

找寻胶结物含量少或呈孔穴及接触式胶结类型；分选良好的砂质岩石。因为这些因素都是构造储油岩良好油层物性的主要条件。

看来，我们应注意对储油岩按油层物性条件及其相应的岩石特征进行正确分类，因为这是对含油气远景评价和选择合理开发方案的重要依据之一。

许多石油地质学家们在研究储油岩时，也都从不同方面提出了分类意见。例如，П. П. 阿弗杜辛和M. A. 茨维特柯娃（1932年）曾拟出一种研究有效通路构造的方法。他们是以岩层结构参数作为分类依据，将储油岩分为五级。其缺点是沒有渗透率参数。以后，Ф. A. 特列宾按渗透率大小，将砂质岩层分为三类。近年来，B. И. 柯尔加诺夫（1957）在阿弗杜辛和茨维特柯娃的研究基础上，又进一步发展了对孔隙空间结构的研究方法，即根据阿弗杜辛的方法和毛细特性方法相结合的方式，对储油岩及其分类进行了研究。但正如他本人在結論中提出的：

“毛细特性比较准确，但在数学上还是不完美的，并且对储油岩分类沒有指出个统一的准则”。

值得注意的是C. Г. 萨尔基相教授（1959）曾建议我们提出适合中国陆相储油岩的分类法。因为在苏联的分类是以海相岩石储油性质为依据的。他还认为，对储油岩进行分类，不但要考虑其油层物性参数，而且要提出其相应岩石的各种特征。这对我们来说是十分需要的。

然而，岩石的孔隙和渗透性是取决于一系列的因素。因此，目前很难对其作出全面的，即能反映出全部性质；又能充分满足工业需要的分类来。尽管如此，我们在现有资料的基础上和力所能及的范围内，为当前生产发展的要求和为今后对储油岩进行深入研究提供参考，建议各地区按具体情况建立陆相储油岩的分类是必要的。

石油地质普查中实验室的地质研究

—地质部石油地质局实验会议侧记—

蔡 仲 祥

石油地质普查中实验室工作必须与地质结合，才能变化验分析资料为地质语言，才能真正有效地为石油地质普查服务。但化学分析或仪器分析它们又都是一門专业性很强的科学，这就使实验室工作具有自己的工作特点。为了使实验与地质更好更密切的配合，使实验室工作紧紧围绕地质任务而进行，除大队年度地质设计中应交予实验室一定内容地质任务外，在实验室中还可以配备适当数量的地质技术干部，以便汇同化验分析人员根据地质任务要求，利用第一手实验资料来开展综合研究。石油地质普查中实验室的综合研究还是一个新课题，加之我国具有陆相生油的特征，就无法硬搬国外那套海洋地球化学的研究方法，而必须结合我国石油地质的实际情况，探索和总结研究陆相地球化学的方法与经验。

海洋沉积的某一岩层或岩系在其全部地质经历过程，沉积的地球化学特点具有较明显的规律性与分带性；因此，可以划分出若干个代表沉积氧化还原电位差异的地球化学相——硫化氢相、菱铁矿相、鲕绿泥石相、海绿石相、磷灰石相、氧化相、过氧化相、白云岩相、海洋盐类。陆相沉积中地球化学相的分带性虽亦具有海洋地球化学相的相似特征，但仅仅局限于一些大盆地的沉积中，至于局部范围不大的沉积盆地的地球化学相的划分是相当复杂的。到目前为止，针对我国陆相沉积的特点，还未有一套能够正确而全面反映沉积地球化学相的

特征矿物或指示元素，这是扩大地球化学在石油地质普查中应用范围首先必须解决的问题之一。因为，地球化学相研究的成功，才能有效地确定生油层、储油层形成时的地球化学特征及地质条件，了解它们的分布规律，指出生、储油有利地区，指导油气田勘探工作的开展。

详细、全面划分陆相地球化学相的途径，似乎应先研究含铁矿物沉积特征与氧化还原电位(En)及pH值着手，因为铁与锰的化合物及沉积的有机物质对于氧化还原反应最为灵敏。在湖盆地正个沉积过程中，铁的氧化物与氢氧化物首先沉淀。随湖水加深，有机物开始富集，水介质中的自由氧由于氧化有机物中的不稳定部分而很快地消失，生成二氧化碳(CO₂)与甲烷(CH₄)，形成缺氧或少氧的弱还原环境，沉淀了铁的碳酸盐(菱铁矿)。湖盆中心，水介质中很少有游离氧存在，有机物分解及脱硫细菌的作用能形成强烈的还原环境，产生大量的硫化氢气体，还原铁的氧化物，沉淀了代表还原相的黄铁矿及白铁矿。再配合进行各含铁矿物地球化学相与过渡相(亚相)的氧化还原电位(En)及pH值的测定，就可能详细划分出由氧化至还原环境的含铁矿物沉淀系列，一代表着一定的地球化学相——赤铁矿相、菱铁矿—赤铁矿相、赤铁矿—菱铁矿相、菱铁矿相、黄铁矿—菱铁矿相、菱铁矿—黄铁矿相、黄铁矿相(据石油部石油科学研究院资料)。在这里必须强调注意不同类型的沉积盆地地球化学相特征的研究；同时综合研究代表岩石沉积环境的地球化学指标，特别是含锰化合物及稳定分散元素、痕迹元素在沉积相中的分布规律。

作为评价区域性含油气远景及进一步探明油气储量的生油层及储油层研究是并重的两个问题，但后者的研究在地质普查的后期直至正个勘探过程中更具有现实意义。

目前我国在陆相生油层的识别方面，还仅局限于利用海相沉积中的岩石地球化学及沥青化学指标，这些指标虽在陆相生油层的研究的沉积环境、水介质性质、有机物含量、性质及向石油转化程度等问题上反映出了一些符合客观地质情况的规律，但亦出现了不少地球化学相的矛盾。

还原环境下沉积的富含有机物质的泥质岩类，以含低价铁矿物为主，可是在实际化验分析中，却遇到了氧化相的红色沉积 $Fe^{++}/Fe^{+++}>1$ 的现象。想要解开这一矛盾，就迫切需要解决低铁(与高铁)矿物的原生及次生问题。单纯依靠利用不同盐酸浓度来解决低铁矿物特别是菱铁矿与黄铁矿的原生、次生问题，是十分困难的，甚至是不可能的，因为，矿物溶解于酸的性能，是由矿物成份与结构来决定的，而原生、次生矿物在成份与结构上是一致的。因此有必要借助岩矿鉴定，从矿物的构造形态特征及组合关系等方面去区分，但其亦不能得出矿物原生或次生在数量上的正确的定量概念，因此，在低铁与高铁比值 $\left(\frac{Fe^{++}}{Fe^{+++}}\right)$ 的应用时就存在缺陷。

石油部石油科学研究院利用 A. M. 齐诺维也夫提出的指示沉积和成岩过程中岩石总铁向黄铁矿转化程度的铁的还原系数——K 值，结合有机碳含量，在划分我国数个陆相沉积盆地的地球化学相中(见表1)取得了一定成效。可是在资料总结中亦出现了一些矛盾，同时这一划分是否适合我国所有陆相沉积盆地使用，还得进一步工作。

实验室中分析的还原硫，包括黄铁矿、白铁矿(FeS₂)，磁黄铁矿(FeS)，硫化氢(H₂S)，元素硫(S)，有机硫等的总和。这些还原硫在岩石中含量的多寡，是取决于以下四个主要因素：

1. 在还原环境下，有机物质能进行分解生成大量硫化氢(H₂S)，还原程度愈强，H₂S产

表 1

地球化学相			* K 值	** 铁矿物含量 (%)	有机炭 (%)	岩 性
氧化相	强氧化相	赤铁矿相	0.00—0.05	Fe ₂ O ₃ >75	<0.4	红色泥岩为主。
	氧化亚相	菱铁矿——赤铁矿相	0.05—0.12	Fe ₂ O ₃ 50—75 FeCO ₃ 25—50		
	弱氧化亚相	赤铁矿——菱铁矿相	0.12—0.20	Fe ₂ O ₃ 25—50 FeCO ₃ 50—75		
还原相	弱还原相	菱铁矿相	0.20—0.30	FeCO ₃ >75	0.4—1	灰绿色泥岩为主。
	还原亚相	黄铁矿——菱铁矿相	0.30—0.55	FeCO ₃ 50—75 FeS ₂ 25—50	1—2.5	灰、灰黑色泥岩为主。
	强还原亚相	菱铁矿——黄铁矿相	0.55—0.80	FeCO ₃ 25—50 FeS ₂ 50—75	>2.5	黑色泥岩为主。
硫化相		黄铁矿相	>0.80	FeS ₂ >75		

$$* K = \frac{Fe_{HCl}^{++} \times 0.215 + Fe_{FeS_2}^{++} \times 0.911}{\text{总 Fe}}$$

Fe_{HCl}⁺⁺ —— 菱铁矿 FeCO₃ 含量。

Fe_{FeS₂}⁺⁺ —— 黄铁矿 FeS₂ 含量。

总 Fe —— Fe_{HCl}⁺⁺ + Fe_{FeS₂}⁺⁺ + Fe_{HCl}⁺⁺

** 总铁中的铁矿物含量。

生的数量愈多，这些具有强还原性的 H₂S，与高铁作用后形成黄铁矿(FeS₂)，以固定的矿物形式保存下来。

2. 岩石中有机物质的多寡，直接影响到岩石中还原硫的含量。

3. 沉积水介质的中硫酸盐，经脱硫细菌、细菌发酵及深处烃类气体的作用，能使硫酸盐还原，生成 H₂S。

4. 长期稳定快速沉积区，常形成良好的沉积还原环境，同时利于有机物保存，为生成 H₂S 创造了条件。

由于各陆相沉积盆地对上述四因素的差异较大，就引起了岩石中还原硫含量的不一，因此，在利用还原硫指标时，应先在各区域中甚至小到在各拗陷中寻找正常值，确定指标异常，才能有效地划分生油层与非生油层。同时不能以划分海相生油层的还原硫指标数值来分陆相生油层，因后者在还原硫含量上要比前者降低很大幅度。

详尽了解沉积岩沉积时水介质的性质，对推演沉积环境及划分地球化学相有其重大的作用。目前除直接测定岩石 pH 值外，还试图通过粘土矿物的研究去指示水介质性质。在不同的水介质中能形成一定的粘土矿物，高岭石形成于酸性介质(pH=5.8—6.6)中，而胶岭石、拜来石却大部分在碱性介质(pH=7.5—8.2)中沉淀，因此由岩石中不同的粘土矿物类型可以判断水介质的酸碱度。虽有一些问题还没有解决，如粘土矿物的自生性与次生性的确定；

不同粘土矿物的成因与沉积环境的直接关系等等，但根据初步分析资料来看，还能看出这样一个规律，我国陆相生油层中主要粘土矿物为胶岭石、拜来石及水云母，不含或极少含高岭石，而煤系地层或氧化相岩石中则多含高岭石。

为了使粘土矿物分析成果达到更高的精确度，更客观地反映水介质性质，除利用一般的染色及油浸等快速分析方法外，应普遍开展差热与X光鉴定工作，同时应建立电子显微镜鉴定室。

在沉积岩沉积过程中，由于胶体吸附、离子电位及络合作用的差异，在不同的沉积岩系列中（砂岩—粉砂岩—粘土岩—泥灰岩—石灰岩）有着一定的元素组合。粘土岩中则以稳定分散元素锰(Mn)、钒(V)、钴(Co)、镍(Ni)、铬(Cr)、铜(Cu)等组合为主，在水介质中它们主要是吸附状态附着于粘土矿物质点上而进行迁移。同时亦发现铯(Cs)、铷(Rb)、硼(B)、镓(Ga)等一些痕迹元素（含量很低的）在不同相沉积岩中的分布规律。当然沉积岩系列中有规律元素组合远不至上述一些，这就需要充分发挥光谱分析的作用，大量分析与蒐集这方面的资料，摸索出一系列元素分布特点及组合规律。同时用光谱来分析稳定分散元素及痕迹元素，能使分析速度与质量精度提高，采样要求极低，并可免去矿物次生作用的影响，因此在今后工作中，使其在划分沉积相及地球化学相中占到应有的地位。

虽有良好的沉积环境及水介质条件，如果有机物性质数量及向石油方向转化的程度不佳，那亦是劳而无益的。除有机物的数量确定是利用剩余有机炭外，有机物性质及其向石油转化的程度目前是采用沥青化学指标来研究的，但是在原生沥青及次生沥青还未有正确方法可以区分以前，沥青的发光、组份及元素分析资料在生油层研究方面的应用就无法达到完全正确的境地。沥青原、次生问题在野外可以通过观察沥青在岩石孔隙、裂缝、晶洞及介壳中的产状特征进行粗略识别，详细鉴定必须借助荧光显微镜，用其与沥青化学指标结合分析，可以确定有机物的转化方向，分布特点及沥青的原生性。同时根据次生沥青的研究，可进而阐明石油运移方向。另则利用生油岩中的氯仿“A”抽提物与含油层的原油进行组份及元素对比，亦能解决石油运移的途径问题。

在研究生油岩系沥青性质的同时进行煤系地层及油页岩沥青性质对比，这对区分面油沥青与非石油沥青具有一定现实意义，在此必须强调进行沥青元素分析，因单靠组份分析去解决石油沥青与非石油沥青是困难的，它俩在组份方面的差异似乎不大。

原油除进行一般的物理化学性质及化学组份等分析解决油层对比外，还必须解决油气运移问题。某一沉积盆地的同一个地层层位的石油，其旋光性应属一致，根据这一理论，可以分析分子量不低于200的溜份（蒸馏其轻溜份后之残余）的旋光性（分子量400的溜份，其旋光性最大），来了解含油岩系单层生油或多层生油性质，导出油气运移的途径与方向。同时可以开展原油中特种元素Ni、V、Co、Mn、Ga、Cu、U及孢子花粉的分析鉴定工作，这些工作作为油层对比及石油运移问题提供可靠的资料。

进一步了解有机物的组成，分析组份、族份以及氨基酸、脂肪酸、腐植酸、酶、色素、松脂、胆甾醇、植物甾醇、同位素等成份及其含量，还必须借助质谱仪、放射性同位素、红外光谱等仪器分析。

单一的利用任何一个岩石地球化学及沥青化学指标来划分生油层与非生油层，不但无法得出正确的结果，有时甚至会导致错误的结论。因此，必须通过综合研究的途径，首先研究区域性的指标正常值，在这基础上发现特殊的指标异常，再结合野外实地观察的地层顺序及

岩性特征, 研究影响生油层形成的地质因素, 树立区域性的标准地球化学剖面, 进而了解划分生油层系与非生油层系的生油特性及分布规律。

储油层的研究主要讨论各种储油层的产状、储油性特征、类型和它们的形成条件, 以及影响储油物性的地质因素, 通过研究达到确定油气田范围内储油层变化的规律, 划出含油远景地区, 对油气田普查评价、勘探及开发具有极其重要的实际意义。遗憾的目前在石油地质普查中对储油层的研究还未普遍深入地开展, 没有得到应有的重视, 这是必须扭转的。

正确有效地解决储油层分布规律, 应追溯沉积盆地的沉积发展历史, 即通过绘编岩相古地理图去恢复古地理、古气候、古构造, 阐明沉积物搬运特征, 沉积堆积条件及沉积作用与构造运动之间的机理关系。最终目的是确定不同沉积条件下形成的沉积物的组合特征, 成因类型, 进而划分沉积相带, 圈定储油的有利地段。

岩相古地理研究应先确定工作的目的层位或层系, 随之进行野外观测, 这是岩相古地理研究的重要一环。它应全面详细地观测沉积盆地中岩层的矿物成份、结构、构造特点; 岩层厚度, 产状变化; 相复及上下层位的接触关系; 古生物生态特点与地壳运动等, 还应抽出时间去盆地周围老山进行工作, 确定陆源位置, 了解母岩成份, 调查陆源区的剥蚀速度及剥蚀顺序, 摸清陆源区碎屑物质供应的途径。

由于陆相沉积中陆源碎屑物质来源的复杂, 搬运介质的多样, 促使岩层岩性纵横向变化甚大, 因此, 在了解区域储油层分布规律的基础上, 还需摸清局部岩相特点、储油性能及厚度、产状变化等等情况, 这就要求我们必须结合实验资料——油层物性及岩矿鉴定, 进行详尽的综合研究。

作为储油岩的陆相沉积的砂岩类岩石, 胶结性能往往较差, 岩石极为疏松, 这就给实验室测定工作带来较大的困难, 这一关必须首先加以克服, 才能得到反映岩石原态物理性质的资料。同时, 陆相砂岩在物理性质方面的各向异性性很强, 这就需要在进行渗透率测定时, 考虑增加横向渗透率测定。

实验室在配合储油层研究中, 不应局限于提供全面可靠的岩石物性参数, 更重要的是利用岩石物性及岩矿鉴定、机械分析成果来了解影响储油岩性能的各种因素——岩石矿物成份, 颗粒形状、圆度及分选性好坏, 岩石胶结物成份、类型, 岩石的次生作用、次生填充及重结晶现象, 可溶性盐类与粘土的含量等等。

过去我们仅注意岩石中单一胶结物的研究, 但在岩石成岩过程中, 参加胶结作用的往往是多种成份, 这就提出一个新课题——多种胶结物胶结顺序的研究, 这一研究可以明确地阐明储油层物性在纵向方面的变化规律。在工作中还应重视矿物次生作用、次生填充及重结晶现象, 遇上泥质胶结的岩石时, 对粘土的吸水膨胀性能应给予充分研究, 因为它们不但影响岩石物性, 而且可以改变储油层中石油运动的规律。

在陆相沉积盆地中, 一般是以滨湖或浅湖相的粉—细—中砂岩为良好储油岩, 因此不能忽视储油层分布规律与沉积相带间的有机联系, 古构造对储油层的分布亦起控制作用, 在古构造隆起区, 具有这样的沉积特征, 即沉积旋迴中砂层层数增加, 总厚度加大, 泥质成份降低, 胶结物含量减少, 并能引起原始倾斜, 对油气聚集极为有利。

研究生、储油层的同时, 另一不可忽视的问题, 是对区域盖油层性质进行工作, 对各种非渗透的岩石性质应给予足够的重视, 因为盖油层的好坏, 是决定油气藏完整性的一个重要因素。

上述生、储、盖层研究后, 应提供三者组合关系及空间分布概念, 结合区域构造, 即能

为勘探与开发油气藏的技术方案提出正确的依据。

我国地球化学日益广泛地被应用于石油地质普查中，还是近年来的事；通过不长的数年工作，已在生、储、盖层的研究方面积累了不少资料与经验，亦摸清了一系列的规律，在探明陆相生、储、盖层性质，了解油气田分布规律等方面起到了较为显著的作用。通过实践，证明了海洋地球化学研究方法不完全适合大陆地球化学工作需要，因此在探索大陆地球化学方法时不可避免的存在一些问题。为了使这些问题迅速而全面正确的解决，在今后还需加强以下几点工作。

1. 充分加强资料整理，更全面地分析大陆地球化学的特征，以便摸清新规律；来指导石油地质普查勘探及开发。

2. 化学分析与仪器鉴定的方法与规范必须统一，统一规范的工作，应该使全国参与石油地质实验工作的单位共同讨论编写，这将有利于实验资料的统一使用，和对比研究。

3. 实验室中的地质技术干部，不但需要熟悉工作区域的野外地质资料，而且需要结合研究课题，深入了解化验分析方法，进行地质应用解释工作，使实验资料更能切合地质研究的需要。

4. 在综合现有地球化学指标的基础上，进行新指标的探索，同时应用新的实验方法来揭示某些地质现象的内在规律，为石油地质评价工作提供新的更可靠的地质依据。

生油岩系五元素测定中某些方法的讨论

中心实验室 岩化组

目前在石油地质中，高铁低铁，还原硫，有机氮，有机碳五个项目是生油层研究的主要指标，是研究地球化学相以及原始有机物含量及介质氧化还原环境的依据。已往，我室虽在石油普查工作中分析过不少样品，由于对分析的地质目的不明确，因此在方法的采用、样品的处理等方面没有从石油地质的要求上来考虑，这样分析出来的数据，不一定能说明地质问题，甚至会导致错误的结论。

通过北京实验工作座谈会的经验交流，使我们对岩化指标项目分析的地质意义及具体方法方面有了新的认识与了解，

结合操作规程的制订，我们做了一些试验。现将有关初步成果提出来请大家讨论、

一、有机氮

有机氮的测定，以往我们用常量法，以硫酸铜作催化剂用硼酸溶液吸收蒸馏出来的氨，用盐酸滴定吸收溶液，以溴甲酚绿—甲基红作指示剂。去年10月我们学习了三大队操作快速简便、宜于大批生产的半微量法。我们将催化剂改为重铬酸钾硫酸，经过一个时期的试验性生产之后，发现问题很多，因此做了些试验，下面是这些试验的大致情况：

(一) 测定步骤及发现的问题：

半微量法的具体操作步骤如下：称取0.1克样品（视样品中有机氮含量而上下）于50毫升试管中，加入5—10毫升0.4N重铬酸钾的1:1硫酸溶液，与试管口插上小漏斗后，放在万用电炉上加热，并保持微沸；直到溶液颜色变为深棕色为止。冷却后移入100毫升短颈