

东北气候变化与 极端气象事件

Dongbei Qihou Bianhua yu
Jiduan Qixiang Shijian

主 编◎孙凤华

副主编◎杨素英 袁 健



气象出版社

东北地区气候变化与 极端气象事件

主 编 孙风华
副主编 杨素英 袁 健

气象出版社

内 容 提 要

本书在对东北地区近百年来气象站网器测观测资料认真检测、筛选、插补处理的基础上,定量给出了东北地区气候变化基本特征,一些重要的极端事件变化特征和规律及与气候变暖的关系。全书共七章:东北地区概况;资料处理和使用方法;东北地区百年气候变化;东北地区近50年气候变化;东北地区异常气候事件的时空分布和变化规律;东北地区极端天气气候事件的时空分布和变化规律;气候变暖与对特征气候带和极端天气气候事件的影响等。

该书可作为从事气候变化研究的科研业务人员、在校师生的参考资料,也可作为各级政府部门和各个行业的工作人员制定应对气候变化方案及决策的参考依据。

图书在版编目(CIP)数据

东北地区气候变化与极端气象事件/孙凤华,杨素英,袁健主编. —北京:
气象出版社,2008.3

ISBN 978-7-5029-4475-9

I. 东… II. ①孙…②杨…③袁… III. 气候变化-研究-东北地区
IV. P468.23

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 025204 号

东北地区气候变化与极端气象事件

Dongbei Diqu Qihou Bianhua yu Jiduan Qixiang Shijian

出版发行:气象出版社

地 址:北京市海淀区中关村南大街 46 号

邮 编:100081

网 址:<http://cmp.cma.gov.cn>

E-mail: qxcbs@263.net

电 话:总编室 010-68407112,发行部 010-68409198

责任编辑:蔺学东 李太宇

终 审:章澄昌

封面设计:张建永

责任校对:程铁柱

印 刷 者:北京京科印刷有限公司

开 本:787×960 1/16

印 张:9.5

字 数:178 千字

版 次:2008 年 3 月第 1 版

印 次:2008 年 3 月第 1 次印刷

印 数:1~1000 册

定 价:20.00 元

本书如存在文字不清、漏印以及缺页、倒页、脱页等,请与本社发行部联系调换。

编 委 会

主 编:孙凤华

副主编:杨素英 袁 健

编 委:赵春雨 陆 爽 吴志坚 关 颖

孟 莹 李国春 戴 萍 刘晓梅

胡 伟 陈 刚 杨 旭 王 颖

刘玉彻 邹旭东 梁 红

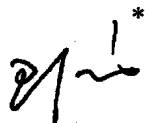
序

目前,气候变化已成为各国政府、公众和科技界都非常关心的重要热点问题。中国政府非常重视气候变化问题,出台了《中国应对气候变化国家方案》。国家主席胡锦涛在亚太经合组织商业峰会的演讲、看望一线气象职工时的讲话中,都重点提到了气候变化问题。中国共产党第十七次全国代表大会上的报告中明确提出,加强应对气候变化能力建设,为保护全球气候做出新贡献。

在全球气候变暖的大背景下,各区域变暖的幅度和时空分布存在很大差异。东北地区处于北半球中高纬度地区,是我国纬度最高的地区,本地的气候变化受全球气候变暖的影响,具有明显的地域性特点。现有的研究成果表明,东北地区是全球及全国气候变暖最明显的区域之一,具有典型、鲜明的区域性气候变化特征。同时,东北地区又是中国最重要的重工业基地和主要粮食生产基地,冬季气候变暖对区域社会 and 经济发展可能会产生更为深远的影响。

本书对东北地区有器测记录以来的气候变化规律、一些极端气候事件变化特征及与气候变暖的关系、关键区的气候变化及利弊影响都有较为系统科学的论述。该书可为东北区域制定各种应对气候变化策略、促进区域社会经济可持续发展、进行地方规划建设提供参考,为从事与气候变化问题有关工作的科研业务人员有所借鉴,为推动东北区域气候变化研究与业务发展作出贡献。

辽宁省气象局局长

A handwritten signature in black ink, consisting of stylized characters, followed by a small asterisk.

* 王江山,辽宁省气象局局长,高级工程师。

前 言

以气候变暖为标志的全球变化已经发生,并将继续到可预见的将来。气候变化将可能带来不可逆的全球尺度的气候系统的变化,这种变化可能带来益处,也可能带来巨大的灾难。据北半球代表性的数据分析,20 世纪可能是过去 1000 年中增温最大的 100 年。而 2001 年是自 1860 年有气象记录以来居第二位的高温年,气温略低于 1998 年。以 1961—1990 年世界平均气温为标准,2001 年气温超过平均值 0.42°C 。而据最近报道,2007 年又成为有系统观测记录以来最暖的一年,中国年平均气温为 10.1°C ,较常年偏高 1.3°C ,并连续 11 年高于 1971—2000 年的平均值。气候变暖的幅度似乎变得更大、速度也更快。

20 世纪以来的全球变暖已经是人们公认的事实,且这种变暖幅度存在很大的地域性、突变性、周期性等。据分析,变暖强度以北半球中高纬度内陆地区表现得最为明显,书中所指的东北地区包括辽宁、吉林、黑龙江三省和内蒙古东部地区,是我国纬度最高的地区,也是气候变暖最显著的区域之一,我们初步的研究结果也表明东北地区的百年增温幅度要远远大于全球和中国平均水平,的确是气候变暖最为显著的区域之一。气候变暖可能会导致某些极端天气气候事件的强度变得更强,发生频率更高,从而给社会经济带来更为严重损失。对于变暖显著的东北地区来说,极端天气气候事件的变化给区域经济社会带来的影响更具有其特殊性。刚刚过去的一年(2007 年)里,东北地区发生的异常灾害性事件更令人印象深刻,3 月份降下了 1951 年以来历史同期最强的暴雪,造成交通瘫痪、蔬菜大棚坍塌等,损失十分严重。接着 6 月又发生了自 1951 年以来最严重的夏旱,旱区连续无降水日数达 25 天,创历史同期持续无降水最长时间。这无疑给区域的农业生产、生态环境带来巨大损失。

在此背景下,开展东北地区气候变化事实分析、极端天气气候事件的时空演变规律及与气候变暖的关系诊断研究等对于我们加深对本区域气候变化的理解、分析气候变化的成因以及对本区气候进行较为正确且具有理论基础的预测都有非常重要的意义。由于观测资料的缺乏,对百年气候变化研究是基于为数不多的几个气象站观测数据所建立的序列基础上。虽然较非仪器观测资料其可靠性有了很大提高,但仍有很大的局限性,不能分析气候变化的区域分布特征。自 20 世纪 50 年代以来,全国(包括东北地区)陆续建立了较为密集的气象观测站网,因此对近 50 年来的气候变化有较多的研究。这些丰富的

资料使得我们能更客观细致地分析近半个世纪的气候时空变化特征。

已有的对东北气候变化研究存在的问题是：目前，在全球气候变暖的背景下，还缺少对整个中国东北地区气温变化的一个完整而系统的基础性研究，没有给出比较确切的、定量的增暖幅度，对气候变暖的季节和区域异常表现缺乏更进一步细致的了解，对东北地区一些重要的极端事件变化特征和规律及与气候变暖的关系还缺乏了解。本书重点围绕这些问题进行论述，主要包括七方面内容：东北地区概况；资料处理和使用方法；东北地区近百年气候变化；东北地区近 50 年气候变化；东北地区异常气候事件的时空分布和变化规律；东北地区极端天气气候事件的时空分布和变化规律；气候变暖与对特征气候带和极端天气气候事件的影响等。研究结论均是在对近百年来气象站网器测观测资料认真检测、筛选、插补处理的基础上，采用科学合理的技术手段和方法研究分析得出。

本书的出版得到科技部社会公益类研究专项《气候变暖对东北近 50 年来极端气候事件影响》(课题号：2002DIB20069)、中国气象局气候变化专项项目《东北地区极端降水事件变化特征、成因及影响》以及中国气象局沈阳大气环境研究所 (CCSF2007-17) 的支持，在此深表感谢。由于作者水平所限，加之时间仓促，书中难免有错误和不当指出，敬请各位读者批评指正。

作 者

2008 年 2 月

目 录

序

前言

第一章 东北地区概况	(1)
1.1 自然地理状况	(1)
1.2 影响区域气候的大气环流	(2)
参考文献	(3)
第二章 资料处理和使用方法	(4)
2.1 研究区域及选用站点分布	(4)
2.2 近百年气候资料选取及处理	(4)
2.3 近 50 年气候资料选取及处理	(5)
2.4 研究使用的方法	(11)
参考文献	(15)
第三章 东北地区近百年气候变化	(17)
3.1 气温变化	(17)
3.2 降水变化	(23)
3.3 东北地区气温变化的区域性特点	(26)
参考文献	(31)
第四章 东北地区近 50 年气候变化	(33)
4.1 气温变化	(33)
4.2 降水变化	(37)
参考文献	(44)
第五章 东北地区异常气候事件的时空分布和变化规律	(46)
5.1 最高气温和最低气温的非对称变化	(46)
5.2 冬季气温异常及影响因子	(52)
5.3 夏季气温异常变化及分析	(64)
5.4 东北地区春季降水异常及影响因子	(67)
5.5 总降水日数和不同等级降水日数的时空变化	(76)
5.6 暖干化及影响	(91)

参考文献	(96)
第六章 东北地区极端天气气候事件的时空分布和变化规律	(98)
6.1 极端干燥事件	(98)
6.2 极端湿润事件	(101)
6.3 暴雨事件	(103)
6.4 极端降水事件	(105)
6.5 酷热日的天气气候分析	(111)
6.6 沙尘天气	(115)
参考文献	(123)
第七章 气候变暖对特征气候带和极端天气气候事件的影响	(125)
7.1 气温事件与气候变暖的关系	(125)
7.2 降水事件与气候变暖的关系	(126)
7.3 特征气候带年代际变化	(128)
7.4 辽宁西部关键区气候干湿界线年代际波动及其成因	(130)
参考文献	(139)

第一章 东北地区概况

1.1 自然地理状况

东北地区包括辽宁、吉林、黑龙江三省和内蒙古东四盟(呼伦贝尔市、兴安盟、通辽市、赤峰市),位于我国的东北部,也是我国纬度最高的地区。东北地区西起东经 $115^{\circ}37'$ 的内蒙古新巴尔虎右旗以西与蒙古人民共和国交界处,东至东经 $135^{\circ}5'$ 的黑龙江省抚远以东乌苏里江汇入黑龙江处的耶字碑东角,地处中高纬度欧亚大陆的东岸,横跨经度 $19^{\circ}28'$;北达北纬 $53^{\circ}30'$,紧靠世界最寒冷的西伯利亚东部,深受寒冷干燥的冬季风影响,南至北纬 $38^{\circ}40'$,与我国其他省相邻,纵越纬度 $14^{\circ}50'$ 。乌苏里江以东耸立的锡霍特山脉削弱了鄂霍茨克海气流的直接侵入,东南部的日本列岛和朝鲜半岛阻挡了和太平洋的直接接触,南部的渤海有辽东、山东两半岛的遮蔽使之成为内海,降低了海洋气候的调节作用。其境内东、北、西三面为低山、中山环绕,中部为广阔的东北大平原,因而形成了独特的气候。

东北地区境内地形较为复杂,有山地、平原、丘陵、沿海之别,区域内各省气候也不尽相同。但总的气候特点是:寒冷期长、平原风大、东湿西干、雨量集中、日照充足、四季分明,主要属于跨越了寒温带、温带、暖温带的湿润、半湿润气候区。东北地区北面与北半球的“寒极”东西伯利亚为邻,从北冰洋来的寒潮经常入侵,致使气温骤降。西面是高达千米的蒙古高原,西伯利亚极地大陆气团也常以高屋建瓴之势直袭东北地区。纬度较高和特殊的地理位置使得本区冬季气温较同纬度大陆低 10°C 以上。而其东北面与素称“太平洋冰窖”的鄂霍次克海相距不远,春夏季节从这里发源的东北季风常沿黑龙江下游谷地进入东北,使东北地区夏温不高,北部及较高山地甚至无夏。东北地区也是我国经度位置最偏东地区,并显著地向海洋突出。其南面临近渤海、黄海,东面临近日本海,向西北伸展的一支东南季风可以直奔东北。经华中、华北而来的变性很深的热带海洋气团,亦可因经渤、黄海补充湿气后进入东北,给东北带来较多雨量和较长的雨季。由于气温较低,蒸发微弱,降水量虽不十分丰富,但湿度并不低。

由于雨热同期,热量与水分配合得较为协调,水分条件可以满足一年一熟作物生长的需要。由于纬度位置的差异,造成南北热量状况不同,适宜种植的

农作物也不同。东北区南部(主要指辽南南部)可种植的农作物主要为冬小麦、棉花、暖温带水果;中部可种植的农作物主要为春小麦、大豆、玉米、高粱、水稻、甜菜、亚麻等;北部可种植的主要农作物为春小麦、大豆。东北地区河流众多,主要有黑龙江、松花江、辽河、鸭绿江、图们江、绥芬河等水系,并组成稠密的水网。东北地区还有大面积针叶林、针阔叶混交林和草甸草原,肥沃的黑色土壤,广泛分布的冻土和沼泽等自然景观,都与温带湿润、半湿润大陆性季风气候有关。

东北地区是我国重要的商品粮基地,粮食产量约占全国总产量的 13% 左右,东北地区粮食生产对我国整体粮食安全具有非常重要的地位。东北地区主要农业气候灾害是干旱、洪涝和夏季低温冷害。从目前现有的研究结论来看,该区应是我国气候变暖最为显著的区域,伴随气候变暖干旱和洪涝灾害有加剧趋势,应引起重视。

1.2 影响区域气候的大气环流

区域气候主要受到太阳辐射、大气环流和下垫面三大因素的影响,大气环流是其中最为复杂多变的因子。

东北地区大气环流总体特点是:位于极地高压和副热带高压之间的相对低压带内,全年盛行西风环流,低压带中槽脊活动频繁,冷空气活跃,具有更为显著的西风带气候特点。

冬季,对流层下层蒙古高压—西伯利亚高压处于强盛时期,东北地区位于高压的东部。高空西风环流分为南北两支,东北地区接近于北支急流并处于平均脊的前部。地面和高空均盛行偏北气流,由于气流来自高纬和大陆内部,使该地区冬季气温较低,空气干燥,降水也较少。春季,随着太阳直射点的北移,太阳高度角不断增大,地面得到的太阳辐射增加,陆面升温较快。强大的蒙古—西伯利亚高压势力减弱,逐渐北移并形成两个中心,一个位于蒙古境内,另一个位于黄海海面上。东北地区位于两个高压之间的相对低压区内。高空西风环流强度减弱,东亚平均槽也相应减弱并东移。西风带中常有西来小槽向东传递,引导地面低压系统经由两个高压之间的相对低压区,到我国东北地区发展加深,使低压南部与黄海高压之间气压梯度加大,北部西风频率增加,东南部受黄海高压影响,南风 and 东风频率也得到加强。夏季,环流形势发生了根本变化。由于陆面的迅速增温,我国广大地区均为热低压所控制。东南沿海地区,西太平洋高压脊西伸北上,北部边缘可达朝鲜半岛。副热带高压西部的东南季风可向北伸至东北内陆。在高空,西风急流北退,锋区明显北移,东亚平均槽明显减弱东移,贝加尔湖以东呈浅槽形势。500 hPa 上空,副热带高压脊西伸北上,东北地区位于副热带高压脊的北部,贝加尔湖浅槽以

东,西来和南来的降水系统可在上述环流引导下影响该地区,从6月份左右开始进入雨季。随着夏季环流形势的建立,整个区域内的盛行风也发生了根本性变化,偏南风占据优势。由于副热带高压脊的西伸北上,可引导热带气旋北上,使夏季降水更为集中。当有热带气旋侵入本区,又同时有冷空气南下时,降水强度可大为增加,出现暴雨、大暴雨和大风天气。盛夏时节,雅库次克高压对本地区也有一定影响。当东移的青藏高原高压与南伸的雅库次克高压结合时,一些年份也可发生持续的干旱天气。秋季,环流形势为夏、冬两季环流之间的过渡型。对流层下层蒙古高压—西伯利亚高压开始建立,西太平洋高压脊明显南移收缩,北方小股冷空气时而南下,造成本地区风速增加和短时降温。高空环流形势也发生了相应变化,东亚槽西移并加深,东北地区位于东亚槽后部,槽后北风分量加大,为小股冷空气南下提供较好的高空条件。另外,渤海、黄海上常有小型高压停留,高压南部和东部的偏东偏南气流在与北方新鲜冷空气相遇时,可产生局部降水。

由于本区位于北半球西风带下,气旋活动频繁。影响本地的气旋主要是东北气旋、贝蒙气旋、黄河气旋、江淮气旋。经本区的各路气旋,有的迅速通过,有的发展成为中心气旋,有的转为冷涡,就地停留以至消亡,有的锢囚加深东移出境。从路径来看,东南下的易产生强对流风暴天气,东北上的易带来大范围大量级的降水天气。另外,在本区上空,一年四季均可出现冷性涡旋,但有明显的季节变化,集中出现在夏季,是夏季低温多雨的主要原因。

参考文献

- 章基嘉,葛玲.1992.中长期天气预报基础.北京:气象出版社.
周琳等.1991.东北气候.北京:气象出版社.

第二章 资料处理和使用方法

气候与气候变化研究结论的科学性与准确性根本上取决于研究中采用的数据、对数据的处理以及使用的方法,由于其重要性,在此单列一章予以介绍。

在整个研究过程中使用了东北地区近百年来所有测站的常规气象观测数据、全球 NCEP/NCAR 月平均海平面气压场和 500 hPa 高度场资料(格点间隔 $2.5^{\circ} \times 2.5^{\circ}$)、GISST 月平均资料(格点间隔 $1^{\circ} \times 1^{\circ}$)等。使用前对常规气象观测资料进行了预处理工作。

2.1 研究区域及选用站点分布

气候数据是我们进行该项气候研究的基础,完备、准确的气候资料才能够保证更好的揭示出气候变化的事实和规律,必须认真对待,为此我们进行了必要的资料选取、插补、检验等工作。东北地区地处我国中高纬地区,气候变化剧烈、是典型的气候脆弱区,其气候变化和气候变异受到了我国气象学者的广泛关注。同时也对建立该地区稳定的气候资料提出了更高的要求。研究东北地区气候的变化规律,须具有连续均一且有相当精度的气象要素场序列。因此对东北地区的气候资料进行检测与插补是非常重要的事情,关系到目前乃至以后该区域气候及气候变化研究的准确性。东北地区目前具有较为密集的气象观测网,但大多数是建国以后建立的,具有近百年气象观测记录的站不多。根据研究需要在研究范围内,近百年气候研究选用 6 个气象站的数据进行时间序列变化研究(图 2.1.1a),近 50 年区域气候变化研究选用了 93 个测站的数据(图 2.1.1b),图中实心圆代表被选用的站点。

2.2 近百年气候资料选取及处理

本区域具有近百年历史仪器观测记录的气象站不多,选用的 6 个站点分别为沈阳、大连、营口、长春、哈尔滨和黑河,基本都是在 20 世纪初开始有气象观测,使用资料时段为 1905—2001 年,共计 97 年。据调查,6 个站均有迁站记录,但位置变化不大,因此只对资料序列做了海拔高度订正,以观测资料最长段观测场所处位置的海拔高度为准,订正值取 $0.6^{\circ}\text{C}/(100\text{ m})$ 。分别以 6 个站 1905—2001 年的年平均气温和降水量代表本区的气候变化序列。

由于站点较少,对其代表性需做检验:选取时段长达 40 年且均匀分布在

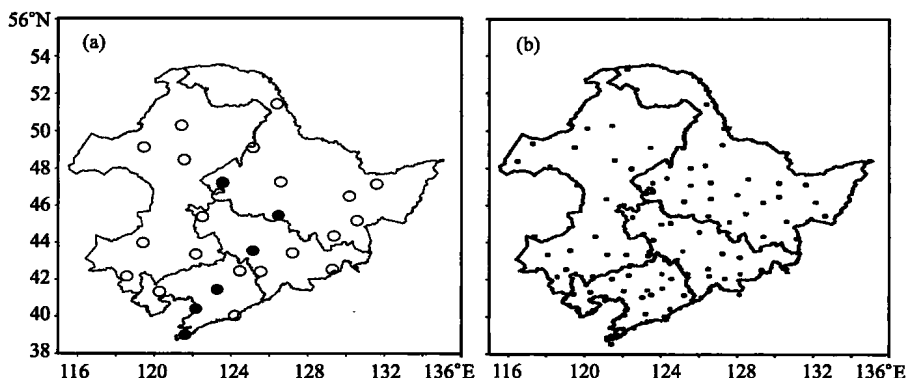


图 2.1.1 研究区域及最后录取站点分布(a:近百年 b:近 50 年)

东北区域内的 26 个代表测站(图 2.1.1a 实心圆和空心圆所示)的年平均气温序列,与 6 站(图 2.1.1a 中实心圆所示)相应时段的气温序列进行了相关分析。图 2.2.1a 为两个年平均气温序列的变化曲线,可以看出,两者的 40 年平均气温值相差较大,26 站平均值为 3.87°C ,6 站平均值为 5.92°C ,相差 2.05°C 。两者平均气温的差值虽然很大,但只是有一个固定的差值(属系统误差),两者距平变化曲线基本吻合(图 2.2.1b),两气温序列相关系数达 0.985,说明有非常好的代表性。基于降水的空间不均匀性要比气温大很多,增加了降水的对比站点数。在区域内选择均匀分布的 51 个站点的平均降水序列进行对比,同一时段 40 年的 6 站和 51 站降水序列变化见图 2.2.2。两序列的差异要比气温的大,但相关系数也达到了 0.892,代表性也较好。据以上分析,6 站气温和降水变化代表性都很好,以 6 站气候平均值代表东北地区进行近百年来气候变化趋势性、周期性、阶段性研究是完全可行的。

2.3 近 50 年气候资料选取及处理

自上世纪 50 年代以来,在所选区域内气象观测站的数量大幅度提高,观测仪器和方法更为规范和统一,获取数据的质量和数量得到保证,使对气温和降水的序列变化和区域分布能有更为客观的分析。辽宁、吉林、黑龙江三省及内蒙古东部范围内所有气象站共计 120 个,为提高数据的准确性和分析结果的可信性,使用原始观测数据经过两步筛选:一是各站建站年代参差不齐,本着使所建时间序列尽可能长、入选站点尽可能多的原则,选取 1959 年及其以前建站的站点,排除 1960 年及更晚建站的测站,则共入选 93 个,剔除 27 个,降水分析使用资料即为这 93 个站资料;二是在进行气温分析时尽可能减少城市热岛效应的影响,去掉城市常住人口 ≥ 50 万的气象观测站,共剔除 19 个,剩余 74 个气象站,此为气温分析资料。

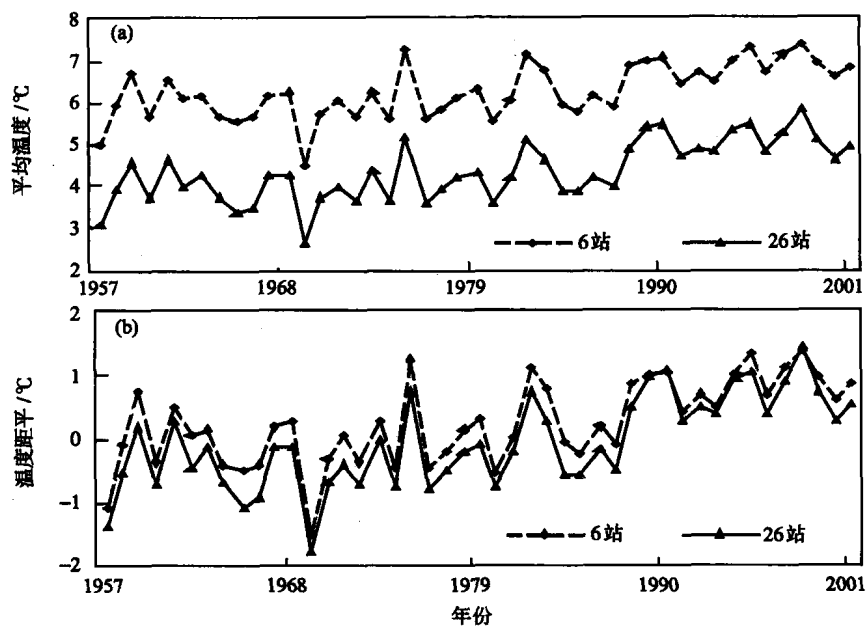


图 2.2.1 26 站和 6 站平均温度(a)、温度距平(b)序列的对比

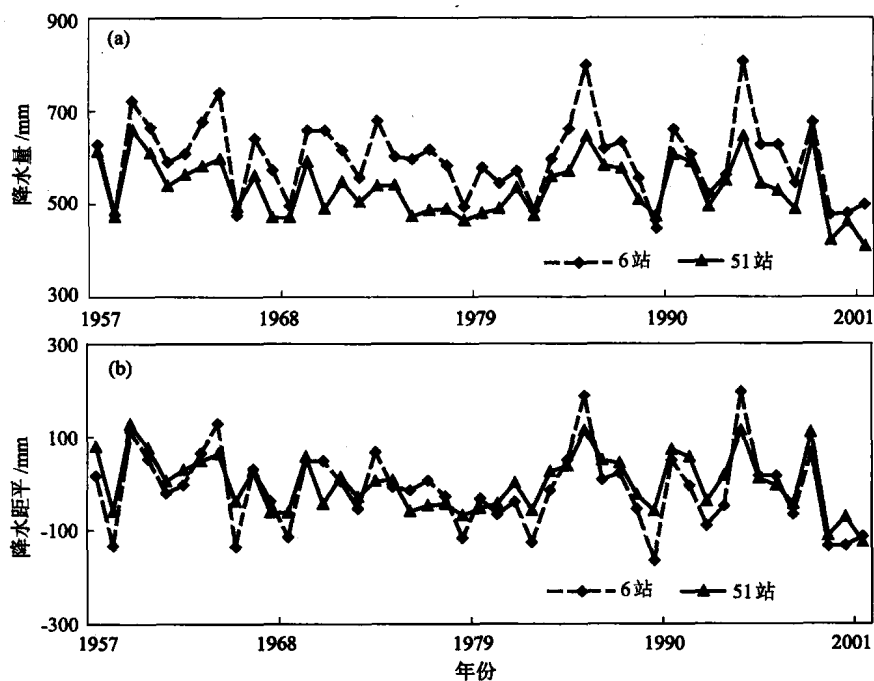


图 2.2.2 51 站和 6 站降水量(a)、降水距平(b)序列的对比

在进行某些研究中,需要序列延长到 1951 年,已被选用的测站中,也有少部分站点的起始观测年稍晚,首先需对这几年做序列延长的工作;还有一些测站时间序列中间存在偶然缺测现象,对缺测年资料也要进行插补。对于观测年代不够长、缺测等资料的插补采取以下方法:

对缺测站与基准站年降水量进行相关分析,从中选出相关最好的基准站作为标准站,然后建立缺测站和标准站的一元回归方程,从而对缺测站缺测的资料进行时间序列上的插补。

气温和降水采取同样的插补方法。气温的一致性较好,插补值的代表性也较好,不再赘述。在这里给出几个局地性较强、变化更为复杂的降水资料的插补检验个例,对这一过程进行说明。

例 1:利用 1956—2002 年 47 年的降水资料建立了兴城年平均降水量与绥中年降水量的回归方程: $y=0.957616+5.476946x$

两序列相关系数为 0.88,经检验达极显著标准,通过了 99% 的显著性检验($n=47, r=0.46$),所以回归方程是有效的。为了验证上述回归插补的可靠性,我们将未经插补的降水量序列与插补后的降水量序列进行比较,发现两者的趋势吻合得很好,两者差值仅为 0.2 mm,异常年份对应的也较好。由此说明上述插补数据是基本可信的(图 2.3.1)。实际上绥中—兴城两站距离近,地形一致,都为平原结构。

例 2:与此方法相类似,同样利用与开鲁站年平均降水量相关最好(相关系数为 0.99),距离最近的通辽站 1951—2002 年年平均降水量对开鲁站缺测的年份进行时间插补。利用 1953—2002 年 50 年的降水资料建立了通辽年平均降水量与开鲁年平均降水量的回归方程:

$$y = 0.996275 - 3.911056x$$

相关系数为 0.99,经检验达极显著标准,通过了 99% 的显著性检验($n=50, r=0.44$),所以回归方程是有效的。为了验证上述回归插补的可靠性,我

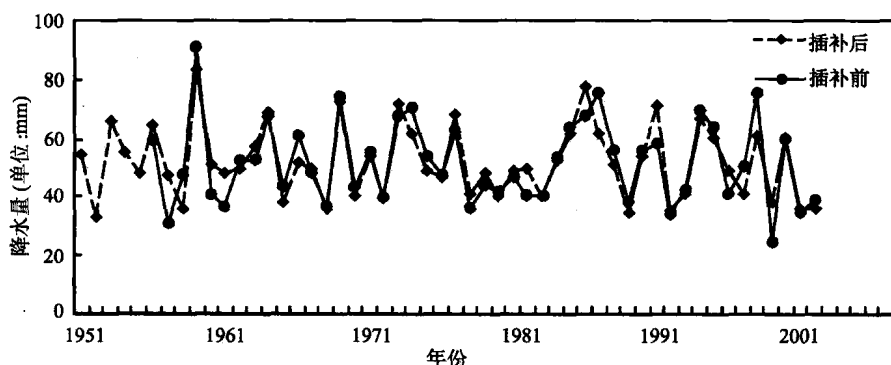


图 2.3.1 绥中站降水资料插补前、插补后的时间序列

们将未经插补的降水量序列与插补后的降水量序列进行比较,发现除 20 世纪 80 年代中后期外,其他时段两者的趋势吻合较好,两时间序列差值为 0.3 mm。由此说明上述插补得到的 1951—1952 数据是基本可信的(图 2.3.2)。同时,可以发现开鲁和通辽两站距离虽然较近,但是前者位于西辽河的北岸,后者位于西辽河的南岸,这种差异可能是造成两者相关系数虽然显著,但插值效果不是很好的原因。

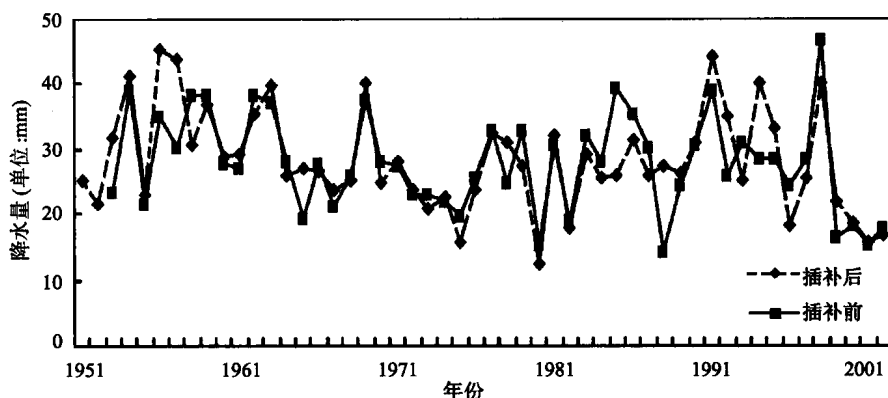


图 2.3.2 开鲁站降水资料插补前、插补后的时间序列

例 3: 利用牡丹江 1951—2002 年年平均降水量对绥芬河 1951、1952 年缺失的资料进行插补。1953—2002 年 50 年牡丹江年平均降水量与绥芬河年平均降水量的回归方程:

$$y = 0.991058 + 1.965025x$$

两者的相关系数为 0.78, 为了验证上述回归插补的可靠性, 我们将未经插补的降水量序列与插补后的降水量序列进行比较, 发现两者的趋势吻合的很好, 两者差值仅为 0.2 mm, 异常年份对应的也较好(图 2.3.3)。

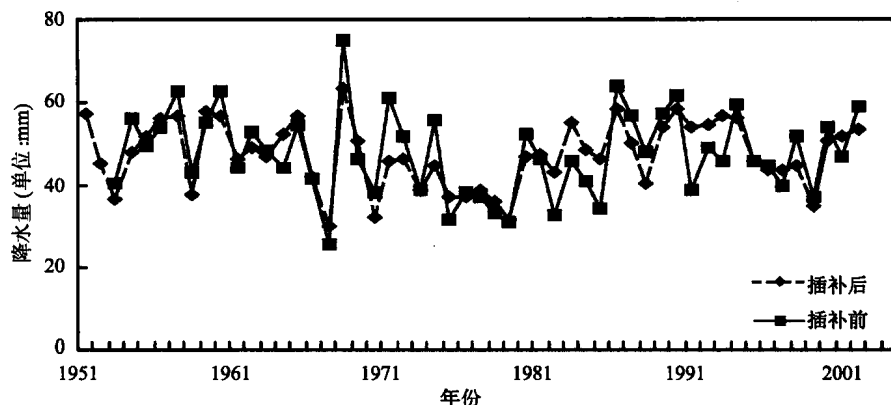


图 2.3.3 绥芬河站降水资料插补前、插补后的时间序列