

改则强降水过程分析

刘胜胜, 奚凤, 伏阳虎 (西藏自治区气象台, 西藏拉萨 850000)

摘要 利用 Micaps 常规观测资料、NCEP 的 $1^\circ \times 1^\circ$ 逐 6 h 再分析资料和 FY2E 云图资料, 运用天气学原理等方法, 对 2016 年 7 月 28 日改则发生的强降水过程的天气系统演变、水汽、热力和动力条件等进行分析。结果表明, 巴尔克什湖附近的低压槽底部冷空气下渗到改则地区形成弱的高原槽是此次强降水产生的影响系统; 此次降水时间短, 雨量大; 包括涡度、散度、垂直速度和水汽通量散度在内的物理量在强降水发生后才出现有利条件。对流云团 B 靠近测站时, 降水已经开始, 云团还在改则上空维持其强度时, 强降水已经结束; 改则站的降水发生时并不是云顶亮温最低时, 更像是由于产生了降水而造成的 TBB 下降。

关键词 强降水; 环流形势; 水汽条件; 热力条件; 动力条件; 红外云图

中图分类号 S161.6 文献标识码 A 文章编号 0517-6611(2017)23-0169-03

Analysis of Heavy Rainfall Process in Gerze

LIU Sheng-sheng, XI Feng, FU Yang-hu (Tibet Autonomous Region Meteorological Observatory, Lhasa, Tibet 850000)

Abstract Using the Micaps conventional observation data, NCEP $1^\circ \times 1^\circ$ by 6 h reanalysis data and FY2E cloud data, the weather system evolution, water vapor, heat and power conditions and other aspects of the heavy rainfall process on July 28, 2016 were analyzed by the method of weather science and other methods. The results showed that the cold air of the bottom of the low pressure trough near the Barr Kashmir Lake infiltration into Gerze region to form a weak plateau trough, which was the impact system of heavy rainfall. The time of this precipitation was short, the precipitation was large. The physical quantities (including vorticity, divergence, vertical velocity and water vapor flux divergence) occurred favorable conditions after heavy rainfall occurring. The precipitation had begun when convective clouds B near the station, the cloud was still over the maintaining its strength over Gerze, the heavy rainfall had ended. When the precipitation occurs in Gerze station, it was not the lowest of cloud top brightness temperature, and the decreasing of TBB was more due to the precipitation.

Key words Strong rainfall; Circulation situation; Water vapor condition; Heat condition; Dynamic condition; Infrared cloud

高原地区的强对流天气突发性强、易多发、强度大、影响重、预报难, 但针对高原地区强对流天气及其短临预报系统的总结还较少。由于高原特殊的地理环境及显著的热力作用和动力作用的影响, 高原强对流天气具有不同于东部平原地区的独特特征^[1]。目前, 国内关于强降水的研究主要集中在我国的东部^[2-4], 但针对于西藏高原地区的强降水过程研究较少^[5]。笔者基于以往高原降水研究的方法^[6-8], 利用 Micaps 常规观测资料、NCEP 的 $1^\circ \times 1^\circ$ 逐 6 h 再分析资料和 FY2E 云图资料, 对 2016 年 7 月 28 日改则发生的一次强降水过程的环流形势、动力及热力条件进行了诊断分析, 深入分析了西藏高原地区强降水产生的机理, 为强对流天气的短临预报提供参考。

1 实况

2016 年 7 月 28 日 08:00—29 日 08:00, 阿里改则观测站出现了 32.7 mm 的大雨, 其中 28 日 20:00—29 日 02:00 出现了 31.5 mm 的降水; 28 日 23:00 和 29 日 00:00 1 h 降水量均超过了 10.0 mm, 分别达 15.0 和 13.0 mm (图 1), 改则站 7 月降水量为 52.0 mm, 这 2 h 的降雨量占 7 月降雨量的 53.8%。

2 500 hPa 环流分析

28 日 08:00 (图 2a), 中高纬度纬向环流明显, 新地岛以东为一低值环流中心, 中心值为 540 dagpm, 巴湖以西为一低压槽, 我国东北地区有一大的切断低压 (55°N , 125°E), 中心值为 564 dagpm, 副高比较偏东, 伊朗高压东脊点维持在 70°E 附近, 孟湾低压控制在东南亚地区, 西藏高原东部受弱的高压控制, 高压西北侧有水汽输送到西藏高原西部。28 日

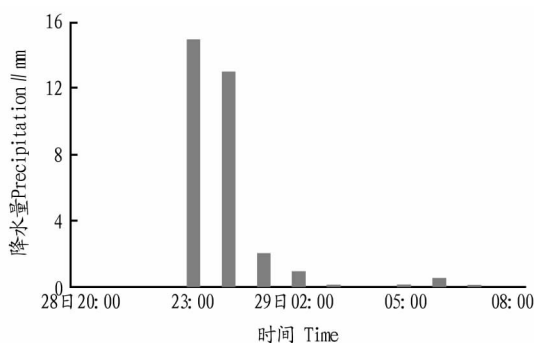


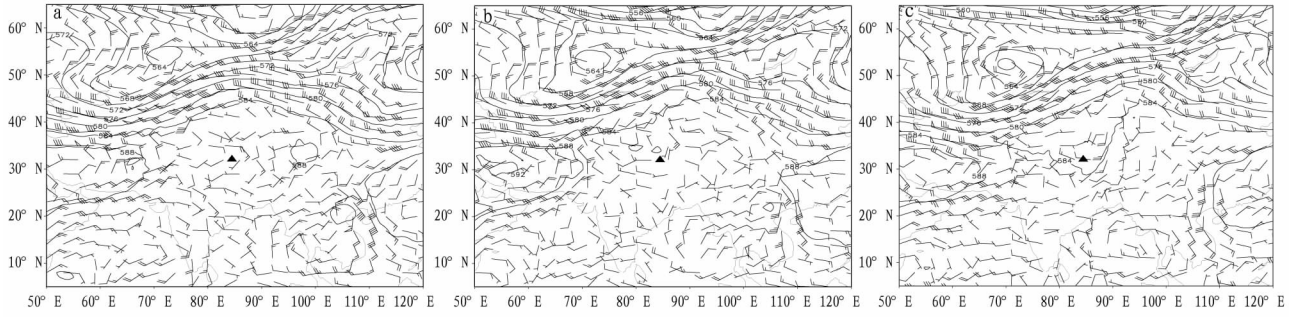
图 1 2016 年 7 月 29 日 08:00 改则站前 12 h 降水

Fig. 1 Precipitation before 12 hours at 08:00 on July 29, 2016 at Gerze station

20:00 (图 2b), 伊朗高压东脊点维持不变, 西藏高原东部高压减弱, 巴湖附近的低压槽底部有冷空气南下渗透到西藏高原西部, 即改则地区, 并且在改则附近形成了一个短波槽。29 日 08:00 (图 2c), 伊朗高压略有西退, 高原短波槽也东移减弱, 改则本站受到西北风控制, 至此阿里改则地区的降水结束。

3 物理量场诊断分析

3.1 涡度和散度 由图 3 可知, 28 日 14:00—20:00 改则地区上空几乎为负涡度和弱的负散度, 只有在 300 hPa 附近有弱的正涡度, 20:00 开始低层的负涡度减弱并逐渐转为正涡度, 在 29 日 02:00 500 hPa 附近出现正涡度中心值为 $1.5 \times 10^{-5} \text{ s}^{-1}$, 并且低层弱的负散度也在变强, 在 29 日 02:00 500 hPa 附近也出现负散度中心, 值为 $-6.0 \times 10^{-5} \text{ s}^{-1}$, 同时从 28 日 20:00 起高层的弱的负散度也逐渐转为正散度, 并在 150 hPa 附近也出现了正散度中心, 值为 $5 \times 10^{-5} \text{ s}^{-1}$, 此时低层辐合高层辐散, 再加上低层气旋发展, 非常有利于降水的



注:▲代表改则站。等值线代表500 hPa 高度(dagpm);风羽代表风场(m/s)

Note:▲ is Gerze station. The contour represents the 500 hPa height(dagpm);the wind feather represents the wind field(m/s)

图2 2016年7月28日08:00(a)、20:00(b)和29日08:00(c)500 hPa 高度和风场

Fig.2 Distributions of height field and wind field at 500 hPa at 08:00(a), 20:00(b) on July 28 and at 08:00 on July 29(c), 2016

产生,但改则的降水发生在28日22:00—29日00:00,也就是形成这种高低配置之前。29日02:00以后低层的负散度和正涡度减弱,并且高层正散度也在减弱,至08:00低层为弱的负散度和弱的正涡度,高层200 hPa附近形成负的涡度中心,值为 $-6.5 \times 10^{-5} \text{ s}^{-1}$,而正散度也减弱为0。

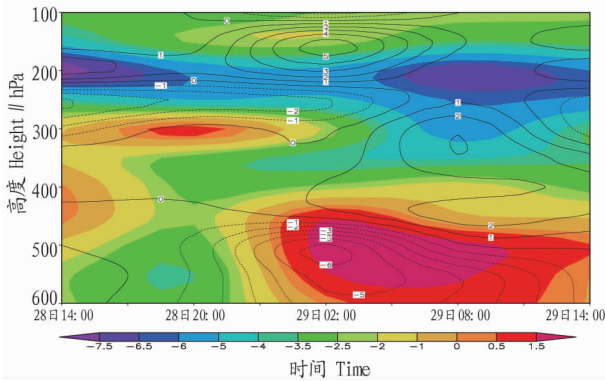


图3 改则站降水前后涡度(填色, 10^{-5} s^{-1})和散度(等值线, 10^{-5} s^{-1})垂直剖面的时间演变

Fig.3 The time evolution of vertical profiles of vorticity (the color shaded, 10^{-5} s^{-1}) and divergence (10^{-5} s^{-1}) during the precipitation at Gerze station

3.2 垂直速度和比湿 由图4可知,28日14:00—20:00改则上空大部为弱的负速度区,仅在400~300 hPa有弱的正速度,低层的比湿较弱,仅为7 g/kg;20:00之后,550~150 hPa逐渐由弱负速度区或正速度区转为强的负速度,改则强降水随后开始;至29日02:00在450 hPa附近形成了负速度中心,值为 -0.6 Pa/s ,低层的比湿也有所增加,增加至9 g/kg,02:00以后整层的负速度逐渐减弱,至08:00 300 hPa附近转为正速度区,低层比湿也略有减弱。

3.3 水汽条件 由图5可知,28日14:00—20:00,整层的水汽通量散度为负,但比较弱,400 hPa附近的水汽通量比较大,维持在 $3 \text{ g}/(\text{cm} \cdot \text{hPa} \cdot \text{s})$,整层以北风为主;20:00之后,低层的负的水汽通量散度增大,强降水产生,至29日02:00低层的水汽通量散度达到最大值,为 $-4.5 \times 10^{-8} \text{ g}/(\text{cm}^2 \cdot \text{hPa} \cdot \text{s})$,400 hPa附近的水汽通量未发生明显变化,但500 hPa附近的水汽通量略有增加,低层有弱的南风。从低层的风向来看,28日20:00—29日02:00必然受到气压

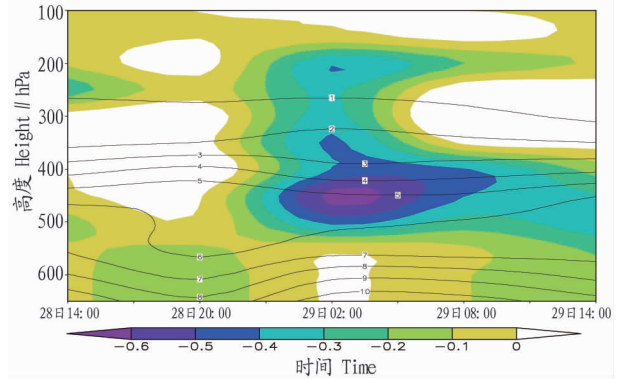
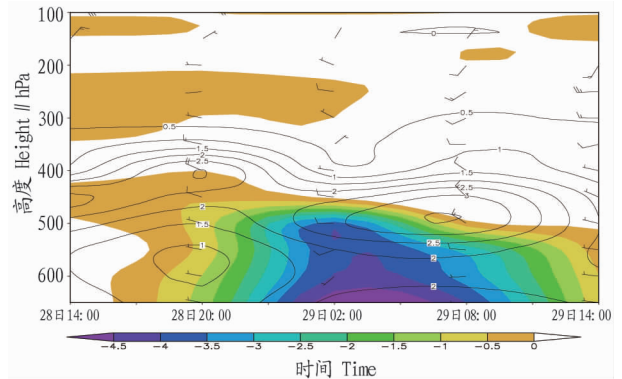


图4 改则站降水前后垂直速度(填色, Pa/s)和比湿(等值线, g/kg)垂直剖面的时间演变

Fig.4 The time evolution of vertical profiles of vertical velocity (the color shaded, Pa/s) and specific humidity (contour, g/kg) during the precipitation at Gerze station



注:填色表示水汽通量散度,单位为 $10^{-8} \text{ g}/(\text{cm}^2 \cdot \text{hPa} \cdot \text{s})$;等值线表示水汽通量,单位为 $\text{g}/(\text{cm} \cdot \text{hPa} \cdot \text{s})$;风羽表示风场(m/s)

Note: The color is the water vapor flux divergence, units: $10^{-8} \text{ g}/(\text{cm}^2 \cdot \text{hPa} \cdot \text{s})$;the contours is the water vapor flux, units: $\text{g}/(\text{cm} \cdot \text{hPa} \cdot \text{s})$;the wind feather represents the wind field(m/s)

图5 改则站降水前后水汽通量散度、水汽通量和风场垂直剖面的时间演变

Fig.5 The time evolution of vertical profiles of water vapor flux divergence, vapor flux and wind field during the precipitation at Gerze station

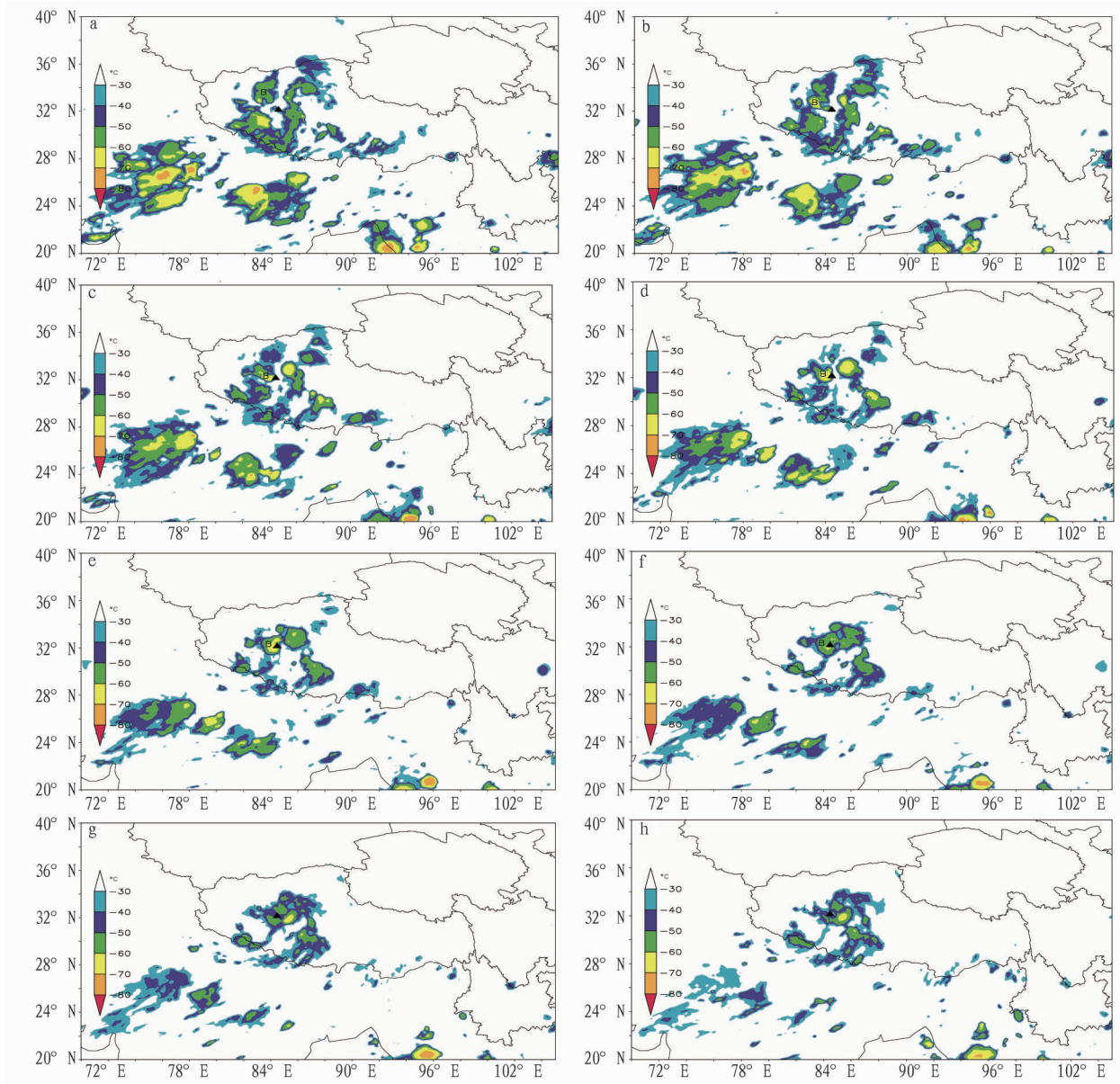
槽的影响,即强降水发生的时间段(29日02:00—08:00),低

层的水汽通量散度逐渐减弱但水汽通量却有所增加,在 08:00 500 hPa 附近形成一个正的水汽通量中心,值为 $3.5 \text{ g}/(\text{cm} \cdot \text{hPa} \cdot \text{s})$, 600 ~ 300 hPa 以弱的西北风,改则地区降水结束。

4 红外云图特征

28 日 21:00(图 6a),改则站西北部有一弱的对流云团 B 生成,云顶亮温 TBB 值为 $-60 \sim -50 \text{ }^\circ\text{C}$,该对流云团 B 还在发展并且向改则站移动;22:00(图 6b),对流云团 B 已经到达改则站的上空,但 $\text{TBB} < -60 \text{ }^\circ\text{C}$,还未影响到改则,但改则站的降水随后开始;23:00(图 6c),对流云团 B 的 TBB 为

$-70 \sim -60 \text{ }^\circ\text{C}$ 的云系已经靠近改则站,这时改则站的降水仍在持续;29 日 00:00(图 6d)对流云团 B 移动比较缓慢,云团发展比较旺盛,云团边缘比较清晰,形状像一个球形,但是此时改则的强降水接近结束;01:00(图 6e),对流云团 B 仍然在维持其强度,此时改则的强降水已经结束;02:00(图 6f),对流云团 B 的强度在减弱,TBB $< -60 \text{ }^\circ\text{C}$ 的云系已明显减弱,受到减弱云系的影响改则站仍然有零星降水;03:00(图 6g),对流云团 B 继续减弱,TBB 已经上升至 $-50 \sim -40 \text{ }^\circ\text{C}$;04:00(图 6h),对流云团 B 溃散,TBB 已经明显上升,改则降水随之结束。



注:a. 28 日 21:00;b. 28 日 22:00;c. 28 日 23:00;d. 29 日 00:00;e. 29 日 01:00;f. 29 日 02:00;g. 29 日 03:00;h. 29 日 04:00。▲为改则站

Note:a. 21:00 on July 28;b. 22:00 on July 28;c. 23:00 on July 28;d. 29 日 00:00 on July 29;e. 01:00 on July 29;f. 02:00 on July 29;g. 03:00 on July 29;h. 04:00 on July 29. ▲ is Gaize station

图 6 2016 年 7 月 28—29 日改则附近云顶亮温 TBB 分布

Fig. 6 Distributions of temperature of black body (TBB) in Gerze station on July 28 - 29, 2016

需要供 220 V 的电压,电磁阀需要 220 V 的电压。在系统通电启动后,PLC 会相继启动中间继电器来控制泵和阀的动作,KA1、KA2、KA3、KA4、KA5 分别控制加料、进料、引风、鼓风、循环泵。

2.3 控制系统硬件构建 将优化选择的触摸屏、PLC、传感器等部件,通过整合各个元器件特性,进行合理性规划布局,运用电器布局原理,将各个部件整合到电器柜中,再将各个部件连接起来,制成成品样机,然后进行样机调试。最后,将整个控制系统连接到控制器上,首先进行点动测试,确定没有线反接、裸露线后,进行触摸屏程序调试、PLC 程序调试、远程程序调试、传感器反馈信号调试以及输出、输入控制点调试。目前,已经开发的锅炉物联网控制系统,每套系统可同时采集多个传感器等部件信息,根据设定的工艺参数调整点火器与引风机、鼓风机等执行器的启停。

3 结论与讨论

锅炉是我国北方冬天取暖最重要的装备,农业生物质作为锅炉最主要的燃料之一,可逐渐取代煤炭、燃油等燃料,由于生物质材料具有的节能环保作用,受到政府的大力推广,研发的生物质物联网锅炉控制系统在合作基地已稳定运行。

研究开发的生物质锅炉物联网控制系统,可以使物联网技术与生物质锅炉控制完美结合,构建出一系列节能环保型的生物质锅炉物联网远程控制体系。将所有锅炉组成网络,每个锅炉既能用单个控制箱控制,还能用安装在办公室电脑

上的远端中央控制软件对锅炉群远程调控,适用于精准管理大量的锅炉使用场合。

经过一段时间的投入市场使用后,系统的结构和稳定性都有了很大的提高,目前生物质锅炉智能控制系统的系统稳定、安全性高、抗干扰性强,已经经过实际使用检验,达到了设计要求。

控制系统在进料与风量的比例方面进行了严格的控制,实现最优化的配比,比同类产品在同一产热量的情况下,用料节省约 20%,降低了成本,提高了利用率。该设备在合作基地已稳定运行超过 4 个月,应用前景广阔。

参考文献

- [1] 徐白冰,王建立,曹景太. 基于物联网的温湿度与风速信息采集系统设计与实现[J]. 液晶与显示,2016,31(10):936-942.
- [2] 刘进军. 基于物联网的棉花秸秆锅炉+太阳能互补供热控制系统设计[J]. 中国棉花加工,2015(6):11-13.
- [3] 孙进,曹肖伟. 基于 PLC 的生物质上料控制系统设计及仿真[J]. 机械工程与自动化,2015(6):128-129.
- [4] 陈征宇,成德芳,刘小东. 浙江省工业锅炉产品定型能效测试浅析[J]. 能源工程,2015(4):22-25.
- [5] 胡南江,陈罡,连坤宙,等. 基于 PLC 的生物质锅炉燃烧控制系统设计[J]. 热力发电,2015(4):120-123.
- [6] 黄春,袁恒淑,姚莉娜,等. 基于嵌入式系统的生物质锅炉优化监控系统的应用[J]. 郑州大学学报(理学版),2014,46(1):103-106.
- [7] 任长清,郑立平,陈铁,等. 生物质发电试验装备控制系统设计[J]. 电站系统工程,2011,27(4):53-54.
- [8] 陈荣保,倪向红,邓绍文. 基于 FCS 的生物质燃料锅炉控制系统的研究[C]//中国农业大学. 中国高等学校电力系统及其自动化专业第二十四届学术年会论文集(上册). 北京:中国农业大学:2008.

(上接第 171 页)

由图 7 可知,从 28 日 14:00 开始,改则站的云顶亮温 TBB 开始下降,从 14:00 的 15 °C 下降至 18:00 的 -57 °C,随后缓慢回升,至 21:00 恢复至 -36 °C,随着改则强降水开始,TBB 又继续下降,至 29 日 01:00 降到最低,达 -63 °C,降水结束后,TBB 又有明显上升。改则的此次强降水从 28 日 22:00 开始,至 29 日 00:00 结束,仅持续了 2 h,但 22:00 改则站上空的 TBB 只有 -39 °C,并不是很低,而且在此次降水过程中也不算低,甚至还高于 18:00 的 TBB(-57 °C),更像是由于降水发生才造成了 TBB 的下降。

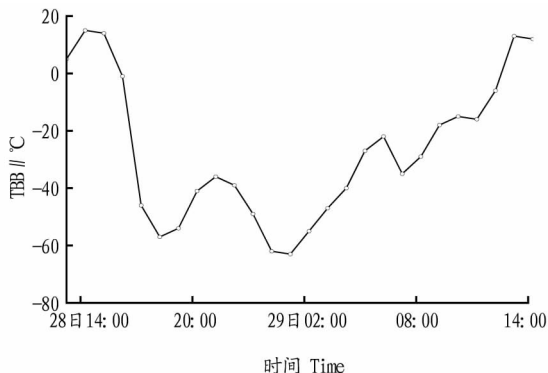


图 7 改则站云顶亮温 TBB 在降水前后的变化

Fig. 7 The time evolution of TBB during the precipitation at Gerze station

5 小结

(1) 巴湖附近的低压槽底部冷空气下渗到改则地区形成弱的高原槽是此次强降水产生的影响系统。

(2) 此次降水时间短、雨量大,28 日 23:00 和 29 日 00:00 1 h 降水量分别达 15.0 和 13.0 mm。

(3) 包括涡度、散度、垂直速度、水汽通量散度在内的物理量表现出在强降水发生后才出现有利条件。

(4) 对流云团 B 靠近测站时,降水已经开始,云团还在改则上空维持其强度时,强降水已经结束。改则站的降水发生时并不是云顶亮温最低时,更像是由于产生了降水而造成的 TBB 的下降。

参考文献

- [1] 肖天贵,假拉,肖光梁. 西藏高原强对流天气及短临预报研究进展[J]. 成都信息工程学院学报,2011,26(2):163-172.
- [2] 王艳兰,王军君,伍静,等. 广西 3 次不同类型强对流天气对比分析[J]. 干旱气象,2015,33(4):635-643.
- [3] 潘留杰,张宏芳,王楠,等. 陕西一次强对流天气过程的中尺度及雷达观测分析[J]. 高原气象,2013,32(1):273-289.
- [4] 王聪. 2015 年 8 月 30 日濮阳市强对流天气过程分析[J]. 现代农业科技,2016(21):231,237.
- [5] 代华光,罗布坚参,邹芳娥. 2014 年 5 月末西藏强降水天气分析[J]. 西藏科技,2015(3):70-71.
- [6] 杨本湘,潘志军. "FY-2C" 卫星云图导出产品在天气分析中的应用[J]. 四川气象,2005(4):34-37.
- [7] 德庆,代华光. 卫星资料在西藏暴雪中的应用[C]//国家气象中心. 天气预报技术文集. 北京:气象出版社,2015:207-214.
- [8] 张腾飞,鲁亚斌,张杰,等. 一次低纬高原地区大到暴雪天气过程的诊断分析[J]. 高原气象,2006,25(4):696-703.