

陶云, 段旭, 姚愚, 等. 云南寒潮与昆明准静止锋的气候关联性分析[J]. 灾害学, 2018, 33(2): 99–105. [TAO Yun, DUAN Xu, YAO Yu, et al. The climate correlation analysis between the Cold Wave in Yunnan and Kunming Quasi-Stationary front [J]. Journal of Catastrophology, 2018, 33(2): 99–105. doi: 10.3969/j.issn.1000-811X.2018.02.018.]

云南寒潮与昆明准静止锋的气候关联性分析*

陶云¹, 段旭¹, 姚愚², 段长春¹, 任菊章¹, 陈艳¹, 何华³

(1. 云南省气象科学研究所, 云南昆明 650034; 2. 云南省气候中心, 云南昆明 650034; 3. 云南省气象台, 云南昆明 650034)

摘要: 利用云南 122 个气象测站 1961–2014 年 1–12 月逐日平均气温资料和日最低气温资料及 1961–2010 年云贵高原地面逐日观测数据, 统计分析了云南寒潮与昆明准静止锋间气候关联性。结果表明: ①云南寒潮频次偏多区域主要位于昆明准静止锋多年平均位置的东侧(即锋后)。②云南寒潮频次与昆明准静止锋频次的年代际变化基本是相反的, 近 50 年寒潮频次减少, 在 1985 年附近, 寒潮频数由偏多期转为了偏少期; 昆明准静止锋频次近 50 年为增加, 在 2002 年, 静止锋频数由偏少期转为了偏多期。年际变化存在显著正相关关系, 特别是冬季, 即寒潮爆发偏多(少)时, 昆明准静止锋也偏多(少), 这种关系在静止锋的东侧(锋后)更为密切。③云南寒潮频次与昆明准静止锋平均经向位置年代际变化基本一致。近 50 年寒潮频次减少, 静止锋平均经向位置略偏西。年际变化存在显著负相关关系, 即寒潮爆发偏多(少)时, 昆明准静止锋平均经向位置偏西(东), 这种关系在静止锋西侧(锋前)比东侧(锋后)更为密切。④寒潮移动与静止锋的移动有着密切联系, 即影响云南寒潮位置偏西时, 昆明准静止锋位置相应偏西, 反之, 偏东。影响云南寒潮强度与静止锋位置存在正相关, 即变温(或温度距平)越大(小), 静止锋越偏东(西)。

关键词: 寒潮; 云南; 昆明准静止锋; 气候特征; 关联性

中图分类号: X43; P642 **文献标志码:** A **文章编号:** 1000–811X(2018)02–0099–07

doi: 10.3969/j.issn.1000–811X.2018.02.018

云南地处青藏高原东南侧, 地形起伏, 高差悬殊, 特殊的地理位置和地形地貌形成了云南四季不分明, 干湿季节明显的气候特征。冬半年(10月–翌年4月)受青藏高原及重重高山阻挡下, 云南寒潮发生频次及强度都较全国大部较少, 但寒潮仍是云南冬半年重要的灾害性天气之一^[1–2], 也是气象工作者长期关注的热点问题。1950 年代, 李宪之^[3]把东亚寒潮划分为甲、乙、丙三种类型; 陶诗言^[4]研究了影响中国大陆的冷空气源地和路径, 把 45°~65°N, 70°~90°E 范围划为寒潮关键区。1980 年代早期, 仇永炎等^[5–6]、刘怡等^[7]分析了寒潮天气的物理过程, 对寒潮中期预报方法进行了一系列探索。近 10 年, 国内许多专家^[8–11]对寒潮的活动规律及成因做了进一步深入研究, 获得了许多有意义的结果。云南气象工作者^[12–15]等也对影响云南的寒潮个例及寒潮活动规律进行了分析, 对影响云南的寒潮有了一定了解。

昆明准静止锋是极地南下冷气团遇青藏高原和云贵高原阻挡后与西南暖气团对峙而形成的。是中国西南地区东部云贵高原上经常出现的天气系统, 是冬半年影响云南的重要天气系统, 可造成云南降水、降

温、强对流以及低温冷害等灾害性天气。昆明准静止锋通常位于四川宜宾、贵州兴仁和云南广南一带, 呈准南北向, 有白天东退、夜间西进的日变化^[16]; 杨鉴初等^[17]指出准静止锋是高原东部特殊地形的产物, 是北方寒潮与高原南支西风间的界面。一些专家^[18–20]从天气学概念上对昆明准静止锋进行了研究, 对昆明准静止锋的结构及影响云南天气的机理有一定认识。寒潮和昆明准静止锋是冬半年影响云南天气气候的重要系统, 对于两者间存在的相互关联性几乎没见报道, 本文从气候学方面讨论云南寒潮时空变化特征及其与昆明准静止锋位置、频次间的关系, 有助于加强对寒潮及静止锋活动规律的认识, 为云南极端天气气候事件的预测预报及防灾减灾提供参考。

1 资料与方法

资料: 云南 122 个气象测站 1961–2014 年 1–12 月逐日平均气温资料和日最低气温资料; 1961–2010 年 100°~110°E、20°~30°N 范围内地面气象站逐日观测数据。冬半年是指 11 月–翌年 4 月。

* 收稿日期: 2017–10–11 修回日期: 2017–12–18

基金项目: 国家自然科学基金(41565002; 41365006; 41365007; 41665004); NSFC–云南联合基金重点项目(U1502233)

第一作者简介: 陶云(1971–), 女, 云南个旧人, 正研级高级工程师, 主要从事气候诊断及气候变化研究。

E-mail: cqkty@163.com

表 1 云南寒潮标准

	降温寒潮	低温寒潮
滇东北	日平均气温 24 h 下降 8℃ 以上或者 48 h 下降 10℃ 以上或者 72 h 下降 12℃ 以上, 且日最低气温 ≤5℃	日平均气温较平均值低 5℃ 以上, 且日最低气温 ≤5℃
其他地区	日平均气温 24 h 下降 6℃ 以上或者 48 h 下降 8℃ 以上或者 72 h 下降 10℃ 以上, 且日最低气温 ≤5℃	日平均气温较平均值低 5℃ 以上, 且日最低气温 ≤5℃

注: 平均值为 1981–2010 年隆冬(12 月–次年 2 月)日平均温度的平均值

方法: 段旭等^[21]提出了昆明准静止锋锋面位置客观判识方法, 计算获得 1961–2010 年冬半年昆明静止锋位置、频次等资料; 姚思等^[22]定义了云南寒潮标准, 并根据降温方式的不同, 分为降温寒潮和低温寒潮(表 1), 统计了 1961–2014 年冬半年云南寒潮频次; 利用数理统计方法中的相关分析法、一元回归趋势分析法、Mann–Kendall 检验方法、功率谱方法等分析了寒潮及昆明静止锋气候变化特征及关联性。

2 云南寒潮空间分布与昆明准静止锋位置

图 1 是云南 122 个测站的年平均寒潮日数的空间分布和昆明准静止锋平均位置。从图 1 中可以看出, 云南寒潮日数空间分布自东向西逐步递减: 昭通南部、曲靖大部、文山东北部、昆明东部寒潮日数超过 10 d/年; 昭通东部、昆明东部、文山西部、红河东南部等地 7~10 d/年; 昭通北部、昆明中部、红河中东部和玉溪东部等地 4~7 d/年; 其余地区寒潮日数在 4 d/年以下。

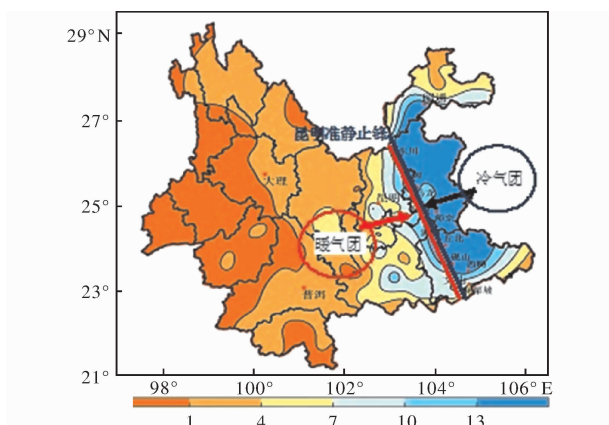


图 1 云南 122 个测站 1961–2014 年年平均寒潮日数空间分布 (单位: d) 和昆明准静止锋平均位置

参考文献^[21]给出昆明准静止锋的平均位置(图 1): 昆明准静止锋具有准 S–N 向和位于云贵之间(昆明 102.65°E, 贵阳 106.73°E)的特征。图中可看出昆明准静止锋平均位置在东川、寻甸、马龙、陆良、师宗、泸西、丘北、砚山、西畴、麻栗坡一线附近。寒潮偏多的区域主要位于昆明准静止锋的东侧(即锋后), 大部寒潮日数超过 15 d/年。这意味着影响云南的寒潮活动与昆明准静止锋这一天气系统的活动可能

存在一定的关系。下面通过分析 1961–2010 年寒潮频次与昆明准静止锋频次、位置等年际、年代际以及月际变化关系, 了解这两个系统间的关联性。

3 云南寒潮与昆明准静止锋月际变化

云南寒潮最早出现在 10 月上旬, 最晚结束于 5 月中旬^[22], 因此年内变化主要分析 1 月、2 月、3 月、4 月、5 月、10 月、11 月及 12 月寒潮与静止锋两者间的变化。图 2 是云南寒潮和昆明准静止锋的年内变化。图 2 中清楚可知云南寒潮主要集中于冬季 12 月、1 月和 2 月, 占全年寒潮频次的 87%, 最多出现在 1 月; 4 月、5 月及 10 月寒潮较少, 其中 5 月最少。

影响云南的寒潮分为降温寒潮和低温寒潮, 从图 2 可知云南寒潮主要是低温寒潮, 占总寒潮的 89%; 降温寒潮仅占 11%。这是由于冷空气路途遥远以及受重重山脉的阻挡, 影响云南时势力已经大大减弱, 很难达到降温寒潮的标准, 而北方源源不断补充南下的冷空气造成云南持续低温达到低温寒潮。低温寒潮月际变化与总寒潮一致, 主要集中于冬季 12 月、1 月和 2 月, 占全年低温寒潮频次的 92%, 最多出现在 1 月; 4 月、5 月及 10 月较少, 其中 5 月最少。降温寒潮主要集中于 12 月、1 月、2 月和 3 月, 占全年降温寒潮频次的 86%, 1–3 月频次基本一样, 最多出现在 1 月。5 月和 10 月频次较少, 其中 5 月最少。

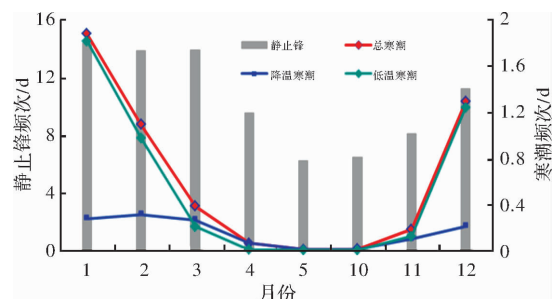


图 2 云南寒潮(曲线)和昆明准静止锋(柱状)的月变化(单位: d)

昆明准静止锋主要集中于 12 月、1 月、2 月和 3 月, 占全年静止锋频次的 64%, 1–3 月频次基本一样, 最多出现在 1 月。5 月和 10 月频次较少, 其中 5 月最少。

从月际变化看云南寒潮总的变化与静止锋的变化基本一致, 主要出现在冬季。其中降温寒潮

与静止锋月际变化最为一致。

4 云南寒潮与昆明准静止锋年际及年代际变化

4.1 云南寒潮频次与昆明准静止锋频次年际及年代际变化

图3是冬半年云南全省平均寒潮频次和昆明准静止锋频次的时间演变图。图3a是寒潮和静止锋频次原始序列,从图3a中可看出冬半年云南寒潮频次和昆明准静止锋频次的长期变化趋势不一致。云南寒潮近50年总体趋势是显著减少,通过了95%的显著性检验,每10年减少0.662 d。利用M-K检测方法发现(图4a),其存在一个突变点,在1985年附近,寒潮频数由偏多转为偏少。1985年前寒潮频次以正距平为主(26年中有16年为正距平),之后以负距平为主(24年中有17年为负距平)。云南寒潮多年平均为4.9 d,1961-1985年平均寒潮频数为5.9 d,较多年平均值偏多1 d,1986-2009年平均寒潮频数为3.7 d,较多年平均值偏少1.2 d。云南寒潮最多年出现在1975年达

13.7 d,其次是1976年为10.9 d、1973年和1982年皆为10.7 d;最少年份是1986年,仅为0.7 d,其次是1980年为0.9 d。低温寒潮和降温寒潮的长期变化趋势与总寒潮基本一致,为减少,其中低温寒潮每10年减少0.658 d,通过了95%的显著性检验;降温寒潮每10年仅减少0.04 d,减少趋势不明显,没有通过显著性检验。

昆明静止锋近50年总趋势为增加,通过了90%的显著性检验,每10年增加2.565 d。利用M-K检测方法发现(图4b),其也存在一个突变点,在2002年,静止锋频数由偏少期转为了偏多期。2002年前静止锋频次以负距平为主(42年中有26年为负距平),之后以正距平为主(7年中有6年为正距平)。昆明准静止锋多年平均为71 d,1961-2002年平均静止锋频数为69.1 d,较多年平均值偏少1.9 d,2003-2009年平均静止锋频数为82.3 d,较多年平均值偏多11.3 d。云南静止锋最多年出现在1995年最长达108 d,其次是2005年为94 d和1983年为93 d;最少年份是1980年、1986年及1998年,仅为46 d。

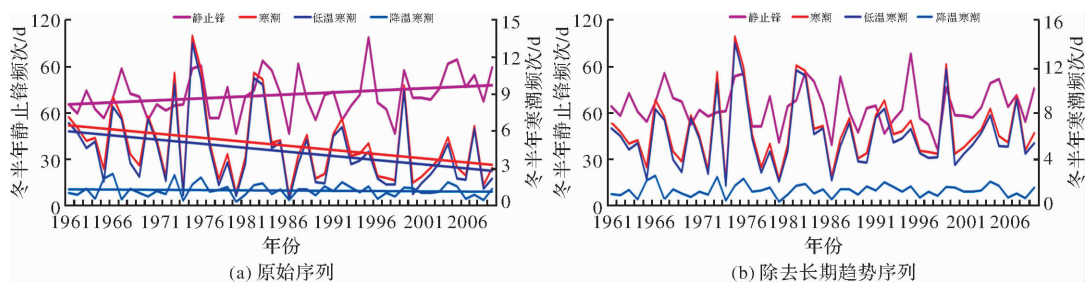


图3 冬半年云南寒潮和昆明准静止锋频次的时间演变(单位: d)

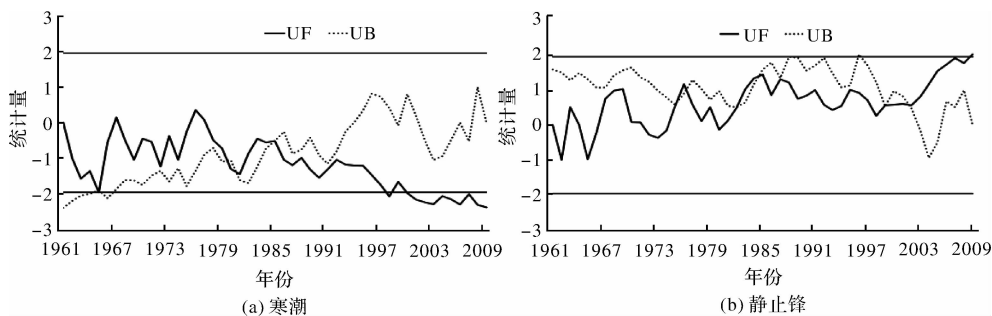


图4 云南寒潮和昆明准静止锋 Mann-Kendall 统计量曲线(直线: $\alpha=0.05$ 的显著性水平临界值)

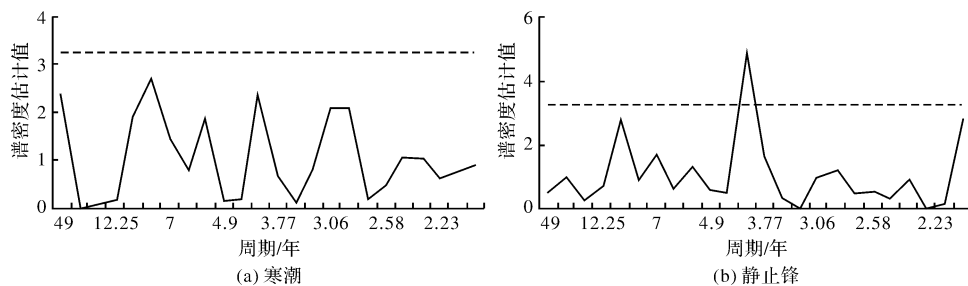


图5 云南寒潮和昆明准静止锋功率谱(直虚线: $\alpha=0.05$ 的显著性水平临界值)

利用离散功率谱方法分析了云南寒潮与昆明准静止锋的周期(图5)。从图5a可知,云南寒潮主要周期有3年左右、4年左右及8年左右的周期,但都没有通过0.05的显著性水平检验;低温寒潮的变化周期与总寒潮一致(图略),也没有通过0.05显著性水平检验;降温寒潮主要周期有2年左右、3年左右、5年左右及10年左右的周期(图略),5年左右和10年左右的周期通过了0.05的显著性水平检验。从图5b可见,昆明准静止锋主要周期有2年左右、4年左右及10年左右的周期,4年左右的周期通过了0.05的显著性水平检验。

计算总寒潮、低温寒潮及降温寒潮频次与静止锋频次的相关系数发现(表2),相关系数大于0.34,都通过了98%的显著性检验,说明云南寒潮与昆明准静止锋存在较好的年际变化。为了较好的分析两者的年际变化特征,我们去除了两个序列的长期变化趋势,见图3b。

表2 云南寒潮频次和昆明准静止锋频次相关系数

	总寒潮	低温寒潮	降温寒潮
原始序列	0.40	0.38	0.34
除去长期趋势序列	0.53	0.51	0.38

从图3b可看出除去长期变化趋势后,云南总寒潮及低温寒潮频次与昆明准静止锋频次年际变化吻合非常好,不仅峰(谷)值对应很好,局部升(降)趋势也基本一致,相关系数为0.51~0.53,通过99.9%的显著性检验。降温寒潮频次与静止锋频次在峰(谷)值对应上稍微差了点,相关系数为0.38,通过99%的显著性检验。从相关系数看除去长期变化的序列能够更好地反映寒潮与静止锋间年际变化的真实关系。低温寒潮与静止锋频次的相关远远高于降温寒潮,说明低温寒潮的生成和维持可能对静止锋生成及维持有着重要作用,这与低温寒潮是云南寒潮的主要类型有关。

进一步分析在昆明准静止锋平均位置东侧即锋后(昭通站)和西侧即锋前(昆明站)冬季寒潮频次与昆明准静止锋频次年际变化(图略)。昆明准静止锋东侧(昭通)和西侧(昆明)冬季寒潮和准静止锋频次原始序列的变化基本上与全省的变化一致,静止锋东(西)侧寒潮与静止锋频次长期变化皆为反相变化,寒潮为减少,静止锋为增加。但除去长期变化趋势后,静止锋东侧寒潮频数与静止锋频次对应非常好,波峰和波谷几乎重叠,两者相关系数达到0.62,通过99.9%的显著性检验。静止锋西侧寒潮频数与静止锋频次对应关系不是很好,波峰和波谷有错位和反向的现象,两者相关系数仅为0.116,未通过显著性检验。

从昆明准静止锋东、西侧冬季寒潮和准静止锋频次相关系数(表3)可看出,无论是原始序列还是除去长期趋势序列,总寒潮东侧与静止锋的相关分别为0.54、0.62,远远高于西侧0.05、0.116,西侧寒潮频次与静止锋几乎不相关。低温寒潮与总寒潮一致,东侧相关为0.53、0.618,高于西侧0.049、

0.115;降温寒潮与静止锋相关则为西侧0.276、0.283,高于东侧0.07、0.069,西侧的降温寒潮与静止锋相关系数通过了95%的显著性检验,而东侧降温寒潮与静止锋频次几乎不存在相关关系。

表3 昆明准静止锋东、西侧冬季寒潮和准静止锋频次相关系数

		总寒潮	低温寒潮	降温寒潮
原始序列	东侧(昭通)	0.54	0.53	0.07
	西侧(昆明)	0.05	0.049	0.276
除去长期趋势序列	东侧(昭通)	0.62	0.618	0.069
	西侧(昆明)	0.116	0.115	0.283

上面的分析说明①云南寒潮频次与昆明准静止锋频次的长期变化趋势基本相反,寒潮频次减少,静止锋频次增加。②云南寒潮频次与昆明准静止锋频次的年际变化存在一定关系,特别是冬季,存在显著正相关关系,即寒潮爆发偏多(少)时,昆明准静止锋也偏多(少),这种关系在静止锋的东侧(锋后)更为密切。这可能与昆明静止锋不仅受冷气团的影响,还与暖气团及地形有着密切关系。③低温寒潮和降温寒潮与静止锋频次的关系存在差异。静止锋东侧低温寒潮频次与静止锋频次相关较好,而静止锋西侧降温寒潮频次与静止锋频次相关较好。

4.2 云南寒潮频次与昆明准静止锋平均经向位置年际及年代际变化

冬半年和昆明准静止锋平均经向位置近50年总趋势略为向西偏移,未通过显著性检验,每10年偏西 0.02° 。计算总寒潮、低温寒潮及降温寒潮频次与静止锋平均经向位置的相关系数发现(表4),两者为负相关,相关系数在 $-0.3 \sim -0.33$ 之间,都通过了95%的显著性检验,说明云南寒潮频次偏多(少)时,昆明准静止锋平均经向位置偏西(东)。

表4 云南寒潮频次和昆明准静止锋平均经向位置相关系数

	总寒潮	低温寒潮	降温寒潮
原始序列	-0.31	-0.30	-0.33
除去长期趋势序列	-0.40	-0.39	-0.36

除去长期变化趋势后,云南总寒潮及低温寒潮频次与昆明准静止锋平均经向位置年际变化的对应有一定提高,相关系数在 $-0.36 \sim -0.40$,通过99%的显著性检验。由于两者长期趋势较为一致,所以除去长期变化的序列与原序列在反映寒潮与静止锋平均经向位置年际变化上有一定改善,但没有静止锋频次改善明显。低温寒潮和降温寒潮对静止锋平均经向位置的相关基本相同,说明静止锋的东西移动与寒潮的种类无关。

分析在昆明准静止锋平均位置东侧即锋后(昭通站)和西侧即锋前(昆明站)冬季寒潮频次与昆明准静止锋平均经向位置年际变化(图略)。昆明准静止锋东侧和西侧冬季寒潮频次和准静止锋平均经向位置原始序列的变化基本上一致,长期变化寒潮频次为减少,静止锋平均经向位置略向西偏移。除去

长期变化趋势后, 寒潮频次与静止锋平均经向位置对应关系变化不大。从昆明准静止锋东、西侧冬季寒潮和准静止锋平均经向位置相关系数(表 5)可也看出, 除去长期趋势序列前后, 寒潮东侧频次与静止锋平均经向位置的相关系数变化不大。寒潮频次与静止锋平均经向位置的相关系数为负相关, 即寒潮偏多(少), 静止锋平均经向位置偏西(东)。

表 5 昆明准静止锋东侧(昭通)、西侧(昆明)冬季寒潮频次和准静止锋平均经向位置相关系数

		总寒潮	低温寒潮	降温寒潮
原始序列	东侧(昭通)	-0.10	-0.11	0.02
	西侧(昆明)	-0.256	-0.258	-0.101
除去长期趋势序列	东侧(昭通)	-0.108	-0.119	0.021
	西侧(昆明)	-0.283	-0.288	-0.098

对比东西两侧, 东侧相关低于西侧, 说明静止锋西侧寒潮频次对静止锋平均经向位置的影响比东侧明显。其中低温寒潮的影响较降温寒潮明显, 降温寒潮与静止锋平均经向位置几乎不存在相关关系。

上述分析说明①云南寒潮频次与昆明准静止锋平均经向位置的长期变化趋势基本一致, 寒潮频次减少, 静止锋平均经向位置略偏西。②云南寒潮频次与昆明准静止锋平均经向位置的年际变化存在显著负相关关系, 即寒潮爆发偏多(少)时, 昆明准静止锋平均经向位置偏西(东), 这种关系在静止锋西侧(锋前)比东侧(锋后)更为密切。③静止锋东(西)两侧低温寒潮频次与昆明准静止锋平均经向位置的相关都较降温寒潮好, 降温寒潮与静止锋平均经向位置几乎不存在相关关系。

4.3 云南寒潮移动对昆明准静止锋移动的影响

2008 年 1 月 12 日-2 月 15 日昆明静止锋持续

表 6 2008 年 1 月 12 日-2 月 15 日影响云南寒潮和昆明准静止锋东西位置

日期(月. 日)	昆明准静止锋/(°E)	寒潮/(°E)	日期(月. 日)	昆明准静止锋/(°E)	寒潮/(°E)
1. 12	104. 9	无	1. 30	104. 1	104. 2
1. 13	104. 4	104. 3	1. 31	103. 4	103. 3
1. 14	104. 3	104. 2	2. 01	102. 5	102. 4
1. 15	103. 9	103. 8	2. 02	103. 2	102. 4
1. 16	103. 0	103. 1	2. 03	103. 8	103. 4
1. 17	104. 1	104. 3	2. 04	104. 4	104. 3
1. 18	104. 3	无	2. 05	103. 9	103. 8
1. 19	104. 8	无	2. 06	103. 4	103. 6
1. 20	105. 0	无	2. 07	103. 2	103. 3
1. 21	104. 6	无	2. 08	102. 1	102. 6
1. 22	104. 6	104. 2	2. 09	102. 8	103. 1
1. 23	104. 6	104. 3	2. 10	102. 8	102. 4
1. 24	104. 1	104. 3	2. 11	102. 9	102. 4
1. 25	104. 8	无	2. 12	101. 8	101. 3
1. 26	104. 3	无	2. 13	102. 3	101. 5
1. 27	103. 9	104. 2	2. 14	101. 4	101. 6
1. 28	104. 3	104. 3	2. 15	101. 7	101. 5
1. 29	104. 5	104. 3			

注: 黑粗斜体表示 5 次昆明准静止锋和寒潮同时明显西移的过程

了 35 d, 是 1961 年以来持续时间最长的一次过程。作为个例比较分析了寒潮最西位置与昆明准静止锋东西移动的关系。在此选择 23°~26°N 间昆明准静止锋平均的经度为其东西向位置; 23°~26°N 间出现寒潮的最偏西的云南气象站的经度为影响云南寒潮的东西位置。

从表 6 可以清楚看出, 每一次影响云南的寒潮向西明显推进时, 昆明准静止锋的位置也明显向西摆动。如 2008 年 1 月 16 日寒潮位置从 104°E 附近西移到 103°E 附近, 昆明准静止锋也出现了一次明显西移, 从 104°E 附近移到 103°E 附近, 之后影响云南的寒潮位于 104°E 附近或 23°~26°N 间无寒潮影响, 则静止锋也东退位于 104°~105°E 间; 1 月 31 日-2 月 1 日影响云南的寒潮再次西移到 103°E 和 102°E 附近, 相应静止锋也明显西移, 从 104°E 附近移到 103°E 和 102°E 附近; 2 月 8-11 日寒潮位于 102°~103°E 间, 静止锋也位于 102°~103°E 附近; 2 月 12-15 日寒潮再次西移到 101°~102°E 间, 相应静止锋也明显西移到 101°~102°E 间。计算两者间的相关系数高达 0.95, 通过了 99.9% 的显著性检验。总之, 寒潮移动与静止锋的移动有着密切联系, 即影响云南寒潮位置偏西时, 昆明准静止锋位置相应偏西, 反之, 偏东。

4.4 云南寒潮强度对昆明准静止锋移动的影响

根据寒潮的定义, 用 24 h、48 h、72 h 变温以及日平均气温距平值来表示寒潮强弱。在此用 23°~26°N 间云南气象站的 24 h、48 h、72 h 变温以及日平均气温距平值的区间平均值来表示入侵云南寒潮的强度。仍然选择 2008 年 1 月 12 日-2 月 15 日昆明静止锋为个例分析影响云南寒潮强度对昆明准静止锋东西移动的影响。

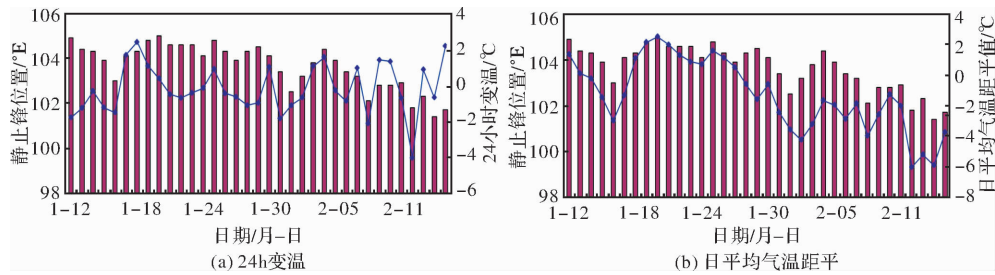


图6 寒潮强度与昆明准静止锋位置图(柱状:静止锋位置;折线:寒潮强度)

图6是2008年1月12日-2月15日影响云南寒潮强度与昆明准静止锋东西位置的变化图。从图6中可以看出影响云南寒潮的强弱对昆明准静止锋的东西移动有明显影响。昆明准静止锋几次明显的西伸出现在1月16日、1月31日-2月1日、2月8日及2月12日,对应24h变温及日平均气温距平基本上都处于相对低值,而昆明准静止锋位置相对偏东时,寒潮强度指标基本处于相对高值。48h和72h变温与昆明准静止锋东西位置的变化基本与24h变温一致(图略)。计算各个寒潮强度指标与静止锋位置的相关系数(表7),四个指标与静止锋位置存在正相关,即变温(或温度距平)越大(小),静止锋越偏东(西)。24h变温及48h变温与静止锋位置的相关关系没有通过显著性检验,72h变温通过了95%显著性检验,日平均气温距平对静止锋位置的影响最显著,相关系数高达0.88,通过了99.9%的显著性检验。变温对静止锋位置影响较小,而低温对静止锋位置影响显著,可能与影响云南的寒潮主要是低温寒潮有关(图2)。

表7 影响云南寒潮强度和昆明准静止锋位置相关系数

24 h 变温	48 h 变温	72 h 变温	日平均气温距平
0.16	0.26	0.35	0.88

5 小结

通过对1961-2010年冬半年云南寒潮和昆明准静止锋气候关联性的分析,获得以下结论。

(1)云南寒潮频次偏多区域主要位于昆明准静止锋多年平均位置的东侧(即锋后)。

(2)云南寒潮月际变化与静止锋的变化基本一致。寒潮主要出现在冬季12月、1月和2月,占全年低温寒潮频次的92%,最多出现在1月,5月最少。昆明准静止锋主要集中于12月、1月、2月和3月,占全年静止锋频次的64%,最多出现在1月,5月最少。

(3)云南寒潮频次与昆明准静止锋频次年代际变化基本是相反的,近50年寒潮频次减少,在1985年附近,寒潮频数由偏多期转为了偏少期;昆明准静止锋频次近50年为增加,在2002年,静止锋频数由偏少期转为了偏多期。

(4)云南寒潮和昆明准静止锋的主要周期基本一致。寒潮主要周期有3年左右、4年左右及8年

左右的周期,皆没通过0.05的显著性水平检验;昆明准静止锋主要周期有2年左右、4年左右及10年左右的周期,4年左右的周期通过了0.05的显著性水平检验。

(5)云南寒潮频次与昆明准静止锋频次的年际变化存在显著正相关关系,特别是冬季,即寒潮爆发偏多(少)时,昆明准静止锋也偏多(少),这种关系在静止锋的东侧(锋后)更为密切。低温寒潮和降温寒潮与静止锋频次的关系存在差异。静止锋东侧低温寒潮频次与静止锋频次相关较好,而静止锋西侧降温寒潮频次与静止锋频次相关较好。

(6)云南寒潮频次与昆明准静止锋平均经向位置的长期变化趋势(年代际变化)基本一致。近50年寒潮频次减少,静止锋平均经向位置略偏西。年际变化存在显著负相关关系,即寒潮爆发偏多(少)时,昆明准静止锋平均经向位置偏西(东),这种关系在静止锋西侧(锋前)比东侧(锋后)更为密切。

(7)寒潮移动与静止锋的移动有着密切联系,即影响云南寒潮位置偏西时,昆明准静止锋位置相应偏西,反之,偏东。影响云南寒潮强度与静止锋位置存在正相关,即变温(或温度距平)越大(小),静止锋越偏东(西)。

参考文献:

- [1] 秦剑, 琚建华, 解明恩, 等. 低纬高原天气气候[M]. 北京: 气象出版社, 1997.
- [2] 陶云, 吴星霖, 段旭, 等. 2008年云南滇东北电线覆冰的气象条件[J]. 灾害学, 2009, 24(2): 82-86.
- [3] 李宪之. 东亚寒潮侵袭的研究[M]//中国近代科学论著丛刊. 气象学(1919-1949). 北京: 科学出版社, 1955: 35-118.
- [4] 陶诗言. 东亚冬季冷空气活动的研究[R]//中央气象局. 短期预报手册. 北京: 1957: 20-55.
- [5] 仇永炎, 赵其庚. 1978年10月份寒潮前后的正压能量转换与季节过渡[J]. 气象学报, 1983, 41(2): 159-166.
- [6] 仇永炎, 刘景秀. 寒潮中期预报研究成果简介[J]. 气象学报, 1985, 43(2): 253.
- [7] 刘怡, 仇永炎. 用轨迹法研究寒潮个例[J]. 气象学报, 1992, 50(1): 62-73.
- [8] 康志明, 金荣花, 鲍媛媛. 1951-2006年期间我国寒潮活动特征分析[J]. 高原气象, 2010, 29(2): 420-428.

- [9] 王遵娅, 丁一汇. 近 53 年中国寒潮的变化特征及其可能原因[J]. 大气科学, 2006, 30(6): 1068–1076.
- [10] 李峰, 矫梅燕, 丁一汇, 等. 北极区近 30 年环流的变化及对中国强冷事件的影响[J]. 高原气象, 2006, 25(2): 209–219.
- [11] 钱维宏, 张玮玮. 我国近 46 年来的寒潮时空变化与冬季增暖[J]. 大气科学, 2007, 31(6): 1266–1278.
- [12] 张云瑾, 尹红梅. 云南 70–90 年代倒春寒的天气气候特征[J]. 云南大学学报(自然科学版), 1999, 21(5): 370–373.
- [13] 张云瑾, 方召盟, 肖瑶. 云南强冷空气过程的特点[J]. 云南大学学报(自然科学版), 1991, 13(2): 176–182.
- [14] 张腾飞, 鲁亚斌, 张杰, 等. 2000 年以来云南 4 次强降雪过程的对比分析[J]. 应用气象学报, 2007, 18(1): 64–72.
- [15] 海云莎, 田永丽, 陈新梅. 云南寒潮时空特征及变化分析[J]. 云南大学学报(自然科学版), 2011, 33(S1): 147–152.
- [16] 樊平. 昆明准静止锋[J]. 天气月刊, 1956, 3(S0): 14–16.
- [17] 杨鉴初, 陶诗言, 丁一汇, 等. 西藏高原气象学[M]. 北京: 科学出版社, 1960: 280.
- [18] 李英. 条件性对称不稳定与昆明准静止锋风雹[J]. 热带气象学报, 1999, 15(3): 82–88.
- [19] 段旭, 李英, 孙晓东. 昆明准静止锋结构[J]. 高原气象, 2002, 21(2): 205–209.
- [20] 尤红, 曹中和, 郭文华, 等. 昆明静止锋下的云南强倒春寒天气分析[J]. 气象, 2006, 32(3): 56–62.
- [21] 段旭, 段玮, 邢冬. 昆明准静止锋客观判识方法研究[J]. 气象学报, 2017, 75(5): 811–822.
- [22] 姚愚, 陶云, 邢冬, 等. 1961–2014 年云南冷空气活动的气候特征分析[J]. 灾害学, 2018, 33(1): 122–129.

The Climate Correlation Analysis between the Cold Wave in Yunnan and Kunming Quasi-Stationary Front

TAO Yun¹, DUAN Xu¹, YAO Yu², DUAN Changchun¹, REN Juzhang¹, CHEN Yan¹ and HE Hua³
(1. Yunnan Institute of Meteorological Sciences, Kunming 650034, China; 2. Yunnan Climate Center, Kunming 650034, China; 3. Yunnan Meteorological Observatory, Kunming 650034, China)

Abstract: Based on daily mean temperature and minimum temperature of 122 meteorological observation stations in Yunnan and daily ground observation stations data of Yunnan-Guizhou Plateau from 1961 to 2010, The climate correlation between the Cold Wave (CW) in Yunnan and Kunming Quasi-Stationary Front (KQSF) is analyzed. The results show: ①The more CW frequency region over Yunnan is mainly located in the east side of the KQSF average position (the back of KQSF). ②The interdecadal change of Yunnan CW frequency is basically opposite to the KQSF. The Yunnan CW frequency has decreased in nearly 50 years and from more than mean period to less in near 1985. The KQSF frequency has increased in nearly 50 years and from less than mean period to more in near 2002. The annual change has obviously positive correlation between CW and KQSF, especially in the winter. When the CW frequency is more (less) than the normal, the KQSF frequency is also more (less) than the normal. The relationship is closer in the east side of the KQSF (the back of KQSF). ③The interdecadal change of Yunnan CW frequency is basically consistent with the mean meridional location of KQSF. In nearly 50 years, the Yunnan CW frequency has decreased and the meridional location of KQSF is slightly by west. The annual change has obviously negative correlation. When the CW frequency is more (less) than the normal, the KQSF location is more west (east) than the normal. The relationship is closer in the west side of the KQSF (the front of KQSF) than the east side of the KQSF (the back of KQSF). ④The CW movement has closely relationship with KQSF movement. When the CW location is more west than the normal, the KQSF location is also more west than the normal; and vic versa. The CW intensity has positive correlation with the KQSF location. When alternating temperature (or temperature anomaly) is bigger (smaller), the KQSF location is more east (west) than the normal.

Key words: Cold Wave (CW); Yunnan; Kunming Quasi-Stationary Front (KQSF); climatic characteristic; Correlation Analysis