

# 投影寻踪技术在突发事件风险分类评级中的应用<sup>\*</sup>

## ——以广东省雷电灾害风险评价为例

汪志红<sup>1,2</sup>, 王斌会<sup>2</sup>

(1. 广东金融学院 计算机科学与技术系, 广东 广州, 510521;  
2. 暨南大学 统计系, 广东 广州 510632)

**摘要:** 针对目前突发事件风险等级评价半定量化、等级的分辨率较粗糙的不足, 使用投影寻踪、遗传算法和模拟技术建立了突发事件风险分类评级过程, 该评价过程体现了较强的客观性以及等级连续性的特点。运用该评价过程建立了广东省雷电灾害风险评价模型, 对广东省雷电灾害进行实证研究。结果显示, 风险评价结果与实际情况具有很强的一致性, 体现了该风险评价过程的合理性。

**关键词:** 风险等级; 评价; 投影寻踪; 遗传算法; 模拟技术; 雷电灾害; 广东

**中图分类号:** X928.03    **文献标志码:** A    **文章编号:** 1000-811X (2011)03-0078-05

## 0 引言

突发事件风险评价的指标体系中往往会出现各单项指标不兼容的情况, 直接利用指标评价标准进行评价可能会缺少一定的实用性, 后期的灰色关联、灰色聚类、模糊综合评价等方法的计算结果往往是一些离散的评价等级, 是半定量化的, 等级的分辨率较粗糙。而实际上, 突发事件风险评价指标值一般应该是连续的, 并且对于以上的一些风险评价方法, 很多情况下都缺少一些必要的检验手段来验证该模型是否合理。针对目前常规突发事件风险评价方法形式化、数学化等局限性, 对某些高维、非线性、非正态风险问题的适应能力不强的不足之处。我们可以利用近30年国际统计界提出的一种直接由样本数据驱动的探索性数据分析方法——投影寻踪(Projection Pursuit, PP)方法来解决这种问题。本文将运用这种人工智能方法和模拟技术对突发事件风险进行分类评级研究, 建立广东省雷电灾害分类评级模型, 并运用该模型进行了实证分析, 取得了较好的评价效果。

## 1 投影寻踪与遗传算法技术介绍

投影寻踪是处理和分析高维数据的一类新兴

的统计方法, 1974年, 美国斯坦福大学的 Friedman 和 Tukey 首次将该方法命名为 Projection Pursuit, 即投影寻踪。该方法的基本思想是将高维数据投影到低维(1~3维)子空间上, 寻找出反映原高维数据的结构或特征的投影, 使得投影后的数据可以很好的进行分类或预测, 且信息损失最小, 以达到研究和分析高维数据的目的<sup>[1]</sup>。

设  $X = (x_1, x_2, \dots, x_n)$  是  $n$  个  $p$  维向量, 投影寻踪方法就是将  $p$  维数据  $x(i, j)$  综合成以  $r = (r(1), r(2), \dots, r(p))$  为投影方向的一维投影值  $z(i)$ , 即

$$z(i) = \sum_{j=1}^p r(j)x(i, j). \quad (1)$$

投影寻踪方法中, 投影指标是选择核心。投影指标是用于衡量投影到低维空间的数据是否有意义的目标函数, 就是要找到一个或几个投影方向, 使它的指标值达到最大或最小。其定义如下。

设  $X = (x_1, x_2, \dots, x_n)$  是  $n$  个  $p$  维向量, 其分布函数为  $F_x$ ; 设  $r \in R^p$  为一方向向量, 满足  $r^T r = 1$ ; 设  $X$  在  $r$  方向上的投影为  $Y$ , 则  $Y = r^T X$ , 它的分布函数记为  $F_Y$ , 则投影指标是定义在  $Y$  上的实值函数, 记为  $Q(Y)$  或  $Q(r^T X)$ 。目标函数是投影指标的复杂非线性优化问题, 用传统的优化方法处理比较麻烦, 可以采用遗传算法、小波估计和神经网络等智能化方法对其进行优化估计, 本文将采用遗传算法对其进行处理<sup>[2]</sup>。

<sup>\*</sup> 收稿日期: 2010-12-28

基金项目: 广东省科技计划项目(2010A030200040)

作者简介: 汪志红(1980-), 女, 湖南澧县人, 博士研究生, 讲师, 主要从事经济管理统计方法及其应用研究。

E-mail: lywzh1998@163.com

## 2 风险分类、评级模型步骤

根据投影寻踪原理, 结合模拟技术, 设计的风险分类、评级模型步骤如下<sup>[2]</sup>。

(1) 根据量化指标等级, 采用模拟方法在每个指标的每个等级均匀生成多个模拟值, 组成等级模拟矩阵。

(2) 样本评价指标集的归一化处理。设各指标值的样本集为  $\{x(i, j) \mid i = 1, 2, \dots, n; j = 1, 2, \dots, p\}$ , 其中,  $x(i, j)$  为第  $i$  个样本第  $j$  个指标的值,  $n, p$  分别为样本个数和指标数目。为消除单个指标值的量纲和统一各指标值的变化范围, 可采用下式进行极值归一化处理。

对于越大越优的指标:

$$x^*(i, j) = \frac{x(i, j) - x_{\min}(j)}{x_{\max}(j) - x_{\min}(j)} \quad (2)$$

对于越小越优的指标:

$$x^*(i, j) = \frac{x_{\max}(j) - x(i, j)}{x_{\max}(j) - x_{\min}(j)} \quad (3)$$

式中:  $x_{\max}(j), x_{\min}(j)$  分别为第  $j$  个指标值的最大值和最小值;  $x^*(i, j)$  为指标归一化值。

(3) 构造投影指标函数  $f(r)$ 。将  $p$  维数据  $x^*(i, j)$  综合成以  $r = (r(1), r(2), \dots, r(p))$  为投影方向的一维投影值  $z(i)$ , 即

$$z(i) = \sum_{j=1}^p r(j)x^*(i, j), \quad (4)$$

式中:  $r$  为单位长度向量。根据  $\{z(i) \mid i = 1, 2, \dots, n\}$  的一维散点分布图进行分类和评级, 综合投影指标值时, 一般要求投影值  $z(i)$  的散点分布特征为局部投影点尽可能密集, 最好凝聚成若干个点团, 而在整体上投影点之间尽可能散开。投影指标函数可以表达成。

$$f(r) = S_z D_z, \quad (5)$$

式中:  $S_z$  为投影值  $z(i)$  的标准差,  $D_z$  为投影值  $z(i)$  的局部密度, 即

$$S_z = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (z(i) - E(z))^2}{n-1}}; \quad (6)$$

$$D_z = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n (R - d_{ij})u(R - d_{ij}); \quad (7)$$

$$u(t) = \begin{cases} 1, & t \geq 0; \\ 0, & t < 0; \end{cases} \quad (8)$$

$$d_{ij} = |z(i) - z(j)|, \quad (9)$$

式中:  $E(z)$  为投影值  $\{z(i) \mid i = 1, 2, \dots, n\}$  的均值;  $R$  为局部密度的窗口半径, 它的选取既要使包含在窗口内的投影点的平均个数不能太少, 避免

滑动平均偏差太大, 也不能使它随着  $n$  的增大而增加太高,  $R$  可以根据试验来确定, 其取值范围为  $d_{\max} + p/2 \leq R \leq 2p$ ;  $d_{ij}$  表示样本之间的距离。

(4) 优化投影指标函数。当指标值的样本集给定时, 投影指标函数  $f(r)$  只随投影方向  $r$  的变化而变化。不同的投影方向映射不同的数据结构特征, 最佳投影方向就是最大可能暴露高维数据某类特征结构的投影方向, 因此可以通过求投影指标函数最大化问题来估计最佳投影方向, 即

$$\begin{aligned} \text{Max } f(r) &= S_z D_z \\ \text{s. t. } &-1 \leq r(j) \leq 1 \text{ 且 } r^T r = 1. \end{aligned} \quad (10)$$

转化为最小值问题, 即:

$$\begin{aligned} \text{Min } f(r) &= -S_z D_z \\ \text{s. t. } &-1 \leq r(j) \leq 1 \text{ 且 } r^T r = 1. \end{aligned} \quad (11)$$

这是一个以  $\{r(j) \mid i = 1, 2, \dots, p\}$  为优化变量的复杂非线性优化问题, 用传统的优化方法处理麻烦, 本文将采用基于浮点编码的遗传算法来求取高维全局寻优问题。

(5) 根据投影值和等级值建立分类、评级模型。运用遗传算法得到的最佳投影方向  $r$ , 代入式 (4) 可以得到进行分类、评级的投影值。根据指标量化值和投影值, 建立各类突发事件的风险指数与投影值之间的函数关系, 即风险评价等级模型, 并对模型精度进行评价。

$$D = f(z), \quad (12)$$

式中:  $D$  为设置的风险指数;  $z$  为投影值。

(6) 运用建立的风险分类、评级模型, 对各研究对象进行风险等级评价, 并进行区划显示, 为突发事件风险分类、评级工作提供决策依据。

## 3 广东省雷电灾害风险等级评价

### 3.1 广东省雷电灾害状况及数据来源

广东是中国雷击灾害最频繁的地区之一, 省内年平均雷暴日接近 80 d (表 1), 频密程度居全国第 2 位。近几年, 广东每年发生的雷击事件都有上千宗, 造成的经济损失数以亿元计, 暴戾恣睢的雷电已成为与洪涝旱渍相提并论的重大自然灾害。因此有必要对广东省雷电灾害进行研究, 研究易受雷电侵袭的高风险区的分布情况, 从防雷减灾的角度确定最合理的防雷设施, 避免盲目建设防雷设施, 也为决策者提供决策依据, 有效的进行防雷减灾工作。

对雷电灾害分析所用到的数据主要来自《广东省防灾减灾年鉴》<sup>[3]</sup>、《广东统计年鉴》<sup>[4]</sup> 以及一些雷电灾害网站。鉴于各指标数据的不完善, 以及各指标统计方法的差异性, 依据中国气象局

雷电防护管理办公室在 2005 年 6 月提供的我国近 30 年部分雷电资料(主要是雷暴日的统计),本

文主要针对广东省 2004 年的雷电灾害进行统计研究分析。

表 1 广东省雷电灾害状况表(2004)

| 城市     | 广州市  | 深圳市  | 珠海市  | 汕头市  | 韶关市  | 河源市  | 梅州市  | 惠州市  | 汕尾市  | 中山市  |
|--------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 年平均雷暴日 | 77.6 | 73.9 | 64.2 | 52.6 | 77.9 | 84.4 | 79.6 | 78.1 | 52.9 | 84.5 |
| 死伤人数   | 49.0 | 3.0  | 5.0  | 8.0  | 22.0 | 6.0  | 0.0  | 5.0  | 3.0  | 3.0  |
| 城市     | 江门市  | 佛山市  | 阳江市  | 湛江市  | 茂名市  | 清远市  | 东莞市  | 潮州市  | 揭阳市  |      |
| 年平均雷暴日 | 87.6 | 80.0 | 68.0 | 94.6 | 94.4 | 93.0 | 76.0 | 66.5 | 77.3 |      |
| 死伤人数   | 5.0  | 14.0 | 3.0  | 33.0 | 11.0 | 9.0  | 0.0  | 1.0  | 4.0  |      |

注:数据来源《广东省防灾减灾年鉴》<sup>[3]</sup>

3.2 雷电灾害评价指标体系及其权值确定

根据雷电灾害的特点,建立了如表 2 所示的雷电灾害评价指标体系,并应用坎蒂雷权值和  $G_1$  法的主、客观组合法确定各指标权值<sup>[5-7]</sup>,得到的权值情况如表 2 所示。

表 2 雷电灾害风险评价指标体系

| 雷电<br>灾害<br>风险<br>评价<br>指标<br>体系 | 一级指标                      | 二级指标                        |
|----------------------------------|---------------------------|-----------------------------|
|                                  | 风险潜在危险性<br>$R(0.191\ 8)$  | 年平均雷暴日天数<br>$x_1(0.191\ 8)$ |
|                                  | 风险脆弱性 $C(0.549\ 8)$       | 人员伤亡 $x_2(0.171\ 5)$        |
|                                  |                           | 经济损失 $x_3(0.150\ 9)$        |
|                                  |                           | 受损建筑物 $x_4(0.110\ 2)$       |
|                                  | 社会经济发展水平<br>$P(0.169\ 3)$ | 受损电子电器设备<br>$x_5(0.117\ 2)$ |
|                                  |                           | 人均房地产投资额<br>$x_6(0.036\ 9)$ |
|                                  |                           | 人均地区生产总值<br>$x_7(0.062\ 4)$ |
|                                  |                           | 人口密度 $x_8(0.070\ 0)$        |
|                                  | 应急能力 $RC(0.089\ 2)$       | 抗灾指数 $x_9(0.089\ 2)$        |

各指标的计算方法如下:

雷暴日天数:在初雷和终雷的时间内出现雷暴日的天数(d)。

人员伤亡:由于雷暴天气造成的死亡人数(人)。

经济损失:由于雷暴天气造成的直接经济损失(万元)。

受损建筑物:雷暴天气造成的建筑物受损事件(宗)。

受损电子电器设备:雷电造成的电子电器设备损伤事件(宗)。

人均房地产投资额:区域样本年限内平均总

GDP/区域样本年限内平均人口总数(万元/人)。

人口密度:区域样本年限内平均人口总数/区域面积(人/km<sup>2</sup>)。

抗灾指数:区域样本年限内直接经济损失/区域样本年限内总 GDP。

3.3 雷电灾害模型的建立

采用 4 级等级量化<sup>[8]</sup>,其风险等级量化标准如表 3 所示。对于各指标量化,存在指标标准的运用指标法进行等级量化,不存在指标分级标准的运用 PAM 聚类方法进行等级量化,在运用 PAM 法等级量化中,整体相对收敛度为 10~15,簇间平均侧影宽度均在 0.64 以上,表明各变量的等级划分比较合理。根据建立的指标等级标准,为每个指标的每个级别随机均匀生成 10 个模拟值,组成 40×9 的模拟矩阵,并对模拟矩阵进行标准化处理。

表 3 广东省雷电灾害风险度等级划分

| 风险指数(D) | 4    | 3    | 2    | 1    |
|---------|------|------|------|------|
| 风险等级    | 1 级  | 2 级  | 3 级  | 4 级  |
| 等级描述    | 重度风险 | 中度风险 | 轻度风险 | 微度风险 |
| 颜色描述    | 红色   | 橙色   | 黄色   | 蓝色   |

在所建立的标准化模拟矩阵基础上,采用基于遗传算法的投影寻踪风险分类、评级模型进行分析,求解模型时,选择转化为求取最小值的目标函数,种群规模为 200,交叉概率为  $1/n+1$ ( $n$  为优秀个体大小),变异概率为 0.8,选择优秀个体为 40,算法的实现采用 R 语言来完成<sup>[9-11]</sup>。

100 次迭代后,得到最大值为 34 757.42,最佳投影方向为  $r=(0.401\ 2, 0.526\ 5, 0.075\ 6, 0.370\ 3, 0.464\ 9, 0.380\ 6, 0.073\ 4, 0.074\ 1, 0.217\ 2)$ ,投影值结果如表 4 所示。

表 4 风险投影值

| 等级 | 模拟值的投影值 |         |         |         |         |         |         |         |         |         |
|----|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
|    | 1       | 2       | 3       | 4       | 5       | 6       | 7       | 8       | 9       | 10      |
| 1  | 0.185 9 | 0.171 4 | 0.256 2 | 0.189 3 | 0.163 3 | 0.092 4 | 0.224 7 | 0.120 0 | 0.162 3 | 0.236 0 |
| 2  | 0.810 6 | 0.810 3 | 0.691 4 | 0.772 0 | 0.918 6 | 0.960 1 | 0.934 5 | 0.922 7 | 1.010 8 | 1.040 5 |
| 3  | 1.654 1 | 1.913 6 | 2.009 8 | 2.004 3 | 1.744 3 | 1.950 7 | 2.194 2 | 1.643 7 | 1.795 3 | 1.848 2 |
| 4  | 3.598 0 | 4.152 2 | 3.707 7 | 3.239 2 | 3.732 4 | 3.599 5 | 3.595 1 | 3.214 6 | 3.574 6 | 3.843 3 |

从投影值和风险等级的关系图可以发现,投影值与风险等级之间存在多项式关系,运用回归分析,得到风险指数与投影值之间的关系模型为

$$D = 0.7506 + 1.5493z - 0.1808z^2, \quad (13)$$

式中:  $D$  为雷电灾害风险指数,  $z$  为等级投影值。

对该模型进行检验,从检验结果看,模型  $R^2 = 0.9904$ ,  $P \leq 2.2 \times 10^{-16}$ ,模型拟合程度相当好;常数项、一次项和二次项的  $P$  值都小于  $2 \times 10^{-16}$ ,检验结果也相当显著。综合两部分,可以得出该模

型具有较好的精度,可以应用到实际应用中。

### 3.4 广东省雷电灾害风险等级评价及其区划显示

运用模型对广东省的雷电灾害进行评价<sup>[12]</sup>,评价结果如表5所示,在该表中,由于缺失肇庆市与云浮市两市的数据,所以没有对这两个城市的雷电灾害做评价。为了能够更好地体现广东省雷电灾害风险分布情况,运用红、橙、黄、蓝常用灾害颜色对广东省各市的雷电灾害风险状况进行区划显示(图1)。

表5 广东省的雷电灾害评价结果

| 城市  | 风险指数    | 风险等级 | 风险指数标准 | 区间误差  | 城市  | 风险指数    | 风险等级 | 风险指数标准 | 区间误差  |
|-----|---------|------|--------|-------|-----|---------|------|--------|-------|
| 广州市 | 3.923 4 | 1    | 4      | 1.92  | 江门市 | 2.647 6 | 2    | 3      | 11.75 |
| 佛山市 | 3.238 4 | 2    | 3      | 7.95  | 揭阳市 | 1.886 9 | 3    | 2      | 5.66  |
| 清远市 | 3.01    | 2    | 3      | 0.33  | 河源市 | 2.146 6 | 3    | 2      | 7.33  |
| 湛江市 | 3.137 7 | 2    | 3      | 4.59  | 中山市 | 2.082 5 | 3    | 2      | 4.13  |
| 韶关市 | 3.001 5 | 2    | 3      | 0.05  | 惠州市 | 2.114 6 | 3    | 2      | 5.73  |
| 梅州市 | 2.958 9 | 2    | 3      | 1.37  | 潮州市 | 1.295 1 | 4    | 1      | 29.51 |
| 茂名市 | 2.753 1 | 2    | 3      | 8.23  | 阳江市 | 1.539 7 | 4    | 1      | 23.02 |
| 深圳市 | 2.626 5 | 2    | 3      | 12.45 | 汕尾市 | 1.003 5 | 4    | 1      | 0.35  |
| 珠海市 | 1.881 9 | 3    | 3      | 5.91  | 肇庆市 | -       | -    | -      | -     |
| 汕头市 | 1.554 8 | 3    | 2      | 22.26 | 云浮市 | -       | -    | -      | -     |
| 东莞市 | 1.941 8 | 3    | 2      | 2.91  |     |         |      |        |       |

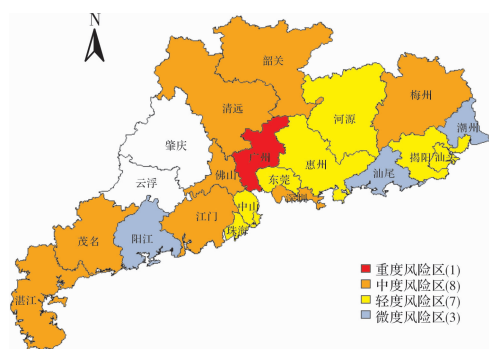


图1 广东省雷电灾害风险等级划分区划图(白色区域为没有数据显示区域)

根据表4和图1的结论可以得出:①从表4的结果看,广州市是广东省雷电灾害最严重的城市,是重度风险地区,佛山、湛江雷电灾害也比较严重,潮州市、阳江市与汕尾市是微度风险区;②从区划图的显示结果看,粤北、粤西地区是雷电灾害风险比较大,粤东、粤南地区雷电灾害风险要轻一些;③从雷电灾害影响因素来看,雷电灾害除与年平均雷暴日天数有较大关系外,还与城市人口与建筑群密度大小、经济发展水平高低有很大关系,这也与主观评价中风险脆弱性占较大权重一致。说明广州市在加快经济发展的同时,高楼建设、人口密度也成为了雷电灾害的重大隐患,因此,做好防雷、避雷措施,减少不必要的损失对城市的发展也很重要。

## 4 小结

本文根据投影寻踪的原理,建立了突发事件风险等级评价模型,运用该模型进行了实证分析。研究表明:①所建立的风险等级评价过程具有一定的可行性,克服了风险等级评价模糊性、客观性不够的不足,运用该评价过程评价风险等级更准确、更细致;②所建立的风险等级评价模型精度高,具有较强的实用性,可以运用该模型对广东省雷电灾害进行风险等级评价;③从实证结果看,所建立的模型评价结论与雷电实际情况具有很强的一致性;④运用红、橙、黄、蓝四种常用灾害颜色来对风险地区进行区划显示,方便决策者对风险地区的把握和认识。

## 参考文献:

- [1] 田铮, 林伟. 投影寻踪方法与应用[M]. 西安: 西北工业大学出版社, 2008: 1-10.
- [2] 付强, 赵小勇. 投影寻踪模型原理及其应用[M]. 北京: 科学出版社, 2008: 30, 47-51.
- [3] 广东省防灾减灾年鉴(2004年卷)[M]. 广州: 岭南美术出版社, 2005.
- [4] 广东统计年鉴(2004年卷)[M]. 北京: 中国统计出版社, 2005.
- [5] 陈志强, 刘钊, 张建辉. 聚类分析中PAM算法的分析与实现[J]. 计算机与现代化, 2003(9): 1-3.
- [6] 陈述云. 综合评价中指标的客观赋权方法[J]. 上海统计,

- 1995(6): 16-18
- [7] 郭亚军. 综合评价理论与方法[M]. 北京: 科学出版社, 2002: 39-40.
- [8] 郭虎, 熊亚军, 扈海波. 北京市雷电灾害灾情综合评估模式[J]. 灾害学, 2008, 23(1): 14-17.
- [9] 王斌会. R语言统计分析软件教程[M]. 北京: 中国教育文化出版社, 2007.
- [10] C B Lucasius and G Kateman. Understanding and using genetic algorithms-Part 1. Concepts. properties and context[J]. Chemometrics and Intelligent Laboratory Systems. 1993, 19: 1-33.
- [11] Lucasius C B, Kateman G. Understanding and using genetic algorithms-Part 2. Representation. configuration and hybridization[J]. Chemometrics and Intelligent Laboratory Systems, 1994, 25: 99-145.
- [12] 李彩莲, 赵西社, 赵东, 等. 陕西省雷电灾害易损性分析、评估的易损度区划[J]. 灾害学, 2008, 23(4): 49-53.

## Application of Projection Pursuit Technology in Emergency Risk Classification and Rating ——A Case Study on Assessment of Lightning Disaster in Guangdong Province

Wang Zhihong<sup>1,2</sup> and Wang Binhui<sup>2</sup>

(1. The Computer Science and Technology Dept., Guangdong University of Finance,  
Guangzhou 510521, China; 2. Statistics Dept., Jinan University, Guangzhou 510632, China)

**Abstract:** According to the deficiency of semi-quantity and rough grade resolution of evaluation on emergencies risk classification at present, and using projection pursuit, genetic algorithm and simulated technology, the emergency risk classification and rating process is established, which reflects the strong objectivity and grade continuity. An evaluation model in Guangdong Province is established by using the evaluation process, and lightning disasters in the province are studied by empirical study. The results show that the evaluation model is of good precision and the results are basically consistent with the fact and reflect that the risk assessments process is rational.

**Key words:** risk rating; evaluation; projection pursuit; genetic algorithm; simulated technology; lightning disaster; Guangdong

(上接第 68 页)

## Analysis on Temporal Distribution Characteristics of Natural Disaster Losses in China in the Recent Three Decades

Yuan Yi<sup>1</sup> and Ma Yuling<sup>1,2</sup>

(1. National Disaster Reduction Center of China, Ministry of Civil Affairs, Beijing 100022, China;  
2. School of Geography, Beijing Normal University, Beijing 100875, China)

**Abstract:** Making use of the yearly statistics of natural disasters of China between 1978 and 2009 as arranged and ratified by the Ministry of Civil Affairs, and the socio-economic statistics released by the National Bureau of Statistics of China, the interannual and interdecadal variation characteristics of natural disasters in China in terms of the absolute values and relative values of variation in disaster loss data and the fluctuation features of different indicators by adopting coefficients of variation are analyzed. Results indicate that: the interannual variation of different disaster loss indicators caused by natural disasters in China since 1978 is remarkable; Overall, the number of deaths caused by natural disasters has decreased remarkably, the number of collapsed and damaged houses has increased slightly, whereas a conspicuous rising tendency has been witnessed in the other major disaster loss indicators; since the 1980s, the interdecadal variation of disaster loss indicators caused by natural disasters in China, except number of deaths and number of collapsed and damaged houses, have all witnessed a rising tendency. There is a relatively remarkable interannual variation and fluctuation in terms of the intensity of natural disaster losses in China, but the fluctuation of the affected areas of natural disasters is relatively slighter. These variations of disaster loss indicators are mainly related to the main disaster types of each year and whether a year is a major disaster year or not. All the indicators have shown a rising tendency, except the number of deaths. The fluctuation of intensity-representing indicators has been relatively strong and has a tendency to become stronger. These facts reflect a more frequent possibility of extreme events in the context of global climate change and the rising tendency of the intensities of these extreme events.

**Key words:** China; natural disasters; disaster condition; temporal distribution characteristics; disaster loss indicator