



大庆油田开发论文集

大庆油田有限责任公司 编

2001

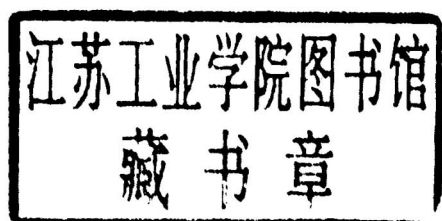
石油工业出版社



大庆油田开发论文集

2001

大庆油田有限责任公司 编



石油工业出版社

内 容 提 要

本文集是由 2001 年召开的“大庆油田开发技术座谈会”的技术论文精编而成。全书分为五个专题，即水驱专题、三次采油专题、套损专题、外围专题和地面专题。

本书可供从事油气田开发的管理决策人员、科研人员、工程技术人员及有关院校师生学习和参考。

图书在版编目 (CIP) 数据

大庆油田开发论文集 (2001) /大庆油田有限责任公司编 .
北京:石油工业出版社, 2002.12
ISBN 7-5021-3863-3

I. 大…

II. 大…

III. 油田开发—大庆市—文集

IV. TE34-53

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2002) 第 055630 号

石油工业出版社出版

(100011 北京安定门外安华里二区一号楼)

河北省地勘局测绘院印刷厂排版印刷

新华书店北京发行所发行

*

787×1092 毫米 16 开本 22.75 印张 580 千字 印 1—1500

2002 年 12 月北京第 1 版 2002 年 12 月河北第 1 次印刷

ISBN 7-5021-3863-3/TE·2802

定价: 80.00 元

《大庆油田开发论文集·2001》

编 委 会

主 任：齐振林

副主任：王启民 计秉玉 王瑞泉 曹广仁 隋 军

郭万奎 徐正顺

委 员：程杰成 王 林 李彦兴 吴世旗 毕艳昌

隋新光 孙 智 宋吉水 董喜贵 万新德

陈会军 薛家峰 刘 合 柴连善 黄伏生

王德喜 张玉广 王德金 艾尚军 廖广志


赵玉华 韩修廷

序

21 世纪大庆油田第一次油田开发技术座谈会的中心议题是：与时俱进，挑战极限，努力在新世纪再创油田开发新水平。20 世纪大庆油田的成功开发，为振兴我国石油工业和推动国民经济发展做出了巨大的历史性贡献。1998 年正式确立“高水平、高效益、可持续发展”战略方针，标志着大庆油田开始进入新的开发阶段。实施开发战略调整 4 年来，大庆油田年产油量从 $5000 \times 10^4 \text{t}$ 稳中有升调整为稳中有降的同时，总体开发经济效益创历史最好水平，不仅在高含水后期实现了高水平、高效益开发目标，并为 21 世纪油田可持续发展创造了条件，增强了后劲。

经过 42 年的高速高效开发，大庆油田即将全面进入开发难度最大的特高含水开采期。在此之前，通过发展应用薄互层开采技术，有效动用了隔层厚度在 0.4m 以上、油层厚度在 0.2m 以上的薄互层储量，达到当今世界已开采油层的极限。通过发展应用水驱综合调整和聚合物驱开采技术，大幅度提高了各类油层的储量动用程度，达到世界同类型油田采收率的最好水平。在这样的背景条件下，大庆油田要在 21 世纪实现高水平、高效益、可持续发展，必须按照“三个代表”的要求，继续弘扬大庆精神，与时俱进，挑战极限，再创大庆油田开发新水平，再攀世界油田开发新高峰。

1998 年以来，针对特高含水期开发需要，在大力推进精细地质研究、深化油藏描述的基础上，相继开展了以增加经济可采储量为目标的三项核心技术攻关：即以三元复合驱和多元泡沫驱为主的三次采油技术；以喇萨杏油田三次加密调整为主的提高水驱采收率技术；以提高外围难采储量动用程度为主的“三低”油田有效开采技术。经过油田上下特别是广大科技人员的共同努力，到 2001 年底，上述三项核心技术及其配套技术攻关均取得了阶段性成果，为突破传统油田开采技术极限提供了宝贵的实践依据。在 2001 年度油田开发技术座谈会上，以三项核心技术为重点，按五个专题进行了总结交流。现将会议发表的论文汇编成册，供有关领导、专家和科技人员分析研究和对照参考。



2002 年 12 月 10 日

目 录

第一部分 水驱专题

推广应用精细地质研究成果为油田可持续发展提供技术保障	徐正顺	李伯虎	赵翰卿	李 洁	(3)
杏一—三区乙块三次加密配套技术现场试验研究				冯长山	(13)
探索井网综合利用完善单砂体注采关系方法努力提高特高含水期储量动用程度				梁文福	(25)
对测井解释中几个问题的认识	刘传平		吕 晶		(36)
分层测压资料的作用及测压系统优化方法	林 影	石成方		王延峰	(47)
长垣南部油藏精细描述及预测一体化软件				刘洪涛	(63)
以偏磨治理为重点努力降低抽油机井检泵率、返工率	王 研	李德胜		宋旭东	(81)

第二部分 三次采油专题

完善聚驱综合配套调整技术改善聚合物驱开发效果	刘连福	李继庆	杜晓明	阚春玲	高尔双	(97)
北二西聚合物驱分层注入调整研究与应用	万新德	麻成斗		姜振海	徐景钧	(106)
二类油层上返注聚的研究与认识	刘 启	方立春		赵敏娇	吴 尉	(112)
三次加密与三次采油结合试验的进展与认识	李瑞升			曾红梅	白艳明	(122)
北二东泡沫复合驱试验进展及认识				陈卫东	刘 琴	(130)
凝胶高压恒温流动试验仪的研制与应用	王宝江	郭明日	高 峰	张义江	张世东	(137)
大庆西部外围油田聚合物深度调剖技术研究	郭殿军	赵玉武		隋晓滨	宋才娃	(141)

第三部分 套损专题

大庆油田套损机理深化研究及修防技术	韩修廷	闫建文	焦振强	王金友	窦全胜	盖德林	(153)
----------------------------	-----	-----	-----	-----	-----	-----	---------

第四部分 外围专题

大庆外围油田勘探开发一体化模式探讨	曹瑞成	李 莉		周永炳		(173)
大庆西部外围地区滚动勘探开发技术研究与实践	艾尚军	李中冉	潘 坚	张树义		(179)
大庆油田气藏开发潜力评价	邵 锐	舒 萍	邱红枫	李红娟		(187)
大庆油田稠油成藏条件及热采技术研究	冯子辉	哈 斯	钱 昱	杨玉峰		(204)
提捞采油、葡扶合采、“双断”治理工艺技术.....	沈宝明	姬生柱	侯维前	谢桂茹		(211)
外围油田钻井新技术研究与应用	弓玉杰	邸百英		肖志兴		(221)

大庆开发地震技术及下一步发展方向 李勤学 崔凤林 高 君 刘云武 (232)

第五部分 地面专题

可搬迁式注入站工艺技术研究 郭胜利 (243)

杏十五-1 联合站系统加原油流动改进剂常温集油及低温水处理配套技术研究

..... 宁 利 张国友 古文革 (249)

水套炉新型换热技术应用研究 李秉信 朱利民 (259)

杏北油田配电网结构优化技术研究 崔惠丽 (263)

电网现状及潜力分析 王德金 邱 是 杨传亮 鄂慧兴 秦远威 (276)

大庆油田含油污水中污泥浓缩脱水技术 夏福军 陈忠喜 韩丽华 才国忠 (283)

微生物采油技术试验认识 侯维前 张国良 张宝忠 邵艳梅 鞠晓光 (303)

聚驱举升工艺技术的发展与应用 陈会军 李淑红 刘玉龙 金力杨 (315)

有关三次采油举升的几个问题的研究与试验 黄有泉 王秀玲 王国庆 (331)

低渗透层聚合物驱分层注入及解堵技术

..... 谢朝阳 王 鑫 梁福民 李 国 杨宝泉 王庆国 (343)

第一部分

水 驱 考 题

推广应用精细地质研究成果 为油田可持续发展提供技术保障

徐正顺 李伯虎 赵翰卿 李 洁

(大庆油田有限责任公司开发部)

2001年是油田公司进行精细地质研究攻关和推广工作的第三年。三年来,按照苏树林总经理“要站在油田可持续发展和培养跨世纪人才的高度来看待和组织油田精细地质研究工作,要用新的理论和技术手段来开展和促进油田精细地质研究工作”的总体要求,计划用3~5年时间完成采油一至七厂包括储层精细描述、构造精细描述和“上下左右”潜力研究,形成配套的计算机自动对比与地质制图软件,培养出一批专业技术骨干,形成一支以采油厂为基础、以研究院为核心的较为稳定的油藏精细地质研究队伍。在油田公司的领导下,在精细地质研究领导小组和开发部的统一组织下,采油厂和研究院齐心协力下,经过艰苦卓绝的努力,完成了以储层精细描述为重点的各项精细地质研究和攻关任务,完善和发展了精细地质研究技术,丰富了大庆油田精细地质研究的内涵,深化了对大庆长垣河流—三角洲沉积储层的认识,有效地改善了油田开发效果,拓展了油田挖潜增储的途径。

一、完成的主要工作和成果

(一) 全面完成二次加密后分区块储层精细描述和单砂层沉积相带图的绘制

研究区覆盖面积 1369.77km²,井数 38579 口,绘制单砂层沉积相带图 6732 张(累计 7542 张),对分区块储层沉积特征进行了比较详尽的描述(表 1),部分采油厂已经完成接图,对储层的沉积特征取得了新的认识。

表 1 沉积相带图绘制工作量汇总

单位	面积 (km ²)	井数 (口)	相带图(张)		统层接图		
			3年	累计	总层数	完成层数	(%)
采油一厂	161.25	8700	2347	2633	158	24	15.2
采油二厂	182.85	7712	1354	1354	98	0	0
采油三厂	118.80	4218	560	628	99	99	100
采油四厂	181.40	5534	1285	1618	102	102	100
采油五厂	310.60	5197	566	675	57	18	31.6
采油六厂	100.00	4499	550	564	115	0	0
采油七厂	314.87	2719	70	70	26	26	100
合计	1369.77	38579	6732	7542	655	269	41.1

外围采油厂也积极主动开展储层精细描述研究, 2001 年完成 6 个区块、73.6km²、834 口井的单砂层沉积相带图 58 张, 累计完成 9 个区块 152 张相带图。

(二) 完成分开发区构造精细描述和储层微型构造研究

2001 年底已经完成二次加密后大庆长垣上分开发区的断层认识和构造描述工作 (表 2), 总计描述断层 678 条, 其中喇萨杏油田上葡 I 油层组顶面的断层数由基础井网控制的 344 条增加到二次加密后的 448 条, 增加的都是小断层。

表 2 储层精细构造描述工作总结

单位	面积 (km ²)	井数 (口)	断层数	油层组顶面构造图 层数
采油一厂	161.25	9617	77	9
采油二厂	182.85	7702	70	9
采油三厂	118.80	4325	39	9
采油四厂	197.90	6112	114	6
采油五厂	317.50	5218	232	3
采油六厂	82.40	3582	71	3
采油七厂	222.87	1835	75	1
合计	1283.57	38391	678	—

通过推广储层微型构造识别技术, 对 266.38 km²、10260 口井的厚油层进行了微型构造研究 (表 3), 绘制微型构造和微相叠合图 175 张, 指导寻找剩余油有利区域和措施挖潜。

表 3 储层微型构造研究工作总结

单位	2001 年完成				累计完成		
	区块	面积 (km ²)	井数 (口)	叠合图 (张)	面积 (km ²)	井数 (口)	叠合图 (张)
采油一厂	5	43.67	2800	80	86.73	5300	112
采油二厂	2	24.50	1084	13	40.50	1366	13
采油三厂	1	10.00	235	6	13.57	459	13
采油四厂	1	4.10	206	6	8.20	611	6
采油五厂	1	17.50	329	5	52.40	739	5
采油六厂	1	14.60	1100	4	18.38	1376	4
采油七厂	1	37.70	276	22	46.60	409	22
合计	12	152.07	6030	136	266.38	10260	175

在三维地质构造建模方面, 已经完成杏北开发区以砂岩组为单元的构造模型建立, 进一步搞清了小断距断层的分布情况, 断点组合率由 75.5% 提高到 89.6%, 可以及时绘制各种构造图幅; 已经完成萨南开发区分油层组三维构造模型建立, 完成油层组顶面构造平面图 的出图及断层再认识。

(三) 基本搞清长垣内“上下左右”储量潜力

(1) 长垣北部萨零组油气藏初步估算石油地质储量 $6591.04 \times 10^4 \text{t}$, 天然气地质储量为 $35.03 \times 10^8 \text{m}^3$ 。

(2) 喇萨杏油田过渡带重新落实油水边界和物性参数后,地质储量增加 $10600.3 \times 10^4 \text{t}$,其中表内储层增加 $8202.8 \times 10^4 \text{t}$,表外储层增加 $2397.5 \times 10^4 \text{t}$ 。

(3) 对长垣南部及头台地区黑帝庙油层,经过较详细地油藏描述,在葡浅 12 井区扩大了稠油含油面积和地质储量,并发现若干具开发潜力的井点。

(4) 长垣南部扶余油层初步优选出 8 个有利含油区块。

(5) 选择典型区块按单砂层分沉积微相计算了地质储量,初步搞清各类砂体所占储量比例。

(四) 进一步规范了油田精细地质研究的技术标准

(1) 规范了以层次分析法和模式预测描述法为主要内容的储层精细描述方法,制定了单砂层沉积相带图编制技术规范。

(2) 研究制定了大庆长垣新测井系列储层厚度解释电性标准并移植到储层参数测井解释软件系统中,两年来自动解释新井厚度 2960 口,基本满足生产需要。

(3) 编写了单砂体沉积相带图与微型构造叠合图编制技术规范。

(4) 制定了大庆长垣储层精细构造图编制规范,统一了密井网条件下储层精细构造图绘制技术标准。

(5) 研究制定了按单砂层分沉积微相计算储量的统一标准。

(6) 建立了单砂层沉积微相等成果数据库,新建了取心井基础资料数据库,丰富了静态数据库的地质信息,为油藏精细描述自动化奠定了可靠的数据信息基础。

回顾 3 年的精细地质研究,经历了典型引路、摸索经验的初级阶段—技术成熟和发展、成果应用初见成效的发展阶段—研究和认识深化、改善区块整体开发效果的全面推广应用阶段。总结精细地质研究攻关及推广之所以取得如此成绩,有几点体会:

一是油田公司及采油厂领导的高度重视、正确领导和强有力的支持。

总经理和采油厂厂长、研究院院长亲自出席了 1999 年油田公司精细地质研究攻关队成立暨动员大会。在会上,苏树林总经理对精细地质研究工作提出了明确的要求。3 年来,采油各厂认真组织落实,在人、财、物上给予了强有力的支持,这是精细地质研究顺利开展的重要保障。

二是采取项目及专业化管理,计划周密,责任明确,保证了各项攻关研究的具体落实。

坚持将精细地质研究作为一个包含多个专题的综合项目来组织开展工作。在油田公司精细地质研究领导小组的统一部署下,采取油田公司开发部、研究院、采油厂 3 级管理体制,年初由开发部下达主要工作任务并负责协调组织管理,研究院负责组成项目组开展攻关研究、成果推广和技术指导,采油厂负责项目中承担的具体研究和进一步推广应用。年度计划安排力争做到切实针对不同阶段特点提出明确具体的研究内容和工作标准,加强针对性和可操作性,保证攻关研究和推广应用齐头并进,不断深化。

三是通过各种方式搞好不同层次的技术培训和交流,保证了技术人员理论水平和实际工作能力的提高。3 年来,油田公司和研究院组织了近 20 次的以技术骨干为对象的技术培训和云南等地的现代沉积、构造野外地质考察,分别有 376 和 228 人次参加,每次考察都认真收集资料,编写考察报告并制作多媒体演示片,作为普及培训的生动教材。采油厂为了扩大推广应用范围,对地质大队的开发动态人员、工程技术人员、采油矿、小队的地质技术人员进行了有 6575 人次参加的、114 期次的技术培训。3 年共计有 7179 人次参加了精细地质研究技术培训(表 4),下发专业技术书籍 3000 多册。还分别组织召开了精细地质研究技术成

果交流会、精细地质研究专题研讨会、流动单元研讨会、精细地质研究技术成果展示等，采油厂之间也主动进行交流和互相学习，促进全公司精细地质研究整体水平的提高。油田公司和采油厂的精细地质研究专业网页包括专家论坛、计划进展、技术培训教材、研究成果报告、成果图和相关数据库等丰富的内容，对深化精细地质研究成果应用起到了积极的促进作用。

表 4 精细地质研究技术培训汇总

单位	参加人数(人次)					
	公司级		厂级			
	野外考察	技术培训	期次	地质大队	采油矿、队	合计
采油一厂	20	38	24	394	1712	2106
采油二厂	9	22	8	258	158	416
采油三厂	14	16	12	1030	851	1881
采油四厂	15	27	29	437	470	907
采油五厂	15	33	20	433	220	653
采油六厂	13	14	8	148	190	338
采油七厂	20	23	5	95	25	120
采油八厂	3	6	4	35	10	45
采油九厂	6	2	2	41	49	90
采油十厂	4	3	2	19	—	19
研究院	16	16	—	—	—	—
其他单位	18	—	—	—	—	—
合计	228	376	114	2890	3685	6575

四是攻关研究始终将成果应用放在重要位置。2000年，通过确定“精细地质研究成果应用年”来推进研究成果在油田开发中的应用，2001年则通过抓好典型区块精细描述、精细剩余油研究和精细挖潜进一步扩大应用范围。

二、精细地质工作攻关三年来的深刻变化

大庆油田的精细地质研究经过3年来的攻关，不仅获得了丰硕的成果，提高了队伍的技术素质，而且使整个精细地质工作产生了深刻的变化。

(一) 完成了由单砂层沉积相带图取代沿用30多年的小层平面图和油砂体图的历史进程，促进了油田开发动态分析的精细化

原小层平面图是立足湖相较均质储层，多采用三角网法勾绘等值线，对于河道砂岩发育的河流—三角洲相沉积适应性差；而以层次分析法和模式绘图法为核心的精细储层描述方法则完全可以克服这些不足：即首先“采用旋回对比，分级控制，不同相带区别对待”的原则，将相互叠置的厚层河道砂岩细分到单一沉积单元，对三角洲前缘相的岩相段细分到层内无明显连续夹层的单一砂层单元，相当于把储层精细划分到井间最小可对比的沉积单元。然后，对每一单元（或单层）采用模式绘图法，即以各种沉积模式和沉积学知识为指导，对井

间储层的空间分布和物性进行合理的推理和预测性描述,以便最大限度地再现每一沉积单元原始的沉积微相和单砂体形态,使砂体的几何形态、延伸方向、连续性、井间砂体边界、各砂体间的分布组合面貌自然协调,更符合沉积的规律性,完全克服了以往机械勾绘等值图的弊病。

目前已编制完成了萨、葡、高油层所有单砂层的沉积相带图,它应用了二次加密后所有井的资料,该图与原小层平面图相比,具有资料齐全、地质信息量大、更加客观真实的优势,解决了油田长期以来缺少一套有效生产应用图幅的难题,从而及时满足了油田高含水阶段精细动态分析和精细挖潜的需要,起到了原小层平面图无法达到的作用。

(二) 通过细分沉积微相,揭示出由不同沉积微相导致的砂体非均质特征

不同的沉积微相,在岩石组成、沉积构造和岩石物性等方面有明显的不同,它是造成储层纵向和平面非均质性的关键因素。按照现代沉积调查,沉积微相是相当复杂的。在以往的相带图中,由于辨别难度大,在泛滥一流平原相中只能粗略的划分为河道砂、河间砂及河间淤泥 3 个沉积微相,这样的简化,就限制了人们对储层复杂性的认识。通过研究,我们以现代沉积微相的类型、特征和分布面貌为指导,依据沉积单元或单砂层的测井曲线形态的微小差异,以及砂体的几何形态、相互配置关系,进一步识别出各井点中沉积微相类型,并进行合理的平面相模式组合,正确细分出了各种沉积微相。在河道砂中细分为河道砂、废弃河道砂两种沉积微相。废弃河道与主河道沉积的主要区别在于其上半部是由河道废弃后的泥质岩或砂、泥交互沉积所充填。由于河流类型、水流能量、废弃方式及钻遇位置的差异,废弃河道的砂岩发育程度及其测井曲线形态千差万别,但总体来看其底部与邻侧主河道砂岩层位相当,底界突变冲刷的性质相似,且或多或少充填有河道砂岩,在平面上总与主河道砂体毗邻,或位于其凹岸边部,或位于大型河道砂体之中。目前,废弃河道微相的识别,已成为准确判断单一河道砂体边界、鉴别砂体几何形态和成因类型、深入研究砂体内部结构、连通状况和平面非均质特征的重要依据。在油田开发中,废弃河道沉积往往造成相邻河道砂体间的渗流遮挡,或造成附近井点出油或吸水状况不好,使注采系统不够完善。

河间砂体现在可以细分出两大类 4 种微相:一是溢岸沉积,包括天然堤与河漫滩两种微相,它们是洪水期,河流水位抬高漫过河岸时将细粒物质快速沉积下来形成的,通常紧邻河岸两侧或平行河岸分布,以小朵状、小豆荚状镶于河道砂体的边部或嵌于河道砂体之间,向河间延伸不超过 200~300m。与河道砂体相对照,其中层位较高、位于河道顶部的河间砂体,可定为天然堤沉积微相,层位偏中下的定为河漫滩沉积微相。二是决口沉积,包括决口水道砂和决口席状砂两种微相,它们是在主河道涨水冲裂河岸向河间洼地推进过程中沉积下来的,通常与主河道砂体直交或斜交。独立的决口河道砂呈条带状,整条河道砂岩规模窄小,且与主河道砂体分离,与河间薄层砂体共生;决口席状砂体呈不规则片状、带状或扇状分布。

在三角洲前缘相中细分出了水下分流河道砂、前缘席状砂、砂坝砂和滨外坝砂等微相,前缘席状砂又进一步细分为主体席状砂、非主体席状砂、表外储层 3 个岩相单元(相当于流动单元)。

现在能够区分和辨认出如此众多的沉积微相,为更详细的认识单砂层的非均质特征提供了必要的条件。通过分析单砂层沉积相带图上任一区块的沉积微相的分布及其组合关系,可以较准确的推知该区块的地质特征及变化趋势,从成因上认识非均质特点,从而有针对性的采取有效措施以改善开发效果。

(三) 油层组顶面构造图用于分析油田构造形态和断层分布全貌，各单元的顶、底面微型构造图用于分析厚油层中剩余油分布

在油田开发中，油层组顶面构造图与单元顶底面的微型构造图，各自有着不可替代的作用，都已成为油田构造研究的基本图件。大庆油田还是在 1980 年前用基础井网资料编制了萨尔图、葡萄花和高台子油层 3 个层的顶面构造图，近年来我们按萨、葡、高油层的 9 个油层组分别编制了各油层组顶面构造图，不仅资料大大增加了，等高线距也由原先的 25m 加密到 5~10m，明显提高了图的质量，从而全面取代了已沿用 20 年的老构造图。

从新构造图上看，经过大量新资料的修改，断层的延伸方向和位置更趋合理正确，油田的总构造形态和大型断层没有明显的变化，在断层比较发育的杏北等地区，部分中小型断层在延伸长度、形态走向和断层位置等方面有一定的变化（表 5）；在油田构造翼部，尤其是杏南等地区翼部地层倾角略有变缓，使含油面积略有增加。应该引起重视的是在葡一组顶面构造图上发育有较多的断距在 5~10m 的层间小断层，对它们在油田开发中的作用应进一步研究。

表 5 杏北断层变化情况分类统计

区块	走向变化 (条)	延伸长度变化 (条)	形态变化 (条)	位置移动 (条)	一条分多条 (条)	落实不存在断层数 (条)	合计 (条)
杏一—三区	1	6	1	—	—	2	10
杏四—五区	—	4	8	—	1	1	14
杏六—七区	2	3	6	3	—	2	16
杏北东部过渡带	2	1	—	3	1	1	8
杏北西部过渡带	—	3	—	2	—	2	7
合计	5	17	15	8	2	8	55

近年来在储层微型构造研究上取得了重大进展。微型构造是在油田大构造背景上由于构造的微小起伏及断层附近地层的相对运动而造成的，可分为正向、负向和斜面 3 种微型构造。在同一沉积单元的厚砂体中由于受重力作用影响产生油水分离现象，使剩余油总是趋向于占据高部位的正向构造里，因此编制单元顶面的微型构造图，就可以用于分析每个沉积单元内厚砂体剩余油的分布趋势，采油三厂还用“上、下驱油系数”的指标来半定量化描述这一特征。在大型河道底部普遍存在冲刷下切现象，对这样的沉积单元还要做单元底面微型构造图，用于分析河道下切程度和古主流线位置。

(四) 自主开发的一批地质绘图软件经过筛选、升级完善和推广，大大提高了精细地质工作效率和自动化水平

多年来，我们的油田地质与西方发达国家相比，主要是在计算机应用和办公自动化方面差距大，通过 3 年的攻关，在这些方面有了很大的起色和变化。

首先随着所有老井测井曲线数字化进机工作的完成，在进行油层对比和相带分析时，再也不会出现用众多人工描测井曲线和上数据的现象，可以随时方便地从矢量化数据库中提取相关资料数据，大大缩短了研究工作前期的准备周期。更重要的是由采油一厂、四厂和研究院等单位自主开发的一批实用地质绘图软件，经过现场试用筛选，从中优选出了“萨、葡、高油层细分沉积对比及绘图软件”、“储层沉积相绘图软件”、“单砂体沉积相带与微型构造叠

合图绘图软件”等已广泛应用。一套完善的由计算机存储、可随时调用和修改的单砂层微相平面分布图制作系统已经建立起来了，大大提高了精细绘图的质量和效率。例如，编绘沉积相带图起步较晚的采油三厂和采油六厂，原计划于 2002 年才能完成全区所有单砂层沉积相带图的编绘任务，由于他们加大了在绘图软件上的开发应用力度，经过领导和技术人员的共同努力，终于在 2001 年底就提前完成了所有的编图任务。目前，以采油一厂为代表的“二维油田开发地质描述绘图软件系统”，以河流—三角洲沉积储层的井排剖面图、井组栅状图、沉积相带图、等值图、微型构造和微相叠合图等系列软件模块为基础，已经集成用户界面完全汉化的统一 Auto CAD 二维开发地质绘图软件平台，并附以相关的操作手册。

此外，由大庆油田有限责任公司拥有自主知识产权的“高含水后期储层参数自动解释系统”和“砂岩储层细分对比及断层自动解释系统”等地质软件也得到了推广。我们相信这些地质软件在应用中将会不断升级完善，再加上个别先进专业软件的引进和二次开发，将使大庆精细地质研究的自动化水平上一个新台阶。

（五）精细地质研究成果已经在油田开发中广泛应用，取得了较大的经济效益和社会效益

已完成的成果图全部采用硬盘存储、光盘备份，并采用不同方式出版下发到厂内地质大队相关岗位和采油矿、队，同时在网上发布。目前，精细地质研究成果已陆续应用于油田开发调整、聚驱、注采系统调整、新井射孔与老井补孔、压裂、堵水和调剖等诸多方面（表 6），并获得了明显的成效，现仅将其中 5 个方面应用情况简述如下。

表 6 2001 年精细地质研究成果应用状况统计

单 位	成果应用率（%）						
	压裂	堵水	注水调整	补孔	新井射孔	调剖	调整方案
采油一厂	100	100	100	100	100	100	100
采油二厂	100	100	100	100	100	100	100
采油三厂	66.0	77.0	41.0	100	100	100	71
采油四厂	100	100	100	100	100	100	100
采油五厂	95.4	100	94.4	100	100	94.4	89.5
采油六厂	100	100	100	100	100	—	100
采油七厂	100	100	100	100	—	80	100
合 计	95.5	97.4	90.1	100	100	98.4	97.8

1. 细分单砂层和沉积微相，精细描述剩余油分布特点

细分单砂层和沉积微相后，发现单一砂体的规模普遍变小，从而使井间连续性变差，井网水驱控制程度降低，使零散分布的剩余油有所增加。例如北一区断西 86 口采油井原由小层统计的水驱控制程度为 70.4%，细分单砂层后降为 61.7%，原立足小层的可射孔剩余砂岩厚度为 13.2m，有效厚度 5.1m，而立足单砂层的可射孔剩余砂岩厚度为 18.1m，有效厚度 6.5m，分别增加了 37.1% 和 27.5%。

2. “动静结合，综合分析”，优化射孔方案

二、三次加密调整的主要对象是薄差油层和表外储层，目前对这类油层水淹状况的认识还缺乏直接方法，实践表明以单砂层沉积相带图为依据，进行“动静结合”的综合分析，是

正确判断剩余油、优选射孔层的有效途径。例如北一区断西二次加密井，采用单砂层沉积相带图和剩余油研究成果编制射孔方案，投产 111 口采油井，初期日产油 10.3t，含水 61.1%，初期日产油量比方案高 2.3t，含水率也比 3 年前用小层平面图编制射孔方案的北一区断东二次加密井低 8%。

3. 深化河道砂岩储层认识，改善聚驱开发效果

在三次采油方案优选和跟踪调整中，必须深入分析河道砂体规模、连通状况、局部废弃河道沉积遮挡、储层微型构造等特征，才能采取针对性措施改善聚驱效果。例如喇嘛甸北东块 1-1 号站，注聚后注入压力上升快，见效差。经分析该区葡 I 1-2 油层各单元以窄分流河道砂体和局部小型点砂坝砂体为主，单砂体宽度多在 400m 以下，河道砂体钻遇率低，造成在 212m 五点法面积井网条件下，注采井间单砂体两项以上的一类连通率只有 40.2%。通过单砂体连通状况精细分析，优选了与注入井连通好的 14 口水驱层系采油井的葡 I 1-2 油层进行补孔，用作聚驱代用井，使井间两向以上的一类连通率提高到 59.5%，使注入难度大的问题有所缓解，日产油由补前的 250t 增加到 370t。

4. 应用储层精细描述成果，指导水驱综合调整挖潜

应用单砂层沉积相带图，结合井网对单砂层注采完善程度、分层吸水、产出状况和储层水淹特点，可以比较准确地分析井组中剩余油的具体分布状况和成因，以便合理选择挖潜措施和方法。以压裂选层为例，采油四厂应用储层精细描述成果，结合单砂层注采关系及剩余油分布特点，制定了杏北地区油井压裂选层标准（表 7），2000 年油井压裂实施的 101 口井中，压后平均日增油 8.14t，含水较上年度降低 4.27%。

表 7 杏北地区油井压裂选层标准

砂体类型	压开厚度 (m)		分布形态	相邻砂体类型	剩余油类型	可采储量 ($\times 10^4$ t)	注水受效方向 (个)
	砂岩	有效					
分流河道砂	≥ 1.5	≥ 1.5	窄条带状	主体或非主体	井网控制程度低砂体凸出部位型	0.96	≥ 1
主体薄层砂	≥ 0.5	≥ 0.5	条带状、坨状	非主体	原注采不完善型	0.49	≥ 1
						0.27	≥ 1
			指状、马鞍状	非主体或表外	砂体凸出部位型	0.31	≥ 1
						0.34	
非主体薄层砂	≥ 0.5	≥ 0.2	席状	非主体	层间干扰型	0.13	≥ 2
			条带状	主体	注采不完善型	0.16	≥ 2
				坨状		表外	0.10
表外储层	≥ 0.8	—	席状	表外	层间干扰型	0.07	≥ 2
			镶边搭桥	主体或非主体	砂体变差部位	0.06	≥ 2

5. 完善单砂体注采关系，控制套损蔓延

2000 年，采油四厂在对杏四—六行列甲北块严重套损区进行了重点解剖，发现由于长期注水憋压造成的异常高压层是引起套损的一个重要原因，这是由于局部发育较好的油层向周围连通变差或被断层遮挡，再加单砂体内注采不完善，或者注入多采出少不协调，或油井受层间干扰动用状况不好等均可造成局部憋压。解决的办法就是应用单砂层沉积相带图，结