

文章编号: 2096-1618(2023)02-0214-07

# 塔里木盆地夏季热低压的特征分析

张寅钲<sup>1</sup>, 赵勇<sup>1</sup>, 霍文<sup>2</sup>

(1. 成都信息工程大学大气科学学院, 四川 成都 610225; 2. 中国气象局乌鲁木齐沙漠气象研究所, 新疆 乌鲁木齐 830002)

**摘要:**为更好地揭示塔里木盆地热低压的时空变化特征,利用1979–2016年欧洲中期预报中心的再分析资料,采用相关分析和合成分析的方法对塔里木盆地夏季热低压的时空特征和影响因子进行讨论和分析。结果表明,塔里木盆地夏季热低压主要在盆地南部生成,7月最多、强度最强,8月生成的热低压生命史最长。夏季热低压频数、生命史和强度均呈减少和减弱趋势。夜间型(日间型)和短生命史型(长生命史型)热低压频数均呈减少趋势,但对热低压总频数的贡献呈增加(减少)趋势。盆地南部和山区的热力对比及低空东风急流导致盆地南部海平面气压降低,为热低压的生成提供了有利条件。

**关键词:**气候变化;热低压;低空急流;热力差异;塔里木盆地

**中图分类号:**P467

**文献标志码:**A

**doi:**10.16836/j.cnki.jcuit.2023.02.013

## 0 引言

气旋可以分为锋面气旋和无锋气旋,无锋气旋又可以分为热带气旋和地方性气旋。一般地方性气旋不移动,受地形或下垫面加热产生,前者称之为地形低压,后者为热低压。在热低压天气系统控制时,一般多为晴热天气,一旦有冷空气侵入就会迅速填塞,导致强对流天气发生<sup>[1]</sup>。在热带由于陆地表面的强烈加热,导致大尺度的低层空气加热上升,在赤道附近趋于集中,行星旋涡就会产生经典的气旋环流即热低压,对季风系统产生重要影响<sup>[2–3]</sup>。青藏高原热低压和西南热低压是中国最为典型的两种热低压系统,其发生发展对区域天气气候存在重要影响。夏季受青藏高原热源影响,在高原表面形成低压环流,最强出现在7月,与中国东部夏季降水密切相关,当高原热低压增强时,长江流域和中国西北夏季降水增多,华北和华南地区降水减少<sup>[4–7]</sup>。西南热低压对西南地区春季天气气候具有重要影响。20世纪60年代,就有学者分析了西南热低压特征及其与西南涡的区别<sup>[8]</sup>。西南地区春季暴雨与热低压密切相关,4月贵州22%的暴雨由热低压导致,5月这个比率达到66%<sup>[9]</sup>。热低压主要形成在鞍型场的附近,是导致西南地区春季高温天气的主要天气系统,有70%的热低压天气过程会带来35℃以上的高温天气<sup>[10–11]</sup>。

沙漠地区夏季地表感热加热强烈,易引发较为深厚

的热低压系统。最为典型的就是在澳大利亚北部荒漠地区,从晚春到早秋热低压都持续存在,在热低压控制的区域内,较高的地面温度与较低的近地面气压会影响当地的天气系统。例如冷空气,在澳大利亚北部,热低压辐合对于对流调整起了重要的作用<sup>[12–13]</sup>。此外,热低压还对澳大利亚上空水汽输送和季风存在重要影响作用<sup>[14]</sup>。塔里木盆地是中国最大的内陆盆地,热低压活动极其频繁,当这些干燥的热低压发展强盛时,易诱发大风,形成沙尘天气<sup>[15]</sup>。相对于高原热低压和西南热低压,对塔里木盆地热低压认识还相当有限。20世纪80年代,曾文忠<sup>[16]</sup>初步讨论塔里木盆地热低压的天气特征和预报着眼点。21世纪初期,李江风<sup>[17]</sup>分析了塔里木热低压与地理因子的关系,浅谈了塔里木热低压的性质,初步诠释了塔里木热低压的季节分布及其中、低空的环流形势。但受限于资料没有给出热低压的具体分布特征及其生命史。国外针对北非、澳大利亚和中东沙漠地区的热低压研究已比较系统,并给出了形成机制和对天气气候的影响过程,但是针对塔里木盆地热低压的研究相对匮乏,有必要基于最新资料,给出塔里木盆地热低压的时空变化特征。

## 1 研究资料

欧洲中期预报中心(ECMWF)提供的ERA-Inerim逐6h海平面气压和850hPa气压,月均800hPa纬向风和地表感热通量等再分析资料,其中海平面气压和850hPa气压用于定义和分析热低压及其特征变化;800hPa纬向风用来表征低空东风急流,从动力角度揭示其对热低压生成频数的影响;地表感热通量则从热力角度揭示

收稿日期:2022-03-15

基金项目:中央级公益性科研院所基本科研业务费专项基金资助项目(IDM2018005);中国沙漠气象科学基金资助项目(sqj2017011)

通信作者:赵勇.E-mail:zhaoyong608@cuit.edu.cn

其对热低压生成频数的影响。上述所用资料的水平分辨率 $0.25^{\circ} \times 0.25^{\circ}$ ,分析时段为1979–2016年。逐6 h再分析资料时间为世界时,在本文已订正为北京时。本文仅考虑塔里木盆地内热低压变化情况,因而考虑低于1500 m海拔高度区域,夏季指6–8月。

## 2 结果分析

### 2.1 热低压的定义

目前针对热低压的定义,有较多着眼点。如Bollasina等<sup>[18]</sup>提出热低压的显著特征是比较周边地区地表压力低3~10 hPa。Lavender<sup>[19]</sup>基于EC细网格资料的LLAT判定算法,必须满足在地面上,热低压区域内网格点的海平面气压值要比周边24个网格点平均值至少低0.5 hPa,在850 hPa高度至少低8个网格点。新疆本地学者定义热低压,规定生命史达12 h及以上,850 hPa有闭合环流在盆地上空或处在暖平流中<sup>[17]</sup>。本文综合以上定义方法,给出了塔里木盆地热低压定义方法:规定一次热低压过程生命史不小于12 h,盆地内任一格点的海平面气压值比周边24个网格点值低0.5 hPa,在850 hPa要低于周边8个网格点。符合以上条件,则认为该格点发生一次热低压过程,发生热低压频数为1次。图1给出了塔里木盆地热低压发生的位置,由图1可见,热低压主要发生在盆地的南部,东南部多于西南部,82°E~85°E是热低压生成的主要区域。

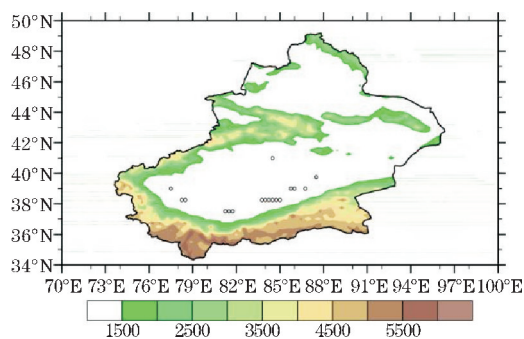


图1 地形高度(阴影)和热低压生成位置(空心圆表示)的分布

### 2.2 热低压频数、生命史和强度的变化特征

图2给出了各月热低压频数、平均气压、最低气压和持续时间等特征。由图2可见,热低压发生频数呈现单峰分布,7月最大,发生频数为5次,其次为8月,发生频数多于3次,6月最小,少于3次。从持续时间来看,8月热低压生命史最长,大于15 h,其次为7月,热低压生命史也大于15 h,但略少于8月,6月热低压生命史在14~15 h。从热低压过程平均气压来看,7月热低压平均气压最小,小于995 hPa,6月次之,8月最大。从热低压过程最低气压来看,同样7月最小,小

于990 hPa,6月次之,约为994 hPa,8月最低气压略高于6月。

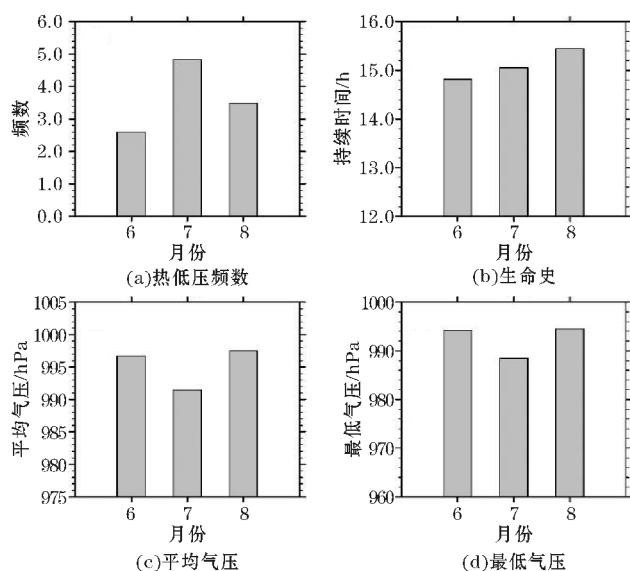
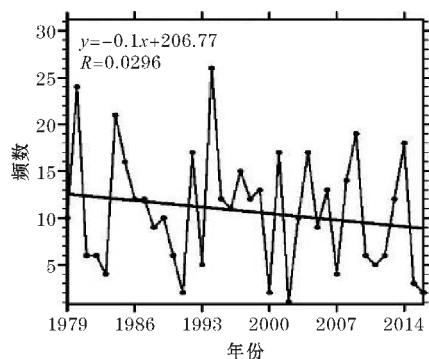
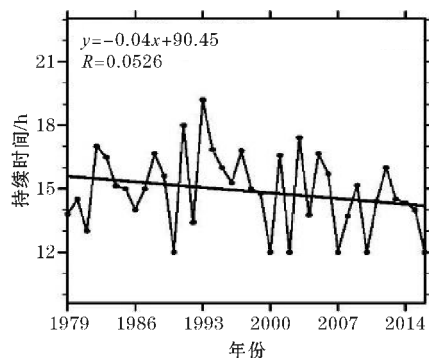


图2 热低压频数、生命史、平均气压和最低气压的年均分布

图3给出了夏季热低压频数和平均生命史年际和趋势变化。由图3可见,热低压频数总体呈减少趋势,减少幅度为1次/10a,但是这种减少趋势并不显著。1994年,热低压发生频数最多,可达26次,其次为1980年,为24次,2002年最少,仅有1次。热低压平均生命史呈现微弱的下降趋势,20世纪80年代中后期和90年代中前期,热低压的生命史相对较长,在16 h以上,2000年后,生命史则相对较短。



(a) 热低压频数



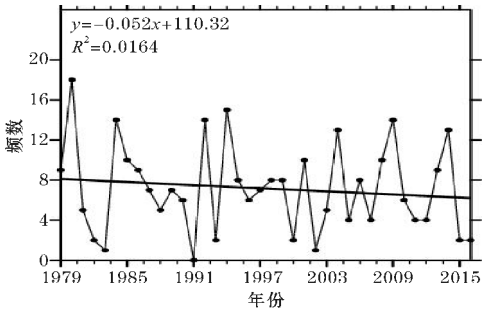
(b) 平均生命史

图3 夏季热低压频数和平均生命史的年际和线性趋势变化

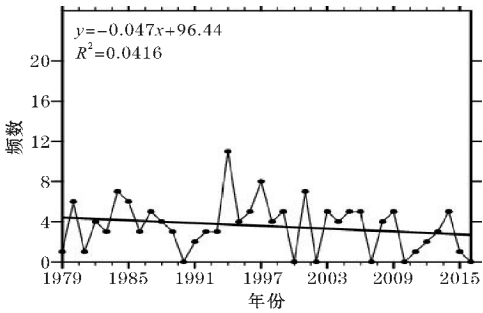
将热低压分为两类,一类是短生命史型热低压(生命史等于12 h),另外一类是长生命史型热低压(生命史大于12 h),进一步分析两类热低压频数和平均生命史的变化特征。由图 4 可见,两类热低压频数均为减少趋势。短生命史型热低压频数减少幅度为 0.52 次/10 a,1980 年发生最多,达 18 次,1991 年没有发生。长生命史型热低压频数减少幅度为 0.47 次/10 a,1994 年发生最多,达 11 次,有 6 年没有发生。从两类热低压频数对总频数贡献变化来看,短生命史型热低压频数的贡献要多于长生命史型热低压的贡献,约占

总频数的 60% 以上,虽然短生命史型热低压频数是减少的,但是对总频数的贡献是增加的,2000 年以后,约占总频数的 70%。长生命史型的热低压频数对总频数的贡献是减小的,而且这种变化显著,2000 年以后,约占总频数的 30% 左右。

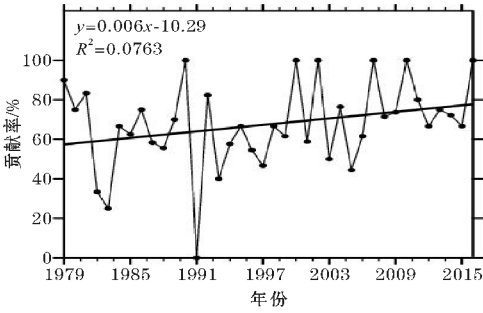
从热低压生成的日变化来看,存在明显的日变化特征。6 月和 7 月,热低压在 8 时生成的最多,8 月则为 2 时最多(图略)。那么夜间生成的热低压和日间生成的热低压,其频数变化及其对总频数贡献的年际



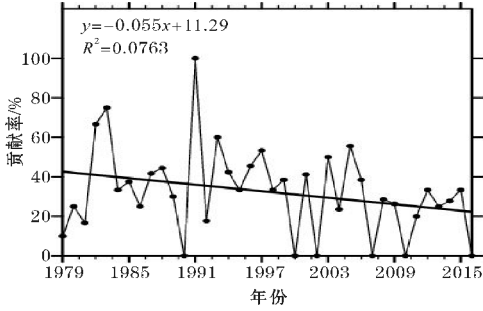
(a) 短生命史型频数



(b) 长生命型频数

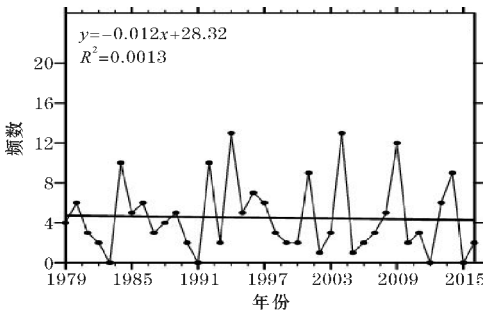


(c) 短生命史型频数对热低压总频数的贡献

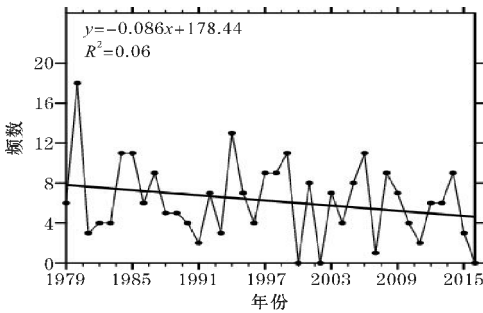


(d) 长生命史型频数对热低压总频数的贡献

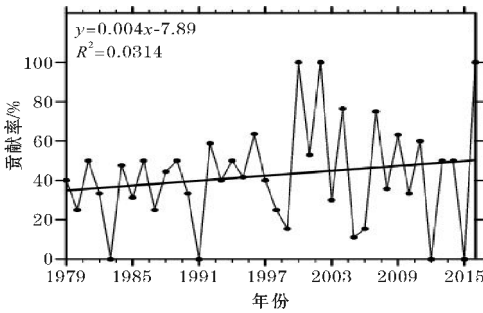
图 4 夏季不同持续时间热低压频数及其对总频数贡献的年际和线性趋势变化



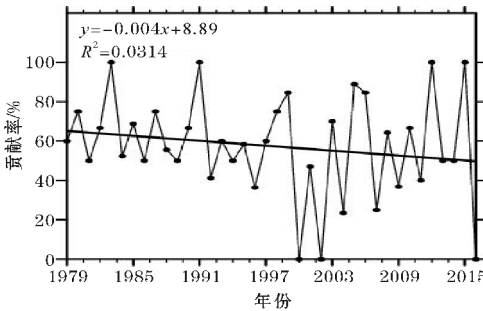
(a) 夜间型频数



(b) 日间型频数



(c) 夜间型频数对热低压总频数的贡献



(d) 日间型频数对热低压总频数的贡献

图 5 夏季不同发生时间热低压频数及其对总频数贡献的年际和线性趋势变化

特征如何呢? 将 20 时和 2 时生成的热低压称为夜间型,8 时和 14 时生成的热低压称为日间型。对比两类热低压型的年际变化和趋势特征,由图 5 可见,夜间生成和日间生成的热低压频数相近,总体呈减少趋势,夜间型有 4 年没有热低压生成,日间型 3 年没有热低压生成。二者对总频数的贡献区别较大,夜间型热低压对总频数的贡献呈增加趋势,尤其 2000 年后的 10 年,贡献在 60% 以上。日间型热低压对总频数的贡献呈减少趋势,20 世纪 90 年代之前,贡献较大,在 60% 左右。

下面用平均气压和最低气压两个量分析热低压强度的变化特征。由图 6 可以看出,热低压过程的平均气压呈增加趋势,说明热低压强度在减弱,2002 年,热低压平均强度最弱,1999 年最强。热低压过程中最低气压和平均气压有类似的变化特征,也呈现增强趋势,极值年份与平均气压一致。

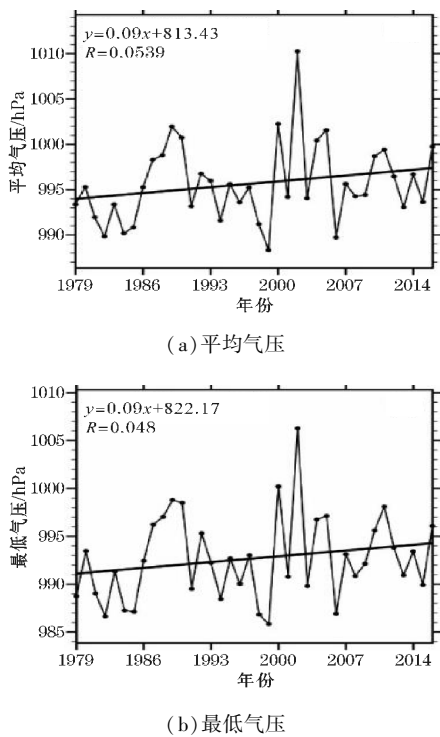


图 6 夏季热低压平均气压和最低气压的年际和线性趋势变化

2.3 影响热低压生成的环流和热力条件

什么因素导致塔里木盆地夏季热低压主要发生在盆地的南部? 由于热低压是海平面气压空间分布不均匀的体现,因此先分析海平面气压分布。图 7 为 6-8 月多年平均海平面气压的空间分布,可见,6 月海平面气压的低值中心并不在盆地中间,而位于盆地南部,气压低值带呈东北-西南走向,低值中心为 1005 hPa。7 月海平气压分布特征和 6 月类似,但是气压低值中心

进一步减弱,达到 1002 hPa。8 月气压低值中心较 7 月加强,中心值升至 1006 hPa。综上可见,山区和盆地北部的气压均高于盆地南部,存在东北-西南走向低压带,气压明显弱于周边区域,为热低压的形成提供了有力条件,因此热低压易在此区域生成。

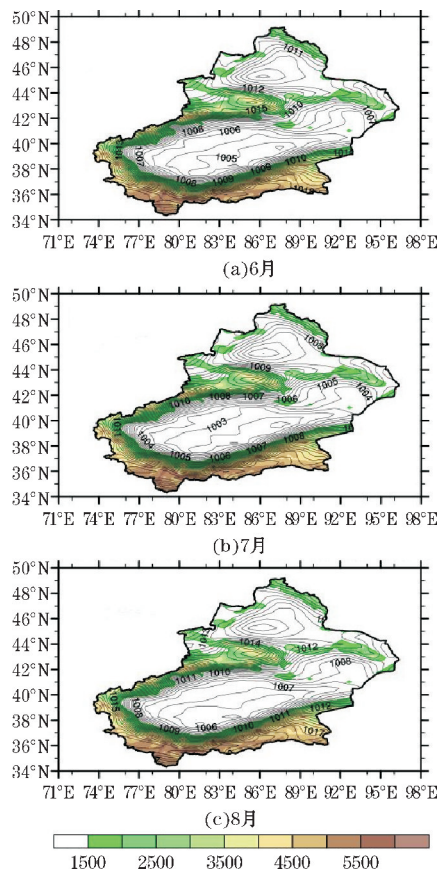


图 7 夏季各月年均海平面气压分布

什么因素导致该区域海平面气压异常低于周边区域呢? 本文从环流和加热两个角度给予解释。图 8 (a) ~ (c) 为塔里木盆地 800 hPa 纬向风 6-8 月平均分布及热低压频数与纬向风的相关分布。可见,6 月塔里木盆地整体吹东风,天山以北为西风,主要受大尺度环流绕流影响所致,在盆地的南部存在东风大值区。7 月和 8 月纬向风的分布特征和 6 月相似。已有研究将盆地南部的东风大值带称为低空东风急流带<sup>[20-21]</sup>,低空东风急流在 2000 m 高度最大,因此本文取 800 hPa 表示,高度约为 1920 m。由流体质量守恒可知,上层风速大,会带走较多的空气质量,低层的空气上升补偿,因而导致低层的海平面气压降低。比较图 8 和图 7 可见,急流区和海平面气压低值带存在较好的一致性。进一步分析热低压频数和急流的关系,由图 8 (d) 可见,显著相关区位于盆地的南部,说明东风越强,海平面气压越低,易生成热低压。

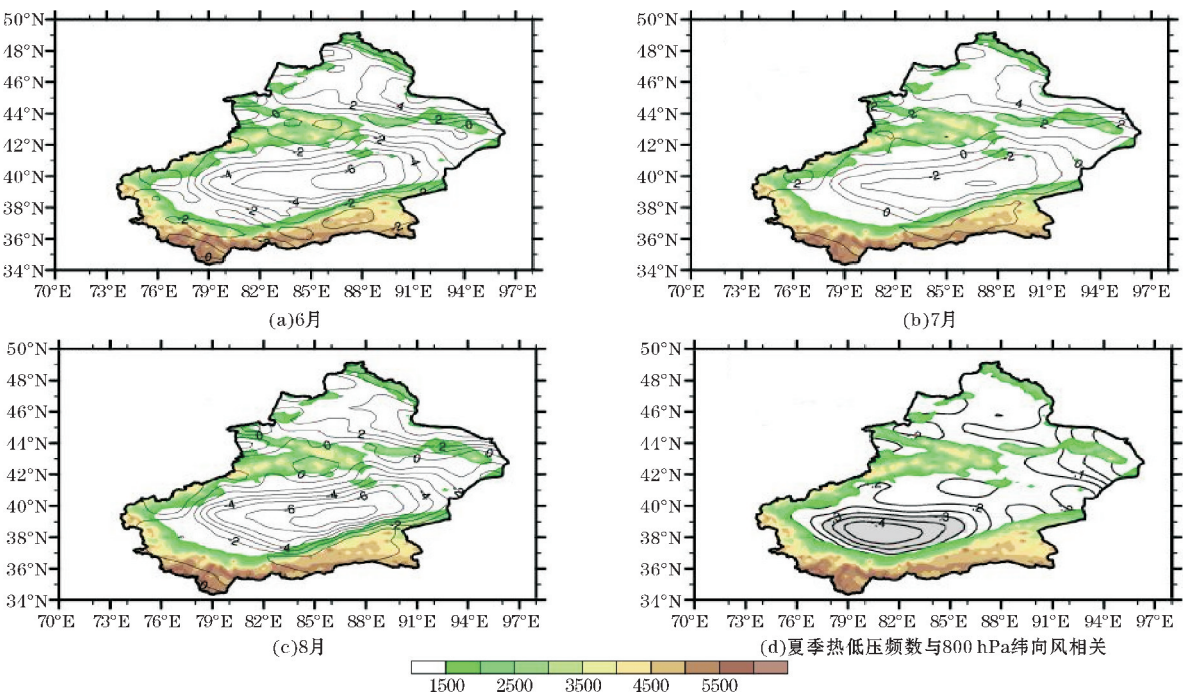


图8 夏季各月800 hPa 纬向风的年均分布 (阴影部分表示通过95% 信度检验)

塔里木盆地以干旱气候为主,感热加热是地表加热的主导因子,因此本文以感热通量代表地表加热状况。由图9(a)~(c)可见,盆地的感热大值带主要位于南部,呈东北-西南走向,与气压低值带一致。由热力适应可知,加热大值区表层对应气旋型环流,辐合上升,低层形成低气压区,给热低压的生成提供了有力条件。图9(d)显示了夏季热低压频数与地表感热的相关分布,由图可见,热低压频数与感热在盆地的东南部及邻近山区呈正相关,说明该区域感热越强,热低压频

数则越多,但是与盆地感热相关并不显著,而与山区感热相关显著,这说明山区和盆地的感热差异对热低压生成的影响要大于盆地自身感热加热。当山区感热偏强时,与盆地形成明显热力对比,导致东风气流增大,从而导致海平面气压降低,易生成热低压。综上,塔里木盆地热低压的生成,与青藏高原和澳大利亚热低压形成有区别,后者主要是由下垫面加热造成<sup>[7,12]</sup>,塔里木盆地的热低压是受地表加热和特殊的环流(低空东风急流)两个因子共同影响的。

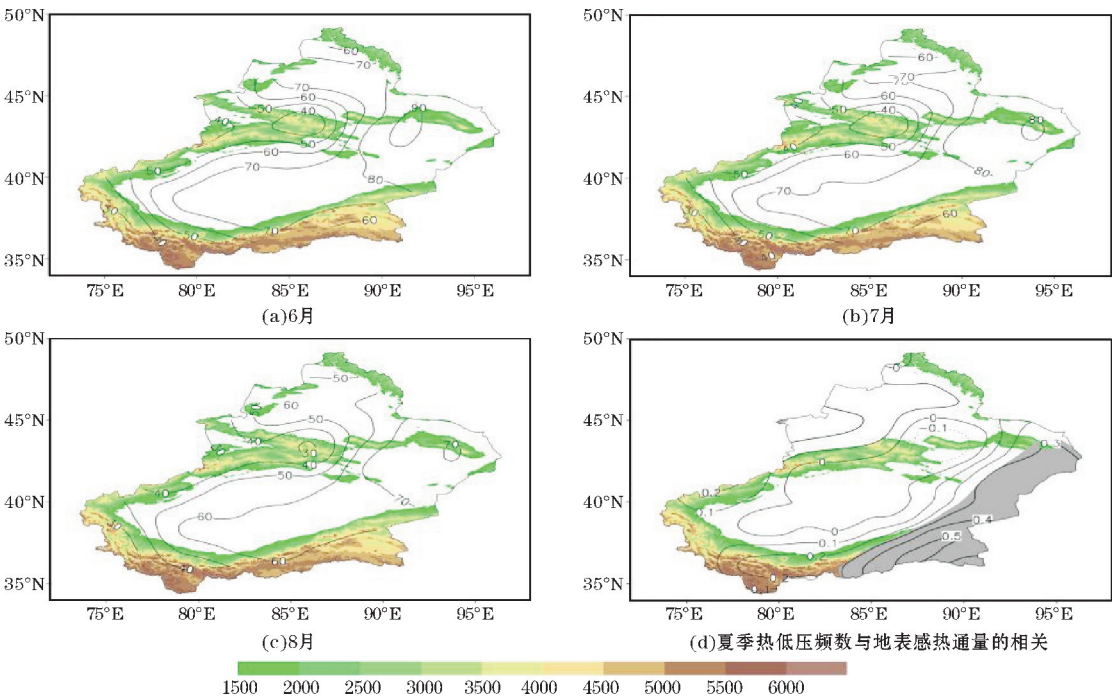


图9 夏季各月地表感热通量的年均分布 (阴影部分表示通过95% 信度检验)

### 3 结论

基于1979–2016年ERA-Interim再分析资料,分析了塔里木盆地热低压频数、强度和生命史的变化特征,并从地面加热和大气环流两个角度,讨论了其对热低压生成的影响。主要结论如下:

(1)塔里木盆地夏季热低压主要发生在盆地南部,7月生成最多,可达5次,强度也最大,中心气压低于995 hPa,生命史8月最长,最长可达42 h。夏季热低压频数呈现减少趋势,减少幅度为1次/10a,生命史也呈减少趋势,减少时长为0.4 h/10a。

(2)将热低压分为4种类型,依据生命史长短,分为短生命史(12 h)型和长生命史型(大于12 h),依据生成时间,分为夜间型(20时和2时)和日间型(8时和14时),分别讨论这4类热低压频数的变化及其对总频数的贡献。短生命史型和长生命史型热低压频数均呈现减少趋势,但是前者对总频数的贡献呈增加趋势,后者减少。夜间型和日间型热低压也均呈减少趋势,夜间型对总频数贡献呈上升趋势,日间型的贡献减少。热低压强度呈减弱趋势,热低压过程的平均气压和最低气压增强的幅度均为0.9 hPa/10 a。

(3)塔里木盆地南部为低海平面气压带,低于盆地中部和南部山区,因而在此区域易生成热低压。高原南部海平面气压低值带的形成,主要由两个因子影响。一是盆地南部的低空东风急流,急流起到抽气机作用,导致低层大气辐合上升,海平面气压降低;二是盆地南部的感热大值区及山区和盆地的热力差异,由热力适应,热源表层对应气旋型环流,对应辐合上升运动,导致低层气压减弱,同时山区和盆地的热力差异,加强了东风急流,进一步增强了盆地南部的辐合上升运动,导致盆地南部海平气压降低。

### 参考文献:

- [1] Dabberdt W F, Hales J, Zubrick S, et al. Forecast issues in the urbanzone: Report of the 10th prospectus development team of the U. S. Weather Research Program[J]. Bulletin of the American Meteorological Society, 2000, 81(9).
- [2] Rűcz Z, Smith R K. The dynamics of heat lows[J]. Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society, 2010, 125(553): 225–252.
- [3] Parker D J, Burton R R, Diongue N A, et al. The diurnal cycle of the West African monsoon circulation[J]. Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society, 2010, 131(611): 2839–2860.
- [4] 汤懋苍, 沈志宝, 陈有虞. 高原季风的平均气候特征[J]. 地理学报, 1979, 34(1): 33–42.
- [5] 汤懋苍, 梁娟, 邵明镜, 等. 高原季风年际变化的初步分析[J]. 高原气象, 1984, 3(3): 76–82.
- [6] 白虎志, 马振锋, 董文杰. 青藏高原地区季风特征及与我国气候异常的联系[J]. 应用气象学报, 2005, 16(4): 484–491.
- [7] 谢清霞, 范广洲, 周定文, 等. 夏季青藏高原低压的年际和年代际变化及其与我国降水的关系[J]. 高原气象, 2012, 31(6): 1503–1510.
- [8] 李国文. 西南热低压及其预报的研究[J]. 气象学报, 1965, 35(2): 126–131.
- [9] 诸月琴, 高秋莎, 黄万岗. 西南热低压填塞的暴雨预报[J]. 贵州气象, 1994(2): 5–12.
- [10] 杨静, 王超, 雷云, 等. 春季西南热低压的发生发展与结构特征[J]. 气象, 2013, 39(2): 146–155.
- [11] 熊方, 王元. 典型高影响天气系统之西南热低压研究 I—统计分析[J]. 热带气象学报, 2008, 24(4): 391–398.
- [12] Spengler T, Reeder M J, Smith R K. The dynamics of heat lows in simple background flows[J]. Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society, 2010, 131(612): 3147–3165.
- [13] Arnup S J, Reeder M J. The diurnal and seasonal variation of the northern Australian dryline[J]. Monthly Weather Review, 2007, 135(8): 2995–3008.
- [14] Berry G, Reeder M J, Jakob C. Physical mechanisms regulating summertime rainfall over northwestern Australia[J]. Journal of Climate, 2011, 24(14): 3705–3717.
- [15] 韩永翔, 方小敏, 宋连春, 等. 塔里木盆地中的大气环流及沙尘暴成因探讨—根据沙漠风积地貌和气象观测重建的风场[J]. 大气科学, 2005, 29(4): 627–635.
- [16] 曾文忠. 浅变塔里木盆地热低压[J]. 新疆气象, 1986(9): 18–21.
- [17] 李江凤. 塔克拉玛干沙漠和周边山区天气气候[M]. 北京, 科学出版社, 2003: 743–755.
- [18] Bollasina M, Nigam S. The summertime “heat” low over Pakistan/northwestern India: evolution and origin[J]. Climate Dynamics, 2010, 37(5): 957–970.
- [19] Lavender S L. A climatology of Australian heat

low events[J]. International Journal of Climatology, 2016(34):534–539.

[20] 刘华悦,葛颢铭,黄建平. 塔克拉玛干低空急流特征分析[J]. 干旱气象, 2015, 33(3):405–411.

[21] 孙颖姝,周玉淑,王咏青. 一次双高空急流背景下南疆强降水事件的动力过程和水汽源分析[J]. 大气科学, 2019, 43(5):1041–1054.

Analysis on the Characteristics of Heat Low in Summer over the Tarim Basin

ZHANG Yinzhen<sup>1</sup>, ZHAO Yong<sup>1</sup>, HUO Wen<sup>2</sup>

(1. College of Atmospheric Sciences, Chengdu University of Information Technology, Chengdu 610225, China; 2. Institute of Desert Meteorology, China Meteorological Administration, Urumqi 830002, China)

**Abstract:** In order to better reveal the spatio-temporal variation characteristics of heat low in summer over the Tarim Basin, based on the reanalysis dataset provided by the European Centre for Medium-Range Weather Forecasts (ECMWF) during 1979–2016, the spatio-temporal variation characteristics of heat low and its influencing factors are analyzed and discussed by using the methods of correlation and synthetic analysis. The results show that the heat low mainly generates in the southern part of the basin, with the most generated and the strongest intensity in July, and the heat low occurring in August has the longest duration. The frequency, intensity and duration of summer heat low all show a decreasing and weakening trend, but the contribution of the frequency of heat low occurring in night (daytime) or short duration (long duration) to total frequency shows an increasing (decreasing) trend. Furthermore analysis indicates that the thermal contrast between the mountains and the basin and low level easterly jet both are contributed to the decline of sea level pressure over the southern part of the basin, which are favorable to occurrence of heat low.

**Keywords:** climate change; heat low; low level jet; thermal contrast; Tarim Basin