

文章编号: 2096-1618(2017)04-0464-05

青藏高原东北部地区一次强对流天气特征分析

田成娟¹, 魏国财¹, 朱平¹, 蔡忠周², 马琼¹

(1. 青海省气象台, 青海 西宁 810001; 2. 青海省雷电灾害防御中心, 青海 西宁 810001)

摘要:为了研究青藏高原东北部地区强对流天气发生、发展机制,利用常规气象观测、卫星云图、自动站、NCEP $1^\circ \times 1^\circ$ 再分析等资料,采用天气学诊断方法,对2016年8月18日清晨发生在青海省东北部的一次强对流天气进行特征分析。结果表明,副热带高压外围的西南暖湿气流与东移扩散南下的冷空气在青海省东北部交汇是此次强对流天气的主要成因; $K_i > 32^\circ\text{C}$ 区域与强对流区域相对应;水汽特征为高层干冷,中低层暖湿,水汽通量在 $6 \sim 8\text{ g/s}$;红外云图为云团结构紧密,边界清晰,近似椭圆状的中尺度对流云团, $T_{bb} < -73^\circ\text{C}$ 的区域和梯度大值区与短时强降水的落区相对应。

关键词:气象;强对流天气;特征分析;不稳定能量;卫星云图

中图分类号:P49

文献标志码:A

doi:10.16836/j.cnki.jcuit.2017.04.018

0 引言

强对流是一种深对流天气过程,在我国的天气预报业务中,强对流天气主要包括冰雹、短时强降水、雷暴大风、龙卷等中小尺度天气现象。青海省东北部位于拉脊山和大坂山之间的湟水河流域及黄河流域,流域内地形复杂多样,气候地域差异明显,由于受冷暖空气、复杂下垫面影响,短时强降水出现的频率非常高,容易形成短时暴雨,因持续时间短、强度大、局地性强、形成原因极其复杂,预报难度非常大,成为一些专家和学者讨论的热点^[1-10]。因此加强此类天气的分析总结,建立起预报思路是非常有必要的,对青海东部地区短时临近预报和灾害性天气的预报、预警具有重要的意义。

国内很多专家在强对流天气方面研究诸多。李浚河等^[11]对2013年北京地区一次强对流天气过程分析研究,得出不稳定能量的聚集,是强对流性天气形成发展和维持条件,强对流天气发生前,高低空是上冷下热、上干下湿的结构配置,而高低空干湿区的重叠区对强对流天气的潜势预报具有较好的指示意义;孙健康^[12]等分析研究了青藏高原东部一次大暴雨过程,得出青藏高原槽的发展东移,引导新疆冷空气东移南下,与副热带高压外围的暖湿气流在青藏高原的东部交汇,触发了低空急流左前方中小天气尺度系统的爆发,导致了该区域强降水的发生;王旭^[13]等分析2015年7

月29-30日东营市一次强对流天气过程,得出高空辐散,低层辐合的结构配置,有利于触发对流不稳定能量的释放,上干冷下暖湿的温湿结构是环境热力不稳定的重要表征之一;万文龙^[14]等通过皖北地区一次强对流天气过程的综合分析得出中低空的暖湿条件的输送,加剧大气的不稳定性,为强对流天气的产生和发展提供必要的水汽条件;柳臣中^[15]等通过对成都地区一次强对流天气中地闪天气分析,得出云顶亮温与地闪活动及强降水有较好的对应关系。

针对2016年8月18日清晨发生在青海省西宁、海东地区的一次强对流天气,利用常规地面高空观测、区域自动站、NCAR $1^\circ \times 1^\circ$ 、FY2E云图及产品等资料,着重围绕强对流发生的基本条件,分析其强对流天气的发生、发展机制,以期今后预报此类天气积累经验。

1 实况和灾情

2016年8月18日清晨07:00~10:00,在青海省的东部地区先后出现了短时强对流天气,共计214站(国家站+区域站)出现降水,暴雨2站、大雨26站,中雨67站,降水中心在湟源县站55.1 mm、湟中县黑嘴村50.1 mm、湟源县大华镇48.4 mm、湟源县申中乡43.5 mm、大通牛场38.1 mm、湟中县海子沟36.8 mm。1 h雨强 $\geq 20.0\text{ mm}$ 有21站,1 h雨强 $\geq 10.0\text{ mm}$ 有28站,07:00-08:00,湟源县站52.4 mm,大华镇47.5 mm,申中乡43.3 mm,湟中县黑嘴村42.2 mm,10 min雨强最大达到22.8 mm,短时强降水特征非常

明显,期间湟源县出现了瞬时最大风速为20.7 m/s的大风,西宁地区出现冰雹天气。

此次强对流天气致使工业、农业、水利交通、建设方面等不同程度的损失,使湟源县 9 个乡镇遭受不同程度的风雹灾害。据统计,此次灾害共造成湟源县 7 乡 2 镇 88 个行政村,4875 户、16175 人受灾,直接经济损失达8740.95万元。

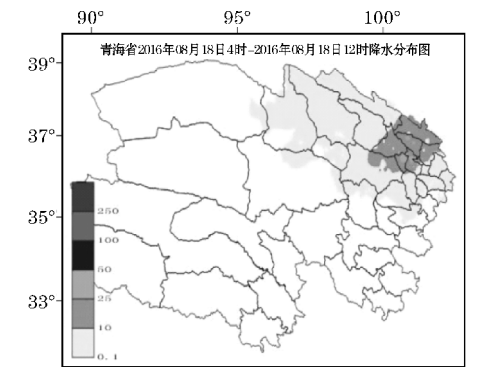


图 1 2016 年 8 月 18 日 04:00–12:00 青海省雨量图

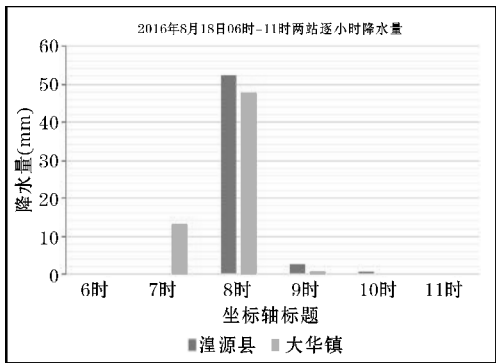


图 2 湟源县站、大华镇 06:00–11:00 自动站逐小时雨量图

2 环境场特征分析

在500 hPa上(图 3),8 月 18 日 08:00,在40 °N以北为两槽一脊的环流场,新疆至蒙古一带受低压槽控制,副热带高压主体在105 °E以东,青海省大部地区受副热带高压外围的584 dagpm控制,高原大部为一致的西南气流,且有0 °C的暖中心配合。低层在青海湖附近有一个西风与东南风的切变线,08:00 地面上(图略)在青海省东部地区有冷空气从祁连山区东移扩散南下,并形成地面辐合线,而前期青海大部的高温天气,促使在高原地区形成一个地面热低压,冷暖空气的对峙是触发不稳定能量的潜势条件,而副热带高压外围西南暖湿气流与东移扩散南下的冷空气在青海东北部地区交汇是触发此次强对流天气的主要成因。

分析 18 日 01:00–14:00 湟源单站逐小时温度、相

对湿度及海平面气压变化图(图 4),可以看出温度从 07:00 的18.3 °C明显下降至 08:00 的13.5 °C,1 h 降幅为4.8 °C,相对湿度从 07:00 的81 %明显上升至 08:00 的95 %,温度下降与相对湿度明显上升的时间基本一致,均在 08:00 左右,海平面气压呈逐步上升的趋势,且明显早于气温开始下降的时间。海平面气压的变化反映了整层空气柱冷空气的活动情况,由此可见在降水开始之前,湟源上空就已经有冷空气入侵。

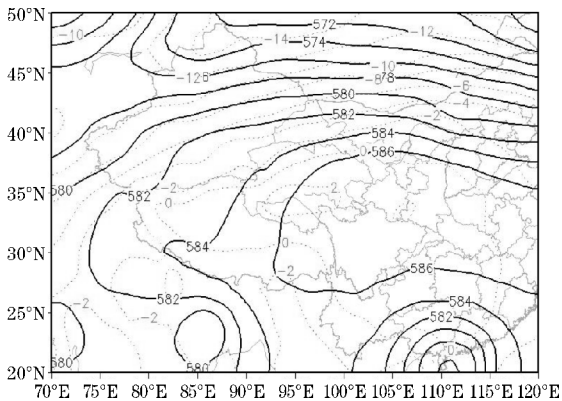


图 3 2016 年 8 月 18 日 08:00 的 500 hPa 环流场
(高度场单位: dagpm, 温度单位: °C)

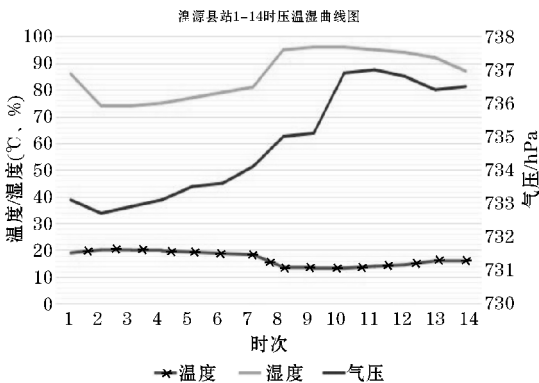


图 4 2016 年 8 月 18 日 1:00–14:00 湟源站压温湿曲线图

3 不稳定能量特征

3.1 探空资料分析

分析了 18 日 08:00 西宁探空站的 T-logP 图(图 5),根据探空得到的部分热力学参数,西宁上空 CAPE 值达到 351 J/kg, CIN 为 156.6 J/kg, SI 为 -1.70 °C,层结高度约5 km,表明此区域积累了大量的不稳定能量,大气状况很不稳定,均达到了发生强对流天气的环境场条件。700 ~ 500 hPa层有暖平流,500 ~ 200 hPa有冷平流,这种上干冷下暖湿的结构配置极易触发短时强对流天气。

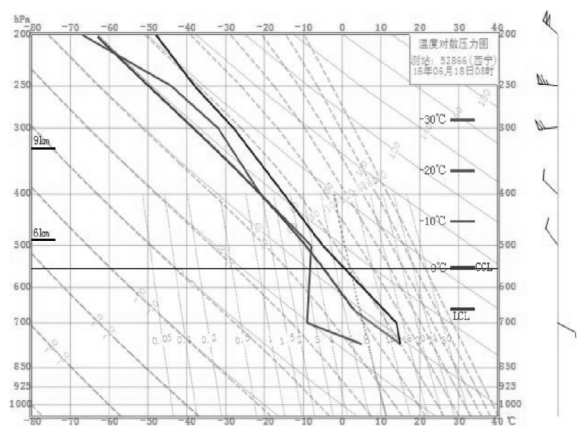


图 5 2016 年 8 月 18 日 08:00 西宁站探空曲线图

3.2 层结指数分析

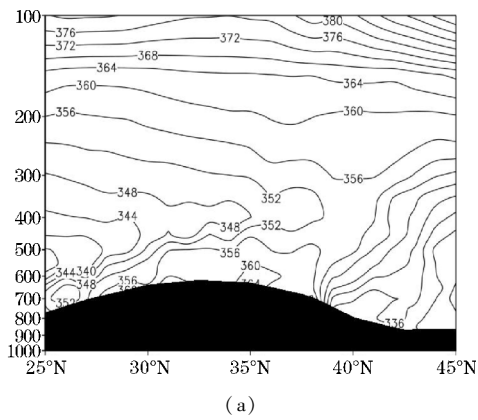
为了更好的揭示强降水区 θ_{se} 的垂直结构,沿 101 °E 分析其剖面特征(图 6a),18 日 08:00,在 36 °N ~ 38 °N 的区域,500 hPa 以下的 θ_{se} 锋区密集且陡峭, θ_{se} 的大值区向上凸,对应低层聚集的不稳定能量,同时在 500 hPa 以上南北均存在低值区,说明强降水区有冷空气从北向南扩散,来自低纬度的暖湿气流被迫抬升,冷空气的抬升作用使低层潜热能释放,冷暖气流的对峙非常明显,有利于不稳定能量的聚集,是对流运动发生、发展的维持机制,有利于青海东部强对流天气的产生。

K 指数作为流性天气的一个热力指标,反映了大气的层结稳定情况,其值越大,大气层结越不稳定。研究表明^[7],在青海东部地区当 $K_i > 28$ °C 时,就有可能产生强对流天气。18 日 08:00,青海东北部 K_i 在 32 °C 以上,有利于青海东部强对流天气的发生。

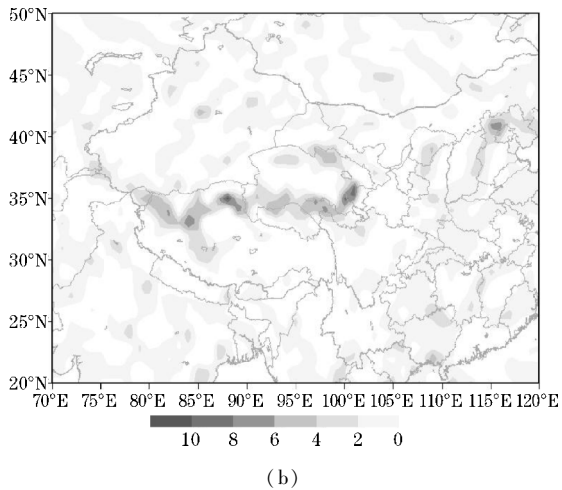
4 水汽条件特征分析

相对湿度场上,8 日 08:00,200 ~ 400 hPa 上在青海省东部相对湿度在 30 % 以下,表明高层处在干区之中,500 hPa 上处于 70 % ~ 90 % ,700 hPa 在 80 % 以上,中低层水汽条件较好,这种高层干冷,中低层暖湿的结构配置,极易形成强对流天气潜势触发条件。

水汽通量场上,18 日 08:00,500 hPa 上青海省东部有一个中心值为 4 ~ 6 g/s 水汽通量的大值区(图略),700 hPa 上,其中心在青海省的黄南南部一带,而东部地区处在 6 ~ 8 g/s 大值区中,表明中低层水汽输送较好,水汽通量的大值中心与此次短时强降水的落区基本一致。



(a)



(b)

图 6 2016 年 8 月 18 日 08:00 沿 101 °E、 θ_{se} 径向剖面和水汽通量散度 (θ_{se} 单位:K,水汽通量散度单位: $g \cdot cm^{-2} hPa^{-1} s^{-1}$)

研究表明^[12]强降水天气的产生需要源源不断的水汽输送,而水汽通量散度是水汽集中程度的表征量,此次强对流天气过程中,18 日 08:00,200 ~ 400 hPa 上,青海东北部在 $0 g \cdot cm^{-2} hPa^{-1} s^{-1}$,表明高层水汽辐散,大气层比较干冷,和相对湿度场的特征比较吻合,500 hPa 上在 $-8 g \cdot cm^{-2} hPa^{-1} s^{-1}$,700 hPa 上在 $-8 \sim -10 g \cdot cm^{-2} hPa^{-1} s^{-1}$ 大值区(图 6b),表明中低层水汽有很强的聚集和辐合,有利于青海东北部地区产生较强降水,到 18 日 14:00,中低层强的水汽辐合中心消失,该区域迅速转为辐散区,降水已结束。而强辐合中心出现的时间段与强降水发生的时间段有较好的对应关系,对短时强降水的预报和预警具有很好的指示意义。

5 中尺度对流云团特征

研究表明^[16],强降水出现在中尺度对流云团成熟阶段,TBB(相当黑体亮温)温度越低,表明对流发展越旺盛,分析了此次短时强降水天气的 FY2E 红外图像和 TBB 产品,可以看出,18 日 04:00,在青海省的海北地区形成一个中尺度对流云团,与其对应的 TBB(图 7a)为 -73 °C,此时刚察县热水工业园区 1 h 雨量为

25.6 mm,随着对流云团的进一步东移南压,05:00–06:00 在海晏青海湖乡托化村 1h 雨强27.8 mm,甘子河乡德州村1 h雨强为22.5 mm,此时对应的 TBB(图 7b,7c) 中心强度不变,维持在−73 ℃ 左右,TBB 最大梯度区在海晏与湟源交接处,07:00(图 7d),整个对流云团已南压到湟源县一带,且进一步合并加强,形成了一个云团边界清晰、结构紧密、形似椭圆状的中尺度对流云团,在红外云图上表现为颜色灰白的区域,对应 TBB 为−73 ℃,其最大梯度区在湟源县,到 08:30,云团稳定少动,湟中、西宁等地陆续出现短时强降水,西宁地区出现冰雹天气,湟源县1 h雨量52.4 mm,大华镇47.5 mm. 申中乡43.3 mm,到 9:30,此对流云团已

基本移出湟源县,影响湟源县的强降水也趋于结束。在高空西南气流的引导下,对流云团进一步东移北抬,影响到西宁市城北区、互助县,红外图像上颜色表现灰白的区域面积明显缩小,对应TBB<−53 ℃,此时城北区九家湾村 1 h 雨量 34.8 mm、城北区生物园区 27.4 mm、互助县沙塘川乡26.7 mm,到 11:00,此对流云团基本移出青海东部地区,短时强对流天气已趋于结束,此次强对流天气过程中,红外云图表现为颜色灰白的区域,TBB<−53 ℃ 的区域与1 h雨量>25 mm的区域有很好的对应关系,其中 TBB<−73 ℃ 的区域与湟源县站短时强降水有相对应,对该类天气的预报、预警具有较好的指示意义。

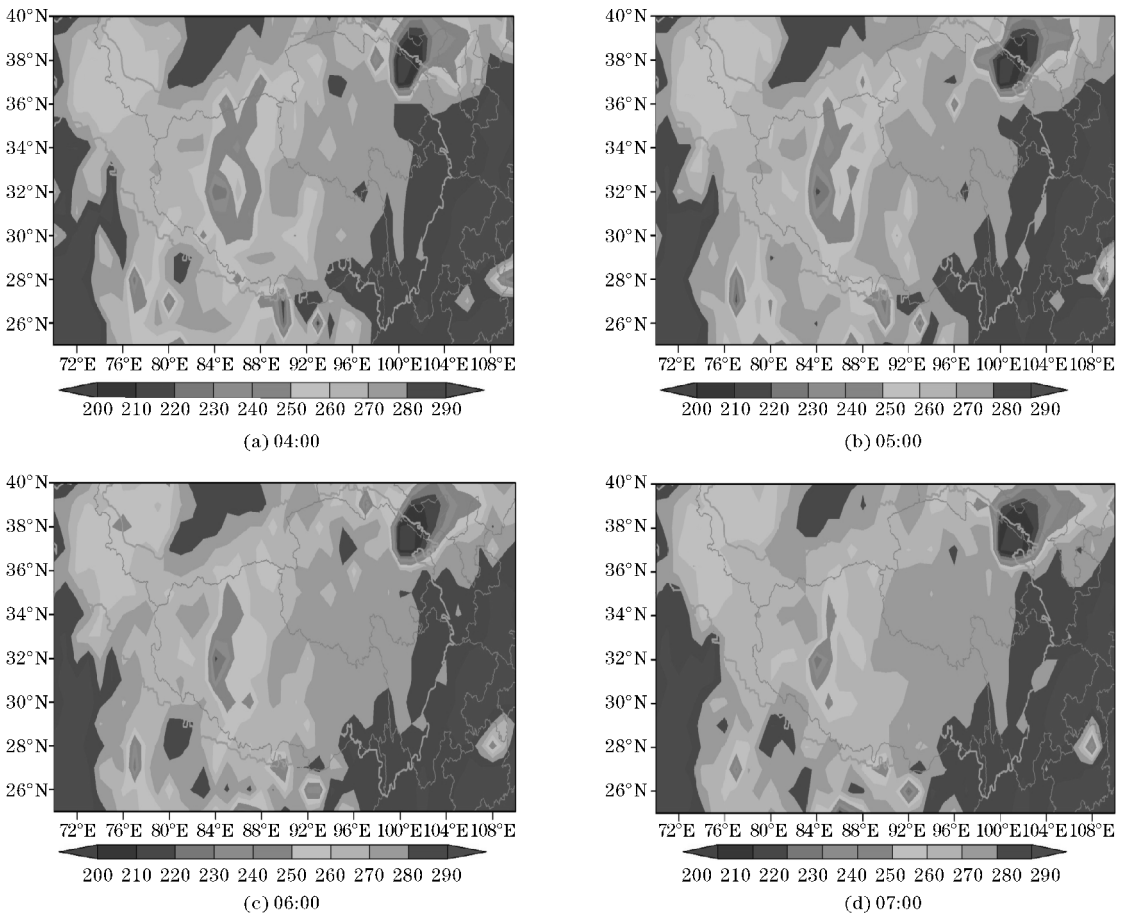


图 7 2016 年 8 月 18 日卫星云图 TBB

6 小结

- (1) 副热带高压外围西南暖湿气流与东移扩散南下的冷空气在青海东北部地区交汇是触发此次短时强对流天气的主要成因。
- (2) 强降水区 θ_{se} 低层锋区密集且陡峭,高层有冷空气入侵, $K_i>32\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的区域,与强降水的中心吻合。中低层为暖平流,高层为冷平流,风向和风速的垂直切变明显,这种上干下暖湿的结构配置是触发短时强对

- 流天气的能量潜势条件。
- (3) 高层干冷,中低层暖湿的水汽条件,青海东北部地区在 $6\sim8\text{ g/s}$ 水汽通量大值区,为此次强对流天气提供有力的水汽条件。
 - (4) 红外图像上表现为云团边界清晰、结构紧密、形似椭圆状的中尺度对流云团,颜色灰白的区域,TBB <−53 ℃ 的区域与 1h 雨量>25 mm的区域有很好的对应关系,其中 TBB<−73 ℃ 的区域与湟源县站短时强降水有很好的对应关系,TBB 梯度大值区与短时强降水的落区有很好的对应关系,对该类天气的预报预警

具有很好的指示意义。

参考文献:

- [1] 朱平,田成娟. 青海东部一次强对流天气的多普勒雷达特征分析[J]. 干旱气象,2011,29(3): 336-342.
- [2] 田成娟,李静,刘雪梅. 2011年8月13-15日青海省区域性大到暴雨过程成因分析[C]. 2011年灾害性天气预报技术论文集:北京:气象出版社,2012. 118-125.
- [3] 雷生国,赵维梅,马秀梅,等. 青海东北部短时强降水特征分析[J]. 现代农业科技,2016(9):236-237.
- [4] 马元仓,张青梅,靳世强. “8.25”青海省东部罕见暴雨成因分析[C]. 2007年灾害性天气预报技术论文集:北京:气象出版社,2008. 110-117.
- [5] 马元仓,徐亮,王希娟. 青藏高原东部一次罕见的大到暴雨天气分析[J]. 青海科技,2003(6): 32-33.
- [6] 李生辰,巩远发,王田寿. 青藏高原东北部一次强暴雨过程环流特征分析[J]. 高原气象,2010, V29(2): 278-285.
- [7] 田成娟,朱平. 青海省东北部地区“2010.7.6”短时强对流天气诊断分析[J]. 青海科技,2010(5):61-63.
- [8] 李昌玉,沈洁,冯蜀清. 青海大通地区一次罕见的大到暴雨过程分析[J]. 青海师范大学学报(自然科学版),2014(3):55-59.
- [9] 曹晓敏,张雄,金凯. 青海互助一次局地强降水天气多普勒雷达回波分析[J]. 成都信息工程学院学报,2014,29(5):517-521.
- [10] 王田寿,李生辰. 青海短时强降水(强暴雨)特征分析[J]. 青海科技,2007(4):17-20.
- [11] 李浚河,耿建军,张浍研,等. 2013年北京地区一次强对流天气过程分析[J]. 沙漠与绿洲气象,2016,10(2):25-30.
- [12] 孙健康,武麦风,谢在发. 青藏高原东部一次大暴雨过程分析[J]. 干旱区研究,2007,24(4): 516-521.
- [13] 王旭,张立,常成,等. 2015年7月29-31日东营市一次强对流天气过程分析[J]. 现代农业科技,2015(22):224-226.
- [14] 万文龙,张杰,朱克云,等. 皖北地区一次强对流天气过程的综合分析[J]. 成都信息工程学院学报,2009,24(6):588-595.
- [15] 柳臣中,周筠珺,张凌,等. 成都地区一次强对流天气中地闪产生的天气动力学分析[J]. 成都信息工程学院学报,2015,30(5):512-520.
- [16] 海显莲,巨克英,祁得兰. 卫星资料在青海东北部短时强降水预报中的应用[J]. 青海科技,2010(2):58-61.

Characteristic Analyses on a Strong Convective Weather Occurred in the Northeast of Qinghai-Tibetan Plateau

TIAN Cheng-juan¹, WEI Guo-cai¹, ZHU Ping¹, CAI Zhong-zhou², MA Qiong¹

(1. Qinghai Meteorological Observatory, Xining, Qinghai 810001, China; 2. Lightning disaster prevention center in qinghai province, Xining, Qinghai 810001, China)

Abstract: In order to study the occurrence and development mechanism of the strong convective weather in the northeastern Qinghai-Tibet Plateau, a short-time strong convective weather occurred in the morning on August 18, 2016 in the northeast of Qinghai province is characteristically analyzed by using the conventional meteorological observation, satellite cloud map, automatic station observation, NCEP $1 \times 1^\circ$ reanalysis data and the weather diagnosis method. The results show that intersection of the southwest moist and warm air flows from periphery of subtropical high and eastward and southward-moving cold air in the northeast of Qinghai province is the main cause which triggers the strong convective weather. The $K_i > 32^\circ\text{C}$ region corresponds to the strong convective region. The characteristics of water vapor is dry and cold on high-level, warm and moist on low-level. water vapor flux is $6 \sim 8 \text{ g/s}$. Infrared images shows the structure of cloud is dense, boundary clear and approximately elliptical mesoscale convective cloud cluster. There is a good corresponding relationship between region of TBB (black body temperature) $< -73^\circ\text{C}$ and large gradient value region with heavy rain fall area.

Keywords: meteorological; strong convective weather; characteristically analysis; unstable energy; satellite Images