国内外岩芯数字化信息发布平台建设进展

张志伟
自然资源实物地质资料中心,河北三河燕郊,065201

内容提要: 岩芯数字化是以岩芯为对象,通过采用现代信息技术(表面图像扫描、物理参数扫描、化学参数扫描(高光谱矿物扫描、XRF岩芯扫描)、互联网技术等),开展岩芯信息提取、整合、研究、发布服务等,为地质工作者科学研究、找矿等开发利用提供实体和信息资源,本文通过梳理国内外岩芯数字化信息发布服务工作进展,介绍了各国岩芯数字化信息发布平台案例,总结对比了我国岩芯数字化信息建设存在的问题,提出了下一步制定岩芯数字化标准、搭建一个平台、加强岩芯多参数数字化的工作建议。

关键词: 国内外;岩芯;数字化信息;发布服务

实物地质资料是指地质工作中形成的岩(矿)芯、标本、光(薄)片、样品等实物及其相关资料,是地质勘查与科学研究的重要成果,是人类认知地球获取地学信息的重要组成部分。实物地质资料较之成果地质资料、原始地质资料,具有原始性与客观性、唯一性与不可再生性、获取成本高、保管难度大、服务利用条件复杂等特殊性质(张志伟等,2018)。综观世界不同国家,实物地质资料管理服务水平差异较大,主要原因是各国社会经济发展水平、地质矿产管理与开发模式、信息化建设程度等有所不同,美国、加拿大、澳大利亚、英国、德国、日本、瑞典、芬兰等国家在岩芯等实物地质资料保管能力与服务水平比较高,积累了丰富的技术经验,尤其是在地质资料数字化、信息化、集成化等方面,通过实施专项计划,各级馆藏机构通过网络进行实物地质资料数据信息发布服务,供使用者检索查询,我国近二十年来,实物地质资料管理与服务体系建设逐渐完善,业务工作有质的飞跃,全国实物地质资料数字化信息将以倍增的形式汇聚并发布服务(任香爱等,2015)。

1 国外发达国家实物地质资料数字化信息发布服务

1.1 美国实物地质资料数字化信息发布服务情况

美国是目前世界上实物地质资料管理与服务利用水平最高的国家之一。美国实行联邦制,全国有50个州和一个直辖特区,美国的资源管理采取分权制,相应的实物地质资料管理与服务也采取分权制,美国联邦和各州建立了100多家不同类型的实物地质资料库,汇聚了大量珍贵的综合性、专题性实物地质资料资源,比如反映某个州地质背景的岩芯样品等、专题性的油气资源勘查、深海湖泊地质调查、极地冰川考察等实物样品,先进的保管技术和科学化、社会化服务理念方式使得实物地质资料得到很好的保管与应用。但美国实物地质资料保管存储能力同样面临挑战,大量实物地质资料面临处置或提出其他科学解决措施,当然,机构间的合并、人员的变动、资金的压力都是影响实物地质资料保管利用的重要因素。

美国比较注重信息化建设工作,各级馆藏机构实物地质资料基本已经完成了数字编目工作或者元数据库的建设,并提供网上社会化服务,但也有一些州级实物地质资料样品库数字化进展缓慢,或者个别州拥有一定规模的数据资源,不提供在线搜索。鉴于现状,美国通过政策法案制定了专项计划开展实物地质资料的保管与利用工作(任香爱等,2015;米胜信等,2017)。

在线服务样例——丹佛岩芯研究中心:

丹佛研究中心(Core Research Center,简称CRC)位于科罗拉多州丹佛地区,隶属于美国地质调查局,成立于1974年,职能是保存和保护有价值的岩芯、岩屑等实物地质资料。它拥有永久保存岩芯的仓储设施和对岩芯进行检查测试的设备,保管的实物地质资料包括岩芯、岩芯切片、岩屑、薄片及相关岩芯图像和分析报告等,为来自政府、工业界、学术界的科技工作者提供便捷服务利用,CRC是目前美国最大和访问量最多的公益性实物库之一。

CRC收藏了来自石油勘查和开发井以及一些专门钻探的170万英尺岩芯(35个州8500多个钻孔),一半以上进行了归档、整理、扫描照相,保存了2.38亿英尺(1英尺=0.3048 m)钻探进尺的岩屑(28个州54000个钻孔),这些岩芯、岩屑大部分来自落基山地区(Rocky Mountain Region);收藏了超过2.2万片的岩芯、岩屑的薄片,并进行了显微照相和扫描照相;保存了120万件古生物化石;与实物配套的相关资料,所有这些资源都已通过美国地质调查局CRC网站(https://geology.cr.usgs.gov/crc/)对外公开发布服务,登陆网站主界面主要提供信息包括:Well Catalog(钻井目录)、Search Tips(搜索诀窍)、Contacts(联系方式)、Hours and

注:本文为中国地质调查局"实物地质资料汇集与服务"二级项目(编号:DD20190411)的成果。
收稿日期:2019-09-05;改回日期:2019-12-04;责任编辑:章雨旭。Doi:10.16509/j.georeview.2020.02.020
作者简介:张志伟,男,1986年生,硕士研究生,工程师,主要从事实物地质资料管理服务以及地质调查信息化等方面的研究;Email:123517577@qq.com。

Location(时间和地点)、Available Resources(可利用的资源)、Services(可提供的服务)、Policies(政策)、Oil Shale(油页岩)、Paleontology(古生物化石)、Links(链接其他存储库,如:州级库、专业库等)、Frequently Asked Questions(快速问答)、New Wells(新入库钻井)。通过在线查询,用户可以实现目录检索、资料查询下载、地质图件下载和实物地质资料观察、取样申请等多种业务需求。

此外,诸如美国国家冰芯实验室(National Science Foundation Ice Core Facility)、美国湖泊岩芯库、美国深海样品库、南极勘探岩芯库等都相应保存着美国重大专题计划、对应州/区域重要性、典型性、代表性的岩芯,且这些信息通过系统平台面向社会公开发布。

1.2 加拿大实物地质资料数字化信息发布服务情况

加拿大是世界上实物地质资料管理与服务利用水平较高的国家之一。加拿大实行联邦制,全国有 10 个省和 3 个自治区,加拿大的矿产资源管理实行联邦与省政府资源分权制。两级政府分别负责全国和本行政区范围内的矿业权管理。

据不完全统计,加拿大建立了 40 多家不同类型的实物地质资料库,其中联邦政府管理有 5 个,省级政府管理有 35 个,馆藏岩芯超过 500 万米。岩芯样品类型丰富,主要包括石油钻井岩芯岩屑、矿产勘查岩芯、矿物标本、化石标本、地球化学副样等。

加拿大联邦和各省政府多数馆藏机构已经将保管的钻井岩芯等实物地质资料进行了数字编目和建库,并提供网络发布服务。各省建立的钻井数据库信息详细程度不一,但基本上包含了钻孔名称、钻孔地理坐标、钻井进尺、钻孔岩芯分析测试数据、钻孔编录信息、保管单位等,这些信息同时基于地理空间底图进行查询,并且各级单位定期会更新钻孔样品数据库。

在线服务样例——萨斯喀彻温省实物地质资料检索平台:

加拿大萨斯喀彻温省实物地质资料库由萨省地质调查局(SGS)管理,分别在南部的里贾纳(地下地质实验室)和北部的拉龙日建设了岩芯库,目前拥有取自 2.1 万口钻井近 40 万箱,60 万余米的岩芯,取自 3.3 万口井 445.9 万瓶岩屑。主要来自:石油和天然气钻井、钾盐井、油页岩井、基础地质调查岩芯等,依托这些实物地质资料,更好地开展科学研究、社会服务等工作,提升了萨省地调局管理和服务水平,形成一种互惠互利、共同发展的良性机制。

加拿大萨省地质资料数字化、信息化程度很高,纸质资料基本实现了数字化,用户可通过关键词、矿业权、矿区地址、经纬度等搜索目标信息,实现了地质报告、图件、实物地质资料资源信息以及目标区矿权内的钻孔、钻井岩芯岩屑分析测试数据、岩芯地球化学分析数据等的检索查询和下载,所有这些资源都已通过萨省政府能源资源部网站(www.er.gov.sk.ca)对外公开发布服务(易锦俊等,2013)。

1.3 澳大利亚实物地质资料数字化信息发布服务情况

澳大利亚政府和社会各界高度重视实物地质资料的保护和利用工作,形成了独具特色的实物地质资料管理利用体制。澳大利亚实行联邦制,全国分 6 个州和 1 个自治区,澳大利亚的矿产资源管理实行联邦政府与各州政府资源分权制,两级政府分别负责全国和本行政区范围内的矿产资源开发管理,各级政府岩芯样品库数量和规模不一,主要采用主岩芯库+"卫星"岩芯库的方式,这些小型岩芯库均为专业性特别强的重要实物地质资料保存地址。

澳大利亚虚拟岩芯库建设旨在让澳大利亚各州、地方地调局和各私人矿业勘探公司利用 Hylogging 高光谱扫描仪,建立一个包含有澳洲大陆 2000 m 内的岩芯、岩屑及标本等实物地质资料的高分辨率图像信息、矿物组分成分信息、半定量化描述信息和元素测试分析结果、成果报告的地球科学信息数据库系统。该系统包括 Oracle 数据库、TSG 数据处理分析软件包、一个标准的 Web 浏览器访问客户端界面和搜索工具。社会公众可利用互联网检索查询岩芯、岩屑、标本等实物地质资料相关信息。Hylogging 高光谱扫描仪由澳大利亚联邦科学与工业研究组织利用高光谱吸收和反射技术设计开发(高鹏鑫等,2010;王斌等,2014)。

在线服务样例——澳大利亚虚拟岩芯库平台建设(http://nvcl.csiro.au/):

澳大利亚虚拟岩芯库工作流程分为数据采集和处理分析、数据存储、数据服务利用等三个阶段(图 1)。澳大利亚联邦、各州和地方地调局以及各私人矿业勘探公司利用 Hylogging 高光谱扫描仪对岩芯、岩屑、标本等实物地质资料进行扫描,然后利用 TSG 数据处理分析软件对岩芯图像信息、光谱数据信息(图 2)等进行解译、处理和分析,生成高分辨率图像信息和矿物组分成分信息,并将其与多元素化学测试分析数据、成果报告等其它资料进行集成,存储于 Oracle 数据库中,最后通过互联网利用澳大利亚虚拟岩芯库门户网站将岩芯、岩屑、标本等实物地质资料信息向社会公众提供服务利用。该系统可向社会公众提供信息浏览、检索查询、在线下载(支持 CSV、PDF、FTP、XLS 等文件格式)、资料订购和邮寄等服务。

1.4 英国实物地质资料数字化信息发布服务情况

英国地质资料管理实行"分散保管、集中服务"的模式,英国制定了一套比较完善的法律制度明确了汇交人的法定义务,不同管理部门负责本辖区范围内取得的包括岩芯样品在内的地质资料的收集、保管、利用等。

英国岩芯库比较典型的是英国地质调查局下设的基沃斯(Keyworth)岩芯库,据不完全统计,基沃斯岩芯库(含合并的爱丁堡实物库)馆藏陆地金属、煤炭等钻孔约 1.5 万个钻孔 22 万米岩芯、大量基础地质调查标本和化石(含达尔文采集的化石),海洋和大陆架等钻孔约 6 千个近 30 万米岩芯,1.5 万个海底样品(刘凤民等,2011)。

2006 年 2 月,英国地质调查局提出了同一个地质(OneGeology)计划,体现了英国地质调查局在地质资料信息化建设、共建共享站位,英国地质调查局十分重视地质钻孔数据库建设工作。用户可以通过外网查询到所需钻孔的基本信息以及获得钻孔详细信息的联系方式,进而借助内网查询到不同层次的钻孔信息以及岩芯资料信息。地方岩芯库

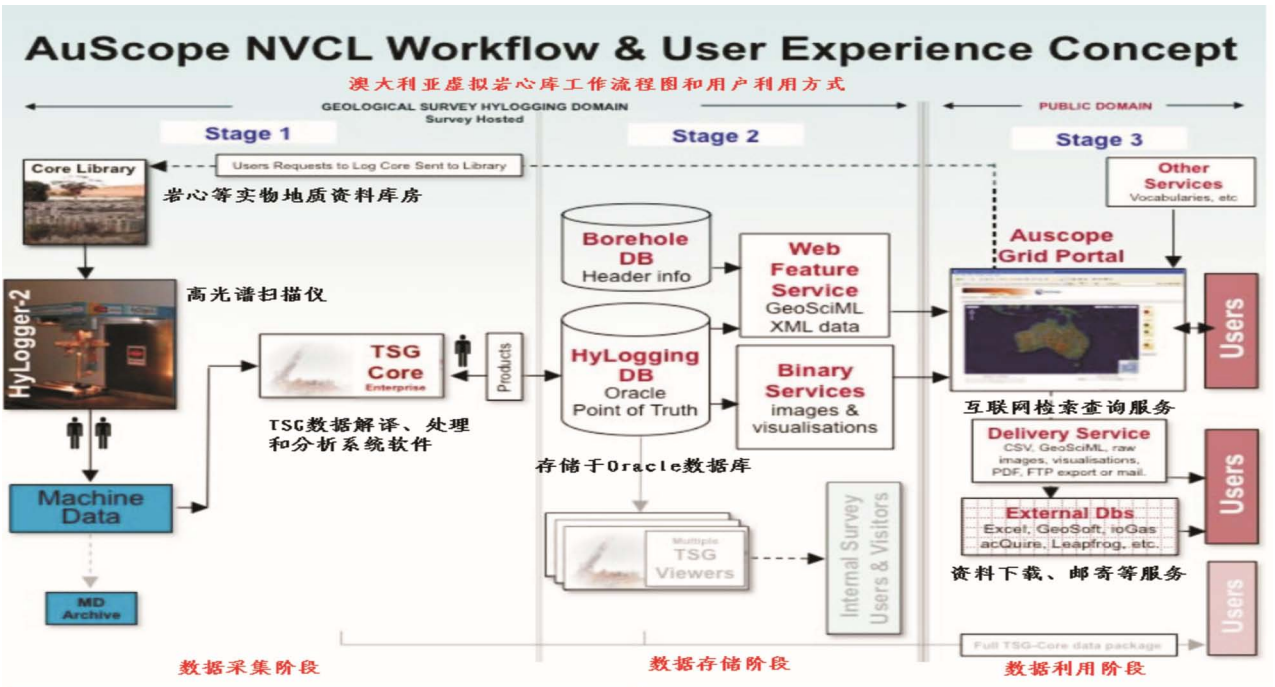


图 1 澳大利亚虚拟岩芯库工作流程图(引自王斌等,2014)

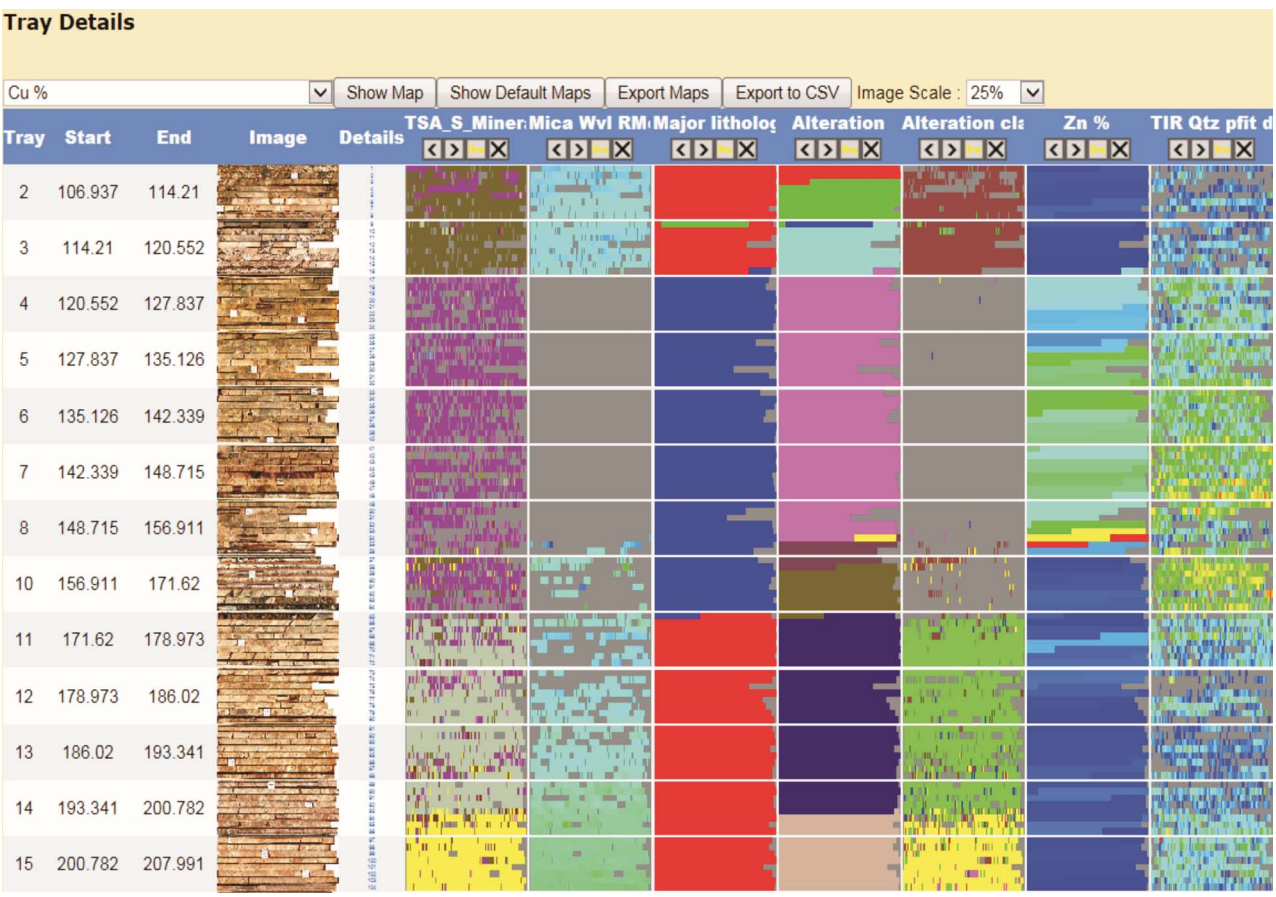


图 2 某钻孔岩芯标量图谱

比如英国地质科学研究所、北爱尔兰地质调查所、政府管理的其他岩芯库、私营企业岩芯库都能够较好的保管、编目、网络发布提供实物地质资料服务。

在线服务样例——英国地质调查局地质资料检索平台：

英国地质调查局(http://www.bgs.ac.uk/)是一个数据丰富的组织机构,提供了超过 400 种数据集,包括环境监测数据、数字化数据库、实物资料(钻井岩芯、岩石、矿物、化石)、档案记录等,这些数据由国家地学数据中心管理。

用户登录英国地质调查局主页,点击“data(数据)”功能进入“our data(我们的数据)”,再点击“Free data | OpenGeoscience(免费数据|公开地学数据)”,公开地学数据界面提供了 View maps(查询地图)、Apps(应用服务)、Map data downloads(下载地图数据)、Photos and images(照片和图片)、Publications(出版物)、Scanned records(扫描记录)、Data collections(资料收集)、Software(软件)、Web services(网络服务)9 大部分专题查询模块,大量的钻孔岩芯岩屑、标本、样品等基本信息以及数字化的岩芯照片、标本、薄片照片等可分别在不同的管理模块查看并免费下载,功能十分强大、内容十分丰富,可满足不同用户群体的需求。

1.5 瑞典实物地质资料数字化信息发布服务情况

在瑞典,从法律上对实物地质资料汇交没有强制性规定。但是,瑞典地调局具备接收、保管实物地质资料并提供服务的条件,矿山企业等单位会主动把地质工作形成的各种实物地质资料汇交到瑞典国家钻孔岩芯库(刘向东等,2018)。

自 1858 年成立以来,瑞典地调局国家钻孔岩芯资料库由一座单体库房组成,库容量为 7000 ㎡,这里存放着采集自瑞典各地 18000 余个钻孔的 300 余万米岩芯。其中,许多钻孔岩芯都配套有岩芯编录资料、地球物理井下测量结果、化学分析数据等资料。

2014 年,瑞典地调局正式启动钻孔岩芯扫描工作,该工作由芬兰、非洲两家公司提供扫描设备、人员和数据采集处理等技术服务,主要对国家钻孔岩芯库内存放的采自瑞典北部北博滕省和西博滕省的 20 多万米岩芯开展高分辨率光学图像扫描和高光谱红外扫描。截至 2016 年,已完成 23 万余米岩芯扫描工作。

用户通过瑞典地质调查局(http://www.sgu.se/en/)网站主页“产品(Products)”—“空间地图(Maps)”—“地图浏览(Mapviewer)”,选择“Drillcores”后空间地图将所有的钻孔岩芯基于地理位置进行显示,通过“Search Place”输入搜索目标区域,获取对应的系列钻孔列表,查看每个钻孔的编号、名称、钻孔形成时间、起始深度、终止深度、起始经纬度、终止经纬度、相关报告、扫描图像等,其中扫描图像信息通过专题网站进行展示。用户还可以通过“Change Mapviewer”,来选择不同要素展示基于空间的地质信息,比如“基岩(1∶100 万)、地下水、井、矿床与矿物等”(http://www.geospectralimaging.com/intellicoresvr/)。

2008 年以来,平均每天约有 2 家矿山企业预约利用钻孔岩芯。据统计,已经有来自 35 个国家的单位或个人利用过瑞典国家钻孔岩芯库内存放的钻孔岩芯资料。

2 中国实物地质资料数字化信息发布服务

我国政府历来重视地质资料管理与服务工作,经过近二十年的发展与积累,基本上形成了以自然资源实物地质资料中心(国家实物地质资料馆)为主节点,31 个省(区、市)级地质资料馆藏机构为分节点、35 家委托保管单位为专业分节点、全国千余家地质资料汇交人为基础节点的 1+31+35+N 实物地质资料业务管理体系,通过以行政+项目的组合方式,开展了全国实物地质资料目录数据库建设、全国重要地质钻孔数据库建设、油气、海洋等委托保管地质资料目录数据库建设等项目工作,依托全国地质资料汇交监管平台,逐渐使实物地质资料汇交工作制度化、规范化、科学化,极大地提升了汇交人依法汇交地质资料的意识,这些都为地质工作提供了大量的地质资料数据基础。

各省(区、市)级地质资料馆藏机构、汇交人积极开展馆藏基础设施建设,积极贯彻执行国务院、自然资源部关于印发的地质资料管理条例、实物地质资料管理办法等文件,开展相关业务工作建设,比如实物地质资料汇交筛选、不同类型实物地质资料保管技术方法、高光谱多参数扫描等,不断推进实物地质资料管理服务工作迈向新的征程。当下,应用物联网、云计算、大数据等新技术,提升实物地质资料信息化服务水平,拓宽服务领域,真正做到岩芯等实物地质资料的有效保存和高效利用。

近年来,中国地质调查局自然资源实物地质资料中心开展了大量清洁能源、关键矿产等岩芯的数字化、信息化建设工作,并将汇聚的实物地质资料数据信息资源通过“地质云”(图 3)(http://geocloud.cgs.gov.cn/)、“中国实物地质资料信息网”(http://www.cgsi.cn/)平台进行了发布服务,主要服务产品是“全国实物地质资料目录数据库”、“全国重要地质钻孔数据库”(图 4)、“全国重要岩芯图像服务系统”,且依托全国实物地质资料集群服务系统平台实现了三大产品的一站式检索服务。

在线服务样例——中国地质调查局“地质云”平台

登录“地质云”—“地质数据”—“钻孔数据库”,可查询到与“中国实物地质资料信息网”同步的全国重要地质钻孔数据库数据信息,此外,“地质云”—“馆藏资料”—“实物资料”可以查询到馆藏机构岩芯、标本、光薄片等实物地质资料基本信息,帮助用户快速了解地质工作项目产生的实物地质资料类型及数量、保管现状、获取方式等信息,有效地搭建地质资料馆藏机构、地质资料汇交人与利用者之间的桥梁(张志伟,2018)。

截至 2019 年 8 月,实物地质资料目录数据库平台已经对外公开发布 97 万余条目录信息,钻孔数据库平台已经对外公开发布 95 万余个钻孔信息(含钻孔柱状图等),涵盖我国区域地质、矿产地质、水工环、灾害地质等地质勘查工作形成的重要地质钻孔以及重要成矿区带、整装勘查区等区域,依托钻孔数据库信息平台开发了系列专题服务产品,诸如“31 个省(区、市)千米以深重要地质钻孔分布及目录”、“长江经济带重点区域地质钻孔分布图及目录服务产品”、“台风”利奇马“沿线灾区地质钻孔资料应急服务产品”等。

用户需要检索查阅地质钻孔柱状图数据信息,可凭有效身份证件及相关证明到国家实物地质资料馆借阅资料。钻



图 3 地质云平台首页

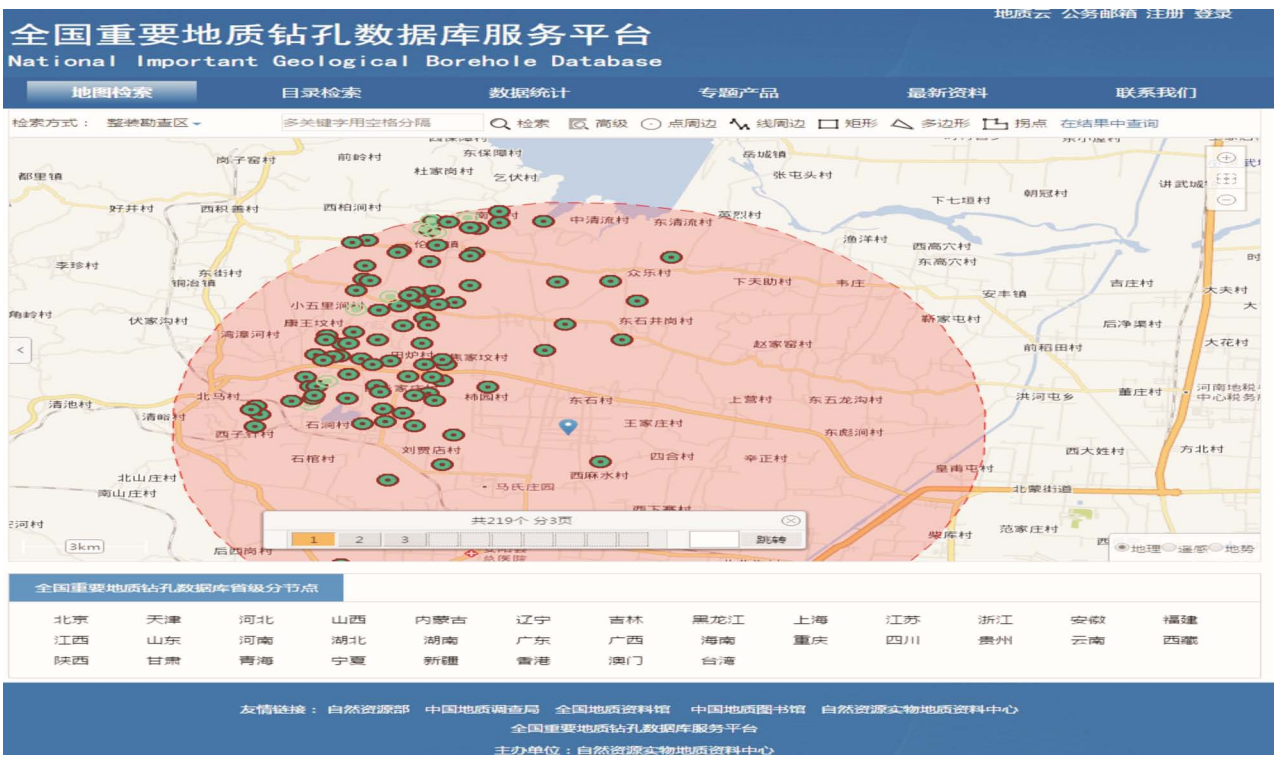


图 4 全国重要地质钻孔数据库服务平台

孔数据库平台运用了并行计算、大数据虚拟存储、多节点集成发布与自动对等、地质要素自动解析等先进技术,实现了地质钻孔资料的模糊检索、高级检索、“点周边、线周边、矩形、多边形、拐点”条件检索、递增检索、“整装勘查区、25 万图框、主要矿种、地质工作类型、行政区划”等特定检索方式检索、运用瓦片切割技术无极缩放功能实现了钻孔柱状图等栅格化图件的快速浏览等功能,体验效果极佳,用户访问量已经达到近 62 万余人次。

3 存在问题分析

尽管我国在岩芯等实物地质资料数字化信息平台建设取得了长足的发展,但是现有平台与发达国家相比还存在一定的差距,同时在支撑国家重大需求和新时代地质工作转型发展方面也存在较大不足,主要表现如下:

(1)缺乏行业标准规范的顶层设计,鉴于现有项目工作特点,研发形成了多套数据库系统平台,导致同一数据项表达一个意思,但命名和格式不一致,因此数据难以共享和使用。

(2)系统平台整合的不够,目前各系统平台仍然是各自运行,表现在垂直上应用相互独立,横向上各类数据多头采集、重复采集,造成用户查询平台数据出现多源。

(3)数据平台岩芯等实物地质资料数字化信息比较初级,主要是拍照、扫描、基本信息数据录入,缺乏基于岩芯开展的高光谱多参数扫描数字化信息。

(4)各级馆藏机构岩矿芯等实物地质资料数字化工作刚刚起步,目前只有国家馆、油田系统开展了馆藏岩芯的多维度、多参数的数字化扫描工作。

4 下一步工作建议

纵观国内外岩芯实物地质资料管理服务工作进展,近些年取得了划时代的突破性进展,标志性特征为彻底改变了传统的实物地质资料管理服务模式,进入以信息化、集群化为主的全新发展阶段,通过采用现代信息技术(表面图像扫描、物理参数扫描、化学参数扫描(高光谱矿物扫描、XRF 岩芯扫描)、互联网技术等),开展实物资料信息提取、整合、研究等,促使实物地质资料管理更加科学、服务手段更加先进、服务产品更加丰富,服务领域更加广阔,为地质勘查、科学研究以及社会经济发展发挥更大的信息支撑作用。

(1)制定岩芯等实物地质资料数字化标准。切实做好顶层设计,构建各类岩芯数字化扫描提取技术标准,尤其是岩芯数据采集、保存、处理、数字化、使用、信息共享等全链条方面的技术标准研究,严格质量控制环节,确保数据信息真实可靠,规范统一,便于共享使用。

(2)构建一个平台机制。全面推进各级馆藏机构岩芯数字化建设工作,充分形成全国岩芯数字化建设一盘棋局面,强力夯实各地区重要性、典型性、代表性岩芯数据信息的建设工作,基于此,通过一个平台建设,可实现全国岩芯等实物地质资料数字化信息资源的查询、检索、利用,构建新时代岩芯等实物地质资料管理与服务工作体系。

(3)开展岩芯多参数数字化工作。在岩芯拍照、白/平光扫描基础上,全面开展岩芯高光谱扫描、CT 扫描、X 射线荧光光谱分析元素浓度扫描以及磁化率扫描等无损信息提取工作,建立岩芯波谱数据库,发布高光谱等扫描数据信息。

参 考 文 献 / References

高鹏鑫, 易锦俊. 2010. 澳大利亚奥斯库普虚拟岩芯库应用演示系统介绍及其启示. 实物地质资料管理动态与研究, 3(11): 2~12.

刘凤民, 任香爱, 夏浩东. 2011. 英国实物地质资料管理情况及其启示. 实物地质资料管理动态与研究, 4(4): 2~9.

刘向东, 郭海燕, 张志伟, 任香爱, 李秋玲. 2018. 瑞典实物地质资料管理与服务现状. 地质论评, 64(5): 736~740.

米胜信, 姚聿涛, 高志新, 张志伟, 李东风, 等. 2017. 实物地质资料信息服务研究与应用. 北京:地质出版社.

任香爱, 马冰, 刘向东, 张业成. 2015. 国内外实物地质资料管理服务发展研究. 北京:煤炭工业出版社.

王斌, 李杰, 梁银平. 2014. 我国虚拟岩芯库建设的初步设想——澳大利亚虚拟岩芯库建设的启示. 实物地质资料管理动态与研究, 7(2): 2~16.

易锦俊, 高鹏鑫. 2013. 加拿大萨斯喀彻温省实物地质资料管理与服务. 实物地质资料管理动态与研究, 6(2): 12~20.

张志伟, 任香爱, 米胜信, 刘向东, 杜东阳等. 2018. 实物地质资料目录数据库建设技术方法研究与应用. 北京:地质出版社.

ZHANG Zhiwei: The progress of digital core information publishing platform in China and abroad

Keywords: overview; drill core; digital information; publishing service

Doi: 10.16509/j.georeview.2020.02.020