

尹志军, 李丽慧, 王雪芳, 霍腾飞, 2020. 基于 GIS 的天津市应急避难场所选址评价. 震灾防御技术, 15 (3): 571—580. doi: 10.11899/zzyf20200311

基于 GIS 的天津市应急避难场所选址评价¹

尹志军 李丽慧 王雪芳 霍腾飞

(河北工业大学, 经济管理学院, 天津 300401)

摘要 应急避难场所在城市应急管理体系中占有重要地位, 对已建成的应急避难场所选址进行评价, 可为应急避难场所个体改进、布局优化和新建选址提供依据。本文在文献研究与天津市城市特点分析的基础上, 从有效性、安全性、可达性 3 个维度构建包含 8 个评价因子的应急避难场所选址适宜性评价指标体系, 应用层次分析法 (AHP) 确定指标权重。应用 GIS 空间分析技术建立应急避难场所空间点位分析模型和覆盖范围模型, 对天津市 27 个应急避难场所进行适宜性评价, 并对中心城区 14 个应急避难场所进行满足性评价。结果表明, 天津市应急避难场所具有良好的基础, 但总体适宜性水平有待进一步提高, 尤其是安全性亟需加强; 天津市中心城区人口密集, 但应急避难场所数量少, 服务区域有限, 存在较大范围的覆盖盲区, 其中和平区人均有效避难面积仅 0.2m^2 , 远小于人体最低占用面积 0.6m^2 , 达不到人均有效避难要求。

关键词: 天津市 中心城区 应急避难场所 选址适宜性 满足性 GIS 空间分析技术

引言

随着我国经济的快速发展, 城市规模的不断增大, 城市一旦发生大的灾害, 将产生严重影响与后果。应急避难场所是城市应急资源保障的重要组成部分, 对保障群众生命安全和城市灾后重建具有重要意义。我国应急避难场所的建设工作虽取得了较大成绩, 但许多城市在应急避难场所建设方面仍存在数量少、规模小、标准不高、功能不全、认识不足、建设不力等问题, 远未达到完善程度 (杨明生, 2015)。目前, 城市应急避难场所评价内容一般包括应急避难场所规划、空间布局、选址、用地等。林雅萍 (2013) 假设各区人口均匀分布, 结合各区人口密度, 计算避难场所实际服务半径, 应用 GIS 技术对福州市应急避难场所空间格局进行评价, 但缺少完善的评价体系; 樊良新等 (2013) 应用层次分析法与 GIS 技术, 对焦作市应急避难场所空间布局适宜性进行研究, 但评价体系指标仅针对避难场所内部, 未考虑外部环境的影响; 李阳力 (2014) 通过网络分析法从实际服务范围、场所利用率、与周边防灾救灾设施的距离对绵阳市固定应急避难场所进行研究, 但缺少避难场所内部避难能力评价指标。

陈绮桦 (2014) 利用层次分析法与熵值法相结合的主客观赋权方法和 GIS 缓冲区分析,

¹ 基金项目 河北省社会科学基金项目 (HB20YJ006)

[收稿日期] 2019-06-20

[作者简介] 尹志军, 男, 生于 1977 年。副教授。主要从事项目管理与风险控制方面的研究。E-mail: yinzhijun2006@126.com

对广州市避难场所用地适宜性进行研究；史晓瑞（2016）运用灰色关联分析结合熵值权重法建立适宜性评价模型，对石家庄市区应急避难场所适宜性进行研究，分析存在的问题并提出布局优化建议；张东云（2017）对传统层次分析综合评价法进行改进，将专家打分与 GIS 技术相结合，对唐山市中心城区 8 处应急避难场所进行适宜性评价。以上研究均考虑了避难场所内外部环境，但未根据实际人口分布对避难场所服务能力进行评价。

已有研究从不同层面对城市防灾避难体系进行了量化，为应急避难场所量化评价研究提供了重要基础，但综合考虑避难场所内外部环境后建立评价体系，并根据实际人口分布对避难场所服务能力进行分析尤为重要。因此，本文结合天津市灾害种类多，频率高，尤以地震、水灾为主的特点，将“避让地质水文隐患点”引入评价指标体系中，将外部地理环境对避灾点的影响作为评价要素，对天津市应急避难场所选址适宜性进行评价，并综合天津市中心城区面积小但人口密集的特点（李鹏等，2015），将覆盖范围与实际人口分布相结合，对中心城区应急避难场所满足性进行评价。

1 选址适宜性评价

1.1 评价体系

对应急避难场所进行评价，须从应急避难场所功能意义及选取指标出发（龚雨等，2016）。应急避难场所功能意义指经科学规划建设和规范化管理，应急避难场所能在地震、海啸、火灾、战争等重大自然及人为灾害发生时，为社区居民提供基本的生活保障、安全避难及救援、指挥（戴晴等，2010）。因此，本文综合应急避难场所功能意义和相关文献，从有效性、安全性、可达性 3 个维度选取适宜性评价指标体系（图 1）。

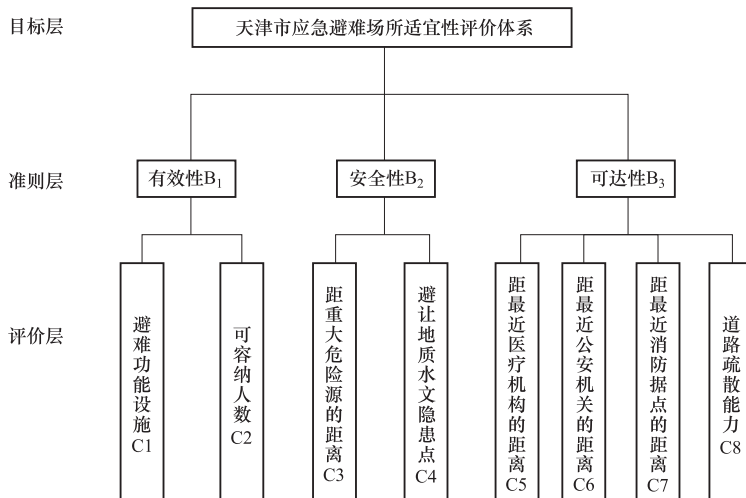


图 1 天津市应急避难场所选址适宜性评价体系

Fig. 1 Tianjin emergency shelter site suitability evaluation index system

1.2 权重确定

本文采用层次分析法中的权重计算方法，由专家打分确定各项指标权重。受访专家包括河南理工大学测绘与信息工程学院刘昌华教授、樊良新副教授和北京科技大学土木与环境工程学院蔡嗣经教授，通过对全部有效问卷数据进行平均构造判断矩阵，最终计算得到权重及

一致性检验结果，见表 1。

表 1 应急避难场所适宜性评价指标与权重

Table 1 Evaluation index and weight of suitability of emergency shelter

准则层因素	对总目标权重	指标层因素	对总目标权重
有效性 (B1)	0.3090	避难功能设施 (C1)	0.0772
		可容纳人数 (C2)	0.2318
安全性 (B2)	0.5815	距重大危险源的距离 (C3)	0.4845
		避让地质水文隐患点 (C4)	0.0970
可达性 (B3)	0.1095	距最近医疗机构的距离 (C5)	0.0134
		距最近公安机关的距离 (C6)	0.0111
		距最近消防据点的距离 (C7)	0.0292
		道路疏散能力 (C8)	0.0558

一致性比例: 0.0186 < 0.1

1.3 点位模型构建

点位模型构建过程如下:

(1) 基于 Arcgis10.2 技术平台, 依据天津市谷歌地理信息和评价层指标, 构建天津市 27 个应急避难场所地理信息数据库, 导出天津市应急避难场所区位图。其中, “避让地质水文隐患点” 指标数据综合了避难场所距河流的距离和避难场所与河岸的相对高差, “道路疏散能力” 指标数据利用通往避难场所的可行道路数量测算。

(2) 划分级别。数量指标 C2、C3、C4、C5、C6、C7、C8 应用自然断点法划分为 10 个级别, 类别指标 C1 按类别划分级别, 从而避免人为因素的干扰, 增加处理结果的准确性和可靠性。

(3) 采用 10 分制重新赋分, 分别对应 1—10, 其中避难功能设施指标按“优”为 10 分、“良”为 5 分赋值。

(4) 计算综合权重。采用空间加权叠加法将每个指标层评分进行叠加, 得到应急避难场所适宜性总分, 并划分为 5 个适宜性等级 (表 2), 适宜性评价结果见表 3、图 2。

表 2 应急避难场所适宜性等级划分

Table 2 Evaluation grade of suitability of emergency shelters

评分	适宜性等级	等级说明
0.00—2.00	差	表示适宜性水平很低, 不适宜作为应急避难场所
2.01—4.00	较差	表示适宜性水平较低, 在有效性、安全性、可达性方面存在较低程度的不合理性, 应进行改进或重新寻找应急避难场所
4.01—6.00	中等	表示适宜性水平中等, 可进行一定程度的有效避难, 应对其进行更有效的改进
6.01—8.00	较好	表示适宜性水平较高, 避难效果较好, 应继续保持并对不足之处进行改进
8.01—10.00	好	表示适宜性水平高, 是应急避难的理想场所, 应继续保持并对略有不足之处进行改进

表 3 应急避难场所适宜性评价结果

Table 3 Evaluation result of suitability of emergency shelters

编号	行政区	应急避难场所	C1	C2	B1	C3	C4	B2	C5	C6	C7	C8	B3	总评分	等级
1	和平区	中心公园	5	1	2.00	5	4	4.78	9	5	10	5	6.82	4.08	中等
2		睦南公园	5	1	2.00	9	5	8.32	8	4	10	5	6.60	6.38	较好
3	河西区	银河广场	5	8	7.25	4	6	4.32	4	4	9	6	6.35	5.65	中等
4		人民公园	5	7	6.50	3	3	3.05	7	7	6	5	5.71	4.48	中等
5	河东区	河东公园	5	7	6.50	2	5	2.50	2	9	4	7	5.79	4.10	中等
6		中山门公园	5	2	2.75	3	2	2.88	10	10	4	5	5.85	3.24	较差
7		第二工人文化宫	5	7	6.50	4	2	3.62	2	7	5	7	5.85	4.69	中等
8	南开区	水上公园	5	10	8.75	5	3	4.73	8	4	3	6	5.24	6.57	较好
9		长虹公园	10	9	9.25	1	4	1.50	4	4	9	7	6.86	4.48	中等
10		南翠屏公园	5	5	5.00	10	4	9.00	2	2	3	7	4.81	7.31	较好
11	河北区	北宁公园	5	9	8.00	4	4	4.07	3	6	6	5	5.12	5.94	中等
12		王串场公园	5	6	5.75	3	5	3.38	9	8	8	7	7.61	4.65	中等
13	红桥区	西沽公园	5	9	8.00	1	3	1.35	4	7	6	8	6.88	3.81	较差
14		红桥公园	5	4	4.25	3	4	3.18	6	4	7	7	6.57	3.68	较差
15	滨海新区	河滨公园	10	4	5.50	4	2	3.73	2	5	10	6	6.48	4.44	中等
16		泰丰公园	5	7	6.50	7	8	7.22	2	2	4	4	3.55	6.66	较好
17		滨河广场	5	5	5.00	3	4	3.13	8	4	6	5	5.53	3.70	较差
18		世纪广场	5	1	2.00	8	5	7.50	9	5	4	7	6.24	5.66	中等
19	东丽区	东丽广场	5	1	2.00	6	8	6.25	6	7	6	5	5.59	4.53	中等
20	西青区	杨柳青广场	5	6	5.75	10	8	9.63	6	9	1	6	4.97	7.65	较好
21	津南区	津沽休闲园	5	1	2.00	4	4	3.95	6	3	6	6	5.70	3.47	较差
22	北辰区	苍峰园	5	3	3.50	5	4	4.77	1	8	2	7	5.03	4.54	中等
23	武清区	西苑公园	5	5	5.00	10	4	9.02	1	3	2	6	4.02	7.03	较好
24	宝坻区	文化广场	5	2	2.75	2	4	2.40	8	5	8	8	7.70	3.63	较差
25	宁河县	华翠公园	5	5	5.00	8	4	7.38	7	1	5	7	5.86	6.55	较好
26	静海县	文化广场	5	3	3.50	2	7	2.77	5	2	10	8	7.56	3.65	较差
27	蓟县	鼓楼广场	5	1	2.00	2	8	3.03	10	8	7	7	7.47	2.79	较差

1.4 结果分析

由表 3、图 2 可知,天津市应急避难场所适宜性参差不齐,等级较差的场所有 8 个,中等场所有 12 个,较好的场所有 7 个。

有效性反映了应急避难场所能否有效接纳灾民并提供救助,约有 37%的避难场所出现了低于 4 分的情况,主要原因是可容纳人数较少。

安全性保障是规划建设应急避难场所的核心问题,由表 3 可知,约有 51%的避难场所出现了安全性较差的情况,主要因为与重大危险源的距离较近,这些场所应做好重大危险源应

对预案。

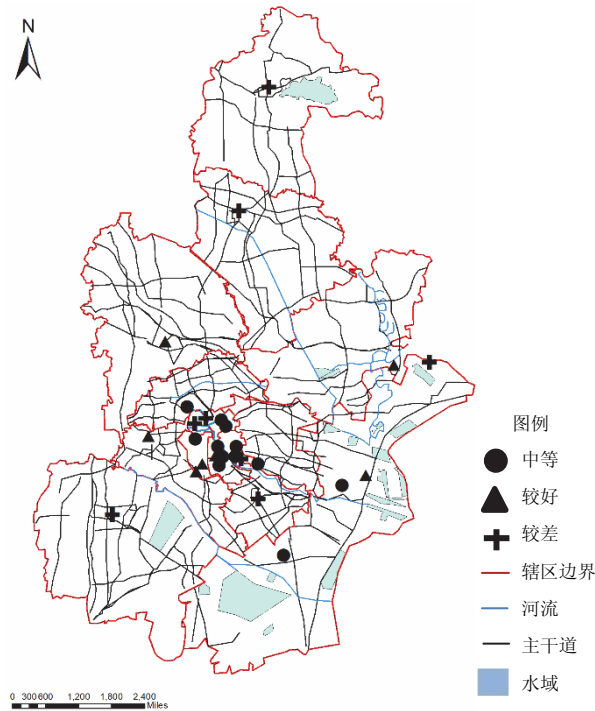


图 2 应急避难场所适宜性评价结果

Fig. 2 Evaluation result map of suitability of emergency shelters

在“避让地质水文隐患点”方面，由表 3 可知，综合避难场所距河流的距离和地势，天津市应急避难场所大多地势低，距河流较近，水灾风险较大，具体分析结果见表 4。

表 4 “避让地质水文隐患点”指标分析结果

Table 4 Analysis result of the index “avoiding geological and hydrological danger-hidden areas”

地势	距离	
	近	远
低	水灾风险大，如中心公园、人民公园、中山门公园、第二工人文化宫、长虹公园、南翠屏公园、西沽公园、红桥公园、河滨公园、滨河广场、津沽休闲园、苍峰园、西苑公园。	水灾风险较大，如睦南公园、河东公园、水上公园、北宁公园、王串场公园、世纪广场、宝坻区文化广场、华翠公园。
高	水灾风险较小，如银河广场、东丽广场、杨柳青广场、静海区文化广场、鼓楼广场。	水灾风险小，如泰丰公园。

天津市应急避难场所可达性普遍较好（表 3），但河东公园、第二工人文化宫、南翠屏公园、河滨公园、津沽休闲园、苍峰园和鼓楼广场距医疗机构较远，不利于伤者救治；南翠屏公园、文化广场（宝坻区）、华翠公园和鼓楼广场距公安机关较远，不利于救灾时指挥；东丽广场、津沽休闲园和苍峰园距消防据点较远，不利于应急救援尤其是火灾救援。当遭遇大灾

时, 这些避难场所应建立新的防灾抗灾指挥系统、医疗及救援队伍。此外, 天津市应急避难场所道路疏散能力整体较好, 通往避难场所的可行道路数量较多, 且通往避难场所各个方位, 能使各方向居民较快到达避难场所。

总体来说, 天津市应急避难场所具有良好的基础, 但总体适宜性水平有待进一步提高, 尤其是安全性亟需加强。

2 满足性评价

2.1 满足性评价假设

满足性评价假设如下:

(1) 发生重大突发性自然灾害, 城市交通中断, 避难者仅能以步行方式到达最近的避难场所。

(2) 工作、生活在覆盖范围交叉区域中的市民进行紧急避难时可有多种选择。

(3) 河流会阻断通往紧急避难场所的道路, 导致河对岸的居民在紧急避难时无法到达避难场所。

(4) 紧急避难时, 空白区域范围内的居民距应急避难场所的距离远、所需时间长, 空白区域属于服务盲区。

2.2 覆盖范围模型构建

覆盖范围模型构建过程如下:

(1) 计算有效安全避难空间。应急避难场所紧急避难功能由其内部安全空间决定, 而避难场所内部有效安全空间与避难场所面积、形状等密切相关(霍婷婷等, 2009)。根据灾难发生时的空间特征, 可将应急避难场所划分为以下 3 个区: 灾害发生区、减灾缓冲区和避难安全区(樊良新等, 2013), 如图 3 所示, 图中白色区域为避难安全区, 阴影区域为减灾缓冲区, 避难场所 F 安全区最大, 避难场所 A、B 无安全区。已有研究表明, 当城市开敞空间面积小于 1ha 时, 其内部安全区面积为 0ha, 被称为无效空间(李强等, 2007)。

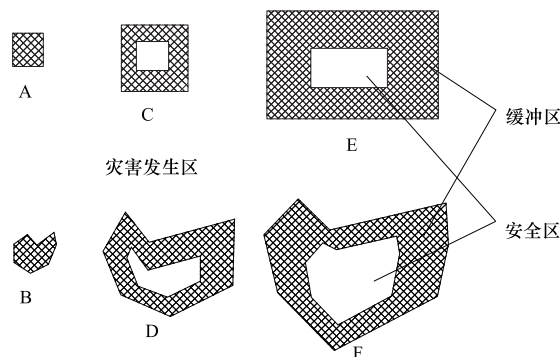


图 3 应急避难场所有效安全避难空间

Fig. 3 Effective safety refuge space of emergency shelters

应急避难场所有效安全空间计算如下:

第 i 个应急避难场所面积为 S_i , 其有效安全空间面积 $E_i=K_iS_i$, K_i 为第 i 个应急避难场所

有效安全空间折算系数, K_i 与避难场所形状和组成有关, 考虑避难场所实际用地情况, 除去水域、建筑小品和其他不可达的区域外, 一般按 0.6 进行计算 (Golledge 等, 1997)。

中心城区有效安全空间面积 $E = \sum_{i=1}^n E_i$
 $= \sum_{i=1}^n K_i S_i$ ($i=1, 2, 3, \dots, n$), 其中, n 为
 应急避难场所个数。

(2) 确定服务半径。应急避难场所是灾后 3—7min 紧急避难和逃生的场所, 当灾害发生时, 综合考虑建筑物倒塌、市民慌乱无序等因素造成的影响, 可将市民向应急避难场所逃生速度定为一般步行速度 4km/h (樊良新等, 2013)。本文选择 7min 内灾民出逃距离 (467m) 为服务半径, 基于 Arcgis 缓冲分析功能, 对中心城区各应急避难场所按服务半径生成应急避难场所缓冲区分图。

(3) 确定避难场所覆盖区域。利用天津市中心城区面积与人口等数据, 生成天津市中心城区人口密度分布图, 并与中心城区应急避难场所缓冲区分图进行叠加, 得到不同人口密度的应急避难场所覆盖区域图 (图 4)。

(4) 求出天津市应急避难场所服务覆盖范围、覆盖范围内人口、人均有效应急避难场所面积及服务避难盲区面积、盲区人口等 (表 5)。

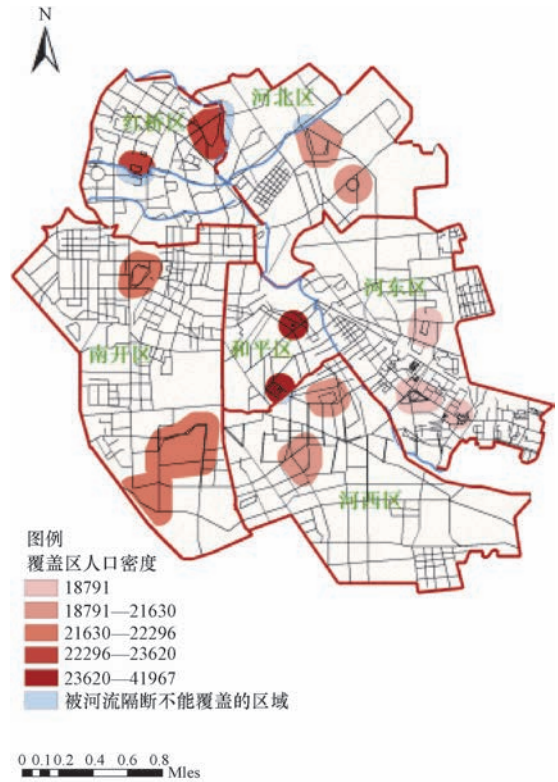


图 4 应急避难场所覆盖区域图

Fig. 4 Coverage areas of emergency shelters

表 5 应急避难场所满足性分析结果

Table 5 Analysis result of satisfiability of emergency shelters

区 域	和平区	河西区	河东区	南开区	河北区	红桥区	中心城区
辖区总人口/ $\times 10^4$	35.07	98.92	97.28	114.26	88.94	56.50	490.97
辖区总面积/ha	998	3700	3900	4064	2793	2130	17585
人口密度/人 \cdot km ⁻²	41967	21630	18791	22296	20971	23620	27920
避难场所面积/ha	2.20	31.30	21.10	88.60	25.00	21.10	189.30
有效避难面积/ha	1.32	18.78	12.66	53.16	15.00	12.66	113.58
避难场所服务覆盖面积/ha	155.92	388.80	382.20	937.45	420.50	266.10	2550.97
避难场所服务盲区面积/ha	842.08	3311.20	3517.80	3126.50	2372.50	1863.90	15033.98
避难场所服务覆盖占辖区面积比例/%	15.62	10.51	9.80	23.07	15.05	12.49	14.51
避难场所服务盲区占辖区面积比例/%	84.38	89.49	90.20	76.93	84.95	87.51	85.49

续表

区 域	和平区	河西区	河东区	南开区	河北区	红桥区	中心城区
避难场所服务覆盖人口/ $\times 10^4$	6.54	8.41	7.18	20.90	8.82	6.28	58.13
避难场所服务盲区人口/ $\times 10^4$	28.53	90.51	90.10	93.36	80.12	50.22	432.84
避难场所服务覆盖占人口比例/%	18.66	8.50	7.38	18.29	9.91	11.12	11.84
避难场所服务盲区占人口比例/%	81.34	91.50	92.62	81.71	90.09	88.88	88.16
覆盖区内人均有效避难面积/ m^2	0.20	2.23	1.76	2.54	1.70	2.01	1.95

由图 4、表 5 可知,和平区应急避难场所仅有 2 个,有效避难面积小,仅为 1.32ha。由于和平区是天津市百年商业中心,高层建筑、学校等人群密集地众多,人口密度最高达 41967 人/ km^2 ,所以避难场所服务覆盖人口较多,达 6.54 万人,占辖区人口的 18.66%,占比相对其他区高。河西区、河东区应急避难满足性情况相似,有效避难面积分别为 18.78ha、12.66ha,覆盖面积较小,服务盲区面积较大,分别达 3311.20ha、3517.80ha,分别占辖区面积的 89.49%、90.2%;服务盲区人口也较多,分别达 90.51 万人、90.1 万人,分别占辖区总人口的 91.5%、92.62%,这表明绝大部分居民不能在有效避难时间内到达避难场所。南开区是历史文化名区,开敞绿地较多,应急避难场所有 3 个,且有效避难面积最大,达 53.16ha,因此服务覆盖面积和人口均较多,分别为 937.45ha、20.9 万人,分别占辖区总面积和人口的 23.07%、18.29%。河北区和红桥区是综合工业区,开敞空间有限,且辖区内均有河流穿过,使部分区域因河流不能被覆盖,服务盲区面积增大,分别为 2372.50ha、1863.90ha,分别占辖区面积的 84.95%、87.51%;服务盲区人口也相应增多,分别为 80.12 万人、50.22 万人,分别占辖区总人口的 90.09%、88.88%。

已有研究表明,紧急避难时人体最低占用面积为 $0.6m^2$,考虑疏散时人们不可能完全均匀选择避难位置,人均面积为 $1.05m^2$ 时可有效维持灾民安全避难(樊良新等, 2013)。由表 5 可知,和平区人均有效避难面积为 $0.20m^2$,低于人体最低占用面积 $0.6m^2$,达不到避难要求。除和平区外的 5 个区均达到人均有效避难面积大于 $1.05m^2$ 的要求,其中,南开区由于有效避难面积大,使人均有效避难面积最大,达 $2.54m^2$ 。

整体来看,天津市中心城区应急避难场所有效避难面积为 113.58ha,覆盖区域面积小,为 2550.97ha,仅占城区总面积的 14.51%,服务区覆盖人口为 58.13 万人,仅占人口总数的 11.84%;服务盲区面积大,达 15033.98ha,占城区总面积的 85.49%,服务盲区人口 432.84 万,达城区总人口的 88.16%,这表明中心城区应急避难场所不能满足大部分居民的避难需求。在人均有效避难面积方面,中心城区人均有效避难面积为 $1.95m^2$,大于 $1.05m^2$,满足避难需求。综上所述,天津市中心城区应急避难场所在满足性上仍存在欠缺,在今后的城市规划和改造中,仍需进一步加强应急避难场所建设。特别是在人口稠密的中心城区,既要保证应急避难场所服务区域覆盖率,又要保证覆盖区内人均有效避难面积,从而实现避难空间的相对公平和有效。

3 结论与建议

3.1 结论

由天津市应急避难场所适宜性和中心城区满足性分析结果可知,天津市应急避难场所在

个体建设和整体规划上均有欠缺。

(1) 中心公园等 10 个应急避难场所有效性、人民公园等 14 个应急避难场所安全性、泰丰公园可达性处于差或较差水平, 应急避难场所中等水平以上占比为 70%, 适宜性基础良好, 但有待进一步提高。

(2) 应急避难场所数量不足, 尤其是人口稠密的中心城区, 服务覆盖面积小, 覆盖人口少, 服务盲区面积大, 88.16% 的居民不能被覆盖, 难以满足大部分居民的避难要求。在避难服务区内, 和平区人均有效避难面积过小, 达不到人均有效避难面积的要求, 除和平区外的 5 个区均能满足人均有效避难面积要求。

3.2 建议

在应急避难场所规划和建设过程中, 应综合考虑应急避难场所影响因子, 提高应急避难场所避难能力, 同时扩大避难场所有效空间, 鉴于现有应急避难场所容量难以扩大, 应结合现有应急避难场所规划建设新的应急避难场所, 扩大覆盖范围, 以社区人口分布为基础, 合理布局应急避难场所。在平时的灾害应急准备工作中, 城市应急管理部门应掌握各应急避难场所的分布, 应有遭灾后指挥与帮助各避难场所灾民的预案。对部分地区应急避难场所的规划建议如下:

(1) 滨海新区、河东区、南开区水域面积大, 应急避难场所距水文隐患点较近且地势低, 应做好紧急预案, 完善相应的避难设施与指挥体系, 在人口密集处增设地势高的应急避难场所, 如紫云公园、紫云中学、泰达青公园等; 河东区可增设天津第七中学、天津音乐学院南北校区、唐口公园、桥园公园等作为应急避难场所; 南开区可增设南开公园、天津崇化中学、天津第五十中学、天津大学卫津路校区等作为应急避难场所。

(2) 和平区应在中心公园、睦南公园附近增加应急避难场所, 扩大服务范围, 如耀华小学、逸阳梅江湾国际学校南区等, 并在其他人口密集处寻找开敞空间作为应急避难场所, 如解放北园、和平空竹园、土山公园、天津第四十一中学等。

(3) 河西区可增设解放南园、团结公园、天津第二十中学、新华中学、天津外国语大学马场道校区等作为应急避难场所, 河北区可增设金钢公园、北斗公园、天津第三十二中学等作为应急避难场所, 红桥区可增设天津第八十九中学、北岸中心等作为应急避难场所。

参考文献

- 陈绮桦, 2014. 城市应急避难场所用地适宜性评价——以广州市为例. 国土与自然资源研究, (6): 12—17.
- 戴晴, 高振记, 杨鹤平, 2010. 城市应急避难场所研究方法综述. 科技资讯, (6): 250—251.
- 樊良新, 佟艳, 刘昌华, 2013. 城市社区应急避难所评价——以焦作市为例. 人文地理, 28 (3): 107—113.
- 龚雨, 伍百发, 2016. 城市应急避难所评价模型研究. 全国测绘科技信息网中南分网第三十次学术信息交流会论文集. 桂林: 全国测绘科技信息网中南分网.
- 霍婷婷, 王茂军, 黄芳, 2009. 北京郊外大型居住区居民购物行为分析——以回龙观社区为例. 首都师范大学学报(自然科学版), 30 (4): 88—92.
- 李鹏, 王秀娜, 肖致美等, 2015. 天津市人口分布特征研究. 西北人口, 36 (2): 92—94, 100.
- 李强, 李晓林, 2007. 北京市近郊大型居住区居民上班出行特征分析. 城市问题, (7): 55—59.
- 李阳力, 2014. 绵阳市固定应急避难场所布局评价研究. 昆明: 云南大学.
- 林雅萍, 2013. 基于 GIS 的福州应急避难所空间格局评价. 亚热带资源与环境学报, 8 (3): 89—94.

- 史晓瑞, 2016. 应急避难场所适宜性评价与布局优化研究. 石家庄: 河北师范大学.
- 杨明生, 2015-09-03 (003). 城市应急避难场所短板亟待补强. 中国建设报.
- 张东云, 2017. 基于 AHP 的唐山市中心城区应急避难场所评价. 河北省科学院学报, **34** (3): 58—66.
- Golledge R. G., Stimson R. J., 1997. Spatial behavior: A geographic perspective. New York: Guilford Press.

Location Selection of the Emergency Shelters in Tianjin: An Evaluation Based on GIS

Yin Zhijun, Li Lihui, Wang Xuefang and Huo Tengfei

(School of Economics and Management, Hebei University of Technology, Tianjin 300401, China)

Abstract Emergency shelter plays an important role in the urban public safety system. The research on the completed emergency shelter is helpful to provide evidence for individual improvement, layout optimization and site selection of emergency shelter. Based on literature research and analysis of city characteristics of Tianjin, this paper constructed emergency shelter location suitability system concluding 8 evaluation factors from three dimensions of effectiveness, safety, and accessibility, and AHP is used to determine the index weight. Then the paper applied the spatial analysis of GIS to construct spatial position model and coverage model for the suitability and satisfaction of 27 emergency shelters in Tianjin. The results show that the emergency shelters in Tianjin have a good foundation, but general suitability level needs to be improved, especially safety desiderates strengthening. In addition, central city of Tianjin has concentration of population, but emergency shelters have characteristics of small amount and limited service area, so that there is a wide range of blind zone of the coverage. And for Heping District, the per capita effective refuge area is only 0.2 m^2 , which is obviously smaller than the minimum occupancy area of human body and can't meet effective refuge demand of most sheltering people completely.

Key words: Tianjin; Central city; Emergency shelter; Location suitability; Satisfaction; GIS