

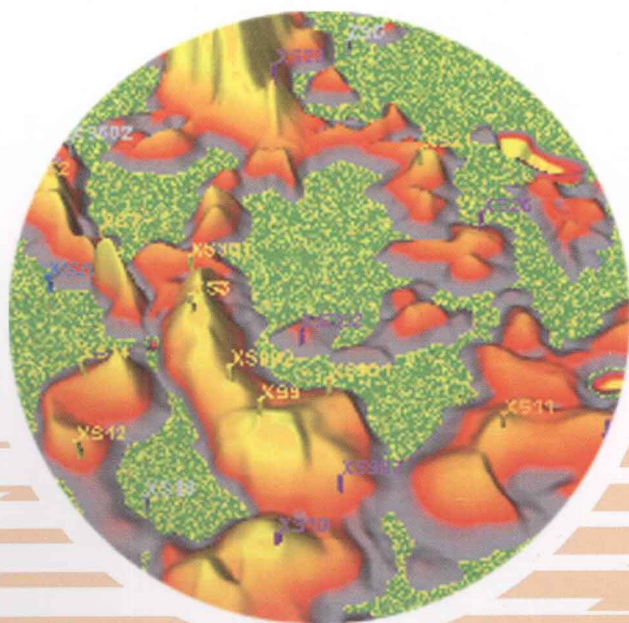


中国石油勘探工程技术攻关丛书

ZHONGGUO SHIYOU KANTAN GONGCHENG JISHU GONGGUAN CONGSHU

深层火山岩地球物理勘探 关键技术及应用

○ 中国石油勘探与生产分公司 著



石油工业出版社

内 容 提 要

本书以中国石油天然气股份有限公司物探技术攻关项目成果为主,围绕我国中西部深层火山岩的勘探问题,从地震资料的采集、处理及有效储层预测三个方面,详尽地阐述了深层火山岩地震勘探的关键技术,并从实践上系统展示了地震勘探技术在深层火山岩勘探中的应用效果。

该书可作为从事火山岩油气藏勘探的技术人员和高等院校相关专业的师生学习、参考的资料。

图书在版编目(CIP)数据

深层火山岩地球物理勘探关键技术及应用 / 中国石油勘探与生产分公司著 .
北京:石油工业出版社, 2009.11

(中国石油勘探工程技术攻关丛书)

ISBN 978-7-5021-7485-9

I . 深…

II . 中…

III . 火山岩—岩性油气藏—地球物理勘探—研究—中国

IV . P618.130.8

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2009) 第 200033 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: www.petropub.com.cn

发行部: (010) 64523620

经 销: 全国新华书店

印 刷: 石油工业出版社印刷厂

2009 年 11 月第 1 版 2009 年 11 月第 1 次印刷

787×1092 毫米 开本: 1/16 印张: 12.25

字数: 300 千字 印数: 1—1200 册

定价: 65.00 元

(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

《中国石油勘探工程技术攻关丛书》

编 委 会

主 任：周吉平

副主任：赵政璋 贾承造

委 员：（按姓氏笔画排序）

马新华	王元基	王玉华	王招明	付锁堂	冯志强
匡立春	孙 宁	孙龙德	杨 华	杜金虎	吴 枚
吴 奇	吴永平	吴国干	何江川	邹才能	张 玮
张国珍	陈建军	周明春	周海民	周家尧	周新源
郑新权	孟卫工	赵文智	赵邦六	赵志魁	赵贤正
袁士义	贾 东	夏义平	徐凤银	徐春春	梁世君
董月霞	董焕忠	魏顶民			

《深层火山岩地球物理勘探关键技术及应用》

编 写 组

主 编：赵邦六

副 主 编：杜金虎 张国珍 冯志强 匡立春 陈树民 吕焕通

主要成员：李来林 杨迪生 吴清岭 易维启 毛海波 姜传金

张尔华 黄永平 戴晓峰 王建民 傅朝奎 李崇灿

范文科 梁 奇 张 研

顾 问：赵化昆 詹仕凡

序

中国石油作为我国能源行业的特大型骨干企业，在保障国家能源安全方面具有义不容辞的光荣使命。经过半个多世纪的大规模勘探开发，国内油气勘探已进入一个新的发展阶段，特别是随着勘探开发的不断深入，勘探领域发生了很大变化。从地面条件看，勘探对象已从平原向山地、沙漠、滩海大幅度延伸；从地质条件看，低渗透、复杂碳酸盐岩、火山岩等复杂储层和稠油等复杂油藏所占比例大幅度增加。在这种情况下，如何继续大幅度增加储量以满足油气产量持续增长的需要成了摆在我们面前的迫切问题。

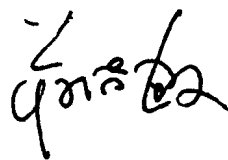
为了积极应对这种挑战，2005年我们明确提出了“油气勘探必须走技术发展之路”的要求，并按照“突出重点探区、依托重点项目、注重实际效果”的思路，设立专项投资，发挥中国石油整体优势，分物探、钻井、测井、试油四个专业，重点在塔里木、四川、准噶尔、渤海湾、柴达木、松辽、鄂尔多斯等盆地组织了以现场为主体的工程技术攻关。通过几年的不懈努力，一大批制约油气勘探的瓶颈技术得以攻克，针对复杂地表和高陡构造的地震采集、处理和解释一体化技术取得明显突破，发现了一批具有战略意义的勘探目标；以欠平衡钻井、垂直钻井等为主的低压储层保护和高陡构造防斜打快技术极大地提升了钻井能力，保障了勘探发现；以成像测井为主的采集技术和以复杂油气藏饱和度研究为主的解释技术研发成功，较好地保障了火山岩、低渗透等复杂储层识别与评价的需要；以大型酸化和压裂改造为主的增产技术，提升了低渗透油气层的商业价值。一大批工程技术的突破不仅提高了其在油气勘探中的保障能力，也增长了工程技术服务队伍的竞争能力，更为重要的是拓展了新的油气勘探领域，开阔了找油找气的视野，进一步坚定了我们不断寻找大油气田的信心和决心。

伴随着工程技术的进步，近年来我们已经进入新的油气储量增长高峰期，连续六年探明石油地质储量大于5亿吨，连续三年探明天然气地质储量大于3000亿立方米。新发现并落实了长庆苏里格、塔里木库车等储量规模万亿立

方米的气田和目标区，发现并落实了长庆姬塬和西峰、塔里木塔北、准噶尔西北缘等一批储量规模 5 至 10 亿吨的规模储量区。由于勘探的快速发展，油气资源基础不断夯实，油气田开发也进入了快速发展的新阶段，原油产量从 2006 年开始连续三年创历史新高，天然气产量从 2005 年开始连续五年换“百”字头。

《中国石油勘探工程技术攻关丛书》系统总结了这几年来技术攻关的丰硕成果，凝聚了攻关单位数百名科技工作者的辛勤劳动。相信这套《丛书》的出版，必将对提高技术人员的业务素质和管理人员的驾驭能力、提升勘探技术应用水平起到带动和促进作用，也必将为推动中国石油上游业务的发展起到重要作用。

认识没有止境，攻关永不停步。随着勘探难度的增加，许多新的问题需要解决，大量技术难题有待攻克。我们必须继续坚定走技术发展之路不动摇，继续狠抓技术攻关不松劲。只有这样，才能持续推动工程技术进步，才能更好地为“储量增长高峰期工程”和“稳定并提高单井日产量工程”提供技术保障。

A handwritten signature in black ink, appearing to be 'Zou Taofu' (邹韬奋), written in a cursive style.

2009 年 11 月 2 日

前 言

中国含油气盆地火山岩分布广泛，无论是东部地区，还是西部地区，火山岩的油气勘探领域都很广阔，勘探潜力巨大。中国石油在 20 世纪末已将火山岩油气勘探作为新的勘探类型强化研究和探索，发现了一些勘探苗头，并在松辽、准噶尔、三塘湖等盆地取得了可喜的进展，但因火山岩油气藏极为复杂，勘探进程十分缓慢。由于火山岩屏蔽作用强，地震资料品质差，火山岩储层非均质性强，成藏机理十分复杂，地球物理勘探技术在准确识别、刻画、描述火山岩体和预测其含油气性等方面手段较少，严重制约着油气勘探的新发现和新突破。

2005 年，中国石油提出“油气勘探必须走技术发展之路”，决定从 2006 年开始全面开展复杂地区油气勘探工程技术攻关。通过三年的技术攻关，在基于深层目标地震采集、火山岩体叠前地震成像、火山机构的识别与描述、有效储集体预测方法等方面有较多创新；建立了一套适应埋藏深度大、巨厚非均质火山岩的物探配套技术系列；形成了一批诸如二维宽线大偏移距高覆盖的沙漠地震采集、宽方位三维地震采集、复杂结构速度建模和叠前偏移成像处理、火山机构识别与刻画、火山岩储层井震联合反演和烃类预测技术等为代表的关键技术。本次物探技术攻关较大幅度地提高了深层火山岩地震资料的品质，精细刻画了火山岩体分布，进一步认识了火山岩油气藏的成藏机理和分布的不均质性；落实了一批火山岩有利分布区带；发现和落实了一批近千平方千米可供钻探的新圈闭；实现了继松辽徐深气田之后的徐东地区、新疆陆东—五彩湾地区克拉美丽千亿立方米气田的快速探明和火山岩勘探的新突破，火山岩物探技术攻关成果十分显著。

为更好地应用推广几年来物探技术攻关取得的技术成果，进一步推动物探技术进步，指导中国石油物探技术发展，为复杂地区油气勘探服务，勘探与生产分公司组织专家对三年来的物探技术攻关成果进行了深入分析、系统研究和全面总结，特编辑出版此书。

本书由勘探与生产分公司统一组织编写，参加的编写单位有：大庆油田公司、新疆油田分公司、北京石油勘探开发研究院，历时一年完成。

本书第一章由陈树民、吕焕通、赵邦六、张国珍执笔；第二章由王建民、黄永平、易维启、陈树民执笔；第三章由李来林、吴清岭、王建民、梁奇执笔；第四章由姜传金、杨迪生、戴晓峰、傅朝奎、李崇灿执笔；第五章由李来林、张尔华、杨迪生、姜传

金、易维启、冯肖宇、张研、范文科执笔。本书先后进行过五次修改，最后由赵邦六、杜金虎、张国珍负责统稿。

本书编写过程中，得到了中国石油天然气股份有限公司贾承造院士和赵政璋副总裁的大力支持；赵化昆、詹仕凡、何展翔、张晓东、杨辉等专家对书稿提出了具体修改建议；石油工业出版社相关人员对出版样稿进行了详细的审查与修改；在火山岩油气藏地球物理勘探技术攻关过程中，中国石油广大物探技术工作者为火山岩物探关键技术的发展和油气勘探的突破做出了重要贡献。值此本书正式出版之际，谨向他们表示衷心的感谢！

由于编写者水平有限，书中一定存在不妥之处，诚恳希望广大读者批评指正。

目 录

序

前言

第一章 概述	1
第一节 火山岩油气勘探现状	1
第二节 火山岩油气藏地质特点和勘探难点	3
第三节 典型沉积盆地火山岩油气地震勘探思路、技术对策与勘探成果	6
第二章 深层火山岩勘探地震采集关键技术	11
第一节 大炮检距高覆盖三维采集技术	11
第二节 长排列宽线优化组合采集技术	21
第三章 深层火山岩勘探地震处理关键技术	29
第一节 表层模型约束组合静校正技术	29
第二节 叠前组合去噪技术	37
第三节 振幅波形一致性连片处理技术	44
第四节 复杂结构火山岩叠前成像技术	54
第五节 面向叠前反演的道集处理技术	67
第四章 深层火山岩地球物理勘探预测关键技术	72
第一节 火山岩分布重磁电预测技术	72
第二节 火山岩分布地震预测技术	83
第三节 火山机构地震识别技术	96
第四节 火山岩储层井震联合反演技术	103
第五节 火山岩储层与流体地震叠前预测技术	108
第五章 深层火山岩油气藏勘探典型实例	125
第一节 松辽盆地徐深气田勘探实例	125
第二节 准噶尔盆地克拉美丽气田勘探实例	157
参考文献	183

第一章 概述

第一节 火山岩油气勘探现状

火山岩油气藏广泛分布于全球五大洲 20 多个国家 300 余个盆地或区块内，正在成为全球油气资源勘探开发的重要新领域。火山岩油气藏主要分布在中—新生界，其次是上古生界，尤其是侏罗系、白垩系和古近系所占比例较大，约占 70%。

盆地形成演化及其含油气性与火山作用密切相关。在大陆裂谷、大陆边缘、沟—弧体系以及弧后前陆等盆地中，火山岩是盆地早期充填的重要组成部分（约占体积的 25%，Einsele, 2000），是全球油气勘探的重要新领域。

一、国外火山岩油气藏分布

火山岩以及火山岩油气藏在中—新生代陆相及海相盆地中具有全球发育的特点。典型的火山岩盆地有：美国 San Juan 拗陷（Gries 等，1997），俄罗斯 Sakhalin 盆地、Kuril 盆地和 Kura 地堑（Levine, 1995），日本 Hokkaido 至 Honshu 的新生代含油气盆地群（Wakita 和 Sano, 1983；Sakata 等，1989），欧洲北海盆地（Stewart 和 Clark, 1999）。

截至 2003 年，国外发现含火山岩的盆地 336 个，其中形成火山岩油气藏盆地 169 个，见油气显示盆地 65 个，见油苗盆地 102 个（图 1-1）。已经发现具有代表性的火山岩油气藏有印度尼西亚的贾蒂巴朗（Jatibarang）玄武岩油气田（石油储量为 $1.65 \times 10^8 \text{t}$ 、天然气储量逾 $764 \times 10^8 \text{m}^3$ ），澳大利亚斯科特瑞夫（Scott Reef）玄武岩油气田（石油储量为 $1795 \times 10^4 \text{t}$ 、天然气储量为 $3877 \times 10^8 \text{m}^3$ ），纳米比亚库都（Kudu）玄武岩气田（储量 $849 \times 10^8 \text{m}^3$ ）等较大型的油气田。

二、国内火山岩油气藏分布

国内火山岩油气藏勘探始于 20 世纪 50 年代，进入 21 世纪得到迅速发展，并不断有油气勘探的大发现。目前，在我国陆上几乎所有的含油气盆地内都发现了火山岩油气藏。

我国东部火山岩盆地的形成与演化主要受太平洋动力体系控制，大规模火山活动主要发生在早白垩世和古近纪两个地质时期（刘嘉麒，1999；刘若新，2000）。早白垩世强烈的火山活动在松辽、海拉尔、二连等盆地断陷层序中形成大量火山岩，古近纪火山岩主要分布在

渤海湾盆地和深大断裂带附近。

松辽、海拉尔、二连等盆地下白垩统火山岩厚度大、分布广、层系多、成藏条件好，且多与生油岩层互层，松辽盆地中深层已探明的天然气 87% 赋存于下白垩统火山岩中；渤海湾盆地古近系火山岩在盆地断陷层序中广泛发育，并形成较大规模的火山岩油藏。这些充分表明早白垩世和古近纪两期构造——火山事件不仅控制着大规模火山岩的形成和分布，也为火山岩储层的发育和大规模火山岩油气藏的形成奠定了基础（李思田，2004）。

中国西部已发现的火山岩油气藏主要分布在准噶尔、塔里木、三塘湖和四川等盆地，其中，准噶尔盆地火山岩油气藏分布面积、规模和储量最大。尽管存在对构造演化的动力学背景和过程有不同认识，但多数学者认为西部古生代主要经历了增生型造山作用与复杂的块体拼合过程，中—新生代经历了多次强烈的陆内构造变形活动，伴随着火山岩盆地的形成和强烈改造。近年来，石炭—二叠系是准噶尔和三塘湖盆地火山岩油气藏勘探的重要目的层，展示出良好的勘探前景（贾承造等，2005）。



图 1-1 全球火山岩油气显示及火山岩油气田分布图 (据 Schutter, 2003 修改)

三、国内火山岩油气勘探主要阶段

国内火山岩油气藏历经 50 年勘探，近年不断有大发现，已经作为重要含油气新领域进行全面勘探。其勘探历程按照在火山岩中发现油气储量增长趋势主要可分为以下四个阶段（邹才能，2009，图 1-2）。

第一阶段——发现阶段（1955—1990 年）。我国于 1957 年在准噶尔盆地西北缘首次发现火山岩油藏，从 20 世纪 70—80 年代开始，在渤海湾盆地各油田相继发现火山岩油气藏。

第二阶段——局部勘探阶段（1991—2001 年）。20 世纪 90 年代主要在准噶尔盆地西北缘车排子、红山嘴及腹部石西发现火山岩油藏，在渤海湾发现热河台火山岩油藏，这些油田都是把火山岩作为兼探目的层而发现的。

第三阶段——重大突破勘探阶段（2002—2005 年）。2001 年 6 月 26 日在松辽盆地徐家围子断陷升平构造向南延伸部分的“凹中隆”鼻状构造上钻探了徐深 1 井，2002 年 5 月 7 日完钻，钻遇火山岩气层厚度 198m，获得了自然产能 $53.9 \times 10^4 \text{m}^3$ ，无阻流量超百万立方米的高产工业气流，发现了大规模的火山岩天然气藏。这一发现推动了国内深层火山岩的油气勘探。

2002 年以后，我国几乎所有的主要含油气盆地内都发现了火山岩油气藏。塔里木、准噶尔等西部盆地的火山岩主要发育于晚海西期和燕山期。东部中—新生代盆地的火山岩主要见于晚侏罗—早白垩世和古近纪盆地的充填序列之中。

第四阶段——全面勘探阶段（2006—2008 年）。在 2006—2008 年的三年间，开展了大规模火山岩领域的勘探，建成了一大批具有一定规模、一定储量和产量、以火山岩储层为主的油气田，松辽盆地、准噶尔盆地和三塘湖盆地均发现了亿吨级油气当量的火山岩油气藏。松辽盆地、二连盆地以下白垩统中酸性火山岩为主、中基性火山岩为辅，渤海湾盆地群以中基性、偏碱性的古近系火山岩为主，准噶尔盆地、三塘湖盆地以石炭系—二叠统中基性火山岩为主、中酸性火山岩为辅。

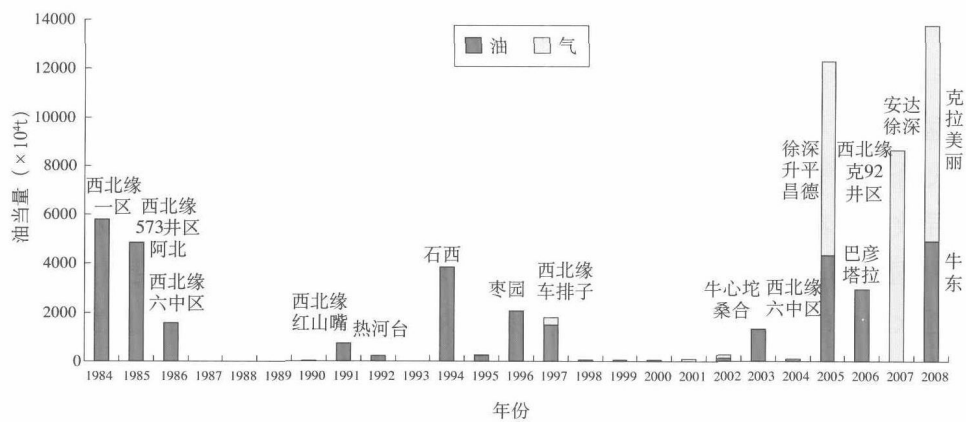


图 1-2 中国陆上火山岩油气藏储量增长趋势图（据邹才能，2009 修改）
西北缘指准噶尔盆地西北缘

第二节 火山岩油气藏地质特点和勘探难点

我国东、西部含火山岩油气盆地的地质背景和演化复杂，大多经历了多期火山活动与复

杂的构造运动，形成多期叠加的褶皱断裂，造成强烈的区域性隆起与沉降，对火山岩储层演化、油气运移及成藏产生了复杂影响。因此，与常规沉积岩油气藏相比，火山岩油气藏具有复杂性、多样性、火山岩岩性和岩相变化快、储层非均质性强、成藏系统复杂、勘探难度大等特点。

一、火山岩油气藏地质特点

火山岩与沉积岩的形成机制存在着巨大差别，这决定了火山岩储层的形成和演化机制与沉积岩有较大差异，火山岩油气藏的非均质性远远大于沉积岩作为储层的油气藏。火山岩油气藏具有下列特点。

(1) 火山岩储层的岩石类型和岩相特征要比沉积岩复杂。不同时代、不同类型盆地各类火山岩均可形成火山岩油气藏。中国已发现的火山岩油气藏，东部主要发育在中—新生界，岩石类型以中酸性火山岩为主，西部主要发育在古生界，岩石类型以中基性火山岩为主，但所有火山岩岩石类型都有可能形成油气藏。不论在中国东部还是在西部，各类火山岩岩相，从爆发相到溢流相均见到油气，因此火山岩储层的形成机制比沉积岩复杂，火山岩储层的横向非均质性比沉积岩严重。

(2) 火山岩储层的储集空间在深层比沉积岩具有明显优势。火山岩原生孔隙一般随埋深变化不大（图 1-3），还可因地层流体、构造等作用形成次生孔隙发育带，因此，盆地深层火山岩储层的物性可优于碎屑岩而成为主力储层，如在松辽盆地埋深大于 3000m 的地层中，87% 的天然气赋存在火山岩中。

(3) 火山岩与作为烃源岩的沉积岩配置良好才能形成油气藏。火山岩本身不具有生烃能力，火山岩油气藏是指火山岩作为储层的油气藏，因此，火山岩油气藏的主要烃类来源是深层的沉积岩。研究表明，火山岩在深层易与沉积岩交互构成良好的生储盖组合（图 1-4），在含油气盆地内，才具有形成火山岩油气藏的物质条件。

(4) 火山岩油气藏类型比沉积岩更具多样性。由于火山活动及其与之伴生的构造运动的复杂性，导致火山岩储层形成和演化规律存在复杂性，这决定了火山岩油气藏类型也具有多样性。在中国东部，火山岩后期改造作用相对较弱，深层天然气藏类型受原始火山机构控制较强。近火山口的高部位，天然气相对富集，但在低部位，受岩相控制，也发现了大规模、以岩性型为主叠合连片分布的气藏。如松辽盆地深层徐家围子的徐深气田。在中国西部，火山岩喷发规模大，后期构造运动频繁，火山岩原始喷发状态改造严重，如准噶尔盆地克拉美丽大气田、西北缘大油田等，火山岩地层分布横向成层性较好，油气藏类型以地层型为主，可能具有形成大型整装油气田的条件。

(5) 火山岩油气藏的流体来源具有多样性。在目前已发现的油气藏中，有油藏也有烃类气藏，还常见到非烃类（ CO_2 和稀有气体）工业气藏。从油气成因上看，也相对复杂，烃类油气藏主要以有机成因为主，油气主要来自深层的沉积岩，但也具有深部无机成因的可能。

已发现的非烃类 CO₂ 气藏，气源来自深部，以无机成因为主。由于火山岩是伴随深部物质喷发到地表，较高的地层温度，对相邻的有机质生烃会产生有利的影响，对已经形成的油气藏也产生破坏作用，同时还可能存在深部流体的加氢作用等复杂的油气形成过程。因此，火山岩油气藏的形成机理和分布规律还需要不断的探索。

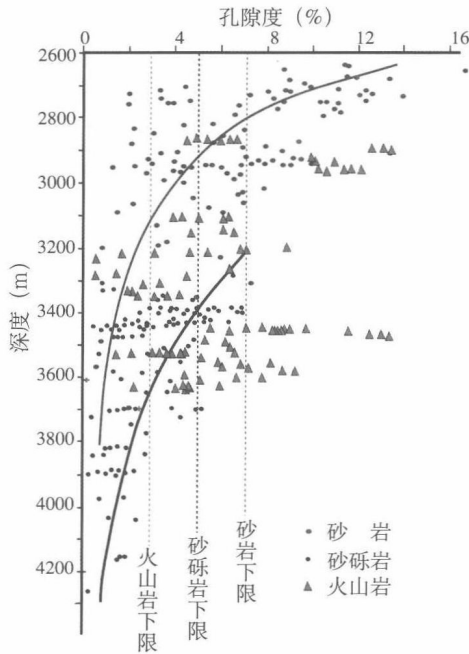


图 1-3 火山岩孔隙度随深度变化图

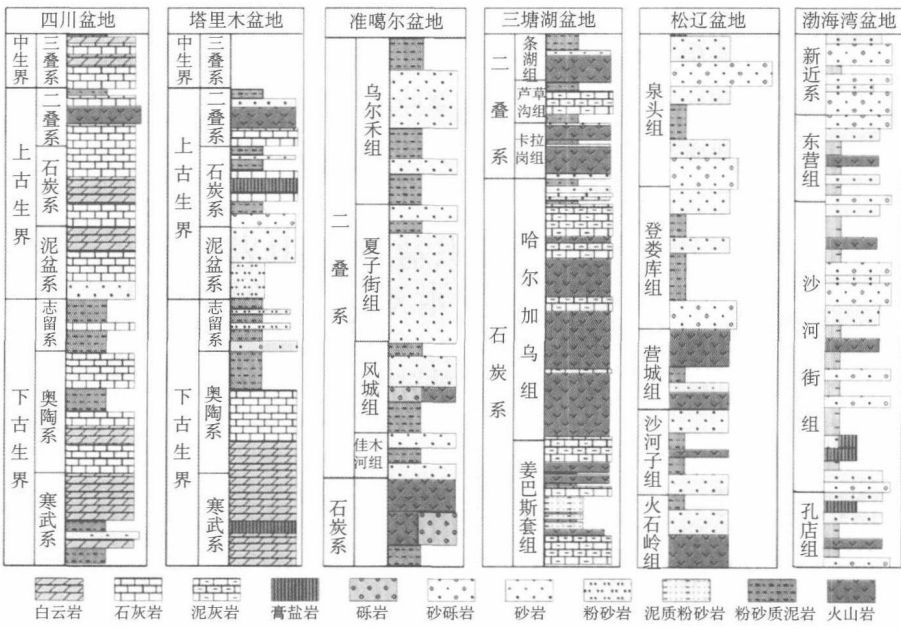


图 1-4 中国主要含油气盆地火山岩油气藏成藏组合示意图 (据邹才能, 2008)

二、火山岩油气藏勘探难点

由于火山岩及其储层、油气藏形成及其演化过程的复杂性，决定了火山岩油气藏勘探存在以下难点。

(1) 火山岩地层对比难度大。由于火山活动规模、喷发期次、分布规律、后期改造作用等影响因素复杂，单期喷发厚度横向变化大，火山岩体常常是由多个火山口、多期次喷发叠置形成，火山岩岩性、岩相纵、横向变化大，后期改造严重，地震反射横向连续性差，因此火山喷发韵律、火山喷发旋回、火山—沉积构造层序横向对比难度大。

(2) 火山岩勘探目标识别难度大。由于火山活动常伴随强烈的构造运动，断裂发育，构造复杂，加上埋藏深，地震波传播路径长，能量弱，导致地震反射信噪比低，使得深层火山岩几何形态和内部结构准确成像难度大。同时由于火山岩后期改造作用，原始火山机构保持不明显，火山岩内部结构关系、储层成因机制复杂，相对沉积岩而言，有效储层分布规律要复杂得多，火山岩有效储层地震预测和勘探目标的有效识别难度较大。

(3) 火山岩测井“四性”关系复杂。火山岩不同的岩相，对应不同的岩性组合，不同的岩性对应不同的电性特征、声学特征、放射性等特征，因此，利用测井资料识别火山岩岩相、储层物性和含油气性，多解性高于沉积岩。用测井资料解决火山岩岩性识别问题相对成熟，火山岩岩相识别、不同岩相“四性关系”问题等系统研究还不够深入，而火山岩的导电机理和饱和度方程问题的研究才刚刚起步。因此火山岩油气藏的储层评价、油气水层识别和储量参数确定难度比较大。

(4) 火山岩油气藏成藏机理与分布规律认识程度低。火山岩分布的区域控制因素和分布规律认识难度比较大，火山岩岩性、岩相和有效储层的形成机制和分布规律认识难度比较大，火山岩油气藏的成藏条件和油气分布规律认识难度比较大，火山岩油气藏评价和储量计算难度比较大。这些地质难题，不仅是火山岩油气藏勘探的难点，也是火山岩地质研究重点解决的认识问题，需要通过地质地球物理的有机结合逐步加以解决。

第三节 典型沉积盆地火山岩油气地震勘探思路、技术对策与勘探成果

针对火山岩储层油气藏的特点，开展了有针对性的技术措施，提高了火山岩油气藏的勘探精度。

一、地震勘探思路

实践证明，地震勘探技术是制约火山岩油气勘探的关键技术，根据上述火山岩油气藏地质特点和勘探难点，火山岩地震勘探总体思路是：选择重点领域、针对关键问题、找准技术对策、开展关键技术攻关，以关键技术的突破，推广应用到规模生产，以高精度地震成果，

提高钻探成功率，实现勘探大发现。

火山岩研究的总体思路是：依托重点项目，攻克瓶颈技术，推广成熟技术，引领技术发展。攻关形式上采用采集、处理、储层预测技术一体化攻关，改善火山岩地震成像效果，提高火山岩圈闭和火山岩储层识别精度，为井位部署和储量提交提供依据，提高钻探成功率和油气藏描述精度，形成有效的火山岩油气藏识别的物探方法和技术系列。

二、地震勘探面临的问题

松辽盆地深层和准噶尔盆地石炭系火山岩地震勘探主要面临以下问题。

(1) 松辽盆地深层火山岩地震勘探存在三个主要问题。

①松辽盆地表层低速带厚，营城组火山岩埋藏深、地震波传播路径长、地震反射能量弱。

②深层火山岩原始火山机构的几何形态相对完整，火山岩顶面及其内部结构地层倾角变化大，横向变化大，火山机构及其复杂构造变形的良好成像是地震勘探的难点。

③营城组火山岩以酸性岩为主，与围岩的波阻抗差异相对小。火山岩体由多期次喷发叠置形成，岩性、岩相变化大，从爆发相到溢流相，乃至凝灰岩都可能形成储层，有效储层预测对地震叠前保真性处理和岩石物理研究要求高。

(2) 准噶尔盆地深层火山岩地震勘探存在三个主要问题。

①地表条件复杂，埋藏深、传播路径长、反射能量弱，同时存在沙漠戈壁滩地区激发能量弱、激发难度大的问题；沙漠地区地形起伏地表静校正问题也比较严重。

②石炭系火山岩经历多期构造运动和后期改造，火山岩原始火山机构不清楚，火山岩外部形态和内部反射机构特征不明显，对地震保真处理要求高和地震资料信噪比低的矛盾突出。

③石炭系火山岩主要以基性岩为主，同时也见到中酸性火山岩储层，储层中流体既有油又有气，也有水，不同岩性和储层、流体的岩石物理关系复杂，地震储层预测难度比较大。

三、技术对策

针对火山岩地质特点和地震勘探面临的问题，主要技术对策包括：一是通过优化观测系统和采集参数提高深层火山岩地震反射能量和信噪比；二是采用叠前成像和保幅处理提高火山岩构造和内幕反射信息成像精度；三是开展火山岩岩石物理研究，建立火山岩岩性、物性和含油气性地震响应关系；四是开展综合物探研究，应用重磁电法预测火山岩宏观分布规律，应用地震精细刻画火山岩构造和储层；五是应用叠前反演开展烃类检测，预测有利区带。

四、2006—2008 年火山岩地震攻关研究项目

1. 准噶尔盆地石炭系火山岩地震技术攻关项目

“准噶尔盆地陆东—五彩湾地区石炭系地震采集处理技术攻关”项目，主要目的是查明

石炭系顶面构造形态及内幕构造格架；建立石炭系火山岩岩相地震识别模式，落实有利火山岩相带分布，为下一步勘探部署提供依据。

“准噶尔盆地深层石炭系火成岩地震处理解释一体化技术攻关”项目，目的是形成一套针对石炭系火山岩的地震采集、叠前处理、解释技术；发现石炭系火山岩有利岩性、构造圈闭，提供钻探目标；落实彩 25 井到彩深 1 井区火山岩体的空间展布，为气藏预探、评价提供依据。

“准噶尔盆地石炭系火成岩地震采集处理解释技术攻关”项目，主要开展克百、莫索湾、五彩湾—白家海地区火成岩二维地震采集处理，并探索石东地区火成岩三维地震叠前深度偏移处理新方法，目的是查明目标区火山岩顶面构造形态和内幕结构，建立火山岩相的地震识别模式，圈定有利储层的发育区和潜在的油气富集区。

2. 松辽盆地白垩系火山岩地震关键技术攻关项目

“徐东地区火成岩气藏预测技术攻关”项目，目的是根据徐家围子断陷营城组火山岩分布的特点和进一步寻找火山岩岩性气藏的勘探需求，总结已有的应用叠后地震资料所建立的火山岩储层预测方法，建立高精度火山岩成像方法，进一步改善火山岩成像效果，并形成火山岩有效储层叠前识别技术，及时指导勘探部署。

“松辽盆地古龙断陷火成岩气藏地震预测技术攻关”项目，建立古龙断陷营城组火成岩良好的成像方法；落实古龙断陷断陷期地层 T_4 、 T_{4-1} 和 T_5 界面划分方案；建立适用的古龙断陷勘探早期的火成岩储层预测方法，并优选有利钻探目标。

两个领域的地震技术攻关，主要特点是突出了地震采集、地震成像、岩石物理、有效储层预测等关键技术环节的目标性，并且在研究过程中与勘探部署适时结合，因此，研究成果的针对性和实用性都比较强。

五、火山岩地震勘探攻关主要成果

经过三年的攻关，在地球物理技术和地质认识上均取得了丰硕的成果，主要表现在以下三个方面。

1. 实物工作量

(1) 陆东—五彩湾地区实施建场测深 4 条，共 342km；1:50000 高精度重磁勘探 3561km²；陆东—五彩湾、滴水泉凹陷、白家海—五彩湾地区实施二维地震计 5405km；滴南凸起、五彩湾实施三维地震 790km²。完成三维叠前偏移连片处理 10681km²。

(2) 完成徐家围子断陷大连片叠前时间偏移处理资料面积 5058km²，在徐东、徐南工区完成叠前深度偏移处理资料面积 860km²，完成叠前时间偏移处理资料面积 550km²，总计完成地震处理资料面积 6468km²；完成地震叠后反演储层预测 860km²，完成地震叠前反演 1410km²。完成古龙断陷叠前时间偏移处理资料面积 300km²，叠前深度偏移处理资料面积 300km²，完成二维地震采集、处理、解释 5 条，长 366km。