

全利红,宋丽莉,袁春红,2017. 利用北极地区定时风观测资料推算年最大风速的重现期[J]. 气象,43(12):1572-1577.

利用北极地区定时风观测资料 推算年最大风速的重现期*

全利红^{1,2,3} 宋丽莉^{1,2,3} 袁春红^{1,2,3}

1 中国气象局公共气象服务中心,北京 100081

2 北京华新天力能源气象科技中心,北京 100081

3 中国气象局风能太阳能资源中心,北京 100081

提 要: 北极地区风观测资料较少,工程气象参数的分析主要依靠国际交换站资料。但是,国际交换站资料为定时资料,并且存在较多质量问题。因此,在利用国际交换站资料时,需先对其进行质量控制,并且要考虑定时资料的转换。由于缺少其他参考资料,国际交换站资料的质量控制主要根据北极地区天气气候特征,通过时间一致性、空间一致性和要素间一致性检验进行。由于重现期风速需用年最大风速(通常是 10 min 平均风速)计算,鉴于定时资料中可能没有出现年最大风速,而目前又没有较好的定时资料向逐时资料转换的方法,因此,主要通过从定时资料统计得到的年最大值计算的重现期风速进行订正得到重现期风速。订正的方法是根据我国部分风速较大地区的观测结果,引入风速方差,建立定时资料与年最大风速资料计算的重现期风速之间的关系,然后利用此关系订正北极喀拉海和拉普捷夫海沿岸定时资料计算的重现期风速,得到了 50 年和 100 年一遇的风速。

关键词: 国际交换站,重现期风速,北极,订正

中图分类号: P457

文献标志码: A

DOI: 10.7519/j.issn.1000-0526.2017.12.013

Applying Timed Wind Dataset in Arctic to Studying Return Period of Yearly Maximum Wind Speed

QUAN Lihong^{1,2,3} SONG Lili^{1,2,3} YUAN Chunhong^{1,2,3}

1 Public Weather Service Centre, CMA, Beijing 100081

2 Huaxintianli Energy and Meteorological Technology Center, Beijing 100081

3 Wind and Solar Power Resource Centre, CMA, Beijing 100081

Abstract: The data of international exchange stations are an important basis for studying engineering meteorological parameters in the area of only few observational data. However, this data are timed data which have some quality problems. Therefore, quality control of the data and the transform of timed data are necessary before further study. Being to lack of other references, the quality control of the data includes temporal consistency check, spatial consistency check and consistency check between various observed elements based on the weather and climate characteristics of Arctic. Return period wind speed is calculated with yearly maximum wind speed (usually 10 min average wind) which may not occur in timed data. However, there is no any good ways to obtain hourly data from timed data, return period wind speed is therefore obtained mainly through correcting the return period wind speed calculated from timed data. By applying wind speed standard deviation, the relationship between return period wind speed calculated from timed data and yearly data is established, with which return period wind speed in Arctic is obtained.

Key words: international exchange station, return period wind speed, Arctic, correction

* 国家电网公司科技项目资助

2017 年 2 月 14 日收稿; 2017 年 4 月 17 日收修定稿

第一作者:全利红,主要从事气候可行性论证、大气边界层和大气湍流方面的研究. Email: quanlh@cma.gov.cn

引 言

环北极地区处于沿海或位于北冰洋,常年风速较高,风能资源丰富,白令海、楚科奇海、巴伦支海、格陵兰岛、喀拉海均适于风电开发。此外,北极地区是北半球三大洲向北延伸的交汇,在实现三大洲电网联网方面拥有无与伦比的地理位置优势,也是全球能源互联网构建的必经之地,对优化全球能源格局具有重要战略意义。然而,北极地区气候极端,强风和低温使得风电资源开发及外送对风机、杆塔、输电线路等仪器设备的要求很高。因此,在风电场和输电线路设计阶段需要详细调查北极地区风温等气象要素的分布状况以及风场特性、抗风参数等,为输电线路抗风和风电场微观选址提供参考依据。

目前在北极地区地面观测资料较少,主要依赖于国际交换站历史资料。然而,此资料是一天 4 次或 8 次的定时记录结果,而风场特性和抗风参数研究往往需要逐时风速风向资料和最大风速资料,因此,需要对定时资料计算结果进行相应的转换。定时资料与逐时资料的转换,通常是利用同期的两种记录进行相关性分析得到。在我国不同地区也有一些经验关系(朱瑞兆,1991)。但是,对工程具有非常重要意义的重现期风速,如何从定时资料获取,却鲜有研究。

通常重现期风速是对气象站历史年最大风速序列进行概率分布函数拟合(例如极值分布函数、P-III 分布函数等)得到。但是,定时记录里可能没有出现过年最大风速值,从而导致年最大风速值估计偏小,影响重现期风速值计算结果。如何从定时观测数据中获得年最大风速,目前还没有很好的方法。虽然也有一些针对气象要素的插补研究(江志红等,1999;王海军等,2008;余予等,2012;王远和钟华,2012;刘志远等,2016),但是,在极值的重构方面还没有很好的效果。目前虽然也有各种再分析资料,但是,由于模式本身的缺陷和观测资料的稀疏,在缺资料地区再分析资料的可靠性也还存在问题(魏丽和李栋梁,2003;赵天保等,2004;2010;谢爱红等,2007;谢潇等,2011;胡梦玲等,2015;除多等,2016),而且,再分析资料通常用于平均态和较大空间尺度的分析(赵天保等,2010),在局地范围的极值分析方面极少应用(高路等,2014;Cannon et al,2015)。因此,对重现期风速的计算主要考虑对定时记录得到的重现期

风速进行修正。

1 资料介绍

1.1 北极地区气象站资料

选取喀拉海和拉普捷夫海沿岸附近风速较大($>3 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$)、记录比较长(1980—2015 年)的国际交换站资料进行分析。站点分布见图 1。资料来自于国家气象信息中心全球地面天气报定时资料集。

1.2 资料质量控制

由于国际交换站资料为实时传输资料,未经过质量控制或仅经过一些简单的质量控制(熊安元,2003;窦以文等,2008;韩海涛和李仲龙,2012;任芝花等,2015),资料质量存在严重问题。国家气象信息中心对 1980 年以来的国际交换站资料进行了一系列的质量检查和分析,各要素的质量有大幅提高(任芝花等,2006)。但是,对于风速的质量检查只包括了气候界限值、要素允许值范围检查、台站气候极值检查、内部一致性检查等(任芝花等,2006),对风速资料质量控制还不够。因此,首先要对全球地面天气报风速历史资料进行质量分析和控制。

图 1 中的 28 个站原始的风速序列存在一些不合理的大值(图 2a)。通过质量判别剔除一些不合理值之后,仍存在较大的风速值(图 2b)。这些值是否正确,还需要进一步的分析。

由于重现期风速关注的是年最大风速,因此,进一步的质量控制主要针对较大的风速值。通常大风伴随一定的天气系统运动,气压、气温等要素也会有相应的变化,相邻的气象站各要素也可能存在相应变化,这些都可以作为大风速值的合理性判断依据。

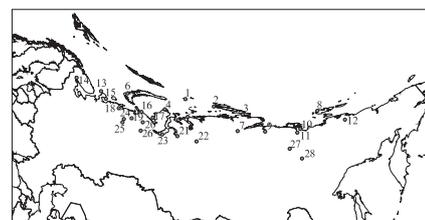


图 1 喀拉海和拉普捷夫海沿岸
28 个国际交换站的分布图

Fig. 1 Distribution of the 28 global
surface synoptic stations near
Kala Sea and Laptev Sea

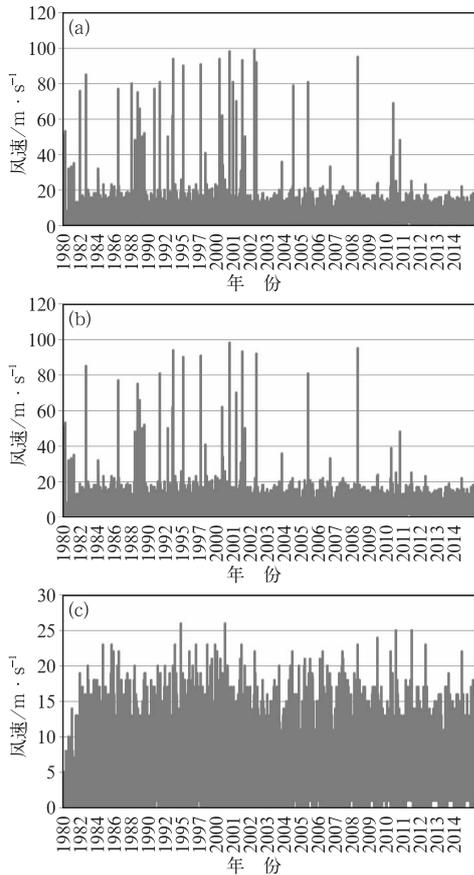


图 2 20069 站定时风速序列(a)、经质量判别码判断后的序列(b)和对大风速值进行质量控制后的序列(c)

Fig. 2 Time series of wind speed at Station 20069 (a), the series after checked by quality identify code (b) and after quality control of high wind speed values (c)

喀拉海和拉普捷夫海附近区域主要受冰洋大陆或海洋气团控制,两种气团性质相近,气温低、水汽少、气层非常稳定,大风的性质与我国偏北地区的冷空气大风相似。其次,喀拉海和拉普捷夫海沿岸区域海拔高度差不大,常年平均风速较大,与我国北方内蒙古地区相似。因此,风速差值的阈值主要参考内蒙古风速较大地区的风速变化差值。

选取内蒙古地区 1980—2015 年年平均风速 $> 3 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ 的国家气象站风速资料(共 43 个站),计算 6 h 风速变化绝对值,统计各站最大风速变化绝对值,得到 6 h 风速变化绝对值范围分别为 $14 \sim 23 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ 。

借鉴此结果,选取 6 h 风速变化绝对值 $> 14 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ 的值作为进一步分析的大风速值。同时,质

量判别码为可疑的数据中风速较大的值($> 14 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$)也一并进行分析。

针对每个大风速值,参照刘小宁和任芝花(2005)对气温极端事件的质量控制方法,对大风速值的质量控制也进行了不同观测项目(风速、风向与气温、气压、露点)间的一致性检查、邻近站检验,同时参考 NCEP 资料分析的天气过程等,对不合理的大风速值进行了剔除,最后得到比较平稳的风速序列(图 2c)。

1.3 我国国家站资料

同时,选取我国国家站中风速较大($> 3 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$)、年最大风速记录和定时记录均比较长(1980—2015 年)的站点用于研究重现期风速修正关系。站点分布见图 3。其中,沿海地区共 35 站,东北和内蒙古地区共 103 站,新疆等复杂地形地区共 14 站,其中有一些高山站和海上观测站。

2 重现期风速计算

对图 1 中的气象站,从定时资料中统计出每年的风速最大值,得到年最大风速序列,利用耿贝尔分布函数进行拟合,得到 50 年一遇和 100 年一遇重现期风速 V_{d50} 和 V_{d100} ,如表 1 和图 4 所示。重现期风速分布基本上与平均风速分布一致,平均风速最大的地方重现期风速也最大,这也体现了主要受系统性大风影响的区域的风特性。50 年一遇和 100 年一遇的重现期风速最大分别为 44.4 和 $46.3 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$,出现在喀拉海西侧新地岛上。

同时,从 NCEP 每天 4 次的再分析资料中统计

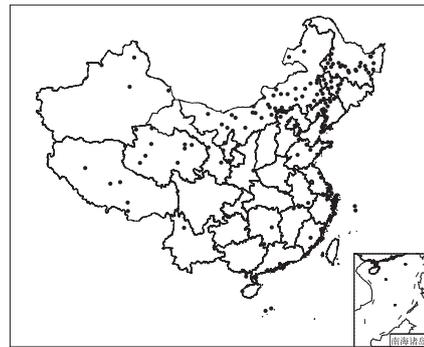


图 3 选取的我国国家站分布

Fig. 3 Distribution of selected national stations in China

每年的风速最大值,得到年最大风速序列,也利用耿贝尔分布函数进行拟合,得到 50 年一遇和 100 年一

遇重现期风速,如图 5 所示。与气象站资料计算的重现期风速相比,NCEP再分析资料得到的重现期

表 1 北极大风区气象站修正前后的重现期风速(单位: $m \cdot s^{-1}$)

Table 1 Return period wind speed at Arctic stations before and after correction (unit: $m \cdot s^{-1}$)

站号	均方差	V_{d50}	V_{d100}	V_{f50}	V_{f100}	站号	均方差	V_{d50}	V_{d100}	V_{f50}	V_{f100}
20069	3.4	27.9	29.3	31.9	33.6	22282	4.2	29.9	32.4	34.4	37.3
20087	2.5	24.2	25.1	27.5	28.6	23022	3.3	29	30.5	32.9	34.6
20292	3	26.9	28.1	30.5	32	23032	3.2	29.9	31.5	33.7	35.6
20667	2.7	25.1	26.2	28.6	29.9	23205	3.1	22.3	23.8	26	27.8
20674	3.2	27.3	28.2	31.1	32.4	23219	3.5	22	23.2	26	27.5
20744	5.3	44.4	46.3	49.8	52.2	23226	3.9	29.9	31.7	34.2	36.4
20891	3.4	26.5	28.5	30.4	32.8	23256	4	29.5	32	34	36.8
21432	2.9	25.9	26.9	29.5	30.8	23274	3.3	22.5	24.2	26.3	28.4
21802	4.2	29.1	31.3	33.6	36.1	23345	3	28.3	29.8	31.9	33.7
21824	4	35.1	36.4	39.5	41.1	23412	2.6	13.8	14.3	17.1	17.8
21921	3.7	20.9	22.2	25.1	26.7	23418	2.3	17.3	18.3	20.4	21.6
21946	3.4	24.3	26.1	28.3	30.3	23426	5.6	31.3	34.7	36.8	40.8
22165	4.4	31.3	33.3	35.9	38.3	24343	3.4	26	28.1	30	32.4
22271	3.8	26.8	28.5	31.1	33.2	24652	4.5	27.2	29.7	32	34.9

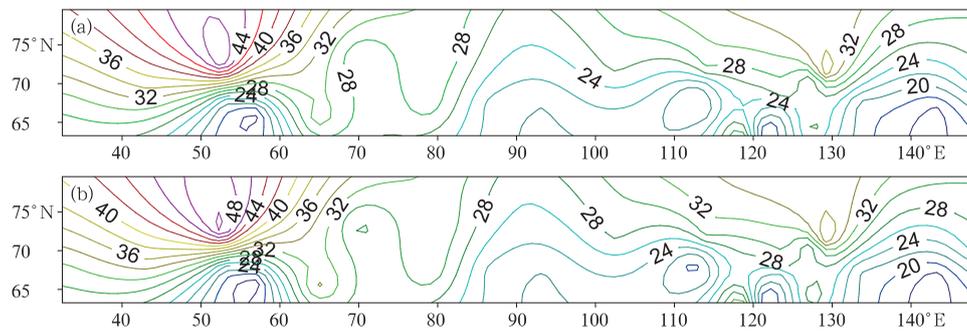


图 4 定时资料计算的(a)50年一遇和(b)100年一遇重现期风速分布

Fig. 4 Distribution of return period wind speed calculated with timed data (a) 50 year, (b) 100 year

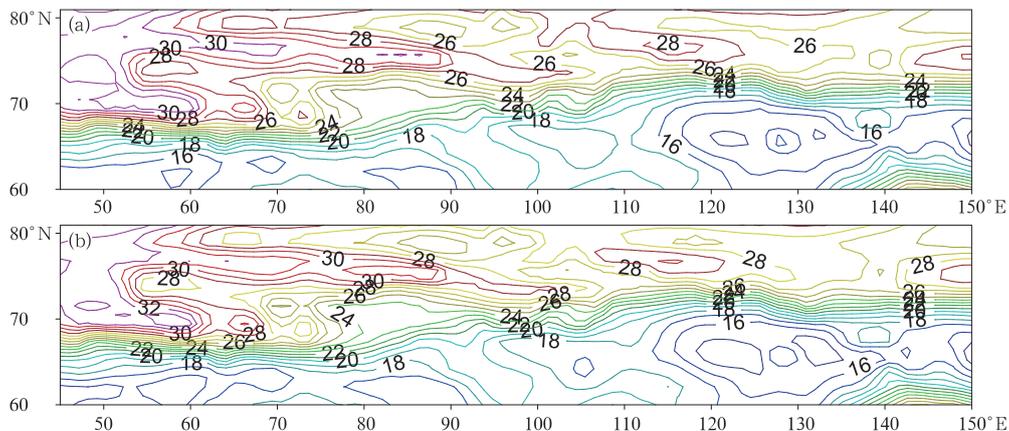


图 5 NCEP 每天 4 次的再分析资料计算的(a)50年一遇和(b)100年一遇重现期风速分布

Fig. 5 Distribution of return period wind speed calculated with NCEP reanalysis data (4 times one day) (a) 50 year, (b) 100 year

风速在风速较大的区域明显偏小,尤其是在喀拉海西岸的新地岛。

对图 3 中的气象站,首先分别对定时资料统计得到的年最大风速序列 X_d ,和年值统计资料的年最大风速序列 X_y 进行概率分布拟合(耿贝尔函数),得到 50 年一遇和 100 年一遇的两组重现期风速 V_{d50} 、 V_{d100} 和 V_{y50} 、 V_{y100} (图 6)。然后,分别计算两组资料得到的重现期风速的差值 $D_{50} = V_{y50} - V_{d50}$ 和 $D_{100} = V_{y100} - V_{d100}$ 。将此差值与 X_d 的均方差 σ_d 进行一阶函数拟合,得到拟合的重现期风速分别为:

$$V_{f50} = 0.64\sigma_d + 2.08 + V_{d50} \quad (1)$$

$$V_{f100} = 0.57\sigma_d + 2.06 + V_{d100} \quad (2)$$

拟合平均相对误差分别为 3.47% 和 3.3%,平均绝对误差分别为 0.95 和 0.86 $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ 。其中,选取均方差 $\sigma_d > 2$ 的站点拟合的重现期风速分别为

$$V_{f50} = 0.74\sigma_d + 1.44 + V_{d50} \quad (3)$$

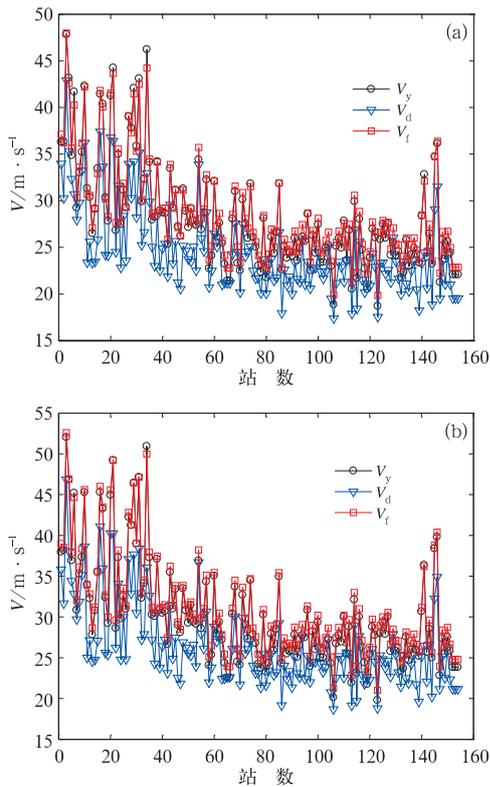


图 6 定时资料和年值资料以及定时资料计算结果修正后的 50 年一遇(a)和 100 年一遇(b)重现期风速

Fig. 6 The 50 year (a) and 100 year (b) return period wind speeds calculated with timed data and yearly statistical data as well as corrected return period wind speed

$$V_{f100} = 0.85\sigma_d + 1.36 + V_{d100} \quad (4)$$

拟合平均相对误差分别为 2.49% 和 2.87%,平均绝对误差分别为 0.79 和 0.65 $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$,绝对误差最大值不超过 2 $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ 。选取均方差 $\sigma_d < 2$ 的站点用方差的线性函数拟合误差较大。表 1 中各站均方差 > 2 ,故利用式(3)和式(4)拟合计算重现期风速。

由于式(3)和式(4)是根据不同地形下的气象站资料统计得到,可以推广应用到北极大风区。利用式(3)和式(4)对图 1 中的气象站定时资料得到的重现期风速进行修正,得到新的重现期风速(表 1)。

3 结 论

重现期风速是风电、电网、铁路、桥梁等工程项目建设非常关注的一个参数,与工程投入直接关联。在北极地区由于风观测资料较少,主要是国际交换站资料。国际交换站的风速资料中存在一些异常大的值。需要对其合理性进行分析。在缺少其他参考资料的情况下,根据北极地区大风天气过程特征,从不同要素间的一致性和不同站点间的一致性来检验。通过质量分析后的数据用来计算重现期风速,并根据我国部分风速较大的国家站的定时资料和年值资料中的最大风速分别计算的重现期风速的关系: $V_{f50} = 0.74\sigma_d + 1.44 + V_{d50}$, $V_{f100} = 0.85\sigma_d + 1.36 + V_{d100}$ (当均方差 > 2 时),推荐了北极喀拉海和拉普捷夫海沿岸部分气象站位置 50 年一遇和 100 年一遇的风速。但是,由于缺少其他参考资料,此重现期风速的可靠性难以进一步论证。

目前有一些研究利用再分析资料分析极端气象条件。但是,在北极这种观测资料稀少,气候极端的地区,NCEP 再分析资料虽然能够反映天气变化趋势,但总体序列较实际观测结果平稳,重现期风速比实际观测资料计算的结果小。

参考文献

- 陈多,杨勇,罗布坚参,等,2016. MERRA 再分析地面气温产品在青藏高原的适用性分析[J]. 高原气象,35(2):337-350.
- 窦以文,屈玉贵,陶士伟,等,2008. 北京自动气象站实时数据质量控制应用[J]. 气象,34(8):77-81.
- 高路,Schulz Karsten,陈兴伟,等,2014. 基于 ERA-Interim 再分析资料的中国极端气温分析[J]. 南水北调与水利科技,12(2):75-106.
- 韩海涛,李仲龙,2012. 地面实时气象数据质量控制方法研究进展[J]. 干旱气象,30(2):261-265.

- 胡梦玲,游庆龙,林厚博,2015. 青藏高原地区多套位势高度和风场再分析资料的对比分析[J]. 冰川冻土,37(5):1229-1244.
- 江志红,丁裕国,屠其璞,1999. 气象场序列几种插补方案的对比试验[J]. 南京气象学院学报,22(3):353-359.
- 刘小宁,任芝花,2005. 地面气象资料质量控制方法研究概述[J]. 气象科技,33(3):199-203.
- 刘志远,李良县,任腊春,2016. 插补测风塔缺测数据的相关性计算方法讨论[J]. 可再生能源,34(9):1342-1347.
- 任芝花,许松,孙化南,等,2006. 全国地面天气报历史资料质量检查与分析[J]. 应用气象学报,17(4):412-420.
- 任芝花,张志富,孙超,等,2015. 全国自动气象站实时观测资料三级质量控制系统研制[J]. 气象,41(10):1268-1277.
- 魏丽,李栋梁,2003. NCEP/NCAR 再分析资料在青藏铁路沿线气候变化研究中的适用性[J]. 高原气象,22(5):488-494.
- 王海军,涂诗玉,陈正洪,2008. 日气温数据缺测的插补方法试验与误差分析[J]. 气象,34(7):83-91.
- 王远,钟华,2012. 风电场缺失测风数据插补方法的分析[J]. 可再生能源,30(3):14-21.
- 谢爱红,秦大河,任贾文,等,2007. NCEP/NCAR 再分析资料在珠穆朗玛峰-念青唐古拉山脉气象研究中的可信性[J]. 地理学报,62(3):268-278.
- 谢潇,何金海,祁莉,2011. 4 种再分析资料在中国区域的适用性研究进展[J]. 气象与环境学报,27(5):58-65.
- 熊安元,2003. 北欧气象观测资料的质量控制[J]. 气象科技,31(5):314-320.
- 余予,李俊,任芝花,等,2012. 标准序列法在日平均气温缺测数据插补中的应用[J]. 气象,38(9):1135-1139.
- 赵天保,艾丽坤,冯锦明,2004. NCEP 再分析资料和中国站点观测资料的分析与比较[J]. 气候与环境研究,9(2):278-294.
- 赵天保,符淙斌,柯宗建,等,2010. 全球大气再分析资料的研究现状与进展[J]. 地球科学进展,25(3):242-254.
- 朱瑞兆,1991. 应用气候手册[M]. 北京:气象出版社.
- Cannon D J, Brayshaw D J, Methven J, et al, 2015. Using reanalysis data to quantify extreme wind power generation statistics: a 33 year case study in Great Britain[J]. Renewable Energy,75:767-778.