

ST-80C 铁钻工钳牙处结构改造及应用经济效益

张忠良 肖 军 (中石化西南石油工程有限公司湖南钻井分公司, 湖南 长沙 410000)

摘 要: 铁钻工是石油钻井中连接钻具的工具, 较常规液压大钳具有安全性高、操作灵活等优点。但湖南钻井厄瓜多尔工区购置的 ST-80C 型铁钻工实用中, 铁钻工上夹紧臂槽齿磨损失效而失去上卸扣功能时, 现场快速恢复其功能的唯一办法, 是以损伤夹紧臂本体的方式焊接钳牙, 否则就只能送外, 采用存在槽齿强度低, 易磨损等缺陷堆焊插齿修复, 或采购高价格新的夹紧臂总成更换修复。本文通过改变上夹紧臂安装钳牙处结构, 采用燕尾槽和沟槽连接方式, 在钳牙和夹紧臂之间设计带槽齿的连接过渡块, 若过渡块上的槽齿磨损, 只需更换连接过渡块, 不需要修复或更换上夹紧臂总成, 具有造价低、更换便捷、使用寿命长等优点, 并取得了良好的经济效益。

关键词: 铁钻工; 设计改造; 连接过渡块

0 引言

ST-80C 型伸缩臂式铁钻工^[1], 是石油钻井中连接钻具的工具, 具有结构紧凑, 不需要铺设导轨, 作业效率以及安全性都相对较高, 操作性好等优点。实用中, 因安装钳牙的槽齿设计在上夹紧臂本体上, 当槽齿磨损失效时, 整个夹紧臂失去作用, 导致铁钻工不能进行钻具连接的上卸扣作业, 同时现场修理条件受限, 无法快速修复投入使用。因此探讨现场快速修复, 降低修理成本的方法具有较强的意义。

1 使用现状及存在问题

1.1 ST-80C 铁钻工使用中上夹紧臂安装钳牙位置处发生槽齿磨损失效统计

2010 年-2019 年 ST-80C 铁钻工使用中上夹紧臂槽齿损坏频繁, 新机启用三年, 大修启用约半年因上夹紧臂槽齿损坏送外大修次数达 10 次, 均是采用堆焊插齿修复槽齿。这充分说明堆焊插齿修复槽齿, 强度和硬度较低, 使用寿命短, 因此, 夹紧臂槽齿磨损失效的修复方式有待认证改善。

1.2 表 1 统计了 2021 年 9 月至 2022 年 1 月启动的三支钻井队上夹紧臂槽齿损坏事件统计

表 1 上夹紧臂槽齿损坏事件统计

序号	使用单位	ST-80C 铁钻工编号	使用周期	次数	备注
1	SP127	ST80CC22T293	2021.09-2021.11	1	堆焊插齿修复启用
		ST80CE21W601	2021.11-2022.01	1	堆焊插齿修复启用
2	SP183	ST80CG03V331	2021.11-2022.01	1	堆焊插齿修复启用
3	SP248	ST80CG03V519	2021.11-2022.01	1	堆焊插齿修复启用
损坏次数统计				4	

表中数据显示三个井队使用铁钻工近二个月堆焊

插齿修复的上夹紧臂发生的磨损失效事件, 进一步证明采用堆焊插齿修复的铁钻工送井队使用, 存在重大的故障隐患。有时井队为保证正常生产及日费率, 紧急之时被迫焊接钳牙使用, 加速了夹紧臂的损坏。

购置一件夹紧臂总成(上额板架)供货商报价超过 19 万元人民币(表 2), 供货周期至少三个月。

表 2 ST-80C 铁钻工更换配件计划

序号	名称	规格	数量	单位	单价(元)	金额(元)	备注
68	上额板架	30174847	1	件	191029.71	191029.71	安装钳牙处槽齿损坏

综上所述, ST-80C 型铁钻工虽然是连接钻具的好工具, 但因安装钳牙的槽齿设计在上夹紧臂本体上, 当槽齿磨损失效时, 整个夹紧臂失去作用, 现场采用焊接钳牙修复损坏夹紧臂本体, 最终会造成夹紧臂报废; 外送采用堆焊插齿修复存在槽齿强度低、易磨损缺陷; 更换新的夹紧臂总成修复, 价格高。

2 改造方案及制作

2.1 改造设想

改变上夹紧臂安装钳牙处结构, 即在钳牙和夹紧臂之间设计一连接过渡块, 实现槽齿磨损, 不用修复或更换夹紧臂, 只需更换连接过渡块的目标。

2.2 改造方案

①过渡块插槽齿, 用螺钉与钳牙连接, 使二者槽齿啮合接触; ②连接过渡块与夹紧臂之间设计燕尾槽和沟槽, 过渡块与夹紧臂用燕尾槽左右定位, 上下用沟槽、螺钉定位, 装配采用从上向下插入方式; ③过渡块的材质为 20CrMo, 经热处理后, 槽齿硬度 58-63HRC; ④制作加工简单, 拆装方便, 能达到原设计中各项功能要求。

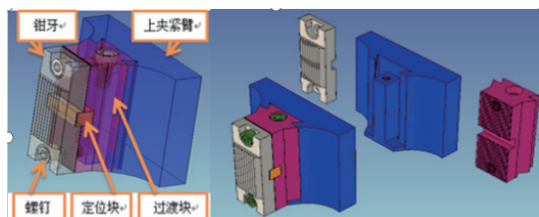


图1 改造件设计示意图

2.3 设计改造的夹紧臂安装钳牙后与滚轮上卸扣不干扰可行性分析

根据 ST-80C 铁钻工设计夹持管具的尺寸范围 $4\frac{1}{4}"$ (107.95mm) – $8\frac{1}{2}"$ (215.90mm)，绘制滚轮快速上卸扣示意图，分析改造的夹紧臂安装钳牙后的位置是否干扰旋转滚轮（尺寸为 108mm）的快速上卸扣作业。图 2 所示旋转滚轮分别夹持 $4\frac{1}{4}"$ (107.95mm) – $8\frac{1}{2}"$ (215.90mm) 管径快速上卸扣时，钳牙与旋转滚轮之间分别存在 1.78mm 和 2.54mm 的间隙，与管具之间分别存在 2.31mm 和 5.72mm 的间隙，这说明夹紧臂改造尺寸符合铁钻工原设计夹持最小和最大管径要求。

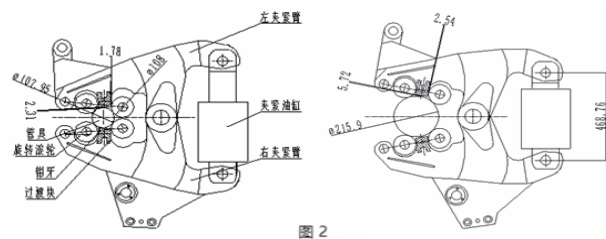


图2 绘制滚轮快速上卸扣示意图

2.4 改造加工件的制作

2.4.1 上夹紧臂改造加工

利用井队现场因安装钳牙处槽齿磨损，多次焊接钳牙进行上卸扣作业退回 COCA 基地的铁钻工的上夹紧臂进行改造。选用 150*80*60mm 的 42CrMo 合金结构钢（美标钢号为 4140）一块加工连接块。



图3 依据上夹紧臂改造件设计示意图1进行机改造加工

2.4.2 连接过渡块的制作加工



图4 改造加工制作后的上夹紧臂、过渡块与上钳牙的组装图

3 性能测试及现场应用

3.1 测试依据

ST-80C 铁钻工设计最大上扣扭矩为 60000 FT-LBS，最大卸扣扭矩为 80000 FT-LBS。根据海龙钻具厂家提供的 $5\frac{1}{2}"$ HLST54 钻杆强度参数，新钻杆推荐上扣扭矩值为 38000 ft-lbs、一级钻杆推荐上扣扭矩值为 35100 ft-lbs。钻井队现场使用该型号铁钻工连接 $5\frac{1}{2}"$ HLST54 和 $3\frac{1}{2}"$ 钻杆时，上扣扭矩分别设定为 35000 FT-LBS 和 25000 FT-LBS，卸扣时，扭矩超过 50000 FT-LBS，现场先使用液压猫头带 B 型钳进行松扣后，再操作铁钻工进行卸扣作业。

3.2 测试步骤及测试结论

3.2.1 铁钻工上卸扣 $5\frac{1}{2}"$ HLST54 接头测试

操作铁钻工对 $5\frac{1}{2}"$ HLST54 接头进行上卸扣作业，检测改造的夹紧臂、加工制作的过渡块的强度是否满足井队现场使用要求。设定 $5\frac{1}{2}"$ HLST54 接头的上扣扭矩值 50000 FT-LBS，液压站压力设定值 2000PSI(14MPa)。

上扣作业：操作铁钻工相应动作手柄，完成滚轮快速上扣后，执行扭矩紧扣（见图 5），上扣扭矩达到设定值 50000FT-LBS 时，停止紧扣作业，稳定扭矩值 2 分钟，观察上下钳牙不打滑，铁钻工夹紧缸，扭矩缸及管线接头无漏泄。



图5 上扣示意图

卸扣作业：操作铁钻工相应动作手柄，执行扭矩油缸松扣时，不能松扣，原因下钳打滑抱不住，将液压站压力调到 16MPa，实现了扭矩松扣作业。也证明了松扣扭矩高于紧扣扭矩，即松扣扭矩大于 50000FT-LBS。

三次重复上面测试后，拆卸检查连接块，无变形，且卸装松紧程度适当。

现场操作编号为 ST80CC22T293 铁钻工，上卸扣 $5\frac{1}{2}"$ 和 $3\frac{1}{2}"$ 的接头，检测铁钻工的工作性能，对安装了连接块的上夹紧臂的强度及尺寸是否符合铁钻工的设计、规范要求进行评定。

3.2.2 铁钻工上卸扣 $3\frac{1}{2}"$ 接头的测试

操作铁钻工对 $3\frac{1}{2}"$ 接头进行上卸扣作业，检测

改造的夹紧臂、加工制作的过渡块的尺寸是否符合该型号铁钻工上卸扣最小管具尺寸的设计要求。设定 3 1/2" 接头的上扣扭矩 25000 FT-LBS, 液压站压力设定 2000PSI(14MPa)。

滚轮快速上卸扣作业:按照铁钻工滚轮快速上卸扣操作步骤,操作相应的手柄,执行滚轮快速上卸扣作业时,滚轮转动正常,与改造的上夹紧臂安装的钳牙无干扰,验证了技术方案中设计改造的夹紧臂安装钳牙后与滚轮上卸扣不干扰理论分析的正确性,即符合 ST-80C 铁钻工设计上卸扣管具管径从 4 1/4" (107.95mm) 到 8 1/2" (215.90mm) 范围要求。

紧扣/卸扣作业:按照铁钻工扭矩上扣操作步骤,操作相应的手柄,直到上扣扭矩达到设定时停止上扣作业(图6)。按照铁钻工扭矩松扣操作步骤,操作相应的手柄,轻松完成松扣作业。

三次重复上面测试后,拆卸检查连接块,无变形,且卸装松紧程度适当。



图6 紧扣/卸扣示意图

3.2.3 测试结论

改造的上夹紧臂、制作加工的过渡块强度及尺寸能满足 5 1/2" 和 3 1/2" 接头的上扣、卸扣要求。改造技术方案,虽改变 ST-80C 铁钻工原夹紧臂安装钳牙处的结构设计,但经性能测试,投入使用,证明该改造方案符合 ST-80C 铁钻工原设计要求,适应钻井队上卸 3 1/2"-6 5/8" 钻具管径。

3.3 效果评价

2022 年 4 月 18 日,该台改造修复后的铁钻工调入 SP127 井队现场使用,至 2022 年 9 月 5 日,钻井队完成了三口井的施工任务,使用中改造的夹紧臂不但满足了钻井队施工中起下各类钻具的上卸扣要求,而且过渡块拆装简单特点,方便了现场维修人员拆卸清洁、防锈腐蚀过渡块槽齿保养工作,得到了维修使用者的认可。

4 改造夹紧臂结构实施经济成效及建议

4.1 经济成效

通过改变夹紧臂结构的性能测试结果和现场应用评价,证实了改造后的夹紧臂强度、尺寸符合原设计

规定,相比改造前,缩短了修复时间,降低了维修成本的同时,起到如下经济成效:

第一,改造加工制作费用 6500 元人民币,相比申购一件夹紧臂总成的购买费用节约 184529.71 元人民币,降本增效成果显著。另外根据目前工区配套的 4 台 ST-80C 同类型铁钻工当前使用情况来看,这些设备今后可能都会遇到同样的问题,参照本方案进行改造,共将产生约 147.6 万元人民币的生产成本节约;第二,解决了改造前该型号 ST-80C 铁钻工夹紧臂本体上设计齿槽与钳牙背部齿槽啮合承受松紧扣扭矩,齿槽损坏无法承受扭矩,现场不能快速修复的难题。通过本次改造,现场只需要更换图 3 配件,就可以实现现场快速恢复铁钻工正常作业(约 20 分钟左右);第三,避免了现场为保生产而采用焊接钳牙破坏性的修复方式(约 1 小时恢复生产)。避免了堆焊插齿修复存在的槽齿强度低,易磨损的缺陷。堆焊插齿修复必须将铁钻工送离井队,找相应的修理厂修复。且该修复方式必须在工区有夹紧臂总成配件或备用铁钻工或井队生产停待周期久的情况下,才能实施。如果现场更换夹紧臂总成,至少 5 小时以上恢复生产,如果更换铁钻工,需承担从基地运输到井队运输成本,预计 8 小时左右恢复生产;第四,对比改造前后的修复方式及作业时效,可以清楚看到改造后的修复更加安全高效,不会影响井队正常起下钻作业;第五,利用现场多次焊接钳牙修复使用后的报废夹紧臂作为基件改造,不但起到修旧利废的功效,并避免了采购夹紧臂总成价格高,周期长,导致修复不及时而影响工区钻井队的生产作业风险。

4.2 优化建议

第一次尝试性地改造加工,选择了规模小、价格低机械加工厂,因设备、刀具等原因制作加工改造件不能成为标准件,失去互换性能。建议下次改造选择加工制作能力相对高些的机械加工厂改造加工。目前工区有四台同型号铁钻工,投入使用至今,从表 1、表 2 中统计的数值看,夹紧臂都已发生过堆焊插齿修复。如果以后再发生夹紧臂槽齿损坏事件,推崇采用改变夹紧臂结构,增加连接过渡的修复方式进行修复。

参考文献:

- [1] NATIONAL OILWELL VARCO User Manual ST-80C Iron Roughneck (ST-80C 铁钻工用户手册(英文版)) [Z].2021.
- [2] 《机械工程师手册》第二版编辑委员会.机械工程师手册(第二版)[M].北京:机械工业出版社出版,2003.