

中国地质调查2016新进展之一——陆域能源矿产地质调查

2016-10-12 中国地质调查成果快讯



地调百年传薪火，砥砺奋进谱新篇。至2016年，地质调查在中国走过了一百年。一百年来，地质调查始终坚守历史使命，为中华民族的兴盛发挥了重要作用，成为经济建设的先行者，民生服务的急行军。

2016年是贯彻落实中央精神和国土资源部要求的重要一年。这一年，中国地质调查局全面贯彻落实中央对地质调查工作的要求。这一年，国土资源部党组提出了地质调查工作要服务国家能源资源安全保障，服务促进生态文明建设，服务防灾减灾，服务新型城镇化、工业化、农业现代化和重大工程建设，服务海洋强国建设的“五大服务”，围绕中央要求和国土资源部“五大服务”，中国地质调查局深入分析新常态下地质调查工作的新形势和新任务，将全力支持能源资源安全保障，精心服务国土资源中心工作作为现今和将来一段时间内的工作重点，把地质调查事业放到经济社会发展的全局中，摆到国土资源工作的大局中。

2016年是深入实施地质调查“九大计划”的重要一年。围绕“五大服务”，中国地质调查局进一步优化业务布局，深入实施陆域能源矿产地质调查、重要矿产资源调查、重要经济区和城市群地质环境调查、地质灾害防治和地质环境保护支撑、国土开发与保护基础地质支撑、“一带一路”基础地质调查与信息服务、地质调查科技支撑、地质数据更新与应用服务、海洋地质调查“九大计划”，坚持中央公益性地质工作定位、坚持围绕国家重大需求和国土资源中心工作、坚持实行“大项目”机制、坚持以科技创新与进步为引领和支撑、坚持出成果与出人才同步规划、同步实施、同步考核、坚持加强项目和资金管理，通过实施“九大计划”，各项工作成效明显。页岩气、油气、铀矿等能源矿产取得重大成果；锂、锰、铅、锌、钾盐、石墨等矿产资源调查评价取得一批新进展；环境地质调查、地质灾害调查为京津冀非首都功能疏解区、长江经济带等重点地区规划建设提供有效地质信息服务。

本报告资料来源于《中国地质调查成果快讯》、二级项目进展报告，在编撰过程中得到了“公益性地质调查成果集成与工作部署”项目（项目编码：DD20160089）的支持，是2015-2016年地质调查工作者辛勤劳动的成果，是中国地质调查局着力推进地调科研相结合取得的显著成效，是地质调查工作支撑国民经济发展基础性、先行性作用的进一步体现。

一、陆域能源矿产地质调查

2016年各项工作进展顺利，调查成果逐步显现。常规能源领域，取得了一系列进展，在羌塘盆地、尼玛盆地、松辽盆地外围、塔里木盆地、武威盆地、银额盆地、二连盆地都取得了不同程度的油气发现，其中在羌塘盆地已完成靶区优选，并发现天然气水合物良好显示；在松辽盆地外围获得一系列油气新发现；在银额盆地引导企业发现了高产工业气井和工业油流井。非常规能源领域，成果丰硕，页岩气、页岩油、煤层气、砂岩型铀矿、干热岩都获得了一批重大成果，其中页岩气地质调查在贵州遵义地区取得历史性、里程碑式的重大突破；干热岩地质调查查明了青海共和盆地地热地质特征及资源潜力；“油铀兼探”在多地取得明显进展。

（一）常规能源

藏北羌塘盆地油气地质调查完成靶区优选

羌塘盆地主体位于西藏自治区及青海省境内、青藏高原北部，是我国陆域勘探程度最低、油气资源潜力巨大且最有可能取得勘探突破的含油气盆地之一。长期以来受制于地震资料品质低等原因，难以取得突破性进展。近年来，青藏高原复杂构造地震处理技术实现突破，在二维地震攻关、地表地质和非震物化探详查等基础上，通过逐级聚焦工作思路终于明确了油气勘探靶区。

明确了最有利区块和目标层系。完成了从南羌塘到北羌塘重大战略的转移，优选了半岛湖重点区块作为羌塘盆地油气勘探的首选区块。进一步明确了油气勘探目的层，提出了三叠系碎屑岩为首选目的层，其次为中侏罗统布曲组礁滩相碳酸盐岩，兼探三叠系顶部古风化壳，探索古生界含油气系统。确定了羌塘盆地存在上三叠统和中侏罗统两套主力烃源岩，探索了上古生界烃源岩。

明确了最有利的圈闭构造。落实了20个地腹构造，进一步筛选出半岛湖地区为首选目标区，明确提出了半岛湖重点区块存在9个圈闭构造，明确提出了半岛湖的6号构造作为羌塘盆地井位论证的首选目标，面积144km²，闭合幅度680m，可靠程度落实。

明确了最有力油气勘探靶区。详细编制了6号构造侏罗系（布曲组、雀莫错组）和上三叠统底界的1：5万精细工业构造图件；确定了6号圈闭整体上保存完整，圈闭幅度大，成藏史匹配关系好，在此部署羌参1井作为首要钻探目标合理。

确定最优的井位方案。对6号构造提出的井位位置进行了详细论证，提出了羌参一1井和羌参一2井两个井位论证方案，开展了详细风险评估等工作，确定将羌参一1井作为羌塘盆地第一口石油地质参数井，该井是“实现取全取准地层参数兼顾油气发现”这一核心目标指导思想下目前最优的井位方案。

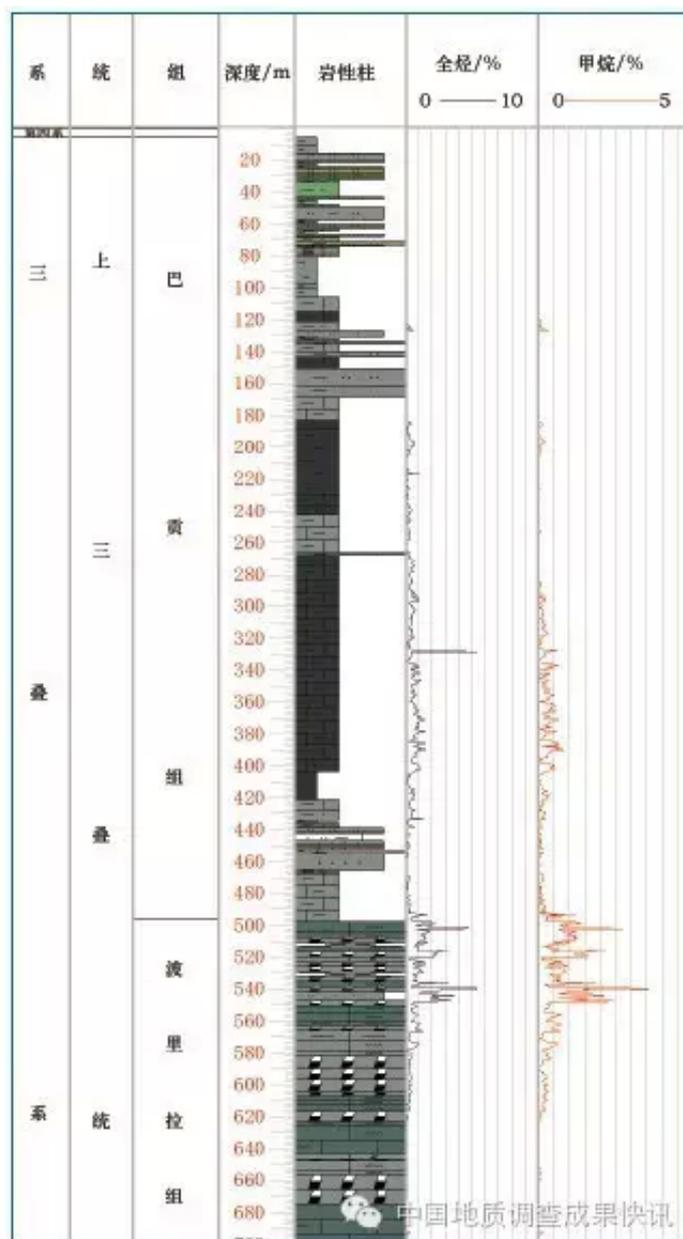
受制于藏北地区高寒缺氧、冻土发育、地质条件复杂、构造改造程度高等多种因素的制约，羌塘盆地油气勘探工作长期难以深入。在历经20余载、三代人的共同努力和付出后，终于在近两年取得突破性进展，在二维地震攻关、地表地质和非震物化探详查等基础上，通过逐级聚焦的工作思路终于明确了油气勘探靶区，为第一口参数井的实施奠定了坚实基础。

西藏羌塘盆地雀莫错地区发现良好烃类气体显示

在西藏羌塘盆地北部坳陷带雀莫错地区实施QK-8天然气水合物钻探试验井，在三叠系巴贡组和波里拉组发现良好烃类气体显示。

QK-8井设计井深700m，完钻井深702m，依次钻遇第四系、上三叠统巴贡组和波里拉组。巴贡组岩性主要为灰色、灰黑色灰质泥岩和灰色、浅灰色泥质粉砂岩。波里拉组岩性主要为深灰色、灰黑色泥晶灰岩和深灰色砂屑灰岩。现场气测录井结果显示，巴贡组总烃最高5.425%，平均0.372%，甲烷最高0.825%，平均0.133%；波里拉组总烃最高5.349%，平均0.666%，甲烷最高3.596%，平均0.434%。其中，波里拉组灰岩段气测异常值更为连续，总烃与甲烷异常相关性较高，而巴贡组泥岩段气测异常值不连续，总烃与甲烷异常相关性不明显。由此可见，波里拉组烃类气体显示更优于巴贡组。

羌塘盆地是青藏高原年平均地温最低、冻土层相对较厚、地温梯度较低的地区，也是成油成气较好的地区，被公认为我国陆域天然气水合物成矿条件和找矿前景最好的地区。然而，近几年的调查研究结果表明，气源条件成为制约羌塘盆地天然气水合物找矿突破的关键因素。此次在雀莫错地区上三叠统巴贡组泥岩和波里拉组灰岩中发现的良好烃类气体显示，证实在北羌塘坳陷带雀莫错地区具备较好的天然气水合物成矿气源条件，同时也为羌塘盆地常规油气找矿提供了重要线索。



QK-8天然气水合物钻探试验井气测录井图

尼玛盆地地表首次发现厚大规模沥青显示

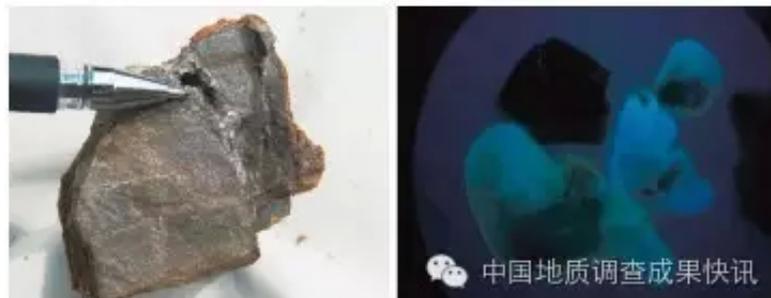
在尼玛盆地南部距措折罗玛镇南约10km处的查昂巴剖面发现累计厚度超过100m的沥青显示层。

沥青显示剖面位于尼玛盆地南部凹陷边界，距措折罗玛镇约10km，距藏尼地1井约40km。经野外剖面实测，沥青显示剖面分为27层，其中21层、24层、25层、27层见沥青，沥青形式分布于充填裂缝的方解石晶洞中，晶洞大小长4cm、宽2cm。经荧光检测，沥青质荧光显示明显，为蓝色荧光，为油气散失后的沥青质。沥青显示剖面由深灰色、灰绿色泥岩与灰岩不等厚互层，与牛堡组二段沉积特征相似，初步推测为古近系牛堡组二段（ E_{2n}^2 ）。

由于尼玛盆地工作程度低，盆地结构构造、主要目的层埋深及展布不清，烃源岩发育情况及品质不明，同时迄今为止还未发现较大规模地表油气显示，因此尼玛盆地油气资源潜力及勘探前景不被专家们认可。本次在尼玛盆地南部凹陷地表发现大规模地表沥青显示，表明盆地南部凹陷经历了大规模油气生成、运移、聚集和散失的过程，具有一定油气勘探前景。



剖面露头照片



缝洞中的沥青及荧光照片

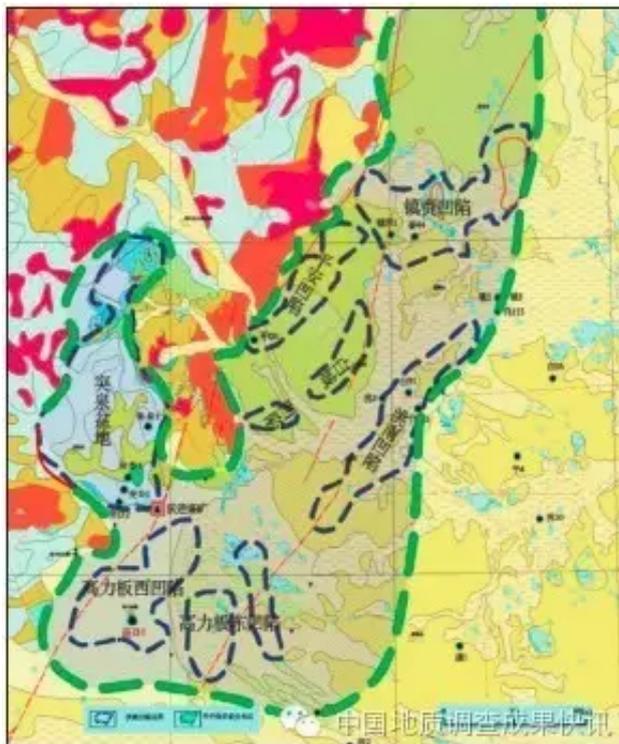
松辽盆地西缘地区二叠系与侏罗系发现油气显示

在松辽盆地西缘中段高力板凹陷部署的高D1井钻遇早中侏罗世和晚二叠世目的层系，且发现了油气显示，确定了该区具有油气资源勘探前景。

在突泉盆地南部高力板凹陷实施了地质调查井高D1井的钻探，该井井深为2910.5m，在该井1143.00~1145.00m处褐灰色粉砂岩中钻遇荧光级油气显示，荧光显示厚2m。现场气测录井结果显示，全烃峰值为1.1890%，基值为0.0093%，峰基比128，甲烷峰值为0.9694%。该井在2197~2678m井段钻遇中侏罗统万宝组目的层系，主要岩性为灰黑色、灰色细砂岩、粉砂岩夹泥岩，地层厚度480m，暗色泥岩最大单层厚度7m，累计厚度30m；在2678~2910.5m井段钻遇上二叠统林西组目的层系，主要岩性为灰黑色、灰色细砂岩、粉砂岩、灰黑色泥岩，暗色泥岩最大单层厚度29m，累计厚度59m。

松辽盆地西缘地区被区域发育的晚侏罗世火山岩所覆盖，火山岩厚度巨大（800~3000m），该区的钻孔较少且缺少钻穿晚侏罗世火山岩的深钻孔，对火山岩之下的地层充填序列和油气地质条件认识不清，制约了该地区的油气勘探。高D1井是松辽盆地西缘中段高力板凹陷第一口深钻井，该井钻穿了本地区广泛发育的巨厚层火山岩层，钻遇下部中侏罗统万宝组、上二叠统林西组沉积岩系，且暗色泥岩较发育，中侏罗统万宝组的含油性已经被突泉盆地的油气发现所证实，该井的实施为区域地层对比提供了难得的、全面的钻井实物资

料，为区域物探的解释提供了可靠的依据，为松辽盆地西缘其他地区新层系的油气勘探提供了有益的参考。



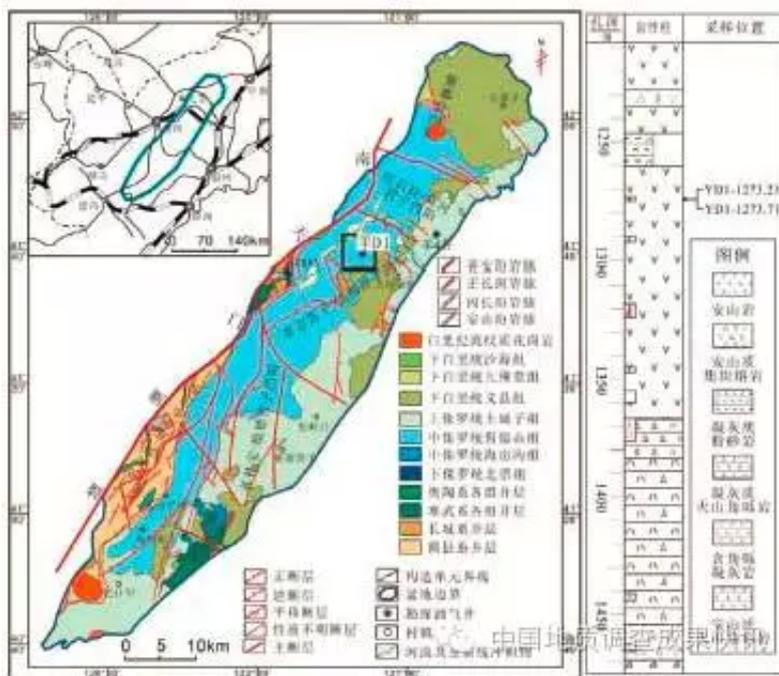
松辽盆地西缘中段早中侏罗世目的层系分布推测图

松辽外围南部金羊盆地“羊D1”井油气新发现

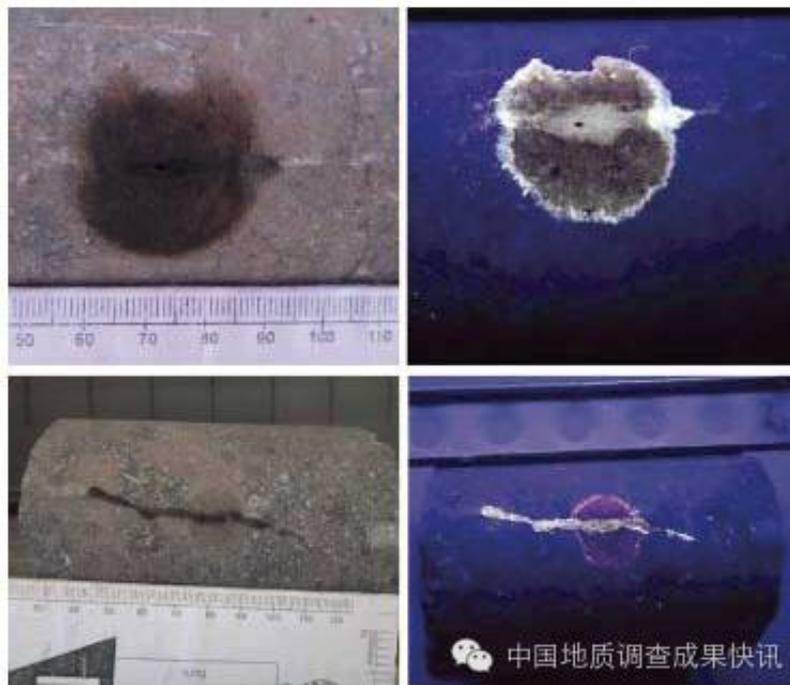
在松辽外围南部金羊盆地章吉营子凹陷北部部署实施的“羊D1”井，在中侏罗统火山岩裂缝中取得了油气新发现。

“羊D1”井在进尺1273.23~1273.71m与1290.16~1323.13m的中侏罗统髻髻山组火山岩的方解石填充裂隙中见油斑、油迹级别油气显示，荧光干照显示为黄绿色，并在1344.6~1463.8m的髻髻山组火山岩中断续见到约11处荧光级别的油气显示，累计荧光显示厚度约2m。所见油斑在岩心上呈斑点状，以裂隙为中心，呈现由中心向外扩散的分布特点，为缝洞型油斑级别油气显示。初步的油源对比结果显示，油斑样品所含原油来自于下侏罗统北票组烃源岩的贡献。

松辽外围南部金羊盆地“羊D1”井中取得的油气新发现，为松辽外围南部盆地下侏罗统新层系的油气基础地质调查奠定了基础，为客观评价金羊盆地油气资源前景提供了依据。金羊盆地属于油企矿权登记空白区，自1995年以来未开展过二维地震工作，2015年针对金羊盆地北部重点凹陷实施二维地震，在此成果基础上部署“羊D1”井。目前“羊D1”井实际钻探分层深度与地震预测分层深度误差小于50m，证明了二维地震成果的有效性与准确性。此次，在“羊D1”井中取得油气的新发现及二维地震采集、处理、解释方法组合所取得的新认识，获得中石油辽河油田分公司的认可与采纳，并针对金羊盆地及时跟进、规划、部署工作量，使公益性油气地质调查成果及时有效的服务、应用于油田公司，体现了“公益先行，商业跟进”的油气基础地质调查工作机制，取得了一定的社会效益。



金羊盆地构造分区图与“羊D1”井1207~1474.5m岩性柱状图



“羊D1”井进尺1273.23m和1273.71m处所见油斑及荧光照片

松辽盆地西斜坡钻获高含油率油砂

在松辽盆地西部斜坡部署钻探了ZK1501井，取得了较好的钻探效果。

为调查松辽盆地西斜坡镇赉地区油砂资源前景，依据化探成果，对4个综合异常区进行综合评估，优选最有利异常进行深部钻探验证，部署油砂调查井ZK1501。该井于2015年11月25日开钻，12月28日完钻，该孔完钻井深为467.21m，含油砂矿层累积厚度4.39m，目估含油率在2%~6%左右，经岩矿测试分析，含油砂层平均品位达2.81%，最高含油率为6.36%。查明四层油砂矿段（油砂品位 $\geq 3\%$ ），累积厚度达164cm。油砂矿（化）特征详见下表。

ZK1501井发现的油砂矿（化）特征

含油砂层位	油砂矿	孔深/m		岩心长度/m	岩矿石名称	实测含油率/%	累计厚度/m
		起	止				
含油砂1层		415.12	415.27	0.15	油砂	1.98	0.15
		424.47	425.47	1	灰黑色泥岩	0.02	
含油砂2层	1	425.47	425.91	0.44	油砂	6.36	0.44
		425.91	426.91	1	灰绿色泥质粉砂岩	0.04	
		432.8	433.38	0.58	灰绿色粉砂岩	0.06	
含油砂3层		433.38	433.68	0.3	油砂	2.04	0.9
	2	433.68	433.98	0.3	油砂	3.21	
		433.98	434.28	0.3	油砂	3.02	
		434.28	434.68	0.4	灰绿色粉砂岩	0.28	
含油砂4层	3	434.68	434.98	0.3	油砂	3	2.9
		434.98	435.28	0.3	油砂	2.71	
		435.28	435.58	0.3	油砂	1.68	
		435.58	435.88	0.3	油砂	2.62	
		435.88	436.18	0.3	油砂	1.9	
		436.18	436.48	0.3	油砂	2.36	
		436.48	436.78	0.3	油砂	2.42	
	4	436.78	437.08	0.3	油砂	3.41	
		437.08	437.38	0.3	油砂	2.47	
	437.38	437.58	0.2	油砂	2.98		
		437.58	438.58	1	灰绿色粉砂质泥岩	0.05	

松辽盆地是我国重要的石油产区，同时也是我国重要的油砂成矿区域，分布有图牧吉、套保、大岗—西北沟等油砂矿点；近年在镇赉县的大岗机械林场和西北沟一带的松辽盆地西斜坡发现油砂矿床，探明油砂油资源/储量为2000余万吨。前人的地质成果提供了较为丰富的地质矿产资料和勘查经验，但这些成果仅是在松辽盆地西斜坡区较小范围上取得的，尚未开展针对整个区域的油砂资源调查工作，并且目前对油砂资源的勘查手段仍主要依靠浅钻工程，勘查方法较为单一、投入较大；另外，该区是否有更为经济有效的勘查手段，可否进行商业性的开发利用，均不清楚。2015年利用化探的方法优选钻探井位ZK1501，对化探异常区进行深部验证，初步落实化探异常与油砂矿层富集特征的关系，目前初见成效。

松辽盆地西部斜坡带具有可观的油砂资源前景，如何系统评价整个西部斜坡带，寻找针对性的勘查技术方法，引领油气企业的勘探投入，有助于实现非常规油气发现；ZK1501井初获成功，标志着油砂资源勘查的化探方法初见成效，极大地鼓舞了低油价下非常规矿种的勘查工作，有助于逐步总结油砂勘查技术方法，为于该区下一步勘查工作奠定基础。

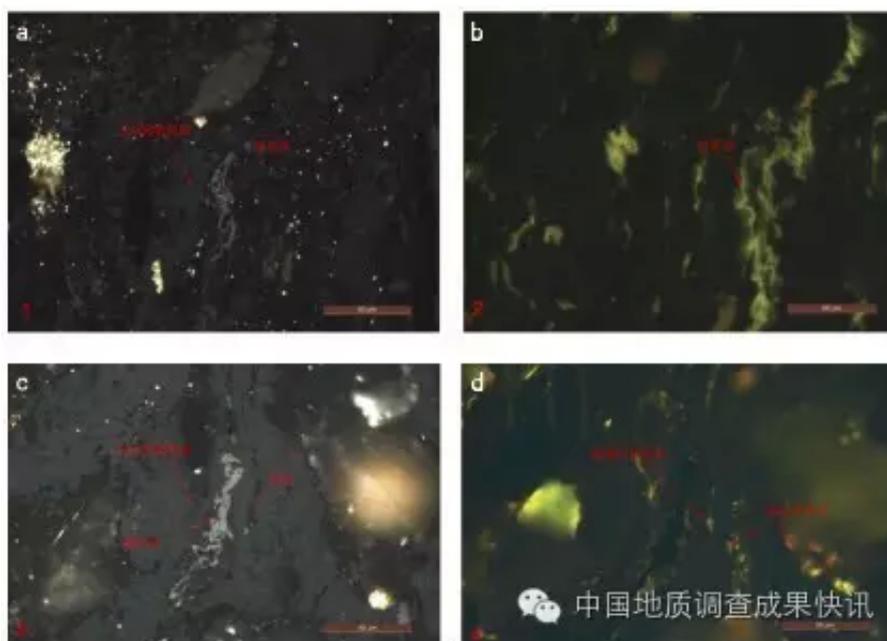
塔里木盆地地震大剖面综合处理解释取得新认识

塔里木盆地二维地震大剖面拼接处理解释已经完成34条/17191km，南北向21条/9826km、东西向13条/7905km。

初步取得了多项重要地质认识：一是首次分辨出了前寒武系地层和其裂谷型沉积特征；二是清晰落实了盆地深层结构特征，首次在塔中南坡和北坡识别出典型台缘相带；三是落实

间，声波时差值在51~85 μ s/ft之间，补偿密度值在2.50~2.68g/cm³之间，补偿中子值在27~47p.u之间，电阻率值在66.2~294.3 $\Omega \cdot m$ 之间。此段共沉积了15层厚度在0.9~4.33m厚的灰黑色-黑色炭质泥岩、泥岩，间夹71层0.2~13cm厚煤线。

显微镜反射光、荧光观察表明且地1井在井深427.21m康苏组的煤线以镜质组为主，主要为无结构镜质体、结构镜质体，并富含壳质组，主要为角质体与孢子体，具有强烈荧光性；含丝质体、半丝质体等惰质组分；无结构镜质体裂缝中有油珠产出；显微组分的裂缝和残余生物孔隙偶见渗出沥青体发育，说明且地1井康苏组煤系地层处于生油窗早期、已经有液态烃生成和排出作用发生的富有机质烃源岩。



且地1井样品煤显微组分及油浸照片

a-煤，无结构镜质体；惰质体。QD1-1，427.21m,反射光，油浸， $\times 500$ ；b-煤，角质体；视域同照片。QD1-1，427.21m,荧光，油浸， $\times 500$ ；c-煤，无结构镜质体；惰质体。QD1-1，427.21m,反射光，油浸， $\times 500$ ；d-煤，无结构镜质体裂缝中的油珠；渗出沥青体。视域同照片3。QD1-1，427.21m,荧光，油浸， $\times 500$

河西走廊武威盆地北部首获良好油气显示

河西走廊盆地群是中国陆上除了青藏高原盆地群外勘探程度最低、盆地分布面积最大、最有勘探潜力的石油战略接替区域之一，多数盆地油气资源潜力有待评价。2015年以武威盆地作为重点盆地开展油气调查攻关，经过科学论证和优选，在儿马湖凹陷部署了武地1井，具有探索石炭系资源潜力，填补勘探空白的重要意义。

武地1井于2015年11月2日开钻，2016年6月7日完钻，完钻井深2210.11m。钻进至石炭系太原组见气测异常。其中太原组中部含气性较好，井深1490~1492m为暗色泥岩段，气测值达到最高，全烃含量4.284%，C1含量3.018%。岩心浸水实验剧烈起泡。太原组暗色泥岩累计厚度达到44.4m，煤层6层/3.65m。1490~1492m暗色泥岩解析气量超过0.25m³/t，武地1井石炭系钻获含气层，是武威盆地北部首次油气调查发现。

对于河西走廊地区而言，油气源条件是制约油气成藏的最关键因素。儿马湖凹陷石炭系钻获含气层，充分证实北部拗陷石炭系烃源岩生烃潜力较好，预示着该区良好的油气勘探前景。结合储盖条件综合分析，儿马湖凹陷具备部署参数井的基本条件。河西走廊目前仅酒泉

盆地开展油气开发，且已进入中后期。武威盆地石炭系一旦获得突破，将建立河西走廊资源接替领域，对促进甘肃和“一带一路”经济建设具有非常重要的战略意义。



武威1井1491m泥岩岩心浸水实验强烈起泡

地质调查与油气勘探紧密结合促进银额盆地上古生界油气新发现

银额盆地是内陆地区油气地质工作程度极低的沉积盆地之一。1955年起开展了较长时间的油气勘探工作，但进展缓慢。2007年以来，中国地质调查局在银额盆地以探索新区、新层系油气资源为目标，开展油气基础地质调查，取得了多项原创性理论成果，油气基础地质调查成果引导企业勘查取得油气突破。

2013年国土资源部将银额盆地油气基础地质调查优选的6个油气区块进行竞争性出让。中国石油化工集团公司和陕西延长石油（集团）有限责任公司分别获得了区块的油气探矿权，并加大了勘探投入。温图高勒勘查区块首钻（延哈参1井）获 $9.15 \times 10^4 \text{m}^3/\text{d}$ （无阻流量）的高产工业气流，并产少量凝析油；中石化中原油田分公司在银额盆地务桃亥勘查区拐子湖凹陷实施的第一口参数井（拐参1井）钻遇46.4m油气层，对3419.5~3460m井段（射孔22.6m）试油，采用3mm油嘴放喷，获日产 5.86m^3 的工业油流，压裂后采用3mm油嘴放喷，获日产原油 56.17m^3 、天然气 7290m^3 的高产工业油气流。油源对比，2口高产井油气源于二叠系，实现了银额盆地油气勘探的重大突破。



延哈参1井试气现场（火焰高约8m）



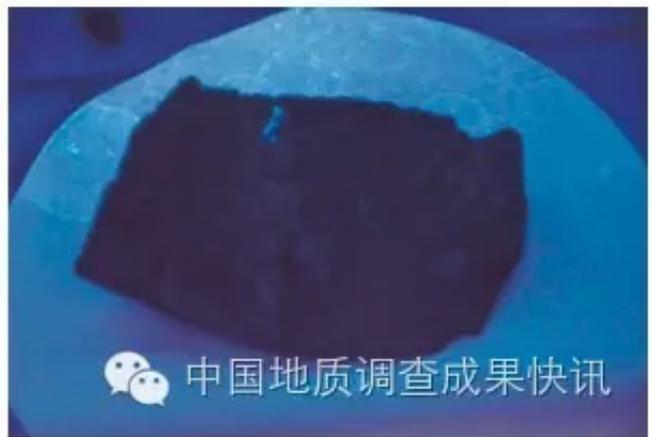
拐参1井自喷轻质原油照片

二连外围盆地群新发现铀矿层、油气显示及有利储层

蓝地1井钻探发现中-下侏罗统新层系存在铀矿层。在蓝旗盆地蓝地1井中下侏罗统阿拉坦合力群碎屑岩层段砂岩层中初步发现7段高伽马值和高铀值层。数据显示第4号发现层测井响应最为剧烈，该层单层2.4m，伽马能谱中铀含量 $84 \times 10^6 \sim 244 \times 10^6$ ，平均值 157.3×10^6 。初步判定蓝地1井第4号层为主铀层，其余为含铀层。

初步发现蓝地1井中-下侏罗统新层系油气显示。蓝地1井为多种能源兼探的地质调查井。除高铀值层的发现外，在该井在中下侏罗统阿拉坦合力群中也获得了常规油气发现。岩心编录过程中，在中下侏罗统上部泥质粉砂岩层（548.45~551.45m）中见干沥青和荧光显示，初步证实调查区中下侏罗统具备油气发现潜力，表明二连外围中下侏罗统阿拉坦合力群具有进一步油气勘探远景。

发现巴林右旗半拉山剖面上二叠统林西组有利储层——生物礁。在林西组上部林四-林五段发现了大量的苔藓虫生物格架生物礁，证实该地区晚二叠世海相沉积的存在而并非早期前人认为的陆相沉积。生物礁作为有利的油气储层，表明上二叠统林西组具有形成古生古储型油气藏的地质条件。



蓝地1井中下侏罗统阿拉坦合力群油气显示



巴林右旗半拉山剖面上二叠统林西组林四段-林五段苔藓虫格架-藻席生物礁

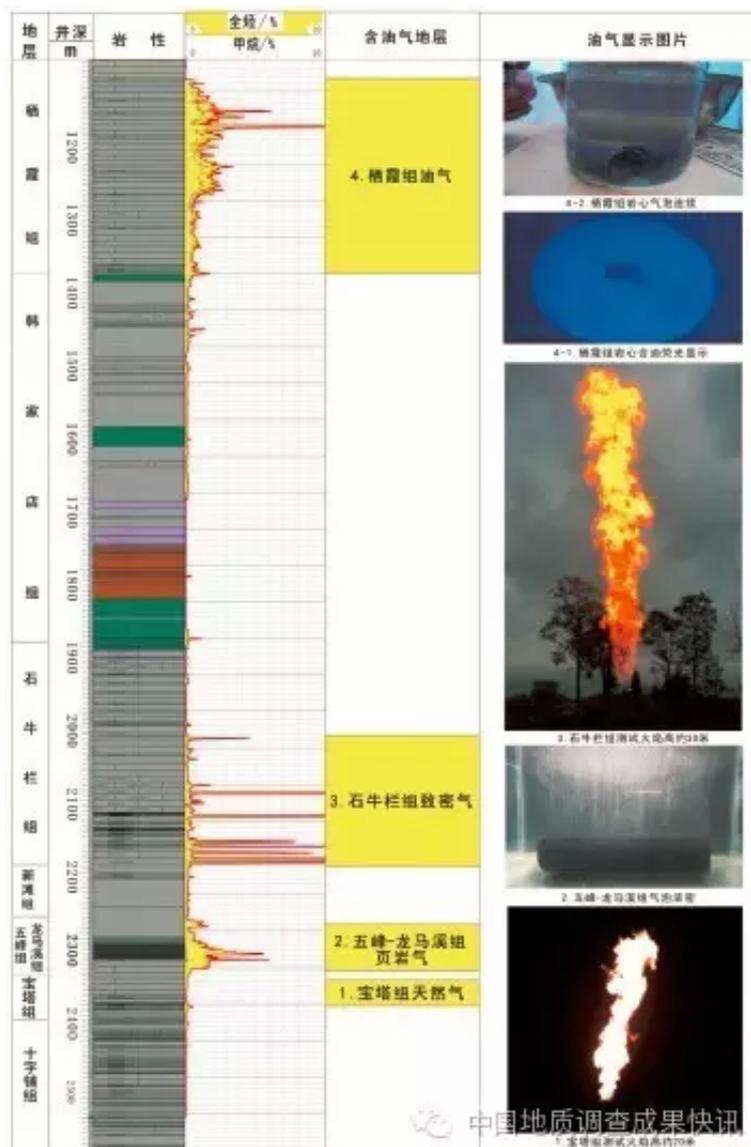
（二）非常规能源

贵州遵义安页1井页岩气、油气调查取得重大突破

以实现页岩气及油气重大发现和突破为目标，瞄准石油公司久攻未克的南方复杂地质构造区，中国地质调查局在贵州省遵义市正安县实施了安页1井，一举获得4个地质层系的页岩气、油气重大突破性成果。对其中一个层系进行了气量测试，每日稳产超 10^5m^3 ，属高产天然气井。

安页1井重大发现意义深远。安页1井实现了“五新”的重大突破。即油气新区的重大突破、油气新类型的重大突破、油气新层系的重大突破、油气新理论的重大突破。安页1井重大突破能够以“三促”带动地方经济社会发展，即支撑长江经济带战略，促进沿江清洁能源产业发展；服务精准脱贫，促进地方经济发展；支撑油气体制改革，促进企业勘探开发。

此外，安页1井开展了地应力状态精细描述及其与相邻地层的地应力差异分析，对于页岩储层的高效开发及提高资源采收率具有重要意义。研究表明，安页1井最大水平主应力方向为近EW方向，且随着深度增加，水平最大主应力方向由EW向NWW向发生偏转。



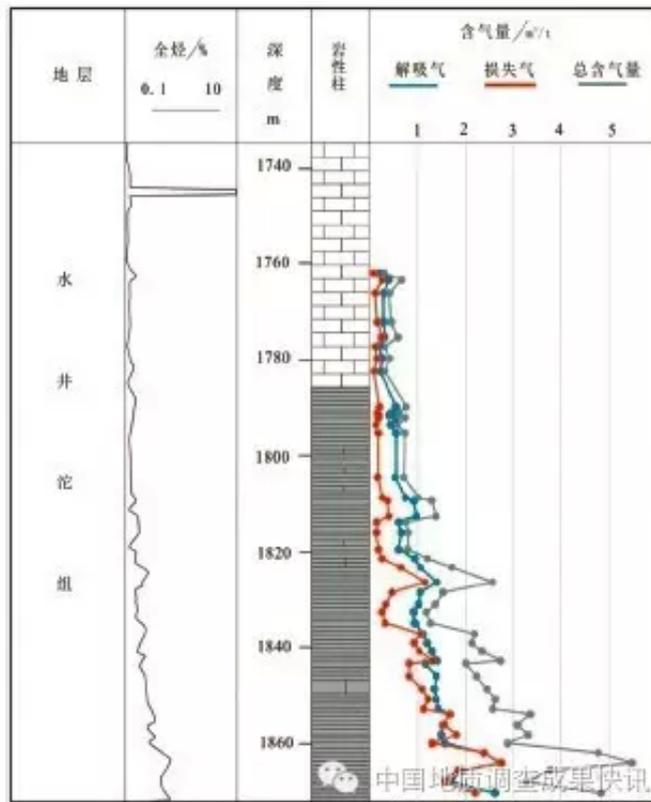
安页1井“四层楼”油气示意图

宜昌鄂宜页1井钻获寒武系高含气页岩气层

鄂宜页1井位于宜昌市点军区土城乡茅家店村，构造属于黄陵隆起带南缘，目的层位为寒武系水井沱组、震旦系陡山沱组，设计井深2332m，截至2016年8月16日钻井深度1913.60m。气测录井、现场解吸等测试都表明水井沱组属于高含气页岩气层。

气测录井显示水井沱组自上而下全烃含量整体升高，岩石热解分析也具类似的变化规律。水井沱组S₁、S₂含量也整体自上而下增加呈的趋势，表明游离烃、干酪根烃含量增加，页岩的含气性逐渐增强。采用焦石坝页岩气勘探示范区同实验室、同型号仪器、相同测试方法完成水井沱组现场解析样品，表明水井沱组上部泥质灰岩段含气性较差，但连续含气页岩段气显逐渐增强，现场解析总含气量自上而下有增高的趋势，平均值高达3.86m³/t。水井沱组灰岩段裂隙相对发育；页岩段裂隙不发育，且以水平裂隙为主；底部水平裂缝较发育，有利于页岩气富集。岩家河组是水井沱组页岩的底板，上部岩性含泥质灰岩与页岩互层段，岩心水浸实验气显较强烈，指示具有一定的含气潜力。

总体上看，鄂宜页1井寒武系水井沱组页岩含气性优于井研地区寒武系JS1井，与焦石坝志留系焦页1井页岩厚度和含气性接近。结合早期实施的秭地1井、宜地2井，表明宜昌斜坡带水井沱组具有较好的页岩气勘探前景。



鄂宜页1井气测录井曲线

湖北宜昌鄂阳页1井在牛蹄塘组钻获页岩气流

在天河板组、牛蹄塘组、灯影组钻遇良好油气显示，共8层，137.5m。实钻牛蹄塘组暗色泥岩类厚达141.0m，气测全烃超过2%的地层厚度为69.5m。钻至2928m泥浆气液分离点火火焰高达4m，获页岩气流。

牛蹄塘组见页岩气气流并点火成果，系四川盆地外的首次，表明长阳-秭归地区牛蹄塘组具有良好的资源潜力和开发价值，同时可带动四川盆地外复杂构造区牛蹄塘组的勘探开发。



牛蹄塘组8月8日点火成功，火焰最高4m，持续135分钟

湘中地区发现多个非常规气新层系

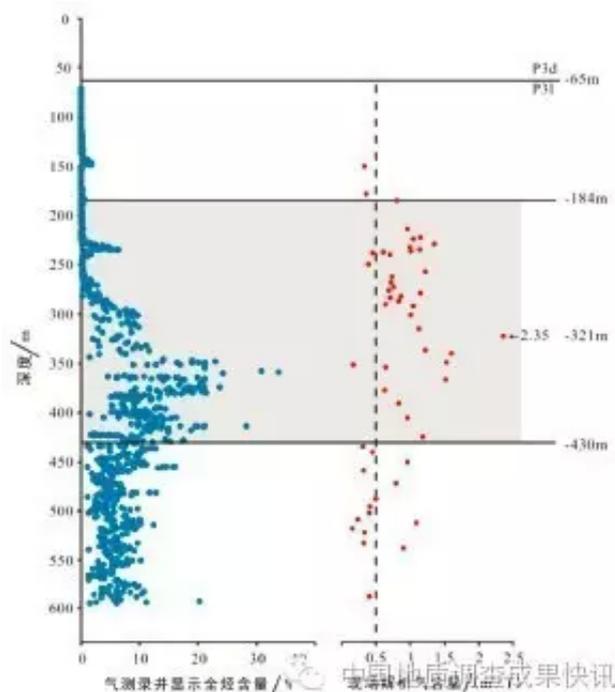
2016年，中国地质调查局在湘中地区上古生界发现了多个非常规气新层系，分别是二叠系龙潭组、石炭系测水组和石墩子组、泥盆系余田桥组和跳马涧组。

部署在邵阳凹陷邓家铺向斜的2015H-D3井，在井深230~600m二叠系龙潭组见明显的气测异常，并点火成功。气体同位素测试结果显示其为热成因油型气。该井是海陆过渡相页岩气勘探领域新区、新层系的重要发现，不仅证实湘中坳陷龙潭组页岩是良好的页岩气勘探目的层系，而且证明地层浅覆盖区域也具有良好的页岩气勘探前景，将有效带动该区页岩气勘查工作。

部署在涟源地区的2015H-D6井，在井深1265~1341m的石炭系测水组中发现明显的页岩气、煤层气、致密砂岩气“三气”显示，该发现揭示涟源凹陷下石炭统测水组具有较好的非常规油气资源潜力。

部署在邵阳地区邵东县的邵地1井，在井深1139.07~1234.20m的泥盆系跳马涧组发现致密砂岩气显示，气测录井全烃含量最大为0.66%，解析含气量为0.21m³/t。该发现将有效拓展该地区非常规油气的勘探思路。

部署在邵阳丰田乡的2015H-Q1浅钻和荆竹铺镇的2015H-D2井，分别揭示石炭系石墩子组和泥盆系余田桥组具有良好的页岩气地质条件，其中石墩子组暗色页岩厚度为180m，TOC最高2.99%，平均值1.28%，RO平均为2.08%，余田桥组暗色页岩厚度为200m，TOC最高4.82%，平均2.78%，RO平均为1.47%。



2015H-D3井气测录井和现场解析值

川东高陡构造带获得页岩气资源调查重大发现

2016年，中国地质调查局初步摸清了四川盆地龙马溪组页岩气资源潜力与勘探方向，提出了页岩气有利目标区，并获得了页岩气资源调查新发现。

四川盆地龙马溪组页岩气资源潜力新认识。盆地内龙马溪组厚度大于30m的优质页岩分布面积约10×10⁴km²。页岩气远景区面积约11×10⁴km²，其中埋深小于4000m的有利区

面积约 $5.38 \times 10^4 \text{km}^2$ 。概算页岩气地质资源量约 $26 \times 10^{12} \text{m}^3$ ，可采资源量约 $6.5 \times 10^{12} \text{m}^3$ 。川南-川西南地区宽缓构造、川东地区高陡背斜构造为最有利页岩气富集的区域。

提出了绥江-永善页岩气有利目标区。该区分布于四川盆地西南部，面积约 3500km^2 ，其中空白区面积约 350km^2 ，主探层系龙马溪组。优质页岩厚度 $30 \sim 50 \text{m}$ ，埋深 $2000 \sim 3500 \text{m}$ ，页岩气保存条件较好。区内实施的新地2页岩气显示较好，进一步勘探有望获得突破。该有利目标区的提出可引领矿权区页岩气勘探，也提供了新的矿权出让优质区块。

首次在川东高陡构造带获得页岩气资源调查重大发现。华蓥山背斜中段华地1井钻遇龙马溪组富有机质页岩 48m ，现场解吸气量 $0.60 \sim 1.60 \text{m}^3/\text{t}$ ， CH_4 98%以上。钻遇五峰组顶部黑色碳硅质页岩，发生较强烈后效井涌，未经压裂气液分离放喷点火成功，焰高 $3 \sim 5 \text{m}$ 。该井的重大发现揭示了一种新的富集模式——页岩气高陡富集模式，开拓了川东高陡构造带页岩气勘探新领域。



华地1井井口气液分离放喷点火

安徽宣城水东向斜调查发现多种类型油气资源

在安徽省宣城市港口镇水东向斜区钻遇目的层二叠系大隆组、龙潭组暗色泥页岩，发现了良好的油气显示。目的层系上覆地层为中下三叠统扁担山组、龙山组和殷坑组灰岩，在灰岩方解石条带中见浅黄色油迹，初步判断可能为轻质原油。

港地1井在 915.6m 处进入大隆组（ P_2^{d} ），岩性由灰色中厚层状灰岩渐变为黑色炭质泥页岩，其中炭质泥页岩厚度为 70.1m 。现场解吸实验结果显示，大隆组炭质泥页岩中天然气可能为页岩气，含量在 $0.5 \sim 1 \text{m}^3/\text{t}$ 。大隆组炭质泥页岩和泥质灰岩裂缝中见油斑显示，含油泥页岩厚度约 30m ，在井口、槽面及泥浆池中可见大量黄绿色的轻质原油显示，有油味儿，初步判断可能为页岩油，气测录井表明总烃含量整体上在 $20\% \sim 40\%$ 之间，出现三处峰值，最高为 75.083% 。

钻进至 986.7m 处进入上二叠统龙潭组（ P_2^{L} ），现场沁水实验可见龙潭组致密砂岩中天

然气含量也很高，总含气量达到0.49m³/t，龙潭组暗色富有机质泥页岩含气量较高，总含气量达到7.49m³/t。

通过本次港地1井的调查，在皖江复杂地质构造区这一新区发现了大隆组新层系，并在大隆组和龙潭组发现了页岩气、致密砂岩气、煤层气和页岩油“三气一油”的新类型油气显示，是下扬子地区页岩气基础地质调查工作的重要新发现。



点火实验浸水试验

六盘山盆地调查发现中生界页岩油气资源

2016年，中国地质调查局在宁夏六盘山盆地开展了油气战略选区调查，通过钻探和二维地震测量，在中生界发现了页岩油气资源。

2014年中国地质调查局油气地质调查项目施钻的固页1井，在中生界暗色泥页岩中发现良好的含油气显示。2016年目前已经完成了二维地震测量80km，地震剖面显示，目的层段反射信息清楚，主要目的层保存范围广、厚度大；对断裂和构造特征反应较为明显，在凹陷内，地层平缓，构造改造弱，有利于油气的保存，为参数井的实施典型了良好的基础。下一步根据地震资料部署参数井钻探，参数井的钻探有望获得页岩油气的发现，将引领企业开展新类型页岩油气资源勘探，从而打开整个六盘山盆地60年油气勘探进展缓慢的局面。

六盘山盆地常规油气勘探已有较长的历史，长期以来未获的突破，导致油气企业目前的勘探投资萎缩严重。中国地质调查局在六盘山盆地已经钻探的固页1井和2016年部署的参数井宁固参1井，一方面将带动油气企业在六盘山盆地油气勘探工作；另一方面，在中国北方陆相中低演化程度页岩油气富集机理方面，也将提出新的理论认识。



泥岩现场解析的气体可燃

1：5万页岩气调查成效显著多个地区获得页岩气重要发现

中国地质调查局在2016年南方地区1:5万页岩气基础地质调查中获得一批基础地质资料，形成了页岩气地质资料包，并在湖北秭归、重庆龚滩和贵州斑竹地区获得页岩气重要发现。

湖北秭归地区秭地2井获得页岩气重要发现。该井位于为黄陵背斜东南缘，在目标层牛蹄塘组和陡山沱组均获页岩气重大发现。牛蹄塘组富有机质泥页岩厚度63.3m，陡山沱组富有机质泥页岩厚度近120m，含气层浸水实验均剧烈起泡；点火火焰呈淡蓝色，显示甲烷含量较高；现场解吸含气量较高。

渝东地区龚地1井获得致密气和页岩气重要发现。该井位于渝东南地区龚滩向斜北西翼，钻遇五峰-龙马溪组页岩66m，现场含气量解析效果较好。分析表明龚滩向斜为“一源三储”的含气构造：五峰-龙马溪组供气，上部为新滩组致密砂岩气、中部为五峰-龙马溪组页岩气，底部为宝塔组裂缝型气藏，表现了龚滩地区良好的天然气勘探潜力。

黔北地区斑竹1井五峰-龙马溪组页岩气显示活跃。该井位于黔北地区斑竹向斜，开孔层位为二叠系茅口组，终孔深度1130.25m。该井目的层五峰-龙马溪组含气量较高，最高含气量达 $2.9\text{m}^3/\text{t}$ ，其中大于 $0.5\text{m}^3/\text{t}$ 页岩气厚度达30m，大于 $1\text{m}^3/\text{t}$ 页岩厚6m。



秭地2井岩心水浸试验剧烈气泡

南方海相页岩层系裂缝主要成因类型及其发育特点

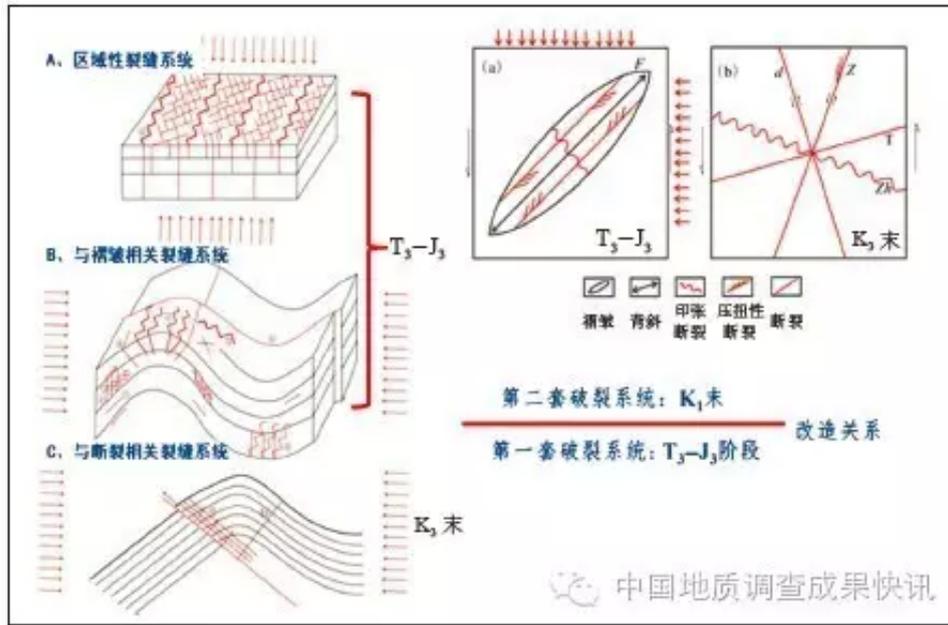
根据南方地区中生代构造运动演化序列和应力场发展特点对南方不同构造时期页岩储层裂缝发育的规律进行了总结，为南方页岩气藏富集的“甜点区”提供了一定指导。

南方中生代构造演化属于大陆内的形变改造阶段，具盆山体制，构造运动具有幕式特点，南方构造形迹形成于统一的应力场，以侏罗纪III幕运动为标志，划分为两个大阶段，即三叠纪—侏罗纪阶段和白垩纪—第三纪阶段，其二元结构是南方中生代大地构造的基本特征。

根据南方构造运动发育序列，按照力学成因机制将页岩裂缝主要成因类型分为构造裂缝和非构造裂缝，构造裂缝由区域性裂缝、与褶皱相关裂缝和与断裂相关裂缝系统组成，其中区域性裂缝与褶皱相关裂缝系统主要定型于 J_3 末期，与断裂相关的裂缝系统形成可分为两期，为 J_3 末期和 K_1 末期。非构造裂缝由水平层理缝和异常压力缝组成，形成时期为沉积形成及埋藏成岩期。

利用曲率法和破裂解译法对南方龙马溪组页岩裂缝发育程度进行了初步预测，认为以华

蓋山断裂为界，以东为武陵山隔槽式褶皱区，其向斜部位变形较强，应力相对较大，曲率较大，裂缝较发育，背斜核部变形较弱，曲率较小，裂缝发育弱；而其西侧四川盆地隔档式褶皱区裂缝发育规律正好与隔槽式变形区相反。



南方裂缝主要成因类型分类及成因模式

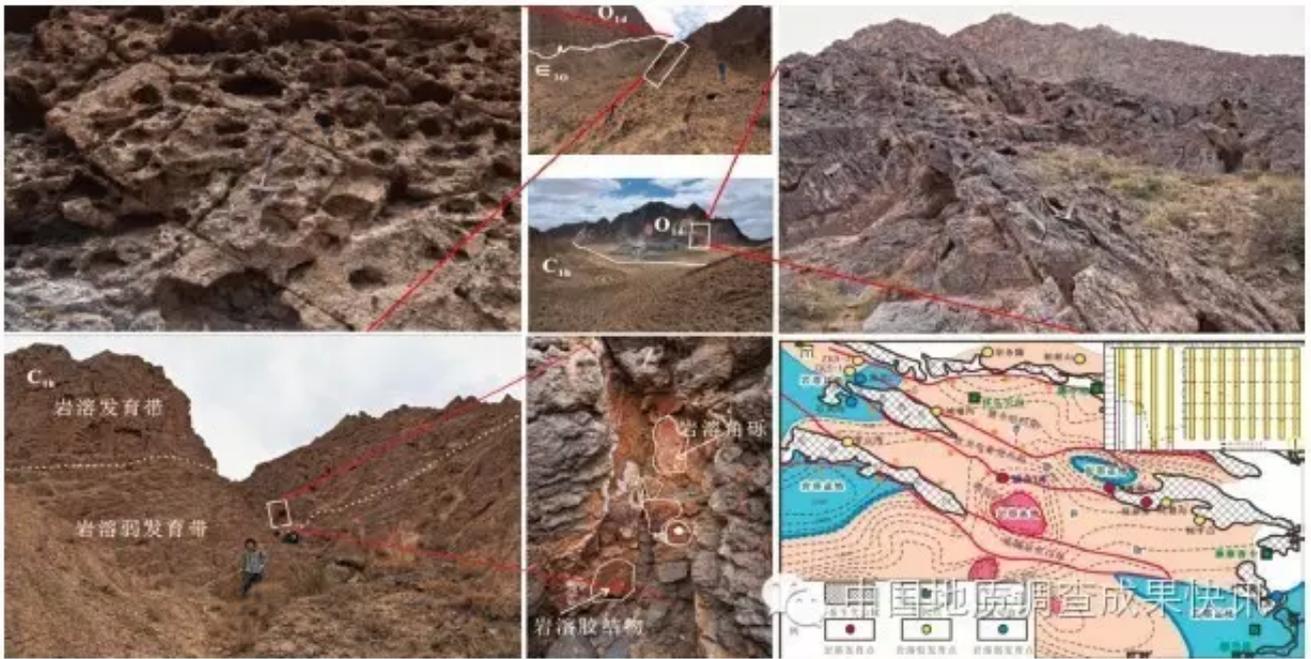
青海柴达木盆地古生界海相碳酸盐岩发现多套岩溶储层

柴达木盆地古生代多套海相碳酸盐层系存在古岩溶表征。石炭系发现古岩溶后，在柴达木盆地奥陶系及寒武系中上部也发现了大量的岩溶缝洞层，标志着柴达木盆地古生界具备岩溶型油气藏发育条件。

柴达木盆地中上寒武统为一套厚层含生物灰岩、砂砾屑灰岩，岩溶主要发现于该层系，厚度大于100m。岩溶体以大的洞穴、溶缝为主，直径2~50cm不等，中下部见溶蚀孔。奥陶系岩溶缝洞较上寒武统更为发育，累计厚度大于150m，岩溶体见大的溶蚀洞穴、溶缝、密集的溶蚀孔。

寒武、奥陶岩溶与邻区具有类比性。自早奥陶世后该区剥蚀时限总计达80~90Ma，是形成大型溶蚀缝洞主要原因，它与塔里木盆地中奥陶统马家沟组、塔北轮南潜山构造带下奥陶统古岩溶可以类比。O₁d/ε₃₀在该区表现为一个平行不整合，尽管推测沉积间断时间并不太长，但该区显示出较强的溶蚀特征。

调查并分析了石炭系岩溶分布规律。调查研究表明海陆相转换面为岩溶发育的重要部位，在全区可连续追踪。在多个钻井和剖面岩溶缝洞内发现大量有机质残余，缝洞内的有机质含大量黑色轻质组分，质软，污手，荧光下呈黄色，且大量油气包裹体带状伴生。海西-印支期形成的岩溶缝洞为该期油气的有效储集提供了条件。



柴达木盆地海相碳酸层系古岩溶发育图

共和盆地干热岩资源潜力基本查明

在青海省共和县恰卜恰和贵德县热水沟干热岩地热地质调查，基本查明了共和盆地干热岩地热地质特征及资源潜力。

完成了恰卜恰地区1：5万水文地质调查与填图，建立出共和地区21个第四纪地层填图单位，基本查明了各地貌单元的水文地质条件、富水等级、水质及地下水资源的空间分布。

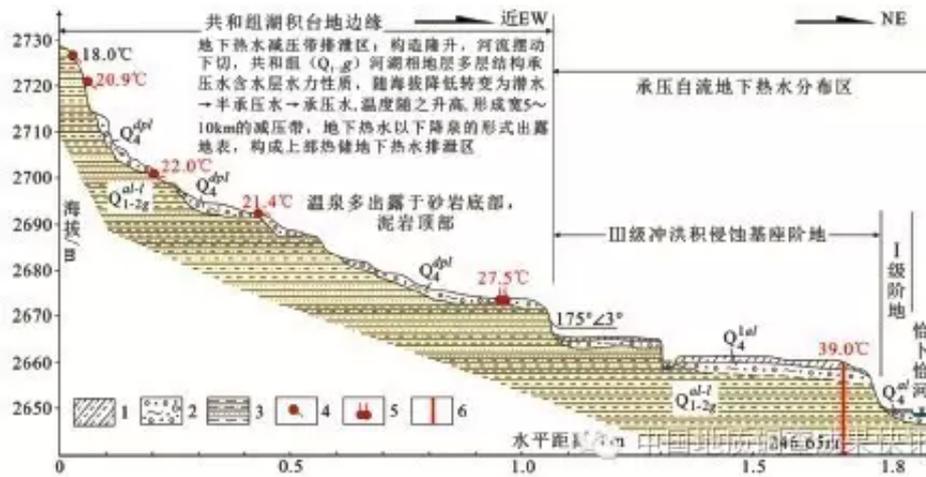
深化认识了共和恰卜恰、贵德热水泉地区地下热水的赋存、分布规律，为支撑地方地热经济精准扶贫奠定了基础。

调查发现青海省海东市平安县冰凌山、上尧庄，西宁市湟中县药水滩温泉均存在泉华台地抬升与温泉泉口下移等长周期构造隆升—地热水文地质条件变化现象，为高原隆升与地下水演化研究奠定了基础。

初步提出共和盆地形成与变形的主要机制，以及各构造单元干热岩的赋存与分布的控制机理。

初步查明干热岩体的分布、形态和深部构造发育情况，并圈定了共和、达连海、塘格木、贵德等13处隐伏酸性—中酸性岩体；并基于目前掌握的资料，合理评价出共和盆地干热岩地热资源量及其环境、经济效益。

集成创新了干热岩勘查、评价技术方法体系，建立了区域级和地区级干热岩勘查开发选区评价指标体系和评价方法，研发了干热岩井分布式光纤测温系统，并初步得到应用。



青海省共和县龙羊峡镇克才村水文地质实测剖面

1—粉砂岩；2—砂砾岩；3—泥页岩；4—下降温泉；5—上升温泉；6—钻孔

优选煤层气地质勘查有利地区展示煤层气良好勘探前景

通过煤层气基础地质调查，初步证实了新疆淮南、黑龙江鸡西、四川南部及贵州六盘水地区具有勘探开发煤层气的地质条件和资源基础。

新疆淮南玛纳斯-乌鲁木齐河西地区西山窑组低煤阶煤层气现场解吸获较高含气量，展示了该区西山窑组低煤阶煤层气较好的勘探前景。采用体积法初步估算了淮南地区总的煤层气资源量是 $3964.86 \times 10^8 \text{m}^3$ ，其中1000m以浅的资源量为 $1750.69 \times 10^8 \text{m}^3$ ；1500m以浅的资源量 $3197.22 \times 10^8 \text{m}^3$ 。

黑龙江三江-穆棱河地区鸡西盆地的鸡煤参1井、鸡煤参2井钻遇城子河组煤层厚度9.50~9.75m，其中主力煤层14#空气干燥基下平均含气量 $6.68 \sim 7.40 \text{m}^3/\text{t}$ ，900m以下砂泥岩岩心出筒气泡现象明显，显示了煤炭资源枯竭矿区煤层气具有较好的勘探开发利用前景。

四川南部地区川南-地2井钻遇龙潭组煤层5.66m/11层，现场解吸含气量煤层 $4.14 \sim 23.32 \text{m}^3/\text{t}$ ，泥岩 $1.28 \sim 6.61 \text{m}^3/\text{t}$ ，砂岩 $0.11 \sim 1.55 \text{m}^3/\text{t}$ ，气体主要为甲烷，揭示了川南大安山向斜地区煤系含气性较好，煤系地层“三气”勘探前景较好。

贵州六盘水龙潭组煤系地层获得较好含气量。其中DC-1井现场解吸煤层样品含气量 $3.61 \sim 21.21 \text{m}^3/\text{t}$ ；SC-1井共钻遇可采煤层18层/24.57m，现场解吸煤层样品含气量 $1.21 \sim 16.77 \text{m}^3/\text{t}$ 。

勘探开发煤层气，可有效地缓解当地天然气资源紧缺的局面，改善当地环境保护，有效地促进产业转型，解决当地煤炭产业人员的就业问题，促进经济发展。

铀矿地质调查工作取得新进展

2016年，中国地质调查局创新机制，推动北方砂岩型铀矿地质调查工程，开展我国煤田勘查区、油气田勘查区铀矿地质调查工作，开辟铀矿找矿新区，取得了一批成果。

滇西砂岩型铀成矿带发现多层铀矿化，在总结沉积体系的基础上，圈定了勘查有利区；豫西秦岭造山带东段发现花岗伟晶岩型铀矿，矿体为半隐伏-隐伏状态，达到铀矿工业品位；柴达木盆地油铀兼探取得明显进展，确定主要找铀目的层位，并圈定了成矿有利区；松辽盆地圈定多处砂岩型铀矿找矿远景区，为在松辽盆地实现砂岩型铀矿找矿突破打下基础。

铀矿地质调查取得的多项成果表明，煤铀兼探、油铀兼探的找矿新思路在南、北方不同类型的铀矿勘查中具有良好适用性，各区多点开花，揭示我国铀矿找矿潜力巨大。该成果为夯实我国核电发展的资源基础、保障能源安全发挥了关键性、基础性、先行性作用。

（中国地质调查局发展研究中心 规划部署室供稿）
