

陈敏艳, 刘爱鸣, 陈秋萍. 2014年2号热带低压导致福建闽西北灾害成因分析[J]. 灾害学, 2016, 31(3): 84-90. [CHEN Minyan, LIU Aiming and CHEN Qiuping. Analysis of the Causes of Geological Disaster in Northwestern Fujian Province Induced by NO. 2 Tropical Depression of 2014[J]. Journal of Catastrophology, 2016, 31(3): 84-90.]

2014年2号热带低压导致福建闽西北灾害成因分析*

陈敏艳, 刘爱鸣, 陈秋萍

(福建省气象台, 福建 福州 350001)

摘要: 2014年8月19日, 南海热带低压在福建漳浦沿海登陆后北上, 造成福建闽西北大暴雨并引发洪涝地质灾害, 受灾人口近10万人, 因滑坡死亡4人, 直接经济损失2.5亿元。各种数值预报模式对这场暴雨强度和落区的预报都有较大误差。利用自动站加密观测资料、雷达产品、常规天气图对这场大暴雨过程进行分析, 结果表明, 南海热带低压登陆北上后与冷空气共同作用造成了此次大暴雨。大暴雨是在高空槽东移、中低层切变、锋面南压和南海热带低压北上天气背景下产生。热带低压登陆福建后靠近冷空气带来的湿斜压锋区、中低层切变附近的正涡度区和高空槽前西南急流轴之右侧的高空辐散区, 强度得到维持。热带低压北上为暴雨区上空输送了大量高能高湿的水汽, 并与南下冷空气相互作用, 不稳定条件和上升运动明显加剧, 触发了对流的发展。南海热带低压云团与西风槽前对流云团在闽西北上空合并, 对流云团获得进一步发展。大暴雨落区与湿斜压锋区、对流不稳定区、高低层正负湿位涡叠加区和垂直上升区有很好的对应关系。

关键词: 热带低压; 冷空气; 大暴雨; 灾害; 湿斜压锋区; 对流不稳定; 福建闽西北

中图分类号: X43; P642; P462 **文献标志码:** A **文章编号:** 1000-811X(2016)03-0084-07

doi: 10.3969/j.issn.1000-811X.2016.03.014

热带低压(以下简称TD)是生成于热带洋面上热带气旋的一种, 其地面最大中心风速在10.8~17.1 m/s之间, 风场呈明显的气旋式, 伴有深厚的对流或螺旋云带。TD在我国东部和南部沿海地区时有发生, 是造成我国东部和南部沿海地区夏季暴雨和洪涝灾害的主要天气系统之一, 但次数不多, 登陆并和冷空气相互作用带来暴雨的更少。由于登陆TD极少出现, 所以对它的研究很少。TD的强度不如台风, 其路径、暴雨强度和落区的预报难度较大, 在防御上也常没有引起足够的重视。刘汉华等^[1]分析了浙江北部一次热带低压引发的大暴雨过程; 赵付竹等^[2]分析了南海一次热带低压外围偏东气流引发的异常强降水过程, 结果均表明: 偏东风急流起到重要作用, 为暴雨产生提供了水汽、能量和动力条件。许多学者研究了上海“0185”热带低压特大暴雨^[3-4], 表明局地生成的MCC直接导致了这次暴雨过程, 其形成发展与低压内部特有的动力、热力结构有直接的关系。还有一些文章分析了台风减弱的热带低压产生的强降水带来泥石流、山体滑坡等次

生灾害的原因^[5-6]。上述的分析都没有涉及到热带低压和冷空气共同作用导致暴雨强度和落区异常。

2014年8月19日10时, TD在福建漳浦沿海登陆北上, 闽西北多地出现夏季罕见的大暴雨, 2个县市日降水量刷新本站同期历史纪录, 造成闽西北地区严重的洪涝、地质灾害。初步分析这场大暴雨过程与TD和冷空气的共同作用有密切的关系。各家数值预报模式对这场强降水的强度和落区预报都有较大误差, 比如天气预报员喜欢参考的欧洲中心(EC)的降水预报模式(包括EC的集合平均、概率匹配), 18日20时的起报场对这一时段(即8月19日08时—20日08时)的降水只报到了暴雨, 特别是把暴雨落区报在TD路径右侧的闽东北, 预报与实况偏差很大, 这给我们的预报和决策服务增加了难度。登陆闽南沿海的热带低压与冷空气共同作用造成闽西北洪涝地质灾害, 这次暴雨过程的预报属于业务预报中的疑难暴雨范畴, 热带气旋(TC)与中纬度环流的相互作用产生的暴雨的成因复杂, 预报难度大, 需要进行深入

* 收稿日期: 2016-01-11 修回日期: 2016-03-10

基金项目: 福建省自然科学基金(2014J01148)

第一作者简介: 陈敏艳(1974-), 女, 福建古田人, 硕士, 工程师, 主要从事气象管理、灾害防御与研究工作。

E-mail: 309701755@qq.com

的分析研究。本文利用多种观测资料, 采用天气动力学分析方法对南海热带低压登陆后与冷空气相互作用导致的暴雨异常分布进行分析, 以期进一步揭示出这类热带低压暴雨异常分布的成因。

1 2014 年 2 号热带低压基本概况

1.1 热带低压路径和强度概况

2014 年 8 月 18 日 20 时, 当年的第 2 个热带低压在南海东部海面上生成(以下简称 2 号 TD), 生成后向偏北方向移动, 19 日 10 时在福建漳浦沿海登陆, 登陆时中心气压 1 004 hPa, 风速 15 m/s。登陆后先是向北偏西方向移动, 19 日 17 时进入福建三明市, 尔后沿着东北西南走向的戴云山山脉 - 鹞峰山脉向东北方向前行, 19 日 20 时进入福建南平市, 中心气压仍维持在 1 004 hPa, 风速 13 m/s, 经南平、宁德, 20 日 05 时进入浙江省(图 1)。该低压维持时间长, 登陆福建北上过程中强度没有明显减弱, 19 日福建沿海平均风力 7~8 级, 阵风 9 级(24.7 m/s); 20 日 14 时到达长江口时仍有完整的低压环流, 中心气压 1 004 hPa, 风速 13 m/s, 阵风达 20 m/s。

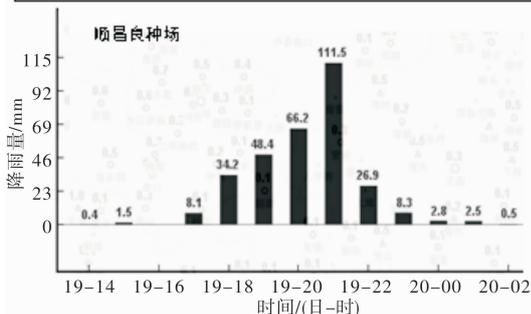
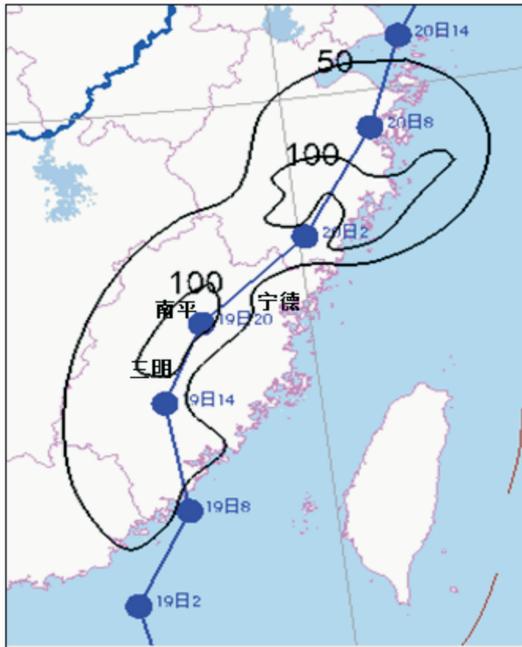


图 1 2014 年 8 月 19 日 08 时 - 20 日 08 时降水和热带低压路径(上)及顺昌良种场逐时雨量(下)

1.2 热带低压暴雨和灾害概况

由福建雷达组合反射率因子拼图可见(图 2), 19 日 08:37 时(图 2 a)2 号 TD 涡旋云系在闽东南沿海, 伴有螺旋对流云, 缓慢向北移动; 闽西北为槽前的对流云带, 向东偏南方向移动, 10 - 14 时(图 2b、c)两者均有所发展并逐渐靠近, 15 时(图 2d)二者在福建省中部合并, 强度明显加强并向北缓慢移动。受其影响, 闽中至闽北普遍出现暴雨, 部分地区达大暴雨, 以顺昌良种场 312.7 mm/24h 为最大。强降水主要集中在 17 时至 22 时, 中北部地区一些县市和乡镇持续 3~4 h 降水, 每小时雨量都在 30 mm 以上, 暴雨中心顺昌良种场 19 日 20 时 - 21 时 1 h 雨量达到 115.5 mm, 18 时 - 21 时 3 h 雨量达到 226.1 mm(图 1)。永安(134.7 mm)、沙县(111.4 mm)日降水量均刷新本站 8 月历史纪录, 其中永安为本站历史第三大值。由于短时雨强大, 持续时间长, 造成闽西北严重的洪涝、地质灾害, 多地河水暴涨、山体滑坡, 316 国道和鹰厦铁路因山洪地质灾害中断通行, 受灾人口近 10 万人, 紧急转移安置人口 7 000 多人, 南平延顺高速峡阳镇安科村大源隧道口山体滑坡致 4 名工人死亡, 直接经济损失 2.5 亿元。

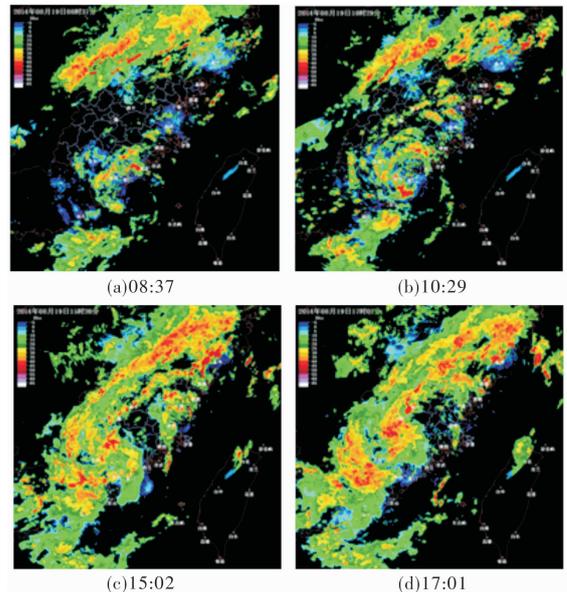
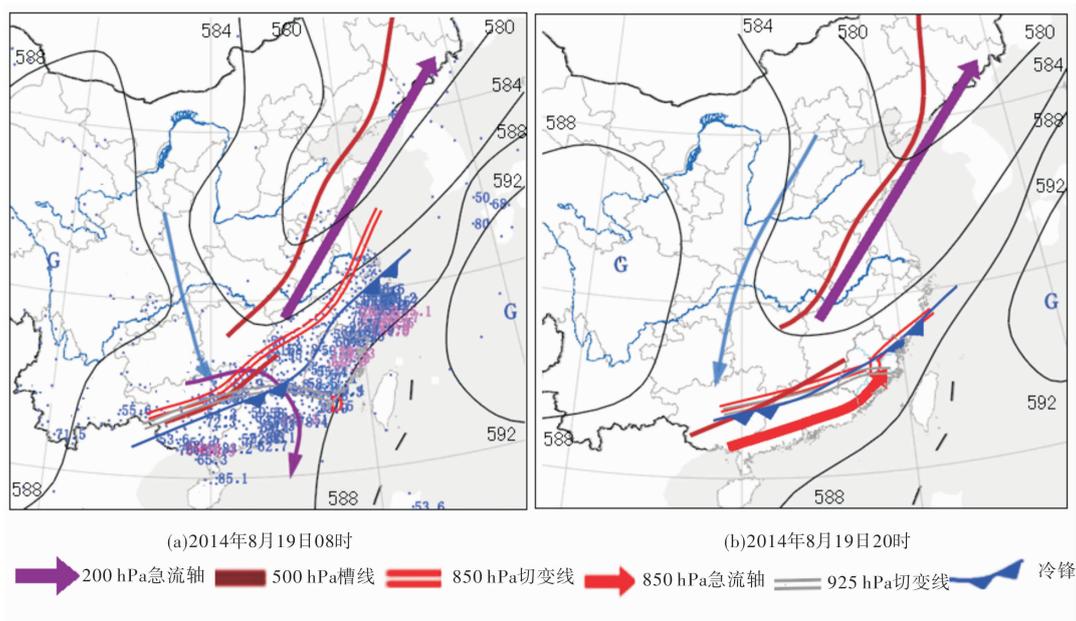


图 2 2014 年 8 月 19 日 08 - 17 时福建雷达组合反射率因子拼图

2 2014 年 2 号热带低压至灾成因分析

分析 8 月 19 日 08 时高空、地面天气形势可见, 500 hPa 中高纬地区为两槽一脊, 青藏高原到贝加尔湖地区为脊, 两侧为槽。东槽位于亚洲东岸, 槽底南伸至 30°N, 并与南支槽叠加; 副热带高压成块状, 中心位于日本南部, 588 线西伸进入南海。与 500 hPa 同期旬平均高度场比较, 西风槽



(注: 图 3a 中的数字为 19 日 08 时 - 20 日 08 时 24 h 累计雨量, 蓝色字为暴雨, 紫色字为大暴雨)

图 3 2014 年 8 月 19 日 08 时、20 时 500 hPa 高度场和高低空系统配置

明显偏南偏强, 副热带高压偏强但脊线偏南, 造成影响福建的冷空气较同期偏强; 而 02 号 TD 正处在日本南部块状副高西侧, 受偏南气流引导向偏北方向移动并很快越过副高脊线转向北偏东方向移动, 冷暖空气在福建交汇。850 hPa 切变线呈东北 - 西南向从广西伸向江西东北部; 925 hPa 切变线呈东 - 西向从广西伸向福建南部; 700 hPa、850 hPa、925 hPa 高空图上, 厦门站上空吹东南风, 汕头站上空吹偏北风, 表明 02 号 TD 位于闽粤交界处沿海; 地面图上, 冷锋到达武夷山脉(图 3 a)。随后, 在高空偏北气流作用下, 850 hPa 切变和地面锋面东段南压, 同时, 02 号 TD 北上, 南北两个系统逐渐靠近。19 日 20 时, 850 hPa 切变和 TD 已在福建北部重叠, 148 dgpm 的低压环流中心在邵武站东南部, 切变线穿过低压中心, 福建境内高度普遍下降 2 dgpm, 切变南侧西南气流明显加强, 12 ~ 14 m/s 的急流从广东南部伸到福建沿海, 暴雨区上空产生强的风向和风速的气旋性辐合; 850 hPa 切变和 TD 中心还与 925 hPa 切变和 TD 中心重叠, 有利于形成深厚的上升运动(图 3b)。中低层南北不同天气系统的靠近使低层辐合和抬升作用加强; 南北气流的交汇使不稳定能量加大, 从而促进了对流发展和降水加强。同时, 由图 3 可见, 暴雨期间, 500 hPa 低槽和 200 hPa 高空急流轴少动, 福建始终处在 500 hPa 高空槽前、200 hPa 高空急流入口区的右侧并有分流, 高空有强辐散。暴雨和大暴雨分布在 850 hPa 切变的南侧、850 hPa 西南急流和 TD 路径的左侧; 大暴雨分布在 TD 与冷锋交汇的区域; 最强降水出现在冷锋与 TD 交汇时。本次盛夏罕见的由非台风引起的强降

水过程是在冷空气南下和南海 TD 北上的天气背景下产生, 不同天气系统的相互作用及有利的空间配置是暴雨天气维持和加强重要原因。

3 热带低压登陆后长时间维持原因分析

这次降雨过程强度强且持续时间长, 与 02 号 TD 登陆福建后移速缓慢, 强度没有减弱, 在福建境内停留时间长有密切关系, 所以有必要分析 TD 强度长时间维持的原因。

3.1 大尺度环境场提供了低层辐合和高层辐散

19 日 08 时, 1402 号 TD 移到漳州沿海南端时, 地面和 925 hPa 上, 低压中心位于从广西伸向福建南部的东西向辐合线东侧较强气旋性辐合区中并与其西侧宽广的辐合区相连接, 有利于低压的气旋式旋转和气流辐合上升。200 hPa, 福建处在槽前高空急流入口区右侧和南亚高压脊线东南侧分流造成的高空辐散区。大尺度环境场所提供的低层辐合和高层辐散, 非常有利于 TD 长时间维持(图 3 a)。

3.2 冷空气作用

1402 号 TD 在福建登陆北上期间, 正逢北方有弱冷空气南下, 8 月 19 日 08 时, 850 hPa 切变线位于广西 - 江西东北部, 江西、福建北部中低层 24 h 降温 1 ~ 3 °C。由 850 hPa 涡度场可见(图 4a、图 4b), 19 日 08 时江南南部到华南有 2 个正涡度带, 1 个位于广西 - 江西, 中心达 $6 \times 10^{-5} \text{ s}^{-1}$, 对应的是 850 hPa 低涡切变; 1 个位于福建南部沿海, 中心达 $5 \times 10^{-5} \text{ s}^{-1}$, 对应的是 TD(图 4a)。随着切变

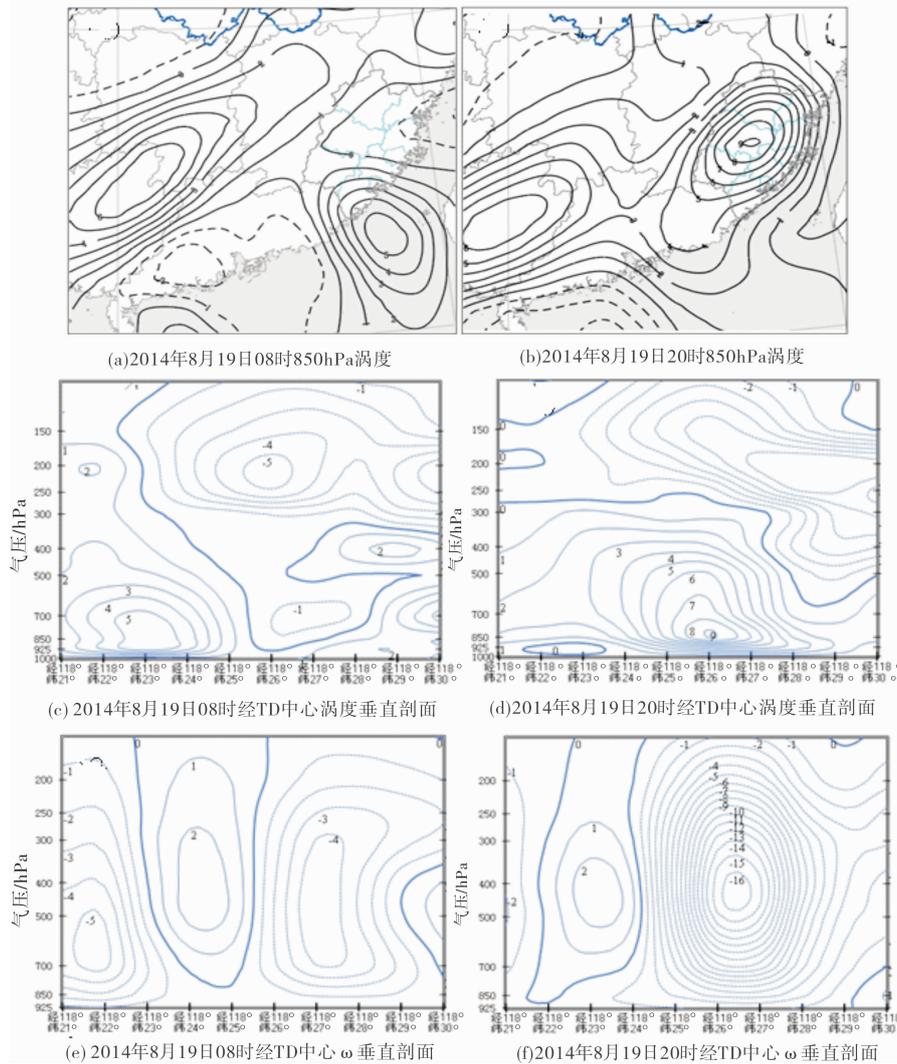


图4 2014年8月19日08时和20时850 hPa 涡度、经 TD 中心的涡度和垂直速度(ω) 径向垂直剖面图 (涡度单位: $10^{-5} s^{-1}$, ω 单位: $10^{-1} Pa/s$)

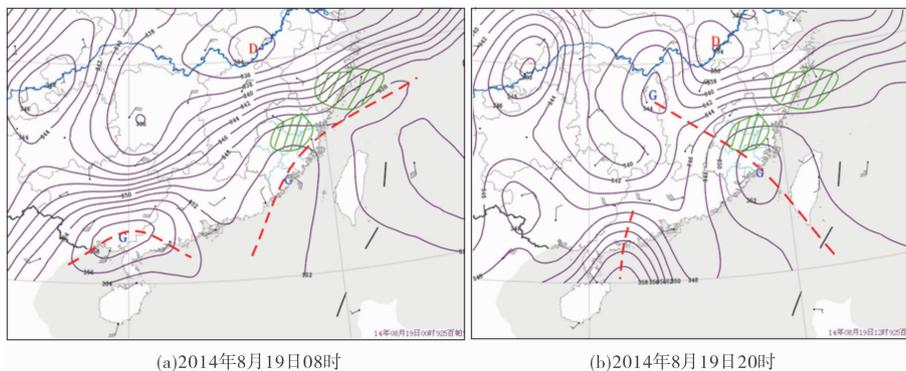


图5 2014年8月19日925 hPa θ_{se} (黑色等值线, 单位: K; 绿线, 暴雨区)

南压和低压北上, TD 对应的正涡度区和切变东段对应的正涡度区合并, 19 日 20 时, TD 中心位于福建三明境内, 对应的正涡度中心达 $9 \times 10^{-5} s^{-1}$ (图 4b), 强度明显加强。进一步分析垂直环流结构, 由经 TD 中心的涡度径向垂直剖面图 (图 4c、图 4d) 可见, 19 日 08 时, 与 TD 和低空切变相对应, 300 hPa 以下南北各有一个正涡度区 (图 4c), 300

hPa 以上, $26^{\circ} N$ 以北是大面积的负涡度区域, 是由高空急流轴之右侧风场的反气旋水平切变造成。19 日 20 时, 北面的正涡度区并入 TD 正涡度区后, 300 hPa 以下各层面低压中心上空的正涡度区域和值都明显加大近一倍, 同时低压北上移到了高空槽前西南急流东南方的负涡度区下方 (图 4d), 抽吸作用使垂直上升速度明显加强。由垂直速度剖

面图可见, 19日08时, 南北各有一个上升运动区, 南面低压中心上空的上升运动中心最大值位于700~500 hPa之间, 中心值为 5×10^{-1} Pa/s; 北面切变线上空的上升运动中心最大值位于500 hPa附近, 中心值为 4.5×10^{-1} Pa/s(图4e)。19日20时, 上升运动中心最大值提高到500~400 hPa之间, 中心值为 16×10^{-1} Pa/s, 加大3倍之多(图4f)。

综上所述表明, TD登陆后与冷空气相互作用使中心涡旋强度和上升运动都明显加强, 并导致大暴雨发生。冷空气对TD的加强作用可概括为: TD靠近斜压不稳定区, 中低层高空具有正涡度区, 利于对流发展和气旋性环流加强, 使其强度加强; 冷空气活动中常伴有高空低槽和槽前西南急流发展, TD移到高空槽前西南急流东南方时, 急流轴之右侧风场的反气旋水平切变使TD高空的辐散场加强, 抽吸作用加强, 使TD强度加强。

4 TD与冷空气相互作用的物理场特征和暴雨落区关系

从以上分析看出, 1402号热带低压北上与北方南下弱冷空气的相互作用是此次罕见强降水过程的主要原因。为了进一步研究冷空气与TD相互作用在物理场上的特征及与暴雨落区的关系, 下面从假相当位温、湿位涡和垂直环流等方面作详细分析。

4.1 湿斜压锋区和大暴雨落区的关系

分析925 hPa θ_{se} 场可见(图5), 19日08时, 350°K的 θ_{se} 高能轴从南海北部穿过TD中心, 经福建沿海到浙江南部沿海, 与冷空气相对应的等 θ_{se} 密集带位于江西、福建西北部到浙江中南部(图5a)。随着冷空气南下和TD北上, 南面的高能量在TD北侧东南气流作用下向西北扩展, 而北面的 θ_{se} 密集带逐渐南压, 19日20时, 高能轴穿过TD中心, 经福建中部和江西中部, θ_{se} 密集带位于福建中北部到浙江南部(图5b)。大暴雨位于 θ_{se} 密集带南侧和高能舌北部之间, $\theta_{se} > 340^\circ\text{K}$ 的区域(季风气团)。高能舌为暴雨的发生提供了能量, 西北的干冷空气与东南的暖湿气流在暴雨区交汇, 此

处既有锋区动力抬升作用, 又有湿斜压不稳定能量, 有利于上升运动发展和对流不稳定能量释放, 促使对流发展。冷空气的作用, 使TD大暴雨不是位于TD右侧的高能区和气旋性辐合处, 而是位于TD和锋区之间的对流层低层冷空气前部湿斜压性最强的区域。湿斜压性在这次大暴雨中起到了重要作用。

4.2 对流不稳定和大暴雨落区的关系

TD在福建登陆十几个小时, 长途跋涉进入福建内陆过程中的摩擦消耗, 本应使降水减小, 但到了19日夜, 福建省中北降水不但没有减弱, 反而加强, 形成大暴雨。这是由来自南海的TD携带者大量水汽和能量在特定条件下受到冷空气触发作用形成的。北方南下的冷空气位于TD输送的低层暖湿气流之上, 造成上下层不同的平流, 使近地层的位势不稳定增强。由 θ_{se} 垂直纬向剖面图可见(图6a), 在500~700 hPa层附近有明显的低能区(中心为330°K)从北方向南伸, 低纬地区有一中心354°K的高能区向北伸展, 暴雨区上空, 500~700 hPa的南下干冷空气叠加在850 hPa层以下的高能区上, 有利对流不稳定能量的积聚, 当与低层切变线和TD环流结合时, 便能产生强烈的对流运动, 造成强的暴雨。19日08时暴雨区700 hPa与850 hPa的 θ_{se} 之差达12~14°K, 具有强的不稳定能量。由 θ_{se} 垂直纬向剖面图可见(图6b), 最强对流不稳定区位于117°~118°E, 这就解释了为什么大暴雨是落在内陆地区而不是沿海地区。

4.3 湿位涡和大暴雨落区的关系

根据Hoskins位涡理论^[7], 可以认为负的湿位涡代表不稳定的暖湿气流, 正的湿位涡表示冷空气活动。分析2014年8月19日08时暴雨开始前的湿位涡垂直剖面图(图7a)可看出, 低层22°N和27°N附近分别有1个-3PVU的湿位涡负值中心, 暖湿空气从低纬向北输送, 对流活动层达到700 hPa高度。南面的负值中心与热带低压相对应, 负值范围大, 700 hPa以下均为负值, 为深厚的暖湿气流; 北面的负值中心与切变南侧的西南气流相对应, 负值范围小, 925 hPa及以下为正, 以上为负, 表明925 hPa及以下已受冷空气影响, 西南暖

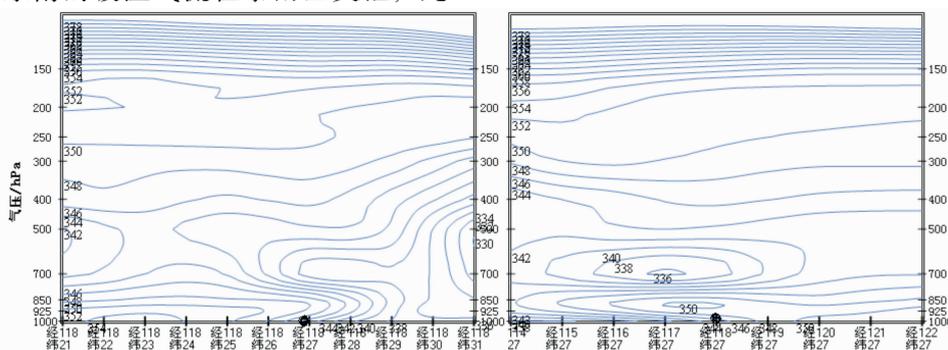


图6 2014年8月19日08时 θ_{se} 垂直剖面图(等值线单位: K)暴雨区

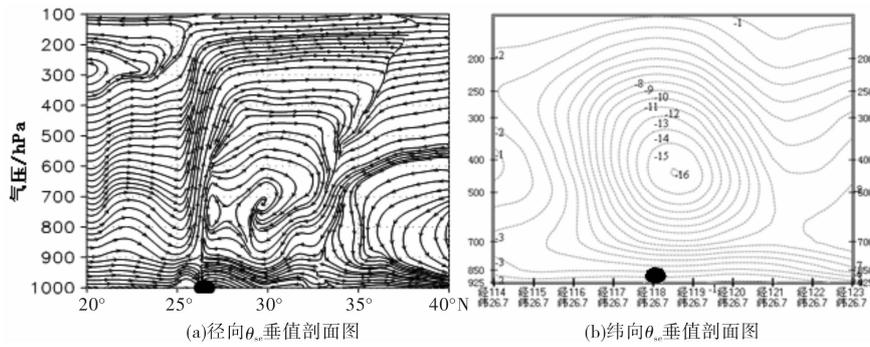


图 7 2014 年 8 月 19 日 08 时和 20 时 MPV 沿 118°E 径向剖面(单位: PVU)

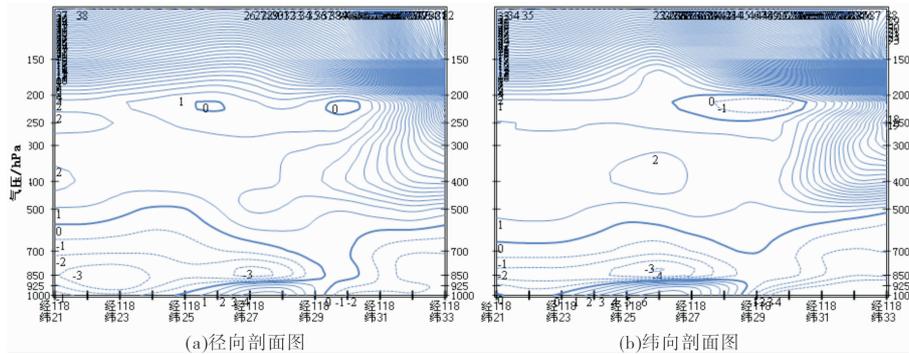


图 8 2014 年 8 月 19 日 20 时沿 118°E 的垂直环流(由经向速度(单位: m/s)和垂直速度(Pa/s) × 10 合成)的径向剖面图(a)和垂直速度纬向剖面图(b)黑色实心圆为大暴雨区

湿气流在冷垫上爬升。在 32°N 以北, 300 hPa 以上有一湿位涡大值区, 大值中心位于 38°N、118°E, 150 hPa 附近, 中心值达 119.1PVU, 这一高值区与对流层高层或平流层冷空气活动有关。它向下向南伸展, +2PVU 线到达 27°N, 500 hPa 高度, 叠加在 -3PVU 的湿位涡负值中心之上, 南北 2 个系统 MPV 的垂直分布结构是不一样的。20 时, 低层北上 TD 和南压的切变已经合并, 湿位涡负值中心也并为一个, 中心加强为 -4PVU, 位于 26°N, 其上 500 ~ 300 hPa 叠加着 2PVU 的湿位涡正值中心(图 7b)。说明对流层高层、对流层顶以及平流层的大值位涡扰动下传, 即高 MPV 值的干冷空气(即低相对湿度和高位涡表征的干燥下沉气流)叠加在低层暖湿气流所对应的负湿位涡区上。根据位涡守恒原理, 来自高层稳定环境的高位涡气流在对流层高层高空急流的输送下向下移动到到达低层不稳定环境后其绝对涡度增大, 有利于低层气旋的生成或发展, 也可以说干冷气块在向气旋中心上空下沉的过程中, 其所携带的不断升高的绝对涡度使气旋中心上空正涡度平流加强, 从而上层辐散场随之加强, 根据达因质量补偿原理, 低层辐合也随之增长, 从而导致上升运动的加强, 对位势不稳定能量的释放十分有利, 从而造成气旋发展和暴雨加强。

综上所述, 高层正的高值位涡的下传有利于气旋性涡度的发展, 低层的负位涡区有利于对流的发展, 两者的结合有利于热带低压和暴雨的维持和发展。大暴雨发生在湿位涡正负区叠加的

区域。

4.4 上升运动和大暴雨落区的关系

热带低压与弱冷空气相互作用, 使上升运动明显加剧, 降水强度进一步加强。由 19 日 20 时沿 118°E 的垂直环流的径向剖面图(图 8a)可见, 气流在大暴雨区域(也是热带低压中心附近)辐合上升, 在高层主要向北出流, 在 30° ~ 35°N 下沉, 并在对流层低层转为偏北风向南回流, 再在大暴雨区域附近与偏南风辐合, 形成明显的经圈环流。切变北侧冷空气下沉气流加强了该经圈环流, 有利于高层辐散和低空辐合进而使上升运动发展并维持, 上升运动在对流不稳定区发展并向上延伸到对流层顶, 有利强降水发生。由垂直速度纬向剖面图可见(图 8b), 最强上升运动区位于 118° ~ 119°E 冷暖空气交汇处, 这也解释了为什么大暴雨是落在内陆地区而不是沿海地区。

5 预报误差分析

本次过程, 各家数值预报和主观预报误差都比较大, 暴雨带或是预报在江西 - 闽西北的切变附近; 或是预报在沿热带低压路径东侧的福建沿海地区。究其原因, 热带低压的路径预报比实际偏东, 对冷空气的相互作用考虑不足, 后者更为主要。在粤东闽南沿海登陆北上的热带气旋, 一般强降水落区发生在低压环流右侧, 也就是福建的沿海, 例如当年 6 月登陆粤东的“海贝思”减弱后的低压环流穿过我省, 其路径与本次过程及其

相似,但导致的暴雨到大暴雨天气就出现沿海地区。

虽然数值预报对 TD 路径和暴雨落区的预报总会有偏差,但它包含了很多有用信息,比如对环流形势的预报总体是可信的。实际业务中,对于具体的路径预报可以根据预报误差进行适当订正,如这次过程,EC 路径预报比实况偏东,但日本和福建的中尺度模式的预报都比 EC 偏西,更接近实况路径,若能及时订正也许会改善预报效果。另一个关键因素则是冷空气,冷空气是形成中低纬度系统相互作用的重要成员,在数值预报的相关物理量场都有所表现,如能加强对数值预报的物理量场分析,可对暴雨落区预报作出较好订正。

6 小结

在这次暴雨过程中,TD 与中纬度低槽切变系统的相互作用是导致暴雨强度和落区异常的主要原因。鉴于这次暴雨过程在业务上属于预报偏差较大并给福建带来较大灾害,为此作详细的研究与分析,得到如下一些主要结论。

(1)本次大暴雨是在高空槽东移、中低层切变、锋面南压和 02 号热带低压北上天气背景下产生。热带低压北上为暴雨区上空输送了大量高能高湿的水汽;冷空气南下增强了不稳定条件并触发了对流的发展。不同天气系统的相互作用及有利的空间配置是暴雨天气维持和加强重要原因。

(2)热带低压登陆福建北上过程中靠近冷空气带来的斜压不稳定区、中低层正涡度区和高空槽

前西南急流轴之右侧的高空辐散区,利于对流发展、气旋性环流加强和高空辐散场加强,使 TD 强度得以维持。

(3)热带低压和冷空气共同作用产生的大暴雨,其落区与湿斜压锋区、对流不稳定区、高低层正负湿位涡叠加区和垂直上升区有很好的对应关系。

(4)数值预报对暴雨落区的预报总会有偏差,但对环流形势的预报总体是可信的。实际业务中,加强对数值预报的物理量场分析,可对暴雨落区预报作出较好订正。

参考文献:

- [1] 刘汉华,彭霞云,张子涵,等. 浙江北部一次热带低压引发的大暴雨过程分析[J]. 暴雨灾害, 2014, 33(2): 139-148.
- [2] 赵付竹,吴春娃,杨昌贤,等. 一次热带低压外围偏东气流引发的异常强降水过程分析[J]. 云南大学学报(自然科学版), 2010, 32(S1): 283-288.
- [3] 陈永林,杨引明,曹晓岗,等. 上海“0185”特大暴雨的中尺度强对流系统活动特征及其环流背景的分析研究[J]. 应用气象学报, 2007, 18(1): 29-36.
- [4] 杨克明,张守峰,张建忠. “0185”上海特大暴雨成因分析[J]. 气象, 2004, 30(3): 34-38.
- [5] 尹东屏,张备,吴海英,等. 登陆台风低压再度发展引发的特大暴雨诊断分析[J]. 灾害学, 2010, 25(2): 13-17.
- [6] 高安宁,张瑞波. 2011年秋季强台风“纳沙”导致广西灾害成因分析[J]. 灾害学, 2010, 26(1): 54-58.
- [7] 寿绍文,励申申. 中尺度气象学[M]. 北京:气象出版社, 2007.

Analysis of the Causes of Geological Disaster in Northwestern Fujian Province Induced by No. 2 Tropical Depression of 2014

CHEN Minyan, LIU Aiming and CHEN Qiuping
(Fujian Meteorological Observatory, Fuzhou 350001, China)

Abstract: In August, 2014, No. 2 tropical depression (TD2) moves northward after landing in Xiapu County, Fujian Province. It results in an extremely heavy rainstorm in northwestern Fujian Province and the related flood and geological disasters. These disasters affect nearly 100, 000 people with 4 people dead, and cause an economic loss of 250 million RMB. Great discrepancies in terms of the intensity and location of this rainstorm are found among different numerical prediction models (NWP). To analyze this extremely heavy rainstorm process, various data including automatic meteorological station, radar products, and routine weather map are used. It is shown that this rainstorm is attributed to the interactions between northward-movement TD2 arising from the South China Sea and cold air from high latitudes. The rainstorm originates from this type of weather background: eastward migration of high-level trough, wind shear in middle-low levels, southward movements of cold front, and northward movements of TD2 in the South China Sea. After landing in Fujian, the maintenance of TD2 intensity is due to the incorporations of the moist baroclinic frontal zone related to the cold air, positive vorticity area near the wind shear in middle-low levels, and high divergence area before high-level trough and to the right of the southwesterly jet. Northward-movement TD2 provides a great amount of water vapor with high energy and high temperature. Through interacting with the cold air, unstable condition and ascending motion intensify, which further triggers the convection. Since the cloud clusters of the TD2 and the westerly trough merge in Northwestern Fujian Province, a more powerful cloud cluster is formed. The location of the extremely heavy rainstorm is in good accordance with the area of moist baroclinic front, convective unstable zone, overlapping area of positive moist potential vorticity in high level and negative moist potential vorticity in low level, and ascending motion zone.

Key words: tropical depression; cold air; extremely heavy rainstorm; disaster; moist baroclinic frontal zone; convective instability; northwestern Fujian Province