

雙足機器人設計與實現 重點整理

1. 研究背景與動機

- 仿生機器人趨勢**：模仿人類雙足行走的機器人因適應複雜地形和擬人化交互需求，成為研究熱點。
- 技術挑戰**：需平衡高自由度、動態穩定性與輕量化設計，解決步態規劃、機電整合等難題。
- 研究目標**：開發身高120cm、體重28kg的雙足機器人腳部機構，具備高功率密度與動態運動潛力。

2. 機構設計

- 自由度配置**：單腳6自由度（髖關節3、膝關節1、踝關節2），總計12自由度，簡化控制複雜度。
- 關鍵組件**：
 - 馬達**：Maxon RE40（150W）與RE30（60W），注重功率/重量比。
 - 減速機構**：諧波減速器（HD, 160:1）結合皮帶輪減速，放大扭矩並調整轉速。
 - 結構材料**：7075-T651鋁合金，輕量高強。
- 防撞設計**：光阻斷感測器與機械限位結合，確保各軸運動在安全範圍內。

3. 機電系統整合

- 感測器系統**：
 - 編碼器**：實時反饋馬達轉角。
 - 六軸力規**：測量腳底與地面交互力。
 - IMU與傾斜儀**：監測質心運動與姿態。
 - 溫度感測器**：保護馬達與電路板。
- 電路設計**：
 - SA60馬達驅動板**：線性放大控制信號，支持 $\pm 48V$ 輸出。
 - 電源管理**：48V電池組，通過穩壓器分配多級電壓。
- 嵌入式控制**：NI sbRIO-9612實時處理器，結合FPGA實現高速I/O控制。

4. 控制平台開發

- 核心算法**：
 - PID控制**：通過LabVIEW FPGA實現各軸閉環控制，優化動態響應。
 - 初始位置校準**：利用光阻斷感測器自動定位安全姿態。
- 運動規劃**：Matlab/Simulink與Adams聯合仿真，驗證步態穩定性與質心軌跡。
- 人機交互界面**：實時監控感測器數據、調整參數，支持軌跡輸入與錯誤診斷。

5. 模擬與實驗結果

- Adams仿真**：
 - 角速度輸入控制**：驗證步態規劃可行性，質心軌跡誤差小於1度。
 - 扭矩輸入控制**：結合PID參數調整，模擬實際負載下的穩定性。
- 實際測試**：
 - 蹲下與側傾**：單腳支撐60kg負載，驗證機構強度。
 - 架上行走**：初步實現交替步態，PID參數需進一步優化。

6. 結論與展望

- **成果：**完整實現雙足機器人腳部機構，整合機電系統與控制平台，驗證基礎運動能力。
- **未來方向：**
 - **優化設計：**提升拆卸便利性，改進散熱與材料。
 - **動態步態：**開發跑步與轉彎算法，增強環境適應性。
 - **感知回饋：**融合六軸力規與IMU數據，實現實時平衡控制。
 - **外觀擬人化：**採用圓柱形結構，提升視覺親和力。

關鍵詞：仿生機器人、諧波減速器、LabVIEW FPGA、Adams仿真、PID控制、機電整合。