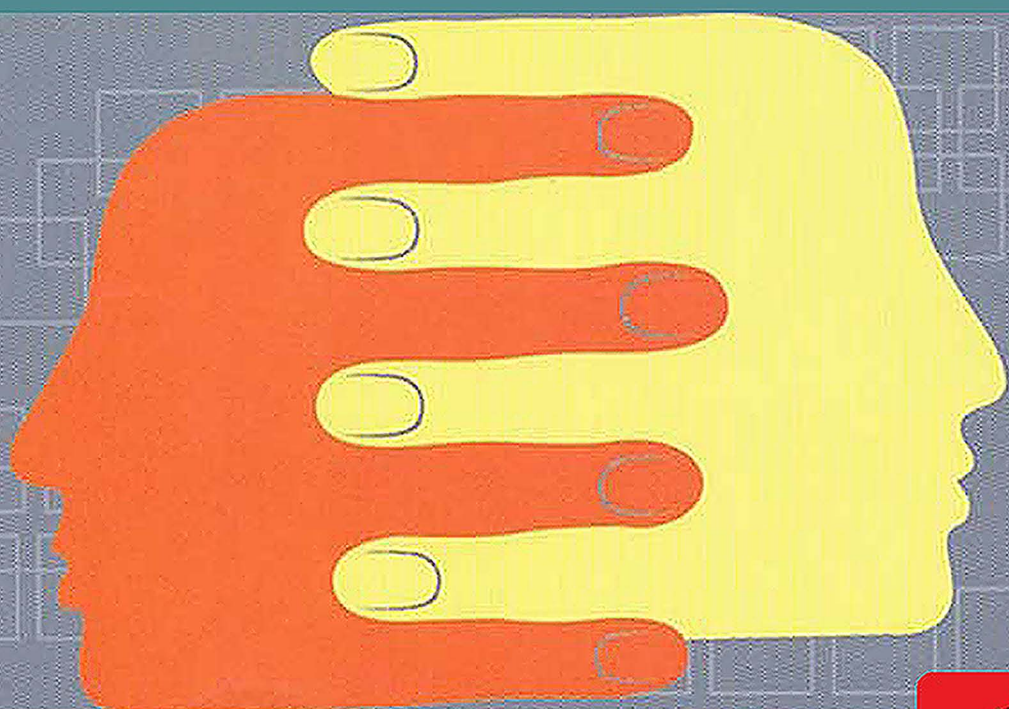


油气勘探数据可视化应用

周霞 编



电子科技大学出版社





前 言

油气勘探是指综合应用石油地质学与物探、化探、钻井、录井、测井、测试、试油等各种勘探工程技术,寻找查明油气田的油气藏形态、性质、资源并提交可动用的探明储量的生产活动。

油气勘探主要包括盆地勘探、区带勘探、圈闭评价、油气藏评价等主要阶段,在每个阶段都包含勘探生产、勘探研究、勘探管理等工作。勘探生产以研究作为指导,制订方案、具体实施、验证地质认识和达到地质目标,勘探管理以研究为基础,来组织各项工作。

油气勘探高风险和高投入的特性决定了先进技术含量越高则勘探成果也越大。在油气勘探阶段,需要投入大量的人力和物力来获取地下有用的地质和油气信息,随着信息的积累、新技术的应用,人们对地下含油气情况的认识也逐步加深并逐渐成熟和趋于客观真实。

在此过程中,地震野外采集、地震资料处理、钻井、录井、测井、试油、分析研究等工作是获得数据资料的过程,地震解释和综合地



质研究是形成观点提高认识的过程,物探部署、井位部署、勘探施工、探井钻、录、测、试等工作是决定勘探投资和勘探效益的重要环节。

随着石油行业的不断发展,目前国内油气勘探面对的地质目标越来越复杂,成熟探区隐蔽油气藏勘探已占据主要地位,勘探难度不断加大,勘探对象日益复杂,因此更需要及时、齐全、准确的各类勘探信息的支持。

国内石油行业通过多年的持续建设,基本上已经建立了较为完善的油气勘探数据库。数据信息是最重要的资源已经成为大家的共识,如何高效地利用这些资源,来促进油气勘探开发综合研究呢?

近年来数据库与信息技术为油气勘探提高工作效率和提升管理水平发挥了越来越重要的作用。勘探是为了“找”到油气在哪里,可视化应用是为了“看”到油气在哪里。通过勘探数据信息的可视化展示应用,能够为地质研究工作者、生产管理人员以及领导决策层面充分展示研究成果,以多种方式灵活高效调用需要的各种信息,实现地面地貌地物信息和地下地质信息、生产信息和研究管理成果的有机结合,为研究、管理和决策提供充分的依据,澄清模糊的地质认识,这将有效地降低勘探风险,提高决策的准确性,降低勘探成本,提高勘探效益。

本书作者长期从事油田企业勘探数据库建设与勘探应用软件开发等勘探信息工作。本书的编写主要是源于作者二十年来的工



作实践,同时也查阅了大量的参考文献、书籍和资料。另外在编写过程中,得到了有关领导和专家的大力支持和指导,尤其是得到项目组其他成员的大力帮助,申龙斌、李虎、苏卫、李玲、隋国华、刘长治、余学锋、金伏东、孙旭东、王聪等同志提出了许多有益的意见与建议,在此表示衷心感谢。由于作者水平有限,疏漏与不足之处在所难免,敬请读者批评指正。

需要特别说明的是,文中各类地理位置数据、深度数据及井名等信息均已经过特别处理,因此与实际不符是有意为之并非谬误。

周霞

2013年12月



目 录

第一章 油气勘探数据信息	(1)
一、生产管理数据	(1)
二、物化探数据	(4)
三、钻录井数据	(9)
四、测井数据	(18)
五、试油测试数据	(21)
六、分析化验数据	(24)
七、储量数据	(39)
八、综合研究成果数据	(41)
第二章 勘探数据采集与管理	(52)
一、数据采集	(53)
二、数据质量控制与加载入库	(54)
(一)数据加载入库前质量检查与控制	(54)
(二)数据加载入库检查	(55)
(三)数据入库后质量检查与控制	(55)
三、数据存储与管理	(56)

(十一)勘探工作量统计	(87)
(十二)井综合统计	(88)
(十三)等值线绘制	(89)
三、井筒信息展示	(92)
(一)模板驱动	(93)
(二)常规测井蓝图回放	(94)
(三)各类地质对象的绘制	(94)
(四)图形对象的操作和属性调整	(94)
(五)图形道头锁定	(94)
(六)井筒地质图件横向显示	(94)
(七)井筒地质图形的操作	(95)
(八)多井图形绘制	(95)
(九)图例符号制作工具	(96)
四、地震剖面展示	(97)
(一)单工区横纵测线显示浏览	(97)
(二)跨工区任意测线显示浏览	(97)
(三)剖面显示参数调整	(98)
(四)时深转换	(98)
(五)地震数据振幅值读取和显示	(99)
(六)剖面中井投影距离的设置	(99)
(七)剖面上显示各种解释成果数据	(99)
(八)剖面上添加设计井	(99)
(九)剖面工作现场的保存和恢复	(100)



五、成果图档展示	(100)
(一)动态成果管理	(101)
(二)共享成果管理	(106)
(三)电子挂图展示	(108)
六、三维可视化展示	(109)
(一)三维可视化模块主界面	(110)
(二)平面图形的显示	(110)
(三)剖面图件的预处理以及显示	(111)
(四)井筒相关信息的显示	(111)
(五)井信息查询	(113)
(六)三维对象管理	(113)
七、展示环境设计	(114)
(一)决策会议室的主要功能	(114)
(二)会议室场地配置方案	(114)
第四章 数据可视化应用关键技术	(117)
一、插件式软件框架技术	(117)
(一)Plugin 接口	(118)
(二)插件模式	(119)
(三)控制反转模式	(119)
(四)事件通讯机制	(120)
(五)模块插件动态加载	(123)
(六)模块插件通讯	(124)
(七)基础构件	(127)

二、数据服务平台技术	(128)
(一)元数据模型	(128)
(二)数据服务平台	(135)
三、底图导航技术	(146)
(一)基于 Carnac. net 的图形开发技术	(146)
(二)CGM 文件解析技术	(151)
(三)GIS 图形导航技术.....	(155)
四、地震数据体可视化技术	(182)
(一)基于 Seismic. NET 的地震剖面显示技术 ...	(182)
(二)地震数据体压缩技术	(186)
五、井筒可视化技术	(190)
(一)井筒图形绘制的模板定制技术	(190)
(二)测井曲线绘制技术	(201)
六、三维可视化技术	(207)
(一)三维场景目标拾取算法研究	(207)
(二)井斜数据处理技术	(208)
(三)井信息三维模型的构建技术	(211)
结束语	(214)
参考文献	(215)



第一章 油气勘探数据信息

勘探数据管理的基本要求是及时、准确和全面。勘探信息资源的形成,以勘探数据的产生、记录、收集、传递、存储、处理等活动为特征,目的是形成可以利用的信息资源;勘探信息资源的开发利用,以信息资源的传递、检索、分析、选择、吸收、评价、利用等活动为特征,目的是实现信息资源的价值。因此,油田企业勘探信息管理内容包括勘探数据的采集、存储、管理、应用。

油气勘探数据是指油气勘探生产研究过程产生的各类信息,包括非地震物化探、地震、钻井、测井、录井、试油、分析化验以及综合研究、生产管理等活动中产生的数据资料,这些数据可以分为生产管理数据、物化探数据、钻录井数据、测井数据、试油测试数据、分析化验数据、储量数据和综合研究成果八大类数据。

一、生产管理数据

生产管理数据包括勘探计划及投资、勘探项目、物探、探井设计、钻井、录井、测井、试油测试、圈闭、储量、勘探成效等有关信息。生产管理数据在油气田(分)公司内部通过采集录入系统由勘探数



据源产生单位录入,可实现定期上报日报、月报、年报等勘探生产成果信息(表 1.1)。

表 1.1 生产管理数据

类别	数据内容
计划投资	盆地、一级构造单元、二级构造单元、勘探项目、勘探子项目、油气田名称、井号、完井日期、层位、含气面积、有效厚度、单储系数、油气藏类型、有效圈闭面积、埋藏深度、天然气类型、日产气量、估算储量、有效圈闭面积、埋藏深度、原油类型、原油密度、原油黏度、区探井钻前工程费用、区探井钻井工程费用、区探井录井费用、区探井测井费用、预探井钻前工程费用、预探井钻井工程费用、预探井录井费用、预探井测井费用、评价井钻前工程费用、评价井钻井工程费用、评价井录井费用、评价井测井费用、试油费用、探井费用、二维采集费用、三维采集费用、二维处理费用、三维处理费用、磁力费用、重力费用、电法费用、化探费用、遥感费用、其他非地震物化探费用、其他勘探费用合计、直接投资、综合研究费用、装备费用
物探	月度地震工作量统计、二维地震测线基础数据、三维地震工区基础数据、非地震物化探工作量及工区基础数据、二维地震测线测量数据、三维地震测线测量数据、地震工作量和技术经济指标数据、地震剖面质量和时效分析、二维覆盖次数工作量统计、物探日报、物探周报、物探周报说明、物化探工区数据
录井	最大井斜数据、分段钻井液性能数据、现场地质分层、断层描述数据、钻头数据、套管数据、钻井取心数据、钻时、气测录井数据、钻井卡片电测解释数据、钻井液后效显示、钻井液录井数据、岩屑分段描述、探井录井油气显示综合数据、井斜数据、钻井地质日报
测井	井号、解释次数、层位、解释层号、顶界深度、底界深度、厚度、中子孔隙度范围、平均中子孔隙度、地层真电阻率范围、平均地层真电阻率、地层体积密度范围、平均地层体积密度、声波时差范围、平均声波时差、有效孔隙度范围、平均有效孔隙度、地层有效渗透率范围、平均地层有效渗透率、含油饱和度范围、平均含油饱和度、泥质含量范围、平均泥质含量、测井解释结果、测井项目、比例尺、仪器型号、钻井液电阻率、钻井液密度、钻井液黏度

(续表)

类别	数据内容
试油	原油分析数据、原油分析馏分数据、天然气分析数据、地层水分析数据、地层测试数据、射孔数据、试油成果数据、酸化数据、压裂数据、系统试井数据、试油地质日报
井管理	探井稠油热采生产日报、探井设计数据、探井基础数据、特殊井基础数据、探井地质报废核销数据、报废井综合解释数据、探井设计文档、探井设计文档附件
圈闭	发现圈闭基础数据、发现修改圈闭要素数据、圈闭钻探情况数据、新发现油气圈闭数据
储量	油气田数据、油气田区块数据、汇报预计储量数据、储量数据
文档管理	单位、文档名称、文档类型、文档类别、文档摘要、存放路径、编写单位、编写日期、文档名称、附件名称、附件格式、附件摘要、存放路径、附件序号
简报	简报名称、简报内容、简报类别、简报期号、统计日期、勘探项目、地震动用队数、二维完成测线长度、二维年计划测线长度、二维年累完成测线长度、二维年完成率、三维完成面积、三维年计划面积、三维年累完成面积、三维年完成率、动用钻机数、新开钻井数、正钻井数、完钻井数、完成进尺、年计划井数、年累完成井数、年探井完成率、年计划进尺、年累完成进尺、年进尺完成率、正试油井数、试油结束井数、获工业油气井数、年累试油结束井数、年累获工业油气井数、待试油井数
月报	月度勘探工作量及投资表、月勘探工作量完成情况统计表、月试油成果数据表、月试油工作量统计表、月地震勘探工作量完成情况统计表、月完成探井分类统计表、月完成探井分井别成效统计表、月探井动用钻机和完成进尺数据、月完成探井基础数据表
年报	年度分勘探项目勘探工作量、成果、成效分析数据表、年度分构造单元勘探工作量、成果、成效分析数据表、年度分油气田勘探成效分析数据表、年度分油区勘探工作量、成果、成效分析数据表、累计分油区勘探工作量、成果、成效分析数据表、年度勘探工作量综合统计表、凹陷历年勘探工作量和油气储量统计表、新发现油田数据表、新发现气田数据表、年度石油探明储量汇总表、年度新增石油探明储量表、年度天然气探明储量汇总表、年度新增天然气探明储量表、年度新增石油控制储量表、年度累计石油控制储量表、年度新增石油预测储量表、年度累计石油预测储量表、年度新增天然气控制储量表、年度累计天然气控制储量表、年度新增天然气预测储量表、年度



(续表)

类别	数据内容
	累计天然气预测储量表、12 月新增石油探明储量完成情况表、12 月新增天然气探明储量完成情况表、12 月新增石油控制储量完成情况表、12 月新增天然气控制储量完成情况表、12 月新增石油预测储量完成情况表、12 月新增天然气预测储量完成情况表、圈闭要素数据表、年度钻探圈闭分类统计表、年度新发现含油气圈闭数据表、年度储备圈闭数据表、年度钻探失利圈闭数据表、年度试油完成工作量统计表、年度探井新获工业油气流和试油交井井号清单、年度试采井产量数据表、年度探井钻井试油分类井号清单、年度试油成果数据表、年度二维地震测线基础数据表、年度三维地震工区基础数据表、年度二维地震测线测量数据表、年度三维地震测线测量数据表、年度地震工作量和主要技术经济指标统计表、年度地震剖面质量和时效分析表、年度非地震物化探工区基本数据表、年度非地震物化探工作量统计表、年度二维覆盖次数工作量统计表、年度地震工作量和成本、年度动用钻机情况表、年度钻探工作量统计数据表、年度钻探工作量分井别统计数据表、年度探井完成井基础数据表、年度分井别成效统计表

二、物化探数据

物化探类数据内容包括地震勘探和非地震勘探,其中地震勘探数据包含地面地震的部署、采集、处理和垂直剖面地震的部署、采集、处理与解释等有关信息,非地震数据包含重力、磁法、电法、化学的采集和处理解释成果信息,由相关施工单位采集,经质量检查后入库并为后续工作提供检索和下载服务(表 1.2)。

表 1.2 物化探数据

类别	业务	主要内容
地震采集	地面地震部署	部署编号、工区、施工年度、工作方法、项目名称、工区范围、地质任务、施工单位、构造单元名称、二维测线条数、二维满次长度、二维测线号、二维起始桩号、二维终止桩号、二维公里数、三维部署工区范围、三维满次面积、CDP 面元、覆盖次数、油田部署文

(续表)

类别	业务	主要内容
地震采集	地面地震勘探施工设计	工区名称、工区类型、设计炮数、二维测线条数、满覆盖长度、一次覆盖长度、三维束线数、满次面积、一次面积、施工面积、观测系统、覆盖次数、CDP 面元、仪器型号、接收道数、检波器型号、震源类型、工区范围坐标、施工设计文档、测量设计文档、试验方案文档
	近地表结构及干扰波调查	近地表结构调查文档、工区、试验点坐标、波组名、视速度、视波长、视频率、能量、试验结论
	地震施工参数试验	工区、试验点坐标、震源类型、井深、药量、气枪总容量、气枪沉放深度、气枪组合数、可控震源组合台数、可控震源组合基距、可控震源震动次数、可控震源扫描频率范围、可控震源扫描长度、可控震源扫描方式、可控震源驱动幅度、检波器组合图形、检波器型号、试验结论
	二维地震资料采集生产	工区、工区类型、测线坐标、坐标系、高程、原始地震数据体、记录张数、一级品记录张数、二级品记录张数、废品记录张数、空炮点数、试验记录张数、试验废品记录张数、小折射点数、微测井口数、岩性取心井口数、一次覆盖长度、满覆盖长度、折算标准剖面长度、磁带盘数、仪器班报、施工总结、测量总结、试验总结、SPS 文件
	三维地震资料采集生产	工区、工区类型、范围坐标、束线坐标、坐标系、高程、原始地震数据体、记录张数、一级品记录张数、二级品记录张数、废品记录张数、空炮点数、试验记录张数、试验废品记录张数、小折射点数、微测井口数、岩性取心井口数、施工面积、一次面积、满次面积、折算标准剖面长度、磁带盘数、仪器班报、施工总结、测量总结、试验总结、SPS 文件
地震处理	地面地震资料常规处理	工区、工区范围、项目名称、处理软件名称、资料处理单位、资料处理时间、资料验收单位、资料验收时间、地震道极性、数据相位、主频、优势频带、目的层主频、基准面高程、坐标系、高程系、替换速度、处理参数、近地表模型、加载观测系统后单炮记录、叠前静校正后道集数据体、叠加纯波数据体、偏移纯波数据体、叠加成果数据体、偏移成果数据体、叠加速度数据体、偏移速度数据体、叠加速度谱数据体、偏移速度谱数据体、处理设计、



(续表)

类别	业务	主要内容
地震处理	地面地震资料常规处理	CMP 位置图、覆盖次数图、炮点检波点位置图、处理总结报告、处理验收多媒体
地震处理	地面地震资料叠前时间偏移处理	工区、工区范围、项目名称、处理软件名称、资料处理单位、资料处理时间、资料验收单位、资料验收时间、地震道极性、数据相位、主频、优势频带、目的层主频、基准面高程、坐标系、高程系、替换速度、处理参数、近地表模型、加载观测系统后单炮记录、叠前静校正后道集数据体、叠后偏移纯波数据体(包括 DMO 叠加纯波、叠后偏移纯波)、叠前时间偏移纯波数据体(包括叠加纯波、偏移纯波)、叠后偏移成果数据体(包括 DMO 叠加成果、叠后偏移成果)、叠前时间偏移成果数据体(包括叠加成果、偏移成果)、叠前时间偏移道集数据体(叠前时间偏移 CIP 道集数据体)、速度体(包括静校正叠加速度数据体、DMO 叠加速度数据体、叠后时间偏移速度体、叠前时间偏移速度体)、速度谱文件(包括静校正叠加速度谱数据体、DMO 叠加速度谱数据体、叠后时间偏移速度谱数据体、叠前时间偏移速度谱数据体)、处理设计、CMP 位置图、覆盖次数图、炮点检波点位置图、处理总结报告、处理验收多媒体
VSP 垂直剖面地震	VSP 部署	井名、地质任务、观测方式、施工年度、施工月份、采集单位、处理单位、解释单位
	VSP 施工设计	井号、观测方式、井源距、震源类型、激发点坐标、井下检波器型号、观测段顶界深度、观测段底界深度、接收点距、观测点数、子波井源距、子波井坐标、坐标系、子波井深、地面仪器型号、采样间隔、记录长度、VSP 设计报告
	VSP 资料采集	井号、地面仪器型号、井下检波器型号、井源距、震源类型、观测段顶界深度、观测段底界深度、检波器级数、接收点距、记录张数、一级品张数、二级品张数、废品张数、资料等级、测量成果、VSP 原始数据体、VSP 资料采集施工完井报告、电子班报
	VSP 资料处理解释	井号、处理解释系统、处理解释单位、处理解释开始日期、处理解释验收日期、解编数据体、LOG 数据体、P 波 VSP—CDP 数据体、S 波 VSP—CDP 数据体、处理解释

(续表)

类别	业务	主要内容
VSP 垂直 剖面 地震	VSP 资料 处理解释	报告、速度表、层位标定、倾角预测、深度预测、泊松比、纵横波速度比、桥式对比图、CDP 纵波过井剖面对比图、CDP 横波过井剖面对比图
非地震	重力勘探	工区名称、施工时间、施工单位、测点号、测点经纬度、测点坐标、测点海拔高程、测点椭球高程、测点实测重力值 g 观、测点绝对重力值、测点理论重力值 g_0 、测点正常场重力值、正常场(纬度)改正值、自由空间改正值 Δg 、高度(自由空间)改正值、布格改正值 Δg 布格、布格改正值、地形改正值 Δg 地、布格异常值 Δg_e 、简单布格异常值、地改后布格异常值 Δg 、布格异常值、比例尺、精度类型；密度数据(井号、层位、深度、岩性、样点密度、层速度、层密度)
	磁法勘探	工区名称、施工时间、施工单位、测线号、测点坐标、磁力值；磁力岩心取样数据(井号、顶界深度、底界深度、层位、测量点数、磁化率值、磁化强度、颜色、岩性)
	电法勘探	工区名称、施工时间、施工单位、测点号、测点经纬度、测点坐标、第 1 频点 ρ_{xy} 幅值、 ρ_{yx} 幅值、 Z_{xy} 相位、 Z_{yx} 相位、阻抗偏离度、阻抗椭率、阻抗走向、倾子幅值方差、倾子幅值、 A'_{zy} 幅值、 A'_{zy} 幅值方差、倾子相位、 A'_{zy} 相位、倾子偏离度、倾子椭率、倾子走向、相干度(HXL—EYL)、相干度(HYL—EXL)、相干度(HXL—HXR)、相干度(HYL—HYR)、相干度(HXHY—EX)、相干度(HXHY—EY)、相干度(EXEY—HX)、相干度(EXEY—HY)、相干度(EXEY—HZ)、相干度(HXHY—HZ)、HX 信号振幅、HY 信号振幅、HZ 信号振幅、EX 信号振幅、EY 信号振幅、HX 信号/(信号+噪声)、HY 信号/(信号+噪声)、HZ 信号/(信号+噪声)、EX 信号/(信号+噪声)、EY 信号/(信号+噪声)、 ρ_{xy} 幅值对数方差、 ρ_{yx} 幅值对数方差、 Z_{xy} 相位方差、 Z_{yx} 相位方差、倾子相位方差、 A'_{zy} 相位方差、Bostick 反演 ρ_{xy} 、Bostick 反演 ρ_{yx} 、 A'_{zx} 相位方差、 A'_{zx} 相位、 A'_{zx} 振幅、Bostick 反演对数深度 HXY、Bostick 反演对数深度 HYX、频率对数



(续表)

类别	业务	主要内容
非地震	化学勘探	工区名称、施工时间、施工单位、工区面积、测线距、点距、采样方法、样点数、采样工期；化探土壤地化烃类数据(工区名称、采样点号、采样点坐标、采样深度、土壤性质、土壤颜色、甲烷、乙烷、丙烷、正丁烷、异丁烷、正戊烷、异戊烷、乙烯、丙烯、丁烯)；化探土壤地化紫外荧光数据(工区名称、采样点号、采样点坐标、采样深度、土壤性质、土壤颜色、紫外 216、紫外 222、紫外 228、紫外 254、紫外 260、紫外 280、紫外 296、紫外 316、荧光 320、荧光 360、荧光 405、三角碳、 $\delta^{13}C_{\Delta C}$ 、汞)；化探土壤地化芳、环烃及其他类数据(工区名称、采样点号、采样点坐标、采样深度、土壤性质、土壤颜色、酚、萘 1、萘 2、菲 1、菲 2、苯、一环芳烃、二环芳烃、三环芳烃、主峰值、溴、氯、碘、氟、电导率、二价铁)；化探土壤游离烃分析数据(工区名称、采样点号、采样点坐标、采样深度、土壤性质、土壤颜色、深度、甲烷、乙烷、乙炔、丙烷、丙烯、正丁烷、异丁烷、正戊烷、异戊烷、丁烯)；化探土壤吸附丝色谱一质谱分析数据(工区名称、采样点号、采样点坐标、采样深度、土壤性质、土壤颜色、 nC 、 $\Sigma(C1-C6)$ 、 $\Sigma(C7-C8)$ 、 ΣCn 、苯、甲苯 1、 $nC5$ 、 $nC6$ 、 Z_{mc4} 、 $\delta^{13}C_{1L}$)；化探土壤氮热碳数据(工区名称、采样点号、采样点坐标、采样深度、土壤性质、土壤颜色、氮、碳酸盐)；化探水地化测量分析烃类数据(工区名称、采样点号、采样点坐标、采样深度、土壤性质、土壤颜色、甲烷、乙烷、丙烷、正丁烷、异丁烷、正戊烷、异戊烷、乙烯、丙烯、丁烯)；化探水地化测量分析紫外荧光数据(工区名称、采样点号、采样点坐标、采样深度、土壤性质、土壤颜色、紫外 216、紫外 228、紫外 228、紫外 254、紫外 260、紫外 280、紫外 296、紫外 316、荧光 320、荧光 360、荧光 405、三角碳、 $\delta^{13}C_{\Delta C}$ 、汞)；化探水地化测量分析芳、环烃及其他类数据(工区名称、采样点号、采样点坐标、土壤性质、土壤颜色、酚、萘 1、萘 2、菲 1、菲 2、苯、一环芳烃、二环芳烃、三环芳烃、主峰值、溴 $\langle Cl- \rangle$ 、氯 $\langle Br- \rangle$ 、碘 $\langle I- \rangle$ 、氮、氟)