

彭晶晶, 罗代洪, 林锴, 等. 基于文献可视化方法的 Re-Os 同位素定年研究进展分析[J]. 岩矿测试, 2023, 42(3): 632-642. doi: 10. 15898/j. ykcs. 202207190133.

PENG Jingjing, LUO Daihong, LIN Kai, et al. Review on Re-Os Isotope Dating Based on Literature Visualization Method[J]. Rock and Mineral Analysis, 2023, 42(3): 632-642. doi: 10. 15898/j. ykcs. 202207190133.

# 基于文献可视化方法的 Re-Os 同位素定年研究进展分析

彭晶晶, 罗代洪\*, 林锴, 刘成海, 尚颖  
(国家地质实验测试中心, 北京 100037)

**摘要:** 文献资料是知识传播的重要载体, 具有系统性、连续性、数量大、更新快等特点, 是重要的信息源, 文献资料的可视化研究对知识的传播具有重要意义。当前文献资料的可视化研究多与文献计量分析方法相结合, 将文献之间的关系以科学知识图谱的方式可视化地展现, 这一技术方法的应用在挖掘文献数据蕴含的信息和规律上发挥了重要作用, 但是在文献资料的空间属性挖掘展现上稍显不足, 需要在这一领域开展深入研究。本文采用地理信息系统(GIS)技术进行了文献资料的空间可视化方法研究, 形成了对文献数据进行信息挖掘和空间可视化的策略和技术路线, 并以 2015—2020 年公开发表的 Re-Os 同位素定年文献数据为例, 对该技术方法进行应用试验。结果表明: ①研究区包含文献记载的 2015—2020 年期间开展 Re-Os 同位素定年研究工作的 140 多个矿产地, 覆盖中国东中西部地区。②研究区主要矿种共 19 种, 以铜(29.0%)、钼(28.3%)、钨(12.4%)、金(11.0%)为主。③检测对象共计 12 种, 以辉钼矿作为检测对象的研究占比达 80.7%, 表明辉钼矿仍是 Re-Os 同位素定年法的首选研究对象, 这与辉钼矿的高 Re/Os 值特性密不可分。④检测年龄落在 0~200Ma 较新年龄区间矿产地占比达 62.1%, 多分布在中国东北和东南区域, 表明东部地区的 Re-Os 同位素年龄集中分布在中生代, 这与中国东部地区存在中生代大规模成矿事件是相一致的; 落在 200Ma 以上年龄区间矿产地占比达 37.9%, 多分布在中国中部和西部区域, 表明中西部地区的 Re-Os 同位素年龄集中分布在中生代以前, 且具有多期次成矿的特点。本文提出的文献资料可视化技术方法在揭示同位素定年研究的重要目标区域、关键研究矿种和主要应用技术等方面, 可提供空间可视化信息, 为寻找当前成矿年代学研究的热点与难点提供参考。

**关键词:** GIS; 文献资料; Re-Os 同位素定年; 矿产地; 可视化; 信息挖掘

**要点:**

- (1) GIS 数据处理技术可应用于文献资料的空间信息挖掘。
- (2) WebGIS 技术在文献空间可视化应用研究中可发挥重要作用。
- (3) 本方法可实现 Re-Os 同位素定年文献中矿种、技术方法、成矿年龄等信息空间可视化。

**中图分类号:** G202      **文献标识码:** B

数据可视化<sup>[1]</sup>是关于数据视觉表现形式的科学技术研究, 研究如何真实、准确地将相对晦涩的数据通过可视的方式进行展示, 从而形象、直观地表达

数据蕴含的信息和规律。文献作为重要的信息载体, 积累了大量有研究价值的信息, 文献资料的可视化研究对知识的传播具有重要意义。

收稿日期: 2022-07-19; 修回日期: 2022-11-07; 接受日期: 2023-01-18  
基金项目: 中国地质调查局地质调查项目(DD20190390); 国家地质实验测试中心大型科研仪器开放共享后补助资金项目(GXBX-2021-02)  
第一作者: 彭晶晶, 硕士, 工程师, 从事信息技术研究工作。E-mail: pjingjing@mail.cgs.gov.cn。  
通信作者: 罗代洪, 硕士, 研究员, 从事大数据云计算、数据库及信息系统研发应用、地球化学等工作。E-mail: dluo@cags.ac.cn。

课题组对中国主要科技文献数据库中收录的文献可视化应用研究成果进行搜集整理发现,当前文献资料的可视化分析应用多与文献计量分析方法<sup>[2]</sup>相结合,运用数学和统计学方法,对文献资料进行定量分析,再采用可视化工具<sup>[3]</sup>,以聚类图谱、时间线图谱、统计图表等多种方式,将文献之间的关系以科学知识图谱<sup>[4]</sup>的方式可视化地展现<sup>[5-6]</sup>,这一技术方法的应用在挖掘文献数据蕴含的信息和规律上发挥了重要作用,但是在其空间属性挖掘展现上稍显不足,需要采用新的技术方法在这一领域开展深入研究。

GIS 技术<sup>[7]</sup>是对空间数据进行相关处理分析的技术,具有采集、管理、分析、输出展示空间信息的能力,得到广泛的应用。GIS 以其强大的空间信息管理与分析能力,在基础地质、矿产地质、环境地质、灾害地质等领域中发挥着重要作用。尤其是近年来“地质云”的建设,更是将 GIS 技术深入地融合应用到地质数据的汇聚和共享利用中。研究基于 GIS 技术的文献资料可视化分析方法,可以进一步拓展对文献资料的空间信息挖掘<sup>[8]</sup>和可视化应用。GIS 技术如何在文献资料可视化应用中发挥作用,需要挖掘出文献资料的空间特征,确定 GIS 技术和文献数

据之间的结合点。地质科学研究相关的文献资料记录了该领域的很多有价值成果,此类文献具备非常明显的时空特征,非常适合利用 GIS 技术进行可视化研究。

本研究搜集整理了 2015—2020 年以来公开发表的 140 多篇 Re-Os 同位素定年<sup>[9]</sup>文献资料,探索了如何运用 GIS 技术,挖掘此类文献的空间特征信息并进行可视化应用,开发了 Re-Os 同位素数据可视化服务系统,实现了对近年来发表的 Re-Os 同位素定年文献数据成果的空间可视化应用展现。

1 文献数据空间可视化研究方法

文献数据的可视化研究主要有两个方面的研究内容。第一,在数据资源层面研究文献资料的共性内容特征和空间特征,其目标是汇聚一定体量的、具备空间特征信息的可结构化的文献数据,为可视化研究奠定数据基础。第二,开展可视化技术研究,从数据资源层面和 GIS 可视化技术两个维度进行融合探索,找到两者之间在可视化应用中的结合点,将 GIS 的空间可视化能力充分服务于目标信息的可视化应用需求。设计的文献资料空间可视化总体架构见图 1。

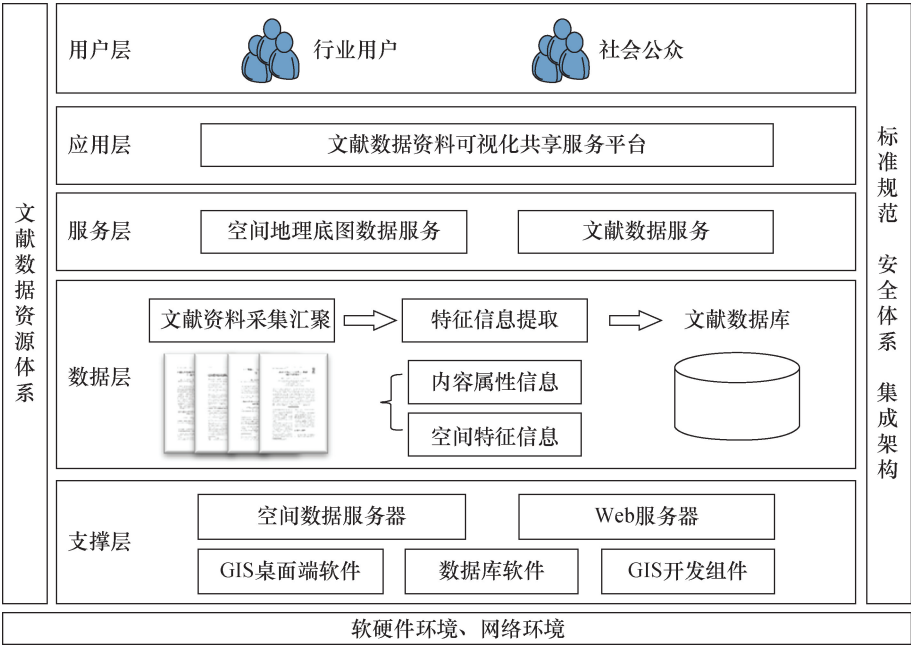


图 1 文献资料空间可视化总体架构

Fig. 1 Overall framework of spatial visualization of literature.

总体架构设计为包含支撑层、数据层、服务层、应用层、用户层在内的五层架构体系。其中,支撑层包含 GIS 数据处理分析软件、数据库软件、GIS 开发组件、空间数据服务器、Web 应用中间件等;数据层主要是对文献资料进行特征信息提取、规范化、空间化处理建设文献数据库;服务层包含空间可视化应用需要调用的空间底图数据服务和文献数据服务;应用层是面向用户提供可视化功能的文献资料可视化共享服务平台;用户层主要分为行业用户和社会公众这两大类。该架构的特点是以服务层为媒介,可以实现数据层和应用层之间的松耦合关系,保证数据库的稳定性,同时增强应用层的可灵活扩展性。

2 文献信息挖掘

以 CNKI 文献资料库为数据源,以“Re”、“Os”作为关键词进行主题检索,对检索出的 2015—2020 年公开发表的 140 多篇 Re-Os 同位素定年文献进行收集整理并建立数据库,挖掘文献的共性特征信息和空间特征信息这两部分的内容<sup>[10-11]</sup>。通过对文献内容的分析,提出文献信息、矿产地信息、测试信息是此类文献的共性特征信息组成部分,这一发现为后续的结构化处理提供了可行性,数据内容特征信息的提取也主要以这三类信息为主,提取内容见图 2。

对此类文献的空间特征信息进行分析发现,全部 140 多篇文献都可以通过研究区矿产地的经纬度来进行空间定位,基于文献本身对空间位置的记载

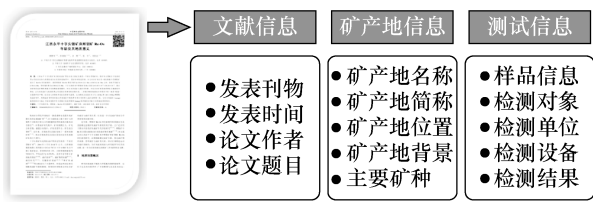


图2 数据内容特征信息结构

Fig. 2 Structure of feature information for data content.

详细程度和方式,具体的定位方法包括以下三种:①直接以文献记载的经纬度进行定位;②通过文献记载的地质简图进行定位;③通过搜集研究区矿产地位置信息进行定位。

文献数据库可采用地理数据库模型 Geodatabase 完成数据存储,采用 UML ( Unified Modeling Language ) 建模语言<sup>[12]</sup>完成数据模型设计工作。数据库模型设计以论文、矿产地、样品为实体,结合文献资料记载的内容特征信息,每类实体延伸各自的属性内容,并在此基础上研究各类实体之间的联系,形成数据库 E-R 图<sup>[13]</sup>,见图 3。数据库建设方法详见文献<sup>[14]</sup>。

3 文献数据可视化技术实现

按照前述设计的文献数据可视化五层架构体系,以 Re-Os 同位素定年文献数据作为数据基础,选取空间数据服务器完成文献数据服务的制作和发布,运用 GIS 技术开发配套的空间可视化共享服务

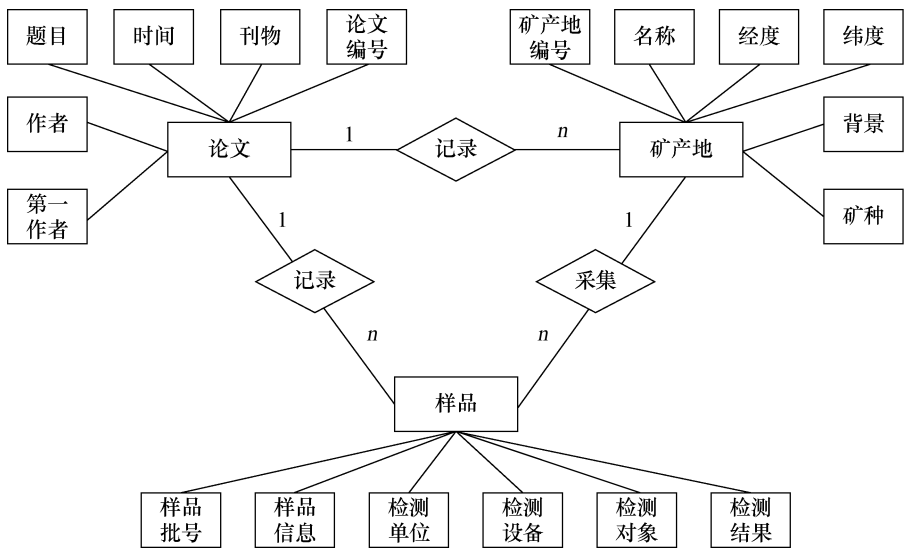


图3 数据库 E-R 图

Fig. 3 The E-Rdiagram of database.

平台,实现对文献资料的空间可视化展现。

文献数据空间可视化的核心需求是将已实现空间定位的文献数据以地图的形式进行可视化展现。为了达到更优的可视化效果和交互体验,研究重点聚焦空间数据服务展示、图例展示、空间查询等功能实现,平台实现的核心功能见表 1。

表 1 文献数据空间可视化共享服务平台核心功能

Table 1 Basic function of literature data visualized share and service system.

| 平台核心功能点  | 功能描述                       |
|----------|----------------------------|
| 文献数据展示   | 文献数据空间可视化展示                |
| 地理底图服务展示 | 地理底图服务空间可视化展示              |
| 图例展示     | 当前加载空间数据服务所对应图例的可视化展示      |
| 空间查询     | 对当前加载空间数据服务的点查询、多边形查询、矩形查询 |

3.1 技术架构

技术选型方面,采用 GIS 数据处理分析软件 ArcGIS Desktop 完成数据加工处理,采用地理数据模型 Geodatabase 完成空间数据存储,采用空间数据服务器 ArcGIS Server 完成空间数据服务的发布,发布的地图服务遵循 OGC 空间数据服务标准<sup>[15]</sup>,GIS 开发组件采用 ArcGIS API for JS 开发组件,前端开发采用 HTML+JavaScript+CSS 技术。系统技术路线见图 4。

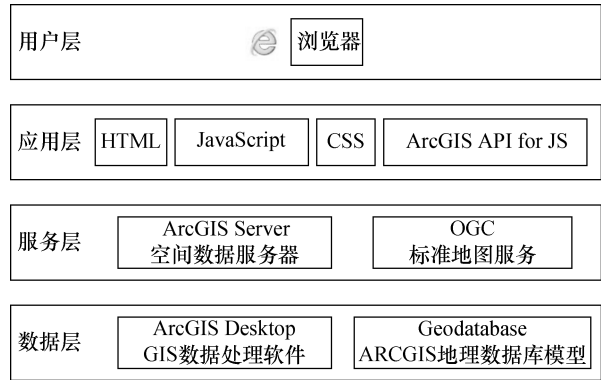


图 4 系统技术路线图

Fig. 4 Technology roadmap of the system.

3.2 数据可视化

数据可视化是系统的核心功能,包含文献数据可视化、地理底图可视化、图例可视化等方面内容。

- (1)文献数据可视化
- 文献数据可视化采用的技术路线为:首先将数据库中的空间数据进行渲染<sup>[16-17]</sup>并保存为 MXD 工程文件,然后采用 ArcGIS Server<sup>[18-19]</sup>服务器将工程文件发布为 MapService 地图服务,最后在应用端采用 JavaScript 语言编程实现展示页面地图服务的加载。通过 ArcGIS API for JS 开发组件提供的 esri/layers/MapImageLayer 接口实现对地图服务的定义和调取;通过 esri/Map 接口的 add 方法来实现对定义好的地图服务的页面加载。
- (2)地理底图可视化
- 系统提供对符合 OGC 空间数据服务标准的不同的地理底图服务的加载展示。通过 esri/layers/TileLayer 接口实现对地图服务的定义;通过 esri/Basemap 的 baseLayers 属性定义底图图层;通过 esri/Map 接口的 basemap 属性的定义实现对地理底图服务的页面加载。
- (3)图例可视化
- 系统提供对当前展示地图服务相应图例的加载和展示。通过 esri/widgets/Legend 接口实现对图例的定义,通过 esri/views/MapView 接口实现对图例的页面加载。

3.3 空间查询

系统提供对空间数据的点查询、多边形查询、矩形查询等功能。这三种方式的空间查询功能<sup>[20]</sup>主要通过对三个核心接口的调用和关键属性赋值来实现。各类查询方式实现的功能和调用的核心接口见表 2。

4 文献可视化分析

按照上述可视化方法,对 140 多篇 Re-Os 同位素定年文献进行了数据挖掘和可视化分析,研究区覆盖中国东中西部地区的 140 多个矿产地,主要矿种包括铜、钼、钨、金等共 19 种,实现了对 Re-Os 同位素定年文献的空间可视化展现,以及对属性信息的点、矩形、多边形综合查询。

4.1 论文发表信息

系统展示了 Re-Os 同位素定年文献发表时间、发表刊物的分布情况,可视化结果详见图 5。通过可视化的数据分析,Re-Os 同位素定年研究数量在 2015—2016 年尤为突出,相关论文主要发表于 38 种刊物。

表 2 查询功能及核心接口说明

Table 2 Specification of search function and basic API.

| 查询功能  | 功能说明                                 | 核心接口                      | 核心接口使用说明                                                                  |
|-------|--------------------------------------|---------------------------|---------------------------------------------------------------------------|
| 点查询   | 在地图上选择要查询的点要素,以表格的形式展示当前所选要素的属性信息    | esri/layers/MapImageLayer | 对该接口的 popupTemplate 属性的定义来完成对点查询结果弹窗的内容赋值                                 |
| 多边形查询 | 在地图上绘制多边形查询范围,以表格的形式展示查询范围内所有要素的属性信息 | esri/widgets/Sketch       | 通过该接口的 layer 属性定义图形绘制图层;通过 view 属性定义绘制的地图窗口。通过该接口的 create 方法激活绘图工具,绘制多边形。 |
|       |                                      | esri/tasks/support/Query  | 通过该接口的 outFields 属性来获取图层的字段信息                                             |
| 矩形查询  | 在地图上绘制矩形查询范围,以表格的形式展示查询范围内所有要素的属性信息  | esri/widgets/Sketch       | 通过该接口的 layer 属性定义图形绘制图层;通过 view 属性定义绘制的地图窗口。通过该接口的 create 方法激活绘图工具,绘制矩形。  |
|       |                                      | esri/tasks/support/Query  | 通过该接口的 outFields 属性获取图层的字段信息                                              |

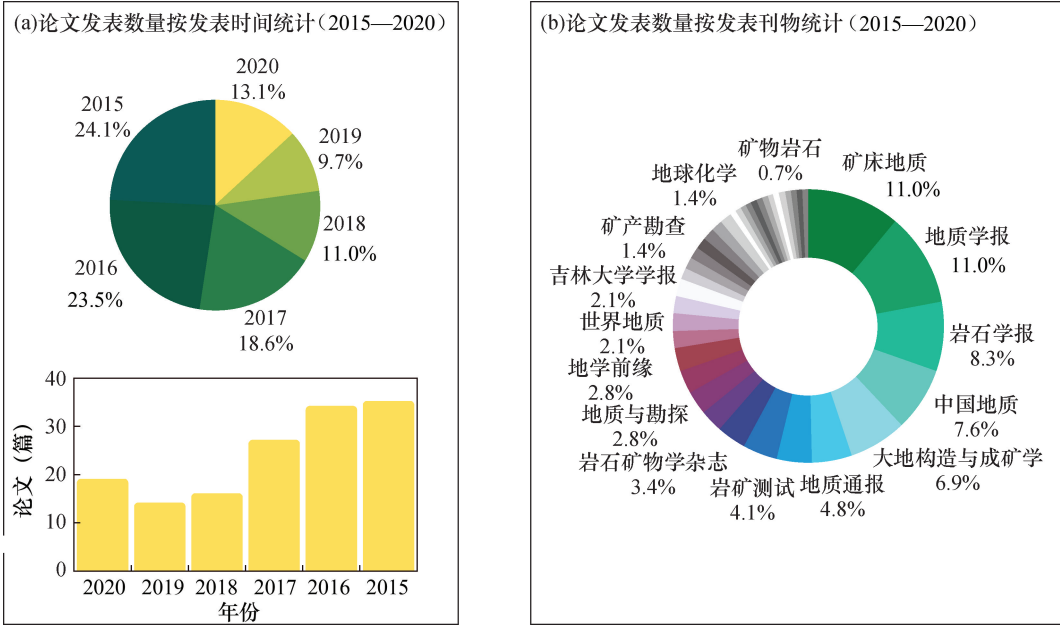


图 5 (a) 论文发表数量按发表时间统计 (2015—2020) ; (b) 论文发表数量按发表刊物统计 (2015—2020)

Fig. 5 (a) Numbers of published papers counted according to the time of publication (2015—2020) ;  
(b) Numbers of published papers counted according to the published journals (2015—2020).

4.2 矿产地信息

矿产地信息主要展示了 Re-Os 同位素定年文献记载的研究区矿产地分布情况,可视化结果详见图 6。可以看出,在搜集的文献范围内,近年来开展的 Re-Os 同位素定年研究在地理上中国东中西部地区都有分布,尤其在东南区域分布较集中。研究区主要矿种共 19 种,以铜<sup>[21-24]</sup> (29.0%)、钼<sup>[25-27]</sup> (28.3%)、钨<sup>[28-30]</sup> (12.4%)、金<sup>[31-33]</sup> (11.0%) 为主。

4.3 分析测试信息

分析测试信息主要展示了 Re-Os 同位素定年文献记载的检测单位、检测设备、检测对象、检测年龄等信息的分布情况,可视化结果详见图 7、图 8。

在搜集的文献范围内,Re-Os 同位素定年样品测试工作主要在 11 家单位进行,较为集中在国家地质实验测试中心,测试样品地理分布上遍布东中西矿产地,占比达 79.9%。Re-Os 同位素定年测试仪器多采

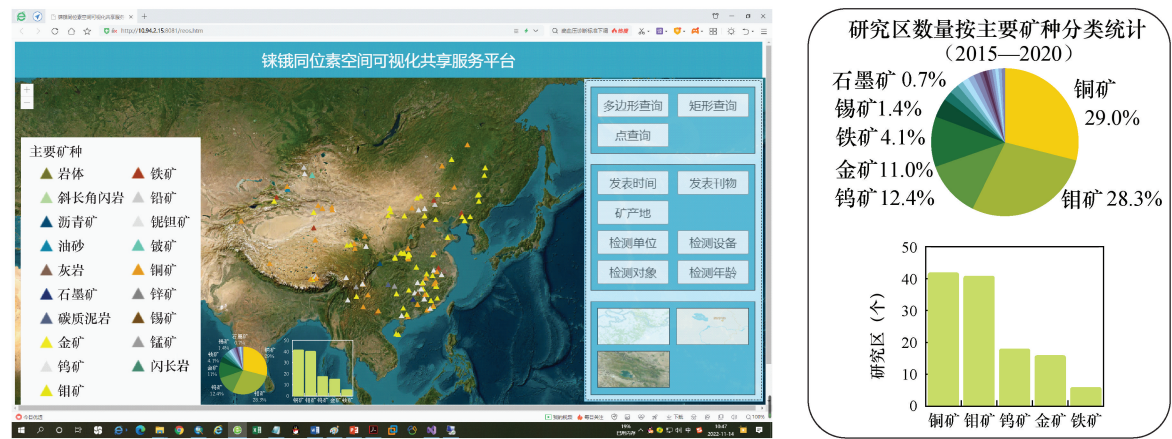


图 6 矿产地分布与统计  
Fig.6 Distribution and statistics according to ore deposit site.

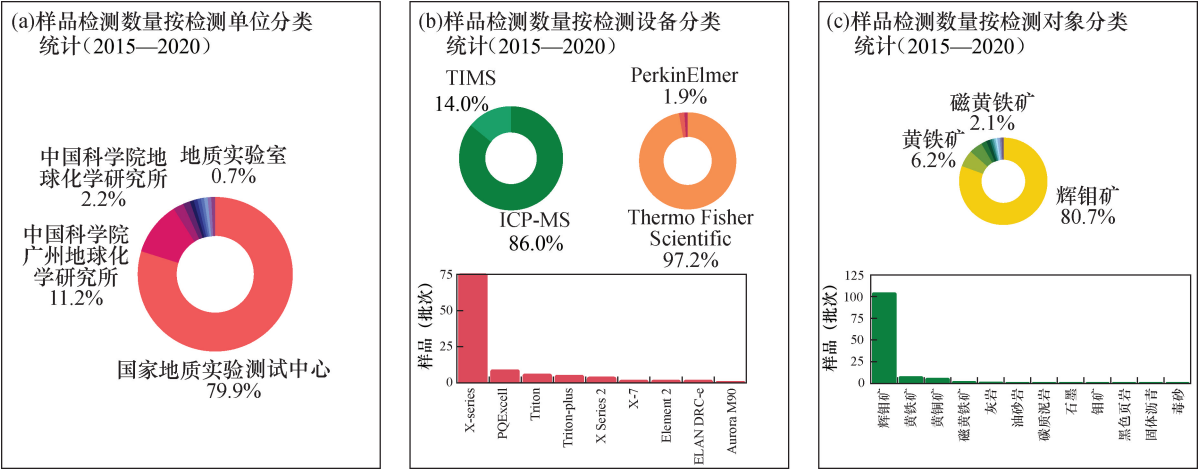


图 7 (a) 样品检测数量按检测单位统计 (2015—2020) ; (b) 样品检测数量按检测设备统计 (2015—2020) ;  
(c) 样品检测数量按检测对象统计 (2015—2020)  
Fig. 7 (a) Numbers of tested samples according to the laboratories (2015—2020) ; (b) Numbers of tested samples according to the analytical instruments (2015—2020) ; (c) Numbers of tested samples according to the detected objects (2015—2020) .

用电感耦合等离子体质谱仪 (ICP-MS)<sup>[34]</sup>, 占比达 86.0%, 少量采用热电离质谱仪 (TIMS)<sup>[35-36]</sup>。质谱仪型号多为 TJA X-series ICP-MS, 占比 70.8%。检测对象共计 12 种, 包括辉钼矿、黄铁矿、黄铜矿、磁黄铁矿、灰岩、油砂岩、碳质泥岩、石墨、钼矿、黑色页岩、固体沥青、毒砂。其中, 以辉钼矿作为检测对象的研究在数量上明显突出, 占比达 80.7%, 表明辉钼矿仍是 Re-Os 同位素定年法的首选研究对象, 这与辉钼矿的高 Re/Os 值特性密不可分。

考虑到分布的均衡性, 检测年龄划分为五个区

间: 0~100Ma、100 ~ 200Ma、200 ~ 300Ma、300 ~ 600Ma、600~1522Ma。其中, 落在 0~200Ma 较新年龄区间的矿产地多分布在中国东北和东南区域, 该年龄区间矿产地占比达 62.1%, 表明东部地区的 Re-Os 同位素年龄集中分布在中生代, 这与中国东部地区存在中生代大规模成矿事件<sup>[37]</sup>是相一致的; 落在 200Ma 以上较老年龄区间的矿产地多分布在中国中部和西部区域, 该年龄区间矿产地占比达 37.9%, 表明中西部地区的 Re-Os 同位素年龄集中分布在中生代以前, 且具有多期次成矿的特点。

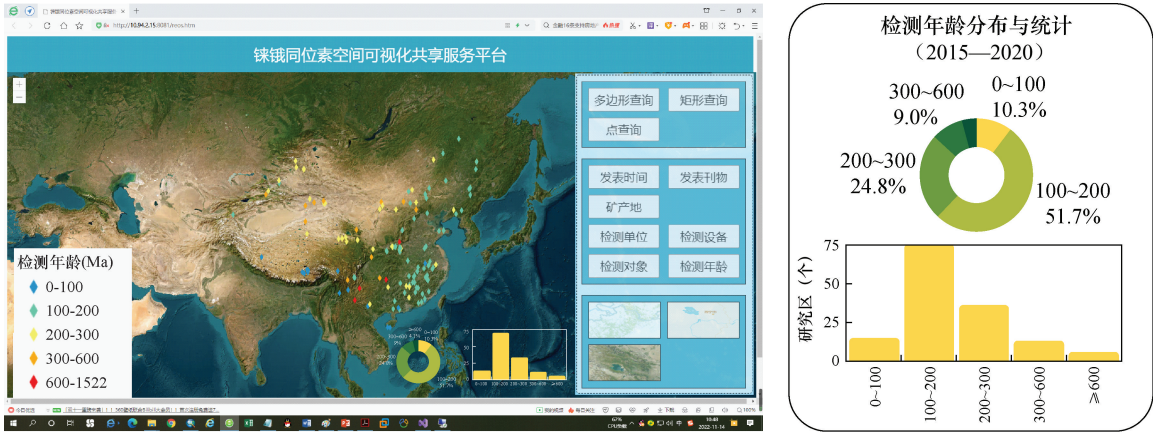


图 8 检测年龄分布与统计

Fig. 8 Distribution and statistics of the analytical geological age.

5 结论

本研究探索了基于 GIS 技术对文献资料进行可视化的技术方法,形成了对文献数据进行信息挖掘和空间可视化的策略和技术路线。并以 Re-Os 同位素定年文献数据为例,对该技术方法进行了应用验证,建设了具有 GIS 空间特征的铷锶同位素定年数据库和空间可视化共享服务平台。研究表明 GIS 技术在文献资料的可视化应用中可发挥特殊作用,该可视化方法具备可视化对象的空间性、可视化过程的交互性、可视化方式的融合性、可视化展示的直观性等特点。

本研究提出的技术方法,可挖掘出文献资料的空间特性,拓展文献资料在空间可视化领域的应用性,解决文献资料如何进行共性信息分析提取、空间特征信息定位、空间可视化技术实现等问题。在后续研究中,建议从数据资源和可视化方法方面进行深入研究,在数据资源层面,从广度和深度丰富数据内容,挖掘数据价值;在可视化方法方面,研究多种可视化技术的综合运用,增强文献资料信息的可利用价值。

Review on Re-Os Isotope Dating Based on Literature Visualization Method

PENG Jingjing, LUO Daihong\*, LIN Kai, LIU Chenghai, SHANG Ying  
(National Research Center for Geoanalysis, Beijing 100037, China)

HIGHLIGHTS

- (1) GIS data processing technology can be applied to the spatial information mining of literature.
- (2) WebGIS technology can play an important role in the application research of document spatial visualization.
- (3) Spatial visualization of ore type, technical method, mineralization age and other information in Re-Os isotope dating documents can be obtained with this method.

ABSTRACT

**BACKGROUND:** With the continuous accumulation of data resources around the world, the application of data visualization has become more urgent, and the methods of data visualization have also shown diversified characteristics. Data visualization is a scientific and technical research on the visual representation of data, which studies how to display relatively obscure data visually in a real and accurate way, to vividly and intuitively express the information and rules contained in the data. Literature is an important carrier of knowledge dissemination, with

systematic characteristics, continuity, a large quantity and fast update, and is an important source of information. The visualization research of literature is of great significance to the dissemination of knowledge. At present, the visualization research of document data is mostly combined with the bibliometric analysis method, which visualizes the relationship between documents in the form of a scientific knowledge map. The application of this technology and method has played an important role in mining the information and rules contained in document data, but it is slightly insufficient in the spatial attribute mining of document data, which requires in-depth research in this field.

**OBJECTIVES:** To provide new solutions for expanding the application of literature data in the field of spatial visualization, thereby further enhancing the usable value of literature data.

**METHODS:** GIS technology was used to carry out the research on the spatial visualization method of document data, excavate the common content features and spatial features of document data, and gather the structured document data of a certain volume of spatial feature information to lay the data foundation for the visualization research. At the same time, the combination point between GIS technology and document data was studied, and the strategy and technical route for information mining and spatial visualization of document data were formed. Taking the data of more than 140 Re-Os isotope dating documents published since 2015 to 2020 as an example, the application test of this technical method was carried out. A Re-Os isotope data visualization service system with a five-tier architecture including layers of support, data, service, application and user has been developed, to realize the spatial visualization application of Re-Os isotope dating document data results.

**RESULTS:** The results show that: (1) The study area contains more than 140 ore producing areas that carried out Re-Os isotope dating research from 2015 to 2020, covering the eastern, central, and western regions of China. (2) There are 19 main minerals in the study area, mainly copper (29.0%), molybdenum (28.3%), tungsten (12.4%) and gold (11.0%). (3) There are 12 kinds of detection objects, and the proportion of molybdenite as the detection object is 80.7%, which indicates that molybdenite is still the preferred research object of the Re-Os isotope dating method, which is inseparable from the high Re/Os value of molybdenite. (4) The detection age falls in the lower age range of 0–200Ma, accounting for 62.1% of the ore-producing areas, which are mainly distributed in the northeast and southeast regions of China, indicating that the Re-Os isotope ages in the eastern region are concentrated in the Mesozoic era, which is consistent with the existence of large-scale Mesozoic mineralization events in the eastern region of China. The ore-producing area in the age range above 200Ma accounts for 37.9%, which is mainly distributed in the central and western regions of China, indicating that the Re-Os isotope ages in the central and western regions are concentrated before the Mesozoic era and have the characteristics of multiple mineralization.

**CONCLUSIONS:** The research shows that the document data visualization technology and method proposed in this paper can be used to excavate the spatial characteristics of the document data, expand the application of the document data in the field of spatial visualization, and solve the problems of how to analyze and extract the common information of the document data, locate the spatial feature information, and realize the spatial visualization technology. In terms of revealing important target areas, key research minerals and main application technologies, it can provide spatial visualization information, and provide reference for finding the hot spots and difficulties of current metallogenic chronology research.

**KEY WORDS:** GIS; journal literature; Re-Os isotope dating; ore-producing area; visualization; information digging

参考文献

[1] 陈为,沈则潜,陶煜波,等.数据可视化[M].北京:电子工业出版社,2019:2-46.  
Chen W, Shen Z Q, Tao Y B, et al. Data visualization [M]. Beijing: Publishing House of Electronics Industry, 2019:2-46.

[2] 胡泽文,王效岳,白如江.国内外文本分类研究计量分析与综述[J].图书情报工作,2011,55(6):78-81,142.  
Hu Z W, Wang X Y, Bai R J. Quantitative analysis and review of text classification research at home and abroad [J]. Library and Information Service, 2011, 55(6):78-81,142.

[3] 肖明,邱小花,黄界,等.知识图谱工具比较研究[J].图书馆杂志,2013,32(3):61-69.  
Xiao M, Qiu X H, Huang J, et al. Comparison of software tools for mapping knowledge domain [J]. Library Journal, 2013, 32(3):61-69.

[4] 梁秀娟.科学知识图谱研究综述[J].图书馆杂志,2009,28(6):58-62.  
Liang X J. Review of mapping knowledge domains [J]. Library Journal, 2009, 28(6):58-62.

[5] 郭宇,王晰巍,贺伟,等.基于文献计量和知识图谱可视化方法的国内外低碳技术发展动态研究[J].情报科学,2015,33(4):139-148.  
Guo Y, Wang X W, He W, et al. Chinese and international dynamic research into low carbon technology based on bibliometrics and knowledge mapping [J]. Information Science, 2015, 33(4):139-148.

[6] 刘娟,唐加福.基于文献计量和可视化图谱的营商环境研究述评与展望[J].管理评论,2022,34(5):318-331.  
Liu J, Tang J F. Review and prospect of doing-business environment research based on bibliometric and visualization map [J]. Management Review, 2022, 34(5):318-331.

[7] 陈致明,赵湘,康广,等. GIS 技术发展综述[J].河北科技大学学报,2001,22(3):6-9,51.  
Chen Z M, Zhao X, Kang G, et al. Summary of the technique development of GIS [J]. Journal of Hebei University of Science and Technology, 2001, 22(3):6-9,51.

[8] 周九常,刘智明.数据挖掘研究综述[J].河南图书馆学刊,2018,38(8):130-137.  
Zhou J C, Liu Z M. Survey of data mining research [J]. The Library Journal of Henan, 2018, 38(8):130-137.

[9] 杜安道,屈文俊,李超,等.铼-钼同位素定年方法及分析测试技术的进展[J].岩矿测试,2009,28(3):288-304.  
Du A D, Qu W J, Li C, et al. A review on the development of Re - Os isotopic dating methods and techniques [J]. Rock and Mineral Analysis, 2009, 28(3):288-304.

[10] 化柏林.数据挖掘与知识发现关系探析[J].情报科学,2008,31(4):507-510.  
Hua B L. Analysis of the relationship between data mining and knowledge discovery [J]. Information Science, 2008, 31(4):507-510.

[11] 谌志群,张国焯.文本挖掘与中文文本挖掘模型研究[J].情报科学,2007,25(7):1046-1051.  
Shen Z Q, Zhang G X. Study on the text mining and Chinese text mining framework [J]. Information Science, 2007, 25(7):1046-1051.

[12] 潘梅森,颜君彪. UML 在数据库建模中的应用[J].现代计算机(专业版),2005(7):25-28.  
Pan M S, Yan J B. On the application of UML in the database moldeling [J]. Modern Computer (Professional Edition), 2005(7):25-28.

[13] 杨中书,刘臣宇.基于 E-R 模型的关系数据库设计方法[J].价值工程,2014,33(30):242-243.  
Yang Z S, Liu C Y. Design method of relation database based on E-R model [J]. Value Engineering, 2014, 33(30):242-243.

[14] 彭晶晶,罗代洪,林锴,等.基于文献资源的 Re-Os 同位素定年数据库建设研究[J].岩矿测试,2021,40(3):425-434.  
Peng J J, Luo D H, Lin K, et al. Study on the construction of journal publication-based Re-Os dating database [J]. Rock and Mineral Analysis, 2021, 40(3):425-434.

[15] 黄亮,谭娟,朱欣焰,等.一种空间数据服务虚拟化描述方法[J].计算机应用研究,2013,30(11):3358-3361.  
Huang L, Tan J, Zhu X Y, et al. Description method of spatial data services virtualization [J]. Application Research of Computers, 2013, 30(11):3358-3361.

[16] 丁立国,周斌,熊伟.基于 Html5 的 Web Map 矢量渲染技术研究[J].测绘工程,2017,26(8):62-67.  
Ding L G, Zhou B, Xiong W. Research on vector data rendering of web map by using Html5 [J]. Engineering Of Surveying and Mapping, 2017, 26(8):62-67.

[17] 刘杰,魏娟.矢量地图渲染技术研究[J].地理空间信息,2021,19(11):128-130,9.  
Liu J, Wei J. Research on vector map rendering technology [J]. Geospatial Information, 2021, 19(11):128-130,9.

[18] 吴功和,丛明日.基于 ArcGIS Server 的分布式 GIS 应

- 用[J].测绘科学技术学报,2006,23(1):52-55.
- Wu G H, Cong M R. Analysis of distributed GIS application based on ArcGIS Server [J]. Journal of Geomatics Science and Technology, 2006, 23(1): 52-55.
- [19] 高勇,蔡先华,刘勘,等.基于ArcGIS Server的WebGIS系统开发[J].网络安全技术与应用,2007(12):68-69,40.
- Gao Y, Cai X H, Liu X, et al. Development of WebGIS system based on ArcGIS Server [J]. Network Security Technology & Application, 2007(12): 68-69, 40.
- [20] 过志峰,王翔翔,杨崇俊.空间数据索引与查询技术研究及其应用[J].计算机工程与应用,2002(23):176-178,205.
- Guo Z F, Wang Y X, Yang C J. Research on index and query for spatial data and GIS application [J]. Computer Engineering and Applications, 2002(23): 176-178, 205.
- [21] 向忠金,闫全人,夏磊,等.滇东南八布杨万铜矿床硫化物Re-Os同位素年龄及其地质意义[J].岩石矿物学杂志,2020,39(5):583-595.
- Xiang Z J, Yan Q R, Xia L, et al. Re-Os geochronology of the Babu copper deposit in southeast Yunnan Province and its geological implications [J]. Acta Petrologica et Mineralogica, 2020, 39(5): 583-595.
- [22] 康欢,刘翼飞,江思宏.内蒙古莲花山铜矿床辉钼矿-钼年代学、矿石硫-铅同位素地球化学与矿床成因[J].地质学报,2019,93(12):3082-3094.
- Kang H, Liu Y F, Jiang S H. Molybdenite Re-Os dating and ore S-Pb isotopes of the Lianhuashan Cu deposit, Inner Mongolia, and their genetic significance [J]. Acta Geologica Sinica, 2019, 93(12): 3082-3094.
- [23] 郑文宝,丁帅,李盛俊,等.西藏冈底斯北带首例主碰撞造山期铜矿——林周县程巴矽卡岩型铜矿床地质特征、辉钼矿Re-Os同位素年龄及成矿意义[J].地质学报,2019,93(2):459-469.
- Zheng W B, Ding S, Li S J, et al. The first Cu deposit of main collisional stage on the northern Gangdese Belt: Geological features and molybdenite Re-Os dating of the Chengba skarn Cu deposit in Linzhou County and their geological significance [J]. Acta Geologica Sinica, 2019, 93(2): 459-469.
- [24] 刘武生,赵鸿,赵如意,等.炭质泥岩Re-Os和碎屑锆石U-Pb同位素定年对广东大宝山铜矿床成矿时代的约束[J].岩矿测试,2022,41(2):300-313.
- Liu W S, Zhao H, Zhao R Y, et al. The constraints of carbonaceous mudstone Re-Os and detrital zircons U-Pb isotopic dating on the diagenetic and metallogenic ages from the dabaoshan copper deposit in Guangdong Province [J]. Rock and Mineral Analysis, 2022, 41(2): 300-313.
- [25] 杜芷葳,叶会寿,毛景文,等.陕西西沟钼矿床辉钼矿Re-Os年代学和同位素地球化学特征及其地质意义[J].矿床地质,2020,39(4):728-744.
- Du Z W, Ye H S, Mao J W, et al. Molybdenite Re-Os geochronology and isotope geochemical characteristics of Xigou molybdenum deposit in Shaanxi Province and its geological significance [J]. Mineral Deposits, 2020, 39(4): 728-744.
- [26] 张元厚,刘金伟,文斌,等.小秦岭地区大湖—秦南钼矿床矿化类型、Re-Os定年及找矿方向[J].吉林大学学报(地球科学版),2020,50(3):815-824.
- Zhang Y H, Liu J W, Wen B, et al. Mineralization types, Re-Os dating of Dahu—Qinnan molybdenum deposit and exploration in Xiaolinling Mt, central China [J]. Journal of Jilin University (Earth Science Edition), 2020, 50(3): 815-824.
- [27] 范飞鹏,肖凡,项红亮,等.闽中德化邱垵钼矿床辉钼矿Re-Os同位素定年及其对成矿时间的限定[J].中国地质,2021,48(6):1838-1849.
- Fan F P, Xiao F, Xiang H L, et al. Molybdenite Re-Os dating of the Qiucheng Mo deposit in Dehua of central Fujian Province and constraints on the mineralization time [J]. Geology in China, 2021, 48(6): 1838-1849.
- [28] 杨富全,李永,陈贵民,等.新疆阿尔泰巴斯铁列克钼多金属矿成矿时代——来自锆石U-Pb年龄和辉钼矿Re-Os年龄约束[J].大地构造与成矿学,2019,43(6):1144-1154.
- Yang F Q, Li Y, Chen G M, et al. Ore-forming age of the Basitlieke tungsten polymetallic deposit in the Altay, Xinjiang: Constraints of zircon U-Pb and molybdenite Re-Os geochronology [J]. Geotectonica et Metallogenia, 2019, 43(6): 1144-1154.
- [29] 彭能立,王先辉,杨俊,等.湖南川口三角潭钨矿床中辉钼矿Re-Os同位素定年及其地质意义[J].矿床地质,2017,36(6):1402-1414.
- Peng N L, Wang X H, Yang J, et al. Re-Os dating of molybdenite from Sanjiaotan tungsten deposit in Chuankou area, Hunan Province, and its geological implications [J]. Mineral Deposits, 2017, 36(6): 1402-1414.
- [30] 李宁,杨富全,李超,等.新疆东天山小白石头钨(钼)矿辉钼矿Re-Os同位素年龄及成矿时代[J].岩矿测试,2019,38(1):112-122.
- Li N, Yang F Q, Li C, et al. Re-Os isotopic age of molybdenite from the Xiaobaishi W-(Mo) deposit, eastern Tianshan, Xinjiang and its geological implication [J]. Rock and Mineral Analysis, 2019, 38(1): 112-122.

[31] 肖昌浩,刘向冲,赵岩,等.辽东五龙金矿床构造控矿特征和辉钼矿 Re-Os 年龄[J].地球科学,2020,45(11):3982-3997.  
Xiao C H,Liu X C,Zhao Y,et al. Structural controls and Re-Os dating of molybdenite of Wulong gold deposit,NE China[J]. Earth Science,2020,45(11):3982-3997.

[32] 张朋,李斌,李杰,等.辽东裂谷白云金矿载金黄铁矿 Re-Os 定年及其地质意义[J].大地构造与成矿学,2016,40(4):731-738.  
Zhang P,Li B,Li J,et al. Re-Os isotopic dating and its geological implication of gold bearing pyrite from the Baiyun gold deposit in Liaodong Rift[J]. Geotectonica et Metallogenia,2016,40(4):731-738.

[33] 王大钊,刘家军,翟德高,等.河北东坪碓金矿床辉钼矿 Re-Os 及锆石 U-Pb 年龄研究[J].地学前缘,2020,27(2):405-419.  
Wang D Z,Liu J J,Zhai D G,et al. Study on molybdenite Re-Os and zircon U-Pb ages of the Dongping tellurium-gold deposit in Hebei Province[J]. Earth Science Frontiers,2020,27(2):405-419.

[34] 李金英,郭冬发,姚继军,等.电感耦合等离子体质谱(ICP-MS)新进展[J].质谱学报,2002,23(3):164-179.  
Li J Y,Guo D F,Yao J J,et al. Recent progress of inductively coupled plasma mass spectrometry (ICP-MS)[J]. Journal of Chinese Mass Spectrometry Society,2002,23(3):164-179.

[35] 方家骏,孙卫东,彭子成,等.负热电离质谱技术在钨同位素测定中的应用[J].质谱学报,1997,18(2):7-15.  
Fang J J,Sun W D,Peng Z C,et al. Application of negative thermal ionization mass spectrometry in Os isotope determination[J]. Journal of Chinese Mass Spectrometry Society,1997,18(2):7-15.

[36] 储著银,郭春华.地球科学中热电离质谱法的进展[J].现代仪器,2003(1):8-11,7.  
Chu Z Y,Guo C H. Advances in thermal ionization mass spectrometry in geosciences[J]. Modern Instruments,2003(1):8-11,7.

[37] 毛景文,谢桂青,程彦博,等.华南地区中生代主要金属矿床模型[J].地质论评,2009,55(3):347-354.  
Mao J W,Xie G Q,Cheng Y B,et al. Mineral deposit models of Mesozoic ore deposits in South China[J]. Geological Review,2009,55(3):347-354.