

文章编号:1001-8166(2005)01-0029-07

TRMM 卫星降雨雷达观测的南海 降雨空间结构和季节变化*

陈 举,施 平,王东晓,杜 岩

(中国科学院南海海洋研究所 LED 重点实验室,广东 广州 510301)

摘 要:利用热带降雨计划卫星(TRMM)获得的雷达降雨资料,对南海及其周边区域(简称南海地区)降雨的空间分布和季节特征进行了研究。结果表明:南海地区的降雨在空间上分布很不均匀,同时具有显著的季节变化。除了副高活动、季风潮、冬季冷涌和热带低压活动等天气过程,南海周边广泛分布的山地地形对该地区的降雨分布也产生强烈影响,降雨呈现南部高于北部、东部高于西部的分布特征。与 CAMP 和台站资料相比,PR 观测具有更丰富的空间结构,能够更好地体现降雨随时间和空间变化的特征、反映高大的山地地形对降雨分布的影响。

关 键 词:TRMM;降雨雷达(PR);南海降雨;季节变化

中图分类号:P42;TP79 **文献标识码:**A

0 引 言

降雨是全球水分和能量循环中最关键,但人们对其又知之甚少的气候要素之一^[1],具有显著的天气和气候意义。相伴降雨的各种中尺度过程也非常复杂,小尺度物理过程随时间和空间急剧变化^[2]。南海及周边区域(简称南海地区)是亚—澳季风系统的重要气流通道,也是中国东部和东南部降雨的主要水汽来源^[3,4],南海地区的降雨以及由此导致的潜热释放对东亚的大气环流、能量收支有重要的影响,其间接作用甚至远达美洲^[5,6]。

在卫星资料大量使用之前,南海降雨的信息基本来源于南海周边气象站、商船以及南海内部少数岛屿站与航次观测的气象记录^[7~9]。显然,这种传统降雨信息在空间上的获取十分有限。为了克服这一不足,近年来采用卫星遥感资料反演降雨量的研究越来越得到重视^[10,11]。其中,热带降雨计划卫星(TRMM)的星载降雨雷达(PR)以其能够观测三维降

雨信息的能力,在各种星载传感器中成为获取降雨资料的首选^[12,13]。

本文利用 PR 降雨资料研究南海地区(95°~125°E,5°S~30°N)降雨量的空间分布和季节变化。文章第二部分介绍采用的资料,第三部分介绍年降雨量分布,第四部分介绍降雨量的季节变化特征,第五部分做资料比较,最后是讨论和结论。

1 资料介绍

1.1 TRMM 卫星 PR 资料处理

TRMM 卫星于 1997 年 11 月成功发射,设计轨道高度 350 km,倾角 35°,能够满足对热带区域加密观测的要求^[14]。2001 年 8 月,卫星轨道高度从 350 km 调整为 400 km,以延长其使用寿命。卫星上搭载的用于降雨观测的主要传感器有:降雨雷达(PR)、被动式微波辐射计(TMI)以及可见/红外传感器(VIRS)。其中 PR 是第一个星载降雨雷达,能够观测降雨的三维结构,工作频率 13.8 GHz,刈幅 220

* 收稿日期:2003-07-29;修回日期:2004-11-18.

* 基金项目:国家自然科学基金项目“南海淡水收支的遥感分析及其水平衡效应研究”(编号:40176006);“863 计划”项目“面向全球海洋同化计划 GODAE 的南海区域系统”(编号:2002AA639250);“十五”社会公益研究计划项目“南沙群岛及其邻近海区综合科学考察”(编号:2001DIA50041)资助。

作者简介:陈举(1976-),男,四川省蒲江县人,博士研究生,主要从事卫星遥感和海洋环流研究。E-mail:jchen@scsio.ac.cn

km,星下点水平分辨率 4.3 km,垂直分辨率 0.25 km^[15]。

TRMM 3A25 资料序列是根据 PR 观测结果反演得到的南北纬 38 度之间的逐月平均的全球格点化数据集(资料等级:Level 3;版本号:Version 5;水平分辨率:5°×5°和 0.5°×0.5°)。3A25 数据集提供的逐月平均降雨量与表面降雨率、观测到的有效降雨像元数以及总像元数满足公式:

月降雨量 = 表面降雨率 × (降雨像元数 / 总像元数) × 24 × 当月天数

3A25 资料是在 PR 第 2 级数据产品的基础上计算得出的在 1 个月内的多种统计要素,其输出参数主要有:统计对象的发生概率;统计对象的平均值及其标准偏差;相关的柱状图以及统计量之间的相关系数等 4 种类型。其标准空间尺度是 5°×5°,还有一个 0.5°×0.5°的子数据集,本文用的是其高分辨率部分的数据。相关研究表明:TRMM 微波成像仪(TMI)降雨与 SSM/I 降雨的相关达到 95%,当降雨率大于 1.4 mm/d 时,TMI 降雨量比 SSM/I 降雨量低约 10%,反之 TMI 降雨量大于 SSM/I 降雨量^[2];当降雨率大于 0.5 mm/h 时,PR 降雨量优于 TMI 降雨量^[12];TRMM 本身提供的月平均降雨资料分析表明,PR 与 TRMM 合成降雨量(TCA)比较一致,不存在显著差异,而 TMI 数据与 TCA 以及 PR 之间都存在显著差异。总体而言,PR 在反映强烈降雨过程方面具有优势。

2001 年 8 月,TRMM 卫星的轨道高度从 350 km 调整到 400 km,资料处理方法也进行了相应的调整,使得这一日期前后的资料存在一定的差异。为了保证资料的一致,本文只使用 1997 年 12 月到 2001 年 7 月共 44 个月的数据研究南海地区的降雨变化。

1.2 其它资料

对局地而言,常规地面降雨仍然是最准确的测量^[16]。本文还用到了中国科学院南海海洋研究所大亚湾生物实验站(1998.01~2001.12)、香港天文台(1997.01~2003.03)和南沙永暑礁(1997.01~2001.09)的地面雨量计观测作为与卫星观测相参照的“真实”的降雨资料,研究 TRMM 观测局地降雨的时间演变能力。另一方面,常规地面气象观测的降雨资料由于其空间采样的局限性,难以准确代表周边区域的降雨特征,不能反映降雨具有的空间结构特征。本文利用目前广泛应用的 1°×1°分辨率的全球格

点化降雨资料——CPC Merged Analysis of Precipitation (CMAP)^[16],1997 年 12 月至 2001 年 7 月时段的降雨资料来研究 TRMM 观测降雨空间结构变化的能力。

2 年平均降雨分布

已有的研究工作给出的南海气候的多年平均降雨量相互之间存在显著的差异。以阎俊岳^[8]和陈史坚^[7]给出的结果为例,除了南海北部的涠洲岛(阎俊岳:1 297 mm 和陈乾根:1 293 mm,下同)、香港(2 214 mm 和 2 208 mm)、东沙(1 459 mm 和 1 459 mm)和马来半岛的哥打巴鲁(2 982 mm 和 2 961 mm)等少数几个站点差异较小,多数站点差异都在 200~300 mm 以上,其中南海南部昆仑岛的差异达到近 800 mm(2 076 mm 和 1 285 mm)。本文首先根据 1997 年 12 月到 2001 年 7 月的 PR 降雨数据给出南海地区年平均降雨量的分布(图 1a)。

南海地区的 PR 年降雨量分布大致呈现以下几个特点:南部高于北部,沿海区域高于海洋内部和内陆,大部分山地区域面向西南季风或偏南风一侧高于另一侧。后一分布特征缘于南海地区西南季风和东南季风的暖湿气流携带有的大量水汽^[8,18]。

年降雨量大于 3 000 mm 的区域主要集中在苏门答腊岛西南侧印度洋近岸区域、马六甲海峡中段、孟加拉湾东部、加里曼丹岛中部和北部、泰国湾东部、菲律宾东部和西部区域。与这些强降雨中心相对应,孟加拉湾东岸、中南半岛东西两侧、苏门答腊岛、马来半岛以及菲律宾等地都分布有大量海拔高度超过 500 m 的高大山系,由于地形对气流的阻滞引起气流上升,导致迎风面的降雨量远远大于背风面^[7,19];再加上南海地区地处亚—澳季风区,夏季西南季风带来充沛的水汽供应、冬季干冷的东北季风水汽含量比较少,使得这些山系偏南和偏西南一侧的降雨量明显高于其东北侧和东侧。

图 1b 给出了 CMAP 1997 年 12 月到 2001 年 7 月的年平均降雨量分布。比较图 1a 和图 1b 可以看出 PR 和 CMAP 年降雨量在大尺度空间分布上特征比较一致,在量值上 PR 年降雨量要比 CMAP 年降雨量小。在南海内部,CMAP 年降雨量大于 3 000 mm 的区域占据了中部和东部的大片海区,PR 年降雨量大于 3 000 mm 的区域很少。在孟加拉湾东部,CMAP 的降雨量比 PR 结果偏小。在北部湾和海南

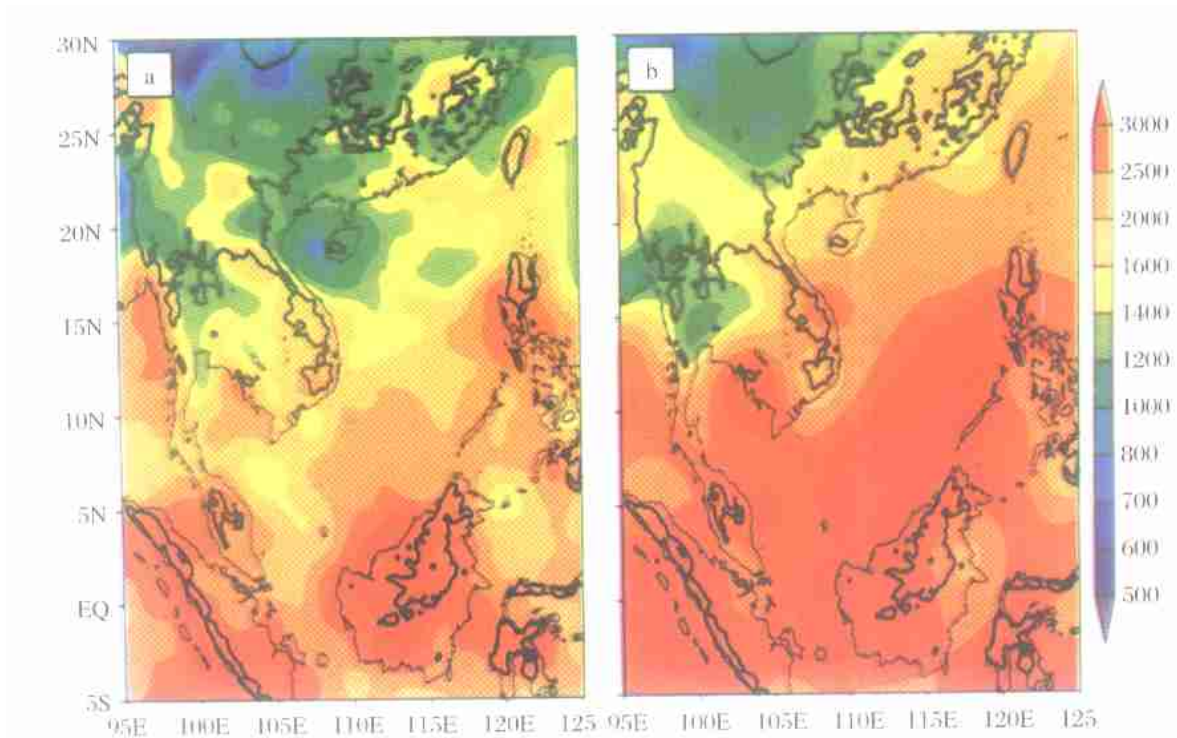


图 1 1997 年 12 月到 2001 年 7 月的年平均降雨量分布 (mm/a)

Fig. 1 Annual mean rainfall (mm/a) from 12/1997 to 07/2001

等值线间隔是非等距的;粗实线给出的是 500 m 等高线;a. PR; b. CMAP

Contour interval is arbitrary. Superimposed bold solid line is the 500m land topography;a. PR;b. CMAP

岛西侧,CMAP 的年降雨量比文献记录偏高,在海南岛东侧,则比较接近^[7,8]。在广西沿岸,PR 能够很好地反映西部降雨远远高于东部降雨这一趋势,CMAP 则不能体现这一趋势;在量值上,PR 和 CMAP 的年降雨量都与文献记录存在显著差异^[20],其原因究竟是因为近几年降雨减少,还是因为 CMAP 和 PR 本身的局限,需要进一步分析。

为了进一步研究 PR 和 CMAP 降雨量的量值差异,图 2 给出了 PR 与 CMAP 从 1997 年 12 月到 2001 年 7 月月平均降雨量的散点图。图中 $0.5^\circ \times 0.5^\circ$ 分辨率的 PR 降雨数据被平均到与 CMAP 一致的 $1^\circ \times 1^\circ$ 格点上。回归分析得到的回归方程 ($PR = 0.74423 \times CMAP + 6.8432$) 表明 PR 月平均降雨量比 CMAP 小约 25%。

3 降雨量的季节变化

PR 月平均降雨量为研究南海降雨空间分布及季节演变提供了很好的条件。图 3 是 PR 隔月的月平均降雨量,可以看出,南海地区的降雨存在显著的季节变化特征。

1 月份,为冬季的典型月份,受亚欧大陆冬季冷

高压的影响,整个中南半岛及其以南部分区域(包括泰国、缅甸以及孟加拉国等)、南海中北部以及广西大部、云南、贵州等地为少雨区,降雨量少于 30 mm。台湾东北部、菲律宾东部、越南东北部等地由于山地地形的影响^[7,9],降雨量大于 50 mm。南海 5°N 以南的区域以及加里曼丹岛以西的大部分区域,降雨量都在 200 mm 以上。

3 月份,中南半岛降雨明显增加;南海中北部少雨带北移;粤北山区和福建武夷山地区的降雨量显著增加,达到 150~200 mm,明显高于 CMAP 同期降雨量,有类似华南前汛期暴雨的特征^[21,22]。这种前汛期降雨特征通常在 4~6 月出现,提前的原因可能是因为受 1997—1998 年 El Niño 事件的影响,1998 年 1~3 月华南降水显著偏高,所用的资料序列长度多年平均后不足以掩盖该异常信号,从而导致这一地区在该时段地月平均降雨明显偏强。

5 月份,西南季风爆发带来大量的水汽,使得整个地区的降雨显著增加。广东和福建的降雨量达到 200 mm 以上,具有典型的华南前汛期暴雨特征。此时,孟加拉湾东部、泰国湾东部、中南半岛东部安南山脉以西以及菲律宾西侧降雨增加异常明显,达到

300 mm 以上,是主要的降雨区。南海内部降雨分布大致呈东部高于西部的趋势,总体降雨量较 3 月份有显著增加。菲律宾东侧以及苏拉威西海西部由于地形遮挡效应,降雨较少。

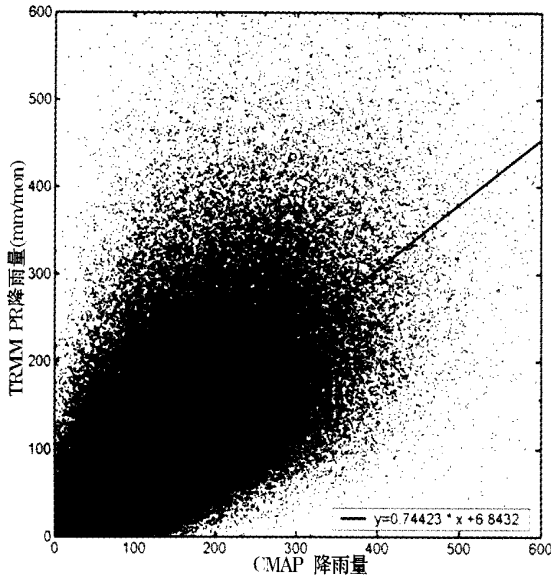


图 2 1997 年 12 月到 2001 年 7 月 PR CMAP 月平均降雨量散点图

Fig. 2 Monthly averaged PR vs. CMAP rainfall scatter diagram from 1997-12 to 2001-07
实线是 CMAP 与 PR 的线性回归曲线
Solid line is the linear regression

7 月份,为夏季的典型月份,强盛的西南季风带来充沛的水汽,由于 6 月份北半球环流形势的重大调整,江淮流域进入梅雨季节,此时华南降雨过程主要受热带降雨过程和西南季风潮控制^[22]。受地形影响,喜马拉雅山南麓、孟加拉湾和泰国湾东部、菲律宾西侧仍然是主要的降雨区;中南半岛、马来半岛、苏门答腊岛和菲律宾群岛等地背风面的降雨量比较少。

9 月份,西南季风开始减弱,南海北部沿岸开始出现弱的东风或者是偏北风,位于华南沿海的强降雨区回撤到南海中北部海域,除广东和广西沿海地区降雨量仍然大于 150 mm 以外,30°N 以南的中国大陆区域月平均降雨量迅速减小到 100 mm 以下。苏门答腊岛以西、孟加拉湾东部、加里曼丹岛和菲律宾以西仍然是主要的降雨中心。

11 月份随着冬季大陆冷高压和东北季风的增强,降雨带继续南移,包括中南半岛和中国在内的大部分地区月平均降雨量迅速减少到 50 mm 以下。受地形影响,干冷的东北气流经过暖湿洋面后,气团变性,在菲律宾、越南、马来半岛和苏门答腊岛东侧出现强的地形性降雨,月平均降雨量达到 300 mm 以上。在菲律宾以西由于“焚风效应”相应出现了降雨低值中心。

PR 月平均降雨分布结果表明南海地区的降雨

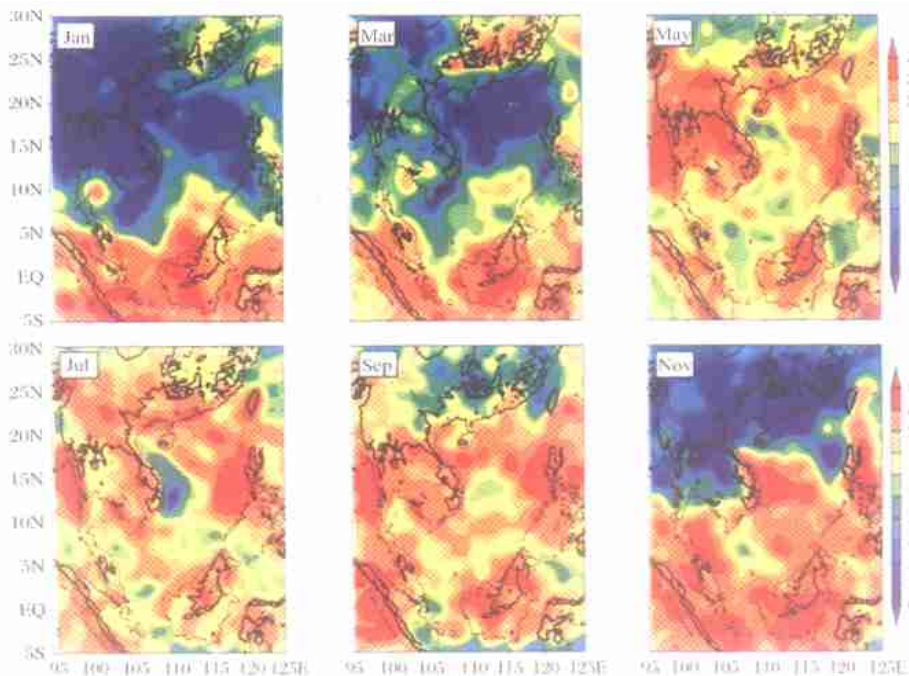


图 3 1997 年 12 月到 2001 年 7 月的 PR 月平均降雨量 (mm/mon)

Fig. 3 Monthly averaged PR rainfall from 12/1997 to 07/2001 (mm/mon)
等值线采用非等间距;粗实线给出的是 500 m 等高线
Contour interval is arbitrary; Superimposed bold solid line is the 500m land topography

具有显著的时间变化特征,导致这一变化的主要因素可能包括大尺度的季风环流调整、夏季风潮、冬季冷涌以及热带天气系统等过程。PR 降雨观测进一步显示,南海周边的山地地形影响着该区域降雨量的空间分布。另外,与 CMAP 月平均降雨量分布场^[16]相比,PR 月平均降雨量分布能够更好地反映实际月平均降雨分布特征。

4 与台站资料的比较

为了确定 PR 和 CMAP 月平均降雨量与地面台站观测的降雨量之间的差异,我们分别在南海北部和南部选取 2 个雨量观测站资料与区域平均的 PR 和 CMAP 降雨量进行比较。其中南海北部,我们选取广东沿岸的香港和大亚湾这 2 个距离很近的站点作为代表,研究 PR 和 CMAP 在近岸区域的表现;在南海南部我们选取南沙群岛永暑礁气象站 (113 °E,

9.5 °N) 为代表,研究 PR 和 CMAP 在海域内部区域的表现。

图 4a 给出的是大亚湾和香港的月平均降雨与 (114 ~ 115 °E, 22 ~ 23.5 °N) 区域平均的 PR、CMAP 月平均降雨量的直方图。香港的月平均降雨量是由 1997 年 12 月到 2001 年 7 月时段的逐月降雨量平均得出的,大亚湾的月平均降雨量是由 1998 年 1 月到 2001 年 7 月的逐月降雨量平均得到的。CMAP 和 PR 的降雨观测基本反映了由地面台站降雨得到的时间变化特征。从地面观测结果的比较可以看出,深圳大亚湾和香港虽然地理位置很近,但是在前汛期的 4 月和后汛期的 8 ~ 10 月香港的降雨量明显高于大亚湾的降雨量,体现了降雨在空间上高度不均匀的分布特性。从图上还可以清楚地分辨前汛期降雨、汛期降雨和后汛期降雨这种华南典型的降雨季节变化特征。

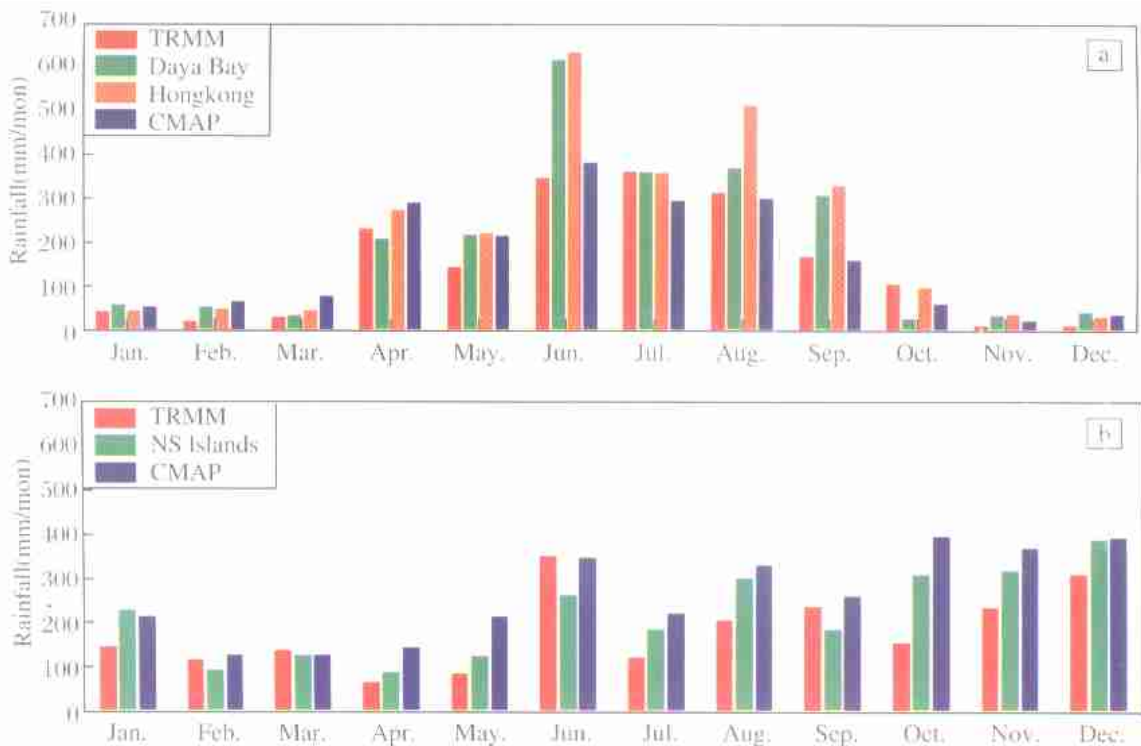


图 4 区域平均的 PR、CMAP 月平均降雨量与地面台站降雨量比较

Fig. 4 Regional averaged rainfall derived from monthly averaged PR, CMAP rainfall and gauges
 a. 大亚湾和香港; b. 南沙永暑礁
 a. Daya Bay and Hong Kong; b. Nansha Islands

图 4b 给出的是永暑礁的月平均降雨量与 PR 和 CMAP 在 (112 ~ 114 °E, 8 ~ 11 °N) 范围内平均的月平均降雨量直方图。其中永暑礁的平均时段与 PR 和

CMAP 相同,都是从 1997 年 12 月到 2001 年 7 月。从图上可以看出,永暑礁降雨观测与 PR 和 CMAP 区域平均的降雨量具有比较一致的季节变化特征(图

4b)。在 2 月、3 月、6 月和 9 月这几个月, PR 区域平均的月平均降雨量与 CMAP 的非常接近。除 2 月和 3 月,三者之间差异不显著以外,3 种月平均降雨资料存在明显差异,总体而言 PR 最小,CMAP 最大,永暑礁地面观测居中。

由此可见,PR 和 CMAP 月平均降雨量在时间演变方面与地面观测具有比较一致的季节变化特征。

5 讨论与结论

TRMM 卫星的 PR 降雨分布揭示,孟加拉湾东岸、泰国湾东部、苏门答腊岛西侧、加里曼丹岛、吕宋岛及其西部近岸海域的年降雨量均超过 2 500 mm,为南海地区主要的降雨中心。受大气环流场和地形等因素的影响,南海地区的降雨量分布具有显著的季节变化特征,这一特征在多山的岛屿和近岸区域表现得尤为明显:在山脉的东北侧,冬季降雨明显强于夏季降雨;相反,在山脉的西侧或者是西南侧,夏季降雨明显强于冬季降雨。

PR 降雨分布与南海地区文献记录和 CMAP 降雨比较而言,在大尺度空间分布特征上比较一致,PR 月平均降雨量量值比 CMAP 月平均降雨量量值低 25%左右。对比结果显示,PR 降雨观测的优点在于:具有更丰富的空间结构,符合实际降雨过程在时间和空间上高度不均匀的特性;能够很好地分辨山地地形两侧的降雨分布差异,更符合实际情况。

目前,利用台站观测分析得出的全球降雨格点资料在空间上采取等权重平均,不能反映降雨在时空分布上高度不均匀的特征。PR 观测具有高精度、高分辨率、大面积、准同步的观测特性,能够克服台站资料在识别降雨空间结构方面的不足。但是,空基平台也具有本身的局限性,观测时间的不连续以及降雨的“瞬变”特征,使得单一卫星 PR 观测在刻画降雨随时间变化方面能力有所欠缺。对于局地小范围降雨观测,PR 观测尚达不到台站资料在反映降雨随时间变化方面的精度。在未来,可以通过多颗卫星交替连续观测,来不断弥补这一不足。

致谢: TRMM PR 3A25G2 资料由 <http://www.e-orc.nasda.go.jp/TRMM/index-e.htm> 提供。CMAP 资料由 <ftp.cgd.ucar.edu> 提供。香港降雨量资料由香港天文台提供。大亚湾站的降雨量资料由练健生博士提供。中国气象局广州热带海洋气象研究所丁伟钰参加了 TRMM 数据的验证,特此致谢。

参考文献(References):

- [1] Chang A T C, Chiu L S, Kummerow C, et al. First result of the TRMM Microwave Imager (TMI) monthly oceanic rain rate comparison with SSM/I[J]. *Geophysical Research Letter*, 1999, 26(15): 2 379-2 382.
- [2] Petty G W, Katsaros K B. Nimbus-7 SMMR precipitation observations calibrated against surface radar during TAMEX [J]. *Journal of Applied Meteorology*, 1992, 31: 489-505.
- [3] Yanai M, Tomita T. Seasonal and interannual variability of atmospheric heat sources and moisture sinks as determined from NCEP/NCAR reanalysis[J]. *Journal of Climate*, 1998, 11: 463-482.
- [4] Li W-P. Moisture flux and water balance over the South China Sea during late boreal spring and summer [J]. *Theoretical and Applied Climatology*, 1999, 64: 179-187.
- [5] Lau K M, Weng H. Recurrent teleconnection patterns linking summertime precipitation variability over East Asia and North America [J]. *Journal of the Meteorological Society of Japan*, 2002, 80(6): 1 309-1 324.
- [6] Ren Xuejuan, Qian Yongfu. Teleconnection between latent heat flux over the south China sea and precipitation of southeast China in summer[J]. *Acta Oceanologica Sinica*, 2000, 22(2): 25-34. [任雪娟, 钱永甫. 南海地区潜热输送与我国东南部夏季降雨的遥相关分析[J]. 海洋学报, 2000, 22(2): 25-34.]
- [7] Chen Shijian. Pre-result of the Temporary-spatial structure of the rainfall in South China Sea and its coastal Region[J]. *Research & Development of South China Sea*, 1990, 3: 4-13. [陈史坚. 初析南海及其沿岸降雨的时空分布[J]. 南海研究与开发, 1990, 3: 4-13.]
- [8] Yan Junyue, Chen Qian 'gen. Climatology of the China Sea area[M]. Beijing: Science Press, 1993. 230-364. [阎俊岳, 陈乾根. 中国近海气候[M]. 北京: 科学出版社, 1993. 230-364.]
- [9] Zhang Qingrong, Mai Boqiang. Rainfall and evaporation character of the Nansha area in spring and summer[A]. In: South China Sea Institute of Oceanology ed. Study of the Air-Sea Action and Climate Character in Nansha Area[C]. Beijing: Science Press, 1998. 50-60. [张庆荣, 麦波强. 南沙海域春、冬季的降雨和蒸发特征[A]. 中国科学院南海海洋研究所编. 南沙海域海气相互作用与天气气候特征研究[C]. 北京: 科学出版社, 1998. 50-60.]
- [10] Chen W J, Li C C. Oceanic Rain Rate Retrievals using TRMM Microwave Imager Multi-channel Brightness Temperatures during the 1998 SCSMEX [J]. *Terrestrial, Atmospheric and Oceanic Sciences*, 2000, 11(4): 765-788.
- [11] Kummerow C, Gglio L. A method combining passive microwave and infrared rainfall observations [J]. *Journal of Atmospheric and Oceanic Technology*, 1995, 12: 33-45.
- [12] Barros A P, Joshi M, Putkonen J, et al. A study of the 1999 monsoon rainfall in a mountainous region in central Nepal Using TRMM products and rain gauge observations[J]. *Geophysical Research Letter*, 2000, 27(22): 3 683-3 686.
- [13] Shin D B, Chiu L S, Kafatos M. Comparison of the monthly precipitation derived from the TRMM satellite [J]. *Geophysical Research Letter*, 2001, 28(5): 795-798.

- [14] Simpson J, Adler R F, North G R. A proposed tropical rainfall measuring mission [J]. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 1988, 69:278-295.
- [15] Kummerow C, Barnes W, Kozu T, et al. The Tropical Rainfall Measuring Mission (TRMM) sensor package [J]. *Journal of Atmospheric and Oceanic Technology*, 1998, 15: 808-816.
- [16] Xie P P, Arkin P A. Global precipitation: A 17-year monthly analysis based on gauge observations, satellite estimates, and numerical model outputs [J]. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 1997, 78:2 539-2 558.
- [17] Adler R F, Huffman G J, Bolvin D T, et al. Tropical rainfall distributions determined using TRMM combined with other satellite and rain gauge information [J]. *Journal of Applied Meteorology*, 2000, 39 (12):2 007-2 023.
- [18] Lin Xigui, Zhang Qingrong. Climatological character of the weather in Nansha and its adjacent regions[J]. *Tropical Oceanology*, 1990, 9 (1): 9-16. [林锡贵, 张庆荣. 南沙及其邻近海区的天气气候特征[J]. 热带海洋, 1990, 9(1): 9-16.]
- [19] Li Kerang. Climatology of the China Sea and Northwestern Pacific [M]. Beijing: China Ocean Press, 1993. 193-208. [李克让. 中国近海及西北太平洋气候[M]. 北京: 海洋出版社, 1993. 193-208.]
- [20] Li Shuhua, Xia Huayong, Chen Mingjian. Study of the Hydrology and Hydrodynamic in Coastal waters of Guangxi [M]. Beijing: China Ocean Press, 2001. 193-208. [李树华, 夏华勇, 陈明剑. 广西近海水文及水动力环境研究[M]. 北京: 海洋出版社, 2001. 193-208.]
- [21] Liang Biqi. Introduction of the Synoptic Meteorology [M]. Beijing: China Meteorological Press, 1995. 555-564. [梁必骥. 天气学教程[M]. 北京: 气象出版社, 1995. 555-564.]
- [22] Zhu Qiangen, Lin Jinrui, Shou Shaowen, et al. Principle of the Synoptic Meteorology and Methods [M]. Beijing: China Meteorological Press, 1992. 196-383. [朱乾根, 林锦瑞, 寿绍文, 等. 天气学原理与方法[M]. 北京: 气象出版社, 1992. 196-383.]

SPATIAL DISTRIBUTION AND SEASONAL VARIABILITY OF THE RAINFALL OBSERVED FROM TRMM PRECIPITATION RADAR (PR) IN THE SOUTH CHINA SEA AREA(SCSA)

CHEN Ju, SHI Ping, WANG Dong-xiao, DU Yan

(LED, South China Sea Institute of Oceanology, CAS, Guangzhou 510301, China)

Abstract: High resolution PR rainfall data, which is collected by the Tropical Rainfall Measurement Mission (TRMM), is used to study the spatial distribution and seasonal variability of the rainfall in SCSA. Annual mean field shows that the rainfall distribution is highly non-uniform. In general, rainfall in southern SCSA is higher than that in northern SCSA and rainfall in eastern SCSA is higher than that in western SCSA. Restricted by the land topographies, heavy rainfall mainly occurs at the sidehill of more than 500 m. On the side facing the air current with full water vapor, the rainfall is much higher than the other side. PR's monthly mean rainfall fields show that the rainfall in SCSA has significant seasonal variability, and the monsoons push the heavy rainfall belt northward in summer and southward in winter. Compared with that of CPC Merged Analysis of Precipitation (CMAP), PR rainfall has similar scale and spatial features. However, PR rainfall fields imply more mesoscale information, and reveal more details of the effect of the mountains. Compared with the observed rainfall at the observation stations, time series of PR's monthly mean rainfall are well consistent with the gauges measurement. As a result, the PR measurement can be widely used to study the regional rainfall.

Key words: TRMM PR; Rainfall; South China sea area; Seasonal variability.