

我国实物地质资料管理全链条 业务流程图构建

王增祥¹⁾, 易锦俊¹⁾, 高鹏鑫¹⁾, 史维鑫^{1,2)}, 王楠¹⁾, 邓晃¹⁾,
李杰¹⁾, 崔立伟¹⁾, 孙华峰^{1,2)}, 杜东阳¹⁾

1) 自然资源实物地质资料中心, 河北三河, 065201;
2) 中国地质调查局岩芯数字化技术创新中心, 河北三河, 065201

内容提要:新时期我国实物地质资料管理服务体系存在流程不清、协同不畅、认知差异等瓶颈问题,同时业务管理呈现出制度化与精细化的发展趋势,信息技术与实物多参数数字化技术成为驱动业务管理升级的关键引擎。笔者等基于国家馆多年实践经验,采用垂直流程图方式,在分析关键业务流程的基础上,尝试构建了涵盖“采集接收、整理保管、数字化、信息化、服务利用”五项关键业务的全链条流程图。流程图首次清晰展现了实物地质资料各关键业务的演进逻辑与协作关系,可以为各级馆藏机构(尤其新设机构)提供直观的操作指引,对建立全国统一、高效协同的实物地质资料业务管理体系具有重要参考价值。

关键词:实物地质资料;业务管理;垂直流程图;发展趋势;数字化

实物地质资料是指在地质工作中形成的岩(矿)芯、岩屑、标本、光薄片、样品等实物及其相关资料,是国家重要的基础性、战略性科技资源(姜文利,2014)。2002年《地质资料管理条例》发布实施,明确将实物地质资料纳入地质资料管理(王楠等,2021)。经过之后二十余年发展,我国在实物地质资料管理和服务领域积累了丰富的实践经验。然而,随着国家重大战略、社会经济发展需求的变化,尤其是《实物地质资料管理办法》(自然资规[2024]4号)出台后,现行业务流程管理的规范化水平与管理办法所提要求之间存在差距。一方面,关键业务环节流程尤其是新技术领域业务环节流程的不清晰、不规范,导致各项业务对接难度大、跨部门协同效率低下、资源服务共享困难等问题。另一方面,新成立的省级馆藏机构、企业保管单位或部门因机构运行时间短、业务经验积淀不足,普遍存在对实物地质资料业务管理流程逻辑、关键业务节点的认知不深入不清晰的问题,尤其是不能充分认识新技术对实物地质资料业务管理工作的深刻影响;这种认知与实践层面的双重制约,直接导致管理机构在部门

职能配置、制度体系建设等方面呈现显著的区域化差异,对建立全国统一的实物地质资料管理服务体系形成制约。

为探索实物地质资料采集接收、整理保管、数字化、信息化、服务利用等业务高效协作的最优解,笔者等借鉴国家级地质资料馆藏机构自然资源实物地质资料中心(简称“国家馆”)在业务流程管理规范化方面的努力和经验,采用构建垂直流程图的方式,在系统梳理实物地质资料各项业务内容的基础上,构建实物地质资料管理全链条业务流程图,清晰展现各关键业务之间的演进协作关系,以为全国实物地质资料管理服务体系建设提供启示和帮助。

1 实物地质资料业务管理的发展趋势

1.1 业务管理呈现制度化、精细化发展趋势

在国家治理现代化与生态文明建设战略引领下,实物地质资料业务管理体系呈现“法律法规强化、标准规范细化”的发展特征。法律法规方面,《实物地质资料管理办法》(自然资规[2024]4号)明确了实物地质资料分级分类管理标准、权责清单,

注:本文为中国地质调查局“实物地质资料采集更新与数字化应用”资助项目(编号:DD202310001)的成果。

收稿日期:2025-10-10;改回日期:2026-01-10;网络首发:2026-02-15;责任编辑:刘志强。Doi: 10.16509/j.georeview.2026.02.051

作者简介:王增祥,男,1990年生,硕士,高级工程师,长期从事科技资源管理与共享服务、实物地质资料数字化应用研究、矿产勘查等工作;Email:wzengxiangcgs@126.com。通讯作者:易锦俊,男,1984年生,博士,教授级高级工程师,长期从事实物地质资料管理、岩芯数字化及矿床学研究等工作;Email:yjinjun@mail.cgs.gov.cn。



并新增馆藏机构和实物地质资料汇交人亟需且应用较为成熟的技术性附件,推动实物地质资料业务从基础建设探索向规范化管理转型。标准规范方面,“十四五”期间自然资源部先后发布《地质资料馆藏管理规范 第1部分:实物》等五部行业标准(表1),对实物地质资料整理保管、岩芯数字化等工作内容进行了规范和细化;国家馆先后编制了《中心实物地质资料服务利用办法》、《中心实物地质资料服务利用细则》等工作制度,明确了国家馆保管及分散保管的实物地质资料服务领域各方职责分工、申请、审核、审批、预约、服务、验收、服务成效等各环节要求,规范国家馆日常服务的工作流程、职责及分工、服务记录、服务要求、服务时间等内容,提高了服务质量和效率,并计划推广至省级馆藏机构。

1.2 信息技术成为业务管理的“助推器”

信息技术的快速发展成为推动实物地质资料业务管理升级的“助推器”。美国国家科学基金会(National Science Foundation)资助的数字岩石网络平台(Digital Rock Portal)以卓越功能和广泛适用性,被多国研究机构广泛应用;澳大利亚联邦科工组织打造的国家数字岩芯馆(The National Virtual Core Library)整合了18家机构数据,并依托AI与云计算等技术助力矿产研究;英国Open Geoscience平台涵盖30万米岩芯及450万岩屑样本的油气钻井数据,是油气地质研究的珍贵宝库。此外,国际大洋钻探计划(IODP)、国际大陆科学钻探计划(ICDP)等国际组织亦积极推动全球科学钻探岩芯数据互联互通。

我国围绕实物地质资料业务管理信息化也开展了有益探索,如自然资源部地质资料信息管理服务系统(<https://dzzl.ngac.cn/>)、国家馆实物地质资料业务综合管理信息系统、全国数字岩芯平台(<https://ndcp.cgsi.cn/>)等。自然资源部地质资料信息管理服务系统用以协助国家和省级自然资源主管部门开展地质资料汇交受理、验收、发证、保护、催交、信息公示等监督管理工作,是实物地质资料业务

管理工作的“起点”。全国数字岩芯平台是全国统一的岩芯资源在线服务平台,可实现全国各级岩芯保管单位的岩芯全生命周期数据信息的集成展示与深度融合,及云环境下全国岩芯数据的共建共享,是岩芯资源对外服务的“窗口”。实物地质资料业务管理信息系统用以实现业务数据标准化采集、智能化分析和可视化管理,是开展实物地质资料全流程管理的有力“抓手”。以国家馆实物地质资料业务综合管理信息系统为例,该系统含业务流程管理子系统 and 数据中心子系统两大板块(图1),具备实物地质资料数字化审批、服务订单在线审批、业务流转等功能,并实现了与全国数字岩芯平台网络订单服务功能的对接。

1.3 实物多参数数字化技术对业务管理优化重构提出了新的要求

实物多参数数字化技术的广泛应用为实物地质资料业务管理带来了新的需求,促进了其优化重构。光谱扫描、XRF扫描、CT扫描等技术的协同使用,既能实现岩芯表面图像的无损采集,又能通过有损扫描提取深层物理化学参数,显著提升数据维度与科研价值(图2)。欧美等发达国家广泛应用全谱段光谱扫描、多尺度CT扫描与数字岩芯重建、AI图像识别等技术,推进实物地质资料的再挖掘再提取,如通过高精度CT扫描实现岩芯孔隙结构的3D建模和压裂、驱替试验模拟,有效提升储层预测精度;开发矿物识别软件,提升岩芯矿物识别效率;建设“虚拟岩芯库”,加强岩芯多参数数据的在线共享服务(Huntington, 2016; Tanaka et al., 2019; 孙华峰等, 2021; 李秋玲等, 2025a, 2025b)。能源企业在岩芯数字化综合利用和共享方面开展了广泛研究,如我国大庆油田、辽河油田、吐哈油田、华北油田等,将岩芯表面扫描成像后,以综合柱状图的形式在计算机或网络上再现岩芯特征(张聪等, 2022)。截止2022年底,国家馆与省级馆藏机构也积累了丰富的岩芯多参数数字化数据,包括50多万米岩芯高清图像数据、10余万米岩芯元素和光谱数据、2000余米油气目的层岩芯多尺度CT数据及物性参数数据等(张森等, 2025)。实物多参数数字化技术的广泛应用,将为未来开展大数据分析、人工智能找矿等全新领域奠定数据基础,成为实物地质资料管理最重要的发展动力之一(马朝阳等, 2024)。因此需要通过优

表1 “十四五”期间(2021~2025年)与实物地质资料业务管理相关的行业标准

Table1 Standards related to the Business Management of Cores & Samples(2021~2025)

序号	名称	编号	发布时间
1	地质资料馆藏管理规范 第1部分:实物	DZ/T0446.1-2024	2024.8.2
2	岩芯数字化技术规程 第1部分:总则	DZ/T0441.1-2023	2023.4.19
3	岩芯数字化技术规程 第2部分:表面图像数字化	DZ/T0441.2-2025	2025.1.17
4	岩芯数字化技术规程 第3部分:光谱扫描	DZ/T0441.3-2023	2023.4.19
5	岩芯数字化技术规程 第4部分:X射线荧光分析	DZ/T0441.4-2025	2025.1.17

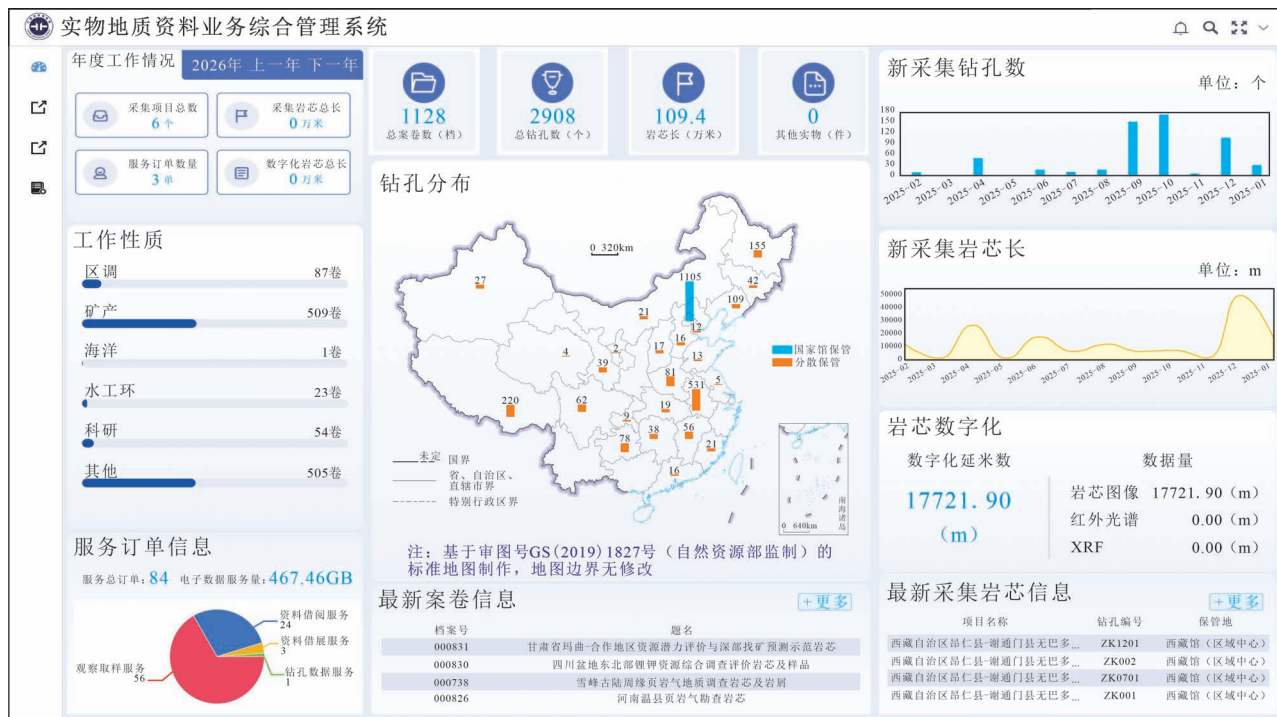


图1 国家馆实物地质资料业务综合管理信息系统管理界面

Fig. 1 The management interface of CBMS for cores & samples center of natural resources

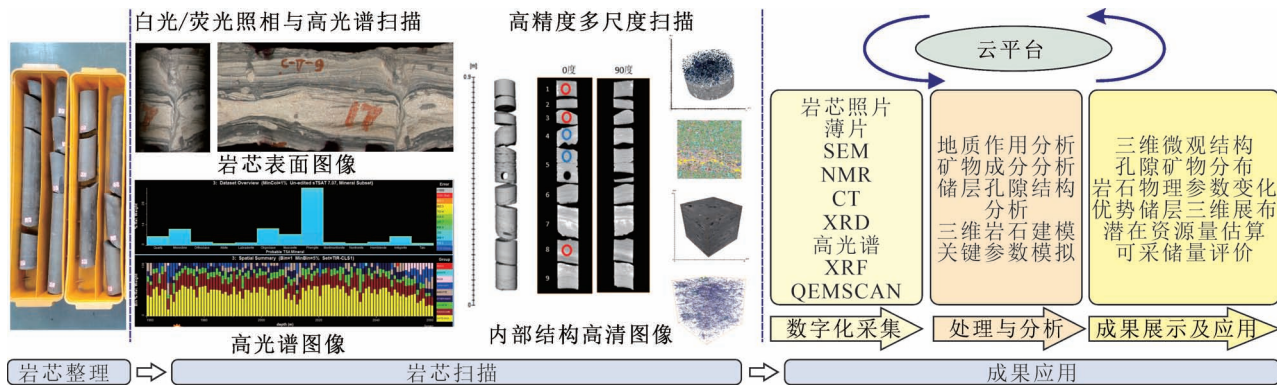


图2 岩芯数字化提升价值全过程(据孙华峰等,2021 修改)

Fig. 2 Entire process of core digitalization enhancing scientific research value(modified from Sun Huafeng et al. , 2021&)

化流程设计以强化实物数字化工作与其他业务工作的高效衔接。

2 研究对象和研究方法

2.1 研究对象

作为研究对象的实物地质资料由实物及相关资料组成。实物包括来自不同地质领域的岩芯、标本、光薄片、岩屑、样品等。截至2023年底,部省地质资料馆藏机构及受托单位共保存岩芯 516.96×10⁴ m、岩屑 4287.76×10⁴袋、标本 13.38×10⁴块、光薄片 37.85×10⁴片、样品 1080.82×10⁴袋/瓶(自然资源部,

2024)。实物具有原始性、客观性、易损性等特点,并具备二次开发利用的价值(夏浩东等,2005;高建伟等,2018;张森等,2025)。相关资料是指与实物配套的文字记录、测试数据、图像资料等,它们产生于实物获取过程中的施工、编录、测试、试验等各个环节,与实物存在密切的联系。相关资料具有可复制、无损共享、易于传播、易于重组等特点(曹希平,2007),强化其信息共享是实物地质资料高效共享、充分服务、提升价值的关键。

2.2 研究方法

业务流程建模 (BPM, Business Process

Modeling)抽象了业务流程中各种元素之间的关系和特征,用图形、公式或文字说明的形式来描述业务流程的特性,是对业务流程管理进行表述的一种方式 and 流程设计、分析与优化的重要基础(林永毅,2007)。面向对象的过程建模、角色活动图、流程图、基于 Petri 网的过程建模、基于 ARIS 的流程建模、基于 IDEF 方法的过程建模等是常用的业务流程建模手段。

流程图是广泛应用的业务流程建模方法,具有直观、灵活的特点,按照展现方式可分为水平流程图和垂直流程图(Aguilar-Savén,2004)。其中,水平流程图是将流程中所涉及的职能部门以水平方式展现在页面上,能够实现同一业务单元的操作节点与职能部门在横轴方向上形成可视化映射。垂直流程图以从上到下的形式反映某流程的连续步骤,着重体现操作步骤的递进关系,但不能清晰反映职能部门与具体流程节点的对应关系。笔者等旨在构建具有普适性的研究成果,以推广应用于各级地质资料馆藏机构。鉴于我国各馆藏机构组织架构存在显著差异,若采用依赖部门职能划分的水平流程图,将难以满足普适性原则的要求。同时笔者等是在深入解析实物地质资料关键业务内容的基础上,聚焦于关键业务流程,开展全链条业务流程图设计。基于此,选用更能清晰呈现工作步骤递进、衔接关系的垂直流程图作为研究方法。

3 关键业务流程分析

3.1 采集接收

采集接收包括提前移交、正常汇交、专项采集3种方式,其中正常汇交是国家馆和省级馆藏机构获取实物地质资料的主要途径。我国实行实物地质资料分类分级管理制度,按照实物地质资料的系统性、典型性、代表性将其分为 I、II、III 类(高鹏鑫等,2017)。目前我国在“二级管理、三级保管”的框架下实现了实物地质资料的有序管理和社会化服务,“二级管理”是指自然资源部和各省级自然资源管理部门分别负责 I 类和 II 类实物地质资料的管理,并有对应的国家馆和各省级馆藏机构予以支撑。“三级保管”是指 I、II、III 类实物地质资料分别保管于国家馆(含区域中心、委托保管机构)、各省级馆藏机构、汇交人的库房内。根据《实物地质资料管理办法》(自然资规[2024]4号),样本采集接收部门在自然资源部地质资料信息管理服务系统上收到实物地质资料目录清单后,应在 10 个工作日内商

省级地质资料馆藏机构筛选确定 I 类实物地质资料目录清单,并在 25 个工作日内完成或组织省级地质资料馆藏机构完成实物地质资料汇交通知书的发放;实物地质资料馆藏机构在印发汇交通知书之日起 30 个工作日内,到实物地质资料暂时保管地接收、验收汇交人汇交的实物地质资料(图 3)。特别指出的是,新办法将以往“省馆先筛 I、II 类清单再商国家馆确定 I 类清单”的流程调整为“国家馆商省馆先筛 I 类清单,省馆后筛 II 类清单”,同时将发放汇交通知书的时限由 30 个工作日减少为 25 个工作日。

在地质勘查项目中,野外验收与成果验收通常作为两个关键管理节点。通常在项目成果验收完成后,汇交人需待馆藏机构在自然资源部地质资料信息管理服务系统中建立项目信息后方可提交目录清单启动正常汇交流程(图 3)。然而在具体实践中,由于野外验收与成果验收之间可能存在较长时间间隔,实物地质资料在野外期间可能因保管条件不善而面临损毁风险。为应对上述问题,国家馆与部分省级馆藏机构在实践中探索了实物地质资料“提前

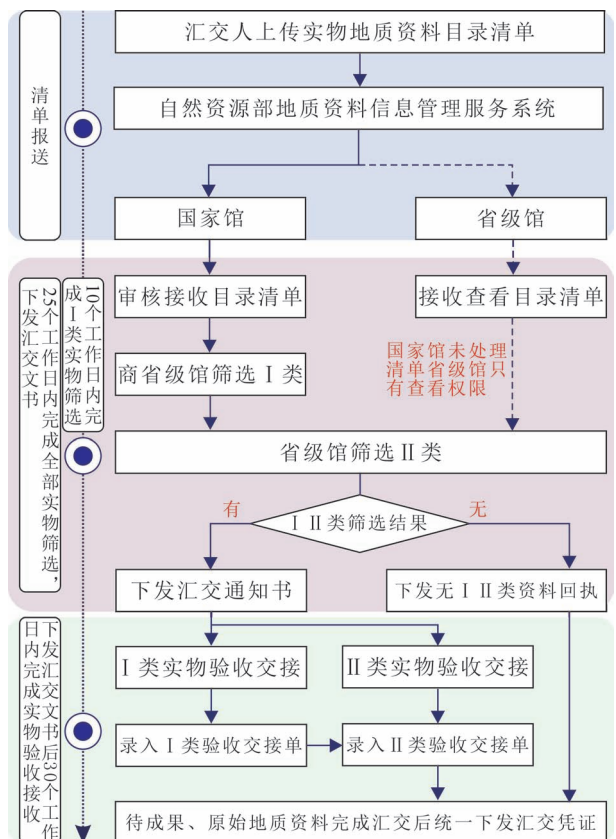


图 3 实物地质资料正常汇交流程图

Fig. 3 Workflow diagram for collection and reception of cores & samples

移交”的做法。以中国地质调查局组织实施的地质调查项目资料汇交为例,原规定要求项目承担单位应在成果评审验收意见书下达后 180 日内,向地质资料馆藏机构汇交包括成果、原始及实物地质资料在内的全部资料。而在实际实践中将实物资料汇交节点前置,项目承担单位在完成野外验收及备案后并经上一级项目承担单位批准,就可根据实际需求向局项目管理部门申请提前向馆藏机构汇交实物地质资料。实物先行汇交申请书需明确阐述提前汇交实物资料的原因(如可能影响实物地质资料安全保管的因素)、项目野外验收情况,以及拟移交的实物地质资料情况。通过审批后,局项目管理部门委托全国地质资料馆在地质资料信息管理服务系统中建立项目信息,汇交人即可启动实物地质资料汇交工作。

3.2 整理保管

整理保管是指按照一定规则对实物地质资料进行分类、排序、清洁、编号和标识使之有序化,并同步使用适宜装具采用一定防护措施,将实物地质资料妥善保存在指定库房并保证其得到合理保存的工作。实物地质资料整理保管分为实物整理保管和相

关资料整理著录。样本整理保管部门接收到实物地质资料后,建议及时同步推进实物整理保管和相关资料整理著录工作(图 4)。

实物整理保管:该工作聚焦实物本身的规范化整理保存。在实物接收之后,随即开展实物的核对清洁,确认实物本身状态并去除实物表面污染;按照实物类型,根据需要将不适宜或破损的原始装具更换为标准的岩芯箱、岩屑袋(瓶)、标本袋/瓶、光薄片盒或样品袋(瓶),确保实物存储安全;随后依次开展规范标识、入库保管、编写整理小结、信息归档工作。

相关资料整理著录:该工作聚焦实物关联的纸质与电子资料的规范化整理保存。在相关资料接收后,按照资料载体类型对资料中各类图件、文档、数据等进行归类,纸质资料组册,电子资料组成文件夹。在上述工作的基础上建立案卷级和文件级目录,并在线下处理纸质资料,在专用计算机上处理电子资料。随后依次开展分类登记建立资料台账、入库保管、纸质资料数字化、著录等工作。

3.3 实物数字化

实物数字化主要包括实物表面图像采集和岩芯

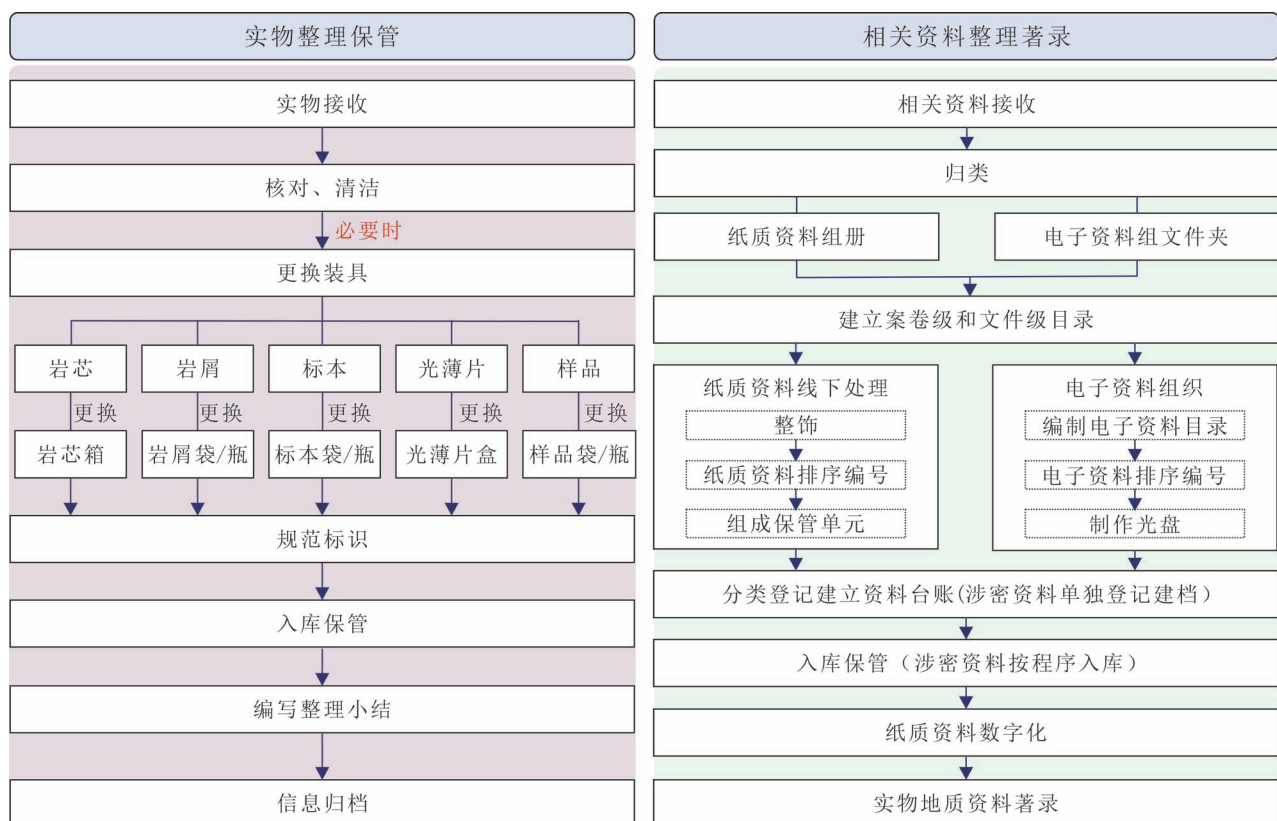


图 4 实物地质资料整理保管流程图

Fig. 4 Workflow diagram for sorting and preservation of cores & samples

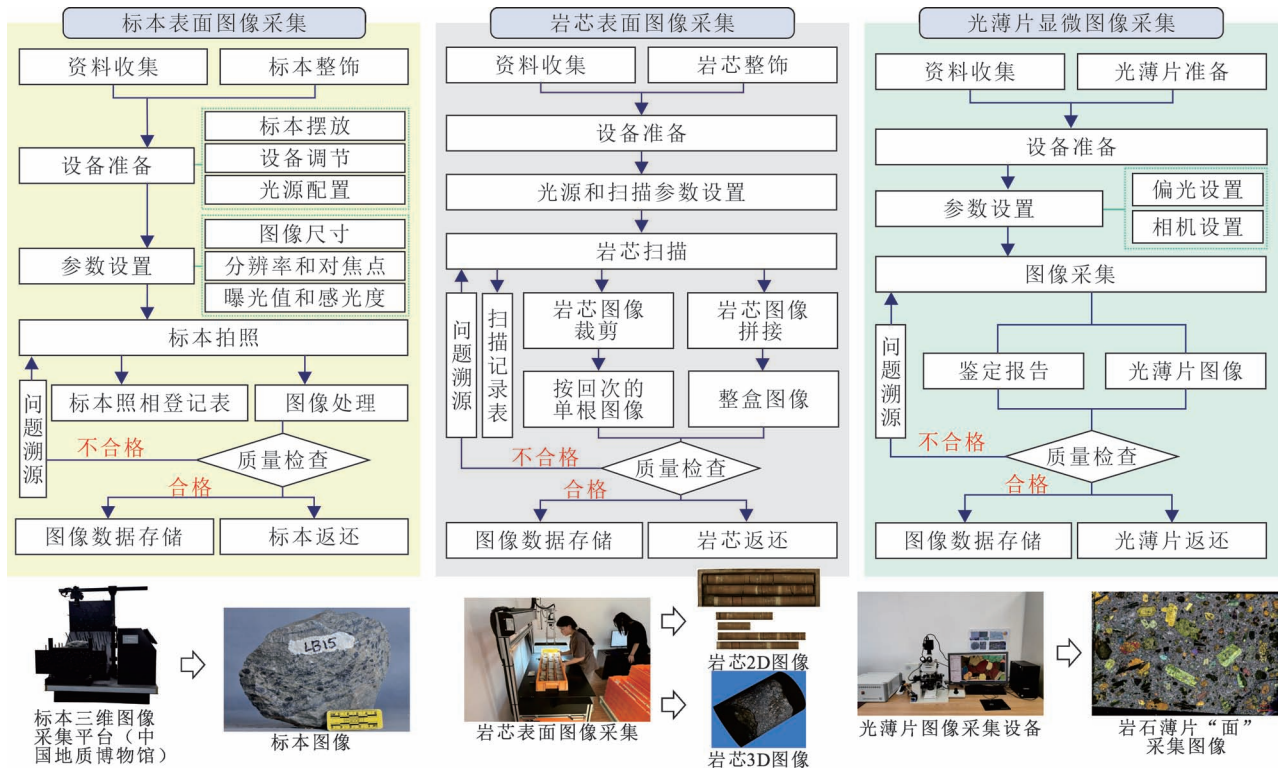


图5 实物表面图像采集流程图

Fig. 5 Workflow diagram for image capture of cores & samples

多参数数字化,是指使用特定仪器设备提取实物表面及其内涵的地质信息并转化为可处理、传输和贮存的数字信息的过程。目前我国实物数字化以岩芯数字化为重点,自《自然资源部办公厅关于加快推进岩芯数字化与信息共享的通知》(自然资办函[2020]907号)发布以来,各省级馆陆续加大了对馆藏重要岩芯开展数字化工作的力度。截至2023年底,全国已有25个省份陆续开展了岩芯数字化工作,全国馆藏岩芯数字化率超过20%,国家馆、甘肃、广东、山东、河北、山西、西藏等馆藏岩芯数字化率超过50%。但除国家馆之外,各省级馆藏机构实物数字化工作手段单一,以实物表面图像采集(标本图像采集、岩芯平面图像采集和滚动图像扫描)为主,岩芯多参数数字化工作进展缓慢(张蕾等,2024)。我国初步建立了一套实物数字化工作方法和流程,据此笔者等借鉴工作经验与相关标准规范,形成了实物表面图像采集和岩芯多参数数字化的流程图。

实物表面图像采集可分为岩芯表面图像采集、标本图像采集与光薄片图像采集,三者 in 业务流程细节上略有不同,但都可分为采集前准备(含资料

收集、实物准备、设备准备、参数设置)、图像采集、质量检查、数据存储与实物返还4个步骤(图5)。为确保实物地质资料整理保管质量,建议数字化部门在实物地质资料完成整理后、入库保管前,组织完成实物表面图像采集。

岩芯多参数数字化按照样品处理检测方式不同可分为有损测试和无损测试(图6)。有损测试包括CT扫描、电阻率扫描等,无损测试包括光谱扫描、XRF测试、磁化率测试等。利用有损测试分析可获得岩芯高精度的化学组成及物性参数(段壮等,2026),而无损测试则具有、连续、快速及大数据分析应用优势(陈华勇等,2019;代晶晶等,2020;曹发生,2021;陈华勇等,2021;邵雪维等,2021;Leng Chengbiao et al., 2023)。相比较而言,有损测试测试精度高于无损测试,但速度慢,制样过程要求高,而无损测试数据多为半定量半定性测试,便于快速大规模部署采集工作形成大数据集,进而分析数据趋势服务生产活动。岩芯多参数数字化各类型工作流程虽细节不同,但都可分为数据采集前准备、数据采集、数据处理、质量检查、数据存储与实物返还5个步骤。特别指出的是,开展岩芯CT扫描等有损

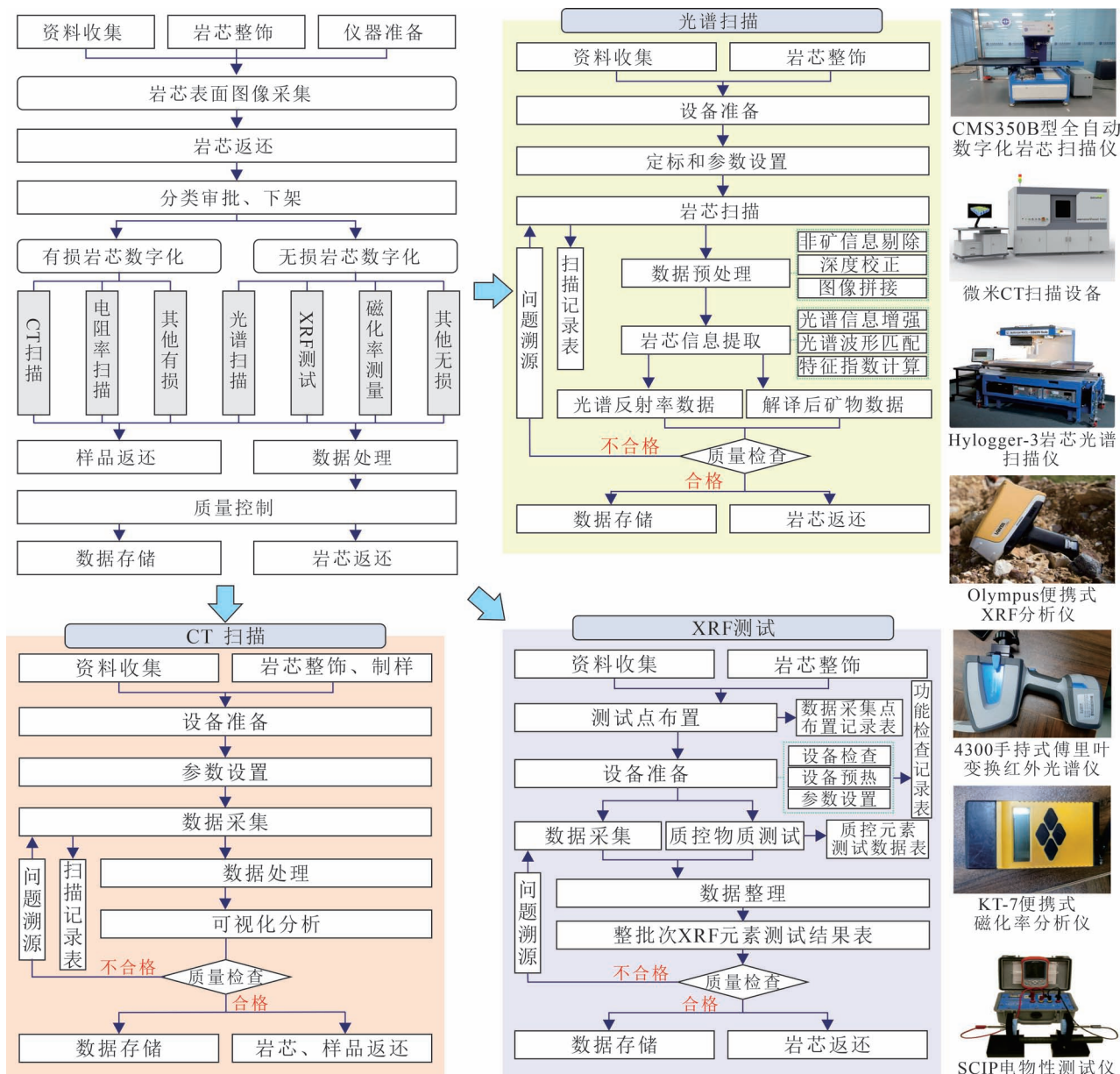


图6 岩芯多参数数字化流程图

Fig. 6 Workflow diagram for core multi-parameter digitalization

数字化工作时,应及时返还剩余样品。

值得注意的是,随着实物地质资料数字化工作的持续推进,海量多元异构数据的存储与管理问题日益凸显。以国家馆为例,其数字化工作依托于项目任务形式开展,形成的数据一般存储于各项目组,造成了分散管理状态。为此,国家馆确立“谁生产谁上传”的基本原则,厘清了数据生产者与数据管理者之间的责任分工;通过实物地质资料业务综合管理信息系统的“数据中心”子系统,初步实现增量数据的汇聚,同时逐步推进存量数据的整理与上传,以信息化为抓手,打造统一、规范的数据资源管理体系。

3.4 资料服务

服务是资源管理的最终目的,是体现资源利用价值的根本所在(齐钊宇等,2018)。只有通过有效的资源服务工作,才能实现现行以强调档案价值的实物地质资料业务管理体系向强调科研价值的科技资源业务管理体系的转变。

随着基于实体资源和数字资源建设并重的实物地质资料馆藏体系的逐渐完备,实物地质资料服务工作得以有序开展。2023年全年国家馆、省级馆藏机构累计接待用户超4.6万人次,服务利用岩芯46.7万余米。其中,国家馆初步构建了对外提供多

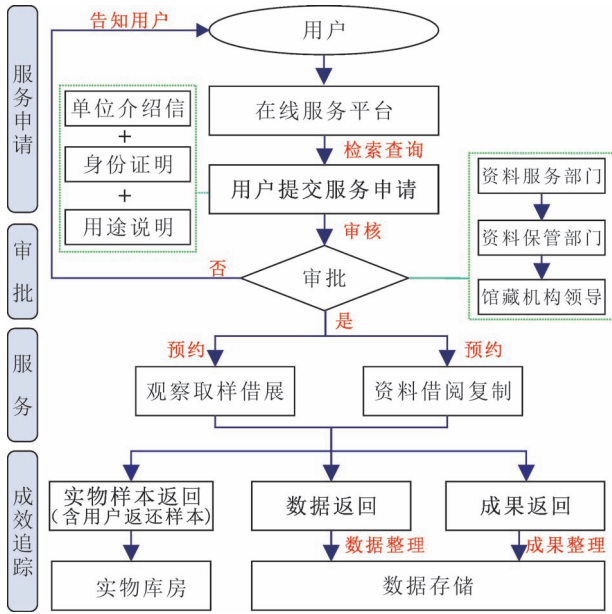


图7 实物地质资料到馆服务流程图

Fig. 7 Workflow diagram for on-site access services of cores & samples

层次多类型服务的能力,能够对外提供到馆服务、网络服务、专题服务、科普研学服务、技术培训服务(刘向东等,2021a,2021b;张志伟等,2023),而省级馆藏机构资料服务方式仍以到馆服务为主(张蕾等,2024)。

实物地质资料到馆服务是目前最重要的实物地质资料服务方式,涉及服务申请、审批、服务、成效追踪4个步骤(图7)。服务申请需要用户提供单位介绍信、个人身份证明及最重要的用途说明。审批需要资料服务部门、资料保管部门审批,同时建议加

入馆藏机构领导审批节点以方便领导掌握机构对外服务动态。在服务过程中,需派出专人监督用户取样,以防止用户违规、过量取样。成效追踪着重强调数据返回与成果返回,因为实物地质资料的“实物”属性,被取样后将导致他人无法利用,所以需要服务部门督促用户及时返还剩余样品、光薄片等实物样本和数据、论文、报告等成果资料,以避免重复取样和方便新的研究团队二次研究利用。同时与其他实体自然资源类似,实物地质资料服务评价存在滞后性(王运红等,2009),更需要及时追踪服务成效以便发现服务过程的问题从而提升服务质量。到馆服务主要流程均有较强的专业性要求:服务审批需要根据用户提供的任务书判断其取样方案的合理性;服务过程依赖于对样品切割钻取技术和相关标准的熟悉掌握程度;成效追踪建立于对各种地学专业知识和地学热点的掌握上,以判断返回数据的可靠性和返回成果的价值。

到馆服务这种被动服务模式,可通过多种主动服务模式予以拓展与深化,目前国家馆长期实践的主动服务模式有专题服务、科普研学服务、技术培训服务等(图8)。专题服务以制作资料目录与分布图产品、信息集成产品、专题资料加工产品、教学服务产品为主要方式,并通过地质云等网络平台发布、主动对接用户、参与地质行业展会等途径进行推广。其中,专题资料加工产品逐步实现成果转化,年度转化金额持续增长。科普研学服务作为另一重要形式,除依托“世界地球日”“全国科技活动周”等开展常规科普活动外,还积极发挥地域优势,与中国地质博物馆、北京科学中心等专业机构开展了长期合作,

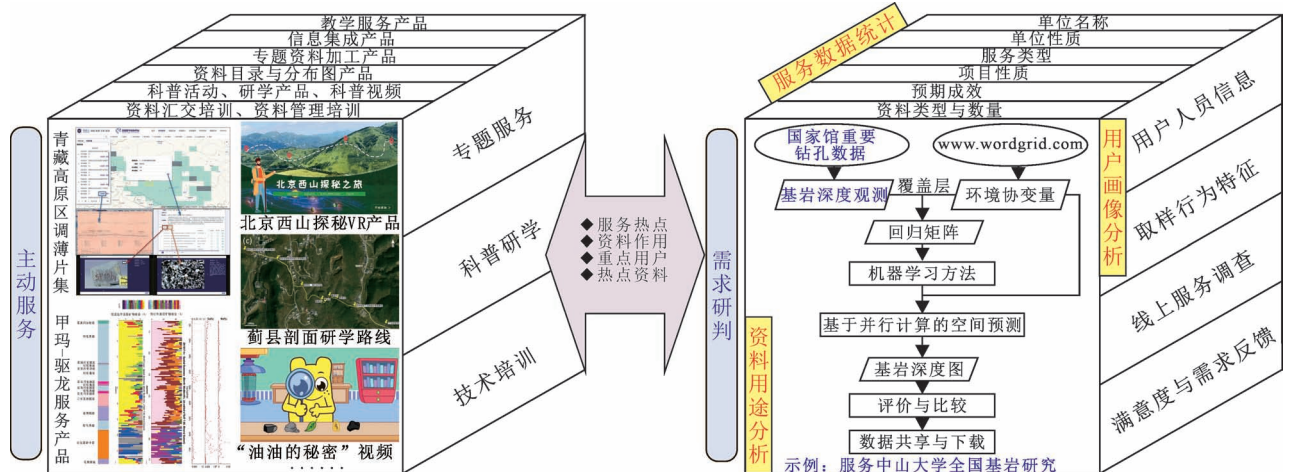


图8 国家馆实物地质资料主动服务模式(据 Yan Fapeng et al., 2021 修改)

Fig. 8 The active service model of cores & samples in the national geological museum (modified from Yan Fapeng et al., 2021)

同时尝试研发“我们身边的战略性矿产资源—铜”等研学课程,开发“天津蓟县剖面”研学路线等。技术培训服务主要面向中国地质调查局所属单位、省级馆藏机构的需求,针对各省地勘单位资料汇交人员、馆藏机构工作人员开展资料汇交、资料管理等方面的专业技术培训。

主动服务本质上是一种基于需求的个性化服务模式,因而国家馆将需求研判置于主动服务流程的起点与核心位置,贯穿于专题服务、科普研学服务、技术培训服务等各类服务活动中(图8)。为精准把握用户需求,国家馆实施了多角度探索:一是资料用途分析,依据用户提交的服务申请表(实践中用户常会提供项目任务书)、与用户交流等形式研究服务热点及实物地质资料可能发挥的作用;二是开展服务信息统计,设定包括用户单位名称、服务类型(如观察取样、数据复制、科普研学等)、单位性质(如高等院校、科研型事业单位、社会公众等)、利用资料类型与数量、项目性质(分为地质调查、国家自然科学基金、国家重点研发计划、企业基金、科学普及等类别)、预期成效(如科技论文、工作报告、实验测试数据集)等信息项,对服务活动进行描述性统计,最终识别重点用户、利用频率高的热点资料;三是开展用户画像分析,针对取样人员个体设计并发放调查问卷,该问卷围绕用户人员信息、取样行为特征、线上服务调查、满意度与需求反馈四个方面,共设33个问题,以实现用户对用户个体行为与偏好的精细化描摹。2024年度,中国地质调查局成都地调中心被识别为最重要用户,羌塘盆地油气调查项目岩芯为使用频率最高的资源,服务热点集中于青藏高原地学研究。针对这一态势,国家馆制作了“青藏高原1:25万区域地质调查标本薄片集产品”与“甲玛-驱龙铜矿岩芯数字化服务产品”,并主动为成都地调中心项目组提供羌塘盆地QZ7井与QZ8井的图像及光谱数据包,服务效果良好。

4 全链条业务流程图构建

通过关键业务流程分析可知,采集接收(提前移交、正常汇交、专项采集)是实物地质资料管理服务的“源头”,整理保管是做好实物地质资料管理服务工作的“基础”,数字化是提升实物地质资料管理服务成效的“关键”,资料服务是实物地质资料管理服务的“最终目的”。此外,信息化可以成为提升实物地质资料管理服务效率的“抓手”。因此,实物地质资料业务管理流程涉及实物地质资料的“采集接

收、整理保管、数字化、信息化、资料服务”5个关键业务。

馆藏机构理想情况下可设立5个职能部门:样本采集接收部门、样本整理保管部门、数字化部门、信息化部门和资料服务部门。其中样本采集接收部门负责实物地质资料的筛选采集和接收验收工作;样本整理保管部门负责实物地质资料的整理建档和存储保管工作;数字化部门负责实物表面图像采集、岩芯多参数数字化;信息化部门负责业务管理信息系统、在线服务平台等系统运维及资料信息数据储存发布;资料服务部门负责实物地质资料服务利用、相关测试分析数据及剩余样品返还工作。

笔者等按照实物地质资料“实体流转”与“信息流动”的路径,充分考虑数字化与信息化的发展趋势,尝试构建了实物地质资料管理全链条业务流程图(图9):通过提前移交、正常汇交、专项采集等方式获取的实物地质资料,及时进入整理保管环节并进行整理、著录、数字化和入库保管,其后相关资料信息和数据通过信息化手段提供给用户,最后在审批完成后开展资料服务工作。特别指出的是,非涉密实物地质资料业务可以通过业务综合管理信息系统进行线上办理和流转,涉密实物地质资料业务需按保密工作要求进行线下办理和流转。

5 结论

(1)实物地质资料业务管理呈现制度化、精细化发展趋势,亟需通过清晰的流程设计将法规要求转化为可操作普适性的实践。在国家治理现代化与生态文明建设战略引领下,尤其是新的实物地质资料管理办法纳入了成熟的技术性附件及地质资料馆藏管理规范等系列标准的发布,对实物地质资料的各关键业务内容细节都予以规定,为实物地质资料流程管理奠定了坚实的制度与技术基础。

(2)信息技术与实物多参数数字化技术成为驱动业务管理升级的关键引擎。信息技术的快速发展为业务管理数据线上流转提供了可靠平台,逐渐引起国内外的重视,成为推动实物地质资料业务管理高效化的“助推器”。光谱扫描、磁化率测试、CT测试、XRF测试等实物数字化技术形成的海量数据,将为未来开展大数据分析、人工智能找矿等全新领域奠定数据基础,对于实物地质资料发展变革具有重要意义,亟需通过优化流程设计以强化实物数字化工作与其他业务工作的高效衔接。

(3)实物地质资料业务管理流程涉及“采集接

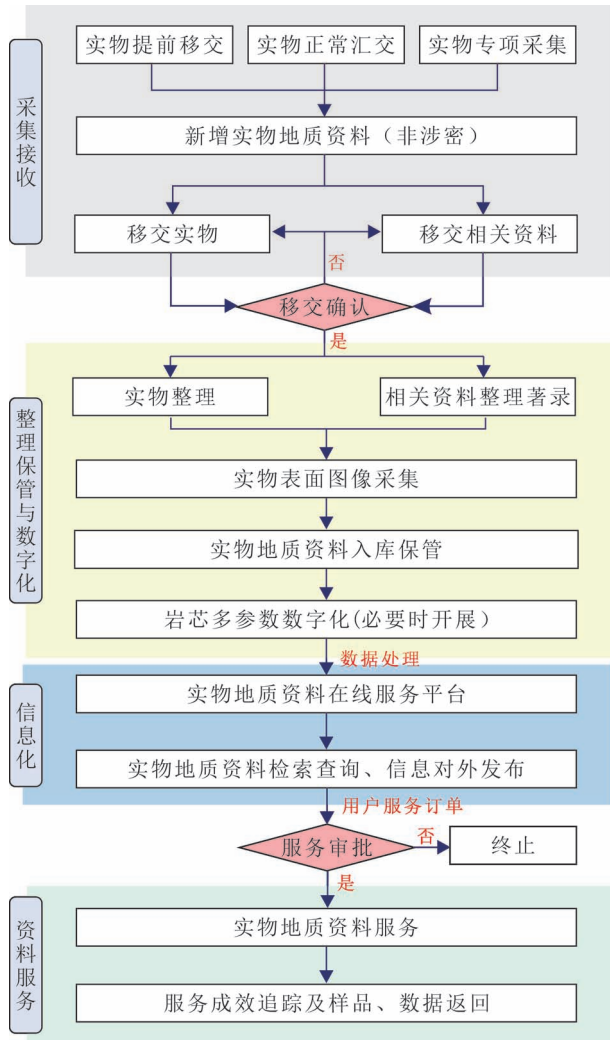


图9 实物地质资料管理全链条业务流程图

Fig.9 Full process flowchart for the management of cores & samples business

收、整理保管、数字化、信息化、资料服务”等关键业务。各项业务流程密切配合、环环相扣。采集接收是实物地质资料的来源,整理保管是业务管理的核心,实物资料数字化与信息化是促进实物地质资料发展的关键动力,实物地质资料服务是体现实物地质资料利用价值的根本所在。

(4)构建清晰、规范的业务流程图是解决当前瓶颈的有效途径。笔者等以垂直流程图方式,首次清晰展现了实物地质资料各关键流程的演进协作关系,有助于解决各级馆藏机构(尤其是新成立机构)在流程认知、跨部门协同、资源共享等方面面临的现实问题。

致谢:审稿专家对本文进行了仔细审阅,并提出了宝贵的修改意见与建议,笔者等特此表示衷心的感谢。

感谢。

参考文献 / References

(The literature whose publishing year followed by a “&” is in Chinese with English abstract; The literature whose publishing year followed by a “#” is in Chinese without English abstract)

- 曹发生. 2021. 基于便携式 XRF 与高光谱的矿床快速评价方法研究. 导师: 孙传敏. 成都: 成都理工大学博士学位论文: 1~187.
- 曹希平. 2007. 地质标本信息数字化与数字地质博物馆建设的宏观思考. 地球学报, 28(2): 205~208.
- 陈华勇, 肖兵, 张世涛. 2021. 蚀变矿物勘查标识体系. 北京: 科学出版社: 1~219.
- 陈华勇, 张世涛, 初高彬, 张宇, 程佳敏, 田京, 韩金生. 2019. 鄂东南矿集区典型砂卡岩-斑岩矿床蚀变矿物短波红外(SWIR)光谱研究与勘查应用. 岩石学报, 35(12): 3629~3643.
- 代晶晶, 赵龙贤, 姜琪, 王海宇, 刘婷玥. 2020. 热红外高光谱技术在地质找矿中的应用综述. 地质学报, 94(8): 2520~2533.
- 段壮, 龚晶晶, 李磊, 李振焕, 王增祥, 杨剑洲, 李勇, 胡树起, 唐世新, 弓秋雨, 谢昌丽, 高健翁, 付燕刚. 2026. 科学钻探岩芯低损耗成分测试和物性测量的探索与实践. 地质论评, 72(1): 269~278.
- 高建伟, 任香爱, 邓会娟, 李秋玲, 李英康, 赵国春. 2018. 实物地质资料二次开发利用在矿山深部找矿中的作用. 地质找矿论丛, 33(1): 156~160.
- 高鹏鑫, 王瑞红, 魏雪芳, 高卿楠, 史维鑫. 2017. “十三五”期间我国实物地质资料管理工作探讨. 中国矿业, 26(S1): 50~55.
- 姜文利. 2014. 国家实物地质资料馆服务研究. 导师: 牛建英, 刘凤民. 北京: 中国地质大学(北京)硕士学位论文: 1~59.
- 李秋玲, 高鹏鑫, 张蕾, 回广骥, 张雪琴. 2025a. 美国实物地质资料管理服务情况对我国的启示. 中国国土资源经济, 38(7): 90~97.
- 李秋玲, 高鹏鑫, 张雪琴. 2025b. 国外实物地质资料服务研究及启示. 中国矿业, 34(8): 281~286.
- 林永毅. 2007. 面向客户服务的业务流程管理中的建模与优化研究. 导师: 寇纪淞. 天津: 天津大学博士学位论文: 1~123.
- 刘向东, 王增祥, 邓会娟, 韩健, 郭海燕, 张志伟, 陈康. 2021a. 我国实物地质资料服务现状及对策研究——以自然资源实物地质资料中心为例. 地质论评, 67(1): 185~192.
- 刘向东, 王增祥. 2021b. 关于新时代实物地质资料科普发展的思考——以自然资源实物地质资料中心为例. 地质论评, 67(1): 180~184.
- 马朝阳, 景明, 刘凤民. 2024. 实物地质资料管理工作发展特征与发展动力分析. 中国矿业, 33(9): 38~45.
- 齐钊宇, 吴轩, 高学正. 2018. 我国地质资料服务进展、问题及对策研究: 以全国地质资料馆为例. 中国矿业, 27(4): 53~56+112.
- 邵雪维, 彭永明, 王功文, 赵显勇, 唐佳洋, 黄蕾蕾, 刘晓宁, 赵宪东. 2021. 短波红外光谱、X射线荧光光谱、黄铁矿热电性分析在胶东新城金矿田深部找矿中的应用. 地学前缘, 28(3): 236~251.
- 孙华峰, 史维鑫, 高鹏鑫, 陈潇, 张弘, 高卿楠. 2021. 基于油气岩心数字化的能源绿色勘探新思路. 油气与新能源, 33(3): 45~49.
- 王楠, 张彦文, 姜爱玲. 2021. 实物地质资料管理制度体系现状与完善建议. 中国国土资源经济, 34(11): 28~33.
- 王运红, 吴霞, 赵伟. 2009. 自然资源资源共享服务用户及共享服务的特点研究. 科技管理研究, 29(3): 310~312+303.

- 夏浩东, 邓会娟, 杨富全, 孔令湖, 田琼. 2005. 国家级矿产实物地质资料的筛选和管理意义. *地质通报*, 24(10): 1069~1073.
- 张聪, 韩慧萍, 王艳红, 方聪慧, 陈维堃, 李志伟, 董虎, 田迎春, 罗军, 张云波. 2022. 基于数据共享的油气钻井岩心数字分析系统. *东北石油大学学报*, 46(6): 88~99+150~151.
- 张蕾, 易锦俊, 王楠, 米胜信, 高鹏鑫. 2024. 省级实物地质资料管理与服务现状研究. *地质论评*, 70(2): 807~811.
- 张森, 王楠, 赵艳军, 鞠楠, 程银行, 李宝民, 高鹏鑫, 史维鑫, 蒋磊, 夏浩东, 景洁, 张彦文. 2025. 实物地质资料在新一轮找矿突破战略行动中的集成研究与应用浅析. *地质论评*, 71(5): 1787~1796.
- 张志伟, 刘文卿, 王增祥, 杜东阳, 郭海燕. 2023. 全国云端地质大标本园建设工作思考——以自然资源实物地质资料中心为例. *地质论评*, 69(4): 1609~1615.
- 自然资源部. 2024. 中国矿产资源报告 2024. 北京: 地质出版社: 1~44.
- Aguilar-Savén R S. 2004. Business process modelling: Review and framework. *International Journal of Production Economics*, 90(2): 129~149.
- Cao Fasheng. 2021&. Rapid evaluation method of ore deposits based on portable XRF and hyperspectral. Supervisor: Sun Chuanmin. Chengdu: Chengdu University of Technology Doctoral Dissertation: 1~187.
- Cao Xiping. 2007&. A discussion on the digitization of geological specimen information and digital geological museum construction. *Acta Geoscientia Sinica*, 28(2): 205~208.
- Chen Huayong, Xiao Bing, Zhang Shitao. 2021. Identification system of altered mineral exploration. Beijing: Science Press: 1~219.
- Chen Huayong, Zhang Shitao, Chu Gaobin, Zhang Yu, Cheng Jiamin, Tian Jing, Han Jinsheng. 2019&. The short wave infrared (SWIR) spectral characteristics of alteration minerals and applications for ore exploration in the typical skarn-porphry deposits, Edong ore district, Eastern China. *Acta Petrologica Sinica*, 35(12): 3629~3643.
- Chen Huayong, Xiao Bing, Zhang Shitao. 2021#. Exploration indicator system for alteration minerals. Beijing: Science Press: 1~219.
- Dai Jingjing, Zhao Longxian, Jiang Qi, Wang Haiyu, Liu Tingyue. 2020&. Review of thermal-infrared spectroscopy applied in geological ore exploration. *Acta Geologica Sinica*, 94(8): 2520~2533.
- Duan Zhuang, Gong Jingjing, Li Lei, Li Zhenhuan, Wang Zengxiang, Yang Jianzhou, Li Yong, Hu Shuqi, Tang Shixin, Gong Qiuli, Xie Changli, Gao Jianwong, Fu Yangang. 2025&. Exploration and practice of low-loss chemical composition analysis and physical property measurement for scientific drilling core. *Geological Review*, 72(1): 269~278.
- Gao Jianwei, Ren Xiang'ai, Deng Huijuan, Li Qiuling, Li Yingkang, Zhao Guochun. 2018&. Secondary data development and application of geological materials to ore prospecting to depth and in surroundings of mines. *Contributions to Geology and Mineral Resources Research*, 33(1): 156~160.
- Gao Pengxin, Wang Ruihong, Wei Xuefang, Gao Qingnan, Shi Weixin. 2017&. The discussion of physical geological data management in the 13th Five Year Plan of China. *China Mining Magazine*, 26(S1): 50~55.
- Huntington J. 2016. Uncovering the mineralogy of the Australian continent: the Au scope national virtual core library. A national hyperspectrally derived drill-core archive. *Australian Journal of Earth Sciences*, 63(8): 923~928.
- Jiang Wenli. 2014&. Research on national geological cores and samples library's services. Beijing: China University of Geosciences Master Thesis: 1~59.
- Leng Chengbiao, Wang Dazhao, Yu Haijun, Tian Feng, Zhang Xingchun. 2024. Mapping hydrothermal alteration zones with short wavelength infrared (SWIR) spectra and magnetic susceptibility at the Pulang porphyry Cu-Au deposit, Yunnan, SW China. *Mineralium Deposita*, 59(4): 699~716.
- Li Qiuling, Gao Pengxin, Zhang Lei, Hui Guangji, Zhang Xueqin. 2025a&. Geological cores and samples management and service in the United States and its inspiration to China. *Natural Resource Economics of China*, 38(7): 90~97.
- Li Qiuling, Gao Pengxin, Zhang Xueqin. 2025b&. Research on service of geological cores and samples of foreign countries and its inspiration. *China Mining Magazine*, 34(8): 281~286.
- Lin Yongyi. 2007&. Research on modeling and optimization of customer service oriented business process management. Tianjin: Tianjin University Doctoral Dissertation: 1~123.
- Liu Xiangdong, Wang Zengxiang, Deng Huijuan, Han Jian, Guo Haiyan, Zhang Zhiwei, Chen Kang. 2021a&. Research on current situation and countermeasures of cores and samples service in China—A case study of Cores and Samples Center of Natural Resources. *Geological Review*, 67(1): 185~192.
- Liu Xiangdong, Wang Zengxiang. 2021b&. On the development of science popularization of cores and samples in the New Era: —A case study of Cores and Samples Center of Natural Resources. *Geological Review*, 67(1): 180~184.
- Ma Zhaoyang, Jing Ming, Liu Fengmin. 2024&. Analysis of the development characteristics and driving forces in the management of physical geological data. *China Mining Magazine*, 33(9): 38~45.
- Ministry of Natural Resources, PRC. 2024. China Mineral Resources 2024. Beijing: Geological Publishing House: 1~44.
- Qi Fanyu, Wu Xuan, Gao Xuezheng. 2018&. Research on development, problems and countermeasures of geological data service: Taking the National Geological Archives of China as a case study. *China Mining Magazine*, 27(4): 53~56+112.
- Shao Xuewei, Peng Yongming, Wang Gongwen, Zhao Xianyong, Tang Jiayang, Huang Leilei, Liu Xiaoning, Zhao Xiangdong. 2021&. Application of SWIR, XRF and thermoelectricity analysis of pyrite in deep prospecting in the Xincheng gold orefield, Jiaodong Peninsula. *Earth Science Frontiers*, 28(3): 236~251.
- Sun Huafeng, Shi Weixin, Gao Pengxin, Chen Xiao, Zhang Hong, Gao Qingnan. 2021&. A new idea for hydrocarbon green exploration based on digitalization of oil and gas cores. *Petroleum and New Energy*, 33(3): 45~49.
- Tanaka S, Tsuru H, Someno K, Yamaguchi Y. 2019. Identification of alteration minerals from unstable reflectance spectra using a deep learning method. *Geosciences*, 9(5): 195.
- Wang Nan, Zhang Yanwen, Jiang Ailing. 2021&. The status quo of geological samples management system and suggestions for improvement. *Natural Resource Economics of China*, 34(11): 28~33.
- Wang Yunhong, Wu Xia, Zhao Wei. 2009#. Study on the specialty of the consumers of natural resources of science and technology during physical resources sharing and information sharing. *Science and Technology Management Research*, 29(3): 310~312+303.
- Xia Haodong, Deng Huijuan, Yang Fuquan, Kong Linghu, Tian Qiong.

2005&. Sifting and management of national - class geological materials for mineral resources. *Geological Bulletin of China*, 24 (10) : 1069~1073.

Yan Fapeng, Shangguan Wei, Zhang Jing, Hu Bifeng. 2020. Depth-to-bedrock map of China at a spatial resolution of 100 meters. *Scientific Data*, 7: 2.

Zhang Cong, Han Huiping, Wang Yanhong, Fang Ronghui, Chen Weikun, Li Zhiwei, Dong Hu, Tian Yingchun, Luo Jun, Zhang Yunbo. 2022&. Oil and gas drilling core digital analysis system based on data sharing. *Journal of Northeast Petroleum University*, 46(6) : 88~99+150~151.

Zhang Lei, Yi Jinjun, Wang Nan, Mi Shengxin, Gao Pengxin. 2024&. Research on the present situation of provincial physical geological

data management and service. *Geological Review*, 70(2) : 807~811.

Zhang Sen, Wang Nan, Zhao Yanjun, Ju Nan, Cheng Yinhang, Li Baomin, Gao Pengxin, Shi Weixin, Jiang Lei, Xia Haodong, Jing Jie, Zhang Yanwen. 2025&. Integration research and application of cores and samples in the new round of prospecting breakthrough strategy. *Geological Review*, 71(5) : 1787~1796.

Zhang Zhiwei, Liu Wenqing, Wang Zengxiang, Du Dongyang, Guo Haiyan. 2023&. Thoughts on the construction of National cloud geological specimen garden— A case study of Cores and Samples Center of Natural Resources. *Geological Review*, 69(4) : 1609~1615.

Construction of the full process flowchart for the management of cores & samples business in China

WANG Zengxiang¹⁾, YI Jinjun¹⁾, GAO Pengxin¹⁾, SHI Weixin^{1, 2)}, WANG Nan¹⁾,
DENG Huang¹⁾, LI Jie¹⁾, CUI Liwei¹⁾, SUN Huafeng^{1, 2)}, DU Dongyang¹⁾

1) *Cores and Samples Center of Natural Resources, Sanhe, Hebei, 065201;*

2) *China Geological Survey Technology Innovation Center of Drill-core Digitalization, Sanhe, Hebei, 065201*

Abstract: China's management and service system for cores and samples faces bottlenecks such as unclear processes, poor coordination, and cognitive differences. Concurrently, business management is demonstrating development trends towards institutionalization and refinement, with information technology and multi-parameter digitization technologies becoming key engines driving the upgrade of business management. Based on years of practical experience from the National Repository, this study adopts a vertical flowchart approach. After analyzing key business processes, it attempts to construct an end-to-end business management flowchart encompassing five key operations: "Collection & Acquisition, Arrangement & Preservation, Digitization, Informatization, and Service". The flowchart developed in this study can clearly illustrate the evolutionary logic and collaborative relationships of each key business. It can provide intuitive operational guidance for repository institutions at all levels, especially newly established ones, and holds significant reference value for establishing a nationally unified, efficient, and collaborative business management system for cores and samples.

Keywords: cores & samples; operational management; vertical flowchart; development trends; digitization

Acknowledgements: This paper is supported by the "Collection, Updating and Digital Application of cores & samples" project (No. DD202310001) of the China Geological Survey

First author: WANG Zengxiang, male, born in 1990, master, senior engineer, is mainly engaged in the management and sharing services of scientific and technological resources, research on the digital application of cores & samples, mineral exploration; Email: wzengxiangcgs@126.com

Corresponding author: YI Jinjun, male, born in 1984, Ph. D., professor-level senior engineer, is mainly engaged in the management of cores & samples, core digitization, and mineral deposit studies; Email: yjinjun@mail.cgs.gov.cn

Manuscript received on: 2025-10-10; Accepted on: 2026-01-20; Published online on: 2026-02-15

Doi: 10.16509/j.georeview.2026.02.051

Edited by: LIU Zhiqiang

