

多技术组团寻找页岩“地宫”

□ 王春娇 程心阳



古有水文地质调查，凿井取水；今有寻找页岩“甜点”，钻井开采地下页岩油。2020年底，大庆古龙页岩油试验区1号平台的工厂化建井工程拉开序幕。7口采油井附近7部钢铁巨人般的钻机摆开，7条地下通道向页岩油层挺进。高耸的井架为何聚集在此？地下通道会通向哪里？钻井过程都用了哪些“神兵利器”？



古龙页岩油试验区1号井工厂平台施工现场。(作者供图)

找出“甜点”，构建“黄金靶体”

打开一个西瓜，瓜瓢最中间的部位糖分最高、最甜，也最好吃，这一部位就是西瓜的“甜点”。深埋地下的页岩油藏，也有类似的“甜点”区。

古龙页岩油富集程度低、开采成本高，为实现页岩油开发的商业化盈利，建井工程最核心的就是找到地层中的“甜点”区。古龙凹陷那么大，“甜点”区又如何找呢？

古龙页岩油主要赋存在页岩基质孔隙和页理缝中。古龙

页岩油藏看似是一个连续、均一的整体，但不同层位和区域的地质条件仍存在一定的差异。有些区域油气最富集，丰富的原始有机质转化充分，游离烃含量高；有些区域里更大直径的孔隙提供更大的储油空间，油气更容易流动；有些区域成熟度适宜，有机质大量生油，原位储存。这类区域通常被称为地质“甜点”。有些区域岩石脆性好，破裂压力较小，易于压裂改造，则被称为工程“甜点”。兼具以上

双重特性的区域，就是古龙页岩油的“甜点”区。

随着勘探的深入，虽然不同区域、时段的油井，地质条件基本相似，但是采用不同的压裂改造工艺，油井的产量差别很大。运用地质工程一体化的思路，借助地震探测、地球物理测井，以及实验室分析等多种方法，建立起三维地质模型，在“甜点”中进一步构造出钻探的“黄金靶体”，才能确保准确找到页岩油并进行高效开发。

善用建井三利器，快打通道引“油龙”

“黄金靶体”构造好后，如何将其与地面连通，实现“远程打靶”？现场按井眼轨道设计，采用专用控制工具，使钻头在井下某一段沿水平方向钻进，形成类似“L”型轨迹的井眼。

古龙页岩油水平井平均钻进行程一般在5千米，在构造复杂、易塌漏卡的青山口组水平穿行长度超2.3千米，这给钻井提速提效造成了重重困难。如何才能顺利入“靶”，让井钻得又快又好？

钻井工程界常说“钻头不到、油气不冒”。钻头是实现钻井的最核心工具，钻头在钻机转盘、顶驱等旋转动力设备的驱动下，连续破碎地层岩石，最终形成井眼。古龙页岩油钻井用的

是最经济、最高效的聚晶金刚石复合片(PDC)钻头，其上镶嵌多个可“自锐”的PDC切削齿。这种高配版的钻头具有金刚石的高硬度、高耐磨性与导热性，还具有硬质合金的强度与抗冲击韧性，应对古龙页岩地下高温、软硬交错夹层的挑战更加从容，是快打页岩油井的开路先锋。

如何引导钻头在“黄金靶体”内行走？PDC钻头是个“路盲”，在随钻测井及导向系统的帮助下才能按照规定路线前行。随钻测井短节是“瞭望员”，通过测量并实时传送地下参数。人们在地面就能“看到”钻头和井眼的各种信息，指导钻头直抵目的层，奔着“甜点”区而去。导向钻具是“方向盘”，结合地面控制钻机旋转系统，就能实现井眼“直行”或“转弯”，让钻头指哪儿打哪儿。

建设井工厂流水线，开采更高效

井工厂是一种快速建造油井的“工厂”。这项技术起源于北美，是美国实现“页岩气革命”的一项革命性技术。

井工厂钻井是指同一地区集中部署一批油井，使用标准化的装备或服务，以类似工厂生产或装配流水线的方式进行钻井，从而提高开发效率，降低施工和运营管理成本。

古龙页岩油井工厂按照丛式

井原则进行立体平台设计，将2—8口水平井的井口位置在同一钻井平台上“集合”“列队”，形成一个井组。各井井底伸向不同深度和方位，以地上更小的占地面积覆盖地下更大的储层区域。根据井场规格、井口位置、井组数量，工程师设计井口间距和水平段间距，便于多部钻机同时施工。可移动钻机还能节约搬运安装、开次转换等时间，降低钻井成本。

古龙页岩油井工厂有一部钻机连续施工的“小工厂”，更多多部钻机同时施工的“大工厂”。井工厂模式统一配置资源，较单井施工模式建产周期更短、成本更低、收效更好，让古龙页岩油的作业方式向前跨出了一大步。

(作者王春娇系大庆油田有限责任公司高级工程师，程心阳系大庆油田有限责任公司工程师)

科海观潮

有一次，我在云南昆明的一所小学作科普报告，发现一个男孩特别活跃，每当我提出问题，他都把手举得很高，报告会后还追着我问个不停。但他没有坐在台下的座位上，而是被安排“守”在门口旁听。老师后来告诉我，这是一个问题学生，经常攻击其他学生。在广东东莞，两个一年级的小男孩被请上台与我互动。他们在台上一问一答，A同学有无穷的问题，对什么都好奇，想知道为什么。B同学则总是回答“我知道”，只需要适当引导就可以了。散场后，A同学没走，等着找我签名，他说自己非常喜欢天文，并意外说出自己因为心理问题去看过医生，曾经有自残行为，但现在好多了。

在中小学进行科普报告的互动环节，每次都有一些学生让我印象深刻。这些学生的家庭条件一般，也没有任何人从事科技工作，但他们对黑洞、外星人、宇宙起源等充满了好奇。他们的知识往往是自己从各种途径主动学习得到的。在我眼中，他们有好奇心、想象力、探求欲，具有拔尖创新人才的早期特质。

联想到我之前一直关注的马斯克和乔布斯这两位极具创新精神的代表人物。马斯克在单亲家庭成长，小时候经常打架斗殴。后来创办SpaceX，基本没有航天经历，多次濒临破产，但他从不服输，最终带领团队实现了火箭的重复使用。乔布斯生下来之后就被父母遗弃，他性格怪异，甚至几个月只吃胡萝卜，把皮肤吃成金黄色。他不喜欢穿袜子，常常把双脚伸到桌子上。但他对人性的洞察和对产品质量的极致追求，造就了用户对苹果系列产品的美好体验。

好奇心是人类的天性，对科学兴趣的引导和培养应该从娃娃抓起。但现实中，上述具备科学家潜质的“特别”学生往往整体成绩一般，性格比较孤僻甚至偏执。他们只对某些学科感兴趣，不是老师眼中的优等生。很多老师告诉我，这些学生往往是老师和同学眼中的“另类”，他们很难在现有的考试评价体系中脱颖而出。

在福建福州的一所学校，校长带领20名同学和我一起午餐，经过一个多小时的交流，校长当场决定成立少年科学院，同学们根据现场表现，推举出了“鄙视一切”但很有才的院长和副院长。几个月之后，校长告诉我，他们把全校的科技创新活动搞得有声有色，自己也得到了快速成长。

这种肉眼可见的教育效果，让我意识到，创新的首要前提是独特的思维方式，必然伴随着不同的人格特质。与其他学生不一样，不仅不是坏事，恰恰是拔尖创新人才的早期特质。为了识别和培养拔尖创新人才，中小学不仅要倡导创新文化，更要营造包容氛围，给“不一样”的学生搭建施展才能的舞台。通过科技社团、校外导师、参加比赛等方式，为他们的成长创造条件。选拔时，要有专门通道为这些单向技能突出的学生提供机会和途径。

(作者系中国科学院国家天文台研究员)

首届全国石油和化工科普作品发布

科普时报讯(记者张英贤)5月25日，第一届全国石油和化工科普作品征集活动优秀作品在北京科学中心发布。

据了解，第一届全国石油和化工科普作品征集活动由中国化工学会、中国石油学会、民盟中央科技委、中国石油天然气集团有限公司、北京市科协联合主办，石油工业出版社等单位承办。该活动得到了包括院士、专家在内的科技工作者，以及青少年的广泛参与，收到1300余件各类作品，涌现出一大批富有创意和知识性的优秀作品。

当前，我国石油和化工行业正处于迈向高端化、智能化、绿色化的关键时期，优秀的科普作品可以让公众更直观地理解石油和化工行业正深刻地影响和改善着我们的生活。活动主办方希望，通过此次优秀科普作品发布，增进公众对石油和化工行业的认识和理解，同时激发更多科技工作者对科普的热情，为科普插上“翅膀”惠及更多人群。

警惕科学家潜质在青少年时期被扼杀

□ 郑永春