

国家生态屏障区 1-km 分辨率产水 数据集 (2000–2015)

尹礼唱^{1,2}, 王晓峰^{3,4*}, 王 怡⁵

1. 中国科学院地理科学与资源研究所陆地表层格局与模拟院重点实验室, 北京 100101;
2. 中国科学院大学, 北京 100101;
3. 长安大学土地工程学院, 西安 710064;
4. 陕西省土地工程重点实验室, 西安 710064;
5. 长安大学地球科学与资源学院, 西安 710054

摘 要: 作为国家生态安全战略格局的重要组成部分, 国家生态屏障区的产水服务从生态水文和水资源角度, 将我国生态系统的完整性与社会的可持续发展紧密联系起来, 其空间化和量化对我国水资源管理及优化配置具有重要意义。针对产水数据集的生产, 本文基于水量平衡原理进行了遥感数据驱动的屏障区产水服务的建模研究。生产国家生态屏障区产水数据集的基础数据为气象 (中国地面气候资料日值数据集 (V3.0)、土地利用、NDVI 等数据, 采用 InVEST 模型的产水模块, 以栅格为单元, 实现对国家生态屏障区 2000–2015 年的产水服务的估算。数据的空间分辨率为 1 km, 时间频率为 16 年 (2000–2015), 投影坐标系为 WGS_1984_Albers, 单位是 mm, 数据格式是 ArcGIS TIFF, 压缩后的数据量为 169 MB。

关键词: 国家生态屏障区; 生态系统服务; 产水服务; InVEST 模型

DOI: <https://doi.org/10.3974/geodp.2020.04.03>

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.2020.03.18.V1>.

1 前言

生态系统服务是人类从生态系统中直接或间接获得的各种惠益^[1], 联合国千年生态系统服务评估 (MEA) 将其分为供给、调节、支持和文化服务四类^[2]。生态系统的产水服务大致隶属于调节和供给服务, 具体指生态系统对水的利用、过滤等作用后, 水在时空及数量等方面发生变化的现象及过程^[3]。作为重要的调节、供给服务, 生态系统产水服务是多种生态过程和生态服务功能的基础^[4], 其在拦蓄降水、调节径流、净化水质、改善水文状况、调节区域水循环中发挥着重要作用^[5]。开展产水服务的量化评估是合理利用水资源,

收稿日期: 2020-06-28; 修订日期: 2020-12-06; 出版日期: 2020-12-24

基金项目: 中华人民共和国科学技术部 (2019QZKK0405); 中国科学院 (XDA2002040201)

*通讯作者: 王晓峰 AAS-5271-2020, 长安大学土地工程学院; 陕西省土地工程重点实验室, wangxf@chd.edu.cn

数据引用方式: [1] 尹礼唱, 王晓峰, 王怡. 国家生态屏障区 1-km 分辨率产水数据集 (2000–2015) [J]. 全球变化数据学报, 2020, 4(4): 332–337. <https://doi.org/10.3974/geodp.2020.04.03>.

[2] 尹礼唱, 王晓峰, 王怡. 国家生态屏障区产水服务量 1km 栅格逐年数据集 (2000–2015) [J/DB/OL]. 全球变化数据仓储电子杂志, 2020. <https://doi.org/10.3974/geodb.2020.03.18.V1>.

保障区域可持续发展的基础^[6]。因此，目前针对产水服务的研究已经成为水文学和流域管理领域的研究热点^[7–8]。

本数据集是在国家重点研发计划的支持下完成的，主要目的是为构建国家屏障区产水服务的时间序列产品，开展屏障区生态系统服务权衡与协同的研究，进而巩固和优化区域生态服务功能，确保国家生态安全及可持续发展。通过推求栅格尺度地表最大潜在可利用水量来衡量水文调节能力，即将降水量与蒸散量作差，获得屏障区的产水服务量。国家生态屏障区 1-km 分辨率产水数据集的计算使用了基于水量平衡原理的 InVEST 模型的产水模块，并将结果以栅格地图的形式进行直观表达。产水数据是屏障区生态系统服务科学中的重要产出成果，是该区域生态环境产水量演变监测评估、生态系统服务权衡和协同及生态系统可持续发展的重要数字化资源。本文介绍该数据的详细信息、数据算法基本原理及数据结果。

2 数据集元数据简介

《国家生态屏障区产水服务量 1-km 栅格逐年数据集（2000–2015）》^[9]的名称、短名名称、作者、地理区域、数据年代、数据分辨率、数据格式、出版与共享服务平台、数据共享政策等信息一并列于表 1。

表 1 《国家生态屏障区产水服务量 1-km 栅格逐年数据集（2000–2015）》元数据简表

条 目	描 述
数据集名称	国家生态屏障区产水服务量 1-km 栅格逐年数据集（2000–2015）
数据集短名	NBZ_water_1km_2000-2015
作者信息	尹礼唱 AAS-4914-2020，中国科学院地理科学与自然资源研究所陆地表层格局与模拟重点实验室，yinlichang3064@163.com 王晓峰 AAS-5271-2020，长安大学土地工程学院；陕西省土地工程重点实验室，wangxf@chd.edu.cn 王怡 AAS-5036-2020，长安大学地球科学与资源学院，wangyichangan134@163.com
地理区域	涉及的省份 ^[10] 包括：黑龙江、吉林、青海、甘肃、四川、新疆、内蒙古、河北、辽宁、西藏、宁夏、云南、广西、广东、贵州、湖南、江西、山西 北方防沙带（36°45'N–45°06'N，75°50'E–124°18'E） 青藏高原生态屏障（29°40'N–38°10'N，82°50'E–105°5'E） 川滇-黄土高原生态屏障（24°10'N–38°50'N，99°05'E–114°25'E） 南方丘陵山地带（22°45'N–27°10'N，103°10'E–119°15'E） 东北森林带（40°52'N–53°34'N，118°48'E–134°22'E）
数据年代	2000–2015
时间分辨率	1 年
空间分辨率	1 km
数据格式	.tif
数据量	169 MB（压缩后）
数据集组成	16 个.tif 数据，命名规则是 ‘NBZ_water_’+空间分辨率+年份，如 ‘NBZ_water_1km_2000.tif’ 表明是国家屏障区 2000 年 1-km 空间分辨率的产水数据。年份依次是从 2000 年到 2015 年
投影坐标	WGS_1984_Albers

续表

条 目	描 述
基金项目	中华人民共和国科学技术部 (2019QZKK0405); 中国科学院 (XDA2002040201)
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	全球变化科学研究数据出版系统的“数据”包括元数据 (中英文)、通过《全球变化数据仓储电子杂志 (中英文)》发表的实体数据和通过《全球变化数据学报 (中英文)》发表的数据论文。其共享政策如下: (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 ^[11]
数据和论文检索系统	DOI, DCI, CSCD, WDS/ISC, GEOSS, China GEOSS, Crossref

3 数据研发方法

3.1 数据源及预处理

(1) 气象数据是中国地面气候资料日值数据集 (V3.0), 来自中国气象数据网。采用专业气象插值软件 ANUSPLIN^[12]批量插值全国气象要素, 时空分辨率均为 1 km·d⁻¹。

(2) 中国土地利用数据 (2000、2005、2010 和 2015 年) 来自中国土地利用现状遥感监测数据库, 空间分辨率为 1 km。

(3) NDVI 数据 (2000–2015 年) 是 MOD13A2 1 km 植被指数 16 天合成产品, 下载自地理空间数据云。经过批量格式转换、年最大值合成、批量裁剪和投影转换得到研究区分辨率为 1 km 的年 NDVI 栅格数据集。

3.2 InVEST 模型

本数据集基于水量平衡原理, 采用 InVEST 模型的产水模块计算国家生态屏障区 2000–2015 年的产水量, 以表征区域水资源供给量。利用区域水分的输入量降水与输出量蒸散发的插值, 同时结合气候、地形、植被、土壤等因素^[13], 定量评估基于栅格单元的不同景观组分的产水能力, 具体计算公式如下:

$$WY(x) = (1 - \frac{AET(x)}{P(x)}) \times P(x) \tag{1}$$

$$\frac{AET(x)}{P(x)} = 1 + \frac{PET(x)}{P(x)} - \left[1 + (\frac{PET(x)}{P(x)})^w \right]^{1/w} \tag{2}$$

$$w(x) = \frac{AWC(x) \times Z}{P(x)} + 1.25 \tag{3}$$

式中: WY(x)为某景观类型 x 在栅格单元的年产水量 (mm); AET(x)为单元 x 的年实际蒸发

量 (mm); $P(x)$ 为单元 x 的年降雨量 (mm)。 $PET(x)$ 为单元 x 的潜在蒸散量 (mm)，通过彭曼公式计算^[14]； $AWC(x)$ 为植物可利用含水量； $w(x)$ 为经验参数； Z 为 Zhang 系数^[15]。

4 数据结果与验证

4.1 数据集组成

数据 NBZ_water_1 km 2000-2015 是 ArcGIS TIFF 格式的 2000–2015 年国家生态屏障区的年产水数据集，空间分辨率为 1 km，单位是 mm，投影坐标系为 WGS_1984_Albers。压缩后的总数据量共计 169 MB，数据解压后在 ArcGIS 软件下应用此数据。

4.2 数据结果

国家生态屏障区 2000–2015 年 1-km 分辨率产水的空间分布见图 1。在 2000–2015 年，研究区的平均产水量为 206.63 mm，总体上呈现东南高而西北低的格局。高值区集中于川滇-黄土高原生态屏障和南方丘陵山地带，中间值在东北森林带和青藏高原生态屏障的东南部，而低值区位于青藏高原生态屏障的西北部 and 北方防沙带。在 2000–2015 年，国家屏障区 86.3% 的区域产水服务增加，增幅较大区域集中在东北森林带的西北部及南方丘陵山地带的中部，而产水量降低的区域集中于川滇-黄土高原的东南部。

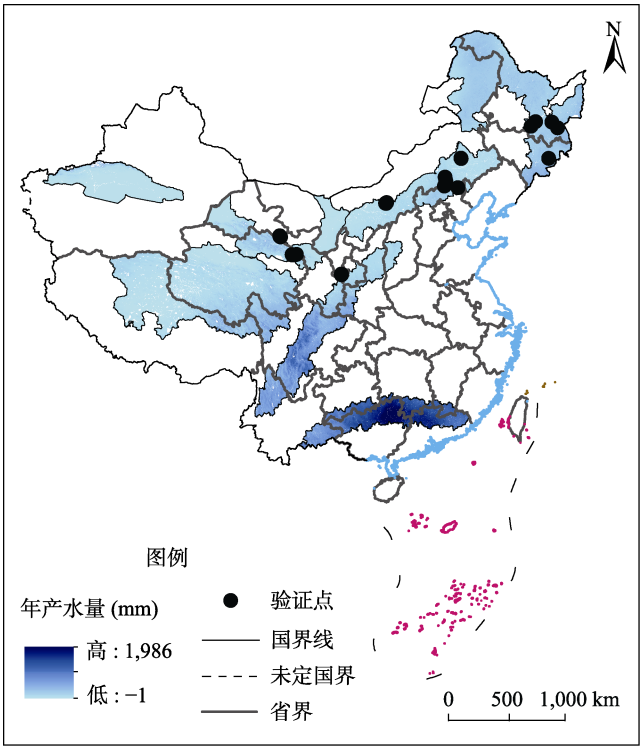


图 1 国家生态屏障区 1-km 分辨率产水量空间分布图（2015）

（注：本图基于国家测绘地理信息局标准地图服务网站下载的审图号为 GS(2020)4619 号的标准地图制作，底图无修改）

4.3 数据结果验证

30 个站点上的验证结果表明本文 2000–2015 年平均产水量与基于综合蓄水能力法计算的多年平均产水^[16]具有高度的相关性，决定系数 R^2 达到了 0.81，表明本文的产水量能够较好的表征国家屏障区的产水空间分布。

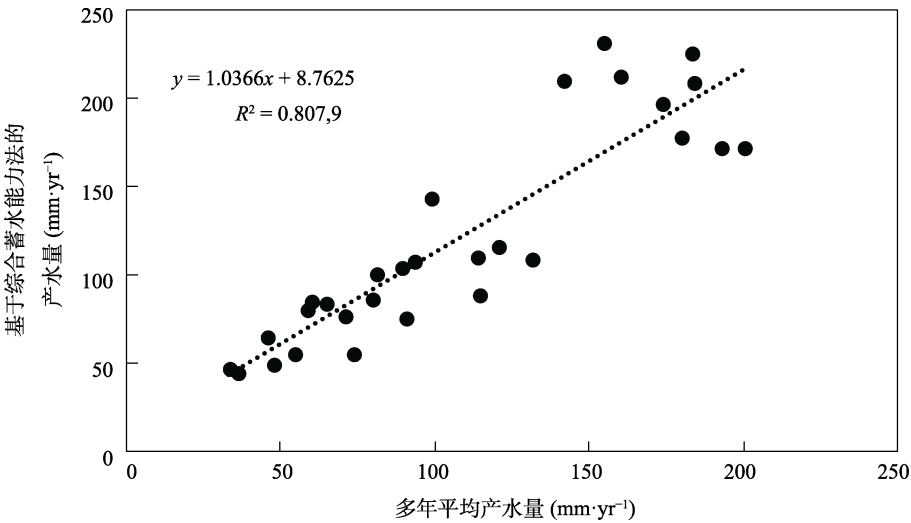


图 2 多年平均产水量的对比评估
(注：站点数据为观测资料)

5 结论

为构建国家屏障区产水服务的时间序列产品，使用遥感、气象、土地利用等数据基于 InVEST 模型的产水模块进行了建模研究。结果表明研究区的平均产水量为 206.63 mm，总体上呈现东南高而西北低的格局。与基于站点观测资料的综合蓄水能力法计算的产水结果对比表明本文的产水量能够较好的表征国家屏障区的产水空间分布。

2000–2015 年 1-km 空间分辨率的国家生态屏障区产水数据集展示了“两屏三带”产水量的时空分布状况，是揭示近年来屏障区生态系统服务及权衡协同关系时空演变过程中的重要输入因子。它可为研究全球变化背景下国家生态屏障区的生态系统服务功能，全面深入了解和把握国家生态屏障区安全态势，为生态系统的可持续发展提供可靠的基础数据和信息。

作者分工：尹礼唱对数据集的开发做了总体设计；尹礼唱、王晓峰采集和处理了产水数据；尹礼唱设计了模型和算法；王晓峰、王怡撰写了数据论文等。

参考文献

[1] Costanza, R., d’Arge, R., de Groot, R., *et al.* The value of the world’s ecosystem services and natural capital [J]. *Nature*, 1997, 387(6630): 253–260.

- [2] Toth, F. L. Ecosystems and Human Well-being: A Framework for Assessment [M]. Washington DC: Island Press, 2005.
- [3] 吕一河, 胡健, 孙飞翔等. 水源涵养与水文调节: 和而不同的陆地生态系统水文服务[J]. 生态学报, 2015, 35(15): 5191–5196.
- [4] 郭洪伟, 孙小银, 廉丽姝等. 基于 CLUE-S 和 InVEST 模型的南四湖流域生态系统产水功能对土地利用变化的响应[J]. 应用生态学报, 2016, 27(9): 2899–2906.
- [5] Tallis, H. T., Ricketts, T., Guerry, A. D., *et al.* InVEST 2.5.3 user's guide [Z]. Stanford: The Natural Capital Project, 2003.
- [6] 顾铮鸣, 金晓斌, 沈春竹等. 近 15a 江苏省水源涵养功能时空变化与影响因素探析[J]. 长江流域资源与环境, 2018, 27(11): 2453–2462.
- [7] Terrado, M., Acuña, V., Ennaanay, D., *et al.* Impact of climate extremes on hydrological ecosystem services in a heavily humanized Mediterranean basin [J]. *Ecological indicators*, 2014, 37: 199–209.
- [8] Brauman, K. A., Daily, G. C., Duarte, T. K., *et al.* The nature and value of ecosystem services: an overview highlighting hydrologic services [J]. *Annual Review of Environment and Resources*, 2007, 32: 67–98.
- [9] 尹礼唱, 王晓峰, 王怡. 国家生态屏障区产水服务量 1-km 栅格逐年数据集(2000–2015)[J/DB/OL]. 全球变化数据仓储电子杂志, 2020. <https://doi.org/10.3974/geodb.2020.03.18.V1>.
- [10] 尹礼唱, 王晓峰, 张琨等. 国家屏障区生态系统服务权衡与协同[J]. 地理研究, 2019, 38(9): 2162–2172.
- [11] 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).
- [12] Hijmans, R. J., Cameron, S. E., Parra, J. L., *et al.* Very high resolution interpolated climate surfaces for global land areas [J]. *International Journal of Climatology*, 2005, 25(2): 1965–1978.
- [13] 钱彩云, 巩杰, 张金茜等. 甘肃白龙江流域生态系统服务变化及权衡与协同关系[J]. 地理学报, 2018, 73(5): 868–879.
- [14] Allen, R. G., Pereira, L. S., Raes, D. Crop evapotranspiration—guidelines for computing crop water requirements [Z]. FAO irrigation and drainage paper 56, FAO 1998.
- [15] Zhang, L., Hickel, K., Dawes, W. R., *et al.* A rational function approach for estimating mean annual evapotranspiration [J]. *Water resources research*, 2004, 40: 89–97.
- [16] Wu, X., Shi, W. J., Guo, B., *et al.* Large spatial variations in the distributions of and factors affecting forest water retention capacity in China [J]. *Ecological Indicator*, 2020, 113: 106152.