

油水井套管损坏因素分析及防护修复措施研究

曹利民（延长油田股份有限公司志丹采油厂，陕西 延安 717500）

摘要：随着人们生活水平的提高，对石油资源需求量增加。目前，在油水井生产石油的过程当中，套管发挥着不可替代的重要作用。如果套管出现了损坏，就会出现上层水倒灌地层，污染地层等问题。就当前的实际现状来看，套管损坏出现的问题分布面比较广、数量比较多，对油水井的正常运转造成了不小的负面影响。本文在对油水井套管损坏的机理、原因进行分析的基础上，重点讨论了油水井套损的有效防治措施。

关键词：套管；损坏；机理；措施

随着油田不断深化开发，受地质特征复杂（如储层胶结差出砂、泥质含量高等）、开发方式多变以及工程等因素影响，油水井套管将不可避免地出现不同程度的损坏，造成停产关井或带病生产，达不到预定的生产水平。同时油水井因套损关井后，会破坏注采井网完整性，注采平衡被打破，造成注入水（汽）单向突进现象严重，影响波及体积，降低驱油效率。

1 套管损坏原因分析

1.1 套损井状况复杂

由于志丹油田地质条件比较复杂，开发层位多，水泥未返到地面等诸多因素，油水井套管损坏形势受其影响日趋恶化，套损井数逐年增加，修复难度日益增大，使得油田注采关系不完善，存在高注低采、上部洛河砂岩水进入下部开采层位等情况。统计 2019 年大修井数据发现，套损井数量占总大修井数量的 35.2%，套损井套损情况较为复杂，存在套损层段在射孔井段；多处套损；大段弯曲、大段破损；套管腐蚀严重；活性错断，找不到通道；出砂严重及出砾石块等。

1.2 地质因素

志丹油田存在长 6-1¹~长 6-1² 夹层、长 6-2¹~长 6-2² 夹层，夹层不吸水情况下，原始地应力的作用使岩层保持稳定，但软弱夹层通常具有较强的吸水能力。在油田开发过程中，当注入压力达到一定值后，注入水通过裂缝窜到夹层，使其吸水，导致岩层失稳滑动，从而造成油水井套损。

1.3 射孔的影响

在油水井石油生产过程当中，射孔冲击也使造成套管发生损坏的一个重要因素之一。射孔是完井生产作业过程当中打开油层，开辟石油流通通道的主要技术，在该技术进行作业的过程中，会发生几十枚射孔弹在极短的时间内同时发生爆炸的情况，此时油水井的套管壁就会受到来自爆炸所引起的极大冲击力的不良影响，发生非常明显的蠕动变形现象，从而使得油水井套管的抗压系数大幅度减小。除此之外，射孔技术作业过程中的射孔液密度也是影响套管抗压系数的一个不容忽视的重要因素。

2 套损井区防护技术措施

当前检查寻找油水井套管损坏点的比较常见的方法

主要有两种：封隔器法和井壁井径测径仪。在油水井实际生产过程当中，造成套管损坏的主要原因是上部洛河砂岩水和注入水，因此在对套管采取保护技术措施的时候也应当以此为切入点来进行考虑。

目前所采取的套管保护技术措施主要包括以下几点：

一是对注入水的压力进行有效控制。保证注水压力不要超过油水井地质岩层的破裂压力；二是注入水早期作业过程中要注意在压力状态下进行石油开采的过程中防止地面下沉；三是必须保证注入水的平衡状态。也就是保证地层压力保持在一个相对平衡的稳定状态；四是必须要确保各个地层之间的压差要尽量降低，以便防止出现泥岩水侵的危害发生；五是必须要保证驱替速度的合理性，防止油层出砂现象的发生；六是必须要注意注入水和地层水的对套管的腐蚀作用，全面做好水的杀菌、阻垢等工作；七是必须确保固井水泥返至地面。

另外，在对套管采取保护技术措施的过程中，还应当注意以下几点：

一是利用现代化技术措施提高套管自身的抗压力强度，比如提高套管的抗挤压能力和增加套管的壁厚度等。另外，还要从材质的角度考虑最大限度地防止套管被腐蚀。二是在采取措施保护套管损坏的过程中必须与油水井生产运行的实际情况进行紧密结合，制定科学、合理并且有针对性地套管保护技术措施。三是对于一些进行修复成本过高或者是根本无法修复的套损井可以通过采取无管泵安装、在井下安装小直径封隔器或者是打侧钻井等技术措施来实现对套损井的重新利用。

3 套管修复技术措施

3.1 套损井注采系统调整

针对套损产生的主要根源性问题——地层压力不均衡，形成了立体防控治根源、提控结合稳形势的治理方式。立体防控是以转注、更新、完善井网等手段调整注采关系，解决平面上压力不均衡的矛盾；以井间压力调整、细分和重组调整、压裂措施调整等手段改善注采结构，解决纵向上压力匹配的矛盾。同时，对异常高压层的区块、套损集中区等套损风险高的区域采用“疏导泄压、提控结合”的方式进行集中综合治理，扭转套损形势。

3.2 新型整形技术

3.2.1 套管液压滚珠变径整形工艺

主要机理：整套工具管柱是由压力平衡装置、液力锚定装置、液压动力装置、滚珠变径整形器组成(图1)，主要工艺机理两方面，一是将工艺管柱下入套变位置处，通过地面打压，液力锚定装置锚住套管。与此同时，液压动力装置产生向下动力载荷，推动滚珠变径整形器对套变处实施整形；二是当滚珠变径整形器下至套变处时，受液压动力装置向下的巨大推力作用下，滚珠沿斜槽向上，产生向外张力，迫使变形套管向外扩张。达到整形目的。

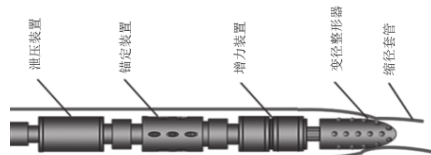


图1 套管液压滚珠变径整形装置组成图

3.2.2 套管液压分级变径整形工艺

主要机理：在套管液压滚珠变径整形工艺基础上，将不同外径尺寸的滚珠变径整形器进行串联，形成分级变径整形器，即套管液压分级变径整形工艺，可实现一趟管柱对套变处进行逐级整形，具有整形范围大、施工工序简化等特点，大幅度降低作业成本。

3.3 小套管固井工艺技术

小套管固井是指在原来旧的套管中下入新的套管，并且利用水泥浆将旧套管和新套管的环形空间进行封固。此工艺比较适合应用在套管遭受腐蚀比较严重或者套管损坏段比较长的情况。当前我厂主要采取的套管修复工艺技术主要是：下封隔器；挤水泥堵漏；使用高强度复合剂封堵漏点。

套损井治理工作的建议：一是油水井生产过程中的相关工作人员要掌握专业的套管保护技术措施和套损井治理技术，并在工作实践过程中不断学习相关的新工艺新技术；二是油水井生产相关的各个部门要相互配合、共同献策，不断优化套管保护技术措施和套损井治理技术，不断提高套管的使用寿命和套损井的修复成效；三是油水井管理人员要结合企业发展需求和实际情况积极引进新工艺、新技术；四是建立完善套损井治理施工资料档案，并对其进行科学管理与充分利用，保证对套管保护和套损井修复治理的监督工作。

3.4 展套管损坏预防工作

3.4.1 全面提升套损防护意识

采取“讲、考、查”的方式，分层次、分重点开展套损知识培训；实施套损井挂牌管理，关注油压、套压、水量动态变化；制定《异常井处理应急预案》，加大减产力度降低异常井影响；细化套损井分析流程，严格执行新增套损井“周分析制度”。

3.4.2 及时圈定隐患范围

结合“套损井分布、套损程度、自喷水油井分布、管柱落实情况”四项资料，划分七个套损重点监控区域。

结合“套损井比例、自喷水油井”绘制套损隐患级别图版，划定各套损重点监控区内的“危险区、缓冲区、相对安全区”3个级别。

3.4.3 坚决实施关控防止蔓延

发现套损井后，坚决将周围300m内的注水井全部实施关井，并且制定关控方案后立即执行，直到落实井况无隐患方可恢复注水。

3.5 套管液压分级变径整形工艺

3.5.1 主要机理

在套管液压滚珠变径整形工艺基础上，将不同外径尺寸的滚珠变径整形器进行串联，形成分级变径整形器，即套管液压分级变径整形工艺，可实现一趟管柱对套变处进行逐级整形，具有整形范围大、施工工序简化等特点，大幅度降低作业成本。

3.5.2 主要装置

整套工具管柱组成与套管液压滚珠变径整形工艺相似，唯一不同的是变形整形器，其分级变径整形器进一步扩大了滚珠变径整形器整形范围，主要有两部分构成，上整形体和下整形体，整形体采用滚珠变径整形器原理设计，上下整形体由螺纹连接，工作时用管柱将套管整形装置送到井下套变部位，利用管柱上施加压力，推动套管整形装置向下移动。

3.6 增强套管的强度

在油水井套损中，进行治理优化，首要任务是提升套管的强度。在进行治理时，提升套管强度，必须要充分认识此措施的实施，能够获得不错的效果。在具体实践中，对套损井段，采取整形处理措施，或者磨铣处理措施，对其进行加固处理，进而保证油水井套损治理效果。除此之外，要持续加强固井，增强固井效果。在具体实践中，要做好水泥浆的优化调整，通过硬化。

4 结语

合理的油水井注采关系和科学的油水井注水方案是石油开采生产作业中重要的基础前提和保障。油水井生产过程中，套管损坏的主要原因是注入水对地层所造成的压力作用或者说是压力差异，所以控制注入水的压力是一个保护套管损坏的一个重要技术措施。同时还要采取科学的技术措施做好套管的保护和套损井的修复工作，科学、有效地提高油水井的生产质量与效果。

参考文献：

- [1] 贾美玲. 石油井下作业管理及修井技术优化分析[J]. 石化技术, 2020, 27(7): 288, 290.
- [2] 张玉荣. 油水井套管损坏机理及修复力学问题研究[D]. 大庆: 东北石油大学大庆石油学院, 2006.
- [3] 权巍. 油田套损井原因分析及治理对策研究[J]. 中国化工贸易, 2020, 12(12): 223-224.
- [4] 张洪宝. 辽河油田高效液压套管整形工具的研制与应用[J]. 石油钻探技术, 2016(03): 101-104.
- [5] 石俊生, 古小红. 普光气田套管变形井滚压整形修复技术[J]. 天然气工业, 2009(06): 52-54.