文章编号:1004-4965(2006)02-0113-08

TRMM 资料分析热带气旋的降水与水汽、潜热的关系

牛晓蕾¹, 李万彪^{1,2}, 朱元竞¹

(1.北京大学物理学院大气科学系,北京 100871;2.中国科学院大气物理研究所大气边界层物理和大气化学国家重点实验室,北京 100029)

摘 要:利用 TRMM(Tropical Rainfall Measuring Mission)卫星上搭载的 TMI(微波成像仪)资料,以 2004 年桑达热带风暴和 1999 年 9908 号热带风暴为例,定量分析西北太平洋上热带气旋降水与水汽、潜热的关系。结果 发现,日平均降水率与气柱水汽量之间存在着很好的双对数关系,对流层中高层(3.0~14 km)潜热与地面日平均 降水率之间存在很好的双对数关系,在热带气旋密闭云区和外围螺旋云区两个区域内,降水与潜热的相关程度最好, 并且每相隔 24 h 出现一次极大值。本工作试图为台风预报模式提供降水参数化方案。

关键词:TRMM;降水;气柱水汽量;潜热;热带气旋中图分类号:P444文献标识码:A

1 引 言

热带气旋是最强的暴雨天气系统,而且热带气旋 灾害的主要部分也往往是由暴雨引起的,所以对热带 气旋降水的研究有利于提高对热带气旋天气预报的 水平。过去十几年中,在远距离台风暴雨、螺旋雨带 的形成理论、台风系统对中纬度地区降水的影响、暴 雨分布、下垫面特征对暴雨的影响和暴雨的突然增幅 等方面都取得了新的进展^[1]。但是,由于以前观测资 料特别是海上观测资料的缺乏,以及降水时空分布的 不连续性,降水资料成为最难获取的物理量之一^[2]。 所以定量分析热带气旋的结构以及发生发展机制的 研究还很不成熟。但是随着卫星遥感技术的不断发 展,我们越来越多地掌握到热带气旋的三维以及降水 资料,特别是微波探测能够穿透云层的优势使得我们 可以应用微波遥感资料获取到热带气旋的位置、移动 速度、温度、风速以及降水率等参数,这些参数是台 风预报模式不可或缺的初始参数。TRMM 卫星提供了 赤道南北 40°范围内的资料,特别是卫星上搭载的 TMI 提供了海上的降水、可降水量以及潜热等信息, 这对于分析热带气旋中降水与水汽和潜热的关系提 供了条件。

利用 TRMM 卫星资料在热带气旋结构的分析与 预报以及降水检测上已经取得了不少的成就。丁伟钰 等利用 TRMM 准全球、准实时的 3h 降水估测资料分 析了 2002 年登陆广东的热带气旋的降水分布特征^[2], 并且利用 GMS5 多通道数据与 TRMM 资料估测了华 南地区热带气旋的降水^[3]。姚展予、李万彪等^[4]选用 TRMM/TMI 的 85.5 GHz 垂直极化通道亮温很好地反 演了云中液态水分布。林爱兰等^[5]分析了不同方式登 陆的热带气旋的降水分布型与热带气旋活动特征之 间的关系。魏清等^[6]用统计方法分析了登陆广东的热 带气旋的降水分布和移速变化之间的关系,进一步从 诊断事实上说明了地形以及非绝热加热等因子对台 风移动的可能影响。Kidder 等^[7] 用 AMSU 微波探测 器对热带气旋的降水预报做了初步的试验和探讨工 作。Bretherton 等^[8] 在用 TRMM 资料研究印度洋、西 太平洋、东太平洋和大西洋的降水与水汽的关系时发 现,热带海洋上水汽相对饱和度(气柱水汽量与饱和 水汽柱浓度之比) 与降水量之间存在着很好的指数关 系。但是国内利用 TRMM 卫星资料定量地对降水与

收稿日期: 2004-11-05;修订日期: 2006-01-08

基金项目:国家自然科学基金(40105001);LAPC开放课题项目共同资助

作者简介: 牛晓蕾(1979-),女,河北省无极县人,硕士研究生,主要从事大气辐射与大气遥感的研究。E-mail: xlniu@pku.org.cn

联系作者: 李万彪, lwb@pku.edu.cn, 010-62767304。

水汽,特别是与潜热的关系进行的研究还很少,而且 对于台风降水参数化的研究工作也不多。

水汽与潜热是降水的先决条件,大气中的水汽含 量、水汽输送以及潜热的吸收与释放对于热带气旋的 发生与维持起了重要作用,与热带气旋降水的关系更 是密不可分的。定量描述它们之间的关系对于台风预 报模式的参数初始化有很大的帮助,有利于提高预报 的精度。本文利用 TRMM 卫星资料分析了几个西太 平洋上的热带气旋个例,初步探讨了日平均降水率与 气柱水汽量和潜热之间的函数关系,以推动台风暴雨 预报的发展。

2 TRMM 卫星简介及其资料说明

热带降水测量卫星 TRMM 是美国的 NASA (National Aeronautics and Space Administration)和日本 的 NASDA (National Space Development Agency)的联 合项目。卫星的轨道倾角 35°。圆形轨道 高度 350 km, 三轴稳定,周期 91.3 min,每天运行 15.77 轨,覆盖 范围为赤道南北 40°以内。其主要目的是测量热带地 区的降水和热带地区与亚热带地区的能量交换。 TRMM 卫星上搭载的 TMI 是一部多通道双极化微波 辐射计,以圆锥扫描方式工作。主要目的是为了遥感 海面降水信息。表 1 列出的是 TMI 的主要产品。本文 用到的 TMI 第二级产品 2A12 中提供的近地面瞬时降 水率、可降水量以及潜热释放量的资料,其中可降水 量与潜热释放量采用的是从地面到 18.0 km 高度的 14 层的垂直廓线。

产品级别	产品名称	主要内容		
第一级	1B11	九通道微波亮温		
		近地面瞬时降水率 , 云中液态水、		
第二级	2A12	冰晶、可降水、可降冰以及潜热		
		释放量的垂直廓线(共14层)		
第三级	3A11	地表比辐射率		

表1 TMI 产品一览表

3 日平均降水率与气柱水汽量之间 的关系

3.1 无热带气旋发生时西北太平洋上日平均降水 率与气柱水汽量间的关系

西北太平洋是全球热带气旋发生频率较高的区域

之一,本文研究的范围选取了110~170°E,0~40°N 的区域,其中去除了包含中国大陆的资料(图1)。 如图所示,选取的区域内仍有部分小的岛屿陆地,在 资料预处理的时候先根据2A12产品中对下垫面的标 识将陆地上的数据进行剔除,处理后的数据就是要用 于分析的西北太平洋洋面上的情况。下垫面环境对热 带气旋暴雨也有重要作用^[9],而海洋洋面的性质比较 均一,所以选取了海洋作为分析的对象,没有考虑下 垫面的影响。



选取 1998 年 7 月、1999 年 7 月和 2000 年 6 月的 资料,这 3 个月里热带气旋发生的数目较少或没有发 生,资料预处理的时候先去掉有热带气旋发生时的资 料。

经过计算分析发现,日平均降水率 P 和气柱水汽 量 W 分别取双对数后明显地呈线性关系,如图 2a 所 示,从而得到了回归关系式

 $\ln(P) = -5.98384 + 1.0716 \times \ln(W)$ (1) ਤ

P = 0.0025191342 × W^{1.0716} (2) 其中 P 为日平均降水率, W 为气柱水汽量,相关系数 为 0.992 51,标准差为 0.112 17。

为了验证回归的效果,图 2b 给出了气柱水汽量 经过式(2)反演得到的日平均降水率与 TRMM 卫星 观测数据得到的降水率之间的对比图,显示回归效果 非常好。

在热带气旋没有发生的时刻降水与水汽之间就 存在这么好的双对数关系,那么下面将以 2004 年发 生的桑达热带风暴和 9908 号热带风暴为例,探讨一 下热带气旋发生时这种函数关系表达式是否依然成 立。 16



日平均降水率反演结果与实测值的对比图(b)

3.2 桑达与 9908 号热带风暴的分析结果

水汽对于热带气旋的生成和维持有明显的作用, 大气中水汽柱浓度对于热带气旋造成的降水有很大 的贡献。热带气旋中有强对流活动,可以使得对流层 中上层的湿度变大,而对流层中下层的高湿环境有利 于促使强深对流的发生。本文选取了发生于 2004 年 8 月 27 日~9月7日的桑达热带风暴和 1999 年 8 月 18~ 23 日的 9908 号热带风暴作为个例来研究西北太平洋 热带气旋中降水与气柱水汽量的关系。分析的步骤与 3.1 中的方法类似,结果表明降水与气柱水汽量在热 带气旋发生过程中也是呈很好的双对数关系,得到的 关系式分别为

ln(P)=-5.581 14+0.995 51×ln(W)或P = 0.003 768× $W^{0.99551}$ (3)ln(P)=-5.524 99+1.01409×ln(W)或P = 0.003 986× $W^{1.01409}$ (4)

关系式(3)和(4)的相关系数分别为 0.995 21 和 0.990 64,图 3a、3b 给出了桑达热带风暴日平均降水 与气柱水汽量的关系以及反演结果验证的情况,图



图 3 桑达和 9908 号热带风暴反演情况 a. *P*和 W的双对数坐标图 (桑达); b. 反演结果对比的点聚图 (桑达); c. *P*和 W的双对数 坐标图 (9908 号); d. 反演结果对比的点聚图 (9908 号)。

为了进一步验证以上所得到的关系式,选取了桑 达热带风暴发生过程中9月4日19:45 (UTC)这一时 刻,做出了实测降水率分布图以及由气柱水汽量反演 得到的降水量分布(图4a、4b)。对比两张降水量分布 图可以发现,两者都很清晰地显示了热带气旋的眼区 和呈螺旋状分布的降水云带,特别是在临近热带气旋 眼区的区域存在着一条很强环状的降水区,但是反演 得到的降水强度比实际的降水强度要略强。

充足的水汽是造成强降水的先决条件,热带气旋 日平均降水量与气柱水汽量之间存在着很好的双对 数关系,可以用公式 *P* = *A*×*W^B*对降水进行反演,*A* 和 *B* 是反演系数,得到的回归相关在 0.9 以上。



图 4 桑达 9 月 4 日 19:45 (UTC)的降水率分布 a. TRMM 卫 星提供的降水率分布; b. 气柱水汽量反演得到的降水量分布。

4 不同高度上潜热与日平均降水率 之间的关系

4.1 1998、1999 年西北太平洋无热带气旋发生时 的分析

潜热释放是热带气旋维持的主要因子。丁治英等 ^[10]研究发现积云对流潜热加热对热带气旋维持很重 要,潜热加热是热带气旋维持的内因。对流性降水一 定伴随着强的潜热释放过程。蔡尔诚^[11]研究了对流性 暴雨形成前的三次潜热释放过程,在对流运动经历波 状云、孤立对流单体和强降水构造三次潜热释放过程 后才导致暴雨发生。热带气旋的螺旋云带中对流活动 剧烈,带来的强降水与潜热之间存在着函数关系。

在分析热带气旋的降水与潜热关系之前,首先对 西北太平洋无热带气旋发生时不同高度层上潜热和 降水的关系进行分析。选取 1998 年 7 月、1999 年 7 月的资料,去除有热带气旋发生时的数据,分别计算 出 0.5、1.0、1.5、2.0、2.5、3.0、3.5、4.0、5.0、6.0、 8.0、10.0、14.0、18.0 km 这 14 层的日平均潜热释放 量以及日平均降水率,比较不同高度上潜热与降水的 关系。

计算结果表明,潜热释放时日平均降水率与潜热 之间是双对数关系,潜热吸收时两者之间没有明确的 函数关系。在 3.0~5.0 km 的高度层中主要存在的是 潜热释放的情况,这个高度层是对流单体最活跃的区 域,也是降水发生的主要高度层,伴随着很强的潜热 释放,日平均降水率与潜热的关系式可以表达为: ln(*P*)=*A*+*B*×ln(*LH*),其中 *P*为日平均降水率,*LH* 为潜热释放量,*A*、*B*为回归系数。在处理数据的时候 没有考虑降水类型,近地面层和对流层中高层(11 km 以上)潜热释放和吸收发生的频率相当,所以降水和 潜热的相关程度在近地面层和对流层高层较差。如图 5 所示,小三角形代表的是用双对数函数回归时得到 的各层的相关系数,柱状图代表的是每一层潜热释放 时的样本数,横坐标为高度。

4.2 桑达与 9908 号热带风暴的分析结果

热带气旋一般以眼区为中心呈中心对称分布,从 云图上也可以看到螺旋云带是围绕着眼区的环状分 布。本文将热带气旋以眼区为中心原点,以 55 km 为 半径间隔,在半径 440 km 的范围内将热带气旋分为 8 个圆环, 如图 6 所示。计算每个圆环区域内的平均潜 热释放量与平均降水率,从而分析不同高度层上降水 与潜热的函数关系。

选取桑达热带风暴和 9908 号热带风暴作为研究 对象,分别分析它们的日平均降水率与各个高度层的 潜热释放量之间的关系。资料预处理的时候需要先计 算出离热带气旋中心不同距离范围内的 8 个圆环的平



均降水率与潜热释放量。



桑达热带风暴持续时间较长,给台湾、浙江、上 海等地带来了巨大的灾害性天气,TRMM 卫星共捕捉 到它 19 个时刻的资料,经过计算得到各个时刻 14 个 高度层上降水与潜热的关系:

(1) 0.5 km 以下的贴地面层有很强的潜热吸收,这 是因为此次热带气旋的强度很强,对流活动剧烈,低 层吸收潜热可以作为维持其生命与发展的动力。降水 率与潜热之间存在很好的指数关系,回归公式为 *P*= EXP(-0.903 29 - 1.404 48 × (*LH*)),相关系数达到了 0.91776

(2) 1.0~2.0 km 的近地面层也是有较强的潜热吸收,但是降水率与潜热之间的函数关系适合于线性关系 *P*=A+B×(*LH*),其中*A*、*B*为回归系数,1.0 km 和 1.5 km 回归的相关系数分别为 0.798 02 和 0.758 95。

(3) 2.0~3.0 km 区域既存在一定的潜热吸收,又存在潜热释放。潜热吸收的情况下,降水率与潜热之间存在线性关系;潜热释放的情况下,降水率与潜热之间是双对数的函数关系,但是两种情况下的函数关系都不是非常明显。

(4) 从图 7a 中可以看到,桑达热带风暴在 3.0 km 以上的高度上有很强的潜热释放,对流活动异常活跃,降水与 潜热之间存在着很好的双对数关系,函数关系可以表达 为 ln(*P*)=*A*+*B*×ln(*LH*)或者 *P* = *A*×(*LH*)^{*B*},*A*、*B*为回 归系数。表 2 给出了这 9 层的回归方程的相关系数、 标准差与潜热释放情况下的样本数。

表2 3.0 km以上各高度层上降水与潜热回归参数

层数	6	7	8	9	10
高度	3.0	3.5	4.0	5.0	6.0
相关系数	0.803	0.977	0.989	0.987	0.983
标准差	0.473	0.247	0.166	0.187	0.215
样本数	111	145	145	145	145
					-
层数	11	12	13	14	-
层数 高度	11 8.0	12 10.0	13 14.0	14 18.0	-
层数高度相关系数	11 8.0 0.981	12 10.0 0.868	13 14.0 0.773	14 18.0 0.854	-
<u></u> 层数 高度 相关系数 标准差	11 8.0 0.981 0.227	12 10.0 0.868 0.578	13 14.0 0.773 0.667	14 18.0 0.854 0.604	

9908 号热带风暴持续了 6 天,从云图上可以看到 它的强度没有桑达热带风暴的大,TRMM 卫星只得到 了 9 个时刻的相关资料。经过计算分析发现,它在各 个高度层上降水和潜热的关系如下:

(1) 0.5 km 以下贴近地面层中潜热释放量很小,与 降水率没有函数关系,无法从潜热的释放上预测降水 率。

(2) 1.0 km 以上直到 14.0 km 都有潜热的释放,降 水率与潜热之间是双对数关系,函数表达式为 $\ln(P) = A+B \times \ln(LH)$ 或者 $P = A \times (LH)^{B}$,其中 A、B 为回归系 数。表 3 给出了这 12 层的回归参数,从中可以看到 2.0~8.0 km 的相关性好,样本数也都在 60 以上,对 流活动主要存在于这个区域,有较强的潜热释放。

(3) 在 18 km 高度上,存在较强的潜热吸收,降 水与潜热的函数表达为指数关系 *P*=EXP(1.755 01 + 24.541 49 × (*LH*)),相关系数为 0.710 55。 系。

从桑达热带风暴和 9908 号热带风暴的分析来看, 对流层中层一般为对流活动旺盛的区域,潜热释放强 烈,降水与潜热之间有很好的双对数关系;近地面层 和对流层高层一般是潜热的吸收和释放同时存在,当 潜热释放时降水与潜热是双对数函数关系,当潜热吸 收时一般呈线性关系;当贴地面层或对流层高层有强 烈的潜热吸收的情况时,降水与潜热之间存在指数关

为了更清楚地看到热带风暴的潜热分布,沿着热 带气旋的中心经度做剖面图,可以看到热带气旋沿纬 度方向的垂直结构。选取桑达热带风暴 2004 年 9 月 6 日 01:19 (UTC)和 9908 号热带风暴 1999 年 8 月 20 日 10:18 (UTC) 这两个时刻,沿各自热带风暴中心经度 做剖面图,如图7a、7b所示(图中白色倒三角标示出 热带风暴地面中心的位置)。桑达热带风暴沿垂直方 向的对流活动很剧烈,低层有很明显的潜热吸收,3.0 km 高度以上潜热释放强烈。9908 号热带风暴的对流 活动没有桑达热带风暴对流活动剧烈,近地面层的潜 热吸收不明显,这对于热带风暴的维持和发展不利, 2.5~14.0 km都有潜热的释放,但是释放强度远不如 桑达热带风暴同高度上的释放强度。两张垂直结构图 都显示了热带风暴是由对流单体组成,下层潜热吸收 的强度很大程度上决定了对流单体发展的生命时间 和强度,从而间接影响了热带风暴的维持和发展。





图 7 热带风暴沿纬度的垂直结构 a. 桑达热带风暴; b. 9908 号热带风暴。白色倒三角标示出热带风暴地面中心的位置。

表3 1.0~14.0 km各高度层上降水与潜热回归参数

层数	高度/km	相关系数	标准差	样本数
2	1.0	0.629	0.565	40
3	1.5	0.669	0.557	60
4	2.0	0.841	0.465	69
5	2.5	0.858	0.442	69
6	3.0	0.886	0.399	69
7	3.5	0.874	0.419	69
8	4.0	0.887	0.397	69
9	5.0	0.896	0.382	69
10	6.0	0.889	0.394	69
11	8.0	0.880	0.358	63
12	10.0	0.867	0.351	59
13	14.0	0.653	0.469	47

5 热带气旋降水与潜热的关系沿径 向的时间变化特征

Cecil 等^[12]将热带气旋分为眼区、内雨带和外雨带 来分析其雷达回波、冰晶散射和闪电特性,发现三个 区域存在着不同的特性。丁伟钰等^[2] 也发现热带气旋 的降水分布和距离热带气旋中心的远近有密切关系。 也就是说热带气旋的降水和潜热的关系特性不仅随 高度有变化,处于热带气旋中心不同距离范围内的特 点也应该不同。潜热的积累与释放需要一定的时间, 强降水相对于强潜热释放存在着一定的时间滞后性。 本文选取桑达热带风暴和 9908 号热带风暴为例,按 照 4.2 中分区的方法将台风沿半径方向分为 8 个圆环 区域,分析距离热带气旋中心不同距离范围内的降水 与潜热关系的分布特征以及随时间的变化特征。

计算结果发现双对数函数关系 ln(*P*)=*A*+*B*×ln(*LH*) 依然适用于不同半径不同时间降水与潜热的关系,但 是关系的密切度随半径随时间变化呈一定的分布特 征。图 8a、8b 显示了两者的相关系数沿半径随时间变 化的分布,横坐标为距离台风中心的半径距离,纵坐 标为时间轴。



图 8 降水与潜热相关程度沿半径随时间的变化分布 横坐标为半径,纵坐标为时间序列。 a. 桑达热带风暴; b. 9908 号热带风暴。 图 8a 为桑达热带风暴的计算结果,图 8b 为 9908 号热带风暴的计算结果。分析显示,在热带风暴发展 的初期和消亡期降水与潜热的相关程度较差。热带风 暴发生的初期是潜热的积累期,水汽在低层凝结并随 上升气流在对流层中高层释放潜热,积累的潜热为未 来强降水提供了条件,但不一定在初期带来相应的强 降水。在消亡期,热带气旋上升气流减弱,潜热释放 减弱,根据 4.2 中的分析知道,在弱潜热释放时降水 与潜热的双对数相关程度比较差。而在热带风暴发展 旺盛的时期,降水与潜热的相关非常密切。

沿着半径轴,可以发现存在两个区域 100~220 km和275~385 km,它们常随着时间的变化出现极大 值和极小值中心。这两个极值区域应该对应着台风结 构的中心密闭云区和外围螺旋云带,这两个区域是台 风降水的主要区域。因为强降水相对于强潜热释放有 时间的滞后性,所以沿着时间轴两者相关程度的极大 值区和极小值区交替出现,并且极大值出现的频率大 约是24 h。

6 结 论

本文利用 TRMM 卫星搭载的 TMI 的产品 2A12 中的降水、可降水量和潜热资料分析了西北太平洋上 热带气旋的降水与气柱水汽量、潜热释放量之间的关 系,发现:

(1) 西北太平洋上热带气旋日平均降水率与气柱 水汽量之间的关系适合于双对数函数表达式,从而可 以通过回归关系式 *P*=A × *W^B*(*A*、*B*为回归系数)来 反演得到降水率分布。

(2) 西北太平洋上热带气旋的日平均降水率与各 个高度层上的潜热释放量之间的关系较为复杂。一般 情况下,在对流层的中高层(3.0~14.0 km)热带气 旋里对流活动剧烈,有很强的潜热释放,降水率与潜 热之间存在着很好的双对数关系。

(3) 在热带气旋密闭云区和外围螺旋云区两个区 域内,降水与潜热的相关程度最好,并且相隔24h出 现一次极大值。在热带气旋发展旺盛期降水与潜热的 相关性好,而在发展初期和消亡期两者的相关程度较 差。

参考文 献:

- [1] 李江南, 王安宇, 杨兆礼, 等. 台风暴雨的研究进展[J]. 热带气象学报, 2003, 19(2): 152-159.
- [2] 丁伟钰,陈子通.利用 TRMM 资料分析 2002 年登陆广东的热带气旋降水分布特征[J].应用气象学报, 2004, 15(4): 436-444.
- [3] 丁伟钰,林爱兰. GMS5 多通道数据与 TRMM 资料估测华南地区热带气旋降水[J]. 热带气象学报, 2003, 19(1): 74-80.
- [4] 姚展予, 李万彪, 朱元竞, 等. 用 TRMM 卫星微波成像仪遥感云中液态水[J]. 应用气象学报, 2003, 14(1): 19-26.
- [5] 林爱兰, 万齐林, 梁建茵. 登陆华南热带气旋过程降水分析[J]. 热带气象学报, 2003, 19(1): 66-73.
- [6] 魏 清, 黄敏辉, 黎伟标, 等. 登陆广东热带气旋的降水分布和移速变化[J]. 热带气象学报, 2003, 19(2): 166-172.
- [7] STANLEY Q Kidder, MITCHELL D. GOLDBERG, et al. Satellite analysis of tropical cyclones using the advanced microwave sounding unit (AMSU) [J]. Bulletin of the American Meteorological Society, 2000, 81(6): 1241-1258.
- [8] CHRISTOPHER S Bretherton, MATTHEW E Peters, LARISSA E Back. Relationships between water vapor path and precipitation over the tropical oceans[J]. J Climate, 2004, 17(7): 1517-1528.
- [9] 陈联寿, 孟智勇. 我国热带气旋研究十年进展[J]. 大气科学, 2001, 25(3): 420-432.
- [10] 丁治英, 沈桐立, 丁一汇. 副热带高压和对流潜热加热与南海台风的耗散及维持[J]. 热带气象学报, 1998, 14(4): 306-313.
- [11] 蔡尔诚. 对流性暴雨形成前的三次潜热释放过程[J]. 河南气象, 1996(1): 6-8.
- [12] DANIEL J Cecil, EDWARD J Zipser, STEPHEN W Nesbitt. Reflectivity, ice scattering, and lightning characteristics of hurricane eyewalls and rainbands. part I: quantitative description[J]. Monthly Weather Review, 2002, 130(4): 769-783.

USING TRMM DATA TO ANALYZE THE RELATIONSHIP BETWEEN PRECIPITATION AND WATER VAPOR PATH, LATENT HEAT OF TROPIC CYCLONES

NIU Xiao-lei¹, LI Wan-biao^{1, 2}, ZHU Yuan-jing¹

 Department of Atmosphere Sciences, the College of Physics, Peking University, Beijing 100871, China;
State Key Laboratory of Atmospheric Boundary Layer Physics and Atmospheric Chemistry, Institute of Atmospheric Physics, Chinese Academy of Science, Beijing, 100029, China)

Abstract: The paper uses TRMM/TMI data to quantitatively analyze the relationship between precipitation(P) and water vapor path(W), Latent Heat(LH) of tropic cyclones over the Northwest Pacific Ocean. The calculated results of Tropical Storm Songda in 2004 and No. 9908 in 1999 show that a double-logarithm equation fits with the relationship between P and W. And the double-logarithm equation is normally appropriate for the relationship between P and LH over the altitude from 3.0km to 14km during strong latent heat release. The correlation coefficient is relatively high in the region of overcast area and spiral bands and the highest value appears every 24 hours. This research tries to provide a parameter scheme for tropic cyclone forecast models.

Key words: TRMM; precipitation; water vapor path; latent heat; tropic cyclone