www.csdata.org

ISSN 2096-2223
CN 11-6035/N

文献 DOI:
10.11922/csdata.2018.0024.zh
数据 DOI：
10.11922/sciencedb.599
文献分类：地球科学

收稿日期：2018-05-18
开放同评：2018-06-08
录用日期：2018-09-07
发表日期：2018-12-29

基于文献整合的中国典型陆地生态系统初级生产力、呼吸和净生产力数据集

陈智 [1,2*]，于贵瑞 [1,2*]，朱先进 [3]，张雷明 [1,2]，王秋凤 [1,2]，焦翠翠 [4]

1.中国科学院地理科学与资源研究所生态系统网络观测与模拟重点实验室，北京 100101

2.中国科学院大学资源与环境学院，北京 100190

3. 沈阳农业大学农学院，沈阳 110161

4. 四川理工学院经济学院，四川宜宾 644000

摘要：陆地生态系统与大气间的碳交换是重要的生物地球化学循环过程，包含了生态系统的光合生产和呼吸利用，直接决定了生态系统的物质资源生产、生物多样性维持以及气候调节等功能。本文收集整理了 2000–2015 年中国区域公开发表的生态系统碳交换通量的文献资料，构建了中国区域典型陆地生态系统生产力和呼吸数据集。本数据集涵盖了森林、草地、农田和湿地等的 57 个典型陆地生态系统的总初级生产力、生态系统呼吸和净生产力的实测记录。此外，还包含了气候区、植被类型、年均气温和年总降水量等生物和气候信息。本数据集的建立与共享，可为区域生态系统固碳效益评估、生态环境承载力评价、全球变化研究以及生物地球化学循环模型的优化提供重要的数据支持。

关键词：陆地生态系统；初级生产力；呼吸；净生产力；涡度相关；碳通量

数据库（集）基本信息简介表

数据库（集）名称	基于文献整合的中国典型陆地生态系统初级生产力、呼吸和净生产力数据集
数据作者	陈智，于贵瑞，朱先进，张雷明，王秋凤，焦翠翠
数据通信作者	陈智（chenz@igsnrr.ac.cn），于贵瑞（yugr@igsnrr.ac.cn）
数据时间范围	2000–2015年
地理区域	中国区域典型陆地生态系统
数据量	31 KB
数据格式	*.xlsx
数据服务系统网址	http://www.cnern.org.cn/data/meta?id=40580； http://www.sciencedb.cn/dataSet/handle/599
基金项目	国家自然科学基金项目（31600347），国家重点研发计划（2016YFA0600103），中国科学院战略性先导科技专项（XDA19020302），中国科学院科技服务网络STS计划（KFJ-SW-STS-169）。

* 论文通信作者
陈智：chenz@igsnrr.ac.cn
于贵瑞：yugr@igsnrr.ac.cn

数据库（集）组成	本数据集包含57个典型生态系统2000–2015年期间观测的总初级生产力、生态系统呼吸和净生产力观测记录，以及辅助观测资料，包括站点地理位置、生态系统类型、观测年份、年均气温、年总降水量等。

引　言

植被通过光合作用吸收大气中的 CO_2 并将其转化为生物质，开启了陆地生态系统的物质和能量循环。植被的光合生产力则直接决定了生态系统为人类社会提供的物质资源，如粮食、木材、牧草等的产量[1]。在植被光合作用过程中伴随着植被的呼吸代谢，用于其生长和维持的呼吸消耗。凋落的植被生物质则为土壤微生物提供养分，在微生物的呼吸代谢作用下驱动了陆地的生物地球化学循环[2]。经过植被和微生物的呼吸消耗后所留存的光合生产力形成了生态系统的净生产力，该净生产力则直接决定了生态系统的资源环境承载力、固碳水平以及对全球气候的调节能力[3]。

涡度相关技术（Eddy Covariance Technique）是有效地连续获取生态系统尺度的生产力、呼吸和净生产力的方法[4-6]。该方法可以对生态系统尺度的碳交换过程进行连续的高频率的自动观测，用于揭示不同时间尺度上生态系统的生产力、呼吸以及净生产力的动态变化过程及其影响机制[7]。近 20 年来，涡度相关技术观测站点的建设得到迅猛发展[8-9]。2002 年，中国陆地生态系统通量观测网络（ChinaFLUX）正式成立，开启了对我国区域典型生态系统的通量观测。随后，国家林业、农业、气象等职能部门以及高等院校和科研院所也相继展开生态系统通量观测研究。经过 15 年的发展，越来越多的通量观测站在中国的不同区域和生态系统类型建立，积累了丰富的生态系统碳交换通量观测数据[9-10]。然而，这些宝贵的实测数据仍缺乏系统性地整合，尚未形成一套系统的生态系统生产力、呼吸以及净生产力的综合数据集，这在一定程度上制约了这些数据在回答国家的资源环境承载力、环境保护、气候调控等宏观生态学问题中的作用。

本研究通过对公开发表的文献资料的收集整理，构建了我国典型生态系统生产力和呼吸关键参数数据集，并实现公开共享，以期为我国生态系统固碳效益评估、生态环境承载力评价、全球变化研究以及生物地球化学循环模型的优化提供重要的数据支持。

1　数据采集和处理方式

1.1　数据来源

本研究收集了在 2000–2015 年期间，中国区域内开展的陆地生态系统碳通量观测的研究论文。基于 Web of Science 数据库（http://apps.webofknowledge.com）和中国知网数据库（http://www.cnki.net），以“涡度相关（eddy covariance）”“碳通量（carbon flux）”或“碳交换（carbon exchange）”“碳收支（carbon budget）”“生产力（production）”“总初级生产力 Gross Primary Production（GPP）”“净生态系统生产力 Net Ecosystem Production（NEP）”和“净生态系统碳交换 Net Ecosystem Exchange（NEE）”等作为关键词检索文献。获取的检索文献通过以下标准进行筛选：（1）碳通量统一采用涡度相关技术方法测定；（2）进行了三维坐标旋转、Webb-Pearman-Leuning(WPL)校正等通量数据质量控制[11-14]；（3）有效数据必须完整和连续 1 年以上。通过以上标准筛选，共获取了涵盖森林、草地、农田、湿地、灌丛和城市的 57 个典型陆地生态系统的碳通量观测数据（图 1）。

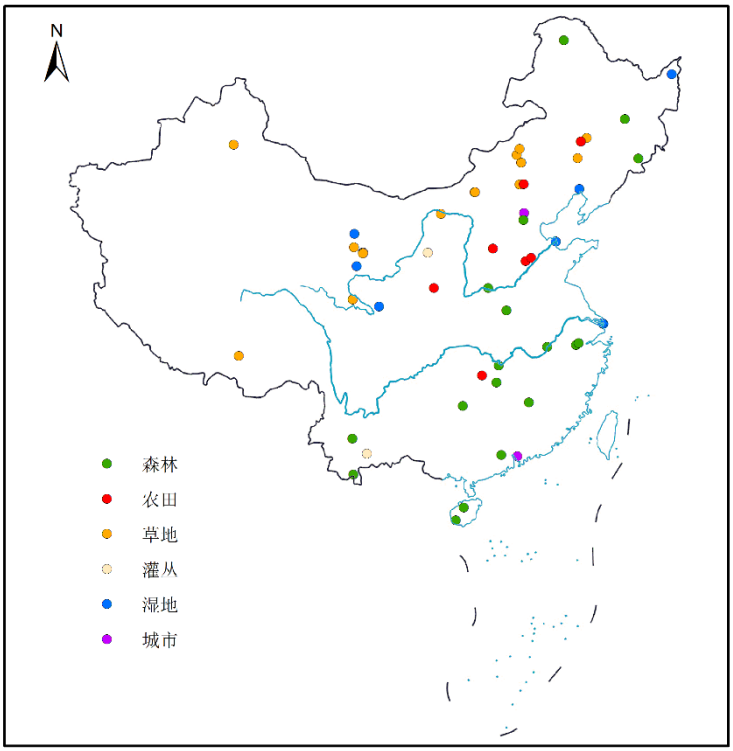


图 1　数据集的观测站点分布（审图号：GS（2018）4935 号）

1.2　数据整理

对于收集的文献资料，采用 Get Data Graph Digitizer 软件提取每篇文献的总初级生产力、生态系统呼吸和净生产力数据以及辅助的气象和植被信息。对于报道多年观测值的站点，逐一提取每一年的总初级生产力、生态系统呼吸和净生产力；对于未给出年值只有月观测值的站点，将月观测值进行加和计算年值；对于分别给出生长季和非生长季观测值的站点，将生长季和生长季的观测值进行加和计算年值。对提取的总初级生产力、生态系统呼吸和净生产力数据进行统一单位换算，将 g CO_2 m^{-2} yr^{-1} 的观测数据统一转化为 g C m^{-2} yr^{-1}。最后对提取的多年观测值进行平均，求算每个站点的多年平均总初级生产力、生态系统呼吸和净生产力。同时，提取每个观测站点的地理位置、生态系统和植被类型。地理位置统一提取通量观测塔的经纬度信息。缺失站点地理位置和生态系统类型信息的站点，再基于观测站点名称进一步查阅资料进行补充。此外，提取每个观测站点观测期间的年均气温和年降水量等气候因子指标。气象数据缺失的站点，则进一步采用其观测期间临近气象站点的数据进行插补。插补数据统一来自全球地表气象数据（ftp://ftp.ncdc.noaa.gov/pub/data/gsod/）。具体数据处理流程如图 2 所示。

2　数据样本描述

本数据集共包含了来自中国区域的 57 个典型生态系统的总初级生产力、生态系统呼吸和净生产力的 2000–2015 年的观测数据。具体包括 18 个森林生态系统、20 个草地和灌丛生态系统、7 个农田生态系统、10 个湿地生态系统和 2 个城市绿地。

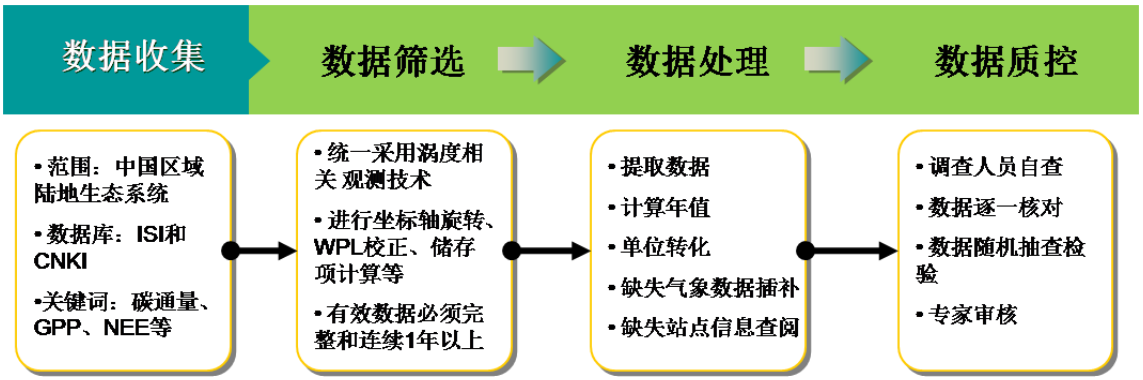


图 2　数据处理流程图

数据集共包括两个 sheet 表单，分别是生产力和呼吸等观测数据表和文献出处表。观测数据表的列表依次为序号、站点代码、站点名称、站点名称（英文）、生态系统全称、生态系统全称（英文）、生态系统类型、生态系统类型（英文）、纬度、经度、海拔、年均温、年总降水、观测开始时间、观测结束时间、净生产力、总初级生产力、生态系统呼吸和文献出处（表 1）。站点代码为站点名称的字母缩写，例如 XSBN 表示西双版纳。后缀表示对同一站点不同处理的补充，例如 GL-D 表示果洛–退化草地，GL-A 表示果洛–人工草地。

表 1　中国区域陆地生态系统碳通量数据集列表项及单位说明

数据项	数据单位	数据类型	示例
序号	-	整数型	3
站点代码	-	字符型	XSBN
站点名称	-	字符型	西双版纳
站点名称（英文）	-	字符型	Xishuangbanna
生态系统全称	-	字符型	西双版纳热带常绿阔叶林
生态系统全称（英文）		字符型	Xishuangbanna tropical evergreen broadleaf forest
生态系统类型		字符型	森林
生态系统类型（英文）		字符型	Forest
纬度	°N	浮点型	21.95
经度	°E	浮点型	101.20
海拔	m	浮点型	750
年均气温	℃	浮点型	19.25
年总降水量	mm	浮点型	1416.75
观测开始时间	-	整数型	2003
观测结束时间	-	整数型	2008
年净生产力 NEP	g C m^{-2} yr^{-1}	浮点型	168.83
年总初级生产力 GPP	g C m^{-2} yr^{-1}	浮点型	2342.67
年生态系统呼吸 RE	g C m^{-2} yr^{-1}	浮点型	2173.83
文献出处	-	字符型	[3]

3 数据质量控制与评估

本数据集来源于公开发表的文献。对于收集的文献数据，从数据库选择、检索关键词、文献筛选标准、数据提取和整理整个过程都对数据质量进行了控制。

文献筛选的质量控制：基于 Web of Science 和中国知网两个权威的文献数据库进行检索，保证了文献来源的质量。锁定以“涡度相关”作为关键词进行检索，排除了其他研究方法的干扰，保证了数据采集方法的一致性和结果的可比性。对获取的检索文献又通过以下标准进行筛选：必须进行了三维坐标旋转、WPL 校正、储存项校正、异常值剔除以及夜间 CO_2 校正等通量数据质量控制，并且要求有效数据必须完整和连续 1 年以上，保证了原始数据的可靠性。

数据提取和整理的质量控制：对提取的数据统一采用算术平均算法，计算各观测点的多年平均总初级生产力、生态系统呼吸和净生产力。其次，对提取数据进行统一单位转化。对于缺失的气象数据，统一基于全球地表气象数据库里的观测期间临近气象站点的数据进行插补，保证数据的一致性。

数据审核：整理完毕的数据集，先由数据整理者逐一对应每篇文献出处复查原始数据进行核对，再由多名数据整理者随机交叉抽取文献进行检验，最后交付给专家进行最终的审核和修订，确保数据集的正确、可靠。

数据质量评估：本研究收集的碳通量数据仍存在一定的不确定性，主要来自于以下几个方面：（1）涡度相关技术测定误差。涡度相关技术测定过程中，由于复杂地形、大气稳定性、数据采集频率响应、夜间泄流等影响使结果存在一定的系统误差[15]。（2）数据统计分析误差。由于地形状况和植被类型的不同，每个站点采用不同的数据剔除、校正和插补方法，分析结果引入了一定的系统误差。本研究中，收集的观测站点在分析方法上的差异主要体现在摩擦风速 u*阈值设定和插补方法的不同。由于当地不同的地形、植被和气象因素，本研究中观测站点的摩擦风速 u*阈值有差异，但均介于 0.1–0.4 m/s 的合理范围[13]。缺失的碳通量数据的插补主要采用了平均日变化法、查表法和非线性回归法。研究结果表明，这 3 种不同的插补方法获取的插补结果无显著差异，对年总 NEE 的影响在± 25 g C m^{-2} yr^{-1} 范围内[16]。

4 数据使用方法和建议

建立的中国典型陆地生态系统生产力和呼吸数据集，是国内首个基于文献整合的生态系统尺度的碳交换通量的数据集。本数据集涵盖了我国 57 个典型陆地生态系统的碳收支特征值，这一数据集可为我国区域生态系统固碳效益评估、生态环境承载力评价、全球变化研究以及生物地球化学循环模型的优化提供重要的数据支持。

本数据集在使用中需要注意以下两个方面：

1. 对于涡度相关通量观测数据的处理技术与方法目前还没有全球统一的技术规范，各观测台站采用了最适合当地站点条件的技术方法进行分析处理，因此，每个站点的通量分析标准、阈值的设定等方面存在着差异。

2. 本研究综合了同一观测点的多篇文献资料，反映的是各台站多年的碳收支平均状况，因此有别于单篇文献的报道结果。

关于本数据集的质量控制和处理方法的相关信息可参考文献[17-18]。

需要使用本数据集的读者，可以登录国家生态系统观测研究网络数据资源服务网站（http://www.cnern.org.cn）。登录系统后，在首页点击“数据论文数据”图表或在“数据资源”栏目选择“数据论文数据”中的“碳氮水通量观测专题”，进入相应页面下载数据。用户也可以登录Science Data Bank（http://www.sciencedb.cn/dataSet/handle/599）查询相关信息。

致　谢

感谢本文每位数据生产者、管理者、分析者的辛苦工作！感谢何念鹏研究员为本论文写作给予的指导！

数据作者分工职责

陈智（1986—），女，博士，助理研究员，主要研究方向为全球变化与碳循环。主要承担工作：文献数据收集、数据整理与质量控制、论文撰写。

于贵瑞（1959—），男，博士，研究员，研究方向为生态系统生态学、全球变化与碳氮水循环。主要承担工作：总体方案设计、论文修改。

朱先进（1985—），男，博士，副教授，研究方向为全球变化与碳水循环。主要承担工作：通量数据分析、文献数据收集和整理。

张雷明（1976—），男，博士，副研究员，研究方向为全球变化与碳水循环。主要承担工作：通量数据分析和处理、数据质量控制。

王秋凤（1974—），女，博士，副研究员，研究方向为全球变化与碳氮水循环。主要承担工作：论文的修改。

焦翠翠（1987—），女，博士，讲师，研究方向为全球变化与碳循环。主要承担工作：文献数据收集和整理。

参考文献

[1] BEER C, REICHSTEIN M, TOMELLERI E, et al. Terrestrial gross carbon dioxide uptake: global distribution and covariation with climate[J]. Science, 2010, 329: 834-838.

[2] LUYSSAERT S, INGLIMA I, JUNG M, et al., CO_2balance of boreal, temperate, and tropical forests derived from a global database[J]. Global Change Biology, 2007, 13: 2509-2537.

[3] CHAPIN FSIII, MATSON PA, VITOUSEK P M. Principles of terrestrial ecosystem ecology[M].New York: Springer, 2011.

[4] VALENTINI R, MATTEUCCI G, DOLMAN AJ, et al. Respiration as the main determinant of carbon balance in European forests[J]. Nature, 2000, 404(6780): 861-865.

[5] WOFSY SC, GOULDEN ML, MUNGER JW, et al. Net Exchange of CO_2 in a MidlatitudeForest[J]. Science, 1993, 260(5112): 1314-1317.

[6] BALDOCCHI D. Turner review No.15. 'Breathing' of the terrestrial biosphere: lessons learned from a global network of carbon dioxide flux measurement systems[J]. Australian Journal of Botany, 2008, 56(1): 1-26.

[7] 于贵瑞, 孙晓敏. 陆地生态系统通量观测的原理与方法[M]. 北京: 高等教育出版社, 2006.

[8] BALDOCCHI D. Measuring fluxes of trace gases and energy between ecosystems and the atmosphere-the state and future of the eddy covariance method[J]. Global Change Biology,2014,20: 3600-3609.

[9] YU G R, REN W, CHEN Z, et al. Construction and progress of Chinese terrestrial ecosystem carbon, nitrogen and water fluxes coordinated observation[J]. Journal of Geographical Sciences, 2016, 26(7): 803-826.

[10] YU G R, WEN X F, SUN X M, et al. Overview of ChinaFLUX and evaluation of its eddy covariance measurement[J]. Agricultural and Forest Meteorology, 2006, 137(3-4): 125-137.

[11] 朱治林, 孙晓敏, 袁国富, 等. 非平坦下垫面涡度相关通量的校正方法及其在 ChinaFLUX 中的应用[J]. 中国科学(D 辑), 2004, 34 (S2): 37-45.

[12] WEBB E K, PEARMAN G I, LEUNING R. Correction of flux measurements for density effects due to heat and water vapourtransfer[J]. Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society, 1980, 106(447): 85-100.

[13] REICHSTEIN M, FALGE E, BALDOCCHI DD, et al. On the separation of net ecosystem exchange into assimilation and ecosystem respiration: Review and improved algorithm[J]. Global Change Biology, 2005, 11(9): 1424-1439.

[14] FALGE E, BALDOCCHI DD, OLSON R, et al. Gap filling strategies for defensible annual sums of net ecosystem exchange[J]. Agricultural and Forest Meteorology, 2001, 107(1): 43-69.

[15] LOESCHER HW, LAW BE, MAHRT L, et al. Uncertainties in, and interpretation of, carbon flux estimates using the eddycovariance technique[J]. Journal of Geophysical Research, 2006,111: D21S90.

[16] MOFFAT A M, PAPALE D, REICHSTEIN M, et al. Comprehensive comparison of gap-filling techniques for eddy covariance net carbon fluxes[J]. Agricultural and Forest Meteorology, 2007, 147(3-4): 209-232.

[17] YU G R, ZHU X J, FU Y L, et al.Spatial patterns and climate drivers of carbon fluxes in terrestrial ecosystems of China[J]. Global Change Biology, 2013, 19: 798-810.

[18] CHEN Z, YU G R, GE J P, et al.Temperature and precipitation control of the spatial variation ofterrestrial ecosystem carbon exchange in the Asian region[J]. Agricultural and Forest Meteorology,2013,182-183: 266-276.

论文引用格式

陈智, 于贵瑞, 朱先进, 等. 基于文献整合的中国典型陆地生态系统初级生产力、呼吸和净生产力数据集[J/OL].中国科学数据, 2019, 4(1). (2018-6-29). DOI:10.11922/csdata.2018.0024.zh.

数据引用格式

陈智, 于贵瑞, 朱先进, 等. 基于文献整合的中国典型陆地生态系统初级生产力、呼吸和净生产力数据集[DB/OL]. Science Data Bank, 2018. (2018-06-25). DOI: 10.11922/sciencedb.599.

A dataset of primary production, respiration and net production in Chinese typical terrestrial ecosystems based on literature integration

Chen Zhi[1, 2*],Yu Guirui[1, 2*], Zhu Xianjin[3], Zhang Leiming[1, 2], Wang Qiufeng[1, 2], Jiao Cuicui[4]

1. Key Laboratory of Ecosystem Network Observation and Modeling, Institute of Geographic Sciences and Natural Resources Research, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100101, P. R. China;

2. College of Resources and Environment, University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100190, P. R. China

3. College of Agronomy, Shenyang Agricultural University, Shenyang 100161, P. R. China;

4. College of Economics, Sichuan University of Science & Engineering, Yibin 644000, P. R. China

*Email: chenz@igsnrr.ac.cn; yugr@igsnrr.ac.cn

Abstract: Carbon exchange between the atmosphere and terrestrial ecosystems is one of the key processes in biogeochemical cycles. Including plant photosynthesis and biological respiration, the exchange process directly determines the ecosystem functions of material production, diversity maintenance and climate regulation. Based on carbon fluxes data collected from existing literature published during 2000 –2015, we built the dataset of production and respiration in Chinese typical terrestrial ecosystems. The dataset contained multiple site-year records of gross primary production, ecosystem respiration and net ecosystem production from 57 typical terrestrial ecosystems including forest, grassland, cropland and wetland in China. In addition, the biologicaland climatic information, such as biome type, vegetation type, mean annual temperature and precipitation, were compiled. This dataset provides important data resources for evaluation of regional carbon budget, assessment of eco-environment carrying capacity, studies of climate change and optimization of biogeochemical cycle models.

Keywords: terrestrial ecosystem; primary production; respiration; net production; eddy covariance; carbon fluxes

Dataset Profile

Title	A dataset of primary production, respiration and net production in Chinese typical terrestrial ecosystems based on literature integration
Data corresponding authors	Chen Zhi (chenz@igsnrr.ac.cn), Yu Guirui (yugr@igsnrr.ac.cn)
Data authors	Chen Zhi,Yu Guirui, Zhu Xianjin, Zhang Leiming, Wang Qiufeng, Jiao Cuicui
Time range	2000 –2015
Geographical scope	Typical Chinese terrestrial ecosystems
Data volume	31 KB
Data format	*.xlsx
Data service system	<http://www.cnern.org.cn/data/meta?id=40580>;

	<http://www.sciencedb.cn/dataSet/handle/599>
Sources of funding	National Natural Science Foundation of China (31600347), National Key Research and Development Program of China (2016YFA0600103), Strategic Priority Research Program of the Chinese Academy of Sciences (XDA19020302), Science and Technology Service Network Initiative of the Chinese Academy of Sciences (KFJ-SW-STS-169).
Dataset composition	The dataset includes observations of gross primary production, ecosystem respiration and net ecosystem production from 57 typical ecosystems during the period of 2000–2015. In addition, it includes some basic information such as site location, ecosystem type, observation year, annual mean air temperature and annual total precipitation, and so forth.