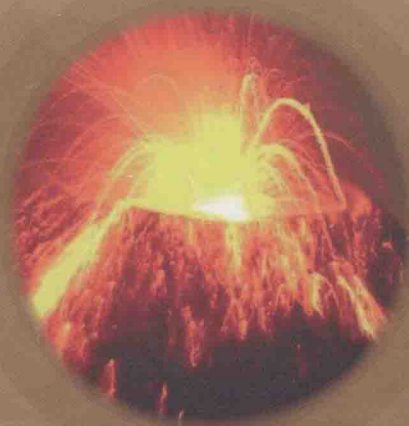


■ 叠合盆地勘探理论与实践

火山岩油气成藏 机理与勘探技术

——以准噶尔盆地为例

陈新发 匡立春 查明 等 著



科学出版社

叠合盆地勘探理论与实践

火山岩油气成藏机理与勘探技术 ——以准噶尔盆地为例

陈新发 匡立春 查 明 等 著

科学出版社

北 京

内 容 简 介

本书以准噶尔盆地为例,系统总结我国尤其是准噶尔盆地近年来火山岩油气藏勘探取得的重要成果。全书在调研国内外大量火山岩油气成藏已有成果的基础上,根据准噶尔盆地火山岩的勘探实践和相关研究成果,以火山岩油气藏的形成特征、形成中的几个关键和特色因素及勘探技术三大核心内容为主线,通过对大量火山岩镜下薄片观察和地球化学特征的分析,展示准噶尔盆地典型地区火山岩类型、储集作用及油气成藏规律;通过对准噶尔盆地火山岩区原生气孔、不整合面及断裂特征的深入剖析,阐述断裂作用、不整合面对火山岩油气成藏的控制作用;从重(重力)、磁(磁力)、电(电性)、地震和测井技术方面阐述准噶尔盆地火山岩油气藏的识别和勘探;对比分析中国东、西部火成岩油气藏的特征、成藏规律及主控因素的差异。全书资料丰富,内容翔实,将理论、方法与勘探实践相结合,丰富和发展了火山岩这一非常规储层油气成藏机理的认识,可推动相关盆地火山岩油气藏的勘探。

本书可供从事油气勘探的科研工作者、技术管理人员及高等院校相关专业师生科研和教学时参考。

图书在版编目(CIP)数据

火山岩油气成藏机理与勘探技术:以准噶尔盆地为例/陈新发等著.
—北京:科学出版社,2014.1

(叠合盆地勘探理论与实践)

ISBN 978-7-03-039340-1

I. ①火… II. ①陈… III. ①火山岩-油气藏形成-研究-研究②火山岩-岩性油气藏-油气勘探-研究 IV. ①P618.130.2

中国版本图书馆CIP数据核字(2013)第303114号

责任编辑:耿建业 万群霞 杨若昕/责任校对:宋玲玲

责任印制:张倩/封面设计:耕者设计工作室

科学出版社出版

北京东黄城根北街16号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

北京通州皇家印刷厂印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2014年1月第一版 开本:787×1092 1/16

2014年1月第一次印刷 印张:24 1/2

字数:566 000

定价:248.00元

(如有印装质量问题,我社负责调换)

本书作者名单

陈新发	匡立春	查 明	邵 雨
雷德文	杨迪生	李 林	黄 芸
陈中红	徐春丽	张 龙	赖世新
任军民	胡婷婷	高新峰	

自序

准噶尔盆地位于中国西部，行政区划属新疆维吾尔自治区（简称新疆）。盆地西北为准噶尔界山，东北为阿尔泰山，南部为北天山，是一个略呈三角形的封闭式内陆盆地，东西长 700km，南北宽 370km，面积为 13 万 km²。盆地腹部为古尔班通古特沙漠，面积占盆地总面积的 36.9%。

1955 年 10 月 29 日，克拉玛依黑油山 1 号井喷出高产油气流，宣告了克拉玛依油田的诞生，从此揭开了新疆石油工业发展的序幕。1958 年 7 月 25 日，世界上唯一一座以油田命名的城市——克拉玛依市诞生了。1960 年，克拉玛依油田原油产量达到 166 万 t，占当年全国原油产量的 40%，成为新中国成立后发现的第一个大油田。2002 年原油年产量突破 1000 万 t，成为中国西部第一个千万吨级大油田。

准噶尔盆地蕴藏丰富的油气资源。油气总资源量为 107 亿 t，是我国陆上油气资源超过 100 亿 t 的四大含油气盆地之一。虽然经过半个多世纪的勘探开发，但截至 2012 年年底，石油探明程度仅为 26.26%，天然气探明程度仅为 8.51%，均处于含油气盆地油气勘探阶段的早中期，预示着准噶尔盆地具有巨大的油气资源和勘探开发潜力。

准噶尔盆地是一个具有复合叠加特征的大型含油气盆地。盆地自晚古生代至第四纪经历了海西、印支、燕山、喜马拉雅等构造运动。其中，晚海西期是盆地拗隆构造格局形成、演化的时期，印支-燕山运动进一步叠加和改造，喜马拉雅运动重点作用于盆地南缘。多旋回的构造发展在盆地中造成多期活动、类型多样的构造组合。

准噶尔盆地沉积总厚度可达 15000m。石炭系—二叠系被认为是由海相到陆相的过渡地层，中、新生界则属于纯陆相沉积。盆地发育了石炭系、二叠系、三叠系、侏罗系、白垩系和古近系六套烃源岩，分布于盆地不同的凹陷，它们为准噶尔盆地奠定了丰富的油气源物质基础。

纵观准噶尔盆地整个勘探历程，储量增长的高峰大致可分为准噶尔西北缘深化勘探阶段（20 世纪 70~80 年代）、准噶尔东部快速发现阶段（20 世纪 80~90 年代）、准噶尔腹部高效勘探阶段（20 世纪 90 年代至 21 世纪初期）、准噶尔西北缘滚动勘探阶段（21 世纪初期至今）。不难看出，勘探方向和目标的转移反映了地质认识的不断深化和勘探技术的日臻成熟。

正是由于几代石油地质工作者的不懈努力和执着追求，使准噶尔盆地在经历了半个多世纪的勘探开发后，仍显示出勃勃生机，油气储量和产量连续 29 年稳中有升，为我国石油工业发展做出了积极贡献。

在充分肯定和乐观评价准噶尔盆地油气资源和勘探开发前景的同时，必须清醒地看到，由于准噶尔盆地石油地质条件的复杂性和特殊性，随着勘探程度的不断提高，勘探目标多呈“低、深、隐、难”特点，勘探难度不断加大，勘探效益逐年下降。巨大的剩余油气资源分布和赋存于何处，是目前盆地油气勘探研究的热点和焦点。

由中国石油新疆油田分公司组织编写的《准噶尔盆地油气勘探开发系列丛书》在历经近两年时间的努力，今天终于面世了。这是第一部由油田自己的科技人员编写出版的专著丛书，这充分表明我们不仅在半个多世纪的勘探开发实践中取得了一系列重大的成果，积累了丰富的经验，而且在准噶尔盆地油气勘探开发理论和技术总结方面有了长足的进步，理论和实践的结合必将更好地推动准噶尔盆地勘探开发事业的进步。

该系列专著汇集了几代石油勘探开发科技工作者的成果和智慧，也彰显了当代年轻地质工作者的厚积薄发和聪明才智。希望今后能有更多高水平的、反映准噶尔盆地特色地质理论的专著出版。

“路漫漫其修远兮，吾将上下而求索”。希望从事准噶尔盆地油气勘探开发的科技工作者勤于耕耘，勇于创新，精于钻研，甘于奉献，为“十二五”新疆油田的加快发展和“新疆大庆”的战略实施做出新的更大的贡献。



新疆油田公司总经理

2012年11月8日

前 言

火山岩油气藏在国外已有 120 年的勘探历史，火山岩储集层作为油气勘探的新领域，已引起石油界和其他相关领域学者的关注和兴趣。目前全球主要含油气盆地多数已进入高勘探程度期，国际油气勘探总体趋势是向低（储层渗透率低）、深（油气埋藏深）、难（目标发现难）领域拓展。火山岩储层作为盆地深层的主体，必将成为今后相当长时期内油气勘探的重要领域。

准噶尔盆地石炭系火山岩油气藏勘探已有 50 余年的历史。在 2005 年以前，主要针对准噶尔盆地石炭系以上的地层进行勘探，而石炭系长期以来一直被看作盆地的褶皱基底，除西北缘外没有作为主要勘探目的层系，以兼探为主，因此勘探程度很低。已发现的石炭系油气田主要包括准噶尔盆地西北缘克-百断裂带上盘及石西等油田。这些油气田油源为二叠系烃源岩，均属新生古储型，被称为基岩型或潜山型油气藏。总体来看，这一阶段虽有些发现和认识，但对石炭系油气地质条件和勘探潜力认识不足，对该类油气藏的系统研究方法相对缺乏，勘探开发技术尚不够完善，尤其对该区火山岩油气成藏机理及油气富集主控因素认识不清，尚存在一系列制约石炭系火山岩油气勘探的地质问题。

近年来，为加快新疆北部石炭系火山岩油气勘探，中国石油天然气股份有限公司加大了研究力度，集中多家研究、生产部门开展科研与生产联合攻关，在新疆北部石炭系火山岩油气藏形成与分布的地质理论研究、有利区带与重大目标评价优选及勘探技术研究等方面取得了重大进展，快速发现和落实准噶尔盆地克拉美丽千亿立方米大气田、三塘湖盆地牛东 2 亿吨级大油田，同时为下一步油气勘探指出新的重大接替领域。

针对制约石炭系火山岩油气勘探的关键问题，研究的主要思路是：以新疆北部石炭系原型盆地、岩相古地理恢复及构造叠加改造演化分析为主线，以烃源岩、火山岩储层等成藏基本地质条件和油气成藏规律研究为重点，通过区域、盆地、凹陷、区带及目标评价，实现选区域、选盆地、选凹陷、选区带和选目标，以指导勘探部署。

在对准噶尔盆地火山岩油气藏形成机理及勘探技术研究方面，主要取得以下重要的新认识。

(1) 准噶尔盆地石炭系内主要发育下统滴水泉组 (C_1d) 和上统巴塔玛依内山组 (C_2b) 两套烃源岩，以巴塔玛依内山组火山岩作为储层，构成了 C_2 （上石炭统）- C_2b 和 C_1 （下石炭统）- C_2 两套含油气系统。研究认为，准噶尔盆地主要有风化壳地层型和内幕岩性型两大类油气成藏组合，已发现的火山岩油气藏以大型风化壳地层型为主，改变以往以构造型油气藏为主的看法。上石炭统上部层序以发育风化壳地层型油气藏为主，其分布受古地貌和现今构造高部位控制；下部层序以岩性型为主，主要分布于火山岩与烃源岩间互分布的火山岩体内。

(2) 解剖以克-百断裂带上盘石炭系为代表的新生古储火山岩风化壳梳状地层型油

气藏、以红车断裂带石炭系为代表的新生古储火山岩内幕岩性型油气藏、以腹部石西地区石炭系为代表的新生古储火山岩风化壳块状地层型稀油油藏和以克拉美丽千亿立方米气田为典型实例的自生自储火山岩风化壳块状地层型气藏的地质特征、成藏机理。以西北缘克-百断裂带为例，西北缘克-百断裂带二叠系风城组烃源岩生成油气纵向上沿断裂运移，遇到石炭系火山岩风化壳横向输导体系后，沿横向运移，并由构造低部位逐渐向高部位运移。一部分在断裂带上盘有效的地层圈闭中聚集成藏，形成新生古储的风化壳地层型油气藏；另一部分运移到上盘石炭系、三叠系、侏罗系形成次生油气藏。

(3) 初步揭示准噶尔盆地火山岩油气藏形成条件、分布规律与富集控制因素。在上石炭统断陷（凹陷）及其后期继承、叠加、改造控制石炭系有效烃源岩的形成和分布中，以后期继承型生烃凹陷最有利；油气沿断裂和不整合面运移，在构造相对高部位聚集，由于火山岩储层非均质性强，油气横向运移距离一般较小，因此油气一般围绕有效生烃凹陷近源分布；火山岩风化壳优质储层控制地层型油气藏油气富集程度和高产；火山岩与烃源岩间互发育、有利岩性岩相为内幕岩性油气藏形成提供了有利条件；成藏要素的时空有效配置是油气成藏与保存的关键。

(4) 火山岩油气储集空间一般多为次生孔隙和裂缝，但在准噶尔盆地乌夏地区风城组底部熔结火山碎屑岩深埋地层中却发现大量的原生气孔存在，并获得高产油流。对该熔结火山碎屑岩的岩石学特征、微观孔隙及储层特征进行研究，发展定量表征火山岩熔结强度的方法。认为该原生气孔的形成主要受冷凝固结作用和脱玻化重结晶作用控制，气孔后期主要受到胶结充填作用和溶蚀作用的改造。

(5) 以克拉玛依油田石炭系为例，通过研究断裂活动性、断裂封闭性和火山岩区断裂带成岩作用，探讨断裂活动与火山岩油气成藏的关系。在分析火山岩区断层封闭机理的基础上，提出断层密度差法模型，并结合泥质含量法、断面正应力法和紧闭指数法建立火山岩区断层封闭性评价流程。结合断裂带裂缝含油性和流体活动期次，对各主控断层的输导和封闭性能进行了综合评价。

(6) 通过大量镜下薄片、地球化学测试等资料，对准噶尔盆地火山岩不整合面的特征及与油气成藏关系进行研究，包括火山岩不整合面的纵向结构、横向展布，火山岩不整合面结构的岩电、地球化学响应，火山岩不整合面的成岩作用、演化及其对油气的输导作用、储集作用和封闭作用等。研究认为：火山岩长期风化淋滤形成的有利储层是油气聚集的主要场所，是成藏的关键要素之一；有效的盖层是油气保存的关键，正向构造背景有利区是油气聚集的有利场所，近源成藏是油气成藏的主要特点。

(7) 在新疆北部石炭系火山岩勘探过程中，形成了针对火山岩油气藏勘探的独特的配套勘探技术，主要包括重、磁、电综合物探预测技术，以测井约束高精度三维地震储层预测为核心的火山岩目标综合识别技术、火山岩油气层评价技术、火山岩油气地质综合评价技术。在准噶尔盆地重、磁资料处理实践中，发展了重、磁异常增强技术（如延拓回返重、磁异常二阶导数异常增强技术）、地震构造约束重力正演剥层技术及沿层下延重、磁异常追踪技术等。在火山岩地震勘探实践中，推动了水平切片识别法、地震反演剖面识别法、地震属性识别法、剩余构造分析识别火山锥技术、振幅时间切片识别法和相干时间切片识别法等的发展。

(8) 在火山岩油气藏测井评价方面,建立火山岩岩性、火山岩岩相的测井识别方法及流程,分析不同岩性岩相的测井响应,深化核磁共振测井、中子测井、微电阻率扫描成像测井和多极子声波测井等在火山岩岩性和流体识别中的应用。研究认为:核磁共振测井能有效地识别储层的孔隙结构,中子测井则易于识别火山岩的蚀变程度和孔隙充填程度,微电阻率扫描成像测井和多极子声波测井联测在裂缝识别中最为有效。

(9) 在长期的火山岩勘探实践中,总结和提升了一套针对准噶尔盆地火山岩的油气综合评价方法体系。在多种油气地质条件综合研究的基础上,按盆地、残留凹陷、区带和目标分4级对准噶尔盆地石炭系火山岩油气藏进行综合评价,优选上石炭统为评价和勘探的主要目的层,对各级单元评价要素进行优选并确定综合排序结果。依据综合评价结果优选出准噶尔盆地石炭系4个有利勘探方向:陆梁隆起—克拉美丽山前凹陷带、西部隆起—中拐凸起带、北三台凸起—木垒凹陷带、乌伦古凹陷。

本书的研究工作得到杜金虎、吕焕通、王绪龙、孙中春、张光亚、张越迁、蒋宜勤、唐勇、董雪梅、李学义的大力支持和指导,同时也得到中国石油勘探开发研究院卫延召和侯连华高级工程师、中国地质大学(北京)何登发教授、中国地质大学(武汉)郑建平教授、西南石油大学周路教授、浙江大学汪新教授及其相关课题组成员的帮助。新疆油田公司勘探开发研究院的白新民、常秋生、杨海波、罗兴平、欧阳敏、向宝力、谷新萍、伍菁华、孔玉华、陈文利、帅维治、伏小鹏、王军、郑晓玲和中国石油大学(华东)的吴孔友、曲江秀老师,以及研究生张勇、江汝锋、刘雯、罗勤民、刘红杰、李思远也参与了全书的编辑工作,在此一并表示衷心的感谢。

火山岩油气藏形成机理的研究是当今非常规油气勘探领域和石油地质领域研究的热点和难题,由于执笔人水平有限,有关项目的创新性成果还没有完全反映出来,书中肯定会存在某些局限和不足之处,敬请专家和读者批评指正。

目 录

自序	
前言	
绪论	1
0.1 火山岩油气藏的分布	1
0.2 火山岩油气藏的勘探发展阶段和研究现状	4
 第一部分 典型地区火山岩特征及油气成藏机理	
第1章 准噶尔盆地石炭系含油气系统及成藏组合特征	15
1.1 石炭系含油气系统	15
1.2 石炭系油气成藏组合特征	19
1.3 准噶尔盆地和松辽盆地火成岩油气成藏的差异	24
第2章 克拉玛依油田石炭系火山岩特征及油气成藏机理	29
2.1 研究区概况及石炭系油气的物性特征	29
2.2 石炭系火山岩岩性、岩相特征	33
2.3 石炭系火山岩储层特征	38
2.4 石炭系火山岩油藏特征及油气富集规律	42
2.5 石炭系火山岩油气成藏期次及成藏模式	46
第3章 西北缘红车地区石炭系火山岩油气藏成藏机理	57
3.1 石炭系火山岩油气藏地质特征	57
3.2 石炭系火山岩岩性岩相特征	63
3.3 石炭系火山岩储层特征	67
3.4 石炭系火山岩油藏特征及油气富集规律	77
3.5 石炭系火山岩油气成藏期次及成藏模式	82
第4章 石西油田石炭系火山岩储层及油气藏	89
4.1 石西油田石炭系火山岩油气藏地质特征	89
4.2 石西油田石炭系火山岩储层特征	93
4.3 石西油田石炭系火山岩油气来源与成藏期次	107
第5章 陆东—五彩湾地区石炭系火山岩天然气成藏	111
5.1 陆东—五彩湾地区石炭系气藏地质特征	111
5.2 石炭系气藏基本特征	116
5.3 火山岩油气来源与成因	124
5.4 火山岩储层特征	137
5.5 火山岩气藏成藏过程及天然气富集控制因素	146

第二部分 准噶尔盆地火山岩油气成藏的关键因素

第6章 熔结火山碎屑岩气孔形成机制及储集作用·····	159
6.1 火山岩气孔研究现状·····	159
6.2 气孔状熔结火山碎屑岩研究地质背景·····	160
6.3 岩石学及地球化学特征·····	163
6.4 气孔基本特征及成因·····	170
6.5 优质储层特征及预测·····	178
第7章 断裂在火山岩油气藏形成中的作用·····	191
7.1 火山岩区断裂控藏作用研究现状·····	191
7.2 克拉玛依石炭系火山岩区断裂活动与油气成藏·····	193
7.3 克拉玛依石炭系火山岩区断层封闭性评价·····	197
7.4 克夏地区石炭系火山岩断裂带成岩作用·····	212
第8章 不整合面在火山岩油气藏形成中的作用·····	228
8.1 火山岩不整合成藏作用的研究现状·····	228
8.2 不整合对西北缘石炭系火山岩油气成藏的控制作用·····	234
8.3 不整合对滴西石炭系火山岩油气成藏的控制作用·····	244

第三部分 火山岩油气藏勘探技术

第9章 准噶尔盆地火山岩重、磁、电勘探技术·····	283
9.1 准噶尔盆地火山岩体重、磁、电法识别技术·····	283
9.2 石炭系火山岩重、磁异常综合解释技术·····	287
第10章 火山岩储层地震资料处理与解释技术·····	302
10.1 火山岩储层精细构造解释·····	302
10.2 火山岩储层的地震识别与预测·····	306
10.3 井-震结合火山岩岩相识别技术·····	315
第11章 准噶尔盆地火山岩油气藏测井解释与评价技术·····	321
11.1 火山岩岩性识别·····	321
11.2 火山岩岩相划分·····	326
11.3 火山岩储层识别及评价·····	329
11.4 火山岩储层流体性质识别·····	334
第12章 准噶尔盆地火山岩油气藏综合评价与勘探方向·····	342
12.1 综合评价思路与方法·····	342
12.2 综合评价结果·····	349
12.3 石炭系勘探潜力与方向·····	359
主要参考文献·····	362
附录·····	369

绪 论

随着能源需求的不断攀升,火山岩油气藏研究受重视的程度也不断提高,已日益成为全球油气资源勘探开发的重要新领域。近年来,火山岩油气藏已在全世界 20 多个国家的 300 多个盆地或区块中被发现,如日本新潟盆地吉井-东帕崎气藏、阿根廷帕姆帕-帕拉乌卡油气藏、墨西哥富贝罗油气藏等典型的大型火山岩油气藏。20 世纪 60~80 年代,我国在大规模油气勘探开发中先后在克拉玛依、四川盆地、渤海湾盆地、辽河盆地和松辽盆地等区域发现了一批火山岩油气藏,火山岩油气勘探储量仅占全球油气储量的 1%,因此勘探潜力巨大。由于火山活动对盆地演化的影响和火山岩岩性的特殊性,想要寻求一套系统性的火山岩油气藏勘探开发理论方法和技术手段仍然是一个国际性的难题。随着火山岩油气藏的不断发现,火山岩油气成藏机理与勘探技术日益受到勘探工作者和研究人员的广泛关注,全面总结火山岩油气藏的分布情况及研究现状,可以更好地指导火山岩油气藏的有序勘探。

0.1 火山岩油气藏的分布

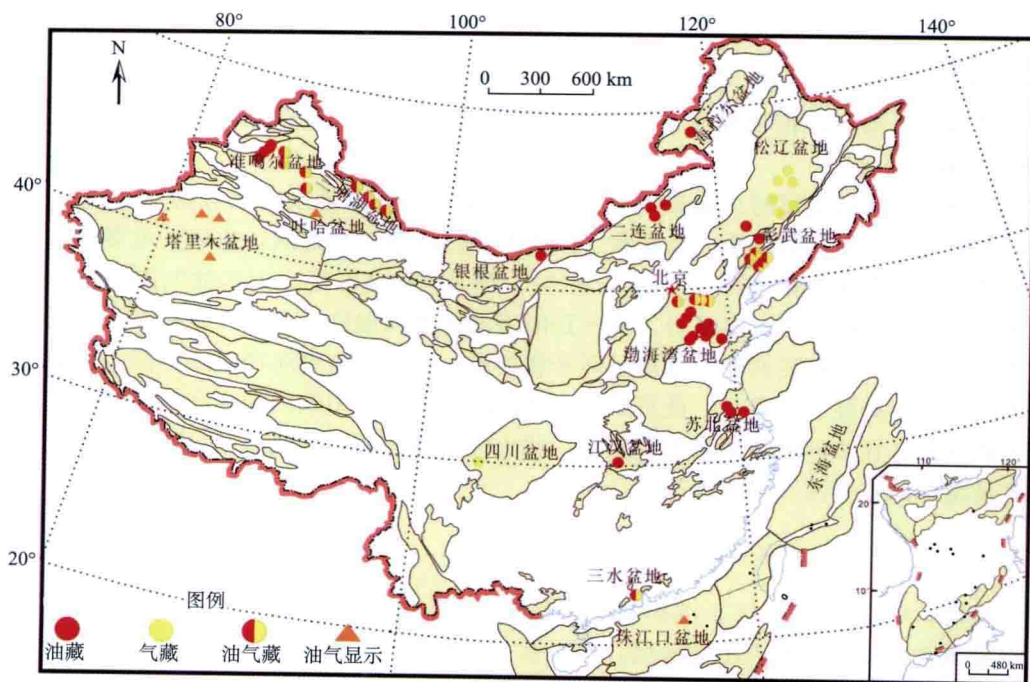
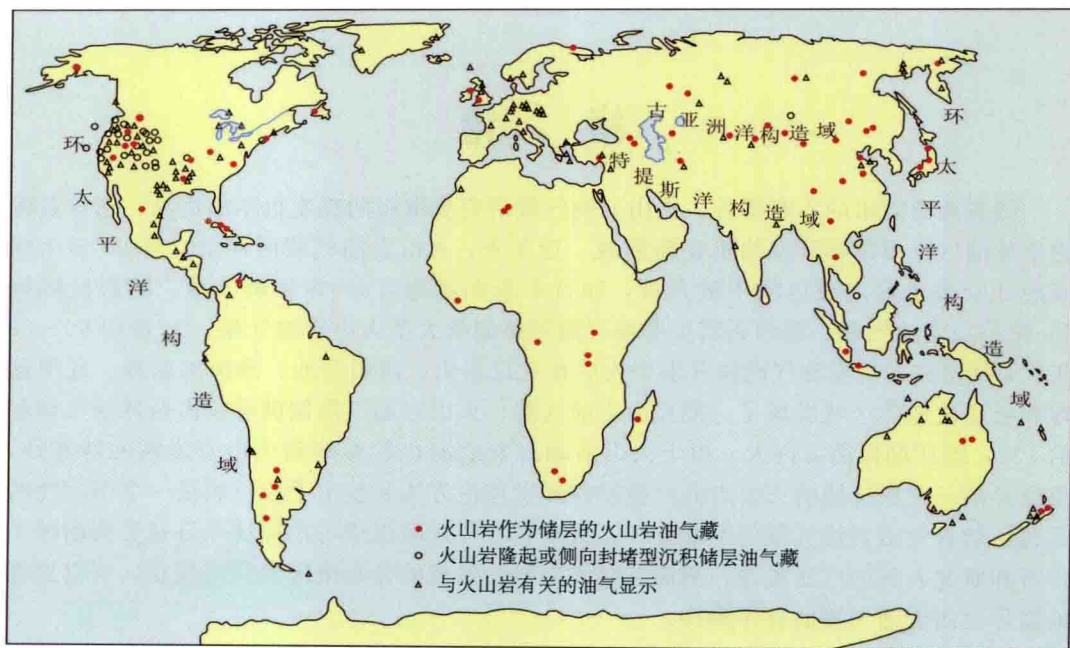
0.1.1 国外火山岩油气藏的分布

同沉积岩油气藏一样,火山岩油气藏广泛分布于地球上 5 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 (Petford, 2003) (图 0.1 和表 0.1)。

从目前全球已发现的火山岩油气藏的特征来看,分布地层的时代性和地域性均很强,主要为太古界、石炭系、二叠系、白垩系和古近系 5 套地层,地域上主要分布在环太平洋、地中海和中亚地区 (Zorin, 1999)。环太平洋地区是火山岩油气藏分布的主要地区,从北美洲的美国、墨西哥、古巴到南美洲的委内瑞拉、巴西、阿根廷,再到亚洲的中国、日本、印度尼西亚,总体呈环带状展布;其次是地中海和中亚地区。目前在格鲁吉亚、阿塞拜疆、乌克兰、俄罗斯、东欧的罗马尼亚和中欧的匈牙利等国家发现了火山岩油气藏;在非洲大陆周缘也发现了一些火山岩油气藏,如北非的埃及、利比亚、摩洛哥及南非的安哥拉 (邹才能等, 2008)。

0.1.2 国内火山岩油气藏的分布

目前,中国已经在 14 个沉积盆地中发现了火山岩油气藏 (表 0.2 和图 0.2)。中国沉积盆地主要发育三套火山岩地层:石炭系一二叠系,侏罗系一白垩系和古近系一新近系。古生界火山岩油气藏主要分布在中国西部晚石炭世一早二叠世地层中,如四川盆地上二叠统气藏,准噶尔盆地上石炭统一下二叠统油气藏等。中生界火山岩油气藏主要分布于中国东部,以松辽盆地为例,火山岩气藏主要发育在下白垩统营城组和上侏罗统火



石岭组。新生界火山岩油气藏则主要分布在中国东部古近系—新近系地层中,如渤海湾盆地、苏北盆地、江汉盆地、三水盆地等。

从空间位置上,中国火山岩油气藏可分为东部和西部两个部分。中国东部地区(如渤海湾盆地)火山岩主要发育于裂陷盆地,受控于中、新生代以来太平洋板块向中国大陆俯冲消减构成的陆内裂谷环境(李思田等,1997;谷团等,2007)。以准噶尔盆地为代表的西部地区盆地内火山岩的发育与古亚洲洋、古特提斯洋的形成、闭合及其引发的造山作用密切相关(龙晓平等,2006;邹才能等,2008;汤艳杰等,2010)。

0.2 火山岩油气藏的勘探发展阶段和研究现状

0.2.1 火山岩油气藏的国内外勘探发展阶段

1. 国外勘探发展阶段

自1887年在美国加利福尼亚州的圣华金盆地首次发现火山岩油气藏以来,目前在世界范围内已发现300余个与火山岩有关的油气藏或油气显示,其中探明储量的火山岩油气藏有169个(Petford, 2003; 邹才能等, 2008)。国外火山岩油气勘探研究和认识大致可概括为三个阶段。

(1) 早期阶段(20世纪50年代以前):大多数火山岩油气藏都是在勘探浅层其他油藏时偶然发现的,认为其不会有任何经济价值,因此未进行评价研究和关注。

(2) 第二阶段(20世纪50年代初至60年代末):认识到火山岩中聚集油气并非偶然现象,开始给予一定的重视,并在局部地区有目的地进行针对性勘探。1953年,委内瑞拉发现了拉帕斯油田,其单井最高产量达到 $1828\text{ m}^3/\text{d}$,这是世界上第一个进行有目的地勘探并获得成功的火山岩油田,这一发现标志着对火山岩油藏的认识上升到一个新的水平。

(3) 第三阶段(20世纪70年代至今):世界范围内广泛开展了火山岩油气藏勘探。在美国、墨西哥、古巴、委内瑞拉、阿根廷、苏联、日本、印度尼西亚、越南等国家发现了多个火山岩油气藏(田),其中较为著名的是美国亚利桑那州的比聂郝-比肯亚火山岩油气藏、格鲁吉亚的萨姆戈里-帕塔尔祖里凝灰岩油藏、阿塞拜疆的穆拉德哈雷安山岩及玄武岩油藏、印度尼西亚的贾蒂巴朗玄武岩油藏、日本的吉井-东柏崎流纹岩油气藏、越南南部浅海区的花岗岩白虎油气藏等。

2. 国内勘探发展阶段

中国沉积盆地火山岩油气藏于1957年首次在准噶尔盆地西北缘发现,而火山岩储层和油气藏的勘探开发始于20世纪70年代,在90年代中后期得到突飞猛进的发展,目前在几乎所有主要的含油气盆地中,都陆续发现了一批具有较大规模火山岩储层的油气田(罗静兰等,2003;张玉广等,2009)。

综合分析,中国火山岩油气勘探可大致划分为三个阶段(图0.3)。

表 0.2 国内火山岩油气藏分布 (据张子枢, 1994, 修改)

地区	油气藏名称	发现年代	油、气层				油气藏面积/km ²	油气藏类型
			层位	岩类	深度/m	厚度/m	孔隙度/%	渗透率/mD
渤海湾盆地	东营凹陷	1982	古近系	玄武岩、安山质玄武岩	1698	25	19.3	2.6
	高青油田		古近系	玄武岩、安山质玄武岩	1000	10-25	4.3-23.9	0.14-13
	阳信镇商店油田4-5油藏		古近系、新近系	玄武岩、安山质玄武岩	1334-1955	36-40	1.6-25.3	0.08-80
	惠民凹陷	1985	古近系、新近系	玄武岩、安山质玄武岩	1860-1910	30	8.2	1.85
	临盘临9断块		古近系、新近系	玄武岩、辉绿岩	1925-1943	103		
	河口3区		古近系、新近系	玄武岩、辉绿岩	1400-2100	800		
	垦南13-14井		古近系、新近系	玄武岩、辉绿岩	3000-3300	<190	0.8-34	0.018-280
	罗家	1985	古近系	角闪岩、辉绿岩	3624-3760	18.2	14.88	8.32
	曹家湾气藏	1979	古近系	辉绿岩	2844-3210	32-57	10.2-22.8	2.1-17
	428 (西) 油田		侏罗系	玄武岩		57	7.3	3.9-60
冀中盆地	风化石	1986	上侏罗统	安山岩	2756-3168	216	15.5	
	港西、南大港 羊三木		上侏罗统	安山岩				
	王官屯		古近系、新近系	玄武岩		30-40		12
	义东		古近系、新近系	玄武岩		70		50
	冀东油田南缘	1988	侏罗系	粗面岩	2440-2800			
	热河台-耿利坨子		古近系	粗面岩	2176-3374	100-400	1.33-15.36	0.008-15.36
	黄砂坨		古近系	粗面岩	2960-3650	150-370	2.8-17.5	1-4.7
	青龙台		古近系	辉绿岩	2850-3700	8-181	8.36	11.93
	牛心托		中生界	流纹岩、安山岩、粗面安山岩、角闪岩、辉绿岩	1000-2700	200-800	0.7-11.8	0.08-52.2
	大洼		古近系	玄武岩	1700-3400	0-230	3.1-12.7	0.021-10.5
准噶尔盆地	周公山		白垩系	安山岩、角闪岩、辉绿岩		10-260	3.5-23.6	0.012-81.6
	克拉玛依油田五区、八区	1980	上二叠统	玄武岩	2870-2883	30	3.12	
	克拉玛依油田六区、七区、九区	1986	石炭系	玄武岩	700-100	30.9	9	9
	石炭系、二叠系		石炭系	安山岩	1500		10.49	1.69
	石炭系、二叠系	1991	石炭系、二叠系	玄武岩、安山岩、辉绿岩、角闪岩、辉绿岩	1000-4000		14.7	1.22
	石炭系、二叠系		石炭系、二叠系	玄武岩、安山岩、辉绿岩、角闪岩、辉绿岩	2916-6010	360	1.71-21.49	0.04-40.62
	克拉玛依油田地区	1993	石炭系	玄武岩、安山岩、角闪岩、辉绿岩	3000-4000		8.9-10.4	0.085-0.212
	五彩湾地区	1981	石炭系	玄武岩、安山岩、流纹岩、火山角闪岩、辉绿岩	1400-3650		0.7-30.8	0.001-108.35
	下-杨-四村17构造	1989	古近系	玄武岩	1604-1620	37	14.5	36
	下东构造	1989	古近系	玄武岩	4109		8.1-18.9	8.7
塔里木盆地	金湖凹陷	1990	古近系	玄武岩	3500		6.3-12.8	0.1-15
	益城凹陷	2001	白垩系	流纹岩		100	5.47-10	0.1-10
	兴城	2005	白垩系	流纹岩	>5000		0.8-19.4	0.01-10.5
	喀尔金构造	2001	二叠系	英安岩、玄武岩、火山角闪岩	700	33.8	19.5	11-42
	阿拉湖田	1981	侏罗系	安山岩	700-2300	800-900	8.7	5
	塔中隆起北部斜坡		上古生界	玄武岩			4-8	0.05-1.23
	阿南凹陷		石炭系	安山岩			9.16	0.41
	牛东构造带		石炭系	玄武岩			18-23	4-9
	条山凸起	1994	古近系	蚀变玄武岩	2020-2050	49.2	3.6-13	1-214
	马南凹陷		上侏罗统	玄武岩、安山岩			5	0.03
柴达木盆地	金家湾构造		三叠系	蚀变玄武岩、安山岩				
	布达格群山		下白垩统	玄武岩、安山岩		503.5	17	100
	苏四红组							
	柴干凹陷							
	柴干凹陷							
	柴干凹陷							
	柴干凹陷							
	柴干凹陷							
	柴干凹陷							
	柴干凹陷							
	柴干凹陷							

(1) 偶然发现阶段 (1957~1990 年): 主要集中在准噶尔盆地西北缘和渤海湾盆地的辽河拗陷、济阳拗陷等。

(2) 局部勘探阶段 (1990~2002 年): 随着地质认识的不断提高和勘探技术的不断进步, 开始在渤海湾盆地和准噶尔盆地的个别地区开展针对性地勘探。

(3) 全面勘探阶段 (2002 年以后): 在中国东西部盆地全面开展火山岩油气藏的勘探部署, 相继在松辽盆地、海拉尔盆地、二连盆地、银根盆地、三塘湖盆地、准噶尔盆地、塔里木盆地、渤海湾盆地、苏北盆地、江汉盆地和四川盆地等 14 个盆地取得重大进展和突破。

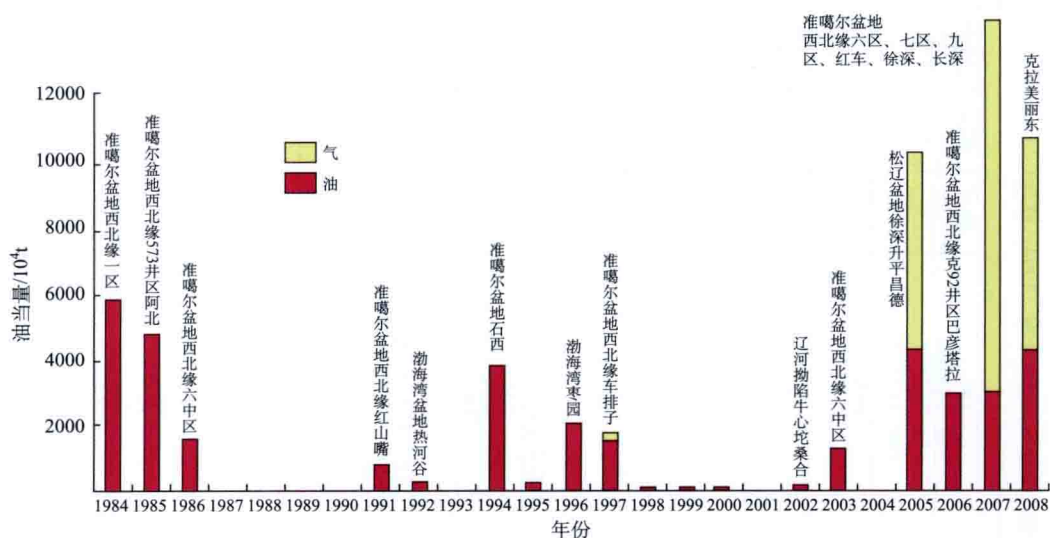


图 0.3 国内火山岩储量增长情况与勘探历程

0.2.2 火山岩的油气藏特征

1. 火山岩油气藏的形成条件

(1) 有利的火山活动时期。沉积盆地中火山活动与大地构造活动密切相关, 构造活动可以破坏已形成的油气藏, 也会促使油气的聚集, 从而形成新的油气藏。如果火山岩形成时期在该区主要生油期之前, 火山活动提供的热能不仅可促进有机质热解向烃类转化并运移进入火成岩聚集成藏, 而且火山活动可提供捕获油气的有利圈闭; 如果火山活动发生在油气运移聚集之后, 则会对已形成的油藏起破坏作用。

(2) 邻近良好的生油岩。由于火山岩本身不能生油, 所以形成火山岩油气藏的必要条件是其在附近存在良好的生油岩。火山岩与生油岩有四种组合关系: 第一种是火山岩体刺穿上覆沉积岩, 位于生油岩之中; 第二种比较多见的是火山岩夹于沉积岩或生油岩之中, 与生油岩平行分布呈上下迭置的关系; 第三种为火山岩覆于生油岩之上; 第四种为火山岩伏于生油岩之下 (图 0.4)。