

引用: 张旭亮, 王乃建, 蒋永祥, 等. 盆地级物探基础数据库系统及其在玉门油田的应用 [J]. 中国石油勘探, 2022,27(5):42-51.

Zhang Xuliang, Wang Naijian, Jiang Yongxiang, et al. Basin level geophysical exploration basic database system and its application in Yumen Oilfield[J]. China Petroleum Exploration, 2022,27(5):42-51.

盆地级物探基础数据库系统及其在玉门油田的应用

张旭亮^{1,2} 王乃建^{1,2} 蒋永祥³ 王海立⁴ 唐 虎^{1,2} 焦文龙³ 杨海申^{1,2} 马 洁^{1,2}

郭 敏^{1,2} 肖永新^{1,2} 赵薇薇^{1,2} 李红远^{1,2} 魏振辉^{1,2} 雷云山^{1,2} 皮红梅^{1,2}

(1 中国石油集团东方地球物理公司采集技术中心; 2 河北省地震勘探数据采集技术创新中心; 3 中国石油玉门油田公司勘探事业部; 4 中国石油集团东方地球物理公司青海物探处)

摘 要: 物探基础管理工作是物探技术管理的重要内容, 是科学管理、科学决策、降低成本的重要条件, 是全面推进提质、提速、提效的重要保障。随着各油田勘探开发的不断深入, 需要专业的数据库系统对海量的物探基础数据进行管理和应用。中国石油集团东方地球物理勘探有限责任公司(简称东方物探公司)自主科研攻关的盆地级物探基础数据库系统以中国石油油气勘探开发数据模型(EPDM)为数据标准, 微服务架构与中国石油梦想云同根同源, 通过中国石油内部网能够实现跨地域的数据共享和应用。目前已在玉门油田建立的测量与 SPS 库、表层成果库、静校正数据库、高精度卫星图片库、速度库和文档管理库等专业的数据库系统成效初显, 获得了玉门油田的高度认可。该系统既推动了玉门油田的数字化转型, 又为玉门油田的勘探部署决策提供了科学依据。

关键词: 物探基础管理; 数据库系统; 盆地级; 微服务; 数字化转型; 勘探部署

中图分类号: TE19 **文献标识码:** A **DOI:** 10.3969/j.issn.1672-7703.2022.05.004

Basin level geophysical exploration basic database system and its application in Yumen Oilfield

Zhang Xuliang^{1,2}, Wang Naijian^{1,2}, Jiang Yongxiang³, Wang Haili⁴, Tang Hu^{1,2}, Jiao Wenlong³, Yang Haishen^{1,2}, Ma Jie^{1,2}, Guo Min^{1,2}, Xiao Yongxin^{1,2}, Zhao Weiwei^{1,2}, Li Hongyuan^{1,2}, Wei Zhenhui^{1,2}, Lei Yunshan^{1,2}, Pi Hongmei^{1,2}

(1 Data Acquisition Technology Center, BGP Inc., CNPC; 2 Hebei Seismic Acquisition Technology Institute; 3 Exploration Department, PetroChina Yumen Oilfield Company; 4 Qinghai Geophysical Exploration Division, BGP Inc., CNPC)

Abstract: The basic geophysical exploration management is a major content in geophysical prospecting technology management, a key factor for scientific management, scientific decision-making and cost reduction, as well as an important guarantee for comprehensively promoting quality, accelerating speed and increasing efficiency. Associated with the continuous deepening of exploration and development in various oil fields, professional database systems are required to manage and apply the massive basic geophysical data. The basin level geophysical exploration basic database system developed by BGP, taking the data standard of PetroChina Petroleum Exploration and Production Data Model (EPDM) and applying the same micro-service architecture as that of PetroChina Dream Cloud, enables to achieve the cross regional data sharing and application through the intranet of PetroChina. Till now, initial results have been achieved in the establishment of the professional database systems, such as survey and SPS database, surface data result database, static correction database, high resolution satellite image database, velocity database and document management database, which are highly recognized by Yumen Oilfield. This system not only supports to promote the digital transformation, but also provides scientific basis for the exploration deployment decision of Yumen Oilfield.

Key words: basic geophysical exploration management, database system, basin level, micro-service, digital transformation, exploration deployment

基金项目: 中国石油天然气股份有限公司科技项目“地震采集作业智能设计与动态优化系统研发项目”(KLSZ-2021-JS-490); 中国石油集团东方地球物理公司科技项目“基于云架构的盆地级表层数据库平台的开发”(01-05-2020)。

第一作者简介: 张旭亮(1985-), 男, 河北保定人, 硕士, 2013年毕业于长江大学, 工程师, 现主要从事地震资料采集和物探基础数据库等领域的方法研究和软件研发工作。地址: 河北省涿州市华阳东路物探科技园区中国石油集团东方地球物理公司采集技术中心方法研究所, 邮政编码: 072750。E-mail: zhangxuliang@cnpc.com.cn

收稿日期: 2022-02-10; 修改日期: 2022-08-08

0 引言

目前,全球数据库技术逐渐走向成熟,在一些国外油田公司的勘探领域得到很好的应用,并取得了巨大的经济效益。阿尔及利亚国家石油公司在对测量数据、地震剖面、地质成果,以及钻井、测井等信息进行分类分析的基础上,建立了数据银行,实现了油田数据资料共享。挪威、俄罗斯、巴西等国家也已建成了地球物理和地质数据银行。加拿大地质调查局早已广泛应用数据库管理海洋调查勘探等地质数据^[1]。国外油田大公司独立性、专业性较强,所以数据的专业性和独立性要求也相对较高,数据建设相对比较规范、统一,且大力发挥数据的作用与价值。这些国外公司在数据应用方面均有100多年的历史,在油田数据应用方面比国内早且先进,但对数据治理的认识和提出均比较晚。数据治理的目的主要是发现数据在建设中存在多期次、多数据库和数据标准不统一的现象。2010年左右,当国内油田专家提出数据治理时,国外才开始关注对数据治理的研究。例如中国石油集团庆新油田开发有限责任公司引入数据治理技术后,过去跨库提取动态数据需要烦琐的半自动化操作,数据治理之后获取数据的便利度和速度均有了大幅度的提升。此外,中国石油集团长城钻探工程公司等多个公司均进行了多种方式的治理,效果明显,工作效率均有大幅度提高^[2]。

2012年,中国石油勘探与生产分公司在新疆油田组织召开了上游业务物探基础工作现场会,会议强调了面向复杂地质目标必须抓好物探基础工作的重要性 and 紧迫性,明确了物探基础数据库的建设目标。随着勘探开发的不断深入并依据现场会的要求,各油田不同程度地开展了测量与SPS、表层成果、静校正数据、高精度卫星图片、速度和文档管理等数据库的建设。目前新疆油田公司^[3]、西南油气田公司^[4]、大庆油田公司^[5]、华北油田公司^[6]等基本建齐了物探基础数据库^[7],其他油田公司也建设了部分数据库^[8-9],但仍需补充完善。东方物探公司经过调研发现,上述数据库的建设时间较早,基本都是依托中国石油的外部公司协助,技术容易受限,并且在云共享、数据标准化管理和数据应用等方面存在一些问题和不足。

东方物探公司作为中国石油物探领域的先锋,在数据库技术和云共享等方面进行了大量研究,积极与玉门油田公司合作并建设符合中国石油标准的盆地级物探基础数据库平台。在建设初期,玉门油田的物探

基础数据基本以文档的形式存放,存在数据格式不统一、数据类型不全、数据存储分散、难以适应盆地级的大数据量管理等问题,没有真正地实现集团公司提倡的数字化转型^[10-11]要求。

盆地级物探基础数据库(GeoContainer)系统是东方物探公司自主研发、覆盖物探多业务、全过程和大数据量的专业管理平台。该系统具有兼容中国石油勘探开发梦想云^[12-13]、微服务分布式架构^[14]、开发高扩展性、操作方便等特点。GeoContainer系统采用中国石油油气勘探开发数据模型(EPDM)^[15-16],该模型已在中国石油各油田得到广泛应用^[17],明显强于国外油田数据库的数据建设和数据治理,其在横向上能够将各个专业的数据整合在一起,使数据之间的联系更加密切,更好地满足研究人员的使用。2021年,东方物探公司首次将GeoContainer系统部署在玉门油田公司进行实际应用,并取得了显著成效^[18-19]。

1 GeoContainer 系统简介

GeoContainer系统由服务端和客户端两大部分组成(图1),该系统供管理人员和从事石油勘探的专业技术人员使用。基于客户端/服务器(C/S)架构,在服务端以Linux为操作系统平台,以PostgreSQL作为数据库引擎^[20],采用微服务的分布式存储^[21-22],其服务器端架构^[23]与中国石油梦想云^[24]兼容;以油田公司局域网为通信载体,在客户端以Windows操作系统为应用平台,实现了基于PC客户端的数据录入、修改、查询和删除;以EPDM模型为基础,能够满足勘探开发、静态数据一体化管理;运用插件式二次开发技术,便于快速扩充应用功能,能够完成物探基础数据的数字化管理、规范化存储、正确性验证和专业化应用等工作。

1.1 GeoContainer 系统服务端

GeoContainer系统服务端主要由高性能服务器组、微服务查询平台和API(Application Programming Interface,即应用程序编程接口)在线文档管理平台三大部分组成。

1.1.1 高性能服务器组

高性能服务器组是由4台企业机架式服务器和1台企业级交换机组成的硬件系统(图2)。企业机架式服务器技术规格见表1,设备具有两个及以上第二代英特尔可扩展处理器,每个处理器多达20个核心,容量可扩展至168TB的企业级存储能力。

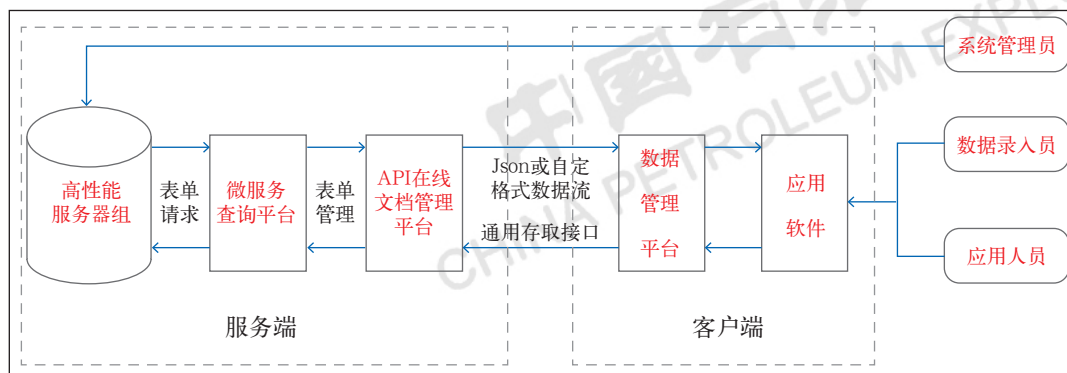


图 1 GeoContainer 系统简图

Fig.1 Schematic diagram of GeoContainer system

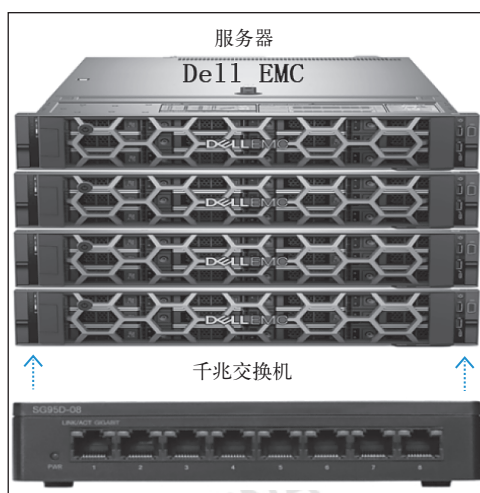


图 2 高性能服务器组硬件系统组成图

Fig.2 Hardware system composition of high performance server group

(1) 系统能满足各种应用程序的需求, 均衡地结合资源、可扩展性和经济性, 适应现代数据处理不断变化的需求。通过一键式调整优化应用程序性能。

(2) 采用 Dell EMC OpenManage 智能自动化功能, 有助于减少花费在例行维护上的时间, 从而提高工作效率。

(3) 具有网络弹性的全面架构, 在每台服务器中嵌入全新配置锁定功能和本地存储的系统擦除功能, 能够确保数据安全和数据隐私。

1.1.2 微服务查询平台

微服务查询平台采用微服务分布式架构, 各服务能够独立部署, 服务之间通过 Feign 进行远程调用 (图 3)。以观测系统数据上传为例, 首先调用文件

表 1 企业机架式服务器技术规格表

Table 1 Technical specifications of enterprise rack server

技术规格	指标
处理器	两个及以上第二代英特尔可扩展处理器, 每个处理器多达 20 个核心
内存	DIMM 速度高达 2666 MT/s, 4×32GB RDIMM, 3200MT/S, 双列
存储	2×600GB 硬盘 SAS, 12×8TB RPM
存储控制器	H730P RAID 控制器
管理	2×Dell EMC PowerEdge SFP
端口	Broadcom 57412 双端口
电源	双电源, 热拔插, 冗余电源 (1+1), 550W
外形规格	2U 机架式服务器
尺寸	高度 86.8mm, 宽度 434mm, 深度 703.76mm, 质量 29.68kg
机架支持	ReadyRails 滑动导轨, 带电缆管理臂

服务上传接口，上传临时文件，并返回文件 ID；再通过观测系统服务，调用上传数据信息接口（附带文件 ID），远程调用文件服务，进行文件校验、获取文件信息；最后调用 MinIO 文件存储服务器，获取临时文件内容，解析入数据库。用户通过网页端授权即可操作应用，安全性高。

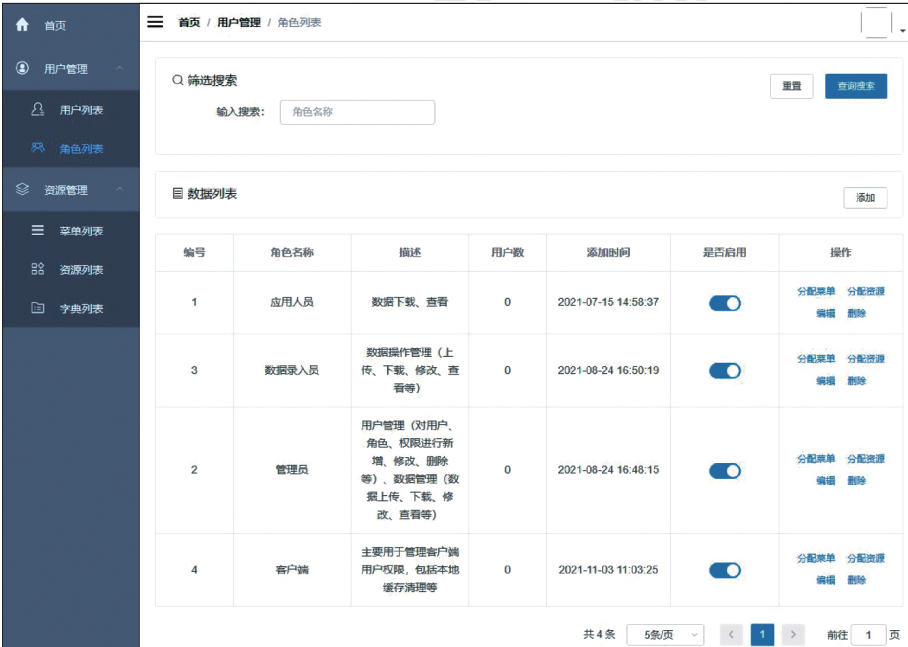


图 3 微服务查询平台界面示意图

Fig.3 Interface sketch of micro-service query platform

1.1.3 API 在线文档管理平台

API 在线文档管理平台是为 Java MVC 框架集成 Swagger 生成 API 文档的增强解决方案，前端 UI 界面改善增强（图 4）。在微服务架构下，该平台使

用更加灵活，从导航下拉窗口能够切换到任意模块，查看相应接口说明，测试环境下也可以对接口进行测试，提升前后端模式开发效率。

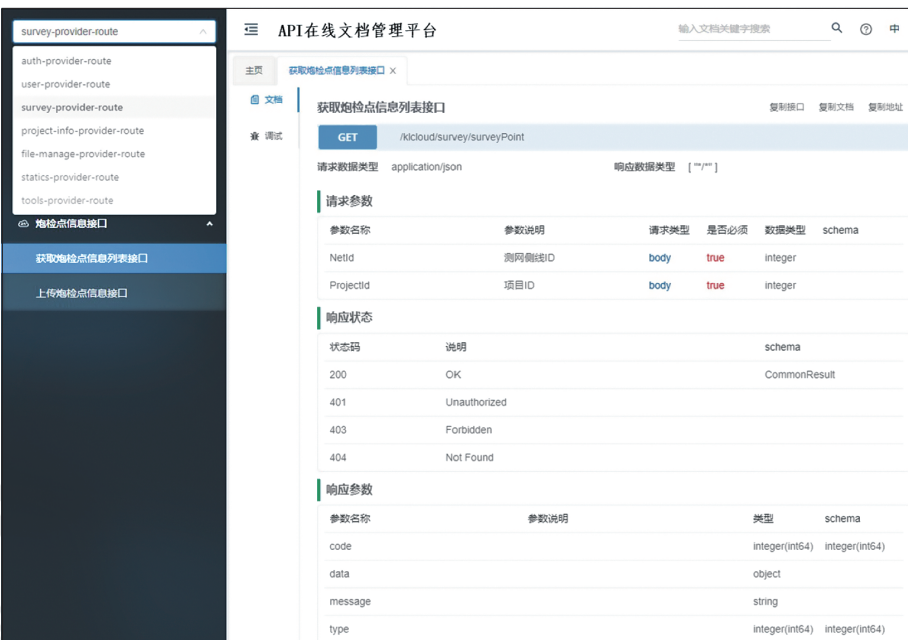


图 4 API 在线文档管理平台界面示意图

Fig.4 Interface sketch of API online document management platform

1.2 GeoContainer 系统客户端

GeoContainer 系统客户端由数据管理平台和应

用软件两部分组成, 两者功能独立, 其可扩展性高, 操作简单便捷, 具有良好的交互性, 易于操作人员掌握 (图 5)。

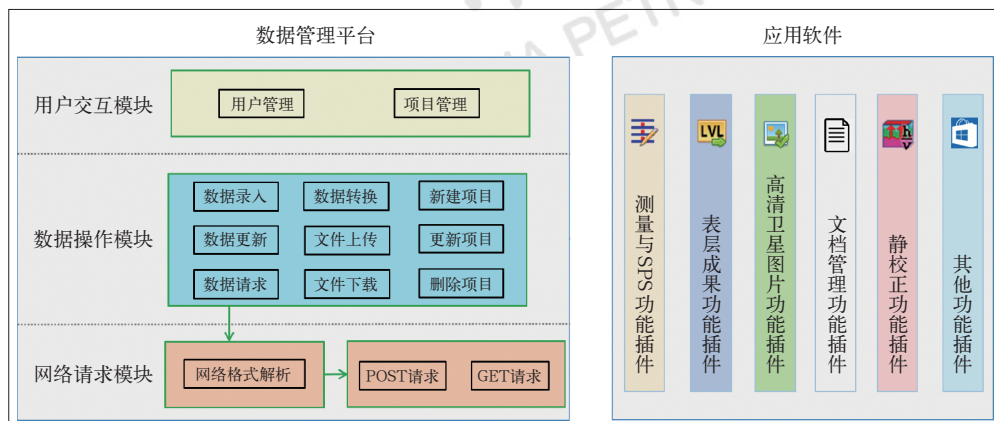


图 5 GeoContainer 系统客户端组成图

Fig.5 Client composition of GeoContainer system

1.2.1 数据管理平台

数据管理平台由用户交互模块、数据操作模块和网络请求模块三大部分组成。采用 PostgreSQL 数据库技术, 能够对一系列数据交互流程进行统一安全管理, 支撑数据操作和网络请求等业务的实施^[25]。

(1) 能够对用户实现角色管理, 主要分为系统管理员、数据录入员和应用人员; 对项目进行分类管理, 能够快速查询项目基本信息。

(2) 实现对数据的录入、更新、转换和请求等功能; 能完成文件的上传与下载; 支持项目的新建、更

新和删除等功能。

(3) 通过对数据请求进行网络格式解析, 使用 POST 请求和 GET 请求, 保证数据管理平台与应用程序之间的通信。

1.2.2 应用软件

应用软件主要由测量与 SPS、表层成果、静校正数据、高精度卫星图片、速度文件和文档管理等多个功能插件组成, 软件开发人员可通过插件的方式进行开发应用, 能够实现对物探基础数据的规范化管理和高效应用 (图 6)。

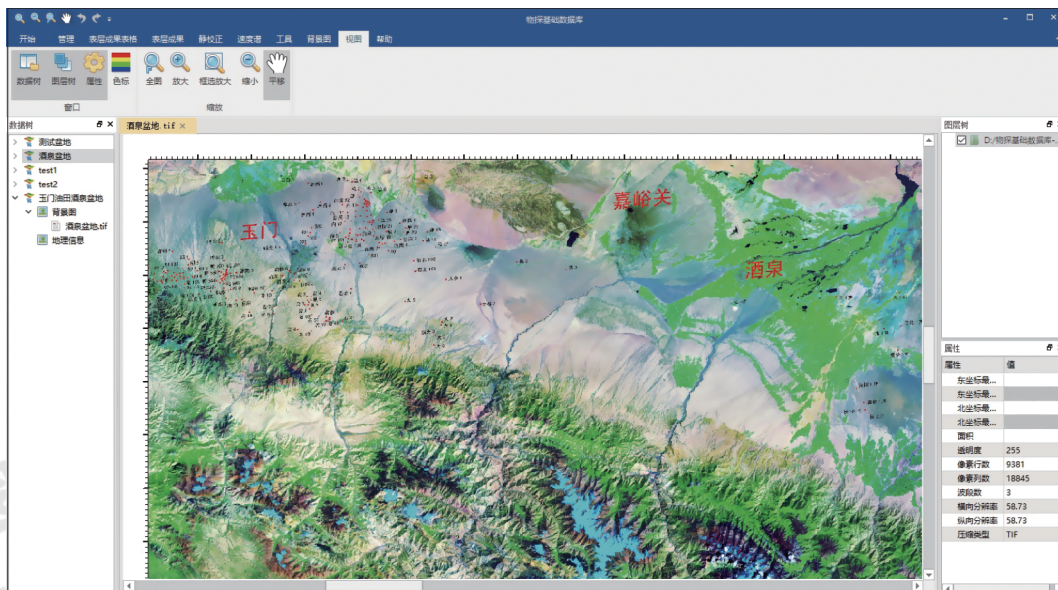


图 6 应用软件主页面示意图

Fig.6 Interface sketch of main page of application software

2 应用实例及效果

GeoContainer 系统在正式发布之前进行了大量的系统试验及软件测试，在玉门油田的应用，是该系统在油田推广实施的典型案例。玉门油田坐落于戈壁腹地，祁连山下，这里诞生了新中国第一口油井、第一个油田、第一个石化基地，为中国石油工业的发展做出了重大贡献。20 多年来，数字地震勘探采集的大量数据已成为玉门油田极为宝贵的财富，是制定勘探、开发决策的重要基础。截至 2021 年底，应用该系统已经完成盆地级别的测量与 SPS、表层成果数据、静校正数据、高精度卫星图片、速度相关数据和文档信息的加载入库，并利用该系统进行数据归档管理和数据应用支持服务。

2.1 测量与 SPS 库

测量与 SPS 库主要用于管理测量相关的基础成

果信息，能够展示项目部署情况和采集状况等，其数据类型主要包括 SPS 信息、施工边界、地表地理信息等。目前该数据库已录入玉门油田相关盆地 44 个项目的生产数据，其中激发点 128 多万行，检波点 238 多万行。软件应用功能包括亿行级别炮检点显示、点位筛选等（图 7、图 8）。

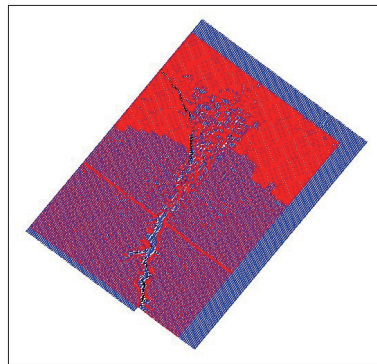


图 7 观测系统平面显示图

Fig.7 Plane display of observation system

	线号	点号	北坐标	东坐标	高程	点索引	文件号	基准面	静校正量	点深度
1	281.500	1180.500				1		3400.000	159.000	8.000
2	281.500	1184.500				1		3400.000	168.000	8.000
3	281.500	1188.500				1		3400.000	164.000	8.000
4	281.500	1192.500				1		3400.000	164.000	8.000
5	281.500	1196.500				1		3400.000	187.000	8.000
6	281.500	1200.500				1		3400.000	213.000	8.000
7	281.500	1204.500				1		3400.000	210.000	8.000
8	281.500	1208.500				1		3400.000	221.000	8.000
9	281.500	1212.500				1		3400.000	236.000	8.000
10	281.500	1216.500				1		3400.000	242.000	8.000
11	281.500	1220.500				1		3400.000	233.000	8.000
12	281.500	1224.500				1		3400.000	228.000	8.000
13	281.500	1228.500				1		3400.000	237.000	8.000
14	281.500	1232.500				1		3400.000	256.000	8.000
15	281.500	1236.500				1		3400.000	264.000	8.000
16	281.500	1240.500				1		3400.000	271.000	8.000
17	281.500	1244.500				1		3400.000	280.000	8.000
18	281.500	1248.500				1		3400.000	284.000	8.000
19	281.500	1252.500				1		3400.000	288.000	8.000
20	281.500	1256.500				1		3400.000	295.000	8.000
21	281.500	1260.500				1		3400.000	304.000	8.000
22	281.500	1264.500				1		3400.000	308.000	8.000
23	281.500	1268.500				1		3400.000	313.000	8.000

图 8 观测系统表格显示图

Fig.8 Diagram of observation system data table

2.2 表层成果库

表层成果库主要用来描述近地表的地震地质情况，并用于静校正计算和指导生产，其数据类型

包括表层成果、岩性录井、表层施工参数等。目前该数据库已录入玉门油田的盆地表层调查点 6200 多个。软件应用功能包括表层建模、Q 值应用等（图 9）。

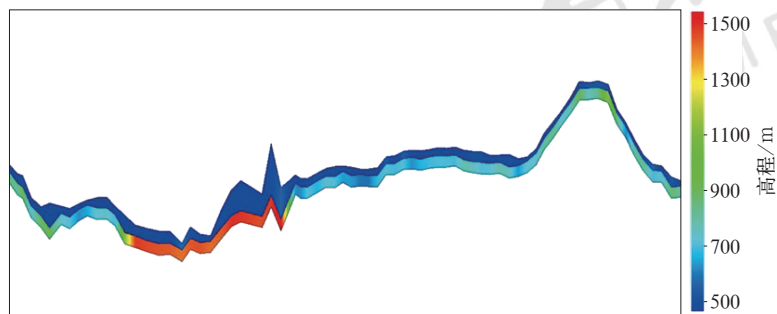


图 9 表层沿线切面模型图

Fig.9 Section of surface data modeling

2.3 静校正数据库

静校正数据库主要是连接采集和处理的纽带，能够提高复杂地表区的叠加成像精度，其数据类型

包括近地表模型、静校正计算参数、静校正量等。目前该数据库已录入玉门油田相关盆地静校正数据量达 2GB。软件应用功能包括近地表建模、连片静校正计算等（图 10、图 11）。

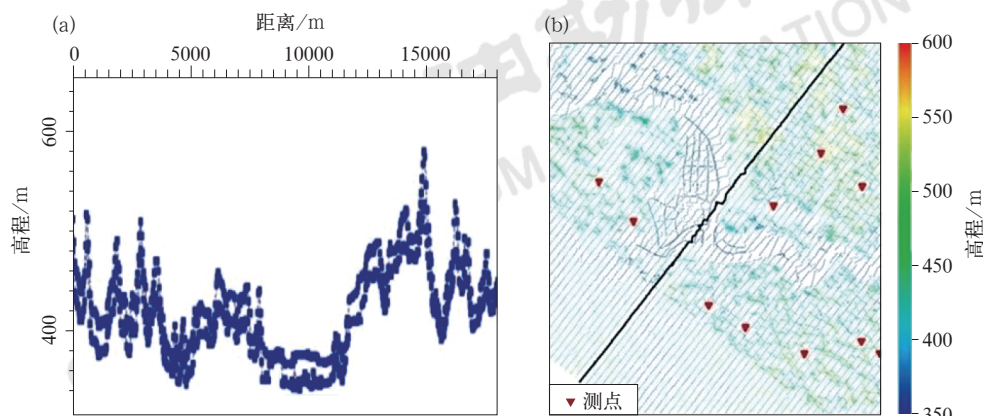


图 10 近地表建模示意图

Fig.10 Schematic diagram of near-surface modeling

(a) 近地表模型沿线剖面图；(b) 近地表模型平面显示图

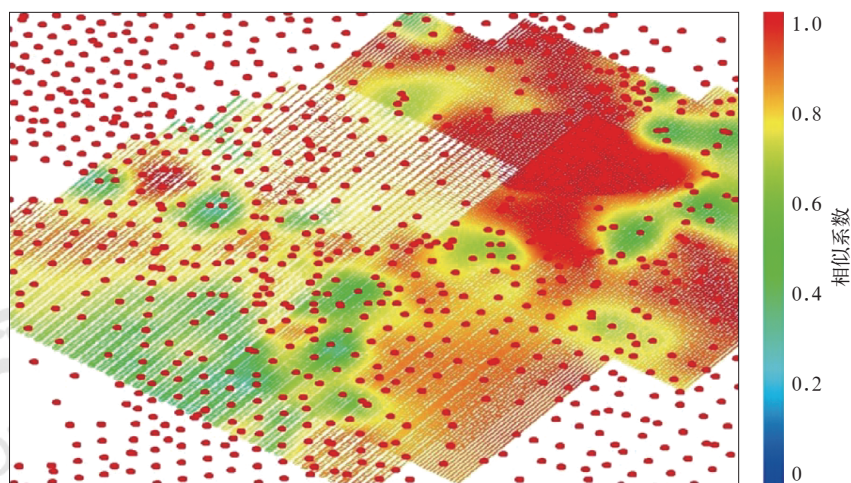


图 11 连片静校正计算示意图

Fig.11 Schematic diagram of continuous static correction calculation

2.4 高精度卫星图片库

高精度卫星图片库主要用于展示工区实际地表状况,可以指导生产,其数据类型包括卫星图片、航拍照片、矢量图片等。软件应用功能包括 TB 级卫星图片的分级分块、快速缩放及拖拽叠加显示等,如图 12 所示。

2.5 速度库

速度库主要用于野外现场处理和室内成果处理等,其数据类型包括叠加速度、偏移速度、叠前偏移

速度、测井速度等。软件应用可以支持多类型的速度格式,能实现对速度文件的数字化管理和共享。

2.6 文档管理库

文档管理库主要用于管理采集项目相关的辅助文档,如项目总结报告、典型单炮记录、初至文件等,可设置不同的文件类型和关键字,便于查找。该数据库可以支持多类型的文件格式,能够实现对文件的管理和共享。目前该数据库已录入玉门油田的高精度卫星图片、地质图和各类报告文档等非结构化数据达 1.3TB (图 13)。

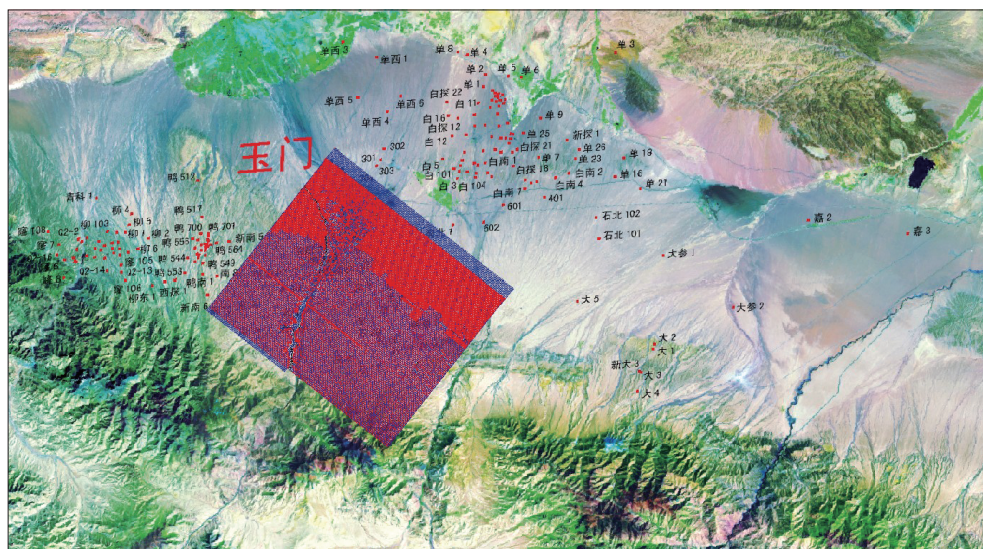


图 12 某研究区高精度卫星图片

Fig.12 High resolution satellite image of a study area

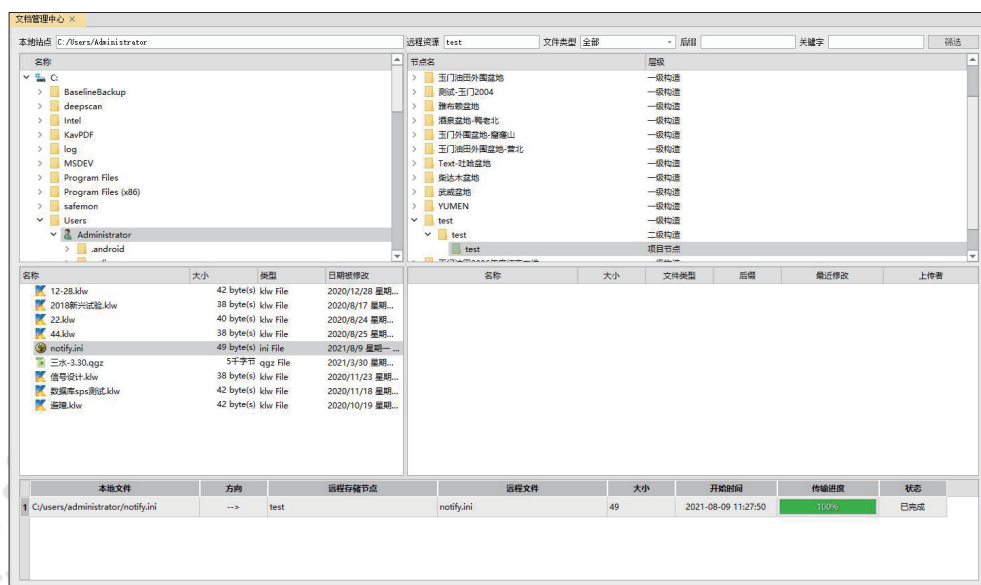


图 13 文档管理中心界面示意图

Fig.13 Interface sketch of document management center

2.7 应用效果

目前 GeoContainer 系统 6 个数据库的实施,能直观地显示盆地内各项的观测系统、管理盆地级别的测量与 SPS、表层成果、静校正数据、速度数据和高精度卫星图片等。在数据录入方面,能够进行自定义格式数据解析;能够实现 TB 级别的超大文件上传、下载及断点续传;支持上亿行记录高效、稳定传输。在数据治理方面,数据录入需要经过双重质控,数据加载时系统进行有效性检查,加载完成后进行数值范围检查、各种质控平面图检查,可快速发现异常数值,保证录入数据的正确性和有效性。以往科研人员查找和整理相关项目信息,需要从档案馆和存储设备中等待调用,往往花费至少几天或一周以上的时间,使用该系统后,仅仅几个小时的时间,就可以快速地从数据库系统下载所需资料,这极大地提高了科研人员的工作效率。

GeoContainer 系统是能够基于云架构平台在中国石油内部网实现管理人员和质控部门对项目的异地督促指导、前后方一体化异地协同的组织新模式。尤其在物探基础数据的共享、管理和应用方面,该系统能够使科研人员初步实现快速从中国石油数据主湖中获取研究所需的物探基础数据,并将数据推送至系统客户端开展作图等工作;同时物探基础数据相关成果图件等资料也可归档至梦想云平台,这为中国石油各油田之间实现成果继承与跨区域云共享提供了全面支撑。

3 结论

物探基础数据库系统是实现油田数据科学管理、科学决策、降低成本的重要手段。依托 EPDM 模型的 GeoContainer 系统的研发及项目成功落地,充分地契合了中国石油油气勘探开发的需要,以及中国石油勘探与生产分公司的物探业务需求,实现了对物探数据数字化管理的基本目标,符合中国石油“十四五”规划中关于数字化转型的战略选择。通过该系统的实际应用,实现了玉门油田历史勘探数据的数据挖掘和重复利用,为指导下一步油气勘探开发和生产部署提供依据。

参考文献

- [1] 黄翠叶. 基于 GIS 的地震勘探解释评价数据库的建设[D]. 北京: 中国地质大学(北京), 2008.

- Huang Cuiye. Establishing seismic interpretation and evaluation database[D]. Beijing: China University of Geosciences (Beijing), 2008.
- [2] 孙少波. 油气田勘探开发生产中的数据治理方法与技术研究[D]. 西安: 长安大学, 2018.
- Sun Shaobo. Methods and technologies research on data governance of data application in oil and gasfield exploration and exploration[D]. Xi'an: Chang'an University, 2018.
- [3] 赵玲, 黄刚, 栗健, 等. 勘探开发一体化数据主库的设计及应用[J]. 计算机技术与发展, 2018,28(4):161-164.
- Zhao Ling, Huang Gang, Li Jian, *et al.* Design and application of construction of integrated main data library[J]. Computer Technology and Development, 2018,28(4):161-164.
- [4] 刘新, 张恩莉, 唐志洁, 等. 西南油气田勘探开发数据业务技术体系及发展前景初探[J]. 天然气勘探与开发, 2013,36(1):64-68.
- Liu Xin, Zhang Enli, Tang Zhijie, *et al.* Technological system of exploration & production data for PetroChina Southwest Oil and Gasfield Company[J]. Natural Gas Exploration and Development, 2013,36(1):64-68.
- [5] 常冠华, 陈树民, 熊华平, 等. 大庆油田油气勘探信息化建设的成果与特色[J]. 中国石油勘探, 2009,14(5):33-40.
- Chang Guanhua, Chen Shumin, Xiong Huaping, *et al.* Achievements and characteristics of construction of informational oil and gas exploration in Daqing Oilfield[J]. China Petroleum Exploration, 2009,14(5):33-40.
- [6] 唐传章, 王瑞贞, 宋同心, 等. 华北油田三维地震资料品质分析数据库的开发及应用效果[J]. 中国石油勘探, 2008,13(2):83-89.
- Tang Chuazhang, Wang Ruizhen, Song Tongxin, *et al.* Database development for 3D seismic data quality analysis and its application in Huabei Oilfield[J]. China Petroleum Exploration, 2008,13(2):83-89.
- [7] 肖飞. 地质勘探数据库的开发和应用[J]. 世界有色金属, 2016(3):30-31.
- Xiao Fei. Development and application of geological exploration database[J]. World Nonferrous Metals, 2016(3):30-31.
- [8] 罗海炳, 王刚. 辽河油田勘探信息化建设及应用情况[J]. 中国石油勘探, 2005,10(4):75-77.
- Luo Haibing, Wang Gang. Construction of exploration information in Liaohe Oilfield and its application[J]. China Petroleum Exploration, 2005,10(4):75-77.
- [9] 傅瑾君, 丁成豪, 王晓星, 等. 基于 MAPGIS 的油气矿权区块评价数据库建设[J]. 国土资源信息化, 2012(5):37-43.
- Fu Jinjun, Ding Chenghao, Wang Xiaoxing, *et al.* Build a database on an estimate of rights to mining areas in the oil and gas based on MAPGIS[J]. Land and Resources Informatization, 2012(5):37-43.
- [10] 徐英俊, 杨磊, 刘华林. 石油石化企业数字化转型若干问题思考[J]. 油气与新能源, 2021,33(1):57-61.
- Xu Yingjun, Yang Lei, Liu Hualin. Strategies for digital transformation of petroleum and petrochemical enterprises[J]. Petroleum Planning & Engineering, 2021,33(1):57-61.

- [11] 陈强, 王宏琳. 数字油田: 集成油田的数据、信息、软件 and 知识[J]. 石油地球物理勘探, 2002, 37(1): 90–96.
Chen Qiang, Wang Honglin. Numeric oilfield: intergraing data, information, software and knowledge of oilfield[J]. Oil Geophysical Prospecting, 2002, 37(1): 90–96.
- [12] 马涛, 张仲宏, 王铁成, 等. 勘探开发梦想云平台架构设计与实现[J]. 中国石油勘探, 2020, 25(5): 71–81.
Ma Tao, Zhang Zhonghong, Wang Tiecheng, *et al.* Architecture design and implementation of E&P Dream Cloud platform[J]. China Petroleum Exploration, 2020, 25(5): 71–81.
- [13] 魏春柳, 赵秋生, 王威, 等. 梦想云应用商店建设研究[J]. 中国石油勘探, 2020, 25(5): 104–110.
Wei Chunliu, Zhao Qiusheng, Wang Wei, *et al.* Research on the construction of E&P Dream Cloud app store[J]. China Petroleum Exploration, 2020, 25(5): 104–110.
- [14] 王燕, 伍军. 基于 Spring_Cloud 微服务构架的局域网智能管理系统设计[J]. 软件, 2022, 43(1): 8–10.
Wang Yan, Wu Jun. Design of LAN intelligent management system based on Spring_Cloud microservice architecture[J]. Software, 2022, 43(1): 8–10.
- [15] 苟量, 张少华, 詹世凡. 东方智能物探[M]. 北京: 石油工业出版社, 2021: 40–45.
Gou Liang, Zhang Shaohua, Zhan Shifan. Dongfang intelligent geophysical prospecting[M]. Beijing: Petroleum Industry Press, 2021: 40–45.
- [16] 王志高, 卞法敏, 明光春. 勘探综合研究项目数据管理模式探讨[J]. 石油地球物理勘探, 2008, 43(1): 119–122.
Wang Zhigao, Bian Famin, Ming Guangchun. Discussion on data management mode in integrative[J]. Oil Geophysical Prospecting, 2008, 43(1): 119–122.
- [17] 马涛, 黄文俊, 刘景义, 等. 石油勘探开发数据模型标准研究及进展[J]. 信息技术与标准化, 2015(12): 69–73.
Ma Tao, Huang Wenjun, Liu Jingyi, *et al.* Research and development of data model standard for petroleum exploration and production[J]. Information Technology & Standardization, 2015(12): 69–73.
- [18] 徐新. 基于 PostgreSQL 数据库的大数据点云存储技术应用研究[J]. 信息与电脑, 2017(13): 128–129.
Xu Xin. Research on application of large data point cloud storage technology based on PostgreSQL database[J]. China Computer & Communication, 2017(13): 128–129.
- [19] 盛秀杰, 金之钧, 彭成, 等. PetroV 分布式文件系统的设计与实现[J]. 石油地球物理勘探, 2019, 54(3): 641–649.
Sheng Xiujie, Jin Zhijun, Peng Cheng, *et al.* Design and implementation of the PetroV distributed file system based on geographic meshing and geological information coding[J]. Oil Geophysical Prospecting, 2019, 54(3): 641–649.
- [20] 孙孝萍, 陈继红, 罗刚, 等. 物探云计算环境研究及实现[J]. 石油地球物理勘探, 2020, 55(增刊 1): 98–104.
Sun Xiaoping, Chen Jihong, Luo Gang, *et al.* Research and implementation of geophysical cloud computing environment[J]. Oil Geophysical Prospecting, 2020, 55(S1): 98–104.
- [21] 杨勇, 黄文俊, 王铁成, 等. 梦想云数据连环湖建设研究[J]. 中国石油勘探, 2020, 25(5): 82–88.
Yang Yong, Huang Wenjun, Wang Tiecheng, *et al.* Research on construction of data interlinked lakes of E&P Dream Cloud[J]. China Petroleum Exploration, 2020, 25(5): 82–88.
- [22] 宋林伟, 王小善, 许海涛, 等. 梦想云推动地震资料处理解释一体化应用[J]. 中国石油勘探, 2020, 25(5): 43–49.
Song Linwei, Wang Xiaoshan, Xu Haitao, *et al.* Application and practice of integrated seismic data processing and interpretation driven by E&P Dream Cloud[J]. China Petroleum Exploration, 2020, 25(5): 43–49.
- [23] 方明. 在 PostgreSQL 数据库单表上实现多级安全等级控制[D]. 上海: 复旦大学, 2013.
Fang Ming. Multilevel security access control on single table based on PostgreSQL[D]. Shanghai: Fudan University, 2013.
- [24] 石广仁. 数据挖掘在石油勘探数据库中的应用前景[J]. 中国石油勘探, 2009, 14(1): 60–64.
Shi Guangren. Prospect of the application of data mining in petroleum exploration databases[J]. China Petroleum Exploration, 2009, 14(1): 60–64.
- [25] 周霞, 申龙斌, 孙旭东, 等. 数据库技术在油田勘探井位部署决策中的应用[J]. 中国石油勘探, 2010, 15(1): 63–66.
Zhou Xia, Shen Longbin, Sun Xudong, *et al.* Application of database technology to exploration well deployment decision in oilfield[J]. China Petroleum Exploration, 2010, 15(1): 63–66.