

# 基于火灾风险评估的城市消防设施选址优化研究 ——以广东省高州市中心城区为例

## Location Optimization of Urban Fire Facilities Based on Fire Risk Assessment: A Case Study of Urban Center in Gaozhou, Guangdong

徐志标 萧颖莹 XU Zhibiao, XIAO Yingying

**摘要** 城市消防是城市建设和经济发展的保障,是城市中公共安全体系的重要内容。以广东省高州市中心城区作为研究区域,选取城市区域环境、火灾危害程度和防护能力等因子,运用层次分析法、主成分分析法和核密度分析法进行城市火灾风险评估,同时采用区位—配置模型中最小化设施点数模型和最大化覆盖范围模型,在对高州市中心城区现存1座消防站和规划预留6座消防站的评估基础上进行模拟并优化布局,提出新增5座消防站以保证高州市中心城区97.52%的区域得到消防保护。

**Abstract** Urban fire protection is necessary for urban construction and economic development, and it is an important part of the urban public safety system. Taking the central city of Gaozhou in Guangdong as the research area, in view of factors such as urban environment, fire hazard degree and protection ability, this paper assesses the urban fire risk with analytic hierarchy process, principal component analysis and kernel density analysis, and uses the minimized facilities algorithm and maximized coverage algorithm of location-allocation model. Based on the assessment of one existing fire station and six planned fire stations in Gaozhou central city, it is concluded that Gaozhou central city needs to add five fire stations to ensure 97.52% of the central city area being protected from fire.

**关键词** 火灾风险评估;区位—配置模型;空间分析;消防站;高州市中心城区

**Key words** fire risk assessment; location-allocation model; spatial analysis; fire station; Gaozhou Central City

文章编号 1673-8985 (2020) 06-0117-07 中图分类号 TU984 文献标志码 A

DOI 10.11982/j. supr. 20200617

### 作者简介

徐志标

广东省建科建筑设计院有限公司

高级工程师,硕士

萧颖莹 (通信作者)

广东省建科建筑设计院有限公司

助理工程师

### 0 引言

随着我国进入社会主义新时代,经济社会已从高速增长阶段逐步迈进高质量发展阶段,城市发展也迈向高质量发展阶段。当前人们更加重视城市的质量和细节,而城市经济的快速增长和城市人口的不断增加导致城市建设用地规模大幅提升,城市面临的灾害风险也呈日益加大的趋势<sup>[1]</sup>。城市安全保障体系作为城市发展质量提升的关键因素之一,对维护社会稳

定、促进国民经济和社会可持续发展具有重要意义,而消防体系又是城市公共安全的重要内容。因此,必须高度重视城市消防站的建设。城市消防站是灭火救援力量的基本组织单位,除了承担城市灭火的主要职责,还积极参加其他灾害事故的救援抢险。从城市规划的视角看,城市消防站合理布局的关键是空间资源的优化配置,涉及空间位置和数量的规划布局。因此,重点研究城市消防站的合理布局、科学划

分消防站责任区对维护城市经济活动的正常运行具有重要的现实意义,能够为城市消防设施的选址提供指导,推进消防工作的高质量发展。

关于消防站的布局优化研究一直备受关注,目前国内外已开展大量城市消防设施的相关研究和规划实践。欧洲国家从20世纪10年代就开始关注城市公共服务设施的布局,在兼顾公平、效率的条件下,科学合理地提出以公共基础设施选址模型为基础的布局方法。到20世纪70年代,美国、英国、日本等几个发达国家的研究学者开始重点关注消防站布局,从城市区域火灾风险评估的角度开展了系列研究,综合考虑消防站选址的不同影响因素,建立多种数学模型来支撑消防站的选址布局。模型在选址过程中,立足于火灾风险评估结果,加入距离、时间和现有设施点等约束条件限制,建立一个较为全面可行且可实施的多目标规划模型进行具体分析,目的是在资源不富裕的环境下达到选址布局最优的结果。我国对于城市应急救援服务设施的选址研究始于20世纪90年代,相关学者利用构建的离散定位模型来研究消防站布局优化问题,采用从研究范围到消防站的加权距离最小的方法确定消防站布局 and 划分消防责任区。除了运用数学模型,部分学者从地理信息系统(GIS)的空间分析功能、火灾风险评估方法、构建火灾风险评估指标体系的角度着手进行研究与探讨,结合城市实际情况,以火灾风险评估作为基础和重要内容,考虑交通路线、区域环境 and 经济成本等,着力提高消防站布局的精确性和适宜性<sup>[2]</sup>。

因此,本文利用高州市中心城区近5年的火灾统计数据、城市路网结构和消防安全重点单位等因素,以高州市中心城区为研究对象,采用主成分分析法、层次分析法和核密度分析进行火灾风险评估,确定研究范围的火灾隐患情况。在此基础上,利用网络分析和区位—配置模型,对消防站的布局进行定量分析和空间优化。同时,进一步衔接城市总体规划和控制性详细规划中确定的消防站布局,为高州市中

心城区的消防站布局优化提供有效依据。

## 1 研究区域与方法

### 1.1 研究区域

高州市是广东省辖县级市,位于广东省西南部,其经济社会发展综合实力长期位居广东县域前列。近年来,城市快速发展和历史遗留问题使其存在极大的消防安全隐患,消防安全布局已难以适应城市发展的需求。本文选取高州市中心城区作为研究区域,规划城市建设用地面积为75 km<sup>2</sup>。高州市中心城区现有一级消防站1座,辖区范围为中心城区。目前,中心城区消防站的布局不合理,主要体现在现有消防站不能满足中心城区的消防安全要求,责任区范围过大,远不能满足《城市消防规划规范》中对一级消防站辖区面积不宜大于7 km<sup>2</sup>的规定,难以适应灭火救援的需要。尤其是老城区和城中村长期经历快速而无序的发展导致消防基础设施布局不合理。按照《高州市城市总体规划(2011—2035年)》《高州市城东片区控制性详细规划》和《高州市宝光片区控制性详细规划》的有关要求,中心城区规划预留消防站6座,分别是宝光消防站、山美消防站、城东消防站、石仔岭1号消防站、金山1号消防站和金山2号消防站(见图1)。但消防站的辖区面积仍不符合消防站建设标准的相关要求,应充分考虑在现有的消防站和规划预留的消防站的基础上进行补充和选址优化。

### 1.2 数据来源

本文的研究数据主要来源于高州市消防大队提供的2014—2018年火灾发生点、消防安全重点单位、主要危险源、文物保护单位和交通路网数据等,具体情况如下。

(1) 近5年火灾发生点。中心城区2014—2018年共发生火灾796起。从火灾的分布角度分析,老城区火灾多发,其中潘州街道辖区的火灾起数占比较大,占中心城区火灾数的70%。老城区火灾频发,主要原因为老旧城区出租屋较多,存在大量违规违建的“三合一”场所<sup>①</sup>,屡禁不绝,且消防设施建设滞后。2014—2018年



图1 高州市中心城区现状和规划预留的消防站分布图  
Fig.1 The present situation and the layout plan of reserved fire stations in downtown Gaozhou

资料来源:笔者自绘。

火灾发生点分布情况如图2所示。

(2) 消防安全重点单位。2019年中心城区消防安全重点单位有66家,其中国家机关单位4家,广播、电视和邮政、通信枢纽4家,公众聚集场所20家,客运站、码头2家,博物馆1家,发电厂和电网经营企业1家,易燃易爆场所28家,医院2家,加工企业2家,化工厂2家。具体分布情况如图3所示。

(3) 主要危险源。中心城区现有危险源18处,其中加油站15处、燃气公司3处,分布在中心城区各个镇街。具体分布情况如图4所示。

(4) 文物保护单位。中心城区现存文物保护单位30处,由于部分文物建筑年久失修,修筑质量较差,且配备的消防设施不完善,部分存在消防安全隐患。文物保护单位集中分布在潘州街道。具体分布情况如图5所示。

### 1.3 布局原则

消防站布局研究应包括消防站建设数量、建设位置、辖区面积等因素,根据《中华人民共和国消防法》(2019修正版)和《城市消

注释: ①:“三合一”场所:指住宿与生产、仓储、经营一种或一种以上使用功能违章混合设置在同一空间内的建筑,即集生产、生活、仓库为一体的小工厂小作坊,且各使用功能之间未设置有效的防火分隔。

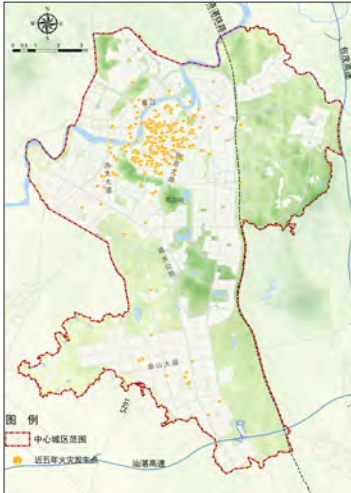


图2 2014—2018年火灾发生点分布图  
Fig.2 Distribution of fire sites in the year of 2014-2018

资料来源:笔者自绘。

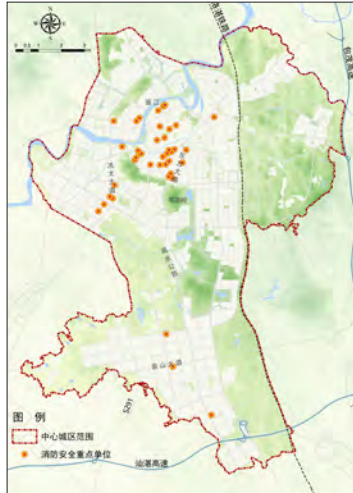


图3 消防安全重点单位分布图  
Fig.3 Distribution of key fire safety units

资料来源:笔者自绘。



图4 主要危险源分布图  
Fig.4 Distribution of major hazard sources

资料来源:笔者自绘。

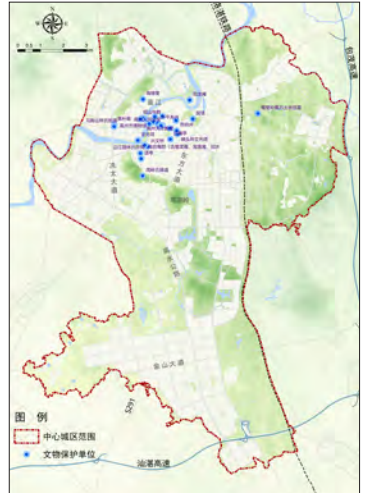


图5 文物保护单位分布图  
Fig.5 Distribution of heritage sites

资料来源:笔者自绘。

防规划规范》(GB 51080-2015) 中对消防站布局的要求,应以接到出警命令后5 min内消防车到达消防辖区边缘作为原则,一级消防站辖区范围面积不应大于7 km<sup>2</sup>,充分考虑城市消防安全重点单位分布、人口密度、城市建筑物分布状况和道路条件等因素,合理确定消防站位置。根据城市不同区域火灾风险的差异,对消防站选址和消防站辖区面积作适当优化。

### 1.4 研究方法

随着城市智慧化进程的推进,运用ArcGIS分析平台空间分析功能将空间数据和地理信息数据进行科学处理,有助于帮助城市建设提高准确度。本文使用的研究方法包括:主成分分析法、层次分析法、核密度分析、区位—配置模型和网络分析等。首先构建火灾风险评估指标体系,运用主成分分析法和层次分析法确定因子的权重,利用GIS的核密度分析和叠加分析对各项指标按其权重大小进行叠合,判别出研究区域的火灾风险空间分布情况。在交通路网模型的基础上,利用区位—配置模型和GIS网络分析技术对消防站进行布局策略研究。

目前,区位—配置模型(Location-Allocation Models, L-A模型)被普遍应用于基于GIS的城市公共服务设施空间优化布局研究中<sup>[9]</sup>。GIS与

区位—配置模型的有效结合能有效解决公共服务设施选址优化问题,针对消防基础设施空间布局,本文选用最小化设施点数模型和最大化覆盖范围模型进行选址优化研究。

#### (1) 最小化设施点数模型

该模型运算原则为每个需求点至少被1个设施点覆盖,用于计算所需服务设施点的最少数量,使所有需求点都能被覆盖。

$$\begin{aligned} \min \quad & \sum_{j \in J} y_j \\ \text{s. t.} \quad & \sum_{d_{ij} \leq D} x_{ij} \geq 1, \forall i \in I \\ & y_i \in (0,1), \forall i \in J \end{aligned} \quad (1)$$

式中: $i$ 代表需求点, $I$ 代表需求点集合, $I=\{i|i=1,2,\dots,m\}$ ;  $J$ 代表候选设施点集合, $J=\{j|j=1,2,\dots,n\}$ ;  $d_{ij}$ 代表需求点 $i$ 与候选设施点 $j$ 之间的最小距离, $i \in I, j \in J$ ;  $D$ 代表需求点与设施点之间允许的最大距离;  $x_{ij}$ 代表需求点 $i$ 被候选设施点 $j$ 服务;  $y_j$ 代表候选设施点 $j$ 的服务能力;  $y_i=1$ 代表需求点选在 $j$ 处,  $y_i=0$ 代表需求点选在其他位置。

#### (2) 最大化覆盖范围模型

该模型运算原则为在阈值内覆盖最大数量和范围的需求点,用于研究在设施点确定的情况下,计算最大的覆盖范围;在覆盖范围确定的条件下,计算最少的设施点数量。在最小

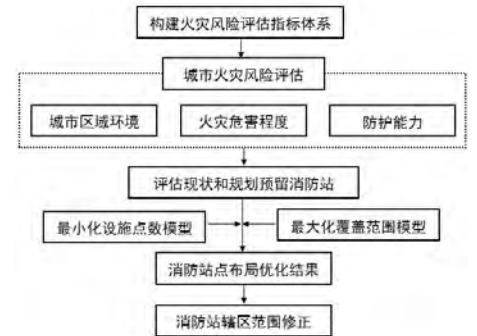


图6 研究技术路线  
Fig.6 Research technical route  
资料来源:笔者自绘。

化设施点数模型的结果上,优化调整消防站的位置,使消防站达到覆盖范围的最大值。

$$\begin{aligned} \min \quad & \sum_{i \in I} w_i x_i \\ \text{s. t.} \quad & \sum_{d_{ij} \leq D} y_j - x_i \geq 0, \forall i \in I \\ & \sum_{j \in J} y_j = p \\ & y_i \in (0,1), \forall j \in J \end{aligned} \quad (2)$$

式中: $i$ 代表需求点, $I$ 代表需求点集合, $I=\{i|i=1,2,\dots,m\}$ ;  $J$ 代表候选设施点集合, $J=\{j|j=1,2,\dots,n\}$ ;  $d_{ij}$ 代表需求点 $i$ 与候选设施点 $j$ 之间的最小距离, $i \in I, j \in J$ ;  $D$ 代表需求点与设施点之间允许的最大距离;  $p$ 代表候选设施

点数量;  $y_j=1$ 代表需求点选在*j*处,  $y_j=0$ 代表需求点选在其他位置;  $y_j$ 代表候选设施点*j*的服务能力;  $w_i$ 代表需求点*i*的权重<sup>[4]</sup>。

## 2 火灾风险评估

火灾风险评估是科学分析研究区域内危险性程度的综合评价,是配置消防力量的重要依据,也是消防站选址的基础工作。火灾风险评估是在进行火灾危险源辨识的基础上,系统选取目标对象引发火灾的因子,对指导消防站的实际建设具有重要意义。火灾风险评估与城市消防力量在空间上保持一致,才能切实解决城市消防安全面临的重大问题<sup>[5]</sup>。火灾风险评估的框架如图7所示。

评估的意义主要有两个方面。第一,掌握区域的火灾风险总体水平,火灾风险评估结果可以清楚地显示某一特定区域的火灾风险总体水平,使消防管理工作由经验型转为科学型。第二,为城市消防规划提供技术支持,研究城市综合风险可以为城市的消防规划、应急力量布局和设防力量要求等方面的决策提供科学的技术手段。运用火灾风险评估确定消防站的数量和位置,是如今国内外消防设施布局规划的新手段,可以保障城市消防安全,提高城市防御火灾的能力<sup>[6]</sup>。

### 2.1 建立评估指标体系

影响火灾风险评估的因素非常多,且各因素之间存在着耦合关系。因此,首要工作是

科学合理地构建火灾风险评估指标体系。本文结合《城市消防规划规范》(GB51080-2015)和国内外已有研究,从城市区域环境、火灾危险程度和防护能力3个方面着手开展火灾风险评估工作,选取3个一级指标和10个二级指标,分两级建立评估指标体系,采用主成分分析法和层次分析法确定指标权重。一级指标层的权重利用主成分分析法来确定,二级指标层权重采用层次分析法来确定,以提高评价结果的准确性。火灾风险评估指标及其权重如表1所示<sup>[7]</sup>。

### 2.2 火灾风险评估

运用ArcGIS对各类型火灾风险评估因子进行核密度分析,由于各类型评估因子的值域差异,需要对其进行归一化处理。

#### 2.2.1 城市区域环境一级指标

①规划区功能分区类型:根据规划用地布局,火灾风险程度依次从大到小分别为商业、居住、工业仓储、公共设施及其他用途区域等。商业用地和居住用地主要集中在潘州街道和宝光街道,工业仓储用地主要分布在金山街道。

②人口密度:人口密度较高的区域主要集中在潘州街道和宝光街道,其次是石仔岭街道和金山街道,山美街道的人口密度较小。人口密度越大,火灾发生的概率越大。

③建筑物密度:建筑物密度较高的区域主要集中在老城区。该区域建筑密集,人群相对集中,因而发生火灾的概率较大;而石仔岭

街道、金山街道和宝光街道的工业仓储用地较多,建筑密集程度一般;其他地区建筑密度较小,发生火灾的概率较低。

④交通可达性:区域交通网络密度越大,火灾救护能力较强,中心城区的东北部和东南部山体较多,交通网络密度最小,说明该区域的火灾救援能力最差。

⑤文物保护单位:主要集中在潘州街道。由于文物保护单位普遍年久失修,密集程度越高,发生火灾的概率较高。

⑥消防安全重点单位:消防安全重点单位数量越多,对火灾的贡献值就越大。老城区作为高州市主城区商业中心,所占的消防安全重点单位比重较大,火灾发生的概率较大。

#### 2.2.2 火灾危害程度一级指标

①历年火灾分布密度:根据近5年火灾发生情况统计,火灾主要发生在老城区和金山工业园,消防隐患较大。

②危险源:包括加油站、供应站瓶库、天然气煤气等调压站、易燃易爆危险品的生产运输单位等,危险源主要集中在老城区、石仔岭街道和宝光街道,而中心城区中部和东北部危险源的数量较少。

#### 2.2.3 防护能力一级指标

①消防救护分布:中心城区现有1座一级消防站。离消防站越远的区域,火灾危险性越高。

②给水能力:包括消火栓和自来水厂。市政消火栓供水设施建设越完善,市政消防供水能力越强,则火灾救护能力最强。反之,其他区

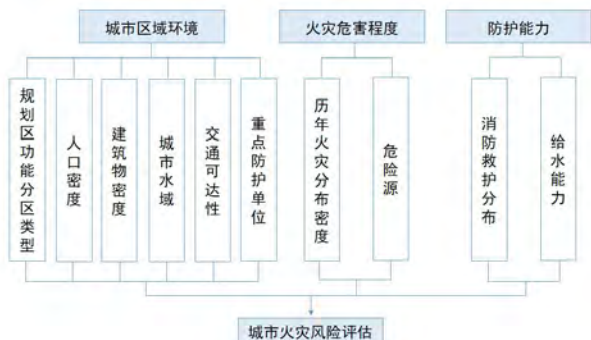


图7 火灾风险评估框架  
Fig.7 Fire risk assessment framework

资料来源:笔者自绘。

表1 火灾风险评估指标及权重分配  
Tab.1 Fire risk assessment index and weight distribution

一级指标	一级指标权重	二级指标	二级指标权重
城市区域环境	0.5	规划区功能分区类型	0.1
		人口密度	0.2
		建筑物密度	0.2
		交通可达性	0.2
		文物保护单位	0.2
		消防安全重点单位	0.1
火灾危害程度	0.3	历年火灾分布密度	0.6
		危险源	0.4
防护能力	0.2	消防救护分布	0.7
		给水能力	0.3

资料来源:笔者自制。

域火灾危险性越高。

### 2.2.4 评估结果

通过对城市区域环境、火灾危害程度、防护能力等因子进行叠加分析,可以得出高州市中心城区火灾风险评估图(见图8)。从空间分布上看,火灾风险呈现出一定的区域差异性,表现为老城区火灾风险等级最高,明显高于新城区。潘州街道建筑密集、人口密度大,同时也是高州市重要的商业中心,建筑物大多比较陈旧,消防设施建设滞后,安全隐患较多,因此火灾风险最大;城东片区基础设施建设相对完善,消防设施配备齐全,交通便利,因此火灾风险较小。目前中心城区仅有1座一级消防站,承担着整个中心城区的防灾抢险任务,难以满足救援需求。

## 3 消防站布局优化研究

消防站布局优化研究主要包括消防站建设数量、位置、辖区范围和面积的研究。本文基于以上火灾风险评估结果,在现状和规划预留消防站评估的基础上,结合道路数据构建消防交通网络模型,实现消防站点的布局优化。

### 3.1 网络模型构建

#### (1) 约束条件

①消防应急响应时间设定:根据《中华人民共和国消防法》(2019年修正版)和《城市消防站建设标准》(建标152-2017)的规定,消防站应以接到出警命令后5 min内到达辖区范围边缘位置为原则,本次设定消防应急时间严格执行5 min内到达火场的原则。

②道路通行能力设定:根据高州市城市道路通行速度和现状道路拥堵情况,并结合相关经验数据,确定城市不同等级道路的消防车平均行驶速度,具体为:城市快速路或国道50 km/h,城市主干道45 km/h,城市次干道和支路35 km/h,以此作为高州市中心城区交通网络模型中消防车行驶速度的依据。

#### (2) 构建消防交通网络模型

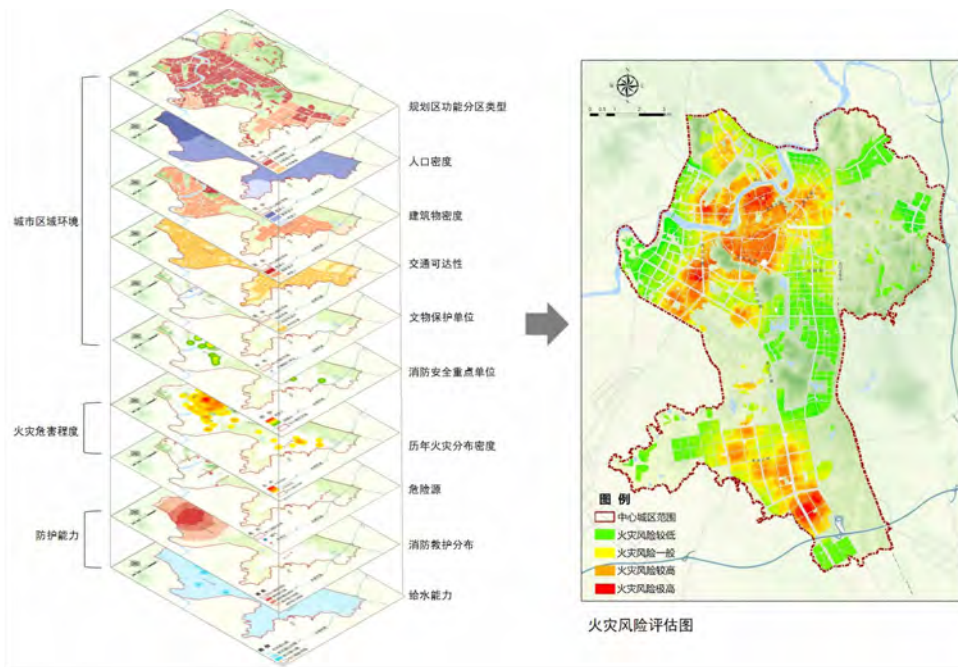


图8 高州市中心城区火灾风险评估结果图  
Fig.8 Fire risk assessment results in downtown Gaozhou

资料来源:笔者自绘。

以《高州市城市总体规划(2011—2035年)》的道路交通规划为依据,构建以快速路、国道、主干道为骨架,以次干道、支路为补充的中心城区道路交通网络。确定每级道路的消防车行驶速度,增加时间成本和路程成本,并对交通网络进行拓扑处理,生成消防网络拓扑。考虑到消防车具有道路先行权,因此该模型不考虑车辆行驶的制约因素。根据以上设定的消防车行驶速度,在ArcGIS中构建消防交通网络模型<sup>[8]</sup>。

### 3.2 评估现状和规划预留的消防站

高州市中心城区现有一级消防站1座,根据《高州市城市总体规划(2011—2035年)》《高州市城东片区控制性详细规划》和《高州市宝光片区控制性详细规划》的规划要求,中心城区规划预留消防站6座,分别是宝光消防站、山美消防站、城东消防站、石仔岭1号消防站、金山1号消防站和金山2号消防站。按照现状已有消防站、规划预留消防站的分布情况,结合中心城区的道路交通情况和消防车速度,运用ArcGIS模拟出5 min的辖区范围,其

覆盖范围如图9所示。分析结果发现,消防站服务范围未完全覆盖中心城区,中心城区存在大量覆盖盲区,其中石仔岭街道、山美街道和金山街道部分区域为超出消防站5分钟出警范围,消防力量薄弱,存在很大安全隐患,基于高州市远期的城市发展方向,需考虑增设消防站。

### 3.3 基于GIS的消防站点布局优化

由于消防站布局与城市总体规划的用地属性和用地权属等多方面因素有关联,结合现状区域情况,确定在远期土地利用规划内选择合适的建设点,排除水域、交通线路等,以远期土地利用规划中的地块为基本单元,作为虚拟的候选消防站,根据《城市消防站建设标准》(建标152-2017)中关于消防站的建筑面积规定,一级消防站建筑面积不低于2 700 m<sup>2</sup>。选取面积大于2 700 m<sup>2</sup>的地块,共筛选出1 285个候选消防站(见图10)。本文运用区位—配置模型进行消防站的选址优化研究,采用最小化设施点数模型和最大化覆盖范围模型进行模拟,结合火灾风险评估结果,提出针对消防

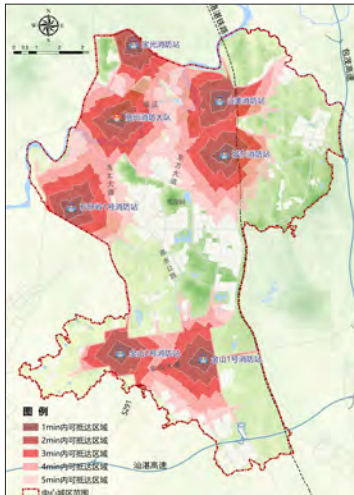


图9 高州市中心城区现状和规划预留消防站5 min服务范围图

Fig.9 Existing and planned fire stations' 5-minute service radius in downtown Gaoshou

资料来源:笔者自绘。

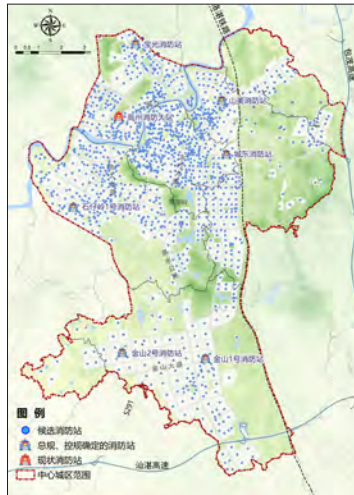


图10 高州市中心城区候选消防站分布图

Fig.10 Potential locations of fire stations in downtown Gaoshou

资料来源:笔者自绘。

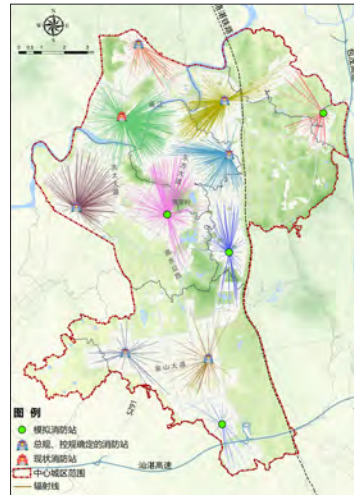


图11 最小化设施点数模型模拟方案

Fig.11 Simulation of minimized facilities algorithm

资料来源:笔者自绘。

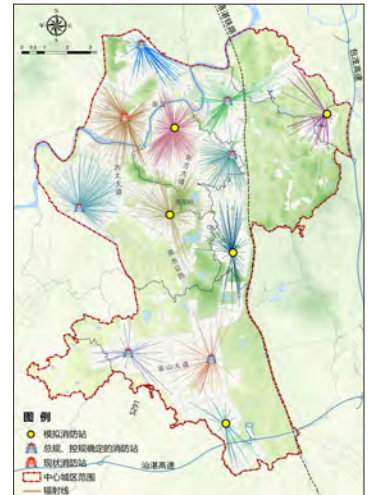


图12 最大化覆盖范围模型模拟方案

Fig.12 Simulation of maximum coverage model

资料来源:笔者自绘。

站的选址优化建议。

### 3.3.1 最小化设施点数模型

最小化设施点数模型是在解决消防站布局问题时,确定默认中断抗阻为5 min,自动在最大化覆盖范围和设施点数量中取得平衡,计算出最少数量的消防站满足整个区域的消防需求,优选出合适的消防站点数量和位置。模拟结果显示(见图11),在保留现状1座消防站、规划预留6座消防站的基础上,还需要新增4座消防站才能满足中心城区范围内需求最少的消防站数量。新增的4座消防站分别位于石仔岭街道、满亨工业园区、笔架南组团和金山工业园区南部。

### 3.3.2 最大化覆盖范围模型

最大化覆盖范围模型在解决消防站选址问题时,在5 min消防约束条件下,从所有候选消防站中模拟选出固定数目设施点的位置,能实现城市所有区域中科学合理确定消防站的位置,使消防站能保护其辖区范围内尽可能大的区域面积。在现有消防站和规划预留消防站的建设条件下,消防站辖区覆盖范围占中心城区范围达到81.09%。采用最大化覆盖范围模型,模拟运算时逐次新增1座消防站点,分别计算每次新增1座消防站后的覆盖比例,

并计算所有消防站的辖区面积,确保消防站辖区面积满足《城市消防站建设标准》(建标152-2017)不大于7 km<sup>2</sup>的要求。模拟结果如图12所示,经过迭代运算,在现有消防站和规划预留消防站的基础上,新增5座消防站;除去辖区范围内重叠部分后的所有消防站辖区面积都不大于7 km<sup>2</sup>,消防站辖区覆盖范围达到97.52%<sup>[9]</sup>。

### 3.3.3 消防站点布局优化

结合高州市中心城区火灾风险评估的分析结果,潘州街道火灾风险最大,建筑密集、人口密度大,同时也是高州市重要的商业中心,因此需要重点考虑其消防站点布局。综合考虑最小化设施点数模型和最大化覆盖范围模型的模拟方案,得到高州市中心城区内消防站点的优化布局结果,在现有1座消防站、规划预留6座消防站的基础上,需新增潘州消防站、石仔岭2号消防站、满亨消防站、笔架南消防站和金山3号消防站5座消防站,优化后的消防站布局方案如图13所示。根据消防站优化布局后的5 min辖区范围,生成的多边形即消防站辖区范围,基本实现中心城区的全覆盖。高州市中心城区消防站增加至12座后,中心城区内所有消防站5 min出动时间内覆

盖范围达97.52%。

在消防站布局方案的基础上,以消防站接到出警命令后5 min内到达辖区边缘为原则,运用ArcGIS生成辖区范围初步方案。由于城市消防站辖区范围的划分,往往受研究范围内

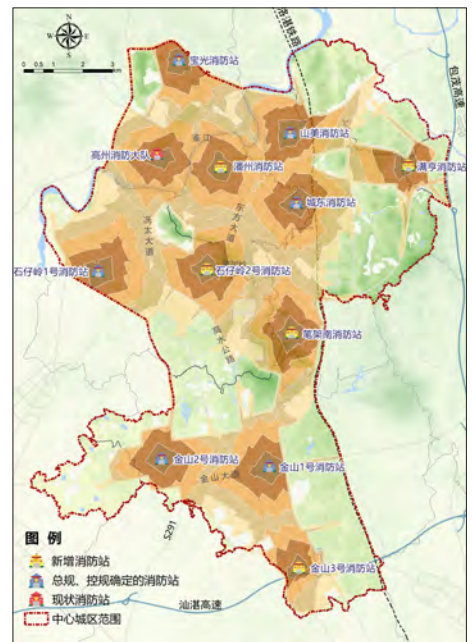


图13 优化后的消防站选址分布图

Fig.13 Optimized location distribution of fire stations

资料来源:笔者自绘。

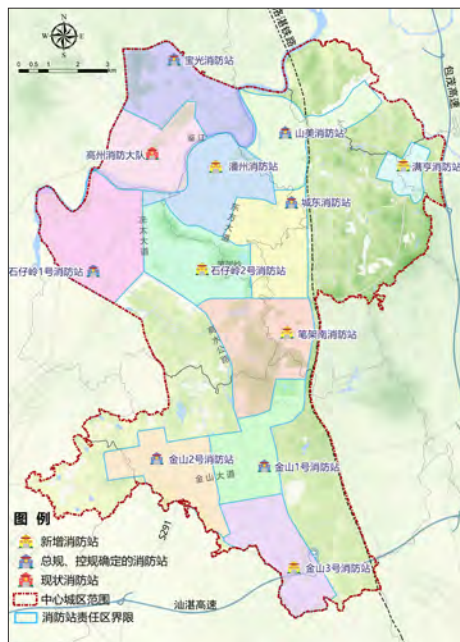


图14 优化后的消防站辖区范围

Fig.14 Optimized coverage areas of fire stations

资料来源:笔者自绘。

地形条件、道路网结构和行政区划等因素的影响,因此需要对GIS生成的消防辖区进行修正。根据消防站辖区划分原则,对消防站辖区的初步方案进行优化,最终得到优化调整后的消防站辖区范围(见图14)。

#### 4 结语

本文以高州市中心城区为例,基于历年火灾发生数据、消防安全重点单位和交通路网等数据,利用ArcGIS分析软件进行火灾风险评估。结果显示,老城区的火灾风险程度高于其他区域。在火灾风险评估的基础上,结合现有的1座消防站和规划预留的6座消防站,采用区位—配置模型的最小化设施点数模型和最大化覆盖范围模型构建消防站模拟模型,优化布局后需要新增5座消防站才能保证中心城区97.52%的区域得到消防保护。研究结果有利于科学指导城市消防专项规划的编制,完善城市消防设施的布局和优化,促进城市功能的完善和提升,是探索城市高质量发展的一个重要渠道。

#### 参考文献 References

- [1] 张刚. 基于空间分析的城市火灾风险评估与应用——以西安为例[J]. 城市规划, 2016(8): 59-64.  
ZHANG Gang. Urban fire risk evaluation and its application based on spatial analysis: a case study of Xi'an[J]. City Planning Review, 2016(8): 59-64.
- [2] 武照人. 城市消防站布局优化研究——基于定位—配给模型[D]. 北京: 首都经济贸易大学, 2016.  
WU Zhaoren. Study on layout optimization of urban fire station: based on location distribution model[D]. Beijing: Capital University of Economics and Business, 2016.
- [3] 祝明明, 罗静, 余文昌, 等. 城市POI火灾风险评估与消防设施布局优化研究——以武汉市主城区为例[J]. 地域研究与开发, 2018(4): 86-91.  
ZHU Mingming, LUO Jing, YU Wenchang, et al. Urban fire risk evaluation and location optimization of fire station based on the POI: a case study of main urban region in Wuhan[J]. Areal Research and Development, 2018(4): 86-91.
- [4] 陈志芬, 李俊伟, 卢方欣, 等. 城市消防站选址布局优化及对雄安新区的启示[J]. 中国安全生产科学技术, 2018(9): 12-17.  
CHEN Zhifen, LI Junwei, LU Fangxin, et al. Optimizing location of fire stations and its enlightenments for Xiong'an New Area[J]. Journal of Safety Science and Technology, 2018(9): 12-17.
- [5] 曹艳涛, 韩刚团. 高密度建成区消防评估与规划应对策略——以深圳罗湖区为例[J]. 规划师, 2019(12): 17-23.  
CAO Yantao, HAN Gangtuan. Fire protection assessment and planning response strategy in high-density built-up area: Luohu District of Shenzhen example[J]. Planners, 2019(12): 17-23.
- [6] 王莉花. 基于城市火灾风险分区的消防站布点规划研究[D]. 西安: 西北大学, 2011.  
WANG Lihua. Research on fire station layout planning based on urban fire risk zoning[D]. Xi'an: Northwest University, 2011.
- [7] 李保杰, 纪亚洲, 周云霞. 基于GIS城市火灾风险评估[J]. 中国安全科学学报, 2012(10): 170-176.  
LI Baojie, JI Yazhou, ZHOU Yunxia. City fire risk evaluation based on GIS[J]. China Safety Science Journal, 2012(10): 170-176.
- [8] 林俊雄, 江心, 朱建国, 等. GIS模型在城市消防站布局规划的应用研究[J]. 城市规划, 2018(5): 63-68.  
LIN Junxiong, JIANG Xin, ZHU Jianguo, et al. The application of GIS model in urban fire station layout planning[J]. City Planning Review, 2018(5): 63-68.
- [9] 徐智邦, 周亮, 蓝婷, 等. 基于POI数据的巨型城市消防站空间优化——以北京市五环内区域为例[J]. 地理科学进展, 2018(4): 535-546.

XU Zhibang, ZHOU Liang, LAN Ting, et al. Spatial optimization of mega-city fire station distribution based on Point of Interest data: a case study within the 5th Ring Road in Beijing[J]. Progress in Geography, 2018(4): 535-546.