引文格式：汪什豪, 胡炜, 苏墨. 基于多源数据融合的城市新增消防站选址研究[J]. 地理空间信息, 2023, 21(5): 63-66. doi:10. 3969/j.issn. 1672-4623.2023.05.015

基于多源数据融合的城市新增消防站选址研究

汪什豪[1]，胡　炜[1]，苏　墨[1]
（1. 深圳市规划国土发展研究中心，广东 深圳 518034）

摘　要：合理规划消防站的位置对城市火灾防控具有重要意义。以深圳市为例，采用“基础地理数据+互联网 POI”的多源数据融合模式，借助 ArcGIS 的空间分析功能，利用火灾风险指数评估方法识别全市火灾风险高发区域；以消防车出警实际路径为依据识别现有消防力量覆盖薄弱区，采用最小点位方法确定实现全市消防力量“5 min 覆盖”目标所需的最少新增消防站数量，并根据全市火灾风险等级和用地情况划分规划新增消防站建设时序。

关键词：多源数据；POI；消防站；空间分析；选址
中图分类号：P208　　**文献标志码：**B　　**文章编号：**1672-4623（2023）05-0063-04

Research on New Urban Fire Station Location Based on Multi-source Data Integration

WANG Shihao[1], HU Wei[1], SU Mo[1]
(1. Shenzhen Urban Planning & Land Resource Research Center, Shenzhen 518034, China)

Abstract: Reasonable location of urban fire station is of great significance for fire prevention and rescuing. Taking Shenzhen for example, using a multi-source data integration mode of “basic geographical information data+POI”, based on the spatial analysis function of ArcGIS, we used the fire risk index assessment method to identify the areas with high fire risk in the whole city. Based on the actual route of fire engine, we identified the areas exceeding the capabilities of present fire forces, adopted the minimum point method to determine the minimum number of new fire stations needed to achieve the goal of “arrival in 5 minutes”, and planned the construction sequence of new fire stations according to the fire risk level and land-use situation of Shenzhen.

Key words: multi-source data, POI, fire station, spatial analysis, location

火灾是现代城市安全的重要威胁之一。传统的城市消防站布局规划方法为人口总量法或面积法，研究尺度通常是街道或行政区，空间数据精度不高，考虑的因素较少；而具有高还原度的空间仿真模型可还原火灾发生时消防车辆出动的真实路线，在规划选址方面具有较高的科学性和认可度[1-4]。消防站布局方面，苟刚[5]等对贵阳市公安某消防大队二中队责任区 10 个重大危险源可达性的测定结果小于 1，表明当时的消防站设置情况不满足国家规定要求；李远斌[6]以广州天河区为例，通过建立消防站布局模型优化消防站布局，为合理布局消防站提供了新思路。消防站选址方面，陈楷佳[7]利用粒子群算法实现了在经济性和安全性约束下的广州市某区消防站布局优化；郭静文[8]等基于改进的遗传算法提出了一套能自行优化消防站个数和位置的城市消防站选址方法。相关实证分析丰富了城市消防规划中的相关理论依据，为城市消防站选址优化和城市应急管理提供了方法支持。

1　研究区概况与数据来源

本文选取的研究区为深圳全市域，重点为建成区。深圳市城区总面积为 1 966.16 km^2，建成区面积为 927.96 km^2（源于《2019 中国城市统计年鉴》）；常住人口 1 756.01 万人（源于《广东省第七次全国人口普查公报》）。本文采用的消防数据来源于市公安消防局，现状消防站共 81 处，包含名称、规划功能和所属区域等信息；建筑数据来源于深圳市 2018 年建筑普查数据，更新时点为 2018 年 12 月；土地利用数据来源于深圳市土地利用现状调查数据，更新时点为 2020 年 12 月；2020 年居住人口分布数据主要来源于市社工委“织网工程”工作，空间上细化至建筑物；危化品场所和城中村分布数据来源于高德地图 POI，更新时点为 2020 年 12 月。

收稿日期：2021-12-02；修回日期：2022-03-03。
项目来源：2016 年深圳市重要民生设施建设发展空间监测与评估（[2016]FY0700-1598）。
第一作者简介：汪什豪（1989—），硕士研究生，工程师，研究方向为城市土地利用与规划，E-mail：550219962@qq.com。

2 研究方法

网络分析方法主要采用最短时间距离模型，通过ArcGIS平台中的网络分析模块完成，计算公式为：

$$T_{ij}=\min\{\frac{D_{ij}^{1}}{V_{1\max}},\frac{D_{ij}^{2}}{V_{2\max}},\frac{D_{ij}^{3}}{V_{3\max}},\cdots,\frac{D_{ij}^{n}}{V_{n\max}}\} \quad (1)$$

式中，T_{ij} 为消防站 i 和火灾隐患点 j 之间最短的时间距离集合，表示正常情况下采用当前交通方式需花费的最少时间；D_{ij}^{n} 为节点 i、j 之间的距离；$V_{n\max}$ 为节点 i、j 之间的最大速度。

加权综合方法分别令 T_{ij} 为4.5、9.5（消防车5 min到达区域实际运行时间为4.5 min，10 min类同）得到消防车在5 min、10 min到达的最大距离集合 $D_5=\max\{D_1^5,D_2^5,D_3^5,\cdots,D_n^5\}$ 和 $D_{10}=\max\{D_1^{10},D_2^{10},D_3^{10},\cdots,D_n^{10}\}$。根据消防规范，消防车经过道路两侧一定范围内的区域（$S_1,S_2,S_3,\cdots,S_n$）均属于该消防站覆盖范围，则该消防站5 min、10 min覆盖的全部区域为：

$$S_{\max}^{5}=\sum_{i=1}^{n}S_i\times D_i^5 \quad (2)$$

$$S_{\max}^{10}=\sum_{i=1}^{n}S_i\times D_i^{10} \quad (3)$$

1）城市火灾风险评估。城市火灾常因某些特定因素引起，因此应特别关注这些风险因素[9]。鉴于人员密集、基础设施条件差、救援难度大和火灾风险高等因素，本文主要对城中村、高层建筑、人员密集公共场所和油气危化品从业点（区）进行重点分析。由于私宅高度密集、建筑用途复杂、基础设施较差、且是城市流动人口的主要聚居地，城中村的消防救援存在诸多困难，给城市消防安全管理带来较大挑战，是城市消防安全的薄弱环节之一[10]。因此，很有必要加强深圳众多城中村私宅密集区域的消防力量配置、增强消防扑救能力。由于难以迅速接近火源，且高空空气流动更易于火势蔓延，高层建筑一旦起火往往损失严重，因此高层建筑防火一直是消防规划的重点[11]。目前国内一线城市消防站装备的消防云梯均不超过100 m，因此100 m以上的高层建筑作为火灾重要防范目标，宜提高火灾防范等级。大型商场、酒店、餐饮、剧院等场所人员密集且疏散通道有限，一旦发生火灾易造成重大损失甚至巨大人员伤亡[12]，因此该类场所一直是城市火灾防范的重点区域。油气危化品从业场所由于存在较多易燃易爆产品，火灾风险高且一旦失火易造成巨大财产损失和人员伤亡[13]，一直以来都有严格规定，但由于中小型油气危化产品从业场所距离居民区或人流较近，火灾隐患仍不能杜绝，且油气危化产品存储设备也需要予以特别关注。针对城市火灾风险的重点因素，本文采用等权重、综合分析的方法对城市火灾风险进行综合评估。

2）现有消防站覆盖范围。根据《城市消防规划建设管理规定》：消防站的布局，应当以接到报警5 min内消防队可到达责任区边缘为原则，每个消防站责任区面积宜为4~7 km^2。此外，还可通过城市火灾风险评估确定消防辖区面积。根据GB 51080–2015《城市消防规划规范》规定：城市建设用地范围内普通消防站布局，应以消防队接到出动指令后5 min内可到达其辖区边缘为原则确定。综合上述标准规范，本文采用“5 min覆盖目标”，即以消防车5 min到达辖区边缘的目标划分消防站覆盖范围。从深圳市公安消防局得知，目前深圳市消防站从接警到消防车出发需要0.5 min，因此消防站目标覆盖辖区以接到指令后4.5 min到达辖区边缘为原则。根据消防车通行相关规定和全市交通状况，本文首先将城市主干道、次干道和支路消防车速度设为40 km/h，城市快速路消防车速度设为60 km/h，高速消防车速度设为80 km/h；再根据实际路网距离，按照不同道路类型城市交通消防车运行时速，分别计算4.5 min和10 min内消防车行驶可达范围，获得现有消防站覆盖范围。

3）消防覆盖薄弱区域识别。本文将全市现有消防站5 min覆盖区域外的建成区和有特殊消防需求的区域作为现有消防站覆盖薄弱区，即新增消防站救援能力需全部覆盖的区域。各消防覆盖薄弱区的火灾风险等级不同，可根据火灾风险等级和现有消防站到达时间划分不同等级的消防覆盖薄弱区。火灾风险等级越高的消防站覆盖薄弱区域发生火灾的概率越大[14]，且现有消防扑救力量不能及时到达，一旦出现火情更易造成重大人员伤亡或财产损失[15]，因此该区域更急需新建消防站，本文采用消防紧迫度来表示消防薄弱区对新增消防站的需求程度。为保证消防力量配置的合理性，本文对全市消防紧迫度的评级整体采用安全冗余的原则，即基于安全生产实际进行分析、管控而制定双重甚至多重措施来预防事故发生的一种安全理念，将消防紧迫度中级以上的级别均上调一级，以提升消防覆盖容错能力。全市消防站未覆盖区域消防紧迫度分级见表1。

4）最少新增消防站数量确定。合适的消防站数量和位置对保证火灾扑救能力的前提下降低消防站建设和运营成本有较大的现实意义[16]。消防站最小点位

表1　消防紧迫度分级表

现有防控能力差异		消防紧迫度	划分依据	备注
风险等级	覆盖度			
5	3	高	火灾风险等级高、现有消防能力10 min内无法到达	
	2	高	火灾风险等级高、现有消防能力10 min内可到达	
4	3	高	火灾风险等级较高、现有消防能力10 min内无法到达	火灾风险等级上调一级
	2	较高	火灾风险等级较高、现有消防能力10 min内可到达	火灾风险等级上调一级
3	3	较高	火灾风险等级较高、现有消防能力10 min内无法到达	火灾风险等级上调一级
	2	中	火灾风险等级较高、现有消防能力10 min内可到达	火灾风险等级上调一级
2	3	中	火灾风险等级中、现有消防能力10 min内无法到达	火灾风险等级上调一级
	2	较低	火灾风险等级中、现有消防能力10 min内可到达	
1	1	低	现有消防站5 min覆盖范围	

注：火灾风险等级5、4、3、2、1分别代表火灾风险高、较高、中、较低、低5个等级；覆盖度1、2、3分别代表现有消防站5 min、10 min和10 min以上的覆盖范围。

数量是指在满足消防车5 min可达范围覆盖现有全部消防站薄弱区域时，所需的最少消防站数量见图1。

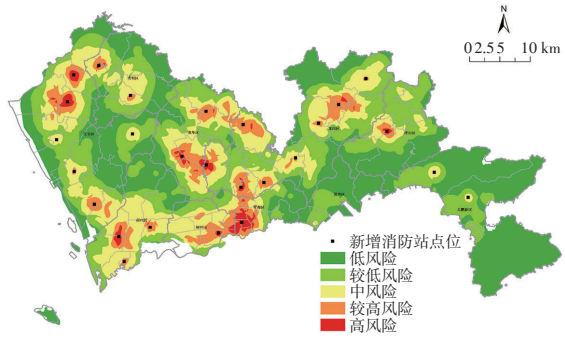


图1　新增最少消防站数量图

5）消防站推荐建设时序。鉴于目前年度消防站建设预算限制和消防站选址落地的可行性[17]，需对全部规划的新增消防站进行建设时间规划，找到满足要求的公共设施用地以确定新增消防站的建设时序，消防紧迫度越高的区域应越早新建消防站，有利于火灾风险高且扑救能力弱的区域尽早弥补短板。建设时序采取“以消防紧迫度为主、用地空间保证为辅”（本文根据上述研究结果结合深圳市土地资源“难以为继”的现实情况提出的在用地空间极其紧张的情况下应对火灾风险的一种可行选择）的原则确定，即首先由消防紧迫度初步确定建设批次，再根据用地空间情况进行二次分级：能保证消防站建设用地的消防站建设批次早于同等消防紧迫度、暂不能保证建设用地空间的消防站。

3　研究结果与分析

3.1　全市建成区火灾风险等级

全市火灾风险等级呈现明显的区域化，其中宝安北部、南山中部、龙华南部、福田中部—罗湖西部—龙岗西部、龙岗中心城和坪山中心区周边为火灾高风险区域，上述区域周边为中风险区域，尤其是南山南部和北部、福田中西部、光明中心区、龙岗区国际低碳城周边；此外，宝安航城、石岩街道周边，坪山坑梓、龙田、大鹏新区葵涌、大鹏街道中部等区域中风险区域也较集中。从各行政区来看（表2），全市各区中高风险区存在较大差异，福田区的高风险区面积最大，宝安区次之，龙华区第三，这3个区也是全市仅有的高风险区域超过5 km^2的行政区。究其原因，上述区域为开发较早的建成区、近年重点开发的新兴区域以及消防站配套不足的老城区，人口密集、各项经济活动频繁，较大体量的建筑尤其是部分区域城中村规模巨大，存在较多的潜在火灾隐患。

表2　深圳市火灾风险等级面积统计/km^2

行政区	低风险	较低风险	中风险	较高风险	高风险	总计
福田	0.00	4.86	0.02	35.06	10.98	50.92
罗湖	1.45	180.88	0.33	0.00	0.22	182.87
南山	6.78	15.65	182.49	13.69	2.93	221.54
盐田	285.31	19.99	0.57	0.00	0.00	305.86
宝安	42.45	0.00	7.66	25.70	6.35	82.16
龙岗	51.07	0.00	56.78	21.83	2.34	132.03
龙华	4.44	4.34	86.44	40.86	5.48	141.57
坪山	4.80	0.00	22.53	3.61	1.09	32.03
光明	218.60	331.67	86.12	4.44	0.56	641.40
大鹏	114.99	55.54	5.04	0.00	0.00	175.57
总计	730.02	612.95	448.04	145.21	29.94	1 966.16

3.2　全市建成区消防紧迫度

全市消防紧迫度分级差异较大，高紧迫度区域主要集中于宝安区、龙岗区、龙华区北部区域以及市域中南部（图2）。“十三五”期间，全市共发生火灾7 700起，其中宝安、龙岗、龙华数量均超多100起，宝安区火灾数量较多，占比为24.9%[18]。高紧迫度区

域主要集中于各街道交界区域，如宝安区沙井、新桥和松岗街道交界区域，南山区招商和南山街道交界区域，龙华区大浪、民治和龙华街道交界区域，福田区南园和桂园交界区域等，部分街道中心区域紧迫度也较高，如坪山区坪山街道，龙岗区龙岗街道、龙城街道、平湖街道，宝安区航城街道，石岩街道等。其原因在于：①各街道交界区域由于产业配置和历史遗留原因，大多是城中村和小工业区密布，各类从业人员混杂、人口密集且流动人口比例高，小型油气甚至是危化品经营和储备场所较多，潜在火灾风险等级较高，且消防力量建设不足，导致紧迫度较高，据统计，“十三五”期间深圳市火灾发生占比最高的场所为居住场所，约占40.4%[18]；②与部分街道中心区域的区位和产业类型有关，该类街道通常距离各行政区中心较远，如宝安区石岩街道、龙岗区平湖街道、龙华区福城街道等，各项消防资源规划和建设易产生欠账，在本身较多的开发建设活动背景下易成为高紧迫度区域。据统计，深圳市国家综合性消防队伍人数与常住人口配比仅为0.58人/万人，与全国1.16人/万人、北京3.36人/万人、上海2.81人/万人有较大差距，与深圳市经济规模、人口数量、建筑体量等不匹配[18]。

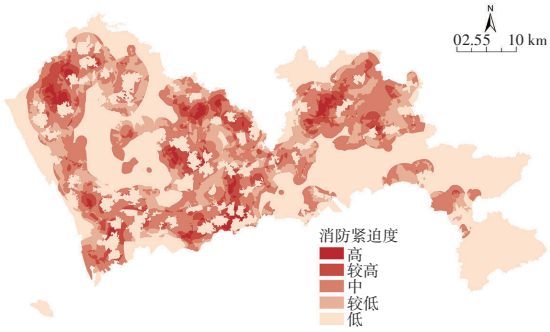


图2 全市建成区消防紧迫度

3.3 新增消防站推荐建设时序

全市新增消防站建设推荐分为4个批次建设，第一批次（11座）主要分布于高紧迫度区域，包括松岗、新桥、布吉、平湖、龙城、龙岗中部、东门与桂园街道交界处、西乡与新安街道交界处、大浪和龙华街道交界处、观湖与观澜街道交界处等区域；第二批次（4座）包括航城、南湾、横岗和大鹏街道，主要位于各街道中心区域现有消防站5~10 min覆盖区域；第三批次（2座）包括石岩、葵涌街道，主要位于各街道中部现有消防站覆盖10 min周边区域；第四批次（9座）包括马田、凤凰、福永、蛇口、沙河、福田、坂田、坪山、坪地等街道，均靠近现有消防站5 min覆盖边缘区域（图3）。通过对比2022年1月24日公布的《深圳市消防发展“十四五”规划》发现（表3），“十四五”期间深圳市规划新建（含原有消防站迁址改建）消防站47座，本文规划新增消防站26座，占比约为55%。二者差异的主要原因为本文是仅考虑几个主要火灾风险因素下的最小投入，是消防站建设规划建设的极端情况，由于产业发展导向、土地开发重点、消防站及其设备存在维护保养和人员休整等因素，实际规划中消防站建设一般需适度放宽规划条件，进行较充裕的配置和规划。

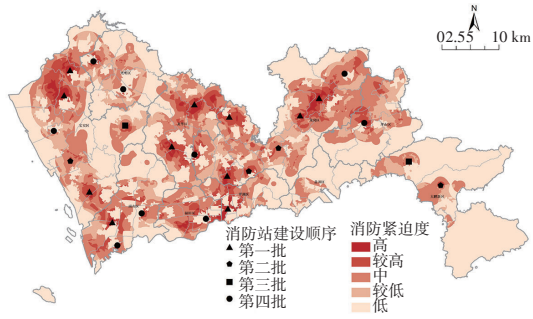


图3 新增消防站建设时序

表3 新增消防站点与深圳市消防发展“十四五”规划消防站对比情况表

行政区	本文建议	“十四五”规划	符合率/%	“十四五”规划备注
福田	1	4	25.00	2座迁址新建站
罗湖	1	2	50.00	2座迁址新建站
南山	3	8	37.50	1座迁址新建站
盐田	0	1	0.00	新建1座水上消防站
宝安	6	4	150.00	2座迁址新建站
龙岗	8	10	80.00	2座迁址新建站
龙华	2	8	25.00	3座迁址新建站
坪山	1	4	25.00	1座迁址新建站
光明	2	2	100.00	1座迁址新建站
大鹏	2	4	50.00	新建1座水上消防站
总计	26	47	55.32	

4 结 语

本文结合深圳市域范围内的高精度建筑、人口空间数据和多类型较高精度的POI数据，借助ArcGIS空间分析功能，统筹考虑了全市新增消防站的空间布局问题，以求探索一种新的在多源数据融合基础上的超大城市、复杂环境下的消防站空间布局规划方法。该方法充分考虑了消防站规划与建设过程中的用地空间保证，对于建设用地布局紧张的城市中心区或老城区具有较高的实际参考价值；但也存在一些问题，如由于数据来源缺乏，未按照执行任务类型对不同类型的消防站进行细分，未对扑救不同类型火灾所需的灭火

（下转第70页）