

IAP AGCM-I 水平分辨率的提高及 对全球和东亚区域气候的数值模拟*

张 凤 陈 红 林朝晖 曾庆存

(中国科学院大气物理研究所国际气候与环境科学中心, 北京 100029)

摘 要 在中国科学院大气物理研究所 (IAP) 第一代大气环流模式 (AGCM1.2) 的基础上, 将其水平分辨率从原先的 $4^{\circ} \times 5^{\circ}$ 分别提高到 $2^{\circ} \times 2.5^{\circ}$ 和 $1^{\circ} \times 1.25^{\circ}$, 得到更新版本的 IAP AGCM1.3a (水平分辨率为 $2^{\circ} \times 2.5^{\circ}$) 和 IAP AGCM1.3b (水平分辨率为 $1^{\circ} \times 1.25^{\circ}$)。利用上述水平分辨率提高后的模式进行了长时间积分, 分析模式模拟结果可知: 水平分辨率的提高确实可以在一定程度上改进气候模式对当代气候的模拟能力, 特别是对地形雨以及东亚夏季风降水细致分布的模拟。从而为进一步改进 IAP 跨季度数值气候预测系统, 提高短期气候预测能力提供了模式基础。

关键词: 大气环流模式; 水平分辨率; 数值模拟; 东亚气候

文章编号 1006-9585 (2004) 02-0396-13 **中图分类号** P435 **文献标识码** A

1 引言

中国科学院大气物理研究所 2 层大气环流模式是曾庆存及其合作者在长期从事地球流体动力学计算方法和模式设计研究的基础上发展起来的一个对流层大气有限差分模式 (IAP AGCM1.1)^[1,2], 该模式对当代气候具有良好的模拟能力^[3]。该模式建立以来, 一直在气候研究领域得到广泛应用^[4,5], 同时参加了国际大气环流模式比较计划 (AMIP), 并被证实是对东亚季风具有较好模拟能力的几个模式之一。鉴于该模式良好的模拟性能, 早在 1988 年该模式就被应用于短期气候预测实践, 取得了良好的预测效果^[6], 并在此基础上, 建立了第一代中国科学院大气物理研究所 (IAP) 跨季度数值气候预测系统 (IAP DCP-I, 原称 IAP 短期气候距平预测系统, 即 IAP PSSCA)^[7,8]。实时预测试验结果表明, IAP DCP-I 对发生在我国的较为重大的降水异常预测效果较好, 如对 1991 年江苏和安徽的严重洪涝、1992 年的山东大旱、1994 年以安徽北部为中心的干旱、1995 年江南北部多雨等的预测均较为成功。

在运用 IAP 2 层大气环流模式 (IAP AGCM1.1) 进行气候数值模拟及预测试验的同时, 该模式本身也处于不断完善和发展的过程中。通过改善该模式中陆面过程参数化方案, 特别是在陆面过程模式中引入具有季节变化的地表反照率后^[9,10], 模式对东亚夏季风及其降水的模拟能力得到了进一步的改善, 使得改进后的模式能很好地模拟出东亚地区夏季风降水的月平均特征及其季节推移。有鉴于此, 林朝晖等^[11]利用改进了

2004-02-05 收到, 2004-04-27 收到修改稿

* 国家自然科学基金资助项目 40233027 和国家重点基础研究发展规划项目 G1998040900-1 共同资助

陆面过程的 IAP 2 层大气环流模式 (IAP AGCM1.2) 代替了 IAP DCP-I 中所用的大气环流模式, 并进行了 1980~1997 共 18 年的后报试验, 生成相应的订正系统, 最终得到第二代 IAP 跨季度数值气候预测系统 (IAP DCP-II)。自 1998 年以来, IAP DCP-II 每年都运用于我国夏季旱涝趋势的跨季度实时预测, 结果表明其对我国夏季旱涝形势有着良好的跨季度预测能力^[12~14]。然而, 虽然 IAP DCP-II 对降水距平的大范围形势预测效果较好, 但较降水距平分布的细致结构而言, 还需进一步改进。这可能与 IAP DCP-II 中气候模式的水平分辨率较低密切相关。

有鉴于 IAP AGCM1.2 在气候数值模拟以及预测应用中的良好效果, 该模式值得进一步改进并提高分辨率, 以便在科研和预测业务中得到继续应用。因此在本文中我们提高了 IAP AGCM1.2 的水平分辨率, 并分析了其对全球和东亚区域气候的模拟情况。

2 数值模拟结果

对 IAP 2 层大气环流模式 (IAP AGCM1.2) 水平分辨率的改进主要有 2 个版本, 即分别将模式的水平分辨率从原来的 $4^{\circ} \times 5^{\circ}$ 提高到 $2^{\circ} \times 2.5^{\circ}$ 和 $1^{\circ} \times 1.25^{\circ}$, 同时对模式地形以及地表特征均进行了相应的改进。于此同时, 对模式中水平扩散系数也进行了相应的调整。对于改变了水平分辨率的 IAP 2L AGCM, 我们在文中讨论时统称为 IAP AGCM1.3; 其中水平分辨率为 $2^{\circ} \times 2.5^{\circ}$ 的 IAP 2 层大气环流模式简称为 IAP AGCM1.3a, 水平分辨率为 $1^{\circ} \times 1.25^{\circ}$ 的模式称为 IAP AGCM1.3b, 而原先水平分辨率为 $4^{\circ} \times 5^{\circ}$ 的模式则称为 IAP AGCM1.2。

采用 NCEP 再分析的 1961~1990 年 30 年平均的海表温度为边界条件, 对这 3 个版本模式 IAP AGCM1.2、IAP AGCM1.3a、AGCM1.3b 分别进行了 70、70 和 35 年的积分, 利用其后 30 年的输出结果, 我们从全球及东亚区域气候的模拟情况对模式的性能进行比较分析。

2.1 全球雨带 (区) 分布

图 1 给出的是全球 1 月份月平均降水的地理分布。其中观测的降水采用 Jaeger^[15] 的全球降水气候场。从图中可以发现, 无论是 IAP AGCM1.2, 还是 IAP AGCM1.3 均能较好地分辨出主要的降雨中心和降雨带, 如北美西岸、北大西洋、日本海东部洋面、南美、南部非洲大陆的降水, 同时对热带赤道辐合带的大范围强降水的模拟也很成功, 此外模式还很好模拟出非洲北部的干旱少雨区以及澳洲西南部的少雨区。值得指出的是, IAP AGCM1.2 在地中海附近模拟出虚假的强降水中心, 但是 IAP AGCM1.3 则没有此虚假中心。另外可以看到, 分辨率越低, 模式模拟出的北大西洋的虚假降水强度也越强, 相对而言, IAP AGCM1.3b 的模拟结果较好。而北美西岸的降水, IAP AGCM1.3a 模拟的范围及强度最接近于实况, IAP AGCM1.2 模拟的降水区域相对太小, 而 IAP AGCM1.3b 模拟的强度则偏大。

图 2 给出了全球 7 月份月平均降水的观测以及不同水平分辨率模式的模拟情况。从图中可以看到, 3 种不同水平分辨率的模式模拟的雨带比 1 月份均有明显的北迁。模式均成功地模拟出整个亚洲地区的夏季风降水, 如孟加拉湾、菲律宾附近洋面的强降

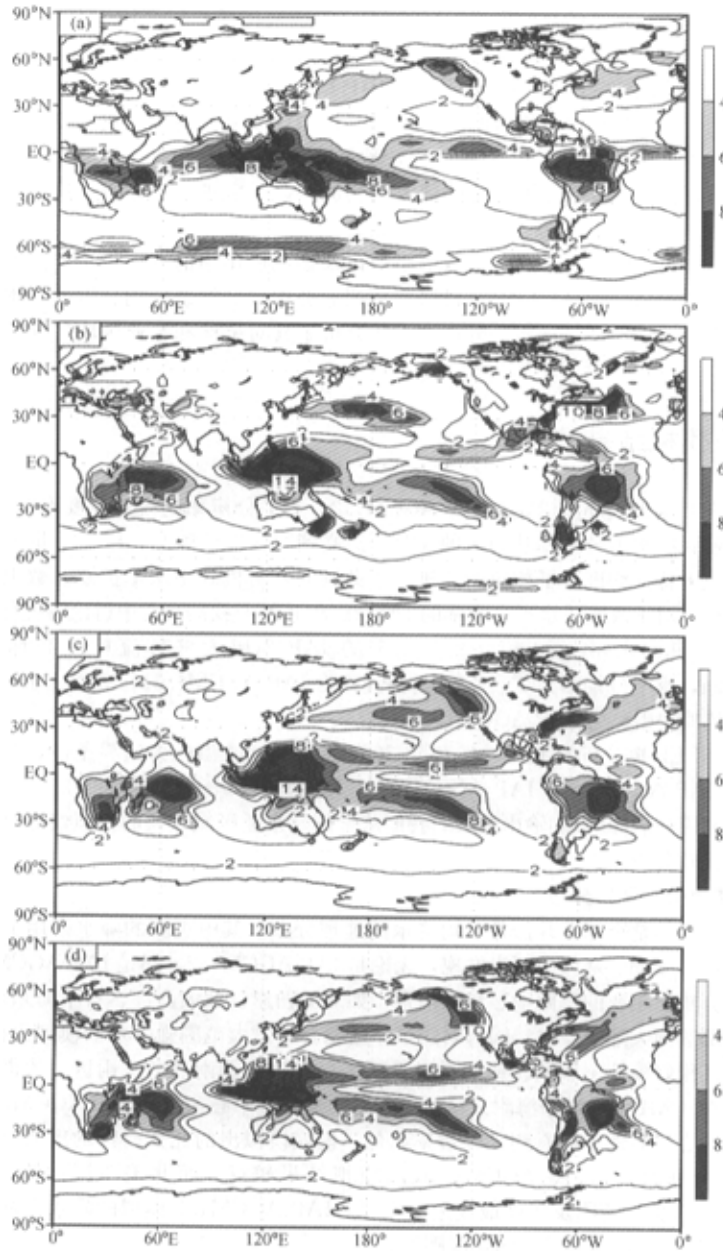


图 1 全球 1 月份平均降水分布 (单位: mm d^{-1})

(a) Jaeger 观测; (b) 水平分辨率为 $4^\circ \times 5^\circ$ 模式模拟;

(c) 水平分辨率为 $2^\circ \times 2.5^\circ$ 模式模拟; (d) 水平分辨率为 $1^\circ \times 1.25^\circ$ 模式模拟

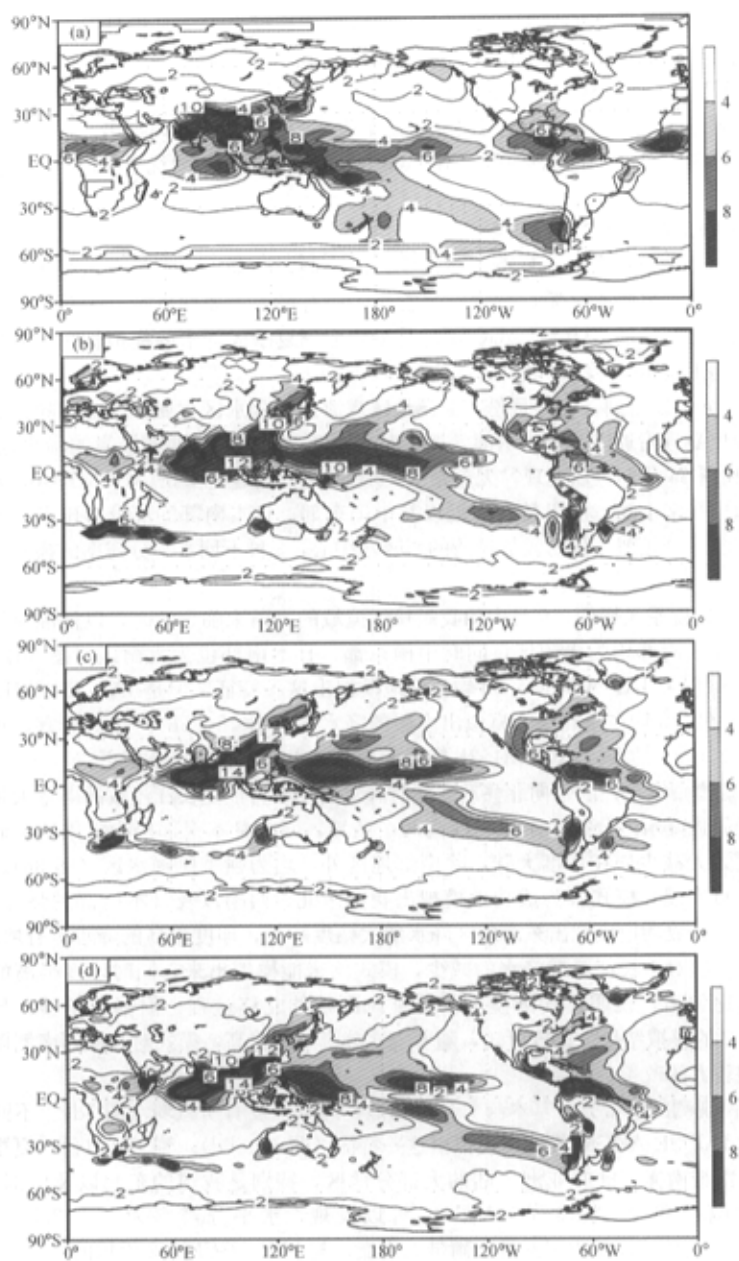


图 2 全球 7 月份平均降水分布 (单位: mm d^{-1})

(a) Jaeger 观测; (b) 水平分辨率为 $4^\circ \times 5^\circ$ 模式模拟;

(c) 水平分辨率为 $2^\circ \times 2.5^\circ$ 模式模拟; (d) 水平分辨率为 $1^\circ \times 1.25^\circ$ 模式模拟

水,对我国夏季风降水的模拟也很成功,同时模式还模拟出7月份日本多雨这一观测事实。此外,IAP AGCM1.2和IAP AGCM1.3a在非洲南端均模拟出虚假的强降水中心,而IAP AGCM1.3b模拟的该虚假中心则移到海上,因此在非洲南端没有很强的虚假降水。但对于北非西部的强降水中心,3个版本的模式均未能模拟出。

从全球降水分布的模拟来看,IAP AGCM1.3模拟的结果要优于IAP AGCM1.2的结果。

2.2 亚洲季风降水及其时间演变

我国地处东亚季风区,夏季受西南季风的控制,其降水主要是季风降水。夏季风降水是我国的主要降水来源,对我国的农业生产有极为重要的影响。为此本节将考察提高了水平分辨率的IAP 2L AGCM对月平均亚洲夏季风降水的模拟情况,其中观测的降水采用Legate^[16]降水气候场。

从图3a可以看到,在5月份,亚洲地区观测的强降水区主要位于孟加拉湾、马来半岛、加里曼丹附近以及中国东部、日本南部地区,同时印度西南沿岸的降水也较大;从图4a和图5a我们可以发现,无论是IAP AGCM1.3a还是IAP AGCM1.3b,均能成功地模拟出马来半岛、加里曼丹附近以及中国东部、日本南部的部分多雨区,其模拟结果与实测十分相似。但对孟加拉湾的强降水中心,3种不同水平分辨率的模式均未能模拟出。

6月初印度季风爆发,6月中旬我国长江流域的梅雨来临。此时,以江淮流域为界的亚洲大陆东南部均为大雨区,同时中国东部、日本南部也为大雨区(图3b)。IAP AGCM1.3a以及IAP AGCM1.3b均较好地模拟出这一特征,但是IAP AGCM1.3a和IAP AGCM1.3b均在东北地区模拟出虚假的降水区(图4b、5b)。相对而言,水平分辨率为 $1^{\circ} \times 1.25^{\circ}$ 的IAP AGCM1.3b模拟的虚假降水强度更大,范围更广。

7月份梅雨结束,雨带向北移动。此时降水的主要特征是长江流域的雨量大幅度减少,我国的强降水区分裂为东北和西南两个区域,同时日本南部仍为大雨区,而东海的降水则大大减少,在印度大陆,除南部地区外,均为强季风降水区(图3c)。从图4c、5c可以发现,模式较为成功地模拟出我国东北、西南以及日本南部的强降水区,同时模式也较成功地模拟出东海地区降水的大幅度减少,印度半岛的降水也有所增加,雨带北移。但对于长江流域降水的减少,模式均未能模拟出来;同时印度半岛的雨带与实况相比偏南,说明模式能模拟出夏季风雨带的北移过程,但幅度不够。与IAP AGCM1.2的模拟结果^[9]比较可知,随着模式分辨率的提高,模式对高原西南侧雨带的模拟得到较大的改善。

8月份观测的雨带分布基本与7月份相似,降水强度有所减弱(图3d)。不同水平分辨率的IAP 2L AGCM模式均模拟出这一特征(图4d、5d)。到了9月份,夏季风雨季结束,雨带南撤。此时亚洲大陆的大部分地区,特别是我国的东北以及中部地区,降水量大幅度减少(图3e)。从图4e可以发现,水平分辨率为 $2^{\circ} \times 2.5^{\circ}$ 的IAP AGCM1.3a成功地模拟出了9月份雨带的南撤,与IAP AGCM1.2模拟的结果相类似。但从图5e可以发现,IAP AGCM1.3b对9月份我国北方降水的模拟与实测相比偏大,而且雨带到了10月份才开始南撤。

仔细分析图4e和图4f降水的分布,还可以发现IAP AGCM1.3a虽然能模拟出华

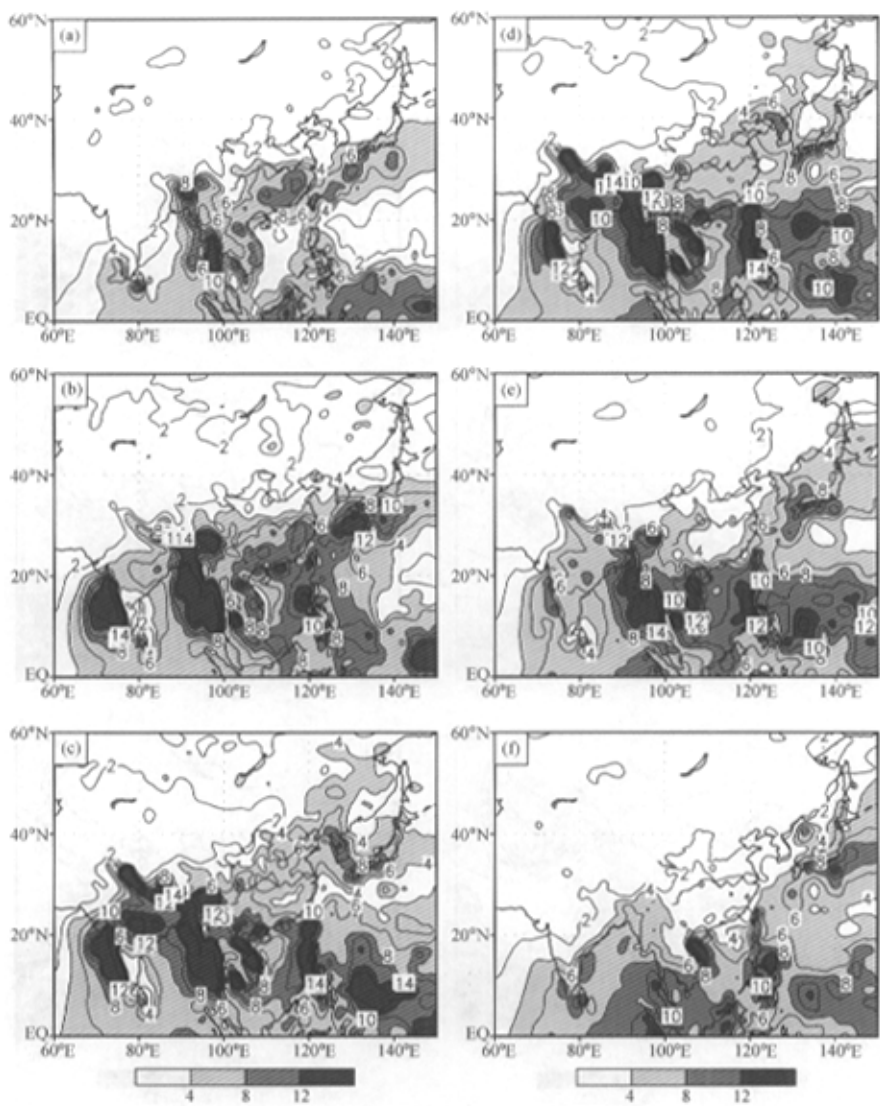


图3 观测的亚洲地区5~10月月平均夏季降水的分布情况(单位: mm d^{-1})
(a) 5月; (b) 6月; (c) 7月; (d) 8月; (e) 9月; (f) 10月

西秋雨的大致分布,但其模拟的范围与实测(图3e、3f)相比稍微偏大;而 IAP AGCM1.3b 模拟的华西秋雨的范围同样偏大,而其位置也偏东,同时9月份模拟的强度也偏大(图5e、5f)。但总的说来,对于9、10月的华西秋雨, IAP AGCM1.3b 模拟的结果较好。

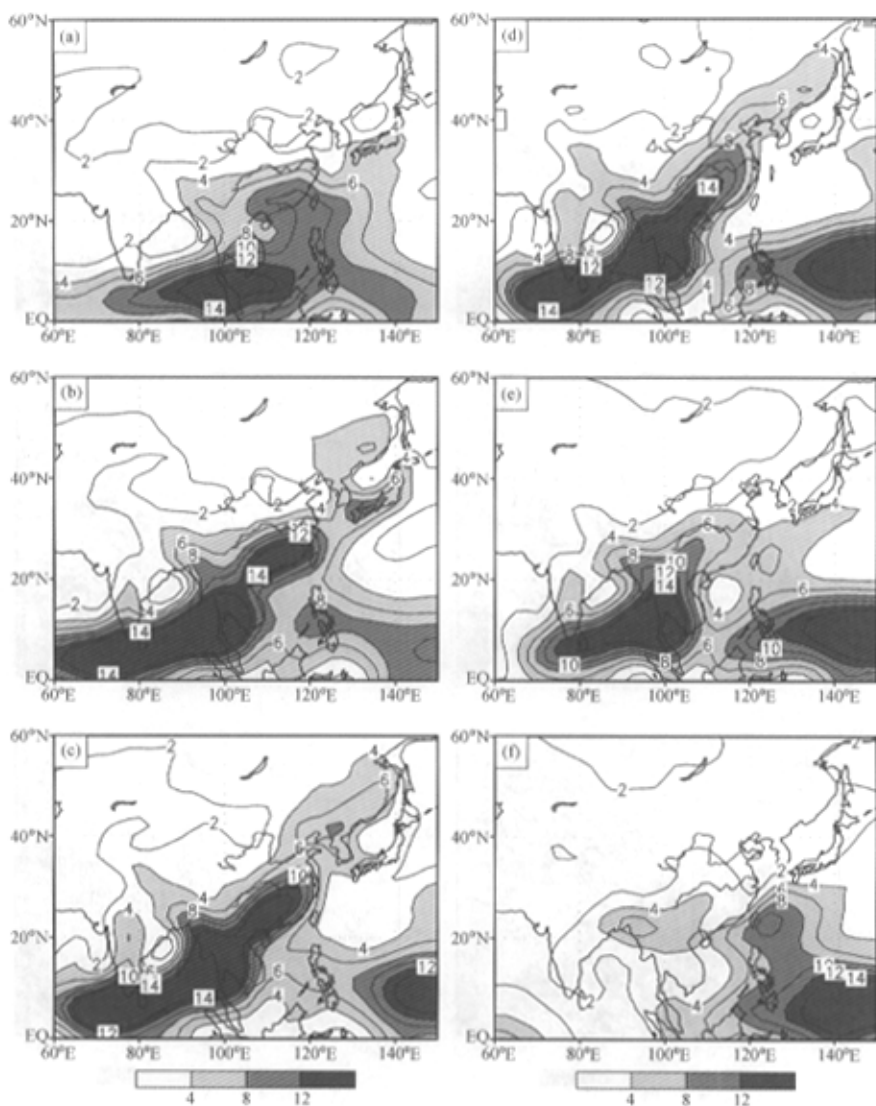


图4 IAP AGCM1.3a (水平分辨率为 $2^{\circ} \times 2.5^{\circ}$) 模拟的亚洲地区5~10月

月平均夏季降水的分布情况 (单位: mm d^{-1})

(a) 5月; (b) 6月; (c) 7月; (d) 8月; (e) 9月; (f) 10月

综上所述, 亚洲地区5~10月大雨区分布的总趋势呈西南—东北走向, 与西南季风的走向基本一致。各种版本的 IAP 2 层大气环流模式对雨带随季节变化而南北移动的趋势以及降水强度的变化均模拟得比较成功。水平分辨率提高后, 模式对7、8月份

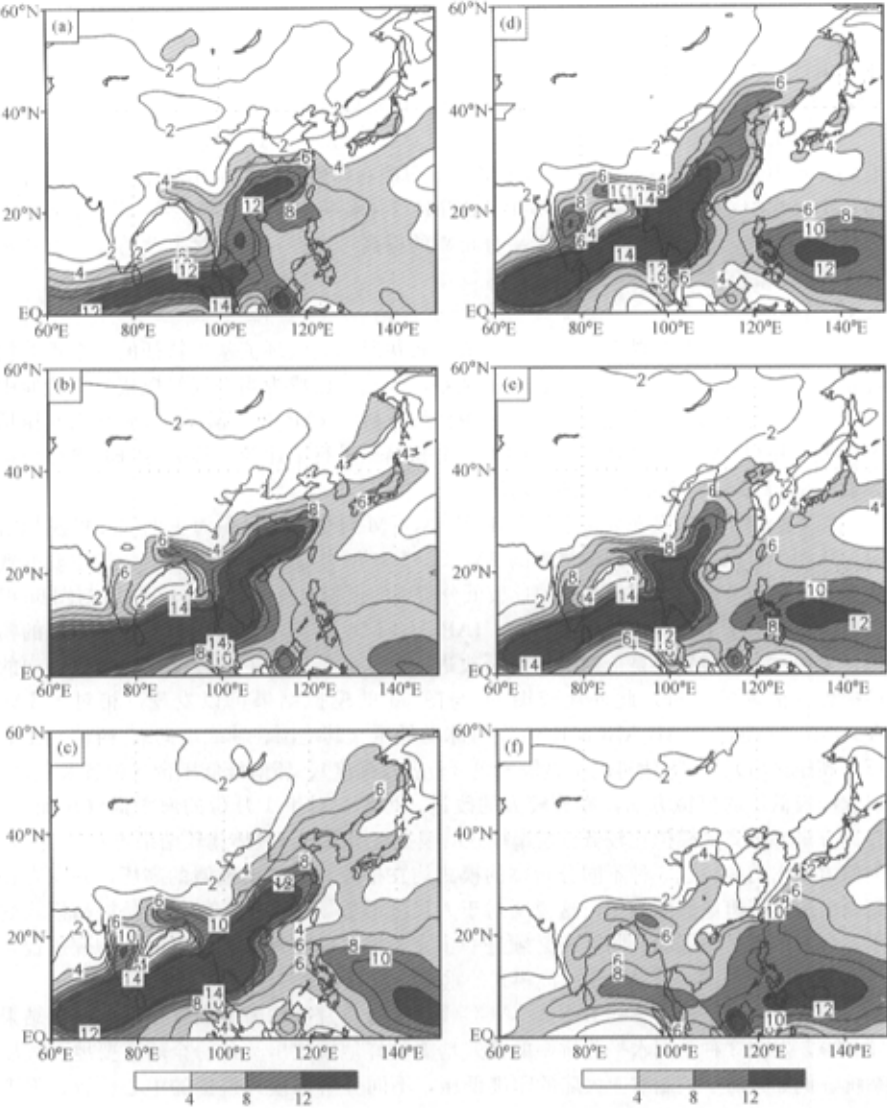


图5 IAP AGCM1.3b (水平分辨率为 $1^{\circ}\times1.25^{\circ}$)模拟的亚洲地区5~10月
月平均夏季降水的分布情况(单位: mm d^{-1})
(a) 5月; (b) 6月; (c) 7月; (d) 8月; (e) 9月; (f) 10月

南亚季风雨的模拟明显优于低分辨率版本,这主要是由于模式水平分辨率提高之后,对喜马拉雅山等高大地形的处理优于低分辨率模式,更接近于实况。在低分辨率模式中,为了保证高大地形处的计算稳定,对地形作了更多次的平滑。

此外,对于夏季印度半岛存在的降水区,IAP AGCM1.3a模拟的降水值偏弱,但在IAP AGCM1.3b的模拟中得到了明显的改进。总体说来IAP AGCM1.3b模拟的降水大值区(大于 4 mm d^{-1})的范围明显大于较低分辨率版本(IAP AGCM1.2,IAP AGCM1.3a),但 6 mm d^{-1} 大值区的形势还是比较接近于实况。

同时IAP AGCM1.3b(水平分辨率为 $1^\circ\times 1.25^\circ$)能较好地模拟出5~7月印度东北的降水中心(图5a~c);IAP AGCM1.3a只能在印度东北模拟出降水大值区,并模拟不出降水中心(图4a~c);而IAP AGCM1.2(水平分辨率为 $4^\circ\times 5^\circ$)则连大值区都模拟不出来^[9],这也说明了模式水平分辨率的提高可以在一定程度上改善模式对亚洲夏季风降水的模拟能力。

2.3 海平面气压

海平面气压场是反映全球大气质量的分布状况和大气环流基本特征的一个重要物理量,它与气候的许多方面均有密切的关系,因此它已成为当今气候模式效能检验中一个重要的考察对象。为此我们在本节中仔细分析了IAP AGCM1.3对海平面气压场的模拟,并与IAP AGCM1.2及NCEP再分析结果进行了比较。其中NCEP再分析结果取的是1971~2000年30年的平均值。

图6给出了不同水平分辨率的IAP 2L AGCM对全球1月份海平面气压的模拟情况。从图中可以发现,不同分辨率的IAP 2L AGCM均能较好地模拟出全球主要的气压系统,但较高分辨率模式的模拟比较低分辨率的模拟有所改进。比较图6b与图6c可以看出,相对于IAP AGCM1.2而言,IAP AGCM1.3a对1月份西伯利亚冷高压的模拟,无论在中心位置还是范围上均有所改进;对冰岛低压的中心强度以及轴线走向的模拟也有很大的改进。此外比较图6c与图6d的模拟结果可以发现,相对于IAP AGCM1.3a而言,IAP AGCM1.3b在对冰岛低压(其范围、轴线走向)、西伯利亚高压(高压区域)、 50°S 附近的平直等值线(位置及强度)、环南极低压带(位置及强度)以及南极低压的模拟方面,亦有较大的改进。可见,对于1月份的海平面气压而言,较高分辨率模式的模拟比较低分辨率模式的模拟有所改进(具体比较结果可参见表1)。但值得指出的是,这3种不同分辨率的模式均在格陵兰模拟出虚假的高压,并在青藏高原南边模拟出虚假的低压,这说明对于大尺度形势场的模拟,仅仅只是提高模式的水平分辨率还是不够的,同时还必须进一步完善模式的物理过程,以保证物理过程与水平分辨率的协调,并进一步提高模式的垂直分辨率等。

分析不同水平分辨率的IAP 2L AGCM对7月份月平均海平面气压场的模拟结果(图略),发现3种不同水平分辨率的模式均能较好地模拟出7月份全球主要地面气压系统,例如:对于控制欧亚大陆的印度低压,不同分辨率模式模拟的中心位置、强度及走向都与观测比较符合,仔细分析还可发现,IAP AGCM1.3a版本模拟的中心强度与实况最为接近;此外这3个模式对北大西洋和北太平洋副高的模拟也相当一致,模拟出的北大西洋和北太平洋的高压中心恰好均位于大陆块的西部,但模式模拟的北大西洋高压中心位置略偏北;对于南半球环绕 30°S 的高压带、 50°S 附近的平直等压线以及环南极低压带,3个模式均模拟出来了,只是位置略偏北。此外,对北极区气压的模拟,IAP AGCM1.3b的模拟结果最接近实况。具体比较结果可参加表2。

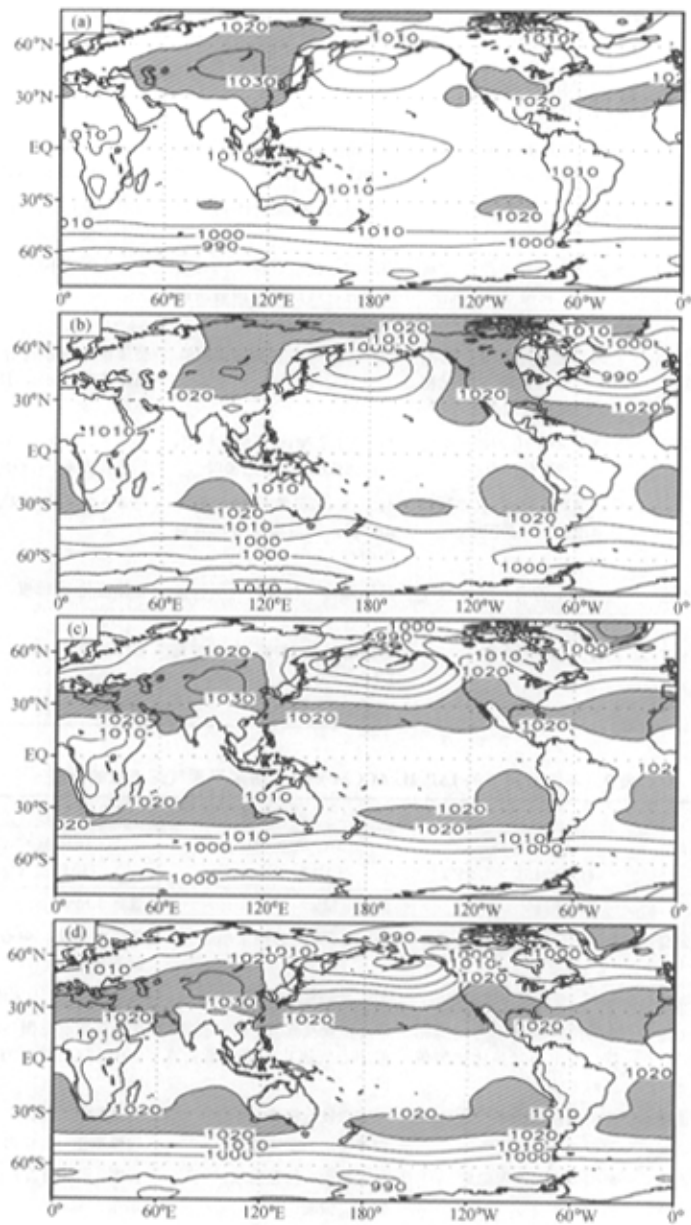


图 6 全球 1 月份平均海平面气压分布 (单位: hPa)
(a) NCEP 再分析; (b) 水平分辨率为 $4^{\circ}\times 5^{\circ}$ 模式模拟;
(c) 水平分辨率为 $2^{\circ}\times 2.5^{\circ}$ 模式模拟; (d) 水平分辨率为 $1^{\circ}\times 1.25^{\circ}$ 模式模拟

表 1 不同分辨率的 IAP 2L AGCM 对 1 月份海平面气压模拟的比较

实测系统	模式版本		
	IAP AGCM1. 3b (IAP 2L 1°×1. 25°)	IAP AGCM1. 3a (IAP 2L 2°×2. 5°)	IAP AGCM1. 2 (IAP 2L 4°×5°)
冰岛低压	范围及轴线走向基本吻合, 但中心偏深 5 hPa	范围偏小, 中心偏深 5 hPa, 但轴线走向正确	控制范围偏大, 中心偏深 10 hPa, 轴线走向不对
阿留申低压	中心偏北, 且偏深 20 hPa	中心偏北, 且偏深 15 hPa	范围及中心位置与实测相符, 但中心偏深 15hPa
西伯利亚冷高压	高压中心强度、位置及高压控制区域均与实况相符	高压中心强度、位置均与实况相符, 且控制范围有所改进, 但高压控制区域太北	中心范围偏小
北美大陆—东北太平洋高压	整体位置基本符合, 北美冷高压轴线走向与实况相符, 但高压偏低	与 1°×1. 25°的模拟结果相似	整体位置基本符合, 但北美高压偏高 5 hPa, 且轴线走向不对
南部非洲低压	偏高 5 hPa, 在西部沿岸出现一个虚假低压中心	与 1°×1. 25°的模拟结果相似, 但虚假低压中心较之偏弱	与 1°×1. 25°的模拟结果相似, 但虚假低压中心较之偏弱
南美低压	气压偏高 5 hPa, 且在西部沿岸出现一个低压中心	与 1°×1. 25°的模拟结果相似, 但西部沿岸没有出现低压中心	与 2°×2. 5°的模拟结果相似
50°S 附近平直等压线	位置基本符合, 气压强度也相当	整体偏北 5 纬度, 气压偏高 10 hPa	整体偏北 10 纬度, 气压偏高 10 hPa
环南极气压带	位置、强度基本符合	整体偏北 10 纬度, 气压偏高 5 hPa	整体偏北 10 纬度, 气压偏高 10 hPa
南极气压	基本符合	偏高 10~20 hPa	偏高 10~20 hPa

表 2 不同分辨率的 IAP 2L AGCM 对 7 月份海平面气压模拟的比较

实测系统	模式版本		
	IAP AGCM1. 3b (IAP 2L 1°×1. 25°)	IAP AGCM1. 3a (IAP 2L 2°×2. 5°)	IAP AGCM1. 2 (IAP 2L 4°×5°)
北极区气压	与实况相符	偏高 5 hPa	偏高 5 hPa
北太平洋副高	与 4°×5°的模拟结果相似	与 4°×5°的模拟结果相似	气压略偏高, 中心位置与实况基本相符
北大西洋副高	与 4°×5°的模拟结果相似	与 4°×5°的模拟结果相似	气压略偏高, 中心位置偏北
亚洲季风低压 (印度低压)	中心位置及范围与实测相符, 但中心气压比实测偏低约 10 hPa	中心位置及范围与实测相符, 但中心气压比实测偏低约 5 hPa	中心位置及范围与实测相符, 但中心气压比实测偏低约 10 hPa
北美大陆低压	与实测较为相符	与实测较为相符	与实测较为相符
澳大利亚高压	仅模拟出一高压带	仅模拟出一高压带	仅模拟出一高压带
南太平洋高压	范围偏大, 位置偏北	范围偏大, 位置偏北	强度、范围符合, 位置略偏北
南大西洋高压	偏北	偏东、偏北	偏东、偏北
印度洋高压	偏北	偏北	偏北
50°S 附近平直等压线	偏北 10 纬度	偏北 10 纬度	偏北 15 纬度
环南极低压带	偏北 10 纬度, 气压偏强 5hPa	偏北 10 纬度, 气压偏强 5 hPa	偏北 10 纬度, 气压偏强 10hPa

3 小结与讨论

本文通过比较分析不同水平分辨率的 IAP 2 层大气环流模式对全球以及东亚区域气候的模拟结果,发现 3 种分辨率的模式均成功地模拟出北半球冬、夏季实测的海平面气压的大部分特征:北半球冬季海洋上是低压,夏季是高压系统;欧亚大陆冬季受高压控制,夏季受印度低压控制的冬、夏季季风结构也十分明显。此外不同水平分辨率的 IAP 2 层大气环流模式也均能较好地模拟出全球月平均降水的分布特征,特别是较好地模拟出亚洲季风雨带随季节变化而南北移动的趋势以及降水强度的变化。但 IAP AGCM1.3 对非洲降水的模拟与实测相比还具有一定的偏差,如模式模拟的南非雨区太大、太强,马达加斯加的降水偏少,同时 IAP AGCM1.3 对尼日利亚(西非)夏季季风雨带的模拟相对偏弱。这些可能与气候模式中非洲地区的植被类型的选定存在偏差有关。

从文中的比较还可以发现,总体说来水平分辨率较高的模式的模拟性能要优于水平分辨率较低的模式,如:水平分辨率为 $1^{\circ} \times 1.25^{\circ}$ 的 IAP AGCM1.3b 对印度东北降水大值区的模拟结果是最好的;而对夏季印度半岛降水的模拟, IAP AGCM1.3b 也要优于 IAP AGCM1.2 和 IAP AGCM1.3a。但需要说明的是,对于气候模式而言,模式中各物理过程参数化方案间的相互匹配是十分重要的,在模式物理过程参数化不作相应改进的前提下,水平分辨率越高,未必模式模拟的结果就越接近实测,如 IAP AGCM1.3a 对 1 月份北美西岸降水的模拟就比 IAP AGCM1.3b 更接近实况,这表明整个气候模式的高分辨率化需要模式各个部分的相互协调。同时还注意到,随着模式水平分辨率的提高,在南极地区易出现计算紊乱现象。

参 考 文 献

- 1 梁信忠, IAP GCM 的设计与气候数值模拟, 中国科学院大气物理研究所博士学位论文, 1986, 250 pp.
- 2 Zeng Qingcun, Zhang Xuehong, Liang Xinzong et al., Documentation of IAP Two-Level Atmospheric General Circulation Model, DOE/ER/60314-H1, TRO44, 1989, 383pp.
- 3 薛峰, IAP GCM 气候模拟的统计分析与模式效能研究, 中国科学院大气物理研究所博士学位论文, 1992, 173pp.
- 4 曾庆存、梁信忠、张明华, 季风和大气环流季节突变的数值模拟, 大气科学, 1988 (特刊), 22~42.
- 5 Wang Huijun, and Zeng Qingcun, The seasonal simulation of the climate of 9000 years BP by using the IAP AGCM, *Adv. Atmos. Sci.*, 1992, **9** (4), 451~457.
- 6 曾庆存、袁重光、王万秋、张荣华, 跨季度气候距平预测试验, 大气科学, 1990, **14** (1), 10~25.
- 7 李旭, 短期气候异常的数值模拟与预测研究, 中国科学院大气物理研究所博士学位论文, 1992, 136 pp.
- 8 Zeng Qingcun, Yuan Chongguang, Li Xu et al., Seasonal and extraseasonal predictions of summer monsoon precipitation by GCMs, *Adv. Atmos. Sci.*, 1997, **14** (2), 163~176.
- 9 Lin Zhaohui, and Zeng Qingcun, Simulation of east Asian summer monsoon by using an improved AGCM, *Adv. Atmos. Sci.*, 1997, **14** (4), 513~526.
- 10 Zeng Qingcun, Dai Yongjiu, and Xue Feng, Simulation of the Asian Monsoon by IAP AGCM coupled with an advanced land surface model (IAP94), *Adv. Atmos. Sci.*, 1998, **15** (1), 1~16.
- 11 林朝晖、李旭、赵彦、周广庆等, 中国科学院大气物理研究所短期气候预测系统 (IAP PSSCA) 的改进及其

- 对 1998 全国汛期旱涝形势的预测, 气候与环境研究, 1998, 3 (4), 339~348.
- 12 林朝晖、赵彦、周广庆、曾庆存, 1999 年中国夏季气候的预测和检验, 气候与环境研究, 2000, 5 (2), 97~108.
- 13 林朝晖、赵彦、周广庆、曾庆存, 2000 年中国夏季降水异常的数值预测, 自然科学进展, 2002, 12 (7), 771~774.
- 14 曾庆存、林朝晖、周广庆, 跨季度动力气候预测系统, IAP DCP-II, 大气科学, 2003, 27 (3), 289~303.
- 15 Jaeger, L., Monatskarten des Niederschlags für die ganze Erde, *Ber. Dtsch. Wetterdienstes*, 1976, 139 (B18), 33pp.
- 16 Legates, D. R., and C. J. Willmott, mean-seasonal and spatial variability in gauge-corrected global precipitation, *Int. J. Climatology*, 1990, 10, 110~127.

Improvement of Horizontal Resolutions of IAP AGCM-I and Its Influence on the Simulations of Global and East Asian Climate

Zhang Feng, Chen Hong, Lin Zhaohui, and Zeng Qingcun

(*International Centre for Climate and Environment Sciences, Institute of Atmospheric Physics, Chinese Academy of Sciences Beijing, 100029*)

Abstract The horizontal resolutions of the first generation of IAP AGCM (IAP AGCM1.2) were raised from $4^{\circ} \times 5^{\circ}$ to $2^{\circ} \times 2.5^{\circ}$ and $1^{\circ} \times 1.25^{\circ}$, which were named IAP AGCM 1.3a and IAP AGCM 1.3b, respectively. From the comparisons among the long-time simulations of these AGCMs (IAP AGCM 1.2, IAP AGCM 1.3a, and IAP AGCM 1.3b), it has been found out that: higher horizontal resolutions do improve IAP AGCMs performances in reproducing the current climate to some extent, especially for the terrain rainfall and East Asian monsoon precipitation. These improved IAP AGCMs may lead to a better IAP extraseasonal climate prediction system with higher short-term climate prediction ability.

Key words: atmospheric global climate model; horizontal resolution; numerical simulation; East Asian climate