

用烃类溶剂代替酸清除某些地层堵塞

G.E.King, G.B.Holman Jr.
Amoco Production Co.

张朝琛 译
王 波 校

摘 要

烃类溶剂, 诸如二甲苯、甲苯和各种醇类均与酸类一起使用, 有时还可代替酸液清除某些类型的地层堵塞。除了人所共知的去除石蜡及焦油的作用外, 这些溶剂可以卓有成效地用于清除油基泥浆的堵塞、油泥、油湿所引起的各种麻烦及许多种乳状液。此类溶剂还可以用作酸类的前置液或与酸类混合以增强酸液的作用效果。溶剂的应用是否成功取决于是否选择了合用的溶剂, 以及是否在最佳状况下施工。采用溶剂的好处是可以减少或者不用酸液并可避免用酸带来的腐蚀及沉淀等问题。

本文论述溶剂类型的选择、用量的确定及其应用的办法。讨论了这些溶剂与各种乳状液及油泥的作用, 并对如何确定最佳反应次数提出了建议。在实验室内拟定了工艺细则, 并在现场试验中取得优异效果。提供了室内及现场的试验结果。

一、引 言

由于完井措施而引起的或天然生成的许多种地层堵塞情况, 使用某种有机溶剂比使用某种无机或有机酸更易清除。虽然酸化曾经是一种通用的处理很多类型地层堵塞的办法, 但对许多堵塞情况所作的实验室检测却表明, 酸化对某些类型的堵塞是无效的, 而且实际上可能使少数的堵塞情况更趋恶化。此类堵塞情况若不用酸而改用各种溶剂却可卓有成效地加以处理, 本文将就此问题作适当的展望。

二、讨 论

要用溶剂进行处理的各种堵塞情况可划分为两大类: 其中一类用减少表面张力的办法消除水堵; 另一类是清除油基堵塞物料, 诸如石蜡、沥青、油泥、乳状液及油基泥浆等。

1. 水堵

过去, 气井排水都是用酸和醇类溶液进行处理, 或者用酸和共溶剂溶液来处理。这些液体体系都是力求减少被圈捕在岩石孔隙中的注入水的表面张力。称之为“水堵”的这些堵塞情况, 通常都是在下述情况下发生: (1) 当孔隙喉道非常小时; (2) 当注入到岩石孔隙中的水未经处理时 (即减少其表面张力); (3) 当井底压力较低时。最容易发生这类堵塞情况的都是些浅的低压气层, 它们常在修井时被憋死, 或者被套管漏失处进来的水或产出水

所憋死。碰到这些情况时，一般都是减少孔隙中的水的表面张力并提供某种类型的能量以便有助于把这些水产出来。倘如这一地层是一个气层，最成功的处理办法是对该层用每米厚度为185到370升（15—30加仑/英尺）的甲基醇或者是用甲基醇和水的比例为50:50的混合物进行处理，并用氮气进行过量顶替，把处理液排离井底2到3米（6到9英尺）的距离。醇类可以使任何接触到的水的表面张力降低。氮气则可促使醇类与水混合，从而将在井底周围的孔隙中又重新建立起为气饱和的状况。气体又可提供能量使从岩石孔隙中返产出的水被举升出井。在大多数场合下，由于免去了用酸及在酸中通常都要掺入的昂贵的各种添加剂，这种处理方法的费用是非常少的。尽管甲基醇由于其廉价是现场最常用的醇类，但异丙醇及各种乙醇也都是可用的。

在某些情形下，为了对一口气井进行处理使其井底重新建立起为气体所饱和的状态并提供举升气体及水的能量，可以用注入气态氮或液态二氧化碳的办法来解决。无论用那一种注入体系，即使是这些注入体系没有一种能够降低水的表面张力，但都总是能提供举升气体及水的能量。此类气态化的井底处理办法均可使地层保存其相对较高的渗透率和保护具有天然裂缝的地层。在这些地层条件下用这种气态化方法处理的地层体积将有某些变化，这要根据具体井况而定，但通常都是推荐至少要处理从井筒往外两米的范围。

2. 用有机溶剂处理地层堵塞

单一物质的堵塞，诸如石蜡及沥青质沉淀和无固相的乳状液的堵塞，如不使酸与之接触，反而可以更有成效地清除它们。当堵塞物中含有无机质固相时，诸如夹杂有石蜡层的水垢或者是靠粉砂而稳定的油泥及乳状液，就需要用酸液来把那些可溶于酸的组分抽走，或者是用酸把乳状液中在乳滴界面上起稳定作用的细尘除掉。总而言之，不用溶剂配合的酸液，对呈层状的石蜡及水垢的处理效果是十分有限的，而对于油基泥浆堵塞来说，用酸处理毫无好处可言。

用于处理油层的溶剂，其选择要依据受损害的类型和范围而定。若用于清除原油敷堵及处理大多数乳状液，那么使用在原油中的溶解能力比较小的溶剂就行。采用某种共溶剂，诸如乙烯乙二醇单丁基醚或某种醇类混合物是合适的。对大多数稠油或油外相乳状液来说，或者是在那些沉积物中含有固相化石蜡或沥青质点的场所，则需要采用油溶能力更强的溶剂。高能溶剂，诸如二甲苯或甲苯，就经常被用来作为酸化以前的前置清洗液。有少数商品溶剂则是由少量的甲苯与某种共溶剂及酸液复配而成的。虽然这些商品溶剂对于几乎所有的天然生成的油外相乳状液具有足够的溶解性，但它们往往不宜于用来清除焦油、硬化的石蜡和重质油基泥浆。

3. 溶剂的选用

具体观察若干溶剂对堵塞样品的作用情况，可使溶剂的选择更有成效。尽管现在已有若干种可对溶剂及溶解能力进行分类的办法，但仍然要用沉积物质的纯质样品进行参比试验。油田的石蜡及沥青则很少是单一纯净的物质。

表1是根据实验室及现场试验结果作出的，可作选择溶剂时的参考用表。其包括的事例范围系从诸如结蜡堵塞等自然形成的麻烦到因完井流体所导致的各种损害。对于处理较浅部位的损害来说，每米厚的受损害油层用125到185升溶剂（10到15加仑/英尺）就可以了。若要清理炮眼周围的沥青堵塞和井底周围的堵塞，通常每米油层要用到370升（30加仑/英尺）的溶剂。在钻井作业中按常规采用的许多防流体漏失添加剂，仅靠常规的使用安全的那些溶

剂是无法清除的。有一些添加剂，诸如碎纸屑、碎布、壳粒、锯末及皮革削料，则是无法完全清除的，所以在钻经产油层时要避免采用这些添加剂。

4. 乳状液的清除

至少有四种常见的稳定机理可使各种乳状液成为稳化的乳状液。它们是：界面膜的稳定化作用；靠异常高的内相体积或粘性组分而诱发的粘滞性；诸如二氧化铁、粘土、粉泥及锈垢之类的微粒以及各种静电效应所引起的稳定作用。要卓有成效地清除带有各种表面活性剂的乳状液，必须先搞清乳状液的类型和它的稳化机理。先注入一种有机溶剂，接着注入某种共溶剂或共溶剂与酸的混合物，将几乎能破除所有平常可能碰到的那些乳状液，而不一定要花时间去试验以求确定究竟用那种表面活性剂才正确。

对于许多的乳状液来说，无论是油在水内或水在油内的乳液，用某种共溶剂将会使油水分离开来。这是因为共溶剂既能溶于水相亦能溶于油相中，它们既可以侵入水包油（水外相乳液）也可侵入油包水（油外相）乳状液。用各种共溶剂进行清理，一般就足以破除任何靠界面膜稳定的或靠粘性稳定的各类乳状液。倘若某种乳状液是一种油包水而且油相体积很大的乳液，尤其是当油又是稠油时，那么用甲苯或二甲苯作为前置液也许是必要的，它可以协助共溶剂去破除乳状液。

各种芳香族的溶剂（甲苯、二甲苯等等）对于各种粘性烃类及沥青质都有充分的溶解能力。大多数醇类，尤其是甲基醇、乙基醇及异丙醇都没有足够的溶解于油的能力来有成效地清除那些粘性的油包水型乳状液。

5. 油基泥浆的清除

在路易斯安那州海湾沿岸地区，当一些用油基泥浆钻的井进行增产处理及清洗炮眼时，发现在某些井中由于用酸、甚至用酸与共溶剂进行清洗井底作业时造成堵塞性损害。在检查了若干可能潜在的损害机理和探索其它可能引起麻烦的各个方面之后，最后断定，损害归因于钻这些井的油基泥浆与用来激励油层的酸液或用于清洗的酸与共溶剂体系两者之间发生了反应。在初步搞清了问题所在之后，曾从每口用油基泥浆钻的Amoco公司的井中收集了许多样品。总共收集了约26种不同类型的油基泥浆样品。为了增加这些油基泥浆样品的交叉试验面，曾在实验室内混合配制了各种未受钻屑污染的油基泥浆样品。泥浆比重为9.5到19磅/加仑。

6. 室内试验结果

在用15%浓度的盐酸（HCl）与泥浆按50:50混合进行初步筛选试验中，发现在这种盐酸与现场取来的油基泥浆样品接触后会形成一种很稠的乳状液。这种乳状液即使静置数周仍然稳定，乳滴大小约1毫米直径以下，外面紧密地包一层油外相。这种乳状液即使加热到120°F或者是掺入标准的破乳剂之后依然顽固不化。此类物质的粘度范围可从数百厘泊到与高比重现场泥浆一起固化而生成的很稠的乳状液。

实验室混合的油基泥浆样品（没有钻屑污染），甚至是比重高达16.4磅/加仑的样品，在与酸液搅合时并未生成稳固不化的乳状液。此类用室内泥浆与酸制备出来的不稳定的乳状液，用大多数破乳剂或所有试验过的共溶剂都能轻易地破除。在酸中添加高效破乳剂或某种共溶剂都可防止形成乳状液。

酸类并不是唯一能与油基泥浆生成稠化乳状液的物质。总可溶固相量达60,000ppm的氯化钠盐水及氯化钙和溴化钙的净化重质盐水，也都会与泥浆搅合后生成近似于固态的物质。

某些新鲜的地层水可被吸入泥浆中而不起严重稠化作用或许可从泥浆中分离出来,这取决于掺入的水量及搅合作用的大小。

在这方面的探索产生两个目标:第一,找出一种可以防止乳化而使油基泥浆离散的办法;其次,确定如何能破除现有的各种酸-泥浆乳状液。这些方法的限制条件是,这些方法要能用于井底温度为200到300°F的水敏性储集层的清堵工作上。并且要求这些方法亦能适用于多种泥浆类型。由于以往的试验已搞清楚钻屑微粒是可能成问题一个方面,所以决定第一步先设法清除掉这些钻屑微粒。之所以没有着重考虑使用絮凝添加剂是由于在油井的环境下替置及混合都成问题。不同的溶剂、共溶剂(不包括酸在内)以及各种表面活性剂溶液,都曾用来评价了它们破除此类泥浆及释放出钻屑微粒的能力。虽然上述这些物质很多都能对某一种泥浆甚或少数几种泥浆令人满意地达到上述要求,但是只有二甲苯及甲苯能从所有试验过的各类泥浆中把钻屑微粒分离出来。只要轻微的搅拌就可把钻屑微粒分离出来,而剩下的溶剂-泥浆混合物用任何一种盐水或酸都可驱替出来,并且不致形成乳状液。分离出来的这些钻屑微粒仍然是强烈亲油的,所以需用某种共溶剂及HCl/HF(盐酸/氢氟酸)使其充分离散。

在进行有机溶剂试验中,各种标准溶剂,诸如煤油、柴油和其他一些直链烷烃对于使泥浆充分离散以防在酸与此体系混合时形成乳状液方面是没有什么效果的。这种使油基泥浆充分离散的无能为力的情况,可能是由于在各种泥浆中用了各种沥青质作为防液体漏失添加剂并且在搅拌泥浆时使用了十分强有力的乳化剂的缘故。也曾用少数几种凝析油做过类似的试验,取得了一定效果;但在用某种凝析油以前需进一步用特定的泥浆进行试验。

使钻屑微粒脱出所需要的二甲苯及甲苯的用量随泥浆的类型、泥浆的比重及钻屑微粒的多寡而变,但通常的用量大概是泥浆量的25%到50%。需要某种类型的搅拌作用,以便把溶剂引入到泥浆中去,但从混合以后到钻屑微粒脱出所需的时间,大多数情况下都是以秒计。

尽管曾用少数几种水基及酸基破乳剂做过试验,但在使油基泥浆充分离散方面却很少有成功的。这些水基及酸基破乳剂看来只对很特别的泥浆才有用,而且也还要进一步开展试验以确定其正确的添加量^[1,2]。假如现场所用的泥浆早已从原来试验时的组成变得面目皆非,那么掺入破乳剂大概是不会有任何用处的。在初步试验以后,采用破乳剂的想法就不再进一步考虑了。

要分离和清除由酸或盐水与油基泥浆混合而形成的乳状液是非常困难的。乳状液的粘度就严重地妨碍了使其混合的企图,并且需要漫长的浸润时间,或者要用溶剂及共溶剂/酸反复进行处理。没有那一种已试验过的溶剂有办法使初始比重超过14磅/加仑的泥浆所形成的乳状液完全彻底地离散。最为有效的处理办法包括搅拌作用、浸润,而更经常的是用二甲苯或甲苯进行重复性处理。

7. 现场处理情况

在现场作业中曾经无数次用甲苯及二甲苯来使乳液及油泥离散,所用的二甲苯及甲苯的质量愈高,其处理的有效性就愈高*。利用这项试验的结果而进行的一项现场处理,系按南路易斯安那的某井来设计的,该井的产层深度为12,100英尺,井底温度为275°F左右。该井系

* 在以往应用二甲苯方面的问题是二甲苯的质量太次,或者是掺有石脑油等杂质而作为二甲苯进行销售。

用比重为15磅/加仑的油基泥浆钻开产层。第一个完井的层段约在13,000英尺处,虽有产气能力的显示,但在用盐酸/氢氟酸(HCl/HF)处理后其产能反而递减到近于零。在随后用盐酸及盐酸/氢氟酸多次处理后,已受损害的产能进一步递减。用30加仑/英尺的二甲苯浸泡24小时,返排产出的是黑色油质的渣滓及钻屑微粒,但产量毫无变化。在二甲苯浸泡后接着搞了一次酸化作业,使产量从井口流动压力为660磅/英寸²时的 550×10^3 英尺³/天,猛升至4,000磅/英寸²的井口压力时的 3.8×10^6 英尺³/天,一个月后试采,在井口压力为1,600磅/英寸²时达到日产 12.5×10^6 英尺³的水平。酸处理用的是一种共溶剂/盐酸作前置液,接着的是HCl/HF酸化。酸处理时系用少量的共溶剂/二甲苯/盐酸进行事先冲洗。该井在生产一年后产气量已经递减,准备用它作为再次处理的对象。

按这一方法曾在另一类似的井中做过一次试验,其二甲苯的用量为40加仑/英尺,随后是按共溶剂/二甲苯/盐酸的顺序进行处理,接着再用HCl/HF处理,使产量几乎从零跃升到在二甲苯处理后的 500×10^3 英尺³/天(井口流动压力为500磅/英寸²),而经过共溶剂/盐酸及HCl/HF处理后进一步增加到 2.5×10^6 英尺³/天(井口流动压力为1,300磅/英寸²)。

得克萨斯州有一口用油基泥浆钻成的深井,原来产气量在1,400磅/英寸²的井口压力时为 1.8×10^6 英尺³/天,经过二甲苯处理后产气量在2,000磅/英寸²的井口压力下为 2.6×10^6 英尺³/天,经过了共溶剂及盐酸处理后,在井口压力为1,500磅/英寸²时增加到 9×10^6 英尺³/天。该井的井底温度为260°F。

自从这一方法在1982年初诞生以来已经有若干口井用此方法处理过,成功率为70%。典型的处理方法是,按每米产层厚度投入185到435升(15到35加仑/英尺)的二甲苯或甲苯到射开的炮眼处或者是把它们挤入地层,然后关井至少16小时。而后使该井返排,如果必要,还应该用某种共溶剂和盐酸或盐酸/氢氟酸进行酸化。在某些场合下,用溶剂/共溶剂/酸液体体系对一些井进行重新处理曾经是必不可少的。对于那些天然裂隙性产层的井,大部分都进行反复处理而且是很有效的。

8. 溶剂处理时的防范措施

用二甲苯去溶化掉某种沉积物,诸如石蜡类,通常是缓慢的,所以在大多数情况下都要用浸泡的办法。正如图1的数据所示,温度及搅拌作用会增加清蜡的速度。同样质量的石蜡(并具有将近相同的表面积),用二甲苯在施加搅动的情况下清除,时间可减少一半多。热能的作用则有所不同,除非井温度较高或很浅,否则是很难有可能把所用的温热溶剂送入到一口深井的底部。热油法对于浅部位的石蜡沉积是合适的,但在深井中作业则无效。用循环热溶剂的办法从油管往下顶再从环形空间上返,是简单地构成了一个壳体及一根管道的换热器,进去流体的温度会经由油管壁迅速散失到外面上返的流体中去。在很多井中,靠热油法只有顶部300米深的井段(1,000英尺)可能得到热溶剂的处理。

有机溶剂在泵送及储存时的安全防护是一个要关切的主要问题。二甲苯的闪点^[3]为29—36°C(84—103°F),柴油则为38°C(100°F),煤油是28—74°C(100—165°F),而Stoddard溶剂则是38—43°C(100—110°F),都比处理可燃油料的安全防护标准高得多。甲苯的闪点又太低,为4°C(40°F),在某些方面也许会出问题。天然汽油(闪点: -43°C, -45°F)及凝析油或套管头汽油(闪点: 低于-18°C, 0°F),一般由于有失火危险通常是不敢用的。政府及公司的保安规定会指明那些是适合使用的溶剂。

三、结 论

在实验室中以及过去三年内在现场曾经用过各种不含酸的溶剂体系对若干口井作了成功的处理, 这些井曾经因用盐酸及盐酸/氢氟酸处理而造成了损害。

参 考 文 献

1. William, D. A., Goode, D. L., Phillips, A. M., "Use of Oil Mud Cleanup Fluid Can Improve Well Productivity," World Oil, July 1983, pp. 119-122.

2. Good, D. L., Phillips, A. M., Williams, D. D., Stacy, A. L., "Removal of Oil-Phase Muds From Wells in the Anadarko Basin," SPE 11568, presented at the

1983 Production Operations Symposium, Oklahoma City, Oklahoma, February 27-March 1, 1983.

3. Sax, N. I., "Dangerous Properties of Industrial Materials," Van Nostrand Reinhold Co., New York, 3rd ed., 1968.

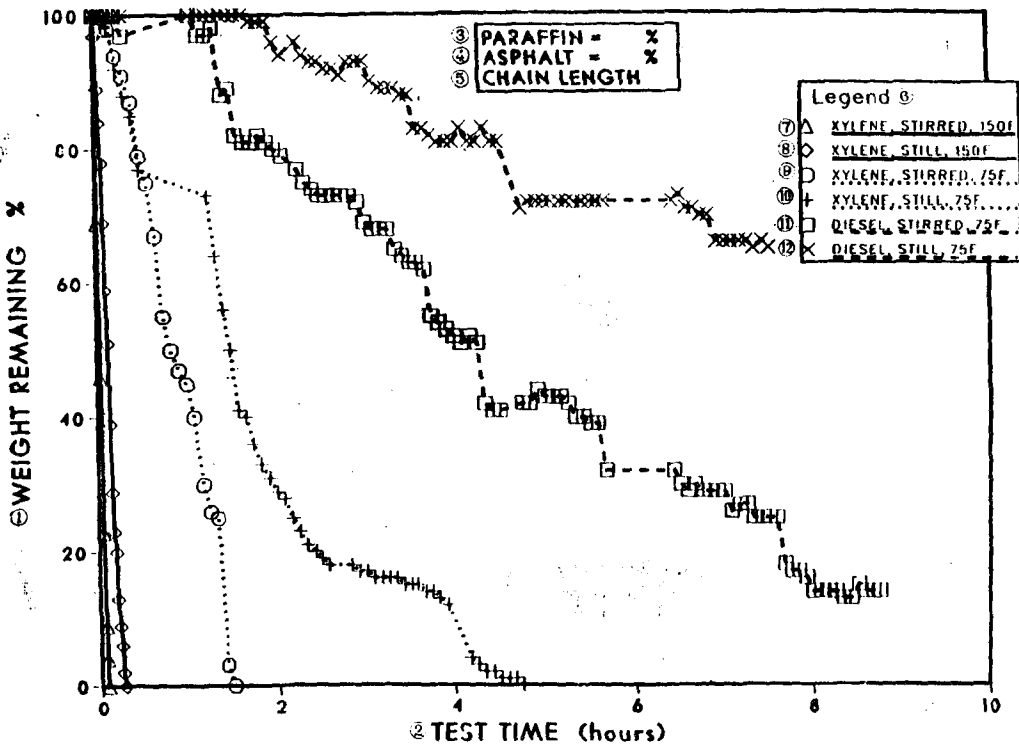


图 1 溶剂对清蜡的影响

① 残留物重量, %; ② 试验时间, 小时; ③ 石蜡 = %; ④ 沥青质 = %; ⑤ 链长; ⑥ 图例: ⑦ 二甲苯, 摇晃, 150°F; ⑧ 二甲苯, 静置, 150°F; ⑨ 二甲苯, 摇晃, 75°F; ⑩ 二甲苯, 静置, 75°F; ⑪ 柴油, 摇晃, 75°F; ⑫ 柴油, 静置, 75°F

表 1 溶 剂 选 用 图 表

课 题	二甲苯	甲 苯	煤 油	柴 油	凝 析 油	石 脑 油	甲 醇	共 溶 剂	盐 酸 或 土 酸	共溶剂 十二甲 苯	酸+共 溶剂+ 二甲苯	表面活 性剂混 合物
石 蜡	SS	SS	N	N	M	M	N	N	N	M	M	N
沥 青	S	S	N	N	N	N	N	N	N	SS	SS	N
焦 油	SS	SS	SS	SS	N	N	N	N	N	N	N	N
水包油乳液	M	M	N	N	N	N	M	S	M	S	S	M
油包水乳液	S	S	M	N	S	SS	N	S	N	S	S	M
垢层外敷油	M	M	M	M	M	S	M	S	N	S	S	S
油漆或假漆	M	SS	M	N	N	N	N	N	N	M	M	N
管 线 漆	S	S	M	N	M	M	N	M	N	S	S	N
水 堵	N	N	N	N	N	N	S	S	N	S	S	M
油基泥浆	S	S	N	N	N	N	N	P	D	M	P	D

D=恶化, 将造成进一步损害;

M=略见效果, 推荐试验;

N=无效, 不予推荐;

P=要求用二甲苯作前置液;

S=可溶去或可使其离散;

SS=溶解很缓慢。