

孙艳萍, 陈文凯, 李大贵, 等. 甘肃省地震灾害防御服务平台设计与实现[J]. 地震工程学报, XXXX, XX(X): 000-000. DOI: 10.20000/j.1000-0844.20230530004
SUN Yanpin, CHEN Wenkai, LI Dagui, et al. Design and Implementation of the Earthquake Disaster Defense Service Platform in Gansu Province[J]. China Earthquake Engineering Journal, XXXX, XX(X): 000-000. DOI: 10.20000/j.1000-0844.20230530004

甘肃省地震灾害防御服务平台设计与实现

孙艳萍, 陈文凯, 李大贵, 马宇鹏, 陆松亭, 朱武军

(甘肃省地震局, 甘肃 兰州 730000)

摘要: 甘肃是我国少有的地震高烈度省份之一, 近年来甘肃省地震灾害防御信息化建设取得了一些成绩和进展, 但尚未建设市县级地震灾害防御业务技术系统, 存在全省资源无法有效整合, 数据信息服务程度低等问题。文章在甘肃省地震灾害风险普查工作基础上, 构建集地震灾害危险性、承灾体、地震灾害风险评估等成果的展示、查询与服务为一体的省、市、县三级地震灾害防御服务平台, 实现省-市-县三级数据互联互通和风险普查成果的统一汇聚与服务, 利用网页、地图、统计图表等多种形式为全省地震灾害风险防治提供信息化服务, 最大限度满足各级地震部门的业务需求, 全面提升全省震害防治服务能力。

关键词: 地震灾害防御; 风险普查; 服务平台; 甘肃省; 省市县三级

中图分类号: P315

文献标志码: A

文章编号: 1000-0844(XXXX)0X-0-10

DOI: 10.20000/j.1000-0844.20230530004

Design and Implementation of the Earthquake Disaster Defense Service Platform in Gansu Province

SUN Yanpin, CHEN Wenkai, LI Dagui, MA Yupeng, LU Songting, ZHU Wujun

(Gansu Earthquake Agency, Lanzhou 730000, China)

Abstract: Gansu is one of the provinces in China with high seismic intensity. Although some achievements and progress have been made in the informatization of earthquake disaster defense in Gansu province in recent years, the technical systems for earthquake disaster defense at the municipal and county levels have still not been established, resulting in problems such as ineffective integration of resources across the province and a low level of data information services. Building on the foundation of the earthquake disaster risk survey work in Gansu Province, this paper aims to construct a comprehensive earthquake disaster defense service platform at the three levels of province, city, and county, integrating the display, query, and services of achievements in earthquake hazard, disaster-bearing bodies, and earthquake disaster risk assessment. The platform facilitates the unified aggregation and service of risk survey results at the provincial, municipal, and county levels. Through various forms such as web pages, maps, statistical charts, etc., the platform

收稿日期: 2023-05-30

基金项目: 中国地震局地震预测研究所基本科研业务费专项(2023IESLZ04); 十三五"国家重点研发计划项目(2017YF0504104)

第一作者简介: 孙艳萍(1986-), 女, 高级工程师, 主要从事 GIS 与地震应急技术研究。E-mail: yrrgyoyo@163.com。

provides informatization services for earthquake disaster risk prevention and control throughout the province, maximally meeting the operational needs of earthquake departments at all levels and comprehensively enhancing the seismic damage prevention and control service capabilities across the entire province.

Keywords: Earthquake disaster defense; Risk survey; Service platform; Gansu Province; Three levels of province, city and county

0 引言

地震是对人类生命安全危害最大的自然灾害之一。我国地处环太平洋地震带与欧亚地震带之间,地质构造复杂,地震活动频繁,地震灾害非常严重^[1-3]。甘肃是我国少有的地震高烈度省份之一,全省80%以上的面积、14个市政府所在城市、81个县城和90%以上的乡镇政府所在地位于地震烈度Ⅶ度以上^[4]。地震灾害风险防治是防震减灾工作的关键环节,随着信息技术在各行业的不断深入,地震应急与地震风险防治工作等开始向网络化、数字化迈进,甘肃省在“十五”期间建立了应急指挥技术系统^[5]，“十一五”期间基于国家地震社会服务工程建成了震害防御系统,在此期间应对了多次破坏性地震。近几年也不断改进相关评估模型和基础数据,建立了全自动的地震灾害快速评估系统等平台^[6],使甘肃省的地震灾害防御能力有了一定程度的提升。市县地震部门行使着防震减灾行政管理和公共服务的职能^[7],是协助政府组织协调社会各方面力量,做好防震减灾工作的纽带^[8-9]。近年来甘肃省地震灾害防御信息化建设取得了一些成绩和进展,但尚未建设市县级地震灾害防御业务技术系统,存在全省资源无法有效整合,数据信息服务程度低等问题。此外,随着社会经济的快速发展,以及互联网应用技术的广泛普及,社会民众的防震减灾意识和需求也在快速地普及和提高,对地震灾害防治服务的迫切性和便捷性要求也越来越高,以往单一化、碎片化的服务模式与社会公众需求差距日益明显。

甘肃省积累了大量的抗震设防基础性资料,特别是第一次全国自然灾害综合风险普查为全省城乡抗震设防规划、重大工程建设提供了重要的基础性资料,也为全省防震减灾能力的提升奠定了重要基础。本文是在甘肃省地震灾害风险普查工作的基础上,建设一套覆盖省、市、县三级的地震灾害防御服务平台,实现省-市-县三级数据互联互通和风险普查成果的统一汇聚与服务,利用网页、地图、统计图表等多种形式为全省地震灾害风险防治提供信息化

服务,最大限度满足各级地震部门的业务需求,为震害防御、防震减灾科普宣传、应急准备以及震时应急响应和震后应急处置提供依据和手段,全面提升全省震害防治服务能力。

1 平台框架设计

1.1 建设目标

为了使甘肃省地震灾害风险普查数据成果更好地用于国民经济建设和全社会的减灾服务,同时便于防震减灾服务内容及服务体系的不断扩展,针对目前所存在的问题和需求,系统构建集地震灾害危险性、承灾体、地震灾害风险、地震安评资料等多种成果数据服务内容为一体的地震灾害防御服务平台,最大限度地满足各级地震部门的服务需求,实现全省震害防治服务能力的整体提升。

1.2 建设内容

(1) 依据地震灾害数据库相关规范,设计并建立贯通省-市-县三级的地震灾害防御服务平台数据库及其管理系统。包括:建立地震灾害危险性、承灾体、地震灾害风险以及地震安评从业单位及安评报告等相关成果数据的建库及入库工作,为业务应用平台建立数据库支撑。数据库满足前期数据入库和后期数据更新需求。

(2) 完成甘肃省地震灾害防御服务平台总体架构设计。对地震灾害危险性、承灾体、地震灾害风险等多个服务系统的整合模式和系统集成架构进行设计,并完成系统平台架构的构建,为整个地震灾害风险管理平台的开发及拓展奠定必要的基础。

(3) 研发甘肃省地震灾害防御服务平台网站,将各类基础数据和成果数据进行专题地图化、表格化等,通过互联网向社会公众提供基础的查询功能,通过甘肃省地震行业网向内部用户提供专业化服务。

1.3 平台框架

甘肃省地震灾害防御服务平台总体架构如图1,整个平台由5个技术层级构成:

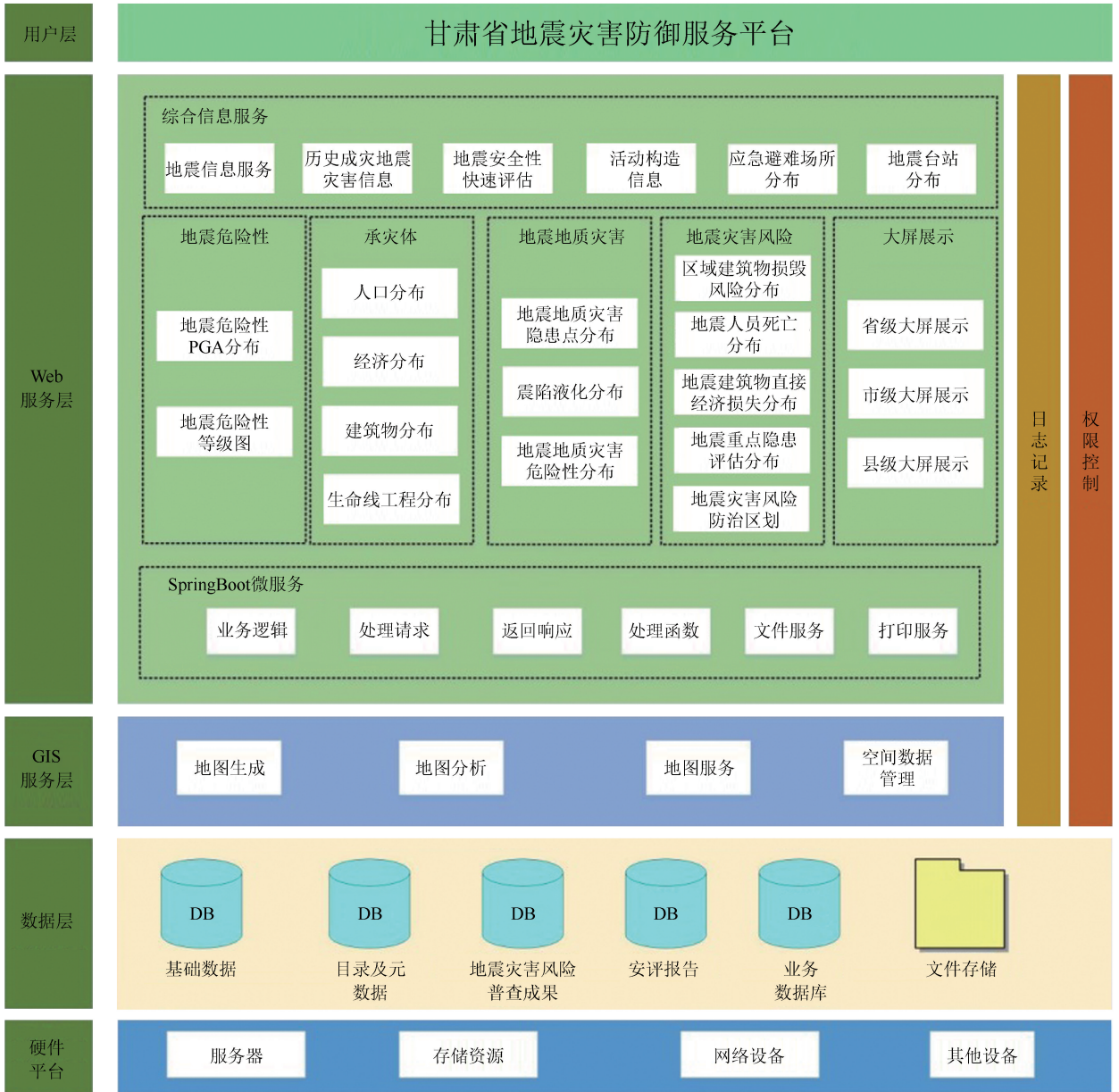


图 1 甘肃省地震灾害防御服务平台总体架构

Fig.1 General framework of the earthquake disaster defense service platform in Gansu Province

(1) 硬件平台

硬件平台是指支持软件系统的硬件平台,主要包括服务器资源、存储资源、网络设备及其他配套的设备资源等。所有硬件设备资源采用甘肃省地震局现有资源。

(2) 数据层

数据层将是本次项目建设的内容之一,是实现系统各类服务的重要支撑,其包括基础数据库、各类数据的目录及元数据、地震灾害风险普查成果库、安评报告库、业务数据库、以及文件存储资源等。

(3) GIS 服务层

GIS 服务是将各类数据资源转化为专题图并在

网络上提供信息访问的层级,为业务系统提供包括地图生成、地图分析、地图服务、地图发布及空间数据管理等服务。

(4) Web 服务层

Web 服务层是主要的业务服务层,依托 SpringBoot 服务体系,为业务服务提供数据访问支持,同时提供了综合信息服务、地震危险性分布、承灾体分布、地震地质灾害分布、灾害风险分布及大屏展示等专业化的业务服务和日志记录、权限控制等。

(5) 用户层

用户层面向行业用户、社会公众提供交互式界面,用户通过系统完成各项成果的查看及其他相关

信息服务功能。

2 数据库设计

依据地震灾害风险普查和甘肃省地震应急基础数据库相关规范,通过将现有的分散存放、格式不一、介质不同的基础数据信息和风险普查成果内容进行规范整合,设计并建立甘肃省地震灾害防御服务平台数据库及其管理系统。包括综合信息服务、地震危险

性、承灾体、地震地质灾害及地震灾害风险 5 大类(表 1),集地震危险性分析结果、人口、建筑物、地震构造、历史地震信息、地震地质灾害、地震人员死亡评估结果、建筑物直接经济损失评估结果以及地震安评报告等 20 余项数据的建库及入库工作,为业务应用平台建立数据支撑。系统平台打通数据壁垒,实现应急管理部门、自然资源部门、铁路部门、管道公司等数据资源共享,实现省-市-县三级数据互联互通。

表 1 基础数据类型及内容表

Table 1 Type and content table of basic data

数据类	数据名称	数据类型	数据内容
综合信息服务	历史地震灾害	矢量点	全省历史成灾地震,包括人员伤亡、经济损失、地震烈度、面积等信息
	地震安评数据	数据及文档	安评相关数据及报告
	小区划数据	矢量面	地震地质灾害小区划图、地震动参数小区划图
	区域性地震安评参数数据	数据及文档	区域性地震安评相关数据及报告
	潜在震源区数据	矢量面	全省潜在震源区数据
	地震动峰值加速度数据	矢量面	全省第五代地震动峰值加速度区划
	活动构造数据	矢量线	全省活断层数据,包括断层名称、断层属性等字段
	应急避难场所数据	矢量点	全省应急避难场所数据,包括地理位置、容纳面积等信息
地震地质灾害	地震台站数据	矢量点	全省地震监测站和地震台站数据
	地震地质灾害隐患点	矢量点	全省地震地质灾害隐患点数据,包括地理位置、灾害类型、威胁人口和财产等
	震陷液化数据	矢量点/线	全省地震陷液化评估数据
地震危险性	地震地质灾害危险性数据	矢量点/线	全省滑坡隐患点稳定性评估数据
	地震危险性 PGA 数据	矢量线	全省地震危险性 PGA 数据
承灾体	地震危险性等级数据	矢量面	地震危险性等级评估数据
	人口数据	矢量面	全省格网人口数据
	建筑物数据	矢量面	全省格网建筑物数据
	经济数据	矢量面	全省格网经济数据
地震灾害风险	生命线工程数据	矢量点/线/面	全省供水系统、排水系统、电力系统、燃气系统、公路、铁路等数据
	区域建筑物损毁风险数据	栅格数据	全省区域建筑物损毁风险评估数据
	人员死亡风险评估数据	栅格数据	全省 4 个超越概率水平下地震灾害人员死亡风险评估数据
	人员死亡风险等级数据	矢量面	全省 4 个超越概率水平下地震灾害人员死亡风险等级评估数据
	经济损失风险评估数据	栅格数据	全省 4 个超越概率水平下地震灾害经济损失风险评估数据
	经济损失风险等级数据	矢量面	全省 4 个超越概率水平下地震灾害经济损失风险等级评估数据
	地震灾害重点隐患评估结果	矢量点/面	全省地震灾害重点隐患评估数据
地震灾害风险防治区划数据	矢量面	全省活断层避让、地震灾害风险防治区划评估数据	

3 主要功能模块

系统功能架构如图 2 所示,共分为 6 个子功能模块,分别为地震危险性、承灾体、地震地质灾害、地震灾害风险、大屏展示 5 个 GIS 相关功能模块和 1 个综合信息服务模块。

平台将各类基础数据进行专题地图化、表格化等形式表现,地震专业用户在为公共服务基础上,可进行更专业的信息查询服务,可查询深层次内容,同时具有统计分析、成图及叠加要素功能。通过行业内网向市县地震部门用户提供基础的查询功能和大屏展示系统,并可进行地震简报、震情通报及专题

图的下载等。

3.1 综合信息服务模块

综合信息服务主要包括地震信息服务、历史成灾地震灾害信息、抗震设防服务和活动构造信息等。其中地震信息服务提供地震速报数据接入,基于基础数据库、区域评估地震烈度衰减模型等研究成果,进行自动触发计算、快速获取重点目标震中距离、地震影响范围、自动产出地震简报和震情通报等,为地震应急响应和指挥决策提供技术支撑;历史成灾地震灾害信息提供历史震灾数据(包括人员伤亡、经济损失、地震烈度、面积等信息)的查询和展示;抗震设防服务提供地震动参数区划、区域性地震安评参数、

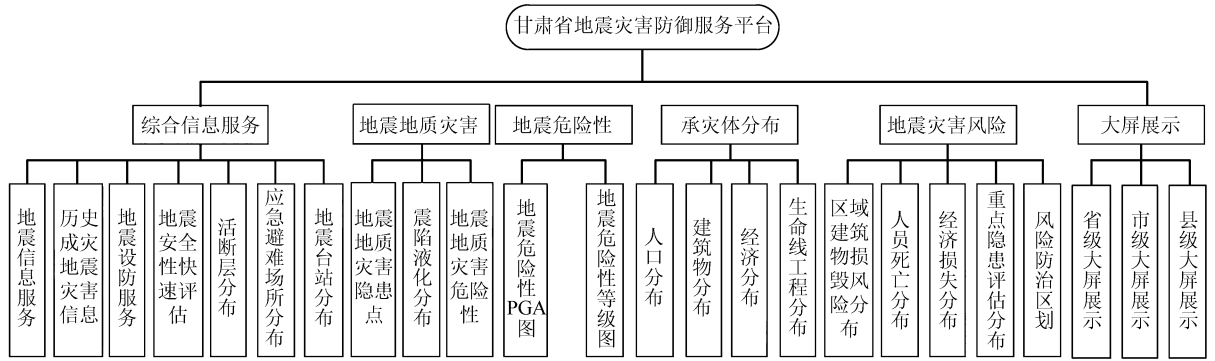


图2 甘肃省地震灾害防御服务平台功能示意图

Fig.2 Functional diagram of the earthquake disaster defense service platform in Gansu Province

小区划数据、潜在震源区、重大工程安评资料等查询,以上各类信息查询结果形成地震安全性快速评估报告;地震构造信息服务提供甘肃省地震灾害风险普查获得的活断层成果,综合显示活断层分布和村镇、重点目标位置,并可根据设定距离查询相关信息。此外,综合信息服务提供应急避难场所和地震台站分布及查询服务,以“天地图”作为基础底图,将全省应急避难场所和地震台站数据加载到电子地图中,进行应急避难场所面积、可容纳人数等详细信息查询和行政区划内地震监测中心站、地震台站信息等查询,其中地震监测中心站提供甘肃省8个地震监测中心站基本情况简介,包括地理位置、下辖台站、人员情况等信息。

3.2 地震地质灾害分布模块

地震地质灾害分布模块主要包括地震地质灾害隐患点分布、震陷液化分布和地震地质灾害危险性分布三部分。地震地质灾害隐患点是依据自然资源部门确定的滑坡、泥石流、崩塌、不稳定斜坡等隐患点分布,包括规模、影响人口范围等,并结合地震部门行业相关数据,综合分析得出震陷液化分布数据;地震地质灾害危险分布以地震烈度指数与地震灾变预测指数为依据,得到的各烈度下地震地质灾害危险性预测图。系统基于以上三类数据进行电子地图集成,提供相关数据索引和展示功能。

3.3 地震危险性分布模块

地震危险性分布模块包括4个地震超越概率(50年超越概率63%、10%、2%和100年超越概率1%)水平下甘肃省基岩和场地地震动峰值加速度(Peak Ground Acceleration,PGA)分布图和地震危险性等级图。系统使用等值线展示地震PGA危险程度,提供市县的行政查询、各类属性条件查询、统计服务,作为工程布局和土地规划的依据。

3.4 承灾体分布模块

承灾体分布模块主要展示第一次全国自然灾害综合风险普查获得的全省30"格网人口、经济、建筑物数据和生命线工程,其中建筑物数据包含建筑物实际调查点和13种结构类型建筑物分布,生命线工程包括全省铁路、公路等交通数据。系统主要以电子地图的形式为用户提供承灾体相关数据成果展示,以“天地图”作为基础底图,提供数据的索引、独立加载、图形标注和基础测量服务,并按照具体专题图提供不同的交互查看功能。

3.5 地震灾害风险分布模块

地震灾害风险分布模块包括区域建筑物损毁风险图、人员死亡风险评估图、人员死亡风险等级图、建筑物直接经济损失风险评估图、建筑物直接经济损失风险等级图、重点隐患评估图和风险防治区划图。本模块通过B/S架构向行业用户提供各类专题电子地图。电子地图提供包括基于关键字、行政区划等相关信息的检索、展示、比对、空间分析及截图等多种服务。

3.6 大屏展示模块

利用可视化展示技术将全省人口、建筑物、活动断裂、历史地震及抗震设防信息等各种数据以图表、地图、文字及图片等形式展示在大屏幕上,使得数据更加直观、易于理解和分析。根据省、市、县三级地震部门的不同需求,订制不同数据内容展示,满足各级相关部门日常和震时需求。

4 系统实现

本系统涉及的软件支持平台包括GIS支撑平台、文件服务支撑平台、负载均衡服务平台等。GIS平台系统采用QGIS,它是一个用户界面友好的开源地理信息系统,可运行Windows等平台之上,为

用户提供转化的 GIS 信息服务。文件服务器采用开源的轻量级分布式文件系统 FastDFS,并搭建一套高性能、已扩容的文件服务器集群,提供文件上传、下载等服务。负载均衡中间件采用 Nginx。

数据层从全国地震速报信息共享与服务系统(Earthquake Instant Messenger, EQIM)获取地震速报数据,从天地图获取地图底图数据,从甘肃省地震灾害防御服务平台业务成果数据库获取活动断裂、地震危险性、人口、建筑物、地震人员死亡、地震建筑物直接经济损失、地震地质灾害及地震台站等数据。

4.1 系统主界面

甘肃省地震灾害防御服务平台主界面如图 3 所示。界面上部分为系统主要功能菜单条,包括地震危险性、承灾体、地震灾害风险及大屏展示等模块。

大屏展示模块可以进行省、市、县三级用户的切换;界面主体为地图窗口,可以直观显示地震速报、承灾体、地震灾害风险等信息。中间部分为地震速报、历史成灾地震信息和工程场地安评资料信息,系统滚动显示当前地震事件基本信息,并提供 1950 年以来中国大陆历史成灾地震灾害,可查询历史地震基本情况、基础背景、人员死亡等信息,且能够编辑补充地震灾害信息;并提供工程场地地震安评资料查询、统计以及管理,可根据工程信息生成地震安全性快速评估报告,包括项目工程基本信息和地震构造背景、地震活动背景、地震危险性等,只有省级用户拥有上传资料、删除资料权限,而市县级用户则拥有查看、下载安评资料权限。界面下半部分提供地震台站、潜在震源区、地震动参数查询,可通过输入行政区划名称或经纬度进行相关信息查询。



图 3 甘肃省地震灾害防御服务平台主界面(审图号 GS(2016)2556 号)

Fig.3 Main interface of the earthquake disaster defense service platform in Gansu Province

4.2 主要功能实现

4.2.1 风险普查成果展示查询

实现全省地震危险性、承灾体、地震灾害风险评估结果等第一次全国自然灾害综合风险普查成果展示和查询,为地震风险防范管理措施制定提供基础和依据。如地震灾害风险模块里展示了 4 个地震超越概率水平下全省地震人员死亡、建筑物直接经济损失分布和等级图,可以查询不同超越概率水平下

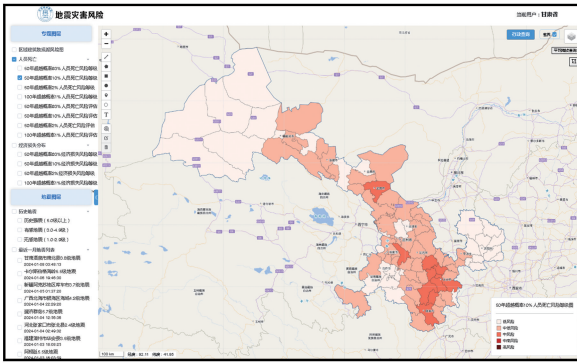
各地区的人员死亡、建筑物直接经济损失,以及各个地区风险等级情况。甘肃省地震人员死亡等级较高地区主要分布在定西市临洮县、通渭县,天水市秦州区、麦积区、秦安县,陇南市武都区、西和县、礼县和武威市凉州区等地,这是由这些地区房屋和人员密度大、房屋建筑抗震能力相对较差引起的;地震危险性分布图直观显示了全省各地区地震危险性高低。甘肃省总体地震危险性较高,特别是祁连山区、秦岭

山区、以及甘南、陇南地区,基本处于中高地地震危险等级以上,部分地区为高等级;地震危险性低等级区主要位于庆阳地区和北山—疏勒河下游地区。如图 4 为 50 年超越概率 10%水平下地震人员死亡等级和地震危险性等级分布。

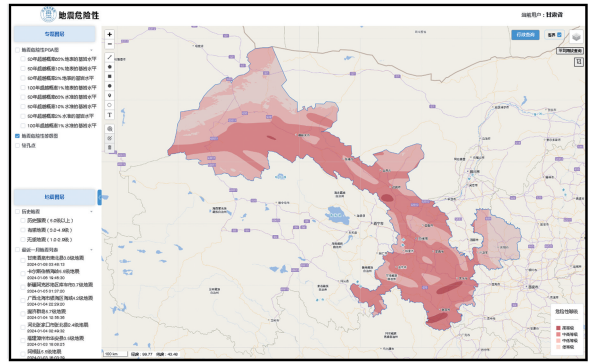
4.2.2 提供抗震设防服务

提供地震动参数区划、区域性地震安评参数、小区划数据、潜在震源区及重大工程安评资料等查询,并可根据各类信息查询结果形成地震安全性快速评估报告,为各地区工程项目、各类农村民居和公用设施建设提供科学准确的抗震设防要求标准。地震灾害风险防治区划图是对已开展地震活动断

层 1:5 万填图工作涉及的区县编制的 100 m 和 200 m 活动断层避让图。如图 5,可以查询甘肃省活动断层 100 m 和 200 m 范围内行政村、自然村等居民点驻地和重点目标等,如高台县活动断层避让带主要沿慕少梁断裂、合黎山南缘断裂、榆木山北缘断裂、佛洞庙—红崖子断裂展布,总长度约 122 km,100 m 避让带面积约 24 km²,避让带涉及行政村包括柴家庄等 3 个村庄;200 m 避让带面积约 47 km²,避让带涉及行政村还包括小泉村等 4 个村庄。地震灾害风险防治区划图为市县地质灾害和地震灾害危险区搬迁范围及对象认定、审核提供科学依据。



(a)



(b)

图 4 地震人员死亡等级和地震危险性等级分布(审图号 GS(2016)2556 号)

Fig.4 Distribution of earthquake casualties levels and earthquake risk levels

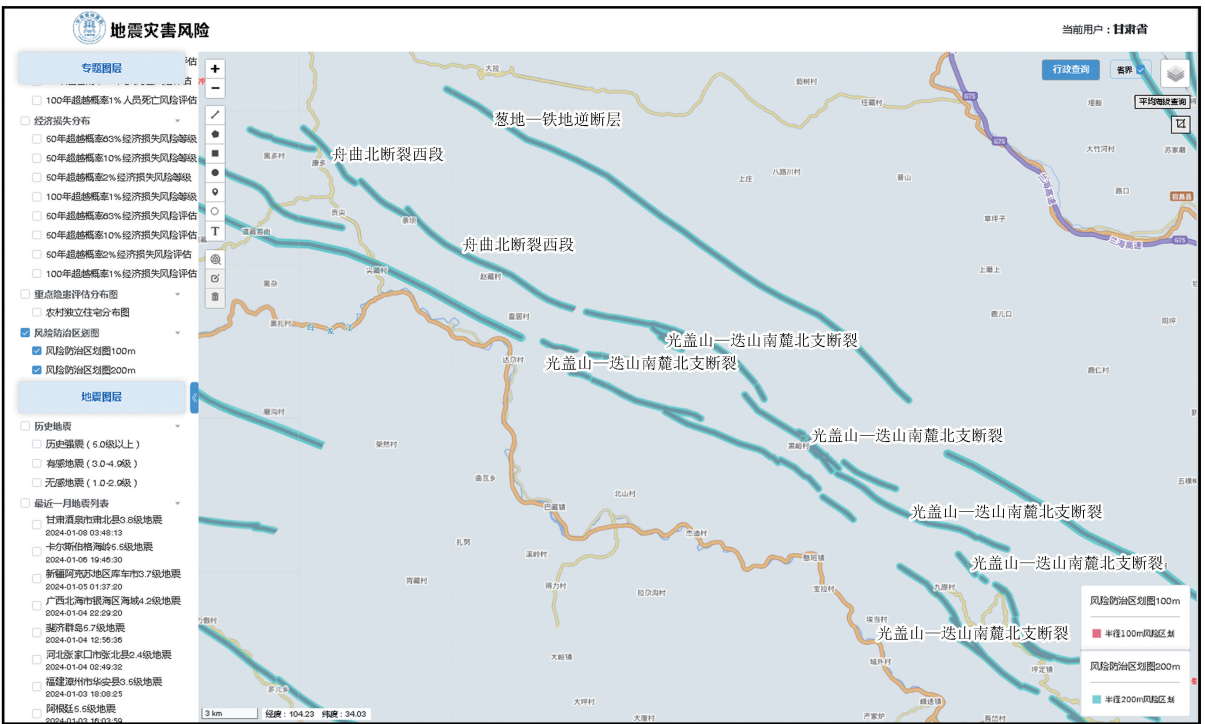


图 5 地震灾害风险防治区划图

Fig.5 Earthquake disaster risk prevention zoning map

4.2.3 大屏展示系统

大屏幕展示系统分为省、市、县三级系统进行展示,其中省级系统展示各市州总人口和人口密度;活断层情况按照全省Ⅰ级、Ⅱ级和Ⅲ级活断层分层展示,包括活断层名称、级别和年代等信息;全省历史强震统计模块分级统计了1900年以来全省5.0级以上地震次数;抗震设防烈度分布展示全省抗震设防烈度面积和占比;建筑物结构类型模块利用柱状

图展示全省城镇和农村13种建筑结构类型面积;当点击地图中市州边界时,模块中数据将切换为该市州数据。市级系统展示所辖县区国土面积、人口、经济;市州境内台站分布情况;抗震设防烈度区占比;按照类别统计展示应急避难场所信息;以及活断层数量和描述等。县级系统展示所辖乡镇、街道国土面积、人口、经济,全县建筑物结构类型比例以及4个超越概率水平下地震灾害风险评估结果。图6为



(a)



(b)



(c)

图6 省市县三级大屏展示系统(审图号GS(2016)2556号)

Fig.6 Three levels of province,city and county large screen display systems

省市县三级大屏展示系统。

4.2.3 其他功能实现

依据 2015 年至今甘肃省年度地震重点危险区调研,以及近几年第一次全国自然灾害综合风险普查建筑物抽样调查结果,建立了建筑物抽样调查数

据库,在建筑物分布模块进行调研点建筑物结构比例、各结构类型典型照片等查询展示,震后能够快速了解当地建筑物抗震性能情况,为地震灾害快速评估提供依据。图 7 所示为建筑物抽样调查点查询结果。

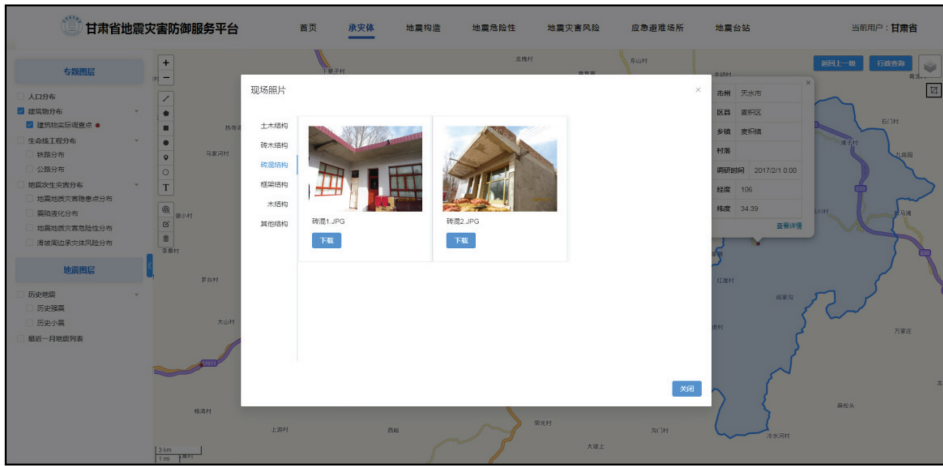


图 7 建筑物抽样调查点查询

Fig.7 Building sample survey point query

软件系统将甘肃区域内的理论研究成果以程序模块实现。甘肃境内发生 3.0 级以上地震时,系统实现了自动产出地震简报和震情通报。地震简报主要包含地震基本信息、震中距离主要目标信息、震中周围人口信息、地震影响区县和当地设防情况等信息,为政府和应急管理部门应急响应、指挥决策提供技术支撑。

5 结论与讨论

本文根据省、市、县各级地震部门平时防御和震时应急的工作需要,结合甘肃省长期积累的抗震设防基础资料和第一次全国自然灾害综合风险普查成果,进行了甘肃省地震灾害防御服务平台系统设计与实现研究。平台实现了省-市-县三级数据互联互通和风险普查成果的统一汇聚与服务,利用网页、地图、统计图表等多种形式为全省地震灾害风险防治提供信息化服务,为地震部门震害防御、防震减灾科普宣传、应急准备以及震时应急响应和震后应急处置提供依据和手段。获得了以下几点认识:

(1) 随着社会经济的发展,震害防御业务需不断充实、提高,为国民经济建设提供地震安全保障,甘肃省经过“十五”“十一五”等阶段,建成了应急指挥技术和震害防御等系统,应对了多次重大地震。本研究通过建设甘肃省地震灾害防御服务平台,使甘肃省尤其市县震害防御能力有了一定程度的提

升。

(2) 从业务需求分析到总体架构设计再到功能实现,精准了解震害防御业务的需求和建立符合逻辑的系统模型是至关重要的。服务平台对地震危险性、承灾体、地震灾害风险等多个成果数据服务系统的整合模式和系统集成架构进行设计,完成了系统平台架构的构建和系统功能模块建设,达到了甘肃省震害防御业务的需求目标。

(3) 甘肃省地震灾害防御服务平台作为以风险普查成果数据为核心功能的服务系统,服务平台数据库的建设和维护至关重要。本系统的建设打通了数据壁垒,建立了省、市、县三级数据的互连互通。

(4) 市县是履行政府防震减灾社会管理职能的行政主体,机构改革后市县防震减灾工作面临着深度融合,应积极研究震害防御业务新变化,进一步完善信息化服务水平和业务管理能力,尽可能地防范化解地震灾害风险水平。下一步将根据实际应用情况和市县实际工作需求,继续完善软件系统,以切实提升防震减灾工作的科技含量,丰富工作手段,提高工作实效。

参考文献(References)

[1] 徐敬海,聂高众.地震应急决策知识地理本体建模[J].地震地质,2015,37(2):588-597.
 XU Jinghai, NIE Gaozhong. Geo-ontology modeling for earth-

- quake emergency decision-making knowledge[J]. Seismology and Geology, 2015, 37(2): 588-597.
- [2] 杨天青, 杨波, 席楠, 等. 地震应急救援差异性查询平台设计与实现[J]. 震灾防御技术, 2016, 11(1): 125-131.4.
YANG Tianqing, YANG Bo, XI Nan, et al. Design and realization of earthquake emergency rescue differential query platform [J]. Technology for Earthquake Disaster Prevention, 2016, 11(1): 125-131.
- [3] 魏本勇, 聂高众, 苏桂武, 等. 地震灾害埋压人员评估的研究进展[J]. 灾害学, 2017, 32(1): 155-159.
WEI Benyong, NIE Gaozhong, SU Guiwu, et al. Advances on the assessment methods of buried personnel distribution in earthquake disaster [J]. Journal of Catastrophology, 2017, 32(1): 155-159.
- [4] 国家质量监督检验检疫总局, 中国国家标准化管理委员会. 中国地震动参数区划图: GB 18306—2015[S]. 北京: 中国标准出版社, 2016.
General Administration of Quality Supervision, Inspection and Quarantine of the People's Republic of China, Standardization Administration of the People's Republic of China. Seismic ground motion parameters zonation map of China: GB 18306—2015[S]. Beijing: Standards Press of China, 2016.
- [5] 何少林, 李佐唐, 张苏平, 等. 甘肃省地震应急指挥技术系统设计与实现[J]. 地震地磁观测与研究, 2007, 28(5): 71-79.
HE Shaolin, LI Zuotang, ZHANG Suping, et al. Design and implement of technical system for earthquake emergency direction in Gansu Province[J]. Seismological and Geomagnetic Observation and Research, 2007, 28(5): 71-79.
- [6] 陈文凯, 周中红, 张灿, 等. 新一代区域地震灾害快速评估系统设计与实现: 以甘肃省为例[J]. 地震工程学报, 2020, 42(6): 1683-1692.
CHEN Wenkai, ZHOU Zhonghong, ZHANG Can, et al. Design and implementation of a rapid assessment system for regional earthquake disasters in Gansu Province[J]. China Earthquake Engineering Journal, 2020, 42(6): 1683-1692.
- [7] 蔡宗文, 付剑国, 危福泉, 等. 市县防震减灾信息化管理系统的设计与实现[J]. 震灾防御技术, 2009, 4(4): 448-454.
CAI Zongwen, FU Jianguo, WEI Fuquan, et al. Design and accomplishment of information management system for urban earthquake disaster mitigation [J]. Technology for Earthquake Disaster Prevention, 2009, 4(4): 448-454.
- [8] 吴微微. 市县防震减灾信息服务系统[J]. 世界地震工程, 2011, 27(1): 136-141.
WU Weiwei. The earthquake prevention and disaster reduction information service system in city and country [J]. World Earthquake Engineering, 2011, 27(1): 136-141.
- [9] 郭红梅, 陈维锋, 申源, 等. 城镇地震防灾与应急处置一体化服务系统研究[J]. 震灾防御技术, 2017, 12(4): 924-935.
GUO Hongmei, CHEN Weifeng, SHEN Yuan, et al. The integrated service system of earthquake disaster prevention and emergency disposal for county and township [J]. Technology for Earthquake Disaster Prevention, 2017, 12(4): 924-935.

(本文编辑: 张向红)