

杨辰, 毕奔腾, 周立新. 岩溶地质资料管理服务系统设计与实现[J]. 中国岩溶, 2024, 43(4): 982-990.

DOI: 10.11932/karst20240414

岩溶地质资料管理服务系统设计与实现

杨辰, 毕奔腾, 周立新

(中国地质科学院岩溶地质研究所/自然资源部、广西岩溶动力学重点实验室/

联合国教科文组织国际岩溶研究中心, 广西桂林 541004)

摘要: 岩溶地质资料是岩溶领域科学研究积累的宝贵科研资料。自岩溶地质研究所建所以来, 承担各类项目超过1000项, 积累了大量岩溶地质资料, 这些资料存在分散管理、多源异构、数据孤岛、查询困难等问题。为进一步发挥岩溶地质资料的科学价值, 让各类数据资源能够更好的被利用, 本文根据岩溶地质资料的特点, 利用开源平台架构, 采用Web开发技术, 设计开发了岩溶地质资料管理服务系统。系统实现了各类岩溶地质资料的元数据管理、目录查询、空间查询、地图服务等功能, 可为岩溶科技人员开展科学研究、地质调查、市场服务等工作提供数据信息支撑。

关键词: 岩溶地质; 数据查询; 共享服务; 开源框架

创新点: 以岩溶地质资料共享服务为切入点, 利用WebGIS等开源技术框架, 结合岩溶地质资料的特点, 打破资料的管理框架和结构束缚, 实现多维度查询, 对解决岩溶地质数据孤岛、综合应用研究具有重要意义。

中图分类号: TP311.52; P642.25 **文献标识码:** A

文章编号: 1001-4810(2024)04-0982-09

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



0 引言

我国岩溶面积约占国土面积的三分之一^[1], 几乎所有的省份都有岩溶分布。因此, 岩溶领域的科学研究是地质研究的热点方向之一。岩溶地质研究所自建所以来, 在岩溶区开展了水文地质调查、环境地质调查、岩溶塌陷、生态环境、地质遗迹、油气资源、岩溶景观等调查工作, 已完成科技部、国家基金委、国土资源部和广西科技厅等部门的科研项目和地方国民经济建设中的技术服务项目共1500多项, 各类档案资料10万余件。这些长期以来积累的地质资料数据、科技成果是一座待开发的巨型宝藏^[2-3], 蕴藏着更多有意义、有价值的知识、规律。为了发掘

其潜在价值, 需对其整合实现资源共享服务, 消除数据孤岛^[4], 打破各类数据利用壁垒, 建立一体化数据资源管理系统, 提高各类数据资源的利用价值, 实现电子资源规模化、规范化分类组织^[5], 统一调度与资源管理, 实现各类数据资源的分类、检索、下载与使用, 提高单位科研人员的工作效率和数据利用效率, 为岩溶科技人员提供数据支撑。

1 系统设计

基于岩溶地质资料的现状及服务需求, 遵循软件系统设计原则, 设计系统整体架构, 实现岩溶地质资料的管理与查询。

资助项目: 中国地质科学院岩溶地质研究所基本科研业务费重大项目(2021004); 中国地质调查项目(DD20230720)

第一作者简介: 杨辰(1989—), 男, 硕士, 高级工程师, 主要从事岩溶地质信息化相关的研究工作。E-mail: ychen@mail.cgs.gov.cn。

通信作者: 毕奔腾(1990—), 男, 助理研究员, 主要从事岩溶信息化, 地理数据建模等方面的研究工作。E-mail: bibenteng@163.com。

收稿日期: 2023-03-01

1.1 设计原则

系统设计遵循可靠性、高效性、便捷性、安全性、灵活性、易用性等原则。结合应用实际需求,采用先进、成熟、主流的技术进行建设。系统提供安全、可靠、专业应用的同时,尽最大程度保证灵活性,以利于不同使用者、不同时期的应用变化下,可以对系统进行调整。

为解决岩溶数据资源分散管理、管理方式落后、存在数据孤岛、难以满足所内用户方便借阅需求等问题,需要整合单位内外部各类数据资源,包括长期以来积累的地质项目报告、图件、测绘成果、数据库等。研究构建单位岩溶地质信息数据库,开发岩溶地质信息管理服务系统,实现岩溶地质数据资源“收、管、用”全流程信息化管理与服务,实现数据资源“一站式”服务^[6]。

1.2 系统架构

岩溶地质资料管理服务系统的数据层以 SQL Server 作为关系数据库, ArcGIS Server 作为空间地图服务引擎,采用 ASP NET CORE 6.0 MVC 框架, C#、JavaScript、HTML 语言,集成 WebGIS 技术、Echart 和结巴分词等开源技术框架开发,实现了基础图件管理、科技档案管理、岩溶地质信息共享、图幅

转换工具等功能。系统架构总体分为 4 层:基础设施层、数据资源层、业务层和应用层(图 1)。

1.2.1 基础设施层

基础设施层提供平台运行的软硬件环境,是系统正常运行的基本保障。具体包括地质云平台、Sql Server 数据库、ArcGIS Server、操作系统、文件系统等。

1.2.2 数据资源层

数据资源层以元数据为核心。元数据是数据的数据,主要描述数据的属性信息。利用元数据可实现非结构化数据的描述和分类的标准化。岩溶地质资料包括矢量图件、栅格图件、纸质图件、报告、管理文件、原始数据、数据库文件等,主要是非结构化资料。为实现地质资料的综合查询,采用文件级细粒度管理,对地质资料抽取元数据^[7],建立元数据库,通过元数据建立各类数据的关联关系。

地质资料具有鲜明的空间位置信息,用户搜索资料不限于目录检索,还可通过地理位置等方式搜索资料。根据地质资料的特点及用户的搜索习惯,设计岩溶地质资料的核心元数据如表 1,具体资料元数据通过外键与核心元数据建立关联。

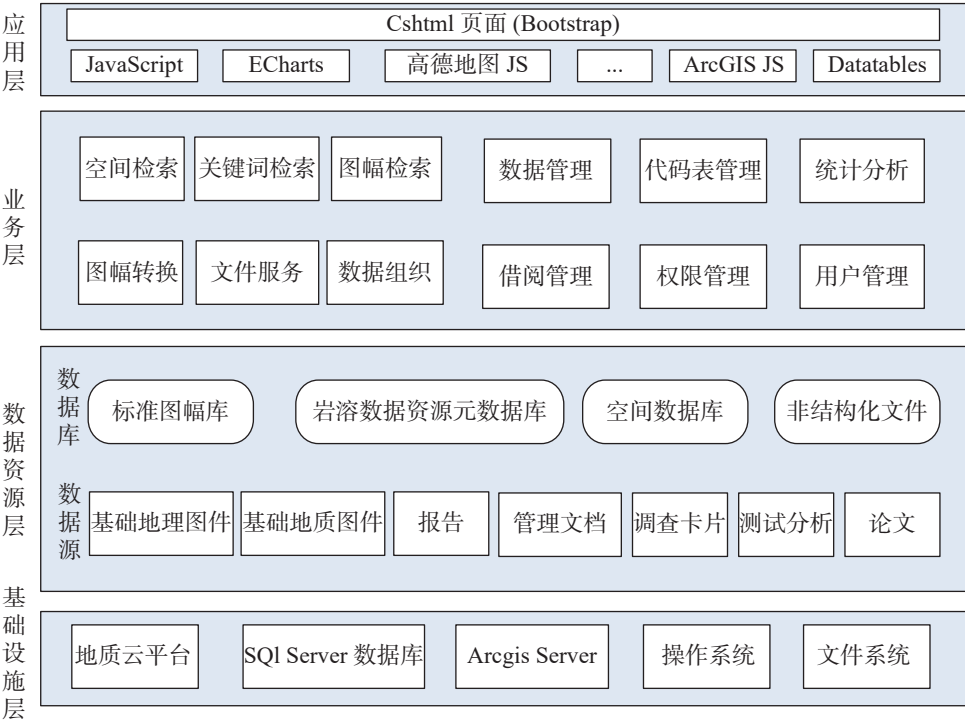


图 1 系统架构图

Fig. 1 Diagram of system architecture

表 1 岩溶地质资料核心元数据
Table 1 Core metadata of karst geology

字段名	类型	描述
编号	字符串	元数据编号
资料名称	字符串	一般采用资料的标题
摘要	字符串	对资料的内容进行摘要
关键词	字符串	资料的关键词描述
图幅信息	字符串	资料的所属的图幅名图幅号
档号	字符串	资料所属的档案编号
资料类别	枚举	资料所属类型: 报告、图件、管理文件等
行政区	字符串	资料研究区的地理位置
空间位置	数字	资料研究区的经纬度范围: 东经、西经、南纬、北纬
附件	字符串	资料本体的存储位置

1.2.3 业务层

系统业务功能,包括数据管理、关键词检索、空间检索、文件服务、数据统计、借阅管理、代码表管理、用户管理、权限设置等功能,供应用层调用。

1.2.4 应用层

包括岩溶地质数据管理系统(服务端)和岩溶地质数据服务系统(管理端)。利用 web 网页技术设计 UI、Ajax 技术调用业务层功能^[8],具备数据资源的目录查询、一张图综合查询、专业图层在线查询浏览、综合管理等功能。管理端实现岩溶地质数据资源“收、管、用”全流程信息化管理与服务,服务端实现数据资源“一站式”服务。

2 技术平台

本系统利用的技术以开源框架为主,包括高德地图 JS、ECharts、ArcGIS JS 和结巴分词等。

2.1 可视化渲染技术

ECharts 是一个使用 JavaScript 实现的开源可视化库^[9],它的底层依赖轻量级的 Canvas 类库 Zrender,提供了丰富的图表类型、强劲的渲染引擎^[10],能够进行专业的数据分析和科学的可视化设计、友好的无障碍访问。

2.2 高德地图JS API

高德地图 JS API 是一套 JavaScript 语言开发的地图应用编程接口^[11],移动端、PC 端一体化设计,一

套 API 兼容众多系统平台。接口提供了 2D、3D 地图模式,能够满足绝大多数开发者对地图展示、地图自定义、图层加载、点标记添加、矢量图形绘制的需求,同时也提供了 POI 搜索、路线规划、地理编码、行政区查询、定位等众多开放服务接口^[12]。

2.3 ArcGIS JS API

ArcGIS API for JavaScript (JavaScript API)^[13] 是 ESRI 根据 JavaScript 技术实现调用 ArcGIS Server REST API 接口的一组脚本。通过 ArcGIS API for JavaScript 可以将 ArcGIS Server 提供的地图服务资源嵌入到 Web 应用中^[14]。

2.4 结巴分词

结巴分词是一款优秀的开源中文分词工具^[15-17]。主要支持三种分词模式:(1)精确模式,试图将句子最精确地切开,适合文本分析;(2)全模式,把句子中所有可以成词的词语都扫描出来,速度快,但是不能解决歧义;(3)搜索引擎模式,在精确模式的基础上,对长词再次切分,提高召回率,适合用于搜索引擎分词。

3 关键技术

根据用户查阅岩溶地质资料的习惯及资料的空间特征,系统采用的关键技术包括关键词搜索和空间检索。其中,关键词检索用于目录查询,根据用户输入的内容提供查询结果;空间检索利用岩溶地质资料的空间特征,根据用户选定的研究区域、图幅等空间信息,结合筛选条件精准提供查询结果。

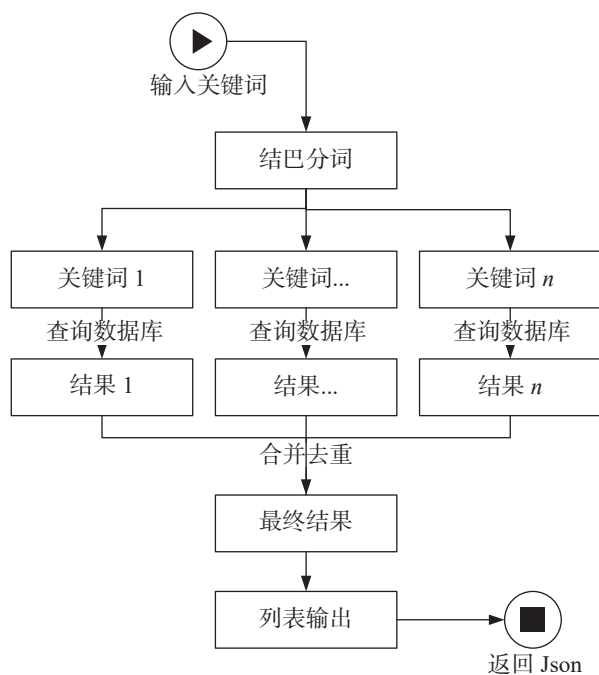


图 2 关键词检索流程

Fig. 2 Keyword retrieval process

3.1 关键词搜索

输入关键词是用户检索的主要方式。为保证用户的搜索精度和效率,将搜索分为四个主要步骤:一是对用户输入的语句进行分词并查找近义词,形成词组;二是根据词组进行逐一搜索得到结果;三是对每个关键词搜索的结果进行合并去重排序;四是对最终结果进行组织返回调用函数,用户搜索的具体流程如图 2。

3.2 空间检索

岩溶地质资料一般具有空间位置信息,因此根据位置获取资料也是用户的常用方式之一。空间检索的关键步骤主要包括三个(图 3):一是根据用户输入的信息提取坐标范围;二是遍历核心元数据,将资料的坐标范围与用户输入进行空间关系判断,存在

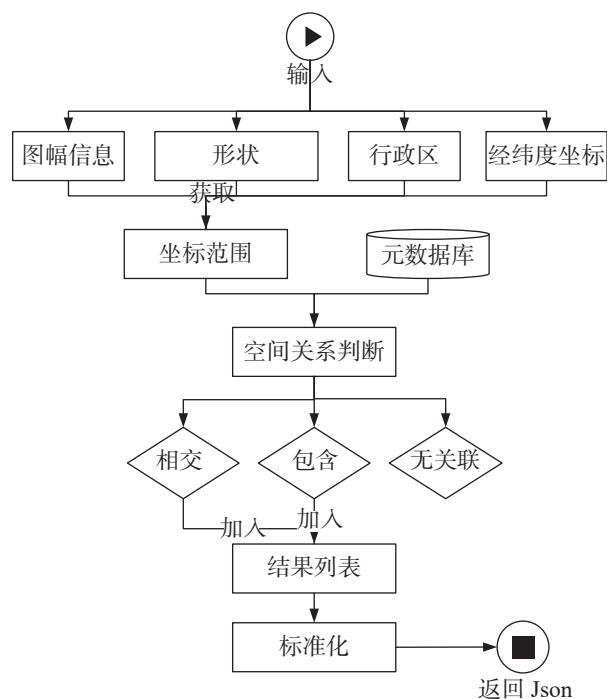


图 3 空间检索流程

Fig. 3 Spatial retrieval process

相交或者包含关系的,加入结果列表;三是组织结果返回调用函数。

4 系统实现

本系统采用 ASP.NET Core MVC 框架,主要的功能模块包括数据统计、数据上传、综合表格查询、基于分词技术的目录查询、岩溶地质资料一张图等模块,基于 ArcGIS JS 的地图服务、图幅转换、借阅管理、用户管理等模块。这些模块利用岩溶地质资料的空间、时间、关联属性和其他元数据信息通过多种方式展现给用户,实现了地质资料的管理服务信息化,提高了数据的查询访问效率。

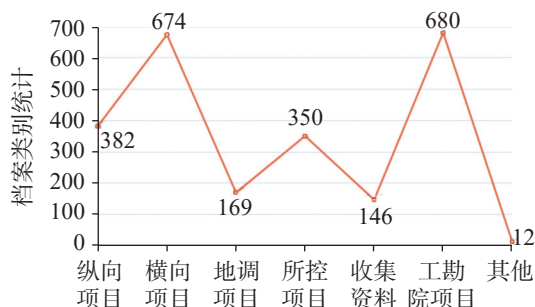
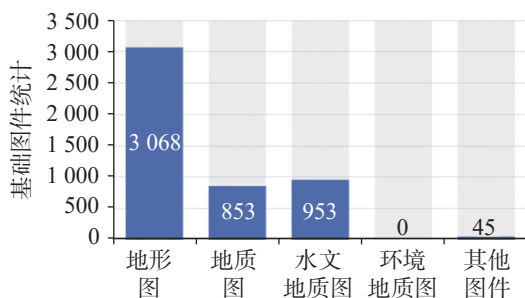


图 4 数据统计模块

Fig. 4 Data statistics module

4.1 数据统计模块

数据统计模块是展示系统内各类别数据的数量统计结果。为了能够直观展示数据,采用开源框架的柱状图、折线图绘制功能,以资料类别为横坐标,以资料数量为纵坐标,设计一套可视化界面。该模块方便用户快速了解各类岩溶地质资料的数量,模块效果如图 4。

4.2 地质资料的综合表格查询模块

地质资料的综合表格查询模块实现管理端各类地质资料的多条件高级查询。利用 DataTables 的强大交互及展示能力,将各类地质资料的信息展现给用户,并提供模糊检索、高级检索、排序、数据导出等功能。用户可以根据需求选择不同属性排序、设置分页数量、多属性联合查询条件等获取所需数据,通过多属性条件联合查询,可缩小数据查询范围,精准获取查询结果,完美解决大数据检索的难题。模块效果如图 5。

4.3 基于分词技术的目录查询模块

目录查询模块是根据用户输入的内容实现岩溶地质资料的检索。该模块对用户输入的查询语句进行分解,逐词进行查询,提高查询精度,方便用户获取所需资料,在分词查询结果的基础上,用户可进一步通过资料类别、比例尺、行政区筛选资料,查询结

果高亮显示搜索关键词,点击标题可进入资料详情页。

4.4 岩溶地质资料一张图模块

岩溶地质资料一张图模块是基于空间拓扑关系,利用地质资料的空间信息,实现各类地质资料的地图空间检索。用户可以选择查询数据类别、比例尺,利用输入图幅号、拉框查询、多边形查询等多种方式获取数据信息。地图显示资料位置,右侧列表显示资料名称,地图上点击资料空间位置或者查询结果列表点击资料名显示资料信息窗口,点击详细信息可进行资料详情页,模块效果如图 6。

4.5 基于ArcGIS JS 的地图服务模块

地图服务模块实现专业地图要素的在线查看、属性查询。用户可根据需求选择查询的专业地质图层,切换矢量地图、遥感影像、地形等多种底图,查看图例,调节图层透明度,利用点选、线选、面选等多种方式查询属性信息,模块效果图 7。

4.6 图幅转换模块

图幅转换模块根据国标《GB/T 13989-2012 国家基本比例尺地形图分幅和编号》^[18]设计,提供新旧图幅号的相互转换、经纬度转图幅号、图幅号计算经纬度能功能,方便用户获取图幅坐标范围、坐标查询各种比例尺所在图幅号等。



图 5 地质资料的综合表格查询模块

Fig. 5 Comprehensive table query module for geological data

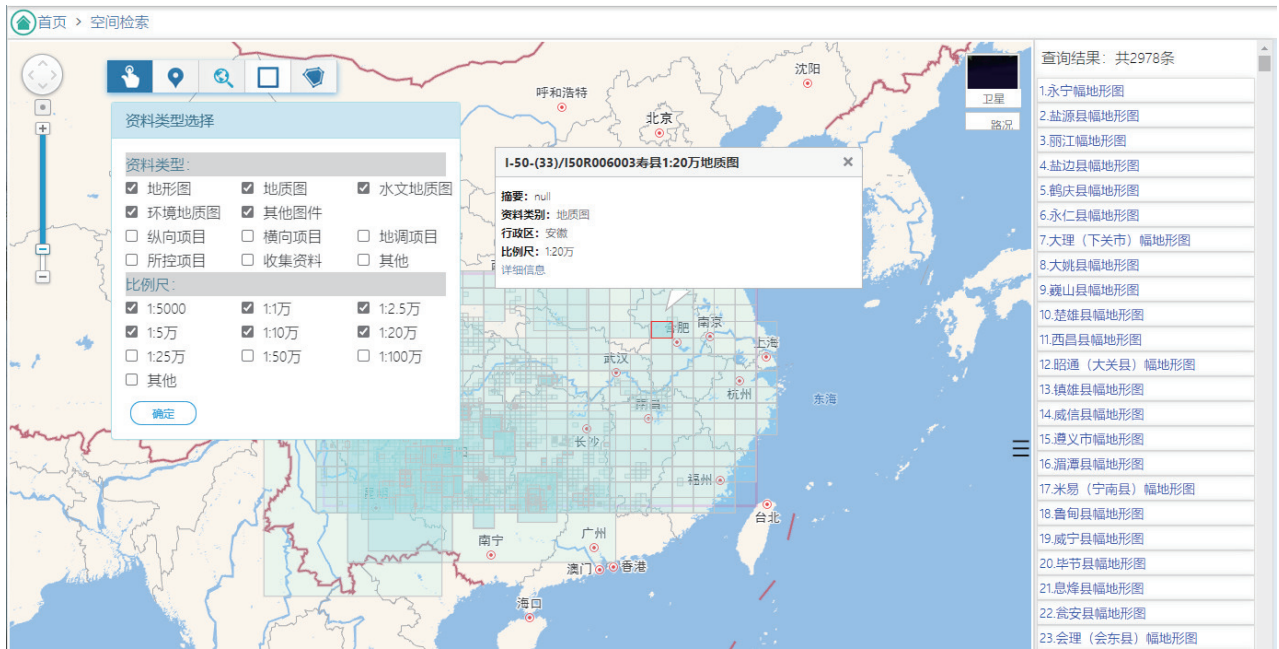


图 6 基于高德地图的一张图查询模块
Fig. 6 One image query module based on Gaode map

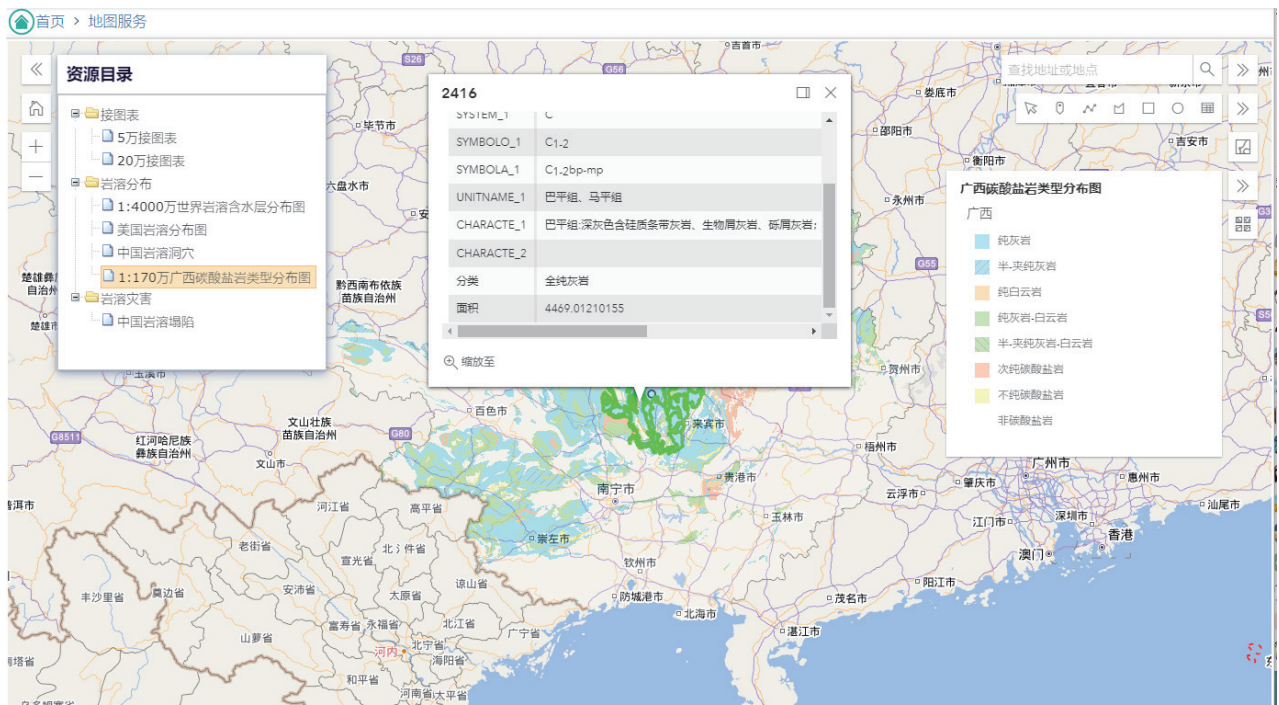


图 7 基于 ArcGIS JS 的地图服务模块
Fig. 7 Map service module based on ArcGIS JS

5 结 论

基于海量岩溶地质资料的多源异构、跨时空、多尺度、多类别等特性,根据岩溶地质资料服务需求,基于高德地图 JS、ECharts、ArcGIS JS、结巴分词等开源框架技术,利用元数据建立各类数据资

源的关联关系,采用 C#、JavaScript、HTML 语言开发实现岩溶地质资源管理服务系统。通过目录、一张图、地图服务等多种方式提供数据管理、在线查询、浏览、下载等功能,解决了岩溶地质资料的集成化管理与服务问题。系统采用 Web 技术开发,具有较好的兼容性、易操作性,可为岩溶科技

人员开展科学研究、地质调查、市场服务等工作提供数据信息支撑。

参考文献

- [1] 蒋忠诚, 覃小群, 曹建华, 蒋小珍, 何师意, 罗为群. 中国岩溶作用产生的大气 CO₂ 碳汇的分区计算[J]. 中国岩溶, 2011, 30(4): 363-367.
- JIANG Zhongcheng, QIN Xiaoqun, CAO Jianhua, JIANG Xiaozhen, HE Shiyi, LUO Wei-qun. Calculation of atmospheric CO₂ sink formed in karst progresses of the karst divided regions in China[J]. Carsologica Sinica, 2011, 30(4): 363-367.
- [2] 杨辰, 毕奔腾, 周立新. 基于知识图谱的岩溶知识发现系统建设[J]. 中国岩溶, 2021, 40(3): 548-554.
- YANG Chen, BI Benteng, ZHOU Lixin. Construction of a karst knowledge discovery system based on knowledge graph[J]. Carsologica Sinica, 2021, 40(3): 548-554.
- [3] 韦延兰, 李文莉, 周立新, 毕雪丽. 岩溶水文地质环境地质信息管理系统构建与实现[J]. 中国岩溶, 2018, 37(1): 146-153.
- WEI Yanlan, LI Wenli, ZHOU Lixin, BI Xueli. Construction and application of geological information management system in karst hydrogeological environment[J]. Carsologica Sinica, 2018, 37(1): 146-153.
- [4] 徐正国, 徐华龙. 基于多源异构数据的宁煤公司煤矿协同调度平台[J]. 煤矿安全, 2021, 52(12): 172-176.
- XU Zhengguo, XU Hualong. Coal mine collaborative scheduling platform of Ningxia Coal Industry Company based on multi-source heterogeneous data[J]. Safety in Coal Mines, 2021, 52(12): 172-176.
- [5] 陈殿称, 卜宪海, 阳凡林, 云天宇, 艾波. 海底地形数据组织与可视化选取技术[J]. 海洋通报, 2022, 41(2): 140-146.
- CHEN Dianchen, BU Xianhai, YANG Fanlin, YUN Tianyu, AI Bo. Organization and visual selection technologies for marine terrain data[J]. Marine Science Bulletin, 2022, 41(2): 140-146.
- [6] 汪艳梅. 专业档案馆信息化建设特色与成效: 以内蒙古地质档案馆为例[J]. 档案与建设, 2020(7): 57-58, 61.
- WANG Yanmei. Characteristics and effectiveness of informationization construction in professional archives: Taking Inner Mongolia geological archives as an example[J]. Archives & Construction, 2020(7): 57-58, 61.
- [7] 王瑞, 于晓霞, 叶敏, 梁生康, 杨燕群, 韦志国, 聂婕, 魏志强, 王修林. 面向渤海生态环境的数据库管理系统设计与实现[J]. 中国海洋大学学报: 自然科学版, 2022, 52(8): 150-156.
- WANG Rui, YU Xiaoxia, YE Min, LIANG Shengkang, YANG Yanqun, WEI Zhiguo, NIE Jie, WEI Zhiqiang, WANG Xiulin. Design and implementation of database management system for the Bohai Sea ecological environment[J]. Periodical of Ocean University of China, 2022, 52(8): 150-156.
- [8] 陈思红, 丁华, 杨琨. 云平台环境下的采煤机设计数据汇交系统[J]. 机械设计与制造, 2022(382): 189-191, 195.
- CHEN Sihong, DING Hua, YANG Kun. Collection system of shearer design data under cloud platform environment[J]. Machinery Design & Manufacture, 2022(382): 189-191, 195.
- [9] 路文娟, 李成名, 孙伟. 利用 NewMap API 实现 Web 地图的地理数据可视化[J]. 测绘科学, 2019, 44(9): 171-175, 190.
- LU Wenjuan, LI Chengming, SUN Wei. Based on the NewMap API Web front-end geographic data visualization[J]. Science of Surveying and Mapping, 2019, 44(9): 171-175, 190.
- [10] 侯建民, 郭凯, 崔满丰, 翟颖, 马秀丹. 基于可视化技术的地震信息服务系统设计与实现[J]. 中国地震, 2022, 38(3): 574-584.
- HOU Jianmin, GUO Kai, CUI Manfeng, ZHAI Ying, MA Xiudan. Design and implementation of earthquake information service system based on visualization technology[J]. Earthquake Research in China, 2022, 38(3): 574-584.
- [11] 罗勇, 付红云. 空间和时间维度地震目录展示系统设计[J]. 测绘通报, 2020(519): 141-144.
- LUO Yong, FU Hongyun. Design of space and time dimension seismic catalog display system[J]. Bulletin of Surveying and Mapping, 2020(519): 141-144.
- [12] 杨丽丽, 王振鹏, 罗君, 赵岩岩, 李万万, 毕蓓. 基于 Android 的新疆棉田导航系统设计[J]. 农业机械学报, 2019, 50(Suppl.1): 57-61.
- YANG Lili, WANG Zhenpeng, LUO Jun, ZHAO Yanyan, LI Wanwan, BI Bei. Design and implementation of Xinjiang farmland navigation system based on Android development[J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2019, 50(Suppl.1): 57-61.
- [13] 周浩, 赵修彦. 基于 ArcGIS JavaScript API 的物业全覆盖管理信息系统设计与实现[J]. 测绘与空间地理信息, 2018, 41(11): 160-162.
- ZHOU Hao, ZHAO Xiuyan. Design and implementation of property coverage information management system based on ArcGIS JavaScript API[J]. Geomatics & Spatial Information Technology, 2018, 41(11): 160-162.
- [14] 魏佳楠, 吴勇, 林华剑, 龚伟堃, 宋昀, 傅俊豪. 基于 WebGIS 的自然资源“一张图”管理信息系统设计与实现[J]. 计算机应用与软件, 2020, 37(9): 20-26.
- WEI Jia'nan, WU Yong, LIN Huajian, GONG Yilong, SONG Yun, FU Junhao. Design and implementation of "one map" management information system for natural resources based on WebGIS[J]. Computer Applications and Software, 2020, 37(9): 20-26.
- [15] 李宇霞, 孙永奇, 闫茹, 朱卫国. 基于 CNN 图像识别与语义可靠性的路径搜索方法[J]. 计算机工程, 2021, 47(1): 255-263, 274.
- LI Yuxia, SUN Yongqi, YAN Ru, ZHU Weiguo. Path search method based on CNN image recognition and semantic reliability[J]. Computer Engineering, 2021, 47(1): 255-263, 274.
- [16] 潘杰, 杨超宇. 基于数据挖掘方法的瓦斯事故调查报告关键因素分析[J]. 哈尔滨商业大学学报(自然科学版), 2022, 38(3): 293-299.
- PAN Jie, YANG Chaoyu. Analysis on key factors of gas accident investigation report based on data mining method[J]. Jour-

- nal of Harbin University of Commerce: Natural Sciences Edition, 2022, 38(3): 293-299.
- [17] 邢玲, 程兵. 基于结巴分词的领域自适应分词方法研究[J]. 计算机仿真, 2023, 40(4): 310-316, 503.
XING Ling, CHENG Bing. Research on domain adaptive word segmentation method based on Jieba word segmentation[J]. Computer Simulation, 2023, 40(4): 310-316, 503.
- [18] GB/T 13989-2012. 国家基本比例尺地形图分幅和编号[S].
GB/T 13989-2012. Division and numbering of national basic scale topographic maps[S].

Design and implementation of karst geological data management and sharing system

YANG Chen, BI Benteng, ZHOU Lixin

(Institute of Karst Geology, CAGS, Key Laboratory of Karst Dynamics, MNR & GZAR/International Research Center on Karst under the Auspices of UNESCO, Guilin, Guangxi 541004, China)

Abstract Distributed in almost all provinces, karst areas in China cover approximately one-third of the national land area. Therefore, scientific research in the field of karst is one of the hotspots of geological studies. Since its establishment, the Karst Geological Research Institute has conducted hydrogeological surveys, environmental geological surveys, karst subsidence, ecological environment, geological relics, oil and gas resources, karst landscapes, and other investigations in karst areas. This institute has completed over 1,500 scientific research projects of the Ministry of Science and Technology, the National Natural Science Foundation of China, the Ministry of Land and Resources, the Guangxi Science and Technology Department, and other departments, as well as technical service projects in local economic construction, with over 100,000 archives and data. These long-term accumulated geological data and scientific and technological achievements are a giant treasure containing meaningful and valuable knowledge and rules for us to develop. In order to tap its potential value, it is necessary for us to integrate and realize resource sharing services, improve data accessibility, break down various barriers to data utilization, and establish an integrated data resource management system. We should improve the utilization value of various data resources, and classify and organize electronic resources on a large scale and in a standardized way. We should also unify scheduling and resource management, and realize the classification, retrieval, download, and use of various data resources. Because by doing so, we can provide data support for researchers and technicians in the field of karst research and survey through improving their efficiency in data utilization.

Taking SQL Server as the relational database and ArcGIS Server as the spatial map service engine, the data layer of the service system for karst geological data management has been developed by open-source technology frameworks such as ASP NET CORE 6.0 MVC framework, C#, JavaScript, HTML language, integrated WebGIS technology, Echart, jieba word segmentation, etc. The main functional modules include data statistics, data uploading, comprehensive table query module, directory query based on word segmentation technology, one map module for karst geological data, and modules of map service, map sheet conversion, borrowing management, user management, etc. based on ArcGIS JS.

The data statistics module displays the quantity statistics results of various data categories in the system. In order to visually display the data, the bar chart and line chart drawing functions of open-source framework have been used to design a set of visual interfaces, with the data category as the horizontal axis and the data quantity as the vertical axis. This module facilitates users to quickly understand the quantity of various karst geological data.

The comprehensive table query module of geological data has been developed based on open-source tables. By feat of powerful interaction and capabilities of displaying various geological data information to users that DataTables

has, this module can display various information on geological data to users, and provide functions such as fuzzy retrieval, advanced retrieval, sorting, and data export. According to their needs, users can obtain data by selecting different attribute sorting, setting the numbers of pages and multi-attribute joint query conditions, etc. Through multi-attribute conditional joint query, the data query range can be narrowed down, and the query results can be accurately obtained, solving the problem of large data retrieval.

The directory query module can realize the retrieval of geological data based on the content input by users. This module decomposes the query statement input by users, queries word by word to improve the query accuracy, and facilitates users to obtain the required data. Based on the results of word segmentation query, users can further filter data by data category, scale, and administrative region, and the keywords searched are highlighted in the query results. Users can click on the title to enter the page for data details.

With the use of spatial information on geological data, the one map module for karst geological data can realize the map spatial retrieval of various geological data, based on spatial topology. Users can choose to query data categories and scales, and obtain data information through various methods such as inputting map sheet numbers, dragging boxes, and polygon queries. The map displays the location of the data, and the list on the right displays the name of the data. If users click on the spatial position of the data on the map or the name of the data in the query results list, the data information window will display for users to enter the page for data details.

The map service module can realize the online viewing and attribute query of professional map elements. Users can select the professional geological map layer to be queried according to their needs, switch between vector maps, remote sensing images, terrain, and other base maps, view the legend, adjust the layer transparency, and use point selection, line selection, and surface selection to query attribute information.

These modules use various ways to display the spatial, temporal, related attributes, and other metadata information of karst geological data to users, realizing the informationization of geological data management services and improving the efficiency of data query and access.

Key words karst geology, data query, shared services, open-source framework

(编辑 张玲)

(上接第 981 页)

200-meter deep, but the deepest cave is less than 300 m, due to the thin limestone thickness.

(4) In the karst area of the Taurus mountains near the Mediterranean Sea, overthrust faults are developed, and the thicknesses of carbonate rocks in some areas are more than 1,000 m, in which vertical caves are mostly developed. Both the longest cave and the deepest one in Turkey are located in this karst area.

By the end of 2019, there were 52 caves in Turkey with a depth of more than 200 m, 43 of which were located in the karst area of the Taurus mountains near the Mediterranean Sea, and 7 in the karst area of central Black Sea. There were 62 caves with a length of more than 1,000 m, 34 of which were located in the karst area of the Taurus mountains near the Mediterranean Sea, 16 in the karst areas of central and western Black Sea and Thrace.

Turkey is rich in karst resources such as marble, geothermal, oil, natural gas, etc., and it has abundant karst landscapes including large springs, caves, canyons, and travertine. The potential for development and utilization is vast, and there is an urgent need to conduct detailed karst hydrogeological surveys.

Key words Turkey, karst geology, karst distribution, cave, karst spring

(编辑 杨杨)