

环南极帝企鹅栖息地数据集（2000，2014，2018）

张 淼^{1,2}, 李香兰^{2*}

1. 北京师范大学全球变化与地球系统科学研究院, 北京 100875;

2. 中国高校极地联合研究中心, 北京 100875

摘 要: 帝企鹅被视为南极气候变化的“生物指示剂”，而帝企鹅栖息地的准确位置是分析气候变化对帝企鹅影响的基础。作者参考 2009 年及近年的环南极帝企鹅栖息地信息，基于 2000、2014、2018 年 Landsat-7 ETM+和 Landsat-8 OLI 数据，合成真彩色影像，通过目视解译帝企鹅粪便所在区域，得到环南极帝企鹅栖息地分布数据集（2000，2014，2018）。该数据集内容包括 2000、2014 和 2018 年的以下数据：（1）帝企鹅栖息地位置数据，包括环南极所有栖息地位置数据，存储为点和面两种类型；（2）提取帝企鹅栖息地使用的 Landsat 影像名称。数据集存储为.xlsx 和.shp 格式，数据量为 142 KB。

关键词: 帝企鹅；南极；Landsat；遥感识别；栖息地

DOI: <https://doi.org/10.3974/geodp.2020.03.02>

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.2020.05.06.V1>.

1 前言

南极地区因其独特的地理位置成为全球气候变化极为敏感的区域^[1]。海鸟对多种陆地和海洋环境因素响应敏感，是可靠的环境变化指标^[2]。南极帝企鹅（*Aptenodytes forsteri*）作为南极特有的鸟类，呈现环南极分布，被视为南极气候变化的“生物指示剂”^[3-4]。识别帝企鹅栖息地的准确位置是估算南极帝企鹅数量的前提，同时为研究帝企鹅栖息地的变迁与气候环境变化的关系提供基础数据。

目前研究帝企鹅栖息地的数据主要包括卫星遥感，航空和实地考察数据^[5-8]。Fretwell 等人^[3]利用 Landsat-7 ETM+数据绘制了 2000 年环南极帝企鹅栖息地分布图，这是首次利用卫星遥感数据获得环南极帝企鹅栖息地分布图，共识别出 38 个帝企鹅栖息地。Fretwell 等^[9]利用高分辨率卫星影像识别出帝企鹅所占面积，并与帝企鹅数量建立回归关系，首次实现了遥感数据对环南极帝企鹅数量的估计，约为 23.8 万对帝企鹅。航调查作为实地考察的补充手段，数据分辨率较高，可以识别出一些被遮挡的栖息地，同时有效的避免了人

收稿日期：2020-07-17；修订日期：2020-09-15；出版日期：2020-09-25

基金项目：中华人民共和国科学技术部（2018YFC1406906）

*通讯作者：李香兰 AAT-9471-2020，北京师范大学，xianglanlicn@gmail.com

数据引用方式：[1] 张淼, 李香兰. 环南极帝企鹅栖息地数据集（2000，2014，2018）[J]. 全球变化数据学报, 2020, 4(3): 217–223. <https://doi.org/10.3974/geodp.2020.03.02>.

[2] 张淼, 李香兰. 环南极帝企鹅栖息地数据集（2000，2014，2018）[J/DB/OL]. 全球变化数据仓储电子杂志, 2020. <https://doi.org/10.3974/geodb.2020.05.06.V1>.

类对企鹅的干扰。Schmidt 等人^[10]利用航空数据对克罗泽角帝企鹅数量进行长期观测，发现 2018 年克罗泽角的固定冰提前破裂导致幼年帝企鹅大量消失。

本研究基于中分辨率遥感卫星 landsat-7 和 Landsat-8 数据，结合历史帝企鹅栖息地分布位置，制作三期环南极帝企鹅栖息地数据集，分别为 2000、2014 和 2018 年，为南极帝企鹅研究提供数据基础。

2 数据集元数据简介

《环南极帝企鹅栖息地数据集（2000，2014，2018）》^[11]的名称、作者、地理区域、数据年代、时间分辨率、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。

表 1 《环南极帝企鹅栖息地数据集（2000，2014，2018）》元数据简表

条 目	描 述
数据集名称	环南极帝企鹅栖息地数据集（2000，2014，2018）
数据集短名	PanAnta.PenguinColony
作者信息	张淼 AAT-6690-2020，北京师范大学，zhmiao6353@163.com 李香兰 AAT-9471-2020，北京师范大学，xianglanlicn@gmail.com
地理区域	环南极
数据年代	2000、2014、2018
时间分辨率	16 天
数据格式	.xlsx、.shp
数据集组成	数据量 142 KB（压缩后） （1）E.Penguin_colony_shapefile，帝企鹅栖息地位置数据，包括环南极所有栖息地位置数据，存储为点和面两种类型。其中包括：2000_colony_shapfile，2014_colony_shapfile，2018_colony_shapfile 分别为 2000、2014 和 2018 年数据；（2）Geolocation_E.PenguinColony，2000、2014 和 2018 年帝企鹅栖息地名称和地理位置统计表；（3）识别帝企鹅 2000、2014 和 2018 年栖息地使用的 Landsat 影像名录
基金项目	中华人民共和国科学技术部（2018YFC1406906）
数据计算环境	ENVI IDL、ArcGIS
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 ^[12]
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

卫星数据采用 Landsat-7 和 Landsat-8 中分辨率数据（表 2）^[13]，数据产品级别为一级，重访周期为 16 天，多光谱波段分辨率为 30 m，全色波段分辨率 15 m。由于 2000 年 Landsat

ETM+影像不足，且数据质量较差，将数据时间范围扩大为 1999 年 9 月–2003 年 3 月，选择质量较高且尽可能靠近 2000 年的影像，识别结果作为 2000 年帝企鹅栖息地位置。2014 和 2018 年影像选择 9 月和 10 月份，属于帝企鹅繁殖期。南极帝企鹅每年 3 月或 4 月会返回到栖息地进行繁殖，在 11 月或 12 月繁殖期结束会离开栖息地。研究选用 9 月和 10 月数据主要基于这一时段帝企鹅栖息地较为稳定，随着南极夏季的来临，南极固定冰的变化会影响到帝企鹅栖息地的识别。长达数月的繁殖季，帝企鹅在栖息地累积大量的粪便，由于南极帝企鹅主要以南极磷虾为食，企鹅粪便呈褐色，根据繁殖期帝企鹅粪便位置即可以确定对应的帝企鹅栖息地位置。

表 2 数据集使用 Landsat 数据简介

时间	传感器	分辨率（m）	采用波段	数据时间范围
2000	ETM+	30/15	1, 2, 3	1999.9–2003.3
2014	OLI	30/15	2, 3, 4	2014.9–2014.10
2018	OLI	30/15	2, 3, 4	2018.9–2018.10

3.1 算法原理

帝企鹅长达数月累积的粪便在 Landsat 真彩色影像上呈褐色，这与南极主要地物包括水体、积雪、冰差异较大。目前最新的高分辨率环南极帝企鹅栖息地分布图绘制于 2009 年帝企鹅繁殖期，数据采用高分辨率卫星数据，近年来航空数据和高分辨卫星数据陆续识别和更新部分栖息地位置。本数据集基于已有的高分辨率历史帝企鹅栖息地分布位置，采用目视解译方法，利用 Landsat 数据对帝企鹅栖息地进行识别更新。

3.2 技术路线

Landsat 一级卫星数据产品，已经进行了几何校正和地形校正，数据因获取时间不同而存在成像时的日地距离、太阳高度角等参数不同而造成差异，将像元亮度值（DN）转换为大气表观反射率（TOA），可以有效消除这些因素在数据分析时所引起的误差，使得各数据之间保持较好的可比性。为了提高卫星数据的分辨率，采用 Gram-Schmidt Spectral Sharpening 算法将 Landsat 的 30 m 多波段影像与 15 m 全色影像进行融合得到 15 m 融合多波段影像。帝企鹅粪便呈褐色，结合高分辨率历史帝企鹅栖息地点位，获取三期环南极帝企鹅栖息地分布点位。同时记录可识别帝企鹅栖息地对应的 Landsat 影像名称，针对每一个栖息地勾绘对应的矢量图。技术路线如图 1。

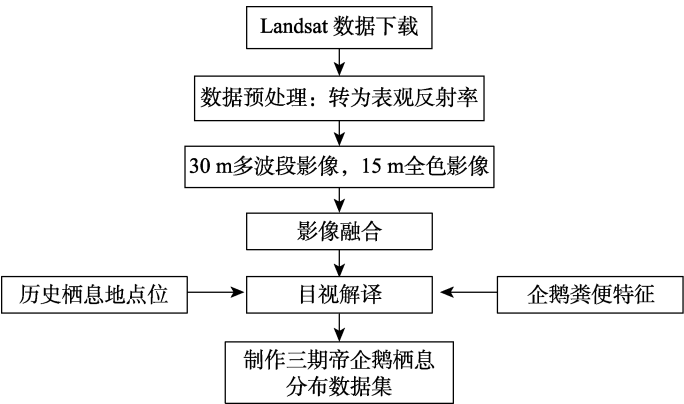


图 1 技术路线图

4 数据结果与验证

4.1 数据集组成

本数据集由三部分数据文件组成（表 3），其中第一部分为 2000、2014 和 2018 年帝企鹅栖息地地理位置空间数据，包括矢量点数据和矢量面数据；即在繁殖季帝企鹅粪便覆盖的区域；（2）帝企鹅 2000、2014 和 2018 年栖息地统计表；（3）用于获取帝企鹅栖息地对应的 Landsat 影像名录。

表 3 环南极帝企鹅栖息地数据集组成说明

数据集子集	数据说明
帝企鹅栖息地位置	帝企鹅粪便位置即对应帝企鹅栖息地位置，在 ArcGIS 中勾画出每个帝企鹅栖息地粪便区域，保存为矢量面数据（.shp 格式），.shp 名为对应栖息地名称，同时记录粪便位置所在的经纬度，保存为矢量点数据（.shp 格式），按照 2000、2014 和 2018 年数据组成数据文件夹
帝企鹅栖息地统计表	包括栖息地中英文名称，地理坐标（经纬度）
帝企鹅栖息地对应影像	由于南极天气多变，获得覆盖帝企鹅栖息地且质量较高影像困难，数据集结果尽可能选择较为清晰的影像。为方便相关研究人员分析原始影像数据，本数据集记录实验过程中针对每个栖息地筛选出的影像名称，文件格式为.xlsx

4.2 数据结果

2000 年识别出 43 个帝企鹅栖息地，2014 年识别出 49 个帝企鹅栖息地（表 4，图 2）。

表 4 2014 年环南极帝企鹅栖息地统计表

栖息地 中文名称	栖息地 英文名称	栖息地 中文名称	栖息地 英文名称	栖息地 中文名称	栖息地 英文名称
阿斯特里德海岸	Astrid Coast	道森-兰顿冰川	Dawson-Lambton Glacier	朗希尔德公主海岸	Ragnhild
阿卡特湾	Atka Bay	迪布尔冰川	Dibble Glacier	里瑟-拉森	Riiser Larsen
奥斯特群岛	Auster Islands	多尔曼岛	Dolleman Island	罗斯柴尔德岛	Rothschild
冰障湾	Barrier Bay	德雷舍尔湾	Drescher Inlet	鲁珀特海岸	Rupert Coast
熊号半岛	Bear Peninsula	富兰克林岛	Franklin Island	塞布里纳海岸	Sabrina Coast
波弗特岛	Beaufort Island	古尔德湾	Gould Bay	萨纳	Sanae
鲍曼岛	Bowman Island	贡纳森海岸	Gunnerus Bank	沙克尔顿冰架	Shackleton Ice Shelf
布朗森群岛	Brownson Islands	哈雷湾	Halley Bay	史密斯半岛	Smith Peninsula
布莱恩海岸	Bryan Coast	哈斯韦尔岛	Haswell Island	斯迈利岛	Smyley Island
伯顿冰架	Burton Ice Shelf	拉扎列夫冰架	Lazarev Ice Shelf	斯迈利岛 2	Smyley Island2
科尔贝角	Cape Colbeck	莱达湾	Ledda Bay	斯诺希尔岛	snow hill Island
克罗泽角	Cape Crozier	路特波德海岸	Luitpold Coast	斯坦科姆-威尔斯冰川	Stancomb Wills
达恩利角	Cape Darnley	默茨冰川东	Mertz Glacier East	瑟斯顿冰川	Thurston Glacier
罗杰特角	Cape Roget	默茨冰川西	Mertz Glacier West	瑟斯顿冰川 2	Thurston Glacier2
华盛顿角	Cape Washington	诺维尔半岛	Noville Peninsula	翁贝斯岩	Umbeashi Rock
库尔曼岛	Coulman Island	彼得森海岸	Peterson Bank	西冰架	West Ice Shelf
戴维斯湾	Davis Bay				

2018 年识别出 42 个帝企鹅栖息地。结果显示帝企鹅栖息地呈现环南极分布，主要在南极固定冰上进行繁殖，而且这些固定冰一般位于岛屿，冰山和冰崖附近（图 3），这些障碍物可以起到阻挡南极冬季风雪的作用，此外还存在少量的帝企鹅栖息地位于冰架上，如 2018 年帝企鹅栖息地移动到沙克尔顿冰架上。

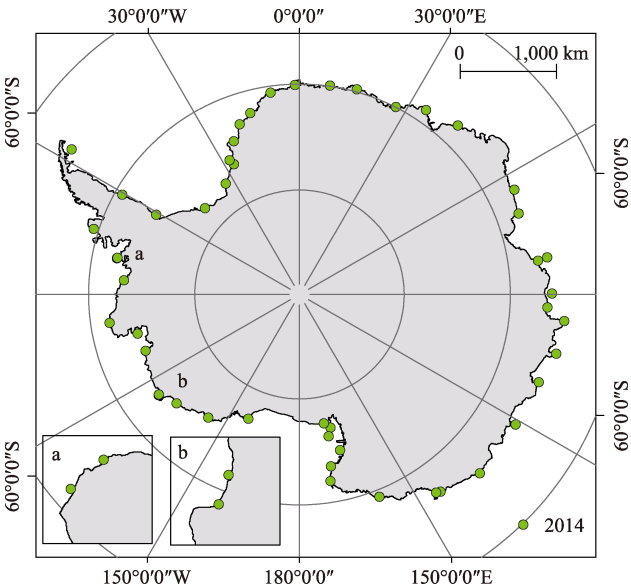


图 2 2014 年环南极帝企鹅栖息地数据可视化图（矢量点数据）分布图
（基于栖息地经纬度数据绘制）

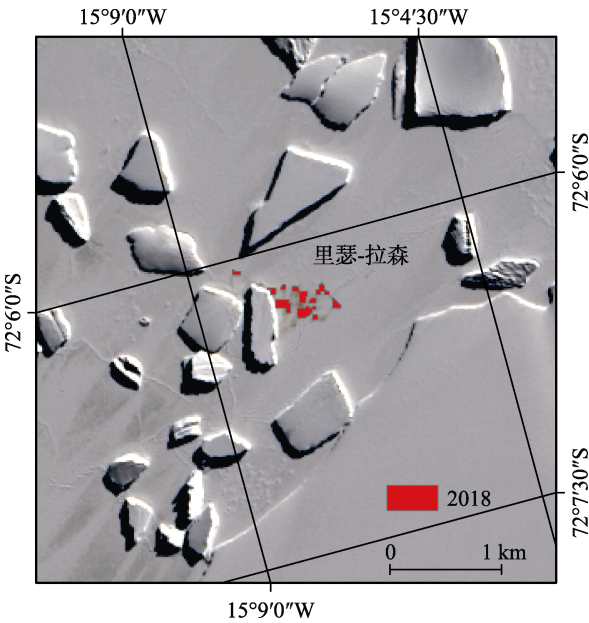


图 3 2018 年里瑟-拉森地区帝企鹅栖息地数据可视化图
（红色区域为矢量面数据）

4.3 数据结果验证

2000 年 Fretwell 等人研究结果显示环南极有 38 个帝企鹅栖息地, 其中通过卫星数据识别了 33 个, 其他 5 个栖息地参考相关研究结果^[14]。本数据集 2000 年确认 43 个帝企鹅栖息地, 与 Fretwell 结果相比, 识别出其中 32 个帝企鹅栖息地, 阿蒙森湾帝企鹅栖息地位置未确定。同时结合历史帝企鹅点位识别出 11 个帝企鹅栖息地, 包括 Fretwell 未通过卫星影像识别出的两个栖息地, 即克罗泽角和奥斯特群岛帝企鹅栖息地。2014 年识别出 49 个帝企鹅栖息地, 与历史高分辨率识别结果比较, 有 7 个栖息地未识别^[15], 同时在 2014 年识别出两个新的栖息地, 记为 Smyley Island2 和 Thurston Glacier2, 分别位于斯迈利岛帝企鹅栖息地和瑟斯顿冰川帝企鹅栖息地附近, 由于距离较近, 两个新帝企鹅栖息地也可能分别与斯迈利岛帝企鹅栖息地和瑟斯顿冰川帝企鹅栖息地同属于一个大的栖息地。2018 年识别出 42 个帝企鹅栖息地, 与历史高分辨率识别结果比较, 有 12 个栖息地未识别。

5 讨论和总结

本数据集包括三期帝企鹅栖息地分布数据, 其中 2000 年环南极帝企鹅栖息地分布位置, 前人已经有过相关研究。本数据集重新分析 2000 年帝企鹅栖息地位置, 主要原因是近年来有新的帝企鹅栖息地陆续被发现^[16-17]。由于帝企鹅具有归家习性, 为了分析帝企鹅栖息地变迁, 需要追溯其历史位置。2000 年帝企鹅栖息地分布数据集的重要性在于利用历史 Landsat 数据补充新发现帝企鹅栖息地的历史位置。目前利用高分辨率数据已经识别出 54 个帝企鹅栖息地^[15], 但帝企鹅栖息地缺乏长时间序列观测, 帝企鹅栖息地变迁分析缺乏数据支撑。环南极帝企鹅栖息地遥感识别主要受限于影像分辨率和天气因素(云和积雪覆盖)影响, 数据筛选时需要重点考虑覆盖栖息地的影像是否清晰。2014 年和 2018 年数据结果是对历史帝企鹅栖息地点位的更新, 可能存在一些栖息地由于栖息地面积较小被遗漏。此外积雪覆盖也会减弱帝企鹅的粪便特征, 进而影响企鹅栖息地的识别。由于常见帝企鹅栖息地周围有遮挡物, 卫星遥感数据观测可能会遗漏一些栖息地^[17]。三期的研究结果显示绝大部分的帝企鹅栖息地在近 20 年的时间尺度上没有发生大的变化。也存在部分栖息地由于环境变化发生变迁, 如冰架崩解导致栖息地大范围迁徙。

目前国际上基于高分辨率卫星影像识别的环南极帝企鹅栖息地, 影像主要为 2009 年, 时间间隔较长, 未来若有新的基于高分辨率卫星数据获得的环南极帝企鹅栖息地数据集, 可以与本数据集进行比较。此外截至到目前南极帝企鹅栖息地总数依然是不确定的。环南极帝企鹅栖息地数据集研究主要集中在两个问题: (1) 新栖息地的识别; (2) 已经发现栖息地的变迁观测。由于 Landsat 数据用于研究帝企鹅栖息地分辨率依旧较低, 帝企鹅繁殖期为南极的冬季, 在繁殖期进行实地考察也存在较大困难, 采用高空间分辨率极地卫星数据有助于南极企鹅栖息地的进一步研究。

作者分工: 张淼和李香兰对数据集的开发做了总体设计; 张淼采集和处理了数据; 张淼设计了模型和算法; 张淼做了数据验证; 张淼撰写了数据论文等。

参考文献

- [1] 贺红, 李香兰, 程晓等. 基于航拍数据的南极维多利亚地企鹅源温室气体排放量估算[J]. 科学通报, 2016, 61(30): 3268–3277.
- [2] Che-Castaldo, C., Jenouvrier, S., Youngflesh, C., *et al.* Pan-Antarctic analysis aggregating spatial estimates of Adélie penguin abundance reveals robust dynamics despite stochastic noise [J]. *Nature Communication*, 2017, 8(1): 832.
- [3] Fretwell, P. T., Trathan, P. N. Penguins from space: faecal stains reveal the location of emperor penguin colonies [J]. *Biogeography*, 2009, 18(5): 543–552.
- [4] 冀明, 张宝钢, 张媛媛等. 南极企鹅数量识别及变化趋势分析——基于无人机航拍的高分辨率影像[J]. 北京师范大学学报(自然科学版), 2019, 55(1): 25–35.
- [5] Schiel, R., GüPner, F., Spitzenberger, H. J. Population size and condition of the Emperor Penguin *Aptenodytes forsteri* colony of Snow Hill Island, Weddell Sea, Antarctica: observations from 29 December 2018 [J]. *Marine Ornithology*, 2019, 47: 189–192.
- [6] Fretwell, P. T., Trathan, P. N. Emperors on thin ice: three years of breeding failure at Halley Bay [J]. *Antarctic Science*, 2019, 31: 133–138.
- [7] Kooyman, G., Ponganis, P. J. Rise and fall of Ross Sea emperor penguin colony populations: 2000 to 2012 [J]. *Antarctic Science*, 2017, 29(3): 201–208.
- [8] Todd, F. S., Adie, S., Splettstoesser, J. F. First ground visit to the emperor penguin *Aptenodytes forsteri* colony at Snow Hill Island, Weddell Sea, Antarctica [J]. *Marine Ornithology*, 2004, 32: 193–194.
- [9] Fretwell, P. T., Larue, M. A., MORIN, P., *et al.* An emperor penguin population estimate: the first global, synoptic survey of a species from space [J]. *PLoS One*, 2012, 7(4): e33751.
- [10] Schmidt, A. E., Ballard, G. Significant chick loss after early fast ice breakup at a high-latitude emperor penguin colony [J]. *Antarctic Science*, 2020, 32(3): 180–185.
- [11] 张森, 李香兰. 环南极帝企鹅栖息地数据集(2000, 2014, 2018) [J/DB/OL]. 全球变化数据仓储电子杂志, 2020. <https://doi.org/10.3974/geodb.2020.05.06.V1>.
- [12] 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\(2017年更新\)](https://doi.org/10.3974/dp.policy.2014.05(2017年更新)).
- [13] 美国地质调查局(USGS)官网[DB/OL]. <https://earthexplorer.usgs.gov/>.
- [14] Wienecke, B. Emperor penguin colonies in the Australian Antarctic Territory: how many are there? [J]. *Polar Record*, 2009, 45(235): 304–312.
- [15] Ancel, A., Cristofari, R., Trathan, P. N., *et al.* Looking for new emperor penguin colonies? Filling the gaps [J]. *Global Ecology and Conservation*, 2017, 9: 171–179.
- [16] Larue, M. A., Kooyman, G., Lynch, H. J., *et al.* Emigration in emperor penguins: implications for interpretation of long-term studies [J]. *Ecography*, 2015, 38(2): 114–120.
- [17] Ancel, A., Cristofari, R., Fretwell, P. T., *et al.* Emperors in hiding: when ice-breakers and satellites complement each other in Antarctic exploration [J]. *PLoS One*, 2014, 9(6): e100404.