

基于 GIS 的黄山景区山洪灾害风险区划

甘卓亭¹, 白子怡², 许璟³, 余向洋^{1*}

(1. 黄山学院旅游学院, 安徽黄山 245041; 2. 陕西师范大学地理科学与旅游学院, 陕西西安 721000; 3. 黄山学院建筑工程学院, 安徽黄山 245041)

摘要 以黄山景区的地形、植被、坡度和降水等资料为基础数据, 利用 GIS 技术, 采用熵权法确定权重, 再通过综合加权求和法对黄山景区的山洪灾害进行风险区划。结果表明, 黄山景区的山洪灾害以中危区为主, 约占景区面积的 72%, 山洪灾害高危区和低危区分别占景区的 21% 和 7%; 高危区分布于景区的中西部, 由中部高危区和西南部高危区组成; 中部高危区有北海景区和玉屏景区两大热点景区, 存在较大的旅游安全隐患。应做好灾前、灾中、灾后的预防、抢救重建方面的灾害风险应急管理工作。

关键词 区划; 山洪灾害; 风险评估; 黄山景区

中图分类号 P 426.616 文献标识码 A

文章编号 0517-6611(2020)08-0076-04

doi: 10.3969/j.issn.0517-6611.2020.08.019



开放科学(资源服务)标识码(OSID):

Regional Risk Zonation of Torrent Disasters in Huangshan Scenic Area Using GIS

GAN Zhuo-ting¹, BAI Zi-yi², XU Jing³ et al (1. School of Tourism, Huangshan University, Huangshan, Anhui 245041; 2. School of Geography and Tourism, Shaanxi Normal University, Xi'an, Shaanxi 721000; 3. School of Architecture and Civil Engineering, Huangshan University, Huangshan, Anhui 245041)

Abstract Based on the data of topography, vegetation, slope and precipitation, the regional risk zonation of torrent disasters in Huangshan Scenic Area were determined by the comprehensive weighted summation method, entropy weight method and GIS. The results show that the torrent disasters in Huangshan Scenic Area are mainly in medium risk areas, accounting for 72% of the scenic area, and the high risk areas and low risk areas account for 21% and 7% of the total scenic area, respectively. The high risk areas of torrent disasters are located in the central and western part of the scenic area, which can be divided into high risk areas in the central part and high risk areas in the southwest part. In the central high risk areas, there are Beihai Scenic Area and Yuping Scenic Area, which have great potential tourism safety hazards. The emergency management of disaster risk should be done in prevention, rescue and reconstruction work before, during and after disaster.

Key words Zonation; Torrent disaster; Risk assessment; Huangshan Scenic Area

各类自然灾害事件每年给旅游景区造成大量经济损失甚至人员伤亡^[1-2], 这些不安全事件对旅游业的健康发展负面影响极大。山地景观是一类重要的观光旅游资源, 承载了大量的游客, 然而复杂的山地环境也使其成为旅游安全风险高发的旅游目的地^[3], 研究表明山岳型景区的旅游安全风险是非山岳景区的 5 倍以上^[4]。大量分布于我国南方的山岳型景区, 更是在季风环流的影响下呈现雨季长、降雨量大的特点, 且与旅游旺季重叠, 降水山洪致灾的风险极高^[5-8]。因此, 开展以降水山洪灾害为重点的灾害风险分析, 对我国南方山岳型景区的旅游安全管理非常必要。

黄山景区是位于我国南方著名的山岳型景区之一, 奇特的山地景观对游客具有很强的吸引力, 近年来客流量高居不下, 已接近景区的旅游极限容量, 给景区的旅游安全管理带来了极大的压力^[9]。研究表明, 黄山景区在特殊的气候、地理条件影响下, 各种气象、地质灾害时有发生^[10]。据黄山景区灾害历史资料记载, 自公元 650 年开始有水灾记录至 2000 年, 在 1 350 多年间共发生较大洪水 450 多次, 特大洪灾 23 次。山洪灾害是黄山景区重要的致灾因子, 也成为景区旅游活动的最大安全隐患。为此, 该研究利用气象、植被、地形等

地理基础数据, 运用 GIS 技术进行空间分析, 从致灾因子和孕灾环境 2 个方面综合评估黄山景区山洪灾害的风险等级和空间分布格局, 并对黄山景区山洪灾害的风险区划进行初步研究, 以期对景区的旅游安全管理提供决策依据, 也为其他山岳型景区的旅游安全研究和管理提供参考。

1 研究区概况与数据来源

1.1 研究区概况 黄山景区(118°04'03"—118°15'00"E、30°12'32"—30°02'47"N)位于安徽省南部, 地跨黄山市境内的黄山区、歙县、休宁县和黟县, 景区区域面积约 160.6 km²(图 1)。黄山景区被列入世界自然、文化遗产和世界地质公园目录, 也是我国重点风景名胜。景区的地带性气候类型为亚热带季风气候, 年均温 7.8 ℃, 夏季年均最高气温 27 ℃、均温 25 ℃, 冬季年均最低气温 -22 ℃、均温 0 ℃以上。年降水量 2 394.5 mm, 降水日多达 180 d, 汛期一般在 4—8 月, 主汛期 5—7 月^[11]。

黄山景区下设温泉、云谷、玉屏、北海、松谷、钓桥、浮溪、洋湖和福固等 9 个管理区, 并依据景点的聚集形成了诸如温泉、北海、玉屏、钓桥、云谷和松谷等二级景区。黄山景区的花岗岩地貌景观发育完整, 几乎涵盖了所有的花岗岩地貌类型, 其中锥状峰更为黄山所特有。黄山山脉系长江流域和钱塘江流域在安徽境内的分水岭, 北坡汇入长江支流——青弋江, 南坡汇入钱塘江流域上游支流——新安江。山体水系由主峰向周围呈辐射状分布。

1.2 数据来源 降水数据来自中国气象数据中心, 选取黄山景区及其周边 6 个国家气象观测站中国地面累年值数据集

基金项目 国家自然科学基金项目(41571140); 安徽省高校人文社科研究重点项目(SK2017A0379); 黄山学院校级科研平台建设项目(kyp201813); 黄山学院校级人才启动项目(2018xskq005)。

作者简介 甘卓亭(1973—), 男, 安徽池州人, 教授, 博士, 从事旅游安全管理研究。* 通信作者, 教授, 博士, 从事旅游地理学研究。

收稿日期 2019-10-08; **修回日期** 2019-10-28

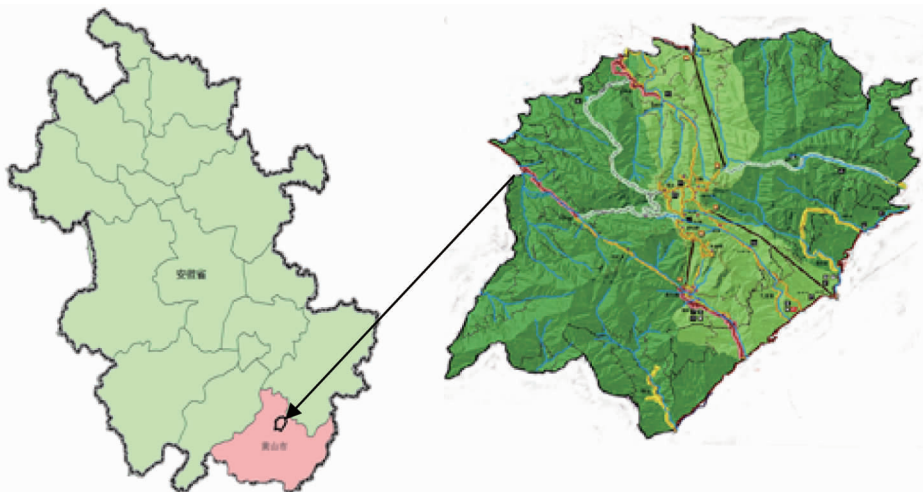


图1 黄山景区区位

Fig.1 Location map of Huangshan Scenic Area

(<https://data.cma.cn/>), 将各气象站点数据转为矢量点, 添加投影信息后通过 GIS 中的克里格插值成栅格数据; 地理矢量数据、地形高程 (DEM) 数据和植被覆盖数据来源于地理空间数据云 (<http://www.gscloud.cn/>); 河流水系来自 1:250 000 地形图。山洪灾情资料参考安徽省气象灾情普查数据和黄山市统计数据。

2 主要研究方法

2.1 研究方法

2.1.1 熵权法。由各指标的变异程度来确定权重, 即利用信息熵计算出熵权, 再以熵权修正指标权重。具体计算步骤如下^[12-13]:

(1) 数据标准化。将指标数据标准化处理, 给定的 k 个指标为 $A_1, A_2, \dots, A_k, A_i = \{a_1, a_2, \dots, a_n\}$, 对其标准化后得 B_1, B_2, \dots, B_k , 公式如下:

$$B_{ij} = \frac{A_{ij} - \min(A_i)}{\max(A_i) - \min(A_i)} \quad (1)$$

(2) 信息熵 E_i 。

$$E_i = -\ln(n)^{-1} \sum_{j=1}^n p_{ij} \ln p_{ij} \quad (2)$$

其中, $p_{ij} = Y_{ij} / \sum_{i=1}^n Y_{ij}$, 如果 $p_{ij} = 0$, 则定义 $\lim_{p_{ij} \rightarrow 0} p_{ij} \ln p_{ij} = 0$ 。

(3) 确定各指标权重 w 。根据信息熵的计算公式 (2), 计算出各个指标的信息熵为 E_1, E_2, \dots, E_n 。通过信息熵计算各指标的权重:

$$w_i = \frac{1 - E_i}{k - \sum E_i} \quad (i = 1, 2, \dots, n) \quad (3)$$

2.1.2 加权综合评价法。加权综合评价法是以评价指标为基础提出的风险表达^[14], 建立山洪灾害风险指数模型 H_i , 其计算公式为:

$$H_i = \alpha_1 \times w_1 + \alpha_2 \times w_2 + \dots + \alpha_n \times w_n \quad (4)$$

式中, H_i 为山洪风险指数, 其值越大风险越高; a_1, a_2, \dots, a_n 分别为山洪灾害各指标因子; w_1, w_2, \dots, w_n 则为熵权法确定的各指标因子的权重。

2.2 技术路线 鉴于景区以旅游活动为主, 游客安全是景区

灾害风险管理的主体。在忽略其他旅游服务设施的前提下, 仅以旅游者作为承灾体, 则可认为旅游活动在景区内具有一定的随机性和易变性, 从而近似认为景区内承灾体的脆弱性基本一致^[15-16]。因此, 从旅游安全角度来看, 致灾因子和孕灾环境是决定景区旅游安全风险最主要因素。基于此, 该研究中洪灾风险评估模型仅考虑致灾因子危险性和孕灾环境敏感性 2 个方面, 利用植被、高程、坡度和降水量等数据, 采用 GIS 空间分析方法, 通过熵权法确定权重, 建立山洪灾害风险评价模型, 利用加权求和综合评价法确定山洪灾害风险指数, 并将洪灾风险分为高、中高、中、中低、低危 5 个等级, 确定景区山洪灾害风险区划。技术路线如下:

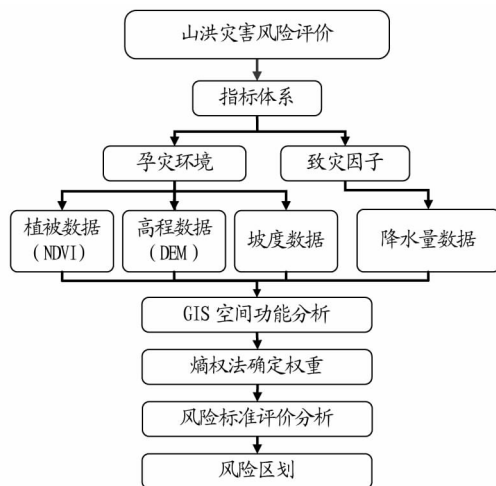


图2 技术路线

Fig.2 Technical roadmapping

3 结果与分析

山洪灾害风险一方面取决于致灾因子即降雨的危险性, 同时还受到地形条件、植被覆盖等孕灾环境敏感性的影响^[17-20]。

3.1 致灾因子分析 研究表明, 山洪灾害的数量和降雨关系密切^[21]。降雨是山洪灾害发生的基本条件, 其包括降水量和降水强度 2 个主要参数。降水强度是降水期间的平均降

水量,从平均角度来看,降雨量可在一定程度反映降雨强度,因此,在长时间序列的降水强度数据难以获取的情况下,通常仅考虑降雨量因子。该研究中分析降水因子的危险性,并以多年平均降雨量的空间分布作为因子评价降雨空间分布对山洪灾害危险程度的影响。

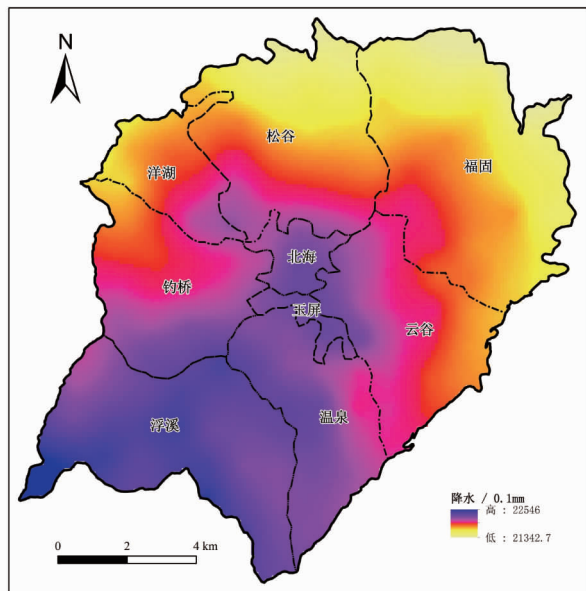


图3 黄山景区降水空间分布

Fig.3 The spatial distribution of precipitation in Huangshan Scenic Area

图3是利用黄山景区及其周边的黄山(光明顶)、屯溪、祁门、休宁、歙县和黟县等6个雨量站的数据,在ArcGIS中进行插值,得到黄山景区年均降雨量分布模拟图。由图3可知,浮溪、北海和玉屏管理区均处于高雨量区,温泉、云谷和吊桥管理区部分区域位于高雨量区,而洋湖、松谷和福固3个区均位于低雨量区,云谷管理区大部分也位于低雨量区。总体来看,黄山景区降雨量空间分布以西南部高、东北部低,呈现出自西南向东北降低的空间分布特点。

3.2 孕灾环境分析 山地特殊的地形地貌、植被土壤、地质构造等自然环境要素在为山岳型景区旅游产品开发提供独特资源的同时,各种旅游线路和旅游设施也依附于此,观光游客势必暴露于这种环境之中,从而构成了山地景区的不安全因素。从灾害风险角度来看,山地环境因素影响山洪灾害的发生和发展,并与次生灾害的发生密切相关,组成了山洪灾害的孕灾环境。尽管山洪灾害的孕灾环境包括多种因素,但受数据的可获得性和黄山景区自身特点,该研究主要从地形和植被2个方面分析孕灾环境。

地形是山洪灾害的重要影响因子。山洪灾害属于重力影响的灾害类型,一方面,由于高程、坡度、地形起伏度直接影响山洪灾害松散堆积物的分布和降水的汇集;同时,地势低洼处易受山洪的侵袭^[21]。利用数字高程模型(digital elevation model, DEM)及其提取的坡度可进一步分析河川径流的基本特征,获取洼地、沟谷等河道空间分布信息,以及径流流向、集水区面积、比降等河川径流特征^[22]。

由图4和图5可知,黄山景区高程在280~1815 m之间,坡度范围0.39°~54.22°之间。高程较高的北海和玉屏以缓坡为主,相对平坦,而其周边坡度较大,钓桥、玉屏和温泉区陡坡分布相对密集。北海分布有大量的景点,客流量较大,而由西、南方向达北海景区需要跨越陡坡区。从高程和坡度总体分布特征来看,景区形成了以北海为中心的放射状河网分布形状,景区到达北海旅游线路需要穿越陡坡区。

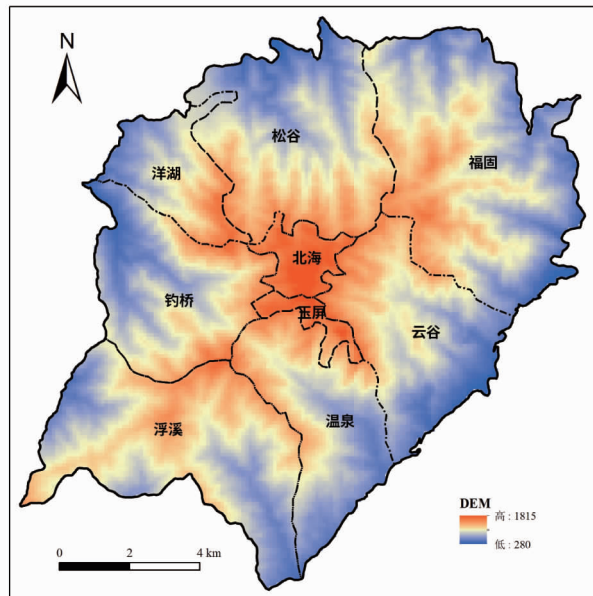


图4 黄山景区数字高程模型

Fig.4 Digital elevation model (DEM) of Huangshan Scenic Area

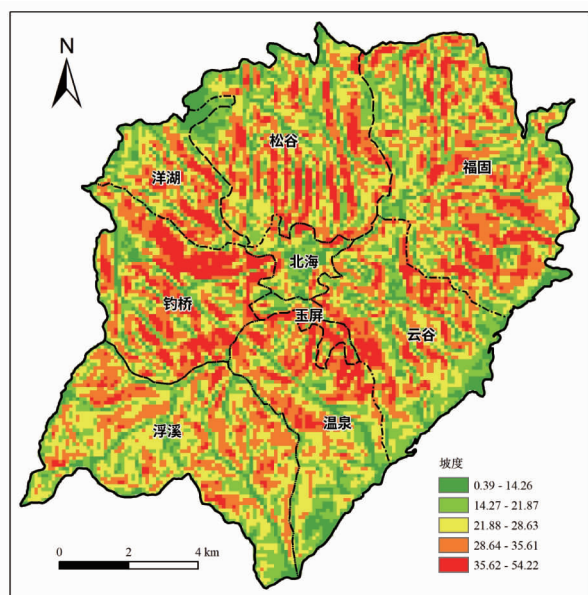


图5 黄山景区坡度分布

Fig.5 Slope distribution of Huangshan Scenic Area

植被冠层可截留降雨,减缓降雨对地面的直接冲刷,同时植被根系对保护坡地土壤侵蚀,增加土壤的入渗率和蓄水量,延缓坡面径流的产生过程,避免河川径流水位快速上涨形成洪灾。植被覆盖率大的区域山洪灾害发生的概率有一定程度的降低^[23]。利用遥感数据获取的标准化或归一化植

被指数(normalized difference vegetation index, NDVI)与植被分布密度呈线性相关,可以反映地表植被覆盖状况。

由图 6 可知,黄山景区 NDVI 值在 0.463 9~0.629 2 之间,表明景区的森林植被总体上具有较高的盖度。相对而言,在景区中部植被盖度较低,其中北海和玉屏全区以及钓桥、浮溪和温泉部分地区的 NDVI 值均较低,云谷、福固、松谷和洋湖的小部分 NDVI 值也偏低,而高 NDVI 区主要分布于景区的外围,呈现出由北海和玉屏为中心向周边增加分布格局。

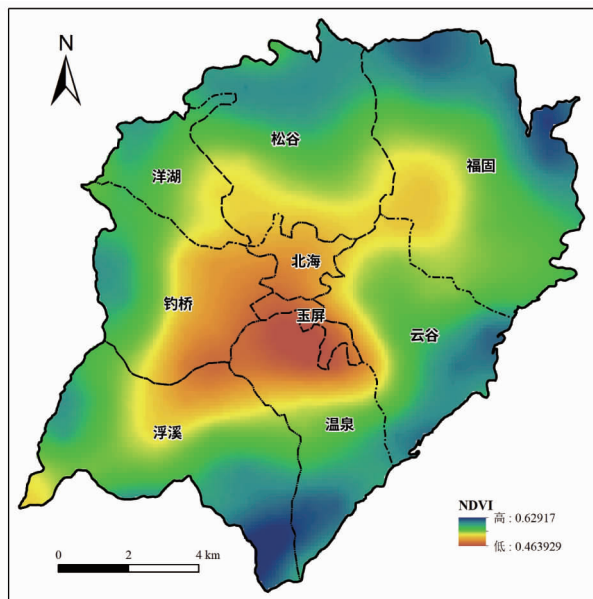


图 6 黄山景区植被指数分布

Fig.6 Normalized difference vegetation index of Huangshan Scenic Area

3.3 山洪灾害风险区划 利用 GIS 中自然断点分级法将景区山洪灾害风险指数 H_i 划分为山洪灾害高危险区 V、中高危险区 IV、中危险区 III、中低危险区 II 和低危险区 I,各风险等级的风险指数范围、面积和占比见表 1。

表 1 黄山景区山洪灾害风险评估

Table 1 The risk assessment of torrent disasters in Huangshan Scenic Area

风险等级 Risk level	风险指数 Risk index		面积 Area km^2	占比 Proportion %
	范围 Range	中位值 Median		
低危险区 I Low risk area I	0.056 2~ 0.153 9	0.11	11.39	7
中低危险区 II and low risk area II	$\geq 0.153 9$ ~ 0.230 2	0.20	30.60	19
中危险区 III Medium risk area III	$\geq 0.230 2$ ~ 0.294 9	0.26	41.08	26
中高危险区 IV and high risk area IV	$\geq 0.294 9$ ~ 0.359 6	0.33	43.91	27
高危险区 V High risk area V	$\geq 0.359 6$ ~ 0.530 7	0.39	33.61	21

由图 7 可知,黄山景区山洪灾害的高危险区 V 主要集中于景区的中部和西南部,面积约为 33.61 km^2 ,约占景区面积的 21%。以北海和玉屏为中心,辖云谷、钓桥、洋湖、松谷部分,西南部高危险区以浮溪为中心,辖云谷和钓桥部分。

在中部高危险区,分布有光明顶、飞来石、夫子峰、慈光阁、温泉、排云楼、北海北部、天海、玉屏楼、鳌鱼峰、莲花峰、天都峰等多个景点,为黄山精华景区,各种旅游服务设施密集,客流量较大,山洪灾害产生的破坏性大,需要重点防范。尽管西南部高危险区的面积较大,但相对中部高危险区而言,因旅游景点较少,客流量减小,山洪灾害对旅游安全的威胁性降低。景区的山洪灾害中等危险区(包括中高危险区 IV、中危险区 III 和中低危险区 II)分布较广,9 个次级管理区均有分布,一般位于高危险区的外围,面积为 115.59 km^2 ,占景区总面积的 72%,是景区洪灾风险的主体部分。低危险区主要位于景区的东部、东北部和北部的边界附近,分布相对零散,面积约为 11.39 km^2 ,占景区的 7%。

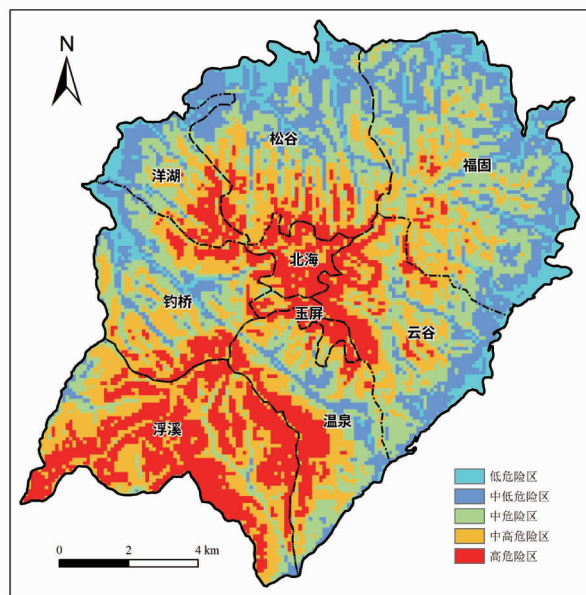


图 7 黄山景区洪灾风险区划

Fig.7 Regional risk zonation of mountain torrent disasters in Huangshan Scenic Area

4 结论

黄山景区的山洪灾害以中等危险区为主,占景区面积的 72%,高危险区和低危险区相对较少,分别占景区总面积的 21%和 7%。山洪高危险区集中于景区的中、西部,从空间分布上可划分为中部高危险区和西南部高危险区。在中部高危险区分布有北海景区和玉屏景区,有较多的著名景点,形成了中部高危险区与旅游活动密集区重叠的空间分布特征,存在较大的旅游安全风险,在做好景区山洪灾害风险管理的同时,应特别重视中部洪灾高危险区的旅游安全应急管理,做好灾前、灾中和灾后的预防、抢救和重建方面的灾害风险应急管理工作。

参考文献

- [1] 孙滢悦,杨青山,陈鹏.长白山景区旅游安全风险动态评价研究[J].地理科学,2019,39(5):770-778.
- [2] 中国旅游研究院.中国旅游经济蓝皮书(No.11)[M].北京:中国旅游出版社,2019.
- [3] 陈金华.中国山岳型景区安全管理实证研究[J].华侨大学学报(哲学社会科学版),2015(1):72-82.

当没有碳源投加时,水体中 $\text{NO}_3^- - \text{N}$ 浓度从 136 mg/L 降低至 72 mg/L,其主要是由于水体中易降解有机物不足而导致反硝化效果较差。补充碳源后可以看出,二级 A 池进水 $\text{NO}_3^- - \text{N}$ 浓度反而升高,出水 $\text{NO}_3^- - \text{N}$ 浓度降低。其主要是因为碳源的投加促进了二级 A 池的反硝化效果,在增强反硝化过程的同时产生更多碱度,进而补充二级 O 池中的碱度,促使 $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 转为 $\text{NO}_3^- - \text{N}$,最终,通过回流增加了二级 A 池的进水 $\text{NO}_3^- - \text{N}$ 浓度。

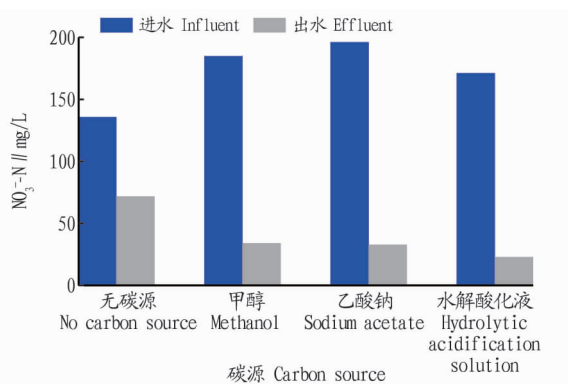


图 7 碳源投加对二级 A 池进出水 $\text{NO}_3^- - \text{N}$ 浓度的影响

Fig.7 Effect of carbon source addition on the concentration of $\text{NO}_3^- - \text{N}$ in the influent and effluent of the secondary A pond

3 结论与建议

(1) 采用分段进水多级 A/O 工艺处理养猪废水,在 9:1 最佳进水配比下 $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 的去除效果比较可观,但是仍不能达标,出水 $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 含量约为 96 mg/L。

(2) 对养猪废水的外加碳源进行了优化,确定了甲醇、葡萄糖、乙酸钠和餐厨垃圾水解酸化液的最佳碳氮比分别为 4.8、7.3、4.2 和 5.0;在最佳碳氮比的条件下,出水中 COD、 $\text{NH}_4^+ - \text{N}$

的浓度均能达标。

参考文献

- [1] DE LA MORA-OROZCO C, GONZÁLEZ-ACUÑA I, SAUCEDO-TERÁN R, et al. Removing organic matter and nutrients from pig farm wastewater with a constructed wetland system[J]. International journal of environmental research & public health, 2018, 15(5): 1-16.
- [2] 周娟, 刘锋, 尹黎明, 等. 南方农村分散养猪废水生态处理技术研究[J]. 水处理技术, 2018, 44(6): 101-104, 109.
- [3] 欧阳婷, 王涛, 樊华. 养猪废水深度治理技术研究进展[J]. 安徽农业科学, 2016, 44(35): 81-83, 112.
- [4] ZHU G B, PENG Y Z. Theoretical evaluation on nitrogen removal of step-feed anoxic/oxic activated sludge process[J]. Journal of Harbin Institute of Technology (New Series), 2006, 13(3): 263-266.
- [5] ZHU G B, PENG Y Z, WANG S Y, et al. Effect of influent flow rate distribution on the performance of step-feed biological nitrogen removal process[J]. Chemical engineering journal, 2007, 131(1): 319-328.
- [6] ZHU G B, PENG Y Z, ZHAI L M, et al. Performance and optimization of biological nitrogen removal process enhanced by anoxic/oxic step feeding[J]. Biochemical engineering journal, 2009, 43(3): 280-287.
- [7] 邓凯文, 李建政, 赵博玮. WFSI 处理低 C/N 比养猪废水的效果及脱氮机制[J]. 中国环境科学, 2016, 36(1): 87-91.
- [8] LIM S J, AHN Y H, KIM E Y, et al. Nitrate removal in a packed bed reactor using volatile fatty acids from anaerobic acidogenesis of food wastes[J]. Biotechnology & bioengineering, 2006, 11(6): 538-543.
- [9] BARIK S, PAUL K K. Potential reuse of kitchen food waste[J]. Journal of environmental chemical engineering, 2017, 5(1): 196-204.
- [10] 李梦露, 蒋建国, 张昊巍. 餐厨垃圾水解酸化液作碳源的脱氮效果研究[J]. 中国环境科学, 2014, 34(4): 917-923.
- [11] GU M Q, YIN Q D, WANG Z Z, et al. Color and nitrogen removal from synthetic dye wastewater in an integrated mesophilic hydrolysis/acidification and multiple anoxic/aerobic process[J]. Chemosphere, 2018, 212: 881-889.
- [12] CYSNEIROS D, THUILLIER A, VILLEMONT R, et al. Temperature effects on the trophic stages of perennial rye grass anaerobic digestion[J]. Water science & technology, 2011, 64(1): 70-76.
- [13] HUSSAIN A, FILLATRAULT M, GUIOT S R. Acidogenic digestion of food waste in a thermophilic leach bed reactor: Effect of pH and leachate recirculation rate on hydrolysis and volatile fatty acid production[J]. Bioresource technology, 2017, 245(Pt A): 1-9.
- [14] LI Y Y, JIN Y Y, BORRION A, et al. Effects of organic composition on mesophilic anaerobic digestion of food waste[J]. Bioresource technology, 2017, 244(Pt 1): 213-224.
- [15] 白子怡, 薛亮. 基于 GIS 的宝鸡市洪涝灾害风险加权综合评价[J]. 河南科学, 2019, 37(4): 642-647.
- [16] 李平兰, 杨受, 蔡自勇. 基于 GIS 技术的会东县暴雨洪涝灾害风险区划[J]. 现代农业科技, 2018(2): 231-233, 236.
- [17] 章国材. 气象灾害风险评估与区划方法[M]. 北京: 气象出版社, 2013: 29-132.
- [18] 张茵, 郭翔, 王锐婷, 等. 四川省暴雨洪涝灾害风险区划研究[J]. 中国农学通报, 2013, 29(26): 165-171.
- [19] 孙欣, 林孝松, 何锦峰, 等. 基于 GIS 的山区镇域山洪灾害危险性分区及评价[J]. 重庆工商大学学报(自然科学版), 2014, 31(9): 82-88.
- [20] 张泽峰. 浅议山洪灾害的成因与防治[J]. 科技创新与应用, 2016(5): 155.
- [21] 殷洁, 裴志远, 陈曦炜, 等. 基于 GIS 的武陵山区洪水灾害风险评估[J]. 农业工程学报, 2013, 29(24): 110-117.
- [22] 赵燕, 李溢龙, 田佳, 等. 基于 GIS 技术的山区洪灾孕灾环境综合评价与分区研究[J]. 绿色科技, 2015(8): 208-212.
- [23] 叶超凡, 张一驰, 熊俊楠, 等. 湖南省山丘区小流域山洪灾害危险性评价[J]. 地球信息科学学报, 2017, 19(12): 1593-1603.
- [24] 李世有. 基于多源 DEM 的数字流域特征提取对比分析[J]. 水资源开发与管理, 2019, 16(7): 17-23.
- [25] 林孝松, 林庆, 王梅力, 等. 山区镇域山洪灾害危险性分区研究: 以跳石镇为例[J]. 自然灾害学报, 2015, 24(3): 90-96.

(上接第 79 页)

- [4] 李新娟. 山地景区旅游安全风险评价与控制[J]. 河南理工大学学报(社会科学版), 2010, 11(2): 158-162.
- [5] MARTY C, KORUP O, PHILLIPS M, et al. Mountain hazards[M]// KOHLE T, MASELLI D. Mountains and climate change—from understanding to action. Bern: Geographica Bernensia, Centre for Development and Environment (CDE), 2009.
- [6] 李芳, 张爱国. 山岳型旅游灾害研究: 以泰山为例[J]. 山西师范大学学报(自然科学版), 2008, 22(3): 109-112.
- [7] 赵敬民, 彭淑贞, 乔晓红. 泰山风景区自然灾害与旅游业可持续发展的初步研究[J]. 国土与自然资源研究, 2003(2): 68-69.
- [8] 岑乔, 魏兰. 山地旅游安全预警与应急救援体系的构建: 以四川省山地旅游为例[J]. 云南地理环境研究, 2010, 22(6): 80-84.
- [9] 高展, 许剑勇, 王胜, 等. 黄山风景区暴雨山洪灾害风险区划研究[J]. 暴雨灾害, 2015, 34(3): 281-285.
- [10] 张俊香, 胡善风, 朱国兴. 提升黄山风景区自然灾害风险防范功能的对策研究[J]. 黄山学院学报, 2013, 15(6): 25-29.
- [11] 胡善风, 王金莲, 周晨峰, 等. 黄山风景区崩塌灾害危险性评估及防治对策[J]. 地理研究, 2013, 32(10): 1814-1823.
- [12] 王英. 基于 GIS 及综合权重法的甘肃黄土高原区山洪灾害风险区划研究[J]. 中国农村水利水电, 2018(8): 118-122.