

杜姗姗,薛晔,陈志芬,等. 基于 GIS 的石家庄都市区不同用地类型火灾危险性评估[J]. 湖南科技大学学报(自然科学版), 2020, 35(3):23-31. doi:10.13582/j.cnki.1672-9102.2020.03.004

Du S S, Xue Y, Chen Z F, et al. Fire Risk Assessment of Different Land Types in Shijiazhuang Metropolitan Area Based on GIS [J]. Journal of Hunan University of Science and Technology (Natural Science Edition), 2020, 35(3):23-31. doi:10.13582/j.cnki.1672-9102.2020.03.004

基于 GIS 的石家庄都市区不同 用地类型火灾危险性评估

杜姗姗,薛晔*,陈志芬,纪晓东,薛崇义

(太原理工大学 经济管理学院,山西 太原 030024)

摘要:基于石家庄都市区 2011 年 1 月 1 日~2017 年 12 月 31 日的火灾数据,借助 GIS 空间分析手段,引入不同用地类型,建立火灾危险性评估模型,对石家庄都市区 3 种用地类型进行火灾危险性评估.结果表明:石家庄都市区居住用地火灾危险性水平最高,商业服务业设施用地次之,最小的是公共设施用地;从空间分布看,都市区商业服务业设施用地和公共设施用地集中分布在中心城区,火灾危险性从中心城区向外呈逐渐增大的趋势,中心城区的居住用地危险性最小,周边地区则较大.评估结果能更全面地反映城市火灾危险性的分布特征,为城市土地利用和消防安全提供参考依据.

关键词:火灾;危险性评估;GIS;用地类型;石家庄都市区

中图分类号:TU984 文献标志码:A 文章编号:1672-9102(2020)03-0023-09

Fire Risk Assessment of Different Land Types in Shijiazhuang Metropolitan Area Based on GIS

Du Shanshan, Xue Ye, Chen Zhifen, Ji Xiaodong, Xue Chongyi

(School of Economics and Management, Taiyuan University of Technology, Taiyuan 030024, China)

Abstract: Based on the fire data of Shijiazhuang metropolitan area in 2011~2017, the GIS spatial analysis method was used, and different types of land use were introduced to establish a fire risk assessment model to assess the fire risk of three types of land use in Shijiazhuang metropolitan area. The results show that the fire risk level of residential land in Shijiazhuang metropolitan area is the highest, the land for commercial service industry is the second, and the smallest is the land for public facilities. From the perspective of spatial distribution, the land for commercial service facilities in urban areas and the land for public facilities are concentrated in the central city. The fire risk is gradually increasing from the central city, and the residential area in the central city is the least dangerous, and the surrounding area is larger. The assessment results more comprehensively reflect the distribution characteristics of urban fire hazards and provide a reference for urban land use and fire safety.

Keywords: fire; risk assessment; GIS; land type; Shijiazhuang metropolitan area

收稿日期:2019-01-12

基金项目:国家自然科学基金资助项目(71373170);山西省软科学基金资助项目(2017041025-2);山西省高等学校哲学社会科学基金项目资助(2017314)

*通信作者,E-mail:xueye0412@126.com

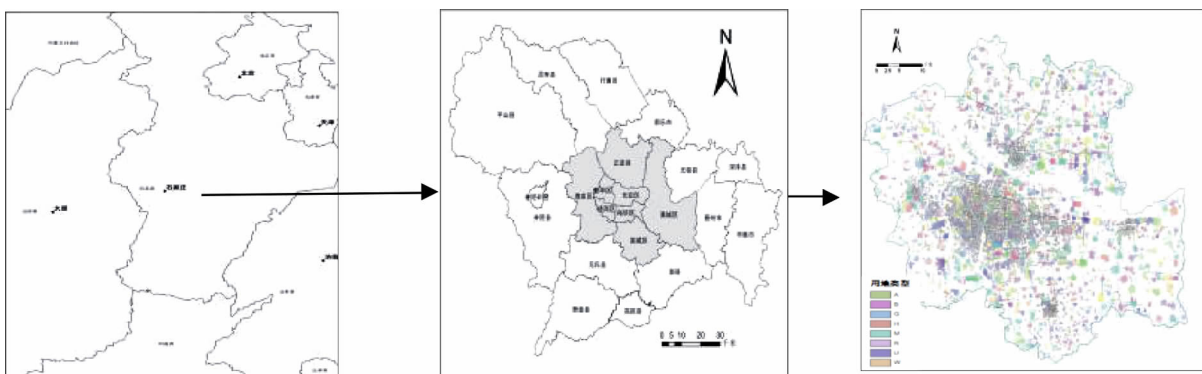
随着经济的快速发展,城市以建设用地快速增加为主要特征的土地利用空间格局变化显著^[1],人口聚集和危险因素增多,为消防安全带来诸多隐患,火灾危险性也进一步增大.现代化城市的建筑功能多样,不同的建筑功能存在的火灾荷载分布的影响因素具有很大差异,从而导致了城市不同用地的火灾危险性有很大差别^[2].因此,针对城市不同功能的用地类型进行火灾危险性评估是非常必要的.

目前,国内外在不同方面已进行大量的火灾危险性评估研究.目前火灾危险性评估大体上可分为3个层次,首先,以单独建筑为研究对象,提出了建筑火灾危险性的分析研究方法,主要有层次分析法(AHP)、模糊综合评价法、灰色理论分析法、神经网络理论法等,例如余磊^[3]、杜玉萍^[4]、李俊华等^[5]分析了火灾影响因素,分别建立建筑火灾危险性评估指标体系,确定了高层建筑火灾危险性评估模型.其次,以某一企业为研究对象,如煤矿企业、石化企业、家居企业等,提出了模糊评判和灰色聚类分析法、危险指数法、主成分分析法等.其中王君莉^[6]以煤矿电气火灾为研究对象,采用模糊评判和灰色聚类分析相结合的综合评估模型建立电气火灾评估模型;张悦^[7]考虑到浮式储存和再气化装置(FSRU)运行过程中易发生火灾爆炸事故,采用火灾爆炸危险指数评估法,有效评估了FSRU作业过程的火灾爆炸危险性;刘淑金等^[8]选取11种常用地板为研究对象,运用主成分分析法从热解气体浓度角度评估了火灾危险性;李荣涛^[9]根据混凝土火灾爆裂危险性影响因素,构建了混凝土结构火灾爆裂危险性分级评估体系,将爆裂危险性分为了5级.最后,以某一区域(如城市)为研究对象,相对于建筑物和企业的火灾危险性评估,国内外关于城市火灾危险性评估的可借鉴分析方法和资料比较有限,在区域性火灾危险性评估及区划方法,国内外对地震次生火灾危险性的研究相对成熟,形成了利用层次分析法和基于概率的评价方法;李杰等^[10]建立了城市地震次生火灾危险性评价的指标体系,采用层次分析法确定各指标权重,对地震次生火灾发生率进行了评价.连杰^[11]在此基础上引入重大危险源修正系数,对模型进行了修正,建立了福建泉州市地震次生火灾危险性区划模型.

以上研究在火灾危险性评估方面已经形成了比较成熟的一套流程和指标体系,但是从研究对象和指标选取来看,仍比较欠缺基于不同用地类型的火灾危险性评估,仅有极少数的发达国家将灾害危险性评估结果和土地利用相结合^[12-13].因此,本文在已有研究的基础上,将用地类型与火灾危险性评估相结合,以石家庄都市区为例,根据石家庄都市区的火灾统计数据,选取3种用地类型作为危险性评估基础,在GIS平台和空间化模型^[14-15]的支持下,构建火灾危险性评估模型,对相应的火灾危险性进行了分级,并给出了合理的建议.

1 研究区概况

石家庄市地处河北省中南部,其中石家庄都市区位于石家庄中部,总面积2 206 km²,包括裕华区、新华区、长安区、桥西区、鹿泉区、栾城区、藁城区、正定县(如图1所示).



注:资料来源于石家庄市消防支队

图1 研究区区位及用地现状

根据《城市用地分类与规划建设用地标准》^[16]及图1中石家庄都市区用地现状,将用地类型和对应的主要场所列出,如表1所示.

表1 规划用地类型和主要场所对应情况

用地类型	对应主要消防场所
居住用地(R)	住宅、宿舍、老旧小区、城乡接合部等
工业用地(M)	循环工业园、甲乙丙丁戊类厂房等
商业服务业设施用地(B)	商场超市、低端商贸市场和仓储物流批发市场等
公共管理与公共服务用地(A)	正定古城、其他文物古建等
道路与交通设施用地(S)	地铁、货车等
物流仓储用地(W)	停车场、物资储备场所等
公用设施用地(U)	垃圾及废弃物场所等
绿地与广场用地(G)	公园、广场等

根据石家庄都市区 2011 年 1 月 1 日 ~ 2017 年 12 月 31 日的火灾统计资料,都市区 8 个区县发生火灾 5 619 起,其中,居住用地共发生火灾 2 293 起,每年火灾发生率约为 328 起,其次分别为道路与交通设施用地、公用设施用地及商业服务业设施用地,发生火灾为 1 118 起、693 起、743 起,其余用地类型火灾起数总和仅 279 起。因此石家庄都市区火灾涉及的主要用地类型为 R,S,U,B,尤其桥西区火灾发生量在用地类型 R,S,B 处均居首位,用地类型 U 发生火灾最多的区域是新华区(见图 2)。考虑到以地块为评估单元,道路与交通设施用地的线性判读具有局限性,同时基于数据的可获取性,在此以居住用地、商业服务业设施用地和公用设施用地为研究对象,且 3 种用地类型发生的火灾起数占研究区间的 66.36%,具有一定代表性,能较为全面地反映石家庄都市区火灾发生情况。

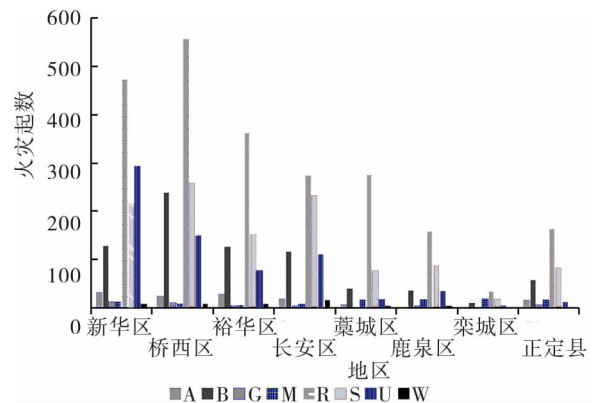


图2 各区用地类型发生火灾情况分布

2 研究方法及指标体系

2.1 城市用地火灾危险性评估方法

根据区域灾害系统理论及火灾危险源有关理论,火灾风险是由致灾因子、孕灾环境和承灾体组成的区域火灾系统演化而导致火灾发生进而造成损失的不确定性^[17-18]。具体来说是由致灾因素作用于受灾对象——城市社会经济系统(建筑物等社会财产)引发火灾,而系统是否发生火灾,从总体的建筑功能属性来把握,不同功能的建筑物其容载可燃物的种类差别比较大^[19]。因此,火灾危险性评估通常是指由于建筑物功能不稳定性造成系统可能面临的火灾危险及引发潜在火灾的可能性的评估过程,并依据其大小对危险程度进行分级,判定系统整体安全情况^[17]。

在城市火灾危险性评估方面,根据建筑功能划分地块,以 x_1, x_2, \dots, x_n 分类地块代替建筑物作为火灾危险性评估的基本单元,并评估其在功能上对火灾危险性的影响,则各网格单元上的火灾危险性指数为网格中不同地块对火灾危险性影响的加权平均值,公式如式(1)。

$$D(F) = \frac{\sum_{i=1}^n D_U(F_{x_i}) \cdot Z_{x_i}}{Z} \quad (1)$$

式中: $D(F)$ 为网格单元上的火灾危险性; $D_U(F_{x_i})$ 为地块 x_i 在不同建筑功能上的火灾危险性; Z_{x_i} 为网格单元上 x_i 类地块的面积; Z 为网格的面积。

根据式(1)计算不同用地的火灾危险性,参考《建筑设计防火规范》等设计规范^[20]及相关研究结果,将其划分为低、较低、中等、较高、高 5 个等级,具体见表 2。

2.2 评估指标体系构建

石家庄都市区火灾危险性评估所涉及的影响因子众多,首先需要选择影响城市火灾危险性的主要因

素,而建立有效的评估指标体系是城市火灾危险性评估的关键^[21].首先根据火灾危险性的定义,考虑建筑功能主要影响因子,对可能造成火灾危险性的高概率因素进行分析和分类.其次对居住用地、商业服务业设施用地、公共管理与公共服务用地采取实地调查、资料分析和GIS手段获取数据.最后根据《建筑设计防火规范》GB50016—2014(2018年修订版)防火规范及消防验收规范^[20],以及参考文献[22-23],最终构建石家庄都市区火灾危险性评估指标体系(见表3).可能面临的火灾危险用建筑耐火等级和建筑高度衡量,潜在可能性渗透在人口密度、经济密度和火灾危险源影响指标中.

考虑到火灾危险性指标各因素之间相互独立,任何一个因素出现高危险,都直接造成其影响区域的火灾危险性,故火灾危险性各指标的权重按取大原则确定.由于各因子是不同量纲、不同属性的因素,为确保评估方法的通用性,借助自然断点法把影响因子的评价指标值无量纲化为高、较高、中等、较低、低5个等级,并赋值1~5进行计算(见表3).

表2 火灾危险性等级评定表

火灾危险性等级	赋值	危险程度
低	1	[1.0-1.8)
较低	2	[1.8-2.4)
中等	3	[2.4-3.0)
较高	4	[3.0-3.6)
高	5	[3.6-5.0)

表3 火灾危险性评估指标体系

指标因子	等级	赋值	程度
建筑耐火等级	I	1	低
	II	2	较低
	III	3	中等
	IV	4	较高
	不耐火	5	高
建筑高度	1~3层	1	低
	4~6层	2	较低
	7~9层	3	中等
	10层以上	4	较高
	100层以上	5	高
火灾危险性	W,U,G,S4	1	低
	M,R2(村镇、农村),R3(村镇、农村)	2	较低
	R1,H14	3	中等
	R3(中心城区),A3,A(除A3,A5),H12	4	较高
	R2,A5,S3,B	5	高
经济密度	R3,G,H14,H12	1	低
	R1,R2	2	较低
	M,W,U,S3,S4	3	中等
	A	4	较高
	B	5	高
与易燃物距离	>1 200 m	1	低
	900~1 200 m	2	较低
	600~900 m	3	中等
	300~600 m	4	较高
	0~300 m	5	高

3 不同用地类型火灾危险性评估结果分析

基于GIS空间分析功能,根据表3构建的火灾危险性评估指标体系,分别对石家庄都市区的3种用地

类型的指标因子以及火灾危险性进行评估(如图3~图6),并统计相应的火灾危险性区域占比情况(如表4~表7)。

3.1 居住用地火灾危险性评估与分析

考虑到居住用地中引发潜在火灾的影响因素,人口密度起主导作用,故选取建筑耐火等级、建筑高度和人口密度评估火灾危险性。

由图3a~图3c可知,都市区范围内居住用地总体火灾危险性较高,只有中心城区危险性较低。居住用地总体耐火等级较低,这是由于居住用地中存在大面积的老旧小区、城中村和城乡接合部,尤其农村地区(城中村)存在大面积砖混结构建筑、屋顶多采用彩钢保温建材,

建筑耐火等级低,极大地提高了火灾危险性;都市区居住用地多为低层建筑,也与大面积的农村地区有关;由于在中心城区人口密度较高,导致火灾危险性很高。

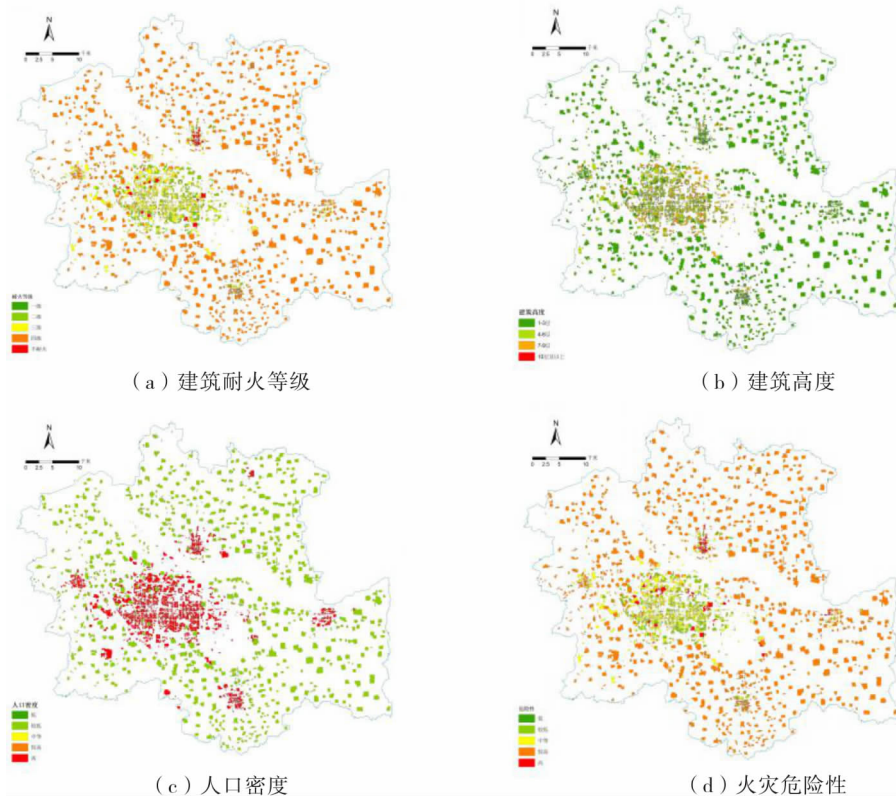


图3 居住用地火灾危险性因子评估

由图3d可知,鹿泉区、正定县(正定老城区)、栾城区和藁城区非中心村镇、循环化工园区、高新区几个区域,中心城区城中村集中分布的几个片区,如新华区、长安区石黄高速沿线地区,以及裕华区南部地区的居住用地火灾危险性较高;新华区、桥西区、长安区和裕华区非城中村区域的居住用地建筑耐火等级较高极大降低了火灾的危险性,危险性程度较低。

由表4可知,居住用地火灾危险性等级较高和高分别占总面积的73.28%和2.60%,合计约为76%,因此居住用地整体火灾危险性等级较高,结合图3可知,主要分布在城区之外的其他地区。而火灾危险性等级低和较低之和不足8%,且主要分布在中心城区,因受中心城区和周边地区建筑特征的影响,即可能面临的火灾危险,使得火灾危险性呈现中心低周围高的空间分布特征。

表4 火灾危险性等级区域占比统计

等级	低	较低	中等	较高	高
面积/km ²	0.32	28.34	61.65	277.91	9.85
占总面积比例/%	0.08	7.50	16.31	73.51	2.60

3.2 商业服务业设施用地火灾危险性评估与分析

从经济密度角度考虑商业服务业设施用地引发火灾的可能性,火灾危险性评估根据建筑耐火等级、建筑高度和经济密度分析得出。

由图4a~图4c可知,此类用地在都市区范围内火灾危险性中等.商业服务业设施用地主要场所有商场超市、低端商贸市场和仓储物流批发市场等,人员密集且火灾荷载大,具有较高的火灾危险性,其他场所如大型综合体,防火设备齐全,火灾威胁较小.商业服务业设施用地耐火等级以二级和三级为主,具有良好的稳定性能;大部分建筑高度为1~2层和3~4层,属于低层建筑,对应场所为商城超市等,中心城区存在少数的高层建筑,如大型综合体;由于经济密度在中心城区和周围城镇区的中心达到极高等级,受其影响较大。

由图4d可知,商业服务业设施用地集中分布在都市区的中心城区,其他地区零散分布,这与各地区经济发展水平有很大关系,中心城区经济发展高于其他地区,促进了商业服务业设施用地的开发利用,同时存在的商场超市、低端商贸市场和仓储物流批发市场也带来一定的火灾隐患。

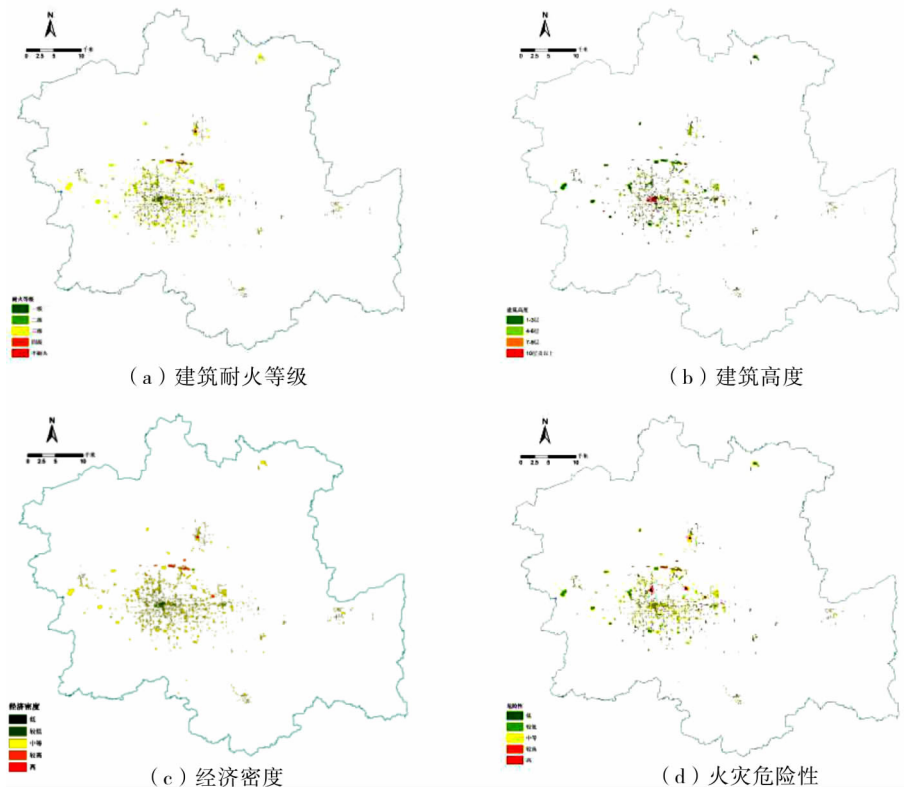


图4 商业服务业设施用地火灾危险性因子评估

由表5可知,商业服务业设施用地火灾危险性等级低、较低和中等分别为50.01%、0.06%、42.95%,总和约为93.00%,相反,危险性等级较高和高所占面积比例总计不足7.00%,由此可知,商业服务业设施用地火灾危险性等级总体偏低,这与建筑性能较好,使其面临较低的火灾危险及引发火灾的可能性较小,有很大的关系,加上此类用地的经济密度较高,在一定程度上提高了地区消防水平。

表5 火灾危险性等级区域占比统计

等级	低	较低	中等	较高	高
面积/km ²	26.48	0.03	22.74	2.42	1.28
占总面积比例/%	50.00	0.06	42.95	4.57	2.42

3.3 公用设施用地火灾危险性评估与分析

基于垃圾等易燃物对公用设施用地的影响,往往有引发火灾的可能性,选取建筑耐火等级、建筑高度以及与易燃物距离对公共设施用地火灾危险性进行评估。

由图 5a~图 5c 可知,此类用地在都市区范围内危险性较低,对应的消防主要场所垃圾及废弃物处理,多为可燃易燃材料,极易引发火灾.公共设施用地耐火等级基本为三级,其中的供水供电等用地、安全设施用地,建筑耐火性能良好,很大程度降低了火灾危险性;建筑高度以 1~3 层为主,其次为 4~6 层;考虑到公共设施用地的安全性,与易燃物距离总体在 900 m 以上,同样因为中心城区存在的几处重大危险源,导致周围的公共设施用地受到很大威胁,火灾危险性等级较高.

由图 5d 可知,都市区中心城区公共设施用地主要分布在中心城区,周边地区呈零散分布,尤其新华区、桥西区、长安区和裕华区非城中村区域的公共设施用地火灾危险性较低.

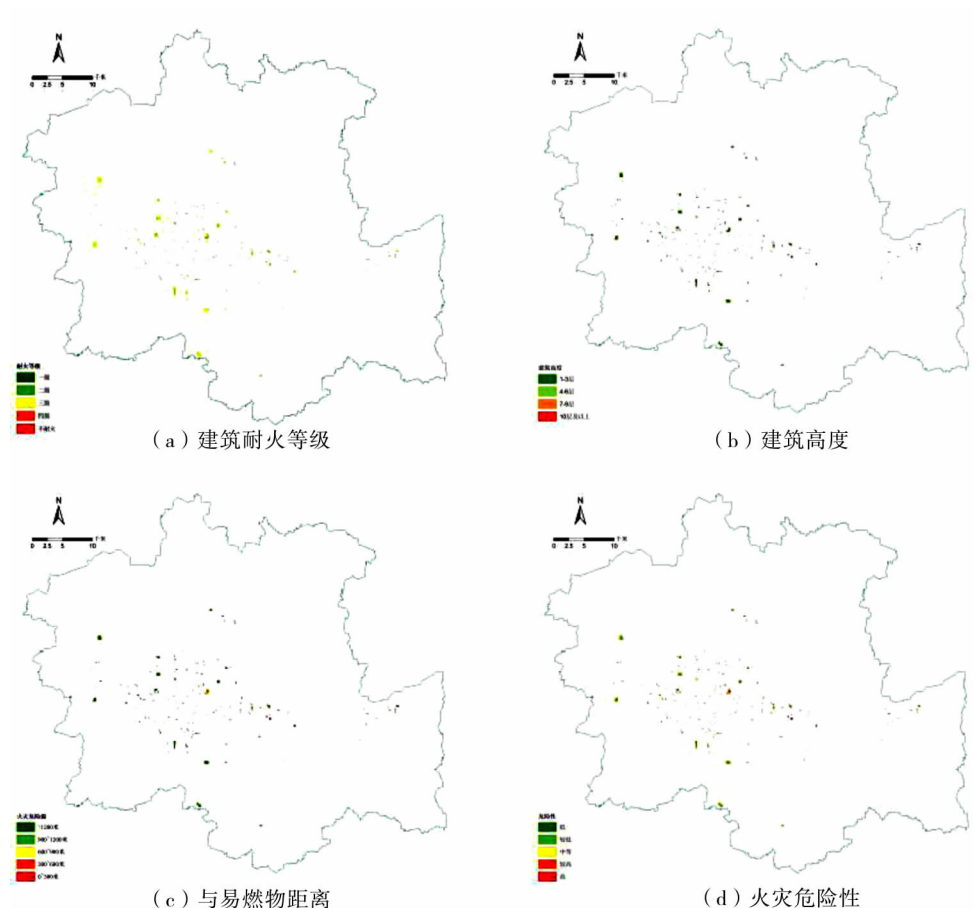


图 5 公共设施用地火灾危险性因子评估

由表 6 可知,公用设施用地的火灾危险性等级仅较低危险性占总面积比例就高达 86.06%,而较高和高等级总计只有 10.00%左右,因此,公共设施用地火灾危险性较低.结合图 5 得知公用设施用地主要分布在中心城区及邻近地区,这些地区建筑性能良好极大降低了火灾危险性.

表 6 火灾危险性等级区域占比统计

等级	低	较低	中等	较高	高
面积/km ²	0	5.37	0.21	0.23	0.44
占总面积比例/%	0	85.92	3.36	3.68	7.04

3.4 3 种用地类型火灾危险性评估与分析

综合考虑居住用地、商业服务业设施用地和公用设施用地 3 种用地类型的火灾危险性,由图 6 可知,整个都市区火灾危险性等级偏高,较高等级仍然集中分布在除中心城区之外的其他地区,如鹿泉区、正定县(正定老城区)、栾城区和藁城区非中心村镇几个区域,进一步印证存在的大面积农村地区,由于建筑物的耐火性能较低极大增加了火灾危险性程度,受中心城区存在的几处重大危险源影响,临近地区火灾危险性显著提高,同时中心城区的城中村地区火灾危险性等级较高.因此,通过对 3 种用地类型的火灾危险性

的空间分布分析可知,等级较高地区仍集中在各自火灾危险性的高危地区.

由表7可知,在3种用地类型火灾危险性等级的区域占比统计中,危险性等级中等、较高和高分别占石家庄都市区总面积的24.30%,72.33%和3.29%,范围几乎覆盖整个都市区,而较低等级占总面积比例不足1.00%,结合图2可知,集中分布在中心城区.一方面由于居住用地面积最大,而居住用地火灾危险性等级较高,另一方面都市区存在大面积的农村地区,极大降低了建筑性能,增大了火灾的可能性和可能面临的危险,造成石家庄都市区整体火灾危险性等级仍较高.

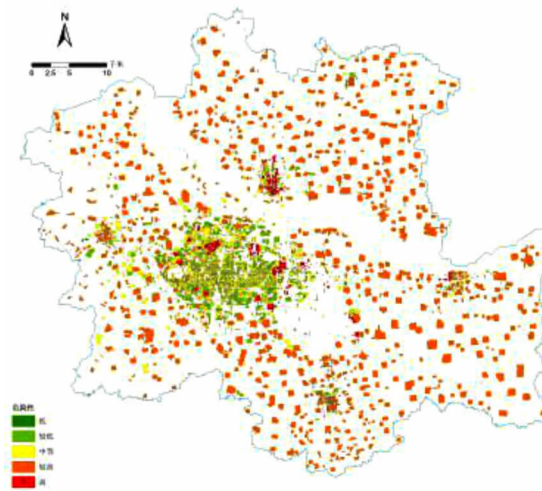


图6 3种用地类型火灾危险性

表7 火灾危险性等级区域占比统计

等级	低	较低	中等	较高	高
面积/km ²	0.320	0.005	94.250	280.510	12.720
占总面积比例/%	0.083	0.001	24.303	72.333	3.280

4 结论与建议

4.1 结论

1) 总体来看,石家庄整个都市区火灾危险性等级偏高,都市区居住用地火灾危险性最大,商业服务业设施用地次之,最小的是公共设施用地;在空间分布上,除中心城区存在的几处重大危险源周围的用地火灾危险性较大,都市区用地的危险性从中心城区向外呈逐渐增大的趋势,特别是村镇区域和城中村地区火灾危险性等级较高.

2) 具体来看,石家庄都市区居住用地除中心城区外,总体火灾危险性较高,且居住用地总体耐火等级较低;商业服务业设施用地火灾危险性等级总体偏低,且此类用地的经济密度较高,在一定程度上提高了地区消防水平;公共设施用地火灾危险性较低,中心城区及邻近地区的公共设施建筑性能良好,极大降低了火灾危险性.

3) 不同土地利用类型的危险性分布与耐火等级分布很相似,对于同一土地利用类型,耐火等级越低,其火灾危险性越高.

4.2 建议

1) 重点加强村镇区域和城中村地区的消防设施,积极完善和优化该类型区域的基础设施建设,如增设防火隔离带、小型消防站和消防栓等.

2) 根据不同用地类型合理配置消防资源,对火灾危险性较高的居住用地进行合理规划布局,确保消防通道畅通无阻;同时通过加强居民消防教育、组建社区消防志愿队等途径降低火灾灾害损失.

3) 提高城市建筑耐火等级,合理规划布局危险源,减少危险源对城市的影响,是降低火灾危险性的

基础.

参考文献:

- [1] 彭建,魏海,武文欢,等. 基于土地利用变化情景的城市暴雨洪涝灾害风险评估—以深圳市茅洲河流域为例[J]. 生态学报, 2018, 38(11): 3741-3755.
- [2] Besio M. Dalla carta del rischio al piano integrato della sostenibilita del territorio[J]. Urbanistica, 2001(117): 5-7.
- [3] 余磊,李波. 基于熵权的未确知测度理论的高层建筑火灾危险性评价[J]. 安全与环境工程, 2017, 24(1): 115-120.
- [4] 杜玉萍. 大型商业建筑火灾危险性分析及评估指标建立的研究[D]. 北京:中国地质大学(北京), 2016.
- [5] 李俊华. 建筑火灾坍塌危险性的评估[J]. 中国安全生产科学技术, 2012, 8(7): 226-228.
- [6] 王君莉. 基于模糊灰色聚类的煤矿电气火灾风险评估[J]. 煤矿机械, 2017, 38(11): 174-176.
- [7] 张悦. FSRU 作业过程火灾爆炸危险性评估研究[J]. 中国安全生产科学技术, 2016, 12(5): 109-113.
- [8] 刘淑金,张宁,朱国庆. 基于主成分分析法从热解气体浓度角度评估常用地板火灾危险性的研究[J]. 安全与环境工程, 2016, 23(6): 155-159.
- [9] 李荣涛. 混凝土结构火灾爆裂危险性评估研究[J]. 自然灾害学报, 2012, 21(1): 204-210.
- [10] 李杰,江建华. 城市地震次生火灾危险性分析[J]. 自然灾害学报, 2000, 9(2): 87-91.
- [11] 连杰. 基于GIS的城市地震次生火灾危险性区划研究[D]. 北京:北京工业大学, 2006.
- [12] Foulser-Piggott R, Bowman G, Hughes M. A framework for understanding uncertainty in seismic risk assessment: Uncertainty in risk assessment[J]. Risk Analysis, 2017, 10(11): 1-9.
- [13] Stanganelli M. A new pattern of risk management: the Hyogo framework for action and Italian practice[J]. Socio-Economic Planning Sciences, 2008, 42(2): 92-111.
- [14] 吴在栋,胡玉娟,张明锋,等. 基于GIS的历史文化街区火灾风险评估—以福州市三坊七巷为例[J]. 灾害学, 2016, 31(4): 205-209.
- [15] 曹罗丹,李加林. 基于遥感与GIS的浙江省洪涝灾害综合风险评估研究[J]. 自然灾害学报, 2015, 24(4): 111-119.
- [16] 王凯,徐颖.《城市用地分类与规划建设用地标准》回顾与思考[J]. 城市建筑, 2018(18): 15-18.
- [17] 郑红梅,陈国良,王玮,等. 火灾风险评估相关概念辨析[J]. 中国安全科学学报, 2008, 18(6): 75-79.
- [18] 陈志芬,蔺昊,邹亮,等. 城市抗震防灾规划中次生火灾风险快速评估方法[J]. 自然灾害学报, 2013, 22(1): 207-213.
- [19] 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, 40(8): 59-64.
- [20] 中华人民共和国住房和城乡建设部[EB/OL]. <http://www.mohurd.gov.cn/>.
- [21] 易立新. 城市火灾风险评价的指标体系设计[J]. 灾害学, 2000(15): 90-94.
- [22] 游珍,蒋庆丰,娄彩荣. 基于土地利用及其格局的自然灾害风险评价模型[J]. 自然灾害学报, 2013, 22(5): 23-30.
- [23] 徐敬海,李向阳,陈鼎超. 面向抗震防灾规划的建筑物震害评估方法[J]. 城市问题, 2016(11): 47-52.