



文献 CSTR:

32001.14.11-6035.csd.2023.0023.zh



文献 DOI:

10.11922/11-6035.csd.2023.0023.zh

数据 DOI:

10.57760/sciencedb.07143

文献分类: 地球科学

收稿日期: 2023-01-14

开放同评: 2023-02-03

录用日期: 2023-06-19

发表日期: 2023-08-28

2016 年帽儿山站水平与坡面平行辐射表测量太阳辐射组分及湍流能量通量数据集

王兴昌¹, 刘哲成¹, 刘帆², 朱苑¹, 张全智¹, 王传宽^{1*}

1. 东北林业大学, 生态研究中心, 哈尔滨 150040

2. 中国科学院遗传与发育生物学研究所, 农业资源研究中心, 石家庄 050022

摘要: 太阳辐射是驱动碳水通量和其他各类陆面过程的重要参数之一。辐射表是测量局域尺度辐射和反照率最常用的仪器, 气象观测标准为水平安装, 但在坡面地形条件下其半球视角与下垫面接收或者反射辐射平面并不垂直, 这种误差通常会导致净辐射与湍流能量通量之间存在日变化相位偏移。山区地带占全球陆表总面积的四分之一, 然而很少有研究量化和校正山区地带采用水平安装净辐射表测量所产生的误差。本数据集整理了黑龙江帽儿山森林生态系统国家野外科学观测研究站天然次生林 2016 年 3 月 17 日至 2017 年 4 月 3 日的水平与坡面平行辐射表测量太阳辐射组分及湍流能量通量数据, 包括入射与反射的短波辐射、长波辐射、光合有效辐射以及反照率、太阳高度角、晴空指数、感热通量、潜热通量、土壤表面热通量数据, 为半小时时间尺度存储数据文件, 生长季 (2016 年 5 月 3 日至 10 月 10 日) 辐射数据和湍流能量通量数据覆盖率分别为 100% 和 81.3%。本数据可以为评估辐射表安装方式对山区地带辐射分量和反照率测量的影响提供原始数据, 不仅有助于修正历史数据或构建更准确的模型, 还可为碳、水、能量通量相关研究提供方法参考。

关键词: 太阳辐射; 辐射表; 山区地形; 能量闭合

数据库 (集) 基本信息简介

数据库 (集) 名称	2016 年帽儿山站水平与坡面平行辐射表测量太阳辐射组分及湍流能量通量数据集
数据通信作者	王传宽 (wangck-cf@nefu.edu.cn)
数据作者	王兴昌、刘哲成、刘帆、朱苑、张全智、王传宽
数据时间范围	2016年3月17日至2017年4月3日
地理区域	45°25.002'N, 127°40.070'E, 黑龙江帽儿山森林生态系统国家野外科学观测研究站
数据量	10.62 MB
数据格式	*.xlsx
数据服务系统网址	https://doi.org/10.57760/sciencedb.07143
基金项目	国家自然科学基金 (32171765, 41503071)

* 论文通信作者

王传宽: wangck-cf@nefu.edu.cn

数据库（集）组成	数据集共包括 2 个数据文件，其中：(1)太阳辐射组分.xlsx是水平与坡面平行辐射表测量太阳辐射组分数据，包括入射与反射的短波辐射、长波辐射、光合有效辐射以及反照率、太阳高度角、晴空指数，数据量为8.96 MB；(2)湍流能量通量.xlsx 是评价能量平衡闭合相关数据，包含感热通量、潜热通量、土壤表面热通量数据，数据量为1.65 MB。
----------	--

引言

辐射是生态系统碳、水和能量交换的重要驱动力^[1]，辐射及其各分量的收支决定了进入生态系统的净能量，是碳水通量研究和各类陆面过程模型的重要参数之一。因此准确测量地表辐射通量对于量化和模拟气候变化以及生态系统碳、水和能量交换至关重要^[2-3]。

森林生态系统是陆地生态系统碳循环的主体，全球森林主要分布在地形复杂的山区地带，其空间异质性往往高于其他陆地生态系统类型。为了观测特定的森林类型，EC 系统不得不设置在这些复杂地形条件下^[4]。辐射表作为测量局域尺度辐射和反照率最常用的仪器，通常为水平安装，但水平安装的辐射表测量的辐射不能代表坡面接收的辐射和反照率^[5]。然而很少有研究评估辐射表安装方式对非平坦地形的辐射分量和反照率测量的影响。

根据热力学第一定律，生态系统能量收支应该闭合，即进入生态系统的净辐射能量输入与生态系统内部的能量储存之差，应等于湍流能量通量。但实际上 EC 方法能量不闭合的问题普遍存在。在全球通量网（FLUXNET）中，即使是在倾斜地形，为了安装方便以及与不同地点相比较，EC 系统中测量湍流能量通量的超声风速仪和测量太阳辐射组分的辐射表大多采用水平安装。在倾斜地形上，计算湍流能量通量的一个关键步骤是倾斜校正，即使用坐标旋转^[6-7]来校正水平安装超声风速仪产生的误差，而太阳辐射组分却通常不会像湍流能量通量那样被校正到相同的平面，水平安装的辐射表的半球视角与下垫面接收或者反射辐射平面的不垂直^[8]是造成净辐射与湍流能量通量之间存在相位偏移的主要原因，进而导致能量平衡不闭合。此外，温带地区阳坡和阴坡接收到入射辐射差异很大是普遍共识，但水平安装辐射表只能考虑山体遮挡，而无法考虑山体坡面与水平面接收辐射的本质差异。温带地区坡度每增加 1 °可能造成能量平衡不闭合变化 1.17%^[1]。因此，量化和校正坡面辐射采用水平安装净辐射表测量所产生的误差对于理解和模拟生态学过程非常重要。

基于 ChinaFLUX 数据处理体系，本数据集整理了 2016 年 3 月 17 日至 2017 年 4 月 3 日的帽儿山站水平与坡面平行安装辐射表测量太阳辐射组分及能量通量的数据。由于帽儿山站的地形、植被均有一定代表性，本数据集能够为辐射表安装方式的对比研究及碳水能量通量观测误差分析相关研究提供数据支持，将有助于理解复杂地形条件下能量平衡不闭合的本质，进而为标准化安装辐射表、历史数据和模型的修正提供理论依据，对提高碳水能量通量观测精度具有重要意义。

1 数据采集和处理方法

1.1 样地描述

研究地点位于黑龙江省帽儿山森林生态系统国家野外科学观测研究站（45°24'N, 127°40'E），平均海拔约 400 m，属大陆性季风气候，夏季温暖湿润，冬季寒冷干燥^[9]，年均温 2 °C，平均年降水量 676 mm^[10]，地带性土壤为暗棕色森林土^[11]，主要植被是阔叶红松林经过不同程度的干扰后形成的东北东部山区典型天然次生林和人工林。

帽儿山站通量塔（45°25.002'N, 127°40.070'E）千层沟东北-西南走向的山谷（宽 2000 m，深 240 m）中西南一侧的低谷区域，平均坡度约 9°^[12]。通量塔高 48 m，主林层高约 20 m^[1]，通量塔周围为林龄约 70 年的温带落叶阔叶林，平均最大叶面积（半表叶面积）指数为 6.3 ± 0.8 (SD) m² m⁻²^[9]，平均胸高断面积为 24 m²·hm⁻²，乔木层平均生物量密度为 154 Mg·hm⁻²^[13]。帽儿山通量塔通量贡献区内林分结构复杂，从植被类型来看，主要乔木树种有水曲柳（*Fraxinus mandschurica*）、春榆（*Ulmus davidiana* var. *japonica*）和白桦（*Betula platyphylla*）等，林下植被以暴马丁香（*Synga reticulata* var. *mandshurica*）为主^[14]。

1.2 数据来源及采集方法

净辐射（R_n）及其分量采用安装于通量塔 48 m 处的两套完全相同的净全辐射表(CNR1, Kipp & Zonen, the Netherlands)测量，一套水平安装，另一套平行于坡面安装。R_n 的分量包括入射短波辐射(Incoming SR)、入射长波辐射(Incoming LR)、反射短波辐射(Outing SR)以及反射长波辐射(Outing LR)，短波辐射（SR）测量范围为 300~2800 nm，长波辐射（LR）测量范围为 4.5~42 μm。

光合有效辐射（PAR）及其分量采用安装于通量塔 48 m 处的一对朝上和朝下的光合有效辐射表(PQS1, Kipp & Zonen, the Netherland)测量，一套水平安装，另一套平行于坡面安装。PAR 的分量包括入射光合有效辐射(Incoming PAR)和反射光合有效辐射(Outing PAR)，测量范围为 400~700 nm。

湍流能量通量采用安装于通量塔 36 m 处包含三维超声风速仪(CSAT3, Campbell Scientific, USA)的涡动相关系统测量。

土壤表面热通量（G₀）由土壤热通量板测量的热通量与热通量板上方储存的能量相加计算，4 个土壤热通量板(HFP01SC, Hukseflux Inc., Holland)与地表平行安装于土壤 8 cm 深度处，热通量板上方储存的能量采用分别安装于土壤 2 cm 和 6 cm 深度处的两对土壤温度探头(TCAV, Campbell Scientific Inc, USA)测量。

辐射数据原始采样频率为 5 s，通过数据采集器(CR1000, Campbell Scientific Inc., USA)在线采集并记录半小时平均值。通量数据原始采样频率为 10 Hz，通过数据采集器(CR3000, Campbell Scientific Inc., USA)在线采集并计算半小时平均值。存储时间均为每半小时的结束时间。

表 1 观测项目所用分析仪器相关信息

Table 1 Information about the analytical instruments used in the observation project

测定要素	要素分量	分析仪器	仪器制造商
净辐射（R _n ）	入射短波辐射（Incoming SR）	CNR4	Kipp & Zonen, the Netherlands
	入射长波辐射（Incoming LR）		
	反射短波辐射（Outgoing SR）		
	反射长波辐射（Outgoing LR）		
光合有效辐射（PAR）	入射光合有效辐射（Incoming PAR）	PQS1	
	反射光合有效辐射（Outgoing PAR）		
土壤表面热通量（G ₀ ）	土壤热通量板测量的热通量	HFP01SC	Hukseflux Inc., Holland
	热通量板上方的土壤热储量	TCAV	
湍流能量通量（H+LE）	感热通量（H）	CSAT3	Campbell Scientific Inc., USA
	潜热通量（LE）	CSAT3	

1.3 数据加工、处理方法与过程

使用人工方式下载采集系统中的原始观测数据，基于 ChinaFLUX 的数据处理流程并根据站点的实际情况对原始观测数据完成标准化的质量控制和数据处理。

每个辐射波段的能量收支为入射与反射的辐射的差值。

根据不同的生物学意义将短波辐射（SR）拆分成 PAR 和 NIR，利用转换系数将 PAR 的单位光量子通量密度（ $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ）转换成能量通量密度（ W m^{-2} ），入射转换系数为 $0.2195 \text{ J } \mu\text{mol}^{-1}$ ，反射转换系数为 $0.2072 \text{ J } \mu\text{mol}^{-1}$ [15]，由 SR 减去 PAR 计算得到 NIR。

SR 反照率（ SR_r ）、PAR 反照率（ PAR_r ）和 NIR 反照率（ NIR_r ）采用白天半小时平均值计算，计算公式中的下角标 dn 和 up 分别代表入射和反射，计算公式如下：

$$\text{SR}_r = \frac{\text{SR}_{up}}{\text{SR}_{dn}} \quad (1)$$

$$\text{PAR}_r = \frac{\text{PAR}_{up}}{\text{PAR}_{dn}} \quad (2)$$

$$\text{NIR}_r = \frac{\text{SR}_{up} - \text{PAR}_{up}}{\text{SR}_{dn} - \text{PAR}_{dn}} \quad (3)$$

2 数据样本描述

基于上述数据处理方法和流程，生产得到帽儿山温带落叶阔叶林 2016 年 3 月 17 日至 2017 年 4 月 3 日半小时时间尺度的太阳辐射数据和湍流能量通量数据，表 2、表 3 分别为“太阳辐射组分.xlsx”文件和“湍流能量通量.xlsx”文件的数据表头参数含义及单位说明，例如：列标签为 `SR_dn_slope_corr` 代表该列是坡面平行安装辐射表测量入射短波辐射经过校正的数据。

表 2 太阳辐射组分数据表说明

Table 2 Description of solar radiation components data table

序号	字段内容	字段内容说明	量纲
1	Tc	辐射表内置温度传感器测量的温度	°C
2	SR	短波辐射	W m^{-2}
3	LR	长波辐射	W m^{-2}
4	Rn	净辐射	W m^{-2}
5	PAR	光合有效辐射	$\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$
6	NIR	近红外辐射	W m^{-2}
7	_dn	表示数据为入射值	-
8	_up	表示数据为反射值	-
9	_net	表示数据为净值	-
10	_hon	表示数据来自水平安装的辐射表	-
11	_slope	表示数据来自坡面平行安装的辐射表	-
12	_corr	表示数据经过器差校正	-
13	r_	反照率	%

序号	字段内容	字段内容说明	量纲
14	时刻太阳高度角	对应时刻的太阳高度角	°
15	平均太阳高度角	半小时时间尺度的平均太阳高度角	°
16	晴空指数	半小时时间尺度的平均晴空指数	-

表 3 湍流能量通量数据表说明

Table 3 Description of turbulent energy flux data table

序号	字段内容	字段内容说明	量纲
1	H	感热通量	W m^{-2}
2	LE	潜热通量	W m^{-2}
3	_corr	表示数据根据东北温带阔叶林特点进行校正	-
4	G_mean	土壤热通量板测量的热通量	W m^{-2}
5	Ss	热通量板上方的土壤热储量	W m^{-2}
6	G0	土壤表面热通量	W m^{-2}

3 数据质量控制和评估

本数据集的所有数据均由帽儿山样地的实时观测、采集、质量控制、处理和存储产生，各方面都严格遵守了国际通量观测领域普遍认同的质量控制方法。

为尽可能减少通量塔自身对观测仪器的影响，辐射表均安装在 48 m 处的支臂上，与塔身的距离大于 3 m。由于研究地点的坡度随坡面向上而增加，辐射表倾斜 9°大致与测量点高度水平对应的坡面相平行，能够有效防止向下的辐射表受到早上太阳高度角较低时的光照影响。辐射表配置有 Pt-100 铂电阻和 10 K 热敏电阻，用于测量仪器的内部温度以对辐射数据进行补偿和修正。为最大程度降低了人为可控的误差，定期检查了仪器工作状态以确保数据的连续性，定期进行清洁维护工作以防止灰尘、积雪等遮挡镜头。

本数据集的辐射数据由两套型号和规格完全相同的辐射表测量，在测量前，两套辐射表同时采用水平安装并对比了 6 个月的辐射数据，以后续实验中水平安装的辐射表为参考，使用基于 OLS 法的线性回归模型消除仪器间的系统误差以减少漂移的影响，得到后续实验中平行于坡面安装的辐射表的校正系数见表 4，所有回归模型的斜率偏差 $\leq 1.8\%$ ，相当于 1.8 W m^{-2} ， $R^2 \geq 0.997$ ， $\text{RMSE} \leq 7.5 \text{ W m}^{-2}$ 。考虑到仪器自身存在的误差，将入射值 < 1 的值编辑为 0 并视为夜间值。

表 4 器差影响校正公式

Table 4 Correction formula for instrument bias

校正前数据项	校正后数据项	校正系数	R^2	RMSE
SR_dn_slope	SR_dn_slope_corr	0.970	0.999	7.548
SR_up_slope	SR_up_slope_corr	1.013	1.000	0.640
LR_dn_slope	LR_dn_slope_corr	0.990	1.000	1.824
LR_up_slope	LR_up_slope_corr	0.998	1.000	1.760
PAR_dn_slope	PAR_dn_slope_corr	1.085	1.000	11.011
PAR_up_slope	PAR_up_slope_corr	0.986	0.999	1.635

根据东北温带阔叶林的特点,将 H 的范围限定在 $-60\sim 300\text{ W m}^{-2}$ 的范围内,将 LE 的范围限定在 $-10\sim 400\text{ W m}^{-2}$ 的范围内^[16],该限定范围可能存在一定的主观因素,研究人员也可根据 Excel 数据表中附带的未经任何修改的原始观测数据自行设置限定范围。

本数据集在半小时时间尺度上的数据覆盖率见图 1。由于设备故障等不可抗力因素,2016 年 3 月 27 日–4 月 3 日的水平辐射表数据缺失,2017 年 1 月 18 日–3 月 9 日的坡面平行辐射表数据缺失,2016 年 3 月 17 日–3 月 21 日、2017 年 1 月 4 日–1 月 8 日、2017 年 3 月 6 日–3 月 9 日湍流能量通量数据缺失,2016 年 10 月 31 日–2017 年 4 月 3 日土壤热通量数据缺失。太阳高度角和晴空指数仅覆盖 2016 年生长季(5 月 3 日–10 月 10 日)。

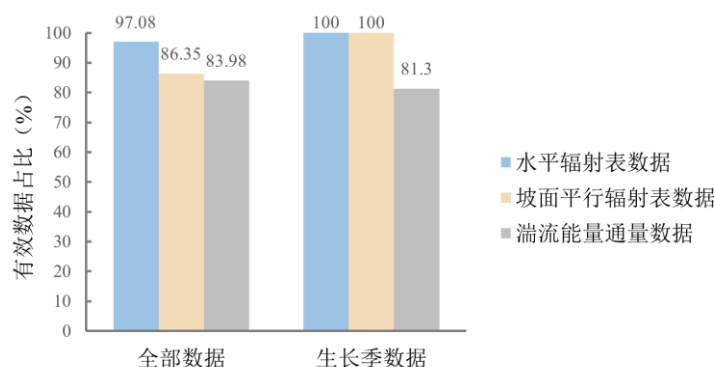


图 1 半小时尺度上辐射及湍流能量通量数据覆盖率

Figure 1 Radiation and turbulence energy flux data coverage at the half-hour time scale

4 数据价值

涡动相关(EC)技术因直接测量生态系统尺度上陆地生态系统与大气之间的碳、水和能量交换而成为研究陆地生态系统碳水通量的标准方法^[17],然而 EC 方法能量不闭合的问题在森林观测站普遍存在。在现有的研究中,校正地形对辐射的影响时没有充分考虑辐射分量的差异,也很少有研究报道倾斜地形辐射表安装方式对 PAR 和 NIR 以及反照率的影响,量化和校正坡面辐射采用水平安装净辐射表测量所产生的误差将有助于提高 EC 通量观测的精度,但具体的实施方法还有待研究。

本文首次以论文形式公开发表东北地区森林生态系统水平与坡面平行安装辐射表测量太阳辐射组分的数据,数据基于 ChinaFLUX 数据处理体系并结合站点实际情况进行处理,具有时间尺度长、监测时间点密度高、数据精度高、采样点特征明显等特点,评价辐射表的安装方式对不同波段辐射分量的影响将有助于理解和模拟生态学过程,为同类型生态系统的碳、水、能量通量相关研究提供方法参考,进而有助于修正历史数据或构建更准确的模型,为森林生态系统生态功能、区域碳循环研究和模型参数设置等方面提供数据支撑。

5 数据使用方法

本数据集由国家生态科学数据存储库(EcoDB)提供数据共享资源,用户可在 Science Data Bank 查询到本数据集并自由下载。基于本数据集曾经发表能量平衡^[1]和反照率^[18]2 篇研究论文。作为我国温带森林第一个同时采用水平安装与坡面平行安装辐射表测量太阳辐射组分与反照率的年数据集,

本数据集在观测前已最大程度消除了器差影响,且有效数据覆盖率较高,完全可以满足一般的模型验证需要。

数据使用者在使用本数据集时需要注意以下 5 方面:

(1) 尽管本研究尽可能消除了器差影响,但所用净辐射表和光合有效辐射表的余弦响应、温度敏感性、线性漂移等误差仍不可避免。

(2) 考虑到数据插补方法的多样性和不确定性,本数据集未对缺失数据作数据插补,使用者可以自行选择适当的数据插补方法。

(3) 评价不同天气条件对误差大小的影响时,建议使用生长季典型晴天(7月6日)和典型阴天(7月13日)数据^[18]。

(4) 评价辐射表的不同安装方式对能量闭合率的影响时,由于 EC 方法测量碳通量的数据处理方法具有多样性,不同处理方法的结果可能存在一定的差异。

(5) 本数据集能够为辐射表安装方式的对比研究及碳水能量通量观测误差分析相关研究提供数据支持。采用简单的基于日地几何直接辐射组分转换的倾斜校正,并不能完全转换到坡面接收与反射的辐射^[1],因此建议今后研究采用坡面平行辐射表测量的辐射和反照率检验、改进新模型。

数据作者分工职责

王兴昌(1982—),男,山东省淄博市人,博士,副教授,研究方向为森林碳氮水循环及其对气候变化的响应。主要承担工作:实验设计、野外系统维护和数据分析、论文写作。

刘哲成(2000—),男,广东省深圳市人,硕士研究生,研究方向为陆地生态系统碳循环。主要承担工作:论文写作、数据整理。

刘帆(1992—),女,河北省保定市人,博士,助理研究员,研究方向为陆地生态系统碳水耦合关系。主要承担工作:野外系统维护和数据分析。

朱苑(1994—),女,安徽省淮南市人,博士研究生,研究方向为森林生态系统碳循环。主要承担工作:野外系统维护和数据整理。

张全智(1981—),男,甘肃省白银市人,博士,副教授,研究方向为森林生态系统碳循环。主要承担工作:实验设计和野外系统维护。

王传宽(1963—),男,浙江省衢州市人,博士,教授,研究方向为森林生态系统结构与功能对全球变化的响应。主要承担工作:实验设计和经费支持。

参考文献

- [1] WANG X C, LIU F, WANG C K. Radiation and energy balance on a hillslope forest: horizontal versus slope-parallel installation of radiometer[J]. Journal of Mountain Science, 2022, 19(11): 3076–3087. DOI: 10.1007/s11629-022-7481-8.
- [2] BAI J H, ZONG X M. Global solar radiation transfer and its loss in the atmosphere[J]. Applied Sciences, 2021, 11(6): 2651. DOI: 10.3390/app11062651.
- [3] 徐珂, 邢艳秋, 常晓晴. 亚热带常绿针叶林光能利用率模型优化与总初级生产力估算[J]. 森林工程, 2021, 37(5): 28–36. DOI: 10.3969/j.issn.1006-8023.2021.05.004. [XU K, XING Y Q, CHANG X Q.

- Model optimization and GPP estimation of light energy utilization in subtropical evergreen coniferous forest[J]. Forest Engineering, 2021, 37(5): 28–36. DOI: 10.3969/j.issn.1006-8023.2021.05.004.]
- [4] 刘帆, 王传宽, 王兴昌. 近地遥感在森林冠层物候动态监测中的应用[J]. 应用生态学报, 2018, 29(6): 1768–1778. [LIU F, WANG C K, WANG X C. Application of near-surface remote sensing in monitoring the dynamics of forest canopy phenology[J]. Chinese Journal of Applied Ecology, 2018, 29(6): 1768–1778.]
- [5] RAMTVEDT E N, NÆSSET E. A simple slope correction of horizontally measured albedo in sloping terrain[J]. Agricultural and Forest Meteorology, 2023, 339: 109547. DOI: 10.1016/j.agrformet.2023.109547.
- [6] AUBINET M, VESALA T, PAPALE D. Eddy Covariance: A Practical Guide to Measurement and Data Analysis[M]. Dordrecht: Springer Netherlands, 2012: 365–376. DOI: 10.1007/978-94-007-2351-1.
- [7] LEUNING R, VAN GORSEL E, MASSMAN W J, et al. Reflections on the surface energy imbalance problem[J]. Agricultural and Forest Meteorology, 2012, 156: 65–74. DOI: 10.1016/j.agrformet.2011.12.002.
- [8] HOCH S W, DAVID WHITEMAN C. Topographic effects on the surface radiation balance in and around *Arizona's* meteor crater[J]. Journal of Applied Meteorology and Climatology, 2010, 49(6): 1114–1128. DOI: 10.1175/2010jamc2353.1.
- [9] WANG X C, SONG H M, LIU F, et al. Timing of leaf fall and changes in litter nutrient concentration compromise estimates of nutrient fluxes and nutrient resorption efficiency[J]. Forest Ecology and Management, 2022, 513: 120188. DOI: 10.1016/j.foreco.2022.120188.
- [10] LIU F, WANG C K, WANG X C. Sampling protocols of specific leaf area for improving accuracy of the estimation of forest leaf area index[J]. Agricultural and Forest Meteorology, 2021, 298/299: 108286. DOI: 10.1016/j.agrformet.2020.108286.
- [11] WANG X C, WANG Q, CHEN Y, et al. Coloration and phenology manifest nutrient variability in senesced leaves of 46 temperate deciduous woody species[J]. Journal of Plant Ecology, 2022, 15(4): 700–710. DOI: 10.1093/jpe/rtab105.
- [12] WANG X C, WANG C K, LI Q L. Wind regimes above and below a temperate deciduous forest canopy in complex terrain: interactions between slope and valley winds[J]. Atmosphere, 2014, 6(1): 60–87. DOI: 10.3390/atmos6010060.
- [13] 刘帆, 王传宽, 王兴昌, 等. 帽儿山温带落叶阔叶林通量塔风浪区生物量空间格局[J]. 生态学报, 2016, 36(20): 6506–6519. DOI: 10.5846/stxb201502270392. [LIU F, WANG C K, WANG X C, et al. Spatial patterns of biomass in the temperate broadleaved deciduous forest within the fetch of the Maoershan flux tower[J]. Acta Ecologica Sinica, 2016, 36(20): 6506–6519. DOI: 10.5846/stxb201502270392.]
- [14] 王兴昌. 东北山地森林涡动协方差碳、水、能量通量观测误差分析[D]. 东北林业大学, 2019. [WANG X C. Error analyses of measurements of carbon, water vapor and energy fluxes with eddy covariance on a mountainous forest in Northeast China[D]. Northeast Forestry University, 2019.]
- [15] ROSS J, SULEV M. Sources of errors in measurements of PAR[J]. Agricultural and Forest Meteorology, 2000, 100(2/3): 103–125. DOI: 10.1016/S0168-1923(99)00144-6.
- [16] 吴家兵, 关德新, 赵晓松, 等. 东北阔叶红松林能量平衡特征[J]. 生态学报, 2005, 25(10): 2520–2526. DOI: 10.3321/j.issn: 1000-0933.2005.10.009. [WU J B, GUAN D X, ZHAO X S, et al. Characteristic of the energy balance in broad-leaved Korean pine forest of northeastern China[J]. Acta Ecologica Sinica,

2005, 25(10): 2520–2526. DOI: 10.3321/j.issn: 1000-0933.2005.10.009.]

[17] 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(12): 3600–3609. DOI: 10.1111/gcb.12649.

[18] 阮颖, 王传宽, 刘帆, 等. 落叶阔叶林反照率的时间变化与影响因素[J]. 应用生态学报, 2022, 33(8): 2068–2076. DOI: 10.13287/j.1001-9332.202208.011. [RUAN Y, WANG C K, LIU F, et al. Temporal variation and influencing factors of albedo in a deciduous broad-leaved forest[J]. Chinese Journal of Applied Ecology, 2022, 33(8): 2068–2076. DOI: 10.13287/j.1001-9332.202208.011.]

论文引用格式

王兴昌, 刘哲成, 刘帆, 等. 2016 年帽儿山站水平与坡面平行辐射表测量太阳辐射组分及湍流能量通量数据集[J/OL]. 中国科学数据, 2023, 8(3). (2023-08-28). DOI: 10.11922/11-6035.csd.2023.0023.zh.

数据引用格式

王兴昌, 刘哲成, 刘帆, 等. 2016 年帽儿山站水平与坡面平行辐射表测量太阳辐射组分及湍流能量通量数据集[DS/OL]. Science Data Bank, 2023. (2023-03-14). DOI: 10.57760/sciencedb.07143.

A dataset of horizontal and slope-parallel installation of radiometer to measure solar radiation components and turbulent energy flux at Maoershan station in 2016

WANG Xingchang¹, LIU Zhecheng¹, LIU Fan², ZHU Yuan¹, ZHANG Quanzhi¹,
WANG Chuankuan^{1*}

1. Center for Ecological Research, Northeast Forestry University, Harbin 150040, P. R. China

2. Center for Agricultural Resources Research, IGDB, CAS, Shijiazhuang 050022, P. R. China

*Email: wangck-cf@nefu.edu.cn

Abstract: Solar radiation is one of the key parameters driving carbon and water fluxes, as well as other types of terrestrial processes. Radiometers, the most commonly used instruments for measuring local-scale radiation and albedo, are typically installed horizontally according to meteorological observation standards. However, under sloping terrain conditions, their hemispherical view and the surface receiving or reflecting radiation are not vertical. This discrepancy often results in a daily phase shift between net radiation and turbulent energy fluxes. Montane region accounts for one-quarter of the total global land surface area, yet few studies have quantified and corrected the errors resulting from horizontal installation of net radiometers in these areas. The dataset compiled in this paper were solar radiation and turbulent energy flux data measured by horizontal and slope-parallel radiometers in the secondary forest of the Maoershan Forest Ecosystem Research Station in Heilongjiang from March 17, 2016, to April 3, 2017. The data included incident and

reflected shortwave radiation, longwave radiation, photosynthetically active radiation, as well as albedo, solar elevation angle, clear sky index, sensible heat flux, latent heat flux, and soil surface heat flux data. These data were stored in half-hour intervals, with radiation and turbulent energy flux data coverage rates during the growing season (May 3, 2016 to October 10, 2016) of 100% and 81.3% respectively. This dataset can provide original data for evaluating the impact of radiometers installation methods on the measurement of radiation components and albedo in montane regions, which not only help to correct historical data or construct more accurate models, but can also provide methodological references for studies related to carbon, water, and energy fluxes.

Keywords: solar radiation; radiometer; montane regions; energy closure

Dataset Profile

Title	A dataset of horizontal and slope-parallel installation of radiometer to measure solar radiation components and turbulent energy flux at Maoershan station in 2016
Data corresponding author	WANG Chuankuan (wangck-cf@nefu.edu.cn)
Data author(s)	WANG Xingchang, LIU Zhecheng, LIU Fan, ZHU Yuan, ZHANG Quanzhi, WANG Chuankuan
Time range	2016. 3. 17-2017. 3. 4
Geographical scope	45°25.002'N, 127°40.070'E, Heilongjiang Maoershan Forest Ecosystem Research Station
Data volume	10.62 MB
Data format	*.xlsx
Data service system	https://doi.org/10.57760/sciencedb.07143
Source(s) of funding	National Natural Science Foundation of China (32171765, 41503071)
Dataset composition	The dataset consists of 2 data in total: (1) Solar radiation component.xlsx is horizontal and slope-parallel installation of radiometer to measure solar radiation data and slope-parallel correction. Including incident and reflected short-wave radiation, long-wave radiation, photosynthetically active radiation , as well as albedo, solar altitude angle, clear sky index data with a data volume of 8.96 MB; (2) Turbulent energy flux.xlsx is the relevant data for turbulent energy fluxes. Including sensible heat flux, latent heat flux, and soil surface heat flux data with a data volume of 1.65 MB.