

油腾玛湖梦

至此，玛北、玛西、玛东的形势向好，玛中又如何呢？

2016年，通过新地震资料分析，首次在玛中平台区发现玛中构造带，具备高产潜力。

因此，新疆油田公司部署玛中2和玛中4井。次年，玛中4井在百口泉组和三叠系白碱滩组相继获高产工业油流，玛中2井在下乌尔禾组日产油21.29立方米，证实多层系勘探潜力，实现东西油区连片。

同年，艾湖5和艾湖12井在克拉玛依上亚组获工业油流，进一步推动斜坡区勘探，研究院勘探团队锁定断块型油气藏。2016年，钻探玛27井，次年，其克拉玛依组日产油达37.26立方米，证实

浅层效益潜力。随后，玛中4井、玛湖1井老井复试及盐探1井、艾湖2井评价井均在三叠系白碱滩组发现高产或良好显示，展现中浅层高效勘探前景。玛湖地区实现“满凹含油”，百口泉组规模开发与中浅层高效突破同步推进。

现在，只剩下玛南尚待发掘。

2016年，新疆油田公司在传统“水区”部署玛湖8井，试获日产油11.8立方米、天然气7450立方米，首次验证富水区含油量高于含水量。随后通过老井复查，重新解释10个油层，复试8井8层全部获工业油流；新部署的金龙42、43井也获高产，共提交控制储量5616万吨。针对北部低

勘探区历史钻井显示差的问题，科研团队采用大面积成藏模式重新评价，在玛湖1井恢复试油发现潜力。

2017年，按扇体前缘相整体含油思路，在白碱滩扇西翼部署8口探井均揭示厚油层，其中玛湖013、8、014井实现日产百吨级突破。新区甩开勘探更发现近千平方公里高产富集带，通过新老井协同验证提交预测储量1.08亿吨。

2018年，新疆油田《凹陷区砾岩油藏勘探理论与玛湖特大型油田发现》项目获国家科学技术进步奖一等奖。自此，1个10亿吨级的大油田在新疆油田诞生！

认识的纠偏

但这次失利并未吓退新疆油田公司技术人员。很快，大家振作精神，“解剖”分析失利原因。

“在分析过程中，我们才意识到，此前认为吉木萨尔凹陷中‘满盆是油’可以‘随意钻井’的想法太过乐观。”吉庆油田作业区（吉木萨尔页岩油项目经理部）党委委员、总地质师陈依伟回忆，正是这一错误的认知，导致在此前钻井过程中对地层认识不清，对钻井轨迹的调整不够谨慎。

大家理清思路，开始从地质上对储层和地层重新展开认识。“对致密油的属性认识不应只停留在开采出的原油性质上，还应用来描绘原油所在储层的性质。”吉庆油田作业区（吉木萨尔页岩油项目经理部）技术专家、二级工程师吴承美说，例如，

按照储层源岩的形成，页岩油储层大致可分为沉积型、混积型、纹层型和夹层型4类。吉木萨尔页岩油的储层类型是以火山灰、碎屑岩、化学物质共同组成的三元沉积型。

“储层类型的确定，对我们今后对建立储层中‘甜点’（页岩油藏中最富含油气部分）的识别、提升钻遇率有着极大的帮助。”陈依伟说。

同时，地质人员对储层中“甜点”着重进行了研究。

2019年，吉庆油田作业区（吉木萨尔页岩油项目经理部）成立后，地质人员根据地质评估，大致判定吉木萨尔页岩油含油储层加起来共计240米左右，再将这些含油储层划分为“上、下甜点”两大类，每一类中再细化

三到四个小层位，并分析出每一小层位的特点。

吴承美介绍，对“甜点”进行分类的好处十分明显：通过对靶向集中在“上甜点”的油井进行统计，地质人员发现，整个“上甜点”油层在平面上的含油性差异很大。有的“上甜点”井在压裂后返排液中含水量很大。地质人员对比多口井的数据后得出结论，“上甜点”油层的油实际上是从下部生油岩中运移到了现在这个稍微大一点的储油层，因此，其油质中就含有一定量的水。而对“下甜点”来说，由于油层未发生运移，因此其所在层位比较稳定，原油品质也比较好。

这样精细的“甜点”划分，为提高“上、下甜点”钻遇率奠定了基础。

立体式“榨油”

近年来，人们常常把页岩油的开采比喻为石头缝中“榨”油。

不同于常规油气藏需要借助地壳内部压力开采，页岩油的开采则需要对含油页岩进行加压，用水、砂和化学剂使含油页岩中的裂缝扩大，以释放出页岩油，因此体积压裂作业是页岩油开采的重要手段。

如果将页岩油层比作千层威化饼干，那么原油就是夹在饼干中间的奶油，运用体积压裂技术就像是用压力将千层威化饼干中的奶油“挤榨”出来。不过，以吉木萨尔页岩油岩层的复杂性，仅依靠单一的体积压裂手段并不能搞定“榨

油”过程。

从吉172_H井开启吉木萨尔页岩油体积压裂先河，到该示范区大规模推广体积压裂的十余年间，吉庆油田作业区已经发展出了一套“缝藏匹配+精准改造+全域支撑+CO₂前置”组合式的压裂技术。

这套压裂技术具体是指在压裂方案设计时，根据不同油藏的特性设计不同的压裂方式。例如，布下管网时，缝隙要设计到多宽才合适，不同的地层需要设计成多少段等等，均要进行立体式综合考虑。

通过多方论证压裂工艺、压裂参数与储层的适配性以及缩

小簇间距，该示范区在压裂中大幅降低了原油流动阻力，保证了储层充分动用。

为了确保每一条裂缝都能在压裂过程中维持稳定，工程技术人员对不同宽度的裂缝注入不同粗细的材料。压力产生的裂缝宽度不一，不同的裂缝需要采取不同的石英砂粒径组合：主缝相当于一条“高速公路”，需要对它拓宽；小缝则是一条条“乡村小道”，需要把它铺到裂缝的最前端。同时，按照绿色开发理念，开展CO₂前置压裂，将液态CO₂注入地层中，在有效驱油的同时，还能实现碳埋存与利用。

难「动」的储量

“吉木萨尔可产页岩油！”很多人可能在2015年才第一次听说这句话。但实际上，早在上世纪八九十年代，新疆石油人就开始了对页岩油开发的摸索。只不过，它被称为致密油。

由于认识上的不足，加之钻井、压裂等工程技术还未达到对深井的开采要求，因此，即使吉木萨尔野外有不少页岩油的天然露头，但对它的开发依旧没能提上日程。

不久后，新疆油田公司对现有难采储量进行摸底，吉木萨尔致密油又一次回到了人们的

视野中。随后，新疆油田公司在准东采油厂成立了致密油开发作业区，针对此类油藏开展针对性研究。

大家认为，要实现此类油藏有效开采，必须通过先进的压裂技术“压碎”致密储层，在岩石的微小孔隙与井筒之间构建起可以让原油流动的“快速通道”。

2012年，新疆油田公司请来国外技术团队，使用了当时最先进的体积压裂技术，首次对吉172_H井采用“万方液、千方砂”的压裂模式。结果证明这一模式增油效果非常显著，吉172_H井初

期原油产量达到了70吨/天。

新疆油田公司乘胜追击，于2013年至2014年在吉172_H井西南方位部署了10口先导试验井。技术人员一边努力学习先进技术，摸索试验体积压裂；一边尝试以不同规模的压裂液、石英砂组合降低压裂成本。然而，令人意想不到的不是，经过各种尝试，这10口井的产量加在一起，还没有吉172_H井一口井的产量高。

这一事实，像一盆盆冷水接连不断地浇在了新疆油田技术人员的头顶上。对致密油的开发再一次陷入停滞。

「利器」的升级

2015年至2016年间，新疆油田公司在吉木萨尔凹陷部署了40口开发控制井，目的就是要落实清楚油层在各平面不同“甜点”层位上的发育情况。

在批开发控制井试油后，大家发现各井的产量高低不同，且没有一定规律。为了弄清各井在钻井及压裂中动用的是否是最优“甜点”所在层位，技术人员开始了对油层新一轮的评价分析。

在分析测井数据时，技术人员发现，传统的电测工具只能测出孔隙体积在一个油层内的占比，而这一数据并不能对孔隙内含油数量进行评价。这时，技术人员启用了在常规油开发中常见的核磁测井仪器。

“给油井做核磁，可以清楚地找到‘病灶’所在。”陈依伟介绍，“通过核磁测井，我们就可以明确哪些孔隙较大、内部含油多，这类的孔隙就被我们确定为‘可动孔’，需要我们集中力量去攻克它。”

2020年，基于这项利器，陈依伟带领团队创造了国内首个核磁分频处理储层识别技术，将静态评价与预期产量符合率从56%提升到85%。

如果说用核磁测井解决了寻找含油最佳孔隙的问题，那么使用XRD（岩性分析仪）就能帮助钻头在钻进时精准地在“甜点”中穿行不跑偏。

科研人员将“上甜点”细分为

四个层位，再对每个层位的岩性和油层分别进行分析，从而确定出最佳的钻井轨迹，找到“黄金靶体”（产油最好的油层）。

针对在油藏埋深3500米以上、油层厚度仅有1.5米的“下甜点”，准确识别出“下甜点”细分出的三个层位之间的界限尤为重要。利用XRD，可以控制直径约20厘米的钻头又快又好地穿过“黄金靶体”，并为此后的压裂造出最合适的通道。

仪器工具的迭代升级，大幅提升了“黄金靶体”的钻遇率。陈依伟介绍说，截至目前，“黄金靶体”钻遇率已从44%提升至89%。同时，钻井工期也由之前的91天大幅缩减至32天。

回首吉木萨尔页岩油的开发历程，一个认识愈发清晰——没有因地制宜的技术创新，吉木萨尔页岩油的开发可能就会停滞不前；没有“一全六化”的新型管理模式，新疆油田公司就无法对页岩油实现经济开采。

所谓“一全”，即是指对非常规资源要实现效益开发的全生命周期管理，“六化”则是指在设计方面一体化统筹，操作方面专业化协同，运行方面市场化运作，后勤保障方面社会化支持，油田生产方面实行数字化管理，最终实现绿色化发展。

在吉木萨尔页岩油开发过程中，一体化统筹既是一种工作组织模式，又是一种系统管理理念，它改变了过去各专业“铁路警察

各管一段”的思维方式，通过勘探开发一体化、地质工程一体化、地上地下一体化、科研生产一体化、生产经营一体化、设计监督一体化等来实现通盘考虑。

2024年1月，新疆油田公司成立吉木萨尔页岩油产能建设工作专班，由公司主要领导挂帅开展专业化协同推进。该专班集中了新疆油田公司机关、科研单位和参建单位等13个部门多专业力量，靠前支持与决策，现场协调解决问题，将过去的直线式管理向矩阵式管理转变。而多年来的市场化运作、无杆泵采油关键技术应用、物联网建设和数字化生产等，也让吉庆油田作业区（吉木萨尔页岩油项目经理部）成为绿色高效智能油田的典范。

“吐哈油田在页岩油开发初期，照搬了吉庆油田的‘甜点’识别、钻井及压裂以及无杆泵采油等一系列技术和先进做法。”吐哈油田准东采油管理区总工程师孙辉辉说，“如今，我们正在此基础上进一步开展成本控制，全力实现效益开发，共同为吉木萨尔国家级页岩油示范区建设贡献力量。”

雄关漫道真如铁，而今迈步从头越。当前，我国首个国家级陆相页岩油示范区建成已进入百日倒计时。在陆相页岩油勘探开发方面进行的持续探索和变“不可能”为“一定能”的实践，必将成为新疆油田公司“端牢能源饭碗”、保障国家能源安全和经济发展的强大基础和冲刺动力。



2025年6月，钻井专班人员在吉木萨尔页岩油示范区现场检查油层套管型号。

2017年4月，钻井员工在玛湖油田玛18井区作业中。

2018年8月，玛湖油田提前12天完成了最深水平井的施工，创造了玛湖油田五项纪录的消息后，员工们欢呼雀跃。

新疆油田公司在吉木萨尔凹陷部署了40口开发控制井，落实油层在不同“甜点”层位上的发育情况

2016
斜坡区艾湖2井区获工业油流5井5层

2016
达13井首获重大突破，盐北4井又获工业油流，落实三级储量1.4亿吨，又一百里油区初步展现

2017
玛湖地区实现“满凹含油”，百口泉组规模开发与中浅层高效突破同步推进

2018.12
新疆油田公司宣布发现全球最大规模的砾岩油田——玛湖油田

2019
新疆油田《凹陷区砾岩油藏勘探理论与玛湖特大型油田发现》项目获国家科学技术进步奖一等奖

2019
吉庆油田作业区（吉木萨尔页岩油项目经理部）成立

2020
吉庆团队研发出国内首个核磁分频处理储层识别技术

2024.1
新疆油田公司成立吉木萨尔页岩油产能建设工作专班

2025年3月，吉庆油田作业区（吉木萨尔页岩油项目经理部）吉7运行维护中心生产技术组组长袁丽霞正在检查设备。

2025年6月，吉庆油田作业区（吉木萨尔页岩油项目经理部）员工在57号采油平台巡检。

2019年7月，新疆油田吉木萨尔页岩油发现场。