

《無框力矩電機：至關重要的關節動力部件》報告重點整理

一、核心技術與產品特性

1. 定義與結構

- **無框力矩電機**：無軸、軸承、外殼，僅由定子（外繞組）和轉子（永磁體）組成，直接集成至機械系統中，實現高扭矩密度和緊湊設計。
- **應用場景**：人形機器人關節（如特斯拉Optimus的28個執行器）、協作機器人、工業自動化等。

2. 核心優勢

- **低轉速、大扭矩**：適配關節驅動的低速高負載需求。
- **小體積、輕量化**：省去外殼，尺寸和重量減少20%以上。
- **高功率密度**：優化電磁設計，散熱性能優異，溫升控制穩定。
- **定制靈活**：可適配不同負載需求（如步科股份提供52-132mm框架尺寸）。

3. 技術對比

- **與傳統電機**：相比伺服電機（高精度閉環控制）和步進電機（低成本開環控制），無框力矩電機在扭矩密度和集成性上更優。
- **國內外差距**：科爾摩根、Allied Motion等海外龍頭技術領先，但國內步科股份等企業參數差距快速縮小（如轉矩密度接近）。

二、市場前景與規模測算

4. 全球市場現狀

- 2023年全球力矩電機市場規模6.57億美元（CAGR 8%），傳統應用增長平穩。
- **人形機器人驅動**：預計2027年無框力矩電機市場規模突破113億元，2030年達500億元（含原有市場）。

5. 需求驅動因素

- **人形機器人爆發**：2030年全球需求預計362萬台（CAGR 78%），單台用量28個電機。
- **降本趨勢**：2024-2030年單台電機價格從1000元降至423元，BOM成本下降至11.76萬元/台。
- **應用場景**：服務業（家政、教育機器人）+ 工業補勞動力缺口。

6. 競爭格局

- **海外主導**：科爾摩根（TBM系列）、Maxon、Allied Motion佔據高端市場。
- **國產追趕**：步科股份（2023年出貨1萬套）、昊志機電（協作機器人批量應用）、雷賽智能（FM1系列量產）加速技術突破。

三、重點標的分析

公司	核心優勢	產品進展
步科股份	無框灌封工藝，溫升低20%，覆蓋3-25kg負載；常州基地2024年投產，產能擴張。	2023年前三季度出貨1萬套；2025年營收預期8.79億元（CAGR 22%）。
昊志機電	全鏈條佈局（控制器、諧波減速器、編碼器）；按摩機器人批量銷售。	無框電機+六維力矩感測器形成協同優勢，聚焦協作機器人市場。
雷賽智能	FM1系列7種框架尺寸，日系灌封工藝；2024年量產，適配人形機器人高動態需求。	2025年淨利潤預期3.01億元（CAGR 27%），PE 20.34x（2025E）。
禾川科技	伺服技術積累，無框電機+編碼器+驅動器全產品線；與博世合作拓展市場。	2023年成立人形機器人事業部，2030年目標營收20.78億元（CAGR 25%）。

四、風險提示

- 7. **規模化風險**：人形機器人量產進度不及預期（如特斯拉Optimus 2025年目標數千台）。
- 8. **降本壓力**：核心零部件國產化速度、良率提升（當前80%→95%）影響成本競爭力。
- 9. **技術壁壘**：海外專利限制、電磁設計與熱管理技術突破難度高。

10. 產業鏈風險：全球供應鏈波動可能延緩國產替代進程。

五、核心數據速覽

指標	2023年	2030年（預測）	CAGR
全球人形機器人需求	1萬台	362萬台	78%
單台電機價格	1000元/支	423元/支	-12%
無框力矩電機市場規模	52.59億元	501.94億元	37%
步科股份營收	5.92億元	8.79億元	22%

總結：無框力矩電機是人形機器人關節動力核心，國產替代加速推進。建議關注技術突破快、量產能力強的步科股份、雷賽智能，以及全鏈條佈局的昊志機電和禾川科技。需警惕規模化落地與技術迭代風險。