

2018 中国油气开发技术大会 论文集（上册）

中国石油学会 编



中国石化出版社

[HTTP://WWW.SINOPEC-PRESS.COM](http://www.sinopec-press.com)

2018 中国油气开发技术大会 论文集（上册）

中国石油学会 编



中国石化出版社
[HTTP://WWW.SINOPEC-PRESS.COM](http://www.sinopec-press.com)

图书在版编目(CIP)数据

2018 中国油气开发技术大会论文集 / 中国石油学会编. —北京: 中国石化出版社, 2019. 1

ISBN 978-7-5114-5204-7

I. ①2… II. ①中… III. ①油气田开发-学术会议-文集 IV. ①TE3-53

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2019)第 007610 号

未经本社书面授权, 本书任何部分不得被复制、抄袭, 或者以任何形式或任何方式传播。版权所有, 侵权必究。

中国石化出版社出版发行

地址: 北京市朝阳区吉市口路 9 号
邮编: 100020 电话: (010) 59964500
发行部电话: (010) 59964526
<http://www.sinopec-press.com>
E-mail: press@sinopec.com
北京艾普海德印刷有限公司印刷
全国各地新华书店经销

*

880×1230 毫米 16 开本 78 印张 4 彩页 2283 千字
2019 年 1 月第 1 版 2019 年 1 月第 1 次印刷
定价: 360.00 元(上、下册)



2018中国油气开发技术大会

2018年11月 中国·北京

中国石油学会副理事长兼秘书长 于明祥



2018中国油气开发技术大会

中国石油天然气股份有限公司副总裁 李鹭光



2018中国油气开发技术大会

2018年11月

中国·北京

中国石化油田勘探开发事业部主任 孙焕泉



2018中国油气开发技术大会

中国海洋石油有限公司副总裁 刘再生



2018中国油气开发技术大会

中国工程院院士 李 阳



2018中国油气开发技术大会

中国科学院院士 高德利



2018中国油气开发技术大会

中国工程院院士 刘 合



2018中国油气开发技术大会

中国工程院院士 孙金声



2018中国油气开发技术大会

西南石油大学校长 赵金洲



2018中国油气开发技术大会

东北石油大学副校长 宋考平



2018中国油气开发技术大会

中国石油勘探开发研究院总工程师 胡永乐



2018中国油气开发技术大会

中国石化石油勘探开发研究院总工程师 计秉玉



2018中国油气开发技术大会

中海油研究总院有限责任公司开发总师 张金庆



2018中国油气开发技术大会 主会场

前 言

伴随着我国经济社会的持续发展,我国的油气消费需求量不断增长,对外依存度越来越高,石油和天然气(简称“油气”)作为优质的能源,是保障一个国家经济、社会、军事、政治等诸多安全的重要战略物资。为此,保障国内原油产量基本稳定及天然气产量持续增长,是当前及今后较长时间内国家油气开发的基本战略,并且已受到国家最高领导层的关注和关心,要求加大国内油气勘探开发的力度,有效保障国家能源安全。

放眼全球,可供人类开发利用的油气资源仍十分丰富,但容易开采的油气时代已经结束,油气行业将长期面对难开采油气问题的困扰(涉及地质、工程及市场),对油气开发工程科技创新与前沿技术突破的依赖度越来越大,北美的“页岩革命”就是成功例证。我国油气发展面临着更大挑战,既要解决国内油气“增储上产”的许多难题,又要实施“走出去”发展战略,对油气开发模式及其技术支撑体系提出前所未有的新要求。

近年来,随着我国油气资源开发程度不断提高,以大庆和胜利等为代表的东部常规油气藏开发已进入产量递减期和高含水期,生产成本逐年增高,勘探新发现的油气储量以低渗、非常规等低品质资源为主,油气勘探开发类型日趋复杂化,其开采难度也越来越大。如何保障老油田的持续生产,落实新油气田的勘探开发目标,全面提高我国油气开发的综合技术水平,是广大石油科技工作者急需突破的重大难题,需要科技工作者认真研讨。

为贯彻落实中央关于加大国内油气勘探开发力度、保障国家能源安全的指示精神,更好地服务于我国油气行业开发生产的决策部署,中国石油学会、中国石油勘探与生产分公司、中国石化油田勘探开发事业部、中海石油(中国)有限公司开发生产部,于2018年11月28-30日联合举办“2018中国油气开发技术大会”。大会以“推动技术进步,为国添油加气”为主题,旨在为我国油气田开发工程领域的专家学者提供一个相互交流学习的多层次平台,通过聚焦国内外油气开发的前沿理论和技术,促进该研究领域的学术进步,掌握国际研究动态和发展趋势,共享最新的技术成果和创新理念,助推我国油气开发技术水平全面提升,创新驱动油田企业增产提效。

论文征集得到了国家有关部委、中国石油、中国石化、中国海油、中国中化、延长石油、大专院校和科研院所等各单位和领导的大力支持,征集论文880余篇,优选高质量论文186篇公开出版论文集。涵盖内容广泛,涉及油气藏评价与精细描述技术、深井和长水平段水平井钻完井技术、高含水油田提高采收率技术、特殊类型油藏开发技术、提高天然气产量关键技术、难动用及非常规油气储层开发技术、大规模体积压裂增产改造技术、海上油气高效开发技术、地面地下一体化技术、油气田低成本开发技术与策略等研究内容。反映了我国当前油气开发科学技术领域的研究现状和最新成果,具有良好的学术参考与工程应用价值。

目 录

上 册

特殊油气藏评价及开发技术(含非常规)

倾斜断块油藏双向驱作用机理研究	李兆敏 徐正晓 鹿 腾 姚安川(1)
稠油多层火驱调控技术的研究与试验	张守军 许 丹(9)
高含水复杂断块油藏夹层控油模式及挖潜对策	王智林 孔维军 张建宁 苏书震(16)
边界层定量表征方法及其对低渗透油藏注水开发的影响	郑自刚 熊维亮 杨金龙 周 晋 张庆洲(24)
基于微观网络模型的致密砂岩气非达西渗流数值模拟	李菊花 易 扬 郑 斌(32)
断溶体内部缝洞结构组合模式研究及应用	姚 超 赵宽志 孙海航 张国良 曹 文 刘 宇 李绍华(39)
浅层稠油注蒸汽开发后期转火驱技术研究与应用	施小荣 杨智 杨凤祥 师耀利 木合塔尔(43)
大庆长垣油田特高含水期断层附近剩余油挖潜技术及应用	姜 岩 李雪松 司 丽 程顺国(51)
低渗油藏连通性动态定量表征新技术 ...	查玉强 雷 霄 张 辉 张乔良 孙胜新 袁凌荣(58)
特低渗透油藏动态裂缝与基质双重作用的剩余油表征	王友净 宋新民 侯建锋 马永宁 刘 畅(67)
成像测井沉积学研究进展与展望	杨玉卿 崔维平 王 猛(77)
H 储气库注采井环空带压原因分析及技术对策 ...	赵 楠 徐长峰 王明锋 于 涛 李晓宏(88)
基于曲流河储层内部构型定量表征技术的油藏数值模拟研究	高振南 张凤义 罗成栋 廖 辉 杜春晓(100)
复杂断块油田高精度油藏描述技术发展思考	芦凤明 赵平起 倪天禄 马跃华(105)
时移模拟新方法在老油田极限挖潜中的应用	文 星 李 威 朱义东 陈维华 伍文明(112)
南海东部油田 ICD 技术控水增油实践与认识	陈维华 莫起芳 伍文明 郑圣黠 文 星 吴星宝(117)
低渗透油藏注的水到底去哪了? ——低渗油藏注水利用率评价方法研究	赵晓亮 廖新维(123)
雅克拉凝析气田高效稳产技术	何云峰 任 宏(128)
致密砂岩薄储层地震反演精细预测方法研究	郭俊超(136)
中国复杂油气藏人工智能表征及预测	王志章 王如意 裴升杰 张国印 李冰涛 杨 笑 魏周成(143)
泡沫油型超重油油藏冷采特征评价方法与应用 ...	李星民 赵海龙 杨朝蓬 沈 杨 张凡芹(149)

孤东油田流场调整降本增效开发技术	白需正	崔文福	官敬涛(153)
塔河不同类型缝洞油藏开发规律及对策研究	耿 甜	龙喜彬	巫 波(159)
火山岩油气藏薄片智能识别及分类方法	李冰涛	王志章	(165)
基于心滩坝沉积演化过程的落淤层分析及其对辫状河厚砂底水油藏精细开发的影响	郑海妮	王建峰	葛善良(171)
致密气藏水平井开发关键技术研究	王德龙	张雅玲	刘姣姣 王蕾蕾 刘 倩(180)
用多孔介质宏观参数表征微观孔隙结构复杂程度的新方法			李留仁(187)
YB 气田长兴组气藏开发方案优化及稳产对策研究	杨 杰	柯光明	(194)
非均质油藏微观剩余油分布状况研究	房雨佳	杨二龙	殷代印(204)
老油田井震结合窄河道描述技术及剩余潜力认识	蔡东梅	姜 岩	杨会东 杨 柏 刘朋坤(210)
致密低丰度碳酸盐气藏体积分压机理分析及应用	徐兵威	周守为	郭建春 王付斌 郭耀华(217)
中东典型油田碳酸盐岩储层微观特征研究及高渗条带描述	司朝年	陈志海	李洁梅 吕 铁(221)
南海西部异常高温高压气藏区域产能预测技术	王雯娟	鲁瑞彬	陈健 何志辉 张风波 王世朝(232)
坪北油田延长组储层岩石物理相分类研究			王 建(237)
基于井震联合的碳酸盐岩薄储层精细表征	贺川航	李 飞	李 杰 林 煜 刘定锦 别 静 王紫笛 徐相前(245)
不确定优化理论在油田开发决策中的应用			方艳君(254)
一种动态储量分析技术在海上断块水侵油藏挖潜中的应用	何志辉	王雯娟	马 帅 王世朝 李树松 张 骞(260)
小扇体致密气藏高效动用技术研究——以长岭断陷南部龙凤山气田为例	毛永强	任宪军	孙 楠 许明静 李 宁(266)
断块型深层低渗油藏天然气混相驱影响因素实验研究	章 杨	程海鹰	柳 敏 闫云贵(275)
中渗油藏特高含水期非均质性精细表征及差异化挖潜技术	李松泽	熊运斌	王 明 孙 静 张 宁(280)
克拉玛依油田冲积扇储层表征技术及剩余油分布规律研究	陈玉琨	许长福	张记刚 王晓光 程宏杰 邹 玮 秦 明(293)
鄂尔多斯盆地东胜气田裂缝特征及识别方法研究			苏 程(301)
苏里格西区致密砂岩气藏微观渗流产水机理研究	熊 哲	高 航	刘 俊 张 丹 张 楠 张永洁 陈 颖 袁家庚 丁 卯 张 刚(306)
低渗致密砂岩气藏水平井积液规律			鲁光亮(316)
海上老油田精细构型解剖与势控论控制下剩余油挖潜效果分析	涂 乙	王亚会	王伟峰(320)
现代沉积与密井网资料在微相建模中的应用	王志宝	罗波波	孙廷彬(329)
稠油开发方式转换阶段沉积微相研究及应用	荐 鹏	王熙琮	雷霄雨 许 卉(337)
压裂水平井产能影响因素分析			张海军(346)

胜利油田稠油低成本开采技术	梁 伟 翟 勇 于田田 刘冬青 赵晓红(349)
鄂尔多斯盆地寺湾油田长 8 致密油有效储层识别及地质“甜点”优选	李锦锋 杨连如 张凤博 鲁金凤 曹丹丹 李 硕 梁 欢 薛 俭 薛佳奇(353)
基于非结构网格的离散裂缝模型在裂缝性油藏模拟中的应用	罗启源 李 黎 戴 宗 闫正和 李俊超(359)
东濮凹陷庆祖地区精细构造研究及挖潜新对策	姜涌波 朱彦群 马改正 于本涛(364)
大牛地气田奥陶系风化壳马五 ₅ 段古岩溶发育特征及模式研究.....	唐明远 雷 涛(373)
准噶尔盆地西北缘二叠系佳木河组火山岩储层裂缝发育特征及其分布预测	何 辉 刘 畅 王百宁 孔垂显 蒋庆平 邓西里(381)
涩北多层疏松砂岩气藏治水关键配套技术	陈汾君 常 琳 李雪琴 刘世铎 徐晓玲(389)
强边水油藏天然水驱与人工注水协同开发技术对策——以 Akshabulak 油田中 Yu-III 层为例	张安刚 赵 伦 范子菲 王进财 侯庆英(395)
松辽盆地北部深层地层三项压力预测方法应用	刘 方(399)
基于模型正演的断裂阴影带低幅构造恢复技术研究	李 黎 董 政 刘 南 刘 振(406)
超稠油油藏直井-水平井组合火驱关键技术研究与应用	高成国 木合塔尔 蒋雪峰 吕世瑶 陈 凤 李永会(412)
内蒙古 14 块稠油活化能测定及数值模拟研究	李洋洋 李 健 杨 丽 姚建兵 李明志 李国锋 侯义梅(417)
碳酸盐岩油藏多信息融合裂缝预测及建模技术研究——以中东 X 油田 Asmari 层为例	但玲玲 史长林 黎运秀 魏 莉 张 剑(422)
强边底水块状油藏剩余油分布研究与应用	唐 韵(428)
数字岩心微观孔隙特征及水驱油特征研究	李芳芳 胡云亭 朱 健 魏 莉 李新建 黎运秀(436)
中心管技术能有效改善底水油藏的开发效果	吴星宝 陈维华 莫起芳 伍文明 郑圣黠 文 星(443)
华北复杂断块砂岩油藏精细开发调整技术政策优化	杜玉洪 闫爱华 郭发军 杨延辉(447)
鄂尔多斯盆地北缘盒 1 段冲积扇与冲积平原过渡带沉积特征及对天然气开发的影响	高照普(452)
海上大型复杂礁灰岩油田开发技术研究	刘 平(461)
低油价下油藏效益开发的方向与管理方法探讨	杨 凯(471)
周期注水压力场波动规律及合理开发参数确定	刘 辉 廖新维 赵晓亮 董 鹏(477)
高阶煤煤层气高效建产区优选技术——以沁南西-马必东区块为例	王玉婷 陈龙伟 王小玄 刘春黎 张 晨 范红明(483)
涪陵页岩气储层产气性评价方法研究	廖 勇 谭 判 石文睿 冯爱国 何浩然(491)
一种含水层改建地下储气库动态密封性评价方法	刘团辉 杜玉洪 张 辉 毕扬扬 王娅妮 尚翠娟 张 帆(495)
利用注水指示曲线计算缝洞型油藏单洞模型动态储量	何 强 袁飞宇 李 璐 丁 磊 李柏顿 王 栋(501)

致密气藏动态启动压力梯度及其对气井的影响机制	丁景辰 杨胜来 史云清 曹桐生 吴建彪(509)
红河长 9 低饱和砂岩油藏水平井注水开发研究与实践	吴锦伟 王国壮 梁承春 邵隆坎 王少朋 高 辉(515)
奥里诺科重油带大型超重油油藏水平井冷采高效开发技术与实践——以委内瑞拉 MPE3 区块为例	申志军 李星民 农 贡 沈 杨(520)
高含水油藏渗流场表征方法探讨	郭 奇 杨佩佩 李 健 孟立新(526)
东坪基岩气藏溶蚀孔发育机理与分布规律	张玲玲 柴小颖 范新文 程 鑫 杨会洁 王 刚(530)
电成像测井在鄂尔多斯东缘临兴-神府区块致密砂岩储层的应用	胡晓贤 侯振学(538)
胜利浅海油田高效开发技术	翟 亮 田同辉 姜书荣 张 强 李 健(548)
岩石类型精细划分及建模在 A 油田中的应用	刘登丽 田腾飞 伍文明 卫喜辉(557)
特低渗透油藏纵向波及系数计算新方法	熊 琪 李 黎 戴 宗 闫 正 和 罗启源 李 凡(562)
气顶油藏开发对策与技术	凡文科 梁红革(565)
SEC 准则递减法在塔河油田已开发储量评估中的应用	曹敬华 延俊宝(571)
基于核 Fisher 方法的致密砂岩地震储层质量评价	陈文浩 王志章 董少群 侯加根(576)
大庆油田智能分层注水技术研究与应用	徐德奎 朱振坤 刘崇江 马 强 曹长鹏 佟 音 郭 颖 王 琦(582)
蠡县斜坡岩性油藏整体再评价认识与启示	于仁江 黄 宇 刘丹丹 于 函 吕恒宇 田彦林(588)
克拉美丽气田火山岩气藏高效开发技术及稳产对策	仇 鹏 李道清 王 彬 苏 航 陈 超 闫利恒(594)
油藏热物性参数对稠油热采的影响规律	李卓林 李 娜 孙依依 卢 川 范 虎 尚凡杰(606)

倾斜断块油藏双向驱作用机理研究

李兆敏 徐正晓 鹿 腾 姚安川

(中国石油大学石油工程学院)

摘 要 倾斜断块油藏进入高含水开发后期, 单纯的水驱作用效果较差。针对该开发阶段, 进行了断块油藏人工气顶—边水双向驱的物模实验, 并结合实际区块辛 48 块油田沙二 9 参数进行了数值模拟研究。结果表明: 双向驱对于断块油藏高含水后期有一定的增产作用, 气顶驱过程中易出现气窜现象, 提出了焖井、泡沫封堵处理方式; 经过数值模拟可以看到水驱过程结束后剩余油主要集中在构造高部位, 验证了实验部分的现象; 数值模拟阶段优选了双向驱注入参数, 其中注水速度为 $100\text{m}^3/\text{d}$, 油井发生严重气窜后停止注入, 注气速度为 $4000\text{m}^3/\text{d}$, 从经济效益方面出发优选注气量 $4\times 10^6\text{m}^3$ 。

关键词 倾斜断块油藏; 双向驱; 气窜; 注入参数优选

全国断块油藏的油气资源储量高、开发潜力很大^[1-3]。目前大多数复杂断块油藏进入开发后期, 处于特高含水阶段, 剩余油分布极为分散, 存在“局部富集”的特点^[4-8]。人工气顶—边水双向驱技术是一种复合技术, 在开发过程中, 开采原油所消耗的地层能量能够及时从气顶和边底水中得到补充, 多数气顶底水油藏的开发都表现出能量充足的特征, 而气顶和边底水的存在会给油井带来严重的气窜和水侵问题^[9-13]。由于双向驱兼有气顶驱和边底水驱的开发特征, 提高采收率机理复杂^[14-18]。

本课题针对断块油藏双向驱提高采收率机理展开研究, 首先从岩心管物理模拟实验入手, 探究实行人工气顶的可行性以及增产效果, 然后利用数值模拟方法验证机理、优选方案。这些研究有助于加深认识人工气顶—边水双向驱提高采收率的作用机理, 从而为复杂断块油田的开发提供一定的理论依据。

1 断块油藏双向驱实验

针对高温高压下的驱油机理进行分析, 开展带倾角的岩心管实验, 以期揭示双向驱高温高压下的产油产气等生产特征。

1.1 实验材料

东辛原始脱气脱水原油: 地下黏度为 $5.87\text{mPa}\cdot\text{s}$;

氮气: 纯度 99.99%, 青岛天源气体公司提供;

SDS 起泡剂: 由十二烷基硫酸钠和超纯水按

照 1 : 100 比例配制而成;

蒸馏水: 由超纯水经蒸馏器蒸馏制得。

1.2 实验设备

所需实验设备主要有驱替液体的双柱塞计量泵、驱替气体的双柱塞计量泵、中间容器、压力变送器、天平、填砂管、温压控制及记录系统等, 本实验采用的填砂管尺寸为 $\phi 38\text{mm}\times 600\text{mm}$ 。如图 1 所示。



图 1 实验用模拟倾角断块油藏岩心管

1.3 实验方法

组成了高温高压 N_2 人工气顶—边水双向驱模拟系统, 实验流程如图 2 所示。

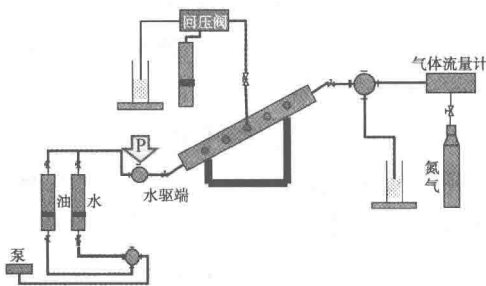


图 2 岩心管实验流程图

【作者简介】李兆敏(1965—), 男, 教授, 博士, 博士生导师, 研究方向为泡沫流体及稠油开采, E-mail: lizhm@upc.edu.cn

1.3.1 实验准备

(1) 模拟油田地层条件, 用 100 目石英砂填制填砂管模型;

(2) 抽真空, 饱和水, 计算孔隙度, 测定填砂管渗透率;

(3) 将填砂管调整至地层温度 60℃ 和压力 3MPa;

(4) 以 1mL/min 的速度饱和油, 直至出口端不再出水, 关闭填砂管出口端并稳定一段时间, 计算原始含油饱和度;

(5) 模拟底水驱: 从注入端以恒定速度 (1mL/min) 注入水, 当出口端含水率达到 96% 以上, 停止注水水驱, 关闭注入端并焖井一段时间, 期间记录采出油、水量; 模拟气顶驱: 打开注入端阀门, 用气体流量计控制注气速率 (1mL/min), 直至发生严重气窜不再产油, 停止注气, 采取多周期注气, 期间记录采出油、水量;

(6) 发生气窜之后采取防治措施, 焖井一段时间, 开井生产期间记录采出油、水量。

(7) 模拟泡沫驱: 从注入端以恒定速度 (1mL/min) 注入 SDS 起泡剂, 用气体流量计控制注气速率 (2mL/min), 二者在泡沫发生器中混合均匀, 注入岩心管中, 封堵高渗层, 记录采出液量并在泡沫驱之后重新进行气驱。

1.3.2 双向驱实验

针对实验目的利用可视化模型做了多组实验, 其中为设计对照试验、遵循控制变量原则, 保证油水黏度比、模型垂向与水平渗透率比值均相同。实验分为三个阶段: 注水开采阶段、注水+注气开采阶段、泡沫驱替阶段。

(1) 注水开采

采用人工注水保压开发, 保证底水能量充足, 打开注水井以一定的速度注入进行驱替, 观察油水界面推进过程及稳定性, 当生产井含水率大于 96% 时底水驱替结束。本组实验注水阶段保持 2mL/min 的注入速率, 生产至含水率达到 96%, 生产结束。

(2) 注水+注气双向驱开采

打开注气井与注水井同时驱替, 注气时采用顶部注气方式, 将氮气预先充于气瓶之中, 使用气体流量计控制注气速率, 保持稳定的气液注入比, 至生产井严重气窜不再产油, 生产结束。

(3) 泡沫驱开采

关闭注水井, 只开启注气井端, 将混合好的泡沫段塞从顶部注入, 封堵高渗层, 期间驱替压

力升高, 以泡沫油方式生产。

2 实验结果及分析

通过进行多组重复实验, 测得了岩心管实验条件下各个注采阶段的产油速度、产水速度、含水率、采出程度等参数变化, 分析了高温高压条件下的驱油机理。

2.1 双向驱机理分析

(1) 绘制水驱阶段生产数据中采出程度、含水率随生产时间的变化曲线, 如图 3 所示。

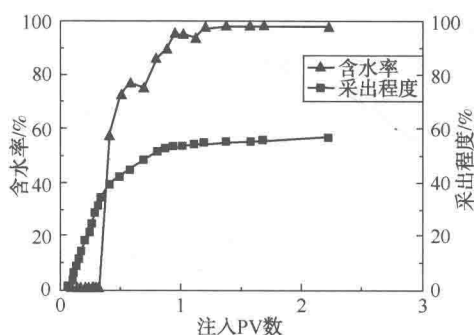


图3 水驱阶段生产曲线图

由图 3 可得: 注入 PV 数在 0~0.35 期间为无水产油期, 此时采出程度迅速提高至 35%; 注入 PV 数在 0.35~0.85 期间, 含水率急剧升高, 采出程度增长趋势放缓; 随着注入 PV 数的增加, 注入 PV 数超过 0.85 时进入高含水期, 含水率突破 90%, 此阶段含水率和采出程度增长趋势皆放缓。

边水驱机理分析: 边水驱阶段为油藏提供充足的地层能量, 地层含水率迅速上升, 在无水采油期间, 采出大部分油, 为采收率的主要贡献部分。在高含水以及特高含水开发后期, 水驱效果不再理想, 此时在构造高部位会残留“阁楼油”。在边水驱过程中易导致水窜问题, 采取调整注水速度及注采比的方式进行处理。

(2) 绘制双向驱阶段生产数据中采出程度、含水率随生产时间的变化曲线, 如图 4 所示。

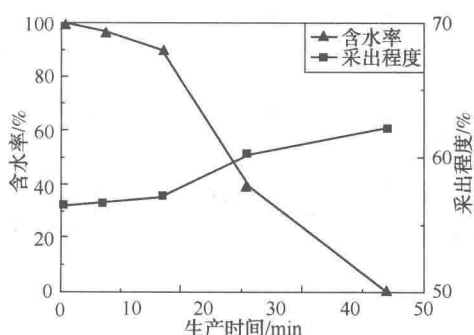


图4 双向驱阶段生产曲线图