

基岩油藏

中国油藏开发模式丛书

王庄变质岩油藏

THE METAMORPHIC
ROCK RESERVOIRS
IN WANGZHUANG

王华芬 屈中英 等编著

石油工业出版社

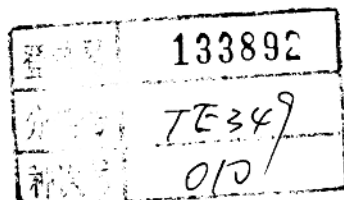
王庄变质岩油藏

石油工业

大学(北京)

TE344

010



中国油藏开发模式丛书

Series on Reservoir Development Models in China

· 基岩油藏 ·

王庄变质岩油藏

The Metamorphic Rock Reservoirs in Wangzhuang

王华芬 屈中英 等编著



石油大学0137119

石 油 工 业 出 版 社

内 容 提 要

本书是《中国油藏开发模式丛书》分类模式部分“基岩油藏”的典型实例之一。

本书依据王庄花岗片麻岩油藏开发的成功经验,运用13年来所积累的丰富资料,采用现代先进的三维地震技术、精细油藏描述技术、油田开发数值模拟技术、现代测井技术等,系统地阐述和总结了变质岩油藏的早期识别、储层主要地质特征、开发过程中的有关驱油机理和渗流特征,变质岩油藏不同开发阶段的划分和各阶段的优化部署对策以及工艺技术系列等方面的内容,较全面而完整地论述了变质岩油藏开发全过程的基本特点和规律,优化了变质岩油藏的最佳开发方案,建立了追求最佳开发效益的变质岩油藏的开发模式。本书反映了我国变质岩油藏的开发水平,为此类油田的开发建立了科学的模式。

本书可供石油地质、油田开发、数值模拟、矿场生产岗位的科研、技术人员和石油院校有关专业师生参考。

图书在版编目(CIP)数据

王庄变质岩油藏/王华芬等编著.

北京:石油工业出版社,1997.12

(中国油藏开发模式丛书·基岩油藏)

ISBN 7-5021-2175-7

I. 王...

II. 王...

III. 变质岩-油藏-油田开发-山东

N. TE349

中国版本图书馆CIP数据核字(97)第22889号

石油工业出版社出版

(100011 北京安定门外安华里二区一号楼)

北京普莱斯特录入排版中心印刷厂排版

北京密云华都印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行

*

787×1092毫米 16开本 8 $\frac{1}{4}$ 印张 3插页 198千字 印1—2000

1997年12月北京第1版 1997年12月北京第1次印刷

ISBN 7-5021-2175-7/TE·1823

定价:22.00元

《中国油藏开发模式丛书》

编辑委员会

主 任 周永康

副主任 谭文彬 王乃举

成 员 曾宪义 沈平平 金毓荪 张家茂

周成勋 万仁溥 刘万赋 冈秦麟

编辑组成员

组 长 金毓荪

成 员 李志勋 杨贤梅 李春如

张卫国 戚玥瑛

《中国油藏开发模式丛书》

一、总论

二、分类模式研究

多层砂岩油藏

基岩油藏

气顶砂岩油藏

常规稠油油藏

低渗透砂岩油藏

热采稠油油藏

复杂断块油藏

高凝油油藏

砂砾岩油藏

凝析油油藏

三、典型实例

序

早在1987年，王涛同志在大庆的一次会议上提出，我国的油田开发有着丰富的实践经验，需要总结一套油藏开发模式，以便对新油田开发和老油田提高水平做出指导。在此之后，中国石油天然气总公司开发生产局、科技发展局、北京石油勘探开发科学研究院组织了全国五十多名专家和数百名工程技术人员，历经八个年头，终于完成了这套《中国油藏开发模式丛书》的编写工作，现在就要出版同广大读者见面了。这是我国油田开发理论研究的系列成果，也是石油工业出版界的一件大事，值得庆贺！

《中国油藏开发模式丛书》包括总论、不同类型油藏开发模式专著和典型油藏开发实例三个部分。丛书共计40册，大约1500万字。它凝结着我国油田地质、油藏和采油工程科技人员的辛劳和智慧，是数十年油田开发实践中成功经验与失败教训的高度概括，从中可以窥见到中国式的油田开发工程的一些特色。

需要指出的是，在本书出版之前，石油科技信息研究所及有关油田曾经编纂出版了一套《国外不同类型油藏开发历程及工艺技术系列研究》成果，它是本丛书的姊妹篇，国外油田开发经验为《中国油藏开发模式丛书》的编著起到了借鉴作用。

前几年我曾经讲过一个认识，“抓产量不等于抓开发”。就是说油田开发有许多科学道理，有它自身的一些规律性，只有老老实实在地按照科学规律，不断提高新老油田的开发水平，才会有产量，也才会有更好的开发效益。我希望从事石油工作的同志，特别是油田开发工作者，能够抽时间读一读或者有选择地读读这套丛书，一定会得到不少的收益。成功和失败都是我们前进的基石，摆在我们石油工作者面前的路是宽广的，也是曲折的，让我们继续奋斗吧！

周永康
一九九一年八月

前 言

变质岩油藏目前在国内外发现的数量很少，其规模也不大，但其做为一种特殊的油藏类型，正在引起人们的重视。尤其在 1984 年 3 月发现王庄变质岩油藏并获得高产油流后，为在变质岩中找油开辟了新的途径。同时对该类油藏的开发提出了新的课题。

王庄变质岩油藏是国内外少见的变质岩油藏的典型代表。本书通过对该类油藏的构造特征、储层特征及流体性质的研究，建立了地质模型，研究了该油藏的驱油机理及在开发过程中的基本规律，不同开发阶段的部署及对策。建立了合理开发程序，优化出针对本类油藏的配套工艺技术系列。建立起本类油藏的开发模式。以上这些均可供合理开发同类油藏参考和借鉴，具有重要的指导意义。

全书共分三章。参加编写人员：第一章齐维生、屈中英；第二章王华芬；第三章李厚仁。屈中英、孙新生参加了大量基础资料的统计计算和图件编绘工作，王玉兰等也参加了部分工作。全书的修改定稿由王华芬完成。

在本书的资料收集、编写和出版过程中，得到了许多领导、专家、技术人员、工人的关心和大力支持，在此谨向他们表示衷心的感谢！

由于水平有限，书中有些观点和认识难免有错误和不当之处，恳切地希望读者给予指正。

目 录

前 言

第一章 油藏地质模型	(1)
第一节 构造特征	(1)
第二节 变质岩油藏储层特征	(4)
一、岩石特征	(4)
二、变质岩储层的电性特征	(5)
三、储集空间发育特征	(9)
四、储集空间在三维地震中的反映	(18)
第三节 油水界面、储层温度及压力	(19)
一、油水界面	(19)
二、储层温度	(19)
三、压力	(19)
第四节 流体性质和油藏类型	(25)
一、油藏天然能量	(25)
二、流体性质	(25)
三、油藏类型	(25)
第五节 储量计算	(25)
一、油层孔隙度和含油饱和度参数选择	(25)
二、储量计算	(26)
第二章 油藏开发模式	(30)
第一节 开发历程及阶段划分	(30)
一、第一阶段(投产上产阶段)	(30)
二、第二阶段(稳产期)	(30)
三、第三阶段(递减期)	(32)
四、第四阶段(低速稳产期)	(32)
第二节 主要开发方式的驱油机理	(32)
一、地质模型为双重介质油藏	(32)
二、开发动态反映的双重介质特征	(33)
三、稳定试井的双重介质特征	(34)
四、不稳定试井的双重介质特征	(37)
五、驱油机理和油藏数值模拟	(47)
第三节 油藏开发全过程的基本规律	(50)
一、裂缝性高产油藏的产量变化规律	(50)
二、低粘、底水油藏的含水变化规律	(60)
三、见水后相对采液(油)指数和吸水指数下降	(71)

四、全区储量动用充分，油水界面不断上升	(72)
五、驱动能量主要是边底水和人工注水	(84)
第四节 不同开发阶段的部署和对策研究	(85)
一、不同开发阶段的对策及评价	(85)
二、油藏评价和开发方案的制定	(98)
第五节 评价及合理的开发程序	(106)
一、搞好早期油藏评价	(106)
二、编制油田开发方案	(107)
三、不同开发阶段的开发对策	(107)
四、开发过程的监控和调整	(107)
五、开发效果评价	(109)
第三章 油藏开发工艺技术	(112)
第一节 钻井工艺	(112)
一、基本情况	(112)
二、几点认识	(112)
第二节 地球物理测井技术	(115)
第三节 油井射孔和试油工艺技术	(117)
第四节 增产措施	(117)
一、酸化解堵	(118)
二、堵水	(118)
第五节 采油工艺	(118)
第六节 动态监测技术应用	(122)
一、油水界面的监测	(122)
二、开展井间干扰试验，搞清裂缝连通状况	(123)
三、应用高精度电子压力计试井，求地层参数和判断油藏性质	(123)
参考文献	(124)

第一章 油藏地质模型

王庄油田位于山东省利津县郑家地区，其构造位置为陈家庄凸起南坡西部倾没段，西部为流钟凹陷，是一个以前震旦系潜山油藏为主，兼有第三系地层，岩性油藏为辅的复合式油藏（见图 1.1）。

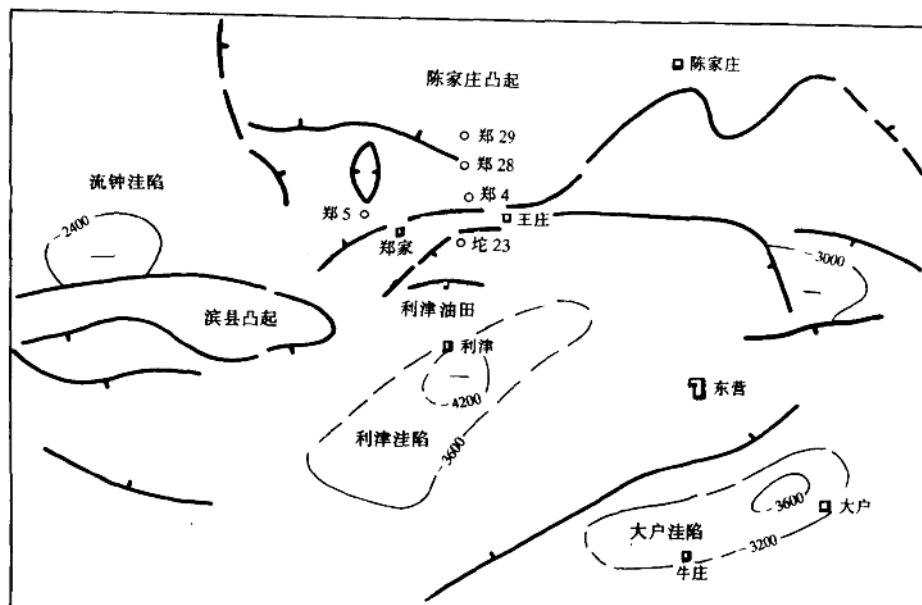


图 1.1 王庄油田区域位置示意图

本区自 1965 年开始勘探,第 1 口深井为利 3 井。1984 年 3 月底完成了二维地震,测网密度 $500\text{m} \times 600\text{m}$,1993 年完成了该区的三维地震,测网密度为 $50\text{m} \times 50\text{m}$ 。该区共发现三套含油层系:沙一段、沙三段和前震旦系。

第一节 构造特征

王庄古潜山，按埋藏时代划分为第三系潜山，其核部地层为前震旦系变质岩，披盖层为第三系沙四段泥岩和致密砾岩。地壳的抬升，使变质岩长期暴露地表，经过长期风化剥蚀后，由于不同性质的岩石，抵抗风化的能力有所差别，因此在地形上形成凸起，即古代山头的景观。在山头形成以后，又经过长期的沉积间断、风化、剥蚀、夷平、改造，于沙四段开始沉积的时候，古山头整体下降，低于水面，接受沉积，进而形成了如今的古潜山全貌。综上所述，王庄潜山构造有如下特点：

- 1) 潜山的形成和改造全过程, 风化剥蚀贯穿于始终, 并为主导因素。

2) 沙四段致密岩层覆盖在侵蚀面上, 形成了地层不整合圈闭。

3) 改造后的潜山, 其构造完整、简单, 内幕无断层, 形态呈近圆形, 不对称的山丘。南翼、东翼倾角较大, 约 25° 左右, 西翼、北翼倾角较小, 约 15° 左右。构造高点在郑 4-6 井附近, 该井进山深度为 1467m, 含油高度 203m, 油藏平均含油高度 89.9m。(图 1.2, 1.3, 1.4, 1.5)。

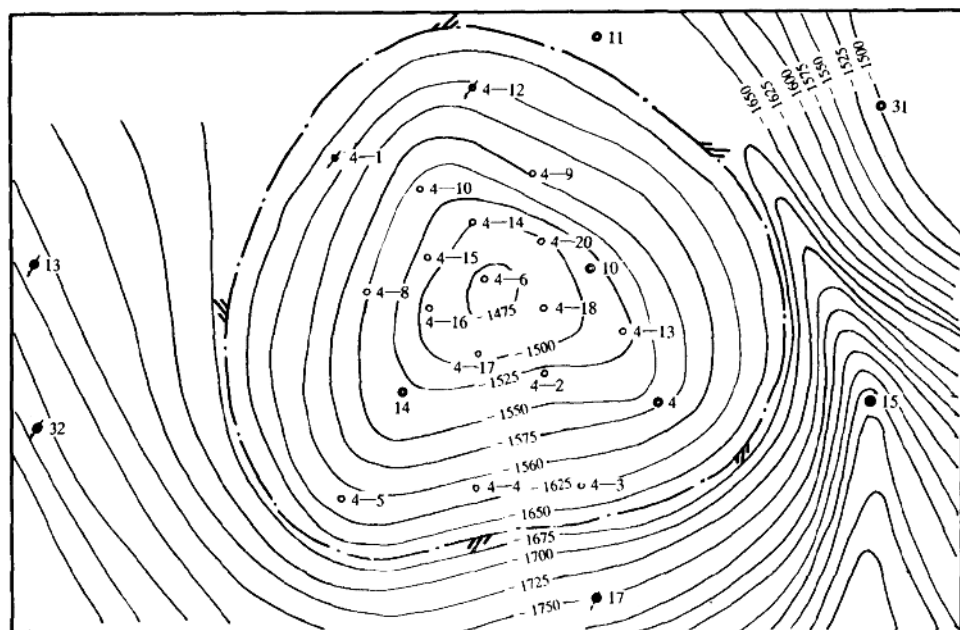


图 1.2 王庄油田基岩顶构造井位图

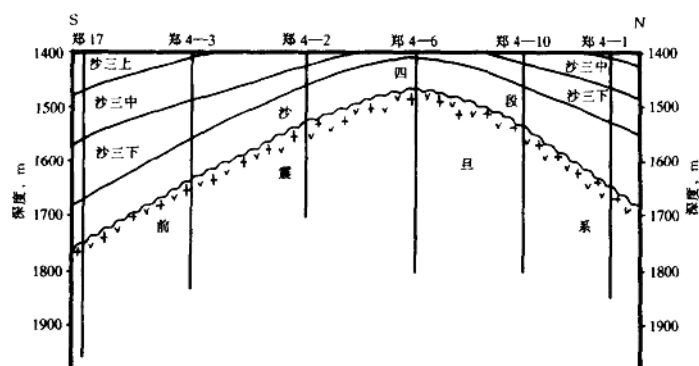


图 1.3 王庄油田南北向油藏剖面图

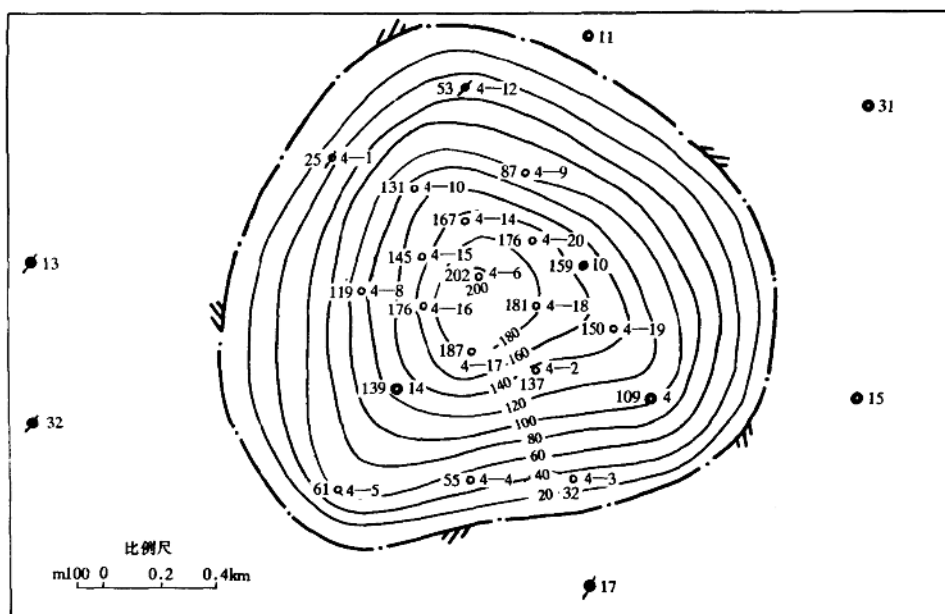


图 1.4 王庄油田潜山油藏控制含油高度等值线图

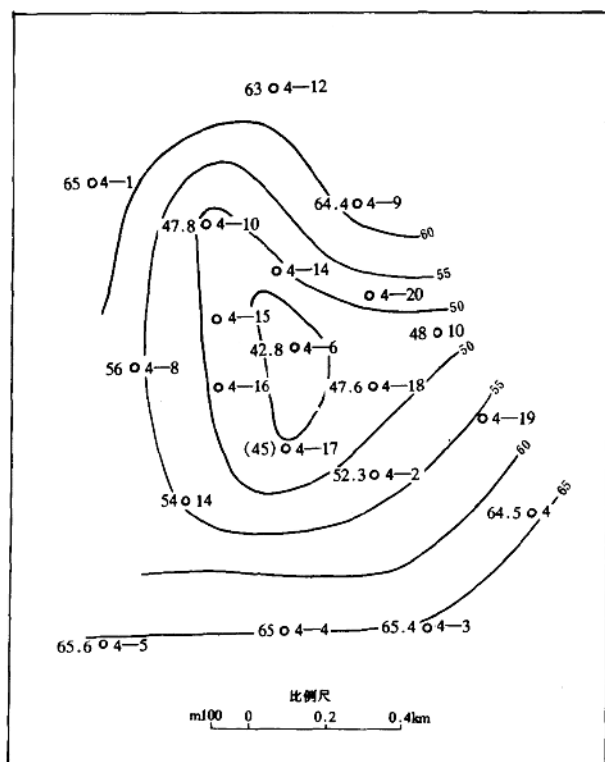


图 1.5 王庄油田 AnZ 段地层等厚图

第二节 变质岩油藏储层特征

一、岩石特征

王庄变质岩,是在高温、高压条件下,经区域变质和岩浆热液注入而发生的混合岩化,以及动力变质等作用而形成的深变质岩。

1. 岩性

根据郑4—2井岩心薄片分析,本区前震旦系变质岩主要由片麻岩、变粒岩基体和长英质伟晶岩脉三部分组成。

片麻岩多呈浅灰色,主要成分为斜长石、钾长石和石英。斜长石约占40%,钾长石约占25%~30%,石英约占25%~30%,此外还有2%~5%的黑云母。

变粒岩多呈灰色,主要成分为斜长石(约占55%)、石英(约占15%~20%)、黑云母(约占20%)。

伟晶岩脉体呈浅肉红色,由结晶粗大的钾长石、斜长石和石英组成。

2. 风化程度

由于岩性不同,所以风化程度也有所不同。

基岩的性质,对形成良好的储集层有不可忽视的意义,该油藏变质岩以长石和石英为主要成分,二者均属硬、脆粒状矿物,在多次构造运动的应力作用下,容易产生裂缝和节理缝,而黑云母为不稳定矿物,质软,虽经蚀变后能够产生晶间微孔隙,但难以产生裂缝。硅酸矿物普遍难以溶解,但经过比较,斜长石比钾长石和石英更易产生溶解作用。由此,王庄变质岩的三种岩石中,伟晶岩和片麻岩石英与长石含量均在95%以上,其风化程度胜过变粒岩,尤以伟晶岩脉体为最佳,从郑4—2井岩心各岩性缝洞发育率的统计上,充分证明了这一点。共统计样品77块,岩心总长度8.69m,开启缝洞发育率2.45%,充填缝洞发育率0.8%,总缝洞发育率3.25%。在组成变质岩的三类岩石中,伟晶岩总缝洞发育率最高,为4.81%,其次是片麻岩,总缝洞发育率为2.94%,变粒岩的总缝洞发育率较低,为2.05%(见表1.1)。

表 1.1 郑4—2井岩心缝洞发育率统计表

岩 性	岩 心 面 积 mm ²	开 启 缝 洞		充 填 缝 洞		总缝洞 发育率 %
		面 积 mm ²	发育率 %	面积 mm ²	发育率 %	
伟晶岩	255700	10938.86	4.28	1365.9	0.53	4.81
片麻岩	405380	8176.5	2.02	3747.9	0.92	2.94
变粒岩	223850	2608.8	1.17	1972.3	0.88	2.05
总 计	884930	21724.16	2.45	7086.1	0.80	3.25

3. 岩石的润湿性和毛管压力

王庄储层岩石为亲水性, 根据郑 4—2 井 8 块岩心分析, 吸油为零, 吸水为 0~78.1%。毛管压力曲线显示, 非均质性严重, 平均孔隙半径为 0.48~4.66 μm (图 1.6~1.8)。

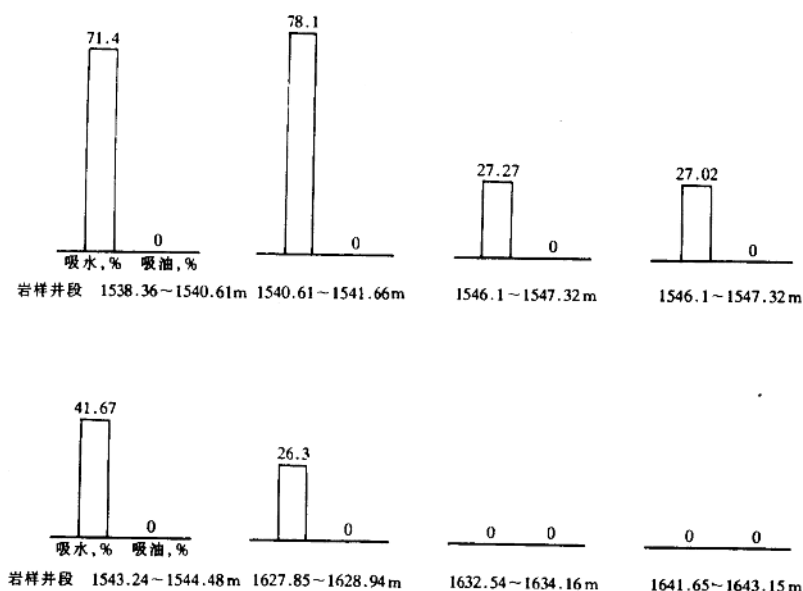


图 1.6 郑 4—2 井油层岩样润湿性柱状图

二、变质岩储层的电性特征

前震旦系变质岩与上覆第三系地层岩性不同, 物性差异甚大, 反映到电测资料上, 其特点也是明显的。

1. 针对第三系砂、泥岩地层而言, 变质岩反应在电性上具有三高三低的特点

三高: 高电阻率, 高自然伽马, 高密度值。

电阻率: 变质岩 50~950 Ωm , 第三系砂、泥岩 8~16 Ωm ;

自然伽马: 变质岩 180, 第三系砂、泥岩 110;

密度: 变质岩 2.5g/cm³, 第三系砂、泥岩 2.2g/cm³。

三低: 低声波时差, 低电导率, 低中子孔隙度。

声波时差: 变质岩 175 $\mu\text{s}/\text{m}$, 第三系砂、泥岩 300 $\mu\text{s}/\text{m}$;

电导率: 变质岩 1~25S/m, 第三系砂、泥岩 100~350S/m;

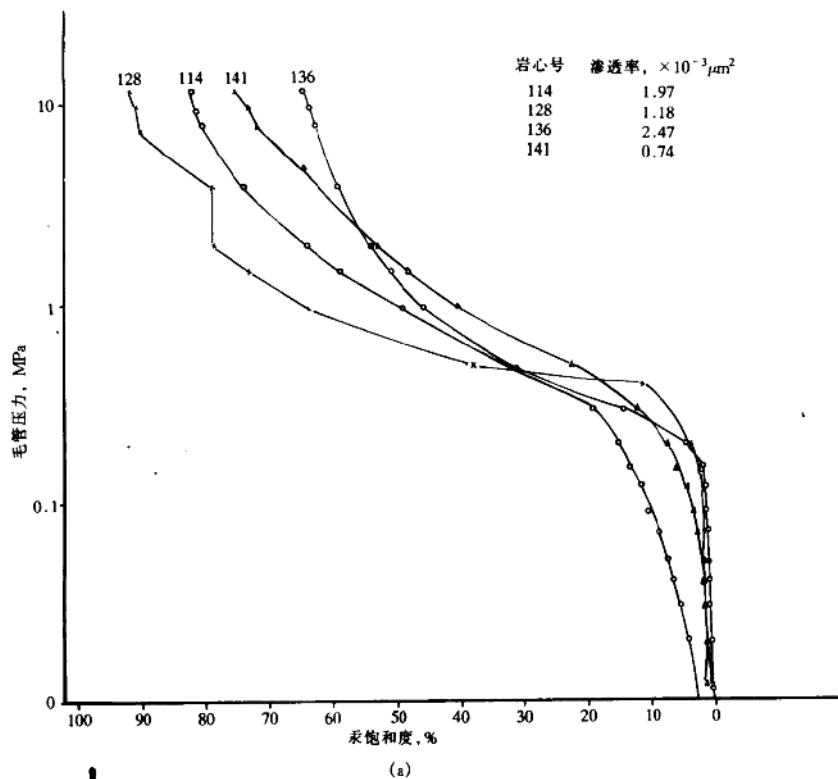
中子孔隙度: 变质岩为 0, 第三系砂、泥岩 27%。

在与第三系地层接触面上, 电性反应是一个明显的台阶 (图 1.9)。

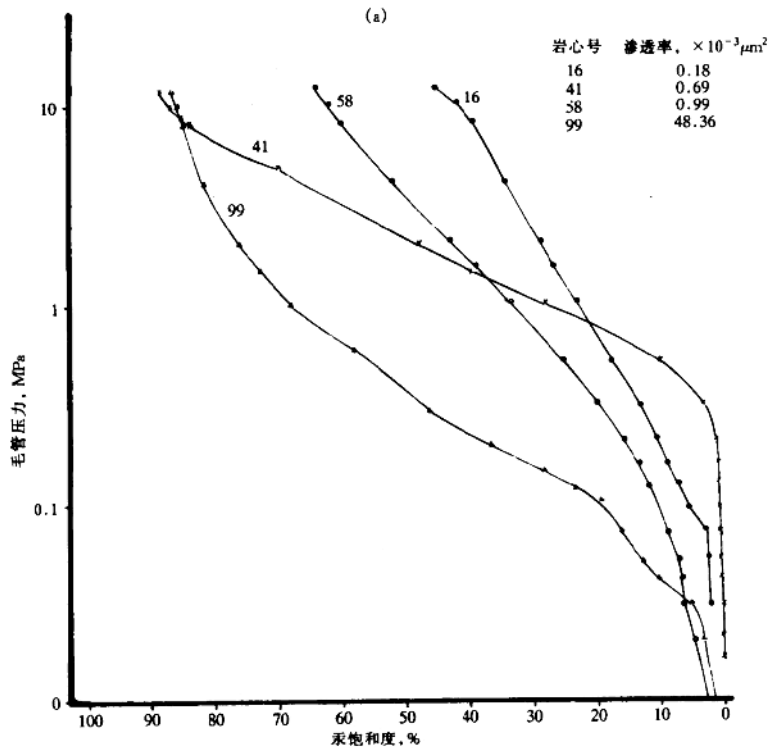
2. 针对非裂缝岩石而言, 裂缝在电性上的反应是二高三低

二高: 高中子孔隙度, 高声波时差。

三低: 电阻率低, 密度值低, 微电极幅度低。



(a)



(b)

图 1.7 郑 4—2 井毛管压力曲线

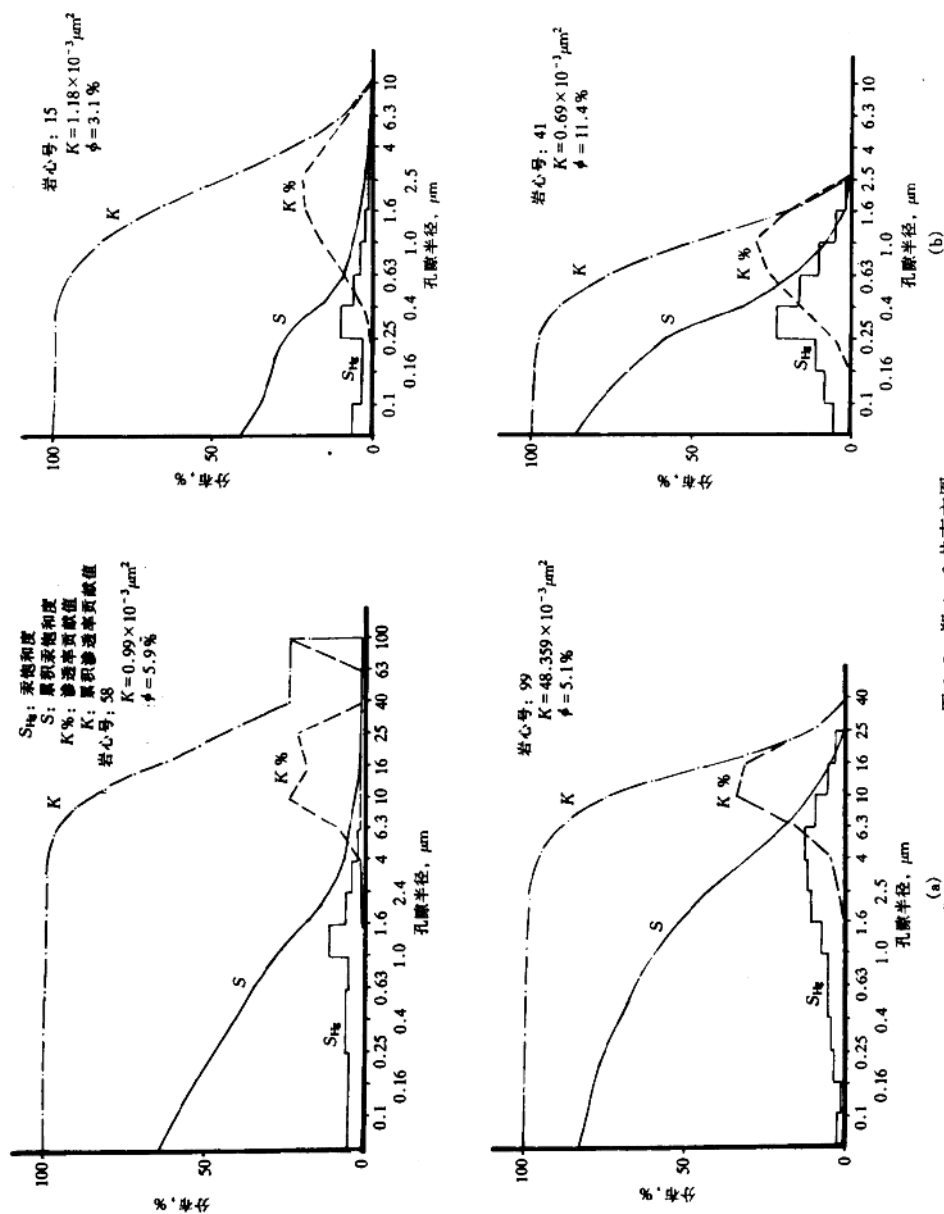


图 1.8 郑 4-2 井直方图

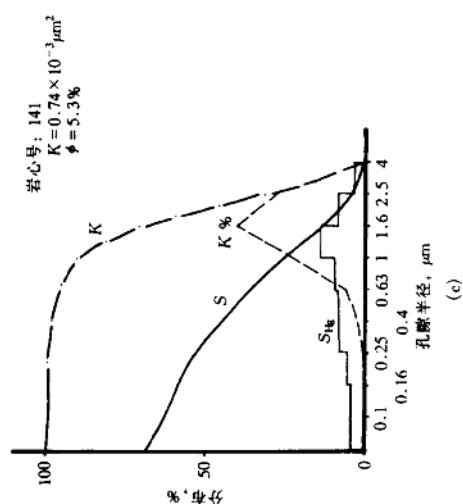
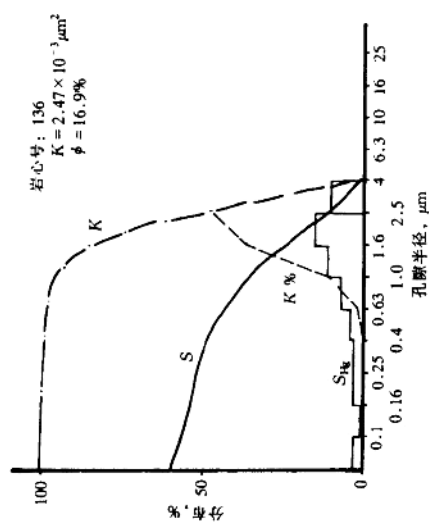
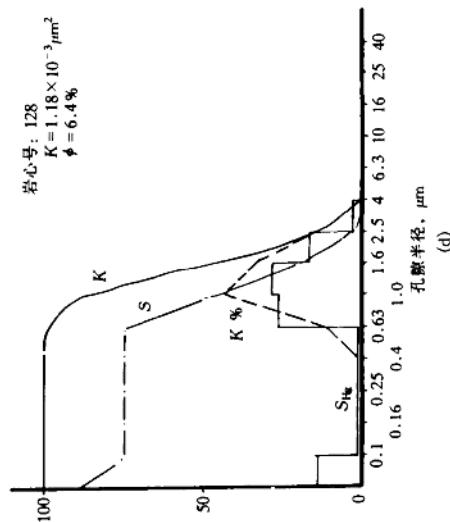
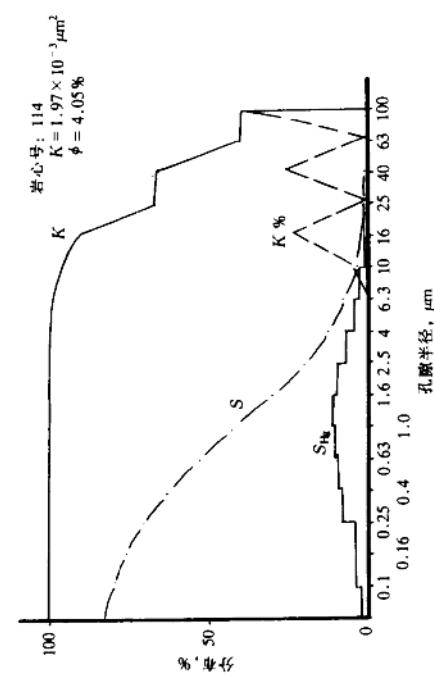


图 1.8 郑 4-2 井直方图 (续)