0254-6124/2021/41(5)-828–08 *Chin. J. Space Sci.* 空间科学学报

ZHU Jiajia, MI Lin, LI Xiaohui, ZHANG Jing, DOU Shuai, LI Ziyang, YUAN Xinfang, LI Chuanrong. Near space scientific exploratory data sharing research and practice (in Chinese). *Chin. J. Space Sci.*, 2021, **41**(5): 828-835. DOI:10.11728/cjss2021.05.828

临近空间科学探测数据的共享与实践 *

朱家佳[1,2,3] 米 琳[1,2] 李晓辉[1,2] 张 静[1,2]
窦 帅[1,2] 李子扬[1,2] 苑馨方[1,2] 李传荣[1,2]

1(中国科学院定量遥感信息技术重点实验室 北京 100094)

2(中国科学院空天信息创新研究院 北京 100094)

3(中国科学院大学 北京 100049)

摘 要 为促进鸿鹄专项临近空间科学探测数据资源的有效应用, 为国家科学数据资源增加新的数据成员, 开展临近空间科学探测数据共享相关技术研究. 依据相关元数据国家标准与规范, 借鉴参考多个领域科学数据元数据的构建方法, 通过分析临近空间科学探测数据的数据特征, 研究设计了符合临近空间科学探测数据共享需求的核心元数据模型, 从不同角度描述了临近空间科学探测数据的数据特征和用户访问数据时所关心信息, 并基于该模型实现了临近空间科学探测数据资源目录服务, 设计了临近空间科学探测数据共享服务平台, 实现了临近空间科学探测数据的归档管理和共享分发, 为使用鸿鹄专项数据开展科学研究和有效应用提供了有效支撑.

关键词 临近空间探测数据, 核心元数据模型, 数据共享

中图分类号 P 35

Near Space Scientific Exploratory Data Sharing Research and Practice

ZHU Jiajia[1,2,3] MI Lin[1,2] LI Xiaohui[1,2] ZHANG Jing[1,2] DOU Shuai[1,2]
LI Ziyang[1,2] YUAN Xinfang[1,2] LI Chuanrong[1,2]

1(*Key Laboratory of Quantitative Remote Sensing Information Technology, Chinese Academy of Sciences, Beijing* 100094)

2(*Aerospace Information Research Institute, Chinese Academy of Sciences, Beijing* 100094)

3(*University of Chinese Academy of Sciences, Beijing* 100049)

Abstract In order to promote the application effect of near space scientific exploratory data resources which produced by Honghu Project, and add new data members to the national science data resources, the research on data sharing. Technology of scientific exploratory data resources is developed. According to the relevant national standards of metadata and the experience of the

* 中国科学院战略性先导科技专项 A 类项目资助 (XDA17040303)
2020-06-28 收到原稿, 2021-05-07 收到修定稿
E-mail: jjzhu@aoe.ac.cn

construction methods of scientific data metadata in many related fields, by analyzing the data characteristics of near space scientific exploratory data, a core metadata model is designed to meet the needs of data sharing. The data characteristics and the information which users concern is described from different perspectives. Based on the core metadata model, the resource directory service and data sharing service platform of near space scientific exploratory data is designed and implemented. The archive management and the data shared distribution function of near space scientific exploratory is accomplished which provides an effective support for the scientific research and application with the exploratory data of Honghu project.

Key words Near space scientific exploratory data, Core metadata model, Data sharing

0 引言

2018 年 3 月, 中国科学院 A 类战略性先导科技专项 “临近空间科学实验系统” (以下简称鸿鹄专项) 正式启动, 旨在建成中国首个临近空间 (离地面 20~100 km 的空间区域, 介于人类航空活动上限与航天活动下限之间) 科学实验系统; 聚焦临近空间环境和生态系统, 在多个典型区域开展临近空间综合科学探测实验及相关科学研究. 鸿鹄专项启动以来, 面向青藏高原平流层–对流层大气交换、临近空间电离层散射效应、临近空间极端环境生物适应性、临近空间气体与同位素探测、生命在临近空间传输特性、临近空间对太阳风暴响应特征等临近空间科学研究主题, 开展了多项科学探测实验, 获取了多种宝贵的临近空间科学探测数据, 也为国家科学数据资源增加了新的数据成员.

鉴于临近空间科学探测实验的复杂性和科学探测数据的多样性及其重大科学研究价值, 为了促进这些宝贵科学数据资源的有效利用与应用, 将临近空间科学探测数据资源纳入国家科学数据共享工程中, 充分发挥这些科学数据资源的应用价值, 有必要开展临近空间科学探测数据共享相关技术研究, 设计科学描述临近空间科学探测数据特征与共享需求的元数据模型, 构建临近空间科学探测数据管理与服务平台, 促进临近空间科学数据交换、共享与临近空间科学研究.

元数据是描述数据的数据 [1], 为用户快速发现数据、了解数据、使用数据提供信息和指导, 是用户开启数据宝藏的钥匙, 也是实现数据有序管理与高效共享服务的前提与基础. 为了促进科学数据的交互、共享, 实现科学数据的有效利用, 国家和相关部门制定了一系列元数据的标准和规范, 例如科学数据共享工程技术标准《SDS/T 2111−2004 元数据标准化基本原则与方法》《GB/T 30522−2014 科技平台元数据标准化基本原则与方法》等, 为各专业领域的元数据设计和相关标准规范制定提供了准则和基础. 气象、水利、交通、国土资源、遥感、地理信息等领域均开展了科学数据元数据研究 [2−6], 并在各领域的科学数据共享平台中得到有效的应用. 本文依据相关元数据国家标准和规范, 借鉴参考相关领域科学数据元数据构建方法与数据共享实践, 通过分析和梳理临近空间科学探测数据特征与共享服务需求, 设计了科学适用的临近空间科学探测数据元数据模型, 并基于该模型实现了临近空间科学探测数据的数据管理与共享服务.

1 临近空间科学探测数据特征与应用需求分析

鸿鹄专项实施两年来, 已经开展了 6 次大型综合性临近空间科学实验, 汇集了大量多尺度、多层次、多类型、多专业领域、形式多样的临近空间科学探测数据. 鸿鹄专项汇集和管理的临近空间科学探测数据包括专项科学实验数据、外部系统数据和基础支撑数据三大类. 专项科学实验数据指开展鸿鹄专项各类临近空间科学探测实验所获得的数据, 主要包括科学实验原始数据和科学分析数据. 其中, 科学实验原始数据指开展科学探测实验过程中所获取的各种未经后期处理的实验数据、测量数据以及记录实验过程的资料性数据, 例如各探测载荷获取的原始数据、反映临近空间环境状态信息的观测数据、地基测量数据、探空数据以及实验图片和视频等; 科学分析数据是指对科学实验原始数据进行后期处理 (例如格式转换、纠错、校正、物理量提取等) 与科学分析

所生成的数据. 外部系统数据指通过数据交换等渠道汇集的来自其他数据源或科学探测系统的支持临近空间科学研究的数据, 如子午工程数据、国家大数据专项遥感影像数据等; 基础支撑数据指支撑开展临近空间科学研究的相关基础数据, 如气象数据、水文数据、地理信息数据等. 通过对各类临近空间科学探测数据的全面梳理和分析, 临近空间科学探测数据具有以下特点.

(1) 数据类型和形式多样化. 由于数据来自不同载荷、不同数据源, 涉及不同专业领域, 或描述状态或描述过程, 或描述时间特性、或描述空间分布特征, 故临近空间科学探测数据表现为多样化的形式与类型, 如文本数据、数值数据、图形数据、表数据、影像数据、时序数据、矢量数据、多媒体数据等. 共享服务平台不仅需要对这些形式多样、结构不同、体量大小不一的数据实施高效有序管理, 还需要在实施共享服务时提供数据的类型描述信息以方便用户使用.

(2) 涉及的专业学科领域多样化. 作为一个大型战略性先导类科技专项, 鸿鹄专项旨在从多角度、多尺度、多层次、多学科系统性开展临近空间环境综合性科学探测与科学研究, 必然涉及多个专业学科领域. 专项实施以来开展的 6 次大型科学实验就涉及生物学、化学、大气科学、地球物理学、生命科学、空间科学及导航等专业学科领域. 不同专业领域对数据进行记录和解析处理时会使用不同工具软件和数据描述模式, 比如打开与分析数据的工具软件就有 MS Office, MATLAB, ARCGIS, VSPlayer 以及各种专用程序等. 共享服务平台应为专业学科领域建立索引或提供关键字检索功能, 以方便用户按照专业学科领域和关键字快速访问到所需数据. 此外, 为方便各专业领域用户按照自己的专业习惯正确使用数据, 共享服务平台还应提供数据的存储结构信息和适用的工具软件信息.

(3) 涉及的载荷和参量要素多样化. 鸿鹄专项已开展的近两年的科学实验搭载了 30 多种临近空间科学探测载荷, 探测临近空间大气成分、大气辐射、气象/电磁/电离层环境、生物、地理/时空状态等 150 余种测量参量. 这些探测载荷数据经后续处理和科学分析后还会产生更多的新的物理参量和特征要素. 如在青藏高原多地联合大气观测实验中进行探测的原位探测传感器, 原始数据在经过处理解析后生成了秒级和分钟级采样尺度的风湿压常规气象参数, 以及太阳短波辐射、紫外辐射、长波辐射的水平分布特征数据, 这些科学分析数据以 MS Excel 数据表形式描述; 在临近空间生物适应性探测实验中搭载的紫外光谱仪获取的 190~400 nm 近紫外原始谱线 DN 值数据和辅助数据, 在经过处理与分析后生成了包含不同波长点、增益、曝光时间、旋转角度的光谱 Rayleigh 强度数据, 以 MATLAB mat 数据形式保存. 除了科学探测载荷数据, 科学探测数据还涉及多类同步观测的实验环境状态数据, 如地基测量数据、探空数据、气象测量数据等. 共享服务平台在对这些数据、参量、要素进行合理分类的同时, 还应设计合适的关联属性, 提供必要的属性描述, 以方便用户能根据需求检索到所需要的完整数据集.

(4) 面向的服务对象多样化. 提供共享服务的临近空间科学数据资源面向国内外所有单位、组织和个人. 服务对象包括参加鸿鹄专项的单位、课题组或成员 (专项用户), 通过数据交换协议提供其他来源数据的单位、组织和个人 (外部数据用户), 以及开展临近空间相关科学研究的单位、组织及个人 (普通用户). 共享服务平台针对不同的服务对象, 需要设计不同的用户角色和数据访问权限, 为用户提供多种数据分发方式.

(5) 与科学实验任务相关性大. 临近空间科学探测数据主要是基于鸿鹄专项开展临近空间科学实验而获取的, 故数据与鸿鹄专项的科学实验任务密切相关. 用户利用这些数据开展相关学科领域的科学研究时, 往往需要了解与科学实验任务相关各类信息, 如实验地点、时间、海拔高度、实验平台、探测载荷、数据高度、天气气象条件、载荷飞行轨迹、实验过程等, 这些实验任务相关信息应作为探测数据的配套描述信息提供给用户.

(6) 科学分析数据物理量要素多、关联性强. 临近空间是一个复杂的环境系统, 使用单一要素、单一测量参数、单一物理量数据开展临近空间科学研究往往是不可能的. 比如要研究临近空间对太阳风暴的响应特征, 需要同时利用多种仪器对临近空间的电磁环境、辐射环境、大气环境等要素进行多角度探测, 还需要测量实验区地面至临近空间高度区间的温度、湿度、气压、风场等环境参量, 以及其他地区测站的地面和空间测量数据. 科学分析数据是依据原始数据和相关辅助数据分析得到的数据, 往往包含比原始数据更为丰富的物理量要素, 用户了解和使用这些物

理量要素时往往需要了解生成科学分析数据的数据源的信息, 了解物理量要素之间的关联性, 了解实验过程以及相关基础数据. 共享服务平台应提供科学分析数据包含的物理量信息, 以及描述科学分析数据与其他数据之间的关联信息, 便于用户开展利用科学分析数据进一步开展研究.

以上临近空间科学探测数据的数据特征既对数据的有序管理提出要求, 同时也反映了共享服务需求, 以及共享服务平台软件设计实现时需要考虑并解决的问题. 而要满足这些需求并合理解决这些问题, 必须设计合理的元数据模型. 表 1 列出了典型开放共享科学数据与临近空间科学探测数据特征与共享方式对比.

2 临近空间科学探测数据元数据模型设计

作为描述临近空间科学探测数据的数据, 临近空间科学探测数据元数据应在合适的粒度上对临近空间科学探测数据集进行描述, 并应准确反映临近空间科学探测数据集的数据特征与共享服务需求.

2.1 核心元数据的基本组成

描述数据的元数据通常分为两类: 全集元数据和核心元数据. 全集元数据对数据集进行全面的描述; 核心元数据则仅描述数据集相对重要的信息. 全集元数据结构复杂, 包含许多的元数据元素和元素子集; 核心元数据则是在基本的最少元数据元素集合基础上描述数据集最重要的信息. 与全集元数据相比, 核心元数据更为简洁, 更便于元数据的显示与存储, 在数据管理与共享中具有更强的适用性 [2].

本文的临近空间科学探测核心元数据模型根据临近空间科学探测数据的特征设计, 设计中参考和借鉴了国家对地观测科学数据元数据、地理信息元数据、水文数据元数据等元数据模型的设计方法和相关国家标准. 临近空间科学探测核心元数据以探测载荷与测量仪器为基础粒度, 从实验任务、探测载荷与测量设备、数据信息、科学分析方法、管理信息、共享信息等层面设计构建核心元数据模型, 从数据集中提取数据标识信息、实验任务信息、载荷/测量设备信息、数据信息、科学分析信息、管理信息和共享

表 1 典型开放共享科学数据特征与共享方式对比

Table 1 Comparison of the characteristics and sharing methods of typical open and shared scientific data

共享科学数据	子午工程数据	地球大数据	鸿鹄专项数据
依托项目	东半球空间环境地基综合监测子午链项目	中国科学院 “地球大数据科学工程” 专项	中国科学院战略性先导科技专项: 鸿鹄专项
共享资源	子午工程项目建设过程中及完成后产出的数据及预报	对地观测、生物生态、大气海洋、生物物种、微生物资源等多领域数据	专项资助的所有科研活动所产生实验数据以及相关的科学数据
涉及专业领域	日地空间天气全过程的空间环境要素探测	对地观测、生物生态、大气海洋、生物物种、微生物资源等	临近空间环境要素探测、大气气象、生物物种等领域
数据类型	空间原位探测数据 地基观测数据	空间原位探测数据 遥感影像数据 地基观测数据 基础数据	空间原位探测数据 地基观测数据 遥感影像数据 基础地理数据
共享范围	国内外所有用户	国内外所有用户	国内外所有用户
共享方式	公开开放, 共建单位开放	内部共享 公开共享 申请共享	内部保护 内部共享 公开共享
用户角色	子午工程共建单位用户 非子午工程共建单位用户	专项用户 非专项用户	专项用户 外部数据提供用户 普通外部用户

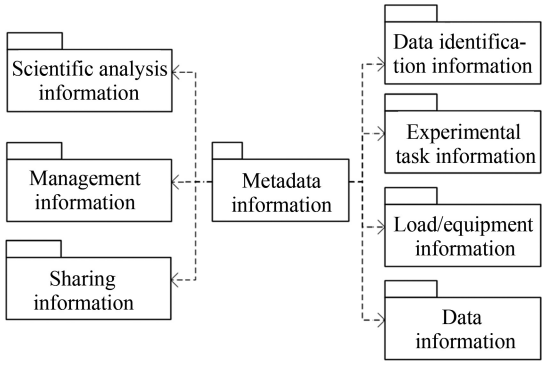


图 1 临近空间科学探测核心元数据的逻辑结构包

Fig. 1 Logical structure package diagram of the core metadata of the near space scientific exploratory data

信息 7 类信息组成元素子集, 生成核心元数据, 从不同角度描述临近空间科学探测数据集的数据特征和用户访问数据时所关心信息和需求: ①用户关注的相关专业领域数据集是否存在; ②数据集关联的科学探测实验属性; ③数据集关联探测平台载荷以及时间空间属性; ④数据集的内容、存储类型、格式和使用方式; ⑤科学分析数据物理量和相关属性; ⑥数据资源与鸿鹄专项的关系; ⑦与数据共享分发相关的数据提供方、质量保证、访问权限等. 图 1 为核心元数据的逻辑结构包.

2.2 核心元数据的成分分析与架构设计

临近空间科学探测核心元数据由 7 个元数据子集组成, 每个元数据子集都有对应的实体或聚合实体. 下面对这 7 个元数据子集进行说明. 图 2 为描述这 7 个元数据子集结构的 UML 类图.

(1) 数据标识信息. 数据标识信息是标识数据集特征的信息, 包含数据唯一标识符、数字对象唯一标识符、数据名称、关键字、数据摘要、语言、数据学科分类、数据来源分类等; 数据摘要和关键字有助于用户了解数据集内容; 分类信息是对数据集所属类别的说明, 便于用户获得感兴趣的专题数据. 数据标识信息描述了数据集的基本信息, 是元数据的重要组成部分. 数据标识信息的 UML 类图如图 2(a) 所示.

(2) 实验任务信息. 包含实验任务编号、实验描述、实验时间、实验地点、天气风湿压等气象环境条件、参试平台、参试载荷、探测区域经纬度、探测高度、探测轨迹等. 实验任务信息是了解鸿鹄专项科学探测实验任务, 获取临近空间科学探测数据的目的、背景、实验过程等重要信息的来源. 实验任务信息的 UML 类图如图 2(b) 所示.

(3) 载荷/设备信息. 包括载荷/设备的标识、名称、基本信息、搭载此载荷/设备的平台信息等元素, 是对数据来源的描述. 用户可以据此了解获取数据的载荷或者设备的相关信息. 载荷/设备信息同样也是临近空间科学探测数据集的一种基本分类信息, 是元数据的重要组成部分. 载荷/设备信息的 UML 类图如图 2(c).

(4) 数据信息. 数据信息是对数据集基本信息的描述, 包括数据类型、数据格式、数据开始时间、数据结束时间、数据经纬度信息、高度范围信息、辅助数据、数据读取及应用程序、数据描述等元素. 数据信息不仅细致描述了数据集类型、时间空间特征, 还给出了数据的存储方式以及应用工具, 以方便用户使用. 数据信息的 UML 类图如图 2(d) 所示.

(5) 科学分析信息. 科学分析信息是专门针对科学分析数据的描述, 包括数据生成时间、科学分析数据源、分析处理方法、科学分析结果、数据质量信息等元素, 描述了临近空间科学探测原始数据经过数据处理和科学分析之后的相关数据信息. 科学分析信息的 UML 类图如图 2(e) 所示.

(6) 管理信息. 管理信息涉及提交专项科学探测数据的鸿鹄专项项目/课题/子课题或者外部系统数据来源的单位、组织、个人的相关信息, 包括提交方的编号、名称、数据负责人、数据联系人、数据提交时间、数据保护期、数据共享期、数据入库时间等信息, 这些信息一方面便于用户了解感兴趣数据的来源, 另一方面有助于数据服务中心实施相关数据访问权限管理, 给予数据提交方更为优先的访问权限, 比如设置数据保护期, 处于数据保护期的数据仅数据提交方可以访问. 管理信息的 UML 类图如图 2(f) 所示.

(7) 共享信息. 共享信息包括数据共享权限、数据存储路径、文件数目、文件列表、数据共享方式、数据下载地址等元素, 描述了用户访问数据和获取数据以及权限与方式. 共享信息的 UML 类图如图 2(g) 所示.

本文设计的临近空间科学探测核心元数据以简化的元数据模型描述了数据集所具有的数据特征, 并从数据共享角度对用户在检索、获取和使用数据过程中关心的数据重要信息进行了较为全面的描述. 在

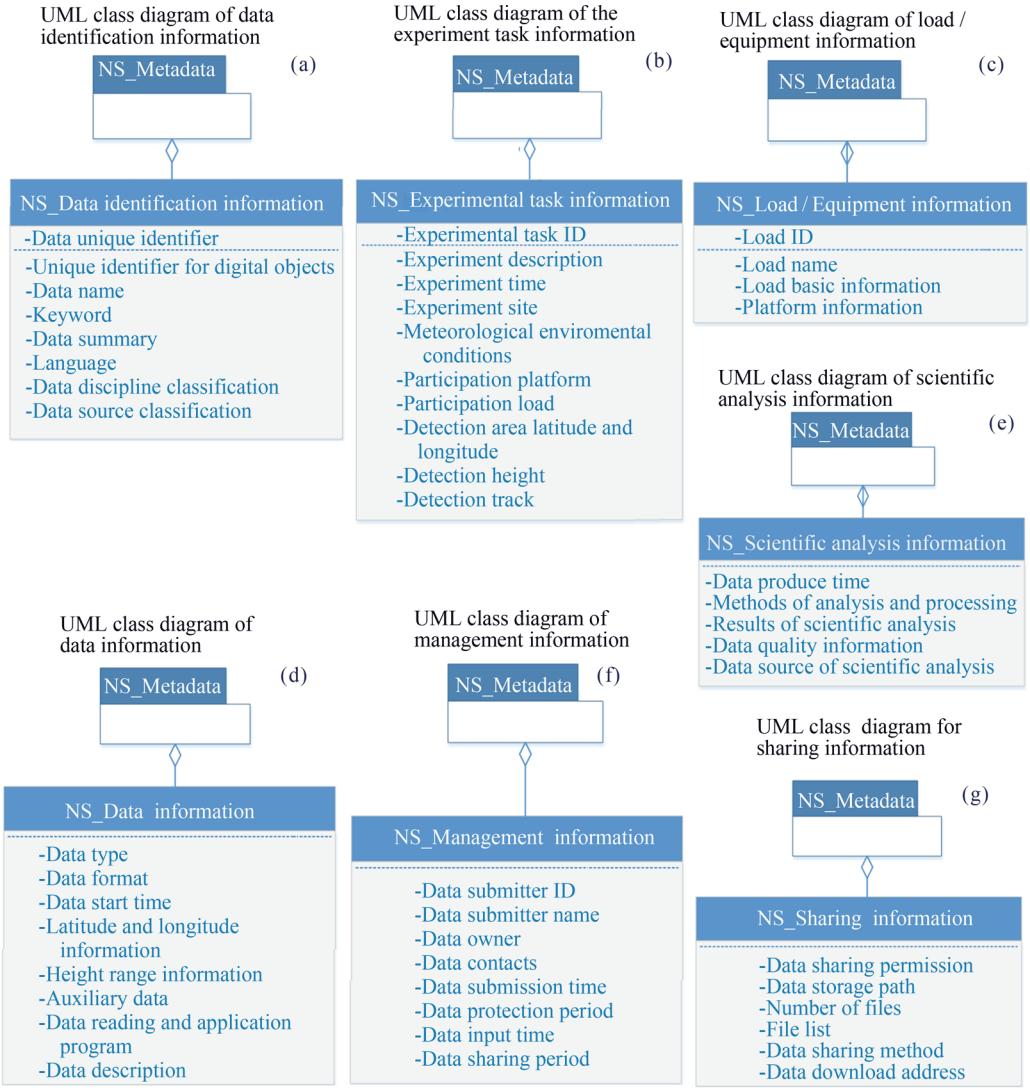


图 2 采用 UML 类图描述核心元数据 7 个元数据子集

Fig. 2 UML class diagram of 7 metadata subsets of the core metadata

共享服务平台设计中, 基于该核心元数据模型构建数据字典, 以一定的层次关系更为详细地描述数据集的类和属性的组织关系和特性.

3 临近空间科学探测数据共享服务平台设计

数据归档管理和数据共享分发是临近空间科学探测数据共享服务平台最主要的两个功能模块. 数据归档管理模块主要实现元数据信息提取、元数据合法性检查、数据归档入库等功能; 共享分发模块负责向用户提供临近空间科学探测数据查询检索和数据订购服务, 包含查询检索、数据申请、分发传输、访问限制等功能. 无论是数据归档管理还是数据共享分发, 都是以临近空间科学探测数据资源目录服务为核心实现, 而目录服务的核心内容则是临近空间科学探测核心元数据. 临近空间科学探测数据共享服务平台数据资源目录服务框架如图 3 所示.

3.1 临近空间科学探测数据归档管理

数据归档管理模块负责对需要归档管理的临近空间科学探测数据进行解析和格式检查, 通过解析和格式检查的数据依据核心元数据模型对数据进行元数据信息提取, 生成核心元数据注入编目数据库, 同时将数据按照规定格式和位置等存储要求存放至存储系统. 临近空间科学探测数据归档管理流程如图 4 所示.

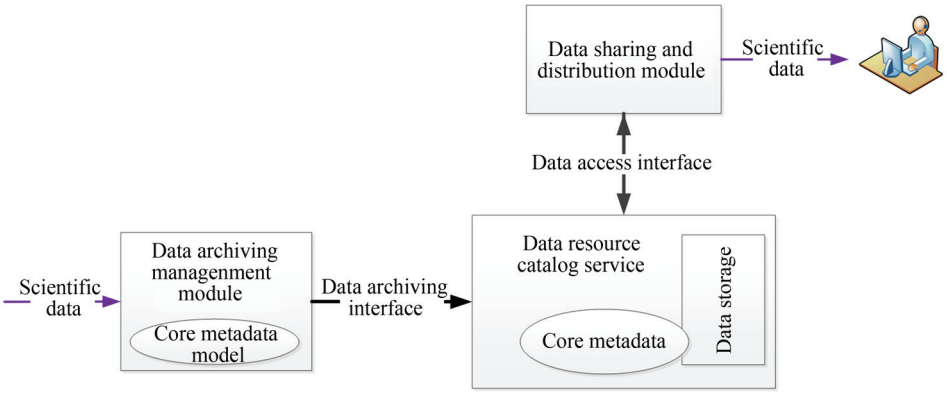


图 3 临近空间科学探测数据共享服务平台数据资源目录服务框架

Fig. 3 Data resource directory service framework of the near space scientific exploratory data sharing service platform

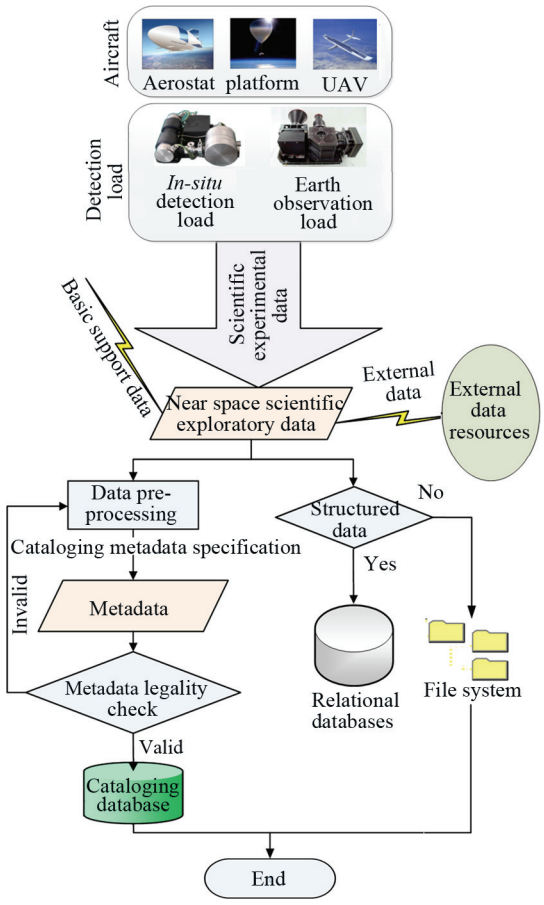


图 4 临近空间科学探测数据归档管理流程

Fig. 4 Flow chart for archiving management of the near space scientific exploratory data

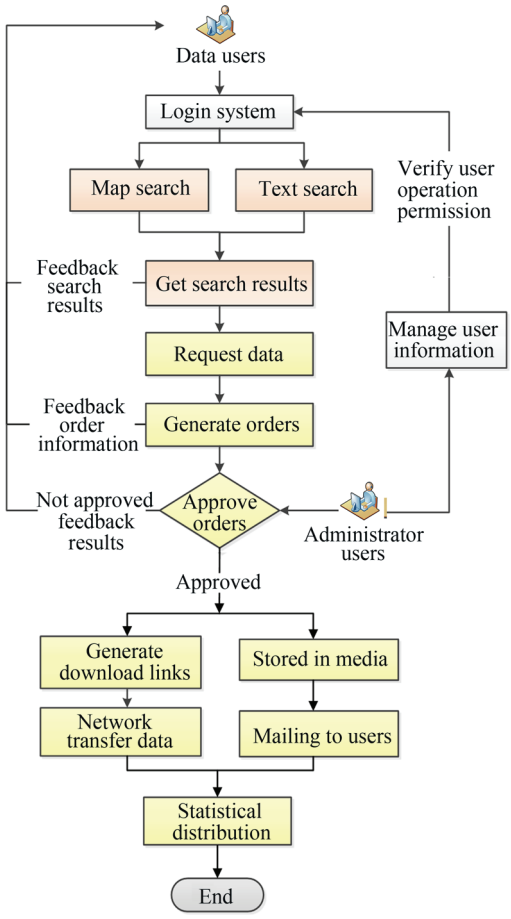


图 5 临近空间科学探测数据共享分发流程

Fig. 5 Flow chart of data sharing and distribution of the near space scientific exploratory data

3.2 临近空间科学探测数据共享分发

临近空间科学探测数据共享分发的流程如图 5 所示, 主要分为以下步骤.

(1) 用户登录数据共享服务平台, 登录后平台将该用户的角色与权限存入缓存, 在用户执行操作的时候, 判断用户是否具备执行该操作的权限.

(2) 根据用户提交的检索条件检索编目数据库中元数据信息, 将满足要求的数据集的元数据信息展现给用户.

(3) 根据用户的订购申请生成订单, 存入系统数据库.

(4) 管理员审批用户提交的订单信息, 并向用户发送反馈消息.

(5) 对于审批通过的订单, 系统根据用户订单要求以在线或离线方式向用户分发订购的数据.

(6) 平台自动记录数据下载情况, 生成统计信息.

本文设计的临近空间科学探测数据核心元数据是数据共享分发模块实现目录导航、数据检索、数据分发等核心功能的基础. 临近空间科学探测数据共享服务平台已于 2020 年 11 月 26 日正式上线, 面向国内外用户开放.

4 结论

本文根据临近空间科学探测数据特征和共享应用需求, 设计了临近空间科学探测数据的核心元数据模型, 该模型在信息完整性、科学性要求的基础上, 尽量做到内容精练, 使元数据的存储和显示更加简洁高效, 实现了对临近空间科学探测数据集较为全面的描述; 在此基础上完成了临近空间科学探测数据共享服务平台的总体架构和功能模块设计, 实现了临近空间科学探测数据的高效管理、快速访问、共享分发, 为使用鸿鹄专项数据开展科学研究和有效应用提供了有效支撑.

参考文献

[1] GENG Qingzhai, AN Bo, ZHU Xingming. Research on water resources scientific data collection system based on metadata [J]. *Water Resource Hydropower Eng.*, 2009, **40**(5): 81-85 (耿庆斋, 安波, 朱星明. 基于元数据的水利科学数据汇交体系研究 [J]. 水利水电技术, 2009, **40**(5): 81-85)

[2] MENG Lingkui, LI Sanxia, ZHANG Wen, *et al.* Research and application of hydrological data sharing oriented core metadata model [J]. *J. China Hydrol.*, 2012, **32**(1): 1-5 (孟令奎, 李三霞, 张文, 等. 面向水文数据共享的水文核心元数据模型研究与应用 [J]. 水文, 2012, **32**(1): 1-5)

[3] WANG Guofu, XU Feng, WU Zengxiang. Research on meteorological metadata standard and information issuing [J]. *J. Appl. Meteorol.l Sci.*, 2005, **16**(1): 114-121 (王国复, 徐枫, 吴增祥. 气象元数据标准与信息发布技术研究 [J]. 应用气象学报, 2005, **16**(1): l14-121)

[4] WANG Hui, LIN Yao, ZHOU Zijun. Design of metadata-based traffic scientific data sharing platform [J]. *Comput. Commun.*, 2008, **26**(2): 86-89 (王辉, 林, 周紫君. 基于元数据的交数据共享通运输科学平台设计 [J]. 交通与计算机, 2008, **26**(2): 86-89)

[5] YAO Yanmin, JIANG Zuoqin, YAN Tailai. A study on core metadata for land and resource information [J]. *Acta Geod. Cartograph. Sin.*, 2001, **30**(4): 349-354 (姚艳敏, 姜作琴, 严泰来. 国土资源信息核心元数据的研究 [J]. 测绘学报, 2001, **30**(4): 349-354)

[6] ZHU Yunqiang, SUN Jiulin, LIAO Shunbao, *et al.* Earth system scientific data sharing research and practice [J]. *J. Geo-Inform. Sci.*, 2010, **12**(1): 1-8 (诸云强, 孙九林, 廖顺宝, 等. 地球系统科学数据共享研究与实践 [J]. 地球信息科学学报, **12**(1): 1-8)

[7] HUANG Ruhua, WANG Bin, ZHOU Zhifeng. A study on countermeasures for promoting scientific data sharing in China [J]. *Library*, 2014, **3**: 7-13 (黄如花, 王斌, 周志峰. 促进我国科学数据共享的对策 [J]. 图书馆, 2014, **3**: 7-13)