

团 体 标 准

T/ACEF XXXX—XXXX

区域大气环境承载力监测预警技术规范

Technical specification for monitoring and early warning of regional atmosphere
environmental carrying capacity

(征求意见稿)

在提交反馈意见时，请将您知道的相关专利连同支持性文件一并附上。

XXXX - XX - XX 发布

XXXX - XX - XX 实施

中华环保联合会 发布

目 次

前 言	II
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 监测预警程序设计	2
5 技术要求	3
5.1 指标体系构建	3
5.2 基准警情指标选取及警情指标分类	4
5.3 景气指数编制及计算	5
5.4 综合警情指数构建及计算	5
5.5 气信号灯及预警界限构建与预警	6

前 言

本文件按照GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由生态环境部环境规划院提出。

本文件由中华环保联合会归口。

本文件起草单位：生态环境部环境规划院、北京市生态环境监测中心。

本文件主要起草人：王建童、赵大地、李勃、卢亚灵、张鸿宇、蒋洪强、张立坤、邱昀。

大气环境承载力监测预警技术规范

1 适用范围

本文件规定了大气环境承载力监测预警的工作程序、评估内容、评估方法及技术要求，描述了档案记录的追溯方法。

本文件适用于大气环境承载力的短期监测预警工作。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

本文件没有需要界定的术语和定义。

HJ/T 416 环境信息术语

HJ 2.2 环境影响评价技术导则 大气环境

3 术语和定义

HJ/T 416界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

景气指数法 prosperity index

通过构建一系列指标来综合反映经济状况或特定行业状态的方法。它基于对多个经济变量的调查数据，通过对这些数据进行加权处理和统计分析，得出一个能够代表整体经济活动水平的数值。这个数值可以用来评估当前的经济状况，并预测未来的趋势。景气指数通常包括先行指标、同步指标和滞后指标，它们分别反映了未来经济变动的方向、当前经济状况以及过去一段时间内的经济表现。

3.2

扩散指数 diffusion index

评价和衡量景气指标的波动和变化状态，反映社会经济对环境的影响状态的指标，通常用该指标分析经济波动转折点的判断等质的方面的问题。

3.3

合成指数 composite index

将各敏感性指标的波动幅度综合起来（即多个指标的加权平均），表征社会经济指标的整体变化幅度，反映社会经济对环境的影响程度。

3.4

基准指标 bnchmark idicator

由于景气波动的传导和扩散不会同时发生，所以需要选择可反应当前环境承载状态的指标作为基准指标，如环境质量指标，并根据环境承载力警情指标随时间变动的先后顺序不同，将其划分为先行、一致、滞后指标。

3.5

先行指标 leading indicator

在环境承载力系统运行中，不同变量不是同时变动的，反映在指标上就是指标的变动存在时间上的先后顺序。先行指标是领先于环境承载情况变动的指标，是用来反映并监测环境承载力的当前态势。

3.6

一致指标 coincidence indicator

变动与环境承载情况变动一致的指标，用来反映并监测环境承载力景气变化的当前形势。

3.7

滞后指标 lagging indicator

变动落后于环境承载情况变动的指标，用来进行事后验证并作为修订前一轮决策的依据。

3.8

综合警情指数 Composite Warning Index

环境承载力监测预警指标体系中每一个指标只能反映环境承载力某一方面所面临的风险，而要进行全面预警必须构建综合警情指数。

4 监测预警程序设计

环境承载力监测预警程序主要包括：指标体系构建、基准指标选取、警情指标分类、景气指数计算及分析、综合警情指数构建及计算、景气信号灯系统构建及预警等六个步骤，评估程序见图1。



图 1 工作程序

5 技术要求

5.1 指标体系构建

5.1.1 指标选取原则

(1) 相关性原则

选取的指标应能反映社会经济对环境的压力指标。

(2) 协调性原则

所选指标的变动应与环境承载情况的总体变动之间存在协调性。

(3) 可靠性原则

应选取与环境承载情况灵敏度且可靠度高的指标。

(4) 代表性原则

应选取代表性强的指标表征不同环境承载力分量，避免发生指标重复设置的现象。

(5) 稳定性原则

应选取在合理范围内变化的指标，减少数据统计的不稳定性。

(6) 及时性原则

应选取环境监测系统对外公布及时的指标，增强预警工作的时效性。

5.1.2 指标体系构建

大气环境承载力检测预警指标体系宜从以下指标中选取。

表 1 大气环境承载力监测预警指标体系

指标类别	指标名称	指标单位
经济规模	国内生产总值	亿元/年
人口规模	总人口	万人/年
产业结构	第一产业占比	%
	第二产业占比	%
	第三产业占比	%
能源消耗	能源总消耗量	万吨标煤/年
	万元 GDP 能耗	吨/万元
	发电量	亿千瓦时/年
农业化学使用	农药使用量	吨/年
	化肥施用量	万吨/年
机动车规模	私人机动车拥有量	万辆/年
大气污染排放	工业废气排放总量	亿标立方米/年
	SO ₂ 排放量	万吨/年

	工业 SO ₂ 排放量	万吨/年
	生活 SO ₂ 排放量	万吨/年
	烟（粉）尘排放量	万吨/年
	工业烟（粉）尘排放量	万吨/年
	生活烟（粉）尘排放量	万吨/年
舆情反馈	搜索指数	次/年

5.1.3 数据收集

应选取逐年数据进行研究,并且为了能够有效体现数据的波动特征,建议选取十年以上的研究年份,便于观察数据的波动情况。数据来源可参考《中国/地区统计年鉴》、《中国环境统计年报》、《国民经济和社会发展统计公报》和国家/地区统计局网站数据。

推荐数据收集方式,经济规模数据、人口规模、产业结构数据、能源消耗数据、农业化学使用和机动车数据来自《中国/地区统计年鉴》,大气污染排放数据来自《中国环境统计年报》、地方环境质量公报和环境统计数据,舆情数据来自百度指数。

5.1.4 数据标准化

由于我国现阶段经济发展速度较快,且环境政策影响较大,导致社会经济发展数据的大部分指标在逐年增长,资源、能源消耗及环境污染等指标逐年减少,无法体现经济周期的波动性,所以将采用“同比增长率循环法”作为无量纲归一化方法,得到相应的警情指标,公式如下:

$$X_t^i = \frac{P_t^i - P_{t-1}^i}{P_{t-1}^i} \quad (i = 1, 2, \dots, k \quad t = 1, 2, \dots, n) \quad \dots\dots\dots(1)$$

式中:

t----某一时刻

i----某一项指标

X_t^i ----某一时刻某项的警情指标

P_t^i ----本年对应的压力指标值

P_{t-1}^i ----上一年对应的压力指标值

5.2 基准警情指标选取及警情指标分类

结合环境承载力概念内涵,选取能表征环境承载状态的指标(表1)作为基准指标,采用时差相关分析法计算警情指标的时差相关性系数,指示不同环境承载力警情指标的景气波动传导和扩散随时间变动的先后顺序不同,以此判断各指标相对于环境承载周期基准循环的时序特征。

将基准警情指标 Y_i 以及待分析时差相关性的警情指标 X_j 依次添加,以时差相关性系数最高项来确定延迟数,进而确定各指标与基准指标在时间序列上的先行、一致和滞后关系。按公式(2)计算时差相关性系数 r_j 。若 r_j 在 $j=0$ 时最大,说明指标 X_j 是 Y_i 的一致指标;若 r_j 在 j 为负值时最大,说明 X_j 是 Y_i 的先行指标;若 r_j 在 j 为正值时最大,说明 X_j 是 Y_i 的滞后指标。

$$r_j = \frac{\sum_{i=1}^{N_i} (X_t^{ij} - \bar{x})(Y_t^{ij} - \bar{y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^{N_i} (X_t^{ij} - \bar{x}) \sum_{i=1}^{N_i} (Y_t^{ij} - \bar{y})}} \quad \dots\dots\dots(2)$$

式中:

r_j ----时差相关性系数,其最大值时的 j 值即为延迟数;

t----为某一时刻;

Y_i ----基准警情指标;

j ----延迟数,是指标移动的时长,正数为后移,负数为前移,零为不移动。

5.3 景气指数编制及计算

景气指数综合反映社会经济所处的状态或发展趋势的一种指标，可分为扩散指数（DI）和合成指数（CI）两种。扩散指数是在对各个经济指标循环波动进行测定的基础上，所得到的扩张变量在一定时点上的加权百分比，取值在0到1之间。当扩散指数大于50，说明半数以上警情指标处于景气状态，经济压力对环境造成的压力在增大；当扩散指数小于50，说明半数以上警情指标处于不景气状态，经济对于环境造成的压力在变小。而当合成指数上升，说明社会经济对环境的影响过热，环境污染物有增加的可能，反之亦然。合成指数在预警中起到和扩散指数相似的作用。

5.3.1 扩散指数计算

扩散指数是扩散指标与半扩散指标之和占指标总数的加权百分比，即时序变化为“增长”的变量数占总数的比例，计算公式如下：

$$DI_t = \frac{\sum_{i=1}^N I(X_t^i \geq X_{t-1}^i)}{N} \times 100 \quad \dots\dots\dots(3)$$

式中：

DI_t ——扩散指数；

X_t^i ——第 i 个变量在 t 时刻的波动值；

N ——变量总数；

I ——符合条件的变量数；

5.3.2 合成指数计算

合成指数计算步骤如下：

(1) 需要根据指标原时间序列求出单个指标的对称变化率 $C_t^i(t)$ 以及相应的循环波动相对数时间序列：

$$C_t^i = X_t^i - X_{t-1}^i \quad \dots\dots\dots(4)$$

(2) 求该序列的标准化因子 A_i ：

$$A_i = \sum \frac{|C_t^i|}{n-1} \quad \dots\dots\dots(5)$$

(3) 用 A_i 将 C_t^i 标准化，得到标准化变化率为 S_t^i ：

$$S_t^i = \frac{C_t^i}{A_i} \quad \dots\dots\dots(6)$$

(4) 计算平均变化率 R_t ：

$$R_t = \frac{\sum S_t^i W_i}{\sum W_i} \quad \dots\dots\dots(7)$$

式中：

W_i ——第 i 项指标的权重，由各指标的时差相关性系数决定，即令 $W_i = R_j$ 。

(5) 计算初始合成指数 $I(t)$

将环境承载率为 100% 的年份设置为基准年。

令 $I(1)=100$ ，则：

$$I(t) = I(t-1) \times \frac{200 + R_t}{200 - R_t} \quad \dots\dots\dots(8)$$

(6) 计算最终合成指数 $CI(t)$

$$CI(t) = 100 \times \frac{I(t)}{I(0)} \quad \dots\dots\dots(9)$$

式中：

$I(0)$ ——基准年限初识合成指数的平均值。

5.4 综合警情指数构建及计算

选择对环境承载力景气循环的预警效果较好的先行指标，作为关键指标构建综合警情指数，并采用熵权法确定各关键指标的权重，计算得到综合警情指数。

关键指标归一化计算公式如下：

$$X_t^i = \frac{P_t - P_{min}}{P_{max} - P_{min}} \quad \dots\dots\dots (10)$$

式中：

X_t^i ——某一时刻某项关键指标

P_t ——本年对应指标值

P_{max} ——表示所研究时序内的指标最大值

P_{min} ——表示所研究时序内的指标最小值

根据变异性的确定客观权重，信息熵计算公式见公式（11）：

$$E_i = - \ln(n)^{-1} \sum_{t=1}^n p_t^i \ln p_t^i \quad \dots\dots\dots (11)$$

式中， $p_t^i = \frac{X_t^i}{\sum_{t=1}^n X_t^i}$ ， X_t^i 为关键指标归一化后的值。

各关键指标的权重如下：

$$W_i = \frac{1 - E_i}{k - \sum E_i} \quad \dots\dots\dots (12)$$

5.5 气信号灯及预警界限构建与预警

根据正态分布原理采用 3σ 法，并选取1倍标准差作为警限的划分标准，将综合警情指数值进行划分。采用交通信号灯方法对不同的承载情况进行预警结果输出，以此判断未来环境承载力发展趋势。其中“深蓝”、“浅蓝”、“绿”、“黄”、“橙”、“红”等六种颜色分别代表整个承载状况中“过弱载”、“弱载”、“适载”、“弱超载”、“较强超载”“强超载”等六种情形，选定▲代表深蓝灯，△代表浅蓝灯，□代表绿灯，■代表黄灯，○代表橙灯，●代表红灯。

表2 景气信号灯及预警界限

信号灯	符号	范围	含义
深蓝灯	▲	$<\bar{x}-2\sigma$	表明社会经济发展对环境造成的压力较小，环境承载力利用不足，未来可能面临经济社会发展速度过慢的问题，这时应优先鼓励经济发展，暂时无需担心环境问题。
浅蓝灯	△	$(\bar{x}-2\sigma, \bar{x}-\sigma)$	表明环境承载力在承载目前社会经济规模下，还有较大结余，也说明经济增速正在放缓，未来需要警惕可能出现的经济增速过缓的情况。
绿灯	□	$(\bar{x}-\sigma, \bar{x}]$	表明目前的经济社会规模匹配环境承载力，环境承载力在负担当前经济社会规模下还有少量结余，经济社会环境协调发展。
黄灯	■	$(\bar{x}, \bar{x}+\sigma)$	表明社会经济发展对环境造成的压力较大，需要警惕经济社会进一步发展会导致的超载状况，应加大环境保护力度，控制经济发展速度。
橙灯	○	$(\bar{x}+\sigma, \bar{x}+2\sigma)$	表明社会经济发展对环境造成的压力很大，经济社会过快发展，已经超出了环境能承受的范围，各种环境问题开始出现，这时必须限制经济发展，采取有效措施减轻环境压力。
红灯	●	$>\bar{x}+2\sigma$	表明环境承载力系统已处于严重超载状态，应采取紧急预警措施，防治环境状况出现不可逆转的恶化。

参 考 文 献

[1] 蒋洪强, 刘年磊, 卢亚灵, 等. 环境承载力评估监测预警的理论方法与实证研究[M]. 中国环境出版集团, 2019.
