

2018–2020 年盘锦芦苇湿地碳水通量数据集

ISSN 2096-2223

CN 11-6035/N



文献 CSTR:

32001.14.11-6035.csd.2023.0004.zh



文献 DOI:

10.11922/11-6035.csd.2023.0004.zh

数据 DOI:

10.57760/sciencedb.06829

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: 2023-06-08

发表日期: 2023-06-28

* 论文通信作者

周莉: zhouli@cma.gov.cn

周广胜: zhongs@cma.gov.cn

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

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: 湿地拥有巨大的碳汇能力、活跃的水汽交换和热量调节能力, 是稳定温室气体排放、减缓气候变化的关键生态系统。辽河三角洲湿地是亚洲最大的暖温带滨海湿地, 但湿地长期碳水通量的研究还比较欠缺, 影响该地区 CO₂ 通量和区域碳汇模拟精度, 迫切需要对其进行长期的数据监测及整理。本数据集为辽河三角洲芦苇湿地生态系统 2018–2020 年通量观测数据, 数据采集地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芦苇湿地研究站。基于中国通量观测研究网络 (ChinaFLUX) 数据处理体系形成了标准化的生态系统碳水通量和关键气象要素数据集, 数据集包括半小时、日、月和年 4 种尺度的数据文件。本数据集对准确评价辽河三角洲芦苇湿地生态系统碳水通量在区域和全球碳水循环中的地位 and 作用具有重要意义。

关键词: 涡度相关; 辽河三角洲; 芦苇湿地; 碳水通量; 气象观测

数据库 (集) 基本信息简介

数据库 (集) 名称	盘锦芦苇湿地碳水通量 2018–2020 年数据集
数据通信作者	周莉 (zhouli@cma.gov.cn), 周广胜 (zhongs@cma.gov.cn)
数据作者	贾庆宇、温日红、周莉、周广胜、谢艳兵
数据时间范围	2018–2020 年
地理区域	地理经纬度为 40°55'57.81"N, 121°57'52.53"E, 海拔 2 m
数据量	17.9 MB
数据格式	*.xlsx
数据服务系统网址	https://doi.org/10.57760/sciencedb.06829
基金项目	科技部科技基础资源调查项目 (2019FY0101302)、辽宁省气象局核心攻关项目 (LNCP202205)、国家重点研发计划 (2022YFF0801301)。
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)、生态系统显热通量 (H); 气象数据包括: 空气温度, 空气相对湿度, 风速, 风向, 大气压, 四分量辐射及净辐射, 太阳辐射, 光合有效辐射, 土壤温度, 降水量等气象要素。

引言

辽河三角洲芦苇湿地处于我国北方辽河平原南端、渤海湾东北部，是亚洲最大的暖温带滨海湿地和河口湿地，由辽河、大辽河、大凌河等河流冲积而成的冲积海积平原组成，属暖温带大陆性半湿润季风气候，冷凉湿润，四季分明，雨热同季，其面积达到了 $12.8 \times 10^4 \text{ hm}^2$ ^[1]，有最大芦苇湿地之称。辽河三角洲的湿地面积虽然与黄河三角洲湿地相似，但黄河三角洲湿地只有 20% 左右被芦苇 (*Phragmites australis* (Cav.) Trin. ex Steud.) 和碱蓬覆盖^[2]，芦苇湿地所占比重大小于辽河三角洲^[3]。芦苇是辽河三角洲湿地最主要的固碳植物，是全球变暖背景下极具价值的蓝色碳汇，滨海湿地附近海域，也被海洋生态学者形象地比喻为渤海、黄海海洋生物的“产床”和“摇篮”^[4]。1998 年被列入 17 个具有全球意义的中国生物多样性保护关键区域^[5]，被列入世界重要湿地名录。

中国气象局沈阳大气环境研究所 2004 年在盘锦建设了芦苇湿地研究站（现隶属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）开始进行碳水通量观测^[6]，至今已积累了大量的碳水通量观测数据。站点的详细信息见表 1。受湿地潮湿空气和北方冬季寒冷的影响，辽河三角洲一直缺少长时间序列高质量的湿地碳水通量数据，该区域对全球变化响应的研究缺乏系统的观测和数据资料支持。盘锦芦苇湿地站位于辽河三角洲芦苇湿地核心区，本数据集包括 2018–2020 年观测 CO_2 通量、潜热通量、显热通量以及常规气象数据，可为该区域乃至全球碳水通量和气候变化研究提供坚实的数据基础。

表 1 盘锦芦苇湿地站的生物环境特征^[6]

Table 1 Bioenvironmental characteristics of Panjin Reed Wetland Station

地点	辽宁省盘锦市赵圈河镇
气候类型	地处北温带，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。
年平均气温 (°C)	9.5±0.60 (1981~2010 年)
最低年平均气温 (°C)	7 (1957 年)
最高年平均气温 (°C)	10.8 (2019 年)
年平均累积降水量 (mm)	631±172.64 (1981~2010 年)
植被结构	芦苇
土壤	滨海盐土
生长季节	4 月至 11 月上旬

1 数据采集和处理方法

试验站地点位于辽河三角洲双台子河口湿地国家级自然保护区 ($40^\circ 41' \text{N} \sim 41^\circ 27' \text{N}$, $121^\circ 30' \text{E} \sim 122^\circ 41' \text{E}$ ，海拔高度为 0.0~3.8 m，面积为 816 km^2)，属滨海沼泽湿地^[7]。隶属辽河三角洲四大苇场之一的“赵圈河苇场”，试验站内部和周边优势植被为多年生草本湿地芦苇，群落高度一般为 2~3 m，4 月上、中旬开始萌发，从地下根茎长出芽，4~5 月为生长期，9~10 月开花期，11 月生长季末期，12 月下旬完全上冻后开始收割^[8]。总盖度为 90% 以上，冠层高度在 2 m 左右，仅在下层分布有少量伴生种，产量可达 $14 \sim 15 \text{ t} \cdot \text{hm}^{-2}$ 。土壤类型属于典型的滨海盐土类 (中国土种志)，土壤质地为

典型粘土（国际制土壤质地分类标准），土壤 pH 值>8 显弱碱性。芦苇湿地的水源主要为灌溉水，淹水时间为 5~9 月，季节性淹水。灌溉水是在水稻田非灌溉期间由辽河干流及从大凌河外调水供水^[9]，还有地下水、大气降水及海潮水补给，土壤表层含有大量的水分。正常辽河三角洲芦苇为“三灌三排”灌溉制度，但受区域内各河流天然来水和农业用水的影响，区域内有限的水资源优先用于农业，仅能勉强维持一次春灌，采取的是“一灌一排”的灌溉措施。

1.1 数据采集方法

碳水通量数据采集仪器为开路式涡度相关观测系统，采用的非色散红外光谱法(NDIR)测量 CO₂ 和 H₂O 浓度，采用测量声波脉冲从发射端到接收端的时间或频率(多普勒变换)差别来计算风速和风向，传感器或数据的测定和采集均为自动化完成，在线计算并存储 10 Hz 频率的原始数据。每年使用已知浓度的 CO₂ 标准气体和 N₂ 零点标气，对 CO₂、H₂O 零点和 CO₂ 量程进行标定。采用露点发生器（LI-610）产生的已知浓度的水汽，对水汽量程进行标定。常规气象要素的在线观测 30 min 或 60 min 的原始数据。盘锦芦苇湿地站测定碳水通量原始数据存储在数据采集器内的存储卡中。根据盘锦芦苇湿地站下垫面情况和植被冠层高度，通量塔传感器的安装高度为 4.2 m。各测定要素所采用主要仪器设备的传感器和分析仪名称、型号及制造商分列于表 2。

表 2 各测定要素所用关键设备的传感器和分析仪及其制造商

Table 2 Sensors and analyzers of key equipment and their manufacturers

观测系统	测定要素	传感器和分析仪	制造商	设备产地
CO ₂ 、显热和潜热通量	三维风速仪	WindMaster Pro	Gill Instruments Limited Inc.	英国
	CO ₂ 、H ₂ O 密度	LI-7500A	LI-COR Inc.	美国
常规气象要素	空气温度/湿度	HMP155	Vaisala Inc.	芬兰
	风向/风速	WS20	北京华创维想科技有限公司	中国
	大气压	PTB-2D	北京华创维想科技有限公司	中国
	净辐射	FNR-201	北京华创维想科技有限公司	中国
	光合有效辐射	FPH-1	北京华创维想科技有限公司	中国
	土壤温度	TP03	北京华创维想科技有限公司	中国
	土壤湿度	SMR-3/2	北京华创维想科技有限公司	中国
	土壤热通量	HFH-2	北京华创维想科技有限公司	中国
	降雨量	SL3-1	北京华创维想科技有限公司	中国

1.2 数据处理

1.2.1 数据质量控制与插补

涡度相关通量数据处理与质量控制是保证各观测台站数据质量、实现数据共享与综合集成的前提。由于各种天气、电力及仪器故障等原因，涡度相关观测系统采集到的原始数据会出现丢失或异常的现象。盘锦芦苇湿地站严格按照中国通量观测研究网络（ChinaFLUX）的通量数据处理体系^[10]，进行原始数据分析、去除异常值、坐标轴旋转、超声虚温校正^[11]、频谱修正^[12-13]、WPL（密度校正）校正^[14]、质量标记^[15]、能量平衡分析、数据插补等。采用 Eddpro7.0.9 软件处理原始涡度通量数据进行前处理和质量控制，将 10 Hz 数据变成 30 min 流程图见图 1。

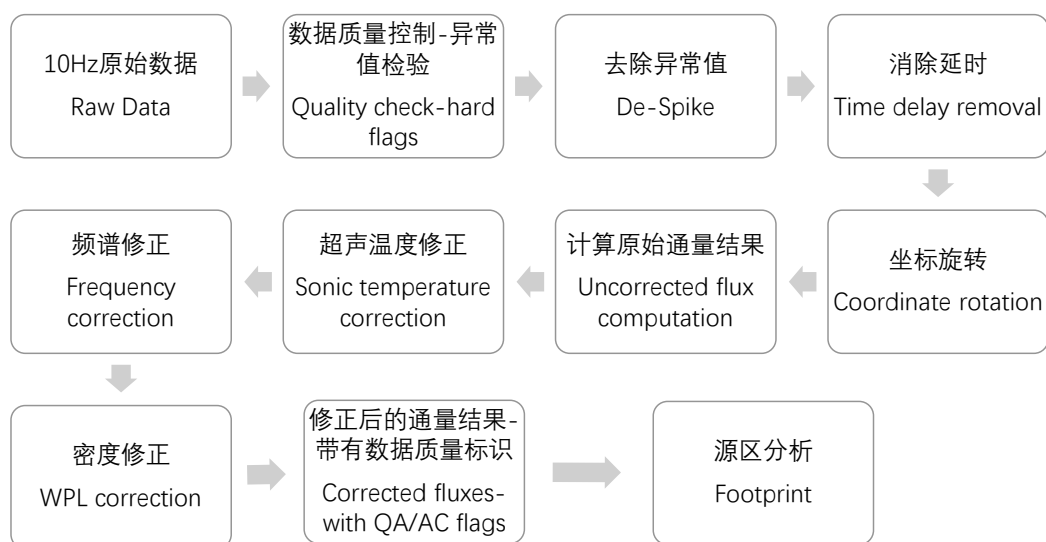


图 1 初步质控流程图

Figure 1 Preliminary QC flow chart

使用 Tovi 软件质量控制软件对 Eddpro7.0.9 结果进行进一步质量控制和数据插补，实现数据质量控制（QC）^[16]、气象数据插补（BMG）^[15]、通量数据存储项修正（SC）^[17]、能量平衡存储项修正（EBR）^[18]、摩擦风速阈值计算（MPT）、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）^[13-14]、碳循环分析等数据可视化分析功能。

（1）数据质量控制（QC_1）

基于理论正常值范围，比如 CO_2 浓度 $200 \mu\text{mol}\cdot\text{mol}^{-1}\sim 800 \mu\text{mol}\cdot\text{mol}^{-1}$ ，短波向下辐射（总辐射） $-10 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}\sim 1500 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$ （日正常数 $1356 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$ ）；Smart Y 范围：计算中位数 ± 10 倍四分位距（IQR）；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 3 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 3 数据质量控制标准

Table 3 Data quality control standard

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（<https://apps.ecmwf.int/datasets/data/interim-full-daily/levtype=sfc/>）或 NOAA 综合地面数据库（ISD）（<https://www.ncei.noaa.gov/products/land-based-station/integrated-surface-database>）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（ $R^2 > 60\%$ ）^[17]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存储项 (F_s) 来补偿仪器观测所低估的 NEE [19]。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 ($\mu\text{mol} \cdot \text{mol}^{-1}$), 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 ($\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$), F_c 为观测的 CO_2 通量 ($\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$)。

(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、显热项的低估。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 [20] 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 $0.165 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$, 2019 年 u^* 阈值为 $0.254 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$, 2020 年 u^* 阈值为 $0.178 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ 。

(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)

根据显热通量 (H)、潜热通量 (LE)、净辐射 (RN 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) 边际分布采样 (MDS) 通量数据插补

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, 对缺失的显热通量 (H)、潜热通量 (LE) 和 CO_2 通量 (NEE) 数据进行插补。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 [21]。

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) [18] 基于 30 min 气象和通量数据进行外推得到 GEE 和 Re 。

$$R_e(T) = R_{ref} e^{E_0(1/(T_{ref}-T_0)-1/(T-T_0))} \quad (4)$$

$$GEE = Re - NEE \quad (5)$$

式中, E_0 是需要求解的变量($\text{kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$), T_0 : 常数项(K), T_{ref} : 取 $10\text{ }^{\circ}\text{C}$ 或 $15\text{ }^{\circ}\text{C}$, R_{ref} : 在 T_{ref} 对应的呼吸通量值($\mu\text{ mol}\cdot\text{CO}_2\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$), T : 实际的温度(K), $Re(T)$: 实际温度下的呼吸通量值($\mu\text{ mol}\cdot\text{CO}_2\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$)。

利用公式 (5) 对于生态系统的生长季, 假设夜晚 Re 的近似与夜间的 NEE , 利用与温度的指数函数关系, 得到呼吸模型中的参数, 结合夜晚空气温度对夜间 NEE 进行插补。并将此参数推广到白天, 算得白天的 Re , 最后利用白天的 NEE 和 Re 推算出白天的 GEE ; 而对于非生长季, 假设生态系统只有呼吸过程的碳排放而无光合碳吸收, 即 $Re = NEE$ 。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 ($\text{g CO}_2\cdot\text{m}^{-2}$) [18]。

2 数据样本描述

盘锦芦苇湿地站数据文件表头示例见表 4–表 5, 其中剔除后的数据以“–9999”表示。

表 4 通量观测数据表头

Table 4 Sheet 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
	CO ₂ _flux	数字	$\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\text{ s}^{-1}$	原始 CO ₂ 通量
	CO ₂ _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	$\text{W}\cdot\text{m}^{-2}$	原始显热通量
	H_QC	数字	/	原始显热通量质量标识
	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_mdsgf	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
	H_mdsgf	数字	$\text{W}\cdot\text{m}^{-2}$	经过质控和异常值剔除后的显热通量
	H_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

时间尺度	数据项	数据类型	计量单位	数据项说明
	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
	H	数字	$\text{MW} \cdot \text{m}^{-2}$	半小时显热通量累积值
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
	H	数字	$\text{MW} \cdot \text{m}^{-2}$	半小时显热通量累积值
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
	H	数字	$\text{MW} \cdot \text{m}^{-2}$	半小时显热通量累积值

表 5 气象观测数据表头

Table 5 Sheet headers of meteorological observation data

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	气压	数字	kPa	大气压强
6	平均风速	数字	m s^{-1}	地面上方 2.5 m 风速
7	风向	数字	Deg	风向平均值
8	向下短波辐射	数字	$\text{W} \cdot \text{m}^{-2}$	向下短波辐射均值
9	向下长波辐射	数字	$\text{W} \cdot \text{m}^{-2}$	向下长波辐射均值
10	光合有效辐射	数字	$\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \text{s}^{-1}$	光合有效辐射平均值
11	土壤温度	数字	K	地表下 10 cm、20 cm、30 cm、40 cm、50 cm 的土壤温度平均值，分别代表地下一至五层土壤温度
12	降水量	数字	mm	降水量累计值

3 数据质量控制与评估

在半小时尺度上, 盘锦芦苇湿地站 2018–2020 年 CO_2 通量观测原始数据有效比例分别为 90.51 %、83.29 %和 94.03 %, 质控后数据比例为 59.43 %、58.07 %和 61.28 %; 潜热通量观测原始数据有效比例分别为 85.72 %、80.54 %和 80.54 %, 质控后数据比例为 81.81 %、46.62 %和 61.17 %; 显热通量

观测原始数据有效比例分别为 91.69 %、83.73 %和 94.75 %，质控后数据比例为 90.15 %、47.48 %和 62.24 %（表 6）。由于缺少对应的气象数据造成无法插补，少量结果插补后超出阈值范围，作者对插补后的少数异常值用“-9999”替代。

表 6 半小时尺度通量数据有效数据比例（%）

Table 6 Proportions of valid data for half-hourly scale flux data (%)

年份	月份	CO ₂ 通量		潜热通量		显热通量	
		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	96.64	47.31	92.07	89.11	99.13	95.83
	2	96.73	45.24	93.01	91.07	99.93	98.14
	3	99.13	76.68	95.70	93.62	99.87	97.78
	4	98.54	68.26	95.90	93.26	99.86	97.36
	5	99.19	77.22	98.25	96.10	99.73	99.40
	6	98.68	85.83	98.13	91.74	99.31	99.03
	7	80.24	66.94	80.11	71.71	80.24	80.24
	8	69.22	44.69	69.29	63.84	69.29	69.29
	9	83.96	51.94	74.72	70.83	85.07	84.86
	10	77.89	48.45	57.39	56.18	78.43	77.42
	11	87.57	48.06	81.39	77.50	90.56	88.33
	12	99.13	51.75	93.62	87.84	99.93	95.23
	全年	90.51	59.43	85.72	81.81	91.69	90.15
2019	1	99.06	53.09	95.56	39.65	99.06	39.65
	2	88.91	51.26	84.45	37.65	88.99	38.10
	3	75.74	58.13	73.66	48.39	75.81	49.13
	4	91.67	70.49	90.76	62.01	91.94	62.50
	5	89.78	74.53	88.51	65.26	90.99	66.87
	6	32.01	27.15	31.88	23.26	32.15	23.33
	7	99.80	84.54	99.40	68.35	99.93	68.82
	8	99.60	65.12	97.45	42.14	98.99	42.67
	9	99.86	68.13	98.96	55.07	99.86	55.49
	10	97.78	66.67	94.22	55.11	97.78	56.72
	11	56.18	36.18	51.32	29.31	56.25	30.42
	12	67.88	39.85	59.07	31.79	71.77	34.61
	全年	83.29	58.07	80.54	46.62	83.73	47.48
2020	1	98.66	48.32	93.41	47.78	100.00	48.92
	2	96.84	65.95	86.42	62.79	99.21	66.88
	3	96.44	63.78	91.73	62.97	97.58	65.46
	4	97.15	71.04	96.32	71.25	98.06	72.36
	5	92.41	69.56	91.80	72.45	97.18	76.14
	6	99.44	77.64	99.38	78.89	99.93	77.71
	7	98.72	65.52	98.72	66.80	98.72	69.22
	8	74.80	59.21	71.71	56.85	73.86	59.27
	9	97.50	59.44	92.36	59.31	95.76	57.64
	10	86.76	57.80	82.73	57.73	87.30	56.38
	11	98.13	57.50	96.25	57.57	97.85	57.01
	12	92.20	40.52	90.79	40.52	92.20	40.66
	全年	94.03	61.28	80.54	61.17	94.75	62.24

4 数据价值

本数据集收录了辽河三角洲芦苇湿地生态系统碳水通量数据和常规气象数据，适用于气候变化和湿地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。

5 数据可用性声明

元数据可以公开访问，用户可登录科学数据银行 (<https://www.scidb.cn/>)，搜索“盘锦芦苇湿地碳水通量 2018-2020 年数据集”。

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。

参考文献

- [1] ZHANG Y S, YU W Y, JI R P, et al. Dynamic response of *Phragmites australis* and *Suaeda salsa* to climate change in the Liaohe delta wetland[J]. Journal of Meteorological Research, 2021, 35(1): 157–171. DOI: 10.1007/s13351-021-0016-3.
- [2] 王启栋, 宋金明, 李学刚. 黄河口湿地有机碳来源及其对碳埋藏提升策略的启示[J]. 生态学报, 2015, 35(2): 568–576. DOI: 10.5846/stxb201304010583. [WANG Q D, SONG J M, LI X G. Sources of organic carbon in the wetlands of the Yellow River Estuary and instructions on carbon burial promotion strategies[J]. Acta Ecologica Sinica, 2015, 35(2): 568–576. DOI: 10.5846/stxb201304010583.]
- [3] 肖笃宁, 胡远满, 王宪礼, 等. 中国北方滨海湿地的生态环境特点与利用保护[M]//中国湿地研究. 长春: 吉林科学技术出版社, 1995: 262–268.

- [4] 贾庆宇, 于文颖, 王笑影, 等. 辽河三角洲滨海湿地气候变化分析[J]. 气候变化研究快报, 2017(4): 245–252. DOI: 10.12677/ccrl.2017.64026. [JIA Q Y, YU W Y, WANG X Y, et al. Analysis on climate change in the region of Liaohe delta coastal wetland[J]. Climate Change Research Letters, 2017(4): 245–252. DOI: 10.12677/ccrl.2017.64026.]
- [5] 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.]
- [6] 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>.
- [7] 牟晓杰, 刘兴土, 阎百兴, 等. 中国滨海湿地分类系统[J]. 湿地科学, 2015, 13(1): 19–26. [MOU X J, LIU X T, YAN B X, et al. Classification system of coastal wetlands in China[J]. Wetland Science, 2015, 13(1): 19–26.]
- [8] 贾庆宇. 辽河三角洲芦苇湿地局地气候变化特征及地-气相互影响关系研究[D]. 沈阳农业大学, 2018. [JIA Q Y. The relation of the local climate change characteristics and the land-atmosphere interaction of the reed wetland in Liaohe River[D]. Shenyang Agricultural University, 2018.]
- [9] 齐云飞. 盘锦芦苇湿地多水源生态补水配置方案研究[J]. 东北水利水电, 2015, 33(4): 19–21. DOI: 10.3969/j.issn.1002-0624.2015.04.008. [QI Y F. Study on allocation scheme of ecological water replenishment for multiple water sources in Panjin reed wetland[J]. Water Resources & Hydropower of Northeast China, 2015, 33(4): 19–21. DOI: 10.3969/j.issn.1002-0624.2015.04.008.]
- [10] 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(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(5):557 – 565. DOI:10.3969/j.issn.1560-8999.2008.05.002.]
- [11] 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.
- [12] 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, 2005: 7–31. DOI: 10.1007/1-4020-2265-4_2.
- [13] 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.
- [14] 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.
- [15] 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.
- [16] 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.

[17] ISAAC P, CLEVERLY J, MCHUGH I, et al. O₂Flux data: network integration from collection to curation[J]. Biogeosciences, 2017, 14(12): 2903–2928. DOI: 10.5194/bg-14-2903-2017.

[18] 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.

[19] 张弥, 温学发, 于贵瑞, 等. 二氧化碳储存通量对森林生态系统碳收支的影响[J]. 应用生态学报, 2010, 21(5): 1201–1209. DOI: 10.3321/j.issn: 1001-8166.2004.04.025. [ZHANG M, WEN X F, YU G R, et al. Effects of CO₂ storage flux on carbon budget of forest ecosystem[J]. Chinese Journal of Applied Ecology, 2010, 21(5): 1201–1209. DOI: 10.3321/j.issn: 1001-8166.2004.04.025.]

[20] 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.

[21] 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 年盘锦芦苇湿地碳水通量数据集[J/OL]. 中国科学数据, 2023, 8(2). (2023-06-28). DOI: 10.11922/11-6035.csd.2023.0004.zh.

数据引用格式

贾庆宇, 温日红, 周莉, 等. 盘锦芦苇湿地碳水通量 2018–2020 年数据集[DS/OL]. Science Data Bank, 2022. (2022-12-07). DOI: 10.57760/sciencedb.06829.

An dataset of carbon and water fluxes over the reed wetlands in Panjin City (2018–2020)

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

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; zhousg@cma.gov.cn

Abstract: With significant carbon sink capacity, active water vapor exchange and heat regulation capacity,

wetlands are key ecosystems for stabilizing greenhouse gas emissions and mitigating climate change. Despite Liaohe Delta wetland being the largest warm temperate coastal wetland in Asia, its long-term carbon and water fluxes of the wetland are still not thoroughly examined, which limits the accuracy of simulating CO₂ fluxes and regional carbon sinks. As a result, it is urgent to carry out long-term data monitoring and sorting in this area. This dataset is the flux data of the reed wetland ecosystem in Liaohe Delta from 2018 to 2020, collected from the Panjin Reed Wetland Research Station of the Northeast Ecological and Agrometeorological Field Experimental Base of China Meteorological Administration. Based on the data processing system of China Flux Observation and Research Network (ChinaFLUX), we established the standardized dataset of ecosystem carbon and key meteorological elements, including data files at half-hourly, daily, monthly and yearly scales. This dataset is of great significance in accurately evaluating the status and roles of carbon and water fluxes in the reed wetland ecosystem of Liaohe Delta in the regional and global carbon and water cycles.

Keywords: eddy covariance; Liaohe Delta; reed wetland; carbon and water fluxes; meteorological observation

Dataset Profile

Title	An dataset of carbon and water fluxes over the reed wetlands in Panjin City (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
Time range	2018 – 2020
Geographical scope	40°55'57.81"N, 121°57'52.53"E, a.s.l. 2m
Data volume	17.9 MB
Data format	*.xlsx
Data service system	https://doi.org/10.57760/sciencedb.06829
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 consists of 8 subsets in total, which are the flux data and meteorological data products at half-hourly, daily, monthly, and yearly scale respectively. Among them, the flux data products include net ecosystem exchange (NEE), gross ecosystem exchange (GEE), ecosystem respiration (Re), ecosystem latent heat flux (LE), ecosystem sensible heat flux (H). Meteorological data include air temperature, relative humidity, wind speed, wind direction, atmospheric pressure, four-component radiation and net radiation, photosynthetically active radiation, soil temperature, precipitation and other meteorological elements.