

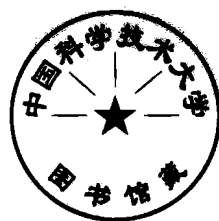
油气化探方法与应用

刘崇禧 徐世荣 编著

中国科学技术大学出版社

刘崇禧 徐世荣 编著

油气化探方法与应用



中国科学技术大学出版社

1992·合肥

〔皖〕 新登字 08 号

油气化探方法与应用

刘崇禧 徐世荣 编著

*

中国科学技术大学出版社出版

(安徽省合肥市金寨路 96 号, 邮政编码 230026)

安徽省地质印刷厂激光照排中心排版

中国科学技术大学印刷厂印刷

安徽省新华书店发行

*

开本: 787×1092/16 印张: 12 字数: 299 千

1992 年 3 月第 1 版 1992 年 3 月第一次印刷

印数: 1—1000 册

ISBN 7-312-00242-0/P·5

定价: 6.50 元

内 容 简 介

本书作者们长期从事油气化探科研与实际工作，并取得了多项成果。为了进一步推动我国油气化探工作，他们花了大量心血，总结了自己多年工作经验与科研成果，收集了国内外有关资料，编成了此书。

本书介绍了油气化探史，概述了油气化探理论依据，讲解了各种油气化探方法、分析测试技术、野外工作方法、数据处理和有关图件编制等，并通过两个典型实例介绍了油气化探方法应用情况。

此书可供石油地质和地球化学工作者使用，并可供有关的大专院校师生参考。

●中国科学院学部委员 中国石油学会副理事长 关士聪●

序

我国油气化探经过多年研究探索,已成为油气勘探技术系列的一个重要组成部分,并在生产实践中发挥了有效作用。地质矿产部石油地质海洋地质局化探中心(原101队),在极其困难的情况下,几经波折,长期坚持化探试验工作,为油气化探的再度兴起和发展做出了重要的贡献。

该化探中心与河南石油勘探局长期合作,共同研究、不断探索,所获化探异常,不仅为油气勘探布置提供了资料,而且得到了验证和发现了油气藏,推动了化探事业本身的发展。尤其是在油气勘探难度越来越大的现阶段,化探既弥补了传统的找油方法的不足,又开拓了找油气田新路。可以肯定化探是富有充沛生命力和发展前景的找油气新技术。

该化探中心坚持走理论与实践、科研与生产相结合的道路,探索了适于我国石油地质特征的化探方法和解释评价技术,并曾于1976年及1987年两次主办全国化探会议(黄山第一、二次会议),发表了许多论著,这充分显示了我国化探工作的优异成果和新生代专家的成长,形势喜人。

最近,刘崇禧等同志,与河南油田同志们合写的《油气化探方法与应用》一书,以历史唯物主义的观点,分析了油气化探的兴衰过程、原因及其经验教训,阐述了油气化探的理论基础,介绍了油气化探的主要方法(包括测试)、总结了油气化探工作流程和评价解释技术,是我国当今比较系统、比较全面的一本油气化探专著。即将付梓,并作为向第三次全国化探会议献礼,藉序表达我激动和祝贺之情,并向广大读者推荐这本书。

1990年10月

前 言

油气化探是一门石油与天然气应用地球化学的分支学科,是直接寻找油气藏的方法之一。

我国油气化探工作者,在近 40 年的试验研究中,取得了可喜的进展,完善了油气化探方法。在油气资源调查中,油气化探已发挥了一定的作用,而且目前已纳入油气普查勘探序列,成为寻找油气藏的有效手段。

本书在分析了化探的兴衰过程之后,探讨了油气化探理论基础,介绍了常用的油气化探方法和测试技术以及数据处理、图件的编制内容、资料整理方法等,而且总结了野外工作程序。最后以周口坳陷和南襄盆地的实际资料,说明油气化探各个阶段——普查、详查、井下勘探——的石油地质意义以及各种油气化探方法的应用情况。

石油工业部河南石油勘探局是我国最早使用化探找油技术和成果的单位之一,早在 1984 年,就与地矿部石油海洋地质局化探中心(原 101 队)合作,先后在南襄盆地和周口坳陷开展了以水化学法为主的综合油气化探测量,控制面积之大、应用化探方法之全、所采样品之多、测量阶段之系统、验证效果之好、预测成功率之高,在国内外是罕见的。由于有效地推广了化探找油技术,从而为油气化探的发展和勘探我国油气资源做出了贡献。

全书共分九章:第三章第四节和第四章由伍大俊执笔;第六章由毛道善执笔;第八章第一节由刘庆国、马金玉、吴德云执笔;第八章第四节由徐世荣执笔;第八章第五节由汪怀执笔;第九章由芮培基执笔;其余部分均由刘崇禧执笔。全书的修改统编工作由刘崇禧、徐世荣完成。

书内化验分析资料由地矿部化探中心实验室的同志完成,有关数据的电子计算机处理由地矿部化探中心电算室的同志完成,沈虹炜同志清绘了图件。

作者对为本书付出辛勤劳动和给予热情帮助的同志,尤其是直接参加试验研究工作的同志表示谢意。

限于作者水平,不当乃至错误之处,尚祈阅者给予指正。

1989 年 12 月于合肥

目 录

序	
前言	
第一章 绪论	1
第一节 油气化探的研究内容	1
一、油气化探的基本概念	1
二、油气化探的研究内容	2
第二节 油气化探发展简史	4
一、国外油气化探发展简况	4
二、我国油气化探发展简况	10
第三节 油气化探的石油地质意义	14
一、油气田普查勘探的基本方法	14
二、化探在石油地质中的作用	15
第四节 油气化探的特点	17
一、油气化探的微观性	17
二、油气化探的适应性	17
三、油气化探的直接性	17
四、油气化探的连续性	17
五、油气化探的快速性和经济性	17
六、油气化探的曲折性	17
七、油气化探的局限性	17
第五节 油气化探测量阶段的划分及研究内容	18
一、区域概查阶段	18
二、有利地区的普查阶段	20
三、构造(圈闭)的详查阶段	20
四、井下勘探阶段	21
第二章 油气化探的理论依据	22
第一节 油气的化学组成与物理性质	22
一、石油的化学组成与物理性质	22
二、天然气的化学组成与物理性质	23
第二节 含油气盆地——化探异常形成的重要边界条件	24
一、盆地内油气分布的基本规律	24
二、化探异常与含油气盆地的关系	25
第三节 温度、压力在油气化探异常形成中的作用	26

一、温度是形成油气化探异常的重要条件	26
二、压力在化探异常形成中的作用	31
第四节 地球化学场	32
一、地球化学场的基本概念	32
二、元素迁移与聚集的基本规律	34
三、地球化学场内介面化学平衡特征	41
第三章 油气化探方法	44
第一节 油气化探方法分类	44
一、油气化探方法分类概述	44
二、化探方法运用简况	45
三、化探方法组合的基本条件	45
四、化探方法的最佳组合	46
第二节 水文地球化学法	48
一、水文地球化学找油的基本含义	48
二、天然水化学成分的基本特征	48
三、地壳中水文地球化学循环	54
四、水化学找油气指标	58
五、水化学找油的特点	61
六、沉积压榨水成分在化探中的意义	62
第三节 土壤吸附烃法	63
一、吸附烃找油的基本含义	63
二、不同成因类型的吸附烃含量与特征	64
三、浅层沉积物中吸附烃的油气化探意义	66
四、吸附烃找油气指标	68
第四节 紫外吸收光谱与荧光光谱法	69
一、基本原理	69
二、紫外吸收光谱与荧光光谱的石油地质意义	70
三、指标分类与应用	71
第五节 ΔC 法	73
一、基本原理	73
二、不同自然地理条件中的 ΔC	73
三、 ΔC 法测量成果分析	73
第六节 碳同位素法	74
一、基本原理	74
二、 $\delta^{13}C_1$ 值在油气化探中的应用	75
第四章 油气化探分析测试技术	79
第一节 分析测试的基本要求	79
一、器皿	79
二、纯水制备	79
三、试剂	79

四、方法的回收率	79
五、分析结果的表示与数据处理	79
六、方法准确度、精密度及灵敏度	80
七、提高方法的准确度和精密度的方法	81
八、自我评价	81
第二节 分析测试方法	81
一、水化学分析方法	81
二、吸附烃分析方法	82
三、紫外吸收光谱与荧光光谱测定方法	82
四、甲烷稳定碳同位素测试方法	82
五、 ΔC 分析方法	82
第五章 野外基本工作方法	83
第一节 测量面积与采样点的布局原则	83
一、测量面积的基本要求	83
二、采样点的布局原则	83
第二节 采样目的层的选择	84
第三节 样品采集方法与要求	86
一、土样的采集与要求	86
二、水样的采集与要求	87
三、样品预处理	87
第四节 干扰因素的排除与抑制	87
一、地质-地球化学体系的研究	87
二、可能的污染源对化探成果的影响	89
第五节 野外资料的初步整理	94
一、原始资料 and 数据的整理	94
二、编制实际材料图	95
三、各类样品的整理	95
四、异常检查	95
五、提交野外验收总结	95
第六章 数据处理	96
第一节 化探数据的概率分布特征	96
一、近似正态分布	96
二、相似于伽马或凯方分布	96
第二节 求算化探特征参数的统计方法	98
一、分布检验的迭代统计法	98
二、稳健估计法	98
第三节 聚类分析与因子分析	99
一、聚类分析	99
二、因子分析	99
第四节 统计相关分析	99

一、非线性映射法	99
二、回归分析法	100
三、相关分析法	101
第五节 判别分析	102
第六节 趋势面分析与典型趋势面分析	103
第七节 计算机自动成图	105
第七章 油气化探图的编制	106
第一节 基础图类	106
第二节 地球化学图类	106
一、平面图	106
二、剖面图	107
三、立体图	110
四、柱状图	110
第三节 综合异常图	110
一、叠合图	110
二、标准化图	110
三、指示灯图	110
第四节 评价解释图	112
第八章 化探方法在周口坳陷应用成果	113
第一节 石油地质特征	113
一、地层与沉积环境	113
二、地质构造	117
三、油气源岩的地球化学特征	120
四、油气形成、聚集条件	124
第二节 第四纪、水文地质、地貌及新构造运动	127
一、第四系沉积物特征	127
二、区域水文地质条件	128
三、地貌及新构造运动	129
第三节 油气化探的基本工作程序	130
一、基本工作方法	130
二、基本研究方法	132
三、指标的选择与应用	132
四、地球化学图的编制	137
第四节 化探异常的分布特征	146
一、异常有明显的地区分带	146
二、化探指标组合与分异特征	147
三、异常分布有一定的方向性	147
第五节 化探成果的油气地质意义	150
一、化探成果反映了区域地质构造特征和油气分布规律	150
二、周口坳陷具有良好的油气勘探远景	151

三、综合异常是油气勘探的有利靶区·····	154
四、井下化探可确定油气勘探方向·····	157
五、寻找其他有用矿床·····	161
第九章 化探方法在南襄盆地应用成果·····	162
第一节 油气地质概述·····	162
一、两组断裂控制着凹陷的形成和发展·····	162
二、下第三系沉积地球化学特征·····	163
三、原油的物理化学性质·····	164
第二节 油气化探的主要成果·····	164
一、已知油田的浅层地球化学效应·····	165
二、预测区勘探验证结果·····	171
三、有待验证的化探异常·····	177
参考文献·····	178

第一章 绪 论

第一节 油气化探的研究内容

一、油气化探的基本概念

化探是地球化学探矿的总称,又名地球化学找矿,是应用地球化学的分支学科。它着重探讨地壳中元素的分布、丰度及迁移规律。油气化探的全称是油气田地球化学普查与勘探,属于油田地球化学的范畴。它除了研究石油和天然气本身的变化和特性外,还要研究油气藏与周围介质(大气圈、水圈、岩石圈和生物圈)之间的关系及元素相互迁移的规律,即研究油气扩散运移过程中所引起的一系列物理-化学变化。这个变化是客观存在的和极其错综复杂的:一方面表现在石油与天然气化学成分与物理性质的多样性,另一方面表现在油气或油气运移中所处地球化学环境的多变性,以及目前仪器设备、测试技术还不能全部检测出所有痕量组分的困难性。

关于油气化探的含义,最早认为它通过研究油气田上方或周围化学元素(包括化合物)的分布与地球化学特性(也就是在已知构造或有利地区采集气体、岩石(包括松散沉积物)与地下水的样品,系统地测试与分析它们的化学组成,研究其性质),来圈出受油气成分影响的地球化学异常,从而“攻深破腹”寻找深埋的油气藏。

近年来,随着石油地质新理论、新方法、新技术和新概念的迅速发展,油气普查与勘探工作进入了一个新的阶段,也推动油气化探向更深、更广的方向发展,使它具有新的更广泛的含义,主要表现在以下几个方面:

①许多国家,尤其是我国和苏联十分重视大规模的油气化探扫面工作,即测量面积横跨不同的大地构造单元,从区域出发,整体调查、整体研究、整体认识地球化学场的特征与变化规律,一方面为有计划地进行全国性油气化探填图或扫面积累资料,另一方面为油气普查选区提供地球化学依据。油气化探作为油气普查与勘探的一种有效方法,在盆地早期含油气远景预测中就开始发挥作用,改变了化探只能在已知构造或圈闭中评价油气藏的传统认识和作法,扩大了油气化探的应用领域,丰富了它的内在含义。

②油气化探测量是按不同比例尺的精度分阶段(一般分四个阶段)、按步骤、由面到点、由浅到深、由粗到细、由小比例尺到大比例尺,遵循着前阶段的研究成果是部署下阶段测量工作依据的原则进行的。这样,每个阶段在概念上和目的上更加明确,调查的任务更加全面、具体;提高了油气化探资料的可信度和找油气成效;使油气化探紧紧围绕着油气田调查的最终目的——有效地找到工业性油气田而开展工作;改变了过去据一次测量成果作结论的粗糙和不科学的作法。

③油气化探是综合性地球化学调查,一方面强调自身的多方法、多指标、多层次、多角度地提取多维油气信息,另一方面又十分重视边缘科学的综合分析研究。现代油气化探的合

理工作程序应当是，在充分掌握区域地质资料、深入研究区域地球化学背景、观察分析自然地理条件等方面的基础上，圈定化探异常，并阐明化探异常与油气藏或圈闭的内在联系。也就是说，要把区域地质研究、环境地球化学调查和地球物理勘探同油气化探成果的综合评价、综合解释工作紧密地结合在一起，以改用化探单一方法独立作战或从纯化学观点出发单独解决找油找气的错误作法。

④半个世纪以来，采用地球物理方法，尤其是折射或反射地震法查明区域构造，寻找储油构造，使油气普查勘探获得重大发展。然而，在含油气盆地内有相当数量的背斜构造是空（干）构造。目前，背斜型油气藏的发现几率大幅度地下降，许多国家和地区的油气勘查从寻找背斜构造转向非背斜或其它隐蔽油气藏，而这类油气藏无论在新油区，还是在老油区都有可能被发现，有着不可估量的发展前景。随着油气勘查目标的转移，油气化探以较快的速度满足了生产的需要，成为寻找这类油气藏的有效方法之一，并在实践中进一步完善了理论体系和工作方法。如化探方法的最佳组合、指标的选择与分类、异常干扰因素的排除、异常形态类型的划分与模式识别、分析数据电子计算机处理系统的建立、化探数据库的应用以及综合异常的定量评价等。

⑤在广泛开展近地表地球化学特征和油气藏浅层地球化学效应研究的同时，化探工作者开始注意和加强深层油气化探的研究，一方面为浅层化探成果的地质解释提供科学依据，另一方面利用化探资料和成果直接进行油气资源评价，即在钻井剖面上确定生油（气）层、储油（气）层和盖层的位置、厚度、层数及地球化学特征，在空间上划出有利的油气聚集段，确定油气运移的指向和可能的油气藏类型，结合地质和构造圈闭条件，评价盆地的含油气远景，并为计算油气储量和油气藏开采价值提供参数，开拓了油气化探的应用领域，促进了油气化探理论的发展。因此，油气化探的概念已不再是狭义的近地表油气普查方法了。

总之，油气化探经 50 余年的发展，已开始走向科学化和规范化，形成了比较系统的勘探程序，能够在不同介质中获得立体空间的油气信息。可以相信，随着当代科学技术的不断发展，必将促进油气化探理论更臻完善，使其在油气资源普查与勘探中发挥更大的作用，成为独具风貌的油气勘探技术。

据上所述，由于油气化探的发展，其研究的深度和广度已超出原有概念和定义所包含的内容与范畴，因此，应赋予它新的含义。我们不妨可以这样认为：油气化探是运用地质-地球化学的理论和观点，通过研究油气微运移现象或化探异常，达到找油找气的目的，并兼顾其它基础地质研究的一种直接找矿方法。

二、油气化探的研究内容

油气化探是地质学的一部分，它是在石油地质学和地球化学基础上发展起来的一门新兴的综合性学科。在系统地分析测试自然界中含矿物质的过程中，发现与油气有关的化探异常，从而评价区域的含油气远景，寻找油气藏。

油气化探与地质调查法、地球物理法的重要区别在于它是借助于现代分析测试仪器和技术手段在不同介质中直接鉴别石油和天然气化学成分、油气运移迹象及其在地表的衍生物，查明和评价区域含油气远景，指出油气藏的存在。因此，它是寻找油气藏的直接勘探方法。

油气化探研究的内容比较丰富，探索的领域比较宽阔，涉及的学科也是多方面的。

众所周知，石油和天然气是地壳发展过程中某一特定条件下的产物，与其它矿床相比具有许多特殊的性质，如易流动、可燃烧和埋藏深等。这些特点决定了它在地质历史发展过程中一直处于不断地运动状态，并与周围介质相互作用产生分散晕。这是一个极其复杂而漫长

的作用过程，它从沉积有机质向油气转化开始，而且在以后多期构造活动的控制下，由于各种地质和动力条件综合作用的参与，一直持续到现在，并影响到大气层。作用的结果是油气在破坏或改造了周围介质中原有的元素共生组合的同时，也改变着自身化学成分和物理性质，在油气运移的途径中或影响的范围内，形成新的元素动平衡体系。油气运移是油气在生油岩中生成后开始的，以后的一切运移（包括在储集层中的运移，沿断层、不整合面或开启性裂隙等通道条件下所进行的运移，以及在构造运动的影响下使油气重新分布的运移等）都是接着初次运移的连续过程。在运移过程中，由于所处环境（物理的和化学的）的变化，不仅使油气的物理状态发生变化，而且在运移途径中遗留下可以检测的地球化学形迹——油气运移在地质体或自然环境中形成的物质。研究元素的动平衡体系和地球化学形迹，必须与地球化学环境的研究密切地结合起来，不仅要研究现在所处的地球化学环境，而且要追溯古地球化学环境。要将现实与历史、宏观与微观的研究结合起来。换言之，油气化探法不能用静止的观点、孤立的观点去研究自然地质和地球化学现象，而应当把它置身于地质历史发展的长河中，从运动的、发展的、历史的角度去观察研究问题，将各种地球化学现象视作随时间的进展和环境的改变而变化的产物。自然界中各种油气地球化学现象和环境是一个复杂、统一的发展过程，其中很多变化人们不能直接观察，也难以实验和模拟，只能通过综合地质调查、分析测试、计算机处理等多种手段和科学技术对它的各个方面、各个阶段进行系统的研究，以求得对油气化探异常的形成及其与油气藏的关系，获得比较正确的认识。

正如前述，油气化探是研究与油气有关的各种物质（元素）在自然界分散与集中的基本规律，揭示化探异常的形成过程、异常的形态类型或模式，以及认识异常的方法和评价异常的技术。完成这样的研究命题，还要注意以下几个方面的研究。第一是区域地球化学景观的研究，也就是定量地确定各种找油气指标（元素）在不同自然地理条件和地质体中的分布、浓度、性状、组合、物理-化学反应及其变化规律。第二是油气化探的研究范畴除包含上述平面范围的概念外，还包含着空间概念，即将地下、地表和大气作为统一的研究对象，考查各种指矿（油气）元素的存在形式，以及它们在不同环境中的相互联系。而在时间概念上则应考虑各种指矿元素的演变与地质历史的统一性，通过古地球化学环境的研究，查明元素在不同物理-化学条件下的迁移规律及其与油气活动有关的各种地球化学形迹。第三，油气化探的研究对象是多元素的集合体，涉及到较多的化学元素和化合物，除研究与油气成分有直接（成因）关系的元素和化合物外，还要研究油气运移过程中变化或蚀变的元素和化合物、反映油气保存环境的元素和化合物、指示油气来源的同位素、能记录和反映地质构造活动的放射性元素等等。第四，油气化探的一个鲜明的特点是采用现代分析测试仪器和技术，以获得大量分析数据供课题研究。数据的电子计算机处理技术，在油气化探中占有重要的地位，它能快速地将油气化探中各种繁杂的原始数据转变成找油气信息或挖掘出蕴藏在化探数据中的油气信息。它包括数据采集和收录、汇并、存储、检索、处理、异常的解剖推断、自动成图等方面。电子计算机在油气化探研究中的广泛应用，使油气化探从定性阶段走向定量阶段成为可能，这必将推动油气化探飞速发展。然而，电子计算机并不能代替人，恰恰相反，地球化学工作者需要正确地选择和使用计算机所提供的信息。

由上述不难看出，油气化探是一门涉及面较广的学科，是一项高度综合性的研究工作。其研究的内容是多方面的，具体是：

- ①研究自然界中含矿（油气）物质分散与集中的基本规律，及其与地球化学环境的关系。
- ②研究油气微运移的现代概念和油气化探的理论基础。

③研究油气化探异常的基本特征、形态类型及形成模式，异常与地质构造、含油气圈闭的关系，异常的评价方法与技术，建立油气化探异常的数学模型。

④据化探异常评价油气远景区，指出油气聚集的有利地带，圈定油气赋存的具体位置，舍弃无价值的地区，逐步缩小油气勘探靶区，并为油气勘探、开发提供基础资料。

⑤研究与油气伴生的其它矿产。

第二节 油气化探发展简史

一、国外油气化探发展简况

油气化探的发展过程，可以说是艰难而曲折的。纵观这 50 余年，大致划分为四个阶段。

(一) 初始阶段

1933 年德国的 G. 劳伯梅耶 (Lanbmeyer) 报道了他在 1929 年所做的实验结果^[22]，首次将近地表的烃与地下油气藏联系起来，创建了现在所称的油气化探方法。他在野外工作中，打了一些 1—2m 深的钻孔，然后将其封闭，过 24—28 小时后，采集封存在孔中的气体样品进行分析，结果表明，气藏上方钻孔中的壤中气所含的甲烷浓度，高于气藏边界以外的钻孔中壤中气甲烷的浓度。

几乎在同一个时期，苏联的 B. A. 索科洛夫 (Cokolob) 进行了与 G. 劳伯梅耶类似的研究，他在 2—3m 深的取心钻孔中采集壤中气样品（采集前排出了钻孔中原来存在的大部分空气），分析结果，除含甲烷外，还发现有“重馏分”——乙烷和较重的烃类。他认为烃类气体从矿床由下往上垂直运移是地球化学法直接勘查油气矿床的理论依据。因此，苏联将创立普查与勘探油气田地球化学法的功绩归于 B. A. 索科洛夫^[1]。

G. 劳伯梅耶与 B. A. 索科洛夫的发现，开创了寻找油气藏的新途径，提供了新的找油气技术与方法，为油气化探的发展奠定了基础。因此，作者将本世纪 20 年代末—30 年代初这段时间，称为油气化探的初始阶段。G. 劳伯梅耶和 B. A. 索科洛夫被誉为油气化探的开拓者，奠基人。

(二) 发展阶段

在油气垂直运移理论的指导下，30 年代中、后期油气化探发展很快（尤其在苏联），形成化探的第一次发展高潮。

这一阶段有如下几个特点：

①多种化探方法的涌现。气测法问世后，许多学者相继研究和提出了一系列的地球化学方法，如 M. B. 阿布拉莫维奇 (Абрамович) 在 1933 年提出气测井法；Г. А. 莫奇列夫斯基 (Мочилевский) 于 1934 年开始研究岩心气体测量，并提出岩心气测法，1937 年他又提出了鉴定气态烃的氧化细菌法（微生物法）；B. Э. 列文逊在 1936 年提出氧化还原电位法；B. A. 苏林 (Сулин) 在 1935 年进行了评价地下含油、气性水文地球化学法的研究；40 年代中期，苏联学者开始研究利用土壤盐勘查油气的方法，后由 B. A. 科夫达 (Ковда) 进一步系统化和理论化。30 年代末期，美国学者涉足地球化学勘探领域，率先进行这方面研究的有 E. E. 罗塞 (Rosaire)、L. 霍维兹 (Horvitz) 等。他们研究的对象不是壤中气，而是采取的土壤。因为前者只能适应于干旱地区和沙漠地区，而无法应用于粘土地区或水体覆盖区（海域），同时，土壤与近代沉积物应当含有比壤中气更多的吸附状态的烃类。除此之外，他们还着手测量沉积物颗粒间的烃类（游离烃）。通过这些研究，发现吸附烃和游离烃的测量数据经常是可以互

补的,因此,主张对所有各种烃类(游离状态的、砂粒疏松结合的、粘土颗粒牢固吸附的)进行测量,并利用全部测量成果来评价区域含油气远景。在1938年美国学者提出土壤盐法;布劳运用了微生物方法勘查石油;40年代初,Duchshere提出了碳酸盐蚀变法(ΔC 法)。

②建立了专门的实验室,引起了石油部门(公司)的重视。最早的油气化探实验室出现在莫斯科石油学院,专门研究分析仪器和工作方法。1940年在苏联以B. A. 索科洛夫为首成立了石油气测局,组织油气化探的测量工作,1950年改为石油工业部地球物理和地球化学科学研究所地球化学分所,在化探方法研究,测试技术研究及应用方面作了较多工作。此外,苏联科学院石油研究所(前身为可燃矿物研究所),土壤研究所及全苏地质勘探科学研究所等单位,也在研究试验油气化探方面作出了一定的贡献。在该段时间,油气化探在苏联得到了较广泛的应用。在美国,L. 霍维兹于1939年组建了化探研究实验室,在休斯顿与物理学家E. E. 罗塞尔开办了第一个地球化学公司,称为subterex。一些大的石油公司,诸如菲利普、太阳“地球物理服务公司”、达拉斯“地球化学勘探公司”等,也一直没有放松对化探的实验研究。日本的石油资源开发公司、地质调查所和帝国石油公司、法国的地球服务公司、加拿大地质调查所、以及意大利、以色列等都不同程度地开展了油气化探工作。

③油气化探开始步入生产阶段,它以较快的速度和较短的时间,从方法研究探索阶段转入生产阶段。苏联在30年代中期就进行了较大规模的生产试验,在北高加索和阿塞拜疆,许多从事石油普查的机构,都进行了油气化探试验工作;石油气测局,每年都要派遣25—30个生产和试验队去各地开展化探工作,取得了一定的成果,如1944年在前高加索发现了米哈依洛夫气油等。美国1942—1943年也在加利福尼亚的坦萨克逊油田等进行了化探工作,1942年达拉斯化探公司在琼斯县东北部的大部分地区进行了化探测量,都获得了较好的地质效果;1946—1947年霍维兹先后在得克萨斯州的布拉左雷(Brazoria)县和哈里斯县等地区进行了化探工作,发现了异常和油田。日本在1940年也开展了油气化探工作,只是由于资源贫乏,生产工作量有限。波兰、匈牙利等国也较早地在油气普查中应用了化探方法。

总之,30年代中—40年代末期油气化探发展较快。其原因为

①石油和天然气是重要的基础工业,在国民经济中占有重要的地位,但当时石油工业的发展历史不长(石油生产工业美国是1859年开始的,苏联是1873年开始的),石油的储量和产量远远满足不了工业发展的需要,因此,各国都在发挥其最大的潜力加强石油勘探,希望利用多种技术和方法寻找新油田,开辟新探区,扩大老探区。特别是十月革命胜利后的苏联,自力更生发展工业,更需要大量石油。苏联政府向石油地质工作者提出巨大的油气普查任务,促使其采用经济、快速的化探方法寻找油气田。工业的发展和社会的需要是油气化探蓬勃兴起、发展的重要原因之一。

②当时的石油勘探技术还比较落后,只能寻找一些地质构造条件相对简单的背斜型油气藏。要进一步扩大生产储量和产量需要引进新技术和新方法,油气化探是在浅层检测油气运移痕迹的直接找油方法,并且在已知油田上做试验获得比较理想的地质效果。1940年西蒙斯统计了300次地球化学测量结果,算出其成功率超过50%;1942—1953年间,霍维兹发现了109个化探异常,钻探了39个,其中23个异常见油,成功率达59%^{*}。而同时期的随意钻探、地质方法钻探、物探成果钻探及野猫钻探等方法的成功率(5—15%)远远低于上述数值。显然化探成果是颇为出色,而富有吸引力的,所以油气化探一度受到一些人的推崇。

* 地矿部情报研究所。国外油气化探的进展和现状,1982

③不少国家的政府，大力支持和鼓励找油新技术、新方法的研究，特别是苏、美之间在科学技术上的竞争，涉及到油气化探方法的发明权，这有力地促进了油气化探方法的发展。

④油气化探的理论基础是油气的垂直运移。在许多含油气盆地中也确实见到了不少的地面油气苗或沥青出露，并且有的油田就是在油气苗出露的地方找到的。30年代后期，随着分析仪器的出现与更新，油气化探成果在宏观上得到了不同程度的实施，而且认为在某些特定的构造上结合其周围出现的油气微渗出现象及其地表的氧化产物，使用油气化探方法是一种可行的找油气方法。

（三）停滞阶段

进入50年代，油气化探的声誉开始下降，处于不景气的低潮时期。原因是多方面的，主要有以下几点：

①石油地质工作者从地质的观点和传统的理论概念出发，否定油气化探当时兴盛的理论基础——油气垂直运移。在化探创始国之一的苏联，对油气化探持怀疑态度者越来越多，一直发展到了石油部开会，全面否定B. A. 索科洛夫提出的油气化探理论和方法，解散了石油化探局下属的200多个化探队。美国的油气化探创始人——霍维兹等——也很长时间没有发表成果。油气化探是为找油服务的，而找油、找气最终是一个地质问题，所以地学界的反对是化探处于低潮的重要原因。垂直运移不是化探的唯一理论基础，完全以此理论和观点解释浅层化探异常是不妥的，但从地球化学观点来讲，油气的垂直运移或微渗漏现象是客观存在的。苏联地质工作者，当时在对地球化学理论和概念了解甚少，没有深入研究垂直运移理论实际意义的情况下，就贸然否定，显然也是片面的。虽然地质学家也能列出垂直运移理论不存在的根据或实例，但毕竟不是全貌，而是一些特定条件下的产物。

在美国，油气化探与油气地球物理勘探（简称物探）不是紧密配合，取长补短，而是长期处于对抗状态。当时物探是以寻找储油构造为目的的找油气方法，而且是重要的手段之一。作为新兴的油气化探法，在其发展过程中，为了说明找油气的可信度，不自觉地与物探方法相比较，从而衬托本身的优点，如用其经费低和物探耗资大对比，用其检测油气组分与物探是间接找油法相对比等。这种比较本来也是可以理解的，但化探工作者和过分热情的支持者，以物探成功率低和提供的空构造多而否定它在油气普查勘探中的作用是错误的。如美国化探的创始人之一的L. W. 布劳（Blau）曾宣称“摆脱你们的地震工作者和地球物理学家，不用引爆一个点，将可发现所有的油”。他还认为地球化学与地球物理学不可能在同一环境下共存。30年代末，当美国在得克萨斯州根据E. E. 罗塞尔和L. 霍维兹创办的地球化学公司提供的地球化学数据钻探见到油气时，罗塞尔过分吹嘘了油气化探的能力。显然这些言论和作法必然引起地球物理学者和地质学者的不满，对油气化探产生了巨大的反作用。因此，在油气化探比较兴旺的美国，当时出现了地球化学成果难以推广和应用的困难。加之，当时勘探石油的重点是背斜型油气藏，而地质和物探方法寻找这种油气藏已工作多年，积累了丰富的经验，石油地质工作者对物探工作十分熟悉，应用起来得心应手，自然不能使用尚不熟悉的化探方法。他们对油气化探的偏见，导致了对化探成果提出苛刻的要求，超越了化探本身所能及的范围，如要求化探预测油气勘探目的层深度等。

油气藏所处的地质条件是复杂多变的，它的勘探特点不同于其他矿床。油气生成的地方不一定是它现存的地方，所以地面找到的油气苗或在井下见到油气显示，不能说找到油气藏。由于油气藏的 shape 和数量受地下构造和储集层变化等条件所控制，因此发现和探明油气藏都是比较困难的，必须充分利用各种勘探手段和方法，发挥其各自的优点，从不同角度提取油