

The Highest and Lowest Temperature in Xinjiang Interpolation and Test Analysis

Haiying Dong¹, Fei Wang¹, Tao Feng^{2*}, Hongxia Liu³, Lihong Jing¹

¹Tacheng Meteorological Bureau of Xinjiang, Tacheng Xinjiang

²Tuoli Meteorological Bureau of Xinjiang, Tuoli Xinjiang

³Meteorological Bureau of Xinjiang, Urumqi Xinjiang

Email: 66536946@qq.com, *463275155@qq.com

Received: Oct. 16th, 2018; accepted: Oct. 30th, 2018; published: Nov. 6th, 2018

Abstract

Based on the daily temperature data of 105 national meteorological stations in Xinjiang from 1971 to 2017, the daily maximum and minimum temperature data sequences were established, and the stations and the number of stations with the highest and lowest temperature in this period were counted, such as the meteorological data of ground meteorological observation data and the arithmetic average (temperature difference method), linear regression and other mathematical statistics methods. The completion of 101 national meteorological stations in Xinjiang (except Akdara station, Urumqi Pasture station, tower, turkey east Han) lack of station the highest daily minimum temperature interpolation. The results show that when the interpolation of the maximum and minimum temperature of the daily minimum temperature is carried out, the quality control of the missing data should be carried out by using the correlation analysis method of the ground meteorological observation data, and the multi-station interpolation can be completed directly. Statistical methods to interpolate the data, you should give priority to the use of site data interpolation to reduce the geographical and climate differences caused by the error; to improve the professionalism of observers and accelerate the observation of modern construction, can significantly reduce the lack of data. This paper completed the establishment and listing of the data of the highest and lowest temperature data of 101 national meteorological stations in addition to the four stations of Akadala, Urumqi, Taizhou and Turpan. And statistical workers provide a certain amount of basic data support.

Keywords

Daily Maximum and Minimum Temperature, Interpolation, Test

新疆日最高最低气温缺测资料的插补及检验分析

董海英¹, 王飞¹, 冯涛^{2*}, 刘红霞³, 井立红¹

*通讯作者。

¹塔城地区气象局, 新疆 塔城

²托里县气象局, 新疆 托里

³新疆气象局, 新疆 乌鲁木齐

Email: 66536946@qq.com, 463275155@qq.com

收稿日期: 2018年10月16日; 录用日期: 2018年10月30日; 发布日期: 2018年11月6日

摘要

利用1971~2017年新疆105个国家级气象台站逐日气温数据, 建立日最高最低气温资料序列, 对此时段内日最高最低气温缺测的站点及次数进行了统计。优先选用本站各类气象资料, 使用地面气象观测数据质量控制相关分析及算术平均(温差法)、线性回归等数理统计方法, 完成新疆101个国家级气象台站(除阿克达拉站、乌鲁木齐牧试站、塔中、吐鲁番东坎)缺测站次的日最高最低气温插补。结果表明: 在进行日最高最低气温缺测资料的插补时, 应先使用地面气象观测数据质量控制相关分析法对缺测数据进行再次质量控制, 可直接完成多站的插补; 在使用数理统计方法对数据进行插补时, 应优先选用本站数据进行插补, 以减少因地域和气候差异而造成的误差; 提高观测人员职业素养和加快观测现代化建设, 可以明显降低数据的缺测率; 本文完成了除阿克达拉、乌鲁木齐牧试、塔中、吐鲁番东坎四站外的101个国家级气象台站1971~2017年日最高最低气温资料序列的建立并列出了结果, 为科研工作者和统计工作者提供了一定的基础数据支撑。

关键词

日最高最低气温, 插补, 检验

Copyright © 2018 by authors and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

新疆地处我国西北边陲, 地理坐标为: 73°40'E~96°18'E; 34°25'N~49°11'N。总面积 165 万平方公里, 占全国总面积的六分之一, 境内分布有 105 个国家级气象观测站。境内戈壁、沙漠、盆地、山地交错, 气候变化复杂, 气象要素变化剧烈, 其独特的自然地理环境, 一直以来都是中外学者关注的焦点, 并对其开展了诸多研究[1]。日最高最低气温是必不可少的基本气象要素资料, 对气候变化具有极强的代表性, 它反映了气候冷暖变化程度, 是判断极端气候事件强度的重要指标。但因种种原因, 气温资料的缺测现象时有发生, 如新疆自 1970 年~2017 年共有 34 站次日最高气温、46 站次日最低气温缺测, 造成气象资料不连续, 对气候变化及其趋势研究、气候评估及影响评价造成较大影响。

近年来, 国外学者对日最高最低气温短时间缺测记录插补有过研究[2]-[9], Acock 等[3]利用分组数据处理法对日太阳辐射、最高最低气温、风速和降水量缺测值进行了插补; Huth 等[4]通过对不同天气类型建立相应的回归模型来插补缺测的日气温数据。国内许多学者也对月和年时间尺度的气象资料做过缺测插补[10]-[15], 并利用线性回归、相关分析、最小二乘法等方法对我国部分地区的气温日值资料进行了插补研究[16] [17] [18]。新疆范围内也有学者对气象要素的插补进行了一些研究, 冯志敏、陈鹏翔等人[19] [20]对新疆区域的年、月气温序列资料进行了插补研究, 但迄今为止对新疆地区日气温资料缺测进行插补

检验的研究较少。本文利用 1971~2017 年新疆 101 个国家级气象台站(除阿克达拉站、乌鲁木齐牧试站、塔中、吐鲁番东坎)逐日气温数据, 建立日最高最低气温资料序列, 对此时段内日最高气温日最低气温缺测的站点及次数进行了统计, 并优先选用这些站点的实测 4 次定时气温数据, 使用相关分析、算术平均(温差法)、线性回归等数理统计方法, 通过插补建立回归方程, 为今后开展相关领域的科研工作提供理论依据和技术支撑。

2. 资料方法及误差分析

2.1. 资料

使用新疆气象信息中心经过严格质量控制及检验的全疆 105 个国家级气象台(站) 1971~2017 年逐日最高最低气温资料; 2005 年以前 76 个缺测站当月逐日 02、08、14、20 时定时观测气温、云量、地面温度及日最高最低气温、地面最高最低温度、天气现象、日降水量资料; 2005 年自动气象站正式运行后 4 个缺测站当月逐时气温、地面最高最低温度, 逐分钟气温及逐日最高最低气温、天气现象、降水量资料。由于建站时间晚(阿克达拉、乌鲁木齐牧试、塔中)及停止观测(吐鲁番东坎 1967 年~1973 年)等因素影响, 造成部分站点资料时间不一致, 故本文未对上述四站长时间序列缺测项目进行插补分析(见表 1)。

Table 1. Statistics on the Abnormal Site of Meteorological Station Length in Xinjiang from 1971 to 2017

表 1. 1971~2017 年全疆气象站长序列缺测站点统计

站名	区站号	缺测时段	缺测原因
阿克达拉站	51058	自 1971.1.1 至 2000.12.31	2000 年 12 月 26 日建站, 2001 年 1 月 1 日启用。
乌鲁木齐牧试站	51469	自 1971.1.1 至 1978.3.31	1978 年 4 月 1 日建站。
吐鲁番东坎站	51572	自 1971.1.1 至 1973.12.31	1967 年~1973 年经自治区气象局同意, 停止地面气象观测业务, 1974 年 1 月 1 日才恢复地面观测, 故三十年整编资料使用 1974 年~2004 年资料。
塔中站	51747	自 1971.1.1 至 1996.6.30	1996 年 7 月 1 日建成并运行, 当时名称为塔里木石油专业气象台, 主要由乌鲁木齐沙漠气象研究所负责。1999 年 1 月 1 日零时起撤销和田安迪河气象站建立塔中国家基本气象台。

日气温插补值出现较大误差多是由于插补站及其邻近站要素空间、时间差异造成。其产生原因其一为天气系统的移动导致日气温变化不同步; 其二为局地地形影响导致气温变化, 图 1 为新疆 105 个国家站地理坐标, 由图 1 可以看出新疆区域内气象站点相对稀少且分布不均匀, 台站间水平距离远, 地形及气候差异大, 因此本文在对台站观测的日最高最低气温序列进行插补时, 优先选用本站数据进行插补, 以此来减少因地域和气候差异而造成的数据误差。

2.2. 方法

遵从先易后难、由简入繁的原则, 首先根据《地面气象观测规范》和《地面气象观测业务技术规定》(2016 版)中, 对地面气象观测资料质量控制工作的要求以及异常记录的处理原则, 对出现的 80 个缺测站次中符合条件的 13 个站点进行了插补; 第二步: 对不满足第一步中相关业务规定的 67 个缺测站点, 按样本数量的多寡, 分别采用温差法和线性回归法进行了插补处理, 站点数分别为 6 个和 61 个。以下是对上述 3 种方法的简介。

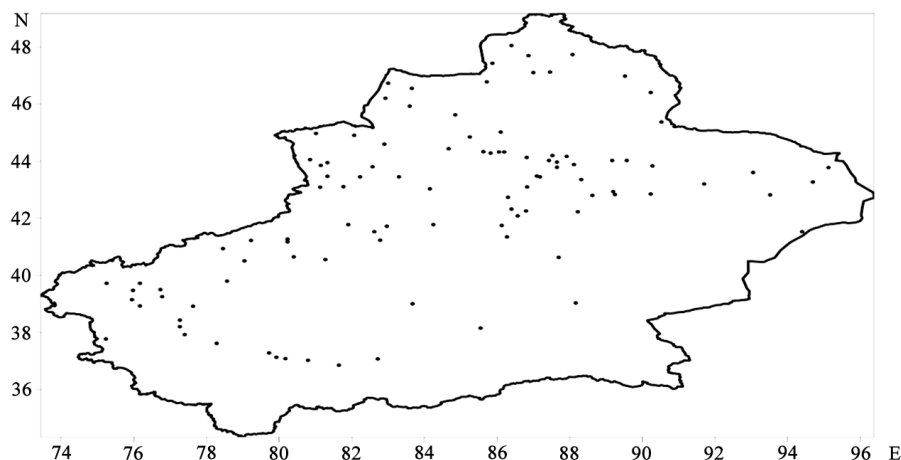


Figure 1. Xinjiang 105 national site distribution map
图 1. 新疆 105 个国家站点分布图

2.2.1. 地面气象观测数据质量控制

根据《地面气象观测规范》和《地面气象观测业务技术规定》(2016 版)中对地面气象观测资料质量控制工作的要求以及异常记录的处理原则,使用地面气象观测数据质量控制对 80 站次日最高最低揣测数据进行质量控制,对阿勒泰₁等 13 站次的日最高最低缺测数据的观测记录进行质量控制以及插补。

2.2.2. 温差法

根据缺测当日气温、相对湿度、和地温变化规律及云天状况,选择变化规律相似的日数为样本(当样本小于 10 个时,使用温差法)并确定关键因子。利用 14 时定时气温或 20 时定时气温与日最高气温、02 时定时气温或 08 时定时气温与日最低气温相关度,分析缺测当日天气情况,以此确定与日最高最低气温相关度较高的时次为关键因子。

$$\text{平均温差} = (\text{关键因子} - \text{日最低气温}) / n \quad (1)$$

(1)式中 n 为样本数,关键因子为一日中最低的定时气温值。

$$\text{日最低气温(插补值)} = \text{关键因子} - \text{平均温差} \quad (2)$$

用缺测日对应关键因子减去样本的气温平均差值,得到日最低气温值。

2.2.3. 线性回归法

本文利用本站缺测日前后相同天气背景,相同温度变化规律,以温度差较小的数据为样本(当样本 ≥ 10 个时,使用线性回归法)对缺测日数据进行插补,建立一元回归插补模型:

$$y = a + bx \quad (3)$$

(3)式中, y 为插补值, x 回归因子, a 、 b 为一元回归模型系数。

分析缺测当日天气情况,确定与日最高最低气温相关度较高的时次为回归因子,利用 14 时定时气温或 20 时定时气温与日最高气温、02 时定时气温或 08 时定时气温与日最低气温,利用最小二乘法原理求取一元回归模型系数,建立一元回归模型,利用 F 检验法进行显著性检验,以显著性水平通过 0.01 作为通过检验的标准。

2.3. 缺测原因分析

从缺测站次的年代际分布来看,1970 年代全疆 105 个台站日最高、最低气温缺测数据最多,占缺测

总次数的 95%，其原因主要为观测员责任心不强、操作失误及观测仪器故障，可通过提高观测员的业务素质进而有效地提高观测数据质量；2005 年自动站正式运行以来缺测次数仅占总次数的 5%，其原因主要是由于仪器故障及数据处理不当造成的。

从表 2 中可以看出 70 年代缺测原因多为观测员责任心不强、操作失误、观测仪器故障造成，可见观测人员职业道德是决定数据质量的关键因素之一；自动站正式运行以来的缺测主要是由于仪器故障及数据处理不当造成的，提高观测维护人员的业务能力可有效提高数据质量。

Table 2. 1971-2017 Xinjiang Meteorological Station on the highest minimum temperature error statistics

表 2. 1971~2017 年全疆气象站日最高最低气温缺测统计

站名	区站号	缺测日期	缺测项目	缺测原因
吉木乃	51059	2010.1.5	日最高气温	未备注原因
阿勒泰 ₁	51076	1976.10.19	日最高气温	未备注原因
额敏	51145	1976.12.24	日最高气温	最高表未调整
托里	51241	1976.8.22	日最高气温	操作有误
蔡家湖 ₁	51365	1973.12.23	日最高气温	未备注原因
蔡家湖 ₂	51365	1975.12.15	日最高气温	未备注原因
蔡家湖 ₃	51365	1978.12.10	日最高气温	清洁仪器，移动最高表
蔡家湖 ₄	51365	1979.12.6	日最高气温	漏读数
蔡家湖 ₅	51365	1979.12.21	日最高气温	漏读数
呼图壁 ₁	51367	1975.7.15	日最高气温	最高表未调整
呼图壁 ₂	51367	1976.10.21	日最高气温	未备注原因
米泉 ₁	51369	1973.3.7	日最高气温	清洁仪器，移动最高表
吉木萨尔 ₁	51378	1979.2.16	日最高气温	最高表故障
尼勒克 ₁	51433	1976.10.20	日最高气温	最高表未调整
伊宁县 ₁	51434	2015.5.11	日最高气温	未备注原因
小渠子 ₁	51465	2015.5.14	日最高气温	未备注原因
巴仑台 ₁	51467	1974.11.9	日最高气温	误读
乌鲁木齐牧试站 ₁	51469	1978.2.8	日最高气温	最高、最低表被偷
和硕 ₁	51568	1973.9.22	日最高气温	最高表未调整
托克逊 ₁	51571	1972.3.21	日最高气温	因大风挪动最高低表
乌什 ₁	51627	1976.4.21	日最高气温	最高误读
阿克苏 ₁	51628	1972.6.4	日最高气温	观测员未观测
拜城	51633	1974.6.29	日最高气温	最高表未调整
新和 ₁	51636	1971.3.11	日最高气温	漏读数
新和 ₂	51636	1973.1.20	日最高气温	漏读数
库车 ₁	51644	1975.5.17	日最高气温	未备注原因
乌恰	51705	1976.4.17	日最高气温	误读
伽师	51707	1972.2.5	日最高气温	清洁仪器，未调最高表
喀什	51709	1975.9.24	日最高气温	最高表未调整
阿瓦提	51722	2011.5.12	日最高气温	未备注原因
阿拉尔	51730	1971.4.6	日最高气温	未观测
皮山	51818	1975.12.11	日最高气温	最高表故障
且末	51855	1975.3.9	日最高气温	清洁仪器，未调最高表
伊吾 ₁	52118	1973.8.26	日最高气温	水银柱中断
阿勒泰 ₂	51076	1973.10.12	日最低气温	酒精突出酒精柱
呼图壁 ₃	51367	1979.4.22	日最低气温	清洁仪器，移动最低表

Continued

米泉 ₂	51369	1973.3.	日最低气温	最低表未调整
吉木萨尔 ₂	51378	1977.6.22	日最低气温	酒精突出酒精柱
察布查尔	51430	1972.2.15	日最低气温	未备注原因
尼勒克 ₂	51433	1977.4.29	日最低气温	最低读数异常
尼勒克 ₃	51433	1978.4.8	日最低气温	最低表被人移动
尼勒克 ₄	51433	1978.8.3	日最低气温	最低表被人移动
伊宁县 ₂	51434	1971.11.12	日最低气温	未备注原因
特克斯 ₁	51438	1971.2.23	日最低气温	最低表未调整
特克斯 ₂	51438	1978.11.21	日最低气温	最低表未调整
小渠子 ₂	51465	1972.5.21	日最低气温	最低表被人移动
巴仑台 ₂	51467	1972.4.5	日最低气温	误读
巴仑台 ₃	51467	1973.4.23	日最低气温	最低表被人移动
巴仑台 ₄	51467	1976.2.6	日最低气温	最低表被人移动
乌鲁木齐牧试站 ₂	51469	1978.2.8	日最低气温	最高低表被偷
木垒 ₁	51482	1977.7.30	日最低气温	清洁仪器, 移动最高表
木垒 ₂	51482	1979.9.2	日最低气温	因大风挪动最低表
焉耆 ₁	51567	1972.9.7	日最低气温	最低表故障
焉耆 ₂	51567	1973.4.17	日最低气温	最低读数异常
和硕 ₂	51568	1970.12.25	日最低气温	酒精柱中断
和硕 ₃	51568	1971.8.14	日最低气温	酒精突出酒精柱
托克逊 ₂	51571	1972.3.21	日最低气温	因大风挪动最高低表
乌什 ₂	51627	1976.3.24	日最低气温	最低表被人移动
阿克苏 ₂	51628	1974.1.29	日最低气温	最低表故障
阿克苏 ₃	51628	1977.4.29	日最低气温	最低表被人移动
温宿 ₁	51629	1976.1.24	日最低气温	最低表故障
温宿 ₂	51629	1978.9.30	日最低气温	最低表未调整
拜城 ₁	51633	1977.4.25	日最低气温	误读
拜城 ₂	51633	1977.10.29	日最低气温	未备注原因
新和 ₃	51636	1971.1.8	日最低气温	漏读数
新和 ₄	51636	1971.3.11	日最低气温	漏读数
新和 ₅	51636	1973.1.20	日最低气温	漏读数
库车 ₂	51644	1971.8.21	日最低气温	最低表未调整
吐尔尕特 ₁	51701	1978.11.6	日最低气温	因大风挪动最低表
吐尔尕特 ₂	51701	1979.11.12	日最低气温	因大风挪动最低表
阿图什 ₁	51704	1972.8.9	日最低气温	误读
阿图什 ₂	51704	1972.4.11	日最低气温	因大风挪动最低表
阿图什 ₃	51704	1972.4.12	日最低气温	因大风挪动最低表
阿图什 ₄	51704	1971.6.13	日最低气温	最低表被人移动
若羌 ₁	51777	1974.1.14	日最低气温	酒精柱中断
若羌 ₂	51777	1974.1.15	日最低气温	酒精柱中断
泽普	51815	1975.6.22	日最低气温	最低表被人移动
策勒 ₁	51826	1979.4.1	日最低气温	误读
策勒 ₂	51826	1973.1.21	日最低气温	最低表未调整
伊吾 ₂	52118	1973.8.2	日最低气温	修理百叶箱, 移动最低表

3. 结果分析

3.1. 使用地面气象观测数据质量控制对 13 站次日最高最低缺测数据的观测记录进行质量控制以及插补

首先使用地面气象观测数据质量控制对 80 站次日最高最低观测数据进行质量控制, 挑选出可直接完成插补的台站, 根据《地面气象观测规范》和《地面气象观测业务技术规定》(2016 版)中对地面气象观测资料质量控制工作的要求以及异常记录的处理原则, 对阿勒泰₁等 13 站次日最高最低缺测数据的观测记录进行质量控制以及插补。

3.1.1. 自动站正式运行前地面气象观测资料质量控制

按照《地面气象观测规范》[21]中日极值缺测的处理方法, 当日最高、最低缺测时, 可从当日定时观测气温数据中挑取。阿勒泰₁、蔡家湖₃、呼图壁₂、尼勒克₁、托克逊、乌什、喀什、阿拉尔 8 个站次, 出现降雪、沙尘暴等天气后气温持续下降, 比较后认为日最高气温应出现在前一日 20 时后(即残留温度)。以阿勒泰₁为例: 该站因降雪降温, 当日 02 时定时气温为 -5.2°C , 08 时定时气温为 -5.0°C , 14 时定时气温 -4.5°C , 20 时 -10.2°C , 前一日 20 时 -1.5°C , 经比较, 判定最高气温应出现在前一日 20 时后, 取值 -0.9°C (见表 3)。

Table 3. 13 the day the highest minimum temperature correlation analysis and results
表 3. 13 站次日最高最低气温相关分析及结果

站名	区站号	分析记录	结果
阿勒泰 ₁	51076	因降雪降温, 该日 02 时气温为 -5.2°C , 08 时气温为 -5.0°C , 14 时气温 -4.5°C , 20 时 -10.2°C , 前一日 20 时 -1.5°C , 比较后认为日最高气温应出现在前一日 20 时后, 取值 -0.9°C	-0.9°C
蔡家湖 ₃	51365	因降雪降温, 该日 02 时气温为 -12.5°C , 08 时气温为 -10.1°C , 14 时气温 -8.8°C , 20 时 -10.2°C , 前一日 20 时气温 -6.6°C , 比较后认为日最高气温应出现在前一日 20 时后, 取值 -6.6°C	-6.6°C
呼图壁 ₂	51367	因降雪降温, 该日 02 时气温为 0.6°C , 08 时气温为 0.6°C , 14 时气温 -1.1°C , 20 时 -1.6°C , 前一日 20 时气温 1.6°C , 比较后认为日最高应出现在前一日 20 时后, 取值 1.6°C	1.6°C
尼勒克 ₁	51433	因降雪降温, 14 时气温 -1.1°C , 20 时气温 -1.6°C , 前一日 20 时气温 7.7°C , 比较后认为日最高气温应出现在前一日 20 时后, 取值 7.7°C	7.7°C
托克逊	51571	因沙尘暴降温, 14 时气温 8.1°C , 20 时气温 6.0°C , 前一日 20 时气温 15.3°C , 比较后认为日最高气温应出现在前一日 20 时后, 取值 15.3°C	15.3°C
乌什	51627	14 时气温 15.5°C , 20 时气温 13.1°C , 前一日 20 时气温 23.9°C , 比较后认为日最高气温应出现在前一日 20 时后, 取值 23.9°C	23.9°C
喀什	51709	14 时气温 22.1°C , 20 时气温 22.3°C , 前一日 20 时气温 24.1°C , 比较后日最高气温出现在前一日 20 时后, 取值 24.1°C	24.1°C
阿拉尔	51730	因天气来临, 今日 14 时气温 14.2°C , 20 时气温 13.6°C , 前一日 20 时气温 17.3°C , 比较后认为日最高气温应出现在前一日 20 时后, 取值 17.3°C	17.3°C
特克斯	51438	经分析前一天 20 时后开始降温, 夜间上云开始升温, 故挑 02 时为日最低气温, 取值 -4.1°C	-4.1°C
吉木乃	51059	经分析自动站原始 A 文件和分钟文件, 未发现异常, 最高未缺测, 为 1.1°C , 出现在当日的 16 时 17 分	1.1°C
阿瓦提	51722	经查自动站报表中未缺测, 数据正常	21.3°C
伊宁县 ₁	51434	该日自动站检定, 温度传感器检定时间 17:03~18:35 该站日最高按缺测处理。经分析分钟数据, 可从实有数据中挑取日最高气温, 挑取 19 时时最高气温 27.8°C 为日最高气温	27.8°C
小渠子 ₁	51465	该日自动站检定, 16:06~17:26 分检定温湿传感器, 观测站把日最高气温按缺测处理, 经分析, 该日 18~20 时有降雨, 气温从 14 时后开始下降, 故日最高气温应挑取 14 时最高气温 17.3°C	17.3°C

特克斯站前一天 20 时后开始降温, 夜间上云开始升温, 经判定 02 时定时气温为日最低气温, 取值为 -4.1°C (见表 3)。

3.1.2. 自动站正式运行后地面气象观测资料质量控制

根据《地面气象观测业务技术规定》(2016 版) [22]中对时极值的异常处理中规定: 某时次的气温、相对湿度、风速、气压、地温、草温(雪温)因分钟数据异常而影响时极值挑取时, 时极值应从本时次正常分钟数据中挑选, 而日极值则从经过处理的正点值中挑取。运用自动站数据处理方法分析缺测数据, 查看了自动气象站运行后缺测站当月的 A、J 文件, 表 2 中的吉木乃、阿瓦提两站日数据与分钟数据均正常, 故按正常值予以处理, 恢复原值 1.1°C 、 21.3°C ; 伊宁₁、小渠子₁两站因检定温度传感器故障造成日最高温度缺测, 在查看本站 A、J 文件后发现可从现有正常数据中挑选出日最高气温。伊宁₁气温检定时间 17:03~18:35, 该站日最高按缺测处理, 经分析可从实有分钟数据中挑取出 19 时时最高气温 27.8°C (即为日最高气温); 小渠子₁16:06~17:26 检定温湿度传感器, 观测站将最高气温按缺测处理, 经分析该日 18~20 时有阵雨, 14 时后气温开始下降, 故挑取 14 时时最高气温 17.3°C 为日最高气温(见表 3)。

3.2. 温差法对最低气温插补分析

对焉耆₁、和硕₂、乌什₂、阿克苏₂、吐尔尕特₁、阿图什₃, 6 站次日最低气温使用温差法求得插补值(见表 4)。以焉耆₁为例: 1972 年 9 月 7 日日最低气温缺测, 当日 02 时气温为 4 次定时观测气温的最低值, 挑选出当月云天状况、温度、相对湿度和地温变化规律相同的日数共 2 天, 分别为 11 日、25 日, 利用公式(1)、(2)对日最低气温进行插补。

$$[11 \text{ 日}(02 \text{ 时定时气温} - \text{日最低气温}) + 25 \text{ 日}(02 \text{ 时定时气温} - \text{日最低气温})] / 2 = \text{温差},$$

$$7 \text{ 日 } 02 \text{ 时定时气温} - \text{温差} = 7 \text{ 日日最低气温}, \text{ 取值 } 12.3^{\circ}\text{C}.$$

Table 4. 6 the next day the lowest temperature difference analysis and results

表 4. 6 站次日最低气温温差分析及结果

站名	区站号	分析记录	结果
焉耆 ₁	51567	选择 02 时为最低, 相对湿度和地温变化规律相同的日数共 2 天的平均差值	12.3°C
和硕 ₂	51568	选择地温变化规律一致, 夜间无降水过程影响, 08 时为四次最低, 选 28 日温差代替	-20.0°C
乌什 ₂	51627	选择根据地温变化规律一致, 夜间无降水过程影响, 02 时为四次最低, 选 4 日温差代替	2.6°C
阿克苏 ₂	51628	选择根据地温变化规律一致, 夜间有降水过程影响, 02 时为四次最低, 选 30 日温差代替	-7.6°C
吐尔尕特 ₁	51701	选择 20 时为四次最低, 同为阵性雨夹雪天气, 温度范围接近的 17 号温差来计算	-12.1°C
阿图什 ₃	51704	选择根据地温变化规律一致, 02 时为四次最低, 选 16 日温差代替	15.7°C

3.3. 线性回归法对次日最高气温插补及检验

线性回归法

表 5 为使用线性回归法对 22 站次日最高气温缺测进行插补, 分析缺测当日天气状况, 确定与日最高气温相关度较高的时次为回归因子, 将 14 时或 20 时定时观测气温值与日最高气温值建立一元线性回归方程, 得出插值结果, 并求取选取的回归因子的相关系数, 结果表明, 相关系数 100%达到了 0.86 以上, 77%达到了 0.9 以上, 且全部通过了 0.01 的显著性水平检验。

表 6 为使用线性回归法对 39 站次日最低气温缺测数据进行插补, 分析缺测当日天气情况, 确定与日最低气温相关度较高的时次为回归因子, 采用最小二乘法原理利用 08 时定时气温与日最低气温建立一元

线性回归方程, 求解回归系数, 得出插补结果; 利用相关性最好的气温要素(最高对应 14、20 时, 最低对应 08 时)并将缺测日最高最低气温与其它定时观测的气温资料进行相关性分析, 查找出相关性最高的要素。对缺测日最高最低气温建立一元回归模型, 在选取建模数据时, 选取了与缺测日天气状况、温度范围相似的数据。如表 6 所示, 选取的回归因子相关系数除新和₃站为 0.718 外, 其余均在 0.84 以上, 全部通过了 0.01 的显著性检验。

Table 5. 22 station maximum daily temperature interpolation result

表 5. 22 站次日最高气温插补结果

站名	区站号	回归因子	相关系数	回归方程	显著性水平	结果
额敏	51145	14 时定时气温	0.883	$Y = 4.597 + 1.002X$	0.009	-20.3℃
托里	51241	14 时定时气温	0.981	$Y = 3.441 + 0.94X$	0.000	30.1℃
蔡家湖 ₁	51365	14 时定时气温	0.888	$Y = 1.738 + 0.798X$	0.001	-0.5℃
蔡家湖 ₂	51365	14 时定时气温	0.975	$Y = -0.263 + 0.804X$	0.000	-18.8℃
蔡家湖 ₄	51365	14 时定时气温	0.948	$Y = -0.933 + 0.795X$	0.000	-4.3℃
蔡家湖 ₅	51365	14 时定时气温	0.975	$Y = 0.186 + 0.880X$	0.000	-17.2℃
呼图壁 ₁	51367	20 时定时气温	0.956	$Y = 0.07 + 1.032X$	0.001	25.9℃
米泉 ₁	51369	14 时定时气温	0.926	$Y = -1.128 + 0.664X$	0.008	-6.8℃
吉木萨尔 ₁	51378	14 时定时气温	0.889	$Y = 1.843 + 0.851X$	0.000	-1.7℃
巴仑台 ₁	51467	20 时定时气温	0.956	$Y = 2.354 + 1.251X$	0.003	7.3℃
乌鲁木齐牧试站 ₁	51469	14 时定时气温	0.976	$Y = 2.301 + 0.996X$	0.000	-13.2℃
和硕 ₁	51568	14 时定时气温	0.975	$Y = 1.430 + 1.042X$	0.000	26.1℃
阿克苏 ₁	51628	14 时定时气温	0.916	$Y = -2.674 + 0.827X$	0.000	29.4℃
拜城	51633	20 时定时气温	0.942	$Y = -2.678 + 0.937X$	0.000	28.8℃
新和 ₁	51636	20 时定时气温	0.861	$Y = 0.67 + 1.298X$	0.001	10.4℃
新和 ₂	51636	14 时定时气温	0.896	$Y = 2.713 + 0.838X$	0.000	1.2℃
库车 ₁	51644	20 时定时气温	0.952	$Y = -2.836 + 1.242X$	0.001	25.0℃
乌恰	51705	20 时定时气温	0.950	$Y = -797 + 1.142X$	0.004	17.5℃
伽师	51707	20 时定时气温	0.946	$Y = 2.375 + 0.948X$	0.000	-1.1℃
皮山	51818	14 时定时气温	0.992	$Y = 1.052 + 0.908X$	0.000	-7.8℃
且末	51855	20 时定时气温	0.996	$Y = -1.561 + 1.023X$	0.000	9.0℃
伊吾 ₁	52118	14 时定时气温	0.984	$Y = 4.515 + 0.859X$	0.002	19.8℃

Table 6. 39 station next day minimum temperature interpolation result

表 6. 39 站次日最低气温插补结果

站名	区站号	回归因子	相关系数	回归方程	显著性水平	结果
阿勒泰 ₂	51076	08 时定时气温	0.872	$Y = -2.139 + 0.888X$	0.000	-6.3℃
呼图壁 ₃	51367	08 时定时气温	0.985	$Y = -0.679 + 1.037X$	0.000	8.2℃
米泉 ₂	51369	08 时定时气温	0.933	$Y = -0.629 + 1.069X$	0.007	-15.6℃
吉木萨尔 ₂	51378	08 时定时气温	0.954	$Y = -0.539 + 0.974X$	0.003	24.0℃
察布查尔	51430	08 时定时气温	0.955	$Y = -10.16 + 0.69X$	0.003	-25.9℃
尼勒克 ₂	51433	08 时定时气温	0.947	$Y = -0.807 + 0.96X$	0.000	4.3℃
尼勒克 ₃	51433	08 时定时气温	0.983	$Y = -2.308 + 1.255X$	0.000	4.3℃
尼勒克 ₄	51433	08 时定时气温	0.909	$Y = -1.01 + 1.002X$	0.000	7.5℃
伊宁县 ₂	51434	08 时定时气温	0.848	$Y = -1.324 + 0.772X$	0.000	-1.0℃

Continued

特克斯 ₁	51438	08 时定时气温	0.976	$Y = -1.285 + 1.035X$	0.000	-15.4℃
小渠子 ₂	51465	08 时定时气温	0.904	$Y = -0.904 + 0.799X$	0.000	5.6℃
巴仑台 ₂	51467	08 时定时气温	0.980	$Y = -0.256 + 1.216X$	0.003	-2.9℃
巴仑台 ₃	51467	08 时定时气温	0.981	$Y = -0.719 + 1.037X$	0.000	5.7℃
巴仑台 ₄	51467	08 时定时气温	0.963	$Y = -2.674 + 0.827X$	0.000	-8.9℃
乌鲁木齐牧试站 ₂	51469	08 时定时气温	1.000	$Y = -0.126 + 0.995X$	0.000	-21.8℃
木垒 ₁	51482	08 时定时气温	0.982	$Y = -1.019 + 1.066X$	0.003	16.5℃
木垒 ₂	51482	08 时定时气温	0.987	$Y = 1.312 + 0.866X$	0.000	13.9℃
焉耆 ₂	51567	08 时定时气温	0.977	$Y = -0.985 + 0.908X$	0.000	0.5℃
和硕 ₃	51568	08 时定时气温	0.947	$Y = 0.316 + 0.922X$	0.004	13.2℃
托克逊 ₂	51571	08 时定时气温	0.975	$Y = -0.922 + 0.922X$	0.000	3.9℃
阿克苏 ₃	51628	08 时定时气温	0.923	$Y = -0.704 + 1.004X$	0.000	7.9℃
温宿 ₁	51629	08 时定时气温	0.932	$Y = -2.633 + 0.881X$	0.000	-13.8℃
温宿 ₂	51629	08 时定时气温	0.964	$Y = -1.010 + 1.028X$	0.000	7.7℃
拜城 ₁	51633	08 时定时气温	0.879	$Y = -2.521 + 1.197X$	0.009	6.6℃
拜城 ₂	51633	08 时定时气温	0.908	$Y = -0.575 + 0.951X$	0.000	-0.1℃
新和 ₃	51636	08 时定时气温	0.718	$Y = -4.487 + 0.735X$	0.001	-13.6℃
新和 ₄	51636	08 时定时气温	0.941	$Y = -0.827 + 0.878X$	0.000	-1.7℃
新和 ₅	51636	08 时定时气温	0.891	$Y = -1.265 + 1.070X$	0.007	9.3℃
库车 ₂	51644	08 时定时气温	0.992	$Y = 0.213 + 0.947X$	0.001	23.6℃
吐尔杂特 ₂	51701	08 时定时气温	0.955	$Y = -7.183 + 0.766X$	0.000	-15.8℃
阿图什 ₁	51704	08 时定时气温	0.964	$Y = -1.321 + 1.031X$	0.008	17.2℃
阿图什 ₂	51704	08 时定时气温	0.957	$Y = -0.783 + 0.982X$	0.000	8.2℃
阿图什 ₄	51704	08 时定时气温	0.965	$Y = 0.645 + 0.926X$	0.000	17.1℃
若羌 ₁	51777	08 时定时气温	0.855	$Y = -1.244 + 1.022X$	0.007	-11.9℃
若羌 ₂	51777	08 时定时气温	0.880	$Y = 2.085 + 1.307X$	0.004	-14.0℃
泽普	51815	08 时定时气温	0.928	$Y = -0.589 + 0.991X$	0.000	16.3℃
策勒 ₁	51826	08 时定时气温	0.954	$Y = -0.526 + 0.897X$	0.000	3.5℃
策勒 ₂	51826	08 时定时气温	0.846	$Y = -2.374 + 0.977X$	0.000	-5.8℃
伊吾 ₂	52118	08 时定时气温	0.982	$Y = -2.862 + 1.032X$	0.003	19.8℃

4. 检验

4.1. F 检验

将缺测日最高最低气温与其它定时气温资料进行相关性分析, 查找出相关性最高的要素。利用相关性最好的气温要素(最高对应 14、20 时, 最低对应 08 时), 对缺测日最高最低气温建立一元回归模型, 在选取建模数据时, 选取了与缺测日天气状况、温度范围相似的数据。如表 5、表 6 所示, 选取的回归因子相关系数除新和₃站为 0.718 外, 其余均在 0.84 以上, 全部通过了 0.01 的显著性检验。

4.2. 误差检验方法

本文采用交叉验证(cross-validation)方法对缺测记录的插补结果进行对比分析[14], 某个站记录缺测, 利用插补模型(回归方程)插补日最低最高气温数据。并用回归方程反算出样本的回归值, 然后对回归值与实际观测资料进行对比分析, 讨论插补方法优劣和参数选取, 并进行误差分析。用平均绝对误差(Mean

Absolute Error, MAE)来代表插补精度。

$$MAE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n Ni = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |xoi - xei| \quad (4)$$

式(4)中 xoi 为第 i 天实际观测值, xei 为第 i 天插补值, N 为插补天数。

日最高最低气温的平均绝对误差分别为 0.64°C 、 0.45°C , 误差在 $\pm 0.8^{\circ}\text{C}$ 以内的频次分别占总数的 71.4%、83.3%。观测值与插补值月相关系数为 0.999, 插补与观测资料平均值和相关系数通过了显著水平为 0.001 的检验。

5. 讨论

1) 使用地面气象观测数据质量控制相关分析及算术平均(温差法)、线性回归等数理统计方法, 完成了全疆 80 个缺测站次的日最高最低气温的插补。

2) 在使用数理统计方法对数据进行插补时因新疆区域内气象站点相对较少且分布不均匀, 天气系统的移动导致日气温变化不同步, 对台站观测的日最高、最低气温进行插补时, 应优先选用本站数据进行插补, 以减少因地域和气候差异而造成的误差。

3) 从缺测数据原因中可见观测人员职业素养是决定数据质量的关键因素之一; 自动站正式运行以来的缺测主要是由于仪器故障及数据处理不当造成的, 观测人员设备维护及数据处理能力有限, 对待数据过于粗暴, 是制约数据质量提高的关键, 提高观测人员职业道德和业务能力可有效提高数据质量。自动气象站自 2005 年运行以来, 由于受环境因素干扰、硬件等原因的影响, 出现数据缺失的概率较 80~90 年代明显增多, 而双套站可以明显降低数据的缺测率, 具有保证数据完整性的优势, 目前全疆 103 个国家级气象台站(裕民(51137)、富蕴(51087)两站单站运行)已开始双套站运行, 这将为后期观测数据序列的完整性提供强有力的保障。

4) 现在许多天气和气候方面的科学研究都会用到观测的日值资料, 而在使用历史观测数据时会将缺测数据直接剔除, 这给研究工作带来了一定的不确定性。本文完成了除阿克达拉、乌鲁木齐牧试、塔中、吐鲁番东坎四站外的 101 个国家级气象台站 1971~2017 年日最高最低气温资料序列的建立并列结果, 为科研工作者和统计工作者提供了一定的基础数据支撑。

基金项目

中央级公益性科研院所基本科研业务费专项资金项目(IDM201502)“新疆区域降温过程及极端低温事件的年、季定量评估研究及应用”资助。

参考文献

- [1] 桑修诚. 八十年代以来新疆气候研究的新成就[J]. 新疆气象, 1992(5): 15-20.
- [2] Stooksbury, D.E., Idso, C.D. and Hubbard, K.G. (1999) The Effects of Data Gaps on the Calculated Monthly Mean Maximum and Minimum Temperatures in the Continental United States: A Spatial and Temporal Study. *Journal of Climate*, **12**, 1524-1533. [https://doi.org/10.1175/1520-0442\(1999\)012<1524:TEODGO>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1175/1520-0442(1999)012<1524:TEODGO>2.0.CO;2)
- [3] Acock, M.C. and Pachepsky, Y. (2000) Estimating Missing Weather Data for Agricultural Simulations Using Group Method of Data Handling. *Journal of Applied Meteorology*, **37**, 1176-1184.
- [4] Huth, R. and Nemeová, I. (1995) Estimation of Missing Daily Temperatures: Can a Weather Categorization Improve Its Accuracy. *Journal of Climate*, **8**, 1901-1916. [https://doi.org/10.1175/1520-0442\(1995\)008<1901:EOMDTC>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1175/1520-0442(1995)008<1901:EOMDTC>2.0.CO;2)
- [5] Kemp, W.P., Burnell, D.G., Everson, D.O. and Thomson, A.J. (1983) Estimating Missing Daily Maximum and Minimum Temperatures. *Journal of Climate and Applied Meteorology*, **22**, 1587-1593. [https://doi.org/10.1175/1520-0450\(1983\)022<1587:EMDMAM>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1175/1520-0450(1983)022<1587:EMDMAM>2.0.CO;2)

- [6] De Gaetano, A.T., Eggleston, K.L. and Knapp, W.W. (1995) A Method to Estimate Daily Maximum and Minimum Temperature Observations. *Journal of Applied Meteorology*, **34**, 371-380.
- [7] Reek, T., Doty, S.R. and Owen, T.W. (1992) A Deterministic Approach to the Validation of Historical Daily Temperature and Precipitation Data from the Cooperative Network. *Bulletin of the American Meteorological Society*, **73**, 753-762. [https://doi.org/10.1175/1520-0477\(1992\)073<0753:ADATTV>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1175/1520-0477(1992)073<0753:ADATTV>2.0.CO;2)
- [8] Allen, R.J. and De Gaetano, A.T. (2001) Estimating Missing Daily Temperature Extremes Using an Optimized Regression Approach. *International Journal of Climatology*, **21**, 1305-1319. <https://doi.org/10.1002/joc.679>
- [9] Eischeid, J.K., Pasteris, P.A., Diaz, H.F., et al. (2000) Creating a Serially Complete, National Daily Time Series of Temperature and Precipitation for the Western United States. *Journal of Applied Meteorology*, **39**, 1580-1591. [https://doi.org/10.1175/1520-0450\(2000\)039<1580:CASCND>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1175/1520-0450(2000)039<1580:CASCND>2.0.CO;2)
- [10] 张永领, 丁裕国, 高全洲, 等. 一种基于 SVD 的迭代方法及其用于气候资料场的插补试验[J]. 大气科学, 2006, 30(3): 526-532.
- [11] 张秀芝, 孙安健. 利用车贝雪夫多项式进行资料缺测插补的研究[J]. 应用气象学报, 1996, 7(3): 344-352.
- [12] 张秀芝, 孙安健. 气候资料缺测插补方法的对比研究[J]. 气象学报, 1996, 54(5): 625-632.
- [13] 江志红, 丁裕国, 屠其璞. 基于 PC-CCA 方法的气象场资料插补试验[J]. 南京气象学院学报, 1999, 34(2): 141-148.
- [14] 涂诗玉, 陈正洪. 武汉和宜昌缺测气温资料的插补方法[J]. 湖北气象, 2001(3): 11-13.
- [15] 李军, 黄敬峰, 王秀珍, 等. 山区月平均气温的短序列订正方法研究[J]. 浙江大学学报(农业与生命科学版), 2005, 31(2): 165-170.
- [16] 余予, 李俊, 任芝花, 等. 标准序列法在日平均气温缺测数据插补中的应用[J]. 气象, 2012, 38(9): 1135-1139.
- [17] 王海军, 涂诗玉, 陈正洪. 日气温数据缺测的插补方法试验与误差分析[J]. 气象, 2008, 34(7): 83-91.
- [18] 杜东升, 廖玉芳, 赵福华. 湖南复杂地形下日平均气温空间插值方法探讨[J]. 中国农业气象, 2011, 32(4): 607-614.
- [19] 冯志敏, 张山清, 李军, 等. 新疆年平均气温序列插补订正方法及结果分析[J]. 沙漠与绿洲气象, 2014, 增刊(8): 1-4.
- [20] 陈鹏翔, 江远安, 刘精. 新疆区域逐月缺测气温序列的插补及重建[J]. 冰川冻土, 2014, 36 (5): 1237-1244.
- [21] 中国气象局. 地面气象观测规范[M]. 北京: 气象出版社, 2003: 122.
- [22] 中国气象局. 《地面气象观测业务技术规定》(2016 版) [M]. 北京: 中国气象局综合观测司, 2016: 15.

知网检索的两种方式:

1. 打开知网页面 <http://kns.cnki.net/kns/brief/result.aspx?dbPrefix=WWJD>
下拉列表框选择: [ISSN], 输入期刊 ISSN: 2168-5711, 即可查询
2. 打开知网首页 <http://cnki.net/>
左侧“国际文献总库”进入, 输入文章标题, 即可查询

投稿请点击: <http://www.hanspub.org/Submission.aspx>

期刊邮箱: ccrl@hanspub.org