

油田注水新思路的 探求与实践

季华生 著



石油工业出版社

油田注水新思路的探求与实践

季 华 生 著

石油工业出版社

内 容 提 要

本书作者根据自己 40 多年工作实践中积累的经验和认识,重点论述了油田注水开发过程中“何谓注好水”的问题,并提出了具体的评价指标体系。另外还从技术思想、技术措施、技术方法、技术标准等方面讨论了“怎样才能注好水”的问题,并用实例做了说明。

本书可供从事油田开发工作的技术人员和大、专院校相关专业师生参考。

图书在版编目(CIP)数据

油田注水新思路的探求与实践 / 季华生著.

北京:石油工业出版社,2009.4

ISBN 978-7-5021-6884-1

I. 油…

II. 季…

III. 油田注水 - 研究

IV. TE.357.6

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2008) 第 176708 号

油田注水新思路的探求与实践

季华生 著

出版发行:石油工业出版社

(北京安定门外安华里 2 区 1 号 100011)

网 址: www.petropub.com.cn

发行部: (010) 64523620

经 销:全国新华书店

印 刷:石油工业出版社印刷厂

2009 年 4 月第 1 版 2009 年 4 月第 1 次印刷

850×1168 毫米 开本: 1/32 印张: 6.25

字数: 120 千字 印数: 1—2000 册

定价: 28.00 元

(如出现印装质量问题,我社发行部负责调换)

版权所有,翻印必究

序

中国石油工业历经百余年，走过了艰苦曲折的道路。中华人民共和国成立之后 60 年间，更是取得了世人瞩目的成就。石油工业百年发展凝聚了几代人的艰苦努力，这其中包括新中国诞生后培养的几代石油科技工作者。为振兴中华，在中国共产党领导下，他们以强烈的事业心和高度责任感，在石油工业的各种岗位上呕心沥血，默默奉献。本书作者季华生同志就是其中的一位代表。

季华生同志 1966 年从东北石油学院毕业后就在油田一线从事具体技术工作，经过 40 年的埋头苦干，积累了不少宝贵的经验。把这些经验整理出来留给后人，无疑是很有意义的。尤其本书作者是在病榻上，在与病魔的抗争中完成此书，更显现了作者高尚的思想境界，是值得称赞的。

本书的主要内容是论述油田开发中“何谓注好水”和“怎样才能注好水”。本书最大的特点是论述的内容是从实践中总结出来的，既有成功的经验，又有失败的教训。特别是作者将这些经验又在理论上加以提高，使其更具普遍实用性。

作者十分注意解决油田开发过程中不断出现的新问题，针对实际问题提出了许多建议，诸如“关于应用非均衡注水思想与方法”的建议，关于“油水井对应整

体治理”的建议，关于“早期实施带有换向驱动功能的间歇注水”的建议，关于低渗透油层“试验超前注水”的建议，关于改变井网格式，采用灵活注水方式的建议等。这些建议大多在实践中得到了应用，并取得较好效果。因此，本书又可以看作是作者几十年从事技术工作的记录，它折射出作者一生孜孜不倦，不断探索的足迹。这也是几代石油科技工作者对事业负责的共同品格。

本书内容适于从事油田开发工作的广大石油职工参阅，也可供石油院校的师生和关心油田开发工作的朋友们阅读。

本书朴实无华，篇幅亦不长，但展现了不少创新思维、创新技术，读后给人很多启迪。因此，我向大家推荐这本书，特别是向从事油田开发的年轻朋友们推荐，这本书值得一读。

A handwritten signature in black ink, appearing to read '石兴章' (Shi Xingzhang).

2008年10月1日

前 言

国内外大多数油田，特别是砂岩储层油田都采用注水方式开发，取得了丰富的经验和好的开发效果，但也存在不少需要解决的问题。在这样的大背景下，“何谓注好水”及“怎样才能注好水”这两个问题显得越来越重要，是必须认真面对的问题。沿着这样的思路，针对这些问题，本着与时俱进、不断创新的理念，努力探索与实践，在成功与失败的反复实践中，作者曾有所思，有所探求，也有所收获。在这本小册子里，作者以自己的认知和理解，重点讨论了“何谓注好水”的问题，并提出了具体的评价指标体系。另外还从技术思想、技术措施、技术方法、技术标准等方面讨论了“怎样才能注好水”的问题，并用实例做了说明。这些都是个人工作实践的总结和体会，难免有局限性。但是这些都是从实践中总结出来的，在其他书本上是没有的。

作者已是一位重症患者，之所以要抱病将这些东西整理出来，是想为我国的石油事业做点事，并起个抛砖引玉的作用，诚望广大同人能使其完善提高，让我们称为“非均衡注水思想”的理念、做法及相关技术方法得以完善、认同与应用，并能够服务于实践。尤其希望能给年轻的油田开发工作者以帮助与启发，同时也想用以此回报曾经帮助和关心过作者的同志。其中尤其值得一提的是卢林生同志，他从多方面给了作者宝贵的指导

和无私的帮助，在这本小册子定稿之前还认真进行了审阅，并提出了许多宝贵的修改意见。文中有关吉林红岗油田的技术措施，有些就是在卢林生、俞启泰、刘仁达等老同志指导下，由大家完成的。今天献上这份小小的答卷，一并诚挚地感谢所有帮助过作者的同志。

愿这本小册子能为油田开发工作做出点滴贡献！

文中多处引用有关同志的资料，除了书后列举的参考文献外，主要还有韩大匡院士、李千佑教授、贾振歧教授的讲稿，中国石油勘探开发研究院渗流所的内部资料，汪嘉联提供的数据，还有一些未署名的文章资料，在这里一并表示感谢。在这本小册子完稿过程中，还得到了中国石油天然气股份有限公司吉林油田分公司勘探开发研究院钟显彪、华树常、张之晶等同志的大力协助，提供了许多资料，提出了一些宝贵建议，在此表示衷心感谢。由于作者水平所限，可能欠缺甚多，错误在所难免，敬请指正。

季 华 生

2008 年 1 月 1 日

目 录

第一部分 理念篇

一、普通砂岩油藏分层注水工作中的两种思想·····	1
二、对油田注水工作中几个问题的讨论·····	6
三、关于进一步提高吉林老油田开发效果的建议·····	14
四、低渗透油藏渗流特性及开发中的几个问题·····	39
五、一个好的分层注水方案的标志是什么·····	50
六、为什么要优先保证主力油层注好水·····	51
七、重视开发试验在油田开发技术工作中的 指导作用·····	55
八、复合调剖是实现有效注水的必要条件之一·····	59
九、实施“早期三次采油”，实现开发程序的 重大变革·····	62

第二部分 措施篇

一、不断优化井网，充分发挥注水效果·····	65
二、坚持油水井对应整体治理·····	69
三、坚持在合理生产压差下开发油田·····	73
四、红岗油田注水技术参数研究·····	78
五、井网加密调整后，新老注水井的配水问题·····	81
六、早期实施带有换向驱的周期注水·····	84
七、单油层生产的油井调整产出液结构的尝试·····	88

第三部分 方法篇

一、分层注水方案研究编制方法·····	91
二、考虑无效注水情况,合理油水井数比的计算·····	96
三、推介一种小层动用状况评价方法·····	99
四、井网加密调整效果技术性评价内容和 指标体系·····	102
五、砂岩油藏注水效果技术性评价内容和 指标体系·····	108

第四部分 实例篇

一、创新油田注水工作,高效开发红岗油田·····	117
二、新立油田 V 区块井网加密效果技术性评价 与注水调整·····	131
三、应用小层评价方法,指导分层配水调整·····	153
四、“两个关键”“六个合理”的配水思想在 高含水复杂区块的应用·····	156
五、注水效果技术性评价方法在扶余东 20 队 区块的应用·····	164
六、试用非均衡注水思想及分层配水方法取得 显著成效·····	183
参考文献·····	192

第一部分 理 念 篇

一、普通砂岩油藏分层注水工作中的两种思想

普通砂岩油藏大多采用了注水开发方式，而且多数都应用了分层注水开发技术。带水嘴条件下测得的分层吸水资料改变了油层自然吸水状况，是人们意愿的反映。从人们追求和渴望的吸水剖面状况的差异中，可以看出分层注水工作中的两种截然不同的思想。

（一）两种不同思想的由来

早年投入开发的油田都是具有自然产能的中、高渗透性油田，当时尚无分层注水技术，都是采用笼统（全井混注）注水的做法。在见到注水效果的同时，也产生了注入水单层突进，造成了油井过早水淹的矛盾。为了解决由于储层非均质性产生的这一突出矛盾，发展了分层注水技术。在“有什么样注入剖面就有什么样产出剖面”理念指导下，利用分层注水这一手段，控制高渗透层大量吸水、加强低渗透层注水强度，以期达到“拉齐水线，均匀开发”的目的。在层段分层注水的具体做法上，多采用近于相同的注水强度按射开油层厚度配水。在此，将这种做法称为“均衡注水思想”。由于“均衡注水思想”与人们追求美好愿望的心理相吻合，极易被

人们所接受，至今仍是分层注水工作中的主流思想。

随着低渗透储层陆续投入开发，人们为了获得相对高产，一般都采用选择物性好的油层压裂投产的方式，这又人为地扩大了层间矛盾，更加增大了产出剖面的差异。例如红岗油田开发初期，经测试得知：76.0% ~ 81.5% 的油采自经压裂改造过的一两个主力油层，未压裂层出油极少，甚至不出油。开始搞分层注水时，没有注意到出油剖面的这种特殊性，也是按“均衡注水思想”进行配水的，结果是油井产油量全面下降：主力油层注水量不足，而一些渗透性差的油层或改造程度低的油层却因吸水量地出油甚少，而形成了相对的高压层。认真分析造成这种现象的原因后，使人们认识到是由于“均衡注水思想”不符合油层实际产出状况造成的。于是针对当时主力油层注水不足的状况，提出了“大力加强主力油层注水”的口号，并采取了一系列相应措施，实施半年后就见到了明显的效果。红岗油田开发初期（1977—1983年），正常分注情况下，油田产量自然递减率保持在 3.6% ~ 7.5%（回归法下同），稳产状况良好。1978年5月起又将加强主力层注水的提法修改为以“优先保证主力层注好水，兼顾其他层”为主要内容的分层注水指导思想。

“优先保证主力层注好水”的思想表面听起来很简单，但它是对“均衡注水思想”的改进，是在合理的注采比下，按油层产出状况的需要实行配水的方法。为了与“均衡注水思想”相对应，在此将“优先保证主力层

注好水，兼顾其他层”的注水思想，称为“非均衡注水思想”。

由上看出：“非均衡注水思想”产生于采用压裂措施开采的低渗储层，而对于高渗透储层是否适用，作者本人尚没有这方面的实践，但是推断应该适用，因为储层的非均质性具有绝对性特点，人们对非均质矛盾的控制和改造能力是很有限的。因此，高渗透储层出油剖面也有差异，只是没有采用压裂改造的低渗储层那么严重罢了。

（二）两种思想的异同

同样都是分层注水，其相同之处是人所共知的。但对于不同性质的储层却有不相同之处。归纳起来，主要有以下几点。

相同之处：

- （1）采用的技术手段相同；
- （2）针对的矛盾相同：二者都是针对储层普遍存在的非均质特性；
- （3）目的性相同：二者都是（也都能够）为了改善水驱效果，提高水驱采收率。

不同之处：

- （1）分层配水做法不同：均衡注水采用相同（或相近）的注水强度，按射开厚度配水；非均衡注水则按产出剖面的差异非均衡配水；
- （2）技术途径不同：均衡注水是通过控制或改造层段的非均质性，想使注入水齐头并进，实现各层均匀开

采；而非均衡注水则是有条件地顺应储层的非均质性，优先保证不同开发阶段的主要出油层注好水，同时兼顾其他层，实现分层次、分阶段接替开采；

(3) 处理问题着眼点不同：均衡注水是从水井出发，想使油井产出剖面随水井注水剖面而变；非均衡注水是从油井出发，让水井注水剖面随油井产出剖面而变；

(4) 追求的最终目标不同：均衡注水思想最终追求的是：各层尽可能实现均衡开采；而非均衡注水思想最终追求的是各层各尽所能、各尽其力；

(5) 评价油层动用状况的标准不同：如果测得对应的油水井的产油剖面、吸水剖面较均匀，并能注采对应，从均衡注水角度来评价，会认为这是最理想（或较理想）的状况；而非均衡注水角度出发则认为是主力油层受到了限制，没有充分发挥作用的反映。非均衡注水思想评价分层动用状况好的标准，是主力层作用得到充分发挥，接替层的准备工作充分，高含水层得到控制，而水井的吸水剖面恰能满足这种产出需要。一句话，就是该加强的得到加强，该控制的得到控制，而且这种“加强”或“控制”都应在合理的限度内。

以上几点不同，集中体现出两种思想的本质差异：均衡注水思想是在“有什么样注水剖面就有什么样产出剖面”的理念指导下，试图利用分注手段人为地控制或改善储层的非均质状况，使注入水按照人的意愿实现各层段齐头并进、均衡开采；非均衡注水思想则是顺应储

层非均质的实际，因势利导，利用分注手段满足产出状况差异的需要，实现分层次开采、接替稳产。

正是二者存在上述不同，可以说非均衡注水是对均衡注水的改进。非均衡注水的核心思想是“优先保证主力油层注好水”，获得高产高效，这符合方法论中工作要突出重点、抓住主要矛盾的思想；非均衡注水思想的实质是按产出剖面实际需要注水，实现高产稳产，有序接替，这符合认识论中客观实际是第一性的、人的主观意识是第二性的思想。追求均衡开采思想的本身并没有错，问题是由于人们对储层非均质的控制和改善能力是很有限的，均衡开采的目标不仅在开采过程中达不到，即便是最终也达不到。比如到油田废弃的时候，有的油层采收率可达40%以上，有的层却可能不到20%。这是由它们的先天差异造成的，人们只能在有限的范围内改善它。正是基于此，非均衡注水思想追求的是各层都能各尽所能，各尽其力就行了。

（三）非均衡注水思想的主要技术主张及配套做法

在非均衡注水思想指导下，形成了一套有别于均衡注水的技术主张和相应做法。主要有：

（1）按照非均衡注水的思路，提出了“合理、有效注水的内涵、标志及必要条件”，阐述了“怎样才是注好水”、“怎样才能注好水”。

（2）强调必须“优先保证主力油层注好水”，并建立了不同开发阶段的主力油层识别方法。

（3）主张一个好的注水方案必须解决好“两个关

键”问题，做到“六个合理”（见第 51 页），并为如何实现“六个合理”提出了工作流程框图。

（4）主张“早期实施带有换向驱作用的间歇注水”。

（5）主张“坚持不懈地开展注水技术政策研究”，研究不同地质条件、不同井网井距、不同开发阶段合理有效注水的技术参数。

（6）主张不断优化井网，充分发挥注水效果。

（7）主张“油水井对应整体治理”，以充分发挥注水、压裂相协同的进攻性作用。

（8）主张不论是混注井还是分注井，都应大力开展调整吸水剖面工作，认为“调剖”是对分注技术的补充与完善。

（9）提出了“油层分层动用状况评价思想及具体评价方法”。

（10）建立了“井网加密调整效果技术性评价内容，指标体系及评价方法”。

（11）建立了“注水效果技术性评价内容，指标体系及评价方法”等。

上述主张及做法将在下面详述。

二、对油田注水工作中几个问题的讨论

注水是开发好油田的主要环节之一，已受到油田开发工作者的广泛重视，核心是注好水。下面对“注水工作应重点抓好什么”及“怎样才叫注好水、怎样才能注

好水”等问题进行讨论。

（一）是把注水量搞上去，还是把注水工作质量搞上去

目前在全国石油系统，无论是油田领导还是基层干部，无论是技术干部还是行政干部，对油田注水工作都非常重视，都在努力抓好注水工作。但是在理论与实践的结合上，时有重油轻水、急功近利现象的发生。在这里要讨论的却是另外一种情况：针对某些油田产量递减较大的现象，会时常听到“要以注水为中心”、“只要把注水抓上去，产量也就会上去”的说法。从积极的方面去理解，这是强调油田注水工作的重要性，无可非议。可是仔细想来，这是个模糊的概念：是要把注水工作质量抓上去，还是要把注水量抓上去？如是前者无可挑剔，若是后者则不尽然，而且一般人极易理解为后者。提出这个问题来讨论，绝不是玩文字游戏，也不是小题大做，这绝对不是。语言的含糊反映的是思想上的模糊。从模糊的思想出发，极易导致盲目地提高注水量、追求地层压力的快速恢复，必然造成大量油井的水淹，这样就会失去高产稳产的基础，造成了“好事不成反成害”的结果。如果树立以采油为中心高效开发油田的思想，就能自觉地将立足点放在注好水的“控水稳油”上，这样便会增强高产稳产的基础，收到“兴水利、避水害”效果。

如何实现注好水，做到“控水稳油”，必然是靠提高注水工作的质量。

其实问题很明显，开发油田就是要又多又省地生产原油，可见采油是目的、注水是手段，注水是为了更好地采油，采油却不是为了更好地注水。

强调注水工作重要性是完全正确的，也是必要的，但要适度、合理。我们是做实际工作的，如果出了偏差，就会造成负面的不应有的影响。因此澄清思想上的模糊认识，树立以采油为中心的思想，围绕采油这条主线，高效开发油田，千方百计做好注水这篇文章，把注水工作质量和效果进一步提高。抓油田注水工作，重点是抓好提高注水工作的质量，在注好水上下工夫。

（二）是抓分层注水合格率好，还是抓合理、有效注水好

这些年来油田都在采用分层注水合格率的指标来统领油田注水工作的日常管理，对促进注水工作质量和效果的提高，起到了较好的积极作用。但是分层注水合格率是以配水方案为衡量标准的，而由于人们对地下情况的认识受到各种条件限制，编制出来的配水方案不一定能做到完全正确，这样时有分层注水合格率高并不一定与稳产状况正相关，这说明配水方案本身就存在受实践检验，需要不断修改完善的问题。因此，应选择一些与油田产量密切相关的、表征有效注水的指标来统领油田注水工作的日常管理。例如用“油田老井产量自然递减率”、“含水上升率”、“水油置换系数”等指标，来统领注水管理工作，会更有利于促进注水工作质量和效果的