

孙莎莎, 孙艺, 杨成芳, 等. “1410”台风麦德姆强降水与地形关系的分析[J]. 灾害学, 2019, 34(2): 115-121. [SUN Shasha, SUN Yi, YANG Chengfang, et al. Analysis on the Relation between Heavy Rainfall and Terrain of 1410 Typhoon Matmo [J]. Journal of Catastrophology, 2019, 34(2): 115-121. doi: 10.3969/j.issn.1000-811X.2019.02.022.]

“1410”台风麦德姆强降水与地形关系的分析*

孙莎莎¹, 孙艺², 杨成芳¹, 王倩³

(1. 山东省气象台, 山东 济南 250031; 2. 烟台市人民政府人工影响天气办公室, 山东 烟台 264003;
3. 中国海洋大学 海洋与大气学院, 山东 青岛 266100)

摘要: 利用多种资料对2014年第10号台风麦德姆的降水实况和环流形势进行分析; 并以欧洲中心 ERA-Interim 资料为背景场使用 WRF 模式, 对山东半岛地形对麦德姆强降水的影响进行敏感性试验。结果表明: 中纬度西风槽和台风系统结合, 冷空气从对流层低层入侵使麦德姆发生变性。山东半岛地形对麦德姆的移动路径、强度和降水均有一定影响。地形高度与强降水中心强度有较好的对应关系。地形高度的强迫抬升作用有利于水汽辐合增强, 从而使降水量增大。地形高度与降水量减少不是简单的线性关系。

关键词: 台风; 强降水; 地形; 麦德姆台风; 山东半岛

中图分类号: X43; X915.5; P458 **文献标志码:** A **文章编号:** 1000-811X(2019)02-0115-07
doi: 10.3969/j.issn.1000-811X.2019.02.022

山东是中国东部沿海的一个重要省份, 海岸线长达3 000 km左右, 是我国北方最容易受台风影响的省份之一。台风北上会给山东带来大风和强降水。陈联寿等^[1]认为台风登陆后地形作用会造成台风暴雨。王晓芳等^[2]分析发现地形强迫上升对0604号强热带风暴碧利斯登陆后内陆暴雨特别是湘东南特大暴雨有触发作用。黄奕武等^[3]分析发现0716号台风罗莎登陆期间, 沿海地形对降水影响较大, 强降水区主要分布在沿海山体迎风坡上。冀春晓等^[4]对0414号台风云娜在登陆期间移动路径和降水进行了数值模拟, 发现台风登陆期间, 地形对台风降雨量有明显的增幅作用。袁金南等^[5]的研究发现地形的辐合作用在某些部位加剧了中尺度对流系统的发生、发展, 从而对台风降水有明显影响。朱红芳等^[6]使用 WRF 模式对1211号台风海葵降水的地形增幅效应进行研究, 发现: 降水中心强度与地形高度相关性较好, 地形对暴雨增幅作用明显。薛霖等^[7]利用 WRF 开展台湾地形敏感性试验发现: 台湾地形是1010号台风莫兰蒂迅速加强的一个重要影响因子。之前学者们针对地形对台风降水的影响研究^[1-13]对象多为中国东南部地区, 对于山东地形对台风降水影响的研究较少。本文选取2014年第10号台风麦德姆, 利用多种资料分析该天气过程, 并且以欧洲中心 ERA-Interim 再分析资料为背景场进行 WRF 数值模拟, 分析山东半岛地形对该台风强降水的影响, 希望研究结论能为今后山东的台风暴雨预报提供一定的参考, 起到预防灾害^[8-10]的作用。

1 麦德姆降水实况

台风麦德姆于2014年7月14日生成在帕劳东北部海面上, 沿西北方向移动并且强度加强。北京时间7月23日00:15分前后麦德姆在台湾省台东县长滨乡沿海登陆, 之后继续向西北移动并于15:30分前后在福建省福清市高山镇沿海第二次登陆; 移动方向由西北转为北再转为向东北, 7月25日17:10分前后麦德姆以热带风暴的强度在山东省荣成市虎山镇沿海第三次登陆, 登陆时中心附近最大风力为8级(20 m/s), 中心最低气压为993 hPa。25日晚上麦德姆在黄海北部海面变性为温带气旋, 22时之后停止编号。

受麦德姆影响, 山东大部地区都出现了降水, 此次过程强降水主要分布在山东东部, 尤其是山东半岛地区。山东半岛地区的降水从24日下午开始, 降水主要集中在24日下午至25日白天。除了北部的个别地方出现了暴雨, 山东半岛其余地区都出现了大暴雨甚至特大暴雨。从7月24日14时-26日04时山东大监站过程降水分布(图1a)可见, 在近两天时间里的累计降水量大于50 mm以上的区域覆盖了整个山东半岛地区, 其中大监站中累计雨量最强降水区位于青岛胶州, 降水量为252.8 mm。从空间分辨率更精细的加密自动站7月24日14时-26日04时的累积降水分布(图1b)可见, 此次过程区域自动站最强降水出现

* 收稿日期: 2018-08-30 修回日期: 2018-11-08

基金项目: 天津市气象局“环渤海区域项目北上登陆台风强度特征及变化研究”(QYXM201707); 山东省气象局青年基金山东半岛地形对台风暴雨影响的研究(2015SDQN02); 山东省自然科学基金北上台风变性加强机理研究(ZR2013DQ009)

第一作者简介: 孙莎莎(1985-), 女, 山东牟平人, 高级工程师, 主要从事天气预报及相关领域研究. E-mail: sunss-08@163.com

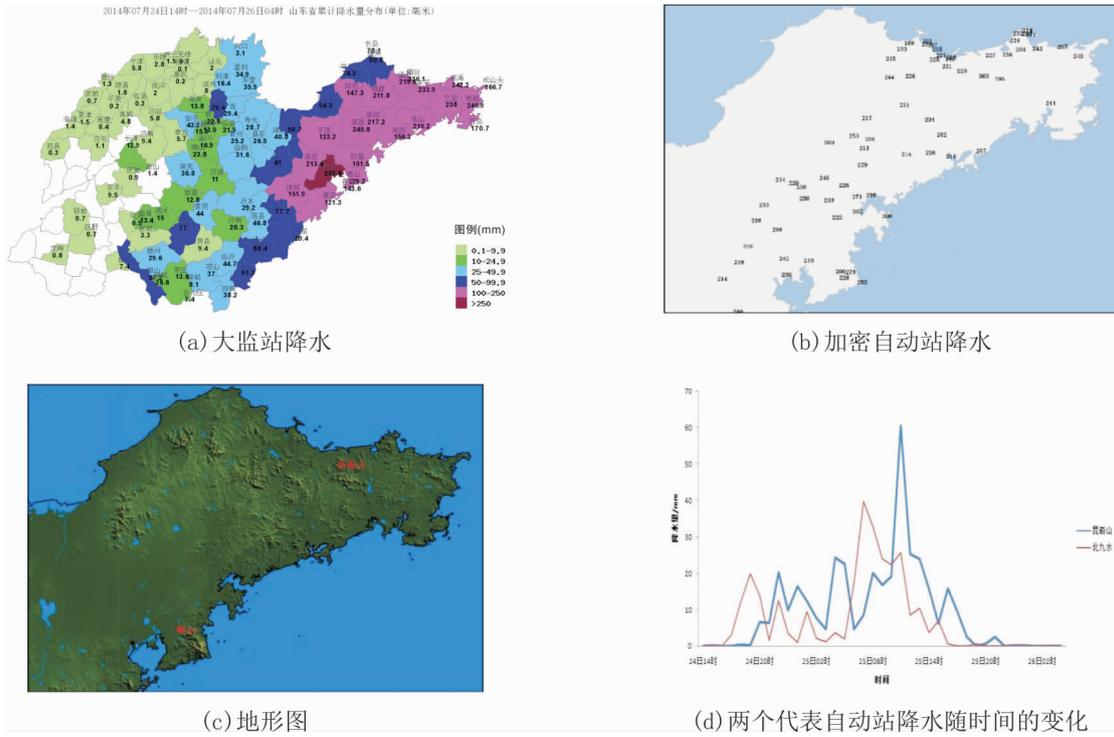


图1 2014年7月24日14时-26日04时山东降水实况及地形图

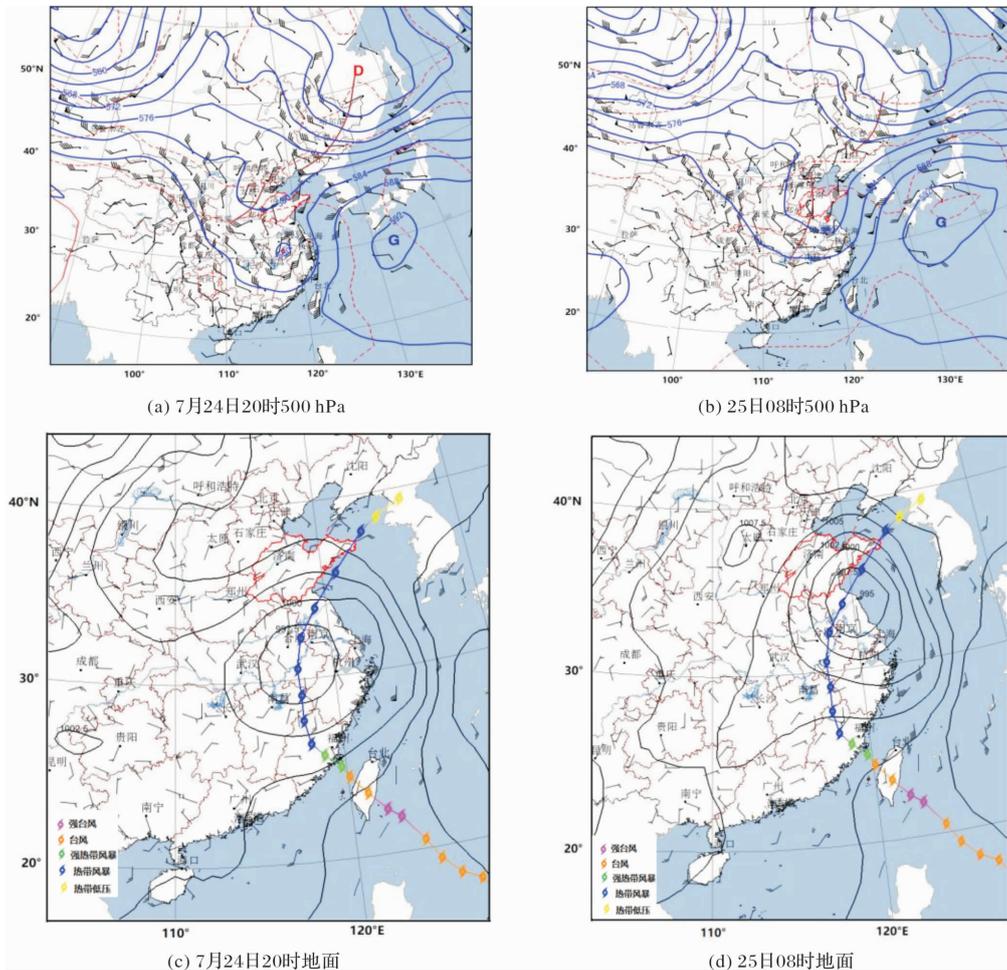


图2 500 hPa 高空形势图和地面图

在烟台昆嵛山站, 该站降水量明显大于附近其他站点; 同时发现青岛崂山地区也有部分站点例如

北九水降水量明显大于附近其他站点。这些降水量大的自动站全部位于海拔比较高的山区, 崂山

和崑崙山都是山东半岛的主要山脉(图 1c), 崑崙山海拔 1 132.7 m, 崑崙山海拔 922.8 m。这些降水量明显大于附近站的自动站出现特大暴雨与地形关系密不可分。从崑崙山和北九水两个代表站的降水量随时间变化曲线(图 1d)看出, 24 日 14 时-26 日 04 时, 崑崙山总降水量为 363.1 mm, 小时最大雨强出现在 25 日 11 时为 60.5 mm/h; 北九水总降水量为 278.1 mm, 小时最大雨强出现在 25 日 07 时为 39.7 mm/h。

2 环流形势

500 hPa 图上, 7 月 24 日 08 时, 副热带高压呈块状分布, 584 dgpm 线穿过山东半岛, 中纬度西风槽位于山东省上游陕西和山西省附近, 槽后有明显的冷平流, 麦德姆中心位于福建省北部地区, 台风位于副高的西南侧, 主要受副高外围偏南引导气流影响, 向北移动。24 日 20 时(图 2a), 副热带高压仍然为块状分布, 584 dgpm 线东撤到黄海上, 中纬度西风槽东移南压, 槽后仍有冷平流, 台风北上, 移动到副热带高压和西风槽之间的区域, 其中心位于安徽南部, 主要受副热带高压的偏南引导气流影响继续向北移动。25 日 08 时(图 2b), 副热带高压 584 dgpm 线相比之前继续东撤, 中纬度西风槽东移并有所发展, 槽后存在弱的冷平流, 此时台风中心位于江苏北部, 中纬度西风槽和台风系统相互结合, 此时台风位于副热带高压的西北侧并且处于槽前, 在两者共同的西南引导气流的作用下向东北方向移动。西风槽和台风系统结合导致冷空气入侵台风, 冷空气入侵使麦德姆在 24-25 日将近 40 个小时的时间里一直维持热带风暴的强度移动并于 25 日下午发生变性。变性后, 在中纬度西风槽和副热带高压的共同作用下, 麦德姆在黄海海面上向东北方向移动, 并且于 25 日下午 17 点左右登陆山东省荣成市虎山镇, 之后继续向东北方向移动并于 25 日夜间减弱消失。

从低层温压风场(图略)看出, 24 日 08 时, 山东半岛风向以南风为主, 对流层中低层受暖气团控制。24 日下午随着高空槽的移近和台风倒槽的北伸, 冷空气从对流层低层开始入侵, 在冷空气影响下, 山东半岛开始出现弱降水。24 日 20 时, 700 hPa 上, 整个山东仍为南风, 基本还是位于暖气团中; 850 hPa 上, 山东西部的风向转为东北风, 冷气团占据了山东西部地区, 山东半岛南部的风向为东南风, 风速 12 m/s, 达到低空急流的标准, 该暖湿低空急流不断的向山东半岛输送水汽和能量, 山东半岛受台风倒槽右侧的暖气团控制, 冷暖气团在山东半岛交汇, 山东半岛南部开始出现明显降水。24 日夜间, 高空槽继续东移, 台风也继续向东北方向移动, 山东半岛自西向东开始出现明显降水, 半岛南部降水小时强度达到此次过程的峰值。25 日 08 时, 台风中心位于江苏北部,

台风环流正好位于山东半岛, 相比于 24 日 20 时, 冷空气已经从低层开始向上入侵, 无论是 850 hPa 还是 700 hPa 上, 山东西部都是一致的东北风, 主要受冷气团控制, 山东半岛都为一致的东南低空急流, 主要受暖气团控制, 强盛的东南低空急流向山东半岛输送了充沛的水汽, 对流层中低层从下而上都形成了冷暖气团在山东半岛对峙的形势, 山东半岛降水强度增强。25 日白天, 随着高空槽的东移, 冷气团继续东推, 而台风的东北向移动, 导致其右侧的暖气团东撤, 由于台风倒槽右侧的暖湿空气和西风槽后冷空气在山东半岛东部地区交汇, 并且维持时间较长, 25 日上午山东半岛东部降水小时强度达到此次过程峰值。25 日 20 时, 850 hPa 上山东半岛已经全部转成东北风, 受冷气团控制, 700 hPa 上仅剩半岛东部还位于暖气团中, 20 时之后, 很快对流层中低层全部被冷气团控制, 山东半岛降水趋于结束。

地面图上, 7 月 24 日白天, 山东半岛开始出现弱降水时, 地面受台风倒槽影响, 山东半岛位于地面台风倒槽右侧, 风向以东风为主。24 日夜间(图 2c), 随着麦德姆的东移北上, 台风中心及环流开始接近山东半岛, 直接受台风环流影响, 山东半岛地面风开始由东风转东北风, 山东半岛开始出现明显降水。25 日 08 时(图 2d), 台风中心即将进入山东境内, 山东半岛完全处在台风环流之中, 位于台风前进方向的左侧, 地面风向已全部转为东北风, 风速明显增大, 山东半岛的降水也开始增强。25 日下午至夜间, 由于台风继续东北向移动, 山东半岛的地面风向开始由东北向转为西北向, 对应的台风降水也逐渐结束。从整个降水过程来看, 降水集中阶段, 山东半岛的地面风向盛行东北风, 当转为西北风后降水停止。

3 数值模拟试验方案和结果

根据前面对环流形势的分析, 发现主要降水时段对于山东半岛来说都是对流层中层位于高空槽前, 对流层低层位于台风环流系统中。在相同的天气背景下, 高海拔观测站点的降水量显著的大于其他观测站点, 地形起了一定的增幅作用。为了进一步证明地形在强降水过程中的作用, 采用数值模式试验进行验证。

在这使用 WRF V3.5 版本, 利用欧洲中心 ERA-Interim 再分析资料做背景场, 该资料时间分辨率为 6 小时, 空间分辨率为 $0.75^\circ \times 0.75^\circ$, 垂直分层 37 层。作为初始场和侧边界, 模式区域采用 3 层嵌套(图 3), 中心点位于 120°E , 36°N , 水平分辨率分别为 45 km、15 km、5 km, 格点数分别为 50×75 、 88×88 、 133×133 ; 模式垂直层数为 32 层, 模式顶为 50 hPa; 区域 1、2 均使用 Ferrier (new Eta) 微物理参数化方案和 Kain-Fritsch scheme 积云参数化方案, 区域 3 使用 Ferrier (new Eta) 微

物理参数化方案且未使用积云参数化方案。模拟起报时间为2014年7月23日20时,积分时间为60h,每小时输出一次模拟结果。在综合考虑模式分辨率和预报区域的基础上,台风路径和强度使用预报区域覆盖范围较大的第1层网格(45 km × 45 km)的模拟结果,降水等其他物理量使用预报区域覆盖范围较大的第3层网格(5 km × 5 km)的模拟结果。

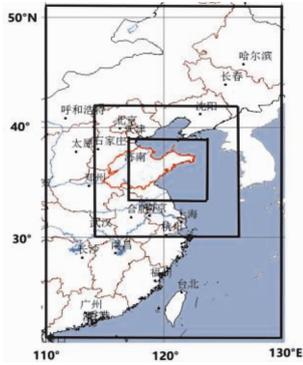


图3 模式三层嵌套区域范围

3.1 地形对台风路径的影响

台风降水的预报与台风路径的预报密不可分,成功预报台风路径对于成功预报台风降水落区很重要。在这设计一组对比实验来研究山东半岛地形对麦德姆路径的影响,具体设计以下2个试验方案:①control 控制试验:真实地形,为敏感性试验的对比基础。②test1 敏感性试验:无地形,将崂山和昆崙山的地形高度设为0 m。这2个试验方案的其他参数设置相同。

根据模式模拟的海平面气压场最小值配合10 m 风场来寻找台风中心位置,从而来确定控制实验和去地形敏感性试验模拟的台风路径。图4为中国气象局热带气旋最佳路径数据集的麦德姆实况路径和2个试验模拟的台风路径,可以看出:①control 实验的台风模拟路径与最佳路径实况较为一致,移动方向均为东北方向且路径偏差在可接受范围内,说明 control 实验对麦德姆路径的模拟是基本可信的,模拟结果可以作为基础与敏感性试验进行对比;但两者之间仍存在一定的偏差,例如 control 实验模拟的台风路径从25日00时之后开始一直相对实况偏西,其中一个原因是初始场和实况存在一定差异,导致初始时刻模式中的台风位置较实况稍微有所偏差,另一方面是 control 实验中模拟的台风移速与实况并不完全一致,模拟的台风移动速度比实况要慢,导致路径偏差。②test1 试验台风路径,与实况相比也大体一致,移动方向也为东北向,移动速度相差不大;与 control 实验模拟相比,台风路径较为一致,移动速度相近,但也存在一些偏差,24日白天至25日上午,台风中心在江西、安徽和江苏境内时, test1 实验路径和 control 实验路径基本接近,路径发散度较小;25日台风中心从江苏进入黄海海面的时段, test1 实验路径和 control 实验路径发散程度加大达

到最大, test1 实验的路径相比于 control 实验明显偏南,这说明山东半岛地形对麦德姆移动路径影响有一定的影响。

3.2 地形对台风强度的影响

台风强度的与输送水汽和能量的低空急流有重要关系,当低空急流减弱,水汽输送能力降低,从而导致台风强度减弱,反之亦然。降水的多少主要取决于低空急流水汽的输送,所以台风的强度也在一定程度上决定了降水量。在这通过分析真实地形的 control 控制实验和去地形高度的 test1 敏感性实验的结果,来研究地形对台风强度的影响。

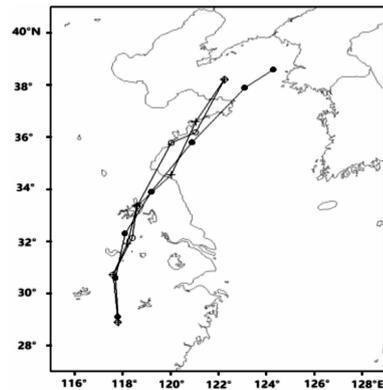


图4 2014年7月24日14时-26日02时麦德姆逐6h 实况路径、control 实验和 test1 实验模拟路径(实心圆代表实况,空心圆代表 control 实验,十字代表 test1 实验)

从7月24-26日的实况、control 试验和 test1 实验的台风中心气压随时间变化分布(图略)可以看出,这期间,实况台风强度呈现缓慢减弱的变化特征; control 实验模拟的台风中心气压数值范围总体与实况相近,前期中心气压变化很小,25日下午开始中心气压开始降低,说明台风强度先维持后增强; test1 实验模拟的台风中心气压变化趋势跟 control 实验基本一致;两个模拟实验的台风中心气压前期强度维持期间与实况较为接近,后期强度增强与实况之间的发散度变大。对比 control 试验和 test1 实验模拟的台风强度,在仅地形不同的情况下,台风强度变化存在如下特点:①24-26日, control 与 test1 试验模拟的台风强度差别很小,变化趋势较为一致,这与两个模拟实验之间台风路径较为接近的结论一致;②去掉崂山和昆崙山的海拔高度,对台风强度变化的影响不显著。

3.3 地形对台风降水的影响

很多研究都表明^[12-13],地形对台风降水有明显增幅作用。在这通过设计几组对比模拟实验,通过分析模拟结果,来研究山东半岛地形对台风降水的增幅作用,并且通过其他物理量^[13]的分析来初步研究地形对降水影响的机制。

3.3.1 无地形实验

首先将崂山和昆崙山高度设置为0的 test1 敏感性实验的模拟过程降水量和控制实验的结果进行对比,从 control 实验的过程降水落区来看(图5a),范围跟实况(图1a,图1b)一致,山东大部分地区都出现降水,强降水主要发生山东半岛

地区。从过程降水量来看, control 实验中山东半岛的降水量基本在 100 mm 以上, 部分地区在 200 mm 以上, 局地例如崂山和昆崙山在 300 mm 左右, 明显大于附近地区的降水量, 这与实况较为一致。这说明 control 实验的降水模拟结果也是可信的。但与实况不同之处在于 control 实验主要雨带分布相对实况稍微偏西, 这与模拟的台风路径后期相对实况稍微偏西有关。去掉地形以后, 从 test1 实验的模拟结果来看(图 5b), 过程降水落区跟 control 实验

及实况接近, 强降水的落区也 control 实验及实况接近。但明显不同之处有两个: ①崂山和昆崙山的降水量大大减弱, 崂山的过程降水量减少了 300 mm 左右, 烟台昆崙山的降水量减少了 150 mm 左右; ②在过程降水量减少的高海拔地区以西的部分地区降水量有明显增加, 对于整个降水落区来说, 降水的总量是基本持平的。通过 test1 实验得出山东半岛地形高度对此次降水过程有明显增幅作用, 地形高度的改变重新分配了降水分布。

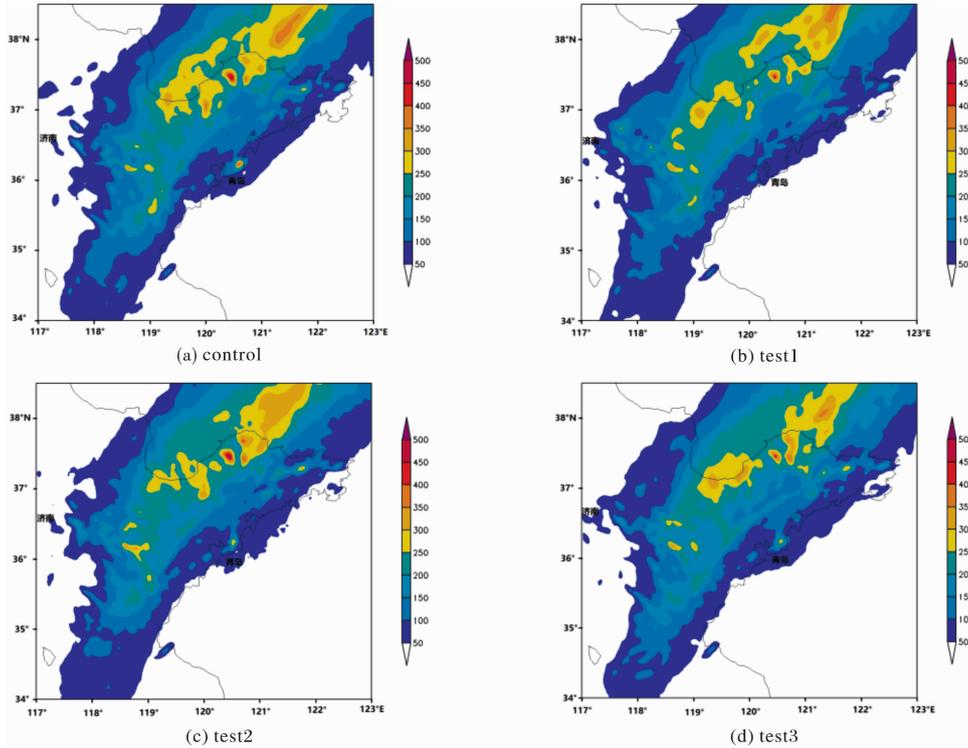


图 5 2014 年 7 月 24 日 14 时 - 26 日 04 时过程降水量(单位: mm)

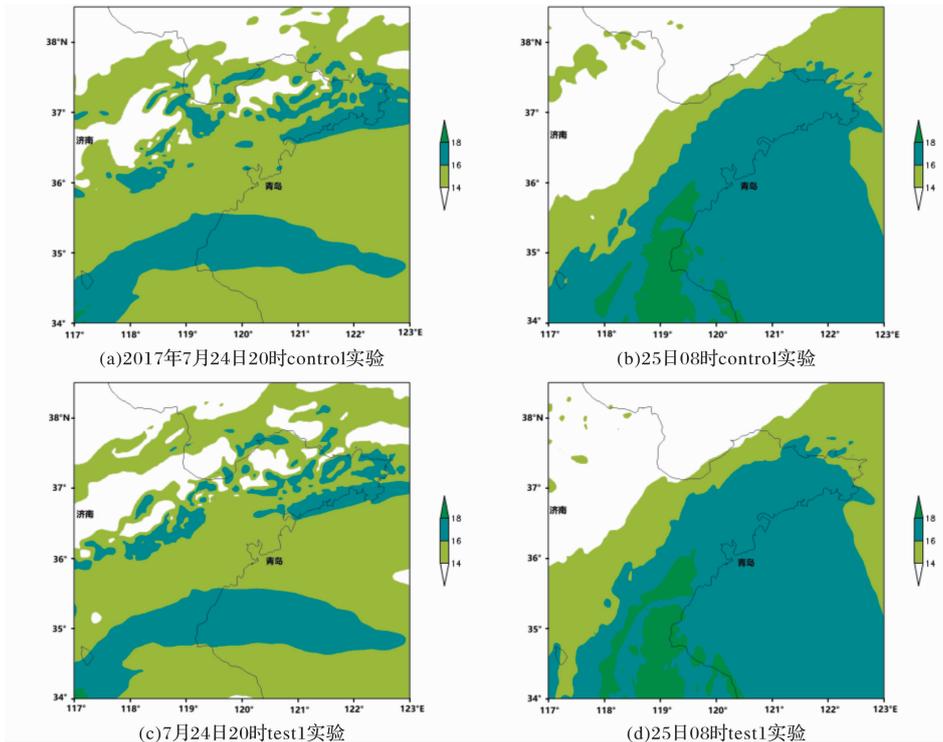


图 6 850 hPa 比湿(单位: g/kg)

其次,设计另外一个无地形的 test2 敏感性实验, test2 与 test1 的唯一不同之处在于 test2 下垫面为海面, test1 的下垫面为陆地,其余的参数 test2 和 test1 都完全相同。在海拔高度都为 0 的情况下,下垫面由陆地改为海面,发现:降水范围和控制实验一致,降水主雨带的位置与控制实验很接近,但部分降水大值区的分布与控制实验有一定的不同(图 5c)。test2 海拔高的地区过程降水量相比控制实验也明显减少,崂山的过程降水量减少了 200 mm 左右,烟台昆嵛山的降水量减少了 25 mm 左右。相比于 test1,高海拔地区减少的过程降水量幅度变少。test2 与 test1 相似,在高海拔地区降水量减少的同时,其以西地区有降水量增加,总体降水量保持不变。由于三个实验的总降水量都是基本接近的,说明山东半岛地形存在与否以及下垫面的属性并不影响整层大气水汽条件,但地形高度和下垫面的改变会导致降水落区的重新分配。

3.3.2 地形高度敏感性实验

通过之前的分析,发现山东半岛高海拔地形在台风降水过程中起到重要作用,为了进一步研究其作用,在这设计 test3 敏感性实验,该实验把崂山和昆嵛山的高度降为原来的二分之一,其他参数与控制实验一样。通过对比 test3 和控制实验的结果,分析海拔高度对降水的作用。从过程降水量(图 5d)来看,主要雨带的分布仍然跟控制实验相似,同时高海拔地区降水量仍与控制实验有明显差别。在崂山高海拔地区过程降水量减少了 100 mm 左右,昆嵛山地区过程降水减少了 25 mm 左右。对比 test1、control 和 test3 的过程降水量,可以发现, test3 的地形高度虽然相比控制实验的降低二分之一,但是高海拔地区降水量减少的幅度并不是二分之一,可以知道地形高度与降水量的减少并不是简单的线性关系。

4 地形作用机理初步分析

4.1 水汽条件

此次台风降水过程,山东半岛地区整体出现暴雨及以上量级的强降水。暴雨的形成条件一般需要有充足的水汽供应。从 control 实验的 850 hPa 比湿场来看,24 日 20 时(图 6a),除个别地区,山

东半岛地区比湿基本都在 16 g/kg 左右;25 日 08 时(图 6b),随着台风东移北上,台风环流携带的水汽输送带更加深入山东半岛,山东半岛大部地区的比湿都超过 16 g/kg,水汽显著增多,有利于强降水的发生。24 日 20 时(图 6c)和 25 日 08 时(图 6d) test1 实验的 850hPa 比湿分布特征跟 control 实验一样,山东半岛的比湿都在 16 g/kg 及以上。可以看出台风强降水发生期间,无论是 control 实验还是 test1 实验,山东半岛的水汽都很充足,充足的水汽保证了台风暴雨的产生;同时,山东半岛地形高度的改变并不会导致大气中水汽的增加或减少,因此局地地形高度设为 0 以后,高海拔地区降水量减少并不是因为水汽减少。

4.2 地形强迫的垂直运动

暴雨的形成除了充分的水汽,还需要强烈的上升运动。为了清楚对比 control 实验和 test1 实验中上升运动的变化情况,分别对崂山和昆嵛山 control 减 test1 实验两者垂直运动之差做时间和高度剖面,负值代表上升运动,这个垂直运动之差可以看做地形强迫造成的上升运动,从结果(图 7)可以看出,崂山和昆嵛山在降水期间都存在明显的地形强迫上升运动,并且崂山的地形强迫要比昆嵛山明显,这主要与山顶高度有关系。去掉地形后,崂山对流层中层以下上升运动整体减弱,尤其是 24 日夜间至 25 日下午,上升运动减弱的非常明显。昆嵛山的地形去掉以后,该地区的上升运动在降水期间上升运动也明显减弱,并且对流层低层减弱的要比中高层明显。总体来说,去地形之后,崂山和昆嵛山的垂直上升运动都明显减弱。从 24 日夜间至 25 日白天低层的水汽通量散度分布来看,去掉地形以后,由于强迫上升运动减弱,水汽辐合明显减弱,从而导致降水减少。

5 结论与讨论

本文利用常规观测资料和加密观测资料对麦德姆台风过程的降水实况和天气形势进行分析,并以欧洲中心 ERA-Interim 资料为背景场,利用 WRF 模式对崂山和昆嵛山的地形对台风麦德姆强降水的影响进行敏感性试验,探讨地形在此次台风强降水过程中的作用,结果表明:

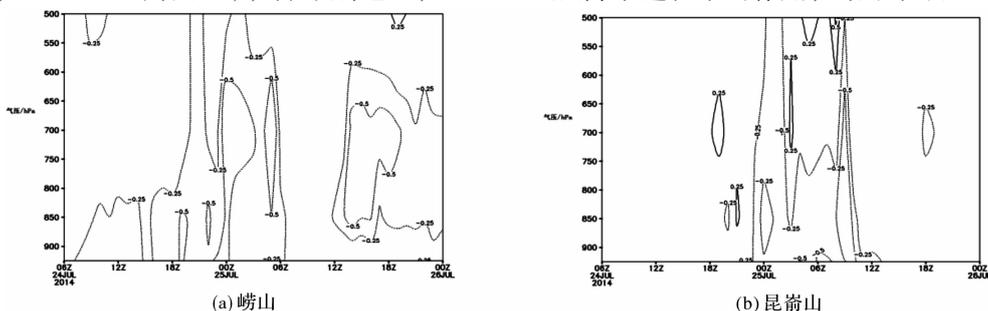


图7 control 和 test1 实验垂直运动之差(单位: m/s)随高度和时间变化

(1) 台风麦德姆给山东带来大风和强降水, 后期中纬度西风槽和台风系统相互结合, 冷空气从对流层底层入侵使麦德姆发生变性。

(2) 控制试验对麦德姆台风路径、强度及降水的模拟结果较成功, WRF 模式对本次过程有较好的模拟能力。

(3) 崂山和昆嵛山的地形对麦德姆台风的移动路径有一定影响, 地形也与台风强度的演变密切相关, 但其影响要弱于对路径的影响。由于台风的路径和强度很大程度上决定降水分布, 因此山东半岛地形通过影响台风路径和强度而影响降水分布。

(4) 此次台风降水过程中, 地形高度与强降水中心有较好的相关性, 去掉地形高度, 该地区降水量显著减少, 但地形高度与降水量减少幅度之间不是简单的线性关系。地形高度的存在导致了降水重新分配, 由于整层大气的水汽条件不变, 总降水量几乎不变。

(5) 地形高度的强迫抬升作用有利于水汽辐合增强, 从而使台风降水量增大。

参考文献:

- [1] 陈联寿, 徐祥德, 罗哲贤, 等. 热带气旋动力学引论[M]. 北京: 气象出版社, 2002: 168-313.
- [2] 王晓芳, 胡伯威. 地形对 0604 号“碧利斯”登陆台风暴雨的影响[J]. 暴雨灾害, 2007, 26(2): 97-102.
- [3] 黄奕武, 端义宏, 余晖. 地形对超强台风罗莎降水影响的初步分析[J]. 气象, 2009, 35(9): 3-10.
- [4] 冀春晓, 薛根元, 赵放, 等. 台风 Rananim 登陆期间地形对其降水和结构影响的数值模拟试验[J]. 大气科学, 2007, 31(2): 233-244.
- [5] 袁金南, 黄燕燕, 刘春霞, 等. 陆地摩擦对登陆热带气旋路径和强度影响的模拟研究[J]. 热带气象学报, 2007, 23(6): 531-537.
- [6] 朱红芳, 王东勇, 娄珊珊, 等. 地形对台风“海葵”降水增幅影响的研究[J]. 暴雨灾害, 2015, 34(2): 160-167.
- [7] 薛霖, 李英, 许映龙, 等. 台湾地形对台风 Meranti (1010) 经过海峡地区时迅速增强的影响研究[J]. 大气科学, 2015, 39(4): 789-801.
- [8] 牛海燕, 刘敏, 陆敏, 等. 中国沿海地区台风灾害损失评估研究[J]. 灾害学, 2011, 26(3): 61-64.
- [9] 高安宁, 张瑞波. 2011 年秋季台风“纳沙”导致广西灾害原因分析[J]. 灾害学, 2013, 28(1): 54-58.
- [10] 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.
- [11] XIE B G and ZHANG F Q. Impacts of typhoon track and island topography on the heavy rainfalls in taiwan associated with morakot (2009) [J]. Mon. Wea. Rev., 2012, 140(10): 3379-3394.
- [12] Yu C K and Cheng L W. Distribution and mechanisms of orographic precipitation associated with typhoon morakot(2009) [J]. J. Atmos. Sci. 2013, 70(9): 2894-2915.
- [13] 黄莉, 白龙, 李紫甜. 适当冷空气对秋季台风暴雨增幅作用研究[J]. 灾害学, 2018, 33(2): 38-44.

Analysis on the Relation between Heavy Rainfall and Terrain of 1410 Typhoon Matmo

SUN Shasha¹, SUN Yi², YANG Chengfang¹ and WANG Qian³

(1. Shandong Meteorological Station, Jinan 250031, China; 2. Yantai Weather Modification office, Yantai 264003, China; 3. Collage of Oceanic Atmospheric Sciences, Ocean University of China, Qingdao 266100, China)

Abstract: By using various data, we analyze the precipitation and circulation of Typhoon Matmo No. 10 in 2014, and carry out the sensitivity tests of the topography of Shandong Peninsula to the heavy rainfall of Matmo by using WRF model with ERA-Interim data from the European Center for Medium-Range Weather Forecasts. The results show that the mid-latitude westerly trough combined with the typhoon system, and the cold air intruded from the lower troposphere and made Matmo have a extratropical transition process. The topography of Shandong Peninsula influent somewhat on the movement path, intensity and precipitation of Matmo. The topographic height and the intensity of the heavy rainfall center are well corresponded between each other. The forcing uplift of topographic height is beneficial to the enhancement of water vapor convergence as well as to the increase of precipitation. The relation between topographic height and precipitation reduction is not simply linear.

Key words: typhoon; heavy rainfall; topography; Matmo; Shandong Peninsula