

热采法 在油田开发中的应用

〔苏〕 H.K.巴伊巴科夫 A.P.加鲁舍夫

石油工业出版社

TE 357.44/ccl

070159

热采法在油田开发中的应用

[苏] H. K. 巴伊巴科夫

A. P. 加鲁舍夫

蔡天成 姜言里 刘青年 译 赵耀五 校



石油工业出版社

(京)新登字 082 号

内 容 提 要

本书分七章,系统全面地介绍了苏联在用热采法开发油田提高原油采收率方面的研究成果,并列举了油田实例。

本书供油田开发开采工程技术人员及石油院校开发开采专业师生参考。

本书第一、二章由蔡天成翻译,第三~六章由姜言里翻译,第七章及结束语由刘青年翻译。全书由赵耀五校订。

热采法在油田开发中的应用

【苏】 H. K. 巴伊巴科夫
A. P. 加鲁舍夫

蔡天成 姜言里 刘青年 译 赵耀五 校

*

石油工业出版社出版

(北京安定门内大街甲二区一号楼)

北京计量印刷厂排版印刷

新华书店北京发行所发行

*

850×1168 毫米 32 开本 117/8 印张 303 千字印 1—2,000

1992 年 1 月北京第 1 版

1992 年 1 月北京第 1 次印刷

ISBN 7-5021-0616-4/TB·585

定价: 4.80 元

前 言

众所周知，石油在世界经济的发展中起着越来越大的作用。世界采油量的增长速度非常快。从1920年到1985年，采油量由0.94亿吨增加到35亿吨左右。结果导致工业原油储量的准备速度开始落后于采油量的增长速度，这是因为，一方面，油田普查勘探条件日趋复杂；而另一方面，世界原油储量并非是无穷尽的。如果考虑到已经达到的能量消耗增长率，那么在现有的采油工艺条件下，这些储量最多再有50年就可能被采完。同时还必须考虑到，石油并不仅仅是一种能源。重要的是应把原油储量保持更长的时间，首先是作为生产一系列重要的各种用途的化学产品的原料。

因此必须更充分地把原油从地层中采出来。

目前，用普通传统的开采方法还不能充分开采出石油资源。所以正在研制新的技术设备和工艺方法，以保证更高的原油采收率。苏联和世界其它产油国家都非常重视这个问题。

在现在条件下，改善石油地质资源的利用问题，对提高社会生产效率和完成第十二个五年计划及今后的主要任务具有重要意义。

按照苏联经济和社会发展的主要方向，在1986年至1990年以及2000年以前这段时间内，全国石油工业面临的任务是：“依靠采用合理的油田开发方式、完善钻井工艺、改进钻井技术装备、广泛应用现代提高原油采收率的方法及利用先进的工艺方法来提高石油开采的效益。”

提高油层原油采收率的国民经济意义在于可以节省基建投资、物质资源和劳动力资源。例如，如果2000年以前，在已投产油田依靠采用新方法多采出10亿吨原油，那么据初步计算，

节省基建投资就是几十亿卢布。同时可大大减少物质资源和劳动力资源的消耗。

最近 10 年，我国和世界其它产油国家研究了许多油田开采方法，用这些方法比用普通的注水方法能得到更高的原油采收率。但是，并没有对所有提出的方法都进行了充分研究和试验，而且最重要的是，从经济观点来看，不是所有方法都可以采用。为了增产原油，多数方法都需要大量的基建投资。其中有些方法在技术上是难以实现的。研究表明，使用下列方法可以明显提高原油采收率，改变驱油剂的物理性质和物理化学性质，利用烃溶剂、碳酸、胶束溶液、表面活性剂、聚合物溶液等试剂，改变油层内驱油过程的温度条件。

实践表明，利用热采法的趋势明显地占据着首要地位。

热采法之所以居于特殊地位，是因为在实施该法时可利用到处都有的试剂——水和空气（氧化剂）。这类方法的应用范围不受制备大量的提高原油采收率物理化学方法必需的化学试剂技术条件的限制。

与物理化学方法相比，热采法最重要的优点是，在各种不同的油田的物理地质埋藏条件下都可得到较高的原油采收率。在利用其它任何方法都不能从油层中采出原油的情况下，常常可以使用热采法。

热采法的基础是，用加热来降低原油粘度，从而改善原油在地层条件下的流动性。

在向油层注入高温工作剂（蒸汽、热水、蒸汽天然气混合气体、空气、油和气在油层内的燃烧产物）的过程中，所有已知驱油机制基本上都会表现出来，同时发生各种相变，对提高原油采收率影响很大。因此，在我国和国外，在确定高粘油田和长期注冷水开采的低粘油藏的开发前景时，人们对热采法所表现出来的兴趣并不是偶然产生的。克拉斯诺达尔边区的石油工作者在战后年代里最先继续用热采法开发油田。

例如，在克拉斯诺达尔边区开始的第一批（1965 年）用蒸

汽处理济布扎油田的油层和巴甫洛夫山油藏火烧油层的工业试验工作一直继续进行到现在。在这里所得到的经验全国其它油田都在使用。

在各种热采法中，利用热力处理埋藏不深的老油田及难以开采的脱气油田油层的竖井排油系统，可能是开采重油的有效方法。

苏联含沥青砂层和沥青的储量相当大，是补充石油资源的主要来源。

无论是露天开采方法，利用专用装置加工含油岩石，还是钻井的方法，利用热力处理地层，都可以开采这些资源。

世界许多产油国家都非常重视和发展热采法。比如说，美国、委内瑞拉、加拿大、法国，目前都在进行深入的科学研究工作和工业试验。

在美国、委内瑞拉和加拿大，热采法广泛应用于重油油田和沥青矿床，并且认为这种方法是开采重油油田和沥青矿床的最好方法。

目前人们对热采法的兴趣仍在逐年提高。

在本书编写过程中得到全苏热力采油科学生产联合公司的研究人员 В. А. 伊万诺夫、В. Г. 伊什哈诺夫、Н. И. 别热诺夫、Н. В. 叶廖缅科、Б. С. 切尔诺夫、В. К. 戈尔巴涅茨、Ю. Г. 恰什金、Ю. Л. 卢别涅茨、Т. П. 杰尼索娃，以及 Р. Н. 季亚舍夫、Я. А. 穆斯塔耶夫、А. О. 博戈波利斯基、И. М. 贾马洛夫的帮助，作者特此深表感谢。

作者欢迎读者提出意见和要求。

目 录

第一章 利用热载体开发油田	(1)
第一节 利用热采法提高原油采收率的发展阶段及前景	(1)
第二节 高粘度油油田——利用热采法开发的首要对象	(3)
一、工业试验研究开始前的开发问题	(8)
二、进行研究的方法	(8)
第三节 等温条件下渗流传导性异常的高粘油田原油采收率研究	(10)
一、粘弹性系统的渗流特点	(10)
二、结论	(12)
第四节 含油储集层的地质-物理性质对选择工艺方法的影响	(13)
第五节 决定大孔隙储集层和小孔隙储集层等温条件下原油采收率主要因素的室内研究	(23)
第六节 寻找利用热载体提高油层原油采收率的有效方法	(31)
第七节 温度对破坏粘弹性系统的结构力学性质和提高毛细管渗吸作用效果的影响	(35)
第八节 利用各种热载体驱替高粘油	(36)
第九节 对水淹层进行周期性蒸汽热处理的效果	(39)
第十节 济布札油田具有大孔隙和小孔隙储集层的中新统油层应用热采法以前的原油采收率	(47)
第十一节 在使用热蒸汽方法之前各种处理油层方法的效果	(49)
第十二节 在储集层异常非均质条件下利用热载体热处理油层的最佳工艺选择	(52)
一、水蒸汽——有效的热力剂	(52)
二、热水——有效的工作剂	(56)
三、油田的选择和对热处理层的地质-物理要求	(56)
四、热蒸汽处理油层的工艺	(58)

第十三节	在油层严重非均质条件下各种热蒸汽处理工艺方法的工业试验工作与效果	(63)
一、	热蒸汽处理油层的发展阶段	(63)
二、	对于具有异常非均质储集层的油田建立有效热处理工艺的研究	(66)
第十四节	油层的分块周期性热蒸汽处理方法	(72)
第十五节	热蒸汽处理效果与采出液中含水率的关系	(78)
第十六节	重复热蒸汽处理井的效果	(83)
第十七节	在连续面积注蒸汽的条件下油层内的前缘驱油效果	(87)
第十八节	面积注蒸汽及用未加热水推动热段塞的工业试验工作	(92)
第十九节	实施向油层面积注入蒸汽的技术和工艺	(91)
第二十节	区块1的连续面积注蒸汽工业试验工作	(95)
第二十一节	在区块2建立热段塞及用未加热水推动热段塞的工业试验	(101)
第二十二节	油层分块-周期性注热蒸汽的工业试验	(110)
第二十三节	流体热力学监测与热蒸汽处理油层的控制	(118)
第二十四节	能源消耗及注入油层热载体参数的优化	(140)
结论		(115)
第二章	利用火烧油层方法开发油田	(117)
第一节	作为一种热化学开采法的火烧油层方法的特点	(117)
第二节	选择利用火烧油层方法开发的油田	(151)
第三节	火烧油层的点火方法	(151)
一、	加热点火燃烧法	(153)
二、	在油层内建立燃烧前缘	(155)
第四节	湿氧化剂在火烧油层中的应用	(157)
第五节	火烧油层时使用的设备	(158)
一、	点燃油层使用的设备	(158)
二、	向油层注氧化剂利用的设备	(163)
三、	井口和井底的结构	(165)
第六节	巴甫洛夫山油藏应用火烧油层方法的效果	(170)

一、巴甫洛夫山迈科普组 I 层油藏的矿场地质特性概况·····	(170)
二、巴甫洛夫山油藏火烧油层时使用的设备及处理工艺·····	(173)
三、火烧油层工业试验及科学研究工作·····	(175)
第七节 采用火烧油层方法前后的油田开发效果·····	(184)
一、巴甫洛夫山油田火烧油层方法的技术-经济效益·····	(186)
第八节 用焦化法加固近井地带·····	(187)
一、处理井的工艺原理·····	(187)
二、火烧油层和焦化设备的技术性能·····	(188)
三、焦化法处理井的选择·····	(190)
四、井的处理工艺·····	(191)
五、油井投产·····	(192)
六、用焦化法加固松散砂层作业的主要效果·····	(192)
第九节 大孔隙储集层和小孔隙储集层同时存在条件下的 火烧油层·····	(191)
第三章 热激励油层的热工设备 ·····	(202)
第一节 蒸汽发生器·····	(202)
第二节 蒸汽发生器的技术性能和构造特点·····	(203)
第三节 蒸汽气体——复合热载体·····	(208)
第四节 专用压气机·····	(211)
第四章 热采法油田开发设计的一些基本特点 ·····	(215)
第一节 有效利用热采法提高采收率的地质-物理条件·····	(217)
第二节 在热激励油层时对提高热效率的要求·····	(218)
第三节 选择开采层系和开发方式的依据·····	(221)
第四节 油藏钻开速度对开发指标的影响·····	(224)
第五章 热法采油结果及其进一步发展 ·····	(226)
第一节 卡拉然巴斯油田·····	(226)
第二节 肯基雅克油田·····	(233)
第三节 乌辛油田·····	(237)
第四节 格列米辛油田·····	(245)
第五节 南卡尔油田·····	(247)
第六节 北克雷姆油田·····	(254)
第七节 马尔戈别克-沃兹涅先卡油田·····	(258)
第八节 斯达罗格罗兹内油田·····	(261)

第九节	苏联阿塞拜疆的一些油田·····	(262)
第十节	巴什基里亚苏维埃社会主义自治共和国的油田·····	(269)
结论	·····	(274)
第十一节	萨哈林岛的油田·····	(275)
第十二节	苏联乌克兰的油田·····	(277)
第十三节	亚列格油田·····	(282)
第十四节	其它一些采油地区·····	(287)
第六章	天然地沥青和可燃矿产矿床 用地热法开采烃原料	
	的对象和获得原油的重要源泉·····	(289)
第一节	用普通的方法开采天然地沥青·····	(291)
第二节	矿场开采法·····	(301)
第三节	巴西页岩的开采·····	(307)
第四节	美国格林河盆地页岩的加工工艺·····	(308)
第五节	地质参数在开发油田中的作用和意义·····	(316)
第六节	阿萨巴斯卡油田(格雷戈里累克区)用层内燃烧	
	法的沥青矿床开发·····	(321)
第七节	阿萨巴斯卡油田采用热载体的露天采油法·····	(329)
第八节	荷亚胡安娜油田(委内瑞拉)的蒸汽热激励·····	(335)
第七章	烃类可燃矿产开采中, 节能工艺建立和发展的基本	
	趋势·····	(340)
第一节	开采烃类可燃矿用地热方法的能量标准·····	(348)
结束评	·····	(357)
参考文献	·····	(359)

第一章 利用热载体开发油田

第一节 利用热采法提高原油采收率的发展阶段及前景

利用热力因素提高油层原油采收率的思想是苏联科学工作者提出来的；并且还研制出了热采设备。

国家石油科学研究所（ГИНИ，莫斯科）的研究人员，在世界实践中第一次提出了有关试验和应用油层热力处理方法的具体而又充分理论根据的建议。在1931年至1932年期间，该研究所研究员А. Б. 沙因曼建议对油层进行热力处理，并为此目的进行各种方法的试验。

为了进行上述试验，在石油山油矿（克拉斯诺达尔边区）南部选出了一个区块。根据试验结果我们可以作出下列结论：油层能点着，能燃烧，并且在油层内也能够保持这一过程。

采出原油这一事实证明了事先所提出来的关于热采法前景的假说是正确的。

试验参加者И. М. 古勃金院士，曾经这样写道：“我们找到了一个具有极其伟大实际意义的问题的解决办法……”。

当时人们把克拉斯诺达尔边区视为发展热采法有前途的地区之一。А. Б. 沙因曼（最早的研究人员之一）等人参加了为热力处理油层方法选择地层的工作，例如参加了1957年至1958年库班地区一些油田火烧油层的工作。

1965年是开始工业性应用热采法的最重要的关头，这一年苏联国家计划委员会所属国家石油委员会致函一些石油生产联合企业的所有领导、学者和专家，提出要更加深入地研究热采法和矿井采油法的要素，要更加广泛地直接在矿场条件下进行工业性试

验工作。

应该指出的是，当时一些学者和生产人员对于上述方法的态度并不一样。库班地区的石油工作者首先响应了这一号召。这里1965年在克拉斯诺达尔油气联合企业的济布扎和南卡尔油田开始了向地层注热蒸汽的大规模矿场试验工作，而1967年在巴甫洛夫山油田（迈科普地层），第一次以工业试验规模成功地实现了火烧油层。

在利用高温热载体开发油田方面所得到的效果，促进了在最短时间内把这一经验推广到萨哈林、阿塞拜疆、科米自治共和国等地区的一些油田。

中央级报刊曾多次报道过库班石油工作者在工业性应用热采法中取得的成果。例如，《消息》报1965年报道了应用热采法提高原油采收率所得到的最佳工艺和技术经济效益。

石油开采工业部表扬了克拉斯诺达尔油气联合企业石油工作者的首创精神，并拨出济布扎油田作为热采法的大规模试验矿场。

库班石油工作者（苏联最早的石油工作者的一部分）就这样开始研究，并且而后应用了又一种热采法。

实际实施热采法初始阶段的特点是，向油层注热载体各种工艺方案的大规模试验、对不同井况条件下注热载体过程的观测、以及各种监测方法等都为油田热采法的进一步发展提供了资料。

第十一个五年计划期间是热采法发展的一个新阶段，这个阶段的特点是，许多地区都实现了热采法的工业性试验到油田开发工业性应用的过渡。

在济布扎、南卡尔等油田用热采法开发油田的工业试验实施过程中，有意识地同时按照科学-生产循环完成了大量的工作。这些工作当前也有实际意义。

第二节 高粘度油油田——利用热采法开发的首要对象

高粘度重质油油田的开发问题在于，天然的等温条件实际上不能保证这种原油在油层内渗流及流进油井时所必须具备的流动性。在这种情况下，使用各种驱油剂（冷水，空气，天然气等）不会得到所期望的效果，其原因是由于粘度比高而造成驱油剂突进，从而大大降低油田的开发效果。有时在有超高粘度（100 mPa·s 以上）原油存在的情况下，难于将工作剂注入地层。

投产的高粘度油油田最初主要是以消耗驱动方式开采的，原油采收率很低。高粘油藏的储量有几十亿吨，因此可以作为使用不等温方法开发的首要的有潜力的对象。

已经把克拉斯诺达尔边区一些高粘度油油田确定为研究与进行油田热采法工业试验的对象。

克拉斯诺达尔边区是我国最老的采油区之一。这里大部分油藏都分布在西库班拗陷的南侧，同时多数油藏含有重质、胶质和高粘度原油。重质油油田埋藏深度为 50~1000 米，在延伸 250 多公里的拗陷范围内到处可见。含油层呈单斜层状埋藏。储集层渗透率为 $0.2 \sim 0.3 \mu\text{m}^2$ ，原油密度变化范围为 $0.950 \sim 0.985 \text{ g/cm}^3$ ，硫酸胶质含量为 55~60%，原油粘度为几百和几千 mPa·s。

普通类型油层的原油采收率很低，开发极其困难，或者说实际上不可能开发。就开采已有 30~40 年、按利润已接近于开发最后阶段的一些重油油田而言，原油采收率尚未超过 0.1（涅弗佳诺伊区近科普组 I 层，济布扎—深谷、霍尔姆、北乌克兰等油田的库姆层）。

应该考虑到，由于一些远景地区的勘探和补充勘探，重质原油的总资源量可能增加很多。据全苏石油热采科学研究设计院的估计，近期内发现高粘度油油田是完全有根据的。原先在这类油

田勘探工作中，对含油层进行试油时获得了非工业油流，因此把井报废了。关于这些油田，已经形成了一种对其合理勘探、开发或进一步开发不利的看法（例如，对阿赫特尔-布贡德尔油田蓬蒂组 I 层，乌克兰油田迈欧季斯组，东“海湾”地区巴甫洛夫山油田迈科普组 I 层等就是这样）。结果，在许多井中对霍尔姆油田中新统和阿赫特尔等地区古新统含油层没有进行试油。同时，在钻探井取心以后，克拉斯诺达尔边区一些地质勘探单位得到了大量的有关地层含油性的资料。对实际资料的分析表明，储集层含高粘度油饱和度很高。

当时只是把个别一些油田投入了开发，开采了一段时间，产量很高。造成这种情况的原因是饱和粘弹性非牛顿原油的储集层的渗透率很高。粘性油和超高粘性油的典型结构力学性质见表 1。

在开发上面所提到的那些油田的时候，当初还没有任何一种根本的方法能够提高含高粘原油油层的采收率。由于把这类油田投入工业性开发时遇到了一些困难，因而人们对勘探和发现这类油田的兴趣就大大地降低了。这就导致了没有充分进行对这类油藏的普查，甚至连油气地质普查工作也没有充分进行。

然而，由于全世界难采原油数量逐年增加，因而提高低粘度及高粘度原油采收率问题的意义也在增大。出现了一些处理油层的方法，不仅有利于强化采油，而且可以提高原油采收率，具体说就是向油层注入各种热载体，建立层内氧化过程、利用表面活性剂等。所有这一切使我们重新考虑、重新认识以前进行过的对发现高粘度油油田有希望的地质勘探工作。

无论是已知的还是新发现的埋藏深度不大（由 50 米至 1000 米）的油田，均分布在已完成地面工程建设的矿区附近，这可以大大减少利用提高原油采收率的一些新方法使这些油田投入开发的困难，又可以大大加快使这些油田投入开发的速度。勿庸置疑，对于原油粘度异常高的油田来说，热采法是最有效的。在应用任何一种处理油层方法时，研究清楚储集层的结构都具有极其重要

表 1 克拉斯诺达尔边区一些油田高粘度原油的物理性质

常 数 名 称	北克里木 油田 48 号井	济布拉克-深 会油用(诺 沃皮亚 奇伊区) 515 号井	南卡尔斯 油田 543 号井	巴甫洛夫 山 油 山 894 号井	布贾德 尔油田 25 号井	南济布 扎油田 23 号井	阿赫特尔- 布贾德 尔油田(埃 尔布) 509 号井	阿赫特尔- 布贾德 尔油田(埃 尔布) 38 号井
密度, g/cm ³	0.983	0.982	0.980	0.945	0.972	0.977	0.967	0.976
质量百分数, %:								
焦 炭	7.24	4.30	6.62	5.27	7.76	5.07	7.12	7.25
硫酸胶质	100	43	44	44	85	46	25	75
硅酸胶质	—	9.35	—	8.21	14.38	18.88	29.73	22.7
沥青质	—	0.27	—	1.97	3.58	0.77	—	2.3
石 蜡	—	0.11	微量	无	—	微量	无	无
酸度, 毫克氢氧化钾/100 克原油 下列温度(°C)下的动力粘度, mPa·s:	367.1	386.4	747.0	312.5	464.0	345.0	879.1	569.0
20	117864.0	790.28	9395.3	338.4	15275.9	8087.0	—	10395.4
30	29202.9	321.50	2804.4	173.4	4484.0	2533.3	2659.9	3220.9
40	9457.9	156.42	1019.0	93.0	1655.0	—	975.0	1189.7
50	3394.98	94.96	442.6	51.6	638.3	404.4	443.5	532.2
60	1936.9	55.45	222.7	35.6	380.5	195.4	104.8	261.7
70	639.9	31.89	119.3	23.0	171.4	108.9	112.1	139.7
80	327.0	21.70	69.89	15.10	90.48	64.63	63.34	80.23
90	192.57	15.37	44.37	12.09	59.69	39.95	42.84	51.53
凝固点, °C	+13	-80	-10	-38	-8	-2	-5	-15
引火点, °C	162	120	162	81	132	—	—	—
沸点, °C	220	236	245	189	253	260	239	252

的意义。然而，到实施热力处理油层的作业时，往往还把储集层想象为液体主要是沿着连通裂缝系统渗流的典型裂缝——孔隙型储集层。在这种情况下曾认为，热载体（蒸汽，热水）会沿着裂缝流动，加热并同时驱替出多孔基体中的原油。在实施热力处理方法的最初阶段实践中，除了有良好的效果之外，还得到了降低技术经济和工艺指标的不良效果。

因此就需要进一步研究储集层的结构。为取心钻了几口专用评价井。因为沉积盆地（海“湾”）分布在山前地区，所以这就不能不影响储集层结构的岩性特点。最近研究查明，每个海“湾”都有大量粗粒碎屑物质的透镜体。碎屑物质的数量沿着该物质最发育地区边缘的变化是有规律的。在南部海“湾”的较高部位所有钻的井都显示出大量的粗粒碎屑。

同时，过去一些研究人员在没有进行专门论证的情况下曾把厚度增大的层段（50~70米）解释为珊瑚礁沉积，此种情况下，由于是碳酸盐性质的碎屑物质，他们又这样解释：碳酸盐岩礁块是储油层，其容积性质是由裂缝和空洞所造成的。实际上，对专门钻的788号评价井的岩心所作的详细研究证明，由于风化作用及岩块破碎而形成的碳酸岩和主要由白云岩构成的角砾岩都是碎屑沉积成因的岩石。

比如说，在济布扎-深谷油田，储集层岩石主要是一些大小各不相同的碎屑沉积。在这里，孔隙度取决于碎屑的自然堆积情况及碎屑之间充填物质的数量。

在粗粒碎屑角砾岩之间没有充填物的情况下，可形成具有大尺寸空隙的储集层骨架，反之，随着充填物的含量和物质的相应组分不同，渗透率的变化范围很大。角砾岩的粉质碳酸岩或者玄武岩物质作为充填物，孔隙度变化范围为17~36%，粉砂作为充填物，孔隙度变化范围为21%至35%。角砾岩碎屑尺寸的变化由1毫米至100毫米以上。至于粗粒碎屑角砾岩，尽管其中有些容量很小的不大的裂缝，但它也并不是储集层。沿地层倾斜方向向下在剖面上发现有粉砂岩和砂岩含油层。由此可见，全苏石油

热采科学研究设计院的进一步研究查明，以前把储集层的结构认为是裂缝-孔隙型，这与实际情况是不符合的。

根据主要特性的总体情况，从流体热力学观点来看，克拉斯诺达尔边区高粘度油油田含油层可以用下列两种模型来逼近。

第Ⅰ种储集层（小孔隙型），主要为泥岩薄层、粉砂岩薄层、白云岩角砾岩及泥质角砾岩，在其中绝大部分体积内含有饱和原油的粉砂岩。这类储集层渗透率的变化范围为 $0.05 \sim 0.3 \mu\text{m}^2$ 。同时，正如这类油田的长期开发实践所表明的那样，其原油采收率不超过 0.1。

第Ⅱ种储集层（大孔隙型），其骨架是由管状碎屑角砾岩所构成的，空隙尺寸大，渗透率由 $500 \mu\text{m}^2$ 至 $1000 \mu\text{m}^2$ 以上。这些空隙是原生原油的储集场所。上述两种类型储集层的模型示于图 1。

我们还未曾遇到只有第Ⅱ种类型储集层的油田。就原油储量分布及其含量而言，这种储集层具有次要意义。但是，在与第Ⅰ种储集层结合的情况下，第Ⅱ种储集层的作用可在开发初期表现出来，在这个阶段，第Ⅰ种储集层实际上并不参与排油过程。

依靠非牛顿原油的粘弹性质的自喷采油期不会持续很长时间。例如，在济布扎油田，自喷采油期为 5~6 个月。

在本专题著作中，我们将就

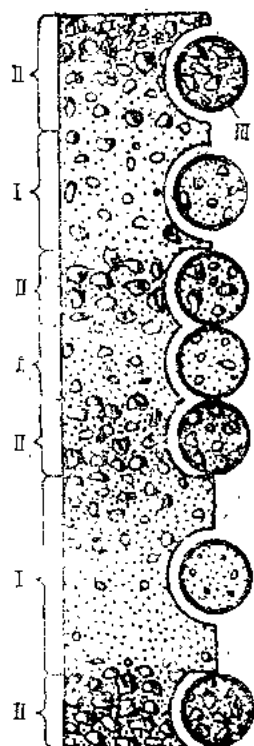


图 1 济布扎-深谷油田中新统小孔隙型储集层和大孔隙型储集层的模型