

中国地质调查新进展

(2016)

国土资源部中国地质调查局

2016年9月

前言

P R E F A C E

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。

目 录

C O N T E N T S

| | |
|--------------------------------|----|
| 一 陆域能源矿产地质调查 | 01 |
| (一) 常规能源 | 02 |
| (二) 非常规能源 | 12 |
| 二 重要矿产资源调查 | 23 |
| (一) “三稀”矿产 | 24 |
| (二) 贵金属 | 25 |
| (三) 黑色金属 | 26 |
| (四) 有色金属 | 29 |
| (五) 重要非金属 | 34 |
| 三 重要经济区与城市群综合地质调查 | 37 |
| (一) 京津冀协同发展区 | 38 |
| (二) 长江经济带 | 42 |
| (三) 泛珠三角地区 | 48 |
| (四) 丝绸之路经济带境内段 | 50 |
| (五) 东北经济区 | 51 |
| 四 地质灾害防治与地质环境保护支撑 | 53 |
| (一) 地质灾害防治 | 54 |
| (二) 地下水资源与环境 | 58 |
| (三) 应对全球气候变化 | 65 |
| 五 国土开发与保护基础地质支撑 | 67 |
| (一) 土地地球化学调查 | 68 |
| (二) 国土资源利用与保护基础支撑 | 73 |
| (三) 地质矿产调查战略规划支撑 | 75 |
| (四) 国土遥感综合调查 | 78 |

| | |
|-----------------------------------|-----|
| 六 “一带一路” 基础地质调查与信息服务 | 83 |
| (一) 国际对比研究与编图 | 84 |
| (二) 地质调查合作填图与研究 | 87 |
| (三) 信息集成与服务 | 89 |
| (四) 国际合作与交流 | 92 |
| | |
| 七 地质科技支撑 | 93 |
| (一) 地层与古生物 | 94 |
| (二) 地质构造 | 95 |
| (三) 成矿规律 | 99 |
| (四) 勘查技术 | 101 |
| (五) 深部探测 | 105 |
| | |
| 八 地质数据更新与应用服务 | 107 |
| (一) 全国基础地质编图 | 109 |
| (二) 数据与信息资料服务 | 113 |
| (三) 信息技术 | 116 |
| | |
| 九 海洋地质调查 | 119 |
| (一) 海洋基础地质调查 | 120 |
| (二) 海岸带综合地质调查 | 122 |
| (三) 海洋油气资源调查 | 124 |
| (四) 天然气水合物资源调查 | 126 |
| (五) 数字海洋地质 | 128 |
| (六) 海洋资源调查关键技术研发 | 131 |



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井作为首要勘探目标合理。

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,提出了羌参-1井和羌参-2井两个井位论证方案,开展了详细风险评估等工作,确定将羌参-1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。

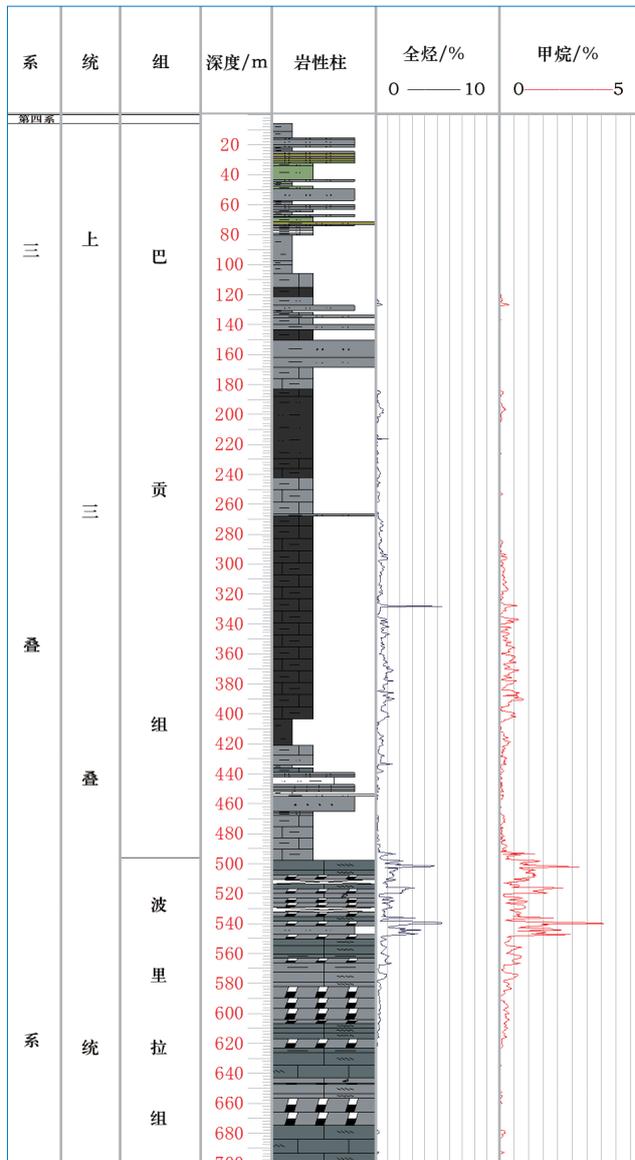
受制于藏北地区高寒缺氧、冻土发育、地质条件复杂、构造改造程度高等多种因素的制约,羌塘盆地油气勘探工作长期难以深入。在历经20余载、三代人的共同努力和付出后,终于在近两年取得突破性进展,在二维地震攻关、地表地质和非震物化探详查等基础上,通过逐级聚焦的工作思路终于明确了油气勘探靶区,为第一口参数井的实施奠定了坚实基础。

◆ 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。



QK-8 天然气水合物钻探试验井气测录井图

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。

◆ 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马镇南约 10km 处的查昂巴剖面发现累计厚度超过 100m 的沥

青显示层。

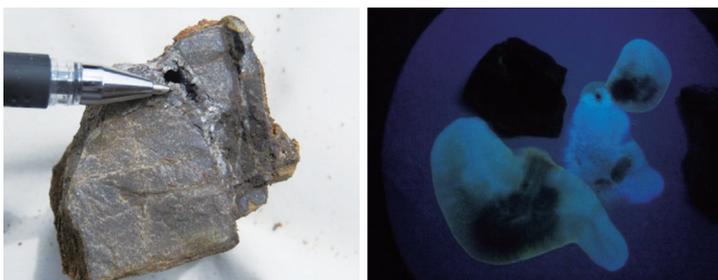
沥青显示剖面位于尼玛盆地南部凹陷边界，距措折罗马镇约 10km，距藏尼地 1 井约 40km。经野外剖面实测，沥青显示剖面分为 27 层，其中 21 层、24 层、25 层、27 层见沥青，

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_2^2n)。

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

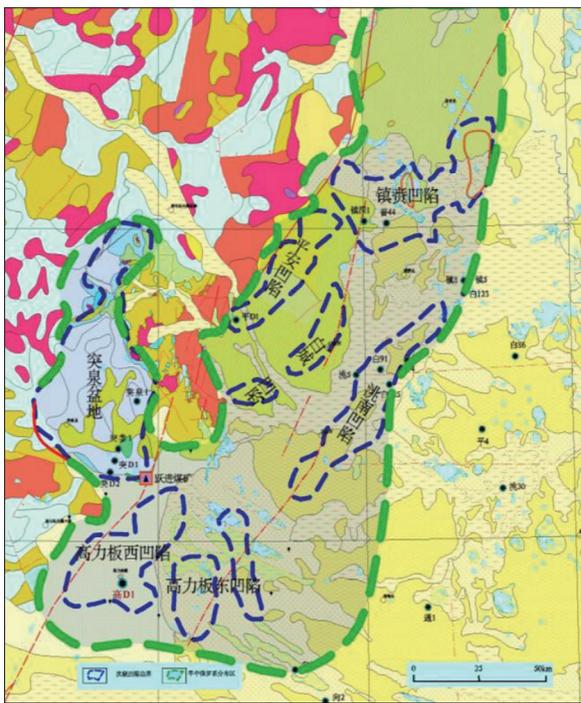
● 松辽盆地西缘地区二叠系与侏罗系发现油气显示

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



松辽盆地西缘中段早中侏罗世目的层系分布推测图

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。

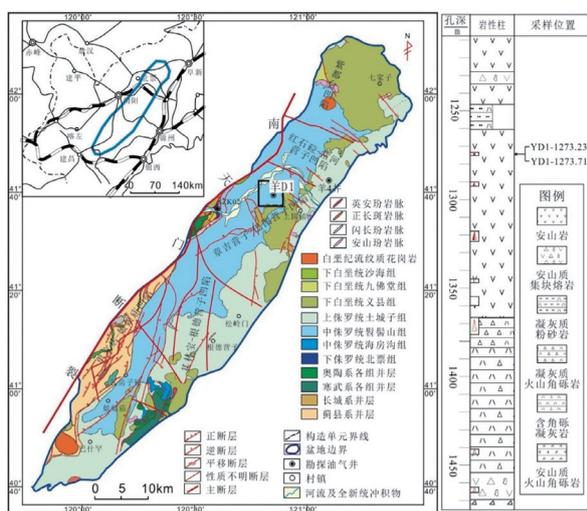
● 松辽外围南部金羊盆地 “羊 D1” 井油气新发现

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。

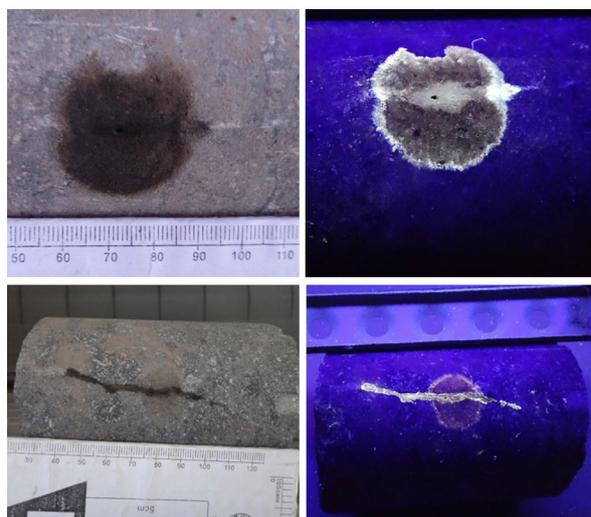
“羊 D1”井在进尺 1273.23 ~ 1273.71m 与 1290.16 ~ 1323.13m 的中侏罗统髻髻山组火山岩的方解石填充裂隙中见油斑、油迹级别油气显示，荧光干照显示为黄绿色，并在

1344.6 ~ 1463.8m 的髻髻山组火山岩中连续见到约 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，



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

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、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。

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。

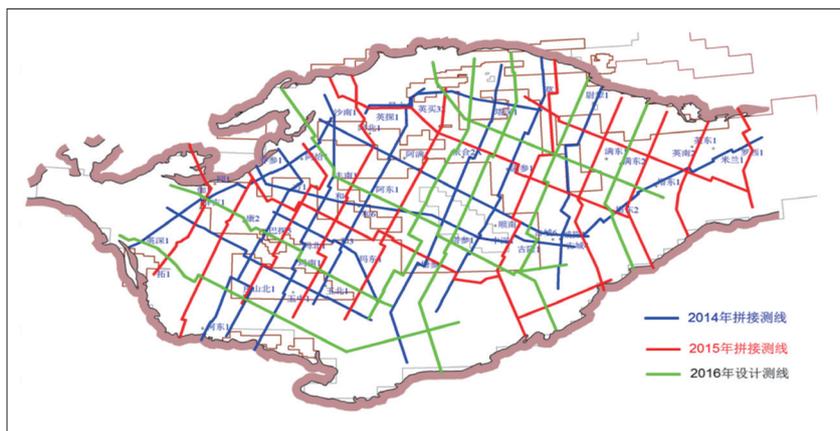
松辽盆地西部斜坡带具有可观的油砂资源前景，如何系统评价整个西部斜坡带，寻找针对性的勘查技术方法，引领油气企业

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

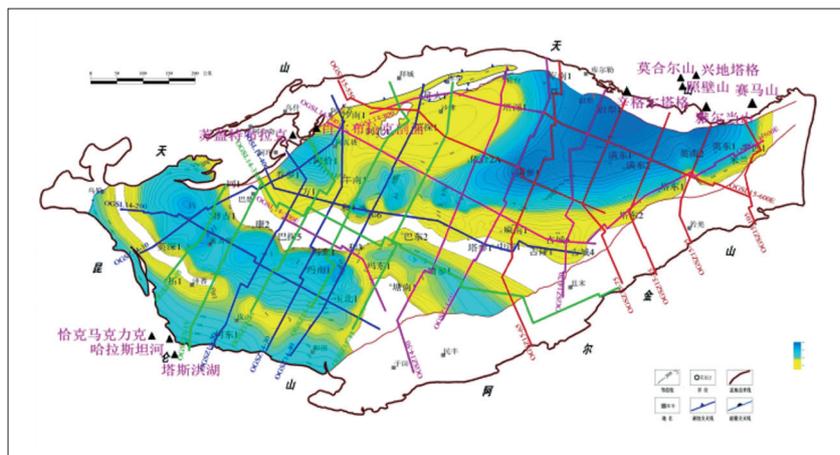
非常规矿种的勘查工作,有助于逐步总结油砂勘查技术方法,为该区下一步勘查工作奠定基础。

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。



塔里木盆地大剖面拼接测线示意图



塔里木盆地裂谷体系分布特征图

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;三是落实中下寒武统膏盐岩沉积面积大约有 $16.15 \times 10^4 \text{km}^2$,中下寒武统蒸发台地相膏

盐岩主要发育在巴楚-塔中地区;四是编制全盆地震旦系,寒武系上、中、下统,奥陶系碳酸盐岩顶面构造图。塔里木盆地下古生界主要表现为“四隆三坳”的构造格局:巴楚隆起、塔中隆起、塔东隆起、塔北隆起和北部坳陷、西南凹陷、塘古坳陷。

综合评价认为,盐下白云岩最有利区为巴楚-塔中中央隆起区,塔中隆起最为有利;巴楚隆起东部和玛东地区作为塔西南古隆起前缘,是下步重点探索区带;震旦系白云岩层系、寒武系古城和罗西两个台缘带是塔里木盆地深层油气勘探潜力区。

该重大项目的开展突破了塔里木盆地两大石油公司

油气矿权限制，搭建了产学研综合研究公关平台，获得的地质成果揭示了塔里木盆地深层地质特征，提升了盆地整体认识，推动了油气勘

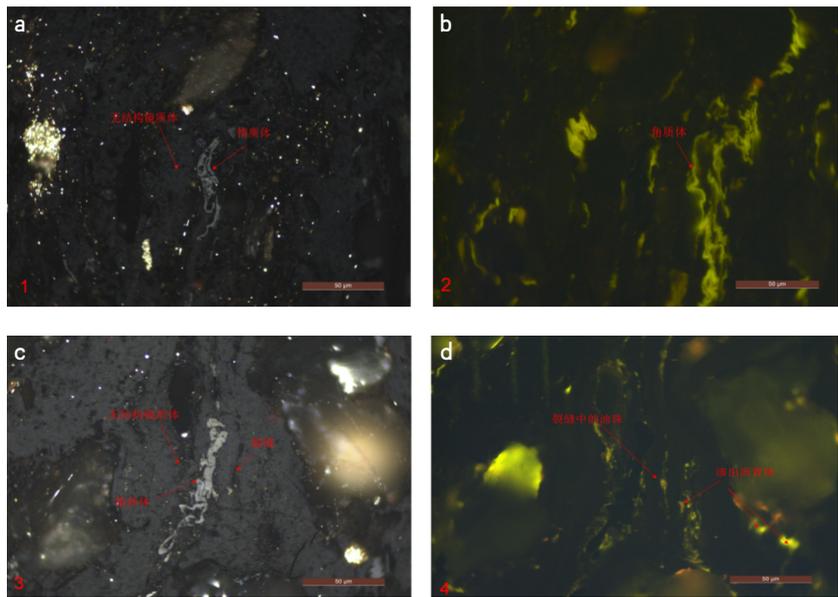
探工作，同时有利于稳定新疆社会经济发展、提高新疆少数民族地区生活水平，具有重要的社会意义。

塔东南拗陷且地1井 钻探发现液态油珠

且地1井位于新疆巴音郭楞蒙古自治州且末县江孜勒萨依村，构造位置位于阿尔金北缘断裂上盘的江格勒萨依向斜南翼，完钻井深1500.23m，完钻层位侏罗系康苏组。在侏罗系杨叶组（井深420~486m）全烃含量在10%~42.3%，C1含量在8%~36.7%，最高值全烃含量为42.3%，C1含量为36.7%。该段测井曲线特征明显，自然伽马值在116~264API之间，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 Ω ·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分为

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



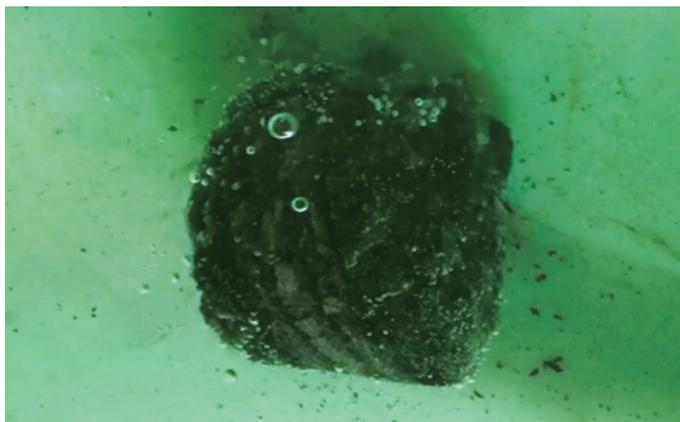
且地1井样品煤显微组分及油浸照片

- 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， $\times 500$

期，已经有液态烃生成和排出作用发生的富有机质烃源岩。

◆ 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



武地1井1491m泥岩岩心浸水实验强烈起泡

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 $0.25\text{m}^3/\text{t}$ ，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。

◆ 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最低的沉积盆地之一。1955年起开展了较长时期的油气勘探工作，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



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

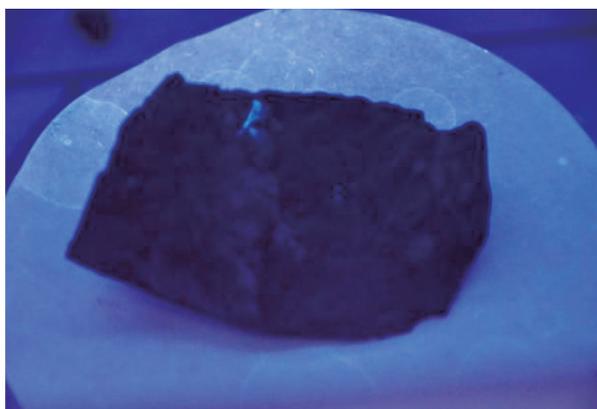
量)的高产工业气流,并产少量凝析油;中石化中原油田分公司在银额盆地务桃亥勘查区拐子湖凹陷实施的第一口参数井(拐参 1 井)钻遇 46.4m 油气层,对 3419.5 ~ 3460m 井段(射孔 22.6m)试油,采用 3mm 油嘴放喷,获日

产 5.86m³ 的工业油流,压裂后采用 3mm 油嘴放喷,获日产原油 56.17m³、天然气 7290m³ 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。

◆ 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。



蓝地 1 井中下侏罗统阿拉坦合力群油气显示

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。



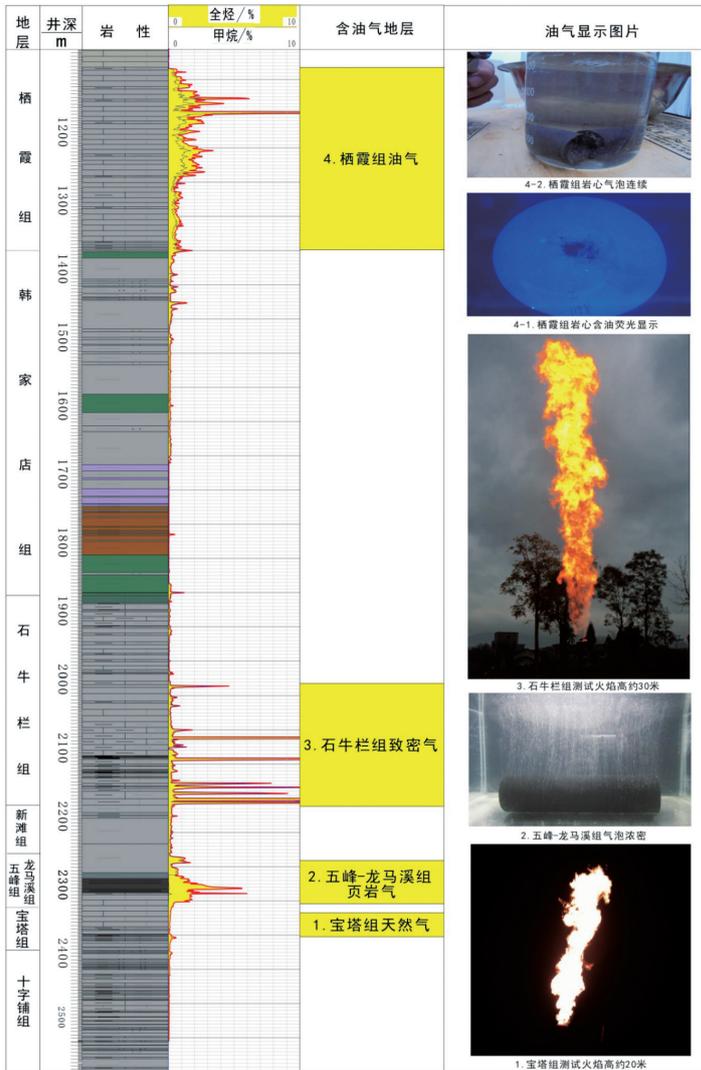
巴林右旗半拉山剖面上二叠统林西组林四段—林五段苔藓虫格架—藻席生物礁

（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“四层楼”油气示意图

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。

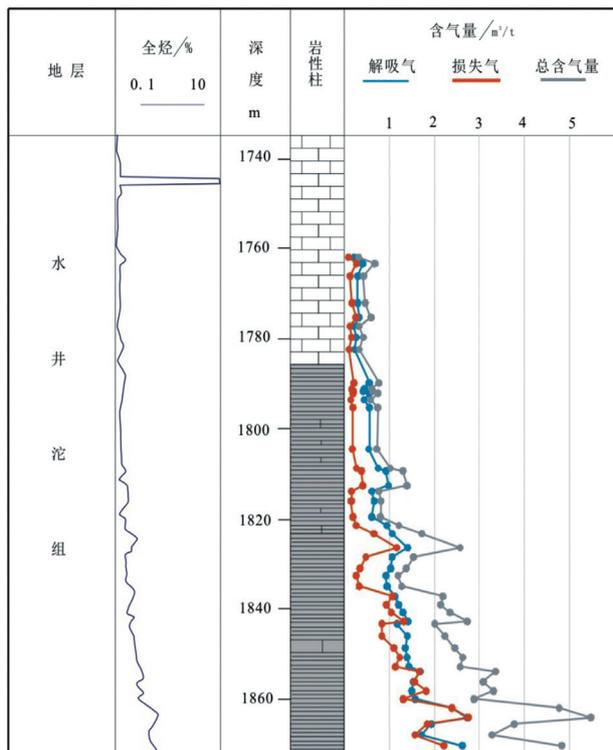
此外，安页 1 井开展了地应力状态精细描述及其与相邻地层的地应力差异分析，对于页岩储层的高效开发及提高资源采收率具有重要意义。研究表明，安页 1 井最大水平主应力方向为近 EW 方向，且随着深度增加，水平最大主应力方向由 EW 向 NW 向发生偏转。

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 S_1 、 S_2 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



鄂宜页1井气测录井曲线

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 $3.86\text{m}^3/\text{t}$ 。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。

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

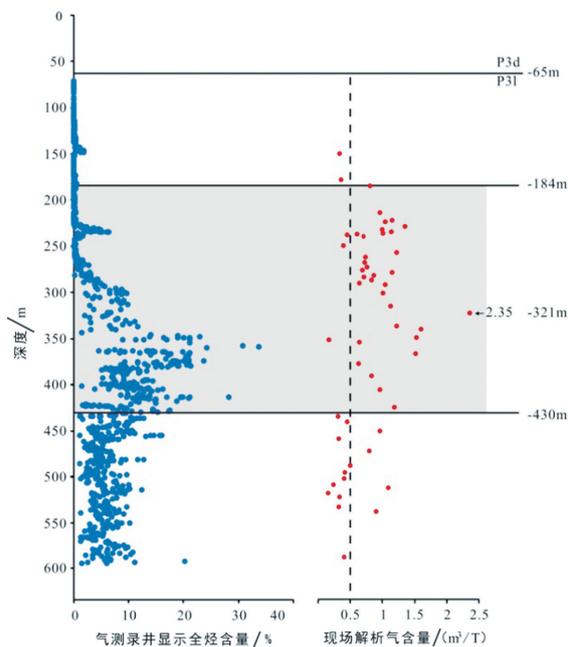
湘中地区 发现多个非常规气新层系

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 $0.21\text{m}^3/\text{t}$ 。



2015H-D3 井气测录井和现场解析值

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%, R_o 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%, R_o 平均为1.47%。

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 $10 \times 10^4 \text{km}^2$ 。页岩气远景区面积



华地 1 井井口气液分离放喷点火

约 $11 \times 10^4 \text{km}^2$ ，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 ~ 50m，埋深 2000 ~ 3500m，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，现场解吸气体量 $0.60 \sim 1.60 \text{m}^3/\text{t}$ ， 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 ~ 5m。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。

◆ 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在 20% ~ 40% 之间，出现三处高峰值，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 0.49m/t，龙潭组暗色富有机质泥页岩含气量较高，总含气量达到 7.49m/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，



点火实验浸水试验

是下扬子地区页岩气基础地质调查工作的重要新发现。

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



秭地2井岩心水浸试验剧烈气泡

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。

◆ 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,

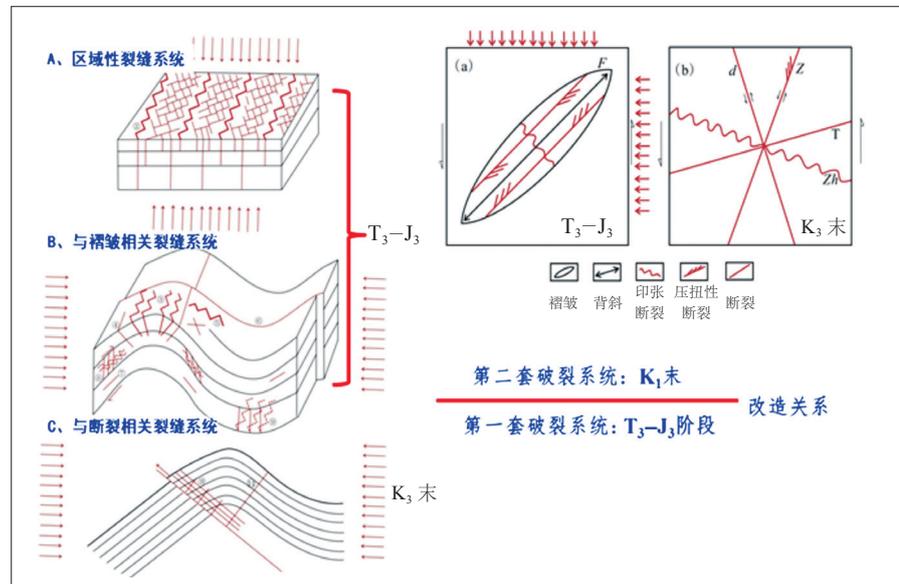
以侏罗纪Ⅲ幕运动为标志,划分为两个大阶段,即三叠纪-侏罗纪阶段和白垩纪-第三纪阶段,其二元结构是南方中生代大地构造的基本特征。

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J3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，认为以华蓥山断裂为界，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



南方裂缝主要成因类型分类及成因模式

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。

◆ 青海柴达木盆地古生界 海相碳酸盐岩发现多套岩溶储层

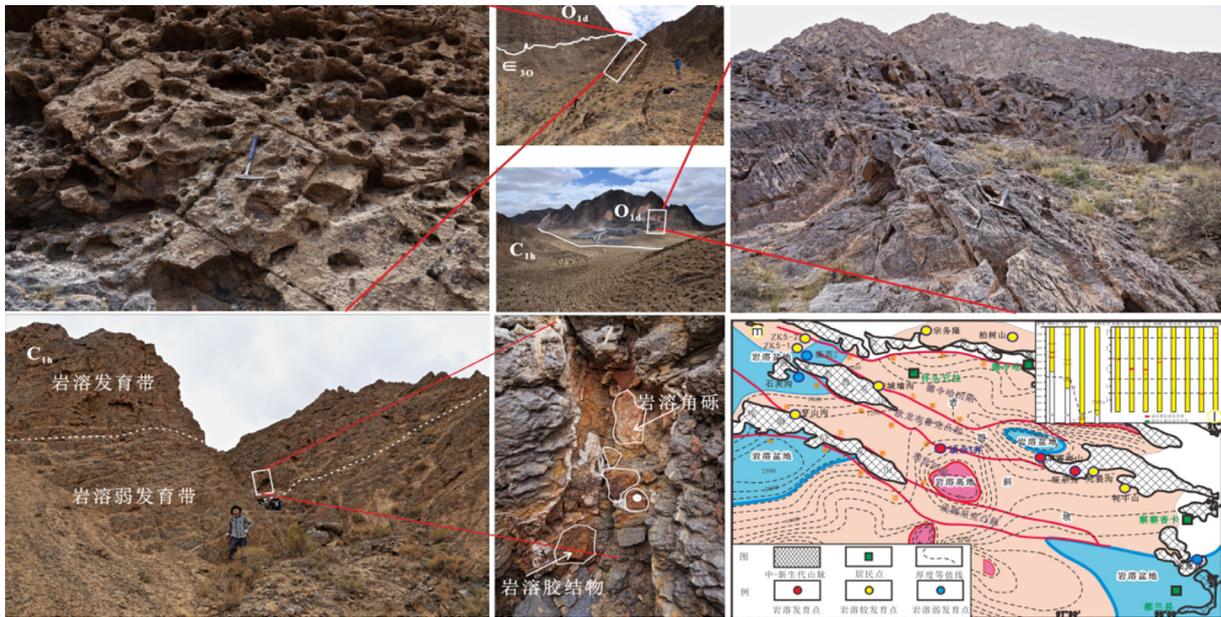
柴达木盆地古生代多套海相碳酸盐层系存在古岩溶表征。石炭系发现古岩溶后，在柴达木盆地奥陶系及寒武系中上部也发现了大量的岩溶缝洞层，标志着柴达木盆地古生界具备岩溶型油气藏发育条件。

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。 O_1d/ϵ_3o 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



柴达木盆地海相碳酸盐层系古岩溶发育图

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。海西一

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。

◆ 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。

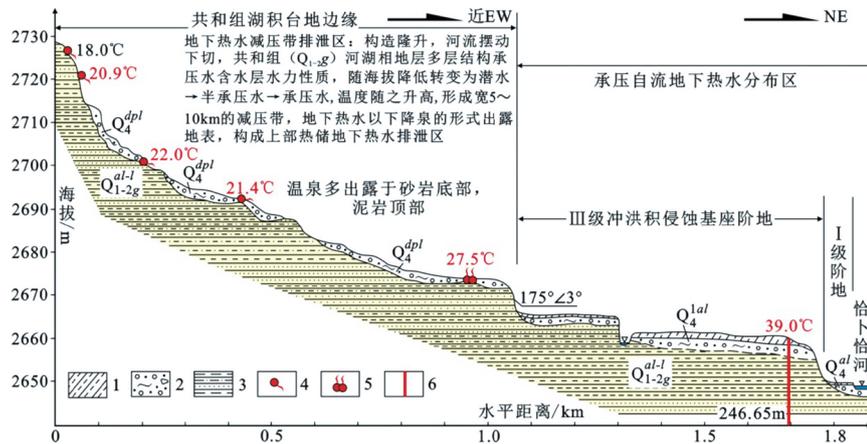
深化认识了共和恰卜恰、贵德热水泉地区地下热水的赋存、分布规律，为支撑地方地热经济精准扶贫奠定了基础。

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，为高原隆升与地热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—穆稜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 ~ 7.40m³/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 ~ 23.32m³/t，泥岩 1.28 ~ 6.61m³/t，砂岩 0.11 ~ 1.55m³/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 ~ 21.21m³/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 ~ 16.77m³/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。



二 重要矿产资源调查

2016年，中国地质调查局矿产资源调查评价方面取得一批重要进展。其中，“三稀”矿产方面，贵州获得铁-稀土矿、富锂铝土矿新发现。贵金属方面，青海、黑龙江分别发现金矿床。黑色金属方面，新疆、湖南、广西等地取得锰矿勘查新进展，山东取得富铁矿新发现。

有色金属方面，藏南、黔西北、新疆等地发现铅锌矿产地，冈底斯成矿带西段发现斑岩铜矿找矿新线索，云南新发现一处铝土矿，湖北新发现一处钨矿。重要非金属方面，塔里木盆地发现钾盐岩层，河南、祁连成矿带发现石墨矿产地。

(一) “三稀” 矿产

● 贵州威宁—水城地区 取得铁—稀土矿找矿新发现

通过在贵州威宁东峰—水城大湾地区开展矿产资源调查评价，在一套铁铝质含矿岩系中发现了铁—稀土矿层。含矿岩系产于峨眉山玄武岩组第三段顶部剥蚀面与宣威组底部之间的地层中，主要分布在一系列向斜构造中，为褐红色—褐黑色铁质黏土岩、浅灰色—灰白色铝土质黏土岩、灰黑色炭质黏土岩，矿层严格受地层、岩相古地理及向斜构造控制。矿层厚度 10 ~ 50m，TFe 含量 10% ~ 20%，稀土

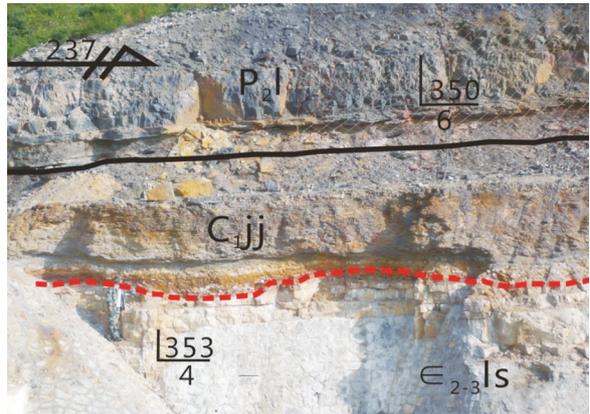
总量含量为 $218 \times 10^{-6} \sim 4029 \times 10^{-6}$ ，平均值为 817×10^{-6} 。稀土矿是峨眉山玄武岩的风化产物，矿石矿物主要为高岭石、蒙脱石等黏土矿物，且高岭石含量越高稀土品位越高，整体与离子吸附型稀土矿床矿石类型与矿石矿物组成相类似。初步估算该区新增铁矿石资源量 $2159 \times 10^4 \text{t}$ ，新增稀土金属量近 $10 \times 10^4 \text{t}$ 。区域上该含矿岩系走向延伸近 50km，厚 1.0 ~ 12.8m，平均厚度约 5.2m，9 个工程揭露区域上稀土总量平均品位为 2381×10^{-6} ， Nb_2O_5 平均品位为 349×10^{-6} ，区域上稀土和铌矿找矿潜力巨大。



贵州威宁—水城地区垂向剖面 (a, b) 和局部铝土矿矿化 (c, d) 野外照片

◆ 贵州黔西 - 大方地区 发现两处富锂铝土矿床

通过在贵州黔西 - 大方地区开展地球物理调查和钻探验证工作，发现了长沟、洒坪模两处富锂铝土矿。铝土矿产于早石炭世大塘期，受由黏土岩、铝质岩、铁质岩组成的九架炉组控制，含矿层位稳定，空间连续性较好。含铝岩系厚度在 1.5 ~ 14.33m 之间，平均厚度为 6.39m，矿体呈似层状、透镜状产出，矿体厚度 0.87 ~ 8.16m。矿体 Al_2O_3 品位为 57.75% ~ 67.46%，平均品位 62.24%，铝硅比 (A/S) 2.73 ~ 6.72，平均值 3.69。初步估算铝土矿资源量 $2143 \times 10^4 t$ 。更为重要的是，含铝岩系中富含锂和铯，其中 Li_2O 最高含量



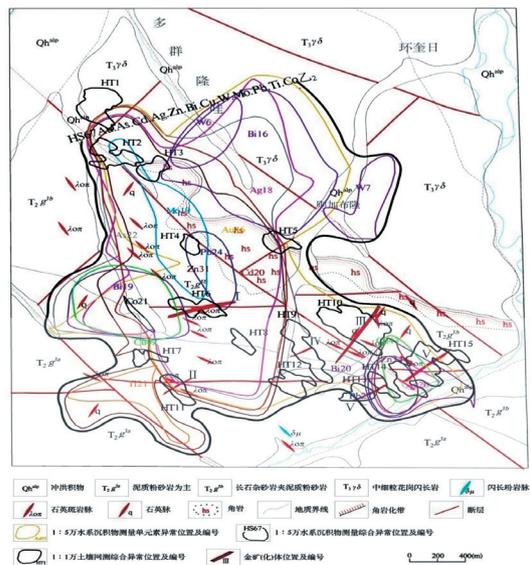
贵州金沙地区含铝岩系垂直剖面

高达 1.09%，在贵州沉积型铝土矿中属于首次发现，其潜在经济价值可能超过主产品氧化铝的价值，这对区域上铝土矿的综合利用水平提高和稀有金属资源找矿勘查具有重要指示意义。

(二) 贵金属

◆ 青海泽库县 发现一处中型潜力金矿床

在西秦岭多群隆哇地区 1 : 5 万区域地质填图的基础上，通过开展水系沉积物化探、地面高精度磁测和山地工程揭露，初步圈定矿(化)体 5 条。其中，I 号矿体产于中三叠世古浪堤组中的石英脉中及层间断层破碎带中，具尖灭再现特征，且严格受控于东北向断裂；沿走向上长 678m，厚度在 0.76 ~ 5.46m 之间，平均厚度 3.67m，带内发现矿化石英脉 46 条，品位在 1.27×10^{-6} ~ 8.32×10^{-6} 之间。同时，在区内圈定了多个地球化学异常，其中



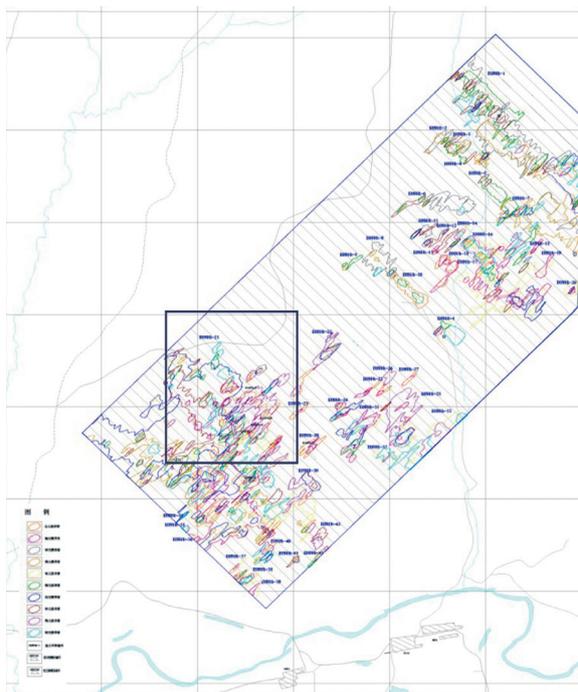
青海泽库县多群隆哇地区地质 - 地球化学异常图

HS67Au-As-Cd-Ag-Zn-Bi-Cu-W-Mo-Pb-Ti-Co 综合异常, 面积 6.54km², 异常元素组分复杂, 套合程度好, 浓度分带明显,

浓集中心强度高、规模大, 指示区内较好的找矿潜力。初步认为具有中型规模金矿资源潜力。

● 黑龙江永新北山地区 发现大型潜力金矿

通过开展地质、化探、磁法、激电等多手段综合地质调查工作, 在黑龙江永新北山地区圈定出找矿靶区。2016年, 商业性矿产勘查以此为找矿线索, 发现了一个具大型潜力规模的金矿床。勘查发现 12 条金矿体及 5 条铅锌矿体, 其中工业金矿体 3 条、低品位金矿体 9 条, 工业铅锌矿体 3 条、低品位铅锌矿体 2 条。初步矿体长 500m, 宽约 400m, ZK175-8 钻孔揭露金矿体视厚度为 38.30m, 平均品位 4.13g/t, 初步估算新增金资源量约 18t, 后续勘查工作有望达到大型以上规模。



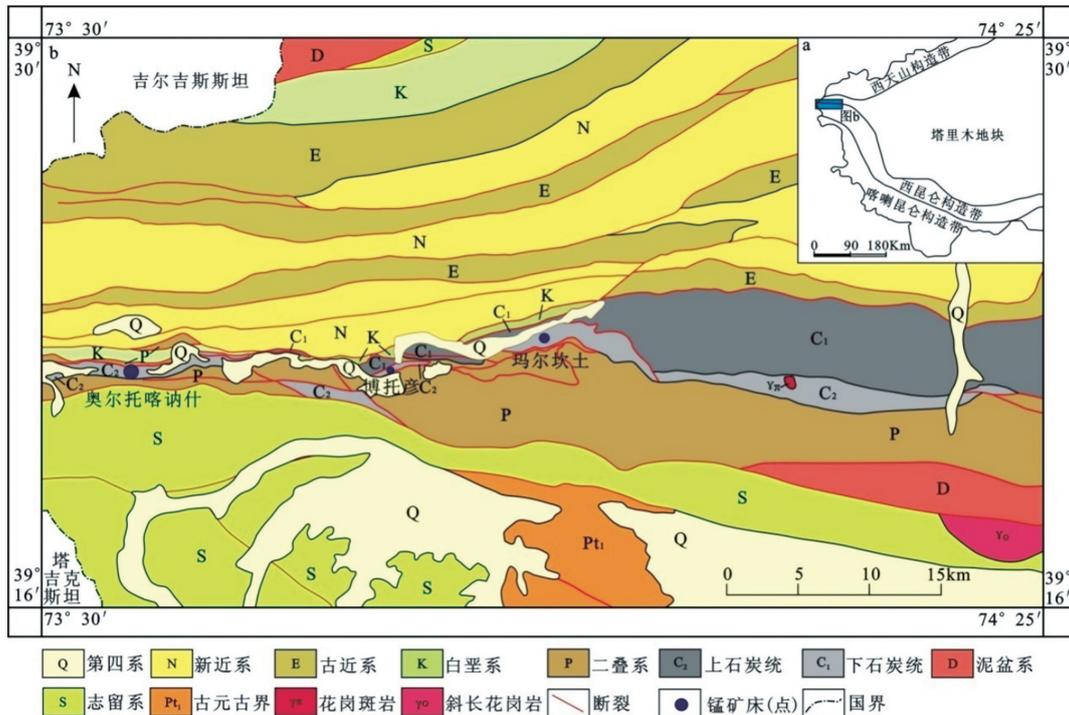
永新北山检查区土壤测量金银砷锑秘铜铅钨钼元素组合异常图

(三) 黑色金属

● 新疆乌恰玛尔坎苏地区 发现大型优质沉积型富锰矿带

新疆玛尔坎苏地区已发现奥尔托喀讷什、玛尔坎土、穆呼等锰矿(点), 通过对区内锰

矿典型矿床研究及含锰岩系分布、资源潜力调查, 提升了区域上富锰矿的成矿规律认识, 揭示出一条规模巨大、层位稳定的富锰矿带。查明了玛尔坎苏锰矿带受晚古生代弧后裂谷盆地控制, 含锰岩系赋存于上石炭统喀拉阿特河组



西昆仑玛尔坎苏地区区域地质矿产图

浅海相沉积的含炭泥质灰岩、长石砂岩、生物碎屑灰岩建造中，锰矿体产出于顶部含炭泥质灰岩。该含矿层位厚度大，含锰层位稳定，向西已延至塔吉克斯坦境内，向东在克其克托尔一带也有分布，含锰岩系长度达到100km以上。

矿石矿物以菱锰矿为主，品位达30%以上，矿石品质较好。初步估算其远景资源量可达亿吨级规模，这将促进实现找矿战略行动锰矿目标，为“丝绸之路经济带”南疆地区构建大型锰矿资源基地奠定资源基础。

◆ 湖南古丈地区发现一处中型锰矿

通过1:5万矿产地质调查工作，在古丈地区龙基寨、龙家寨、大龙、南山村和竹溪等地发现沉积型锰矿，赋存于湘锰组下段黑色页岩底部。矿体呈近等轴状分布，呈层状、似层状、透镜状产出，控制长2.1km，宽约0.9km，面积

约1.3km²，厚度大多在1m左右，含锰岩系厚度越大，锰矿层越厚。矿石类型以条带状矿石为主，局部穿插有石英脉，矿石属低铁高磷贫锰矿石，锰矿自然类型主要为碳酸锰矿石，地表为氧化锰矿石，Mn平均品位16.82%。初步估算锰矿远景资源量619.5×10⁴t，可达到中型规模，该地区南东方向仍有较大找矿潜力。



湖南古丈地区大龙锰矿厚度及自然类型

◆ 山东齐河—禹城地区发现隐伏富铁矿体

山东齐河—禹城地区潘店磁异常是区域上铁矿找矿重要目标区域，基于矿产资源潜力评价和1:5万航磁测量工作，后续矿产资源调查评价和矿产勘查发现厚大富铁矿体。在潘店地区1个钻孔揭露出4层矿体，见

矿深度1157.38 ~ 1296.49m，矿体累计厚度72.73m，TFe平均品位56.75%，TFe平均品位51.70%，品位分布均匀，初步估算资源量 2500×10^4 t以上。齐河县大张地区铁矿2个钻孔发现厚大富铁矿体，见矿深度748 ~ 796m，矿体厚度8 ~ 26m，单工程TFe平均品位在49.50% ~ 58.59%之间，单工程mFe平均品位在45.76% ~ 54.89%，显示出较好的找矿潜力。

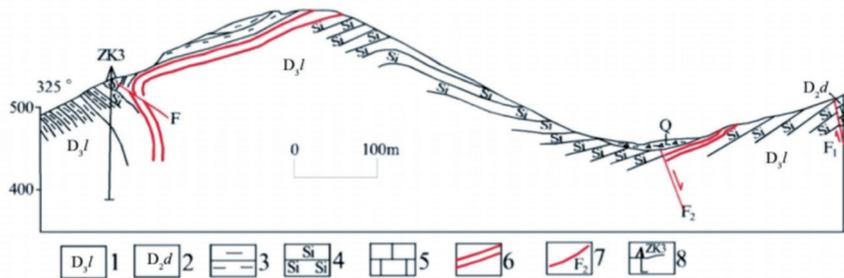


山东潘店地区富铁矿体岩心照片

广西大新土湖锰矿 开辟亿吨锰矿找矿新区

通过在广西大新县土湖锰矿区开展找矿预测和接替资源勘查工作,进一步提升了成矿规律认识,并在矿区深部发现了新的锰矿层。矿区出露地层主要为泥盆系上统五指山组和榴江组,其中榴江组(D_3l)为主要含锰岩系。调查发现土湖锰矿层受上映一下雷倒转向斜所控制,通过一个钻孔揭露发现三层锰矿层,锰矿层厚度为0.64~4.07m,锰矿石品位为10.74%~11.54%。

上映一下雷倒转向斜构造轴向延长大于40km,目前仅在向斜北西翼的下雷锰矿区10km范围内开展找矿工作,预测向斜北西翼深部和外围远景资源量可达 $3 \times 10^8 \sim 5 \times 10^8$ t,不仅为矿区下一步找矿指出了方向,还为区域锰矿找矿工作开辟了新的层位。



广西土湖锰矿04号勘探线地质剖面

1—上泥盆统榴江组; 2—中泥盆统东岗岭组; 3—泥岩; 4—硅质岩;
5—灰岩; 6—锰矿层; 7—断层及编号; 8—钻孔及编号

(四) 有色金属

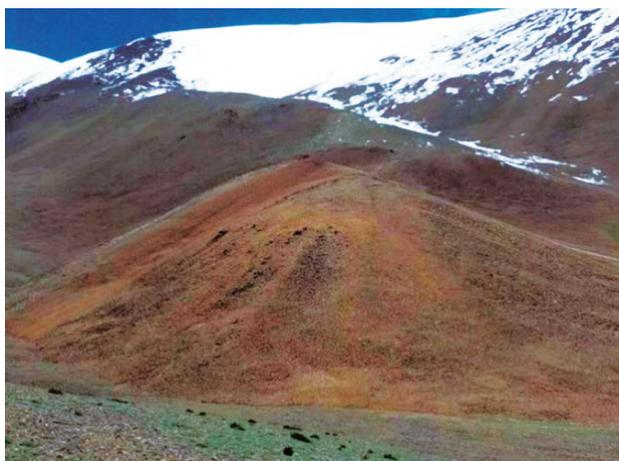
冈底斯成矿带西段调查 发现斑岩铜矿找矿新线索

西藏冈底斯成矿带东段是我国重要的铜矿资源富集区,集中了驱龙、甲玛、厅官、雄村、朱诺等超大型斑岩铜矿床,目前发现和控制的斑岩铜矿带长度约450km,已控制和推断资源量铜超过 3000×10^5 t。冈底斯成矿带西段与东段具备相似的成矿地质背景,但之前尚未发现斑岩型铜矿找矿线索。

通过开展1:5万矿产地质调查等工作,在昂仁县鲁尔玛铜矿区发现较好斑岩型铜矿新线索,新发现的2个含矿斑岩体,分别侵入于中生代碎屑岩系与新生代林子宗群火山岩中,含矿斑岩体为二长花岗斑岩,出露面积约 $0.1 \sim 0.2$ km²,在岩体及与围岩的接触带附近发育钾长石化、黄铁绢英岩化、高岭土化、青盘岩化、硅化等典型的斑岩型铜矿面型蚀变分带,在地表发育强烈的褐铁矿化与不连续的孔雀石化。I号含矿斑岩岩体岩心

发育黄铁绢英岩化蚀变，见较为连续的细脉状与浸染状的黄铁矿化与黄铜矿化，Cu 品位介于 0.2% ~ 0.3% 之间。鲁尔玛矿区斑

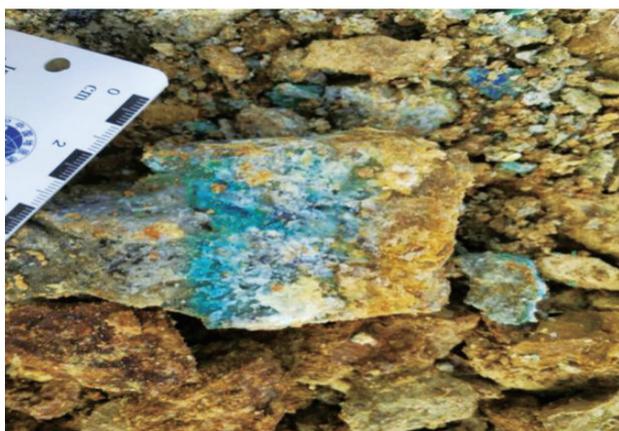
岩型铜矿化新线索的发现，将冈底斯斑岩铜矿带向西延伸了 200km，开拓了冈底斯成矿带新的找矿方向和找矿空间。



鲁尔玛矿区斑岩型铜矿区景观



斑岩转石中浸染状铜矿化



槽探工程揭露的斑岩型铜矿化



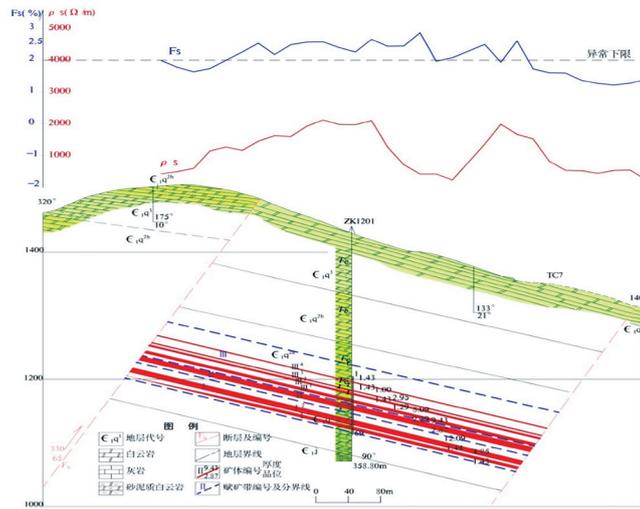
槽探工程揭露的黄铁绢英岩化与褐铁矿化

◆ 贵州织金县新麦 - 水营地区发现大型以上规模铅锌矿潜力

通过对织金县新麦 - 水营地区铅锌矿调查评价，新发现全隐伏于深部的大型规模铅锌

矿。铅锌矿体赋矿地层为下寒武统清虚洞组，矿质主要赋存于较纯碳酸盐顶部及不纯碳酸盐下部，区内铅锌矿“层控”特征较为明显。锌矿矿体呈似层状、透镜状产出，主矿体走向延伸大于 800m，倾向延伸大于 470m，单件样

品 Zn 品位 1.37% ~ 13%，工程锌矿体平均品位 4.69%。矿石矿物主要为闪锌矿，偶见方铅矿；脉石矿物主要为白云石、石英、重晶石、黄铁矿等，矿石主要以浸染状构造为主。初步估算锌 + 铅金属资源量 $54.53 \times 10^4 \text{t}$ ，矿床规模达大型，展现了该区具有较好的资源潜力，助力黔西北铅锌资源基地建设，为推动区域脱贫增加资源保障。

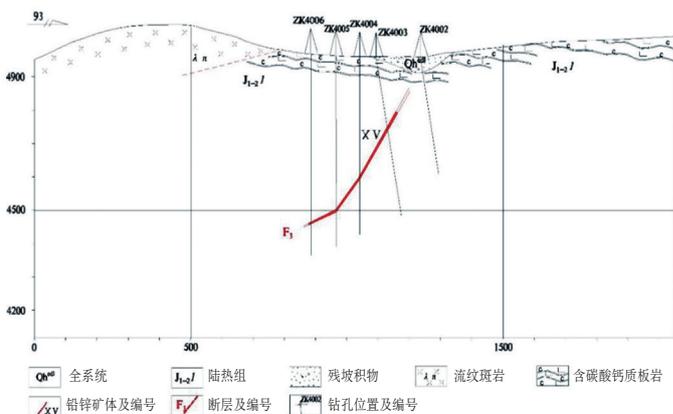


织金新麦 - 水营地区铅锌矿某勘查线赋矿带及矿体产出特征

科技引领促进藏南扎西康新增铅锌资源 20 万吨

扎西康铅锌矿是西藏山南地区重要的超大型铅锌矿床，深部和外围的探矿工作一直在持续。基于区域上地质调查和成矿规律综合研究，认为西藏扎西康铅锌多金属成矿系统受控于错那洞伸展热穹窿构造中的新生代深熔花岗

质岩浆作用，穹窿体外围近南北 - 北东向张扭性断裂系统控制铅锌锑矿体的就位，近东西向压扭性断裂控制金矿体的形成，形成由穹窿向外于不同构造部位依次发育的钨锡矿 → 铅锌多金属矿 → 金矿的金属矿化组合，创新性地提出了扎西康矿集区“伸展热穹窿控岩，张扭性断裂控铅锌，压扭性断裂控金”成矿新模型。新模型应用于扎西康深部及外围勘查实践，指导企业商业性勘查，快速实现科技创新成果的转化，钻探新发现深部多条隐伏的厚大铅锌矿体。其中，控制的 X V 号矿体长 300m，倾深 313m，厚度 8.69 ~ 17.21m，平均品位 Pb+Zn+Sb 10.5%，指示出深部及外围还具有进一步的找矿前景。初步估算，2016 年在前期新增 $80 \times 10^4 \text{t}$ 铅锌资源量的基础上，有望新增铅锌资源量 $20 \times 10^4 \text{t}$ ，将进一步夯实藏南地区铅锌资源基地资源基础。

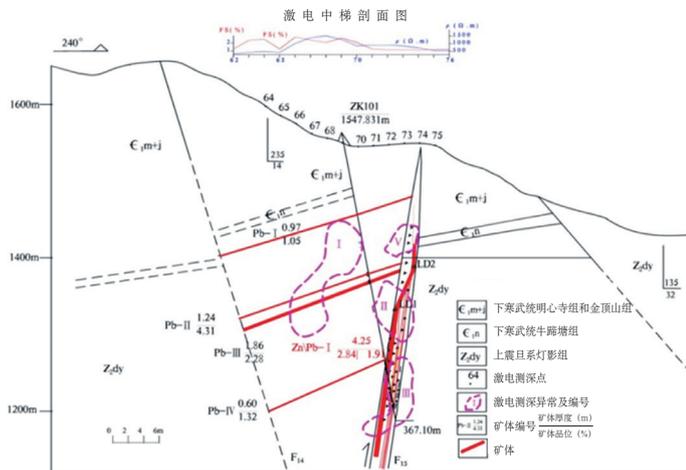


扎西康铅锌多金属矿床 40 号勘探线剖面图

◆ 黔西北五指山矿集区 发现中型规模铅锌矿

在黔西北织金县杜家桥东北部，通过地质测量、激电中梯剖面测量、激电测深与工程验证，在深部揭露出似层状铅矿体4个和大脉状矿体1个，其中大脉状矿体受断层控制，矿体具明显的分枝复合现象。矿体累计厚度达7.56m，锌品位0.55%~7.30%、铅品位0.21%~6.65%。研究认为黔西北五指山地区铅锌矿属典型的密西西比河谷型(MVT)型铅锌矿，北东向陡倾断层早期为压扭性，后期为张性并形成容矿空间，该认识打破了前人该地区层间破碎带找铅锌矿

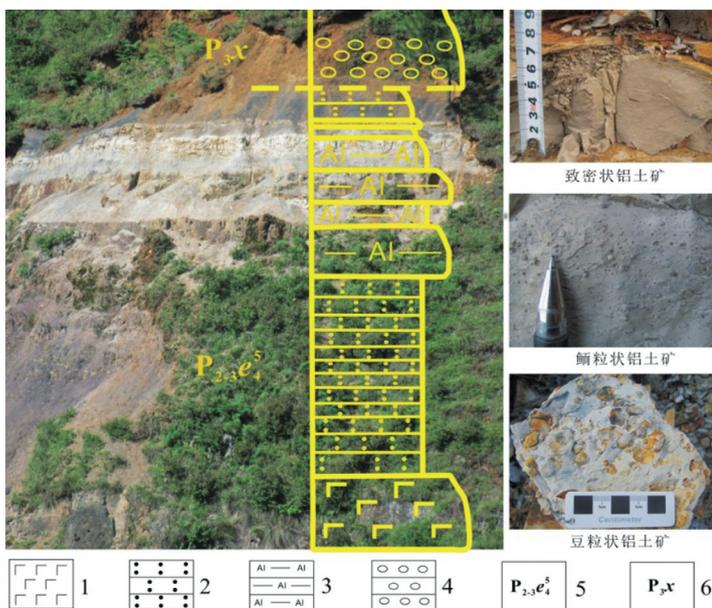
的传统思路。初步估算矿床铅锌金属资源量 13×10^4 t，具有中型铅锌矿潜力，为黔西北铅锌基地建设增加资源保障。



杜家桥东北铅锌矿 I 剖面图

◆ 云南鲁甸县水磨镇 发现大型潜力铝土矿

在鲁甸县水磨镇上二叠统峨眉山玄武岩组新发现玄武岩风化壳沉积型铝土矿，分为海子垭口、新开地、长梁子、猫鼻子4个矿段。海子垭口矿段矿体长3600m，平均厚4.0m；新开地矿段矿体长1200m，平均厚2.3m；长梁子矿段矿体长500m，平均厚3.2m；猫鼻子矿段矿体长1500m，平均厚2.4m。铝土矿体呈层状、似层状、透镜状产出，矿石结构主要为碎屑状、鲕粒状，主要呈致



水磨镇铝土矿产出层位及矿石结构特征

1. 玄武岩；
2. 凝灰岩；
3. 铝土岩；
4. 砾岩；
5. 上二叠统峨眉山玄武岩组四段五亚段；
6. 上二叠统宣威组

密块状构造。矿石矿物成分主要为一水硬铝石， Al_2O_3 含量 45.83% ~ 67.68%， SiO_2 含量 33.83% ~ 11.28%，铝硅比 1.8 ~ 6。通过地表工程控制，四个矿段初步估算铝土矿矿石资源量 2010×10^4t ，镓金属量 1260t，稀

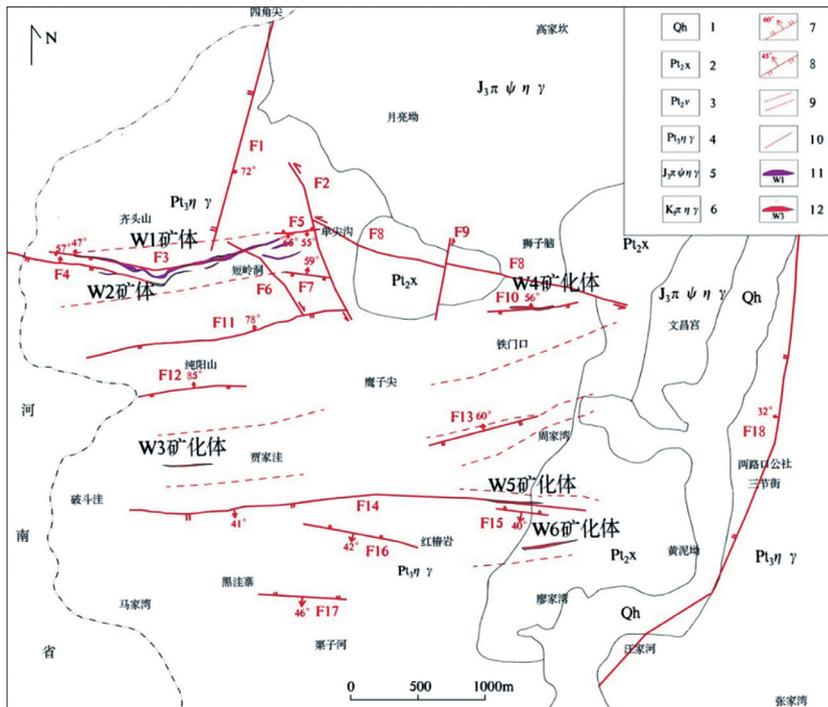
土氧化物总量 1.2×10^4t ，具有大型铝土矿潜力，且与其伴生的镓及稀土也具有中型资源潜力，该赋矿层位为滇东北地区铝土矿的找矿勘查开辟了新方向，为支撑乌蒙山区脱贫打下了矿产资源开发基础。

湖北麻城市白果镇发现中型钨矿

通过在湖北麻城地区开展 1 : 5 万矿产地质调查工作，圈定了水系沉积物钨异常，异

常查证新发现构造两路口热液型两路口中型钨矿床。钨矿体受近东西向及北东向构造控制，矿体赋存于构造破碎带内，赋矿岩石为新元古代黑云二长花岗质片麻岩及闪长岩。初步圈定了 2 条钨矿体、4 条钨矿化体，目前已

控制规模最大的 W1 矿体呈近东西向脉状发育，矿体产状与断裂构造基本一致，主要赋存于碎裂岩化、初糜棱岩化闪长岩和硅化、碎裂岩化二长花岗质片麻岩。矿体控制长度 1800m，控制矿体斜深大于 480m，矿体厚度 1.10 ~ 10.30m。矿体品位 WO_3 在 0.08% ~ 0.53% 之间，平均品位 WO_3 为 0.16%，矿体品位与硅化、褐铁矿化、碎裂化关系密切。初步估算主矿体 W1 资源量 (WO_3) 达 11197.02t，W2 资源量 (WO_3) 达 2959.48t，达到中型规模。

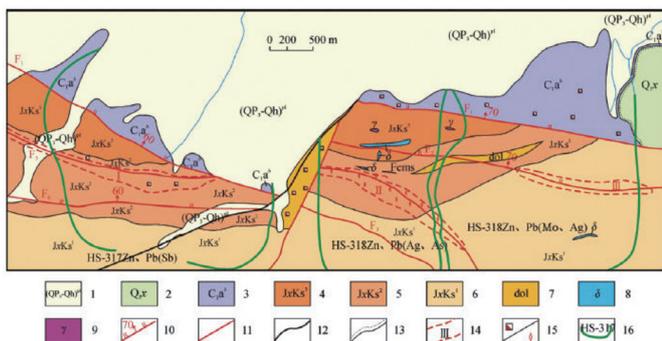


两路口钨矿点地质构造略图

1. 第四系；2. 中元古代基性火山岩组；3. 中元古代变辉长（绿）岩；4. 中元古代二长花岗质片麻岩；5. 晚侏罗世斑状角闪二长花岗岩；6. 早白垩世斑状中粒二长花岗岩；7. 实测正断层；8. 实测逆断层；9. 构造矿化蚀变带；10. 性质不明断层；11. W1 矿体；12. W2 矿化体

新疆赛里木湖四台海泉发现层控中型铅锌矿

通过开展矿产地质调查工作, 在新疆赛里木湖四台海泉地区蓟县系库松木切克群上段圈出了3条铅锌矿化带, 矿化带长约6.2km, 赋矿岩石主要为碎裂岩化灰岩和少量的含炭质灰岩。在公益性地质调查工作基础上, 后续商业性勘查发现层控铅锌矿体, 初步估算探获铅锌资源量 $27.9 \times 10^4\text{t}$, 证实元古宙为铅



四台海泉铅锌矿平面地质简图
 1. 第四系冲积物; 2. 新疆岩群; 3. 下石炭统阿克苏组; 4. 蓟县系库松木切克群第三岩性段; 5. 蓟县系库松木切克群第二岩性段; 6. 蓟县系库松木切克群第一岩性段; 7. 白云岩; 8. 闪长岩脉; 9. 辉长岩脉; 10. 正断层及编号; 11. 性质不明断层; 12. 地质界线; 13. 不整合; 14. 矿化蚀变带; 15. 褐铁矿化/碳酸盐化; 16. 1:5万化探综合异常

锌矿的重要成矿时期, 对新疆天山北部地区铅锌矿找矿具有重要意义。

(五) 重要非金属

塔里木盆地库车坳陷深部发现钾盐岩层

塔里木盆地是中国西部最大的成盐盆地, 蕴藏了巨大的盐系地层, 具有良好的找钾前景。通过对油气钻井岩屑进行观察编录及采样分析测试, 在盆地内库车坳陷西端阿瓦3井2730~3230m井段500m范围内古近系始新统小库孜拜组(E_{2x})膏盐层发现钾矿化(异常), 钾离子含量0.52%~1.44%, 平均值1.07%。阿瓦3井在2780~2940m可见3处钾盐矿化与测井曲线具有较好的匹配关系, 指示钾矿化应为原生钾盐层所致。继羊塔4井、羊塔6井、却勒101井、大北303井等之后, 阿瓦3井钾矿化(异常)的新发现, 进一步证实了库车坳陷深部存在古代固体钾盐矿, 开拓



库车坳陷见钾矿化(异常)油气钻井分布图

了我国深部找钾的新领域。阿瓦3井的钾矿化发育在3000m井深左右, 进一步增强了钾盐钻井水溶法开采研究的现实意义。

◆ 河南西峡—桐柏 新发现大中型石墨矿床

通过开展1:5万矿产地质调查,在西峡、内乡地区共发现12条石墨矿体,赋存在古元古界秦岭岩群雁岭沟岩组,矿体顺层产出,呈似层状、透镜体状;矿体长度330~1650m,宽度1.2~17.40m;矿石类型主要为(云母)石墨方解片岩、片状含石墨大理岩、石墨金云母片岩等;矿石构造主要为片状构造,石墨呈片状集合体,石墨粒

径为 $0.005 \times 0.005 \sim 0.3 \times 1.2\text{mm}^2$,矿体品位3.63%~13.55%,初步估算石墨矿物量 $185.15 \times 10^4\text{t}$ 。另外,在桐柏地区发现石墨矿脉5条,赋存于古元古界秦岭岩群郭庄岩组和雁岭沟岩组;矿体顺层产出,呈似层状、透镜体状,矿体长度450~950m,宽度3~35m;矿石类型主要为石墨方解片岩、石墨大理岩,其次为石墨黑云斜长片麻岩,目估矿体品位3%~10%;随着后续的找矿勘查工作有望取得较好的进展。该区的石墨矿粒径大,品质优,具有可观的找矿潜力。



石墨矿体地表出露特征



矿石标本镜下图像 (Gr—石墨)

◆ 祁连成矿带发现三处 大型规模晶质石墨矿产地

通过开展晶质石墨矿专项矿产地质调查,在祁连成矿带发现了斑红山、金鸿山和大通沟南山三处大型规模石墨矿床。斑红山石墨矿化带多产于大理岩段或构造破碎带中,部分矿体与后期中酸性侵入岩体和大理岩的接触带有

关,部分矿体受区域动力变质作用影响致使矿体沿构造裂隙充填发育,长约8km,宽在20~80m之间,最宽处累计宽约400m。金鸿山石墨矿赋存于侏罗系大煤沟组的砂岩、碳质页岩,石墨矿与煤共生,石墨为煤进一步变质形成,矿化带长11km,宽在5~30m之间。大通沟南山石墨矿化带呈层状、似层状产于条带状大理岩中,与岩层产状基本一致,沿走向

具有尖灭再现、膨胀狭缩和分枝复合现象，矿化带宽在 10 ~ 30m 之间，在走向上在原有基础上向西扩伸约 2.5km。三处矿产地都为晶质

石墨，品质较好，初步估算都有望达到大型规模以上。



斑红山石墨矿化带（左）和大通沟南山石墨矿化带西延段（右）



金鸿山石墨矿化带及矿石照片



三 重要经济区与城市群 综合地质调查

2016年，各重要经济区与城市群地质调查成果斐然。京津冀协同发展区方面，地调成果服务北京新机场、北京副中心、天津滨海新区、津保高铁、京张交通干线规划等重大工程建设；地面沉降地裂缝调查发现宋庄地裂缝；燕山-太行山水文地质调查服务地方经济社会发展。长江经济带地区方面，地调成果支撑苏南现代化建设示范区、江苏省沿海办规划建设，并为嘉兴和台州城市生态红线划定提供可靠依据；发布《支撑服务长江经济带发展地质调查报告》；圈定沿长江傍

河水源地，保障皖江经济带供水安全；长江中游城市群咸宁-赤壁和南昌-怀化段高铁沿线1:5万环境地质调查初步摸清区内环境地质问题；研究重大水利工程对长江下游地质环境影响，并向有关部门提交建议。粤港澳大湾区完成镉、汞、砷环境风险评价。丝绸之路经济带境内段方面，关中-天水城市地质调查成果支撑西咸新区规划发展；柴达木盆地找水支撑水资源保障及四省连片藏区解困脱贫。东北经济区方面，长吉经济圈地质环境综合调查助力长春新区发展建设。

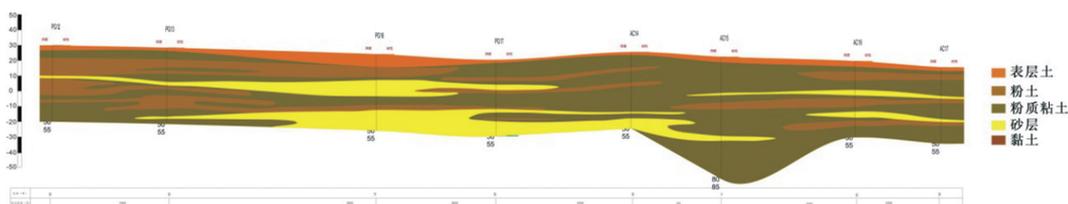
(一) 京津冀协同发展区

◆ 非首都功能疏解区环境地质调查服务重大工程建设

系统开展第四纪地质研究,分析地层岩性和沉积环境,编制第四纪地层研究剖面,对第四纪地层形成过程与不同沉积相地层空间分布规律进行研究,为水工环地质条件分析和主要环境地质问题机理研究奠定了基础。

通过 1 : 5 万重力调查和浅层地震勘探,进一步确定了大兴区礼贤断裂、通州区燕郊断裂和张家湾断裂等主要断裂的走向及空间展布

浅地层剖面、旁测声呐、水深测量等综合物探、海域水动力测量、底质采样、悬浮泥砂测量、潮间带滩面水准测量及海堤专项调查等,系统查明了围海造陆影响下潮间带侵蚀淤积变化、海洋水动力条件变化、悬浮泥砂变化、水深变化、海底底质变化、海堤侵蚀淤积变化,对海堤稳定性进行了评价。获得一批重要实测数据,包括海区底质沉积物组成、现代沉积速率、海堤实测剖面等,定量评价了天津滨海新区百年一遇风暴潮潜在影响范围。

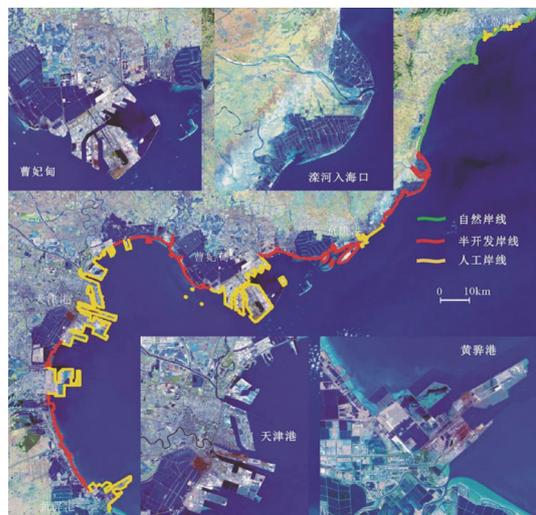


北京新机场建设区工程地质剖面

情况,初步分析了断裂的活动性,为北京新机场地区和北京行政副中心规划调整提供了基础地质资料,对合理避让、降低工程建设风险提供了依据。

在北京新机场、北京行政副中心及周边地区,进行工程地质调查,基本查明工程地质条件,软土、液化砂土等特殊土体的空间分布规律,为北京新机场、北京副中心及周边地区的规划建设提供了基础地质资料。

初步建立围海造陆与浅海区地质环境变化及海堤稳定性综合监测体系:通过浅海区



京津冀沿海岸线现状图

◆ 津保高铁沿线环境地质调查工作稳步推进

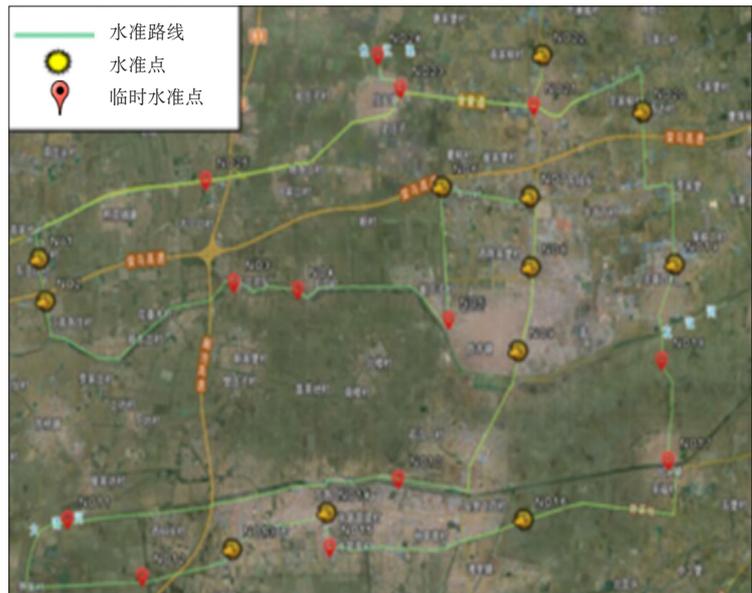
按照 1 : 50000 环境地质调查规范完成胜芳镇幅环境地质调查面积 800km²。初步查明影响工作区内工程建设安全的主要问题为地面沉降、软土地基、水土腐蚀性问题；影响当地可持续发展的主要环境地质问题为水土污染，包括生活垃圾和企业垃圾的随意堆放，钢铁冶炼、家具喷漆、管材加工等污水排放污染，部分地区地下水、地表水影响农业供水和生活用水安全。

通过独流镇幅等 5 个图幅内的地下水位统测与水质现场分析测试发现，浅层地下水位埋深一般在 2 ~ 7m 之间，地下水矿化度在 2 ~ 4g/L 之间。其中，容城幅和白沟幅西侧浅层地下水矿化度 1g/L 左右，浅层地下水开发利用程度较低。区内主要开发利用深层地下水，矿化度普遍小于 1g/L，其中村庄生活饮用水开采层位多在 400 ~ 600m，地下水埋深约在 50 ~ 70m 之间。

针对地面沉降与地裂缝、断裂

分布特征，有针对性地埋设水准点。依据 Insar 卫星监测结果，在前期探勘的基础上确定胜芳镇和左各庄地面沉降区的二等水准测量路线，在津保地铁沿线及沉降中心埋设水准点 12 个并布设若干临时水准点，待水准标石稳定后进行测量。

根据正在廊坊市霸州市胜芳镇尚家堡村开展的胜芳幅水文地质钻探，初步在 270m 深度内发现 3 层较厚的连续砂层，具有较好的出水能力。



胜芳幅 1 : 50000 环境地质调查图

◆ 京津冀地区地面沉降地裂缝调查发现宋庄地裂缝

通州野外调查首次发现宋庄地裂缝。该地裂缝自大庞村东北侧，横穿大庞村、沟渠庄村、

双埠头村，往西南延伸到潞苑北大街，地裂缝长 4.3km，总体走向 40°，地裂缝影响带约 200m，导致受损居民近百户，部分房屋已成危房。通过高密度电法、探槽及示踪试验，揭示了下伏断裂与地表裂缝位置，探测地裂缝发育

深度达 17m。

宋庄地裂缝调查成果一是为北京城市副中心轨道 S6 线等规划选址提供地学依据；二是服务社会舆情关切，宋庄地裂缝已引起当地部分居民的恐慌，项目组采用通俗易懂的语言对百姓讲解，消除舆论隐患；三是推动地质科技创新，提出非全新世活动断裂在特定条件下也可能引起地裂缝灾害的新认识，将进一步丰富北京地区地裂缝成因机理研究理论，对城市防灾减灾提出新思路、新要求。

王庆坨幅极严重沉降区集中在东南部，最大沉降速率超过 100mm/a，一般沉降区集中在东北部，最小沉降速率低于 30mm/a，并提出了地面沉降风险防控措施建议，为地方政府开展地面沉降防控提供了技术支撑。

初步形成京津冀地区地质环境综合监测分区方案，划分出 45 个监测与管理重点区，梳理了各类监测区的主要监测目标和内容，为京津冀地质环境一体化监测及防控管理提供了依据。



宋庄地裂缝分布图

◆ 燕山 - 太行山水文地质调查 精准服务地方经济社会发展

查清了阜平县基岩裂隙水、松散岩类孔隙水、碳酸盐岩类裂隙岩溶水和碎屑岩类裂隙孔隙水空间分布特征。易县广泛出露太古代变质岩及中生代岩浆岩，受控于构造 - 风化裂隙，富水性极不均一；岩体外侧多为元古代碳酸盐岩沉积盖层，具有多层承压水，富水性较好；山前地带新元古代 - 古生代碳酸盐岩、碎屑岩

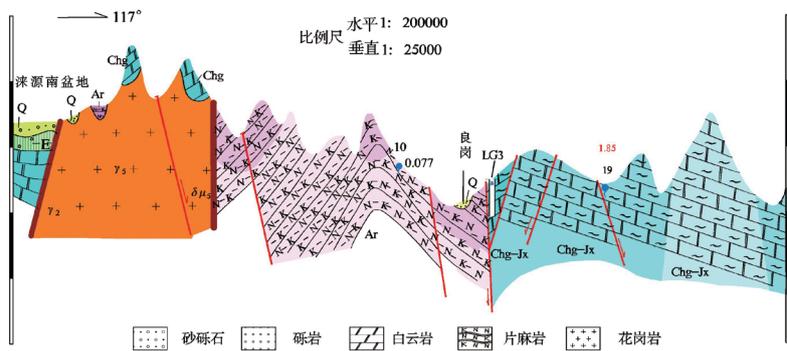
发育，构成多套储盖组合，可形成较好的储水构造。

通过圈定富水地段、实施探采结合孔、编制地下水开发利用区划，开展精准扶贫。2013—2015 年在阜平县实施探采结合井 29 眼，总进尺 3500m，单井涌水量 120 ~ 2736m³/d，总涌水量 17460m³/d，直接解决当地 3 万人饮水困难。2016 年拟实施 26 眼探采结合孔，直接解决 1 ~ 2 万人饮水水源。

发现具有规模地热开发潜力 5 处，地下热

水温度在 25℃ ~ 60℃ 之间。发现富锶、偏硅酸矿泉水资源多处。发现阜平县东北部岩溶地质景观，探洞 4 个，总长度 1553m，为后期该区地质遗迹调查与评价提供了地质基础，是地调项目横向延伸的示范，可直接服务于地方旅游产业建设。

利用 1 : 5 万水文地质调查成果，为阜平县土地整治工程首期开发的 2.8 万亩土地确定集水井位 94 处，单井出水量 960 ~ 7200m³/d，支撑政府重点工程实施。同



司格庄—良岗幅水文地质剖面图

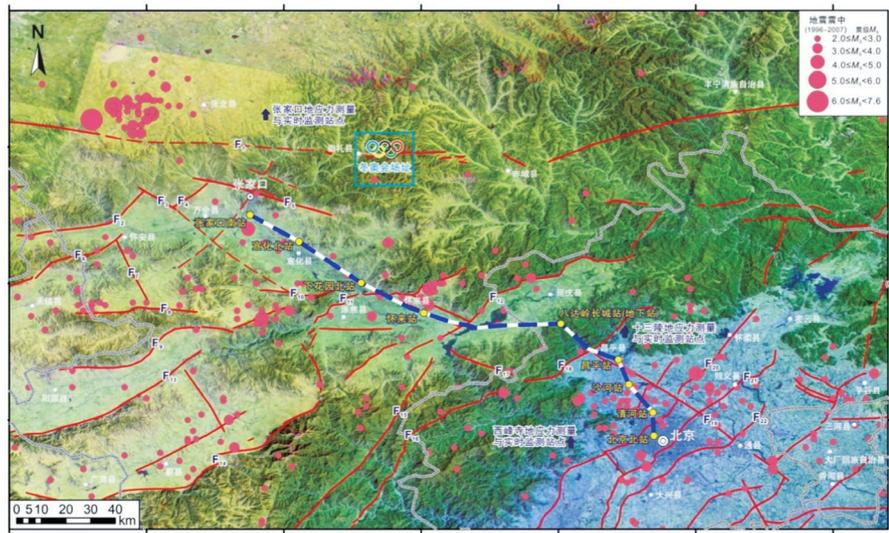
时开展新增耕地土地质量地球化学调查，掌握土地质量地球化学状况，为特色农业资源开发提供依据。

地质调查支撑服务 京张交通干线规划建设

京张交通干线穿越黄庄—高丽营断裂、南口—孙河断裂、南口山前断裂、延庆盆地北缘断裂、怀涿盆地北缘活动断裂、张家口断裂等 6 条主要活动断裂。关键构造部位深孔地应力测量与实时监测结果表明，张北及附近地区地壳浅层现今地应力仍处于相对较高的水平，多数有效应力比值在 $K \mu = 0.6$ 的临界限值上下波动，长期应力变化仍处于调整期，局部软

化断层（具有较低的摩擦系数的断层）有存在潜在失稳的危险性。活动断裂可直接影响交通干线安全，同时诱发地裂缝等地质灾害，进一步威胁交通干线安全。

京张交通干线隧道工程在坚硬侵入岩施工



京张交通干线地貌特征及主要活动断裂和地震活动分布

可能会遇到高地应力和岩爆问题，需重点关注昌平至延庆和张家口至崇礼的山区地段深埋隧道，关键构造部位 600m 深孔水压致裂地应力测量与实时监测结果表明京张交通干线现今构造应力场最大水平主应力优势方向为 NE50° ~ 60°，最大、最小水平主应力分别为 30.91MPa 和 19.51MPa。

京张交通干线沿线历史地震活动频繁，潜

在地震活动可能导致交通干线破坏，同时诱发崩塌、滑坡、泥石流等次生地质灾害，影响交通干线安全。京张交通干线沿线局部发育有地面沉降、地裂缝、采空塌陷等地质灾害。清河—昌平—南口平原区和延庆盆地官厅水库段地面沉降强烈，2015 年地面沉降速率大于 30mm 的线路长度约 14km。怀来县鸡鸣驿地区存在煤矿采空塌陷隐患。

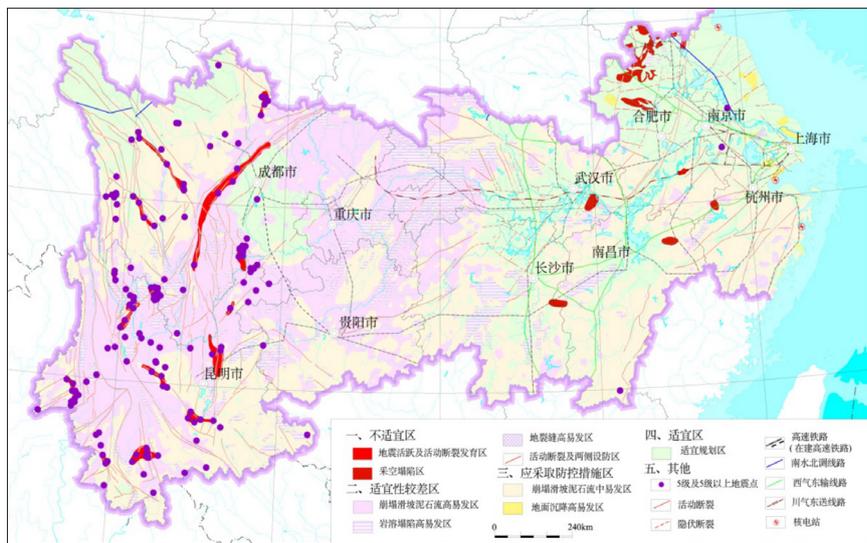
(二) 长江经济带

支撑服务长江经济带发展 地质调查报告公开发布

该报告通过系统梳理长江经济带以往地质调查成果，对长江经济带资源环境条件和重大

地质问题进行了研究，编制形成了支撑服务长江经济带发展地质调查报告，报告获得张高丽副总理批示。

初步研究结果表明，长江经济带耕地、页岩气、地热、锂等资源条件优越：4.5 亿亩无



长江经济带城镇与重要基础设施规划建设地质适宜性图

重金属污染耕地集中分布，绿色富硒耕地 1836 万亩；页岩气可采资源量 $15.5 \times 10^{12} \text{m}^3$ ，占全国 62%，拥有 3 个国家页岩气勘查开发基地，探明储量 $5441 \times 10^8 \text{m}^3$ ；每年地热可利用量折合标准煤 $2.4 \times 10^8 \text{m}^3$ ，相当于 2014 年燃煤量的 19%；锂、稀土等战略矿产资源储量大，稀土、钨等矿产储量占全国 80% 以上，锂、钨、锡、钒等资源储

量占全国 50% 以上，发现亚洲最大的能源金属锂矿床，发现亚洲第一、世界第二特大钼矿床，重稀土储量居世界前列。资源环境条件有利于发展现代农业、清洁能源产业和战略新兴产业。

同时，长江经济带存在活动断裂、岩溶塌陷、地面沉降、滑坡崩塌泥石流等重大地质问题。区内主要活动断裂带有 94 条，岩溶塌

陷高易发区 $23.5 \times 10^4 \text{km}^2$ ，滑坡崩塌泥石流灾害隐患点 10.7 万余处，地面沉降严重区约 $2 \times 10^4 \text{km}^2$ ，过江通道、高速铁路、重要城市群等规划建设应对这些重大地质问题予以高度关注。此外，耕地酸化、地下水污染、矿山环境地质问题比较突出，影响绿色生态廊道建设，应引起高度重视。

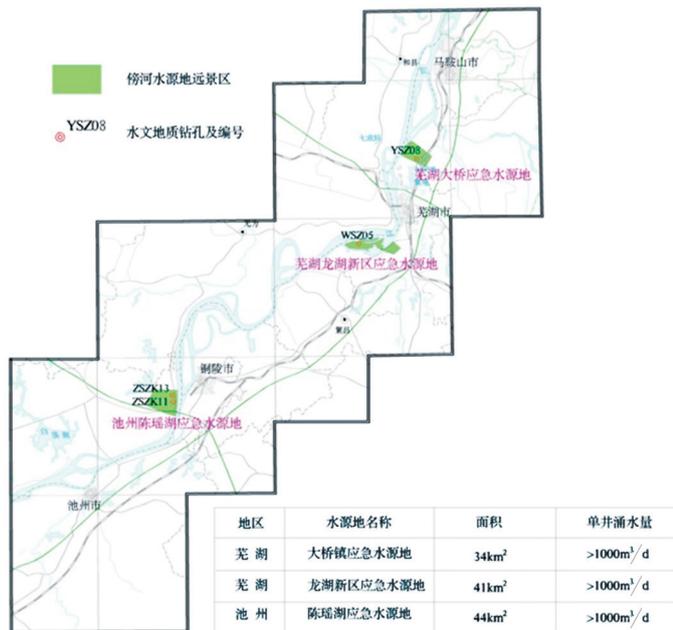
◆ 圈定沿长江傍河水源地 保障皖江经济带供水安全

通过对施工的水文地质孔进行水位监测，分析了长江水与地下水的水力联系，在芜湖地区和池州地区圈定了 3 个傍河水源地。傍河取水是一种地下水和地表水联合开发的形式，地表水经过含水层的天然过滤，可以净化水质，保障沿江地区在特殊时期的供水安全。

根据本次调查和地下水位监测，查明沿江冲积平原地下水资源丰富，单井涌水量均大于 $1000 \text{m}^3/\text{d}$ ，且地下水与长江水有很好的连通性。芜湖地区裕溪口幅 YSZ08 号水文地质孔，位于长江东侧 4km 处，成井时（2016 年 4 月）水位埋深为 1.24m（井管高出地面 0.3m），在 2016 年 7 月初洪水期间静水位埋深为 0.12m，即地下水位高于地表 0.18m；芜湖市幅 WSZ05 号水文孔，位于三山区小州乡（原为江心洲，现与南岸连为一体，规划为龙湖新区），距离长江 800m，成井时（2016 年 4 月）水位埋深约 1.02m，在 2016 年 7 月初洪水期

地下水冒出井口；池州地区周谭幅 ZSZK11 和 ZSZK13 号水文地质孔，距离长江 1km 左右，在 7 月初洪水期地下水冒出井口。

通过本项目调查，在芜湖和池州地区的长江两岸 4km 内的冲积平原区圈定了大桥镇、龙湖新区地区和陈瑶湖 3 个傍河应急水源地，将



皖江经济带傍河水源地远景区分布图

进一步对划定的水源地进行勘查和地下水资源量评价，以保障长江沿岸地区产业发展和城镇的工业及居民用水安全。

◆ 地质调查支撑苏南现代化建设示范区发展战略

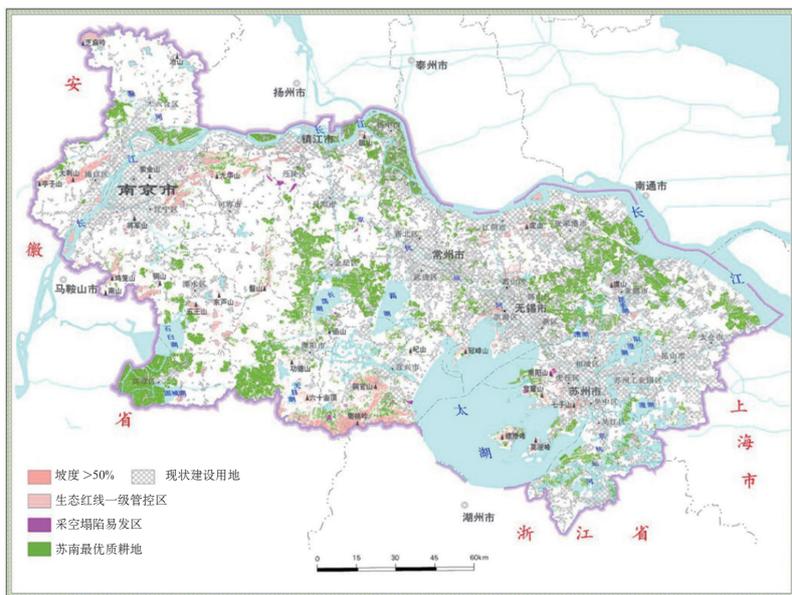
进一步查明了苏南地区资源环境条件和重大地质问题,建议将优质、无污染及富硒耕地优先划入永久基本农田保护区,确保粮食安全;加强保护和开发利用,发展绿色旅游产业;加大清洁能源开发,发展绿色建筑;做好地下空间资源开发利用安全评价,节约集约利用地下空间资源;加强地面沉降和地裂缝监测,保障重大工程安全。

编制了苏南国土资源与重大地质问题图集,综合反映了苏南地质环境背景条件、国土资源分布特征和资源环境承载力,可为苏南现代化建设示范区区域开发政策制定、开发强度控制、国土整治和生态文明建设提供基础支撑服务。

丹阳小城镇地质调查试点,探索建立了“共同策划、共同出资、联合实施、突出应用、宣传转化”的中央和地方合作的后工业化时期地质调查工作的“丹阳模式”。找到日供水量 $10 \times 10^3 \text{m}^3$ 的应急水源地,

圈定了 18.4 km^2 优质富硒土壤地块,查明 38 处宕口区地质灾害特征,项目成果及时服务于丹阳供水管网优化、农业种植结构调整、矿山环境整治,做到成果转化精准服务。

以“需求-供给”为主线,以苏州规划区为试点,评价地质条件对城镇开发边界的影响程度,提出了城镇开发边界调整建议。建议将苏州唯亭镇以北生态红线 25.19 km^2 、优质耕地地区及南阳山附近采空塌陷区 22.53 km^2 调出原城市开发边界,同时将相城区以北 26.32 km^2 、吴江区以南建设开发适宜性好的区域 21.40 km^2 调入城市开发边界。



建设用地强限制性评价图

◆ 江苏沿海经济区地质调查成果服务省沿海办规划编制

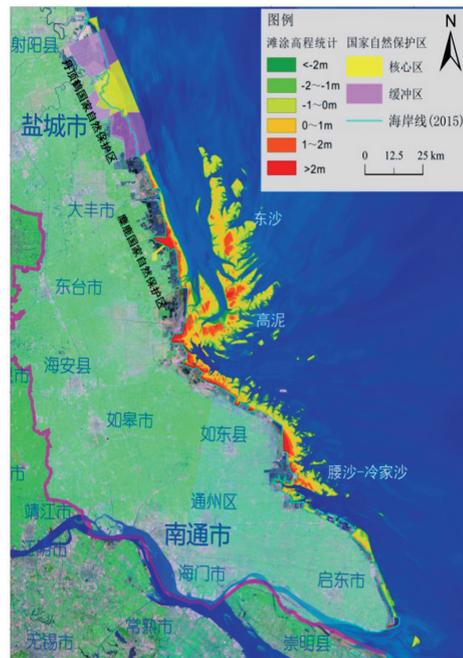
查明了不同高程下滩涂资源现有存量。目前江苏沿海高程(1985 黄海高程)在 -3 m 以上

的可供围垦开发的滩涂资源总量为 293 万亩,其中高程在 $-1 \sim 1 \text{ m}$ 之间占比达到 66%,高程在 1 m 以上的占比为 19.4%,其余为高程较低的潮下带滩涂。江苏中部海岸是最主要的滩涂分布区,其中,大丰、东台、如东及其离

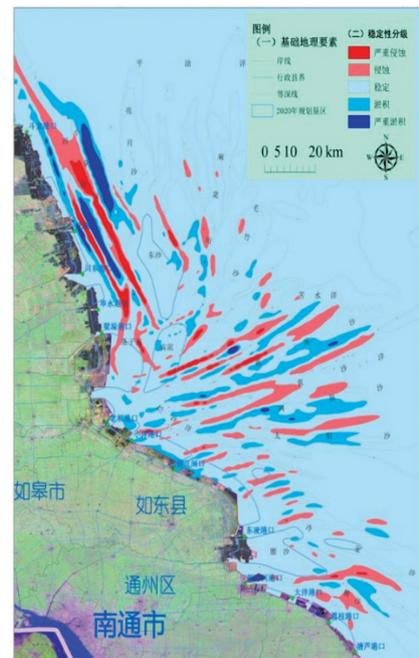
岸沙洲（东沙、高泥、腰沙）的滩涂面积占到总面积的92%，同时滩面平均高程较高，具有集中连片分布的特点。为江苏省政府沿海地区发展办公室开展新一轮的滩涂围垦开发利用规划修编提供了详实的基础数据支撑。

在辐射沙脊群地貌演化机理方面形成了新认识。当顺时针针余环流引起沙脊两侧

沉积物输运率沿沙脊主轴产生梯度变化时，沙脊上相应位置就发生淤高、蚀低，反映在地貌形态上即为沙脊的横向迁移。另外，当离岸沙脊的绕脊沉积物输运环流与近岸沙脊的输运环流，在离岸沙脊的近岸端相遇、交汇，沉积物在此处淤积，使附近沙脊的高程变高。在地貌上体现为离岸沙脊向陆方向迁移、并陆。为江苏省沿海开发集团进行条子泥二期



江苏沿海主要滩涂资源分布图



南黄海辐射沙脊群稳定性评价图

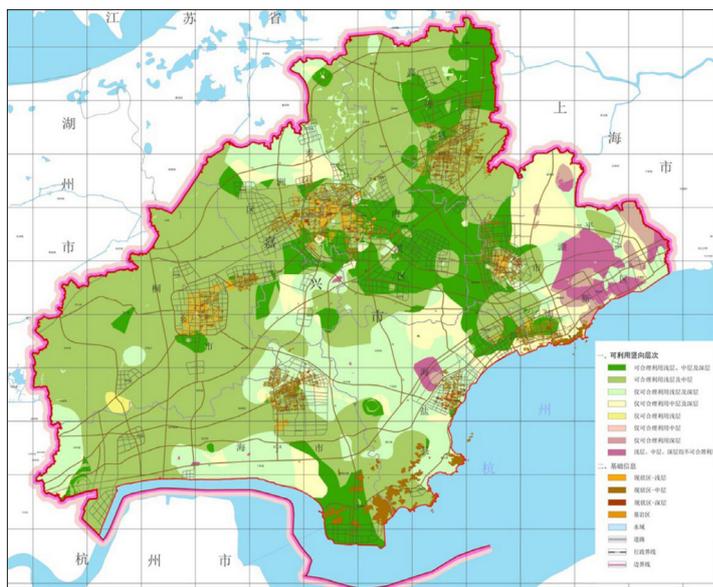
围垦规划制定及环境影响评价等提供了科学有效建议。

系统评价了辐射沙脊群的稳定性特征。辐射沙脊群总体稳定，整个区域总冲淤速率为 -0.009m/a ，表明区域内的冲淤只是泥沙在潮流、波浪等作用下再分配的结果。为相关部门正在开展的海岸线修复治理、海洋生态保护区选址规划等提供了科学依据。

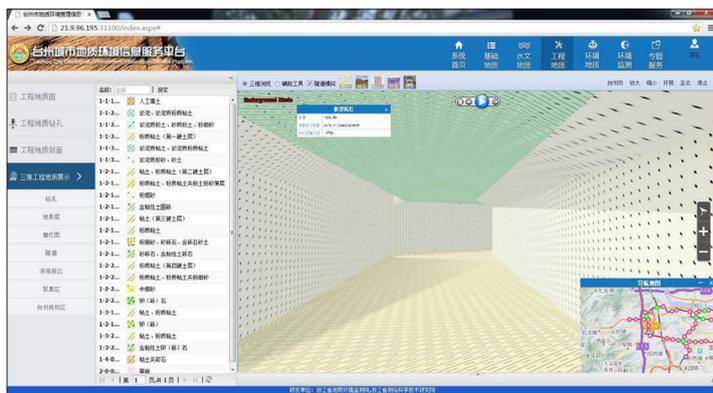
嘉兴和台州城市地质调查 为城市生态红线划定提供可靠依据

基本摸清了嘉兴地质资源家底，对嘉兴市地下60m空间可开发利用资源量和再开发潜力等进行了评估，构建了嘉兴市地下岩土体、含水系统、第四纪地层和基岩面的三维空间结构模型，

科学分析评价了嘉兴市土地资源、地下水资源、地下空间资源等城市资源与环境问题，圈定了11个应急水源地，研发了嘉兴城市地质信息管理与服务系统和地下空间政府决策分析平台。为今后区域地热资源勘查和开发利用提供了科学依据；为乌镇世界互联网大会场馆重大工程科学选址与开发利用论证提供地质支撑。



嘉兴市地下空间开发利用深度建议图



地下轨道交通三维地质层及岩性展示

建立了台州城市规划区第四纪地质、含水层和工程地质三维地质结构，摸清了城市地下载体家底；圈定了3处潜水地下水应急水源地，划定了第 I、II 承压水应急水源地范围；查明了制约城市发展的突发性地质灾害、地面沉降、软土基础、地下水水质、江海岸带稳定性等主要环境地质问题，为科学划定城市生态红线提供了可靠依据；进一步完善了地质灾害、地下水、地面沉降等地质环境监测预警体系，提出了地质灾害防治与地质环境保护对策措施与建议；评价了 0 ~ 3m、3 ~ 15m、15 ~ 30m 和 30~60m 不同深度地下空间工程建设适宜性，为促进土地节约集约利用以及城市轨道交通规划选址等地下空间开发利用提供科学依据；建立了融入“数字台州”的台州城市地质环境信息服务平台，大大提高地质环境管理的信息处理与共享的能力和效率。

长江中游城市群咸宁—赤壁和南昌—怀化段高铁沿线 1:5 万环境地质调查进展

湖北省汀泗桥幅区内覆盖性岩溶地面塌陷隐患较大。覆盖性岩溶地面塌陷分布于咸宁—汀泗桥—官塘驿镇一线的河流冲积平原

区，其上覆第四系松散沉积黏土及少量砂砾石土层，下伏主要为三叠系和少量二叠系碳酸盐岩，该类岩溶地面塌陷突发性强，危害较为严重。

丰城市矿山地质环境问题突出。丰城市幅工区内的矿区地层赋存有 1 层厚达 100 ~ 200m 的巨厚长兴灰岩层，该岩层下部

夹燧石结构，底部硅质增高，岩性硬而脆，富含碳酸钙，可溶性很高，经长期溶蚀作用，溶洞发育。在丰城矿区，煤矿采空塌陷和岩溶塌陷常同时存在，加剧了地表塌陷的危害性。初步分析开采影响造成塌陷主要反映在以下两个方面：①开采后地表拉伸开裂引起岩溶塌陷；②采动覆岩离层开裂引起岩溶塌陷。



曲江镇新居上村煤矿开采的地面沉降导致房屋变形

局部地区存在资源性缺水或地下水枯竭的环境地质问题。汀泗桥幅的官塘驿镇洋家

畈村至汀泗桥镇长冲村、花纹泉村、垄下村等灰岩区，由于岩溶管道的发育，存在资源性缺水的问题。丰城市幅曲江镇—上塘镇一带，由于过量开发利用长兴灰岩岩溶水，造成了地下水位逐年缓慢下降。

长江岳阳段崩岸问题严重。建议汛期对上述崩岸塌陷地段的应急处置，进行抛石处理，稳固基脚。



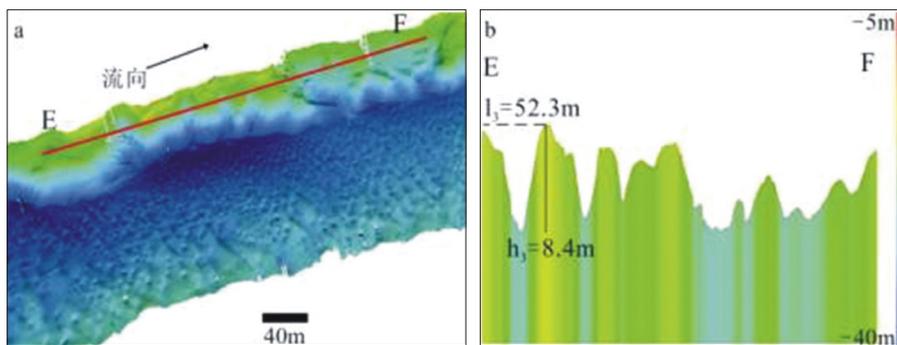
2016年云溪段崩岸

重大水利工程对长江下游地质环境影响研究新进展

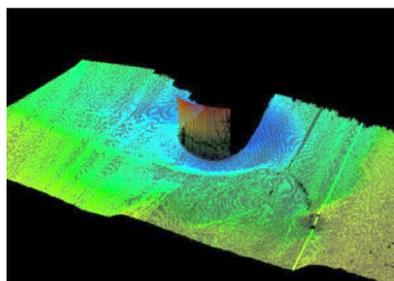
初步研究表明：受上游重大水利工程影响，长江潮区界发生明显上移，潮区界变动河段河槽从淤积为主转为冲刷地貌为主，水下岸坡较陡，跨江大桥桥墩冲刷增大。针对今年7月长江防洪严峻形势，及时向国家防汛抗旱总指挥部提供了“加强重点岸段防汛堤和桥墩安全监察和预警”建议。

通过现场测量、室内分析和研究，获得四个方面新进展：①随着人类活动日益加剧，兴建的诸多水利工程大幅改变了径流的时空过程，进而影响到潮波向上传播过程，最新研究发现长江洪季潮区界与2005年相比上移81.8km，平均上移了105.1km；②潮区界变动河段河槽从淤积为主转为冲刷地貌为主，部分河段冲刷较强，可达10m以上；潮流界与潮区界变动河段河槽水下岸坡较陡，部分水下岸坡坡度可达62%；③对长江下游7座大桥桥墩冲刷地形及

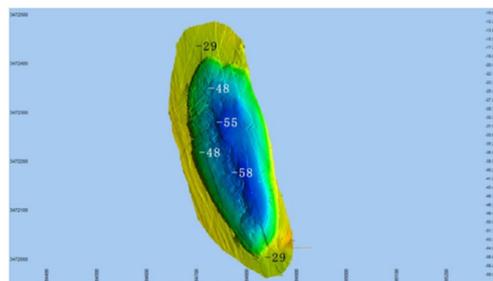
周边床面地貌进行高精度观测,发现7座跨江大桥桥墩局部冲刷深度明显增大,冲刷深度均大于10m,最大冲刷深度达14.8m;④河口段河槽呈冲刷沉积地貌,底沙和悬沙颗粒粗化;床面沙波尺度增大,且不断向海推进,近两年推进速度显著增大;局部岸段大幅冲刷,冲刷深度7~30m。



白茆水道水下岸坡多波束成像图



某长江大桥(南汉)南塔墩冲刷坑图



长江河口局部岸段冲刷深坑多波束成像图

(三) 泛珠三角地区

● 粤港澳湾区完成 镉、汞、砷环境风险评价

依据在中山市三角镇某水稻田采集的地表水、浅层地下水、土壤、水稻样品,分析了样品中镉、汞、砷3种重金属元素的含量及污染状况,对镉、汞、砷在地表水—浅层地下水—土壤—植物系统中的环境风险进行了评价,结果表明:

(1) 该水稻田边河涌内地表水、浅层地下

水中所有重金属元素的含量及pH值均达标,浅层土壤(根际土)重金属元素镉及汞的含量超标,砷的含量未超标,水稻可食部分(糙米)重金属元素镉、汞、砷元素均未超标,说明重金属元素即使在浅层土壤中超标,但在其上生长的植物体内重金属不一定超标,重金属元素镉、汞、砷不易从水—土迁移至植物体内。

(2) 水稻不同部位重金属元素镉含量顺序为根>果实(糙米)>茎叶;水稻不同部

位重金属元素砷含量顺序为根>茎叶>果实(糙米)。镉、砷两种重金属元素在水稻根部含量最大,水稻根部对重金属元素具有明显截留作用。

(3) 该水稻田土壤剖面重金属元素镉、汞、砷含量垂向由浅入深逐渐减小,主要在表层及

浅层(0~1.0m),较难向下迁移。表层及浅层土壤也是植物生长吸收营养的层位,与人类生活息息相关,受人类活动影响大,需要对其进行保护,减少有毒有害物质向表层及浅层土壤的输入。

水稻不同部位镉、汞、砷含量

mg/kg

| 指标 | 镉 (Cd) | 汞 (Hg) | 砷 (As) |
|------------|--------|--------|--------|
| 水稻根 | 0.14 | 未检出 | 14.24 |
| 水稻茎叶 | 未检出 | 未检出 | 0.47 |
| 水稻果实(糙米) | 0.03 | 未检出 | 0.12 |
| 水稻果实(糙米)限值 | 0.2 | 未检出 | 0.5 |
| 超标情况 | 未超标 | 未检出 | 未超标 |

不同深度土壤中镉、汞、砷含量

mg/kg

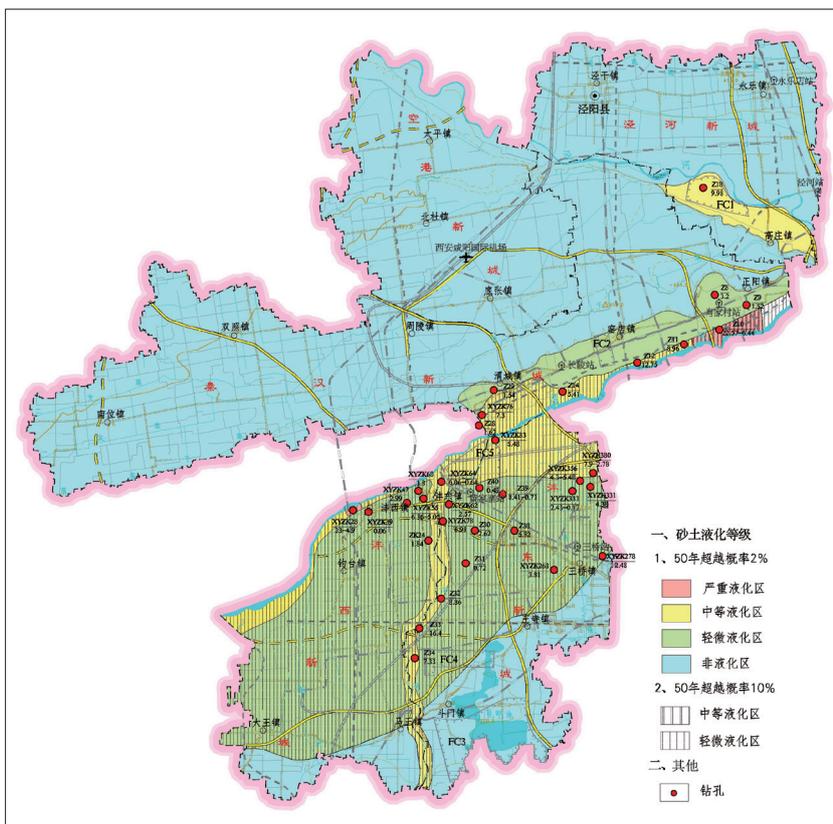
| 深度 | 岩性 | 镉 (Cd) | 汞 (Hg) | 砷 (As) |
|-----------|------------------|--------|--------|--------|
| 0~20cm | 耕植土 | 0.86 | 0.32 | 17.20 |
| 20~50cm | 黄褐色黏土 | 0.78 | 0.42 | 18.20 |
| 50~100cm | 黄褐色黏土 | 0.64 | 0.26 | 20.40 |
| 100~135cm | 黄褐色淤泥质黏土 | 0.67 | 0.14 | 22.00 |
| 1.5~3m | 浅灰色淤泥 | 0.63 | 0.14 | 19.3 |
| 3~5m | 深灰色粉砂质淤泥(含贝壳碎片) | 0.37 | 0.092 | 6.96 |
| 5~7m | 深灰色淤泥(含牡蛎) | 0.38 | 0.055 | 9.09 |
| 7~10m | 红褐色、黄褐色、灰白色花斑状黏土 | 0.29 | 0.12 | 16.80 |

(四) 丝绸之路经济带境内段

◆ 关中-天水城市地质调查成果 支撑西咸新区规划发展

查明了支撑西咸新区发展的7大有利资源环境条件：①西咸新区工程地质条件良好，FC区各土层物理力学性质和承载力总体较好，适宜开发建设；②西咸新区土地质量总体呈现清洁-正常水平，绿色富硒面积约1.5万亩，有利于现代农业和特色农业发展；③西咸新区地下水可采资源量为 $3.5 \times 10^8 \text{m}^3/\text{a}$ ，地下水质量总体良好，可纳入城市应急备用供水保障体系，提高区域供水保证率；④关中盆地地热资源丰富，4km以浅地热量折合标准煤 $267 \times 10^8/\text{t}$ ，为城市节能减排和地热相关产业发展提供了广阔的发展前景；⑤地下空间资源禀赋高，有助于城市地下空间资源开发利用和土地集约高效利用；⑥附近地区天然建筑材料类型多、分布广、资源丰富，能够满足西咸新区城镇建设的需求；⑦周边地质遗迹资源十分丰富且极具特色，利于统筹规划旅游产业。

指明了西咸新区发展需要关注的7个重大地质问题，并提出建议：①区内有2条活动断裂穿过，城市规划和工程建设中应予以关注并规避；②西安地区已发现14条地裂缝，并不断向西咸新区延伸，应管控地裂缝风险；③黄土台塬区存在黄土湿陷与振陷工程地质问题，需按规范予以消除；④区内具备地面沉降形成的地质环境条件，应控制地下水位下降，严防地面沉降发生。



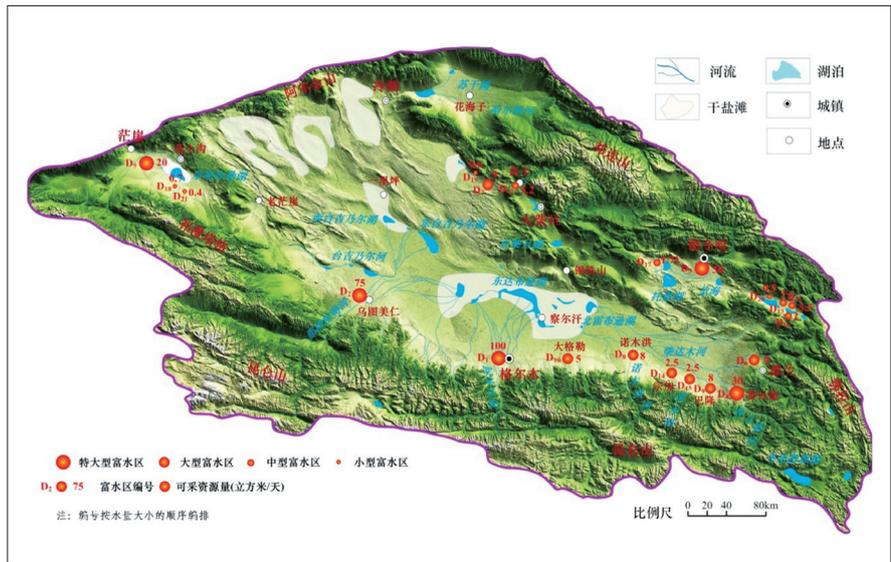
西咸新区砂土液化灾害区划图

◆ 柴达木盆地循环经济试验区 聚焦关键问题，服务社会民生

聚焦循环经济试验区水资源支撑保障及四省连片藏区解困脱贫，推动找水突破。①在柴达木盆地发现并圈定了5处特大型、5处大型、7处中型和4处小型水质优良的地下水富水区，可采资源总量 $314.61 \times 10^4 \text{m}^3/\text{d}$ ，可满足柴达木国家循环经济试验区2020年规划期内90%的水资源需求，为循环经济试验区规划建设提供了水资源依据。②在格尔木市周边荒漠戈壁和劣质水遍布的盐牧区发现了高产优质的地下水水源，并通过实施探采结合，解决了一大批农牧区群众饮水困难问题和发展特色农业脱贫致富的水源条件。在柴达木盆地巴音河流域发现镉含量达 0.45mg/L 、产出水量约 $1000 \text{m}^3/\text{d}$ 的优质矿泉水水源地一处，成为脱贫致富的新要素。

聚焦地下水与植被生态关系等关键问题，加强科学研究，水文地质理论和技术方法创新成果显著。①揭示了柴达木盆地典型河流水文生态系统地下水接受河水补给的空间变异特征，并提出了流域尺度河床垂向入渗系数与粒径的数学关系，构建西北干旱盆地向植被生态约束的关键水文地质参数标准化体系，为准确评价地下

水资源提供了科学依据。②依托国内外先进水文地质科学研究团队和试验测试技术力量，利用惰性气体 ^{81}Kr 、 ^{85}Kr 、 ^{39}Ar 同位素测年技术，大力推进干旱内陆盆地河流水文系统地下水循环演化研究的技术方法创新，提高1:5万水文地质调查成果的质量和技术水平。



柴达木盆地富水地段分布



(五) 东北经济区

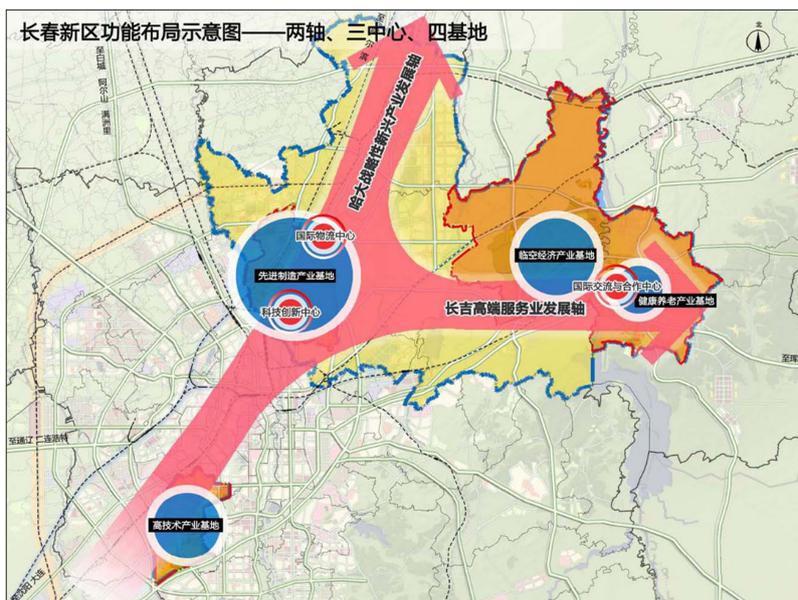
长吉经济圈地质环境综合调查助力长春新区发展建设

总结出助力长春新区发展的3条有利地质环境条件和2条制约其发展的不利地质环境条件,供地方政府在规划发展中参考。

有利条件:①长春新区地质环境总体较好,地质灾害不易发。长春新区位于松嫩平原西南部,主要地貌类型为第四系松散层堆积的波状台地和第四系河谷阶地,这些地区地质环境总体较好,各种灾害较少发生,属地质灾害不易发区;②长春新区工程地质条件较好,不良岩土体较少发育。长春新区总体工程地质条件较好,区内第四系地层多小于20m,下伏白垩系泥岩、粉砂岩等风化层,承载力好,可建设大型建筑;区内普遍发育的第四系黄土状粉质黏土,承载力条件一般,可以做普通建筑地基;③长春新区黑土资源丰富、土壤无污染,肥力高。长春新区内黑土广泛发育,土壤肥沃,土壤中氮平均含量达

1426mg/kg,属于高氮区,Mn、S、 Fe_2O_3 、P、MgO、CaO 营养元素丰富,适合健康养老产业基地建设。

不利条件:①长春新区地下水资源匮乏,后备(应急)水源地不足。长春新区多位于松嫩平原东南部的波状台地区,上部多为第四系黄土状粉质黏土,下伏白垩系泥岩粉砂岩,地下水单井涌水量多小于300t/d,地下水资源比较匮乏;②长春新区各类矿产资源较少。在饮马河河道可采沙和砾料,西营城镇西南部的花岗岩区可产建筑石料,一些黏土地层可生产砖瓦,其他矿产资源较少。



长春新区功能布局示意图



四

地质灾害防治与 地质环境保护支撑

2016年，安排1：5万水文地质调查 4.4×10^4 km，1：5万地质灾害调查 2.1×10^4 km。在洮河流域、安宁河断裂带、青藏高原东缘重大工程区等地质灾害高易发区，选择典型地区开展1：5万崩塌滑坡泥石流调查与风险评估示范，显著提高了地质灾害早期识别准确率和评价精度，为地方地质灾害防治管理提供了重要依据。长江经济带活动断裂与

区域地壳稳定性研究取得新进展，厘定和发现对区域地壳稳定性具显著影响的重要活动断裂带32条。积极推进革命老区、贫困地区以及西南岩溶区和西北干旱区等生态脆弱地区1：5万水文地质调查。建立流域尺度岩溶动力系统中碳循环的概念模型，提升我国在岩溶碳汇计量方面权威地位，扩大我国在气候变化会议上的话语权。

(一) 地质灾害防治

区域工程地质调查助力青藏高原东缘重大工程规划建设

初步编制了青藏高原东部主要活动断裂分布图(1:50万),新发现和厘定了多条全新世活动断裂的位置及其活动习性,为内动力地质灾害成灾背景研究和防灾减灾规划提供了重要基础。

查明了成都—兰州交通廊道松潘段黄土分布特征及其工程地质特性。模拟分析了成兰铁路松潘隧道入口红花屯滑坡稳定性,并提出了相应防治措施建议。

成兰铁路沿线的云屯堡隧道、松潘隧道和红桥关隧道等深埋长隧道穿越的三叠系新都桥组、侏倭组炭质板岩和千枚岩为典型的软岩,隧道围岩大变形问题突出,岷江断裂带的地应力异常和碎裂岩体也是引起隧道变形破坏的主要因素,严重影响隧道工程的工期和安全。

针对在建兰渝高铁穿越甘肃境内临潭—宕昌断裂带的长隧道出现严重变形破坏问题,基于活动断裂调查、水压致裂地应力测

量与实时监测研究,揭示了隧道内现今地应力状态,提出了优化隧道断面形状、避免隧道顶部和底部应力集中的建议,为活动断裂带隧道



兰渝高铁木寨岭隧道大变形特征与关键点水压致裂地应力测量

a- 高地应力引起的隧道大变形特征; b- 测量设备组装;
c- 测量设备调试; d- 地面控制数据采集



甘谷县磐安巨型滑坡局部复活(镜向SW)

优化设计提供了依据。

重点调查了1718年通渭地震触发的磐安巨型地震滑坡特征，查明该老滑坡至今仍为崩塌、滑坡、泥石流地质灾害高易发区，该老滑坡前

缘已发生局部复活，危及公路安全。项目组及时与甘谷县国土资源局、尉家湾乡政府沟通协调，在滑坡危险地段设立了滑坡灾害警示牌，并提出了应急处置与防治措施建议。

◆ 洮河流域下游地质灾害调查 实践新技术新方法

为“地质灾害野外调查数据采集系统”开展全面测试工作。全面采用了手持PAD端的“地质灾害野外调查数据采集系统”进行野外调查数据采集，为该系统完善后在地质灾害调查领域中全面铺开应用打下坚实基础。

开展无人机倾斜摄影在地质灾害调查工作中的试用，探索了地质灾害快速调查评价新技

术、新方法。探索了无人机高精度三维倾斜摄影在地质灾害调查领域应用的可行性，探索不同分辨率影像对地质灾害解译的适用性，最终筛选出适用于新一轮地质灾害调查评价工作的最优化方案。

将中德“兰州市滑坡灾害和风险评价/管理”国际合作研究的阶段性成果应用于洮河流域下游地质灾害调查项目中。引进德国较为成熟和先进的评价和管理方法，构建符合我国地质灾害风险评价和管理需求的中国

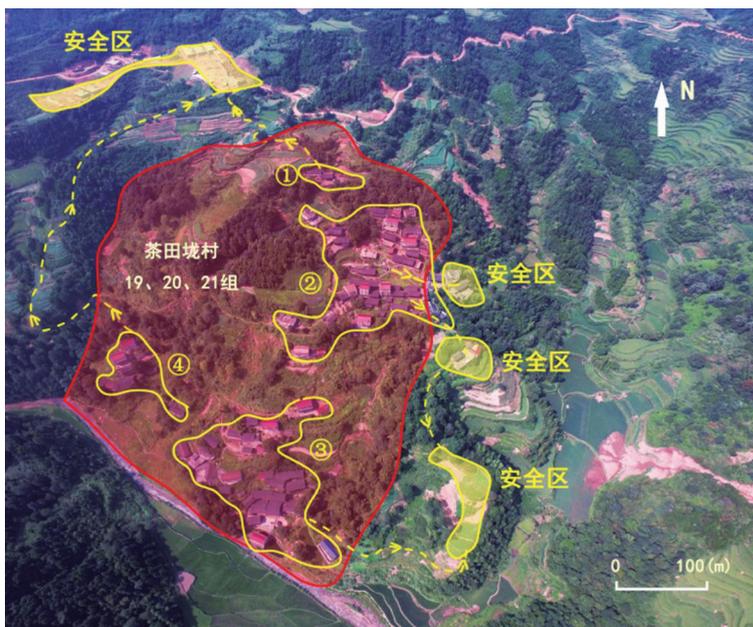
特色地质灾害风险评价和管理体系。同属黄土区的洮河流域下游和兰州市在灾害发育类型、规模、特征、机理方面均有相通之处，因此可将1:5万兰州市幅地质灾害易发性评价指标和评价模型调整后直接应用于洮河流域下游地质灾害调查评价工作。



东乡县那勒寺滑坡无人机三维倾斜摄影影像

新技术拓展地灾调查与监测成果服务链

将多旋翼无人机航拍技术与传统地面调查手段相结合,建立了基于无人机技术的地质灾害调查新模式,优势主要表现在:一是利用“无人机”遥感影像图作为临灾避险底图,提升了



群测群防临灾避险图

图件的可读性、易懂性,形成了地质灾害群测群防工作的新特色;二是协助当地国土部门,

对多处隐患点及其灾害链进行了排查,精准、直观、快速地划分了危险区,拓展了地质灾害应急调查思路;三是以“无人机”调查为先导,有助于调查人员从直观上掌握灾害体及灾害链发育特征,切实提高野外调查效率,开辟了地质灾害快速调查新方法。这一新技术的应用标志着雪峰山区地质灾害调查项目全面进入“无人机”时代。

开发的地质灾害快速监测系统,可在险情发生后第一时间进入现场进行快速布置,具有便易携带、部署快速、功能完备、性能可靠等特点,监测数据可通过北斗、GPRS 通讯实时传输到后台监控中心,为决策分析提供有效的数据支撑。

厘清了地质灾害技术成果转化服务模式,通过参与应急演练、会议培训与宣传等形式,主动对接地质灾害监测与应急需求,成功将先进的监测技术方法应用到

阜平县开荒造地工程地质环境监测、抚顺西露天煤矿巨型滑坡稳定性监测、乌东德水电站泥石流可视化监测等项目。

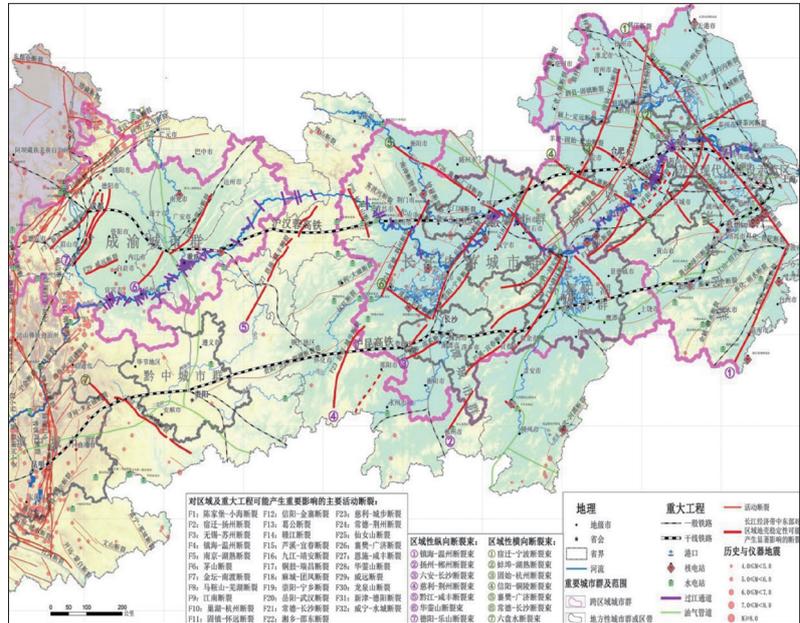
长江经济带厘定和发现重要活动断裂带 32 条

在长江经济带中东部地区(重庆至上海段)厘定和发现对区域地壳稳定性具有影响的重要活动断裂带 32 条。包括:镇海—温州断裂,宿迁—

扬州断裂,无锡—苏州断裂等。其中包括新厘定和发现的 7 条穿越成渝、长江中游和长三角 3 个重要城市群的第四纪以来的活动断裂,从西向东分别为黔江—建始断裂带、常德—荆州断裂带、岳阳—武汉断裂带、鄱庐断裂带皖江段、安庆断裂带、皖江断裂带和无锡—宿迁断裂带。

这些断裂构成控制长江经济带中东部现今地壳变形的具“七纵七横”格局的棋盘式构造体系，这是控制长江水系发展的重要构造因素，也是影响长江经济带中东部地区城市规划建设、重要交通线路、重要能源管线、水电站、核电站等大型工程建设的地质因素。

进一步围绕长三角开展活动断裂的地震精定位,跨无锡—宿迁断裂带、九江—靖安断裂和襄樊—广济断裂等重要活动断裂带的1:5万地表调查,相关的微地震台网观测、构造古地磁测试和构造应力场模拟等调查研究,以及地质雷达、地震反射和MT大地电磁测深探测等探测工作,从而进一步详细查明该区的最



长江经济带中东部地区新厘定的 32 条重要活动断裂带

新断裂活动性与现今地壳运动学特征,其结果将为经济带中东部地区的地壳稳定性综合评价奠定重要基础。

◆ 安宁河断裂带调查总结形成 4 种断裂带对滑坡控制模式

基于斜交斜坡的断层控制滑坡模式。滑坡所在斜坡坡向与断裂带走向基本垂直或大角度相交,滑坡一侧或两侧边界受断裂带控制,甚至断裂带直接构成滑坡侧边界,滑坡前缘和后缘受地形地貌控制。典型如秧田沟滑坡。

基于顺倾或反倾斜坡的断层控制滑坡模式。滑坡所在斜坡走向与断裂带走向基本一致,断裂带倾向坡外或坡内。当断裂带倾向坡外时,

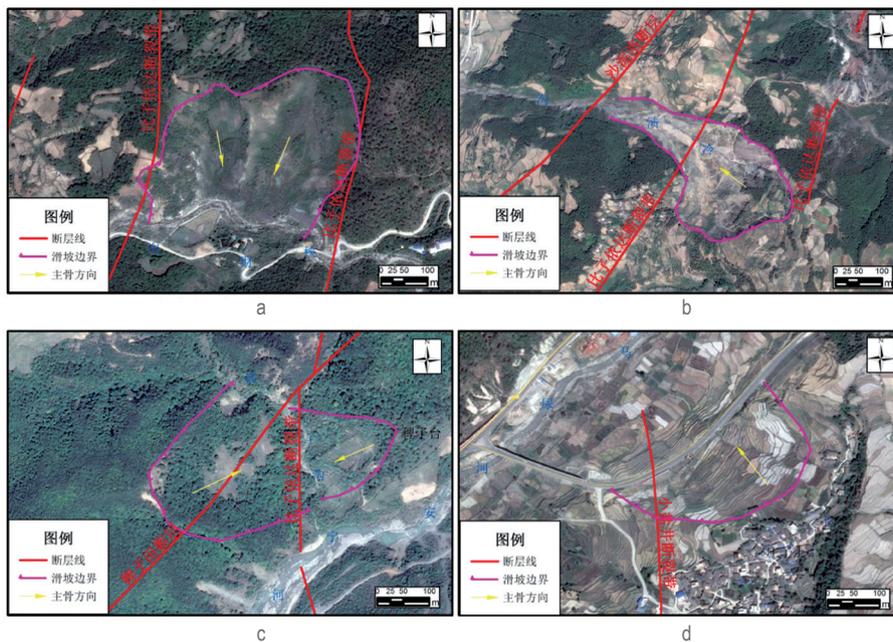
断裂带可直接构成滑坡后缘。当断裂带倾向坡内时,断裂带影响斜坡岩体破碎解体,特别是多条断裂对斜坡岩体的影响更甚,导致斜坡岩体稳定性降低从而形成滑坡。典型如冷渍沟滑坡。

基于多条相交断裂控制滑坡模式。表现为滑坡后缘、侧边界、规模和平面形态均不同程度受多条相交活动断裂影响,滑坡主滑方向与断层走向之间无明显相关性,多与地形地貌、河流、工程切坡有关。典型如稗子台滑坡群。

基于导水性变化断裂控制滑坡模式。此类

滑坡通常位于断层破碎带或附近区域，由于断裂的影响和控制作用导致地下水流向发生改变，局部地下水富水区岩土体力学性能降低从而形成滑坡，典型如庄子上滑坡。

总结的断裂带对滑坡控制的 4 种模式，为进一步认识断裂带对滑坡影响，支撑服务安宁河断裂带沿线重要城镇和重大工程防灾减灾提供地质基础资料。



断裂带对滑坡控制 4 种模式示意图

a- 秧财沟滑坡平面示意图； b- 冷渍沟滑坡平面示意图； c- 稗子台滑坡平面示意图； d- 庄子上滑坡平面示意图

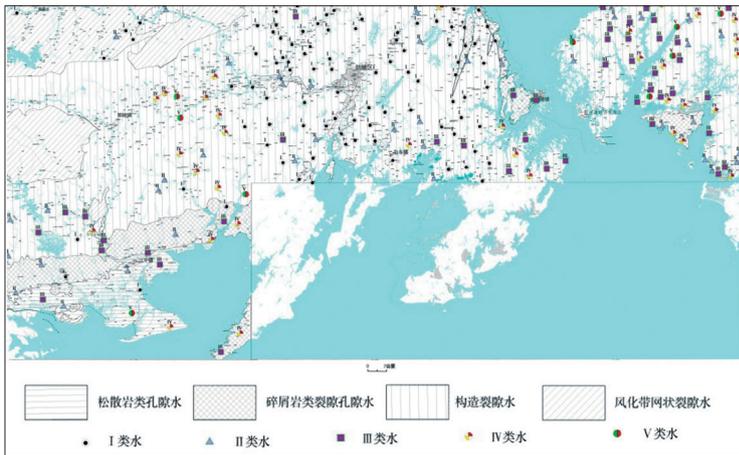
(二) 地下水资源与环境

查明防城港地区水文地质条件 勘探出优质红层地下水水源地

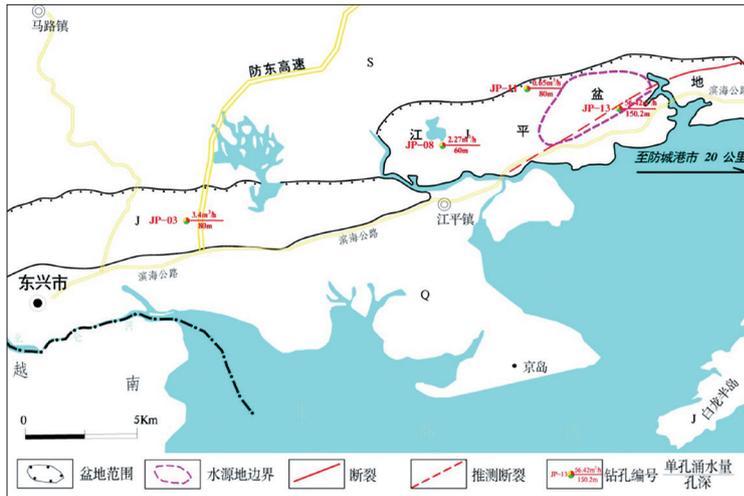
根据含水层的水理性质，地下水的赋存条件和水力特征，工作区的地下水可划分为松散岩类孔隙水、碎屑岩类裂隙孔隙水和基岩裂隙水三大类型。

防城港地区地下水资源量为 $73431.75 \times 10^4 \text{m}^3/\text{a}$ ，地下水可开采资源量为 $43993.25 \times 10^4 \text{m}^3/\text{a}$ 。由于地表水资源丰富及该地区的水文地质条件所决定的较差富水性含水岩组，地下水利用率较低。

防城港地区地下水质量普遍较好，其中 I 至 III 类地下水占 80.8%；IV 类水地下水占



防城港地区地下水质量评价图



江平盆地水源地示意图

15.2%；V类地下水占4%。超标水质主要分布在那梭镇以东、华石镇以西，即防城江上游东西流向的支流附近和防城江东岸、钦南南部地区以及江平、龙门部分沿海地区。

在广西壮族自治区东兴市和防城港市港口区之间江平盆地，勘探出优质红层地下水水源地。探明芋蒙坑至江平一带，主要为侏罗系上部碎屑岩裂隙孔隙潜水含水层和侏罗系下部裂隙承压水含水层组成的双层含水层结构。这一红层盆地找水突破可保障当地缺水地区5000人以上的饮水安全。同时，防城港市是“一带一路”国家合作重要边境城市之一，该地区找水的重大突破，将为地方经济建设提供水资源保障。

◆ 乌蒙山水文地质调查 助推“鸡鸣三省”地质公园申报

经过调查，认为这一带具备建立地质公园的良好条件，地科院岩溶所积极响应国家精准扶贫的号召，项目组与贵州省毕节市七星关区政府精准对接，依托《乌蒙山连片贫困缺水地区1:5万水文地质调查》项目，开展毕节七星关沔鱼河至

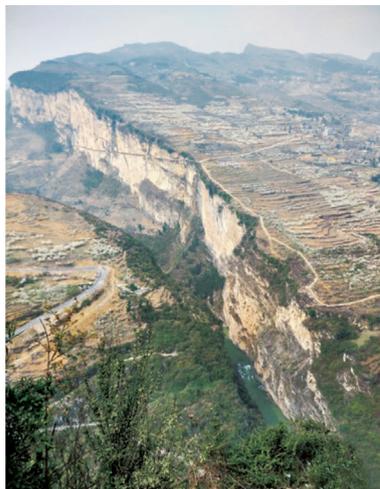
“鸡鸣三省”地质公园的调查工作，争取建立省级地质公园，带动当地居民脱贫致富。

目前，地质公园野外调查工作已经全部完成，基本查明了区内地质遗迹类型、特征。区内地质遗迹景观类型多样、种类齐全，包括溶洞、天生桥、石林、溶丘、天坑、伏流、岩溶峡谷等地质遗迹景观。其中，沔鱼河天生桥规模宏大，轮廓美轮美奂，令人遐思；月亮山石林怪石嶙峋，

姿态万千，引人入胜；响水天坑斧劈刀削，神秘深邃；老鹰洞规模宏大，大型石钟乳密度国内罕见，精致的“霸王盔”独领风骚；渭河、赤水河峡谷壁立千仞，鬼斧神工、连绵不绝。现已将查明的地质景观资源向当地政府作了汇报，并就地质公园申报相关事宜进行意见交换与沟通，得到了当地政府的赞赏与认同。



红色革命纪念塔



鸡鸣三省大峡谷

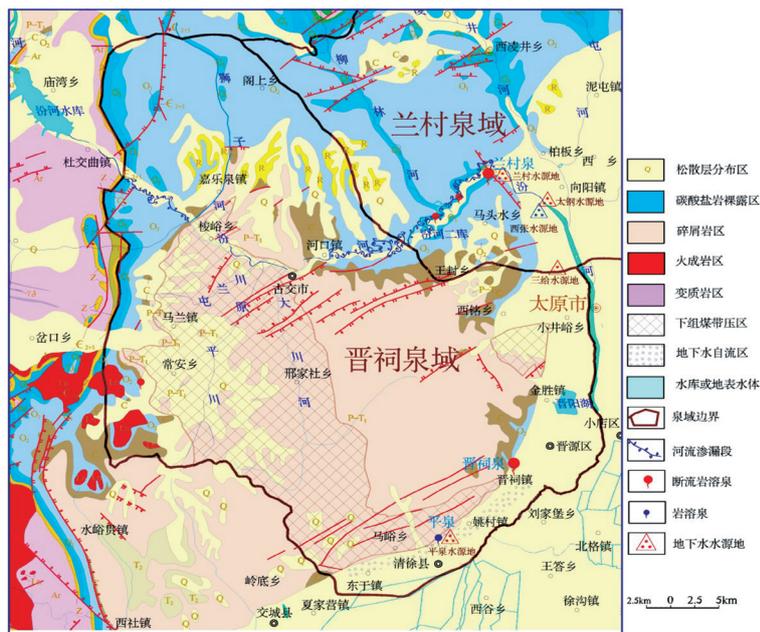
“单斜顺置”型岩溶泉水复流模式初步建立

晋祠泉域岩溶水流向与地层总体倾向一致，属于“单斜顺置型”系统，泉域北部为碳酸盐

岩裸露补给区、下游为煤系地层，西南部分布“下组煤带压区(岩溶水位以下的煤层分布区)”。根据晋祠泉域水文地质结构模式，初步建立了“单斜顺置”型岩溶水系统泉水复流的技术模式，有力地配合山西省委、省政府启动的汾河流域生态修复工程，为晋祠岩溶水复流方案的制定提供依据。

合理调节碳酸盐岩渗漏段水量。利用汾河外源水丰沛的水源(多年平均来水 $9.16\text{m}^3/\text{s}$) 和河流渗漏段上游汾河水库的调蓄能力(库容 $7.21 \times 10^8\text{m}^3$)，人工调度河水流量，增加对岩溶水的补给。

加高汾河二库蓄水至设计高程，增加岩溶地下水的补给量。汾河二库位于汾河下游兰村泉域碳酸盐岩渗漏段，坝顶高程 912.0m，如实现蓄水高程至设



晋祠泉域水文地质略图

计正常水位 905.7m, 汇水长度深入晋祠泉域达 22km, 该段中奥陶灰岩岩溶发育强烈, 可大规模增加对晋祠泉域岩溶水的补给量。

处置下游的自流井。据调查, 晋祠泉域下游存在近 20 眼自流井, 与晋祠泉水同处于泉域内的岩溶水强径流带内, 对晋祠泉水的影响非

常大, 需采取措施处置, 减轻其对晋祠泉水流量的影响。

利用引黄工程水源作为替代水源, 关闭部分开采井。

以目前煤矿整合的契机, 关闭岩溶水强径流带内降压开采煤矿。

◆ 沂蒙山区水文地质调查 精准找水落实精准扶贫

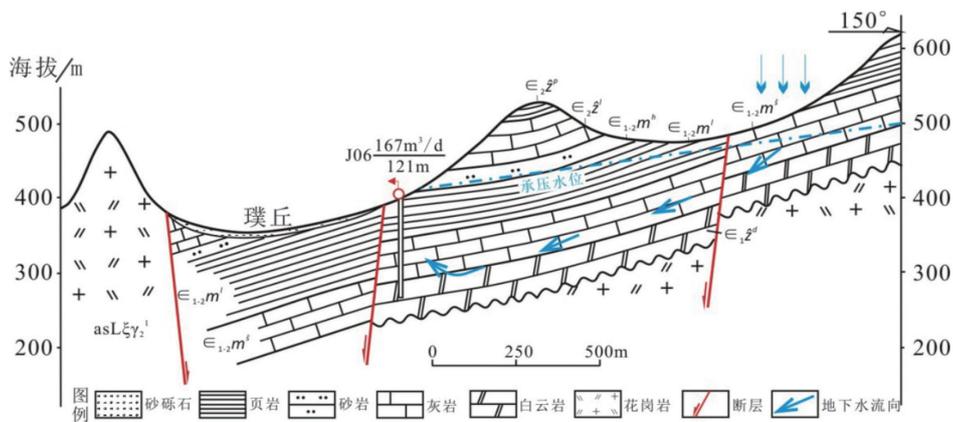
厘定了工作区 5 类含水岩组, 进行了 3 级富水性划分, 对 4 个四级地下水系统进行了 9 个五级地下水系统划分, 并查清了系统边界、补径排规律和动态变化特征; 选取了以上五井断裂为代表的区域大断裂, 进行了断裂构造水文地质性质分析, 发现压扭性断裂以阻水为主, 在两盘岩性差异显著并垂向差异升降强烈情况下, 可形成导汇水通道。

在沂沭河源头区分析并圈画了地下水富集带 21 处, 允许开采量达 $80000\text{m}^3/\text{d}$, 水质均达

到Ⅲ类水以上标准, 以 $\text{HCO}_3 \cdot \text{SO}_4\text{—Ca} \cdot \text{Mg}$ 和 $\text{HCO}_3 \cdot \text{SO}_4\text{—Ca}$ 为主, 可有效解决 5 万人饮用水问题, 为地下水科学开发规划与产业布局提供了依据。

圈定了富锶矿泉水分布范围。查明工作区内富集的矿泉水以锶型为主、偏硅酸性次之。在车场发现锂含量达到矿泉水标准的地下水, 并圈定了 7 处富锶矿泉水水源地, 初步估算每年可利用资源量 $405 \times 10^4\text{m}^3$, 可带来产值 20 多亿元。

水文地质测绘与地球物理勘查深度融合, 通过精准找水落实精准扶贫, 在娄家铺子、池埠、毫山、北官庄、三宝官庄、石楼、四官旺、侯



沂源县璞丘地下水富集带水文地质剖面

家官庄、计宝峪、荷花池、黄土泉、车场等成功实施探采结合示范井 16 眼，合计进尺 2300 余米，涌水量达约 $17800\text{m}^3/\text{d}$ ，为西里镇、鲁村镇集中供水提供了饮用水水源，解决了 4.4 万余人饮用水困难。

对工作区内 3 个层位 6 个典型洞穴进行了探测，长度达约 1470m。绘制的洞穴系列图件以科普的形式反映了洞穴成因、演化。沂源县宏洲旅游开发有限公司利用该系列图件进行了洞穴景观设计，导游图优化和洞穴四维展示。

◆ 新田县扶贫区 发现极具开发价值富锶地下水

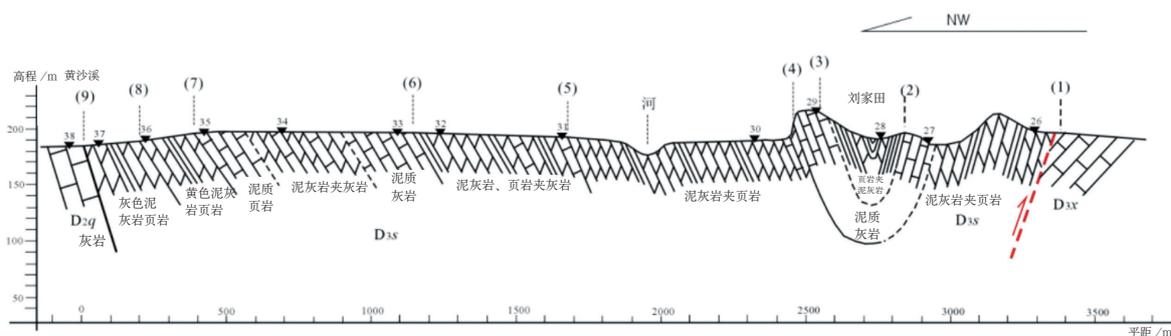
发现新田县富锶地下水异常区多达 58 处，其中，机民井涌水总量为 $3860\text{m}^3/\text{d}$ ，泉水流量为 $55.2\text{L}/\text{s}$ 。经初步分析，其资源量可观，极具开发价值，可为当地开发矿泉水产业和特色农业，实现精准扶贫，打下坚实基础。

地下水中锶富集的地质环境：新田县富锶地下水的锶元素含量大于 $200\mu\text{g}/\text{L}$ 的地下水主要赋存于泥盆系余天桥组 (D_3s) 地层，超过 50 处；个别赋存于泥盆系棋子桥组 (D_3q) 地层或地层接触带。富锶地下水中锶含量最低值为 $200\mu\text{g}/\text{L}$ ，最高值为 $7340\mu\text{g}/\text{L}$ ，平均值为 $1117\mu\text{g}/\text{L}$ 。可作为优质矿泉水开发。

新田县富锶地下水的出露类型：根据调查，新田县富锶地下水的揭露方式有人工揭露和天然出露，人工揭露稍多于天然出露。

余天桥 (D_3s) 含水岩组富锶特征及其地下水化学特征：余天桥 (D_3s) 含水岩组的岩性为中薄层浅灰色泥灰岩、泥质灰岩夹灰岩，灰岩夹层有 3 层，这些灰岩夹层是余天桥 (D_3s) 含水岩组的主要富锶岩层。35 号取样点，岩石锶元素含量最高，其值为 $838\mu\text{g}/\text{L}$ ；次为 33 号取样点，岩石锶元素含量为 $740\mu\text{g}/\text{L}$ 。初步分析，余天桥 (D_3s) 组下段、中段的灰岩夹层为地下水中锶元素的主要来源。

富锶地下水的水文地球化学特征：新田县富锶地下水的 pH 值最小为 7.03，最大为 8.41，平均值为 7.40，属于弱碱性水；溶解性总固



刘家田—黄沙溪 D_{3s} 采样剖面示意图

体最小值为 141.15mg/L，最大值为 975.79 mg/L，平均值为 415.17 mg/L，属于淡水；总硬度最小值为 120.46 mg/L，最大值为

792.31 mg/L，平均值为 321.15 mg/L，多属于弱硬水—硬水，地下水类型以 $\text{HCO}_3\text{-Ca}$ 型为主。

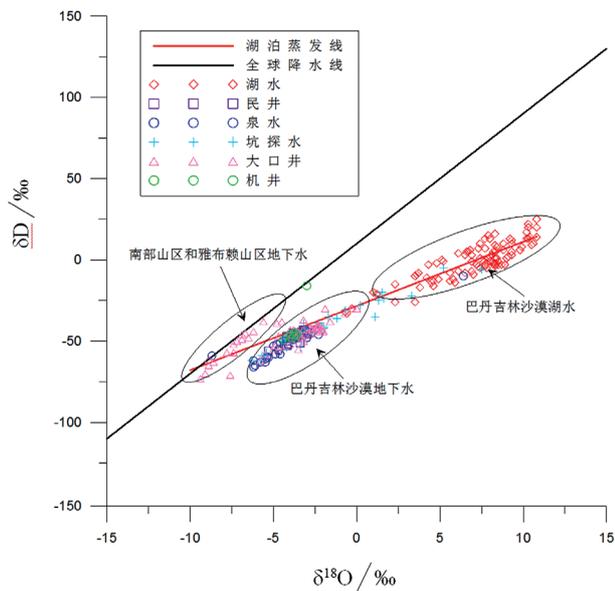
● 巴丹吉林沙漠水文地质调查 建立了沙漠南部地下水循环模式

初步提出了地下水及湖泊水的补给来源，建立了巴丹吉林沙漠南部地下水循环模式。

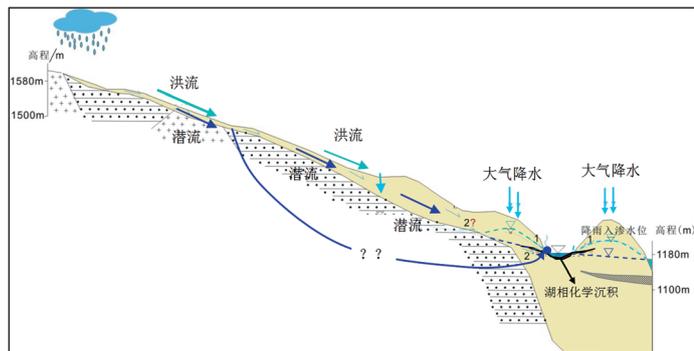
巴丹吉林沙漠地下水补给来源，从巴丹吉林沙漠外围山区地下水、沙漠地下水和沙漠湖泊的 $\delta^{18}\text{O}-\delta\text{D}$ 关系图可见：①巴丹吉林沙漠外围山区地下水均落到全球降水线附近，来源于山区降水补给。②巴丹吉林沙漠地下水和湖泊水均落到斜率为 3.95 的蒸发线上，蒸发线与全球降水线的交点落到山区地下水所在区域，说明沙漠地下水和湖水的最终补给来源均为周边山区降水；沙漠区地下水在补给过程中经历了蒸发作用。③沙漠湖泊水落在蒸发线的末端，接受沙漠地下水的补给，是在地表进一步蒸发作用的结果。

初步总结提出了沙漠南部地下水循环模式。沙漠区地下水补给以季节性补给为主，补给来源主要有二：一为当地大气降水经沙丘入渗补给；二为洪水期出山洪流补给和山前斜

坡区的潜流补给。区域地下水径流主要由南东向北西径流。地下水排泄主要由三个方式：一是当地降水经沙丘向下入渗在丘间洼地边



巴丹吉林沙漠不同水体氢氧稳定同位素关系



巴丹吉林沙漠南部地下水循环模式示意图

缘以泄流的形式向湖泊排泄；二是来自山前的地下水在丘间洼地边缘以泉的形式（下降泉或上升泉）向湖泊排泄；三是在丘间洼地

中以蒸发形式排泄。根据S02和S03钻孔揭露，第四系下伏基岩的含水性甚差，对沙漠地下水几无补给，尚需进一步论证。

晋东大型煤炭基地 发现多处岩溶水强富水区

发现了多处岩溶水的富水区段和强径流带，重新划分了三姑泉域边界。对区域岩溶水赋存规律有了新的认识，为能源基地的可持续发展提供了新的供水水源保障及水害防治依据。

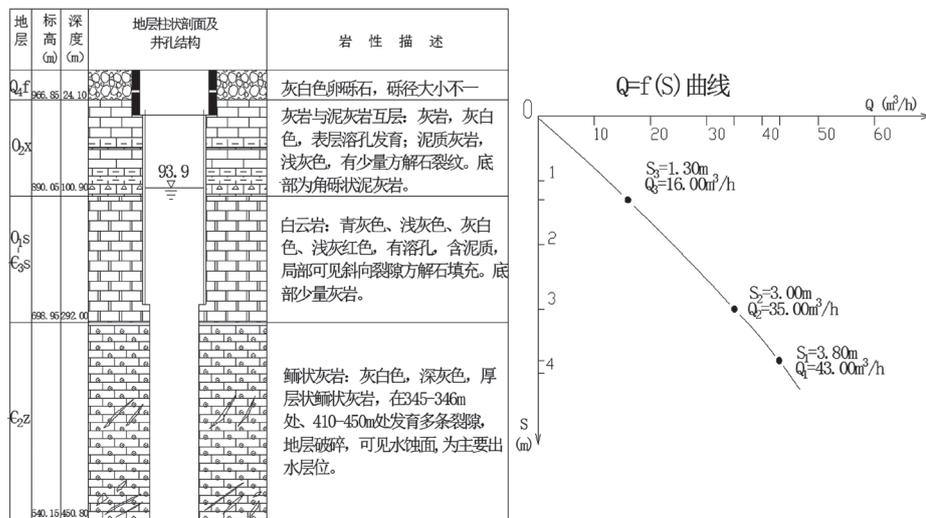
发现泉域北边界奥陶系岩溶水强富水区。在泉域原北边界附近的庄头断裂、永录断裂、高平以北晋获褶断带附近岩溶水富水性很强，具有构造控水的特征。K5和Y1的换算涌水量达到了 $2000\text{m}^3/\text{d}$ 和 $14000\text{m}^3/\text{d}$ （8口径，10m降深）。同时，许家、永录等井孔的抽水

试验也印证了泉域原北边界附近断裂影响带岩溶水富水性极强，颠覆了以往认为泉域边界附近富水性较弱，地下水径流滞缓的认知。

发现泉域东部边界寒武系岩溶水强富水区。丰富了对寒武系张夏组富水性的认

识。在泉域东部灰岩裸露区（补给区）打出富水性强（换算涌水量达到了 $2500\text{m}^3/\text{d}$ ）的水井，有效地解决了当地缺水问题。发现寒武系张夏组岩溶水呈构造脉状分布，在有效的构造部位会形成强富水区。改变了原来认为本区寒武系岩溶含水层富水较弱的观点。

发现了泉域北部边界向北移动。对北部边界进行了重新界定，由于受到区内岩溶水开采的袭夺，地下水流场已经发生了改变，泉域边界已由前人认定的地表分水岭向北移动，现在的北边界在晋获断裂带和庄头断层的交汇处北侧。



K6 钻孔简易柱状图及抽水试验 Q-S 曲线

◆ 鄂尔多斯盆地地下水调查 服务西北生态文明建设

生态水文地质试点调查与评价工作，确定了不同植被群落及对地下水的依赖程度，为地下水合理开发利用和植被生态环境保护提供了基础依据。探索编制了一系列1:5万标准图幅生态水文地质图，评价了不同区域植被对地下水的依赖程度，为植被生态保护和地下水合理开发利用提供了直观实用的生态水文地质调查成果表达产品，为类似地区开展生态水文地质编图研究提供了技术参考。初步形成了一套西北干旱半干旱地区急需的生态水文地质调查研究技术方法体系，促进了生态水文地质调查和研究工作的规范化，为干旱半干旱区，特别是鄂尔多斯盆地

能源基地开发、地下水合理开发利用和生态文明建设提供了科学依据。

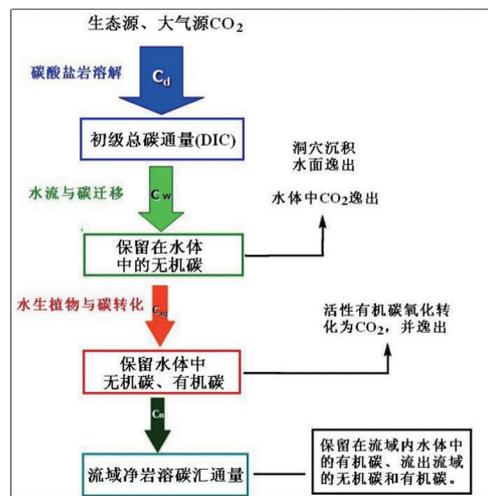
采用RTK测量技术，精细刻画水动力场，满足项目精细划分地下水系统、准确查明三维流场结构的研究需要；采用Packers分层抽水取样试验及同位素技术等方法，获取准确的含水层非均质结构、水位、年龄、水质等分层数据，提高区域水流系统模拟的仿真度，更深刻认识区域地下水流系统形成演化机制。引进荷兰EK手工钻、澳大利亚科力手持震动式土壤钻及美国绍尔单人背包钻用于土壤、包气带结构的调查研究，摸索建立了一套联合使用多种钻具开展不同包气带结构调查的技术方法体系。积极引进使用无人机低空探测，通过多源、多尺度遥感解译，开展湖泊、地表生态植被调查监测工作。

（三）应对全球气候变化

◆ 岩溶流域碳循环概念模型建立

通过实施2016年“长江、珠江、黄河岩溶流域碳循环综合环境地质调查”项目，结合历史资料的综合研究，建立了流域尺度岩溶动力系统中碳循环的概念模型。

模型阐明了大型流域中碳元素由“无机碳→有机碳→内源有机碳”的迁移过程，有力地回答了针对“地质碳汇中碳酸盐岩化学风化碳汇稳定性”的质疑，为碳汇通量计算、模型研究等提供依据，有助于提升我国在岩溶碳汇计



岩溶流域碳循环概念模型



量方面权威地位，扩大我国在气候变化会议上的话语权。

地质历史时期，碳酸盐岩的形成过程对大气 CO_2 浓度的降低产生重要的作用，使地球古大气 CO_2 浓度从超过 25% 降低至现在的 0.03% ~ 0.04%。存储在碳酸盐岩中的碳高达 $61 \times 10^{15}\text{t}$ ，占全球碳储库的 99.5%。岩溶动力

系统中碳酸盐岩的溶解和风化过程积极参与到全球碳循环，且对环境气候变化敏感，碳酸盐岩溶解形成的碳汇通量高达 0.36 ~ 0.44PgC/a，是 1990 ~ 2007 年全球森林碳汇年均总量 1.1PgC/a 的 32.73% ~ 40%，是土壤有机碳库净通量的 45% ~ 55%。



五 国土开发与保护 基础地质支撑

2016年，开展了土地地球化学调查、国土资源利用与保护基础支撑、地质矿产调查战略规划支撑和国土遥感综合调查等工作，进一步加大支撑服务力度。在土地地球化学调查领域，在不同区域部署1：25万多目标区域地球化学调查和1：5万土地质量地球化学调查。在国土资源利用与保护领域，支撑国土资源部发布《国土资源环境承载力评价技术要求》（试行）；开展青海格尔木大型水源地、西藏多龙矿床技术经济与环境综合评价。在地质矿产

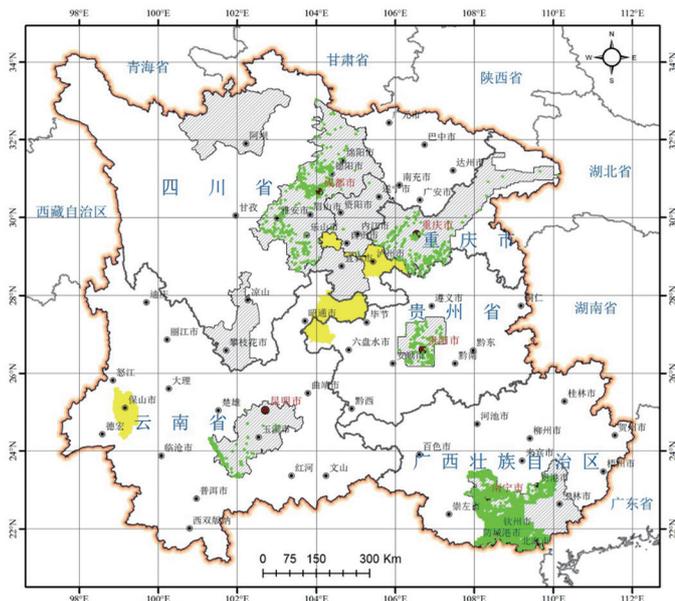
调查战略规划支撑方面，提出中国矿产资源需求趋势；初步构建中国物质流研究框架与信息平台，地质调查业务管理启动一站式服务模式；地质勘查进展年报及时提供行业最新动态。在国土遥感综合调查领域，形成了2016年度矿产卫片执法检查监督检查工作图件数据；分析了年度全国矿产资源开发利用状况；国边海防基础地质遥感调查成果为国防建设提供了服务；发现和总结典型冰湖溃决灾害的三种成因模式；形成了全国自然资源本底数据和系列图件。

(一) 土地地球化学调查

西南重金属高背景区 圈定 18116km² 绿色富硒 土地资源

中国地质调查局先后在西南重金属高背景区开展一系列 1 : 25 土地质量地球化学调查工作, 2016 年部署调查面积为 28020km², 已完成的调查面积为 124872km², 获得了大量翔实、精准的土地质量地球化学调查基础数据, 摸清了调查区的土地质量状况。调查发现富硒土地面积共计 47528km², 其中无重金属污染的绿色富硒土地面积为 18116km², 占调查完成面积的 14.5%。云南省发现绿色富硒土地面积 496km²; 四川省发现绿色富硒土地面积 1888km²; 贵州省发现绿色富硒土地面积 720km²; 重庆市发现绿色富硒土地面积 1068km²; 广西壮族自治区发现绿色富硒土地面积 13944km²。

调查区包括乌蒙山区、滇西边境地区、滇黔桂石漠化区 3 个集中连片特殊困难区, 165 个



西南重金属高背景区绿色富硒土地资源分布

国家级贫困县, 占全国总贫困县的 27.9%, 涉及贫困人口约 2398 万人, 约占全国总贫困人口的 34%。调查发现的绿色富硒土地资源已成为当地政府帮助贫困地区农民精准脱贫的重要抓手, 四川屏山县、广西横县、云南昭通等地通过合理开发利用富硒土地资源, 发展天麻、苹果等富硒农产品, 取得了显著的社会经济效益。

土地质量调查成果 服务浙江省土地利用规划

2015—2016 年, 浙江省多目标 (土地质量) 地球化学调查成果资料在土地利用规划中取得

了一系列新应用进展:

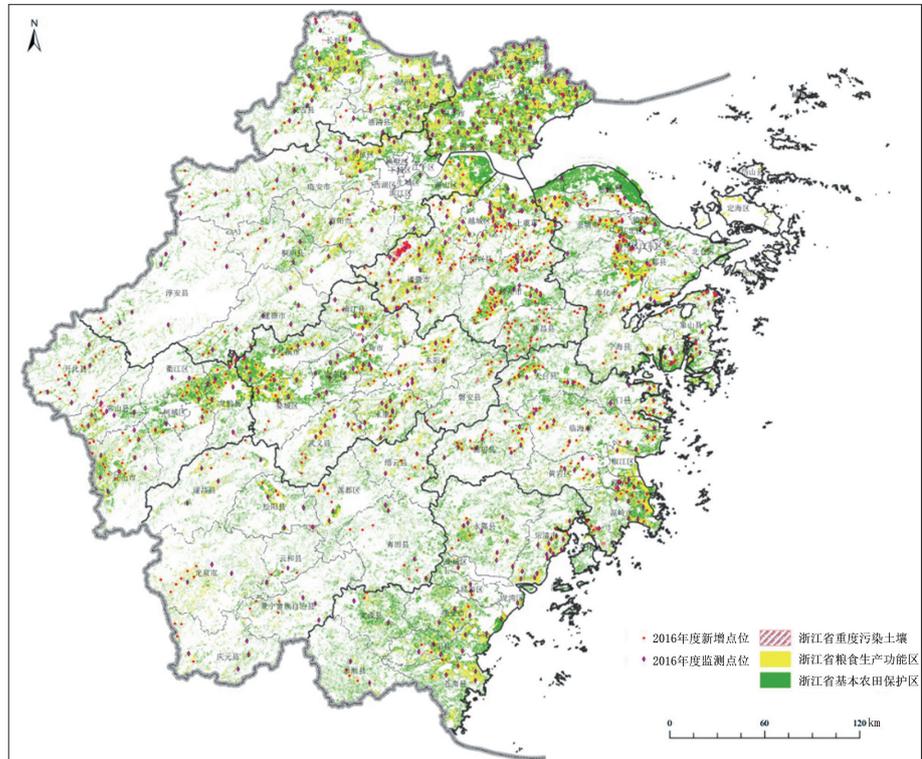
(1) 针对浙江省基本农田, 特别是其中的粮食生产功能区、重金属和有机污染物重度污染区, 2015 年度已布设完成 500 个监测点位, 形成监测网络雏形的基础上, 2016 年增设监测

点位 500 个。至此，浙江省基本农田土地质量地球化学监测网络初步建立，目前涵盖监测点位 1000 个。据浙江省地质地球化学分区，监测点位被设置为标准监测点位、风险监测点位、潜在风险监测点、环境保护类监测点、养分监测点五类。

(2) 应用于嘉兴市嘉善县缪家村土地利用规划试点及秀洲区油车港镇永久基本农田划定。

配合村级土地利用规划试点工作，将缪家村土地质量地球化学调查的采样密度增加到 64 个 / km²，调查成果应用到缪家村土地利用规划中，完成了缪家村土地利用规划编制工作。同时，借鉴缪家村经验，以多目标地球化学调查成果为基础，采用完善后的评价方法，指导秀洲区油车港镇完成永久基本农田划定工作，为秀洲区油车港镇土地利用总体规划调整完善打下良好基础。

(3) 在土地质量地球化学评价结果的基础上，建立了海盐县基本农田质量档案，将核定的永久基本农田划定任务落到村、户，并建立永久基本农田质量档案、上图入库，同时明确保护责任，设立保护标志。海盐县调整完善前确定的永久基本农田保护面积为 32.34 万亩，



浙江省基本农田土地质量地球化学监测点分布图

调整完善后划定的永久基本农田保护面积为 32.86 万亩，在原永久基本农田基础上，新增面积 0.52 万亩。

(4) 基本查明了天目山镇和太湖源镇土地质量现状。天目山镇表层土壤全硒含量范围为 0.1 ~ 1.4mg/kg，平均值为 0.317mg/kg。硒含量大于等于 0.3mg/kg 的土壤面积共 12.4km²，占天目山镇调查耕地面积的 34.85%。太湖源镇表层土壤全硒含量范围为 0.054 ~ 1.36mg/kg，平均值为 0.305mg/kg。硒含量大于等于 0.3mg/kg 的土壤面积 16.31km²，占太湖源镇调查耕地面积的 40.19%。在土壤硒含量高值区采集样品检测发现，富硒农产品食用安全性良好，富硒土地资源具有良好的开发利用价值。

重点扶贫区发现大面积富硒土壤，支撑建立现代农业科技园区

2015—2016 年部署开展江西井冈山—萍乡集中连片扶贫区、福建光泽—柘荣地区 1 : 25 万多目标区域地球化学调查 16590km²，已完成面积 9972km²；在赣南重点扶贫区和福建福州、长汀—连城、木兰溪流域开展 1 : 5 万土地质量地球化学调查 1570km²。

查明赣州市土壤环境质量总体良好，以 I 类、II 类土壤为主，III 类、超 III 类土壤仅占 11.42%，主要集中分布于赣县、大余县和崇义县一带，其余地区也有少量分布。赣南四县表层土壤综合环境质量总体良好，以 I、II 类土壤为主，III 类和超 III 类土壤仅占 7.54%，主要出现在于都县铁山垌—祁禄山一带、宁都县青塘—古龙岗一带，主要影响指标为 As、Cd、Cu，初步分析与人为活动、矿山开采有关。此外，赣州市土壤 Se 含量在 0.4 ~ 3.0mg/kg 之间的富硒土壤面积 4628km²，占全区总面积的 11.74%；Se 含量在 0.3 ~ 0.4 mg/kg 之间的足硒土壤面积 7548km²，占总面积 19.15%。赣南四县富硒土壤面积为 564km²，占总面积的 4.31%；足硒土壤面积达 9776km²，占总面积的 74.67%，富硒土壤主要分布于宁都县青塘

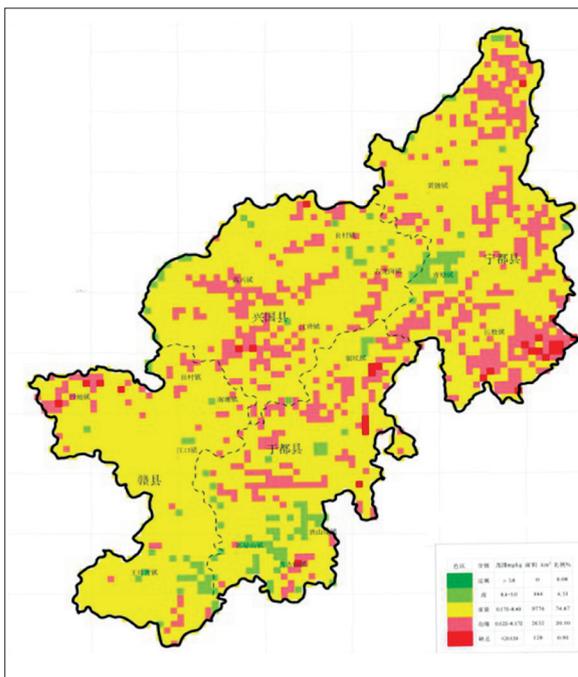


图 1 赣南扶贫区土壤硒元素含量分级图

镇、于都县铁山垌镇、梓山镇一带。

在江西赣县清溪、于都梓山分别发现富硒土壤 68.3km² 和 10.53km²（其中耕地面积分别为 9.86km² 和 2.31km²）；富硒稻米样品 32 件和 45 件，各占样品总数的 56.14% 和 97.83%。2016 年 2 月 16 日，科技部已正式批准以赣县清溪现代农业科技园区为核心区，建设赣州国家农业科技园区，成为第六批国家农业科技园区。

圈定湖北恩施地区 60% 以上的农耕区属于富硒土壤

2016 年 10 月底前分别于湖北恩施西部、广西左右江地区和桂中地区、湖南娄—邵盆地、珠江下游湛江北部地区部署完成 2.87 × 10⁴km²

的土地多目标区域地球化学调查，在湖北恩施地区圈定了大面积的具有重要经济价值的富硒土地。

恩施地区部分重要生态指示元素的分布情况由图可见：①恩施地区各个不同地质单元中硒元素含量普遍偏高，如果按 0.4 的富硒标准，

该区 60% 以上的农耕区属于富硒土壤（注：图中除了深蓝色的两个色阶，其他区域 Se 的含量均在 0.4 以上）；② Se 元素在恩施地区的分布明显受地层控制，富硒地质单元主要分布于二叠纪地层。作为对比，三叠纪地层的 Se 含量相对较低，与该地质时代地层相关的区域 Se 含量大都在 0.2 以下，未达到富 Se 土壤的 Se 含量标准；③ Se 与 Cd、Ni 等重金属元素的相关性较强，它们主体共生富集于二叠纪地层内，重金属含量较高，Se 与重金属元素具有明显的共生耦合关系；④ B 元素重点富集在三叠纪地层之中。圈定研究区的富

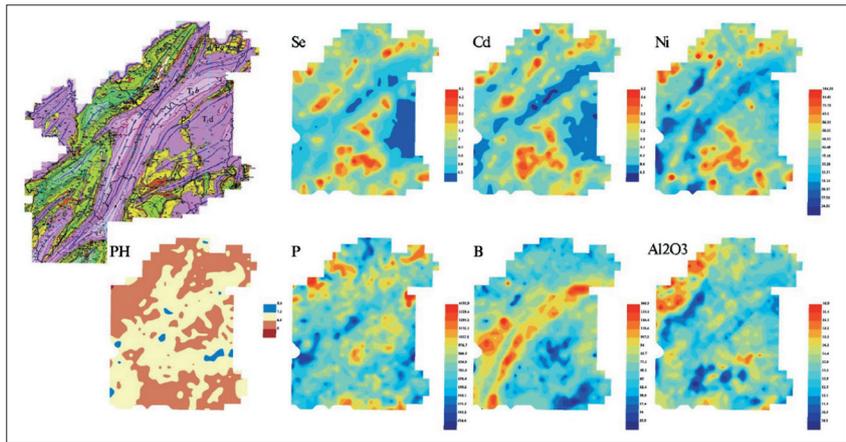


图 1 恩施地区部分生态指示元素分布

Se 土地，开发其商业价值，这类土壤环境中产出的农产品将可以带来巨大的经济效益。同时，以此探究 Se 的迁移、富集规律，确定 Se 的原生富集机理，为定位具有相似地质背景的富 Se 土地提供理论依据。

土地地球化学调查 引导岩溶区三七产业科学发展

滇黔桂岩溶区土地质量地球化学调查和研究发现，以文山州地道产区为中心，在滇黔桂区域形成了“工字形”的三七适宜种植带。

土壤和三七地球化学元素分析结果初步表明，三七中铁、钡、铝、锰、硼、铅等与土壤密切相关，以混合型红壤区三七中硅、镁、铝、锌和铅含量最高，而硼和铜较低。土壤硅与三七多糖正相关，与铜和

磷负相关。三七中硅与多糖，镁与三七素，锰与三七总皂苷、人参皂苷 Rb1、三七皂苷 R1，钙与三七皂苷 R1，Mo 与黄酮均明显正相关，而铝与三七皂苷 R1，硼与人参皂苷 Rg1、Rd 和多糖则负相关。

上述认识是基于土壤 22 个地球化学元素和



地道三七产区和拟推广种植区分布图

三七 17 个地球化学元素分析, 未能全面揭示土壤地球化学元素对三七产量与品质的影响, 也未区分地道三七种子种苗种植区与商品三七种植区土壤地球化学元素差异。随着滇黔桂岩溶区土地质量地球化学调查 (1 : 25 万) 工作的

推进, 将更加系统地反映土壤地球化学元素与三七产量、品质的关系, 为地方政府确定地道三七种植的后备耕地、揭示三七连作障碍的地球化学机制、缩短三七连作期、提高三七土地周转时间提供依据, 引导三七产业科学发展。

◆ 东北黑土地耕地地球化学总体状况形成初步判断

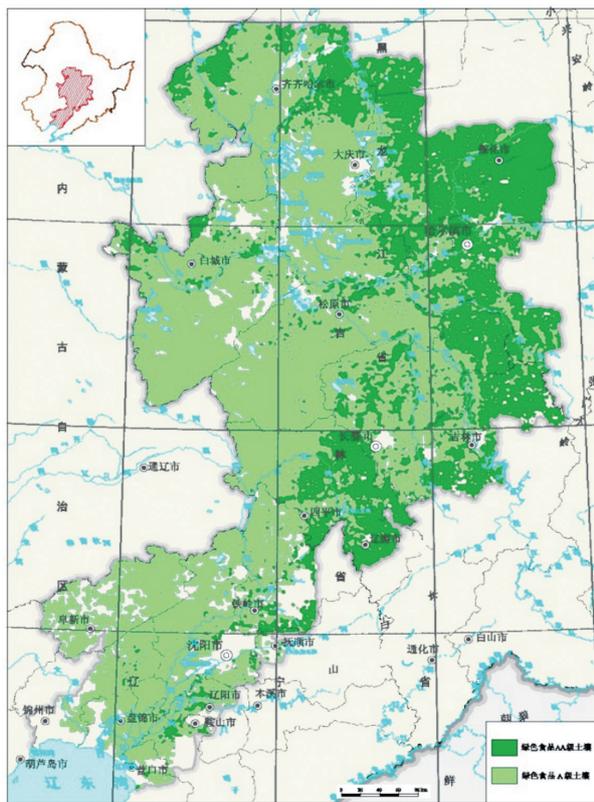
东北黑土地 1 : 25 万土地质量地球化学调查, 已经完成近 $28 \times 10^4 \text{km}^2$, 正在开展 48160km^2 , 初步查明了东北地区黑土地耕地土

壤肥力、土壤有机质分布特征、土壤重金属污染现状等, 对东北平原粮食主产区耕地的地球化学总体状况形成了初步认识和基本判断。

(1) 土壤环境质量优良, 无重金属污染的清洁土壤达 99% 以上。据已完成的松辽平原中南部土地质量地球化学调查结果, 重金属污染土壤仅占 0.07%, 主要分布在沈阳等城市及周边。其中, 符合绿色食品产地 A 级、AA 级土地基本覆盖粮食主产区, 面积合计约为 1698 万公顷, 占 92% 以上, 主要分布在辽宁东部、吉林中部和黑龙江东部及北部的耕地区。差等土地面积 282 万公顷, 主要分布在松辽平原西部沙化、盐碱化的非耕地区。

(2) 足硒土壤广泛分布, 占已调查总面积的 77%。其中富硒、富锗土壤面积分别为 2.11 万公顷和 7035 公顷, 主要分布在黑龙江东部与北部、辽宁、吉林的中东部。在黑龙江省望奎—绥化—庆安等耕地区, 分布大面积高含量硒土壤, 并有向北延伸的趋势。富硒耕地面积大、集中连片, 适合建设富硒产业基地, 发展特色农业。

(3) 黑土地退化和水土流失严重。东北黑土地开发始于 18 世纪中后期, 部分地区已经出现土壤板结、肥力下降、水土流失、土壤



松辽平原 (中南部) 粮食主产区绿色食品产地土壤适宜性评价图

沙化等现象。一是局部黑土层已由开垦初期的 80 ~ 100cm 下降到 20 ~ 30cm；二是 2011 年土壤地球化学调查表明黑土地有机碳总储量为 $49.34 \times 10^8 \text{t}$ ，与 20 世纪 80 年代第二次全国土壤普查相比下降了 21.9%；三是土壤有机质丰

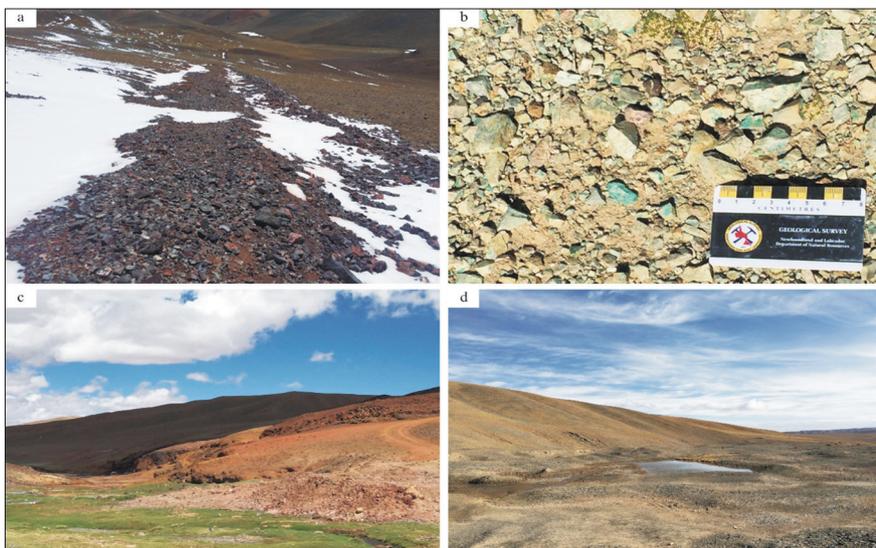
缺统计显示，缺乏和较缺乏有机质区分别占调查区的 13.9% 和 36.3%，面积约 1.74 亿亩；四是部分地区水土流失、形成侵蚀沟壑，土壤碱化趋势明显，在中西部平原区土壤盐碱化、沙化尤为明显。

（二）国土资源利用与保护基础支撑

◆ 矿床技术经济与环境综合评价 助力绿色矿山建设

(1) 初步建立矿床环境属性模型，包括矿床环境属性模型和矿床开发之前向环境释放的重金属元素的总量两部分。调查发现，多龙矿床虽开发但是已对环境造成了重要影响，主要体现在：多不杂—波龙矿床地表氧化矿孔雀石大量出露，对环境造成影响；荣那铁帽对流经的荣那河造成了水质污染；在萨玛龙沟、荣那沟与尕尔勤，由于前人开采沙金，部分区段砂砾堆积成丘，对植被的生长造成了影响，并造成了部分区段河道的更改。

(2) 查明了矿床所在保护区的位置。多龙位于羌塘国家级自然保护区边缘的实验区的边缘。按照国家有关规定，实验区可以进入从事科学试验、繁殖珍稀与濒危野生动植物等活动，还可在一定范围开展生产活动。由于羌塘国家级自然保护区总面积 $24.71 \times 10^4 \text{km}^2$ ，而多龙矿集区的面积约 1000km^2 ，因此，矿床开发影



多龙矿床四种生态类型

a—燕山期安山岩型；b—燕山期砂岩板岩型；c—第四纪沉积物型；d—砂金矿开采场所型



响范围相比于保护区范围非常小。

(3) 将生态环境分为燕山期安山岩型、燕山期砂岩板岩型、第四纪沉积物型及砂金矿开采场所型四种类型并提出其分布地区与主要特点。

(4) 初步建立了矿床开发的环境、技术经济与生态等多方面的绿色评价标准。在矿产勘查方面,要贯彻绿色思路。在绿色矿山方面,应做好以下工作:①积极探索环保的重-磁技

术,以克服浮选技术使用化学药剂造成的环境污染,严禁采用堆浸方式。②环境保护方面,查明矿区环境地质背景,为今后的环境质量演化和预警提供基础;调查研究矿床环境属性;调查评价生态环境风险;调查评价并监测预警资源与环境承载能力;研制矿床环境恢复技术。③和谐矿山方面,参照西藏驱龙矿床的做法,开发时需要对相关牧民整体异地搬迁。

● 摸清地质遗迹资源家底 服务经济社会发展

地质遗迹既是科学工作者认识地球的有力证据,也是一种特殊的重要的自然资源。中国地质调查局部署了全国重要地质遗迹调查,统筹开展了省级调查评价和全国综合集成两个工作层次工作。

(1)初步构建了地质遗迹调查评价方法体系。基于地质遗迹调查工作性质和内容,界定了地质遗迹点的基本概念和“特征-范围-价值”三位一体的具体内涵,并提出了以“地质学科分类+自然属性”为主要依据的三级分类标准,将地质遗迹分为3大类、13类、46亚类;在区域地质及水工环地质调查工作方法的基础上,总结提出了适用于地质遗迹调查评价工作的程序、方法与手段,编制了贯穿地质遗迹调查、评价、数据库建设全过程的技术要求,并配套编制了技术要求实施细则,为地质遗迹调查与开发利用提供了参考依据,也促进行业的规范化发展。

(2)摸清了部分地区遗迹资源家底。通过

局和地方两级队伍的共同努力,2015—2016年度,福建、重庆、西藏等9省(区、市)开展了系统的地质遗迹调查工作,共调查和登录地质遗迹点3000多处,初步鉴评出国家级及以上地质遗迹点800余处,建立了包含类型、位置、主要特征保护现状以及保护等级的省级地质遗迹空间数据库,基本摸清了9省(区、市)域内资源家底。

(3)支撑服务社会效果初显。编制并出版了中国重要地质遗迹资源分布图和中国重要古生物化石产地分布图;编制了全国重要地质遗迹调查与保护图集,调查成果直接服务社会科普。通过详细调查和系统研究,乌蒙山地区已经成果申报盐津溶洞省级地质公园,3个省级地质公园正在准备材料,预计2016年度申报1个,2017年度申报2个;赣州地区宁都和兴国两个地质公园正在申报,秦巴山区的镇安县和南郑县在摸底调查时发现了碳酸盐岩地貌类地质遗迹资源,目前正在开展进一步的详细野外调查和申报材料编制工作,预计2017年初申报省级地质公园,有力支持国家精准扶贫工作。

（三）地质矿产调查战略规划支撑

提出增速放缓背景下的中国矿产资源需求趋势

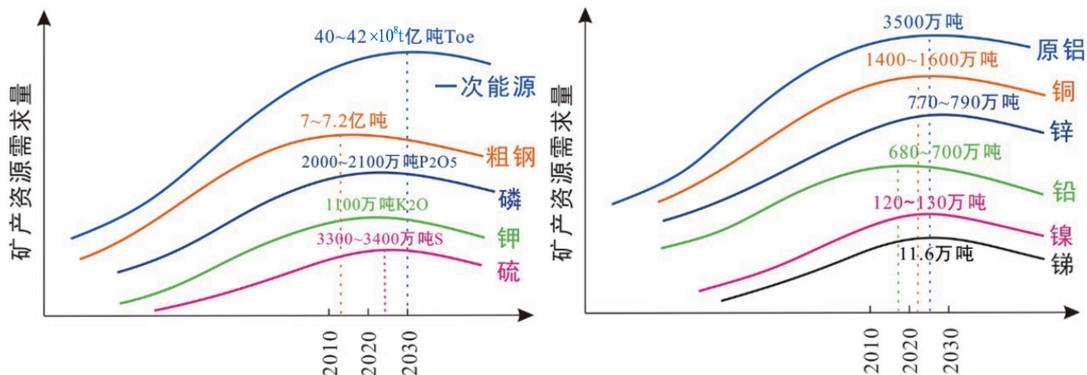
中国地质调查局 2015 年立题“中国能源与矿产资源安全动态评价与决策支持系统建设”，该题涉及领域广，涉及未来中国经济走势、能源和主要矿产资源需求趋势。

(1) 发达国家 100 年来 GDP 增速变化趋势研究表明，随着工业化过程经济快速发展，GDP 增速显现早期 GDP 增速快速上升、中期增速放缓并逐渐到达峰值、之后呈缓慢下降直至平稳的“S”形变化轨迹。指出 GDP 增速“S”形轨迹的转折点，即峰值点或增速开始下降的关键点与工业增加值增速下降及其对 GDP 贡献率下降的点相吻合，并与粗钢消费强度顶点（峰值点）、基础设施建设和社会财富积累水平以及城市化率发生显著变化的转折点相一致。

(2) 近年来中国 GDP 增速减缓的趋势与发

达国家相同发展阶段 GDP 增速减缓的“S”形轨迹相一致，是工业化中期发展阶段大宗商品需求增速放缓背景下产业结构调整的必要。所谓中国经济增速放缓的“新常态”是工业化中期发展阶段，基础设施和城市化水平大幅度提高，大宗矿产品需求增速减缓背景下经济结构调整、产业升级转型的必然结果。随着产业结构的成功转型升级，中国的 GDP 增速会与发达国家一样，经历“S”形曲线前段高速增长之后，将较长期保持在 3% ~ 6% 的中速发展水平上。

(3) 根据人均矿产资源与人均 GDP 的关系，判断未来 15 年重要矿产资源需求趋势。中国主要大宗矿产资源已经进入了消费增速减缓时期，预计中国主要矿产资源将在 2017 年至 2025 年间陆续到达消费峰值点或零增长点。强调尽管 GDP 增速下降将导致中国主要矿产资源需求增速放缓，但资源消费总量在未来 5 ~ 8 年时间内仍然会持续缓慢增长，并保持较高的人均消费水平。



中国主要矿产资源需求趋势

◆ 地质调查安全保障体系有效运行

(1) 结合地质调查安全生产形势, 进一步健全地质调查安全生产制度和规范, 修订了《中国地质调查局安全生产责任书(2016—2017年度)》和《2016—2017年度安全生产责任书考核评分细则》; 制定了《中国地质调查局油气地质调查钻井井控管理规定(讨论稿)》和《中国地质调查局油气地质调查钻井井控实施细则(初稿)》; 制定了《中国地质调查局安全生产检查表(讨论稿)》和《中国地质调查局危险化学品安全管理规定(讨论稿)》。

(2) 完成优化地质调查安全生产管理保障系统功能 8 项, 包括安全监控异常处理、数据统计分析、项目管理、防护用品管理、安全检查、安全培训、安全经费管理、安全会议管理等功能。完成地质调查安全生产管理保障系统 APP (安卓版和 IOS 版) 的研发, 包含地图监控、出队审批、报警处置、测点工具、数据统计、安全培训课件、法律法规、通知新闻等 11 个模块, 67 个功能模块。基本完成地质调查北斗终端设备软件功能升级研发, 解决了北斗终端设备易误报警、无信号强弱及短报文状态提示、软件



地质调查安全生产管理保障系统 APP

操作引导性不强等问题。

(3) 西藏、青海、新疆野外工作站累计为 150 个项目组、2052 人、346 台车提供了安全保障、后勤保障和紧急救援等支撑保障服务, 其中野外紧急救援 1 次; 日常开展了日常监控、登记备案、安全培训、安全检查、预警服务、外部环境协调等主要工作。同时, 野外工作站开展了野外工作站服务指南修编、安全培训课件研发, 以及培训、监控、警示设施改扩建等能力建设, 进一步提升了地质调查安全生产保障水平和突发事件应急救援能力, 保障了地质调查工作者生命财产安全, 支撑地质调查工作的顺利开展。

◆ 地质调查业务管理启动一站式服务模式

地质调查业务管理一站式服务平台于 2016 年 6 月 23 日上线运行, 有力地支撑了地质调查 2017 年延续项目报告的填报与审核工作。地质

调查业务管理一站式服务平台包括“地质调查用户中心”、“业务管理数据中心”、“业务管理一站式服务门户”、“地质调查各应用子系统”。

“地质调查用户中心”预置近 8000 个地质调查用户, 试运行 9 天就有 3000 人完成了用户注册, 日访问量超过 1 万。用户中心、一站

式门户、预算管理、生产指挥调度等应用子系统实现了单点登录。所有项目申报人员和审核专家，通过注册，可访问业务管理门户、进入项目预算申报系统。“一站式服务门户”作为地质调查局业务管理权威的消息发布平台，已发布2016年局有关管理信息132条。支持通知公告、工作动态、人事管理、科技外事、纪检监察、党群工作、项目管理、预算管理、财务管理、标准规范等信息的实时发布。同时，门户还动态实时发布预算执行与项目部署等图形化展示信息。

全面支撑2016年局管理信息化应用：地质调查项目2017—2019年储备工作、2017年延续项目报告评审工作并向部级应用系统上报、2016年项目实施方案评审与2016年项目预算落实信息上报、2016年项目决算、项目财务验收和决算会审工作、2016年地质调查项目统计半年报采集审核汇总工作、发布半年报统计数据、试点基层单位项目管理、委托业务、合同、劳务费、经费执行控制等业务工作、发布2016年度成果评审计划、安全生产管理工作、每周为局提供安全生产周报数据、实现局机关办公系统与全局28家单位公文实时交换、全局各单位2015年领导干部绩效测评工作、局机关“项目工作协同



野外地质调查动态 (6月22日)

发布日期: 2016-06-22 10:22

中国地质调查局野外地质调查工作情况表

2016年6月22日

| 序号 | 单位 | 调查人数 (人) | 项目 (个) | 工作量 (公里) | | 工作量 (个) | | 航测 (架次) | 电测 (公里) | 物探 (公里) | | |
|----|--------|----------|--------|----------|------|---------|------|---------|---------|---------|----|----|
| | | | | 调查 | 外测 | 工作量 | 工作量 | | | | | |
| 合计 | | 7434 | 333 | 547 | 2377 | 2154 | 1223 | 622 | 384 | 13 | 16 | 11 |
| 1 | 天津地质中心 | 277 | 17 | 20 | 127 | 95 | 32 | 28 | 6 | | | |
| 2 | 北京地质中心 | 252 | 21 | 39 | 164 | 134 | 30 | 48 | 7 | | | |
| 3 | 成都地质中心 | 278 | 13 | 23 | 117 | 97 | 20 | 36 | 23 | | | |
| 4 | 武汉地质中心 | 301 | 24 | 30 | 161 | 102 | 59 | 21 | 3 | | | |
| 5 | 成都地质中心 | 370 | 37 | 67 | 277 | 189 | 88 | 36 | 14 | | | |
| 6 | 西安地质中心 | 440 | 26 | 58 | 479 | 212 | 267 | 81 | 46 | | | |
| 7 | 青岛海洋所 | 287 | 9 | 17 | 118 | 76 | 46 | 1 | 1 | | 12 | 11 |
| 8 | 航空地质中心 | 554 | 17 | 41 | 194 | 171 | 23 | 30 | 28 | 10 | 10 | |
| 9 | 广州海洋所 | 390 | 4 | 5 | 261 | 185 | 16 | 1 | | | | |
| 10 | 长沙地质中心 | 340 | 27 | 37 | 259 | 173 | 66 | 62 | 45 | | | |
| 11 | 油气地质中心 | 133 | 14 | 17 | 121 | 75 | 46 | 9 | 9 | | | |
| 12 | 发展中心 | 254 | 2 | 2 | 24 | 14 | 10 | 5 | 5 | | | |
| 13 | 成都地质中心 | 108 | 4 | 1 | 11 | 6 | 1 | | | | | |

业务管理一站式服务门户及野外地质调查工作情况表

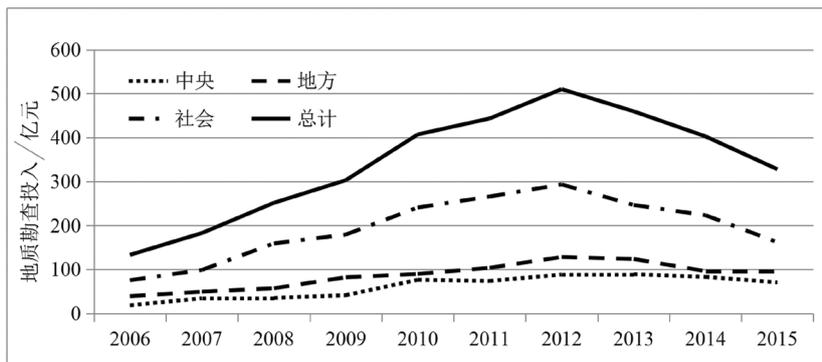
提供地质勘查最新动态 研判矿产勘查发展态势

通过对全国31个省2600家地勘单位上报的数据进行整理、分析和综合，编制完成2015年全国地质勘查成果通报，提供地质勘查最新

动态：受经济增长放缓和矿业下行影响，2016年上半年全国地质勘查投入继续下滑，同比降幅有所扩大，钻探工作量明显减少，地质勘查仍在继续重建新的供需平衡之中。2016年上半年全国地质勘查投入资金88.04亿元，同比减少31.3%，降幅进一步扩大。按照资金来

源, 中央财政 29.87 亿元, 同比减少 13.7%; 地方财政 32.89 亿元, 同比减少 25.1%; 社会资金 25.28 亿元, 同比减少 49.0%, 投资者对地质勘查投资的兴趣和信心进一步萎缩。按照资金投向, 矿产勘查同比减少 38.8%; 基础地质调查同比减少 2.7%; 水文地质、环境地质与地质灾害调查同比减少 30.6%。

提出我国矿产勘查逐步回归理性, 并呈现出新的发展态势: ①我国矿产勘查在下行调整过程中对全球矿产勘查的贡献呈上升态势; ②1981年以来, 我国非能源矿产勘查经历了平稳发展、持续低迷、快速发展和调整下行四个阶段, 未来几年或将延续深度调整的趋势; ③煤炭与铁矿勘查投入显著下降, 勘查热点矿种持续分化, 随着我国进入快速工业化时期, 有色金属和黑色金属矿产重要程度日益上升, 而到工业化后期贵金属和“三稀”金属重要程度开始上升; ④西部地区矿产勘查优势格局更趋



2006—2015 年全国地质勘查投入对比图

稳固, 2015 年西部地区占 66.8%, 西部地区矿产勘查资金投入占据全国的六成以上, 矿产勘查战略西移不断得到巩固和加强; ⑤中央和地方财政投入稳定矿产勘查市场作用凸显。中央和地方财政投入相对比较稳定, 占矿产勘查总投入的比例由高峰期的 27.7% 增加至 36.6%, 对于稳定我国矿产勘查市场发挥了重要作用。⑥随着矿产勘查市场的形成与发育, 社会投入已成为我国非能源矿产勘查的主体力量。⑦随着地质找矿工作的持续进行, 相同矿产勘查投入所获得的新发现矿产地与新增查明资源储量总体呈减少趋势。

(四) 国土遥感综合调查

提取全国矿产疑似违法图斑 10383 处

对收集的 2015 年度土地变更调查遥感正射影像数据和获取的 290 个重点矿区

41.94 × 10⁴ km² 高分辨率遥感数据进行解译, 提取了全国矿产疑似违法图斑, 经野外验证后, 形成了 2016 年度矿产卫片执法检查监督检查工作图件数据, 分析了年度全国矿产资源开发利用状况。

(1) 全国矿产疑似违法图斑数量仍呈现

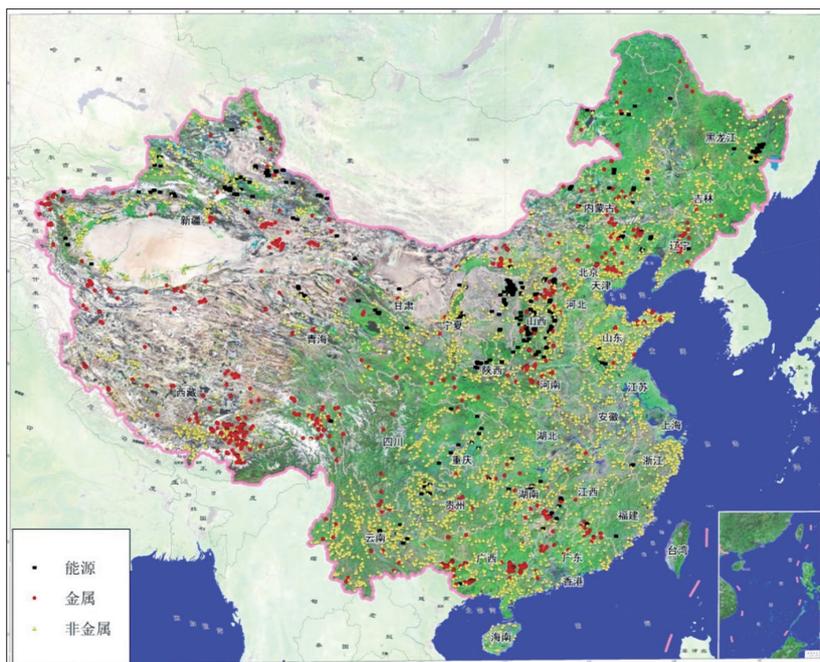
增长趋势。全国（不含港、澳、台）共提取出疑似违法图斑 10383 处，尽管与 2015 年同期图斑数量 11179 处相比减少了 7.12%，但与 2012—2014 年相比，矿产疑似违法图斑数量总体呈现增长趋势。

(2) 2016 年疑似违法图斑主要分布在西藏、新疆、内蒙古、山东、云南、广西、山西、河北、陕西、湖南等资源大省（区）。以疑似无证开采、越界开采和以采代探为主，其次为疑似擅自改变开采方式、擅自改变开采矿种等。疑似违法主体主要以私营企业为主，占 88.15%，集体企业次之，占 9.79%，国有企业最少，占 2.06%。

(3) 对全国煤炭、稀土等重点矿种的开发状况进行了解译。全国现有煤炭开采图斑 15041 处，涉及煤炭采矿权 12739 处（14644 处图斑）、疑似违法图斑 397 处。2015 年度煤矿违法图斑占比（3.82%）在近 10 年中首次出现减少现象。截至 2015 年底，我国共设置稀土矿矿业权 85 处，本

次遥感监测圈定稀土矿疑似违法图斑 184 处，涉及广西、江西、西藏、广东、福建和内蒙古 6 个省区。稀土矿疑似违法图斑总数接近其持证开采图斑的 2 倍。

(4) (中) 西部地区正在成为我国矿业秩序相对混乱的地区。近几年来，西藏、新疆、内蒙古、云南、广西、陕西、山西等（中）西部地区的矿产疑似违法图斑数量增长较快，已经连续数年排在全国前列。



2016 年全国陆域矿产卫片疑似违法图斑分布图

边海防基础地质遥感调查成果 为国防建设提供服务

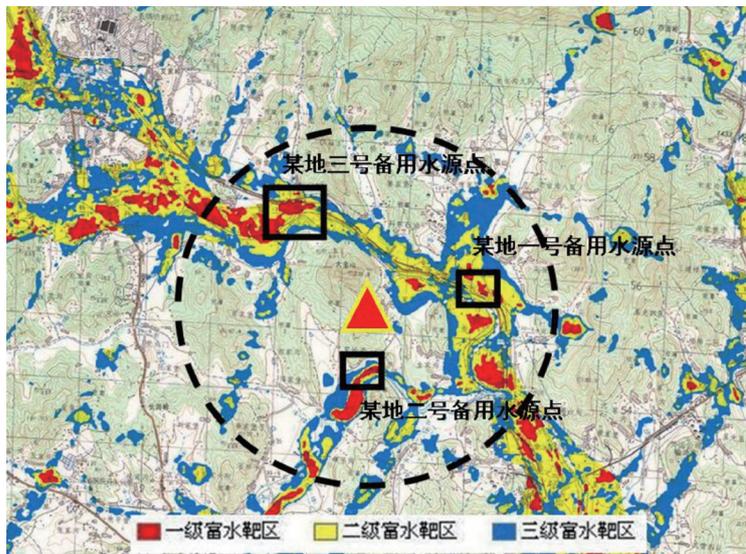
在东北界河鸭绿江、图们江、乌苏里江和黑龙江中下游段开展了共计 $23.45 \times 10^4 \text{ km}^2$ 面积的 1 : 5 万工程地质、水文地质、地形地貌、

土地覆被、地质灾害、矿产资源、界河分布现状与动态变化、交通信息和重要目标等部分专题因子的遥感调查工作。

以遥感解译成果为基础，通过分析地质条件与专题应用中工程选址、选线、找水、地灾等方面的关系研究，建立了地质条件应用专题

模型, 制作了鸭绿江—图们江—乌苏里江—黑龙江段 30 多个地质条件专题应用成果图件。在西北边境西藏阿里地区、塔什库尔干、别迭里、叶城、喀喇昆仑山西南部等地区开展共计面积 $39.86 \times 10^4 \text{km}^2$ 的 1 : 25 万比例尺及 7.35km^2 的 1 : 5 万比例尺基础地质解译。在遥感水文地质解译的基础上, 经实地调查验证、开展物探和钻探等综合研究, 共编制 1 : 25 万给水条件图 27 幅, 总面积 $32 \times 10^4 \text{km}^2$ 。依托于此给水保障资料, 兰州军区

开展了南疆边防部队给水工程。共钻井 36 眼, 钻探总深度 3823m, 成井总深度 3414m, 总出水量 $40000 \text{m}^3/\text{月}$ 。在西南界河藏南错那—墨脱地区、澜沧江、湄公河、怒江、伊洛瓦底江、元江、红河段开展了共计面积 $55.7 \times 10^4 \text{km}^2$ 的 1 : 25 万比例尺及 4.39km^2 的 1 : 5 万比例尺基础遥感解译工作。以省道 S204 为重点, 开展了公路沿线的遥感地质调查, 获取了地质灾害分布、规模、地质背景等一系列调查成果。制作了西沙、中沙、南沙工作区共计面积 2.62km^2 的 1 : 5 万遥感影像图及重点区主要岛礁遥感影像图件。编制了 1 : 1 万、1 : 5 万第四系地质遥感解译图、



某地地下水源富水靶区预测图

地貌类型图、水文地质图、土地覆被分布现状基础数据图件、地表水分布图件、各岛岸线现状及变迁图件, 并开展了西沙工作区钻井分布遥感调查。

该项目为国防建设提供了数据支撑, 为维护我国南海主权提供了有力依据; 在国防给水保障方面有效解决了 7 个兵站、29 个边防连队和哨所的用水问题, 为强边固防、提高边防官兵生活质量做出了重要贡献; 在边境交通保障方面成效显著, 为成都军区进行道路、桥梁的保障提供了地质背景依据, 满足了成都军区亚东方向道路桥梁工程保障的需求。

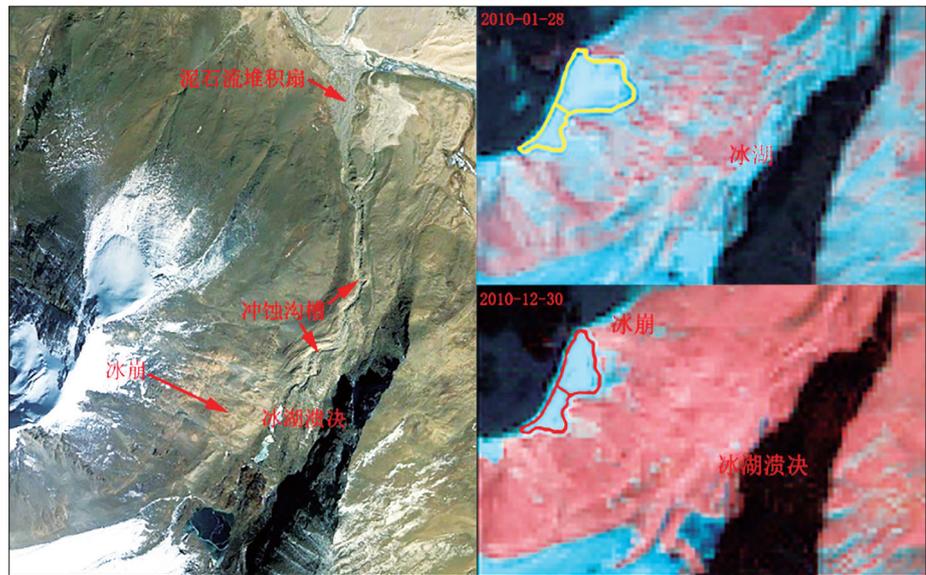
◆ 青藏冰川变化与冰湖遥感调查 总结形成三种典型冰湖溃决灾害 成因模式

典型冰湖溃决泥石流调查、青藏冰川变化与冰湖溃决灾害遥感综合调查, 利用高空间分

辨率、多时相的遥感图像分析, 结合地面调查, 在新识别出几十处冰湖溃决事件的基础上, 发现和总结典型冰湖溃决灾害的三种成因模式。

(1) 冰川跃动、冰崩及岩土体崩塌、滑坡冲入冰湖形成涌浪, 冰湖溃决。例如, 位

于定结县琼孜乡 G087967E27955N 冰川前缘冰湖在 2010 年期间发生溃决。遥感图像显示其西侧山坡处的冰川发生冰崩，堆积体冲入冰湖涌浪造成湖水溃决，在下游形成泥石流堆积扇（附图）。



冰崩引发湖水溃决形成泥石流堆积扇示意图

(2) 温度异常升高，热融作用造

成冰湖坝体融塌，冰湖溃决。例如，康马县萨马达乡的冲巴吓错，高分辨率遥感图像分析与现场调查，冰湖前缘冰碛垄存在多处暗冰融塌形成的典型锅穴地貌，显示冲巴吓错受异常升温影响，冰碛垄融塌，湖水拉槽侵蚀的溃决模式。

(3) 强烈地震活动造成区域冰湖溃决。

例如，亚东县、康马县的卓木拉日山脉区域冰湖几乎全部出现溃决现象(28处)。这一现象与地震触发的大区域滑坡、崩塌、泥石流灾害类似(例如5·12汶川地震)。同时，利用高分辨率遥感图像，在卓木拉日山脉地区冰湖下游，解译发现了北东向延伸的大规模地震活动的地表破裂带。

◆ 全国自然资源本底数据 覆盖面积达 $945 \times 10^4 \text{km}^2$

2015 年开始，利用遥感技术开展全国 1 : 25 万林地、草地、地表水、湿地、荒漠化、海岸带遥感综合调查，形成 2015 年全国 1 : 25 万林地、草地、地表水、湿地、荒漠化、海岸带本底数据，覆盖面积 $945 \times 10^4 \text{km}^2$ 。

通过成果集成，完成了对土地资源、水资源、

大宗矿产资源最新调查成果的集成，包括耕地资源、地热资源、地下水资源、煤炭资源、黑色金属资源、有色金属资源、贵金属资源、稀有锂矿资源、非金属资源、油气盆地勘查开采区块登记状况、油气资源勘探形势等，编制了全国 1 : 400 万图件。

根据 2015 年遥感调查和成果集成最新数据，更新编制了 1 : 2000 万中国自然资源图集，图集共包含图件 58 张。涵盖了土地、气候、



水、矿产、生物、能源与海洋等自然资源的分布、保护、开发与利用状况及其相关生态环境等诸多方面的内容，图集中的自然资源和生态地质环境图件配有文字说明。根据统计数据和分析

结果，概括描述了自然资源数量、质量、空间分布和变化特征，提出了自然资源开发利用中存在的问题和对策建议。



六

“一带一路”基础地质调查与信息服务

2016年，国际对比研究与编图成果斐然，1:1000万亚洲成矿图、1:2500万世界海洋矿产资源图等图件编制完成。地质调查合作填图与研究取得一系列成果，地调局援摩洛哥地球化学和地质填图项目受到摩洛哥政府表彰；制作了“一带一路”64个国家/地区不同

比例尺的三维遥感影像图。信息集成与服务成果显著，全球尺度地球化学国际研究中心落户中国；中巴经济走廊工程地质调查服务重大工程建设；“丝绸之路经济带”地质矿产信息综合数据库建设。国际合作与交流日益频繁，圆满完成了蒙古铜金矿床地质矿产考察。



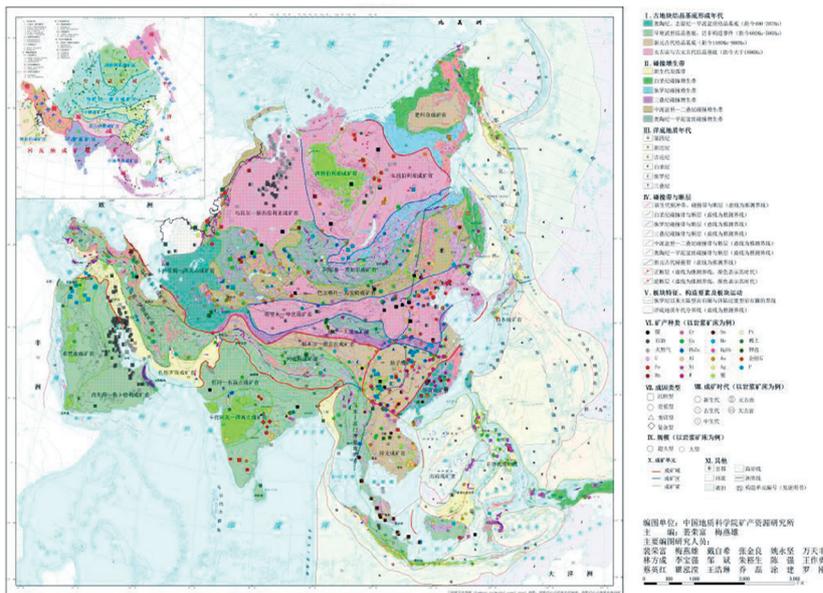
(一) 国际对比研究与编图

◆ 1 : 1000 万亚洲成矿图编制完成

亚洲是我国“走出去”勘查开发矿产资源、开展能源资源国际合作的首要战略选区，也是“一带一路”主体区域。《1 : 1000 万亚洲成矿图》通过编制亚洲构造背景图，在亚洲大陆及

毗连海域划分出 6 个构造域、71 个构造单元。采集大型超大型矿床数据 891 组，建立由 24 个属性构成的亚洲矿床数据库。首次在国际上编制完成数字化的、包含 25 种矿产的 1 : 1000 万亚洲成矿图，填补了国内外空白，获得世界地质图委员会的国际认可。对亚洲石油、天然

气、煤炭、铀、铁、锰、铬、铜、铅、锌、铝、镍、钨、锡、钼、汞、锑、金、银、铂、锂、稀土、磷、钾盐、金刚石等 25 种矿产的资源概况、地质特征、分布特征进行了论述，在亚洲大陆及毗连海域划分出 4 个成矿域、10 个成矿区、26 个成矿省，初步总结了亚洲成矿规律。该项成果是继 1 : 2500 万世界大型超大型矿床成矿图和世界海洋矿产资源图后又一个具有国际影响的矿产资源编图成果。



亚洲成矿图

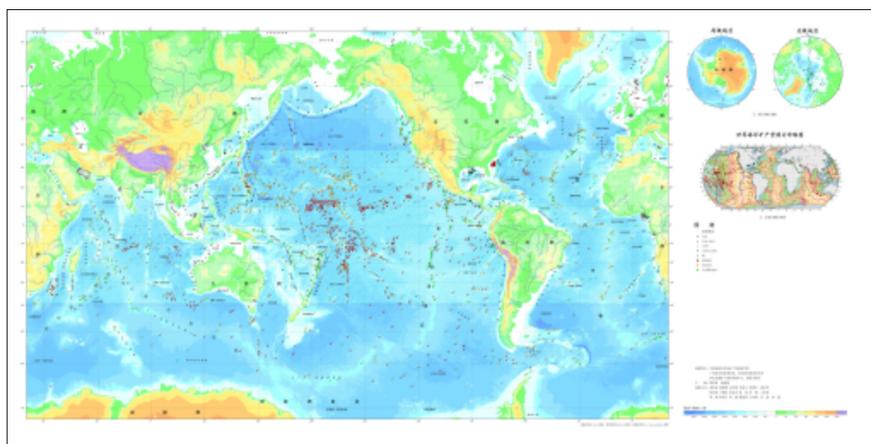
◆ 1 : 2500 万世界海洋矿产资源图编制完成

《1 : 2500 万世界海洋矿产资源图》通过编制世界海洋地貌背景图和构造背景图，在全

球 4 大洋厘定 3 类、161 个海洋地貌单元和 3 类、36 个海洋构造单元。采集世界海洋矿产资源数据 2334 组，建立包含 17 个属性的世界海洋矿产资源数据库。首次在国际上编制完成数字化的、展示 7 种海洋矿产资源空间分布的 1 : 2500

万世界海洋矿产资源图，填补了国内外空白。对世界海洋石油、天然气、天然气水合物、磷酸盐岩、铁锰结核、富钴结壳、多金属硫化物资源的调查研究及勘查开发概况、分布特征、地质特征及成因进行了全面论述，初步总结了世界海洋矿产资源的形成和分布规律，为

21世纪开发利用海洋矿产资源、维护我国海洋权益奠定了地质科学基础。该项成果对我国实



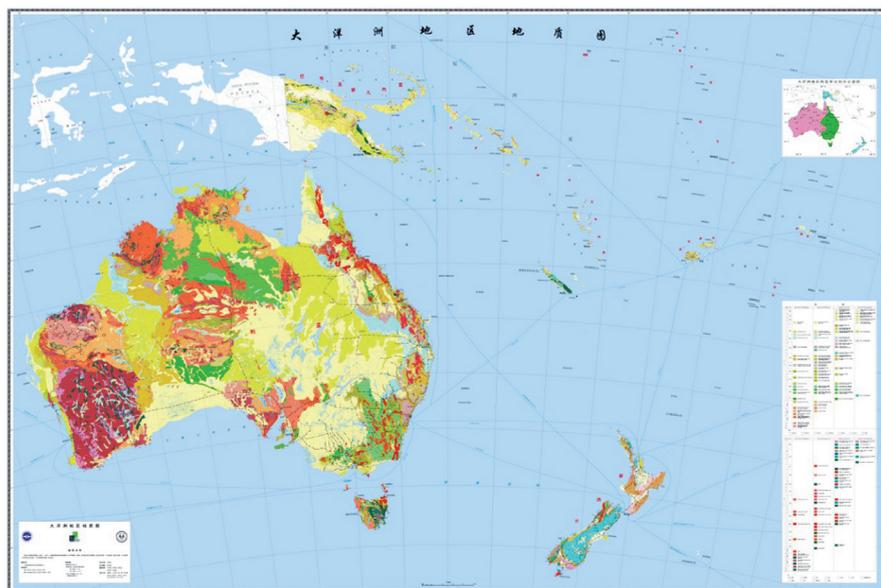
1 : 2500 万世界海洋矿产资源图

施海洋强国战略和推进“一带一路”建设具有重要意义。

◆ 《大洋洲地区地质图及金属矿产图(1:2500000)》编制完成

《大洋洲地区地质图及金属矿产图(1:2500000)》编图范围覆盖了整个大洋洲的大陆及较大岛屿，包括澳大利亚、新西兰、巴布亚新几内亚、斐济等国家和地区，地理坐标范围为东经110°到西经160°，北纬0°到南纬50°。本次编图以板块构造理论为

指导，全面系统利用大洋洲地区地质调查最新成果，突出展示了其总体地质构造轮廓特征和区域地质矿产研究最新进展。地质图以系为单元，包含区域地层、火山岩、侵入岩、



大洋洲地区地质图

变质岩、构造等信息；金属矿产图以地质图
为底图，叠加区域最新编制的矿产地数据库
编制而成，能够反映区内最新的金属矿产勘

查开发进展。两个图件的编制为区域地质调
查、矿产资源勘查开发、国际地学研究交流
与对比提供服务。

◆ 中南半岛五国水文地质合作编图 助推“一带一路”倡议

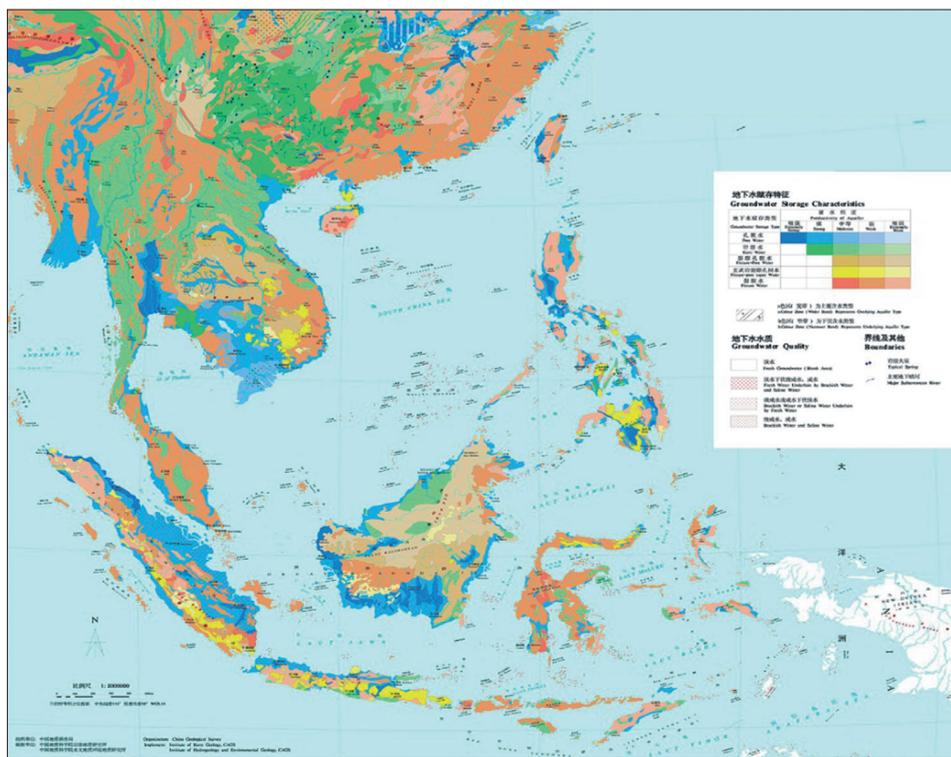
中南半岛五国水文与环境地质合作编图推
进中国与中南半岛五国区域合作，填补或提高
了某些国家水文与环境地质图空白或精度，推
动了绿色丝绸之路建设，促进了“一带一路”
沿线国家民心相通。

(1) 建立了中国—东盟岩溶地质国际合作
网络。与来越南科学院海洋与地球物理研究所、

马来西亚国立水力学研究所、印度尼西亚加扎
马达大学、印度尼西亚地质局地下水中心、泰
国地下水资源厅、泰国矿产资源厅、老挝自然
资源和环境部、菲律宾矿产与资源局、柬埔寨
科技研究所、柬埔寨矿产资源总局、缅甸环境
研究所相关专家针对东南亚地区岩溶环境地质
与编图开展了交流与研讨，建立了较好的合作
关系，为共同开展中国与东南亚地区岩溶地质
合作研究奠定了基础。

(2) 合作编制了岩溶地质系列图件。通与

东南亚国家相关专
家经过多次研讨共
同编制了中国南部
及东南亚地区岩溶
分布特征图、中国
南部及东南亚地区
水文地质图。该系
列图比例尺为
1 : 500 万，覆盖
中国南部及整个东
东南亚地区，岩溶分
布特征图主要包括
岩溶发育程度分
级、主要岩溶现象，
水文地质图主要
包括地下水赋存特
征、地下水水质。



中国南部及东南亚地区水文地质图

（二）地质调查合作填图与研究

◆ 地调局援摩洛哥地球化学和地质填图项目受到摩洛哥政府表彰

2016年1月24日，摩洛哥拉姆尼日纳市政府召开会议专门表彰中国地质调查局武汉地质调查中心援摩洛哥西阿特拉斯山地区地球化学和地质填图第一期技术合作项目组。行政长官拉赫森·纳杰代表市政府，感谢项目组及全体人员为该市所在地区地质调查工作做出的贡献和付出的辛勤劳动，并亲自为项目组成员颁发了荣誉证书。地调局武汉中心援摩洛哥项目组在图卜卡勒峰及拉姆尼日纳完成地球化学填图采样、数字地质路线调查工作。项目组的工作还得到了摩洛哥王国能源、矿产、水利与环境部的充分认可。能矿部地质司司长阿哈麦德·本拉克迪姆与地质专家伊玛迪多次到工区检查、交流项目工作，对项目组人员扎实的业务能力、严谨的工作作风、顽强的拼搏精神给



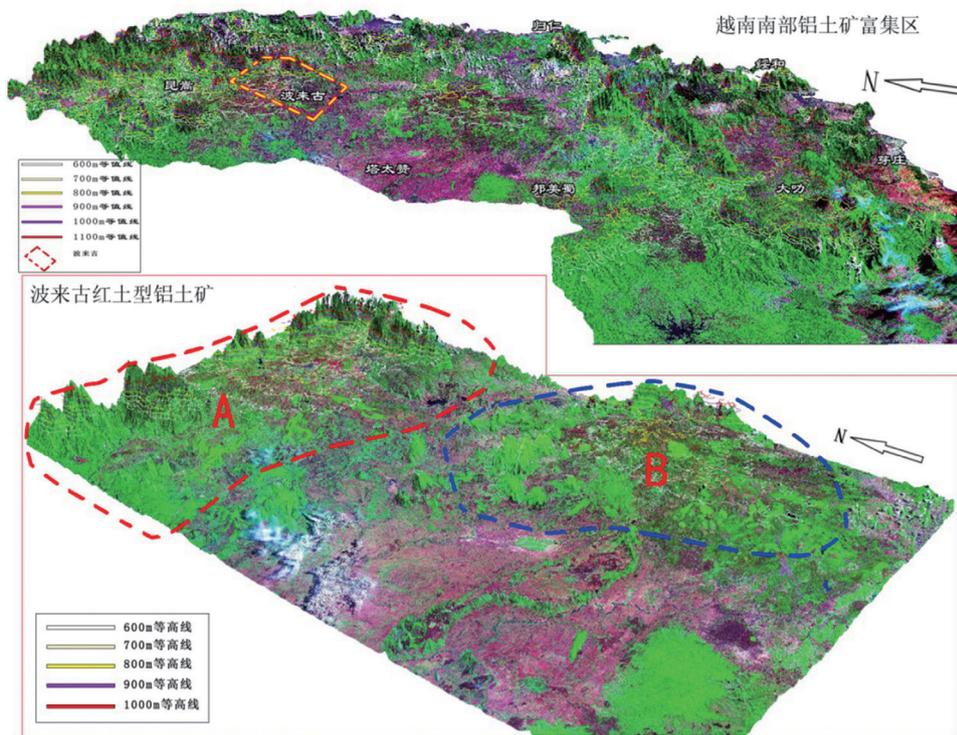
阿哈麦德·本拉克迪姆（右四）、伊玛迪（右五）和项目组部分成员合影

予高度赞扬。阿哈麦德·本拉克迪姆特别指出：项目组的到来带来了先进的地质理论和工作方法，提高了该地区地质调查水平，摸清了区内矿产资源家底，增进了两国地质调查机构间的交流合作与友谊。中国驻摩洛哥大使馆经济商务参赞处表示，拉姆尼日纳地方政府给予项目组的表彰在中国驻摩企业或机构中尚属首次，表明项目组圆满完成了工作任务并取得重要工作成果，彰显了中国地质工作者的风貌，为国家争得了荣誉。

◆ “一带一路”64个国家/地区卫星遥感解译

以国产卫星数据为主要数据源，初步制定了《“一带一路”资源环境卫星遥感解译技术指南》，制作了“一带一路”64个国家/地区不

同比例尺的三维遥感影像图；在此基础上，开展了泰国、蒙古、哈萨克斯坦、波兰等35个国家（总面积达 $1300 \times 10^4 \text{km}^2$ ）的城镇、交通、水系、构造、地层、岩性、矿业活动区、林地、耕地、荒漠化、湿地等11个资源环境要素的遥感解译，形成1:100万遥感解译中间图件近



越南红土型铝土矿富集区不同尺度 DEM 地貌图

22 处重点矿业活动区和重要地质环境区，开展了卫星遥感动态观测，初步编制了 22 幅 1:5 万遥感解译图件；同时，完成了全球卫星遥感“一张图”解译数据服务软件模块软件开发的需求分析及原型系统设计。通过半年来对“一带一路”地区 35 个国家的遥感地质解译，快速有效的获取了大范

40 幅；初步开展了中蒙俄、新欧亚大陆桥、中伊土、中巴、孟中印缅和中新等 6 条经济走廊沿线重点地区的资源环境遥感解译 $2 \times 10^4 \text{km}^2$ ，形成 1:25 万遥感解译中间图件 10 多幅；对

围、多要素、多尺度的资源环境信息，为国家“一带一路”倡议、多家“走出去”企事业单位资源勘查和投资决策提供了信息服务，发挥了重要先导作用。

老挝北部沙耶武里地区金铜找矿新发现

在老挝北部沙耶武里地区详细划分了出露的地层单元，结合完成的化探工作圈定了找矿靶区 2 处，新发现金铜矿化点 13 处。建立了老挝北部地质空白区的地层层序，圈定金远景区 2 处，新发现铜金多金属矿化点 13 处。中老合

作的老挝北部地质地球化学填图项目，查明测区出露的前石炭纪、晚石炭世—中二叠世、中晚三叠世及中生代地层特征，划分了 15 个地层单元，建立老挝北部地质空白区的地层层序。综合研究认为，老挝北部沙耶武里地区经历了前石炭纪古陆发展→黎府洋俯冲→难河—程逸洋俯冲→碰撞造山→盆山转换→陆内造山与改造→高原隆升等与古特提斯演化相关的构

造发展演化史。在现阶段的工作基础上，圈定找矿远景区2处，新发现铜金多金属矿化（点）13处，部分矿化点 Au 达到 20g/t、Cu 达到 0.8% ~ 1.65%，显示出较好的铜金、铅锌找矿潜力。通过此次中老两国政府合作开展的地质

地球化学填图，不仅查明了区域地层、构造、岩浆岩、变质岩的特征，还圈定了找矿远景区，为中资企业获得了更多的优质探矿权服务，为国家制定境外矿产资源战略提供了资料信息支持，促进中老两国矿业经济的可持续发展。

（三）信息集成与服务

全球尺度地球化学 国际研究中心落户中国

中国地质调查局全球矿产资源地球化学与遥感调查工程实施的全球地球化学基准网建立

子项目，中国牵头与 30 余个国家开展了合作研究，建立了覆盖面积近 $3200 \times 10^4 \text{km}^2$ 地球化学基准网和化学地球大数据平台。中国在全球地球化学基准网建立中发挥了核心作用。牵头制定了全球地球化学基准技术指南、实验室



联合国教科文组织全球尺度地球化学国际研究中心正式成立

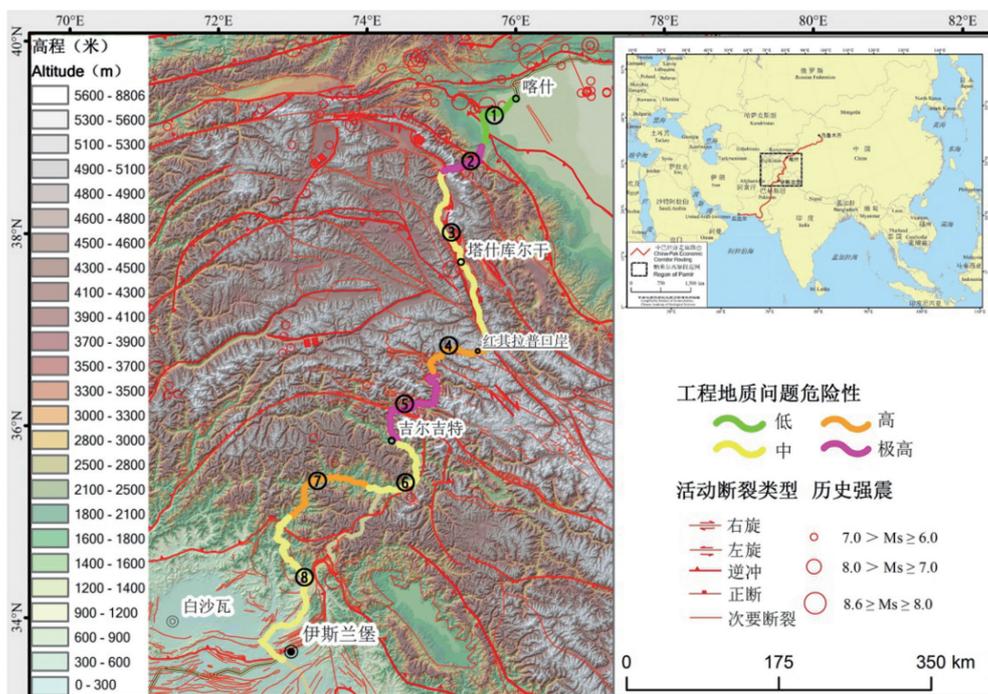
分析指南、数据管理与图件编制指南。中国还承担了大国责任，举办了4次国际地球化学填图培训班，让世界共享了我国先进技术。以该计划为基础，经联合国教科文组织和中国政府批准建立全球尺度地球化学国际研究中心，体现了中国在该领域取得的国际领先地位。2016年5月12日中心正式成立和运行。目前为止，完成全球陆地面积22%的全球地球化学基准网建设，对全球地球化学基

准数据80万条数据进行收集整理、校对和入库。全球地球化学基准网持续记录全球化学基准与变化等科学数据，以此为基础设立了“化学地球大科学计划”，为编制全球地球化学一张图，绘制地球化学元素图谱，建立“化学地球”大数据平台，支撑全球自然资源与环境可持续发展，提供权威数据，为决策者、科学团体和社会公众提供共享服务，为世界贡献中国力量。

中巴经济走廊工程地质调查 服务重大工程建设

通过对中巴经济走廊文献资料分析、遥感解译、InSAR观测、野外线路调查、山地工程

等工作，对该地区的工程地质问题及控制因素取得了认识并提出解决方案。中巴经济走廊是“一带一路”倡议的重要组成部分，将建成一条连接中国内陆与巴基斯坦阿拉伯海沿岸，集公路、铁路、油气管道、光缆和电力线路“五



中巴经济走廊西构造段区域位置及工程地质问题严重程度分段图

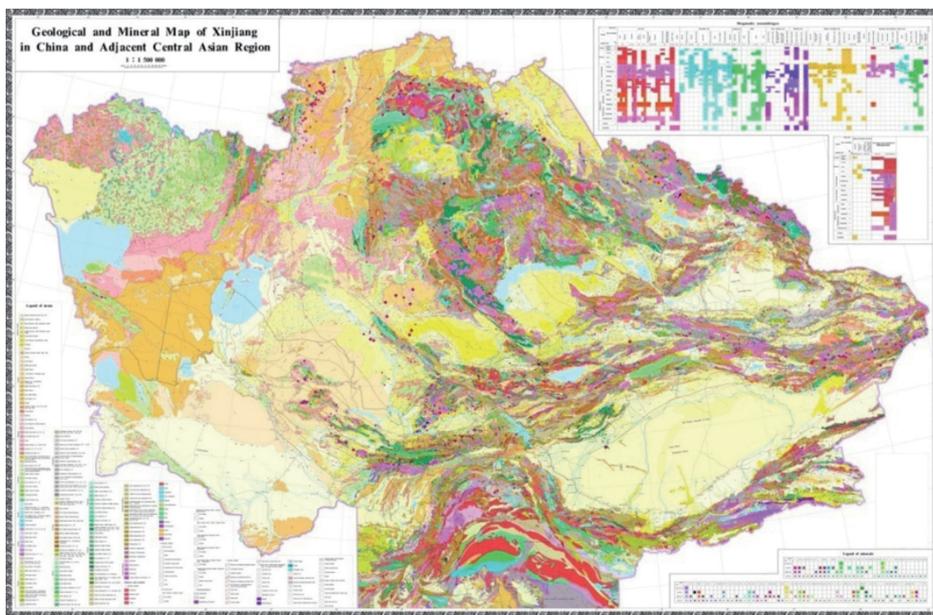
位一体”的综合大通道。青藏高原西构造段由于强烈的内外动力地质作用，发育了极具特色且非常严重的工程地质问题，成为中巴

经济走廊的卡脖子区段。该项工作为解决实际工程问题，支撑“一带一路”倡议提供了技术参考。

● “丝绸之路经济带” 地质矿产信息综合数据库建设

为落实国家丝绸之路经济带建设战略，广泛开展了与丝绸之路经济带辐射区中亚、南亚、西亚国家间地学合作，完成《中国新疆及邻区地质矿产图（1：150万）》英文版及说明书编制，编制了中吉乌天山造山带1：100万地质矿产图（草图）和中亚南亚1：250万地质矿产图（草图），建立了覆盖中亚、南亚、西亚地区13个国家的地质矿产综合信息数据库，收录各类比例尺地质矿产图件300余张，矿床2000多个、矿

（化）点20000多个，同时数据库涵盖丝路沿线各国矿业相关法律法规、投资指南、经济行业基本情况及税费等方面资料。目前该数据库已支持互联网直接访问，提供实时查询服务（网址：<http://219.144.130.58/geosco/>）。通过开展丝绸之路经济带矿产资源潜力评价工作建立了与丝路辐射区各国地质管理机构、地学研究机构广泛的合作关系，有力地推动了各国间地学领域合作与交流，为国家、有关省区开展丝绸之路经济带合作布局提供了宏观地质依据。在服务国家外交大局的同时，为合理引导企业及地勘单位“走出去”提供了有力的技术和信息支撑。



“丝绸之路经济带”地质矿产信息综合数据库建设



(四) 国际合作与交流

● 蒙古铜金矿床地质矿产考察 圆满完成

同蒙古科技大学合作，实地考察了博鲁、额尔登特、欧玉陶勒盖、查干苏布尔加、苏廷等重要铜金矿床，采集了岩（矿）石标本和样品。收集了蒙古 1 : 100 万国际分幅地质图、构造图、矿产图，为开展蒙古矿产资源潜力评价提供了很好的数据资料。在蒙古考察期间，项目组同蒙古正元公司、巴音北宸公司等蒙中资企业以及当地华侨协会进行了座谈和需求对接，前往中国驻蒙古大使馆拜访了孙维仁商务参赞。未来将采取具体措施，力争在蒙古实现找矿突

破，取得标志性成果，圆满完成蒙古地质矿产考察任务，编制完成《境外矿产资源潜力评价技术要求（征求意见稿）》，为合作开展境外地质调查和矿产资源潜力评价规范化奠定了基础。



同蒙古科技大学联合野外考察



七 地质科技支撑

2016年以来，在地层、古生物、地质构造、地质勘查技术、科学钻探等方面取得了新成果和新进展，充分发挥了地质科学技术的引领和支撑作用。四川昭觉地区发现白垩纪恐龙足迹化石，长羽毛恐龙及翼龙研究取得新发现；发现剑头翼龙属新材料，骨组织研究取得进展。印度-亚洲碰撞带由挤压到走滑的构造转换的重大发现及机制破解；高演化页岩油气地质条件评价热解分析仪初步研制成功；海域天然气

水合物钻探取样装备完成优化试制；地质灾害应急调查有了新型便携式工具箱；南海天然气水合物试采技术形成创新体系；软硬交错复杂地层钻进技术的改进为深部隐伏矿体找矿提供了有效的技术支撑；创新成矿理论、找矿模型及勘查方法；矿产地质志完成多项阶段性成果；铜陵地区典型 Cu-Au 矿床成矿分带及三维建模已初步完成。

(一) 地层与古生物

四川昭觉地区发现白垩纪恐龙足迹化石

发现兽脚类和蜥脚类两大类恐龙足迹化石，其中兽脚类足迹有5类：大型的嘉陵足迹 (*Jialingpus*)、微小的小龙足迹 (*Minisauripus*)、中小型驰龙足迹 (*Dromaeopodus*)、中大型的实雷龙足迹型类 (*Eubrontestype*)、伶盗龙足迹 (*Velociraptorichnus*)。蜥脚类足迹有1类，即雷龙足迹 (*Brontopodus*)。

调查共发现8处恐龙足迹化石，分布在3个地层层位内，分别是下白垩统飞天山组、小坝组 and 上白垩统一古近系雷打树组。

县央摩租乡、喜德县巴久乡2处化石点。足迹化石产于飞天山组底部及中部。与下伏上侏罗统官沟组为平行不整合接触。

上白垩统一古近系雷打树组恐龙足迹化石

见于喜德县洛哈镇瓦地。

下白垩统飞天山组化石均为兽脚类恐龙足迹，有恐龙足迹化石约60个。主要的足迹形态包括大型的 *Jialingpus* (嘉陵足迹) 和小型的 *Minisauripus* (小龙足迹)。

上白垩统雷打树组化石均为蜥脚类恐龙足迹的 *Bron-topodus* (雷龙足迹)，为典型的晚白垩世蜥脚类行迹特征。

昭觉县央摩租乡洛伍依体村西岸的 *Minisauripus* (小龙足迹) 是国内第3例、世界第4例最小的兽脚类足迹，对揭示恐龙演化为鸟的微体型观点提供了实证。同时，也是世界上首次发现的小龙足迹与大型足迹 (嘉陵足迹, *Jialingpus*) 共存记录，对研究足迹组合，古行为学具有重大意义。



Jialingpus (嘉陵足迹)



Minisauripus (小龙足迹)



Velociraptorichnus (伶盗龙足迹)

发现剑头翼龙属新材料 骨组织研究取得进展

剑头翼龙属于梳颌翼龙科，翼手龙亚目。新发现的化石材料——金刚山剑头翼龙，是迄今为止，梳颌翼龙科中已知保存最为完整的（头骨与头后骨骼在一起）化石标本。

金刚山剑头翼龙发现于九佛堂组（正型标本发现于义县组），其特征为大约 50 个尖锐的牙齿，眶鼻孔约占头骨长度的 13%，外鼻孔前边缘到吻端的长度与头骨长度比率约为 0.63。沿下颌缝合线的中线，具有一个深的沟。最长的颈椎长度和宽度比率为 4.1。股骨与胫骨长度比率为 0.61，胫骨与第 1 翼指骨等长，第 3 跖骨和胫骨的长度比率为 0.4。

剑头翼龙属过去被认为是高卢翼龙亚科成员。通过对 67 个内类群、118 个特征进行支序系统发育分析，结果表明剑头翼龙属应该属于梳颌翼龙科，同滤齿翼龙属成员具有紧密的亲缘关系。

新发现的金刚山剑头翼龙在个体死亡时，

血管分布于外骨膜表面，没有形成完整的骨单位。相比正型标本，新材料代表了较为年轻的个体。个体处于生长活跃期，骨骼发育应该在青年晚期到亚成体阶段。

金刚山剑头翼龙新材料的发现为该属种提供了更为详细的骨骼形态学信息，扩展了剑头翼龙属地层分布范围，增加了该地区翼龙类的多样性。同时，新材料密集、纤细与弯曲的牙齿表明，该种类可能善于捕食鱼类。



金刚山剑头翼龙复原图

（二）地质构造

印度—亚洲碰撞带由挤压到走滑的构造转换的重大发现

特提斯—青藏高原科技长廊和主要成矿带构造背景的综合地质调查在喜马拉雅造山带中完成三大构造的重要发现。

大型韧性滑脱剪切带（THD）发现在东特

提斯—喜马拉雅带东段的底部，具有 N—S 向拉伸线理，伴随盖层的铲式褶皱—断裂系和向南的剪切指向，形成于 48 ~ 15 Ma；大型平行造山的韧性拆离剪切带（GHD），发现在高喜马拉雅带的上部，具 E—W 向拉伸线理和向东、向西的伸展剪切指向，形成 30 ~ 16 Ma；大型韧性逆冲剪切系（GHT），发现在高喜马拉雅

带的下部，具向南迁移的剪切指向，形成在 26 ~ 34 Ma。

晚始新世以来，羌塘地块和拉萨地块的物质通过“岩石圈横弯褶皱和壳内解耦”的运动学机制，35Ma 以来围绕东构造结发生顺时针旋转并向青藏高原东南缘逃逸。结合东南亚板块重建的资料，认为从印度 - 亚洲的

“陆 - 陆碰撞”到印度洋板块 - 亚洲东南大陆的“洋 - 陆俯冲”的转换是导致从印度 - 亚洲主碰撞带的挤压到青藏东南缘走滑转换的根本原因。

上述经过野外艰苦实践的创新性成果，对于重塑喜马拉雅构造、建立 3D 的喜马拉雅造山模式以及挤压到转换的成因机理有重要意义。

捕获 Columbia 超大陆聚合、裂解在华北克拉通上的记录

太古宙陆核形成与巨量陆壳生长：研究结果表明，鞍山地区 3.8 ~ 3.1Ga 变质杂岩含有丰富的岩石类型。其中，部分 3.8Ga 岩石存在明显的 $\epsilon^{142}\text{Nd}$ 正值 (9.7 到 12.5)，指示鞍山地区部分 3.8 Ga 岩石来自强烈亏损的源区，这种强烈亏损的源区在地球形成之后 200-300

Ma 之内已经形成并得以保存。

Columbia 超大陆聚合在华北克拉通上的记录：①如图 1 所示，辽东岫岩三家子地区辽河群里尔峪组片麻岩与大石桥大理岩之间为正断层接触关系，并非整合接触关系；②辽东岫岩三家子地区南辽河群里尔峪组、高家峪组、大石桥组和盖县组的沉积时代分别为晚于 ~ 2.05 Ga、~ 2.07 Ga、~ 2.04 Ga 和 ~ 1.92 Ga。③辽南地体东北部栗子房地区含榴斜长角闪岩

主要以规模较大的小侵入体的形式分布于长英质片麻岩之中，有的露头保留了十分典型的“白眼圈结构”，其中，变质锆石记录 (1828 ± 25) Ma 的年龄，这些特征表明辽南地体曾卷入了与 Columbia 超大陆聚合有关的碰撞 - 造山的构造过程。

Columbia 超级大陆裂解在华北克拉通的记录：研究表明，白

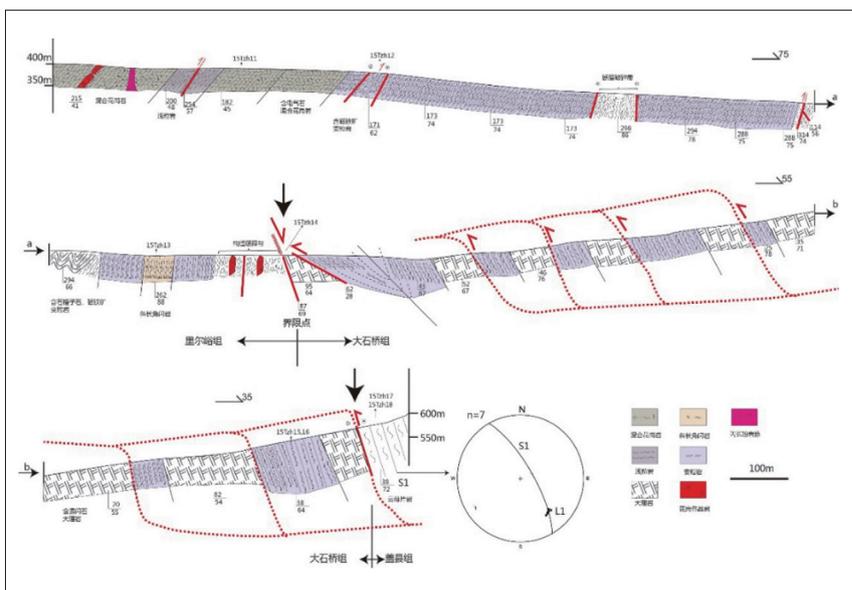
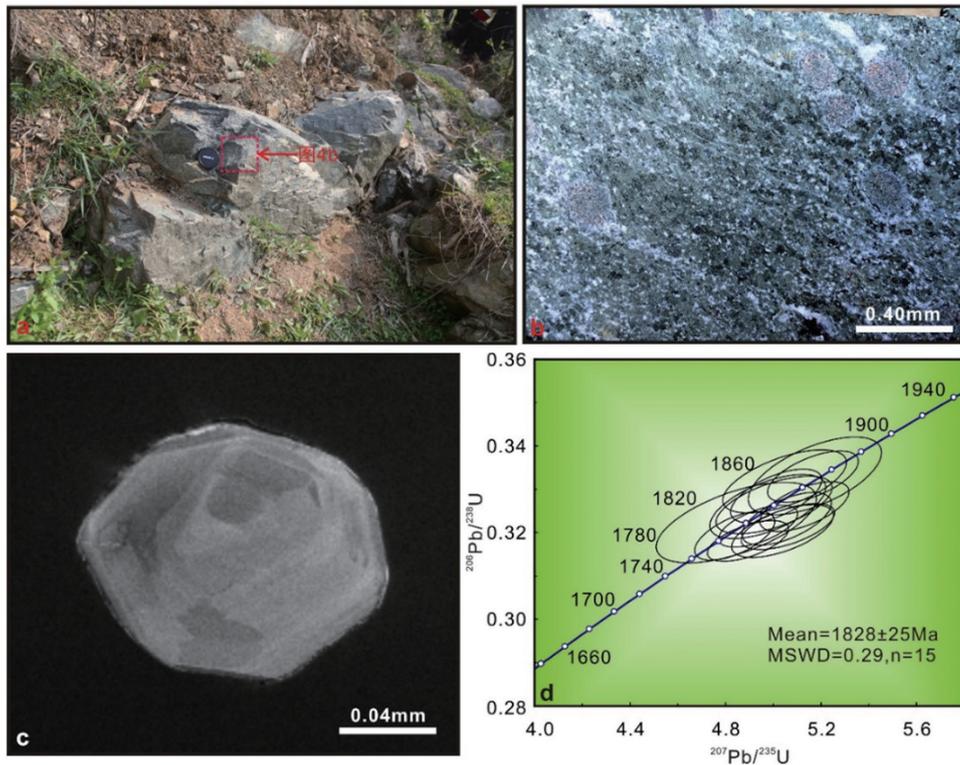


图 1 辽宁岫岩三家子地区构造 - 岩性剖面

云鄂博群都拉哈拉组、尖山组和哈拉霍疙特组的碎屑锆石年龄分布具有类似的特征，主峰为 1.97 ~ 1.85 Ga 和 2.46 ~ 2.53 Ga，最大沉积年龄在 1.78 ~ 1.74 Ga。之上的比鲁特组中，新获得的碎屑锆石年龄峰值为 2.52 Ga 和

1.71 Ga，最大沉积时代为 1.60 Ga。最上部的呼吉尔图组和阿牙登组也显示了相似的碎屑锆石特征，峰值为 1.55 ~ 1.53 Ga、1.36 ~ 1.34 Ga 和 1.15 ~ 1.17 Ga，最大沉积时代为 1.15 ~ 1.11 Ga。



南辽地体栗子房含榴斜长角闪岩野外、手标本、锆石 CL 图像与锆石 U-Pb 定年结果图

◆ 二连 - 贺根山构造带 巴彦胡硕中基性球状岩发现 与大地构造意义

球状岩是稀罕的地质珍品，自 Von Buch 于 1802 年发现并命名以来，目前全球仅 103 例。我国目前发现的仅有 3 例，分别是浙江诸暨球

状超镁铁质岩、河北滦平球状闪长岩和湖北黄陵球状花岗闪长岩。

巴彦胡硕地区中基性球状岩出露于大兴安岭中段西坡，产于二连 - 贺根山构造带北端，内蒙古东乌旗巴彦胡硕镇（乌拉盖镇）北西约 60km，是在原 1 : 25 万新庙幅所划中奥陶世石英闪长岩岩体中的新发现。

野外宏观球状岩主要见有球状辉长岩和球状闪长岩（详见野外照片），球体多呈圆球—椭球状，多表现大球状（球体一般5~20cm）、小球状（球体一般1~5cm）和粒状（球体小于1cm）；局部粒状球状岩表现出平行粒序层理特点，类似辉长岩的堆晶结构。

①球状辉长岩：主岩应为微晶辉长岩，球体应为辉长岩等基性岩，球壳为薄壳状浅色花岗质岩石，球间基质同主岩及球体主要成分相近。
②球状闪长岩：浅色长石类矿物和暗色闪石类矿物相间放射状排列构成球状构造，主体岩石不详。

综合考虑认为，巴彦胡硕中基性球状岩应与二连—贺根山构造带的活动有关。本次发现的巴彦胡硕中基性球状岩在我国

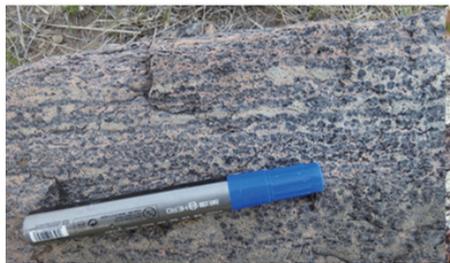
东北地区尚属首次，为我国球状岩的研究又增添了新的成员。但对于巴彦胡硕球状的分布范围、岩相学及矿物学特征、成因等还有待于进一步的工作。



大球状辉长岩



小球状辉长岩



似堆晶结构粒状球状辉长岩



球状闪长岩



构造角砾岩岩块



主岩微晶辉长岩

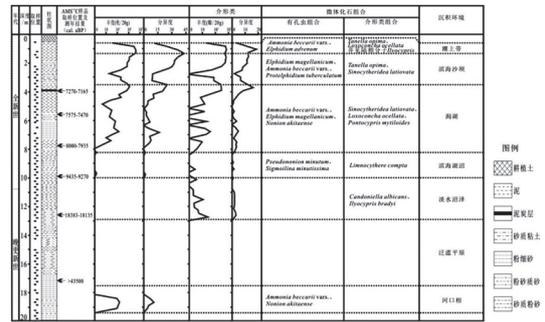
平原区调确定渤海湾北岸海侵模式和 1.9Ma 构造转换

在渤海湾北岸海湾型海侵模式、1.9Ma 渤海湾北岸构造活动和沉积体系的转换方面取得重要进展。

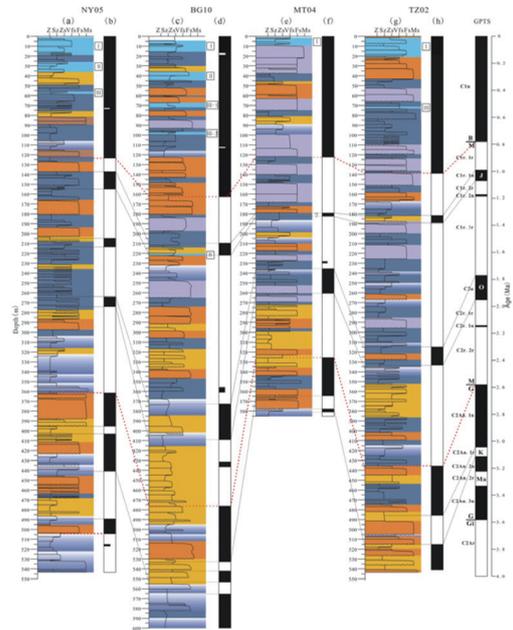
依据微体古生物化石、AMS14C 和沉积结构、构造，渤海湾西北岸 HG1 孔（20m 以浅）划分了 6 个阶段不同的沉积环境。渤海湾西北部海洋和少泥沙河流相互作用，未形成较大三角洲，形成海湾型海岸，记录了较为详细的海平面变化过程，为预测未来区域对海平面变化

的响应过程奠定基础。

通过各孔磁性地层和沉积环境对比发现，渤海湾北岸于 1.9Ma 后黄骅拗陷内各次级构造单元差异性沉降显著增加，北西向凹陷 (BG10 孔和 TZ02 孔) 沉降幅度增加，北东向凹陷 (NY05 孔) 和北西向凸起 (MT04 孔) 沉降相当，指示了此时北西向构造增强，由各北西断裂控制的各次级构造单元沉降增大。同时，1.9Ma 发生沉积体系的转换。1.9Ma 前，区域沉积环境以河湖相为主，形成河流相或泛滥平原相和湖相交替分布的类型，可能以气候变化为控制主因。1.9Ma 后，唐山以东区域以湖相地层为主，晚第四纪滦河迁移摆动至此，形成上部湖相和冲积扇相相间的地层。渤海湾北岸构造和沉积的转换为重新认识区域构造动力和区域水文提供了基础。1.9Ma 后，北西构造活动增加，从而引起渤海湾北岸，以及华北平原北部多地震活动。沉积体系的转换为恢复岩相古地理、确定河流流向和湖相砂体展布特征提供了约束条件，并为水文地质研究奠定了基础。



渤海湾西北岸 HG01 孔完第四纪沉降演化特征



渤海湾北岸第四纪磁性地层框架

(三) 成矿规律

◆ 铜陵地区典型 Cu-Au 矿床成矿分带及三维建模

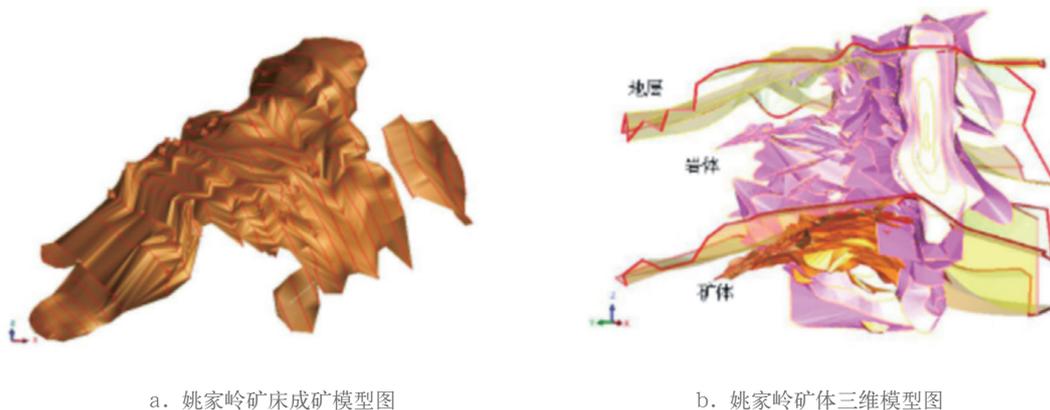
在铜陵地区对具有典型层控矽卡岩型、斑岩型的冬瓜山矿床和典型斑岩型、矽卡岩型和

热液脉型“三位一体”复合姚家岭矿床进行系统的资料收集和综合分析、总结，在此基础上进行现场调研，建立了成矿有关的岩浆岩、地层以及矿床三维空间的分布构架。

冬瓜山铜矿是具有典型层控矽卡岩型和斑

岩型的铜矿床，通过对其岩体（矿石）的地化分析、年代学研究，矿石的探针分析研究成矿元素的分布特征，同位素分析矿质来源，包裹体分析研究成矿流体的性质及成矿温度，进而对冬瓜山的成矿规律进行了总结和综合建模。

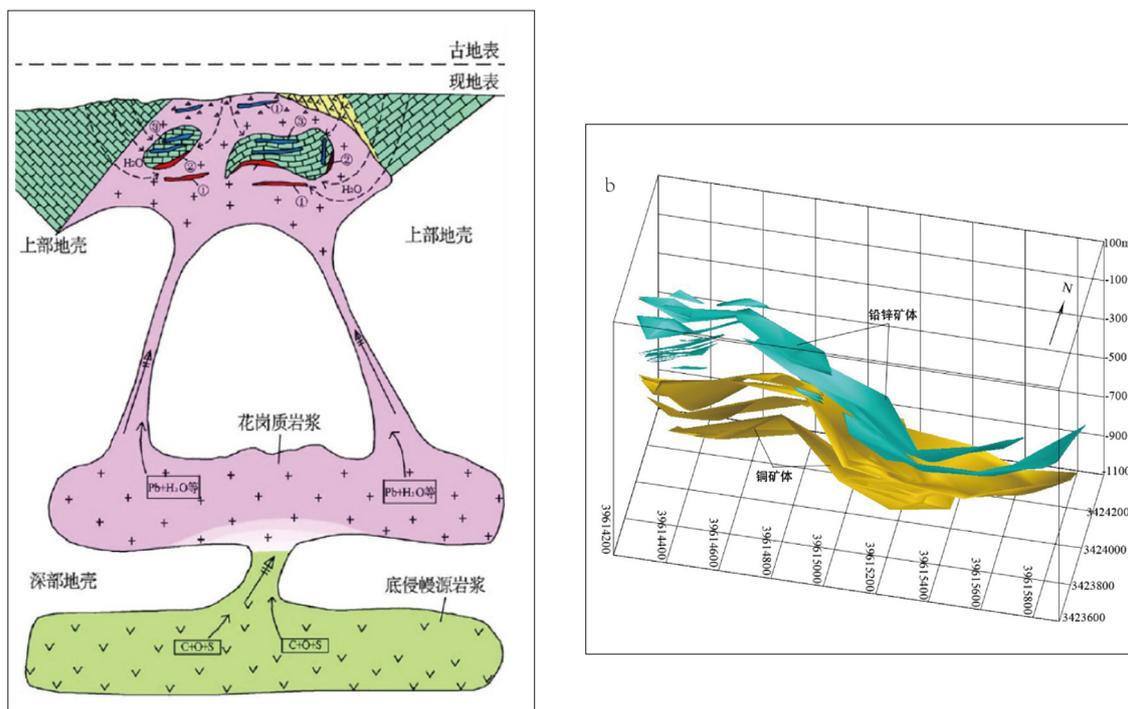
姚家岭锌金多金属矿床是典型的斑岩型、矽卡岩型和热液脉型“三位一体”复合矿床。在前人研究的基础上，查明了矿床的特征，分析了岩浆—热液成矿过程，建立了斑岩型—矽卡岩型—热液脉型复合矿床成矿模式。



a. 姚家岭矿床成矿模型图

b. 姚家岭矿体三维模型图

图1 冬瓜山铜矿床三维结构模型



姚家岭矿床成矿模型

（四） 勘查技术

◆ 高演化页岩油气地质条件评价 热解分析仪初步研制成功

岩石热解分析仪是页岩气地质条件评价最常用、最有效的技术手段之一。但是，我国南方地区古生界页岩的热演化程度普遍很高，对其进行热解分析需要 750 ~ 800℃ 的 S₂ 热解温度才能获得有效数据。当前的国产岩石热解分析只能实现 600℃ 的热解温度，对于高成熟度页岩只能用法国生产的 Rock-Eval VI 岩石热解分析仪。Rock-Eval VI 价格昂贵，故障率高，核心部件极易损坏，加之厂家的售后服务在全

球范围内都很不到位，往往需要半年到 1 年才能得到维修。这种仪器状况严重制约页岩气地质调查样品的分析效率和质量。

经过长期的技术积累和数月的技术攻关，依据现行标准方法《岩石热解分析》(GB/T 18602—2012)，以国内已有岩石热解分析仪为技术和设备基础，参照 Rock-Eval VI 岩石热解分析仪的结构原理、功能设置、技术指标，通过攻关热解单元控温技术，提高控温能力，高热解温度岩石热解分析仪的研制取得了初步成功。经初步测试，该仪器的测试功能与技术指标不逊色于 Rock-Eval VI 岩石热解分析仪。



高热解温度岩石热解分析仪样机实物

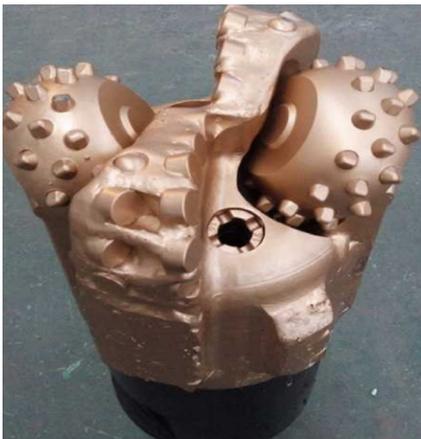
◆ 牙轮 -PDC 复合钻头 攻克软硬交错复杂地层钻进难题

软硬交错复杂地层钻进一直是石油钻井和地质钻探的一个技术难题。牙轮 -PDC 混合型钻头的研究与产品开发,为有效穿越软硬交错复杂地层设计制造新型混合钻头,使混合钻头既具有较好的抗冲击性,又能够快速穿越软硬交错复杂地层,提高钻进效率,能最大限度地降低钻探成本和提高钻进效率,可以极大地推动油气钻探工作的技术进步。

在完成 8-1/2" 复合钻头研制的基础上,对油气钻头的设计理念与制造流程有了总体认识。开展了 6" 复合钻头的研制,采用理论计算与计算机三维模型相结合,边建模边改进,大大缩短钻头的设计周期,通过三维建模逐步改善 6" 复合钻头的结构设计并完成了加工与装配工作。6" 复合钻头仍是采用双牙轮 - 双刀翼结构,在 PDC 刀翼设计部分进行了改进,增加了布齿空间,同时提高了排渣效果与冷却效果。钻头的冠部设计为浅锥形,较为平坦的冠部能够降低钻头切削剖面对侧向力灵敏度,同时能提高钻头的稳定性。改进了钻头零部件热处理工艺,一定程度上提高了钻头薄弱部件的强度,从而保证 6" 复合钻头的强度要求。2016 年 8 月,完成 6"



8-1/2" 牙轮 -PDC 复合钻头实物



6" 牙轮 -PDC 复合钻头实物

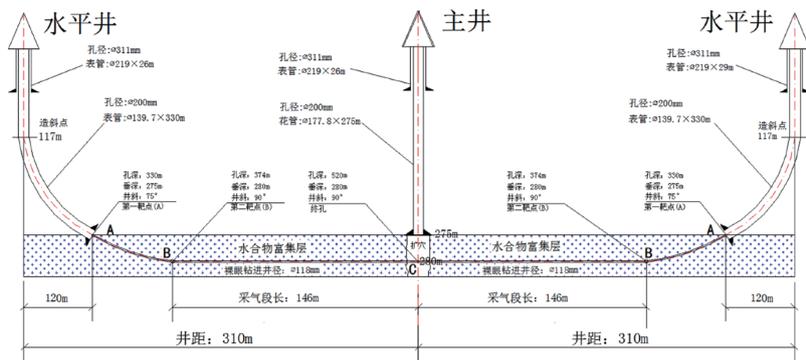
复合钻头实物的加工制造。

牙轮 -PDC 复合钻头能够有效地快速地穿越这类软硬交错复杂地层,有望在复杂地层钻进中获得高的钻进效率,更好地满足市场的需要。

◆ 冻土水合物钻采施工技术 取得突破进展

根据冻土天然气水合物赋存特点及分解的影响因素,利用多井及水平定向钻探技术,将

多井在地下水合物层相互连通,增加水合物分解释放的自由度,使得降压和加热的作用覆盖到更多的区域,这无疑是提高水合物开采效率的有效措施。“陆域冻土区天然气水合物钻采技术方法集成”项目组,设计了一口主井、两



冻土天然气水合物多井地下连通钻孔结构



双井对接成功时主井喷出钻井液情形

口副井的试采方案，利用定向钻探技术使三口井在天然气合物层连通，各井之间下入水平透管，为水合物分解施工处的甲烷气体进入采集主井提供通道。多井地下连通钻孔结构如图所示。

在祁连山木里永久冻土区天然气水合物试采工程中，将地下 340m 天然气水合物

层两口试采井水平对接成功，对接连通的瞬间，钻井液从主井井口喷流而出。本次冻土水合物试采一次性定向对接和一次性下管成功，也使我国成为第一个在高海拔利用小井眼（118mm）定向钻探技术、穿过地下天然气水合物层段将双井连通，成功实施冻土天然气水合物开采试验的国家。

地下水分层勘查技术 促进水文地质调查

河西走廊黑河流域水文地质调查工作，注重新技术方法应用与科技创新，成功应用地下水分层勘查技术，形成并完善了一套“一井同径，封隔洗井、分层抽水，实时监控”技术体系。

(1) 封隔器分层洗井助力获取含水层真实出水能力。考虑到在大厚度富水区常规的洗

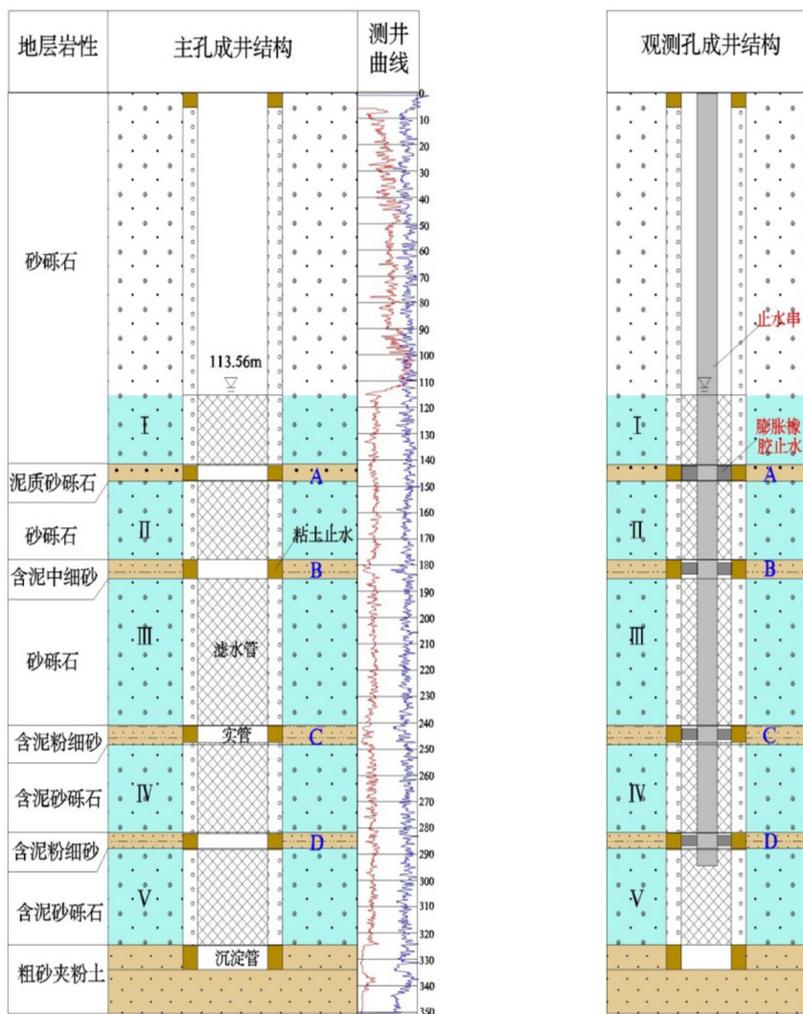
井方式不易对整个含水层段完全破坏泥浆护壁和打通泥浆造成的含水层堵塞，开展了双封隔器分段封隔震荡洗井，提高了洗井效果，获取了大厚度含水层真实出水能力。

(2) 一孔同径分层封隔抽水获取更多水文地质信息。一孔同径封隔分层（段）抽水，可精细刻画水文地质参数。HQ39 经过双封隔器分段震荡洗井后，对上、下两层分别做多落程抽水试验，获取了两层含水层的水位埋深、涌水量、渗透系数及水化学信息。通过

分层水位数据，有助于准确圈定补给径流区与排泄区。

(3) 成功实施 5 层水文地质勘探试验孔，为深化水文地质规律认识提供了支撑。对封隔器进行了优化设计，并进一步完善了封隔器系列，目前已有封隔器规格 95mm ~ 230mm，适合 108mm ~ 325mm 管径，完全满足目前第四系及基岩含水层水文地质勘查。

地下水分层勘查技术，极大提高了水文地质勘探工作效率，并有助于获取含水层分层水文地质信息，具有推广意义。



HQ26 主孔和观测孔分层成井结构示意图

◆ 地质灾害应急调查 有了新型便携式工具箱

便携式地质灾害应急调查系列工具箱汇集多项专利技术和新材料工艺，具有携带方便、操作简单、调查功能配套、野外适应性强、全程无纸化录入、高效输出调查结果等特点，工

具箱的野外调查数据采集终端以普通民用地图为载体，使用中无保密限制，可快速填报崩塌、滑坡、泥石流、不稳定斜坡、地面塌陷、地面沉降、地裂缝、地质环境调查等地质调查相关表格，自动生成村（居民点）、县（市）地质调查基本情况汇总表，输出到 PC 机后实现快速输出调查资料，快速关联 GIS 系统的特点。同

时,还可记录野外调查路线、圈定灾害区域范围,配合图片、视频、音频等手段,快速、全方位记录灾害点的实际状况。配套使用地质灾害野外数据传输系统,还可实现一定范围的局域网共享,以及在公共网络和卫星网络状态下的调查资料快速即时传输,达到野外地质调查高效、便捷的目的,给上级主管部门提供真实有效的决策依据,为地质灾害防治提供技术支撑。

便携式地质灾害应急调查工具箱由仪器箱和配件箱组合而成,箱体采用整体新型轻质、高强度材料合成。便携式地质灾害应急调查系列工具

箱经过室内外的研究、试制、测试、修改、完善,已形成批量生产模式进入市场,轻便、准确、快捷、高效的特点,在我国各地的应急地质调查和普通地质调查工作中发挥了很大作用。



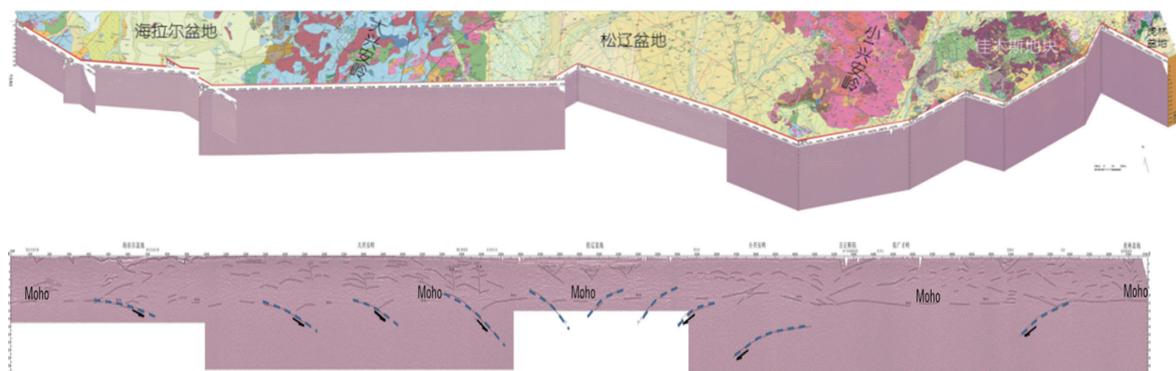
便携式地质灾害应急调查工具箱

（五）深部探测

地球深部探测取得重大发现

揭示了东北亚深部地壳结构,为确定印度亚洲大陆碰撞提供了深部新证据。获得东北地区岩石圈尺度的盆岭精细的深部结构,为松辽盆地及周缘资源能源勘查提供基础

东北地区盆山构造受控于鄂霍茨克洋和太平洋板块的双向汇聚动力学环境,松辽盆地处于板块双向汇聚的中心,汇聚前缘到达大庆长垣隆起之下,呈现出双向汇聚可能是松辽盆地形成的地球动力学背景,为探讨陆内大型含油气盆地形成机制提供了新的视野。



该图显示东北深地震反射大剖面 Moho 之下存在大规模西倾和东倾的地幔反射体深反射地震大剖面证实了鄂霍茨克洋壳向松辽盆地方向俯冲,更好地解释了松辽盆地的成因



深地震反射剖面揭示出大兴安岭西部中、上地壳大量的弧状反射, Moho 多处错断并发育增厚的下地壳, 与大兴安岭经历多期次火山活动及壳幔混染事件有关, 是地壳多次增厚的产物, 浅表有利于多金属矿床的形成, 具有成矿远景。

发现了佳木斯地块与松嫩地块俯冲碰撞的深反射地震剖面证据, 厘定了松嫩地块与东、西两侧兴安地块和佳木斯地块的碰撞拼合区域。发现松辽盆地东、西两缘板块深俯冲的证据,

晚期发育继承性走滑断裂, 具有油气勘查远景。松辽盆地北部(青冈附近)中生界沉积基底下方存在巨厚的疑似古生界沉积层。

研究获得了东北地区岩石圈尺度的盆岭精细的深部结构, 展示出东北地区主要盆、山构造的基本格架, 揭示出东北大陆早期古微块体汇聚的深部过程和盆山构造变形的深部背景。这些初步成果对于理解大型陆内含油气盆地成因、东北亚构造演化及资源预测等方面均具有重要的意义。



地质数据更新与应用服务

2016年，全国地质资料馆共提供各类地质信息服务超过240万人次；新增20万个钻孔数据提供服务，总服务量超过60万个；获取50余万景高分辨率国产卫星数据，形成基础遥感地质解译产品；完成中国陆域1：25万~1：500万区域地球化学系列图；完成1：150万华北、东北、华东、中南、西南和西北六大区基础地质数据和图件更新；正式出

版1：250万中国大地构造系列图、1：500万中国变质地质图；编制完成中国海及邻域1：500万布格重力异常图、中国海—西太平洋1：300万均衡重力异常图；构建了我国阿尔金成矿带“地质云”示范模型；利用移动服务应用和微信公众平台使地学文献信息获取更加便捷。



(一) 全国基础地质编图

◆ 中国陆域地球化学系列图出炉

全国陆域 1 : 25 万 ~ 1 : 500 万区域地球化学系列图近期全部完成, 包括 39 元素 (氧化物) 单元素地球化学图、单元素地球化学异常图、综合异常图、地球化学推断地质构造图及重要矿种找矿预测图等共计 833 张。地球化学数据信息覆盖国土面积 700 多万平方千米, 能够宏观反应元素含量在空间上的分布变化, 为基础地质、矿产勘查、农业、土壤、生态、环境和地方病等研究提供基础。

系列图件首次全面反映了我国从 1 : 100 万到 1 : 1 万不同尺度的地球化学勘查工作程度和地球化学特征。单元素地球化学图、异常图展示了不同地质背景地球化学特征规律。全

国系列地球化学图在全国 30 个省 (区、市) 共圈定钨、锡、钼、铜、铅、锌、金、银、锑、稀土、镍等 11 个矿种地球化学找矿预测区 4941 处, 全国铅锌铜银综合找矿预测区 209 处, 钨锡钼综合找矿预测区 120 处。在此基础上, 首次依据地球化学多元素综合异常和分布规律, 对全国重要Ⅲ级或Ⅱ级成矿带 11 个矿种开展地球化学找矿潜力综合预测与评价。为矿产勘查远景规划、资源潜力评价和进一步勘查工作部署提供了翔实可靠的地球化学依据。

创新性提出全国铜矿资源地球化学定量预测方法, 提出并建立我国 9 类 25 个铜矿床地质—地球化学找矿模型; 编制了全国铜矿资源潜力地球化学定量预测成果图, 预测了全国铜矿潜在资源量。

◆ 数据驱动 1: 150 万基础地质数据更新与图件编制

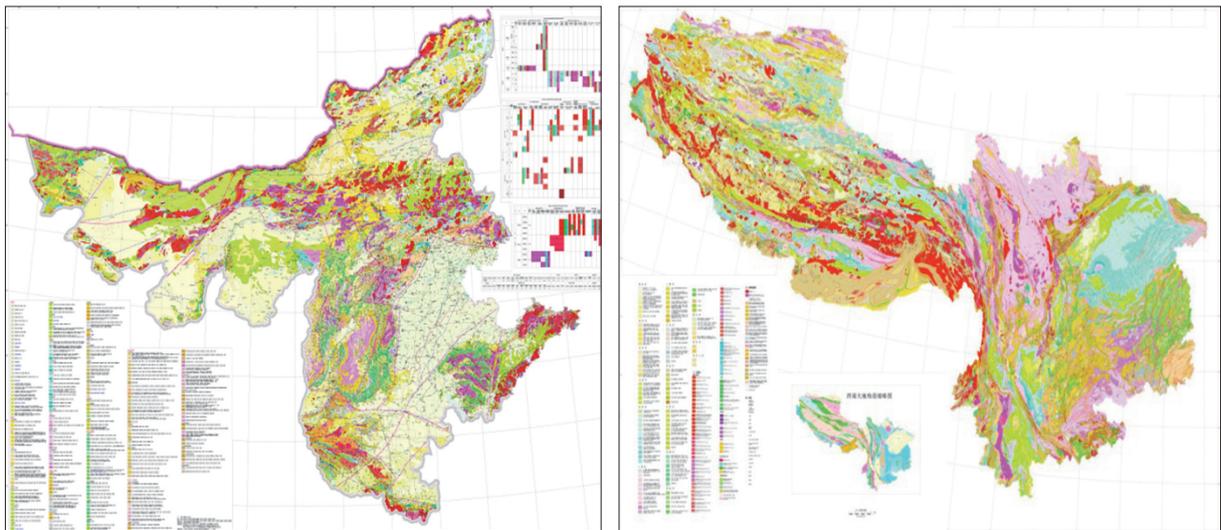
应用“数据驱动”和 GIS 技术, 通过 1 : 5 万 → 1 : 25 万 → 1 : 50 万 → 1 : 100 万 → 1 : 150 万 → 1 : 250 万等 6 个比例尺开展基础地质数据系统性更新, 已经完成 1 : 150 万华北、东北、华东、中南、西南和西北六大

基础地质的认识。

“数据驱动”更新技术是基于专家知识和源地质图数据库, 自动或半自动处理地质单元面、线、点要素综合、图示表达、图例等装饰元素制作等编图工作, 而后再由地质技术人员进一步加工完善, 完成图面编制即完成数据库建设, 形成目标地质图和数据库, 实现库图一体化。整个工作模式中, 编图人员负责地质演化专家

区基础地质数据和图件更新，初步建立了基于“数据驱动”的基础地质数据更新技术方法体系。首次完成的六大区1：150万地质图，重新划分了全国统一的各大区地层分区、岩浆岩带和断裂系统，利用“数据驱动”技术，建立了全国1：150万精度的无缝拼接地质图空间数据库。资料利用全，现势性强，全新表达了我国基础地质调查和科学研究的新进展，提高了对

知识库建立、过程控制以及处理结果完善，实现“知识驱动”和“数据驱动”下阶段过程的自动或者人机交互式编图。创新了地质编图与数据更新理论与方法技术，并成功应用于生产实践，提高编图精度和效率，加快成图速度，缩短更新周期，达到国际先进水平，为全国范围地质数据常态更新工作积累了丰富经验和实践依据。



华北地区地质图西南地区地质图

◆ 1：250万中国大地构造系列图出版

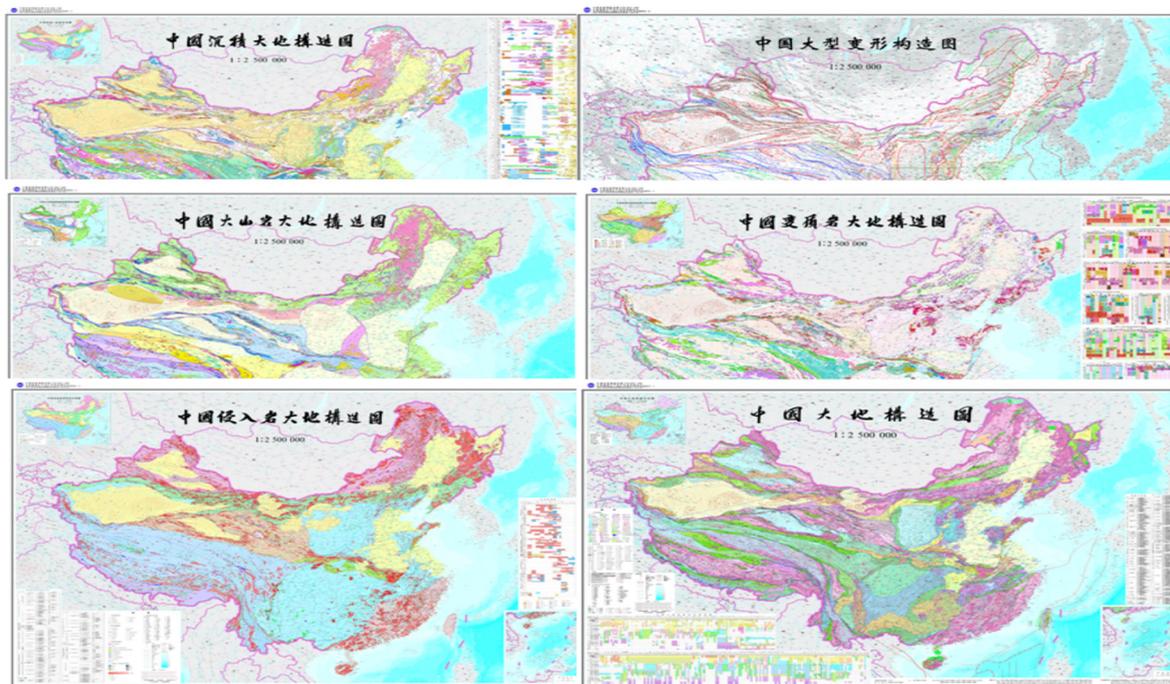
1：250万中国大地构造系列图以板块构造理论与大陆动力学为指导，在综合集成全国各类地质调查成果基础上，运用大地构造相分析方法编制而成，包括中国沉积大地构造图、侵入岩大地构造图、火山岩大地构造图、变质

岩大地构造图、大型变形构造图和大地构造图，为中国成矿地质条件、成矿规律研究与矿产资源评价、预测提供了全新的区域地质构造背景资料。

1：250万中国大地构造系列图以建造—岩石构造组合为切入点，采用沉积、火山、侵入、变质与大型变形地质作用五要素综合分析研究了中国大陆板块构造环境及其离散、聚合、碰撞、

造山等动力学过程，丰富发展了中国大地构造图图面内容与表达方法，取得了大地构造研究理念与方法学的突破。1 : 250 万中国大地构造系列图在重建中国大陆构造格架及其形成演化历史，利用地质建造、岩石组合及大地构造相逐级分析方法，中国成矿地质背景、华夏古大陆构造性质、古亚洲洋消亡地带及华南洋闭合

时间等的研究，以及编图及成矿地质背景研究思路和技术方法等方面都多有建树，获得一批原创性科技成果。系列图件的出版，不仅可以对全国矿产资源潜力评价发挥重要的指导作用，而且对我国今后开展矿产资源调查评价及其工作部署、矿产勘查等，均具有十分重要的奠基意义。



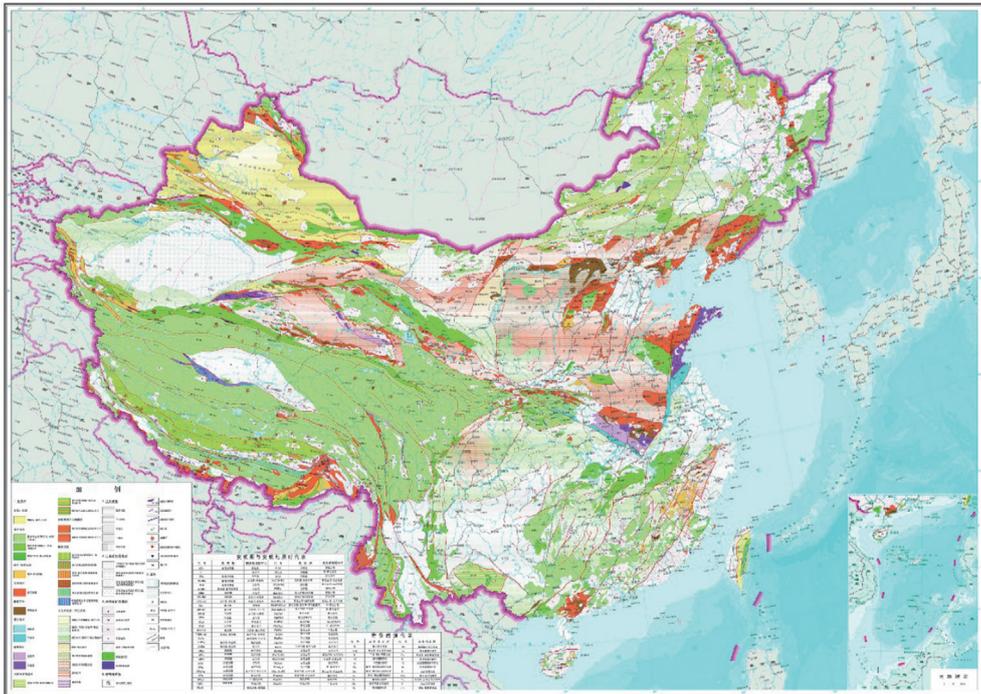
中国大地构造系列展示

1: 500 万中国变质地质图 和说明书出版

1: 500 万中国变质地质图和说明书及专著《中国区域变质岩及变质作用演化》于 2016 年正式出版。根据板块构造理论新划分古老克拉通变质作用、造山带变质作用、埋深变质作用和洋底变质作用四个类型。根据原岩建造、原岩形成和变质时代等, 划分为变质地区、变质地块和变质地带三级变质单元。第一次在变质图上把榴辉岩相作为一个重要的变质相表示出来, 突出了这类变质岩石的构造示踪意义。根据大量的最新研究成果, 将华北克拉通北缘的孔兹岩带形成时代和变质时代都调整为古元古代; 江南造山带下构造层的形成时代调整为新元古代早期, 变质时间大致在 820 ~ 800Ma; 苏鲁造山带的形成时代确定为

240 ~ 230Ma, 折返时间 220 ~ 210Ma。这些变质岩系形成和变质时代的调整, 重新认识了华北克拉通的形成以及扬子和华夏之间的拼合过程, 对于认识变质作用与克拉通的形成与演化具有重要的意义。

通过变质作用的总结提出了青藏高原的形成演化过程, 划分为结晶基底的变质作用、古特提斯洋闭合碰撞过程的变质作用、新特提斯洋闭合碰撞过程的变质作用、高原隆升阶段的变质作用四个重要的变质阶段。系统总结了中西部造山带中麻粒岩的分布、岩石组合类型、变质作用演化、形成和变质时代等, 并与造山带麻粒岩进行了对比, 造山带中的麻粒岩普遍具有造山带内变质带所特有的较陡的顺时针 PTt 演化轨迹, 一些造山带中的麻粒岩其变质过程与榴辉岩有关, 是榴辉岩相变质减压阶段的产物。



中国变质地质图

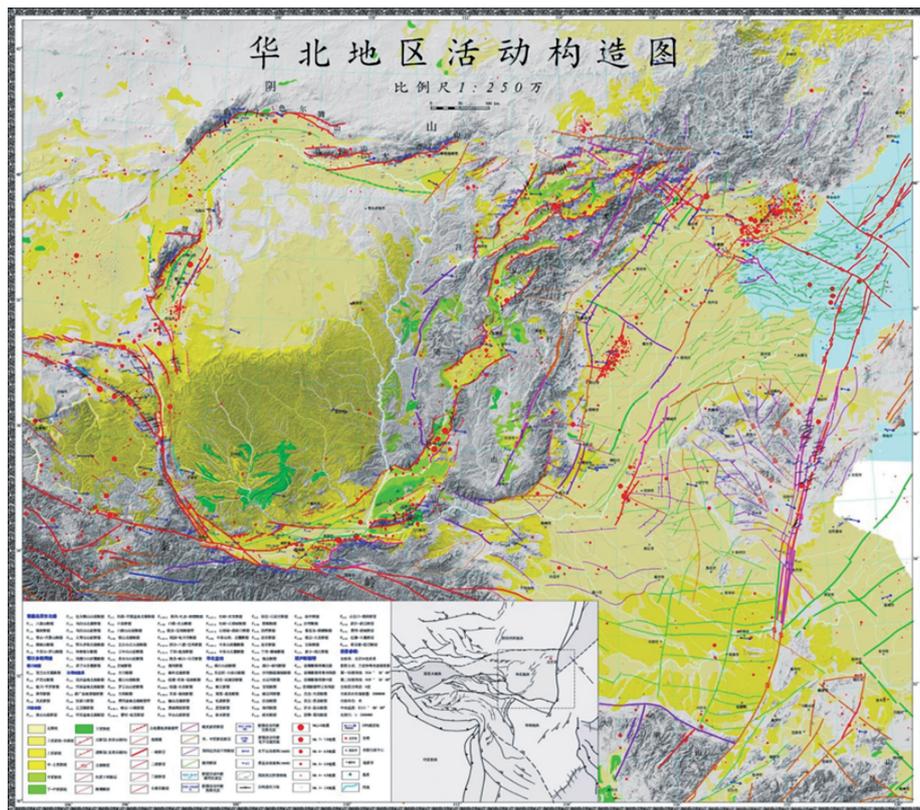
◆ 华北地区 1:250 万活动构造图编制完成

中国地质调查局对华北地区晚新生代地层、构造进行了系统调查与研究,基本查明华北主要活动构造带活动断裂的几何特征、运动学特征与活动性,编制完成了华北地区 1:250 万活动构造图及华北地区主要活动构造带 1:50 万活动构造图。

华北地区 1:250 万活动构造图将华北地区主要的活动构造单元划分为青藏高原东北缘弧形构造带、鄂尔多斯地块周缘伸展构造体系、华北中东部伸展构造体系及郯庐断裂带 4 个一级构造单元。华北地区主要活动构造带 1:50 万活动构造图主要包括华北地块内部、郯庐断

裂带、秦岭北缘、贺兰山—六盘山构造带、鄂尔多斯东缘及北缘断裂带等 1:50 万活动构造图。此外,对华北地区主要活动断裂进行了精细研究,确定了主要断层时代。建立了青藏高原东北缘新生代完整磁性地层序列,厘定了鄂尔多斯盆地西缘古近系—新近系清水营组、红柳沟组和干河沟组地层的时代,首次完整获得了青藏高原东北缘新生代磁性地层格架。

该成果为在华北地区开展 1:5 万构造填图奠定了基础,对区域稳定性评价、地质灾害调查具有重要参考意义。青藏高原东北缘新生代地层序列的建立,为在这个地区开展浅覆盖区区域地质调查、黄土区区域地质调查,特别是活动构造及环境演化调查与研究奠定了基础。



华北地区 1:250 万活动构造图

◆ 中国海陆—西太平洋 重力数据汇聚及图件编制

为深入认识海陆地质构造研究，以全国区域重力调查成果为主，系统收集整理了我国陆域以及周边俄罗斯、蒙古国、印度、斯里兰卡、孟加拉国、泰国、柬埔寨、老挝、越南、尼泊尔、巴基斯坦、缅甸、马来西亚、菲律宾、印尼等国家重力资料，以及日本海、南海、孟加拉湾、苏禄海、苏拉威西海和西太平洋部分海域卫星测高重力数据，通过综合研究，建立了我国海陆及全球大陆架重力基础数据集，编制了中国

海及邻域 1 : 500 万布格重力异常图，中国海—西太平洋 1 : 300 万均衡重力异常图（南幅和北幅）。研究了我国陆域、海域及西太平洋重力梯级带的分布情况及其反映的密度分界面与莫霍界面陡变带及各种类型的断裂带、造山带的关系；系统划分了重力异常场分区及其揭示的地质构造格架。通过对异常的分区研究，探讨了重力异常在反映深部地质构造及揭示资源勘查目标区域的优势对重力场的地质意义，系统展示中国海—西太平洋的重力与资源信息，为资源调查、海洋权益维护、科学研究和防灾减灾、深部构造研究等提供基础数据和基础图件。

（二）数据与信息资料服务

◆ 地质信息服务超过 240 万人次， 社会服务量再上新台阶

2016 年以来，全国地质资料馆共提供各类地质信息服务超过 240 万人次。其中为 356 个单位 3072 人次提供传统的借阅服务，累计提供 9965 档、23737 份次、579406 件次，分别较去年同期增长 70%、8% 和 59%。其中，纸质地质资料复印 260 份次、1583 件次、10910 页，图件 801 幅；电子地质资料复制 10284 份次、58613 件次、80 万页，加工处理和复制地质图件 36081 幅，数据服务量 586.11GB；图文地质资料浏览 17112 份次，下载 49389 份次。通过电话、电子邮件及网上客服接待阅者 9860 人次，

在线访问超过 240 万人次。

2016 年，发布地质资料专题 38 个，服务访问量 2165 次。共发布 13 万条案卷级元数据、343.52 万条文件级元数据。发布 17 批 4567 档最新地质资料。按地质资料类别进行划分，区域调查 217 档、矿产勘查 3244 档、水工环勘查 297 档、物化遥勘查 214 档、地质科学研究 520 档、技术方法研究 58 档，其他资料 17 档。

2016 年申请开通“全国地质资料馆”官方微信订阅号和新浪微博、“全国地质资料馆资料服务”微信服务号、“中国地质”微信公众平台等，形成了地质调查成果和资料多平台宣传与服务社会的新格局，进一步扩大了地质资料的服务面和社会影响力。

◆ 新增 20 万个钻孔数据提供服务，总服务量超过 60 万个

通过全国重要地质钻孔数据库服务平台，经过脱密处理后的 20 万个钻孔柱状图等重要信息公开发布并提供服务，总计发布 60 万个钻孔重要数据。截至 2016 年 8 月，用户访问量由 2015 年的 3 多万人次突破到 14 万人次。

本次公开发布的地质钻孔资料信息，主要包括钻孔名称、钻孔位置、矿区名称、孔口高程、钻孔类型、岩性描述、终孔深度、终孔日期、层位、地质年代、钻孔柱状图、样品分析结果表、钻孔所属项目和保管单位等信息。地质专业人士和社会公众可登录“全国重要地质钻孔

数据库服务平台”(http://zkinfo.cgsi.cn)检索查询相关行政区、整装勘查区、单个矿区或某特定区域的地质钻孔资料信息。或凭有效身份证件到中国地质调查局国土资源实物地质资料中心进行借阅利用。地质钻孔数据信息的公开发布，实现了全国地质钻孔资料的信息共享、资源共享及成果共享，提高了资源利用效益，实现了节约集约利用资源的目的，为我国经济社会发展、生态文明建设、能源资源安全保障和地质灾害防治等提供重要数据支撑。

拓展了实物地质资料数字化手段，利用引进的英国 MSCL 岩心综合测试系统，将岩心扫描新技术新方法引进到实物地质资料数字化领域，最大限度地挖掘、提取岩心蕴含的各种物理化学



新增 20 万个钻孔数据提供服务

信息，为建立中国标准岩心数据库建设提供了基础，实现了岩心长期保管和服务利用。新的实物

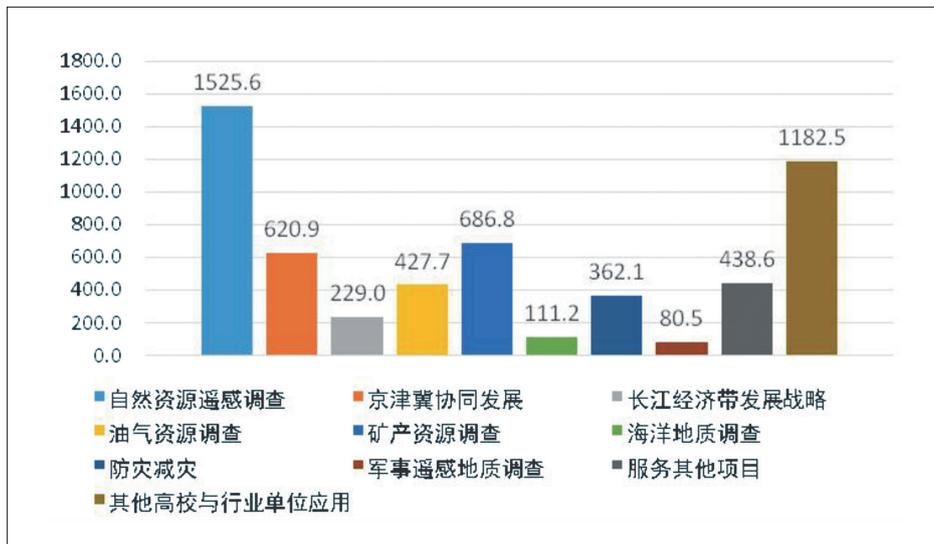
地质资料数字化手段满足了科研、教学、科普等不同社会公众需求，提高了服务利用效率。

基于国产卫星数据 全面服务地质调查

随着资源一号 02C、高分一号、高分二号等高分辨率国产卫星的成功发射，国产卫星遥感数据的空间分辨率、光谱分辨率、时间分辨率和数据覆盖能力均得到了极大提升，已逐步取代同等分辨率国外卫星遥感数据，在地质调查项目和突发地质灾害应急调查中发挥了重要作用。

2016 年，围绕地质调查需求，面向局属 29 家单位开展了地质调查项目卫星数据需求调研，共接收 527 条需求，累计需求面积 $7400 \times 10^4 \text{km}^2$ ，整合后 $3256 \times 10^4 \text{km}^2$ 。共获

取 50 余万景高分辨率国产卫星数据，全球有效覆盖 $10021 \times 10^4 \text{km}^2$ ，中国境内陆海有效覆盖 $1175 \times 10^4 \text{km}^2$ ，全国陆域 98.02% 覆盖。通过开展国产卫星几何辐射校正、并行运算方法研究，提升国产卫星数据处理精度和处理效率。基于海量国产卫星数据，初步建立了堆积戈壁沙漠景观区、干旱半干旱早寒山区景观区等 6 类景观区遥感地质全要素解译体系，形成基础遥感地质解译产品。共为 57 家地调单位、行业部门和科研院所提供 GF-1 数据 194769 景、48275G，GF-2 数据 296565 景、148920G，ZY-1-02C 数据 48304 景、4024G，正射影像产品 2476 万平方公里，中国境内 16m 分辨率全覆盖卫星影像



国产卫星数据应用服务领域



产品 2 期，需求总体满足度达 87.10%。为京津冀协同发展、长江经济带发展战略、自然资源

遥感调查、油气资源调查、海洋地质调查、防灾减灾等提供了强有力数据支撑。

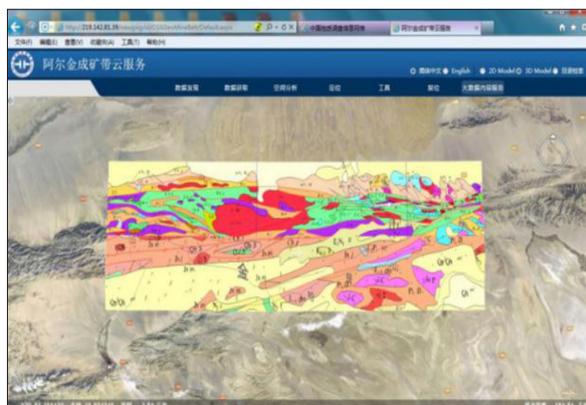
(三) 信息技术

“地质云”示范模型创新数据密集型现代地质调查工作模式

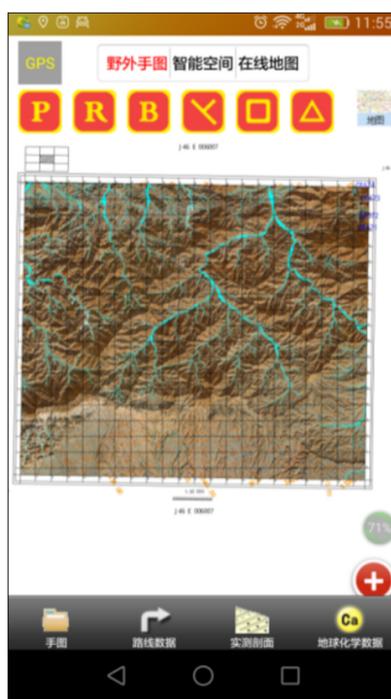
以地质数据共享、互通与协同为基础，以密集型数据应用、处理和智能服务为主线，在“地质调查 + 互联网”数据密集型工作模式基础上，构建了我国阿尔金成矿带“地质云”示范模型，并成功应用到实际工作中。

数据密集型（大数据）现代地质调查工作模式通过综合集成云数据中心、云计算、云GIS、非结构化数据库、数据挖掘、动态地质内容库（知识库）构建等技术，形成了地质云存储、云桌面、云平台、云“端”服务等 4 大

应用体系。云存储在不同资源共享池中按个人、工作组、子项目组、项目组、工程等分级存放不同对象的私有和共享数据，项目组可以在野外上传、下载和管理存放在云盘上的地质资料；云桌面的计算、软件、网络等资源为数据处理、地质三维建模和综合研究提供便捷手段；云平台提供时空一致性数据综合、野外数据采集同步实时跟踪、数据挖掘、成果发布等；地质云



阿尔金成矿带地质云服务



野外终端自适应地理信息在线服务

“端”以智能移动终端和野外数据采集系统为载体，承担野外地质人员的各种数据资源获取、建模计算、智能服务等任务，可获取全国范围的地质图在线数据，初步实现野外地质调查强大知识库的实时支撑。

阿尔金成矿带“地质云”示范模型创新了数据密集型现代地质调查工作模式，能够有效提高地质调查数据采集、传输、处理、建模与知识服务的能力和效率，为构建我国地质调查数据密集型工作新格局提供依据和经验。

◆ 地学文献资源开拓移动服务新模式

为了更好保障地学文献资源服务，助力地质科技创新，先后推出了基于智能手机端的移动服务应用（APP）和微信公众服务平台，采用个性化定制和专业推送方式，国内外地学文

献数字资源及资讯获取、参考咨询、个人图书馆等信息服务迁移至移动互联网，使得文献信息获取更加便捷，咨询更加方便，服务更加精准，尤其适用于野外一线地质科研与生产工作。

基于智能手机端的移动服务应用（APP）作为一套独立的移动文献服务产品，用户只需在智能移动终端上访问或安装移动服务应用（APP），即可获得在办公室电脑端的等效信息服务。微信公众服务号当前已被越来越多的机构用来提供信息服务，地学文献中心微信公众服务平台将现有桌面 Web 文献服务功能移植到微信，以使用户通过微信即可访问地



地学文献中心微信公众平台



手机移动服务系统（APP）宣传页面



学文献资源和信息。该平台能够实现文献资源的查询和下载、信息推送和获取、移动参考咨询、个人图书馆服务等功能。自移动服务上线

以来, APP 应用累计下载 12000 余次, 微信公众号关注订阅 4800 余人, 文献查询、下载和咨询 2200 余次 /d。



九 海洋地质调查

2016年总体进展顺利，取得了一系列丰硕成果。1：25万海洋区域地质调查为三亚新机场建设提供重要地质依据；高取心率钻孔精细厘定东海外陆架晚第四纪地层框架；海陆统筹综合地质调查助推海岸带协同发展；围绕舟山绿色石化基地等重大工程，开展浅层气相关地质灾害影响评估；海岸带综合地质调查提高了重大工程建设保障能力；建成多个海岸带地质环境监测示范区；南黄海科学钻探CSDP-2井揭示前新生代海相地层并发现油气显示；圈定东沙中生代13个有利圈闭构造及

西沙海槽盆地5个重点构造；神狐海域新发现高饱和度、高渗透率水合物储层；冷泉探测发现目前我国海域发现规模最大的冷泉羽流；发现“海马”冷泉生态系统复杂，历史甲烷泄漏量大；“高富强”地震勘查新技术落实了调查参数井井位；创新形成了天然气水合物试采技术体系；初步建成天然气水合物数据集成及共享服务平台；整合推出海洋地质新数据并提供服务；海洋地质数据成果三维展示提升海洋地质信息服务水平。

(一) 海洋基础地质调查

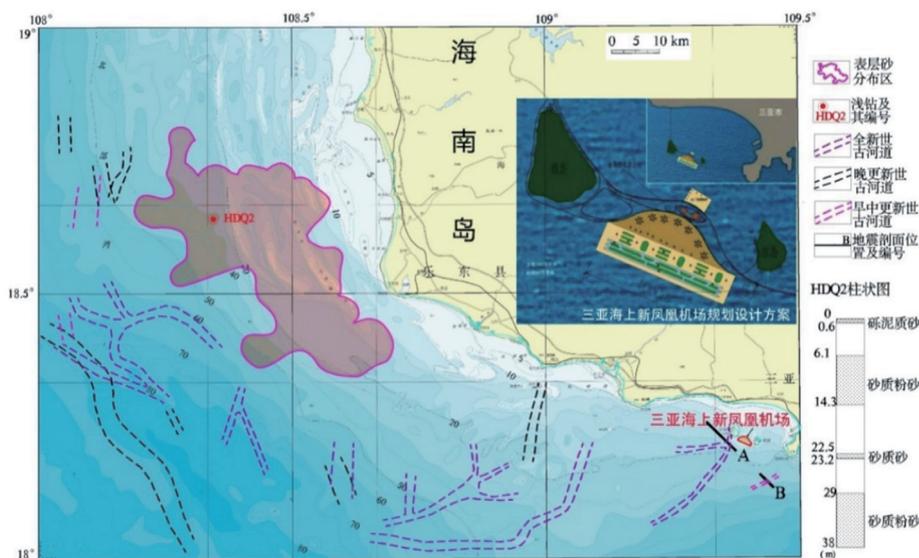
1 : 25 万海洋区域地质调查 为三亚新机场建设提供重要 地质依据

1 : 25 万乐东幅海洋区域地质调查开展了以多波束水深测量、单道地震、浅层剖面、侧扫声呐、重力、磁力、地质取样、地质浅钻等为主的综合地质与地球物理调查, 初步查明图幅海底地形地貌、底质类型、地层结构、地质构造和地质灾害等特征, 调查成果为“21 世纪海上丝绸之路”海上合作战略支点之一的三亚新机场选址建设提供了关键地质依据, 该成果正在提交给海南省人民政府。

发现大面积砂质沉积物。多波束调查显示, 区内 45m 以浅区域海底表层沉积物主要为松散砂, 由岸向外沉积物粒度变细, 发育潮流冲刷槽、潮流沙脊和海底沙坡三种地貌类型。圈定表层砂质沉积物 2429km², 位于新机场选址西北方向 80km。通过 HDQ2 钻孔发现, 纵向上发育四层砂, 初步判断该砂质沉积物能满足新机场填海用砂需求。

新机场选址附近海域发育古河道。调查发现, 在三亚新机场建址附近有两条古河道: 全新世古河道 A, 距离机场建址 1.8km, 宽度约 1.8km、深约 14m; 早中更新世古河道 B: 距离机场建址 8km, 宽度约 0.8km、深约 10m。

古河道中以粗碎屑沉积物为主, 孔隙度大、有较强的渗透性, 与古河道以外的沉积物具有较大的物性差异。在上覆荷载下容易形成局部塌陷, 在外力作用下容易引起层间滑动, 造成基底不稳定, 从而对机场所在的海床稳定性具有较大的安全隐患。



1 : 25 万乐东幅海洋区域地质

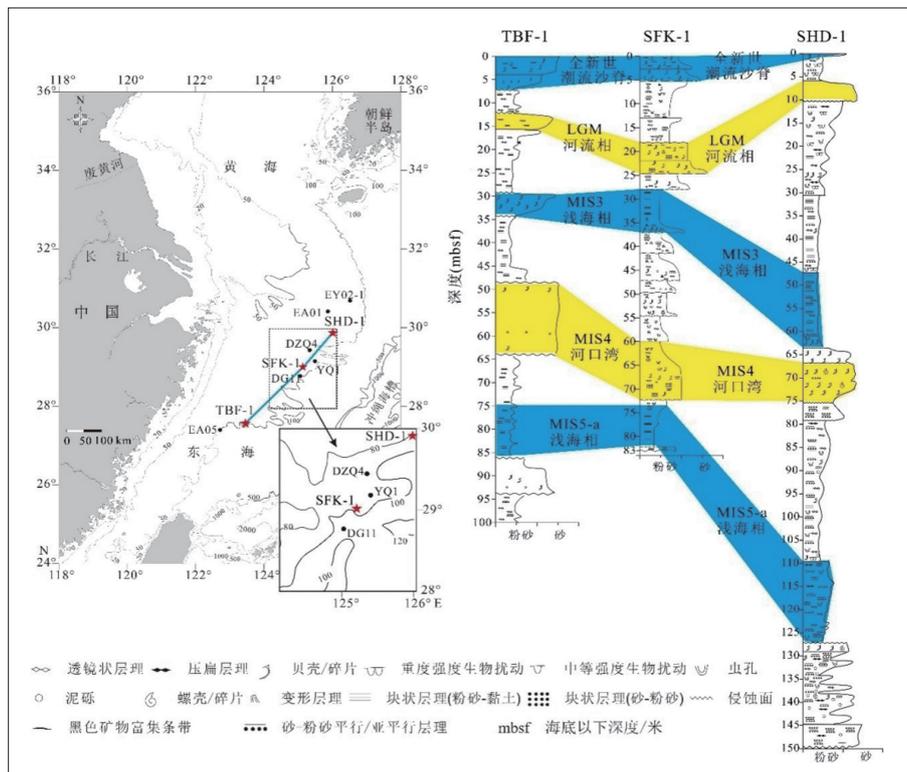
高取心率钻孔精细厘定东海 外陆架晚第四纪地层框架

通过对东海外陆架 3 个高取心率地质钻孔的年代地层学、生物地层学、层序地层学和沉积相分析，厘定了 MIS5（深海氧同位素 5 期）以来的地层，重建了古环境。

MIS5 中晚期（100 ~ 74ka）。相对低海平面期，之后海平面缓慢下降，发育高位体系域浅海—前三角洲细粒沉积。此后海平面缓慢上升，发育以细砂—粉砂质砂为主的潮流沉积，形成海侵体系域沉积，有明显侵蚀面。末次冰期亚冰期 MIS4（60 ~ 74ka），早期持续海退，发育近河口潮坪沉积。中后期形成近滨潮坪沉积和黑色贝壳砂。MIS3（25 ~ 60ka），海平面缓慢下降，发育大面积的浅海—三角洲体系，

形成高位体系域浅海沉积。晚期海平面持续下降，发育泥沙互层的海陆过渡相沉积，在中内陆架形成过路沉积。末次冰盛期（18 ~ 22ka）。海平面大幅下降，在平缓陆架上形成河流、近岸河口及滨海沉积，对应低位体系域沉积。随后冰消期，海平面缓慢上升，在潮流作用下，发育潮坪沉积，即早期海侵体系域。全新世海在 7ka 左右达到最高海平面并相对稳定，外陆架在较强的太平洋潮波系统作用下，发育大范围海侵潮流沙脊，形成分选程度相对较高的灰黑色中细砂沉积，对应海侵体系域晚期。

东海外陆架晚第四纪地层框架的厘定，对于促进我国东部边缘海晚第四纪沉积研究、精细分析冰期古河道的分布和演化、中国大陆碎屑物质在东海及冲绳海槽的分布等研究及海域划界应用具有重要极意义。



东海外陆架晚第四纪地层框架

(二) 海岸带综合地质调查

海陆统筹综合地质调查 助推莱州湾海岸带协同发展

截至 2016 年, 莱州湾海岸带大、中比例尺综合地质调查已完成 16 幅 1 : 10 万 ~ 1 : 25 万海陆统筹地质图件, 包括 12 幅基础性图件和 4 幅应用性图件, 基本查明莱州湾海岸带地区工程地质、环境地质、水文地质条件和卤水等矿产资源赋存特征, 为莱州湾海岸带经济建设与可持续协同发展提供了科学依据。

以 1 : 25 万莱州湾工程地质分区图为例: 陆域划分 3 大工程地质区, 即鲁西北平原工程地质区 (I)、鲁中南山丘陵工程地质区 (II)、鲁东低山丘陵工程地质区 (III), 在此基础上, 划分了 8 个工程地质亚区。海域划分 3 个大区, 即鲁东滨海平原工程地质区 (IV)、西部黄泛平原及滨海平原工程地质区 (V)、莱州湾中部堆积平原工程地质区 (VI), 在此基础上, 划分了 6 个亚区。针对每个地质分区提出具体工程地质问题和建议。例如黄河三角洲冲积海积层稳定—较不稳定亚区,

其主要工程地质问题为淤泥类土、盐渍土、饱和粉细砂及粉土易震动液化层广泛分布, 影响基础稳定性, 地下水存在中—强结晶性侵蚀, 在工程建设时应采取相应措施; 龙口—蓬莱变质岩侵入岩较不稳定亚区, 其主要工程地质问题为岩溶区水库存在渗漏, 建筑需防震。这些问题和建议为莱州湾海岸带国土资源规划、开发、管理以及重大工程开发建设地质风险评价等提供了基础性、先导性地质工作支撑和服务。



1 : 25 万莱州湾工程地质分区图

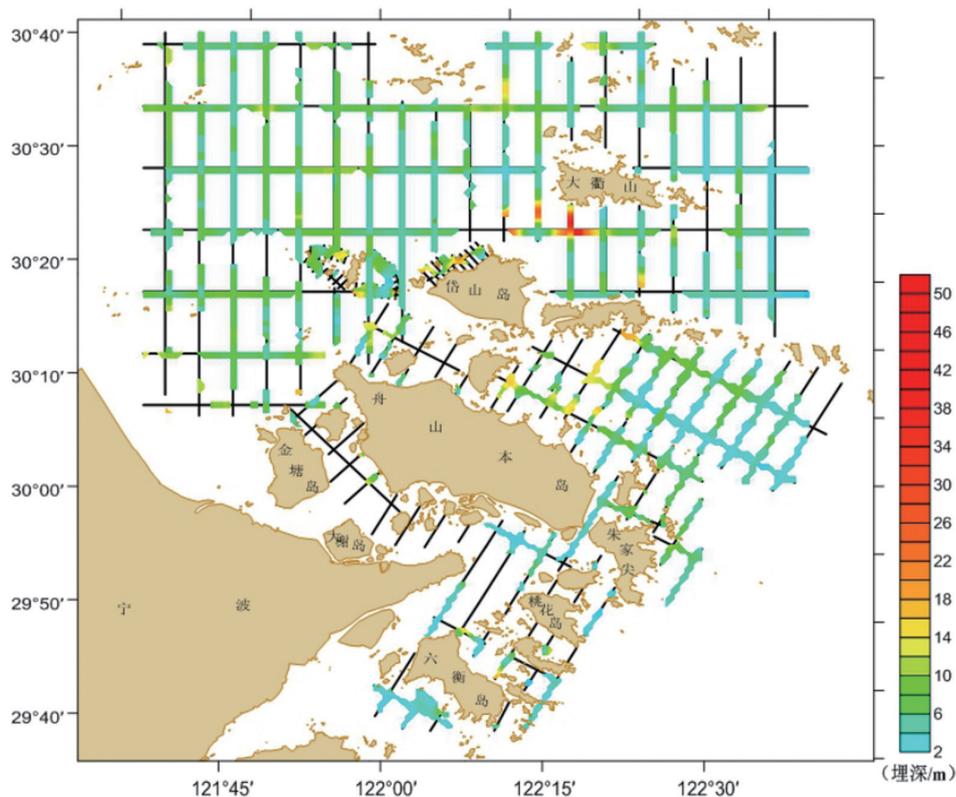
◆ 宁波—舟山海域海底浅层气调查 服务重大工程建设

利用浅地层剖面测量、地形测量、地质钻探、钻孔试气、沉积物和孔隙水地球化学分析等综合技术方法，围绕舟山绿色石化基地等重大工程，开展浅层气相关地质灾害影响评估。海岸带综合地质调查提高了重大工程建设保障能力。

通过浅地层剖面解译，圈定埋藏浅层气的平面分布范围和含气层顶界埋深。埋藏浅层气在研究区海域普遍分布；地震剖面常见声学空白、声学幕和声学扰动现象，海底常见麻坑、泥火山等特殊微地貌，并观测到近底海水中甲烷含量异常现象。地震剖面和地质浅钻揭示主要的含气层是上更新统和下全新统的滨海相—

河流相砂质粉砂、黏土质粉砂和粉砂地层，上覆的上全新统泥质沉积层为封堵盖层。含气层顶界埋深变化较大，以4~10m为主，局部埋深达20m。海上钻孔取气试验，现场测得最大气体压力0.06MPa，海底浅层气具有多层性。钻孔孔隙水和沉积物顶空气分析表明，浅层气气体主要成分为甲烷，含量90.3%~97.9%，主要为生物成因气。

实验模拟结果反映埋藏浅层气降低沉积层土力学强度，破坏土质原始稳定性，减小基底支撑力，在外载荷重下，含气沉积物发生蠕变或突变，产生不均匀沉降或液化失稳，破坏石化基地的构筑物、管道和海堤稳定。同时，施工过程中存在高压埋藏气扰动喷发、溢出闪爆等火灾风险，严重威胁石化基地安全。



宁波—舟山海域海底浅层气分布和埋深示意图

(三) 海洋油气资源调查

南黄海科学钻探 CSDP-2 井 揭示前新生代海相地层 并发现油气显示

南黄海陆架施工科学钻探 CSDP-2 井于 2015 年底完成 2000m 全取心钻探, 2016 年计划加深至 2800m, 目前钻至 2700m。该科学钻探的目标之一是探查南黄海中部隆起前新生代海相地层时代, 揭示南黄海前新生代海相地层沉积演化过程, 为油气突破进一步奠定基础。

CSDP-2 井岩心显示, 0 ~ 596m 岩心为新近纪以来沉积的松散 / 未固结沉积物。596 ~ 2700m 岩心为中—古生代岩石。根据古生物化石和区域对比, 确定三叠系、二叠系、石炭系为海相和海陆过渡相地层为主, 泥盆系

为海陆交互相地层, 岩性为灰岩—泥岩或砂岩。推断 CSDP-2 井 2700m 处的地层为泥盆系五通群, 是迄今为止南黄海钻遇的最古老地层。在 CSDP-2 井在下三叠统分别钻遇 3 段好的油气显示, 分别为 866 ~ 876m (三叠系青龙组)、885 ~ 889m (三叠系青龙组或大隆组) 和 1151 ~ 1162m (二叠系龙潭组)。沿灰岩裂隙或细砂岩的方解石脉发现油迹, 对应的气测录井显示全烃百分含量最大值分别达到 0.30%、0.37% 和 0.45%。在裂隙处取得的样品经荧光分析显示为“油迹—油浸层”特征。龙潭组视厚度 350m 左右, 灰黑色泥岩含量约 40%, 累计泥岩厚度约 100m, 推测为较好的烃源岩, 烃源岩的类型为 II 到 III 型, II 型为主, 为海陆过渡环境。



CSDP-2 井二叠系龙潭组沿细砂岩的方解石脉显示油迹

CSDP-2 井为南黄海中部隆起上的首钻, 该隆起油气显示是南黄海中、古生界碳酸盐岩中的首次发现。海相地层的发现将极大促进南黄海盆地, 尤其是中部隆起的基础地质和油气勘查工作, 并将推动南黄海层序标定和古沉积和构造环境等前沿科学问题的研究。

南海北部油气资源调查 锁定有利圈闭构造 18 处

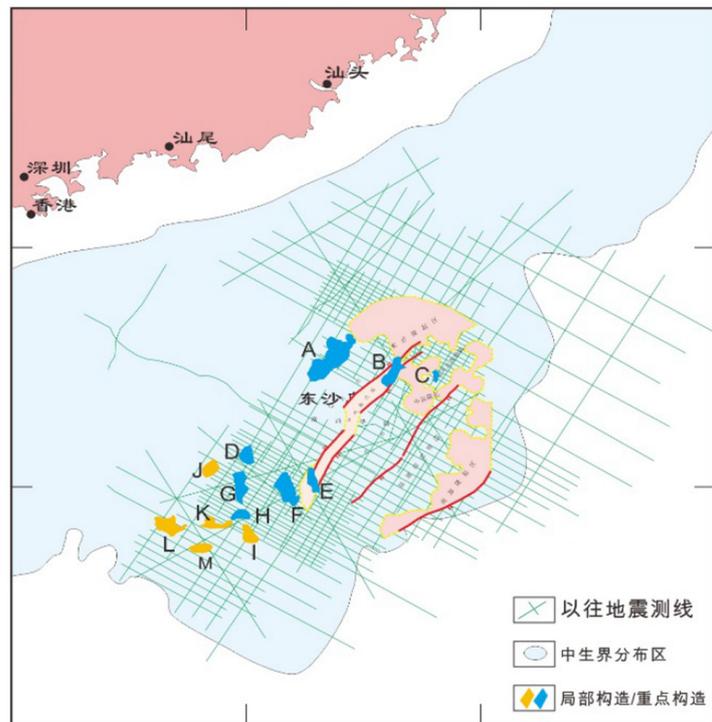
南海北部东沙海域油气资源调查，采用三维成像的叠前深度偏移处理技术，取得了单元单缆地震资料采集三维成像技术的突破。以此为基础，初步圈定东沙中生代 13 个有利圈闭构造及西沙海槽盆地 5 个重点构造。

通过本次调查，圈定南海北部中生界分布面积约 $6.7 \times 10^4 \text{km}^2$ ，主要分布在珠江口盆地东沙隆起两侧的潮汕坳陷、韩江坳陷及台西南盆地等区域，总体呈现南厚北薄的特征，其中潮汕坳陷中生界残留厚度 3000 ~ 5000m。发育有背斜、断鼻、断块和复合圈闭及岩性尖灭圈闭，初步解释的主要构造有 13 个，主要分布在潮汕坳陷斜坡带，闭合幅度介于 500 ~ 1500m，圈闭面积均大于 100km^2 。

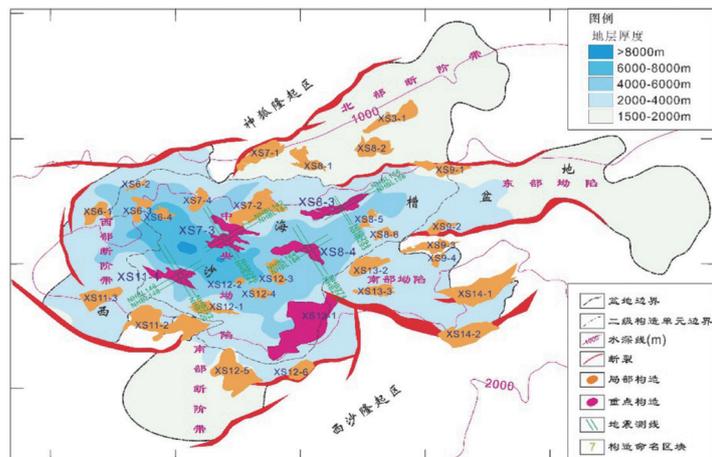
西沙海槽盆地最大沉积厚度超过 8000m。盆地自下而上发育岭头组、崖城组、陵水组、三亚组、梅山组、黄流组、莺歌海组、乐东组。综合分析局部构造的油气地质条件，优选 5 个重点构造，圈闭面积均大于 100km^2 、单层圈闭闭合幅度 200 ~ 700m、离富生烃凹陷距离小于 10km，储层发

育、圈排关系好、具有一定的油气显示或地化异常。

这些重点构造的进一步落实将加快海相中生界油气勘探进程，有助于形成并完善海相中生界油气成藏理论，实现海域新层位的油气资源战略突破。



东沙海域 13 个中生代有利构造分布图



西沙海槽盆地 5 个重点构造分布图

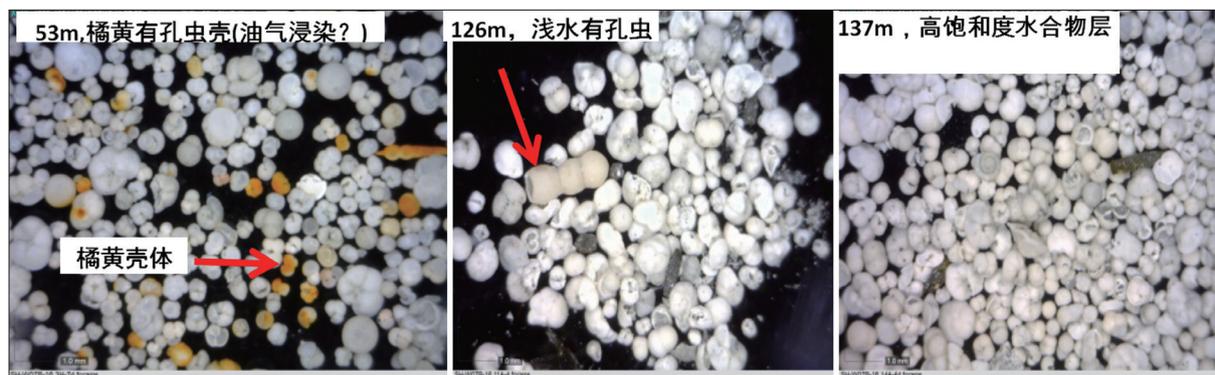
(四) 天然气水合物资源调查

◆ 神狐海域 2016 年 新发现高饱和度、高渗透率 水合物储层

2016 年在神狐海域实施第四次天然气水合物钻探 (GMGS-4 航次) 开展 11 个站位先导孔随钻测井, 其中 SH-W07-16 站位在 121 ~ 153m 发现异常高的声波速度和电阻率值。声波速度超过 2500m/s, 电阻率异常值达 12 Ω .m。分别在 10 个层段对该站位进行取心, 53m 层段有孔虫含量丰富, 发现疑似油气浸染的橘黄色有孔虫壳体; 110m 层段黄铁矿发育;

物最大饱和度 75%。该站位含水合物层厚 30m, 水合物最大饱和度约 75%, 渗透率可达 40mD, 矿体面积约 12km²。

通过工作, 系统获取了水合物试采目标储层地质参数。对 3 个水合物试采目标井位进行了保压和非保压取心作业, 以及原位地层温压和原位渗透率测试, 现场对非保压取心样品进行了红外扫描、微生物取样、裂隙气及顶空气取样、孔隙水取样, 对保压样品进行了 CT 扫描、三轴岩土应力实验、渗透率实验、阶段释气测试, 系统获取了试采目标井位水合物储层的沉积物显微结构、储层原位渗透率、水合物饱和



SH-W07-16 站位取芯情况

126m 层段有孔虫主要为浅水有孔虫, 该层段对应随钻测井上的高伽马层, 原位渗透率测试 30mD; 137m 层段为高饱和度水合物层, 水合

度、气体组分、保压样品三轴岩土应力等方面详实数据, 为水合物试采顺利实施提供了重要支持。

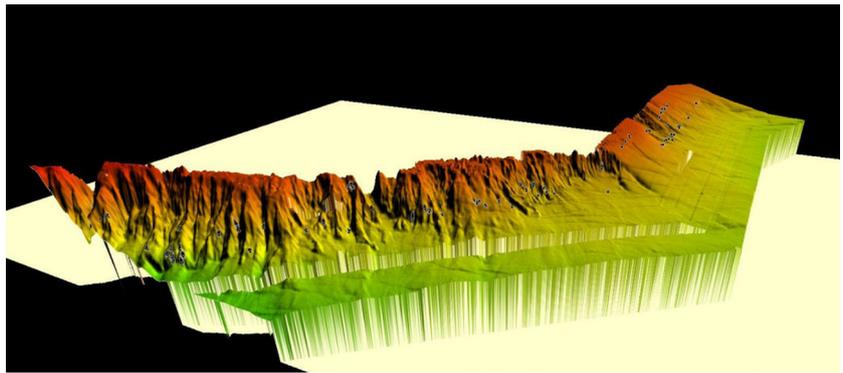
冷泉探测发现我国海域迄今规模最大的冷泉羽流

通过多波束水体影像资料处理，共识别出 300 余个气泡羽流。所有羽流均喷出海底 100m 以上，最大达 578m，是目前我国海域发现的规模最大的冷泉羽流。一系列原位调查确认该最大羽流发源于海底泥火山的冷泉泄漏，而其余羽流也均与麻坑、泥火山等地貌有密切关系。

经地质拖网原位取样，发现了形态多样的冷泉碳酸盐岩出露区，对碳酸盐岩进行实验室分析，碳同位素负异常明显， $\delta^{13}\text{CPDB}$ 值 $-22.68\text{‰} \sim 53.99\text{‰}$ (平均值 -39.74‰ , $n=43$)，和世界各地的冷泉碳酸盐岩在同位素组成和矿物学成分方面能很好对比。同时，对水体中的甲烷进行了随船甲板测试，发现了 10 余处水体剖面中的甲烷含量异常点。综合调查表明，气泡羽流、冷泉碳酸盐岩和甲烷异常均位于陆架斜坡

区，在平面上呈狭长带状分布，初步推断这些冷泉的形成可能受控于水深、地形、地貌或底水温度等因素。

该项成果将会进一步推动海底冷泉、热液两个极端环境系统耦合机制的研究，改变以往两个极端系统彼此隔绝独立的认识；拓展了研究全球气候变化的工作空间，热盆内发育冷泉泄漏的地质事实否定了热盆不大可能发育冷泉的传统观点，热液羽流与冷泉羽流两种系统潜



某海域多波束测深图及冷泉羽流泄漏点分布区（黑色圆点代表冷泉羽流）

在作用的评估将对全球气候变化研究有更全面认识。两种羽流活动，预示着该盆地内赋存着两种甚至多种有价值的经济矿产。

南海北部“海马冷泉”生物具多样性，历史甲烷渗漏量大

2016 年 3 月，“海洋六号”调查船利用 ROV“海马”号 ROV 及生物拖网调查手段，对南海北部水合物区“海马冷泉”进行了海底观测、地质调查及生物取样，发现“海马冷

泉”生态系统分布有多种化能合成生物组成的冷泉群落：①以宽型深海偏顶蛤 (*Bathymodiolus platifrons*) 为优势类群贻贝床群落，主要附生在硬底自生碳酸盐上，其它生物类群包括铠甲虾 (*Munidopsis* sp.)、螺类 (*Buccinum* sp.; *Provanna* sp.)、蛇尾 (*Ophiacantha* sp.)、海葵等；②以伴溢蛤 (*Calypptogena* sp.) 为主囊

蛤群落；③以西伯加虫科种类 (*Paraescarpia* sp.) 为主的管虫群落，囊蛤类和管虫个体大，囊蛤类体长超过 11cm，管虫体长超过 23cm，显示冷泉生态系统发育时间较长。其次对环境中 $^{16}\text{SrRNA}$ 分子的高通量测序，发现在“海马冷泉”区沉积物中，特别是甲烷-硫酸盐转化带 (SMTZ) 含有丰富的甲烷厌氧氧化古菌 (ANME)，在底部的甲烷产生带 (methanogenesis) 除了已知的产甲烷古菌，还发现大量的未培养且功能未知的古菌 (如 MBGB 等)。

自生碳酸盐岩 $\delta^{13}\text{C}$ 值 $-43.0\text{‰} \sim -27.5\text{‰}$ ，指示其为甲烷缺氧氧化形成的冷泉碳酸盐岩； $\delta^{18}\text{O}$ 值 $2.5\text{‰} \sim 5.8\text{‰}$ ，显示 ^{18}O 富集；含壳体的碳酸盐岩结壳以文石为主、无 Ba 富集和相对于 Mo 更加富集 U 元素，表明它们形成于紧靠海底的开放环境中。相反，碳酸盐岩结核、烟囱及无胶结壳体的碳酸盐岩结壳中出现 Ba 和 Mo 的富集，说明它们形成于更加缺氧的环境中，很可能反映了过去大量天然气水合物的分

解释。

此次对“海马冷泉”的调查研究，为水合物试采或开采期间针对性监测提供珍贵的资料，并且有助于将来对我国南海北部冷泉生态系统的进一步研究及保护。



海马冷泉区生物群落

(五) 数字海洋地质

◆ 一大批新的海洋地质数据公开发布

2016 年，整合推出了一大批新的、可供上线的海洋地质数据，并提供服务 (见下表)，加

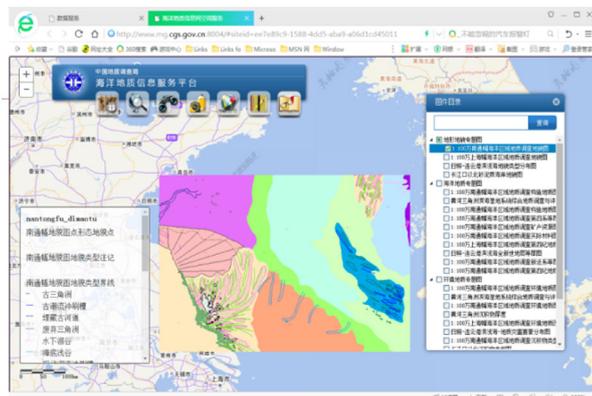
大海洋地质信息服务力度。同时，为促进海洋地质数据资源共享，充分发挥海洋地质数据资源的保障和支撑作用，推进海洋地质信息网建设，遵循互联网公共协议和 ODATA 数据开发协议，构建基于 REST 风格 API 的轻量级 Web

服务，以此为基础搭建海洋地质数据共享平台。优化完善了网站空间数据服务等功能模块；完成了网站安全等级测评和安全保护及网站全部

上线数据的保密审查；保证数据持续更新和服务；完成网站手机移动版 APP 应用研发，创新网站使用新模式。

2016 年公开发布的新数据

| 类别 | 内容 | 数量 | 发布形式 |
|------|------------|-------------------|--------|
| 调查数据 | 地质取样 | 7703 个 | 目录信息 |
| | 海水取样 | 646 个 | |
| | 低层大气 | 1029 个 | |
| | CTD | 397 个 | |
| | 单道地震 | 54506.21km | |
| | 多道地震 | 19686.7015km | |
| | 侧扫声呐 | 42309.06km | |
| | 浅层剖面 | 58339.6km | |
| 调查数据 | 多波束测量 | 53004.3km | 目录信息 |
| | 单波束测深 | 65503.61km | |
| | 海流测量 | 定 53 个；6173.32 km | |
| | 工程钻探 | 24 口 2112.34m | |
| | 水工环样 | 555 个 | |
| | 水文地质钻探 | 441.84m | |
| | 第四纪地质钻探 | 626.7m | |
| 成果图件 | 地质浅钻 | 147 口，6148.43 m | 矢量文件 |
| | 53 个项目成果图件 | 133 幅 | |
| 调查报告 | 54 个项目调查报告 | 64 个 | Pdf 文件 |



海洋地质信息网——空间数据服务



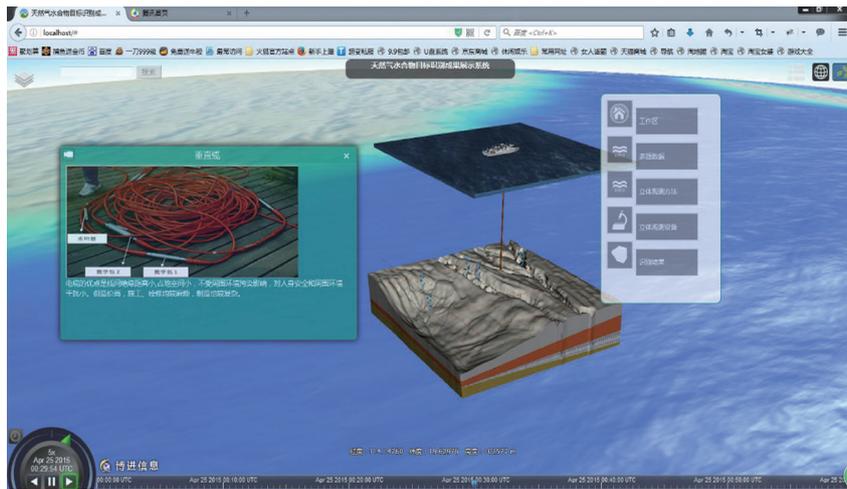
海洋地质信息网移动 APP

◆ 天然气水合物数据集成及共享服务平台初步建成

对 2016 年以前获取的天然气水合物野外勘查数据进行了系统性的检查入库工作，并制作了相应图件，为天然气水合物试采、勘查提供数据支撑。天然气水合物数据涵盖野外勘查实测数据、研究成果数据等。数据专业种类包括：地球物理、地球化学、现场测试分析、钻井数据等等。其中重点核对整理了地震数据、多波束数据、取样站位数据、钻井数据、ROV 数据等。目前，收集管理原始数据及备份数据总量约 50T，其中，取样站位信息 2521 个站位，钻

井信息 37 个钻孔，多道地震信息 115582km，摄像观测信息 531 个站位。建立了一整套天然气水合物数据入库规则及方法，设计了原始数据与数据库数据的转换接口，自行编制相应程序解读国外仪器设备获取的原始数据。为水合物数据管理奠定了扎实基础，实现了数据方便、快捷、安全入库。

初步建成天然气水合物数据集成及共享服务平台，为“一站式”数据共享服务奠定了基础，提高数据共享服务水平，为勘查试采提供实时、全方位的数据支持。在此基础上，编制了相应调查程度图，提供研究及部署人员及时了解我国南海天然气水合物调查程度。



天然气水合物共享服务平台

◆ 海洋地质数据成果三维展示提升海洋地质信息服务水平

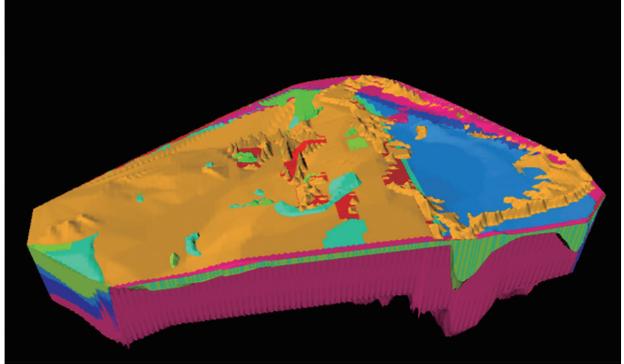
立足于海洋地质资料与数据成果海量多源的实际特点，结合海洋地质调查业务部门的展示

应用需求，采用国内外先进的三维展示开发技术与平台，在海岸带地质调查与海洋油气资源调查数据三维展示与应用方面取得了显著进展。

基于 SkyLine 平台基本建成了我国北方海岸带区域三维场景，开发了三维海底展示、



重点海岸带区域海水淹没模拟



重点油气勘查区域三维地质建模

立体量测、水淹分析等功能模块，可实现球体模型上海洋地质调查数据与成果的综合展示，提高了成果展示与应用水平。基于 Open Inventor 平台初步建成了我国油气勘探重点海域地质体三维模型，开发了三维地质体模型可视化展示组件，实现了海洋油气地质调查地震解释剖面图、构造区划图、等深度构造图、断

裂分布图以及钻井资料等资料管理与展示。

应用三维技术推动了海洋地质调查成果由传统的平面展示向三维立体展示的转变，为地质专业人员开展业务领域研究提供了有力的分析工具，提高了海洋地质调查与科研的信息化水平，促进了海洋地质调查数据与成果的转化应用与网络化服务。

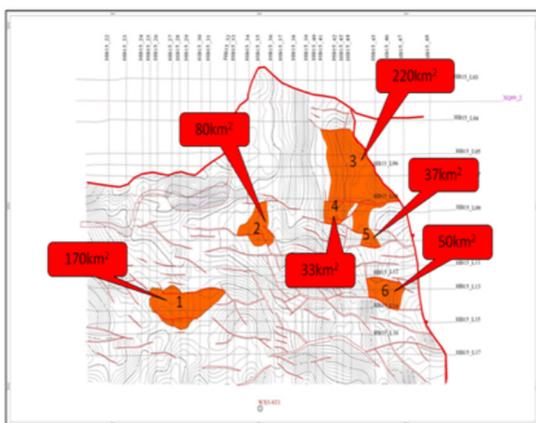
（六）海洋资源调查关键技术研发

● 南黄海“高富强”地震勘查新技术锁定油气钻探目标

在南黄海崂山隆起实施新的地震勘查技术，提出并完善了调查参数井井位建议，为落实下古生界烃源岩、建立早古生代地层层序，并最终实现南黄海油气新层系油气发现和突破奠定基础。

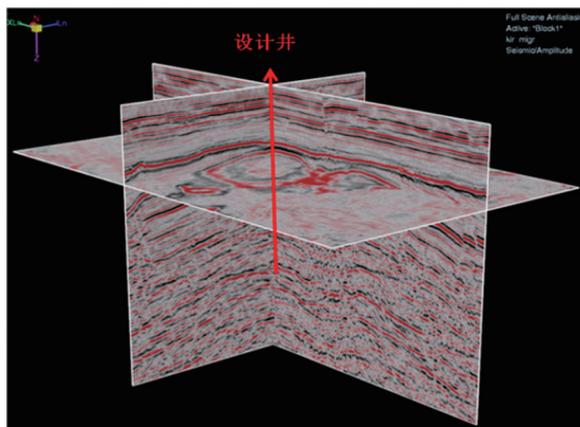
通过工作，形成了适用于崂山隆起地震地质

条件的“高富强”（高覆盖次数、富低频、强震源）地震勘查技术，该技术覆盖次数 96 次，富含 5 ~ 25Hz 的强能量低频成分，震源容量 6390 立方英寸，最大探测深度超过 15000m。通过地震资料攻关处理、新老地震资料联片解释和海陆对比，建立了南黄海崂山隆起完整的海相地层地震层序。地震资料精细解释，确定了崂山隆起中部是海相中—古生界的重点目标区，面积约 6000km²。该区发育 6 个



南黄海崂山隆起 T10 反射层圈闭分布 (图中标注了各圈闭编号及其面积)

主要圈闭构造, 地层发育齐全、地质构造相对简单, 总面积达 590km²。通过地震资料特殊处理和油气地质条件分析, 认为 1 号和 3 号构造石油地质条件优越, 其中 3 号是首选钻探靶区。运用该技术获得了较高品质的海相中 - 古生界反射资料, 为区内油气调查与勘探的突破



3 号圈闭构造的井位设计方案

提供了技术支撑。

已有研究表明南黄海盆地海相新层系油气远景好, 但目前勘探程度低、商业投入难以下决心, 亟待调查参数井破解难题。调查参数井井位的落实将为下扬子区及海域海相新层系的油气突破奠定基础, 具有重要意义。

● 海域天然气水合物钻探取样装备完成优化试制

完成了海域天然气水合物保温保压取样钻具的优化与样机试制。保温保压取样器是取样工作效率和质量的关键, 通过对保温保压取样的密封机构进行改进优化, 提高了密封翻板机构的可靠性, 对压入式保温保压取样钻具的稳定性进行了优化, 同时针对坚硬地层条件完成了回转式长筒保温保压取样钻具的首轮样机试制, 同时开展了保温真空管、取样钻头、取样管鞋及打捞器的优化。通过进行室内试验显示,

采用补压装置的前提下, 压力保持在 90% 以上, 可满足天然气水合物保压需要。真空双层保温内筒失温速率在 5℃ /h 以内。针对海上试验要求, 完成了钻具海试前的准备工作。

针对海域钻探的特点, 对海洋钻探冲洗液进行了优化和正交试验。初步确定了采用抗盐共聚物、聚丙烯酰胺等处理剂的低温环保冲洗液配方, 通过室内试验验证后其冰点可达 -15℃。

完成了优化后取样适配装备——取样基盘和取样绞车样机的室内模拟试验。取样基盘可在保温保压取样的过程中为取样钻具提供水下

井口和钻杆夹持功能，通过室内模拟工况试验验证，经过优化后的取样基盘可适应水深 3000m 工况下 30MPa 压力要求，取样绞车可提供 $\pm 3\text{m}$ 海浪的升沉补偿功能，避免样品扰动。

已经初步完成了海域天然气水合物取样技术装备的自主化，基本形成以保温保压取样钻具为核心的具备自主知识产权的取样技术体系。



保温保压取样钻具

