

Diagnostic Method and Treatment Measures of Sulfur Gas Wells with Sustained Annular Pressure in Yuanba Gas Field

Shihong Luo, Mi Tang, Yan Feng

Sinopec Southwest Oil and Gas Branch of the Gas Plant, Nanchong Sichuan
Email: 360780617@qq.com

Received: Jan. 2nd, 2018; accepted: Jan. 17th, 2018; published: Jan. 24th, 2018

Abstract

Annulus pressure is a common phenomenon in high pressure gas well at home and abroad, especially in wells with high H₂S content if the annulus appeared abnormal pressure, safety production will affect the gas well and need diagnosis and treatment. The Changxing formation in Yuanba belongs to high H₂S and medium CO₂ reservoir. Based on the field experience of Yuanba, the diagnosis methods of abnormal pressure in annulus are improved, and a new idea for the treatment of annulus filling fluid with H₂S casing pressure abnormal well is put forward. This ensures the safety and stable production of gas wells, and provides reference for the diagnosis and treatment of gas wells with annulus at home and abroad.

Keywords

Yuanba Gas Field, Sustained Annular Pressure, Diagnostic Method, Treatment Measures

元坝含硫气井环空带压诊断方法与治理措施

骆仕洪, 唐 密, 冯 宴

中石化西南油气分公司采气二厂, 四川 南充
Email: 360780617@qq.com

收稿日期: 2018年1月2日; 录用日期: 2018年1月17日; 发布日期: 2018年1月24日

摘 要

环空带压现象在国内外高压气井中普遍存在, 特别是高含H₂S气井如果环空出现了异常压力, 会影响到

气井的安全生产, 需要对气井环空异常压力进行诊断与治理。元坝长兴组属于高含 H_2S , 中含 CO_2 储层。本文结合元坝含硫气井的现场经验, 对环空异常压力的诊断及判别方法进行了改进, 并对含 H_2S 套压异常井的环空保护液加注治理方案提供了新思路, 以保障气井的安全、稳定生产, 也为国内外环空带压气井的诊断与治理提供借鉴。

关键词

元坝气田, 环空带压, 诊断方法, 治理措施

Copyright © 2018 by authors and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

环空带压的情况在国内外高压气井中多有发生。加拿大南阿尔伯特的浅层气井、东阿尔伯特的重油井和 ROCKY 山麓的深层气井由于环空封固质量不好, 气窜引起环空带压[1]。在国内, 四川龙岗环空带压现象主要由固井初期和后期的气窜引起, 采用斯伦贝谢的 GASBLOK*防气窜水泥浆体系和 FlexSTONE*柔韧水泥浆体系及抗 CO_2 和 H_2S 腐蚀的水泥浆体系、FUTUR 活性固化水泥等技术解决环空带压问题; 塔里木的迪那气田 DN-A、DN-B 井环空带压主要由生产套管渗漏和内层技术套管渗漏引起, 根据环空最大许可工作压力来监测生产解决环空带压问题[2]; 普光气田环空带压问题主要由生产过程中个别油管丝扣连接密封性失效、固井质量差的气井管外存在串槽以及管外窜槽、套管渗漏同时存在这三方面引起, 对套管高压异常井采取了环空卸压和环空保护液灌注等措施解决环空带压问题[3]。元坝气田属于典型的高温高压高含硫“三高”气田, 而在生产过程中环空起压的情况普遍发生[4]。地层流体中含有的酸性介质—— H_2S 和 CO_2 能够加快套管及生产管柱的腐蚀, 影响安全生产[5]。本文结合元坝含硫气井的现场经验, 提出了含硫气井环空带压诊断方法与治理措施, 以保证气井的安全稳定生产。

2. 环空压力原因分析

根据带压的性质, 可将套管带压的气井分为两种类型[6] [7]。

第一类为套管正常带压的气井。主要是因为投产后井筒温度升高及管柱产量、压力变化, 导致油套压上升。少部分气井由于环空保护液可能脱气未彻底, 当井筒温度升高时, 气体上升, 导致取样为气样。这类气井的主要特点是套压可控、套管取样不含 H_2S , 套压一般小于最大允许套压值, 即便套压升高至大于最大允许套压值也可通过安装泄压流程进行泄压等技术手段控制套压。

第二类为套压异常的气井。套管环空存在持续压力, 且可能含 H_2S 气体的生产井。这类井的井筒或油管存在渗漏, H_2S 对套管强度、井筒密封性可能造成损坏, 存在安全隐患, 是治理的重点[8]。所有投产井在投产时都验封试压合格, 但由于投产后井况发生变化, 尤其是井筒温度升高, 生产管柱、套管的受力状况、工作环境发生变化, 可能导致油套环空发生渗漏, 地层流体进入油套环空。由于各井的井况各不相同, 造成套压异常的原因可能也不相同。影响环空起压的原因可分为以下几类: 固井质量不合格, 地层向环空窜气; 环空压井液中溶解气逸出后在井口聚集, 井口密封装置失效; 投产管柱失效等。

3. 环空带压诊断方法

如果出现环空起压, 首要的是需要判断是由井筒温度、压力及产量引起的热膨胀和压力膨胀导致,

还是由于异常的原因：如投产管柱泄露、油层套管破裂或者溶解气、井口装置失效的原因。

在常规井中，当环空压力满足以下三个条件时是可以接受的。首先，环空压力在 100 psi 以内说明风险很小，此时应该加强监测。其次，如果环空压力大于 100 psi，且为持续的环空压力，通过泄压能释放至零，这时对于人员、财产和环境安全也是可以接受的。第三，持续的环空压力、温度变化引起的套压以及操作者施加的套压要在最大的允许操作压力(MAWOP)范围内，以把内层管串的挤毁和外层管串的破裂风险降至最低。如果环空压力不满足以上条件，也并不意味着环空压力是不可接受的，而是环空压力需要通过风险评估等技术加强管理[9]。在《海上油气井套管环空带压管理》中规定了环空压力管理流程，以固定平台的气井油套环空为例，推荐管理流程如图 1。

元坝长兴组属于高含 H₂S，中含 CO₂ 储层，且上部油层油套管属于普通抗腐蚀材质[10]。相对于常规井来说，如果环空出现了异常压力，出现的危害性和风险更大，因此针对常规井，诊断及判断方法需要进行改进。

1) 诊断方法

①卸压—压力恢复测试

a) 安装 1/2"针型阀，用于环空控制卸压。

b) 通过卸压和自然升压诊断油套环空带压，按横坐标小时，纵坐标为环空压力做图。根据压力-时间曲线变化趋势判别是“物理效应”引起的环空带压还是泄漏或渗漏的环空带压及邻近环空的压力反窜或窜通情况。

c) 不应将环空压力降至 0 MPa 进行环空带压诊断，因为这可能“疏通”渗漏或泄漏通道。封隔器胶筒或密封圈在经历卸压后，一般都会出现不同程度的密封损坏或丧失密封性。推荐先将环空压力降低 20%~30%，后关闭环空，观察 24 h。

d) 升压判别：

如果在 24 h 内压力没有回升，应考虑为井筒“物理效应”引起的环空带压；

如果在一周内压力有回升，且十分缓慢，并稳定在某一允许值，说明在油管或封隔器有微小渗漏；

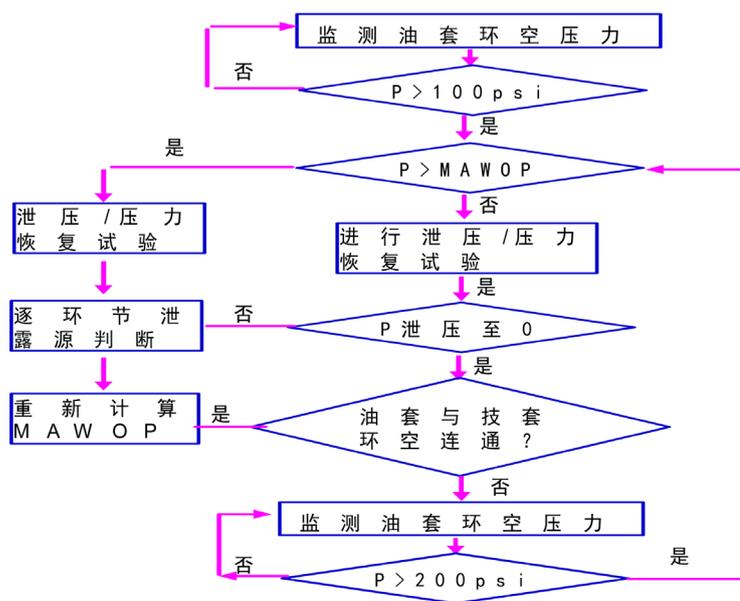


Figure 1. Management process diagram of tubing casing annulus

图 1. 油套环空管理流程示意图

如果缓慢卸压，压力不降低或降低十分缓慢，说明井口或靠近井口处有微小渗漏。

如果压力“卸不掉”，说明油套环空有较大的泄漏点。

②井筒完整性测井诊断

a) 被动超声波检测技术：对多层套管监听泄漏点和水泥环的纵向窜流剖面；

b) 主动超声波检测技术：对多层套管声发射和反射监测腐蚀和变形；

c) 电磁检测技术：对多层套管腐蚀、沟槽和裂缝。

③环空液面监测^[11]

a) 环空液面监测前应制定环空液面监测技术方案和安全预案。

b) 对环空泄漏井，推荐测环空液面。在补注环空保护液时推荐同时监测动态液面，避免注入压力过高压漏环空。

c) 对环空带压的井，放出流体为气相时，推荐测环空液面。定量注入环空保护液，以便核对所测液面深度是否正确。

2) 套压起压分析

如果通过关井，环空压力降至 0 或接近 0，这就能说明是由温度升高引起的套压而不是持续的环空压力。如果关井时环空压力降至 0，但恢复关井前的生产制度后，环空压力回升并超过了之前的压力，这说明气井温度降低时存在小的泄漏有流体进入了环空，这个泄漏速度可能较小，所有的压力控制屏障仍然可认为是可用的。如果关井时环空压力稳定在大于 0 的一个压力，这就意味着在一个压力源和环空之间存在连通或者有环空外加的压力，在这种情形下，需要进行另外的诊断。

3) 泄压/压恢实验判断流程

如果 24 小时内压力泄至 0 但未能建立压力恢复，那么可认为环空不存在持续的压力(SCP)，压力可能是由完井液的膨胀及微小的泄漏引起的。此时可认为控制压力的屏障是完整有效的。如果 24 小时内通过 1/2"的针阀小压差压力泄压至 0、又建立起了泄压前的套压，可认为环空存在小的泄漏，泄露速度是可以接受的，控制压力的屏障是仍然有效的，此时需改变工况加强监测，环空压力的持续增加并不一定说明泄漏的增加，这口井需要定期重新评估以判断压力控制屏障是否有效。如果 24 小时内通过 1/2"的针阀小压差压力泄压至 0、又建立起了套压但低于泄压前的值，此时也可认为环空存在小的泄漏，控制压力的屏障是仍然有效的，导致压力没恢复至泄压前的值可能有以下的原因：泄漏速度很慢；在环空顶部有一个大气包；泄压前的套压是部分由于流体膨胀引起的；泄压后的压力恢复是在满环空的液体中进行的，随着小气泡慢慢的运移到环空顶部，套压降上升。

如果 24 小时内通过小压差针阀未能泄压至 0，压力控制屏障的约束能力部分失效，有些情况下，泄露速度可能是不容接受的，这说明泄漏率大于在低压差下气体通过 1/2"的针阀孔板的速度，如果这是发生在油管与生产套管的环空，须开展进一步的调查找到泄漏途径和泄漏源，相应的修井计划也需要制定。如果这种情况发生在技术套管之间的环空，此时认为可作的选择很有限，需要考虑泄露产生的后果和整套压力控制屏障失效的可能性以决定是进行修井还是采取更进一步的措施。环空压力未能泄露至 0 的气井应该通过安全隐患的逐个排查进行更深入的评估。

如果泄压或压力恢复过程中邻近环空出现了压力响应，套管环空之间可能存在连通，有可能存在另外的泄漏通道允许压力从一个泄漏源进入两个环空中的一个。如果是由油管柱泄漏入生产套管环空，通过泄压/压力恢复测试的泄漏率可以确定泄漏路线，如果油管与生产套管的环空能通过 1/2"的针阀小压差压力泄压至 0，控制流体流动的屏障可以认为是有效的，这口井需要定期评估以确定控制流体流动的屏障是否仍然有效。如果是油套环空和技术套管环空间连通，生产套管将不能再被作为阻挡地层压力的有

效屏障，这是一种严重的、具有潜在危险的情况，此时地层压力可能串至技术套管间的环空，但其设计的承压不能满足要求，油套环空和技术套管环空间连通的气井需通过安全隐患的逐个排查进行更深入的评估。更外层的套管环空之间的连通需基于潜在的后果和压力控制屏障失效可能性进行评估。

4. 含 H₂S 套压异常井治理措施研究

4.1. 套压异常井环空保护液加注方案

环空保护液加注只能起到短暂作用，并不能从根本上解决问题。需要结合分析生产数据资料，模拟计算井筒压力状况，提出新的加注思路，具体如下：

①进行液面监测，落实液面深度，以确定环空保护液加注量和加注泵压。

②对于套压、油套硫化氢含量都比较稳定，生产较为平稳的气井，在未落实环空液面深度和泄露位置的情况下，原则上暂不加注。

③监测各井生产情况，若套压、油套含硫量等参数发生非正常突变，可以考虑采取加注方式以减少风险。

④根据气井生产数据、压力变化情况，调整施工参数、优化环空保护液性能。

⑤加注时应严格控制泵压、排量等参数，遵循“小排量、低泵压”的原则。同时及时、准确记录加注时间、加注量、排量、泵压等施工参数和加注后的压力、流体化验等数据。

a) 加注思路

套管四通安装加注管线和泄压管线；对环空适当泄压后通过加注管线加注，控制泵压，边加注边放喷，直至加满；加满后泄压至 0。

b) 加注流程

加注流程如图 2、图 3 所示。

c) 加注参数

加注排量不超过 0.1 m³/min，泵压应小于理论计算最大套压允许值，实际中应尽量降低泵压。采用边加注边泄压的加注方法，泄压至 0 MPa，加满为止，加注完后泄压至 0 MPa。

d) 施工步骤

①连接地面流程。

②按要求对流程试压。

③先将套压泄压至 0 MPa，开泵低排量 0.1 m³/min 泵注环空保护液，泵注压力达到 10 MPa 时，停泵 1 h，进行放喷泄压至 0 MPa，再进行加注和泄压，重复直至放喷出口无气体显示，完成施工。

④如果放喷出口一直有气，则另定措施。

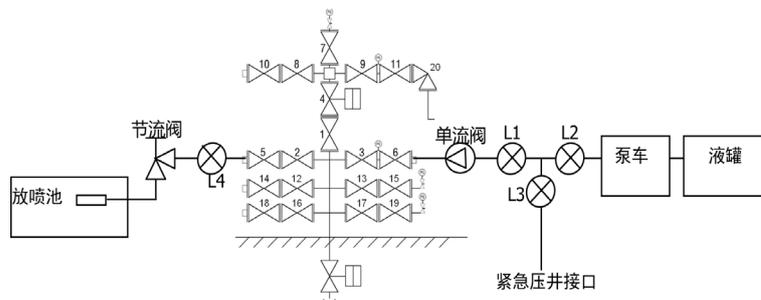


Figure 2. Fill process of blowdown line and different side of fill line

图 2. 泄压管线和加注管线异侧的加注流程

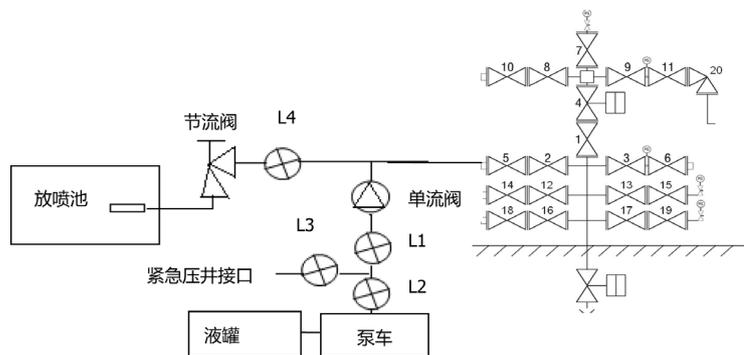


Figure 3. Fill process of blowdown line and same side of fill line
图 3. 泄压管线和加注管线同侧的加注流程

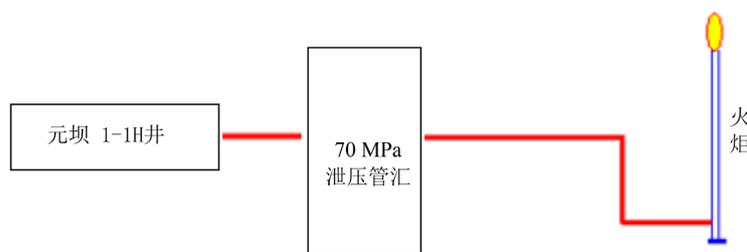


Figure 4. Chart of casing pressure blowdown header
图 4. 套压泄压管汇示意图

⑤验证保护液漏失情况

4.2. 设计安装套压泄压流程

环空高压异常压力井环空压力控制，主要通过井口泄压流程释放，达到环空压力低于允许限值。图 4 是以元坝 1-1H 井为例套压泄压管汇示意图。

应用结果表明，提出的环空带压诊断方法有效改善了元坝气田诊断环空带压的措施，方便了现场作业管理，降低了操作风险；新的加注方法具有一定的实用性，弥补了传统加注方法不能长时有效的缺陷。

5. 结论

1) 基于元坝环空带压原因分析，提出了卸压 - 压力恢复测试、井筒完整性测井诊断和环空液面监测的诊断方法并通过套压起压分析及泄压/压恢实验进行判断，能够快速判断环空起压井起压类型及漏点，以便采取对应处置措施。

2) 环空保护液加注只能起到短暂作用，并不能从根本上解决问题，所以提出了新的加注思路：套管四通安装加注管线和泄压管线；对环空适当泄压后通过加注管线加注，控制泵压，边加注边放喷，直至加满；加满后泄压至 0。

参考文献 (References)

[1] 朱仁发. 天然气井环空带压原因及防治措施初步研究[D]: [硕士学位论文]. 成都: 西南石油大学, 2011.
 [2] 赵鹏, 樊帆. DN-A、DN-B 井生产阶段环空压力诊断分析[J]. 辽宁化工, 2011, 40(12): 1312-1315.
 [3] 古小红, 母建民, 石俊生, 等. 普光高含硫气井环空带压风险诊断与治理[J]. 断块油气田, 2013, 20(5): 663-666.
 [4] 伍强, 唐蜜, 罗伟, 等. 元坝高含硫气井环空起压诊断评价方法及应用[J]. 钻采工艺, 2016, 39(6): 38-41.

-
- [5] 陈曦, 孙千, 徐岭灵, 等. 元坝气田环空带压井风险级别判别模式研究[J]. 中外能源, 2017, 22(3): 57-62.
- [6] 张智, 顾南, 杨辉, 等. 高含硫高产气井环空带压安全评价研究[J]. 钻采工艺, 2011, 34(1): 42-44.
- [7] 朱达江. 气井环空带压机理研究[D]: [博士学位论文]. 成都: 西南石油大学, 2014.
- [8] 陈正茂. 高含硫气田环空带压井的管理风险与安全评价[J]. 山东工业技术, 2016(20): 35-36.
- [9] 古小红, 母建民, 石俊生, 等. 普光高含硫气井环空带压风险诊断与治理[J]. 断块油气田, 2013, 20(5): 663-666.
- [10] 张智, 黄熠, 李炎军, 等. 考虑腐蚀的环空带压井生产套管安全评价[J]. 西南石油大学学报: 自然科学版, 2014, 36(2): 171-177.
- [11] 耿安然. 高含硫环空带压井液面监测技术[J]. 大庆石油地质与开发, 2017, 36(1): 100-103.

知网检索的两种方式:

1. 打开知网页面 <http://kns.cnki.net/kns/brief/result.aspx?dbPrefix=WWJD>
下拉列表框选择: [ISSN], 输入期刊 ISSN: 2330-1724, 即可查询
2. 打开知网首页 <http://cnki.net/>
左侧“国际文献总库”进入, 输入文章标题, 即可查询

投稿请点击: <http://www.hanspub.org/Submission.aspx>
期刊邮箱: ojs@hanspub.org