

北京易灾区暴雨预警信息公众响应的调查分析

曹伟华 赵晗萍* 梁旭东 王方萍 张婷婷 牛晨策

如果尽量减少空报，导致预警少发，公众对于预警的信心增加，但是会导致出灾而没有预警的风险增加；反之，如果尽量减少漏报，导致预警多发，出灾而没有预警的风险将减小，但是会导致公众对预警的信心降低。

气象灾害预警信息发布是政府部门指导社会公众应对重大气象灾害、开展灾害风险防范从而规避灾害损失的一项重要公共服务。国外较早开展了气象预警系统建设，最早的龙卷风预警可追溯到1948年，随着对预警系统认识的发展，综合预警系统(integrated warning system)的理念得到广泛认可，许多研究对综合预警系统的基本构成进行了探索。研究指出，综合预警系统包括预报(forecast)、探测(detection)、信息传播(dissemination)和公众响应(public response)四个基本模块。公众响应作为综合预警系统的基本模块之一，将影响着预警的成败。为此，国外针对预警公众响应开展了许多研究，并在龙卷风预警的公众响应方面取得了长足发展。这些工作分析了公众采取响应措施的必经环节、公众对预警信息的认知与偏好、预警信息的传播交流途径、影响公众响应的因素及与响应程度的相互关系。研究认为，预警信息的公众响应不仅受预警信息内容本身的影响(如气象条件、致灾地点、致灾时间和防御指南等)，同时受到预警信息的发布渠道、公众的受灾经验、信任程度、响应成本和人口特质(年龄、性别、社会地位、教育和收入等)等因素的综合影响。这些研究成果对促进综合预警系统建设，提升预警效用及成功率有很大贡献。

国内的气象预警系统建设起步于21世纪，对预警技术方法进行了探索，并制定了暴雨等气象灾害预警信号发布的气象条件标准。2012年“7·21”特大暴雨以后，北京市气象局加强了暴雨预警信号发布全过程的管理，以最大的努力降低因暴雨引起的灾害损失。2013年暴雨预警信号的发布数量从2012年的18次增加到25次，到2014年降低到11次。这其中有每年暴雨过程次数不同的原因，也有暴雨预警信号发布决策不同的原因。根据《北京市气象台2013年汛期预警发布效果评价报告》，北京市在2013年汛期发布的23次预警中，暴雨预警有效的概率为70%(9次)，无效的概率为30%(4次)。根据

《北京市气象台2014年预警信号检验》报告，在2014年1月1日—11月30日，实况13次满足暴雨预警标准，暴雨预警不分级命中率POD为85%、TS为0.85，预警信号分级的所有级别检验POD为46%、TS为0.46。

预警信号的发布需要准确、及时，但是受到科技水平和自然规律复杂性的限制，预警总会有空或漏的情况，在预警发布决策中就存在是尽量减少空预警还是漏预警问题。如果尽量减少空报，导致预警少发，公众对于预警的信心增加，但是会导致出灾而没有预警的风险增加；反之，如果尽量减少漏报，导致预警多发，出灾而没有预警的风险将减小，但是会导致公众对预警的信心降低(“狼来了”的心态)。因此，预警信号发布策略一方面要根据预报能力，另一方面需要结合公众的响应情况来制定。然而，目前北京地区暴雨预警公众响应情况并不清楚，相关调查分析也仍然缺乏。为进一步完善暴雨预警信息发布，为社会提供行之有效的预警服务，本文通过开展暴雨预警信息发布的公众响应问卷调查，分析北京地区暴雨预警信息发布的公众响应因素，并就影响因素提出对策建议，以期提升北京暴雨预警效用提供科技支撑。

一、研究区域及方法

1 研究区域

北京郊区是暴雨灾害的多发地区，暴雨诱发的泥石流、山体滑坡、崩塌和地面塌陷等地质灾害对当地居民的生命财产安全造成了严重威胁。研究表明，北京雨带受地形影响，呈东北—西南走向：密云是20世纪80年代和2000年以后北京的降雨中心；房山不仅是北京20世纪90年代降雨高值区，还遭受了2012年7月21日的百年一遇特大暴雨，导致重大伤亡和财产损失。本次调研将以北京房山区和密云区两个具有代表性的远郊暴雨灾害易发区作为研究地区，对北京远郊易灾区居民进行预警响应调查，调研地点的选择兼顾了当地暴雨发生情况、暴雨灾害易损性及乡镇分布

* 通信作者，Email: zhaohanping@bnu.edu.cn

(图1), 图1中红色区域代表调研乡镇的空间位置分布。

2 调查问卷设计

“公众响应”是指当政府发布某级暴雨灾害预警信息时, 公众为规避损失而采取的相应防范措施。公众响应的暴雨预警级别代表了公众响应等级。公众响应受多种因素综合影响, 根据公众理解科学的模型, 人口特征、认知、媒体传播和社会信任等一系列因素是影响公众响应的重要因素。为此, 围绕这些主要影响因素, 本文通过调查问卷方式获取相关基础数据。调查问卷共设定21个调查问题, 相关指标设计包括三类: 一是公众基本类型(包括性别、年龄、学历、收入、财产、家庭成员和受灾经历等), 二是公众对暴雨预警信息的认识水平(关注水平、了解程度和信任程度), 三是公众对暴雨预警的响应情况(响应条件和能够承受的应对成本)。

3 采样方法

采取随机抽样的方式对易灾区居民进行采样, 并以实地问卷调查为主、结合座谈问询为辅的方式开展问卷调查。2014年9月3—15日, 调查人员赴北京房山区和密云区对居民进行暴雨灾害预警信息居民响应问卷调查, 共计发放调查问卷373份, 其中有效调查问卷371份, 研究地区的具体调查问卷数量如图1所示。

4 数据分析

为了对调查数据进行定量分析, 首先对调查问卷的描述性指标进行变量赋值。其中, 二值变量采用0、1赋值, 如性别指标; 有序变量按照逻辑顺序进行赋值, 如将预警响应级别(蓝色、黄色、橙色、红色预警响应以及不响应)由低到高赋值为1~5。最后通过描述性统计分析调查指标的统计特征。Wilcoxon-Mann-Whitney (WMW) 检验是一种适用于非正态分布样本的双样本中位数非参数检验方法, 本文利用WMW检验分析公众

认知水平的差异性以及公众响应等级的差异性。

二、结果

1 基本信息

1) 公众基本类型

统计结果表明, 被调查公众的平均年龄为42岁, 最小为14岁, 最大为89岁, 平均在京年限为35.8年; 男性191人, 占51%, 女性180人, 占49%; 从个人财产方面来看, 有房产比例为77%, 无房产比例为23%, 有私家车比例为37%, 无私家车比例为63%; 从月收入来看, 月收入在3000元以下占52%, 3000~6000元占43%, 7000元以上占5%; 从学历情况来看, 小学及以下比例为11%, 初中为29%, 高中为15%, 专科为19%, 本科为25%, 硕士占1%。

2) 公众受灾基本类型

北京远郊区易灾区的暴雨致灾类型多样、后果严重(图2)。由于农村地区大多还是砖瓦平房, 房子进水受灾比其他后果更为常见; 农村公共交通稀缺, 暴雨灾害加重了出行不便, 对当地居民的和生活和工作造成影响; 同时暴雨导致庄稼减产, 影响农民收成, 给农民带来经济损失。总体来看, 暴雨造成房屋进水、出行不便和庄稼被冲淹的比例共达83%, 严重时暴雨灾害还可能引发山区泥石流灾害并致人死亡。

2 公众认知水平

1) 关注水平

“时常关注”暴雨预警居民占51%, 关注程度“一般”的居民占38%, 另有11%的居民并不关注暴雨预警信息。若把关注程度“一般”的38%居民归为不关注的群体, 那么有半数居民不主动关注暴雨预警信息。电视和短信是目前远郊区居民接收暴雨预警信息的主要渠道, 其次是收听广播, 而利用网络、手机

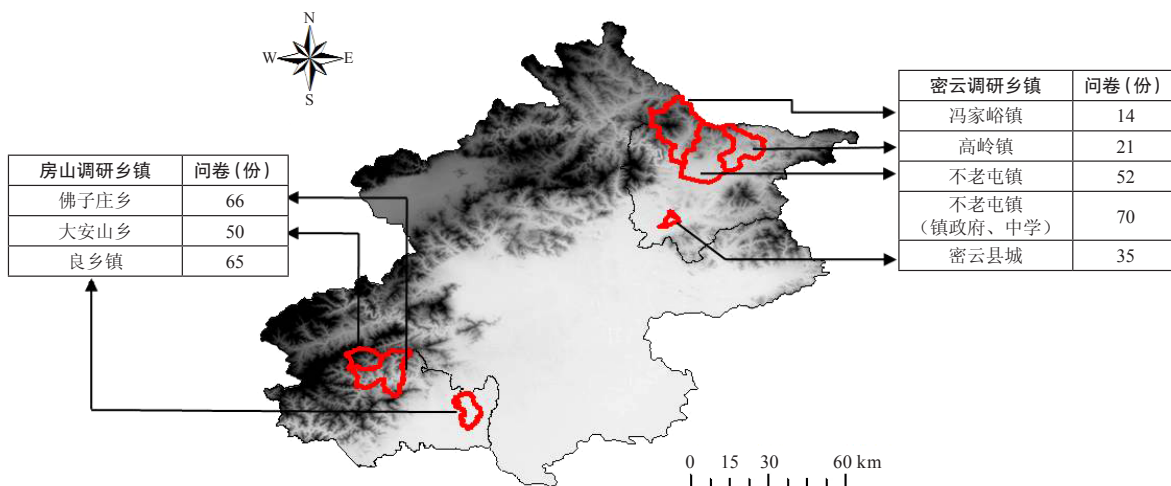


图1 北京远郊灾害易发区调研地点及问卷发放情况

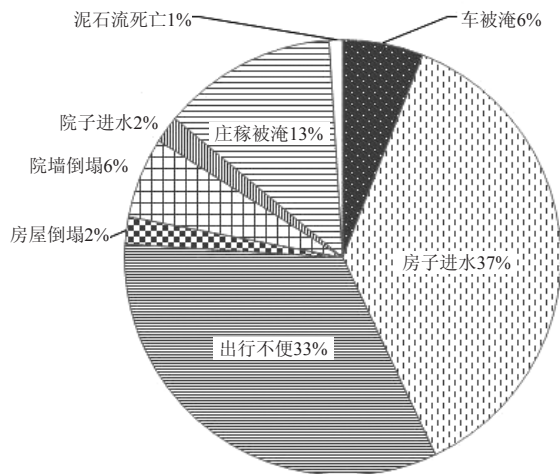


图2 北京远郊灾害易发区暴雨致灾后果

软件和朋友圈相互转告等渠道的比例基本相当，且比例不高（图3）。这可能与城市郊区网络普及程度不高、乡镇年轻人相对较少等因素有关。通过乡镇中竖立的电子显示屏滚动播放灾害预警也是另外一种提醒居民的预警渠道，但其比例同样较低。此外，远郊区还有少数居民从未收到暴雨预警信息，说明预警信息的覆盖面还有待完善。总体来看，电视和短信是城市远郊区居民接受预警信号的两种主流渠道，而网络、手机软件等预警渠道在远郊区的利用率较低。

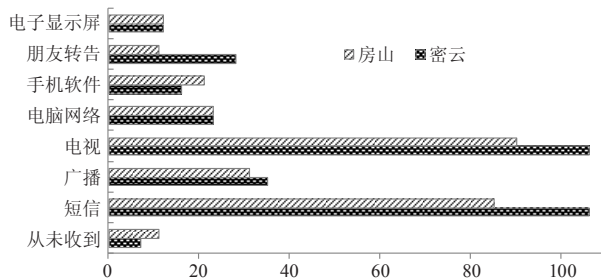


图3 北京远郊灾害易发区预警信息接收渠道及频率

为了反映不同预警接收渠道的有效性，表1给出了不同预警渠道的公众关注水平。可以看出，电子显示屏和朋友相互转告渠道的“时常关注”水平相对较高，在60%以上；短信、广播、电视和网络4个渠道的

表1 不同接收渠道的预警信息关注水平

接收渠道	时常关注	一般	不关注	合计
从未收到	7%	50%	43%	100%
短信	58%	35%	7%	100%
广播	59%	35%	6%	100%
电视	52%	37%	11%	100%
电脑网络	52%	44%	4%	100%
手机软件	35%	54%	11%	100%
朋友转告	61%	26%	13%	100%
电子显示屏	64%	22%	14%	100%
其他	33%	45%	22%	100%

“时常关注”水平也在50%以上；而通过手机天气软件“时常关注”预警信息的比例只有35%，反映出通过手机天气软件发布的预警信息有效性比较低。因此应当加强手机软件，如微信、天气预报预警软件的科普宣传，从而让更多的人了解并主动通过这些渠道获取天气预警信息。

为进一步了解北京远郊区暴雨预警信息的覆盖程度，我们选取以往具有代表性的暴雨预警案例进行问卷调查：一则案例是令北京人民印象深刻的“7·21”特大暴雨过程，另一则案例是在调研前不久发生且发布了蓝色预警的2014年9月1日暴雨过程。调查表明，2014年9月1日接收到预警信息的人群比例达到71%，比2012年北京“7·21”暴雨过程46%预警接收率有明显提升。可以看出，近两年来预警信号的接收覆盖得到明显改善，这与气象等部门长期重视预警体系建设、不断完善预警信息发布渠道、提高预警信息传播效率等诸多努力有关。

2) 了解程度与信任程度

北京远郊易灾区居民“非常了解”及“了解”暴雨预警信号的比例之和为60%，而“不确定”和“不了解”的比例之和为40%，整体以“了解”暴雨预警信号的居民居多。对暴雨预警信息持“非常信任”或“信任”态度的比例之和占62%，持“一般”态度的比例占35%，另有近3%的居民对预警信息“不信任”或“非常不信任”。若采取保守估计，将持一般态度的35%人群归为不信任，则不信任率近40%，因此暴雨预警的“信任”与“不信任”比例约为3:2。

3) 认知水平差异性

表2给出采用WMW检验分析男性和女性居民对于预警信号认知水平的差异性。可以看出，对预警信号的认知水平在不同性别公众之间差异并不显著，而了解程度和信任程度在男性和女性间却差异显著，男性对暴雨预警信息的了解程度明显高于女性，而女性相比男性则更加相信预警信息。

表2 男性与女性差异性分析结果（显著性水平为0.05）

指标	P值	检验结论
关注水平	0.060	男性与女性关注水平差异不显著
了解程度	0.002	男性对于预警信号的了解程度高于女性
信任程度	0.031	男性对于预警信号的信任程度低于女性

注：P值指的是，当原假设 H_0 成立时，出现对原假设不利状况（即对备择假设更有利状况）的概率。P值对于检验结果的判定方法是：把P值与显著性水平0.05进行比较，若P值比0.05小，则拒绝原假设；反之，则不能拒绝原假设。表2的原假设是男性与女性差异不显著。

3 公众响应等级

1) 预警等级与响应公众比例

在调查问卷中发现，几乎无人了解暴雨预警的分级标准，即使在部分问卷中将预警分级标准标注在

问题旁边作为参考，也几乎无人关心，而只是通过对蓝、黄、橙、红的直观感觉来选择是否采取响应措施，反映出公众不具备识别气象指标的专业知识，不懂、也不关心各级预警的阈值含义，而只看重预警等级的发布结果。调查结果显示，蓝色、黄色、橙色和红色暴雨预警的响应公众比例分别是38%、57%、77%和92%，说明每提升一个预警等级，响应人数将提升15%~20%。可见预警等级对响应居民数量产生重要影响，因此气象部门预警分级标准的确定应十分慎重，既不能设计过低而草木皆兵，也不能设计过高导致公众疏忽大意。

此外，不论预警等级如何，城市远郊区居民中仍有8%的人群对预警信号置之不理，并且当发布暴雨蓝色预警时，仍有62%的居民无动于衷，这部分人群的暴雨灾害风险防范意识淡薄，应给予重点关注和科普教育。

2) 响应措施

易灾区公众面对暴雨预警采取的响应措施很多，39%公众将不出门，12%的公众会转移到安全地点避雨，9%的公众对雨情保持密切关注并注意人身财产安全，尽量减少出行或携带雨具的公众各占8%，6%的公众在收到暴雨预警信息时要修缮房屋以防漏雨，还有部分公众需要检查排水、关窗户、收拾院子和庄稼，并在暴雨预警时不开车或将车辆停放在安全地点。

3) 公众响应等级差异性分析

公众响应等级是指公众响应时的预警级别，公众响应等级由低到高分别对应蓝色预警响应、黄色预警响应、橙色预警响应和红色预警响应，而公众“无响应”意味着在更高级别响应。公众对预警信息的响应等级受到公众特征和公众认知水平等因素的综合影响。表3给出采用WMW检验分析各因素的公众预警响应等级差异性。可以看出，男性响应等级高于女性，对预警信号了解程度高的人群的预警响应等级高于了解程度低的人群，这与表2中男性与女性了解程度的差异性分析相一致。说明女性对预警信息更加敏感，采取应对措施比男性更加积极。另一方面，男性群体虽然对预警信息关注度较高，但响应积极性不够，可能在应当采取响应措施时因盲目自信而造成应对不足。由于女性对预警信息敏感性更高、预警响应更积极，但该部分人群容易缺乏理性而造成响应措施不当或过度。因此相对于男性群体而言，女性群体应是预警知识的重点普及对象。

另一方面，不同学历、收入等人群的响应等级也存在显著差异。低学历者的预警响应等级低于高学历者，低收入者低于高收入者。这是公众平衡响应成本与收益的结果。公众采取响应措施意味着需要付出一定的响应成本才能获得一定的收益。低收入或低学历的普通

人群，付出一定的响应成本（如避雨时间、修缮费用等），可能将规避掉更大的财产损失，为自身带来正收益；而对于学历高或收入偏高的一些人群而言，时间成本等相对更高，因此预警响应等级相对偏高。综合而言，影响预警响应等级差异性的因素有性别、学历、收入以及对预警信息的了解程度。预警信息的普及教育应结合人群的类型和特点，针对性地加强宣传教育。

表3 不同因素的预警响应等级差异性检验（显著性水平为0.05）

指标	P值	检验结论
性别	0.035	男性的预警响应等级高于女性的预警响应等级
学历	0.008	学历不同预警响应等级差异显著，高中以下学历者预警响应等级低于高中及以上学历者的响应等级
收入	0.030	月收入不同预警响应等级差异显著，月收入低（3000元以下）的预警响应等级低于月收入高（3000元及以上）的预警响应等级
了解程度	0.012	了解程度不同时预警响应等级差异显著，了解程度高的人群响应等级偏高，而缺乏了解的人群响应等级偏低

注：P值含义与判定方法同表2。表3的原假设是各因素对预警响应等级的影响差异不显著。

三、对策建议

结合北京易灾区暴雨预警信息居民响应调查分析结果，本文研究并提出了改进北京地区暴雨预警信息公众响应的对策建议。

1) 引导公众对预警信息主动传播

目前易灾区有近半数居民对暴雨预警缺乏关注，他们不主动获取预警信息而是被动接收，因此应加强灾害预警的科普宣传，引导公众主动关注预警信息，从“被动型”向“主动型”转变。另一方面应提升预警渠道传播的有效性。“时常关注”手机天气软件预警信息的公众比例不高，反映出手机天气软件对预警信息传播的有效性比较低。因此应加强手机天气软件的科普宣传，让更多的人群主动通过手机天气软件关注预警信息；加强网络、手机天气软件等预警渠道的科普宣传和培训，保障易灾区居民了解天气软件、掌握网络工具，最终提高预警信息的传播效率。同时，动员公众在收到预警信息时尽量转发给熟悉的亲人朋友，利用现有社交媒体，如微信朋友圈等扩大预警信息的覆盖面。建议在发布暴雨预警并达到一定级别的时候在一些公共场所设立醒目的警示标志。

2) 提高公众对预警信息的了解程度

北京城市远郊区居民对预警信息的了解程度并不高，同时，公众对暴雨预警信号的分级标准基本不理解，也并不了解不同级别预警到底有怎样的后果。因此有必要进一步加强预警信息的科普宣传，并在宣传中通过简单、通俗的形式使公众对预警信号的内涵有实质性的理解，提升公众对暴雨预警信息的了解水平。

3) 加强预警科普教育的针对性

预警科普宣传应结合公众的特点“因材施教”。

由于不同性别、学历、收入和了解程度公众的预警响应水平差异性显著，因此应着重结合以上几方面开展预警科普教育。

4) 预警时效性与有效性的权衡

预警时间提前量对于公众备灾防御至关重要，及时的预警将为公众的风险规避提供更多保障。调研中发现，79%的易灾区居民期望提前3小时以上发布预警信号以便做好防御准备。但是预警提前时间增长会造成预警信息的不确定性增大，因此可以借鉴欧洲的预警发布措施，将预警信号分为“关注(watching)”和“预警(warning)”两个级别，在时间较早阶段提醒公众要关注灾害预警，一旦进入了“预警”阶段，就可以及时做好灾害防御，让公众有足够时间进行准备，也不会造成预警发布次数过多，使公众有“狼来了”的感觉。

5) 客观均衡设计预警分级标准

预警分级标准是影响公众响应数量的敏感因素。预警等级在影响响应人群数量的同时亦将对响应人群的生产生活方式产生不可避免的影响，合理的预警等级将帮助公众规避风险，夸大或低估预警等级可能带来混乱、造成不必要的经济损失，使公众对预警信号发布的权威性产生质疑。对气象部门而言，当未来可能出现灾害性天气时，预警等级发布应科学、准确，既不能疏忽大意也不能草木皆兵。对公众而言，不具有专业背景时，很难把握蓝、黄、橙、红预警背后的实际内涵，而只是通过对预警信号严重程度的直观感觉进行响应。因此需要结合这次调研结果利用科学的方法对预警分级标准进行科学评估。详细梳理以往的预警发布全过程，分析每一次预警发布前与发布后的气象条件、实际雨量与成灾情况，为预警分级标准合理性评估提供基础依据。

6) 科学评估预警效用

气象部门发布预警之后，预警信息能否产生预期防灾减灾效用还受一系列不确定事件影响：实际降雨量是否达到预警等级、降雨是否造成了灾害性后果、公众是否及时收到预警信息，以及是否采取了有效的防御措施等。目前气象部门更多关注预警之前的精确分析与预报，希望同时也关注预警信息发布之后的效用评估，为科学设计预警发布标准、规划防御措施和防灾投入提供科学依据。

致谢：感谢北京市自然科学基金(8144046)、国家自然科学基金(41471424)和北京市科技计划项目(Z121100004912006)对本文的资助。

深入阅读

- Doswell III C A, Moller A R, Brooks H E. 1999. Storm spotting and public awareness since the first tornado forecasts of 1948. *Wea Forecasting*, 14(4): 544-557.
- Leik R K, Carter T M, Clark J P. 1981. *Community Response to Natural Hazard Warning*. Washington D C: US Dept of Commerce.
- Mayhorn C B, McLaughlin A C. 2014. Warning the world of extreme events: a global perspective on risk communication for natural and technological disaster. *Safety Science*, 61: 43-50.
- Silver A. 2014. Watch or warning? Perceptions, preferences, and usage of forecast information by members of the Canadian public. *Meteor Appl*, doi: 10.1002/met.1452.
- Sorensen J H, Mileti D S. 1987. Decision making uncertainties in emergency warning system organization. *International J Mass Emergencies and Disasters*, 5(1): 33-61.
- 尤凤春, 扈海波, 郭丽霞. 2013. 北京市暴雨积涝风险等级预警方法及应用. *暴雨灾害*, 32(3): 263-267.

(作者单位：曹伟华、梁旭东，中国气象局北京城市气象研究所；赵晗萍、王方萍、张婷婷、牛晨策，北京师范大学减灾与应急管理研究院)

国际热带大气季节内振荡(MJO)专题讨论会召开

■ 田晓阳 吴灿

由大气科学和地球流体力学数值模拟国家重点实验室(LASG)和中科院大气物理研究所(IAP)主办的国际热带大气季节内振荡(MJO)专题讨论会于2016年8月6—9日在成都召开，来自美国、加拿大、日本、韩国、欧洲中心等9个国家和地区高校和气象机构的124名学者参加了会议。结合2017—2019年“海洋大陆年(Years of the Maritime Continent, YMC)”增强对印度洋到太平洋之间海洋大陆的观测和模拟的倡议，与会人员就国际MJO研究主要动向、MJO动力学(生成和传播)、MJO对世界天气-气候系统的影响、MJO预测和可预报性、观测需求五个大方面展开了回顾和交流，重点讨论了亚热带季节内震荡及其与MJO的关联、MJO与ENSO的关系、MJO模拟的成果和发现以及有潜力的模式理论等。与会专家对于“海洋大陆年”倡议在MJO研究中的潜力表示了强烈的兴趣，同时表达了未来解决MJO模式模拟难题、加强预报能力的希望。

(作者单位：中国气象局气象干部培训学院)