

罗俊颖,贺文彬,刘映宁,等. 人工影响天气作业站安全分级评价指标体系研究[J]. 陕西气象,2018(4):23-28.

文章编号:1006-4354(2018)04-0023-06

# 人工影响天气作业站安全分级评价指标体系研究

罗俊颖<sup>1</sup>,贺文彬<sup>2</sup>,刘映宁<sup>1</sup>,赵志强<sup>3</sup>,张小培<sup>3</sup>

(1. 陕西省人工影响天气办公室,西安 710014;2. 陕西省气象局,西安 710014;

3. 中国气象局应急减灾与公共服务司,北京 100081)

**摘要:**针对人工影响天气(简称人影)作业站点安全分级管理实际需要,选取人影作业人员、设备、弹药、环境和信息等5个一级指标和33个二级评价指标,利用多层次模糊综合评价法(简称AHP-FCE法)建立人影作业站安全生产分级管理评价指标体系及评价方法,应用该方法对陕西省某人影作业站安全管理水平进行实例分析,表明所建立的人影作业站安全生产分级管理评价方法有一定的实用价值。

**关键词:**人工影响天气;AHP-FCE;安全管理;分级;评价指标体系

**中图分类号:**P49

**文献标识码:**A

近年来,人工影响天气(以下简称人影)工作已经成为防灾减灾和保障粮食、生态、水资源安全的重要手段,也为保障重大活动顺利开展做出积极贡献。随着人影事业的快速发展及其带来的社会效益不断显现,人影活动从应急保障任务逐步转变为常态化服务。人影工作外场环境复杂,人员和装备流动性大,安全生产是影响人影事业发展的关键环节。应充分结合人影工作实际,系统、全面开展人影安全管理研究。中国气象局《人工影响天气安全管理行动计划(2016—2017年)》中,明确提出要提升作业科学水平和安全水平,对全部固定和流动作业点进行安全等级评定,推动建立综合安全监管机制。国内外有关专家在政府应急能力评价方法方面做了很多探索和研究,韩传峰等<sup>[1]</sup>对政府突发事件应急能力进行评价时应用了层次分析法与模糊综合评价法相结合的方法。气象领域相关评价研究中,郭洁等<sup>[2]</sup>从理论、技术和方法应用的角度介绍了敏感性行业气象服务效益评估研究与业务进展,闫敏慧等<sup>[3]</sup>

在气象服务评价体系中用层次分析法确定气象服务评价指标权重,陈家金等<sup>[4]</sup>用AHP方法构建了影响福建农业的致灾因子危险性、承灾体脆弱性和防灾减灾能力的风险指标体系,罗慧等<sup>[5]</sup>应用模糊数学和拟合方法定量分析公众对气象灾害风险的关注程度,罗慧等<sup>[6]</sup>应用AHP/BCG组合分析方法评估2008年北京奥运气象服务经济社会效益,曾金全等<sup>[7]</sup>利用综合评价算法建立了雷电灾害易损度区划,马清云等<sup>[8]</sup>采用模糊综合评价法评估登陆台风灾害影响。但是,目前在日常人影作业站点管理中还没有较完善安全生产能力量化评价方法和标准,本文从以上问题和困难出发,探索适合人影作业站安全生产分级评价的指标体系和方法,并在实践中予以验证。

## 1 人影作业站安全管理特点和AHP-FCE法简介

### 1.1 人影作业站安全管理特点

一是涉及环节多样。人影作业安全包括环境、装备、弹药、人员、管理等多个环节,随着地方需求不同,各地对各环节侧重和投入重点存在差

**收稿日期:**2018-04-11

**作者简介:**罗俊颖(1980—),男,汉族,甘肃临夏人,硕士,高工,从事人工影响天气科学研究和业务管理工作。

**基金项目:**中国气象局气象关键技术集成与应用面上项目(CMAGJ2014M53);陕西省气象局2016年度气象软科学研究重点项目([2016]D09号)

异。二是多个指标相互影响。诸如:完善的基础设施建设和工作环境是保障人影作业安全的重要基础,性能稳定的作业装备和质量可靠的弹药是基本条件,过硬的业务素质和稳定的作业队伍是基本保障,完善的流程和严格的监管是坚强后盾。三是指标量化相对模糊。多个指标就其关系随着环境和时间变化而变化,先前制定的站点考核标准随着社会发展和经济条件改善,容易产生建设标准滞后或指标落后情况。因此,人影作业安全管理指标众多且它们之间存在层次性,必须进行多指标的分级,建立指标分级体系,以确保评价模型的科学性和可行性。

## 1.2 AHP-FCE 法简介

1.2.1 AHP-FCE 特点 多层次模糊综合评价法(简称 AHP-FCE 法)是层次分析法(analytic hierarchy process,简称 AHP 法)与模糊综合评价法(fuzzy comprehensive evaluation,简称 FCE)的组合<sup>[9]</sup>。FCE 法是根据模糊数学隶属度理论把定性评价转化为定量评价的方法,能较好地解决模糊的、难以量化的问题,适合解决各种非确定性问题。FCE 计算的前提条件之一是确定各个评价指标的权重,一般情况下由决策者直接指定,但对于复杂问题直接给出各个评价指标的权重比较困难,而这个问题正是 AHP 所擅长的。利用该法开展人影作业安全分级评价分析研究,首先分析归类人影安全生产中相互联系的有序层次结构,利用数学方法反映同一层次因素相对重要性次序权重,根据人影工作实际把专家意见和分析者的客观判断有效衔接,最后得出总的评价结果。

1.2.2 AHP-FCE 综合评价流程 AHP-FCE 综合评价流程分为 7 步:

①确定评价目标;②对评价目标进行分解,形成准则及评价指标,并最终构造层次模型;③使用这个层次模型生成 AHP 调查问卷,邀请专家参与调查;④收集专家 AHP 调查问卷,得到各个评价指标对评价目标的排序权重;⑤以层次模型的评价要素作为评价指标,生成 FCE 问卷;⑥根据评价对象,寻找专家/评测人填写 FCE 问卷;⑦收集 FCE 问卷,根据专家数据及 AHP 获得的

各个评价指标排序权重(作为 FCE 的权向量),计算得到评价对象的综合评价结果。

其中第 1~4 步为 AHP 过程,第 5~7 步是 FCE 过程。

### 1.2.3 权重计算及检验方法

#### (1) 指标权重计算

利用矩阵法<sup>[11]</sup>,对每一层次中各因素的重要性做两两比较,由此形成判断矩阵:

$$\mathbf{A} = (a_{ij})_{n \times n} \quad a_{ij} > 0; \quad (1)$$

因为  $a_{ji} = 1/a_{ij}$  ( $i, j = 1, 2, \dots, n$ ),所以  $\mathbf{A}$  是  $n$  阶正互反矩阵。

计算权重系数的方法有和积法、方根法<sup>[11]</sup>等。其中,和积法计算步骤如下:将判断矩阵的每一列元素做归一化处理:

$$\bar{b}_{ij} = b_{ij} / \sum_{k=1}^n b_{kj}; \quad (2)$$

将归一化的判断矩阵按行相加,

$$\bar{w}_i = \sum_{j=1}^n \bar{b}_{ij}; \quad (3)$$

对向量  $\bar{w}_i = (\bar{w}_1, \bar{w}_2, \dots, \bar{w}_n)^T$  归一化,

$$\mathbf{w}_i = \bar{w}_i / \sum_{j=1}^n \bar{w}_j. \quad (4)$$

所得的  $\mathbf{w} = (w_1, w_2, \dots, w_n)^T$  即为所求得特征向量,亦即判断矩阵权重系数。

#### (2) 一致性检验

定义层次单排序一致性指标  $I_C = (\lambda_{\max} - n)/(n - 1)$ ,其中,  $\lambda_{\max}$  为最大特征值。

$$\lambda_{\max} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{(A_w)_i}{w_i}. \quad (5)$$

引入一致性比率指标<sup>[12]</sup>:  $R_C = I_C / I_R$ ,  $I_R$  为层次单排序随机一致性指标。

设  $\mathbf{B}$  层  $B_1, B_2, \dots, B_n$  对上层( $\mathbf{A}$  层)中因素  $A_j$  ( $j = 1, 2, \dots, m$ ) 的层次单排序一致性指标为  $I_{Cj}$ ,随机一致性指标为  $I_{Rj}$ ,则层次总排序的一致性比率为:

$$R_C = (a_1 I_{C1} + a_2 I_{C2} + \dots + a_m I_{Cm}) / (a_1 I_{R1} + a_2 I_{R2} + \dots + a_m I_{Rm}). \quad (6)$$

当  $R_C < 0.1$  时,认为层次总排序通过一致性检验。层次总排序具有满意的一致性,否则需要重新调整那些一致性比率高的判断矩阵的元素取值。

### 2 人影作业站安全分级管理实例分析

结合以上方法和人影作业站安全评价需求,以陕西省某县人影作业站为例,应用 AHP-FCE 法对其安全等级进行分析和评价。

#### 2.1 评价模型构建

根据人影作业站安全管理要求,通过调查问

卷、专家咨询等形式,确定以人影作业站安全管理能力为评价目标,将人影作业站点管理环节中站场环境、装备性能、弹药储运、人员和信息等 5 个要素作为评价准则,共提出 32 个相对独立的评价指标(见图 1)。

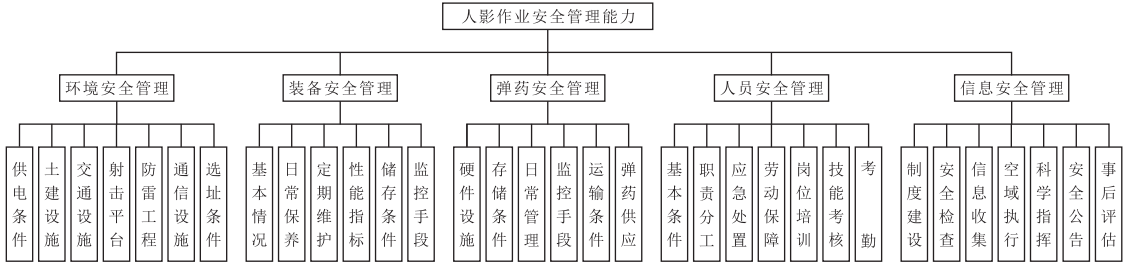


图 1 人影作业安全管理指标体系层次图

#### 2.2 评价指标权重计算

利用 1.2.2 方法和 1.2.3 计算步骤,以环境安全管理  $B_1$  为例:

准则层环境安全管理  $B_1$  对应选择指标有供电  $B_{11}$ 、土建设施  $B_{12}$ 、交通设施  $B_{13}$ 、射击平

台  $B_{14}$ 、防雷工程  $B_{15}$ 、通信设施  $B_{16}$ 、选址条件  $B_{17}$  等 7 个指标,根据各因素的重要性做两两比较建立判断矩阵,判断矩阵  $A$  的元素  $a_{ij}$  用 santy<sup>[10]</sup> 的 1~9 标度方法给出,并作列向量归一化处理:

$$A = \begin{bmatrix} 1 & \frac{1}{3} & 1 & \frac{1}{4} & \frac{1}{2} & \frac{1}{2} & \frac{1}{7} \\ 3 & 1 & 3 & 1 & 2 & 2 & \frac{1}{3} \\ 1 & \frac{1}{3} & 1 & \frac{1}{4} & \frac{1}{2} & \frac{1}{2} & \frac{1}{7} \\ 4 & 1 & 4 & 1 & 3 & 3 & \frac{1}{2} \\ 2 & \frac{1}{2} & 2 & \frac{1}{3} & 1 & 1 & \frac{1}{4} \\ 2 & \frac{1}{2} & 2 & \frac{1}{3} & 1 & 1 & \frac{1}{4} \\ 7 & 3 & 7 & 2 & 4 & 4 & 1 \end{bmatrix} \xrightarrow{\text{列向量归一化}} \begin{bmatrix} \frac{1}{20} & \frac{1}{60} & \frac{1}{20} & \frac{1}{80} & \frac{1}{40} & \frac{1}{40} & \frac{1}{140} \\ \frac{3}{20} & \frac{1}{20} & \frac{3}{20} & \frac{1}{20} & \frac{1}{10} & \frac{1}{10} & \frac{1}{60} \\ \frac{1}{20} & \frac{1}{60} & \frac{1}{20} & \frac{1}{80} & \frac{1}{40} & \frac{1}{40} & \frac{1}{140} \\ \frac{1}{5} & \frac{1}{20} & \frac{1}{5} & \frac{1}{20} & \frac{3}{20} & \frac{3}{20} & \frac{1}{40} \\ \frac{1}{10} & \frac{1}{40} & \frac{1}{10} & \frac{1}{60} & \frac{1}{20} & \frac{1}{20} & \frac{1}{80} \\ \frac{1}{10} & \frac{1}{40} & \frac{1}{10} & \frac{1}{60} & \frac{1}{20} & \frac{1}{20} & \frac{1}{80} \\ \frac{7}{20} & \frac{3}{60} & \frac{7}{20} & \frac{1}{10} & \frac{1}{5} & \frac{1}{5} & \frac{1}{20} \end{bmatrix}$$

将归一化的判断矩阵按行相加,得到特征向量:

$$W_{B_1} = [0.19 \quad 0.16 \quad 0.18 \quad 0.83 \quad 0.35 \quad 0.35 \quad 1.40]^T \xrightarrow{\text{归一化}} [0.05 \quad 0.15 \quad 0.05 \quad 0.21 \quad 0.09 \quad 0.09 \quad 0.36]^T$$

进行一致性检验,根据式(5)求最大特征根  $\lambda_{max} = 7.05$ ,然后计算一致性指标  $I_c = 0.0009$ ;

因  $n = 7$ ,查表 1 得出随机一致性指标  $I_R = 1.32$ 。

表 1 平均随机一致性指标<sup>[11]</sup>

阶数	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
$I_R$	0	0	0.58	0.9	1.12	1.24	1.32	1.41	1.45	1.49	1.52	1.54	1.56	1.58	1.59

$R_C = 0.009/1.32 = 0.006 < 0.01$ ,可以接受一致性和权重的合理性。

利用以上步骤,得出表2中指标层  $W_{B_2}$ 、 $W_{B_3}$ 、 $W_{B_4}$  和  $W_{B_5}$  二级权重,通过一致性检验,结果可接受;再利用类似步骤,得出准则层一级指标权重,经检验结果均可接受。

根据准则层和指标层权重乘积,计算各指标层总权重(见表2)。

### 2.3 建立评价集和模糊隶属度矩阵

将人影作业站安全管理能力评价集分为 I、II、III 和无级别四个等级。组织属地政府办公、公安、法治、人武和各级气象主管机构,以及人影作业安全检查组等 10 人成立专家组,通过现场进行问卷调查,受访人依据评价集对 32 个指标进行独立评价,根据其频率统计得出隶属估计值,建立模糊隶属度矩阵  $R_i = (r_{ik})_{n \times m}$ (见表2)。

### 2.4 综合评价

根据前面对各层指标评价得到的模糊关系评价矩阵,可以得到其模糊评价的数学模型。其中:一级模糊综合评价为

$$Y_1 = W_{B_1}^T \times R_1 = \begin{bmatrix} 0.05 \\ 0.16 \\ 0.05 \\ 0.21 \\ 0.09 \\ 0.09 \\ 0.36 \end{bmatrix}^T \begin{bmatrix} 0.2 & 0.3 & 0.3 & 0.2 \\ 0.1 & 0.5 & 0.3 & 0.1 \\ 0.0 & 0.3 & 0.6 & 0.1 \\ 0.4 & 0.4 & 0.2 & 0 \\ 0.2 & 0.4 & 0.4 & 0 \\ 0.1 & 0.6 & 0.3 & 0 \\ 0.8 & 0.2 & 0.0 & 0 \end{bmatrix}$$

$$= (0.425 \quad 0.272 \quad 0.198 \quad 0.031)$$

同理得出  $Y_2, Y_3, Y_4$ ,形成模糊判断矩阵  $R$ 。

二级模糊综合评价为

$$Y = W_B^T \times R = \begin{bmatrix} 0.25 \\ 0.18 \\ 0.18 \\ 0.23 \\ 0.16 \end{bmatrix}^T \begin{bmatrix} 0.425 & 0.272 & 0.198 & 0.031 \\ 0.160 & 0.320 & 0.302 & 0.218 \\ 0.186 & 0.312 & 0.368 & 0.134 \\ 0.310 & 0.416 & 0.228 & 0.046 \\ 0.436 & 0.350 & 0.194 & 0.020 \end{bmatrix}$$

$$= (0.3095 \quad 0.3333 \quad 0.2090 \quad 0.0821)$$

### 2.5 人影作业站安全等级分析

利用最大隶属原则,选取最大值 0.333 3 作为评价结果,可以认为该人影作业站安全等级为

“II”级。从结果来看,对 人影作业站安全管理能力影响最大的指标是作业环境安全管理,其次是作业人员安全管理、作业装备和作业弹药安全管理,该作业站在以上指标评价中作业装备和作业人员管理“II”级得分大于其它等级的得分,结果反映了该指标所表征的该作业站人影安全管理能力处于良好水平。

进一步分析显示,该作业站环境安全和信息安全安全管理对应等级是“I”级,说明该作业站在站场环境选择及硬件设施建设条件还是不错的,制度建设、安全检查、空域制度执行和科学指挥等信息安全管理的主要方面工作到位,符合标准。但是,该站弹药安全管理能力对应等级是“III”级。其中,作业弹药存储条件、日常管理和监控手段二级指标相对薄弱,提升空间较大,人影安全生产可优先提高这 3 项能力。

总之,该站在人影安全管理能力建设中,还应进一步提高人影安全管理水平,特别要加强作业弹药存储、监控等基础设施建设,加强弹药供应能力,重视弹药出入库记录完整等细节。另外,还要在作业装备日常管理和定期维护方面进一步努力,在作业安全公告、事后评估等信息安全方面还有提升空间。

### 3 结语

(1)运用 AHP-FCE 方法开展人影作业站安全等级评价,可以实现对辖区内人影作业执行单位安全生产能力的分级管理,进而找出在 人影安全生产工作中的薄弱环节,为提高人影安全管理水平提供依据。

(2)所建立的人影作业站安全生产分级评价指标较全面的包含了人影安全生产主要内容,能够辨识其中存在的安全隐患,有利于决策部门全面掌握辖区内人影作业站安全管理水平,有利于防止人影安全生产事故发生。

(3)该评价指标体系对于人影作业站安全生产分级管理评价问题,具有科学、简便、实用性强的特点。

### 参考文献:

[1] 韩传峰,叶岑. 政府突发事件应急能力综合评价[J]. 自然灾害学报,2007(4):149-153.

表 2 陕西省某人影作业站安全管理能力分级评价指标体系

目标层	准则层		指标层						
	一级指标 $B_i$	一级权重	二级指标 $B_{ik}$	二级权重	总权重	评价价值 $r_{ikj}$			
						I	II	III	无
人影作业站安全管理能力	环境安全管理 $B_1$	0.25	供电条件 $B_{11}$	0.05	0.012 5	0.2	0.3	0.3	0.2
			土建设施 $B_{12}$	0.16	0.040 0	0.1	0.5	0.3	0.1
			交通设施 $B_{13}$	0.05	0.012 5	0.0	0.3	0.6	0.1
			射击平台 $B_{14}$	0.21	0.052 5	0.4	0.4	0.2	0.0
			防雷工程 $B_{15}$	0.09	0.022 5	0.2	0.4	0.4	0.0
			通信设施 $B_{16}$	0.09	0.022 5	0.1	0.6	0.3	0.0
			选址条件 $B_{17}$	0.36	0.090 0	0.8	0.2	0.0	0.0
	装备安全管理 $B_2$	0.18	基本情况 $B_{21}$	0.12	0.021 6	0.2	0.3	0.2	0.3
			日常保养 $B_{22}$	0.20	0.036 0	0.2	0.2	0.4	0.2
			定期维护 $B_{23}$	0.14	0.025 2	0.2	0.3	0.4	0.1
			性能指标 $B_{24}$	0.20	0.036 0	0.1	0.4	0.2	0.3
			储存条件 $B_{25}$	0.14	0.025 2	0.2	0.3	0.3	0.2
			监控手段 $B_{26}$	0.20	0.036 0	0.1	0.4	0.3	0.2
	弹药安全管理 $B_3$	0.18	硬件设施 $B_{31}$	0.20	0.036 0	0.2	0.3	0.3	0.2
			存储条件 $B_{32}$	0.20	0.036 0	0.2	0.3	0.4	0.1
			日常管理 $B_{33}$	0.14	0.025 2	0.2	0.3	0.4	0.1
			监控手段 $B_{34}$	0.20	0.036 0	0.2	0.3	0.4	0.1
			运输条件 $B_{35}$	0.12	0.021 6	0.2	0.4	0.3	0.1
			弹药供应 $B_{36}$	0.14	0.025 2	0.1	0.3	0.4	0.2
	人员安全管理 $B_4$	0.23	基本条件 $B_{41}$	0.10	0.023 0	0.2	0.4	0.3	0.1
			职责分工 $B_{42}$	0.14	0.032 2	0.3	0.5	0.2	0.0
			应急处置 $B_{43}$	0.18	0.041 4	0.3	0.4	0.2	0.1
			劳动保障 $B_{44}$	0.10	0.023 0	0.5	0.3	0.2	0.0
			岗位培训 $B_{45}$	0.18	0.041 4	0.3	0.4	0.2	0.1
			技能考核 $B_{46}$	0.18	0.041 4	0.3	0.4	0.3	0.0
			考 勤 $B_{47}$	0.12	0.027 6	0.3	0.5	0.2	0.0
	信息安全管理 $B_5$	0.16	制度建设 $B_{51}$	0.14	0.022 4	0.5	0.3	0.2	0.0
安全检查 $B_{52}$			0.18	0.028 8	0.6	0.3	0.1	0.0	
空域执行 $B_{53}$			0.18	0.028 8	0.5	0.3	0.2	0.0	
信息收集 $B_{54}$			0.12	0.019 2	0.3	0.4	0.3	0.0	
科学指挥 $B_{55}$			0.18	0.028 8	0.4	0.4	0.2	0.0	
事后评估 $B_{56}$			0.10	0.016 0	0.4	0.5	0.1	0.0	
安全公告 $B_{57}$			0.10	0.016 0	0.2	0.3	0.3	0.2	

步巧利,洪莹莹. 基于 CMAQ 的大气污染个例分析[J]. 陕西气象,2018(4):28-34.

文章编号:1006-4354(2018)04-0028-07

# 基于 CMAQ 的大气污染个例分析

步巧利<sup>1</sup>,洪莹莹<sup>2</sup>

(1. 佛山市气象局,广东佛山 528000;2. 广东省生态气象中心,广州 510000)

**摘要:**2017年5月10日,珠三角出现了区域性的细颗粒物和臭氧“双高”型复合大气污染;5月29日,粤珠三角中西部、粤西、粤北出现了大范围的臭氧污染过程。利用常规气象资料和美国国家环境预报中心(NCEP)/美国国家大气研究中心(NCAR)提供的 $1^\circ \times 1^\circ$ 再分析数据及环境监测数据,分析大气污染成因,并且首次在珠三角地区利用区域多尺度空气质量模型(CMAQ)模拟了5月10日各物理和化学过程对臭氧质量浓度的贡献。结果表明:(1)两次污染过程天气形势相似,850 hPa均有反气旋环流,地面呈均压场,风速较小,且污染当天天气晴好,温度较高;两次过程不同点在于“双高”污染前期 $\text{NO}_2$ 质量浓度和相对湿度均较大,且前期 $\text{PM}_{2.5}$ 质量浓度已经较高。(2)在城市站点,臭氧的主要来源是水平平流和垂直扩散;而在郊区站点,臭氧则主要来源于气相化学,水平平流和垂直扩散。

**关键词:** $\text{PM}_{2.5}$ ;  $\text{O}_3$ ; 珠三角; CMAQ

**中图分类号:**X16

**文献标识码:**A

近年来,以细颗粒物和臭氧污染为特征的珠三角大气复合污染问题日益凸显<sup>[1-2]</sup>。这些污染物带来的最直观的后果就是灰霾天气的出现和能

见度的恶化<sup>[3]</sup>。颗粒物的增多降低了大气能见度,影响辐射平衡以及区域天气与气候<sup>[4]</sup>。细颗粒物与臭氧还带来了人体健康的负面效应<sup>[5-6]</sup>。

**收稿日期:**2018-02-25

**作者简介:**步巧利(1987—),女,汉族,山东菏泽人,硕士,工程师,主要从事大气污染研究。

**基金项目:**广东省气象局面上项目:“2014至2016年气象条件对广州臭氧的调节作用”(GRMC2017M32);佛山市气象局项目:“气象条件调节局地 $\text{PM}_{2.5}$ 和 $\text{O}_3$ 的年际变化”(201711)

- [2] 郭洁,姚秀萍,吕明辉. 敏感性行业气象服务效益评估研究与业务进展[J]. 高原山地气象研究, 2015,35(2):88-95.
- [3] 闫敏慧,姚秀萍,王蕾,等. 用层次分析法确定气象服务评价指标权重[J]. 应用气象学报,2014,25(4):470-475.
- [4] 陈家金,王加义,黄川容,等. 基于AHP-EWM方法的福建省农业气象灾害风险区划[J]. 自然灾害学报,2016,25(3):58-66.
- [5] 罗慧,李良序,张彦宇,等. 气象风险源的社会关注度风险等级分析方法[J]. 气象,2008,34(5):9-13.
- [6] 罗慧,谢璞,俞小鼎. 奥运气象服务社会效益评估个例分析[J]. 气象,2007,33(3):89-94.
- [7] 曾金全,张焯方,王颖波. 基于综合评价算法的雷电灾害易损度区划模型研究[J]. 气象,2011,37(12):1595-1600.
- [8] 马青云,李佳英,王秀荣,等. 基于模糊综合评价法的登陆台风灾害影响评估模型. 气象,2008,34(5):20-25.
- [9] 虞晓芬,傅玳. 多指标综合评价方法综述[J]. 统计与决策,2004(11):119-121.
- [10] SAATY T L. A scaling method for priorities in hierarchical structures[J]. Journal of Mathematical Psychology, 1977, 15(3): 234-281.
- [11] 李梅霞. AHP中判断矩阵一致性改进的一种新方法[J]. 系统工程理论与实践,2000,20(2):122-125.