

恐龙机器人的颈部结构与优化

孙泽刚 叶华

(四川轻化工大学机械工程学院 四川 宜宾 644000)

摘要: 目前, 恐龙机器人受颈部运动结构的限制, 存在动作单一、占有空间大、不利于布局和液 / 气压传动不便控制等问题。本文针对恐龙机器人的颈部结构存在的问题进行分析讨论, 针对性地提出一种基于丝杆的类气缸传动的并联机构运动设计方案, 采用单片机控制步进电机驱动丝杆, 实现类气缸传动, 并建立颈部结构模型, 最终该结构能够实现机器人的头部与肩部之间的运动更为稳定地接近真实的恐龙颈部运动姿态, 恐龙机器人也将实现动作多元化、仿生程度高、结构紧凑和传动精度高等优点, 为恐龙机器人颈部运动的结构设计和优化提供了新的思路。

关键词: 结构设计; 结构优化; 仿生机械

0 引言

近年来, 随着仿生运动机械的快速发展, 仿生机械也有了更为广阔的应用领域。就恐龙机器人颈部运动结构来说, 已衍生出了多种结构设计方案。目前, 袁立鹏等发明设计了一种以伺服液压缸驱动恐龙颈部运动的仿生机构, 在创新之余, 机构也存在动作单一、精度不高等问题; 刘翔宇发明设计了一种以伺服电机控制协调恐龙机器人颈部完成上下左右四个动作, 但仍无法更为接近的还原恐龙真实运动姿态。

本文中的恐龙机器人是通过 AT89S52 单片机产生 PWM 脉冲信号, 控制步进电机驱动丝杆, 实现类气缸传动, 再通过巧妙的机械结构方式, 并建立颈部结构模型, 最终该结构能够实现机器人的头部与肩部之间的运动更为稳定地接近真实的恐龙颈部运动姿态。为获得一架具有传动精确, 仿生程度高, 实现除上下左右动作外, 还能实现扭摆的颈部运动的结构, 在设计、加工与调试方面的诸多细节问题是值得注意的。根据这种状况, 本文针对性地提出设计恐龙机器人颈部运动结构的设计方案, 讨论与分析了恐龙机器人颈部运动结构各部分的结构与工艺, 为恐龙机器人颈部运动的结构设计和优化提供了新的思路, 对相关研究具有参考价值。

1 恐龙机器人颈部运动结构的总体结构设计

恐龙机器人颈部运动结构整体应满足结构紧凑、传动平稳、精确、动作多元化和仿生程度高等多项要求, 在设计时应时刻谨记。根据功能要求, 恐龙机器人颈部运动的结构可以大致划分为: 并联机构连接部分、传动部分、动平台、静平台和其他综合设计等如下图所示。

1.1 并联机构连接部分

恐龙机器人颈部运动结构对并联机构连接部分的强度, 灵活性要求较高, 对连接精度要求低。首先, 由于颈部运动机构是保持半悬空状态, 自身也有一定重量, 如果不对并联机构连接部分提出强度要求, 则易发生变形, 将直接影响传动精度要求; 其次, 在每一次更换交互动作时, 由于对步进电机的斜调控制有要求, 如果没有处理好程序问题, 则易产生不协调的冲击力。如此, 考虑到结构本身

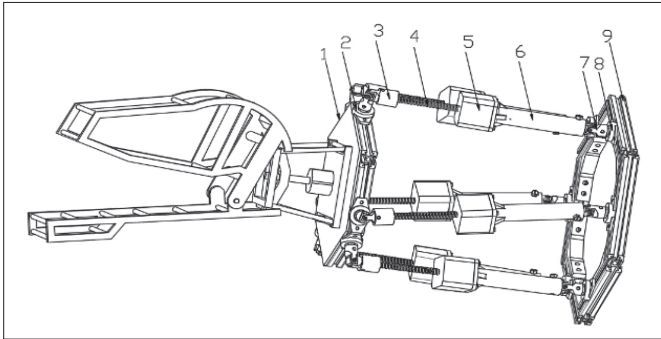


图 恐龙机器人颈部运动结构示意图

的强度要求, 连接要求和加工成本, 连接部分由 6 支连接体组成, 成左右对称分布, 由上至下, 上中 4 支连接体承担拉固动平台的作用, 下 2 支连接体承担支撑动平台左右, 且在连接处由万向节连接, 实现两轴夹角 37° 范围内旋转灵活, 对悬空运动结构亦多了支撑强度保障, 加上橡胶圈吸收冲击力, 而单支连接体其主体传动部分采用步进电机一体, 而其他部分采用树脂材料。

1.2 传动部分

传动部分是包含在连接部分中, 既起到连接作用, 也承担了传动作用。传动部分要求能够保证传动精度, 和传动平稳性。其工作原理是通过 AT89S51 单片机产生 PWM 脉冲信号, 控制贯穿式步进电机驱动丝杆, 实现类气缸传动, 从而通过 6 支传动件协调丝杆位移量达到动静平台之间的角度变化。其传动部分核心就是贯穿式步进电机的运用, 且该贯穿式步进电机具备输出力矩大, 低俗发热小, 低俗无震动, 当固定好电机, 输入脉冲信号, 就能直接达到类气缸作用, 相比直接液 / 气压传动方式, 该传动部分结构将更为紧凑, 且所需要的配件设施少, 也不用再考虑同液 / 气压传动一样因介质泄露而无法工作, 系统故障后也能快速更换部分步进电机, 继续工作。由温度, 环境对其正常工作状态的影响亦急剧减小。就此处而言, 合理运用贯穿步进电机, 加上树脂材料制成的空心连接套筒, 巧妙的机械结构, 加上对程序的编译实战, 足以完成从丝杠传动到类气缸传动转换, 并且能够对自身更低要求的达到更好的工作状态。

1.3 静平台

静平台起到连接, 固定作用, 是颈部结构与主干身体连接之间的重要部分, 对起强度, 质量把控有要求, 要在完成工作要求的同时, 要尽可能的做到采用复合材料代替钣金材料及非工作部分的用材要进行轻量化设计。静平台整体结构形状为正六边形, 主要工作面也集中在边上, 考虑到强度, 质量等因素影响, 静平台材料选用型材铝合金, 其强度高, 质量较轻, 抗弯能力强, 加工以呈六边形连接, 避免了中间非工作面用材, 也保证用材处质量达标, 且型材铝合金有沟槽, 利于在安装, 固定过程中螺栓的使用。

1.4 动平台

动平台其设计原理同静平台一致, 但动平台主要作用是充当头部与颈部直接的重要连接介质, 且悬空位置更远, 如果自身重量过大, 自身给静平台带来的力则更大, 对此, 在满足工作要求的同时, 对动平台的材料使用也是有要求, 要尽可能的达到轻量化设计。

2 实际问题与解决方案

使用 Solid works2018 建模, 在无干涉且运动轨迹仿真无误的条件下加工制作恐龙机器人颈部运动结构实体模型, 并加以进行实际测试, 发现恐龙机器人颈部结构在运动过程中与理论运动参数相比存在一定误差, 本文讨论与分析了对恐龙机器人颈部运动所带来不良影响的来源, 并对其提出优化改良措施。

2.1 零部件加工 / 装配误差累计

由于在加工过程中, 属于单件小批生产类型, 遂零部件在加工时缺少了较为精密的辅助加工工具, 至此导致以型材铝合金为首的零部件加工精度低, 同时, 由于受 3D 打印设备影响, 打印出的树脂材料零部件精度也较低; 另一方面, 由于装配过程中存在操作误差, 量具误差则最终形成误差累计。为了更好的解决这一问题, 在装配过程中, 我们要尽可能的利用现有量具, 工具, 选择合理的装配基准, 避免装配基准多次传递, 掌握误差变化规律, 合理分配或调节误差数值。

2.2 颈部结构运动转向点的奇异性的考虑

恐龙机器人的颈部结构采用的是并联机构模型设计, 如果不提前规划好恐龙颈部结构的运动轨迹, 不经反复性实验, 则在实践过程中易出现运动奇异性, 而动平台也将直接处于奇异点位置。就此而言, 并联机构转向点奇异性必须得到处理, 否则将会直接影响恐龙颈部机器人的设计理论效果。要改善运动转向点的奇异性, 先进行结构优化设计, 进行局域性能分析, 分析并拟定运动轨迹在其工作空间内的分布规律, 以满足实际工作要求。同时, 增加传感器, 以获取运动结构的冗余信息, 利用冗余驱动, 改善运动点的奇异性, 并且王玉新等提出了一种规避并联机构转向点奇异性问题的扰动函数方法, 也为我们解决运动转向点奇异性提供了思路, 加以应用, 则能极大程度上减少运动转向点奇异性的发生率。

3 与其他设计方案的比较

3.1 结构方面

袁立鹏等发明设计了一种以伺服液压缸驱动恐龙颈部运动的仿生机构, 刘翔宇发明设计了一种以伺服电机控制恐龙机器人。这类设计方案均采用的机械结构都是串联机构或平面四杆机构, 本文设计方案用的是并联机构, 相比较: 如若用串联机构或平面丝杆机构, 则恐龙机器人仅能做到一般运动姿态, 而采用并联结构, 恐龙机器人可以做到除上下俯仰、左右侧摆外, 还有小角度扭头动作姿态。且在拟定好运动轨迹后, 并联机构的逆解也易求得; 而该结构应用于颈部, 半悬空状态, 对运动结构的刚性也要求更高, 并联机构自身具备较好的刚性, 且结构稳定能更好适应工作要求。

3.2 主动力

较以上设计方案来看, 常规主动力多采用液压传动, 伺服电机传动, 气动方式。他们的优点很明显, 液 / 气压无级传动搭配串联结构, 伺服电机搭配平面四杆机构, 能够实现一定动作, 操作也简单, 但是缺点也很明显: 空气的压缩性较大, 气动的运动平稳性差, 且排气有噪音, 需要设置润滑装置等配件设施; 而液动对工作元件质量的要求高, 对工作介质要求高, 对安装, 维修的工人技术要求高, 所需要的配件设施也多, 不利于结构优化。本文中的设计方案是通过单片机控制步进电机驱动丝杆, 实现类气缸传动, 既利用气动的优点, 但又减少出现气动的缺点: 产生的工作噪音减少, 输出的力矩更大, 结构也更为紧凑, 无需大量配件设施, 工作环境因素对其影响降低。

4 结语

本文所设计的恐龙机器人颈部运动结构从总体的结构设计出发, 通过理论研究分析讨论与实验经验的积累, 分析讨论了各组成部分的设计重点, 为恐龙机器人颈部运动结构的设计提供新思路与参考价值。本文中设计与制造的恐龙机器人颈部运动结构在装配调试后可以实现区别于当前的恐龙机器人颈部运动结构设计达到上下俯仰, 左右侧摆以外, 还能够实现旋转扭头, 且配件设施简单, 结构紧凑, 环境温度对其影响小, 进一步验证了模型设计过程与优化过程的正确性和结论的合理性。

参考文献:

- [1] 袁立鹏, 等. 一种仿生恐龙四足机器人机构: 中国, CN205706944U[P]. 2016-11-23.
- [2] 刘翔宇. 一种仿生恐龙机器人: 中国, CN204750348U[P]. 2015-07-10
- [3] 高强, 赵江海. 一种恐龙机器人腿部设计与仿真 [J]. 自动化与仪器仪表, 2018(08):19.
- [4] 叶蓓, 郭子昂. 等. 六自由度并联机器人动力学仿真与位置误差分析 [J]. 机械制造, 2018(06), 38-40.
- [5] 申耀武. 一种基于单片机控制的恐龙机器人设计 [J]. 机械工程与自动化, 2015(05): 174-176.
- [6] 李雨桐, 潘双夏, 王玉新. 一种规避并联机构转向点奇异问题的新方法 [J]. 中国科学 E 辑, 2018, 38(01): 125-136.