鄱阳湖流域雾持续时间 500-m 栅格数据集（2018–2025）研发

李海俊[1,2]，单九生[1,2*]，刘波[1]，尹小飞[1]

1. 江西省气象台，南昌 330096；
2. 气候变化风险与气象灾害防御江西省重点实验室，南昌 330096

摘　要：了解雾的演变规律和精细空间分布，是做好雾精细化预报预警的基础，有利于防范雾对居民生活、低空经济、交通航运等的不利影响。当前雾观测方式还局限于稀疏（1 县 1 站）的地面气象站能见度仪，分辨率相对较低，急需一套能够刻画雾精细特征的观测数据集。本研究利用风云 4 号 A/B 气象卫星时/空分辨率 15 min/500 m 的第 2 通道可见光数据、数字高程模型、站点能见度和降水数据，首先筛选出鄱阳湖流域内 139 个昼间雾案例，然后使用 Li 26 识别方法逐一进行识别，最后格点对齐累加得到本数据集。数据集空间分辨率为 500 m（593,095 个格点），相对当前 87 个站数提升了 6,817 倍。经验证，2018–2025 年的相关系数、相对均方根误差和平均相对误差分别为 0.85、0.29 和 0.21，呈显著正相关，准确性较高，偏差较小，具有一定可信度。本数据集包括 2018–2025 年鄱阳湖流域的以下数据：（1）139 个案例的昼间雾持续时间；（2）逐年累计昼间雾持续时间；（3）八年累计昼间雾持续时间。数据集存储格式为.tif，由 149 个数据文件组成，数据量为 1.55 GB（压缩为 1 个文件，26.4 MB）。

关键词：雾；空间分布；鄱阳湖；风云卫星；高分辨率

DOI: https://doi.org/10.3974/geodp.2026.05.09

CSTR: https://cstr.escience.org.cn/CSTR:20146.14.2026.05.09

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.2026.03.05.V1 或 https://cstr.escience.org.cn/CSTR:20146.11.2026.03.05.V1.

1　前言

雾是指在贴地层大气中悬浮着大量细小的水滴或冰晶微粒，并使能见度下降至 1 km 以下的一种天气现象[1]。从某种意义上说，雾也是一种灾害性天气，能对居民生活、低空经济、交通航运带来风险和不便[2–4]。为防范雾带来的不利影响，及时做好雾预报预警，充分准确了解一个区域雾的空间分布和演变规律是必要基础[5]。当前气象部门，主要使用地面

收稿日期：2026-04-12；**修订日期**：2026-09-14；**出版日期**：2026-10-25

基金项目：江西省气象局（JXCX202304），国家自然科学基金（42275007）

***通讯作者**：单九生，江西省气象台，shanjiusheng@hotmail.com

数据引用方式：[1] 李海俊，单九生，刘波等. 鄱阳湖流域雾持续时间 500-m 栅格数据集（2018–2025）研发[J]. 全球变化数据学报，2026，10(5)：590–599. https://doi.org/10.3974/geodp.2026.05.09. https://cstr.escience.org.cn/CSTR:20146.14.2026.05.09.

[2] 李海俊，单九生，刘波等. 鄱阳湖流域雾持续时间 500-m 栅格数据集（2018–2025）[J/DB/OL]. 全球变化数据仓储杂志，2026. https://doi.org/10.3974/geodb.2026.03.05.V1. https://cstr.escience.org.cn/CSTR:20146.11.2026.03.05.V1.

气象站的能见度仪观测雾[6–8]，显著缺点是站点过于稀疏。又因为雾常受地形地势、地表类型的影响，其空间分布具有高度非线性的特征[5,6]。因此，一套能反应雾实际分布的高空间精度数据稀缺且必要。

气象卫星由于数据稳定连续、空间分辨率高的特点，具有提高雾观测精度的潜力。基于卫星遥感对雾的网格识别技术已有大量研究：经典的中红外与长波红外差值“双通道差值法”可实现夜间雾识别[9]，利用可见光通道雾特有纹理和边界等光学特征实现昼间雾识别[10]，或利用统计模型[11]、机器学习模型[12,13]实现夜间或昼间雾识别。以上研究，虽然取得了显著成果，但依然在区分低云和雾方面表现依然不佳。近年来，有部分学者尝试加入数字高程模型，有效提升了对雾和低云的区分能力[14,15]，但均未考虑地形约束下雾的空间分布特征。事实上，由于局地小气候存在，雾常集中于谷地或特定下垫面[5,6]。高程数据与自然流域划分的地形相结合作为约束条件，更符合雾的自然分布特征[16]。Li[17]提出一种针对鄱阳湖完整自然流域，结合非雾地表可见光高斯分布特征，分组设定阈值的雾识别方法（记为：Li 26 识别法）。该方法充分考虑自然流域地形对雾的约束特征，不仅一定程度上可区分雾和低云，还能实现昼间 500 m 高分辨率雾识别。

本研究以 Li 26 识别法为基础，利用风云 4 号 A/B 气象卫星可见光数据、数字高程模型、站点能见度和降水数据，筛选出鄱阳湖流域内 2018–2025 年 139 个昼间雾案例并逐一识别，累加得到 2018–2025 年雾持续时间 500-m 栅格数据集。该数据集可提高对鄱阳湖流域雾精细化分布特征的认识，提升气象部门雾预警预报精细程度，更精细地评估雾对经济、人口、交通等的气象风险。

2　数据集元数据简介

《鄱阳湖流域雾持续时间 500-m 栅格数据集（2018–2025）》[18]的名称、作者、地理区域、数据年代、空间分辨率、数据集组成、数据出版与共享服务平台、数据共享政策等信息见表 1。

3　数据研发方法

3.1　研究区域概括

鄱阳湖流域面积 162,225 km^2，经/纬度范围为 113°35′–118°29′E，24°29′–30°05′N（图 1）。流域位于中国南方，主体在江西省（占 96.62%），少部分在福建、浙江、安徽、湖南、广东五省（共占 3.38%）。流域水系主要包含中国最大淡水湖-鄱阳湖及赣江、抚河、信江、饶河、修水五大支流。流域地形以丘陵和山地为主，是中国东南丘陵重要组成部分，最高峰为武夷山脉上的黄岗山 2.16 km，无雪山。流域具有典型岭谷地形，存在局地小气候约束雾分布。流域处于长三角、珠三角、长江中游三个大城市群之间，高速公路密集，频繁出现雾。

3.2　资料来源

风云 4 号气象卫星数据来自国家卫星气象中心[1]。因中国气象部门主业务卫星风云 4A

[1] 国家卫星气象中心. https://satellite.nsmc.org.cn/DataPortal/cn/home/index.html.

表 1 《鄱阳湖流域雾持续时间 500-m 栅格数据集（2018–2025）》元数据简表

条 目	描 述
数据集名称	鄱阳湖流域雾持续时间 500-m 栅格数据集（2018–2025）
数据集短名	Fog_PYLakeBasin_2018–2025
作者信息	李海俊，江西省气象台，lihaijun862097@outlook.com 单九生，江西省气象台，shanjiusheng@hotmail.com 刘 波，江西省气象台，149037992@qq.com 尹小飞，江西省气象台，617031745@qq.com
地理区域	鄱阳湖流域
数据年代	2018–2025 年
空间分辨率	500 m
数据格式	.tif
数据量	26.4 MB（压缩后）
数据集组成	139 个案例的昼间雾持续时间，逐年累计昼间雾持续时间，八年累计昼间雾持续时间
基金项目	江西省气象局（JXCX202304），国家自然科学基金（42275007）
数据计算环境	ArcGIS、Python
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[19]
数据和论文检索系统	DOI，CSTR，Crossref，DCI，CSCD，CNKI，SciEngine，WDS，GEOSS，PubScholar，CKRSC，OARL

星数据提供时间为 2018 年 3 月 12 日至 2024 年 3 月 4 日，在此期间，本研究使用风云 4 号 A 星搭载先进的静止轨道辐射成像仪 AGRI（Advanced Geostationary Radiation Imager）的 2 通道可见光数据，其中心波长为 0.65 μm，光谱带宽 0.55–0.75 μm，时/空间分辨率为 15 min/500 m；由于风云 4 号 B 星 2024 年 3 月 5 日接替 A 星提供业务任务，2024 年 3 月 5 日至 2025 年 12 月 31 日，本研究使用风云 4 号 B 星搭载先进的静止轨道辐射成像仪 AGRI 的 2 通道可见光数据，其中心波长为 0.525 μm，光谱带宽 0.50–0.55 μm，时/空间分辨率为 15 min/500 m。卫星数据主要用于雾空间分布的高时空精度识别。

数字高程模型来自中国科学院计算机网络信息中心的地理空间数据云[2]。原始空间分辨率为 90 m，使用 ArcGIS10.2 软件重采样为与卫星数据一致的 500 m。数字高程数据主要用于雾识别中的分组步骤。

[2] 地理空间数据云. http://www.gscloud.cn.

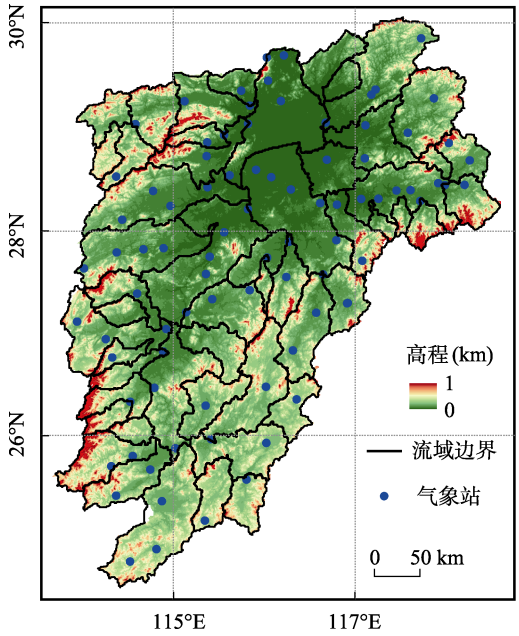


图 1　鄱阳湖流域高程及子区域划分图

鄱阳湖流域边界数据[20]来自国家地球系统科学数据中心[3]。数据时间为 2000 年 1 月 1 日至 2000 年 12 月 31 日，数据格式为.shp。边界数据用于识别鄱阳湖流域作为研究区域。

能见度、降水数据来自国家气象信息中心。能见度和降水数据具体分别由气象站的能见度仪和雨量器观测得来。能见度数据主要用于雾案例筛选和数据集结果验证，降水数据主要用于雾案例筛选。

3.3　算法原理

3.3.1　雾案例选取

高山站常观测到云造成的低能见度，因此统计雾站次常将其剔除[5]。剔除庐山和井冈山 2 个高山站后，鄱阳湖流域内共有 85 个国家气象站（1 个县域一般仅设 1 个站），站点位置如图 1 所示。参考 Li 26 识别方法，使用 2018–2025 年鄱阳湖流域这 85 个站的能见度和降水数据，划分雾案例。当同时满足能见度≤1 km，站数≥15 和同一站能见度≤1 km 且雨强≥0.1 mm/h，站数≤3 时（式 1），则选取为 1 个雾案例。

$$N_{vis\leqslant 1}\geqslant 15 \text{ and } N_{r\geqslant 0.1 \text{ and } vis\leqslant 1}\leqslant 3 \tag{1}$$

式中，N 表示站点数量，$N_{vis\leqslant 1}$ 表示能见度小于等于 1 km 的站数，$N_{r\geqslant 0.1 \text{ and } vis\leqslant 1}$ 表示同一站能见度≤1 km 且雨强≥0.1 mm/h。

昼间雾案例时间段定义为南昌（鄱阳湖流域中心位置的城市）日出后 0.5 h 时刻开始，能见度小于等于 1 km，站数小于 3 站的时刻结束，当雾案例整天能见度小于等于 1 km，站

[3] 国家地球系统科学数据中心. http://www.geodata.cn.

数均大于等于 3 站，则南昌日落前 0.5 h 时刻结束。

3.3.2 雾卫星识别

1 次雾案例识别由间隔 15 min 的若干次雾识别组成。对单次雾识别，使用该时刻的 FY4A/B 数据，以及数字高程数据，参考 Li 26 识别法。该方法大体流程如下：针对雾沿河谷分布集中却山脉脊线分布稀少的空间分布特点，按子流域边界划分为 52 个子区域（式 2），子区域划分如图 1 所示；针对每个子区域利用数字高程数据，以子区域内最小高程值加 0.3 km 为阈值，高于阈值划分为高程高区，低于该阈值划分为高程低区（式 3）；依据高程高区代表的地表可见光高斯分布峰值远小于雾顶部可见光高斯分布峰值的分布特性，选取高程高区可见光值的均值加上 3 倍标准差（式 4）分别设定 52 个子区域的识别阈值；每组大于该组识别阈值的可见光格点即识别为雾。

$$A = A_1 \cup A_2 \cup \cdots \cup A_{52} \text{ and } A_m \cap A_n = \phi; m \neq n; m = 1,2,\cdots,52; n = 1,2,\cdots,52 \quad (2)$$

$$A_i = A^h{}_i \cup A^l{}_i \text{ and } A^h{}_i \cap A^l{}_i = \phi \quad (3)$$

$$t_i = \mu^h{}_i + 3\sigma^h{}_i \quad (4)$$

式中，A 表示鄱阳湖流域，A_1、A_2 …A_{52} 分别为划分后的第 1、2、……、52 个子区域，A_m、A_n、A_i 分别为划分的第 m、n、i 个子区域，$A^h{}_i$、$A^l{}_i$ 分别为第 i 个子区域的高程高区和高程低区，t_i 表示第 i 个子区域的识别阈值，$\mu^h{}_i$、$\sigma^h{}_i$ 分别为第 i 个子区域高程高区可见光均值和标准差。

3.4 技术路线

雾并非长时间连续存在，常在夜间生成太阳出来后消散，常以时间上可分离的雾案例形式呈现。当雾案例的浓度和范围增加，低能见度覆盖较大范围，雾灾害风险才显著增加。雾研究多针对有一定范围的雾案例展开[3,5,7–17]，因此，针对雾案例研发的数据集符合当前普遍实际研究需求。

本数据集研发的技术路线如图 2 所示：

第 1 步，选取雾案例。具体依据 3.3.1 节所述算法，选取得到 2018–2025 年间 139 个雾案例（图 3），逐一获取每个雾案例昼间时间段，每 15 min 间隔的卫星数据；

第 2 步，卫星识别雾。具体依据 3.3.2 节所述算法，对 139 个雾案例逐个进行雾区识别；

第 3 步，累加成数据集。格点对齐，再逐年累加得到 2018–2025 逐年雾过程昼间持续时长空间分布，全部案例累加得到 2018–2025 年累积雾过程昼间持续时间栅格数据。

4 数据结果与验证

4.1 数据集组成

该数据集内容包括 2018–2025 年鄱阳湖流域的以下数据：（1）139 个案例的昼间雾持续时间；（2）逐年累计昼间雾持续时间；（3）8 年累计昼间雾持续时间。数据格式为.tif，共 148 个文件，数据量 26.4 MB（压缩后）。

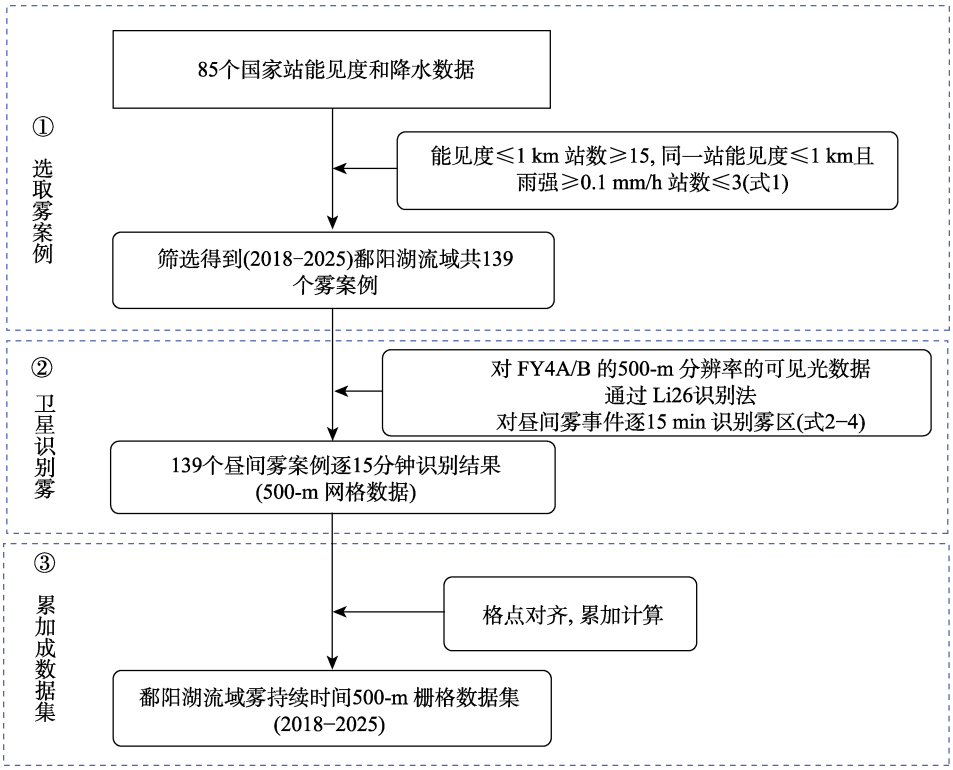


图 2　数据集研发技术路线图

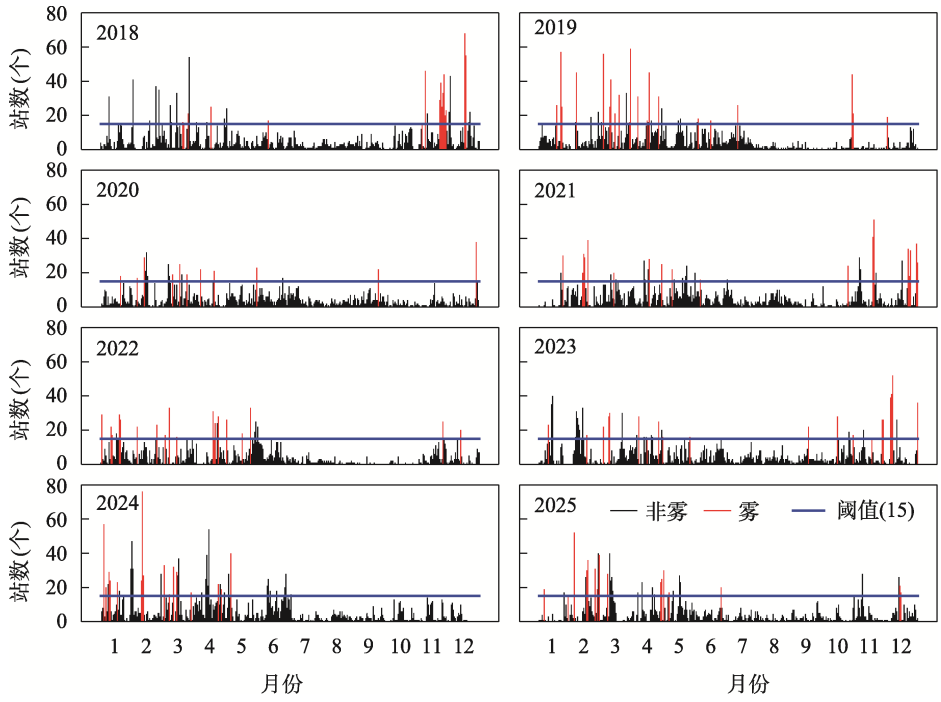


图 3　逐日雾站数统计分析图（2018–2025）

4.2 数据结果验证

将站点观测的雾持续时长与本数据集相应站点的持续时长做对比（表 2），同时采用相关系数（C）、相对均方根误差（*R*）、平均相对误差（M）作为评估指标。

本数据集 2018–2025 年八年累计雾持续时长与站点观测对比，C 为 0.85，呈显著正相关；*R* 和 M 分别为 0.29 和 0.21，体现了八年累计数据的总体准确性较高，总体偏差较小，具有一定的可信度。

2018–2025 逐年的雾持续时长与站点观测对比，C 在 0.77 至 0.87 之间，均表现出显著相关性，2020 年相关性最高，达到 0.87，2025 年相关性最差，为 0.77。*R* 和 M 分别在 0.33 至 0.53 和 0.24 至 0.38；2019 和 2021 年 *R* 最小，达 0.33，2019 年 M 最小，达 0.24；2020 年 *R* 和 M 均最大，原因在于该年雾案例较少，雾持续时间绝对数值低造成。总体来看，本数据集 2018–2025 年逐年的雾持续时长数据具有一定可信度。

表 2 2018–2025 年八年累计和逐年的雾持续时长检验表

年份	相关系数	相对均方根误差	平均相对误差
2018	**0.83**	037	0.29
2019	**0.82**	0.33	0.24
2020	**0.87**	0.53	0.38
2021	**0.83**	0.33	0.25
2022	**0.83**	0.43	0.29
2023	**0.86**	0.37	0.28
2024	**0.80**	0.36	0.25
2025	**0.77**	0.39	0.30
2018–2025	**0.85**	0.29	0.21

注：线性相关的显著性水平小于 0.01，则相关系数值加粗。

4.3 数据结果分析

本研究研发了一套鄱阳湖流域雾昼间持续时间 500-m 栅格数据集。面积达 162,200 km^2 的鄱阳湖流域，当前仅有包含 2 个高山站在内的 87 个地面气象站能见度仪观测点（1 个县域一般仅设 1 个站）。本数据集将雾观测空间分辨率提升至 500 m，共 593,095 个格点，相对站点数提升了 6,817 倍，有利于进一步了解该区域雾空间分布的精细化特征。

2018–2025 年八年累计雾昼间持续时长的空间分布见图 4。相对于已有雾空间分布的认识[6]，本数据集不仅能分辨出在东北部、西北部和西部有 3 个高值中心，还能清晰看到高值中心的精细分布形态。东北部高值中心相较于西北部和西部，范围更大且连接成片，而西北部和西部高值中心更加孤立；此外在中部有多个次高值中心，连接成片；总的来看，北部和中部高于南部，四周山区的方差大，中部更平均。

从 2018–2025 年逐年累计持续时长来看（图 5），八年间差异较大。整体上 2020 和 2022 年雾分钟数较少，其他年份相当。八年间，东北部均是高值中心，西北部和西部并非每年都是高值中心；中部依然更加容易形成连成片的高值或次高值中心；在 2024 年南部也有雾

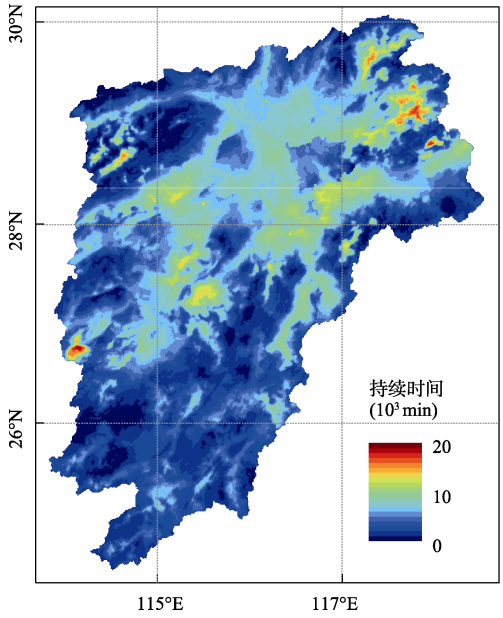
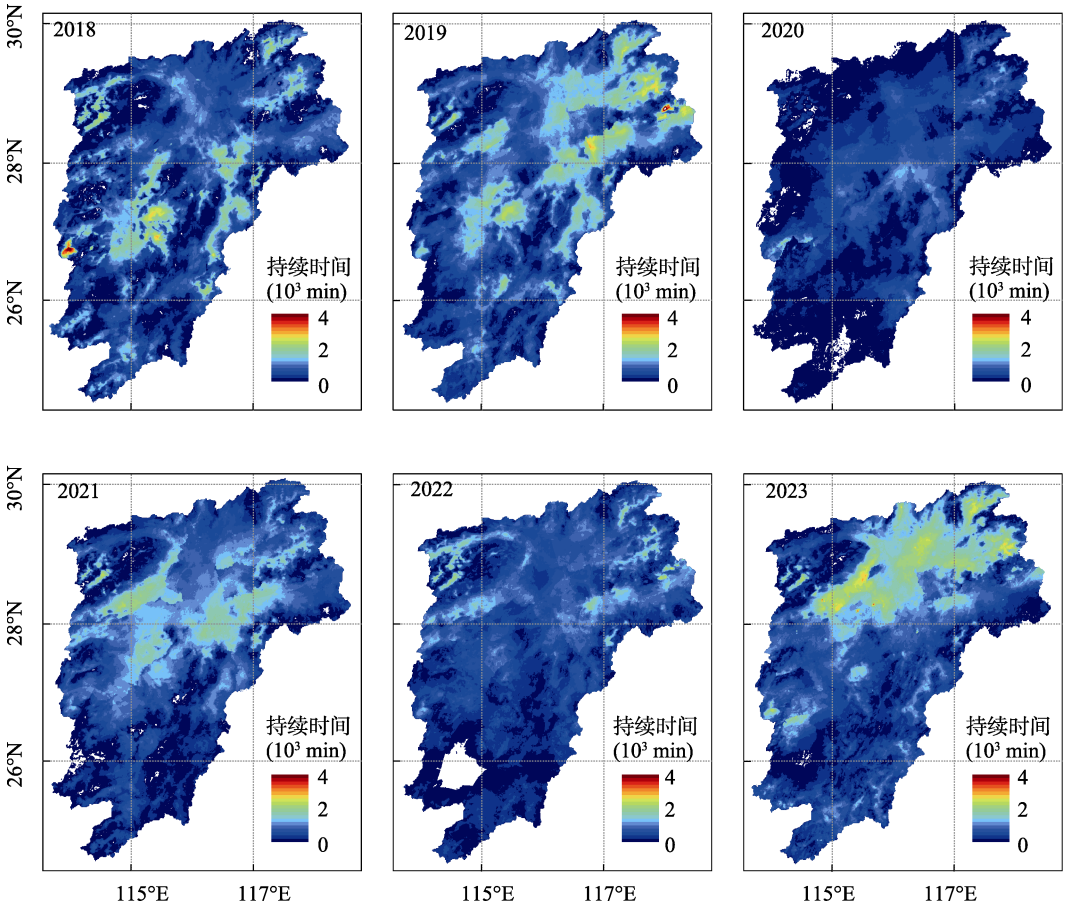


图 4　鄱阳湖流域昼间雾八年累计持续时长空间分布图（2018–2025）



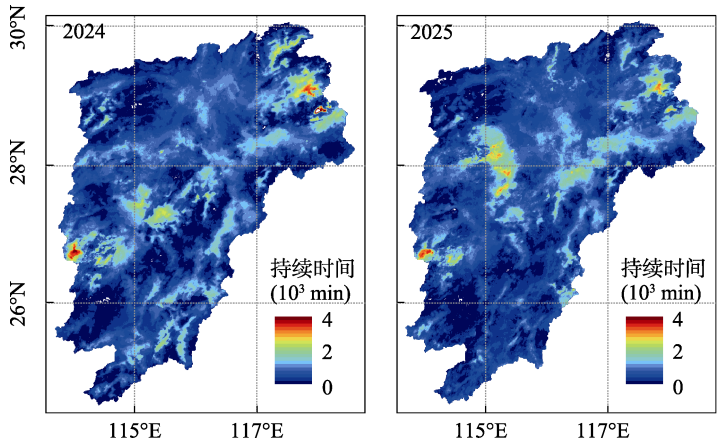


图 5 鄱阳湖流域昼间雾逐年累计持续时长空间分布图（2018–2025）

较长时间分布。

5 讨论和总结

本研究利用风云 4 号 A/B 气象卫星辐射成像仪 AGRI 时/空分辨率 15 min/500 m 的第 2 通道可见光数据、数字高程模型、站点能见度和降水观测数据。首先筛选出鄱阳湖流域内 139 个昼间雾案例，然后使用 Li 26 识别法[17]逐一进行识别，最后格点对齐累加得到数据集。数据集空间分辨率达到 500 m（593,095 个格点），相对当前 87 个站数提升了 6,817 倍，空间精度提升较大。采用相关系数（C）、相对均方根误差（*R*）和平均相对误差（M）与站点观测对比。2018–2025 年的 C、*R* 和 M 分别为 0.85、0.29 和 0.21。2018–2025 逐年的 C、*R* 和 M 分别在 0.77–0.87、0.33–0.53 和 0.24–0.38。总体来看，本数据集呈显著正相关，准确性较高，偏差较小，2018–2025 的八年累计和逐年数据均具有一定可信度。证明了国产风云 4 号 A/B 气象卫星在雾识别方面具有应用潜力。

本数据集由于具有 500 m 的较高空间分辨率，大大提高了鄱阳湖流域昼间雾空间分布的观测精细度，能一定程度提高对该区域雾空间分布规律的认识。但依然具有一些局限性：由于本数据集使用的可见光数据依赖白天太阳光反射，因此并没有包含夜间数据，缺乏对夜间雾初始生成阶段的描述刻画能力；本数据集针对 15 个站及以上的雾案例展开，符合当前以雾案例作为研究对象的行业普遍惯例[3,5,7–17]，但仅计算了 139 个雾案例，这将低估小地形造成局地雾高发区（如团雾区）累计时间；在当前已有技术中，准确区分低云和雾仍然是最具挑战性的一个方面[14–17]，本数据集通过添加高程模型算法，虽具有一定区分低云和雾的能力，但整体依然有很大提升空间。

作者分工：李海俊和单九生对数据集的开发做了总体设计；李海俊和刘波采集和处理了数据；李海俊设计了模型和算法；李海俊和尹小飞做了数据验证；李海俊撰写了数据论文。

致谢：感谢江西省气象台黄雨婧工程师在英文稿翻译方面提供的帮助。

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] 中国气象局. 地面气象观测规范 第 4 部分: 天气现象观测(QX/T 48—2007)[S]. 北京: 中国标准出版社, 2007.

[2] 郭建平, 张玮, 周博闻等. 低空经济气象前沿科技问题研究进展与展望[J]. 气象, 2025, 51(11): 1455–1476.

[3] 宫晓庆, 赵玥, 王炜等. 适用数值模式产品的雾交通风险分析方法研究[J]. 安全与环境学报, 2026, 26(1): 142–150.

[4] 杨忠恩, 顾婷婷, 潘娅英. 基于 GIS 的浙江省高速公路大雾灾害风险区划[J]. 气象科技, 2017, 45(4): 756–760.

[5] 石春娥, 张浩, 杨关盈等. 安徽省区域性强浓雾气候特征及影响因子[J]. 气象学报, 2022, 80(6): 924–939.

[6] 杨华, 柳艳香, 章开美. 江西省雾日数的时空分布特征分析[J]. 气象与减灾研究, 2015, 38(1): 66–72.

[7] 许爱华, 陈翔翔, 肖安等. 江西省区域性平流雾气象要素特征分析及预报思路[J]. 气象, 2016, 42(3): 372–381.

[8] 桑小卓, 陈圣劼, 刘端阳等. 中国东部地区秋末冬初大雾多发的异常环流特征及成因[J]. 气象学报, 2025, 83(2): 240–256.

[9] Eyre, J. R., Brownscombe, J. L., Allam, R. J. Detection of fog at night using Advanced Very High Resolution Radiometer (AVHRR) imagery [J]. *Meteorology Magazine*, 1984, 113: 266–271.

[10] 马慧云, 李亚楠, 吴晓京等. H8/AHI 卫星数据的白天陆地雾检测[J]. 遥感技术与应用, 2024, 39(4): 784–792.

[11] 卢博, 王彬, 于博等. 基于 Himawari-8 的东中国海日间海雾检测阈值分析及其能见度反演的研究[J]. 海洋预报, 2022, 39(6): 62–73.

[12] 梁晓妮, 任晨平, 王志等. 新一代静止气象卫星对浙江省金丽温高速公路低能见度识别的研究[J]. 气候与环境研究, 2023, 28(5): 471–482.

[13] 黄彦慧, 符冉迪, 方旭源等. 注意力机制下多尺度特征融合生成对抗的日间海雾识别[J]. 遥感技术与应用, 2025, 40(1): 258–264.

[14] Shang, H. Z., Chen, L. F., Letu, H. S., *et al*. Development of a daytime cloud and haze detection algorithm for Himawari-8 satellite measurements over central and eastern China [J]. *Journal of Geophysical Research Atmospheres*, 2017. 122, 3528–3543.

[15] Ran, Y. Z., Ma, H. Y., Liu, Z. W., *et al*. Satellite fog detection at dawn and dusk based on the deep learning algorithm under terrain-restriction [J]. *Remote Sensing*, 2022, 14, 4328.

[16] Kurose, Y., Fukaishi, K., Hayashi, Y., *et al.* Climatological characteristics of basin fog at the Ohzu Basin, Ehime Prefecture [J]. *Journal of Agricultural Meteorology*, 1998, 54(1): 13–21.

[17] Li, H. J., Shan, J. S., Xin, J. J., *et al*. High-resolution fog dection over a mountainous lake basin [J]. *Journal of Meteorological Research*, 2026, 40(1), 173–193.

[18] 李海俊, 单九生, 刘波等. 鄱阳湖流域雾持续时间 500-m 栅格数据集（2018–2025）[J/DB/OL]. 全球变化数据仓储电子杂志, 2026. https://doi.org/10.3974/geodb.2026.03.05.V1. https://cstr.escience.org.cn/CSTR:20146.11.2026.03.05.V1.

[19] 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).

[20] 马荣华. 鄱阳湖流域 1:100 万矢量边界数据集（2000 年）[DS/OL]. 国家地球系统科学数据中心, 2015. https://www.geodata.cn/main/face_science_detail?typeName=face_science&guid=201525230652027.