

2018–2020 年盘锦稻田碳水通量数据集

ISSN 2096-2223

CN 11-6035/N



贾庆宇^{1,2,3}, 温日红^{1,2}, 周莉^{4*}, 周广胜^{4*}, 谢艳兵^{1,2}, 吴琼³

1. 中国气象局沈阳大气环境研究所, 沈阳 110166
2. 辽宁省农业气象灾害重点实验室, 沈阳 110166
3. 盘锦国家气候观象台, 辽宁盘锦 124010
4. 中国气象科学研究院, 灾害天气国家重点实验室, 北京 100081

摘要: 稻田在农业土地利用和全球碳循环研究方面具有重要意义。辽河三角洲是东北水稻主产区之一, 为研究稻田碳水循环提供了良好的实验平台。但辽河三角洲稻区长期碳水通量的研究还比较欠缺, 迫切需要对其进行长期的数据监测及整理。本数据集为 2018–2020 年辽河三角洲稻田生态系统的通量观测数据, 通量塔位于中国气象局东北地区生态与农业气象野外科学试验基地盘锦稻田研究站。基于中国通量观测研究网络 (ChinaFLUX) 数据标准处理流程形成生态系统碳水通量和关键气象要素四种时间尺度数据集, 包括半小时、日、月和年的数据文件。本数据集对准确评价辽河三角洲稻田生态系统碳水通量在区域和全球碳水循环中的地位和作用具有重要意义。

关键词: 辽河三角洲; 稻田; 涡度相关; 碳水通量; 数据集



文献 CSTR:

32001.14.11-6035.csd.2023.0003.zh



文献 DOI:

10.11922/11-6035.csd.2023.0003.zh

数据 DOI:

10.57760/sciencedb.06828

文献分类: 地球科学

收稿日期: 2022-12-04

开放同评: 2023-01-29

录用日期: 2023-04-18

发表日期: 2023-06-28

数据库 (集) 基本信息简介

数据库 (集) 名称	盘锦稻田碳水通量 2018–2020 年数据集
数据通信作者	周莉 (zhouli@cma.gov.cn), 周广胜 (zhougs@cma.gov.cn)
数据作者	贾庆宇、温日红、周莉、周广胜、谢艳兵、吴琼
数据时间范围	2018–2020 年
地理区域	地理经纬度为 40°56'29"N, 121°57'37"E, 海拔 2 m
数据量	14.2 MB
数据格式	*.xlsx
数据服务系统网址	https://doi.org/10.57760/sciencedb.06828
基金项目	科技部科技基础资源调查项目 (2019FY0101302)、国家重点研发计划 (2022YFF0801301)、辽宁省气象局核心攻关项目 (LNCP202205)。
数据库 (集) 组成	数据集共包括 8 个数据文件, 分别为通量和气象数据半小时、日值、月值、年值 8 个数据产品。其中, 通量数据产品包括生态系统 CO ₂ 净交换量 (NEE)、生态系统 CO ₂ 总交换量 (GEE)、生态系统呼吸速率 (Re)、生态系统潜热通量 (LE)、生态系统感热通量 (Hs); 气象数据包括空气温度, 空气相对湿度, 水汽压, 风速, 风向, 大气压, 四分量辐射及净辐射, 光合有效辐射, 净辐射, 土壤温度, 土壤体积含水量, 降水量等气象要素。

* 论文通信作者

周莉: zhouli@cma.gov.cn

周广胜: zhougs@cma.gov.cn

引言

植被与大气间 CO_2 通量的长期观测有利于确定生态系统“碳源/汇”的时空变化和分布特征，理解生态系统碳循环过程和控制机理，以及正确评价生态系统碳收支对预测未来气候变化的响应和适应。中国东北是水稻(*Oryza sativa* L.)的主要产区，均为全年一熟、冬休闲的寒地单季稻类型。辽河三角洲是我国三大河口三角洲之一，是东北优质粳米主产区^[1]，水稻的植被碳储量达到 282.5×10^4 t，占区域碳储量的 37.03%^[2]，其微小的变化都会影响区域和全球气候变化，对区域和全球的碳循环具有重要的作用。因此，长期持续观测、准确的量化和理解河口三角洲稻田生态系统碳通量特征是十分必要的。

本文对 2018–2020 年辽河三角洲耐盐碱稻田观测 CO_2 、 H_2O 通量以及常规气象数据进行系统介绍，这将有助于推进对耐盐碱水稻碳源汇的理解，本数据集的共享与使用将为区域乃至碳水通量和气候变化研究提供坚实的数据基础。

1 数据采集和处理方法

中国气象局沈阳大气环境研究所 2004 年在盘锦鼎翔风景区建设了盘锦稻田研究站开始进行碳水通量观测^[3]，2013 年迁至现址盘锦赵圈河，至今已开展了多年碳水通量观测。通量站位于中国气象局东北地区生态与农业气象野外科学试验基地盘锦稻田站（简称盘锦稻田站），地形属于平原，地势平坦。盘锦稻田研究站的气候类型属暖温带大陆性半湿润季风气候。气候特征是四季分明，雨热同季，干冷同期，温度适宜，光照充裕。年均温 9.5°C （1981~2010 年），最低年均温为 7°C （1957 年），最高年均温为 10.8°C （2019 年），年均降水量 631 mm^[4-5]。以通量塔为中心建设 $25\text{ m} \times 25\text{ m}$ 观测样地（ $40^\circ 56' 29''\text{N}$ ， $121^\circ 57' 37''\text{E}$ ，海拔 2 m），依据足迹分析，通量贡献源区内为均一水稻田，植被为耐盐碱水稻，种植品种盐丰 47，全生育期约为 170–180 天，冠层高度 90 cm。种植方式为苗床育苗-机械移栽，苗床育苗水稻种子使用量为 100 kg hm^{-2} 。稻田系统碳水通量集研究多为土壤 pH 值中性的内陆水稻，本数据集的稻田生态系统土壤为盐渍化水稻土 pH 值偏碱，尤其是土壤碳矿化不同于内陆水稻。本数据集受当地独特的气候、环境影响，不同于其他地点的碳水通量数据集。

1.1 数据采集方法

盘锦稻田站采用开路式涡度相关通量观测系统连续监测 CO_2 和 H_2O 通量，原始采样频率为 10 Hz，由数据采集器进行数据采集和在线计算，并输出平均周期为 30 min 的 CO_2 和 H_2O 通量数据。常规气象要素的测定记录频度为 30 min，由相应数据采集器获取并存储数据。盘锦稻田站测定数据采用物联网卡无线传输的方式传输到盘锦本地服务器，然后开展后续的质量控制、标准化处理和产品加工。根据盘锦稻田站下垫面情况和植被冠层高度，通量传感器安装高度为 3.5 m。在观测塔上安装不同要素的测定传感器。各测定要素所采用主要仪器设备的传感器和分析仪名称、型号、制造商及设备产地见表 1。为了确保仪器测量 CO_2 和水汽浓度的准确和可比较性，使用制造商 Licor(USA)提供的校准单元，每间隔半年检查校准开路气体分析仪。用浓度 500 ppm（指标纯度 $\geq 99.99\%$ ）的标准 CO_2 气体来设定二氧化碳的标定范围，用露点发生器（Li-610, Licor, Lincoln, NE）来设定 H_2O 的标定范围（饱和），用镁高氯酸镁和苏打石灰（Li-670 flow controller, Licor, Lincoln, NE）过滤空气进行零点校正。

表 1 观测项目所用分析仪/传感器信息

Table 1 Analyzer/sensor information used in observation project

观测系统	测定要素	分析仪/传感器型号	分析仪/传感器制造商
CO ₂ 和 H ₂ O 通量	三维风速仪	WindMaster Pro	Gill Instruments Limited Inc.
	CO ₂ 、H ₂ O 密度	LI-7500A	LI-COR Inc.
	气体分析仪主机	LI-7550	LI-COR Inc.
常规气象要素	空气温度	TR1	Adcon Inc.
	空气湿度	TR1	Adcon Inc.
	四分量辐射	NR01	Hukseflux Inc.
	光合有效辐射	PQS1	Kipp&Zonen Inc.
	土壤温度	SM1	Adcon Inc.
	土壤湿度	SM1	Adcon Inc.
	土壤热通量	HFP01	Hukseflux Inc.
	降雨量	52202/52203	RM.Young Inc.

1.2 数据处理

1.2.1 数据质量控制与插补

本数据集严格按照中国通量观测研究网络（ChinaFLUX）的通量数据标准处理体系^[6]进行数据的预处理和质量控制。采用 Eddpro7.0.9 软件处理原始涡度通量数据进行预处理，预处理过程包括原始数据分析、超声虚温校正^[7]、去除异常值、二次坐标轴旋转、频谱修正^[8-9]、密度校正（Webb Pearman Leuning, WPL）^[10]、质量标记^[11]、能量平衡分析、数据插补等。将 10 Hz 数据变成 30 min 流程图见图 1。

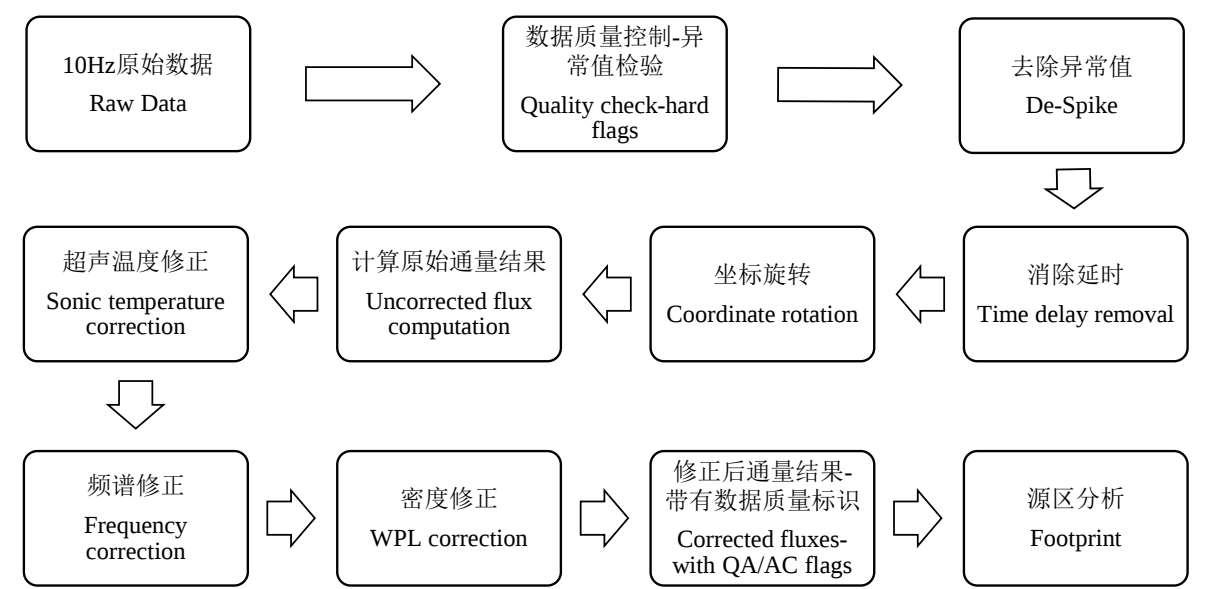


图 1 原始数据预处理流程图

Figure 1 Preprocessing flow chart of raw data

使用 Tovi 软件质量控制软件对预处理结果进行进一步质量控制和数据插补。Tovi 软件是美国 LI-COR 公司基于 OzFlux^[12]基础，与 ICOS，AmeriFlux，Euroflux 组织及相关科学家共同开发的一款

通量数据处理软件, 实现数据质量控制 (QC_1)^[13]、气象数据插补 (BMG)^[12]、通量数据存储项修正 (SC)^[14]、能量平衡存储项修正 (EBR)^[15]、摩擦风速阈值计算 (MPT)、摩擦风速剔除 (QC_2)、能量平衡分析 (EB)、通量源区分析 (FPA) 和分配 (FFA) 绘制、数据插补 (MDS, Marginal Distribution Sampling)^[12-13]、碳循环分析等数据可视化分析功能。

(1) 数据质量控制 (QC_1)

通过设定阈值、数据质量标识去除不合理数据, 基于理论正常值范围, 例如 CO_2 通量 $-50 \sim 50 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$, 短波向下辐射 (总辐射) $-10 \sim 1500 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$ (日照常数 $1356 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$); 智能阈值范围: 计算中位数 ± 10 倍四分位距; 依据大气稳定测试 RN_{cov} (steady state test) 和湍流充分 $\text{ITC}\sigma$ (developed turbulent conditions test) 两种情况时结果 (Foken 检验, 无量纲), 按照表 2 原则进行判断, 得到诊断值 0, 1 或 2 数据质量标识, 0, 1 保留, 2 剔除。

表 2 数据质量控制标准

Table 2 Standard of data quality control

RN_{cov}	$\text{ITC}\sigma$	QA/QC 标识	数据质量
≤ 30	≤ 30	0	高
≤ 100	≤ 100	1	中
> 100	> 100	2	低

(2) 气象数据插补 (BMG)

涡度、气象系统数据和外部气象数据做回归分析, 补充涡度或气象缺失数据。设置每 1 月为一个时间窗格, 对于缺失率小于 50% 的, 进行 ERA-I (Grid) 再分析数据^[16]和 NOAA 综合地面数据库 (ISD)^[17]与气象数据的相关分析, 均为软件自动获取, 建立 OLS 回归方程 ($R^2 > 60\%$)^[12]见公式 (1), 插补缺失数据, 形成连续的半小时时间序列数据。

$$y = a_0 + a_1 \cdot x + a_2 \cdot x^2 + a_3 \cdot x^3 + \dots + a_i \cdot x^i \quad (1)$$

式中, y 为插补值, x 为邻近站的 ERA-I (Grid) 再分析数据或 NOAA 综合地面数据 (ISD)。

对于缺失率大于 50% 的气温、风向、风速、土壤温湿度等数据, 采用临近气象站数据补充。缺失率大于 50% 的辐射和土壤热通量等数据无法补充。对于无法插补的半小时数据用 -9999 替代, 在进行日统计时对于插补后半小时数据缺失率大于 50% 用 -9999 替代, 月和年尺度上参照日统计。

(3) 存储项修正 (SC)

在大气层结稳定的夜间, 土壤和植物呼吸所释放的 CO_2 可能被储存在植被冠层的大气中, 导致观测数据低于生态系统实际的碳交换量。因此, 须通过计算生态系统储存项 (F_s) 来补偿仪器观测所低估的 NEE ^[6]。采用公式 (2) (3) 进行 NEE 存储项的修正:

$$F_s = (\Delta c / \Delta t) \cdot h \quad (2)$$

$$\text{NEE} = F_c + F_s \quad (3)$$

式中, F_s 为生态系统存储项, Δc 为前后两次相邻时刻测定的 CO_2 浓度差 ($\text{mgCO}_2 \cdot \text{m}^{-3} \cdot \text{s}^{-1}$), Δt 为前后两次测定的时间间隔 (1800 s), h 为观测高度 (m)。式中 NEE 为修正后的 CO_2 通量, F_c 为观测的 CO_2 通量。

(4) 能量平衡留存项修正 (EBR)

导致能量不闭合的一个原因可能是涡度测量本身对于潜热、感热项的低估。对于留存项进行修正, 数据更加准确, 能量闭合度有显著提高。

(5) 摩擦风速阈值计算 (MPT)

摩擦风速 u^* 是近地面层湍流运动的一个参考速度，摩擦风速过小，往往认为通量计算结果就不再可靠。通过 MPT (Moving point test) 方法^[18]确定 u^* 的临界值，将每年的数据 (u^* 、 F_c 、空气温度) 重新采样 M 次，得出 M 个不同的阈值。因为 MPT 涉及独立地计算每个季节的阈值，所以将每个季节 u^* 阈值的分布绘制在一张直方图中。用于构建最终直方图 (直方图的中值为最终阈值) 的数据是通过在每个自举迭代中取四个季节性阈值的最大值来导出的，从中构建最终直方图并导出最终 u^* 阈值。2018 年 u^* 阈值为 $0.167 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ ，2019 年 u^* 阈值为 $0.166 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ ，2020 年 u^* 阈值为 $0.140 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ 。

(6) 数据质量控制 (QC_2)

根据计算出的摩擦风速 u^* 阈值，进行数据质量控制，剔除 u^* 小于临界值的通量数据。

(7) 能量平衡分析 (Energy Balance)

根据感热通量 (H_s)，潜热通量 (LE)，净辐射 (R_n 或称为 NETRAD) 和土壤表面热通量 (G)，闭合程度，验证通量数据是否可靠。

(8) 通量数据插补 (Gap Filling)

采用边际分布采样法 (MDS) 根据通量数据与气象因子之间的关系 (covariation) 以及通量数据在时间上的自相关进行插补。边际分布采样法 (MDS) 是平均昼夜变化法和查表法的综合使用，在气温 (T_a)、短波辐射 (SWIN) 和饱和水汽压差 (VPD) 观测数据均可用时，在一定的时间窗口 (缺失数据前后 14~28 d) 内，分别以 2.5°C 、 $50 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$ 和 0.5 kPa 的变异范围约束 T_a 、SWIN 和 VPD 进行数据插补；在仅 SWIN 数据可用时，将插补的时间窗口缩小至前后 14 d；在气象观测要素全部缺失时，则使用平均昼夜变化法对缺失数据进行插补；若仍有缺失则扩大时间窗口重复上述步骤，直至完成对全部缺失数据的插补^[15]。缺失 1 天以内的插补后 QC (质量标识) 记作 0，1~7 天 QC 记作 1，7~14 天 QC 记作 2，以 7 天倍数类推，QC 值越小表示插补结果越可用^[15]。按照以上原则对缺失的感热通量 (H_s)、潜热通量 (LE) 和 CO_2 通量 (NEE) 数据进行插补。

1.2.2 CO_2 通量数据的拆分和统计

涡度相关系统无法直接测定生态系统 CO_2 总交换量 (GEE) 和生态系统呼吸速率 (Re)，需利用公式 (4) (5) ^[19] 基于 30 min 气象和通量数据进行外推得到 GEE 和 Re 。

$$\text{Re}(T) = \text{Re}_{ref} e^{E_0(1/(T_{ref}-T_0)-1/(T-T_0))} \quad (4)$$

$$\text{GEE} = \text{Re} - \text{NEE} \quad (5)$$

式中， E_0 是需要求解的变量， T_0 ：常数项， T_{ref} ：取 10°C 或 15°C ， Re_{ref} ：在 T_{ref} 对应的呼吸通量值， T ：实际的温度， $\text{Re}(T)$ ：实际温度下的呼吸通量值。

对于生态系统的生长季，假设 Re 即为夜间的 NEE，利用其与温度的指数函数关系，得到呼吸模型中的参数，并将此参数推广到白天，算得白天的呼吸值，最后利用白天的 NEE 和 Re 推算出白天的 GEE；而对于非生长季，则认为该生态系统只有呼吸过程的碳排放而无光合碳吸收，即 $\text{Re} = \text{NEE}$ 。在获得完整的 30 min 数据后，将 NEE、 Re 和 GEE 等累加求和，得到生态系统在日、月、年等不同时间尺度上的碳交换总量 ($\text{gCO}_2\cdot\text{m}^{-2}$) ^[19]。

2 数据样本描述

盘锦稻田站数据文件表头示例见表 3、表 4。

表 3 通量观测数据表头

Table 3 Headers of flux observation data

时间尺度	数据项	数据类型	计量单位	数据项说明
半小时	Date	数字	/	YYYY-MM-DD
	Time	数字	/	HH:MM
	CO2_flux	数字	$\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\text{s}^{-1}$	原始 CO ₂ 通量
	CO2_flux_QC	数字	/	原始 CO ₂ 通量质量标识
	LE	数字	$\text{W}\cdot\text{m}^{-2}$	原始潜热通量
	LE_QC	数字	/	原始潜热通量质量标识
	H	数字	$\text{W}\cdot\text{m}^{-2}$	原始感热通量
	H_QC	数字	/	原始感热通量质量标识
	NEE	数字	$\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\text{s}^{-1}$	经过质控、异常值剔除和插补后的 CO ₂ 通量
	NEE_QC	数字	/	插补后 CO ₂ 通量质量标识
	GEE	数字	$\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\text{s}^{-1}$	CO ₂ 总交换量
	Re	数字	$\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\text{s}^{-1}$	生态系统呼吸速率
	LE	数字	$\text{W}\cdot\text{m}^{-2}$	经过质控和异常值剔除后的潜热通量
	LE_mdsgf_QC	数字	/	插补后潜热通量质量标识
	Hs	数字	$\text{W}\cdot\text{m}^{-2}$	经过质控和异常值剔除后的感热通量
	Hs_mdsgf_QC	数字	/	插补后潜热通量质量标识
日尺度	年	数字	/	年份
	月	数字	/	月份
	日	数字	/	日期
	NEE	数字	$\text{gCO}_2\cdot\text{m}^{-2}\text{s}^{-1}$	半小时 NEE 累积值
	GEE	数字	$\text{gCO}_2\cdot\text{m}^{-2}\text{s}^{-1}$	半小时 GEE 累积值
	Re	数字	$\text{gCO}_2\cdot\text{m}^{-2}\text{s}^{-1}$	半小时 Re 累积值
	LE	数字	$\text{MW}\cdot\text{m}^{-2}$	半小时潜热通量累积值
	Hs	数字	$\text{MW}\cdot\text{m}^{-2}$	半小时感热通量累积值
月尺度	年	数字	/	年份
	月	数字	/	月份
	NEE	数字	$\text{gCO}_2\cdot\text{m}^{-2}\text{s}^{-1}$	半小时 NEE 累积值
	GEE	数字	$\text{gCO}_2\cdot\text{m}^{-2}\text{s}^{-1}$	半小时 GEE 累积值
	Re	数字	$\text{gCO}_2\cdot\text{m}^{-2}\text{s}^{-1}$	半小时 Re 累积值
	LE	数字	$\text{MW}\cdot\text{m}^{-2}$	半小时潜热通量累积值
	Hs	数字	$\text{MW}\cdot\text{m}^{-2}$	半小时感热通量累积值
年尺度	年	数字	/	年份
	NEE	数字	$\text{gCO}_2\cdot\text{m}^{-2}\text{s}^{-1}$	半小时 NEE 累积值
	GEE	数字	$\text{gCO}_2\cdot\text{m}^{-2}\text{s}^{-1}$	半小时 GEE 累积值
	Re	数字	$\text{gCO}_2\cdot\text{m}^{-2}\text{s}^{-1}$	半小时 Re 累积值
	LE	数字	$\text{MW}\cdot\text{m}^{-2}$	半小时潜热通量累积值
	Hs	数字	$\text{MW}\cdot\text{m}^{-2}$	半小时感热通量累积值

表 4 不同时间尺度气象观测数据表头

Table 4 Headers of meteorological observation data at different time scales

序号	数据项	数据类型	计量单位	数据项说明
1	Date	数字	/	YYYY-MM-DD
2	Time	数字	/	HH:MM
3	近地面空气温度	数字	K	地面上方 2.5 m 空气温度
4	近地面空气湿度	数字	%	地面上方 2.5 m 空气湿度
5	平均风速	数字	m·s ⁻¹	地面上方 2.5 m 风速
6	风向	数字	Deg	风向平均值
7	向下短波辐射	数字	W·m ⁻²	向下短波辐射均值
8	向上短波辐射	数字	W·m ⁻²	向上短波辐射均值
9	向下长波辐射	数字	W·m ⁻²	向下长波辐射均值
10	向上长波辐射	数字	W·m ⁻²	向上长波辐射均值
11	净辐射	数字	W·m ⁻²	净辐射平均值均值
12	光合有效辐射	数字	μmol·m ⁻² s ⁻¹	光合有效辐射平均值
13	土壤体积含水量	数字	m ³ ·m ⁻³	地表下 10 cm、20 cm、30 cm、40 cm、50 cm 的土壤体积含水量，分别代表地下 1 至 5 层土壤体积含水量
14	土壤温度	数字	K	地表下 5 cm、35 cm 的土壤温度平均值，分别代表地下 1 至 2 层土壤温度
15	降水量	数字	mm	降水量累计值
16	土壤热通量	数字	W·m ⁻²	地表下 5 cm 的土壤热通量

3 数据质量控制与评估

在半小时尺度上，盘锦稻田站 2018–2020 年 CO₂ 通量观测原始数据有效比例分别为 95.77%、98.40%和 96.32%，质控后数据比例为 82.65%、61.33%和 87.74%；潜热通量观测原始数据有效比例分别为 84.76%、95.45%和 92.22%，质控后数据比例为 74.85%、64.16%和 86.93%；感热通量观测原始数据有效比例分别为 99.65%、99.79%和 97.74%，质控后数据比例为 90.67%、62.26%和 95.94%（表 5）。能力闭合分析表明，稻田台站的能量平衡比率平均为 0.85。2019 年受降水量和频次偏多影响有效数据比例偏低（2019 年总降水量 744.3 mm，2018 年和 2020 年分别为 379.1 mm 和 516 mm，2019 年降水频次和降水时长均大于其他两年）。

表 5 盘锦稻田站半小时尺度上通量数据有效数据比例（%）

Table 5 Proportions of valid data of half-hourly scale flux data (%)

年份	月份	CO ₂ 通量		潜热通量		感热通量	
		原始数据	质控后数据	原始数据	质控后数据	原始数据	质控后数据
2018	1	95.30	74.46	92.00	72.65	99.06	83.94
	2	95.68	74.48	93.97	71.35	99.93	82.07
	3	98.39	87.57	96.91	86.76	99.06	92.67
	4	97.08	87.08	95.69	88.61	99.93	92.92
	5	98.32	88.91	99.33	93.08	99.93	95.63
	6	98.68	93.13	96.32	93.33	99.44	97.50

年份	月份	CO ₂ 通量		潜热通量		感热通量	
		原始数据	质控后数据	原始数据	质控后数据	原始数据	质控后数据
	7	75.34	68.28	48.99	44.42	100.00	93.15
	8	99.60	91.13	82.86	76.68	99.46	94.22
	9	98.61	85.49	37.15	31.81	99.79	90.35
	10	99.33	84.88	92.47	82.33	99.53	91.13
	11	96.53	80.07	90.35	80.07	100.00	89.65
	12	96.64	76.08	91.33	76.55	99.73	84.27
	全年	95.77	82.65	84.76	74.85	99.65	90.67
2019	1	99.93	45.97	96.30	46.98	99.93	46.71
	2	97.77	51.71	94.72	54.69	99.03	53.27
	3	99.33	67.94	96.10	70.70	99.87	70.09
	4	99.51	73.33	99.03	75.42	99.86	75.14
	5	98.79	78.70	98.66	81.25	99.93	81.18
	6	98.96	73.19	98.61	75.97	99.24	75.00
	7	99.73	77.82	88.10	81.59	99.93	69.96
	8	95.30	45.36	99.13	52.42	99.80	51.48
	9	99.93	59.10	97.85	58.82	99.93	59.58
	10	98.45	58.06	95.30	59.95	99.93	58.80
	11	96.74	56.53	94.51	61.25	100.00	57.92
	12	96.30	47.92	87.30	50.47	99.93	47.72
	全年	98.40	61.33	95.45	64.16	99.79	62.26
2020	1	95.70	87.57	88.71	84.21	99.87	95.30
	2	95.83	87.86	86.28	83.48	99.78	95.47
	3	97.92	93.75	95.70	94.69	99.53	97.58
	4	98.33	96.53	98.54	97.64	100.00	99.44
	5	95.23	86.36	93.01	87.50	99.66	97.11
	6	99.93	88.82	99.72	89.10	99.93	99.93
	7	99.73	76.61	99.40	79.03	99.93	97.11
	8	98.52	84.01	85.01	76.95	99.26	98.79
	9	98.89	90.42	96.04	92.01	99.79	99.79
	10	98.66	92.27	93.15	92.07	100.00	99.80
	11	99.93	96.04	96.32	95.69	97.99	97.50
	12	77.49	73.32	75.07	71.44	77.49	73.79
	全年	96.32	87.74	92.22	86.93	97.74	95.94

4 数据价值

本数据集收录了辽河三角洲稻田生态系统碳水通量数据和常规气象数据，适用于气候变化和盐碱地稻田生态系统碳水循环研究，也可为湿地生态系统遥感反演、模型的开发、模型验证提供地面观测数据支撑。

致 谢

感谢盘锦国家气候观象台孙占印、张野、陈龙对仪器和数据的维护，感谢现场维护人员、数据管理人员以及台站负责人对观测系统运行与数据质量控制的辛苦付出。

数据作者分工职责

贾庆宇（1978—），男，辽宁省沈阳市人，博士，副研究员，研究方向为典型生态系统碳通量机理机制研究。主要承担工作数据整理和文章撰写。

温日红（1982—），女，辽宁省锦州市人，硕士，助理研究员，研究方向为碳循环与气候变化。主要承担工作：协助数据整理。

周莉（1975—），女，四川省南充市，博士，研究员，研究方向为生态气象、碳循环、气候变化的影响与适应。主要承担工作：负责盘锦芦苇湿地通量站研究计划的设计和观测实施。

周广胜（1965—），男，江苏省南京市人，博士，研究员，研究方向为应用气象、全球生态学、碳循环、生态系统模型。主要承担工作：盘锦芦苇湿地站通量研究方向指导。

谢艳兵（1979—），男，河南省安阳市人，硕士，助理研究员，研究方向为典型生态系统长期监测与研究。主要承担工作：台站观测设备远程维护。

吴琼（1988—），女，辽宁省盘锦市人，本科，工程师，研究方向为典型生态系统长期监测与研究。主要承担工作：协助数据整理。

参考文献

- [1] 侯守贵, 隋国民, 马兴全, 等. 辽宁省水稻产业发展现状及展望[J]. 北方水稻, 2012, 42(5): 70–73. DOI: 10.16170/j.cnki.1673-6737.2012.05.001. [HOU S G, SUI G M, MA X Q, et al. The development state and outlook on rice industries in Liaoning Province[J]. North Rice, 2012, 42(5): 70–73. DOI: 10.16170/j.cnki.1673-6737.2012.05.001.]
- [2] 索安宁, 赵冬至, 张丰收. 我国北方河口湿地植被储碳、固碳功能研究: 以辽河三角洲盘锦地区为例[J]. 海洋学研究, 2010, 28(3): 67–71. DOI: 10.3969/j.issn.1001-909X.2010.03.009. [SUO A N, ZHAO D Z, ZHANG F S. Carbon storage and fixation by wetland vegetation at the estuaries in Northern China: a case of Panjin area, Liaohe Delta[J]. Journal of Marine Sciences, 2010, 28(3): 67–71. DOI: 10.3969/j.issn.1001-909X.2010.03.009.]
- [3] 周广胜, 周莉, 关恩凯, 等. 盘锦湿地生态系统野外观测站概况[J]. 气象与环境学报, 2006, 22(4): 1–6. DOI: 10.3969/j.issn.1673-503X.2006.04.001. [ZHOU G S, ZHOU L, GUAN E K, et al. Brief introduction of Panjin wetland ecosystem research station[J]. Journal of Meteorology and Environment, 2006, 22(4): 1–6. DOI: 10.3969/j.issn.1673-503X.2006.04.001.]
- [4] 陈龙. 盘锦湿地生态气象监测评价年报.[EB/OL]. (2021–03–03) [2021–10–12]. <https://www.panjin.gov.cn/html/1781/2021-10-12/content-92480.html>.
- [5] 贾庆宇, 李晓岚, 于文颖, 等. 温度对东北平原水稻田甲烷排放的影响[J]. 生态环境学报, 2020, 29(1): 1–10. DOI: 10.16258/j.cnki.1674-5906.2020.01.001. [JIA Q Y, LI X L, YU W Y, et al. Effect of temperature on methane emission over paddy fields in northeast plain[J]. Ecology and Environmental Sciences, 2020, 29(1): 1–10. DOI: 10.16258/j.cnki.1674-5906.2020.01.001.]
- [6] 李春, 何洪林, 刘敏, 等. ChinaFLUX CO₂ 通量数据处理系统与应用[J]. 地球信息科学, 2008, 10(5): 557–565. DOI: 10.3969/j.issn.1560-8999.2008.05.002. [LI C, HE H L, LIU M, et al. The design and application of CO₂ flux data processing system at ChinaFLUX[J]. Geo-information Science, 2008, 10(5):

557–565. DOI: 10.3969/j.issn.1560-8999.2008.05.002.]

[7] VAN DIJK A, MOENE A F, DE BRUIN H A R. The principles of surface flux physics: theory, practice and description of the ECPACK library[R]. Meteorology and Air Quality Group, Wageningen University, 2004.

[8] MONCRIEFF J B, CLEMENT R, FINNIGAN J, et al. Averaging, detrending, and filtering of eddy covariance time series[M]//Handbook of Micrometeorology. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 2004: 7–31. DOI: 10.1007/1-4020-2265-4_2.

[9] MONCRIEFF J B, MASSHEDER J M, DE BRUIN H, et al. A system to measure surface fluxes of momentum, sensible heat, water vapour and carbon dioxide[J]. Journal of Hydrology, 1997, 188/189: 589–611. DOI: 10.1016/S0022-1694(96)03194-0.

[10] WEBB E K, PEARMAN G I, LEUNING R. Correction of flux measurements for density effects due to heat and water vapour transfer[J]. Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society, 1980, 106(447): 85–100. DOI: 10.1002/qj.49710644707.

[11] FOKEN T, WICHURA B. Tools for quality assessment of surface-based flux measurements[J]. Agricultural and Forest Meteorology, 1996, 78(1/2): 83–105. DOI: 10.1016/0168-1923(95)02248-1.

[12] ISAAC P, CLEVERLY J, MCHUGH I, et al. OzFlux data: network integration from collection to curation[J]. Biogeosciences, 2017, 14(12): 2903–2928. DOI: 10.5194/bg-14-2903-2017.

[13] PAPALE D, REICHSTEIN M, AUBINET M, et al. Towards a standardized processing of Net Ecosystem Exchange measured with eddy covariance technique: algorithms and uncertainty estimation[J]. Biogeosciences, 2006, 3(4): 571–583. DOI: 10.5194/bg-3-571-2006.

[14] FALGE E, BALDOCCHI D, 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. DOI: 10.1016/S0168-1923(00)00225-2.

[15] 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.

[16] ERA Interim, Daily[DB/OL]. European centre for medium-range weather forecasts. (2022-11-05). <https://apps.ecmwf.int/datasets/data/interim-full-daily/levtype=sfc/>

[17] Global hourly – integrated surface database (ISD)[DB/OL]. National centers for environmental information. (2022-11-05). <https://www.ncei.noaa.gov/products/land-based-station/integrated-surface-data-base>.

[18] GU L H, FALGE E M, BODEN T, et al. Objective Threshold Determination for Nighttime Eddy Flux Filtering[J]. Agricultural and Forest Meteorology, 2005, 128(3–4): 179–197. DOI: 10.1016/j.agrformet.2004.11.006.

[19] WUTZLER T, LUCAS-MOFFAT A, MIGLIAVACCA M, et al. Basic and extensible post-processing of eddy covariance flux data with REddyProc[J]. Biogeosciences, 2018, 15(16): 5015–5030. DOI: 10.5194/bg-15-5015-2018.

论文引用格式

贾庆宇, 温日红, 周莉, 等. 2018–2020 年盘锦稻田碳水通量数据集[J/OL]. 中国科学数据, 2023, 8(2). (2023-06-28). DOI: 10.11922/11-6035.csd.2023.0003.zh.

数据引用格式

贾庆宇, 温日红, 周莉, 等. 盘锦稻田碳水通量 2018–2020 年数据集[DS/OL]. Science Data Bank, 2022. (2022-12-07). DOI: 10.57760/sciencedb.06828.

A dataset of the observations of carbon and water fluxes in the paddy fields of Panjin (2018–2020)

JIA Qingyu^{1,2,3}, WEN Rihong^{1,2}, ZHOU Li^{4*}, ZHOU Guangsheng^{4*}, XIE Yanbing^{1,2},
WU Qiong³

1. Institute of Atmospheric Environment, China Meteorological Administration, Shenyang 110166, P. R. China

2. Key Laboratory of Agrometeorological Disasters of Liaoning Province, Shenyang 110166, P. R. China

3. Panjin National Climate Observatory, Panjin 124010, P. R. China

4. State Key Laboratory of Severe Weather, Chinese Academy of Meteorological Sciences, Beijing, 100081, P. R. China

*Email: zhouli@cma.gov.cn; zhougs@cma.gov.cn

Abstract: Paddy fields play an important role in the study of agricultural land use and global carbon cycle. As one of the main rice producing areas in Northeast China, the Liaohe River Delta provides a good experimental platform for the study of carbon and water cycle in Paddy fields. However, due to the insufficient study of long-term carbon and water fluxes in the paddy areas of the Liaohe River Delta, there is an urgent need of long-term data monitoring and sorting. This dataset collects the observations of the flux data of the paddy field ecosystem in the Liaohe River Delta from 2018 to 2020 from the Panjin Paddy Field Research Station of the Northeast Ecological and Agrometeorological Field Experimental Base of China Meteorological Administration. Based on the data processing system of the China Flux Observation and Research Network (ChinaFLUX), we prepared standardized data files for the dataset of water fluxes of ecosystem carbon and key meteorological elements, including data files at hourly, daily, monthly and yearly scales. This dataset is of great significance for the accurate evaluation of the position and role of carbon and water fluxes of paddy field ecosystems in the regional and global carbohydrate circle in the Liaohe River Delta.

Keywords: Liaohe River Delta; eddy covariance; paddy field; carbon water flux; dataset

Dataset Profile

Title	A dataset of the observations of carbon and water fluxes in the paddy fields of Panjin (2018–2020)
Data corresponding authors	ZHOU Li(zhouli@cma.gov.cn); ZHOU Guangsheng(zhougs@cma.gov.cn)
Data author(s)	JIA Qingyu, WEN Rihong, ZHOU Li, ZHOU Guangsheng, XIE Yanbing, WU Qiong
Time range	2018 – 2020
Geographical scope	40°56'29"N, 121°57'37"E, altitude 2 m
Data volume	14.2 MB
Data format	*.xlsx
Data service system	https://doi.org/10.57760/sciencedb.06828
Source(s) of funding	National Science and Technology Basic Resources Survey Program of China (2019FY0101302), Key Project of Liaoning Provincial Meteorological Bureau (LNCP202205), National Key R&D Program of China (2022YFF0801301).
Dataset composition	The dataset is composed of 8 subsets in total, namely two types of flux and meteorological data products at half-hourly, daily, monthly, and yearly scales respectively. Among them, the flux data products contains the observations of net ecosystem exchange (NEE), gross ecosystem exchange (GEE), ecosystem respiration (Re), ecosystem latent heat flux (LE), ecosystem sensible heat flux (Hs). Meteorological data contains the observations of air temperature, relative humidity, vapor pressure, wind speed, wind direction, atmospheric pressure, four-component radiation, photosynthetically active radiation, net radiation, soil temperature, soil volumetric water content, precipitation and other meteorological elements.