

青海南部冬季积雪和雪灾变化的特征及其预评估

时兴合¹, 秦宁生¹, 李栋梁³, 唐红玉^{1,2}, 汪青春¹, 冯蜀青⁴, 马占良¹

(1 青海省气候中心, 青海 西宁 810001; 2 中国气象局气候研究开放实验室, 北京 100081;

3 中国科学院寒区旱区环境与工程研究所, 甘肃 兰州 730000; 4 青海省气象科学研究所, 青海 西宁 810001)

摘 要: 利用 1961~ 2003 年青海南部牧区气象台站观测的气温、降水、积雪资料, 用气候诊断方法分析了该地区积雪等气候要素的年代际演变特征以及雪灾变化的成因。结果表明: 20 世纪 60~ 90 年代冬季, 青南牧区中雪和大雪出现的站次以及雪灾出现的站次有逐步增多的趋势, 降雪量和地表平均积雪量每 10 a 分别增加 1.454 mm、9.861 mm, 单站积雪量在 4 100 m 左右的高度上增加比较明显, 冬季降雪和积雪增加的趋势和新疆完全一致。典型多(少)雪年 500 hPa 高度距平场高原西部与中国东部地区为“- +”(“+ -”)型。未来 10 a 冬季积雪增多的趋势仍将维持, 雪灾发生的几率仍然偏大。

关键词: 积雪; 变化; 特征; 青海南部

中图分类号: P467. S427

文献标识码: A

长期以来, 不少国内外气象、气候学家都十分关注青藏高原积雪异常对印度季风和我国东部地区夏季降水和气温的影响, 还做了许多有益的探讨工作, 并取得了一批科研成果^[1-4]。陈烈庭、郭其蕴等^[5-7]都研究过高原异常积雪持续性对同期与后期大气环流的影响, 指出: 青藏高原冬季异常多雪, 100 hPa 和 500 hPa 环流从冬到夏的季节转换推迟; 冬春高原多雪, 中国南方初夏 5~ 6 月降水偏多。徐国昌等^[8]对 3 月高原异常雪盖研究表明, 3 月多雪, 5 月东亚北风偏强, 中国北方降水偏少。李培基^[9]研究了 1978~ 1987 年 9 个冬季积雪鼎盛时期 SMMR 观测的高原积雪深度分布指出, 高原腹地藏北高原和柴达木盆地、藏南谷地为少雪区, 高原四周特别是天山、昆仑山、唐古拉山、喜马拉雅山为多雪区, 高原东侧多雪区以念青唐古拉山和唐古拉山东段为中心。韦志刚等^[10]对 NOAA 高原雪盖资料的研究表明, 青藏高原主体的积雪分布主要以西部兴都—库什山

脉、天山山脉和南部喜马拉雅山脉为主, 虽然高原中部唐古拉山脉、昆仑山脉和东部巴颜喀拉山脉的积雪相对较少, 但年际变化大。

研究高原积雪的地面观测资料主要是气象台站所测的积雪深度和积雪日数资料, 而卫星所测的积雪资料, 分别是光学遥感器遥测的可见光积雪资料和微波遥感器遥测的微波积雪资料。到目前为止的相关研究中, 使用最多的青藏高原积雪资料是由 NOAA 卫星观测资料所计算的积雪面积即雪盖资料。韦志刚等^[11]对以上各类积雪资料进行对比研究后发现, 高原地面积雪资料是目前最为可靠和应用最多的积雪资料。

周陆生等^[12]对青藏高原东部牧区 1971~ 1997 年 26 个台站 1 689 站次大—暴雪过程研究后发现, 大—暴雪过程次数和降水量线性增加趋势十分明显, 导致雪灾危害日趋严重, 20 世纪 90 年代进入雪灾的频发时期。董安祥等^[13]计算分析了青藏高原

收稿日期 (Received date): 2006- 01- 29; 改回日期 (Accepted): 2006- 09- 15.

基金项目 (Foundation item): 国家自然科学基金项目 (40465002, 40475038)、中国气象局气候变化专项 (CCSF2005- 2- QH22) 共同资助。[Financially supported by the National Natural Science Foundation item (40465002, 40475038) and Climate Change Vital item of the China Meteorological Bureau (CCSF2005- 2- QH22)]

作者简介 (Biography): 时兴合 (1963-), 男, 青海乐都人, 高级工程师, 主要从事高原气候诊断和预测方面的研究。[Shi Xinghe (1963-), male, the Han nationality, born in Ledu County of Qinghai, senior engineer, mainly study on climate diagnosis and forecast in the plateau. Email: shixinh@tom.com]

东部雪灾的奇异谱指出,雪灾的总趋势是增加的(特别是后冬),这可能是对全球气候变暖的响应。董文杰等^[14]研究青藏高原东部牧区雪灾的气候特征后指出,1993年开始雪灾进入新的高发期,高原东部牧区冬春雪灾存在着明显的5~6 a周期和较弱的2~3 a周期。

青海南部(以下简称青南)牧区是高原雪灾经常发生的主要地区之一。如:1993-01~03青南牧区连降中到大雪10次,发生严重雪灾,死亡牲畜140多万头(只),春季幼畜的死亡率达50%以上,直接经济损失上亿元。由此可见,青南牧区雪灾造成的损失是巨大的。

本文利用青南牧区所有气象台站最新、最长的地面观测资料以及雪灾灾情档案资料、500 hPa高度场网格点资料,应用气候诊断方法,进一步探讨该地区积雪和雪灾发生机理过程及其成因,以及积雪的年代际变化规律和未来变化的趋势。

1 资料与方法

用青南牧区(31~36°N, 89~103°E)18个(兴海、同德、河南、泽库、玛沁、达日、久治、甘德、班玛、玛多、玉树、清水河、囊谦、治多、杂多、曲麻莱、五道梁、沱沱河,站点位置见图1)气象台站1961~2003年43 a的气象观测资料(资料由青海省气候资料中心提供),计算冬季的平均降水量、平均气温、地表平均积雪量等序列资料,利用计算的气象要素时间序列,以时间为自变量,要素为因变量,建立一元回归(方程略)或N阶回归曲线模拟方程。计算模拟序列与原序列的相关系数、基本气候要素的变化倾向率以及各年代的平均值,比较其变化的特征,分析

基本气候的历史演变和年代际变化特点。利用500 hPa高度场网格点资料(资料由国家气候中心提供),分析多雪年、少雪年青南牧区雪灾发生的环流特征,用气候诊断方法寻找影响该地区雪灾形成的环流因子,并解释雪灾形成的机理。

2 冬季雪灾的历史概况

统计得出,1971~2000年冬季的30 a平均降水量,五道梁、沱沱河在4 mm以下,玉树、清水河、囊谦、治多、杂多、曲麻莱在8~17 mm之间,兴海、同德、河南、泽库、玛沁、达日、久治、甘德、班玛、玛多在5~21 mm之间。冬季降水量超过15 mm的杂多、清水河、达日、久治、甘德等站容易出现积雪灾害。依据青海省技术监督局颁布的《气象灾害标准》(DB63/T372-2001)中的雪灾等级(表1)评估指标^[15],统计1961~2003年冬季单站积雪资料得出:20世纪60~90年代青南牧区雪灾出现的站次分别为12 27 34 38次,呈现出逐步增多的趋势。1970年代特大的雪灾(简称特大灾)和重度的雪灾(简称重灾)出现的站次显得偏多,1990年代中度的雪灾(简称中灾)明显偏多,1980年代轻度雪灾(简称轻灾)明显偏多。另一个特点也说明,1980~1990年代气候变暖以后,青南牧区轻度和中度的雪灾出现站次增加比较明显。

3 冬季降雪和积雪变化的基本特征

3.1 降雪变化的基本特征

从青南牧区冬季中雪(日降雪量在2.5~4.9 mm之间)(图2左)和大雪(日降雪量 ≥ 5.0 mm)



图1 青南牧区气象台站分布图

Fig 1 The distribution map of meteorological observatory stations in the herding area of south of Qinghai province

(图 2 右) 出现站次年际变化曲线可以看出, 1980 年代中期至 1990 年代, 该地区中雪和大雪出现的站次比 1960~1970 年代增多。中雪和大雪出现站次每 10 a 分别增加 2.31、0.681 站次, 中雪和大雪出现站次与年代的相关系数值均通过了 0.05 的显著性水平检验。说明 1961 年以来青南牧区冬季中雪和大雪出现站次有明显增加的趋势。

通过计算, 冬季降雪变化倾向率及降雪与年代相关系数为正值, 倾向率为 1.454 mm/(10 a), 相关系数为 0.54 且通过了 0.001 的显著性水平检验, 说明冬季青南牧区降雪显著增加。

表 1 冬季雪灾气象分级标准

Table 1 The snow disaster standard of meteorological
Classification in winter

雪灾分级	积雪状态	
	积雪深度 (cm)	积雪持续时间 (d)
轻灾	2~5	11~20
	6~10	5~10
	2~5	21~40
中灾	6~10	11~20
	11~20	5~10
	2~5	>40
重灾	6~10	21~40
	11~20	11~20
	5~10	>40
特大灾	11~20	>20
	>20	>15

计算年代际的平均降雪量得出, 冬季降雪量, 1980~1990 年代在 10.7~13.1 mm 之间, 而 1960 和 1970 年代在 6.9~9.1 mm 之间, 1980 和 1990 年代均为多雪和相对多雪时段, 1960~1970 年代则为少雪和相对少雪阶段, 冬季降雪 1960~1990 年代基本

经历了一个从“少雪~多雪”的历史演变过程。冬季降雪量从 1960 年代的 6.9 mm 逐步增加到 1990 年代的 13.1 mm, 最多与最少相差几近一半, 增加比较明显。

图 3(左) 给出了青南牧区冬季降雪变化曲线。从图可以看出, 一元线性回归拟合直线冬季降雪增加的趋势比较直观, 其 6 阶回归方程拟合曲线也比较直观地反映出 1980~1990 年代降雪明显增加的趋势。冬季降雪增加的趋势与新疆大部及河西走廊完全一致, 但增幅偏小^[16-20]。近 20 a 青南牧区冬季降雪量增加, 牧区雪灾出现的几率也增大。

3.2 积雪变化的基本特征

平均积雪量为某时段平均积雪深度的累计值。青南牧区冬季各站的平均积雪量在 13~193 cm 间, 其中五道梁、玉树、囊谦、治多、曲麻莱、兴海、玛沁、同德、泽库在 13~50 cm 间, 沱沱河、河南、达日、久治、班玛、玛多在 51~100 cm 间, 甘德、杂多、清水河在 101~193 cm 之间。平均积雪量兴海(清水河)最小(大), 为 13(193) cm, 其最大值与最小值相差 14.8 倍。除沱沱河、玛多外, 冬季降雪量较大的地段平均积雪量普遍较大。沱沱河、玛多积雪偏大的原因一方面与 1985 年和 1974、1977 年冬季的降雪总量偏多以及气温异常偏低有关, 另一方面与 1985 年和 1974、1977~10~11 的异常降雪有关。表 2 为青南牧区 1960~1990 年代各年代 12 月、1 月、2 月平均积雪量。从表 2 可以看出, 月平均积雪量 30 a 的变化中, 12 月~次年 2 月平均积雪量增加比较明显, 并且 1 月增幅达到了最大。冬季最少积雪出现在气温最低和降雪最少的 1960 年代, 最多积雪出现在气温最高和降雪最多的 1990 年代, 冬季积雪 1980~1990 年代较 1960 年代分别增加了 30.4 cm、45.5 cm, 增加幅度为 2.1~2.7 倍。

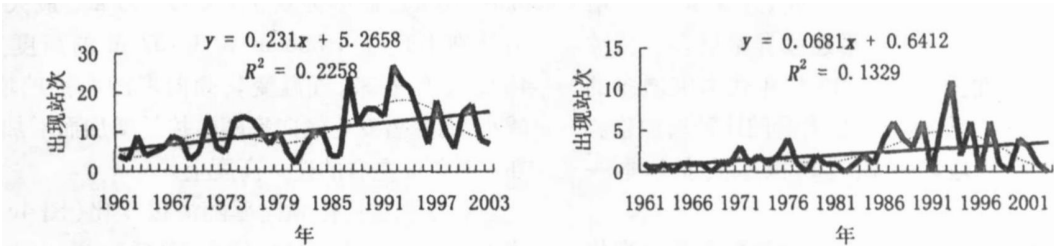


图 2 青南牧区冬季中雪(左)和大雪(右)出现站次年际变化曲线
(虚线为曲线模拟, 直线为线性趋势, 折线为实测值, 以下同)

Fig. 2 Interannual change curves of the appearance stand times of moderate snow (left) and heavy snow (right) in winter in herding area of south of Qinghai province

(Dashed line is curve simulated, straight line is linear trend, broken line is the observed below together)

冬季 1960~1970 年代青南牧区积雪少、1980 年代后期至 1990 年代积雪多的原因,一方面与气候的年代际波动有关,其主要事实是,1980 年代为明显的多雨时段,它不但导致了冬季中雪、大雪出现站次的增加和降雪总量的增加,还导致了其他季节降水总量的增加。另一方面,与降水的季节波动有关,其主要特征是,1990 年代春季、夏季、秋季和年降水总量比 1980 年代偏小,而冬季降水总量仍然比 1980 年代偏多,即气候变暖后,降水的季节分配发生了明显的变化。第三,与降水的周期波动有关,从小波分析(见 3.5 节)各种时间尺度的周期叠加看,1980 年代后期至 1990 年代的多雪时段(1985~1999 年)比 1970 年代中期(1973~1977 年)的持续时间长。

图 3(右)给出了青南牧区冬季地表平均积雪量的变化曲线。从图中可以得出,青南牧区平均积雪量一元线性回归拟合直线上升趋势较明显。冬季平均积雪量的 6 阶回归方程拟合曲线比较直观地反映出 1980 年代中后期至 1990 年代后期多积雪,而 1960 年代少积雪的特征,冬季平均积雪量明显偏多的年份为 1974~1975 年、1985~1986 年、1987~

1988 年、1989~1990 年、1992~1993 年和 1997~1998 年。这些年代中除 1985~1986 年冬季中雪、大雪降雪过程出现次数和降雪量比历史同期偏少外,其余年份冬季中雪、大雪降雪过程出现次数和降雪量均偏多。1985~1986 年冬季降雪少,但积雪量大,这与 1985-10-17~20 青南牧区发生历史上的特大雪灾有关。

表 2 青南牧区 20 世纪 60~90 年代月平均积雪量

Table 2 The monthly mean accumulated snow in the south of Qinghai province from 1960s to 1990s

年代 时段	1961~ 1970 年	1971~ 1980 年	1981~ 1990 年	1991~ 2000 年
12 月	10.4	20.4	20.4	19.7
1 月	8.4	14.7	22.0	36.4
2 月	7.9	19.5	14.9	20.3
季平均积雪量 (cm) 冬季	26.7	54.6	57.3	76.4

通过计算,青南牧区冬季地表平均积雪量变化倾向率为 $9.861 \text{ mm}/(10 \text{ a})$,平均积雪量与年代的相关系数值为 0.323 通过了 0.05 的显著性水平检验,说明冬季青南牧区平均积雪量变化呈增多趋势。

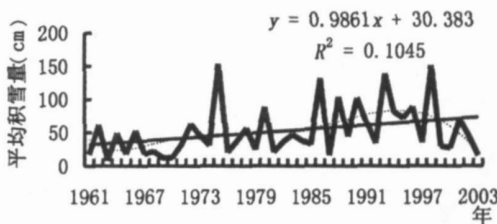
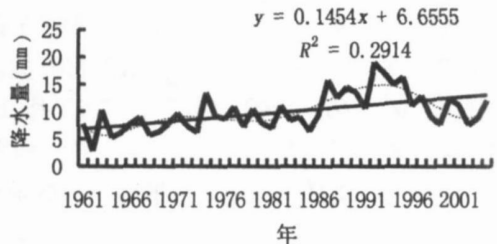


图 3 青南牧区冬季降雪(左)和地表平均积雪量(右)年际变化曲线

Fig. 3 Interannual change curves of snow (left) and the surface average accumulated snow (right) in hending area of south of Qinghai province in winter

从青南牧区冬季平均积雪量变化倾向率及年代际的变化分析得出,1~2 月平均积雪量 40 多年增加比较显著,冬季平均积雪量连续异常增多或持续维持是导致青南牧区 1980~1990 年代雪灾增多的最直接原因之一。冬季平均积雪量的这种增加趋势与西藏及高亚洲地区的积雪和积冰演变基本一致^[9]。

3.3 气温、降雪、积雪的气候倾向率随高度的变化特征

计算得出,冬季气温、降雪随海拔变化的气候倾向率均为正值,气温最大为 $0.658 \text{ }^{\circ}\text{C}/(10 \text{ a})$,最小为 $0.045 \text{ }^{\circ}\text{C}/(10 \text{ a})$,最大、最小值分别出现在 3 663

m 和 4 050 m 的高度上(图 4a);降雪最大为 $3.498 \text{ mm}/(10 \text{ a})$,最小为 $0.381 \text{ mm}/(10 \text{ a})$,最大、最小值分别出现在 4 068 m 和 3 767 m 的高度上(图 4b)。总的看来,气温变化倾向率随海拔的增加而减小,而降雪变化倾向率随海拔的增加而增加,尤其在 4 100 m 左右的这一高度上。

冬季积雪变化倾向率随海拔变化(图 4c)的正值占优势(13/18),最大值为 $36.635 \text{ cm}/(10 \text{ a})$,最小值为 $-13.634 \text{ cm}/(10 \text{ a})$,最大、最小值分别出现在 4 050 m 和 4 272 m 的高度上,同时 3 900~4 100 m 这段高度上积雪变化倾向率普遍较大。看来,气温变化倾向率小以及降雪变化倾向率大的高度上积

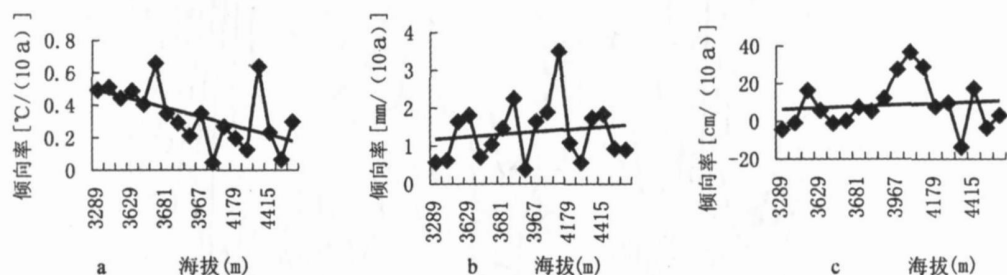


图 4 青南牧区冬季气温 (a)、降雪 (b)、积雪 (c) 气候变化倾向率随海拔的变化

Fig 4 Variation of the rate of climate change tendency of winter air temperature (a), snow (b), accumulated snow (c) with altitude in herding area of south of Qinghai province

雪增加比较明显, 反之, 积雪减少较明显。

3.4 积雪量与同期降雪量的关系

计算青南牧区平均积雪量与同期降雪量的相关系数得出, 冬季平均积雪量与降雪量的相关系数为 0.62 其相关值通过了 0.001 的显著性水平检验。青南牧区冬季降雪量越大 (小), 平均积雪量越大 (小)。

3.5 积雪量的小波变换

图 5 给出了青南牧区冬季平均积雪量的小波变换图。图中横坐标为时间参数, 纵坐标为周期长度, 图中等值线为小波系数, 虚线是负值, 代表平均积雪量偏小; 实线是正值, 代表平均积雪量偏大。1961~2003 年平均积雪量经历了 3 次明显的转折。由图看出, 就大尺度即年代际变化而言, 1970 年中期和 1980 年代中后期至 1990 年代后期为平均积雪量的偏多期, 其余时段为偏少期。从 10 a 以下时间尺度的小波系数分布变化还可以看出, 1960 年代后期至 1970 年代初、1980 年代中前期、1990 年代末至 21 世纪初也为平均积雪量的偏少期, 并且平均积雪量具有非常显著的年际变化特征, 1960~1990 年平均积雪量基本为“多-少”转换型。分析功率谱密度 (用 $n/3 \sim n/10$ 分割, 图略) 得出, 平均积雪量具有 9.3 7.0 5.6 4.7 4.0 3.5 3.1 2.2 2.0 a 的显著周期。

4 冬季多雪、少雪的环流特征

4.1 典型多雪年和少雪年的环流特点

积雪偏多 (少) 年 (简称多 (少) 雪年, 下同) 是指某时段积雪量超过 (不足) 同期平均水平的 30%。选积雪偏多年中的前 1~5 a 为典型多雪年, 积雪偏少年中的前 1~5 a 为典型少雪年。

冬季 (12 月 ~ 次年 2 月, 下同) 典型多雪年 (1974、1987、1989、1992、1997 年, 下同) 的 500 hPa 高度距平场 (图略) 上, 北半球极涡强度偏强, 中心偏向西半球; 欧亚自西向东为“+ - +”的波列分布, 东亚自北向南为“- +”波列分布。高度距平场的这种分布型说明, 冰岛和新地岛地区的冷空气在西欧脊前偏西北气流的引导下, 易在乌拉尔山南部、里海-巴尔喀什湖地区堆积, 然后进入高原地区, 里海、咸海、高原西部与中国东部“西低东高”的距平分布型, 使得高原地区处在中亚和乌拉尔山南部低值系统的前方, 该低值系统东移带来的冷空气与高原南部偏南风带来的暖湿气流在高原东北部地区交绥, 产生连续不断的降雪。

冬季典型少雪年 (1962、1964、1966、1968、1969 年, 下同) 的 500 hPa 高度距平合成图 (图略) 上, 北半球极涡强度偏弱, 中心偏向东半球; 欧亚自西向东为“- + -”的波列分布, 东亚自北向南为“+ -”波列分布。高度距平场的这种分布型说明, 冰岛和新地岛地区的冷空气在乌拉尔 (山) 脊前偏西北气流的引导下, 易在贝加尔湖东部地区堆积, 然后进入我国华北和东北地区, 高原与东部沿海地区为“西高东低”的距平分布型, 使得高原地区处在贝加尔湖低值系统的西南后方, 进入我国西北地区的冷空气位置偏东, 不能到达高原腹地, 偏南风带来的暖湿气流不能与南下的冷空气在高原东北部地区交绥, 产生连续性降水的天气学条件不具备, 故降雪少。

4.2 多雪、少雪环流指数的变化

计算青南牧区平均积雪量与同期 74 个环流特征量指数之间的相关系数得出, 冬季平均积雪量与印度副热带高压强度指数、东太平洋副热带高压强度指数、北美副热带高压强度指数呈正相关, 与北半球南下的冷空气次数呈负相关。相关值除印度副

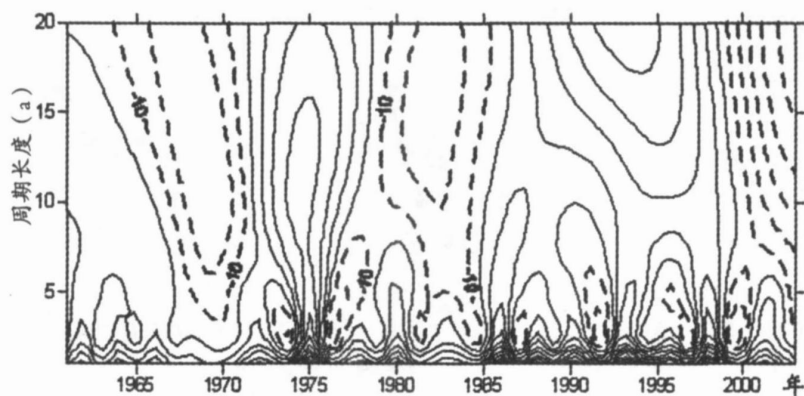


图 5 1961~2003 年青南牧区冬季平均积雪量的小波分析

Fig 5 Wavelet analyses of the surface average accumulated snow in herding area of south of Qinghai province in winter from 1961 to 2003

热带高压强度指数通过了 0.01 的显著性水平检验外,其他的通过了 0.05 的显著性水平检验。说明若印度副热带高压强度指数、东太平洋副热带高压强度指数、北美副热带高压强度指数偏强和北半球南下的冷空气次数偏少时,青南牧区冬季容易多雪,反之易少雪。

冬季印度副热带高压强度指数偏强,容易造成青南牧区积雪偏多。其机理是:冬季从北方南下的冷空气次数和强度与其他季节相比,一般比较多而且强,从影响降雪的天气学条件来看,水汽条件显得非常重要。冬季印度副热带高压一般活动在 $65^{\circ} \sim 95^{\circ} \text{E}$, $10^{\circ} \sim 20^{\circ} \text{N}$ 间,当冬季高压强度偏强时,其高压边缘源自阿拉伯海和印度洋的暖湿空气容易沿高压环流长距离输送到青藏高原,在特定的环流背景下暖湿空气与冷空气结合,形成降雪,出现积雪。

5 未来 10 a 冬季积雪的预评估

对西部地区气温和降水的未来趋势评估,国内的科学工作者已作了研究^[18],我们直接可以应用其研究成果。即气温在 1990 年代的基础上先降低然后升高,变化范围在 $-0.3 \sim 0.1^{\circ} \text{C}$ 之间,降水量在 1990 年代的基础上继续增加 $13\% \sim 22\%$ 。气候变暖对农牧业生产带来的潜在影响和安全问题将继续存在。

利用目前广泛使用的均生函数^[21]诊断方法,对未来 10 a 冬季积雪进行延伸预报得出:未来 10 a 冬季除 2007、2013、2015 年积雪量偏少外,其他年均继续偏多。预测结果显示,未来 10 a 冬季积雪量的变化趋势与 1990 年代基本相同,且呈增多的趋势。

在这一背景下,冬季雪灾发生的几率仍然偏大。

6 结论

1. 青南牧区中雪和大雪出现的站次呈增加的趋势,冬季降雪变化倾向率为 $1.454 \text{ mm}/(10 \text{ a})$, 1990 年代冬季降雪量 (13.5 mm) 比 1960 年代 (6.9 mm) 增加了近一倍,冬季降雪和积雪增加的特征比较显著。冬季地表平均积雪量变化倾向率为 $9.861 \text{ mm}/(10 \text{ a})$, 冬季降雪增多以及冬季平均积雪量连续异常增多或持续维持,是导致青南牧区 1980~1990 年代雪灾增多的最直接原因之一。1960~1990 年代该地区雪灾出现的站次呈现出逐步增多的趋势。1970 年代特大灾和重灾出现的站次较多,1980 年代轻灾明显偏多,1990 年代中灾明显偏多。冬季降雪增多的趋势与新疆大部及河西走廊完全一致。平均积雪量 43 a 来经历了 3 次明显的转折,并具有 9.3 7.0 5.6 4.7 4.0 3.5 3.1 2.2 2.0 a 的显著周期。

2. 青南牧区冬季降雪和积雪变化倾向率随海拔的增加而基本呈增加的趋势(降雪 18 个站均为正变化率,积雪 13 个为正变化率),尤其在海拔 4 100 m 左右的这一高度上增加比较明显。

3. 若高原西部与中国东部地区 500 hPa 高度的距平场配置为“-+”型以及印度副热带高压强度指数、东太平洋副热带高压强度指数、北美副热带高压强度指数偏强和北半球南下的冷空气次数偏少时,青南牧区易出现多雪,反之易少雪。

4. 青南牧区冬季平均积雪量与降雪的变化呈正相关,降雪量越大(小),平均积雪量越大(小)。

未来 10 a 冬季积雪量的变化趋势与 20 世纪 90 年代基本相同呈增多的趋势。在这一背景下, 冬季雪灾发生的几率仍然偏大。

参考文献 (References)

- [1] Zhang Shunli, Tao Shiyun. The influences of snow cover the Tibetan Plateau on Asian Summer Monsoon [J]. *Chinese Journal of Atmospheric Sciences*, 2001, 25(3): 372~390 [张顺利, 陶诗言. 青藏高原积雪对亚洲夏季风影响的诊断及数值研究 [J]. 大气科学, 2001, 25(3): 372~390]
- [2] Chen Qianjin, Gao Ba, Li Weijing, et al. Studies on relationships among snow cover winter over the Tibetan Plateau and droughts/floods during Meiyu season in the middle and lower reaches of the Yangtze River as well as atmosphere/ocean [J]. *Acta Meteorologica Sinica*, 2000, 58(5): 582~595 [陈乾金, 高波, 李维京, 等. 青藏高原冬季积雪异常和长江中下游主汛期旱涝及其与环流关系的研究 [J]. 气象学报, 2000, 58(5): 582~595]
- [3] Zheng Yiqun, Qian Yongpu, Miao Manqian, et al. Effect of the Tibetan Plateau snow cover on China Summer Monsoon Climate [J]. *Chinese Journal of Atmospheric Sciences*, 2000, 24(6): 761~774 [郑益群, 钱永莆, 苗曼倩, 等. 青藏高原积雪对中国夏季气候的影响 [J]. 大气科学, 2000, 24(6): 761~774]
- [4] Chen Qianjin, Gao Ba, Zhang Qiang, et al. Studies on relation of snow cover over the Tibetan Plateau in winter to the winter-summer Monsoon Change [J]. *Chinese Journal of Atmospheric Sciences*, 2000, 24(4): 477~492 [陈乾金, 高波, 张强, 等. 青藏高原雪盖异常与夏季风变异及其相互联系的物理诊断研究 [J]. 大气科学, 2000, 24(4): 477~492]
- [5] Chen Lieting, Yan Zhixin. The abnormality snow cover of Qinghai-Tibetan plateau Winter-spring on influence early summer monsoon of Statistics the analysis [A]. In: A Collection of the Medium Long-term Hydrology Weather Forecast (2) [C]. Beijing: Hydrology Electric power press, 1981. 138~141 [陈烈庭, 闫志新. 青藏高原冬春异常雪盖影响初夏季风的统计分析 [A]. 中长期水文气象预报文集 (2) [C]. 北京: 水利电力出版社, 1981. 138~141]
- [6] Chen Lieting, Yan Zhixin. The abnormality snow cover of Qinghai-Tibetan plateau winter-spring on atmosphere circulation with precipitation influence of our country south summer [A]. In: A Collection of the Medium Long-term Hydrology Weather Forecast Collection of Essays (1) [C]. Beijing: Hydrology Electric Power Press, 1979. 185~194 [陈烈庭, 闫志新. 青藏高原冬春异常雪对大气环流和我国南方汛期降水的影响 [A]. 中长期水文气象预报文集 (1) [C]. 北京: 水利电力出版社, 1979. 185~194]
- [7] Guo Qianwen, Wang Jiqin. The snow cover on Tibet Plateau and its effect on the monsoon over east Asia [J]. *Plateau Meteorology*, 1986, 5(2): 122~123 [郭其蕴, 王继琴. 青藏高原的积雪及其对东亚季风的影响 [J]. 高原气象, 1986, 5(2): 122~123]
- [8] Xu Guochang, Li Shan, Hong Bo. The influence of the abnormal snow cover over the Qinghai-Tibet Plateau on precipitation [J]. *Quarterly Journal of Applied Meteorology*, 1994, 5(3): 62~67 [徐国昌, 李珊, 洪波. 青藏高原雪盖对我国环流和降水的影响 [J]. 应用气象学报, 1994, 5(3): 62~67]
- [9] Li Peiji. Distribution on snow cover for high Asia [J]. *Journal of Glaciology and Geocryology*, 1995, 17(4): 297~298 [李培基. 高亚洲积雪分布 [J]. 冰川冻土, 1995, 17(4): 297~298]
- [10] Wei Zhigang, Lu Shihua. The distribute characteristic snow cover of Qinghai-Tibetan Plateau and its to Ground Reflect the rate Influence [J]. *Plateau Meteorology*, 1995, 14(2): 67~73 [韦志刚, 吕世华. 青藏高原积雪的分布特征及其对地面反照率影响 [J]. 高原气象, 1995, 14(2): 67~73]
- [11] Wei Zhigang, Huang Ronghui, Chen Wen, et al. Spatial distribution and interdecadal variations of the snow on the Tibetan Plateau weather Stations [J]. *Chinese Journal of Atmospheric Sciences*, 2002, 26(4): 496~508 [韦志刚, 黄荣辉, 陈文, 等. 青藏高原地面积雪的空间分布和年代际变化特征 [J]. 大气科学, 2002, 26(4): 496~508]
- [12] Zhou Lusheng, Li Haihong, Wang Qingchun. The basic characteristics of heavy snow storm process and snow disaster distribution in eastern pastoral areas of Qinghai-Xizang Plateau [J]. *Plateau Meteorology*, 2000, 19(4): 450~458 [周陆生, 李海红, 汪青春. 青藏高原东部牧区大-暴雪过程及雪灾分布的基本特征 [J]. 高原气象, 2000, 19(4): 450~458]
- [13] Dong Anxiang, Qu Zhang, Yin Xianzhong, et al. The Singular Analysis of snow damage in eastern Qinghai-Xizang Plateau [J]. *Plateau Meteorology*, 2001, 20(2): 213~219 [董安祥, 瞿章, 尹宪志. 青藏高原东部雪灾的奇异谱分析 [J]. 高原气象, 2001, 20(2): 213~219]
- [14] Dong Wenjie, Wei Zhigang, Fan Lijun. Climatic character analysis of snow disasters in east Qinghai-Xizang Plateau Livestock Farm [J]. *Plateau Meteorology*, 2001, 20(4): 402~406 [董文杰, 韦志刚, 范丽军. 青藏高原东部牧区雪灾的气候特征分析 [J]. 高原气象, 2001, 20(4): 402~406]
- [15] Standard of Qinghai province Place the DB63/T372-2001. Meteorology Disaster Standard [S]. Quantity Technique Direct Bureau of Qinghai 2001. 6~8 [青海省地方标准 DB63/T372-2001. 气象灾害标准 [S]. 青海质量技术监督局, 2001. 6~8]
- [16] Li Dongliang, Guo Hui, Wang Wen, et al. Effects of sunspot cycle length and CO₂ on air temperature along Qinghai-Xizang railway and air temperature trend prediction [J]. *Science in China (Series D)*, 2004, 47(suppl): 131~141
- [17] Shi Yafeng, Shen Yongping, Li Dongliang, et al. An Assessment of the Issues of Climatic Shift from Warm-dry to Warm-wet in Northwest China [M]. Beijing: Meteorology Press, 2003. 17~44 [施雅风, 沈永平, 李栋梁, 等. 中国西北气候由暖干向暖湿转型问题评估 [M]. 北京: 气象出版社, 2003. 17~44]
- [18] Qin Dahe. Assessment on Environment of Western China-Environmental Characteristics of Western China and Their Change [M]. Beijing: Science Press, 2002. 54~67 [秦大河总主编. 中国西部环境演变评估-中国西部环境特征及其演变 [M]. 北京: 科学出版社, 2002. 54~67]
- [19] Tang Maocang, Cheng Goudong, Lin Zhenyao. Contemporary climate variations over Qinghai-Xizang (Tibetan) Plateau and their influences on Environments [M]. Guangzhou: Guangdong Science

and Technology Press, 1998. 1~ 339 [汤懋苍, 程国栋, 林振耀主编. 青藏高原近代气候变化及其对环境的影响 [M]. 广州: 广东科技出版社, 1998. 1~ 339]

- [20] Yang Jianping, Dong Yongjian, Shen Yongping. Climatic features of eco-Environment change in the Source Regions of the Yangtze and Yellow Rivers in recent 40 years [J]. *Journal of Glaciology and Geology*, 2004, 26(1): 7~ 16 [扬建平, 丁永建, 沈永平. 近

40a来江河源区生态环境变化的气候特征分析 [J]. 冰川冻土, 2004 26(1): 7~ 16]

- [21] Cao Hongxing, Wei Shunying, Li Shengchang. Precipitation Cycle time Model of Many steps Estimate [J]. *Quarterly Journal of Applied Meteorology*, 1993, 4(2): 198~ 204 [曹鸿兴, 魏风英, 刘生长. 多步预测的降水时序模型 [J]. 应用气象学报, 1993, 4 (2): 198~ 204]

Character of Snow Cover with Snow Damage Change and Its Prepare Evaluation Research in the South of Qinghai Province

SHI Xinghe^{1, 2}, QIN Ningsheng¹, LIDongliang³, TANG Hongyu^{1, 2}, WANG Qingchun³,
FENG Shuqing⁴, MA Zhanliang¹

(1. The Climate Center of Qinghai Province, Xining 810001, China ;

2. Laboratory for Climate Study China Meteorological Administration, Beijing 10081, China;

3. Cold & Arid Regions Environmental and Engineering Research Institute Chinese Academy of Science, Lanzhou 730000, China;

4. The Province Meteorological Science Institute, Qinghai Xining 810001, China)

Abstract Using the data of air temperature, rainfall and accumulated snow determined by meteorological observatory stations in herding area in south of Qinghai province from 1961 to 2003, and based on climate diagnosis method, we analyzed the evolution character of climate elements for example accumulated snow and the origin of snow disasters. The results indicated that the appearance times of moderate snow, heavy snow and snow disasters presented the tendency with increasing gradually in herding area in the south of Qinghai in 1960s to 1990s, and the rates of climate change tendency of snowfall and surface average accumulated snow were respectively 1.941 mm/(10 years) and 9.861 cm/(10 years); and the accumulation of single station about 4 100 m altitude increased significantly. It is complete consistence in winter that snowfall and surface average accumulated snow increase of the trend with of Xinjiang. The type more (less) snow years of 500 hPa a height anomaly field is “- +” (“+ -”) in the west of plateau and the east of China. In the future 10 years it will keep on increasing of accumulated snow in winter, and the probability of snow disasters happened is still big.

Key words snow cover; change; character; the south of Qinghai province