

李清亚.地震带城市规划模型设计与仿真[J].地震工程学报,2018,40(6):1272-1277.doi:10.3969/j.issn.1000-0844.2018.06.1272
LI Qingya.Design and Simulation of a Model for Seismic Belt Urban Planning[J].China Earthquake Engineering Journal,2018,40(6):1272-1277.doi:10.3969/j.issn.1000-0844.2018.06.1272

地震带城市规划模型设计与仿真

李清亚

(四川托普信息技术职业学院,四川 成都 611743)

摘要:传统三维城市规划模型是利用三维技术通过计算机生成模型对城市进行规划,没有考虑城市地理位置因素,不能保障城市震后应急救援工作效率。为此,构建一种新的地震带城市规划模型。通过对城市抗震防灾空间及防灾分区定义,并对其规划原则进行分析,从而为城市防灾空间规划提供依据;以此为基础,采用风险评估方法构建出地震带城市抗震防灾空间规划的基本模型。实验结果表明,所设计模型性能极佳,考虑到了城市地理因素,在进行城市规划的同时,能够促进城市震后应急救援工作的高效运行。

关键词:地震带城市规划模型;抗震防灾空间;防灾分区;风险评估;空间规划

中图分类号: TU984

文献标志码: A

文章编号: 1000-0844(2018)06-1272-06

DOI: 10.3969/j.issn.1000-0844.2018.06.1272

Design and Simulation of a Model for Seismic Belt Urban Planning

LI Qingya

(Sichuan TOP IT Vocational Institute, Chengdu 611743, Sichuan, China)

Abstract: Traditional three-dimensional urban planning utilizes three-dimensional technology with computer-generated models. It does not consider the geographical position of cities and cannot guarantee the efficient operation of emergency relief works after earthquakes. In this work, a new model for the planning of urban areas in seismic zones was constructed to address the limitations of traditional three-dimensional urban planning. The principle underlying disaster-prevention zoning and space planning was analyzed by defining urban seismic disaster-prevention space and zoning to provide a basis for urban disaster-prevention space planning. On this basis, the risk assessment method was used to construct the basic model of disaster-prevention space planning for urban areas in seismic zones. Experimental results showed that the designed model presented excellent performance and accounted for the geographical factors of the city. At the same time, the model can guarantee the efficient operation of emergency rescue work in cities after earthquakes.

Keywords: seismic zone urban planning model; seismic disaster-prevention space; disaster prevention zone; risk assessment; spatial planning

收稿日期:2018-08-20

基金项目:四川省教育厅人文社科学重点研究基地项目(GY-16YB-09)

作者简介:李清亚(1982—),女,四川成都人,硕士,讲师,研究方向:园林景观设计,城市规划,园林树木学。

E-mail:56627541@qq.com。

0 引言

城市是国民经济体系中不可缺少的组成部分,其特点为居民、建筑物以及社会财富高度集中。城市的生存与发展面临着许多的困难和挑战,其中最大的天灾就是地震^[1]。我国处于地震灾害较为频发的地域,所以我们必须重视地震灾害带来的严重影响^[2]。随着我国国民经济能力的提升,城市化进程逐渐加快,城市规模不断扩大,人口密集度越来越高,城市整体抗震防灾性能的提升也越来越重要^[3]。在城市规划阶段怎样提升城市整体抗震防灾性能是科研领域内一个新的研究热点。

以往研究人员设计出的地震带城市规划模型存在较多问题。如文献[4]对基于城市引擎规则的城市规划模型进行分析,但其分析过程复杂度较高,实用性能较差。文献[5]对城市规划中紧急供水系统的抗震防震方法进行了研究,但研究方向不全面。文献[6]采用GIS技术对城市布局进行规划,但是此方法所需信息量较大,使用时间长,误差较大。文献[7]中的城市社区应急避难场所区位配置模型只能针对面积较小的范围进行建模,具有较强的局限性。

针对以上问题,本文在考虑抗震防灾性能的基础上,设计地震带城市规划模型,进行快速稳定的城市规划的同时保障城市震后应急救援工作的高效进行,对于城市规划以及城市抗震防灾工作均有重要的战略意义。

1 地震带城市规划模型设计

1.1 城市抗震防灾分区及防灾空间定义的描述

以往的相关文献对于防灾空间都给出了相应的定义。文献[8]将其定义为:抗震防灾空间是一种由相互作用和相互依赖的空间要素组成的,具有一定层次、结构和功能的,能应对地震灾害环境的复杂空间系统。文献[9]认为:在防灾方面,城市空间结构应该尽可能避开灾害危险性高的区域,或是尽量选择灾害风险相对较低的区域。文献[10]中将其定义为:防灾工作中全部必需的、相关的设施和设备占用的空间。

在以往相关文献的基础上,本文将城市抗震防灾空间定义为:具备完善的抗震防灾救灾作用,在地震灾害发生后可以保障居民人身财产不受威胁的城市物质空间。在进行城市抗震防灾空间规划时,以城市不同区域受灾的真实状态为基础,针对各区域

详细规划防灾空间及救灾资源,实现城市不同区域对抗震救灾需求的科学规划,其中的不同区域即抗震防灾分区。本文将防灾分区定义为:以实现城市地震灾害后防灾救灾功能为宗旨,将城市进行区域划分,根据地震灾害等级对应的防御目标进行不同等级的划分,是实现抗震防灾空间规划的基础。

1.2 城市抗震防灾空间的分类及构成要素

清楚了解城市抗震防灾空间及防灾分区定义后,在其基础上对城市抗震防灾空间进行分类,并分析其构成要素。

抗震防灾空间根据功能不同分为:防止灾害发生和实现灾害防护作用的抗灾空间及发生地震灾害后进行灾害救援的救灾空间两部分。

抗震防灾空间根据空间形态差异分为:实施救灾工作的不同机构及设施的点状空间、位于城市内狭长的各类线状空间以及城市内开阔的、面积相对较大的面状空间三类。它们的构成要素分别涵盖城市内的医院、消防站、水电厂等,城市内的道路、水电网线、通信线路等以及城市内的大型公园、广场及体育场等。

通过点状空间、线状空间、面状空间组成的城市抗震防灾空间存在于城市空间内。图1描述的是基本防灾分区的防灾空间。

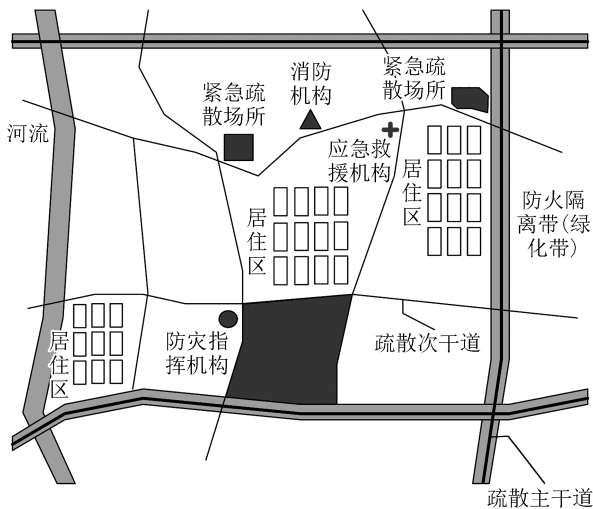


图1 城市抗震防灾空间构成示意图

Fig.1 A sketch map of the urban earthquake resistant and disaster prevention space

1.3 城市抗震防灾分区及防灾空间规划原则

分析地震带城市防灾分区及防灾空间规划的原则,根据此原则可以划分抗震防灾空间构成要素,组织协调不同防灾分区内的防灾空间,为实现城市以抗震防灾、应急救援为重心的结构及形态提供依据。

1.3.1 防灾分区的划分原则

为保障城市抗震防灾作用,需根据以下原则对城市实施防灾分区的划分:

(1) 以整体的、全面的考虑为原则。按等级重组城市整体、城区及街道抗震防灾资源,实施资源共享,提升城市整体的抗震防灾能力。

(2) 以明确的职能划分为原则^[11]。加强城市管理的调控职能,基于城市整体防灾布局,根据地震灾害基本情况,按等级确定城市、城区、街道的防灾管理及实施工作。

(3) 以震后城市真实状态为原则。在划分防灾分区时,为了实现防灾资源分配最优化,应在地震灾害风险场真实状态的基础上兼顾城市特点。

(4) 以次生灾害防治,高效进行救灾工作为原则。防灾分区的划分应禁锢城市特点、行政区划以及交通状态,方便救灾工作的管理及实施。

1.3.2 城市抗震防灾空间规划原则

(1) 以同城市现有规划体系相结合为原则。在进行城市抗震防灾空间规划时,主要针对地震灾害发生后的救灾道路、紧急疏散地、次生灾害隔离带、消防医疗救援和主要防灾设施等方面进行科学规划,而规划这些救灾基础设施时需结合城市现有的相关基础设施实施资源重组,避免资源重建。

(2) 以人身安全为原则。以城市在地震灾害中的抗震防灾功能以及人员人身安全为前提,通过对城市抗震防灾同城市规划之间的关系进行分析^[12],进行城市抗震防灾空间、设施的科学规划,保证城市抗震防灾设施满足救灾要求。

(3) 以利于城市安全重建为原则。以灾后城市重建的必要条件为前提,进行城市避难场所以及资源分配的规划,为灾后城市重建提供基础服务。

1.4 抗震防灾空间规划的理论基础

以风险评估方法为理论基础对城市进行防灾空间规划。风险评估即破坏性地震发生的概率及其导致的所有负面影响相结合,可以通过下式对其进行描述:

$$R = P \cdot S \tag{1}$$

式中: R 、 P 、 S 分别表示风险指数、灾害发生概率以及灾害造成的后果。在地震灾害中, S 可以通过城市的抗震能力、人口数量或资产值进行评估,评估结果利用人员伤亡及物质耗损情况进行描述(图 2)。基于城市本身的特点,城市中不同区域的受灾情况具有差异性,即城市中不同区域的地震灾害风险存在差异性^[13]。对地震风险的差异性进行研究,可以

实现城市防灾空间规划及应急救灾资源科学配置。

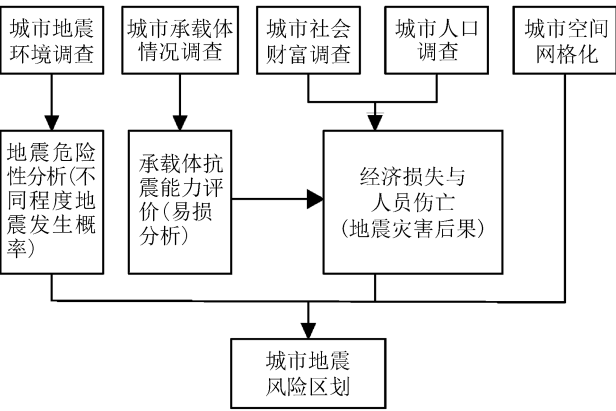


图 2 地震灾害风险区划流程

Fig.2 Risk zoning process of seismic hazard

1.5 地震带城市规划的基本模型设计

基于城市抗震防灾分区及防灾空间定义,根据城市抗震防灾空间划分及布局原则,以抗震防灾空间规划的理论基础为核心,设计地震带城市规划模型,对抗震防灾空间进行分类,并对其构成要素进行科学、全面的规划,实现应急救灾资源的科学分配、震后居民的高效疏散以及次生灾害的防治^[14]。设计的地震带城市规划模型如图 3 所示。

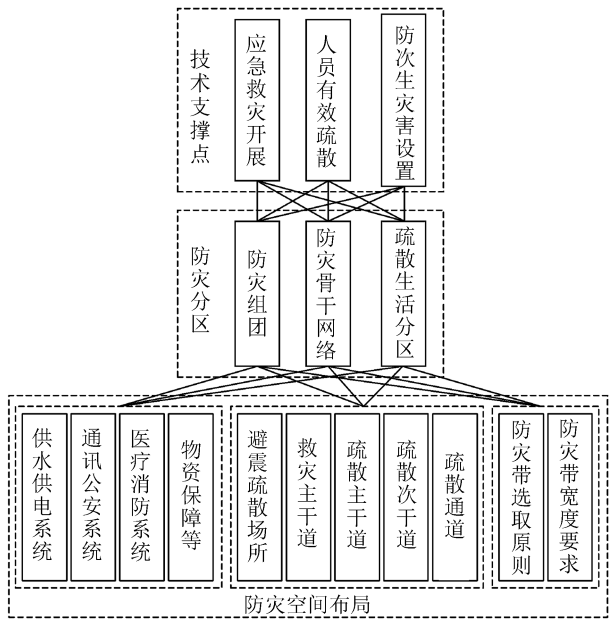


图 3 抗震防灾空间布局基本模型

Fig.3 Basic model for spatial layout of earthquake resistance and disaster prevention

2 实验分析

为验证本文设计的地震带城市规划模型的规划

效率,运用实时三维模型仿真软件 Multigen Creator 进行仿真实验。将网格尺寸设定为 1,设定 x 轴坐标为 100, y 轴坐标为 100, Grid Type 设定为 Rectangle, Draw grid 设定为 ZBuffer, 利用 Vega 进行实时场景驱动,并将地震带 15 个城市的相关基本信息输入,以便完成实验。

实验将文献[4]中提及的基于城市引擎规则的城市规划模型、文献[6]中提及的传统三维城市规划模型以及本文模型的具体信息输入至该软件中,从而得出具体运行时间(表 1)。

表 1 三种模型城市规划用时(s)

城市编号	本文模型	基于城市引擎规则的城市规划模型	传统的三维城市规划模型
1	1.24	1.67	1.62
2	1.27	1.63	1.73
3	1.27	1.67	1.69
4	1.29	1.71	1.74
5	1.32	1.72	1.74
6	1.26	1.84	1.79
7	1.27	1.69	1.73
8	1.32	1.75	1.77
9	1.25	1.76	1.80
10	1.29	1.73	1.76
11	1.27	1.72	1.76
12	1.26	1.74	1.76
13	1.24	1.66	1.71
14	1.24	1.75	1.77
15	1.24	1.75	1.77
平均值	1.27	1.72	1.74

将表 1 中三种模型进行准确城市规划的用时情况用曲线图的形式描述,结果如图 4 所示。

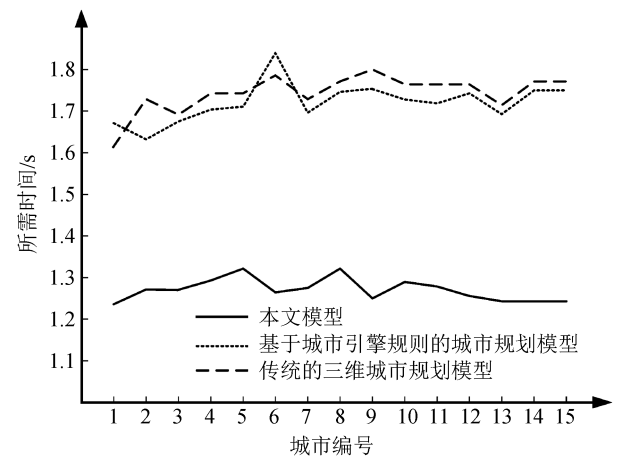


图 4 三种算法节点规划用时(s)

Fig.4 Time for node planning using three algorithms (s)

从图 4 中可以看出,采用本文模型进行城市规划用时较短,均在 1.32 s 以内,且随着城市规划数量

的不断增加模型规划的用时趋于稳定,维持在 1.24 s,平均时间 1.27 s;基于城市引擎规则的城市规划模型城市规划用时始终在 1.63~1.84 s 间波动,传统的三维城市规划模型的城市规划用时较长。综合表 1 和图 4 可知,本文模型对城市规划效率较高,可缩短城市规划用时。

实验结合 15 个城市的基本信息,将规划模型的鲁棒性、模型规划用时、规划内容的重要度、模型的延时性以及模型信息含量五个角度的评分标准输入,通过实时三维模型仿真软件 Multigen Creator 得出在传统的三维城市规划模型、基于城市引擎规则的城市规划模型以及本文模型中 15 个城市的具体得分和平均分(表 2)。

通过对表2数据的平均得分进行整合,最终得

表 2 三种模型的地震带城市规划评价得分(分)

Table 2 Evaluation scores of seismic zone urban planning using three models (point)						
模型	城市编号	模型的鲁棒性	模型规划用时	规划内容的重要度	模型的延时性	模型信息含量
本文模型	1	96.7	97	98	91	95
	2	97.3	99	94	92	96
	3	98.3	99	95	94	94
	4	95.6	97	91	90	93
	5	94.3	98	93	95	94
	6	96.7	98	90	93	91
	7	95.6	94	97	94	92
	8	96.7	97	94	91	94
	9	98.6	98	95	94	97
	10	93.7	94	91	95	94
	11	95.7	96	92	93	95
	12	98.7	99	93	96	93
	13	99.7	95	94	94	91
	14	97.6	97	95	95	95
	15	98.4	98	94	93	92
	平均得分	96.9	97.1	93.7	93.3	93.7
传统的三维城市规划模型	1	67.4	52	46	60	56
	2	63.2	55	45	66	66
	3	61.4	50	55	58	57
	4	65.3	52	60	60	62
	5	64.7	51	45	56	61
	6	63.4	55	52	55	63
	7	63.3	60	48	58	56
	8	68.6	56	47	64	60
	9	66.2	57	50	58	57
	10	61.4	55	46	55	62
	11	62.7	53	55	60	66
	12	65.7	55	46	53	64
	13	63.4	50	48	56	58
	14	62.7	56	52	52	56
	15	65.8	52	50	57	55
	平均得分	64.3	53.9	49.7	57.9	59.9

续表 2

模型	城市 编号	模型的 鲁棒性	模型 规划 用时	规划内 容的重 要度	模型 的延 时性	模型 信息 含量
基于城市引擎规则的城市规划模型	1	76.7	67	58	61	65
	2	77.3	69	54	62	66
	3	68.3	69	55	64	74
	4	75.6	67	51	60	73
	5	74.3	68	53	55	74
	6	76.7	68	50	53	71
	7	75.6	64	57	54	72
	8	76.7	67	54	51	74
	9	78.6	68	55	64	67
	10	73.7	64	51	55	74
	11	75.7	66	52	63	65
	12	78.7	69	53	56	73
	13	79.7	65	54	64	71
	14	77.6	67	55	55	65
	15	78.4	68	54	63	72
平均得分		76.24	67.1	53.7	58.67	70.4

出图 5。根据图 5 分析能够得到,采用本文模型规划的城市模型各方面评价结果都较好。从模型的鲁棒性比较结果可以看出,采用本文模型规划的城市模型平均得分为 96.9 分,传统的三维城市规划模型平均得分仅有 64.3 分,基于城市引擎规则的城市规划模型平均得分为 76.24;本文模型规划城市内容重要度的平均得分为 93.7 分,传统的三维城市规划模型平均得分为 49.7 分,基于城市引擎规则的城市规划模型平均得分为 53.7 分,说明采用本文模型规划的城市模型的内容较重要;本文模型规划用时、模型

的延时性以及模型信息含量的平均得分分别为 93.7 分、93.3 分和 93.7 分,分值均远远优于其他二种模型,说明本文模型应用于城市规划的效果极好。

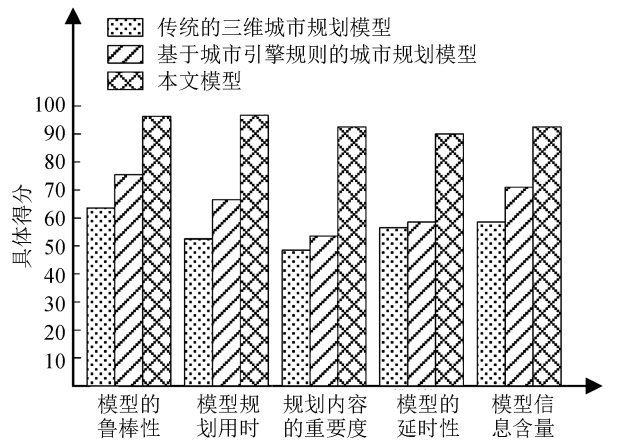


图 5 三种模型的地震带城市规划评价平均得分(分)
Fig.5 Evaluation average scores of seismic belt urban planning using three models (point)

为了测试本文模型保障城市震后应急救援工作的性能,结合 15 个城市的基本信息,采用本文模型、基于城市引擎规则的城市规划模型和传统的三维城市规划模型进行城市规划,将震后指挥部成立时间、救援部队到达时间、物资供应状态、交通恢复状态、医疗卫生状态、消防状态、治安状态等方面的评价标准输入,通过软件 Multigen Creator 完成实验,对得出结果进行比较^[15],结果如表 3 所列。

表 3 不同模型的城市震后应急救援工作的性能对比
Table 3 Performance comparison of emergency rescue work after earthquake using different models

性能	本文模型	基于城市引擎规则的城市规划模型	传统的三维城市规划模型
指挥部成立时间	快	一般	慢
受灾群众安置程度	通过疏散干道快速疏散进行安置	差	较好
救援部队到达时间	由于处在有利位置,到达较快	慢	较快
救援工作进展	由于群众疏散和救援部队到达较快,救援工作进行明显	较好	差
物资供应程度	水、电、通讯等生活必须能源恢复较快	较差	较好
交通疏散程度	利用主次干道分流疏散	差	较差
医疗卫生程度	好	一般	较差
消防状态	好	较好	一般
治安状态	恢复较快	较差	一般

通过对表 3 的分析能够得到:与其他两个模型规划的城市相比较,使用本文模型规划的城市在进行震后应急救援工作时,各方面性能都存在一定优势。实验结果表明,采用本文模型性能极佳、进行城市规划能够保障城市震后应急救援工作高效进行。

3 结论

基于地震带城市的地理位置,其抗震防灾成为地震带城市公共安全规划中最基本、最重要的组成部分。传统的城市规模模型不能满足地震带城市规划的需求,因此本文设计地震带城市规划模型,根据以往

文献对防灾空间进行定义,通过防灾空间引出防灾分区概念,并对其定义;在防灾空间和防灾分区定义的基础上从功能和空间状态两方面进行抗震防灾空间的分类,并分析其构成要素;分别对城市抗震防灾分区规划原则及防灾空间规划原则进行分析,为实现城市以抗震防灾、应急救援为重心的结构及形态提供依据。以风险评估方法为城市防灾空间规划的理论基础,实现地震带城市规划模型。实验结果表明,使用本文模型考虑到了城市地理位置因素,可以缩短城市规划时间,提高城市规划的效率,实现城市震后应急救援工作高效进行,适宜进行有效推广。

参考文献(References)

- [1] SCHWICKART T, VOOS H, HADJI-MINAGLOU J R, et al. Design and Simulation of a Real-time Implementable Energy-efficient Model-predictive Cruise Controller for Electric Vehicles[J]. Journal of the Franklin Institute, 2014, 352(2): 603-625.
- [2] 袁海红,高晓路,戚伟.城市地震风险精细化评估——以北京海淀区为例[J].地震地质,2016,38(1):197-210.
YUAN Haihong, GAO Xiaolu, QI Wei. Assessing the Seismic Risk of Cities at Fine-scale: A Case Study of Haidian District in Beijing, China[J]. Seismology and Geology, 2016, 38(1): 197-210.
- [3] 金建敏,陈鹏,谭平,等. P - Δ 效应对基础隔震结构地震响应影响研究[J].华南地震,2017,37(2):58-64.
JIN Jianmin, CHEN Peng, TAN Ping, et al. Study on the Effect of P - Δ Effects on Seismic Response of Base Isolation Structure[J]. South China Journal of Seismology, 2017, 37(2): 58-64.
- [4] 骆燕文,何江.“城市引擎”规则建模在城市规划中的作用与特点[J].国际城市规划,2017,32(3):106-112.
LUO Yanwen, HE Jiang. Functions and Characteristics of City Engine and Its Rule-based Modeling in Urban Planning[J]. Urban Planning International, 2017, 32(3): 106-112.
- [5] 张富.基桩桩地震冲击下的受力分析模型仿真[J].地震工程学报,2018,40(3):466-472.
ZHANG Fu. Simulation of Force Analysis Model for Foundation Pit Pile under Seismic Impact[J]. China Earthquake Engineering Journal, 2018, 40(3): 466-472.
- [6] 周兆军,李攀.基于GIS的城市应急避难场所布局研究[J].科技通报,2016,32(5):202-206.
ZHOU Zhaojun, LI Pan. Study on the Layout Optimization of the City Emergency Shelter Based on GIS[J]. Bulletin of Science and Technology, 2016, 32(5): 202-206.
- [7] 牟瑞芳,杨锐,王列妮.熟悉环境条件下的公共场所人员疏散仿真模型研究[J].中国安全生产科学技术,2015(5):181-186.
MOU Ruifang, YANG Rui, WANG Lieni. Study on Simulation Model of Public Place Evacuation in a Familiar Environment[J]. Journal of Safety Science & Technology, 2015(5): 181-186.
- [8] 孔德龙,衷菲,汤婷婷.社区抗震防灾空间系统优化策略研究[J].住宅科技,2016,36(4):1-3.
KONG Delong, ZHONG Fei, TANG Tingting. Study on Optimization Strategy of Earthquake and Disaster Prevention Space System in Community[J]. Housing Science, 2016, 36(4): 1-3.
- [9] 张孝奎.防灾减灾视角下的城市空间布局规划研究——以唐山市为例[J].灾害学,2018,33(1):89-95.
ZHANG Xiaokui. Study on Urban Spatial Layout Planning from the Perspective of Disaster Prevention and Disaster Reduction: Tangshan[J]. Journal of Catastrophology, 2018, 33(1): 89-95.
- [10] 范一大,吴玮,王薇,等.中国灾害遥感研究进展[J].遥感学报,2016,20(5):1170-1184.
FAN Yida, WU Wei, WANG Wei, et al. Research Progress of Disaster Remote Sensing in China[J]. Journal of Remote Sensing, 2016, 20(5): 1170-1184.
- [11] 刘刚,王威,马东辉,等.居住区及居住小区的紧急避险地布局与设计研究[J].四川建筑科学研究,2016,42(6):124-128.
LIU Gang, WANG Wei, MA Donghui, et al. The Analysis of the Emergency Safety Place to Layout and Design Strategy of Residential District[J]. Sichuan Building Science, 2016, 42(6): 124-128.
- [12] 吴国斌,谭平,王冰,等.高速铁路桥梁的隔震研究[J].华南地震,2016,36(2):32-40.
WU Guobin, TAN Ping, WANG Bing, et al. Study on Isolated High-speed Railway Girder Bridge[J]. South China Journal of Seismology, 2016, 36(2): 32-40.
- [13] 陈越平.城市避震救灾最优体系模型仿真[J].地震工程学报,2018,40(5):1105-1110.
CHEN Yueping. Model Simulation of Optimal System for Urban Earthquake Disaster Relief[J]. China Earthquake Engineering Journal, 2018, 40(5): 1105-1110.
- [14] OLADAPO B I, BALOGUN V A, ADEOYE A O M, et al. Model Design and Simulation of Automatic Sorting Machine Using Proximity Sensor[J]. Engineering Science & Technology, an International Journal, 2016, 19(3): 1452-1456.
- [15] 王威,苏经宇,马东辉,等.城市避震疏散场所选址的时间满意覆盖模型[J].上海交通大学学报,2014,48(1):154-158.
WANG Wei, SU Jingyu, MA Donghui, et al. Urban Emergency Shelter Locations for Earthquake Disaster Using Time-Satisfaction-Based Maximal Covering Location Model[J]. Journal of Shanghai Jiaotong University, 2014, 48(1): 154-158.