



油田分层开采技术

燃料化学工业部石油勘探开发组 编

燃料化学工业出版社

油田分层开采技术

燃料化学工业部石油勘探开发组 编

燃料化学工业出版社

內 容 提 要

本書較系統的整理了油田分层开采的实践經驗，介紹了分层注水、分层采油、分层測試、分层改造油层方面的主要工具及其技术規範、使用方法等。可供有关方面的石油工人、技术干部参考。

油田分层开采技术

(只限国内发行)

燃料化学工业部石油勘探开发組 編

燃料化学工业出版社 出版

(北京安定门外和平北路16号)

燃料化学工业出版社第一印刷厂印刷

新华書店北京发行所 发行

* * *

开本 $787 \times 1092^{1/32}$

印张 $4\frac{1}{8}$

字数 87 千字

印数 8901—21,950

1973年1月第1版

1974年3月第2次印刷

* * *

书号15063·內525 (油-3) 定价 0.31 元

毛主席语录

社会的财富是工人、农民和劳动知识分子自己创造的。只要这些人掌握了自己的命运，又有一条马克思列宁主义的路线，不是回避问题，而是用积极的态度去解决问题，任何人间的困难总是可以解决的。

前 言

本书收集了全国在开采非均質、多油层油田方面的工艺技术經驗，这些經驗是石油工业广大工人、干部、工程技术人员努力学习毛主席著作，紧密結合生产实际，积极开展科学試驗的成果；是遵照伟大領袖毛主席关于“不同质的矛盾，只有用不同质的方法才能解决”的教导，经历了反复实践，反复認識的过程創造出来的。目前，这些經驗已經发展成为一整套比較完善的分层开采工艺，在大庆通称为“六分四清”（分层采油、分层注水、分层測試、分层研究、分层改造、分层管理；分层注水量清、分层采油量清、分层出水状况清、分层压力清）。有了这一套工艺就有了保証合理开发非均質多油层的油田，保持油田长期稳定高产、提高最終采收率的重要手段。本书整理了現場实践經驗，介紹了分层注水、分层采油、分层測試、分层改造油层方面的主要工具及其技术规范、使用方法等，可供有关方面的石油工人、技术干部参考。現在各油田許多新的工艺技术发展很快，有些地方已作了修改，我們还未来得及整理进去。但为了便于交流經驗，并請大家研究如何进一步加以发展、完善、配套，还是先印出来。至于本书中存在的一些缺点和錯誤，我們恳切希望广大工人、技术人员和其他同志批評指正。

燃料化学工业部石油勘探开发组

一九七二年四月

目 录

前 言

第一章 分层注水技术

第一节	分层配注方法	1
	一、分层配水原理	1
	二、选择配水嘴的步骤	3
	三、分层配水施工步骤	8
第二节	分层配注管柱	8
	一、固定式配水器配注管柱	11
	二、活动式配水器配注管柱	11
	三、空心活动式配水器配注管柱	12
第三节	分层配注工具	14
	一、庆475-Ⅷ型水力封隔器	14
	二、固定式配水器配水工具	15
	三、活动式配水器配水工具	21
	四、空心活动式配水器配水工具	30

第二章 分层采油技术

第一节	自喷井分层采油	33
	一、单管活动式配产器分层配产	33
	二、油套管分采	48
	三、多管分采	53
第二节	抽油井分层采油	57
	一、单管分采	57
	二、同心管分采	66
	三、双管分采	70

第三章 分层测试仪表

第一节	注水井分层测试仪表	72
	一、庆301-Ⅱ型分层测验器	72
	二、庆104型浮子式流量计	75
	三、双弹簧浮子式流量计	78
	四、自封式浮子流量计	81
	五、叶轮式流量计	83
	六、声波式流量计	85
第二节	采油井分层测试仪表	89
	一、庆202-Ⅱ型涡轮产量计	89
	二、庆204型浮子式产量计和分层压力 恢复曲线测试仪(分层压力计)	94
	三、分层取样器	99
	四、油井测水仪	100

第四章 分层改造技术

第一节	分层压裂和酸化	102
	一、单封隔器选压	102
	二、单封隔器投球选压	102
	三、双封隔器循环接头选压	104
	四、双封隔器单层选压	105
	五、双封隔器上提法选压	106
	六、多级封隔器滑套压裂	107
	七、多级封隔器蹇压法选压	109
	八、深井压裂	110
第二节	分层试油	112
	一、自喷井分层试油	112
	二、非自喷井分层试油	114
	三、中途测试	116

第三节	找水堵水	118
	一、自喷井找水堵水	119
	二、抽油井找水堵水	119
第四节	驗串封串	120
	一、驗串	120
	二、封串	122

第一章 分层注水技术

近几年来大庆油田及其他油田，創造了以水力式封隔器及分层配水器为主要工具的分层注水新工艺、新技术，实现了油田多层定量配注，取得良好效果。目前不仅四层以下分层配水工艺已在油田上全面推广，而且八层分注也可以順利实现。在单管多层配注工艺技术方面达到了先进水平。

第一节 分层配注方法

分层配注的实质是在注水井中下入封隔器，将各油层分隔，在井口保持同一压力的情况下，加强对中、低渗透层的注入量，而对高渗透层的注入量进行控制，防止注入水单层突进，实现均匀推进，提高油田的采收率。我国分层配注有两种方法：一种是油、套管两层配注，用封隔器分隔上下两层，油管注下层，套管注上层，各层的注入量可以在地面进行控制和計量；另一种是单管多层配注，这种方法是由多级水力封隔器、配水器、底部凡尔等工具，按分层注水的需要組装来实现的。根据各油层需要的注水量安装不同直径的配水嘴，利用配水嘴的节流損失，降低注水压力，实现分层定量注水。

一、分层配水原理

当油层无控制时分层注入量为

$$Q = K \cdot \Delta P \dots\dots\dots (1)$$

$$\Delta P = P_{井口} + P_{水柱} - P_{管損} - P_{启动} \dots\dots\dots (2)$$

当油层控制注水时分层注入量为：

$$Q_{\text{配}} = K \cdot \Delta P_{\text{配}} \dots\dots\dots (3)$$

$$\Delta P_{\text{配}} = P_{\text{井口}} + P_{\text{水柱}} - P_{\text{管損}} - P_{\text{嘴損}} \\ - P_{\text{启动}} \dots\dots\dots (4)$$

式中: Q —— 分层无控制注入量 (方/日)

$Q_{\text{配}}$ —— 分层控制注入量 (方/日)

$P_{\text{井口}}$ —— 井口注入压力 (大气压)

$P_{\text{管損}}$ —— 注入水在油管中的流动阻力损失 (大气压)

$P_{\text{嘴損}}$ —— 注入水通过配水嘴的流动阻力损失 (大气压)

$P_{\text{启动}}$ —— 地层开始吸水时需要的井底压力 (大气压)

K —— 地层吸水指数 (方/日·大气压)

由上式可知, 无论油层控制注水或不控制注水, $P_{\text{井口}}$ 、 $P_{\text{水柱}}$ 、 $P_{\text{启动}}$ 都是不变的, 而 $Q_{\text{配}}$ 随 $P_{\text{嘴損}}$ 而变化, $P_{\text{嘴損}}$ 可选用不同直径的配水嘴产生节流损失来达到, 也就是说, 某油层达到要求控制的注水量时, 可以选用不同直径的配水嘴在井下改变井底注水压力来实现。

配水嘴的尺寸, $Q_{\text{配}}$ 和 $P_{\text{嘴損}}$ 间的定量关系可通过地面模拟试验确定。试验时, 固定嘴前压力, 然后控制出口, 改变回压来求得不同压力下的流量, 从而可求出压差和流量关系曲线即水嘴曲线 (如图 1—1 和图 1—2 所示)。

图中: Q —排量 (米³/日), F —配水嘴截面积 (毫米²), N —嘴损 (厘米/秒), 配水嘴阻力损失规律为

$$Q = 0.0864 MF \sqrt{2g \frac{P_{\text{嘴損}}}{r}} \\ = 0.0864 MFN \dots\dots\dots (5)$$

式中: Q —— 通过配水嘴的流量 (方/日)

F —— 水嘴截面积 (毫米²)

M —— 流量系数

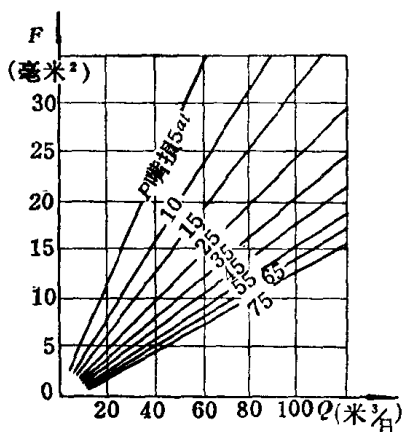


图 1—1 Q—F 关系曲线

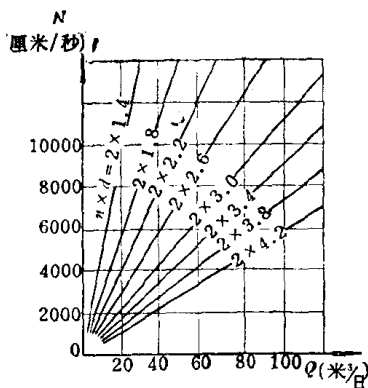


图 1—2 Q—N 关系曲线

g ——重力加速度 (米/秒²)

r ——液体重率 (公斤/米³)

$$N \text{——嘴损} = \sqrt{2g \frac{P_{\text{嘴损}}}{r}} \quad (\text{厘米/秒})$$

二、选择配水嘴的步骤

1. 根据吸水剖面成果 (或分层测试资料) 及全井指示曲线, 并绘制分层指示曲线图。

2. 从分层指示曲线图上, 根据分层配注量, 找出相应的分层井口有效注水压力 ($P_{\text{配}}$)。

3. 根据全井总配注量查注水管路水力损失曲线, 求得管损 ($P_{\text{管损}}$)。

4. 根据注水泵可能达到的压力, 设计井口注水压力 ($P_{\text{井口}}$)。

5. 求嘴子流动阻力损失 ($P_{\text{嘴损}}$)

$$P_{\text{嘴损}} = P_{\text{嘴前}} - P_{\text{嘴后}} \dots \dots \dots (6)$$

式中：P_{嘴前}——配水嘴前面的注水压力

P_{嘴后}——配水嘴后面的注水压力

分层控制注水时，P_{嘴后} = P_配

P_{嘴前} = P_{井口} - P_{管损}

則 P_{嘴损} = P_{井口} - P_{管损} - P_配 (7)

6. 在配水器試驗曲綫上，根据配注量(Q)嘴損(P_{嘴损})求出各层的咀子断面积F。

7. 已知断面积F，从公式 $F = \frac{1}{4} \pi D^2$ 可求出一个嘴子之直径(D)。若采用固定式配水器配水，其嘴子的个数最好为双数，故可将一个嘴子之面积折算成2个(或4个)小直径嘴子。

8. 計算完后，經整理列成表格，并划出下井管柱結構图。

举例說明：某井下入 2 1/2 吋油管，油管深度为1000米，井口注水压力100大气压，分层配注量第一层34方/日，第二层39方/日，第三层24方/日，試选择配水嘴直径。

1. 某井測得分层吸水剖面如表 1—1 及全井指示曲綫資料如表 1—2。

2. 作分层指示曲綫即小层有效井口注入压力与注入量关系曲綫。

表 1—1

层 段	相 对 吸 水 量 (%)
第 一 小 层	33.3
第 二 小 层	39.6
第 三 小 层	27.1

表 1—2

注水方式	油 压 (大气压)	套 压 (大气压)	注 入 量 (方/日)
正 注	84	82	230
正 注	82	78	196
正 注	73	73	156
正 注	70	63	120

有效井口注入压力，在压力表准确的情况下，正测时，可用套压，反测时，可用油压，一般利用查图（或计算）求出管路损失压力，然后用井口压力减去管路损失压力而得。

按公式：分层注入量 = 相对吸水量 × 各压力下的全井注入量，求得各分层指示曲线资料如表 1—3。

表 1—3

层 位	有效井口注入压力 (大气压)	82	78	73	63
	分层注入量(方/日)				
第 一 小 层		76.6	65.2	52	39.9
第 二 小 层		91.0	77.6	61.8	47.8
第 三 小 层		62.4	53.2	42.4	32.6

根据表 1—3 划出分层指示曲线如图 1—3。

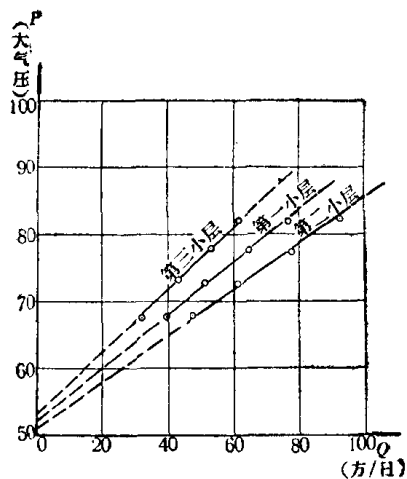


图 1—3 分层指示曲线

3. 在分层指示曲线上, 根据分层配注量找出分层的注入压力($P_{配}$)如表 1—4。

表 1—4

层 位	配注量 (方/日)	分层注水压力 (大气压)
第 一 小 层	34	65.5
第 二 小 层	39	64.5
第 三 小 层	24	64.0

4. 根据全井总配注量, 查 $2\frac{1}{2}$ 吋油管沿程阻力损失曲线如图1—4。

$$A = 0.148Q^2 = 0.148 \times 97^2 = 1390$$

油管深为1000米, 求得管损为0.24大气压。

5. 设计井口压力为100大气压。

6. 求嘴损, 按公式 (7) 求得数据列入表 1—5。

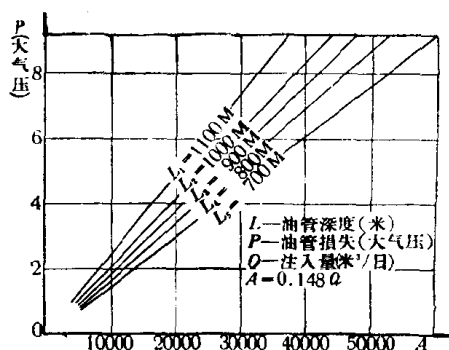


图 1—4 2 1/2 吋油管沿程阻力损失曲线

表 1—5

层 位	嘴 损 (大 气 压)
第 一 小 层	$P_{\text{嘴损}} = 100 - 65.5 - 0.24 = 34.26$
第 二 小 层	$P_{\text{嘴损}} = 100 - 64.5 - 0.24 = 35.26$
第 三 小 层	$P_{\text{嘴损}} = 100 - 64.0 - 0.24 = 35.74$

表 1—6

层 位	相对吸水量 (%)	配注量 (方/日)	设计井口注水压力 (大气压)	管 损 (大气压)	分层注水压力 (大气压)	嘴 损 (大气压)	嘴 子 尺 寸 (毫米)
第一小层	33.3	34	100	0.24	65.5	34.26	2×2.1
第二小层	39.6	39	100	0.24	64.5	35.26	2×2.2
第三小层	27.1	24	100	0.24	64.0	35.74	2×1.7
全 井	100	97	100	0.24	/		

7. 根据嘴损 ($P_{\text{嘴损}}$)，配注量 (Q) 在图 1—1 及图 1—2 上求得嘴子面积 (F) 及直径为:

第一小层: $F_1 = 7.0 \text{ 毫米}^2$ $D_1 = 2.1 \text{ 毫米}$ 用 2 个

第二小层: $F_2=8.3\text{毫米}^2$ $D_2=2.2\text{毫米}$ 用 2 个

第三小层: $F_3=4.9\text{毫米}^2$ $D_3=1.7\text{毫米}$ 用 2 个

8. 列出运算结果如表 1—6。

三、分层配水施工步骤

1. 进行井下调查(即六查)

(1)探砂面深度及检查出砂情况。有砂时必须冲洗干净。

(2)用铅模通井,了解套管有无变形或破坏情况。所下的封隔器外径应小于铅模外径 4 毫米以上。

(3)用微井径仪或磁性定位法测井,检查套管接箍位置和套管内径变化情况。

(4)检查射孔质量。

(5)吸水剖面测井(或分层测试),测定各层吸水能力。

(6)用封隔器验证管外有无串槽。

2. 若有串槽,应采取措施进行封堵串槽。

3. 作配水设计,选择配水嘴尺寸,确定配注管柱结构。

4. 按施工设计,下配注管柱,下完后装好井口,循环洗井,合格后投入正常注水。

5. 待注水稳定后,用分层测试仪表检查封隔器及分层注入量。与配注量比较,若准确度达到要求时,即可正常生产。反之则重新更换配水嘴,按上述方法施工,直到符合分层配注量的要求时,投入正常生产。

第二节 分层配注管柱

单管分层配注管柱目前有三种:

即固定式配水器型、活动式配水器型、空心活动式配水器型。这三种管柱简述如下:

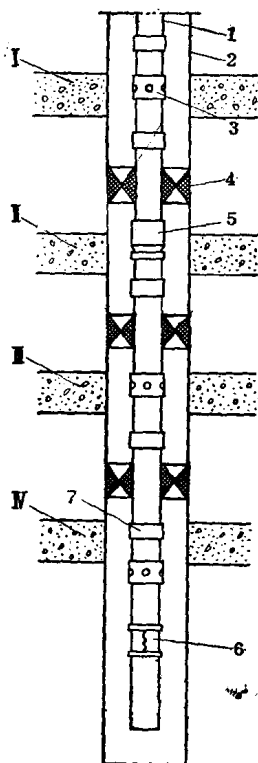


图 1—5 固定式配水器配注管柱示意图

1—油管；2—套管；3—庆水Ⅳ型固定式配水器；4—庆水475-Ⅱ型封隔器；5—庆水Ⅳ型节流器；6—庆水Ⅳ型底部循环凡尔；7—测试定位接箍

I、II、III、IV—油层