

文章编号: 1006-4354 (2005) 05-0026-04

陕西省环境气象指数预报方法介绍

徐 虹, 李建科

(陕西省专业气象台, 陕西西安 710014)

摘 要: 根据气象要素的敏感性和依从性原理, 采用统计、因子加权、经验模式、历史资料反查、气象指数延伸和概念模型等 6 种方法设计开发了陕西省城市环境气象指数 32 种。为便于使用和根据生活和生产实际情况, 将指数进行了等级划分, 并提出相应的建议和措施。

关键词: 环境气象指数; 敏感性; 依从性; 预报方法

中图分类号: P49 **文献标识码:** B

随着现代化科学技术的迅猛发展, 经济水平的提高, 人们更加关注生活质量, 关注身体健康, 在追求高质量生活的同时, 也对气象服务工作提出了更高的要求。城市作为社会经济活动中心, 重大政治、文化、社会活动气象保障要求高, 要求定时、定点、定量高质量的天气预报, 如商业气象、体育气象、生物气象、生态气象、交通气象、旅游气象还有气象灾害防御(如水、电、燃气、交通、通讯等保障)需要特殊气象服务。为此陕西省专业气象台每天计算并发布城市环境气象指数, 本文介绍陕西省城市环境气象指数的设计原理和计算方法。

1 敏感度和依从性的概念

根据气象服务原理^[1], 专业气象信息服务必须针对特定用户的气象制约问题提供个性化的气象信息, 针对气象环境对特定用户系统的制约关系, 找出个性化气象因子。敏感度和依从性是指某事件对气象要素的敏感和依赖程度, 而依从性和敏感度是用气象指数来表示的, 气象指数是事件与气象要素的函数关系。敏感度越大, 依从性也就越大, 气象指数适用能力就越强。与气象有明显敏感度和依从性的行业有农业、交通、工程建设、加工工业和公共事业等, 还有人的衣、食、住、行、健康和疾病, 对气象环境的敏感度和依从性也日益明显。要完全反映与气象条件的敏感

度和依从性, 必须进行实地调查和现场观测试验, 了解各行各业生产工艺、经营过程对气象环境的敏感度和依从性。为了研究心脏病、胃病等医疗气象指数, 必须与医疗部门的医务技术人员合作, 收集了医院、疗养院、干休所等部门的病例档案, 根据这些详尽的信息资料分析研究气象指数对气象条件的敏感度和依从性。

2 气象指数的设计和预报技术思路

2.1 环境气象指数设计技术原理

环境气象指数设计的数学表达式如下:

$$S = f(x_1, x_2, \dots, x_n) = \begin{cases} [S_1, S_2] \rightarrow Level_1 \rightarrow text_1 \\ [S_3, S_4] \rightarrow Level_2 \rightarrow text_2 \\ \vdots \\ [S_n, S_{(n+1)}] \rightarrow Level_n \rightarrow text_n \end{cases} \quad (1)$$

式中, S 为气象指数值, $f(x)$ 为求算气象指数的函数即气象要素值, 其中 $x_1, x_2, \dots, x_n$ 为气象要素变量 (n 为涉及的气象要素的总数), 区间 $[S_1, S_2], \dots, [S_n, S_{(n+1)}]$ 为气象指数值域, $level_1, \dots, level_n$ 为气象指数等级, $text_1, \dots, text_n$ 为对应等级的建议、措施等。

2.2 环境气象指数预报技术原理

因为环境气象指数是一个隐式气象因子, 并不直接预报对象, 而是通过气象因子的预报之后转化为指数的预报对象。为了求气象指数未来变

收稿日期: 2005-05-09

作者简介: 徐 虹 (1964-), 男, 江苏常州市人, 高级工程师, 从事专业天气预报及研究工作。

化, 可对 (1) 式求时间偏导, 即:

$$\frac{\partial S}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial t} (f(x_1, x_2, \dots, x_n)). \tag{2}$$

显然将 (2) 式化为差分形式, 则 t_0 时和 t_1 时的气象指数可由下式表示:

t_0 时气象指数为:

$$S_{t_0} = (f(x_1, x_2, \dots, x_n)) t_0; \tag{3}$$

t_1 时气象指数为:

$$S_{t_1} = (f(x_1, x_2, \dots, x_n)) t_1; \tag{4}$$

则 24 h、48 h、……、 m h 气象指数可以表示成

$$\begin{aligned} S_{t_{24}} &= (f(x_1, x_2, \dots, x_n)) t_{24}; \\ S_{t_{48}} &= (f(x_1, x_2, \dots, x_n)) t_{48}; \\ &\dots\dots \\ S_{t_m} &= (f(x_1, x_2, \dots, x_n)) t_m. \end{aligned}$$

由 (3) 式可知, t_0 时刻的气象指数, 必存在着与其有直接关系的气象因子, 这些气象因子也是 t_0 时刻的, 即二者具有适时性, 但不具有预报性。

如果设定这些气象条件对气象指数构成的作用保持不变, 那么由 (4) 式可以根据 t_1 (或 t_{24} , t_{48} , $\dots t_m$) 时刻的气象因子及其条件而求出对应的时刻 t_1 (或 t_{24} , t_{48} , $\dots t_m$) 的气象指数, 这就具有预报性, 显然 t_1 时刻所涉及的气象因子及其条件是要素预报值。这些要素值的求取依托于基本气象预报系统或数值预报产品及对这些产品的修正, 从而实现气象指数在不同时刻的预报。

3 环境气象指数预报方法

根据气象指数的设计和预报技术原理, 气象指数模式的设计, 就是要找出具有敏感度的气象要素与气象指数之间的关系, 陕西省城市环境气象指数的计算主要采用以下几种方法。

3.1 用统计法建立回归方程

统计方法一般用于可以量化的气象指数^[2], 如电力负荷量、自来水消耗量、商品销售量、医疗发病率等。因子选择的主要技术处理: (1) 气象因子要经过科学挑选和相关检验; (2) 适当考虑一些非气象因子的作用; (3) 考虑季节和时间的影

3.2 因子加权法

有些预报量是定性的, 从大量的调查、实验和观测记录中找出具有相关性的气象因子, 再根据不同因子对预报量的影响程度赋予不同的权重, 得出无量纲的分值, 最后将这些分值累计起来作为预报量, 即气象指数, 有 4 种相关的技术处理。(1) “因子加权原则”: 通过相关性分析, 对气象指数贡献越大的因子, 其分值越大, 不可使用平均法, 否则无法体现权重大小。(2) “因子排它原则”: 有些气象因子对指数的敏感度大, 其它气象指数的影响必须在这种气象因子满足条件时才有意义, 这种情况下可以实行“一票 (或几票) 否决”的方法, 即这一种 (或几种) 气象因子如果不满足条件, 则立即得出结论, 不再考虑其它因子的作用。(3) 综合因子的作用: 被加权的气象因子自身就是一种预报量, 可以是几种气象要素的综合, 可先用统计回归方程计算出因子值后, 再作加权处理。(4) 考虑非气象因子 (如地区、季节) 的影响。如: 旅游气象指数的设计, 主要考虑天气现象、最高温度、旅游景点的季节性特色景观、人文景观等因子。通过相关性分析, 计算它们对气象指数贡献大小, 贡献越大的因子, 其分值越大。

3.3 经验模式法

这种方法是基于国内外已有的研究基础, 根据预报量的不同和本地特征, 进行必要的修正。如一些农业气象指数, 就是基于陕西省对农业气象研究的宝贵经验而得出的。相关技术处理: (1) 预报量的优化 (形成指数化); (2) 经验参数的修改; (3) 预报因子的优化。

3.4 历史资料反查法

有些事件与某一种气象要素的相关性很好, 即对这种气象要素具有很高的依从性, 则可以根据统计关系, 直接用这种气象要素值域的变化作为气象指数的级别。如: 经统计支气管哮喘发病气象指数, 与气温明显相关, 可以用气温的变化作为该气象指数的设计依据。

(1) 日平均气温 20~22℃时, 入院病人多, 许多患者会出现并发症, 准确率高达 87%。

(2) 平均气温小于 15℃时, 入院病人亦多,

患者发病的起因大多是由于天气较冷，自身免疫力降低而患感冒等上呼吸道感染性疾病导致哮喘病的复发。

(3) 春季 (3—5 月) 患者入院率较低，不易发病，哮喘指数准确率仅有 29%，但部分医学专家的门诊资料统计表明，哮喘病人的发病率也较高，这是由于在春季哮喘病人的病情复发大多是由于受花粉等过敏源的刺激，病情一般较轻，使用药物控制即可并不需要住院。

(4) 从病历资料上可以看出，哮喘发病在四季均有出现，但在夏季无患者住院，冬季仅有少量出现。这从另一个方面也说明了哮喘病的发作与气温的关系较为密切。

(5) 哮喘指数为 5 级时准确率较差，主要是由于样本资料少和重病病人的死亡受多种因素的影响，气象条件只是其中之一，而不起主导作用。

3.5 气象指数延伸法

根据已经研制出的气象指数的原理，延伸到其它领域，再进行适当修正，得出其它气象指数。如：游泳气象指数，就是根据人体舒适度指数的延伸，根据人体的热量平衡原理和其他气象因子的综合影响，得出游泳气象指数。

将人体舒适度的公式修正为：
$$p = (1.8t + 32) - 0.55 \times (1 - u/100) \times (1.8t - 26) - v$$

计算 14 时人体舒适度时， t 为 14 时 T_a (户外温度)， u 为 14 时相对湿度， v 为 14 时风速。

其中： $T_a = T + 3.2 - 0.07E/T - 0.21N$ (T 为 14 时百叶箱内干球温度； E 为 14 时水汽压； N 为云量，其中 $N = N_1 + N_2$ ， N_1 为 14 时低云量， N_2 为 14 时总云量减低云量乘系数 0.3，反映云对日照的反射)。这是一个统计方程。

计算 20 时人体舒适度时， t 为 20 时干球温度， u 为 20 时相对湿度， v 为 20 时风速。

对人体舒适度指数 p 值，加上降水对游泳的影响进行订正，得到

订正函数 $f(p) = \begin{cases} p-3, & \text{白天有大雨或夜间有暴雨} \\ p-6, & \text{白天有暴雨或夜间有大暴雨,} \\ p-9, & \text{白天有大暴雨} \end{cases}$
函数值 $f(p)$ 即为指数值。

3.6 概念模型法

通过实地调查并统计，得出某事件与气象条件的相关指标，根据这些指标，采用概念模型法制作气象指数。如道路施工气象指数就是采用概念模型法，在影响施工的气象因子中，以气温变化对道路施工的影响为主要指标，综合考虑降水和风力，将各气象要素指标化。

降水指标 (R): 有降水, $R=1$; 无降水, $R=0$ 。

5 级以上大风指标 (F): 有大风, $F=1$; 无大风, $F=0$ 。

气温指标 (T): $-5^{\circ}\text{C} > t$ (气温), $T=1$; $0^{\circ}\text{C} > t \geq -5^{\circ}\text{C}$, $T=2$; $5^{\circ}\text{C} > t \geq 0^{\circ}\text{C}$, $T=3$; $10^{\circ}\text{C} > t \geq 5^{\circ}\text{C}$, $T=4$; $15^{\circ}\text{C} > t \geq 10^{\circ}\text{C}$, $T=5$; $35^{\circ}\text{C} \geq t > 15^{\circ}\text{C}$, $T=6$; $t \geq 35^{\circ}\text{C}$, $T=7$ 。

根据上述指标，设计道路施工指数的概念模型 (图 1):

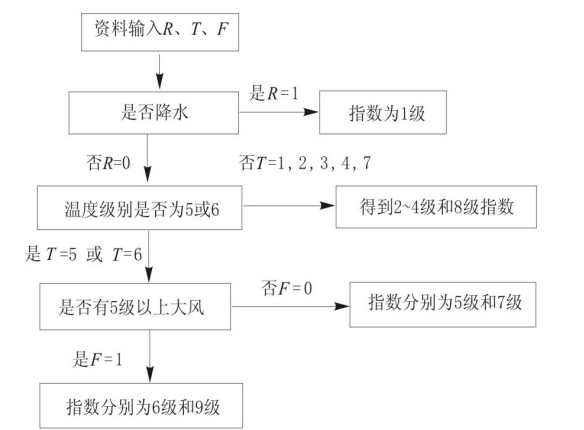


图 1 道路施工气象指数概念模型

4 环境气象指数等级的划分

为方便使用，将气象指数划分为不同的等级。采用统计学方法，或根据气象条件敏感度和依从性的大小划分等级^[3]，但最重要的是等级的划分要符合生活的实际情况，并在实践中加以修正，以更完善、更完整地体现出它的真实内涵。针对每个等级提出符合用户实际的建议和措施，文字生动简便。等级的划分一般采用 5 级，级别越高，对应该指数对生活或生产的影响越严重。

陕西省环境气象指数预报方法归纳为 6 种，

文章编号: 1006-4354 (2005) 05-0029-03

旬邑防雹效果的物理统计检验

贾 玲, 刘 芳

(陕西省人工影响天气办公室, 陕西西安 710014)

摘 要: 将回波顶高、回波强度和 40 dBZ 强回波顶高等三个雷达回波参数作为统计变量, 对旬邑 2002 年的 17 次防雹作业进行物理统计评估。经检验, 旬邑 2002 年防雹作业在 $\alpha=0.028$ 水平下效果显著, 作业效果为 53%。

关键词: 物理统计检验; 雷达回波参数

中图分类号: P482

文献标识码: B

物理统计检验是指选用与冰雹云或降雹密切相关的物理量作为防雹效果检验的统计量, 对防雹作业前后或作业区与对比区物理量的变化统计对比分析, 从而确定防雹效果。表征雹云和降雹特征的物理量包括雷达回波参数和冰雹参数等^[1]。旬邑位于陕西渭北旱塬西部, 是冰雹灾害多发区。1997 年, 陕西省人工影响天气办公室对布设在旬邑境内的 711 雷达进行了数字化改造, 每年的 5—9 月对旬邑及周边 120 km 覆盖范围内的冰雹天气跟踪观测, 在雷达回波定量指标识别冰雹云及指挥作业方面积累了经验。本文选取雷达动态回波参数为统计变量, 对旬邑冰雹天气相对频繁的 2002 年的防雹效果作物理统计评估。

1 选定回波参数

选取能够反映冰雹云生成、发展和降雹特征且相对独立的三个参数即回波顶高、回波强度和 40 dBZ 强回波顶高作为统计变量。回波顶高反映了云中上升气流的强度, 上升气流运动越强, 对流回波顶的高度越高, 地面出现降雹的可能性越

大; 回波强度是云中粒子尺度和数密度的反映; 强回波区在云体中的位置是判别冰雹云的重要指标, 强回波顶高越高, 天气就越强烈。综合上述 3 个参数的变化能够较准确反映冰雹云的变化。

2 估算时间界线

根据碘化银粒子随上升气流进入到 -12°C 层以上区域的时间, 以及在此区域冰晶的凝华碰并的时间估算, 从炮弹在云中爆炸到长成半径 5 mm 的冰雹约需 10~15 min^[1]。以此时间为界线, 选取作业后 10~15 min 内的回波参数作为作业后统计量。

3 回波参数的计算

3.1 回波参数的变化

2002 年, 旬邑境内共配备“37”高炮 15 门、WR-1B 型火箭发射装置 5 副用于防雹作业。根据雷达回波资料和防雹作业记录, 选取了 17 次防雹作业前后的回波参数作综合统计分析。17 次作业均满足以下 3 个条件: (1) 作业时间明确, (2) 作业前后雷达回波完整, (3) 作业前的雷达

收稿日期: 2005-04-28

作者简介: 贾 玲 (1971-), 女, 山东诸城人, 学士, 工程师, 从事人工影响天气工作。

已将具体计算方法和软件配发给各市气象局。环境气象指数等级的划分和相应的建议和措施, 可根据当地实际情况修改。

参考文献:

[1] 马鹤年. 气象服务学基础 [M]. 北京: 气象出版

社, 2001.

[2] 张书余. 城市环境气象预报技术 [M]. 北京: 气象出版社, 2002.

[3] 徐祥德, 汤绪. 城市化环境气象学引论 [M]. 北京: 气象出版社, 2002.