

认识飞跃、产业增储

——天然气持续科技攻关,促产业发展

徐永昌 郑建京

(中国科学院兰州地质研究所,兰州 730000)

20世纪中叶以来,天然气在能源结构中所占比例与日俱增。世界范围能源平衡表中,天然气所占比例约为22%,其中超过30%的国家有阿尔及利亚(39.5%)、前苏联(36.5%)、加拿大(35.2%)、印尼(31.5%)、挪威(30.1%)。

我国是世界名列前茅的产油大国,但天然气产量、天然气在能源平衡表中所占份额却很低。产气量长期徘徊于年产140~150亿 m^3 的水平,在能源结构中所占比重仅2%。这种局面无论是与石油产量的比例,或国民经济的要求上都是不合理的。

为适应国民经济发展,油气增产、增储的任务是很艰巨的,而从我国油气资源的现实状况分析,石油进一步增储、增产难度极大。相对而言,天然气的潜力、前景却很大、很好。

我国天然气资源量约为33~45万亿 m^3 。已探明储量仅为资源的3~4%。而且储采比很小,比世界水平约低一倍。世界一些资源大国,天然气资源量转化为储量的比率常大于15%,如美国为52%,前苏联为30%,加拿大为18%。可以设想,经过多方面的努力,如果我国能有15~20%的天然气资源量转化为储量,并以西方的平均储采比率进行开发,则我国天然气产能可预期在不久的将来,突破年产1000亿 m^3 的水平。这是多么美好诱人的前景,又是经过努力可以操作的方案。

近十余年间,政府对天然气的勘探开发给予了巨大的关注,科技界更是向决策部门力荐强化“天然气勘探开发研究”的重要性、紧迫性。如“六五”石油天然气总公司石油勘探开发研究院戴金星教授多方宣传、呼吁煤成气勘探开发的意义。地学界前辈学者关世聪、涂光炽院士作了积极促进和推动。“七五”末,中国科学院地学部又就加强天然气研究有关问题向决策部门提出了建议书。我国政府经综合考虑,作出了重要的抉择。1983年确立了“中国煤成气开发研究”的国家重点科技攻关课题,并持续在“七五”、“八五”期间锲而不舍地实施了天然气地学研究的国家重点科技攻关项目。把科研作为今后大规模天然气勘探的先导。正确的抉择,有力的举措,使我国天然气地球科学不断取得新的突破。“六五”期间“中国煤成气开发研究”基本解决了立项时对“煤成气”提出的“有没有、是不是、有多少、在哪里”的问题。建立了煤系有机质的成烃模式;确证了煤系有机质形成的天然气可以运移、储聚成工业气藏。研究了煤型气的地球化学特点,建立了十一项综合鉴别煤型气的指标。科学地预测了我国煤系有机质形成气体中,可以运移、储聚成为工业性气藏的资源约为10~15万亿 m^3 。总结了我国煤型气藏的形成条件和富集规律,指出了煤型气藏富集分布的有利地区。如西北的侏罗系、东部海域的第三系。这些科学领域认识上的突破,明显地促进了天然气产业的发展。首先是开拓了聚煤盆地寻找天然气气藏

的新领域,其结果是发现了一批煤型气气藏。据统计从1983~1991年间,我国发现了12个大中型气田,其中七个即为煤型气气田。“七五”、“八五”期间,提出“盆热烃”、“聚气带”,“多源复合,主源定型;多阶连续、主阶定名”等天然气形成聚集总体规律的认识。同时,针对不同地质背景,提出的成藏模式,成因类型,极大地促进了具体区域内天然气的勘探。如四川盆地川东高陡构造天然气成藏模式,鄂尔多斯盆地奥陶系古风化壳天然气成藏,南海莺—琼盆地异常温压体系天然气形成,中亚区中下侏罗统煤型气聚集带在新疆三大盆地的突破性发现,以及“生物—热催化过渡带气”理论的提出和相关工业气藏的发现。这一切都极大地促进了天然气勘探的进展,取得了认识和产业的双丰收。从“六五”期间政府确定把天然气研究作为国家科技攻关以来,十余年间,天然气储量增长可以用“日新月异,年年翻番”来比喻。如果以“五五”期间天然气储量平均年增数为100计,则“六五”比“五五”增长一倍,“七五”比“六五”增长一倍。按截止1994年9月的统计,“八五”期间天然气年平均增长的储量又是“七五”的一倍。天然气科技攻关,促进天然气产业发展的实例,可以认为是科技乃第一生产力的生动体现。

“八五”期间,经国家计委安排,石油天然气总公司的支持,中国科学院(含部分高校)承担了天然气攻关项目下的二级课题,“天然气形成及大中型气田地学基础研究”(85-102-15)。经四年研究,1994年8月,在成都召开了下属四级课题的成果鉴定会。本期沉积学报刊出其中部分优秀成果。它们进一步丰富和完善了天然气的成因理论和大中型气田分布规律。

1. 通过系统地研究总结过渡带气的地球化学特征及形成机理、演化特征、赋存状态,建立了生物—热催化过渡带气判识标志。通过模拟实验证实,催化作用是形成过渡带气的重要因素,氨基酸早期演化中(成岩阶段)生烃,主要形成过渡带气和低熟原油。论证了粘土矿物催化形成过渡带气的实质是成岩演化过程中,蒙脱石向混层矿物转化,粘土矿物以质子酸的形式作用于有机质,分解产生气态烃,并使分解温度降低50℃。

2. 提出了天然气中幔源挥发特征及对烃类气体多源复合成藏的意义。建立了壳幔氦氩人字型模式,进而建立了新的He、Ar源岩年代积累效应公式及He、Ar的成因类型和判识模式,并依此进行了气源对比和气源追索及划分天然气藏的储集类型。探讨了气体地球化学与大地构造环境的相关联系,得出了不同构造条件下稀有气体 $^3\text{He}/^4\text{He}$ 值的量级差别,并构划出中生代中国大陆相对稳定区、活动区等有意义的结论。通过气源岩、气态烃和伴生液态烃系统研究,提出了煤型气、油型气甲烷碳同位素组成与源岩有机质热演化的新模式。利用色谱—离子光谱方法研究了液态烃中噻吩类有机含硫化合物,为有机杂原子化合物研究创造了新的测试技术。

3. 研究得出了腐殖煤中“基质”为生烃的主要成份。提出了煤化作用早期($R_0 < 0.45\%$)是成气的重要阶段,亦是煤成油的重要阶段的依据。设计并完成了煤的水动力分选模拟实验,提出煤是有利于成油气组成的母质来源之一。系统地研究了地史上三大主要成煤期煤系源岩的成烃潜力和成烃特征,提出了三大成煤期煤系源岩成烃的产出特征和产出强度。

4. 对不同有机质丰度、不同固体形体岩样,在不同压力下,对 $R_0 \approx 0.55\%$ 的样品的抽提物以及实验过程中不同温阶生烃、排烃产物的量以及有机地化特征进行研究,提出碳酸盐岩烃源岩排烃机制的新认识。系统地提出天然气在自然沉积剖面上运移时组分发生明显分馏的证据。提出了天然气运动过程中对途经地层原生烃的选择性抽提作用,在较长距离运移中甲烷碳同位素组成的同位素分馏和烃源岩酸解烃和罐顶气同位素组成可进行气源对比和指示天然气产层存在的新观点。提出了新的天然气二次运移模式,系统地研究了在不同构造应力场的盆地类

型中,二次运移的动力、通道、方向和运移方式的差异,将我国天然气二次运移模式划分为八种类型。

5. 选择典型天然气盆地高演化碳酸盐岩样,建立综合地球化学剖面,将有机岩石学和有机地球化学分析相结合,建立了常规和非常规评价方法。在应用荧光-激光显微系统研究有机包裹体和高演化碳酸盐岩生物标志化合物方面获得了进展。建立了中国早古生代海相黑色泥岩分散有机质分类,在超高压、高温模拟实验基础上提出古生界泥质岩系的成烃模式,建立了早古生代烃源岩成熟度的综合评价标准和动态模式。

6. 提出了干酪根形成以陆源生物为主的沉积学成因机理和沉积岩系中有机质热演化与天然气形成的沉积成岩模式,指出不同温阶下气源岩的生气量不仅受控于其中有机质丰度和成熟度,而且与有机质类型、赋存状态及岩石性质有关。提出了在不同地质营力作用下,烃源岩在不同成岩阶段,不同类型气态烃多阶段连续生成的沉积岩石学依据。

以盆地垂向演化研究为主线,提出盆地结构分类的新认识。从地球动力学角度,并应用古地磁成果,研究了盆地运动学过程对含油气盆地沉积中心、沉降中心、生油气中心的形成与迁移的制约作用,进而讨论了连续沉降或间断沉降中心与天然气多阶段连续形成的制约关系,讨论了构造运动多阶段旋回性发展与天然气多源复合成藏的制约关系。

完成了全国范围内地温及地温梯度图,144个热流测点的热流平均值分布图,25个盆地的大地热流图,编制了中国大陆区莫氏面温度分布及“热”岩石圈厚度图,提出东部地区具“冷壳热幔”、西部地区总体为“热壳冷幔”的岩石圈热结构新认识。

7. 利用航天遥感数据和计算机技术,以鲜明的色彩异常显示出因油气藏上方的烃类微渗漏而改变的地表物质化学性质。提出利用遥感-化探法发现烃类的八种类型“蚀变体”。拓宽判识油气地表异常的指标和方法,建立油气地表地球化学勘探技术指标和综合评价系统。建立以包裹体类型、相态、成份评价、油气生成、储集、运移的指标,建立了镜质体反射率与沥青反射率的关系公式。

在波动有限元数值模拟中,消除了直达波和面波,获得了弹性和粘弹性介质中质量较高的单炮仿真理论地震图。首次提出了重力直接反映天然气存在的两个重要标志,即油气上方的“负重力异常”(或两高一低)与“底幅正重力异常”,建立了一套天然气田上段重力观测资料的分析解释新方法,开展了油气样品激电效应基本物理实验,第一次建立了激电法直接反映天然气双重机理。

以上这些成果的取得,凝聚着一百多名参加国家“八五”天然气科技攻关的科技工作者四年来辛勤耕耘的心血。研究中,我们始终立足于创新、发展,相互借鉴,相互渗透,出色地完成了各项研究任务。我们相信,在“八五”科技攻关的最后一年里,在参加攻关的科技工作者的一致努力下,我们一定能向国家提出高质量的研究成果,为我国国民经济的腾飞,为天然气工业的发展做出贡献。

收稿日期:1994年10月15日