

刘杰,许小峰,罗慧. 气象条件影响我国农业经济产出的计量经济分析[J]. 气象,2010,36(10):46-51.

气象条件影响我国农业经济产出的计量经济分析^{*1}

刘 杰¹ 许小峰² 罗 慧³

1 中国气象科学研究院,北京 100081

2 中国气象局,北京 100081

3 陕西省气象局,西安 710015

提 要: 将计量经济学与气象学相结合,在经典 C-D 生产函数中引入气象因子构建气象计量经济模型,引入弹性和极差率的概念,定量分析了气象条件变化对我国农业经济产出的影响。结果表明:模型具有较高的拟合准确性,加入气象因子提高了对农业经济产出的整体拟合水平,初步证明了计量经济模型的合理性。受气象条件变化的综合影响,各行政区农业经济产出变化幅度为 5%~85%,各区域农业经济产出变化幅度为 3.4%~19.5%。计量经济学在气象领域的应用可以定量评估天气气候变化对社会经济的影响,为天气和气候变化研究提供了新方法,具有很好的应用前景。

关键词: 计量经济模型,气象条件,农业经济产出,弹性,极差率

Econometrical Analysis of the Effects of Weather on Agriculture Economic Output over China

LIU Jie¹ XU Xiaofeng² LUO Hui³

1 Chinese Academy of Meteorological Sciences, Beijing 100081

2 China Meteorological Administration, Beijing 100081

3 Shaanxi Provincial Meteorological Bureau, Xi'an 710015

Abstract: Based on econometrics and meteorology, the meteorological factors have been introduced into the renowned economic Cobb-Douglas production function, yielding an integrated model using real data from 1978 — 2006. The concepts of elasticity and range rate are presented in this paper to evaluate the effects of weather conditions on agriculture economic output over China. The results show that, the rationality and scientificness of the model have been verified as the inclusion of meteorological factors improves the overall fit of the traditional C-D production function and the interannual variability of agriculture economic output can be simulated accurately. Compared with precipitation, temperature has greater and more significant impacts on agriculture economic output over China. The magnitudes of range rate are from 5% to 85% for 31 administrative regions and a range from 3.4% to 19.5% for eight geographical regions of China. Econometric model can quantitatively assess the socioeconomic impacts of weather and climate variability, provide a new approach for weather and climate change research and there will be a bright prospect for its application.

Key words: econometric model, meteorological condition, agriculture economic output, elasticity, range rate

* 国家重点基础研究发展计划(973 计划)项目(2004CD418300)资助

2009 年 10 月 14 日收稿; 2010 年 5 月 7 日收修定稿

第一作者:刘杰,主要从事天气气候的经济影响评估研究. Email:liujie_sc@qq.com

引 言

以全球增暖为主要特征的气候变化,已经对全球社会经济的各个方面产生了显著的影响。IPCC 第四次评估报告指出,气候变化在全球不同地区产生的影响差异很大,如果全球平均温度升高 $4\text{ }^{\circ}\text{C}$,全球平均 GDP 损失将达到 $1\% \sim 5\%$,但是区域的经济损失将会更大。随着温度的继续升高,气候变化造成的经济损失将进一步增大^[1]。2006 年,由英国著名经济学家斯特恩领导编写的《斯特恩回顾:气候变化经济学》采用经济学模型,对北美、欧洲以及澳大利亚等地区气候变化对经济和粮食产量的影响进行了详细的评估,结论指出,不论是发达国家还是承载能力较弱的发展中国家,气候变化对全球经济产生的影响多为负面的^[2]。IPCC AR4 报告中采用的全球平均估计,低估了气候变化造成的经济损失,对于高敏感和气候适应能力较低的国家或地区,经济损失将显著增大。

许小峰^[3]指出,气象经济的概念包含两个方面,一是气象条件对经济发展的影响,比如利用气象信息减少灾害损失;二是以气象信息为手段,通过市场需求获利。国内学者比较关注气象信息服务的社会经济效益,并取得一定研究成果^[4-7,22]。运用计量经济模型评估天气气候对社会经济的影响起源于国外,近年来才在国内开始兴起。Dutton 分析指出,美国国内生产总值的三分之一具有天气气候风险,其中受天气气候变化影响的农业 GDP 值达 1358 亿美元^[8]。Jeffery^[9]和 Larsen^[10]用加入气象因子的计量经济模型,对美国 11 个经济行业进行了天气敏感性评价,受天气变化影响的美国农业 GDP 为 12.09% 。董文杰、丑洁明等将气象因子引入 C-D 生产函数构建新的气候经济模型,用东北粮食产量验证了模型的合理性^[11-12]。罗慧等采用相同的方法构建计量模型,细致评估了陕西各经济行业对气象条件的敏感性,总体而言,陕西经济产出对气象条件变化的敏感性幅度约为 $9.4\% \sim 11.5\%$ ^[13-14]。孙宁等建立多变量的结构向量自回归模型 SVAR,通过脉冲响应函数来考察气温对南京市工业经济的动态影响,结果表明平均每年南京工业产值的 3.1% 受到气温升高带来的负面影响;同时平均每年南京工业经济发展对本地的气温升高的贡献率有

4.4% ^[15-16]。与国外研究成果相比较,国内学者对天气气候经济影响的研究还处于起步阶段,研究方法仍存在很多不确定性,而运用计量经济分析方法评估天气气候的影响还限制于个别地区和个别站点。

众所周知,几乎所有的经济生产活动都直接或间接受到天气变化的影响。例如,高温、寒潮、暴雨、干旱以及长时期的气候变率都会影响国民经济,而农业经济受到的损失最为严重。因此,建立气象计量经济模型,用科学严谨的计量分析方法,定量分析高敏感、高脆弱的农业经济受气象条件变化影响的大小,有利于进一步研究不利天气条件影响我国农业经济产出风险水平,适应和减缓不利天气条件对农业经济产生的负面影响。

1 资料

1.1 气象资料

气象数据采用的是国家气候中心 1978—2006 年 160 个标准站的逐日平均温度、逐日降水资料。以年为单位,计算的气象因子包括 $>10\text{ }^{\circ}\text{C}$ 活动积温 ACT 、平均温度标准差 TD 、年降水量 P 与降水量标准差 PD 。

1.2 社会经济统计资料

社会经济数据来源于《新中国 55 年统计年鉴》^[17],以及中国统计局统计数据库,包括 1978—2006 年 31 个行政区的农业 GDP 值、固定资本总投资 K 、农业劳动力人数 L 与农业机械化总动力 E 。

2 方 法

2.1 计量经济模型的构建

应用计量经济学方法,在经典的 C-D 生产函数^[18]中引入气象因子,将气象因子和资本、劳动力、能源等常规经济因子一起看成是影响经济产出的因素:

$$Q = f(K, L, E, W) \quad (1)$$

式(1)中 Q, K, L, E, W 的分别代表农业经济产出、固定资本投资、劳动力、能源和气象因子向量,将公式(1)改写成传统的 Cobb-Douglas 生产函数* 的指

* C-D 生产函数的传统形式表示为 $Y = A(t)L^{\alpha}K^{\beta}\mu$, 式中 Y 是工业总产值, $A(t)$ 是综合技术水平, L 是投入的劳动力数, K 是资本投入, α 是劳动力产出的弹性系数, β 是资本产出的弹性系数, μ 表示随机干扰项

数形式:

$$Q = Ae^{\delta t} K^{\beta_K} L^{\beta_L} E^{\beta_E} W^{\beta_W} \quad (2)$$

式(2)中的 $\beta_K, \beta_L, \beta_E$, 和 β_W 为常数系数, $e^{\delta t}$ 代表科技进步动态变化对经济产出的影响, A 代表影响经济产出的所有其他因子的共同作用, 传统 C-D 生产函数满足规模报酬不变约束条件, 即所有常数系数之和为 1 或者 $\sum_{i=K}^W \beta_i = 1$ 。将公式(2)转换成自然对数形式, 同时可以引入自变量的平方项和相互作用项:

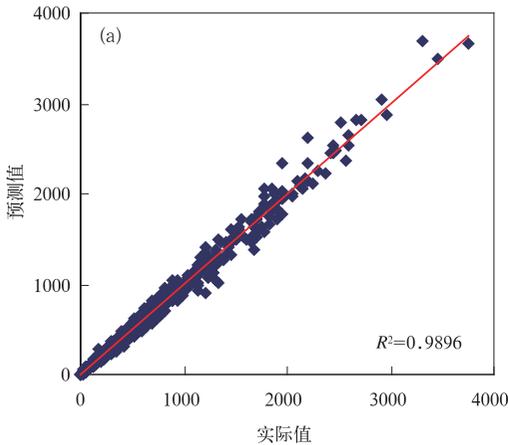
$$\ln(Q_{ijt}) = \ln(A_{ij}) + \delta t_{ij} + \sum_X \beta_X \ln(X_{ijt}) + \sum_{XX} \beta_{XX} \ln(X_{ijt}) \ln(X_{ijt}) + \epsilon_{ijt} \quad (3)$$

式(3)中的 ϵ_{ijt} 为随机误差项, \mathbf{X} 是自变量向量, 模型系数 β_X 或 β_{XX} 表示自变量的产出弹性, 可以代表经济产出对不同因子变化的敏感性。

2.2 模型的设定与诊断

2.2.1 异方差与自相关性

经济数据存在异方差、自相关性, 普通最小二乘法 OLS 会给模型参数的估计带来误差。因此, 对残差序列相关的行政区建立一阶自回归模型 AR(1)。将中国分为 8 个区域^[19] (图 1), 对 8 个区域建立面



板数据模型, 采用广义最小二乘方法 GLS 估计模型参数, 同时应付异方差与自相关问题。解决数据存在的异方差、自相关性之后, 模型的估计参数才是线性无偏的, 模型的参数才能进一步加以解释^[20]。

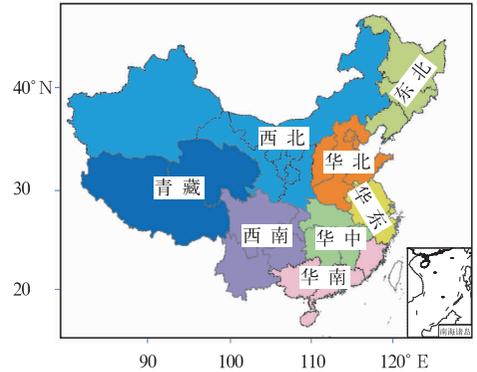


图 1 区域划分

Fig. 1 Regional division

2.2.2 初步验证

在不加入气象因子的条件下, 预测 1978—2006 年 31 个行政区的农业经济产出, 预测值与实际值的拟合 R^2 值为 0.9896 (图 2a), 加入气象因子之后, 模型的拟合 R^2 值为 0.9903 (图 2b)。因此, 本文建立的计量经济模型具有较高的预测准确性, 且加入气象因子之后提高了模型对农业经济产出的整体拟合能力。

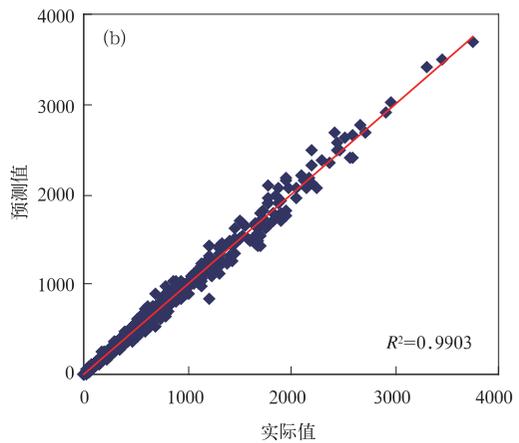


图 2 GDP 预测值与实际值的比较

Fig. 2 Comparison of GDP between predicted value and real data

3 结果分析

3.1 气象因子对各行政区农业经济的产出弹性

用 DW 统计量诊断残差序列的自相关性, 存在自相关的行政区建立一阶自回归模型并估计模型参数, 其中有 8 个行政区气象因子产出弹性具有统计

显著性(表 1)。

ACT 与重庆、湖南农业经济产出显著正相关, 与海南农业经济产出显著负相关。ACT 每增加 1%, 重庆、湖南农业经济产出分别增加 1.63%、2.65%, 海南农业经济产出减少 3.93%。TD 与重庆、广东农业经济产出显著正相关, 与海南、天津、云南的农业经济产出显著负相关。TD 每增加 1%, 重

表 1 气象因子对行政区农业经济的产出弹性

Table 1 Elasticities of agricultural output to meteorological factors for administrative regions

| 行政区 | ACT | TD | P | PD | DW 检验 |
|-----|--------|----------|-------|---------|---------|
| 重庆 | 1.63* | 2.00** | 0.43 | -0.14 | 2.25 |
| 广东 | 0.01 | 0.29* | -0.06 | 0.10 | 0.99*** |
| 海南 | -3.93* | -0.79*** | -0.09 | 0.16 | 0.99*** |
| 河北 | -0.15 | -0.75 | -0.31 | 0.45* | 1.45*** |
| 湖南 | 2.65** | 0.02 | -0.17 | -0.37 | 1.98 |
| 内蒙 | -0.06 | -0.31 | 0.01 | 0.38* | 1.00*** |
| 天津 | 0.29 | -1.37** | -0.08 | 0.20 | 1.74** |
| 云南 | -0.13 | -0.40** | 0.09 | -0.42** | 0.98*** |

注: * 表示显著性水平 10%, ** 表示显著性水平 5%, *** 表示显著性水平 1%

Notes: *, **, and *** are significant values at a confidence level of 0.1, 0.05, and 0.01, respectively. The same hereinafter

庆、广东农业经济产出分别增加 2%、0.29%，海南、天津、云南农业经济产出分别减少 0.79%、1.37%、0.4%。PD 与河北、内蒙古农业经济产出显著正相关，与云南农业经济产出显著负相关。PD 每增加 1%，河北、内蒙古农业经济产出分别增加 0.45%、0.38%，云南农业经济产出减少 0.42%。此外，P 与各行政区的农业经济产出的定量关系不具有统计显著性。

由以上分析可以看出，8 个行政区的农业经济产出对温度类气象因子的敏感性大于降水类气象因子。对温度显著敏感的行政区有重庆、广东、海南、湖南、天津和云南，对降水显著敏感的行政区有河北、内蒙古和云南。

3.2 气象因子对各区域农业经济的产出弹性

因为单个行政区分析样本量为 29 个，样本量的不足使很多行政区的农业经济产出与气象条件之间的定量关系不能通过显著性检验。因此，将中国分区建立 panel data 模型，在增加样本量的前提下，进一步分析气象条件变化对区域农业经济产出的影响。根据 Hausman 检验结果，华北地区选择固定效应做计量分析，其余区域则选择随机效应。采用广义最小二乘法 GLS 估计模型参数，得到气象因子对各区域农业经济的产出弹性(表 2)。

ACT 与华北农业经济产出显著正相关，与西南农业经济产出显著负相关。ACT 每增加 1%，华北农业经济产出增加 0.95%，西南农业经济产出减少 0.18%。TD 与华北、华南农业经济产出显著负相关，与西南、西北农业经济产出显著正相关。TD 每

表 2 气象因子对区域农业经济的产出弹性

Table 2 Elasticities of agricultural output to meteorological factors for geographical regions

| 区域 | ACT | TD | P | PD | Hausman 检验 |
|----|--------|----------|---------|-------|------------|
| 华北 | 0.95** | -1.50*** | -0.16 | 0.21* | 30.09*** |
| 东北 | 0.15 | -0.09 | 0.01 | -0.07 | 1.40 |
| 华东 | -0.19 | -0.11 | -0.04 | -0.04 | 2.75 |
| 华中 | -0.08 | -0.24 | -0.18** | 0.07 | 1.98 |
| 华南 | -0.02 | -0.24*** | 0.03 | -0.05 | 1.21 |
| 西南 | -0.18* | 0.40*** | 0.01 | -0.02 | 11.09* |
| 西北 | -0.10 | 0.54*** | 0.00 | 0.00 | 10.80* |
| 青藏 | 0.02 | 0.44 | 0.13 | -0.09 | 0.15 |

增加 1%，华北、华南农业经济产出分别减少 1.5%、0.24%，西南、西北农业经济产出分别增加 0.4%、0.54%。PD 与华北农业经济产出显著正相关，PD 每增加 1%农业经济产出增加 0.21%。P 与华中农业经济产出显著负相关，P 每增加 1%农业经济产出减少 0.18%。此外，气象条件与东北、华东和青藏三个地区农业经济产出的定量关系不具有统计显著性。

由以上分析可以看出，相对于降水因子，温度因子对中国各区域农业经济产出的影响更大更显著。其中，华北、华南、西南和西北的农业经济产出受温度影响显著，华北、华中的农业经济产出受降水影响显著。

3.3 气象条件影响农业经济产出的极差率

引入极差率这一概念，进一步分析气象条件变化对农业经济产出的综合影响。在保持经济因子不变的条件下，将 1978—2006 年气象因子值代入模型，计算得到 29 年的农业经济产出值。因为经济因子保持不变，29 年的农业 GDP 的变化大小完全由气象因子变化大小决定，并计算出最大值 GDP_{max} 、最小值 GDP_{min} 、平均值 GDP_{ave} 、极差 $Range$ 与极差率 $Range\ rate$ (极差与平均值的比率)。

图 3 为各行政区农业经济产出受气象条件变化综合影响的极差率。较大的 5 个行政区包括，重庆 85%、海南 50%、湖南 49%、青海 35%与甘肃 33%，表明这 5 个行政区农业经济产出对气象条件变化的敏感性较大。极差率较小的 5 个行政区包括河南 11%、宁夏 10%、山东 9%、贵州 6%与四川 5%，表明这 5 个行政区农业经济产出对气象条件变化的敏感性较小。

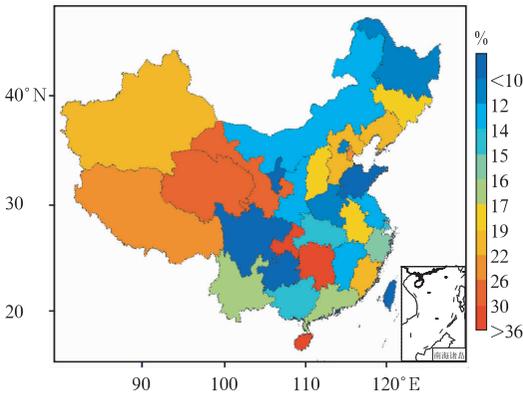


图 3 行政区农业经济产出极差率

Fig. 3 Range rates of agriculture economic output to weather variability for administrative regions

图 4 为各区域农业经济产出受气象条件变化综合影响的极差率,从大到小依次为华北 19.5%、华南 14.1%、华中 9.5%、青藏 8.8%、西南 6.7%、西北 5.7%、华东 3.7%与东北 3.4%。各区域农业经济产出对气象条件变化的敏感性大小与表 2 中所得结论较为一致。农业经济产出对气象条件变化敏感性较大的区域,应提高农业经济生产活动关键时期的天气预报或气候预测准确率,提前预估受天气变化影响的农业经济产出值,有利于决策者及时调度资源,减缓农业经济的可能损失。

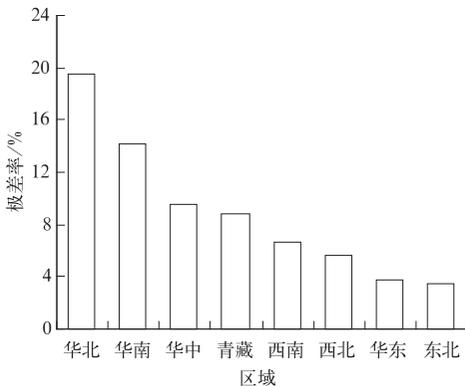


图 4 区域农业经济产出极差率

Fig. 4 Range rates of agriculture economic output to weather variability for geographical regions

4 结论和讨论

4.1 结论

将计量经济学与气象学结合,建立气象计量经

济模型。在对模型进行充分的诊断与检验之后,对气象条件变化影响我国农业经济产出进行了计量经济分析,可以得出以下结论:

(1) 加入气象因子的模型能够提高对我国农业经济产出的整体拟合能力,模型预测值与实际值拟合 R^2 值为 0.9903,初步证明了本文所构建模型的合理性。

(2) 引入“弹性”这一概念,表征单个气象因子对农业经济产出的影响大小。相对于降水、温度因子对我国 8 个行政区和各区域的农业经济产出的影响更显著。对温度因子显著敏感的行政区有重庆、广东、海南、湖南、天津和云南,对降水因子显著敏感的行政区有河北、内蒙古和云南。华北、华南、西南和西北的农业经济产出受温度因子影响显著,华北、华中的农业经济产出受降水因子影响显著。

(3) 引入“极差率”这一概念,在保持经济因子不变的条件下,分析 4 个气象因子变化对中国农业经济产出的综合影响。各行政区农业经济产出极差率变化幅度为 5%~85%,各区域农业经济产出极差率变化幅度为 3.4%~19.5%。

4.2 讨论

将经济学与气象学结合,构建气象计量经济模型,为气象和气候变化研究工作提供了新思路和新方法,具有一定的创新性,但经济学与气象学结合的理论问题,还需要进一步完善。未来的研究工作中,将采用空间尺度和时间尺度更加细致的数据,就天气气候对我国粮食产量的影响,极端气候事件对我国不同经济部门的影响等科学问题,从计量经济学角度进行科学分析。这些工作的实施可以定量评估天气气候变化对社会经济的影响,为我国天气气候变化的风险管理、防灾减灾提供一定的借鉴意义。

参考文献

- [1] IPCC. Climate Change 2007: The AR4 Synthesis Report [M]. Geneva, Switzerland: IPCC, 2007: 60-70.
- [2] Stern N. The Economics of Climate Change: The Stern Review [M]. Cambridge, U K: Cambridge University Press, 2006:122-139.
- [3] 许小峰.“气象经济”概念辨析[J]. 江西气象科技, 2003, 26 (4):12-14.
- [4] 于庚康,秦铭荣,季润生,等. 江苏省气象为农业服务效益评估模型[J]. 气象, 2001, 27 (2): 29-31.
- [5] 罗慧,张雅斌,刘璐,等. 高影响天气事件公众关注度的风险评估[J]. 气象, 2007, 33 (10): 15-22.

- [6] 罗慧, 谢璞, 俞小鼎. 奥运气象服务社会经济效益评估个案分析[J]. 气象, 2007, 33(3): 89-94.
- [7] 扈海波, 王迎春, 李青春. 采用 AHP 方法的气象服务社会经济效益定量评估分析[J]. 气象, 2008, 34(3): 86-92.
- [8] Dutton J A. Opportunities and priorities in a new era for weather and climate services [J]. Bulletin of the American Meteorological Society, 2002, 83(9): 1303-1311.
- [9] Larsen P H. An Evaluation of the Sensitivity of U. S. Economic Sectors to Weather [D]. Thesis of the Graduate school of Cornell University, 2006.
- [10] Larsen P H, Lawson M, Lazo J K et al. Sensitivity of the U. S. Economy to Weather Variability [OL]. Working Paper September 6, 2007. Research Applications Laboratory. National Center for Atmospheric Research. Boulder, CO. [Available online at www.economics.noaa.gov/?file=bibliography.]
- [11] 丑洁明, 董文杰, 叶笃正. 一个经济气候新模型的构建[J]. 科学通报, 2006, 51(14): 1735-1736.
- [12] Dong Wenjie, Chou Jieming, and Feng Guolin. A new economic assessment index for the impact of climate change on grain yield [J]. Advances in Atmospheric Sciences, 2007, 24(2): 336-342.
- [13] 罗慧, 李良序. 气象服务效益评估方法与应用[M]. 北京: 气象出版社, 2009: 249-285.
- [14] 罗慧, 谢璞, 薛允传, 等. 奥运气象服务社会经济效益评估的 AHP/BCG 组合分析[J]. 气象, 2008, 34(1): 59-65.
- [15] 孙宁, 李廉水. 基于 SVAR 模型的气温变化对南京市工业经济的影响研究[J]. 气象, 2009, 35(10): 90-96.
- [16] 孙宁, 李廉水, 严明良. 基于协整理论的气温变化对南京市主要行业的影响研究[J]. 气象, 2008, 34(9): 97-103.
- [17] 中国统计局. 新中国五十五年统计资料汇编 1949—2004 [M]. 北京: 中国统计出版社, 2005.
- [18] Cobb C W and Douglas P H. A theory of production [J]. American Economic Review, 1928, 18: 139-165.
- [19] 中国气象局. 中国灾害性天气气候图集 1961—2006 年[M]. 北京: 气象出版社, 2007: IV.
- [20] Wooldridge J. Introductory Econometrics: A Modern Approach [M]. Cincinnati, OH: Southwestern, 2003.
- [21] 高铁梅. 计量经济分析方法与建模[M]. 北京: 清华大学出版社, 2009: 145-146.
- [22] 陈云峰, 高歌. 近 20 年我国气象灾害损失的初步分析[J]. 气象, 2010, 36(2): 76-80.

征稿简则

- 1 《气象》主要刊登气象科学研究领域的综合评述及研究论文;天气、气候诊断分析与预报技术;气象业务技术及业务现代化建设经验;气象灾害的规律及防灾减灾决策;公共气象服务和专业气象服务技术方法;气象科技信息动态等。
- 2 来稿注意事项
 - 2.1 来稿务必论点明确,数据可靠,文字精炼。文章的书写顺序为:中文题目(不超过 20 个汉字)、作者姓名、单位名称、邮政编码、中文提要(200~300 字)、关键词(3~8 个);英文题目、作者姓名、单位名称、邮政编码、英文提要及英文关键词;引言;正文;结论和讨论;致谢;参考文献。文章首页页脚处附作者信息,即姓名、从事专业工作和研究方向。Email 等。
 - 2.2 正文标题用阿拉伯数字连续编号,不同层次数字间用圆点间隔,如“1”,“1.2”,“2.1.3”等。标题左顶格,在数字编号后一格再写标题,末尾不加标点符号。
 - 2.3 基金资助的研究项目,请注明省部级以上基金名称和项目编号。
 - 2.4 文稿的单位制采用《中华人民共和国法定计量单位》。图、表中量和单位间用“/”隔开,表示物理量的符号用斜体表示,并注意文种、大小写、正斜体、上下角码等。
 - 2.5 科技术语和名词应使用全国自然科学名词审定委员会公布的名词。
 - 2.6 文稿只附必要的图表。图、表要求准确,清晰,美观。在文中相应的位置插入图、表。图、表附相应的中英文图题、表题。附表请使用三线表。
 - 2.7 参考文献按在文内出现顺序连续编码。在期刊上发表的文献书写格式为:[序号] 作者姓名(列出前 3 位). 题名[J]. 期刊名,年,卷(期):页码。在专著、教科书上发表的文献书写次序为:[序号] 作者姓名. 译者姓名. 文题名. 书名[M]. 出版地:出版社,出版年:页码。
- 3 请勿一稿两投。本刊一般不退稿,若 6 个月内未见刊用通知,可自行处理。
- 4 本刊收取发表费,并付稿酬,所付稿酬包含纸质版、数字版稿酬和刊物内容网络服务报酬等。凡不同意将其稿件纳入此两种版本进行交流者,请书面说明。
- 5 通讯地址:北京市中关村南大街 46 号《气象》编辑部 邮政编码:100081
网上投稿地址: <http://219.234.83.5>
电话:(010)68407936 58993789 68407336 Email:qixiang@cams.cma.gov.cn