

温新龙, 徐卫民, 沈竞. 南昌昌北机场不同重现期的极端气温估算[J]. 中低纬山地气象, 2023, 47(4): 92-97.

南昌昌北机场不同重现期的极端气温估算

温新龙, 徐卫民, 沈 竞

(江西省气象科学研究所, 江西 南昌 330096)

摘 要: 为推算昌北机场不同重现期的极端气温, 选取永修国家气象站作为参证气象站, 通过建立机场站与永修站年极端气温回归模型, 构建机场站长年代年极端气温序列, 再利用极值 I 型分布和皮尔逊 III 型分布对参证站(永修站)实测序列和机场站构建序列进行拟合和拟合效果检验, 结果表明: 2 种模型对相同重现期的温度拟合结果不一致, 差异在 0.1 ~ 1.1 °C; 对年极端最高气温的拟合, 2 个序列均以皮尔逊 III 型分布的效果更好, 对年极端最低气温的拟合, 均以极值 I 型分布的效果更好。以皮尔逊 III 型分布拟合参证站实测年极端最高气温序列的结果作为昌北机场不同重现期年极端最高气温的推算值, 极值 I 型分布拟合机场站构建年极端最低气温序列的结果作为昌北机场不同重现期年极端最低气温的推算值。昌北机场 10、30、50 和 100 a 重现期的年极端最高气温分别是 39.6、40.5、40.9 和 41.4 °C, 年极端最低气温分别是 -9.5、-12.0、-13.1 和 -14.6 °C。

关键词: 昌北机场; 重现期; 极端气温

中图分类号: P423 **文献标识码:** B

Estimation of Extreme Temperature for Different Recurrence Intervals of Nanchang Changbei Airport

WEN Xinlong, XU Weimin, SHEN Jing

(Meteorological Science Institute of Jiangxi Province, Nanchang 330096, China)

Abstract: In order to calculate the extreme temperature of Changbei Airport in different return periods, Yongxiu National Meteorological Station is selected as the reference meteorological station. By establishing the annual extreme temperature regression model of the airport station and Yongxiu Station, the annual extreme temperature series of the airport station is constructed. Then, the extreme value I distribution and Pearson III distribution are used to test the fitting and fitting effect of the measured series of the reference station (Yongxiu Station) and the constructed series of the airport station. The results show that the fitting results of the two models for the same return period are not consistent, with the difference between 0.1 and 1.1 °C; for the fitting of annual extreme maximum temperature, the Pearson III distribution is better for the two series, and the extreme I distribution is better than fitting of annual extreme minimum temperature. The results of Pearson III distribution fitting the observed annual extreme maximum temperature series at the reference station are used as the estimated values of the annual extreme maximum temperature in different return periods at Changbei Airport, and the results of extreme value type I distribution fitting the annual extreme minimum temperature series constructed by the airport station are used as the estimated values of the annual extreme minimum temperature in different return periods at Changbei Airport. The annual extreme maximum temperature of Changbei Airport in the return period of 10, 30,

收稿日期: 2023-01-06

第一作者简介: 温新龙(1987—), 男, 工程师, 主要从事应用气象工作, E-mail: 254881087@qq.com。

通讯作者简介: 徐卫民(1971—), 男, 高工, 主要从事应用气象工作, E-mail: 653437554@qq.com。

资助项目: 江西省重点研发计划项目(20202BBGL73063): 精细化气象评估技术在赣江新区工业布局与规划中的应用研究。

50 and 100 years is 39.6, 40.5, 40.9 and 41.4 °C respectively, and the annual extreme minimum temperature is -9.5, -12.0, -13.1 and -14.6 °C respectively.

Key words: Changbei Airport; recurrence interval; extreme temperature

0 引言

航空安全与气象条件密切相关,随着航空业的快速发展,不利气象条件对飞行造成的影响日益突出。统计显示,2021 年由于天气原因导致的航班不正常比例高达 59.56%,比 2020 年增加 2.25%^[1]。对影响航空安全的恶劣天气的研究主要集中在强对流、能见度、结冰等^[2-4],针对不同机场独特的地理位置和气候特征,通常采用典型历史天气个例分析^[5-6]、数值模拟^[7-8]和气候统计^[9-10]等方法进行研究。气温作为表示大气冷热程度的物理量,与飞行的关系十分密切。气温对飞机高度表、空速表、载重量、升限及最大平飞速度和滑跑距离等许多性能指标均有影响,是民航机场选址报告中明确规定需要统计调查的气象要素之一。研究表明,夏季日最高气温是影响飞机最大起飞重量的主要气象要素,限重天数是量化气候增暖对飞机起飞影响的重要指标^[11]。我国是全球气候变化的敏感区和影响显著区,升温速率明显高于同期全球平均水平,极端高温事件自 20 世纪 90 年代中期以来明显增多,气候风险水平趋于上升^[12]。

南昌昌北机场(以下简称昌北机场)位于江西省南昌市,地处东亚中低纬度,属中亚热带湿润性季风气候。昌北机场夏季闷热,冬季湿冷,受全球气候变化和城市化等影响,高温热浪和低温雨雪冰冻等灾害性天气时有发生。当前对昌北机场区域强降水、大雾等天气特征已有相关研究^[13-14],但对不同重现期极端气温的研究鲜有涉及。本文利用选取参证气象站的技术思路,通过建立机场站与参证站实测年极端气温的回归模型,构建机场站长年极端气温序列,再利用 2 种极值概率分布模型,对参证站(永修站)实测序列和机场站构建序列进行拟合和拟合效果检验。结合年极端气温序列样本特征,确定昌北机场不同重现期的极端气温,对保障机场安全运行、除冰防冻作业、油管道等基础设施维护具有重要意义。

1 昌北机场概况

昌北机场位于江西省南昌市正北方向 21 km 处的丘陵地带,其东面北面有鄱阳湖及长江水系,西南 26 km 处有高约 841 m 的杨梅山,整个地势呈“西

高东低,南江北湖”格局(图 1)。昌北机场于 1999 年 9 月投入运营,是江西省联动各地的重要交通枢纽,现有长 3400 m、宽 45 m 的主跑道一条,跑道坡度为 0.24%,呈 023°~203°真方向。随着经济发展和城市规模不断扩大,航空运输量持续增长,昌北机场启动了三期扩建工程。

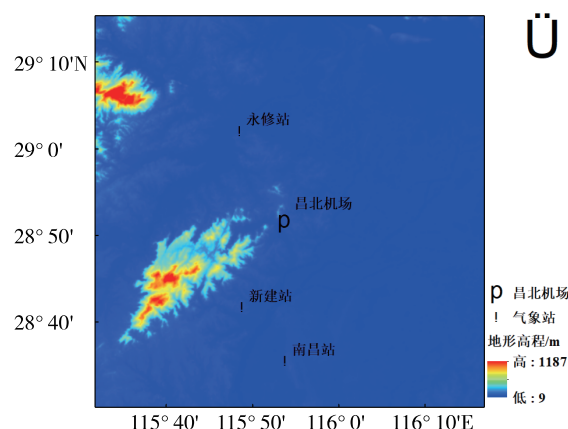


图 1 昌北机场周边地形及气象站分布

Fig. 1 Landform and distribution of meteorological stations around Changbei Airport

2 资料与方法

2.1 参证气象站选择

参证气象站是指气象分析计算所参照的具有长年代气象数据的国家气象观测站。按照《气候可行性论证规范机场工程气象参数统计》《机场工程选址气候可行性论证技术指南(第 1 版)》要求,应利用参证气象站 30 a 以上历史气象要素序列进行极值估算。昌北机场气象观测站(简称机场站)于 1999 年 9 月启用,观测资料尚不足 30 a,因此从周边选择与机场地理、地形、气候条件相似的国家气象站作为参证气象站,并从其可靠性、代表性和一致性三方面综合分析后确定。

昌北机场周边分布有南昌站、新建站和永修站 3 个国家气象站(图 1),各气象站信息如表 1 所示。从可靠性看,3 个站均为标准的国家气象站,在基础建设、观测仪器选型和安装、观测方法和观测管理方面,均按照《地面气象观测规范》执行,观测资料具有很高的可靠性。南昌站位于南昌市城南的青云谱区,距离机场 31 km,与机场横跨了南昌市区及赣江;新建站位于南昌市城西的新建区,距离机场

21 km,受城市化影响,周边高楼林立,探测环境较差;永修站位于永修桥南建设村郊外的丘陵地带,距离机场 20 km,周边开阔,探测环境良好,自 1955 年 5 月启用,现址于 1975 年 1 月 1 日开始工作,观测资料长年代一致性好。因此,从地理、地形条件和探测环境看,永修站对机场气候具有更好的代表

性。为进一步论证永修站气温的代表性,对永修站和机场站 2016—2019 年逐时气温进行相关分析,由结果可知(图 2),2 站气温相关系数达 0.99, $p < 0.01$,相关性显著。综上所述,选择永修站作为参证气象站。

表 1 昌北机场周边 3 个气象站信息

Tab. 1 Information of three weather stations around Changbei Airport

气象站	台站级别	建站年份	海拔/m	与机场相对位置	
				方位	距离/km
南昌站	基本气象站	1951 年	47.2	SSE	31
新建站	一般气象站	1957 年	40.0	SSW	21
永修站	一般气象站	1956 年	36.6	NNW	20

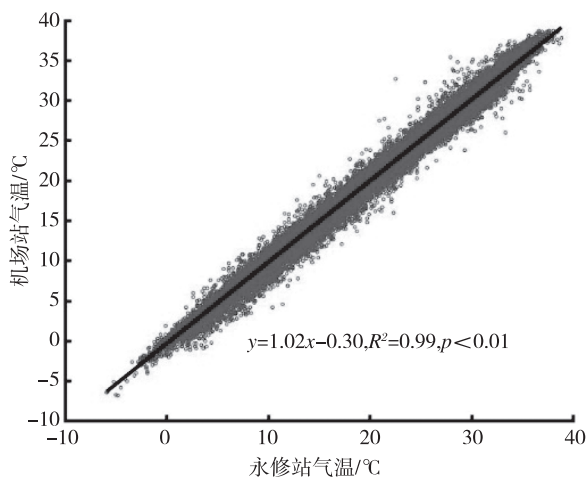


图 2 永修站和机场站 2016—2019 年逐时气温线性回归图

Fig. 2 Linear regression diagram of hourly temperature at Yongxiu station and airport station during 2016—2019

从全年实测逐日气温中选出最大(最小)值,作为该年年极端最高(最低)气温,永修站年极端气温资料从 1956—2019 年共 64 a,机场站从 2000—2019 年共 20 a。

2.2 机场站长年代极端气温序列构建

机场站和永修站实测年极端最高、最低气温年际变化如图 3 所示。从图 3a 看出,近 20 a 2 站年极端最高气温最大值均出现在 2003 年,机场站为 41.3 ℃,略高于永修站的 41.1 ℃,除 2006 年、2009 年、2010 年和 2013 年外,机场站年极端最高气温均高于同年的永修站,年极端最高气温均呈下降趋势且下降速率相近;图 3c 则显示,永修站近 64 a 极端最高气温呈升高趋势(0.3 ℃/10 a),其变化趋势与近 20 a 不一致。由图 3b 可知,近 20 a 2 站年极端最低气温最小值均出现在 2016 年,机场站为 -7.2

℃,低于永修站的 -6 ℃,机场站年极端最低气温均低于或等于同年的永修站,年极端最低气温均呈上升趋势且上升速率相近(0.5 ℃/10 a),图 3d 则显示,永修站近 64 a 极端最低气温最小值出现在 1972 年,为 -11.9 ℃,比近 20 a 的最小值低 5.9 ℃,年极端最低气温亦呈升高趋势(0.8 ℃/10 a),升温速率大于年极端最高气温。

由以上分析发现,若直接采用永修站资料进行机场极端气温估算,势必存在误差。因此先利用 2000—2019 年机场站与永修站的极端气温序列进行回归分析,得到 2 站极端气温的关系模型(图 4),再将 1956—1999 年永修站的实测资料代入模型,得到 1956—1999 年机场站极端气温数据,最终建立机场站 1956—2019 年长年代极端气温序列。

2.3 极值估算方法

从统计意义上说,气温本身就是一个随机变量,而其极值乃是这些随机变量的某种函数,气温极值估算就是用已有历史观测的有限样本去拟合某种概率分布模型并估计其参数^[15]。常用的经典极值概率分布模型有极值 I 型(Gumbel)分布和皮尔逊 III 型(P-III 型)分布等。极值 I 型(Gumbel)分布又称双指数分布,是一种正态分布,是一个较完全的极值理论分布,常用参数估计方法有矩法、耿贝尔法、极大似然法和最小二乘法等。皮尔逊 III 型(P-III 型)分布是偏态铃形分布,常用参数估算方法有矩法、线性矩法、极大似然法、适线法等。不同参数估计方法的适用性有所差异,结合文献[16]对参数估计方法的比较研究,本文对极值 I 型和皮尔逊 III 型分布分别采用耿贝尔法和适线法进行参数估计,对于模型的拟合优度,则采用柯尔莫哥洛夫指标和拟合均方差进行检验。

3 结果分析

采用极值 I 型分布和皮尔逊 III 型分布分别对参证站(永修站)1956—2019 年实测年极端气温序列(以下简称“参证站实测序列”)和通过与参证站回归分析构建的机场站近 64 a 年极端气温序列(以下简称“机场站构建序列”)进行拟合和参数计算,对于皮尔逊 III 型曲线,一般通过反复调整参数 C_V 和 C_S 以使理论曲线与经验曲线尽量接近(应满足 $C_S \geq 2C_V$),从而保证小概率计算值不至于偏小。2 种模型推算结果及拟合优度见表 2,可以看出,由于模型和参数估计方法的不同,2 种模型对相同重现期

的温度拟合结果不一致,差异在 $0.1 \sim 1.1\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。对参证站实测以及机场站构建的年极端最高气温序列、参证站实测的年极端最低气温序列的拟合,极值 I 型分布的结果大于皮尔逊 III 型,而对机场站构建的年极端最低气温序列的拟合,极值 I 型分布的结果小于皮尔逊 III 型。就拟合优度而言,对年极端最高气温的拟合,参证站实测序列和机场站构建序列均以皮尔逊 III 型分布的效果更好(柯尔莫哥洛夫检验指标和拟合均方差同时最小,下同);对年极端最低气温的拟合,参证站实测序列和机场站构建序列均以极值 I 型分布的效果更好。

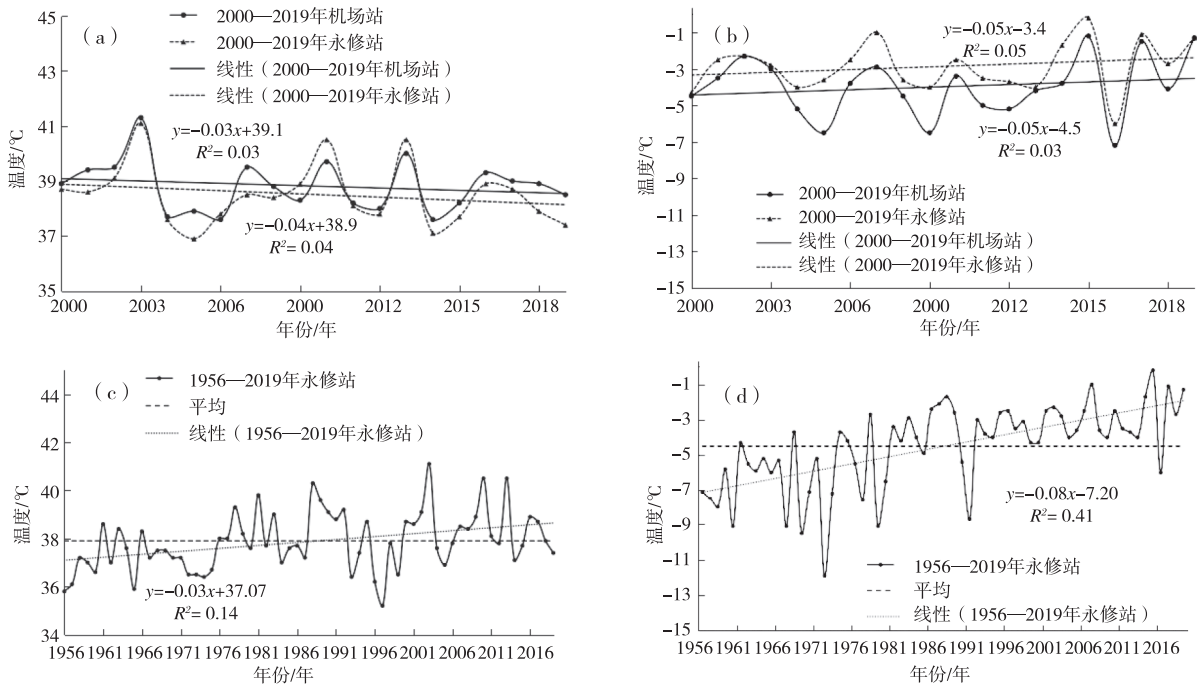


图3 机场站和永修站年极端最高气温(a、c)和最低气温(b、d)年际变化曲线及线性趋势

Fig. 3 Interannual variation curve and linear trend of annual extreme maximum temperature (a、c) and minimum temperature (b、d) at airport station and Yongxiu station

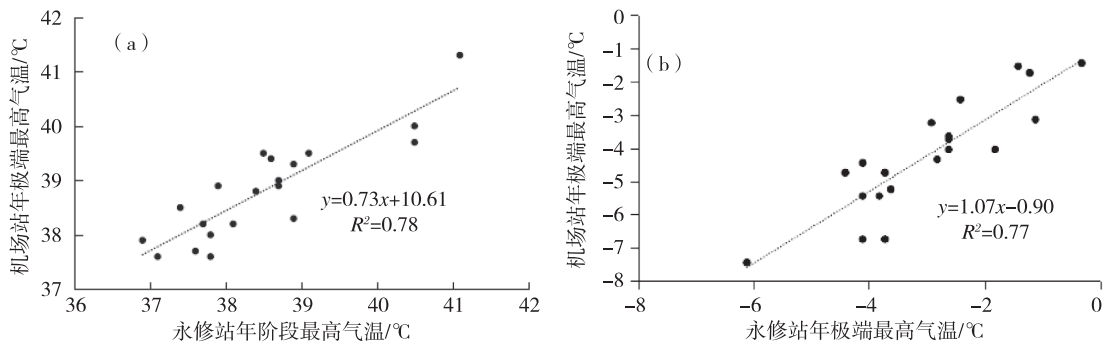


图4 2000—2019 年机场站与永修站年极端气温回归分析图

Fig. 4 Regression analysis of annual extreme temperature at airport station and Yongxiu station during 2000—2019

表 2 各重现期极端最高和最低气温推算结果(单位:℃)

Tab. 2 Calculation results of extreme maximum and minimum temperatures in return periods (unit: ℃)

气温序列 模型名称	参证站实测年极端最高		机场站构建年极端最高		参证站实测年极端最低		机场站构建年极端最低	
	极值 I 型	皮尔逊Ⅲ型	极值 I 型	皮尔逊Ⅲ型	极值 I 型	皮尔逊Ⅲ型	极值 I 型	皮尔逊Ⅲ型
10 a 重现期	39.6	39.6	39.7	39.6	-7.9	-8.1	-9.5	-9.3
30 a 重现期	40.8	40.5	40.6	40.2	-10.2	-10.5	-12	-11.4
50 a 重现期	41.3	40.9	41	40.5	-11.3	-11.6	-13.1	-12.3
100 a 重现期	42	41.4	41.5	40.8	-12.7	-13	-14.6	-13.5
柯尔莫哥洛夫检验指标	0.46	0.44	0.55	0.47	0.71	0.73	0.49	0.5
拟合均方差	0.16	0.1	0.13	0.12	0.26	0.3	0.28	0.32

为确定昌北机场不同重现期的气温极值,应根据参证站实测序列和机场站构建序列的样本特征,并结合 2 种模型的拟合优度进行综合考虑。由表 3 可知,对年极端最高气温而言,2 个序列的平均值、最大值分别只相差 0.4 ℃ 和 0.2 ℃,再对比各重现期拟合值与 2 个序列的最大值和标准差,宜选择皮尔逊Ⅲ型分布拟合参证站实测年极端最高气温序

列的结果作为昌北机场不同重现期年极端最高气温的推算值;同理,宜选择极值 I 型分布拟合机场站构建年极端最低气温序列的结果作为昌北机场不同重现期年极端最低气温的推算值。昌北机场 10、30、50 和 100 a 重现期的年极端最高气温分别是 39.6、40.5、40.9 和 41.4 ℃,年极端最低气温分别是 -9.5、-12.0、-13.1 和 -14.6 ℃。

表 3 两种年极端气温序列的参数

Tab. 3 Parameters of two kinds of annual extreme temperature series

	年极端最高		年极端最低	
	参证站实测	机场站构建	参证站实测	机场站构建
平均值/℃	37.9	38.3	-4.5	-5.8
最大值/℃	41.1	41.3	-0.2	-1.2
最小值/℃	35.2	36.4	-11.9	-13.7
标准差	1.22	0.93	2.39	2.61

4 结论和讨论

(1)从可靠性、代表性和一致性三方面对比昌北机场周边的南昌站、新建站和永修站 3 个国家气象站,并对永修站和机场站 2016—2019 年逐时气温进行相关分析,选择永修站作为参证气象站。在分析机场站与永修站实测年极端气温特征的基础上,构建了机场站 1956—2019 年长年代年极端气温序列。

(2)采用极值 I 型和皮尔逊Ⅲ型分布分别对参证站(永修站)实测序列和机场站构建序列进行拟合和参数计算,结果表明:2 种模型对相同重现期的温度拟合结果不一致,差异在 0.1~1.1 ℃。对年极端最高气温的拟合,2 个序列均以皮尔逊Ⅲ型分布的效果更好;对年极端最低气温的拟合,2 个序列均以极值 I 型分布的效果更好。

(3)综合考虑参证站实测序列和机场站构建序列的样本特征,结合 2 种模型的拟合优度,以皮尔逊Ⅲ型分布拟合参证站实测年极端最高气温序列的结果作为昌北机场不同重现期年极端最高气温的推算值,极值 I 型分布拟合机场站构建年极端最低

气温序列的结果作为昌北机场不同重现期年极端最低气温的推算值。昌北机场 10、30、50 和 100 a 重现期的年极端最高气温分别是 39.6、40.5、40.9 和 41.4 ℃,年极端最低气温分别是 -9.5、-12.0、-13.1 和 -14.6 ℃。

气候概率分布模式往往是由实测资料所得频率分布(样本分布)在足够长时间所测得的大样本资料条件下的一种(极限)理论分布。对于特定序列的极端气温的拟合,不同概率分布模型的适应性和拟合效果存在差异,本文及文献[17-18]关于陕西和广西等地极端气温重现期的研究均体现了这一特点,这与特定极值序列的样本分布特征有密切关系。另外,未来的气候极值是一种不稳定的、难以预报的复杂随机变量,加之全球变暖、极端天气气候事件多发、频发的新常态,对于某地(或建设项目)气候要素极值的推算,在准确选取参证气象站的同时,应该充分考虑当地的实测资料。

参考文献

- [1] 中国民用航空局. 2021 年民航行业发展统计公报[R/OL]. (2022-05-18) [2022-06-10]. <http://www.caac.gov.cn/>

- XXGK/XXGK/TJSJ/202205/t20220518_213297. html.
- [2] 高兵,毕波,杨航. 云南高原山地机场强对流短临预报系统研究[J]. 中低纬山地气象,2022,46(2):109–113.
- [3] 张顺,胡洋,周雨. 昌北机场能见度仪探测数据对比分析[J]. 气象水文海洋仪器,2020,37(4):39–41.
- [4] 孙晶,谭超,周毓荃,等. 新疆春季两次直升机积冰气象条件分析[J]. 气象与环境科学,2021,44(4):24–32.
- [5] 滕林,邹永成,蔡成瑶,等. 2017年双流机场两次大雾过程的对比分析[J]. 中低纬山地气象,2021,45(2):35–39.
- [6] AHMED R, G. DHANGER N, DWIVEDI S, et al. Characteristics of fog in relation to tropical cyclone intensity: A case study for IGI airport New Delhi [J]. Tropical Cyclone Research and Review, 2021,10(3):170–181.
- [7] 陈阳权,杜安妮,窦新英,等. WRF模式对乌鲁木齐机场一次冻雾天气的数值预报对比试验分析[J]. 沙漠与绿洲气象,2018,12(2):63–70.
- [8] 李海良. 基于WRF与FLUENT耦合的低空风场的数值模拟[D]. 天津:中国民航大学,2018.
- [9] 丁立国,帅士章,李霄,等. 贵州山区机场选址关键航空气象因子分析——以德江露青场址为例[J]. 中低纬山地气象,2021,45(1):90–94.
- [10] 李典南,徐海,许东蓓. 双流机场雷暴天气预报方法研究[J]. 中低纬山地气象,2021,45(6):17–25.
- [11] ZHOU T J, REN L W, LIU H W, et al. Impact of 1.5 °C and 2.0 °C global warming on aircraft takeoff performance in China[J]. Science Bulletin, 2018, 63(11):700–707.
- [12] 中国气象局气候变化中心. 中国气候变化蓝皮书 2022[M]. 北京:科学出版社,2022.
- [13] 张顺,胡洋,周雨. 昌北机场强降水特征分析[J]. 中低纬山地气象,2021,45(2):46–50.
- [14] 梁卫,吴俊杰,邹海波. 南昌昌北机场雾的分类特征与统计分析[J]. 气象,2021,47(10):1255–1265.
- [15] 丁裕国,申红艳,江志红,等. 气候概率分布理论及其应用新进展[J]. 气象科技,2009,37(3):257–262.
- [16] 段忠东,周道成. 极值概率分布参数估计方法的比较研究[J]. 哈尔滨工业大学学报,2004(12):1605–1609.
- [17] 徐军昶,高彦斌,李四虎. 基于GIS的陕西省极端气温及其重现期值的空间分布特征研究[J]. 陕西气象,2010(1):6–9.
- [18] 罗红磊,黄小燕,苏志,等. 基于GIS的广西温度气象参数精细化研究[J]. 江西农业学报,2018,30(4):93–98.