

# 20和21世纪初青岛地区气温和降水的变化特征对比

钟一洋<sup>1</sup>, 蔺思远<sup>2</sup>, 黄昊<sup>3\*</sup>

<sup>1</sup>青岛第三十九中学(中国海洋大学附属中学), 山东 青岛

<sup>2</sup>青岛第二中学, 山东 青岛

<sup>3</sup>中国海洋大学海洋与大气学院, 山东 青岛

Email: \*1716643089@qq.com

收稿日期: 2021年8月20日; 录用日期: 2021年9月16日; 发布日期: 2021年9月22日

## 摘要

本文利用德占时期青岛观象台1899~1911年和青岛气象台1999~2011年气温和降水的月平均观测资料, 对比分析了20世纪初和21世纪初青岛气候的百年变化特征。结果表明, 青岛地区的年平均气温在20世纪初和21世纪初时分别为12.5℃和13.2℃, 一百年里升温了0.7℃, 比全球平均变暖的幅度略低, 远低于中国气温百年来的升温幅度; 但青岛的升温具有明显的季节性差异, 在冬季和夏季, 21世纪初青岛的平均气温反而低于20世纪初的气温值, 这与全球百年来的变暖规律不一致, 只有在春、秋过渡季节才体现出青岛气温与全球变暖趋势一致的特征; 21世纪初气温的年际变率在冷季较强暖季较弱, 而20世纪初则正好相反。青岛的气候表现为雨热同季的特征, 但年平均降水量在百年后仅略有增加; 青岛雨季的高峰期从20世纪的7月推迟到21世纪的8月, 表明相比于20世纪初, 21世纪初青岛的8月更容易出现高温高湿的“桑拿”天气; 降水的百年变化显示出5月和9月降水量增多, 10月降水量减少, 表明百年后青岛的雨季开始和结束时间均有所提前, 降雨峰值时间推迟, 且春季和初秋的气候变得更暖更湿, 10月以后的秋季则变得更暖更干。

## 关键词

气温, 降水, 青岛, 气候变化, 全球变暖

# Comparison of Climate Change of Precipitation and Temperature in Qingdao in the Early 20th and Early 21st Century

Yiyang Zhong<sup>1</sup>, Siyuan Lin<sup>2</sup>, Hao Huang<sup>3\*</sup>

\*通讯作者。

<sup>1</sup>High School, Qingdao No. 39 Middle School (Affiliated Middle School of Ocean University of China), Qingdao Shandong

<sup>2</sup>High School, Qingdao No. 2 Middle School, Qingdao Shandong

<sup>3</sup>College of Oceanic and Atmospheric Sciences, Ocean University of China, Qingdao Shandong  
Email: \*1716643089@qq.com

Received: Aug. 20<sup>th</sup>, 2021; accepted: Sep. 16<sup>th</sup>, 2021; published: Sep. 22<sup>nd</sup>, 2021

## Abstract

Based on the monthly averaged observational data of temperature and precipitation at Qingdao Observatory during German occupation period from 1899 to 1911 and at Qingdao Meteorological Observatory from 1999 to 2011, this paper compared and analyzed the climate change in Qingdao in the early 20th century (20C) and the early 21st century (21C). The results show that the annual averaged temperature in Qingdao in the early 20C and 21C was 12.5 degrees Celsius and 13.2 degrees Celsius respectively. Qingdao's temperature has risen 0.7 degrees Celsius in 100 years, just slightly lower than the rate of global warming, and much lower than the temperature rising rate in China in the past 100 years. However, the temperature rising in Qingdao has obvious seasonal differences. In winter and summer, the Qingdao's temperature in the early 21C is lower than that in the early 20C, which is inconsistent with the global warming in the past century. Only in the transitional seasons of spring and autumn can the temperature in Qingdao be consistent with the global warming trend. The interannual variability of temperature in the early 21C was stronger in the cold season and weaker in the warm season than that in the early 20C. The climate of Qingdao is characterized by rainy-hot period in the same season, but the annual averaged precipitation only increases slightly after 100 years. The peak of rainy season in Qingdao was postponed from July in the early 20C to August in the early 21st century, implying that more "sauna" weather with high temperature and humidity in August would occur in the early 21C than that in the early 20C compared with the temperature variation. The centennial variation of precipitation shows an increasing in May and September, and a decreasing in October, indicating that the beginning and ending time of rainy season in Qingdao tends to be earlier, and the peak time of rainfall tends to be later. In addition, the climate in spring and early autumn has become warmer and wetter, and that in autumn after October has become warmer and drier after 100 years.

## Keywords

Temperature, Precipitation, Qingdao, Climate Change, Global Warming

Copyright © 2021 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

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



Open Access

## 1. 引言

青岛位于北半球中纬地区，地理位置为北纬 35°35′~37°09′，东经 119°30′~121°00′，属于五带中的北温带。同时，青岛又位于东亚典型的季风区域，因此气候特征属于温带季风气候。另外，青岛位于中国东部的黄海之滨，受来自海面上的东南季风和海洋环境的调节作用，又具有显著的海洋性气候特点，空气湿润，温度适中，四季分明，被誉为国内“最舒适”的宜居城市之一[1]。

近百年来, 全球和中国的气候正经历着以变暖为主特征的显著变化[2] [3] [4], 全球变暖不仅引起了自然界的巨大变化, 还影响着人类社会经济生活的方方面面。全球环境发生了重大变化: 水资源短缺, 生态系统退化, 土壤侵蚀加剧, 生物多样性锐减, 臭氧层耗损, 大气成分改变, 渔业产量下降等等。这些变化是由自然因素和人类活动共同造成的, 但最近 50 年主要是由人类活动造成的[5]。

由于全球变化的幅度已经超出了地球本身自然变动的范围, 对人类的生存和经济社会的可持续发展构成了严重威胁! 因此对比分析百年前主要由自然因素引起的气候变化和近年来由人类活动为主引起的气候变化, 对于理解气候的演变规律, 由古推今以及预测未来气候变化, 都有重要的科学意义和实际应用价值。

青岛是我国最早开展气象观测的台站之一, 自 1898 年起就有了正式的气象机构, 德国自 1898 年在青岛开展气象观测, 到 1914 年撤出青岛时, 将这些原始记录带回了德国。2014 年 4 月 8 日, 一百多年前德国占领时期在青岛本地观测并记录的珍贵历史气象资料回归青岛[6]。有了这份珍贵的观测资料, 使得我们可以对比分析青岛的气候在全球变暖的大背景下相比于一百年前到底有什么独特的变化特征, 青岛气候的百年历史变迁, 不但让我们了解青岛历史气候变化的主要规律, 更是为我们预测未来气候和防灾减灾提供了重要依据。

## 2. 研究资料

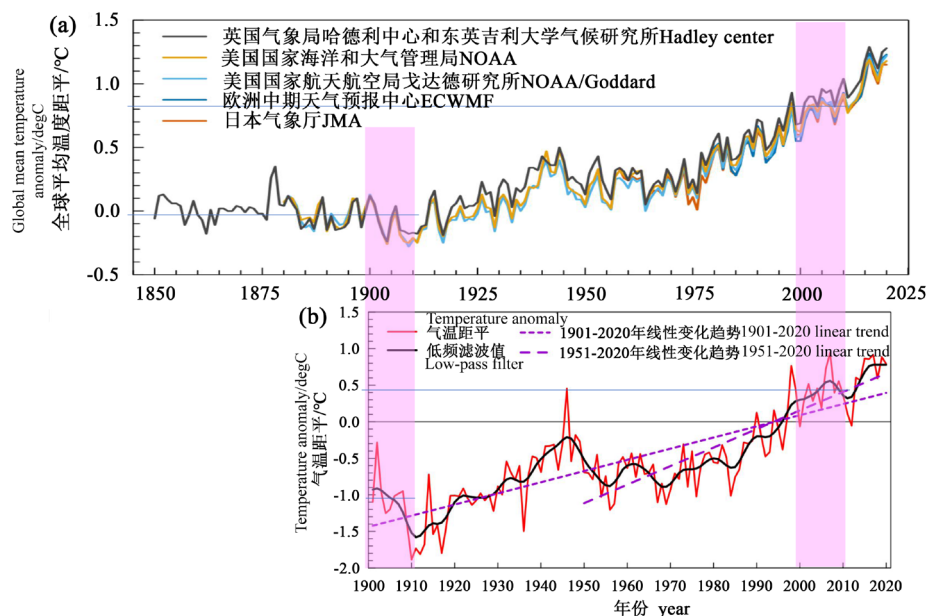
本文采用的资料为青岛气温和降水的观测数据整理而得到的月平均气温和降水量的气候数据, 主要包括两部分数据。一部分是德国气象学会于 2014 年归还的 1898~1914 年的气象观测数据[6], 为了保证数据的连续性和完整性, 本文选取了 1899~1911 年这 13 年比较完整的气温和降水观测数据。根据历史文献记载, 早期的青岛气象观测资料主要包括气温、气压、风向、风速、相对湿度、云量、降水等。1898 年 3 月至 1898 年 9 月, 观测地点是在馆陶路 1 号, 观测场的经纬度和观测场的海拔高度不详, 气压表的高度为 14.86 米, 每日观测三次, 分别为东经 120°标准时的 08、14、20 时观测。1898 年 10 月至 1905 年 5 月, 观测场移至上海支路, 经纬度和观测场的海拔高度也不详, 气压表的高度为 24.03 米, 每日观测三次, 分别为东经 120°标准时的 07、14、21 时观测。1905 年 6 月至 1915 年, 观测地点移到观象山, 观测场经纬度分别为东经 120°19′、北纬 36°04′, 观测场的海拔高度 77.0 米, 气压表的高度为 78.6 米, 每日观测三次, 分别为东经 120°标准时的 07、14、21 时观测。本文采用的月平均气温和降水数据主要是在上海支路和观象山的观测数据, 将每日三次的观测求平均做成日平均数据, 再根据每个月的数据将日平均数据生成月平均的数据。

第二部分的气象观测数据来源于中国气象局提供的建国以来全国 730 个气象台站的日平均气温和降水观测资料, 我们挑出了青岛站的数据, 制作成月平均的日气温和月降水量数据, 为了方便与百年前的数据作对比, 我们也相应地选取了 1999~2011 年这 13 年的气温和降水数据。

## 3. 青岛气温的百年变化对比

### 3.1. 全球气温的百年变化背景

为了对比分析青岛地区气温的百年历史变化特征, 首先我们分析了全球和中国气温的百年变化规律。根据《中国气候变化蓝皮书 2021》[7]的最新结果可以发现(图 1), 近一百多年来, 全球的气温的确是在经历一场逐渐变暖的气候变化, 气温在 1930 年以前处于相对较冷的状态, 之后在 1940s 年代初达到一次较暖的峰值, 随后全球气温有所下降, 直到 1970s 年代末全球气温进入加速变暖阶段, 特别是进入 21 世纪以来全球的平均气温屡创新高(图 1(a))。中国气温的百年来升温比全球升温更快(图 1(b))。本文要对比的研究时段如图 1 中红色阴影区所示, 1899~1911 年阶段正好是全球气温相对偏冷的阶段, 而 1999~2011 年阶段则是全球气温相对较暖的阶段。

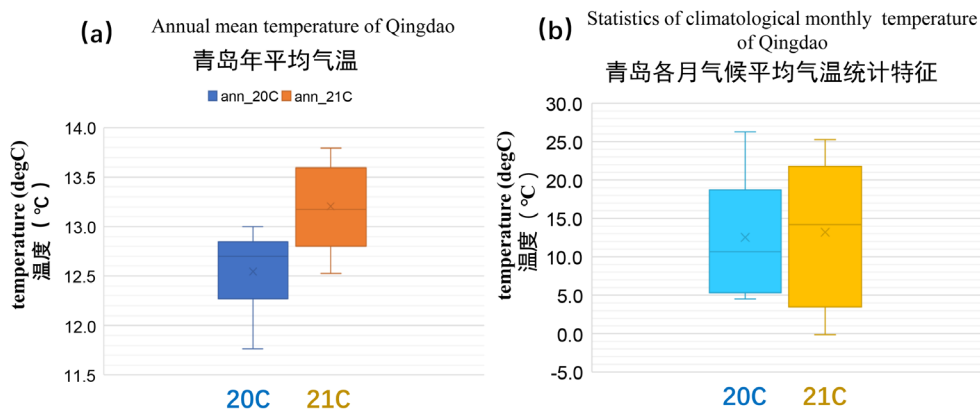


**Figure 1.** (a) Global averaged temperature anomaly (removing the 1850~1900 climatological mean) during 1850~2020; (b) Annual mean surface air temperature anomaly in China during 1901~2020 (relative to the average from 1981 to 2010). The pink shadings denote the two time period in which the centennial comparison was made in this study (figures quoted from [7])

**图 1.** (a) 1850~2020 年全球平均温度距平(相对于 1850~1900 年平均值)变化曲线; (b) 1901~2020 年中国地表年平均气温距平(相对于 1981~2010 年平均值)。图中红色阴影区为本研究进行百年前后对比所取的时间段(图改编自《中国气候变化蓝皮书 2021》[7])

### 3.2. 青岛气温的气候平均值

分别求 1899~1911 年(20 世纪初)和 1999~2011 年(21 世纪初)这两个阶段各 13 年的青岛气温平均值, 结果显示, 20 世纪初青岛地区的年平均气温为 12.5°C, 而到了 21 世纪初青岛的年平均气温则升高到 13.2°C (图 2(a)), 100 年里气温升高了 0.7°C, 与全球气温的百年增暖速率相当[8]。而庞华基等(2007) [9]发现青岛气温在 1899~2005 年期间的升温速率为 0.95°C/100a, 略高于全球平均 0.7°C/100a 的增温速率, 这与计算统计的时间段不一致有关。虽然青岛气温随着全球变暖而升温的事实是确定的, 但相对于全国平均气温 2.6°C/100a 的升温速率[7], 青岛的百年升温速率远远低于全国平均水平。



**Figure 2.** Statistic box graphs of annual averaged temperature (a) and climatological monthly mean temperature (b) in Qingdao in the early 20C and 21C

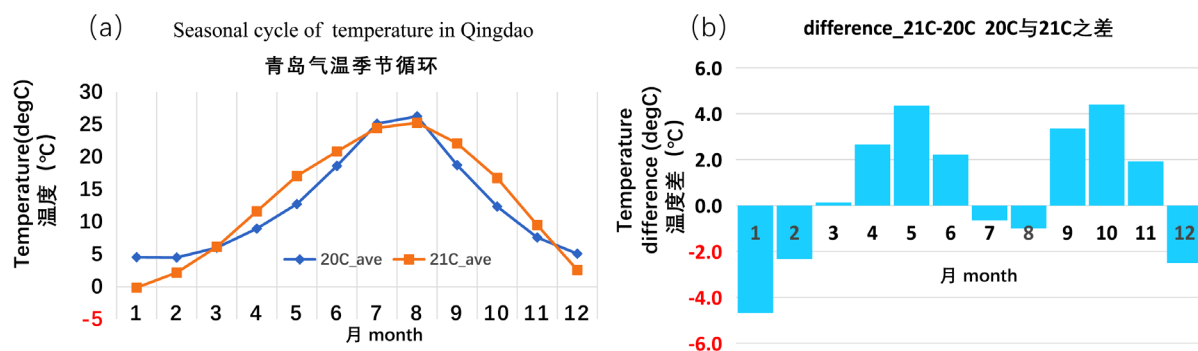
**图 2.** 青岛年平均气温(a)和各月多年气候平均气温(b)在 20 和 21 世纪初的箱型统计图

在 20 世纪和 21 世纪初的各 13 年里, 青岛年平均气温的统计特征(图 2(a))表明 21 世纪的年平均温度、最高温度、最低温度和均值等统计量都比 20 世纪的值大, 确认了青岛气温在 21 世纪显著升温的事实。而气候平均的 12 个月的气温统计特征(图 2(b))则表明 21 世纪青岛气温的季节变化振幅要大于 20 世纪初的, 主要是冬季最低气温的贡献, 夏季的最高气温在 20 世纪反而略高。

### 3.3. 气温的季节变化

青岛地处典型的东亚季风区, 其气候有显著的季节变化特征。为了研究青岛气温的季节变化特征, 我们分别将 20 世纪和 21 世纪初各 13 年的相同月份求平均, 得到气温随月份变化的多年平均季节变化曲线(图 3)。从图 3(a)可以看出, 青岛气温的季节变化在 20 世纪和 21 世纪初均表现出单峰型的变化特征, 即全年的季节循环表现出一个峰值和一个谷值, 最高的峰值都出现在 8 月份, 最低的谷值则有所不同, 20 世纪初的气温最小值出现在 2 月, 日平均气温为 4.5℃, 而 21 世纪的最小值则出现在 1 月, 日平均气温降到零度以下的-0.1℃。

值得注意的是, 相对于 20 世纪初, 21 世纪初青岛的气温差在冬季的 12 月~次年 2 月和盛夏的 7~8 月出现负值, 最大降温差异出现在 1 月, 表明不论是冬季还是盛夏, 青岛的气温在 21 世纪初均比 20 世纪初的气温低(图 3(b)), 这与华北及全国的升温情况不一致。20 世纪后半叶华北四季的升温以冬季最大, 春秋次之, 夏季最小[10]; 全国平均升温情况则在 20 世纪末的 20 年里以冬季升温幅度最大, 其次是秋季和夏季, 春季变化最小, 冬季、秋季对气温上升贡献最大[11]。但青岛的升温则是春秋过渡季节的 4~6 月和 9~11 月最显著, 21 世纪初的平均气温都明显高于 20 世纪初的平均气温, 最大升温发生在 10 月和 5 月, 且秋季升温幅度略高于春季(图 3(b))。



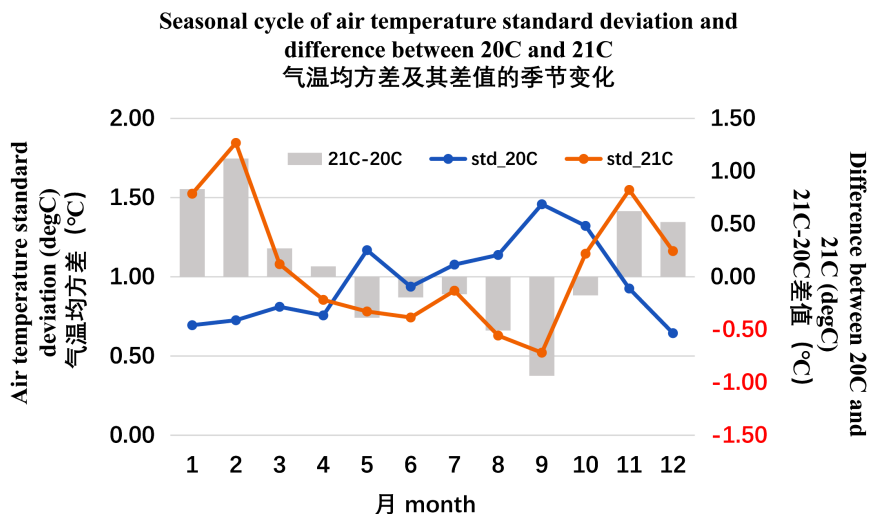
**Figure 3.** Seasonal cycle of climatological monthly mean of daily temperature in Qingdao, in the early 20C (blue line) and in 21C (orange line). (a): Seasonal variations in mean temperature over the years; (b): Monthly temperature difference between early 20C and 21C (b)

**图 3.** 青岛日平均气温的气候平均逐月季节变化曲线, 蓝色线为 20 世纪初的平均, 橙色线为 21 世纪初的平均。(a) 多年平均气温的季节变化; (b) 21 世纪初减去 20 世纪初各月的气温差

### 3.4. 气温的年际变率

从前面的分析中可以发现, 图 2(a)表明青岛年平均气温在百年前后都存在较强的年际振荡, 年际振荡的变率幅度(箱体变化范围)较为接近, 但图 2(b)则表明这种年际振荡在不同季节有明显的差异。为了对分析这种不同季节青岛气温年际变率在 20 和 21 世纪初的差异, 我们分别计算了每个月表征其年际变化的均方差值, 以及 21 世纪减去 20 世纪的差值分布(图 4)。由图 4 可以发现, 20 世纪初青岛气温较强的年际振荡主要发生在夏半年的暖季(5~10 月), 最大变率出现在秋季的 9 月; 而 21 世纪初气温较强的年际振荡则主要发生在冬半年的冷季(11 月~次年 4 月), 最大值出现在 2 月, 11 月为次大值。





**Figure 4.** Seasonal cycle of the standard deviation (std) of interannual monthly temperature in Qingdao in the early 20C (blue line) and 21C (orange line), and the std difference between the two periods (grey bar with right coordinate axis)

**图 4.** 青岛气温逐月的年际变率均方差分布, 蓝线代表 20 世纪初, 黄线代表 21 世纪初, 灰色柱代表 21 世纪减去 20 世纪各月均方差的差值(右侧坐标轴)

## 4. 青岛降水的百年变化

### 4.1. 青岛降水量的气候平均值

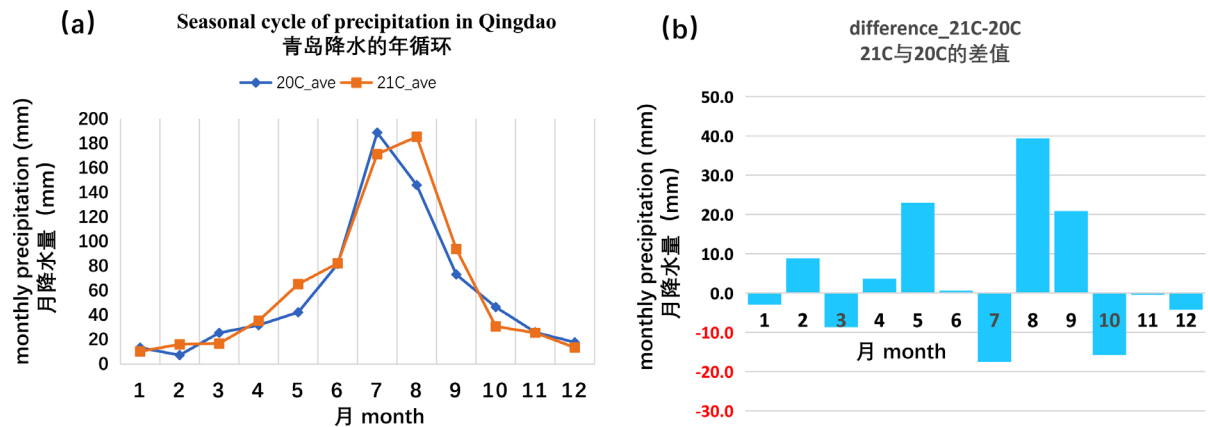
分别求 1899~1911 年(20 世纪初)和 1999~2011 年(21 世纪初)这两个 13 年青岛降水的平均值, 结果显示, 20 世纪初青岛地区的年平均降水量为 700.3 mm, 而到了 21 世纪初青岛的年平均降水量略有升高, 达到 746.8 mm, 100 年里降水量增加了 46.5 mm, 增长率约 6.6%, 与中国平均年降水量的增长趋势(51 mm/100a)相当[7]。

### 4.2. 降水的季节变化

从青岛地区多年平均的月降水量的季节变化(图 4(a))来看, 青岛的降水量呈现单峰型的降水变化, 夏季降水量多, 冬季降水量少。结合气温的季节变化(图 3(a))可以发现, 青岛气温也呈现夏热冬冷的单峰型特征, 这表明青岛气候具有雨热同期的特征。

对比 20 世纪与 21 世纪初青岛降水的季节变化特征, 可以发现, 降水量的年较差(最大降水量减最小降水量)变化不大。但最大降水量的月份发生了变化, 20 世纪初青岛的最大降水量发生在 7 月, 21 世纪初则出现在 8 月, 这表明青岛的雨季高峰期在百年后推迟了一个月。结合气温的季节变化(图 3(a))特征, 可以发现, 青岛气温的季节变化峰值出现在 8 月, 表明 21 世纪初青岛的 8 月相比于 20 世纪初更容易出现高温高湿的“桑拿”天气。

各月 21C 减去 20C 降水量的差值分布(图 5(b))表明, 青岛年平均降水量在 21 世纪初的略微增加主要是盛夏的 8 月和春秋过渡季节的 5 月和 9 月的贡献。7 月和 10 月的降水量 20 世纪初要多于 21 世纪初, 反映出青岛夏秋季的雨季在 21 世纪更趋向于集中在 8~9 月。对比青岛雨季 5~10 月的降水量变化, 可以发现, 21 世纪初 5 月的降水量要比 20 世纪初 5 月的降水量多, 21 世纪初 10 月的降水量要比 20 世纪初 10 月的降水量要少, 说明 21 世纪初青岛的雨季相比于 20 世纪初, 其开始和结束时间都提前了。结合气温年循环图(图 3(a))可以看出青岛的气候经过世纪的变迁, 春季的气候变得更暖更湿, 而秋季则完全不同, 初秋 9 月同样变得更暖更湿, 但 10 月以后则变得更暖更干。

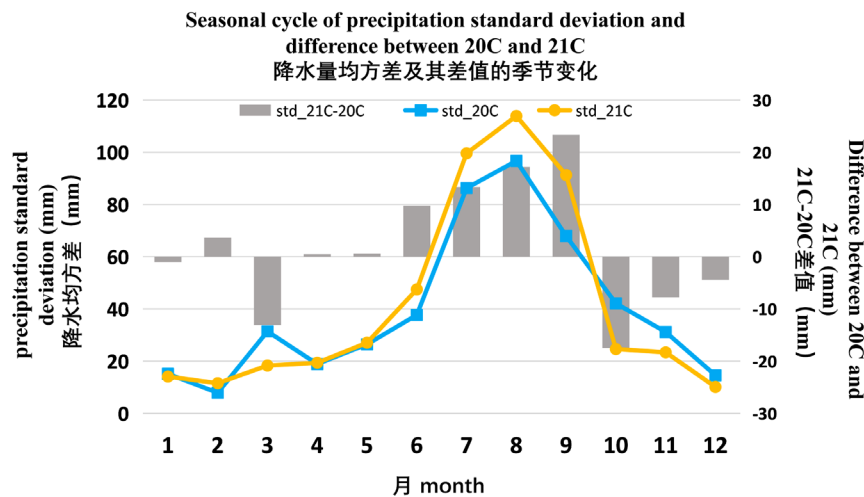


**Figure 5.** Seasonal cycle of climatological monthly mean precipitation in Qingdao (a) in the early 20C (blue line) and 21C (orange line) and monthly precipitation difference between the early 20C and 21C (b)

**图 5.** (a) 青岛降水量(单位: mm)多年平均的逐月季节变化曲线, 蓝色线为 20 世纪的平均, 橙色线为 21 世纪的平均。(b) 21 世纪减去 20 世纪青岛逐月降水量的差值分布

### 4.3. 降水的年际变率

从表征青岛降水年际变率的各月青岛降水量的均方差分布(图 6)可以发现, 青岛逐月降水量的年际变化也基本上呈现出单峰结构特征, 冬季降水的年际变化最小, 夏季最大, 最大值出现在 8 月份。21 世纪初青岛雨季 6~9 月的降水量年际变率均比 20 世纪初的变率大, 但秋冬季的 10 月~次年 1 月则降水年际变率均减小。对比百年前后, 降水的年际变率差异最大值出现在 9 月, 最小值出现在 10 月, 可能暗示了 21 世纪初青岛在 9 月发生极端降水事件的概率增大, 这可能与全球变暖导致极端天气气候事件频发有关[7]。



**Figure 6.** Seasonal cycle of the standard deviation (std) of interannual monthly precipitation in Qingdao in the early 20C (blue line) and 21C (orange line), and the std difference between the two periods (grey bar with right coordinate axis)

**图 6.** 青岛降水量逐月的年际变率均方差分布, 蓝线代表 20 世纪初, 黄线代表 21 世纪初, 灰色柱代表 21 世纪减去 20 世纪各月均方差的差值(右侧坐标轴)

## 5. 结论与讨论

本文系统地对比分析了青岛地区 20 世纪初和 21 世纪初百年前后平均气温和降水的气候变化特征, 得到以下主要结论:

青岛地区平均气温的百年变化符合全球变暖的变化规律,一百年里升温了 $0.7^{\circ}\text{C}$ ,比全球平均变暖的幅度略低,远低于中国平均气温的百年升温幅度。虽然青岛的平均气温在21世纪初高于20世纪初,但是在冬季和夏季,21世纪初的气温反而低于20世纪初的气温值,只有在春、秋季节才体现出青岛气温与全球变暖趋势一致的特征。气温较强的年际变率在21世纪初主要发生在冷季,而在20世纪初则主要发生在暖季。

青岛气候表现为雨热同期的特征,而年平均降水量一个世纪以来增加并不显著。21世纪初比20世纪初青岛雨季的高峰期从7月推迟到8月,雨季更趋于集中在8~9月;但5月和9月降水量在21世纪初显著增多,10月降水量明显减少,表明21世纪初青岛的雨季相比于20世纪初,其开始和结束时间均有所提前。21世纪初降水的年际变率在6~9月的雨季比20世纪初的年际变率大,9月出现最大值。

青岛的气候主要呈现出雨热同季的特征,但21世纪初相比于20世纪初这种雨热气候特征存在季节性的变化。相比于20世纪初,21世纪初青岛的8月更容易出现高温高湿的“桑拿”天气;青岛的气候经过世纪的变迁,春季的气候变得更暖更湿,而秋季则完全不同,初秋的9月同样变得更暖更湿,但10月以后则变得更暖更干。青岛雨热气候的变化依赖于不同的季节,雨季的提前和峰值的推迟,春秋过渡季节的气候特征的显著改变,其背后的原因和气候变化的物理机制,值得我们继续深入去探究。

需要说明的是,由于百年前德占时期青岛的观测资料有限,较为完整的观测只有13年的数据,因此用13年的数据平均作为气候特征的分析,与目前通用的20或30年数据平均的要求相比,本文所分析的气候平均的数据时间显得偏短了些,但10年以上的气候平均仍然有一定的可信度。另外,百年前的观测仪器和当前的气象观测仪器精度和观测时间存在一定的差别,观测站的位置也略有变更[6],有可能是造成观测数据误差的主要原因。根据历史文献记载,1898年10月至1905年5月,观测场在上海支路,1905年6月至1915年,观测地点移到观象山,每日均为三次观测。这些观测站位的变动,特别是每日只有3次的观测时间,日平均数据中缺少了凌晨的最低温度观测数据,可能会造成日平均气温的偏高,从而会造成数据的系统性误差,影响文中的对比分析结果。但这种系统性偏差应该针对各个季节的数据都存在,而目前的分析结果是春秋季节20世纪初的气温偏低,冬夏季的20世纪初气温偏高,表明青岛百年前后不同季节增温的不同并不是主要由观测精度的不同所导致。这也要求我们进一步从气候变化的物理机制中去探求原因,从物理过程中各气象要素变化的一致性与合理性,再反向推测百年前观测数据的可信性。

## 致 谢

感谢中国海洋大学傅刚教授提供的德国归还的青岛站1899~1911年期间的气象观测数据,并感谢中国气象局气候中心的王国复研究员所提供的建国以来全国气象台站的观测数据。感谢中国海洋大学黄菲教授对本文的指导。

## 基金项目

本文受山东省自然科学基金重大基础研究项目(ZR2019ZD12)的资助。

## 参考文献

- [1] 周庆满. 气候宜人的青岛[J]. 气象, 1980, 6(9): 30.
- [2] 王绍武. 近百年我国及全球气温变化趋势[J]. 气象, 1990, 16(2): 11-15.
- [3] 洪光, 刘春光. 青岛市气候变暖的特征[J]. 气象, 1997, 23(8): 55-58.
- [4] 常美桂, 胡基福, 鄢利农. 95年来青岛气候变化的分析[J]. 青岛海洋大学学报, 1995, 25(3): 295-300.



- [5] IPCC 第六次评估报告中文版[EB/OL].  
<https://www.ipcc.ch/languages-2/chinese/>, 2021.
- [6] 徐美中. 德国送回百年前青岛气象档案战火中保存完好[EB/OL]. 青岛新闻网.  
[http://news.qingdaonews.com/qingdao/2014-04/09/content\\_10378372.htm](http://news.qingdaonews.com/qingdao/2014-04/09/content_10378372.htm), 2014-04-09.
- [7] 中国气象局气候变化中心编著. 《中国气候变化蓝皮书(2021)》 [M]. 北京: 科学出版社, 2021.
- [8] Jones, P.D. and Moberg, A. (2003) Hemispheric and Large-Scale Surface Air Temperature Variations: An Extensive Revision and an Update to 2001. *Journal of Climate*, **16**, 206-223.  
[https://doi.org/10.1175/1520-0442\(2003\)016<0206:HALSSA>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1175/1520-0442(2003)016<0206:HALSSA>2.0.CO;2)
- [9] 庞华基, 高靖, 李春, 盛立芳. 青岛百年气温变化及其影响因素分析[J]. 南京气象学院学报, 2007, 30(4): 524-529.
- [10] 张友姝, 王谦谦, 钱永甫, 等. 近 50a 华北地区冬季气温的时空变化特征[J]. 南京气象学院学报, 2002, 25(5): 633-639.
- [11] 章国材. 中国天情[M]. 北京: 开明出版社, 2002: 279.