

2014年与2017年湖南省7月2次暴雨天气对比分析

杨令¹, 张琴婧¹, 童中华² (1. 湖南省益阳市气象局, 湖南益阳 413000; 2. 湖南省湘西自治州气象局, 湖南吉首 416000)

摘要 应用常规观测资料、自动站资料及NC再分析资料,从天气形势、中尺度系统、物理量等方面对2014年7月12—14日和2017年7月8—10日湖南省2次暴雨天气的成因进行对比分析。结果表明,欧亚中高纬槽脊为东北—西南向,该结构有利于高空槽的发展,利于带动地面冷空气的南下,副高588 dagpm线为东北—西南向,西脊点在109°E附近,利于冷暖气流在湖南地区的交汇;湖南地区的暴雨过程中低层西南急流8~16 m/s最有利于暴雨出现;中尺度辐合线在强降水过程中起着直接的触发作用;强降水落区基本上位于850 hPa比湿大值区(15 g/kg以上)附近;垂直上升速度以及K指数、SI指数和CAPE值的分布与这2场降水过程的落区及强度也有较好的一致性。

关键词 暴雨;天气形势;地面中尺度系统;物理量;湖南省

中图分类号 S161.6 **文献标识码** A **文章编号** 0517-6611(2018)04-0146-05

Comparison and Analysis of Two Rainstorm Weather in Hunan Province in July 2014 and 2017

YANG Ling¹, ZHANG Qin-jing¹, TONG Zhong-hua² (1. Yiyang City Meteorological Bureau, Yiyang, Hunan 413000; 2. Xiangxi Autonomous Prefecture Meteorological Bureau, Jishou, Hunan 416000)

Abstract Using conventional observation data, automatic station data and NC reanalysis data, the causes of two rainfall weathers in Hunan Province from July 12 to July 14, 2014 and July 8 to July 10, 2017 were comparatively analyzed from the aspects of weather conditions, mesoscale systems and physical quantities. The results showed that the mid-high latitude ridges of Eurasia were northeast-southwest, which was favorable for the development of the upper-level trough and conducive to the southward movement of ground-level cold air. The 588 dagpm line of the subtropical high was east northeast-west southwest and the west ridge was 109°E nearby, which was conducive to the cross-hungry of cold and warm air in Hunan Province. During the rainstorm in Hunan area, the low-level southwest jet 8-16 m/s was most conducive to the occurrence of rainstorm; The mesoscale convergence line played a direct trigger role in the process of heavy rainfall. The areas with heavy rainfall were basically located in the vicinity of 850 hPa big wet area (greater than 15 g/kg). The vertical ascending velocity and the distribution of K index, SI index and CAPE also had good consistency with the falling area and intensity of the two precipitation processes.

Key words Rainstorm; Weather situation; Surface mesoscale system; Physical quantity; Hunan Province

雨季结束前最后一次降水天气过程是政府部门决策的关键环节,2017年7月8—10日是湖南省内雨季结束前最后一场系统性暴雨天气过程,但在预报的过程中数值模式不断调整,对过程的把握从中央到地方都有一定的不确定性,最终导致服务效果差强人意,通过翻阅近些年7月上中旬湖南省内的暴雨天气过程^[1-6],发现2014年7月12—14日的环流形势与此次过程类似,但实况降水有很大的差异。笔者应用常规观测资料、自动站资料及NC再分析资料,从天气形势、中尺度系统、物理量等方面对湖南省这2次暴雨天气的成因进行对比分析,找出这2场降水天气发生机理的异同^[7-8],旨在提高此类暴雨天气的预报准确率。

1 暴雨过程概况

2014年7月11日20:00—14日20:00,除常德北部、邵阳东部、衡阳北部、郴州东南部和永州以外均出现强降水,累计雨量大于250 mm的有3站,大于100 mm有264站(图1a)。雨带于11日晚开始自湘西北角发展,12日白天湘西北到湘中偏北一线均出现了强降水,12日晚强降水移至湘中一带。13日白天降水南压减弱,湘西南出现了局地强降水,13日晚降水进一步减弱。14日白天降水发展,强降水区分为两块,一块位于湘西南南部、怀化北部、益阳南部和娄底北部,另一块位于株洲中北部、衡阳以及郴州北部。

2017年7月7日20:00—10日20:00,湘西北、湘西南到

湘东出现较强降水,累计雨量大于250 mm的有1站,大于100 mm有33站,大于50 mm有193站(图1b)。8日白天湘西北角大到暴雨,8日晚降水强度较大,但仍位于湘西北角;9日白天降水有所东移南压,但是强度减弱,仅在怀化北部、益阳西部、岳阳南部、长沙西部出现了大雨点;9日晚降水进一步东移南压,强度加大,但主降水区位于湘西南角和湘东偏北;10日白天降水区位置基本不变,强度减弱,仅湘西南角通道和城步有暴雨以上量级降水。

相比较而言2次过程都是自湘西北发展,向东南方向移动,但移动过程中产生的降水效率不一样,强降水区也不一样。

2 大尺度对比分析

2.1 高空槽发展演变差异 2014年7月11日08:00欧亚中高纬为两槽一脊,其低槽位于乌拉尔山以西和我国东北地区,两低之间的贝加尔湖阻高非常强盛,其脊北伸至70°N以北,东部的东北低涡有伸向阻高的横槽;20:00高空横槽缓慢转竖,纬向度加大,从东北东部一直延伸至青海南部,引导地面弱冷空气影响我国东部,同时,在槽前正涡度平流和暖平流作用下,在重庆诱发了850 hPa西南低涡的发生发展。12日槽经向度进一步加大,并东移南压,20:00位于渤海湾到重庆一线,湖南位于高空槽前,此时850 hPa西南低涡逐步东移,为暴雨的产生和持续提供动力抬升条件。13日高空槽继续向东南方向,移动缓慢,850 hPa西南低涡已南压至贵州南部,湖南省降水减弱。14日08:00高空槽西退至湖北西北部到四川南部一线,850 hPa西南低涡北抬至重庆西南部,湖南省降水加大,20:00随着500 hPa高空槽逐步移出湖南,导致

基金项目 2015年度湖南省气象局预报员专项(XQKJ16C010)。

作者简介 杨令(1983—),女,湖南汨罗人,高级工程师,从事气象预报研究。

收稿日期 2017-11-17

低涡环流减弱,暴雨过程结束(图 2a)。

2017 年 7 月 7 日 08:00 亚欧中高纬为一槽一脊,其槽脊结构为西北—东南向,高空槽位于乌拉尔山北部经贝加尔湖、我国内蒙古中部、渤海湾、山东、河南一线,脊位于我国东北地区到俄罗斯东部一带;20:00 高空槽略有南压,位于华北到贵州北部一线,此时 850 hPa 西南低涡在四川东部发生发展。8 日高空槽先略有东移南压,随后迅速北抬至陕西西部到四川东部一带,850 hPa 西南低涡从四川东部逐步移至重庆东部,整个强降雨带位于低涡附近及其东南部,湘西北角出

现强降水。9—10 日高空槽迅速东移南压,经向度大,850 hPa 西南低涡以东北路径移出,湖南境内没有出现大量级的降水(图 2b)。

2 次过程的高空槽脊结构最大的区别是走向不同。2014 年 7 月 11—14 日欧亚中高纬槽脊为东北—西南向,该结构有利于高空槽的发展,也有利于带动地面冷空气的南下;2017 年 7 月 7—10 日欧亚中高纬槽脊为西北—东南向,该结构有利于高空脊的发展,但不利于槽的发展,也不利于地面冷空气的影响^[9]。

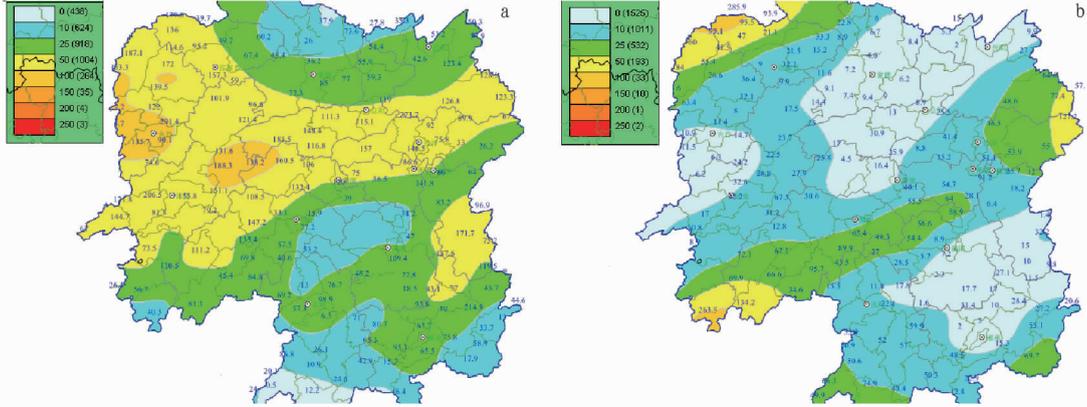


图 1 2014 年 7 月 11 日 20:00—14 日 20:00(a) 和 2017 年 7 月 7 日 20:00—10 日 20:00(b) 降水量

Fig.1 Precipitation during 20:00 July 11 - 20:00 July 14,2014(a) and 20:00 July 7 - 20:00 July 10,2017(b)

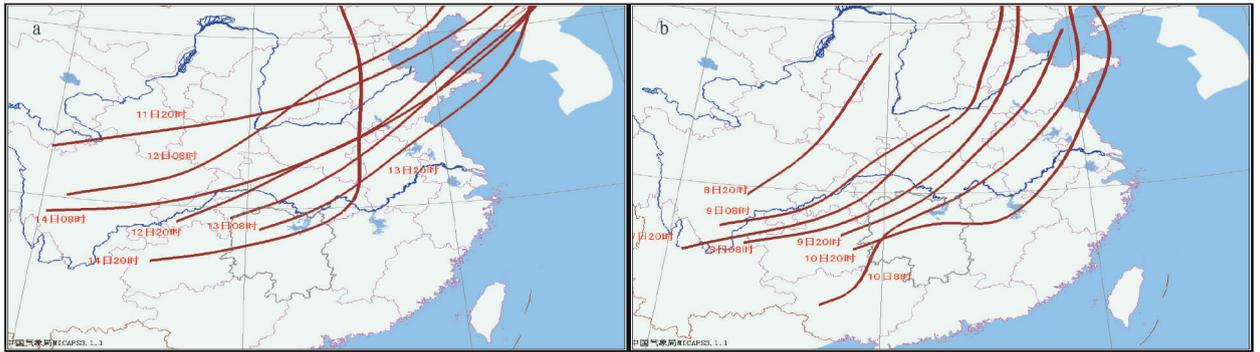


图 2 2014 年 7 月 11 日 20:00—14 日 20:00(a) 和 2017 年 7 月 7 日 20:00—10 日 20:00(b) 高空槽演变

Fig.2 Evolution of high-level trough during 20:00 July 11 - 20:00 July 14,2014(a) and 20:00 July 7 - 20:00 July 10,2017(b)

2.2 副热带高压强度和位置差异 2 次暴雨过程副热带高压(简称副高)主体的位置还是有些差异的(图 3),主要表现

为 2014 年 7 月 11—14 日 588 dagpm 线副高位置偏西,西脊点平均位于 107°E 附近,经向度小于 2017 年 7 月 7—10 日。

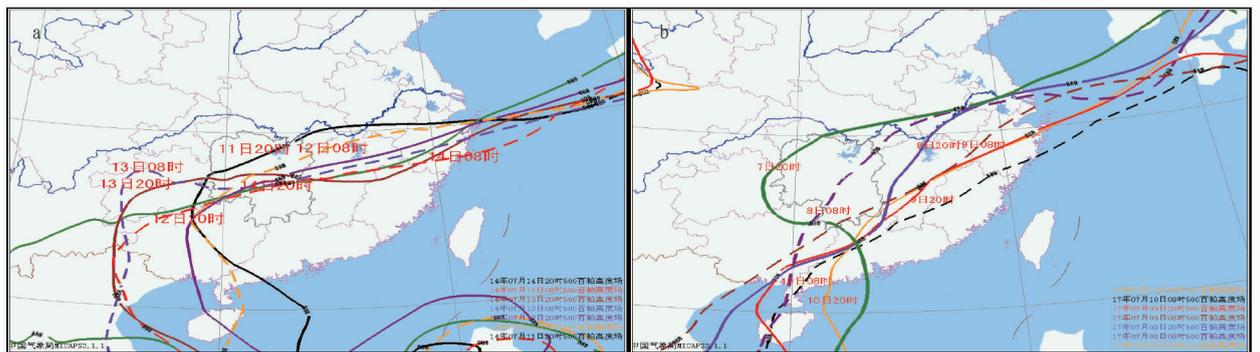


图 3 2014 年 7 月 11 日 20:00—14 日 20:00(a) 和 2017 年 7 月 7 日 20:00—10 日 20:00(b) 副高演变

Fig.3 Subtropical evolution during 20:00 July 11 - 20:00 July 14,2014(a) and 20:00 July 7 - 20:00 July 10,2017(b)

从降水的具体日期来看,出现强降水时副高 588 dagpm 线为东东北—西西南向、西脊点 109°E 附近。2017 年过程中副高强度和位置均偏东,且大部分时间呈现东北—西南向,不利于冷暖气流在湖南地区的交绥^[9]。

2.3 低空西南急流差异 从表 1~2 可看出,2 次暴雨过程在暴发前,低空西南急流存在着明显的差异。2014 年 7 月 11—14 日 700 和 850 hPa 怀化站、长沙站、郴州站、贵阳站和桂林站的平均风速均比 2017 年 7 月 11—14 日平均风速小。2014 年 7 月 12 日 08:00—13 日 08:00 西南风速加大,850 hPa 风速达 12 m/s,伴有西南急流的出现,降水增强;而 2017 年 7 月 8 日后西南风速过大,700 和 850 hPa 局部风速达 18 m/s 以上,使得西南低涡向东北移动,从而降水大值区位于湖南以北。由此可见,湖南地区的暴雨过程中低层西南急流必须在适当的范围内才有利于暴雨出现,一般在 8~16 m/s 最佳。

表 1 700 hPa 湖南省内 3 个高空站和上游区域贵阳、桂林两站风速

Table 1 Wind speed in three high-altitude stations of 700 hPa in Hunan Province and Guiyang, Guilin of the upper reaches m/s

日期 Date	时次 Time	怀化 Huaihua	长沙 Changsha	郴州 Chenzhou	贵阳 Guiyang	桂林 Guilin
2014-07-11	08:00	2	6	6	6	4
	20:00	6	6	6	6	6
2014-07-12	08:00	8	12	8	8	6
	20:00	8	10	12	6	8
2014-07-13	08:00	10	16	12	4	10
	20:00	2	6	8	6	8
2014-07-14	08:00	14	4	10	14	12
	20:00	14	16	0	10	10
2017-07-07	08:00	8	12	10	8	8
	20:00	4	6	8	4	2
2017-07-08	08:00	6	8	10	10	10
	20:00	6	8	10	4	6
2017-07-09	08:00	14	16	18	8	16
	20:00	12	18	0	12	12
2017-07-10	08:00	10	14	14	12	12
	20:00	8	6	12	10	8

表 2 850 hPa 湖南省内 3 个高空站和上游区域贵阳、桂林两站风速

Table 2 Wind speed in three high-altitude stations of 850 hPa in Hunan Province and Guiyang, Guilin of the upper reaches m/s

日期 Date	时次 Time	怀化 Huaihua	长沙 Changsha	郴州 Chenzhou	贵阳 Guiyang	桂林 Guilin
2014-07-11	08:00	12	8	6	6	4
	20:00	4	4	8	6	4
2014-07-12	08:00	12	12	12	4	8
	20:00	4	6	6	6	8
2014-07-13	08:00	6	12	12	2	12
	20:00	4	10	4	2	6
2014-07-14	08:00	10	2	10	6	12
	20:00	6	10	0	6	10
2017-07-07	08:00	14	12	12	8	12
	20:00	6	6	6	2	2
2017-07-08	08:00	14	12	16	8	12
	20:00	10	10	18	4	12
2017-07-09	08:00	18	22	16	6	14
	20:00	6	14	0	2	12
2017-07-10	08:00	2	10	16	2	16
	20:00	6	8	12	6	10

3 地面中尺度系统触发条件

地面风场辐合线可能对中尺度系统的触发和维持起到了重要的作用,而中尺度辐合可能在对流系统的连续发展过程中有更加直接的触发作用。风速辐合对触发暴雨的产生效果十分明显,它有可能激发出中 γ 尺度强降雨团。通过对 10 m 风场分析可以看到,2014 年 7 月 11—14 日过程中,7 月 12 日 02:00,湘西北角有一中尺度气旋环流,气旋东部为东北与偏南风构成的辐合线,17:00 辐合线一直维持在湘西北,期间,中尺度对流云团源源不断地在辐合线上生成发展,这个时段亦对应着湘西北的强降水;20:00 辐合线有所南压,对应的中尺度对流云团也在湘西偏南源源不断地生成发展,对应着湘西的强降水;13 日湖南省内大部分为弱高压控制,辐合线不太明显,降水偏弱。2017 年 7 月 7—10 日过程中,近地面处于低压底部,除了 7—8 日湘西北角和 9 日湘西南角、湘东北角辐合线较明显外,其他地区的辐合线不太明显。可见,在这 2 次强降水过程中,中尺度辐合线可能在强降水过程中起着直接的触发作用。

4 物理量对比分析

4.1 水汽条件对比分析 从这 2 场降水天气过程 850 hPa 的比湿条件(图 4)来看,2014 年比湿大值区主要位于 20°~35°N,而 2017 年位于 25°~35°N,特别是 30°N 附近。从时间分布上来看,2014 年比湿较大的时间段为 11—12 日,2017 年湖南西北部(30°N 附近)7—8 日较大,西南部 25°N 附近 10 日较大,东部比湿大值区偏北明显。从实况降水的落区来看,比湿对这 2 场强降水落区有很好的指示意义,强降水落区基本上位于 850 hPa 比湿大值区(15 g/kg 以上)附近。

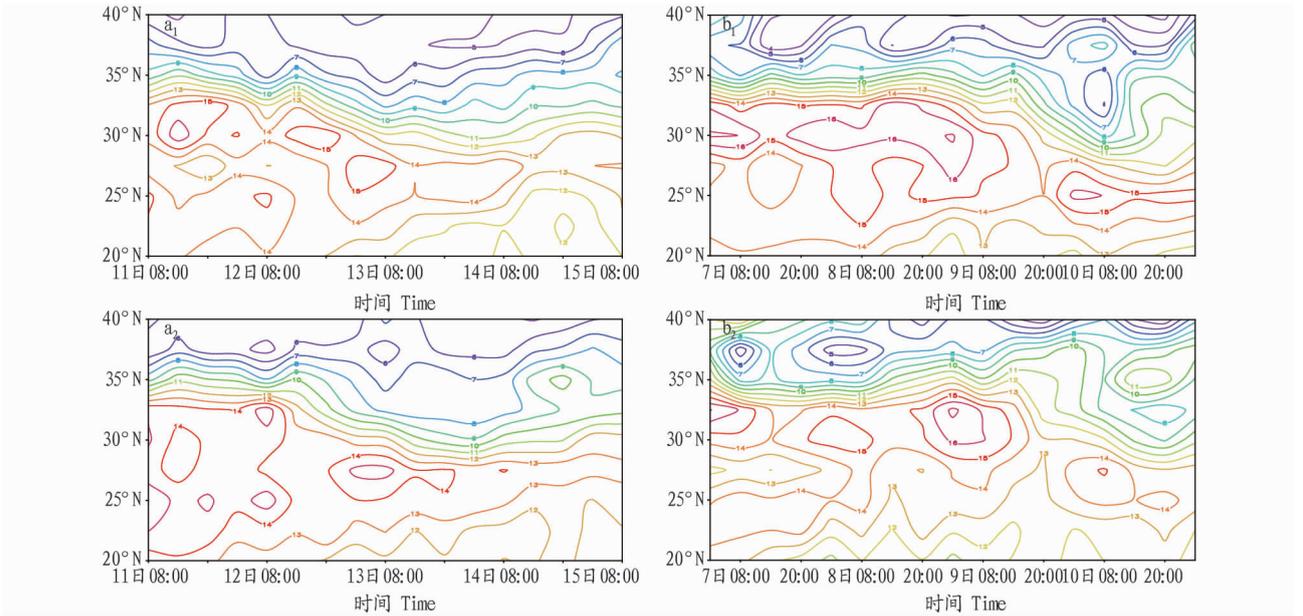
4.2 能量场对比分析 通过对这 2 场暴雨天气过程中的 K 指数、SI 指数和 CAPE 值分析(图 5)得出,2014 年降水天气的 K 指数 11—12 日均在 37 °C 及以上,13—14 日 08:00 均有所下降,特别是长沙站下降至 20 °C 左右,14 日 20:00 又迅速上升至 40 °C 左右;2017 年降水天气的 K 指数整体比较小,怀化站 8 日较大,长沙站 8—9 日较大,郴州站 7 日 20:00 后一直都较大;2014 年降水天气 SI 指数明显低于 2017 年,其对流性降水偏强;2014 年前期降水大的时候对应的 CAPE 值比 2017 年大,由于前期能量释放较快,后期减弱很明显。

4.3 动力条件对比分析 利用 850 hPa 垂直速度场的分布特征,对这 2 次强降水天气过程中最强降水时刻产生的动力条件进行分析。结果发现(图 6),2014 年降水天气垂直速度低值区较 2017 年略偏北;2014 年 11—12 日垂直速度比 13—14 日大,降水强度较强;2017 年垂直速度低值区时段较多,但除 7 日白天和 10 日白天外总体偏弱,即上升速度偏弱。

5 小结

(1)2 次过程都是自湘西北发展,向东南方向移动,但移动过程中 2014 年降水效率比 2017 年大,强降水区也更为广泛。

(2)2 次暴雨过程,欧亚中高纬槽脊为东北—西南向,该结构有利于高空槽的发展,利于带动地面冷空气的南下,副高 588 dagpm 线为东东北—西西南向,西脊点在 109°E 附近,利于冷暖气流在湖南地区的交绥。

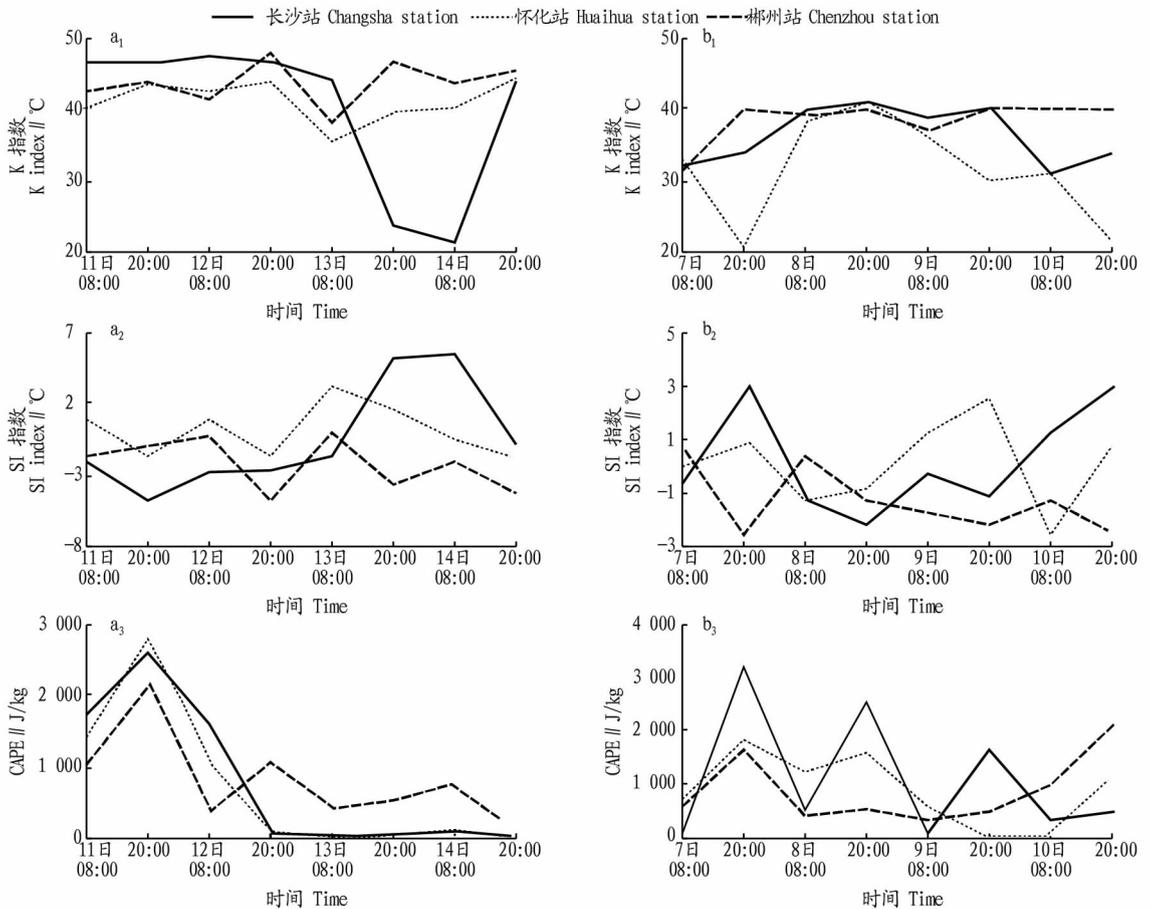


注: a₁、b₁ 为 110°E; a₂、b₂ 为 113°E

Note: a₁、b₁ is 110°E; a₂、b₂ is 113°E

图 4 2014 年 7 月 11—14 日 (a) 与 2017 年 7 月 7—10 日 (b) 110°E、113°E 比湿对比

Fig. 4 Contrast with specific humidity of 110°E and 113°E during July 11–14, 2014 (a) and July 7–10, 2017 (b)

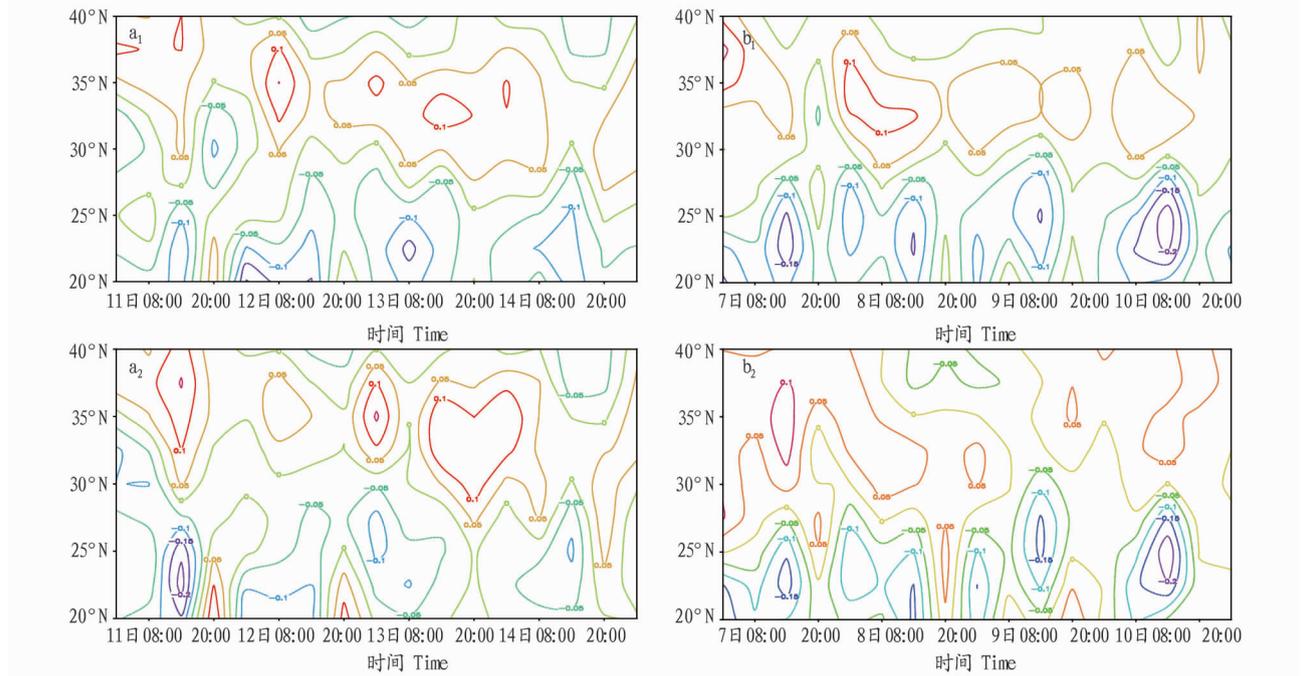


注: a₁、b₁ 为 K 指数; a₂、b₂ 为 SI 指数; a₃、b₃ 为 CAPE

Note: a₁、b₁ is K index; a₂、b₂ is SI index; a₃、b₃ is CAPE

图 5 2014 年 7 月 11—14 日 (a) 与 2017 年 7 月 7—10 日 (b) 能量场对比

Fig. 5 Energy field contrast during July 11–14, 2014 (a) and July 7–10, 2017 (b)



注: a₁、b₁ 为 110°E; a₂、b₂ 为 113°E
 Note: a₁、b₁ is 110°E; a₂、b₂ is 113°E

图6 2014年7月11—14日(a)与2017年7月7—10日(b)110°E、113°E垂直速度对比

Fig. 6 Vertical speed contrast of 110°E and 113°E during July 11 – 14, 2014 (a) and July 7 – 10, 2017 (b)

(3) 湖南地区的暴雨过程中低层西南急流 8 ~ 16 m/s 最有利于暴雨出现, 中尺度辐合线在强降水过程中起着直接的触发作用。

(4) 从物理量对比分析的结果看, 强降水落区基本上位于 850 hPa 比湿大值区 (15 g/kg 以上) 附近, 同时垂直上升速度、K 指数、SI 指数和 CAPE 值的分布与这 2 场降水过程的落区及强度也有较好的一致性, 其中 K 指数的对应值最好, 数值越大, 降水越强。

参考文献

[1] 戴科良, 胡振菊, 余高杰. “14·07”沅水流域超历史暴雨洪涝气象服务探讨[J]. 现代农业科技, 2015(2): 331 – 333.
 [2] 彭洁, 谭桂容, 米红波, 等. 湘西中部一次突发特大暴雨过程的诊断分

析[J]. 安徽农业科学, 2014, 42(32): 11426 – 11428.
 [3] 许霖, 姚蓉, 陈斗. 湖南两次流域性致洪暴雨异同点分析[J]. 气象研究与应用, 2014, 35(2): 27 – 31.
 [4] 杨令, 周慧, 郭海宇, 等. 2014 年 7 月上中旬湖南省强降水实况分析[J]. 大众科技, 2017, 19(9): 1 – 2.
 [5] 彭莉莉, 罗伯良, 张超. 近十年湖南夏季区域持续性暴雨过程水汽输送特征[C]//第33届中国气象学会年会 SI 灾害天气监测、分析与预报. 北京: 中国气象学会, 2016.
 [6] 许霖, 姚蓉, 李巧媛, 等. 湖南盛夏两次连续性暴雨过程对比分析[J]. 气象与环境学报, 2015(3): 15 – 22.
 [7] 高安宁, 赖珍权, 张瑞波, 等. 不同环境风场条件下两次华南西部低涡暴雨个例对比分析[J]. 气象, 2013, 39(1): 11 – 19.
 [8] 张洪英. 山东省两次暴雨过程的对比分析[J]. 山东气象, 2008, 28(4): 12 – 16.
 [9] 陈静静, 叶成志, 吴贤云. 湖南汛期暴雨天气过程环流客观分型技术研究[J]. 暴雨灾害, 2016, 35(2): 119 – 125.

(上接第 123 页)

[28] 刘义国, 林琪, 王宁. 秸秆还田与氮供应对小麦灌浆期光合日变化的影响[J]. 华北农学报, 2013, 28(5): 219 – 223.
 [29] 王宁, 刘义国, 张洪生, 等. 氮肥与精量秸秆还田对冬小麦花后光合特性及产量的影响[J]. 华北农学报, 2012, 27(6): 185 – 190.
 [30] 胡梦芸, 张正斌, 徐萍, 等. 亏缺灌溉下小麦水分利用效率与光合产物积累运转的相关研究[J]. 作物学报, 2007, 33(11): 1884 – 1891.
 [31] VENDATESWARLU B, PRASAD G S V. Pre-and post-flowering photosynthesis contribution to grain yield in rice (*Oryza sativa* L.) [J]. Indian J Plant Physiol, 1980, 23: 300 – 308.
 [32] ZHANG X Y, CHEN S Y, SUN H Y, et al. Water use efficiency and associated traits in winter wheat cultivars in the North China Plain [J]. Agric

Water Management, 2010, 97(8): 1117 – 1125.
 [33] LI Q Q, CHEN Y H, ZHOU X B. Effect of irrigation to winter wheat on the radiation use efficiency and yield of summer maize in a double cropping system[J]. The scientific world journal, 2012, 2: 1 – 6.
 [34] 杨学明, 张晓平, 方华军, 等. 用 RothC – 263 模型模拟玉米连作下长期施肥对黑土有机碳的影响[J]. 中国农业科学, 2003, 36(11): 1318 – 1324.
 [35] 石珊珊, 周苏政, 尹钧, 等. 高产水平下水肥耦合对小麦旗叶光合特性及产量的影响[J]. 麦类作物学报, 2013, 33(3): 549 – 554.
 [36] 罗东万. 施用生物有机肥对土壤改良及玉米产量的影响[J]. 农业与技术, 2016, 36(18): 17 – 17.

本刊提示 文稿题名下写清作者及其工作单位名称、邮政编码; 第一页地脚注明第一作者简介, 格式如下: “作者简介: 姓名(出生年—), 性别, 籍贯, 学历, 职称或职务, 研究方向”。