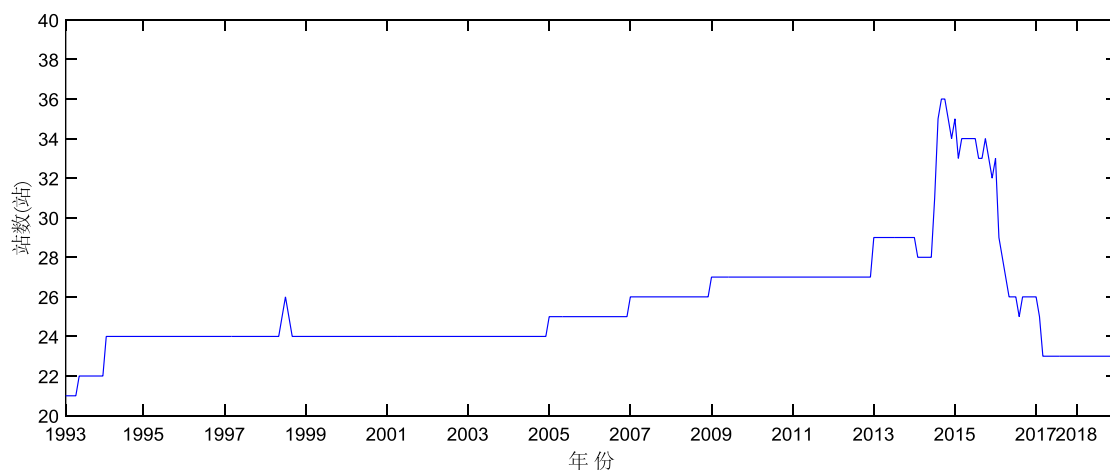
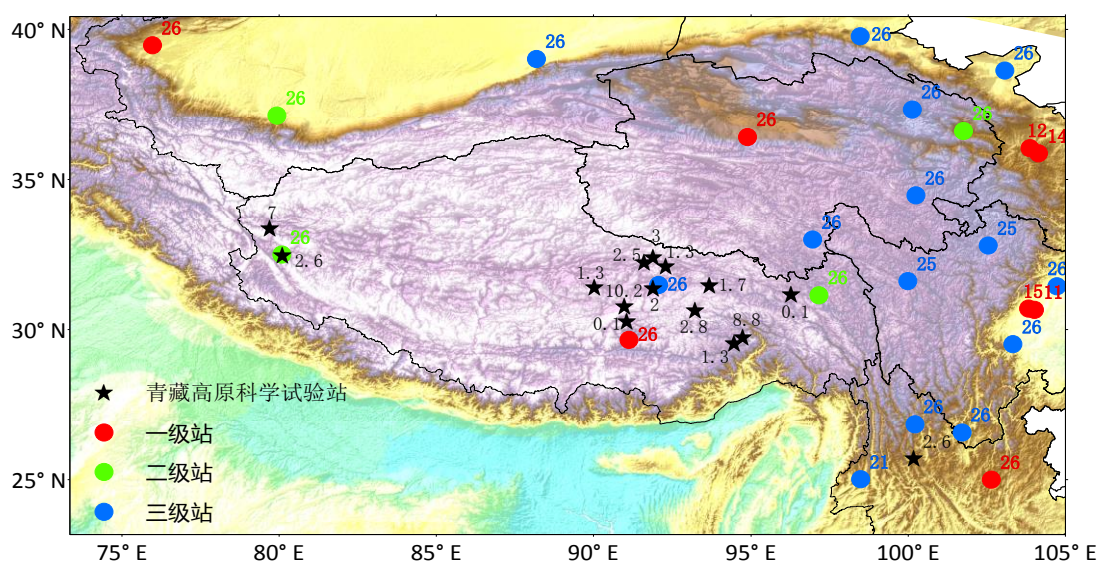




青藏高原气象辐射基本要素逐日曝辐量 整合数据集评估报告



青藏高原区域多来源辐射数据站点时序变化



青藏高原区域多来源辐射数据站点空间分布（数字表示对应站的数据时间长度：年）



国家气象信息中心
National Meteorological Information Center

2019 年 11 月

青藏高原气象辐射基本要素逐日曝辐量 整合数据集说明

青藏高原气象辐射基本要素逐日曝辐量整合数据集是基于“青藏高原气象辐射基本要素逐小时曝辐量整合数据集”统计而成。该数据集包含了青藏高原区域（ $25^{\circ} \sim 40^{\circ} \text{ N}$, 105° E 以西）自 1993 年 1 月以来的共 41 站辐射基本要素逐日累积曝辐量数据，要素内容包括向下短波辐射、净全辐射、散射辐射、直接辐射、向上短波辐射、大气长波辐射、地面长波辐射、光合有效辐射的逐日曝辐量数据。

数据集在研制过程中，开展了包括气候界限值或允许值检查、内部一致性检查等数据质量控制，数据质量良好。

- 各辐射各要素项的实有率均超过 96.0%，光合有效辐射正确率低于 84%，其他各辐射要素正确率超过 96.6%。
- 相同观测站址的试验观测数据与业务观测数据之间呈现较高的相关性，相关系数超过 0.86。

数据集制作人：刘娜、熊安元

单 位：国家气象信息中心资料服务室

地 址：北京海淀区中关村南大街 46 号

邮 编：100081

联系电话：(010) 68407499

E-Mail: datacenter@cma.gov.cn

制作时间：2019 年 11 月

目 录

1.	数据集简介	2
1.1	数据集来源	2
1.1.1	多来源数据基本情况	2
1.1.2	观测站点时空分布情况	2
1.2	数据集属性	4
2.	数据质量控制	5
2.1	气候界限值检查	5
2.2	内部一致性检查	5
3.	数据质量评估	5
3.1	评估指标	5
3.1.1	数据质量评估指标	5
3.1.2	数据对比评估指标	6
3.2	评估分析	6
3.2.1	数据完整性评估	6
3.2.2	数据质量评估	11
3.2.3	多源数据对比评估	15

青藏高原气象辐射基本要素逐日曝辐量

数据集评估报告

青藏高原约占中国陆地面积的四分之一，平均海拔在 4000 米以上，是世界上最高、地形最负责的高原，被称之为地球上的“第三极”。研究表明，青藏高原热状况的变化对中国、亚洲以及全球大气环流和天气气候的变化有重要影响。但由于高原上气象台站稀少、取得的关于高原热状况和天气气候的资料有限。为此从 20 世纪 70 年代末开始，中外气象科学家在高原上进行了一系列的科学考察试验，包括 1979 年的第一次青藏高原气象科学考察试验（QXPMEEX）、1998 年的第二次青藏高原科学考察试验（TIPEX II）以及 2014 年的第三次青藏高原科学考察试验（TIPEX III）。在这些试验数据的基础上，叶笃正（青藏高原气象学[M], 1979）、章基嘉（青藏高原气象学进展[J], 1988）对青藏高原的热状况和天气气候进行了系统的研究和总结。陈隆勋（1979 年夏季青藏高原上空大气热源的变化及大气能量收支特性[J], 1985）、赵平（青藏高原热源状况及其与海气关系的研究[J], 1999）等计算了高原热源的气候特征及其与东亚气候的关系。研究表明，青藏高原地表加热场对中国及东亚地区的大气环流、天气气候以及大范围的旱涝等有着重要的影响。

太阳辐射是地球表层环境系统能量最主要的来源，在气候形成的诸多因子中，太阳辐射的作用是最根本的，它在地表分配的变化，会根本改变温度、湿度、降水和大气环流特征，是地球大气中各种现象和所有物理过程的基本源动力，也是地面热源(汇)的一个重要分量。本研究旨在通过整合集成科学考察试验数据和气象业务观测数据，形成一套空间覆盖度更高、数据更加完整的青藏高原气象辐射基本要素数据集，弥补高原气象台站稀少的问题，为青藏高原热状况和天气气候研究提供基础资料支撑。

1. 数据集简介

“青藏高原气象辐射基本要素逐日曝辐量数据集”包含了青藏高原区域（ $25^{\circ}\sim 40^{\circ}\text{N}$, 105°E 以西）自 1993 年 1 月以来的共 41 站（包括撤换站）辐射基本要素每日累积曝辐量数据。

1.1 数据集来源

数据集是基于“青藏高原气象辐射基本要素逐小时曝辐量数据集”，按照《地面气象观测规范》关于统计处理的规定统计而成。

1.1.1 多来源数据基本情况

数据集中共包括青藏高原所、寒旱所（以下简称两所）自 2005 年以来的 5 站野外观测数据,第二次青藏高原科学考察试验(TIPEX II) 1998 年 6 月的 2 站数据,第三次青藏高原科学考察试验(TIPEX III) 2014 年 7 月-2017 年 1 月的共 9 站数据,气象业务观测 1993 年以来的共 26 站数据。其中第三次青藏高原科学考察试验数据的安多站和两所试验站安多站为同一站址,数据从时间长度上形成相互补充(图 1-1)。

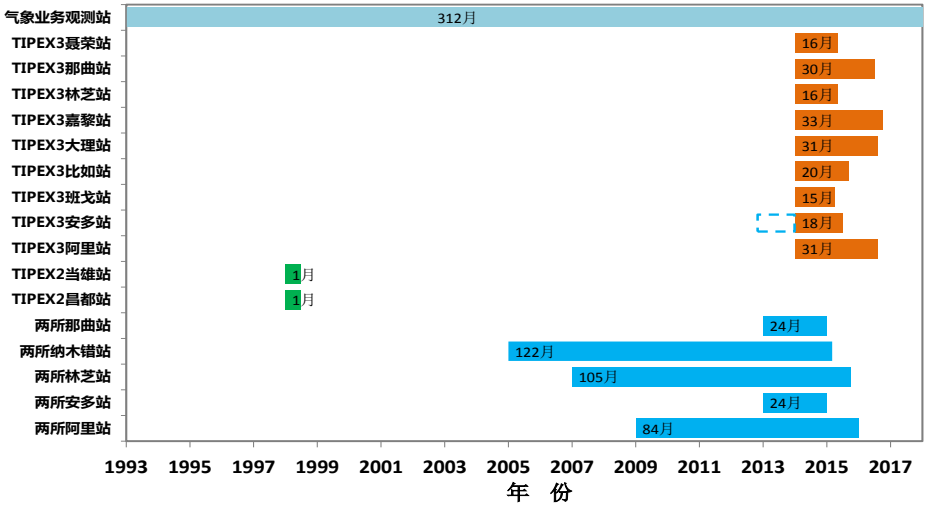


图 1-1 多来源数据时间分布情况（虚线表示时间的补充，数字表示时间长度）

1.1.2 观测站点时空分布情况

基于数据集统计了历年辐射台站数量,台站数量随时间变化曲线见图 1-2,图 1-3 为青藏高原区域整合辐射观测站空间分布图。可以看出,1993 年共 21 个辐射观测站,1994 年增加至 24 个站并维持至

The graph illustrates the growth and subsequent decline of the number of stations over a 25-year period. The data is as follows:

年份 (Year)	站数 (站) (Number of Stations)
1993	21
1994	22
1995	24
1996	24
1997	24
1998	24
1999	26
2000	24
2001	24
2002	24
2003	24
2004	24
2005	25
2006	25
2007	26
2008	26
2009	27
2010	27
2011	27
2012	27
2013	29
2014	29
2015	28
2016	36
2017	34
2018	34
2019	34
2020	32
2021	26
2022	26
2023	26
2024	26
2025	26
2026	26
2027	26
2028	26
2029	26
2030	26

3

1.2 数据集属性

数据集主要包括 1993 年 1 月以来的向下短波辐射、净全辐射、散射辐射、直接辐射、向上短波辐射、大气长波辐射、地面长波辐射、光合有效辐射的逐日累积曝辐量数据。详细要素属性见表 1-1。

表 1-1 数据集属性表

要素内容	数据来源	时间属性	空间属性
向下短波辐射	业务观测	1993.01—2018.12	26 站
	科学试验	1998.06.10—1998.06.29（昌都站） 2014.07—2017.01（其他站）	9 站
	寒旱所/高原所	2005.01—2015.12	5 站
净全辐射	业务观测	1993.01—2018.12	8 站
	科学试验	1998.06.10—1998.06.29（昌都站） 2014.07—2017.01（其他站）	9 站
	寒旱所/高原所	2005.01—2015.12	5 站
散射辐射	业务观测	1993.01—2018.12	8 站
	科学试验	2014.07—2017.01	4 站
直接辐射	业务观测	1993.01—2018.12	8 站
	科学试验	2014.07—2017.01	2 站
向上短波辐射	业务观测	1993.01—2018.12	8 站
	科学试验	2014.07—2017.01	9 站
	寒旱所/高原所	2005.01—2015.12	5 站
大气长波辐射	科学试验	1998.05.29—1998.06.29（当雄站） 2014.07—2017.01（其他站）	10 站
	寒旱所/高原所	2005.01—2015.12	5 站
地面长波辐射	科学试验	1998.06.10—1998.06.29（昌都站） 2014.07—2017.01（其他站）	10 站
	寒旱所/高原所	2005.01—2015.12	5 站
向下光合有效辐射	科学试验站	2014.07—2016.12	5 站
向上光合有效辐射	科学试验站	2014.07—2016.12	4 站

注：青藏高原科学考察试验站观测仪器大多使用美国 KIPP/ZONEN 仪器进行观测；中国气象局国家业务观测站大部分台站使用我国研制的热电型（绕线型康铜镀铜）、感应面（专用光学黑漆）全自动遥测辐射仪观测。

2. 数据质量控制

该数据集的数据源“青藏高原气象辐射基本要素逐小时曝辐量数据集”经过质量控制。在该数据集制作过程中，针对气象辐射各观测要素开展了气候界限值或允许值检查、内部一致性检查等质量控制方法，辐射各要素观测数据均给出了质量控制码。质量控制码含义见数据集说明文档。

2.1 气候界限值检查

太阳辐射具有明显的季节变化规律，基于各站历史数据，统计每月辐射要素的气候平均值、合理最高值和合理最低值，作为各项辐射要素每月的气候界限值数据，检查各辐射要素是否在合理界限范围内。

2.2 内部一致性检查

如果几个物理量之间存在密切的因果或相关关系，在同一测站同时段内测得的数据之间应该具有较好的一致性。本次主要进行了向下短波辐射与散射辐射、向上短波辐射以及下行光合有效辐射和上行光合有效辐射之间的逻辑关系检查。

3. 数据质量评估

3.1 评估指标

3.1.1 数据质量评估指标

本次数据集评估采用实有率评估数据集各要素的完整性，用正确率评估数据集各要素的质量状况。实有率和正确率的计算方法如下：

$$\text{年实有率}_j = \frac{\sum_{i=1}^N \text{实有数据量}_{ij}}{\sum_{i=1}^N \text{应有数据量}_{ij}} \times 100\% \quad (\text{公式 3-1})$$

$$\text{年正确率}_j = \frac{\sum_{i=1}^N \text{正确数据量}_{ij}}{\sum_{i=1}^N \text{实有数据量}_{ij}} \times 100\% \quad (\text{公式 3-2})$$

$$\text{单站实有率}_i = \frac{\sum_{j=M_1}^{M_2} \text{实有数据量}_{ij}}{\sum_{j=M_1}^{M_2} \text{应有数据量}_{ij}} \times 100\% \quad (\text{公式 3-3})$$

$$\text{单站正确率}_i = \frac{\sum_{j=M_1}^{M_2} \text{正确数据量}_{ij}}{\sum_{j=M_1}^{M_2} \text{实有数据量}_{ij}} \times 100\% \quad (\text{公式 3-4})$$

式中， i 表示第 i 站， $i=1, 2, 3, \dots, N$ ， N 为台站数； j 表示年份， $j=M1, M1+1, M1+2, \dots, M2$ ， $M1$ 为起始年份， $M2$ 为截止年份。

应观测数据量 $_{ij}$ ：第 i 站 j 年的观测期的应有数据个数，即数据集中的非“999998”数据量；

实有观测数据量 $_{ij}$ ：第 i 站 j 年的观测期的实有数据个数，既非缺失的数据个数，即数据集中非“999998”、“999999”的数据量；

正确数据量 $_{ij}$ ：第 i 站 j 年实有观测数据中，质量控制为正确的数据个数，即数据集中质量控制码为“0”的数据量。

3.1.2 数据对比评估指标

为评估业务观测数据与试验观测数据之间的差异分布及变化情况，采用平均偏差（Mean Bias Error, MBE）作为评估指标，具体计算公式如下：

$$MBE = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (T_i - O_i) \quad (\text{公式3-5})$$

其中， T_i 和 O_i 分别表示第 i 次试验观测数据和业务观测数据， N 为统计样本数。

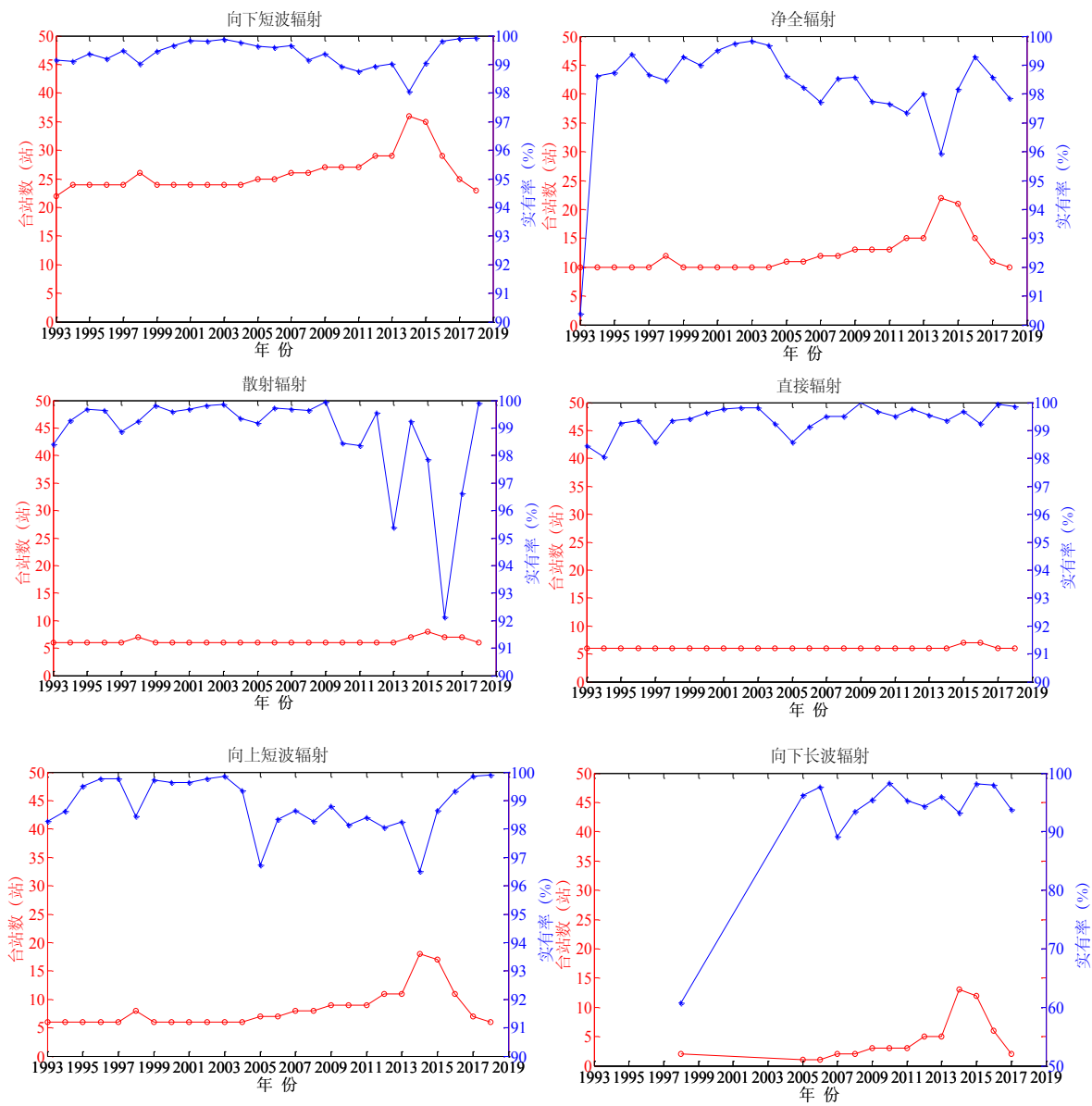
3.2 评估分析

3.2.1 数据完整性评估

本评估主要用数据实有率表征数据完整性，表 3-1 为各辐射要素项逐日曝辐量数据的完整性状况。可以看出辐射各要素项的实有率在 96.0%以上。辐射各要素项逐日累积曝辐量实有率时序变化见图 3-1，空间变化特征见图 3-2。

表 3-1 辐射要素项逐日曝辐量数据完整性评估

要素项	总观测记录数 (个)	实有率 (%)
向下短波辐射	239135	99.34
净全辐射	107766	98.16
散射辐射	57962	98.75
直接辐射	56993	99.39
向上短波辐射	69936	98.72
向下大气长波	13753	95.72
向上大气长波	13756	96.02
向下光合有效辐射	1984	98.39
向上光合有效辐射	881	99.21



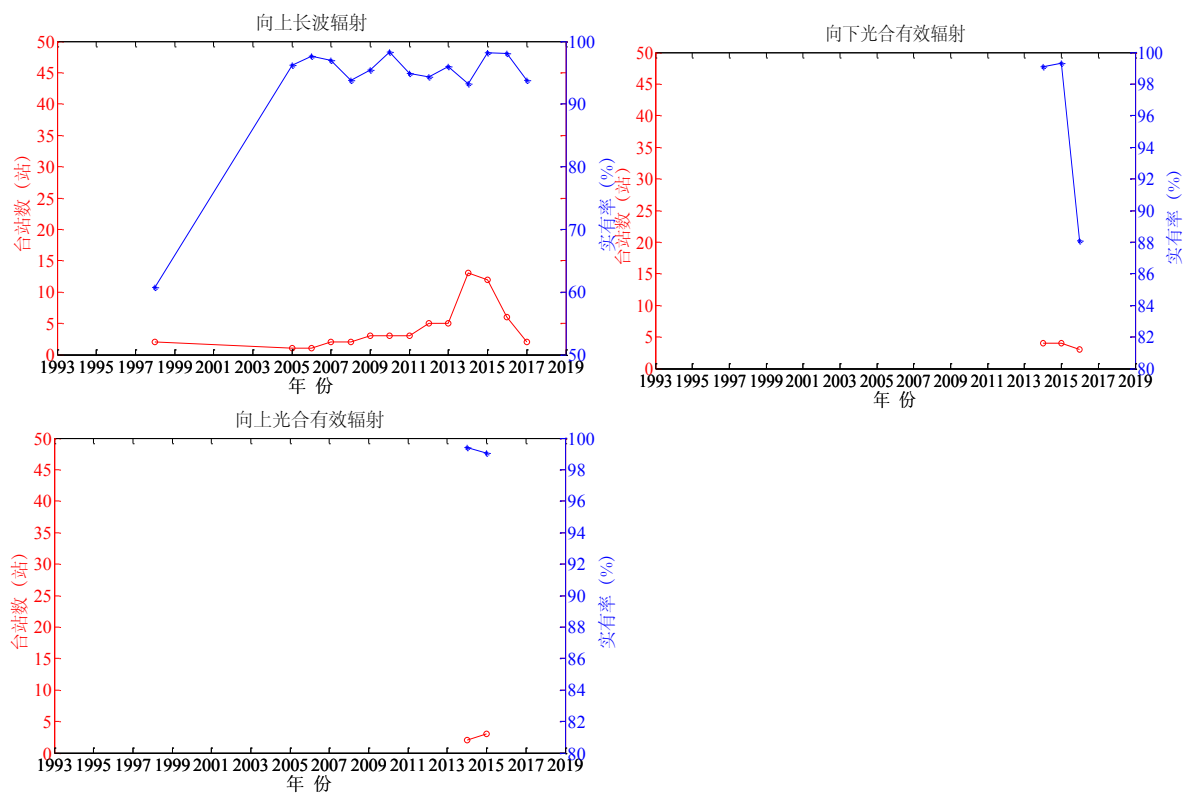
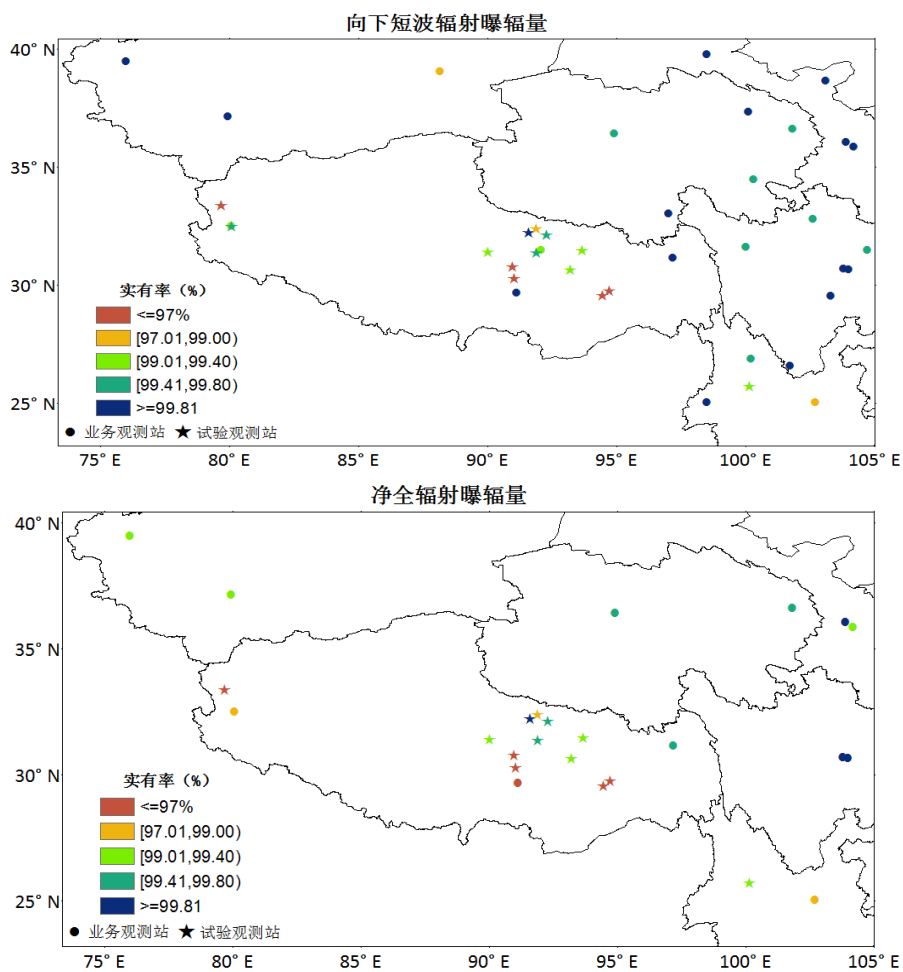
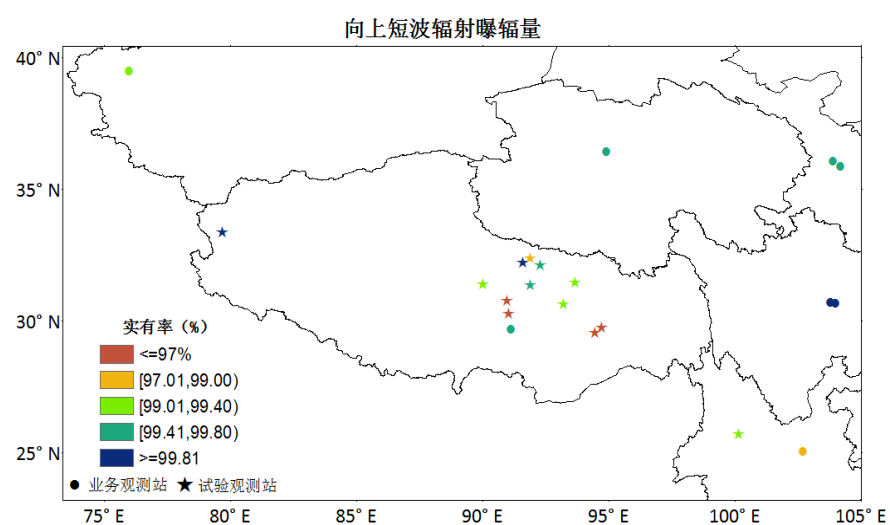
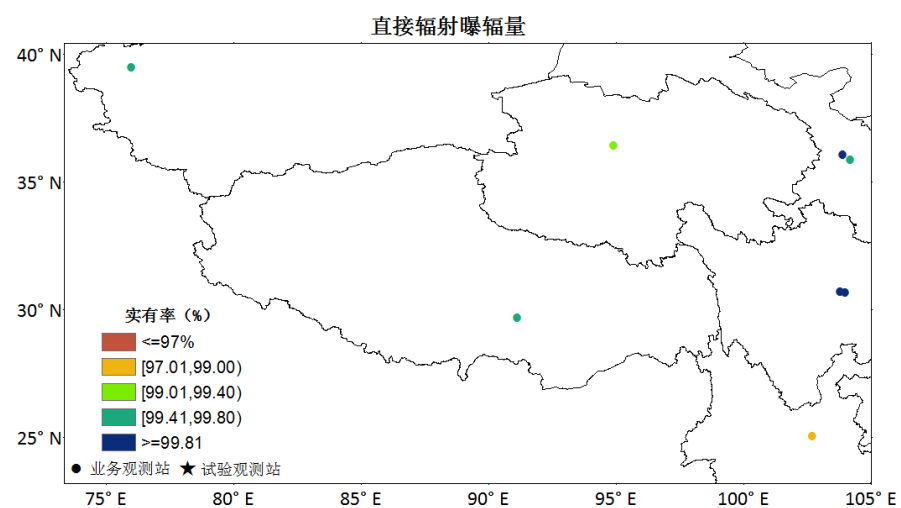
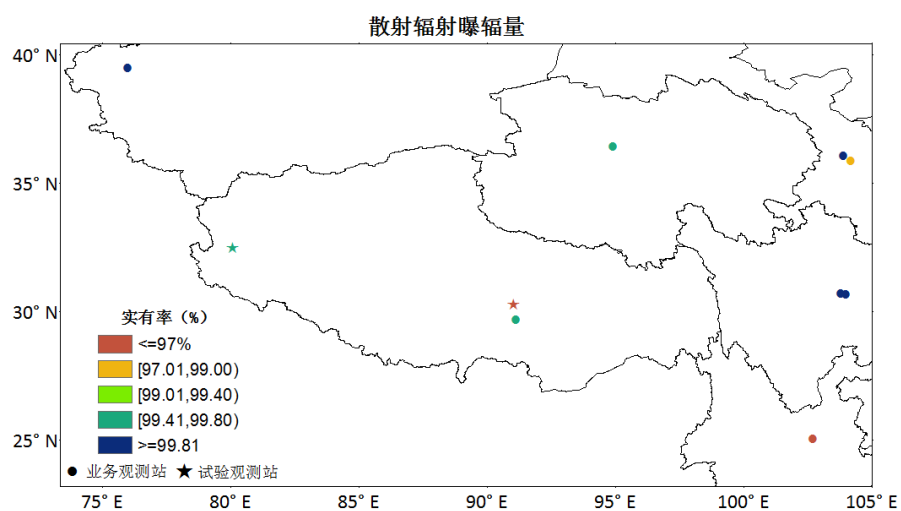
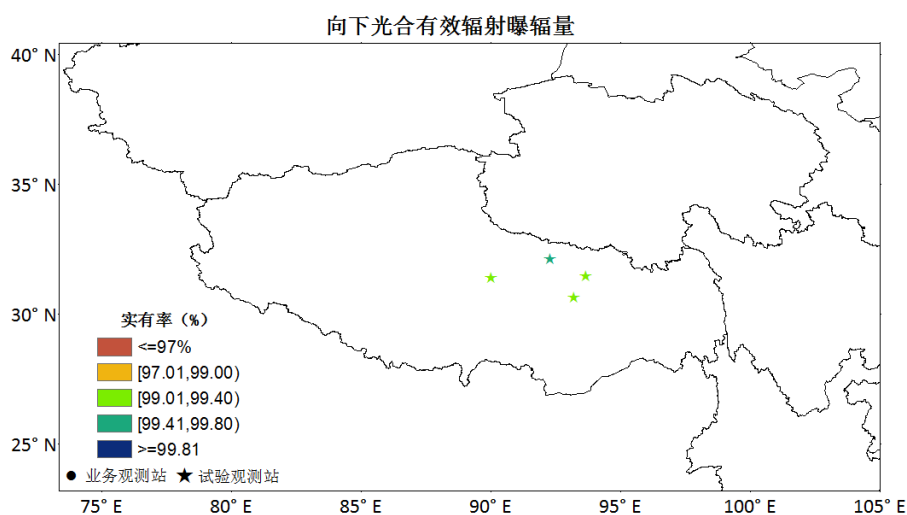
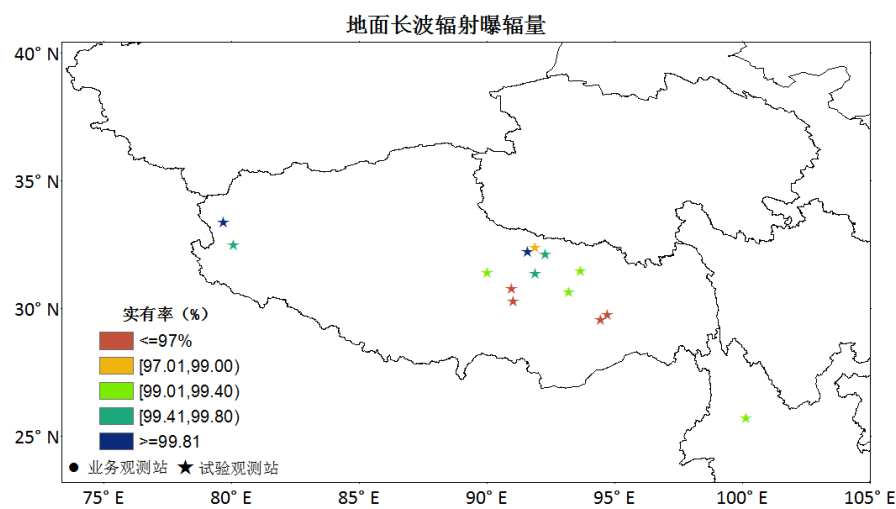
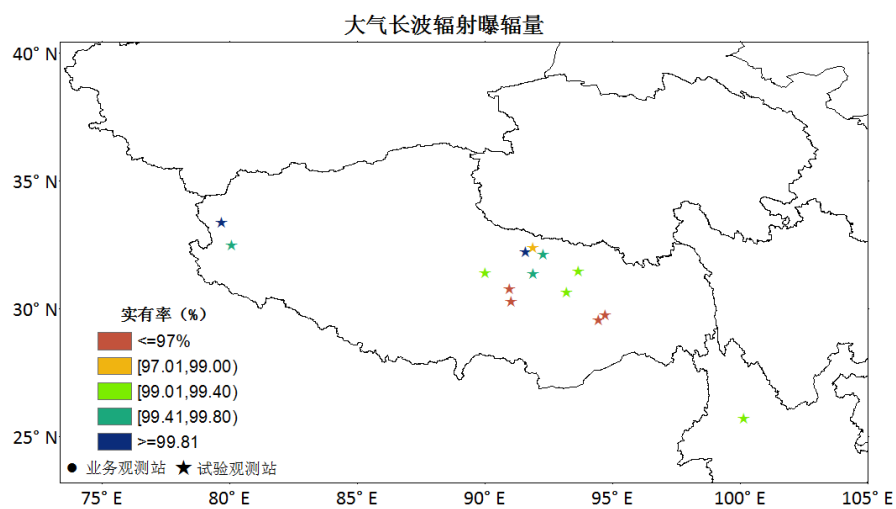


图 3-1 辐射要素项逐日曝辐量数据完整性时序变化







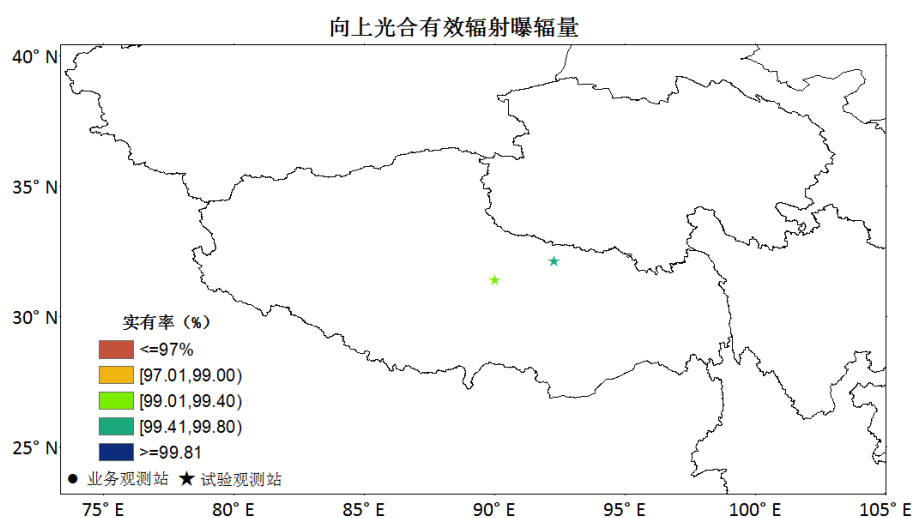


图 3-2 辐射要素项逐日曝辐量数据完整性空间分布

3.2.2 数据质量评估

本评估主要用数据正确率表征数据质量，表 3-2 为各辐射要素项逐日曝辐量数据的正确性状况。可以看出，除向下光合有效辐射、向上光合有效辐射正确率略低，其他辐射各要素项的正确率均超过了 96.6%。辐射各要素项逐日曝辐量正确率时序变化见图 3-3，空间变化特征见图 3-4。

表 3-2 辐射要素项逐日曝辐量数据正确性评估

要素项	实有记录数（个）	正确率（%）
向下短波辐射	237562	99.82
净全辐射	105778	99.10
散射辐射	57240	99.05
直接辐射	56643	99.54
向上短波辐射	69039	98.95
向下大气长波	13165	99.65
向上大气长波	13209	96.69
向下光合有效辐射	1952	64.58
向上光合有效辐射	874	83.84

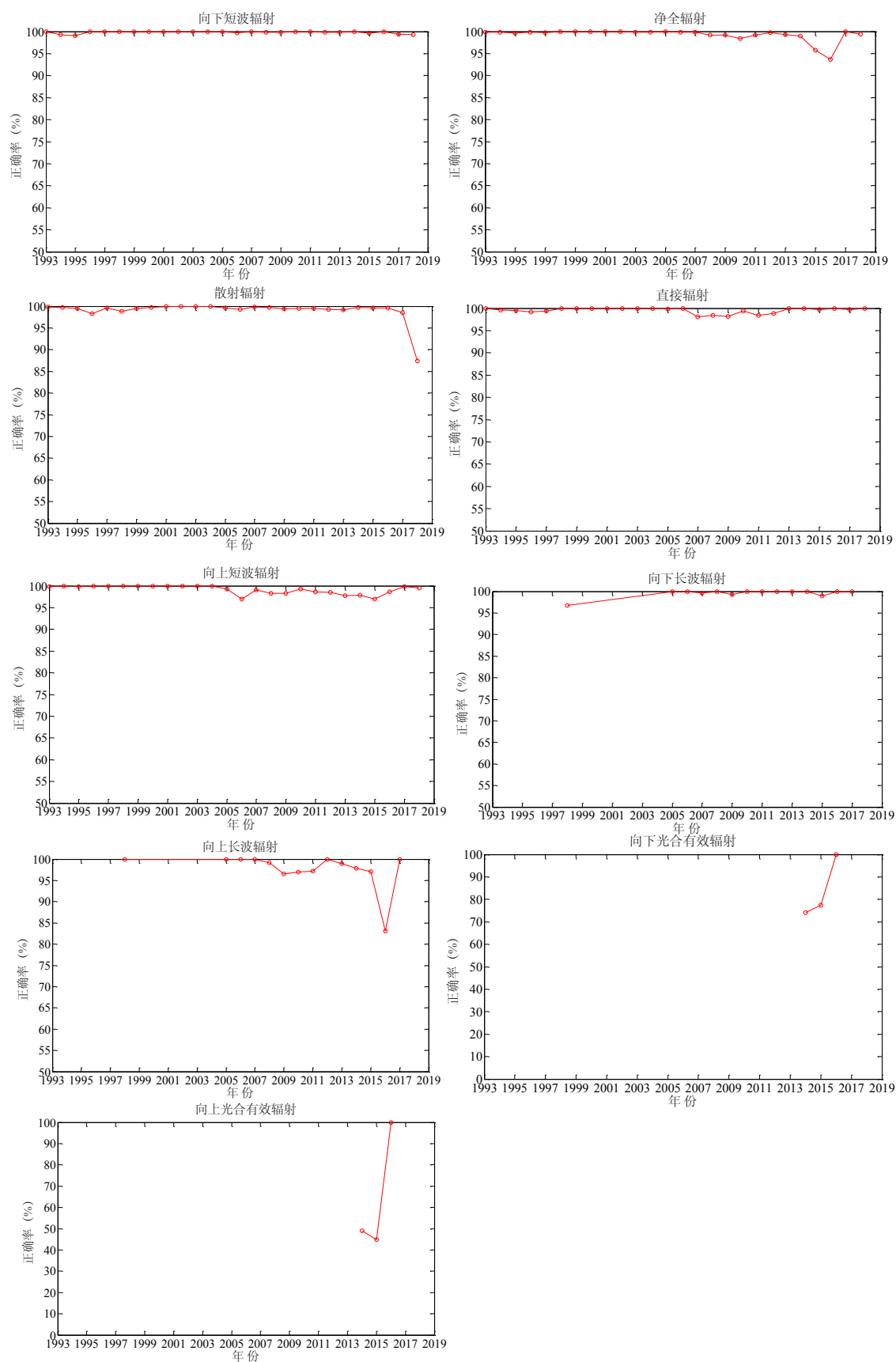
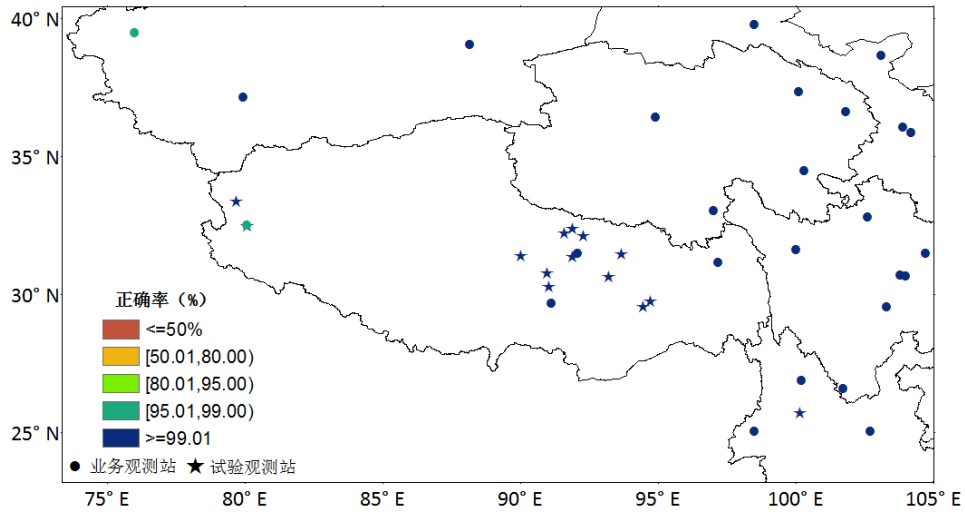
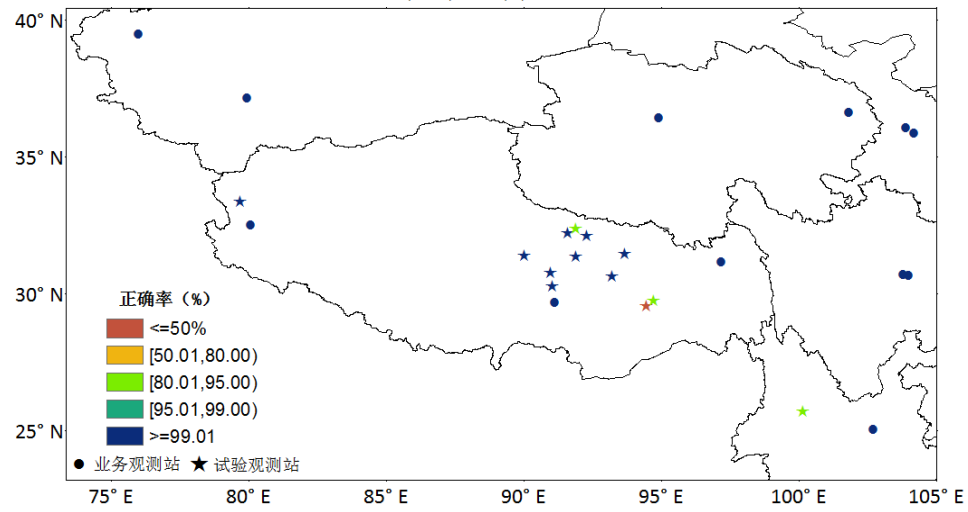


图 3-3 辐射要素项逐日曝辐量数据正确性时序变化

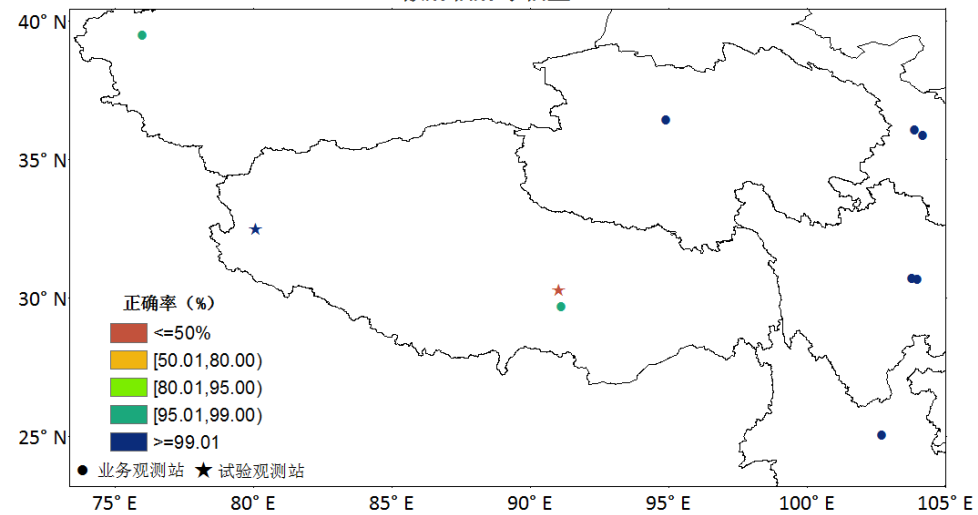
向下短波辐射曝辐量

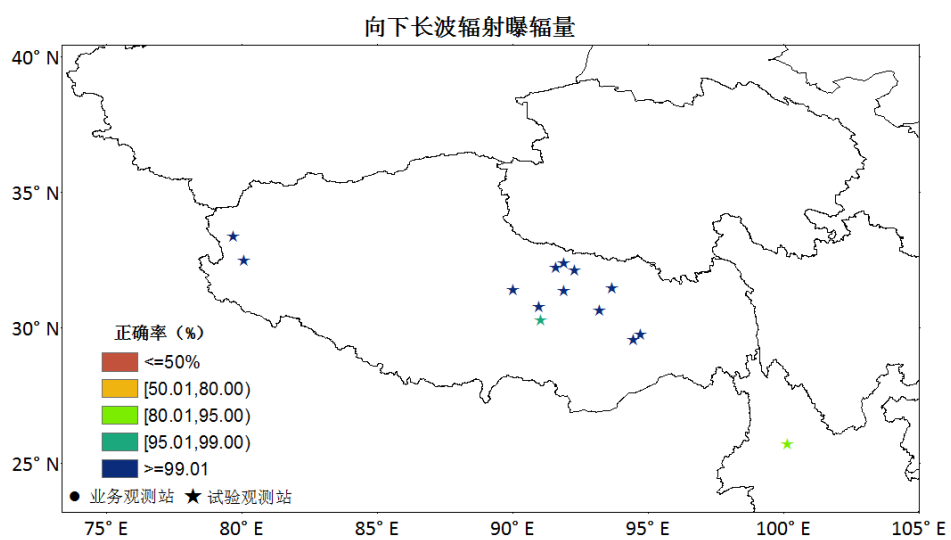
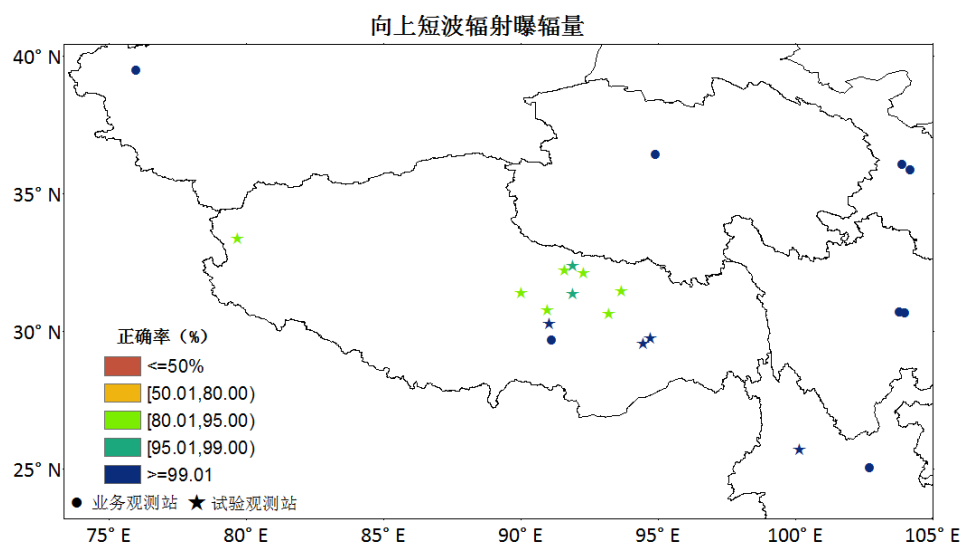
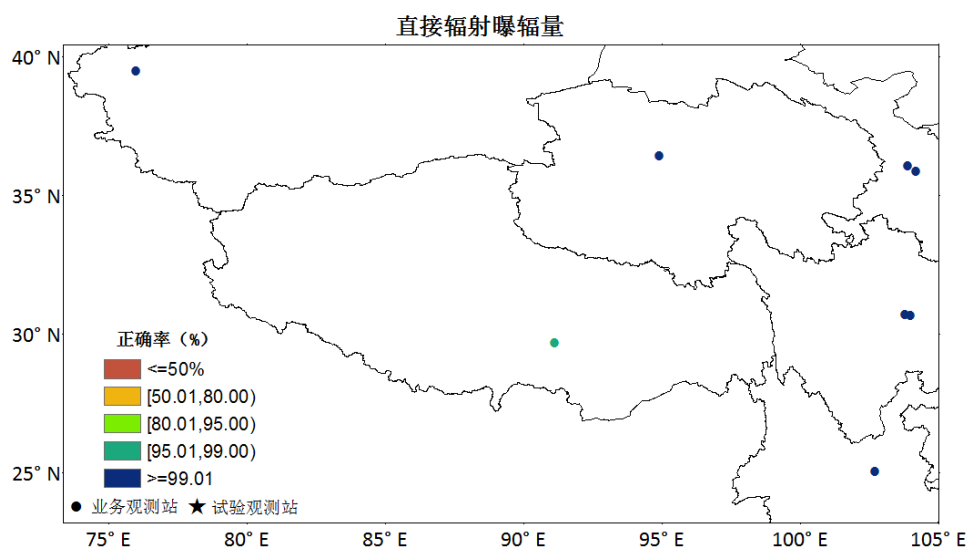


净全辐射曝辐量



散射辐射曝辐量





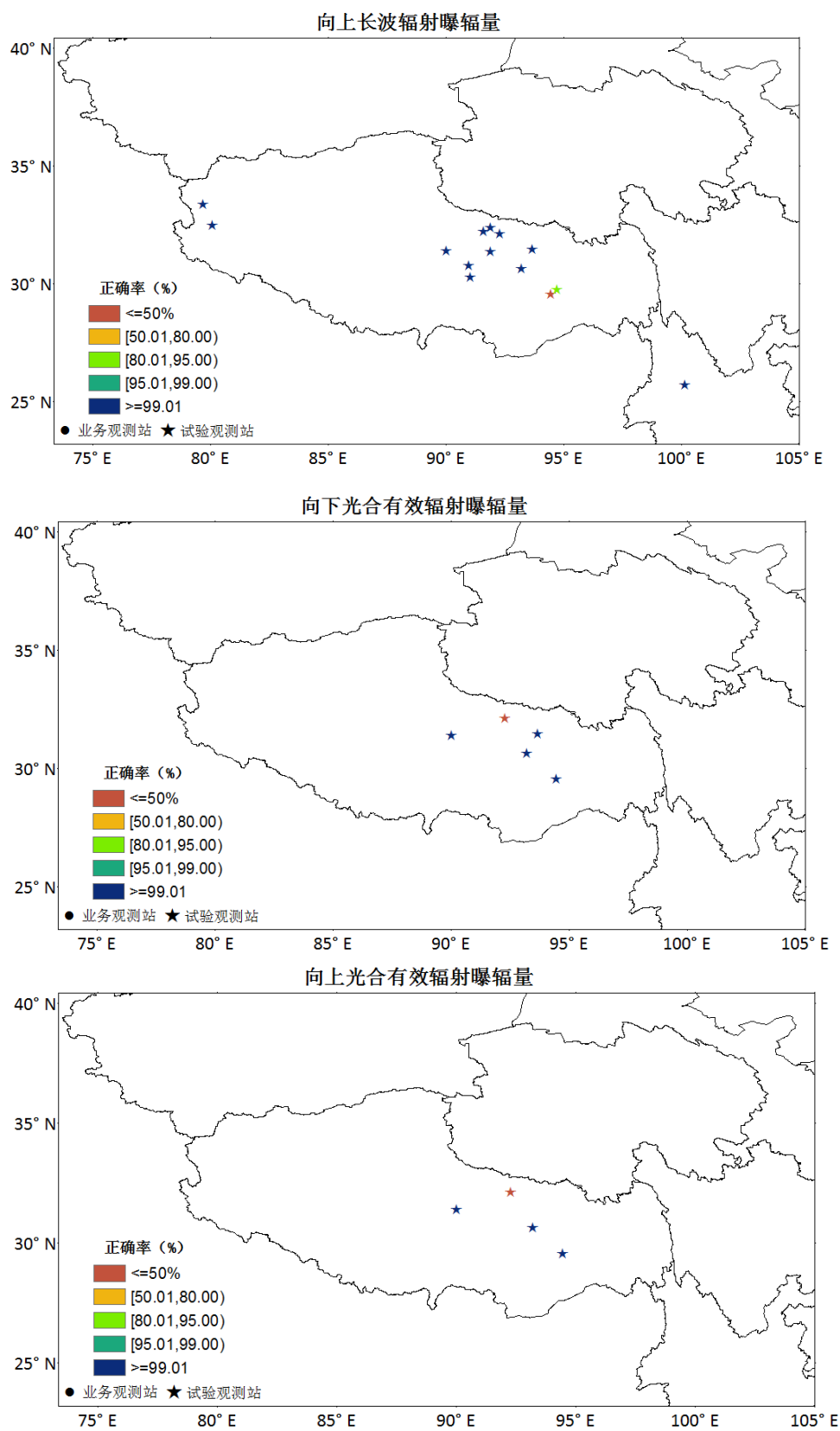


图 3-4 辐射要素项逐日曝辐量数据正确性空间分布

3.2.3 多源数据对比评估

青藏高原气象辐射整合集成数据集中,阿里业务观测站与第三次青藏高原试验站处于同一观测场,那曲业务观测站与青藏高原试验站观测场距离约 15km。本研究基于阿里(2014 年 7 月-2017 年 1 月)、那曲(2013 年 1 月-2014 年 12 月)两站的两种来源数据的向下短波辐射逐日曝辐量数据进行了差异对比分析。

3.2.3.1 对比偏差时序变化

图 3-5 给出了阿里站、那曲站两种来源观测的向下短波辐射数据对比偏差的逐月变化曲线:(1)阿里站两种来源数据的平均偏差(以下简称平均偏差)自 2014 年 9 月在 $-1.5\sim 4.0\text{MJ}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{d}^{-1}$ 范围内上下波动变化,平均偏差变化较为稳定;(2)那曲站两种来源数据在 2013 年 8 月前整体呈现正偏差,在 $0\sim 2.2\text{MJ}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{d}^{-1}$ 范围内变化,2014 年 8 月后呈现负偏差,在 $-3.2\sim 0\text{MJ}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{d}^{-1}$ 范围内变化。

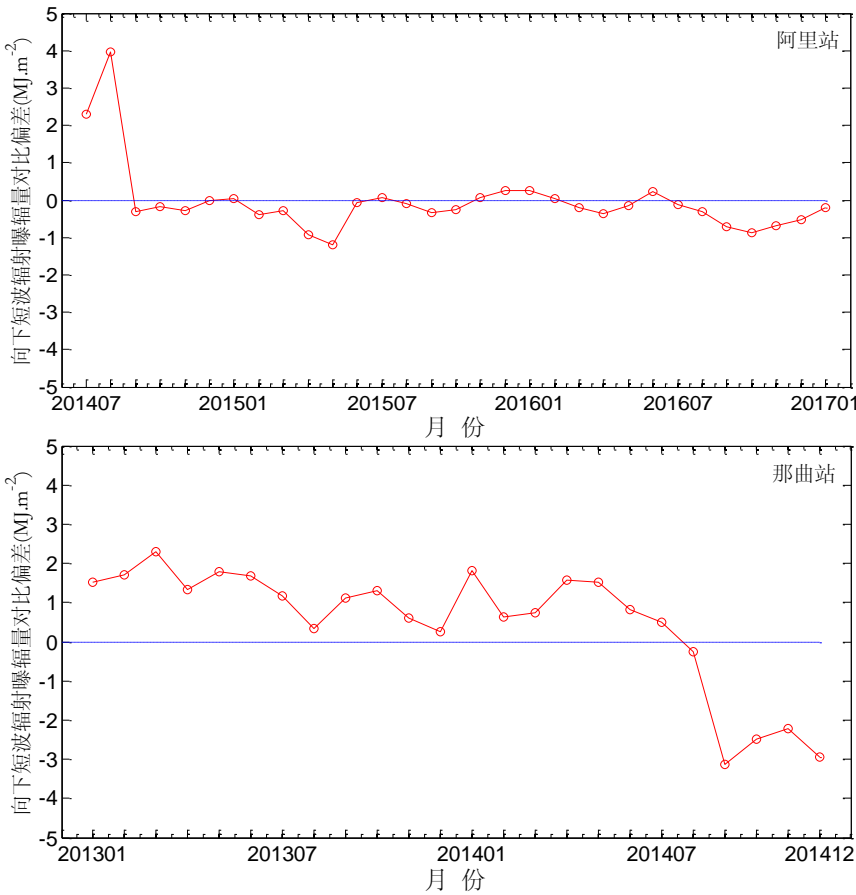


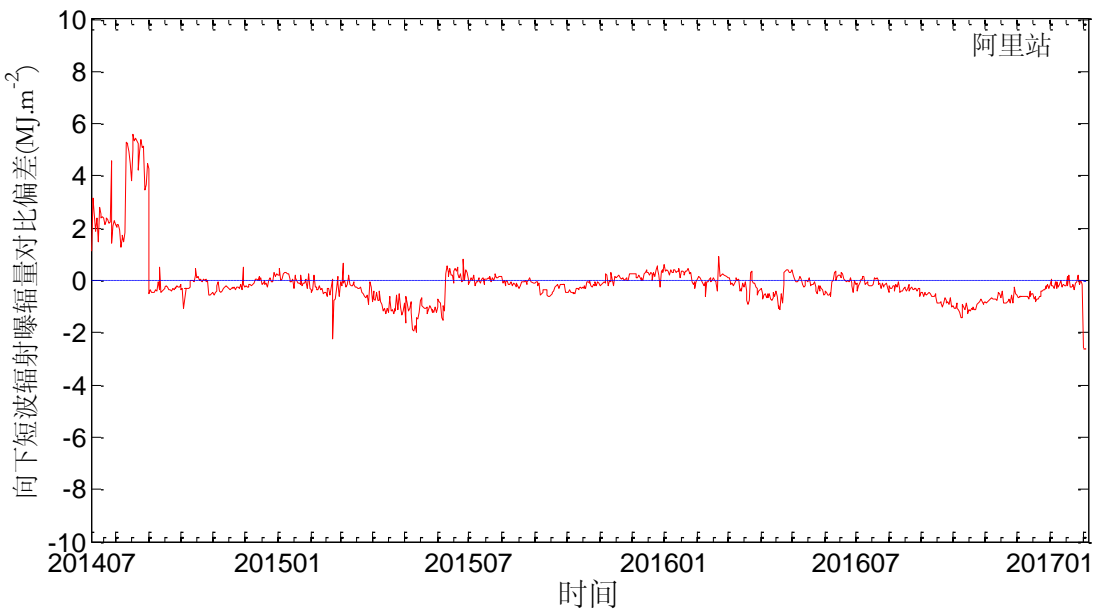
图 3-5 两种来源向下短波辐射逐日曝辐量对比偏差逐月变化

为了更加细致的呈现对比偏差的变化特征,图 3-6 给出了两种来

源向下短波辐射逐日曝辐量数据对比偏差的变化情况：(1) 阿里站逐日曝辐量数据对比偏差自 2014 年 9 月，总体变化较为稳定，在 $-2.6\sim 5.9\text{ MJ}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{d}^{-1}$ 范围内变化，呈现出一定的季节变化规律，在秋冬季节差异较小，春季夏季差异较大（表 3-3）。经分析，2014 年 7-8 月及 2016 年 6 月，可能是由于科学考察试验站数据不稳定导致；(2) 那曲站逐日曝辐量数据对比偏差在 $\pm 8.0\text{ MJ}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{d}^{-1}$ 范围内变化，无明显季节变化规律。

表 3-3 各季节试验站与业务站向下短波符合逐日曝辐量对比偏差 ($\text{MJ}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{d}^{-1}$)

季节	对比偏差	
	阿里站	那曲站
春季	-0.5180	1.5455
夏季	0.6982	0.7029
秋季	-0.3953	-0.7642
冬季	-0.0657	0.7605



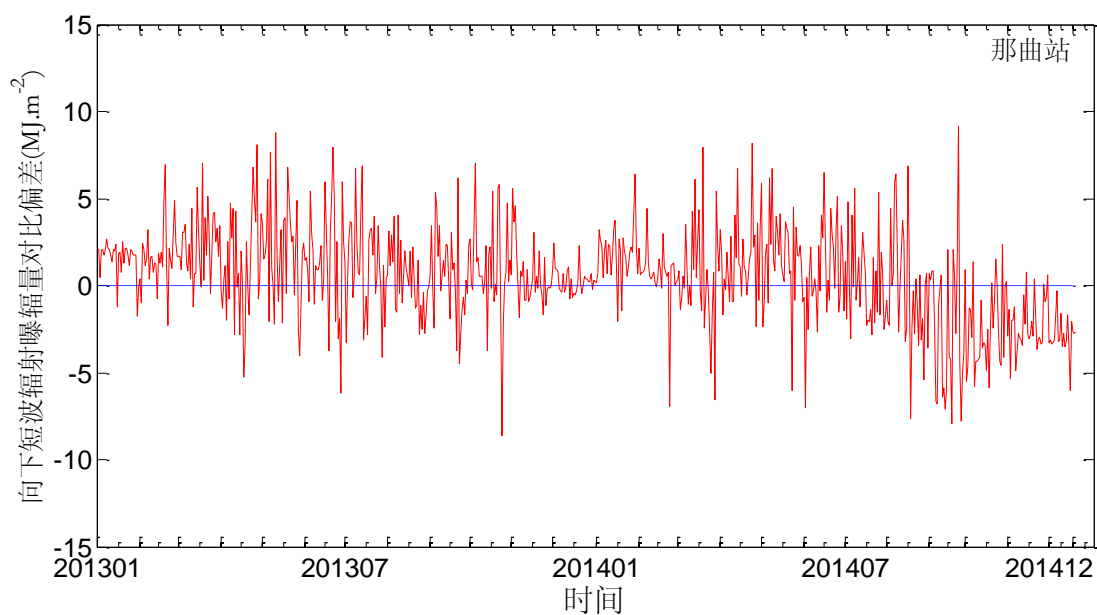


图 3-6 两种来源向下短波辐射逐日曝辐量对比偏差时序变化

3.2.3.2 对比偏差频率分布

为评估试验站与业务站向下短波辐射逐日曝辐量数据之间差异的分布情况，统计分析了两种来源数据的平均偏差的分布频率（图 3-7）。可以看出：（1）阿里站两种来源数据对比偏差 95.0%分布在 $\pm 2.0 \text{ MJ} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{d}^{-1}$ 之间，其中 87.1%分布在 $\pm 1.0 \text{ MJ} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{d}^{-1}$ 之间；（2）那曲站两种来源数据对比偏差较阿里站分布较为分散，83.7%分布在 $\pm 4.0 \text{ MJ} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{d}^{-1}$ 之间，其中 54.1%分布在 $\pm 2.0 \text{ MJ} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{d}^{-1}$ 之间，32.5%分布在 $\pm 1.0 \text{ MJ} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{d}^{-1}$ 之间。

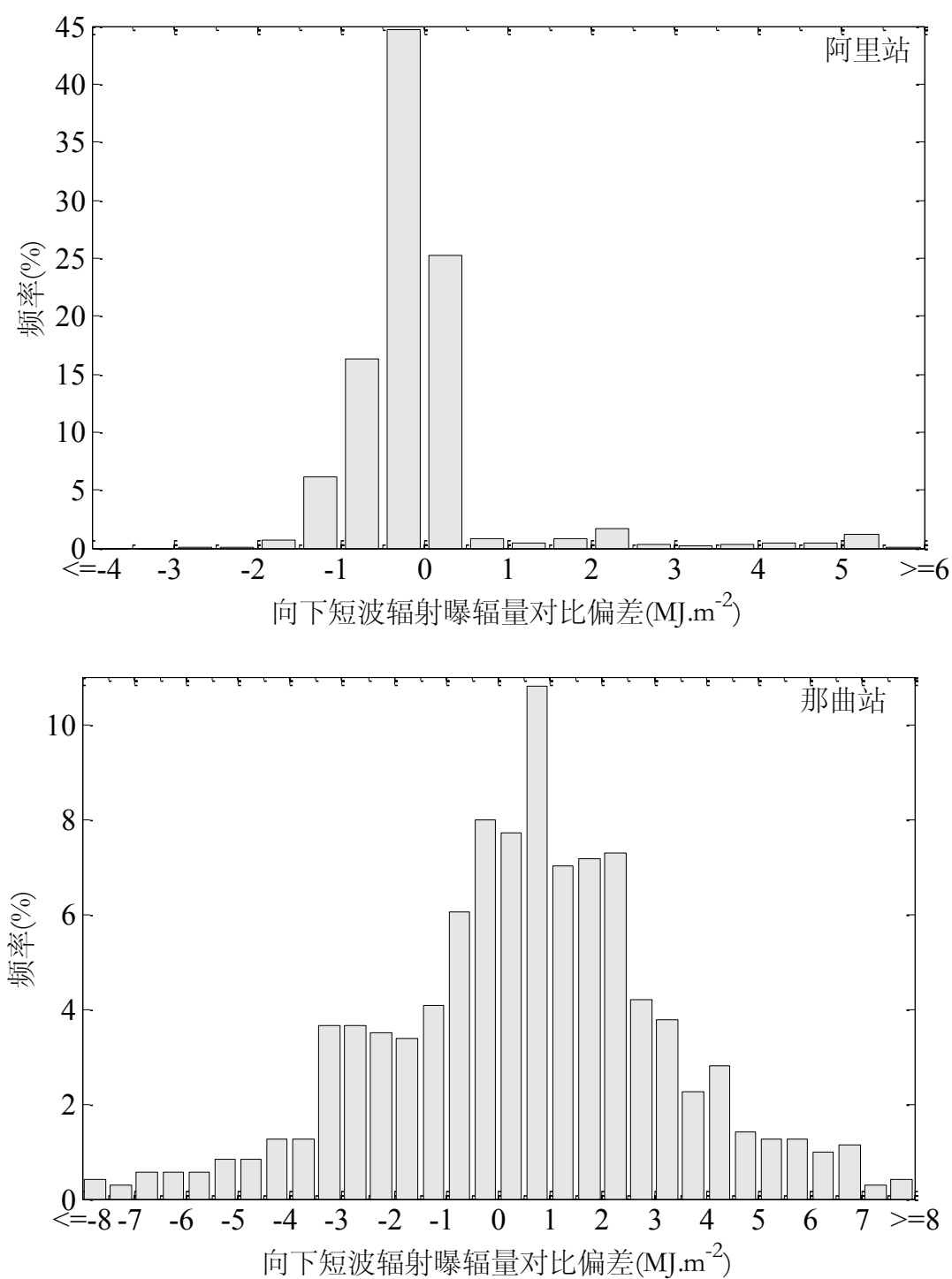


图 3-7 两种来源向下短波辐射逐日曝辐量对比偏差频率分布

3.2.3.3 两种数据相关关系

为分析试验站与业务站向下短波辐射逐日曝辐量数据之间的相关性，统计了两种来源数据的相关系数（图 3-8）。可以看出对于同一观测场的阿里站，两种来源向下短波辐射逐日曝辐量数据的相关系数

达 0.98，对于观测场相距 15km 的那曲站，两种来源向下短波辐射逐日曝辐量数据的相关系数为 0.85，均通过 5%显著性水平下的显著性检验，表明阿里、那曲站两种来源向下短波辐射逐日曝辐量数据的变化趋势较为一致。

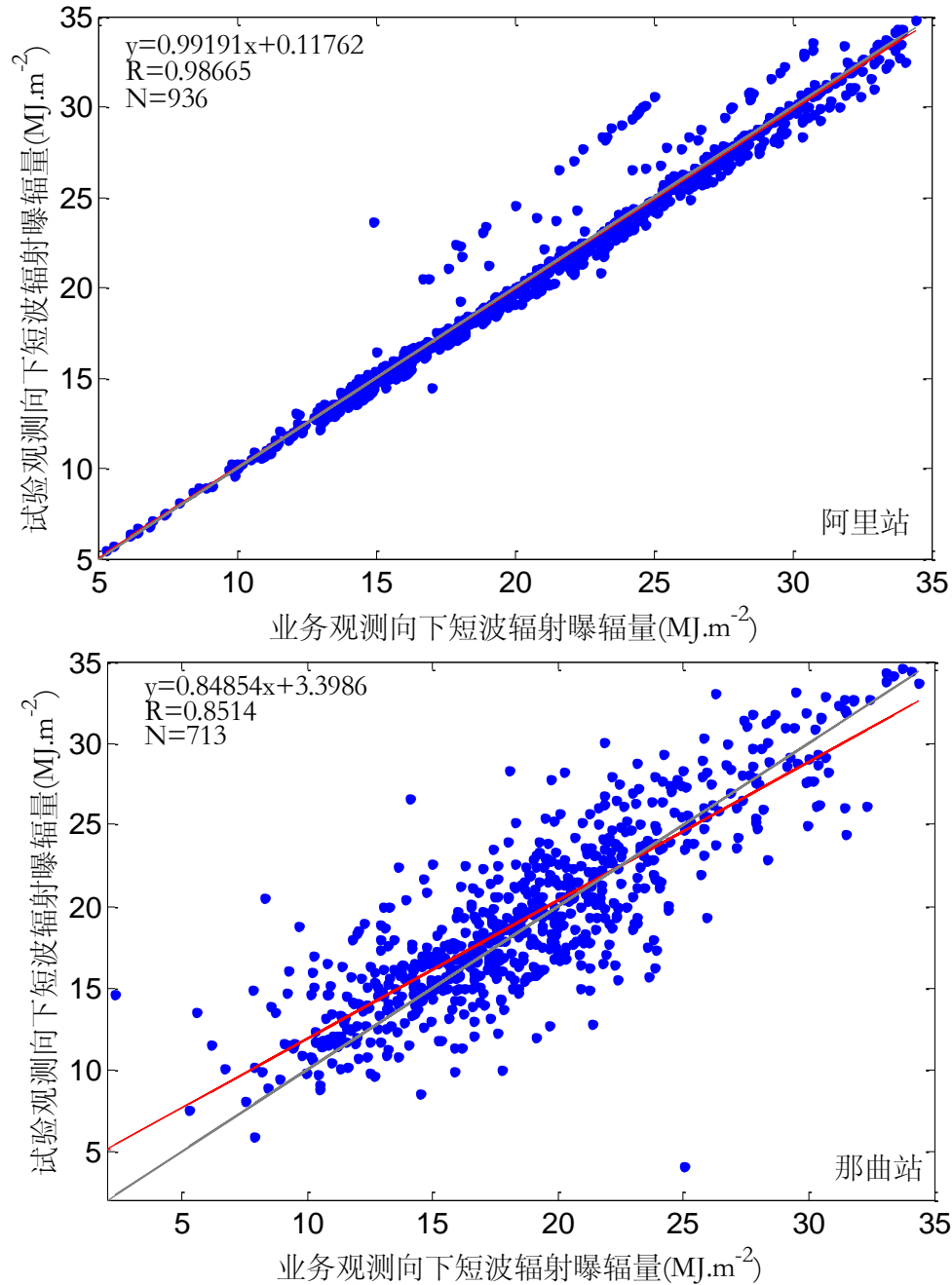


图 3-8 两种来源向下短波辐射逐日曝辐量对比偏差频率分布

参考文献

- [1] 中国气象局. 气象辐射观测方法[M]. 气象出版社, 1996
- [2] 中国气象局. 地面气象观测数据文件和记录簿表格式[M]. 气象出版社, 2005
- [3] 中国气象局预测减灾司. 常规气象资料信息化模式文本汇编[M]. 气象出版社, 2001
- [4] 中国气象局. 地面气象观测规范[M]. 气象出版社, 2003
- [5] 中国气象局. 气象要素分类与编码 (QX/T 133-2011). 气象出版社, 2011
- [6] 中国气象局. 气象数据归档格式 地面气象辐射 (QX/T 93-2008). 气象出版社, 2008
- [7] 中国气象局. 气象数据集核心元数据 (QX/T 39-2005). 气象出版社, 2005
- [8] 中国气象局. 地面气象辐射观测资料质量控制 (QX/T 117-2010). 气象出版社, 2010