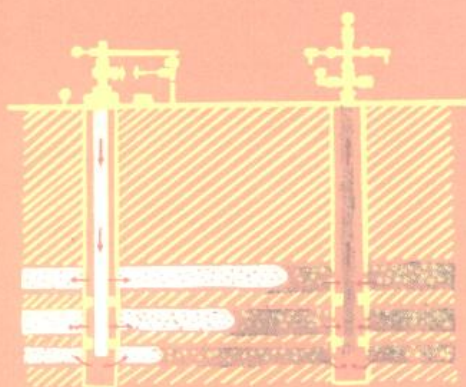


石油勘探与开发普及丛书



油田注水开发

大庆油田《油田注水开发》编写组



7.6
2

科学出版社

石油勘探与开发普及丛书

油田注水开发

大庆油田《油田注水开发》编写组

科学出版社

1977

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、开发大庆油田过程中，坚决执行“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。

《油田注水开发》是本丛书的一种。我国广大石油工人和科技人员在毛主席的光辉哲学思想指引下，闯出了早期内部注水，保持油层压力开发油田的新途径，大大提高了油田开发的水平，逐步实现了持续高产稳产，为高速度地发展我国石油工业，做出了重要贡献。本书共分五部分，主要介绍了注水在油田开发中的必要性和重要性；水驱油的机理；油水开发井网和注水方式；以及充分发挥油田注水的进攻性作用等。

石油勘探与开发普及丛书

油 田 注 水 开 发

大庆油田《油田注水开发》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

*

1977 年 4 月第 一 版 开本：787×1092 1/32

1977 年 4 月第一次印刷 印张：1 7/8

印数：0001—31,000 字数：24,000

统一书号：13031·454

本社书号：679·13—14

定价：0.15 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。通过无产阶级文化大革命和批林批孔运动，特别是通过无产阶级专政理论的学习，石油战线形势越来越好。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知识的愿望，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。

丛书是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

一九七五年五月

目 录

前言

一、概述	1
二、开发油田为什么要注水	1
三、水驱油机理	14
1. 水驱油的不均匀性	14
2. 油和水的相对渗透率	20
四、注水开发的井网	23
1. 注水方式	23
2. 井网密度	32
五、充分发挥注水的进攻性作用	36
1. 要敢于注水	37
2. 要善于注水	40
3. 降低阻力，扩大注水的效果	45
4. 为提高油田采收率而斗争	48

一、概 述

注水是油田开发的一种先进方法。我国广大石油工人和科技人员,在毛主席革命路线指引下,坚持“**独立自主,自力更生**”的方针,采用注水方法开发油田已有二十余年的历史。特别是在大庆油田的开发实践中,以毛主席的光辉著作《实践论》和《矛盾论》为指导,在总结国内外油田开发经验的基础上,闯出了早期内部分层注水,保持油层压力开发油田的新途径。并在不断认识和解决注水开发的各种矛盾中,使油田开发水平不断提高,实现了持续高产、稳产。注水开发,从理论到实践上都有了许多新发展,为高速度发展我国的石油工业,做出了重要贡献。

二、开发油田为什么要注水

埋藏在地下的石油是一种液体矿床,深埋在地下一几百米到几千米的地方,承受着几十到几百个大气压的压力。目前开采石油的办法与农村中打井提取地下水相似。首先要钻井,下入钢管,在油层部位

射孔,这样原油就会从油层流到井底,再沿井筒喷到地面,这种井叫做采油井。在油田上除了钻采油井以外,有时还要再钻一批井,专门向油层里注水,这种一边注水一边采油的开发方式,就叫做注水开发(图1)。既然石油能够自己从油井喷出来,为什么还要进行注水开发呢?要说清这个问题,首先要看一看,如果不注水,开发过程和结果是个什么样子。

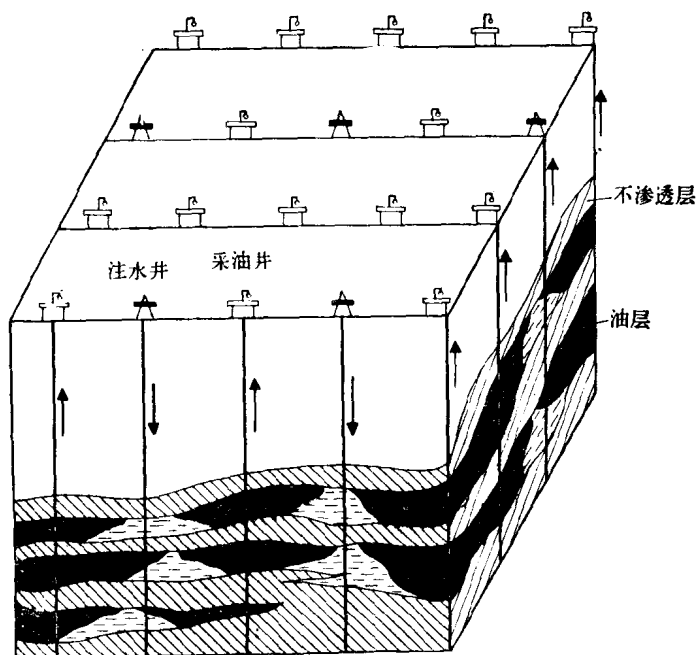


图1 注水驱油示意图

不注水的油田，在油井刚刚投入开发的初期，原油能够流动和喷出井口，主要是靠一种油层和原油的弹性能量。什么是弹性能量呢？让我们先举一个物体受力后产生弹性变形的例子。如一根垂直放置的弹簧，在它的顶部放上砝码 1 时，它的高度为 h_1 ，继续放上砝码 2 时，高度改变为 h_2 （图 2）。

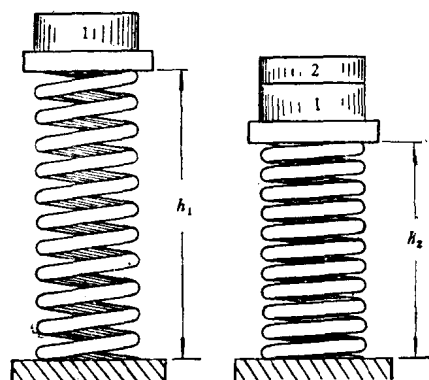


图 2 弹簧的压缩与恢复

当把砝码 2 又拿走时，它就顶着砝码 1 又恢复到 h_1 的高度。可见，物体受压缩后能贮存一定的能量，在一定的条件下（如拿掉砝码 2）这部分能量又能释放出来作功。

油层弹性能量的贮存和释放过程与弹簧的压缩和恢复相似。油层深埋在地下几百米到几千米的地

方。在未开发前油层均匀地承受着几十到几百个大气压的压力，积蓄了一定的弹性能量。当钻开油层并进行采油时，油井周围的一定范围内，油层压力就逐渐降低，油层的均匀受压状态遭到破坏。孔隙中液体和岩石颗粒因压力降低而膨胀，使一部分石油胀出来，推向井底。同时，随着石油不断被采出，油层中压力降低的范围不断扩大，压力降低的幅度不断增加，剩余的弹性能量也就越来越少。

一般的砂岩油层，如果只靠含油区本身这种弹性能量驱油，即使地层压力降低几十个大气压，也只能采出总油量的百分之一左右，并且在弹性驱油时，产量和地层压力都很快地递减和下降，当地层压力低于饱和压力（天然气开始从油中分离出时的压力）时，油田就要转变为溶解气驱油方式。多数不注水的油田，主要靠溶解气能量。什么是溶解气驱油？对于气体在液体中溶解和分离出来的现象，我们并不生疏，当我们打开啤酒瓶盖的时候，会看到气泡带着啤酒一起溢出瓶口的现象。这是由于在制造啤酒的时候，在一定的压力下使啤酒中溶解了一定数量的二氧化碳气体。当打开瓶盖时，瓶内的压力降低，二氧化碳气体的溶解度减小，因此，它又从啤酒中很快

分离出来，同啤酒一起涌出瓶口。溶解气驱油也就是这个道理。当油层被钻开后，油层压力降低到饱和压力以下时，在高压下溶解在原油中的天然气就分离出来，呈游离的气泡存在。气泡在向井底流动过程中，由于压力越来越低，体积不断膨胀，就会将石油不断地推到井底。

溶解气驱油能量的大小同原油中溶解的天然气量多少、天然气的压缩性能有关。

溶解气驱油的油田开发特点是：在开发过程中，随着石油和天然气不断被采出，地层压力和产量逐渐下降。

在溶解气驱动过程中，由于气体比原油容易流动，所以往往是未被驱出来的油中的气先跑了出来，在留下的这部分原油中，溶解的天然气量大幅度减少，使原油变稠，流动性越来越差，当油层中溶解气能量消耗完以后，还会遗留下大量的原油。这正如啤酒瓶中的气体跑完以后，在瓶中还留下了大量啤酒一样。一般溶解气驱油作为独立油田开发方式时，油田采收率最多只有百分之十几。

有些油田在油层顶部有气顶存在（图3）。当油田投入开发后，由于采油的影响，致使含油区压力低

于气顶压力,引起气顶膨胀,气体就侵入原来石油贮藏的孔隙,推着石油向油井流动。

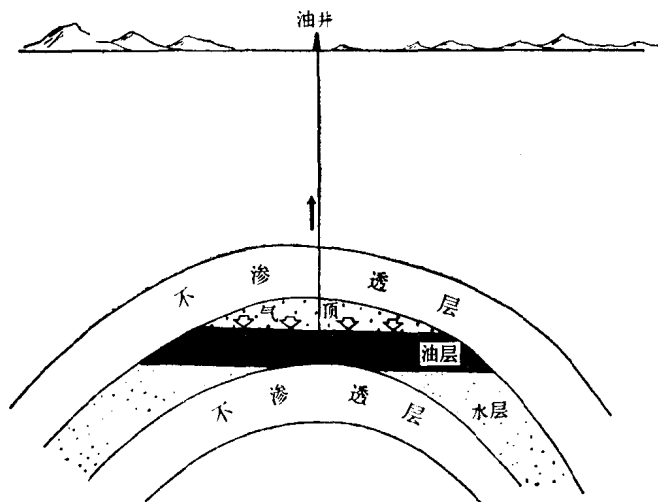


图 3 气顶驱动

气顶驱油的能量大小,与气顶体积和气体的压缩性有关。气顶体积和气体的压缩性越大,气顶能力就越充足。

单靠气顶膨胀的能量驱油时,地层压力和产量都将不断下降。由于天然气的粘度低得多,就很容易出现气顶沿油层的高渗透部分向油井突进,发生气窜。气窜时,油井的产油量明显下降,产气量急剧增

高,甚至只出气,不出油。因此,开发效果也比较差。

还有一些条件特殊的油田,具有天然水压驱油能量。天然水压驱动可分为两种:一种是边水驱动(图4);另一种是底水驱动(图5)。不管是那种水压驱动,油层都必须与地面水源沟通,得到外来水的补充。

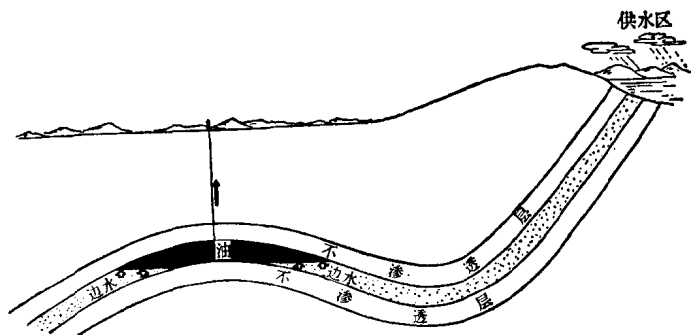


图4 边水驱动

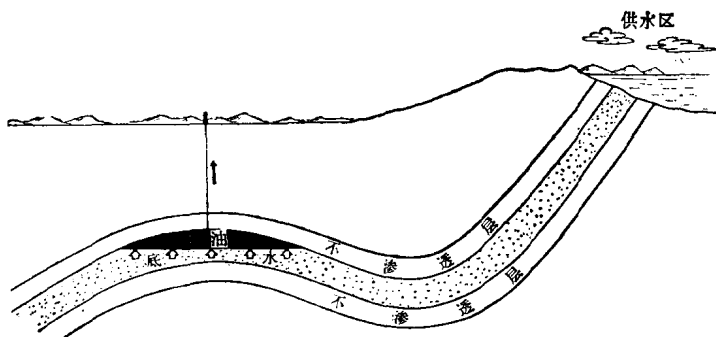


图5 底水驱动

这种天然水压驱动能量的大小，与水源的远近和供给能力，油层与地面水源的高度差，含油区与含水区连通的好坏程度有关。较好的天然水压驱动的地质条件是：地面水源近，供水充足，与油层的高差大，油层连通程度好等。

如果油田面积小，水压驱动条件好，水的补给量能与采出量平衡时，则油田开采过程中，产油量、地层压力和油气比都可以在很长时间内保持稳定，这种开采方式是很理想的。

实际上绝大多数天然水压驱动的油田都不能达到这种理想的程度。如油田面积大，天然水压驱动条件差，而采油速度又比较高时，水的补充速度就不能与采油速度相适应，油层内就会出现不平衡，油层压力就要下降，这样持续开采下去，油田的驱动方式就会由天然水压驱油转化为弹性能量驱油和溶解气驱油。

由上述情况可以看出，开发油田时不采取任何补充能量的措施，只依靠天然具备的驱油能量来开采石油，油井的产量会迅速下降，只能采出很少的一部分原油储量，采收率很低。因为开发油田的能量尽管多种多样，但都普遍存在着压力和阻力之间的互

相矛盾。要把原油采出来,靠的是油层内的压力。油层压力就是驱油的动力。在驱油的过程中要克服各种阻力。首先要克服油层中细小孔道的阻力,还要克服井筒里液柱的重力和管壁摩擦等阻力。只有当油层压力克服了所有这些阻力,原油才能喷出,才能正常生产。油井产量的高低基本上取决于压力和阻力之间的相互的关系,压力大大超过阻力就能高产,压力克服不了阻力,也就不能自喷,甚至不能出油。在这对矛盾斗争中,压力是矛盾的主要方面,起着主导作用。既然依靠天然能量驱油不能保持油层压力,达不到高产稳产和提高采收率的目的,那么就需要创造出更有效的油田开发方式。注水开发就是人们为达到这个目的,从实践中总结出来的有效措施。通过人工注水的方法,就能使油层具有强有力水压驱油条件,保持较高的油层压力,有效地克服各种阻力,达到长期稳产高产,牢牢掌握油田开发的主动权。

“科学的发生和发展一开始就是由生产决定的。”对驱动能量和效果的认识,并不是从天上掉下来的,也不是人们头脑里所固有的,而是人们在开发油田的长期实践中,发现矛盾,认识矛盾和解决矛盾的斗争中逐步深化的。人们逐步认识到注水开发的

好处。

十九世纪后期,石油工业刚刚兴起,人们对开发油田还没有科学的认识。只是掌握单纯的钻井和采油技术,依靠天然能量,“听天由命”的开采石油。产量下降了,就多钻一些新井,用强化消耗天然能量的办法开发油田。但是,开发到一定程度,再继续补钻新井,产量不仅不提高,而且还急剧下降,开发效果越来越差。这就迫使人们不得不对驱油的机理进行探讨、研究。在二十世纪初,逐步认识了各种天然能量的驱油机理,开始从油田整体考虑如何合理利用天然能量,并在实践中得到应用。从 1919 年开始,有人在个别油井和油区搞注水、注气的增产试验,企图摆脱依靠消耗天然能量开采的被动局面。

到三十年代以后,在资本主义国家,大部份依靠天然能量开采的油田,由于油田压力和产量已经下降很低,接近于停产的局面。资本家为了继续榨取利润,才不得不在枯竭的油田上搞人工注水(或注气),企图恢复油层压力,进行所谓“二次采油”。但这种油田开发方式纯属补救性措施,最多起到“强心剂”的作用,只能使油田得到短时间的复苏。图 6 是美国某油田经历消耗性开采到“二次采油”阶段的产

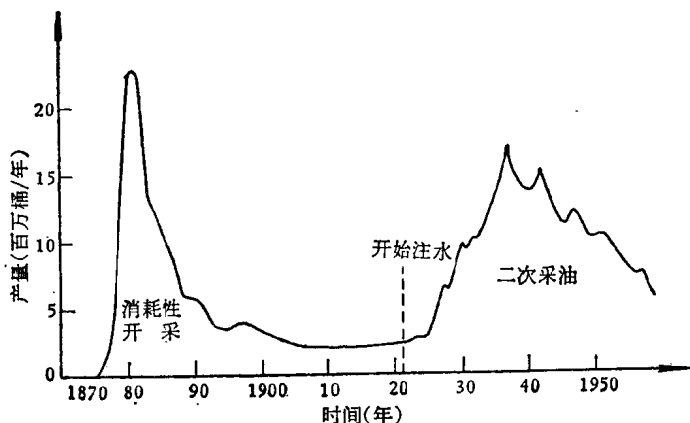


图 6 美国某油田产量曲线

量变化。

可以看出在人工注水进行“二次采油”时，油井并不能马上见到增产效果，只有当地层中原来采油所亏空的体积得到弥补时，产量和压力才逐步提高。但是，由于消耗天然能量采油时，油层中剩余油的性质已经发生变化，再用水来驱油其效果是很差的。

1943 年出现了注水保持油层压力的开发方式。它是在油田开发初期，油层压力还很旺盛的情况下，就开始注水，使油层压力长期保持一定的水平，达到较长时间的稳产。这种开发方式是油田开发技术的一次飞跃，也是对“靠天吃饭”的消耗性开发方式