



育“十三五”规划教材

石油地理信息系统导论

周子勇 李芳玉 编著



中国石化出版社

[HTTP://WWW.BINOPEC-PRESS.COM](http://www.binopec-press.com)

“十三五”规划教材

石油地理信息系统导论

周子勇 李芳玉 编著

中国石化出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

石油地理信息系统导论/周子勇, 李芳玉编著, —北京:
中国石化出版社, 2018. 2
普通高等教育“十三五”规划教材
ISBN 978-7-5114-4520-9

I. ①石… II. ①周… ②李… III. ①地理信息系统-应用-油气
勘探-高等学校-教材 IV. ①P618.130.8

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2018) 第 024758 号

未经本社书面授权, 本书任何部分不得被复制、抄袭, 或者以任何
形式或任何方式传播。版权所有, 侵权必究。

中国石化出版社出版发行

地址: 北京市朝阳区吉市口路 9 号
邮编: 100020 电话: (010) 59964500
发行部电话: (010) 59964526
<http://www.sinopec-press.com>
E-mail: press@sinopec.com
北京柏力行彩印有限公司印刷
全国各地新华书店经销

*

710 × 1000 毫米 16 开本 17.25 印张 300 千字
2018 年 2 月第 1 版 2018 年 2 月第 1 次印刷
定价: 48.00 元

前 言

石油行业是一个数据密集型行业，其数据有三个明显特征：一是数据涉及地质、地球物理、地球化学、分析测试等多个学科，因此数据来源多，类型也多种多样；二是大多数数据都是以图件的形式进行表达的，同时也是基于图件进行决策的；三是绝大多数数据与某一特定的空间对象关联，因此大多数数据都与空间位置有关。地理信息系统(GIS, Geographic Information System)是空间信息集成的理想平台，其优势是基于空间位置和图形的处理与分析。运用 GIS 的理论与方法，以空间对象为核心，不仅可以高效地集成、管理空间数据，解决油气勘探开发中多学科综合问题，还可以通过对数据的分析和空间数据挖掘，提高油气勘探开发决策效率和水平。

本书把 GIS 基本原理与油气勘探行业紧密结合。第一章除讲述了 GIS 的基本概念和功能外，重点叙述了石油行业 GIS 研究的内容、发展状况和趋势；第二章介绍了空间数据结构，重点介绍常用的矢量数据结构和栅格数据结构；第三章叙述了地球坐标系统和地图投影，重点介绍了高斯投影和 UTM 投影及二者的异同点；第四章讲述了空间数据的输入和处理，重点在于实际工作中经常遇到的数据来源和数字化方法问题；在第五章中，结合空间数据库和面向对象模型介绍了空间数据的组织和管理；第六章介绍了常用的空间分析方法；第七章叙述了 DEM 的基本概念及其在油气勘探中的应用；第八章结合 ArcGIS 制

图，讨论了基于 GIS 进行地质制图的方法；第九章专门介绍了遥感和 GNSS 的基本原理及 3S 集成的概念；第十章通过 3 个实例说明 GIS 在制图、空间数据管理及空间分析方面的应用。

本教材第二章、第六章由李芳玉编写，其他章节由周子勇编写，靳卫华、孙丹丹、郭朗参与了书中部分图件的绘制。全书由周子勇负责统编。

由于作者水平有限，书中尚存在许多待商榷之处，敬请各位同行、专家批评指正。

目 录

第一章 地理信息系统概论	(1)
第一节 GIS 的基本概念	(3)
第二节 GIS 软件类型与功能	(6)
第三节 石油 GIS 研究内容	(10)
第四节 石油行业 GIS 发展概况	(12)
思考题	(20)
参考文献	(20)
第二章 空间数据结构	(22)
第一节 空间数据结构的基本概念	(22)
第二节 栅格数据结构	(25)
第三节 矢量数据结构	(34)
第四节 矢量和栅格数据结构的比较和选择	(43)
思考题	(45)
参考文献	(45)
第三章 坐标系统与投影	(46)
第一节 地球的形状与模拟	(46)
第二节 地球坐标系	(51)
第三节 地图投影	(55)
第四节 地图投影的识别与选择	(72)
第五节 坐标变换	(75)
思考题	(79)
参考文献	(80)
第四章 空间数据输入与处理	(82)
第一节 基础地理数据	(82)

第二节	石油行业中的数据类型及特征	(85)
第三节	GIS 数据来源	(87)
第四节	元数据	(90)
第五节	空间数据输入	(92)
第六节	空间数据处理	(96)
第七节	空间数据质量	(108)
	思考题	(111)
	参考文献	(111)
第五章	空间数据组织与管理	(112)
第一节	空间数据库概述	(112)
第二节	空间数据模型	(116)
第三节	空间数据管理	(121)
第四节	空间数据组织	(126)
	思考题	(131)
	参考文献	(131)
第六章	空间分析	(132)
第一节	空间分析的基本概念	(132)
第二节	数据的检索	(133)
第三节	叠置分析	(136)
第四节	缓冲区分析	(147)
第五节	网络分析	(148)
	思考题	(155)
	参考文献	(155)
第七章	数字高程模型	(157)
第一节	DEM 概述	(157)
第二节	DEM 数据来源	(159)
第三节	DEM 数据分布特征	(160)
第四节	DEM 表示方法	(162)
第五节	数据的网格化和空间插值算法	(165)
第六节	DEM 的应用	(172)
	思考题	(183)
	参考文献	(185)

第八章 空间数据可视化与制图	(186)
第一节 空间数据可视化	(186)
第二节 地图的分幅与编号	(191)
第三节 地图设计与制图	(195)
第四节 数据驱动制图	(208)
思考题	(209)
参考文献	(209)
第九章 遥感与全球导航卫星系统	(211)
第一节 遥感	(211)
第二节 全球导航卫星系统	(226)
第三节 3S 集成	(233)
思考题	(236)
参考文献	(236)
第十章 GIS 在油气勘探中的应用	(239)
第一节 基于 GIS 的油气勘探成图	(239)
第二节 基于 GIS 的全球重点地区油气资源数据管理	(243)
第三节 基于 GIS 和模糊融合的油气有利目标区评价	(249)
思考题	(264)
参考文献	(264)

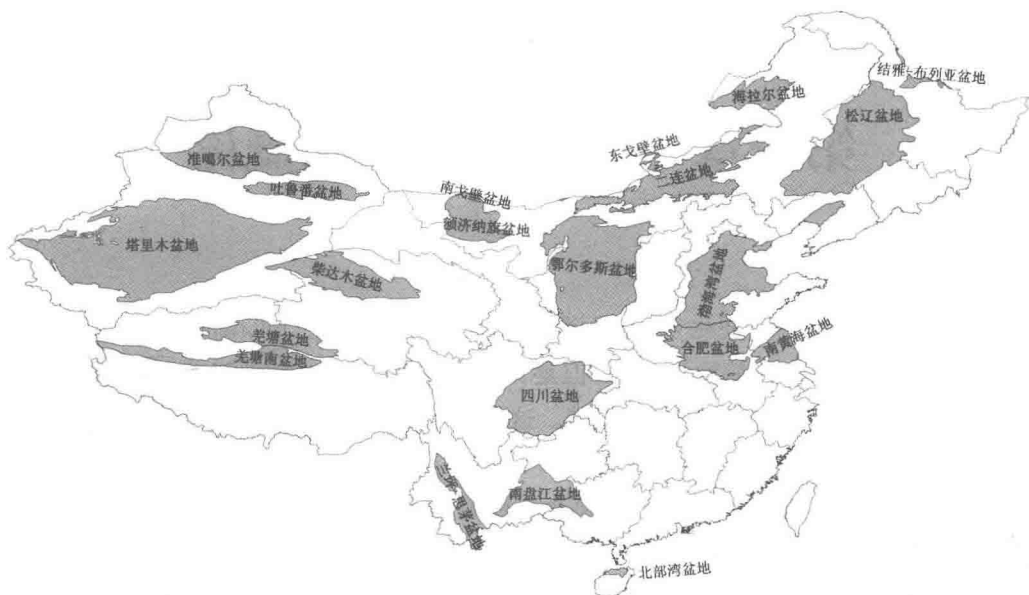
第一章 地理信息系统概论

地理信息系统一词由英文直译而来，即 Geographic Information System 或 Geoinformatic System，简称为 GIS。但是，GIS 中“S”的意义在不断发生变化。由“System”变为“Science”或“Service”等。这种变化既说明 GIS 的内含不断丰富，同时也说明其应用范围在不断扩大。

或许大家对于地理信息系统的概念有些陌生，然而我们多数人早已在不知不觉中享受到 GIS 提供的各种服务了。当你运用 Google、Yahoo、搜狐、百度等搜索引擎进行地图操作时，当你通过智能移动设备（手机、平板电脑、车载导航仪等）进行导航时，当你使用共享单车出行时，当你用手机查找周边有什么银行、商店、饭店等服务时，其背后支撑的系统都少不了 GIS 的支持。可以说，我们的生活已经很难离开 GIS 了。

同样，作为一名地质工作者，GIS 也在背后默默地支持着我们的工作。当你通过手持设备进行数字地质填图时，当你通过中国地质调查局网站查看全国地质图时，其后面支持的软件系统仍然离不开 GIS。

石油行业是一个数据密集型行业，而且大多数数据都是以图件的形式进行表达，同时也是基于图件进行决策的，因此数据和图件是油气勘探行业的核心。如图 1-1 所示为一幅简单的中国主要陆上含油气盆地分布图，该图分为两部分：图 1-1(a) 为空间对象（盆地、行政区界等）的分布，图 1-1(b) 为与这些盆地相关的属性数据。通过这幅图我们可以获得很多的信息，如不同类型盆地的空间分布规律、盆地与行政区的空间关系等，另外，根据图 1-1(b) 的属性特征，我们又可以对盆地进行分析和统计。把空间对象和与之相关的属性特征进行有机的结合，就是地理信息系统的主要思想。正是由于 GIS 把地理空间对象和相关的属性特征紧密地联系在一起，才使得 GIS 具有强大的制图、空间数据管理及空间分析功能。



(a) 中国主要陆上含油气盆地分布图

FID	Shape	Thickness	SHIFT	BASIN_SQKM	CHINA_NAME
0	Polygon	0	N	72196.9	兰坪-思茅盆地
1	Polygon	13123	N	156649.7	二连盆地
2	Polygon	0	N	140810	南黄海盆地
3	Polygon	0	N	98073.7	羌塘南盆地
4	Polygon	26247	N	83132.5	海拉尔盆地
5	Polygon	49213	N	557336.5	塔里木盆地
6	Polygon	11483	N	76528.4	结雅-布列亚
7	Polygon	0	N	69422	额济纳旗盆地
8	Polygon	36089	N	246373	松辽盆地
9	Polygon	131234	N	249094.1	渤海湾盆地
10	Polygon	0	N	65310.9	南戈壁盆地
11	Polygon	0	N	56846.7	东戈壁盆地
12	Polygon	0	N	122167.1	合肥盆地
13	Polygon	19685	N	53691.3	北部湾盆地
14	Polygon	0	N	88351.8	南盘江盆地
15	Polygon	42651	N	194738.5	四川盆地

(b) 盆地属性属性表

图 1-1 中国主要陆上含油气盆地分布图及相关数据

第一节 GIS 的基本概念

关于 GIS 的定义,不同文献有不同的表达。从字面理解:GIS = G + I + S,即地理信息系统 = 地理 + 信息 + 系统。这样理解会有失偏颇,特别是易于与地理学混在一起,尽管 GIS 与地理学有很深的渊源。实际上,对于 GIS 的理解应该是 GIS = GI + S,即地理信息系统 = 地理空间信息 + 系统。英国地理信息协会(AGI, The Association for Geographic Information)定义 GIS 为“采集、存储、集成、操作、分析与显示地表与位置相关数据的计算机系统”。ESRI(The Environmental System Research Institute)则把 GIS 定义为“计算机硬件、软件、地理数据、人员的有机结合,以便有效地对各种形式的地理空间数据采集、存储、更新、操作、分析与显示。”其他的定义也大同小异。无论哪种定义,都是强调了对地理空间数据的操作、处理与分析。

因此,本书将 GIS 定义为:以地理空间数据为基础,在计算机软硬件的支持下,对地理空间数据进行采集、管理、处理、分析及可视化的科学与技术。可以从以下几个方面对 GIS 进行理解。

1. 地理空间数据是 GIS 的核心

所谓地理空间数据,是指自然世界中与空间位置相关的数据,是自然界的空间对象以及与空间对象相关的属性数据的集合。与一般的数据不同,地理空间数据具有以下几个明显特征。

(1)空间性。即地理空间数据与地理空间位置有关。据统计,在商业和技术工作中,有 80% 以上的数据与空间位置有关。而在油气勘探行业中,几乎所有的数据都与空间位置相关。由于空间数据的空间特征,一般的管理信息系统难以对空间对象的几何特征进行描述,也无法充分挖掘出空间数据所蕴含的信息,因此不适合空间数据的管理与处理。计算机辅助设计(CAD, Computer Aided Design)所处理的也是与空间位置相关的数据;但是 CAD 所处理的空间对象是规则形态的对象,是对自然对象的理想化的描述,坐标关系简单;而自然界的空间对象复杂多变,而且地表是曲面,对空间对象的描述需要通过参考椭球、投影等一系列复杂处理才能进行。由于地理空间数据的复杂性,需要有专门的理论、技术进行支撑。

(2)多维结构。即在同一地理位置上可有多种专题信息。比如,某一钻孔位

置,除可以获取该钻孔位置的地理坐标外,还可以同时获取该位置的地形信息、钻孔地层信息、测井解释结果等。所有这些信息都可以通过钻孔位置联系起来。

(3)时相特征。即地理空间信息随时间动态变化的特征。同一空间位置,其地理信息有可能随时间变化而变化。

这里需要说明的是,除了地理信息外,在地学研究中,还常常用到地学信息的概念。这两个概念主要强调不同的信息来源。一般地说,地理信息是指来自地球表面与人类活动相关的空间信息,包括地球表面的岩石圈、水圈、大气圈等;而地学信息,除来自地表外,还包括地下、大气层甚至宇宙空间的信息(吴信才,2014)。

2. 地图、空间数据库、空间分析方法与工具三位一体

首先,GIS源于地图,但又超越地图。GIS最早是为了解决传统纸质地图不便于管理、保存、定量分析等问题而发展起来的,但其功能已远远超越纸质地图,从空间可视化的角度看,GIS是一套智能地图,它不仅具有强大的地图制图功能,同时还具有基于图形的编辑、查询、处理和分析功能。其次GIS是空间数据库,是空间几何要素与属性要素的有机结合体。基于空间数据库实现了空间对象的高效管理与处理。最后GIS还是空间数据处理分析方法与工具的集成。空间分析是GIS的核心内容,也是GIS与一般的制图软件和管理信息系统的主要区别。CorelDRAW等制图软件具有强大的制图功能,却对属性数据的管理很弱,同时缺少空间分析功能;管理信息系统对数据的管理能力很强,但对空间对象的管理很不方便,也缺乏空间数据的可视化。而GIS把地图、空间数据库及空间分析工具有机地集成在一个平台上。

3. GIS的根本目的是辅助决策

从根本上说,GIS的最终目的在于其决策功能。图1-2为基于数据的决策过程示意图,即由数据变为信息,由信息产生知识,最终运用知识进行决策。



图 1-2 基于数据的决策过程

数据是对客观事物的符号表示,在GIS中是指所有能输入到计算机中并被计算机处理的符号的总称。在油气勘探中,数据表达的是各种野外实测的原始数据,如地震数据、测井数据、野外观察的地质数据、地形等高线数据等,这些数据多是以数字或图形图像的形式存储在计算机中的。

信息是经过加工后的数据,是数据在大脑中的反映。数据中所包含的意义就

是信息。数据具有多种多样的形式,或由一种数据形式转换为其他数据形式,但其中包含的信息内容不会改变。如数字高程模型(DEM)数据,既可以通过数字的形式进行表达,也可以通过等高线的形式进行表达,不同的表达形式,可以突出某一方面的信息,但信息的内容并没有改变,也不会增减。因此数据是信息的载体,而信息是数据在人大脑中的客观反映。只有理解了数据的含义,对数据做出解释,才能提取数据中所包含的信息。

知识则是系统化、组织化的信息,是主体获得的对客观事物存在及变化内在规律的认识。我们的决策则是基于对客观事物的认识,而GIS则是从原始数据中获取有关的信息,并利用这些信息进行决策。

4. GIS是多学科的综合应用

GIS是多学科的综合运用。这种综合性包含两方面的内容:首先,地理信息系统理论和技术本身是测量学、地图学、计算机图形学、计算机科学、数据库技术、遥感技术、应用数学等学科综合发展的产物。GIS与地图学密切相关,地图学是GIS的基础,而GIS则是地图学发展的产物;计算机制图理论与方法是GIS图形处理与可视化的基础;数据库理论与技术为空间数据的存储与管理提供了平台;测量学、遥感技术为GIS提供了丰富的数据来源;应用数学则为GIS空间分析提供了数学基础。因此,GIS综合了这些学科的某些特征,形成了一门新学科。其次,GIS与一些传统学科综合,又促进了这些学科的发展,如GIS与地理学、环境科学、地质学、社会科学、流行病学相结合,产生了一些新研究领域、研究方法,甚至产生了一些新学科分支。

5. GIS既是一门技术,也是一门科学

首先GIS是一个以空间数据为核心的空间数据库管理系统,围绕空间数据进行各种操作,因此GIS首先是一门技术。同时GIS本身也涉及许多理论问题,如对异常复杂的地球表面如何有效的表达,空间数据有效表达的判别准则是什么,如何使计算机的空间思维更接近人类的思维方式,什么样的空间数据模型与结构可以更有效存储、管理与表达空间数据,人类空间直觉的实质是什么,如何运用GIS来增强人类的空间直觉,对于特定的决策应该采用什么样的空间分析方法,如何进行空间推理和空间大数据挖掘等。这些问题是随着GIS的产生而产生的一些新的理论问题。正因为如此,GIS的表达方式,也由Geographic Information System变成了Geographic Information Science,即GI System→GI Science。

可见,GIS围绕空间信息这个核心,综合了多种学科,并不断发展成为一门新的交叉学科。GIS这种多学科的综合性,为我们学习掌握GIS带来了一定的难

度, 但另一方面, GIS 的多学科综合又为 GIS 提供了广阔的应用空间。

第二节 GIS 软件类型与功能

一、GIS 软件类型

按照不同的分类方法, GIS 可以分为不同的类型。

1. 根据 GIS 的内容、设计目的和最终产品形式分类

根据 GIS 的内容、设计目的和最终产品形式, 可以把 GIS 分为工具型 GIS 和应用型 GIS。

工具型 GIS 也称为通用型 GIS, 指具有 GIS 绝大多数通用功能的 GIS 工具包, 如 ESRI 的 ArcGIS Desktop。此类产品拥有 GIS 的数据采集、管理、分析、处理、输出等通用功能, 用户可在其上进行 GIS 的基本操作, 但一般不会涉及专业领域的业务功能。这种类型的 GIS 一般由专业的 GIS 生产厂商或开源组织推出, 如 ArcGIS Desktop、MapGIS、Supermap、QGIS 等。

应用型 GIS 也称为专题型 GIS。此类系统可能不包括 GIS 的全部功能, 但会有专门为某一专业领域设计的业务功能, 能提供更为深入的应用, 这种类型的系统一般由开发人员根据实际要求进行定制开发实现。应用型 GIS 的开发可定制性强、成本低、功能专业, 因而被广泛采用。如石油地理信息系统, 便属于应用型 GIS。

2. 根据 GIS 中数据与平台的分布分类

按照这一方式可以把 GIS 分为单机型 GIS 和 WebGIS。

1) 单机型 GIS

所谓单机型 GIS 是指 GIS 软件及所有相关的空间数据都存储在某一台计算机上, 供单个计算机用户操作与使用。早期的 GIS 多属于这种类型。这种类型的 GIS 软件成本高, 操作不灵活。

2) WebGIS

WebGIS 即网络 GIS, 是 GIS 与 Internet 结合的产物, 是指在 Internet 或 Intranet 网络环境下的一种兼容、存储、处理、分析和显示与应用地理信息的计算机信息系统。通过 Internet, 系统以多种形式分布式发布和处理地理信息, 如图形、图像、地图的集合等。相对于传统的 GIS, WebGIS 具有更广泛的访问范围、平

台独立性、可有效降低系统成本及操作更简单等优点。

由于网络技术的快速发展,网络用户急剧增加,通过网络来获取地理信息已经成为一个重要手段,无论是GIS软件商还是其他IT主流软件商都加入到了WebGIS的开发应用中,代表性的如Google、微软等,正是由于这些主流软件商加盟WebGIS,使得GIS已经进入IT主流。

由于WebGIS的应用面越来越广,目前国内外GIS软件商纷纷推出自己的WebGIS产品,如ESRI公司的Internet Map Server(IMS)、MapInfo公司的MapInfo ProServer和MapXtreme、Intergraph公司的GeoMedia WebMap、Autodesk公司的MapGuide以及Bentley公司的ModelServer/Discovery,国内武汉中地的MapGIS-IMS、超图的SuperMap IS.NET、武大吉奥的GeoSurf、中遥地网的Geobeans等。

3. 根据GIS软件源代码的开源情况分类

随着开源软件的兴起与广泛应用,GIS软件也分为了开源(open-source)和闭源(closed-source)两大类。

所谓开源软件是指软件的源码可以被公众免费使用,而且软件的使用、修改和分发也不受许可证的限制。基于这一特点,任何用户都能够直接参与到软件开发中,并根据需要加入自己的功能。与开源软件对应的,则是商业化的闭源软件。

第一个开源GIS软件GRASS于1982年发布。2006年年初,国际地理空间开源基金会(OSGeo, Open Source Geospatial Foundation)成立,开源GIS步入快速发展轨道。根据最新统计,目前开源软件达356个,地学相关开源数据库达25个。开源GIS软件开发语言众多,主要有C、C++、Python、Java、.NET、JavaScript、PHP、VB、Delphi等,用户可以根据自己的偏好选择开发语言。开源GIS也可以分为桌面版和WebGIS两大类。桌面版开源GIS软件主要有GRASS、UDIG、OS-SIM、QGIS、MapWindows、SharpMap等;GIS开源WebGIS产品主要有MapGuide、MapServer、GeoServer等(胡庆斌等,2009)。商业GIS平台软件跨平台的能力差,开源软件一般都具有跨平台能力,对数据支持能力强。随着用户对开源GIS的熟悉和认知以及开源GIS软件可靠性的不断增加,其应用会越来越多。

二、GIS的功能

1. 数据采集与编辑

主要用于获取数据,保证地理信息系统数据库中的数据在内容与空间上的完整性、数值逻辑一致性与正确性等。随着计算机硬件及软件成本的降低,GIS数

数据库的建设占整个系统建设投资的 70% 或更多。因此, 空间数据的快速、准确输入是 GIS 的重要研究内容, 也是 GIS 的一项基本功能。目前可用于 GIS 数据采集的方法与技术很多, 传统方法如手扶跟踪数字化仪。随着扫描及识别技术的快速发展, 通过扫描数据的批量输入和自动化编辑与处理已经成为主要的空间数据获取方式。

2. 数据处理

数据处理主要包括数据格式转换、数据的几何校正、数据的压缩与平滑、栅格数据与矢量数据的相互转换、不同坐标系统或投影的转换、数据的网格化、拓扑运算等。由于目前 GIS 软件众多, 不同软件采用的格式不一样, 因此在实际工作中, 总会碰到数据格式的转换。数据格式的转换既是一种耗时、易错、需要大量计算量的工作, 同时也容易造成信息量的损失, 因此实际工作应尽可能避免; 由于 GIS 源数据来源渠道不同, 而不同来源的数据坐标系统或投影方式可能不一样, 因此坐标系统和投影的转换也是 GIS 实际工作中经常遇到的问题。

3. 数据管理

即数据的存储与组织。这是建立地理信息系统数据库的关键步骤, 涉及到空间数据和属性数据的组织。栅格模型、矢量模型或栅格-矢量混合模型是常用的空间数据组织方法。空间数据结构的选择在一定程度上决定了系统所能执行的数据分析功能; 在空间数据组织与管理中, 最为关键的是如何将空间数据与属性数据融合为一体。早期的 GIS 系统多采用关系型模型来组织空间数据, 把空间数据与属性数据分开存储, 通过一个关键字来连接。目前的 GIS 逐渐采用面向对象-关系模型, 如 Geodatabase 数据模型。

4. 空间分析

GIS 的空间分析功能是 GIS 的功能核心, 也是 GIS 区别于其他管理信息系统的一个重要标志。GIS 的空间分析功能包括空间检索、空间拓扑叠加分析、缓冲区分析、网络分析、DEM 分析、空间模型分析、水文分析等。运用 GIS 的空间分析功能, 可以把 GIS 与不同的学科联系起来, 使得 GIS 的应用不断深化。

5. 空间数据的可视化与输出

强大的空间数据可视化功能是 GIS 的一大特色。成熟的 GIS 平台都能够提供一个良好的、交互式的制图环境, 使得 GIS 用户能够设计和制作出高质量的地图。与 CorelDRAW 等制图软件相比, 基于 GIS 平台制作石油地质图件, 可以更加高效、快捷。此外, 三维可视化也是 GIS 很吸引人的一大功能。

三、GIS 在油气行业中的应用

由于 GIS 综合了无缝电子地图导航、地图制图、多元数据管理、空间分析、非均质、多尺度、多时态空间数据管理、海量数据存储与管理、设施管理、三维模拟与虚拟现实等方面的应用，因此 GIS 可以应用在石油行业的全产业链。

1. 石油勘探开发与生产

石油勘探开发是油气行业最重要的一个环节，涉及大量的空间数据分析、处理与可视化，同时要处理的数据类型也多种多样，如卫星影像数据、地面地质调查数据、地震勘探解释结果、钻井、测井、录井结果、地球化学分析结果等，GIS 能够综合分析上述信息，以发现资源或扩展现有资源。具体应用包括：基于 GIS 的勘探成果管理与勘探规划设计、基于 GIS 的开发生产管理及规划设计、油藏模拟与三维显示、矿权管理、剩余油分布展示、储量管理与计算、生产分析与决策等。

2. 地面设施管理

石油行业涉及地面设施类型多、数量巨大、分布地域广，地面设施的高效管理对于油田有重要的商业价值。对于一个油田必须跟踪从勘探、钻井，到管线网络，再到炼油厂的每一个过程，因此设施的管理非常困难，工作量非常庞大。基于 GIS 可以对地面设计进行有效管理，具体应用包括：设施定位、设施建设辅助规划、资源跟踪管理、基于 GNSS 的移动资产安全管理、优化资源配置、设施现状分析等。

3. 管道完整性管理

石油天然气管道运输对我国国民经济起着非常重要的作用。油气输送管道穿越地域广阔，服役环境复杂，一旦发生失效破坏，往往造成巨大经济损失，造成生态环境破坏和人员伤亡。据统计，我国现有长距离油气输送管线达 4.86×10^4 m、城市燃气管道为 10×10^4 km 左右，其中有 60% 已进入事故多发期，潜在危险很大。管道完整性管理则是为了保证管道始终处于安全可靠的工作状态。所谓管道完整性管理是指通过监测、检测、检验等各种方式，获取与专业管理相结合的管道完整性的信息，对可能使管道失效的主要威胁因素进行检测、检验，并据此对管道的适应性进行评估，最终达到持续改进、减少和预防管道事故发生，经济合理地保证管道安全运行的目的（董绍华，2009）。GIS 具有强大的网络分析功能，可以运用于管道规划设计（刘俊峰、龙世华，2006）、管道泄漏管理（牛双会、高立群，2016）、事故处理和抢维修、应急方案制定（刘富君等，2011；梁