

陕西省地方标准编制说明

标准名称：生境退化风险预测预警技术规范

起草单位：西安交通大学、中国科学院西北生态环境 资源研究院、陕西省土地工程建设集团

目 录

| | |
|-------------------------|----|
| 一、工作简况..... | 1 |
| 二、标准编制原则和确定标准主要内容 | 2 |
| 三、试验验证..... | 4 |
| 四、知识产权说明 | 10 |
| 五、采标情况..... | 10 |
| 六、重大意见分歧的处理 | 10 |
| 七、标准性质的建议说明 | 10 |
| 八、其他应予说明的事项 | 10 |

《生境退化风险预测预警技术规范》编制说明

一、工作简况

（一）任务来源

生境是生物出现的环境空间范围，一般指生物居住的地方或是生物生活的生态地理环境。生境质量决定生物栖息地的适宜性程度，对生物多样性保护具有重要作用。随着自然环境的演变和人类活动的加剧，自然景观由连续的地带性转变为不连续的镶嵌斑块，导致生物生境景观破碎、栖息地丧失，进一步影响景观生态过程和生态调节能力，造成生境退化。在识别关键生态环境问题的基础上，应用极端气候变化和人类活动双重作用下诱发的生境变化及风险灾害的预测预警技术，则可以最大限度降低危害，减少经济损失。因此，建立生境退化风险预测预警标准是规范化标准化科学预测生境退化程度及演变趋势的迫切需求，也是降低生境退化风险的必要前提。

本标准的主要任务来源包括国家重点研发计划（祁连山自然保护区生态环境评估、预警与监控关键技术研究）、国家人才计划项目、国家自然科学基金、陕西省环境变化与生态水文创新团队、陕西省重点产业链项目等。

（二）主要工作过程

本标准以国家重点研发计划课题、国家自然科学基金、陕西省科技创新团队、陕西省重点研发计划等项目的研究成果为基础，从 2017 年开始进行资料收集及生态退化风险预测评估研究，之后成立标准起草工作组。经过四年多的资料积累、科学理论探索、模型模拟及案例研究，经过多次讨论修改并于 2021 年 12 月形成《生境退化风险预测预警技术规范（征求意见稿）》。

（三）起草组成员及其所做的主要工作

起草组成员及所做的主要工作见表 1。

表 1 标准起草人主要工作

| 序号 | 姓名 | 职称 | 工作单位 | 主要工作 |
|----|-----|-----|------------------|---------|
| 1 | 吴一平 | 教授 | 西安交通大学 | 负责人/编制人 |
| 2 | 赵文智 | 研究员 | 中国科学院西北生态环境资源研究院 | 编制人 |

| | | | | |
|----|-----|--------|---------------------|------|
| 3 | 王凡 | 研究助理 | 西安交通大学 | 编制人 |
| 4 | 覃蔡清 | 助理教授 | 西安交通大学 | 编制人 |
| 5 | 邱临静 | 副教授 | 西安交通大学 | 编制人 |
| 6 | 王欢元 | 正高级工程师 | 陕西地建土地工程技术研究院有限责任公司 | 编制人 |
| 7 | 李刚 | 高级工程师 | 陕西地建土地工程技术研究院有限责任公司 | 编制人 |
| 8 | 张广创 | 研究生 | 西安交通大学 | 总结撰写 |
| 9 | 卢楠 | 高级工程师 | 陕西地建土地工程技术研究院有限责任公司 | 研究总结 |
| 10 | 胡一 | 高级工程师 | 陕西地建土地工程技术研究院有限责任公司 | 研究总结 |
| 11 | 孙珂 | 研究助理 | 西安交通大学 | 研究总结 |
| 12 | 李汇文 | 研究生 | 西安交通大学 | 研究总结 |
| 13 | 孟泽昕 | 研究生 | 西安交通大学 | 结果分析 |
| 14 | 惠瑾毓 | 研究生 | 西安交通大学 | 数据处理 |
| 15 | 宋燕妮 | 研究生 | 西安交通大学 | 模型构建 |
| 16 | 张明心 | 研究生 | 西安交通大学 | 数据处理 |
| 17 | 柳兆夏 | 研究生 | 西安交通大学 | 结果分析 |
| 18 | 马帅 | 研究生 | 西安交通大学 | 结果分析 |
| 19 | 喻子凡 | 研究生 | 西安交通大学 | 结果分析 |

二、标准编制原则和确定标准主要内容

（一）编制原则

本标准的编制依据《中华人民共和国标准法》和《地方标准管理办法》的规定进行编制，标准格式和结构语句依据《标准化工作导则 第1部分：标准的结构和编写》（GB/T1.1-2020）进行编排。

标准编制遵循“科学性、适宜性、系统性、规范性”的原则。

1、科学性原则

标准规范的编制的过程中，各项内容、程序应符合相关法律、法规，以及国家标准和相关行业标准，贯彻落实国家政策，合理开发土地资源以及保护土地资

源的原则，各项指标参数的确定皆有相应的科学依据作为支撑。

2、适宜性原则

生境退化风险的预测预警在遵循适宜性原则的基础上制定切实可行的技术规范。以祁连山自然保护区为例，从自然景观的实际情况出发，以技术可行、操作方便、后期管护有保障为出发点，适当考虑生产、建设和科学技术发展的需要，针对生态环境的脆弱性、环境变化的剧烈性等局部问题合理构建预测预警的方法与标准。

3、系统性原则

生境退化的发生与其它生态环境灾害相互关联，需系统考虑生态环境的整体性，对整个生态环境中的生境退化风险进行预测预警，才能达到既精准又全面的目的。

4、规范性原则

标准的制定必须具有规范性，作为面向行业或者区域大众的规范，术语和语句必须按照相应的规范进行书写和编制，不可含糊不清、模棱两可。

（二）标准主要内容

通过采用生物地球化学模型-水文模型-生态服务模型耦合的方式开发具有物理机制且覆盖水-土-气-生关键要素的生态环境演变-生态系统服务模型。总结模型开发过程中的科研成果及实践经验，形成了本标准。标准主要内容包括：1、范围；2、规范性引用文件；3、术语和定义；4、生境退化指数；5、生境退化风险预测预警。

用于生境退化预测预警的生境退化指数（ D ）主要通过“生境退化压力分数（ E ）”和“生境退化影响分数（ C ）”等两个维度来反映（ $D=E \times C$ ）（图1）。采用相乘的方法计算生境退化指数，主要参考了经济学中的风险评估方法，通过构造函数 $D=f(E,C)$ ，将安全事件发生的可能性与安全事件的损失进行运算得到风险值，该方法结构简单，趋向生成较低的且保守性更小的风险值。其中， E 表示因人类活动而导致的栖息地暴露在压力中的程度，由退化度指标反映。退化度是基于 InVEST 生境模块进行计算，即由生境威胁因子影响距离、生境类型斑块对威胁因子的敏感性高低以及威胁因子的数目协同决定。 C 用以表示生物栖息地对自然因素和人类活动相关压力的反馈，具体由土壤侵蚀量、土壤含水量、土

壤有机碳和植被生产力四个指标反映，主要基于生态水文模型 SWAT-DayCent 模拟得到。该模型需要输入高程、土地利用、土壤属性、日尺度气象等时空数据。模型建立后需对各模拟要素进行校准和验证，以确保模拟结果的可靠性。最后结合未来土地利用情景和气候情景数据，通过情景组合，驱动该生态水文模型模拟预测各要素未来的时空格局。

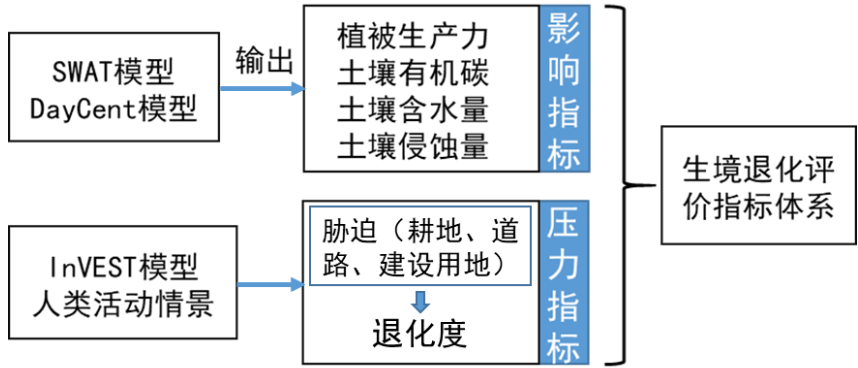


图 1 生境退化评价指标体系

本标准中模型的构建过程与使用过程对配置环境与运行条件有明确的规定，这是开展模型预测工作的基础，以确保预测预警结果的稳定性和合理性。

标准在编制过程中主要依据并引用了下列规范文件：

- GB/T 50095 水文基本术语和符号标准
- SL 196 水文调查规范
- SL 324 基础水文数据库结构及标识符号标准
- HJ 192-2015 生态环境状况评价技术规范
- GB/T 38582-2020 森林生态系统服务功能评估规范

三、试验验证

本标准的制定主要依托国家重点研发计划课题、国家自然科学基金、陕西省科技创新团队、陕西省重点研发计划的相关研究成果，并进行了验证。选取了祁连山自然保护区所在流域为试验对象，利用生态水文模型在试验区进行了生境退化相关指标的模拟及关键指标的验证，开展了生境“影响”、生境“压力”以及生境退化指数评价指标体系的构建、生境退化指数预警指标风险等级的划分、各指标权重的确定、生境退化指数未来时空特征以及生境退化风险分布特征的分析等工作。这些成果为标准的制定提供了有利的技术支撑和验证。

试验区的地理位置图如图 2 所示。

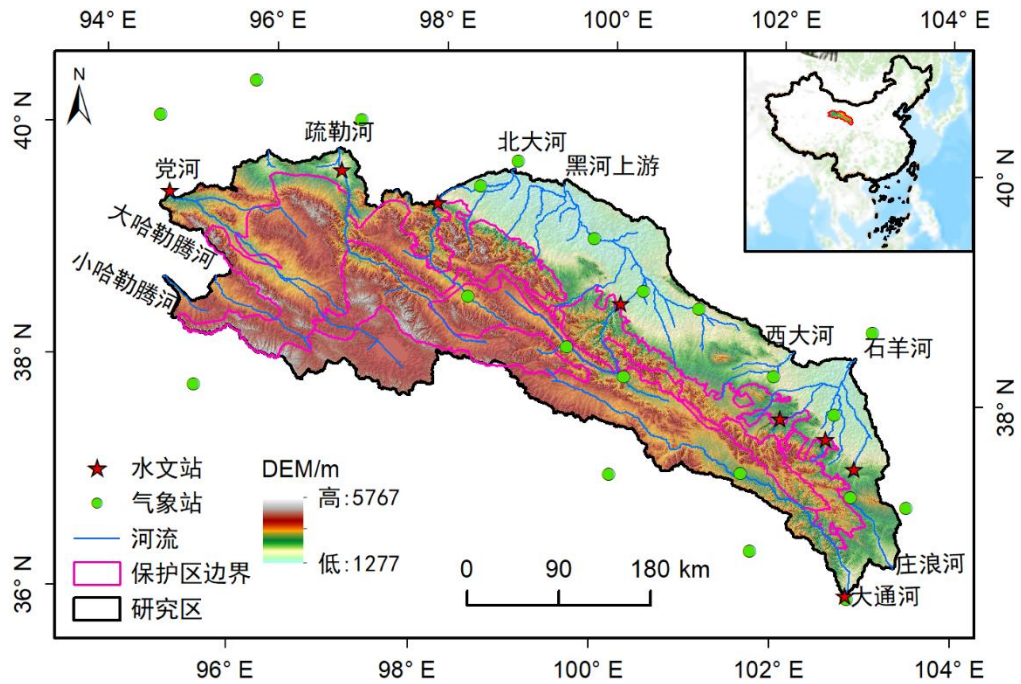


图 2 试验区地理位置

如图 3 所示，选取试验区 7 个流域的模拟结果进行验证，发现 7 个水文站月模拟径流和观测径流吻合较好，利用决定系数 R^2 、纳什系数 NSE 和百分数偏差 PBIAS 评价径流量在率定期和验证期的表现，发现 7 个水文站点的模拟结果在率定期和验证期凭借 $R^2 > 0.50$, $NSE > 0.50$, $|PBIAS| < 25\%$ 可被判定为良好。根据已有的泥沙数据对试验区的泥沙模拟结果与实测数据进行了对比（图 4），发现模拟与实测数据的偏差均小于 30%。选用了两种观测数据对试验区不同土地利用的净值被初级生产力 NPP 进行了对比，发现模拟 NPP 与两种观测 NPP 的偏差均小于 20%（图 5）。这些结果表明该生态水文模型可以较好地模拟试验区的生态水文过程，模拟结果可用于下一步研究。

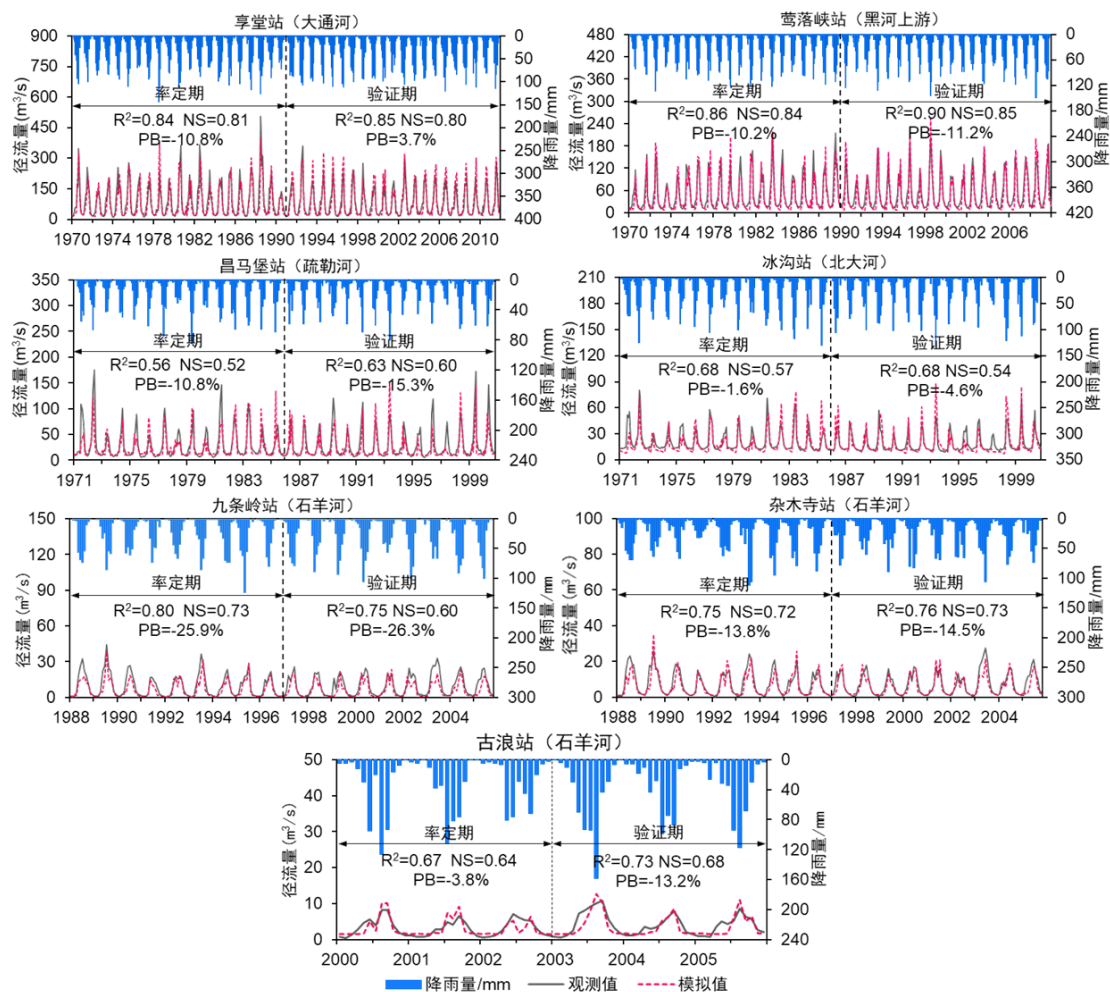


图 3 试验区月径流量模拟与观测对比

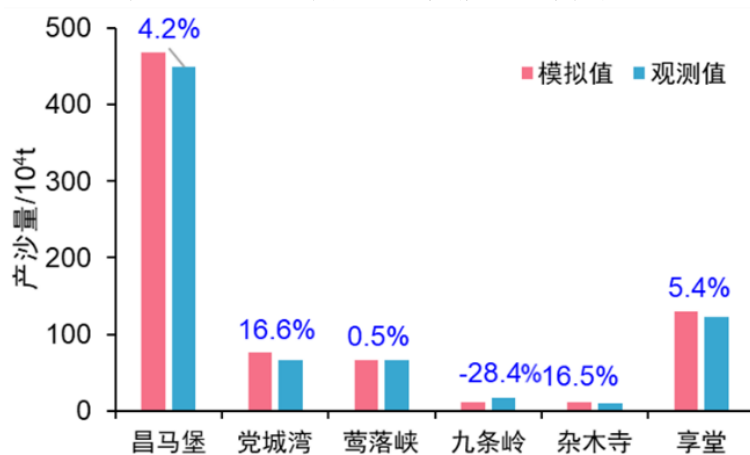


图 4 试验区泥沙量模拟和观测对比

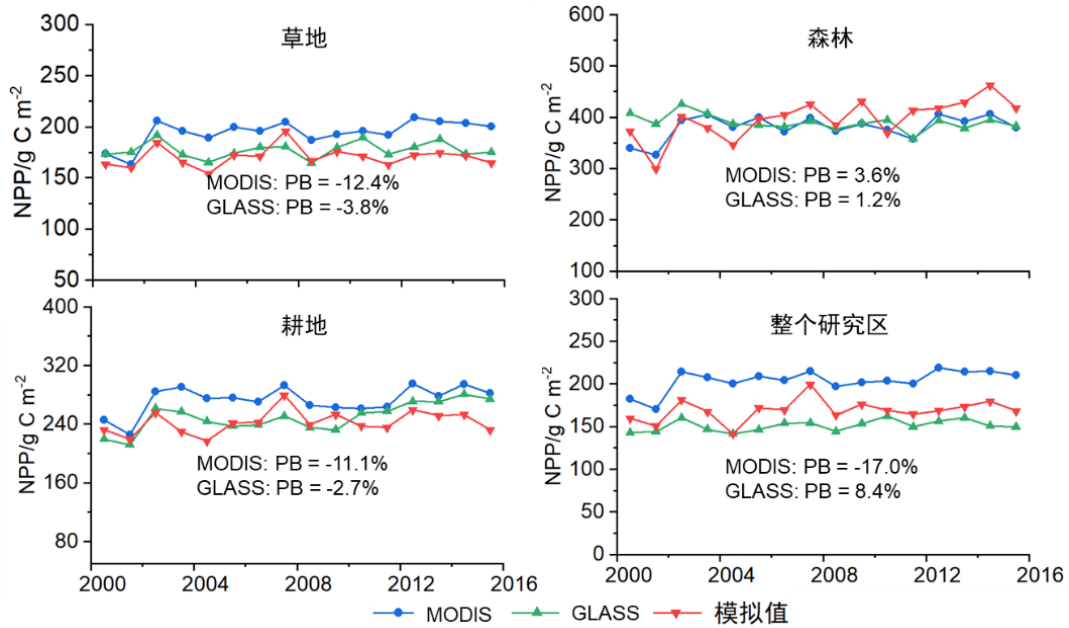


图 5 试验区不同土地利用植被生产力模拟和观测对比

基于模拟的生境影响指标以及计算的生境压力指标构建了生境退化预警指标体系并根据结果进行了各指标风险等级的划分。表 2 为生境退化预警指标及风险等级的划分，指标分别被划分成五个等级，这五个等级为改善、微度、轻度、中度和重度，分别赋值为 0、1、2、3、4。

表 2 生境退化预警指标及等级划分

| 指标 | | 退化分级 | | | | |
|--------|-------|-----------|---------|-------------|-------------|-----------|
| | | 改善 (0) | 微度 (1) | 轻度 (2) | 中度 (3) | 重度 (4) |
| 生境退化指标 | 压力 | | | | | |
| | 退化度 | — | 0~0.008 | 0.008~0.025 | 0.025~0.044 | >0.044 |
| | 植被生产力 | >0 | -0.27~0 | -0.62~-0.30 | -1.10~-0.62 | <-1.10 |
| | 土壤侵蚀量 | <0 | 0~0.29 | 0.29~0.72 | 0.72~1.36 | >1.36 |
| 风险指数 | 土壤有机碳 | >0 | -0.44~0 | -0.80~-0.44 | -0.8~-1.20 | <-1.20 |
| | 土壤含水量 | >0 | -0.37~0 | -0.64~-0.37 | -0.90~-0.66 | <-0.90 |

附注：影响指标根据标准分数进行等级的划分

根据试验区的实际情况，利用统计方法（熵权法）为生境“影响”各指标赋予权重（表 3），其中“压力”指标权重为 1，根据“影响”指标权重计算了生境“影响”分数，值的范围为 0~4。其中：

$$\text{生境影响分数} = \text{土壤含水量分数} \times 0.28 + \text{土壤侵蚀量分数} \times 0.28 + \text{植被生产力分数} \times 0.14 + \text{土壤有机碳分数} \times 0.30$$

表 3 为生境退化预警指标的权重

| 指标 | 植被生产力 | 土壤侵蚀量 | 土壤有机碳 | 土壤含水量 | 退化度 |
|----|-------|-------|-------|-------|-----|
| 权重 | 0.14 | 0.28 | 0.30 | 0.28 | 1 |

从生境压力方面来看，将 InVEST 模型计算的退化度划分为四个等级作为生境压力分数，空间分布图 6。总体来看试验区生境压力分数较高，微度退化面积约占 25%，主要分布在西北部；轻度和中度退化约占 20%，主要分布在试验区东南部；重度退化面积约占 35%，主要表现在试验区的北部，原因是北部地势平坦、耕地分布面积较大，人类活动较为剧烈，导致生境退化风险较为严重。

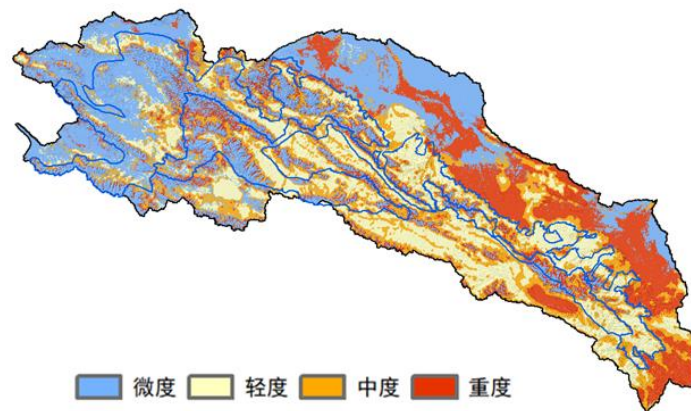


图 6 生境压力空间分布

结合未来三种气候情景（RCP2.6、RCP4.5、RCP8.5）数据，驱动生态水文模型模拟生境退化“影响”指标的未来时空特征，进而分析了未来生境退化指数的演变特征（图 7）。将未来划分为两个时间段，分别为 2020-2059（未来近期），2060-2099（未来远期）。发现三种情景下试验区生境相比历史状态均发生了退化。三种情景相比较，RCP2.6 情景未来生境退化指数呈明显下降趋势，生境质量趋向于变好，主要归因于土壤侵蚀量的减少和 NPP、SOC 含量的增加；RCP4.5 情景生境退化指数略微降低，总体退化程度略高于 RCP2.6 情景；RCP8.5 情景生境退化指数呈现增加趋势，退化风险加剧。虽然在高浓度排放情景下植被生产力和有机碳明显增加，但温度的升高导致植被的蒸腾作用增强，土壤水分的减少对生境质量产生负面影响；同时未来极端天气事件的发生也使得部分年份水土流失加重，这也是造成生境退化呈增加趋势的原因。未来生境退化指数的变化趋势可以反映和预估区域生境退化的发展趋势。

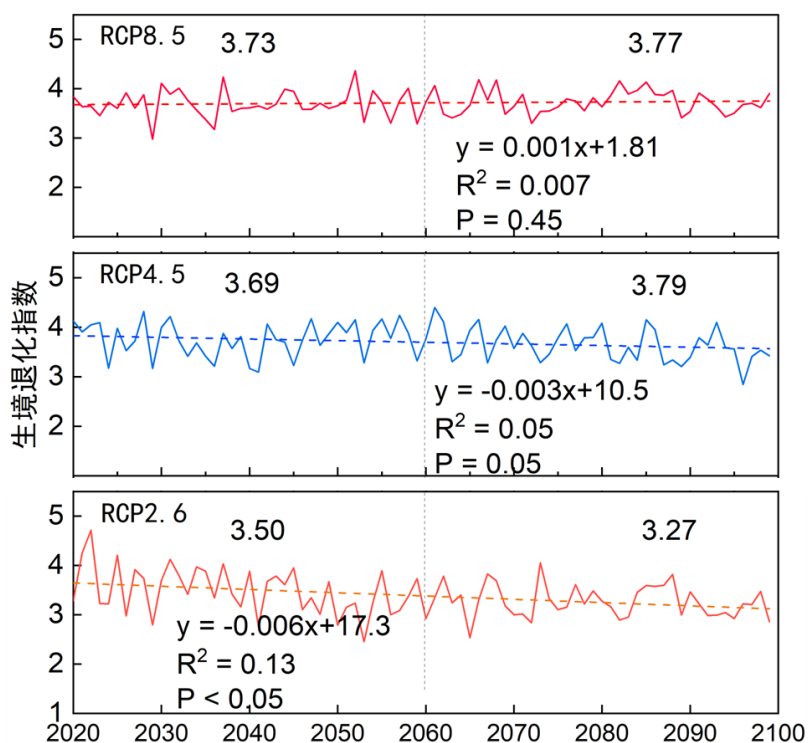


图 7 未来生境退化指数时间变化趋势

根据预测的生境退化指数和预警等级绘制出了试验区不同生境退化预警等级空间分布及面积百分比(图 8)。试验区未来生境退化主要为黄色和橙色预警,其中黄色预警面积占 50%以上,橙色预警面积占 30%左右;空间上,橙色预警主要分布石羊河流域和西大河流域,橙色预警区耕地面积分布范围较大使得生境压力分数较高,且由于降雨量较少、温度较高的原因,该区域 NPP、SOC 和土壤含水量未来呈减小趋势,生境影响分数增加,从而综合导致该区域的生境退化风险较大。相比 RCP2.6 情景,其他两种情景橙色预警面积增加、黄色预警面积减少。根据该生境退化风险预警的方法可以识别出试验区生境存在问题的区域、预测区域未来生境退化风险的可能情况。

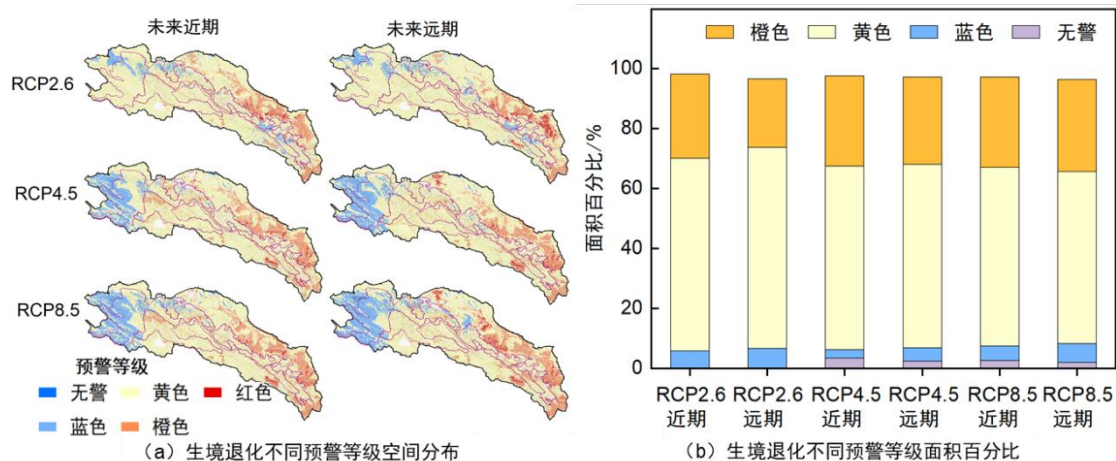


图 8 未来生境退化不同预警等级空间分布及面积占比

四、知识产权说明

本标准知识产权归研制单位所有，本标准没有知识产权争议。

五、采标情况

无。

六、重大意见分歧的处理

无重大意见分歧意见。

七、标准性质的建议说明

在生态环境日益恶化的形势下，为保护我国生态环境以及生物多样性、提高相关灾害预测预警的能力，加快生态文明建设，建议尽快颁布《生境退化风险预测预警技术规范》作为推荐性标准，为黄土高原能源化工基地与生态重建区、祁连山自然保护区等生态脆弱地区提供技术指导。

八、其他应予说明的事项

无。