

# 江苏省水土保持率阈值研究

代梦梦<sup>1,5</sup>, 梁 音<sup>1</sup>, 童 建<sup>2</sup>, 郭红丽<sup>3</sup>, 杨逸辉<sup>4</sup>, 吴 芳<sup>3</sup>

(1. 中国科学院南京土壤研究所土壤与农业可持续发展国家重点实验室, 江苏 南京 210008;  
2. 江苏省水土保持生态环境监测总站, 江苏 南京 210012; 3. 江苏省水文水资源勘测局, 江苏 南京 210029;  
4. 江苏省水利厅, 江苏 南京 210029; 5. 中国科学院大学现代农业科学学院, 北京 100049)

**摘要:**综合考虑江苏省自然地理条件、区域综合发展水平与趋势,以2018年水土流失动态监测成果为基础,分析各土地利用类型、地形坡度、植被覆盖度等条件下的水土流失预防和治理潜力,确定江苏省2018年水土流失地块中不需治理和不可完全治理的面积,计算区域内土壤侵蚀强度在轻度以下的国土面积上限,从而确定水土保持率阈值。结果表明:①江苏省不需治理的水土流失地块由坡度 $\geq 35^\circ$ 的水土流失地块、坡度 $\leq 2^\circ$ 的旱地和水浇地、植被盖度 $\geq 75\%$ 的园林草地、裸露基岩组成,总面积为883.60 km<sup>2</sup>;②不可完全治理的水土流失地块由北方土石山区10°~25°零散分布的小面积坡耕地、部分生产建设造成的人为水土流失地块、部分河岸边坡水土流失地块组成,总面积为836.85 km<sup>2</sup>;③不需治理和不可完全治理的水土流失地块面积之和即为江苏省远期水土流失面积,共计1 720.46 km<sup>2</sup>,即水土保持率阈值为98.32%。研究成果可为江苏省水土流失治理及成效评价提供依据。

**关键词:**水土保持率阈值; 水土流失; 地块

中图分类号:S157

文献标识码:B

文章编号:1007-7839(2022)10-0001-0005

## Study on threshold value of soil and water conservation rate in Jiangsu Province

DAI Mengmeng<sup>1,5</sup>, LIANG Yin<sup>1</sup>, TONG Jian<sup>2</sup>, GUO Hongli<sup>3</sup>,  
YANG Yihui<sup>4</sup>, WU Fang<sup>3</sup>

(1. State Key Laboratory of Soil and Sustainable Agriculture, Institute of Soil Science, Chinese Academy of Sciences, Nanjing 210008, China; 2. Soil and Water Conservation Ecological Environment Monitoring Station of Jiangsu Province, Nanjing 210012, China; 3. Jiangsu Province Hydrology and Water Resources Investigation Bureau, Nanjing 210029, China; 4. Water Resources Department of Jiangsu Province, Nanjing 210029, China; 5. College of Advanced Agricultural Sciences, University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China)

**Abstract:** Comprehensively considering the natural geographical conditions, regional comprehensive development level and trends of Jiangsu Province, and based on the dynamic monitoring results of soil and water loss in 2018, the potential of soil and water loss prevention and control are analyzed under various land use types, slopes, vegetation

收稿日期: 2022-05-13

基金项目: 江苏省水利科技项目(2020051); 江苏省水文局科技服务项目(JSSW201911005)

作者简介: 代梦梦(1995—),女,硕士研究生,主要从事土壤侵蚀与水土保持研究。E-mail: daimengmeng@issas.ac.cn

通信作者: 梁音(1963—),男,研究员,博士,博士生导师,主要从事土壤侵蚀与水土保持生态恢复研究。E-mail: yiliang@issas.

ac.cn

coverage and other conditions, and the area that does not need to be treated and cannot be completely treated in the soil and water loss plots in Jiangsu Province in 2018 is determined. The study calculated the upper limit of the land area where the soil erosion intensity is less than mild, and determined the threshold value of soil and water conservation. The results show that: 1) The soil erosion plots that do not need to be treated in Jiangsu Province are composed of soil erosion plots with a slope of  $\geq 35^\circ$ , dry land and irrigated land with a slope of  $\leq 2^\circ$ , garden grassland with a vegetation coverage of  $\geq 75\%$ , and exposed bedrock, with a total area of 883.60 km<sup>2</sup>; 2) The soil erosion plots that cannot be completely controlled are composed of  $10^\circ$ – $25^\circ$  scattered small plots of sloping farmland in the rocky mountain area of Northern China, man-made soil erosion plots caused by production and construction, and river bank slope soil erosion plots, with a total area of 836.85 km<sup>2</sup>; 3) The total area of long-term soil erosion in Jiangsu Province was 1 720.46 km<sup>2</sup>, that was, the threshold value of soil and water conservation rate was 98.32%. The research results can provide a basis for soil erosion control and effectiveness evaluation in Jiangsu Province.

**Key words:** threshold value of soil and water conservation rate; soil and water loss; plots

新时期生态文明建设阶段,我国高度重视水土保持工作,于2019年提出“水土保持率”的概念,明确要深入开展全国不同区域水土保持率的研究确定工作<sup>[1]</sup>。此概念的提出,回答了“满足生态文明和美丽中国建设要求下水土保持目标如何确定”的问题。2020年3月,国家发展和改革委员会印发《美丽中国建设评估指标体系及实施方案》,并将“水土保持率”纳入22项具体评估指标,要求各地区结合自身发展水平和定位、产业结构及资源环境等因素,在充分尊重自然、经济规律,遵循民生需求的基础上科学合理地确定水土保持目标。

根据《水土保持率目标确定方法指南(2021)》,水土保持率是区域内水土保持状况良好的面积(土壤侵蚀强度为微度的水土流失面积)占国土面积的比例,是水土流失预防治理成效和自然禀赋水土保持功能在空间尺度的综合体现<sup>[1]</sup>。水土保持率阈值是指通过水土流失预防和治理,区域内水土保持状况良好的面积(土壤侵蚀强度为微度的水土流失面积)占国土面积比例的上限<sup>[1]</sup>,反映的是符合自然规律并满足经济社会发展要求下,水土流失治理到一定程度后,区域水土流失面积不再持续减少,将处于动态波动的状态<sup>[2]</sup>。确定水土保持率阈值的核心在于确定区域范围内远期水土流失地块的判定条件,并基于多因子空间数据叠加分析,解算基于各判定条件下的水土流失面积及分布。2021年水利部组织多家优势科研单位,以2018年动态监测成果为基础,系统研究了中国8个水土保持一级区的水土保持率现状值及阈值<sup>[3]</sup>,其成果在指导各区水土保持工作方面发挥了重要作用。

江苏省位于长江、淮河下游,地形以平原为主。2018年水土流失动态监测结果显示,江苏省水土流失面积为2 290.18 km<sup>2</sup>,仅占全省总面积的2.24%,是全国高水土保持率省份之一。此外,江苏省横跨南方红壤区和北方土石山区2个水土保持一级区,南北2个区在自然环境状况、社会发展水平、水土流失治理程度等方面存在一定的差异,需要分区分类制定水土流失治理方案和目标。本文以江苏省为研究区开展水土保持率研究,掌握和解决未来水土保持工作能做什么,能做到什么程度等问题,为制定新时代水土保持目标任务、准确评价水土保持工作成效科学合理地推进水土流失综合治理提供参考。

## 1 材料与方法

### 1.1 江苏省水土流失现状

江苏省位于长江、淮河下游地区,地形以平原为主,土壤质地松散,季节性降雨丰沛,人为扰动面积较大,易发生水土流失。2018年江苏省水土流失动态监测成果显示,全省水土流失面积为2 290.18 km<sup>2</sup>,主要分布在丘陵山区,水土保持率高达97.76%。相较于2013年,全省水土流失面积减少了886.78 km<sup>2</sup>,减幅达27.91%,表明过去10年江苏省水土流失治理工作取得显著成效。与全国水土流失严重的省份相比,江苏省总体表现为水土流失面积小、程度轻的特点,以轻度水蚀为主,强烈及以上水土流失面积占比仅为8.50%,但其危害也相当严重。水土流失导致了耕地生产力衰退,减灾抗灾能力下降,城市防洪及排水受阻,水质安全受威胁,生态环境质

量下降等一系列问题<sup>[5]</sup>。因此,在2018年水土流失面积的基础上确定江苏省水土保持率阈值,对于进一步开展水土流失防治工作具有重要的指导意义。

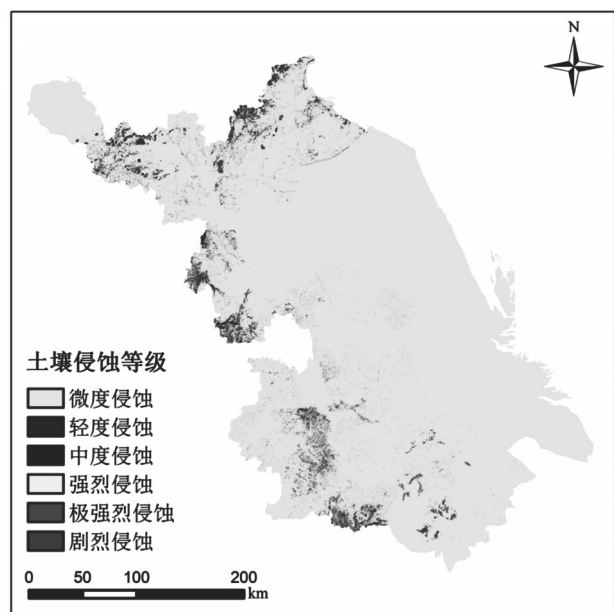


图1 江苏省2018年土壤侵蚀等级空间分布

## 1.2 基础数据

本研究使用的基础数据主要包括:①江苏省2018年土壤侵蚀数据;②土地利用数据;③地形坡度数据;④植被覆盖度数据;⑤生产建设项目数据;⑥河岸边坡利用数据。其中①②③均来源于全国水土流失动态监测项目江苏省监测数据,④来源于GEE平台,使用的数据为欧空局发射的Sentinel-2卫星遥感数据,⑤来源于江苏省水利厅,⑥主要是采用无人机对典型河段的河岸边坡进行航拍并对边坡利用类型解译获得。

## 1.3 技术路线

将与水利部研究成果保持一致,本研究以全国水土流失动态监测起始年(2018年)为基准年,以2050年(全国生态环境保护大会明确到21世纪中叶,全面建成美丽中国)为远期目标年,进行江苏省水土保持率阈值的研究。根据《水土保持率目标确定方法指南(2021)》,综合自然地理条件、区域综合发展水平与趋势,以动态监测成果为基础,分析确定江苏省2018年水土流失地块中不需治理和应当治理的面积,确定应当治理地块中不可完全治理(治理后侵蚀强度在轻度以上)和可以完全治理(治理后侵蚀强度在轻度以下)的面积。将不需治理和

不可完全治理的水土流失面积之和,确定为经过长期治理该区域依然存在的水土流失面积,即远期水土流失面积(图2)。按照水土保持率阈值的计算方法,国土面积与远期水土流失面积之差占国土面积的百分比,即为江苏省水土保持率阈值,计算方法如式(1)所示。

$$\text{水土保持率} = \frac{\text{国土面积} - \text{远期水土流失面积}}{\text{国土面积}} \% \quad (1)$$

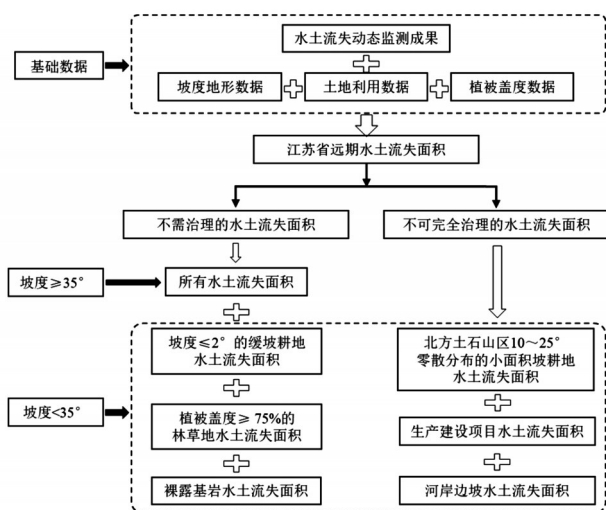


图2 江苏省水土保持率阈值确定技术路线

## 2 江苏省水土保持率阈值的确定方法

### 2.1 不需治理的水土流失地块基本确定规则

不需治理的水土流失面积是指区域内对生产、生活、生态无不利影响或影响较小,无需进行专门治理且难以自然恢复消除的水土流失面积<sup>[3]</sup>。依据江苏省的自然环境特点,南方红壤区和北方土石山区不需治理的水土流失地块类型基本一致,主要包括坡度 $\geq 35^\circ$ 陡坡区域、坡度 $\leq 2^\circ$ 缓坡耕地、植被覆盖度 $\geq 75\%$ 区域以及裸岩石砾地等4类地块。

(1)坡度 $\geq 35^\circ$ 陡坡区域的水土流失地块。一般情况下,发生水土流失的风险会随坡度的增大而增大,治理难度也随之加大。江苏省地形以平原为主,陡坡地块较多存在于高海拔地区,受人为干扰较小,是由自然因素所引发水土流失的地块。此外,由于坡度较陡,人类在该区域活动困难,在现有条件下对其进行治理难度很大,应以自然恢复为主。 $35^\circ$ 是国际地理学联合会地貌坡度分级中急坡和急陡坡的临界坡度,同时是水力侵蚀区土壤侵蚀强度发生变化的临界坡度<sup>[6]</sup>,在地形地貌和水土保



持研究中具有重要意义。基于上述因素,研究将江苏省坡度 $\geq 35^\circ$ 的水土流失地块定义为不需治理的水土流失地块。

(2)坡度 $\leq 2^\circ$ 缓坡耕地的水土流失地块。坡度平缓的耕地,水土流失程度轻微、危害较小,可以采取一般的耕作措施予以控制,不须开展专项治理。依据《土地利用现状调查技术规程(1984)》,耕地坡度分为五级,当坡度 $\leq 2^\circ$ 时一般无水土流失现象。因此,研究将坡度 $\leq 2^\circ$ 的耕地水土流失地块定义为不需治理的水土流失地块。

(3)植被覆盖度 $\geq 75\%$ 的园地、林地、草地的水土流失地块。植被覆盖能显著减少坡面产流产沙,根据水利部2008年颁发的《土壤侵蚀分类分级标准》(SL190—2007)中对于植被覆盖度的分级指标,当植被覆盖度 $\geq 75\%$ 时,被认为是微度侵蚀强度,不构成水土流失危害。研究认为,植被覆盖度 $\geq 75\%$ 的园林草地,水土流失轻微,可以将其定义为不需治理的水土流失地块。

(4)裸露基岩的水土流失地块。裸岩石砾地由于缺乏水土流失必要的物质基础,被认为是不需要治理的水土流失地块类型,尤其是风景名胜区存在的裸岩不具有进行水土流失治理的必要性。水土流失动态监测成果中存在集中连片的,以裸露基岩为主体的水土流失地块,该类水土流失面积可全部计入不需治理的水土流失类型。

## 2.2 不可完全治理的水土流失地块基本确定规则

受自然条件、经济发展、治理技术水平等限制,江苏省部分水土流失地块经过治理后,土壤侵蚀强度仍不能完全控制到轻度以下,这一部分地块面积被定义为不可完全治理的水土流失面积。在江苏省,南方红壤区不可完全治理的水土流失地块主要包括部分生产建设项目及河岸边坡的水土流失地块,北方土石山区除上述两种类型外,还包括零散分布的小面积坡耕地的水土流失地块:

(1)北方土石山区 $10^\circ\sim 25^\circ$ 零散分布的小面积坡耕地的水土流失地块。受降雨雨量、地形坡度、治理效益等综合因素的限制,江苏省北方土石山区内部分田块分散且面积较小的 $10^\circ\sim 25^\circ$ 的坡耕地,不适宜大规模实施坡改梯等工程措施,但一般的耕作措施很难将其治理到轻度以下,因此该部分地块可视为不可完全治理的水土流失地块( $25^\circ$ 以上坡耕地按要求退耕还林还草)。

(2)部分生产建设项目造成的阶段性人为水土流失地块。生产建设项目在工程实施过程造成人

为水土流失,按照水土保持方案及设计要求落实水土保持措施后在一段时间内水土流失可基本消除,但一定区域内的人为水土流失量将随新增、新开项目的增加而增加,无法完全消除<sup>[2]</sup>。依据江苏省水利厅统计数据,全省生产建设项目扰动地块面积为 $1\,300.6\text{ km}^2$ ,其中发生水土流失的面积为 $663.9\text{ km}^2$ (土壤侵蚀强度在轻度及以上),占生产建项目面积的 $51.05\%$ 。依据全省各市、县(区)的实际情况,结合江苏省经济社会发展阶段,取各区域现有生产建设项目扰动地块面积的 $30\%\sim 60\%$ 作为远期人为水土流失面积。

(3)部分河岸边坡的水土流失地块。江苏省水系发达,河网密布,形成了面积广阔的河岸边坡。边坡土体含水量较高<sup>[7-8]</sup>,土壤抗剪切力较低,在地表径流的冲刷下容易形成细沟和切沟侵蚀;在水流和船行波的扰动下,岸坡下部土体被掏蚀,上部土体由于失去支撑,进而发展为严重的坍塌<sup>[9-10]</sup>。蒋瓚曾等<sup>[11]</sup>的研究显示,河岸边坡侵蚀严重,侵蚀量可达 $1\,500\sim 10\,000\text{ t}/(\text{km}^2\cdot\text{a})$ 。受宽度的限制,小型河岸边坡不利于采取工程措施治理,部分水土流失面积不能完全被治理到轻度以下。根据野外调查结果<sup>[12]</sup>,取小型河道河岸边坡现存水土流失的 $50\%$ 作为不可完全治理的水土流失面积。

## 3 结果与分析

### 3.1 不需治理的水土流失面积

基于坡度数据、土地利用数据、植被覆盖度数据与动态监测数据叠加分析,提取得到江苏省不需治理的水土流失地块面积共计 $883.60\text{ km}^2$ (表1)。从空间分布来看(图3),坡度 $\geq 35^\circ$ 陡坡区域不需治理的水土流失面积为 $11.65\text{ km}^2$ ,主要分布在苏南的宜兴市、溧阳市及苏北的连云港市。坡度 $\leq 2^\circ$ 缓坡耕地不需治理的水土流失面积为 $478.95\text{ km}^2$ ,主要分布在徐州市、连云港市以及宿迁市。植被覆盖度 $\geq 75\%$ 园林草地不需治理的水土流失面积为 $380.63\text{ km}^2$ ,主要分布在西南部的镇江、苏州和无锡等地。基于裸露基岩不需治理的水土流失面积为 $12.37\text{ km}^2$ ,主要分布在连云港市的连云区和海州区。

### 3.2 不可完全治理的水土流失面积

依据社会发展阶段及现有技术水平,江苏省不可完全治理的水土流失地块面积共计 $836.85\text{ km}^2$ 。其中基于北方土石山区 $10^\circ\sim 25^\circ$ 零散分布的小面积坡耕地不可完全治理的水土流失面积为 $32.03\text{ km}^2$ ,主要分布在徐州市和连云港市(图3)。部分生产建设

表 1 江苏省远期水土流失地块的判定条件及面积

远期水土流失地块类型	判定原则	面积/km <sup>2</sup>
不需治理的水土流失地块	坡度≥35°陡坡区域	11.65
	坡度≤2°坡耕地	478.95
	植被覆盖度≥75%林草地	380.63
	裸露基岩	12.37
不可完全治理的水土流失地块	北方土石山区零散分布的小面积坡耕地	32.03
	生产建设项目	600.03
	河岸边坡	204.79
合计		1 720.46

项目造成的阶段性人为水土流失面积为600.03 km<sup>2</sup>, 在各县(区)均有分布(位置每年会发生变化,不在图中展示)。部分河岸边坡不可完全治理的水土流失面积为204.79 km<sup>2</sup>,主要分布在水系密布的沿海区域。

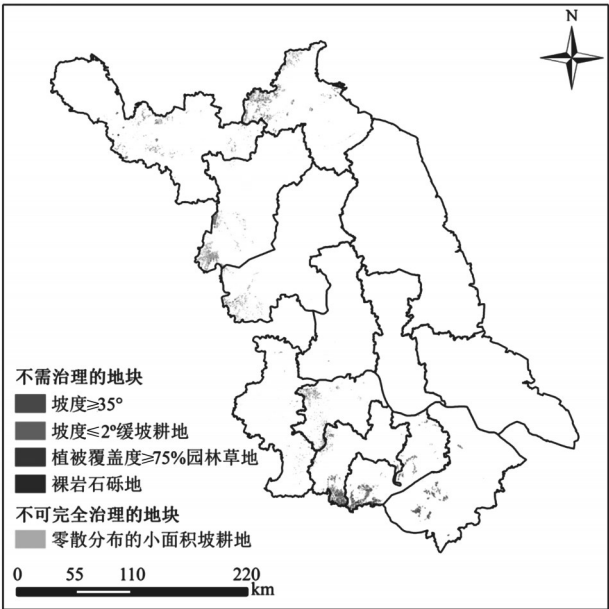


图3 江苏省远期水土流失地块空间分布

从7类远期水土流失面积来看,全省以生产建设项目、植被覆盖度≥75%的园林草地、坡度≤2°缓坡耕地的远期水土流失面积为主,分别占全省远期水土流失面积的34.88%、22.12%和27.84%,基于河岸边坡的远期水土流失面积占比为11.9%,基于10°~25°零散分布的小面积坡耕地的远期水土流失面积占比为1.86%,基于陡坡区域和裸岩的远期水土流失面积占比较小,均不足1%(图4)。

3.3 江苏省水土保持率阈值

研究结果显示,江苏省远期水土流失面积为

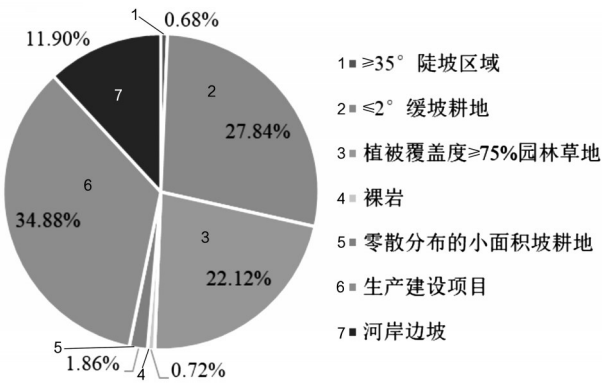


图4 江苏省各类远期水土流失地块面积占比

1 720.46 km<sup>2</sup>。依据水土保持率阈值计算公式,江苏省水土保持率阈值为98.32%,即土壤侵蚀强度在轻度以下的国土面积上限将达到100 657.54 km<sup>2</sup>。

4 展 望

本研究基于《水土保持率目标确定方法指南(2021)》,分析确定了江苏省不同类别远期水土流失地块的判定规则,获取了江苏省远期水土流失面积及水土保持率阈值,该成果对于江苏省开展水土流失治理工作具有指导意义。但由于获取的数据和研究时间的有限,以下两个方面的研究还存在不足:

(1)水土流失面积的研判是在现有知识体系下,提取了各区域符合自然规律及社会经济发展要求的水土流失治理“天花板”,但随着技术的进步或自然环境条件的持续向好,远期水土流失面积可能降至更低,应及时做出调整。

(2)江苏省是全国水土流失面积最小,水土保持率最高的省份之一,进一步治理难度很大。为充分开展自上而下的水土流失治理成效审核工作,需

(下转第9页)

归,建立可靠分析模型,供以后工作中对相关问题进行改进。

值得指出的是,以上模型的代码应安全自主可控,所使用的软件应以国产或开源软件为主,以保证我国工程和河道数据的安全。

## 5 结 语

建设示范工程评价体系还有较多不足之处,各项指标仍需要进一步研究和完善。良好的评价标准可以为工程设计提供新的指引,引导勘察设计单位在前期工作阶段就按照标准要求,创新方式方法;对实施阶段落实工程水保、环保批复要求,对文明施工也要有很好的引导效果;对工程管护、效益发挥,引导人们去总结、挖掘经验和不足之处,为更

好建设幸福河湖打好基础。

### 参考文献:

- [1] 谷树忠. 关于建设幸福河湖的若干思考[J]. 中国水利, 2020(6):13-14, 16.
  - [2] 陈杰. 赓续使命勇立潮头 奋力抒写强富美高新江苏水利现代化篇章[J]. 江苏水利, 2022(3):1-4.
  - [3] 赵进勇, 于子斌, 张晶, 等. 国内外河湖生态保护与修复技术标准进展综述[J]. 中国水利, 2022(6):32-37.
  - [4] 李国英. 强化河湖长制 建设幸福河湖[J]. 水资源开发与管理, 2021(12):1-2.
  - [5] 贡力, 田洁, 靳春玲, 等. 基于ERG需求模型的幸福河综合评价[J]. 水资源保护, 2022, 38(3):25-33.
  - [6] 王子悦, 徐慧, 黄丹姿, 等. 基于熵权物元模型的长三角幸福河层次评价[J]. 水资源保护, 2021, 37(4):69-74.
- 
- (上接第5页)
- 要将全省的水土保持率阈值从空间上进一步分解到各县市(区),并将其纳入各级政府和水利行政主管部门的相关规划,以便逐级明确任务、分区施策。此外,江苏省要本着先易后难的治理原则开展现有水土流失地块治理工作,同时运用各种自动监测手段严防新增水土流失地块,做到治理、预防两手抓,逐步形成“减量-降级-增效”的新时代水土保持综合目标体系,为江苏省生态文明建设提供可靠支撑。
- 参考文献:**
- [1] 蒲朝勇. 科学做好水土保持率目标确定和应用[J]. 中国水土保持, 2021(3):1-3.
  - [2] 张金良. 黄河流域河湖生态环境复苏研究[J]. 水资源保护, 2022, 38(1):141-146.
  - [3] 曹文洪, 宁堆虎, 秦伟. 水土保持率远期目标确定的技术方法[J]. 中国水土保持, 2021(4):5-8, 21.
  - [4] 杨正华. 甘肃省水土保持率目标确定存在问题与对策[J]. 中国水土保持, 2021(8):8-9.
  - [5] 高之栋, 柏继利, 王运昌. 平原沙土区水土流失及其防治措施探讨:从江苏省河道清淤及其效益分析[J]. 亚热带水土保持, 2012, 24(3):39-42.
  - [6] 中华人民共和国水利部. SL 190—2007 土壤侵蚀分类分级标准[S]. 北京:中国水利水电出版社, 2008:3-8.
  - [7] 李冬林, 韩丽, 阮宏华, 等. 秦淮河河岸带土壤理化性质分析[J]. 南京林业大学学报(自然科学版), 2008, 32(4):17-22.
  - [8] SIMON A, CURINI A, DARBY S E D, et al. Bank and near-bank processes in an incised channel [J]. Geomorphology, 2000, 35(3):193-217.
  - [9] 毛新伟, 石亚东, 高琦. 太湖流域平原河网地区水土流失及治理措施[J]. 东北水利水电, 2007, 25(6):55-56.
  - [10] 王延贵, 匡尚富. 河岸淘刷及其对河岸崩塌的影响[J]. 中国水利水电科学研究院学报, 2005, 3(4):251-257, 296.
  - [11] 蒋璵曾, 黄存白, 周尔森, 等. 江苏沿海砂土区河坡防护措施极其效益调查研究[J]. 江苏水利科技, 1995(1):11-15.
  - [12] 郭红丽, 代梦梦, 童建, 等. 基于无人机遥感的江苏省河道边坡水土流失要素调查[J]. 江苏水利, 2022(4):5-10.