

我国西北地区冬季平均 气温的气候特征

李栋梁 彭素琴 姚辉

(兰州干旱气象研究所, 兰州 730020)

提 要

本文对我国西北五省(区)135个测站, 1960—1990(代表站1951—1990)年冬季(12—2月)平均气温资料用主成分分析等方法就西北区冬季气温的变化进行了分析研究。结果表明: 西北地区冬季平均气温变化在空间上具有很好的一致性, 但也存在由于地理位置、地形、冷空气入侵路径等的不同而引起气温变化在空间分布上的差异。分析认为, 30—40年来西北地区冬季气温总趋势是在波动中逐渐变暖的。60年代最低, 70年代较60年代升高 0.4°C , 80年代较70年代升高 0.6°C , 较60年代升高 1.0°C , 冬暖趋势明显。青藏高原及个别高山站冬季气温变化趋势与上述情况有所不同, 特别是80年代气温下降明显, 表现为冬冷。西北区冬季气温年际变化具有8年周期。

关键词: 西北地区; 气温变化; 主成分分析; 冬暖。

一、引 言

气候变暖已成为全球人类关注的重大问题, 特别是最近几十年来, 随着科学技术的发展, 观测手段不断改进, 资料积累不断完善, 世界气象组织于1979年制定了世界气候研究计划, 各国科学家及政府部门对全球增暖可能引起的环境和生态变化给予了极大的重视。就我国气候变化问题, 最近不少学者进行了研究。张先恭等^[1]对中国本世纪以来的气温进行等级变化分析, 指出1955—1959年的冬季最暖。赵汉光等^[2]利用全国7个区气温等级资料的研究表明, 全国性异常冬暖年主要集中在40年代和最近10年, 西北区为冬暖显著区域。陈隆勋等^[3]指出, 40年来西北西部地区在变暖, 35°N 以南、南岭以北、青藏高原东坡以东地区变冷。最近作者^[4]对兰州40年温度变化作了分析, 结果在各季中以冬季升温最为明显, 与50年代相比, 80年代冬季温度升高 2.4°C 。以上研究均表明中国气候变暖主要在冬季, 西北地区更是如此。我国西北地区地域辽阔, 各地气候有明显差异, 冬季气温变化的空间分布是否一致? 时间趋势及变暖程度究竟如何? 本文就此选用中国西北五省区(陕、甘、宁、青、新)135个长期预报基础站1960—1990(代表站1951—1990)年12—2月平均气温资料, 分析了最近30—40年西北区冬季平均温度的时空分布特征及变化趋势。

1991年11月10日收到, 1993年1月4日收到修改稿。

二、冬季平均温度的空间分布特征

我国西北区南北占据 17 个纬度有余，东西横跨约 38 个经度，占国土面积三分之一还多。境内地形复杂，气候差异较大。冬季平均气温除陕南在 0℃ 以上 (<5.0℃) 外，西北广大地区在-10.0℃ 以下 (图 1 中实线)。特别是青南高原、祁连山、天山及北疆地区均低于-15.0℃，个别高山地区在-23.0℃ 以下，空间差值在 28℃ 以上。就其稳定性而言，全区仅陕西、甘肃南部及青海西部标准差小于 1.0℃ (图 1 中虚线)，其余地区冬季温度变化较大，长江、黄河源头地区大于 2.0℃，新疆北部达 2.5℃ 以上。上述地区的不稳定性多属短期年际振荡。

为便于从空间场上分析气温的主要特征，本文对我国西北区 135 个测站 1960—1990 共 31 年的 12—2 月平均气温进行 EOF 展开，用展开后的前三个主要特征向量分析西北区冬季平均气温的空间分布特征，并划分自然温度分布型。表 1 给出西北区冬季平均气温经 EOF 展开后，各主成分占总方差的百分比，可以看出，西北地区尽管面积广阔，但其温度的收敛性还是很快的。第一主成分的方差贡献就占总体方差的一半以上 (58%)，前三个主成分累积贡献达 80%，第四个以后所占的贡献很小，其间的差异也明显减小。这表明，研究前三个主成分及其特征向量就可较好地表征西北区冬季平均气温的主要变化及其空间分布特征。

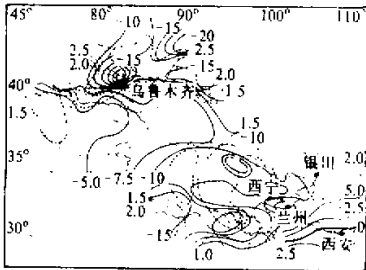


图 1 西北地区冬季平均气温(实线)及标准差(虚线)

表 1 冬季 (12—2 月) 平均气温各主成分占总方差的百分比

主成分	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
个别方差 (%)	58.1	13.7	7.8	2.8	2.2	2.0	1.7	1.5	1.3	1.2
累积方差 (%)	58.1	71.8	79.6	82.4	84.6	86.6	88.3	89.8	91.1	92.3

图 2 是分解后的前两个特征向量场。第一特征向量 (图 2a) 全区同符号 (均为正值)，这表明西北区冬季平均气温变化在空间具有很好的一致性，这种全区一致的特性占总体方差的 58.1%。显然这是受大尺度天气系统影响的缘故，冬季西北地区主要受北方冷空气和寒潮过程的侵袭，多引起全区性降温。反之，当冬季冷空气活动不明显，则西北区气温总体偏高。第一特征向量场所代表的空间变化特征定为西北区冬季气温分布第一型，即总体一致型。相对来说，第一型中河西走廊、青海东部、甘肃中、东部、宁夏及陕西中、北部为正的大值中心区，突出了上述地区是西北区冬季平均气温变化敏感区。顺便指出，这一地区也是西北夏季降水变率最大、最具有代表性的区域^[5]。在此区域选取平凉 (35°25'N, 106°38'E) 为基准点，进行西北区冬季平均气温同期一点遥相关分析，以进一步证实其温度变化的一致性 (图略)。非常明显，除河西走廊的张掖站 (38°56'N, 100°26'E) 为负相关 ($r=-0.07$) 外，整个西北区均为正相关。大部分

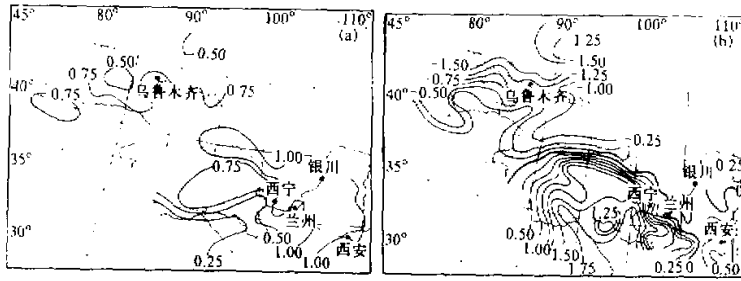


图2 西北区冬季平均气温 EOF 特征向量
(a)、(b) 分别为一、二特征向量

地区相关系数在+0.46(信度水平 0.01) 以上。

第二特征向量(图 2b)的分布特点是:零线沿阿尔金山、祁连山、六盘山向南折向岷山,与西北区主要山地地形廊线走向一致。最大负值区在新疆北部的山口及准葛尔盆地,这里是中国西北地区冬季最寒冷的地方,沿天山的等值线密集反映了天山山脉对冷空气的阻挡作用。当偏北路径冷空气南下侵入我国时,首先翻越天山(当冷空气很强时)、或通过天山山口进入东疆,再因祁连山及青藏高原所起的屏障作用,使冷空气沿河西走廊向东南直达西北区东部的宁夏、陇东及陕西,即图 2b 中的负值区,使这些地方气温迅速下降,其中新疆北部降温最为明显(季平均气温的均方差大于 2.5°C , 年际变化最大)。冷空气在南下过程中其强度不断减弱,气团本身的温度逐渐升高,对其移动前方测站的影响减小。关中平原一带因其局地平均气温较高,冷空气到达后受秦岭阻挡使其滞留时间长,过程降温明显。青藏高原主体(正值区)温度变化与其外围不同,等值线的密集带反映了温度随地形高度的升高而降低的高原、山地气候特征。正值中心在黄河上游北岸的玛多($34^{\circ}55'\text{N}$, $98^{\circ}13'\text{E}$, 4272.3 m),这里恰是青南高原冬季平均气温最低、年际变化最大的地方(这个不稳定性可能是因为积雪的原因)。第二特征向量场所代表的空间变化特征定为西北区冬季气温分布第二型,主要表现了地形对气温分布的影响,即西北区高原主体与外围地区的差异。这种差异在 OLR 场上也很清楚^[6]。

第三特征向量场(图略)上其零线由马宗山沿祁连山东南下,沿 35°N 拐向柴达木盆地南部,把西北区分成东西两部。第三特征向量场的空间变化特征定为西北区冬季气温分布第三型,主要反映我国西北区东南(甘肃东部、宁夏、陕西及青海南部)与西北(新疆、甘肃和青海两省的西部)之差异。第二、三特征向量代表的气温变化的局地差异其方差贡献不到总方差的四分之一。冬季各月平均气温的展开特征与季平均大致相似,只是个别站有些小的差异,由于篇幅所限,这里不再详述。

三、冬季平均气温年际变化趋势

1. 时间系数的演变及谱分析

西北区冬季平均及各月气温经 EOF 分解后的第一主分量反映了历年温度总趋势的

年际变化。冬季平均气温的主要特点是: 60 年代除 1964、1965 两年偏暖外, 整体以偏冷为主; 70 年代偏暖年份有所增加; 80 年代明显变暖 (图 3a, 实线为时间系数, 点线为 5 年滑动平均, 断线为一阶时间趋势)。30 年来虽冷暖相间, 但冷的程度逐渐减小, 暖的程度逐渐增加 (一阶时间趋势呈明显上升)。其间有三个相对冷期, 分别在 1963、1966—1967、1976 年, 三个相对暖期, 分别在 1978、1986、1989 年。冬季各月的变化大致相同, 但因跨年度计算季平均, 各月表现的冷暖年份与季平均有些小的差异。以上变化显示出明显 (超过 0.01 信度) 的 8 年周期。这种演变周期可通过波谱分析看得更清楚 (图 3b), 谐波振幅曲线在相应周期上有一明显峰值, 即对应 8 年周期。12 月和 1 月平均气温表现为明显 (0.01 信度) 的 9 年和 7 年周期 (图略), 2 月平均气温的周期性不明显。

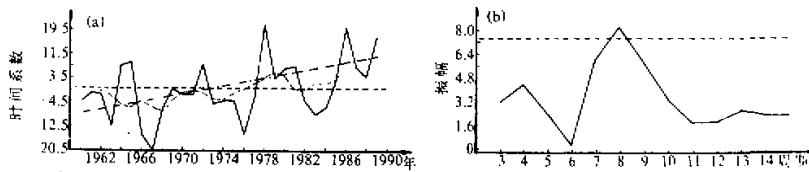


图 3 西北区冬季气温第一时间系数年际变化 (a) 及周期曲线 (b)

2. 距平场的 10 年际变化

李克让等^[7]曾对全国 160 个站 (其中西北 31 个站) 近 40 年中国气温距平场的 10 年际变化作了分析, 由于所选西北测站较少 (1/3 的面积, 测站仅 1/5), 部分地区特别是高原、高山气温变化未能反映出来。本文则用西北区 135 个测站资料就冬季平均气温距平场近 30 年的 10 年际变化作进一步分析 (图 4)。60 年代与 30 年平均相比较, 西北区除高原、高山的个别台站如新疆巴里坤 ($43^{\circ}44'N$, $93^{\circ}04'E$, 1637.6 m) 和青海的外斯 ($34^{\circ}17'N$, $101^{\circ}35'E$, 3515.1 m) 及陕南部分地区略有偏高外, 几乎全区为负距平, 是近 30 年中最冷的年代。其中河西走廊北部、北疆及柴达木盆地偏低 1.2—1.9 $^{\circ}C$, 而南疆、祁连山、西北地区东部和南部偏低较少, 尚不足 0.5 $^{\circ}C$ (图 4a)。70 年代与 30 年平均相比较, 青藏高原、河西走廊及西北地区东部首先变暖, 为正距平区, 新疆的北疆平均比 60 年代增温 0.6 $^{\circ}C$, 而南疆西南部及东疆地区较 60 年代偏低 0.2—0.4 $^{\circ}C$ 。60 年代的一些负距平中心区到了 70 年代多数变为正距平区, 最明显的是柴达木盆地, 增温 1.5 $^{\circ}C$ (图 4b)。80 年代与 30 年平均之距平其分布与 60 年代几乎相反, 除高原、高山的部分地方为小范围的变冷外, 西北广大地区 90% 以上的测站明显变暖, 正距平区明显扩大, 其中变暖最显著的地方是新疆北部 (+1.2 $^{\circ}C$)、南疆西部 (+1.5 $^{\circ}C$) 和柴达木盆地 (+1.0 $^{\circ}C$)。青藏高原的长江、黄河上游地区却明显变冷, 如托托河站为 -0.9 $^{\circ}C$, 外斯为 -2.1 $^{\circ}C$ 。以上分析表明, 30 年来西北地区大部分地方在逐渐变暖。相对来说 60 年代较冷, 80 年代较暖。两个年代平均温度相差最明显的是北疆、南疆西部、柴达木盆地和河西走廊北部, 有些地方温差最大可达 3 $^{\circ}C$ 以上。其余大部分地方也都超过 1 $^{\circ}C$ 。而青藏高原的长江、黄河上游地区则与其他地区不同, 其气温变

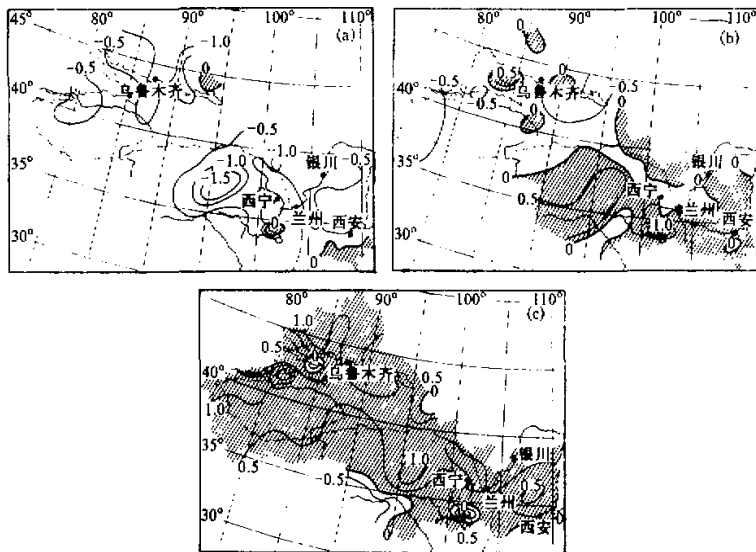


图 4 各年代与 30 年平均的气温差 ($^{\circ}\text{C}$)

(a) 60 年代-30 年平均, (b) 70 年代-30 年平均, (c) 80 年代-30 年平均

化呈相反趋势, 70 年代暖, 80 年代冷。

3. 代表站气温序列演变

为进一步研究西北地区冬季气温随时间的演变特征, 我们选择了 14 个位于不同地理纬度的站点, 对它们的距平序列、累积距平和 5 年滑动平均进行了分析, 结果表明各地冬季气温随时间的变化趋势除青藏高原外, 同样具有较好的一致性。为节省篇幅, 这里仅给出几个站点的冬季代表月——1 月平均气温距平序列演变图。喀什、托托河、延安分别处于西北区的西、中、东三地, 地形地貌各不相同, 但从图 5 可见, 其气温随时间的演变基本一致。近 40 年来西北地区冬季气温相对地有冷有暖, 就其总的趋势而论, 是在波动中逐渐上升, 且近 10 年更为明显, 连续数年保持正距平, 累积距平和 5 年滑动均呈上升趋势。青藏高原东部长江源头的托托河站, 海拔 4534.6m, 其冬季气温随时间的演变与上述趋势不同 (图 5d), 尤其在 80 年代中期出现明显降温, 年际振幅十分突出。

图 6 是西北区 14 个由北向南排列的代表站 1951—1990 年冬季 1 月平均气温距平的 5 年滑动演变情况。它有两个主要特点: 其一, 除青藏高原 (代表站托托河) 外, 各站的气温演变具有很好的一致性。其二, 近 40 年来西北区冬季温度的总变化趋势是升高的。50 年代到 60 年代初为低温阶段, 这一时期主要表现为冬冷, 负距平中心主要在偏北地区; 60 年代中期、70 年代前期为两个较短的增温时期, 正距平中心在新疆东部; 自 70 年代末开始, 整个西北区除高原外全面升温, 进入近 40 年最强的冬暖时期, 尤以

偏西、偏北地区最为明显。青藏高原冬温变化有所不同, 在冬冷期出现正距平中心, 而在冬暖期出现负距平中心, 显示出其特殊的气候特征。

另外, 从异常气候标准的角度看 (据 WMO 的规定, 月平均气温距平大于或等于两个标准差—— $\Delta \bar{T} / \sigma \geq 2$ 为异常高温; 月平均气温小于或等于两个负标准差—— $\Delta \bar{T} / \sigma \leq -2$ 为异常低温^[8]), 就 1 月而言, 西北地区异常低温出现在 70 年代末以前; 而异常高温则出现在 70 年代末以后, 但高山站却出现异常低温, 如托托河站 1986 年 1 月 $\Delta \bar{T} / \sigma = -4.8$, 同样呈现了青藏高原冬季气温与西北区整体的不一致性。

表 2 给出 14 个代表站 1 月 10 年际气温均值和与上一个 10 年均值的差值。其中 71% 以上的代表站连续三个年代的气温差值为正, 21% 的代表站仅 70 年代为负, 60、80 年代均为正值, 且正值远远大于负值。只有托托河站例外, 60、80 年代均为负值, 特别是 80 年代与上 10 年相比降温 1.8°C 。利用经纬度分小区作面积平均, 西北地区总的来说, 70 年代比 60 年代升温 0.4°C , 80 年代比 70 年代升温 0.6°C , 80 年代比 60 年代升温 1.0°C , 再次表明近 30—40 年来西北区冬季气温逐渐升高的事实, 其中 80 年代尤为显著。

四、小 结

(1) 西北地区冬季平均气温变化的空间分布具有较高的一致性, 其第一主成分方差贡献约占总方差的 58%。由地理位置、地形、冷空气入侵路径等引起的气温变化的空间分布差异, 表现为西北区西部地区的南北差异、东部地区的东西差异以及西北区西北部与东南部的差异, 这种差异性约占总方差的 22%。

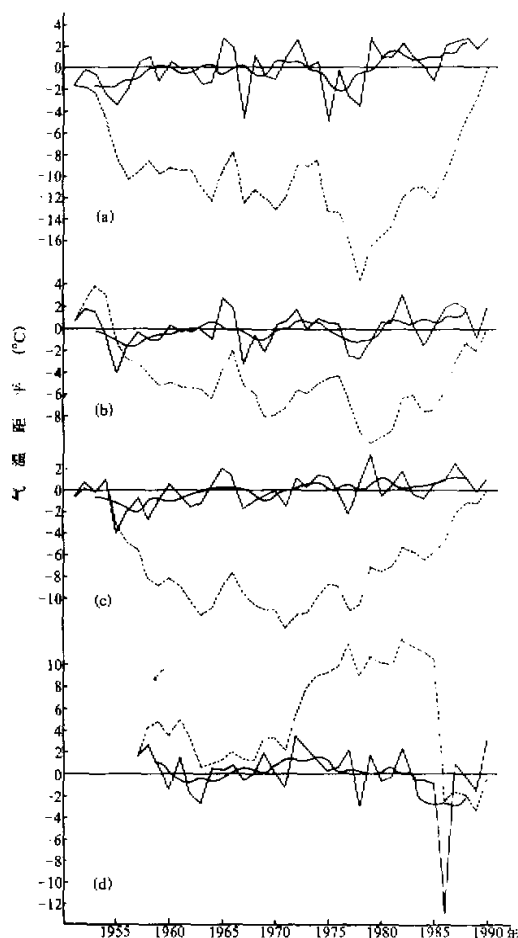
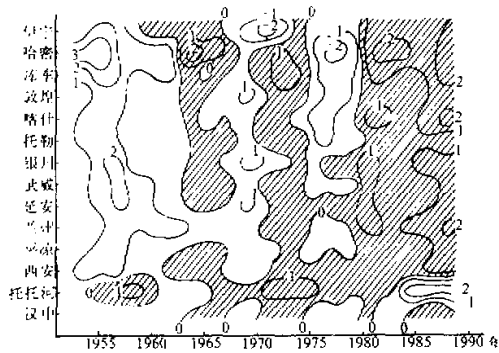


图 5 部分代表站各季 1 月平均气温距平序列
(折线)、累积距平(虚线)和 5 年滑动平均(曲线)
(a) 喀什, (b) 敦煌, (c) 延安, (d) 托托河

表 2 西北区代表站冬季 10 年际气温均值与差值(°C)

年代 代表站	50	60		70		80			海拔高度 (m)
	均值	均值	与 50 年代 之 差	均值	与 60 年代 之 差	均值	与 70 年代 之 差	与 50 年代 之 差	
伊 宁	-10.2	-9.5	+0.7	-10.4	-0.9	-7.7	+2.7	+2.5	662.5
哈 密	-14.0	-10.7	+3.3	-12.0	-1.3	-9.2	+2.8	+4.8	737.9
库 车	-9.3	-8.1	+1.2	-7.9	+0.2	-6.3	+1.6	+3.0	1099.0
敦 煌	-9.2	-9.1	+0.1	-9.0	+0.1	-7.8	+1.2	+1.4	1138.7
喀 什	-7.0	-6.5	+0.5	-6.3	+0.2	-4.5	+1.8	+2.5	1288.7
托 勒	-18.5	-18.2	+0.3	-18.3	-0.1	-17.5	+0.8	+1.0	3360.3
银 川	-9.3	-9.1	+0.2	-8.5	+0.6	-7.7	+0.8	+1.6	1111.5
武 威	-9.4	-8.6	+0.8	-8.1	+0.5	-7.7	+0.4	+1.7	1530.8
延 安	-7.0	-6.5	+0.5	-5.8	+0.7	-5.4	+0.4	+1.6	957.6
兰 州	-7.4	-7.3	+0.1	-6.2	+1.1	-5.0	+1.2	+2.4	1517.2
平 凉	-5.4	-5.1	+0.3	-5.0	+0.1	-4.4	+0.6	+1.0	1346.6
西 安	-1.7	-0.8	+0.9	-0.4	+0.4	-0.1	+0.3	+1.6	396.9
托托河	-15.6	-16.5	-0.9	-15.8	+0.7	-17.6	-1.8	-2.0	4534.6
汉 中	1.9	2.0	+0.1	2.3	+0.3	2.4	+0.1	+0.5	508.3

图 6 西北区各代表站 1 月气温距平
5 年滑动演变图

(2) 40 年来西北大部地区冬季气温变化的总趋势是在波动中上升的。50 年代偏低；60 年代有所升高；70 年代有升有降，但平均仍比 60 年代升高 0.4°C ；80 年代冬暖显著，与 70 年代相比增温 0.6°C 、与 60 年代相比增温 1.0°C 。新疆东部和北部、南疆西部及河西走廊北部是变温幅度较大的地区。就近 30 年而言，60 年代最冷。

(3) 青藏高原地区的冬季温度变化与高原以外地区相比，有较明显的不同。50 年代冬温偏高，60 年代降低，70 年代最暖，80 年代显著下降，表现为冬冷。个别高山站亦有类似变化趋势。

(4) 由时间系数及谱分析得知，西北地区冬季气温年际变化存在显著的 8 年周期。

参 考 文 献

- [1] 张选恭、李小泉, 1982, 本世纪我国气温变化的某些特征, 气象学报, 4, No.2, 198—208.
- [2] 赵汉光、张桂森, 1989, 我国异常冬暖的时空变化及其环流特征的分析, 气象, 15, No.11, 15—20.
- [3] 陈隆勋等, 1991, 近四十年我国气候变化的初步分析, 应用气象学报, 2, No.2, 164—174.

- [4] 李栋梁, 彭素琴, 1993, 兰州温度变化的气候特征, 高原气象, 12, No.1, 18—26.
[5] 李栋梁, 1992, 中国大陆 OLR 与西北夏季降水, 气象学报, 50, No.3, 355—359.
[6] 李栋梁, 1990, 中国大陆地区的 OLR 与厄尔尼诺现象, 高原气象, 9, No.4, 411—417.
[7] 李克让等, 1990, 近四十年来我国气温的长期变化趋势, 地理研究, 9, No.4, 26—37.
[8] 国家气象中心气候资料室, 1991, 气候监测公报, 气象出版社, 2.

Climatic Features of the Mean Temperature in Northwest China during Winter Time

Li Dongliang, Peng Suqing and Yao Hui

(Lanzhou Institute of Arid Meteorology, Lanzhou 730020)

Abstract

The variations in the winter mean air temperature in Northwest China are studied by main component analysis using the data from 135 observational stations in five provinces or autonomous regions of Northwest China for the period of 1960—1990 (1951—1990 for the representative stations). Results show that the mean temperature variations are spatially well consistent in winter. However, variation in geographic locations, topographic features and courses of cold air invasion may cause difference in the spatial distributions of temperature variation. Analysis indicates that the general trend of the winter temperature change in Northwest China has been a gradual warming with fluctuations for the last 30—40 years. In the 1960s, the winter temperature was quite low. There are increases of 0.4°C and 0.6°C in the 1970s and 1980s, respectively as compared with that in the previous years. The total increase was 1.0°C. It is obvious that Northwest China has been becoming warmer considerably in the winter months. In contrast, the Qinghai—Tibet Plateau and very few mountain stations have experienced a different trend, especially in the 1980s, when the air temperature dropped enormously and a cold winter was observed. Besides, the annual variation of the winter temperature in Northwest China had a quasi-eight year periodic oscillation.

Key words: Northwest China; air temperature variation; main component analysis; warm winter.