

内部★五年

中国含油气盆地粘土矿物研究 及其在石油勘探开发中的应用

下册

编写：赵杏媛、张有瑜、陈洪起

王经科、张亚丽

审核：顾信章

所长：贾凤英

石油天然气总公司石油勘探开发科学研究院

实验中心

一九九一年五月



登录号	085482
分类号	TE 14
标次号	011



200807476

中国含油气盆地粘土矿物研究 及其在石油勘探开发中的应用



00782937

前 言

五十年代以来,粘土矿物的研究成果已愈来愈广泛地应用于石油工业中。五十年代至七十年代初,粘土矿物研究成果,在石油地质方面,主要用于推断古环境和进行地层对比;在钻采工程方面,一些学者已开始认识到粘土矿物不仅对储集层性质有重要影响,而且对采油也有一定影响。在二次采油注水过程中发现,所注入水矿化度和地层水不相间,尤其是当注入水矿化度低于地层水时,由于粘土矿物膨胀、分散、阳离子交换等作用引起孔隙度、渗透率下降,从而导致采收率降低。七十年代中期以来,认识到粘土矿物随深度、温度增加发生的一些转变可作为成岩阶段及有机质热演化阶段划分的标志之一,尤其是蒙皂石向伊利石转化序列对油气生成、运移和储集有密切关系;在钻采工程方面,进一步全面揭示了粘土矿物水敏、酸敏、微粒迁移等对油层损害的潜在因素,并认识到钻井、完井、射孔、采油、修井直至三次采油等各个工程环节中,如果进入的流体与储层矿物及地层水不相匹配时,就可能造成油气层损害问题。现在已经愈来愈清楚地认识到:油气的生成、运移、储集,地层划分与对比,古环境分析,储层性质研究,利用测井信息识别油气、水层,并壁坍塌

赠书者:地科系
日期:95.12.18

因素，提高油气采收率等方面都与地层中粘土矿物类型、组合、形态、产状有密切关系；同时，粘土矿物研究成果也为地质理论、钻采工程学的发展和提高提供了重要依据。

我们于1979年开始进行粘土矿物分析研究工作。1986年正式承担部级“七五”课题《粘土矿物研究及其在石油勘探开发中的应用》。任务规定的研究内容为：

1. 研究含油气盆地粘土矿物类型、组合、分布特征及控制因素；

2. 利用粘土矿物进行地层对比，研究沉积环境及成岩作用，并为判断生油门限、油气运移及油气分布规律提供依据；

3. 分析研究钻遇地层粘土矿物组合及结构特征，为配制防塌、防油层损害的泥浆及增产液提供依据；

4. 建立阳离子交换、岩石中泥质含量、高岭石红外光谱定量测定、非晶态物质测定、钾离子抑制粘土膨胀等方法。

研究的技术路线主要是：

1. 利用现代技术、采用多种手段综合分析鉴定，提高鉴定质量，为应用研究打下可靠的基础；

2. 实验室分析与石油地质、钻采工艺研究密切结合；

3. 研究紧密结合生产，注意研究的新成果及时应用于生产实践；

4. 注意掌握国内外研究的新成果、新技术，及时吸收新的经验，不断提高研究水平。

粘土矿物的实验室研究方法:采用以X射线衍射为主,并利用扫描电镜、能谱、差热、红外光谱、岩石薄片、阴极发光显微镜、电子探针、透射电镜、化学分析等方法进行综合鉴定解释。

经过了四年多的艰苦工作,已圆满的完成了任务书规定的各项研究内容。本报告使用了自1980年以来的分析资料,包括23个含油气盆地中的2万1千余块样品,进行了X射线衍射等11项分析,共获得近10万张图谱,30余万个数据。

研究过程中先后提交了《不同沉积类型含油盆地粘土矿物研究》、《我国主要含油气盆地泥质岩粘土矿物图册及说明》、《粘土矿物与油层损害潜在因素研究》等三个阶段性报告,并向油田提供了《冀东油田粘土矿物研究与应用》、《泌阳凹陷粘土矿物研究》、《安塞低渗透油层污染的地质因素及机理研究》、《民参1井储层评价》、《大参2井储层评价》、《二连盆地粘土矿物研究》、《准噶尔盆地粘土矿物及沸石类矿物研究》、《塔里木盆地粘土矿物研究》、《轮南3井粘土矿物研究》、《大港枣园油田粘土矿物研究》等17个报告。

本课题最终报告由赵杏媛、张有瑜、陈洪起、王经科、张亚丽编写。报告共分四大部分:

第一部分(第一章)《中国含油气盆地粘土矿物种类》叙述了我国含油气盆地已发现的17种粘土矿物结构、分类、成因及各种鉴定特征。

第二部分(第二章)《中国含油气盆地粘土矿物分布类型及其控制因素》，分6种类型9种亚类，分别叙述了它们纵向分布、转化特征及控制因素。

第三部分(第三、四、五章)，分东部拉张型盆地、西部挤压型盆地、中部过渡型盆地，共包括23个含油气盆地，分别叙述了它们地质概况、粘土矿物种类、组合、粘土矿物分布特征、控制因素及应用。

第四部分(第六~十一章)，综合讨论了粘土矿物与古环境、地层划分对比、有机质热演化、油气运移、储层特性、井眼稳定、油层保护等关系。此外，报告还附有《粘土矿物与粘土矿物分析》等5个附件。

本课题主要研究成果如下：

1. 在理论方面，提出了粘土矿物分类方案，并提出了伊利石/蒙皂石间层矿物分类方案，为改变目前粘土矿物成因类型划分与描述、伊利石/蒙皂石间层矿物分类、命名与鉴定特征，以及间层比计算方法等方面各家不统一的状况作了有意义的探索。

2. 粘土矿物分析方法方面

- (1)建立了《粘土矿物X射线衍射定量分析方法》(已定为部颁标准)、《伊利石/蒙皂石间层矿物间层比计算方法》和《X射线衍射分析锂溶液饱和和处理法区分蒙脱石和贝得得石》等3个鉴定方法。

(2)建立了《冷冻干燥—不镀膜—同位对比扫描电镜分析方法》《湿法制样(涂片法) 膨胀性粘土矿物的膨胀性能X射线衍射分析方法》、《X射线衍射分析技术的防膨剂性能评价方法》等3个应用方法。

3. 粘土矿物分布特征及其控制因素方面

(1)基本搞清了中国含油气盆地粘土矿物种类及其矿物学特征。

(2)基本搞清了中国含油气盆地粘土矿物分布规律,建立了正常(淡—微咸水)、过渡、盐碱、含盐、含煤和火山碎屑岩六种类型沉积盆地的粘土矿物分布模式。指出成岩作用、古环境(尤其是古水介质条件)和来源母质性质是粘土矿物分布特征的主要控制因素,并且这三种控制因素的作用大小随盆地不同而异。

(3)详细叙述了23个含油气盆地粘土矿物特征及其在石油勘探开发中的应用。

4. 粘土矿物研究在石油地质中的应用方面

(1)利用粘土矿物研究成果总结和归纳了中国主要含油气盆地古水介质特点。

(2)根据粘土矿物及其伴生矿物的特征为解决河西走廊地区酒西、酒东、民乐盆地下白垩统/上侏罗统及准噶尔盆地侏罗—三叠系/二叠—石炭系的地层划分与对比问题提供了依据。

(3)提出了粘土矿物成岩演化特征为主要依据、兼顾各种有机地化指标(R_o 、 T_{max} 等)的泥岩成岩作用阶段划分方案,并将其用

于中国含油气盆地的泥岩成岩作用研究。

(4)将粘土矿物成岩演化特征直接用于有机质演化和油气初次运移研究，使三者有机地结合在一起。

5. 粘土矿物研究在钻采工程中应用方面

(1)研究了粘土总量、粘土矿物类型和粘土矿物产状对储层物性的影响，为储层评价提供了直接的依据。

(2)总结和归纳了粘土矿物与井眼稳定研究的理论与方法，为“八五”此项研究工作打下了基础。

(3)系统地研究了粘土矿物的油层损害问题，摸索出一套切实可行的方法。所进行的防膨剂类型和浓度选择试验成果等及时用于油田生产，并收到了良好的效果，得到了油田现场同志的好评。

本项目研究是在总公司李天相副总经理直接关怀下、钻井局徐同台副总工程师组织和参与下进行的。参加分析和提供有关资料的还有楼甘亮、魏宝和、何锦发、杨志琼、许宝元、邓平、宋健、林西生、郑乃萱、刘建宪、游建昌、郑永平、侯纯敏、朱德升、劳以迈、周文宝、唐黎平、章聆等同志，在此深表谢意。

目 录

第一章 中国含油气盆地粘土矿物的矿物学特征·····	1—1
一、高岭石·····	1—2
二、蛇纹石·····	1—6
三、叶蜡石·····	1—7
四、蒙皂石矿物·····	1—8
五、伊利石·····	1—15
六、绿泥石矿物·····	1—20
七、伊利石/蒙皂石间层矿物 ·····	1—30
1. 伊利石/蒙皂石规则间层矿物·····	1—30
2. 伊利石/蒙皂石不规则间层矿物·····	1—33
八、绿泥石/蒙皂石间层矿物 ·····	1—36
九、坡缕石·····	1—41
参考文献·····	1—43
第二章 中国含油气盆地粘土矿物	
分布类型及其控制因素·····	2—1
第一节 粘土矿物分布类型·····	2—1
一、正常转化型·····	2—1
1. I— a 亚类·····	2—5
2. I— b 亚类·····	2—7
二、不正常转化型·····	2—7

1. II—a亚类	2—8
2. II—b亚类	2—9
三、蒙皂石—→绿泥石转化型	2—10
四、伊利石+绿泥石组合型	2—10
五、高岭石组合型	2—11
六、蒙皂石组合型	2—11
1. VI—a亚类	2—11
2. VI—b亚类	2—12
第二节 粘土矿物分布的控制因素	2—16
一、古环境	2—18
二、成岩作用	2—24
1. 蒙皂石—→伊利石转化	2—27
2. 高岭石—→绿泥石转化	2—29
3. 蒙皂石—→绿泥石转化	2—30
三、来源母质	2—32
参考文献	2—34
第三章 中国东部拉张型含油气盆地粘土矿物特征	3—1
一、松辽盆地	3—3
二、开鲁盆地(坳陷)	3—16
三、伊—舒盆地	3—28
四、二连盆地	3—42
五、渤海湾盆地	3—76

六、苏北盆地·····	3—124
七、华北盆地南部·····	3—143
八、南襄盆地·····	3—159
九、江汉盆地·····	3—183
十、东海盆地·····	3—197
十一、三水盆地·····	3—208
十二、百色盆地·····	3—215
十三、北部湾盆地·····	3—228
参考文献·····	3—245
第四章 中国西部挤压型含油气盆地粘土矿物特征·····	4—1
一、河西走廊地区(民乐盆地、酒西盆地、酒东盆地)·····	4—2
二、柴达木盆地·····	4—23
三、准噶尔盆地·····	4—36
四、塔里木盆地·····	4—55
参考文献·····	4—95
第五章 中国中部过渡型含油气盆地粘土矿物特征·····	5—1
一、鄂尔多斯盆地·····	5—2
二、河套盆地·····	5—26
三、巴彦浩特盆地·····	5—39
参考文献·····	5—51
第六章 粘土矿物与沉积环境·····	6—1
一、粘土矿物的成因分类及其环境意义·····	6—1

1. 风化粘土矿物·····	6—1
2. 自生粘土矿物·····	6—4
3. 成岩粘土矿物·····	6—7
4. 蚀变粘土矿物·····	6—9
二、粘土矿物与古水介质·····	6—10
三、粘土矿物与沉积相带·····	6—17
参考文献·····	6—23
第七章 粘土矿物与地层划分和对比·····	7—1
一、引言·····	7—1
二、粘土矿物特征在确定民乐盆地民参一井 下白垩统和上侏罗统分界界限中的应用·····	7—4
三、粘土矿物特征在确立准噶尔盆地石炭系—二叠系 (C—P)与三叠系—侏罗系(T—J)的分界标志中 的应用·····	7—8
参考文献·····	7—10
第八章 粘土矿物与成岩作用及油气生成和运移·····	8—1
一、成岩作用·····	8—1
1. 泥页岩粘土矿物的成岩演化·····	8—2
2. 砂岩的成岩粘土矿物特征·····	8—9
二、泥页岩粘土矿物成岩演化与泥页岩成岩阶段划分·····	8—11
三、泥页岩粘土矿物成岩演化与有机质热演化阶段划分 ·····	8—14

四、泥页岩粘土矿物成岩演化与油气初次运移·····	8—19
参考文献·····	8—24
第九章 粘土矿物与储层物性·····	9—1
一、引言·····	9—1
1. 储层粘土矿物的类型·····	9—1
2. 储层粘土矿物的成因类型·····	9—2
3. 储层粘土矿物的产状·····	9—3
二、粘土总量对储层物性的影响·····	9—6
三、粘土矿物类型对储层物的影响·····	9—8
1. 粘土矿物类型对储层孔隙度和渗透率的影响·····	9—8
2. 粘土矿物类型对地球物理测井解释的影响·····	9—11
四、粘土矿物产状对储层物性的影响·····	9—12
参考文献·····	9—19
第十章 粘土矿物与井壁坍塌·····	10—1
一、井壁坍塌类型及其原因·····	10—1
1. 井壁坍塌类型·····	10—1
2. 易垮塌泥页岩的分类·····	10—3
3. 井壁坍塌的原因·····	10—4
4. 易垮塌泥页岩的水化—垮塌控制·····	10—7
二、软泥页岩与井壁坍塌·····	10—11
三、硬脆性泥页岩与井壁坍塌·····	10—17
参考文献·····	10—27

第十一章 粘土矿物与油气层保护	11—1
一、引言	11—1
1. 油气层损害类型	11—1
2. 粘土矿物的油气层损害类型	11—4
3. 粘土矿物稳定剂	11—7
4. 油气层损害评价方法	11—11
5. 岩心流动工程试验	11—17
二、膨胀性粘土矿物与地层水敏性	11—20
(一)膨胀性粘土矿物	11—20
1. 膨胀性粘土矿物的种类	11—20
2. 膨胀性粘土矿物的水化—膨胀机理	11—21
(二)地层水敏性研究方法	11—25
1. 粘土矿物总量与粘土矿物相对含量分析	11—25
2. 粘土矿物分布特征及其控制因素	11—26
3. 水敏性流动试验	11—27
4. 粘土膨胀的扫描电镜与X射线衍射研究	11—27
5. 防膨剂选择研究	11—28
(三)水敏性油层保护研究实例	11—29
1. 渤海湾盆地绥中36—1油田SZ36—1—5井	11—30
2. 辽河油田曙一区大凌河油层	11—37
3. 冀中坳陷岔河集油田岔47井	11—40
三、细粒迁移与地层速敏性	11—42

(一)地层或岩石的微粒组成·····	11—43
(二)地层或岩石微粒的运移机理·····	11—45
(三)速敏性油层保护研究实例——广西百色盆地 百56井·····	11—52
四、胶体沉淀与地层酸敏性·····	11—55
(一)酸化、碱水驱等采油过程中的胶体沉淀类型·····	11—55
1. 土酸酸化处理过程中的铁沉淀·····	11—56
2. 土酸酸化处理过程中的硅沉淀·····	11—58
3. 碱水驱过程中的硅沉淀·····	11—59
(二)酸化、碱水驱等采油过程中的胶体堵塞机理·····	11—60
(三)酸敏性油层保护研究实例·····	11—64
1. 陕甘宁盆地安塞油田·····	11—64
2. 渤海湾盆地东濮油田文179井·····	11—68
参考文献·····	11—69

结论与建议

中国含油气盆地粘土矿物研究及其在石油勘探开发中
的应用附图图册一本: 共计204幅图

中国含油气盆地粘土矿物研究及其在石油勘探开发中
的应用图版一本: 照片共计80张

附录一 粘土矿物与粘土矿物分析(单行本)

(赵杏媛、张有瑜)

附录二 粘土矿物X射线衍射定量分析方法(单行本)

(陈洪起、赵杏媛)

附录三 天然粘土样品分析的伊利石/蒙皂石间层矿物的间层比

计算方法(单行本)

(陈洪起、赵杏媛、张有瑜)

附录四 锂溶液饱和处理法区分蒙脱石和贝得石(单行本)

(陈洪起)

附录五 粘土矿物油层损害机理及防膨剂选择研究(单行本)

(楼甘亮、赵杏媛、王经科)

第四章 中国西部挤压型含油 气盆地粘土矿物特征

我国西部盆地的总体走向为北西西向，位于板块构造运动的聚敛环境之中，地应力均以挤压为主，该区的构造轮廓主要受特提斯洋壳俯冲，印度板块向北推挤所控制，与我国东部盆地相比，无论是盆地分布、类型和发育机理等方面均表现了明显的差别。

本章主要研究柴达木盆地、准噶尔盆地、塔里木盆地和河西走廊的酒西、酒东、民乐盆地。

本章研究的层系有第三系、白垩系、侏罗系、三叠系、二叠系、石炭系。

西部含油气盆地常见的粘土矿物有伊利石、伊利石，蒙皂石无序间层，伊利石，蒙皂石有序间层、二八面体蒙皂石（蒙脱石、贝得石）、高岭石、三八面体绿泥石和三八面体绿泥石，蒙皂石间层；不常见的粘土矿物有二八面体绿泥石、二八面体绿泥石，蒙皂石间层、钠板石、柯绿泥石和坡缕石。

西部含油气盆地粘土矿物分布类型（分布特征）与东部含油气盆地有明显差异，最主要的区别是东部盆地大部分地区粘土矿物分布属于正常转化型（I型），而西部盆地基本不存在这种分布类型。主要为不正常转化型（II-a亚类、II-b亚类）、伊利石+绿泥石组合型（IV型）、高岭石组合型（V型）、蒙皂石组合型（VI-a

亚类)和蒙皂石→绿泥石转化型(Ⅲ型)。

以下将以盆地为单位,分别叙述其地质概况、粘土矿物种类及矿物组合、粘土矿物分布类型(分布特征)、控制因素及主要应用。

一、河西走廊地区

(一) 石油地质概况

河西走廊地区属祁连—秦岭褶皱系与阿拉善地块之间的过渡带,北以走廊北缘深断裂,南以北祁连北缘深断裂,分别与阿拉善地块及北祁连褶皱带分界,在加里东褶皱基础上沉积有石炭二叠系海陆过渡相地层。印支燕山期的断陷活动,在走廊地区形成酒西、酒东、民乐、花海与武威等盆地(图4—4—1)。侏罗—白垩系为内陆湖沼—河湖相沉积。这期间断陷主要受北东向断裂(可能还有北西向)的控制,具有东西分块(三叠侏罗纪存在南北分带的可能)的特点。例如在酒西盆地,从西向东分布有青西、石北与大红圈等凹陷;在酒东,相同的方向上有营尔、马营等凹陷,凹陷与凹陷之间都有凸起(图4—1—2)。每个凹陷都是一个生油中心,平面上是多凹陷生油。早期喜山运动使盆地转入拗陷,沉积以河流相为主的河湖相红层,与中生界构成生储盖匹配(图4—1—3)。随后盆地在喜山期受到挤压而消亡,同时在山前产生