

供应保障

责任编辑:秦紫函
电 话:59964339
邮 箱:
qinzh@sinopec.com
审 校:张春燕
版式设计:王强



周“油”列国
油事精彩

野外地质考察:传统观测与现代探测共绘地质“史书”

□石油勘探开发研究院 王静彬 朱东亚 丁茜

我国石油勘探已迈入深地时代,万米之下的油气藏世界充满未知。李四光先生曾指出:“地质科学的源泉在野外。这里,也只有在这里,才能产生真正的科学问题和科学理论!”每一层岩石、每一道纹理都铭刻着地层变迁的密码,而野外地质考察便是连接地表与地下油气藏的关键桥梁。因此,野外地质考察既是油气勘探开发“根基工程”,更是破解地下资源密码的“关键密钥”。

野外地质考察中的“望、闻、问、切”

通过野外考察,勘探人员得以洞悉地体质的构造、沉积、成储、成藏特征与演化过程,解码深埋地下的油气信号。野外地质考察工作恰与医者“望、闻、问、切”有着精妙的对应关系。

“望”,如同望气色察病情,是精确开展目的层考察的关键第一步。勘探人员通常会先沿着地质剖面观察地层走向、岩石颜色、构造沉积特征以及上下地层接触关系,从宏观角度初步判断其所属地层年代与沉积环境等。

“闻”,如同听声息辨症结,是判断岩性、油气发现的重要途

径。地质锤与岩石碰撞会释放肉眼不可见的“地质气息”,是发现油气藏的重要线索,如若闻到特殊的汽油味,便可确定地下油气在岩层孔缝中迁移的蛛丝马迹。

“问”,如同询问探寻病因,岩石虽无言语,却已暗藏深意,通过间接现象向勘探人员“述说”它的过往。例如,在贵州野外工作中发现大量泉水出露地表,则暗示

着地下水体系统脉络走向;四川震旦系岩层中发现的微化石,则是后生生物演化的古老证据。

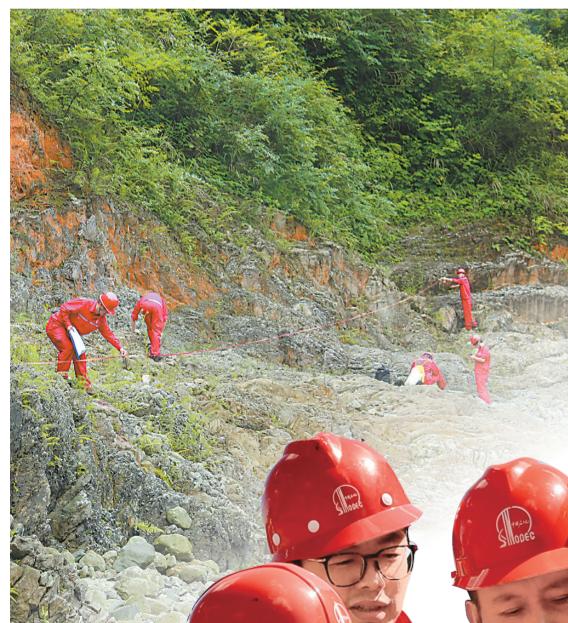
“切”,如同把脉知脏腑,是地质考察的核心工作。通过布设测线详细测量岩层真厚度、产状,并进行现象描述、岩石采集,通过绘制地质要素素描图系统梳理出地质构造的“油气运行”规律,让深埋的油气藏分布脉络逐渐清晰。



勘探分公司勘探人员在新疆阿克苏地区奥依皮克西沟剖面观察叠层石。冀策 摄



新疆喀什地区库山河剖面菊石化石。王均杰 摄



▲西南油气勘探人员在川西地区龙门山燕子岩二叠系剖面进行实地考察。
王海军 摄

西南油气页岩气攻关团队在云南观察筇竹寺组剖面。周桦 摄

多尺度现代技术织就“数字储层”网络

提供高精度的基础数据资料。

微米 CT 揭开微观孔隙的“神秘面纱”。在油气勘探中储层微观孔隙结构是油气赋存的“毛细血管”,传统方法难以捕捉微观尺度的孔隙特征。实验室里微米 CT 扫描仪如同“超显微镜”,通过 X 射线穿透逐层扫描岩样,完成样品的“三维显微透视”,经计算机重构生成三维孔隙网络模型,将原本隐匿的微裂缝、溶蚀孔、吼道及空间结构清晰呈现,构建微纳米级“孔隙地图”。

地雷达的高频电磁波在地下介质中能穿透 50 米厚的覆盖层,信号的形状和强弱能够用于推测地质结构。探地雷达天线紧贴地面移动,主机屏幕上的波形图案随之更新,同步测量了 6 条总长 1000 米的测线。同时,中-高电阻率信号还显示地表以下 15~70 米的深度有溶洞群发育,这正是勘探人员朝思暮想的油气储集“仓库”。这种隐藏在地下的目标地质体,仅靠传统的地质锤、罗盘等工具,难以准确探测,而探地雷达却能快速、高效地提供关键信息。

激光扫描绘制露头的“毫米级画像”。传统方法用皮尺、罗盘等测量溶洞的走向、产状、长度,误差较大。勘探人员通过高分辨率激光扫描仪绘制精确的三维岩溶洞穴模型,实现“溶洞内部三维形态可视化”。激光扫描能将精度控制在 0.1 度以内,通过建立三维点云模型自动测量出岩层的倾角、走向、厚度、坡度、体积等数据。与传统的测量方法相比,激光扫描技术大大提高了测量的精度和效率,精准记录溶洞壁上的每一道裂隙,每一个溶孔,甚至能够识别出直径 0.5 毫米的微孔隙,为后续储层建模

提供丰富、精确的数据。

野外地质考察漫透着跋涉山野的艰辛,既有翻山越岭的付出,更饱含“为国找油”的赤诚初心。现代科技为这项传统工作注入了强劲动能,多尺度表征技术体系帮助野外地质踏勘从传统的“眼看手摸”向“数字智能”迈进。传统坚守与科技加持共同筑牢油气勘探的科学根基,彰显着勘探工作者探索深层超深层油气资源的决心与智慧。

勘探分公司:80 公里山路上的“地质拓荒”



勘探分公司勘探人员在新疆阿克苏地区奥依皮克西沟剖面观察叠层石。冀策 摄

“无限风光在险峰”

柯坪野外分队以前期工作为基础,进一步落实南华-震旦-寒武系地层层序、沉积模式,补采岩屑等样品,调查时长 12 天。

这里的山呈刀片状,沟壑狭窄且幽深。

走在剖面河床的砾石上,第一次参与新疆野外地质考察的队员杨焰仔细对照地层,从最基础的岩性、地层产状,到沉积构造,用相机和地质簿记录每一个重要的瞬间……

在奥依皮克西沟剖面,无人区的老石头被岁月剥蚀得久了,风化严重,一踩就四分五裂。

“坚持住,把手脚放稳,别着急,慢慢来。”山壁陡峭,大家又背着沉重的装备,塔里木研究中心储层主任季春辉边探路边回头提醒队友。

“无限风光在险峰,这是身体上的挑战,更是一场心灵洗礼。”杨焰说,“即使筋疲力尽,但站在山顶看到地质特征的那一刻,所有疲惫都烟消云散。”

队员们明确了尤尔美那克组冰碛岩和巧恩布拉克组碎屑岩整体岩性特征,以及震旦系整体沉积特征,落实了南华系不整合面的发育情况,惊喜地发现了奇格布拉克组上部发育着一套约 40 米的储层。

在金磷矿剖面考察时,小分队遇到了更严峻的挑战。

徒步观测 6~8 公里到肖一段顶部时,队员们已精疲力竭,可观察肖二段需从这座山横移到下一座山,大家打起了“退堂鼓”。山边几簇小个头骆驼刺开着粉红色的小花,闻着骆驼刺

清淡得似有似无的花香,杨焰精神一振。他和队友再次出发,最终成功到达采样点,进行了实测。

本次野外地质考察两支小分队初步取得了“四新”成果:新线索,初步明确认奥陶系发育一套厚度超 30 米的深水陆棚相泥页岩潜在烃源岩;新依据,初步落实塔西南山前卡拉沙依组沉积相序,明确烃源岩有利相带展布特征;新特征,明确了南华系-下寒武统地层接触关系和沉积特征;新基础,明确了肖尔布拉克组发育一套相控储层,为寒武系盐下风险井论证奠定了基础。下一步,科研人员将深化地质认识,为后续勘探部署和普 1 井钻井地质跟踪提供支撑。

专家点评

勘探分公司勘探研究院副院长、塔里木项目部副经理、塔里木研究中心主任 潘磊:

2024 年以来,勘探分公司通过对塔西南地区的资料评估和基础地质研究,初步明确了勘探有利方向和领域。

本次野外地质考察以问题为导向,制订了详细工作计划,设立两支野外小分队。塔西南山前小分队重点针对古生界地层层序、烃源岩等问题,柯坪小分队重点针对寒武系沉积建模和储层分布规律等问题。队员们克服恶劣环境,取得了第一手实物资料,高质完成了任务,为接下来评价寒武系盐下、上古生界等重点领域石油地质条件和部署论证井位等工作,奠定了坚实基础。

西南油气:借“金钉子”划界 丈量亿载光阴



□本报记者 薛婧 通讯员 张南希

“地层学之父”、英国地质学家威廉·史密斯曾说:“每层岩石都是地球的日记本。”层层叠叠的岩石记录着亿万年地质变迁的故事,地质勘探人员如同时空漫客,在裸露的岩层里探寻深埋地下的时光密码。

20世纪 50 年代,李四光、黄汲清等老一辈地质学家深信“在我国辽阔的领域内,石油天然气资源的蕴藏量应当是丰富的,关键是要抓紧做地质勘探工作”。大规模石油地质普查由此在多个盆地拉开大幕。

“早期地质考察主要分三步。”西南油气勘探开发研究院主任师简万洪参加过 20 世纪 90 年代原地质部组织的四川盆地区域地质考察。

第一步踏勘,选择剖面点,看地层、看构造,明确大概有哪些地层,是否缺失或混乱,是否具备测剖面的条件。

第二步测剖面,通过岩性组合、古生物特征等,详细了解年代地层及分布情况、沉积特征及岩性组合,测量剖面的长度和倾角,计算地层厚度,推断地下情况。

第三步穿线。“1 个图幅涵盖 430 平方公里,我们会跑 20 多条线,在纬线上每隔 1 公里为 1 条线的起点,沿经

线纵穿。”简万洪回忆起往事仍然饱含激情,“我们背回来的岩石样品最大有两平方米,通过综合研究绘制地层柱状图、区调图、矿产图等基础性战略图件。”

侏罗系、三叠系……在野外地质考察时,这些年代地层如何确定呢?如果说基础图件是地球史书的封面,那么年代地层单位就是这部“编年史”的章节,“金钉子”就是划分章节的标签。

“金钉子”一词源于美国。首条横穿美洲大陆的铁路在犹他州钉下最后一颗钉子宣告竣工。这枚 18 枚金钉子的象征意义被地质学借用,以标定全球范围内因地球历史上各种地质事件而形成的地层剖面和地质点。“金钉子”一旦钉下,这个剖面就成为某一地质时代分界点的唯一标准,极具权威性。目前全球已经钉下 81 枚“金钉子”,其中 11 枚在中国,分别位于浙江、湖南、广西、湖北、贵州等地,记录着地球距今 6 亿多年来的重要历史时刻,为研究地质事件、生物演化、古环境变化等提供了珍贵资料。

“我国第 11 枚‘金钉子’在贵州剑河县巴郎村乌溜-曾家岩剖面,因为发现了三叶虫动物群等 10 个化石门类,120 余个化石属,明确了寒武系第三统和第五阶的时代界限。”简万洪说,“正是基于这些标准剖面的研究资料,我们在四川乐山、资阳等地区对寒武系筇竹寺组页岩气的地质认识才有了基础。”

作为全球最古老的页岩层系之一,寒武系筇竹寺组页岩形成于距今 5.4 亿年前的显生宙寒武纪。通过地质研究,科研人员发现,这一

段波涛暗涌的神秘时代,平均地表温度远超现今,发生过强烈的构造运动,超大陆裂解,地壳被频繁隆起-拉张,形成系列洋盆和拉张槽,海水反复侵入又退却。绵阳-长宁拉张槽快速形成,为古生物提供了相对稳定的高可容空间,石英等脆性矿物和底栖藻、浮游藻等高等海洋生物随海水在槽内和槽缘富集,在底部沉积,三叶虫等海生无脊椎动物爆发性出现,经过数亿年演化为有机质,封存在连片叠置的页岩层中。

科研人员进一步研究页岩气成藏路径——随着地球年龄变化,地层温度、组成与相态随之变化,由此可以确定油气形成、运移和成藏期。筇竹寺组顶部和底部地层致密、厚度大、封闭性好,大部分页岩气被“捂”在这套地层中。“还原寒武纪地球各圈层运动、生物演化和烃源岩热演化史,明确页岩气藏形成的最基本物质条件和前提,从而取得‘三新’领域勘探突破。”简万洪说。

“当我们涉足新领域、新类型、新层系油气勘探时,研究资料往往非常有限,野外踏勘是获取资料的重要手段。”西南油气勘探开发研究院勘探三所党支部书记宋晓波说。野外踏勘不同于早期的区域地质考察,是站在巨人的肩膀上看世界——在基础图件、地层“金钉子”、钻探资料等基础上,有针对性地选择剖面、取得资料,用于油气勘探“开疆拓土”。

20 年前,四川盆地海相油气地质研究刚起步,为了准确获取川西海相雷口坡组勘探研究所需的第一手地质资料,宋晓波团队穿梭于龙门山的深山中、河谷间,用十余年跑遍了川

专家点评

西南油气勘探开发研究院副院长 杨映涛:

在油气勘探开发过程中,野外露头剖面是最直观、最直接、最易获取的地质研究实物资料。能直观反映构造形变样式及岩性组合特征,对钻井取芯、地震资料解释,以及整个地下情况的预测起到指导作用。为了更好发挥野外露头剖面的价值,应该做好以下四方面工作:强化技术创新,构建快速、高效、多尺度、高精度的现代野外地质考察技术装备体系;注重数据的采集、整合与数字化,为油气勘探决策提供更全面的数据支持;针对深层、非常规等领域,开展更深入的基础地质考察和战略选区评价;培养具备扎实专业知识、掌握先进技术的复合型人才队伍。