

地球物理勘探新技术丛书（一）



岩性地层油气藏 地球物理勘探技术与应用

李明 侯连华 邹才能 殷积峰 刘晓 等著

P618.13



石油工业出版社
PETROLEUM INDUSTRY PRESS

地球物理勘探新技术丛书（一）

岩性地层油气藏 地球物理勘探技术与应用

李 明 侯连华 邹才能 殷积峰 刘 晓 等著

石油工业出版社

内 容 提 要

本书介绍了岩性地层油气藏勘探现状及研究进展,系统论述了岩性地层油气藏勘探的地球物理方法和技术。本书结合具体勘探实例,从应用角度对岩性地层油气藏勘探中的主要方法及其技术原理、应用步骤及关键问题、注意事项等进行了详细讨论。

本书为油气勘探工作者提供了实用的方法和技术,可作为岩性地层勘探方法与技术的培训用书,同时可作为石油、天然气行业的科研和生产部门的科技人员及有关高等院校师生教学与学习的参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

岩性地层油气藏地球物理勘探技术与应用/李明等著.
北京:石油工业出版社,2005.2

(地球物理勘探新技术丛书:1)

ISBN 7-5021-4948-1

I. 岩…

II. 李…

III. 岩性油气藏-地球物理勘探

IV. P618.130.8

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2005)第 006541 号

岩性地层油气藏地球物理勘探技术与应用

李 明 侯连华 邹才能 殷积峰 刘 晓 等著

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.cn

总 机:(010) 64262233 发行部:(010) 64210392

经 销:全国新华书店

印 刷:石油工业出版社印刷厂

2005 年 2 月北京第 1 版 2005 年 2 月第 1 次印刷

787×1092 毫米 开本:1/16 印张:18.75

字数:480 千字 印数:1—2000 册

定价:80.00 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



李明,副教授,高级工程师。1994年获博士学位。1996年在美国斯坦福大学做访问学者,同时,完成了博士后研究课题。现为中国石油勘探开发研究院地质所副所长,研究生导师。先后参加和组织多项自然科学基金及部级科技攻关项目,涉及领域包括地震正反演理论研究、大陆动力学、油气勘探地震数据综合解释与储层预测等。迄今完成了20多个地震综合解释与油气储层预测方面的项目,发表论文30多篇,出版合著和专著9本。获国家一等奖1项,部级一等奖2项、二等奖1项,局级一等奖8项。2003年被《石油地球物理勘探》杂志评为地球物理学家。

序一

在世界范围内,经过 100 多年的油气勘探,未经勘探的处女地所剩无几,比较容易找到的构造油气藏大多数已被发现。不断增长的能源需求与勘探难度的增大,是摆在世界石油勘探家面前的一对矛盾,世界石油勘探面临着极为严峻的挑战,向新的深度(深层)、新的领域(非常规油气、非构造油气藏)进军是当前油气勘探的总趋势。这就迫使我们不断探索新的勘探方法和技术,并且与油气勘探的地质新理论紧密结合,广泛吸收相关学科的新成果,以适应现代油气勘探的需要。

目前,我国各含油气盆地的勘探程度很不平衡,有些盆地勘探程度较高,有些盆地尚处于勘探初期阶段。从全国来讲,陆上和近海石油探明储量仅为预测储量的 20%,天然气探明储量仅为预测资源量的 7%,从这一角度来看,在各含油气盆地内发现新的构造圈闭油气藏和岩性地层油气藏的概率仍是较高的,特别是岩性地层油气藏的概率会更大。因此,随着油气勘探技术的不断进步,通过拓宽勘探思路,在岩性地层油气藏勘探领域中必将取得丰硕成果。

全球地球物理勘探整体上从发现构造油气藏向研究地层、岩性圈闭发展。现在则应探索复杂地质体油气藏并向开发领域延伸。地球物理技术出现了从二维到三维、从叠后到叠前、从声波到弹性波、从各向同性到各向异性、从单一学科到多学科综合应用的总体发展趋势。地球物理技术的快速发展是提高岩性地层油气藏勘探成功率的基础。

以往的油气勘探主要是针对较易发现的构造、断块油气藏进行的,这类油气藏类型成藏条件相对简单,成藏规律较为清楚,勘探方法、技术、手段相对成熟,而对油气控制因素比较复杂的岩性地层油气藏的研究和勘探还比较薄弱。随着勘探程度的深入,勘探目标区已经逐渐转移到以岩性因素为主导作用的岩性地层油气藏上来。然而,目前还没有一套针对岩性地层圈闭勘探行之有效的方法和技术。

由中国石油勘探开发研究院有关专家合著的《岩性地层油气藏地球物理勘探技术与应用》一书,对 30 多个岩性地层油气藏勘探实例进行了解剖和总结。该书提出的岩性地层油气藏勘探方法和技术是在层序划分的基础上,针对不同地质条件的岩性地层油气藏采用相应的技术进行预测和评价。该书对岩性地层油气藏勘探涉及到的主要方法和技术的原理、应用步骤、注意事项、应用实例进行了详细论述和解剖,为岩性地层油气藏勘探提供了配套实用的地球物理勘探方法和技术,对目前岩性地层油气藏勘探中涉及到的主要软件的使用范围及优缺点进行了总结。本书中的岩性地层油气藏勘探方法和技术将最新的地质理论和地球物理勘探方法紧密结合,拓宽了岩性地层油气藏的勘探思路,对岩性地层油气藏的勘探具有重要的指导意义,书中实例对类似油气藏的勘探具有借鉴意义。

本书论述的岩性地层油气藏勘探方法和技术融入了作者对岩性地层油气藏勘探实践应用问题的理解、经验和思考，既可以作为勘探专业技术人员的技术参考手册，又能为非勘探专业人员提供思路上的启迪。

中国科学院院士 戴金星
2004年9月28日

序二

我国石油工业的发展已有半个多世纪的历史，但石油和天然气勘探仍然具有很大潜力。然而，容易找到的构造油气藏大多数已被发现。最近几年已发现的油气藏中，岩性地层油气藏所占比例越来越大。2003年，中国石油天然气股份有限公司探明石油储量中，岩性地层油气藏中所占比例超过50%。三级储量中岩性地层油气藏比重超过了70%。与常规构造油气藏相比，岩性地层油气藏具有更大的隐蔽性，成藏规律更复杂，勘探难度更大，对勘探技术的要求也更高。到目前为止，对岩性地层油气藏的勘探尚未形成有效的配套技术。

当前，针对岩性地层油气藏的勘探正在三大油公司如火如荼地进行，急需实用有效的方法和配套技术支持。十多年来，中国石油勘探开发研究院有关专家在岩性地层油气藏预测和评价研究中做了大量工作，积累了丰富经验，尤其在东、西部地区岩性地层油气藏描述与目标评价中取得了丰硕的成果，收到了良好的效果，对提高岩性地层油气藏勘探的成功率和推动储量发现都发挥了重要作用。

本书通过对30多个岩性地层油气藏成功勘探实例的解剖，提出了一套针对不同类型岩性地层油气藏勘探的实用地球物理方法与技术。从应用角度，对岩性地层油气藏勘探中的主要地球物理方法和技术原理、应用步骤及关键问题、注意事项等方面进行了较为系统的讨论，对目前岩性地层油气藏勘探中涉及到的主要软件的使用范围及优缺点进行了解剖性评价。通过对松辽盆地南部大面积、低丰度构造—岩性油气藏、塔里木盆地轮南台地碳酸盐岩性地层油气藏、松辽盆地北部深层火山岩气藏三个成功勘探实例的详细介绍，论述了识别不同地质条件、不同类型岩性地层油气藏的地球物理勘探方法和技术。

由李明等人撰写的这部专著比较好地从我国岩性地层油气藏勘探的技术需求出发，紧紧围绕岩性地层油气藏勘探中层序地层学应用和储层预测两大核心内容，提出了适合于不同地质条件的岩性地层油气藏勘探的配套技术，是一部可读性很强、实用价值与学术价值均较高的专著。相信该书的出版无疑会丰富岩性地层油气藏勘探的方法和技术，对岩性地层油气藏的勘探有重要的指导意义。书中的实例介绍和技术思路对不同探区相似油气藏勘探具有宝贵的指导作用。

李明
2004.10.12

前 言

岩性地层油气藏勘探始于 20 世纪 50 年代。在已发现的油气藏类型和探明石油地质储量中,岩性地层油气藏所占比例逐年提高。特别是近几年,岩性地层油气藏探明储量占中国石油天然气股份有限公司探明储量的 50%以上,2003 年三级储量超过 70%。中国科学院院士、中国石油天然气股份有限公司总地质师贾承造根据中国陆上油气勘探形势需要,强调岩性地层油气藏潜力巨大,明确指出:“今后相当长一个时期内,岩性地层油气藏将是我国陆上最现实、最有潜力的油气勘探领域”。由此可见,岩性地层油气藏在勘探中所占的重要地位。

随着油气勘探的进行,所发现油气藏的地质条件越来越复杂,勘探难度也越来越大,因此,需要更先进的方法和技术才能够提高岩性地层油气藏的勘探成功率。经过多年对岩性地层油气藏勘探实践的总结,在岩性地层油气藏成藏控因和分布规律指导下,初步形成了在现有技术条件下进行岩性地层油气藏勘探的层序地层学和储层地球物理预测两项配套技术,本书侧重于介绍在层序地层研究的基础上进行储层地球物理预测的配套方法和技术,相应的配套方法和技术在应用和推广过程中收到了较好的效果。

编写本书的初衷是以岩性地层勘探中的地球物理方法技术为根本,将地质、测井等最新方法技术融会于其中,使得岩性地层油气藏勘探技术源于地质,精于地球物理,体现于油气藏勘探成果中。本书有别于一般的理论教材和科研报告,是理论、方法、技术和实践融合的结晶,具有实用性、先进性、针对性的特点,并力求围绕这些特点展开论述。

实用性:通过对岩性地层勘探中的方法技术的介绍和效果分析,达到了了解和掌握该方法技术的目的,同时,不同方法技术之间又相互联系,融为一体。

先进性:力求把当今岩性地层油气藏勘探中相关的最先进、应用效果较好的方法技术介绍给读者,用科学和辩证的观点论述方法技术的应用范围和效果,尽最大努力使读者跟踪和掌握先进的地球物理勘探技术。

针对性:紧紧围绕岩性地层油气藏勘探,论述地球物理勘探方法技术,并强调不同方法技术在不同地质条件中的应用差别。

全书由李明、邹才能、侯连华总体负责整体思路和章节内容的安排筹划。本书共分十一章,每一章自成体系。第一章介绍岩性地层油气藏地球物理勘探方法与技术概论,第二章到第九章介绍专项技术(包括层序地层学研究技术、相干体技术、可视化与频率分解技术、地震属性分析技术、地震反演技术、叠前地震反演与属性分析技术、烃类检测技术、油气层测井评价方法与技术),第十章介绍主要相关软件适用范围及优缺点,第十一章是应用实例分析(包括三种不同类型岩性地层油气藏的勘探实例,即:以松辽盆地南部为例的构造—岩性复合油气藏勘探实例;以轮南地区为例的台盆区碳酸盐岩地层油气藏勘探实例;以松辽盆地深层火山岩气藏为例的特殊岩性体油气藏勘探实例)。

第一章由邹才能、李明撰写;第二章由冯有良、李明、邹才能、侯连华撰写;第三章由李明、殷积峰、冯有良撰写;第四章由李明、李军撰写;第五章由刘晓、殷积峰、徐安娜撰写;第六章由殷积峰、侯连华、李军撰写;第七章由李明、刘协来、崔化娟撰写;第八章由

吴亚东、李明、刘晓撰写；第九章由侯连华、赵一民撰写；第十章由李明撰写；第十一章由李明、赵一民、徐安娜、刘晓撰写。最后由李明、邹才能、侯连华完成统一定稿。张黎对书中的部分图件进行了清绘。

本书在整体构架、文字、图表的表达上都考虑了所有从事石油勘探开发的科研、教学、管理人员及学生等不同层次读者的需求，期望它能够成为读者的参考工具书，如能从中有所获益，将是作者最大的欣慰。

本书是中国石油勘探开发研究院有关专家多年以来在岩性地层油气藏勘探研究方面集体智慧的结晶。相关方法技术的开发和应用及本书的编写始终得到了中国科学院院士、中国石油天然气股份有限公司总地质师贾承造，中国石油勘探开发研究院副院长赵文智，中国石油勘探与生产分公司副总经理赵政璋，吉林油田分公司总经理王永春、副总经理梁春秀，大庆油田有限责任公司副总经理侯启军，塔里木油田分公司总经理孙龙德、副总经理周新源等领导 and 专家的大力支持。中国科学院院士刘光鼎、中国石油勘探开发研究院副院长赵文智在百忙之中审阅了书稿，并为本书作序，在此一并表示衷心感谢。

为了写好本书，我们尽了最大努力，但书中难免有不完善之处，敬请读者批评指正。

著 者

2004年9月8日

目 录

第一章 岩性地层油气藏地球物理勘探方法与技术概论	(1)
第一节 岩性地层油气藏勘探回顾与展望.....	(1)
第二节 岩性地层油气藏成藏理论研究进展.....	(2)
第三节 岩性地层油气藏勘探现状与资源潜力.....	(7)
第四节 岩性地层油气藏主要勘探方法和技术现状.....	(9)
第五节 中国石油天然气股份有限公司油气勘探的四个主要领域	(11)
第二章 层序地层学研究技术	(13)
第一节 层序地层学基本概念及原理	(13)
第二节 层序级别及其地质意义	(24)
第三节 层序界面识别标志	(25)
第四节 层序地层学研究程序	(32)
第五节 层序地层学研究实例——以南堡凹陷下第三系为例	(36)
第三章 相干体技术	(43)
第一节 相干体概念	(43)
第二节 相干体计算基本原理	(44)
第三节 技术流程和步骤	(47)
第四节 应用实例	(49)
第四章 可视化与频率分解技术	(52)
第一节 可视化概念与原理	(52)
第二节 可视化基本方法	(54)
第三节 可视化全三维解释技术	(55)
第四节 虚拟现实技术	(58)
第五节 频率分解技术	(65)
第六节 应用实例	(67)
第五章 地震属性分析技术	(74)
第一节 地震属性分类	(74)
第二节 地震属性提取方式及分析方法	(82)
第三节 地震属性分析的关键问题	(91)
第四节 地震属性技术现状与发展趋势	(93)
第六章 地震反演技术	(95)
第一节 地震反演概念及分类	(95)
第二节 地震反演的基本原理和应用条件	(97)
第三节 不同地震反演方法的比较.....	(104)
第四节 储层特征重构方法.....	(113)
第五节 应用实例.....	(130)

第七章 叠前地震反演与属性分析技术	(136)
第一节 叠前地震反演与属性的基本概念.....	(137)
第二节 基本原理.....	(138)
第三节 处理和解释技术.....	(140)
第四节 工作流程与关键步骤.....	(144)
第五节 应用实例.....	(146)
第八章 烃类检测技术	(155)
第一节 烃类检测的岩石物理基础.....	(155)
第二节 烃类检测的基本原理.....	(156)
第三节 烃类检测方法的应用条件.....	(166)
第四节 应用实例.....	(167)
第九章 油气层测井评价方法与技术	(169)
第一节 油气层测井评价方法与技术发展及应用现状.....	(169)
第二节 低电阻率油气层评价.....	(171)
第三节 砂泥岩薄层油气层评价.....	(183)
第四节 碳酸盐岩油气层评价.....	(190)
第五节 火成岩油气层评价.....	(199)
第十章 软件适用范围及优缺点	(208)
第一节 相干体、频率分解及可视化.....	(208)
第二节 地震属性分析.....	(209)
第三节 地震反演.....	(213)
第四节 叠前地震反演及属性分析.....	(220)
第五节 烃类检测.....	(223)
第六节 油气层测井评价.....	(225)
第十一章 应用实例分析	(227)
第一节 构造—岩性复合油气藏勘探实例——以松辽盆地南部为例.....	(227)
第二节 台盆区碳酸盐岩地层油气藏勘探实例——以轮南地区为例.....	(247)
第三节 特殊岩性体油气藏勘探实例——以松辽盆地深层火山岩气藏为例.....	(269)
参考文献	(286)

第一章 岩性地层油气藏地球物理勘探方法与技术概论

经过多年岩性地层油气藏的勘探,在岩性地层油气藏成藏控因分析和分布规律指导下,形成了一套在地质分析基础上利用地球物理技术进行岩性地层油气藏勘探的方法,并得到了实际应用和推广,收到了较好的效果。

第一节 岩性地层油气藏勘探回顾与展望

我国油气资源主要赋存于中生代陆相盆地中,陆相盆地拥有石油资源量的四分之三和天然气资源量的近半数(翟光明,1996)。目前陆相油田占我国已探明石油储量的95%以上(戴金星,2000)。经过半个多世纪的油气勘探,在陆相盆地中发现了数量众多的构造油气藏,同时,也找到了一些岩性地层油气藏。尽管许多中生代陆相盆地勘探程度已比较高,尤其是东部盆地勘探进入中后期,但岩性地层油气藏的勘探程度相对较低,仍然有较大勘探潜力。结合我国陆相盆地的石油地质特点与勘探技术需求,开发和完善岩性地层油气藏勘探的新技术、新方法,加强对岩性地层油气藏的基础理论研究,是进一步发展我国岩性地层油气藏勘探大好形势的迫切需要(贾承造,2003)。

随着勘探程度的提高,岩性地层油气藏探明储量所占比重越来越大,现已成为我国陆上油气勘探的重点领域。20世纪50年代,通过借鉴国外勘探研究经验,初步认识到岩性地层油气藏的成藏条件,在准噶尔盆地西北缘勘探发现了一些浅层地层油气藏(胡见义等,1986)。20世纪60—70年代,随着中国油气勘探战略东移,在松辽盆地和渤海湾盆地找到了一批大型构造油气田的同时,在渤海湾盆地发现了任丘、高升、欢喜岭等大型岩性地层油气田(翟光明等,1996;邱中建等,1999)。到80年代,随着多次覆盖数字地震技术的广泛应用,以地震相、储层预测、沉积体系、成藏条件等研究为基础,找到了一些具有明显前积结构特点的砂砾岩体岩性油气藏和区域不整合遮挡地层油气藏(张万选,1988)。90年代以来,随着高分辨率三维地震大面积采集和层序地层学等理论方法的引入,极大地提高了岩性地层油气圈闭识别的准确率和储层预测精度,岩性地层油气藏勘探取得丰硕成果,在松辽、鄂尔多斯、准噶尔、塔里木等盆地,发现了朝阳沟、榆树林、肇州、安塞、靖安、哈得逊等十几个亿吨级的岩性地层大油田。近几年岩性地层油气藏探明储量占中国石油的50%以上(图1.1.1),2003年三级储量超过60%。

贾承造总地质师(2003)根据中国陆上油气勘探形势需要,强调岩性地层油气藏潜力巨大,明确指出:“今后相当长一个时期内,岩性地层油气藏将是我国陆上最现实、最有潜力的油气勘探领域”,并组织技术攻关与勘探部署,极大地推动了岩性地层油气藏的勘探与研究。2002年6月,贾总考察了二连盆地岩性油藏勘探进展。2003年3月,在中国石油勘探技术座谈会上,他明确提出:“富油气凹陷岩性地层油藏潜力巨大,是近期增储重点”。2003年6月,设立中国石油“岩性地层油气藏形成理论与勘探实践”重大科技攻关项目,并亲自组织勘探技术攻关与理论研究。2003年9月在杭州组织勘探技术交流会,强调加快岩性地层油气藏勘探是保持中国石油天然气股份有限公司储量稳定增长的实践需要,阐述岩性地层

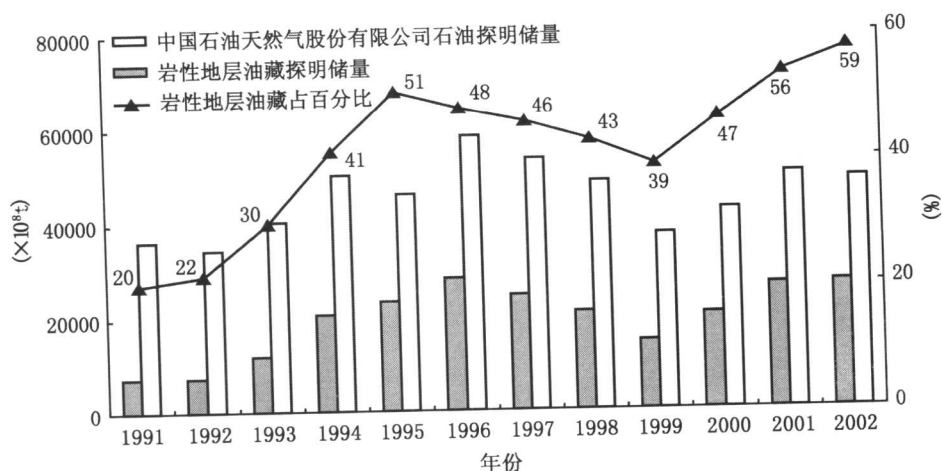


图 1.1.1 中国石油天然气股份有限公司 1991—2002 年探明储量直方图 (贾承造, 2004)

油气藏勘探的“四条基本思路”和“六项专门技术”。在贾总的大力倡导和具体部署下, 中国石油各有关部门积极转变勘探思路, 大力推进岩性地层油气藏勘探, 加强对岩性地层油气藏的基础理论研究。但该领域还面临一系列理论、技术与勘探的问题。在理论上, 控砂因素、控藏因素、富集条件与成藏规律均未形成系统认识; 在技术上, 砂体的描述与储层预测、油气层保护、低渗透压裂高产等技术尚未完全配套; 在勘探上, 构造勘探思路已很成熟, 但岩性地层油气藏的勘探程序, 尤其是二级勘探区带的确定与工业化图件还未提出明确的意见。因此, 对该领域有针对性的重点研究具有重要价值。

随着我国含油气盆地勘探程度的不断提高, 加强岩性地层油气藏形成条件与分布规律的研究, 开发适合于岩性地层油气藏勘探的方法和技术, 将成为越来越重要的研究方向。建立一套比较完善的勘探理论、方法和技术, 对于推动中国石油乃至全国的岩性地层油气藏勘探具有十分广阔的应用前景。国内外研究证明, 将层序地层学理论与现代地震解释技术, 特别是与各种地震储层反演预测技术紧密结合, 是重要的研究方向。

本书对多年在岩性地层油气藏地球物理勘探中的方法和技术进行了总结, 提出在建立并一震统一的高分辨率层序格架的基础上, 应用地质分析与地球物理技术相结合的方法, 逐步落实层序地层格架内的生储盖组合条件、有利含油气层段与有利勘探目标, 进而探索岩性地层油气藏形成条件与分布规律。这对推动岩性地层油气藏勘探将会发挥一定作用, 同时, 为从事岩性地层油气藏勘探的同仁们提供一定条件下成熟的地球物理方法技术和成功范例。

第二节 岩性地层油气藏成藏理论研究进展

岩性地层油气藏的有关概念很早就已提出, 并且其内涵、特征和分类也不断得到补充和完善, 但在过去所发现的岩性地层油气藏中, 大部分都带有一定的偶然性, 往往是按照找构造油气藏的勘探思路和方法, 却发现了与构造无关或以构造为背景的岩性地层油气藏。近些年来, 随着国内外岩性地层油气藏发现数量、规模的日益增大, 实践中勘探家逐渐将其与构造油气藏加以区分, 并发展相关理论, 探索适合于岩性地层油气藏勘探的方法和技术。

一、国外理论研究进展

从 20 世纪 60 年代开始, 北美、西欧等一些国家由于石油储采比的急剧下降, 迫使人们

加强在隐蔽圈闭中找油。于是，寻找和捕捉以岩性和地层圈闭为主的隐蔽型圈闭成为在勘探成熟盆地中挖掘油气潜力的主要目标。

岩性地层油气藏最早被人们笼统地归属于隐蔽油气藏这个相对模糊的概念中。隐蔽油气藏最早由卡尔在 1880 年提出。威尔逊在 1934 年提出了非构造圈闭是“由于岩层孔隙度变化而封闭的储集层”的观点。莱复生 (1936) 提出了地层圈闭的概念，并发表了题为“地层型油田”的论文。1972 年哈尔伯蒂将地层圈闭、不整合圈闭、古地形圈闭所形成的油藏统称为隐蔽油气藏。近 30 年来，随着世界石油勘探技术的发展和科学研究工作的深入，人们对隐蔽油气藏定义进一步扩大为：在现有勘探方法与技术水平的条件下，较难识别和描述的油气藏类型，它涵盖了地层、岩性油气藏、复杂断块油气藏和低幅度平缓背斜油气藏等油气藏类型。

由于岩性地层油气藏有别于其他隐蔽油气藏形成的地质背景、圈闭机制、勘探理论和方法技术，同时由于有巨大储量和广阔的资源前景，有必要区别于其它的隐蔽油气藏进行概念上的限定和研究。目前，岩性地层圈闭普遍采用的定义为：岩性地层圈闭是明显缺乏四个方位闭合且用寻找构造圈闭的勘探战略无法发现的圈闭，如果与构造有关，却发育在一个意想不到的地方（如构造下部侧翼的位置）；岩性地层圈闭是无法单独用构造闭合度来定义的圈闭，包括单一岩性圈闭、地层圈闭和以构造为背景的岩性—地层复合圈闭。

现今岩性地层圈闭分类中，根据圈闭形成的主要机制可划分为以下几大类：侧向相变化圈闭、侧向沉积尖灭圈闭、超覆/隐伏露头圈闭、河道/沟谷充填圈闭、成岩圈闭、裂缝圈闭和水动力圈闭等。具体又可以细化为 18 种类型：侧向沉积尖灭、侧向相变化、河道充填、区域隐伏露头、沟谷充填、构造侧翼不整合上的超覆、胶结、区域不整合上的超覆、裂缝、深盆气、边缘削截、古构造隐伏露头、白云岩化/溶蚀、煤层吸附甲烷、碎屑岩构形、深切谷充填、水动力、沥青封堵等（图 1.2.1）。

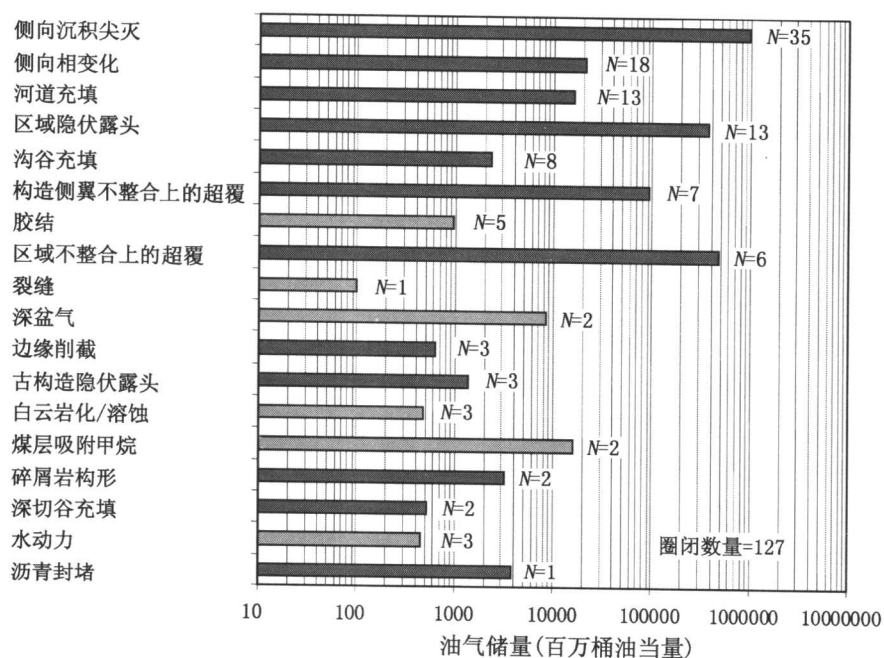


图 1.2.1 岩性地层圈闭类型与探明油气储量

上述圈闭类型中,侧向沉积尖灭、侧向相变化、河道充填、区域隐伏露头 4 种圈闭类型最为常见,占到了总数的 57% 左右。但出现频率高、数量多的圈闭类型的储量却并不一定是最多的。单个圈闭储量比较大的圈闭类型包括构造侧翼不整合上的超覆圈闭、区域不整合上的超覆圈闭、沥青封堵圈闭和深盆气圈闭等。

已有资料表明:大部分地层圈闭构造倾角小于 2° ,此比例可占到总数的 60% 甚至更高。同时由于地层圈闭面积虽然大但有效产层厚度小,再加上油气自然驱动能量的不足,在地层岩性圈闭中大于 70% 的油藏都进行了二次采油或运用了提高采收率的技术。

从岩性地层圈闭的储层特征来看,统计美国 320 个圈闭,砂岩储层占 63.44%,碳酸盐岩储层占 26.25%;对前苏联 1177 个圈闭统计,砂岩储层占 85%,碳酸盐岩储层占 15%。另外根据对已知 174 个岩性地层油气藏的产出时代统计表明,从奥陶系到第三系都有分布,但大部分岩性地层油气藏分布在白垩系、第三系、石炭系和二叠系,这四个时代的岩性地层油气藏数量占总数 80%。从其产出的盆地背景统计,前陆盆地、克拉通内盆地、被动大陆边缘盆地和裂谷盆地中岩性地层圈闭发现的数量占到了总数近 85%,其中前陆盆地最为发育,占到 55%。

二、国内理论研究进展

我国在 20 世纪 70 年代末期开始,逐步重视隐蔽油气藏,相关论文和专著陆续发表,主要专著包括《大庆石油地质与开发》编辑部组织编写的《中国隐蔽油气藏勘探论文集》(1984),胡见义等(1986)编著的《非构造油气藏》,潘元林等(1998)编著的《中国隐蔽油气藏》论文集,高瑞祺等(2001)编著的《渤海湾盆地隐蔽油气藏勘探》,以及蔡希源等(2003)著的《陆相盆地高精度层序地层学——隐蔽油气藏勘探基础、方法与实践》。这些论著中,基于国外同行对隐蔽油气藏的认识,国内学者根据国内油气藏特点,对隐蔽圈闭的概念、分类、特征和分布规律等方面进行了系统的界定和描述。基于国内的油气分布和勘探形势,大部分隐蔽圈闭的实例和研究工作主要集中在东部的含油气盆地中。

在 20 世纪 90 年代以前,国内隐蔽油气藏勘探工作并未受到太多关注和重视,构造油气藏依然是勘探的重点。从 90 年代中后期开始,国内从东部老油区到西部新区,掀起了隐蔽油气藏勘探的热潮,尤其是中国石油和中国石化两大油公司,组织了大批精干科研人员投入其中。在近几年中国石油的勘探会议上,相关专家多次提出了发展以岩性地层圈闭为主的隐蔽圈闭勘探技术、加大岩性地层油气藏勘探力度的建议,进一步明确了岩性地层圈闭的勘探潜力和未来的勘探技术需求。

对岩性地层圈闭及相关的一些概念,多位学者提出过自己的见解。朱夏(1984)在“对隐蔽油气圈闭的浅见”一文中指出,隐蔽圈闭(油气藏)应相当于英文中“obscure and subtle traps”,并认为其中应包括某些种类的“构造圈闭”,而地层圈闭则对应于英文中的“stratigraphic traps”。至于岩性圈闭,国外并未有明确与之对应的称谓。胡见义(1984)在“中国东部陆相盆地地层—岩性圈闭油气聚集区(带)的分布及勘探研究程序”一文中阐述了地层岩性圈闭的隐蔽性以及形成的地质背景和分布规律,并在《非构造油气藏》(1986)一书中将以地层岩性圈闭为主的区别于构造圈闭的圈闭统称为非构造圈闭。在实际勘探生产中,隐蔽油气藏、非构造油气藏,以及地层岩性油气藏等术语常混合使用,有时泛指所有非构造成因圈闭,有时也包括当时地球物理技术难以识别的构造圈闭,存在相互混淆和歧义。2003 年,贾承造在“中国岩性地层油气藏资源潜力与勘探技术”一文中,为了明确研究对象、避免概念混淆和与国际接轨,建议不使用“隐蔽圈闭”一词,明确提出使用岩性地层油

气藏的概念，这对于今后规范使用岩性地层圈闭这一术语十分必要。

过去几十年里，岩性地层油气藏形成条件与分布规律一直是国内研究的重点，国内专家学者从不同的角度和不同的层面进行了阐述。

(一) 从圈闭形成角度

胡见义等(1986)将岩性地层圈闭形成的基本要素高度概括为三条线(岩性尖灭线、地层超覆线和构造等高线)和三个面(地层不整合面、顶底板面和断面)的有机配置,并对非构造油气藏圈闭进行了详细的分类(表 1.2.1)。通过这个限定,就可以在岩性尖灭带、岩相变化带、地层超覆带,以及不整合面附近来寻找岩性地层油气藏。

表 1.2.1 非构造油气藏分类表(胡见义, 1986)

类型	岩性地层圈闭油气藏							地层圈闭油气藏							混合圈闭油气藏				水动力圈闭油气藏
分类																			
亚类	储集层上倾尖灭（或岩性侧变）油气藏		古河道砂岩油气藏	透镜状岩性油气藏	裂隙、层间缝油气藏	生物礁块油气藏	储层物性封闭油气藏	地层超覆油气藏	地层不整合遮挡油气藏		地层不整合“基岩”（或古潜山）油气藏					构造——岩性油气藏	断层——岩性油气藏	地层——断层油气藏	地层——岩性油气藏
细分类	砂岩上倾尖灭油气藏	碳酸盐岩上倾尖灭油气藏						地层不整合油气藏	沥青稠油封闭油气藏	碳酸盐岩古潜山油气藏	花岗岩基岩油气藏	变质岩基岩油气藏	喷发岩潜山油气藏	碎屑岩古潜山油气藏					

(二) 从层序地层角度

自从认识到层序地层对于寻找岩性地层油气藏的有效性和重要性之后,在层序格架中,根据最佳生、储、盖组合来预测有利带。在层序界面附近常常容易发育地层油气藏,在最大洪泛面附近则容易形成岩性上倾尖灭油气藏和岩性透镜体油气藏,而在有着类似被动大陆边缘斜坡结构的断陷湖盆的斜坡下部,低位体系域期间形成的各类扇体是形成地层岩性圈闭的有利目标。

(三) 从盆地结构角度

尤其对于断陷湖盆来说,从这个角度来阐述岩性地层油气藏的发育比较直观。断陷湖盆陡坡带、缓坡带和深陷带三带结构特征明显。在勘探实践中,形成了坡折带(断坡控砂)理论,即陡坡带以及缓坡带因为地形突变或断层形成的坡折带,往往是控制沉积的重要因素,坡折带附近因湖岸线摆动形成多期岩性尖灭和地层超覆,又因为坡折带紧邻生烃中心,所以坡折带常常是地层岩性圈闭集中发育的地方。深陷带作为生烃中心,其中的砂岩透镜体可以形成岩性油气藏。

(四) 从沉积体系、沉积相带、岩相角度

根据不同的沉积体系、相带的物性特征、侧向变化情况、发育在湖盆的沉积体系中,三角洲体系最有利于岩性地层油气藏的发育,其中三角洲前缘的水下分流水道、河口坝等又是其中的“甜点”。部分专家和学者根据沉积相、岩相及流体势在岩性地层油气藏成藏中的作

用和互动关系，提出了“相势耦合控藏”论（蔡希源等，2003），即在油气藏充满度和成藏的诸多控制因素中，运移条件（流体势）、接受条件（岩相）是控藏的主要因素。流体势与沉积相带呈负相关关系。势能高，孔隙度下限低；势能低，孔隙度下限高。势能大小与沉积相带的耦合决定储层的含油性。在异常压力形成的封存箱中，压力封存箱内形成高势岩性油藏区，压力封存箱外形成常势地层、岩性油藏区。

（五）从盆地发育角度

赵文智等（2004）在“富油气凹陷‘满凹含油’论——内涵与意义”一文中提出，盆地的发育受构造幕式运动的影响，常形成多个旋回。陆相沉积多水系与频繁的湖盆振荡，导致湖水大面积收缩与扩张，使砂体与烃源岩不仅间互，而且大面积接触，从而使得各类储集体有最大的成藏机会，因而含油范围超出二级构造带，并在包括斜坡区及凹陷深部位都有油气藏的形成和分布。因此岩性地层油气藏可以在盆地的各个部位以及盆地发育的各个阶段形成。

（六）从盆地类型角度

贾承造（2004）在“中国岩性地层油气藏资源潜力与勘探技术”一文中对中国陆上岩性地层油气藏形成与分布特征进行了分析，认为中国各大油区的主要含油气盆地都经过复杂的构造演化历史，岩性地层油气藏形成条件与分布特点有较大差异。并从古气候砂体类型和聚油背景等宏观控制因素，分析了不同盆地类型岩性地层油气藏形成与分布规律（表 1.2.2）。我国主要含油气盆地包括四种类型：（1）陆相拗陷盆地，如松辽盆地；（2）陆相断陷盆地，如渤海湾盆地、二连盆地；（3）陆相前陆盆地，如库车、淮南等；（4）古生界海相盆地，如塔里木盆地、四川盆地等。每种类型盆地的形成演化历史、地质结构特点、古气候背景、沉积区与周围隆起区（物源区）空间配置及相互作用特点等方面的差异，导致各盆地的层序发育特点、主要砂体类型及其三维空间分布、有利圈闭存在显著差异，由此控制了不同的岩性地层油气藏类型。

表 1.2.2 中国陆上岩性地层油气藏形成与分布特征（贾承造，2003）

盆地类型	气候条件	构造部位	主要储层类型	聚油背景	油气藏类型	实 例
陆相拗陷盆地	潮湿	长轴	曲流河三角洲砂体	凹陷边缘斜坡、低幅度背斜翼部、古地貌凸起	砂层上倾尖灭油气藏、砂岩透镜体油气藏、成岩地层圈闭油气藏	松辽、鄂尔多斯
		短轴	辫状河三角洲砂体			
陆相断陷盆地	潮湿	陡坡带	扇三角洲、浊积扇砂体	凹陷边缘斜坡鼻状构造、洼陷间鞍部	相变遮挡圈闭油气藏、孤立岩性体油气藏、砂层上倾尖灭油气藏	渤海湾
		缓坡带	（扇）三角洲、滩坝砂体			
	干旱	陡坡带	冲积扇—扇三角洲砂体			二连
		缓坡带	扇三角洲前缘砂体			
陆相前陆盆地	潮湿	前缘隆起	冲积扇—三角洲砂体	隆起围斜带	砂层上倾尖灭油气藏	准噶尔
	干旱	斜坡区	冲积扇、扇三角洲、滩滩	凹陷边缘斜坡	成岩地层圈闭油气藏	川北
古生界海相盆地		克拉通内拗陷	台地相碳酸盐岩次生溶蚀孔隙带、滨岸沙坝	古隆起	成岩地层圈闭油气藏、不整合遮挡油气藏	塔里木