

SIX-LEGGED ROBOT DESIGN

Cai Hao¹

¹ Hubei Digital Textile Equipment Key Laboratory, Wuhan Textile University, Wuhan, 430073, China

E-mail: 2166312874@qq.com

Abstract. This article is about the design of hexapod robots. The first of the six legged robot is summarized; then calculated based on these design criteria and abase type design; then check the major components of the selected. Finally, a simple description of the installation and maintenance manual. At present, six legged robot is moving to adapt to the development direction of complex terrain, bad weather, acquisition of multiple signals. The design of the hexapod robot presented in this article represents the general design process, and it is hoped that it will provide some reference and value for future selection and design work.

Keywords: Six legged robot; type selection design; main parts; maintenance and repair

六足机器人设计

蔡豪¹

¹ 武汉纺织大学, 湖北省数字化纺织装备重点实验室, 武汉, 430073

E-mail: 2166312874@qq.com

摘要: 本文是关于六足机器人的设计. 首先对六足机器人作了简单的概述; 然后根据这些设计准则与计算选型方法按照给定参数要求进行选型设计; 接着对所选择的各主要零部件进行了校核. 本次设计由四个主要部件组成: 支撑腿升降装置, 支撑腿摆动装置, 支撑轮转动装置, 主体钢结构. 最后简单的说明了说明书的安装与维护. 目前, 六足机器人正朝着适应复杂地形, 应对恶劣天气, 采集多元信号的方向发展, 本文六足机器人设计代表了设计的一般过程, 希望对今后的选型设计工作有一定的参考和借鉴价值.

关键词: 六足机器人; 选型设计; 主要部件; 养护维修

0 引言

随着现代工程技术的快速发展, 特种作业机器人在矿井抢险, 野外探测, 反恐侦查等高危场景中的应用越来越广泛. 这些场景的共同特点是地形不规则, 路面崎岖不平, 传统轮式与履带式移动机器人的应用受到极大限制 [1]. 轮式机器人仅在平坦地形具备高效移动能力, 在松软或崎岖地形中移动能耗大幅上升, 行走能力严重丧失; 履带式机器人虽提升了复杂地形适应性, 但行驶时机身晃动剧烈, 转向灵活性差, 难以满足窄小空间内的作业需求.

与轮式, 履带式机器人相比, 六足步行机器人通过离散的足点与地面接触, 可通过腿部多自由度调整机身姿态与重心位置, 在崎岖地形中具备更强的地形适应性, 运动灵活性与行驶稳定性, 成为特种作业机器人领域的研究热点 [2]. 目前我国在特种六足机器人的设计制造领域与国外先进水平仍存在一定差距, 针对重载, 崎岖地形适配的六足机器人工程化设计与校核仍需开展深入研究.

本文以崎岖砂石路面为核心作业场景, 以额定负载 50kg, 最大移动速度 8m/min 为核心设计指标, 完成了六足机器人的整体结构设计, 核心力学计算, 关

键部件选型与强度校核,形成了一套完整的工程化设计方案,可为同类特种六足机器人的设计提供参考.

1 六足机器人设计基础与工作原理

本文所设计的六足机器人以崎岖地面,高低不平砂石路面为核心工作环境,核心设计原始参数如表 1 所示.

本文设计的六足机器人主要由支撑腿升降装置,支撑腿摆动装置,支撑轮转动装置,主体钢结构四大核心部件组成,整体结构如图 1 所示.

表 1 六足机器人核心设计原始参数
Table 1 Core Original Design Parameters of Hexapod Robot

参数名称	设计指标
额定负载	50kg
额定功率	500W
最大移动速度	8m/min
外形尺寸主体钢结构形式	1460mm (长)×1460mm(宽)×940mm(高) 1000mm 等分十二边形

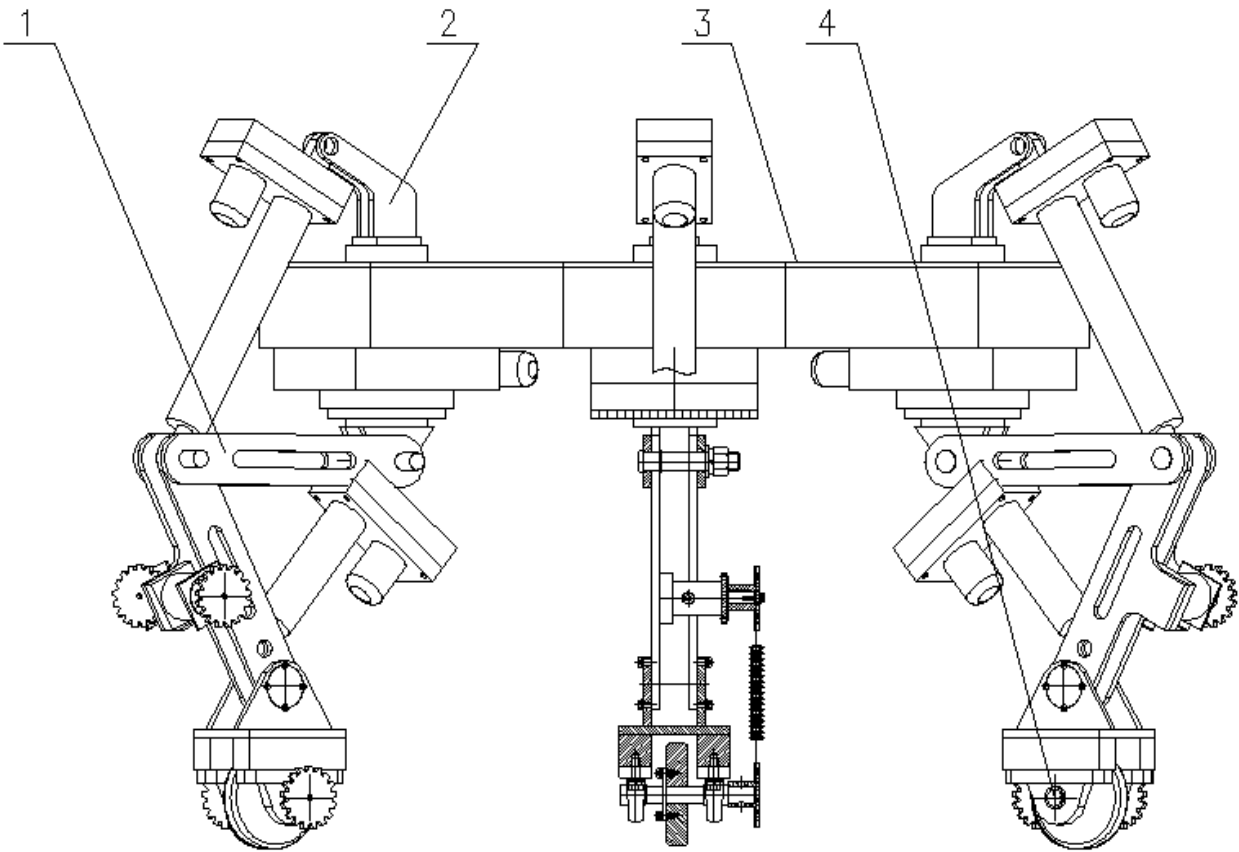


图 1 六足机器人结构简图
Figure 1 Structural Diagram of Hexapod Robot

机器人采用腿轮复合式移动结构,兼顾崎岖地形的通过性与平坦路面的移动效率. 其中,支撑腿升降装置以 2 台伺服电动缸为动力源,为支撑腿提供升降与步进动力输出,伺服电动缸后耳环与全角度转台铰接,在实现步进运动的同时为机器人提供转向辅助;支撑轮转动装置由伺服减速机通过链轮链条机构驱动转轮实现旋转,可在平坦路面实现无步进动作的平面移动,大幅提升机器人的机

动性能; 主体钢结构采用普通碳钢板焊接加工而成, 结构强度可满足 200kg 以下负载需求, 具备成本低廉, 承载能力强的特点; 转动轮采用钢制滚花材质, 可提升复杂路面的抓地能力与传动稳定性 [3].

为保障机器人传动系统的稳定性, 设计过程中遵循以下原则: 严格执行图纸尺寸要求, 配合表面确保润滑条件; 安装完成后进行全流程调试, 提前排查并解决潜在问题; 制定规范的养护流程, 保障设备使用寿命.

2 核心零部件选型

为考虑六足机器人的精密控制需求, 选用 AKM 系列伺服电机, 单台额定功率 500W, 共计 6 台. 该系列电机具备低齿槽效应, 控制精度高, 运行平稳的特点, 支持多种反馈模式, 可满足机器人复杂地形下的精密运动控制需求 [4].

为匹配伺服电机的控制性能, 选用 TF60 型行星伺服减速器. 该减速器采用模块化结构设计, 具备回程间隙小, 传动精度高, 输出扭矩大, 使用寿命长的特点, 可在有限安装空间内实现大扭矩传动, 与伺服电机形成高匹配度的传动系统. 根据电机额定转速 1470r/min 与机器人行走速度需求, 完成减速器总传动比的匹配设计.

制动装置采用伺服电机与电动缸自带的断电抱闸系统, 可在断电, 信号中断工况下实现自动制动, 具备安全可靠, 控制系统简单, 故障点少的优势. 转向装置采用 6 台 WN03RA200H 型高精度电动旋转台, 配合支撑腿铰接结构实现机器人的全角度转向, 提升机器人在狭窄空间内的机动性能.

3 建模和装配

主体钢结构为整机的承载核心, 同时为所有驱动单元, 执行部件提供安装基准, 其建模精度直接决定整机装配与运行的稳定性. 如图 2 所示, 本模块建模依据设计计算中确定的 1000mm 对边距正十二边形为主体轮廓, 材质选用 Q235 普通碳素钢, 主体采用 5mm 厚碳钢板焊接成型, 建模过程中同步设计了纵向与环向加强筋结构, 提升机架的抗弯, 抗扭刚度, 经建模校验, 该结构可满足 200kg 以内的静负载要求, 远超设计额定 50kg 的负载指标.

建模过程中, 在机架圆周方向均匀预留 6 组支撑腿铰接安装座, 伺服电动缸固定位, 机架内部预留驱动电机, 减速器, 电控系统的安装空间与固定孔位, 所有安装孔位均采用参数化建模, 孔位公差, 配合精度均符合 GB/T 1800.1-2009 机械制图公差规范, 确保后续实物装配的互换性.

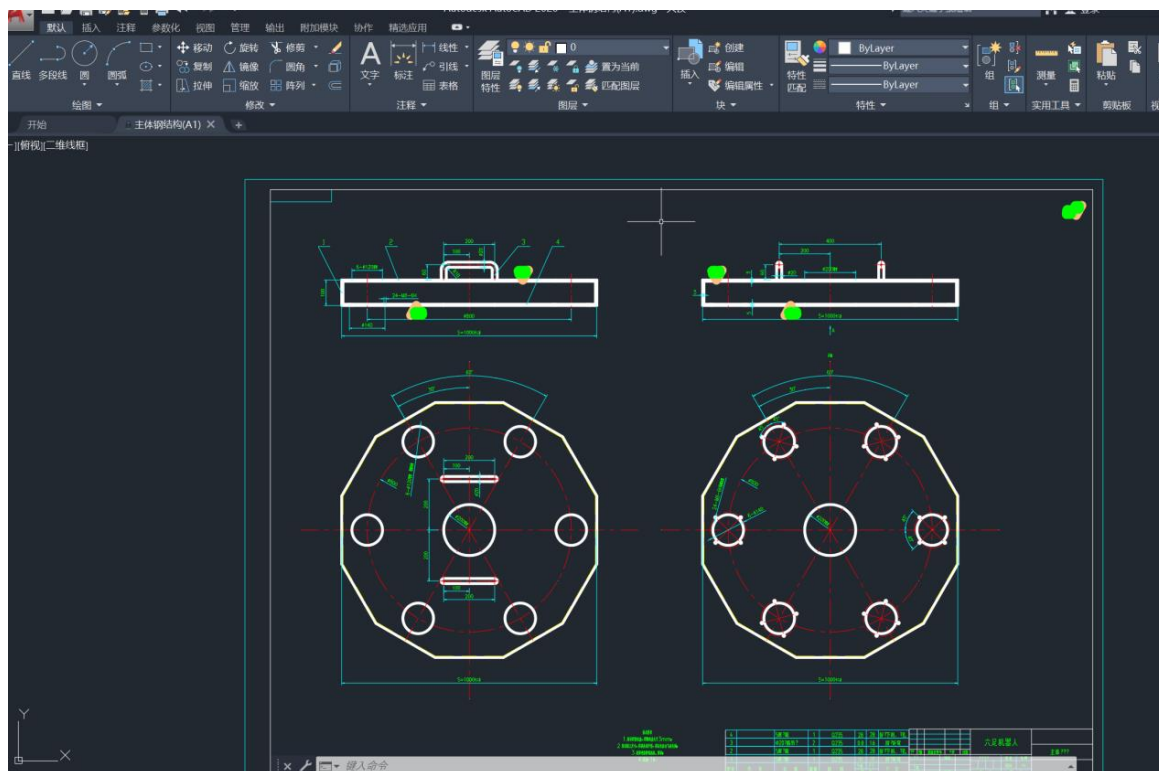


图 2 主体钢二维视图

Figure 2 General Two-dimensional view of the main steel structure

其中支撑腿总成是六足机器人实现足式越障行走的核心执行单元, 单条支撑腿的总成建模如图 3 所示. 该模块以摆台为摆动关节基准, 通过摆台实现支撑腿的周向摆动与整机转向功能; 以大缸, 小缸为升降驱动核心, 配合臂 1, 臂 2, 臂 3 组成的多连杆机构, 通过销轴铰接实现抬腿, 落步的升降动作, 关节处均采用 UCP204 轴承配合, 降低运动摩擦阻力, 提升机构运动的平顺性.

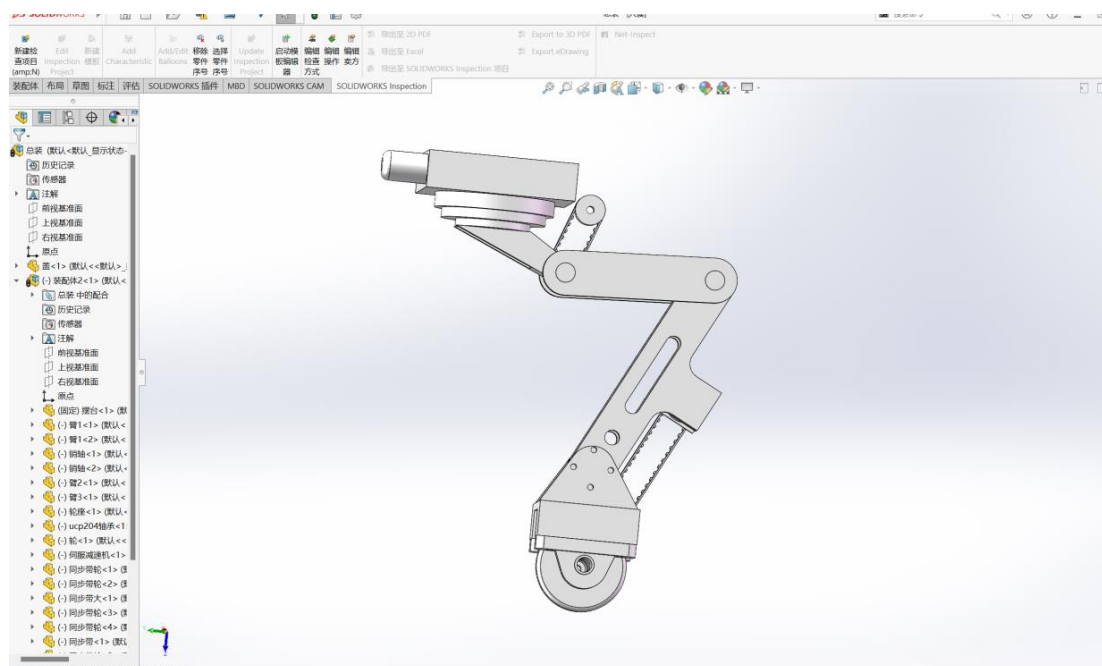


图 3 支撑腿

Figure 3 supporting leg

本次设计采用 SolidWorks 软件完成六足机器人全参数化三维建模, 遵循“自下而上, 先零件后装配, 先模块后整机”的建模原则, 完成所有零件建模后进行整机虚拟装配, 最终总装模型如图 4 所示. 整机采用对称式布局, 6 组结构完全一致的支撑腿沿主体机架圆周均匀分布, 单腿集成摆动, 升降, 轮式行走三大功能模块, 可实现轮足复合式移动, 适配崎岖砂石路面与平整路面的多工况行走需求. 整机建模严格遵循设计原始参数, 外形尺寸, 安装定位尺寸, 配合公差均与设计计算章节的结果完全一致, 装配完成后经干涉检查, 无运动干涉与装配冲突, 验证了结构设计的合理性.

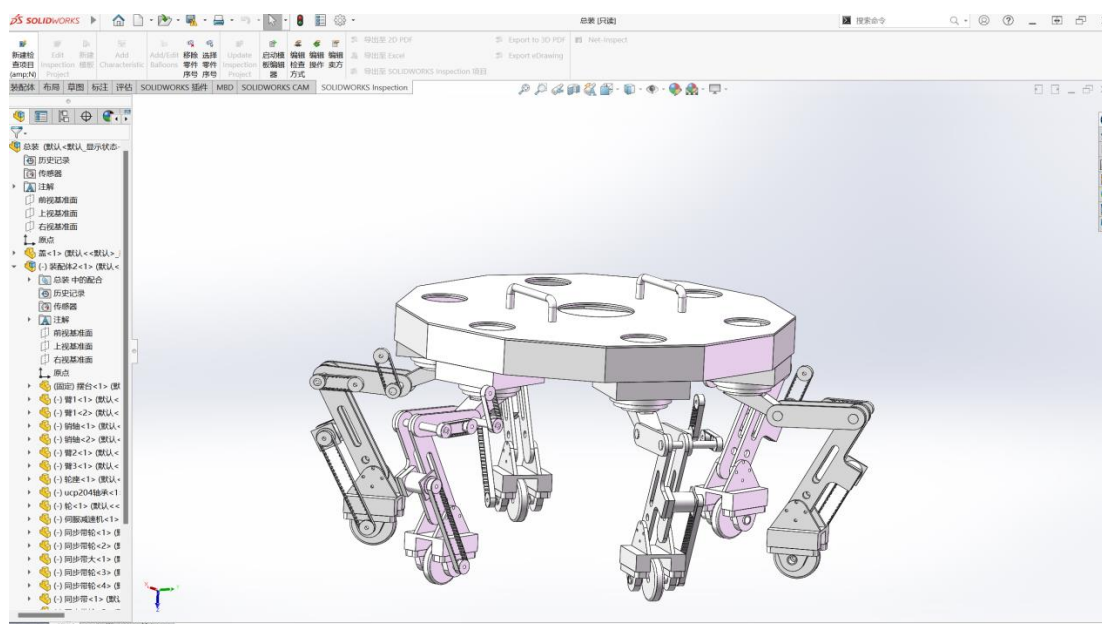


图 4 总装配图

Figure 4 General Assembly Drawing

4 电气与安全防护设计

为保障机器人的安全稳定运行, 电气及安全保护装置的设计, 制造与使用均符合 IEC439 «低压开关设备和控制装置», GB4720 «装有低压电器的电控设备» 等国家标准要求. 主回路配置电压, 电流仪表指示器, 设置断路, 短路, 过流, 缺相, 接地等多项保护功能, 同时配套声光报警指示, 确保故障发生时可及时预警与停机, 保护操作人员安全与设备本体不受损坏 [5].

5 结束语

本文针对崎岖地形作业需求, 完成了一款腿轮复合式六足机器人的结构建模设计, 明确了机器人四大核心组成模块与工作原理, 据此完成了伺服电机, 行星减速器等核心部件的选型, 完成六足机器人的建模. 结果表明, 所设计的六足机器人结构强度与动力性能均满足设计要求, 可适应崎岖砂石路面的作业需求.

本次设计严格依据机械设计相关标准与规范完成, 掌握了六足机器人各部分的结构, 原理与功能, 针对机器人实际使用过程中的常见问题进行了优化设计. 同时设计仍存在一定不足, 对部分零件的结构与安装尺寸把控精度仍有提升空间, 后

续可根据实际工况对机器人整体结构进行轻量化优化, 减小机器人的重量与体积; 同时对各部件进行优化设计, 进一步提升机器人的综合性能.

参考文献

- [1] 李银河, 田亚锋. 复杂地形多功能轻型机器人设计与研究 [J]. 机械传动, 2024, 48(06):76-82. DOI: 10.16578/j.issn.1004.2539.2024.06.012.
- [2] 赵汝和, 李小平, 魏子民, 等. 基于仿生学的多足步进式机器人发展综述 [J]. 科技创新与应用, 2021, 11 (21): 10-12. DOI:10.19981/j.cn23-1581/g3.2021.21.003.
- [3] 潘建明. 高黏滞地形下六足机器人自由步态规划与足力优化研究 [D]. 哈尔滨理工大学, 2025. DOI: 10.27063/d.cnki.ghlgu.2025.000825.
- [4] 张海建, 李浩. 一种上料机器人的伺服电机选型 [J]. 中国人造板, 2022, 29(08):14-16+24.
- [5] 吴明刚. 机器人机电电气系统的优化设计与实践 [J]. 新发现, 2025, (14):109-111.

References

- [1] Li Yin hao, Tian Ya feng. Design and Research of Multifunctional Lightweight Robots for Complex Terrains [J]. Mechanical Transmission, 2024, 48(06):76-82. DOI: 10.16578/j.issn.1004.2539.2024.06.012.
- [2] Zhao Ru he, Li Xiaoping, Wei Zimin, et al. A Review on the Development of Multi-legged Walking Robots Based on Bionics [J]. Science and Technology Innovation and Application, 2021, 11(21): 10-12. DOI: 10.19981/j.cn23-1581/g3.2021.21.003.
- [3] Pan Jianming. Research on Free Gait Planning and Foot Force Optimization of Hexapod Robots in High Viscosity Terrain [D]. Harbin University of Science and Technology, 2025. DOI: 10.27063/d.cnki.ghlgu.2025.000825.
- [4] Zhang Haijian, Li Hao. Selection of Servo Motor for a Feeding Robot [J]. China Wood-based Panels, 2022, 29(08):14-16 24.
- [5] Wu Minggang. Optimization Design and Practice of Mechatronic Electrical Systems for Robots [J]. New Discoveries, 2025, (14): 109-111.