

# 经济发达地区城市灾害综合应对能力评价分析<sup>\*</sup>

## ——以珠江三角洲城市为例

杜鹏<sup>1,2</sup>, 夏斌<sup>1</sup>, 杨蕾<sup>1,2</sup>

(1. 中国科学院广州地球化学研究所, 广东 广州 510640; 2. 中国科学院研究生院, 北京 100016)

**摘要:** 以我国经济发达的珠江三角洲经济区城市作为研究对象, 构建了城市自然灾害综合应对能力评价指标体系, 在实证测算研究的基础上, 对经济快速发展过程中珠三角城市自然灾害应对能力的时空演变规律、协调度特征等进行了分析和研究, 对综合评价城市灾害管理水平具有一定的理论和实践意义。

**关键词:** 经济发达地区; 城市; 珠江三角洲; 自然灾害; 应对能力; 评价指标体系

**中图分类号:** X43    **文献标识码:** A    **文章编号:** 1000-811X(2010)04-0016-06

### 0 引言

城市是包括自然、社会、经济等因素在内的统一体, 它既是现代灾害和事故风险的交汇点, 也是人类追求平安的栖息地, 良好的生态环境和防灾减灾能力已成为体现城市竞争力及文明程度的重要标志<sup>[1-3]</sup>。我国正处于历史上最快的城市化发展阶段, 如何结合我国城市特点, 评估城市自然灾害的综合应对管理能力, 对促进城市减灾与可持续发展能力具有重要意义。

城市自然灾害应对能力就是以灾害系统理论为理论基础<sup>[4]</sup>, 评价和度量城市承灾体及其内部社会经济环境系统, 在自然灾害预防预报、发生发展和灾后恢复重建全过程中对自然灾害过程的综合承受和反应能力。本研究将尝试构建一个由城市自然灾害综合应对能力统领, 蕴含城市自然环境、生态环境、社会环境等诸多因素, 涉及自然灾害防灾、抗灾、救灾和灾后恢复等多阶段、全方位的城市自然灾害应急和管理水平的综合性评价指标体系(图1), 并以珠三角地区为对象进行实证评价分析。

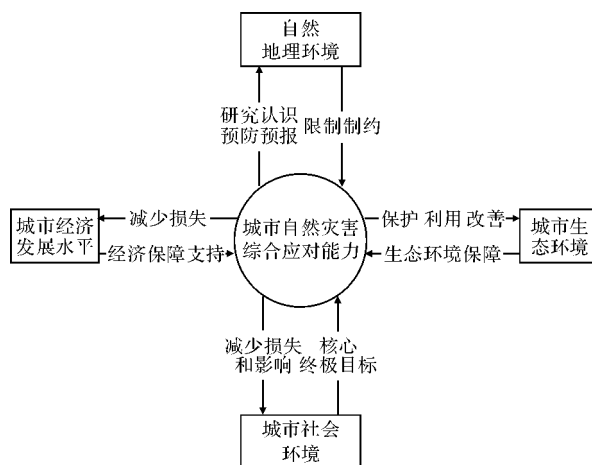


图1 城市灾害应对能力与城市系统关系

### 1 城市灾害综合应对能力评价体系和模型

根据城市灾害应对能力的内涵, 运用层次分析法构建了珠三角城市自然灾害综合应对能力评价指标体系。评价体系中包含了4个I级评价因子, 12个II级评价指标和31个III级指标, 能够综合反映自然、经济、社会因素在城市防灾、抗灾、救灾和灾后恢复不同阶段的作用。评价指标体系中各层指标的确定方法有所不同, A层和B层使用专家打分法构造判断矩阵确定权重, C层使用10分制打分法确定权重。通过数据整理和一致性检验得到指标体系权重值(表1)。

\* 收稿日期: 2010-04-26

基金项目: 广州市气象事业发展“十二五”规划项目资助

作者简介: 杜鹏(1982-), 男, 新疆乌鲁木齐人, 博士, 主要从事GIS与灾害风险评估等方面研究. E-mail: dpng1982@gmail.com

表 1 珠三角城市自然灾害综合应对能力评价指标体系

| I 级                                | II 级                                  | III 级                           | 参考值   |
|------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------|---|
| A <sub>1</sub> : 防灾能力<br>(0.490 1) | B <sub>1</sub> : 自然灾害强度<br>(0.725 8)  | C <sub>1</sub> : 台风灾害强度(0.3)    | 珠三角城市最低强度值: 1   |
|                                    |                                       | C <sub>2</sub> : 洪水灾害强度(0.3)    | 珠三角城市最低强度值: 1   |
|                                    |                                       | C <sub>3</sub> : 地震灾害强度(0.2)    | 珠三角城市最低强度值: 1   |
|                                    |                                       | C <sub>4</sub> : 地质灾害强度(0.2)    | 珠三角城市最低强度值: 1   |
|                                    | B <sub>2</sub> : 社会防灾能力<br>(0.172 1)  | C <sub>5</sub> : 科研投入水平(0.3)    | 政府科技投入占 GDP 比重, 以发达国家值外推: 1%  |
|                                    |                                       | C <sub>6</sub> : 电信通讯能力(0.4)    | 电话(移动+固定)普及率, 珠江三角洲城市最佳值: 256%                                      |
|                                    |                                       | C <sub>7</sub> : 互联网使用情况(0.3)   | 互联网使用比例, 珠江三角洲城市最佳值: 33.4%  |
|                                    | B <sub>3</sub> : 环保力度<br>(0.102 1)    | C <sub>8</sub> : 工业废水达标排放率(0.3) | 理想值: 100%   |
|                                    |                                       | C <sub>9</sub> : 工业烟尘达标排放率(0.4) | 理想值: 100%   |
|                                    |                                       | C <sub>10</sub> : 固废综合利用率(0.3)  | 理想值: 100%   |
| A <sub>2</sub> : 抗损能力<br>(0.115 5) | B <sub>4</sub> : 人口抗损水平<br>(0.443 4)  | C <sub>11</sub> : 人口密度(0.7)     | 地区常住人口数量与面积比值   |
|                                    |                                       | C <sub>12</sub> : 年龄结构(0.3)     | 第 5 次全国人口普查数据中珠三角最佳值  |
|                                    | B <sub>5</sub> : 生命线依赖度<br>(0.169 2)  | C <sub>13</sub> : 人均生活用水量(0.6)  | 人均生活用水量, 参考东京、纽约、巴黎、香港等城市均值: 166 m <sup>3</sup> /(人·年)              |
|                                    |                                       | C <sub>14</sub> : 人均生活用电量(0.4)  | 人均生活用电量, 参考东京、纽约、巴黎、香港等城市均值: 2 920 kW·h/(人·年)                       |
|                                    | B <sub>6</sub> : 经济抗损能力<br>(0.387 4)  | C <sub>15</sub> : 经济密度(0.7)     | GDP 总量/面积, 参考香港、上海、深圳平均值 63 500 万元/km <sup>2</sup>                  |
|                                    |                                       | C <sub>16</sub> : 产业结构(0.3)     | 农业 GDP 比重, 珠三角城市最佳值: 0.1%   |
| A <sub>3</sub> : 救助能力<br>(0.231 0) | B <sub>7</sub> : 基础救助设施<br>(0.539 6)  | C <sub>17</sub> : 交通通行能力(0.6)   | 人均道路面积, 伦敦街道现状值: 24.5 m <sup>2</sup> /人                             |
|                                    |                                       | C <sub>18</sub> : 人均公共绿地面积(0.4) | 公共绿地面积/人口的比值, 珠三角城市最佳值: 144 m <sup>2</sup> /人                       |
|                                    | B <sub>8</sub> : 医疗救助水平<br>(0.297 0)  | C <sub>19</sub> : 万人病床数(0.5)    | 国内领先城市综合值(太原、乌鲁木齐): 90 张/万人   |
|                                    |                                       | C <sub>20</sub> : 万人医生数量(0.5)   | 珠三角现状值外推: 30 人/万人   |
|                                    | B <sub>9</sub> : 公众灾害意识<br>(0.163 4)  | C <sub>21</sub> : 万人大学生数量(0.6)  | 高等学校就读学生/城市人口, 参考汉城: 1 180 人/万人                                     |
|                                    |                                       | C <sub>22</sub> : 百人拥有藏书量(0.4)  | 公共总藏书量/城市总人口, 珠三角现状值: 184 本/百人                                      |
| A <sub>4</sub> : 恢复能力<br>(0.163 4) | B <sub>10</sub> : 经济恢复能力<br>(0.637 0) | C <sub>23</sub> : GDP 总量(0.5)   | 珠三角现状最佳值: 7 806 亿元  |
|                                    |                                       | C <sub>24</sub> : GDP 增长率(0.5)  | 珠三角历史最佳值: 23.2%   |
|                                    |                                       | C <sub>25</sub> : 人均储蓄余额(0.3)   | 珠三角历史最佳值: 8.58 万元/人   |
|                                    | B <sub>11</sub> : 社会保障能力<br>(0.104 7) | C <sub>26</sub> : 城市类别(0.2)     | 城市类型和相对应的值: 直辖市和行政特区, 7; 较大的市, 5; 准较大的市, 3; 人口大于 100 万的城市, 1; 其他, 0 |
|                                    |                                       | C <sub>27</sub> : 失业率(0.3)      | 珠三角历史最佳值: 0.03%   |
|                                    |                                       | C <sub>28</sub> : 户籍人口比例(0.2)   | 户籍人口/常住人口, 珠三角现状值: 108%   |
|                                    | B <sub>12</sub> : 环境承载力<br>(0.258 3)  | C <sub>29</sub> : 森林覆盖率(0.4)    | 国内先进城市外推: 60%   |
|                                    |                                       | C <sub>30</sub> : 工业烟尘排量(0.3)   | 每 km <sup>2</sup> 二氧化硫的排放量, 理想值: 0 t/km <sup>2</sup>                |
|                                    |                                       | C <sub>31</sub> : 工业废水排放量(0.3)  | 每 km <sup>2</sup> 废水排放量, 理想值: 0 t/km <sup>2</sup>                   |

## 2 研究区概况与致灾强度计算

### 2.1 研究区概况

珠江三角洲包括广州、深圳、珠海、佛山、江门、肇庆、惠州、东莞、中山 9 城市, 是我国经济最发达、城市化水平最高的地区之一, 其 GDP 约占广东省的 79.4%, 常住人口约 4 771.77 万人, 约占广东省总人口的 50% (2008 年末), 城市化水平已达到 72%<sup>[5]</sup>, 接近发达国家水平。国家发改委 2008 年发布的《珠江三角洲地区改革发展规划纲要(2008-2020)》中提出 2012 年珠三角地区人均 GDP 将达到 80 000 元; 2020 年基本实现现代化, 人均 GDP 超过 135 000 元<sup>[6]</sup>。

珠三角地区属于自然灾害的多发地区, 它位于广东省中南部, 中纬度环球灾害带与环太平洋

灾害带交汇部位, 山脉交错, 地形多样, 海洋、陆地、大气之间的作用强烈, 天气气候复杂多变, 成为灾种多、频率高、危害重的灾害大省, 主要自然灾害包括地震、台风、洪水、干旱和地质灾害。各种自然灾害严重威胁着珠三角居民的生命财产安全, 严重破坏性的自然灾害甚至会影响社会安全和稳定<sup>[7-10]</sup>。

### 2.2 灾害致灾强度计算

珠江三角洲地区自然灾害发生频率高、种类多、受灾范围广, 具有一定周期性和区域性特征。这里将分析和计算在珠三角地区分布较广的台风、洪水、地震和地质灾害的时空分布特征和致灾因子强度<sup>[7-14]</sup>。

#### 2.2.1 台风灾害致灾强度划分

台风大风和台风暴雨是台风灾害最主要的致灾因素, 台风暴雨和大风的时、空、强综合作用

决定了珠三角地区台风致灾因子强度<sup>[12-13,45]</sup>。计算过程中根据珠三角地区各城市台风暴雨频率(次/a)和台风大风频率(遭受 $\geq 8$ 级台风大风袭击的天数, d/a)的统计数据<sup>[11]</sup>, 分别赋予台风暴雨和台风大风0.6和0.4的权重计算得出各城市台风灾害综合致灾因子强度<sup>[13]</sup>。台风致灾因子强度的计算公式 $R_0 = 0.6R_y + 0.4R_f$ 中 $R_y$ 为一定量级台风暴雨的年超越概率风险;  $R_f$ 为一定量级台风大风的年超越次数风险。不同的台风暴雨与大风级别可组合出很多的形式, 这里仅选择分析和计算了三种典型的组合, 包括55 mm $\times$ 17 m/s, 105 mm $\times$ 24 m/s和205 mm $\times$ 32 m/s。通过计算各种台风暴雨和台风大风的综合致灾因子强度后进行叠加和归一化处理, 得到珠三角城市台风致灾因子综合强度(表2)。

表2 珠三角城市地质灾害致灾因子强度分类表

| 灾害 | 城市 |    |    |    |    |    |    |    |    |
|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
|    | 广州 | 深圳 | 珠海 | 佛山 | 江门 | 肇庆 | 惠州 | 东莞 | 中山 |
| 台风 | 强  | 强  | 强  | 弱  | 较强 | 中  | 中  | 弱  | 中  |
| 洪水 | 中  | 中  | 强  | 强  | 中  | 中  | 低  | 较强 | 强  |
| 地震 | 中  | 强  | 强  | 中  | 中  | 弱  | 中  | 中  | 强  |
| 地质 | 强  | 较强 | 较强 | 较强 | 较强 | 较弱 | 较弱 | 较弱 | 较强 |

### 2.2.2 洪水致灾强度划分

珠江三角洲地区的洪水灾害主要与该地区的河流水系分布以及暴雨、台风等灾害性气候有关, 其时间分布上具有一定的周期性。在计算城市洪涝灾害致灾强度时, 假设区域均匀降水, 低洼处将积水成灾, 在天然状态下, 这些区域是最容易受到洪水的威胁。通过处理地形(DEM)数据, 选取洪水淹没水深为1 m, 计算得出淹没区域, 并根据淹没区的比例, 划分不同城市洪涝灾害致灾因子强度<sup>[16]</sup>。计算结果表明珠三角地区洪水淹没危险区约为20.53%, 珠江口两岸受洪水灾害的威胁最大。通过数据归一化处理后的各市洪水致灾强度划分为4个类型(表2)。

### 2.2.3 地震致灾强度

珠三角地区地震总体强度不高, 大部分地区地震烈度在VI和VII度, 极少发生6级以上地震, 4级以上地震分布较为分散。《广东省自然灾害地图集》中的《广东省地震烈度区划图》<sup>[10]</sup>展示了区域地震灾害危险程度的差异, 图中的地震烈度值, 是在50年期限内, 一般场地条件下, 可能遭遇超越概率为10%的烈度值。根据珠江三角洲各城市地震灾害烈度分布面积比例和权值, 将珠三角各城市地震灾害致灾因子划分为高、中、低3个类型

(表2)。

### 2.2.4 地质灾害致灾因子

珠三角地区地质灾害的形成及分布主要受地质环境和气候因素的影响, 主要地质灾害种类包括崩塌、滑坡、地面沉降、地面塌陷、地基下沉、地裂缝等<sup>[17-18]</sup>。对珠三角地区地质灾害的致灾因子强度进行评价和分类是以《广东省自然灾害地图集》等灾害统计资料和文献为基础<sup>[8-11]</sup>, 根据各类地质灾害强度和分布面积比例将各城市划分为高、中、低3个类型(表2)。

## 3 应对能力评价结果及分析

### 3.1 灾害应对能力计算结果

对灾害强度指标数据和统计指标数据标准化<sup>[5,19-20]</sup>并确定各指标的权重后, 还需要通过综合评价模型把反映城市自然灾害综合应对能力不同方面的指标综合在一起得到整体性的评价结果, 由于各指标之间具有相互独立性, 故可采用线性加权求和模型对自然灾害综合应对能力进行计算处理。式 $d = \sum_{i=1}^n w_i d_i$ 中 $d_i$ 、 $w_i$ 分别为下一层指标*i*的评价值及其相对应的权重,  $n$ 为所在指标层中的因子总数。从指标层开始, 计算出上一层指标的评价值, 再由上一层指标的评价值和相应的权重, 通过线性加权求和计算出更上一层指标的评价值, 最终求得2000-2008年珠三角城市自然灾害综合应对能力指数(表3)。

表3 珠江三角洲城市灾害综合应对能力指数城市

| 城市 | 年份   |      |      |      |      |      |      |      |      |
|----|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
|    | 2000 | 2001 | 2002 | 2003 | 2004 | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 |
| 广州 | 0.74 | 0.75 | 0.78 | 0.79 | 0.79 | 0.80 | 0.81 | 0.81 | 0.81 |
| 深圳 | 0.67 | 0.66 | 0.68 | 0.69 | 0.69 | 0.70 | 0.70 | 0.70 | 0.70 |
| 珠海 | 0.61 | 0.62 | 0.63 | 0.62 | 0.63 | 0.65 | 0.63 | 0.65 | 0.63 |
| 佛山 | 0.70 | 0.69 | 0.71 | 0.71 | 0.72 | 0.73 | 0.74 | 0.75 | 0.74 |
| 江门 | 0.69 | 0.68 | 0.69 | 0.70 | 0.70 | 0.71 | 0.71 | 0.71 | 0.70 |
| 肇庆 | 0.71 | 0.72 | 0.73 | 0.73 | 0.73 | 0.74 | 0.74 | 0.76 | 0.76 |
| 惠州 | 0.75 | 0.74 | 0.76 | 0.76 | 0.77 | 0.76 | 0.78 | 0.78 | 0.77 |
| 东莞 | 0.73 | 0.74 | 0.76 | 0.75 | 0.75 | 0.76 | 0.78 | 0.77 | 0.76 |
| 中山 | 0.64 | 0.66 | 0.68 | 0.68 | 0.70 | 0.71 | 0.70 | 0.69 | 0.67 |

### 3.2 评价结果分析

#### 3.2.1 时间演变分析

珠三角城市自然灾害应对能力整体呈上升趋势, 各城市应对能力的变化又有以下一些特点。

(1) 稳定提升型城市为广州、肇庆、佛山和深

圳。它们在 2000 - 2008 年间保持了较稳定的增长态势, 且增幅较大, 广州提高了 0.07, 肇庆提高了 0.05, 佛山提高了 0.04, 深圳提高了 0.03。

(2) 波动提升型城市包括珠海、东莞、中山和惠州。2000 - 2008 年, 这 4 个城市均有超过 0.02 幅度的增长, 但增长过程有一定的波动性。例如东莞 2000 年自然灾害应对能力值为 0.73, 2002 年为 0.76, 2003 年为 0.75, 2006 年为 0.78, 2008 年为 0.76, 总体呈波动式上升的趋势。

表 4 自然灾害综合应对能力分级标准

| 分级   | I     | II          | III         | IV          | V           | VI          | VII   |
|------|-------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------|
| 指数范围 | >0.75 | 0.65 ~ 0.75 | 0.55 ~ 0.65 | 0.45 ~ 0.55 | 0.35 ~ 0.45 | 0.25 ~ 0.35 | <0.25 |
| 说明   | 很好    | 好           | 较好          | 一般          | 较差          | 差           | 很差    |

对珠三角城市自然灾害应对能力进行的分级比较后, 能够发现以下一些特征。

(1) 各城市整体应对灾害能力明显提高。9 城市中, III 级城市由 2000 年的 2 个(中山、珠海), 减少为 2008 年的 1 个(珠海); I 类城市由 2000 年的 0 个增加为 2008 年的 4 个(广州、肇庆、东莞、惠州)。整个区域灾害综合应对能力稳步上升。

(2) 城市自然灾害应对能力阶梯状空间分布特征明显, 与致灾强度空间分布关联较为紧密。城市灾害应对能力以致灾强度相对较高的珠江口附近沿海城市珠海、深圳、中山最低; 其次为江门; 接下来是肇庆、佛山、东莞和惠州; 广州则处于应对能力相对较好水平。从空间演变趋势来看, 珠三角东部城市应对能力提升幅度高于西部城市(图 2)

### 3.2.3 聚类分析

通过 SPSS 软件, 对珠三角城市 2000、2004 和 2008 年的 27 个样本的防灾能力、抗损能力、救助能力和恢复能力采用欧式距离法进行层次聚类分析, 最终分为 4 个大类和 10 个亚类(表 5)。

表 5 城市灾害应对能力评价体系类型分布

| 大类(数量)  | 类型说明                         | 亚类(数量)    | 类型说明                           |
|---------|------------------------------|-----------|--------------------------------|
| I (2)   | 防灾能力较好, 抗损能力好, 救助能力一般, 恢复能力好 | I 1 (2)   | 防灾能力较好, 抗损能力好                  |
|         |                              | II 1 (1)  | 防灾能力一般, 抗损能力好, 救助能力较差, 恢复能力一般  |
| II (6)  | 抗损能力好, 救助能力较差                | II 2 (2)  | 防灾能力差, 抗损能力很好, 救助能力较差, 恢复能力较差  |
|         |                              | II 3 (2)  | 防灾能力较差, 抗损能力很好, 救助能力差, 恢复能力一般  |
|         |                              | II 4 (2)  | 防灾能力较好, 抗损能力较好, 救助能力差, 恢复能力一般  |
| III (3) | 防灾能力一般, 救助能力差, 恢复能力好         | III 1 (1) | 防灾能力一般, 抗损能力一般, 救助能力较差, 恢复能力好  |
|         |                              | III 2 (2) | 防灾能力较差, 抗损能力较好, 救助能力差, 恢复能力好   |
| IV (16) | 抗损能力好, 救助能力很差                | IV 1 (3)  | 防灾能力一般, 抗损能力很好, 救助能力很差, 恢复能力较好 |
|         |                              | IV 2 (6)  | 防灾能力一般, 抗损能力很好, 救助能力很差, 恢复能力较差 |
|         |                              | IV 3 (7)  | 防灾能力较好, 抗损能力好, 救助能力很差, 恢复能力较差  |

(3) 较慢增长城市为江门。2000 - 2008 年, 江门自然灾害应对能力增幅较小, 增长趋势比较平稳, 波动范围小于 0.03, 2004 年比 2000 年增长了 0.01, 2008 仅比 2004 增长了不足 0.001。

### 3.2.2 空间演变分析

为了能够从空间角度分析珠三角各城市自然灾害综合应对能力演变特征, 本研究参考国内外有关综合指数分类的划分法, 设计了自然灾害综合应对能力 7 级分级标准(表 4)。

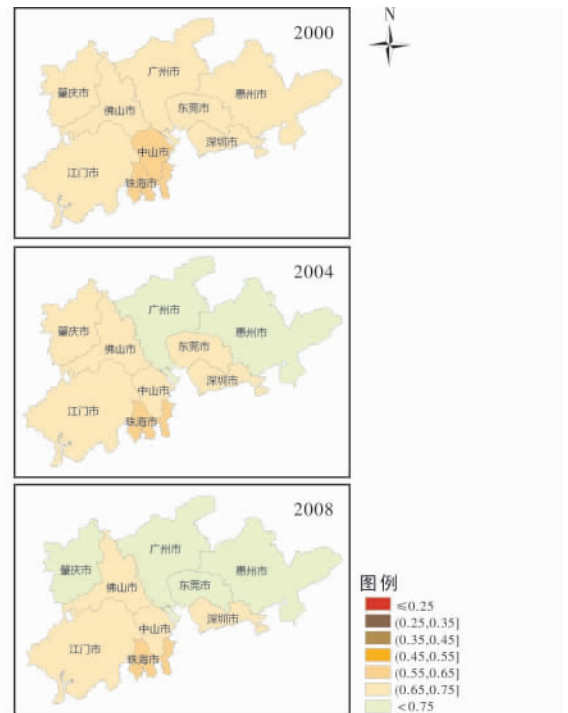


图 2 2000、2004、2008 年城市自然灾害应对能力分类变化图

分类结果(图 3)表明 2000 - 2008 年珠三角城市自然灾害综合应对能力类型有较明显的变化,亚类类型由 2000 年的 4 个增长到 2008 年的 7 个;各城市中肇庆和惠州属于最稳定城市,9 年间它们的亚类类型没有发生改变;深圳、珠海、佛山、中山属于基本稳定城市,仅有 1 次亚类变化;广州的大类类型发生过变化,属于较不稳定城市;东莞和江门属于不稳定的城市,不仅有大类变化,而且亚类变化也较频繁。

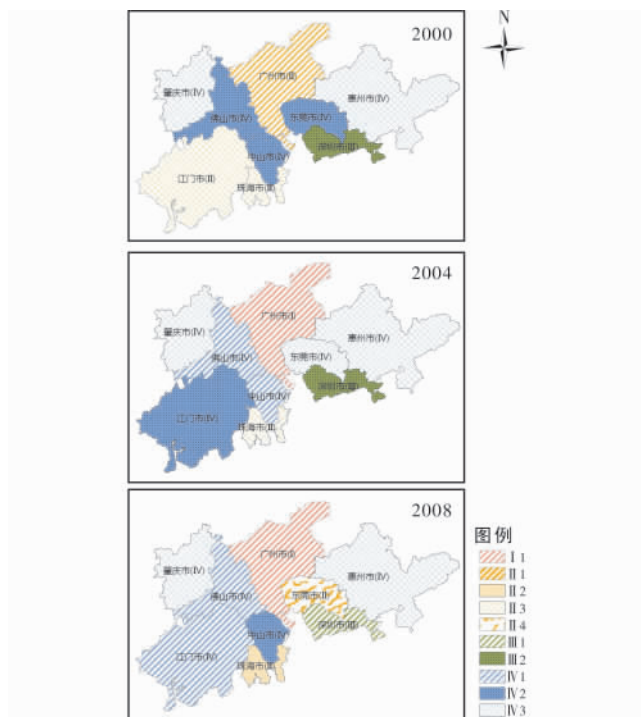


图 3 2000、2004、2008 年城市自然灾害应对能力类型演变分布图

### 3.2.4 协调度分析

对城市自然灾害综合应对能力发展的协调度进行研究和评估,能够判断城市系统发展是否健康,有利于根据灾害应对能力的发展和变化趋势及时采取措施,促进城市减灾与可持续发展。这里引入系统协调指数评估城市灾害综合应对能力系统内部协调度<sup>[21]</sup>,协调指数计算公式  $C =$

$$\sum_{i=1}^j X_i / \sqrt{\sum_{i=1}^j X_i^2}$$
 中  $C$  为城市自然灾害综合应对能力协调指数,  $C$  值越大协调度越高  $j$  为 II 级子系统数量,  $X_i$  为第  $i$  个 II 级子系统值。

分析结果表明,2000 - 2008 年珠三角各城市自然灾害综合应对能力协调性呈波动上升趋势,但发展并不均衡。广州始终保持在最好水平;深圳、珠海、东莞、中山、佛山协调度平稳上升;江门、惠州、肇庆整体呈波动上升趋势,但增幅

有限,与其它城市的协调性有拉大的趋势(表 6)。

表 6 城市自然灾害综合应对能力发展协调度指数

| 城市 | 年份   |      |      |      |      |      |      |      |      |
|----|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
|    | 2000 | 2001 | 2002 | 2003 | 2004 | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 |
| 广州 | 3.30 | 3.35 | 3.38 | 3.41 | 3.41 | 3.42 | 3.43 | 3.42 | 3.41 |
| 深圳 | 3.08 | 3.15 | 3.19 | 3.26 | 3.26 | 3.29 | 3.34 | 3.36 | 3.38 |
| 珠海 | 3.05 | 3.11 | 3.14 | 3.19 | 3.24 | 3.26 | 3.26 | 3.33 | 3.29 |
| 佛山 | 3.01 | 3.00 | 3.07 | 3.12 | 3.09 | 3.13 | 3.14 | 3.16 | 3.16 |
| 江门 | 3.06 | 3.03 | 2.99 | 3.03 | 3.03 | 3.05 | 3.10 | 3.08 | 2.98 |
| 肇庆 | 2.95 | 2.95 | 2.95 | 2.96 | 2.98 | 3.04 | 3.07 | 3.08 | 2.95 |
| 惠州 | 2.92 | 2.94 | 2.97 | 2.99 | 3.02 | 3.00 | 3.13 | 3.04 | 2.97 |
| 东莞 | 2.87 | 2.90 | 2.96 | 2.98 | 3.12 | 3.09 | 3.23 | 3.28 | 3.28 |
| 中山 | 2.84 | 2.92 | 2.97 | 2.99 | 3.04 | 3.11 | 3.16 | 3.17 | 3.13 |

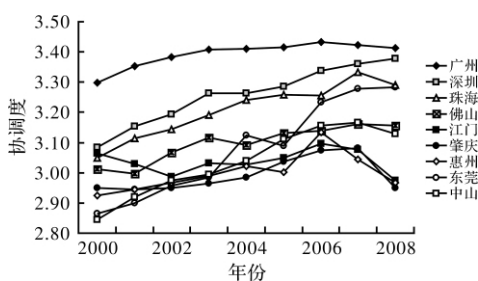


图 4 珠三角城市自然灾害综合应对能力发展协调度指数

## 4 结论与讨论

以珠江三角洲城市自然灾害综合应对能力作为研究对象,在对城市自然灾害应对能力进行界定的基础上,采用层次分析法构建了城市自然灾害综合应对能力评价指标体系和模型,并以统计数据 and 城市灾害历史数据为主要信息源对 2000 - 2008 年珠江三角洲城市自然灾害应对能力进行了实证性研究,在此基础上对珠三角城市自然灾害应对能力时空演变特征、规律、协调性等进行了分析研究。研究的结果表明,该指标体系能够比较全面和综合地反映影响城市应对自然灾害各种因素,比较真实和准确地对城市针对自然灾害应对能力进行评估和分析,对提高城市灾害综合管理水平具有一定参考价值,同时对其它城市或城市群灾害综合评价也具有一定的借鉴意义。

### 参考文献:

[1] 张明媛. 城市承灾能力及灾害综合风险评价研究[D]. 大连: 大连理工大学, 2008.  
 [2] 许世远, 王军, 石纯, 等. 沿海城市自然灾害风险研究[J]. 地理学报, 2006, 61(2): 127 - 138.  
 [3] 关贤军, 徐波, 尤建新. 城市灾害风险的基本构成要素[J].

- 灾害学, 2008, 23(1): 128 - 131.
- [4] Blaikie P, Cannon T, Davis I, et al. At risk: natural hazards, people's vulnerability, and disasters [M]. London: Routledge, 1994.
- [5] 广东省统计局. 广东省统计年鉴[M]. 北京: 中国统计出版社, 2001 - 2009.
- [6] 国家发展和改革委员会. 珠江三角洲地区改革发展规划纲要(2008 - 2020 年) [EB/OL]. [2010 - 01 - 01]. <http://www.gddpc.gov.cn/zwgk/fzgh/>.
- [7] 广东省防灾减灾年鉴编纂委员会. 广东省防灾减灾年鉴[M]. 北京: 气象出版社, 2000.
- [8] 梁必祺. 广东的自然灾害[M]. 广州: 广东人民出版社, 1993.
- [9] 广东省地方志编纂委员会. 广东省志: 自然灾害志[M]. 广州: 广东人民出版社, 2001.
- [10] 广东省自然灾害地图集编辑委员会. 广东省自然灾害地图集[M]. 广州: 广东省地图出版社, 1995.
- [11] 国家气象局. 台风年鉴(1949 - 1984) [M]. 北京: 气象出版社, 1985.
- [12] 梁必祺, 樊琦, 杨洁, 等. 台风灾害的模糊数学评价[J]. 热带气象学报, 1999, 15(4): 305 - 311.
- [13] 丁燕. 台风灾害的模糊风险评估模型[D]. 北京: 北京师范大学, 2002.
- [14] 暴丽杰, 尹占娥, 温家洪. 评价城市基础设施自然灾害连锁效应的结构方法[J]. 灾害学, 2009, 24(1): 13 - 17.
- [15] 黄崇福. 自然灾害风险分析[M]. 北京: 北京师范大学出版社, 2005.
- [16] 张婧, 郝立生, 许晓光. 基于 GIS 技术的河北省洪涝灾害风险区划与分析[J]. 灾害学, 2009, 24(2): 51 - 56.
- [17] 詹文欢, 钟建强. 珠江三角洲地质灾害的模糊综合评价[J]. 热带海洋, 1995, 14(1): 62 - 69.
- [18] 汤连生. 珠江三角洲环境地质分区及其特征[J]. 中山大学学报: 自然科学版, 2005, 43: 229 - 233.
- [19] 王静爱, 史培军, 王平, 等. 中国自然灾害时空格局[M]. 北京: 科学出版社, 2006.
- [20] 国家统计局. 中国城市统计年鉴[M]. 北京: 中国统计出版社, 2001 - 2008.
- [21] 赵冠伟. 珠江三角洲城市人居环境质量评价研究[D]. 北京: 中国科学院研究生院, 2008.

## Evaluation and Analysis on Urban Disaster Response Ability in Developed Areas ——A Case Study of the Pearl River Delta

Du Peng<sup>1 2</sup>, Xia Bin<sup>1</sup> and Yang Lei<sup>1 2</sup>

- (1. *Guangzhou Institute of Geochemistry, Chinese Academy, Guangzhou 510640, China;*  
2. *Graduate School of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100086, China*)

**Abstract:** Taking cities in economic zone of the Pearl River Delta where is the economically developed region in China as a object of study, an evaluation index system of comprehensive ability of urban nature disaster response is constructed. On the basis of the empirical test and analysis, the spatial-temporal evolution pattern and characteristics of coordination degree of urban natural disaster response ability of the cities in the Pearl River Delta in the course of rapid economic development are analyzed and studied. The research is of theoretical and practical values for comprehensive evaluation on level of urban disaster management.

**Key words:** developed areas; city; the Pearl River Delta; nature disaster; response ability; evaluation index system