

NCEP/NCAR 再分析资料在纳木错流域 湖泊/冰川区适用性分析

游庆龙^{1,3} 康世昌^{1,2} 李潮流¹ 张强弓^{1,3} 李茂善² 刘景时¹

(1. 中国科学院 青藏高原研究所纳木错多圈层综合观测研究站,北京 100085;
2. 中国科学院 冰冻圈科学国家重点实验室; 3. 中国科学院研究生院)

提 要: 利用中国科学院青藏高原研究所纳木错多圈层综合观测研究站在念青唐古拉峰扎当冰川垭口(30.47°N、90.65°E, 5800m)和纳木错站(30.77°N、90.99°E, 4730m)的逐日平均气温、相对湿度、气压等资料,与同期NCEP/NCAR再分析资料进行了对比分析,讨论了再分析资料在纳木错流域湖泊/冰川区气候变化研究中的适用性。结果表明:扎当冰川垭口和纳木错站气压再分析资料的可信度好于气温,相对湿度稍差;扎当冰川垭口气压和相对湿度再分析值与实测值的差值在冬季偏大,夏季偏小,气温则相反。在研究期间,总体上再分析资料在冰川区的可信度好于湖泊区,再分析资料能很好地反映该地区地面气压、气温和相对湿度的日变化特征,在应用到该地区气候变化的研究时应考虑地形的影响。

关键词: NCEP/NCAR 再分析资料 实测气象资料 纳木错

Reliability of NCEP/NCAR Reanalysis Data in the Lake and Glacier Area in the Nam Co Basin

You Qinglong^{1,3} Kang Shichang^{1,2} Li Chaoliu¹
Zhang Qiangong^{1,3} Li Maoshan² Liu Jingshi¹

(1. Nam Co Station for Multisphere Observation and Research, Institute of Tibetan Plateau, CAS, Beijing 100085;
2. State Key Laboratory of Cryospheric Science, CAS; 3. Graduate University of Chinese Academy of Sciences)

Abstract: In order to understand the reliability of NCEP/NCAR reanalysis data in the lake and glacier area in the Tibetan Plateau (TP), the observational data from the Col of Zhadang Glacier (30.47°N, 90.65°E, 5800m) and Nam Co Station (30.77°N, 90.99°E, 4730m) were

资助项目: 国家自然科学基金(40771187)、国家重点基础发展规划项目(2005CB422004), 中国科学院“百人计划”和知识
创新工程重要方向性项目(KZCX3-SW-339), 欧盟第六框架项目(FP6-036952)

收稿日期: 2008年3月3日; 修定稿日期: 2009年1月10日

compared with the reanalysis data from the National Centers of Environmental Prediction/National Centers for Atmospheric Research (NCEP/NCAR) during the same period. The reanalysis data can capture much of the synoptic-scale variability in daily mean pressure, temperature and relative humidity. Among them, the reanalyzed pressure is more confident than temperature and relative humidity at the Col of Zhadang Glacier and Nam Co Station. Differences between the reanalyzed and observational daily mean pressure and relative humidity are large in winter and less in summer, while differences between the reanalyzed and observational daily mean temperature are opposite. Reliability of reanalysis data is better at the Col of Zhadang Glacier than at Nam Co Station. The reanalyzed data can be used to study the trends of climate change in the glacier and lake area in the Nam Co Basin, and more attentions should be given to influences of topography.

Key Words: NCEP/NCAR reanalysis observational data Nam Co

引 言

纳木错位于藏北高原东南部,念青唐古拉山北麓,介于 $30^{\circ}30' \sim 30^{\circ}55' \text{N}$, $90^{\circ}16' \sim 91^{\circ}03' \text{E}$ 之间。湖面海拔 4718m,总面积为 1982km^2 ^[1],是西藏地区最大的湖泊,也是世界上海拔最高的大湖^[2]。近年来,不少学者对纳木错流域的气象要素进行了分析^[3],并利用湖相沉积中易溶盐、pH 值、TiO/CrO 等地球化学特征、粘土矿物、介形类和孢粉等研究了自晚更新世以来该地区的湖泊环境演化与气候变迁^[4-8],对纳木错流域内的湿地资源和自然生态特征进行了考察与评价^[9-10];并对念青唐古山脉主峰(海拔 7162m)地区的气候初步特征^[11]和第四纪冰川作用^[12]以及附近的拉弄冰川末端变化^[13]和该冰川垭口的冰芯记录^[14]进行了研究。

NCEP/NCAR 再分析资料是美国国家环境预测中心(the National Centers for Environmental Prediction)和国家大气研究中心(the National Center for Atmospheric Research)的合作项目,该资料广泛应用于大气科学研究中^[15-16]。再分析资料在我国气候变化研究中可信度的初步分析表明,月平均温度再分析值大部分低于观测值,月降水总量

较观测值偏高,温度的可靠性比气压好,东部和低纬地区的可信度比西部高纬地区高,再分析值在夏季和年平均模拟上较好,冬季较差^[17-18]。但是对再分析资料在青藏高原上的适用性研究报道还很少,谢爱红^[19]检验 NCEP/NCAR 再分析数据在喜马拉雅山脉和念青唐古拉山脉的可行性,表明再分析资料能够较好地反映气压和气温的天气尺度的变化。魏丽^[20]对再分析资料在青藏铁路沿线气候变化研究的适用性进行了研究,得出沿线再分析的气温值系统性低于实际观测值,降水量则系统性偏大;再分析的气温好于降水,沿线主体好于两端。

青藏高原湖泊和冰川广布,但常规气象观测站稀少,而高海拔的冰川区基本没有周期较长的观测资料。人们对高原高山区的气候特征及其影响了解很少,更不能确定再分析资料在高山区气候变化研究中的可信度。纳木错位于羌塘寒冷半干旱高原季风气候区和藏北高原草原区的东南边缘,流域内冰川、湖泊、冻土、高寒草甸等各种自然要素共存,对区域气候环境变化十分敏感。但由于自然条件严酷,环境艰苦,气候恶劣,各种环境要素的定位长期监测一直是空白,气象资料更是如此。2005年6月,中国科学院青藏高原研究所纳木错多圈层综合观测研究站(简称

纳木错站)投入运行,并同时在纳木错东南岸和念青唐古拉山扎当冰川垭口开始了气象观测。本文利用纳木错站获得的气象资料与同期再分析资料对比分析,探讨再分析资料在纳木错流域湖泊和冰川区研究中的可信度,以便弥补气象观测资料的不足。

1 数据与方法

2005年8月,在念青唐古拉峰扎当冰川垭口(30.47°N,90.65°E,5800m)架设了自动气象站,每30分钟记录一次数据,该自动气象站配有2个温湿探头、1个风向风速探头,分别距地面高度为1.6m和2.4m;2005年9月,在纳木错东南岸的纳木错站内安装了气象观测塔(30.77°N,90.99°E,4730m),气象塔共分为5层,每隔10分钟自动记录一次数据。根据每30分钟和10分钟的各项气象要素数据计算了日平均值,本文选取扎当冰川垭口气象站2005年8月24日至2006年10月17日距地面高度为1.6m,纳木错站气象塔2005年9月15日至2006年7月13日距地面高度为1.5m的日平均气压、气温、相对湿度等资料进行分析。

NCEP/NCAR再分析日平均气压、气温、相对湿度资料由美国科罗拉多州气候诊断中心NOAA-CIRES(网址:<http://www.cdc.noaa.gov>)提供^[15-16]。为了对比分析再分析资料和扎当冰川垭口及纳木错站的实测数据,我们选取近地面层和观测同期的格点资料,分辨率为 $2.5^{\circ}\times 2.5^{\circ}$ ^[15-16],将扎当冰川垭口和纳木错站所在的再分析值网格区周围的4个格点做双线性插值,从而得到两站的再分析值。

2 结果和讨论

图1是2005年8月24日至2006年10

月17日NCEP/NCAR格点值内插值得到的扎当冰川垭口所得的日平均气压(a)、气温(c)、相对湿度(e)与自动气象站实测值的时间序列对比。扎当冰川垭口和纳木错站记录的日平均气压(图1a、图2a)和气温(图1c、图2c)在季风来临前缓慢增加,夏季达到最大值,这是对流层变暖以及增厚的过程所导致^[21]。雨季过后,对流层变冷以及变薄的过程使两站的日平均气压和气温降低,至冬季时达到最小值。

图3给出了扎当冰川垭口日平均气压、气温、相对湿度再分析值与自动气象站实测值的差值(再分析值减去实测值)的月变化图。总体上日平均气压再分析值大于实测值,二者的差值最大为51.9hPa,出现在2006年1月31日,最小为46.5hPa,出现在2006年9月6日,从季节上看,差值冬季大夏季小。日平均气温再分析值与实测值的差值最大为7.2℃,最小值为-4.2℃,波动幅度达11.4℃,11月至次年1月差值较小,然后在波动中缓慢上升,7—8月较大。日平均相对湿度再分析值与实测值的差值最大为41.5%,最小值为-35.2%,幅度波动为76.7%,2—4月差值较大,7—8月差值较小,差值最大值与最小值出现的月份约滞后于气压一个月左右。

扎当冰川垭口NCEP/NCAR再分析值和实测值线性相关如图1b、1d、1f。日平均气压再分析值和实测值的相关系数达到了0.968,差值平均均方根误差为48.8hPa,相对误差为9.7%。日平均气温再分析值和实测值的相关系数达到0.955,比气压稍差,13.3%的天数再分析值小于实测值,且多数出现在冬季,差值平均均方根误差为3.7℃,相对误差较大,为46%。日相对湿度再分析值和实测值的相关系数稍差些,为0.889,47%的天数再分析值小于实测值,差值平均均方根误差为13.5%,相对误差为3.4%。日

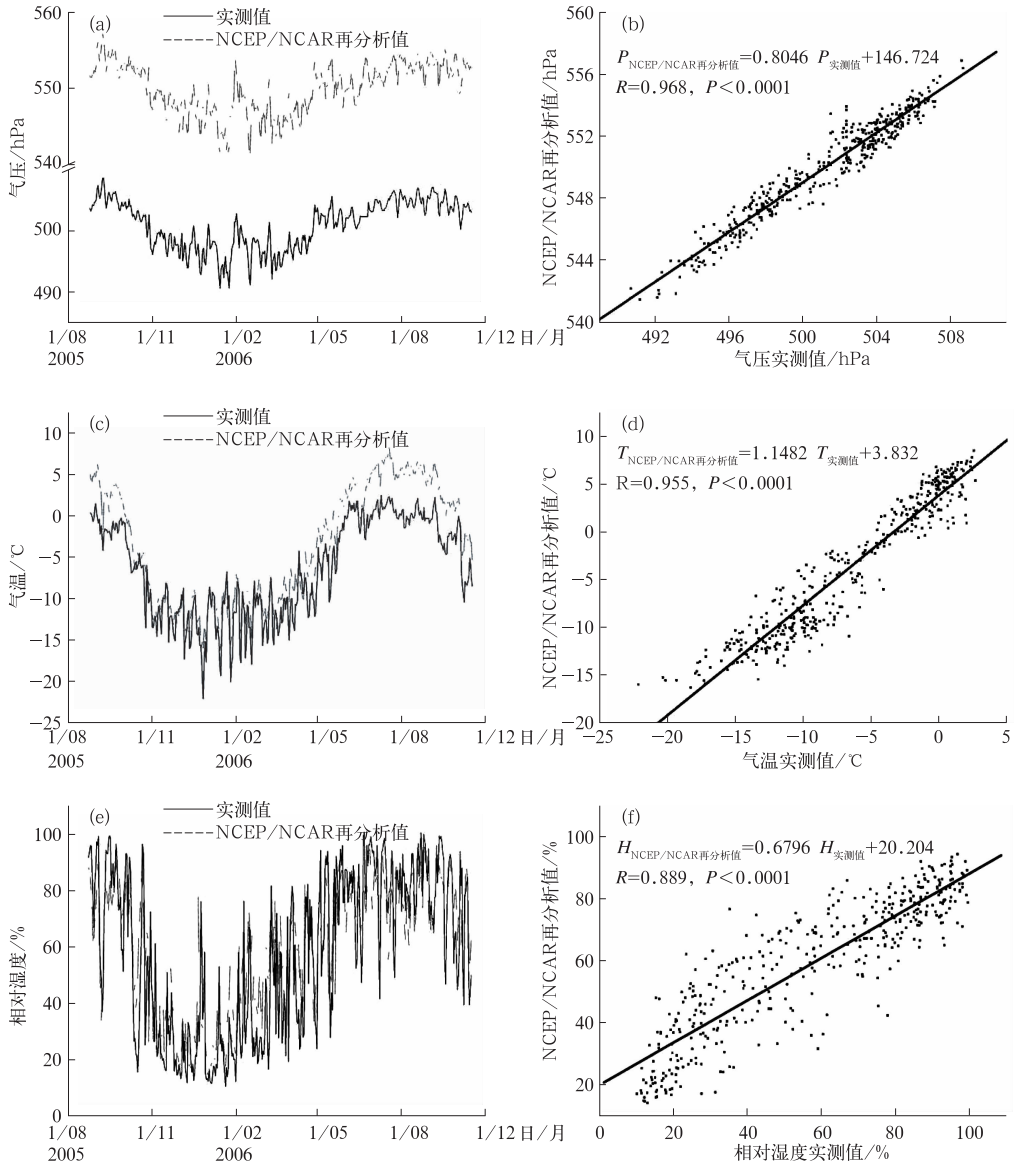


图 1 扎当冰川垭口 2005 年 8 月 24 日至 2006 年 10 月 17 日 NCEP/NCAR 再分析值与实测值的时间序列(a:气压; c:气温; e:相对湿度)及再分析值与实测值的相关关系(b:气压; d:气温; f:相对湿度)

平均气压、气温再分析值和实测值的相关性非常好,气压比气温的可信度更高,日相对湿度稍差,但都达到了 0.05 的显著性水平,说明再分析资料能够很好地反映海拔 5800m 的扎当冰川垭口上气压、气温、相对湿度的日变化特征。

图 2 为 2005 年 9 月 15 日至 2006 年 7

月 13 日纳木错站日平均气压(a)、气温(c)、相对湿度(e)NCEP/NCAR 再分析值与实测值的时间序列。日平均气压再分析值小于实测值,其差值最大为-22.6hPa,最小为-15.7hPa,变化幅度达 6.9hPa,再分析值与实测值之间的差异有明显的月际变化,2 月份偏大、6 月份偏小(图 3),与扎当冰川垭口

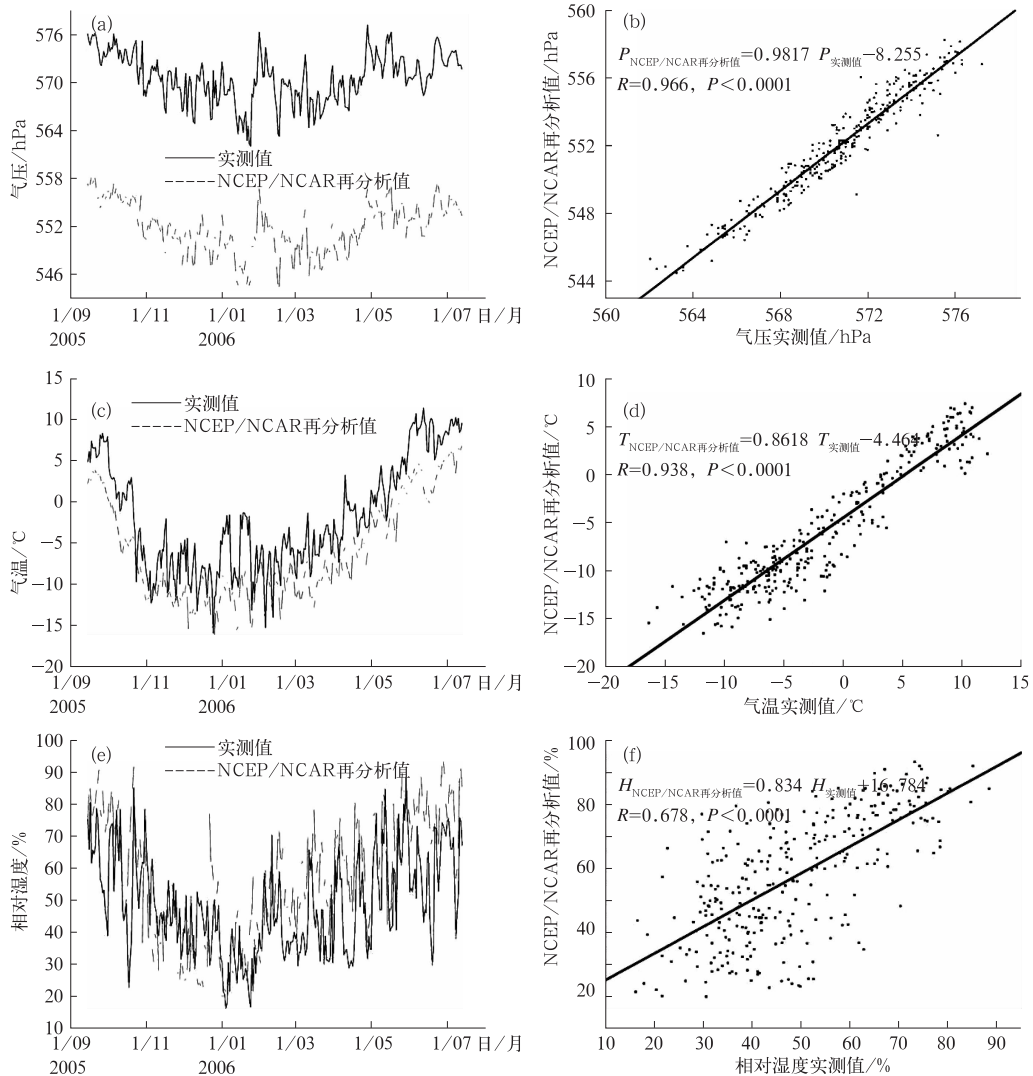


图2 纳木错站2005年9月15日至2006年7月13日NCEP/NCAR再分析值与实测值的时间序列(a:气压;c:气温;e:相对湿度)及再分析值与实测值的相关关系(b:气压;d:气温;f:相对湿度)

变化趋势一致。日平均气温再分析值总体上也小于实测值,其差值最大为 2.8°C ,最小为 -10.6°C ,波动幅度达 13.4°C ,差值的各个月份变化波动较大(图3)。日平均相对湿度再分析值与实测值的差值最大为 47.2% ,最小为 -28.1% ,幅度波动较大为 75.3% ,3—4月差值较大,11—12月差值较小(图3)。图2也给出了纳木错站NCEP/NCAR再分析值和实测值之间的线性相关关系。日平均

气压再分析值与实测值的相关系数达到了 0.966 ,差值平均均方根误差为 18.7hPa ,相对误差为 3.3% 。日平均气温再分析值和实测值的相关系数达到 0.938 ,比气压稍差;4%的天数再分析值大于实测值,差值平均均方根误差为 4.8°C ;相对误差很大,为 238% 。日相对湿度再分析值和实测值的相关系数稍差些,为 0.678 ,26%的天数再分析值小于实测值,差值平均均方根误差为 16.6% ,相对

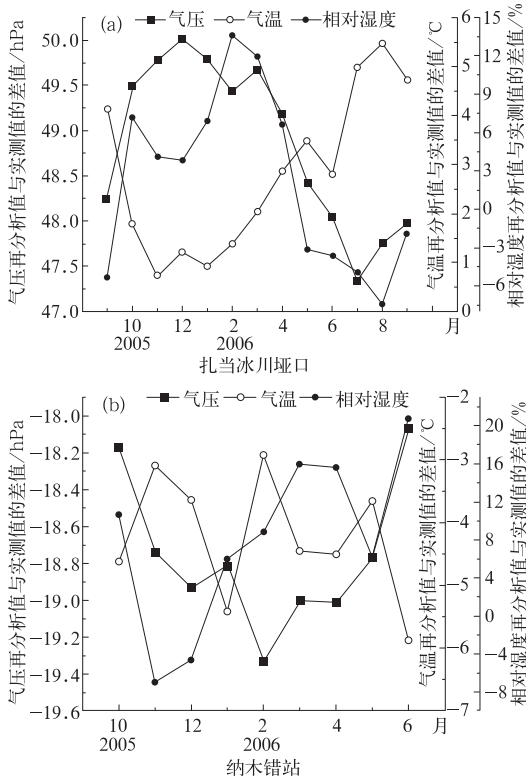


图 3 扎当冰川垭口(a)和纳木错站(b)日平均气压、气温和相对湿度 NCEP/NCAR 再分析值与实测值的差值月平均变化图

误差为 18%。日平均气压、气温再分析值和实测值的相关性非常好,气压和气温的可信度比日相对湿度高,三者都通过了显著性检验,说明再分析资料能够反映海拔 4730m 纳木错站的气压、气温、相对湿度的日变化特征。

图 4 为扎当冰川垭口和纳木错站 2005 年 9 月 15 日至 2006 年 7 月 13 日气压、气温、相对湿度的线性相关分析图,气压的相关系数达到 0.918,气温为 0.954,相对湿度为 0.822,三者都通过了 0.05 显著性水平检验。扎当冰川垭口海拔较高,下垫面全年为冰雪覆盖,周围有高大的山体;而纳木错站地势较低而平缓,靠近湖岸,受湖泊小气候的影响较大,冬半年多为冰雪覆盖,夏半年温度较

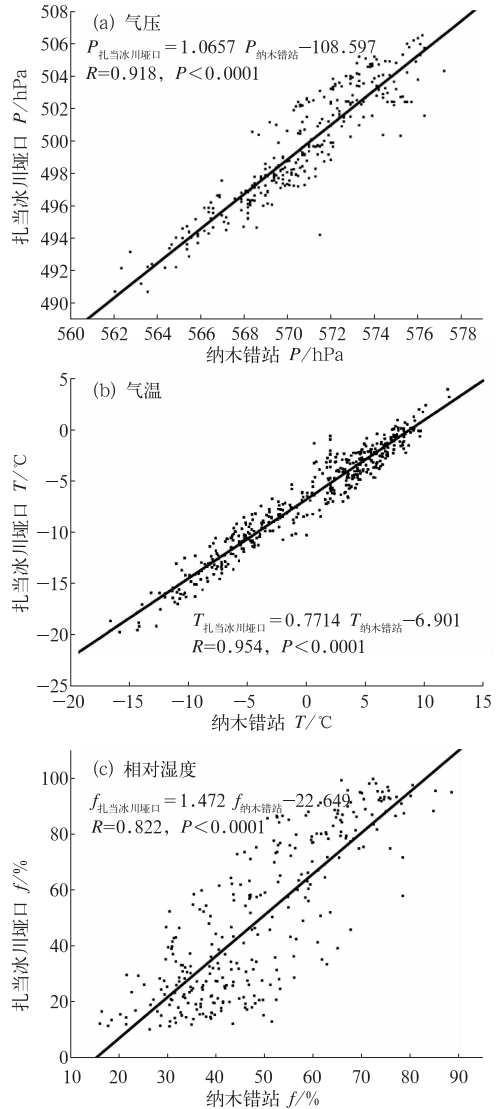


图 4 扎当冰川垭口和纳木错站 2005 年 9 月 15 日至 2006 年 7 月 13 日气压(a)、气温(b)、相对湿度(c)的相关关系

高,下垫面以裸露的高寒草甸为主。两者不同季节下垫面性质的改变以及所处地理位置的差异,使得它们的气象要素(如辐射、风等)的变化过程具有强烈的局地特征。两地气温、气压、相对湿度较高的相关性,说明尽管气候受局地特征的影响,但两地还是受较大尺度大气环流的影响,总体上气候特征较为

一致。

图 3 所示的再分析值与实测值之间的差异,可能与高原本身复杂的地形、物理过程以及稀少的地面、高空资料导致的同化结果有关^[22],它们之间的差异也可能是一种系统性偏差,如观测资料的不确定性、数值预报模式误差和同化方法误差等系统性误差共同作用的结果^[18],同化模式地形高度与地面气象站海拔高度的差异是造成气温再分析与实测偏差的主要原因^[23]。扎当冰川垭口夏季为冰雪覆盖,地面反照率大,气温再分析值与实测值偏差较大,最大值出现在 8 月达 5.48℃,而在冬季偏小,最小值出现在 11 月为 0.74℃,这可能是再分析资料同化模式冬季考虑了积雪而夏季没有考虑所导致^[15-16]。

3 结论

对比分析了扎当冰川垭口(30.47°N、90.65°E,5800m)气象站 2005 年 8 月 24 日至 2006 年 10 月 17 日、纳木错站(30.77°N、90.99°E,4730m)气象塔 2005 年 9 月 15 日至 2006 年 7 月 13 日的日平均气压、气温、相对湿度等气象要素与同期的 NCEP/NCAR 再分析资料,对 NCEP/NCAR 再分析资料在纳木错流域湖泊/冰川区的适用性进行了研究。扎当冰川垭口日平均气压、气温、相对湿度再分析值和实测值之间的相关系数分别为 0.968、0.955、0.889;纳木错站日平均气压、气温、相对湿度再分析值和实测值之间的相关系数分别为 0.966、0.938、0.679,两者都是气压的可信度比气温的要好,相对湿度稍差。扎当冰川垭口再分析资料与实测资料差异有明显的季节变化规律,气压和相对湿度冬季偏大夏季偏小,气温则相反。扎当冰川垭口日平均气压、气温、相对湿度再分析值

和实测值的差值的平均均方根误差分别为 48.8hPa、3.7℃、13.5%,平均相对误差分别为 9.7%、46%、3.4%,而在纳木错站分别为 18.7hPa、4.8℃、16.6%,平均相对误差分别为 3.3%、238%、18%。在资料对比分析期间,NCEP/NCAR 再分析资料能捕捉扎当冰川垭口和纳木错站的日平均气压、气温、相对湿度等的局地小尺度气候变化,气压的可信度好于气温,相对湿度次之。扎当冰川垭口的再分析结果与实测相符的程度好于纳木错站。再分析资料可以适用于纳木错流域湖泊和冰川区,在应用时应充分考虑到地形的影响,在以后研究中需要利用更长系列的观测资料来验证。

致谢:感谢纳木错站的全体工作人员,同时感谢张拥军在 NCEP/NCAR 再分析资料分析过程中的帮助,并致谢 2007 年中国科学院(CAS)和德意志学术交流中心(DAAD)联合培养博士生项目。

参考文献

- [1] 鲁安新,姚檀栋,王丽红,等.青藏高原典型冰川和湖泊变化遥感研究[J].冰川冻土,2005,27(6):783-792.
- [2] 青藏高原科学考查丛书.西藏河流与湖泊[M].北京:科学出版社,1984.
- [3] 游庆龙,康世昌,李潮流,等.青藏高原纳木错气象要素变化特征[J].气象,2007,33(3):54-60.
- [4] 赵希涛,朱大岗,严富华,等.西藏纳木错末次间冰期以来的气候变迁与湖面变化[J].第四纪研究,2003,23(1):41-52.
- [5] 吴中海,赵希涛,吴珍汉,等.西藏纳木错末次盛冰期以来的古植被、古气候和湖面变化[J].地质通报,2003,22(11-2):928-935.
- [6] 吴中海,赵希涛,吴珍汉,等.西藏纳木错及邻区全新世气候与环境变化的地质记录[J].冰川冻土,2004,26(3):275-283.
- [7] 邵兆刚,孟宪刚,朱大岗,等.西藏纳木错晚更新世以来古降水量变化及其环境响应[J].地质力学学报,2004,10(4):337-343.
- [8] 曲亚军,朱大岗,孟宪刚,等.西藏纳木错地区 116ka

- 以来的湖相沉积及其环境演化与气候变化[J]. 吉林大学学报(地球科学版), 2006, 36(2): 187-193.
- [9] 袁军, 高吉喜, 吕宪国, 等. 纳木错湿地资源评价及保护与合理利用对策[J]. 资源科学, 2002, 24(4): 29-35.
- [10] 宗浩, 王成善, 黄川友, 等. 纳木错流域自然生态特征与生物资料保护研究[J]. 成都理工大学学报(自然科学版), 2004, 31(5): 551-557.
- [11] 游庆龙, 康世昌, 田克明, 等. 青藏高原念青唐古拉峰地区气候特征初步分析[J]. 山地学报, 2007, 25(4): 497-504.
- [12] 赵希涛, 吴中海, 朱大岗, 等. 念青唐古拉山脉西段第四纪冰川作用[J]. 第四纪研究, 2002, 22(5): 424-433.
- [13] 张堂堂, 任贾文, 康世昌. 近期气候变暖 念青唐古拉山拉弄冰川处于退缩状态[J]. 冰川冻土, 2004, 26(6): 736-739.
- [14] 康世昌, 秦大河, 任贾文, 等. 青藏高原南部冰芯记录与大气环流的关系[J]. 第四纪研究, 2006, 26(2): 153-164.
- [15] Kalnay, E, M Kanamitsu, R Kistler, et al. The NCEP/NCAR 40-year reanalysis project[J]. Bulletin of the American Meteorological Society, 1996, 77(3): 437-471.
- [16] Kistler R, E Kalny, W Collins, et al. The NCEP-NCAR 50-year reanalysis: Monthly means CD-ROM and documentation[J]. Bulletin of the American Meteorological Society, 2001, 82(2): 247-267.
- [17] 徐影, 丁一汇, 赵宗慈. 美国 NCEP/NCAR 近 50 年全球再分析资料在我国气候变化研究中可信度的初步分析[J]. 应用气象学报, 2001, 12(3): 337-347.
- [18] 赵天保, 艾丽坤, 冯锦明. 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, 2004, 9(2): 278-293.
- [19] 谢爱红, 秦大河, 任贾文, 等. 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, 2007, 62(3): 268-278.
- [20] 魏丽, 李栋梁. 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, 2003, 22(5): 488-494.
- [21] Moore, G. W. K., John L. Semple. High Himalayan meteorology: Weather at the South Col of Mt. Everest [J]. Geophysical Research Letters, 2004, 31, L18109, doi:10.1029/2004GL020621.
- [22] 李川, 张廷军, 陈静. 近 40 年青藏高原地区的气候变化—NCEP 和 ECMWF 地面气温及降水再分析和实测资料对比分析[J]. 高原气象, 2004, z1(增刊): 97-103.
- [23] 魏丽, 李栋梁. 青藏高原地区 NCEP 新再分析地面通量资料的检验[J]. 高原气象, 2003, 22(5): 478-489.