

暴雨内涝对城市社区居民出行影响的初步分析

——以上海市普陀区金沙居委地区为例*

吴燕娟¹, 温家洪¹, 曹羽¹, 胡恒智¹,
张振国^{1,2}, 徐明³, 谈建国⁴

(1. 上海师范大学地理系, 上海 200234; 2. 大连民族学院经济与管理学院, 辽宁 大连 116600;
3. 中国气象局上海台风研究所, 上海 200030; 4. 上海市气象科学研究所, 上海 200030)

摘要:开展城市社区暴雨内涝模拟, 初步分析受影响的居民数量。以上海市普陀区金沙居委地区为案例, 利用上海市暴雨经验公式计算重现期为50年、100年、500年三种不同情景下的1h降水量, 以修正的SCS模型计算径流量。结合上海市排水管网系统的运行状况和实测的研究区相对高程, 模拟9种不同情景下暴雨积水的淹没深度, 分析不同情景下受影响的房屋分布和对居民出行的影响。随着暴雨强度的增强, 排水管网系统功能的失效, 积水区域由研究区中部不断扩大。在重现期为500年的情景下, 在排水系统完全失效的情况下, 最大淹没深度可达0.405m, 道路积水影响出行的人数达到5970人, 占研究区总人口数的87%, 已经严重影响到当地居民的日常生活和出行。

关键词:暴雨内涝; 城市社区; 居民; 情景分析; 上海

中图分类号: P458; X43 **文献标志码:** A **文章编号:** 1000-811X(2013)03-0191-07

洪涝是常见的城市自然灾害类型^[1]。快速城市化和气候变化背景下, 中国城市极端暴雨洪涝成灾, “到城市看海”现象频发, 对城市社会经济、居民生活造成严重影响^[2]。2011年夏季, 北京、武汉、深圳、杭州、南昌、长沙、南京等大城市均遭受到暴雨洪涝灾害袭击, 特别是2012年“7·21”首都北京的强暴雨及洪涝灾害, 受灾人口约190万人, 因灾死亡79人, 转移群众56933人, 房屋倒塌10660间, 经济损失116.4亿元^[3]。暴雨内涝型洪灾是城市洪涝灾害最常见的类型^[4], 不少学者对近年来发生的城市暴雨内涝灾害案例进行了分析, 讨论了城市内涝产生原因和防范对策^[5-10], 并从城市暴雨强度公式推算^[11-14], 灾害危险性^[15]、承灾体暴露性^[16]、脆弱性^[17-21]、风险评估^[22-25]、数值模拟^[26]和监测预警^[27-28]等方面开展了大量研究。

暴雨积水除造成城市社区居民的财产损失外, 还影响着居民健康、日常生活和出行, 引起了国

内外学者的广泛关注。灾害对人的影响(受影响的人数, 以及死亡、受伤和无家可归人数)是灾害损失评估的重要内容^[29], 其中, 暴雨积水淹没道路对居民出行的影响, 是居民最关心的问题之一。但总体而言, 前人大多以建筑和房屋财(资)产为承灾体, 开展暴雨内涝的风险评估^[30], 少有对居民自身的影响分析。本文综合应用GIS技术和整合本地风险知识, 即参与式GIS(Participatory GIS, PGIS)方法^[31-34], 以及情景分析方法, 通过对上海普陀区金沙居委居民的现场调查、问卷和访谈, 获得暴雨积水的历史灾情, 从致灾因子、暴露分析入手, 基于金沙居委地区详细的人口分布信息, 分析暴雨积水出行受影响的人口数。

1 研究区和数据

1.1 研究区概况

上海地处亚洲大陆东部中纬度沿海地带, 长

* 收稿日期: 2012-12-12 修回日期: 2013-01-20

基金项目: 国家自然科学基金(41201548, 41275021); 教育部人文社会科学研究基金项目(11YJCZH241)

作者简介: 吴燕娟(1989-), 女, 江苏常州人, 硕士研究生, 主要研究方向为自然灾害风险评估。E-mail: yjwu.shnu@gmail.com

通讯作者: 温家洪(1966-), 男, 江西兴国人, 博士, 教授/博士生导师, 主要从事灾害风险分析与管理、遥感与GIS的应用研究与教学工作。E-mail: jhwen@shnu.edu.cn

江三角洲冲积平原前缘、太湖下游,四周滨江临海、地势低洼^[35];上海位于亚热带东亚季风气候区,温和湿润,气团活动明显,在汛期易受梅雨和热带气旋影响,强对流天气高发。每到汛期,城市暴雨内涝频发,对居民生活和出行产生影响。如2012年8月7日上海遭台风“海葵”袭击,多地出现狂风暴雨,累积雨量250~400 mm,造成众多道段发生积水,航班、铁路、长途巴士均受影响,数万旅客出行受阻,给市民出行带来极大不便^[36]。

金沙居委位于上海市普陀区长风街道。辖区北至宁夏路,西临凯旋路以及轨道交通,南至顺义路且与苏州河大拐弯处接壤,东为白兰路,面积约为108 800 m²(图1)。由于不同时期的建设、拆迁重建等原因,辖区内现有金沙新村、工足公房、解放村等旧式砖木结构房屋;中化新村、南林家港等砖混结构老公房;康泰公寓、白玉苑等钢筋混凝土结构商品房等跨越半个多世纪不同时期的建筑存在,外加部分由居民私自搭建以及破墙开店形成的半临时性建筑。该区为典型的旧式建筑和新建住宅混合区。同时,该区地势低洼,是上海台风暴雨内涝灾害频发的地区之一。金沙居委所在地区虽然面积不大,但辖区内居民人口众多,辖区内共有在住居民6 891人,此外还有部分外来流动人口,而且多集中在金沙新村等地势较低的旧式公房内,导致暴雨积水影响众多的居民的生活与出行。

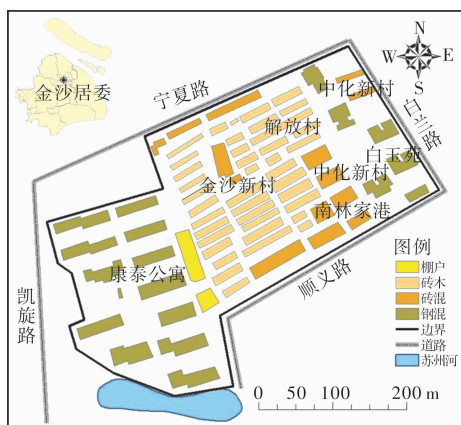


图1 研究区及建筑类型分布

1.2 数据采集和处理

本研究涉及的主要数据包括研究区的航片,地势高差数据,区内建筑信息,2007年金沙居委地区在住人口信息,实地调查获得的易积水区分布,房屋淹没以及对居民出行造成影响的信息。

(1) 利用 www.googleearth.com 网站所提供的卫片资料,下载该社区的遥感影像,对研究区进行数字化^[37]。首先将需要数字化的航片进行配准,利用上海行政图作为已知投影,将航片上的关键点与现有行政图上的关键点一一对应配准,从而定义了研究区的数据的投影。然后对道路、建筑、绿化等要素进行数字化,通过实地考察得到研究区建筑分布(图1)。

(2) 研究区的地势相对高差由实地测量获得。在建筑物密集、地形起伏较大的地方,以及容易造成积水的区域测量的点更密集一些,而对研究区东西两侧两个新建住宅区则相对采集的点要稀疏一点,最后总共采集到96个高程点。

(3) 金沙居委地区建筑物数据、在住人口信息数据、易集水区分布、房屋淹没以及对居民出行造成影响情况通过实地调查、访谈和问卷调查获得。

2 致灾因子分析

城市暴雨积水主要与降雨强度、地势高低以及排水设施三个因素相关。通过对不同重现期暴雨积水过程的情景模拟,分析不同情景下研究区淹没深度与范围,分析暴雨积水致灾因子。在参考已有城市内涝模型基础上^[38-43],利用降水模型、产汇流模型、暴雨积水情景模型,基于研究区地势起伏数字模型和GIS的“等体积法”模拟暴雨积水淹没区域和淹没深度,选择回归周期50年、100年、500年的降水情景,同时考虑到管网系统的排水能力,建立了9个模拟情景。分析在9种不同情境下,暴雨积水淹没道路的情况和影响出行的人口数。

2.1 降水模型

城市降水模型主要是利用上海市暴雨强度公式,计算出降雨过程中任意时间段内的平均降水量。由于选取的研究区面积较小,可假设降水在研究区域内是均匀分布的。依据研究区暴雨强度公式,计算不同发生概率下的降水强度,将不同概率(1/重现期)下的降水进行情景模拟分析,该概率下的降水强度乘以降水历时就是整个研究区域内的平均降水量。本文利用了上海市市政部门的暴雨强度公式^[23],其表达式为:

$$q = 1995.84(P^{0.30} - 0.42)/(t + 10 + 7 \lg P)^{0.82 + 0.07P} \quad (1)$$

式中: P 为暴雨重现期(年); q 为暴雨强度(mm/h); t 为降雨历时(min)。

依据式(1)可得,研究区内,重现期为 500 年一遇的暴雨强度为 129.6 mm/h;重现期为 100 年一遇的暴雨强度为 101 mm/h;重现期为 50 年一遇的暴雨强度为 91 mm/h。

2.2 产汇流模型

产汇流是整个流域中各种径流成分生成的过程。降水径流损失包括雨期蒸发、植物截留、填洼、土壤蓄水^[44]。和其它自然环境下的地表不同,由于城市地表多为人工建造的水泥路面、房屋屋顶、柏油路等,与自然的土壤相比相差明显,下渗率的变化由土壤类型和下垫面的下渗特性等决定,所以对地面产流过程起到决定性作用,而其它因素则相对影响不大。

采用美国水土保持局提出的降雨径流计算方法(Soil Conservation Service, SCS), SCS 模型是当前被广泛应用于小流域降水径流的一种方法,它根据土壤和降雨因素来确定径流总量^[45-46]。该模型具有参数较少、计算简便、精度较好且资料易于获取的优点。由于该模型是由美国学者设计,其土壤渗透性以及城市的下垫面情况与上海城区的情况有所不同,直接采用 SCS 模型会导致计算出的径流量与实际情况有较大误差^[47]。在使用时须结合上海地区的实测数据对参数进行修正,前人测算修正后获得了上海城市地区流域饱和储水量经验系数为(0.05 S),并给出了径流曲线数值(CN)的测算方法^[48]。城市径流模型为:

$$Q = (P - 0.05 S)^2 / (P + 0.95 S) \quad (2)$$

式中:Q 为径流深度(mm);P 为降雨量(mm);S 为饱和储水量(mm)。

模型设计者引入下式以确定 S^[49-50]:

$$S = \frac{25\,400}{CN} - 254 \quad (3)$$

将研究区的绿化率看作透水面积比率,经测算透水面积比例为 14.97%。由此求得研究区的 CN 值为 94.1, S = 15.03 mm。将 S 值代入式(2)可得,研究区在重现期分别为 50 年、100 年、500 年重现期的暴雨时,其产生的径流深度分别为 77.36 mm、87.18 mm、115.39 mm。

2.3 排水管网系统

城市暴雨引起的积水问题是由于暴雨径流超过城市排水管网系统排水量而引起的局部地区地面积水受淹。上海的室外排水系统设计标准是按照抵御 36 mm/h(按市政部门采用公式一年一遇)的降水量来设计的。由于排水管网的排水能力以及系统的运行状态受人为因素影响,在研究中无法控

制,所以采取建立情景的方法来进行研究,并且假设集水区内的排水管网空间分布情况是一致的。

对排水系统管网的管理情况分别假设最差、中等、最佳三种情况。由于管理者的失误,泵站出现问题或者没有提前排干管道内的积水导致排水功能暂时丧失,按完全没有排水能力计算;由于管理或运行中存在疏漏,管网系统中有部分的积水没有及时排干,只有一半的排水能力,按 18 mm/h 的排水能力计算;由于管理运行良好且泵站工作正常,能完全发挥系统的排水能力,按 36 mm/h 的排水能力计算^[51]。因此,本文确定研究区暴雨积水量计算公式为:

$$W = (Q - V) \times S \quad (4)$$

式中:W 为积水总量(m³);Q 为径流深度(mm);V 为排水量(mm/h);S 为研究区面积(m²)。

最终,在重现期为 50 年、100 年、500 年一遇的情景下,结合排水管网系统管理情况良好、一般、失效的情景,得出结果见表 1。

表 1 不同情景下的积水量

	重现期		
	50 年	100 年	500 年
暴雨强度/(mm/h)	91	101	129.6
径流深度/mm	77.36	87.18	115.39
积水量(排水良好)/m ³	4 500	5 569	8 638
积水量(排水一般)/m ³	6 459	7 527	10 596
积水量(排水失效)/m ³	8 417	9 485	12 554

2.4 地势起伏数字模型

研究区的地势高度通过实地测量获得。从地形因素来看,城市社区降水造成的积水问题主要是由地表相对高差造成的,因而,本研究采用研究区内的相对高程变化进行分析,没有采用数字高程模型^[52]。本文利用水准仪总共采集了 96 个相对高程点,采用 ArcGIS 软件中的泛克里格法对采集的相对高程点进行插值,建立研究区的地势起伏数字模型(图 2)。

2.5 暴雨积水情景模拟

由于研究区较小,本研究中的情景模拟基于等体积法,即假设所有的积水处于相对静止的状态,模拟暴雨积水的积水区域和淹没深度^[53]。基于重现期为 50 年、100 年、500 年的 1 h 暴雨情景下,结合排水管网系统管理情况良好、一般、失效的情况下,模拟 9 种积水情景,并分别得到总积水量。采用基于 GIS 的“等体积法”模拟暴雨积水淹没区域和淹没深度^[54-56],凡是高程低于水位的都作为被淹没区。这种方法简化了整个径流的过

表 2 不同情景下的淹没深度

	重现期								
	50 年			100 年			500 年		
降水量/mm	91			101			129.6		
径流深度/mm	77.36			87.18			115.39		
排水系统	良好	一般	失效	良好	一般	失效	良好	一般	失效
总积水量/m ³	4 500	6 459	8 417	5 569	7 527	9 485	8 638	10 596	12 554
淹没深度/m	0.273	0.295	0.346	0.311	0.329	0.376	0.343	0.359	0.405

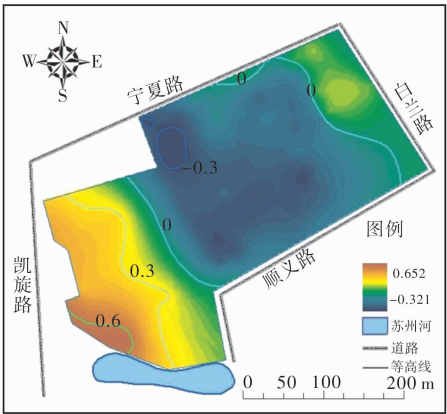


图 2 研究区相对高程图

程,只考量最终的积水情况,根据地形的高低将暴雨造成的总积水量分配到研究区内所有地势低洼之处。利用 ArcGIS 计算出集水区 9 种情景 1 h 降水的淹没深度(表 2)以及淹没区域。

3 暴露分析

本研究重点讨论暴雨积水影响城市社区居民出行的人口数量。根据 2007 年上海市在住人口普查获得的详尽信息,将人口数叠加到研究区相应的建筑上,得到图 3 所示的人口分布。从图 3 可见,人口最密集的地方主要集中在研究区两侧的高层建筑以及研究区中央的金沙新村地区。高层建筑的人口密集是因为建筑楼层数多,所以单位面积的家庭、人口数量多,而金沙新村地区的人口密集则是由于老房子每一幢的面积相对很小,且房屋密集,之间的间距小。对比图 2 和图 3 可以发现,位于研究区域中心的金沙新村的人口密集区同时也是社区相对高程的低值区,说明这一区域对暴雨积涝的暴露度相对较高。

4 影响分析

本研究对因暴雨积水道路淹没,出行受到影

响的人口数进行分析。根据前面得到的 9 种情境下暴雨积水深度计算出地面的积水区域,经现场考察和访谈,得出积水深度超过 0.05 m 的地方确定为居民出行受影响的区域。可以获得居民出行受影响的房屋分布的具体位置。居民出行受影响的房屋分布如图 4 所示。

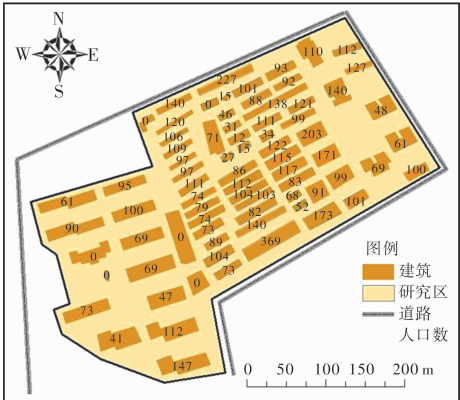


图 3 研究区人口分布图

通过分析得出周边道路积水对房屋内居民的出行造成影响的房屋具体分布后,再叠加房屋内现有人口信息(图 3),就可以得到 9 种情景下,由于暴雨积水造成出行不便的受影响人数(表 3)。

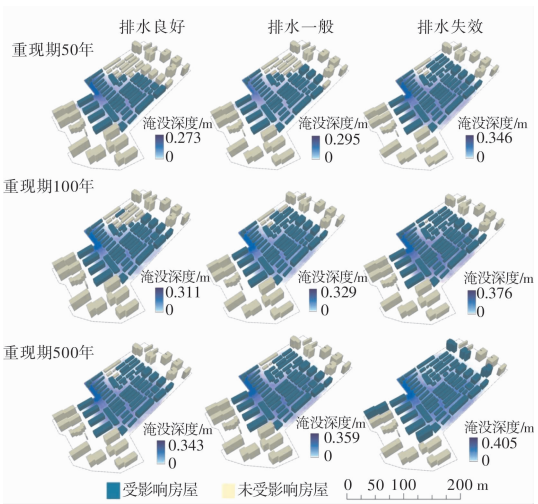


图 4 不同情景下居民出行受影响房屋分布

表 3 不同情景出行不便受影响人数

	重现期		
	50 年	100 年	500 年
人数(排水良好)	4 033	4 301	5 255
人数(排水一般)	4 472	5 162	5 528
人数(排水失效)	5 255	5 301	5 970

由表 2 和表 3 可知,在重现期为 50 年的情景下,若排水系统运转良好,研究区内的最大淹没深度为 0.273 m,受道路积水影响出行的人数为 4 033 人,只占研究区内全部人口的 58%,影响人口数相对较少;随着排水系统运转失效,由道路积水影响出行的人数超过 5 000 人,约占到研究区人口的四分之三。而在重现期为 100 年的情景下,排水系统运转一般,由道路积水影响出行的人数就超过 5 000 人。随着排水系统功能的失效,影响的人口数不断上升。在重现期 500 年的情景下,不管排水系统运转情况如何,影响的人数都超过 5 000 人,其中在排水系统完全失效的情况下,最大淹没深度可达 0.405 m,由道路积水影响出行的人数达到 5 970 人,占研究区内全部人口的 87%。结果表明,排水管网系统的运行是否良好,对暴雨积水产生的影响巨大,重要性并不比降水强度本身小。

通过对研究区内居民的走访和调查,可以大致了解到近年来强暴雨造成的积水情况,并且与本文分析所得数据进行比较。本文研究所得的易积水区分布、对居民出行造成的影响基本与实际调查情况相符,但本文模拟计算的积水深度比实际情况略有偏小。

5 结语与讨论

(1) 基于重现周期 50 年、100 年、500 年三种不同情景下的降水量,并结合上海市排水管网系统的运行状况,利用上海市暴雨经验公式、SCS 径流模型,基于 ArcGIS 软件,计算了上海市普陀区金沙居委地区 9 种情景下暴雨总积水量和暴雨积水的淹没深度,得出不同情景下居民出行受影响的房屋分布图以及出行受影响的人口数。

(2) 通过研究可知,地势相对最低的研究区中部最容易发生暴雨积水,随着暴雨强度的增强以及排水管网系统功能逐渐失效的情景,积水区域逐渐扩大,出行不便受影响的人数也逐渐增加。当暴雨回归周期达到 100 年时,或者排水管网系统

彻底失效时,即使是研究区东部新建的高层建筑白玉苑地区,小区内道路也会积水,影响居民的出行。在暴雨强度达到回归周期 500 年以及排水系统彻底失效的最糟糕的情景之下,整个研究区内由于暴雨积水引起出行不便的居民数量达到 5 970 人,占研究区内全部在住人口的 87%,已经严重影响到居民的出行以及日常生活。

(3) 暴雨积水是否成灾、成灾大小与排水管网系统排水能力的大小有很大的关系。对城市排水管网系统的良好维护和管理,提高排水能力,是今后减少暴雨积水影响的重要工作。

(4) 本文采用的是以经验公式计算得出的降水强度公式,且积水计算中采用的是 1 h 的降水量,还进行了各种情景假设。根据实际暴雨观测量,如暴雨强度、持续时间等历史记录来分析其出现的强度与频率,以及全球变暖背景下极端降水的强度与频率变化趋势研究是今后须进一步深入的工作。

致谢:感谢上海市普陀区金沙居委对本文数据获取的大力支持和帮助。

参考文献:

- [1] Jha A K, Bloch R, Lamond J. Cities and flooding: A guide to integrated urban flood Risk management for the 21st century [M]. Washington: World Bank Publications, 2012.
- [2] 刘敏权,瑞松书,许世远. 城市暴雨内涝灾害风险评估: 理论、方法与实践 [M]. 北京: 科学出版社, 2012: 27-28.
- [3] 新华网. 特大暴雨已致北京约 190 万人受灾 [EB/OL]. (2012-07-22) [2012-11-22]. http://news.xinhuanet.com/2012-07/22/c_112500421.htm.
- [4] 权瑞松. 典型沿海城市暴雨内涝灾害风险评估研究 [D]. 上海: 华东师范大学, 2012.
- [5] 何岑,张帆,魏保义,等. “7·21”暴雨带来的城市防灾减灾思考 [J]. 北京规划建设, 2012(5): 66-69.
- [6] 朱政,郑伯红,贺清云. 城市暴雨灾害的影响程度及对策研究——以长沙市为例 [J]. 自然灾害学报, 2011, 20(3): 105-112.
- [7] 张志国,司国良,黄翔,等. 长江下游沿江城市内涝灾害的反思与对策 [J]. 人民长江, 2009, 40(21): 99-100.
- [8] 裘书服,陈珂,温家洪. 2007 年 7 月重庆和济南城市暴雨洪水灾害认识和思考 [J]. 气象与减灾研究, 2009, 32(2): 50-54.
- [9] 胡茂川,张兴奇. 南京市内涝灾害成因分析 [J]. 重庆交通大学学报: 社科版, 2011, 11(3): 28-30.
- [10] 王建鹏,薛春芳,解以扬,等. 基于内涝模型的西安市区强降水内涝成因分析 [J]. 气象科学, 2008, 36(6): 772-775.
- [11] 周玉文,翁窈瑶,张晓昕,等. 应用年最大值法推求城市暴雨强度公式的研究 [J]. 给水排水, 2011, 37(10): 40-44.
- [12] 周玉文,翁窈瑶,李骥. 城市暴雨强度公式推求系统的开发

- [J]. 中国给水排水, 2012, 28(2): 25-28.
- [13] 邵尧明. 城市暴雨强度公式应用中存在问题及处理方法[J]. 给水排水, 2008, 34(2): 39-41.
- [14] 邵尧明, 邵丹娜, 马锦生. 城市新一代暴雨强度公式编制实践及建议[J]. 中国给水排水, 2012, 28(8): 19-22.
- [15] 孙阿丽, 石纯, 石勇. 基于情景模拟的暴雨内涝危险性评价—以黄浦区为例[J]. 地理科学, 2010, 30(3): 465-468.
- [16] 权瑞松, 刘敏, 张丽佳, 等. 基于情景模拟的上海中心城区建筑暴雨内涝暴露性评价[J]. 地理科学, 2011, 31(2): 148-152.
- [17] 石勇, 孙蕾, 石纯, 等. 上海沿海六区县自然灾害脆弱性评价[J]. 自然灾害学报, 2010, 19(3): 156-161.
- [18] 石勇, 许世远, 石纯, 等. 沿海区域水灾脆弱性及风险的初步分析[J]. 地理科学, 2009, 29(6): 853-857.
- [19] 刘耀龙, 陈振楼, 王军, 等. 经常性暴雨内涝区域房屋财产脆弱性研究[J]. 灾害学, 2011, 26(2): 66-71.
- [20] 尹占娥, 暴丽杰, 殷杰. 基于 GIS 的上海浦东暴雨内涝灾害脆弱性研究[J]. 自然灾害学报, 2011, 20(2): 29-35.
- [21] 董姝娜, 姜鑫鹏, 张继权, 等. 基于“3S”技术的村镇住宅洪灾脆弱性曲线研究[J]. 灾害学, 2012, 27(2): 34-38, 42.
- [22] 温家洪, 黄蕙, 陈珂, 等. 基于社区的台风灾害概率风险评估—以上海市杨浦区富禄里居委地区为例[J]. 地理科学, 2012, 3(23): 348-355.
- [23] 尹占娥, 许世远, 殷杰, 等. 基于小尺度的城市暴雨内涝灾害情景模拟与风险评估[J]. 地理学报, 2010, 65(5): 553-561.
- [24] 薛晓萍, 马俊, 李鸿怡. 基于 GIS 的乡镇洪涝灾害风险评估与区划技术—以山东省淄博市临淄区为例[J]. 灾害学, 2012, 27(4): 71-79, 91.
- [25] 赵庆良, 王军, 许世远, 等. 沿海城市社区暴雨洪水风险评估[J]. 地理研究, 2010, 29(4): 665-674.
- [26] 陈鹏, 张继权, 严登华, 等. 基于 GIS 技术的城市暴雨积涝数值模拟与可视化—以哈尔滨市道里区为例[J]. 灾害学, 2011, 26(3): 70-72.
- [27] 房国良, 解以扬, 李培彦, 等. 上海城市暴雨积涝预警系统研究[J]. 大气科学研究与应用, 2009(2): 32-44.
- [28] 景学义, 刘宇飞, 王永波, 等. 哈尔滨市城市内涝监测预警系统建设[J]. 灾害学, 2009, 24(1): 54-57.
- [29] ECLAC. Handbook for estimating the socio-economic and environmental effects of disasters[M]. San Diego: Economic Commission for Latin America and the Caribbean, 2002: 1-357.
- [30] Yong Shi, Chun Shi, Shi-Yuan Xu, et al. Exposure assessment of rainstorm waterlogging on old-style residences in Shanghai based on scenario simulation Natural hazards[J]. Nature Hazards, 2010, 53: 259-272.
- [31] Rambaldi G, Kyem P A K, Mbiye P, et al. Participatory spatial information management communication in developing countries [C] //Mapping for Change International Conference (PGIS' 05). Nairobi, Kenya, 2005.
- [32] Tran P, Shaw R, Chantry G, et al. GIS and local knowledge in disaster management[J]. Disasters, 2009, 33(1): 152-169.
- [33] Mercer J, Kelman I, Taranis L, et al. Framework for integrating indigenous and scientific knowledge for disaster risk reduction [J]. Disasters, 2010, 34(1): 214-239.
- [34] Peters G. Integrating local knowledge into GIS based flood risk assessment [EB/OL]. [2012-11-25]. http://www.itc.nl/library/papers_2008/phd/peters.Pdf.
- [35] 范雨生. 上海市区暴雨和积水问题[J]. 城市道桥与防洪, 2000(3): 35-37.
- [36] 李喆. 台风“海葵”袭击上海致 2 死 7 伤 500 余架次航班取消[EB/OL]. (2012-08-08) [2012-10-15]. <http://gb.cri.cn/27824/2012/08/08/2625s3803108.htm>.
- [37] 孟庆洁, 温家洪, 尹占娥. 城市社区应急避难地研究[J]. 城市问题, 2010(5): 67-70.
- [38] 王林, 秦其明, 李吉芝, 等. 基于 GIS 的城市内涝灾害分析模型研究[J]. 测绘科学, 2004, 29(3): 48-51.
- [39] 赵思健, 陈志远, 熊利亚. 利用空间分析建立简化的城市内涝模型[J]. 自然灾害学报, 2004, 13(6): 8-14.
- [40] Su M D, Kang J L, Chang L F, et al. A grid-based GIS approach to regional flood damage assessment[J]. Journal of Marine Science and Technology, 2005, 13(3): 184-192.
- [41] Jonkman S N, Bockarjova M, Kok M, et al. Integrated hydrodynamic and economic modelling of flood damage in the Netherlands [J]. Ecological Economics, 2008, 66: 77-90.
- [42] Dutta D, Herath S, Musiak K. A mathematical model for flood loss estimation[J]. J Hydrology, 2003, 277: 24-49.
- [43] 殷杰, 尹占娥, 王军, 等. 基于 GIS 的城市社区暴雨内涝灾害风险评估[J]. 地理与地理信息科学, 2009, 25(6): 16-19.
- [44] 申仁淑, 辛玉琛, 刘立博. 长春市城市产汇流模型研究[J]. 东北水利水电, 1999(12): 11-13.
- [45] McCuen R H. A guide to hydrologic analysis using SCS method [M]. Prentice-Hall Inc: Englewood Cliffs, 1982: 67-97.
- [46] Novotny V, Chesters G, Shannon J. Handbook of nonpoint pollution source and management[M]. New York: Van Nostrand Reinhold Company, 1981: 81-103.
- [47] 权瑞松, 刘敏, 侯立军, 等. 土地利用动态变化对地表径流的影响—以上海浦东新区为例[J]. 灾害学, 2009, 24(1): 44-49.
- [48] 贺宝根, 陈春根, 周乃晟. 城市化地区径流系数及其应用[J]. 上海环境科学, 2003, 22(7): 472-475.
- [49] 刘家福, 蒋卫国, 占文凤, 等. SCS 模型及其研究进展[J]. 水土保持研究, 2010, 17(2): 120-124.
- [50] 史培军, 袁艺, 陈晋. 深圳市土地利用变化对流域径流的影响[J]. 生态学报, 2001, 21(7): 1041-1050.
- [51] 曹羽. 城市暴雨积水风险分析—以上海市普陀区金沙居委地区为例[D]. 上海: 上海师范大学, 2010.
- [52] 蔡孟奇, 毛赞猷, 田德森, 等. 新编地图学教程[M]. 北京: 高等教育出版社, 2008.
- [53] 张犁. 城市洪水分析与模拟的 GIS 方法研究[J]. 地理学报, 1995, 50(Supp 1): 76-84.
- [54] 刘仁义, 刘南. 基于 GIS 的复杂地形洪水淹没区计算方法[J]. 地理学报, 2001, 56(1): 1-6.
- [55] 郭利华, 龙毅. 基于 DEM 的洪水淹没分析[J]. 测绘通报, 2002, 11: 25-30.
- [56] 陈凯. 基于 GIS 的洪水淹没评估系统的研究与实现[J]. 灾害学, 2009, 24(4): 35-39.

A Preliminary Analysis on Effects of Waterlogging on Resident Trip ——A Case Study of Jinsha Community in Putuo District, Shanghai

Wu Yanjuan¹, Wen Jiahong¹, Cao Yu¹, Hu Hengzhi¹,
Zhang Zhenguo^{1,2}, Xu Ming³, Tan Jianguo⁴

(1. Department of Geography, Shanghai Normal University, Shanghai 200234, China;

2. Department of Economics and Management, Dalian Nationalities University, Dalian 116600, China;

3. Shanghai Typhoon Institute of China Meteorological Administration, Shanghai 200030, China;

4. Shanghai Institute of Meteorological Science, Shanghai 200030, China)

Abstract: A rainstorm waterlogging modeling is conducted and the number of affected residents at urban community is analyzed. A case study of Jinsha Community in Putuo District in Shanghai is done. In the case study, 1h precipitation is calculated, by using the empirical formula of Shanghai rainstorm, in case of three scenarios with return periods of 50, 100 and 500 years respectively, to revise SCS model to calculate rainstorm runoff. Combining with operation status of the drainage system in Shanghai and observed relative elevation of the target area, 9 submergence depth of storm water under different situations are simulated, and distribution of the buildings affected and impact on the residents' trip in each situation are analyzed. With the increase of rainfall intensity and the failure of the drainage pipe network system, the inundation area expands from the central portion to the whole study area. Under the situation of return period of 500 years and complete failure of the drainage system, the maximum submergence depth could reach 0.405 m, as high as 5970 residents, covering 87% of the total population, are affected by road water in their trips, which has a serious impact on the daily life and trip of the local residents.

Key words: rainstorm waterlogging; urban community; resident; situation analysis; Shanghai

(上接第 169 页)

[14] 国务院办公厅. 国家综合防灾减灾规划(2011-2015 年) [EB/OL]. (2011-12-08) [2013-01-16]. http://www.gov.cn/jw/gk/2011-12/08/content_2015178.htm.

[15] UN-OCHA. INSARAG guidelines and methodology. Ver. 2012 [EB/OL]. [2013-02-01]. http://www.insarag.org/images/stories/INSARAG_Guidelines-2012_eng_Read_version.pdf.

[16] 三个月建百万套过渡安置房[EB/OL]. (2008-05-23)

[2013-02-19]. http://informationtimes.dayoo.com/html/2008-05/23/content_202729.htm###.

[17] 国新办就青海玉树抗震救灾进展情况举行第九场发布会[EB/OL]. (2010-04-22) [2013-02-19]. http://www.china.com.cn/zhibo/2010-04/22/content_19876539.htm.

[18] 云南省昭通市彝良县政府. 彝良县“9·07”地震灾民过渡安置实施方案[EB/OL]. (2012-09-19) [2013-02-16]. <http://www.ztzmz.gov.cn/ReadNews.asp?NewsID=579>.

Phases of Earthquake Emergency Response Period

Wang Haiying¹, Sun Gang¹, Ouyang Chun², Liu Jingjing¹

(1. National Earthquake Response Support Service Center, China Earthquake Administration, Beijing 100049, China; 2. Jiangsu Earthquake Administration, Nanjing 210014, China)

Abstract: Based on study on related national laws, regulations and emergency plans of earthquake emergency rescue in China, and cases as Wenchuan earthquake, Yushu earthquake, Yijiang earthquake, Minliang earthquake, and Haiti earthquake, East Japan earthquake, etc., earthquake emergency response period is divided into 3 phases as emergency start, search and rescue and transitional arrangements. The duration and main tasks of each phase are arranged. In earthquake relief, the 3 phases are not independent but temporally connected. Emergent tasks in each phase are usually handled at the same time, so the commander should give priority to the key work of each phase, and make sure the relief work can be done successfully.

Key words: earthquake; emergency response period; phases; division