

气井工艺管路堵塞原因及解堵措施

焦晓光

(胜利油田鲁明油气勘探开发有限公司 天然气分公司, 山东 东营 257000)

摘要 近年来, 林帆家气田部分气井出现了越来越严重的堵塞现象, 生产中后期的气井尤其严重, 不同程度的结垢情况普遍出现在其井下管串中, 影响到了气井的正常生产以及修井作业。本文分析了堵塞物成分, 再了解入井液的现场使用状况之后, 发现了气井堵塞的原因。入井液是在开采过程中加注的, 它与腐蚀产物和地层出砂胶结在一起, 变成了混合垢物。这些垢物在井下筛管处和油管内壁粘附, 容易卡住修井工具, 降低气井产量。因此, 垢物要在合适的时机, 尽快清除, 否则后期堵塞严重, 不仅要实施解堵, 还有可能造成堵塞加剧, 甚至造成新的堵塞。同时, 对解堵剂进行优选, 采用更合理的解堵工艺, 进行解堵作业, 恢复气井正常生产。

关键词 气井 堵塞 解堵措施

中图分类号: TE37

文献标识码: A

文章编号: 1007-0745(2021)05-0028-03

林帆家气田气井在生产过程中由于堵塞造成的气井非正常关井影响了气井的连续生产, 降低了气井的开井时率。造成气井堵塞的原因主要有: 水合物堵塞井筒, 采气树、采气管线冻堵, 地面流程积液冻堵等造成气井无法连续安全生产。

1 气井堵塞原因分析

综合分析现在出现的气井堵塞, 发现主要是入井液、腐蚀产物和地层出砂等导致的, 而入井液中导致堵塞的主要成分是泡排剂和缓蚀剂等。堵塞物中, 随着气流容易从井底被带出的是腐蚀产物和地层出砂。^[1]而井下温度很高, 入井的泡排剂、缓蚀剂性质发生了改变, 很难被气流带出, 就会堵塞气井。

1.1 缓蚀剂的影响

通常情况下, 我们采用缓蚀剂来保护井下的油套管, 其对金属的腐蚀有减弱的作用。但是气井一般都很深, 井底温度, 井下压力都很高。如此高温高压的环境, 极容易改变缓蚀剂中的高分子组分性能, 性能改变后的缓蚀剂与地层砂砾、腐蚀产物混合到一起, 形成沥青状胶质物, 极容易造成井下生产通道的堵塞, 从而增大油套压差, 导致产量下降。另外, 缓蚀剂的易起泡、易乳化的性能以及热稳定性, 也会给气井带来一定的影响, 尤其是热稳定性, 对气井造成的影响较大。缓蚀剂中的轻组分在井筒中的高温下, 不断挥发而导致粘度增加。同时, 缓蚀剂成分的降解或失效现象也在不断发生, 严重的情况下会出现难溶残渣、高粘的沉淀物或者相分离。如果吸附到产层上, 这些降解物会污染产层。如果吸附到油管壁上, 则会导致油管通道变窄, 使气井产量降低。添加的酰胺类缓蚀剂不易溶于水。煤油或柴油作为缓蚀剂溶剂, 在地下高温下逐渐蒸发。缓蚀剂中残留的高沸点组分酰胺化合物是一种黑色粘稠物质, 流动性很差, 具有亲脂特性, 与水不相溶, 因此很难随地层水到地面。留在井下就会将腐蚀产物、地层砂砾、岩

屑等粘附包裹在一起, 形成堵塞物。同时, 井下的添加剂种类繁多, 如果试剂之间不相容, 添加剂的成分也可能残留在井内。比如某42井, 2019年开始注入缓蚀剂, 到2020年共加注C, I2—I、CZ-1、CZ-3、BT-1、HT-6、CE3-1E、TSY2-15、CT2-15、C12—17等9种型号的缓蚀剂, 但是并没有进行缓蚀剂间的配伍实验和分析。

1.2 起泡剂的影响

针对现有的情况, 起泡剂对气井堵塞造成的影响并不常见, 但从一些资料以及气田的具体生产来看, 入井起泡剂也有造成井下堵塞的可能。比如高温环境中的起泡剂改变了性状或者其与地层产物之间有了反应。如某95井, 近年来, 该井一直采用的生产方式是, 将棒状起泡剂加注到油管内(即泡排生产), 2020年3月通井时, 从井下带出的胶状物非常粘稠, 经过分析, 发现胶状物的成分与入井的棒状起泡剂一样。

1.3 井筒脏物的影响

产层出砂、泥浆漏失是气井进行钻井和完井时不可避免的情况, 因此井筒中的脏物无法保证完全排尽。在气井的生产过程中, 气流会将这些井下脏物带进油管或者地面管线, 从而对气井的正常生产产生影响, 如某2-1井、某109井等。某2-1井为衬管完井, 易出砂, 2020年9月解堵酸化时探砂面, 发现井底沉砂21.72m, 筛管下部近2m全部堵塞着黑色垢物。某109井钻井时, 钻井液和堵漏剂在产层漏失, 在生产过程中随气流带到井筒, 频繁堵塞井筒, 不能正常生产。

1.4 腐蚀产物的影响

在修井作业时观察, 会发现油管的腐蚀现象非常普遍, 这些油管腐蚀产物, 在油管内壁粘附, 将油管通道变小, 最终导致堵塞油管。例如某32井, 该井2010年3月份投产, 初期产量 $5.44 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ 。1998年4月生产开始出现异常, 产量、油压快速下降, 油套压差变大; 2020年10月修井时,

发现在油管 3990.1m—3991.01m 井段内，有许多 FeS 腐蚀产物堆积结块，造成了该井的生产出现异常。

1.5 水合物的影响

分析近年通井作业情况，结合生产情况，发现堵塞也会发生在气井井口附近，如林帆 3、林帆 5 井、林帆 58 井、某 5-1、某 109 井等。油压快速下降或者油管堵塞也会出现在新投产的、且生产时间并不长的新井中。有的井甚至出现反复多次堵塞，而且堵塞点都不超过井口以下 200 米。由于现用的技术有限，通常无法将井下的堵塞物取出来，但是结合气井堵塞的特点，综合林帆 5 井通井过程中得到的堵塞物分析得出堵塞新投产井的原因，主要是在钻井和完井时，没有排除的脏物被气流带出，在油管内壁上粘附，导致了节流效应。一旦气井产量降低，气流到达井筒上部时温度降低，如果温度比形成水合物的临界条件时小，就会有在井筒内产生大量水合物，造成堵塞。

2 气井常见堵塞的解堵措施

气井堵塞往往是由多种因素综合造成的。比如，在开采过程中残留在井底的入井药剂与井下砂砾、腐蚀物及岩屑等混合成的垢物粘附在油管内壁或井下筛管处，造成堵塞，降低了气井产量，或者卡住修井作业工具等。因此，选择解堵措施时要针对不同的情况进行选择。

2.1 选择合适的解堵时机

通过生产情况资料分析，缓蚀剂保护方法实施是从 90 年代中后期陆续开始的，缓蚀剂规律地加注从 2000 年后开始，而堵塞物中出现缓蚀剂成分是从 2002 年开始，说明有机堵塞物对气井生产的影响是逐渐累积的，需要一段较长的时间。在井下，堵塞物渐渐积累变多，最终严重堵塞井下，对气井生产造成明显影响。所以，必须尽早尽快清除入井液造成的堵塞情况，一旦堵塞严重，就必须实施解堵，解堵这一过程有可能会加剧堵塞，也有可能会产生新堵塞。

2.2 选择适宜的解堵剂

经过分析发现，井下堵塞物的成分不是单一的缓蚀剂成分，里面还有多重物质的混合，比如地层砂粒、腐蚀产物以及入井药剂的变质物等，选用一种解堵剂不能完全解气井常见堵塞的解堵措施为防止气井堵塞，必须对气井堵塞的原因进行分析，以便采取相应的措施进行防堵。

液态条件下的天然气都饱和着水汽，在一定的压力温度条件下，天然气中的某些组分与水生成一种白色的冰雪状晶体——即水合物。气井在生产过程中采气树和采气管线、地面流程都可能发生水合物堵塞。堵塞的情况一般发生在冬季且产量较高的气井中，外界温度低，天然气内的水分在管线内部结冰，造成天然气在管线内流通受阻，产量受到影响。

中后期气井，产量和压力都低，井下堵塞，解堵时，解堵剂存在无法将垢物完全溶解的情况，或者溶解了垢物后不能及时排出来，就可能造成堵塞加剧，更有甚者会形成新堵塞。所以，解堵前必须要采样分析堵塞物，找出堵

塞气井的原因，根据垢物成分，找到适合的解堵剂。在选择解堵剂时要慎重，因为缓蚀剂型号很多，必须要有针对性选择。井下堵塞与缓蚀剂、井筒杂物、油管腐蚀产物等有关，解堵的时候，首先要使用有机解堵剂乳化堵塞物，将其分散后，使其在水中溶解，然后能够被井液带出井外。之后，利用无机解堵剂将地层水中易结垢的离子以及硫化铁粉末碎化。

2.3 优选解堵工艺

解堵越早效果越好，后期效果变差；停产解堵比不停产解堵的效果要好。即使使用的解堵剂型号和用量相似，井下情况也相似，如果解堵方式不一样，解堵的效果也会有很大的差异。举例来讲，使用 HT-6 型缓蚀剂，油套环空中设置了封隔器，在生产时，发现两口井的井筒出现堵塞，某 93 井 2017 年解堵作业时没有停产，前后总共消耗了 7600kg 解堵剂，用了 52 天，结果并没有达到增产的目的，反而堵死了油套环空；某 11 井 2019 年 11 月解堵作业时选择停产，取得日增产 $4.1 \times 10^4 m^3$ 的增产效果。由此可见，解堵时要分析气井堵塞的程度，对解堵工艺进行优化。通过实践证明，如果气井生产时间短、缓蚀剂加注时间约一年、井下液体流动顺畅且能自喷带液生产，则解堵时可以选择实施不停产。而如果气井本身就有明显的堵塞现象，并且在油套环空、油管内或井底筛管已经出现了结垢，那么必须停产清洗才能有效清除井下垢物，从而解堵。为保证气井解堵作业的顺利实施，使生产恢复正常，必须根据实际情况选择不同的解堵方式。重庆气矿大部分气井进入生产中后期，产量、压力低，结垢物在解堵药剂的作用下溶解后，固态垢物转变成液态，增加了其流动能力^[2]。但是因为地层能量不够，液态的垢物仍旧无法被气流带出井筒，这种情况下，必须采取其他的措施来辅助，比如可以将井口回压降低、使用液氮帮助排出或者使用放喷的方式等等，这样可以防止新堵塞出现。

2.4 气井井场流程解堵措施

(1) 用 PVC 钢丝软管环绕在流程管线或者是闸门周围，外面用保温材料包裹。使用时用 24v 增压泵（现场没市电，拟用电瓶车电池做电源）抽取水套炉里的热水，在 pvc 钢丝软管流动，达到给冻堵管线解堵的目的。

(2) 用电伴热带环绕在流程管线或者是闸门周围，外面用保温材料包裹。使用时用发电机在现场发电，伴热带加温，达到给冻堵管线解堵的目的。

2.5 气井井口到水套炉进口解堵措施

气井在生产过程中，积液由井筒带入地面管线之后，由于气井产量小、采气管线坡度起伏较大，弯头较多。导致采气管线积液影响气井正常生产。

(1) 加大气管线直径的尺寸，现在气井上常用的输气管线一般是 50mm、40mm 两种型号。管径小是冻堵的主要原因之一。可将管径改为 60mm，外加保温层。

(下转第 32 页)

表3 C、S的准确度测量结果(%)

标准物质	标准值(C)	测量值(C)	E	RE(%)
YSBC28065-94	2.88	2.8901	-0.0101	-0.3495
YSBC28122-94	0.62	0.6145	0.0055	0.8950
YSBC28120-94	0.54	0.5432	-0.0032	-0.5891
YSBC28115a-94	0.356	0.3563	-0.0003	-0.0842
YSBC28102a-2011	0.065	0.0648	0.0002	0.3086
YSBC28117-94	0.462	0.4625	-0.0005	-0.1081
GBW(E)070170	0.22	0.2196	0.0004	0.1821

标准物质	标准值(C)	测量值(C)	E	RE(%)
YSBC28065-94	0.104	0.1038	0.0002	0.1927
YSBC28122-94	0.025	0.0254	-0.0004	-1.5748
YSBC28120-94	0.024	0.0243	-0.0003	-1.2346
YSBC28115a-94	0.033	0.0326	0.0004	1.2270
YSBC28102a-2011	0.364	0.3637	0.0003	0.0825
YSBC28117-94	0.0096	0.0101	-0.0005	-4.9505
GBW(E)070170	0.058	0.0576	0.0004	0.6944

铝土矿石中的碳、硫方法可行，且得出最佳称样量为0.15g。

通过精密度、准确度实验表明该方法数据准确稳定性强、准确度高，并且该方法简便、可操作性强，可以满足生产需要。

(上接第29页)

(2) 减少管线中的弯头，是流程工艺需求。现场20米左右的管线中，有弯头多达4个，天然气在管输的过程中，很容易因为方向的改变使管线弯头处的温度降低，天然气的水分在低温处聚集、结霜、结冰最后形成冻堵。措施：可将管线直接从井口架空连接到水套炉，弯头处（两处）预留三通阀门，做解冻或者加药口用。

2.6 水套炉出口到分离器入口解堵措施

每年秋季对水套炉水管、控制阀门、进气管道进行保养、更换，保障冬季水套炉的正常运行。

2.7 站内分离器提高效率预防计量流程冻堵的措施

现在站内有两台立式重力分离器在运行，之前站内压缩时，一直在并联使用。天然气改成管输后，气量增大，由原来的日产几千方增至日产两万多方，天然气内的杂质和水分也相应增加。冬天外输计量流程偶尔有冻堵现象，过滤器清洗频繁。措施：由原来的分离器并联改成分离器串联杜绝了计量流程的冻堵现象，过滤器清洗频率下降了80%。

3 结论

(1) 堵塞气井的因素主要包括入井液、井筒腐蚀产物以及地层出砂等。

(2) 在高温高压的井下环境中，缓蚀剂自身组分容易发生一系列的物理化学变化。钻井、完井过程中会残余一

参考文献：

- [1] 戚立宽,罗玉长.碱石灰烧结法生产Al₂O₃过程中硫的化合物的排除[J].金属学报,1979,15(03):299-304.
- [2] 袁润蕾.HCS878A型高频红外碳硫分析仪测定地质样品中碳、硫[J].分析测试,2019,09:31-33.

些杂物，同时油井管壁也存在腐蚀物，缓蚀剂入井后，与两者胶结形成混合物，堵塞气井。

(3) 对气井堵塞的预防，要结合产层岩石物理特性，对完井方式以及管串结构进行合理地选择。循环洗井在完井后必须要进行，要将井下脏物最大程度地排出。另外，压裂酸化作业后的排液也必须要及时进行，并且最大程度排空，避免作业残留物造成堵塞。

(4) 对入井液加强管理，选用入井液时要有针对性，加注量以及加注周期根据实际情况进行动态调整；做好入井液的储存工作，避免其在入井前乳化变质。

(5) 建议在加注缓蚀剂之前进行洗井；缓蚀剂使用一年后也要进行清洗作业，然后重新对井筒进行缓蚀剂预膜及加注。同时建立完善的管理模式，做好垢物清洗工作。

(6) 应该研发高效有机解堵剂，并积极进行现场应用试验，针对不同的堵塞情况研制相应的解堵药剂。

参考文献：

- [1] 黎洪珍,刘畅,梁兵,汪三谷,彭丹.气井堵塞原因分析及解堵措施探讨[J].天然气勘探与开发,2010(04):45-48.
- [2] 聂廷波,王洪峰,王胜军,朱松柏,王益民,杨新影.克深气田异常高压气井井筒异常堵塞治理[J].新疆石油地质,2019,40(01):84-90.