



调剖堵水调驱技术的概念和内涵

中国石油大学 (华东)

山东石大油田技术服务股份有限公司



前言

一、调剖技术的概念及内涵

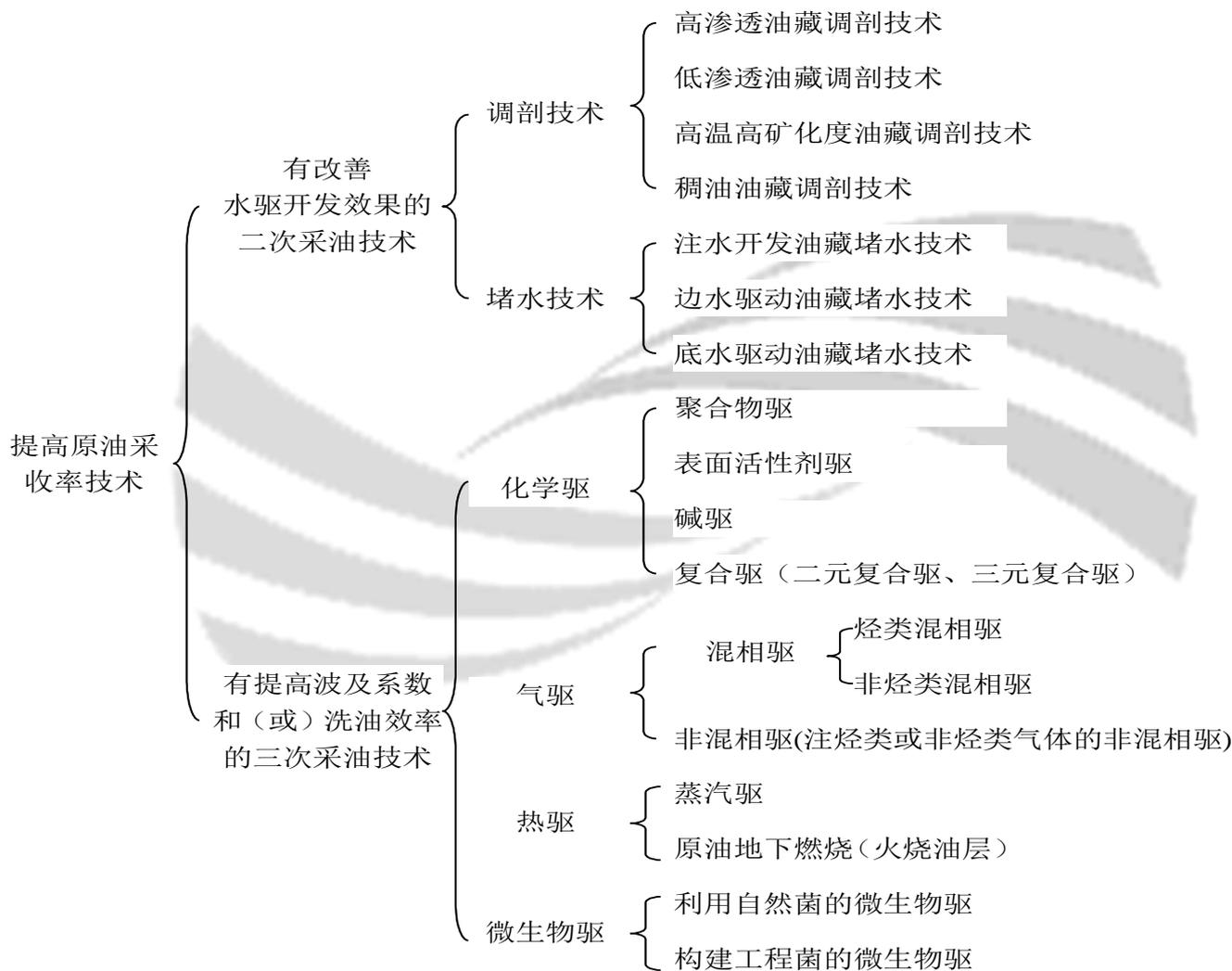
二、堵水技术的概念及内涵

三、调驱技术的概念及内涵

结束语



为了充分利用不可再生的能源，必须提高原油的采收率。至今已发展了两项提高原油采收率技术，即有改善水驱开发效果的二次采油技术（包括调剖技术和堵水技术）和有提高波及系数和（或）洗油效率的三次采油技术（包括化学驱、气驱、热驱、微生物驱等技术）。





调剖堵水技术的地位

由于调剖堵水技术的实施投入少，风险小，适用于不同条件油藏（高渗透油藏、低渗透油藏、高温高矿化度油藏、稠油油藏），并为三次采油技术实施前、实施中和实施后不可或缺的配套技术，因此在提高原油采收率技术中，调剖技术和堵水技术比三次采油技术值得更加重视。



调剖堵水技术发展历程

我国十分重视调剖堵水工作。至今，这项工作的发展已经历了6个阶段：

第一阶段是20世纪60年代，为油井单井堵水阶段。

第二阶段是20世纪70年代，为水井单井调剖阶段。

第三阶段是20世纪80年代前期，为井组的油水井对应调剖堵水阶段。

第四阶段是20世纪80年代后期为区块整体调剖堵水阶段。

第五阶段是20世纪90年代前期为区块整体以调剖堵水为中心的综合治理阶段。其中的综合治理包括注水井增注、油井提液、改变注采井别、调整生产层系和打调整井等。

第六阶段是20世纪90年代后期至今为区块整体调剖堵水与驱油的结合阶段，即调驱阶段。发展了单液法调驱技术和双液法调驱技术。



调剖堵水技术的发展历史

全国油田堵水会议	召开时间	召开地点	关键议题
第一次	1980.01	石家庄市	油田堵水如何更好地满足油田开发的要求
第二次	1981.12	成都市	提高油井堵水效果研究试验封堵大孔道和油井对应堵水
第三次	1983.06	胜利油田	研究和推广以油田区块为单元的整体堵水调剖技术
第四次	1985.11	大连	研究讨论不同类型油藏注水井调剖油井选择性堵水的配套工艺技术
第五次	1987.10	新疆油田	主攻完善发展区块调剖堵水综合治理
第六次	1989.11	江苏昆山	研究讨论油田堵水技术的发展要以注水调剖或油井封堵大孔道为主、化学堵水为辅。
第七次	1992.01	南京	坚持以区块综合治理为主以注水井调剖为主的有效做法
第八次	1994.04	北戴河	落实总公司东部开发会议精神加大堵水调剖力度 深化认识加强机理研究完善优化决策系统
第九次	1997.01	海口市	会议提出要集中组织油田调剖单元的筛选技术配套和完善
第十次	1999.04	广州市	集中研究了可动凝胶深度调剖和液流转向技术

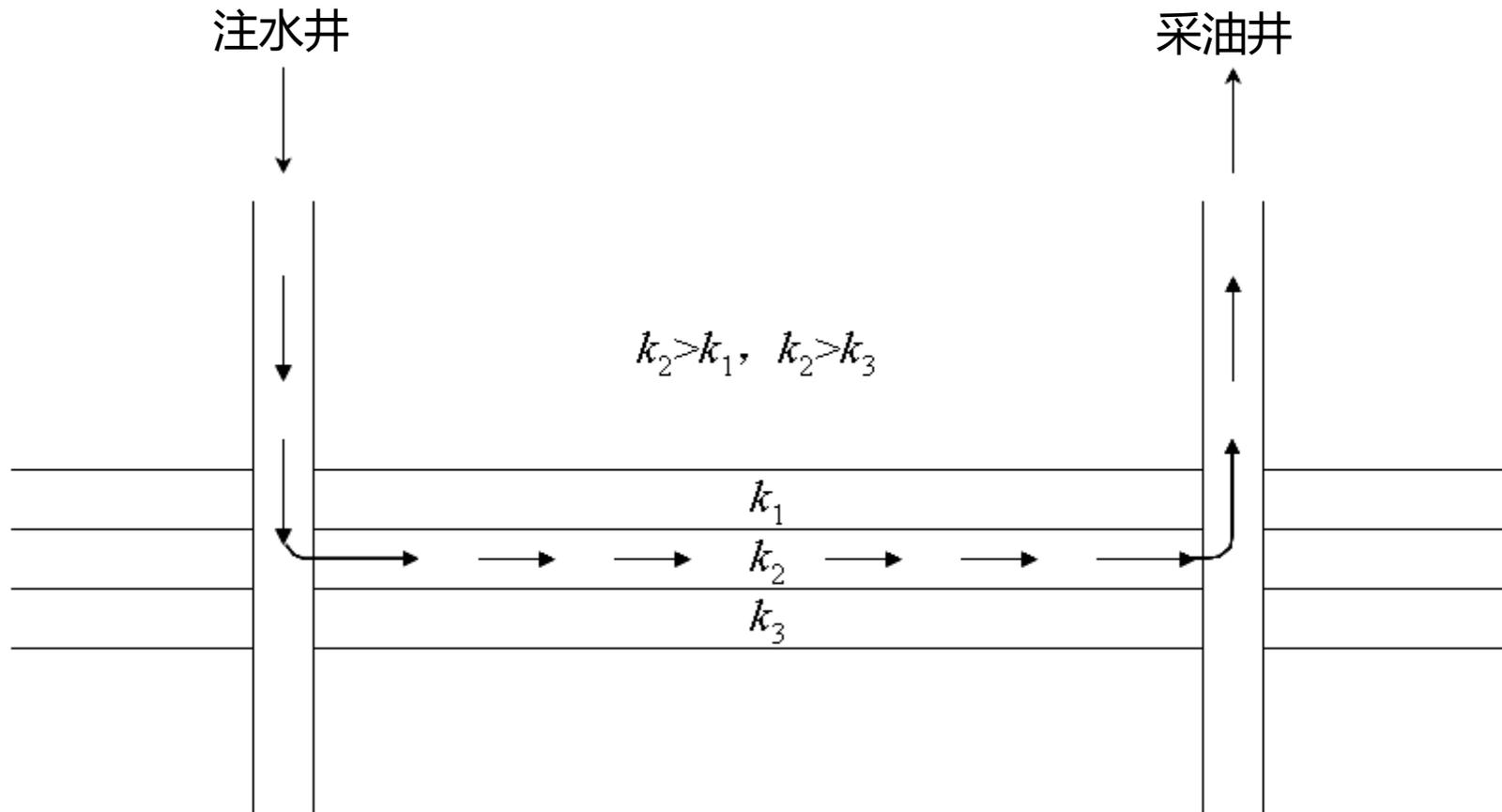


调剖堵水的意义

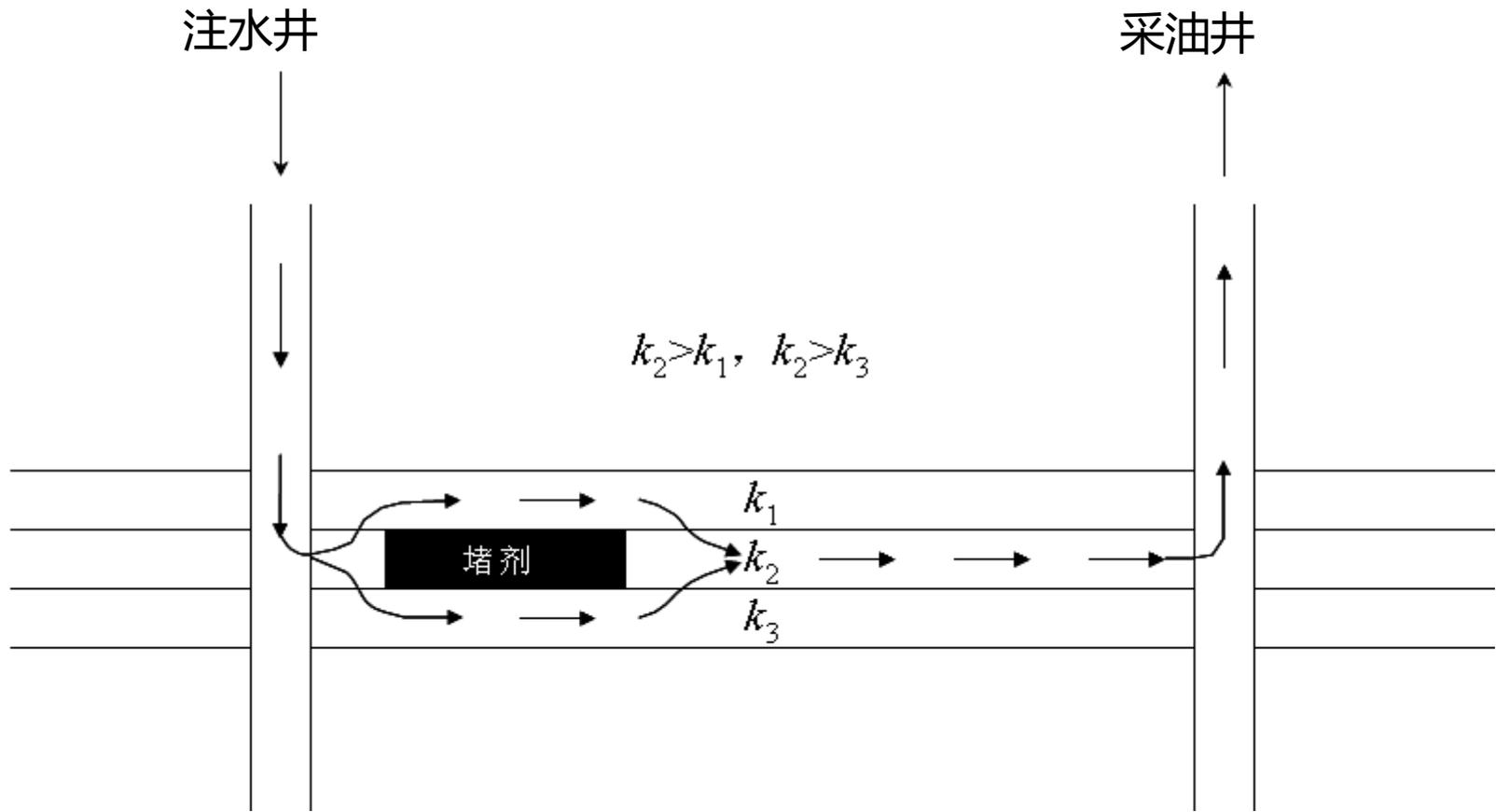
调剖堵水的重要意义是它能改善水驱开发效果，达到提高水驱采收率的目的。

调剖堵水是通过封堵高渗透层，提高注入水的波及系数，达到提高采收率目的的。

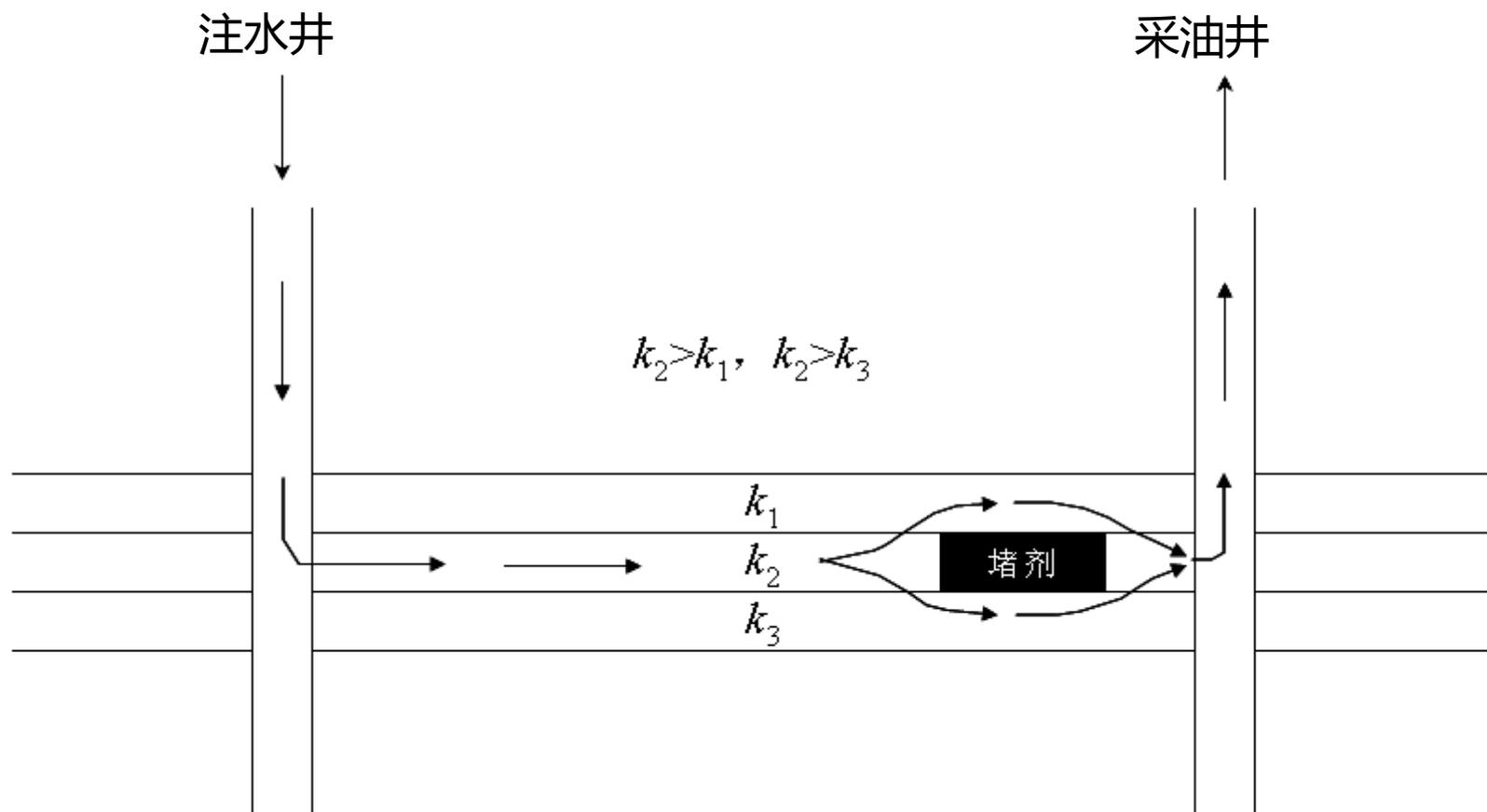
$$\text{水驱采收率} = \text{波及系数} \times \text{洗油效率}$$



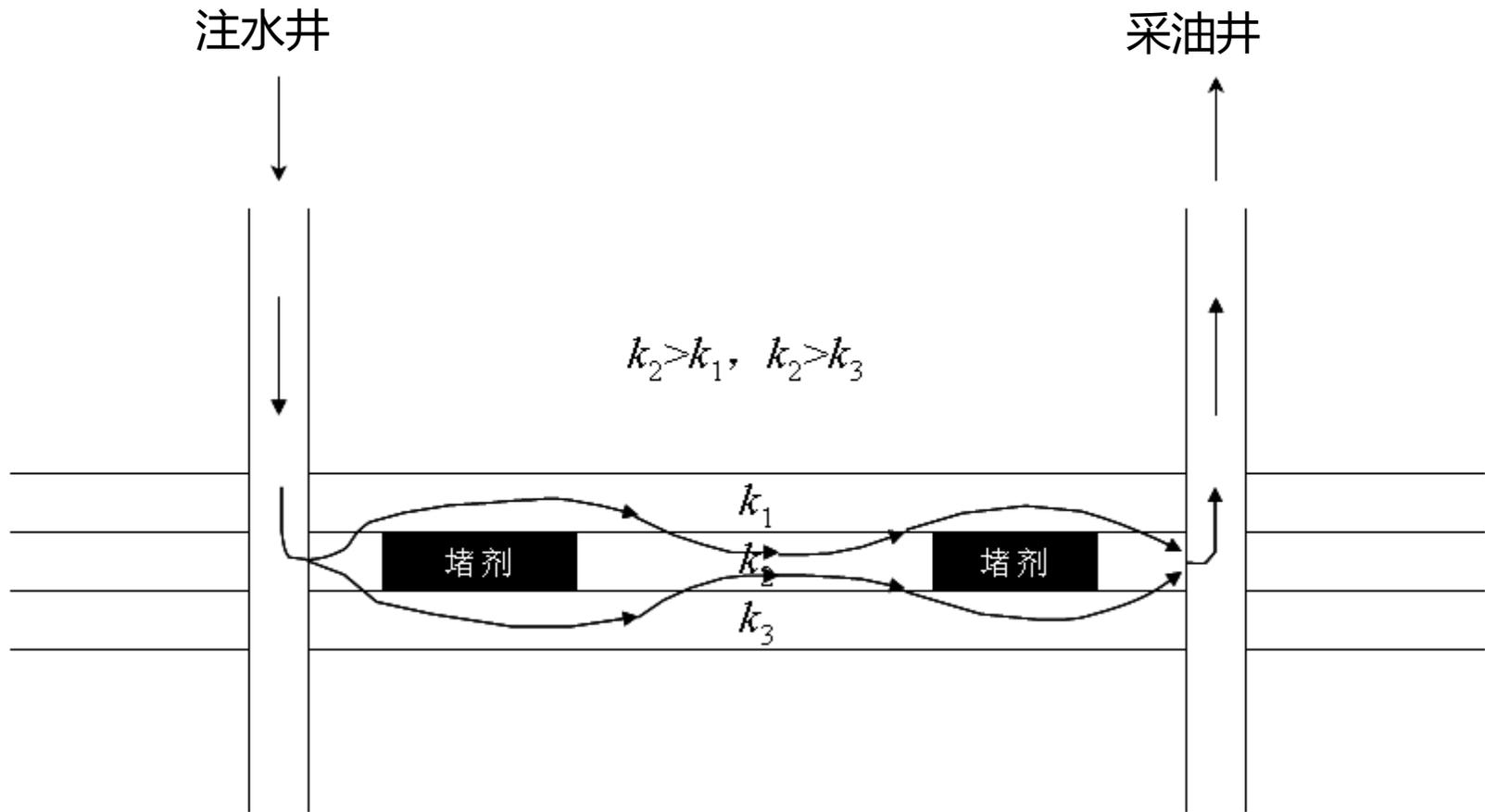
地层的不均质性使注入水沿高渗透层突入油井



注水井调剖



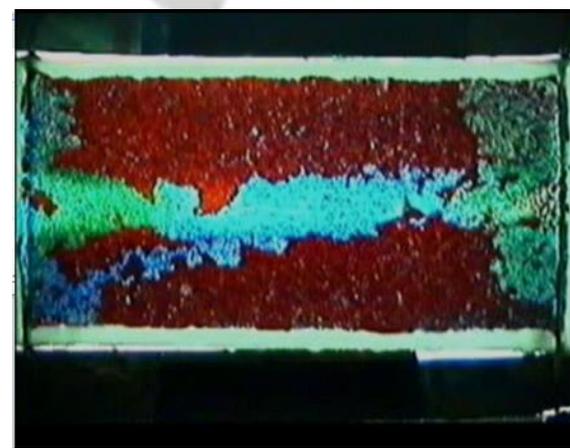
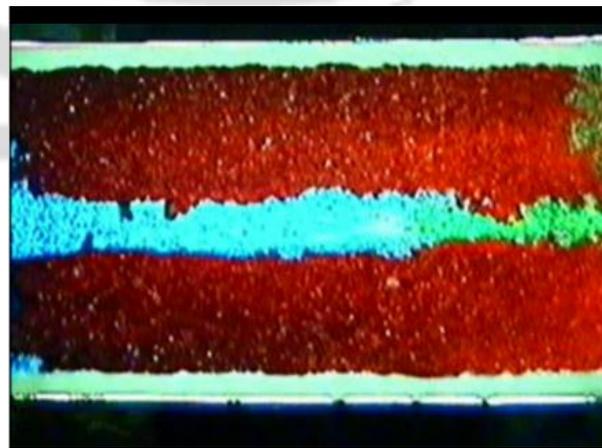
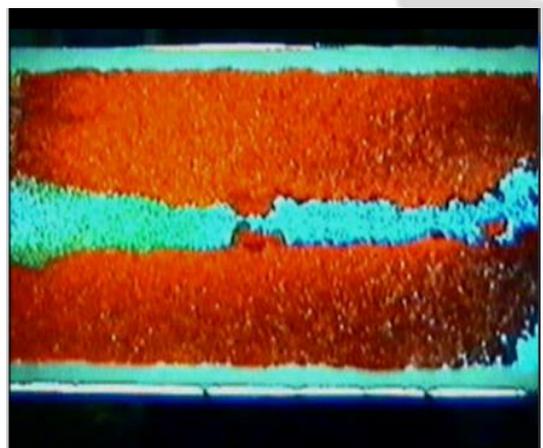
油井堵水



油水井对应调剖堵水



调剖、堵水及调剖与堵水 结合的水驱采收率可视化模型



水驱采收率增值 ↑ 25.7%

↑ 12.8%

↑ 52.1%



结论

- 1、注水井调剖和油井堵水都可提高水驱采收率。
- 2、注水井调剖的水驱采收率增值高于油井堵水的水驱采收率增值。
- 3、注水井调剖与油井堵水相结合存在协同效应，其水驱采收率增值（52.1%）比注水井调剖与油井堵水水驱采收率增值之和（38.5%）还高。



调剖堵水的发展趋势

从国内调剖堵水的发展史可以看到，调剖堵水的发展趋势就是将调剖堵水与驱油结合起来。

这种结合简称为调驱。



下面介绍我们在调剖、堵水、调驱方面的概念
与内涵。



前言

一、调剖技术的概念及内涵

二、堵水技术的概念及内涵

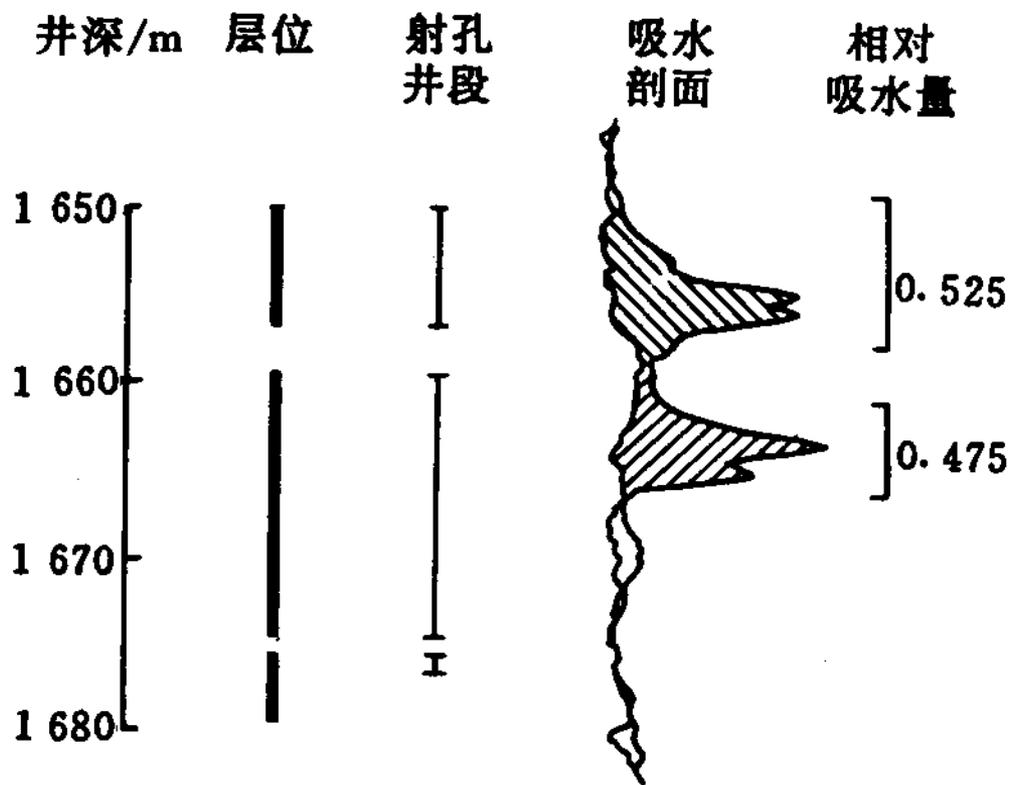
三、调驱技术的概念及内涵

结束语



1、概念

调剖是指从注水井调整注水地层的吸水剖面。



一口注水井的吸水剖面



2、内涵

为使调剖有效地提高采收率，它的概念应有4个内涵：

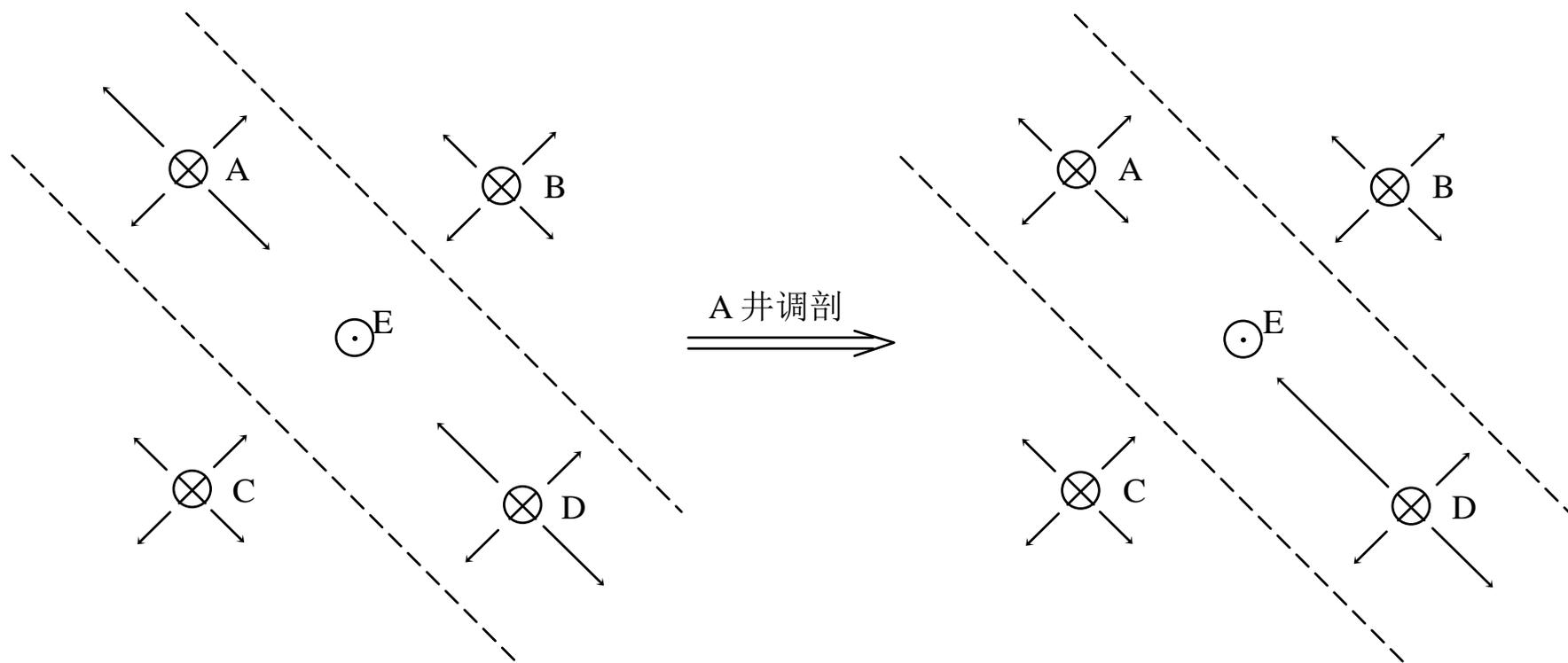
1. 区块整体调剖
2. 深部调剖
3. 多轮次调剖
4. 与其他方法结合的调剖



(1) 区块整体调剖

区块整体调剖是指在区块整体上选择需调剖的注水井（不是全部注水井），向这些井的高渗透层注入调剖剂，控制注入水在高渗透网络中的无效流动，从区块整体上提高水驱的波及系数，大幅度地提高水驱采收率。

区块整体调剖有单井孤立调剖所没有的规模效应或称整体效应。

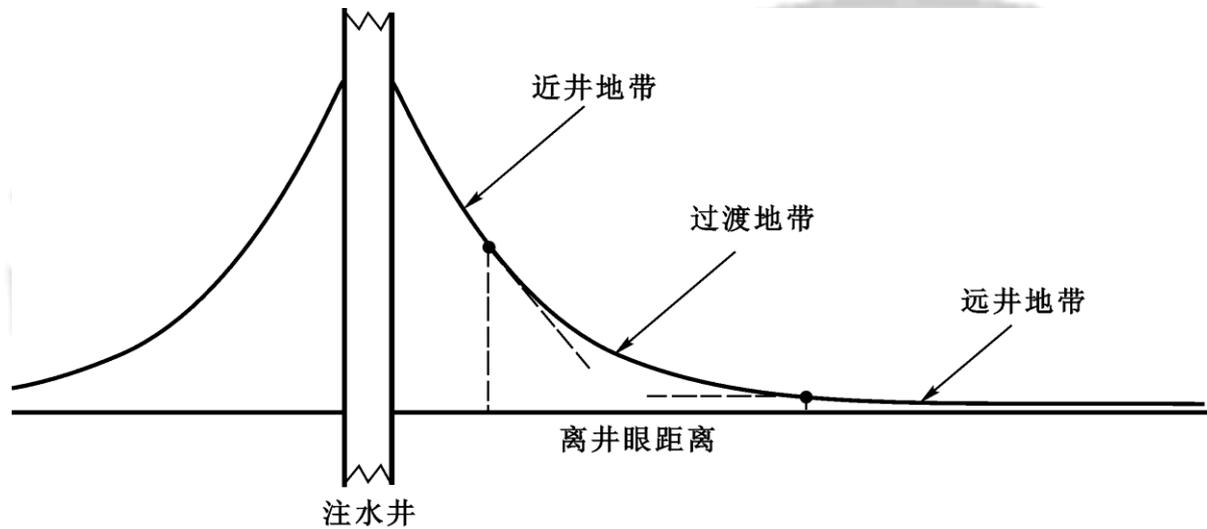


说明单井调剖达不到提高采收率原因的图



(2) 深部调剖

注水地层的“深部”是由注水地层的压降梯度分布曲线决定的。



注水地层的压降曲线

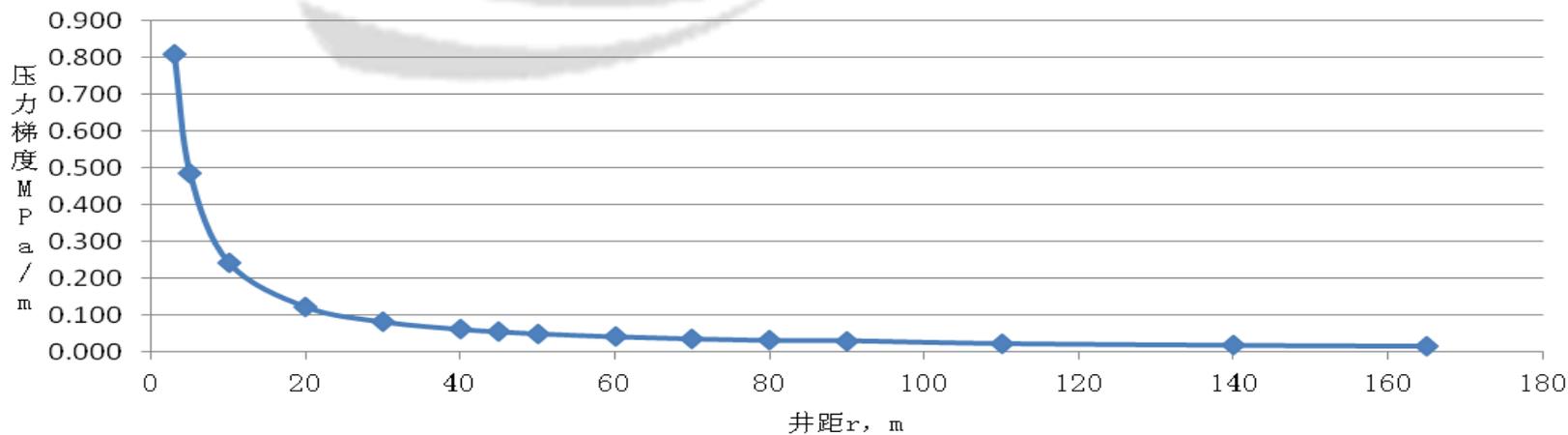
所谓深部是指近井地带以远的地带（包括过渡地带与远井地带）。



某油田根据注水地层压降曲线对离井眼不同距离地带的划分

地带	离井眼的距离 (m)
近近井地带	0~3
近井地带	3~9
过渡地带	9~15
远井地带	15~50
远远井地带	>50

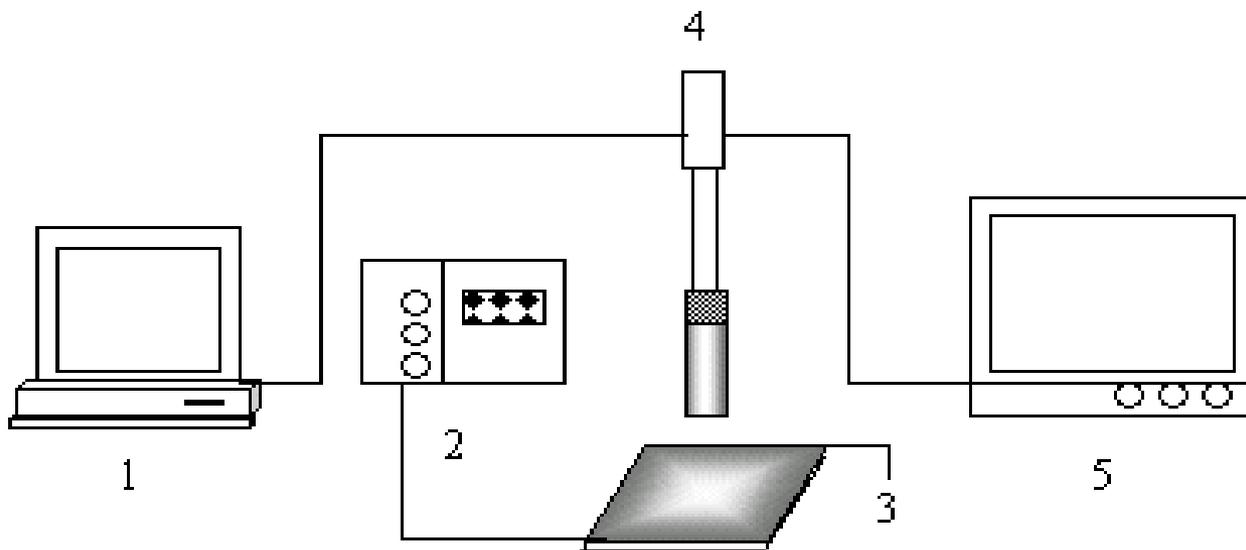
X井注水井—X生产井地层压力梯度分布曲线





深部调剖

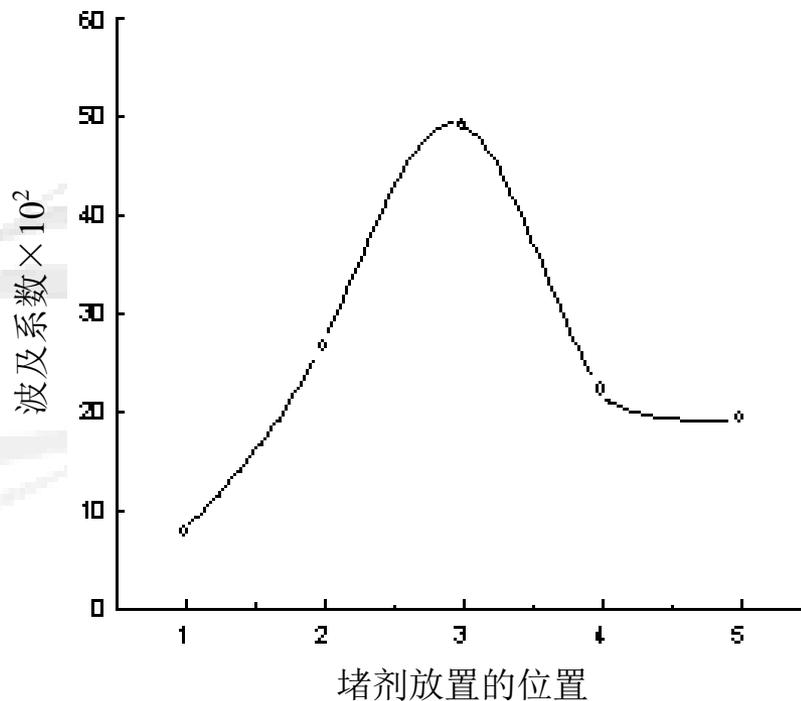
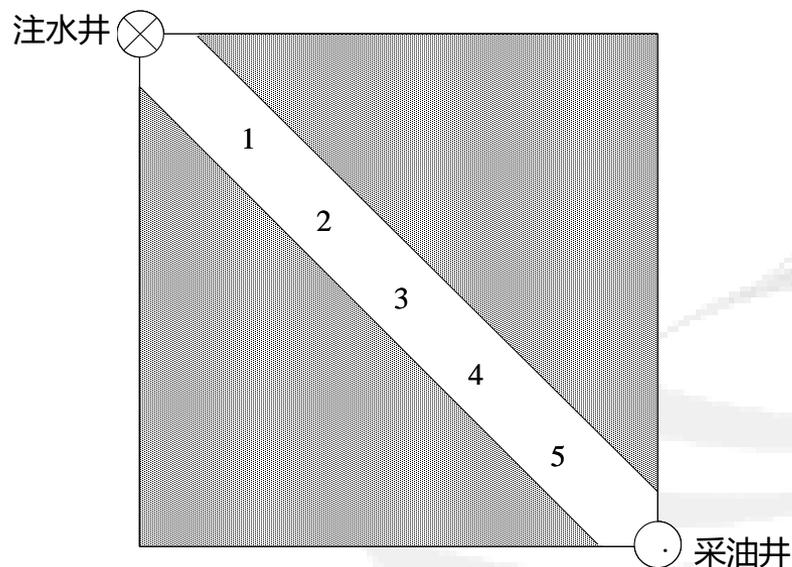
由可视化物理模拟证实，深部调剖有更高的采收率增值。



1-计算机；2-微量泵；3-模型；4-摄像机；5-电视机
可视化物理模拟的驱油装置



深部调剖



可视化物理模拟的模型及
放置堵剂的位置

堵剂放置位置对采
收率的影响



(3) 多轮次调剖

调剖应多轮次进行，即通过多轮次调剖，先后将调剖剂放置在离井眼不同距离的深部。为将调剖剂放置在离井眼不同距离的“深部”，必须改变每一轮次的调剖剂配方。因不同配方调剖剂有不同的突破压力梯度，它将滞留在地层中与之相等压力梯度的位置，起调剖作用，取得最好的调剖效果。

同时注水过程二次孔道是不断形成的，也需要进行多轮次控制。



(4) 与其他方法结合的调剖

调剖可与许多其他方法结合，如与堵水结合、与酸化结合、与压裂结合、与驱油结合等，这些结合可发挥各自方法的协同效应。



3、组成技术

调剖有4项组成技术：

1. 决策技术
2. 堵剂技术
3. 注入技术
4. 评价技术



(1) 决策技术

目前有 PI 、 RE 、 RS 等决策技术。



RE 决策技术

RE 决策技术即油藏工程方法决策技术。该技术是以油田开发的动静态资料（如：渗透率及其非均质性、吸水剖面、井口压降曲线、综合含水率、产量递减率、采出程度等指标）为决策参数，通过建立的评判模型计算和分析，进行调剖选井决策、堵剂用量决策、效果预测和评价。

该技术为多参数决策技术，但在区块整体调剖及多轮次调剖时，有些参数（如吸水剖面、电测曲线）不能做到每口井都能取得或重新取得。



RS 决策技术

RS 决策技术即油藏数值模拟方法决策技术。该技术是以油藏数值模拟技术为决策手段，在生产历史拟合和剩余油分布规律分析基础上，设计不同条件下的多种调剖方案，优选确定调剖井位和层位、堵剂用量、预测效果。

该方法较复杂，占用资料多，决策周期长。



***PI* 决策技术**

PI 决策技术是指以 *PI* 值为区块整体调剖决策参数的技术。*PI* 值由注水井井口压降曲线和 *PI* 值的定义式计算得到。

由于 *PI* 决策在现场操作方便、录取资料即时、准确，并且可不断监测，并且前两种方法中都以 *PI* 值为主要决策参数，因此是国内应用最广泛的决策技术。



(2) 堵剂技术

堵剂是指注入地层能起到封堵作用的物质。从水井注入地层的堵剂叫调剖剂，从油井注入地层的堵剂叫堵水剂。调剖剂和堵水剂都属堵剂。



堵剂的分类

可按不同的标准对堵剂进行分类：

- ◆ 按注入工艺，可分为单液法堵剂（如铬冻胶）和双液法堵剂（如水玻璃-氯化钙双液法堵剂）。
- ◆ 按堵剂封堵的距离，可分为渗滤面堵剂（如水膨体）、近井地带堵剂（如硅酸凝胶）和远井地带堵剂（如冻胶微球）。
- ◆ 按使用的条件，可分为高渗透层堵剂、低渗透层堵剂、高温高矿化度堵剂。



堵剂的分类

可按不同的标准对堵剂进行分类：

- ◆ 按配置堵剂时所用的溶剂或分散介质，可分为**水基堵剂**（如铬冻胶）、**油基堵剂**（如油基水泥）和**醇基堵剂**（如松香二聚物醇溶液）。
- ◆ 按对油和水或出油层和出水层的选择性，可分为**选择性堵剂**和非选择性堵剂。
- ◆ 按堵剂作用的空间位置，可分为**连续相堵剂**和**分散相堵剂**。



地层的渗透率与地层的孔隙度和孔喉直径有关，降低渗透率可以通过两个途径。

$$k = \frac{\phi d^2}{32}$$

ϕ 堵剂主要封堵地层的通道，称为连续相堵剂，如冻胶。

d 堵剂主要封堵地层的孔喉位置，称为分散相堵剂，如冻胶微球。



(1)连续相堵剂，如冻胶：主要用于优势通道的封堵，对地层进行充分调剖。



一种酚醛树脂SD-103冻胶。优点：热稳定性好、成冻时间长、预缩聚物低毒。用于70度以上高温地层。



一种有机铬交联剂SD-107冻胶。特点：成冻强度高，时间和强度可控，用于70度以下常温地层。



(2)分散相堵剂。冻胶微球简称微球PPD，是采用不同聚合方法得到粒度从纳米到毫米级的**冻胶分散体**。

微球首先随注入水进入含水饱和度高的地层，使注入压力升高，迫使注入水转向进入含油饱和度高的地层，因此冻胶微球是一种**单液法调驱剂**，用于地层深部调驱。



纳米级



微米级



毫米级



认识

1、根据油藏的渗透率、温度、地层水矿化度选择不同堵剂类型。

2、没有不好的堵剂，只有最佳的组合。



(3) 注入技术

调剖工艺技术

- 注入压力不得超过地层破裂压力80%。
- 注入速度以在 $6\text{m}^3 \text{h}^{-1} \sim 10\text{m}^3 \text{h}^{-1}$ 范围为宜。
- 注入量应按注入压力上升 $2 \sim 4\text{MPa}$ 动态调整。可采用动态调整指导系数控制($\text{MPa}/(100\text{m}^3 \text{d})$)。



井口调剖泵



对大粒径颗粒及冻胶堵剂，在井口采用调剖泵施工。采用变频器（排量 $0-18\text{m}^3/\text{h}$; $0-30\text{MPa}$ ），按照配注低速注入。根据注入油压动态调整注入参数。



在线注入工艺

海上平台
注入



平台注入设备



陆上注水流程
注入

单泵多井



在线注入方式



单泵单井

微球调驱剂可以直接在注入水管线上加入，能够按照配注**温和调整**，实现在线调驱方式，具有设备简单，施工方便特点，尤其适用于环境恶劣地区的野外、海上施工。



4、评价技术

见效机理

1)压力波见效机理

调剖后注水压力升高，压力波由注水井向油井传播。当压力波传至油井后，使原来生产压差条件下不流动的油流动起来，调剖见效。这种机理见效快。

2)物质波见效机理

调剖后，注入水改变液流方向，将中、低渗透孔道含油饱和度高的流体驱动至油井产出，这是靠物质驱动物质所产生的调剖效果。这种机理见效慢，因此应注意注水井调剖的二次见效。



评价方法

- 水井三条曲线：注水井的井口压降曲线、吸水剖面和指示曲线评价；
- 油井三条曲线：油井的日产液量、日产油量和含水率评价；
- 区块：由区块的水驱特征曲线变化评价。



前言

一、调剖技术的概念及内涵

二、堵水技术的概念及内涵

三、调驱技术的概念及内涵

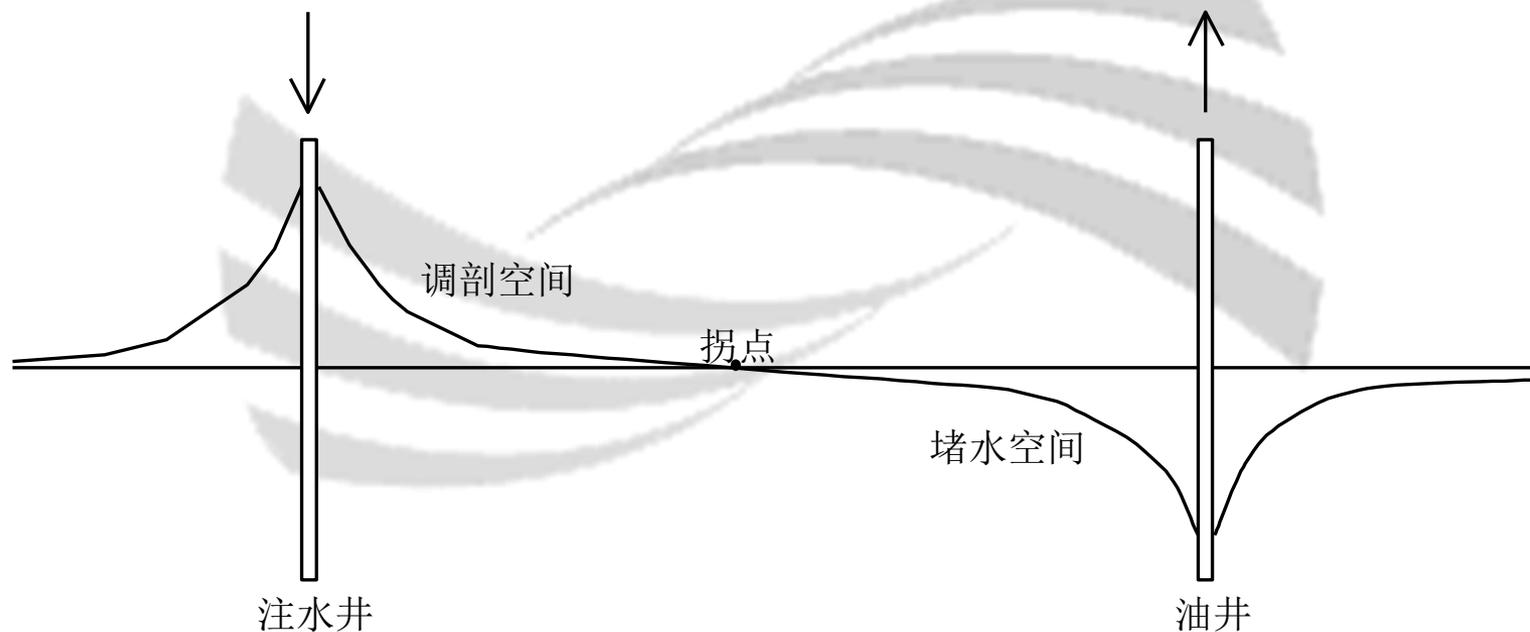
结束语



1、概念

堵水是指从油井控制水的产出。

油井堵水与注水井调剖同样重要。



油井与注水井间压降曲线

从**广义**说，调剖堵水都是在地层内调整流体的流动剖面。



2、分类

按照不同的分类方法，油井堵水可按以下分类

- 机械堵水和化学堵水
- 选择性堵水和非选择性堵水
- 找水堵水和不找水堵水
- 直井堵水和水平井堵水



3、内涵

为使堵水成为提高采收率的方法、它的概念应有5个内涵：

1. 区块整体堵水
2. 深部堵水
3. 多轮次堵水
4. 选择性堵水
5. 与其他方法结合的堵水



(1) 区块整体堵水

油井堵水也应在区块整体上进行，即在区块整体上选择需堵水的油井（不是全部油井），从区块整体的油井控制水的产出，提高地层的存水率和地层压力，达到提高水驱的波及系数和采收率的目的。



(2) 深部堵水

油井堵水也应立足于在采油地层的“深部”进行，但要从近及远。采油地层的“深部”也是由采油地层的压降分布曲线决定的。油井深部堵水将有更高的采收率增值。



(3) 多轮次堵水

油井堵水同样应多轮次进行，也即通过多轮次堵水，先后将堵水剂放置在离井眼不同距离的“深部”，因此也必须在每轮次的堵水中改变堵水剂的配方。



(4) 选择性堵水

选择性堵水是指利用油和水、产油层和产水层的差别进行的堵水。

选择性堵水方法是一种使用选择性堵水剂和选择性堵水工艺进行堵水的方法，因此是一种不找水堵水方法。



(5) 与其他方法结合的堵水

堵水可与许多其他方法结合，如与调剖结合、与酸化结合、与压裂结合、与驱油结合等，这些结合可发挥各自方法的协同效应。



3、分类

按照不同的分类方法，油井堵水可按以下分类

- 机械堵水和化学堵水
- 选择性堵水和非选择性堵水
- 找水堵水和不找水堵水
- 直井堵水和水平井堵水



4、组成技术

堵水也有4项组成技术：

- 1.决策技术
- 2.堵水剂技术
- 3.堵水工艺技术
- 4.堵水效果评价技术



(1) 决策技术

研究了一项油井决策技术，该技术有3个决策参数：

1. 含水率上升指数
2. 压力指数
3. 剩余油饱和度



含水率上升指数

含水率上升指数 (Water -Cut Increasing Index , WI)

按下式定义：

$$WI = \frac{\int_{t_1}^{t_2} f_w dt}{t_2 - t_1}$$

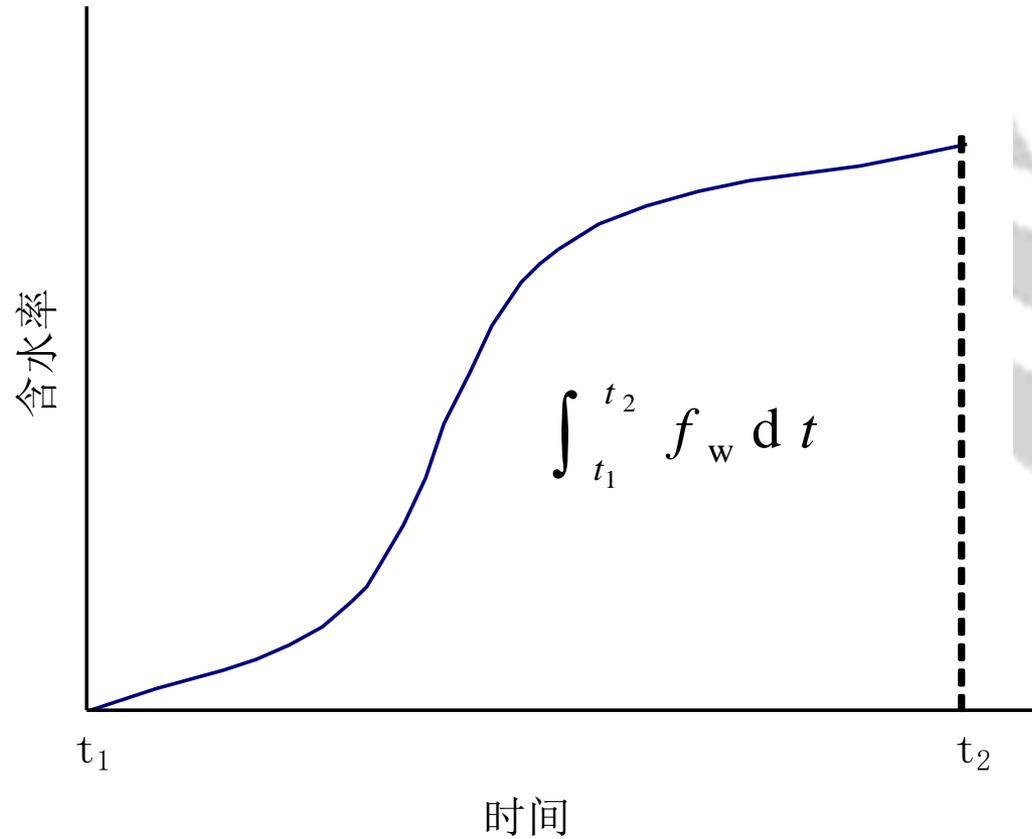
式中， WI - 含水率上升指数；

f_w - 含水率

t_1 、 t_2 - 统计开始和终了的季度数或月数。



含水率上升指数



含水率随时间变化曲线



含水率上升指数

为了计算试验区各油井的 WI 值，可将试验区各油井的含水率随时间变化标在图上，然后算出各油井的 WI 值，并按其大小排序。

WI 值越大的油井越需要堵水。



压力指数

为了求得区块各油井所处位置的 PI 值，可测定区块各注水井的井口压降曲线，然后计算 PI_{90} ，再改正为 PI_{90} 修正值，并按其大小排序，得到 PI_{90} 改正值排序表。

由 PI_{90} 改正值排序表可画出区块 PI 值等值图，再由该图查出区块油井所处位置的 PI 值。

油井所处位置的 PI 值越小越需要堵水。



剩余油饱和度

剩余油饱和度是指水驱至今油层中剩余的油占孔隙体积的百分数。

若与油井相连的油层的剩余油饱和度越高，堵水的效果越好。



为从上述3个决策参数产生一个决策参数作为堵水油井的遴选值，可用模糊综合评判法。

模糊综合评判法是利用模糊交换原理，考虑与评价事物相关的最大的各个因素，对其所作的综合评价。该方法是将评判中有关的模糊概念用模糊集合表示，以模糊概念的形式直接进入评判的运算过程。通过模糊变换，得出一个模糊集合的评价结果。这个模糊集合的评价结果就是堵水油田的遴选值。



濮城油田 P53 块一类层堵水油井的遴选值

序号	油井	遴选值	序号	油井	遴选值
1	4-50	0.58	5	3-287	0.48
2	XP3-95	0.53		3-187	0.48
	3-274	0.53	6	3-387	0.47
3	3-173	0.5	7	3-415	0.45
	XP3-177	0.5	8	3-169	0.43
4	2-618	0.49		3-272	0.43
5	3-175	0.48	9	3-40	0.38
	3-197	0.48	10	P-100	0.36
	3-190	0.48	11	3-184	0.35

濮城油田 P53 块一类层堵水油井可按上表的遴选值的大小依次选出。

由上表的遴选值选出的堵水油井与地质动态选出的油井符合率超过 80%。



(2) 堵水剂技术

为了保护油层，应选用选择性堵水剂进行油井堵水。

选择性堵水剂是指哪些能利用油与水或产油层与产水层的差别进行堵水的物质。



研究过的选择性堵水剂

1. 部分水解聚丙烯酰胺 (HPAM, 水基)
2. 部分水解聚丙烯腈 (HPAM, 水基)
3. 硬葡聚糖 (SG, 水基)
4. 阴阳非三元共聚物 (水基)
5. 冻胶 (水基)
6. 泡沫 (水基)
7. 水玻璃 (水基)
8. 稠化水玻璃的醇溶液 (水基、醇基)
9. 松香酸皂、脂肪酸皂、环烷酸皂 (水基)
10. 烃基卤代甲硅烷 (油基)
11. 油基水泥 (油基)
12. 对烷基酚-乙醛树脂 (水基)
13. 聚氨酯 (油基)
14. 松香二聚物醇溶液 (醇基)
15. 山萘酸钾 (水基)
16. 胶束溶液 (水基)
17. 阳离子型表面活性剂 (水基或油基)
18. 单宁 (水基)
19. β -内酯 (油基)
20. 聚三聚氰酸酯盐 (水基)
21. 活性稠油 (油基)
22. 水包稠油 (水基)
23. 偶合稠油 (油基)
24. 聚烯烃 (油基)
25. 酸渣 (水基)



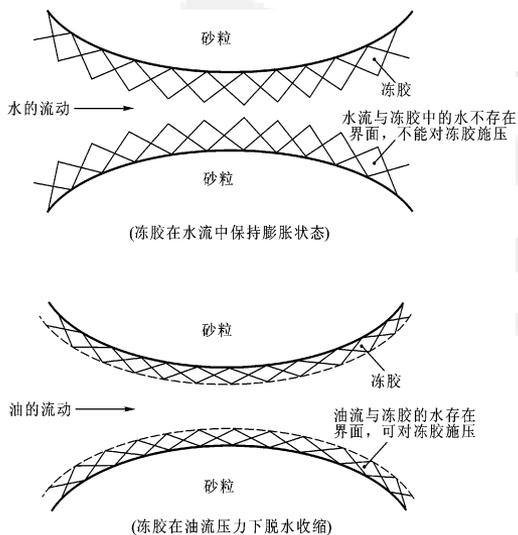
重要的选择性堵水剂

1. 冻胶
2. 泡沫
3. 水玻璃

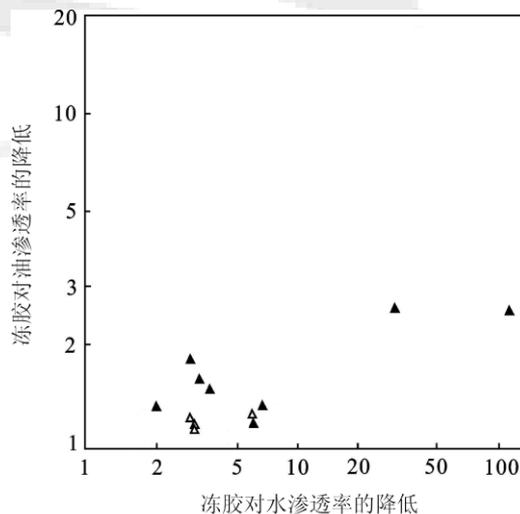


油井选择性堵剂 —— 冻胶

冻胶是由聚合物与交联剂配成的失去流动性体系。冻胶对水和油有不同的流动阻力。可用铬冻胶、锆冻胶和酚醛树脂冻胶进行油井的选择性堵水。



解释冻胶选择性的膨胀/收缩机理



冻胶对油和水的选择性

提供数据的作者: △Needham, ▲Zaitoun

膨胀收缩机制

油水分流机制



油井选择性堵剂

——泡沫

概念：以水作为分散介质，以气体作为分散相，以表面活性剂为起泡剂，以聚合物为稳泡剂的分散体系。



特点：（1）泡沫对地层渗透率有选择性，堵大不堵小，即泡沫对高渗层具有较强的封堵作用，而对低渗层的封堵作用较弱。

（2）泡沫对油水层有选择性，泡沫遇油消泡，遇水稳定，堵水层不堵油层，泡沫对水层具有较强的封堵作用。

（3）泡沫流体具有较高的表观粘度，携带能力强，返排时可将固体颗粒和不溶物携带出井筒。

堵大不堵小、堵水不堵油



水玻璃

水玻璃是**高温高矿化度**底水油藏理想的选择性堵剂，
它有6个特性：

1. 水基堵剂
2. 高密度
3. 盐敏
4. 钙镁敏
5. 酸敏
6. 热敏



(3) 堵水工艺技术

为将选择性堵水剂放置在高含水的高渗透层，应使用下面的堵水剂选择性注入方法：

- 1) 利用地层渗透率不均质产生的选择性注入方法
- 2) 利用相渗透率差异产生的选择性注入方法
- 3) 由对应注水井关井泄压产生的选择性注入方法
- 4) 由低注入速度产生的选择性注入方法
- 5) 由高效洗油剂产生的选择性注入方法
- 6) 由保护液产生的选择性注入方法



(4) 堵水效果评价技术

若为区块整体油井堵水，则需从油井动态变化和从区块开发动态变化评价堵水效果。

若油井堵水是单井进行，则只需从油井动态变化评价堵水效果。



前言

一、调剖技术的概念及内涵

二、堵水技术的概念及内涵

三、调驱技术的概念及内涵

结束语



1、概念

调驱是指调剖与驱油的结合

由于调剖属于二次采油范畴，驱油属于三次采油范畴，所以调剖与驱油的结合实质上是二次采油和三次采油的结合，简称为“2+3”。



调驱要求首先充分挖掘调剖潜力，对注水地层进行充分调剖，最大限度地通过提高波及系数提高采收率。



为了利用不同的提高采收率机理，应在注水地层充分调剖后注入有洗油效率的驱油剂，进行三次采油。

由于受投入产出比的控制，充分调剖后，注入的驱油剂量应适当，即所进行的三次采油是有限度的。



2、组成技术

调驱有5项组成技术：

- 1.充分调剖技术
- 2.有限度驱油技术
- 3.调驱剂技术
- 4.调驱工艺技术
- 5.调驱效果评价技术



(1) 充分调剖技术

充分调剖技术是指在 PI 决策技术指导下对区块整体进行多轮次调剖的技术。

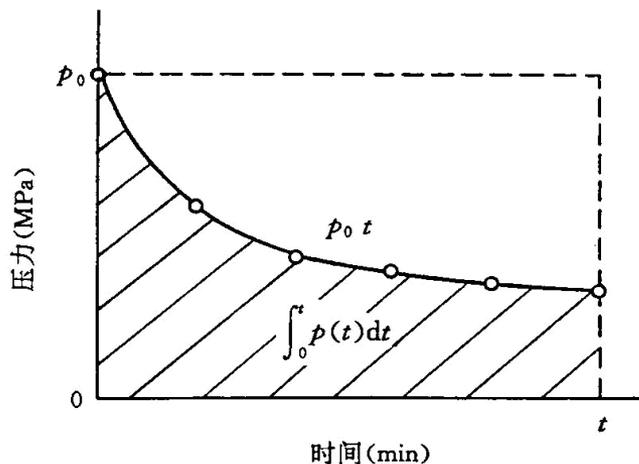
充分调剖技术的技术关键是调剖充分程度的判别。

调剖充分程度的判别有两个标准：

- (1) 调剖后，注水井的注水压力在达到配注要求的条件下大幅度提高；
- (2) 调剖后，由注水井井口压降曲线算出的 PI 值上升，位于区块平均值以上，充满度在 0.65 ~ 0.95 范围。



充满度概念



注水井井口压降曲线充满度的概念

充满度定义式

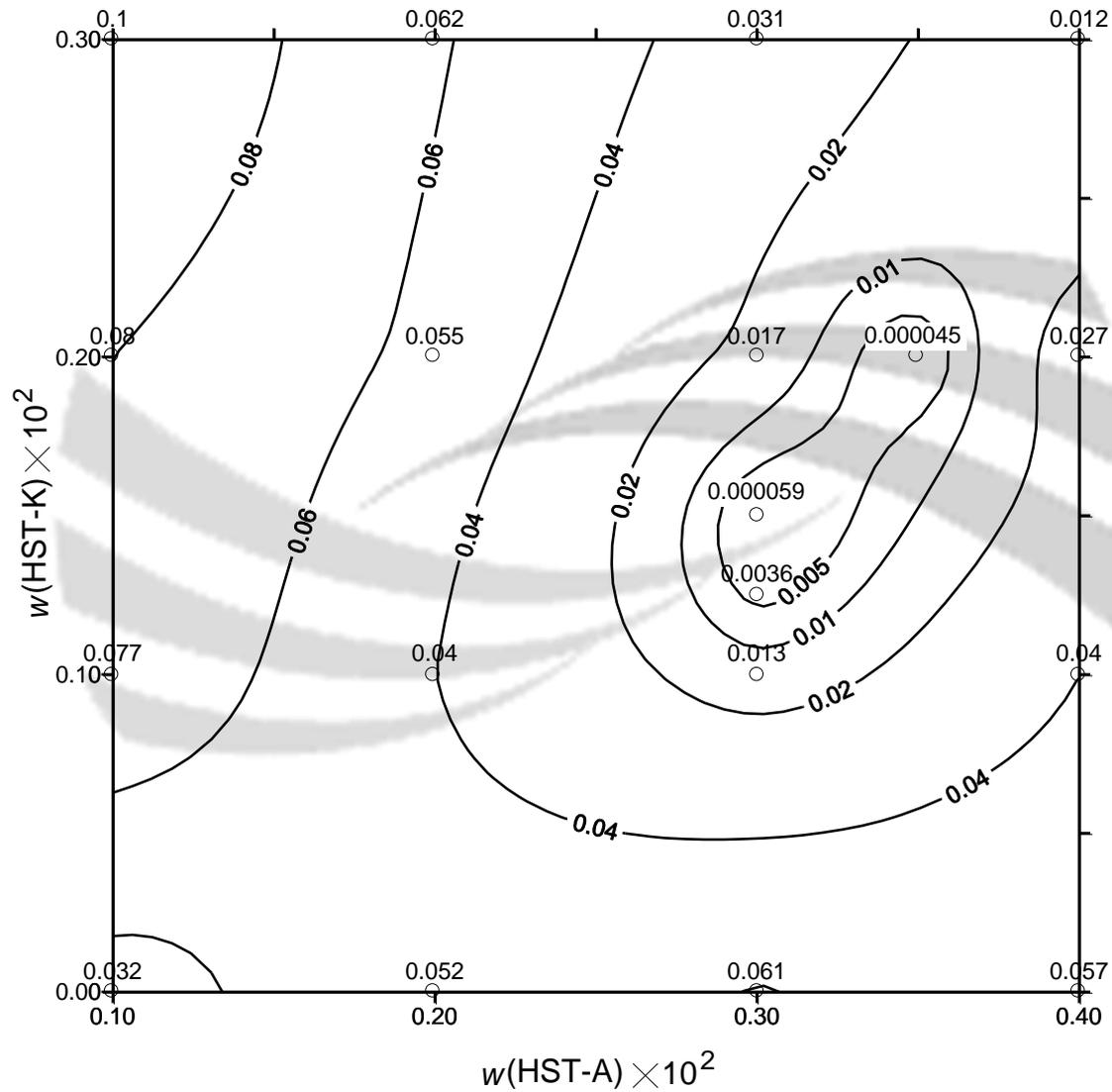
$$FD = \frac{\int_0^t p(t) dt}{p_0 t} = \frac{1}{p_0} \cdot \frac{\int_0^t p(t) dt}{t} = \frac{PI}{p_0}$$

式中， FD —充满度（Full Degree）；
 p_0 —关井前注水井的注水压力；
 t —关井后所经历的时间。



(2) 有限度驱油技术

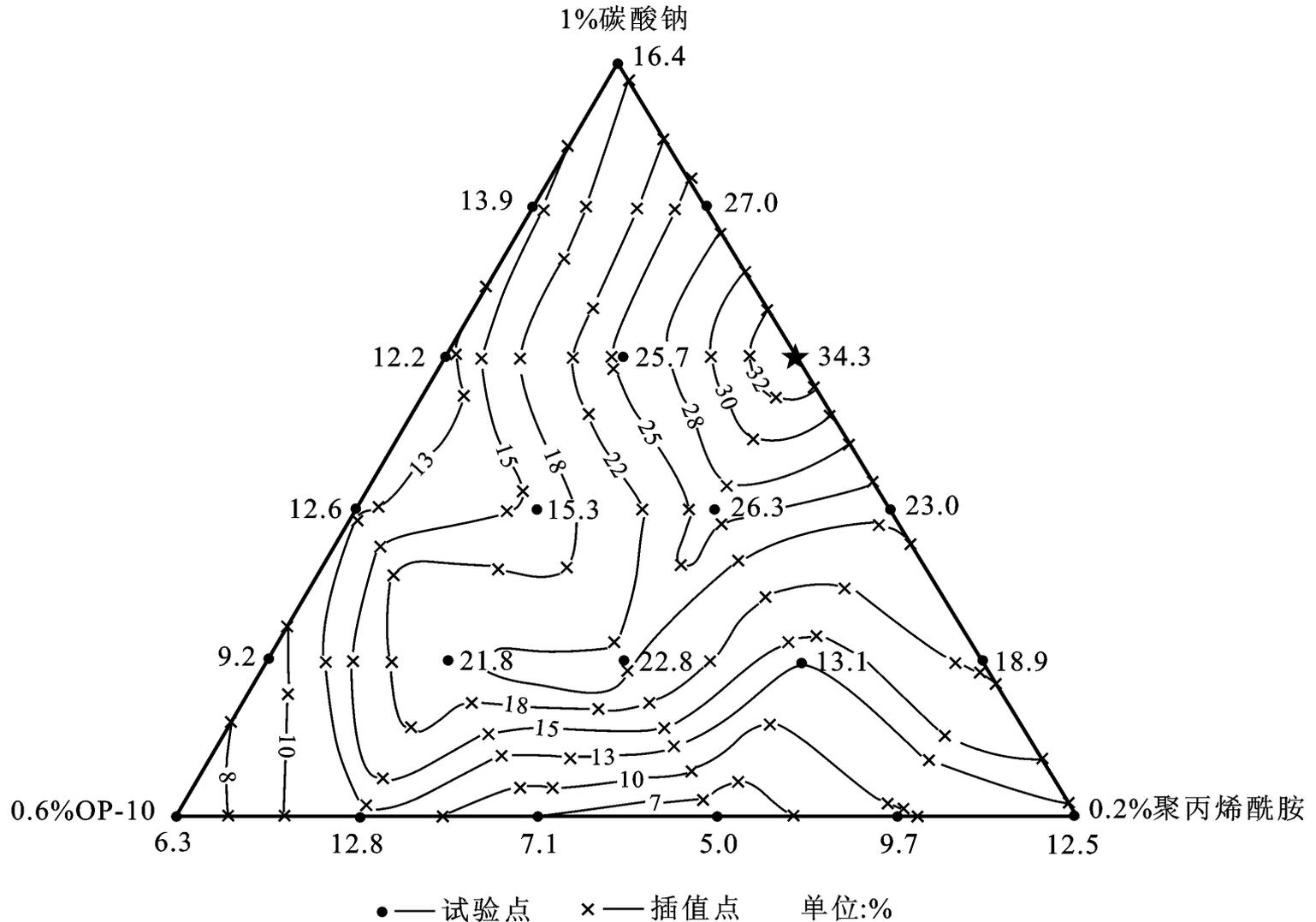
驱油剂配方由界面张力或物模试验最大采收率增值决定。



胜坨油田坨 11 南条件下，驱油剂配方的界面张力等值图



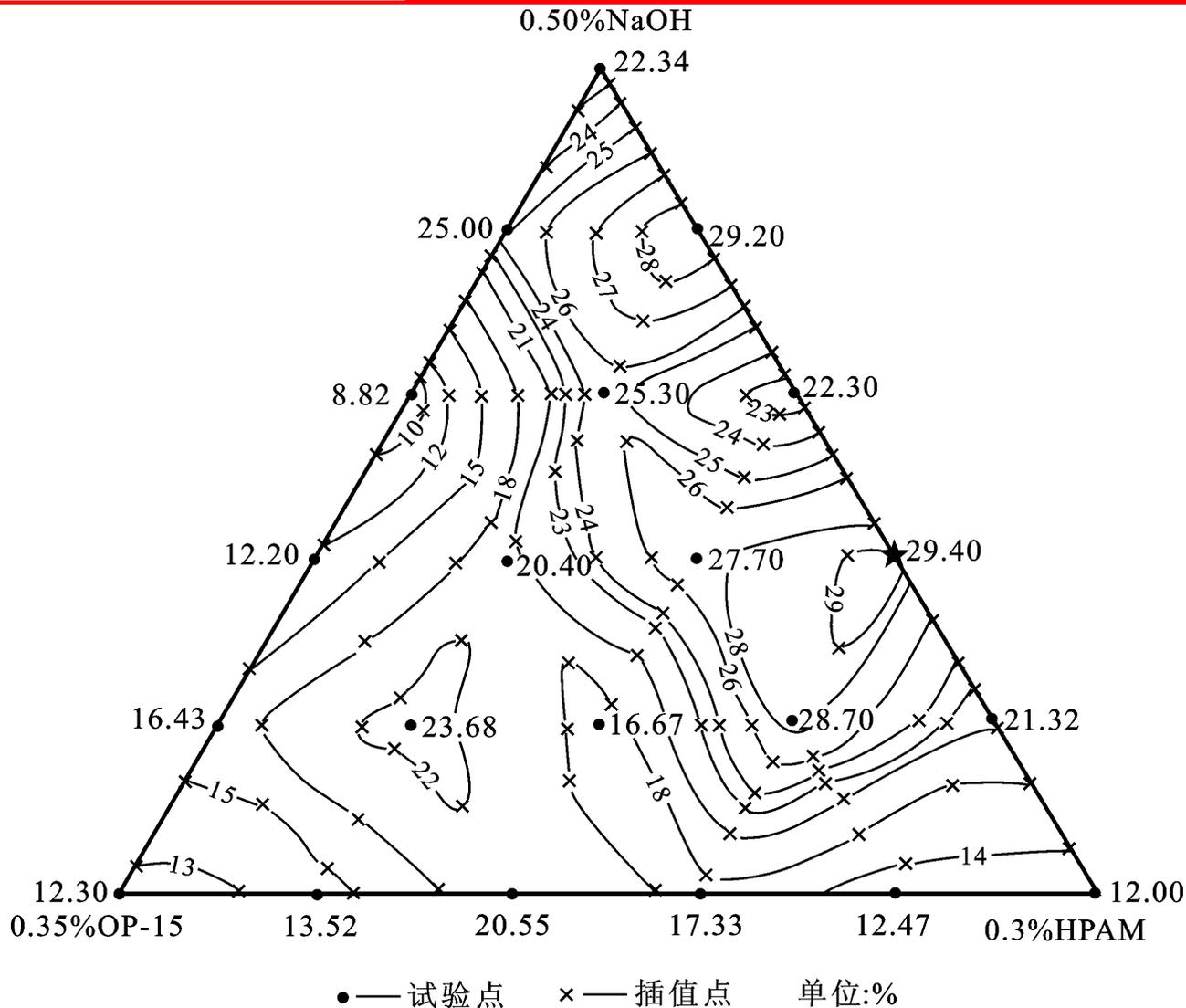
有限度驱油技术



老河口油田调驱试验区决定驱油剂配方的采收率增值等值图



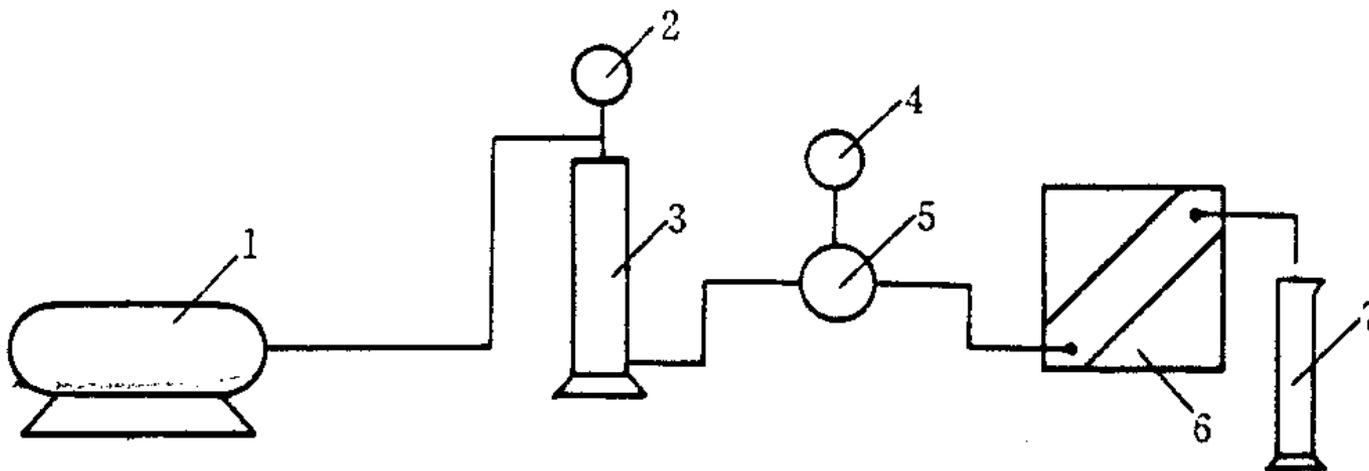
有限度驱油技术



蒙古林油田调驱试验区决定驱油剂配方的采收率增值等值图



驱油剂优化用量由物模试验决定。



平板模型的驱油流程

- 1 一注入泵；2、4 一压力计；3 一中间容器（注入水）；
5 一阀座；6 一平板模型；7 一量筒



由物模试验决定驱油剂优化用量

岩心号	试验目的	处理方法	水驱采收率(%)	处理后水驱采收率增值 (%)	投入产出比
13 [#]	充分调剖	注入 40 mL 调剖剂	29.02	19.79	1 : 12.5
8 [#]	单纯三次采油	注入 96 mL 驱油剂	12.58	17.71	1 : 17.7
6 [#]	充分调剖 + 0.003V _p *驱油剂	注入 40 mL 调剖剂和 1 mL 驱油剂	39.36	24.00	1 : 14.1
14 [#]	充分调剖 + 0.01V _p 驱油剂	注入 40 mL 调剖剂和 3 mL 驱油剂	31.38	29.62	1 : 16.1
9 [#]	充分调剖 + 0.02V _p 驱油剂	注入 40 mL 调剖剂和 6 mL 驱油剂	30.31	31.85	1 : 18.1
10 [#]	充分调剖 + 0.04V _p 驱油剂	注入 40 mL 调剖剂和 12 mL 驱油剂	29.38	32.74	1 : 14.2
11 [#]	充分调剖 + 0.15V _p 驱油剂	注入 40 mL 调剖剂和 50 mL 驱油剂	20.65	34.67	1 : 13.2
12 [#]	充分调剖 + 0.30V _p 驱油剂	注入 40 mL 调剖剂和 96 mL 驱油剂	24.18	38.00	1 : 9.5



(3) 调驱剂技术

调剖和驱油是不同的概念。前者要求工作液（调剖剂）进入含水饱和度高的地方；后者要求工作液（驱油剂）进入含油饱和度高的地方。

但是调剖和驱油又是可以结合的。例如聚合物驱，聚合物溶液首先进入含水饱和度高的高渗透层，增加了高渗透层的流动阻力，起调剖作用。当注入压力增加到一定程度，聚合物溶液就可进入含油饱和度高的中低渗透层，起驱油作用。

因此调驱剂可分为两类，即单液法调驱剂和双液法调驱剂。



单液法调驱剂

1. 聚合物溶液

由聚合物溶于水中配成，聚合物的质量浓度在 $800 \sim 2000 \text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 范围。

2. 冻胶胶态分散体 (CDG)

由低质量浓度的聚合物和低质量浓度的交联剂配成。聚合物质量浓度在 $100 \sim 1200 \text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 范围，聚合物与交联剂质量浓度之比在 $20:1 \sim 100:1$ 范围。

3. 冻胶微球分散体

由粒度 $30 \text{nm} \sim 30 \mu\text{m}$ 的冻胶微球分散在水中配成，聚合物微球在水中的含量在 $0.02\% \sim 0.60\%$ 范围。

若在充分调剖的基础上，注入单液法的调驱剂，也可以达到2+3次采油的效果。若在上述单液法调驱剂中加入能与油的界面张力达到超低值的表面活性剂，则可得到更好的调驱效果。



双液法调驱剂

调驱时必须用两种工作液：一种起调剖作用，即前面讲到的调剖剂；另一种起驱油作用，即驱油剂，如表面活性剂溶液、碱溶液、表面活性剂-聚合物二元体系、碱-聚合物二元体系、表面活性剂-碱-聚合物三元体系等。注入时，调剖剂注在前，优先进入高渗透的高含水饱和度的层；驱油剂注在后，它将进入含油饱和度高的中低渗透层，起驱油作用。



(4) 调驱工艺技术

若注单液法调驱剂则需首先封堵与注水井连通的特高渗透层，防止单液法调驱剂的漏失，然后注入低质量浓度的单液法调驱剂，由注入压力变化调整单液法调驱剂的质量浓度，由注水井井口压降曲线充满度的变化决定单液法调驱剂的用量，注入压力不应超过地层破裂压力80%，注入速度控制在 $4\sim 8\text{m}^3\cdot\text{h}^{-1}$ 为宜。



调驱工艺技术

若注双液法调驱剂，可将施工步骤分为调剖步骤和驱油步骤。

在调剖步骤中，要通过多轮次调剖达到充分调剖目的。每轮次调剖后都由注水井井口压降曲线的充满度判别注水井调剖的充分程度和进行下一轮次调剖的必要性。

驱油步骤是在注水井达到充分调剖程度后进行。驱油步骤要求向充分调剖后的注水地层注入少量（例如0.01~0.03倍孔隙体积）的驱油剂。在驱油剂注入过程中应在对应油井取样，分析产出水中是否含有冻胶微球、表面活性剂和（或）碱。



(5) 调驱效果评价技术

由于调剖技术和调驱技术都是提高采收率技术，
所以调驱效果评价与调剖效果的评价技术相同。



前言

一、调剖技术的概念及内涵

二、堵水技术的概念及内涵

三、调驱技术的概念及内涵

结束语



1. 为了充分利用不可再生的能源，已发展了有改善水驱开发效果的二次采油技术和有提高波及系数和（或）洗油效率的三次采油技术。前者包括调剖技术和堵水技术；后者包括化学驱、气驱、热驱、微生物驱等技术。

2. 调剖技术和堵水技术由于投入少，风险小，适用于不同条件油藏，并为三次采油技术不可或缺的配套技术，所以应对它特别重视。



3 . 调剖堵水与驱油结合是提高采收率技术发展的必然趋势，由此趋势所形成的技术就是调驱技术。

4 . 调剖技术、堵水技术和调驱技术都有其内涵和相应的组成技术，应全面掌握这些技术。



5. 调剖技术、堵水技术和调驱技术的实施必须坚持区块整体、深部和多轮次的原则，违反这些原则的技术都不属于提高采收率技术。

6. 调剖技术、堵水技术和调驱技术在矿场试验中取得的成功，预示着这些技术在提高采收率中有广阔的应用前景。



- 石大油服公司创立于2002年，是教育部批准改制的，有“石油科技人才的摇篮”之称的中国石油大学校办产业，是沟通学校先进理论研究与油田推广应用的桥梁。
- 公司的宗旨以油田化学工程技术为基础，结合油藏工程技术和采油工程技术，提高油田的产量。
- 公司的主要研发方向是水驱开发油藏调剖堵水调驱技术的研究、推广及应用，致力于打造国内提高采收率第一品牌。

业务联系：马先生 电话：18706663877 QQ：164779079

技术交流：温先生 电话：13563366292 QQ：603413724



中国石油大学 (华东)
CHINA UNIVERSITY OF PETROLEUM

谢谢大家