

2012 年张掖绿洲-荒漠区域水热碳通量及气象要素观测矩阵数据集

ISSN 2096-2223

CN 11-6035/N



文献 CSTR:

32001.14.11-6035.csd.2023.0108.zh



文献 DOI:

10.11922/11-6035.csd.2023.0108.zh

数据 DOI:

10.11888/Atmos.tpd.300500

文献分类: 地球科学

收稿日期: 2023-05-23

开放同评: 2023-07-25

录用日期: 2023-08-17

发表日期: 2023-08-29

徐自为¹, 刘绍民^{1*}, 李新², 徐同仁¹, 朱忠礼¹

1. 北京师范大学, 地理科学学部, 地表过程与资源生态国家重点实验室, 北京 100875

2. 中国科学院青藏高原研究所, 青藏高原地球系统与资源环境全国重点实验室, 国家青藏高原科学数据中心, 北京 100101

摘要: 绿洲-荒漠生态系统是干旱/半干旱区特有景观, 其水热碳通量的观测和研究对绿洲稳定与可持续发展具有重要的意义。本研究以黑河流域中游甘肃张掖绿洲-荒漠区域为研究对象, 基于 2012 年在该区域开展的国际领先的通量观测矩阵试验, 整理了观测试验获取的水热碳通量和气象要素数据, 包括 30 km×30 km 和 5.5 km×5.5 km 两个嵌套的矩阵内 21 个观测点共 22 套涡动相关仪和 21 套自动气象站, 4 组大孔径闪烁仪和 3 组植物液流仪, 观测项目包括生态系统净碳交换量、潜热通量、感热通量、空气温度、空气相对湿度、风速、风向、向下/上短波辐射、向下/上长波辐射、净辐射、大气压、降水、红外辐射温度、光合有效辐射、土壤温度、土壤水分、土壤热通量、平均土壤温度、树木蒸腾等。本数据集经过了严格的数据质量控制, 可用于研究绿洲荒漠区域水热碳通量变化特征及影响机制, 并为模式模拟或遥感估算结果等提供可靠的验证数据。

关键词: 涡动相关仪; 自动气象站; 大孔径闪烁仪; 植物液流仪; 黑河流域; 绿洲荒漠区域

数据库(集)基本信息简介

数据库(集)名称	2012 年张掖绿洲-荒漠区域水热碳通量及气象要素观测矩阵数据集
数据通信作者	刘绍民 (smliu@bnu.edu.cn)
数据作者	刘绍民、李新、徐自为
数据时间范围	2012年5-9月
地理区域	观测地点: 黑河流域中游甘肃张掖绿洲-荒漠区域 (38°45'54"-38°58'31"N, 100°18'15"-100°29'36"E) 地理区域: 河西走廊人工绿洲荒漠区域
数据量	134 MB
数据格式	*.xlsx
数据服务系统网址	https://doi.org/10.11888/Atmos.tpd.300500
基金项目	国家自然科学基金 (91125002)

* 论文通信作者

刘绍民: smliu@bnu.edu.cn

数据库（集）组成	数据集包括涡动相关仪，自动气象站，大孔径闪烁仪和植物液流仪4套数据，其中涡动相关仪包括21个观测点共22个数据文件，自动气象站包括21个观测点共21个数据文件，大孔径闪烁仪包括4个数据文件，植物液流仪包括1个数据文件。
----------	---

引言

典型生态系统水热碳通量的观测和研究对认识和评价绿洲-荒漠区域碳水循环的变化规律具有重要的科学意义^[1-2]，在国家实现双碳目标背景下显得尤为重要。绿洲是干旱/半干旱区特有的生态景观之一，通常是指存在于干旱区、半干旱区的荒漠背景条件下，具有稳定水源供给，可供人类生存并从事各种社会经济活动的非地带性地理或生态景观^[3-4]。在我国西北干旱半干旱地区，绿洲以占4%~5%干旱区总面积养育了该区域90%以上的人口并集中了95%以上的社会财富^[3,5]，却是干旱区最脆弱敏感的部分，其水热碳通量的观测、变化规律及控制机制的研究对认识绿洲-荒漠生态系统的稳定性及可持续发展具有重要的意义。

黑河流域是我国第二大内陆河流域，其中游位于甘肃省张掖市，为人工绿洲-荒漠区，张掖人工绿洲也是河西走廊最大的绿洲，一直以来是研究的重点和热点区域^[6-9]。在2012年，依托国家自然科学基金重点项目《黑河流域生态-水文过程综合遥感观测试验：水文气象要素与多尺度蒸散发观测》（2012–2015），在黑河流域中游甘肃张掖开展了两个嵌套式的通量观测矩阵试验^[10-12]，拟通过非均匀下垫面多尺度地表水热碳通量及其影响因子的天空地一体化的密集观测，刻画非均匀地表-大气间水热碳交换的三维动态图像，捕捉地表通量的时空异质性，揭示绿洲-荒漠系统相互作用机理，探讨涡动相关仪能量平衡不闭合问题，为非均匀下垫面上地表水热碳通量的遥感估算模型、地表通量尺度扩展方法的发展与验证等提供多尺度观测数据^[12-13]。本数据集属于通量观测矩阵试验中水热碳通量和气象要素数据集，虽然数据集已发布并受到国内外科研院所和高校等广泛关注，但尚缺乏对数据集的系统性描述。此外，通常水热碳和气象要素的数据为特定区域单站点形式发布，而该数据集为在一个区域密集的矩阵式观测。因此，本数据集以数据论文的形式进一步推动观测数据集的开放共享，方便更多科研人员开展针对绿洲荒漠区域水热碳通量的科学研究。

1 数据采集和处理方法

1.1 数据来源

观测地点位于黑河流域中游甘肃张掖，2012年5–9月在该区域开展了“非均匀下垫面地表蒸散发的多尺度观测试验：通量观测矩阵”试验，构建了30 km×30 km、5.5 km×5.5 km两个嵌套的试验区^[10-11]。其中30 km×30 km的大矩阵由张掖绿洲的大满超级站（15号点）以及绿洲周边神沙窝沙漠站、花寨子荒漠站、巴吉滩戈壁站与张掖湿地站4个普通站组成，其下垫面涉及绿洲农田、沙漠、荒漠、戈壁和湿地等。在绿洲区域5.5 km×5.5 km小矩阵内，根据下垫面类型、防护林走向、村庄与道路分布、土壤水分与灌溉状况等划分成17个小区，每个小区内架设1台涡动相关仪（EC）和1套自动气象站（AWS）；此外，在小矩阵中心3×3个中分辨率成像光谱仪（MODIS）像元区域，各布设一组大孔径闪烁仪（LAS），即LAS1、LAS2、LAS3，贯穿3×1像元，另有一组大孔径闪烁仪横跨大满超级站所在的2×1个MODIS像元，共4组（每组两套LAS），用于观测小矩阵内MODIS像元尺度的水热通量；采用植物液流仪（TDP）在6号点、8号点和LAS4南侧塔附近观测不同高度

与胸径防护林的蒸腾量（每个点选 3 棵树，每棵树安装 3 组探针），几个点样树高度和胸径各不相同，以此代表整个小矩阵区域防护林的蒸腾量（图 1）。本文着重介绍水热碳通量及气象要素，通量观测矩阵详细介绍可参考 Liu et al. (2018)^[11]。

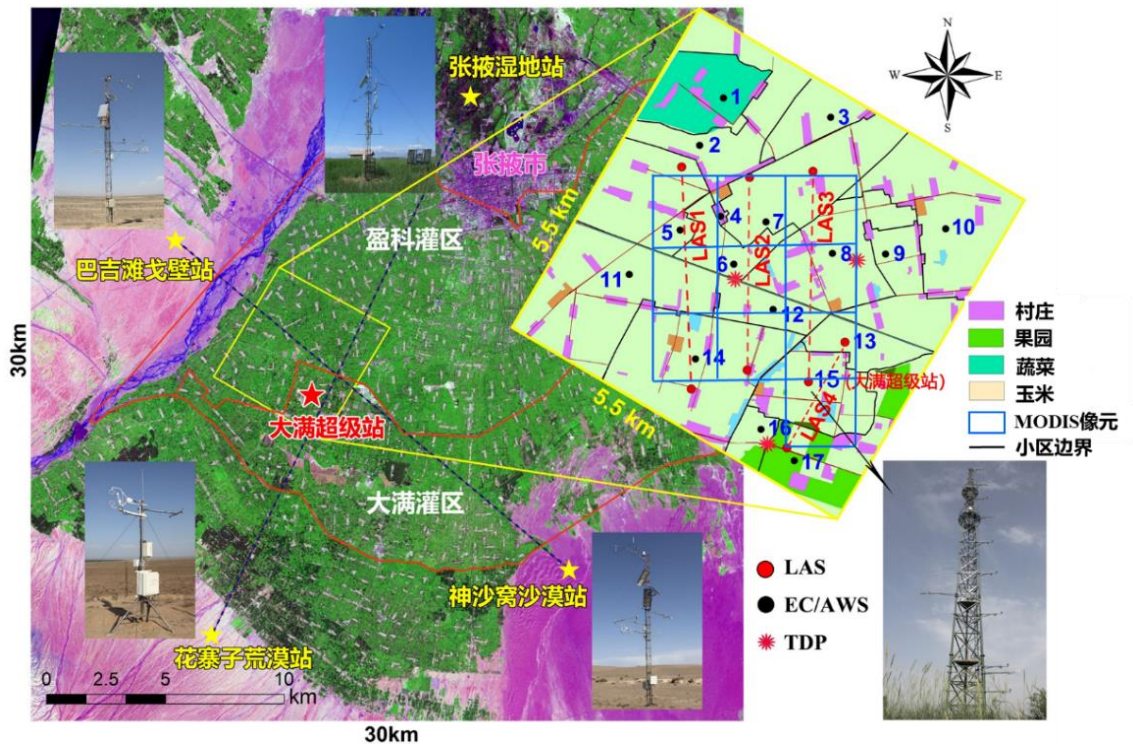


图 1 本数据集所用通量观测矩阵仪器分布图（LAS：大孔径闪烁仪；EC：涡动相关仪；AWS：自动气象站；TDP：植物液流仪）

Figure 1 Distribution of flux observation matrix instruments used in this study (LAS: large aperture scintillometer; EC: eddy covariance system; AWS: automatic weather station; TDP: thermal dissipation probe)

1.2 数据采集方法

本数据集包括了 21 个观测点，包含了多套水热碳通量观测和气象要素观测仪器，涉及到多种类型的观测仪器，每个观测点仪器均按照统一的方式进行布设。各测定要素所采用的主要分析仪器、仪器制造商及安装高度等信息详见表 1 和表 2。

表 1 水热碳通量观测数据信息

Table 1 Information of water vapor-heat-carbon fluxes data

观测系统	观测要素	分析仪器	仪器制造商	观测站点及安装高度
涡动相关仪	二氧化碳通 量，潜热通 量，感热通量	CSAT3 and Li7500	Campbell and Li-Cor, USA	2 号: 3.7 m; 5 号: 3 m; 8 号: 3.2 m; 10 号: 4.8 m; 11 号: 3.5 m; 12 号: 3.5 m; 14 号: 4.6 m; 巴吉滩戈 壁: 4.6 m; 神沙窝沙漠: 4.6 m; 花寨子荒漠: 2.85 m
		CSAT3 and Li7500A	Campbell and Li-Cor, USA	4 号: 4.2 m, 8 月 19 日起 6.2 m; 6 号: 4.6 m; 7 号: 3.8 m; 13 号: 5 m; 15 号: 4.5 m, 34 m
		CSAT3 and EC150	Campbell, USA	17 号: 7 m

观测系统	观测要素	分析仪器	仪器制造商	观测站点及安装高度
		Gill and Li7500	Gill, UK and Li-Cor, USA	16 号: 4.9 m
		Gill and Li7500A	Gill, UK and Li-Cor, USA	1 号: 3.8 m; 3 号: 3.8 m; 9 号: 3.9 m; 湿地: 5.2 m
大孔径闪烁仪	感热通量	BLS900	Scintec, Germany	有效高度(LAS1: 33.45 m; LAS2: 33.45 m; LAS3: 33.45 m) 光径长度(LAS1: 3256 m; LAS2: 2841 m; LAS3: 3111 m)
		BLS450		有效高度(LAS2: 33.45 m; LAS4: 22.45 m) 光径长度(LAS2: 33.45 m; LAS4: 1854 m)
		LAS	Kipp&Zonen, Netherland	有效高度(LAS3: 33.45 m) 光径长度(LAS3: 3111 m)
		ZZLAS	北京雨根科技有限公司, 中国	有效高度(LAS1: 33.45 m; LAS4: 22.45 m) 光径长度(LAS1: 3256 m; LAS4: 1854 m)
植物液流仪	蒸腾量	TDP30	北京雨根科技有限公司, 中国	(6、8 号点、LAS4 南侧塔) 架高均为 1.3 m

表 2 气象要素观测数据信息

Table 2 Information of meteorological observation data

观测系统	观测要素	分析仪器	仪器制造商	观测站点及安装高度
自动气象站/ 气象要素梯度观测系统	风速/风向	03002	RM Young, USA	1 号: 10 m; 张掖湿地: 5 m, 10 m
		010C/020C	Met One	2、6 号: 5 m, 10 m; 3、4、5、7、8、9 号: 10 m
		03001	RM Young, USA	10、11、16 号: 10 m
		034B	Met One, USA	12、13、14、17 号: 10 m
		Windsonic	Gill, UK	15 号: 3 m, 5 m, 10 m, 15 m, 20 m, 30 m, 40 m
		03102/03302	RM Young, USA	花寨子荒漠: 0.48 m, 0.98 m, 1.99 m, 2.99 m
	空气温湿度	HMP155	Vaisala, Finland	1、3、10、16 号: 5 m
		HMP45D	Vaisala, Finland	2 号: 5 m, 10 m; 12、13、14 号: 5 m
		HMP45C	Vaisala, Finland	4、5、17 号: 5 m
		HMP45A	Vaisala, Finland	花寨子荒漠: 1 m, 1.99 m, 2.99 m
		HMP45AC	Vaisala, Finland	7、8、9、11 号: 5 m; 6 号、巴吉滩戈壁、神沙窝沙漠、张掖湿地: 5 m, 10 m
		AV-14TH	Avalon	15 号: 3 m, 5 m, 10 m, 15 m, 20 m, 30 m, 40 m
	降水量	TR-525M	Texas Electronics, USA	1、3、7、9、10、16 号、张掖湿地
		TE525MM	Campbell, USA	4、5、6、8、11、12、13、14、15 号、巴吉滩戈壁

观测系统	观测要素	分析仪器	仪器制造商	观测站点及安装高度
		52203	RM Young, USA	2、17 号、神沙窝沙漠
		CTK-15PC	Climatec, Japan	花寨子荒漠
	气压	PTB110	Vaisala, Finland	1、17 号、巴吉滩戈壁、神沙窝沙漠
		AV-410BP	Avalon, USA	2 号
		PTB210	Vaisala, Finland	花寨子荒漠
		CS100	Campbell, USA	4、5、6、7、8、11、12、13、14、15 号、张掖湿地
	四分量辐射	CNR4	Kipp&Zonen, Netherland	1、6、8、13、14 号: 6 m; 2、7、12 号: 4 m
		NR01	Hukseflux, Netherland	3 号、张掖湿地: 6 m
		CNR1	Kipp&Zonen, Netherland	4、9、10、17 号、巴吉滩戈壁、神沙窝沙漠: 6 m; 5、11 号: 4 m; 花寨子荒漠: 2.51 m
		Q7	REBS, USA	16 号: 6 m
		PSP&PIR	Eppley, USA	15 号: 12 m
	光合有效辐射	LI-190SB	Li-Cor, USA	15 号: 12 m
	红外辐射温度	SI-111	Apogee, USA	5、7、11 号: 4 m; 花寨子荒漠: 3.5 m; 1、3、4、6、8、9、10、16、17 号、张掖湿地: 6 m
		IRTC3	Avalon, USA	2、12、13、14、15 号、巴吉滩戈壁、神沙窝沙漠: 4 m
	土壤温度廓线	109ss-L	Campbell, USA	1、4、6、8 号、张掖湿地: 0 m, -0.02 m, -0.04 m, -0.1 m, -0.2 m, -0.4 m, -0.6 m, -1 m; 10 号: 0 m, -0.02 m, -0.04 m
		AV-10T	Avalon, USA	2、5、12、13、14 号、巴吉滩戈壁: 0 m, -0.02 m, -0.04 m, -0.1 m, -0.2 m, -0.4 m, -0.6 m, -1 m; 3、9、16 号: 0 m, -0.02 m, -0.04 m; 15 号: 0 m, -0.02 m, -0.04 m, -0.1 m, -0.2 m, -0.4 m, -0.8 m, -1.2 m, -1.6 m
		109	Campbell, USA	7、11、17 号、神沙窝沙漠: 0 m, -0.02 m, -0.04 m, -0.1 m, -0.2 m, -0.4 m, -0.6 m, -1 m
		AV-10T/107	Avalon, USA/ Campbell, USA	花寨子荒漠(两个测点): 0 m, -0.02 m, -0.04 m/-0.04 m, -0.1 m, -0.18 m, -0.26 m, -0.34 m, -0.42 m, -0.5 m
	土壤水分廓线	SM300	Delta-T Devices, UK	1 号: -0.02 m, -0.04 m, -0.1 m, -0.2 m, -0.4 m, -0.6 m, -1 m
		ECH ₂ O-5	Decagon Devices, USA	2、12、13、14 号、巴吉滩戈壁: -0.02 m, -0.04 m, -0.1 m, -0.2 m, -0.4 m, -0.6 m, -1 m
		CS616	Campbell, USA	4、5、6、7、8、11、17 号、神沙窝沙漠: -0.02 m, -0.04 m, -0.1 m, -0.2 m, -0.4 m, -0.6 m, -1 m; 3、9、10、16 号: -0.02 m, -0.04 m; 15 号: -0.02 m, -0.04 m, -0.10 m, -0.2 m, -0.4 m, -0.8 m, -1.2 m, -1.6 m

观测系统	观测要素	分析仪器	仪器制造商	观测站点及安装高度
		CS616/ML2X	Campbell, USA / Delta-T, UK	花寨子荒漠(两个测点): -0.02 m, -0.04 m/ -0.02 m, -0.1 m, -0.18 m, -0.26 m, -0.34 m, -0.42 m, -0.5 m, -0.58 m
	土壤热通量	HFP01	Hukseflux, Netherland	1、3、4、5、6、7、8、9、10、11、17 号、 神沙窝沙漠、张掖湿地、花寨子荒漠: -0.06 m
		HFT3	Campbell, USA	2、12、13、14、16 号、巴吉滩戈壁: -0.06 m
		HFP01SC	Hukseflux, Netherland	15 号: -0.06 m
	平均土壤温度	TCAV	Campbell, USA	15 号: -0.02 m, -0.04 m

1.3 数据加工、处理方法

涡动相关仪输出的观测数据包括数据采集器在线处理的平均量和原始湍流数据（10 Hz 的三维风速（ u, v, w ），超声虚温（ T ），水汽密度（ q ），二氧化碳密度（ C ）等）两种类型，从原始 10 Hz 湍流数据进行处理，处理步骤主要包括^[14]：（1）对三维风速、超声虚温、水汽和二氧化碳浓度等原始记录分别做“野点去除”；（2）计算各量的平均值；（3）坐标旋转（二次坐标旋转）；（4）对水汽和二氧化碳浓度的必要校正（单位转换等）；（5）延迟时间校正；（6）去趋势；（7）计算 30 分钟统计量；（8）超声虚温的湿度修正；（9）频率响应校正；（10）密度效应修正；（11）最终结果：感热、潜热、二氧化碳通量，湍流参数等。在得到 30 分钟平均周期通量数据后，再进行以下数据处理步骤确保数据质量：（1）剔除仪器出错时的数据；（2）剔除降水前后 1 h 的数据；（3）剔除 10 Hz 原始数据每 30 分钟内缺失率大于 10% 的数据；（4）剔除夜间弱湍流的观测数据。观测数据的平均周期为 30 分钟，一天 48 个数据，缺失数据标记为-6999。因仪器漂移等原因引起的可疑数据用红色字体标识。此外，根据湍流平稳性与发展充分性检验给出各时次通量观测数据的质量标识：质量好（1-3）、质量较好（4-6）质量中等（7-8）、质量差（9）。

自动气象站的观测数据的处理与质量控制主要是检查和整理的过程^[14]，即检查各个气象要素的变化特征及量级是否正确，剔除明显超出物理意义或超出仪器量程的数据，并由-6999 标示被剔除的数据或缺失的数据。主要处理步骤包括：（1）确保每天 144 个数据（平均周期为 10 分钟），若出现数据的缺失，则由-6999 标示；（2）删除了明显超出物理意义或超出仪器量程的数据，并由-6999 标示；（3）数据中以红字标识有疑问的数据，如传感器受污染等引起的可疑数据。

大孔径闪烁仪观测数据的处理步骤主要包括^[15]：（1）剔除空气折射指数结构参数（ C_n^2 ）达到饱和的数据；（2）剔除解调信号强度较弱的的数据；（3）剔除降水时刻及其前后一小时的数据；（4）剔除稳定条件下的弱湍流的数据。感热通量主要是结合自动气象站数据，基于近地层相似理论通过迭代计算，详细计算过程可参考 Liu et al. (2016)^[10]和 Xu et al. (2013)^[14]。观测数据的平均周期为 30 分钟，处理的数据以 BLS900 系列数据为主（LAS4 以一台较新的 BLS450 为主），另一台闪烁仪作为补充，数据中以红字标识有疑问的数据。

植物液流仪观测数据的处理首先根据探针之间的温度差计算液流速率和液流通量（平均周期为 10 分钟），之后根据观测点的防护林带面积和树木间距，计算得到林带单位面积的蒸腾量（每日）^[16]。计算中剔除明显超出物理意义或超出仪器量程的数据，因探针故障等原因引起的可疑数据用红色字体标识。

2 数据样本描述

2.1 数据集命名规则及数据量

本数据集命名方式为“黑河生态水文遥感试验：非均匀下垫面地表蒸散发的多尺度观测试验-通量观测矩阵数据集（**站+观测仪器）”，数据为 2012 年 5-9 月在黑河流域中游开展的非均匀下垫面地表蒸散发的多尺度观测试验涡动相关仪和自动气象站观测数据，共包括 21 个观测站点（涡动相关仪 22 套，自动气象站 21 套），4 组闪烁仪和 3 组植物液流仪，共计 48 个文件，总数据量 134 MB。

2.2 数据文件示例

为增强各个观测站点数据的可读性和可对比性，本数据集对各个观测点水热碳通量观测数据和气象数据制定了统一的数据表头（表 3 和表 4），其中表 3 中包括了涡动相关仪（第 2~15 行），大孔径闪烁仪（第 16~17 行），植物液流仪（第 18~20 行）3 种通量观测设备的表头。

表 3 水热碳通量等数据表头说明

Table 3 Table header description of water vapor-heat-carbon fluxes data

序号	数据项	计量单位	数据项说明	示例
1	年/月/日 时间	--	日期/时间	2012/6/15 13:00:00
2	Wdir	°	风向	7.56
3	Wnd	m/s	风速	1.29
4	Std_Uy	m/s	侧向风速标准差	0.89
5	Tv	°C	超声虚温	25.80
6	H ₂ O	g/m ³	水汽浓度	8.21
7	CO ₂	mg/m ³	二氧化碳浓度	567.37
8	Ustar	m/s	摩擦风速	0.27
9	Z/L	--	大气稳定度	-0.38
10	Hs	W m ⁻²	感热通量	105.92
11	LE	W m ⁻²	潜热通量	421.89
12	Fc	mg m ⁻² s ⁻¹	净生态系统 CO ₂ 通量	-0.96
13	QA_Hs	--	感热通量质量标识	0
14	QA_LE	--	潜热通量质量标识	0
15	QA_Fc	--	二氧化碳通量质量标识	0
16	C _n ²	m ^{-2/3}	空气折射指数结构参数	8.525E-15
17	H_LAS	W m ⁻²	感热通量	127.05
18	V	cm/h	液流速率	40.23
19	Fs	cm ³ /h	液流通量	8850.92
20	Q	mm/d	蒸腾量	5.89

表 4 气象数据表头说明

Table 4 Table header description of meteorological data

序号	数据项	计量单位	数据项说明	示例
1	年/月/日 时间	--	日期/时间	2012/6/15 13:00:00
2	Ws_*m	m/s	*m 处风速	2.28 (10 m)
3	WD_*m	°	*m 处风向	38.72 (10 m)
4	Ta_*m	°C	*m 处空气温度	25.18 (5 m)
5	RH_*m	%	*m 处相对湿度	28.82 (5 m)
6	Rain	mm	降雨量	0
7	Press	hPa	气压	840.00
8	IRT	°C	红外辐射温度	42.84
9	PAR	$\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$	光合有效辐射	1841.00
10	DR	W m^{-2}	向下短波辐射	935.00
11	UR	W m^{-2}	向上短波辐射	154.30
12	DLR_Cor	W m^{-2}	向下长波辐射	338.70
13	ULR_Cor	W m^{-2}	向上长波辐射	498.70
14	Rn	W m^{-2}	净辐射	620.30
15	Gs	W m^{-2}	土壤热通量	93.60
16	TCAV	°C	平均土壤温度	28.61
17	Ms_*cm	%	土壤水分	25.54 (10 cm)
18	Ts_*cm	°C	土壤温度	23.48 (10 cm)

3 数据质量控制和评估

半小时尺度上，在剔除明显异常观测数据、不考虑夜间弱湍流（通常以摩擦风速作为阈值）数据剔除时，不同站点净生态系统生产力（二氧化碳通量）、潜热通量和感热通量的有效数据比例均大于 90%，表明数据较连续，数据质量较好（表 5）。

表 5 水热碳通量观测数据质量评估（2012.5-9）

Table 5 Quality assessment of water vapor-heat-carbon fluxes data

站点	二氧化碳通量	潜热通量	感热通量
1	92.3%	92.2%	94.2%
2	94.3%	94.8%	94.8%
3	93.2%	94.4%	94.4%
4	93.3%	93.4%	93.4%
5	94.1%	94.3%	94.4%
6	95.2%	94.4%	94.5%
7	94.5%	94.8%	94.9%
8	94.3%	93.1%	93.2%
9	94.3%	94.4%	94.5%

站点	二氧化碳通量	潜热通量	感热通量
10	93.8%	93.9%	94.0%
11	92.3%	93.0%	93.1%
12	94.3%	94.4%	94.5%
13	94.3%	94.4%	94.4%
14	93.0%	93.2%	93.3%
15（大满站上）	93.0%	93.2%	93.6%
15（大满站下）	93.9%	94.0%	94.0%
16	92.5%	92.9%	93.5%
17	89.1%	89.0%	89.1%
巴吉滩戈壁	91.0%	91.4%	91.7%
花寨子荒漠	92.2%	92.7%	93.2%
神沙窝沙漠	93.3%	93.9%	94.2%
张掖湿地	93.7%	93.9%	94.1%

4 数据使用方法和建议

本数据集在国家青藏高原科学数据中心（<https://data.tpdc.ac.cn>）发布，用户可直接输入网址<https://data.tpdc.ac.cn/zh-hans/data/dfcbae13-8c89-4c73-be3c-a2f835a24654> 下载使用。

本数据集可应用于模型的开发、验证。所有站点均采用统一的数据处理方法，涡动相关仪通量数据采用全球通量观测网络（FLUXNET）推荐的标准处理流程进行数据质量和质量控制，自动气象站、闪烁仪和植物液流仪数据进行了仔细的数据处理和筛选。该数据集可用于揭示绿洲-荒漠系统相互作用机制以及相应小气候效应的定量评估^[17-18]，研究绿洲地表水热碳交换的空间异质性及其影响机理等，也可用于蒸散发遥感估算模型、通量尺度扩展方法的发展与验证、能量平衡不闭合问题的探讨以及修正方法的发展。

本数据集由国家青藏高原科学数据中心（<https://data.tpdc.ac.cn>）和科学数据银行（<https://www.scidb.cn/>）存储库提供数据服务。

致 谢

感谢 2012 年黑河中游“非均匀下垫面地表蒸散发的多尺度观测试验：通量观测矩阵”（HiWATER-MUSOEXE）的全体参加人员。

数据作者分工职责

徐自为（1981—），男，吉林省人，博士，高级工程师，研究方向为地表水热碳通量观测方法与分析。主要承担工作：数据测量和论文撰写。

刘绍民（1967—），男，浙江省人，博士，教授，研究方向为水文气象与遥感。主要承担工作：总体把握和论文修改。

李新（1969—），男，甘肃省人，博士，研究员，研究方向为陆面数据同化、遥感和 GIS 在水文水资源研究与冰冻圈研究中的应用、流域集成研究。主要承担工作：总体把握和论文修改。

徐同仁（1982—），男，山东省人，博士，教授，研究方向为大数据与机理模型融合、陆面数据同化、地表水热通量遥感。主要承担工作：数据分析和论文撰写。

朱忠礼（1972—），男，河南省人，博士，副教授，研究方向为多尺度土壤水分观测方法与分析。主要承担工作：数据分析和论文撰写。

参考文献

- [1] 于贵瑞, 陈智, 张雷明. 《中国通量观测研究网络 (ChinaFLUX) 专题》卷首语[J/OL]. 中国科学数据, 2021, 6(1). (2021-03-31). DOI: 10.11922/csdata.2020.0061.zh. [YU G R, CHEN Z, ZHANG L M. Preface of *ChinaFLUX network (China flux)* [J/OL]. China Scientific Data, 2021, 6(1). (2021-03-31). DOI: 10.11922/csdata.2020.0061.zh.]
- [2] 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.]
- [3] 王涛. 干旱区绿洲化、荒漠化研究的进展与趋势[J]. 中国沙漠, 2009, 29(1): 1–9. DOI: 10.3969/j.issn.1000-0879.2007.04.002. [WANG T. Review and prospect of research on oasisification and desertification in arid regions[J]. Journal of Desert Research, 2009, 29(1): 1–9. DOI: 10.3969/j.issn.1000-0879.2007.04.002.]
- [4] 赵文智, 庄艳丽. 中国干旱区绿洲稳定性研究[J]. 干旱区研究, 2008, 25(2): 155–162. DOI: 10.3321/j.issn: 0559-9350.2007.04.009. [ZHAO W Z, ZHUANG Y L. Study on the stability of oases in the arid areas in China[J]. Arid Zone Research, 2008, 25(2): 155–162. DOI: 10.3321/j.issn: 0559-9350.2007.04.009.]
- [5] 韩德林. 中国绿洲研究之进展[J]. 地理科学, 1999, 19(4): 313–319. DOI: 10.3969/j.issn.1000-0690.1999.04.005. [HAN D L. The progress of research on oasis in China[J]. Scientia Geographica Sinica, 1999, 19(4): 313–319. DOI: 10.3969/j.issn.1000-0690.1999.04.005.]
- [6] 胡隐樵, 高由禧, 王介民, 等. 黑河实验(HEIFE)的一些研究成果[J]. 高原气象, 1994, 13(3): 225–236. [HU Y Q, GAO Y X, WANG J M, et al. Some achievements in scientific research during heife[J]. Plateau Meteorology, 1994, 13(3): 225–236.]
- [7] 王介民. 陆面过程实验和地气相互作用研究: 从 HEIFE 到 IMGRASS 和 GAME-Tibet/TIPEX[J]. 高原气象, 1999, 18(3): 280–294. [WANG J M. Land surface process experiments and interaction study in China—from heife to imgrass and game Tibet/tipex[J]. Plateau Meteorology, 1999, 18(3): 280–294.]
- [8] LI X, LI X W, LI Z Y, et al. Watershed allied telemetry experimental research[J]. Journal of Geophysical Research: Atmospheres, 2009, 114(D22): D22103. DOI: 10.1029/2008JD011590.
- [9] LI X, CHENG G D, LIU S M, et al. Heihe watershed allied telemetry experimental research (HiWATER): scientific objectives and experimental design[J]. Bulletin of the American Meteorological Society, 2013,

- 94(8): 1145–1160. DOI: 10.1175/bams-d-12-00154.1.
- [10] LIU S M, XU Z W, SONG L S, et al. Upscaling evapotranspiration measurements from multi-site to the satellite pixel scale over heterogeneous land surfaces[J]. *Agricultural and Forest Meteorology*, 2016, 230/231: 97–113. DOI: 10.1016/j.agrformet.2016.04.008.
- [11] LIU S M, LI X, XU Z W, et al. The Heihe integrated observatory network: a basin-scale land surface processes observatory in China[J]. *Vadose Zone Journal*, 2018, 17(1): 1–21. DOI: 10.2136/vzj2018.04.0072.
- [12] 李新, 刘绍民, 柳钦火, 等. 黑河遥感试验: 回顾与展望[J]. *遥感学报*, 2023, 27(2): 224–248. DOI: 10.11834/jrs.20235013. [LI X, LIU S M, LIU Q H, et al. Heihe remote sensing experiments: retrospect and prospect[J]. *National Remote Sensing Bulletin*, 2023, 27(2): 224–248. DOI: 10.11834/jrs.20235013.]
- [13] 刘绍民, 徐自为. 非均匀下垫面地表蒸散发的多尺度观测试验[M]// 李新, 刘绍民, 柳钦火等. 黑河生态水文遥感试验. 北京: 科学出版社, 2022: 137–155. [LIU S M, XU Z W. multi-scale observation experiment of surface evapotranspiration on non-uniform underlying surface[M]// LI X, LIU S M, LIU Q H. Remote sensing experiment of Heihe eco-hydrology. Beijing: Science Press, 2022: 137–155.]
- [14] XU Z W, LIU S M, LI X, et al. Intercomparison of surface energy flux measurement systems used during the HiWATER-MUSOEXE[J]. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, 2013, 118(23): 13140–13157. DOI: 10.1002/2013jd020260.
- [15] ZHENG C, LIU S M, SONG L S, et al. Comparison of sensible and latent heat fluxes from optical-microwave scintillometers and eddy covariance systems with respect to surface energy balance closure[J]. *Agricultural and Forest Meteorology*, 2023, 331: 109345. DOI: 10.1016/j.agrformet.2023.109345.
- [16] QIAO C, SUN R, XU Z W, et al. A study of shelterbelt transpiration and cropland evapotranspiration in an irrigated area in the middle reaches of the Heihe River in northwestern China[J]. *IEEE Geoscience and Remote Sensing Letters*, 2015, 12(2): 369–373. DOI: 10.1109/LGRS.2014.2342219.
- [17] LIU R, LIU S M, YANG X F, et al. Wind dynamics over a highly heterogeneous oasis area: an experimental and numerical study[J]. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, 2018, 123(16): 8418–8440. DOI: 10.1029/2018JD028397.
- [18] LIU R, SOGACHEV A, YANG X F, et al. Investigating microclimate effects in an oasis-desert interaction zone[J]. *Agricultural and Forest Meteorology*, 2020, 290: 107992. DOI: 10.1016/j.agrformet.2020.107992.

论文引用格式

徐自为, 刘绍民, 李新, 等. 2012 年张掖绿洲-荒漠区域水热碳通量及气象要素观测矩阵数据集[J/OL]. 中国科学数据, 2023, 8(3). (2023-08-29). DOI: 10.11922/11-6035.csd.2023.0108.zh.

数据引用格式

徐自为, 刘绍民, 李新. 张掖绿洲-荒漠区域水热碳通量及气象要素观测矩阵数据集 (2012) [DS/OL]. 国家青藏高原科学数据中心, 2023. (2023-06-20). DOI: 10.11888/Atmos.tpd.300500.

Water vapor-heat-carbon fluxes and meteorological observation matrix dataset in 2012 over Zhangye oasis-desert area

XU Ziwei¹, LIU Shaomin^{1*}, LI Xin², XU Tongren¹, ZHU Zhongli¹

1. State Key Laboratory of Earth Surface Processes and Resource Ecology, Faculty of Geographical Science, Beijing Normal University, Beijing 100875, P. R. China

2. National Tibetan Plateau Data Center (TPDC), State Key Laboratory of Tibetan Plateau Earth System, Environment and Resources (TPESER), Institute of Tibetan Plateau Research, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100101, P. R. China

*Email: smliu@bnu.edu.cn

Abstract: The oasis-desert ecosystem is a unique landscape in arid/semi-arid regions, and the observation and research of its water vapor, heat, and carbon fluxes are of great significance to the stability and sustainable development of oases. This study focuses on the oasis-desert area of Zhangye City, Gansu Province, in the middle reaches of the Heihe River Basin. Based on the state-of-art flux observation matrix experiment conducted in the region in 2012, we processed the water vapor-heat-carbon fluxes and meteorological data from the experiment in two nested matrices (30 km × 30 km and 5.5 km × 5.5 km). There are a total of 22 eddy covariance systems and 21 automatic weather stations within the 21 observation sites as well as 4 group large aperture scintillometer and 3 group thermal dissipation probe observations in the two nested matrices. The observation parameters encompass a wide range of elements, including ecosystem net carbon exchange, latent heat flux, sensible heat flux, air temperature, relative humidity, wind speed, wind direction, downward/upward short wave radiation, downward/upward long wave radiation, net radiation, atmospheric pressure, precipitation, infrared radiation temperature, photosynthetic effective radiation, soil temperature, soil moisture, soil heat flux and average soil temperature, tree transpiration, etc. This meticulously processed dataset can be used to study the characteristics and impact mechanisms of water vapor, heat, and carbon changes in oasis-desert areas. Moreover, it can provide a strong data foundation for model simulation or remote sensing estimation results.

Keywords: eddy covariance system; automatic weather station; large aperture scintillometer; thermal dissipation probe; Heihe River Basin; oasis-desert area

Dataset Profile

Title	Water vapor-heat-carbon fluxes and meteorological observation matrix dataset in 2012 over Zhangye oasis-desert area
Data corresponding author	LIU Shaomin (smliu@bnu.edu.cn)
Data author(s)	LIU Shaomin, LI Xin, XU Ziwei
Time range	May to September, 2012
Geographical scope	Observation sites: Zhangye Oasis and desert area in the middle reaches of the Heihe River Basin, Gansu Province (38°45'54"–38°58'31"N, 100°18'15"–100°29'36"E) Geographical area: Artificial Oasis and Desert Area in the Hexi Corridor

Data volume	134 MB
Data format	*.xlsx
Data service system	https://doi.org/10.11888/Atmos.tpd.300500
Source(s) of funding	National Natural Science Foundation of China (91125002)
Dataset composition	The dataset is composed of four sets of data: eddy covariance system (EC), automatic weather station (AWS), large aperture scintillometer (LAS) and thermal dissipation probe (TDP). The EC dataset includes 22 files of data collected from 21 observation sites, while the AWS dataset includes 21 files data collected from 21 observation sites; the LAS dataset includes 4 data files and the TDP data set includes one data file.