

近期人形機器人概念熱度攀升，2025 年人形機器人產業風起雲湧。從政府、車企、科技龍頭企業巨頭紛紛在加速人形機器人的研發與量產進展。近期馬斯克透露特斯拉人形機器人 Optimus 在 2026 年產能計畫將大幅增長，若進展順利產量或可實現 10 倍的飛躍。同時英偉達的黃仁勳稱通用人形機器人的關鍵技術已觸手可及，這或許意味著人形機器人時代即將到來。人形機器人會否成為 2025 年新的投資產業風口，哪些相關環節的股票受益？

## 獲眾多科技巨頭力捧，人形機器人有望迎來爆發增長？哪些環節有望獲益？

近期人形機器人這一概念備受矚目，熱度不斷攀升。近期華為、特斯拉、英偉達等科技巨頭紛紛加大在人形機器人領域的佈局力度，與此同時相關創業企業的投融資活動頻繁，重大投融資事件也接連不斷，帶動市場多只概念股股價飆升。這一系列密集的催化事件表明 2025 年正是人形機器人通用能力實現質的飛躍的開端。特斯拉的 Optimus 預計將在這一年開啟小批量量產，並計畫在內部工廠開展數千臺人形機器人的實際運行測試。到了 2026 年 Optimus 有望正式對外銷售，若進展順利產量或可實現 10 倍的飛躍。此外，華為（深圳）全球具身智能產業創新中心已於 2024 年 11 月正式投入運營。在機器人領域處於領先地位的杭州宇樹科技有限公司、深圳市優必選科技股份有限公司等國內外企業，也已陸續啟動了人形機器人的量產進程。



圖一：海內外重點企業人形機器人產品情況

	海外重點企業人形機器人產品				國內重點企業人形機器人產品				
公司	Agility Robot	TESLA	Figure AI	Boston Dynamic	小米	優必選	宇樹科技	智元機器人	傅利葉
機器人名稱	Digit	Optimus	Figure 01/02	Atlas	CyberOne	Walker S	Unitree H1/G1	遠征 A2	GR-1/2
發佈時間	2019	2022	2022	2024	2022	2023	2023	2023	2023
身高/體重	150cm/48kg	173cm/56kg	170cm/60kg	150cm/80kg	177cm/52kg	170cm	180cm/47kg	175cm/53kg	165cm/60kg
有效負載	18kg	20kg	20kg	11kg	20kg	N/A	N/A	10kg	50kg
自由度	30 個	28 個	41 個	28 個	21 個	N/A	18 個	49 個	44 個
最大速度	N/A	約 3km/h	4.32 km/h	5.4km/h	3.6km/h	N/A	11.88km/h	7km/h	5km/h
交付進度	工廠應用	工廠測試	工廠測試	原型機	原型機	商業測試	已上市	原型機	已上市

資料來源：各機器人公司公告

➤ 人形機器人進展頻出，龍頭科技公司正積極佈局

在 CES 2025 大會上，英偉達創始人兼 CEO 黃仁勳發表了主題演講，並攜 14 款人形機器人亮相，這



些機器人分別來自 14 家企業，其中包含 6 家中國企業。這些企業包括 Apollo 機器人、星動紀元的 Star1 機器人、智元機器人的遠征 A2 機器人、NEURARobotics 的 4NE-1 機器人等。黃仁勳在演講中表示，機器人領域的 ChatGPT 時刻已然臨近，人形機器人時代即將開啟。

英偉達創始人兼 CEO 黃仁勳發佈了生成式世界基礎模型開發平臺 Cosmos。這是英偉達的首款生成式世界基礎模型開發平臺，專為開發機器人和自動駕駛而設計，旨在加速先進物理 AI 開發。Cosmos 接受了 18000 萬億次 tokens 的訓練，包括 2000 萬小時的真實世界自動駕駛、機器人、無人機鏡頭和合成數據，使其具備了強大的數據處理和分析能力。

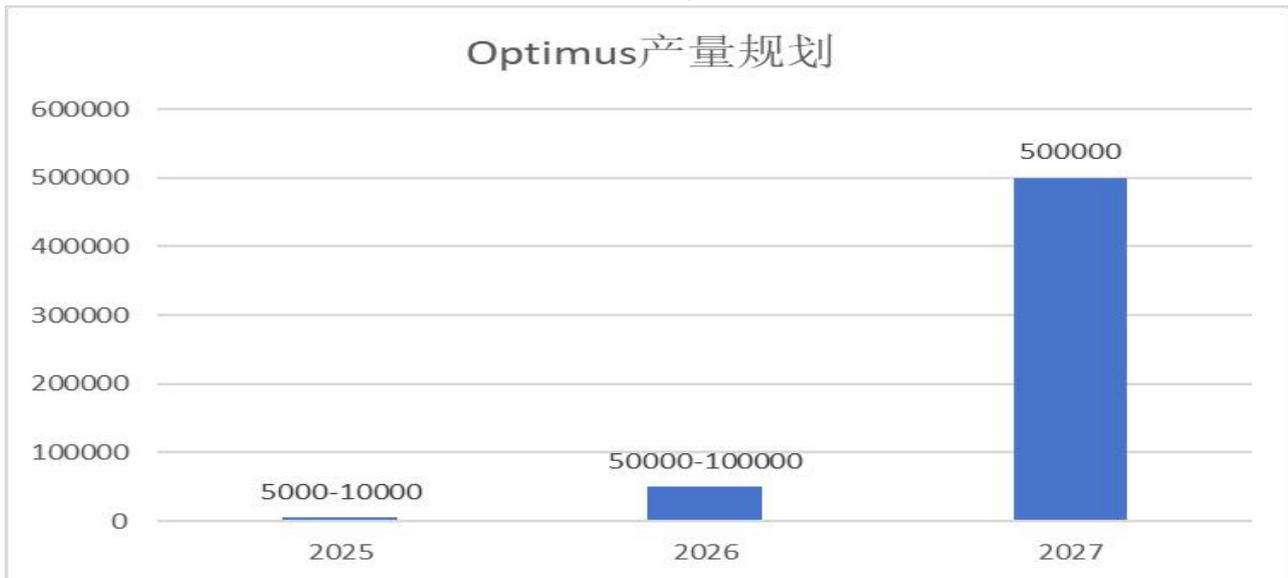
OpenAI 也在重視機器人部門的推進與建設：1 月 11 日，OpenAI 的硬體主管對外發佈了招聘資訊，從中可以得知 OpenAI 正在著手重建其機器人部門，該部門將致力於自主研發機器人以及定制化的感測器套件。OpenAI 的機器人研發團隊將致力於打造出具備“通用性”“自適應性”和“多功能性”的機器人，目標是讓這些機器人能夠在充滿變化的真實世界環境中，像人類一樣高效地運作。為此，OpenAI 計畫為這些機器人開發全新的感測器和計算組件，並將由公司自行研發的 AI 模型來提供技術支撐。此外，OpenAI 還在尋找一位具有“設計適用於大規模量產（產量超百萬）的機械系統經驗”的工程師，這一舉動暗示著 OpenAI 可能有著將機器人推向大規模量產的宏偉藍圖。

#### \*特斯拉 2026-2027 年連續擴產 10 倍量產指引超預期

在 1 月 7 日的遊戲直播中，特斯拉 CEO 埃隆·馬斯克透露，Optimus 人形機器人將在未來幾周內迎來重大更新，進展非常順利，團隊表現很棒。這次更新可能包括硬體和軟體的多項改進，提升機器人的智能感知和計算能力。在量產計畫上，馬斯克在 CES 2025 大會上給出了 Optimus 的量產預期：2025 年特斯拉計畫生產數千臺 Optimus 機器人，並在特斯拉工廠進行初步測試；2026 年如果一切順利特斯拉計畫將產量提高至 2025 年的 10 倍即大約 5 萬到 10 萬臺，供其他企業選購與應用；進入 2027 年，Optimus 將進一步拓展市場向公眾開放銷售，廣泛進入各類行業及家庭場景，特斯拉進一步提高至 10 倍，即 50 萬臺起。馬斯克預測，當人形機器人達到 100 萬臺大規模量產之後，售價可降至 2-2.5 萬美元，即不高於一輛汽車的售價，具有可大規模推廣的性價比基礎。



圖二：特斯拉人形機器人 Optimus 產量規劃情況



資料來源：特斯拉公司公告

### \*2025 年人形機器人時代即將到來？

當下，人形機器人技術仍處於發展的初期階段，尚未帶來顯著的經濟效益。自 2024 年起人形機器人開始逐步在工廠的生產環節中承擔一些基礎任務，這標誌著它們正從實驗室環境邁向商業化應用，從模擬場景過渡到實際操作場景。這一過程不僅檢驗了產品的實用性，也促進了產品的持續改進與升級。預計到 2025 年，人形機器人的實際訓練將變得更加頻繁且多樣化，其能夠執行的任務種類和品質都將得到顯著提升，產品更新換代的速度也將加快，從而使其在商業化應用中的可用性和成本效益更加接近實際需求。

從市場應用的角度來看，通過對人形機器人常見應用場景的深入剖析，預測在短期（1 至 2 年）內，人形機器人將率先在極端作業環境中得到實際應用；進入中期（2 至 5 年），其應用範圍將逐步拓展至工業製造領域；而到了遠期（5 年以上），人形機器人有望進一步走進民用市場，為更廣泛的生活場景服務。



圖三：人形機器人不同場景下的要求情況

	運控能力要求	場景複雜度	成本敏感度	安全要求度
特殊場景	較低，初期特種人員可接管	較高，自然災害、航空航太等環境複雜多變且具有不可預測性	較低	較低，人形機器人本就是替代人類完成工作
製造業場景	中等，工廠任務標準化程度較高	較低，工廠環境標準化程度較高，地面一般較為平整	中等	中等，工廠中作業區域需要大量使用機器人進行參與製造及運輸
家用場景	較高，家用等場景機器人任務複雜性很高	中等，家庭或商用環境較工廠複雜度更高	較高	較高，人形機器人家庭或商業環境中與人類近距離接觸，機器人對人類的安全性需要設計

資料來源：中國機器人網

在人形機器人市場規模展望方面，根據前瞻產業研究院的預測，2029年中國人形機器人市場規模有望擴大至750億元，占全球市場的32.7%。到2035年，該市場規模有望進一步達到3000億元。與此同時，全球人形機器人市場規模預計將從2024年的約34億美元提升至2029年的約324億美元。

圖四：全球人形機器人市場規模展望



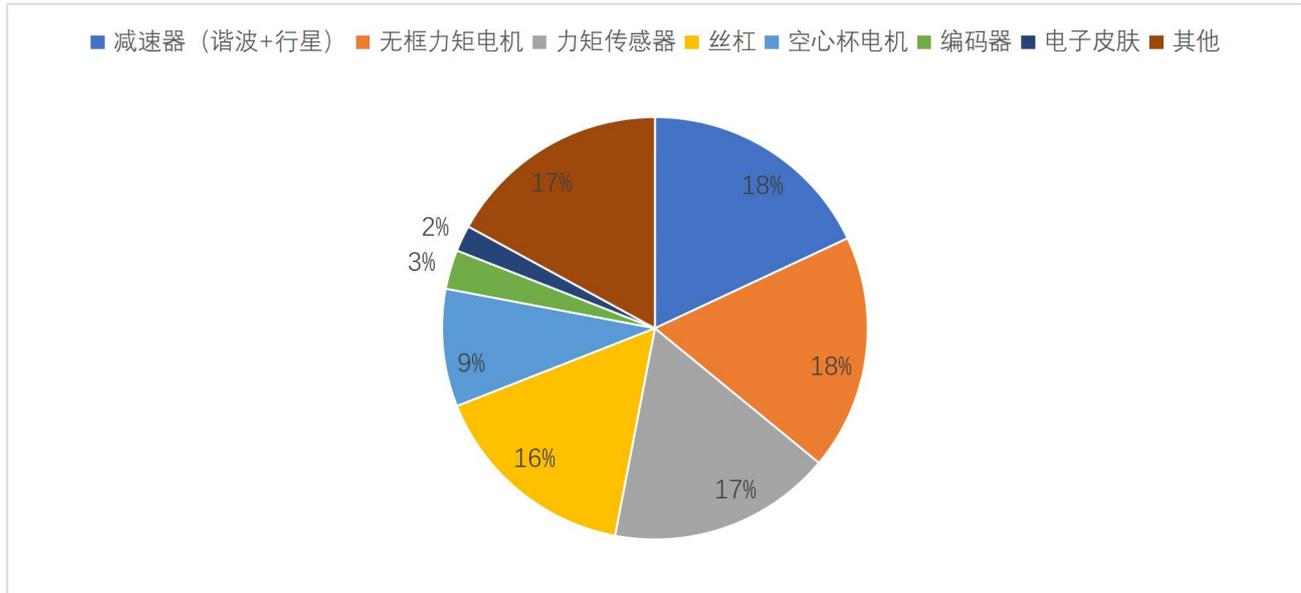
資料來源：前瞻產業研究院



➤ 哪些重要環節有望受益？

以人形機器人量產達到 100 萬臺、成本降至 2 萬美元（約合 14.6 萬元人民幣）為基準，對核心硬體成本進行詳細拆解。預計人形機器人的本體核心硬體成本，涵蓋旋轉執行器、線性執行器、靈巧手以及六維力感測器等關鍵部件，將高達 10.10 萬元，占整體成本的 69%。在這其中力感測器、行星滾柱絲杠以及諧波減速器等零部件價值較高，且在未來有較大的成本降低潛力。本文將著重列舉 3 項重要的零部件環節。

圖五：人形機器人各環節成本占比



資料來源：特斯拉 AI DAY

\*力矩感測器用於控制精度

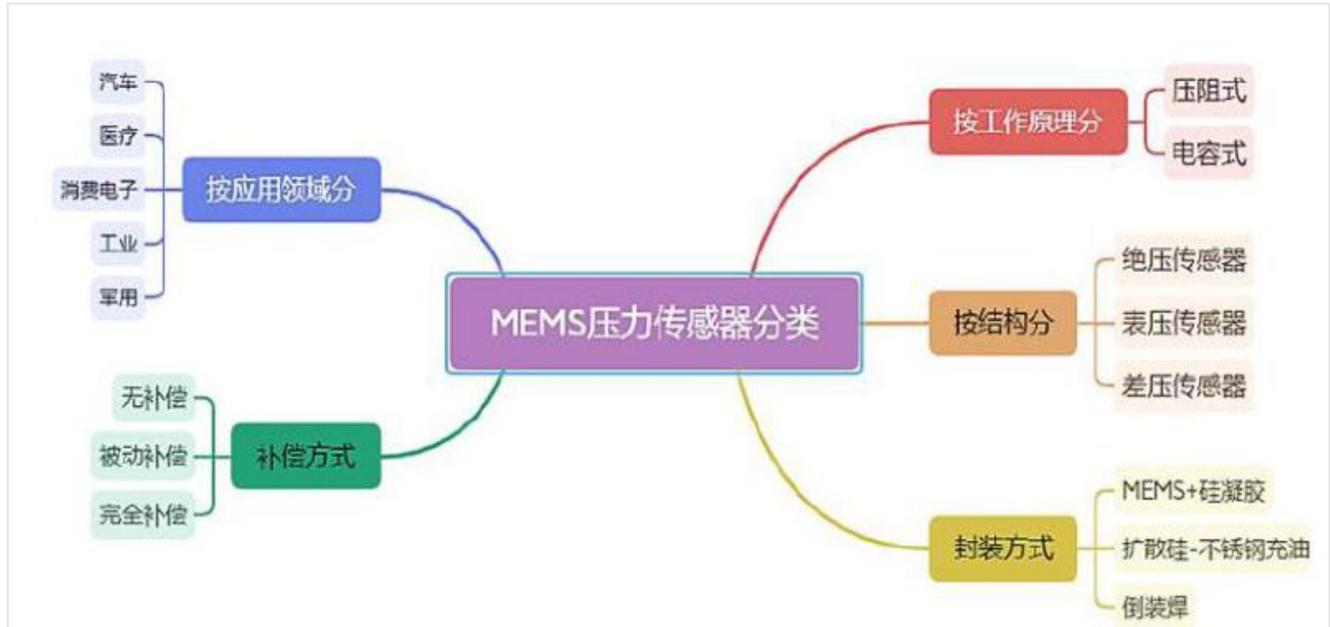
力矩感測器是一種專門用於測量或監測物體所受扭矩或力矩的設備。扭矩是作用力與物體旋轉半徑的乘積。在機器人技術中，力矩感測器能夠將機器人的動力學特性轉化為可即時測量的數位化信號，從而使機器人能夠借助控制演算法執行各種精確的動作和控制任務。隨著技術的不斷進步和創新的持續推動，越來越多的人形機器人在手腕和腳踝部位集成了六維力感測器。這些感測器不僅是機器人設計中的核心組件，更是提升機器人交互能力、靈活性、安全性以及柔順性的關鍵因素。憑藉其出色的精度，六維力感測器能夠精確地測量作用於機器人身上的力和力矩，從而賦予人形機器人自主操作的能力。這使得人形機器人不再局限於執行簡單的任務，而是能夠直接回應指令，完成更為複雜的動作。特斯拉的人形機器人在其全身配備了多個力矩感測器，以確保運動控制的精確度，進而完成特定的運動操作。

力感測器依據不同的測量原理，主要可分為光電式、應變式、電容式、壓電式等多種類型。在這些類型中，應變式感測器表現突出，在穩定性、剛度以及信噪比等多個關鍵性能指標上都具有明顯優勢。同時，它還具備高精度、低成本以及操作簡便等優點，因此受到了市場的廣泛青睞，其應用範圍也最



為廣泛。目前應變式力感測器在所有力感測器中的應用占比最高，大約占到了總量的 90%左右。而相比之下，儘管壓電式、電容式和光電式等其他測量原理的感測器在理論研究和實驗探索方面已取得了一定成果，但在實際的下游應用領域，它們尚未得到大規模的推廣和應用。

圖六：力感測器分類情況



資料來源：智次方研究院

在力覺感測器領域，六維力/力矩感測器的具備同時測量三個相互垂直的力以及三個正扭矩的能力。它屬於維度級別最高的力覺感測器，能夠輸出最為全面且精準的力覺數據資訊。當下市場中所廣泛使用的六維力感測器，絕大多數都採用了應變片式的設計。六維力感測器行業具有較高的進入壁壘，研發過程面臨諸多挑戰。六維力矩感測器的研發並非僅僅是將三個力感測器和三個扭矩感測器簡單組合而成，其複雜的非線性力學特性使得研發難度大幅增加。在研發過程中，需要綜合考慮多通道信號的溫度漂移、蠕變現象、交叉干擾以及數據處理的即時性等多方面因素。此外，六維聯合加載的標定過程也極為複雜，這使得六維力矩感測器的研發難度遠超單維力矩感測器。

評價六維力感測器品質的高低，主要依據三大關鍵性能指標：串擾、精度和准度，這三項指標都至關重要，缺一不可。串擾指標主要用於評估多維力感測器在不同測量方向之間存在的耦合效應，能夠體現測量誤差的程度；精度指標則體現感測器測量結果的穩定性；而准度指標反映的是測量結果與真實值的接近程度。除了前面提到的三個核心參數外，衡量六維力感測器性能的其他重要指標還包括滿量程、靈敏度、滯遲、解析度以及超載能力等。從整體上講，六維力感測器的技術標準十分嚴格，行業進入壁壘較高，影響產品品質的關鍵因素眾多且錯綜複雜。要攻克這些問題，生產廠商不僅需要具備極高的加工精度，還要擁有卓越的產品性能以及先進的智能演算法；此外，在設備端必須配備六維聯合加載設備來進行標定和檢測，而設備的研發過程則涉及到眾多綜合技術領域。



六維力/力矩感測器早期應用場景以航太領域的空間機械臂為主，歐美國家起步較早，ATI、AMTI 等外資供應商在靈敏度、串擾、抗超載能力及維間耦合誤差等方面具有領先優勢；以 ATI 為例，全球六維力矩感測器的龍頭為 ATI，ATI 在全球六維力感測器市場中以其廣泛的產品系列和高性能保持領先地位。ATI 在靈敏度、串擾、抗超載能力及維間耦合誤差等方面具有領先優勢。

圖七：全球各力感測器供應商產品參數情況

企業	國家	准度	串擾	參考型號
ATI	美國	0.5%-2%	<0.5%	Axia80 系列、Gamma 系列、Delta 系列、Nano17 系列、Mini45 系列
宇立儀器	中國	0.2%或<0.5%	<5%或<2%	M33XX 系列、M38XX 系列、M35XX 系列
坤維科技	中國	0.5%	/	KWR36 系列、KWR63 系列
藍點觸控	中國	0.3%-0.5%	/	Wrist 系列-ST 型、Wrist 系列-EQ 型
ME	德國	0.5%	0.3%-0.5%	6DT27、6DT40、6DT80
OnRobot	丹麥	3%	5%	HEX-E 系列
WACOH-TECH	日本	1-3%	5%	WEF-6A200-4-ECP 系列

資料來源：Wind，各公司公告

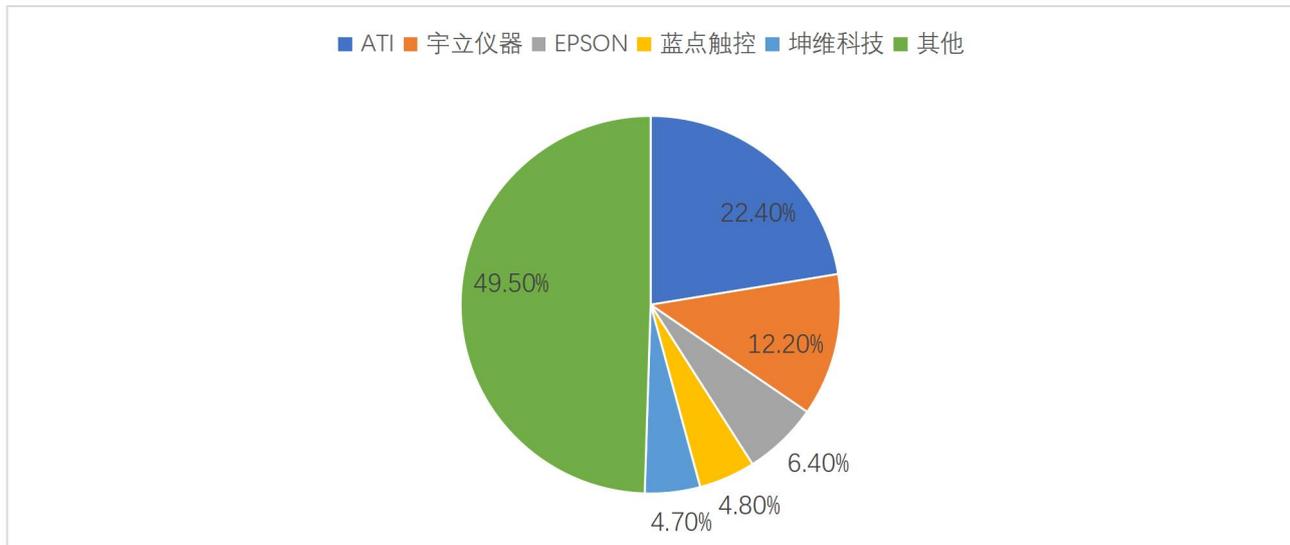
目前，國內多數廠商在六維力感測器領域尚未實現大規模的營收。從產品性能角度分析，高解析度、高靈敏度以及強大的抗干擾能力是機器人力覺感測器的關鍵性能要求。國外品牌如 ATI、OnRobot 等在該行業已深耕多年，能夠提供大量程、高精度、高准度等性能優勢的產品。相較之下，我國在這一領域的發展起步較晚，但目前包括宇立儀器、柯力傳感（603662.SH）等國內優秀企業正積極入局。早期，我國從事該領域研發的團隊主要來自國防軍工和科研院所。隨著工業機器人及協作機器人等民用市場需求的不斷增長，國內本土供應商也在湧現，宇立儀器、坤維科技、柯力傳感（603662.SH）等企業均已實現相關產品的落地，並開始產業化應用，部分產品型號也已進入下游用戶的驗證測試階段。目前柯力傳感（603662.SH）公司研發的六維力感測器已成功完成樣品送測，並正式交付華為，若華為機器人在之後大幅生產並放量，柯力傳感（603662.SH）有望深度受益於該環節來的增量紅利。

在市場份額方面，根據共研產業諮詢的數據，國內六維力感測器市場集中度較高，前五大企業（CR5）的市場份額占比超過 50%。在這些企業中，美國的 ATI 公司佔據絕對龍頭地位，其市場份額為 22.4%。緊隨其後的是中國的宇立儀器，市場份額為 12.2%。日本的 Epson 公司市場份額為 6.4%，中國的藍



點觸控市場份額為 4.8% · 中國的坤維科技市場份額為 4.7%。

圖八：國內六維力感測器市場份額



資料來源：Wind · 各公司公告

在力感測器上市公司裏面：主要有柯力傳感 ( 603662.SH ) 和安培龍(301413.SZ)在研發並送樣六維力矩感測器：

柯力傳感 ( 603662.SH )：

自 1995 年成立以來，柯力傳感 ( 603662.SH ) 一直走在智能感測器領域的前沿，並於 2019 年成功登陸上交所。公司專注於研發和製造各類物理量感測器，同時提供適用於不同工業物聯網系統及多種場景的解決方案。作為全球知名的大型鋼制感測器製造商，柯力傳感 ( 603662.SH ) 在工業物聯網應用拓展方面更是處於引領地位。目前柯力傳感 ( 603662.SH ) 公司六維力感測器以應變片式為主，線性精度優於 0.3%FS，串擾精度優於 2%，參數指標與國外生產廠商相近。公司六維力/力矩感測器已完成人形機器人手腕、腳腕，工業臂、協作臂末端的產品系列開發，掌握了結構解耦、演算法解耦、高速採樣通訊等技術要點，並已給多家國內協作機器人、人形機器人客戶送樣。目前柯力傳感( 603662.SH ) 研發的六維力感測器已成功完成樣品送測，並正式交付華為，若華為機器人在之後大幅生產並放量，柯力傳感 ( 603662.SH ) 有望深度受益於該環節來的的增量紅利。

安培龍(301413.SZ)：

2004 年成立的安培龍(301413.SZ)，是一家涵蓋智能感測器研發、生產、銷售及服務的國家級高新技術企業。公司專注於向客戶提供涵蓋溫度、壓力、濕度、空氣等多維度感知與控制的綜合解決方案。其核心產品有壓力感測器、氧感測器、溫度感測器、PTC 等，廣泛應用於汽車、智能家居、智慧醫療、物聯網、消費類電子等多個下游領域。目前，安培龍(301413.SZ)已與比亞迪、上汽集團、美的集團、凌雲股份、華為、三星等眾多國內外知名廠商建立了緊密合作關係。



在力矩感測器方面，公司用於機器人場景的單向力感測器及力矩感測器已開發完成，目前已接到小批量訂單，正在有序交付及驗證中。公司六維力感測器在研發方面已經取得了一定的進展，目前正處於樣品研發的關鍵階段，尚未實現交付，重視人形機器人用力感測器的研發及投入，並已在積極佈局相關領域的技術研究、市場拓展以及專利申請。公司管理層會密切關注人形機器人產業發展動態，積極評估市場需求，為機器人行業提供安全、可靠的力感測器產品及解決方案，滿足下游用戶需求。

**\*更高扭矩密度：行星滾柱絲杠**

絲杠是一種可以使旋轉運動變成直線運動的傳動副零件，其優勢在於高速運動下保證定位精準，摩擦力較低，其中行星滾柱絲杠傳動效率可達 90%。絲杠對於精度以及強度要求都較高，原因在於絲杠不僅需要精確地確定工作臺位置從而將旋轉運動變為直線運動，還需要傳導動力，在精度、強度、耐磨性等方面均提出較高要求，故而絲杠的加工工藝以及原材料都有較高要求。常見的絲杠類型：包括梯形絲杠（滑動絲杠）、滾珠絲杠和行星滾柱絲杠。

圖九：絲杠分類情況

絲杠分類			
	梯形絲杠	滾珠絲杠	行星滾柱絲杠
接觸方式	面接觸	點接觸	線/面接觸
摩擦力	大	最小	較小
自鎖功能	完全自鎖	不完全自鎖	不完全自鎖
傳動效率	15%-85%	85%以上	90%以上
承載能力		較大	最大
精度	低	最高	較高
絲杠與螺帽間隙	大	小	小
速度	低	較高	最高
下游應用領域	電梯、汽車、自動化設備、機床等	高檔數控機床、普通機械、機器人等	航天器、望遠鏡等高精度控制系統，機床、數控機床、精密機器人、半導體設備等

資料來源：頭豹研究院



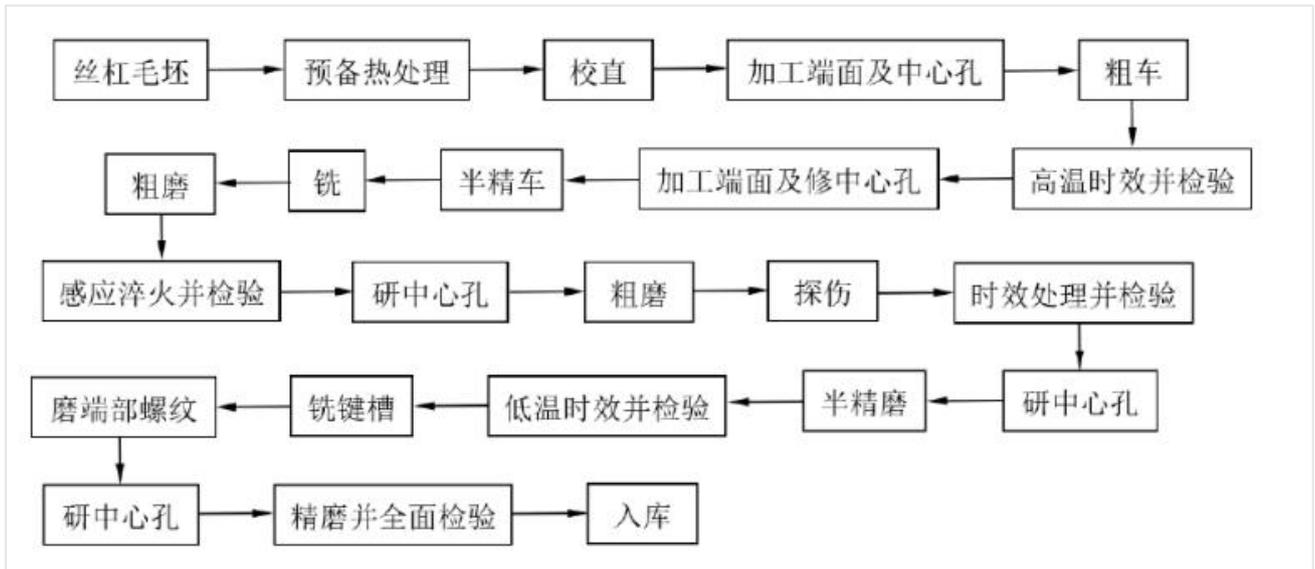
行星滾柱絲杠由絲杠、滾柱、螺母、內齒圈、保持架和彈性擋圈等組件組成，可將絲杠的旋轉動作轉換為螺母的直線位移，常被應用於人形機器人的線性關節部位，能有效提升腿部關節的扭矩密度。其主要優點包括承載能力高、使用壽命長和加速度大。與滾珠絲杠的點接觸不同，行星滾柱絲杠採用線接觸方式，接觸面積更廣，因此承載能力更強，同時還具備剛度大、精度高、耐磨、抗衝擊以及壽命長等優勢。眾多線性接觸點賦予了行星滾柱絲杠高承載和長壽命的特點，其靜載能力是滾珠絲杠的 3 倍，壽命是滾珠絲杠的 15 倍。行星滾柱絲杠的剛性行星螺紋設計，避免了滾珠絲杠中鋼珠迴圈時的無序運動，從而實現更高的加速度。此外，行星滾柱絲杠的導程可以設計得更小，以提供更大的推力。目前，它已成為 Optimus 機器人關節的確定方案，預計量產後單臺機器人關節中行星滾柱絲杠的價值量占比約為 15%-25%。隨著人形機器人及大模型等技術的持續發展，人形機器人的量產有望為行星滾柱絲杠帶來巨大的市場增量。

市場空間來看，樂觀情形下，2030 年全球人形機器人用行星滾柱絲杠預計市場空間 675 億元，2025-2030 年複合增長率 72%。中性情形下，2030 年全球人形機器人用行星滾柱絲杠預計市場空間 400 億元，2025-2030 年複合增長率 52%。悲觀情形下，2030 年全球人形機器人用行星滾柱絲杠預計市場空間 210 億元，2025-2030 年複合增長率 32%。

精密絲杠行業具有極高的進入門檻，其卓越的性能源於對工藝和設備的極高要求。在確保精度的前提下提升生產效率，是實現成本降低、拓展市場空間的關鍵所在。行星滾柱絲杠的行業壁壘主要體現在以下幾方面：1.設備方面，絲杠的高精度特性使得對生產設備的要求極為嚴苛，目前高端加工設備大多依賴進口，然而海外高端磨床不僅成本高昂，採購週期也較長；2.工藝方面，對精度的極高要求使得加工過程複雜，存在軋磨車銑等多種方案。螺母內螺紋加工是其中的核心壁壘，需要借助磨杆帶動砂輪伸入直徑有限的螺母內進行磨削，操作難度極大。此外，熱處理環節也需要深厚的技術和經驗積累；3.一致性批量生產方面，隨著人形機器人遠期需求有望達到百萬臺，這對供應鏈的批量生產能力和產品一致性保持能力提出了更高的要求。



圖十：精密絲杠製造加工流程



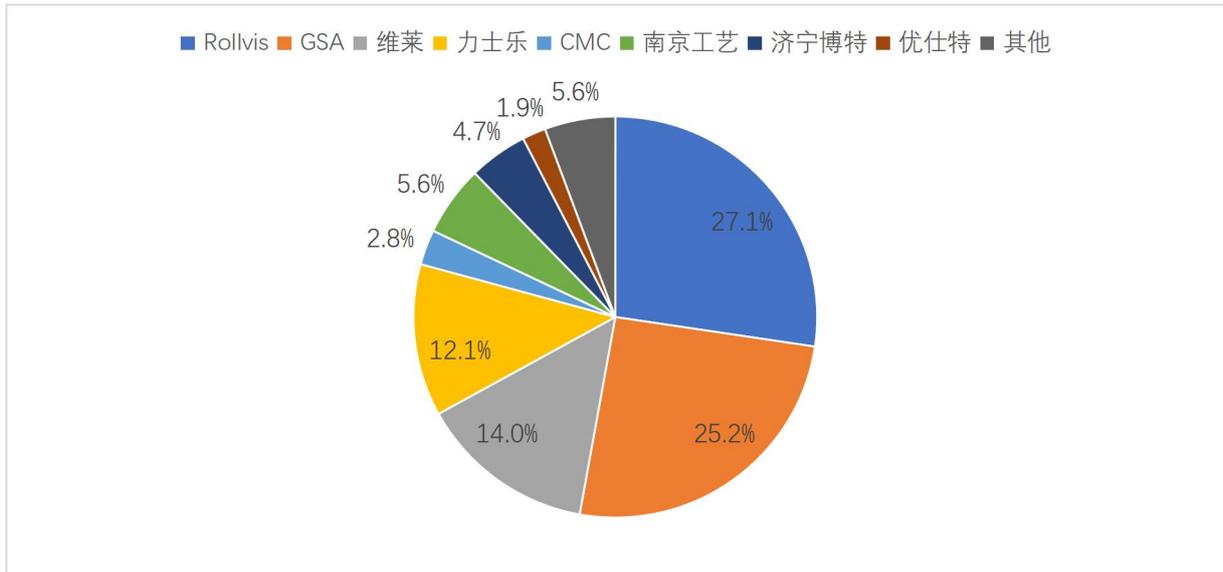
資料來源：《精密行星滾柱絲杠副工藝製造與傳動性能研究》

日歐企業主導我國高端絲杠市場主要的份額，國產替代潛力大。絲杠可根據價值量分類為高端、中高端和中低端。其中，梯形絲杠和中低端滾珠絲杠在國內已能成熟供貨，中高端滾珠絲杠和行星滾柱絲杠的供貨能力也在提升，但高端滾珠絲杠和行星滾柱絲杠僅有少數廠商可供貨。在市場佔有率方面，全球滾珠絲杠核心廠商有 THK、NSK(6471.T)、上銀科技和 SKF 等，前四大廠商佔有全球大約 47%的份額。

目前，中國大陸廠商在中低端市場已有突破，但在中高端市場的國產化率仍有較大提升空間。目前，雖然國內部分企業如南京工藝裝備、博特精密機械等已具備一定的產業基礎並能實現小規模生產，但與國外產品相比，在效率、承載能力和精度等方面仍有差距。據 2023 年數據，我國市場中 Rollvis、GSA、Ewellix 的銷售額占比分別為 29%、27%、15%，國內企業市場份額合計僅 16%。



圖十一：國內行星絲杠 2023 年市場份額情況



資料來源：《精密行星滾柱絲杠副工藝製造與傳動性能研究》

國內相關上市公司：

貝斯特 (300580.SZ)：

貝斯特 (300580.SZ) 公司充分挖掘現有資源潛力，憑藉在工裝夾具、智能裝備領域的技術專長以及汽車行業的先進生產管理體系，積極拓展直線滾動功能部件業務，成功切入“工業母機”這一全新賽道。在該業務領域，公司以全資子公司宇華精機作為獨立運營平臺，吸引了眾多曾在海內外知名企業任職的專業技術及管理人才加入。宇華精機主營高精度滾珠/滾柱絲杠副、高精度滾動導軌副等直線滾動功能部件，致力於開拓高端機床、半導體裝備、自動化產業以及機器人等領域的廣闊市場。

公司依託自身在工藝裝備研發與精益生產管理等方面的固有優勢，2023 年初相關進口設備調試完成，5 月首臺套機床用絲杠、導軌順利下線；10 月首臺套反向行星滾珠絲杠樣件也成功下線，公司持續自我驅動，不斷夯實先發優勢。2024 年二季度，高精度絲杠副和導軌副在國內知名機床廠商成功應用，三季度又與知名機床商簽訂批量滾動交付訂單，其中 C0 級絲杠副實現突破，斬獲首批訂單；新能源汽車 EMB 制動系統滾珠絲杠副也完成首次客戶交樣；人形機器人的核心部件——行星滾柱絲杠工藝持續優化，批量化生產工藝佈局日益完善，關鍵工藝所需國產化設備合作開發穩步推進，為 2025 年批量供貨做好了充分的技術與設備儲備。

五洲新春 (603667.SH)：

國內軸承套圈領軍企業積極拓展業務版圖。公司以軸承套圈業務為基石，不斷向軸承成品、風電滾子、安全氣囊發生器、熱管理管路等新領域進軍。目前，公司成品軸承的主要客戶涵蓋德國 BPW、



義大利邦飛利、美國德納、英國吉凱恩、義大利卡拉羅以及日本捷太格特等全球頂尖工業與汽車系統製造商，其終端產品配套於歐洲主流工業主機廠、汽車品牌如菲亞特、寶馬、豐田，以及國內比亞迪等部分主流新能源汽車廠商，逐步融入全球主流配套體系。在軸承套圈業務方面，德國舍弗勒和瑞典斯凱孚這兩大全球軸承巨頭是公司的前兩大客戶。

絲杠業務佈局多元，助力公司平臺化轉型。公司不斷加大在新能源汽車和機器人領域的投入，致力於成為多領域精密軸承解決方案的領先提供商。2024 年上半年，公司研發費用同比增長 29.88%，持續推動技術創新。憑藉全產業鏈優勢與技術積累，公司加速絲杠產品的技術研發與市場拓展。公司已構建起涵蓋多種工藝、設計、研發等領域的人才隊伍，具備根據客戶需求進行自主設計與正向開發的能力，以及從鍛件加工到裝配測試的全流程生產能力。此前，公司成功推出了適用於電動助力轉向系統 (EPS) 的滾珠絲杠螺母組件，以及關鍵的電子液壓剎車 (EHB) 和電子機械剎車 (EMB) 滾珠絲杠組件，這標誌著公司在新能源汽車領域取得了重大突破，為公司創造了新的業績增長點。在具身智能機器人領域，公司將行星滾柱絲杠作為重點研發產品，已研發出靈巧手微型絲杠、線性執行器行星滾柱絲杠等新產品，進一步拓展了在機器人領域的業務版圖。

公司絲杠產品主要有三類：一是梯形絲杠，已研發成功並向重點客戶送樣；二是滾珠絲杠，自 2021 年起便著手研發汽車轉向系統相關絲杠螺母組件，成功研發出新能源汽車電子助力轉向系統 (EPS) 中精度最高的齒條式電動助力轉向系統 (REPS) 所需的絲杠螺母組件，以及適用於新能源汽車電子駐車 (EPB)、電子機械剎車 (EMB) 和電子液壓剎車系統 (EHB) 等領域的滾珠絲杠產品；三是滾柱絲杠，公司憑藉在軸承精密製造領域的豐富經驗，以高端行星滾柱絲杠為切入點，為直線執行器、旋轉執行器和靈巧手等提供部件或成套產品，2023 年已完成相關絲杠產品組件及零部件的設計，並持續送樣改進。在絲杠產品領域，公司專注於梯形絲杠 (滑動絲杠)、滾珠絲杠副、行星滾柱絲杠的研發與生產。目前，公司正在建設兩個專業化的絲杠車間，分別是滾珠絲杠組件及零部件車間，其產品主要應用於新能源汽車的轉向系統和剎車系統；以及行星滾柱絲杠組件及零部件車間，產品主要用於機器人執行機構的核心零部件。

#### \*諧波減速器：傳遞空間運動

減速器主要分為諧波減速器、行星減速器和 RV 減速器三種類型。諧波減速器具有負載小、精度高、結構緊湊的特點，常被應用於小負載的六軸機器人、小負載 SCARA 機器人以及協作機器人，目前也是人形機器人減速器的主流選擇。相比之下，RV 減速器體積較大、重量較重，但具備高負載能力和高剛度，主要適用於重負載機器人。行星減速器則以體積小、高剛度、抗衝擊能力強而著稱，廣泛應用於航空航太、機器人、汽車、紡織等多個工業領域。

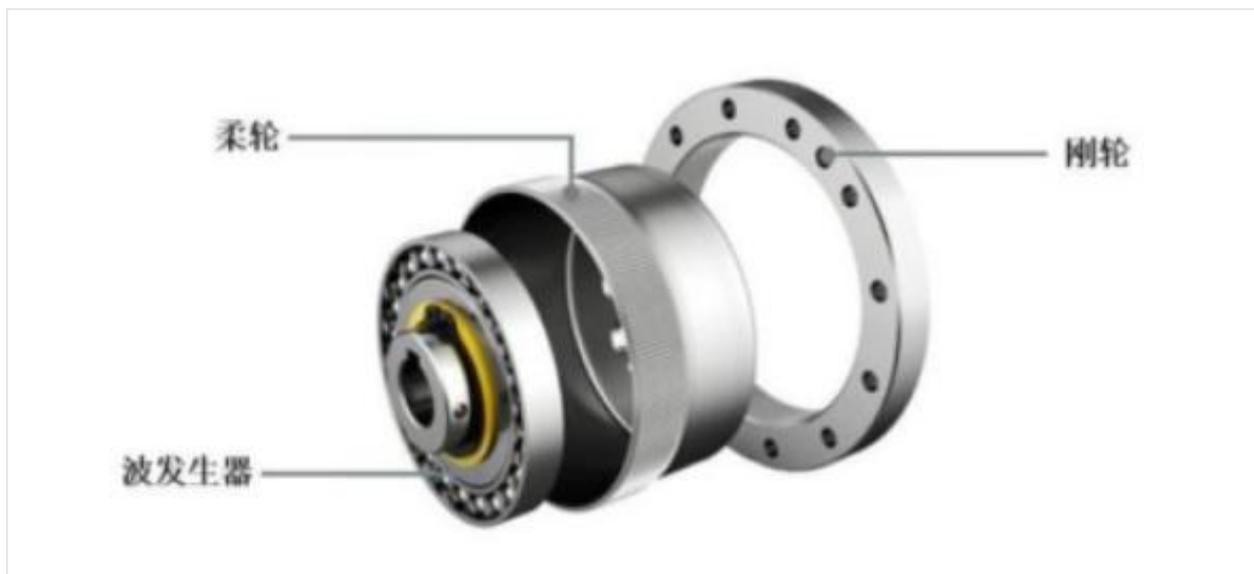
人形機器人選用諧波減速器主要出於以下兩大核心考量：一是諧波減速器具有體積小、重量輕、成本低的優勢。以 Optimus 為例，其全身裝配了 28 個旋轉和直線執行器，有限的空間使得減速器必須盡



可能緊湊；此外，減輕人形機器人的重量和降低成本是其未來發展的關鍵。二是諧波減速器的傳動效率高。若減速器傳動效率低下，能量在傳動過程中大量轉化為熱能，會導致設備過熱，影響機器人的正常運行和性能。

諧波減速器在技術層面存在較高壁壘，生產製造工藝也更為複雜，具體表現在：諧波減速器主要由波發生器、帶有外齒圈的柔性齒輪（柔輪）和帶有內齒圈的剛性齒輪（剛輪，通常齒數比柔輪多 2 個）三個基本構件組成。其工作原理是通過柔輪、剛輪與波發生器之間的相對運動，特別是柔輪的可控彈性變形，實現運動和動力的有效傳遞。諧波減速器在生產過程中齒形設計難度大；潤滑方案獨特且高度保密；波發生器和柔輪的生產加工工藝要求極高；生產流程長，各環節工藝需長時間積累和沉澱。

圖十二：諧波減速器示意圖



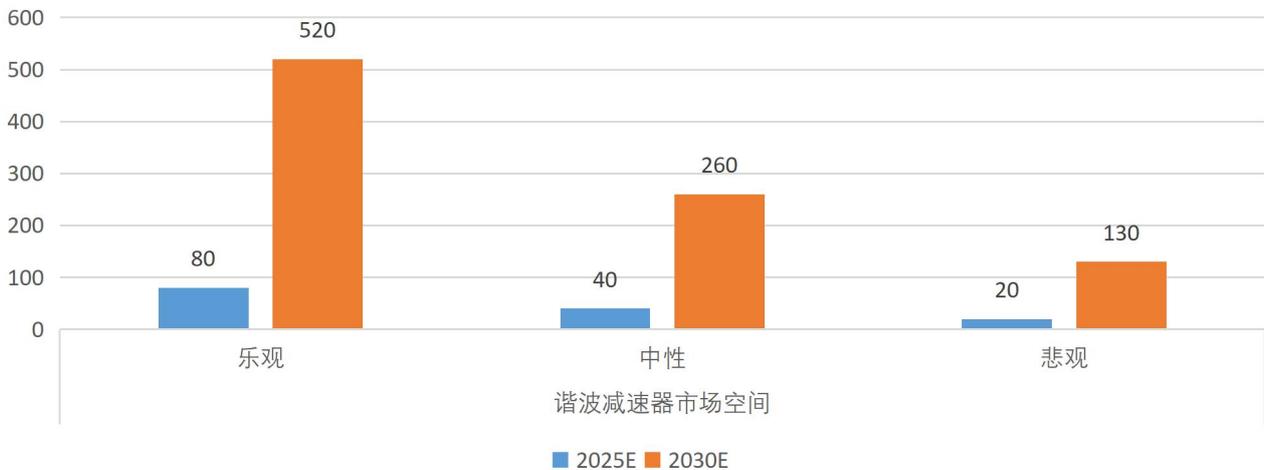
資料來源：綠的諧波招股說明書

市場規模來看，人形機器人有望在未來為諧波減速器市場帶來巨大的新增需求，市場規模有望突破千億大關。以特斯拉的方案為例，若從 2024 年開始人形機器人實現從無到有的突破，並且隨著諧波減速器用量的不斷增加，其價格呈現逐漸下降的趨勢，據相關預測，到 2030 年全球人形機器人的產量預計將達到 100 萬臺以上。屆時，諧波減速器的市場規模將大幅增長至 260 億元。而當人形機器人的產量在未來進一步攀升至千萬臺級別時，諧波減速器的市場規模將有望達到千億級別，展現出巨大的市場潛力和發展空間。



圖十三：諧波減速器市場規模

諧波減速器市場規模 (億元)



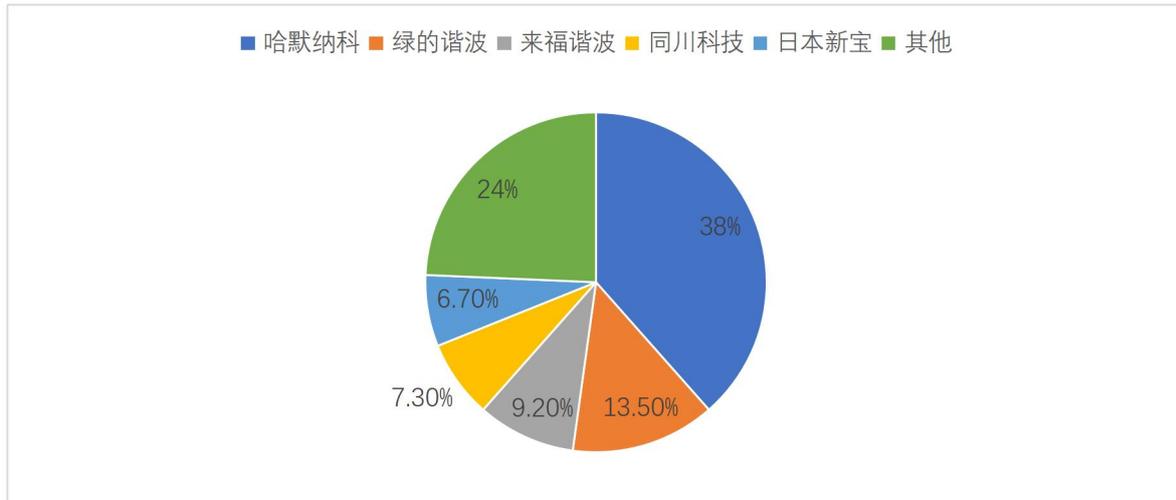
資料來源：中商產業研究院，頭豹產業研究院預測

從整體情況來看，國內企業在技術研發實力、生產工藝水準以及產品品質把控等方面均實現了顯著進步，部分產品在性能指標上已可與哈默納科相媲美（詳細對比見後續內容）。然而，在一些難以量化但至關重要的指標，如精度的長期穩定性、產品的可靠性、噪音控制水準以及使用壽命等方面，與行業龍頭哈默納科相比，國內企業仍存在一定差距。此外，在產品種類的豐富程度和專利技術的積累數量上，國內企業與哈默納科之間的差距更為明顯。以產品型號為例，若不考慮帽型產品與不同輸出結構的組合，哈默納科的模組型產品涵蓋了標準杯型、標準帽型、高扭矩杯型、高扭矩帽型、短筒杯型、短筒帽型、輕量杯型、輕量帽型以及市場上較為稀缺的平板型產品等 9 大類。而國內大部分企業的產品線主要集中於前 6 大類型，僅有綠的諧波和來福諧波能夠提供部分輕量型產品，北京諧波傳動技術研究院和中技克美則擁有平板型產品。在產品扭矩方面，哈默納科的產品峰值扭矩範圍廣泛，從 0.22Nm 到 6175Nm 不等，而目前國內僅有綠的諧波和福德機器等少數企業的產品扭矩範圍能夠達到相近水準。

從市場份額占比來看，全球減速器行業長期以來主要由日系廠商主導，但近年來國產廠商的市場份額正逐步攀升。在諧波減速器領域，日本哈默納科作為該產業化的先驅和行業領軍企業，憑藉超過 50 年的深厚技術沉澱與市場經驗，其產品以卓越的精度、可靠性和性能享譽全球，廣泛服務於工業機器人、航空航天、精密製造等多個高端領域。2021 年，哈默納科在全球諧波減速器市場中佔據了超過 80% 的絕對優勢份額。儘管國產諧波減速器起步較晚，但經過多年不懈努力，已取得長足進步。隨著國內工業機器人企業的迅速崛起，國產諧波減速器的替代趨勢日益明顯。以綠的諧波、來福諧波等為代表的國產企業，近年來在量產方面不斷取得突破，市場份額穩步提升。到了 2023 年，哈默納科與日本新寶這兩家日系企業在中國市場的合計份額已降至約 45%，顯示出國產諧波減速器在市場中的競爭力正不斷增強。



圖十四：諧波減速器 2023 年國內市場份額



資料來源：綠的諧波招股說明書

經綜合分析，人形機器人產業目前正處於蓬勃發展的熱潮之中，特斯拉、華為、英偉達等眾多科技巨頭正積極投身其中，不斷加大研發力度。認為 2025 年是人形機器人產業化的起始之年。展望未來，隨著成本的持續降低和技術的不斷突破，人形機器人將擁有極為廣闊的潛在成長空間，其市場規模也有望在未來數年實現高速增長。隨著人形機器人產業的持續向前推進，產業鏈上游與特斯拉、華為等龍頭公司緊密合作的企業，將有望分享人形機器人產業發展的豐厚紅利。例如文中提及的力矩感測器、行星絲杠、諧波減速器等關鍵環節的龍頭公司，這些合作企業能夠借助龍頭公司的技術實力、市場管道和品牌影響力，加速自身的發展和產品的商業化落地，從而在人形機器人產業中佔據一席之地。

免責聲明：本報內容所提供資料所述或與其相關的任何投資或潛在交易，均受限於閣下司法轄區適用的法律及監管規定，而閣下須單獨就遵守該等法律及監管規定負責。本報內容僅供參考，不構成任何投資建議。本公司對所提供的財經資訊已力求準確，但對其中全部或部分內容的準確性、完整性或有效性，不承擔任何責任或提供任何形式保證。如有錯失遺漏，本公司恕不負責。另請注意證券與虛擬資產價格可升可跌，尤其虛擬資產的風險極高，投資者應對有關產品保持審慎及自行承擔投資風險。

