

井筒注蒸汽热损失影响因素研究

赵晓红
(中石化胜利油田分公司石油工程技术研究院 山东 东营 257000)

摘要: 针对注汽井筒在接箍、封隔器、补偿器等部位热损失较大、影响井底蒸汽干度的问题, 通过研究井筒蒸汽干度的影响因素, 确定井筒高效隔热技术的关键, 研究耐高温密封隔器、隔热接箍、直连型隔热油管等, 实现全密闭隔热注汽, 提高井筒热效率和井底蒸汽干度。
关键词: 稠油; 井筒热损失; 全密闭注汽

0 引言

隔热油管是热采开发中的关键设备, 其作为注汽通道往井下注入高温、高压蒸汽, 降低井筒热损失。而管柱配套工具如接箍处热点的散热、封隔器密封性能差都会影响注入蒸汽的质量。目前现河采油厂油套压差小于 6MPa 的井占比 50%, 井筒热损失较大, 管柱配套存在问题。因此, 通过开展不同注汽管柱配套对井筒热损失的影响研究, 来明确影响井筒热损失的主要因素, 从而优化注汽管柱, 进一步提高井底注汽干度, 提升开发效益。

1 不同管柱配套研究成果

以草 33 块草 20- 平 105 井为例, 该井射开井段为 1200~1404m, 油层温度为 52℃, 地温梯度为 0.041℃/m, 50℃地面脱气原油粘度为 20000mPa·s, 孔隙度为 35%, 渗透率为 $5000 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ 。套管尺寸为 177.8mm×159.42mm, 注汽管系为 114.3mm×73mm 高真空隔热油管、热采封隔器下深 1000m; 注汽压力在 10MPa, 注汽速度在 8~15t/d, 注汽干度为 70%。按上述条件建立井筒和地层间注蒸汽传热模型并计算不同注汽管柱配套对井筒热损失的影响。

1.1 隔热管等级的影响

隔热油管的视导热系数为隔热性能的主要参数, 分为 A 级、B 级、C 级、D 级四个等级。降低视导热系数可提高井筒传热热阻、减少井筒热损失。计算不同的隔热油管视导热系数对注汽井筒热损失、干度损失的影响。此次模拟 A 级 0.07 w/(m·℃), D 级 0.01 w/(m·℃) 两个视导热系数, 如表。

从计算数据可以看出, 低速低压下, 不同隔热等级的井底干度差别不大, 从 D 级降为 A 级井底干度由 40.2% 降为 36.7%; 在注汽速度较低时, 重力压降大于摩擦压降, 注速继续增加则因摩擦压降增加而大于重力压降, 从而导致沿井筒向下的压力逐渐降低。压力降低, 饱和蒸汽的焓值就相应提高, 同一点处的热损失降低, 因此增加注速会略微减弱隔热等级的影响, 15t/h 注速下隔热管等级从 D

级降为 A 级井底干度由 60.8% 降为 59.1%。

1.2 接箍有无衬套的影响

隔热油管之间用接箍相连接, 接箍内设置隔热衬套既能保证管柱间的可靠密封, 又能保证疏松蒸汽的层流状态, 减少蒸汽输送阻力和接箍处的热量损失。本次研究对比了不同注入条件下接箍有无衬套对井底蒸汽参数的影响, 具

表 A 级、D 级隔热油管不同条件下井底热力参数计算结果

注入压力	工艺配套		A 级 (0.07w/(m·℃))					
			注汽速度 8t/h			注汽速度 15t/h		
			A 点干度 %	蒸汽焓 kJ/kg	热损失 %	A 点干度 %	蒸汽焓 kJ/kg	热损失 %
10 MPa	不加衬套	有封隔器	43.3	1966	15.7	62.4	2161	7.3
		无封隔器	36.7	1884	19.2	59.1	2117	9.2
	加衬套	有封隔器	47.9	2025	13.2	64.6	2191	6.0
		无封隔器	43.5	1970	15.5	62.4	2162	7.3
注入压力	工艺配套		D 级 (0.01w/(m·℃))					
			注汽速度 8t/h			注汽速度 15t/h		
			A 点干度 %	蒸汽焓 kJ/kg	热损失 %	A 点干度 %	蒸汽焓 kJ/kg	热损失 %
10 MPa	不加衬套	有封隔器	45.6	1996	14.4	63.5	2176	6.7
		无封隔器	40.2	1928	17.3	60.8	2140	8.2
	加衬套	有封隔器	51.7	2075	11.0	66.5	2216	5.0
		无封隔器	49.1	2042	12.4	65.1	2199	5.7

体结果见表。

从表中可以看出, 接箍处隔热与否对井筒蒸汽干度的变化影响显著。接箍不隔热明显增加了井筒热损失, 低速注入时井底蒸汽干度比接箍隔热时降低了 8.2 个百分点; 注速增大时可以削弱这种因素的影响程度, 注速为 15t/h 时, 不加衬套比加衬套降低了 4 个百分点。因此, 为了降低井筒热损失, 对接箍处采取隔热措施非常必要。

1.3 封隔器对注汽干度的影响

封隔器用于隔离油套环形空间和油层, 注汽时阻止蒸汽从隔热管出口处进入油套环空, 减小油套环空的对流传热, 减少井筒热损失。

如果注汽管柱密封性良好, 封隔器的封隔性能优越, 则油套环空为空气, 反之则为热水, 两者对注入蒸汽的散热影响有着相当大的区别, 封隔器下面为油水混合物, 导热系数高, 因此热损失大; 如果封隔器密封良好, 则封隔器上方为空气, 导热系数低, 热量传递慢, 干度变化也缓慢。注速为 8t/h 时, 井底加封隔器比不加封隔器井底蒸汽

(下转第 147 页)

为确保预期的运行效果,工作人员在现场验证了控制阀关闭装置的型号,关闭装置处理工作完成后,请按要求进行安装并将其应用于采矿现场。使用 1 个月后,此设备满足安全锁定要求,但仍然存在许多缺点。一是操作不方便,每次操作都必须拔出设备并插入插头,这需要很长时间,不能保证工作效率。此后,应简化操作程序,改进设备的结构,保证操作效率。二是缺乏诚信。该设备无法以固定方式存储螺栓。卸下螺栓后,将没有存放位置,增加了丢失的机会。经过 1 个月的试用期后,螺栓的丢失率相对较高。在这方面,工作人员继续对设备进行升级,应增加螺栓存放处位置。

3 闭锁装置改进

3.1 制作挡板合页式闭锁

工作人员对初始设备进行现场验证,确定了该设备的缺陷并进行有针对性的改进。员工将设备变成挡板的形式,并使用合页和支撑框架将所有组件绑在一起,以消除螺栓模型的安全隐患。支撑杆、锁板、合页、固定板等都是挡板合页锁定装置的一部分。固定板用于调节控制阀的上侧,打开锁定板后,控制阀将自动操作杠杆锁。同时,必须完成控制阀的固定工作,并且在调节过程中可以抬起合页,否则手柄将失效而不会发生错误,确保设备操作的安全性。操作过程完成后,工作人员插入锁定板并操纵手柄,以避免由于故障而造成潜在安全隐患。为最大程度地减少因误操作手柄而导致安全事故的风险,人员应将手柄功能和操作过程附加到锁紧板手柄的位置,以确保随时对人员进行预警和设计效果。

挡板合页闭锁装置具有以下优点:第一,装置结构简单实用,生产过程易于使用,工作人员可在短时间内拥有。同时,设备安装过程简单可行,具有很高的安全性和可靠性,减少潜在的安全隐患。第二,当控制阀手柄锁定时,工作人员可以将挡板上翻进行解锁,它易于使用,并具有良好的安全闭锁效果,减少了丢失的可能性并满足了设计要求。第三,设备生产材料简单通用,易于购买,加工流程简单,降低设备开发成本。第四,在设备升级期间,将锁定设备功能和操作过程安装在操作手柄位置,以确保正确的操作速度,并提醒操作员基于采矿工作的视点进行精细的管理。

3.2 工作原理

合页式闭锁装置主要通过安装孔固定在液压支撑控制阀上。使用液压支架时,工作人员首先会发出噪音,并且在解锁控制阀后,工作人员可以通过操作手柄来完成对支架的升高。当液压支架完全运行时,可以降低故障,以安全地锁定操作阀。

3.3 装置安装

闭锁装置由安装孔固定并界定。连接组件时,使用支撑框架和合页。连接顺序是从左到右,然后是控制阀、螺栓、支撑架、合页等,通过合理的安装顺序和方式来调节限位控制阀手柄,以确保支架控制阀的工作效率。

3.4 实际应用效果

采矿人员针对插销式控制阀问题起草优化改进计划,该计划已在当前的采矿过程中得到广泛使用。经过一个月的测试,合页闭锁装置实践性强,操作过程简单可行,损坏率低,操作者易于理解。同时,在使用过程中没有发生人身伤亡的小问题,控制阀的故障率降低 39%,使管理精细化得以实现。

4 结语

本文分析了液压支架的故障,设计合页式闭锁和插销式闭锁装置,并进行现场测试。通过现场验证,闭锁式的锁定装置可以确保实现锁定功能手柄的功能,但是整体设计较差且操作不便。因此,工作人员需要将锁定装置升级两次。该锁定装置被设计为封闭式锁定装置,使用后,可以在提供液压支撑安全的基础上实现安全开采,并且易于使用,值得推广应用。

参考文献:

- [1] 刘鹏. 煤矿综采液压支架操纵阀闭锁装置设计与应用研究[J]. 当代化工研究, 2020(23):125-126.
- [2] 郝高云. 煤矿综采液压支架操纵阀闭锁装置设计研究[J]. 机械管理开发, 2017,32(09):10-11+165.
- [3] 白宝国, 孟国胜. 煤矿综采液压支架操作阀闭锁装置改进[J]. 山西焦煤科技, 2015,39(06):18-20.
- [4] 马程. 综采工作面液压支架操作阀闭锁装置的应用[J]. 中国外资, 2013(24):293.

(下转第 145 页)

干度提高 5.8%, 而提高注速依然可以降低这类因素的影响, 注速为 15t/h 时, 加封隔器比不加井底蒸汽干度提高 3%。

经过上述几类影响因素的计算研究, 可以发现: 接箍衬套对井筒热力参数影响程度最大为 8.2%, 其次是封隔器热损影响为 5.8%、隔热等级为 1.3%。

2 结语

低速低压下, 不同隔热等级隔热油管井筒沿程蒸汽干度差别不大, 接箍处有无衬套对井筒热力参数影响显著, 井底蒸汽干度升高了 8.2%; 配套封隔器比没有封隔器井底

蒸汽干度提高 5.8%, 而增大注速可以削弱影响程度。

参考文献:

- [1] 刘晓燕. 真空隔热油管接箍传热试验与模拟研究[J]. 工程热物理学报, 2009, 11 (11): 1895-1897.
- [2] 杨万里. 耐高温封隔器热分析研究[J]. 石油矿场机械, 2015, 44 (4): 70-73.

作者简介: 赵晓红 (1987.09-), 女, 汉族, 山东招远人, 本科, 助理研究员, 研究方向: 稠油气藏开发。