

五-四轴轮胎拧紧机的设计研究与应用

李抱震¹, 陈全¹, 黄银燕²

1. 柳州五菱新能源汽车有限公司 广西柳州 545000

2. 上汽通用五菱汽车股份有限公司 广西柳州 545000

摘要: 汽车主流主机厂的轮胎螺母扭力拧紧一般通过轮胎拧紧机来实现打扭力, 但不同主机厂的轮胎拧紧机由于拧紧的汽车轮胎产品不同, 从而使轮胎拧紧机存在一定的差异。主要对可实现轮胎4个或5个螺母同时拧紧的一种轮胎拧紧机的产品结构、原理及使用方法的研究及应用。

关键词: 拧紧轴; 拧紧机; 设计原则; 安全要求

DOI:10.16173/j.cnki.ame.2025.04.012

本文研究的轮胎拧紧机主要适用汽车流水线生产过程中, 同时实现不同分度圆4个或5个轮胎螺母的扭力上紧, 核心技术: 拧紧轴的4轴或5轴能够自动切换。

轮胎拧紧机结构主要包含: 工字钢、定轨、动轨、平衡气缸、直线导轨、按钮箱、控制系统和拧紧系统, 拧紧系统又包含把手、伺服电动机、拧紧轴、按钮箱、按钮把手、变形气缸、导向轮和前进气缸。

汽车轮胎存在4个或5个螺母拧紧的结构, 轮胎的螺母分度圆存在差异、分布角度不一致问题。四轴拧紧的螺母角度分布一般为 90° , 五轴拧紧的螺母角度分布一般为 72° 。

针对此问题, 进行了如下拧紧机结构设计。

1) 如图1所示, 电轴2、电轴3、电轴4和电轴5的电轴座固定在分度圆气缸上, 都可以通过分度圆气缸的伸缩实现电轴座沿着分度圆电缸座的导轨来回运动, 实现电轴2、电轴3、电轴4和电轴5的分度圆大小变更。

2) 如图2所示, 伸缩气缸导轨固定在电轴1的分度圆气缸上, 伸缩气缸和电轴座均固定在伸缩气缸导轨

上, 气缸伸出, 拧紧机为五轴, 缩进去为四轴。五轴工作状态可通过分度圆气缸的伸缩实现电轴座沿着分度圆气缸座的导轨上来回运动, 实现五个电轴的分度圆大小变更。

3) 如图3和图4所示, 拧紧机有两种工作状态: 一是四轴工作状态, 电轴2、电轴3、电轴4和电轴5角度为 90° ; 二是五轴工作状态, 五个电轴角度为 72° 。

其中电轴1和电轴4无法改变角度, 电轴2、电轴3、电轴4可实现角度改变, 满足四轴 90° 和五轴 72° 的角度变更要求。电轴2、电轴3、电轴4改变角度的原

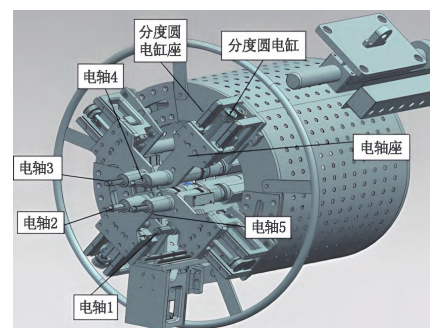


图1 汽车轮胎拧紧机示意

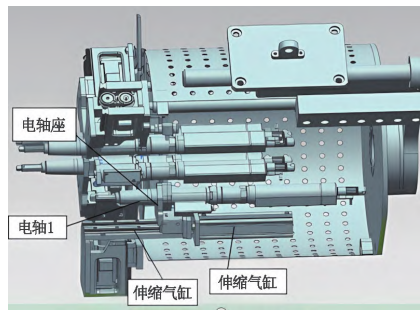


图2

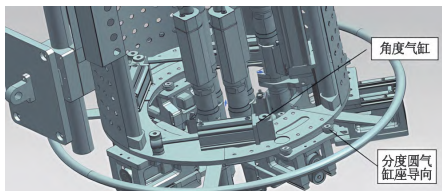


图3 拧紧机四轴工作状态

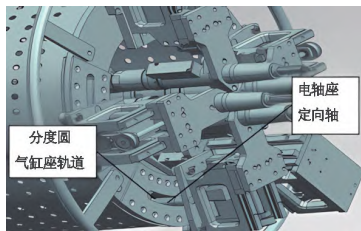


图4 拧紧机五轴工作状态

理：角度气缸伸缩实现分度圆气缸座导向轮和电轴座定向轴沿着规定的圆弧运动，实现电轴2、电轴3、电轴4角度的改变。

拧紧轴的选择要求

- 1) 拧紧轴设计最大拧紧扭力值应比实际拧紧最大值超过30%以上，如果选择错误，在高频率时拧紧扭矩会使拧紧轴发烫发热，导致拧紧机无法工作。
- 2) 传感器式拧紧轴控制器可以实现如下拧紧策略：扭矩控制+角度监控；角度控制+扭矩监控；扭矩控制+角度监控+扭矩斜率监控；角度控制+扭矩监控+扭矩斜率监控；屈服点拧紧；零速保持。
- 3) 每根轴和每步拧紧程序的扭矩值、角度值、速度、时间等参数可以独立进行设定，设备具有自动保存拧紧结果和拧紧曲线的功能。
- 4) 要求拧紧轴传感器为力矩/角度数字式传感器，力矩传感器精度 $\leq \pm 3\%$ ，角度传感器精度 $\leq \pm 2^\circ$ 。精度的测量办法依据ISO05393 标准，要求 $Cmk \geq 1.67$ ， $Cpk \geq 1.33$ 。

5) 广泛的记录能力。系统所有的信息，包括拧紧结果、扭矩值、正确/错误报告及拧紧过程中间步骤的拧紧数据保存功能。可设定起始扭矩、过渡扭矩、目标扭矩及其过程控制功能。与总装车间数据采集系统采用以太网接口连接，保证与MES（Manufacturing Execution System，制造执行系统）系统进行信息传输。

6) 具备自动采集、储存、实时传输和导出每次拧紧数据及曲线（包括不合格状态）的功能，且数据与整车识别号一一对应。

7) 可通过远程（如办公室）访问控制器进行参数设置及维护。

根据拧紧轴的标准要求，最终选择了博世品牌某型号直柄电轴，其扭矩范围在15~150N·m，满足以上所有需求。

拧紧机整体的设计原则

- 1) 由于G050 两座位电动物流车的车轮螺母是4个，其他车型是5个，拧紧机需实现四轴和五轴的自动切换。
- 2) 由于每个车型的轮胎螺母分度圆不同，拧紧机上的拧紧轴根据需求切换不同的分度圆拧紧螺母。
- 3) 由于装配的时候，车子在流水线不停，所以，拧紧机需能够跟车行走一个工位。
- 4) 拧紧机可以实现手动前进、自动退原位功能，且前进后退速度可调。
- 5) 员工能够上下轻松地移动拧紧机。

拧紧机的产品参数

1.工作条件

- 1) 环境温度范围：-10~+40℃；
- 2) 耐腐蚀等级：2级。
- 3) 场地要求：工装使用时占地面积不小于4.5m²。
- 4) 无腐蚀性气体、尘埃、金属粉末等。

2.电源要求

- 1) 电压：AC380V $\pm 10\%$ ，50Hz。
- 2) 气压：0.6~0.7MPa，最大为0.7MPa。

3.设备功能及操作前检查

- 1) 实现轮胎螺栓拧紧，数据实时上传的操作。
- 2) 打开气源三联件开关，并检查气压，不低于0.6MPa。

- 3) 电源总开关与气源阀门状态处于打开状态。
- 4) 屏幕处于运行状态。
- 5) 操作面板无故障报警（否则应查找故障原因）。
- 6) 拧紧系统是否处于悬浮状态。
- 7) 机械部件是否运转正常（否则应查找故障原因）。
- 8) 所有气缸在原点位置。
- 9) 接近开关和磁性开关状态正常。
- 10) 螺栓有无松动。

设备操作说明

拧紧机操作界面如图5所示。



图5 拧紧机操作界面

- 1) 检查设备后，按“自动启动”，绿色灯亮起，“手/自动”旋钮切换至自动；观察触摸屏当前车型进行车型切换。
- 2) 手动切换车型：根据车型选择不同分度圆变距，例如来车是需要 5×114.3 车型拧紧，点击车型 5×114.3 设备切换到对应分度圆，切换成功车型由红色变为蓝色。
- 3) 自动读取车型信息：车型通过线边PLC 读取信息传送到轮胎拧紧机PLC，此时车到位自动选择对应车型分度圆。
- 4) 车型切换成功需要人工对准螺栓，按下正转按钮启动螺栓拧紧机。拧紧机自动拧紧完成，对应界面显示扭矩、角度、合格/不合格状态。
- 5) 拧紧螺栓合格后，设备自动脱离轮胎螺栓，移动设备至原点，进入下一循环。

注：自动条件下车型切换失败时，切换到手动，按复位按钮，进行手动切换。

常规调试过程中遇到的主要困难点与解决办法

1. 困难点

- 1) 拧紧机的四轴或五轴的电轴中心对称进入轮胎

螺母，难对准，耗时长，抱怨大。

- 2) 按技术要求的设定中间值扭力拧紧螺母，普遍存在螺母扭矩衰减情况。

- 3) 拧紧轴上的套筒拧紧螺母时，套筒容易刮花轮毂，造成质量问题。

- 4) 可运动的线束使用BTR线缆，来回运动后，线缆容易断裂。

2. 解决办法

- 1) 中心孔难对准问题，要求拧紧电轴在打紧前先反转4至5圈，套筒容易自动对正螺栓里面，就可以实现螺母的自动拧紧。

- 2) 使用电轴正常拧紧螺母，下线复检其扭矩值，算出其扭矩衰减范围，做好工艺验证。如技术要求扭矩为 $100 \sim 110 \text{N} \cdot \text{m}$ ，线上电轴扭矩改成 $125 \text{N} \cdot \text{m}$ ，下线复测螺母实际扭矩在 $103 \sim 108 \text{N} \cdot \text{m}$ ，在 $100 \sim 110 \text{N} \cdot \text{m}$ 范围内，符合设计要求。

- 3) 针对套筒容易刮花轮毂问题，制作非标专用的尼龙套筒套，拧紧螺母时，不让套筒与轮毂直接接触，与轮毂接触的位置改为柔性的尼龙套，有效防止了刮花问题。

- 4) 线缆容易断裂问题，线缆更换成TRVV线缆，高柔线材料。

结语

本文设计研究的五-四轴轮胎拧紧机，从2022年3月至今已经在某主机厂的客厢式物流车、单排货车、多功能客车和两座电动物流车上实现了量产应用，至今都未造成车辆的质量问题发生，且极大提升了生产节拍，降低员工的劳动强度。

参考文献：

- [1] 吴拓. 汽车总装车间六-五轴混合自动变位螺母拧紧机方案设计及应用[J]. 汽车实用技术, 2017 (11): 56-57, 60.
- [2] 朱博. 工业拧紧技术发展现状分析[J]. 中国设备工程, 2019 (24): 232-233.
- [3] 卫道柱. 螺纹自动拧紧机的研制[D]. 合肥: 合肥工业大学, 2004. **AUTO1950**