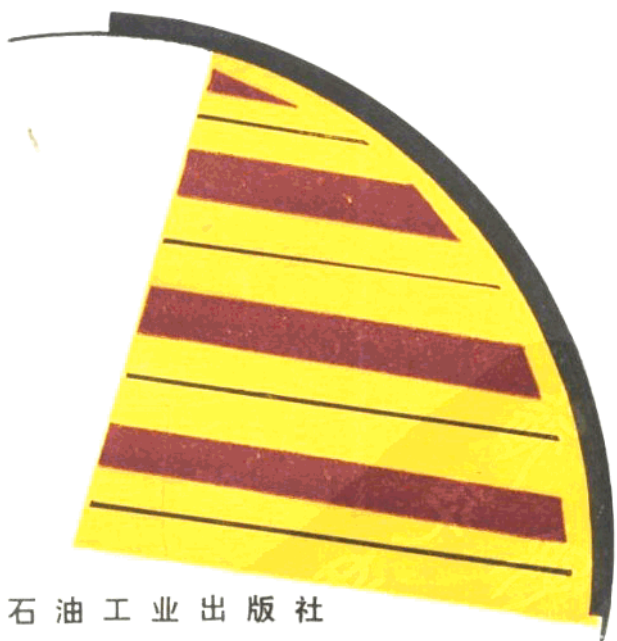




储油岩热解地球化学 录井评价技术

李玉桓 邬立言 黄九思 编著



石油工业出版社

前 言

岩石热解地化录井方法是应用很广的一种石油钻探过程中评价生油岩和储油岩的地球化学录井方法。我国从 70 年代末开始引进了一批岩石评价仪 (ROCK-EVAL), 十几年来用这批仪器分析了几十万块各盆地和各油田的生油岩样品, 在我国油气资源评价和石油勘探中起了较好的作用。为了把地化录井方法推广到钻井现场, 使之能及时地密集分析随钻岩样, 以便在分析岩屑过程中发现和评价油气层, 把工作重点放在储油、气层评价上, 开辟热解法定量评价储集层的新领域, 在中国石油天然气总公司的支持下, 由河南油田勘探开发研究院和山东鲁南化工仪器厂设计研制出了 DH-910 地化录井仪, 于 1988 年 7 月通过部级技术鉴定, 在 1989 年 9 月总公司第一届新技术推广交流会上得到专家们的好评, 获得银牌奖。国产仪器的研制成功, 打破了岩石热解仪长期依赖进口的局面, 满足了我国油气勘探的急需, 现已批量供应钻井现场和试验室。

随着岩石热解地化录井从试验室走向钻井现场, 热解地化录井也从偏重评价生油岩过渡到重点评价储油岩, 并相应发展了热解地化录井评价储油气岩的技术, 使之更直接地为找油找气服务。因而本书除了介绍近年来热解地化录井对生油岩评价的新进展和钻井现场地化录井评价生油岩的方法及实例外, 重点以实际资料介绍热解地化录井对储油岩的评价, 从方法原理到储油气岩评价方法, 从采样分析到分析资料的解释都作了较为详细的阐述。DH-910 地化录井仪是我国推广应用于钻井现场热解地化录井的国产仪器, 为了使地化录井人员更好地掌握使用该仪器, 本书对此仪器的结构、性能指标、操作维修方法也进行了较为全面的介绍。

热解地化录井评价储油岩的工作在我国才刚刚起步，该技术在很多方面还不十分成熟，需要进一步发展和完善，故特别在本书的最后一章中对热解地化录井技术和仪器的发展方向、录井队伍的组织管理等方面提出了设想和发展展望，并介绍了北京石油勘探开发科学研究院开发的热解分析储油岩新方法“储油岩油气组分的定量分析方法”。该方法可以划分储油岩的含油等级，又可以判别原油性质和区分储油岩和生油岩，优于法国石油研究院的分析方法，已申请并获得中国专利。

应用热解地化录井评价储油气岩和油源岩，及时发现和准确评价油气层的工作方兴未艾，我们对国外的仪器和分析技术要走一条引进、消化、吸收、改造、创新的道路。在立足学习国外先进科学技术的基础上，更要结合自己的工作，有所创新，有所发展，从而走向世界的前列，把我国热解地化录井从仪器到分析技术和解释技术水平不断地提高，使之在石油勘探中发挥更大的作用。

本专著的编写目的是试图通过总结我国近年来采用热解地化录井方法评价储油气岩的技术状况和实践资料，促进地球化学录井技术的发展和普及。

本书的编写得到中国石油天然气总公司有关部门的支持，河南石油勘探局勘探开发研究院和北京石油勘探开发科学研究院均给以支持和帮助，在此表示衷心感谢！

目 录

前 言

第一章	岩石热解地球化学录井原理	(1)
	1.1.岩石热解地球化学录井的特点	(1)
	1.2.岩石热解分析方法	(2)
	1.3.岩石热解分析程序和定量计算	(14)
第二章	国产 DH-910 地化录井仪的结构及主要部件性能	(17)
	2.1.DH-910 地化录井仪的结构	(17)
	2.2.主机主要部件组成及功能	(18)
	2.3.数据处理机	(27)
第三章	DH-910 地化录井仪的分析原理及分析结果	(31)
	3.1.DH-910 地化录井仪分析原理	(31)
	3.2.分析周期	(32)
	3.3.DH-910 地化录井仪的分析结果	(35)
	3.4.分析参数计算及地化意义	(35)
	3.5.数据处理机打印的谱图格式	(39)
第四章	DH-910 地化录井仪的性能指标	(40)
	4.1.灵敏度	(40)
	4.2.线性范围	(41)
	4.3.精密度及准确度	(41)
	4.4.DH-910 地化录井仪的主要技术指标	(43)
第五章	DH-910 地化录井仪的使用及故障排除	(44)
	5.1.安装前的准备工作	(44)
	5.2.仪器安装	(44)
	5.3.开机前的准备工作	(44)
	5.4.开机顺序及条件选择	(45)
	5.5.分析程序及操作方法	(46)
	5.6.仪器操作注意事项	(49)
	5.7.DH-910 地化录井仪的维护及故障排除	(49)
第六章	地球化学录井资料解释基础	(64)

	6.1.地球化学录井工作目的	(64)
	6.2.油、气、水层的划分标准	(65)
	6.3.需要收集的有关资料	(66)
	6.4.资料整理要求	(69)
第七章	储油岩热解地球化学录井与对储集层的评价方法	(71)
	7.1.储集层物性参数简介	(72)
	7.2.储集层的物理性质与地化分析结果的相关性	(80)
	7.3.用以判断油气显示和划分含油气等级的几项参数	(83)
	7.4.地化录井参数的局限范围及校正	(90)
	7.5.储油层热解地球化学录井资料的解释方法	(105)
	7.6.地化录井评价储集层的一般要求	(112)
	7.7.储层性质判别方法	(113)
	7.8.地化录井对含油级别的判定	(119)
	7.9.地化录井对原油性质的判别	(120)
	7.10.油气聚集量计算	(124)
	7.11.产量估算	(125)
	7.12.碳酸盐岩储层评价探讨	(131)
第八章	生油岩热解地球化学录井与生油层的评价方法	(134)
	8.1.热解地球化学录井评价生油岩原理	(135)
	8.2.地化录井评价生油岩的工作要求	(137)
	8.3.定量评价生油岩	(139)
	8.4.划分有机质类型	(145)
	8.5.判断成熟度	(151)
	8.6.油气生成总量的计算	(154)
第九章	影响地化录井分析结果的主要因素及其排除方法	(165)
	9.1.烃类损失影响及恢复系数确定	(165)
	9.2.影响取样准确性的因素及排除方法	(171)
	9.3.岩屑污染的影响及排除污染的方法	(173)
	9.4.污染对生油岩评价的影响及排除方法	(177)
	9.5.污染对岩心和井壁取心的影响及排除方法	(179)
	9.6.样品预处理和样品分析密度	(180)
第十章	地球化学录井应用实例	(182)
	10.1.生油岩评价实例	(182)
	10.2.储油岩评价实例	(188)

第十一章 地化录井技术的发展展望	(209)
11.1.地化录井技术的应用范围将进一步拓宽	(209)
11.2.地化录井仪器发展展望	(212)
11.3.地化录井测定方法将进一步改进	(214)
参考文献	(220)

第一章 岩石热解地球化学录井原理

岩石热解地球化学录井是 70 年代末发展起来的地球化学录井方法，用以认识地下油气藏，以进行储油、气层和生油层评价。岩石热解是直接分析钻井过程中返到地面的岩屑，获得其中的地质和地球化学信息，加以综合解释之后，判断油、气显示和确定储油、气岩的含油、气等级，为完井后的试油提供依据。并快速评价生油岩的成熟度、有机质类型和产油气潜量，确定生油窗位置，提供数口井间的生油相关信息，进而绘制全区生油层质量图和成熟度图，预测盆地油、气生成量和运移量。目前国外在钻井现场已普遍应用此录井方法，密集分析随钻岩样。

1.1. 岩石热解地球化学录井的特点

1.1.1. 仪器操作简单、分析速度快

从国外引进或国产岩石热解地化录井仪都是自动化较高的，只需称量一定重量的岩样放入坩埚中，并把标样数据和分析样重量、深度等数据输入微机，按动分析按钮后，仪器即按程序自动进行分析，并打出谱图和分析结果及参数。

分析速度快，15~20 分钟分析完一个岩样，这有利于跟上钻井速度，在预定的储层和生油层范围密集取样分析，而不致于漏掉油气层。在井钻完的同时，全井段的生储油岩的热解地化录井分析结果和图表同步取得。及时地提供油气显示深度、层位和储油岩的含油气等级，以及生油岩全面评价的参数。

1.1.2. 费用低廉、用岩样量少

钻井现场用的岩石热解仪除了消耗价钱较低的氢气和氮气外，不需消耗其它化学试剂，而且氢气可用氢气发生器产生，因而分析费用低廉，这为大量分析岩样提供条件。

分析用岩样量很少，一般只需 0.1g (100mg)，而且只需把岩样的表面泥浆洗掉，用滤纸把水吸干，略为捣碎，便可上机分析。这样就为挑取岩样创造了快速而容易挑取的条件。

1.1.3. 从分析结果得到的参数多，以这些参数可对储油岩和生油岩进行全面评价

一次分析可以得到 10 个参数：

S_0 ——天然气峰；	TPI ——油气总产率指数；
S_1 ——油峰；	C_p ——有效碳；
S_2 ——热解烃峰；	T_{max} ——样品的峰顶温度；
p_g ——产油气潜量；	S_1 / S_2 ——轻 / 重比，游离烃 / 热解烃比。
GPI ——气产率指数；	
OPI ——油产率指数；	

并可根据岩样的总有机碳含量 (COT) 计算 3 个参数：

C_p / COT ——降解潜率；
 HI ——氢指数；
 S_1 / COT ——烃指数。

根据这些参数评价油、气层和储层含油等级，以及判断原油性质。并对生油层的成熟度、有机质类型、产油潜量进行全面地定性和定量评价。进而计算生油量和油气运移量。

正是由于岩石热解地球化学录井有以上的优点，所以自从此方法和仪器问世后，世界上几乎所有石油公司都用这种仪器录井，所分析的数据已成为油气勘探不可缺少的资料。

1.2. 岩石热解分析方法

岩石热解是把岩屑加热使其中烃类（油、气）热蒸发成气体，并使高聚有机质（干酪根、沥青质、胶质）热裂解为挥发性的烃类产物，以氢焰检测器加以定量鉴定。所以热解实质上是在气相色谱仪前面加上热裂解装置，以对岩样进行高温预处理，因而兼有热裂解反应和气相色谱两方面的特点。影响热解反应的因素主要有温度、升温速度、恒温时间，载气流量等。由于热解

装置是有惰性气体流动携带走热解产物的开放式系统，所以不会有次级反应发生。干酪根和原油的沥青质、胶质组分在温度 300~600℃ 范围内基本可以热解完全。

国内外岩石热解地球化学录井仪分析的岩样热解产物不经过色谱柱分离，直接用氢焰检测器鉴定。氢焰离子化鉴定器 (FID) 原理是在氢氧焰的高温作用下，热解产物分子分裂为碎片，并有自由基和激态分子产生，从而在氢焰中形成这些高能粒子所组成的高能区，当有机分子进入此高能区时就会被电离，从而往外电路中输出离子电流信号，电流再经放大器放大。由于碳氢化合物离子的量与化合物的量严格成正比，因此可以用于定量。FID 鉴定器灵敏度高，死体积小，应答时间快、结构简单，对永久性气体和水等无应答。

1.2.1. 岩石中天然气的分析

天然气包括各种产状和各种成因的气体，如气态烃、二氧化碳、硫化氢、氮以及惰性气体氦、氩、氖等（天然气的组成请参看表 1-1）。岩石热解地化录井所要分析的天然气是岩样中的气态烃。天然气的主要成分是甲烷，此外还有乙烷以上的重烃。根据重气态烃的含量可以将天然气分为两类，含重烃较多的称湿气，较少的称干气。浅层沉积物中细菌作用生成的天然气都是干气，其烃类组成 99% 以上是甲烷，石油演化末期和初期阶段的天然气和煤田气也多属于干气，油田气主要为湿气。

岩石热解地化录井所要分析的天然气是被岩石矿物基质吸附的天然气中的烃类，岩石所吸附的气体量取决于矿物的种类和天

表 1-1 天然气的主要组成

非 烃	氮、二氧化碳、二氧化硫、硫化氢、氦、氩、氖
脂 肪 烃	甲烷、乙烷、丙烷、正丁烷、异丁烷、正戊烷、异戊烷、正己烷、异己烷、正庚烷、异庚烷
环烷烃、芳香烃	环戊烷、甲基环戊烷、环己烷、甲基环己烷、苯

然气性质以及温度和压力。据研究资料，煤对天然气的吸附能力最强，比泥岩大几倍，但在沉积岩中，泥岩对天然气的吸附能力又远大于砂岩和灰岩。

要分析岩石中所吸附的气态烃，除了考虑岩石矿物对气态烃的吸附能力外，还要了解气态烃的物理性质，以便设计最佳的分析方法流程，显然要根据气态烃的沸点来设计加热岩石的温度。要分析测定的天然气包括 C_1 至 C_7 烃类，试验室试验表明，要把岩样中的 C_1 至 C_7 类脱附，不但与吹岩样的载气温度有关，而且与载气吹脱时间和岩样的湿度有关。法国石油研究院曾在固定载气吹脱时间 2 分钟的条件下，分别以略低于己烷 (C_6) 在常压下的沸点 (68°C) 的温度 60°C ，以及在己烷和庚烷 (C_7) 的沸点之间的温度 75°C ，和略低于庚烷沸点 (98°C) 的温度 90°C 作试验。

用以上三种温度 (60°C 、 75°C 、 90°C) 把载气 (氮气) 加热，吹扫不同时间干燥的脱水岩样 2min，考察气产率指数的变化。图 1-1 为气产率指数 ($S_0 / S_0 + S_1 + S_2$) 与岩样干燥脱水时间的关系，岩样为巴黎盆地 2432m Lias 层泥岩，其产油潜量 S_2 为 3mg 烃/g 岩石。从图 1-1 看出，干燥脱水时间对天然气峰 S_0 影响很大，干燥时间短，岩样水份多， S_0 峰小，干燥时间长，导致岩样吸附的天然气散失， S_0 峰也小。

温度为 60°C 的载气吹扫岩样 2min 脱气，其最大气产率指数为干燥脱水 20min 的岩样。温度为 75°C 的载气吹扫脱气的最佳干燥脱水时间为 15min。温度为 90°C 的载气吹扫岩样取得最大脱附气量是干燥脱水 12min 的岩样。

温度为 60°C 的载气吹扫 2min 所得的最大气产率指数为 0.06； 75°C 载气吹扫 2min 的最大气产率指数为 0.065； 90°C 载气吹扫 2min 的最大气产率指数为 0.07。因而储油岩及生油岩中 $C_1 \sim C_7$ 烃类的测定最佳条件是：

- (1) 载气温度 90°C ；
- (2) 吹扫时间 2min；

(3) 岩样热解分析前干燥脱水(室温)时间 12min.

图 1-2 是温度为 90℃ 时载气对不同干燥时间的岩样吹扫脱气所分析得的 S_0 峰 ($C_1 \sim C_7$ 烃) 的变化。岩样干燥 5min 脱水, 气产率指数为 0.04。干燥 12min 脱水, 气产率指数为 0.07。干燥 20min 脱水, 气产率指数为 0.065。干燥 30min 脱水, 气产率指数为 0.055。干燥 52min 脱水, 气产率指数为 0.04。

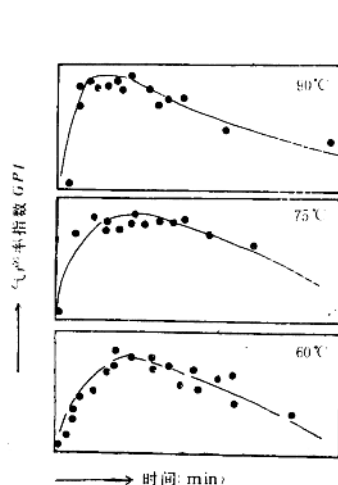


图 1-1 GPI 与岩样干燥脱水时间的关系

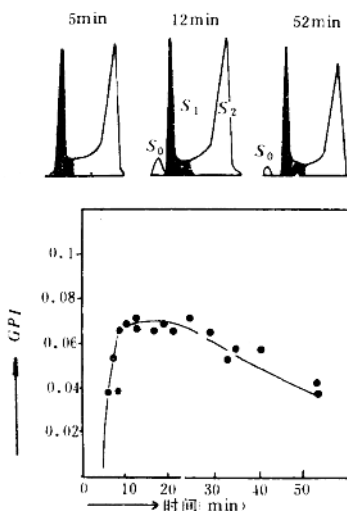


图 1-2 90℃ 时, 不同干燥时间 GPI 的变化

1.2.2. 岩石中石油的分析

石油是复杂的多组分的混合物, 其中主要是烃类, 胶质、沥青质, 它们的物理性质见表 1-2。不同地区、不同产层的石油的化学组成有明显差别, 造成这些差异的原因与石油的形成、转化及变质的过程有关。石油一般分为石蜡基石油、石蜡-环烷基石油、芳香中间型石油。我国东部白垩纪、第三纪石油属石蜡基石

油，具有高蜡、高凝固点和低胶质及低沥青质的特征。

表 1-2 天然气烃类组分的物理性质

烃类	碳原子数	熔点 (℃)	沸点 (℃)	相对密度	在水中的溶解度 (ppm)
甲烷	C ₁	-182.6	-161.6	0.424 (-161℃)	—
乙烷	C ₂	-172	-88.5	0.5462 (-88.50℃)	—
丙烷	C ₃	-167.1	-42.2	0.5824 (-42.2℃)	—
丁烷	C ₄	-135	-0.5	0.5789	—
戊烷	C ₅	-129.7	36.08	0.6264	38.5
己烷	C ₆	-94	68.8	0.6594	9.5
庚烷	C ₇	-90.58	90.42	0.6837	2.4

石油的烃族组成为烷烃、环烷烃、芳香烃以及由这三种烃类组合而成的烃类。不同产地的石油各族烃类含量相差很大，同一族烃的分布和结构也有不同，轻质馏份中富含烷烃、环烷烃，而芳香烃含量最低，随着馏份沸点的增高，烷烃总含量有所降低，多以长链烃为主，而环状烃特别是多环环烷烃和环烷芳香烃含量增大，它们以稠环结构为主，环上带有长短不同的侧链。陆相有机质形成的石油常含有大量的正构烷烃，尤其是石蜡、地蜡等长链正构烷烃。高演化度的老地层和深埋的石油主要是中低分子正构烷烃。受微生物强烈降解的石油，正构烷含量较少。在年青的未成熟原油中四环和五环环烷烃含量较高，在成熟原油中含量相对减少。

组成石油的元素主要是碳和氢，其次是氧、氮和硫，我国石油中的元素组成见表 1-3。碳占 83~87%，氢占 11~14%，其余三种元素含量很少，仅占 0.5~5%。石油中所含的元素绝大多数以有机化合物形式出现，石油越重，含氢越低，含碳越高。

表 1-3 我国石油的元素组成

产 地	碳 (%)	氢 (%)	氧 (%)	氮 (%)	硫 (%)
大庆	85.74	13.31	0.69	0.15	0.11
胜利	86.26	12.20		0.41	0.80
大港	85.67	13.40		0.23	0.12
江汉	83.00	12.81	1.63	0.47	2.09
克拉玛依	86.13	13.30	0.28	0.25	0.04

石油为不同沸点的烃类的混合物，由于轻烃和重烃比例的不同，石油的沸点范围也不同。轻质石油中低沸点轻馏分含量较高，如我国柴达木、南疆等地的轻质原油。重质原油中高沸点重馏分含量高，如我国东部地区石油。石油馏份范围的差异直接影响岩石热解地化录井的 S_1 和 S_0 的相对含量以及 $T_{\max}$ 值。要掌握进行岩石热解地化录井地区的石油馏份范围，有利于判断储层的含油等级和流体性质，我国石油馏分的百分含量见表 1-4。

岩石热解是在载气吹扫下把岩石中的原油热蒸发成气态后加以测定。分析流程为在 300℃ 温度下恒温 3min 出 S_1 峰。 S_1 峰的烃类碳数范围在 C_7 至 C_{32} 之间，因为 C_7 以前的轻烃已归入 S_0 峰，而 C_{32} 以后的烃类需要比 300℃ 更高的温度才能热蒸发成气态。

从表 1-5 的重油砂岩在 300℃ 温度下恒温 3min 的热蒸发组成看出，在此温度下主要是 C_1 至 C_{21} 烃类， C_{22} 至 C_{32} 烃类只占极少数。

Tarafa 和 Hunt 等把正烷烃进行热解，测定它们的产率指数 ($S_1 / (S_1 + S_2)$) 见表 1-6 得到 PI 从 nC_{16} 的 0.87 下降到 nC_{26} 为零，证明游离烃从 S_1 向 S_2 转移，这种转移虽然不影响对储油岩的总含油量 ($S_1 + S_2$) 或生油岩的总生油潜量的计算，但对残余潜量和氢指数的计算和产率指数的计算都带来影响。仪器结构的

不同 S_1 向 S_2 转移的碳数范围亦有差异。

按岩石热解分析流程，在 300~600℃ 范围内程序升温出 S_2 峰包括 C_{22} 至 C_{32} 的部分烃类和大于 C_{32} 烃类的热蒸发烃，以及石油中的胶质、沥青质的热解烃，如是生油岩则包括干酪根的热解烃。这些热解烃为 C_1 至 C_{50} 以上的系列烃类。

我国重油的胶质和沥青质含量一般为 25% 至 50%。胶质和沥青质在 300℃ 至 600℃ 温度下热裂解生成较多的油和气（见表 1-7）。

表 1-4 我国石油的馏分百分含量

产地	时代	<200℃ (%)	200~300℃ (%)	300~400℃ (%)	400~500℃ (%)	>500℃ (%)
大庆	k	10.3	9.9	15.4	20.5	43.9
胜利	E	7.6	10.2	13.9	20.9	47.4
华北	E	6.1	10.4	17.5	26.9	39.1
大港	E	9.8	15.8	21.0	24.7	28.7
江汉	E	11.3	7.3	17.7	10.2	46.5
泌阳	E	8.1	21.3	11.6	10.0	49.0
长庆	T	19.4	17.4	20.2	21.1	21.9
冷湖	J	45.0	22.5	17.0	17.1	2.4
南疆		43.1	32.9	16.9	1.6	7.5

表 1-5 重油砂岩在 300℃ 温度下恒温 3 分钟的热蒸发烃组成

地 区	$C_1 \sim C_5$ (%)	$C_6 \sim C_{14}$ (%)	$C_{15} \sim C_{21}$ (%)	$C_{22} \sim C_{32}$ (%)	正构烷烃 (%)
渤海湾	1.30	16.71	78.65	3.34	62.35
乌尔禾	2.71	37.87	58.22	1.24	48.02

表 1-6 正烷烃热解分析的产率指数 ($S_1 / S_1 + S_2$) (Tarafa 等 1983)

正 烷 烃	碳 酸 钙	高 岭 土
$nC_{16}H_{34}$	0.87	0.49
$nC_{18}H_{38}$	0.77	0.35
$nC_{20}H_{42}$	0.70	0.29
$nC_{22}H_{46}$	0.66	0.24
$nC_{24}H_{50}$	0.28	0.21
$nC_{26}H_{54}$	0.0	0.0

表 1-7 胶质和沥青质在 300~600℃ 温度下热裂解生成的烃类

	$C_1 \sim C_5$ (%)	$C_6 \sim C_{14}$ (%)	$C_{15} \sim C_{21}$ (%)	$> C_{22}$ (%)	正构烷烃 (%)
胶 质	10.94	19.60	62.80	6.66	35.73
沥青质	41.51	31.00	27.10	0.39	56.74

1.2.3. 岩石中干酪根的分析

干酪根 (Kerogen) 一词首先由 Grum Brown (1912) 提出, 取自希腊语, 意指油或蜡状物。后来用于代表油页岩、藻煤等中的有机质。至 60 年代才明确限定为代表沉积岩中的不溶有机质。现在干酪根通用含意为: 存在于沉积岩和沉积物中的不溶有机质。干酪根是沉积岩中分布最广、数量最多的有机质, 约占地质体总有机质的 95%, 估计沉积岩中平均含干酪根 0.3%, 地壳中干酪根总量为 $3 \times 10^{15}t$, 大约相当于煤的总储量的 1000 倍和石油总储量 16000 倍。

干酪根是由沉积岩中的各种类型原始有机质转变而成。干酪根作为高分子缩聚物, 没有固定的元素组成, 只有一定的组成范围, 碳的含量一般在 70~90%, 氢为 3~11%, 氧为 3~24%,

氮 $<2\%$ ，硫含量较少。从表 1-8 看出干酪根和原油、沥青质之间组成的过渡关系，从干酪根经沥青到原油，碳、氢含量增加，杂原子尤其是氧含量下降。

表 1-8 干酪根、沥青、原油的元素组成 (Hant 1979)

元 素	干酪根	沥 青	原 油
碳	79	83	84
氢	6	10	13
氧	5	4	2
氮	2	1	0.5
硫	3	2	0.5

影响干酪根化学组成的主要因素是：(1) 原始沉积时的沉积环境；(2) 有机母质类型；(3) 演化程度。随着埋藏深度的增大，干酪根热演化程度增加，含碳量逐渐增加，其它元素均逐步减少。在经历成岩作用、深成作用和变质作用三个连续阶段过程中，干酪根性质发生连续变化，同时生成石油和天然气。生油岩中的干酪根的热解分析是模拟干酪根热演化的三个连续阶段生成油气的过程。

干酪根一般分为四种类型：I 型（脂肪族类）、II_A 型（含芳香族的脂肪族类）、II_B（含脂肪族的芳香族类）、III 型（芳香族类）。由于干酪根的化学组成及结构随热演化作用发生连续的变化，原来 I 型干酪根在成岩作用后期，由于已释放出大量成油气物质，本身的芳构化程度增高，最后可以转成 III 型干酪根。

热解法对岩石中干酪根的分析是在 300℃ 至 600℃ 温度下进行，使干酪根快速热解生成烃类（油、气），各类干酪根热解的产烃量和热解烃组成见表 1-9。由于岩石中的干酪根丰度、类型和成熟度的不同热解产生的烃类的量和组成也有很大的差异。

表 1-9 各类干酪根热解的产烃量和热解烃组成

类型	氢指数 mg烃 g有机碳	降解率 (%)	C ₁ ~C ₅ (%)	C ₆ ~C ₁₄ (%)	C ₁₅ ~C ₂₂ (%)	>C ₂₂ (%)	正构烷烃
I	630	52.29	13.52	48.38	27.24	10.86	47.79
II	305	25.32	17.95	52.33	22.31	7.41	45.52
III	172	14.33	27.83	63.82	6.72	1.63	53.34

表 1-10 不同成熟度的干酪根的产烃量和热解烃组成

类型	T _{max} (°C)	氢指数 mg烃 g有机碳	降解率 (%)	C ₁ ~C ₅ (%)	C ₆ ~C ₁₄ (%)	C ₁₅ ~C ₂₂ (%)	>C ₂₂ (%)	正构烷烃 (%)
II	431	387	32.17	23.22	73.57	2.49	0.72	46.01
II	440	215	17.89	27.17	70.43	1.86	0.54	49.69
II	446	109	9.06	39.36	59.15	1.14	0.35	54.46
II	529	44	3.73	8.71	75.37	15.78	0.12	25.57

1.2.4. 岩石中煤的分析

钻井岩屑中常遇到煤层或在泥岩岩屑中有煤屑。煤是地壳中最丰富的可燃矿产，全世界估算总储量约 92060 亿吨。我国聚煤期主要在石炭、二叠、侏罗和第三纪。含煤岩系可以出现在地槽、地台和过渡区，聚积在陆相和海陆交互相地层中。按成煤原始物质的不同可分成腐殖煤和腐泥煤两大类。由于成煤物质、聚积环境、转化形式以及演化阶段的不同，煤的化学组成有很大差别（见表 11-1）。由植物残骸变成泥炭—褐煤—烟煤—无烟煤的总过程，随着煤化作用的增加，煤的密度、相对密度、反射率和含碳量、芳香度也逐渐增大，而水分、氢含量、氧含量则逐渐减少。煤的生烃量及烃类组成取决于有机质类型和煤化程度。

煤岩热解时产生小量游离烃（S₁）和大量的热解烃（S₂），