

## 《執行系統之旋轉關節：扭矩躍升，動力內核》報告重點整理

---

### 一、核心技術與零部件分析

#### 1. 執行器：硬體系統核心，成本佔比55%

- 功能：將電機旋轉運動轉化為機械運動，驅動關節活動。
- 分類：
  - 旋轉執行器（主流方案）：輸出旋轉運動，如特斯拉Optimus的「無框力矩電機+諧波減速器+雙編碼器」結構。
  - 線性執行器：將旋轉運動轉為直線運動，如特斯拉的「電機+行星滾柱絲杠」。
- 技術趨勢：
  - 準直驅執行器（PA/QDD）：低減速比傳動，結構簡單、響應快、成本低，適配高動態場景（宇樹H1、智元A1）。
  - 一體化關節模組：集成電機、減速器、傳感器，提升緊湊性與性能，降低維護成本。

#### 2. 電機：動力源，無框力矩電機為核心

- 關鍵要求：高效率（電池供電）、高動態（低慣量）、高功率密度（緊湊輕量化）。
- 無框力矩電機優勢：
  - 無外殼設計，直接集成至關節，高轉矩密度、散熱性好、定制靈活。
  - 應用：特斯拉Optimus（28個關節）、宇樹H1、小米Cyberone等。
- 市場格局：
  - 海外主導：科爾摩根（TBM系列）、威騰斯坦、Maxon。
  - 國內追趕：步科股份、昊志機電、雷賽智能（參數差距縮小，但高端技術仍需突破）。

### 3. 減速器：扭矩放大，諧波與行星減速器適配人形

- 諧波減速器：體積小、精度高，適配輕負載關節（手部、腕部）。
    - 國內龍頭：綠的諧波（2022年市佔率26%），打破哈默納科（38%）壟斷。
  - 精密行星減速器：傳動效率高，適配中型負載。
    - 國內代表：湖北科峰（市佔率12%），日本新寶主導（20%）。
  - RV減速器：重負載領域主導（工業機器人），國產替代加速（環動科技市佔率18.89%）。
- 

## 二、市場空間與趨勢

- 無框力矩電機：
    - 2023年中國市場規模1.80億元（同比+19.73%），協作機器人需求佔70%。
    - 預計2028年規模超5.6億元（不考慮人形機器人），若人形放量增速將顯著提升。
  - 諧波減速器：
    - 2022年中國市場規模21億元，2025年預計達33億元（CAGR 16.3%）。
  - 人形機器人產業化驅動：
    - 政策支持（「十四五」規劃）、供應鏈自主化（三花智控、綠的諧波等打入國際供應鏈）。
    - 特斯拉Optimus規劃2025年量產數千台，2026年目標10萬台級。
- 

## 三、投資建議

- 關注領域：執行器、電機、減速器等核心零部件國產替代。
- 重點標的：
  - 執行器/機電一體化：三花智控（熱管理+執行器）、震裕科技。
  - 電機：步科股份（無框力矩電機）、偉創電氣、禾川科技。

- **減速器**：綠的諧波（諧波）、中大力德（行星/RV）、雙環傳動。
- **綜合方案**：雷賽智能（伺服系統）、臥龍電驅。

#### 四、風險提示

- 技術風險**：人工智慧、力控演算法發展不及預期，影響機器人智能化落地。
- 競爭風險**：海外廠商技術壓制，國內企業面臨價格戰與盈利壓力。
- 迭代風險**：技術快速升級可能導致現有方案被替代（如直驅技術衝擊減速器需求）。

#### 五、核心數據速覽

領域	2023年市場規模	2025年預測規模	CAGR	國內代表企業
無框力矩電機	1.80億元	5.6億元（2028年）	19.73%	步科股份、昊志機電
諧波減速器	21億元（2022年）	33億元	16.3%	綠的諧波
RV減速器	42.9億元（2021年）	60億元	-	環動科技、中大力德

**總結**：人形機器人執行系統以電驅動為核心，旋轉關節依賴無框力矩電機+精密減速器方案，國產替代聚焦技術突破與供應鏈整合，建議關注具備定制化能力與量產潛力的細分龍頭。