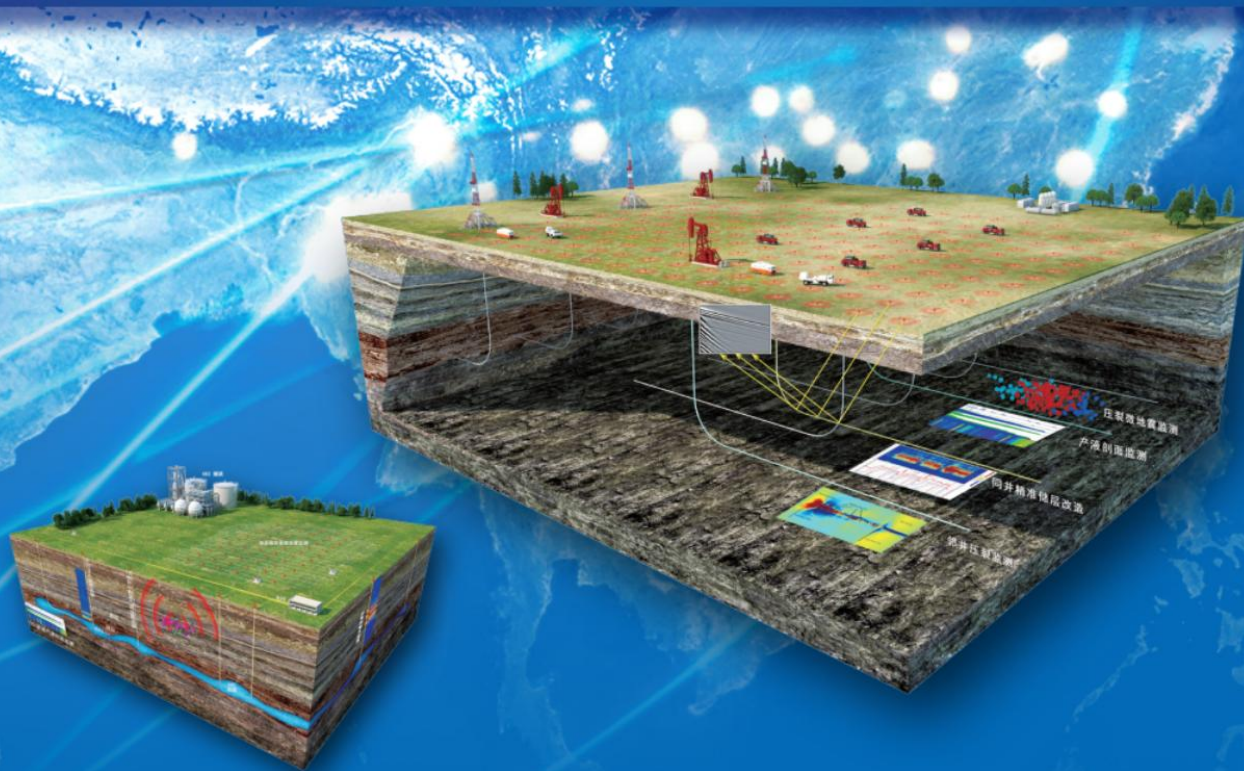


# 光纤传感

## 油藏地球物理技术及应用

RESERVOIR GEOPHYSICS TECHNOLOGY AND APPLICATION BASED ON DISTRIBUTED  
OPTICAL FIBER SYSTEM

苟量 张少华 余刚  
王熙明 饶云江 安树杰 ◆等编著



石油工业出版社

## 内容提要

本书详细介绍了光纤传感油藏地球物理技术创新性的发展历程。通过理论方法和实例介绍,归纳和总结分布式光纤传感技术在整个油气田储层的智能油藏感知、描述、模拟、监测应用的技术效果,为油田生命周期提供智能优化开发方案和生产制度,在未来智慧油气田的建设中发挥重要的技术支撑作用。

本书可供石油勘探开发专业的科研人员及大专院校相关专业师生参考使用。

## 图书在版编目(CIP)数据

光纤传感油藏地球物理技术及应用 / 苟量等编著. —  
北京:石油工业出版社, 2022.11

ISBN 978-7-5183-5637-9

I. ①光… II. ①苟… III. ①光纤传感器—应用—油  
藏—地球物理学—研究 IV. ①

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2022)第 182637 号

---

出版发行:石油工业出版社

(北京市朝阳区安华里 2 区 1 号 100011)

网 址:www.petropub.com

编辑部:(010) 64523533 图书营销中心:(010) 64523633

经 销:全国新华书店

印 刷:中石油彩色印刷有限责任公司

---

2022 年 11 月第 1 版 2022 年 11 月第 1 次印刷

787 毫米 × 1092 毫米 开本:1/16 印张:24.25

字数:620 千字

---

定价:168.00 元

(如发现印装质量问题,我社图书营销中心负责调换)

版权所有,翻印必究



## 前言

油藏地球物理 (Reservoir Geophysics) 技术是勘探地球物理技术向油田开发和生产领域的延伸。它主要针对油气藏评价、油气田开发与油气藏生产阶段提出的油气藏问题,应用地球物理方法通过油气藏描述、油气藏模拟和油气藏监测解决这些问题和发现剩余油气资源,最终达到提高油气采收率的目的。其特点是以井为核心,将测井数据、钻井数据、岩心分析数据、动态生产数据、地震数据联合起来,进行静态油气藏精细刻画和油气藏开发长期动态监测。油藏地球物理的目标比勘探地球物理更明确,资料采集、数据处理、综合解释方法更有针对性。其最终目标是围绕“认识油藏、开发油藏、改造油藏”,寻找剩余油、提高采收率。

分布式光纤传感技术是一种利用光纤作为传感或敏感元件和信号传输介质的传感传输技术。根据不同物理量的测量可分为分布式光纤声波传感 (DAS)、分布式光纤温度传感 (DTS) 和分布式光纤应变传感 (DSS)。该技术以其独特的优势 (见本书第 2 章),最近几年在油气资源勘探开发领域的应用中迅速发展。分布式光纤声波传感 (DAS) 目前主要用于地表、井中和海底的地震数据采集,井下气体或液体流动噪声记录;分布式光纤温度传感 (DTS) 多年来已广泛应用于井中温度测量;分布式光纤应变传感 (DSS) 则用于地下构造地应力异常带、地层压力异常区内的套管变形和套损的测量与监测。

针对油气藏评价、油气田开发与油气藏生产阶段提出的如何寻找剩余油气资源,如何提高采收率等问题,可以应用大规模地下或井下布设的分布式传感光纤,采集高密度地面或井中地震数据,实时收集油气藏储层参数与油气井动态生产数据。通过对这些数据的智能化处理,从而实现了对油气藏的智能精细描述或刻画、发现剩余油气资源、开展油气藏模拟和生产动态监测,进而优化调整油气藏的开发方案和生产制度,最终达到提高油气采收率的目的。光纤传感油藏地球物理技术由此应运而生。

近年来,斯伦贝谢等国外油田技术服务公司先后开展了光纤传感技术、仪器、装备的研制及其在油气资源勘探开发中的推广应用,国内的部分油气田也进行了一些技术引进和现场试验的尝试。自 2016 年至今,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) 与电子科技大学一起开展产、学、研、用联合攻关,创新研发了具有自主知识产权的基于分布式光纤声波传感技术的超高灵敏度 uDAS<sup>®</sup> 地震仪、基于分布式光纤温度传感技术的 uDTS<sup>®</sup> 测温仪,以及配套的井中地震数据采集装备与井下铠装光缆设计、制造及安置工艺,为推动科研成果的产业化转化,大力发展井中光纤地震技术、光纤井中—地面 (或海洋) 地



震联合立体勘探技术、光纤水力压裂微地震及精准储层改造工程监测技术、光纤井下长期动态监测技术等分布式光纤传感的应用技术，并在国内外油气田大规模推广应用，引领了光纤传感油藏地球物理技术的发展与进步，促进了光纤传感油藏地球物理行业的跨越式发展。

随着光纤仪器装备和工艺的不断进步和数据处理与解释方法的快速发展，光纤传感油藏地球物理技术将实现对油气藏三维空间储层物性的实时动态感知与测量，真正实现地下油气藏的智能精细刻画和描述、油气藏智能动态模拟，在油气资源勘探开发、储气库安全运维监测与 CCUS 安全封存监测、智慧油气田建设等领域具有广阔的应用前景。

为了进一步推动光纤传感油藏地球物理技术在国内的快速发展与进步，促进能源与资源行业的高质量跨越式发展，笔者系统梳理了该技术的最新发展成果和近几年的应用效果，编著形成了本书。本书第 1 章基于对油藏地球物理技术的发展及传统油藏地球物理技术的局限性分析，系统地介绍了光纤传感油藏地球物理技术的优势和发展历程（由苟量、张少华、余刚、冉曾令、夏淑君编写）。第 2 章详细介绍了光纤传感器的发展和原理，以及光纤传感器与常规检波器的差异（由冉曾令、饶云江、张丽霞、敬强、崔健馨、邱盛意、李焕辉、郁梦柯、甘露鹏、肖彦波编写）。第 3 章介绍了光纤传感系统在地面地震勘探中的应用，其中包括复杂地表微测井纵波近地表调查和光纤声波传感器数据面波近地表速度反演、光纤陆地采集及成像（由安树杰、吴俊军、丁传奇、王瑜璇编写）。第 4 章系统总结了光纤井中勘探资料采集技术，其中，为了提高采集资料信噪比和分辨率，针对不同应用场景采用不同的光纤、光缆结构、观测系统、安置工艺等（由安树杰、刘聪伟、王渝、吉晓阳、黄冬、李清锋、陈朔编写）。第 5 章是光纤井中勘探资料处理技术介绍；由于光纤 DAS 的特点给数据处理技术带来了挑战，本章总结了从常规 VSP 到 DAS 井地联采，从井震的桥式标定到井旁地质构造的精细成像技术（由陈沅忠、蔡志东、曹中林、李建国、黄建华、边瑞峰、赵继龙、赵倩倩、段鹏飞、唐虎编写）。第 6 章和第 7 章是基于分布式光纤系统的常规油气监测技术和非常规油气监测技术，是打造智慧油气田的基石，实现了油藏静态监测到动态监测的跨越（由安树杰、王艳华、吴俊军、王瑜璇、严海滔、徐刚、杜金玲、容娇君、金其虎、冯超、林鹤、罗文军、李沁泽、周慰、李爽编写）。第 8 章是近几年光纤传感技术在油气田勘探开发中的应用实例分析（由吴俊军、蔡志东、王艳华、陈沅忠、冀盘龙、周顺明、李爽、王松、赵倩倩、何志豪、陈策、李嘉宁、付检刚、张晓璐、曾鑫、严海滔、李陶编写）。第 9 章是光纤传感技术的发展展望（由余刚、王熙明、冉曾令编写）。全书由付京会统稿，余刚定稿。

本书是在东方物探原党委书记、执行董事苟量和中油奥博（成都）科技有限公司总经理王熙明的组织与支持下编著而成。东方物探、中油奥博（成都）科技有限公司、电子科技大学通讯学院、东方物探研发中心成都分中心为本书的编写提供了许多宝贵的实际资料和试验数据，长庆油田、浙江油田、西南油气田、华北油田、吉林油田、大港油田、塔里木油田、上海石油天然气等油田公司提供了试验场地和基础资料。本书还大量引用并借鉴了国内外同行的研究成果，在此一并表示衷心感谢。若参考文献有遗漏，敬请海涵。

由于笔者水平所限，书中表达的观点、涉及的技术可能存在一定的局限性，恳请读者批评指正。