

卡特彼勒 3412C 型柴油机大修技术规范探讨

裴勇毅 王亚红

(川庆钻探工程有限公司长庆钻井总公司装备公司 宁夏 银川 750003)

摘要:卡特彼勒 3412C 型柴油机是长庆油田钻井现场的关键发电设备。该设备工作持续时间长,长期满负荷工作,其修理后的性能直接关系到钻井生产时效。本文研究卡特彼勒 3412C 型柴油机大修理技术规范,具有重大指导意义。

关键词:卡特彼勒; 3412C; 技术规范

0 引言

近年来长庆区域钻井技术快速发展,为提高钻井效率,降低生产成本,节能型设备得到了广泛应用。卡特彼勒 3412C 型柴油机具有低油耗、功率大等优点,主要承担钻井现场的发电工作。长期以来,该型设备仅凭积累的经验摸索进行修理,修理标准不一,导致修理后的性能参差不齐,修理质量无法完全保证。为充分保障修理质量,必须研究卡特彼勒 3412C 型柴油机整套修理技术规范。

1 大修理技术规范的主要内容

技术规范应包含卡特彼勒 3412C 型柴油机大修理的送修条件,以及零部件修理、组装调试、性能测试的相关技术要求,并包括修理后的机组储存规定。

2 大修理主要技术规范探讨

2.1 柴油机气缸套修理技术要求

(1) 气缸套内、外表面清洁,无污垢、无积碳。

(2) 气缸套上端台肩面密封环带无任何形态缺陷。其余部位缺损,不应影响气缸套燃烧室、冷却水腔的密封与安装性能,经修理,无法达标的缺陷气缸套应报废。

(3) 气缸套内壁润滑油存储网纹清晰可辨,内壁磨损量在直径方向上 $\geq 0.40\text{mm}$ 时应报废。

(4) 气缸套内壁表面有深度 $\geq 0.40\text{mm}$,且长度 $\geq 10\text{mm}$ 的线痕,以及深度 $\geq 0.50\text{mm}$,面积 $\geq 1\text{mm}^2$ 的坑、槽等任何一处损伤时,气缸套应报废;小于该单个损伤报废条件的气缸套,在其内壁 100cm^2 的面积内损伤不应多于2处,否则气缸套也应报废。符合修理条件的损伤气缸套,经锉、镗、磨、

抛光等修理工艺将损伤边缘平整后,内壁表面粗糙度应达到 $Ra3.2 \sim 6.3 \mu\text{m}$ 。

(5) 气缸套外壁,单个穴蚀坑面积 $\geq 1\text{mm}^2$,穴蚀坑深度 $\geq 1\text{mm}$,气缸套应报废; 100mm^2 范围内,可见穴蚀坑数量 ≥ 2 个,气缸套也应报废。存在穴蚀坑的可用气缸套,再次使用时,应使其避开原有方位的 $90^\circ \pm 15^\circ$ 。

(6) 气缸套出现任何形式的裂纹或裂纹趋势,气缸套应报废。

(7) 更换新气缸套时,同时更换符合配合公差尺寸的活塞,标准配合公差应符合操作手册的规定。

2.2 机体组件修理技术要求

(1) 机体各部位污垢清除干净彻底,各配合加工面应平整、光洁,不应有影响安装与密封性能的突起、穴坑、划痕、裂纹等缺陷,可以采用局部填补与研磨的方法消除局部缺陷,但必须保证修理后的平面度在 180mm 的测量长度范围内 $\leq 0.05\text{mm}$,总平面度应 $\leq 0.10\text{mm}$,表面粗糙度 $Ra \leq 3.2 \mu\text{m}$,填补修理后,应满足部件原有的安装、密封、机械等性能。

(2) 用 400kPa 的气压对机体冷却水循环空腔进行气压法密封试验。将气缸套装入机体内,在机体上安装好密封试验装置后,机体全部沉入池水中,通过密封试验装置逐渐给机体的冷却水空腔内加压至 $(400 \pm 50)\text{kPa}$,稳压 15min ,水池中机体各部位不应出现气泡逸出现象。

(3) 机体各机油油道的裂纹检查,用 $(600 \pm 50)\text{kPa}$ 压力的柴油进行油压试验,稳压 5min ,不应有漏油现象。

(4) 机体各项试验结束,用清洁的压缩空气将各油、水、气通道内的积水、残油、杂物清除干净,确保通道畅通无阻。

(5) 机体的活塞冷却喷嘴通畅, 无裂纹、无变形。喷嘴的固定螺钉与螺纹孔配合紧密, 无松动现象。

(6) 主轴承螺杆、气缸盖螺杆及所有螺杆孔的螺纹丝扣, 外形完好, 螺杆丝扣应能完全旋入螺纹孔, 且配合紧密, 不松动。螺杆塑性拉伸长度超过 0.20mm 时, 螺杆应报废。主轴承、气缸盖螺纹孔在新螺杆完全旋入状态下出现松动现象, 机体应报废; 其他部位的螺纹孔与新螺杆有松动现象, 可采用扩孔攻丝等多种修理方式, 修配至与新螺杆配合紧密的状态。

(7) 主轴承盖与机体轴承座的结合面平整光洁, 表面无凸起、毛边和杂物。主轴承座与主轴承盖的配合接触面如有深度 $\leq 6\text{mm}$ 的缺损, 允许焊补镗修, 超过该技术条件的损伤, 机体应报废。焊补镗修后的主轴承座孔与整个机体的同轴度偏差应 $\leq 0.04\text{mm}$, 否则不应使用。

(8) 主轴承按照规定的转矩装配后, 测量每一个轴承内孔与对应曲轴的配合间隙值, 以及径向偏差、轴向锥度、主轴承同轴度, 不符合要求的可通过调换、修磨等修理方式使其达标, 修理无效的应报废。

(9) 机体前、后构架无变形、裂纹。如有裂纹可采用焊补方式恢复, 焊补完毕, 应对焊补热变形进行纠正。检查、修理完的机体组件所有技术数据应符合操作手册要求。

2.3 曲轴组件修理技术要求

(1) 应按照 JB/T 6729-2007^[1] 标准要求, 对曲轴进行磁粉无损探伤检查。主轴承、连杆轴颈及各轴颈的圆角处有圆周方向的裂纹, 曲轴应报废; 各轴颈的油孔周围有裂纹, 应报废; 其他裂纹损伤深度 $\geq 0.50\text{mm}$, 且长度 $\geq 10\text{mm}$ 的曲轴应报废。在可修理状态的裂纹, 可通过打磨焊补等技术方法进行修复, 修复完毕后应保证原有形状误差 $\leq 0.04\text{mm}$ 。

(2) 曲轴内部油孔、油道清洁、畅通。

(3) 曲轴各轴颈表面和轴向轴承表面光洁, 表面粗糙度 $Ra0.8\mu\text{m}$ 。

(4) 曲轴主轴承和连杆轴颈表面大面积损伤, 可采用分级磨修方法进行整体修复。主轴承和连杆轴颈的磨修级差均为 $0.64\text{mm}/\text{次}$, 最大不超过 2 个级差, 磨修后需配装同级别的轴瓦; 当曲轴轴颈磨削达到 1 个级差及以上时, 应对曲轴进行碳氮共渗处理, 处理后的轴颈表面硬度 $\geq \text{HRC}35$, 磨修后的曲柄主轴承和连杆轴颈椭圆度 $\leq 0.04\text{mm}$, 轴向锥度 $\leq 0.04\text{mm}$,

过渡圆角值 (R) $2.5 \sim 3.00\text{mm}$, 磨修面表面粗糙度 $Ra0.8\mu\text{m}$ 。

(5) 应对曲轴进行弯曲度检查。将整根曲轴吊放至曲轴检测专用 V 形架上, 两块 V 形铁的支撑点位于曲轴的第一、七段主轴颈处, 安装测量装置, 使百分表测量点位于第四段主轴颈中部, 缓慢盘转曲轴一圈以上, 测得曲轴跳动值, 免修状态 $\leq 0.06\text{mm}$, 超过免修状况的曲轴, 可通过压力机矫直, 矫直后应进行探伤检验; 弯曲度达到极限报废状态值 0.70mm 的曲轴, 应报废。

(6) 曲轴前、后端油封安装轴颈表面应光洁无损, 表面粗糙度 $Ra \leq 1.6\mu\text{m}$ 。

(7) 曲轴自由端、功率输出端的连接螺杆孔螺纹完好, 曲轴前、后连接端面平整、无凸起。

(8) 曲轴前端传动齿轮和后端飞轮齿圈, 如有裂纹、断齿、变形, 应更换新件; 飞轮上出现单个缺损应焊补, 焊补后打磨平整, 不得有影响安装可靠性的残存状况。

(9) 硅油减振器外壳不应有变形、漏油现象, 否则应更换新件。

(10) 检查、修理完的曲轴组件各项技术数据应符合操作手册相关要求。

2.4 活塞、连杆修理技术要求

(1) 活塞圆柱表面应光洁无损、无裂纹, 活塞环槽内清洁、无积碳。活塞表面若出现深度 $\geq 0.50\text{mm}$ 、长度 $\geq 50\text{mm}$ 的线痕、损伤坑, 或者损伤部位紧邻活塞环槽, 此活塞应报废; 小于此尺寸 (状态) 的可抛光重复使用。活塞销挡圈槽内平整无损伤。活塞燃烧室若有深度 $\leq 1\text{mm}$, 单个面积 $\leq 9\text{mm}^2$, 总面积 $\leq 27\text{mm}^2$ 的损伤, 且损伤无裂纹现象, 这样的活塞损伤状态属于免修状态; 否则, 活塞应报废换新。活塞顶部的冷却空腔内清洁无污物, 油孔清洁、通畅。

(2) 活塞销应按照 JB/T 6729-2007^[1] 标准要求, 进行磁粉无损探伤检查, 有裂纹与变形必须换新件。活塞销两端卡簧平整无裂纹, 所有技术尺寸应符合操作手册要求。

(3) 活塞与气缸套的配合公差, 活塞环与环槽、活塞环与气缸套的配合技术公差数据见操作手册, 若有超差项, 应将损坏件报废换新。

(4) 应按照 JB/T 6721.2-2007^[2] 标准要求, 对连杆、连杆螺栓进行磁粉无损探伤检查, 如有裂纹应报废。连杆如有塑性拉伸、扭曲、弯曲现象, 应报废; 连杆

螺栓与螺母配合紧密、顺畅,如有丝扣黏合、松动现象,同时报废。

(5) 连杆小头轴承光洁、无损,油槽及连杆油道通畅、无污物。更换连杆小头轴承应采用油浴加热法或烘箱加热法,将连杆小头端均匀加热至 $175 \sim 260^{\circ}\text{C}$ 后,方可更换轴承瓦,不应采用冷态法强行拆装。

(6) 连杆大头轴承座、连杆轴承盖的组装配合面,不应出现任何形式的损坏,按其装配记号方向及规定力矩装配好后,轴承座孔偏差及锥度误差均应 $\leq 0.04\text{mm}$,任何一项数据超差,应报废换新。

(7) 同一台大修机的各组活塞相互质量差 $\leq 15\text{g}$,各组连杆的相互质量差 $\leq 50\text{g}$ 。

(8) 活塞连杆组件的其余各技术数据符合操作手册要求。

2.5 凸轮轴、摇臂组件修理技术要求

(1) 凸轮轴应按照 JB/T 6729-2007 标准要求,进行磁粉无损探伤检查,若有裂纹,应报废换新。

(2) 检查凸轮轴弯曲度,最大弯曲度 $\leq 0.04\text{mm}$,轴颈圆度误差 $\leq 0.04\text{mm}$,圆柱度误差 $\leq 0.04\text{mm}$ 。

(3) 凸轮升程检查,应符合下列规定:进气凸轮升程 $(8.10 \pm 0.13)\text{mm}$,排气凸轮升程 $(8.78 \pm 0.13)\text{mm}$ 。

(4) 凸轮及轴颈表面光洁,表面粗糙度 $Ra0.8\mu\text{m}$,硬度 $\geq \text{HRC}50$,不应有裂纹、剥落,以及深度 $\geq 0.20\text{mm}$ 的点蚀、横向损伤。允许深度 $\leq 0.10\text{mm}$,且间距 $\geq 5\text{mm}$ 的周向线痕存在,但应抛光处理至无棱角、台阶状况,整体均匀磨损量不得 $\geq 0.10\text{mm}$ 。深度 $\leq 0.20\text{mm}$ 的单个点蚀,可采用锉削与抛光结合的方法修复,锉修抛光后的硬度值应 $\geq \text{HRC}50$,低于此硬度值的凸轮轴应报废;凸轮上 1002mm 范围内的点蚀、剥落 ≥ 2 个,凸轮轴应报废。

(5) 凸轮轴轴承表面光洁无损,无变形、裂纹,油孔与机体润滑油道对正,油孔与油道清洁无垢。轴承孔与对应的凸轮轴配合间隙 $0.04 \sim 0.10\text{mm}$,否则报废换新。

(6) 挺柱的圆柱导向面和滚轮滚动工作面光滑,不应有金属剥落的凹坑、点蚀及磨损拉痕,如有,应报废换新。机体挺柱孔与挺柱的配合间隙 $0.02 \sim 0.09\text{mm}$ 。

(7) 摇臂轴弯曲量 $\leq 0.10\text{mm}$,摇臂轴承与摇臂轴轴颈的配合表面光洁,无损伤擦痕,摇臂在摇臂轴上转动灵活,无卡滞。

(8) 摇臂组间隔弹簧无断裂、变形,弹簧自由长度 114.3mm ,在 50N 的测试力作用下,压缩长度 $(74 \pm 2)\text{mm}$ 。

(9) 摇臂组定位销钉高于摇臂固定支架的水平高度 $(12.7 \pm 1.0)\text{mm}$ 。

(10) 各摇臂组的两端摇臂外侧与限位卡簧轴向间隙 $0.30 \sim 1.40\text{mm}$ 。

(11) 摇臂完好无变形、裂纹,凸头光洁、无损,否则应报废。摇臂调节螺钉及锁紧螺帽螺纹旋转顺畅,如有粘扣现象,调节螺钉与螺帽应报废。

(12) 凸轮轴组件、摇臂组件的其他技术数据应符合操作手册要求。

2.6 气缸盖修理技术要求

(1) 表面无退火性变色。

(2) 气缸盖底平面整体长度对角测量范围的平面翘曲变形 $\leq 0.10\text{mm}$,任意 150mm 长度测量范围内不平整度 $\leq 0.05\text{mm}$,若超差,应加工修理使其平整,研磨后的气缸盖底平面的表面粗糙度 $Ra0.8\mu\text{m}$ 。整体平面翘曲 $\geq 0.20\text{mm}$ 应更换新气缸盖。

(3) 气缸盖工艺堵头安装到工艺孔内后,应与工艺孔配合紧密,且不凸出于工艺孔外表面。

(4) 冷却液的节温器无破损变形,所有密封部位光洁平整,橡胶件弹性良好,伸缩弹簧无锈蚀。节温器应做开启试验,将节温器完全浸泡在水池中,温度在 $82 \sim 83^{\circ}\text{C}$ 时,节温器大循环通道应开启,温度达到 92°C 时节温器达到最大开度 10.4mm ,水温 $\leq 80^{\circ}\text{C}$,大循环通道应完全关闭。

(5) 喷油器护套各表面应光洁无损,密封胶圈若破损应换新。

(6) 安装气门组件前,气缸盖应采用气压密封法进行检验。将安装好密封测试工装的气缸盖完全沉入池水中,加压 600kPa ,稳压 5min ,水池中不应有气泡逸出。试验完毕后,应将内腔、外表积水清除干净,并作防锈处理。

(7) 气门导管无裂纹、变形。

(8) 气门座圈的技术数据超出标准时,应更换新座圈。气门座圈安装时,应采用冷装法,将气门座圈在液氮等冷媒中浸泡 5min 后,方可安装。安装好的气门座圈应平整,且与座孔配合紧密。

(9) 气门的密封环带如果出现 $\geq 0.02\text{mm}$ 的磨损环槽,应更换新气门。免修状态的旧气门应按照 JB/T 6012.3-2008^[3] 标准要求进行探伤检验,并与

相应的气门座圈相互研磨后方可使用。

(10) 气门座圈的密封环带应进行配对研磨, 研磨结果可用试漏法进行检测: 将待测试的气门与座圈清洗干净, 气门插入配对的气门座圈上, 按压气门头部左右旋转数下, 将煤油或者汽油倒满在气门与气缸盖底平面形成的凹陷区域, 观察 $\geq 2\text{min}$, 试漏的液体不应从密封环带处漏失。所试验的进、排气通道内不应有液体渗漏迹象, 如有密封性测试裂纹, 气缸盖应报废。

2.7 高压油泵修理技术要求

(1) 高压油泵凸轮轴、挺柱工作面光洁无损; 凸轮轴承、挺柱导向孔壁光洁无损。

(2) 齿条齿杆、齿面光洁, 无毛刺、缺失、凸起变形。齿条轴承光洁无损。

(3) 柱塞定位针端正完好。

(4) 柱塞表面无擦损、变色, 与套筒配合滑动顺畅, 且具阻尼感, 封闭压缩、回弹测试, 力度明显。柱塞弹簧、出油阀弹簧无损。出油阀组件封闭测试良好。

(5) 油门拉杆组件灵活、无卡阻。油门位置传感器芯杆往复活动灵活、无卡阻, 芯杆端磁铁磁力充足。

(6) 执行器拨杆转动顺畅、无卡阻, 回旋弹力充足, 通电测试, 拨杆的旋转、回弹正常。

(7) 高压油泵组装后, 齿条机构应全程推拉顺畅、无卡阻。

(8) 停机电磁铁通、断电测试, 动作灵敏, 行程到位。

(9) 对高压油泵的燃油供给通路、柱塞密封部位进行密封性测试, 在试验台上稳压 5min , 任何部位不应出现漏油迹象。

(10) 高压油泵动态测试前, 油泵内部加注足额 CF-4 以上级别的润滑油。人工盘转泵轴旋转一周以上, 泵轴旋转应平稳, 无异常阻碍。

(11) 高压油泵动态测试条件: 转速 750r/min 、测试油温 $30 \sim 35^\circ\text{C}$ 、低压燃油压力 $400 \sim 600\text{kPa}$ 、测试喷嘴压力 $(23 \times 10^3 \pm 0.5 \times 10^3)\text{kPa}$ 。高压油泵测试中, 运行平稳、无异响, 各部位无漏油现象, 在 20%、40%、60%、80%、100% 等 5 个级别油量测试中, 各缸供油均匀度偏差应 $\leq 3\%$ 。

(12) 输油泵转动顺畅、无卡阻, 传动齿轮完好无损。柴油机在 1500r/min 全负载工作状态时, 输出柴油压力 $\geq 400\text{kPa}$ 。

(13) 伺服泵转动顺畅、无卡阻, 吸入端口抽吸力强。传动杆方键与输油泵齿轮端面方口传动键槽匹配良好。

(14) 测试完毕的高压油泵各部位无泄漏。

3 结语

卡特彼勒 3412C 型柴油机大修理技术规范包含整个修理过程的五大部分, 经过 21 台柴油机的现场运行实践, 结果表明, 此规范不仅完善细化了修理标准, 而且极大提高了柴油机修理质量, 完全具备推广应用价值。

参考文献:

- [1] 全国内燃机标准化技术委员会. 内燃机曲轴、凸轮轴磁粉检测: JB/T 6729-2007[S]. 北京: 机械工业出版社, 2007.
- [2] 全国内燃机标准化技术委员会. 内燃机连杆 第 2 部分: 磁粉检测: JB/T 6721.2-2007[S]. 北京: 机械工业出版社, 2008.
- [3] 全国内燃机标准化技术委员会. 内燃机进、排气门 第 3 部分: 磁粉检测: JB/T 6012.3-2008[S]. 北京: 机械工业出版社, 2008.