

国际重质原油开采会议 论文选集

上册

石油工业出版社

TE35

9

2:1

国际重质原油开采会议论文选集

上 册

刘文章 唐养吾 等译

石油工业出版社

3 265093

内 容 提 要

本书选译了第一、二两届国际重质原油会议的论文34篇,介绍了国际上对重质原油及沥青的定义和分类,各国的重质原油资源和评价以及重质原油和沥青砂的开发工程、先导试验及开发设计方案。

本书适合广大石油开发开采工程技术干部及管理干部阅读。

国际重质原油开采会议论文选集

上 册

刘文章 唐养吾 等译

*

石油工业出版社出版

(北京安定门内外使馆东后街甲36号)

妙峰山印刷厂排版印刷

新华书店北京发行所发行

*

787×1092毫米16开本 21⁸/₄印张 522千字 印1—2,200

1985年6月北京第1版 1985年6月北京第1次印刷

书号: 15037·2508 定价: 4.55元

前 言

重质原油和沥青砂资源已引起世界上产油国家的重视,这类石油资源的勘探、开发和综合加工的科学技术有了很大的发展。进入八十年代以来,重质原油的开发规模正迅速扩大。为了促进技术合作和技术交流,加速这一资源的开发步伐,弥补世界轻质油生产的不足,由联合国训练署(UNITAR)主持,于1979年6月在加拿大召开了第一届国际重质油及沥青砂学术会议;以后于1981年2月在纽约召开了一次专家会议;在这些活动的基础上又于1982年在委内瑞拉召开了第二届国际重质油和沥青砂学术会议^①。从这两届会议的报告、论文和讨论的问题来看,可反映出以下动向:

一、世界各国都重视、强调加速重质原油的勘探、开发和综合利用。

第二届国际重质油会议主席阿方索在开幕式上说:“我再重复第一届会议主席的一句名言,我们正进入一个新的石油时代,重质油的时代。”

重质原油和沥青砂资源是天然石油资源的重要组成部分。差不多各个产油国家都有这种重质油田及沥青砂矿。美国、加拿大、委内瑞拉的这种石油资源尤为丰富。据会议资料估计,世界上重质原油及沥青砂的地质资源超过普通的轻质原油。全世界普通轻质原油资源估计有3600亿吨,可采储量1350亿吨,而重质原油的资源估计有9000亿吨,可采储量1800亿吨。加拿大有近10000亿桶(1590亿方)地质储量。委内瑞拉东部奥里诺科油区已探明可采储量213亿吨,估计地质储量有1000亿吨以上。美国也有200亿吨的重质原油储量。近年来各国石油专家认为,轻质原油的开发受到储量增长的限制,尽管还将发现轻质油田,但不会像过去那样多,而目前产量仅占世界总产量5%的重质原油的开发必将起到弥补轻质原油不足的越来越重要的作用。从长远来看,其他能源将会有发展,但是重质原油和沥青砂毕竟较其他新能源容易开发,而且比较便宜。此外,液体碳氢化合物作为动力燃料和化工原料的独特优点是其他新能源所不能代替的。

所以,各产油国家近年来对加速研究和开发重质原油及沥青砂的工程技术越来越重视,尤其是委内瑞拉、美国、加拿大等国。委内瑞拉政府把加速开发重质原油,尤其是开发奥里诺科重油区做为国家最重要的经济建设重点项目,从投资、科学研究、吸引外国资金、技术及相应的地区等方面采取了许多措施。目前委内瑞拉的重质原油产量已达4200万吨/年。加拿大于1975年建立了阿尔伯达重油及沥青砂技术研究院(AOSTRA),以便促进和帮助阿尔伯达重油及沥青砂的商业性开发和炼制技术的发展。同时,由联合国训练署发起,在纽约成立了一个重质油及沥青砂技术情报中心(UNITAR/UNDP INFORMATION CENTRE FOR HEAVY CRUDE AND TAR SANDS)以促进国际间重质油及沥青砂的技术交流。

二、重质原油分类标准较以前提高了,意味着开发重质原油的工艺水平有了新发展。

以前各产油国对重质原油的划分标准很不一致。在第二届会议上对此问题取得一致意

^① 两届会议上的论文由联合国训练署出版,书名为《The future of heavy crude and tar sands》。

见。按原油粘度及比重划分,将比重大于0.9340 (20°API以下),粘度小于10000厘泊的原油称为重质原油;将粘度在10000厘泊以内、比重大于1 (10°API以下)的原油称为超重油;将比重大于1,粘度大于10000厘泊的原油称为沥青。

而在以前,美国曾将比重为0.9042 (25°API以下)以上,委内瑞拉曾将比重为0.9218 (22°API以下)以上的原油称为重质油。

三、对开发重质原油及沥青砂的科学试验大大加强了。

科学试验的规模扩大,和大规模开发工程结合在一起,可行性研究和矿场先导试验活动增加,采油、输油、改质及炼制各专业联合进行系统工程综合设计,技术交流活动增加,技术竞争剧烈。

四、目前开发重质油田及沥青砂矿最有效的方法是注蒸汽开采技术,并研究进一步提高蒸汽驱的途径。美、委、加、苏联、西德、土耳其、意大利、印尼、荷兰等国,都把注蒸汽作为开采重油及沥青砂的重要手段。注蒸汽的工艺技术比较成熟,对于井深在1000米以内的油田,已工业化应用。采收率一般在40%以上,甚至有达到55%以上的实例。据统计,美、委、加等三国的注蒸汽采油量合计约3000万吨/年,占各种提高采收率方法产量的四分之三以上。

为了进一步提高蒸汽驱的效果,正在研究和试验将压裂与蒸汽驱结合起来;研究和试验在蒸汽中加各种化学剂,使化学驱与蒸汽驱相结合;加入起泡剂使泡沫驱与蒸汽驱相结合。同时还在研究各种井下蒸汽发生器。所有这些研究和试验都取得了令人鼓舞的结果。

五、重质原油开采中,有杆泵机械采油方法占绝对优势。

六、重质原油生产的综合工程(或系统工程)近年来发展很快。原油脱水、长距离输送、改进品级、炼制及提取稀有金属、脱硫等各个生产环节,综合起来进行系统设计,优选整体工程最经济合理的设计方案,已有实施实例。

七、技术难度很大的开采沥青砂的技术有了发展,但在经济上仍有某些问题。

我国同样拥有巨大的重油资源,近期我国重油产量将有很大的发展。因此,研究国外重油开发技术和经验,培养技术队伍具有重要的意义。因此,我们有针对性地从第一、二两届国际重油开采会论文中选择了部分有参考意义的资料分两册翻译出版,供国内同志参考。秦同洛和王鸿勋、唐养吾同志参加了本书的校订工作。尽管我们作了很大的努力,但由于时间仓促,可能还有很多不妥之处,希读者指正。

主编 刘文章

目 录

前 言

一、重质原油及沥青的定义和分类	1
联合国训练研究署对重质原油及沥青砂油定义的建议	1
采用联合国训练研究署按粘度对重质原油分类的方法	6
法国石油公司对重质原油的分类	11
委内瑞拉能源矿业部对重质原油及天然沥青的分类和定义	17
二、重质原油资源和分类	21
加拿大及委内瑞拉重质原油和沥青的化学性质及油藏特点	21
加拿大阿尔伯达省的沥青资源：将资源变为储量	29
美国的重质原油和沥青砂资源及储量	42
中东重质原油的分布	51
西欧的重质原油油藏	60
亚洲及太平洋地区重质原油和沥青砂产地的评价及其前景	85
苏联开发重质原油和沥青的途径	97
三角洲河流砂层蒸气驱工程区的沉积地质研究	99
委内瑞拉重质原油和超重质原油沉积产状	106
三、重质原油和沥青砂的开发工程、先导试验及开发设计方案	115
重质原油勘探开发四十年的经验	115
波斯肯油田的开发	124
麦洛尼斯油田的开发	133
荷兰斯邵尼比克油田的注蒸汽工程	148
科诺科公司南得克萨斯沥青的开发方案	157
委内瑞拉M-6蒸汽驱工程的早期动态分析	166
梅内文公司瓜尼巴100号开发工程	185
美国沥青砂的开采工程	196
采用蒸汽吞吐法开采加拿大冷湖天然沥青的经验	208
在先导试验之前通过单井试验优选矿场先导试验方案	217
在委内瑞拉奥里诺科重质原油带拉戈文公司DSMA方案的基本生产规划	223
奥里诺科重质原油带的采油特点	230
美国中途日落油田在蒸汽中添加添加剂的先导试验	243
阿曼注热水、蒸汽和聚合物的试验计划	256
美国犹他州沥青砂油藏的蒸汽驱试验	270
加拿大阿尔伯达省格诺斯蒙特碳酸盐岩先导试验工程的地质及开采历史	280

研究重质原油油藏水锥的数学模型	286
油田蒸汽发生器和隔热油管的应用及其经济分析	300
强化热采法提高重质原油采收率的前景与潜力	312
注蒸汽和注溶剂相结合	326
微生物在重质原油形成中的作用	340

一、重质原油及沥青的定义和分类

联合国训练研究署对重质原油及沥青 砂油定义的建议

专家组 刘文章 译

引 言

世界各国和各组织对重质原油及沥青砂油所下的定义差别很大。联合国训练研究署 (UNITAR) 考虑到由于缺乏一致的定义引起的混乱, 组织了这方面领先的专家讨论了统一定义的问题。在1981年2月23日—25日, 在纽约联合国总部举行了讨论会。

下面就是专家们在十三个报告的基础上取得的一致意见。这些建议将提交给将于1982年2月7日到17日在委内瑞拉加拉加斯举行的第二届国际重质原油及沥青砂油学术会议讨论和采纳。

定 义

1. 重质原油和沥青砂油 (沥青) 是天然存在于孔隙介质中的石油或类似石油的液体或半固体。沥青砂 (Tar Sand) 也叫油砂、油浸岩层、含沥青砂层。

2. 这种油可以用粘度和密度来表示特性。

3. 在确定国际石油资源时, 应当采用粘度给重质原油和沥青砂油规定界限, 当粘度测定数据缺少时, 则采用密度值 ($^{\circ}\text{API}$)。

4. 重质原油是指在原始油藏温度下脱气油粘度由100到10000厘泊或者在 15.6°C (60°F) 及大气压下密度为 $934\text{—}1000\text{公斤/米}^3$ (10°API) 的原油。

5. 沥青砂油是指在原始油藏温度下脱气油粘度超过10000厘泊, 或者在 15.6°C (60°F) 及大气压下密度大于 1000公斤/米^3 (小于 10°API) 的石油。

6. 除上述以外的原油, 分类为中质原油及轻质原油。

7. 重质原油及沥青砂油主要由碳氢化合物组成。这类油一般只含少量具有高度挥发性及易于蒸馏出的碳氢化合物, 往往含有大分子量脂族烃及萜烷碳氢化合物的百分数高, 沥青含量百分数高, 而且含有大量的氧、氮及硫的化合物。重质原油的组分是有变化的, 不同沥青砂的油并不一样。重质原油及沥青砂油通常含有3% (重量) 或者更多的硫, 常含有几百到2000ppm以上的钒。镍和铝也常是这类油的微量成分。

8.对于重质原油及沥青砂油的成因没有简单的解释。有证据表明,在油藏中,当微生物侵入某些中质的及轻质的原油时,这些原油中的轻馏分便消失了。另外还认为,某些重质原油及沥青砂油是由于含氧的地下水侵入油藏产生氧化过程而形成的。然而在某些这类油中,钒的含量或者钒和硫二者的含量特别高的原因,用这些过程是解释不了的。

9.重质原油及沥青砂油在世界上广泛分布,除南极洲外各大洲都有。埋藏深度最大到12000英尺。在各种地质构造及地质年代的地层中,各种气候的陆上及近海地区,都有重质油分布。最近几年来,已有可靠的资料证实了这些产地。过去这样的资料几乎是没有的,甚至没有指望会发现重质油藏,建成的管线只开发轻质油藏,或者废弃不用,甚至都不作试验。今天世界上重质原油和沥青砂油的资源,使用现有的或目前能指望的技术开发,可采储量估计超过1600亿吨。估计总的资源有6000到10000亿吨。目前重质原油和沥青砂油的世界年产量据信是1.9亿吨以上,累积产量超过70亿吨。这些估计数字中未包括苏联及中国。

10.埋藏浅的沥青砂矿可以采用露天开矿技术开发,从采出的沥青砂中提炼石油。对埋藏深的重质原油及沥青砂矿藏,热力方法是主要的开采方法。这些方法包括注蒸汽及火烧油层,其主要目的是降低粘度,并增加重质原油及沥青砂油的流动性。提高开发水平的新方向(即与注蒸汽相结合的电热、注入溶剂、地道及水平钻井法等)目前正在积极地研究,以加快将来重质原油及沥青砂油资源的开发。

联合国训练研究署对重质原油及沥青 砂油定义的建议的附录

Michael Danyluk 刘文章 译

在1981年2月23~25日联合国训练研究署(UNITAR)召开的专家会议上,就重质原油和沥青砂建立国际上定义问题进行了深入的讨论。为了鼓励评论,提出建设性的批评及采纳国际上的定义,一致同意在规定的定义中再增加一个附录。以下各点就是此附录的内容。它简要的总结了这次专家会议讨论的主要问题,并包括了所提定义的要求和优、缺点。附录中也包括了在二月会议后通过通讯连系收集到的意见。

1.随着常规石油储量的减少,重质原油及沥青砂油正在发挥着日益重要的作用,以满足目前及将来世界能源的需要。需要有一个国际上的标准来一致地表征重质原油及沥青砂的产状并建立一个国际石油资源的基础。联合国训练研究署为此而建议的定义有利于进行资源评价,而不是为了法律的或其他规则的目的。

2.参加联合国训练研究署1981年2月会议的某些参加者也参加过以前为此目的召开的会议,特别是1980年8月美国能源部沥青砂工作组在维吉尼亚召开的会议,以及1979年6月联合国训练研究署和加拿大阿尔伯达油砂技术研究局(UNITAR—AOSTRA)在埃德蒙顿召开的会议。因此,这次1981年2月的专家会议也吸取了其他会议的成果及大量的背景资料。值得注意的是,世界石油会议的国家委员会目前也正为此定义问题展开工作。

确定一个能够区分重质原油和沥青砂的独特的明确定义是一个长期以来存在的复杂问题。在国际上,各种制定技术规范的小组迎着这一挑战工作了十多年。例如,美国联邦石油协约委员会(IOCC)最近提出一个定性的定义,与美国内政部1972年提出的建议相类似。IOCC的定义是:“沥青砂是指含有的石油粘度太高以致不能进行商业开采的岩石”。为了用于各种政治性的、程序性的、税收的或其他目的,可以在这个定义上加上一些修饰语,警句或数字。

沥青砂(Tar Sand)这个词通常是应用于含有某种沥青物质的各种岩石。虽然这个词是描述某种类型的岩石及其含有的粘性石油,但严格来讲是用词不当。沥青(Tar)是指一种炼油产品,而砂(Sand)往往只指未胶结的颗粒状矿物物质。然而沥青砂(Tar Sand)平常用于描述天然产于各种类型岩石中的沥青,而且已经得到国际上的采纳。含沥青岩石可以定义为有孔隙的胶结岩石,也可以是未胶结的岩石,其中含有很粘的半固体到固体状沥青,这种沥青在天然状态下是不能用一次采油方法采出的。沥青岩包括沥青砂、含油岩、沥青质砂岩、沥青质石灰岩、岩石沥青及油砂。非沥青岩,如煤及油页岩不包括在内。在所建议的定义中,沥青砂油(Tar Sand Oil)和沥青(bitumen)这个名词可以交换使用。在此定义中所指的孔隙介质包括砂层、砂岩(有不同程度的胶结性)及石灰岩。

3.对重质原油及沥青砂矿藏有用的定义必须符合两个基本要求。第一,应当是定量的,而且以容易测定的特性为基础。第二,定义应当承认目前有用的资料及公认的习惯。

因此，推荐的定义界限首先是根据粘度，其次根据密度测定值。

分类标准首先取原始油藏温度下的原油粘度，因为这个特性与产能密切相关。只有不能取得满意的粘度数值时，才建议采用原油的密度(比重)。原油粘度与比重的关系并不是准确到足以能用比重代替实际粘度的测定值。在报告资料中，建议采用国际度量单位(SI)。

4.重质原油及沥青砂油(沥青)是天然产出的复杂的混合物质，它的化学物理特性变化很宽。不仅在不同地理位置上的油藏之间发现光谱性质变化无常，而且在给定的一个石油产地在其平面及垂向位置上也如此。

虽然根据了某些实际经验(主要是加利福尼亚州重质原油)，所推荐的原始油藏温度下粘度为10000厘泊的习惯数值基本上是一个重质原油和沥青砂油之间的大致界限。据认为，所推荐的定义界限虽然是个粗略的界限但对目前的目的是可取的。

例如：为实用目的在标准条件下不能区分的两种油，可以依据原始油藏条件确定为重质原油或者确定为沥青砂油。同样，对于非均质性程度高的油藏，此定义界限不可作为唯一的标准。这种情况下，需采用最有代表性的描述特征，或者参照具体资料适当确定。

5.推荐采用脱气油或死油粘度，因为它容易测定。要把重质原油及沥青砂油藏中产生的少量溶解气收集起来测定其数量并重新复配到原油中去是很困难的。但是如果技术上可能的话，总的意见是应优先考虑测取含有溶解气的原油粘度。

6.为了执行以粘度为主的定义界限，需要将取样、测定及报告方式标准化并备有证明文件。此次专家会议没有具体地讨论建立这些标准，但会议认为以下问题需要加以阐明和标准化：

(1)油藏温度测量及参照深度；

(2)井底流体及岩芯样品的取得、处理及储存情况；

(3)粘度测定方法，包括样品准备及测定外推到原始油藏温度下的粘度值。

建议将测定方法的着重点放在重质原油和沥青砂油分界带之间(5000到15000厘泊)，并且测定程序按工业经验及美国材料试验学会(ASTM)的标准来确定。例如，许多主要用锥体及塔盘粘度计测量的ASTM标准常用于表征粘性材料。从今后对非牛顿流体流变性质的测定观点看，锥形及塔盘粘度计测定方法是最有希望应用的，因为能够详细说明和控制剪切应力测定条件。

7.由UNITAR推荐的此定义界限仅是迈向世界上重质原油及沥青油砂矿藏资源评价的第一步。对巨大的资源或储量进行评价，也需要采用专门的命名学和分类学以及详细的分类体系，以便提供有意义的可比资料。例如，为确定石油地质储量，需要规定下限标准，或含油饱和度及油层厚度的取值下限(注：加拿大ERCB采取含油饱和度为3%重量，厚度为1.5米作为下限)。这些标准不包括使用有指望的技术或在可预见到的经济条件采不出来的那一部分原油储量。

为了使国际上资源资料有一个一致的基准，专家组认为需要统一采用资源评价的术语和定义界限。但是专家组也考虑到大多数参加国已经建立了评价标准和术语，有技术的(饱和度和油层厚度、顶部深度、最小油井密度、电测一岩心分析关系，……)及经济的(采油成本、市场条件，……)界限。例如，美国USGS在1980年第831号通报中公布了修改过的推荐的“矿物资源及储量分类原则”，全面应用于包括能源材料在内的矿物资源。加拿大阿尔伯达能源资源保护委员会采用公认的惯例及术语来评价加拿大重质油及油

砂矿藏已有近20年的历史了。

由于时间限制，这次联合国训练研究署专家会议未能推荐出用于国际上重质原油及油砂矿藏资源评价的有关术语和定义界限（如地质储量、探明储量、确定储量、可采储量或最终储量（in-place、proven、established、recoverable or ultimate reserves））专家组认为国际上的资源资料报告，应当包括对所采用的评价标准的陈述，特别是可采储量，所指具体油藏的特性必须阐明。将来由联合国训练研究署发起的会议应当就此问题进一步澄清和评论。

译自《第二届国际重质原油及沥青砂学术会议论文集》

采用联合国训练研究署按粘度对重质原油分类的方法

B.J.Gibson 刘文章 译

摘要 为了便于进行国际上的交流、资源评价及技术合作，需要有一个对重质原油及沥青砂油（沥青）的统一定义。

在1979年，由联合国训练研究署（UNITAR）召开的第一届国际重质原油及沥青砂会议上，按照原油的物理化学性质确定了重质原油及沥青分类的数量界限。至少采用了七个不同的界限，主要是根据API度数，粘度或化学特性划分的。在1981年2月，由联合国训练研究署组织的专家组根据粘度推荐提出了重质原油及沥青的分类标准。在原始油藏温度下粘度大于10000厘泊的油定义为沥青，粘度由100到10000厘泊的油定义为重质原油。广泛应用此定义需要有标准化的方法来准备重质油的油样及测定粘度。

测定粘度的不同方法各有优点与限制。目前实际应用的样品准备及处理技术也能影响测定的粘度。为了有助于制定测定方法，统一采用以粘度为主的分类标准，本文着重评论了取样及测定方法问题。

引言

过去已有许多物理的及化学的标准可以用于描述和定量地确定碳氢化合物产状特征。在应用这些标准来分类或区别重质原油和沥青砂油（沥青）时，往往有些任意性。已经作为分类基础的某些定量特性包括：API重度、凝固点、采油方法、含硫量、粘度、油藏内液体的流度、商业产量、油藏或油层类型。

联合国训练研究署组织的专家会议推荐以粘度为主对重质原油及沥青砂油（沥青）进行定量分类，分类标准列于表1。

表1 由UNITAR推荐的重质原油及沥青分类标准

分 类	第 一 指 标	第 二 指 标	
	粘度 ^① ，厘泊	密度，60°F，公斤/米 ³	°API，60°F
重 质 原 油	10 ² —10 ⁴	934—1000	20—10
沥 青	>10 ⁴	>1000	<10

注：①指在油藏温度下的脱气油粘度，用油样测定或计算出。

上述建议的分类标准的由来将提交此次第二届会议进一步讨论。

分类需要作些解释说明，提出的一些界限实质上是有任意性。例如，对于一个具体油藏的原油来说，如果油藏温度测定不确切，或者油藏内原油特性分布不均，都会引起分类的混乱，似乎分为哪一类都行。以粘度为主的分类界限有利于生产者，因为它指明了原油

在油藏中的流动性及产油的潜力大小。油层中有溶解气，可以降低原油粘度，但为了测定方法简便，采用脱气油样测定粘度分类。在取岩心或油样时，往往损失掉地层油中的溶解气，将油样恢复到原始比例状态既困难又费钱。因此，测定粘度将重质原油分类往往受到两方面的影响，即复配到油藏状态受到实际条件的限制和测定方法的限制。

在以粘度为主的分类标准建立后，应用此标准的测定方法要标准化。本文提出了几个必须考虑和标准化的内容。

取 样 及 操 作

测定粘度的油样来自：1) 从油层岩心中提取；2) 从井底取常温油样；3) 从生产油井井口取样。

重要的技术问题是一定要取得井底原始状态下的油样。在取岩心过程中，岩心污染是不可避免的。当岩心取到地面时，浸入的钻井液及岩心中的束缚液体和气体，由于压力下降而发生膨胀是不可避免的。采用油基泥浆取心，会污染油样。建议采用阳离子含量接近油层液体的水基泥浆取岩心，提取油样测粘度。在泥浆中不能加入表面活性剂或其他化学处理剂，除非这些添加剂不影响原油性质。pH 值高的泥浆及高泵压容易将岩心中的油冲洗出，影响以后的分析。

目前，减少疏松岩心受污染的新技术包括将岩心装进岩心筒内的橡胶套内，用塑胶或石蜡将岩心密封，装入塑料袋中，低温冷藏，防止氧化、脱水、挥发轻馏分。高压岩心筒密闭取心是很贵的，并且有时是低效率的。

岩心或油样取出后，暴露在大气压下的操作及运输对测定粘度有很大影响。原油氧化将增加高分子重量，从而使粘度增加。将岩心放在塑料管中充入氮气，重新包上铝箔纸，进行冷藏，这是常用的储存及运输的方法。其他一些方法在文献中也有介绍。从高压岩心筒中取出岩心是更为复杂的操作，要在低温下替出岩心筒的钻井液，在打开岩心筒的同时要将岩心降到液氮的温度。

用钻杆测试取油样或其他取油样方法就不需要从油层岩心中抽取油样了，但仍然必须防止氧化及受油溶性液体污染。如果可能的话，从不同深度或不同井点取多层油样，提供代表油藏原油的样品。在测定粘度前，必须用离心机或真空旋转蒸发器脱水及清除机械杂质。

在井口取产出液的油样时，必须确保油样没有受到化学添加剂或掺入轻油的污染。在取样前，必须关停注化学剂的泵，并冲洗管线。产出油中也含有水及机械杂质，因此在测定粘度前必须清除掉。

油 藏 温 度

原始油藏温度是推荐的划分重质原油标准所需要的重要参数。必须准确地测取油藏温度，因为重质原油的粘度对温度很敏感。采用井温电测曲线来确定油藏温度，但必须测取整个油层段的温度，取得有代表性的温度值。

油 样 准 备

现场取样，保存样品及室内操作方法都对测定粘度有很大影响。首先要从岩心中抽取油样，通常用索氏抽提器，将压入塑料筒中的岩心砂、水、油等样品，用溶剂反冲洗出来。冲洗出的水要凝结并收集在有刻度的玻璃器皿中。要保持原始油样不发生变化，取决于溶剂的抽提效率，抽提出油中的全部成分而不引起原油组分的分离；保持温度稳定；测定粘度前容易去掉溶剂。

曾采用分析抽提矿物的残碳的方法对比了各种溶剂的抽提效率，如：甲苯、二硫化碳、吡啶，氯仿及二氯甲烷等，但没有报告过这些溶剂对粘度的影响。索氏抽提法允许矿物微粒进入溶剂——原油抽提物，但抽提后必须用过滤或离心法去掉它，因为微粒会影响到增加视粘度测定。抽提后去掉溶剂的问题要引起注意。采用旋转蒸发器在真空下去掉溶剂时，同时也会去掉原油中的轻质低沸点组分。如不用真空方法，使溶剂蒸发的温度也会引起原油热裂解。要用蒸馏方法去掉一种溶剂原油很有效的溶剂，也是有困难的。残余溶剂含量对粘度值很敏感，如图1所示阿萨巴斯卡沥青中甲苯残余量的影响，两种剪切速度的数据可进行比较。如果溶剂稀释量最小，预计沥青性质的变化也将是非常小的。沥青中的低残余溶剂量可以抵消蒸发时从重质油中去掉的轻质馏分。当溶剂含量比较高时，也可以用不同的溶剂残留量与原油粘度曲线外推至溶剂为零含量，并求出粘度。有些油含有低溶剂残留量时，粘度降低并不显著，影响不大。对于粘度接近10000厘泊界限的油，必须尽可能降低溶剂残留量。除了溶剂蒸发时能损失掉重质油中的挥发性组分外，还有一部分碳氢化合物由于不易溶解于溶剂中，抽提不出来，残留在岩心中而损失掉。例如，阿萨巴斯卡沥青砂在用甲苯抽提后，观察到残碳物质仍留在砂中。

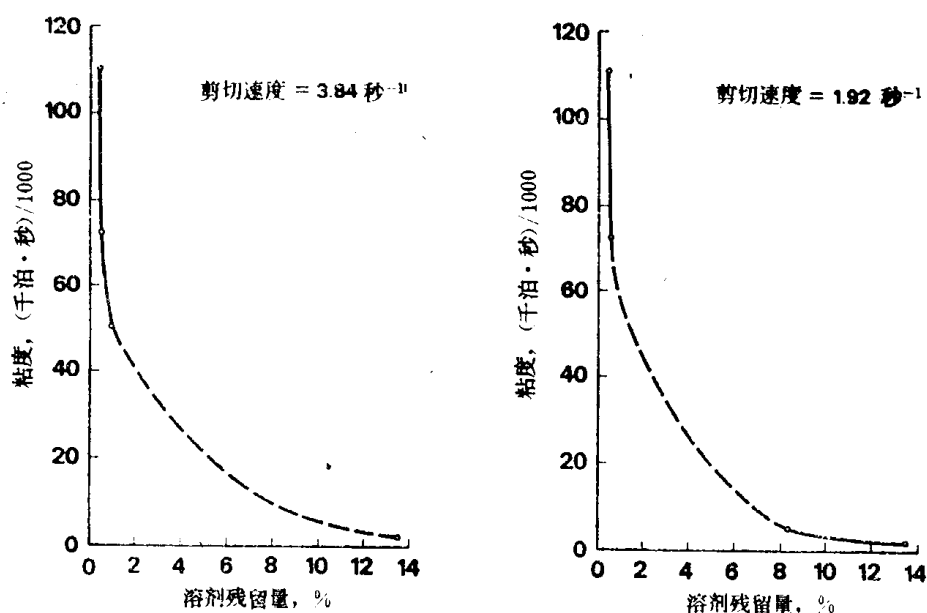


图 1 阿萨巴斯卡沥青中残余溶剂对粘度的影响 (26.7°C)

也研究过在实验室从岩心中回收油样的其他溶剂抽提方法。例如用水或天然气驱替而后分离，但太慢，只能采出少量的油，残留在岩心中的油太多。在蒸馏掉水后，某些盐类

可能还留在油中。有时要分离出驱替水还需要加入溶剂，但又造成残余溶剂分离不出来的困难。

总之，重质油粘度测定值很大程度上取决于油或岩心的来历。上述诸因素对粘度的影响问题还有待做更全面的研究。

流 变 性

按粘度为主划分重质原油与沥青，必须彻底了解原油的流变性。油的性质也会影响到测出的粘度值。有些文献指出，某些重质原油并不全是牛顿流体。这意味着粘度在固定温度下是随剪切应力与剪切时间变化的。有的试验报告指出，当剪切应力稍有增加，粘度下降约10%。因此，在测定粘度时，必须将屈服值或随剪切应力的变化值记录下来。粘度随剪切应力的变化值可能在某个温度范围内是不一致的。

粘 度 测 定

表 2 粘 度 测 定 方 法 比 较

序 号	方 法	粘度范围 厘泊	温度范围	压力范围	对重质原油的 适 应 性	估价美元	说 明
1	旋转粘度计 ASTM, D2983-72, D2240	取决于剪切速率 10^{-3} — 10^9 一般 10^3 — 10^5	最 大 300°C	最 大 100大气压	目前通用于重 质原油研究	1800— 55000	可测定不同 速率的流变 性，温度控制 到极限，油样 少
2	玻璃毛细管粘 度计 ASTM D445, D2162	10^{-2} — 10^5	最 大 150°C	大 气 压	管壁膜影响测 定粘度精度，温 度受限制	3000	需恒温浴， 测出动力粘度， 油样杂质可以 堵毛细管
3	赛氏粘度计 ASTM D88— 56, E102	1 — 10^3	最 大 230°C	大 气 压	粘度低，测重 质原油需要时间 长	2000	需恒温浴， 测出赛氏秒 数，用不同大 小的孔眼
4	落球式粘度计	10^{-2} — 10^6	最 大 250°C	最 大 1000大气压	测筒中看不见 球，球上油膜及 自动控制系统有 困难	500— 10000	需要精确控 制温度
5	金属毛管粘度 计	10^3 — 10^9	最 大 300°C	最 大 700大气压	可用于高压， 注满管线有困难	20000	需要少量油 样，国产仪器 可用标准进行 校验

注：(1)英文名依次为：1.Rotational Viscosimeter. 2.Glass Capillary (ostwald) viscosimeter.
3.Saybolt Viscosimeter. 4.Falling Ball viscosimeter. 5.Metal capillary viscosimeter.

(2)ASTM为：American Society for Testing and Materials Standards.

油样选定之后，还要有合适的测定方法。测定方法很多，有些方法测出绝对粘度，以厘泊为单位，其他方法用以和理想条件下的测定值进行对比。表2中列有目前商业应用的几种粘度计，其他正在研制及特殊的方法没有列在表内。用第2到第5种方法测出的是运动粘度(μ)，因此要换算为绝对粘度 η 的厘泊单位时，需知道油样的密度(ρ)。即： $\eta = \mu \cdot \rho$ 。

测定密度必须在测粘度的同样温度下进行。粘度计应定期用已知粘度和温度关系的标准液进行校验。

使用粘度和温度曲线外推重质原油这种非标准液在测定数值以外的粘度是可以的，但有限度，可以采用粘度与温度间的双指数关系式或美国材料试验学会(ASTM)用此公式特制的坐标曲线纸外推出很大温度范围的粘度值。有报告说，用此方法对不同油样的外推粘度最大误差达25%。因此建议尽量测定接近油藏实际温度下的粘度值。

粘度测定并不是简单的事情，要经常校验粘度计，操作人员要有相当高的熟练程度。有些旋转粘度计及金属毛管粘度计在现场使用时常受到电压或环境温度的影响而波动太大，不准确，应在室内控制条件下测定。

结 论

上面只讨论了有关粘度测定的问题。如果采用第二指标来分类时，同样要考虑机械杂质及水对油样的污染等问题。

统一采用联合国训练研究署推荐的以粘度为主的分类方法要克服许多困难，许多方面必须标准化。

1. 取岩心、贮存及操作方法的选择必须避免引起油样变化并在原始油藏条件下保存。
 2. 用于测粘度的取油样方法也必须标准化，力求避免引起原油性质的改变。
 3. 粘度测定最常用的方法之一是旋转粘度计，可以作为广泛用于实验室及油田现场的标准方法。
 4. 要将测取油藏温度成为惯例。
- 最好由API及ASTM共同组织专门会议确定标准方法。

译自《第二届国际重质原油会议论文集》