

1998 年夏季南海和孟加拉湾地区的大尺度经向水汽输送诊断分析

杨支中 沙文钰

(中国人民解放军理工大学气象学院, 南京)

摘 要 本文诊断分析了 1998 年夏季长江流域洪涝的平均经向大尺度水汽输送的特征, 结果表明, 1998 年夏季孟加拉湾地区和南海地区经向水汽输送大小是因月份、高度而异。进一步分析结果表明, 在印度季风和南海季风不同的位相阶段, 孟加拉湾地区和南海地区的经向水汽输送也是各不相同的, 这也和各月经向水汽输送变化基本一致。

关键词: 大尺度经向水汽输送; 印度季风; 南海季风; 诊断分析

中图分类号: P426 **文献标识码:** A **文章编号:** 1003 - 0239 (2001) 02 - 0013 - 09

1 引言

1998 年由于长江中上游降水过多, 长江流域发生了仅次于 1954 年的大洪涝, 其中, 季风对水汽的大尺度输送是降水形成尤其是长时间降水偏多的必要条件之一。叶笃正等^[1]指出, 长江流域的水汽来源有三个: 有西南气流从孟加拉湾和印度洋送来的水汽; 由偏东和偏南气流从西太平洋和南海输送而来的水汽; 由西北气流从太平洋和北冰洋输送而来的水汽。我国大部分地区, 降水的主要季节——夏季期间的大尺度水汽输送受到夏季风的很大影响^[2]。梁必骥等^[3]还指出: 孟加拉湾的水汽输送和南海及西太平洋对水汽的输送在不同的季节对中国不同的地区也是不同的。来自海洋水汽输送的强度是造成中国季风降水的多寡已成共识。但以往学者较少考虑印度季风和南海季风环流在不同的高度、处于不同的位相阶段时对水汽的经向输送情况。本文首先诊断分析 1998 年 5 ~ 8 月各月孟加拉湾地区和南海的平均经向水汽输送大小及其垂直分布情况, 然后分析印度季风和南海季风在不同的位相阶段时气流分别对孟加拉湾地区和南海经向水汽输送情况, 这对于理解 1998 年长江流域洪涝成因有着重要的意义。

本文于 2001 年 4 月 3 日收到修改稿。

作者简介: 杨支中 (1975-), 男, 硕士研究生。

基金项目: 总参重点项目; (2000) 参字 601 号。

2 资料及计算方法

本文高度场和湿度场资料取自美国 NCAR/NCEP 制作的 1998 年 5 月 1 日~1998 年 8 月 31 日的全球日平均 1000hPa ~ 300hPa 再分所资料, 水平分辨率为 $2.5^{\circ} \times 2.5^{\circ}$, 垂直方向分为 1000hPa、925hPa、850hPa、700hPa、600hPa、500hPa、400hPa、300hPa 共 8 层。

平均经向水汽输送采用垂直平均和时间平均的水汽通量积分公式:

$$F(v, q, p_b, p_t, T_b, T_e) = \frac{1}{(T_e - T_b) \cdot (p_b - p_t)} \int_{T_b}^{T_e} \int_{p_t}^{p_b} v \cdot q dp dt \quad (1)$$

经向水汽输送随高度的变化采用时间平均的水汽通量积分公式:

$$f(v, q, p) = \frac{1}{T_e - T_b} \int_{T_b}^{T_e} v \cdot q dt \quad (2)$$

(1) 和 (2) 中, $v = v(x, y, p)$ 是经向风速, 取向北为正; $q = q(x, y, p)$ 为比湿。 p_b 和 p_t 分别为底层和顶层的高度, T_b 和 T_e 分别为起始和结束时间。

孟加拉湾地区经向范围取 $85^{\circ} \sim 105^{\circ}\text{E}$, 南海地区则取 $105^{\circ} \sim 120^{\circ}\text{E}$, 两者向北的经向水汽输送都取在 22.5°N 附近。

3 各月的平均水汽经向输送

分析 5~8 月的中低层 (1000hPa ~ 300hPa) 平均经向水汽通量 (见图 1) 及其随高度分布 (图略), 并比较孟加拉湾地区和南海水汽经向输送随高度变化的差异 (见图 2)。

从水汽的经向输送随高度的变化图 (图略) 上可以看出, 孟加拉湾地区和南海地区水汽经向输送与高度变化相似, 孟加拉湾地区和南海地区水汽经向输送分别集中在 700hPa 和 500hPa 以下, 都在 925hPa 左右强度最大, 但在每一层上不一定是相等的。

从图 1a 可以看出, 五月份平均的经向水汽通量南海地区比孟加拉湾地区大, 通过 22.5°N 的水汽通量之比约为 7:6。从图 2a 可以看出, 在 900hPa ~ 450hPa 之间南海地区比孟加拉湾大, 在 700hPa 上差值最大, 而 1000hPa ~ 900hPa 上南海地区比孟加拉湾小, 越向下相差越大, 但总体上是南海地区比孟加拉湾地区大些。

从六月份和七月份垂直平均水汽经向输送分布图 (图 1b、图 2b) 上和经向水汽输送垂直分布差值图 (图 1c、图 2c) 上可以看出, 六月份和七月份经向水汽输送基本相似, 南海地区比孟加拉湾总的向北的水汽输送要大, 通过 22.5°N 向北水汽通量之比分别约为 5:3 和 7:6, 且在 400hPa 以下南海均比孟加拉湾大, 尤其在 700hPa 上相差最大。

到八月份情况有所变化, 从平均水汽经向输送分布图和平均经向水汽输送垂直分布差值图 (图 1d、图 2d) 上可以看出, 八月份孟加拉湾地区总的向北的水汽输送比南海要

大, 两者之比约为 33 : 28, 而且在 350hPa 以下的每一层上均比南海向北经向水汽输送要大些, 越到低层相差越大。

此外, 从图 1 上通过比较各月的平均经向水汽输送也可以看出, 1998 年夏季经向水汽输送最大发生在六月份和七月份, 五月份最小。

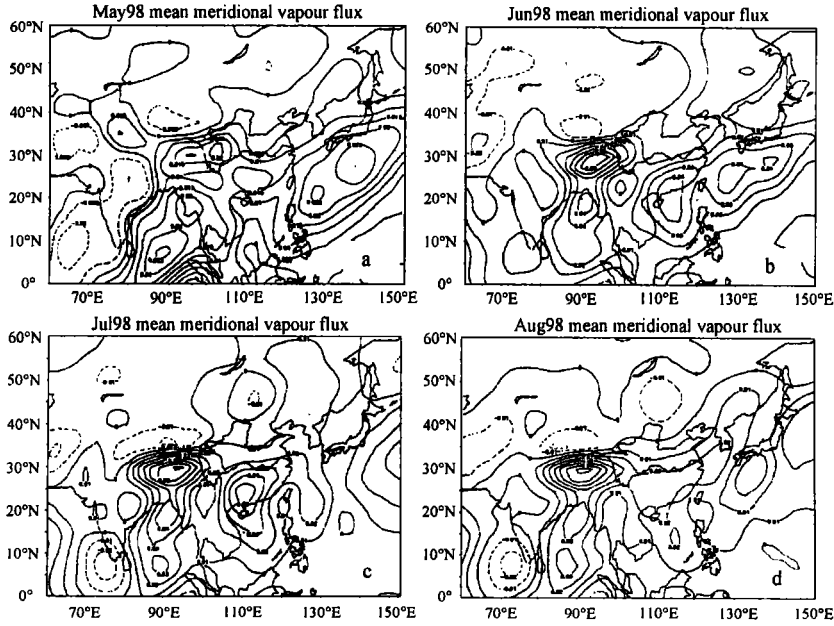


图 1 1998 年夏季各月的平均经向水汽输送 (单位: m/s)

a. 5 月, b. 6 月, c. 7 月, d. 8 月

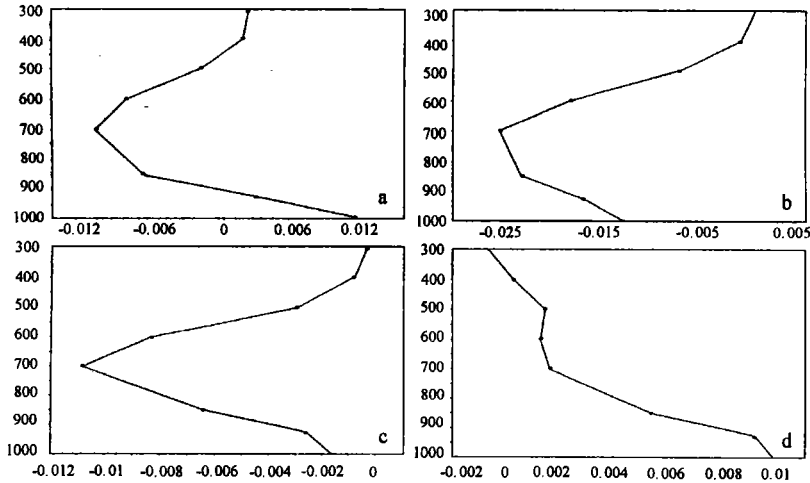


图 2 5~8 月各月两个地区平均经向水汽输送差值 (孟加拉湾地区-南海地区)

随高度的变化 (单位: m/s) a. 5 月, b. 6 月, c. 7 月, d. 8 月

4 不同季风位相阶段的平均水汽经向输送

按文献 (4) 中对 1998 年季风位相阶段的划分, 5 月 1~14 日, 在印度季风和南海季风爆发前阶段。此阶段平均的经向水汽输送 (图 3a), 南海地区向北的经向水汽输送量是孟加拉湾地区的 3 倍, 主要表现在 400hPa 以下的中低层 (见图 4a)。

5 月 15~31 日是孟加拉湾和中印半岛季风爆发、加强和维持时期, 同时 5 月 17 日南海北部季风爆发, 5 月 25~31 日南海季风全面爆发^[4]。分析 5 月 15~31 日的水汽经向输送图 (图 3b) 可知, 上述季风爆发阶段, 孟加拉湾地区水汽经向量输送比南海地区大, 两者之比约为 25:13。从两者平均水汽经向输送随高度变化差值图 (图 4b) 可以看出, 在 750hPa 以下各层孟加拉湾地区平均经向输送比南海大。

在 6 月 1~11 日印度季风和南海季风中断和减弱期间^[4], 从图 3c 可以看出, 南海地区经向水汽输送比孟加拉湾地区大, 两者之比约为 32:15, 从图 4c 可以看出, 主要表现在 900hPa 层以上, 但在 950hPa 以下的底层南海地区则比孟加拉湾地区略小。

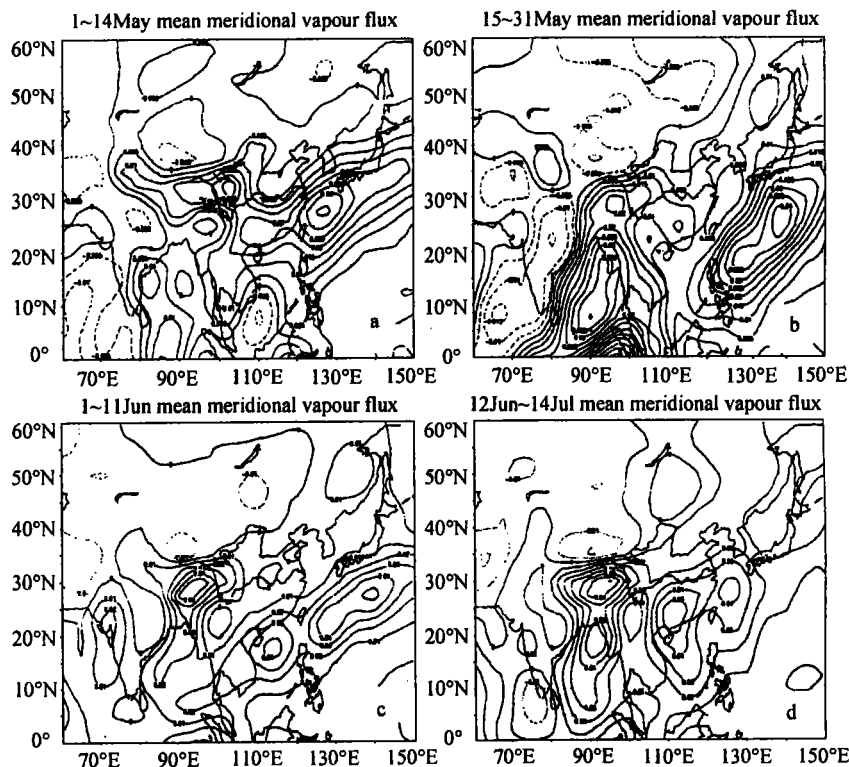


图 3 印度季风爆发前 (a)、爆发阶段 (b)、中断阶段 (c)、印度季风全面爆发阶段 (d) 的平均经向水汽输送 (单位: m/s)

在 6 月 12 日印度季风全面爆发、东伸、北推, 直到 7 月 15 日季风减弱, 进入不活跃期, 同时, 南海季风仍处在不活跃期^[4]。分析 6 月 12 日~7 月 14 日的经向水汽输送, 从图 3d 和 4d 可知, 在印度季风全面爆发和南海季风不活跃期间, 22.5°N 附近南海地区仍比孟加拉湾地区向北的经向水汽输送大, 约为 59:47。考察这一时期纬向风对水汽的输送 (图略), 可以发现, 大量的水汽从孟加拉湾经过中印半岛向西输送入南海, 再加上西太平洋西侧东南气流将水汽输送进入南海, 使得在南海季风减弱其间, 其向北的水汽输送反而增大。

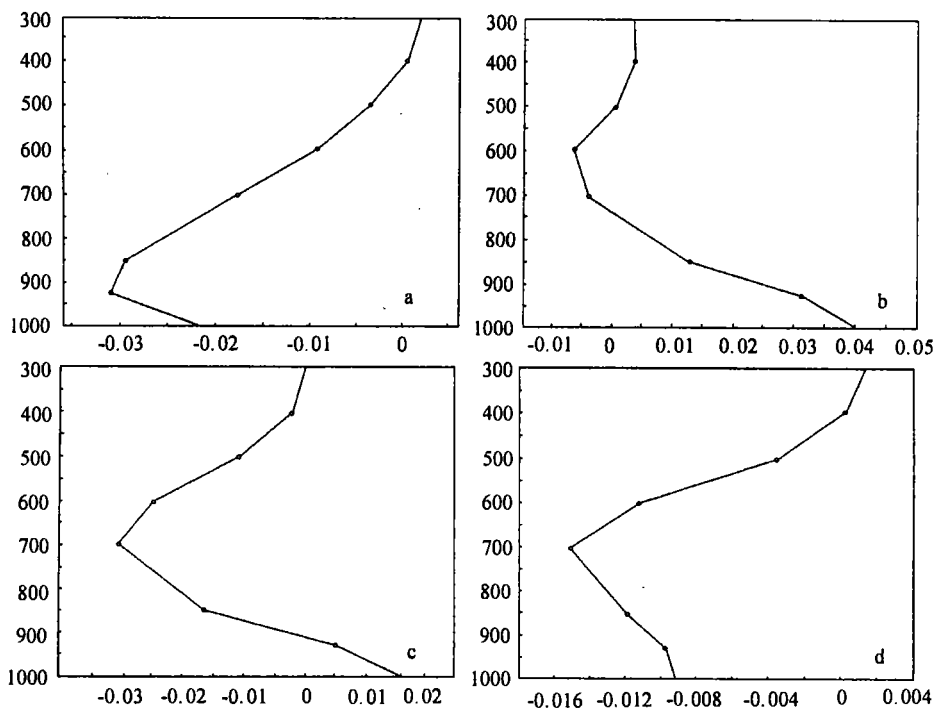


图 4 印度季风爆发前 (a)、爆发阶段 (b)、中断阶段 (c)、印度季风全面爆发阶段 (d) 的平均经向水汽输送差值 (孟加拉湾地区-南海地区) 随高度的变化 (单位: m/s)

从 7 月 16~22 日, 印度季风和南海季风处于不活跃期^[4], 分析其阶段的经向水汽输送可以发现 (图 5a 和图 6a), 在印度季风和南海季风的不活跃期, 南海地区的经向水汽输送比孟加拉湾地区大, 比值约为 47:27。从图 6a 可以看出, 1000hPa~300hPa 各层都是南海地区比孟加拉湾大, 在 850hPa 层上相差最大。

7 月 23 日后, 印度季风再度加强, 进入活跃期, 南海季风亦明显加强, 西南气流持续 3 周左右^[4]。分析这一时期的平均经向水汽输送, 从图 5b 上可以发现, 在印度季风和南海季风活跃期, 南海地区的水汽经向输送比孟加拉湾地区略大, 比值约为 11:10,

从图 6b 可以看出, 主要表现在 700hPa 左右, 和以往不同的是, 在 1000hPa 左右的底层也出现了一个较大的差值。

8 月 14 日印度季风全面南撤, 仅影响到西南地区, 南海中北部以东风为主, 南部仍为西南风, 南海季风明显减弱^[4], 考察这一时期的水汽经向输送可以发现, 如图 5c 和 6c 在南海季风和印度季风撤退时, 南海地区比孟加拉湾地区经向水汽输送小, 两者之比约为 17:29, 而且从图 6c 可以看出, 在 1000hPa~300hPa 各层上都是孟加拉湾地区水汽经向输送大, 尤其在 1000hPa 附近的底层相差最大。

由以上分析可见, 在印度季风和南海季风的不同的位相阶段, 南海地区和孟加拉湾地区的平均水汽经向输送各不相同的, 且随高度也有所差别。表现在两种季风爆发前, 南海地区平均水汽的经向输送在 400hPa 以下中下层比孟加拉湾地区大些。当两种季风爆发阶段时, 孟加拉湾地区则要大些。但它们在全面活跃或都不活跃时, 或者其中之一活跃时, 南海地区的水汽经向输送则比孟加拉湾地区要大些。当两种季风全面撤退时期, 水汽的经向输送是南海地区比孟加拉湾地区小。

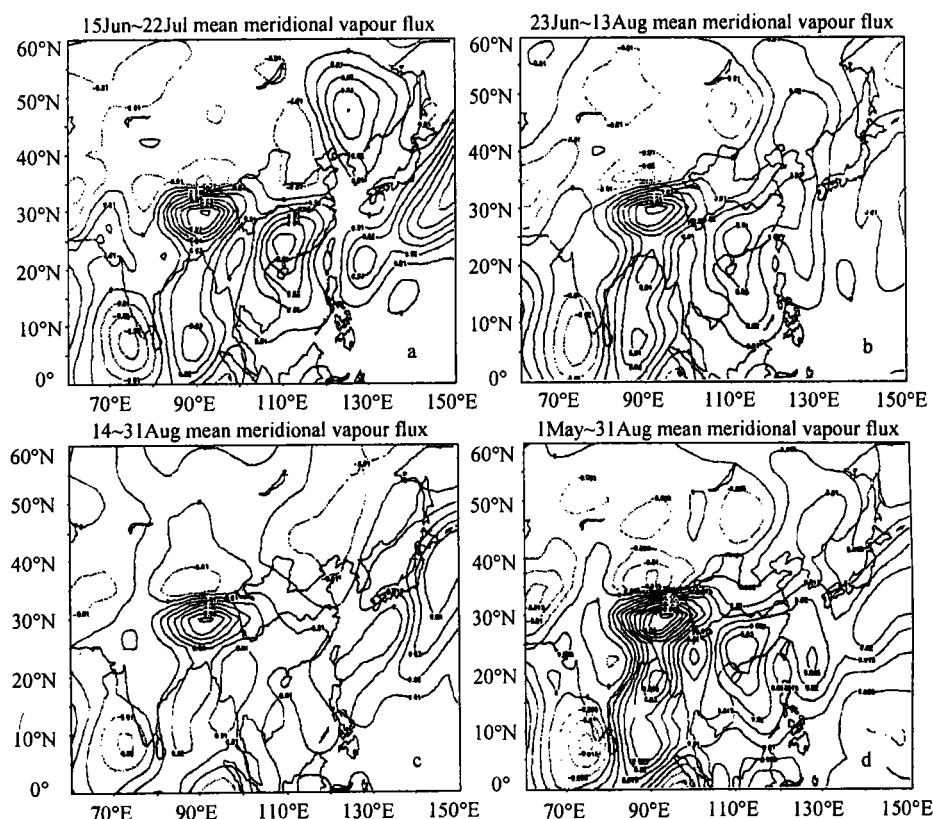


图 5 印度季风中断减弱阶段 (a)、重新活跃阶段 (b)、印度季风全面撤退阶段 (c) 和 5~8 月 (d) 平均经向水汽输送 (单位: m/s)

此外, 从 1998 年夏季 (5~8 月) 平均经向水汽 (图 5d、图 6d) 可以发现, 1998 年夏季, 南海地区总的经向向北的水汽输送比孟加拉湾地区大, 比值约为 37:31, 主要表现在 400hPa~950hPa 的中低层, 在 700hPa 上差值最明显; 在 950hPa 以下的底层和 400hPa 以上高层, 南海比孟加拉湾地区经向水汽输送小。这就是说, 孟加拉湾的水汽输送和南海地区水汽经向输送集中在不同的层次, 虽然孟加拉湾地区在 400hPa 以上的高层水汽经向输送比南海地区大, 但由于高层水汽输送本来就小, 所以孟加拉湾的水汽向北输送集中在 700hPa 以下底层, 而南海地区经向水汽输送主要集中在 950hPa~400hPa 中低层。由此可进一步得出, 1998 年夏季长江流域洪涝的水汽大部分是来源于南海地区, 小部分是孟加拉湾地区。

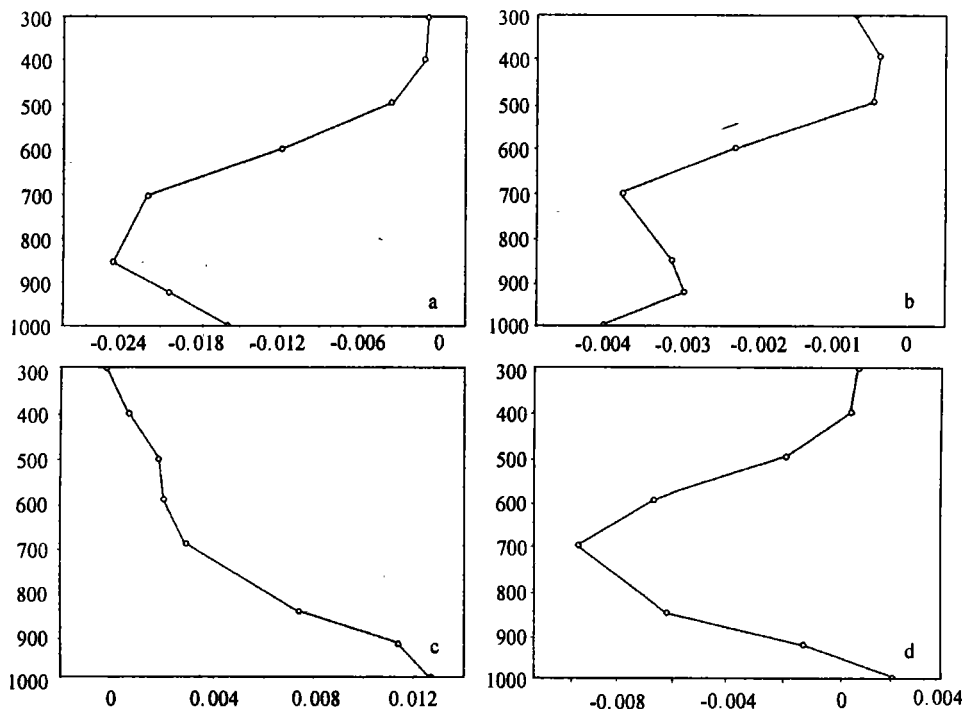


图 6 印度季风中断阶段 (a)、重新活跃阶段 (b)、印度季风全面撤退阶段 (c) 和 5~8 月 (d) 平均水汽输送差值 (孟加拉湾地区-南海地区) 随高度的变化 (单位: m/s)

5 结束语

本文通过对 1998 年观测资料的诊断分析, 得到如下结果:

(1) 1998 年夏季 5~8 月总的水汽输送是南海地区比孟加拉湾地区大, 主要表现在中低层 (950hPa~400hPa)。

(2) 南海地区水汽输送主要集中在 500hPa 以下的中低层, 而孟加拉湾地区水汽输送主要集中在 700hPa 以下的中低层, 两者在 925hPa 左右有一最大值。

(3) 在印度季风和南海季风爆发前, 南海地区的平均经向水汽输送比孟加拉湾地区大, 主要表现在低层 (850 ~ 925hPa)。

(4) 在印度季风和南海季风不同的位相阶段, 两者对水汽经向输送是不问的; 当在印度季风和南海季风爆发并加强阶段, 孟加拉湾地区比南海地区经向水汽输送大, 尤其表现在 900hPa 以下的底层; 在印度季风和南海季风中断阶段和中断后重新活跃阶段, 或者其中之一活跃时, 南海地区的经向水汽输送则比孟加拉湾地区要大些, 中低层更是如此; 在两种季风撤退阶段, 孟加拉湾地区比南海地区的经向水汽输送大。

由于本文只对水汽经向输送进行了诊断分析, 未考虑印度季风和南海季风的相互作用以及由此引起孟加拉湾地区和南海地区的水汽相互传递作用, 这些物理量尚待于进一步研究。

参考文献

- [1] 叶笃正, 黄荣辉. 长江黄河流域旱涝规律和成因研究. 山东科学技术出版社, 127, 1996.
- [2] 孙颖, 丁一汇. 1997 年夏季风时期大尺度水汽输送的分析. 丁一汇, 李崇银主编. 南海季风爆发和演变及其与海洋的相互作用. 气象出版社, 1999, 101.
- [3] 梁必骥等. 热带气象学, 中山大学出版社, 1990, 67 ~ 71.
- [4] 丁一汇等. 1998 年亚洲季风活动与中国的暴雨/洪涝, 丁一汇, 李崇银主编, 南海季风爆发和演变及其与海洋的相互作用, 气象出版社, 1999, 3 ~ 4.

A DIAGNOSTIC ANALYSIS OF THE LARGE-SCALE VAPOUR MERIDIONAL TRANSFER FROM SOUTH CHINA SEA AND BANGADESH'S TERRITORY IN 1998 SUMMER

Yang Zhizhong

Sha Wenyu

(Institute of Meteorology, PLAUST Nanjing)

Abstract——This paper diagnoses some large-scale characteristics of the meridional vapour transfer associated with the flood occurred in Yangtse valley in 1998 summer. The result indicates that the transferred vapour from Bangadesh's territory differs with that from south China sea in different months and heights. The progressive analysis shows that the transfers in different stages of the Indian monsoon and the south China sea monsoon are also different, which is also the same as the varying of vapour transferring per month.

Key words: large-scale meridional vapour transfer; Indian monsoon; south China sea monsoon; diagnostic analysis