

# 泵送桥塞射孔联作关键控制点及常见问题探析

王洁辉<sup>[1]</sup> 魏冉<sup>[2]</sup>

(1. 中国石油集团测井有限公司长庆分公司, 陕西 西安 710200;  
2. 中国石油集团测井有限公司培训中心, 陕西 西安 710061)

**摘要** 目前来看, 泵送桥塞射孔联作技术在油气勘探工作中已经得到了较好的运用, 在正常的施工工作开展中合理应用此项技术, 可很好地保障施工人员的生命安全, 提升施工效率与最终的施工质量。虽然这一技术得到了良好的运用, 但不可否认的是在实际的运用过程中, 此项技术仍旧存在着较多的问题, 施工人员对于其中的关键环节未能重视起来, 未能合理地对关键控制点进行控制, 导致了施工中可能诱发一系列的不利因素与安全问题。本文则对此展开积极的探究, 并于此基础上提出对应的建议, 以期真正解决存在的现实问题, 为相关学者的后续研究与实践操作提供可参考的依据。

**关键词** 泵送桥塞射孔联作 射孔管串 泵送困难

**中图分类号**: TE1

**文献标识码**: A

**文章编号**: 1007-0745(2022)06-0043-03

近年来, 我国的外页岩气藏开发技术水平在不断提升, 气藏开发量以及产能也增长迅猛, 这对于保障我国的能源安全有着非常积极的作用, 而在开发过程中, 最为常用的一种方法就是利用泵送桥塞射以及射孔联作分段的这一方式来进行处理, 在保障开采工作正常开展的同时, 也有效地保障了开采工作人员的安全。然而在该技术的运用中, 却也出现了较多的问题, 比如射孔管串的意外丢手问题、异常高压而导致的泵送困难问题, 这些问题是此项施工中的常见问题, 即便是当下的施工技术已经十分成熟, 施工人员已经极为重视施工中的安全细节, 重视不断提升自身的技术水平, 但是在实际的开采工作中, 仍然会因为各种因素的影响, 而难以取得较好的成效, 以下则主要对泵送桥塞射孔联作技术的运用关键点做出分析, 对该技术运用中的常见问题进行剖析, 而后提出相关的建议。<sup>[1]</sup>

## 1 泵送桥塞射孔联作技术运用的优点与关键控制点分析

### 1.1 泵送桥塞射孔联作技术概念

该技术的实施主要是通过电缆传输、复合桥塞射孔联作的方式来实现对桥塞封堵以及分段射孔等技术操作的一次性、不间断的完成, 使得两项技术在实际的运用中无缝衔接, 提升技术运用的效率与效果。此项技术的运用有着一定的流程, 首先是压裂工作, 在做好了压裂工作这一环节之后, 就需要进行泵入射孔的工作, 其次是点火坐封桥塞, 电缆上提、射孔等等。然后则是不断重复此类操作, 而在整个施工中, 施工

人员都需要重视施工细节, 避免因为自己的疏忽大意, 而诱发各类影响最终施工质量的问题发生, 尤其是要避免因为施工人员的大意而导致的安全事故问题。根据相关学者的研究显示, 该工艺更为适用于对套管固井完井的水平井分段压裂的工作处理中, 这一点需要工作人员在展开具体的施工时进行明确, 根据施工中的具体情况来合理施工, 合理运用此技术。

### 1.2 工艺运用优点分析

在采用泵送桥塞射孔联作技术时, 需要明确改造目的层是低孔低渗储层, 因而在采用该项技术的时候, 需要通过加压处理来扩大有效体积。在部分学者的研究中指出, 在此项技术的运用中需要合理发挥低施工摩阻的这一优势, 如此才能很好地提升施工的精确度, 保障施工质量, 使得该项技术在进行具体的施工操作时将其作用优势最大化地体现出来。<sup>[2]</sup> 将泵送桥塞射孔联作技术的运用与固井套分段压裂这一技术进行比较, 可明显发现, 后一技术的运用中将会有着滑套打不开的这一风险问题, 因而在具体的施工中就可能发生施工安全问题, 与固井套分段压裂技术形成鲜明对比的则是, 泵送桥塞技术在使用过程中较之于分段压裂技术安全性更高, 可靠性更高, 在使用的时候, 能够很好地处理施工中发生的各类问题, 同时, 还能很好地保障施工人员的生命安全。而若是与传统的油套同注分段压裂技术相比较而言, 泵送桥塞射孔联作技术的应用则明显具备着较大的优势, 具体则是可迅速地进行钻塞, 节约了大量的施工时间, 明显地提升了施

工效率,同时也实现了井筒的全通径,除此之外,在传统的施工中,还有光套管压裂技术,相比而言,泵送桥塞射孔联作技术的实际应用可极大地扩大地层的改造体积。总而言之,泵送桥塞射孔联作的技术运用与其他各类技术的运用相比,是有着极大优势的。<sup>[3]</sup>

### 1.3 工艺过程

在将泵送桥塞射孔联作技术进行合理应用的这一过程中,需要施工人员明确此项技术的运用流程与步骤,进而对具体的施工运用步骤进行分段处理,针对每一个环节中发生的实际问题做出解析,提出优化措施,以此来保障此项技术的操作可行性,提升施工的安全系数,具体来说分为以下几个步骤:(1)在正式进行施工之前,将井筒进行清理,保障井筒的清洁性,而做好这一工作之后,才可保障后续步骤的安全持续进行。(2)在正确处理好井筒环节的准备工作之后,则是需要利用油管输送射孔技术来射开第一层段,为后续的技术处理工作提供基础环境。(3)采用光套管来压裂第一段。(4)在井口带有电缆密封装置的条件可下可利用测井电缆将桥塞/选发射孔联作工具串输送到大井斜段,采用泵送桥塞射孔联作技术来分别完成桥塞坐封、射孔等等工作,再进行第二段、第三段等等操作。在工作过程中,工作人员要合理按照使用标准进行,避免施工过程中发生意外事故,延误施工进度以及对施工人员的生命安全造成威胁。除此之外,在不同的地段、不同的施工环境中,施工人员还需要变更具体的施工操作,要合理地将此项技术的优势发挥至最大。<sup>[4]</sup>

### 1.4 关键控制点分析

在采用这一技术来进行具体的施工时,需要注意对施工关键的控制点进行控制,将其作为整个技术的运用关键点。因而在实际的施工处理过程中就需要保障施工人员能够正确地处理各类突发情况,处理各类风险问题,同时更需要做好对自身生命安全的保障工作,避免发生其他威胁人员生命安全的问题发生。

1. 电缆注脂密封压力控制。通过采用注脂密封技术来保证井口不会出现泄露的这一问题的,对此,我们建立水力学模型来做出分析,并进行压力控制方程的推导,具体为:

$$P_{zb} = \frac{2}{3} P_{jk} + \frac{4\mu_z L_z Q_z}{\pi d_z^3 h_z}$$

2. 联作管串质量控制方程,通过对简化射孔与桥塞联作管串结构进行分析,可得到以下力学方程:

$$G = F + F_{zp} + F_{zu} + F_{zh} + F_{jf}$$

但是若想要在井口的位置将管串顺利地放下,保障后续施工的顺利开展,则同样需要满足一定的条件,即满足以下的关系式:

$$G \geq F + F_{zp} + F_{jf}$$

而后则是通过此方程式进行进一步的推导,最后得出控制方程为:

$$M_{\min} g = F + F_{zp} + F_{jf}$$

其中,需要注意的是:

$$F = \rho g V \quad F_{zp} = \frac{1}{4} \pi D_c^2 p_{jk}$$

$$F_{jf} = 1.2 \pi \mu_i h_z p_{zb}$$

若是在进行管串设计的过程中发现质量小于  $M_{\min}$  时,就必须要进行加重枪,以此来保障施工的安全进行。除此之外,还需要做好对管串长度的控制、泵送排放量控制等工作。<sup>[5-6]</sup>

## 2 泵送桥塞射孔联作技术运用中的常见问题及建议分析

在实际的施工工作开展时,即便控制好以上的关键点,做好了积极的应对措施,但是仍旧会受到多方面因素的影响,导致施工不能按照原定计划进行,或者在具体的施工工作开展时会发生其他相应的影响事故,这就直接导致了施工质量与效率方面出现问题。因而在实际运用此项技术时,还需要重视对常见问题的分析,及时跟进施工进度,调整具体的施工方案。泵送桥塞射孔联作技术的运用中,需要施工人员每隔4小时就停止施工,做好对下一阶段施工的准备,对仪器进行检查,对施工处的地质条件等进行勘察与分析工作,避免发生其他各类施工问题。如在2021年,某区块同一井场进行了3口页岩油水平井泵送桥塞/射孔联作,计划是一天两段,分段压裂每一段需要耗时4-5h左右,射孔操作需要耗时3-3.5h,但是在实际的操作中,却往往有着其他各类问题的发生,比如试油队井口安装平板阀不符合要求,压裂队在预压时直接将固定平板阀的螺杆压断,造成各类设备不同程度损坏,更换设备耽误三四天时间;原计划日供水量4000m<sup>3</sup>,实际却因供水不足,日供水量只有1500m<sup>3</sup>,进而延误工期。所以,我们必须针对问题提出对应的解决措施。<sup>[7]</sup>

## 2.1 射孔管串意外丢手问题

这是在此项技术运用中的一项常见问题,发生此问题后容易造成射孔后管串落于井中,进而延误施工的周期。我们对具体的原因进行分析后发现:在进行油管加压的时候,因为施工人员未能很好地考虑连续油管的内外压力差异,在施工时,就会发生一定的问题,最终导致射孔枪意外丢手而落井,而这将对整体的施工造成极大的不利影响,延误整体的施工进度,除此之外,还可能诱发其他相关的安全事故,对施工人员的安全造成威胁。

预防处理:在进行施工的时候,需要施工人员按照套管抗内压、连续油管抗内外压差等等方法对管内的压力进行控制,这样一来,就可以很好地保障管内外的压力平衡,在管内外的压力趋于平衡之后,发生管串意外丢手的概率也将明显降低,而这也是有效预防因为油管内外压差而导致射孔管串意外丢手的重要措施。除此之外,施工人员需要注意的是,丢手工具的掉落往往发生在井底,因而打捞丢手工具的难度是相对较大的。因此,可在施工之前对施工人员进行教育与培训提升,加强对关键岗位操作人员,如队长、操作工程师的技能要求,提升其安全施工与重视施工细节的意识,在井底口袋允许的情况下,可通过合理地将落鱼推入井底,大幅度地缩短处理时间,同时,也能够很好地保障施工人员的安全。<sup>[8]</sup>

## 2.2 异常高压导致的泵送困难问题

一般而言,在进行具体的施工时,若是管串进入水平井造斜段时,且已经开始发生了小排量泵送的时候,就需要合理控制下放速度,通常会将速度控制在20m/min,若是进入水平段后,则需要施工人员将排放量合理增加至1.2-1.8m<sup>3</sup>/min,具体的排放量控制需要依据施工实际情况而定,要合理地将下放速度控制在20-60m/min,且在距离座封位置100m的时候,就需要合理地降低排放量以及排放速度,一直持续到距离为10m的时候,则需要停止泵送。此期间发生的问题是电缆因为张力过大而剪短。究其原因是井筒在进行清洗的时候没有合理运用有机溶剂清洗,最终造成少量油性沉淀物的堆积,导致泵压过高的这一问题。同时也因为压裂时大量的液体进入地层,引起黏土的膨胀,为具体的施工工作开展造成了巨大的难题。<sup>[9]</sup>

预防处理:在进行井筒的处理工作时,需要合理地重视采用有机溶剂对井筒展开浸泡与冲洗工作,重视清洁工作开展中的细节处理。若是在每段压裂工作技术之后,则需采用胶液+滑溜水的方式来作为补充,将

砂全部向地层中顶去,这样一来可很好地防范因为异常高压而造成的泵送困难问题。除此之外,还需要施工人员合理采用连续油管下入桥塞并射孔的处理工作,通过此方式来防范泵送困难问题,提升施工质量,这对于保障我国的页岩气藏开发质量有着积极的意义。<sup>[10]</sup>

## 3 结语

总而言之,泵送桥塞射孔联作在当下的页岩气藏开发工作中发挥着重要作用,是当下在该领域中所广泛使用的一种技术,虽然可很好地提升施工效率,保障人员的安全,但同时也存在相应的问题,需要施工人员引起重视,就其中的关键控制点做出分析,对常见问题做好积极的应对,以此提速提效和降低事故复杂措施,提高桥射联作业整体水平,用高质量服务、高效率保障油气增储上产。

## 参考文献:

- [1] 张晶,牟小清,杨斌,等.泵送桥塞射孔联作关键控制点及常见问题[J].化学工程与装备,2016(10):118-120,133.
- [2] 许得禄,魏拓,张辞,等.MaHW6004井泵送桥塞射孔联作复杂情况处理[J].石油钻采工艺,2018,40(03):306-310.
- [3] 李军贤.泵送桥塞射孔联作技术在水平井的应用[J].油气井测试,2017,26(06):56-57,61.
- [4] 李迎迎.泵送桥塞射孔联作关键控制点及常见问题分析[J].建筑工程技术与设计,2020(31):3073.
- [5] 李鹏.页岩气水平井泵送桥塞射孔联作常见问题及对策[J].石化技术,2016,23(04):89-89,104.
- [6] 杨维博,王友勇,霍红星.水平井泵送桥塞+射孔联作技术常见问题列举及解决方案分析[J].中小企业管理与科技,2015(29):289-290.
- [7] 张波,刘云刚,蔡锐,等.泵送桥塞射孔常见问题分析[J].中国石油和化工标准与质量,2017,37(17):136-137.
- [8] 聂建群.涪陵页岩气田泵送桥塞及多级射孔联作技术难点及对策[J].江汉石油职工大学学报,2020,33(05):14-16.
- [9] 侯光东,陈飞,刘达.水力泵送桥塞压裂技术在长庆油田的应用[J].钻采工艺,2015,38(02):9,54-56.
- [10] 郭超,何举涛,夏海兵,等.水力泵送桥塞压裂新工艺应用及效果评价[J].化工管理,2014(32):232.