

南海夏季风与登陆我国大陆初旋的关系*

张翰¹⁾²⁾ 管玉平^{1)†}

1) (中国科学院南海海洋研究所热带海洋环境国家重点实验室, 广州 510301)

2) (中国科学院研究生院, 北京 100049)

(2011年8月4日收到; 2011年10月28日收到修改稿)

利用 1948—2009 年南海夏季风指数、NCEP/NCAR 月平均再分析位势高度场、风场资料, 首次分析了南海夏季风与每年登陆中国大陆的首个热带气旋(初旋)的关系. 结果表明: 初旋的登陆日、登陆纬度、生成纬度与当年登陆中国大陆热带气旋的频数、活动期、强度等相关性较好; 强(弱)南海夏季风指数年份, 登陆大陆热带气旋数偏多(少)、初旋登陆日偏迟(早)、初旋登陆点偏南(北). 从流场上看, 强(弱)南海夏季风指数年份, 对应的季风槽偏强(弱), 其异常风场和初旋路径也截然不同. 从年际变化上看, 南海夏季风指数明显呈减弱趋势, 而初旋登陆点则有一定北移.

关键词: 季风指数, 热带气旋, 初旋, 流场分析

PACS: 92.60.Qx, 92.60.Gn, 92.60.Bh

1 引言

我国处于地球上最大的陆地(亚欧板块)和最大的海洋(太平洋)交界地带, 每年受亚澳季风系统的影响明显, 我国又是热带气旋登陆最频繁的国家之一^[1], 因此有必要研究季风、热带气旋及其相互影响.

季风本质上是由行星热对流和地表特性差异引起, 两种作用在亚澳季风区相长, 使热带季风在此区域最明显^[2]. 热带气旋的路径和速度主要受环境引导气流和 β 漂移作用影响^[3,4]. 从季风和热带气旋相互作用上看, 强(弱)夏季风年西北太平洋热带气旋频数偏多(少)^[5], 因热带季风气流进入热带气旋环流对其发展有一定正贡献^[6]. 季风对热带气旋的作用主要体现在季风槽上, 季风槽中容易形成气旋群发^[7-13], 而季风的强弱与季风槽的东西位置关系密切, 热带气旋生成位置随之改变^[10-12]. 季风的交替也会引起热带气旋运动路径的变化^[13]. 海温与季风槽亦有一定联系: 西太平洋

海温偏暖(冷)时季风槽偏西北(东南), 导致气旋生成位置偏向西北(东南)^[14]. 在每年登陆我国的首个热带气旋(以下简称初旋)方面, 我国学者已做过不少研究^[15-21], 指出几十年来初旋推迟, 终旋不变, 活动期缩短^[18,20], 初旋在广东、海南和台湾等地登陆最为频繁^[18], 登陆中国的初旋以南海生成为主(占5成半), 近50多年来初旋呈向东北、西北移动的趋势^[21]. 与 ENSO 的关系方面, 厄尔尼诺年登陆我国的初旋偏晚^[16,17].

然而, 以往对初旋的研究大多是年际变化^[15,18,20,21]、空间分布^[18,19,21]或与 ENSO 的关系^[16,17], 还未见到有对于初旋与季风关系研究的报道. 李建平和曾庆存提出的基于动态环流变化的季风指数能较好反映全球已知所有季风区^[22-25], 已被美国国家海洋大气局(NOAA)采纳, 并投入日常业务应用, 实时监测和预测东亚季风(http://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/Global_Monsoons/Asian_Monsoons/monsoon_index.shtml). 与 Wang 等提出的南海夏季风指数^[26]及中国季风网(<http://www.itmm.gov.cn/grapes/ncep/jfjc.asp>)上

* 国家重点基础研究发展计划项目(批准号: 2010CB950401)和中国科学院知识创新工程项目(批准号: KZCX2-YW-Q11-02)资助的课题.
管玉平部分得到 JIFRESSE/UCLA,USA 的资助.

† E-mail: guan@scsio.ac.cn

的6个南海夏季风指数(以下简称Wang指数和指数1—6)相比,该指数能较好反映季风槽的变化(图略,Wang指数及指数1,6也较好).基于以上原因,本文采用该指数分析1948—2009年南海夏季风与登陆中国大陆初旋登陆点、路径、强度等的关系,并利用月平均位势高度场、风场资料从强弱指数年环流场的变化初步分析南海季风对初旋路径的影响,以期提高我们对热带气旋活动受季风影响的认识.

2 资料及方法

热带气旋资料来自美国联合台风预警中心(JTWC).位势高度场、风场来自NCEP/NCAR月平均再分析资料.季风指数计算方法为: $\delta = \|\bar{V}_1 - \bar{V}_i\| / \|\bar{V}\|$, \bar{V}_1 表示1月份平均风矢量, \bar{V}_i 表示第*i*月风矢量, \bar{V} 为1月和*i*月平均风矢量($\bar{V} = (\bar{V}_1 + \bar{V}_i)/2$)^[22-25].南海夏季风指数来自(<http://www.lasg.ac.cn/staff/ljp/index.html>),表示0°—5°N,100°—125°E的6—9月925 hPa的动态环流标准化季节变率.需说明的是,由于登陆台湾和海南两岛的初旋较多,导致登陆纬度向两侧偏移明显,不利于分析出有意义的结果;另一方面,登陆岛屿的热带气旋在同一纬度的登陆点并不唯一(有东西两侧的可能);又考虑登陆大陆和海岛的

热带气旋有不同特征^[19].因而本文初旋取每年登陆中国大陆(不包括台湾和海南两岛)的首个热带气旋,这与以往研究的定义有所不同^[15-19].而关于两岛的分析考虑另外行文.

3 南海季风与初旋

3.1 初旋与当年热带气旋

1948—2009年有1830个热带气旋在西北太平洋生成,其中318个登陆中国大陆,平均每年5.1个,占总数的17.4%.登陆我国的全部热带气旋中,初旋日偏早(晚)通常对应当年登陆频数偏多(少)^[18].表1进一步给出了初旋与当年登陆我国大陆热带气旋特征量的相关系数,可见:初旋登陆日偏早(晚)对应当年登陆频数偏多(少)、活动期(初、终旋登陆日间的的天数)偏长(短)、年均最大风速偏小(大),相关系数达-0.635**, -0.671**和0.253*(表示通过0.05显著性检验、**表示通过0.01检验,下同);初旋登陆纬度偏北(南)对应当年活动期偏短(长),相关系数为-0.332**;初旋生成纬度偏北(南)对应年均登陆气旋生命期及路径长度偏短(长),相关系数为-0.402**和-0.468**.可见,初旋对认识当年热带气旋频数、活动期、强度等有一定的指示意义.

表1 初旋与当年登陆我国大陆热带气旋特征量的相关系数

	年频数	活动期	年均最大风速	年均生命期	年均路径长度
初旋登陆日	-0.635**	-0.671**	0.253*	0.199	0.224
初旋登陆纬度	-0.168	-0.332**	0.086	-0.101	-0.138
初旋生成纬度	-0.038	-0.243	-0.055	-0.402**	-0.468**

3.2 南海夏季风指数与初旋

在初步分析了研究初旋的意义后,我们着重研究南海夏季风指数与初旋的关系.其中,年平均(6—9月平均)南海夏季风指数与当年登陆大陆热带气旋频数正相关0.264*,即季风强年登陆数多,弱年少.年平均南海夏季风指数得出的南海季风最强的10年从强到弱为1948,1950,1952,1961,1967,1949,1953,1972,1982,1990.最弱的10年从弱到强为1998,1996,1955,1995,1988,2000,2003,1983,2008,1973.最强的10年有58个热带气旋登

陆,最弱的10年为44个.但南海夏季风指数与年生成数、年均登陆纬度、年均生成纬度的关系不明显,相关系数分别为-0.006,0.050,0.053.

耐人寻味的是南海夏季风指数与初旋登陆纬度的关系.从逐月相关上看,初旋登陆纬度和6—9月南海夏季风指数相关系数分别为-0.357**, -0.269*, -0.176, -0.091,平均为-0.344**.可见,南海夏季风越强,初旋登陆纬度越低,这种影响从6—9月逐渐减弱.1948—2009年初旋的平均生成日为7月2日,平均登陆日为7月7日,最早登陆的是2008年的2号热带气旋(4月19日登陆),最

晚的是 1983 年 10 号热带气旋 (9 月 9 日登陆), 4—9 月的登陆数分别为 1, 7, 17, 23, 11, 2. 87% 的初旋在 6 月及其之后登陆, 而初旋登陆纬度却与 6 月南海夏季风指数相关最好, 这一结果可能有较好的指示意义. 从年变化趋势上看, 自 1948 年来, 初旋登陆点有一定北移, 约 1.5° , 而南海夏季风指数有较明显的减弱趋势, 减弱约 1.5, 特别是 40—50 年代其强度急剧减少, 因而当前可能处于南海季风一个长周期震荡的减弱位相, 值得放到更长的时间尺度

上进一步研究. 当然, 有研究表明用风定义的南海季风指标总有减弱趋势, 而用降水或对流定义的有增强趋势 [26].

此外, 南海夏季风指数与初旋生成日、初旋登陆日有较好正相关, 为 0.290^* 和 0.262^* (图略), 这表明相对来说, 强 (弱) 季风年初旋出现和登陆偏晚 (早). 而南海夏季风指数与初旋的生成纬度、最大风速、生命期、路径长度关系不大, 相关系数分别为 -0.048 , -0.197 , -0.051 , 0.011 .

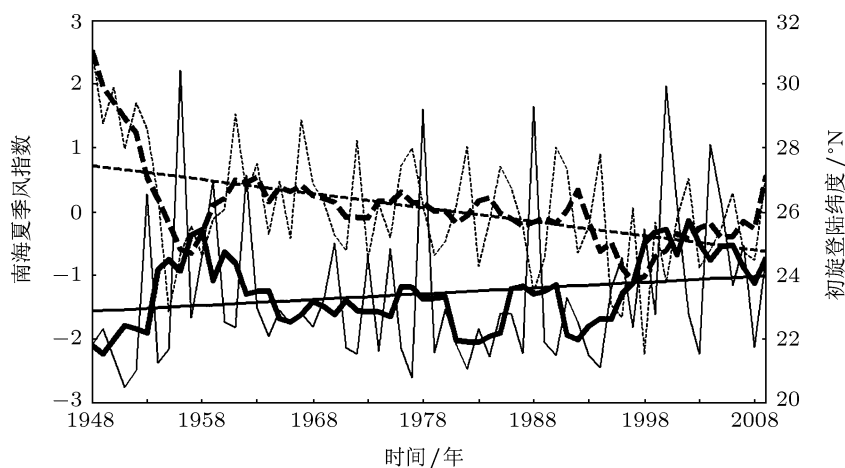


图 1 年平均 (6—9 月) 南海夏季风指数 (虚线) 和初旋登陆纬度 (实线) 的年际变化及其趋势, 其中粗线为 5 年平滑的结果

4 南海季风强弱年的环流场

为了进一步探究南海夏季风与初旋的关系, 图 2 (图 3) 给出了最强 (弱) 的 10 个季风年 850 hPa 的 6—9 月平均位势高度场及风异常场与初旋路径.

图 2 可见: 强季风年季风槽深厚, 东伸至约 138°E , 而弱季风年仅伸东至约 128°E , 925 hPa, 700 hPa 和 500 hPa 也有类似的现象 (图略), 说明南海夏季风指数可以较好地反映季风槽强弱; 而从初旋路径上看, 初旋基本沿着季风槽登陆中国大陆.

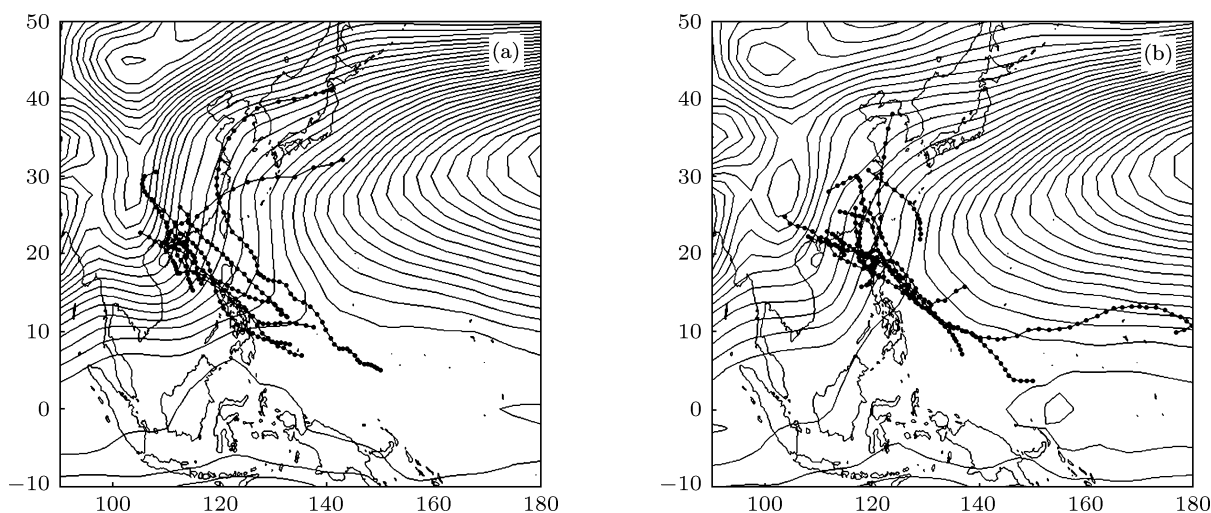


图 2 最强 (a) 和最弱 (b) 的 10 年 6—9 月 850 hPa 平均位势高度场和初旋路径, 其中实心点为初旋路径 (每 6 h 的位置)

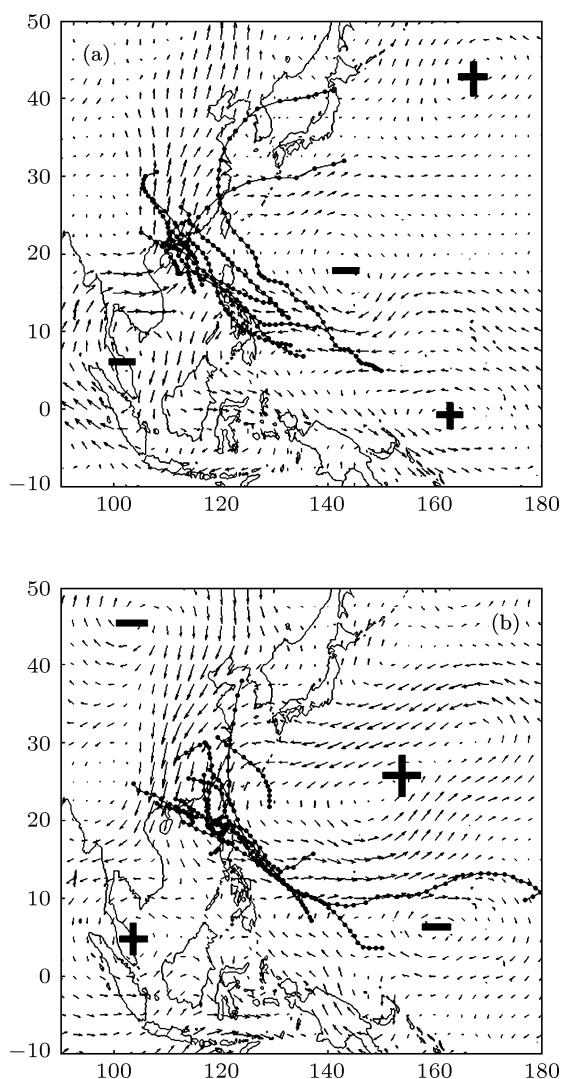


图3 最强(a)和最弱(b)的10年6—9月850 hPa平均风异常和初旋路径(其中实心点为初旋路径(每6 h的位置),其中“+”(“-”)号表示气旋(反气旋)式风异常中心)

图3可见,强弱南海夏季风年风异常场截然不同:强指数年西北太平洋上存在“正负正”的风场异常,南海西南部马来西亚地区为一反气旋式异常;弱指数年西北太平洋为“正负”的风场异常,马来西亚地区为一气旋式异常,西伯利亚地区还有一明显的反气旋异常.另一明显特征是,强(弱)指数年有自东西伯利亚至我国海南的南(北)风异常.925 hPa, 700 hPa和500 hPa风异常场大致相似,略有不同(图略).强(弱)指数年有自海上(陆地)指向陆地(海上)的风异常,这可能与登陆大陆的热带气旋偏多(少)有关.从环流场与初旋的关系上来看,强(弱)指数年,初旋路径两侧为负(正)环流异常,路径比较分散(集中),临近登陆时路径不变(发散).

5 结论和讨论

本文首先分析了1948—2009年初旋与当年登陆中国大陆热带气旋的关系,表明初旋登陆日、初旋登陆纬度、初旋生成纬度与当年登陆中国大陆热带气旋的频数、活动期、最大风速、生命期、路径长度相关较好,部分揭示了研究初旋的意义,表明初旋对当年热带气旋有一定的指示作用.

之后,本文着重分析了1948—2009年的南海夏季风指数、位势高度场、风场与初旋纬度、路径、强度等的关系,得出一些有意义的结果:强(弱)南海夏季风指数年,登陆中国大陆热带气旋数目偏多(少)、初旋登陆日偏迟(早)、初旋登陆点偏南(北).逐月南海夏季风指数与初旋登陆纬度的相关从6—9月逐渐减弱,该结果可能有较好的指示意义;而该指数与初旋的生成纬度、最大风速、生命期、路径长度以及热带气旋的年频数、登陆生成纬度等关系不大.环流场上看,南海夏季风指数可以较好地反映季风槽的强弱,强(弱)指数年季风槽偏强(弱),平均风异常形势也完全不同.初旋基本沿者季风槽登陆中国大陆,强(弱)指数年初旋路径两侧为负(正)环流异常,路径比较分散(集中),临近登陆时不变(发散).此外,强(弱)指数年有自海上(陆地)指向陆地(海上)的风异常,这可能与登陆大陆的热带气旋偏多(少)有关.年变化上看,1948年来初旋登陆点有一定北移,约 1.5° ,而南海夏季风指数明显减弱约1.5,特别是40—50年代急剧减小.

需指出的是,不同的南海夏季风指数与初旋的相关不同,如引言中已提到的南海夏季风指数中,仅本文选取的指数与初旋登陆纬度相关较好,且其他指数与初旋登陆日的关系不好,等等(表略).此外,由于不同南海夏季风指数所确定的强弱季风年不同,导致环流场、初旋路径也有所不同(图略).

相比于以往学者大多研究初旋的年际变化^[15,18,20,21]、空间分布^[18,19,21]或与ENSO的关系^[16,17],本文首次分析了南海夏季风与登陆中国大陆初旋的关系.但初旋和季风的关系值得进一步深入研究,如研究初旋发生当天的大气环流形势,海洋状况等,季风对热带气旋路径影响的物理机理等.此外,登陆中国大陆热带气旋的纬向分布及其变化,初旋北移的原因等都值得继续研究探讨.

- [1] Chen L, Ding Y 1979 *An Introduction to the West Pacific Typhoons* (Beijing: Science Press) p22 (in Chinese) [陈联寿, 丁一汇 1979 西太平洋台风概论 (北京: 科学出版社) 第 22 页]
- [2] Zeng Q C, Li J P 2002 *Chin. J. Atmos. Sci.* **26** 433 (in Chinese) [曾庆存, 李建平 2002 大气科学 **26** 433]
- [3] Wang B, Elsberry R L, Wang Y Q, Wu L G 1998 *Chin. J. Atmos. Sci.* **22** 535 (in Chinese) [王斌, Elsberry, Russel L, 王玉清, 吴立广 1998 大气科学 **22** 535]
- [4] Rossby C G 1948 *J. Marine Res.* **7** 175
- [5] Sun X R, Duan Y H 2003 *Chin. J. Atmos. Sci.* **27** 67 (in Chinese) [孙秀荣, 端义宏 2003 大气科学 **27** 67]
- [6] Wu H Q 2002 *Meteorological Monthly* **28** 27 (in Chinese) [吴恒强 2002 气象 **28** 27]
- [7] Chen T C, Wang S Y, Yen M C, William A G J 2004 *Weather and Forecasting* **19** 776
- [8] Gao J Y, Lu X Y, Bao R J, Zhang X Z 2010 *Acta Oceanolog. Sin.* **32** 64 (in Chinese) [高建芸, 吕心艳, 鲍瑞娟, 张秀芝 2010 海洋学报 **32** 64]
- [9] Gao J Y, Lu X Y, Zhang X Z, Jiang Z H 2011 *Acta Oceanolog. Sin.* **33** 28 (in Chinese) [高建芸, 吕心艳, 张秀芝, 江志红 2011 海洋学报 **33** 28]
- [10] Wang H, Ding Y H, He J H 2006 *Acta Meteorolog. Sin.* **64** 345 (in Chinese) [王慧, 丁一汇, 何金海 2006 气象学报 **64** 345]
- [11] Chia H H, Ropelewski C F 2002 *J. Climate* **15** 2934
- [12] Chen T C, Weng S P, Yamazaki Z B 1998 *Mon. Wea. Rev.* **126** 1080
- [13] Chen L S, Meng Z Y 2001 *Chin. J. Atmos. Sci.* **25** 420 (in Chinese) [陈联寿, 孟智勇 2001 大气科学 **25** 420]
- [14] Chen G H, Huang R H 2006 *Advances In Earth Science* **21** 610 (in Chinese) [陈光华, 黄荣辉, 2006 地球科学进展 **21** 610]
- [15] Liu C X 2001 *J. Tropic. Meteorol.* **17** 381 (in Chinese) [刘春霞 2001 热带气象学报 **17** 381]
- [16] Feng L H 2003 *Acta Geographica Sinica* **58** 209 (in Chinese) [冯利华 2003 地理学报 **58** 209]
- [17] Wu H 2005 *Meteorological Monthly* **31** 61 (in Chinese) [吴慧 2005 气象 **31** 61]
- [18] Ren F M, Wang X L, Dong W J, Bai L N 2007 *Adv. Clim. Change Res.* **3** 224 (in Chinese) [任福民, 王小玲, 董文杰, 白莉娜 2007 气候变化研究进展 **3** 224]
- [19] Ren F M, Wang X L, Chen L S, Wang Y M 2008 *Acta Meteorologica Sinica* **66** 224 (in Chinese) [任福民, 王小玲, 陈联寿, 王咏梅 2008 气象学报 **66** 224]
- [20] Wang X L, Song W L 2009 *J. Tropic. Meteorol.* **25** 576 (in Chinese) [王小玲, 宋文玲 2009 热带气象学报 **25** 576]
- [21] Hu Y M, Song L L 2009 *Adv. Clim. Change Res.* **5** 90 (in Chinese) [胡娅敏, 宋丽莉 2009 气候变化研究进展 **5** 90]
- [22] Li J P, Zeng Q C 2000 *Science in China D* **43** 647 (in Chinese) [李建平, 曾庆存 2000 中国科学 (D 辑) **43** 647]
- [23] Li J P, Zeng Q C 2002 *Geophys. Res. Lett.* **29** 115
- [24] Li J P, Zeng Q C 2003 *Adv. Atmos. Sci.* **20** 299
- [25] Li J P, Zeng Q C 2005 *Climatic and Environmental Research* **10** 351 (in Chinese) [李建平, 曾庆存, 2005 气候与环境研究 **10** 351]
- [26] Wang B, Huang F, Wu Z W, Yang J, Fu X H, Kikuchi K 2009 *Dyn. Atmos. Oceans* **47** 15

Relationship between the South China Sea summer monsoon and the first-landfall tropical cyclone over mainland of China*

Zhang Han¹⁾²⁾ Guan Yu-Ping^{1)†}

1) (*State Key Laboratory of Tropical Oceanography, South China Sea Institute of Oceanology, Chinese Academy of Sciences, Guangzhou 510301, China*)

2) (*Graduate University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China*)

(Received 4 August 2011; revised manuscript received 28 October 2011)

Abstract

This study investigates the relationship between the South China Sea summer monsoon and the first tropical cyclone (TC) of the season to make landfall over mainland China (in short, the first-landfall TC) using the South China Sea summer monsoon index, NCEP/NCAR reanalysis monthly average data, and best-track TC data from Joint Typhoon Warning Center (JTWC) for 1948–2009. The results show that the characteristics of the first-landfall TC are closely associated with the frequency, active stage, and strength of subsequent landfall TCs in the same year. In detail, a stronger (weaker) South China Sea summer monsoon index year corresponds to more (fewer) landfall TCs over Mainland China, a later (earlier) date of the first-landfall TC, a lower (higher)-latitude landing point of the first-landfall TC, and a stronger (weaker) monsoon trough. The anomalous wind field and the track of the first-landfall TC are also significantly related to the strength of the index. The location of the first-landfall TC has shows a gradual trend toward higher latitudes over the analysis period, and there is a decreasing trend in the variability of the South China Sea summer monsoon index.

Keywords: monsoon index, tropical cyclone, first-landfall TC, flow field analysis

PACS: 92.60.Qx, 92.60.Gn, 92.60.Bh

* Project supported by the National Basic Research Program of China (2010CB950401), and the Knowledge Innovation Program of the Chinese Academy of Sciences (KZCX2-YW-Q11-02). Yu Ping Guan supported in part by JIFRESSE/UCLA, USA.

† E-mail: guan@scsio.ac.cn