



019 中国氦气资源调查报告

氦是熔点和沸点最低的已知元素，来源于铀、钍放射性衰变和地幔脱气，是重要的战略性稀有气体资源。因其化学惰性和沸点极低，不仅应用于制冷、医疗、半导体、科研、石化、超导实验、光电子产品生产等方面，还是军工、航天、核工业、深海潜水等领域重要的战略资源，关系国家安全和高新技术产业发展。

全球氦气总资源量约490亿立方米，总储量约76亿立方米，分布极不均匀，主要分布在美国、阿尔及利亚、卡塔尔和俄罗斯，其中美国占世界资源总量的40%以上，储量占世界的52%（图1）。全球每年氦气需求量约为2亿立方米，但年产量仅有1.7亿立方米，供不应求，长期短缺。我国每年氦气需求量约为1200万立方米，但勘查开发程度极低，资源量和储量情况不明，仅四川自贡威远气田曾进行提氦利用，年产量约5万立方米，且至2004年已停产。我国氦气供应长期依赖从美国进口，资源安全形势十分严峻。

近年来，中国地质调查局组织开展了渭河盆地氦气资源调查工作，累计投入4500万元，完成二维地震118千米，重磁电综合剖面123千米，土壤油气化探3500平方千米，取得一批重要成果：一是评价了渭河盆地氦气资源潜力，估算氦气资源量14.78亿立方米，圈定华阴等3处远景区；二是基本查明了渭河盆地氦气成藏条件，总结了壳源氦气的弱源气成藏模式，探索了氦气调查技术方法；三是有效引领商业跟进，氦气提取技术方法取得重要进展；四是开展了全国主要含油气盆地氦气地质条件综合研究，认为四川、塔里木、柴达木、松辽等盆地具有氦气资源潜力大。

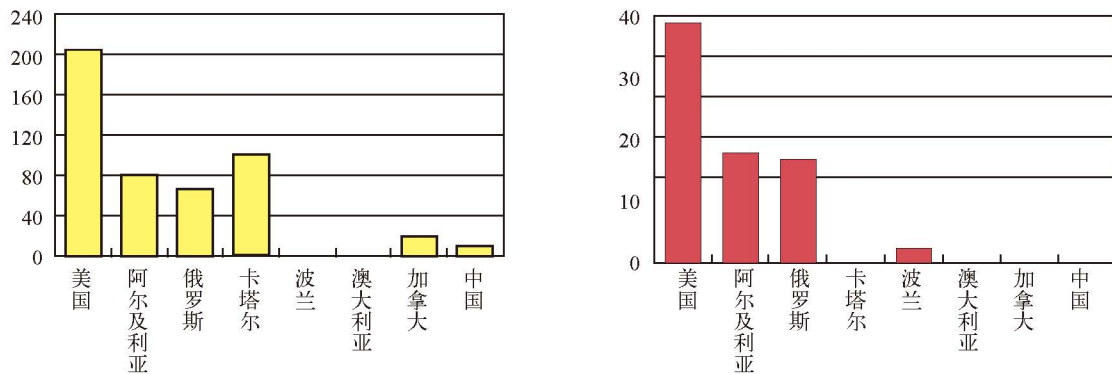


图1 世界氦气资源量、储量分布图



一、评价了渭河盆地氦气资源潜力，估算氦气资源量 14.78 亿立方米，圈定华阴等 3 处远景区

通过对渭河盆地已有地热水井伴生气系统采样分析，发现氦气显示井 63 口，其中大于 1% 的 31 口，最高达 9.226% (工业品位为 0.1%)。渭河盆地目前勘查深度内，与水溶氦相关的新近系、古近系孔隙裂隙地热水资源量达 14781 亿立方米，按目前资料，取气水比 1:10，气体中氦气体积分数以 1% 计，估算渭河盆地 3500 米以浅水溶氦气资源量为 14.78 亿立方米，主要分布在西安、咸阳、渭南等地区断裂发育带附近。经研究分析表明，渭河盆地除水溶氦之外，还存在易于利用和高效益的游离态富氦天然气藏。根据地热井显示、地质条件圈定华阴、兴平、周至 3 处氦气远景区，为后续氦气勘探开发指明了方向，进一步工作有望取得氦气资源重大突破，形成我国氦气资源基地。

二、初步调查了渭河盆地氦气成藏条件，总结了壳源氦气的弱源气成藏模式，探索了氦气调查技术方法体系

通过地震、重磁电剖面、氦气化探等工作的实施，基本查明了富氦气区地层层序和构造格架。重点刻画了隐伏花岗岩体 (氦源岩)、断裂发育特征。认为有效氦源岩、高效运移通道 (断裂)、载体气藏是氦气成藏的基本条件 (图 2)，渭河盆地氦源岩发育、运移通道良好，调查新发现渭河盆地深部存在上古生代煤系烃源岩，具有重要油气地质意义，也为氦载体气成藏提供了物质基础 (图 3)。总结出地下水 (流体) 循环为纽带，水岩藏关系与赋存状态转换为核心，铀氦关联的氦气弱源成藏模式。对于稀有气体氦气，在气藏中所占体积分数极低即可成矿，根据亨利定律含氦水流一旦遇到天然气 (有机、无机) 藏，氦的低溶解度和低体积分数 (低分压) 决定了氦基本都将从水溶态转变为游离气态进入气藏，并导致气藏附近水体形成氦低浓度漏斗，使渗流系统内水溶氦向气藏附近迁移并最终绝大部分进入气藏，大大提高氦气的运聚系数，很

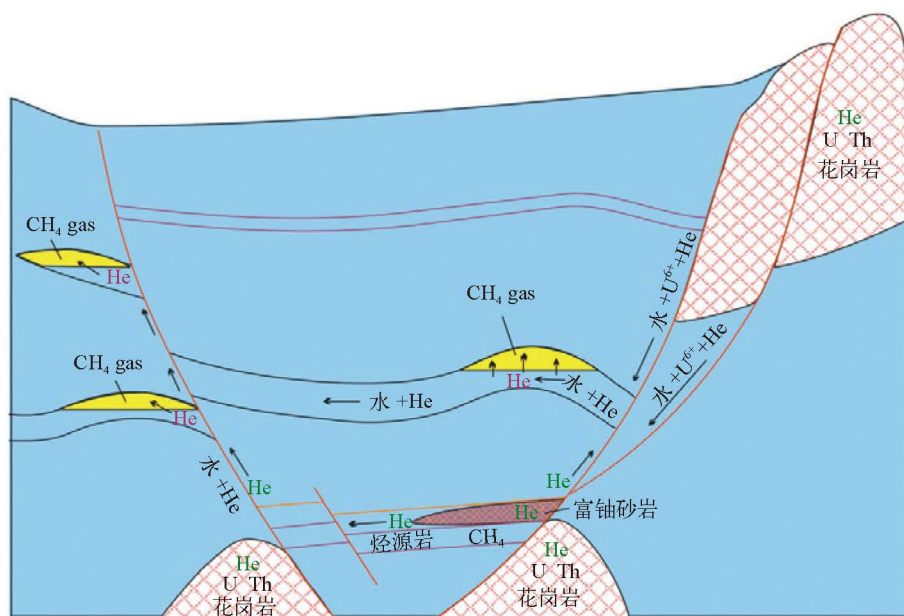


图 2 渭河盆地源氦气成藏模式示意图

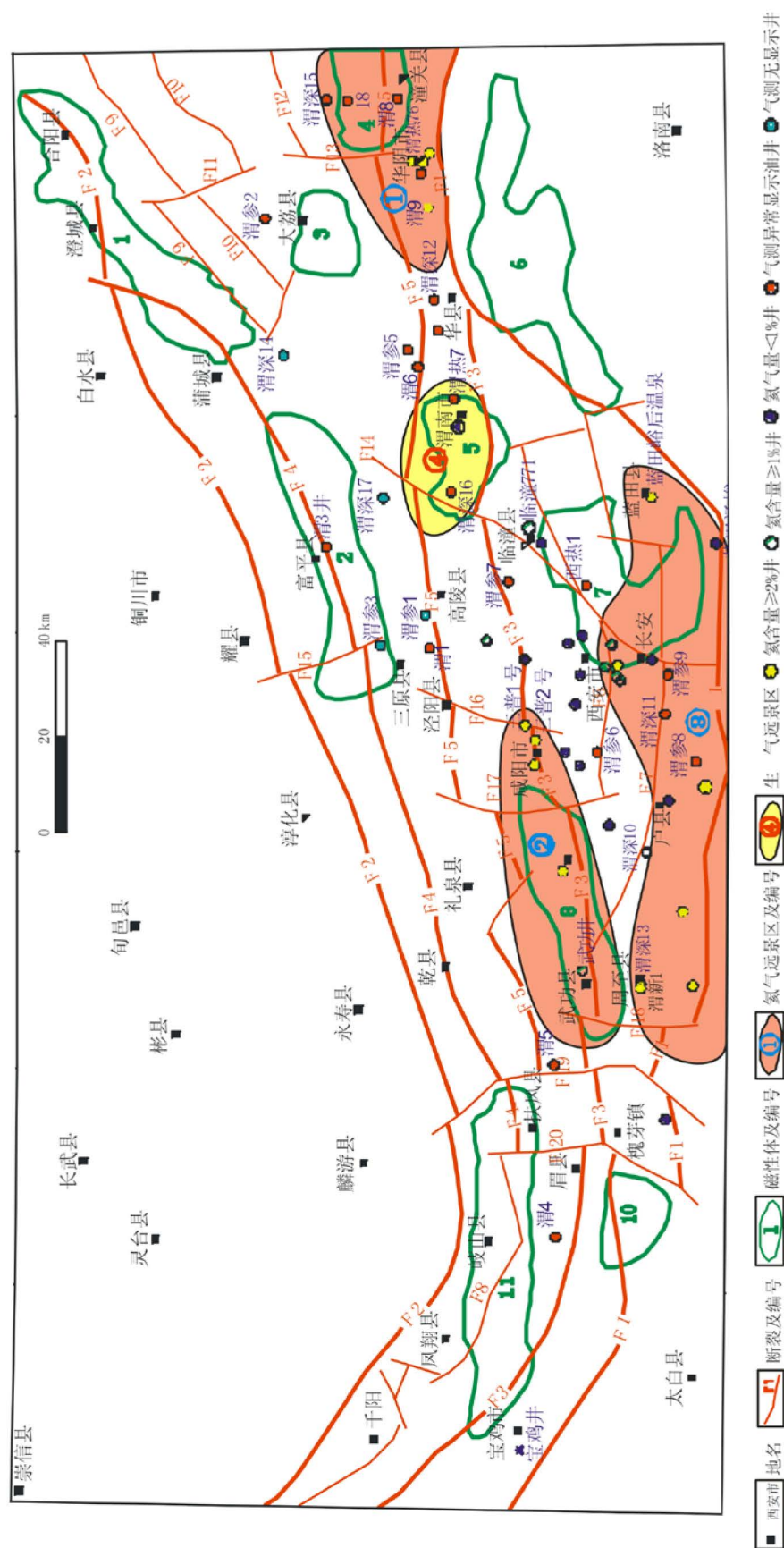


图 3 渭河盆地天然气研究区分布略图



好地弥补了氮的弱源成藏难问题。

创新探索了地质认识指方向，地震、重力、电法探结构，磁法识别磁性岩体、化探圈定异常、气测录井标定富集层段的氮气调查技术方法体系。

应用总结的理论、技术在柴北缘全吉山等地区发现较高含量的壳源氮气显示，总体含量为 0.21% ~ 0.72%，大于 0.1% 的工业评价标准，且分布范围广。特别是全吉山 KT9-8 孔，井口冒出气体中氮气含量为 0.72%，属富氮天然气藏氮气，显示了较好的氮气资源潜力。

三、有效引领商业跟进，氮气提取技术方法试验取得重要进展

利用已有地质调查成果，有效引领企业后续跟进。在周至远景区内的渭新 1 井通过连续测试，伴生气产量平均 68m³/h，气水比 2.5 : 1，远高于地热井，氮气稳定含量 3.1%，初步估算年氮气产能可达 1.5 万立方米。兴平远景内的三普 2 号地热井长期监测结果表明，地热水井口伴生气中氮气含量稳定在 2.2% 左右（2.12% ~ 2.52%，平均 2.26%），基本不受压力、产水量及含气量变化影响，平均气水比 24.54%，初步估算年氮气产能可达 1 万立方米。氮气常温膜分离实验取得重要进展，一级膜可稳定产出浓度 60% 左右的氮气，二级膜富氮提浓实验氮气浓度超过 90%，最高达 96.75%，已达工业产品粗氮级别，氮气回收率在 90% 以上。

四、开展了我国主要含油气盆地氮气地质条件综合研究，渭河、四川、塔里木、柴达木等盆地局部具有氮气资源前景

系统收集整理了我国主要含油气盆地含氮天然气资料，分析认为，西部大型叠合盆地、东部郯庐断裂带具有氮气资源前景，渭河、四川、塔里木、柴达木、松辽、渤海湾、苏北、海拉尔 8 个盆地局部地区具有良好资源前景（表 1）。

表 1 中国部分含氮天然气显示盆地特征统计表

盆地	位置	产层	产氮气量	壳源 / 幔源	地质背景特征
松辽盆地	北部多个凹陷	中生代	0.102% ~ 0.404%，最高 2.10%	壳幔混源，以壳源为主	周围分布火山岩；氮气与二氧化碳生成关系密切，二氧化碳生成在喜马拉雅期
苏北盆地	黄桥、溱东、金湖地区	新生代	0.08% ~ 1.34%	壳幔混源，以幔源为主	靠近郯庐断裂；燕山期、喜马拉雅期有强烈的岩浆活动；形成幔源含氮二氧化碳气藏
海拉尔盆地	乌尔逊断陷	中、新生代	0.003% ~ 0.198%	壳幔混源，以幔源为主	均分布于深大断裂、燕山期花岗岩侵入体附近
渤海湾盆地	济阳拗陷	新生代	最高达 3.08%	壳幔混源，以幔源为主	控制气藏形成的断层中生代以来持续活动，深大断裂是主控因素，与岩浆活动密切相关
塔里木盆地	巴楚隆起、沙雅隆起等	古、中生代	0.05% ~ 2.19%	壳幔混源，以壳源为主	二叠纪火山活动提供了丰富的氮源；有深大断裂



续表

盆地	位置	产层	产氦气量	壳源 / 幔源	地质背景特征
渭河盆地	咸渭凸起、西安、固市凹陷	新生代	最高达 9%	壳幔混源，以壳源为主	盆地南部靠近秦岭，大面积分布燕山期花岗岩；盆地内有深大断裂
四川盆地		震旦系	0.2% 左右	以壳源为主	发育在前震旦纪花岗岩之上；储层富铀，断层、裂隙发育
柴达木盆地	威远气田北缘	中生代	0.09% ~ 1.14%	以壳源为主	中生代地层中有铀矿化异常，铀衰变产生氦气，断裂较发育

五、“十三五”期间重点工作建议下一步工作打算与建议

一是开展全国氦气资源地质调查评价，摸清资源家底，为国家规划提供依据。选择四川、塔里木、柴达木等具有氦气资源前景的盆地开展基础地质调查工作，同时与页岩气基础地质调查、铀矿资源调查、干热岩调查、深部探测等工作相结合，开展氦气兼探工作，优选远景区，为后续勘查开发提供基础；开展全国氦气资源潜力评价，划分氦气成藏有利区带，预测资源量，为国家规划提供依据。

二是在选择渭河盆地开展勘查示范工程，实现氦气调查重大突破，引领氦气产业发展。渭河盆地氦源岩发育、运移通道良好，深部发育氦载体气源岩，资源潜力巨大。利用前期地质调查成果优选靶区，开展勘查示范工程。重点对制约氦气勘查开发关键技术进行攻关，实现氦气调查的重大突破；新发现一批资源储量，引领产业发展，提高国家氦气资源保障程度。

三是创新氦气成藏理论和找矿技术方法体系，填补相关研究领域空白。氦气作为一种新型稀有资源，工作程度极低，理论和技术研究薄弱，部分领域长期处于空白，急需开展理论和技术创新。重点针对氦气成藏理论、找矿模式等关键地质问题和地球物理探测方法、测井系列和解释模型等勘查技术手段开展研究攻关，创新氦气成藏理论和找矿技术方法体系。

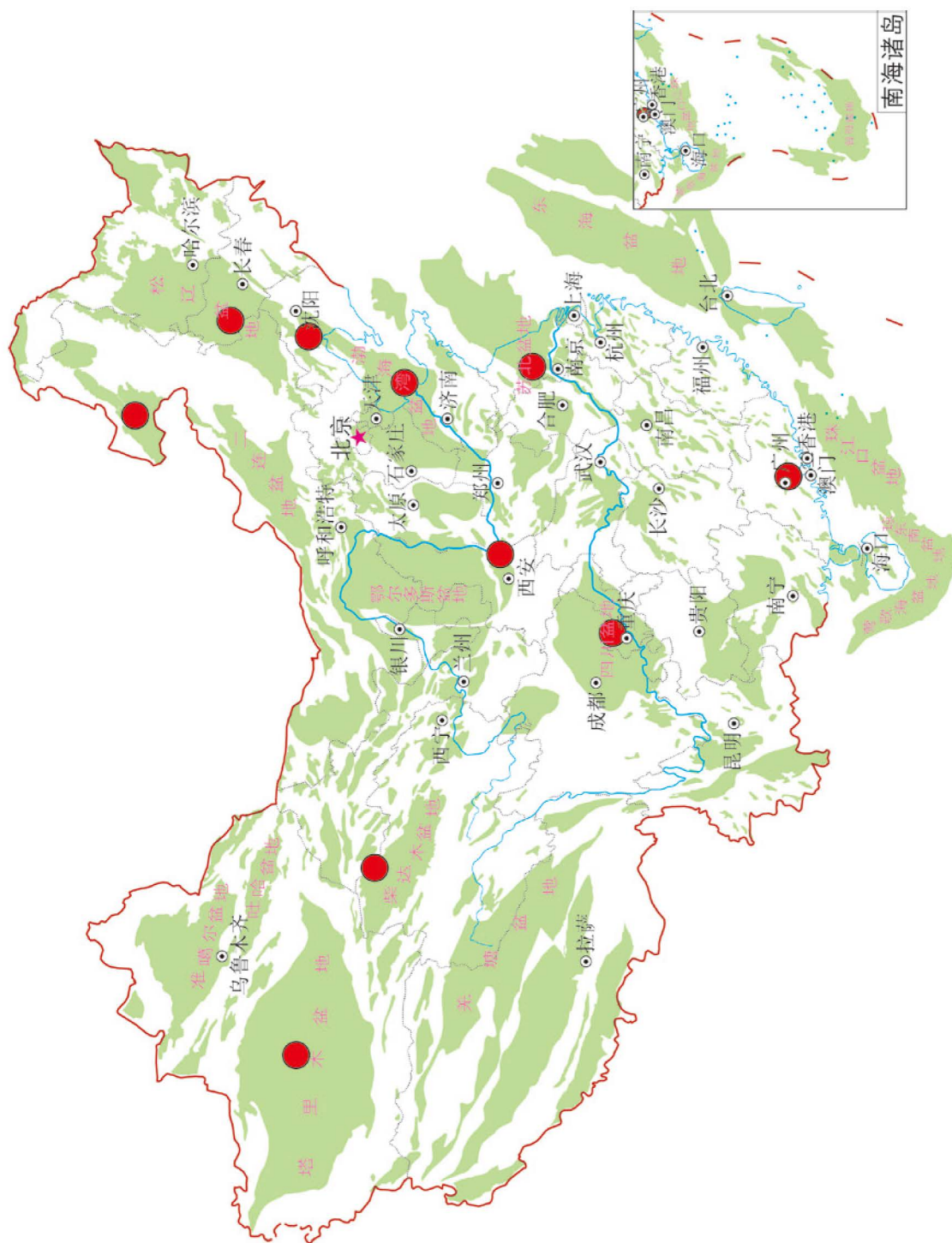
四是开展“一带一路”氦气资源调查与国际合作，为政府提供政策建议。以坦桑尼亚、中亚、俄罗斯、波兰、英国、卡塔尔、阿尔及利亚等具有氦气资源前景的“一带一路”国家(地区)为重点，开展氦气资源调查研究；开展国际合作，跟踪国外氦气资源勘探开发最新进展，了解国内外供需状况，开展战略研究，为政府提供决策建议。

主要执笔人：汪大明、高振记、李玉宏、王利

主要依托成果：渭河盆地及邻区氦气资源调查评价项目成果

主要完成单位：中国地质调查局西安地质调查中心

主要完成人：李玉宏、丰成友



附图 中国氦气异常盆地分布简图