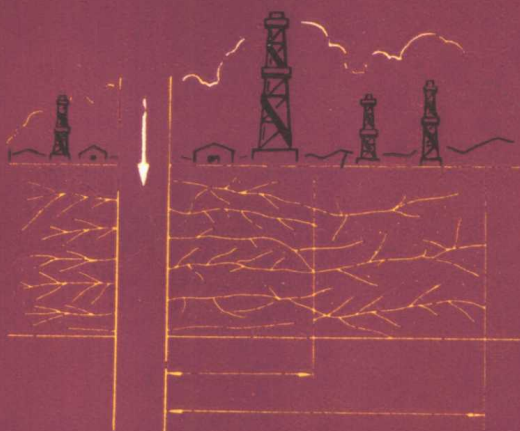


石油勘探与开发普及丛书



# 油层酸化

大庆油田《油层酸化》编写组



科学出版社

石油勘探与开发普及丛书

# 油 层 酸 化

大庆油田《油层酸化》编写组

科 学 出 版 社

1 9 7 8

## 内 容 简 介

“石油勘探与开发普及丛书”是大庆油田革委会主持编写的，是以石油战线上的工人为主要对象的科学技术读物，共约 20 余种。

这套丛书力求反映大庆工人阶级在勘探、开发大庆油田的过程中，坚持执行“独立自主、自力更生”的方针；坚持“两论”起家，发扬会战传统，认真学习并运用毛主席的光辉哲学思想指导实践；大力宣传辩证唯物论，批判唯心论的先验论和形而上学。

《油层酸化》是本丛书的一种。油层酸化，就是利用化学的方法处理油层，提高油层渗透率，使油、气井增加产量和注水井增加注水量的一种有效方法。它也和油层压裂一样，是目前各油田普遍采用的，对油层进行改造的一套进攻性措施之一。

全书分为五部分，简单介绍了油层酸化重要性和原理；酸化在油田上的具体应用；酸液；酸化前的准备工作；酸化现场施工及效果。

石油勘探与开发普及丛书

### 油 层 酸 化

大庆油田《油层酸化》编写组

\*

科学出版社出版

· 北京朝阳门内大街 137 号 ·

中国科学院印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

\*

1978 年 8 月第 一 版 开本：787×1092 1/32

1978 年 8 月第一次印刷 印张：1 7/8

印数：0001—24,650 字数：24,000

统一书号：13031·782

本社书号：1124·13—14

定 价： 0.16 元

## 前 言

在毛主席革命路线指引下，在党的社会主义建设总路线的光辉照耀下，我国石油工业战线广大职工以阶级斗争为纲，坚持党的基本路线，高举“鞍钢宪法”旗帜，发扬了独立自主，自力更生，艰苦奋斗的革命精神，赢得了石油工业的迅速发展。英明领袖华主席提出抓纲治国的战略决策，并号召“大庆还要向更高的目标进军，石油部门要为创建十来个‘大庆油田’而斗争”。极大地鼓舞了石油战线广大职工，石油工业捷报频传，形势越来越好。为满足广大石油工人、干部，尤其是青年工人迫切需要掌握科学技术的愿望，我们编写了“石油勘探与开发普及丛书”。

我们力求通过这套丛书反映大庆工人阶级坚持“两论”起家的会战传统，积极运用毛主席的光辉哲学思想指导斗争实践，努力学习无产阶级专政理论，大力宣传辩证唯物主义和历史唯物主义，批判唯心

论的先验论和形而上学。丛书内容着重介绍基础科学知识,文字力求简明扼要,通俗易懂,深入浅出。

丛书由战斗在生产第一线的工人、干部和技术人员组成的三结合小组进行编写的,并广泛征求了群众的意见。但是,在内容上,主要反映了大庆油田的特点,对于石油勘探开发的全局来说,还有较大的片面性;文字上,由于水平所限,仍然与广大工人的需要会有差距。恳切希望读者提出批评意见。

大 庆 油 田

“石油勘探与开发普及丛书”编写领导小组

一九七七年十一月修订

• ii •

# 目 录

|                            |    |
|----------------------------|----|
| 一、概述                       | 1  |
| 1. 油层为什么要酸化?               | 3  |
| 2. 油层酸化的原理                 | 7  |
| 二、酸化在油田上的具体应用              | 11 |
| 1. 提高油层近井地带的 地层渗透率 (改造性酸化) | 12 |
| 2. 恢复油层原始渗透率(解堵性酸化)        | 14 |
| 3. 酸化在油田开发中的作用             | 17 |
| 4. 油层酸化的效果                 | 23 |
| 三、酸液                       | 25 |
| 1. 几种常用酸及其作用               | 26 |
| 2. 酸液中几种主要附加剂及其作用          | 28 |
| 3. 油包酸乳状液及热酸               | 31 |
| 4. 酸的用量和浓度的确定              | 33 |
| 四、酸化前的准备工作                 | 39 |
| 1. 施工设计                    | 39 |
| 2. 酸液的配制                   | 42 |

|                         |    |
|-------------------------|----|
| 五、现场施工及效果 .....         | 44 |
| 1. 酸化施工的设备 and 工具 ..... | 44 |
| 2. 施工步骤 .....           | 47 |
| 3. 安全注意事项 .....         | 49 |
| 4. 资料收集及效果分析 .....      | 50 |

## 一、概 述

油田上油层酸化，就是利用化学的方法处理油层，提高油层渗透率，使油、气井增加产量（简称增产）和使注水井增加注水量（简称增注）的一种有效方法。它也和油层压裂一样，是目前各油田上普遍采用的、对油层进行改造的一套进攻性措施之一。

油层酸化和压裂所不同的是，压裂是用物理方法，通过强大的压力，使油层压开裂缝。而酸化则是用化学的方法，通过强酸的腐蚀，疏通油层中的毛细孔道，从而让通过油层中的油、气、水等流体流动畅通（如图 1 所示），来达到油气井增产，水井增注的目的。

我国油田采用油层酸化措施是从五十年代开始的。随着石油工业的迅猛发展，这项技术措施得到了不断地革新和提高。在无产阶级文化大革命推动下，我国广大石油工人、干部和科学技术人员，高举“鞍钢宪法”的旗帜，坚持“独立自主，自力更生”的方

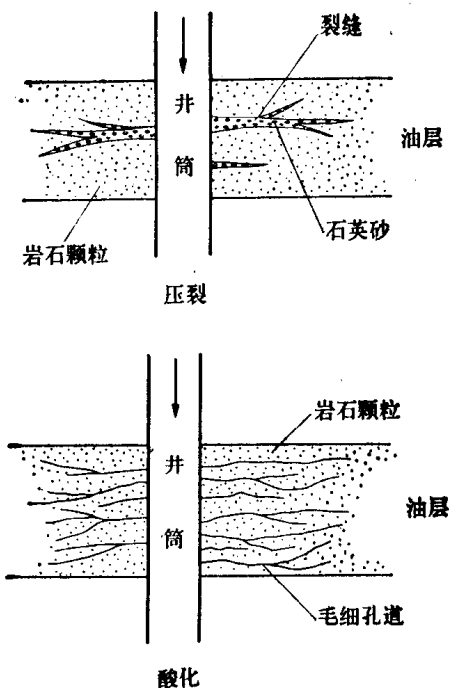


图1 压裂和酸化示意图

针，在毛主席革命路线指引下，打破洋框框，敢于创新，大胆实践，目前我国已经成功地进行了多油层油水井分层酸化；同时各油田还分别采用了二氧化碳酸化、活性水酸化和压裂酸化等十多种酸化综合措施，均收到了很好的效果。此外，水井酸化从过去的工艺较复杂的排酸酸化发展为工艺简单、效果良好

的不排酸酸化，为大面积应用这项技术措施开辟了广阔的道路。最近大庆油田试验成功了井口防酸器，对酸化过程中保护井口装置、安全生产、文明施工起到了积极作用。

实践证明，油层酸化在油田开发过程中，不仅可以使油水井增产增注，而且是解决和调整层间矛盾的手段之一，对于保证油田高产稳产起着一定作用。

## 1. 油层为什么要酸化？

要想了解这个问题，首先应该从岩石的一般性质说起。石油是埋藏在地下很深的油层里面，这些油层大多数是由沉积岩组成的，在沉积岩中，主要是砂岩和石灰岩。

砂岩油层中的石油主要是储存在岩石的孔隙或缝隙里，而石灰岩油层中的石油主要储存在岩石的裂缝或溶洞中，目前我国开发的大部分油田中，以砂岩油层为多见，因此，我们通常所说的油层，主要是指砂岩油层而言的。

由图 2 可见，砂岩是由岩石颗粒、胶结物和孔隙

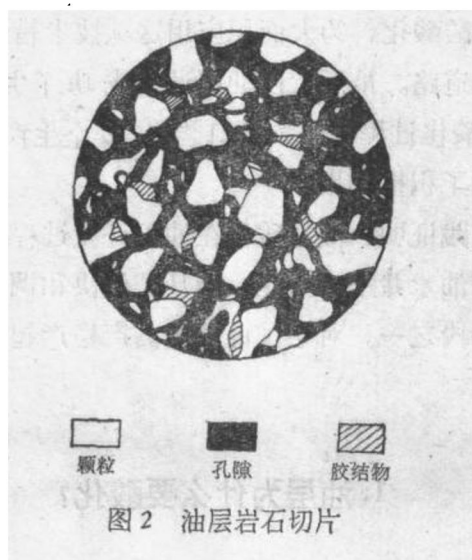


图2 油层岩石切片

三部分组成的。

岩石的孔隙不仅是储油的容器，同时也是流体流动的通道。岩石中的孔隙大部分是相互连通的，但也有不连通的“死孔隙”。通常我们把一块岩石中相互连通的孔隙体积和这块岩石的总体积之比所得百分数，叫做这块岩石的有效孔隙度。我国油田砂岩油层的有效孔隙度多数在 20—25% 之间，有的大些，也有的小些。当然即使是同一油层不同的地方，其岩石的孔隙度也有所差别，这些都是相对的。

岩石的孔隙越多、越大，它们之间的连通性就

越好；也就是说它的有效孔隙度越高，流体（油、气、水）流动的条件也就越好。由此可见，当岩石在一定外界能量的推动下，即在一定压力的作用下，就具备了允许流体通过的性质，这种性质称为岩石的渗透性。由于储油岩石有这种性质，石油才能从油层远处流向井底。

岩石渗透性的好坏用渗透率来表示，即在相同的条件下，岩石允许流体通过的能力大，渗透率就大，允许流体通过的能力小，渗透率就小。表示渗透率的单位叫达西。在各油田的实际应用过程中，常用达西的千分之一来表示，即“毫达西”或“千分达西”。

不同的油层，或同一油层的不同地区，渗透率的差别是很大的。有的高达一两千毫达西，甚至上万个毫达西，相反有的低到一百个毫达西或几十个毫达西。各油田根据具体情况，可将油层的渗透率划分为高、中、低三类。

为什么油层岩石的渗透率相差这么大呢？这是因为组成每个油层的岩石颗粒大小不一，分布的均匀程度和颗粒排列的不同，而造成岩石内部孔隙度不一样，其渗透率也就不同。岩石颗粒大小均匀，排

列又整齐,它的孔隙体积就大,渗透率就高。岩石颗粒大小不均匀,排列杂乱,大颗粒之间的孔隙被小颗粒所填充,它的孔隙体积就小,其渗透率自然就低。

此外,由于岩石的胶结物质各有不同,这也是影响油层渗透率因素之一。如胶结物多,孔隙就小,渗透性就差;反之,渗透率就高。岩石的胶结物常见的有碳酸盐类和粘土,碳酸盐的主要成分是碳酸钙和碳酸镁,它们遇到酸后即可被溶解。因此,有些油层岩石的孔隙尽管小,渗透性能差,但它的碳酸盐含量高,这时采用酸化处理,就会使渗透率增高。所以,岩石中碳酸盐含量的多少,是选择酸化井的重要依据。

粘土这种胶结物,化学成分比较复杂,其中有的物质也可以和酸反应。另外通过实践证明,粘土遇到水时会膨胀,使孔隙变小,当遇到酸性液体时,这种膨胀就明显减小。

我们了解了油层岩石的孔隙度和渗透率以后,很自然的会想到:岩石孔隙度和渗透率的大小差异,势必会造成采油井或注水井正常生产中的层间矛盾,也就是说高渗透层大量出油或注水,而低渗透层出油少或不出油;少注水或注不进水,这种现象是

油田开发过程中常见的一种严重问题。由于层间矛盾的存在,不利于油田高产稳产和提高最终采收率,所以我们必须认真对待,及时处理。

油层酸化就是解决这一矛盾的重要手段之一,它是改造中,低渗透层,提高它们渗透能力的行之有效的一种技术措施。

## 2. 油层酸化的原理

油层酸化就是通过地面高压泵,把酸液打进要处理的油层中去,让它和油层物质接触发生化学反应,反应的结果是使原来占有孔隙体积的一些固体物质(如岩石颗粒本身、胶结物以及各种堵塞物质)被溶解,存在于酸液或水中,然后把它们返出地面或随着注水冲走。这样就扩大了孔隙,提高和恢复了油层渗透率。

因为各种油层的岩石和胶结物是多种多样的,堵塞物质也不完全相同,因此必须区别对待。

不同岩石的化学性质是不同的,因而也必须用不同性质的酸液去处理它。

如盐酸可以除去铁锈、溶解碳酸盐类等,氢氟酸

可以溶化玻璃、硅酸盐类等物质，各有自己的特性而又不能相互代替。因此，就可以根据所要求处理油层中存在的物质，来选择不同的酸液。

酸化中使用的酸，除了上述两种主要酸以外，还有其它一些酸类，如醋酸、硫酸和氨基磺酸等。

另外对于一些特殊油层，还使用一些经过加工的酸，如热酸、乳化酸及活性酸等。

总之，客观世界是复杂的，因而解决这些问题的手段，也不能是单一的。

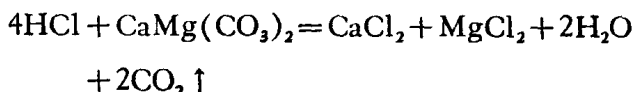
一般地讲，对于石灰岩油层和碳酸盐含量高的砂岩油层，主要用盐酸处理。对于一般砂岩油层，由于岩石颗粒间胶结物一般为粘土和碳酸盐，所以实际上处理砂岩油层，主要用盐酸加氢氟酸，这种混合酸在油田上叫“土酸”。

酸化的目的是扩大或恢复孔隙体积。为了达到这个目的，需要有两个条件，一是注入油层内的酸液能和油层中的物质发生化学反应，另一个是反应后的生成物能溶解于酸或水中，以便返出地面或被水冲走，这样才能扩大岩石的孔隙体积。

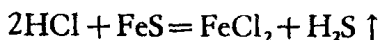
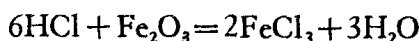
下面我们就来看看常用的盐酸(HCl)和氢氟酸(HF)和地层中物质发生化学反应的情况。

**盐酸 (HCl)** 盐酸是油层酸化中的主要用酸，特别是对于碳酸盐油层，是必不可少的。对于酸化其它岩性的油层，以及处理各种油层堵塞，也都有重要作用。

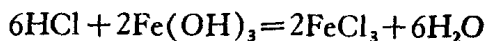
碳酸盐油层是以石灰岩 ( $\text{CaCO}_3$ ) 和白云岩 [ $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$ ] 为主。盐酸和它们的化学反应式如下：



铁锈以氧化铁  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  和硫化亚铁  $\text{FeS}$  为多见。盐酸和它们的反应如下：



铁离子以氢氧化铁  $\text{Fe}(\text{OH})_3$  形式存在于水中。盐酸和它的反应如下：

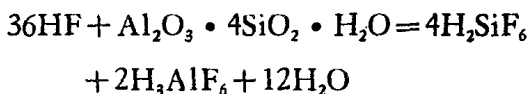
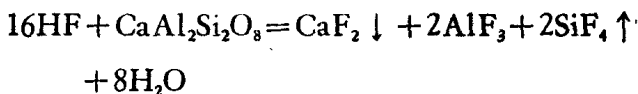
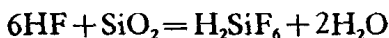
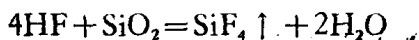


等号左方是参加化学反应的物质，碳酸钙 ( $\text{CaCO}_3$ )、氧化铁 ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) 都是固体物质。等号右方是反应后的生成物，氯化钙 ( $\text{CaCl}_2$ )、氯化镁 ( $\text{MgCl}_2$ ) 都是可以溶于稀酸或水中的盐类。因而可以排出地

面或被水冲走。

**氢氟酸 (HF)** 氢氟酸主要用于砂岩油层, 因为砂岩油层的主要成分有石英 ( $\text{SiO}_2$ ) 和硅酸盐, 如硅酸钙铝 ( $\text{CaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8$ ) 以及这些岩石颗粒之间的胶结物——粘土, 粘土中含有  $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 4\text{SiO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$  等成分。

氢氟酸和它们的化学反应式如下:



等号右方的反应生成物中, 有的是沉淀物质, 这和盐酸的反应生成物都是可溶的, 这一点是不相同的。即氢氟酸和含有钙镁的化合物反应会生成氟化钙和氟化镁沉淀。

另外生成物中的氟硅酸  $\text{H}_2\text{SiF}_6$  还要和其它物质继续反应, 其生成物——氟硅酸盐, 也是沉淀的。

伟大领袖和导师毛主席教导我们: “我们必须学会全面地看问题, 不但要看到事物的正面, 也要看