

文章编号: 1008-2786-(2019)3-409-15

DOI: 10.16089/j.cnki.1008-2786.000434

精准高效、共建联防: 山地城市灾害识别、综合防治及空间响应 ——恩施市中心城区的实践

谭少华^{1,2}, 高银宝^{1,2}, 杨培峰^{1,2*}, 李立峰^{1,3}, 刘伍洋^{1,2}

(1. 重庆大学 建筑城规学院, 重庆 400045; 2. 山地城镇建设与新技术教育部重点实验室, 重庆 400045;

3. 广州市城市规划勘测设计研究院, 广州 510060)

摘 要: 山地城市地形特殊、灾害类型众多、灾种关联性强, 极易引发次生灾害等连锁反应, 进行多灾种综合防治尤为重要。以恩施市中心城区为例, 采用“精准高效、共建联防”的综合防灾规划思路, 形成恩施市中心城区“灾前一灾时一灾后”全过程关注和“规划—建设—管理”多层次应对的综合防灾指导方案: (1) 综合中心城区地理条件和行政管辖功能划定防灾分区; (2) 根据中心城区综合防灾对象保障规模和现有设施情况建设应急保障基础设施和应急服务设施; (3) 对各分区内防灾设施进行“四线”管控和使用管理。以此提高中心城区灾害适应性和应急能力, 达到城市安全的综合防灾效果。恩施市中心城区综合防灾实践丰富了山地城市防灾理论体系, 并可为相关山地城市综合防灾规划建设提供借鉴。

关键词: 综合防灾; 城市安全; 山地城市; 地理探测器; 恩施

中图分类号: TU984.199

文献标志码: A

目前, 城市防灾面临着空前的综合性挑战, 主要表现为致灾因素复杂、灾害影响广泛以及防灾手段与领域需多维联动等方面。2003 年 SARS 的全球蔓延、2008 年的汶川大地震、2010 年的舟曲泥石流和 2016 年深圳工厂被塌方山体掩埋等事件, 从灾害的次数、影响程度及种类等方面显示出灾害类型呈现多样化和复杂化; 灾害频现与种类多样, 灾害防范也从自然环境延伸到社会、卫生等领域; 2008 年提出的灾害风险综合研究科学计划 (IRDR) 针对灾害复杂性, 指出需要对各种灾害链进行多学科、多尺度的综合探讨。在此背景下, 探讨城市灾害的综合防治,

编制城市综合防灾规划意义重大^[1]。因此, 国务院办公厅于 2016 年底发布了《国家综合防灾减灾规划 (2016—2020 年)》, 为多灾害预防与治理提供了更专业的指导^[2]。

相比于平原城市, 山地城市的地形、地貌、地质、水文和气象等条件更为复杂多样, 灾害识别与综合防治面临更大挑战。众多国内学者已对山地城市灾害及其防治进行了较为深入的研究, 主要集中在山地城市的易致灾性、山地城市公共安全、山地公共建筑外环境的安全设计控制、山地城市的应急避难场所、山地城市设计技术以及

收稿日期 (Received date): 2019-02-13; **改回日期** (Accepted date): 2019-06-09

基金项目 (Foundation item): 科技部国家重点研发计划项目 (2018YFC0704901)。[National Key Research and Development Program of China (2018YFC0704901)]

作者简介 (Biography): 谭少华 (1963-), 男, 湖南邵阳人, 博士, 教授, 研究方向为建成环境与人群健康。[TAN Shaohua (1963-), male, born in Shaoyang, Hunan province, professor, research on built environment and human health] E-mail: tsh@cqu.edu.cn

* **通讯作者** (Corresponding author): 杨培峰 (1972-), 男, 浙江湖州人, 博士, 教授, 研究方向为山地城乡规划、生态城市规划。[YANG Peifeng (1972-), male, born in Huzhou, Zhejiang province, professor, research on urban and rural planning in mountain, ecological city planning] E-mail: yangpf@cqu.edu.cn

山地城镇发展等方面^[3-8]。同时也有学者对国外综合防灾规划案例进行梳理^[9-10],并尝试运用于我国的防灾规划^[11],同时提出了适应于山地的综合防灾策略^[12-13]。学者们已经对城市防灾进行深入探讨,并指出其功能、技术方法与实施策略,但针对山地城市灾害的易发性、关联性、次生灾害严重性等问题的探讨^[14-15],以及灾害的精准识别和防灾设施的共建共享的讨论还有待深化。因此,针对山地城市灾害特征,精准识别灾害风险、高效利用防灾设施,实现共建联防的防灾效果应是山地城市综合防灾的关键。

1 山地城市综合防灾再思考

1.1 山地城市防灾面临的挑战

由于山地城市地质、地貌、水文和气象条件的特殊性,其防灾规划工作更需强调综合性、准确性和关联性等,具体表现为:(1)考虑更加综合的致灾因素。山地城市容易引发滑坡、山洪和泥石流等各种破坏性巨大的地质灾害,灾害防治需要综合考虑地形和地质等山地城市特征。(2)控制更加广泛的灾害影响。需要对滑坡、泥石流和山洪等次生灾害进行精准防控。(3)实施更加高效的防灾资源整合。山地城市防灾设施建设成本较高,高效的防灾资源整合势在必行。

1.2 山地城市防灾的目标与要点

山地城市综合防灾应根据自身特征确定综合防御目标,明确规划期内城市重大工程抗灾设防、抗灾能力改善、灾害风险控制、防灾安全布局和防灾设施部署和具体规划指标等城市防灾体系建设目标。其防御目标应满足:(1)小灾情况下,城市能全面应对、无重大人员伤亡、防灾设施能有效发挥作用。(2)大灾情况下,城市功能基本运行、无特大人员伤亡、防灾设施基本发挥作用。

山地城市由于灾害情况复杂和灾种关联性强等特点,因此灾害识别和防灾联动是其防灾的关键环节。(1)灾害识别的精准程度直接影响灾害的防治工作。目前山地城市防灾主要集中在对地质灾害、洪灾和火灾等的防御,在灾害识别方面,主要利用历史数据对单灾种进行灾害高风险区的划定,运用数理模型预测未来可能存在的风险,亟需对各项灾害进行综合分析,以更精确地进行综合灾害风险的识

别。(2)防灾设施高效使用有利于综合防灾工作的实施。目前大部分城市对于各类灾害的联动使用还有待加强,各类防灾设施的联动联防将成为未来综合防灾的重点。

1.3 “全过程—多层次”的综合防灾体系应贯穿于山地城市防灾

全过程关注,保障防灾效果。山地城市综合防灾的作用之一是全过程关注灾害的发生和危害,针对灾害发生的时序,从灾前、灾时和灾后进行全过程应对。(1)灾前预防:充分发挥监测功能,控制建设破坏。从用地安全布局出发,进行用地安全评估和灾害风险评估,提高山地城市建设用地选择的安全性。(2)灾时抗击:发挥快速反应功能,达到应急效果。从综合防灾应急保障基础设施的抗灾能力出发,进行生命线工程规划及救灾疏散通道规划,提高整体抗灾能力。(3)灾后救助:发挥救助功能,保障生命财产。从应急服务设施的使用性出发,规划应急避难场所、应急物资储备分发场所、应急医疗设施等方面的内容。通过“灾前一灾时一灾后”全过程的关注,最大程度确保山地城市人民生命财产安全(图1)。

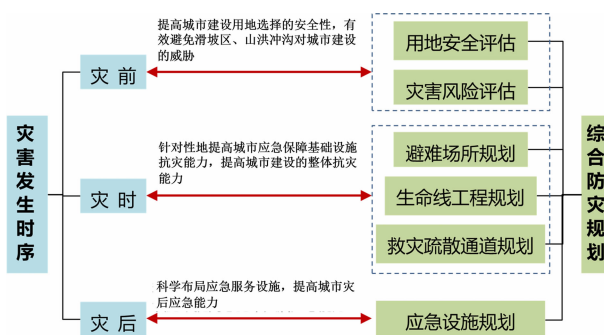


图1 全过程的灾害应对机制

Fig. 1 Disaster response mechanism under “Whole-process”

多层次应对,丰富工作路径。通过不同层次的技术手段,从规划设计、工程建设和设施管理层面面对综合防灾工作进行响应。(1)规划设计上,构建“防灾分区—防灾通道—防灾设施”的系统布局,形成防灾总体空间结构。(2)工程建设上,对防灾设施进行分类建设(包括应急保障基础设施和应急服务设施),达到各类防灾设施综合利用。(3)设施管理上,对防灾设施进行“四线管控”和“分区细化”管理(图2)。

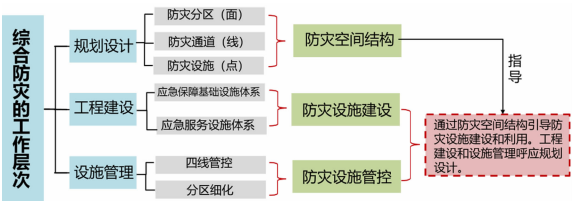


图2 多层次的灾害应对路径

Fig.2 Disaster response path under“Multi-level”

2 山地城市综合防灾规划思路

2.1 总体框架

以安全城市为目标,提出“精准高效、共建联防”的综合防灾总体思想,通过“规划设计、工程建设和设施管理”三条途径,以及“灾前预防、灾时抗击和灾后救助”全过程的技术手段形成“全过程—多层次”的灾害应对思路(图3)。具体技术路线为:(1)合理设计防灾布局。划分实际防灾分区,设计防灾通道网络,布局各类防灾设施。(2)科学建设防灾工程。包括应急保障基础设施(交通、供水、供电和通信等)和应急服务设施(指挥、避难、消防、医疗、物资和标识等)。(3)有效管理防灾设施。对防灾设施进行四线管控、共建共享和错时利用等。

2.2 综合灾害精准识别

灾害精准识别是综合防灾的关键技术,综合防灾(以火灾、水灾和地质灾害居多)需运用“短板原理”综合判断单灾种和多灾种风险,再制定相应的防灾措施^[16]。

2.2.1 单种灾害风险识别

搜集规划区内各类灾害历史数据,运用核密度分析方法对规划区内水灾、火灾和地灾等灾害进行风险分析与预测。

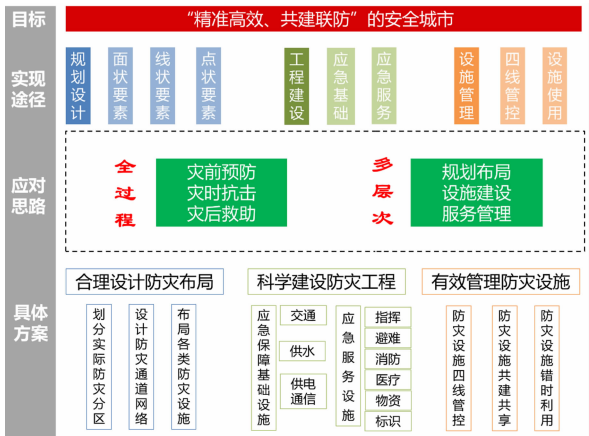


图3 山地城市综合防灾总体框架

Fig.3 Framework of comprehensive disaster prevention in mountain cities

$$f_n(x) = \frac{1}{nh} \sum_{i=1}^n k\left(\frac{x - X_i}{h}\right) \quad (1)$$

其中, $k\left(\frac{x - X_i}{h}\right)$ 称为核函数; $h > 0$,为带宽; n 为规划区内灾害分布的点数, $(x - X_i)$ 表示估值点到 X_i 的距离,在规划区内灾害风险估计过程中,选用了历史灾害数据的密度加权之后的灾害强度估计,具体在Arcgis10.2平台上运行。

以火灾、水灾和地灾为例,根据具体灾种的相关规定(表1、表2)^[17],分析灾害历史、危险程度以及现有防灾设施抵御能力,具体流程为:(1)收集相关部门历史灾害数据并在Arcgis10.2平台上进行数据编辑处理;(2)进行空间网格化处理,合理划分评估单元;(3)运用核密度分析,评估灾害风险。

2.2.2 多种灾害的综合风险识别

灾害风险综合识别需要对灾害分异性和关联性进行探测,地理探测器(Geographical Detector)能较好地分析及识别灾害分异和关联性^[18]。其中,交互

表1 火灾风险识别的内容

Tab.1 Identification of fire risk

类型	考虑的因素
火灾历史分析	采用统计分析法,对火灾起数、死亡人数、受伤人数、直接损失、火灾原因、火灾场所等进行分析,揭示火灾事故发生的规律
火灾危险源	(1)重大危险因素:燃气管网,石化生产贮存运输和加油/加气站,纳入了电力、燃气管网的地下综合管廊等;(2)人为因素:电气原因、用火不慎、放火致灾、吸烟不慎致灾等;(3)气象因素:影响火灾的气象因素主要有湿度、温度、风速、降水
脆弱性	通过高风险建筑的比例、消防设施达标率、道路通行能力、建筑间的防火间距和消防供水能力几个方面进行评估
抵御能力	通过对消防管理制度完备性以及消防教育的开展情况等几个方面进行评估

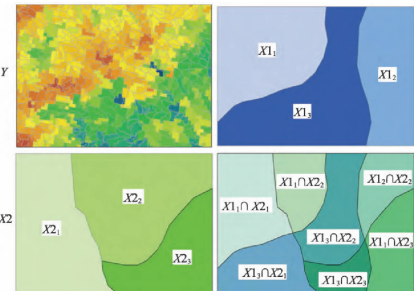
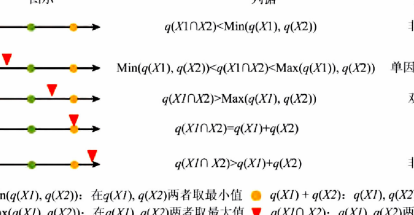
来源:参考《城市综合防灾规划标准》(GB/T51327-2018)。

表 2 地质灾害规模等级划分
Tab.2 Classification of geological disaster

灾种	指标	灾害等级			
		特大型	大型	中型	小型
崩塌	体积/ 10^4 m^3	>100	10 ~ 100	1 ~ 10	<1
滑坡	体积/ 10^4 m^3	>1000	100 ~ 1000	10 ~ 100	<10
泥石流	一次堆积总量/ 10^4 m^3	>100	10 ~ 100	1 ~ 10	<1
	洪峰量/ $(\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1})$	>200	100 ~ 200	50 ~ 100	<50
岩溶塌陷及采空塌陷	影响范围/ km^2	>20	20 ~ 10	10 ~ 1	<1
地裂缝	影响范围/ km^2	>10	10 ~ 5	5 ~ 1	<1
	地面影响宽度	长度 >1 km	10 ~ 20 m	3 ~ 10 m	<3 m
	/m	长度 <1 km	>20 m	10 ~ 20 m	3 ~ 10 m
地面沉降	沉降面积/ km^2	>500	100 ~ 500	10 ~ 100	<10
	累计沉降量/m	2.0 ~ 1.0	1.0 ~ 0.5	0.1 ~ 0.5	<0.1
海水入侵	入侵范围/ km^2	>500	100 ~ 500	10 ~ 100	<10
	地下水氯离子最高含量/ $(\text{mg} \cdot \text{l}^{-1})$	>1000	800 ~ 1000	500 ~ 800	50 ~ 500

来源:参考《城市综合防灾规划标准》(GB/T51327-2018)。

表 3 地理探测器原理
Tab.3 Principle of Geodetector

作用	表达式	图示
交互作用探测	首先分别计算两种因子 X_1 和 X_2 对 Y 的 q 值: $q(X_1)$ 和 $q(X_2)$,并且计算它们交互(叠加变量 X_1 和 X_2 两个图层相切所形成的新的多边形分布)时的 q 值: $q(X_1 \cap X_2)$,并对 $q(X_1)$ 、 $q(X_2)$ 与 $q(X_1 \cap X_2)$ 进行比较	
风险区探测	用于判断两个子区域间的属性均值是否有显著的差别,用 t 统计量来检验 $t_{\bar{y}_{h=1}-\bar{y}_{h=2}} = \frac{\bar{Y}_{h=1} - \bar{Y}_{h=2}}{\left[\frac{\text{Var}(\bar{Y}_{h=1})}{n_{h=1}} + \frac{\text{Var}(\bar{Y}_{h=2})}{n_{h=2}} \right]^{1/2}}$ $df = \frac{\frac{\text{Var}(\bar{Y}_{h=1})}{n_{h=1}} + \frac{\text{Var}(\bar{Y}_{h=2})}{n_{h=2}}}{\frac{1}{n_{h=1}-1} \left[\frac{\text{Var}(\bar{Y}_{h=1})}{n_{h=1}} \right]^2 + \frac{1}{n_{h=2}-1} \left[\frac{\text{Var}(\bar{Y}_{h=2})}{n_{h=2}} \right]^2}$	 <p>图示</p> <p>判断</p> <p>交互作用</p> <p>非线性减弱</p> <p>单因子非线性减弱</p> <p>双因子增强</p> <p>独立</p> <p>非线性增强</p> <p>● $\text{Min}(q(X_1), q(X_2))$: 在$q(X_1)$、$q(X_2)$两者取最小值</p> <p>● $\text{Max}(q(X_1), q(X_2))$: 在$q(X_1)$、$q(X_2)$两者取最大值</p> <p>● $q(X_1) + q(X_2)$: $q(X_1)$、$q(X_2)$两者求和</p> <p>● $q(X_1 \cap X_2)$: $q(X_1)$、$q(X_2)$两者交互</p>

来源:根据(王劲峰,徐成东,2016)整理。

作用探测和风险区探测可运用于多灾种综合风险识别。运用交互作用探测和风险区探测识别各类灾害的关联性及综合风险,并在 Arcgis10.2 平台上进行可视化表达。

2.3 空间设施共建联防

采取设施共建共享的方式,合理布局可多样化利

用的防灾设施,达到设施利用率最大化以及多灾联动联防的效果^[19-22]。

从“点一线一面”三个层次建立防灾空间结构体系(图4):(1)“点状”防灾途径包括应急保障基础设施和应急服务设施。应急保障基础设施属于交通、供水、供电、通信等基础设施的关键组成部分,具

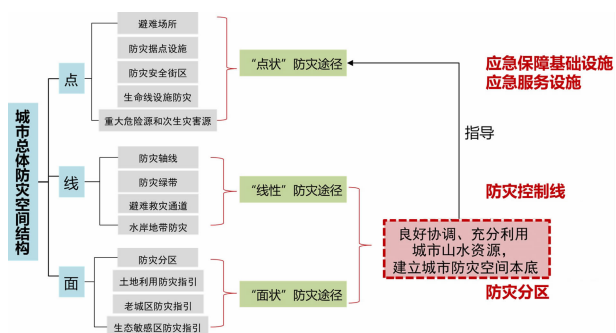


图4 “点—线—面”联动的防灾结构

Fig.4 Disaster prevention structure under "point—line—plane"

有高于一般基础设施的综合抗灾能力,灾时可保持功能或能立即恢复,是为应急救援和抢险救灾提供保障的工程设施。应急服务设施具有高于一般工程的综合抗灾能力,灾时可保持功能,为满足应急救援、抢险避难和灾后生活提供应急服务所必需的应急指挥、医疗卫生、消防救援、物资储备分发和避难安置等功能的公共服务场所和设施。(2)“线状”防灾途径是救援疏散通道和防灾设施控制线。分别针对主要交通系统进行安全疏散距离参数的控制以及

针对各类防灾设施而制定的相应用地范围和使用范围的控制线。(3)“面状”防灾途径即防灾分区,是为优化调配防灾资源,有效支撑救灾避难活动,提高规划建设效率,按行政事权、地形地物条件及防灾要求等要素划分的防灾管理单元。针对山地城市特殊的地理特征,结合自然山水分界线和行政管理单元需要,划定一级防灾分区,可对应区级的管理中心进行设置。在各一级分区内进行二级分区,分别结合该区内街道办事处(乡镇政府)进行区划和管理。

3 恩施市中心城区综合防灾实践

3.1 恩施市中心城区灾害识别

3.1.1 中心城区灾害概况

恩施市位于湖北省恩施州,是武陵山区典型的山地城市。防灾形势较为严峻,主要表现在:灾害易发、后果严重;灾害识别能力差;防灾规划独立设施,未形成综合防御体系;防灾设施经济性低,共享性差等多方面因素影响,其综合防灾更为复杂(图5)^[23]。

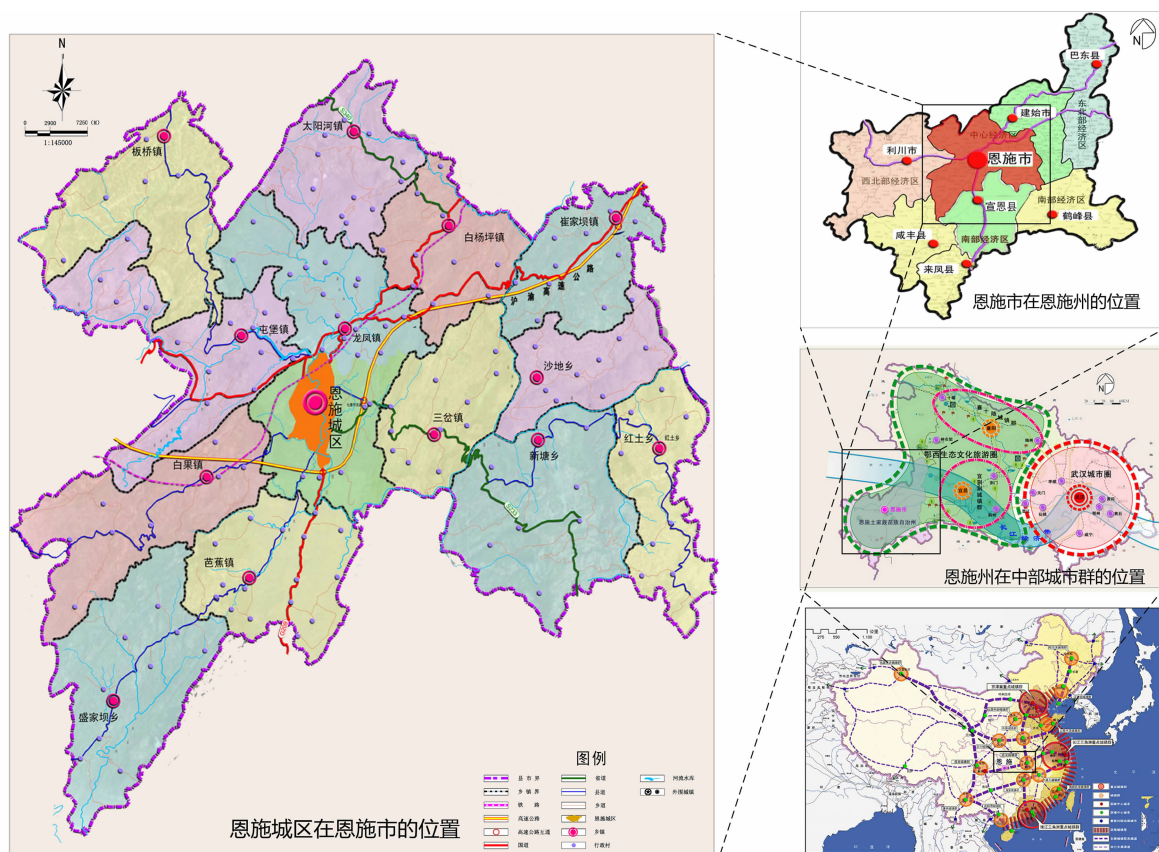


图5 项目研究区位

Fig.5 Location of central area of Enshi City

恩施市中心城区灾害防御主要有以下几类问题:(1)灾害频发,安全问题严峻。近年来中心城区出现多次灾害,已对人民生命财产安全造成较大威胁。2008 年叶挺路加油站局部崩塌致死 2 人;2010 年古坟坡崩塌造成 10 万元财产损失;2012 年 7 月 12 日凌晨,六角亭街道办事处松树坪村虎民路涵洞受堵,引发 2 人伤亡;2013 年州城土桥广场一角落垮塌,部分居民掉落受伤。(2)山地

地形地貌加剧灾害风险。地形地貌和高密度建设特点产生较大的安全疏散问题,并极易产生次生灾害,造成连锁性的灾害反应。(3)防灾资源有限,防灾规划体系不够完善。恩施市防灾资源来自各专项防灾工程(目前仅有防洪规划、地质灾害防治规划),防灾资源有限且利用率偏低。此外,由于防灾系统规划未成综合系统,防灾资源利用有待完善(图 6)。

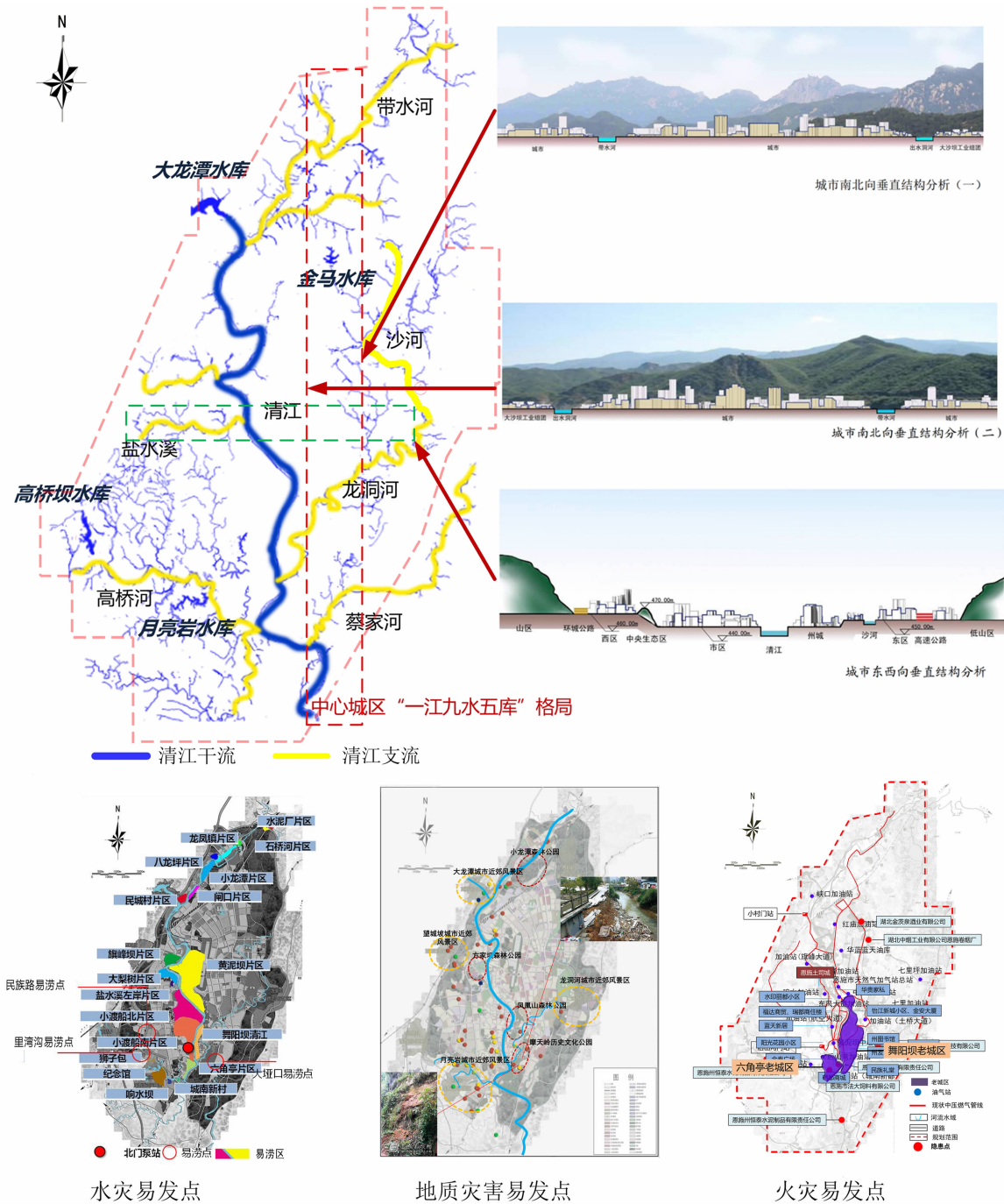


图 6 中心城区山水格局与易发灾害分布

Fig. 6 Landscape pattern and disaster distribution in central area of Enshi City

3.1.2 中心城区灾害识别

(1)水灾识别。对接恩施市水文水资源勘测局和气象局,收集历年降雨量、河流年径流量、排水管网负荷能力、历史淹没区和易涝点等数据,运用核密度估算法对各类数据分析。研究发现清江主流和支流沿岸以及沿山体沟壑等区域为中心城区的水灾风险高发区(图7)。

(2)地质灾害识别。对接自然资源和规划局、住房和城乡建设局,收集中心城区建筑物分布、人口分布、坡度和历史地质灾害点等数据并进行栅格化处理,运用核密度估算法分析各网格地灾风险。研究发现地质灾害高发区主要在滑坡、崩塌等历史地质灾害点,以及龙凤新区和未利用地(图8)。

(3)火灾识别。对接消防大队、应急管理局和房管局,收集人员密集居住区、老旧城区、加油加气站和易燃易爆单位点的数据并进行栅格化处理,运用核密度估算法分析各网格火灾风险,研究发现火灾高风险区主要集中在消防设施不足、人员密集和易燃易爆品集中的区域(图9)。

(4)灾害风险综合识别。以整体主动防灾,重点区域防灾优先为综合防灾工作定位。利用确定主控灾种,再对其他灾种进行校核的技术手段进行综合灾害分析。首先,收集相关业务部门各类灾害数

据;其次,结合水灾、火灾、地灾风险预测结果,运用地理探测器技术对各灾害影响因子进行评估以及其相互关系进行研判;再者,因子栅格化处理和关联性分析;最后,叠合各类影响要素,形成恩施市中心城区综合灾害评估图(图10)。

3.2 恩施市中心城区综合防灾设施规划建设与管理

3.2.1 规划结构层面:构建多层次综合防灾空间与分区

(1)构建“面一线一点”多层次的防灾空间结构。根据恩施市中心城区行政管理和自然空间分界,对中心城区综合防灾进行分区,形成防灾单元;针对各类救援疏散道路,分级设置防灾通道;最后对防灾设施进行空间管控和时间管理。

(2)划定综合防灾分区。设定防灾分区主要为了明确权责,便于分级管理。恩施市中心城区根据城区规模、结构形态、灾害影响特征分级划分防灾分区,针对高风险因素控制、防灾设施配置确定防灾分区规划控制内容,制定防灾措施和减灾对策。同时,防灾分区与城市的用地功能布局相协调,综合考虑分界、管理分级和防灾设施配置等控制要求,合理划分。详细要求参见《城市综合防灾规划标准》(GB/T51327-2018)。根据不同等级管理及灾害防控需要,分别设置一级防灾分区5个和二级防灾分区20

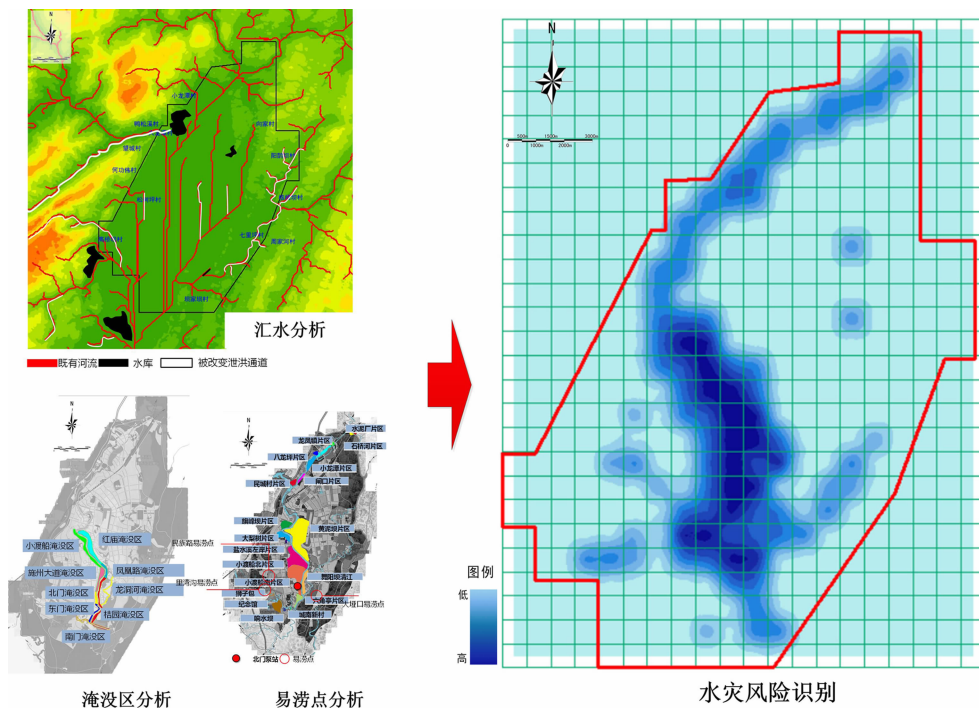


图7 恩施市中心城区水灾风险图

Fig.7 Flood risk map of the central area of Enshi City

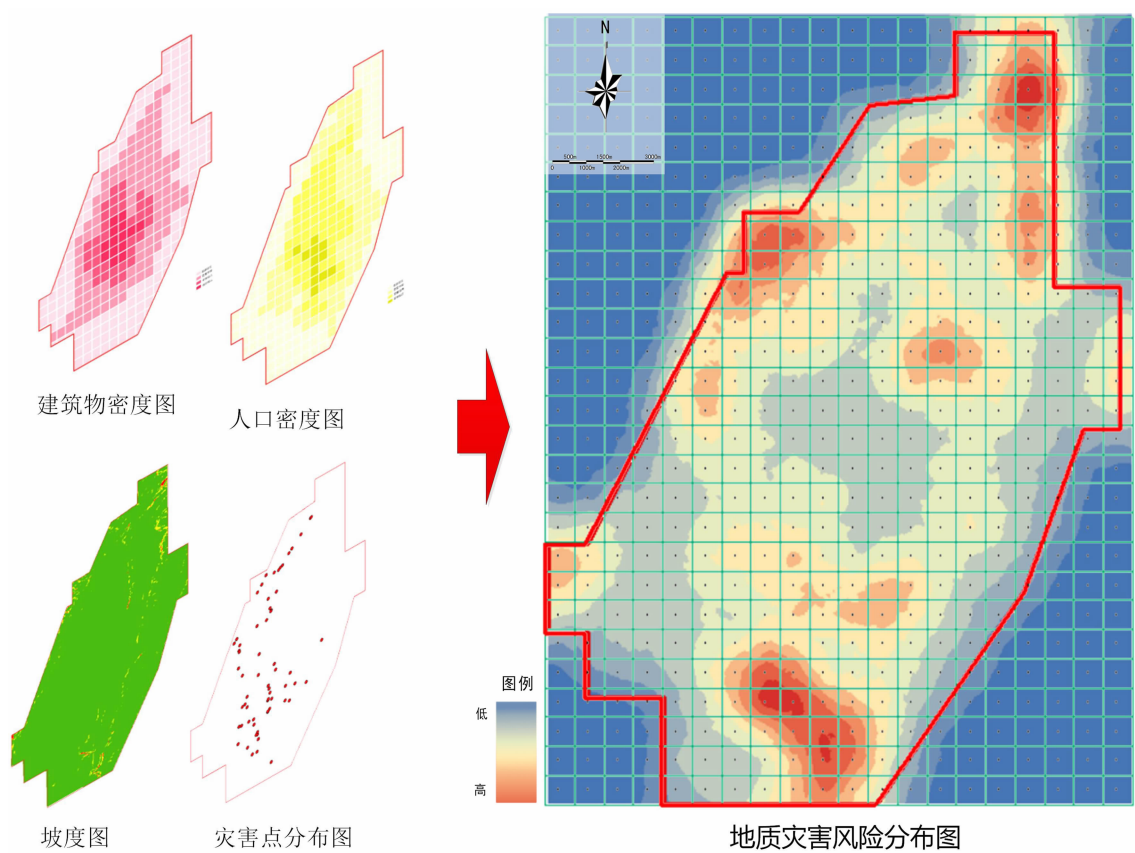


图8 恩施市中心城区地灾风险图

Fig.8 Geological risk map of central area of Enshi City

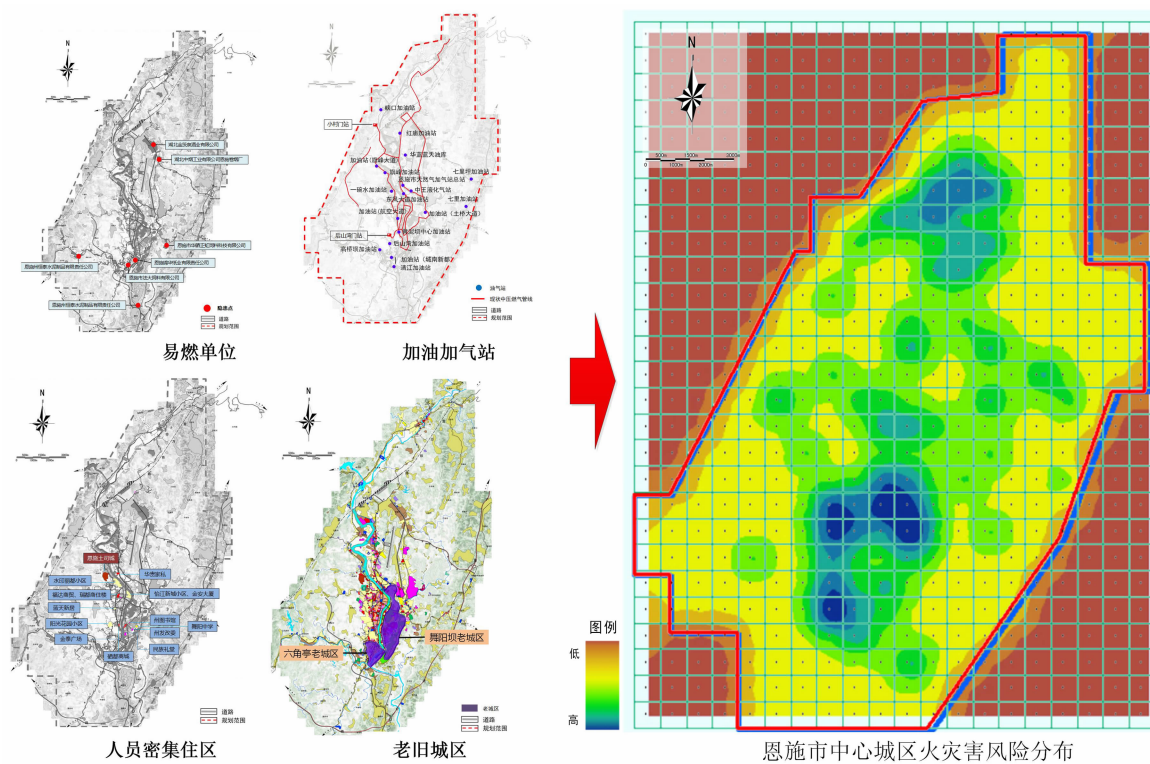


图9 恩施市中心城区火灾风险图

Fig.9 Fire risk map of central area of Enshi City

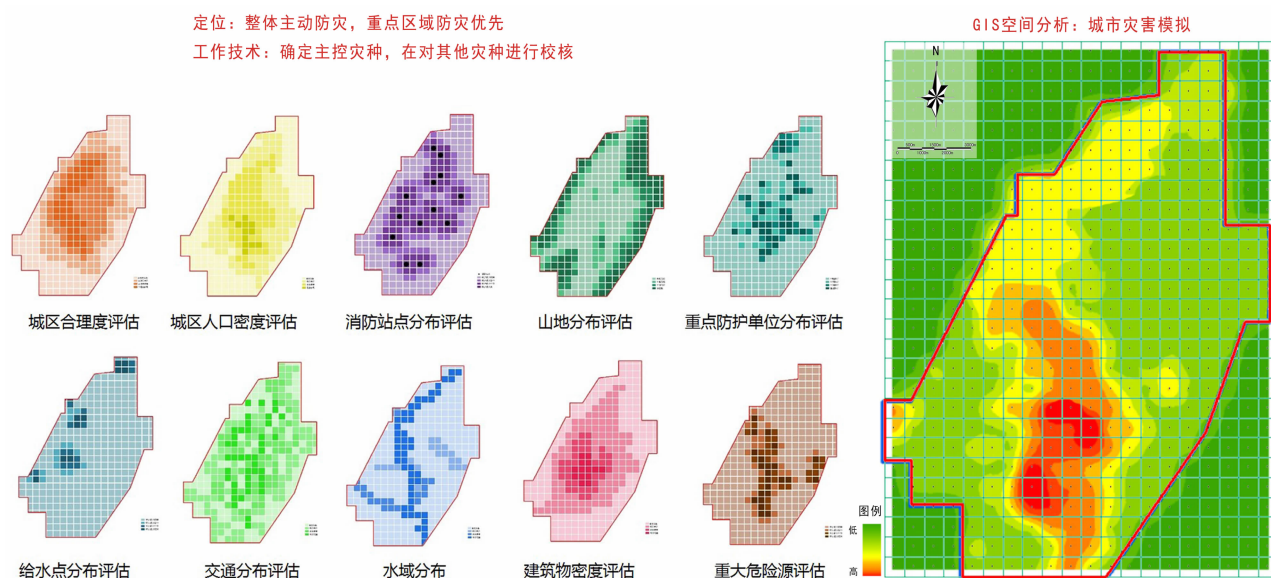


图 10 城市灾害综合识别技术

Fig. 10 Comprehensive identification technology for urban disaster

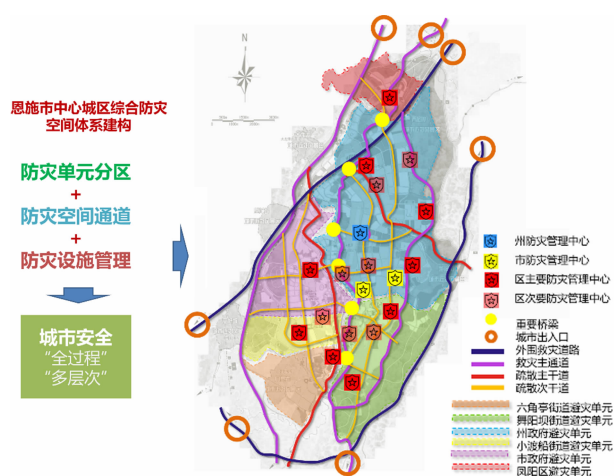


图 11 恩施中心城区综合防灾空间体系建构

Fig. 11 Comprehensive disaster prevention space system
in central area of Enshi City

个(图 12)。

1)一级防灾分区:结合现状街道办事处行政范围线、自然边界及城市道路,共分为 5 个防灾分区。分别是龙凤坝片区、小渡船片区、舞阳坝片区、六角亭片区和机场。a. 龙凤坝片区(A 分区)主要灾害有地质灾害、工业火灾风险;控制要点为治理现有地灾点、控制开发强度、强化安全生产监督。b. 小渡船片区(B 分区)主要灾害有地质灾害、山洪风险;控制要点为避开或治理现有地灾点,工程性措施预防山洪。c. 舞阳坝片区(C 分区)主要灾害有洪涝灾;控制要点为控制开发强度、畅通行洪通道、工程性治

涝。d. 六角亭片区(D 分区)主要灾害有城市内涝、地质灾害;控制要点为避开或治理现有地灾点、畅通行洪通道、工程性治涝。e. 机场分区由机场独立管理。

2)二级防灾分区:在一级分区内,结合自然、道路边界,以社区为单位,考虑灾害分布情况及其风险程度,形成 20 个级分区。社区内部应有紧急避难场所及必要的防灾设施。

3.2.2 工程设计层面:综合防灾设施布局与建设

综合防灾设施布局规划与建设主要包括综合防灾应急保障基础设施和综合防灾应急服务设施。具体有应急救援疏散通道、应急供水、应急供电、应急指挥、应急避难、应急医疗、应急消防、应急物资和应急标识。

(1) 应急保障基础设施规划与建设

结合城市基础设施建设情况及相关专业规划的要求提出规划布局和防灾措施,并符合下列规定:分析城市应急保障对象,确定应急水源、应急供水、供电、通信的保障规模和布局,明确应急功能保障级别、设防标准和防灾措施;确定城市疏散救援出入口与应急通道布局,防灾空间整治措施;针对适宜性差的用地提出应急保障基础设施的限制建设条件和综合保障对策;明确应急保障基础设施中需要加强安全的重要建筑工程,并针对其薄弱环节,提出规划和建设改造要求。

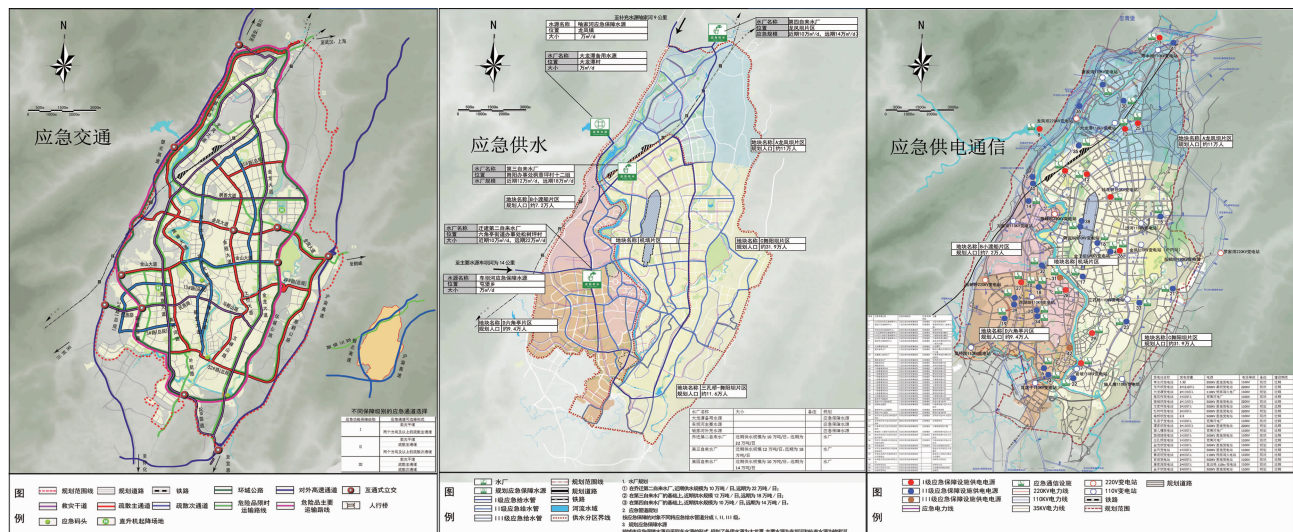


图 13 应急保障基础设施布局规划:(a) 应急交通系统;(b) 应急供水系统;(c) 应急供电系统

Fig. 13 Planning of emergency infrastructures

(a) emergency transportation system; (b) emergency water supply system; (c) emergency power supply system

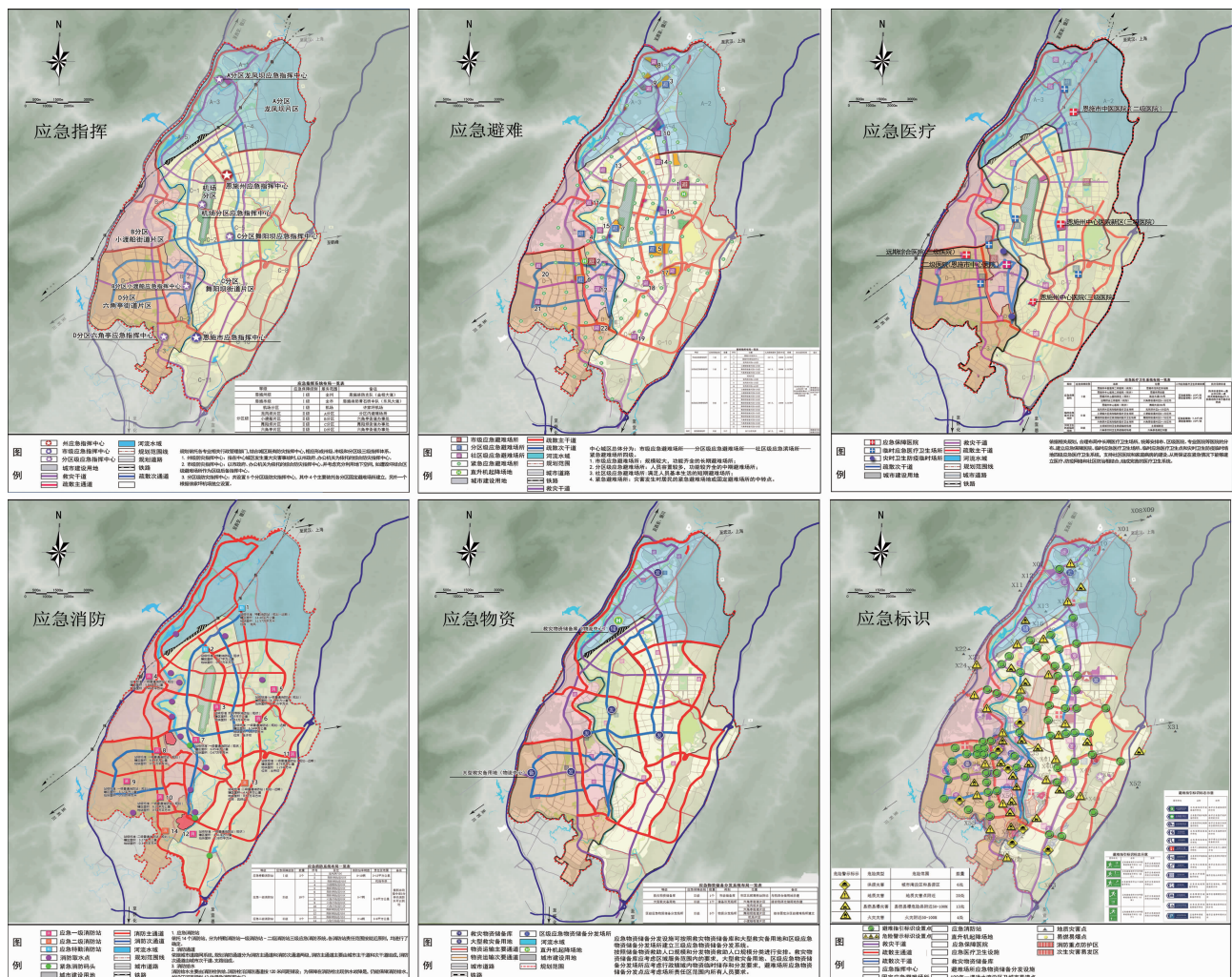


图 14 应急服务设施布局规划:

(a) 应急指挥系统;(b) 应急避难系统;(c) 应急医疗系统;(d) 应急消防系统;(e) 应急物资系统;(f) 应急物标识统

Fig. 14 Planning of emergency service facilities: (a) emergency command system; (b) emergency shelters system; (c) emergency medical and health system; (d) emergency fire control system; (e) emergency material storage system; (f) emergency identification system

时场地三级应急医疗卫生系统,支持社区医院和家庭病房的建设。d. 应急消防系统规划,完善城市应急消防通信、消防通道、消防给水、消防供电等设施,全面确保城市应急消防安全。e. 应急物资保障系统规划,应急物资储备分发设施按照救灾物资储备库和大型救灾备用地、区级应急物资储备分发场所建立三级应急物资储备分发系统。f. 应急避难指引标识系统规划,针对中心城区地质灾害易发点、易涝区、易燃易爆点等分别设置危险警示标志系统,在各二级防灾分区内分别设置避难标志指引系统。

3.2.3 设施管理层面:综合防灾设施管控

(1) 设施管控的规定

针对各分区内的用地情况,结合规划一张图,对各项设施进行管控。主要有防灾设施用地界线和防灾控制界线,具体包括:a. 红线是应急通道的道路用地界线,以及应急服务设施用地界线。b. 绿线是用作防灾避难场所的绿地用地界线。c. 黄线是灾害防御设施用地界线,以及应急供水、供电和通信基础设施用地界线。d. 橙线包括防灾设施控制界线和风险控制区界线。

(2) 各分区设施管控的具体内容

对接规划一张图,通过各分区对防灾设施的管

控规划,达到设施落地性强、使用效率高的效果。以A分区为例,从规定性导则和指引性导则出发,提出设施管控的具体事项(表4)。

3.3 恩施市中心城区综合防灾实施的效益分析

恩施市中心城区综合防灾从设施的空间布局和管理角度进行规划,将在空间体系、工程体系和管控体系等几方面产生效益。(1)空间体系效益:利用防灾设施进行“灾前一灾时一灾后”全过程关注灾害动态,可有效及时预防和治理灾害。根据灾害发生时序的阶段特征,对各阶段需要应对的重点做出研判并设置各类防灾设施,提高了防灾的预见性。(2)工程体系效益:首先,防灾分区划定有利于行政上防灾权责落实,针对5个防灾分区的主控灾害与管控重点做出相应布置,明确了工作重点与管理责任,有利于各分区的防灾设施建设、维护与管理;其次,应急保障基础设施建设能有效保障遭遇各类灾害时,维持城区基本运行能力,能保障60万人口的基本应急交通、供水、供电和通信正常;应急服务设施建设能在城区遭遇巨大灾害时,提供必要的应急服务,能在灾时为60万人口提供相应的指挥、避难、消防、医疗、物资和指引等相应的救助。通过应急保障基础设施和应急服务设施,能达到“小灾情况下,

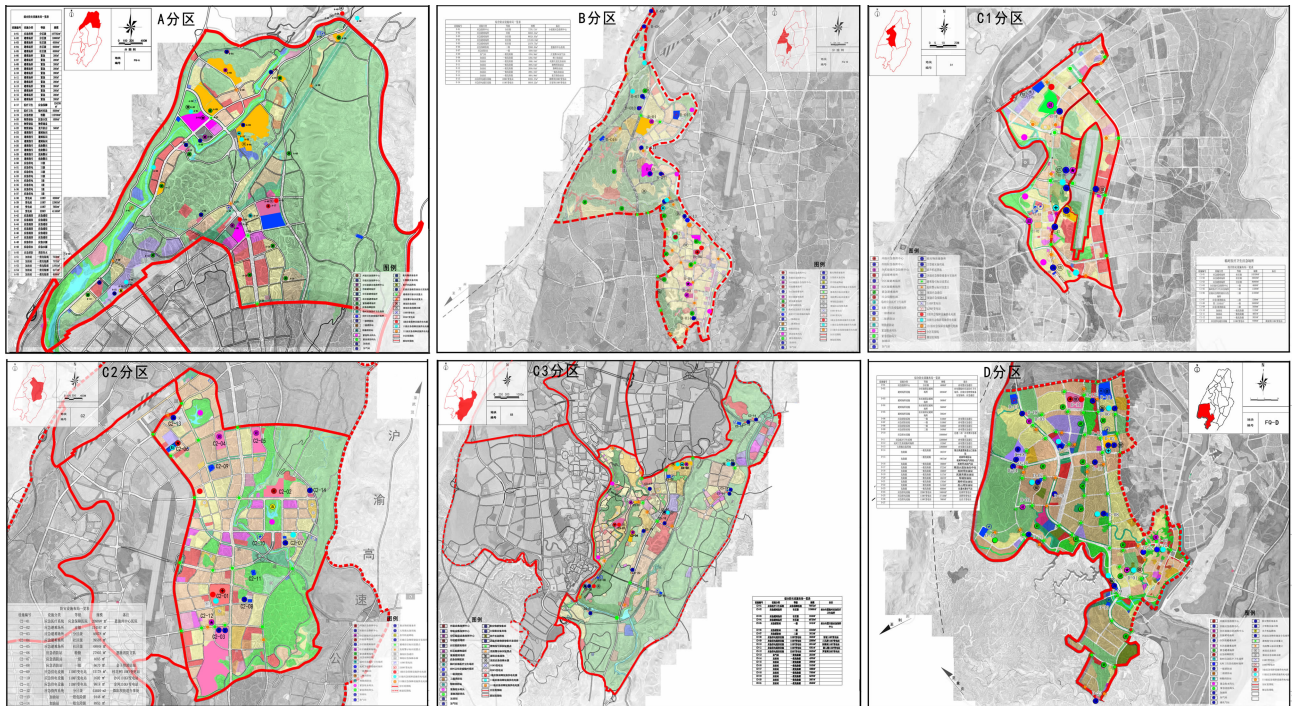


图 15 各分区防灾设施四线划定

Fig. 15 Four lines of disaster prevention facilities in each division

表4 分区防灾设施管控信息表

Tab.4 Information of disaster prevention facilities control in area A

防灾设施管控导则		备注
规定性导则	①分区内有固定避难疏散场所5个,紧急避难场所13个,避难场所规模12000 m ² ;	
	②分区内固定避难疏散场所建设方式:a. 服务范围:1.0~1.5 km左右;b. 规模:1.0~5.0 hm ² 左右;c. 避难面积:新区按照长期避难人口的人均3 m ² ,老城区按长期避难人口的人均2 m ² ;	
	③分区内紧急避难疏散场所建设方式:a. 服务范围:0.5 km左右;b. 规模:按城市建设实际情况确定,保证分区内总避难规模;	
	④固定避难场所出入口及应急避难区与周边危险源、次生灾害源及其他存在潜在火灾高风险建筑工程之间的安全间距不应小于30 m;	红线是应急通道的道路用地界线,以及应急服务设施用地界线。绿线是用作防灾避难场所的绿地用地界线。黄线是灾害防御设施用地界线,以及应急供水、供电、通信基础设施用地界线。橙线包括防灾设施控制界线和风险控制区界线
	⑤应急指挥中心应分散布置,避免一次灾害同时造成破坏;	
	⑥通往每个防灾分区的应急通道不应少于2条;	
	⑦应急通道的有效宽度,救灾干道不应小于15 m,疏散主通道不应小于7 m,疏散次通道不应小于4 m;	
	⑧应急医疗卫生救助规模应按常住人口和流动人口核算人员受伤及疫病规模,且不宜低于城市常住人口的2%,并应确定需进行卫生防疫的重点场所和地区;	
	⑨区内消防站3处,加油燃气门站危险源3处,危险源建议与公共建筑间防护绿地不小于50 m,与邻近居住用地增加10 m防护绿地;	
	⑩分区内应急保障医院4处,宜考虑灾后建筑破坏后,安排临时应急医疗卫生场地;	
	⑪分区内应急物资接收场所1处,结合汽车站布置,区内补充物资储备场所2处,结合大型商业设施	
指引性导则	①城市固定避难宜采取以居住地为主就近疏散的原则,紧急避难宜采取就地疏散的原则;	
	②应急通道应制定确保其有效宽度的用地和竖向空间的规划控制措施。城市规划宜整合各类应急保障基础设施和绿地、生态设施,形成安全廊道,进行综合控制;	
	③区内应急保障医院Y1宜预留3000 m ² 应急医疗卫生场地,Y2宜预留2000 m ² 应急医疗卫生场地,Y3宜预留500 m ² 应急医疗卫生场地	

来源:根据《恩施市中心城区综合防灾规划》(2016-2030)整理。

城区能全面应对、无重大人员伤亡、防灾设施能有效发挥作用;大灾情况下,城区功能基本运行、无特大人员伤亡、防灾设施基本发挥作用”的综合防灾目标。(3)管控体系效益:“四线”划定结合“规划一张图”能够保证各项防灾设施的可落地性,并对防灾设施的使用起到引导作用。

综合地看,恩施市中心城区综合防灾规划的实施,能够有效识别城区各类灾害,预测灾害综合风险,在此基础上合理布局建设防灾工程系统,为防灾设施管控提供有效支撑,保障中心城区空间安全。

4 结语

综合防灾是保障山地城市安全的重要手段,灾害精准识别和设施共建共享是其有效发挥防灾设施空间效益的关键。可根据地方特征和部门数据,运用空间分析技术提供精准的灾害识别,采取“全过程一多层次”的思路规划建设防灾设施体系并提出防灾设施管控的空间措施。

恩施市中心城区综合防灾遵循“灾前一灾时一后”的全过程综合防灾思路,建构“面一线一点”的多层次防灾体系,在此基础上对防灾设施提出相应的管控措施。通过“全过程一多层次”防灾设施体系规划建设,将产生较为理想的空间效益:(1)防灾分区既结合自然山水格局,也对应片区行政单元管理,二级分区还对应住区单元和控规单元的划分。这为防灾管理明确了片区职责和单元自救依据。(2)救援疏散通道建设包括外部救援通道和内部疏散通道的建设,可进行“里一外”结合,形成进出管控。(3)防灾设施建设包含应急保障基础设施和应急服务设施,通过各单元人口规模、单元面积、疏散救援时间等要求,从生命线工程及防灾支撑系统两方面进行建设,可为中心城区60万人口提供应急水电气基础保障和灾时的应急服务。(4)各分区内防灾设施的建设与管控须对接“规划一张图”,明确“四线”管控内容,提升防灾设施布设的可操作性。恩施市中心城区综合防灾的实践可丰富相应山地城市综合防灾理论并提供实践参考。

致谢:感谢重庆大学建筑城规学院刘李、刘耀阳、龙香和张竹昕同学在成稿前期的贡献!

参考文献 (References)

- [1] 王江波,戴慎志,刘婷婷,等. 城市综合防灾规划编制中的关键问题探讨[J]. 城市规划, 2017, **41**(4): 69 - 73. [WANG Jiangbo, DAI Shenzhi, LIU Tingting, et al. Research on the key problems in comprehensive urban disaster prevention planning[J]. City Planning Review, 2017, **41**(4): 69 - 73]
- [2] 国务院办公厅.《国家综合防灾减灾规划(2016—2020年)》[EB/OL] [2019 - 01 - 10]. http://www.gov.cn/zhengce/content/2017-01/13/content_5159459.htm. [General office of the state council. National comprehensive disaster prevention and mitigation planning (2016 - 2020) [EB/OL] [2019 - 01 - 10]. http://www.gov.cn/zhengce/content/2017-01/13/content_5159459.htm]
- [3] 黄光宇,林锦玲. 山地资源型城市的生态环境空间控制初探——以攀枝花市攀密片区为例[J]. 规划师, 2006, **22**(4): 11 - 14. [HUANG Guangyu, LIN Jinling. Preliminary discussion on the spatial control of ecological environment of mountainous resource-oriented cities-with Panmidistrict of Panzhihuacity as an example [J]. Planners, 2006, **22**(4): 11 - 14]
- [4] 周铁军,左进,林岭. 西部山地城市公共开放空间安全评价[J]. 新建筑, 2007(5): 28 - 30. [ZHOU Tiejun, ZUO Jin, LIN Ling. Study of safety evaluation for public open spaces of the western hilly city[J]. New Architecture, 2007(5): 28 - 30]
- [5] 周筠. 重庆市公共建筑外环境安全设计控制策略初探[D]. 重庆:重庆大学, 2007: 197. [ZHOU Jun. The exploration of control strategy for Chongqing public buildings' outer circumstance security design[D]. Chongqing: Chongqing University, 2007: 197]
- [6] 杨培峰,尹贵. 城市应急避难场所总体规划方法研究——以攀枝花市为例[J]. 城市规划, 2008, **35**(9): 87 - 92. [YANG Peifeng, YIN Gui. A study on the general planning method of urban emergency shelters; a case study of Panzhihua City [J]. City Planning Review, 2008, **35**(9): 87 - 92]
- [7] 周铁军,苏星,林岭. 公共建筑安全设计与技术探讨——以应对恐怖袭击为例[J]. 城市建筑, 2007(8): 13 - 15. [ZHOU Tiejun, SU Xing, LIN Ling. Discussion on the safety design and technique measure for the public building—a case study on response to terrorist attacks[J]. Urbanism and Architecture, 2007(8): 13 - 15]
- [8] 谭少华,马杰. 公共安全视角下的山地小城镇建设模式研究[J]. 小城镇建设, 2012(9): 25 - 29. [TAN Shaohua, MA Jie. Study on the construction mode of small mountain towns from the perspective of public safety [J]. Development of Small Cities & Towns, 2012(9): 25 - 29]
- [9] 赫磊,戴慎志,宋彦. 城市综合防灾规划编制与评估的美国经验及对我国的启示[J]. 城市规划学刊, 2011(5): 87 - 94. [HE Lei, DAI Shenzhi. A research on multi-hazard mitigation planning in China with a reference to U. S. experice [J]. Urban Planning Forum, 2011(5): 87 - 94]
- [10] 张翰卿,戴慎志. 美国的城市综合防灾规划及其启示[J]. 国际城市规划, 2007, **22**(4): 58 - 64. [ZHANG Hanqing, DAI Shenzhi. Urban comprehensive disaster prevention plan in America and its Enlightenment [J]. Urban Planning International, 2007, **22**(4): 58 - 64]
- [11] 王江波,戴慎志,苟爱萍. 试论城市综合防灾规划的困境与出路[J]. 城市规划, 2012, **36**(11): 39 - 44. [WANG Jiangbo, DAI Shenzhi, GOU Aiping. Exploration on the problems and solutions of urban comprehensive disaster prevention planning [J]. City Planning Review, 2012, **36**(11): 39 - 44]
- [12] 王志涛,苏经宇,刘朝峰. 山地城市灾害风险与规划控制[J]. 城市规划, 2014, **38**(2): 48 - 53. [WANG Zhitao, SU Jingyu, LIU Chaofeng. Disaster risk and planning control in mountain cities [J]. City Planning Review, 2014, **38**(2): 48 - 53]
- [13] 宋微曦,第宝锋,左进,等. 聚落应对山地灾害环境的适应性分析——以彭州市银厂沟为例[J]. 山地学报, 2014, **32**(2): 212 - 218. [SONG Weixi, DI Baofeng, ZUO Jin, et al. The adaptation analysis for settlement responded to mountain disasters—a case Study of Yinchanggou [J]. Mountain Research, 2014, **32**(2): 212 - 218]
- [14] 李文鑫,王兆印,王旭昭,等. 汶川地震引发的次生山地灾害链及人工断链效果——以小岗剑泥石流沟为例[J]. 山地学报, 2014, **32**(3): 336 - 344. [LI Wenxin, WANG Zhaoyin, WANG Xuzhao, et al. Secondary mountain disaster chain induced by the Wenchuan earthquake and the result of chain-cutting [J]. Mountain Research, 2014, **32**(3): 336 - 344]
- [15] 陈鸿,戴慎志. 城市综合防灾规划编制体系与管理体制的新探索[J]. 现代城市研究, 2013(7): 116 - 120. [CHEN Hong, DAI Shenzhi. New exploration of comprehensive urban disaster prevention planning system and management institution [J]. Modern Urban Research, 2013(7): 116 - 120]
- [16] 冯浩,张方,戴慎志. 综合防灾规划灾害风险评估方法体系研究[J]. 现代城市研究, 2017(8): 93 - 98. [FENG Hao, ZHANG Fang, DAI Shenzhi. The research on the method system of risk assessment in multi-hazard mitigation plan [J]. Modern Urban Research, 2017(8): 93 - 98]
- [17] GB/T51327-2018. 城市综合防灾规划标准[S]. 北京:中国建筑工业出版社, 2018. [GB/T51327-2018. Urban comprehensive disaster prevention planning standard [S]. Beijing: China Architecture & Building Press, 2018]
- [18] 王劲峰,徐成东. 地理探测器:原理与展望[J]. 地理学报, 2017, **72**(1): 116 - 134. [WANG Jinfeng, XU Chengdong. Geodetector: principle and prospective [J]. Acta Geographica Sinica, 2017, **72**(1): 116 - 134]
- [19] 初建宇,苏幼坡. 构建工程建设综合防灾标准体系的探讨[J]. 自然灾害学报, 2009, **18**(3): 171 - 173. [CHU Jianyu, SU Youpo. Exploration of establishing integrated disaster prevention standard system for engineering construction [J]. Journal of Natural Disasters, 2009, **18**(3): 171 - 173]
- [20] 戴慎志,刘婷婷. 城市综合防灾规划中的基础设施规划编制探索[C]//2013 中国城市规划年会论文集. 青岛:中国建筑工业出版社, 2013: 16. [DAI Shenzhi, LIU Tingting. Exploration on

- the establishment of infrastructure planning in urban comprehensive disaster prevention planning [C]//Proceedings of the 2013 China Urban Planning Annual Conference. Qingdao: China Architecture & Building Press, 2013: 16]
- [21] 郭东军, 陈志龙, 谢金容, 等. 城市综合防灾规划编研初探——以南京城市综合防灾规划编研为例 [J]. 城市规划, 2012, 36 (11): 49–54. [GUO Dongjun, CHEN Zhilong, XIE Jinrong, et al. Preliminary study on compiling and research of urban comprehensive disaster prevention planning: a case study on Nanjing [J]. City Planning Review, 2012, 36 (11): 49–54]
- [22] 胡志良, 高相铎. 综合防灾理念下城市公共安全设施体系及规划应用 [J]. 地域研究与开发, 2012, 31 (2): 49–53. [HU Zhiliang, GAO Xiangduo. The construction and planning application of city public security infrastructure under the comprehensive disaster prevention concept [J]. Areal Research and Development, 2012, 31 (2): 49–53]
- [23] 恩施土家族苗族自治州城乡规划局. 恩施市中心城区综合防灾规划(2016–2030) [R]. 恩施: 恩施土家族苗族自治州城乡规划局, 2017. [Urban and Rural Planning Administration of Enshi Tujia Miao Autonomous Prefecture. Comprehensive disaster prevention planning for Enshi city central district (2016–2030) [R]. Enshi: Urban and Rural Planning Administration of Enshi Tujia Miao Autonomous Prefecture, 2017]

Accuracy, Efficiency, and Collaboration: Identification, Comprehensive Prevention and Space Response of Disasters in Mountain Cities ——The Practice of Central Area of Enshi City, Hubei, China

TAN Shaohua^{1,2}, GAO Yinbao^{1,2}, YANG Peifeng^{1,2*}, LI Lifeng^{1,3}, LIU Wuyang^{1,2}

(1. Faculty of Architecture & Urban Planning, Chongqing University, Chongqing 400045, China;

2. Key laboratory of new technology for construction of cities in mountain area, Chongqing 400045, China;

3. Guangzhou Urban Planning & Design Survey Research Institute, Guangzhou 510060, China)

Abstract: Mountain cities are characterized by special topography, numerous types of disasters with strong interactions, which easily lead to chain reactions such as secondary disasters. Comprehensive prevention and control of multiple disasters is particularly important in mountain cities. Past researches expressed concerns over the safety of urban public space and the delimitation of emergency space, and associated issues such as design and development planning in mountain cities, but less attentions were paid to the disasters control by a comprehensive approach, particularly in western China. In this research, it took downtown Enshi city as an example to exemplify an advisable layout of comprehensive disasters control, which featured as precision, efficiency and collaborative prevention. The guidance comprised three divisions with focus on the multi-level responses of planning-constructing-managing through the whole phases of pre-disasters preparation, co-disasters reduction and post-disaster rescue. (1) Delineation of disaster prevention zones based on geographical conditions and administrative jurisdiction functions of the central urban area; (2) Construction of emergency support infrastructure and emergency service facilities according to the scale of comprehensive disaster prevention targets and the existing facilities in the central urban area; (3) To control and manage the use of “four conduits” for disaster prevention facilities in each district. In this way, the disaster adaptability and emergency response capability of a central city area can be improved to achieve the comprehensive disaster prevention effect of urban safety. The practice of comprehensive disaster prevention in downtown Enshi city enriched the theoretical system of mountain city disaster prevention, and it could provide reference for compe

Key words: comprehensive disaster prevention; urban security; mountaincity; geodetector; Enshi