

沿海城市自然灾害风险研究

许世远, 王 军, 石 纯, 颜建平

(华东师范大学资源与环境科学学院, 地理信息科学教育部重点实验室, 上海 200062)

摘要: 自然灾害是当代国际社会、学术界普遍关注的热点问题。随着自然灾害突发强度、频度和广度的不断增长, 自然灾害预防工作显得格外重要。沿海城市作为人口集聚、国民经济、社会发展重要区域和战略中心, 自然灾害带来的损失是剧烈、致命的, 亟待开展沿海城市自然灾害风险研究。该领域目前主要探讨的问题: 自然灾害类型与风险辨识; 脆弱性评价指标体系与评价模型; 自然灾害风险评估与风险管理; 自然灾害数据管理范式研究等。沿海城市作为自然灾害频发和受损严重的地区, 在全球变暖和快速城市化背景下, 目前应集中开展自然灾害风险实证研究; 沿海城市脆弱性评价指标体系和综合脆弱性评价方法; 自然灾害风险评估程序规范和动态评估模型; 自然灾害数据管理范式与模板; 自然灾害风险评估 GIS 工具集等。

关键词: 风险评估; 风险管理; 自然灾害; 沿海城市

1 引言

自然灾害是当代国际社会、学术界普遍关注的热点问题。早在 1981 年, 成立了国际风险协会 (SRA), 开展灾害风险分析、风险管理与政策研究^[1]; 1994 年, 联合国第一届国际减灾大会通过横滨战略, 提出了建立更安全世界的预防、防备和减轻自然灾害的指导方针; 1999 年, 国际全球环境变化的人文因素计划 (IHDP) 设立了全球环境变化与人类安全综合研究计划 (GECHS) 办公室, 重视自然灾害与城市脆弱性研究^[2]; 2005 年 1 月, 联合国第二届全球减灾会议在日本神户举行, 以国家与社区灾害防御能力建设为主题, 提出了《兵库宣言》, 为降低脆弱性和灾害风险提供了系统战略方法, 其中自然灾害风险识别、评价、灾害风险监测与预警被列为未来 10 年减灾的五个优先领域之一^[3]。

众多自然灾害根源于全球变暖, 而全球变暖带来的重要影响是海平面上升。大量研究表明, 海平面上升已是不争的事实。Gornitz 等根据全球 193 个稳定潮汐站点的海平面变化记录估算出海平面上升速率为 1 mm/a, 到 2050 年全球海平面要上升 40~60 cm^[4]; Barnett 应用 EOF 方法分析了全球 155 个站点的海平面变化记录, 估算出过去 100 年里, 全球海平面上升 14.3 ± 1.4 cm, 而过去近 50 年海平面上升 11.4 ± 1.2 cm^[5]; Nicholls 等认为 20 世纪海平面上升速率为 2.5 mm/a, 而 21 世纪由于人类活动的加剧, 海平面上升将进一步加速^[6]; Cabanes 等利用 Topex/Poseidon 卫星对全球海平面上升研究结果表明, 在 1993 年 1 月到 2000 年 12 月间, 海平面的上升速率为 2.5 ± 0.2 mm/a^[7]; IPCC 关于气候变化的第 3 份评价报告对 20 世纪导致海平面上升的不同因素的贡献进行了估算, 认为最大的贡献因素是大洋变暖所造成的大洋热膨胀 (导致海平面上升 0.7 mm/a), 这一因素自 20 世纪 50 年代以来占主导地位^[8], 贡献次之的是大陆冰雪融化因素, 导致海平面上升

收稿日期: 2005-10-11; 修订日期: 2005-12-03

基金项目: 国家自然科学基金项目 (40571006); 上海市重大科技攻关项目 (05DZ12007) [Foundation: National Natural Science Foundation of China, No.40571006; Key Project of Science and Technology of Shanghai, No. 05DZ12007]

作者简介: 许世远 (1938-), 男, 教授, 博士生导师, 中国地理学会副理事长。长期从事地貌、沉积、城市自然地理、环境演变与可持续发展研究, 发表论著 100 余篇(部)。E-mail: syxu@geo.ccnu.edu.cn

0.2~0.4 mm/a, 贡献最小因素是由于人类活动而导致的陆地水资源存储量的改变, 导致海平面上升速率为 -1.1~+0.4 mm/a, 取中值 -0.35 mm/a (即海平面在下降), 综合这些因素可知全球海平面上升的速率为 -0.8~+2.2 mm/a, 中值为 0.7 mm/a, 而最近的全球海平面上升研究结果表明上升速率接近 2 mm/a, 为 1.71 ± 0.55 mm/a^[9], 在纠正冰后期回弹后为 1.84 ± 0.35 mm/a^[10]; Cohen 等研究认为, 到 2050 年、2100 年和 2200 年, 全球海平面上升幅度分别为 15cm、35cm 和 80cm^[11]。

我国东南沿海地区海平面也在不断上升。全球加速上升的海平面与中国沿海平原地带的自然和人为地面沉降相叠加, 使中国沿海一些重要经济发展地区至 2050 年相对海面上升幅度将可能达到全球平均水平的 2~3 倍^[12]; 对长江三角洲及毗连地区海平面上升研究表明, 上海邻近海域海平面将在 2050 年上升 50cm 左右, 长江三角洲北部沿海约上升 45cm, 而苏北滨海平原和杭州湾北岸在 25~30 cm 之间^[13]; 对广东海平面上升研究认为 1955~1996 年间该地区相对海平面上升速率为 2.0~2.5 mm/a^[14]; 对香港过去 45 年海平面变化研究表明, 香港海平面上升的速率为 1.9 ± 0.4 mm/a^[15]。

沿海城市是自然灾害易发和频发区域。它也往往是世界各地人口集聚、国民经济和社会发展的重点区域和战略中心, 如我国沿海城市承载着全国 25% 以上人口, 创造着 55% 以上国民生产总值。随着城市人口、经济快速发展, 相伴而生的灾害隐患不断增多, 原有的致灾因素和致灾源不断外延和激化, 新的灾种和致灾源不断产生, 人为因素的致灾、成灾频率呈非线性提高, 灾害的“放大效应”更为显著; 而海平面上升、气候和海陆交互作用产生的复合型、多变性、突发性自然灾害, 进一步加剧了沿海快速城市化地区的自然灾害强度与频度, 变异型自然灾害类型繁多, 沿海城市脆弱性日趋增强, 社会经济损失巨大。如 2004 年 8 月发生的台风“云娜”肆虐浙江 15 小时, 导致全省死亡 164 人, 失踪 24 人, 直接经济损失高达 181.28 亿元; 2005 年 8 月底登陆美国新奥尔良的“卡特里娜”飓风, 导致 1069 人遇难, 经济损失超过千亿美元; 2005 年截至 9 月 20 日, 中国共遭 6 大台风袭击, 共造成 1630 人死亡, 紧急转移安置 1335 万人, 因灾造成的直接经济损失 1630 亿元; 而 2004 年 12 月 26 日发生的印度洋特大海啸也为世界重新思考自然灾害管理模式与发展观提供了一个契机。可见, 城市地位的重要性和面临自然灾害的高风险性, 促使城市自然灾害研究受到了更大的关注。近年来, 联合国人居处 (UN HABITAT)、美国国家海洋和气象局 (NOAA) 和欧盟等机构启动了城市自然灾害风险管理研究, 建立城市脆弱性评价指标体系, 强调自然灾害风险的动态评估研究, 使其成为灾害研究的前沿领域。

近 20 年来国际减灾战略的实施表明, 在自然灾害预防、防备和减灾三项工作中, 灾害预防工作最为重要, 而灾害风险评估是灾害预防的重要工具, 故本文着重论述深入开展城市自然灾害风险评估和管理领域的若干问题, 尤其对我国沿海城市自然灾害风险研究的重点进行初步探讨, 具有重要的科学价值与现实意义。

2 自然灾害类型与风险辨识

目前全球各种灾害造成的损失中, 洪水占 40%, 热带气旋占 20%, 干旱占 15%, 地震占 15%, 其余占 10%。沿海城市作为遭受自然灾害频率和强度最高的区域, 自然灾害对城市生命财产和社会物质财富造成重大危害。沿海城市自然灾害由不可控制或未加控制的因素造成, 主要包括洪水、风暴潮、热带气旋和海啸等^[16]。在全球变暖背景下, 沿海城市自然灾害的强度和频率明显加剧。

2.1 洪水灾害

洪水灾害是世界上最主要的自然灾害, 防治洪灾是世界各国普遍关注的问题。洪灾

不但影响沿海城市的基础设施,而且引发潮流和波浪的变化,改变着城市部分关键的自然和社会要素,可能导致霍乱等疫病的发生^[17]。1970~1989年间,美国为了保护沿海城市的人口和建筑等免遭洪灾,耗资约1000~3000亿美元。我国是世界上受洪灾影响最大的国家之一,频繁的洪灾严重地制约着我国社会和经济的发展,中国现有100多座大中城市处于洪水水位之下,其安全受到严重威胁。自公元前206年至1949年间,有1092个年份发生了较大的洪灾,平均每两年发生一次。中国沿海地区由于所处地理位置、地形和季风气候等因素的共同作用,导致洪灾频繁发生,成为全国遭受洪水危害频数最多、影响范围最广的三个洪水多灾区之一^[12]。受来自太平洋热带海洋气团和印度洋赤道海洋气团影响,我国夏季吹偏南风,沿海地区降水多集中在5~10月。热带气旋登陆或过境常常带来狂风暴雨,沿海省市24小时和3天最大降水记录,约80%是由热带气旋登陆创下的^[18]。同时,与热带和温带气旋相伴生的风暴潮又时常越过或摧毁海堤侵入低地;主干水系中上游过于集中的洪水与当地台风暴雨洪水和大潮高潮位相遇,极易形成严重洪水灾害。当北半球平均气温呈正距平时(即气温较常年偏高),中国东部长江以南和东北南部降水将偏多,尤以江苏、浙江和福建沿海降水增加最为显著^[19]。如1915年7月,连日暴雨,西江、北江和东江洪水相遇,又逢大潮顶托,引发珠江三角洲200年一遇特大洪灾,致使三角洲堤围几乎全部溃决,受灾农田43万hm²,受灾人数超过378万人,广州市被洪水淹没长达7天之久,损失惨重。1954年至1988年35年间,浙江沿海先后发生特大洪水11次,累计淹没农田157万hm²,倒塌房屋12.6万间,因灾死亡2116人^[12]。

2.2 风暴潮灾害

风暴潮是破坏性极强的自然灾害,全球沿海城市每年约有4500万人受到风暴潮灾害的影响。即便不考虑未来沿海地区人口和风暴频率的变化,在全球变暖背景下,当海面上升0.5m,将有约9000万人口受到风暴潮的影响,当海面上升1m,受影响的人口将达到1.2亿^[20]。在西北太平洋沿岸国家中我国遭受的风暴潮灾害最频繁,一年四季均有发生。台风风暴潮的致灾区域几乎遍及整个中国沿海,多发生在夏、秋季节。温带风暴潮的致灾区域主要集中在我国的渤、黄海沿岸,其中莱州湾最严重、渤海湾沿岸次之,海州湾沿岸再次之;9月至翌年6月均有发生,但多发生在冬半年(11月至翌年4月)^[21]。我国历史上对沿海频发的特大风暴潮灾害曾有过大量文字记载,据不完全统计,仅公元前48年至公元1949年近2000年间,有较详细记载的特大风暴潮灾害就有576次,平均不足4年就有一次,一次死亡人数少则千人,多则数万至10多万^[22]。近40多年来,风暴潮灾害死亡人数虽有所减少,但灾害直接经济损失则不断增加^[12]。据有关部门估算,近40年来,我国沿海风暴潮灾害每年造成的直接经济损失已由50年代的平均1亿元左右,增加到80年代后期的20亿元左右^[22]。仅就2003年,我国沿海地区共发生14次风暴潮灾害,造成直接经济损失达78.7亿元。

2.3 热带气旋灾害

全球变暖还将导致沿海地区热带气旋灾害加剧。热带气旋是一种强烈的天气系统,强烈的热带气旋伴有狂风、暴雨、巨浪和风暴潮,活动范围很大,具有强大破坏力,是最强烈的灾害性天气系统,全球平均每年被命名的热带气旋约84个,一半左右达到飓风强度。西北太平洋(包括南海)是全球热带气旋发生频率最高的地区,平均每年有近26个被命名的热带气旋发生;东北太平洋是全球热带气旋活跃发生地,平均每年发生被命名热带气旋近17个;北印度洋地区热带气旋发生频率较低,仅占全球热带气旋发生数的7%左右^[23]。自1960年起,印度和孟加拉国沿海城市至少遭受了8次大规模热带气旋袭击,每次死亡人数均超过万人;1970年热带气旋导致孟加拉国近30万人死亡,潮水向内陆运移150多km,孟加拉国、埃及和越南约800万~1000万人生活在海拔不足1m的区域内,而这些地区都是毫无保护措施河流三角洲地区^[24]。菲律宾以东洋面是全球热带气

旋生成最多的地方,而中国是世界各国登陆热带气旋最多的国家,常年在我国登陆的热带气旋有 7~9 个。1970~2001 年,32 年西太平洋(包括南海)共生成热带气旋 863 个,年均 27 个,在我国登陆 256 个,年均 8 个。热带气旋在我国的登陆时间基本上位于 7~12 月间。从登陆区域看,我国沿海地区均有登陆,广东是我国登陆热带气旋次数最多的地区。登陆我国的热带气旋向北移动可超过 50°N,向西可达 104°E 附近。热带气旋在我国陆上消失的位置最北是黑龙江、最西可至云南东部。广西是陆上热带气旋消失数最多的地区,江西是在内陆省份消失率最大地区,而江苏是深入内陆后入海最多的地区^[25]。

2.4 海啸灾害

海啸是沿海城市破坏性最大的自然灾害之一,它属于海洋地质灾害派生的一类自然灾害。根据成因海啸可分为 4 种类型,即由气象变化引起的风暴潮、火山爆发引起的火山海啸、海底滑坡引起的滑坡海啸和海底地震引起的地震海啸。1900~2004 年间,全球发生的海啸统计表明:太平洋发生 711 次海啸,约占全球海啸的 75%,地中海 110 次(12%),大西洋 91 次(10%),印度洋 34 次(3%),重大海啸 14 次,死亡人数达 14.3 万^[26],但频率最低的印度洋,2004 年 12 月 26 日却发生了全球最强的一次海啸灾害,造成死亡和失踪人数达 30 多万,其经济损失逾 200 亿美元^[26],成为人类历史上记录到的同类灾害中死亡人数、经济损失最严重的一次。全球每 2 年发生 1 次局地破坏性海啸,每 10 年发生 1 次越洋大海啸。我国近海海域虽不具备地震海啸发生的海洋条件,但地震引起 1~2 m 波高的潮水涌上岸的情况曾有发生。若发生 7.5 级以上强震,渤海和北黄海不会有地震海啸影响,但台湾及其附近区域可能造成一定灾害。历史上我国沿海也曾遭受地震海啸的侵袭,台湾是地震海啸的严重区。据不完全统计,从公元前 47~2004 年,中国沿海共发生 29 次地震海啸,其中有 8~9 次为破坏性海啸,特别是 1781 年 5 月 22 日发生在台湾南部的大海啸,持续 1~8h,台南 3 个重镇和 20 多个村庄先被地震破坏,后又被海啸吞噬,海水深入陆地达 120km,无一人生还,死亡 4~5 万人^[26]。因此,地震海啸仍是我国不容忽视的自然灾害,尤其是闽台地区,本地地震海啸灾害的潜在危险仍然存在。加强地震海啸发生机制、准确预测和预报地震海啸的研究是十分必要的,这对防范突发性地震海啸具有重要意义。

沿海城市作为区域社会、经济、文化的中心,频繁发生的自然灾害造成社会、经济和环境系统遭受巨大影响,严重威胁到沿海城市人类的生存安全。国内有关全球变暖影响下,海岸带自然灾害类型的研究较多^[13, 14, 18, 27-29],但对沿海城市的自然灾害类型与风险辨识的研究较薄弱。灾害风险辨识是风险分析的出发点和基础^[30]。开展全球变暖背景下的沿海城市自然灾害类型与灾害风险辨识研究,有利于识别沿海城市自然灾害的关键灾种及风险大小,为开展沿海城市自然灾害风险评估,建立沿海城市自然灾害预警机制,加强沿海城市救灾、防灾提供重要的依据,有利于维护沿海城市自然与社会的协调发展^[31, 32]。

3 城市自然灾害评价

3.1 城市脆弱性评价指标体系

城市自然灾害管理中,风险评价是重要工具,而把灾害与风险研究紧密联系起来的重要桥梁是“脆弱性分析”,即分析社会、经济、自然与环境系统相互耦合作用及其对灾害的驱动力、抑制机制和响应能力^[33]。近 10 多年来,发达国家已经开展了大量海岸带地区脆弱性评价研究(表 1)。荷兰和美国就全球变暖对海岸带地区的影响进行了系统研究,从而使两国的部分政策发生了改变,荷兰的海岸带保护政策已受到法律的保护;国际气候变化组织 IPCC 的 7 步式 CM 脆弱性评价方法(Common Methodology, CM)已用于 24

表 1 主要海岸带脆弱性评价方法、评价步骤与指标体系对比研究

Tab. 1 Comparison of main methods, steps and indexes of coastal vulnerability assessment

评价方法	评价步骤	指标体系	文献来源
IPCC 的 CM 脆弱性评价方法	(1) 实证区描述性研究	(1) 淹没区域社会-经济损失: 土地、财产、人口	IPCC, 1992
	(2) 建立实证区资料目录		
	(3) 鉴别社会与经济指标间相关性	(2) 淹没区域社会-经济风险: 土地、财产、人口	
	(4) 对研究区自然特征变化评价		
	(5) 明确灾害响应策略	(3) 社会-经济价值的改变: 土地利用方式、增加的商业支出	
	(6) 对实证区脆弱性评价	(4) 生态系统损失: 淹没湿地总面积、重要生态系统淹没面积	
	(7) 确定未来的防灾措施	(5) 文化和历史遗产损失: 历史遗迹数	
美国国家研究项目评价方法	(1) 区域灾害初步评价	(1) 海岸侵蚀	Leatherman 等, 1996
	(2) 航空录像-辅助脆弱性评价 (AVVA)	(2) 海岸淹没 (无具体指标)	
	(3) 区域受灾经济分析		
	(4) 区域适应性分析		
UNEP 方法手册	(1) 定义要解决问题	(1) 自然系统	Burton等, 1998
	(2) 选择评价方法	(2) 社会-经济系统	
	(3) 评价方法有效性检验	(无具体指标)	
	(4) 未知情景预演		
	(5) 自然系统与社会-经济系统脆弱性评价		
	(6) 各系统自适应能力评价		
	(7) 所采取政策有效性评价		
南太平洋岛屿脆弱性评价方法	(1) 压力分析 (外在压力/内在压力)	(1) 自然 (物理的/生物的)	Yamada等, 1995
	(2) 交互作用的海岸系统 (人-自然-制度-经济-文化-基础设施)	(2) 人口	
	(3) 系统参数 (可恢复性/脆弱性参数)	(3) 设施指标 (个人设施/地方设施/国家设施)	
	(4) 自然系统支撑力指数	(4) 制度 (地方制度/国家制度)	
		(5) 文化 (地方文化/国家文化)	
		(6) 经济 (现金/储蓄)	
海岸带脆弱性指数 (CVI)	(1) 定义评价对象 (区域/承灾体)	(1) 地形数据	Thieler等, 2001
	(2) 指标数据库构建	(2) 海岸带坡度 (百分比)	
	(3) CVI 指数计算	(3) 相对海平面上升速率 (mm/a)	
	(4) 网格制图	(4) 海岸侵蚀和淤积速率 (m/a)	
	(5) 区域风险区划	(5) 平均潮差 (m)	
		(6) 平均波高 (m)	

个国家的沿海城市进行评价^[34]; IPCC 技术指导方案^[35]用于对城市、森林、岛屿的部门和设施的脆弱性评价; 美国国家研究项目 (US Country Studies Program) 建立了一套 4 步式脆弱性评价方法, 相对于 CM 可操作性较弱^[36]; 在 IPCC 技术指导方案的基础上, 联合国环境规划署 (UNEP) 制定的关于气候变化影响评价与适应对策方法手册 (简称 UNEP 方法手册) 是对脆弱性评价的更详细指导方案, 用于沿海城市不同对象进行脆弱性评价^[37]; 南太平洋岛屿脆弱性评价方法 (The South Pacific Island Methodology) 是针对岛屿脆弱性评价的方法体系, 但由于许多指标的获取难度较大, 应用受到较大的限制^[38]; 另外, 为了克服基础数据有限的问题, 基于指数分析的评价方法得以发展, 为对美国东部沿海地区脆弱性进行定量评价, Thieler 等提出了海岸带脆弱性指数 (Coastal Vulnerability Indexes, CVI), 利用指标数据进行格网制图, 利用 GIS 软件实现了评价结果的空间可视化, 利用指标几何平均值平方根法或指标乘积均值平方根法计算 CVI 值, 利用 Microsoft Excel 软

件对评价结果进行分级。根据评价区域 CVI 值的不同,可用不同的颜色区分开来,反映出当海面上升时,不同城市区域的风险是低、中、高或更高^[39]。近年来,联合国人居处、欧盟等国际组织均启动了海岸带地区脆弱性评价工具研究,欧盟支持的气候变化和海面上升条件下,海岸带地区脆弱性动态与交互评价项目(DINAS-COAST)旨在开发以国家为单位的脆弱性评价模型;20 世纪末,Juha 等^[40]从地理学角度,提出了城市脆弱性评估的理论框架。随着研究的深入,脆弱性评价逐渐从社会学的定性分析,转向自然与社会科学相结合的综合性定量评价,区域脆弱性定量评价方法逐步得到发展^[41],GIS 空间分析功能也被逐渐应用于城市脆弱性评价^[42],但相对于基于 GIS 城市自然灾害风险区划研究^[43,44],基于 GIS 城市脆弱性分析仍处于起步阶段^[33]。

20 世纪 80 年代起,由于受到国际灾害学界重视脆弱性在灾害形成过程中作用研究的影响^[45],国内逐步开展了有关脆弱性的研究,认为灾害主要是地球表面孕灾环境、致灾因子和承灾体的脆弱性综合作用结果^[46-48]。樊延晓等^[49-51]、刘兰芳等^[52]对大空间尺度区域承灾体脆弱性评价指标体系、指标权重确定方法、脆弱性评价理论模型进行了较系统的研究;崔欣婷等对小空间尺度区域承灾体脆弱性评价指标与评价方法进行了初步探讨^[53];储金龙等对国内外海岸带脆弱性评估方法进行了系统的梳理研究^[54]。总体而言,国内对沿海城市脆弱性评价方面的研究仍很薄弱,更多是对城市某一方面脆弱性的研究,如生态环境脆弱性研究(包括脆弱带、脆弱性临界值)^[55-59]、水资源(包括地表水和地下水)脆弱性评价^[60-62],尚未形成沿海城市综合脆弱性评价指标体系和评价模型等。

3.2 自然灾害风险评估与管理

在国际多学科多领域开展的风险研究中,除了强调自然灾害系统的内在机制、风险评估模型、GIS 在自然灾害风险模型中的应用研究外,越来越关注从社会、经济、人文行为角度,对人类自身接受风险水平开展综合研究^[63],重点逐渐转向重视人类经济社会相对应的安全建设研究,把风险分析与相对应风险管理体系形成相联系,高度重视人类经济、社会和文化系统对各种灾害的脆弱性响应水平与风险适应能力研究^[64-66]。世界银行灾害管理部(HMU)在总结近期发生的印度洋特大海啸灾难后认为,实施以预防文化为基本理念的灾害风险管理,可将自然灾害损失降低 5~8 倍,现在正努力把灾害风险管理的理念集成到各种发展项目的规划与审批中,以确保世界银行的客户制定积极的国家灾害风险管理战略,从而切实地减少自然灾害的影响。由此可见,灾害研究应重视人类行为在区域灾害形成过程中的驱动力机制,而风险研究则重视人类行为在区域风险形成过程中的抑制机制。在自然灾害研究中,将灾害脆弱性评价与风险评估相结合;在风险管理中,将风险管理的灾害风险适应能力与预警机制相结合,以提高人类管理风险的水平及应对灾害的能力^[67]。

目前,国内有关自然灾害风险分析与评价研究已取得一定成果^[68-71],但这些研究基本上仅针对特定灾种,而对灾害链和灾害群等多灾种复合叠加作用的研究除史培军^[47]、马宗晋等^[71]有相关报道外,其他学者均较少涉及。灾害链研究的难点在于较难定量表述灾害链间能量的传递规律,而灾害群研究难点在于灾害群的发生是否存在周期性的问题^[47]。沿海地区作为多灾种频发的特殊地带,灾害链、灾害群这类多灾种复合叠加现象时有发生,这类灾害的评估只有通过灾害风险动态评估才能有效地反映多灾种相互关系和能量流动特点。目前,有关沿海城市多灾种复合作用的灾害风险动态评估与风险管理研究,国内外均还未涉及,故无法满足当前全球变暖所造成的沿海城市自然灾害多具有复合叠加特点研究的需要。

3.3 自然灾害数据管理范式

在城市自然灾害数据管理中,应重视对灾害发生、发展过程的描述,以及与灾害相关信息的管理,如城市基础设施、社会经济文化、风险意识与交流等^[72]。在发达国家大多

表 2 塔吉克斯坦社区自然灾害数据管理范式
Tab. 2 Pattern of Community Natural Disaster Data Management in Tajikistan

序号	灾害特征类	字段名称	对应数据类型
1	灾害信息 (按灾害类型统计)	受灾区域/受灾面积/受灾地点/灾情描述/灾害综合破坏指数/灾害发生时间	Geometry/Double/ String/String/Double/Date
2	基础设施安全性 (公路、桥梁、学校、医院、警察局、邮局、机场等)	设施名称/设施站地面积/设施所在位置/设施建筑时间/设施安全性指数/基础设施综合脆弱性指数/测量时间	String/Double/String/Date/ Double/ Double/Date
3	水文条件 (河流、湖泊、冰川等)	水系名称/水系面积/水系长度/流量/流速/水文脆弱性综合指数/测量时间	String/Double/Double/ Double/Double/Double/Date
4	防灾/减灾图片	地形图/地貌图/地震图/地震强度分布图/土地利用图/遥感影像图/航空摄影图/数字高程图	矢量图类型: *.shp/*.dwf 栅格图类型: *.tiff/*.jpg
5	区域经济水平	区域名称/经济结构/发展速度/人均收入/经济综合脆弱性指数/调查时间	String/Double/Double/ Double/Double/Date
6	区域社会现状	区域名称/人口总量/人口增长率/男女比例/社会综合脆弱性指数/调查时间	String/Double/Double/ Double/Double/Date
7	灾害/防灾意识	调查区域/被调查人性别/年龄/学历/防灾意识综合指数/调查时间	Geometry /String/Integer/ String/Double/Date
8	灾害交流 (交流渠道与方式等)	灾害交流渠道负责人/紧急联系方式/联系有效时间	String/String/Date
9	防灾救灾预案	灾害发生区域/灾害类型/灾害等级/灾害预案	String/String/String/String

已形成较成熟的自然灾害数据管理范式，为城市脆弱性分析、灾害风险评估、灾害早期预警、灾情分析及灾后重建等研究提供了高效的服务^[73-75]。日本是世界上受自然灾害袭击频率最高的国家，有一套严格的灾害数据管理范式，保证了灾害信息交流的流畅，及时提供自然灾害侵袭的信息，从而提高了灾害预警的准确性和高效性^[76]。孟加拉国、印度、日本、巴基斯坦、斯里兰卡、泰国和越南等 7 国参加的 APN 基金项目“南亚、东南亚沿海城市气候变化导致的洪水对社会—经济影响评价研究”，正试图制定一套严格的沿海城市灾害数据管理模式，整合和分析参与国主要特大城市与灾害有关数据和信息^[77]。Yan 等围绕城市自然灾害，建立了一套全面、直观记录社区自然灾害数据的范式 (表 2)，应用于塔吉克斯坦社区自然灾害数据管理，取得了良好的效果^[78]。

现阶段，我国尚缺少城市自然灾害数据管理范式，灾害管理部门间问责权关系不对称，导致各灾种职能管理部门之间的“界面关系”模糊，缺乏沟通、协调和资源信息统一管理范式，自然灾害信息在短时间内无法实现科学的整合，导致指挥层迅速决策缺乏有力的信息，严重地影响了政府应对城市突发自然灾害的处理能力。

4 讨论与结论

基于国际灾害风险研究领域的发展动向^[79-81]，针对我国该项研究现状，亟待开展城市自然灾害风险代表性区域的实证研究。基于国际上该领域的重要研究成果^[82-86]，在全球变暖 and 快速城市化背景下，我国特定灾种和多灾种复合条件下沿海城市自然灾害风险实证研究的具体内容应包括：

- (1) 沿海城市脆弱性指标体系和综合脆弱性评价方法 分析并借鉴国外已有的脆弱性评价指标体系，通过敏感度、代表性、可获得性分析进行指标筛选，分别构建特定灾种和多灾种复合条件下沿海城市脆弱性评价指标体系；在特定灾种沿海城市脆弱性评价方法基础上，建立脆弱性评价模型，探索沿海城市综合脆弱性评价方法。
- (2) 沿海城市自然灾害风险评估程序规范和动态评估模型 分析并描述沿海城市自然灾害风险的不确定性、灾害发生的诱导因素、灾害来源与形成过程及灾害特征；根据

沿海城市自然灾害的特征,修正目前已有的灾害风险评估程序,建立适合特定沿海城市自然灾害风险评估的程序和规范;在特定灾种风险评估模型基础上,建立沿海城市自然灾害复合风险动态评估模型,开展评估模型的灵敏度分析,计算城市自然灾害风险指数,实现沿海城市自然灾害风险的动态定级、监测与预警。

(3) 沿海城市自然灾害数据管理范式与模板 系统开展特定沿海城市主要自然灾害类型的辨识研究,在此基础上,整理主要自然灾害数据(包括自然灾害发生时间、地点、灾害强度、灾害损失等数据),建立沿海城市自然灾害数据模型和数据质量控制、数据集集成及数据更新方式的规范;创建沿海城市自然灾害对象关系模型;构建沿海城市自然灾害数据管理的统一模板。

(4) 沿海城市自然灾害风险评估 GIS 工具集 利用关系数据库(如 Oracle 9i)和 GIS(如 GeoDatabase)技术,管理自然灾害数据,形成灾害数据库管理模块;集成自然灾害数据管理模板、脆弱性评价模型、灾害风险动态评估模型到统一的操作界面,形成一套便于操作的 GIS 工具集;利用该工具集,计算特定灾种和多灾种复合自然灾害影响下城市脆弱性指数、风险等级与频度,验证风险评估程序的合理性和风险评估模型的精确性、可靠性和灵敏度;完成沿海城市代表性城区自然灾害风险制图,为城市区域规划与自然灾害防御提供参考。

参考文献 (References)

- [1] Goldstein B D. SRA president's message. SRA Risk Newsletter, 2003, 23(2).
- [2] Sun Chengquan, Lin Hai, Qu Jiansheng. Global Change and Humanistic Community Scientific Question. Beijing: China Meteorological Press, 2003. [孙成权, 林海, 曲建升. 全球变化与人文社会科学问题. 北京: 气象出版社, 2003.]
- [3] United Nation, Draft programme outcome document. Building the resilience of nations and communities to disasters: Hyogo framework for action 2005-2015, World Conference on Disaster Reduction, Kobo, Hyogo, Japan, 2005.
- [4] Gornitz V, Lebedeff S, Hansen J. Global sea level trend in the past century. Science, 1982, 215: 1611-1614.
- [5] Barnett T Y. The estimation of "Global" sea level change: a problem of uniqueness. J. Geography. Res., 1984, 89(C5): 7980-7988.
- [6] Nicholls R J, Klein R J. Some Thoughts on Impacts and Adaptation to Climate Change in Coastal Zone, in proceedings of SURVAS Expert Workshop on African Vulnerability and Adaptation to Impacts of Accelerated Sea-Level Rise (ASLR), Cairo, 2000, 5-13.
- [7] Cabanes C, Cazenave A, Provost C L. Sea level rise during past 40 years determined from satellite and in situ observations. Science, 2001, 294, 840-842.
- [8] Levitus S, Antonov J I, Boyer T P et al. Warming of the World Ocean. Science, 2000, 287: 2225-2229.
- [9] Douglas B C, Kearney M S, Leartherman S P. Sea Level Rise, History and Consequences, 75 of International Geophysics Series. London: Academic Press, 2001. 37-64.
- [10] Douglas B, Kearney M S, Leatherman S P. Sea Level Rise: History and Consequences (International Geophysics). San Diego, CA: Academic Press, 2001.
- [11] Cohen M C, Lara R J. Temporal changes of mangrove vegetation boundaries in Amazonia: Application of GIS and remote sensing techniques. Wetlands Ecology and Management, 2003, (11): 223-231.
- [12] Yang Guishan, Shi Yafeng. Major environmental changes and hazards and strategy of damage-mitigation in the coastal area of China. Journal of Natural Disasters, 1999, 8(2): 13-20. [杨桂山, 施雅风. 中国海岸地带面临的重大环境变化与灾害及其防御对策. 自然灾害学报, 1999, 8(2): 13-20.]
- [13] Shi Yafeng, Zhu Jiwen, Xie Zhiren et al. The forecast and preventing strategy of sea-level rising influence in Yangtze Delta and adjacent area. Science in China (Series D), 2000, 30(3): 225-232. [施雅风, 朱季文, 谢志仁 等. 长江三角洲及毗连地区海平面上升影响预测与防治对策. 中国科学(D 辑), 2000, 30(3): 225-232.]
- [14] Huang Zhenguo. Sea-level Change, Influence and Strategy in Guangdong. Guangdong: Guangdong Science and Technology Press, 2000. [黄镇国. 广东海平面变化及其影响与对策. 广东: 广东科技出版社, 2000.]
- [15] Ding X, Zheng D, Chen Y et al. Sea level change in Hong Kong from tide gauge measurements of 1954-1999. Journal of Geodesy, 2001, 74: 683-689.
- [16] United Nations. Water and Disasters. Report, Geneva, Switzerland, 2004.
- [17] GESAMP. Joint group of experts on the scientific aspects of marine environmental protection and advisory committee

- on protection of the sea. A sea of troubles. Reports and Studies, 2004.
- [18] Shi Yafeng. Exacerbating coastal hazards and defensive counter measures in China. *Journal of Natural Disasters*, 1994, 3(2): 1-14. [施雅风. 中国海岸带灾害的加剧发展及防御方略. 自然灾害学报, 1994, 3(2): 1-14.]
- [19] Tu Qipu. On the effects of greenhouse effect, solar activities and southern oscillation on the climate change in China. *Journal of Natural Disasters*, 1992, 1(2): 47-51. [屠其璞. 温室效应、太阳活动、南方涛动对中国气候变化的影响. 自然灾害学报, 1992, 1(2): 47-51.]
- [20] Small C, Cohen J E. Continental physiography, climate and the global distribution of human population. In: *Proceedings of the International Symposium on Digital Earth*. Beijing: Science Press, 1999. 965-971.
- [21] Wang Xinian. Knowledge of storm tide forecast. *Marine Forecasts*, 2001, 18(2): 70-77. [王喜年. 风暴潮预报知识讲座. 海洋预报, 2001, 18(2): 70-77.]
- [22] Yang Huating, Tian Suzhen. Data Compilation of Ocean Disaster during 1949-1990. Beijing: China Ocean Press, 1993. [杨华庭, 田素珍. 中国海洋灾害四十年资料汇编(1949-1990). 北京: 海洋出版社, 1993.]
- [23] Yang Yaxin. An overview of the global tropical cyclone. *World Shipping*, 2005, 28(2): 3-6. [杨亚新. 全球热带气旋概述. 世界海运, 2005, 28(2): 3-6.]
- [24] IPCC. Climate Change 1995: the science of climate change. In: Houghton J T, L G Meira Filho (eds.), *Contribution of Working Group I to the Second Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, 1996.
- [25] Li Ying, Chen Lianshou, Zhang Shengjun. Statistical characteristics of tropical cyclone making landfalls on China. *Journal of Tropical Meteorology*, 2004, 20(1): 14-21. [李英, 陈联寿, 张胜军. 登陆我国热带气旋的统计特征. 热带气象学报, 2004, 20(1): 14-21.]
- [26] Ye Lin, Yu Fujiang. The disaster and warning of tsunami in China and the suggestion in future. *Marine Forecasts*, 2005, 22(suppl.): 147-157. [叶琳, 于福江. 我国海啸灾害及预警现状与建议. 海洋预报, 2005, 22(增刊): 147-157.]
- [27] Ren Mei'e. Recent advances in sea-level research. *Journal of Nanjing University (Natural Sciences)*, 2000, 36(3): 269-279. [任美铎. 海平面研究的最近进展. 南京大学学报, 2000, 36(3): 269-279.]
- [28] Xu Shiyuan. Atlas of Shanghai Urban Physical Geography. Shanghai: China Map Press, 2004. [许世远. 上海城市自然地理图集. 上海: 中华地图学社, 2004.]
- [29] Xu S Y. Flood and waterlogging and its environmental features in the Yangtze Delta. *Bulletin of the National Museum of Japanese History*, 1999, 81: 221-273.
- [30] Ren Luchuan. Advance in risk analysis for regional natural disasters. *Advance in Earth Sciences*, 1999, 14(3): 242-246. [任鲁川. 区域自然灾害风险分析研究进展. 地球科学进展, 1999, 14(3): 242-246.]
- [31] Effendi A, Nasution A, Djarwoto A et al. Civil-society and inter-municipal cooperation for better urban services/Mitigation of Geohazards in Indonesia. Status report on the project, 2005.
- [32] ADRC (Asian Disaster Reduction Center). Good Practices: Total Disaster Risk Management, 2005.
- [33] UN/ISDR. Living with risk: a global review of disaster reduction initiatives 2004 version. United Nations Publication, 2004.
- [34] IPCC CZMS. Global climate change and the rising challenge of the sea. Report of the Coastal Zone Management Subgroup. IPCC Response Strategies Working Group, Rijkswaterstaat, the Hague, 1992.
- [35] Parry M L, Carter T R. Climate Impact and Adaptation Assessment: A Guide to the IPCC Approach. London: Earth Scan Publications, 1998. 166 pp.
- [36] Leatherman S P, Yohe G W. Coastal impact and adaptation assessment. In: Benioff R, Guill S, Lee J (eds), *Vulnerability and Adaptation Assessments: An International Handbook*, Version 1.1. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 1996. 563-576.
- [37] Burton I, Feenstra J F, Parry M L et al. UNEP handbook on methods for climate change impact assessment and adaptation studies, Version 2.1, United Nations Environment Programme and Institute for Environmental Studies, Vrije Universiteit, Amsterdam, 1998.
- [38] Yamada K, Nunn P D, Mimura N et al. Methodology for the assessment of vulnerability of South Pacific island countries to sea-level rise and climate change. *Journal of Global Environment Engineering*, 1995, 1: 101-125.
- [39] Thieler E R, Hammar-Klose E S. National assessment of coastal vulnerability to sea-level rise: preliminary results for the U.S. Atlantic Coast. U.S. Geological Survey Open-File Report, 2001. 99-593.
- [40] Juha I U. The geography of disaster vulnerability in megacities. *Applied Geography*, 1998, 18(1): 7-16.
- [41] Khanduri A C, Morrow G C. Vulnerability of buildings to windstorms and insurance loss estimation. *Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics*, 2003, 91: 455-467.
- [42] Mavroulidou M, Hughes S J, Hellawell E E. A qualitative tool combining an interaction matrix and a GIS to map vulnerability to traffic induced air pollution. *Journal of Environmental Management*, 2004, 70: 283-289.
- [43] Jiang Yongjun, Kuang Mingsheng, Li Linli et al. Comprehensive regionalization of natural disasters in Chongqing city

- as revealed by GIS. Resources and Environment in the Yangtze Basin, 2003, 12(5): 485-490. [蒋勇军, 况明生, 李林立等. GIS 支持下的重庆市自然灾害综合区划. 长江流域资源与环境, 2003, 12(5): 485-490.]
- [44] Jiang Qingfeng, You Zhen. GIS-based natural hazard regionalization in Nantong. Journal of Catastrophology, 2005, 20(2): 110-114. [蒋庆丰, 游珍. 基于 GIS 的南通市自然灾害风险区划. 灾害学, 2005, 20(2): 110-114.]
- [45] Black C, Davis I, Wisner B. Nature Hazards, People's Vulnerability and Disasters. London: Routledge, 1994. 13-21.
- [46] Shi Peijun. Theory on disaster science and disaster dynamics. Journal of Natural Disasters, 1996, 5(4): 6-14. [史培军. 再论灾害研究的理论与实践. 自然灾害学报, 1996, 5(4): 6-14.]
- [47] Shi Peijun. Theory on disaster science and disaster dynamics. Journal of Natural Disasters, 2002, 11(3): 1-9. [史培军. 三论灾害研究的理论与实践. 自然灾害学报, 2002, 11(3): 1-9.]
- [48] Shi Peijun. The Atlas of Natural Disaster System in China. Beijing: Science Press, 2003. [史培军. 中国自然灾害系统地图集. 北京: 科学出版社, 2003.]
- [49] Fan Yunxiao, Luo Yun, Chen Qingshou. Establishment of weight about vulnerability indexes of hazard bearing body. Journal of Catastrophology, 2001, 16(1): 85-87. [樊运晓, 罗云, 陈庆寿. 区域承灾体脆弱性综合评价指标权重的确定. 灾害学, 2001, 16(1): 85-87.]
- [50] Fan Yunxiao, Luo Yun, Chen Qingshou. Research on indexes system about regional vulnerability assessment. Geoscience, 2001, 15(1): 113-116. [樊运晓, 罗云, 陈庆寿. 区域承灾体脆弱性评价指标体系研究. 现代地质, 2001, 15(1): 113-116.]
- [51] Fan Yunxiao, Gao Penghui, Wang Hongjuan. Theoretical model for fuzzy evaluation of vulnerability of regional hazard bearing body. Journal of Catastrophology, 2003, 18(3): 20-23. [樊运晓, 高朋会, 王红娟. 模糊综合评判区域承灾体脆弱性的理论模型. 灾害学, 2003, 18(3): 20-23.]
- [52] Liu Lanfang, Liu Shenghe, Liu Peilin et al. Synthetic analysis and quantitative estimation of the agricultural vulnerability to drought disaster in Hunan Province. Journal of Natural Disasters, 2002, 11(4): 78-83. [刘兰芳, 刘盛和, 刘沛林等. 湖南省农业旱灾脆弱性综合分析与定量评价. 自然灾害学报, 2002, 11(4): 78-83.]
- [53] Cui Xinting, Su Yun. A primary study on evaluating disaster bearing body's vulnerability to agricultural droughts under small spatial scale. Geography and Geo-Information Science, 2005, 21(3): 80-83. [崔欣婷, 苏筠. 小空间尺度农业旱灾承灾体脆弱性评价初探. 地理与地理信息科学, 2005, 21(3): 80-83.]
- [54] Chu Jinlong, Gao Shu, Xu Jiangang. Risk and safety evaluation methodologies for coastal systems: a review. Marine Science Bulletin, 2005, 24(3): 80-87. [储金龙, 高抒, 徐建刚. 海岸带脆弱性评估方法研究进展. 海洋通报, 2005, 24(3): 80-87.]
- [55] Hu Baoqing, Jin Shulan, Cao Shaoying et al. Comprehensive evaluation of fragile karst eco-environment in Guangxi Zhuang Autonomous Region based on GIS. Journal of Soil and Water Conservation, 2004, 18(1): 103-107. [胡宝清, 金妹兰, 曹少英等. 基于 GIS 技术的广西喀斯特生态环境脆弱性综合评价. 水土保持学报, 2004, 18(1): 103-107.]
- [56] Wang Xiaodan, Zhong Xianghao. Approaches to concept of vulnerability of ecology and environment. Journal of Mountain Science, 2003, 21: 21-25. [王小丹, 钟祥浩. 生态环境脆弱性概念的若干问题探讨. 山地学报, 2003, 21: 21-25.]
- [57] Yang Yuwu, Tang Jie, Ma Suting. The quantitative assessment and database building on fragile eco-environment. Research of Environmental Sciences, 2002, 15(4): 46-49. [杨育武, 汤洁, 麻素挺. 脆弱生态环境指标库的建立及其定量评价. 环境科学研究, 2002, 15(4): 46-49.]
- [58] Yao Jian, Ai Nanshan, Ding Jin. Progress in the studies of eco-environmental fragility and assessment in China. Journal of Lanzhou University (Natural Sciences), 2003, 39(3): 77-80. [姚建, 艾南山, 丁晶. 中国生态环境脆弱性及其评价研究进展. 兰州大学学报(自然科学版), 2003, 39(3): 77-80.]
- [59] Shen Zhenyao, Yang Zhifeng, Cao Yu. Review on environment vulnerability research. Geological Science and Technology Information, 2003, 22(3): 91-94. [沈珍瑶, 杨志峰, 曹瑜. 环境脆弱性研究述评. 地质科技情报, 2003, 22(3): 91-94.]
- [60] Huang Youbo, Zheng Dongyan, Xia Jun et al. Analysis of water resources vulnerability and ecological problems in Heihe river basin. Journal of Water Resources & Water Engineering, 2004, 15(1): 32-37. [黄友波, 郑冬燕, 夏军等. 黑河地区水资源脆弱性及其生态问题分析. 水资源与水工程学报, 2004, 15(1): 32-37.]
- [61] Zou Shengzhang, Zhang Wenhui, Liang Bin et al. A discussion of the assessment of groundwater vulnerability in epikarst zone of the karst area, Southwest China. Earth Science Frontiers, 2005, 12(suppl.): 152-158. [邹胜章, 张文慧, 梁彬等. 西南岩溶区表层岩溶带水脆弱性评价指标体系的探讨. 地学前缘, 2005, 12(增刊): 152-158.]
- [62] Lei Jing, Zhang Sicong. Study on the groundwater vulnerability assessment in Tangshan plain area. Acta Scientiae Circumstantiae, 2003, 23(1): 94-99. [雷静, 张思聪. 唐山市平原区地下水脆弱性评价研究. 环境科学学报, 2003, 23(1): 94-99.]
- [63] Remy U G. Transboundary risks: how governmental and non-governmental agencies work together. Risk and

- Governance, Program of World Congress on Risk, Brussels, Belgium, 2003, June 22-25.
- [64] Wiedeman P. Risk as a model for sustainability. Risk and Governance, Program of World Congress on Risk, Brussels, Belgium, 2003, June 22-25.
- [65] Umana A. Governance and capability development for risk management in developing countries. Risk and Governance, Program of World Congress on Risk, Brussels, Belgium, 2003, June. 22-25.
- [66] Kleiber C. Risk Governance: a new approach. Risk and Governance, Program of World Congress on Risk, Brussels, Belgium, 2003, June 22-25.
- [67] Ikeda S. Some lessons from Japan in early detection, precaution, and informed choice in the risk divided society. Risk and Governance, Program of World Congress on Risk, Brussels, Belgium, 2003, June 22-25.
- [68] Huang Chongfu. Natural Disaster Risk Analysis. Beijing: Beijing Normal University Press, 2001. [黄崇福. 自然灾害风险分析. 北京: 北京师范大学出版社, 2001.]
- [69] Huang Chongfu. The Theory and Practice of Natural Disaster Risk Assessment. Beijing: Science Press, 2005. [黄崇福. 自然灾害风险评价理论与实践. 北京: 科学出版社, 2005.]
- [70] Su Guiwu, Gao Qinghua. Behavior subject oriented qualities and time scale issues of natural disaster risk. Journal of Natural Disasters, 2003, 12(1): 9-16. [苏桂武, 高庆华. 自然灾害风险的行为主体特性与时间尺度问题. 自然灾害学报, 2003, 12(1): 9-16.]
- [71] Ma Zongjin. The momentous natural disaster and reduction action (General Remarks). Beijing: Science Press, 1994. [马宗晋. 中国重大自然灾害及减灾对策(总论). 北京: 科学出版社. 1994.]
- [72] Yan J P. Natural disaster risk assessment: Models, working procedure and integration with GIS. Proceedings of the 2nd World Conference on Disaster Reduction, Kobe, Japan, January, 18-22, 2005.
- [73] ADPC/CDMC/UWDMC. The working drafts: a compendium of project reports (Applied Research Grants for Disaster Reduction). The World Bank, Washington, DC USA, 2004.
- [74] Rajib S, Kenji O. A User's Guide: Sustainable community based disaster management (CBDM) practices in Asia. UNCRD Disaster Management Planning Hyogo Office, Kobe, Japan, 2004.
- [75] Freeman P K, Martin L A, Linneroot-Bayer J et al. Disaster risk management: national systems for the comprehensive management of disaster risk financial strategies for natural disaster reconstruction. Inter-American Development Bank, Washington, DC USA, 2005.
- [76] WCDR. Disaster reduction technology list on implementation strategies: a contribution from Japan. Kobe, Hyogo Japan, 2005.
- [77] Asia Pacific Network Project: An assessment of the socio-economic impacts of floods under climate change conditions in large coastal cities in South and South-east Asia. Starting date: September, 2004.
- [78] Yan J P, Husani H. Towards disaster resilient community in the mountainous environments: Sustainable Disaster Risk Management Approach. Proceedings of the 2nd World Conference on Disaster Reduction, Kobe, Japan, January, 2005, 18-22.
- [79] Nicholls R. Coastal vulnerability assessment for sea-level rise: evaluation and selection of methodologies for implementation. In: A Publication of the Caribbean Planning for Adaptation to Global Climate Change (CPACC) Project, 1998.
- [80] Bryan B, Harvey N, Belperio T et al. Distributed process modeling for regional assessment of coastal vulnerability to sea-level rise. Environmental Modeling and Assessment, 2001, (6): 57-65.
- [81] El-Raey M, Fouda Y, Nasr S. GIS assessment of the vulnerability of the Rosetta area, Egypt to impacts of sea rise. Environmental Monitoring and Assessment, 1997, 47: 59-77.
- [82] Warren R. Using the DIVA Model in Integrated Assessment Research. DINAS-COAST Special Session: Representing Impact Processes in Integrated Assessment Models. Annual RGS-IGB Conference: Geography, Serving Society and the Environment. Royal Geographical Society, London, United Kingdom, 3-5 September 2003.
- [83] Vafeidis A. A Global Database for Impact and Vulnerability Assessment (the DIVA Database). DINAS-COAST Special Session: Representing Impact Processes in Integrated Assessment Models. Annual RGS-IGB Conference: Geography, Serving Society and the Environment, Royal Geographical Society, London, United Kingdom, 3-5 September 2003.
- [84] McFadden L, Vafeidis A, Nicholls R J. A Coastal Database for Global Impact and Vulnerability Analysis. 5th International Symposium on Coastal Engineering and Science of Coastal Sediment Processes: Coastal Sediments '03, Clearwater Beach, Florida, USA, 18-23 May 2003.
- [85] Klein R J. The DINAS-COAST Concept and the DIVA Tool. DINAS-COAST Special Session: Representing Impact Processes in Integrated Assessment Models. Annual RGS-IGB Conference: Geography, Serving Society and the Environment, Royal Geographical Society, London, United Kingdom, 3-5 September 2003.
- [86] IDEA. Indicators of disaster risk and risk management. Summary Report for World Conference on Disaster Reduction, January 2005.

Research of the Natural Disaster Risk on Coastal Cities

XU Shiyuan, WANG Jun, SHI Chun, YAN Jianping

*(Key Laboratory of Geo-information Science of the Ministry of Education,
East China Normal University, Shanghai 200062, China)*

Abstract: Natural disaster is the hotspot question in international society and academe. Natural disaster prevention is very important since the constant increase in intensity, frequency and extent of natural disasters. A coastal city is an important area and strategic focus of people convergency, national economy and society development, so the loss of the cities from natural disasters is very fierce and fatal. At present, the main questions discussed in this field are: types and risk identification of natural disasters, the indexes system and model of vulnerability assessment, natural disaster risk assessment and management, and the pattern of natural disaster data management. As the natural disaster risk assessment and risk management of coastal cities started relatively late in China, in the background of global warming and quick urbanization, our research in the coastal coastal cities should focus on these aspects: the indexes system and method of coastal city vulnerability assessment, the assessment procedure criterion and dynamic assessment model of coastal city natural disaster risk, the pattern and template of coastal city natural disaster data management, and the GIS tools of coastal city natural disaster risk assessment.

Key words: risk assessment; risk management; natural disaster; coastal city