

中国林业重点生态工程造林面积变化数据集 (2002–2020) 研发

鲁丹, 张春华*, 曹越, 马洁, 王冉

鲁东大学资源与环境工程学院, 烟台 264025

摘要: 得益于过去数十年实施的退耕还林、植树造林等生态工程, 中国森林覆盖率增加显著, 研究林业重点生态工程造林面积的变化对提升中国森林碳汇和实现碳中和目标具有重要作用。本文基于《中国林业统计年鉴》和《中国林业与草原统计年鉴》, 利用数理统计和空间分析相结合的方法, 从全国、地区和省市尺度研究 2002–2020 年中国不同林业重点生态工程造林面积的时空动态特征。结果显示, 中国林业重点生态工程历年造林面积从 2002 年的 6.78×10^6 ha 降至 2020 年的 2.42×10^6 ha, 19 年累计造林 64.98×10^6 ha。其中退耕还林工程贡献最大 (27.62×10^6 ha), 三北及长江流域等重点防护林体系建设工程、天然林资源保护工程紧随其后。区域层面, 华北地区累计造林面积居首, 西北、西南次之。省市尺度中, 内蒙古、陕西的累计造林面积分列前两位。本数据集内容包括 2002–2020 年中国的以下数据: (1) 历年各省市林业重点生态工程造林总面积及占比; (2) 历年中国不同林业重点生态工程造林面积; (3) 各省不同林业重点生态工程累计造林面积; (4) 历年分区域林业重点生态工程造林面积。数据集存储为.xlsx 格式, 由 1 个数据文件组成, 数据量为 240 KB。该数据集支持了第一作者理学硕士学位论文的完成。

关键词: 造林面积; 林业重点生态工程; 中国林业统计年鉴; 时空变化特征; 中国; 理学硕士学位论文

DOI: <https://doi.org/10.3974/geodp.2026.04.04>

CSTR: <https://cstr.science.org.cn/CSTR:20146.14.2026.04.04>

数据可用性声明:

本文关联实体数据集已在《全球变化数据仓储电子杂志(中英文)》出版, 可获取:

<https://doi.org/10.3974/geodb.2026.02.02.V1> 或 <https://cstr.science.org.cn/CSTR:20146.11.2026.02.02.V1>.

1 前言

森林是陆地生态系统的主体, 其碳汇能力占陆地生态系统碳汇的 80%以上^[1,2]。在基于自然的解决方案中, 植树造林被认为是吸收人为 CO₂ 排放、缓解全球温室效应并提升森林

收稿日期: 2026-02-01; 修订日期: 2026-07-05; 出版日期: 2026-08-25

*通讯作者: 张春华, 鲁东大学资源与环境工程学院, zchqs@126.com

数据引用方式: [1] 鲁丹, 张春华, 曹越等. 中国林业重点生态工程造林面积变化数据集(2002–2020)研发[J]. 全球变化数据学报, 2026, 10(4): 421–432. <https://doi.org/10.3974/geodp.2026.04.04>. <https://cstr.science.org.cn/CSTR:20146.14.2026.04.04>.

[2] 鲁丹, 张春华, 曹越等. 中国林业重点生态工程造林面积变化数据集(2002–2020)[J/DB/OL]. 全球变化数据仓储电子杂志, 2026. <https://doi.org/10.3974/geodb.2026.02.02.V1>. <https://cstr.science.org.cn/CSTR:20146.11.2026.02.02.V1>.

碳汇增量的最具成本效益的途径之一^[3-5]。自2000年以来,全球陆地生态系统呈现持续“变绿”趋势,其中中国的植树造林和生态工程被认为是这一变化的重要驱动因素^[6,7]。作为全球最大的植树造林国家,中国在过去数十年持续实施了三北防护林、退耕还林、天然林保护等一系列林业重点生态工程,森林面积和碳汇功能显著提升^[8-10]。全国森林资源清查结果表明,1999–2003年,2014–2018年森林清查期间,中国森林覆盖率由18.2%提高至23.0%,人工造林贡献了超过2/3的森林覆盖率增量^[11]。与早期相比,近年来中国森林扩张速度有所放缓。面向2060年碳中和目标,中国正持续加大植树造林力度,并提出到2035年和2050年森林覆盖率分别达到26%和30%的目标。系统掌握中国造林面积的时空变化特征,不仅是评估重大生态工程实施成效的重要基础,也是优化国土绿化布局、提升森林碳汇能力和服务国家“双碳”战略的现实需求^[12]。

近年来,国内外学者围绕中国林业重点生态工程,在植被恢复^[13,14]、森林碳汇^[15,16]和生态系统服务^[17,18]等方面开展了大量研究,并取得了显著进展。相关研究表明,森林生态系统的固碳能力及其对气候变化的减缓潜力,在很大程度上取决于造林面积及其空间分布。目前,中国造林面积和分布数据主要来源于全国性基础调查和遥感信息提取两类途径。国土调查、森林资源清查及国家林业和草原局年度统计等基础调查数据,能够较为系统地提供各省造林面积信息,并按造林用途、造林方式和重点工程类型进行分类汇总,为绿化政策制定、森林生态系统服务评估和碳汇核算提供了基础数据支撑。遥感技术具有观测范围广、连续性强和受地面条件制约较小等优势,已成为获取大尺度森林面积信息的重要手段,在造林研究中的应用主要集中于潜在造林空间识别与制图。例如,徐进勇^[19]基于土地覆盖数据和Liebig最小因子定律估算了2020年中国潜在造林地面积及其30-m空间分布;Yao等^[5]结合遥感大数据和树木生长适宜性模型,绘制了中国1-km分辨率的植树潜力空间格局。这些研究增进了对中国植树造林面积和空间分布的认识,但由于不同研究在造林定义、判定阈值、分类体系和数据来源等方面存在差异,不同来源的造林面积结果仍存在较大差异^[5,20]。

总体而言,现有研究为认识中国造林格局及其生态效应奠定了重要基础,但在实际造林面积的长期时空变化刻画方面仍存在不足。已有研究更多聚焦于潜在造林空间识别、植被恢复成效及碳汇效应评估,对实际造林面积长期变化过程的系统分析相对不足。基于遥感提取的结果虽具有较强的空间连续性,但在造林定义、识别精度及工程分类对应关系等方面与统计调查数据仍存在差异,难以准确反映不同林业重点生态工程造林实施的真实规模及其时空演变。现有关于造林面积的研究多集中于局部区域、单一工程或单一年份,缺乏基于统一统计口径、覆盖全国尺度并兼顾区域与省域层次的综合比较分析。针对上述不足,本研究基于国家林业和草原局提供的2002–2020年林业重点生态工程造林面积数据,结合数理统计与空间分析方法,从全国、区域和省域多个尺度系统分析不同林业重点生态工程造林面积的时空动态特征,并进一步揭示其重心迁移及区域分异规律。研究结果有助于弥补现有研究在实际造林面积长期序列分析和重点工程精细刻画方面的不足,可为中国植树造林布局优化、林业重点生态工程成效评估及森林碳汇提升路径设计提供基础数据支撑和科学依据。

2 数据集元数据简介

《中国林业重点生态工程造林面积变化数据集（2002–2020）》^[21]的名称、地理区域、数据年代、数据集组成等信息见表 1。

表 1 《中国林业重点生态工程造林面积变化数据集（2002–2020）》元数据简表

条目	描述
数据集名称	中国林业重点生态工程造林面积变化数据集（2002–2020）
数据集短名	ChinaAfforestedArea2002-2020
作者信息	鲁 丹, 鲁东大学资源与环境工程学院, ludan_717@163.com 张春华, 鲁东大学资源与环境工程学院, zchqs@126.com 曹 越, 鲁东大学资源与环境工程学院, plcaoyue@163.com 马 洁, 鲁东大学资源与环境工程学院, 19861556716@163.com 王 冉, 鲁东大学资源与环境工程学院, wangran202409@126.com
地理区域	中国大陆（香港、澳门和台湾数据暂缺）
数据年代	2002–2020 年
数据格式	.xlsx
数据量	240 KB
数据集组成	2002–2020 年中国各省市林业重点生态工程造林面积及占比、6 大地区林业重点生态工程造林面积及中国各省份不同林业重点生态工程累计造林面积
基金项目	国家自然科学基金（42471132）
出版与共享服务平台	全球变化科学研究数据出版系统 http://www.geodoi.ac.cn
地址	北京市朝阳区大屯路甲 11 号 100101, 中国科学院地理科学与资源研究所
数据共享政策	（1）“数据”以最便利的方式通过互联网系统免费向全社会开放, 用户免费浏览、免费下载, （2）最终用户使用“数据”需要按照引用格式在参考文献或适当的位置标注数据来源, （3）增值服务用户或以任何形式散发和传播（包括通过计算机服务器）“数据”的用户需要与《全球变化数据学报（中英文）》编辑部签署书面协议, 获得许可, （4）摘取“数据”中的部分记录创作新数据的作者需要遵循 10%引用原则, 即从本数据集中摘取的数据记录少于新数据集总记录量的 10%, 同时需要对摘取的数据记录标注数据来源 ^[22]
数据和论文检索系统	DOI, CSTR, Crossref, DCI, CSCD, CNKI, SciEngine, WDS, GEOSS, PubScholar, CKRSC, OARL

3 研发方法

3.1 研究区概况

本研究着重关注中国广泛开展林业重点生态工程所覆盖的区域, 包括北京、天津、河北、山西、内蒙古、辽宁、吉林、黑龙江、上海、江苏、浙江、安徽、福建、江西、山东、河南、湖北、湖南、广东、广西、海南、重庆、四川、贵州、云南、西藏、陕西、甘肃、青海、宁夏和新疆等 31 个省（区、市）。2023 年度全国国土变更调查成果显示, 目前中国林地面积为 2.84×10^8 ha, 全国森林面积为 2.47×10^8 ha, 森林覆盖率超过 25%。人工林保存面积达 92.41×10^6 ha, 居全球首位, 成为全球森林资源增长最快、最多的国家^[23]。

3.2 数据来源

本数据集采用的统计数据来源于《中国林业统计年鉴》（2002–2017 年）^[24,25]和《中国

林业与草原统计年鉴》(2018–2020年)^[26]。其中包括不同地区中国林业重点生态工程(包含天然林资源保护工程、退耕还林工程、三北及长江流域等重点防护林体系建设工程、京津风沙源治理工程、速生丰产用材林基地建设工程、石漠化治理工程、国家储备林建设工程等)历年的造林面积。数据范围为中国各省份(文中涉及的全国性统计数据,均暂未包括香港特别行政区、澳门特别行政区和台湾省)。其中,速生丰产用材林基地建设工程造林面积仅包含2002–2011年数据,石漠化治理工程造林面积仅包含2017–2020年数据,国家储备林建设工程造林面积仅包含2019–2020年数据。

3.3 数据采集过程与分析方法

作者基于2002–2020年《中国林业统计年鉴》和《中国林业和草原统计年鉴》数据,收集、整理原始造林面积数据,得到的2002–2020年中国各地区各省市逐年林业重点生态工程造林面积及其累计造林面积统计数据。

本研究利用线性回归分析方法($y=ax+b$)研究2002–2020年我国不同林业重点生态工程造林面积的年际变化特征,其中回归系数 a 的计算公式如下:

$$a = \frac{n \sum_{i=1}^n x_i y_i - \sum_{i=1}^n x_i \sum_{i=1}^n y_i}{n \sum_{i=1}^n x_i^2 - \left(\sum_{i=1}^n x_i \right)^2} \quad (1)$$

式中, n 代表年数,等于19, x_i 代表年序(1, 2, 3, …, 19), y_i 为第 i 年的林业重点生态工程造林面积(ha)。当 a 大于0时,表示林业重点生态工程造林面积呈上升趋势,若小于0,表示林业重点生态工程造林面积呈下降趋势。

为研究林业重点生态工程造林面积的空间变化特征,作者在ArcGIS 10.8软件平台下建立2002–2020年中国31个省市累计造林面积的空间数据库,并对各省市不同林业重点生态工程造林面积进行空间可视化。通过自然断点法将林业重点生态工程造林面积分为5类,用不同色阶反映不同地区造林规模的梯度差异,分析2002–2020年中国林业重点生态工程累计造林面积的空间变化特征。

4 数据结果

4.1 数据集组成

数据集共包括2002–2020年间:(1)历年各省市林业重点生态工程造林时空变化;(2)历年中国不同林业重点生态工程造林面积时空变化;(3)各省不同林业重点生态工程累计造林面积;(4)历年分区域林业重点生态工程造林面积时空变化。数据集存储为.xlsx格式。

4.2 全国尺度造林面积的年际变化

2002–2020年,全国林业重点生态工程造林面积总体呈下降趋势,但不同工程类型之间存在显著差异。总体来看,除三北及长江流域等重点防护林体系建设工程和国家储备林建设工程外,多数工程造林面积均呈持续下降现象,其中以速生丰产用材林建设工程和退耕还林工程降幅最为显著。

全国造林总面积由2002年的 6.78×10^6 ha增加至2003年的峰值 8.26×10^6 ha,随后持续

下降至2020年的 2.42×10^6 ha, 整体降幅约64%(图1a)。天然林资源保护工程造林面积整体波动较小, 变化相对平稳, 仅在2009年前后达到阶段性高值(图1b)。

退耕还林工程表现出典型的“先降-回升-趋稳”变化过程, 是各工程中波动最为明显的类型之一。其造林面积由2002年的 4.42×10^6 ha下降后虽短暂回升, 但始终未恢复至2003年水平, 至2020年降至 6.69×10^5 ha, 降幅达89%(图1c)。

三北及长江流域等重点防护林体系建设工程及京津风沙源治理工程整体呈“先降后升”趋势。其中, 前者在2002–2006年显著下降后, 于2009年达到阶段性峰值。后者则表现为先降后升的波动特征, 峰值出现在2003年(图1d、1e)。

速生丰产用材林建设工程和石漠化治理工程则呈“先升后降”特征, 其中速生丰产用材林建设工程降幅最大, 2002–2011年造林面积快速减少, 整体降幅达98%(图1f)。石漠化治理工程在2018年前后达到峰值后略有回落(图1g)。相比之下, 国家储备林建设工程虽起步较晚, 但2019年以来呈现明显增长趋势(图1h)。

4.3 区域尺度造林面积的年际变化

从区域尺度来看, 2002–2020年六大区域^[27]林业重点生态工程造林面积总体均呈下降趋势, 但不同区域的变化幅度和阶段特征存在明显差异。

退耕还林工程在各区域普遍减少, 其中华北和华东地区下降最为显著。华北地区造林面积由2002年的 8.92×10^5 ha降至2020年的 9.86×10^4 ha, 降幅达89%。东北地区则降幅接近100%, 后期造林规模已接近零水平(图2a、2b)。相比之下, 西南地区波动幅度最大, 早期达到高值后逐步回落。

天然林资源保护工程整体较为稳定, 各区域变化幅度较小, 仅西南地区在2009年前后出现明显峰值, 其余区域基本维持平稳或缓慢下降趋势。

三北及长江流域等重点防护林体系建设工程在不同区域呈现差异化变化: 华北和华东地区表现为“降-升-降”的阶段性波动, 而东北、中南、西南及西北地区总体呈先升后降趋势。其中西北地区在2007年后明显增长并趋于稳定(图2c–2f)。

京津风沙源治理工程仅分布于华北地区, 其造林面积整体下降, 由2002年的 6.76×10^5 ha降至2020年的 1.95×10^5 ha, 但2014年前波动较为明显, 之后趋于稳定。

速生丰产用材林建设工程在各区域占比较低, 除华东和西南地区外, 大多数区域呈持续下降趋势。石漠化治理工程则主要集中在中南和西南地区, 近年保持相对较高水平, 其余区域总体下降。

4.4 省域尺度造林面积的年际变化

在省域尺度上, 不同林业重点生态工程造林面积变化呈现明显的空间分异特征(图3)。总体上可归纳为三种典型变化模式: 稳定型(如陕西、山西等)、“U”型(如贵州、河北等)以及倒“U”型(如江苏、四川等), 另有部分省份表现为持续下降趋势。

退耕还林工程在绝大多数省份呈显著下降, 仅重庆表现为持续增长, 其造林面积增长超过2倍。相比之下, 东北及中部部分省份(如黑龙江、河南等)降幅接近或达到100%, 显示出该工程在区域实施上的明显收缩。

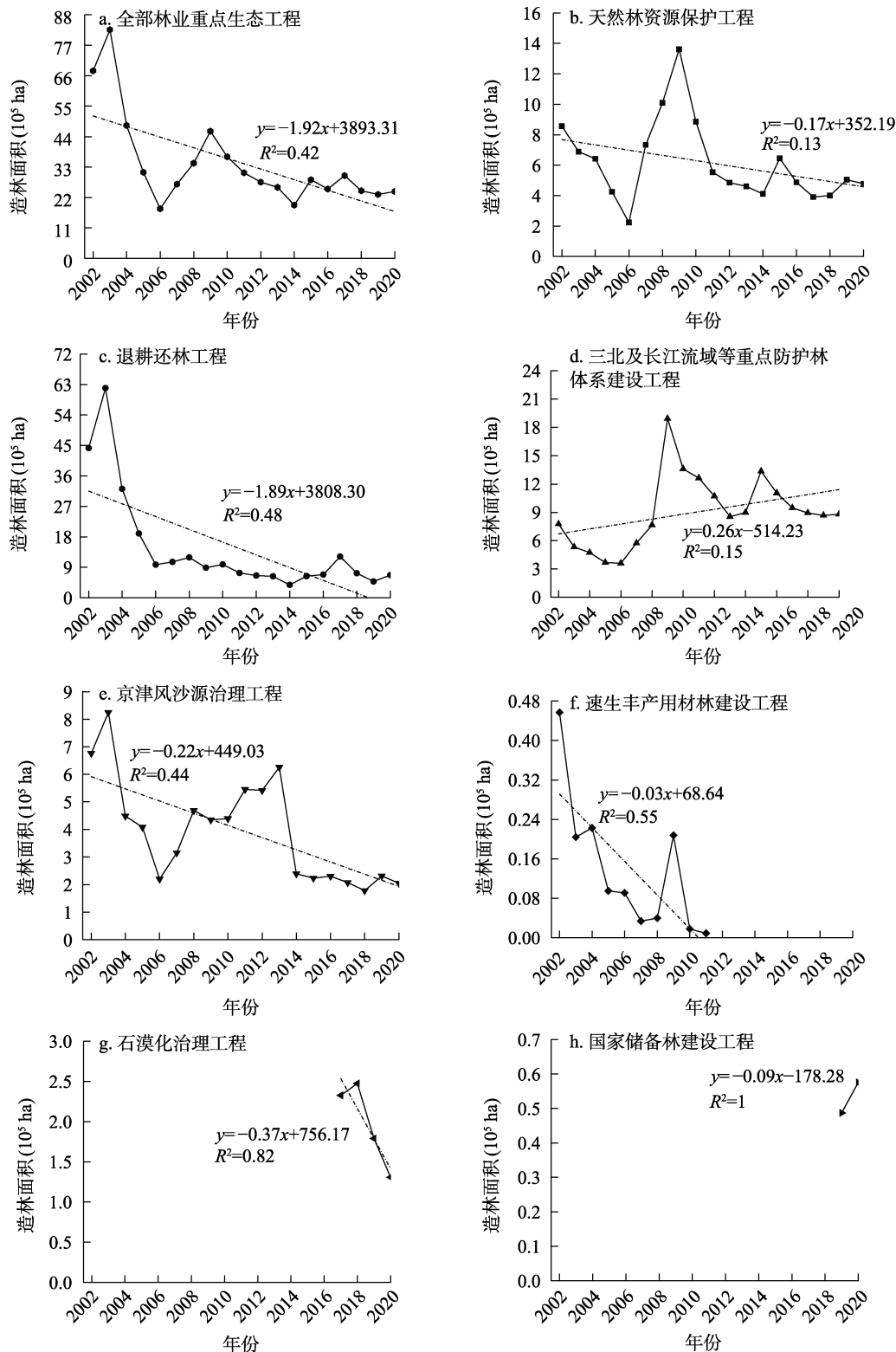


图1 中国不同林业重点生态工程造林面积年际变化图(2002-2020)

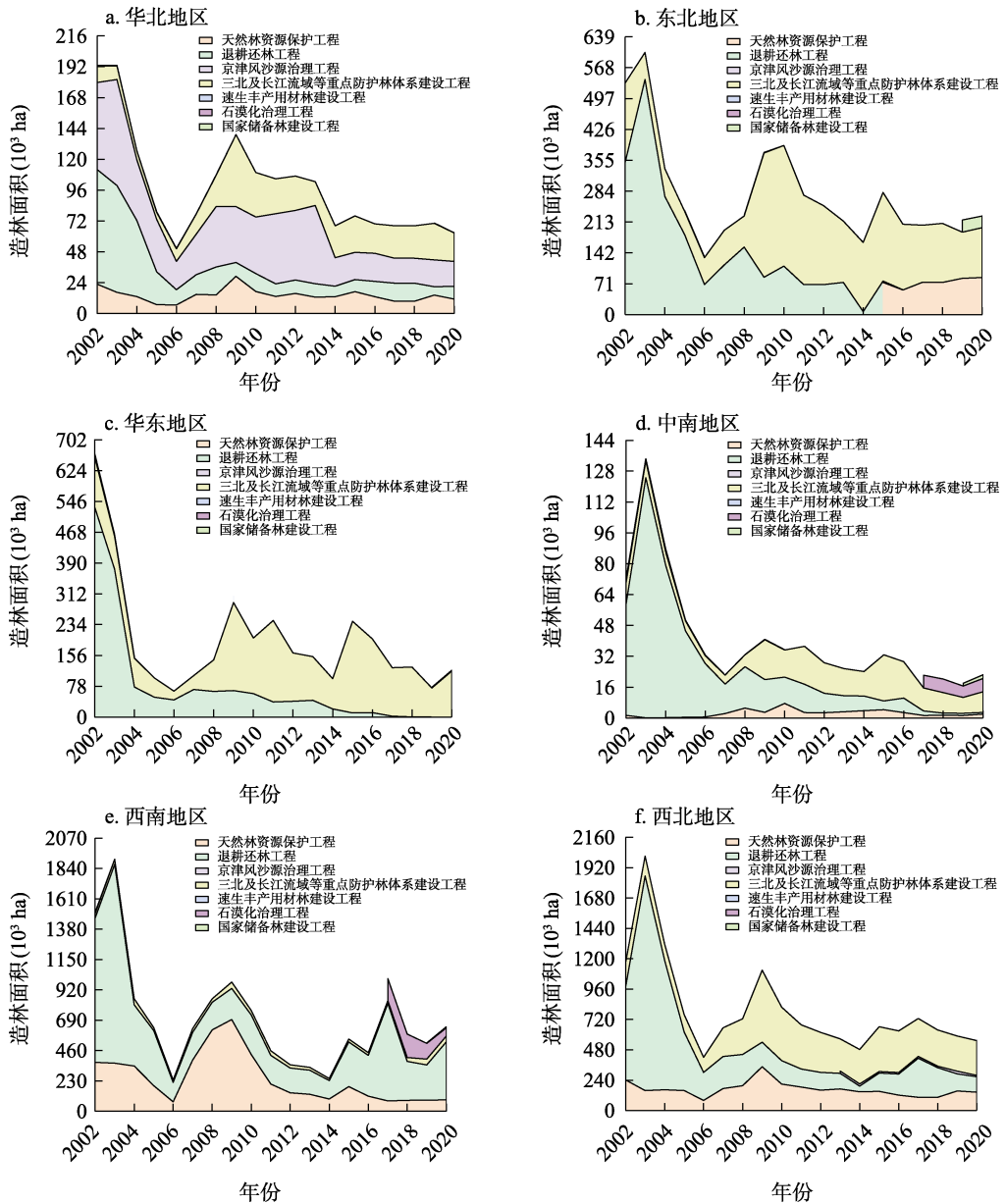


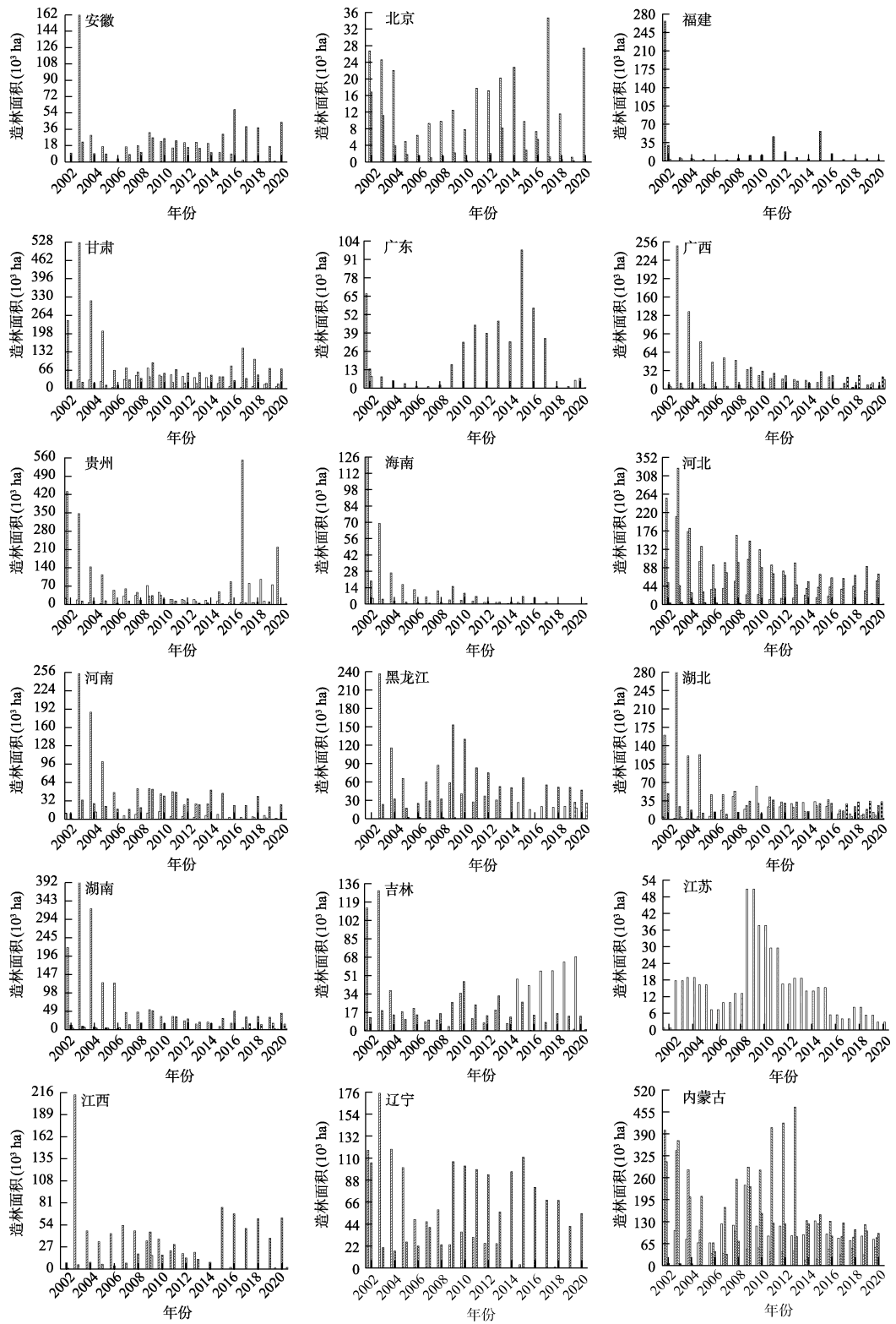
图2 中国不同地区林业重点生态工程造林面积年际变化图（2002–2020）

天然林资源保护工程在少数省份呈显著增长，如吉林和青海增长幅度较大，而四川、云南及内蒙古等传统重点区域则呈下降趋势。

三北及长江流域等重点防护林体系建设工程在内蒙古和贵州等地呈明显增长，而上海、辽宁等地则显著下降，区域差异突出。石漠化治理工程则主要集中在贵州、湖北等少数省份，近年呈阶段性增长，其余地区总体下降。

4.5 累计林业重点生态工程造林面积的空间变化

总体来看，中国林业重点生态工程造林总面积呈现“西高东低、北高南低”的空间分



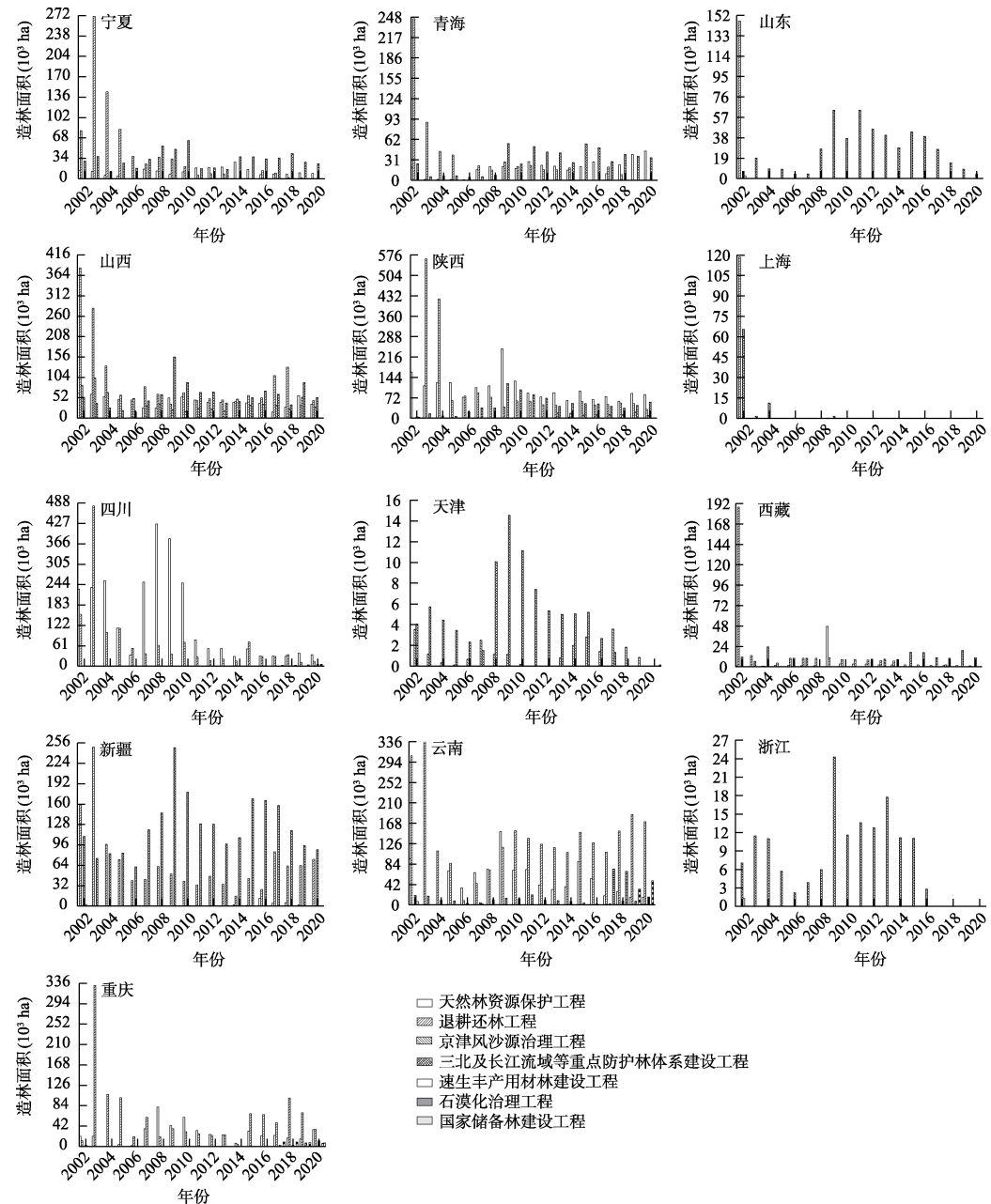


图3 中国不同省市林业重点生态工程造林面积年际变化图（2002–2020）

布格局，这主要是由于在中国东北部省市和西南部省市已经形成大面积快速造林的格局，其森林面积远高于我国其他地区省市^[28]。

在省域尺度上，造林总面积呈明显集聚分布。内蒙古（ 96.39×10^5 ha）、陕西（ 48.16×10^5 ha）和云南（ 41.75×10^5 ha）造林面积位居全国前列，是全国造林活动的核心区域；而东部沿海地区（如上海、江苏、浙江等）总体规模较小，且多呈下降趋势（图4a）。从变化方向来看，北方和部分东部省份（如河北、辽宁、山东等）造林面积普遍下降，而西南

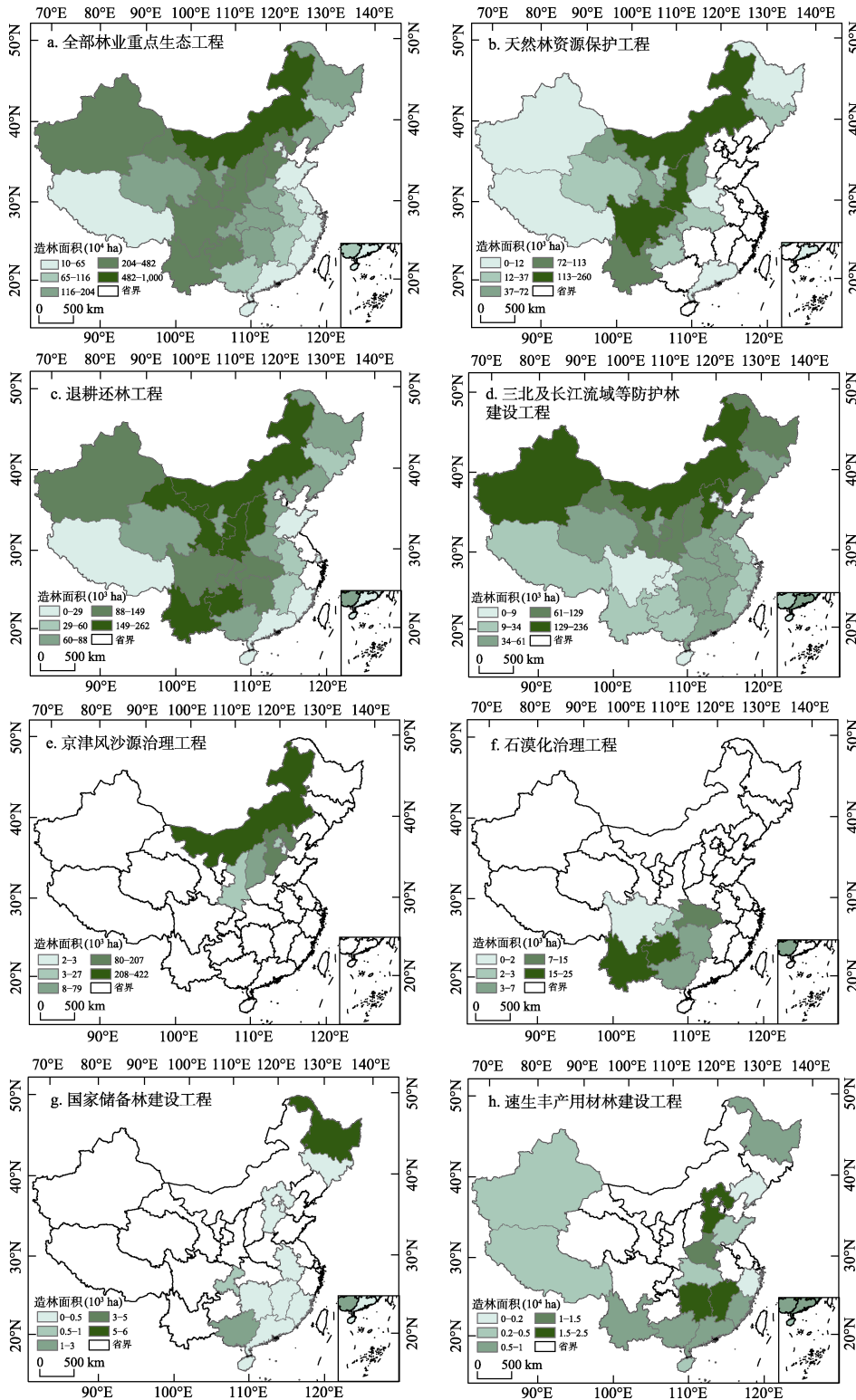


图4 中国不同林业重点生态工程累计造林面积空间分布图(2002-2020)
(参考审图号为GS(2022)1873的标准地图制作)

及西北地区 (如贵州、云南、陕西等) 则表现为不同程度的增长, 反映出生态工程实施重心逐步向西部地区转移。

不同工程类型在空间上呈现出明显的区域集聚特征。天然林资源保护工程造林面积主要集中于四川 (26.01×10^5 ha) 和内蒙古 (20.08×10^5 ha), 表明该工程在西南和北方重点林区占据主导地位 (图 4b)。退耕还林工程则主要分布在云南 (26.19×10^5 ha)、贵州 (22.29×10^5 ha) 和甘肃 (20.69×10^5 ha), 形成以西南-西北为核心的集中区 (图 4c)。

三北及长江流域等重点防护林体系建设工程在空间上高度集中于北方地区, 其中新疆 (23.62×10^5 ha)、内蒙古 (16.78×10^5 ha) 和河北 (12.91×10^5 ha) 为主要分布区域 (图 4d)。京津风沙源治理工程则表现出更强的空间集中性, 内蒙古和河北两省区占据绝对主导地位, 其中内蒙古造林面积达 42.16×10^5 ha, 占比超过一半 (图 4e)。

石漠化治理工程主要分布于西南岩溶地区, 以贵州 (2.51×10^5 ha) 和云南 (2.25×10^5 ha) 最为集中, 其他省份参与程度较低 (图 4f)。国家储备林建设工程则呈现出新兴集聚特征, 主要分布在黑龙江 (5.21×10^4 ha) 和广西 (2.72×10^4 ha), 且在 2019 年以后增长明显 (图 4g)。速生丰产用材林建设工程规模相对较小, 主要集中于河北和湖南, 区域分布较为分散 (图 4h)。

综合来看, 不同林业重点生态工程在空间上的差异分布, 体现了中国生态治理由东向西、由均衡向重点区域集聚的演变趋势, 同时也反映出各工程在生态功能定位和区域适宜性方面的明显分工。

5 讨论和总结

本研究基于国家林业局、国家林草局 2002–2020 年林业重点生态工程造林面积数据, 采用数理统计与空间分析结合的方法, 从全国、地区及省市尺度系统研究了不同林业重点生态工程造林面积的时空动态特征。2002–2020 年间, 全国林业重点生态工程累计造林 64.98×10^6 ha, 总体呈波动式演变, 初期快速增长后经历下降阶段, 从 2002 年的 6.78×10^6 ha 下降到 2020 年的 2.42×10^6 ha, 近年有所回升, 这一波动体现了不同时期国家生态建设战略重点的调整与工程实施的阶段性特点。不同工程造林贡献存在时段差异, 2009 年后退耕还林工程和三北及长江流域等重点防护林体系建设工程成为造林主导。空间上, 造林面积呈现“西高东低”格局, 华北地区 (18.75×10^6 ha)、西北地区 (15.12×10^6 ha) 和西南地区 (13.50×10^6 ha) 为核心区域, 省份中内蒙古 (96.39×10^5 ha)、陕西 (48.16×10^5 ha) 和云南 (41.75×10^5 ha) 造林总面积居前三位。

本研究通过多尺度 (全国-地区-省市) 分析与时空耦合方法, 清晰呈现了七大林业重点生态工程造林面积的时空变化特征: 既揭示了全国“西高东低”的空间格局、“波动式演变”的时间趋势, 也明确了不同工程的主导区域与阶段差异, 为理解工程实施动态提供了系统视角。但研究仍存在局限, 如聚焦“造林面积”而缺乏与造林质量、生态效益的关联分析, 对政策调整、自然因素等驱动机制解读不足, 且未延伸至未来趋势预测。未来可强化“数量-质量-效益”三维耦合研究, 深化政策与自然因素的驱动分析, 衔接“双碳”目标等新战略, 以提升研究对生态工程优化的支撑价值。该数据集支持了作者理学硕士学位论文的完成。

作者分工: 鲁丹负责数据汇集与整理、数据处理以及线性回归分析, 同时撰写论文初

稿;张春华负责数据集总体设计与指导,并参与数据论文的修改;曹越、马洁、王冉辅助了数据收集和整理。

致谢:感谢在学位论文完成过程中,导师张春华副教授给予的指导与帮助。

利益冲突声明:本研究不存在研究者以及与公开研究成果有关的利益冲突。

参考文献

- [1] Harris, N. L., Gibbs, D. A., Baccini, A., *et al.*, Global maps of twenty-first century forest carbon fluxes [J]. *Nature Climate Change*, 2021, 11(3): 234–240.
- [2] 朱教君, 高添, 于立忠等. 森林生态系统碳汇: 概念、时间效应与提升途径[J]. *应用生态学报*, 2024, 35(9): 2313–2321.
- [3] 朴世龙, 岳超, 丁金枝等. 试论陆地生态系统碳汇在“碳中和”目标中的作用[J]. *中国科学: 地球科学*, 2022, 52(7): 1419–1426.
- [4] Tian, H., Zhu, J., Lei, X., *et al.* Models considering the theoretical stand age will underestimate the future forest carbon sequestration potential [J]. *Forest Ecology and Management*, 2024, 562: 121982.
- [5] Yao, L., Liu, T., Qin, J., *et al.* Carbon sequestration potential of tree planting in China [J]. *Nature Communications*, 2024, 15: 8398.
- [6] Piao, S. L., Wang, X. H., Park, T., *et al.* Characteristics, drivers and feedbacks of global greening [J]. *Nature Reviews Earth & Environment*, 2020(1): 14–27.
- [7] Ruehr, S., Keenan, T. F., Williams, C., *et al.* Evidence and attribution of the enhanced land carbon sink [J]. *Nature Reviews Earth & Environment*, 2023(4): 518–534.
- [8] 杨元合, 石岳, 孙文娟等. 中国及全球陆地生态系统碳源汇特征及其对碳中和的贡献[J]. *中国科学: 生命科学*, 2022, 52: 534–574.
- [9] 刘世荣, 王晖, 李海奎等. 碳中和目标下中国森林碳储量、碳汇变化预估与潜力提升途径[J]. *林业科学*, 2024, 60(4): 157–172.
- [10] 尉善凯, 李湘怡, 王锴等. 2001–2023 年中国植被持续变绿[J]. *中国科学: 地球科学*, 2025, 55(4): 1099–1108.
- [11] Zhang, M. N., Liu, S. R., Luo, X. Z., *et al.* Incorporating site suitability and carbon sequestration of tree species into China's climate-adaptive forestation [J]. *Science Bulletin*, 2025, 70(11): 1834–1845.
- [12] Cai, D. W., Ge, Q. S., Wang, X. M., *et al.* Contributions of ecological programs to vegetation restoration in arid and semiarid China [J]. *Environmental Research Letters*, 2020, 15: 114046.
- [13] Song, W. Q., Feng, Y. H., Wang, Z. H. Ecological restoration programs dominate vegetation greening in China [J]. *Science of the Total Environment*, 2022, 848: 157729.
- [14] Lu, F., Hu, H. F., Sun, W. J., *et al.* Effects of national ecological restoration projects on carbon sequestration in China from 2001 to 2010 [J]. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 2018, 115(16): 4039–4044.
- [15] Zhang, Y., Yuan, J., You, C. M., *et al.* Contributions of national key forestry ecology projects to the forest vegetation carbon storage in China [J]. *Forest Ecology and Management*, 2020, 462: 117981.
- [16] Ma, Y. Q., Huang, L., Li, J. H., *et al.* Carbon potential of China's Grain to Green Program and its contribution to the carbon target [J]. *Resources, Conservation & Recycling*, 2024, 200: 107272.
- [17] Zhai, J. J., Wang, L., Liu, Y., *et al.* Assessing the effects of China's Three-North Shelter Forest Program over 40 years [J]. *Science of the Total Environment*, 2023, 857: 159354.
- [18] Fu, B. J., Liu, Y. X., Meadows, M. E. Ecological restoration for sustainable development in China [J]. *National Science Review*, 2023, 10(7): 60–71.
- [19] 徐进勇. 中国潜在造林地及其气候生产潜力空间分布估算[J]. *地理学报*, 2023, 78(3): 677–693.
- [20] Xu, H., Yue, C., Zhang, Y., *et al.* Forestation at the right time with the right species can generate persistent carbon benefits in China [J]. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 2023, 120(41): e2304988120.
- [21] 鲁丹, 张春华, 曹越等. 中国林业重点生态工程造林面积变化数据集 (2002–2020) [J/DB/OL]. 全球变化数据仓储电子杂志, 2026. <https://doi.org/10.3974/geodb.2026.02.02.V1>. <https://cstr.escience.org.cn/CSTR:20146.11.2026.02.02.V1>.
- [22] 全球变化科学研究数据出版系统. 全球变化科学研究数据共享政策[OL]. <https://doi.org/10.3974/dp.policy.2014.05> (2017 年更新).
- [23] 王少勇. 《2024 年中国自然资源公报》发布[N]. *中国自然资源报*, 2025-03-14(001).
- [24] 国家林业局. 中国林业统计年鉴(2002–2016)[M]. 北京: 中国林业出版社, 2003–2017.
- [25] 国家林业和草原局. 中国林业统计年鉴 2017[M]. 北京: 中国林业出版社, 2018.
- [26] 国家林业和草原局. 中国林业和草原统计年鉴(2018–2020)[M]. 北京: 中国林业出版社, 2019–2021.
- [27] Fang, J. Y., Chen, A. P., Peng, C. H., *et al.* Changes in forest biomass carbon storage in China between 1949 and 1998 [J]. *Science*, 2001, 292: 2320–2322.
- [28] 徐思若. 中国森林碳汇量及其经济价值的时空变化分析与潜力预测[D]. 哈尔滨: 哈尔滨师范大学, 2023.