

苏联最大的萨马特洛尔 油田考察报告

中国石油天然气总公司油气资源管理局

一九九〇年十月十八日

目 录

- 一、苏联石油工业的动向
- 二、苏联最大的萨马特洛尔油田开发现状和今后发展预测
- 三、中苏石油地质学术讨论会概况
- 四、西西伯利亚地台勘探新进展
- 五、东西伯利亚地台油气勘探新领域
- 六、西伯利亚地区油气勘探技术
- 七、关于加强中苏石油勘探开发交流的建议

苏联最大的萨马特洛尔油田考察报告

应苏联科学院西伯利亚分院地质地球物理研究所副所长康特罗维赤教授的邀请，经总公司和国家科委批准，中国石油天然气总公司资源局局长李国玉和大庆油田勘探部一名同志前往苏联西西伯利亚大油区，参加在新西伯利亚市召开的石油地质学术讨论会，并到尼什聂瓦克尔托夫斯克市现场考察苏联最大的萨马特洛尔油田(图1)，同时也通过座谈参观考察了解了苏联西西伯利亚和东西伯利亚地台的地质研究、勘探方法和勘探成果。1990年9月22日离京，10月12日返回北京，历时20天。这次考察，受到苏方热情、认真地接待，特别是在尼什聂瓦尔托夫斯克油气联合企业访问期间，副局长兼总地质师B·И列宾(Ренан)毫无保留地将李国玉所提“关于萨马特洛尔大油田九个问题”一一作了回答，并提供了历年开发数据、开发曲线、开发现状和井位图，以及1991-1995年油田开发的预测。是多年来国外油气田考察中第一次得到这样全面的资料，为分析苏联油田开发政策，进而研究我国大庆油田的开发，提供了翔实的原始资料。列宾付局长专门找我说到：“李国玉同志，我很喜欢您的诚恳与坦率，所以我认为这些资料不给您有些对不起您。但我有个请求，希望这些资料不要公开引用，特别是不要用来作为评价苏联工业的论据，因为根据政府规定这些资料不准给别人”。

现将考察结果分七个部分阐述如下：

一、苏联石油工业的动向

今年到苏联考察石油工业，与去年考察时已大不一样。去年石油界人士谈到苏联石油工业的发展前途时，承认有不少困难，但最后要说一句，“经过努力一定有希望”。今年却不同了。从最高的决策层开始，到西西伯利亚大油区地区局的领导干部，都异口同声地对石油工业的发展，表示保持这样世界第一的产油水平，“一不必

要，二无可能，还是把采油量调下来好”。据苏尔科夫院士讲，他们较乐观的估计，今年最大可能完成 5.6-5.7 亿吨，比去年减产 3000-4000 万吨。他们持这种看法的理由是：

第一：后备资源紧张。现在全苏每年增长石油可采储量 10 亿吨，其中 80% 仍然是在西西伯利亚。靠在白垩纪、侏罗纪地层中每年发现 20-30 个油田来增长储量，都是些中小油田，没有很肥的大油田。尽管每年弥补产量后仍有结余，但对苏联这样庞大的石油工业来讲，总是显得不足。

第二：资金不足，设备不能保证，既影响原油生产，更影响勘探。苏联政府明确表示，没有更多的资金支持石油工业。石油天然气工业部部长菲里莫诺夫对西西伯利亚油区也表示，不是不支持你们，实在是无能为力。为此，为了完成国家计划，更多地支持现有原油生产，勘探投资所占比重一再压低，已降到 20% 多一点。

第三：苏联政府在石油部与地矿部分工上有失误。在西西伯利亚大油区访问期间，李国玉向尼什聂瓦尔托夫斯克油气联合企业付局长兼总地质师列宾，“为什么苏联的石油后备储量也成问题？”列宾回答说“这是苏联政府犯的一个大错误。十五年前，苏联政府规定将找石油储量的任务交给地矿部，石油部只搞开采，认为这样可齐头并进。结果发现，事与愿违。在未分工前，石油部统筹安排，搞好勘探与开发的衔接，所以一个接一个地准备了新的石油基地。分工后，十五年过去了，地矿部连一个象样的石油基地都没有准备出来”。原因是地矿部门毕竟是搞研究多，对生产不懂，储量准备出来或准备不出来，对他们直接压力不大。有时，还出现这样的情况，就是地矿部提交了一个油田说可采储量 1 亿吨，一上手开采，说只有 4000 万吨。就是要降到 4000 万吨，也需要通过地矿部批准才行。真让人啼笑皆非。

第四：苏联的大陆架勘探上得慢也吃了大亏。大陆架现有 C₃ 级资源几百亿吨，但没有钱，也没有技术，只好放着不动。滨里海油田原认为是个大油田，想尽快开发，一动手发现含硫太高未开成。

近来在东西伯利亚找到一些油区都是低渗透的，不足以接替。去年就有 350 万吨计划任务未完成。可以说由于储量增长慢，正威胁着苏联石油工业发展。从 1991 年起，出口原油将减少一半，以保证国内需要。

第五：认为生产这么多石油，每年约 25%，大致 1 亿多吨用低价支援东欧，太不合算。我们拼命采油，他们坐享其成。不干了，干脆把石油产量降下来。

第六：要出口产品多赚钱。他们认为，以往采取多出口石油的政策是错误的。这是一种低价出卖资源的办法。应该多出口油品，多赚钱。如果不具备条件，还不如把石油产量降下来。

第七：石油职工要求有足够的自主权，无政府主义泛滥。1990 年 10 月 6 日，当我们考察完萨马特洛尔特大油田离开后，苏联“劳动报”发表一篇报导，题为“连石油职工也没有忍耐心了”。报导中说到，直接管辖这个大油田的尼什聂瓦尔托夫斯克油气联合企业的代表团向苏联政府请愿：“如果在 1990 年 10 月 20 日以前不满足他们的加强生产维修防止事故、提高工资、拨发外汇的要求，他们的钻井队和采油队将停产。如果到 1990 年 10 月 30 日以前不满足他们的要求，他们将罢工”。并报导所有西西伯利亚的十一个石油局都响应并支持这一举动。

上述许多错综复杂的因素，造成苏联石油工业有可能大幅度降产的局面。事情正在发展，当前我们了解到的情况大致如此。

二、苏联最大的萨马特洛尔油田 开发现状和今后发展预测

1989 年访苏时，李国玉提出访问苏联最大的萨马特洛尔油田。当时他们没有答应，意思是说对中国人还不开放。今年再次访苏时，他们欣然答应可以参观苏联最大的萨马特洛尔油田，并安排在 10 月 4 至 6 日进行访问。

10月4日我们从新西伯利亚市乘飞机北上，抵达尼什聂瓦尔托夫斯克市石油联合企业所在地。800公里的路程，飞行两小时，飞机票只有24卢布(按苏联后贝加尔湖火车站银行的兑率，一美元七卢布折算，只有3.5美元，即18元人民币)。住于油田的鄂华河宾馆，富丽堂皇，非一般宾馆所能比，设有总统间，苏联政府首脑来访均住此地。

一到宾馆，我们立即向列宾付局长提了九个问题；

- 1、油田的基本地质特征
- 2、开发原则与执行中出现的问题
- 3、开发历程与动态
- 4、注水效果
- 5、开发速度
- 6、增产措施
- 7、提高采收率的办法
- 8、采用的主要技术
- 9、今后发展计划

希望不仅能口头回答，而且能提供一些书面材料。列宾付局长满口答应。本来我们想一定是应付一下了事，实际上我们的要求都得到了满足。列宾向我们提供了萨马特洛尔油田1969-1995年的产量，注水量、井数、单井日产的全部数据，1969-1989年的实际生产曲线，尼什聂瓦尔托夫斯克油田的油田分布图，1986年萨马特洛尔油田的开发现状图(1:25000)，AB₄₋₅层的1986年开发现状图。这是我们多年来考察国外油田得到资料最全的一次。同时，列宾召开座谈会，与我们详细讨论了萨马特洛尔油田开发中的各种问题。

10月5日晨，我们乘车东行，前往距尼什聂瓦尔托夫斯克城以东60公里的油田南区考察，沿途灌木成片，树木成林，沼泽棋布，荒无人烟，管线成网，注气站、集油站赫然威立，不见房屋。主公路两侧支公路四通八达，通往一个个丛式井组，在那里可看到几个或几十个磕头机凑在一起开采石油，井台高高架在地面之上，也

有少数自喷井组在生产石油。一个最高年产量达 1.54 亿吨的油田，也就不到 1 万人的职工，在这样难的情况下，开采到这个程度，也是很不容易的。

萨马特洛尔油田，是因油田南部的萨马特洛尔湖而得名，这个湖 62 平方公里，我们到岸边时，碧波荡漾，四周主要是树林和灌木丛，也有一小部份建筑物。就在滨湖不远的地方，1965 年完钻第一口探井喷油，从而发现了这个油田。

这个油田是全苏举足轻重的油田，它的地质特征，开发方案，成功的经验和迂到的难题，对我们都有重要的参考价值。

在与列宾副局长交谈中，我问他对这个油田开发的总印象时，列宾说：“这是一个非常好的油田，但开发速度高了，致使现在原油产量下降很快。所以国家认为已成为全国性的大问题，由政府出面组织专家在研究，如何保持油田的产量。而现在的问题又想限制产水量，又要保持原油产量。我们的关键问题是缺乏高效设备，以往靠罗马尼亚，现在靠不住了，自己又不能制造，进口又没有钱，实在为难。在我们局所管辖的范围内是有潜力的。我们现在投产的油田一共 16 个，还有一批中小油田，因经济上不合算而未投产。在萨马特洛尔油田开发的兴盛时期，每吨原油的成本只有 4 卢布，1990 年已提高到 14 卢布，我们卖给国家的价格是 25 卢布。现在已含水 83-85%，开发难度日益增大”。

现将萨马特洛尔大油田的地质特征，以及 1972 年开发方案中的十条原则及当前执行情况分述如下：

1、地质特征

萨马特洛尔油田位于西西伯利亚盆地的中部，是一个典型的背斜构造。1963-1964 年地震勘探，1965 年发现，1969 年投产。油田含油面积 1575 平方公里，石油地质储量 50 亿吨，以 40% 采收率计算，原始可采储量 20 亿吨，实际上到 1989 年底已采出 19.61 亿吨，年产量仍保持 7720 万吨。据此可以认为，储量计算留有很大余地，估计地质储量至少也有 70 亿吨，可采储量接近 30 亿吨。油

层年代为白垩纪，岩性为砂岩，油层深度 1600-2700 米，由于含油井段很长，油层层数达到 50 多个，油层有效厚度 103 米，孔隙度 23-26%，渗透率 0.01-4.33 二次方微米，物性好。原始地层压力 16.9-21.9 兆帕，饱和压力 7-10.7 兆帕。原始油气比 76-98 立方米/吨。原油性质也好，原油地面比重 0.72-0.8，原油地下粘度 $0.8-1.9 \times 10^{-3}$ 帕秒，含硫 0.82%，含蜡 2.5-4%。1989 年底总油井数 8954 口，年产油 7720 万吨，平均单井日产 27.8 吨，累计产油 19.61 亿吨。总注水井数 2303 口，年注水量 6.78 亿立方米，水淹程度 85.4%(表 1)。

萨马特洛尔大油田数据表

(1989 年)

表 1

序号	指 标	单 位	数 据
1	发现年份	年、月	1965
2	投产年份	年、月	1969
3	含油面积	平方公里	1575
4	石油可采储量	亿吨	20
5	石油地质储量	亿吨	50*
6	油层年代		白垩纪
7	油层深度	米	1600-2700
8	油层岩性		砂岩
9	油层层数	个	50
10	油层有效厚度	米	103
11	孔隙度	%	23-26
12	渗透率	二次方微米	0.01-4.33
13	原始油层压力	兆帕	16.9-21.9
14	饱和压力	兆帕	7.0-10.7
15	原始油气比	立方米/吨	76-98
16	原油地面比重		0.72-0.80
17	原油地下粘度	10^{-3} 帕秒	0.8-1.9
18	含 硫	%	0.82
19	含 蜡	%	2.9-4.0
20	总油井数	口	8954
21	年产油量	万 吨	7720(1980 年为 1.54 亿吨)
22	累积产油量	亿 吨	19.61
23	平均单井日产量	吨	27.8(1969 年为 786 吨)
24	天然气甲烷含量	%	
25	年注水量	亿立方米	6.78
26	总注水井数	口	2303
27	水淹程度	%	85.4

* 按 1980 年产油 1.54 亿吨采油速度 2.96% 推算。以采收率 40% 计，可采储量为 20 亿吨

从上述油田各方面情况看，这是一个非常典型的好油田。在苏联石油开采中，起到非常重要的作用。1969年全苏产油 24289 万吨，西西伯利亚产油 1000 万吨，萨马特洛尔油田产油 130 万吨。1970 年全苏产油 34304 万吨，西西伯利亚产油 3150 万吨，萨马特洛尔油田产油 430 万吨。1975 年全苏产油 49086 万吨，西西伯利亚产油 14800 万吨，萨马特洛尔 8710 万吨。1980 年全苏产油 60300 万吨，西西伯利亚产油 31250 万吨，萨马特洛尔油田产油 15400 万吨，这个油田的产量已占全苏产油量的 25%，占西西伯利亚产油量的 50%。1985 年全苏产油 59550 万吨，西西伯利亚产油 38500 万吨，萨马特洛尔油田产油 11090 万吨，该油田产量占全苏产油量的 20% 弱，占西西伯利亚产油量的 35%。1988 年全苏产油 62300 万吨，西西伯利亚产油 41500 万吨，萨马特洛尔油田产油 8270 万吨，该油田在全苏产量中的比重降为 13%，在西西伯利亚的产油量中的比重降为 21%。据预测，今后这一比重有可能还要下降。

2、1972 年开发方案的基本原则及实施中的变化

归纳起来，1972 年由苏联主要的开发机构和著名开发专家共同制定的开发方案中，提出了以下十项原则。

- (1) 早期切割注水
- (2) 边勘探边开发
- (3) 中高速开发
- (4) 采收率 40%
- (5) 划分为五套基础井网层
- (6) 少井数大井距
- (7) 用水障井把气顶封闭起来
- (8) 丛式井组打井
- (9) 按含水量转井
- (10) 提高采收率

这十项原则，大部分都执行了，反映了苏联的开发政策，也见

到效果。其中变化最大的是开发速度，打井井数，和由此而引起的其它特点。

首先是利用油层的有利条件，不断加快开发速度。原设计规定，1975年产油6000万吨，采油速度1.2%，而实际当年采油8710万吨，采油速度达到1.7%。1980年原设计产油1亿吨，采油速度为2%，而实际产油量达到1.54亿吨，采油速度超过3%。列宾副局长说：“我们曾在40米油层的井中日产达到2000吨，采油强度过大”。我们在萨马特洛尔油田考察时，看到路旁有个旧标语牌，上面写着“为日产100万吨原油而奋斗！”我问陪同人员，“这是怎么回事？”。他笑着说，“这是一个很有趣而在当时是很认真的故事。1982年，根据上级领导的要求，秋明油区提出日产100万吨的口号，由于采油速度过高，第三天就维持不了了，退了下来，现在看不现实，当时却很认真。”

井数的变化很大。原设计对油田分为9块，生产井距分为800×800米，650×750米等几种。因而设计中规定全油田基础井总数为3289口，其中生产井2024口，注水井1265口，后备井数18%，约为600口。基础井加后备井共计3889口。而实际执行结果，到1989年底，生产井8954口，注水井2303口，总计已达到11257口，为原设计井数的三倍。随着开发的进展，井数将越来越多，预测1995年总井数将达到13163口。

注水方式也有改变。原先是行列注水，现在是切块注水，在行列注水的井排上又切成了方块。

针对沼泽的特点而采用的丛式井网，是行之有效的。原设计一个井场12-18口井，也可以多一些，均为定向斜井，井底水平位移800-1200米。现在，井数显然增多，正在试验打水平井。

在气顶周围打水障井把纯气区与油层分开的办法也是行之有效的。

在整个油田开发过程中，发现油田地质既有简单的一面，也有复杂的一面，许多问题正在深入开展研究，根据考察情况阐述如

下。

这个油田的地层剖面中，从上至下共分十个油层组(图 2)，油层组上部是砂泥岩薄互层沉积，渗透率 11 个毫达西，单井产量每天仅 1-10 吨，总储量约为 2 亿吨。由于产能低，现在尚未投入开发。

第一组油层厚约 40 米，储层物性较好，渗透率平均 50-150 毫达西，储量 4-6 亿吨。具气顶，已投入开发。在气顶和油层之间注水，把气与油层分隔开，在纯油部分开采，不致使气窜入油层中(图 3)。第二、三油层组储量与第一组相似，油层厚 2-15 米，单井产量每天 10 至 200 吨。为防止气进入含油层中，同样用注水井把气顶与油层隔开。第四、五组是萨马特洛尔油田最主要储油层，油层厚度达 40 米，渗透性好，800 毫达西，储量很大。油区中心部分是纯油，下部与边部有底水和边水，没有气顶，单井日产可到 2000 吨。第六、七油层组砂岩不发育。第八油层组厚 30-35 米，渗透率也是 800 毫达西左右，储量很多，单井日产达 1500 吨。在主要油层上下还有一些薄油层，渗透率仅有 70 毫达西。第九油层组砂岩不发育。第十油层组储量相当第八油层组储量 25-30%，渗透性中等，平均 150 毫达西，单井日产 50-60 吨。在十个油层组中，第三、四、五、八、十是五个最主要产层。

3、开发状况

1969 年投入开发前，全区钻探井 53 口，目的层深度 1300 米至 1800 米。据探井资料划分层系，当时把第二、三油层组与第四、五油层组划为两个层系计算储量。并据上述层系部署井网，在油田南部打了几百口生产井。当时采用边勘探边开发和多层系开发方案。开发同时对深部地层和周边进行勘探。在边勘探边开发过程中把含油层系逐步划准，含油面积逐步圈定准确，同时储量也就计算得比较切合实际。制定开发方案时，莫斯科、第二巴库一些著名石油地质工作者都参加了。这种分阶段投入开发的方法，后来在苏联得到推广。中国的一些油田、阿拉斯加普洛德霍湾油田同样也是按这种

方针开发的。萨马特洛尔油田先开发最肥的区块，然后再把低丰度油投入开发。现在肥块已快采完了。1987年对储量重新计算，比原西方报导的可采储量20亿大大增加。1988年又经过核算，两月后在苏联还未经国家审查，新储量就被国外杂志发表了，比实际只差几百万吨。

开发初期采用横切割注水，随开发进展又打了纵向注水井排。生产区被注水井一块块分割，可以达到用少量井得到较高生产效率的目的。生产井组多打在区块中部，然后把所有的层系打开进行强化开采。生产区块正逐步完善，在水淹程度高区补打井，或把采油井变为注水井，注入水从四面往中心挤，提高原油的采出程度(图4、5、6)。

强化采油使用气举、电泵、抽油机三种方法。有九个站是气举开采，其中6个站设备从美国引进，2个站设备来自日本，另一个站设备为本国制造。气举是利用原油分离出的天然气，在密闭系统中进行。有一个生产试验区用电泵生产，原用苏制电泵每天可生产50-1000方，1984年以后引进美国电泵，泵下深为1000-1400米，每天可生产600-800方原油。油田上使用的抽油机是罗马尼亚生产的。目前有气举生产井1600口，电泵井1400口，抽油机井2040口，还有少量自喷井(注)。采油量气举占30%多，电泵占7.1%，抽油机占50%多，自喷井占3.2%。各种井原油含水不一样，自喷井有的可达92%，电泵井平均84%，抽油机井产液含水较低，为50%。

(注:这里引用的数字为谈话记录，总生产井数只有5040口而表2中所列为8954口，两个数字列出作为参考。应以表中数字为准)。

萨马特洛尔油田开发，由于苏联政府只要求高产不注意稳产，产量递减很快。1969年投产后，1980年达到年产最高水平。从1981年始，产量以年5.5%速度递减，预计1990年以后产量将按年10%递减率下降。到1995年有生产井10131口，产油3070万吨，含水达到93.9%。油田负责人员深切感到，由于只注意高产，给今

后开发带来很多困难(表 2、图 7)。

为了减缓递减,正在油区内想方设法增加可采储量。现已开始动用透镜体和半透镜体(与其他砂体稍有联通)中的油,因此总地质师的责任是找透镜体和半透镜体,准确布署井位。当然,困难很多。要打一些加密井,深化对地下的认识,综合运用测井、试油等资料,把未动用的油动用起来。

4. 提高采收率试验

尼什聂瓦尔托夫斯克石油天然气联合企业提高采收率和强化采油的工作,已开展较长的时间。这个联合企业共计发现 20 个油田,已投入工业性开发的 16 个油田,萨马特洛尔油田就是其中最大的油田。尼什聂瓦尔托夫斯克石油天然气联合企业当前碰到的问题是储量结构变差,由于老油田的主力油层开采程度很高,难以开采的储量的比重在不断增加。新投产的油田,大部分都是原先筛选下来的难以开采的油田,油层物性差。因之,一项很繁重的任务是如何提高采收率和强化采油。

为此,十三年以前在萨马特洛尔油田北部开始进行注入水中加表面活性剂,注水区有五个单独的油层,表内石油储量为 1.29 亿吨。表面活性剂浓度 0.1%,其目的是把粘附在岩石上的石油和束缚水中的残余油洗出来。在 8 年之内共注入表面活性剂 5 万多吨。后来这项工作中止,测定其真正的效果,发现实际效果比实验预期效果低 60-80%,其原因是表面活性剂在地层条件下结构被破坏,而且有很大一部分被岩石所吸附。尽管如此,还是藉此多采油 80 万吨,研究工作仍在继续进行。后来又试验了五种采用表面活性剂的方法,主要差别是把注入水中表面活性剂的浓度加到 5-10%,并加一些其它的化学剂,其中以加入增稠剂和含碱的非离子化的表面活性剂的效果为佳。效果是注 1 吨化学剂增产 25-30 吨原油。由于油层的非均质性,对渗透率不高($150-180 \times 10^{-3}$ 二次方微米)泥质含量低的油层可采用含碱的化学剂。全石油天然气联合企业每年用表面活性剂 2500-3000 吨。

苏联最大的萨马特洛尔油田的主要指标
ОСНОВНИИ ПОКАЗАТЕЛИ РАЗРАБОТКИ
САМОТЛОРСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

表 2

Показатели	1969	1970	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982
原油产量(百万吨)	1.3	4.3	10	21.1	39.0	61.2	87.1	110.2	130.0	143.2	150.8	154.8	150.3	143.8
采液量(百万吨)	1.3	4.3	10	21.2	39.8	63.7	92.2	121.1	148.4	170.7	183.2	203.9	222.3	251.0
注水(百万米 ³)	-	2.7	8.3	29.5	62.4	98.0	141.1	177.9	216.2	244.5	259.8	298.5	342.1	388.0
生产井数(口)	20	58	107	221	432	778	1227	1753	2195	2675	3123	3696	4279	4827
注水井数(口)	-	8	21	56	98	160	230	280	451	599	740	894	1045	1341
单井日产(吨)	786	567	525	508	402	312.7	280.7	245	214	182	164	140.4	116	99.8
单井产液(吨)	787	567	527	510	411.1	325.5	297.3	269	244	217	199.1	184.9	171.6	174.2
累积产油量(百万吨)	1.3	5.6	15.6	36.7	75.7	136.9	224.0	334.2	464.2	607.3	758.1	912.9	1063.2	1207.1
水淹程度(%)	0.1	0.1	0.4	0.4	2.1	3.9	5.5	9.0	12.4	16.1	17.1	24.1	32.4	42.7
生产钻井(吨/米)	42	121	169	402	674	902	1199	1304	1329	1341	1366	1440	1698	1860

苏联最大的萨马特洛尔油田的主要指标
ОСНОВНИИ ПОКАЗАТЕЛИ РАЗРАБОТКИ
САМОТЛОРСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

续表 2

Показатели	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995
原油产量(百万吨)	140.0	130.6	110.9	109.8	98.8	82.7	77.2	64.0	56.1	48	41.2	35.5	30.7
采液量(百万吨)	304.4	334.5	342.3	394.0	442.9	508.9	527.5	543.1	549.8	545.9	535.3	514.6	503.7
注水(百万米 ³)	456.5	503.4	454.1	531.3	583.8	642.2	678.7	682.4	659.7	655.1	642.4	617.5	604.5
生产井数(口)	5313	6274	7240	7476	8015	8692	8954	9183	9443	9676	9865	10046	10131
注水井数(口)	1525	1674	1630	2064	2101	2194	2303	2496	2616	2716	2827	2939	3032
单井日产(吨)	89.1	73.1	57	49.8	41.6	31.7	27.8	23.4	19.4	15.8	13.3	11.2	9.6
单井产液(吨)	193.7	187.3	175.9	178.7	186.4	185.5	190.1	193.6	190.2	179.6	172.3	162.6	156.9
累积产油量(百万吨)	1347.0	1477.7	1588.6	1698.3	1797.2	1884.1	1961.4	2025.3	2081.4	2129.4	2170.6	2206.1	2236.8
水淹程度(%)	54.0	61.0	67.6	72.1	77.7	82.9	85.4	87.9	89.8	91.2	92.3	93.1	93.9
生产钻井(吨/米)	1924	2121	2013	2125	1828	1583	1216	1670	1845	1760	1900	2000	1970

注:1990-1995年数据系预测数据,列宾副局长特别要求,希望不要在公开场合谈话或文章中应用。

油层注水的水驱效益问题是提高采收率的关键问题，一般是注高粘度的增稠剂封堵水洗层。这类方法经过试验的有十种之多。有些成果太昂贵，只能找便宜的化学剂，已取得一些成果。使用效果好的聚丙烯酰胺、硅酸钠、乙基硅酸、氯化铅。每年有150-200口井进行稠化剂处理。每处理一次增产原油1000-4000吨。全油气联合企业范围内，每年对井底处理2500多次，增产石油150万吨。原先只对单井进行井底处理，现在已发展到对井区进行井底处理。这样就可以把这项作业的效果提高50-100%，间隔2-3年可再重复作业。

这个地区正在进行注天然气的工业试验，已开始有6年多时间，建有高压压缩机站，压力为30兆帕。参观了第14号压缩机注气站，有三台压缩机，每台能日注气100万方，注入天然气含凝析油少，未做任何处理。试验区包括16口注气井和85口采油井，注气层有两类：第一类是 BB_{10} 层和 AB_1^1 层，油层物性较差，渗透性低。先连续注气，然后再用水驱动。由于天然气的渗透性高，使驱油性能大大提高。有些长期不产油的井经过注气开采自喷。第二类是渗透性较高的地层，包括 BB_8 、 AB_{2-3} 、 AB_1^3 油层。为了防止气窜，采取少量油气水间注的办法，注气水的作用是阻止注入气的窜进。在试验阶段共注入天然气25亿立方米，年注气量3-4亿立方米。效果是增产156万吨原油。原油出售给国家，已收回6500万卢布，而压缩机站投资仅2000万卢布。近5年内将在三个区块进行注气，年注气量达到7亿立方米。

目前，以上三项措施年增产原油约200万吨，计划1995年达到400-450万吨。此外，还计划采用热采的方法增产石油。

5、关于如何动用透镜状含油砂岩储量问题

在水淹地区打加密井，发现只采出可采储量的40%，有60%的油还未拿出来，这些油多是在透镜状薄砂岩之中。为了利用这些薄油层，加密井网，从 800×800 米、 500×500 米，逐步加密到 300×300 米。打井越密钻迂薄油层的比例越大。在水淹比较厉害的

地方，大致都是用这种方法挖掘潜力(图 8)。

通过加密井网，发现多数薄于 3-4 米的油层仍未出力。如果把井打得再密，解决了 3-4 米油层问题，1-2 米的油层还会漏掉。看来为了动用更多的储量不能仅仅靠打井。过密的井网投资太高，应该加强研究，想一些新的办法。

新方法是把开发区划分成 2×2 公里的网格，每个方格中约有生产井 15-20 口(图 9)。然后利用测井曲线对每口生产井一米一米地进行油层砂泥岩划分(图 10)。笼统地讲叫薄油层，但薄油层之间还有很大差别。对于小于 3-4 米厚度的薄油层已不适宜一层层的对比，一个个地去寻找，就分组去追踪。为了组合起来分析，把一个网格(2×2 公里)内所有生产井砂泥岩划分资料综合起来，构成单元综合图(图 11)。据开发经验，凡剖面上砂岩达 60% 的皆可认为全层联通，是同一动力系统。其中的薄油层，无论是 1 米还是 2 米厚，在生产中皆可动用，不必再去打加密井。

据 50×50 米小井距试验，含砂 30-60% 的层段连通性差，泥岩隔层起控制作用。50 米井距 2 米厚油层钻迂率仅达 50%。对这部分油层原来的处理办法是据占井资料做等厚图，据等厚图补射孔，射孔结果与原预想差别很大。注水时注入水赶着地层盐水往前走，地下流动状况也与等厚图不符合，有时认为水淹部分，打井检查不一定真的被水淹了。

砂岩含量 30% 以下的层，砂体透镜状更加明显，互不相通。打井碰到的机会更少了，一般不超过 40%(图 12)。对于含砂 60-30% 与含砂少于 30% 的油层，更要分单元做工作。在萨马特洛尔油田，共划分 1000 个 2×2 公里的单元。一个个单元详细研究，据研究结果确定补射孔的井段和方法。在研究中，有的根据多种油井曲线，有时也可仅据电阻曲线，不同方法误差不一样(图 13)。

在工作中还发现，剖面上砂岩的比例不一样，老油井和新打加密井水淹程度有差别(图 14)。在含砂大于 60% 的层区，有时新井含水比老井还高。在小于 30% 的含砂层区一般新井含水都比老油井

低。

6、开发中存在问题

在萨马特洛尔油田，一个重要问题是怎样把低渗透、低产能的油层全部投入开发。主要是指第一、第二油层组，这些油层储量潜力还较大，问题是物性不好。与它相接的第三、四油层组都被水淹了，而这两大套油层之间的隔层仅3米。隔层薄，一开发下边水会往上跑，如何把上下油层分隔开是个难题。此外，打井时如何防止污染，怎样在已动用区把井固好，都是要解决的课题。用注水法采第一、二组的油，采收率只能达到18%。在这种低渗透层中除注水外还要注气，这就要求有较高水平的工艺。

为了提高低渗透油层单井产量，现正在钻水平井。第一口井水平延伸长200米，前几周已完井，正在试油。第二口水平井已开钻，设计水平延伸长度为500米。

套管损坏在萨马特洛尔油田也是个大问题。损坏深度为900米左右，这个位置有粘土层，注水后粘土滑动使套管损坏。因为深度大无法修复，只能采用双层套管加固预防。

据了解，秋明石油天然气总局直接属苏联石油天然气工业部领导，在秋明石油天然气总局管辖范围内，又划分为十一个石油天然气联合企业，即尼什聂瓦尔托夫斯克、瓦里耶冈、苏尔古特、尤冈斯克、克拉斯诺列宁斯克、乌拉依、诺雅布尔斯克、普尔、柯加雷木、兰盖雷木、麦吉昂石油天然气联合企业。尼什聂瓦尔托夫斯克油气联合企业，一共管理16个油田的开采，这是秋明油区最主要的一个联合企业，职工总数55000人，包括各行各业，如地质、钻井(50个钻井队)、采油、运输、井下作业等等。而真正在萨马特洛尔工作的职工人数也是有限的。职工的工资、首先是基础工资，熟练工人300卢布，地区津贴70%，工令津贴最多50%，月奖金70-75%，大致相当于900卢布。特拉菲穆克作为名誉所长，月基本工资为500卢布，再加上院士月工资500卢布，苏联科学院主席团顾问400卢布，合计1400卢布。