basin; SWAT model; runoff simulation; flood resources utilization potential

\*\*\*\*\*  
(上接第 69 页)

## Spatiotemporal Distribution Characteristics and Key Sources of Nitrogen in Yihe River Basin Based on SWAT Model

ZHANG Guo-rui<sup>1a,1b</sup>, LIU Cheng-gao<sup>2</sup>, JIA Yu-shan<sup>2</sup>, WU Ting-feng<sup>3</sup>, YANG Chuan-guo<sup>1a,1b</sup>

(1a. College of Hydrology and Water Resources; 1b. State Key Laboratory of Hydrology-water Resources and Hydraulic Engineering, Hohai University, Nanjing 210098, China; 2. Shilianghe Reservoir Management Office, Lianyungang 222300, China; 3. Nanjing Institute of Geography and Limnology, Chinese Academy of Sciences, Nanjing 210008, China)

**Abstract:** In order to analyze the Nitrogen pollution status and changes in the Yihe River Basin, a SWAT model was established, and the model was calibrated based on the monitoring data of Linyi Station. Its temporal and spatial distribution characteristics were analyzed and the key pollution sources were identified. The results show that the SWAT model has good applicability in the simulation research of runoff and pollution in the Yihe River Basin; The pollution is mainly concentrated in the flood season from July to September, and the ammonia nitrogen and total nitrogen load account for 73.34% and 81.58% of the whole year; The sub-basin in the southwest and close to the water system in the northeast are the main source area of pollution; The main sources of pollution in the basin are sewage discharge, agricultural fertilization and soil loss. Taking Nitrogen fertilizer reduction, returning farmland to forest and comprehensive management measures for the changes can effectively reduce the discharge of pollution load.

**Key words:** solute simulation; SWAT model; Nitrogen pollution load; key sources; Yihe River Basin

\*\*\*\*\*  
(上接第 100 页)

## Comparative Analysis of Wave Run-up of High Wave Wall Earth Rockfill Dam

YIN Jia-nan<sup>1</sup>, ZHANG Yan-ze<sup>2</sup>, YANG Hai-tao<sup>1</sup>, WANG Sheng-li<sup>2</sup>, CAO Yu-long<sup>3</sup>

(1. China Water Northeastern Investigation, Design & Research Co., Ltd., Changchun 130021, China;  
2. Inner Mongolia Water Investment Group Co., Ltd., Hohhot 010020, China;  
3. Inner Mongolia Yin Cao Ji Liao Water Supply Co., Ltd., Hinggan League 137699, China)

**Abstract:** In view of the case that the high wave wall changes from inclined to vertical near the dam slope and crest, numerical simulation and physical model tests were used to mutually verify the calculation of wave run-up. The working conditions of different wave elements and water depth in front of the dam were analyzed to study the impact of high wave walls on wave run-up in the reservoir. The results show that when the same wave factor is applied to different reservoir depths, the wave run-up shows an inverted parabolic trend with the reservoir depth; The maximum wave run-up occurs at the intersection of the vertical section of the wave wall and the slope section; When the water depth in front of the wall is higher than the intersection of the vertical section and the slope section, the wave run-up calculated by the standard method is larger compared with the results of mathematical and physical models. The finding can provide a reference for the refined design of the top elevation of high wave walls considering the impact of wave run-up in the design of earth-rockfill dam.

**Key words:** high wave wall earth rockfill dam; wave run-up; normative law; numerical physical model test