

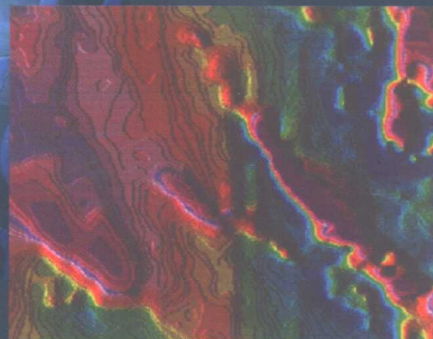
地球信息科学基础丛书

数字油田的 理论、设计与实践

何生厚 毛 锋 著



科学出版社



地球信息科学基础丛书

数字油田的 理论、设计与实践

何生厚 毛 锋 著

科学出版社

2001

内 容 简 介

本书是地球信息科学基础丛书之一,是一本探讨“数字地球”技术在石油石化企业及其下属油田中应用的理论技术著作。

本书首先阐述了“数字油田”的理论,给出了“数字油田”的一般组成及设计方法,并介绍了其开发应用实例。全书共分三篇 18 章。第一篇分 3 章,介绍“数字油田”的理论与技术,包括石油天然气行业的主要业务内容、数字地球主要技术及对“数字油田”的作用。第二篇分 12 章,介绍“数字油田”的系统组成及各子系统设计。第三篇分 3 章,介绍“数字油田”的开发与应用,主要介绍“数字油田”技术在大庆油田、胜利油田和中原油田开发建设中的实际应用。

本书可供从事石油石化管理、生产、科研的科技人员和进行石油石化企业及油田信息技术开发的科研人员阅读参考,也可作为石油石化院校的教学参考书。

图书在版编目(CIP)数据

数字油田的理论、设计与实践/何生厚,毛锋著. - 北京:科学出版社,2001
(地球信息科学基础丛书)

ISBN 7-03-001185-6

I. 数… II. ①何…②毛… III. 数字技术 - 应用 - 油田开发 IV. TE3

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2001)第 24278 号

科学出版社 出版

北京东黄城根北街 16 号
邮政编码 1007 17

新蕾印刷厂印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2001 年 6 月第 一 版 开本:787×1092 1/16

2001 年 6 月第一次印刷 印张:16 1/4

印数:1—3 000 字数:354 000

定价:33.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换(新欣))

序 一

把“数字地球”与“石油资源”这样两个关系到全球化资源再分配的世界顶级科学问题连接在一起,的确十分引人瞩目。石油作为主要资源,在 20 世纪当中,曾经为人类带来航空、航天、高速公路和工农业经济的繁荣,也给世界带来了疯狂的海湾战争和欧佩克的石油控制集团。21 世纪将是信息社会的新世纪,“数字化”的浪潮将渗透到人们的生产、生活和彼此交往的各个角落,石油行业也不例外。“数字地球”战略,直接影响到全世界的资源再分配、区域经济重组、跨国公司等诸多方面,世纪新人必须努力跨越这条“数字鸿沟”,去迎接高科技的机遇和挑战。特别是在即将进入世界贸易组织(WTO)的发展中国家——中国,更是如此!

中国石油化工股份有限公司油田勘探开发事业部何生厚同志、清华大学毛锋博士和大庆油田、胜利油田、中原油田的几位青年科学家,根据他们多年来的实践经验,运用地理信息系统和遥感、全球定位系统等定量化现代技术,支持油气资源勘探、显示油气藏储存形态与属性参数的三维特征,为油气田自动监控和自动化决策,实现控制注水、调控产量、提高采收率等工程设计和各行业技术,取得了显著的经济效益,获得了丰富的实践经验。把有关的理论、方法凝聚在一起,无私地奉献给广大读者,这是非常难能可贵的。众所周知,这些知识和技术,在发达国家的某些寡头公司里,几乎都是“商业秘密”。格外令人高兴的是,他们提倡引进和借鉴,追踪国外成熟技术,而不是生搬硬套。他们深刻地分析了石油信息的特点:石油、天然气都是隐藏于海、陆深部的地下巨大流体资源,开发环境多样,勘探工程规模巨大,数据采集时空跨度大,信息多源,结构复杂,图形思维具有重要意义。这些都是来自实践、很有启发的创新思维。

我国既是产油大国,又是石油进口大户。我们不仅要启动各种数字化、信息化技术来促进石油产业的资源勘探和合理开发,而且还需要面向全球市场深入研究“数字地球”战略,关注石油资源安全、全球运输的大格局。例如,西部油气东输能否延伸到中亚油田?西伯利亚输气到华北、南海油气输送到香港以及海底沉积中水化合物元素资源开发可行性如何?这些都是 21 世纪需

要从全球化、网络化经济来考虑的新问题。我很希望作者继本书之后更加努力,争取与从事石油贸易和经济的专家合作,编著面向全球经济的另一部《数字油田》,作为姊妹篇。这篇潜在的大文章,就会发挥得更加淋漓尽致了。

中国科学院院士 陈述彭
2000年春节

序 二

今天,我谨以一个年长的石油化工科技工作者,一个为石油化工信息技术的应用、发展耕耘奋斗了数十年的科技工作者的名义,非常高兴地向各位读者推荐《数字油田的理论、设计与实践》这本书,并祝贺它的出版问世。

本书第一位作者何生厚同志,1970年毕业于北京石油学院开发系,从事油田开发工作30多年,取得了油井修井、油田高含水期治理、稠油开采、油层保护、滩海油田开采等多方面的多项研究成果及技术专利,其中有四项获得了省部级科技进步奖励。在国家重点刊物或国际性刊物上发表论文十几篇。何生厚同志是教授级高级工程师,同济大学、北京航空航天大学、山东大学兼职教授,一直倡导并重视油田信息化;现为中国石油化工股份有限公司油田勘探开发事业部主任。本书第二位作者毛锋博士早年就读于同济大学、武汉测绘科技大学,1985年毕业并分配到石油大学,由测绘专业转而涉足于石油专业,1996年到1998年又进入原中国科学院地理研究所博士后流动站工作和学习,现工作于清华大学。十几年来,他一直主攻地理信息系统、全球定位系统、遥感、计算机辅助设计以及相关应用,并成为国内各大油田在数字油田领域的拓荒者、探索者和建设者,可谓是一名年轻有为的、成绩显著的数字油田专家。本书的问世可以说填补了国内科技界、工业界在本领域的一项空白。

“数字油田”来源于“数字地球”。在近几年,“数字地球”一词真可谓风靡全球。它最初起源于1997年下半年的科技界。1998年1月31日美国前副总统戈尔在加利福尼亚科学中心所作的题为“数字地球——认识21世纪的我们这个星球”的讲话,比较系统地阐述了“数字地球”的概念;1998年6月1日中国国家主席江泽民在两院院士大会上讲话,从知识经济讲到“数字地球”;1999年11月29日至12月2日世界第一届数字地球国际会议在北京举行,国务院副总理李岚清在会上强调,中国政府高度重视“数字地球”的作用,实行“需求牵动,统筹规划,阶段发展,共建共享”的方针,力争在“数字地球”的建设中实现跨越式发展。

所谓“数字地球”,是指在全球范围内按地理坐标和空间位置将所有的信息对应地组织存储起来,构造成一个统一的信息模型,并提供一种直观、方便、有效、快速、交互的检索方式、显示方式和使用方式,为全人类服务。“数字地球”的概念一提出,就包括狭义和广义两个层次上的内涵。从狭义上讲,只将地球表面每一个地理坐标上的相对固定的静态信息,如地形、地貌、植被、水

质、建筑等数字化,形成一个两维或三维的数字地球;从广义而言,是在狭义的基础上,扩展或嵌入与空间位置相关的所有信息,既包括静态信息,又包括动态信息,如人文、经济、政治、军事、科技、历史以及生产、经营等信息,构架成一个意义更广泛的多维数字地球。

“数字地球”的提出不是偶然的,它有深刻的时代背景,包括政治背景、经济背景,更重要的是技术背景。可以说,没有今天高度发展的计算机技术,就没有“数字地球”。

在“数字地球”思想指导下,数字区域、数字国家、数字城市、数字社区、数字农业、数字工业,包括数字油田等概念,从不同层次、不同角度、不同领域应运而生。

“数字油田”是“数字地球”最重要的领域和分支。中国拥有辽阔的国土,30多个省区几乎都有石油、天然气资源。油田勘探开发的过程,就是一个认识地球、利用地球和改造地球的过程。随着计算机的迅速发展和广泛使用,石油地质、石油勘探、石油开发、油田建设的相关数据和信息爆炸的形态向天文数字发展,形成一种时间跨度、空间跨度非常大,结构关系非常复杂,而且大多数都与地理坐标、空间位置相关的特殊的庞大信息体,探索一种高效、可靠、方便、直观的技术方案来加工、显示、查询、使用油田信息,一直是油田地质工作者、勘探开发工作者和信息处理工作者梦寐以求的大事,“数字油田”的理论、设计与实践无疑为我们找到了答案。

计算机的普遍应用标志着数字化的到来。数字化也就是比特(bit)化。它标志着自然、社会上越来越多的现象、事务被抽象为逻辑数字,最大限度地用计算机系统来标识、采集、存储、传递、加工和处理。数字化是个相对动态过程,是不断发展深化的。所谓彻底的数字化应该是“彻头、彻尾、彻里、彻外”,即自然社会中几乎所有的事物全部抽象为逻辑数字来表征,全部由计算机来处理。

可以说,数字化是计算机化的代名词,数字化是计算机处理的前提。这种处理还是第一层次。第二层次应该是数学化或模型化。数字化是解决事务个体的计算机化问题,而数学化则是通过算法、模型或数学方法解决大量事务个体的集合以及事物之间的关联、关系和函数问题。因此,早就有预言家预言:“深信宇宙是用数学语言写成的一本大书,坚信一切研究对象背后都隐藏着一个严密的数学结构”。因此,数学化是继数字化之后的更高层次的发展阶段和趋势。我们企盼“数字化油田”之后,再诞生一个“数学化油田”或“模型化油田”。

以此献给可尊可敬的新一代石油、石油化工科技工作者,并与个个抱有拳拳之心、立志科技兴国、振兴石油石化的新老科技工作者共勉!

中国石油化工股份有限公司信息管理部副主任、

教授级高级工程师

张志標

2001年2月10日

前言

地球上石油、天然气的分布极广。近 100 多年油气勘探开发活动在全球大规模展开,并取得了巨大的经济利益,推动了社会的发展和进步。我国的石油天然气事业主要是解放后这 50 多年发展起来的,从建国之初的年产 12 万吨原油,天然气几乎为零,增加到现在的原油年产量 1.5 亿吨,居世界第五位,天然气年产量近 200 亿立方米,我国从解放之初的贫油国成为现在的石油大国,石油、石化工业为我国国民经济的发展立下了不朽功绩。

我国东自东海,西到青海、新疆,南到南海,北到吉林、黑龙江,国土上的 30 多个省、自治区中几乎都有石油、天然气资源。由于油田勘探开发和油区建设的“先地下、后地上,大规模、集群式作业,面积大、周期长”的特点,在“数字中国”的实现中,不仅“数字中国”的“数字地下”将在很大程度上来自“数字油田”,而且对“数字地表”来说,“数字油田”也是重要组成部分。因此,“数字油田”不是“数字地球”的市场制作,“数字油田”的出现有着用户需求、技术发展导向、认知思想背景等多方面的真实原因。

油气的获得依赖于人们对地壳上油气藏的认识,由于还没有在地面直接测定油气藏的方法,因此石油地质人员只能用间接的方法寻找石油:根据物探、钻探掌握的地质资料进行推断。开发人员也是根据油气藏的地质资料合理地开采油气。所以,数据的获取、整理、综合分析是油田技术工作的基础。

为了提高地质数据的管理和应用效率,促进地质模型的定量化和模拟化研究,数据库的建设在石油地质界一直倍受关注。早在 20 世纪 60~70 年代,许多大型地质数据库系统就在欧美许多国家建立。我国的石油数据库虽然起步稍晚,但进入 20 世纪 90 年代以后,各油田勘探开发数据库及相关专业数据库在技术管理和资源建设上已取得巨大进展。石油地质、勘探、开发数据是一种在时间、空间上跨度大、结构复杂的庞大的信息体,一般的查询、集合手段调用这些数据显得非常笨拙和单调,在某种程度上制约了数据库的发展和运用。用什么方法能够把油田或勘探区内的地质信息整体、灵活、直观地展现出来,是近年来石油数据库的开发者们努力摸索和实践的重要课题。

20 世纪 90 年代以来,地理信息系统(GIS)平台在石油界得到较为普遍的应用,如石油勘探、油田开发、油田地面建设、石油管道等。GIS 不仅突破了传统的表格、菜单查询的框架,而且由于利用了人类对图形信息的喜爱,和地理查询界面自然的吸引力,使软件的运行环境和效果得到企业决策层和地质界的认同。尤其是一些通过地理空间查询,向地下地质空间实体延伸的应用功能,更给人以耳目一新的振奋。由于地理空间查询方式较少受到用户逻辑思维的干扰,GIS 平台又同时是一个信息资源平台,因此 GIS 软件的应用生命周期远远长于其他应用系统或软件。这一层也使 GIS 受到开发者和用户们的欢迎。

美国前副总统戈尔在 1998 年提出的“数字地球”(Digital Earth)引起了世界范围的震动。这个计划对各国国家信息化的战略提出了挑战。“数字政府”、“数字农业”、“数字交通”、“数字城市”等“数字地球”的应用研究和示范系统的出台,也影响着同样具备“时间、

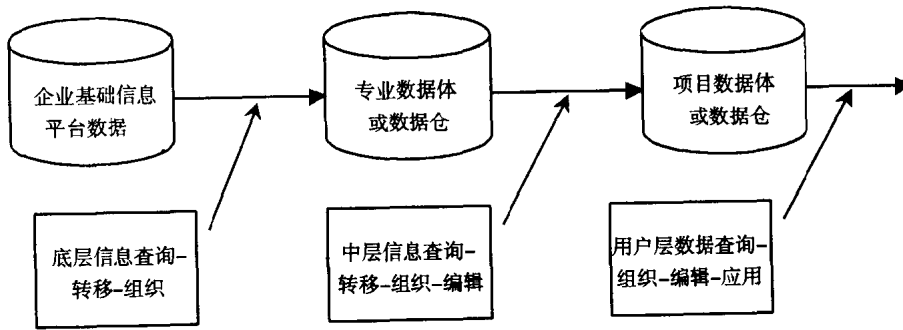
空间跨度太大,结构太复杂”的石油勘探开发、建设信息系统。

数据和信息是石油工业的第一财富,每年数百亿元的勘探投入,获得的就是与地理直接相关的油气储量信息,油气开发和地面建设投入更大,其结果的主要体现或有效管理的前提仍然是信息。信息的管理功能和技术经济功能对石油工业、尤其是它的上游产业(勘探、开发、钻采)作用极大。石油信息的特点是:

- 1) 规模环境特点:大规模的野外、海上集群生产和施工。
- 2) 实体特点:对象是隐藏于地下巨大的流动矿体资源。地质实体是研究的中心。
- 3) 信息特点:连续密集的数据采集,时间、空间跨度大,结构复杂,多源分布式。图形是信息的常见集合形式。

地质构造和油气藏的庞大复杂,勘探开发活动的持续进行,及采集数据的新工艺和分析手段的不断完善,与石油勘探开发有关的数据量急剧增长,对数据资源的科学管理、有效利用提出新的要求。近年来,我国的石油界一直想找到一种信息的集合-检索-应用形式,解决石油信息在企业信息化的基础平台和核心内容管理、决策层的利用。

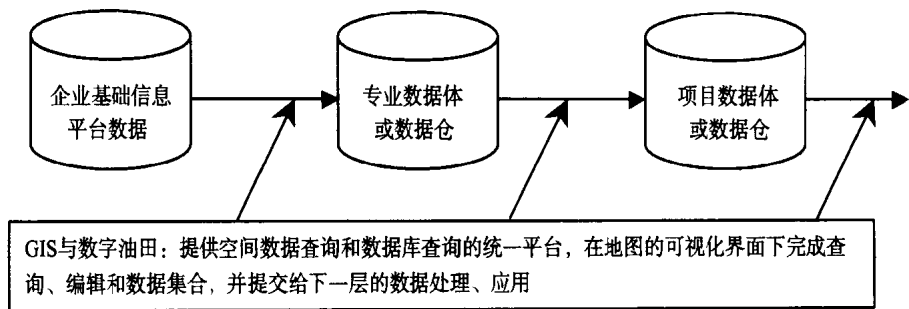
考察石油信息平台和各种应用,无论盆地模拟、油藏描述、圈闭管理,还是计划规划、生产管理,它们的共性都是在数字化基础上,经过逐级的查询、检索,获取数据,完成数据的专业或应用集合,组合成独立的或综合的信息实体对象,再进行计算、统计、模拟、组合,以图形、表格、文字等形式表达结果。下图表现出数据流动的三个阶段过程。



由于企业、专业和项目数据体大多是按照关系模型组织的,多个和多层数据库(体)之间的联系只能依靠实体或属性的逻辑关系。比如:在关系模型中要表现某个油田属于某个盆地,方法只能是在油田实体的盆地属性下填入盆地名称。因此油田信息平台的多数软件一般依靠关系属性查询方法,分为低层、中层和用户层逐级进行数据查询完成信息集合。许多软件不尽如人意的地方都出自于这三层的查询——方法不统一,使用不方便,界面不一致。人们希望把这三层的查询打通,或者是有效地捆绑起来,形成一个统一性处理油田问题,并能最大限度地利用信息资源,对信息进行表达和分析直观、形象的信息查询平台。

我国是个发展中的石油大国,21 世纪石油工业如何可持续发展,需要进行决策和政策研究。要全面了解 50 多年来油气勘探、开发、建设的基本底数和资源环境的基本要素;为保护矿产资源要严格施行勘探、开发的登记管理制度,这都需要信息支持。而油气田数据的覆盖面积大,环境差异大,动态变化大,做到账上有数都是很困难的。真正做到宏观

认识的客观和真实,需要“数字油田”的信息集合方式和能力,及其他所特有的“身历其境”虚拟实现技术。



油田一般远离城市,资源和设施分散于边远的戈壁、沙漠、草原或海上,许多油田或探区是在人迹罕至的地区。决策和管理层难以感性了解油田的自然环境、地质、工程、建设、交通的真实情况。“数字油田”可以将油田的复杂性整体客观地展示给管理者,利于及时掌握情况、客观分析问题和正确处理决策。在“数字油田”的支持下还可以在勘探、施工、建设的各个阶段提前对工程进行合理的规划,使许多部署方案、开发方案在选址、选线、运行环节上更合理,降低风险,提高经济效益。

借助“数字地球”还可以获得油田信息以外的基础信息,如地籍、气象、水文、地震、植被和其他矿产等与空间系统有关的信息,有助于油田区域内的管理、建设、环境保护和自然灾害的预防。

“数字油田”以地理空间信息为基本平台,油田的各种空间实体被自然地组织在一起,将彻底打破油田各专业信息平台横向分割的局面。久久不能实施一体化大平台,一直是油田信息建设的老大难问题。“数字油田”的建设将可能迅速地形成集勘探-开发-工程-集输为一体的油田信息系统。

获取信息并编制井筒柱状图和地质-地震剖面图,是油田地质的基础工作。“数字油田”可以迅速地集合占地质数据库资源量 80%、有深度属性的信息:地质、石油、地球物理、地球化学、钻井工程和生产测井等数据,并以柱状图和剖面图的方式灵活地组合展现。地质数据库的基础应用平台将摆脱菜单窗体的束缚,在“数字油田”系统中充分展示它丰富的资源,成为油田地质人员辅助研究和制图工具。

“数字地球”为石油地质的研究提供了科学计算的强大工具,为解决时间和空间大跨度的地质过程实验提供了可能性。“油藏描述”软件中能直观地显示油藏的几何形态和油藏属性参数分布特征的油藏三维可视化技术,可能会成为“数字油田”的基本功能。地学领域的数字模型技术将在“数字油田”中得到充分的运用和发展。

在“数字油田”支持下的油田自动监控系统,可以将油井生产信息与地质信息叠加在三维空间模型上,为油田开发的优化决策提供直观、动态的信息,实现控制注水、稳定产量、均衡生产、提高采收率的目标。

在“数字油田”系统上可以方便地集合设备管网密集的矿区信息,和几万公里的油气长输管线和配套的几万座原油储罐信息,建立起“数字矿区”、“数字油气储运”等系统,形

成数字规划、管理、安全监测、设计制图的能力。在城市化程度很高的油田居民区,“数字油田”可以包含“数字城市”的内容,如房地产、物业、地籍、交通、电子商务等。

“数字油田”技术系统具有对油气勘探、开发区范围内的任何一个地方进行研究的能力,也包括对信息资源建设的指导和监督。“数字油田”通过不同专业信息的叠加,可以直观地了解到信息的完善区、缺陷区和空白区,据此制定和实施信息建设的完善工程,使油田企业的信息逐步集合为统一、完整、透明、可用的资源平台。多年来,令企业领导层困惑的是,石油信息建设投入巨大,但数据资源建设的结果一直不尽人意。“数字油田”的信息可视化技术不仅可以为“数据库建设”揭开谜底,而且可以使领导层牢牢掌握信息建设的指挥权。

“数字油田”总是一个数据不够充分、磁盘太小、计算机速度不够快和网络性能偏低的领域,它的发展依赖硬件、高速网络和海量数据资源。“数字油田”的应用将接受计算机硬件、网络技术的任何一种进步,同时考验和检验企业在信息系统中技术选择、技术引进和技术方案的正确性、合理性。

以“数字地球”计划和 GIS 技术为基础展望“数字油田”,它的应用前景非常广阔,也是现实的。20 世纪中国的石油界是国外软件最大用户群,有时出一次国,开一次展销会,就可以决定一个重大的软件命题,这种现象给油田信息技术的发展带来负面和消极的影响,令人担忧。应该提倡引进和借鉴,追踪国外的成长期技术,而不是照搬照套。跨入 21 世纪后,“数字油田”至少给了我们一种“它山之石可以攻玉”的新感觉。

石油信息的特点之一是空间性。作为石油工业生产资源的主体,油井、物探测线、油气水管线、地下的构造、油气田、油田地面建筑都有它们的空间地理属性。如果用地理属性把这些油田实体叠加到电子地图上,就可以实现地图与数据库实体的双向查询。油田主要信息实体——油井、测线、构造,与 GIS 空间实体——点、线、面的一致性;石油信息需要在图形上表现数据,与 GIS 图形能力的需求统一。自 20 世纪 90 年代初,在石油石化的有关学术会议上,作者多次主张加强信息技术在石油石化中的应用研究,特别是 GIS 的应用。

今天,GIS 已成为被石油石化企业及各油田广泛使用的技术,也许一段时间内“数字油田”就是 GIS 的应用,或 GIS 应用的增强与扩展。但作为“数字地球”下的“数字油田”有更丰富的资源、更强大的应用和更深刻的内容,并不等于“数据库 + GIS”。“数字油田”是石油石化企业和各油田实现信息化的根本解决方案,但“数字油田”的成功实施还必须在发展中逐步吸收“数字地球”的理论和技術精髓。

本书由何生厚同志和毛锋博士合著,在写作过程中得到了大庆油田、胜利油田、中原油田许多同志的帮助。其中何生厚同志编著了第一章、第四章、第七章、第九章、第十三章、第十七章;毛锋同志编著了第二章、第三章、第五章、第六章、第十一章、第十四章、第十五章;吕延仓同志编著了第十八章;赵春祥同志编著了第八章、第十章;徐浩同志编著了第十六章的第一节和第二节;刘为东同志编著了第十六章的第三节和第四节,阎海燕同志编著了第十六章的第五节。中国石油天然气集团公司的李志伟同志,大庆油田的王瑞萍同志和常冠华同志,胜利油田的李琳、徐亚飞、孙正义同志提供了大量资料,中国科学院陈述

彭院士、中国石油化工集团张志橦同志在本书写作过程中给予了宝贵的指导意见,并为本书作序,在此一并表示感谢。

作为“数字地球”的学习者和探索者,又是“数字地球”技术在石油石化及油田信息系统的实施者的我们,仅以此书抛砖引玉,书中错误之处在所难免,敬请指正。

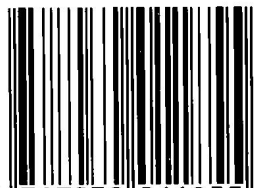
(P-0212.0101)

责任编辑: 谢洪源 彭胜潮

封面设计: 王 浩



ISBN 7-03-001185-6



9 787030 011855 >

ISBN 7-03-001185-6/P · 212

定 价: 33.00 元



目 录

序 一	
序 二	
前 言	

第一篇 数字油田的理论与技术

第一章 石油天然气工业的主要业务及其技术	1
§ 1.1 石油天然气地质	1
§ 1.2 油气勘探	5
§ 1.3 油气藏描述	7
§ 1.4 测井工程技术	10
§ 1.5 油气钻井工程	10
§ 1.6 油气井下作业工程	12
§ 1.7 油田地面建设	13
§ 1.8 油田物资管理与电子商务	13
第二章 数字地球的理论与技术	15
§ 2.1 数字地球概述	15
§ 2.2 数字地球的技术体系	18
§ 2.3 数字地球的关键技术	22
第三章 从数字地球到数字油田	36
§ 3.1 石油石化企业的信息化	36
§ 3.2 数字油田的认识背景	37
§ 3.3 数字油田的核心技术——GIS	45
§ 3.4 数字油田的技术路线	53
§ 3.5 数字油田的主要内容	57

第二篇 数字油田的系统设计

第四章 数字油田的企业信息化结构设计	60
§ 4.1 石油石化企业的机遇与挑战	60
§ 4.2 基于数字油田的石油企业信息化结构设计	60
第五章 油田基础地理信息系统设计	65
§ 5.1 油田基础地理信息系统概述	65
§ 5.2 油田基础地理信息系统质量控制	65
§ 5.3 油田基础地理信息系统功能设计	68
§ 5.4 油田基础地理信息系统图形库建库设计	70

§ 5.5 油田基础地理信息系统功能及结构	71
第六章 办公自动化系统设计	80
§ 6.1 办公自动化系统的一般功能	80
§ 6.2 功能模块设计	81
第七章 油气勘探开发信息系统设计	91
§ 7.1 油气勘探开发信息管理现状	91
§ 7.2 油气勘探开发信息系统的需求分析	95
§ 7.3 油气勘探开发信息系统的总体设计	96
第八章 油藏描述信息系统设计	99
§ 8.1 油藏描述信息系统功能需求	99
§ 8.2 油藏描述信息系统设计	102
§ 8.3 油藏描述信息系统主要应用	104
第九章 油气钻井信息系统设计	107
§ 9.1 油气钻井信息系统需求分析	107
§ 9.2 油气钻井工程信息系统的功能设计	107
第十章 石油天然气化工信息系统设计	111
§ 10.1 石油天然气化工概述	111
§ 10.2 石油天然气化工的主要业务工艺	113
§ 10.3 石油天然气化工信息系统设计	116
第十一章 油田地面建设信息系统设计	119
§ 11.1 油田地面建设业务流程	119
§ 11.2 油田地面建设系统设计	124
§ 11.3 油田地面建设功能设计	125
第十二章 数字油田元数据设计	131
§ 12.1 数字油田元数据标准框架	131
§ 12.2 元数据工具	132
§ 12.3 元数据库的建立	132
§ 12.4 空间元数据标准设计	132
§ 12.5 数字油田的信息共享设计	133
§ 12.6 数字油田元数据指标体系建立	136
第十三章 物资管理信息系统设计	139
§ 13.1 物资管理需求分析	139
§ 13.2 物资管理的业务流程重组设计	140
§ 13.3 物资分类与代码编制	143
§ 13.4 基于电子商务的物资管理信息系统	144
第十四章 油区人居环境信息系统设计	146
§ 14.1 基于数字油田的油区人居环境信息系统	146
§ 14.2 油区人居环境与油田可持续发展	148
§ 14.3 油区人居环境研究信息系统的功能设计	151

第十五章 油气储量信息管理系统设计 152

§ 15.1 油气储量信息管理系统的发展现状 152

§ 15.2 油气储量信息管理系统的流程 154

§ 15.3 油气储量信息管理系统的功能分析 155

§ 15.4 油气储量管理信息系统设计 158

第三篇 数字油田的开发与应用

第十六章 数字大庆油田的开发与应用 164

§ 16.1 大庆油田基础地理信息系统 164

§ 16.2 大庆油田地面建设信息系统的开发与应用 172

§ 16.3 大庆油田电力地理信息系统功能界面设计 180

§ 16.4 大庆油田天然气信息系统的开发与应用 187

§ 16.5 大庆油田勘探数据库建设与应用 190

第十七章 数字胜利油田的开发与应用 193

§ 17.1 胜利油田勘探信息系统的开发与应用 193

§ 17.2 胜利油田油气开发信息系统的开发与应用 200

§ 17.3 油气钻井信息系统的开发与应用 203

§ 17.4 胜利油田地面建设信息系统的开发与应用 208

第十八章 数字中原油田的开发与应用 217

§ 18.1 中原油田勘探开发图形管理信息系统 217

§ 18.2 勘探开发可视化系统 223

参考文献 239

作者简介 240