

陕西省水土保持率远期目标值与分阶段目标值的确定与探讨

郝惠莉¹, 张镇玺¹, 袁瀛¹, 苗斌侠¹, 李怀霄², 陈晓荣¹, 王盼¹

(1.陕西省水土保持生态环境监测中心, 陕西 西安 710100; 2.陕西省庄森生态有限责任公司, 陕西 西安 710100)

摘要: [目的] 探讨和明确陕西省水土保持率远期目标值与分阶段目标值, 为准确评价该区水土保持工作成效和科学推进水土流失综合防治工作提供科学支撑。[方法] 综合考虑陕西省社会经济条件与自然条件, 分析对应年度水土流失面积变化情况 & 水土保持率变化情况, 结合各年度水利年鉴和全国水土保持规划实施情况考核评估结果, 结合土壤侵蚀分类分级、土地利用、海拔地形、植被覆盖、地理空间数据, 研判现状条件下陕西省水土流失治理形势, 确定陕西省 2050 年水土保持率远期目标值, 及 2025, 2030 和 2035 年分阶段目标值, 并结合目标责任考核, 提出陕西省水土保持率的实现途径。[结果] ①自 2011 年以来陕西省水土流失面积年均减少量不断降低, 治理难度不断加大, 陕西省水土流失面积由 72 686.00 km² 降低至 2022 年的 62 637.02 km²; ②至 2050 年, 水土流失治理措施全部实施后, 预计削减水土流失面积 21 607.05 km², 水土保持率远期目标值为 79.02%; ③2025, 2030 和 2035 年分阶段目标值分别为 71.42%, 73.97% 和 75.62%。[结论] 科学合理地确定陕西省水土保持率目标值, 可以满足陕西省落实生态文明建设目标评价考核与水土保持目标责任考核等工作的需求。

关键词: 水土保持率; 远期目标值; 分阶段目标值; 陕西省; 水土流失面积

文献标识码: B

文章编号: 1000-288X(2024)02-0205-10

中图分类号: S157.2

文献参数: 郝惠莉, 张镇玺, 袁瀛, 等. 陕西省水土保持率远期目标值与分阶段目标值的确定与探讨[J]. 水土保持通报, 2024, 44(2): 205-214. DOI: 10.13961/j.cnki.stbctb.2024.02.022; Hao Huili, Zhang Zhenxi, Yuan Ying, et al. Determination and discussion of long-term target value and stage target values of soil and water conservation rate in Shaanxi Province [J]. Bulletin of Soil and Water Conservation, 2024, 44(2): 205-214.

Determination and Discussion of Long-term Target Value and Stage Target Values of Soil and Water Conservation Rate in Shaanxi Province

Hao Huili¹, Zhang Zhenxi¹, Yuan Ying¹, Miao Binxia¹, Li Huaixiao², Chen Xiaorong¹, Wang Pan¹

(1. Shaanxi Ecological Environment Monitoring Center for Soil and Water Conservation, Xi'an, Shaanxi 710004, China; 2. Shaanxi Zhuang Sen Ecology Co., Ltd., Xi'an, Shaanxi 710004, China)

Abstract: [Objective] The long-term target value and stage target values of soil and water conservation rate were discussed and defined in Shaanxi Province in order to provide scientific support for accurately evaluating the effect of soil and water conservation work and to scientifically promote the comprehensive prevention and control of soil and water loss. [Methods] The social and economic conditions and the natural conditions of Shaanxi Province were comprehensively considered to analyze the change of soil and water loss area and the change of soil and water conservation rate using the assessment results from annual water conservancy yearbooks and national soil and water conservation planning. Spatial data for soil erosion classification, land use, elevation, topography and vegetation cover data were obtained. The situation of soil and water loss control in Shaanxi Province was studied. The long-term target value of soil and water conservation rate in 2050, and the stage target values in 2025, 2030 and 2035 were determined. These results were combined with a target responsibility system assessment, and a process to achieve the target rate of soil and water conservation was proposed. [Results] ① Since 2011, the area of soil and water loss for the entire province

收稿日期: 2023-08-11

修回日期: 2023-11-02

资助项目: 陕西省水利厅项目“陕西省水土保持率测算”[2022年省级水利发展资金项目陕西省水土保持率目标值确定(BY2022-TP-009)]

第一作者: 郝惠莉(1979—), 女(汉族), 陕西省商洛市人, 本科, 高级工程师, 主要从事水土保持研究。Email: 28646992@qq.com。

通信作者: 张镇玺(1996—), 男(汉族), 陕西省西安市人, 硕士, 工程师, 主要从事水土保持研究。Email: 635996596@qq.com。

has decreased from 72 686 km² to 62 637 km² in 2022. ② By 2050, after implementation of soil and water loss control measures, the area of soil and water loss is expected to be reduced by 21 607 km² and the long-term target value of soil and water conservation rate will be 79.02%. ③ The stage target values for 2025, 2030, and 2035 will be 71.42%, 73.97%, and 75.62%, respectively. [Conclusion] Scientific and reasonable determination of the target value of soil and water conservation rate in Shaanxi Province can meet the needs of carrying out the assessment of the ecological civilization construction target and the assessment of soil and water conservation target in Shaanxi Province.

Keywords: soil and water conservation rate; long-term target value; stage target value; Shaanxi Province; soil and water loss area

研究水土流失治理目标及考评指标,对全面防治水土流失及其影响,满足新时代人民对美好生态环境的新需求,推进美丽中国建设具有重要意义^[1]。水土保持率的概念由水利部党组于2019年10月首次提出,由此明确了自然与人为水土流失预防和治理到什么程度才算“行”和“好”^[2]。水土保持率目标值的确定,既是新时代新阶段水土保持的目标任务,也是科学性、复杂性强的技术工作,同时,水土保持率已于2020年纳入到美丽中国评估体系^[3]。2021年,水利部要求各省(区、市)组织展开水土保持率远期目标值(2050年阈值)与分阶段目标值(2025,2030和2035年)的复核与确定工作。吴敬东等^[4]研究表明,北京市至2025年末,水土保持率阶段目标值为90.30%;靳峰等^[5]综合考虑自然规律与经济社会需求,确定了甘肃省水土保持率远期阈值为66.38%,甘肃省2025,2030和2035年分阶段目标值分别为61.34%,64.14%和65.14%;刘晓林等^[6]利用GIS结合土地利用、植被覆盖、坡度等数据叠加分析,确定了贵州省水土保持率远期阈值为83.12%,2025,2030和2035年分阶段目标值分别为75.05%,76.74%和78.40%;陶余铨等^[7]研究表明,云南省水土保持率远期目标值为84.35%;李建国等^[8]研究确定了宁夏回族自治区水土保持率远期目标值为81.86%,远期可完全治理面积为3 843.55 km²;董亚维等^[9]研究确定了黄河中游多沙粗沙区皇甫川流域水土保持率阈值为71.39%;甘肃省针对水土保持率目标的实现^[10],提出了“推进水土流失综合治理、优化水土流失防治布局、构建多部门联动机制、应对机遇和挑战、坚持人民至上水土保持高质量发展实践”等对策。截至目前,黄河中游的皇甫川流域、北京市、甘肃省、贵州省、云南省、宁夏回族自治区、江苏省等^[11]诸多省份,都已相继确定了水土保持率远期目标值,而仅有北京市、甘肃省、贵州省和黑龙江省^[12]提供了水土保持率分阶段目标值的计算方法。对于陕西省水土保持率目标值,仅有王安娜等^[13]结合陕西省2019年水土保持动态监测成果

及相关科研成果对实现陕西省水土保持率目标值途径进行了探讨,故确定陕西省水土保持率目标值势在必行。水土保持率目标值的确定对明确新时代新阶段陕西省水土保持目标任务、准确评价水土保持工作成效、科学推进水土流失综合治理具有重要意义。本文在分析陕西省水土流失现状与特点的基础上,综合考虑生态文明建设要求,以2019年为基础,通过时空分析和综合研判,确定并复核了陕西省水土保持远期目标值与分阶段目标值,结合目标责任考核,提出了水土保持率目标值的实现途径。

1 研究区概况与数据来源

陕西省总土地面积 2.06×10^5 km²,位于中国内陆腹地,境内秦岭和北山横贯东西,地貌特点为南北高、中部低。陕西属大陆性季风气候,自北向南分属为3个气候带,气候水平分异和垂直差异较大,类型众多,四季分明。降水受东南季风气候影响显著,趋势由北向南增加,陕西省多年平均降水量618 mm,全年降水主要集中于7—9月,占年降水量的50%~70%。陕西省以秦岭为界,南北河流分属长江水系和黄河水系;土壤植被丰富,呈明显地带性规律分布^[14]。陕西是中国水土流失面积占国土面积比例最大、侵蚀强度最高、水土流失影响最严重的省份之一。陕西省侵蚀类型多样,以水力侵蚀和重力侵蚀为主,与风力侵蚀相互交错。截至2020年,陕西省水土流失面积 6.41×10^4 km²,占全省国土总面积的31.18%,参照水利部《土壤侵蚀分类分级标准》^[15],将土壤侵蚀强度分为5个等级,其中轻度、中度、强烈、极强烈和剧烈的侵蚀面积分别为 3.88×10^4 , 1.48×10^4 , 5 800, 3 800, 800 km²,分别占该省水土流失总面积的60.52%, 23.10%, 9.08%, 5.99%和1.31%^[16],主要分布于黄土高原区。陕西省水土保持率计算工作使用的数据是DEM、植被覆盖数据、水土流失和土地利用数据,辅助数据为水土保持项目、水土保持经费、社会经济状况等数据。基础数据情况详见表1。

表 1 研究区基础数据
Table 1 Basic data of study area

序号	数据名称	数据格式	参数说明	来源
1	陕西省水土流失数据	栅格	栅格大小 10 m×10 m	2019 年度陕西省水土流失动态监测成果数据
2	陕西省土地利用数据	栅格	栅格大小 10 m×10 m	2019 年度陕西省水土流失动态监测成果数据
3	陕西省 DEM	栅格	栅格大小 12.5 m×12.5 m	水利部提供
4	陕西省植被覆盖数据	栅格	栅格大小 10 m×10 m,年内采用最大值合成,年际采用多年平均值进行合成	2019 年度陕西省水土流失动态监测成果数据
5	陕西省行政区划数据	矢量	包含省界、市界,比例尺 1:50000	水利部提供
6	2011 年全国水利普查数据	数值	包含 2011 年陕西省水土流失数据、土地利用数据,水土流失治理经费	水利部提供
7	水土保持措施数据	数值	水土保持重点工程投入经费、水土流失面积、治理面积	2018—2022 年《陕西省年度实施全国水土保持规划情况自评报告》《2016—2020 年全国水土保持规划实施情况自评报告》,2011—2017 年全国水土保持公报,2018—2020 年陕西省水土保持公报,2018—2022 年度陕西省水土流失动态监测成果
8	其他数据	数值	社会经济状况、国民经济与社会发展规划等其他统计数据	《全国水土保持规划(2015—2030 年)》《全国水土保持“十四五”实施方案》《陕西省水土保持规划(2016—2030 年)》和《陕西省“十四五”水土保持规划》

2 数据与方法

2.1 概念定义

水土保持率是指区域内水土保持状况良好的面积(非水土流失面积)占国土面积的比例,是反映水土保持总体状况的宏观管理指标,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^[2]。水土保持率包含远期目标值(阈值)、分阶段目标值(2025,2030 和 2035 年)和现状值,其计算公式为:

$$SWCR = \frac{NLA}{TA} \times 100\% \quad (1)$$

式中:TA 为土地总面积(km²)。若 SWCR 为水土保持率远期目标值(阈值)(%),则 NLA 为轻度以下土壤侵蚀面积上限值(km²);若 SWCR 为水土保持率某阶段(2025,2030 和 2035 年)目标值(%),则 NLA 为轻度以下该阶段(2025,2030 和 2035 年)的土壤侵蚀面积(km²);若 SWCR 为水土保持率现状值(%),则 NLA 为轻度以下土壤侵蚀面积现状值(km²)。

2.2 研究方法

2.2.1 水土保持率现状分析 对基础数据进行分析,确定陕西省水土保持工程和水土流失面积与强度的变化情况,计算水土流失面积降幅,同时计算有效治理率。以 2011 年、2018—2022 年陕西省水土流失现状为基础,根据陕西省水土流失治理情况及水土流失面积减少情况,分析推求水土流失面积变化,得到水土保持率变化情况,通过分析陕西省水土保持投资变化和工程措施变化,初步确定影响陕西省水土保持率增长的主要因素和次要因素。

2.2.2 确定不需治理和不可完全治理的水土流失面积 不需治理的水土流失面积,是指对区域内生产、生活、生态无不利影响或影响较小,到远期目标年也难以自然恢复消除,同时也无需进行专门治理的水土流失面积。不可完全治理的水土流失面积,是指对区域生产、生活、生态存在不利影响,需要实施针对性的预防保护和治理措施,但受到自然、技术水平限制,治理后不能将土壤侵蚀强度降低至轻度以下的水土流失面积。参考全国水土保持率远期目标值的确定方法^[17],由公式(1)可知,水土保持率由轻度以下土壤侵蚀面积决定,确定水土保持率远期目标值的核心是确定轻度以下土壤侵蚀面积上限值。将陕西省界划分为 8 个水土保持一级区^[14],以 2019 年陕西省水土流失现状为基础,叠加土壤侵蚀、土地利用、地形坡度和植被盖度等图斑属性数据,并结合生产建设项目信息,确定现状水土流失面积中不需要治理、不可完全治理和可以完全治理的水土流失面积,根据陕西省水土流失的实际情况,确定陕西省水土保持治理类型研判规则。通过研判规则,确定远期目标年可以完全治理的水土流失面积,结合公式(1)计算陕西省水土保持率远期目标值。

2.2.3 水土保持率分阶段目标值 水土保持率分阶段目标值的本质是将水土保持率远期目标值,合理分解到未来的各个阶段。根据陕西省水土流失现状、参考全国水土保持“十四五”实施方案^[18],按照:先急后缓、先易后难;因地制宜、自然修复;分类治理、稳步实施原则进行分阶段水土流失防治任务,在确定陕西省 2050 年水土保持率目标值的基础上,排除不需治理的

水土流失面积和不可完全治理的水土流失面积,以陕西省所包含的 8 个水土保持一级区为基础,同时考虑分阶段综合治理措施和针对性预防保护措施,近期以坡耕地、园地及缓坡林地水土流失治理为主,尽早尽快消减严重水土流失策源地,减少入河泥沙,防治面源污染,保障农业生产;远期以陡坡、低覆盖林草地水土流失治理为主,通过较长时期封禁保护,充分发挥大自然自我修复能力,提高治理成效^[6]。对可以完全治理部分的水土流失面积,结合图斑属性进行划分,分析其实现侵蚀强度降到微度以下的可能时间阶段,从而确定陕西省水土保持率分阶段目标值判定条件,参考水土保持规划^[14]和 2050 年水土保持率远期目标值,推求出 2025、2030 和 2035 年的水土流失情况,进而确定水土流失面积,结合公式(1)确定 2025、2030 和 2035 年的水土保持率分阶段目标值。

3 结果与分析

3.1 水土保持现状分析

陕西省近年来大力开展水土保持生态建设、小流域综合治理、水土流失综合治理等水土保持工程,同时推行国家水土保持重点工程,“十二五”期间年均治理面积和投资分别为 436.20 km²和 22 360.4 万元,在“十三五”期间年均治理面积提升至 657.27 km²,36 850.4 万元,分别为“十二五”期间的 150.68%和 164.80%。国家不断重视陕西省水土保持重点工程,投资和规模不断增大。2011—2022 年水土保持重点工程及陕西省新增水土流失治理面积详见表 2。

表 2 陕西省 2011—2022 年水土保持重点工程及新增水土流失治理面积

Table 2 From 2011 to 2022, key projects of soil and water conservation and new areas of soil erosion control in Shaanxi Province

年份	陕西省新增水土流失治理面积/km ²	国家水土保持重点工程	
		投入经费/亿元	治理面积/km ²
2011	6 600.00		
2012	6 640.00		
2013	6 600.00	11.18	2 181.00
2014	6 700.00	(2011—2015 年)	(2011—2015 年)
2015	6 636.40		
2016	4 600.00	6.53	921.50
2017	2 804.10	7.45	888.42
2018	2 871.10	1.28	386.88
2019	3 064.20	1.25	417.98
2020	3 062.13	1.90	671.57
2021	4 048.20		496.72
2022	4 038.25		640.35

自 2011 年全国水土保持普查以来,建设水土保持国家重点工程,促进水土保持发展,开展水土流失综合治理,从而使水土流失面积不断减少;自 2018 年起陕西省开始实施水土保持动态监测,确定了陕西省水土流失面积,通过其计算陕西省水土保持率。2011—2022 年陕西省典型年水土流失面积与水土保持率变化情况如图 1 所示。

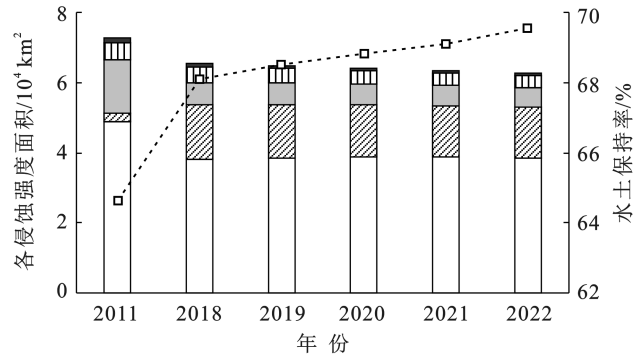


图 1 陕西省 2011—2022 年典型年水土流失面积与水土保持率变化

Fig.1 Changes in typical soil erosion areas and soil and water conservation from 2011 to 2022 in Shaanxi Province

由图 1 可知,多年来陕西省水土流失面积持续减少,2011—2018 年,陕西省水土流失面积由 7.23×10^4 km² 减少至 6.56×10^4 km²,年均减少 957.14 km²,减少率 9.27%。2018—2022 年,陕西省水土流失面积由 6.56×10^4 km² 减少至 6.35×10^4 km²,年均减少 586.75 km²,减少率 4.47%。从土壤侵蚀强度来看,2011—2022 年轻度、中度、强烈、极强烈和剧烈侵蚀面积分别由 4.90×10^4 km²,2 300 km², 1.50×10^4 km²,4 900 km²,1 200 km²,变为 3.86×10^4 km²,1.44 $\times 10^4$ km²,5 400 km²,3 500 km²,800 km²,水土流失面积与侵蚀强度双下降,反映出我省高强度侵蚀向低强度转变的特点。按照公式(1)计算水土保持率,陕西省水土保持率从 2018 年的 68.11% 提高到了 2022 年的 69.54%,年均增长 0.36%,年际增幅最大 0.43% (2022 年),最小 0.28% (2021 年)。根据 2011 年,2018—2022 年度水土流失治理情况及水土流失面积减少情况,计算陕西省新增水土流失治理面积、减少水土流失面积及有效治理率详见表 3。

由表 3 可知,2018—2022 年陕西省新增水土流失治理面积分别为 3 064.20,3 062.13,4 048.20 和 4 038.25 km²,2019—2022 年,陕西省每年减少水土流失面积分别为 822.82,636.66,588.00 和 887.1 km²,流失治理面积的比例分别为 26.85%,20.79%,14.52% 和 21.95%,年均有效治理率 20.65%。2018—2021 年

陕西省水土流失有效治理率逐步降低,在 2022 年有所上升,为分析 2018—2022 年陕西省水土流失有效治理率变化关系,研究了陕西省工程措施变化情况,结果如图 2 所示。由图 2 可知,陕西省水土保持封禁治理措施和其他措施逐年上升,分别由 2018 年的 1 029.11 和 116.72 km² 上升至 2022 年的 1 675.50 和 732.21 km²;林草措施和工程措施在 2021 年度达到最大值,分别为 1 687.46 和 459.47 km²,在 2022 年度有所下降。主要是因为近几年国家投资以建设拦沙坝和坡耕地水土流失综合治理为主,小流域综合治理被压缩,坡面小型水利水保工程建设力度小;工程和林草措施配置比例不合理,尤其是开展规划实施情况考核评估以来,封禁治理措施和其他措施占比逐年增大,水土保持生态清洁小流域和小流域加治理模式建设力度不足。

表 3 陕西省新增水土流失治理面积、减少水土流失面积及有效治理率

Table 3 Newly added control area of soil erosion, reduce area of soil erosion and effective control rate in Shaanxi Province

项目	陕西省新增水土流失治理面积/km ²	减少水土流失面积/km ²	有效治理率/%
2011 年普查资料			
2018 年动态监测	24 500.00	7 115.22	29.04
2019 年动态监测	3 064.20	822.82	26.85
2020 年动态监测	3 062.13	636.66	20.79
2021 年动态监测	4 048.20	588.00	14.52
2022 年动态监测	4 038.25	887.11	21.95

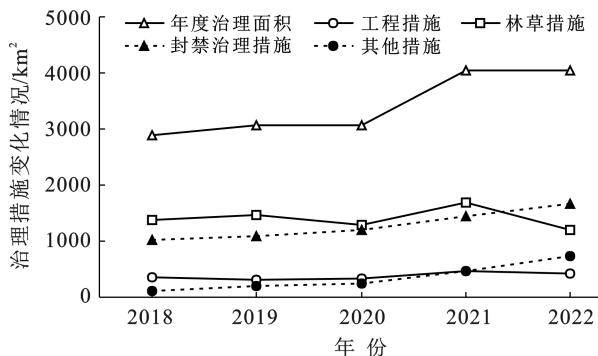


图 2 陕西省 2018—2022 年工程措施变化
Fig.2 Changes in engineering measures in Shaanxi Province from 2018 to 2022

综合分析陕西省水土保持项目投资、水土流失面积、水土保持率、有效治理率和工程措施的变化情况,影响陕西省水土保持率增长的主要因素是因为现行水土保持综合治理单位面积投资标准偏低,各市(区、县)为了完成水土流失治理任务,便采取加大封禁治

理面积的方式,小流域综合治理项目中,封禁治理面积通常占计划任务的 80% 甚至 90% 以上,现有的治理模式对已治理但土壤侵蚀强度依然大于微度的区域实施提质增效。因此,绝大部分面积虽经治理,也起到了水土流失降级但却达不到微度以下,所以发挥不了提升水土保持率的作用;次要因素是相关部门对水土保持率的认识不到位,对水土保持措施的认知不一致。

3.2 远期应当治理的水土流失

陕西省地形南北高、中间低,陕北高原海拔一般为 800~1 300 m,关中平原海拔一般为 300~800 m,陕南地区山谷交错,海拔一般在 1 200~2 000 m 之间,海拔 2 000 m 以上多为汉中、四川两境界山,其中秦岭主峰太白山海拔 3 767 m。参考陕西省水土流失规律^[19],同时结合陕西省地形、坡度、坡长、土地利用对土壤侵蚀影响,分析陕西省无需治理和不可完全治理的水土流失面积。参考水土保持率目标确定方法指南^[20],结合陕西省实际情况,鉴于陕西省 2 000 m 以上人口稀疏,多为自然条件下林草地水土流失面积,人为干预对水土流失面积影响较小,可减少扰动,促进水土流失面积自然恢复,陕西省水土流失面积的 98.78% 都分布于 2 000 m 以下,因此海拔 2 000 m 以上的 787.35 km² 水土流失面积为不需治理的水土流失面积。陕西省现有中度以上风力侵蚀水土流失区的集中连片盐碱地、沙地、裸土地和裸岩石砾地多位于陕北盖沙丘陵沟壑拦沙防沙区,其他区域有少量分布。近年来通过人工种草、造林及植被恢复与保护措施,这些地区面积持续减少,但因自然立地条件差,实施自然恢复后,水土流失面积即使到远期目标年也难以自然恢复消除,远期及各个阶段都存在该部分水土流失,这些面积对区域内生产生活影响较小。因此中度以上风力侵蚀水土流失区的集中连片盐碱地、沙地、裸土地和裸岩石砾地 108.24 km² 为不需治理的水土流失面积。陕南地区 20° 以上的坡耕地水土流失区域、陕南地区 25° 以上的园林草地水土流失区域、关中及陕北地区 20° 以上水土流失区域、关中及陕北地区 15°~20° 的坡耕地水土流失区域,因自然立地条件差,减少人为扰动,实施针对性的自然保护和治理措施后,不能将土壤侵蚀强度完全控制在轻度以下,坡度较大的坡耕地及园林草地不可完全治理面积共 24 148.51 km²;陕南地区 25° 以下且植被覆盖度低于 60% 的园林草地水土流失区域、陕北地区 20° 以下且植被覆盖度低于 60% 的园林草地水土流失区域,因植被恢复困难,受到自然条件限制,也无法将土壤侵蚀强度控制在轻度以下,覆盖度较低的园林草地不可完

全治理面积共 14 862.47 km²; 陕北地区中度风力侵蚀水土流失区域, 随着风沙治理工程的实施, 陕北地区风沙天气和沙尘暴天气明显减少, 总体上遏制了风蚀区域的扩展趋势, 但水土流失强度仅能降低或维持至中、轻度, 无法完全消失, 面积为 408.94 km²。生产

建设项目人为水土流失面积, 按照 2018—2019 年陕西省水土保持公报^[21]批复的各市年均防治责任范围, 按照相应比例分配到各市, 面积为 2 814.67 km²。综合以上情况, 确定陕西省远期水土保持治理类型研判规则, 结果详见表 4。

表 4 陕西省远期水土保持治理类型研判规则

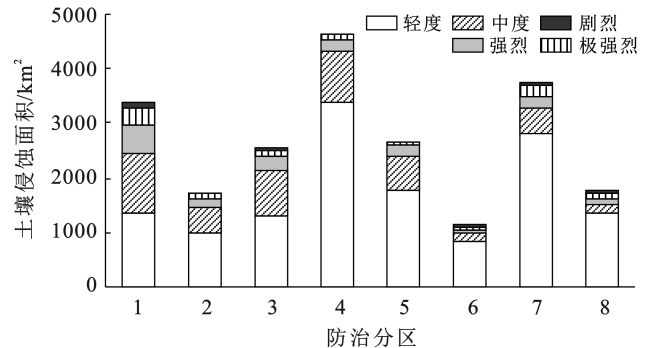
Table 4 Rules for judging types of long-term soil and water conservation governance in Shaanxi Province

防治分区	不需治理	不可完全治理
秦岭北麓—渭河中低山阶地保土蓄水区 丹江口水库周边山地丘陵水质维护保土区 秦岭南麓水源涵养保土区 大巴山山地保土生态维护区	海拔 > 2 000 m 以上的水土流失; 盐碱地、沙地、裸土地、裸岩石砾地水土流失	20°以上坡耕地轻度及以上水土流失; 25°以上林草地和园地水土流失; 25°以下且覆盖度不足 60%的林草地和园地水土流失; 阶段性人为水土流失
陕北黄土丘陵沟壑拦沙保土区 陕北盖沙丘陵沟壑拦沙防沙区 延安中部丘陵沟壑拦沙保土区 陕北黄土高原沟壑保土蓄水区	盐碱地、沙地、裸土地、裸岩石砾地水土流失; 侵蚀强度中度以上风力侵蚀区	20°以上水土流失; 15°~20°坡耕地水土流失; 20°以下且覆盖度不足 60%的林草地和园地水土流失; 中度风力侵蚀区; 阶段性人为水土流失

参考陕西省水土保持治理类型研判规则(表 4)可知, 2050 年陕西省不需要治理的水土流失面积和不可完全治理的水土流失面积分别为 906.34 和 42 234.59 km², 至远期 2050 年水土流失全部实施治理措施后, 预计削减水土流失面积 21 607.05 km²。

根据陕西省水土保持率远期目标分解成果, 可完全治理区域面积为 21 607.05 km², 经过对可完全治理区域图斑信息提取, 陕西省可完全治理区水土流失分布情况和土地利用情况如图 3—4 所示。由图 3 可知, 陕西省可完全治理区域轻度、中度、强烈、极强烈和剧烈侵蚀面积分别为 13 794.35 km², 4 720.01 km², 1 774.55 km², 1 059.14 km², 259.00 km², 分别占流失面积的 63.84%, 21.84%, 8.21%, 4.90% 和 1.20%; 侵蚀多集中于陕北地区, 其中陕北黄土高原沟壑保土蓄水區水土流失面积最多, 为 4 657.80 km², 丹江口水库周边山地丘陵水质维护保土区水土流失面积最少为 1 120.66 km²。通过对远期目标值分解结果与分析, 结合陕西省水土流失面积和各强度分级面积可知, 陕北黄土丘陵沟壑拦沙保土区、陕北盖沙丘陵沟壑拦沙防沙区、陕北黄土高原沟壑保土蓄水区和延安中部丘陵沟壑拦沙保土区在我省提升水土保持率方面都占有至关重要的地位。

由图 4 可知, 陕西省可完全治理区域耕地、园地、林地、草地、建设用地和交通运输用地水土流失面积分别为 5 744.81, 1 081.06, 11 880.24, 1 911.90, 781.36 和 207.68 km²。耕地、林地和草地是我省水土流失的主要策源地, 3 者合计占 91.06%, 因此, 抓好耕地、林地和草地的水土流失治理, 是陕西省水土流失面积减量, 水土保持率降级的关键。



注: 1 陕北黄土丘陵沟壑拦沙保土区; 2 陕北盖沙丘陵沟壑拦沙防沙区; 3 延安中部丘陵沟壑拦沙保土区; 4 陕北黄土高原沟壑保土蓄水區; 5 秦岭北麓—渭河中低山阶地保土蓄水區; 6 丹江口水库周边山地丘陵水质维护保土区; 7 秦岭南麓水源涵养保土区; 8 大巴山山地保土生态维护区。下同。

图 3 陕西省可完全治理区水土流失
Fig.3 Soil and water loss in complete control areas of Shaanxi Province

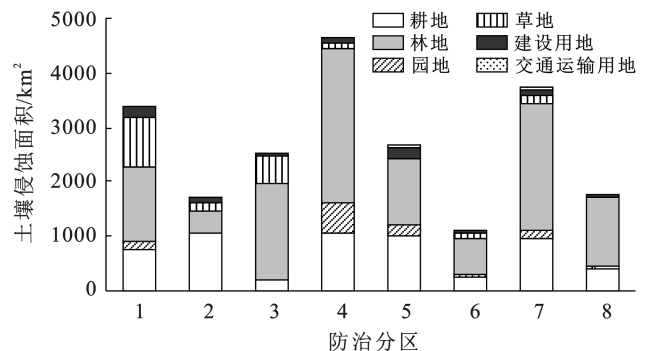


图 4 陕西省可完全治理区土地利用情况
Fig.4 Land use in areas under complete control in Shaanxi Province

3.3 分阶段应当治理的水土流失

地形坡度对水土流失的发生有着决定性作用, 按

照不同坡度划分水土流失面积,参考贵州省^[6]、甘肃省^[5]分阶段目标值确定过程和陕西省水土流失动态监测^[22]对坡度的等级划分,将坡度按照 $<5^{\circ}$, $5^{\circ}\sim 8^{\circ}$, $8^{\circ}\sim 10^{\circ}$, $10^{\circ}\sim 15^{\circ}$, $15^{\circ}\sim 20^{\circ}$ 和 $>20^{\circ}$ 划分等级;同时兼顾不同地区的土地利用,其中林草地按照《2020 年度水土流失动态监测技术指南》^[23]中植被覆盖度分级标准分为高覆盖($>75\%$)、中覆盖($60\%\sim 75\%$)、中覆盖($45\%\sim 60\%$)、中低覆盖($30\%\sim 45\%$)和低覆盖($<30\%$)。结合陕西省水土保持率远期目标分解成果,在可完全治理区域的水土流失坡度均小于 20° ,林草地部分植被覆盖度均大于 60% ,在此基础上,参考水土保持有效治理率变化值,对 2025,2030 和 2035 年可完全治理区域水土流失面积进行划分。其中建设用、农村道路和其他交通用地水土流失多为人为

水土流失,在经济发展的同时,考虑到建设活动监管、防治措施落实,现状条件下人为水土流失面积应尽早治理为微度及以下侵蚀。耕地和园地因存在坡度越高,水土流失越集中,同时伴随着水土流失强度增大的现象,对耕地和园地的水土流失面积分坡度治理。林草地部分的水土流失在分坡度治理的基础上,考虑植被覆盖度分级,在缓坡高覆盖林草地治理的同时,降低陡坡中高覆盖林草地的侵蚀强度,将缓坡高覆盖林草地尽早治理为微度及以下侵蚀,陡坡中高覆盖林草地在前期治理的同时降低其侵蚀强度,后期治理为微度及以下侵蚀。

综合以上情况,结合 8 个水土保持一级区生活、生产、生态现状,确定陕西省可以完全治理部分水土流失面积研判规则,结果详见表 5。

表 5 陕西省可完全治理部分水土流失面积研判规则

Table 5 Complete control areas of soil erosion rules in Shaanxi Province

防治分区	治理为微度水土流失		
	2025 年	2030 年	2035 年
陕北黄土丘陵沟壑拦沙保土区	全部耕地、建设用地、农村道路和其他交通用地水土流失; 5° 以下的园地、有林地和灌木林地水土流失; 5° 以下的其他林草地水土流失; $5^{\circ}\sim 10^{\circ}$ 其他林草地部分轻度、中度水土流失	5° 以上的园地水土流失; $5^{\circ}\sim 10^{\circ}$ 有林地和灌木林地水土流失; $5^{\circ}\sim 10^{\circ}$ 其他林草地部分强烈、极强烈、剧烈水土流失	$10^{\circ}\sim 15^{\circ}$ 有林地、灌木林地、其他林地、其他草地部分植被覆盖 75% 以上水土流失
陕北盖沙丘陵沟壑拦沙防沙区(水蚀部分)	全部建设用地、农村道路、其他交通用地水土流失; 8° 以下的旱地部分轻度、中度水土流失; 5° 以下的耕地部分轻度、中度水土流失; 5° 以下的园地水土流失; 5° 以下的林草地部分轻度、中度且植被覆盖 75% 以上水土流失	$8^{\circ}\sim 10^{\circ}$ 旱地部分轻度、中度水土流失; $5^{\circ}\sim 10^{\circ}$ 耕地部分轻度、中度水土流失; $5^{\circ}\sim 15^{\circ}$ 园地水土流失; 5° 以下的林草地部分强烈、剧烈且植被覆盖 75% 以上水土流失; 5° 以下的林草地且植被覆盖 $60\%\sim 75\%$ 水土流失	$10^{\circ}\sim 15^{\circ}$ 旱地部分轻度、中度水土流失; 10° 以下的耕地部分强烈、极强烈、剧烈水土流失; $15^{\circ}\sim 20^{\circ}$ 的园地水土流失; $5^{\circ}\sim 15^{\circ}$ 林草地部分且植被覆盖 75% 以上水土流失
延安中部丘陵沟壑拦沙保土区研判条件	全部园地、建设用地、农村道路、其他交通用地水土流失; 5° 以下的耕地水土流失; 10° 以下的林草地水土流失	$5^{\circ}\sim 10^{\circ}$ 耕地水土流失; $10^{\circ}\sim 15^{\circ}$ 林草地部分且植被覆盖 75% 以上水土流失	$10^{\circ}\sim 20^{\circ}$ 的耕地水土流失; $8^{\circ}\sim 15^{\circ}$ 林草地部分且植被覆盖 $60\%\sim 75\%$ 水土流失
陕北黄土高原沟壑保土蓄水	全部建设用地、农村道路、其他交通用地水土流失; 8° 以下的旱地、耕地和园地部分轻度水土流失; 8° 以下林草地部分轻度、中度水土流失	8° 以下的耕地和园地部分中度水土流失; 8° 以下林草地部分强烈、极强烈、剧烈水土流失	8° 以下的耕地和园地部分强烈、极强烈、剧烈水土流失; $8^{\circ}\sim 10^{\circ}$ 的水田、水浇地和园地部分轻度水土流失; $8^{\circ}\sim 10^{\circ}$ 的林草地部分轻度、中度且植被覆盖 75% 以上水土流失
秦岭北麓一渭河中低山阶地保土蓄水	全部旱地、建设用地、农村道路、其他交通用地水土流失; 5° 以下耕地、园地和林草地部分轻度、中度水土流失	5° 以下耕地和园地部分强烈、极强烈和剧烈水土流失; 5° 以下林草地部分强烈水土流失; $5^{\circ}\sim 8^{\circ}$ 耕地和园地部分轻度、中度水土流失;	$5^{\circ}\sim 8^{\circ}$ 耕地和园地部分强烈、极强烈、剧烈水土流失; $5^{\circ}\sim 8^{\circ}$ 林草地部分轻度、中度且植被覆盖 $60\%\sim 75\%$ 水土流失; $8^{\circ}\sim 15^{\circ}$ 林草地部分植被覆盖 75% 以上水土流失
丹江口水库周边山地丘陵水质维护保土区	全部建设用地、农村道路、其他交通用地水土流失; 15° 以下的耕地和园地水土流失; 8° 以下的林草地水土流失; $8^{\circ}\sim 15^{\circ}$ 的林草地部分且植被覆盖 75% 以上水土流失	15° 以上的耕地和园地水土流失; $8^{\circ}\sim 15^{\circ}$ 的林草地部分且植被覆盖 $60\%\sim 75\%$ 水土流失; $15^{\circ}\sim 20^{\circ}$ 的林草地部分且植被覆盖 75% 以上水土流失	$15^{\circ}\sim 20^{\circ}$ 的林草地部分且植被覆盖 $60\%\sim 75\%$ 水土流失
秦岭南麓水源涵养保土区	全部建设用地、农村道路、其他交通用地水土流失; 8° 以下的旱地部分轻度、中度水土流失; 8° 以下的耕地水土流失; 8° 以下的林草地部分轻度、中度且植被覆盖 75% 以上的水土流失	$8^{\circ}\sim 15^{\circ}$ 旱地部分轻度、中度水土流失; $8^{\circ}\sim 15^{\circ}$ 耕地和园地水土流失; $8^{\circ}\sim 15^{\circ}$ 林草地部分轻度且植被覆盖 75% 以上的水土流失	15° 以下旱地部分强烈、极强烈、剧烈水土流失; $15^{\circ}\sim 20^{\circ}$ 耕地和园地水土流失; $8^{\circ}\sim 15^{\circ}$ 林草地部分轻度、中度且植被覆盖 $60\%\sim 75\%$ 水土流失; 15° 以下林草地部分强烈、极强烈、剧烈水土流失
大巴山山地保土生态维护区	全部建设用地、农村道路、其他交通用地水土流失; 8° 以下旱地和林草地水土流失; 15° 以下耕地和园地水土流失; $8^{\circ}\sim 15^{\circ}$ 林草地部分且植被覆盖 75% 以上水土流失	$8^{\circ}\sim 15^{\circ}$ 旱地水土流失; $15^{\circ}\sim 20^{\circ}$ 耕地水土流失; $15^{\circ}\sim 25^{\circ}$ 园地水土流失; $8^{\circ}\sim 15^{\circ}$ 林草地部分且植被覆盖 $60\%\sim 75\%$ 水土流失; $15^{\circ}\sim 20^{\circ}$ 林草地部分且植被覆盖 75% 以上水土流失	$15^{\circ}\sim 20^{\circ}$ 旱地水土流失; $15^{\circ}\sim 20^{\circ}$ 林草地部分且植被覆盖 $60\%\sim 75\%$ 水土流失
陕北盖沙丘陵沟壑拦沙防沙区(风蚀部分)	全部建设用地、农村道路、其他交通用地水土流失; 5° 以下旱地、耕地和园地部分轻度水土流失; 5° 以下林草地部分植被覆盖 75% 以上水土流失	$5^{\circ}\sim 8^{\circ}$ 旱地、耕地和园地部分轻度水土流失; 5° 以下林草地部分植被覆盖 75% 以下水土流失	$8^{\circ}\sim 15^{\circ}$ 旱地、耕地和园地部分轻度水土流失; $5^{\circ}\sim 8^{\circ}$ 林草地部分植被覆盖 75% 以上水土流失

结合陕西省可以完全治理部分水土流失面积研判规则,分析推算 8 个水土保持一级分区各个阶段水土流失削减面积,具体详见表 6。

从空间分布上看,陕西省水土流失由北至南呈

现递减趋势,结合判定规则及各阶段水土流失面积变化情况,陕西省 2019—2025 年、2026—2030 年和 2030—2035 年分别削减水土流失面积 5 974.81, 5 252.84 和 3 394.55 km²。

表 6 陕西省各水土保持分区分阶段水土流失面积

Table 6 Water and soil loss area in different stages of soil and water conservation zones in Shaanxi Province

防治分区	流失面积/km ²			
	2019 年	2025 年	2030 年	2035 年
陕北黄土丘陵沟壑拦沙保土区	12 797.54	11 835.85	11 022.71	10 486.74
陕北盖沙丘陵沟壑拦沙防沙区	10 731.29	9 893.04	9 162.54	8 681.75
延安中部丘陵沟壑拦沙保土区	7 196.38	6 582.87	6 039.24	5 682.27
陕北黄土高原沟壑保土蓄水区	10 134.42	9 133.44	8 172.64	7 491.39
秦岭北麓—渭河中低山阶地保土蓄水区	7 914.03	7 260.82	6 684.82	6 302.58
丹江口水库周边山地丘陵水质维护保土区	2 627.29	2 307.77	1 993.63	1 822.65
秦岭南麓水源涵养保土区	8 494.14	7 415.01	6 539.29	6 014.52
大巴山山地保土生态维护区	4 852.87	4 344.35	3 905.44	3 643.86
合计	64 747.96	58 773.15	53 520.31	50 125.76

3.4 水土保持率目标值的确定和实现

通过对陕西省水土保持分阶段和远期面积的分析,要实现水土保持率分阶段目标值和远期目标值,近期陕北以对轻度侵蚀的林地、园地实施微地形整地为主,对适宜坡改梯的坡耕地进行综合治理;关中以加强城市水土保持监管,推进水土保持生态清洁小流域和水土保持科技示范园建设力度为主;陕南以水土

保持生态清洁小流域、小流域田园经济、生态旅游等为主,创新水土流失治理模式,拓展水土保持功能,对中度以上的非耕地实施补植补种和封育保护。远期则以陡坡、低覆盖林草地水土流失治理为主,通过较长时期封禁保护,充分发挥大自然自我修复能力,提高治理成效。陕西省远期及分阶段水土流失面积和水土保持率详见表 7。

表 7 陕西省远期及分阶段水土流失面积和水土保持率

Table 7 Long-term and phased soil erosion area and soil conservation rate in Shaanxi Province

时间	国土面积/ km ²	水土流失 面积/km ²	年均削减 面积/km ²	年均水土流失 降幅/%	水土保持率 目标值/%	年均提升 水土保持率/%
2019 年(现状年)		64 747.96			68.51	
2020—2025 年		58 773.15	995.80	1.54	71.42	0.48
2026—2030 年	205 629	53 520.31	1 050.57	1.79	73.97	0.51
2031—2035 年		50 125.76	678.91	1.27	75.62	0.33
2036—2050 年		43 140.91	465.66	0.93	79.02	0.22

远期陕西省应治理且能够治理的水土流失面积为 21 607.05 km²,按照公式(1)计算水土保持率,陕西省水土保持率远期目标值为 79.02%。分阶段目标来看,若陕西省 2025,2030,2035 和 2050 年水土保持率要达到 71.42%,73.97%,75.62%和 79.02%,则陕西省 2020—2025 年、2026—2030 年、2031—2035 年和 2036—2050 年水土保持率年均需提升 0.48%,0.51%,0.33%和 0.22%,年均削减面积需达到 995.80,1 050.57,678.91 和 465.66 km²,年均水土流失降幅应达到 1.54%,1.79%,1.27%和 0.93%。

综合考虑陕西省目前情况,要实现分阶段水土保

持率目标值和远期水土保持率目标值,应围绕重点区域实施靶向治理。全面促进陕西省各地开展水土流失综合治理,重点围绕水土保持率提升空间较大的陕北黄土丘陵沟壑拦沙保土区、陕北盖沙丘陵沟壑拦沙防沙区、陕北黄土高原沟壑保土蓄水区 and 延安中部丘陵沟壑拦沙保土区的轻度水土流失面积作为消减水土流失面积存量的突破口,实行靶向精准治理。例如,提高林草地植被覆盖度,配套小型水利水保工程,提升林草生态系统水土保持功能。同时在目标责任考核中,将现有侵蚀强度为轻度且已实施林草措施但未实施整地的林地、园地,积极实施水平阶、鱼鳞坑等

微地形整地,同时尽可能提高现行水土保持综合治理投资标准,安排专项资金,创新治理模式,真正实现治理降级的目标,从而达到提升水土流失面积有效治理率的效果,进而实现2050年的水土保持率目标。

4 结论

(1) 2011—2021年陕西省各行各业开展水土保持生态文明建设,推进水土流失综合治理,陕西省水土流失面积由72 686.00 km²降低至63 523.30 km²,水土流失面积与土壤侵蚀强度均有下降,自2018年以来陕西省水土流失面积年均减少量不断降低,治理难度不断加大。

(2) 通过综合分析陕西省地形坡度、植被覆盖、土地利用和土壤侵蚀情况,确定陕西省远期水土保持治理类型研判规则,计算出陕西省2050年水土流失全部实施治理措施后,预计削减水土流失面积21 607.05 km²;远期水土保持率目标值为79.02%。

(3) 按照先急后缓,先易后难;因地制宜、自然修复。分类治理、稳步实施原则进行分阶段水土流失防治任务,确定陕西省可以完全治理部分水土流失面积研判规则,预计陕西省2019—2025年、2026—2030年和2030—2035年分别削减水土流失面积5 974.81, 5 252.84和3 394.55 km²;2025,2030和2035年水土保持率分阶段目标值分别为71.42%,73.97%和75.62%。

参考文献(References)

- [1] 姜德文.新时代水土流失治理目标及评价标准[J].中国水土保持科学,2020,18(2):140-144.
Jiang Dewen. Objectives and evaluating indicators of soil erosion control in the new era [J]. Science of Soil and Water Conservation, 2020,18(2):140-144.
- [2] 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.
Pu Chaoyong. Target determination and application of soil and water conservation rate scientifically [J]. Soil and Water Conservation in China, 2021(3):1-3.
- [3] 国家发展改革委.美丽中国建设评估指标体系及实施方案[EB/OL].(2020-02-28)[2023-05-05]. https://www.gov.cn/zhengce/zhengceku/2020-03/07/content_5488275.htm. National Development and Reform Commission. Beautiful China Construction Evaluation Index System and implementation program [EB/OL]. (2020-02-28)[2023-05-05]. https://www.gov.cn/zhengce/zhengceku/2020-03/07/content_5488275.htm.
- [4] 吴敬东,王文轩,钟莉.北京市水土保持率阶段目标值测算与实现途径探讨[J].中国水土保持,2022(8):52-55.
Wu Jingdong, Wang Wenxuan, Zhong Li. Calculation

and realization approach of stage target value of soil and water conservation rate in Beijing [J]. Soil and Water Conservation in China, 2022(8):52-55.

- [5] 靳峰,马涛,秦伟,等.甘肃省水土保持率远期阈值与阶段目标值确定[J].人民黄河,2022,44(4):112-116.
Jin Feng, Ma Tao, Qin Wei, et al. Determination of long-term threshold and phase-target value of soil and water conservation rate in Gansu Province [J]. Yellow River, 2022,44(4):112-116.
- [6] 刘晓林,金平伟,王娟,等.基于GIS的贵州省水土保持率远期及分阶段目标值分析研究[J].人民珠江,2022,43(12):28-37,66.
Liu Xiaolin, Jin Pingwei, Wang Juan, et al. Analysis and study on long-term and phased target values of soil and water conservation rate in Guizhou Province based on GIS [J]. Pearl River, 2022,43(12):28-37,66.
- [7] 陶余铨,李季孝,李海燕,等.云南省水土保持率远期目标值的分析确定[J].中国水土保持,2022(5):44-48.
Tao Yuquan, Li Jixiao, Li Haiyan, et al. Analysis and determination of long-term target value of soil and water conservation rate in Yunnan Province [J]. Soil and Water Conservation in China, 2022(5):44-48.
- [8] 李建国,辛艳,马文涛,等.宁夏回族自治区水土保持率远期目标值确定方法研究[J].中国水土保持,2022(7):48-50,1.
Li Jianguo, Xin Yan, Ma Wentao, et al. Determination method of long-term target value of soil and water conservation rate in Ningxia Hui Autonomous Region [J]. Soil and Water Conservation in China, 2022(7):48-50.
- [9] 董亚维,曹雪峰.皇甫川流域水土保持率变化状况及阈值预测[J].人民黄河,2022,44(9):131-134.
Dong Yawei, Cao Xuefeng. Variation of soil and water conservation rate and threshold prediction in Huangfuchuan watershed [J]. Yellow River, 2022,44(9):131-134.
- [10] 朱建海.甘肃省水土保持率目标落实思考[J].中国水利,2022(2):25-26,29.
Zhu Jianhai. Thinking of application of target of soil and water conservation rate in Gansu Province [J]. China Water Resources, 2022(2):25-26,29.
- [11] 代梦梦,梁音,童建,等.江苏省水土保持率阈值研究[J].江苏水利,2022(10):1-5,9.
Dai Mengmeng, Liang Yin, Tong Jian, et al. Study on threshold value of soil and water conservation rate in Jiangsu Province [J]. Jiangsu Water Resources, 2022(10):1-5,9.
- [12] 孙雪文,杨庆楠,徐金忠,等.黑龙江省县级水土保持率目标值的确定方法[J].中国水土保持,2023(9):43-46,84.
Sun Xuewen, Yang Qingnan, Xu Jinzhong, et al. Method for determining the target value of soil and wa-

- ter conservation rate at the county level in Heilongjiang Province [J]. *Soil and Water Conservation in China*, 2023(9):43-46,84.
- [13] 王安娜,张军政,吴冠宇,等.陕西省实现水土保持率目标值途径探讨[J].*中国水土保持*,2021(7):9-13,5.
Wang Anna, Zhang Junzheng, Wu Guanyu, et al. The realization of the target value of soil and water conservation rate in Shaanxi Province [J]. *Soil and Water Conservation in China*, 2021(7):9-13,5.
- [14] 陕西省水利厅.2016—2030 年陕西省水土保持规划[R].陕西 西安:陕西省水利厅,2016.
Department of Water Resources of Shaanxi Province. Soil and water conservation plan of Shaanxi Province from 2016 to 2030 [R]. Xi'an, Shaanxi: Department of Water Resources of Shaanxi Province, 2016.
- [15] 中华人民共和国水利部.土壤侵蚀分类分级标准:SL190—2007[S].北京:中国水利水电出版社,2008.
Ministry of Water Resources of the People's Republic of China. Standard for classification and classification of soil erosion: SL190-2007 [S]. Beijing: China Water & Power Press, 2008.
- [16] 陕西省水利厅.2020 年陕西省水土保持公报[R].2021.
Department of Water Resources of Shaanxi Province. Communique of soil and water conservation in Shaanxi Province in 2020 [R]. 2021.
- [17] 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):5-8,21,9.
Cao Wenhong, Ning Duihu, Qin Wei. Technical method for determining long-term goal of soil and water conservation rate [J]. *Soil and Water Conservation in China*, 2021(4):5-8.
- [18] 中华人民共和国水利部.水土保持“十四五”实施方案[R].北京:中华人民共和国水利部,2021.
Ministry of Water Resources of the People's Republic of China. The 14th five-year plan for soil and water conservation [S] Beijing: Ministry of Water Resources of the People's Republic of China, 2021.
- [19] 周晓晴,马芊红,张科利.基于样带的陕西省水土流失规律研究[J].*水土保持研究*,2018,25(4):47-53.
Zhou Xiaoping, Ma Qianhong, Zhang Keli. Study on the characteristics of soil and water loss in Shaanxi Province based on transects [J]. *Research of Soil and Water Conservation*, 2018,25(4):47-53.
- [20] 中华人民共和国水利部.水土保持率目标确定方法指南[M].北京:中华人民共和国水利部,2021:1-5.
Ministry of Water Resources of the People's Republic of China. Guide to Methods for Determining Soil and Water Conservation Objectives [M]. Beijing: Ministry of Water Resources of the People's Republic of China, 2021.
- [21] 陕西省水利厅.2018—2019 年陕西省水土保持公报[R].陕西 西安:陕西省水利厅,2020.
Department of Water Resources of Shaanxi Province. Communique of soil and water conservation in Shaanxi Province in 2018 to 2019 [R]. 2020.
- [22] 张发民,杨恺,李雄飞,等.主要 DEM 数据在陕西省水土流失动态监测中的适宜性分析[J].*中国水土保持科学(中英文)*,2022,20(4):61-67.
Zhang Famin, Yang Kai, Li Xiongfei, et al. Suitability analysis of main DEM data for the dynamic monitoring of soil erosion in Shaanxi Province [J]. *Science of Soil and Water Conservation*, 2022,20(4):61-67.
- [23] 水利部水土保持监测中心.2020 年度水土流失动态监测技术指南[S].北京:中华人民共和国水利部,2020.
Monitoring Center of Soil and Water Conservation, Ministry of Water Resources. Technical guide for dynamic monitoring of soil and water loss in 2020 [S]. Beijing: Ministry of Water Resources of the People's Republic of China, 2020.

(上接第 166 页)

- [32] He Jijun, Cai Qiangguo, Wang Zhongke. Integrated control measures and environmental effects in small basins in rocky area of Northern China [J]. *International Journal of Sediment Research*, 2010,25(3):294-303.
- [33] 肖继兵,孙占祥,刘志,等.降雨侵蚀因子和植被类型及覆盖度对坡耕地土壤侵蚀的影响[J].*农业工程学报*, 2017,33(22):159-166.
Xiao Jibing, Sun Zhanxiang, Liu Zhi, et al. Effects of rainfall erosion factor, vegetation type and coverage on soil erosion of sloping farmland [J]. *Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering*, 2017,33(22):159-166.