

# 2006–2015 年内蒙古多伦典型草原碳水通量观测数据集

ISSN 2096-2223

CN 11-6035/N



游翠海<sup>1,3</sup>, 王彦兵<sup>1,2</sup>, 陈世革<sup>1,2\*</sup>

1. 中国科学院植物研究所, 植被与环境变化国家重点实验室, 北京 100093
2. 中国科学院大学, 北京 100049
3. 华东师范大学, 生态与环境科学学院, 上海 200241

**摘要:** 草原生态系统是陆地和大气间物质和能量交换的重要生态系统, 在全球碳循环中发挥重要作用, 但其碳汇大小和方向存在争议。涡度通量观测方法可实现植被和大气间碳、水、能量交换的连续测定。长期的碳水通量观测有助于明确草原生态系统的碳汇功能及其对气候变化的响应。本数据集收集整理了 2006–2015 年内蒙古多伦温性典型草原生态系统长期涡度通量观测数据, 基于 ChinaFLUX 标准数据处理体系完成 30 分钟的碳水热通量和常规气象要素数据整编。本数据集观测质量较好, 全年数据观测完整性达 95% 以上, 能量平衡闭合比率较高 ( $1.04 \pm 0.07$ )。本数据集为研究温性典型草原生态系统碳水通量的日动态、季节变化及年际变异提供坚实的数据支撑, 对评估我国北方草原在区域和全球碳水循环中的作用具有重要意义。

**关键词:** 涡度相关技术; 温性草原; 碳通量; 蒸散发; 能量通量

## 数据库 (集) 基本信息简介

数据库 (集) 名称	2006–2015 年内蒙古多伦典型草原碳水通量观测数据集
数据通信作者	陈世革 (spchen@ibcas.ac.cn)
数据作者	游翠海、王彦兵、陈世革
数据时间范围	2006–2015 年
地理区域	内蒙古自治区锡林郭勒盟多伦县 (116°17'01" E, 42°02'48" N)
数据量	43 MB
数据格式	.xlsx
数据服务系统网址	<a href="http://doi.org/10.57760/sciencedb.07138">http://doi.org/10.57760/sciencedb.07138</a>
基金项目	国家自然科学基金 (32071565, U22A20559); 国家重点研发项目 (2017YFA0604801)
数据库 (集) 组成	本数据集为 30 分钟尺度的碳、水、能量通量及气象要素数据集, 包括两个数据文件: (1)“气象数据.xlsx”为气象要素数据, 数据量 14 MB; (2)“通量数据.xlsx”为碳、水、热通量数据, 数据量 29 MB。



文献 CSTR:

32001.14.11-6035.csd.2023.0041.zh



文献 DOI:

10.11922/11-6035.csd.2023.0041.zh

数据 DOI:

10.57760/sciencedb.07138

文献分类: 地球科学

收稿日期: 2023-01-13

开放同评: 2023-02-02

录用日期: 2023-05-10

发表日期: 2023-06-02

\* 论文通信作者

陈世革: spchen@ibcas.ac.cn

## 引言

草原是世界分布面积最广的天然植被类型，约占陆地面积的 20%，是陆地和大气间物质和能量交换的重要生态系统<sup>[1-2]</sup>。草原碳储量占全球陆地碳储量的 22%，在全球碳循环中发挥重要作用<sup>[3]</sup>。草原生态系统对降水等气候因子的变化非常敏感，其碳汇能力表现出较大的季节和年际波动，使得碳汇功能的评估及其驱动机制存在着很大的不确定性<sup>[4]</sup>。目前草原生态系统碳源汇功能存在巨大争议，不同研究得出的碳汇大小和方向均不一致<sup>[5-7]</sup>。另外，碳通量和水通量的变化紧密关联，碳水耦合变化是草原生态系统碳汇功能响应气候变化的重要途径<sup>[8-9]</sup>。因此，亟需长期、连续的碳水通量观测，以明确草原生态系统的碳汇功能及其对气候变化的响应。

涡度通量观测方法可以实现植被冠层与大气之间能量、物质交换的直接测定，是国际认可的通量观测标准方法，并被广泛应用到生态系统碳汇功能时空变化的研究中<sup>[10]</sup>。随着涡度相关通量观测的广泛应用，中国通量观测研究网络（ChinaFLUX）、国际通量观测网络（FLUXNET）等区域和全球的通量观测网络逐渐发展，为区域和全球碳汇功能的评估和预测提供了数据基础<sup>[11]</sup>。

内蒙古草原是欧亚温带草原的重要组成部分，同时也是我国分布面积最大的生态系统类型之一<sup>[12]</sup>。目前该区域缺乏公开发表的长期通量观测数据集，这限制了我们对内蒙古草原碳水通量季节和年际变异规律及其主要驱动因素的理解。本数据集提供了 2006–2015 年 ChinaFLUX 内蒙古多伦站的 30 分钟碳水通量和气象要素观测数据。碳水通量数据的处理、质控和插补均采用 ChinaFLUX 标准数据处理体系完成，与其他同类数据集有较好的可比性。本数据集是该区域公开发表的观测期最长的碳水通量数据集，为温性典型草原生态系统长期碳汇功能的研究提供了坚实的数据支撑。

## 1 数据采集和处理方法

### 1.1 样地概况

内蒙古多伦通量站（116°17'01" E，42°02'48" N，1350 m）位于内蒙古自治区锡林郭勒盟多伦县中国科学院多伦恢复生态学实验示范研究站长期围封样地内。该区域属于典型干旱半干旱区，温带大陆性气候，雨热同季，冬季寒冷，夏季干热，春天多大风。年均降水量为 375 mm，年均温为 2.4 °C。该区域属于温带典型草原，天然植被以克氏针茅（*Stipa krylovii*）和冷蒿（*Artemisia frigida*）为优势植物。土壤类型为栗钙土。研究样地自 2001 年开始围封恢复，围封前为自由放牧样地。下垫面通量贡献源区分析结果表明，近 90% 的通量来自于通量塔周围 50 m 范围内，而主风向西向的最远贡献区也不超过 110 m（图 1），0–90% 的贡献区均位于围封区域（黄色虚线范围）内。该区域地形平坦，植被覆盖度较高，质地均一，且无实验样方或其他设施干扰。

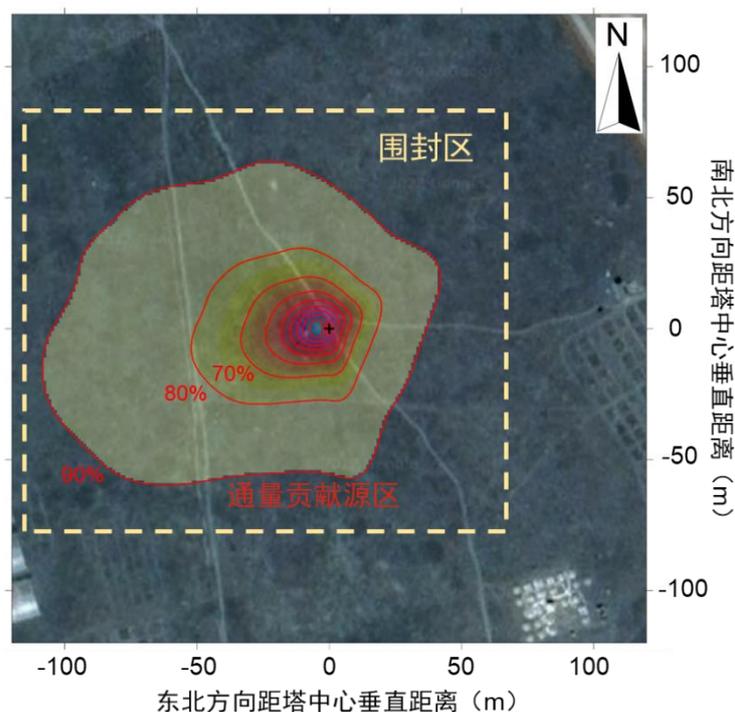


图1 多伦站涡度塔下垫面通量贡献源区分布图。中心的黑色加号代表涡度塔位置，红色等高线表示通量源区范围，从内到外分别为10%-90%（以10%为间隔），黄色虚线范围为围封无干扰区域

Figure 1 Footprint of flux source of the tower at Duolun Station. The black plus sign in the center represents the position of the flux tower. The red contour line represents the range of the flux source area, which is 10% - 90% (at 10% intervals) from inside to outside. The range of yellow dotted line is the fenced area with no disturbance

## 1.2 通量观测系统与数据采集

本研究通量观测系统由涡度相关观测系统和自动气象观测系统两部分组成。涡度相关观测系统主要包括开路式红外气体分析仪（LI-7500, LICOR Inc., Lincoln, USA）、三维超声风速仪（CSAT3, Campbell Scientific Inc. (CSI), Logan, USA）和 CR5000（CSI）数据采集器，主要用于高频（10 Hz）的  $\text{CO}_2$ 、 $\text{H}_2\text{O}$  和能量通量数据的连续测定与存储。仪器安装高度为 4 m，涡度塔周边下垫面植被均一，保证足够的通量观测源区范围。自动气象观测系统的仪器主要包括：净辐射仪（CNR1, Kipp & Zonen, Delft, Netherlands）、光合有效辐射传感器（LI-190SB, LICOR）、大气温湿度传感器（HMP45C, CSI）、雨量筒（TE525, CSI）、土壤温度传感器（107, CSI）、土壤水分传感器（CS616, CSI）和土壤热通量传感器（HFT-3, SCI）。气象数据的测定频率为 1 分钟，采用 CR23X 数据采集器（CSI）记录并存储 30 分钟均值。仪器的测定指标及安装高度见表 1。

## 1.3 数据处理方法

本数据集按照 ChinaFLUX 通用的标准流程完成原始通量观测数据的计算，包括原始数据校正、数据质量控制、缺失数据插补等<sup>[13]</sup>（图 2）。

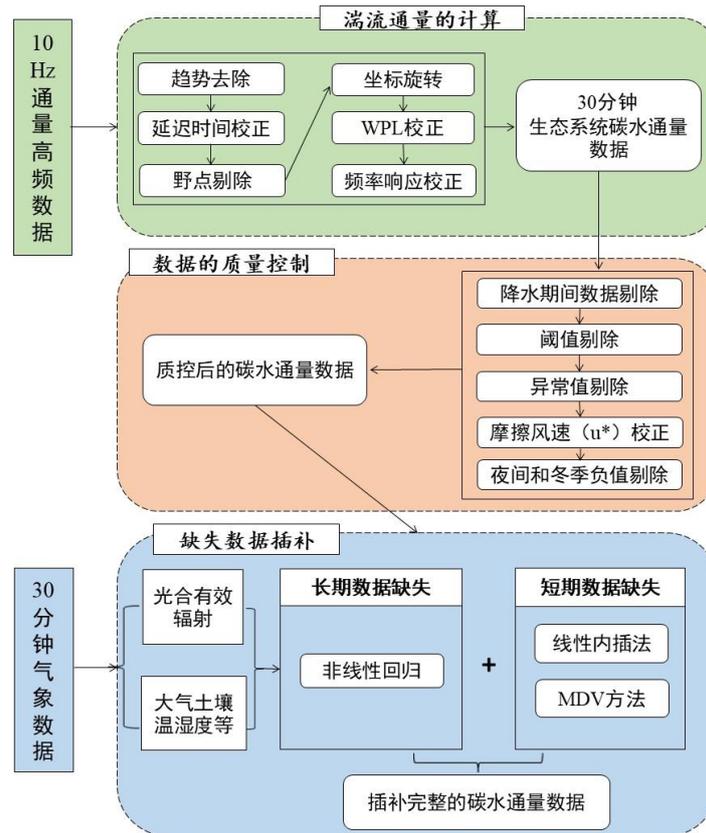


图 2 通量数据处理流程图

Figure 2 Schematic diagram of flux data processing

首先，利用 EddyPro 软件 (LICOR) 完成高频 10 Hz 通量数据的处理，具体包括数据趋势去除、延迟时间校正、野点剔除、坐标旋转、WPL 校正、频率响应校正等，得到 30 分钟通量数据。

然后，对 30 分钟通量数据进行质量控制。为减少异常数据的干扰，需要对碳通量观测数据进行质量控制并剔除异常数据，包括剔除由于降水等原因导致的异常值。剔除小于临界摩擦风速 ( $u^*$ ) 阈值的夜间无效碳水通量数据同时剔除夜间和冬季 NEE 负值。每年的  $u^*$  阈值通过 Reichstein et al (2005) 的方法计算得出<sup>[14]</sup>。为了保证夜间有效数据量，若计算得到的  $u^*$  大于 0.1 m/s，则  $u^*$  设为 0.1 m/s。2006–2015 年的平均  $u^*$  阈值为  $0.95 \pm 0.01$  m/s。“冬季 NEE 负值”的剔除标准为，在非生长季，当空气温度和土壤温度均小于 0 °C 时，认为植物无光合作用，并剔除 NEE 负值。

最后，对质控后的通量数据进行数据插补。由于数据质量控制和仪器故障等导致了数据缺失，需要对缺失的气象和通量数据进行插补。缺失小于 2 h 的气象数据使用相邻数据进行线性内插获得，大于 2 h 的气象数据使用平均日变化法 (MDV) 进行插补。长时段 (>10 天) 的气象数据插补时，优先利用不同环境变量之间的关系进行插补，如土温和气温的协同变化、光合有效辐射和太阳总辐射的协同变化等，同时用临近气象塔数据补充。对通量缺失数据的插补来讲，缺失时长小于 2 h 的碳水热通量数据采用使用线性内插法。而对于缺失时长大于 2 h 的 NEE 数据采用非线性回归的方式插补。白天和夜间通量数据分别采用直角双曲线光响应方程<sup>[15]</sup>和考虑到土壤含水量对  $Q_{10}$  影响的 Van't Hoff 方程<sup>[16]</sup>进行插补。缺失大于 2 h 的 LE 和 H 数据采用平均日变化法进行插补。

## 2 数据样本描述

本数据集包括 2 个 Excel 文件，分别为碳水通量数据和气象要素数据，均为 30 分钟尺度数据，总数量为 42.9 MB。碳水通量和气象数据均包含 10 个工作表，并以表内数据年份命名。具体数据说明见表 1 和表 2。

表 1 气象观测数据集参数一览表

Table 1 Overview of the parameters of the meteorological dataset

数据项	数据类型	计量单位	测量仪器、型号	仪器安装高度/深度
年	数字			
月	数字			
日	数字			
时	数字			
分	数字			
向下短波辐射(SW <sub>in</sub> )	数字	W m <sup>-2</sup>	净辐射仪 (CNR1, Kipp & Zonen)	4 m
向上短波辐射(SW <sub>out</sub> )	数字	W m <sup>-2</sup>	净辐射仪 (CNR1, Kipp & Zonen)	4 m
向下长波辐射(LW <sub>in</sub> )	数字	W m <sup>-2</sup>	净辐射仪 (CNR1, Kipp & Zonen)	4 m
向上长波辐射 (LW <sub>out</sub> )	数字	W m <sup>-2</sup>	净辐射仪 (CNR1, Kipp & Zonen)	4 m
净辐射(R <sub>n</sub> )	数字	W m <sup>-2</sup>	净辐射仪 (CNR1, Kipp & Zonen)	4 m
土壤热通量 (G)	数字	W m <sup>-2</sup>	土壤热通量板 (HFT-3,CSI)	2 cm
光合有效辐射 (PAR)	数字	μmol m <sup>-2</sup> s <sup>-1</sup>	光合有效辐射传感器 (LI-190SB, LICOR)	4 m
大气温度 (TA)	数字	°C	大气温湿度传感器 (HMP45C, CSI)	1 m
大气相对湿度 (RH)	数字	%	大气温湿度传感器 (HMP45C, CSI)	1 m
降水量 (Rainfall)	数字	mm	雨量筒 (TE525, CSI)	4 m
土壤温度(TS)	数字	°C	土壤温度传感器 (107, CSI)	10 cm
土壤含水量 (SWC)	数字	m <sup>3</sup> m <sup>-3</sup>	土壤水分传感器 (CS616, CSI)	0-10 cm
风速 (WS)	数字	m s <sup>-1</sup>	三维超声风速仪 (CSAT3, CSI)	4 m
风向 (WD)	数字	°	三维超声风速仪 (CSAT3, CSI)	4 m
摩擦风速 (Ustar)	数字	m s <sup>-1</sup>	三维超声风速仪 (CSAT3, CSI)	4 m
气压 (PA)	数字	kPa	开路式红外气体分析仪 (LI-7500, LICOR)	4 m

表 2 通量观测数据集参数一览表

Table 2 Overview of the parameters of the flux dataset

数据项	数据类型	计量单位	测量仪器、型号	仪器安装高度/深度
年	数字			
月	数字			
日	数字			
时	数字			

数据项	数据类型	计量单位	测量仪器、型号	仪器安装高度/深度
分	数字			
生态系统净碳交换量 (NEE)	数字	mg CO <sub>2</sub> m <sup>-2</sup> s <sup>-1</sup>	三维超声风速仪 (CSAT4, CSI), 开路式 红外气体分析仪 (LI-7500, LICOR)	4 m
潜热通量 (LE)	数字	W m <sup>-2</sup>	三维超声风速仪 (CSAT3, CSI), 开路式 红外气体分析仪 (LI-7500, LICOR)	4 m
感热通量 (H)	数字	W m <sup>-2</sup>	三维超声风速仪 (CSAT3, CSI)	4 m

### 3 数据质量控制和评估

数据时间序列完整性：30 分钟尺度上，不同年份之间生态系统净碳交换量 (NEE)、潜热通量 (LE) 和感热通量 (H) 的有效观测数据比例分别为 50%~60%，73%~84%，84%~88% (表 3)。数据缺失的原因可分为两类，一类主要是数据质量控制中出现的的数据缺失，包括异常数据剔除、夜间通量数据筛选等，其中夜间筛选的数据主要包括低于摩擦风速的通量值和夜间 (向下短波辐射 < 1 W/m<sup>2</sup> 判定为夜间数据) 负值；另一类主要是由于停电、仪器故障等造成的数据缺测，NEE、LE 和 H 的缺测数据比例分别为 4.6%±3.5%，4.6%±3.5% 和 2.8%±2.2%。其中由于红外气体分析仪的故障，2014 年 10 月 24 日–12 月 10 日存在较长时段的 NEE 和 LE 数据缺失。

表 3 30 分钟尺度多伦站通量数据质量控制后的有效数据所占比例

Table 3 Proportions of effective half-hourly fluxes data after quality control at Duolun Station

年份	生态系统净碳通量 NEE	潜热通量 LE	感热通量 H
2006	57%	81%	86%
2007	57%	80%	84%
2008	50%	77%	84%
2009	54%	80%	85%
2010	56%	80%	85%
2011	53%	79%	84%
2012	56%	83%	87%
2013	59%	84%	88%
2014	55%	73%	87%
2015	60%	80%	85%
平均值	(56 ± 3)%	(80 ± 3)%	(86 ± 1)%

能量平衡闭合程度常被作为评估涡度相关观测数据质量的重要指标。我们使用能量平衡比率 (Energy balance ratio, EBR) 评估了多伦站通量测定期间的能量闭合状态。结果表明，多伦站 2006–2015 年 EBR 的均值为 1.04 ± 0.07，另外，生长季和非生长季的 EBR 均与全年值相当，两者之间没有显著差别 ( $P > 0.05$ )，分别为 1.05 ± 0.06 和 1.04 ± 0.12 (表 4)。与已有研究相比，多伦站能量闭合程度高于中国和全球通量观测台站能量平衡比率的平均水平 (0.83 和 0.82) [17–19]。这表明多伦站的通量数据观测质量较好，具有较高的可靠性。

表 4 多伦站 2006–2015 年能量平衡比率

Table 4 Energy balance ratio (EBR) from 2006 to 2015 at Duolun Station

年份	全年	生长季	非生长季
2006	1.20	1.11	1.30
2007	1.07	1.03	1.11
2008	1.08	1.08	1.08
2009	1.04	1.05	1.02
2010	1.07	1.07	1.07
2011	1.04	1.11	0.97
2012	0.97	1.07	0.86
2013	1.00	1.06	0.93
2014	1.02	0.94	1.12
2015	0.94	0.93	0.96
平均值	1.04 ± 0.07	1.05 ± 0.06	1.04 ± 0.12

注:  $EBR = \frac{\sum(L E+H)}{\sum(R_n-G_0)}$ , LE: 潜热通量, H: 感热通量,  $R_n$ : 净辐射,  $G_0$ : 土壤热通量。

## 4 数据使用方法和建议

本数据集提供了内蒙古多伦站温带典型草原生态系统碳水热通量数据和常规气象要素数据, 适用于生态系统碳水循环及能量平衡集成分析以及相关模型的验证与参数优化等研究。本站点 2006–2009 年的通量数据已经在 FLUXNET2015 数据集中公开发布<sup>[19]</sup>。此次, 我们将公开发布数据时间更新至 2015 年, 这将为草原生态系统长期碳水通量研究提供重要的基础数据。同时, 为了保证与其他站点间数据的可比性, 本数据集采用了 ChinaFLUX 的标准处理流程进行数据处理、质量控制和数据插补。由于涡度数据处理技术的不断发展, ChinaFLUX 现有的技术体系也会随之更新和完善, 其结果也可能与现有方法之间存在一定差异。此外, 多伦站点部分通量数据的分析结果已经公开发表<sup>[20–24]</sup>, 可以为本数据集的使用提供重要参考。

本数据集的质量控制和处理方法的详细信息可参考于贵瑞等<sup>[25–26]</sup>、张雷明等<sup>[13]</sup>发表的文献。

## 5 数据可用性声明

本数据已在科学数据银行 Science Data Bank (<https://www.scidb.cn/en>) 上发布, 由于本数据集的长期研究结果尚未完全公开发表, 因此本数据设置保护期为 2023 年 1 月–2024 年 1 月, 此期间请联系通讯作者申请数据, 申请通过后可下载。

## 致 谢

感谢任婷婷、张文丽、魏龙、苗海霞、张屏、晏黎明、赵汉林、张兵伟、王珊珊、谭星儒等在涡度塔仪器维护及相关数据监测中的贡献。感谢中国通量网 (ChinaFLUX) 和中美碳联盟 (USCCC) 在通量技术培训和数据处理等方面提供的帮助。

## 数据作者分工职责

游翠海（1993—），女，博士，研究方向为草原生态系统碳循环。主要承担工作：通量观测系统维护、数据处理分析和论文撰写。

王彦兵（1995—），男，博士研究生，研究方向为草原生态系统能量和水循环，主要承担工作：观测系统维护、数据采集与水热通量数据分析。

陈世莘（1975—），女，博士，研究方向为草原生态系统碳循环与全球变化，主要承担工作：通量塔建立与管理、数据质量控制、数据处理技术途径。

## 参考文献

- [1] SCURLOCK J M O, HALL D O. The global carbon sink: a grassland perspective[J]. *Global Change Biology*, 1998, 4(2): 229–233. DOI: 10.1046/j.1365-2486.1998.00151.x.
- [2] AHLSTRÖM A, RAUPACH M R, SCHURGERS G, et al. Carbon cycle. The dominant role of semi-arid ecosystems in the trend and variability of the land CO<sub>2</sub> sink[J]. *Science*, 2015, 348(6237): 895–899. DOI: 10.1126/science.aaa1668.
- [3] JOBBÁGY E G, JACKSON R B. The vertical distribution of soil organic carbon and its relation to climate and vegetation[J]. *Ecological Applications*, 2000, 10(2): 423–436. DOI: 10.1890/1051-0761(2000)010[0423:tvdoso]2.0.co;2.
- [4] MA S Y, BALDOCCHI D, WOLF S, et al. Slow ecosystem responses conditionally regulate annual carbon balance over 15 years in Californian oak-grass savanna[J]. *Agricultural and Forest Meteorology*, 2016, 228/229: 252–264. DOI: 10.1016/j.agrformet.2016.07.016.
- [5] LIU Y Y, VAN DIJK A I J M, DE JEU R A M, et al. Recent reversal in loss of global terrestrial biomass[J]. *Nature Climate Change*, 2015, 5(5): 470–474. DOI: 10.1038/nclimate2581.
- [6] LIANG W, ZHANG W B, JIN Z, et al. Estimation of global grassland net ecosystem carbon exchange using a model tree ensemble approach[J]. *Journal of Geophysical Research: Biogeosciences*, 2020, 125(1): e2019JG005034. DOI: 10.1029/2019jg005034.
- [7] CHANG J F, CIAIS P, GASSER T, et al. Climate warming from managed grasslands cancels the cooling effect of carbon sinks in sparsely grazed and natural grasslands[J]. *Nature Communications*, 2021, 12(1): 118. DOI: 10.1038/s41467-020-20406-7.
- [8] CHEN S P, CHEN J Q, LIN G H, et al. Energy balance and partition in Inner Mongolia steppe ecosystems with different land use types[J]. *Agricultural and Forest Meteorology*, 2009, 149(11): 1800–1809. DOI: 10.1016/j.agrformet.2009.06.009.
- [9] LAMBERS H, OLIVEIRA R S. Photosynthesis, respiration, and long-distance transport: long distance transport of assimilates[M]//*Plant Physiological Ecology*. Cham: Springer International Publishing, 2019: 173–186. DOI: 10.1007/978-3-030-29639-1\_4.
- [10] 陈世莘, 游翠海, 胡中民, 等. 涡度相关技术及其在陆地生态系统通量研究中的应用[J]. *植物生态学报*, 2020, 44(4): 291–304. DOI: 10.17521/cjpe.2019.0351. [CHEN S P, YOU C H, HU Z M, et al. Eddy covariance technique and its applications in flux observations of terrestrial ecosystems[J]. *Chinese Journal*

- of Plant Ecology, 2020, 44(4): 291–304. DOI: 10.17521/cjpe.2019.0351.]
- [11] BALDOCCHI D D. How eddy covariance flux measurements have contributed to our understanding of *Global Change Biology*[J]. *Global Change Biology*, 2020, 26(1): 242–260. DOI: 10.1111/gcb.14807.
- [12] BAI Y F, HAN X G, WU J G, et al. Ecosystem stability and compensatory effects in the Inner Mongolia grassland[J]. *Nature*, 2004, 431(7005): 181–184. DOI: 10.1038/nature02850.
- [13] 张雷明, 罗艺伟, 刘敏, 等. 2003—2005 年中国通量观测研究联盟(ChinaFLUX)碳水通量观测数据集[J/OL]. *中国科学数据*, 2019, 4(1). (2018-12-29). DOI: 10.11922/csdata.2018.0028.zh. [ZHANG L M, LUO Y W, LIU M, et al. Carbon and water fluxes observed by the Chinese Flux Observation and Research Network(2003-2005)[J/OL]. *China Scientific Data*, 2019, 4(1). (2018-12-29). DOI: 10.11922/csdata.2018.0028.zh.]
- [14] REICHSTEIN M, FALGE E, BALDOCCHI D, 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. DOI: 10.1111/j.1365-2486.2005.001002.x.
- [15] ZHANG L M, YU G R, SUN X M, et al. Seasonal variations of ecosystem apparent quantum yield ( $\alpha$ ) and maximum photosynthesis rate ( $P_{max}$ ) of different forest ecosystems in China[J]. *Agricultural and Forest Meteorology*, 2006, 137(3/4): 176–187. DOI: 10.1016/j.agrformet.2006.02.006.
- [16] YU G R, WEN X F, LI Q K, et al. Seasonal patterns and environmental control of ecosystem respiration in subtropical and temperate forests in China[J]. *Science in China (Series D:Earth Sciences)*, 2005, 48(S1):93–105.
- [17] 王彦兵, 游翠海, 谭星儒, 等. 中国北方干旱半干旱区草原生态系统能量平衡闭合的季节和年际变异[J]. *植物生态学报*, 2022, 46(12): 1448–1460. DOI: 10.17521/cjpe.2021.0428. [WANG Y B, YOU C H, TAN X R, et al. Seasonal and interannual variations in energy balance closure over arid and semi-arid grasslands in Northern China[J]. *Chinese Journal of Plant Ecology*, 2022, 46(12): 1448–1460. DOI: 10.17521/cjpe.2021.0428.]
- [18] WILSON K, GOLDSTEIN A, FALGE E, et al. Energy balance closure at FLUXNET sites[J]. *Agricultural and Forest Meteorology*, 2002, 113(1/2/3/4): 223–243. DOI: 10.1016/S0168-1923(02)00109-0.
- [19] LI Z Q, YU G R, WEN X F, et al. Energy balance closure at ChinaFLUX sites[J]. *Science in China (Series D: Earth Sciences)*, 2005, 48(S1): 51–62.
- [20] PASTORELLO G, TROTTA C, CANFORA E, et al. The FLUXNET2015 dataset and the ONEFlux processing pipeline for eddy covariance data[J]. *Scientific Data*, 2020, 7(1): 225. DOI: 10.1038/s41597-020-0534-3.
- [21] ZHANG W L, CHEN S P, CHEN J Q, et al. Biophysical regulations of carbon fluxes of a steppe and a cultivated cropland in semiarid Inner Mongolia[J]. *Agricultural and Forest Meteorology*, 2007, 146(3): 216–229. DOI: 10.1016/j.agrformet.2007.06.0.
- [22] MIAO H X, CHEN S P, CHEN J Q, et al. Cultivation and grazing altered evapotranspiration and dynamics in Inner Mongolia steppes[J]. *Agricultural and Forest Meteorology*, 2009, 149(11): 1810–1819. DOI: 10.1016/j.agrformet.2009.06.011.
- [23] LIU Y J, YOU C H, ZHANG Y G, et al. Resistance and resilience of grasslands to drought detected by SIF in inner Mongolia, China[J]. *Agricultural and Forest Meteorology*, 2021, 308: 108567. DOI:

10.1016/j.agrformet.2021.108567.

[24] YOU C H, WANG Y B, TAN X R, et al. Seasonal and interannual variations of ecosystem photosynthetic characteristics in a semi-arid grassland of Northern China[J]. *Journal of Plant Ecology*, 2022, 15(5): 961–976. DOI: 10.1093/jpe/rtac065.

[25] 于贵瑞, 孙晓敏. 陆地生态系统通量观测的原理与方法[M]. 2 版. 北京: 高等教育出版社, 2017. [YU G R, SUN X M. Principles of flux measurement in terrestrial ecosystems[M]. 2nd ed. Beijing: Higher Education Press, 2017.]

[26] 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. DOI: 10.1016/j.agrformet.2006.02.011.

## 论文引用格式

游翠海, 王彦兵, 陈世苹. 2006–2015 年内蒙古多伦典型草原碳水通量观测数据集[J/OL]. *中国科学数据*, 2023, 8(2). (2023-06-02). DOI: 10.11922/11-6035.csd.2023.0041.zh.

## 数据引用格式

游翠海, 王彦兵, 陈世苹. 2006–2015 年内蒙古多伦典型草原碳水通量观测数据集[DS/OL]. *Science Data Bank*, 2023. (2023-01-30). DOI: 10.57760/sciencedb.07138.

# A dataset of carbon and water fluxes of the typical grasslands in Duolun County, Inner Mongolia during 2006–2015

YOU Cuihai<sup>1,3</sup>, WANG Yanbing<sup>1,2</sup>, CHEN Shiping<sup>1,2\*</sup>

1. State Key Laboratory of Vegetation and Environmental Change, Institute of Botany, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100093, P. R. China

2. University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, P. R. China

3. School of Ecological and Environmental Sciences, East China Normal University, Shanghai 200241, P. R. China

\*Email: spchen@ibcas.ac.cn

**Abstract:** Grassland is an important terrestrial ecosystem for the exchange of mass and energy between land and atmosphere, playing an important role in global carbon cycle. However, the direction and size of its carbon sink are still in dispute. The eddy covariance technique can be used to continuously determine ecosystem-level carbon, water and energy exchanges between vegetation and atmosphere. The long-term observations of carbon and water fluxes can help quantify the carbon sequestration capability of grassland ecosystems and its response to climate change. This dataset consists of two half-hourly data files, including the carbon, water and heat fluxes data file and the meteorological variables data file. All of the flux data were processed according to the flux data processing procedure specified by ChinaFLUX. The observational

quality of this dataset is good, with a complete data observation integrity of over 95% throughout the year and a high energy balance ratio ( $1.04 \pm 0.07$ ). This decadal flux dataset from 2006 to 2015 provides a high-quality and continuous long-term eddy flux observation data valuable for the research of diurnal dynamics, seasonal and interannual variations of carbon and water fluxes, which is significant for evaluating the role of China's temperate typical grasslands in regional and global carbon and water cycles.

**Keywords:** eddy covariance technique; temperate grassland; carbon flux; evapotranspiration; energy flux

### Dataset Profile

<b>Title</b>	A dataset of carbon and water fluxes of the typical grasslands in Duolun County, Inner Mongolia during 2006-2015
<b>Data corresponding author</b>	CHEN Shiping (spchen@ibcas.ac.cn)
<b>Data author(s)</b>	YOU Cuihai, WANG Yanbing, CHEN Shiping
<b>Time range</b>	2006 – 2015
<b>Geographical scope</b>	Duolun County, Xilingol League, Inner Mongolia Autonomous Region (116°17'01"E, 42°02'48"N)
<b>Data volume</b>	43 MB
<b>Data format</b>	*.xlsx
<b>Data service system</b>	<a href="http://doi.org/10.57760/sciencedb.07138">http://doi.org/10.57760/sciencedb.07138</a>
<b>Source(s) of funding</b>	National Natural Science Foundation of China (32071565 and U22A20559); National Key Basic Research and Development Project (2017YFA06048)
<b>Dataset composition</b>	This dataset consisted of half-hourly data of carbon, water, heat fluxes and meteorological elements. (1) "Meteorological data. xlsx" contains meteorological element data with a volume of 14 MB; (2) "Flux data. xlsx" contains carbon, water and heat flux data with a volume of 29 MB.