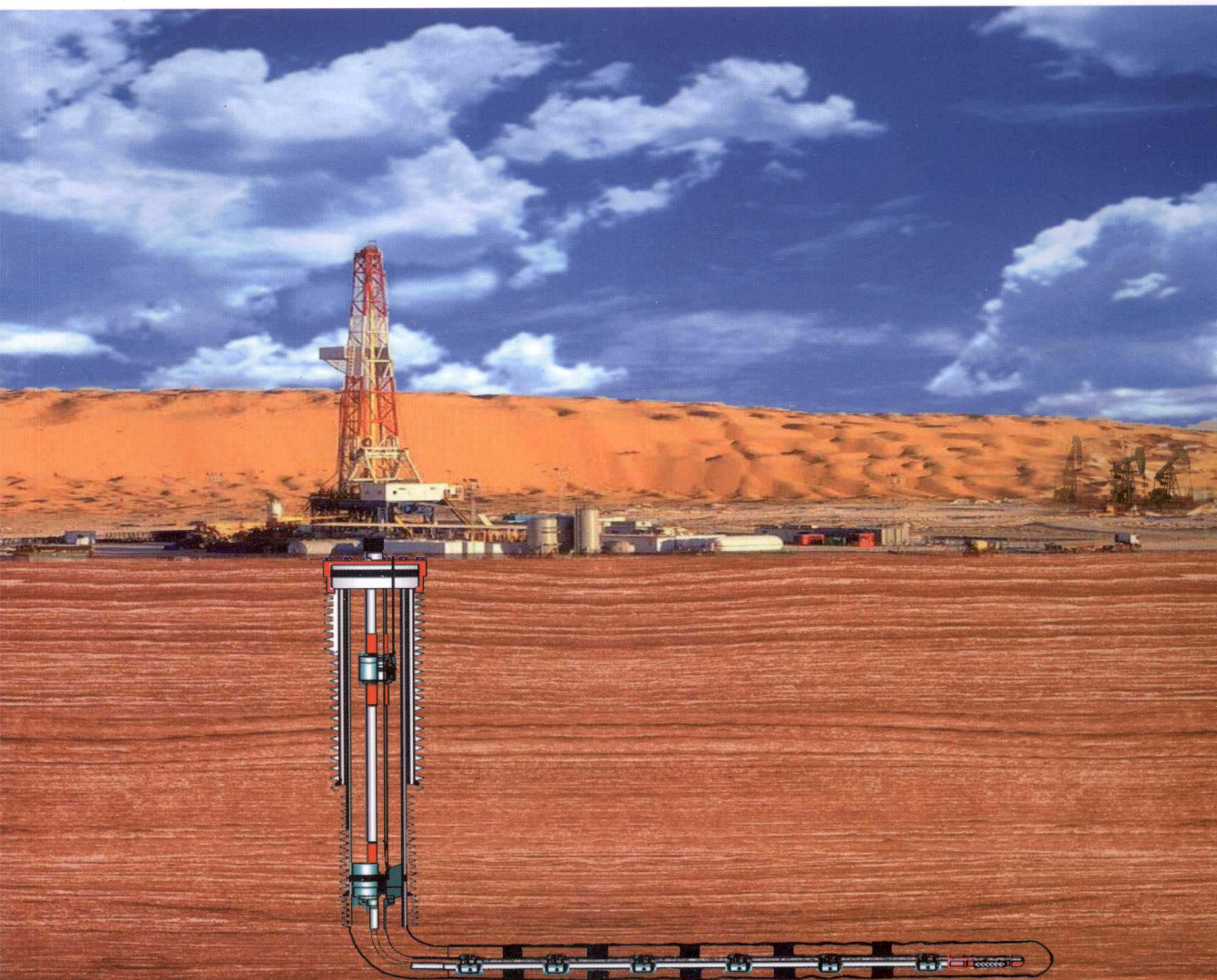


# 碳酸盐岩油气藏高效开发 “筋脉”理论与实践

刘建勋 著



石油工业出版社

# 碳酸盐岩油气藏高效开发 “筋脉”理论与实践

刘建勋 著

石油工业出版社

## 内容提要

本书提出了碳酸盐岩油气藏高效开发的“筋脉”理论，阐述了在“筋脉”理论指导下碳酸盐岩油气藏的精细评价、储量计算、精细控压安全钻井和开发技术政策，分析、总结了该理论在塔里木油田的应用案例，具有很高的理论意义和实用价值。

本书可供从事油气勘探、开发、工程等专业的管理和技术人员及相关院校师生参考。

## 图书在版编目 (CIP) 数据

碳酸盐岩油气藏高效开发“筋脉”理论与实践/刘建勋著.  
北京:石油工业出版社,2011.7

ISBN 978-7-5021-8370-7

I.碳…

II.刘…

III.碳酸盐岩油气藏-油田开发-理论研究

IV. TE344

中国版本图书馆CIP数据核字(2011)第140378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](http://www.petropub.com.cn)

发行部:(010) 64523620

经 销:全国新华书店

印 刷:北京市前进印刷厂

---

2011年7月第1版 2011年7月第1次印刷

787×1092毫米 开本:1/16 印张:8.75

字数:219千字 印数:1—2000册

---

定价:110.00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

# 序

塔里木油田刘建勋同志所著的《碳酸盐岩油气藏高效开发“筋脉”理论与实践》一书，针对塔里木油田碳酸盐岩复杂的地质、开发、工程问题，敢于探索，敢于实践，勤于钻研，提出以水平井作为孔洞、缝双重孔隙介质碳酸盐岩油气藏主要开发技术手段，具有较强的针对性，实践中已初步取得较好的应用效果。

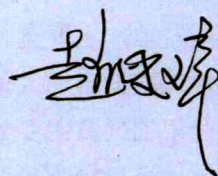
我国碳酸盐岩油气藏资源丰富，主要分布在四川、塔里木、渤海湾、鄂尔多斯盆地，主要有孔隙性碳酸盐岩油气藏、裂缝性碳酸盐岩油气藏、孔隙—裂缝性碳酸盐岩油气藏三类，已有40多年的勘探开发历史。塔里木盆地已探明碳酸盐岩油气藏主要分布在塔中地区，主要类型是孔隙—裂缝性碳酸盐岩油气藏，地质情况较为复杂，表现在埋藏深度大，孔隙、洞、缝并存并分布复杂，油气水关系复杂，开发过程中的流动规律复杂等方面。作者提出通过碳酸盐岩油气藏地质构造背景分析、古今应力场分析、地震技术预测、静动态资料研究多方面相结合，构成双重孔隙介质碳酸盐岩储层裂缝、孔、洞精细预测描述的认识方法。

为充分发挥裂缝对流体的输导与渗流作用，塔里木油田积极采用水平井技术，有效沟通多条碳酸盐岩中的天然裂缝及其连通的孔、洞，当天然裂缝不足的时候，采用水平井压裂植入多条人造“裂缝”，与天然裂缝、孔、洞一起，构建更加完善的渗流通道，使水平井技术在碳酸盐岩油气藏开发中起到打通渗流通道、构建渗流通道的作用，显著增加单井控制储量，提高单井产量，增强稳产基础。

受我国中医理论启发，作者以“筋脉（主要是指裂缝）”理论形象地反映裂缝—孔洞型碳酸盐岩油气藏的开发思路，其核心是认识“筋脉”、打通“筋

脉”、人造“筋脉”、利用“筋脉”，为开发工作服务；体现出作者对塔里木碳酸盐岩油气藏开发主要客观规律的正确认识、形象表达、有效利用。本书对油气勘探开发管理人员、研究人员在解决工作难题，提升对勘探开发工作的感悟方面，有一定的启示和借鉴意义。

塔里木油田碳酸盐岩油气藏勘探开发历程还较短，一些地质认识、开发规律与理论、工程技术问题还未完全解决，相信塔里木油田的同志们将不断深入钻研与实践，进一步提高碳酸盐岩油气藏开发水平，为塔里木大油气田的开发做出更多的贡献。



2010年12月13日

# 前 言

我国深层碳酸盐岩油气的勘探开发，普遍面临着储量资源的有效评价和高效开发利用的难题。20世纪70年代华北任丘雾迷山组的开发就遇到了产量递减过快的问题，整体（近4亿吨的原油储量，中深层）开发的效果也不理想。近20年来，我国以塔里木盆地为代表，又着手开始了深层（大于5000米）碳酸盐岩油气勘探开发的探索，主要有塔里木油田分公司、西南油气田分公司和与塔里木油田毗邻的中国石化西北分公司，西北分公司已形成了500多万吨的原油规模产量，但利用的储量资源已超过10亿吨，显然，并未实现资源高效利用与开发的目标。塔里木油田分公司和西南油气田分公司都相继遇到一些难题。值得欣慰的是塔里木油田分公司自2008年初至今在塔里木盆地塔中地区开展的勘探开发一体化项目攻关，取得了实质性的、突破性的进展，并在实践中针对深层碳酸盐岩油气的高效勘探开发，创立了一套全新的理论，称之为“筋脉”理论，有效地指导了塔中地区的高效勘探开发。仅用了两年多的时间，勘探开发形势取得了全面突破与发展，探明储量超过了3亿吨油气当量，平均探井成功率大于70%，开发井成功率达到了100%，选用多口开发水平井试采，实现了高产稳产的目的。本书就项目实践中的一些成功的经验与做法，进行了全面、系统的归纳与总结，并对“筋脉”理论的原理与实践进行了深入分析和系统介绍，包括油气藏分类，储层分类与判别，“筋脉”理论的方法、原理，“筋脉”理论的运用与实践及其要点，储量计算，“筋脉”理论对工艺技术的指导应用，以及该理论与方法对其他类型油气藏开发的拓展应用等等，内容丰富详实。希望该书的出版能对我国深层碳酸盐岩油气勘探开发有所裨益。

另有多位塔里木油田分公司的专家参与了该书的编写工作：邓兴梁同志参与了第一章、第三章、第四章和第六章的编写，蔡振忠、韩剑发、胥志雄、李怀忠、彭建新、刘会良、朱绕云、康延军等同志参与了第三章的编写，汪如军同志参与了第四章和第六章的编写，宋玉斌同志参与了第一章、第五章的编写，朱绕云、刘会良、伍文峰同志参与了第五章的编写，海川同志参与了第二章的编写。伍文峰、宋玉斌同志全面负责书稿的稿件整理工作。

塔中碳酸盐岩油气藏勘探开发一体化项目的攻关与实践以及理论的创新，得到了中国石油股份公司勘探与生产分公司马新华、吴奇、王元基、任东、张守良、汤林、谭健等领导和专家的指导、帮助和支持；特别是股份公司赵政璋副总裁和塔里木油田公司周新源、安文华、王招明等领导给予了方向性的指导和技术把关，在此一并表示由衷的感谢！也感谢项目攻关实践与理论创新中参与具体工作的同志们所付出的艰辛与努力！

# 目 录

<b>第一章 概述</b> .....	1
第一节 引言.....	1
第二节 “筋脉”理论概述.....	2
<b>第二章 “筋脉”理论基本原理</b> .....	6
第一节 碳酸盐岩油气藏高效开发“筋脉”理论的解析.....	6
第二节 “筋脉”理论的开发指导原则.....	8
第三节 “筋脉”理论的油藏认识.....	9
第四节 碳酸盐岩油气藏储量计算方法.....	15
<b>第三章 “筋脉”理论指导下的技术应用</b> .....	21
第一节 塔中 I 号气田总体概况.....	21
第二节 油气藏综合地质精细评价技术的应用.....	23
第三节 超深水平井精细控压安全快速钻井技术应用.....	35
第四节 水平井分段改造高效完井技术应用.....	52
<b>第四章 开发技术政策及管理对策</b> .....	70
第一节 开发技术政策.....	70
第二节 管理对策.....	77
<b>第五章 单井实例分析与总结</b> .....	81
第一节 TZ62-6H和TZ62-7H井喜忧掺半.....	82
第二节 TZ26-2H、TZ26-4H井不无遗憾.....	88
第三节 TZ62-5H井再利用分析.....	94
第四节 TZ62-11H工艺获得突破.....	97
第五节 TZ62-10H井教训深刻.....	100
第六节 ZG162-1H井“筋脉”理论实践的典型.....	104



第七节	TZ721—5井死井变活井·····	107
第八节	塔中721—2H井单井分析·····	111
第九节	塔中26—5H井有成功有不足·····	115
第十节	TZ62—H12井单井分析·····	118
<b>第六章</b>	<b>“筋脉”理论要点、拓展应用与完善·····</b>	<b>120</b>
第一节	“筋脉”理论要点·····	120
第二节	“筋脉”理论的拓展应用·····	121
第三节	“筋脉”理论的发展完善·····	125
后记	·····	129

## 第一节 引言

### 一、世界碳酸盐岩油气资源现状

#### 1. 世界碳酸盐岩油气储量

碳酸盐岩分布面积占全球沉积岩总面积的20%，所蕴藏的油气储量约占世界总油气储量的52%；世界碳酸盐岩油气探明可采储量为 $1434.5 \times 10^8$ t油当量，其中石油探明可采 $750.1 \times 10^8$ t，天然气探明可采 $684.4 \times 10^8$ t油当量。截至2007年，世界碳酸盐岩油气田共313个，其中油田208个，气田105个。

#### 2. 世界碳酸盐岩油气产量

世界碳酸盐岩储层的油气产量约占油气总产量的60%。中东地区石油产量约占全世界产量的2/3，其中80%的原油产于碳酸盐岩。碳酸盐岩油田的产量较高，世界目前已确认的7口日产量达到 $1 \times 10^4$ t以上的油井都产自碳酸盐岩油气田，而日产量稳产千吨以上的油井，绝大多数也分布在碳酸盐岩油气田中。

### 二、我国碳酸盐岩油气资源现状

中国有近 $300 \times 10^4 \text{km}^2$ 的碳酸盐岩分布，约占陆上国土面积的1/3，其中在塔里木盆地、四川盆地、鄂尔多斯盆地和华北地区广泛发育，为潜在的碳酸盐岩油气勘探区。中国在碳酸盐岩中探明石油储量 $15.2 \times 10^8$ t，探明率为6.5%；探明天然气储量 $1.36 \times 10^{12} \text{m}^3$ ，探

明率为28.65%。

塔里木盆地碳酸盐岩油气资源丰富，在新生界、中生界、古生界地层均有分布，主力产层为奥陶系。主要的油气田位于塔北隆起的塔河油田（产层奥陶系）、轮古油田（产层奥陶系）、英买力潜山油田（产层寒武—奥陶系），塔中隆起的塔中 I 号气田，巴楚隆起的和田河气田（产层石炭系、奥陶系）、乌山气田（产层奥陶系），西南坳陷的巴什托普油田（产层石炭系）。截至2007年底，塔里木盆地碳酸盐岩油气藏探明石油地质储量 $8.9 \times 10^8 \text{t}$ ，天然气 $2103 \times 10^8 \text{m}^3$ 。塔里木盆地近几年的发现中碳酸盐岩油气藏占很大比例，预计今后碳酸盐岩也是主要的勘探目标之一；碳酸盐岩油气藏同时也是塔里木盆地油气产能建设的主力，特别是原油产能建设的主力。但目前碳酸盐岩中的油气产量分别仅占油田总产量的13%（油）和1%（气），储量规模与产量规模极不匹配。

### 三、碳酸盐岩油气资源勘探、开发技术

目前国内外碳酸盐岩油气勘探方法有地质法、地球物理法、地球化学法、钻井法，采用多学科综合勘探是碳酸盐岩油气勘探的发展方向。

碳酸盐岩油气开发技术主要有分支井技术、定向射孔技术、压裂酸化技术等。近年来，成像测井和随钻测井技术的发展及扫描系列仪器的问世，推动了碳酸盐岩地层评价技术的进步，改善了碳酸盐岩地层的天然裂缝评价、内部结构研究和含油饱和度评价。

上述方法和技术基本可以满足孔隙型和裂缝—孔隙型碳酸盐岩油气藏的勘探开发，但针对塔里木盆地以缝洞型为主的碳酸盐岩油气藏，尚缺乏系统的理论和技术，而“筋脉”理论的提出和发展就是为了指导碳酸盐岩油气藏的高效开发。

目前，我国碳酸盐岩油气勘探、开发的技术水平基本与国外先进水平相当，但勘探开发的效果却并不理想。缺乏将技术集成应用，实现碳酸盐岩油气藏高效勘探、开发的理论和方法。而“筋脉”理论正是在这种情况下诞生的：它是塔里木油田为突破深层碳酸盐岩油气藏效益开发的瓶颈，实现碳酸盐岩油气藏高效开发，在塔中地区深层碳酸盐岩油气藏试验开发重大攻关项目中，广大技术人员通过多年的艰苦探索而创立的一套油气藏地质与工程技术相结合的理论和方法。它成功地指导了塔中碳酸盐岩油气藏高效勘探开发的实践。

## 第二节 “筋脉”理论概述

随着我国复杂油气藏开发技术攻关的全面展开，碳酸盐岩油气藏规模效益开发正是其中重要的攻关课题之一，尤其是我国西部深层碳酸盐岩油气藏的开发更是世界级的开发难题。

碳酸盐岩油气藏不同于碎屑岩油气藏。虽然其油气藏的形成条件、储盖组合的控制因子大致相同，但是，其储层的成因有别，储集空间的内幕结构更是截然不同，油气开采时

的油气渗流方式也不一样（表1-1）。所以，碳酸盐岩油气藏开发不能套用碎屑岩油气藏开发的老模式，这也是我国西部深层碳酸盐岩油气藏的规模高效开发多年来未取得实质性突破的主要原因之一。

表1-1 碳酸盐岩油气藏与碎屑岩油气藏的差别

类别	碳酸盐岩油气藏	碎屑岩油气藏
油气藏主控因子	生、储、盖、圈闭组合等因子控制，断层分割、遮挡，岩性遮挡	与碳酸盐岩油气藏基本相同
油气储集空间	缝洞为主，孔隙、微小缝次之，主要为次生孔	孔隙为主，微小缝为辅。主要为原生孔
油气藏类型	以块状、潜山隆起复合型为主，断块分割常见，欠完整，空间差异性明显，流体性质不稳定	以背斜或半背斜圈闭为主，断裂分割常见，成藏完整性好，空间差异性小，常有统一的油气水界面，流体性质相对稳定
储层成因	以构造成因的裂缝和风蚀、岩溶作用的洞穴为主，成岩及变质作用的孔隙为辅	以沉积作用的孔隙为主，构造成因的内幕微小裂缝为辅

碳酸盐岩油气藏的储集空间主要由天然裂缝和借助裂缝通过地表风蚀、水蚀作用，深层岩浆侵入或喷发造成的热液岩溶作用形成的洞、穴，以及压溶和其他成岩及变质作用形成的孔隙（晶间孔、粒间孔等）构成。我们通过对地面溶洞的观察及成因分析，可以得出这样一个结论：没有缝，就没有洞，有洞必有缝。如果把“构造+岩溶”作用形成的空间储集体“人性化”描述，可以这样描绘：缝是“筋脉”是“精、气、魂”，洞穴是“器官”，是“形、体、肢”，孔隙和微小缝只能算人体的“毛细血管”；针对油气藏的开发，我们只能打井，就好似给人扎针，而一针下去，能通遍全身的只有“筋脉”，任何“器官”恐怕都难当此任。这种“筋脉”对“器官”的主导性原理，我们称之为“筋脉”理论。

这里“筋”乃枢纽与控制之意；“脉”乃导引与导流之意。故而，“筋脉”理论就是充分利用自然形成与人工改造有机结合之共同作用，采取最经济的办法达到区域控制，实现高效开发碳酸盐岩油气藏之目的系统理论。

“筋脉”理论认为，为了最大限度地提高油气藏开发的效果，就要最大限度地发挥“筋脉”对“器官”和“毛细血管”的控导作用。而无论是“筋脉”、“器官”还是“毛细血管”，都要受到“人体场”（古构造应力场）的控制，就是扎针后的人造“筋脉”（人造裂缝）的植入，仍属当前应力场控制的范畴，所以，扎针（打井）时，不主张直孔（直井）一点扎入，而倡导高角度斜插多条“筋脉”水平（水平井）扎入，并辅以人工改造，植入人造“筋脉”，借助天然“筋脉”和人造“筋脉”的共同作用，充分发挥“筋脉”、“器官”和“毛细血管”的综合效应，从而最大限度地提高单井的产量和控制储量（扎针效果），达到油气藏高效开发的目的。

当今世界，相对论与新能源技术、基因论与生物工程技术、系统论与系统管理方法、信息论与信息技术的兴起，推动了人类社会的大发展。表面看来，“筋脉”理论似乎与它们

毫不相关。其实不然，“筋脉”理论正是利用了一个完整的系统中事物都是普遍联系的相关原理，从系统论的认识出发，以油藏大系统为背景，将若干彼此相关的子系统规整为一个整系统，并充分依靠石油工程技术的渗透，尽可能打通各子系统间的关联渠道；同时，利用“基因遗传”学和信息学的原理，强调古构造应力场和当前应力场的研究，去尽量捕捉油气藏“原生态”的信息，从众多杂乱无序的结构展布中，提取一些规律性的特征信号，依此建立一套有效的控制体系，从而实现对油气藏整系统的全面控制开发。可以说“筋脉”理论是有效地运用了这些科学的方法和原理，充分结合石油勘探开发相关的专业知识而构建的一套针对碳酸盐岩油气藏如何实现高效开发的理论体系，也是从实践中归纳与总结的一套理论方法，以下用图1-1、图1-2加以说明。

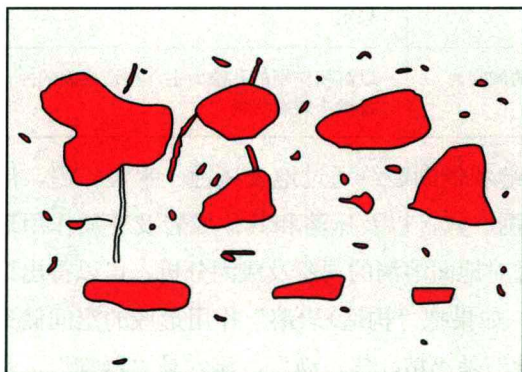


图1-1 碳酸盐岩储层储集空间原始状态



图1-2 加入沟通渠道和主线后的碳酸盐岩储层储集空间示意图

假设图1-1是油藏储层的“原生态”，各缝洞体、孔穴体、微裂缝与孔隙，因压实沉积充填等作用，虽处于一个大系统中，但彼此间的联系却是十分微弱的，分布也十分杂乱，似乎难以梳理；但是，我们一旦人工植入一条主线，如图1-2所示，并提供一些新的沟通渠道，这些新的渠道与“原生态”下的联系共同作用，似乎就有规律可循了。通过新的沟通系统，在一定的压差导引下，流体向主轴线汇流，就形成了一个统一的控制系统；而如果在整个油藏背景下依据不同的地质结构特点，把油藏切割成若干区域系统，经个性化的科学设计，建立各自的控导开采系统，它们一起就构成了对整个油藏的整体开采系统。也就是从局部的杂乱中寻找规律，构建体系，然后汇集构建整体的系统网络体系。这是考虑到碳酸盐油气藏储集空间结构差异性十分突出的特点而采取从系统的整体布局→区域的个性化优化设计→整体系统的高效开发的一种循环设计思路。它不同于碎屑岩均质油气藏的均匀布井的设计思路，而要充分考虑工程技术应用的地质条件，科学设计每一个单元的控采子系统。所以，“筋脉”理论特别要求对古构造应力场的研究，并与岩溶作用和沉积环境的研究相结合，以强化对油气藏“原生态”的认识。目前，这方面的研究还有待加强。“筋脉”理论强调对事物“原生态”的深入认识，于混

乱中寻找规律性的认识，将杂乱无序的状态，通过人工的改造与引导，变成可控而有序的系统，这正是“筋脉”理论的精髓所在。

依据以上认识，“筋脉”理论不强调对单一储集体结构形态的精雕细刻（从技术层面上讲也难以做到这一点），而是将复杂问题简单化，充分注重储层特征规律性的判断与空间系统展布的“精准”预测，从技术层面上讲，也完全能够做到这一点，这就为“筋脉”理论的应用提供了坚实的基础。以往的实践中，人们往往热衷于对单一缝洞体的精雕细刻，而忽略了对系统规律性的认识，这不利于对事物的整体把握，是“筋脉”理论所不倡导的。这里还有一点需要说明的是，书中之所以采用人体科学的概念术语，是因为人体对于每个人来说再熟悉不过了，这样，既形象又使读者易于理解和掌握。

鉴于以上的“筋脉”理论认识，综合两年多来塔里木油田针对塔中 I 号坡折带勘探开发一体化项目实践的总结、分析与研究成果，形成理论和方法体系，谨供从事深层碳酸盐岩油气勘探开发的同仁们斟酌与参考，以期通过抛砖引玉，对我国深层碳酸盐岩油气藏规模高效益开发瓶颈难题的攻关能有所裨益。

# “筋脉”理论基本原理

“筋脉”理论抓住事物的本质，充分强调油气藏的系统性和完整性，同时，将复杂问题以大局的眼光使其简单化和显性化，使人们更易于理解和掌握理论之精要，更加有利于实践与应用。本章从理论解析、开发指导原则、油气藏的认识和储量计算等四个部分对“筋脉”理论进行系统、全面的阐述。

## 第一节 碳酸盐岩油气藏高效开发“筋脉”理论的解析

任何理论的提出，首先必须充分了解其研究的对象，而“筋脉”理论研究的对象是碳酸盐岩油气藏，碳酸盐岩油气藏最主要的特征表现是非均质性和储集空间排列的杂乱性，而且，每个油气藏的特征都各不相同，就是单一油藏的内部也是千变万化的；这是较之碎屑岩油气藏最主要的区别和表现形式。虽然两种油气藏的油气聚集过程及其主控因子大体相同，但其油气藏的形成却大不相同。碎屑岩油气藏主要依靠后期构造运动形成圈闭，并由岩石颗粒支撑形成的孔隙以及后期运动形成的微小裂缝构成储集空间，以原生孔隙为主；碳酸盐岩油气藏则主要依靠先期构造运动加之岩溶、变质和风化淋滤等地质作用形成的孔、洞、穴和裂缝等构成储集空间，以次生孔隙为主，然后，由后期构造运动和沉积覆盖而形成圈闭。也正是通过对两种油气藏特征差异性的分析（具体详见表1-1），我们编制了碳酸盐岩油气藏高效开发“筋脉”理论解析图（图2-1）。

解析图解释如下。

针，即“井”，储层太深，人力难至，只能打孔，似行医扎针。针有铁针、银针、金针，但无论用何种针，针入药到病除，方显神奇，则可视为“神针”。

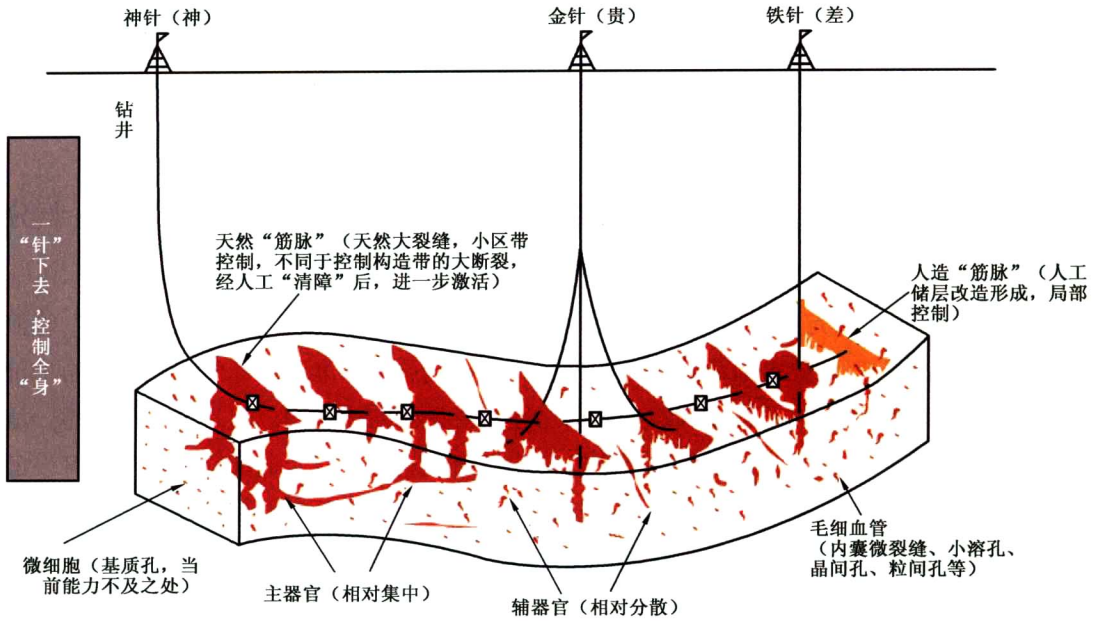


图2-1 “经脉”理论解析图

铁针：可谓“差”，一针下去，虽立竿见影（出油气），但病根难除，即刻复发（油气无影），针废（井废），此乃头痛医头，脚痛医脚，实为庸医也！此等医术能不谓差呼？

金针：一针下去，一功多效，可消局部疼痛（不似铁针的只消一点痛），但金针依的是贵金自身功效，是奢侈品，且虽消局部病痛，但病根不能除，这样的代价，太贵！不值！

神针：一针下去，通达全身，再经药力辅佐（分段压裂与酸化压裂），打通自身“筋脉”（天然“筋脉”），并与人工植入“筋脉”（人造“筋脉”）共同作用，药到病除，一劳永逸，医术之高，岂不谓神呼！纵有代价，但比金针低得多，值！

通过以上分析，我们提出了高效开发的十六字方针——缝洞串联，点面兼顾，区域控制，系统开发。同时，“筋脉”理论充分强调油气藏地质背景的认识和工程技术应用地质条件的研究，并确定了地质基础研究的方向：通过古构造应力场的研究，反演古构造运动、风蚀作用、溶岩作用、变质作用、热液岩溶作用等，并利用地震资料的反演和精细解释，以及油气藏综合地质的精细评价，进行深层储层发育区的精准预测、储层区带分类和油气藏类型的准确判断，充分结合钻探资料的分析研究，不断加深对含油气区带构造地质背景的认识；同时综合当前应力场的研究成果，依此制定合理的开发方式和指导水平井开发的优化部署，并通过强化动态测试资料的录取，进行动静结合的综合地质精细评价，科学制定相适应的开发政策和相关技术对策。



## 第二节 “筋脉”理论的开发指导原则

“筋脉”理论在把油气藏作为一个完整的系统进行综合考虑的前提下，制定以下开发指导原则。

### 一、把诊关键：地下迷宫错综复杂，抓住主题，找准切入点十分关键

油藏地质研究决定把诊问脉的水平，地质家是油气藏的诊断医师，从“生”管到“死”。“筋脉”理论要求油藏地质应充分注重油气储层的精准预测和静、动态结合的油气藏综合地质精细评价，尤其强调油气藏构造地质背景的深化认识。这里并不强调单一缝洞体的精细刻画，因为它既耗精费神又难以实现，而且意义不大。碳酸盐岩油气藏开发的总体原则不能违背油气藏开发的基本原则，目标不宜针对单一的缝洞体，而应把整个含油气区带视为准层状系统来开发更为合适，即：没有洞，没有“串珠”也能出油气，也能出大油气。具体分析如下：

(1) 在5000m深度，通过综合地质预测把储层预测误差控制在30m以内，是可以实现的，误差率为0.6%，不能说不精准。

(2) 深层地质刻画，假设单一洞（缝）高10m，若误差2m（这已经很小了），但相对10m的洞（缝）高，误差率可达20%，谈何精细？并且，对于缝洞单元内的充填状况也难以说的清楚，深层缝洞形态的精细刻画更是难于上青天。

(3) 静、动态结合的综合地质精细评价，不究其缝、洞形态，着眼于其成因条件和区带规模，当十拿九稳，误差率控制在5%以内并非难事，也可谓精细。

### 二、插针关键：一点插入是“铁针”，多点插入是“金针”，只有高角斜入方可变腐朽为神奇，当为“神针”

一井多效，连片控制，系统开发，才是高效。水平井开发要尽量延长水平井段，最大限度地提高单井控采面积和高产稳产的物质基础，减少井数的投入；水平井段的方位设计要高角度斜插区带主应力方向。当然，垂直插入是理想状态，但在实际布井时，要兼顾到缝洞发育带，故设计为高角度斜插是比较合理的。一般原则上夹角大于70°，这样既可最有效穿插更多的天然“筋脉”，又能有效植入人造“筋脉”，也有利于油气井的智能完井和后期调整开发。

### 三、医术关键：针入“筋脉”，不伤器官，不污血管，不毁体格，方是高深医术之道

钻井沿洞顶边缘走，只穿洞顶缝，可防漏失，不伤器官；精细控压作业，有效保护