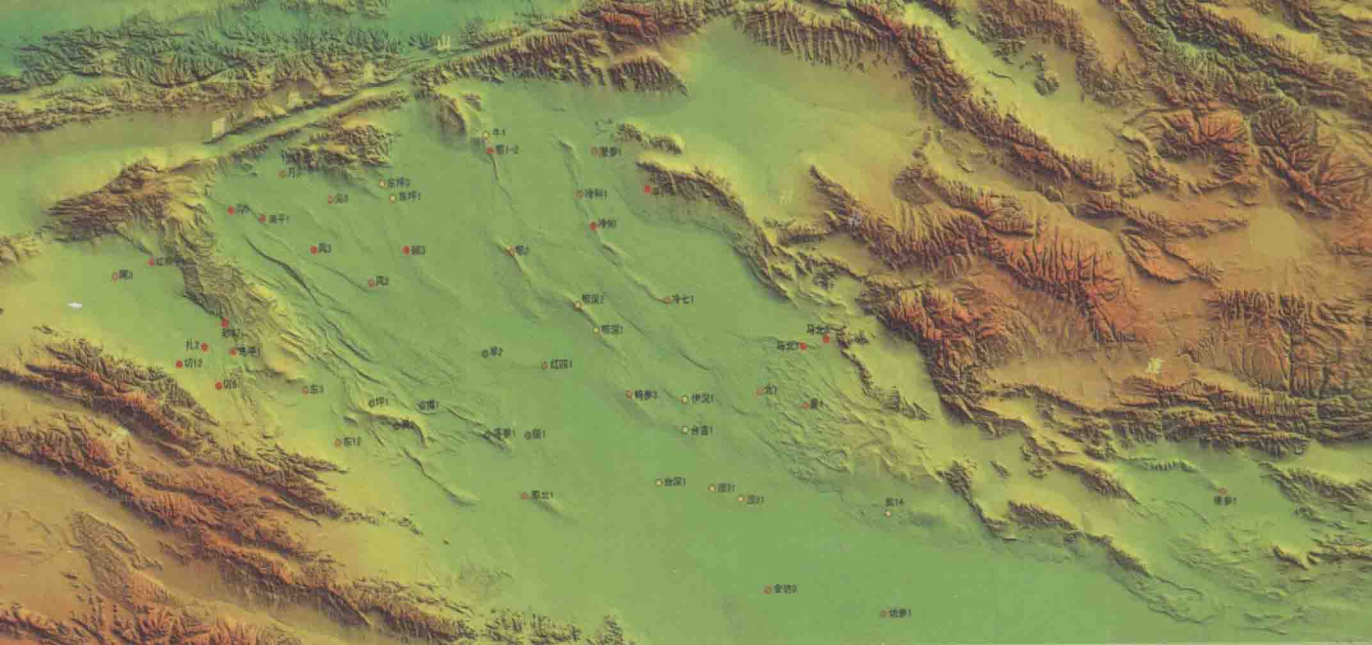




柴达木盆地油气地质成藏 条件研究

付锁堂 袁剑英 汪立群 张水昌 等◎著



科学出版社

柴达木盆地油气地质成藏条件研究

付锁堂 袁剑英 汪立群 张水昌 等 著

科学出版社

北 京

内 容 简 介

本书根据钻井、录井、测井、地震等大量的资料并结合油田勘探开发实践,从地层与沉积层序、构造特征与构造层、沉积相与微相、储层与储盖组合、运聚与圈闭评价等方面全面论述了柴达木盆地油气成藏的基本地质条件,分别探讨了柴北缘冲断带、柴西富烃凹陷和第四纪生物成因气的油气成藏基本规律及成藏模式,提出:①柴北缘的“古构造和晚期走滑构造体系控藏”论,认为柴北缘侏罗系生烃中心的分布演化控制着“小凹控油、源边成藏”的成藏特征,喜马拉雅早期继承性古隆起(古构造)是油气运聚的主要指向区,后期保存条件对油气成藏具有重要控制作用;②柴西地区的“多凹控藏、近源成藏”论,认为柴西古近纪南北向展布的多断陷富烃凹陷控制了源储关系及油气近源成藏的特征,油气以短距离运移为主,生烃中心控制油气藏分布,可划分为“两类四种”油气成藏模式;③有效的生储盖组合、匹配的构造圈闭以及沉积相和后期保存是控制第四纪天然气富集的主要因素。这些理论与认识对柴达木盆地的油气勘探起到了重要的指导作用。

本书是近年来集油气地质理论与油气勘探开发于一体的综合性研究成果,它有助于其他盆地或地区开展相关问题的研究与借鉴。本书供油气地质与勘探的相关人员及研究生使用。

图书在版编目(CIP)数据

柴达木盆地油气地质成藏条件研究/付锁堂等著. —北京:科学出版社, 2014. 6
ISBN 978-7-03-040727-6

I. ①柴… II. ①付… III. ①柴达木盆地-油气藏形成-研究 IV. ①P618.130.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 106471 号

责任编辑:张井飞 韩 鹏/责任校对:张小霞

责任印制:钱玉芬/封面设计:王 浩

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>

中国科学院印刷厂 印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2014 年 6 月第 一 版 开本:787×1092 1/16

2014 年 6 月第一次印刷 印张:30

字数:691 000

定价:238.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换)

本书主要作者

付锁堂	袁剑英	汪立群	张水昌
张道伟	李 永	寿建峰	张 林
曹正林	张 敏	徐子远	黄革萍

前言

一、油田基本概况与勘探开发历史

柴达木盆地位于青藏高原北麓，为祁连山、昆仑山和阿尔金山三山环抱的菱形山间高原盆地，海拔 2600~3000m，东西长 850km，南北宽 150~300km，面积 $12.1 \times 10^4 \text{ km}^2$ ，其中沉积岩面积 $9.6 \times 10^4 \text{ km}^2$ 。盆地西高东低、西宽东窄，从边缘至中心依次为戈壁、丘陵、平原、咸化湖泊或盐壳，属大陆干旱性气候，风蚀地貌广泛分布，植被稀疏，水系短小，以高山冰雪融水补给为主。

柴达木盆地是在前侏罗纪地块基础上发育起来的中、新生代陆内沉积盆地，南界为东昆仑中央断裂，北界为祁连山宗务隆山断裂，西界为阿尔金断裂。盆地基底具有古生代褶皱基底和元古代结晶基底的双重基底结构，基底顶面分布有古生代末的浅变质岩、古生代变质岩、元古代深变质岩和海西期花岗岩体，最浅埋深区铁木里克小于 500m，最深为茫崖凹陷和一里坪凹陷，分别达 14000m 和 17000m。盆地内发育古生界、中生界和新生界三套地层，沉积岩最大连续厚度为 17200m。发育柴西古近系和新近系、三湖第四系、柴北缘侏罗系三大含油气系统。

盆地油气勘探始于 1954 年，迄今已有 60 多年，经历了艰苦曲折的历程，有着明显的阶段性和复杂性。普查发现阶段（20 世纪 50~60 年代）：基本以地面地质调查和重磁电物理勘探为主，并对评价较好的地面构造实施钻探，1955 年 11 月 24 日第一口探井泉 1 并在油泉子开钻获得工业油流，1958 年冷湖油田地中 4 井在 650m 获得日产 800 多吨高产工业油流，发现了冷湖油田，在此期间发现地面构造 140 个，对其中近 30 个构造进行了钻探，发现油田 12 个，探明石油地质储量 $6455 \times 10^4 \text{ t}$ 。规模探明阶段（20 世纪 70 年代）：规模开展模拟地震勘探，在地面条件较好和地质评价较高的区块进行地震普查，落实了一批潜伏构造并择优钻探。1976 年在盆地东部进行了天然气勘探，揭开了寻找大气田的序幕，发现并初步落实涩北一号、涩北二号含气构造，探明天然气地质储量 $89.17 \times 10^8 \text{ m}^3$ 。1978 年 2 月，在柴西南区发现的跃进一号构造上的跃进 1 井喷出高产工业油流，发现亿吨级尕斯库勒油田。持续勘探阶段（20 世纪 70 年代末到 90 年代初）：随着尕斯库勒油田的发现，石油部组织开展甘青藏石油会战，在盆地开展了大规模数字地震，落实了大量构造圈闭，期间发现了跃进二号、乌南、砂西等油田和台南气田。滚动发展阶段（1995~2006 年）：依靠技术进步落实三千亿方的涩北气田，发现了南八仙、马北油气田，同时在老区开展滚动勘探，增加了一批储量，保障了油田的稳产。

截至 2006 年年底，油田共钻各类探井 2045 口，总进尺 $280.58 \times 10^4 \text{ m}$ ；获工业油气流井 491 口，探井的平均井深为 1372m，井深超过 4500m 的井仅有 64 口。共完成三维地震 3461 km^2 ，二维数字地震 73166 km^2 ，其中二维地震一级品为 41184 km^2 。

截至 2006 年,在柴达木盆地找到不同圈闭类型、多种储集类型的油田 16 个,气田 6 个,探明石油地质储量 $33493 \times 10^4 \text{ t}$,其中凝析油地质储量 $7.8 \times 10^4 \text{ t}$,技术可采储量 $7781.4 \times 10^4 \text{ t}$,探明率为 15.6%;天然气地质储量 $3056 \times 10^8 \text{ m}^3$,其中探明气层气地质储量 $2900.35 \times 10^8 \text{ m}^3$,探明溶解气地质储量 $156.04 \times 10^8 \text{ m}^3$;探明天然气可采储量 $1625.59 \times 10^8 \text{ m}^3$,探明率 12.2%,总体探明率较低。

青海油田开发从 1956 年开始,大致可以划分为四个阶段。早期起步阶段(1954~1976 年):先后对油泉子、尖顶山、开特米里克、油砂山、南翼山浅层、花土沟、七个泉、狮子沟浅层、鱼卡、冷湖三号、冷湖四号、冷湖五号等一批埋藏较浅的油田进行试采,年产原油在 $10 \times 10^4 \text{ t}$ 左右。稳步发展阶段(1977~1984 年):相继发现并开发了尕斯库勒、砂西、乌南和红柳泉等油田,探明含油面积 73.8 km^2 ,新增探明石油地质储量 $9725 \times 10^4 \text{ t}$ 。到 1985 年年底,原油年产量达到了 $19.9 \times 10^4 \text{ t}$ 。快速建设阶段(1985~1999 年):在此阶段发现了狮子沟深层油气藏、南翼山中深层凝析气藏、跃进二号油田和台南气田、南八仙中型油气田。1991 年原油产量达到 $102 \times 10^4 \text{ t}$,首次突破百万吨大关。完成了尕斯库勒油田 $120 \times 10^4 \text{ t}$ 产能建设、花土沟-格尔木 436 km 输油管道、格尔木 $100 \times 10^4 \text{ t}$ 炼油厂等三项重点工程,标志着青海油田勘探开发并举,上下游一体化经营的格局已基本形成。到 1999 年年底,已实际建成 $195 \times 10^4 \text{ t}$ 原油生产能力,年产原油 $190 \times 10^4 \text{ t}$,建成天然气生产能力 $8 \times 10^8 \text{ m}^3$,年产天然气 $3 \times 10^8 \text{ m}^3$ 以上。高效开发阶段(2000~2006 年):以老油田“稳油控水”为中心,加大了科技增油和滚动勘探开发力度。坚持效益开发原则,努力做到储量、产量、效益协调增长,上下游一体化、供产销一体化,有重点地搞好效益开发系统工程建设,基本上实现了“三平衡”、“五配套”,使油气产量增幅达 10%以上,到 2006 年年底已形成 $556.5 \times 10^4 \text{ t}$ 的油气生产能力。

截至 2006 年年底,开发已动用 15 个油田,共动用含油面积 216.2 km^2 ,地质储量 $28570.15 \times 10^4 \text{ t}$,技术可采储量 $6882.88 \times 10^4 \text{ t}$,占探明储量的 85.3%,技术可采储量占总探明技术可采储量的 88.5%。共有采油井总数 1825 口,开井数 1440 口,日产油水平 6359 t ,年产油 $223.0017 \times 10^4 \text{ t}$,累计产油 $3413.0078 \times 10^4 \text{ t}$,地质储量采油速度 0.67%;综合含水 60.62%;地质储量采出程度为 10.19%,可采储量采出程度为 43.9%。注水井总数 366 口,开井数 337 口,日注水 19010 m^3 ,年注水量 $610.3915 \times 10^4 \text{ m}^3$,累积注水量 $5234.59 \times 10^4 \text{ m}^3$ 。已建成年生产原油 $225.84 \times 10^4 \text{ t}$ 的配套生产能力。

截至 2006 年年底,开发动用气田三个(涩北一号、涩北二号、台南),油气田一个(南八仙)。年产天然气 $24.5013 \times 10^8 \text{ m}^3$ (气层气产量 $23.5751 \times 10^8 \text{ m}^3$,溶解气产量 $0.9262 \times 10^8 \text{ m}^3$),累计产天然气 $129.6335 \times 10^8 \text{ m}^3$ (气层气产量 $100.3961 \times 10^8 \text{ m}^3$,溶解气产量 $29.2374 \times 10^8 \text{ m}^3$),探明可采储量采出程度为 7.97%,采气速度 1.50%。累计建成天然气产能 $41.5 \times 10^8 \text{ m}^3$,其中涩北一号 $20 \times 10^8 \text{ m}^3$,涩北二号 $20.5 \times 10^8 \text{ m}^3$,南八仙油气田 $1 \times 10^8 \text{ m}^3$ 。

总体来看,油气勘探程度低,盆地认识程度低,勘探还存在许多空白区带和未知领域,油田发展尚有十分巨大的勘探空间和开发潜力。实践证明,柴达木盆地具有特殊的地表勘探条件和复杂的地下地质背景,油气条件的特殊性、复杂性、多变性给研究认识盆地以及勘探开发油气田带来了极大的难度,同时对于常规勘探开发技术的使用也带来

了重大挑战。

二、存在的主要问题

(一) 油田勘探方面

在勘探方面：由于盆地构造运动强烈，断裂发育，差异隆升明显，物源多、相带窄、储层薄、岩性杂、物性差，给认识油气规律，寻找整装油气田带来了诸多问题。集中存在四个方面的问题。

1. 基础地质认识

基础地质认识不够深入，特别是在生烃、沉积、储层等重要专业领域的基础地质认识还非常不够，整装油气田的勘探方向不明确，严重制约了油气勘探方向和甩开勘探的力度。

(1) 烃源岩方面：柴北缘侏罗系源岩分布范围及生烃潜力；三湖第四系生物气生烃下限深度和温度等要素及资源潜力；新近系和古近系烃源岩的生烃期次和强度以及富烃凹陷的展布范围。

(2) 储层方面：古近纪和新近纪陆相河流湖泊三角洲沉积对储层的宏观控制作用；快速沉积背景下的储层自生成岩作用；多类型裂缝对油气储层的影响；湖泊相碳酸岩储层的成因机理及有利储层分布规律。

(3) 构造方面：古构造（古隆起、古断裂）对油气成藏的作用及影响；断裂演化中开启与封堵作用对油气成藏的作用和意义；不同期次构造的定量解释及构造圈闭有效性分析。

(4) 源储组合方面：盆地不同类型油气藏源储组合的划分标准及依据；源内组合、近源组合及远源组合在盆地的分布范围及层系；不同含油气层系的资源量评价。

(5) 运聚成藏方面：油气运聚时间、通道、动力、方向距离及规模对成藏的控制作用；断层、不整合面、沉积砂岩、古构造对油气运聚的作用；次生油气藏的成因及分布，晚期构造运动对油气成藏的影响因素。

(6) 岩性油气藏方面：岩性油气藏的主控因素和形成背景；碳酸盐岩等复杂岩性油气藏的富集规律和勘探思路。

2. 勘探主体技术

勘探主体技术不配套，勘探技术瓶颈有待突破。储层预测、油气检测、地质建模和油藏描述等方面基础技术手段比较落后，不能完全满足需求。

(1) 地震勘探在高陡构造和断裂下盘成像的技术问题，尽管有所进步，仍需要结合发展需求持续开展攻关。

(2) 岩性油藏预测和判识问题，需要对高品质地震资料深化研究和分析，通过地质、地震、测井一体化联合攻关。

(3) 烃类检测技术，目前已应用于天然气勘探，但对低丰度和岩性气藏的检测水平

还较低,急需理论深化和实践突破。

(4) 随着数字测井、成像测井技术的大规模推广应用,低孔、低渗、低阻、薄层岩性和裂缝型油气层的定性评估和定量解释要作为攻关重点。

(5) 低渗薄层压裂改造技术是解放油气层的关键技术,对于提高单井产量、快速动用难采储量、提高勘探开发效益具有重要意义,是攻关的技术重点。

3. 油田人才匮乏与自研能力较低

油田处于边陲高原,信息闭塞,人才匮乏,自研能力和水平较低,技术创新能力有待增强。

(1) 科技资源整合力度不够,现有科研力量没有得到充分发挥,急需打造科研大平台,营造科技创新的氛围,整合科研资源。譬如集中中国石油内部研究力量、大学院校研究力量和青海油田研究力量为一体,按研究内容和项目需求做好项目立项及分工,减少低水平的重复项目和工作量,提高科研效率。

(2) 勘探开发难点技术攻关的速度较慢,进展不均衡。仅依靠油田自身的力量和现有的研究水平和技术能力还不能有效破解技术难题。特别是引进的新技术、新方法解决柴达木盆地地质和技术问题的针对性不强,应用效益及效果不明显。

(3) 勘探开发人员解决复杂问题的能力有限,创新意识薄弱,科研水平有待进一步提高。研究课题既需要联合攻关,也需要专项重点突破,需要发挥科研单位各自的优势,有针对性地进行科研工作,确保研究质量和水平。

4. 油气勘探理论和勘探思路亟待调整完善

受盆地特殊性和复杂性的影响,六十年来已形成了围绕构造寻找油气的传统模式,随着油气勘探理论的发展,勘探思路亟待调整完善。

(1) 需要进一步解放思想,坚定科学找油的理念。树立开拓意识和创新理念,要借鉴国内外先进的勘探理论和经验,科学分析柴达木盆地的油气资源,科学判断大中型油气田可能的数量与位置。立足盆地实际,精细分析油气成藏的有利条件和勘探风险,大胆探索,力争区域甩开勘探有新的突破。

(2) 勘探思路不够明确,勘探层次不够清晰。注重构造找油,对岩性油气藏有所忽视;立志新区、新领域突破,对老区深化勘探有所懈怠;侧重深层高效油气藏,对浅层低渗、低产油气藏有所轻视。

(3) 勘探开发一体化管理亟待加强。勘探开发一体化是缩短勘探和开发周期,实现快速发展的有效做法,也是勘探与开发各路工作观念的一个大转变。要树立“勘探为开发领路,开发为勘探护航”的一体化思想,真正达到“预探甩开发现、评价落实储量、开发贡献产能”的目的。

(二) 油田开发方面

在油气开发方面,由于储量接替严重不足,加之注水水质不达标,油井套损,气井出砂等诸多因素影响,油气田稳产和上产中遇到了八个方面的问题。

(1) 油田开发对象变差、上产难度加大。随着油田注水开发的进一步深入,主力油田主力小层水淹严重,含水上升速度加快,产量递减幅度加大,新钻开发井效果有逐年变差的趋势,开发对象逐步向主力油田的次主力、非主力小层转移,向难采储量转移。面临开发调整挖潜难度急剧加大,难采油田储量动用程度低,单井产量低,开发成本高,油田上产难度大,总体效益有所下滑。

(2) 主力油田(油藏)进入中高含水期,各类矛盾日益突出。随着主力油田、油藏含水上升,吨油采出的液量大幅上升,造成地层压力下降快,单井日产下降快。“二升二快”给老油田稳产带来巨大的难度,急需加大对剩余油分布规律、油气富集区、高含水后期水驱改善、三次采油技术等方面组织攻关。

(3) 主力油田自然递减率逐年加大,稳产难度越来越大。随着主力油田进入中高含水期,含水上升较快,老井产量逐年递减,如尕斯库勒油田 E_3^1 油藏、跃进二号等油田自然递减达到 20% 以上、其他油田自然递减也逐年上升,虽然通过近几年的“稳油控水”综合治理工作,逐步调整完善注采井网,取得一定的成效,但由于措施及调整难度越来越大,递减逐年上升,稳产难度加大。

(4) 部分主力油田注水水质超标严重。围绕注水开发油田注入水水质达标,近几年来开展了一系列的改善注入水水质系列技术攻关,见到了一定的效果。但是,主力油田如尕斯库勒油藏注入水水质超标,以机械杂质超标现象最为严重,其中机械杂质超标 20 倍左右,总铁超标 3 倍左右,注入水呈偏酸性,造成注水井维护周期缩短,注水设备、设施、管材腐蚀,结垢严重,缩短了使用寿命。同时给注水井投捞测试工作带来了一定的难度。

(5) 投入措施工作量逐年增多,效果变差。表现在措施井次上升,年措施增油量上升,但平均单井措施增油量下降,效果变差。从 1996 年以来,措施由 139 井次上升到 2006 年的 685 井次。而平均每井次年增油由 1996 年的 754.1t 降低到 2006 年的 310.6t。实施增产措施的储层物性越来越差,多数油田增产措施的层位由主力产层逐步向次主力层或非主力层过渡,油藏条件增产措施工艺技术的要求越来越高。

(6) 气井出砂严重影响生产。涩北气田岩性疏松,岩石力学强度低,储层极易出砂,开采过程中水参与流动使储层结构可能会遭到不同程度的破坏,致使出砂加剧。随着开采时间延长和生产压差的增大,气田出砂会更加严重,必将影响气井正常生产和气井产量,增加防砂难度和防砂、冲砂的工作量,同时也会增大采气成本、降低经济效益。目前的高压充填防砂和纤维复合防砂技术对防砂层位及选井条件要求高,选井比较困难,需要对防砂技术进行改进,以满足涩北气田生产的需要。

(7) 气田出水类型复杂,防水、治水面临新挑战。涩北气田为多层边水气田,气水关系复杂,气田开发过程中存在边水推进、层间水窜、气层内的束缚水变可动水产出等现象,影响气井生产,气田开发面临防水、治水难题。目前在现场对气井出水治理除了优化气井生产管柱和生产管理的手段外,没有进行其他治水试验,缺乏治水经验,需要加大找、堵水试验力度。

(8) 气井产量递减明显,实现气田稳产有一定难度。随着气田的开发,地层压力下降、出水加剧、出砂砂埋产层,导致气井产量递减明显。近年来,涩北一号、涩北二号

气田老井产能递减率接近 10%，气田稳产面临严峻形势。

柴达木盆地是一个油气资源比较丰富的盆地，全国第三次油气资源评价表明仅中生界石油资源量为 $21.5 \times 10^8 \text{ t}$ ，天然气资源量为 2.5×10^{12} ，同时也是一个极为复杂的含油气盆地，已发现的油气田以中小型为主，规模大、丰度高的油气田较少，仅尕斯库勒油田储量在亿吨级以上，跃进二号油田储量丰度接近每平方公里近 $1000 \times 10^4 \text{ t}$ 。目前发现的油气储量与油气资源量极不相称，已探明的石油资源地域和层位分布很不均匀。为了尽快提升青海油田油气生产的地位和作用，提高柴达木盆地油气资源向储量的转化率，快速高效发现和探明整装规模储量，彻底改变油气开发后备资源不足的状况，增强油田稳产能力，加快天然气上产速度。青海油田急需集中人力、财力、物力，整合中国石油内部一流的科研力量，引入国内外先进的技术，针对柴达木盆地的地质难点和瓶颈技术进行攻关研究，以期真正满足建设千万吨级高原油气田对科技的需求。

目 录

前言

第一章 盆地油气勘探程度与现状分析	1
第一节 勘探历程与勘探成果	1
第二节 勘探程度与勘探现状	4
第三节 主要勘探经验与启示	8
第二章 柴达木盆地中生代构造特征及演化	10
第一节 柴达木盆地地质特征	10
第二节 盆地构造特征与演化	33
第三节 构造事件与构造演化	41
第三章 中新生界沉积层序特征与沉积演化	54
第一节 中生界沉积层序划分及其特征	54
第二节 新生界沉积层序划分及其特征	66
第三节 中新生界沉积演化与展布	101
第四章 盆地储层特征及储盖组合	115
第一节 柴北缘储层特征及有利储层分布预测	115
第二节 储层控制因素及储层评价	127
第三节 柴西地区储层特征	132
第四节 储盖组合特征	137
第五章 柴达木盆地关键成藏期构造发育演化特征	141
第一节 柴西地区油气成藏关键期构造特征	141
第二节 柴西昆北地区古构造格局	169
第三节 柴北缘地区油气关键成藏期构造特征	196
第六章 柴北缘地区油气运聚主控因素	245
第一节 柴北缘地区油气成藏特征及主控因素分析	245
第二节 柴北缘地区油气成藏主控因素	255
第三节 柴北缘地区油气成藏主控因素讨论	274
第七章 柴西地区油气运聚成藏主控因素	279
第一节 柴西油气成藏条件及特征	279
第二节 柴西油气成藏主控因素分析	304
第三节 柴西油气成藏差异性及主控因素分析	351
第八章 生物气形成机理与资源评价	360
第一节 生物气生成机理和条件	360
第二节 生物气源岩特征	368

第三节 生物气资源评价·····	378
第九章 生物气成藏条件与主控因素·····	396
第一节 生物气储盖层特征·····	396
第二节 气藏圈闭特征·····	402
第三节 成藏模式与主控因素·····	411
第十章 柴达木盆地成藏富集规律与有利勘探方向·····	419
第一节 柴北缘地区油气成藏富集规律及有利勘探方向·····	419
第二节 柴西地区油气成藏富集规律及有利勘探方向·····	431
第十一章 盆地油气区带评价与有利勘探方向·····	443
第一节 盆地油气区带评价·····	443
第二节 盆地重点勘探领域潜力评价·····	449
参考文献·····	455

第一章 盆地油气勘探程度与现状分析

通过对柴达木盆地勘探现状和勘探潜力的分析，认为盆地总体勘探程度较低，勘探潜力较大；通过对勘探程度的分析，我们认为，柴西南岩性、柴西北深层、三湖深层、一里坪凹陷、柴东南凹陷、德令哈凹陷、柴东古生界勘探程度低，资源潜力大，是盆地“四新”领域，是柴达木盆地未来油气勘探的重要接替领域。

第一节 勘探历程与勘探成果

一、勘探历程

柴达木盆地油气勘探大致可以划分为四个阶段（图 1.1～图 1.6）。

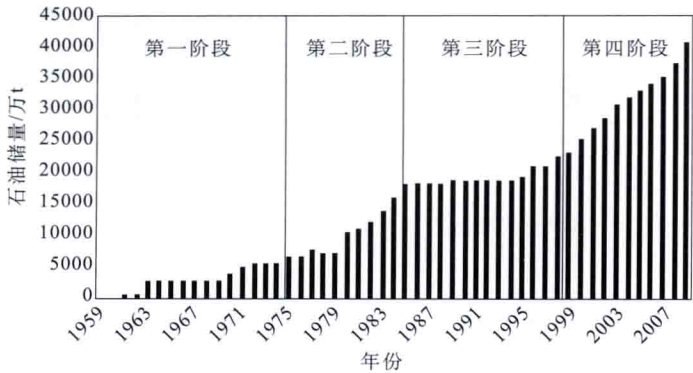


图 1.1 历年探明石油地质储量累计直方图

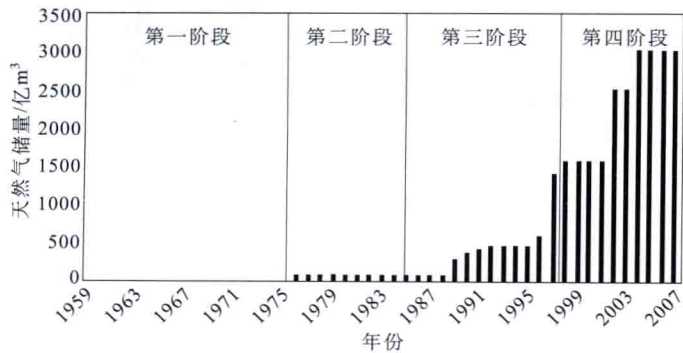


图 1.2 历年探明天然气地质储量累计直方图

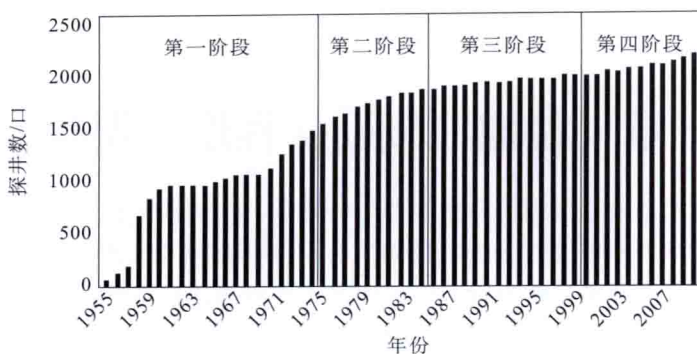


图 1.3 柴达木盆地历年探井数量累计直方图

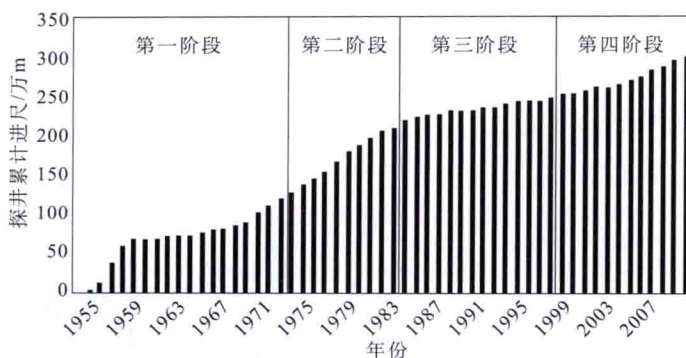


图 1.4 柴达木盆地历年探井进尺累计直方图

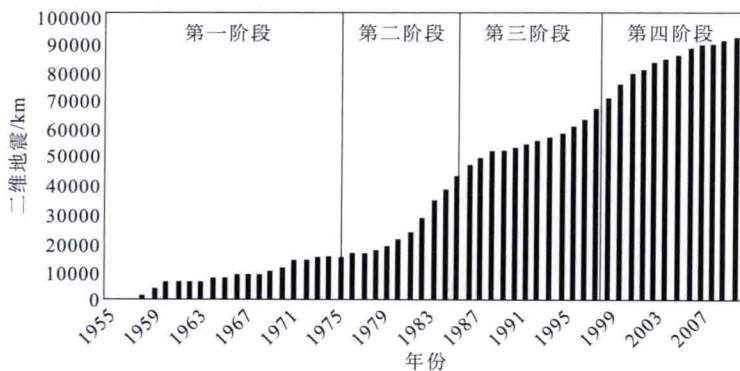


图 1.5 历年二维地震工作量累计直方图

(1) 第一阶段 (1954~1974 年)

此阶段为勘探起步阶段。累计完成二维地震 15192km (主要是模拟地震), 探井 1432 口。该阶段油气勘探以地面地质调查、区域重磁力普查以及少量模拟地震勘探为主。发现了油气田或含油气构造 17 个 (冷湖、花土沟、狮子沟、尖顶山、油砂山、油

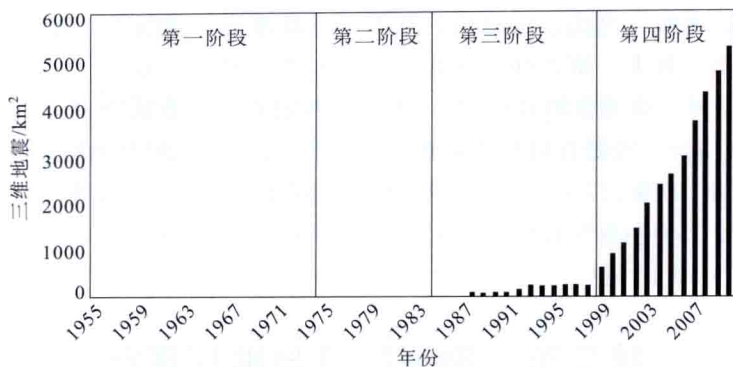


图 1.6 历年三维地震工作量累计直方图

泉子、南翼山、鱼卡、马海、开特米里克、涩北一号等), 探明石油地质储量 5299 万 t, 探明天然气储量 0.57 亿 m^3 。

(2) 第二阶段 (1975~1984 年)

此阶段为盆地整体认识阶段。累计完成二维地震 23647km, 探井 374 口。在地震勘探技术上由数字地震代替了模拟地震, 完成了纵横盆地的 13 条区域大剖面, 钻探了以早 2 井为代表的一批区域深探井, 为整体评价柴达木盆地打下了基础。落实了涩北一号、涩北二号气田, 发现盆地最大的油田——跃进一号油田, 开辟了潜伏构造和新近系、古近系深层找油的新领域。探明石油地质储量 10952 万 t, 探明天然气储量 88.6 亿 m^3 。

(3) 第三阶段 (1985~1999 年)

此阶段为外甩勘探阶段。累计完成二维地震 36420km, 三维地震 887.85 km^2 , 探井 131 口。发现了狮子沟深层油气藏、南翼山中深层凝析气藏、跃进二号油田、台南气田和南八仙中型油气田。该阶段探明石油地质储量 6688.8 万 t, 探明天然气储量 1487 亿 m^3 。

(4) 第四阶段 (1999~2010 年)

此阶段为勘探发展阶段。累计完成二维地震 16665km, 三维地震 4376 km^2 , 探井 178 口。通过深化地质认识, 实现了柴西石油、三湖天然气储量的大幅度增长, 通过甩开勘探发现了伊克雅乌汝新近系生物气藏、马北一号含油气圈闭、马北三号含油圈闭以及马西含气构造。特别是近几年在切克里克地区外甩勘探获得重大突破, 发现了昆北油田整装优质储量, 三级储量超过 1 亿 t。截至 2009 年底, 该阶段探明石油地质储量 18167 万 t, 探明天然气储量 1480 亿 m^3 。

二、主要勘探成果

自 1954 年开始勘探, 截至 2009 年底, 共发现地面构造 140 个, 构造总面积 26984 km^2 , 圈闭总面积 4809 km^2 。共发现潜伏圈闭 132 个, 圈闭总面积 6069.3 km^2 。

盆地已探明油气田 24 个, 其中油田 18 个: 尕斯库勒、跃进二号、花土沟、狮子

沟、七个泉、红柳泉、乌南、尖顶山、红沟子、咸水泉、南翼山、油泉子、开特米里克、昆北、冷湖、鱼卡、南八仙、马北，气田 6 个：涩北一号、涩北二号、台南、盐湖、驼峰山、马海。探明含油面积 225.65km^2 ，探明石油地质储量 $38524.5 \times 10^8\text{t}$ ，控制含油面积 122.97km^2 ，控制石油地质储量 $13461.76 \times 10^4\text{t}$ ，预测含油面积 368.27km^2 ，预测石油地质储量 $45295.75 \times 10^4\text{t}$ ；探明含气面积 177.66km^2 ，探明天然气地质储量 $3066.38 \times 10^8\text{m}^3$ ，控制含气面积 109.81km^2 ，控制天然气储量 $644.16 \times 10^8\text{m}^3$ ，预测天然气储量 $2345.64 \times 10^8\text{m}^3$ 。

第二节 勘探程度与勘探现状

一、勘探程度分析

柴达木盆地虽然历经 50 多年的勘探，但总体勘探程度较低，勘探潜力大。

(一) 地震勘探程度

截至 2008 年年底，完成二维数字地震 75425.6km ，三维地震 4714.5km^2 （集中分布在柴西南、冷湖、南八仙、马北等高成熟区），大部分地区测网密度为 $4\text{km} \times 4\text{km}$ 或 $4\text{km} \times 8\text{km}$ ，而且还存在较多的地震空白区（图 1.7）。在这些地震资料中，品质较好的有 43724.6km ，仅占 56.47% ，有将近一半的地震资料品质较差，不能满足构造、岩性解释的需要，影响对盆地的地质认识，勘探目标的落实程度较低，钻探成功率低。因此，通过地震资料的重新采集、重新处理解释，深化对盆地的地质认识，落实勘探目标，潜力巨大。

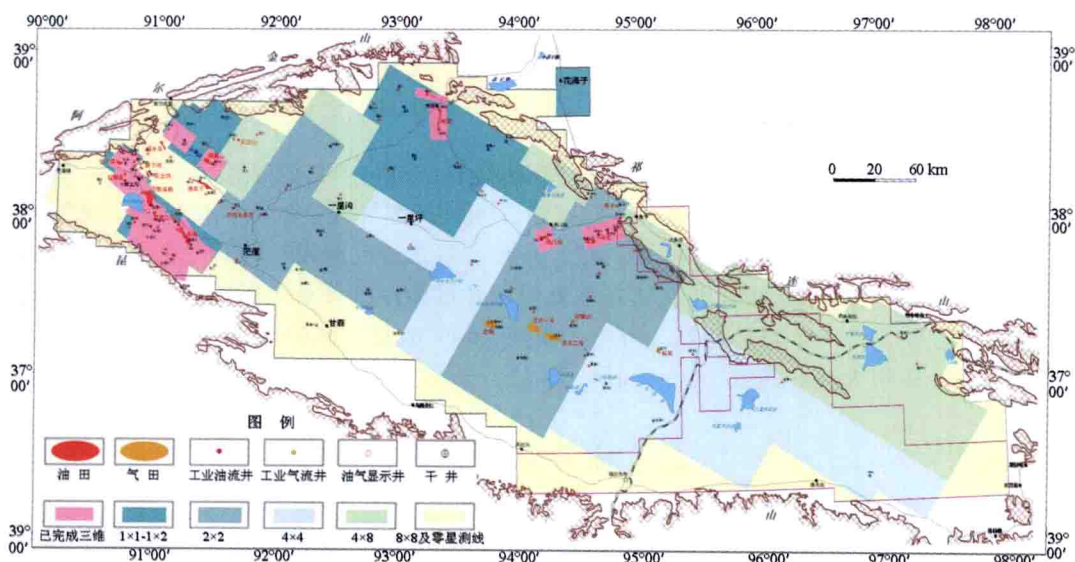


图 1.7 柴达木盆地地震勘探程度图

(二) 钻井勘探程度

截至 2008 年年底, 柴达木盆地钻共完钻探井 2102 口, 总进尺 $294.7 \times 10^4 \text{m}$, 平均井深仅 1402m。由于勘探面积大、勘探历史长、钻井数量多, 钻探程度极不均衡。虽然探井数量达到 2000 多口, 但绝大多数集中在柴西南、冷湖、马海-南八仙、涩北等已知含油气区, 个别构造带探井密度很大, 如红柳泉-跃进、狮子沟-南翼山、冷湖-南八仙等, 而油气田外围的区域探井很少, 还存在很多钻探空白区 (图 1.8)。因此, 柴达木盆地还有广阔的新领域未被揭示。

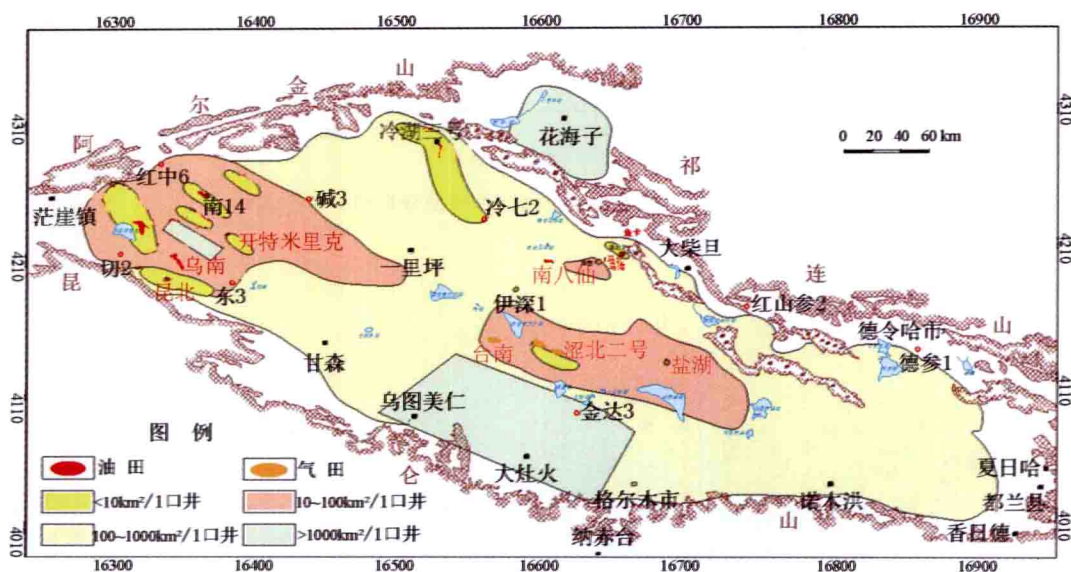


图 1.8 柴达木盆地钻井勘探程度图

分层系探井统计结果表明, 自上而下, 探井数量越来越少, 越往深层, 钻井控制程度越低, 认识程度也越低 (图 1.9), 反映盆地深层整体勘探程度低, 可供勘探发现的潜力大。

钻穿狮子沟组 N_2^3 地层的探井有 931 口, 平均井深 1753m, 主要分布在柴西南地区 and 柴北缘西段的冷湖-南八仙构造带, 一里坪凹陷、三湖及盆地东部等大部分地区基本为钻探空白区 (图 1.10)。

钻穿下油砂山组 N_2^1 地层的探井有 978 口, 平均井深 1930m, 主要分布在柴西南、咸水泉-大风山、冷湖-南八仙构造带。盆地中部、东部大部分地区基本为钻探空白区或探井控制程度极低。

钻穿干柴沟组 E_3 地层的探井 292 口, 集中分布在柴西南地区、冷湖构造带和鱼卡断陷, 盆地中部、东部大部分地区为钻探空白区。茫东地区、一里坪凹陷、甘森泉凹陷以及盆地东斜坡地层超覆带缺乏钻井揭示。