

东北夏季低温长期预报文集

《东北夏季低温长期预报文集》编辑组

气象出版社

东北夏季低温长期预报文集

《东北夏季低温长期预报文集》编辑组

气象出版社

内 容 简 介

本文集是《东北低温长期预报方法和理论的研究》课题协作组近三年来研究成果的主要部分，共27篇。
内容包括：

总结了东北低温发生的气候规律和大范围气候背景，揭露其与北半球和全球气候异常的关系；分析了东北低温的主要影响系统，研究了副热带高压、南亚高压、极涡、中纬度主要槽脊活动与东北低温的关系，并使用滑动平均天气图研究长期天气演变过程；探讨了地球表面特征的异常，如海面温度，大范围雪被和海冰状况异常对大气环流和东北低温的影响；给出了两种物理模式的长期数值预报试验结果；提出了东北地区夏季低温长期预报的思路和着眼点。

本书可供广大气象科技、研究人员、大专院校师生以及农林部门的有关科技人员参考。

东 北 夏 季 低 温 长 期 预 报 文 集

《东北夏季低温长期预报文集》编辑组

※

气 象 出 版 社 出 版

(北京西郊白石桥路46号)

哈尔滨印刷二厂印装

新华书店北京发行所发行

※

开本：787×1092 1/16 印张：16.625

字数：408 千字

1983年 8 月第1版

1983年 8 月第 1 次印刷

印数：1—3,000

统一书号：13194·0091

定价：1.75 元

前 言

1977年在三北（东北、西北、华北）灾害性天气预报科研协作会上，将《东北夏季低温长期预报》列为七个科研协作课题之一。由东北三省气象局、北京气象中心等单位进行协作研究。两年来，经资料收集整编、低温气候规律分析、低温指标确定、大气环流和海温场的分析研究，对东北低温冷害有了初步的认识。1979年又转为国家科委气象专业组重点科研课题之一，由黑龙江省气象局主持，辽宁、吉林省气象局，北京气象中心，气象科学研究院天气气候研究所，科学院大气物理研究所，北京大学等单位参加，并由巢纪平、李麦村、王绍武、张先恭等同志组成技术指导小组，巢纪平任组长。1979——1980年以来我们出版了北半球三层环流资料，收集、整编并出版了七十年代全球气温资料以及本世纪我国历年逐月平均气温等级图，分别对低温时空分布和气候背景、低温和大气环流以及下垫面的关系，低温长期数值预报试验等方面进行了研究工作。本文集就是这部分研究工作主要成果的汇集。

本文集由张家诚、王绍武、张先恭、符淙斌、章少卿、吴达三、张壁月、张恩恕、马文林、胡传第组成编辑组，马文林、胡传第负责具体工作。由于水平所限，不当之处请指正。

编 辑 组

一九八一年

目 录

对东北夏季低温长期预报问题的初步认识

..... 《东北低温长期预报方法和理论的研究》课题技术组	(1)
东北地区低温冷害的气候分析.....	丁士晟 (9)
东北夏季气温的周期变化规律及低温的群发性.....	刘育生等 (17)
辽宁省夏季冷暖与同期旬气温相关分析.....	原北厚等 (22)
低温对辽宁省粮食产量的影响及其与冷害的关系.....	吴达三等 (30)
近三十年气温变化的趋势.....	王绍武 (39)
我国历年逐月平均气温的分级及气温多年变化特征.....	张先恭等 (49)
我国月平均气温等级图的分区及其若干统计特征.....	李小泉等 (62)
七十年代全球地面气温距平场的变化特征.....	章名立等 (72)
七十年代全球气温的变率和大变率区影响的传播.....	符淙斌等 (81)
我国东北夏季低温与全球气温异常的关系.....	章名立等 (89)
我国东北地区与全球气温距平的相关系数场.....	章名立等 (97)
东北地区冷热夏季的环流特征和海温状况的初步分析及长期预报	
..... 东北低温预报科研协作组	(103)
我国东部地区夏季温度场与 500 毫巴高度场的关系.....	徐瑞珍、张先恭 (127)
用北半球 500 毫巴高度距平三个月滑动图分析黑龙江省夏季低温过程	
..... 张恩恕等	(135)
用北半球 500 毫巴高度距平六个月滑动图分析黑龙江省夏季低温过程	
..... 白人海等	(148)
西风急流与东北地区夏季的冷暖.....	董 敏 (158)
100 毫 巴极涡和南亚高压的活动与东北地区夏季低温的关系.....	吉林省气象台 (170)
高纬阻高的稳定维持与东北夏季低温.....	彭小峡等 (183)
我省夏季 (5 — 9 月) 持续低温的长期天气过程初步分析.....	吉林省气象台 (193)
大气环流异常的形成与演变的几个问题.....	王绍武等 (204)
黑龙江省夏季低温与北太平洋海温异常的联系及其长期预报.....	许致远等 (219)
冬季黑潮加热与东北地区夏季 (6 — 8 月) 气温度关系的初步分析	
..... 潘华盛等	(224)
大范围冰雪复盖状况的异常与我国东北地区夏季低温的关系.....	符淙斌等 (231)
100 毫 巴南亚高压与印巴地区海平面气压、高原积雪、太平洋海温的关系	
..... 章少卿	(238)
用滤波模式试做东北夏季温度预报.....	郭裕福等 (245)
一个长期数值预报模式的初步试验报告.....	李小泉等 (250)

对东北夏季低温长期预报问题的初步认识

《东北低温长期预报方法和理论的研究》技术组*

一、引言

夏季低温是东北地区农业生产的主要灾害性天气气候现象。但我国气象界对它的认识确是很迟的,直到70年代中才逐渐引起东北地区及全国气象部门的重视。1974年,黑龙江省气象科学所在《黑龙江省低温灾害对粮食产量影响的初步调查分析》一文中指出,低温年缺少高温日数,造成作物贪青晚熟,如再遇早霜更加重灾害,低温不仅影响粮食产量,而且使粮食含水量增高,千粒重下降,即老农俗称的“哑叭灾”。

近十余年来的低温冷害,是指在作物整个生育期或某个生育阶段,气温低于作物所需的临界温度而造成的严重减产,因此低温冷害具有影响面积大、危害程度重、发生频率高等特点。据调查它不仅发生在中高纬度温凉地区,在低纬甚至赤道地区也有发生。解放以来,造成东北地区粮食减产的有五年,即1954,1957,1969,1972,1976年。黑龙江省平均减产30%以上,吉林省东部地区减产30%左右,辽宁省减产不足20%,整个东北地区1972年粮豆减产126亿斤,1976年减产95亿斤。低温影响粮食减产程度和低温持续时间长短、低温出现时段、低温距平值的大小有关。此外还应当考虑降水、日照、作物、品种、布局以及社会生产力等因素叠加在低温上所造成的综合影响,但不管怎么说,严重、持久的低温是东北地区粮食大幅度减产的主要气象因子之一。因此,准确地提出夏季温度的长期趋势预报,为农业生产部门和各级政府制定抗御低温冷害的农业技术措施提供天气气候依据,对保证农业的丰收有十分积极的意义。况且低温冷害不仅是东北地区的局地现象,它也是我国北部以及云贵高原,甚至两广地区的灾害性天气,只是不同地区低温出现的时段不同,其实质都是一个不同时段环流和温度异常问题的研究。

温度异常的预报是长期预报的基本预报项目。寻找温度异常形成的原因以及预报方法,可为长期预报打开一个突破口。我们从低温长期预报研究中所获得的资料、方法和思路也可作为长期预报和气候异常的研究作一些前沿性工作。

二、低温冷害的气候特征和大范围气候背景

1. 低温冷害的时空分布特征

(1) 低温冷害的空间分布特征

利用东北地区23个测站近百年(1881—1970年5—9月)的气温距平延伸资料进行自然正交展开,计算得知东北地区气温在空间上有很好的-一致性,第一特征向量占66%,前两个特征向量占80%。主要特征向量的空间分布说明东北地区夏季低温并非局地现象,而是一个大范围的现象。就平均状况而言,其水平尺度南北可达40个纬度,东西可达40个经度,

* 本文由符淙斌、马文林执笔,王绍武、张先恭、李小泉、章少卿、许致远和原北厚参加讨论。

面积可达2000—3000平方公里。在全球温度距平图上,可以进一步看到温度距平巨大的空间尺度,在东北地区持续低温时,常常自亚洲大陆到太平洋东部,除亚洲南部、青藏高原和西伯利亚中部外,几乎都是负距平,水平尺度东西跨100个经度,南北可达70—80个纬度。

此外,通过对哈尔滨与全球同期气温距平相关分析得知,温度场的分布具有超长波和长波的特征。正相关系数最大的两个区域位于两大洲的东岸,也即两槽所在地,负相关系数最大区位于两大洋上。在 20°N — 20°S 的赤道附近地区还存在一个负相关系数带,这说明东北地区和赤道附近地区的温度变化呈反相关,负相关最大区在赤道太平洋中部和东部。

通过对全国各主要测站(137个)温度等级的分析,按等级分布的均匀性可将全国划分为东北、华北、长江、华南、西南、西北和新疆等七个区。长江区的温度变化趋势和全国温度变化趋势比较一致,新疆区和东北区与全国不很一致,这也说明东北地区的温度变化可能与亚洲东部中高纬度更为一致。

(2) 东北地区低温冷害出现的气候规律

东北地区夏季气温存在着110年,60—80年,35—40年,3—5年左右的周期变化。60—80年和110年周期可称为世纪周期,即从上世纪末到本世纪初(1910年前后)为低温半周期,1910—1953年为高温半周期,1953年至今又转为低温半周期,这个低温半周期目前尚未结束。35—40年左右的周期只占总方差的38%,不太显著。东北地区曾出现三个低温两个高温半周期。再次是3—5年的短周期。

根据对哈尔滨温度资料的分析,并结合实际产量的调查发现,低温冷害出现具有群发性,即低温冷害群。第一个低温冷害群在1881—1913年间,这期间共发生8次低温冷害;第二次在1934—1940年间,共发生2次;第三次在1953年至今,到目前为止已出现了5次。历史资料表明,低温冷害群均出现在世纪周期和35—40年周期的低温半周期内。

利用时间序列分析和最优二分割法同样发现长春气温变化的阶段性。从1909—1980年间可分为四个阶段,即1909—1918年,1935—1974年为冷期;1919—1952年,1976年至今为暖期。在两段冷期中有8个严重低温冷害年和6个低温冷害年。出现低温冷害年的机率为43.75%,严重低温冷害年的机率为25%。解放以来,低温冷害又集中在1953—1960年和1969—1976年间两段时期内。

整个北半球从上个世纪末到本世纪40年代气温是上升的,上升最明显的是高纬地区,最激烈的季节是冬季;40年代以后气温逐渐下降,在60年代曾一度回升,但总的趋势是下降的,其下降速度为每10年 0.1°C 。由此看来,我国气温变化又基本上和北半球的趋势相一致。

分析近70年(1911—1980年)我国气温和东北气温发现,全国四季气温均较低,而以夏秋两季下降最明显,冬季却下降的较少,东北地区只有夏秋两季气温是下降的,冬春两季反而上升,且冬季上升明显,而全年平均气温变化不大。

从分析全国70年(1910—1979年)冷月(包括冷月、偏冷月)和暖月(包括暖月、偏暖月)的历年出现月次演变来看,暖月在40年代中期以前一直是增加的,40年代中期以后是迅速减少的,至70年代中期又有增加的趋势。这表明20年代初至40年代末全国气温以暖为主,50年代初至今以冷为主。冬半年和夏半年冷暖月变化亦有此趋势,且夏半年更为明显。近30年与前30年比较冷月为102个月次,暖月为72个月次,冷月次数为暖月次数的1.4倍。总的来说,20—40年代是本世纪我国最暖时期,近30年变冷了,特别是夏季变化更明显。

总之,本世纪以来我国气温可分为三个时期,即1919—1953年为暖期,1918年以前和

1954年以后分别为两个冷期。对东北地区来说,夏季降温较其他季节明显,可见,夏季低温是冷期中的产物。

2. 低温冷害的持续性

对9个低温冷害年逐月气温距平的分析发现,温度负距平持续最短为3个月,最长为13个月,平均为7个月。可见,东北地区严重低温冷害不是一个暂短的天气现象,而是一个时间尺度为半年以上的异常现象。

3. 温度异常的传播

通过计算落后相关发现,东北地区的温度变化较欧亚大陆中西部,50°N以北地区的变率中心(变率用均方差表示)大约滞后1—2个月,这是一种温度异常自西向东的传递过程;东北地区的温度较赤道东太平洋地区的变率中心大约滞后1—2个月,这是一种自东向西的传递过程或者纯系遥相关。可以认为东北地区的温度变化不只是一种自身振荡过程,而是与全球温度变化最激烈地区有明显的联系。此外还可通过高度场来证实这种过程的存在,用500毫巴三个月高度距平滑平均图可以追踪有一个负距平中心自西向东移到东北地区造成1969年东北地区的低温。除西方路径外,还有从西南和东北方向移来的路径。例如1972年的低温就是这种情况,从低纬西南方向和东北方向同时移向中纬的负距平中心,反映了低纬暖空气势力弱和高纬冷空气势力强,因而造成东北地区的低温。通过对冷热夏典型年进行对比分析得知,东北地区低温年的当时和前期在低纬存在纬向负距平环状带,在乌拉尔山附近和东太平洋地区存在经向负距平带,这点和温度场的分布非常吻合,低温年赤道暖,高温年赤道冷。赤道、南极和北半球高纬到极地这三个地带是全球温度变化最大的气候带,且在赤道上有温度距平向南北半球中纬度传递现象和极地向中纬度传递现象。

由此可以得出如下结论:东北地区持续低温冷害是全球气候异常的局地表现,它的变化趋势与全球温度的变化趋势是一致的,当全球气温变冷时期也是东北低温冷害群出现时期,这就是东北低温冷害发生的大尺度气候背景。

三、低温冷害的主要影响系统和长期演变

1. 极涡

东北地区的低温冷害既然是一个大范围的天气气候现象,那么,在寻找影响系统时首先应从大的稳定的天气系统着手。从分析中已经查明,影响东北地区夏季气温与两个因素有关,即来自极地的冷空气和来自热带低纬的暖空气。对描述极地冷空气演变过程来说,极涡具有直接意义。典型的东北地区低温年在100毫巴高度合成图上,极涡明显偏向东半球太平洋一侧,中心在白令海峡附近,发展较盛,绕极西风环流大致呈三波的形势,超长波槽分别位于鄂霍茨克海附近、北美东岸和西岸。东北地区处于较强的鄂霍茨克海长波槽的后部;南亚副热带高压异常偏弱,这种形势有利于低层冷空气向南扩散。

分析极涡频数分布图发现,极涡在70—90°N的概率与东北地区夏季(6—9月)气温相关系数为0.68;极涡在55—65°N的概率与东北地区夏季气温相关系数为-0.62。因此,可以认为低温年极涡多在中纬度活动,而高温年极涡多收缩于极地。

当极涡在极地时,不论南亚高压(夏季)强与弱,东北地区均为高温;当极涡持续偏心在欧亚大陆时,不论南亚高压强与弱,东北地区均为低温;当极涡最大频数中心有两个时,东北地区气温高低则看南亚高压的强与弱,若强,为高温;若弱,为低温。

2. 副热带高压与南亚高压

经分析,东北地区夏季气温的异常和西太平洋副热带高压的强度有关,当夏季副热带高压强度偏弱,位置偏东、偏南,有利于东北地区出现低温;反之,副高偏强,位置偏西、偏北,则有利于东北地区出现高温。且在西太平洋副热带高压长周期振动的极弱阶段,东北地区易于出现严重低温冷害。此外,从西太平洋副高面积指数6个月滑动同黑龙江省6个月气温滑动曲线上发现,低温出现前副高均较弱,低温结束时副高增强,说明副高是影响极地冷空气南下的主要条件之一。

副高弱易于出现低温,因冷夏年前期(冬季)两大洋特别是太平洋副高弱,经向环流异常发展,易造成极地反气旋桥式打通,导致极涡分裂且呈偶极型,到夏季极地气旋环流占优势,低温在中高纬度活动;反之,副高强,纬向风加强,夏季极涡集中在极区,东北地区出现高温。

南亚高压是在100毫巴等压面上夏季特有的系统,可以说它是西太平洋副热带高压夏季在高层的表现。

100毫巴等压面上的南亚高压是影响东北地区低温的主要天气系统之一。南亚高压强,东北地区气温高;南亚高压弱,东北地区气温低。特别当极涡呈偶极型分布时,南亚高压更起决定性作用。通过计算得知,冬季太平洋副热带高压强,夏季南亚高压也强,反之则弱。

从对典型高低温年100毫巴距平场的分析也可得到相同的结论,低温年北半球有三分之二地区为负距平,尤其东半球几乎全部是负距平;而高温年北半球绝大部分是正距平,差别十分明显。

3. 西风带超长波槽脊和经向振荡

典型东北地区夏季低温年的500毫巴距平合成图上在新地岛到乌拉尔山附近和阿拉斯加附近为范围较大的正距平区,我国大部分为负距平区,负距平中心在东北地区;高温年正好相反。这表明低温年东北地区有超长波槽停留和经过,高温年有超长波脊停留和经过。这点可从对历年6—8月18个候期间内,45°N,125°E的候平均高度的统计得到证实,低温年东北地区附近超长波槽稳定,高温年超长波脊稳定。

可以认为,长期天气的异常是由稳定的环流形势所造成的。东北地区夏季持续低温天气就是由于前期(11—2月),上游地区(30—90°E)有一个稳定的超长波槽,春季(3—4月)以每月20—30个经度的速度东移,夏季(5—9月)则稳定在东北地区所造成的。

对东北地区典型低温年500毫巴月距平场的分析发现,纬向分布特征是:东亚、北美为强低槽,西欧为弱低槽;高温年与此相反。经向分布特征是:低温年极为正距平,中低纬为负距平。对500毫巴高度距平的六个月滑动平均分析也得出同样的结论,只是低纬不论高温或低温均为负距平,但低温较高温距平值要大。

其天气形势表现为高纬有阻高,东亚有低槽,副高弱,东北有冷涡。冷涡出现天数多的年份易于出现东北低温,说明东北低涡是产生东北低温的直接环流条件。同时发现前一年10—

11月东亚大槽高度和下一年东北地区6—8月气温呈反相关。

利用500毫巴候平均图分析东北低温形成的演变过程,发现有太米尔阻高形成诱导冷空气南下;雅库茨克阻高诱导冷空气南下;乌拉尔主槽及冷空气东移和贝加尔湖高压形成诱导冷空气西南下四种低温形成过程。同时利用500毫巴距平三个月滑动平均图分析出东北低温形成过程,发现有西南、东北及西方路径。利用500毫巴距平六个月滑动平均图发现,造成东北低温从极地到中高纬度冷空气有三条路径,即冷空气东南下,超极地南下和南下。这些事实说明利用不同尺度的分析所得出的东北低温的形成过程是比较一致的。而且可以认为冷空气的经向交换是造成东北低温的主要演变过程。

影响东北地区夏季气温的主要天气系统是极涡和副热带高压,在高层为南亚高压。它们的强度、位置和相互配置关系对东北地区夏季气温起着支配作用,而西风带长波、超长波的环境型与这两个系统的强度有密切关系,在它们的共同作用下形成东北地区夏季的低温。

四、下垫面对环流异常及东北低温的影响

考虑非绝热过程对大气环流及其长期天气过程的影响是长期天气预报的一个基本出发点。东北地区低温既然是一个大范围、长期的天气气候现象,要研究它的形成过程和物理图象,就有必要去探讨下垫面对大气环流异常的作用。我们分别从不同角度对海温、洋流、积雪和海冰等下垫面因子对大气环流异常以及东北地区气温进行了对比分析和相关分析,得到了一些初步的认识。

1. 海温

由于资料所限我们只分析了北太平洋海温和东北低温的关系。相关分析表明,东北地区6—8月气温和前期10—11月海温呈反相关,反相关区在 30°N — 50°N , 140°W — 180°W 范围内,即阿留申群岛南部附近海域;正相关区在赤道太平洋东部地区即赤道冷水区及其以北区域。这两个区域正是阿留申低压和太平洋副热带高压这两个大气活动中心所控制的区域,对东北地区气温的相关反映了海洋对大气活动中心的影响,从而导致东北地区气温的异常。关于太平洋海温变化特征及其对副热带高压的影响已有不少研究,这里不再赘述。

我们通过对 10°S — 10°N , 80°W — 180°W 范围海温距平 $\geq 1.0^{\circ}\text{C}$ 点数(正距平点数为正,负距平点数为负)的统计分析发现:

(1) 海温距平具有一定稳定性,持续一年左右;且持续时间越长,东北地区气温越低;

(2) 在2—5月期间内,海温距平符号常发生改变;

(3) 海温正常变化时,东北地区夏季气温正常,海温异常时,东北地区夏季气温也异常,海温距平强度较好地反映了东北地区气温变化的趋势;

(4) 海温距平与东北地区夏季气温前期正相关,同期反相关;

对东太平洋赤道海温异常增高的物理原因,可以从北太平洋海温距平沿加利福尼亚洋流方向的平流,以及太平洋副热带高压——赤道地区的海气相互作用得到解释。东太平洋赤道海温增温的结果导致东太平洋上空等压面上升,西北太平洋上空等压面下降形成一个准经向的高度差;即东太平洋赤道海温异常的结果,影响大气等压面位势高度的经向振荡,从而形

成东北地区低温。

2. 海洋和大气之间的热量输送

经计算得知,西北太平洋逐月多年感热大值中心从9月至下一年4月多数集中在 $35-40^{\circ}\text{N}$, $130-145^{\circ}\text{E}$ 海域,其数值从9月的 1.9 千卡/厘米 $^2\cdot$ 月到第二年1月的 11.1 千卡/厘米 $^2\cdot$ 月。而潜热大值中心1—6月集中在 $10-15^{\circ}\text{N}$, 7—12月大值中心移至 $20-30^{\circ}\text{N}$, $115-125^{\circ}\text{E}$ 海域,其数值为 $12-17$ 千卡/厘米 $^2\cdot$ 月。潜热年平均值是感热年平均值的3倍。但在不同月份潜热和感热的贡献是不同的,冬季黑潮区感热的贡献大于潜热的贡献,11—1月感热输送占全年感热输送的70%。因此黑潮区冬春感热加热的异常将导致东亚环流的异常,黑潮区冬春感热输送和夏季东北地区气温正相关,感热输送少,有利于东亚大槽的加深,反之亦然。而东亚大槽的加深正是造成东北地区低温的有利环流形势。

3. 海冰和积雪

经分析发现,近十年北半球冰雪复盖面积不仅有季节性消涨,而且还有强烈的年际变化,同时冰封时间长度也有变化。积雪面积变化的幅度为 6.7×10^6 平方公里,为多年平均值的 $1/10$,冰面积变化幅度为 0.5×10^6 平方公里,为多年平均值的 $1/3$ 。

冰雪面积扩展,反照率加大,气温降低;反之气温升高。冰雪面积继续扩大,下垫面对大气的感热交换少,甚至停止,更使气温降低,继而造成等压面下降,有利于低槽的维持和加深。因此,当冬春北半球冰雪面积扩大时,使夏季极涡或槽偏于欧亚大陆,气温偏低。反之,夏季极涡或槽偏于西半球,气温偏高,且北半球冰雪面积扩大时,极涡面积也扩大。反之冰雪面积缩小,极涡面积也缩小。

另外,高原降雪量(用高原上的拉萨、日喀则、昌都、班戈、林芝的降雪量代替)和夏季100毫巴南亚高压呈反相关,进而冬季高原降雪量距平百分率和东北地区6—9月的气温成反相关。

上述事实说明冰雪面积的变化是影响大气环流和长期天气,即气温变化的重要因子之一,对大范围气温异常的研究要重视这一因子。

以上初步研究表明,下垫面状况大范围的持续异常对大气环流和大气活动中心有显著影响,继而影响东北地区夏季的气温状况。

五、低温长期数值预报试验

为提高低温长期预报的准确性和向客观化发展,还对长期数值预报做了探讨和试验。做了两种模式的试验,一个是用大气温压场的连续演变表征下垫面热状况的模式,另一个是滤波模式。对第一个模式作了线性简化,为便于实现机器计算,用4—9月初始环流资料作10月份高度场的预报,无论是历史资料的拟合,还是独立样本的预报,其平均效果都略高于随机预报水平。利用第二个模式作了三年8月份的气温月预报,初始资料是7月份地表距平温度和500毫巴距平高度。预报结果有两年效果较好,一年较差。看来,数值预报对报出高度、温度距平分布形式和主要距平中心的位置还是有一定功能的,主要问题是效果不稳定,有待改进和完善模式,其次是计算过程中简化要合理,不能失真太大。通过试验,

可以看出长期数值预报还是长期天气预报的一种值得重视和探讨的方法。

六、低温长期预报的思路

以上是我们这几年来的主要研究结果和对东北低温发生及形成的认识，并初步建立了东北地区夏季低温粗线条预报思路。而且边研究边进行两年的实际预报，其思路概括为如下几点：

1. 分析全球和我国气温分布及其变化的气候背景。

由于东北地区气温变化与全球平均气温变化是同位相的，且比全球平均落后1—2个季度，东北低温出现前一至两个季度全球气温已出现低值谷点，所以可根据全球气温变化趋势来估计未来东北地区的气温状况。当东北地区出现大范围低温时，往往在东北地区周围或附近有很大范围的负距平，分析距平中心和变率中心的路径、动态是东北地区低温预报的一个直接线索。同时也要注意掌握全球大变率中心如赤道东太平洋和南极大陆的气温变化与东北地区气温存在明显的有时间滞后的遥相关，它对东北地区低温的预报也有指示意义。

2. 根据东北低温发生的气候规律，从统计意义上确定未来低温冷害出现的机率。

东北地区气温自身变化规律有持续性、准周期性和群发性特点。持续时间为7—22个月；周期有110，80，11年和3—4年这四种主要的准周期，我们即可以判断长期趋势，也可以确定短期的振荡，尤其是六十年代后期以来，低温出现了3—4年的振荡是比较明显的；群发性是东北地区低温发生的又一个主要特征。在全球气温变化的冷期，东北地区出现低温的机率就高，反之，在全球增暖时期，东北地区出现低温的机率就低。在预报时要特别注意当前所处的气候阶段，当然也要十分注意考虑持续时间较短的突发性低温出现的可能性。

3. 分析北半球及全球大气环流的基本特点，判断异常环流的发生、持续和转折。

由于东北地区低温是全球气候异常的一部分，预报时必须考虑半球及全球大气环流当前的特点及其未来转换趋向，如主要行星锋系的强度、位置，大气环流的基本型式，上游地区稳定的超长波槽脊活动规律，此外还应考虑下游地区（150°E—150°W）超长波槽脊的西退情况等。

4. 从高低温年前期大气环流和主要影响系统的演变过程和特点，预报夏季环流的主要趋势和特点。

5. 从下垫面状况的异常预报未来大气环流的主要趋势和特点。

大范围持续的地面状况（海面温度、海冰、积雪等）的异常与大气环流以及副热带高压、南亚高压、极涡和中纬度超长波槽脊的分布有密切关系，这种时滞约1—2个季度的反馈影响，可用来预报未来夏季大气环流的特点。

①根据赤道东太平洋的海面温度和太平洋副热带高压的强度之间的同相时滞耦合振荡，用前期海温时间序列估计副高强度未来变化的总趋势。

②根据夏季副高各主要特征量和秋冬太平洋海温场的相关统计，预报夏季副热带环流的基本特征（如脊线纬度、脊点西伸、季节性北跳时间等）。

③根据黑潮区海洋一大气热交换强度变化估计副热带高压的西伸情况。

④根据冬季青藏高原积雪状况估计夏季南亚高压强度。

⑤根据冬春欧亚大陆雪被情况，估计夏季极涡面积和中心位置以及中高纬度超长波槽脊的配置，特别注意 50°E 以西欧洲地区积雪状况持续异常对长波型的影响。

另一方面，也可以根据前期下垫面状况与东北地区夏季气温变化的统计关系，直接估计夏季的冷暖状况。

⑥根据前期大气环流特征，前期地表状况以及其他要素的指标和东北地区夏季气温的统计关系作出东北全区及各省的季和分月的预报。

七、需要进一步研究的几个问题

东北地区夏季低温的预报问题，如同整个长期预报一样，是一个十分困难的问题。虽然对东北地区夏季低温形成有了一些初步认识，但离整个问题的解决还有很大距离。在时空尺度上，才只分析了东北地区和夏季的总趋势，对分区和分月的细节研究的还不够。

为了进一步认识东北地区夏季低温的形成和演变规律，提出一种有坚实的物理基础的长期预报方法，并逐步做到客观化、定量化，今后应加强以下几方面的研究。

1. 要进一步加强全球大气环流和极涡、副高等主要大气活动中心的基本演变规律的研究。在以往的研究中主要分析了冷暖夏年的前期和同期环流特征，但对大气环流和主要大气活动中心自身的演变规律，如季节变化，年际振荡以及长期变化规律等还缺乏系统性研究。上述基本规律的研究不仅对东北低温，而且对整个长期天气预报业务都是必要和重要的。

2. 要进一步研究东北低温形成和发展的物理过程，逐步弄清低温形成的三维物理结构（如气压场、温度场、风场和主要物理量的分布等），建立比较清晰的物理模型。为了这一目的，要逐步把过去的单因子、单层次的研究结论有机的统一起来，形成一个完整的认识，把统计相关的结果经过一个去伪存真、由表及里的改造过程，使其即具有统计规律性，又具有物理解释的一种统计模型。

3. 要逐步向客观化、定量化方向发展。已经开始的以热力学和流体力学方程为基础的长期数值预报模式，要进一步试验改进，努力提高预报准确率，争取尽快投入业务预报。同时还要完善模式的物理结构，使其更真实地反映和描述长期天气过程。

4. 要加强基本资料搜集、整理工作和非常规资料的应用研究。由于长期天气变化的时间尺度长，空间尺度大，研究长期天气过程需要半球乃至全球、地面至平流层、大气系统及下垫面（海洋、积雪、雪盖以及陆面性质）等状况的资料，以获得尽可能多的信息。目前国内资料的搜集和整编来源十分困难，国外资料的获得途径又尚未打开，对科研和业务工作十分不利，尽管本协作组在这方面作了一点工作，但远远满足不了进一步研究的需要，这方面的工作必须引起重视。

总之，低温长期预报是一个十分复杂的问题，从目前气象科学水平来看，是不可能在一、二年内根本解决的，但过去的工作已为将来进一步研究打下了基础。因为问题的难度大，应坚持长期地、系统地进行研究，而不能根据一、二次预报来判断某一种方法或原理的成效，要在长期的实践中逐步探讨和深入，认清低温的发生、发展规律。由于低温对农业生产的影响很大，因此要继续开展这方面的研究工作，绝不能因为三、四年内未出现低温而放松了这方面的研究工作。

本文集只是前两年研究工作的主要内容，今后的工作亦将于适当的时候加以总结汇集。

东北地区低温冷害的气候分析

丁士晟

(吉林省气象科学研究所)

东北地区的粮豆产量年际变化较大,一般可达几十亿斤,有时甚至超过百亿斤;其变化幅度一般为百分之几,最大可达百分之二十到三十。分析欠收原因与自然灾害的影响有密切关系,而低温冷害是影响粮豆减产的一个重要因素。低温冷害一般是指在作物整个生育期,或某个生育期气温低于作物所需的临界温度而造成的严重减产。

五十年代和六十年代初,东北处于多雨时期,因涝灾减产比较突出。当时人们把低温少日照造成的减产称为“哑叭灾”,实际上是受灾原因说不清楚。1969年和1972年由于气温低、热量明显不足造成严重减产,引起广泛的重视,并引用“低温冷害”一词。

一、低温冷害对粮豆产量的影响

国内外对低温冷害都已有研究,日本就进行了大量的研究工作,他们是注重于水稻低温冷害,并把水稻低温冷害分为延迟型和障碍型两大类。所谓延迟型冷害,主要指水稻在整个生长期遇到长时间低温而造成减产;障碍型冷害是指水稻在孕穗、抽穗、开花期遇到短时间强烈相对低温(一般认为低于 17°C)造成减产。低温冷害不仅发生在中高纬度,在低纬甚至在赤道附近也有发生。

我国近年来对低温冷害也进行了大量的研究工作,东北地区低温冷害的危害较重,这项工作开展得早些,经研究得出东北地区水稻低温冷害主要是延迟型,当然障碍型低温冷害会加重灾害。近年来低温冷害在宁夏、陕西甚至云南、广东都引起很大重视,并开展了大量的科研工作,可见低温冷害在我国也不只是东北地区所特有的。

东北地区全区性较严重的低温冷害有五次(即1954, 1957, 1969, 1972, 1976年)。图1分别计算了这五年东北地区各市、地、州粮豆单产减产百分比(减产百分比是指该年和它前一、二年较高一年产量减少的百分比)。

由图1可见,黑龙江省北部低温冷害平均减产30%以上,吉林省东部减产也在30%左右,而辽宁省大部份地区减产不足20%。严重低温冷害年平均减产15.2%,黑龙江省最多达20.2%,辽宁省最少为11.0%,吉林省居中为17.3%。

在五次严重低温冷害年中,从东北三省各市、地、州产量来看,黑龙江省六个市、地和吉林省六个市、地及辽宁省铁岭、抚顺、本溪、丹东四个市、地的粮豆产量均减产,而辽宁省的沈阳、鞍山、阜新、营口、锦州、朝阳、旅大七个市、地虽然也减产,但不是每次都减产,如沈阳、阜新、朝阳、旅大市1969年就增产。

东北地区主要作物是玉米,近几年来玉米产量占总产量的百分之四十多。我们又统计了上述五个严重低温冷害年东北各县玉米平均减产百分比。可以看出黑龙江省北部和吉林省长白山区平均减产四成以上,黑龙江省南部、吉林省大部份地区平均减产一到三成,辽宁省大部份

地区平均减产一成左右。还计算了东北各市、县玉米平均减产百分比与各地5—9月平均气温和之间的相关系数达0.82，通过信度0.001检验。这说明生长期气温愈低的地方玉米愈易遭受低温冷害，并且减产百分比大。对于水稻也有类似结果。

吉林省粮豆单产由于低温冷害年平均减产16.2%，水稻、高粱、大豆、玉米遇到低温冷害年均减产，谷子除1969年增产外，其余4年均减产，小麦生长期在4—7月，它的产量与5—9月气温关系不大，低温冷害年对各种作物影响以水稻最重，平均减产34.5%，是全省粮豆产量平均减产16.2%的2.13倍。高粱是喜温作物，遇到低温冷害年平均减产25.1%，是旱田之首；大豆平均减产也较严重，达19.7%；玉米平均减产为13.6%（见表1）。

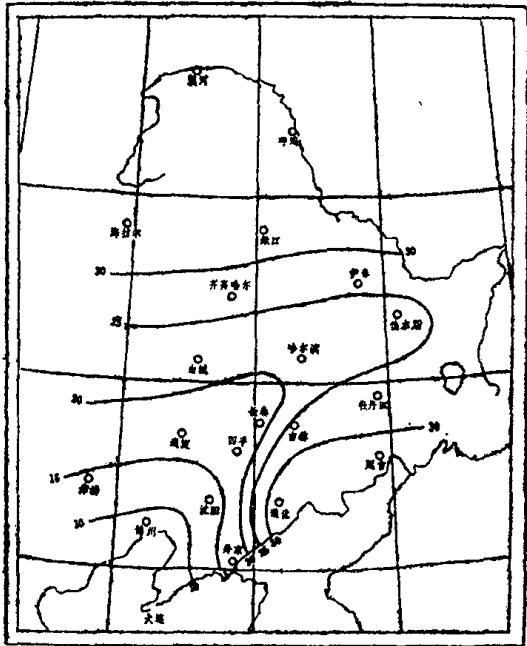


图1 东北地区低温年粮豆减产百分比(%)

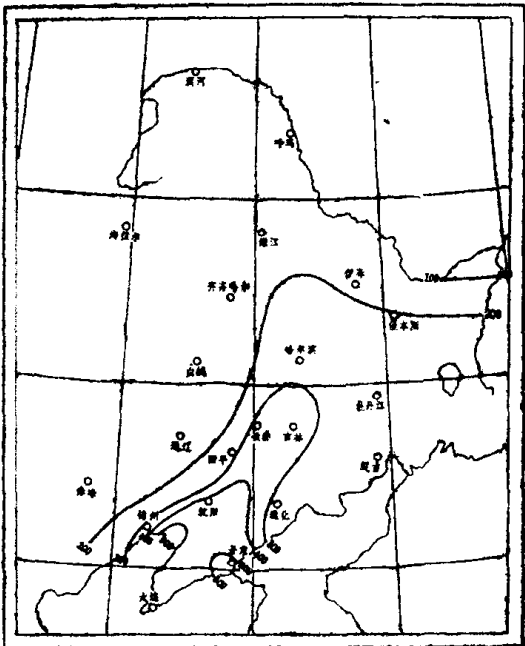


图2 东北地区平均粮豆单产(单位:斤/亩)

表1 吉林省典型低温年各种作物减产百分比(%)

	粮 豆	水 稻	高 粱	大 豆	玉 米	谷 子	小 麦
1954年	-7.6	-18.3	-14.5	-7.2	-4.8	-10.1	-9.2
1957年	-29.8	-11.9	-33.5	-11.5	-18.6	-23.7	-11.7
1969年	-20.1	-42.4	-36.4	-19.2	-19.0	+8.6	-5.4
1972年	-18.6	-57.1	-31.1	-35.0	-20.6	-0.8	+15.6
1976年	-4.7	-43.0	-9.8	-25.4	-5.0	-9.2	+6.2
平均减产	-16.2	-34.5	-25.1	-19.7	-13.6	-6.9	+2.8

二、东北地区粮豆产量丰欠的一致性

图2是1969—1978年10年各市、县平均粮豆单产的分布。由图可见东北地区粮豆单产差异很大，即南部高，北部低。单产最低的黑龙省三江平原新开垦的抚远县平均仅95斤/亩，

北部的呼玛县因气温低,单产也仅111斤/亩。单产最高的是辽宁省营口市,平均为629斤/亩,是辽宁省平均产量313斤/亩的1倍,是抚远县单产的6.62倍,东沟县平均单产604斤/亩,是东北地区第二位,营口市和东沟县是东北地区水稻面积最多的两个县。东北地区平均单产相差这么大,各市、县丰欠是否有较好的一致性?为此我们计算东北三省1949—1978年(30年)各市、地总产之间的相关系数。由于辽宁省市县较多,我们仅对平均年产量在10亿斤以上的市、地进行计算,选取黑龙江省和吉林省各6个地区,辽宁省为7个地区,各地区与其它18个地区平均粮豆产量相关系数由表2给出。

表2 东北各地区与其它地区粮豆总产平均相关系数

地 区	黑 河	嫩 江	合 江	绥 化	松花江	牡丹江	白 城	四 平	长 春	吉 林
平均相关系数	0.730	0.740	0.751	0.762	0.785	0.795	0.693	0.719	0.795	0.774
地 区	通 化	延 边	铁 岭	沈 阳	锦 州	朝 阳	营 口	丹 东	旅 大	
平均相关系数	0.710	0.742	0.787	0.770	0.713	0.640	0.779	0.760	0.739	

由表2可见,东北三省各地区粮豆产量有很好的一致性,其中以长春和牡丹江地区平均相关系数最大,为0.795,以朝阳地区为最小,其平均相关系数仍达0.640,而0.001信度的相关系数为0.576。在171个相关系数中大多数通过信度0.01检验,仅朝阳地区有5个相关系数信度不足0.001。可见,东北任何一个地区的粮豆产量都可较好地代表其它地区趋势,也就是说东北地区粮豆产量有较好的一致性。

我们又计算了1949—1978年辽宁、吉林、黑龙江三省粮豆总产量的相关系数,辽宁与吉林、黑龙江省分别为0.913和0.897,吉林与黑龙江省为0.910。这3个相关系数很相近,并远远超过信度0.001的相关系数0.576。这进一步说明了东北地区粮豆产量有很好的一致性,完全可用东北三省的总产量来讨论其粮食产量与气候条件的关系。

七十年代东北地区有两次低温冷害使粮豆产量减产。这样的减产有多大范围,是不是东北地区特有的呢?

1972年东北地区遭受严重低温冷害,粮豆减产126亿斤。这一年,全国(有20个省、市)粮豆减产近200亿斤,其中大多数省、市减产与低温冷害有关。

1976年东北又遭低温冷害,减产95亿斤,这一年全国虽略有增产,但也有17个省、市减产。

1972年和1976年因东北低温冷害都减产的有北京、天津、河北、陕西、宁夏、四川、湖南、广西、广东及东北三省共11个省市。

东北地区水稻在低温冷害年减产最严重,这两年平均减产幅度为32%;华北地区为48%;西北地区为15%;西南地区(25亿斤)为6.3%;中南地区略有减产;只有华东地区这两年水稻有增产。

东北地区1975,1978年5—9月气温较高,粮豆大幅度增产,是全国粮豆增产最高的年份。

由上可知东北地区的粮豆产量与全国密切相关,低温冷害年粮豆减产不局限于东北地区,甚至连最南部的广东、广西省区也会波及,华北地区水稻在低温冷害年减产幅度也是很大的,可达30%以上。可见,低温冷害并不是东北地区独有的一种自然灾害,它在全国的影响范围是较大的。

三、东北地区气温的一致性

东北地区南北相差近15个纬度，气温差异较大，而其冷暖趋势是否一致呢？我们利用东北地区23个测站近百年的气温延伸资料，计算了5—9月气温和的相关矩阵（见表3）。

表3 东北地区各市（县）与其它市（县）5—9月气温相关表

	海拉尔	呼玛	爱辉	齐齐哈尔	海伦	伊春	佳木斯	哈尔滨	牡丹江	乌兰浩特	白城	通辽
平均值	0.534	0.510	0.567	0.567	0.705	0.561	0.574	0.735	0.690	0.714	0.717	0.735
最小值	0.337	0.223	0.208	0.283	0.472	0.254	0.326	0.504	0.475	0.536	0.470	0.454
标准差	0.132	0.218	0.223	0.139	0.125	0.136	0.186	0.123	0.137	0.129	0.156	0.154
达0.05信度%	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
达0.001信度%	95.5	72.7	68.2	95.5	100	90.9	90.9	100	100	100	100	100

	双辽	长春	吉林	延吉	通化	赤峰	朝阳	沈阳	营口	丹东	大连
平均值	0.629	0.755	0.713	0.682	0.714	0.616	0.595	0.656	0.607	0.525	0.494
最小值	0.335	0.481	0.455	0.471	0.395	0.251	0.247	0.318	0.291	0.299	0.208
标准差	0.186	0.156	0.139	0.123	0.178	0.195	0.187	0.192	0.176	0.117	0.151
达0.05信度%	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
达0.001信度%	95.5	100	100	100	100	86.4	86.4	90.9	90.9	90.9	72.7

由此可见，这些站的气温距平有极好的一致性。也就是冷的年份各站气温往往都偏低，而暖的年份又往往都偏高。这些站之间的相关系数均通过0.05信度检验，其中长春、哈尔滨等10个站与各站气温的相关系数均通过0.001信度检验。特别是长春5—9月气温和与各站5—9月气温和的平均相关系数最高达0.755，最小相关系数为0.481。因此用长春一个站的5—9月气温和可以代表东北地区的气温。

为了进一步研究东北地区气温，我们将东北地区23个站1881—1970年5—9月气温资料进行自然正交展开，即把90年23个站气温分解为两部份：一部份是不受时间影响的空间场；另一部份是不受空间分布影响的时间场。其计算结果表明：第一个特征向量占66%，反映了2/3的信息。前两个特征向量几乎占80%，而Weare. B. C (1977) 将大西洋逐月海温距平用自然正交展开，计算得到前10个特征向量只占44.7%的信息；大西洋赤道附近的海温前10个特征向量也仅占52.2%的信息。可见东北地区5—9月气温有很好的一致性，前5个特征向量及其所占比重由表4给出。

东北地区5—9月气温和的第一时间分量，可以较好地代表东北地区5—9月气温和随时间的变化，计算它和长春5—9月气温和的相关系数，高达0.96，是0.001信度相关系数0.34的2.82倍。从另一侧面也说明了长春气温的冷暖可以代表东北地区的气温冷暖。