

环境安全监测预警系统研究^{*}

雷 鸣

(天津社会科学院, 天津 300191)

摘 要: 环境安全已成为今后全球关注的重大问题。国内外学者们已对这个问题进行了广泛、深入的探讨, 并取得了相当丰富的成果。但是, 该领域的研究成果仍大都属于定性研究, 经验性研究和定量分析尚显薄弱。所以, 针对中国转型时期的历史特点, 在对环境安全进行论述的基础上, 建立了环境安全监测预警指标体系, 并通过对环境安全管理系统的设计后, 提出了环境安全监测预警系统的构建方法。

关键词: 环境安全; 预警系统; 预控对策

中图分类号: X83

文献标识码: A

Study on Pre-alarm System of Environmental Safety

LEI Ming

(Tianjin Academy of Social Sciences, Tianjin 300191, China)

Abstract: Environmental safety is a global issue that needs to be addressed. Many researchers conducted wide and in-depth investigations about this issue and made great achievements. However, all these investigations are the qualitative analyses. The experiential research and quantitative analyses are lack. Therefore, according to the historical features of climacteric in China and the situation of environmental safety, a review of environmental safety is firstly made, then an index of detection system of environmental safety is constructed. Finally, the methods of constructing the detection system of environmental safety were provided after designing the system of management.

Key words: environmental safety; pre-alarm system; pre-alarm strategy

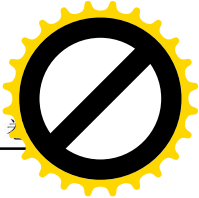
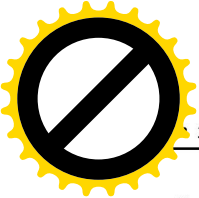
1 环境安全概念的提出

环境安全是环境领域与安全领域交叉产生的新概念, 是国家安全、国际安全的组成部分, 是近 10 a 来发展起来的一门新兴科学, 也有人称之为绿色安全或生态安全。一般来说, 环境安全指人类赖以生存发展的生态环境处于一种不受污染和破坏的安全状态。对环境安全的理解包括两个方面: 一是免于因环境恶化而造成对人类生存的威胁; 二是免于因环境争端或冲突而形成对国家关系或群际关系的威胁。

随着工业化的发展和人类生产规模和消费规模的日益扩大, 环境安全问题从最初的反映在劳动等生产技术领域进一步扩大到人类生活环境和生态环境领域。美国著名的环境专家 Lester R Brown 于 1977 年发表《重新定义国家安全》报告, 最早在理论上将环境问题纳入国家安全概念和国际政治范畴, 并提出应重新界定国家安全的范围^[1]。20 世纪 80 年代, 有为数不多的学者对环境安全进行研究: 1983 年, 理查德·乌尔曼认为, “人口的增长伴随的对资源的竞争和跨界移民问题会产生严重的冲突”^[2]。1986 年, 若曼·迈尔斯明确地提出, 安全思维应该把环境问题整合进来。他认为, 环境的退化会引起暴力的冲突: “如果一个国家的环境基础被耗尽, 它的经济将会衰退, 它的社会结构将会恶化, 它的政治结构将变得不稳定。最终的结果将非常可能是冲突……”^[3]。1987 年, 世界环境与发展委员会出版的《我们

^{*} 收稿日期: 2007-04-25

作者简介: 雷鸣 (1958-), 男, 贵州六盘水人, 副研究员, 硕士, 主要从事经济社会预测、预警、评估等方面的研究。联系电话: (022) 23075368。



共同的未来》中提出“和平、安全、发展和环境”^[4],对环境安全问题做了比较全面的介绍。1988年,联合国环境规划署针对造成严重危害的环境污染事故提出了“地区级紧急事故的意识 and 准备”,即“阿佩尔(Apell)计划”,此计划首次正式提出“环境安全”这一概念。1992年,联合国环境与发展委员会通过的“21世纪议程”明确地将环境保护与环境问题紧密联系起来,使世界各国开始重视环境安全问题。美国国防部于1993年成立了“环境安全办公室”,并自1995年起每年向总统和国会提交关于环境安全的年度报告^[5]。1996年7月16日,江泽民在“第四次全国环境保护会议上的讲话”^[6]已将环境安全作为环境保护工作的一个目标,将环境安全与国家、民族的利益联系起来。2000年,国务院制定的“全国生态环境保护纲要”强调,生态保护必须“以实施可持续发展战略和促进经济增长方式转变为中心,以改善生态环境质量和维护国家生态环境安全为目标”。国家环保总局在“全国环境保护工作(1998—2002年)纲要”中提出了“保障国家环境安全问题”。目前,国家环境安全问题研究正在不断深入,特别是针对一国的环境安全态势进行监测预警是目前研究的重点之一。

2 国内外环境安全监测预警研究现状

2.1 国内研究现状

随着对环境的重视,国内很多学者对环境安全的监测预警指标体系也开展了一些研究。该研究还主要体现在生态安全评价体系的研究以及一些单项环境要素安全评价的研究上。

2001年6月,吴豪等在关于建立长江流域生态安全体系的初步探讨中提出了关于生态安全体系的基本构架,在该文中,他们只是建立了生态安全体系的基本构架及初步的构想,并没有提出具体的监测预警指标与预警方法。2002年,吴国庆提出了生态安全评价指标体系,该体系以资源和生态环境为中心,考虑到生态安全的动态过程性特点,根据指标选择的科学性、系统性和可操作性等原则,按照压力状态响应的关系,把资源生态安全评价体系分为资源生态环境压力、资源生态环境质量、资源生态环境保护整治及建设能力3个一级指标。2002年,左伟等提出了区域生态系统安全评价指标,按照状态压力响应的关系,该体系将准则层分为生态环境系统状态、人文社会压力、环境污染压力和人文社会响应,共采用27个具体指数来对资源、生态、环境污染等方面的状态、压力、响应进行了定量的描述。2002年,杨京平在其著作《生态安全的系统分析》中建立了一套生态环境安全评价指标体系,从环境安全指标、生物安全性指标、生态系统安全指标3个方面对生态环境安全进行评价。2002年,贾绍凤在区域水资源压力指数与水资源安全评价指标体系中提出了一套区域水资源安全评价指标体系,该水资源安全评价指标体系从水资源社会安全、经济安全、生态安全和综合评价等几方面内容来进行评价。

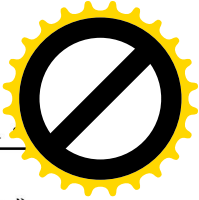
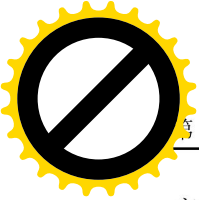
从国家层面上,还没有从国家环境安全的角度对环境污染、生态破坏、生物入侵、危险化学品等环境隐患给予重视。因此,迫切需要对适合中国国情的环境安全进行理论研究,建立国家环境安全的评价、预测和预警系统,制定相关的国家环境安全政策。目前还没有系统地开展环境安全的研究项目。在我国,环境安全的许多理论问题、评估指标和方法、风险预测和安全预警等方面的研究都还是空白。王韩民等人于2000年完成了《国家生态安全战略研究报告》,但该研究主要集中在生态环境安全方面,也没有对环境安全评估、预测和预警等系统进行研究。

2.2 国外研究现状

国外很多学者对环境安全也进行了深入的研究。其中美国 Woodrow Wilson 中心每年都会出一份《环境变化和安全项目报告》,对世界各个国家的环境安全状况予以关注。对于例如全球变化、温室效应、臭氧层破坏等全球性环境变化造成的国际环境安全问题,也越来越被专家学者所关注。

在预警指标体系的研究上,国外学者也做了大量的研究工作。Virginia Dale 等人在战略环境研究与发展项目的环境管理计划中,对生态变化指标做了简要的阐述。文中指出,指标体系的确立需要包含5个步骤:(1)通过分析环境变化的历史趋势来确定潜在的指标;(2)收集与指标相关的数据;(3)通过实验来检查对这些指标干扰程度的大小;(4)分析最终指标的准确性、有效性和可操作性;(5)发展和实施技术转变计划。

国外对生态风险的研究主要集中于基因工程生物的生态风险、化学物质的施用对农业生态系统健



康以及生态风险影响的微观方面,研究尺度多集中在个体和种群上,而对自然灾害、人类活动的风险或安全问题研究很少。现在的研究重点应放在生态系统对环境干扰的敏感度以及对环境安全监测预警方面。

3 环境安全监测预警指标体系的构成

对一国环境安全态势进行监测预警,首先需要有一套符合该国国情的环境安全态势评价指标体系,通过应用这一指标体系的综合分析来正确评价、判断该国环境安全的状态与趋势。而环境安全指标体系涉及到人口、资源、经济、社会等各个方面,每一方面都涉及到众多因素和变量,所以它不仅是一个内在关系极其复杂的现实系统,也是一个理论含量十分丰富的逻辑体系。要针对环境安全这个复杂系统建立评价指标体系,还应当遵循以下指标遴选原则。

3.1 指标遴选原则

3.1.1 兼顾指标的完备性和精炼性的原则

完备性就是要求内容要全面。环境安全是内容相当广泛的概念,其指标会涉及社会的方方面面,因此在指标选择上不应遗漏重要方面。但是,我们不能单纯通过增加指标的数量来实现指标体系的完备性,如果指标数量过多,则会加大运行成本,降低运行效率,甚至无法操作。因此,还必须遵循精炼性原则。精炼性就是要求指标要少而精,尽量选择那些最具有代表性的指标,以便于操作与管理,达到运作快、成本低,便于全国统一类比的目的。但是指标数量过少,则不利于检查问题所在,从而减弱指标体系的分析功能。

3.1.2 兼顾指标的科学与可行性的原则

科学性就是选择的指标要能够科学地反映认识对象。环境安全是一个十分复杂的逻辑体系,需要一系列具有科学性的指标才能揭示其性质、特点、关系和运动过程的内在规律。但是,实践经验告诉我们,有些理论上科学的指标在实践中无法采集或无法计算,难以操作。可行性原则要求我们在选择指标时要充分考虑资料来源以及指标的计算方法等可操作性问题。但是,我们也不能片面追求可行性而损害指标体系的科学性,造成指标体系理论上的过多破绽甚至重大残缺。

3.1.3 兼顾静态性指标与动态性指标的原则

静态性指标是反映事物的现有规模和发展水平的指标,动态性指标是反映事物的发展方向、发展速度和变化趋势的指标。由于本指标体系的目的不仅仅是为了评估环境安全的现状,更重要的是为了对环境安全的未来状况进行预警,因此,指标体系应做到动静结合。

3.1.4 兼顾客观性指标和主观性指标的原则

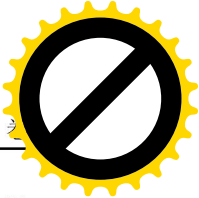
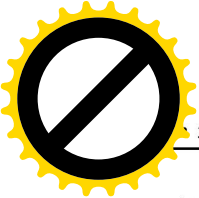
主观性指标是与客观性指标相对而言的,它是用来反映人们的主观感受,反映人们对环境的直接体验和人们对环境质量的主观评价的,因此也称为感觉性指标。它通过对人们的心理状态、情绪、意愿、满意度等进行测量而获得。研究证明,客观性指标与主观性指标两者常发生不一致的情况:客观的肯定性指标的上升(如收入水平的提高)并不等于人们满意程度的提高。一方面,在相同的客观指标下往往会掩盖着不同的主观态度;另一方面,在不相同的客观指标下也会掩盖相同的主观态度。所以,一些复杂的现象需要靠主观指标来说明。

3.1.5 兼顾国际标准和国情原则

国际标准是国际上(主要是指西方社会)通用的一些反映环境安全的指标。在全球一体化的大趋势下,我们在指标的选择上应当尽可能地与国际接轨。但是 we 和西方社会在政治制度、经济发展水平和文化传统诸方面都存在很大差异,其中有些指标并不能准确说明我国的问题,或者在我国是难以计算的。因此,应当根据我国的国情加以灵活变通。

3.2 指标体系的构成

指标选择是建构指标体系的关键步骤,它将直接影响到评估的科学性。我们采用的基本方法是:根据定性分析,首先构造一个预选指标集,然后,对预选指标的鉴别力、隶属度等数量特性进行统计分析,同时,对指标做因子分析。在此基础上,筛选出可比性好、代表性强的指标。被选指标的标准是:一是



必须具有较高的灵敏度,要求指标值的细微变化就能敏感地反映环境安全因素的变化;二是要求指标可操作性强;三是要求所选择和确定的指标对环境安全因素的变化情况能够迅速反应,及时报警,具有极强的时效性和预警性;四是环境安全监测预警系统的指标要逻辑性强,各个指标相互联系、相互依存和相互补充,客观、全面地反映环境安全的变化情况。

通过筛选,我们建立的环境安全监测预警指标体系由 5 个子块 27 个指标构成。5 个子块包括环境资源利用指数、环境污染指数、环境治理指数、环境保护指数、环境与社会经济协调性指数。27 个三级指标的构成如下。

3.2.1 环境资源利用指数(A)

包括: A_1 单位产品耗水量降低(或提高)率、 A_2 单位产品耗能量降低(或提高)率、 A_3 工业水循环率、 A_4 固体废弃物利用率、 A_5 原材料综合利用率。

3.2.2 环境污染指数(B)

包括: B_1 废气排放总量、 B_2 废水排放总量、 B_3 固体废弃物产生量、 B_4 市区平均噪声、 B_5 污染造成的事故率、 B_6 环境污染成本、 B_7 植物中污染物的含量。

3.2.3 环境治理指数(C)

包括: C_1 废水处理率、 C_2 废气处理率、 C_3 消烟除尘率、 C_4 固体废弃物处理率。

3.2.4 环境保护指数(D)

包括: D_1 环保设施设备数、 D_2 环保投资占 GDP 比重、 D_3 环保投资增长率、 D_4 每万人拥有环保人员数、 D_5 三废综合利用产品产值增长率。

3.2.5 环境与社会经济协调性指数(E)

包括: E_1 公众对环境质量的满意度、 E_2 人口密度、 E_3 人均水资源、 E_4 GDP 增长率、 E_5 人口自然增长率、 E_6 环境综合指数。

4 环境安全监测预警管理系统的设计

我们设想的环境安全监测预警管理系统是由以下 6 个子系统构成的。

4.1 指标管理系统

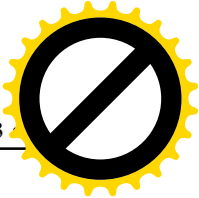
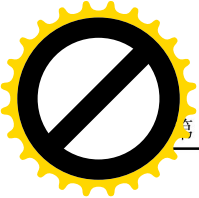
指标管理系统分为两个层面的内容:一是指标体系的建立。应该确定进入环境安全监测预警系统的指标体系。这套指标体系是依据一系列科学方法,经过专家严密论证选择出来的反映环境安全状况的一套敏感指标。通过这套指标,可以对环境状况进行监测和预警。二是指标体系的维护。指标体系中的每一个指标及其权重都不是永久不变的。随着社会发展所处的不同阶段和当时社会形势的变化,随着人们对环境安全的认识和预警研究的深化,已经建成的指标体系也要与时俱进,进行深度开发和修正完善,即对指标的数量、内容及其权重进行适当的修正,必要时甚至会对指标体系的结构进行调整。

4.2 信息管理系统

信息管理系统也有两个层面的工作要做。一是建立信息采集系统。在环境安全监测预警指标体系中,有相当一部分由于种种原因并不能够从公布的统计报表中获得,有些甚至还难以通过现行统计体制采集。因此,必须围绕该指标体系的内容建立起能够满足该指标体系需要的专门信息采集渠道,形成自己专用的、畅通的、可靠的信息采集系统。二是信息初加工系统。环境安全预警指标体系中的指标,有相当一部分是由原始指标合成的复合指标,而指标的合成工作,必须由对数据信息具有甄别和计算能力的专业人员进行。

4.3 数据管理系统

环境安全的监测预警体系必须依靠具体数据的充实才能发挥作用,但是该指标体系所需要的现实数据量和历史数据量是非常庞大的,所以必须建立依靠计算机辅助管理的数据管理系统。这个系统由数据库和计算模块构成。数据库的任务是完成数据的录入、分类、汇总、储存和更新。计算模块由变量选择模块、变量权重模块、变量评价模块和变量预测模块 4 个子模块组成。主要任务是代替人脑完成大量的和复杂的数据计算工作。



4.4 专家分析系统

计算机不能完全代替人脑的工作,尤其对于各级指标警限和随机出现的各种警情的判定,这都需要各方面的专家来进行分析。因此,必须建立专家库,充分利用专家的主观判断,通过信息沟通和反馈,达到人一机智能化互动,使预测意见逼近实际情况。进入专家系统的人员应当是预警指标所涉及知识领域的资深研究人员和富于实际工作经验的政府工作人员,其数量和知识结构应以能够覆盖整个预警指标体系所涉及的知识范围为原则。

4.5 警情演示系统

警情演示系统是利用计算机建立的人—机智能互动的警报信号输出系统。其具体形式是通过一组类似于交通管制信号红、黄、绿灯的标志作为预警信号,将数据管理系统的计算结果和专家系统的分析结果直观地在电脑屏幕上反映出来。例如,可参照经济监测预警的做法:“绿色”表示无警,“蓝色”表示轻警,“黄色”表示中警,“橙色”表示重警,“红色”表示巨警等等。

预警演示系统具有评估和预测两个功能。前者是根据对环境安全的现实状况做出的评估,发出不同的报警信号;后者是根据专家们的预测,模拟环境未来的变化,发出不同的预测性报警信号。领导者可以据此来判断和预测环境安全的态势,做出相应决策。

4.6 预控对策系统

预控对策系统是与专家分析系统相连接,为用户(决策者)提供应对环境危机的应急性、思路性、提示性建议的人—机智能互动系统。主要由两部分组成:第一部分是储存、积累于电脑中的应对各种危机的常规案例库,它可以根据警情的性质和类别自动调出若干相应对策。第二部分是应对非常规警情的专家咨询系统,它与上述专家分析系统形成接口,通过互联网即时咨询来完成。完成后的咨询意见,将自动存储于电脑中的预警预控对策案例库中,以备日后调用。

5 环境安全监测预警系统的构建

5.1 环境安全监测预警系统评价模型的建立

在环境安全监测预警的指标体系确立之后,对各指标值的观测结果进行评价并在此基础上确定警度是一项关键性的工作。评价按指标、子块和整个体系三个层次分别进行,该系统共分5个子块27个指标。由于系统中各个指标的计量单位不同,指标中既有正指标,又有逆指标,所以必须对原始指标数据进行无量纲代换。我们通过对环境安全指标数据的分析,决定用极差变换模型对指标数据进行无量纲处理,具体做法是:

1. 对越大越好的指标(正指标),取某期间(例如1985年到2006年中)数值最大者为1分,最小者为0分。

$$X_{ij}' = (X_{ij} - X_{j\min}) / (X_{j\max} - X_{j\min})$$

2. 对越小越好的指标(逆指标),取某期间(例如1985年到2006年中)数值最小者为1分,最大者为0分。

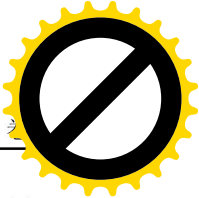
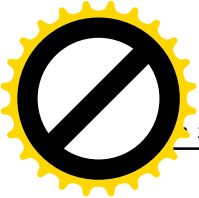
$$X_{ij}' = (X_{j\max} - X_{ij}) / (X_{j\max} - X_{j\min})$$

式中: X_{ij}' —变换后的数据; X_{ij} —原始数据; $X_{j\max}$ —第 j 变量原始数据的最大值; $X_{j\min}$ —第 j 变量原始数据的最小值。变换后的数据有了统一的量纲,其最大值为1,最小值为0,所有数据变化在0~1之间。变换前后两两变量之间的相关程度不变,其几何意义相当于把坐标原点移至最小值位置。

对主观指标,我们采用中值模型。例如,问卷调查的结果为如下情况:选择答案a、b、c、d、e的人数比重分别为A、B、C、D、E,则可建立如下公式:

$$Y = 0.1A + 0.3B + 0.5C + 0.7D + 0.9E$$

其中, Y 为指标评价值,0.1、0.3、0.5、0.7、0.9依次分别是5个警度的中值,因此上式称为“中值模型”。



环境安全监测预警系统警度的界定是：警度在 0~0.2 之间时，环境安全很差；在 0.2~0.4 时，环境安全较差；0.4~0.6 时，环境安全一般；0.6~0.8 时，环境安全较好；0.8~1.0 时，环境安全很好。

各项指标均评价完毕之后，即可开始进行子块评价，进而对指标体系进行综合评价。对子块的评价实际上就是对其所属指标评价的综合，而对指标体系的综合评价则是对子块评价的综合。综合可采用加权平均的方法进行，权数可用德尔菲法和层次分析法来确定，并根据有关指标与安全因素变动的相关分析的结果（相关系数 R ）进行调整修正。

5.2 环境安全监测预警信号处理系统的设计

为了使预警更加便捷，首先需要设置一个信号处理系统，在把各指标变化的信号输入其中后，它可以通过预定的程度对信号进行加工处理，再把我们所需要的关于系统警度的信息输送出来。它的基本工作模式如图 1 所示。

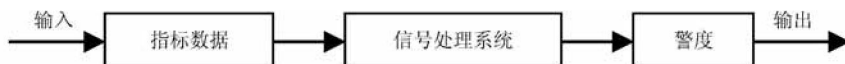


图 1 环境安全监测预警信号处理系统工作模式

在预警系统使用过程中，我们除了需要它报出总的预警结果，有时还需要了解一些中间结果，即子块的警度，以便更细致、准确地查找问题的原因。因此，还需要建立子块的警度信号输送系统，如图 2 所示。

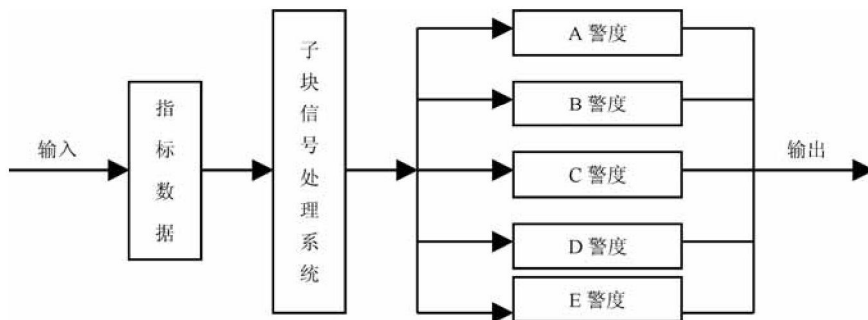


图 2 子块的警度信号输送系统

为了使警度能以信号的形式显示，可以给警度的 5 个级别分别配以 5 种颜色的警铃声。按 5 种颜色依次地分出 5 个灯区，即绿灯区、蓝灯区、黄灯区、橙灯区、红灯区，分别对应于很安全、较安全、一般、较危险和很危险 5 个警度。当警度在 0.8~1.0 之间时，绿灯亮，警铃长鸣一声，表示很安全；当警度在 0.6~0.8 之间时，蓝灯亮，警铃长鸣两声，表示较安全；依次当红灯亮时警铃长鸣五声，表示很危险。当综合评价由低向高跨越警度区临界点时，系统发出对应长度的警铃声作为警报。最后，我们可以初步设计出整个环境安全监测预警系统的计算机程序框图，用 Delphi 语言编制环境安全监测预警系统的程序。

6 结束语

环境问题是当前社会非常关注的问题，本文在建立了环境安全监测预警指标体系的基础上，提出了环境安全监测预警系统的构建方法。因为我国目前环境统计方面的工作比较薄弱，收集指标数据是一个难点，所以用本文所建立的环境安全监测预警系统进行实际测量和应用还有待于进一步研究。

参考文献：

- [1] Lester R Brown. Redefining National Security[J]. *World Watch Paper*, 1977, 14: 40-41.
- [2] R Ullman. Redefining Security[J]. *International Security*, 1983, 8 (1): 142.
- [3] Norman Myers. The Environment Dimension to Security Issues[J]. *The Environmentalist*, 1992, 16 (4): 251.
- [4] 世界环境与发展委员会. 我们共同的未来 (中译本) [M]. 长春: 吉林人民出版社, 1997: 51.
- [5] 麦克迈尔. 危险的地球[M]. 王晓红译. 南京: 江苏人民出版社, 2000: 36.
- [6] 国家环境保护局. 第四次全国环境保护会议文集[M]. 北京: 中国环境科学出版社, 1996: 3.