



012 中国非常规和新型能源调查报告

我国已进入工业化中期向后期转变的关键时期，经济步入中高速发展的新常态。以创新、协调、绿色、开放、共享为主线的生态文明建设对能源发展方式提出了更高要求。我国在国民经济和社会发展第十三个五年规划纲要中明确提出要推动能源结构优化升级，建设多轮驱动的现代能源体系。

近年来，国土资源部中国地质调查局开展了页岩气、铀矿、天然气水合物、地热、锂矿和石墨等非常规与新型能源调查，取得了一批地质调查成果，南方页岩气开辟6万平方千米新区、拓展9套盆地外复杂构造区新层系、贵州安页1井获历史性、里程碑式突破，海域天然气水合物首次钻获千亿方级天然气水合物矿藏，陆域天然气水合物首次钻获中纬度高原冻土带实物样品。北方砂岩型铀矿圈定找矿靶区400余处、新发现大中型矿产地28处，地热资源查明年可开采量折合标准煤25亿吨，四川甲基卡新增氧化锂资源量88.55万吨、新发现9处含锂盐湖，新发现大中型晶质石墨矿产地11处、探获资源量约3000万吨。提出了一批能源矿产地质调查新理论新认识，形成一批技术方法，自主研发海马号非载人遥控探测潜水器等重大地质调查装备。

“十三五”期间，中国地质调查局将能源矿产地质调查放在更加突出的位置，瞄准服务国家能源安全保障、改善能源结构、支撑油气勘查开发体制改革的目标，加大对非常规及新型能源的调查力度，重点开展基础地质调查评价、重点区勘查示范、理论、技术及装备创新等工作，为我国现代能源体系的建立提供坚实的地质调查基础。

一、页岩气（油）调查实现重大发现或突破。

开辟6万平方千米勘查新区，取得了页岩气调查新区的重大突破。我国南方油气页岩气突破均来自四川盆地、江汉盆地和苏北盆地等盆地内，盆地外复杂构造区一直未获重大突破或发现。通过在四川盆地周缘、武陵山、滇黔桂、中扬子、下扬子地区开展基础地质调查工作，开辟了6万平方千米勘查新区，圈定了正安—酉阳、宜昌—长阳等10处页岩气调查远景区，基于重大突破和发现成果，优选了正安、秭归等14个页岩气有利勘查区块，支撑新一轮页岩气招标工作。

拓展9套盆地外复杂构造区新层系，取得了新层系的重大突破。在四川盆地、江汉盆地等盆地外，新发现震旦系陡山沱组、灯影组，寒武系岩家河组、天河板组，奥陶系宝塔组，志留系石牛栏组，二叠系栖霞组、龙潭组、大隆组9套油气页岩气新层系。安页1井首次发现志留系石牛栏组和奥陶系宝塔组含油气地层，同时在四川盆地外首次在二叠系栖霞组发现了厚达147米的含油气地层。秭地1井、秭地2井在武陵山地区获震旦系陡山沱组页岩气发现，鄂阳页1井发现灯影组礁滩相含油气地层，鄂宜页1井首次发现寒武系岩家河组含油气地层，宜地2井



获寒武系天河板裂缝性天然气新发现。港地1井、泾页1井获得二叠系大隆、龙潭组海陆交互相页岩油气新发现。

发现3种新类型，取得了油气页岩气调查新类型的重大突破。安页1井钻获志留系石牛栏组海相互层状泥晶灰岩与钙质泥岩，是我国首次发现的高产海相致密气藏。宜地2井首次发现天河板裂缝性天然气新类型。曲页1井在赣中和黔西六盘水二叠系煤系地层获得煤层气、页岩气、致密砂岩气“三气”共存模式，开辟了油气勘查的新类型。

获得贵州遵义安页1井、湖北宜昌宜地2井等12口井重大油气页岩气突破与发现。安页1井一举获得二叠系栖霞组，志留系石牛栏组、五峰—龙马溪组和奥陶系宝塔组“四层楼”式天然气、页岩气重大突破。其中，石牛栏组含气地层累计厚68米，经压裂获超过10万立方米/日的高产稳产工业气流。安页1井油气调查的重大突破被认为是历史性、里程碑式的，对于南方复杂地质构造区和贵州省油气勘查是开天辟地的，圆了中国地质工作者和贵州人民六十多年的油气梦。此外，宜地2井钻获70米优质页岩，鄂宜页1井钻获水井沱组86米厚高含气页岩气层、鄂阳页1井在牛蹄塘组钻获页岩气流，均实现重大发现。

二、砂岩型铀矿取得重要找矿新突破

创新“油铀兼探”、“煤铀兼探”综合找矿机制，大庆油田区铀矿取得重大突破，资源前景广阔。以煤、油勘查资料二次开发为主线，在煤田区、油田区铀矿已筛查煤田、油气田钻孔超14万个，在13000个钻孔中发现铀异常，圈定铀矿找矿靶区近200个。在大庆油田区圈定了18个重点找矿靶区，通过验证发现2处具有远景规模的矿产地，展示了巨大资源潜力，拓宽了找矿新空间。在鄂尔多斯盆地宁东地区新发现具有远景规模的矿产地5处，准噶尔盆地东部地区首次新发现矿产地1处。油田区、煤田区铀资源前景广阔，有望大幅增加我国铀矿资源储量，成为我国新的铀矿资源基地。

新发现大中型矿产地28处，促进形成北方6个万吨—十万吨级铀矿资源基地，实现了资源储量翻番，重塑我国铀矿勘探开发新格局。在北方砂岩型盆地及南方硬岩地区新发现了金家渠、麦垛山、巴音青格力、核桃坝、查查香卡等28处具有大中型远景规模铀矿产地，累计圈定了400余处铀成矿远景区或找矿靶区。引领拉动后续勘查投入约23亿元，完成钻探工作量近232万米，探明了或扩大了纳岭沟、巴彦乌拉、洪海沟、蒙其古尔、乌力桂庙、巴音青格力、塔木素、宝龙山等14个中型—特大型铀矿床，实现了资源储量翻一番，提前完成了“358”找矿突破战略行动铀矿找矿五年目标；北方地区落实了伊犁、吐哈、鄂尔多斯、二连、松辽和巴音戈壁6个万吨—十万吨级铀矿资源基地，重塑了我国铀矿勘查开发新格局，有效提高了我国铀矿资源的保障程度。

全国铀矿资源潜力评价预测铀矿资源总量210多万吨，完成了铀矿地质基础调查面积110万平方千米，工作程度显著提高。组织完成了全国陆域铀矿资源潜力评价，预测我国铀矿资源潜力总量为210万吨、可利用资源量为200万吨。重点在伊犁、吐哈、二连、鄂尔多斯、松辽、巴音戈壁等13个盆地开展以砂岩型铀矿为主、适当兼顾其他地区花岗岩型、火山岩型和碳酸盐岩型铀矿基础地质调查，完成了1:25万铀矿地质基础调查面积110万平方千米，通过地质调查、物化探测量、钻探查证、综合研究与编图和分析测试等技术手段，基本查明北方砂岩型铀矿成矿背景、成矿条件，系统评价了资源潜力，地质工作程度显著提高。



三、海域、陆域天然气水合物获得重大发现

海域天然气水合物圈定 6 个成矿远景区、预测资源量达 744 亿吨，陆域圈定天然气水合物 9 个有利成矿区块、预测资源量 350 亿吨油当量。利用综合地质、地球物理和地球化学等多种调查技术手段，在西沙海槽、琼东南海域、神狐海域及东沙海域圈定 6 个远景区、19 个成矿区带、25 个有利区块，预测水合物远景资源量达 744 亿吨油当量。陆域天然气水合物在青南藏冻土区优选出 9 个有利成矿区块，预测远景资源量达 350 亿吨油当量。

在南海北部珠江口盆地首次钻获高饱和度水合物，首次钻探证实超千亿方级天然气水合物矿藏。在珠江口盆地东北海域钻获高纯度天然气水合物实物样品，控制面积 55 平方千米，控制储量达到 1000 ~ 1500 亿立方米。在南海北部神狐海域实施的 19 个钻孔均发现天然气水合物，控制面积 128 平方千米，控制资源量超 1500 亿立方米，其中通过钻探取芯落实的 2 个大型矿体，探明储量达 400 亿立方米，为海域天然气水合物试采提供了重要参考靶区。

祁连山木里地区钻获天然气水合物实物样品，我国成为首个在中纬度高原冻土带钻获天然气水合物实物样品的国家。在青海祁连山木里地区实施 DK-1 井首次钻获天然气水合物实物样品，样品主要分布在侏罗系木里组细砂岩、泥岩、油页岩裂隙中，具有产出层段多、连续性、单层厚度大且与油气伴生等特征，进一步明确了资源前景，开启了我国陆域冻土区天然气水合物调查的新局面。

四、地热资源展现新前景

完成了 336 个地级以上城市浅层地温能调查评价，浅层地温能资源每年可采量折合标准煤 7 亿吨。336 个地级以上城市 80% 的土地面积适宜利用浅层地温能，主要分布在中东部省份，可用于建筑物供暖和制冷，能够实现建筑物夏季制冷面积 326 亿平方米，冬季供暖面积 322 亿平方米。提高浅层地温能高效利用每年可节煤 2.5 亿吨，可减少二氧化碳排放 6 亿吨。

全国地下热水资源每年可采量折合标准煤 18.65 亿吨，以中低温为主，高温为辅。中低温地下热水资源主要分布于华北、苏北、松辽、江汉、汾渭等 15 个大中型盆地，每年可开采量折合标准煤 18.28 亿吨；其余山地丘陵区中低温地热资源折合标准煤 0.19 亿吨，温泉多分布其中。高温地下热水资源主要分布在西藏、云南、四川和台湾地区，每年可采资源量折合标准煤 0.18 亿吨。

启动了干热岩资源勘查工作，发现了我国首个可大规模利用干热岩资源潜力区。初步测算我国地下 3 ~ 10 千米范围内干热岩资源折合标准煤 856 万吨，在青海共和盆地中北部发现了埋藏浅、温度高的干热岩，钻孔控制面积已达 150 平方千米，是我国首次发现的可大规模利用干热岩资源。

五、锂矿、石墨新型能源调查取得重大进展

四川甲基卡新增氧化锂资源量 88.55 万吨，奠定 1 处世界级锂辉石资源基地；新发现 9 处含锂盐湖。四川甲基卡地区新增锂矿资源量 (Li_2O) 88.55 万吨，平均品位 1.41%，全区总资源量超过 200 万吨，奠定了 1 处世界级资源基地，为打造川西新能源产业基地夯实资源基础。盐湖锂矿调查新发现结则茶卡、龙木错等 9 处含锂盐湖；青海柴达木盆地卤水锂矿调查，在东台吉



乃尔、西台吉乃尔和一里坪等预测盐湖卤水锂资源量 (LiCl) 1260 万吨, 油田区地下卤水锂资源量 2248 万吨。

石墨矿调查取得一批新进展。在新疆、福建、湖北、内蒙古、青海、河南、江西地区圈定石墨找矿远景区 18 处, 新发现矿产地 11 处, 探获资源量 3000 万吨。新疆奇台黄羊山晶质石墨矿是我国发现的首个超大型规模岩浆热液型晶质石墨矿, 改变了岩浆热液型无石墨大矿的历史, 估算石墨资源量 2000 万吨以上, 平均固定碳含量 7.01%, 大鳞片晶质石墨含量 30% ~ 35%, 有望形成 1 处新的晶质石墨资源基地。

六、能源地质调查理论、技术、装备取得新进展。

创新性提出南方复杂构造区页岩气成藏理论, 在四川盆地周缘和武陵山复杂构造区、黄陵背斜古隆起周缘等地区提出了一批页岩气调查新认识。一是突破了前人关于四川盆地周缘和武陵山复杂构造区油气难以保存的传统认识, 创新性地提出了“富有机质页岩发育、构造保存稳定、地层超压”三位一体的页岩气富集成藏理论认识, 为实现油气页岩气调查突破奠定了理论基础。二是突破了中扬子地区盆地外广泛发育的下寒武统等烃源岩时代老、成熟度过高、潜力不大的传统认识。创新性地提出黄陵隆起发育刚性基底, 周缘构造稳定, 页岩有机质热演化程度低, 是下寒武统页岩气有利区的新认识。三是归纳总结了五种页岩气控藏新模式, 即“简单背斜控藏型、逆断背斜控藏型、残留向斜控藏型、逆断向斜控藏型、基底隆起控藏型”。

系统形成了海域天然气水合物控矿、成矿、找矿理论。针对我国海域天然气水合物资源禀赋和地质条件, 通过理论创新, 系统形成了天然气水合物控矿、成矿、找矿理论, 初步认识了南海天然气水合物成藏富集规律, 创新性地提出南海天然气水合物成藏模式, 建立起一套精准高效的勘查评价、找矿预测、实验模拟技术体系, 并于 2015 年在神狐海域水合物钻探中得到验证, 实现了“百发百中”的钻探成功率。

系统建立 7 种不同地质背景下的砂岩型铀矿成矿模式, 创新提出了“盆内隆缘式”铀矿成矿新认识。一是系统建立了产于构造斜坡带、构造褶冲带、拗陷沉降带等 7 种不同地质背景下的砂岩型铀矿成矿模式, 强调了外来铀源的控矿作用, 突出了预富集和后期叠加的多期次成矿作用, 并建立了基于含矿主砂体和构造改造为主线的陆相盆地砂岩型铀矿区域预测评价模式, 在北方砂岩型铀矿找矿中发挥了重要作用。二是总结了中亚—中国北方主要盆地含铀岩系构造样式特征, 提出了“盆内隆缘式”构造样式对铀矿的控制作用, 指导了松辽、鄂尔多斯等盆地的铀矿找矿实践, 实现了“盆内隆缘区”的重大找矿发现, 拓展了铀矿找矿新区。

自主研发了“海马”号深海非载人遥控探测潜水器等一系列能源矿产调查装备。成功研制“海马”号 4500 米作业级深海非载人遥控探测潜水器, 国产化率超过 90%, 填补了国内空白, 为我国天然气水合物勘查及深海矿产资源调查增添了新利器。高分辨率小道距多道地震、海洋可控源电磁探测、保压取心钻具等关键核心技术装置均取得突破, 并在天然气水合物勘查中逐步应用。此外, 正在装配 2 艘二维综合物探调查船、1 艘综合地质调查船, 以及中远程超低空固定翼物探飞机、国产中型倾转旋翼机和小型直升机各 1 架, 将使我国能源矿产调查装备及技术达到国内领先、国际先进水平。



七、“十三五”期间重点任务

“十三五期间”，中国地质调查局将能源矿产地质调查放在更加突出的位置，瞄准服务国家能源安全保障、改善能源结构、支撑油气勘查开发体制改革的目标，加大对非常规及新型能源的调查力度。

一是加强基础地质调查评价工作，提高工作程度，摸清资源家底。开展南方海相页岩1:5万基础地质调查，建立页岩气动态评价体系，动态评价页岩气资源量；砂岩型铀矿利用已有钻探、物探等资料，加强煤田区、油田区铀异常筛查工作，优选异常有利区分布，开展钻探验证，建立油田区、煤田区资源潜力评价指标，开展全国铀资源潜力动态评价工作；继续加强陆域、海域天然气水合物地质调查工作，摸清祁连山、羌塘等冻土区及南海海域天然气水合物的资源潜力；围绕“三大经济带”开展地热资源调查，查明地热背景，摸清资源家；加大四川甲基卡及青藏高原盐湖锂地质调查工作，进行甲基卡锂资源区域潜力评价和盐湖锂资源的评价；进一步摸清晶质石墨资源家底。

二是选择重点区域开展勘查示范，进行关键技术攻关，引领商业跟进。选择南方页岩气重点有利区、大庆油田砂岩型铀矿、海域天然气水合物等开展典型勘查、试采示范，引领商业跟进，同时加大勘查开发技术攻关和理论创新，解决制约勘查开发的关键地质问题，为我国现代能源体系的建立提供坚实的地质调查基础。

三是开展科技创新，解决制约勘查开发的关键地质问题。创新复杂构造海相页岩气、海陆过渡相等成藏地质理论，攻关页岩气地球物理甜点识别与预测技术、选区评价技术；突破沉积环境、成矿流体、有机质对成矿的影响及构造对铀成矿的制约等关键地质问题及关键技术；攻克天然气水合物试采井下、海底和甲板气/水分离、控制等技术难关，形成具有自主知识产权的勘查、开采技术；建立我国浅层地温能勘查开发、水热型地热资源开发利用和干热岩勘查开发三大技术体系。

主要执笔人：高振记、汪大明、王利

主要依托成果：南方页岩气基础地质调查工程、北方砂岩型铀矿调查工程、煤层气等非常规能源矿产调查工程、大宗急缺矿产和战略性新兴产业矿产调查工程、海域油气资源调查工程等所属项目成果

主要完成单位：中国地质调查局发展研究中心，中国地质调查局天津、成都、武汉、南京地质调查中心，中国地质调查局油气资源调查中心，广州海洋地质调查局，青岛海洋地质研究所，中国地质科学院矿产资源研究所，中国核工业地质局，中国建材地勘中心，中化矿山地质总局

主要完成人：翟刚毅、金若时、张光学、张家强、包书景、余谦、陈孝红、徐振宇、王宗秀、郭庆银、陈正国、王登红、王贵玲、张森奇、祝有海、杨胜雄、吴能友