

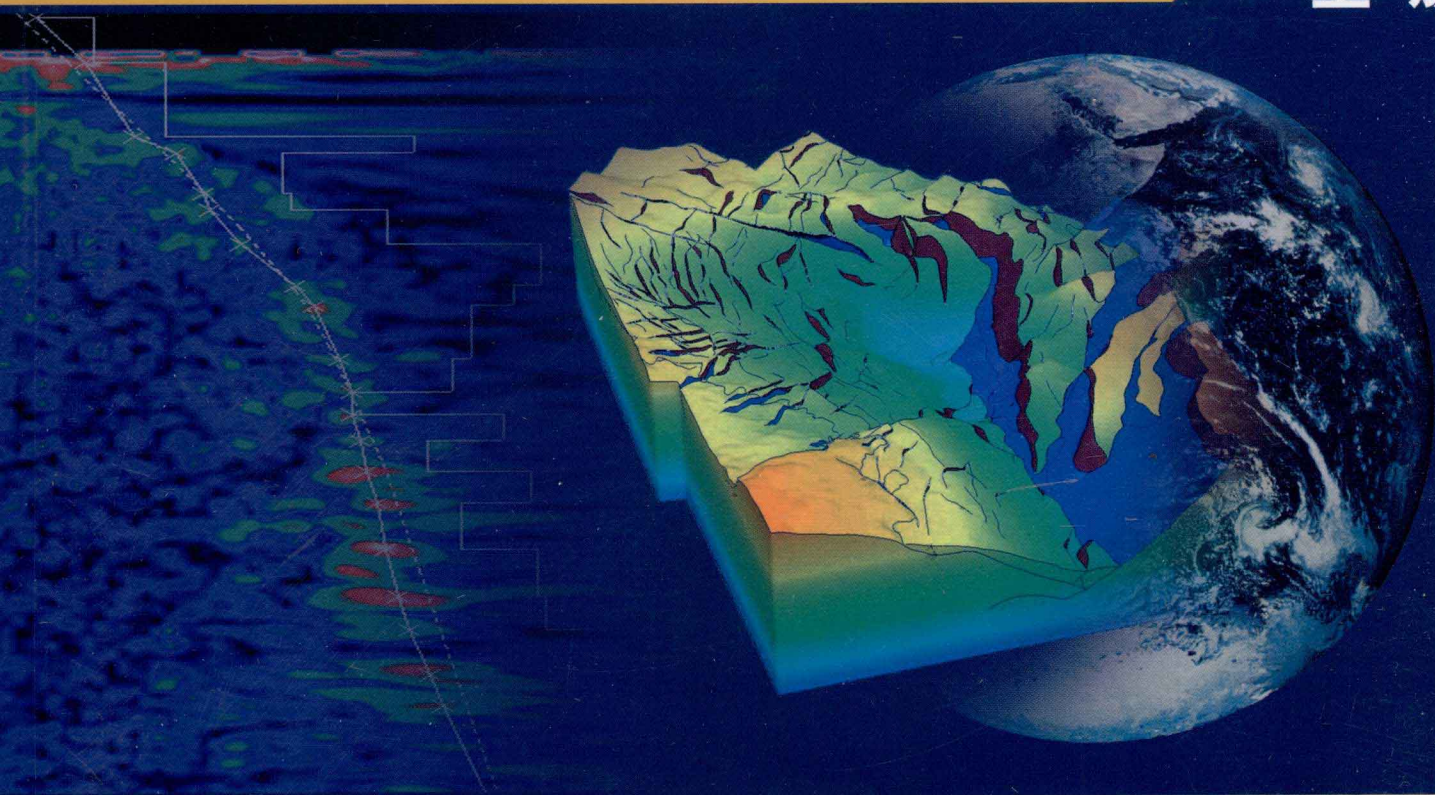
SHENGLI YOUTIAN DIQIU WULI JISHU JINZHAN YU SHIJIAN

胜利油田 地球物理技术进展与实践

(2005 — 2011 年)

王延光 郭树祥 韩宏伟 夏吉庄 隋志强 等著

上册



石油工业出版社

胜利油田

地球物理技术进展与实践

(2005—2011 年)

上册

王延光 郭树祥 韩宏伟 夏吉庄 隋志强 等著

石油工业出版社

内 容 提 要

本书以胜利油田物探研究院 2005—2011 年间的科研生产成果为基础,以技术进展与实践为主线编著而成,包括地震资料处理、油气勘探综合研究、油藏地球物理和油田信息化等四个方面,具有很强的系统性、针对性和实用性。

本书可供各油田从事地球物理工作的科研人员参考,还可供相关企事业单位生产科研工作者、大学以及研究院所教师和学生参考。

图书在版编目(CIP)数据

胜利油田地球物理技术进展与实践:2005~2011/王延光等著.
北京:石油工业出版社,2012. 11
ISBN 978-7-5021-9190-0

I. 胜…

II. 王…

III. 地球物理勘探-科学进展-东营市-2005~2011

IV. P631-125. 23

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 169042 号

出版发行:石油工业出版社

(北京安定门外安华里 2 区 1 号 100011)

网 址:<http://pip.cnpc.com.cn>

编辑部:(010)64523574 发行部:(010)64523620

经 销:全国新华书店

印 刷:北京中石油彩色印刷有限责任公司

2012 年 11 月第 1 版 2012 年 11 月第 1 次印刷

889×1194 毫米 开本:1/16 印张:52. 25

字数:1500 千字

定价:280. 00 元(上下册)

(如出现印装质量问题,我社发行部负责调换)

版权所有,翻印必究

《胜利油田地球物理技术
进展与实践(2005—2011年)》

编委会

主 任： 王延光

副主任： 谭明友 单联瑜 王兴谋 孟宪军 路慎强

委 员 (以姓氏笔画为序)：

王有新 丛龙水 苏朝光 周 霞 苗永康 夏吉庄

郭树祥 郭见乐 梁党卫 隋志强 韩宏伟

序

众所周知,石油和天然气是国家最重要的安全战略资源之一,特别是正处于高速发展时期的中国对油气资源的需求和依赖越来越大。胜利油田是我国第二大油田,一直为我国的能源供应作着积极贡献。

胜利油田勘探开发范围包括胜利东部和胜利西部。作为胜利东部勘探开发主战场的济阳坳陷和浅海地区属于典型陆相复式油气区,地下构造极为复杂,素有“地质大观园”之称,油藏类型多,有构造、岩性、地层、复合等4大类15种油气藏类型。胜利西部主要分布在新疆、内蒙古、青海、甘肃、宁夏等5个省、自治区,涉及准噶尔、吐哈、柴达木等11个盆地,地面、地表和地下都十分复杂,勘探开发难度很大,迫切需要地球物理技术的突破与发展。

2001年1月,为适应物探技术的发展和持续推进油田勘探研究工作的需要,原胜利油田计算中心与物探公司物探研究所合并成立物探研究院,开始了物探技术拉动和引领油田勘探的崭新征程。油田的发现和发展都离不开物探,她是地质家的眼睛。著名石油地球物理勘探专家、中国工程院院士李庆忠先生就物探技术对找油气的贡献给予了极高的评价,充分肯定了物探工作的重要性。油田每个发展阶段、每个储量高峰、每个新发现无不与物探技术的进步密切相关。2011年胜利油田“发现50年,产油10亿吨”,地球物理技术发挥了不可替代的支撑作用。物探研究院作为中国石化重点科研院所以及中国石化最大的地震资料处理、勘探综合研究、数据库与信息化建设和地球物理技术研发中心,为胜利油田连续29年探明1亿吨、连续9年三级储量均过亿吨和中国石化实现资源战略作出了重要贡献。2005年以来,在前辈们艰苦创业奠定的坚实基础基础上,物探研究院人更是风雨兼程,协作奉献,秉承“物本探源,为国找油”的使命,以建设“国内一流、国际知名”研究院为目标,铸造与践行“勘探科技先锋”,发挥地质、物探、信息的一体化整体优势,紧跟油田勘探开发部署,着力攻关与创新,不断提升核心竞争力,拥有了一批物探、地质和计算与信息技术的知名高级人才,形成了包括高精度地震勘探、西部双重复杂介质地震资料处理、油藏地球物理、勘探决策支持系统等业界领先、国内外知名的系列特色实用技术,高质量地完成了地震资料处理、勘探综合研究及井位部署、信息化建设等工作,谱写了胜利油田勘探事业大发展的壮丽诗篇!

胜利油田“百年创新、百年胜利”愿景目标实现的根本基础是资源。无疑油田勘探开发程度的进一步提高以及东西部面临的新形势都对物探研究院提出了更高的要求。实践也表明,地球物理技术是实现老区挖潜、新区新层系突破的最重要的支撑技术之一。只有依靠地质物探信息的一体化优势,通过理论和方法创新、多种地球物理技术和手段,才能确保老区的油气硬稳定。新区勘探更需要充分发挥重、磁、电、震等多种地球物理技术的综合优势,寻找新的规模储量,形成资源接替。难能可贵的是,此次该书不是传统的以单项方法、技术为主线的教材式或论文集的编著方式,而是在继承已有成果的基础上,以物探研究院2005—2011年的生产、科研成果为基本素材,既有对新理论、新方法和新技术的具体介绍,又创造性地结合油田的应用实践,从解决现实的勘探开发问题入手分为四篇阐述了地球物理技术的新进展,具有很强的系统性、针对性和实用性。书内介绍的方法、技术和形成的成果对于国内各个油田以及相关企业都具有一定的指导意义和较好的应用价值,还可供相关企事业单位生产科研工作者、大学以及研究院所教师和学生参考。相信本书的出版,必将对我国的油气勘探开发可持续又好又快发展发挥有力的推动作用。

作为胜利油田分管勘探、科技工作的副总经理、总地质师,我见证了物探研究院的发展、地球物理技术的进步,感到十分欣慰。在本书即将出版之际,向为油田发展付出巨大努力和心血的干部员工表示感谢,对取得的丰硕成果表示祝贺,衷心祝愿物探研究院未来取得更大成就,向着建设“国内领先、国际一流”的目标阔步前行。

A handwritten signature in black ink, appearing to read '张守文' (Zhang Shouwen). The signature is fluid and stylized, with the characters connected together.

2012 年 4 月 28 日

前言

国内外油气勘探发展实践表明,地质与地球物理在油气勘探中都扮演着重要的角色,发挥着重要的作用。一方面,地质理论的创新促进了物探技术的进步,并通过物探等技术进行实践;另一方面,物探技术的创新与实践又反过来推动地质理论的进步发展,进一步完善形成更具有适应性的勘探理论。二者相互促进,共同构筑了油气田勘探不断发展的局面。油气田的发现和发展离不开石油地球物理勘探,它是地质家的眼睛,著名的石油地球物理勘探专家、中国工程院院士李庆忠先生曾这样高度评价物探工作的重要性:“物探技术对找油的贡献率是95%!”2011年胜利油田喜逢“发现50年,产油10亿吨”,审视50多年的勘探开发史,我们不难为这样的评价找到有力的注解。油田每一个发展阶段、每一个储量高峰、每一个新的发现无不与物探技术的进步密切相关。

胜利油田勘探开发范围包括胜利东部和胜利西部。作为胜利东部勘探开发主战场的济阳坳陷和滩浅海地区属于典型陆相复式油气聚集区,地下构造极为复杂,素有“地质大观园”之称,油藏类型多,有构造、岩性、地层、复合等4大类15种油气藏类型。胜利西部主要分布在新疆、内蒙古、青海、甘肃、宁夏等5个省、自治区,涉及准噶尔、吐哈、柴达木等11个盆地,地面、地表和地下都十分复杂,油藏类型主要包括构造油藏、地层油藏及岩性油藏等。

无论是胜利东部还是西部,都具有独特的油气地质特征,这就决定了油气勘探难度大、理论和技术要求高,决定了其勘探程序具有特殊性,同时也推动了胜利油田地球物理以及相关理论、方法和配套技术不断取得新的进展和进步。

胜利油田物探研究院通过“十一五”的深化攻关研究,逐渐形成了较成熟的、高精度的、以保幅为核心的东部地震资料处理技术;以准确成像为核心的西部地震资料处理技术获得突破;完善形成的隐蔽油气藏地球物理勘探技术系列为东部储量任务的完成作出了积极贡献;以力争成为老区开发接替技术的油藏地球物理技术在实验区获得了理想的应用效果,并展现了良好的推广应用前景;研发了以勘探决策支持系统为代表的多套具有自主知识产权的软件系统,引领了勘探工作模式的革命式变革,提升了核心竞争力,更好地满足了勘探开发新形势的需求,发挥了信息的支撑作用。为此,认真梳理和深入总结胜利油田的油气藏特点、地质地震特点以及地球物理技术所取得的进展和应用实践,对于胜利油田未来的发展、中国东部老区的油气勘探开发以及其他新区的勘探都具有十分重要的现实和指导意义。

一、胜利油田的勘探开发形势及地震地质、油气藏特点

1. 胜利油田东部

胜利油田东部探区的主体——济阳坳陷及滩海地区位于渤海湾盆地南部,是一个典型的中新生代陆相断陷盆地。自1961年勘探以来,全区共完钻各类探井6542口,二维地震 $19.16 \times 10^4 \text{ km}$,三维地震 $2.82 \times 10^4 \text{ km}^2$,济阳坳陷及滩海地区绝大部分被三维地震所覆盖,发现油气田75个,石油探明率达50%左右,整体已达到中—高勘探程度(截至2011年底)。

济阳坳陷及滩海地区具有复杂的油气地质特征:经历裂陷期、断陷期和坳陷期的多期成盆过程;形成

多凹共生、凹凸相间、群山环湖、群湖抱山的古地质景观;发育多物源、多类型沉积体系;具有多元复合成烃和多层系、多期次的复杂油气运聚成藏特征;具有多类型油气藏组合的复式油气聚集规律等。

胜利油田东部探区 50 年的勘探,具有以下阶段性的特点:20 世纪 60 年代至 90 年代,是以背斜、潜山披覆、复杂断鼻(块)等构造油气藏为主的勘探开发阶段;20 世纪 80 年代至 90 年代,为复式油气勘探阶段;20 世纪 90 年代至 21 世纪初,是以中浅层新近系河道砂岩、凹陷带古近系浊积岩、陡坡带砂砾岩扇体、滨浅湖滩坝砂岩以及盆缘地层超覆等为代表的隐蔽油气藏勘探阶段;未来,将进入隐蔽油气藏及以致密砂岩和页岩油为代表的非常规油气共同勘探阶段。每一个不同阶段对地球物理技术提出不同要求。

胜利油田东部复杂的地表条件(如城镇、农田、水库、养殖区、滩海区、电网、公路、厂矿等)以及典型的地下地质特点,导致单炮地震资料具有鲜明的特征,主要体现在:

(1)信噪比低:由于地表条件复杂,又是勘探开发 50 多年的老油区,导致地震采集资料有源干扰严重,随机干扰多,面波突出,50Hz 工业干扰能量强,多次波发育等。

(2)有效能量弱:由于城镇农庄及工业设施密布,不能采用标准药量,导致资料有效反射能量弱,尤其是中深层。

(3)屏蔽严重:在火成岩发育区,由于存在大面积的火成岩屏蔽作用,使得火成岩覆盖区以下有效能量严重屏蔽。

(4)分辨能力差:由于近地表第四系地层厚、低降速带变化大、地震高频吸收严重,导致资料主频低,有效频带宽度较窄。

基于资料的这些特点,东部地震资料的处理重点是:提高信噪比、速度分析、模型建立、深层成像、分辨率以及资料保真。

为此,研究了低信噪比资料处理、高保真高分辨率处理、特殊地质目标地震资料处理、深层地震资料成像处理、非一致性地震处理以及地震叠前成像处理等方法与技术,确保了资料的品质:

(1)较高的信噪比,波组连续追踪,构造清楚可靠;

(2)较高的地震分辨能力,能够进行薄互地层、砂砾岩体等隐蔽油气藏的储层描述与流体预测;

(3)深层有效能量加强,提高了速度分析精度和深层构造的地震成像精度;

(4)地震保幅性增强,提高了微幅构造解释与地层岩性油气藏预测的有效性与可靠度。

从胜利油田探明储量的油藏类型看,岩性、地层、潜山等隐蔽油气藏发现的比例逐年增加。随着大中型构造油藏的相继发现,从“七五”开始,针对牛庄洼陷内发育的东营三角洲滑塌浊积砂体开展了岩性油藏描述的技术攻关,从此开启了隐蔽油气藏勘探的新征程。“八五”期间,由于计算机技术的快速发展,人机联作解释技术引进,极大提高了地震解释能力和水平,为隐蔽油藏勘探提供了技术保障。这一时期,发现的隐蔽油藏探明储量占总探明储量的 31%。“九五”期间,以洼陷带的浊积砂体、陡坡带砂砾岩体及新近系河道砂体等为隐蔽油藏的主要勘探对象,发现的隐蔽油藏探明储量占总探明的 58%。“十五”期间,除继续勘探洼陷带的浊积砂体、陡坡带砂砾岩体及新近系河道砂体等油藏外,还寻找中低位潜山及盆地边缘的地层等更隐蔽的油气藏,发现的各类隐蔽油藏探明储量占到总探明储量的 69%。“十一五”期间,滩坝砂体及砂砾岩体等目标成为勘探主体,发现的各类隐蔽油藏探明储量占到总探明储量的 75%。

勘探难度的增加,推动了济阳坳陷陆相断陷盆地隐蔽油气藏地质理论创新和勘探配套技术发展,隐蔽油气藏的储层描述技术经过探索、攻关、形成和完善四个阶段的发展,基本形成了不同勘探阶段和针对不同勘探目标的储层综合预测、复杂构造解释及隐蔽圈闭描述、油气检测与综合评价、地震—非地震联合反演等多种综合描述技术系列,基本形成了新近系河道砂体,古近系浊积岩体、砂砾岩体、滩坝砂体,以及盆缘地层、潜山、火成岩、泥岩裂缝、复杂断块等十余项特色的典型油气藏地震勘探技术。

2. 胜利油田西部

胜利油田西部探区具有复杂地表及复杂地下地质构造的双重复杂介质特征,工区多分布于山地、沙漠、戈壁、高原及黄土塬发育区,施工难度大,资料处理难,油气藏类型复杂多样,认识程度低,对物探技术

提出了新的挑战。

胜利西部探区共 38 个矿权区块,面积 $13.4869 \times 10^4 \text{ km}^2$,分布于 11 个盆地,跨 5 个省、自治区。区内完成二维地震 45077.76km,三维地震面积 6833 km^2 (16 块),共完钻井位 143 口(不含地质浅井)。

胜利西部探区大地构造位置特殊,地质演化复杂,地处欧亚大陆板块东部,以东为太平洋板块,南部为印度板块,中生代构造是三大板块活动的结果,经历加里东期古亚洲洋、海西期特提斯、喜马拉雅期印度洋三期板块构造演化;前后相继的古亚洲洋构造域、特提斯构造域与环太平洋构造域三大地球动力学体系复合交切,形成小克拉通拼合、多旋回构造运动、多旋回叠合盆地;沉积盆地类型复杂,主要有前陆盆地(准噶尔、鄂尔多斯、六盘山盆地)、走滑盆地(库木库里盆地)、前陆一走滑盆地(柴达木盆地)、断陷盆地(银川盆地)等类型。

胜利西部探区发育众多的沉积盆地,为油气的生成、运移、聚集创造了良好物质条件,多盆地类型也造就了胜利西部探区油气勘探的多样性、复杂性与长期性。各种类型盆地的勘探层系涵盖了从石炭系到第四系多套地层。例如,准噶尔盆地主要勘探层系为石炭系一新近系,柴达木盆地主要勘探层系为侏罗系到第四系,银川盆地主要勘探层系为古近系和新近系。油藏类型多样,主要包括构造油藏、地层油藏及岩性油藏等。

胜利西部探区各区块经历多单位、多轮次勘探,取得了一些勘探成果,但勘探效果不理想,总体认识程度和整体勘探程度都很低。

西部地震资料具有独特的特点和处理难度,主要表现在:

(1)近地表静校正难度大。地表高差大,近地表低速带厚度横向变化大,造成资料存在严重的静校正问题。

(2)干扰严重,提高资料信噪比难度大。西部工区地表情况复杂,涉及砾石区、山区、水域、大峡谷、胡杨林、农田、城镇、牧场等不同地表类型,施工非常困难,散射、线性干扰、多次波等干扰波发育,严重影响采集资料质量。

(3)反射特征不明显。山前带老地层出露、地层波阻抗差小、构造杂乱,资料有效信号弱。

(4)速度分析精度低。由于逆冲推覆作用,地层倾角大,地下构造复杂,速度反转等,导致地震波场复杂化。

(5)资料一致性处理难度大。西部工区地形、表层结构、激发接收条件等的复杂性,造成地震原始资料在能量、频率等方面存在巨大差异。

(6)速度模型准确建立难度大、成像困难。深度偏移成像结果取决于速度和构造模型的准确建立。西部资料信噪比低,地下波场复杂,速度拾取和初始速度模型建立难度大。多期推覆、地层叠置,复杂构造精确成像困难。

针对资料特点,攻关研究初步形成了以下特色的“双复杂”地震处理技术:

(1)以层析静校正为主的高精度近地表静校正技术;

(2)以多域逐级逼近的有效提高信噪比处理技术;

(3)综合近地表建模与吸收补偿技术;

(4)以层析速度建模及叠前偏移为主的成像技术。

这些技术的集成应用,有效提高了胜利西部地震资料的准确成像。

胜利油田东、西部探区虽然勘探程度不同,但是丰富的油气资源和复杂的油气地质条件都决定了油气勘探开发是一个漫长而复杂甚至是曲折的过程,正是其复杂性蕴含了巨大的勘探潜力,成为促进物探技术不断发展的不竭动力和源泉,而物探技术的不断进步拉动了复杂地区的油气勘探和开发,推动了油田不断有新发现和新突破。

总之,我国丰富的油气资源、复杂的地质条件、广阔的勘探领域以及日益提高的勘探程度,对地球物理技术提出了更高的要求:提高分辨率,提高信噪比,提高保真度,提高成像能力,创新地震勘探理论与方法,

提高油气藏描述精度,提高钻探成功率,不仅要更好地支撑勘探,还要服务开发,地球物理技术面临着全新的挑战和良好的机遇!

二、胜利油田物探研究院的发展及地球物理技术新进展

2011年在胜利油田喜迎“发现50年,产油10亿吨”的重要时间节点,胜利油田物探研究院走过了进步与辉煌的十年。物探研究院作为中国石化重点科研院所,是中国石化油田最大的地震资料处理、勘探综合研究、数据库与信息化建设和地球物理技术研发中心,在胜利油田增储上产和中国石化实现资源战略中发挥了“勘探科技先锋”的重要作用。

2001年1月,原胜利油田计算中心与物探公司物探研究所合并成立物探研究院,开始了物探技术拉动和引领油田勘探的崭新征程。

物探研究院建设有“油藏综合地球物理实验室”、“信息与软件工程实验室”和“有新工作室”,先后与中国石油大学(华东)、同济大学、英国帝国理工大学、英国地质调查局等国内外知名大学和研究机构建立了“地震反演联合实验室”、“地震成像联合实验室”和“多波多分量地震联合研究中心”、“地震地质联合研究中心”等研发机构,搭建起了物探技术与国际先进水平同频共振的平台。

物探研究院现有职工939人,其中高级以上技术职称272人,博士40人,硕士218人,本科以上学历达到79%。有享受国务院政府特殊津贴人员1人,山东省泰山学者1人,中国石化突出贡献专家1人,学术带头人7人,人才结构合理。聘请刘光鼎、李庆忠、马在田院士及多名地球物理界著名学者为特邀学术顾问,创办的《油气地球物理》季刊在石油勘探与信息化等领域受到广泛认可和好评。

物探研究院经过几次较大规模的升级扩容,装备有国际先进水平的计算机集群和齐全的配套设备,拥有配置完善、引进与自主研发优势互补的先进应用软件系统。2005年初,综合研究大楼建成投产,解释研究室顺利搬迁,实现了处理、解释一体化办公的目标,生产与科研工作环境得到极大改善。

物探研究院始终秉承“物本探源,为国找油”的企业使命,紧跟油田勘探开发部署,积极开展物探技术研发,高质量地完成了胜利油田地震资料处理、勘探综合研究及井位部署等工作。2005年,胜利油田在国内率先把叠前时间偏移技术纳入地震资料常规处理流程,之后又实现了高精度(高密度)处理、西部“双重复杂介质”处理的技术跨越,并且在太古界地震成像、开发地震处理技术等方面取得了突破性进展,可以高质量地完成陆地、海上、山地、沙漠、黄土塬等类型地震资料处理。“十一五”期间,累计完成三维地震资料28191km²,二维地震资料29543km²,资料特殊处理18391km²的处理任务,为胜利油田的勘探开发奠定了坚实的资料基础。

勘探综合研究认真践行“搞发现、明类型、探边界、报探明”的“勘探四步曲”思路,着力破解技术“瓶颈”,重点加强了复杂断块及滩坝砂体、河道砂体、砂砾岩体、浊积岩体等隐蔽油气藏的成藏机理及精细地震描述的配套技术攻关,勘探井位及圈闭质量逐年提高。“十一五”期间,完成三维地震构造解释164815km²,三维地震岩性解释17533km²,圈闭评价7924km²,共计提供有利勘探目标4244个,建议采纳井位1915口。

物探研究院发挥地质物探一体化、处理解释一体化优势,拉动油田勘探,先后取得滨浅湖滩坝砂体油藏勘探、陡坡带砂砾岩体油藏深化勘探、沙四下一孔店组红层油藏勘探、济阳外围油气勘探等重大突破,为胜利油田连续29年探明1亿吨、连续9年实现三级储量均过亿吨作出了突出贡献。此外,物探研究院还积极参与中国石化以及海内外新区的处理、解释及综合研究工作,为资源接替战略的实现发挥了重要作用。

信息化建设始终以建立“大信息”为目标,以全面支撑油田勘探开发生产、科研及经营管理各项工作为抓手,强化应用开发,加强技术服务。建成了完备的勘探数据库,勘探综合查询系统已经成为广大勘探工作者不可或缺的工具。国内首创、具有自主知识产权的勘探决策支持系统改变了传统勘探研究和决策模式。建成了国内最大的油田企业级地震地质综合解释系统,实现了资源共享,提高了勘探效率和勘探精

度,翻开了勘探综合研究工作的历史新篇章。中国石化科研管理、大型软硬件资源共享等一批应用系统在中国石化范围内推广应用。物探研究院的信息化水平居中国石化领先、国际先进水平。

物探研究院的发展史就是一部科技创新进步史。“十一五”以来,物探研究院始终把“增强自主研发能力,提升创新成果水平”作为科研工作永恒的主题,科研生产紧密结合,持续推进自主创新,加快提升成果水平。截止到2011年,物探研究院承担了国家级科技项目16项,中国石化科技项目57项;获得省部级以上科技进步奖38项。27个软件获得国家版权局计算机软件著作权登记证书,获得8项发明专利授权,18项发明专利正处于公示期,拥有23项中国石化专有技术。通过持续创新、自主研发,物探研究院形成了三维地震资料叠前连片处理解释、高分辨率地震处理、复杂地表低信噪比地震处理、STseis地震叠前成像系统、高精度地震反演与储层描述、复杂断块及潜山油气藏地震勘探、碎屑岩类隐蔽油气藏储层描述、天然气藏地震识别、重磁(电)震联合勘探、油藏地球物理、数据库建设与勘探决策支持系统、计算机信息应用等主体技术为代表的勘探、计算技术品牌系列,支撑了油田的勘探开发,提升了核心竞争力。例如,油藏综合地球物理技术和叠前地震连片处理技术双双列入胜利油田十六大技术品牌。“十一五”国家“863”重点项目油藏综合地球物理技术研究取得重大突破,整体达到国际领先,2010年11月通过国家科技部组织的验收,专家充分肯定并给予高度评价,2011年又顺利通过“十二五”滚动立项论证,通过关键技术的深化攻关和技术集成,油藏地球物理必将打造成为老区油气开发的杀手铜技术。STseis神通叠前成像处理系统是中国石化具有完全自主知识产权的、具有国际先进水平的地震成像处理系统,打破了国外公司的垄断,入选2008年国家重点新产品计划,在胜利、中原和河南等油田以及高校推广应用,深获好评。重磁(电)震联合反演技术,无论在济阳老区,还是在合肥、南方及新疆、青海等新区都成功应用,取得理想的勘探效果。大型软硬件资源共享系统广泛应用,极大节省了投资,提高了资源利用率。

三、《胜利油田地球物理技术进展与实践(2005—2011年)》的编写方法及内容简介

1. 编写方法

毋庸置疑,地球物理技术是实现老区挖潜、新区新层系突破的最重要的支撑技术之一。要确保胜利老区油气硬稳定,必须依靠地质、物探和信息化的紧密结合,通过理论和技术创新、多种地球物理技术和手段的联合攻关,实现老区挖潜和新层系的突破。新区勘探更需要充分发挥重、磁、电、震等多种地球物理技术的综合优势,寻找到新的规模储量,形成资源接替。反之,复杂的地震地质特点、多类型油气藏的勘探开发实践也将继续推动地球物理以及相关技术的发展和进步。然而随着油田东部和西部工作的进一步深入,勘探开发难度更大,对于胜利油田要实现“东部硬稳定、西部快上产、非常规大发展”的目标和“百年创新、百年胜利”的宏伟愿景,无疑对地球物理技术提出了更高的要求。在充分分析当前和今后油田的勘探开发问题的基础上,物探研究院谋划了未来的攻关方向,即进一步加强地质与物探、处理与解释、数据库信息化与勘探研究、勘探与开发的紧密结合,努力攻关形成特色、适用的领先技术,主要包括:(1)以老区深化勘探、确保资源基础为前提的复杂隐蔽油气藏地震勘探技术;(2)以高精度和深层地震成像为核心的深层地震勘探技术;(3)以非常规油气藏“甜点”描述和裂缝预测、监测为核心的非常规地震技术;(4)以正确成像为核心的新区极复杂构造带地震资料处理技术;(5)以中深层天然气藏地震描述技术为突破的油气地震识别技术;(6)以多尺度地球物理资料联合反演和匹配油藏建模为核心的油藏地球物理技术;(7)以数据库建设和特色软件研发为核心的信息技术。本书的编写将不但助推实现上述目标,而且更重要的是为从事油气田勘探开发的广大生产科研人员、院校师生提供一个新的视角和特色的、针对性的、系统的地球物理技术以及与其密切相关的油田信息化技术参考资料,共同为我国的油气资源安全战略作出应有贡献。

《胜利油田地球物理技术进展与实践(2005—2011年)》不是简单地把“十一五”期间攻关研究所取得的理论、方法、技术突破与成果总结的论文或报告堆积在一起形成一本厚厚的论文集,而是在全面汇总、认真梳理的基础上,通过编著者的再创造,分四篇分别叙述地震资料处理、油气勘探综合研究、油藏地球物理

和油田信息化等四个方面的最新技术成果,共计 30 章节,全面而深入地阐述了“十一五”期间胜利油田物探研究院紧密结合油田的勘探开发实际,在地球物理技术方面取得的新进展,不仅具有很强的继承性,而且系统性强,具有很好的针对性。

2. 内容简介、编写人员

本书由四篇组成,包括地震资料处理、油气勘探综合研究、油藏地球物理、油田信息化。

1) 第一篇“地震资料处理”

本篇主要介绍了地震资料处理方面的方法与技术,包括复杂地表低信噪比资料处理技术、高保真高分辨率处理技术、特殊地质目标地震资料处理技术、地震资料叠前大连片处理技术、非一致性重复采集时移地震处理技术和地震叠前成像处理方法。本篇执笔人:郭树祥。

第一章“复杂地表低信噪比资料处理技术”主要介绍了二维山地资料层析静校正方法、地震数据共反射面元成像、复杂山地地震资料处理和西部沙漠区地震资料处理技术。执笔人:陈新荣、赵爱国、葛大明、陈云峰。

第二章“高保真高分辨率处理技术”主要介绍了地震资料保幅去噪处理、地层品质因子的反演与补偿、基于独立分量的地震盲源反褶积、高精度交互及各向异性速度分析技术。执笔人:陈新荣、刘立彬、梁鸿贤、付金荣。

第三章“特殊地质目标地震资料处理技术”主要介绍了基于地质目标的地震观测系统设计、陡坡带砂砾岩体资料处理、火成岩体地震资料处理、深层地震资料成像处理技术。执笔人:陈新荣、沈才余、李继光、张有芳、许学平。

第四章“地震资料叠前大连片处理技术”主要介绍了复合多域噪声压制处理、多区块能量一致性匹配处理、不同采集网格的数据规则化、频率相位一致性校正、多区块一致性静校正处理、连片资料叠前时间偏移处理技术。执笔人:于海铖、徐辉、步长城、郭见乐、朱洪昌。

第五章“非一致性重复采集时移地震处理技术”主要介绍了不同激发接收条件的一致性处理、多因素叠前互约束保真处理、叠后互均化处理等技术。执笔人:尚新民、芮拥军、王胜阁、李海涛。

第六章“地震叠前成像处理方法”主要介绍了复杂构造速度深度建模、真振幅叠前深度偏移成像、叠前波动方程成像、叠前逆时偏移成像方法。执笔人:匡斌、杨淑卿、郭树祥、唐祥功。

2) 第二篇“油气勘探综合研究”

本篇系统总结了“十一五”期间,高精度地震反演及地震属性、重磁电震联合勘探、岩性油藏储层描述、复杂断块构造解释、地层油藏地震描述、潜山(及内幕)油藏综合评价、天然气藏勘探、圈闭评价等勘探综合研究方面的技术进步及应用效果,和取得的巨大成果,以大量的勘探实例对各项技术进行了全面介绍和阐述。本篇执笔人:韩宏伟。

第一章“高精度地震反演及地震属性”主要介绍了叠后、叠前地震反演技术及高精度地震反演关键技术,属性提取、再造及多种属性应用新技术。执笔人:钮学民、王玉梅。

第二章“重磁电震联合勘探”,重、磁、电、震资料是对同一地质体不同物性参数从不同的侧面进行相应的表征。本章介绍了重磁电震联合勘探技术,将各个单独反演问题结合成一个联合反演问题,降低了独立反演问题的自由度,从实质上提高了地球物理研究的效果。执笔人:李云平、胡加山、刘希林。

第三章“岩性油藏储层描述”,分河道砂体、滩坝砂体、浊积砂体以及砂砾岩体四种类型介绍了“十一五”期间岩性油藏描述技术的最新进展和取得的成果。执笔人:邹东波、潘兴祥、张营革、于正军。

第四章“复杂断块构造解释”介绍了高精度三维地震的复杂断块的精细解释技术和区域大连片三维地震的复杂断块构造解释技术以及勘探实例。执笔人:杨泽蓉。

第五章“地层油藏地震描述”从不整合形成机制和成藏模式入手,总结了地层圈闭的识别及地震预测

技术。执笔人:高秋菊。

第六章“潜山油藏综合评价”分析了潜山储层的类型及特点,提出了针对性的地震处理技术与地震描述技术。执笔人:高秋菊。

第七章“天然气藏勘探”从天然气藏地震识别岩石物理基础入手,分别介绍了中浅层及深层天然气藏地震勘探技术。执笔人:李红梅。

第八章“圈闭评价技术”介绍了圈闭的分类、识别及描述技术评价和描述可信度评价,圈闭的含油性评价、经济评价、综合评价及决策等原则,并配合了实例应用。执笔人:冯德勇、刘士忠。

3) 第三篇“油藏地球物理”

本篇主要介绍了“十一五”期间油藏地球物理技术的最新研究成果,包括井间地震技术、三维 VSP 技术、多分量地震技术、多尺度资料联合反演及多尺度资料联合解释与匹配油藏建模技术等内容。本篇执笔人:夏吉庄。

第一章“井间地震”主要介绍了井间地震技术的资料采集、波场分离、层析成像、反射波成像及解释应用实例等。执笔人:左建军、魏国华。

第二章“三维 VSP”主要介绍了三维 VSP 技术的浮动坐标系极化滤波分离方法、速度建模、纵波偏移成像方法、高斯束法转换波偏移成像及应用效果等。执笔人:孙卫国。

第三章“多分量地震”主要介绍了多分量地震技术的矢量分解与合成、保幅噪声衰减、共转换点求取、转换波静校正、速度分析与动校正、转换波偏移成像及多分量地震资料解释与应用等。执笔人:石建新、王秀玲、韩世春。

第四章“多尺度资料联合反演”主要介绍了多尺度资料波场分析、多尺度地球物理资料联合拓频、多尺度资料联合储层反演及应用等。执笔人:刘浩杰、王玉梅。

第五章“多尺度资料联合解释与匹配油藏建模”主要介绍了多尺度资料联合解释、点线面体一体化的构造建模、多尺度资料联合储层建模、油藏地球物理资料约束的流体建模等技术及综合应用效果和实例。执笔人:吕德灵、杨宏伟。

4) 第四篇“油田信息化”

本篇着重阐述了与油田勘探密切相关的信息技术的研发与应用。前四章重点介绍方法原理、技术实现,第五章分五节简单介绍形成的自主软件系统及应用效果。本篇执笔人:王延光、隋志强、丛龙水、周霞、梁党卫。

第一章“数字油田关键技术”针对油田数据海量性和异构性的特点,设计了多源、异构信息集成的三层多维元数据模型,元数据管理工具,油气田信息集成服务平台;建立了三维地质体数字表征模式;形成了专业组件集成方案;建立了集勘探、开发、地下、地质信息于一体的三维油藏模型表述和勘探开发集成应用体系。执笔人:孙旭东、申龙斌、李虎、苏卫。

第二章“勘探数据库建设与应用”描述了勘探数据库建设历程,数据的管、存、用标准,数据库软硬件环境,电子资料柜建设,胜利油田的源头数据建设和数据中心建设等数据管理技术,以勘探源头采集系统、胜利勘探网、圈闭数据管理系统、勘探综合信息查询系统作为代表介绍了软件研发与应用。执笔人:李玲、陈历胜。

第三章“集群资源管理”阐述了集群系统管理的原理,资源监控管理的原理, Linux 系统断点保护的现场保护、恢复和进程迁移原理,地震处理作业调度原理;设计了监控管理、地震数据的存储管理,系统级断点恢复、地震处理作业自动断点恢复等模块;实现了集群的统一管理、作业的全局调度。执笔人:单联瑜、丛龙水、李战强、董涛、邢占军、孙世为、段森、孙友凯、赵军民、董倩、付巧娟、刘玉梅、徐香明、卢晋平、湛林福、吴敏、刘芳、车晓萍。

第四章“大型软硬件资源共享”阐述了软硬件资源共享的模式、计算资源的组织方式,介绍了资源共

享应用的技术原理和体系框架。对远程交互、三维可视化、运行监控、软件许可证管理、访问控制等技术方法进行了论述,设计实现了大型软硬件共享系统。执笔人:宋建、杨澎涛、史纪强、彭英、何兴曙、李占强。

第五章“自主研发软件”。

第一节“勘探决策支持系统”描述了系统的概念模型,设计了满足勘探井位部署决策流程、探井生产管理决策流程、综合地质研究数据需求的总体架构,对系统主要功能和应用情况进行了介绍。执笔人:隋国华、殷志强。

第二节“STseis 神通地震成像处理系统”介绍了 STseis 神通地震成像处理系统的研发历程,展示了软件系统架构、主要功能和应用情况。执笔人:杜继修、孟祥宾、张猛。

第三节“油藏地球物理软件系统”介绍了系统的主题技术、基本功能、研发规划和实施方案,重点介绍了“三维 VSP 地震资料处理”和“井控提高地面三维地震资料分辨率”两个子系统的功能和实际应用效果。执笔人:王慧、刘浩杰、孙卫国。

第四节“油田企业办公自动化软件系统”描述了系统的总体框架,介绍了形成的 20 多项主要功能、相应的开发标准和规范以及应用情况。执笔人:任恩茂、何兴曙、时培峰、肖红军、潘崇现、薛明正、颜世磊、谢丽娟、李妍琛、董爱茹、张爱萍、钟卫东、王桂兰、万志琼。

第五节“中国石化科技管理系统”介绍了对中国石化科技管理系统的建设历程,核心技术和中石化专有技术,系统的主要功能和在科技部 9 个业务处室、上下游 8 个直属研究院和上游企业的推广应用情况;另外,简要展示了胜利油田物探研究院自研的其他软件:叠前弹性反演、油气成藏过程定量模拟评价系统、古地形恢复、圈闭评价、测井地震结合时频分析层序划分、压力预测等。执笔人:赫俊民、殷志强等。

以胜利油田物探研究院成立十周年为契机,应广大科研生产人员的意愿和国内一些高等学校、科研院所的建议,决定梳理总结“十一五”期间的科研生产成果,并随即成立了由王延光任主任委员的编委会。本书由王延光总体策划、撰写前言、对全书进行定稿。王延光、王兴谋和苗永康、揭景荣等具体组织,王延光、郭树祥、韩宏伟、夏吉庄、隋志强等对每篇的写作提纲、写作内容作了具体设计,并进行了统稿和审校。本书是 2005 年前由物探研究院汇编的《胜利油气地球物理技术论文集》的继承和延续,但又有很大不同,是在技术与实践成果总结的基础上再创造编著而成的,是胜利油田物探研究院集体智慧的结晶。成立十年来,油田和上级领导一直关心、支持物探研究院的各项工作,并对技术的进展与成功的实践给予高度评价,胜利油田党委常委、副总经理、总地质师张善文教授级高工专门为本书作序,中国石油大学地球科学与技术学院印兴耀、李振春、孙成禹等教授对于本书的编写还提出了许多建设性意见,与胜利油田物探研究院有合作关系的大学和研究机构给予了积极配合和支持,在此一并表示衷心的感谢。

由于本书涉及的技术进展与应用实例绝大多数是以胜利油田的勘探开发为背景的,因此相应的方法、技术不可能全面涵盖,同时许多观点和论述不一定完全正确,加之作者水平有限,书中肯定有不足之处甚至有谬误之处,敬请读者提出批评和指正。

王延光

2012 年 4 月 26 日

目 录

第一篇 地震资料处理

引言	(3)
第一章 复杂地表低信噪比地震资料处理技术	(5)
第一节 二维山地地震资料层析静校正方法	(5)
第二节 地震数据共反射面元成像	(10)
第三节 复杂山地地震资料处理	(14)
第四节 西部沙漠区地震资料处理	(20)
第二章 高保真高分辨率处理技术	(27)
第一节 地震资料保幅去噪处理	(27)
第二节 地层品质因子的反演与补偿	(37)
第三节 基于独立分量的地震盲源反褶积	(39)
第四节 高精度交互及各向异性速度分析	(42)
第五节 应用实例	(48)
第三章 特殊地质目标地震资料处理技术	(53)
第一节 基于地质目标的地震观测系统设计	(53)
第二节 陡坡带砂砾岩体地震资料处理	(64)
第三节 火成岩体地震资料处理	(69)
第四节 深层地震资料成像处理	(71)
第四章 地震资料叠前大连片处理技术	(76)
第一节 复合多域噪声压制处理	(76)
第二节 多区块能量一致性匹配处理	(79)
第三节 不同采集网格的数据规则化	(82)
第四节 频率相位一致性校正处理	(85)
第五节 多区块一致性静校正处理	(88)

第六节 连片资料叠前时间偏移处理	(90)
第七节 应用实例	(92)
第五章 非一致性重复采集时移地震资料处理技术	(96)
第一节 不同激发接收条件的一致性处理	(96)
第二节 多因素叠前互约束保真处理	(100)
第三节 叠后互均化处理	(108)
第四节 应用实例	(110)
第六章 地震叠前成像处理技术	(113)
第一节 复杂构造速度深度建模	(113)
第二节 真振幅叠前深度偏移成像	(121)
第三节 叠前波动方程偏移成像	(130)
第四节 叠前逆时偏移成像	(136)
参考文献	(141)

第二篇 油气勘探综合研究

引言	(151)
第一章 高精度地震反演及地震属性	(153)
第一节 高精度地震反演	(153)
第二节 地震属性	(171)
第三节 高精度地震反演及地震属性技术应用及效果分析	(186)
第二章 重磁电震联合勘探	(204)
第一节 重力场正演模拟方法与技术	(204)
第二节 界面反演方法	(214)
第三节 界面反演模型实验	(217)
第四节 重磁影像及趋势面分析技术	(241)
第五节 电法资料处理解释技术	(249)
第三章 岩性油藏储层描述	(253)
第一节 新近系河道砂体油藏储层预测	(253)
第二节 滩坝砂岩储层地震描述	(261)
第三节 浊积岩分序级储层描述	(273)
第四节 砂砾岩体油藏地震勘探	(279)
第四章 复杂断块构造解释	(287)
第一节 勘探开发现状及技术发展历程	(287)
第二节 高精度三维地震复杂断块构造解释	(288)

第三节 区域连片地震复杂断块构造解释	(293)
第四节 结论与认识	(298)
第五章 地层油藏地震描述	(299)
第一节 地层油藏“三级不整合”成因机制及五种成藏模式	(299)
第二节 地层圈闭识别与地震预测	(303)
第三节 地层油藏勘探效果	(326)
第六章 潜山及内幕油藏综合评价	(327)
第一节 潜山储层类型及特征	(327)
第二节 潜山地球物理描述	(329)
第三节 勘探效果	(343)
第七章 天然气藏勘探	(346)
第一节 天然气藏地震识别岩石物理基础	(346)
第二节 中浅层天然气藏勘探技术	(351)
第三节 深层天然气藏勘探技术	(356)
第八章 圈闭评价技术	(364)
第一节 概述	(364)
第二节 圈闭识别及描述技术	(367)
第三节 圈闭含油气性评价	(385)
第四节 圈闭经济评价技术	(388)
第五节 圈闭综合评价及勘探决策	(393)
第六节 隐蔽圈闭评价实例分析	(397)
参考文献	(408)

第三篇 油藏地球物理

引言	(417)
第一章 井间地震	(421)
第一节 井间地震资料采集	(421)
第二节 波场分析与波场分离	(424)
第三节 层析成像	(430)
第四节 反射波成像	(434)
第五节 综合解释与应用效果	(440)
第二章 三维 VSP	(445)
第一节 浮动坐标系极化滤波分离方法	(445)
第二节 三维 VSP 速度建模技术	(451)