磁场旋转扭矩力传感器应用市场领域分析报告（市场部 2022.08）

一、扭矩传感器定义：

扭矩传感器—又称力矩传感器、扭力传感器、转矩传感器、扭矩仪，分为动态和静态两大类，其中动态扭矩传感器又可叫做转矩传感器、转矩转速传感器、非接触扭矩传感器、旋转扭矩传感器等。

二、扭矩传感器基本原理：

扭矩的测量：采用应变片电测技术，在弹性轴上组成应变桥，向应变桥提供电源即可测得该弹性轴受扭的电信号，将该应变信号放大后，经过压/频转换，变成与扭应变成正比的频率信号。

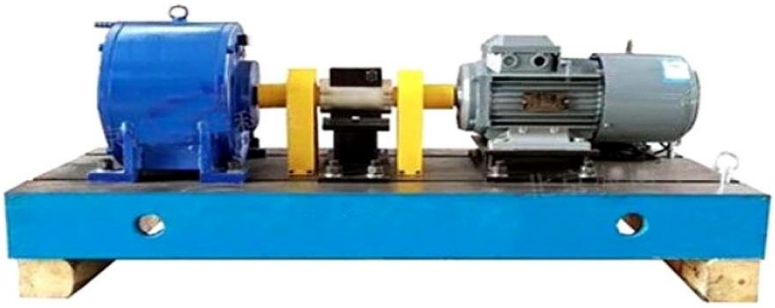
万向扭矩传感器

三、扭矩传感器的主要应用领域：

1、交流直流电动机、伺服电机、步进电机、发动机、内燃机等旋转动力设备输出扭矩及功率的检测；
2、风机、水泵、齿轮箱、扭力板手的扭矩及功率的检测；
3、铁路机车、汽车、拖拉机、飞机、船舶、矿山机械中的扭矩及功率的检测；
4、汽车发动机、柴油机、转向器、车身整体刚性扭转以及其它部件加工过程的控制和检测；
5、可用于污水处理系统中的扭矩及功率的检测；
6、可用于制造粘度计；
7、可以应用于实验室，测试部门以及生产监控和质量控制；
8、电动手动执行器，各种阀门自动开、闭控制；
9、石油开采和提炼过程控制和监测、火力水力发电设备的监测、矿石筛选控制，风力发电设备的监测；
10、各种材料扭矩寿命试验；

电机测试平台：

电机测试台、电机性能试验系统为电机性能试验设计，测量电机的电压、电流、转矩、转速、输入输出功率、效率等性能参数，打印试验报告，绘制各种性能曲线。转矩转速传感器测量电机的输出扭矩和转速，负载采用磁粉制动器（或电涡流测功机，本系统以磁粉制动器为例），使用电量变送器将电压和电流转换为标准电压信号，由计算机采集。



减速机测试平台：

减速机测试台是检测减速机整体性能指标的试验装置，可完成的测试项目：输入和输出端的扭矩、转速和功率、效率、电压、电流、温升、振动、噪音等，可根据客户要求定制。可满足各种减速机如行星减速机、涡轮涡杆减速机、精密减速机等的性能测试，为客户提供了极大的方便。

二、减速机测试台组成：

动力端（电机）、控制器、模拟负载（CZ 磁粉制动器或电涡流制动器）加载控制器、HCNJ-101 转矩转速传感器、配套扭矩功率仪、电压模块、电流模块、多通道显示仪、齿轮减速箱、机械平板、专用柔性联轴器、电机专用安装支架、减速机箱支架、工控机、工控柜及采集软件组成。

离合器试验台：

对离合器模拟加载，加载阻尼连续可调，检测离合器输入、输出的扭矩、转速、功率、温度参数；采用变频电机，可方便调节输入到离合器的转速，通过变频电机可恒转矩调节转速，在离合器输入和输出端分别安装一台扭矩传感器，可分别检测输入和输出端的扭矩、转速和功率，通过测量仪表实时显示，并将参数发送到上位机，采用电涡流加载器作为负载，可以利用转子切割磁力线来产生阻尼，通过线圈来调节磁场强度，可任意改变负载大小。

变速箱测试台：

对变速箱模拟加载，加载转矩连续可调；可检测变速箱输入的转矩、转速、功率；可检测变速箱输出的转矩、转速、功率；可通过计算机手动或自动采集以上参数，计算变速箱效率，可生成相互关系曲线。可生成报表、可储存。

国内动态扭矩传感器和测试设备中小厂商众多，部分企业摘录

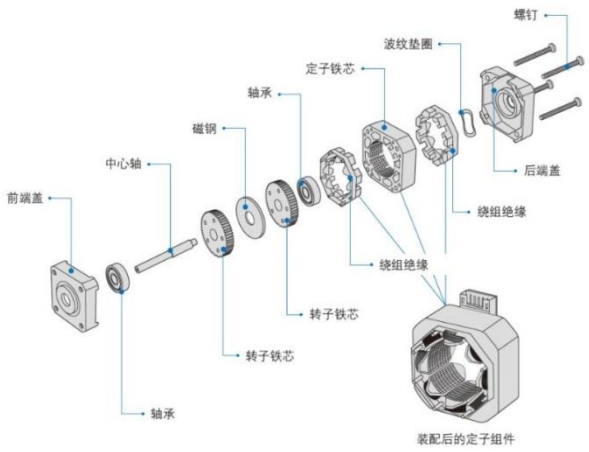
北京中航泰隆科技有限公司
大洋传感系统工程有限公司
深圳耐特恩科技有限公司
北京海博华科技有限公司
北京中科昆锐科技有限公司
北京世通科创科技有限公司
北京中航科电测控技术股份有限公司
深圳福森泰科传感技术有限公司
广东贝乐机电科技有限公司
德森特（深圳）传感科技有限公司
江苏兰菱机电科技有限公司
上海隆旅电子科技有限公司
主要汽车动力检测公司：联测科技、湖南湘仪、无锡朗迪、华依科技、重庆理工清研凌创等
。。。。。。

三、业内动态扭矩传感器和扭矩测试平台使用量较大的客户群体

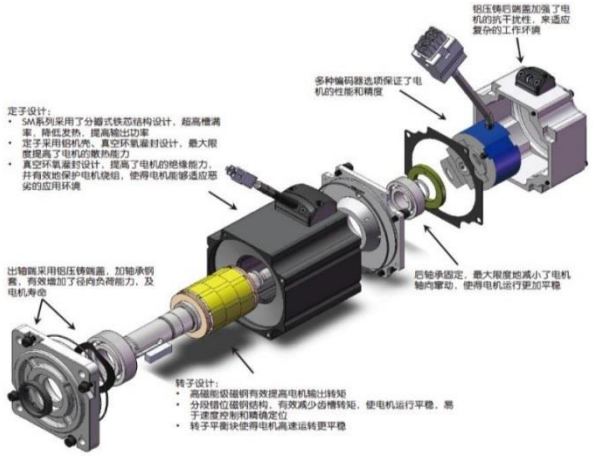
1、 伺服驱动电机、伺服系统、驱动控制的生产制造商需求：

该行业近年发展较快，主要由于自动化机械、智能机床、工业机器人、机械手臂，压铸机、注塑机、挤出机械动力系统测试，以及人形机器人、外骨骼机器人等伺服系统的大量普及，需要大量不同型号扭矩力的永磁伺服电机，这类电机生产检测过程需要对动态扭矩力、驱动参数等数据进行检测，另外很多机器本身控制对扭矩传感器应用需求量相当大，如智能机器人、机械手臂等设备。

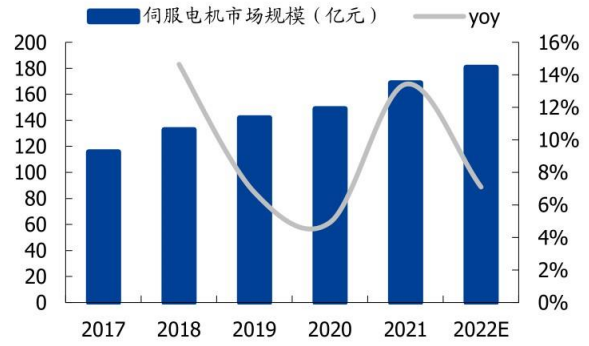
电机的种类繁多，按用途可分为动力电机和控制电机两大类，而控制电机又可分为步进电机、伺服电机、力矩电机等。在数字控制的发展趋势下，运动控制系统中大多采用步进电机或全数字式交流伺服电机作为执行电动机，而由于伺服电机在控制精度、过载能力、速度响应等许多性能方面表现优异，被广泛应用于工业自动化、机器人等领域。对于人形机器人而言，单台人型机器人电机用量有望超 40 个，而具备更高控制精度的伺服电机将是未来人形机器人的主要配置，占据绝大部分用量份额。

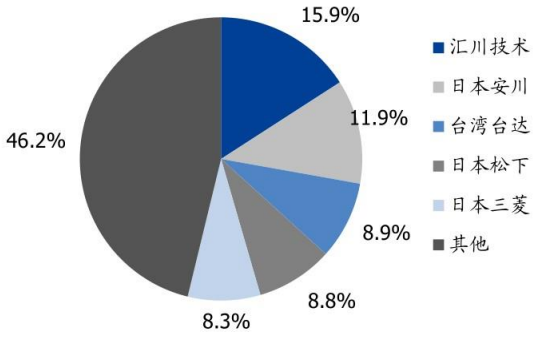


步进电机



伺服电机



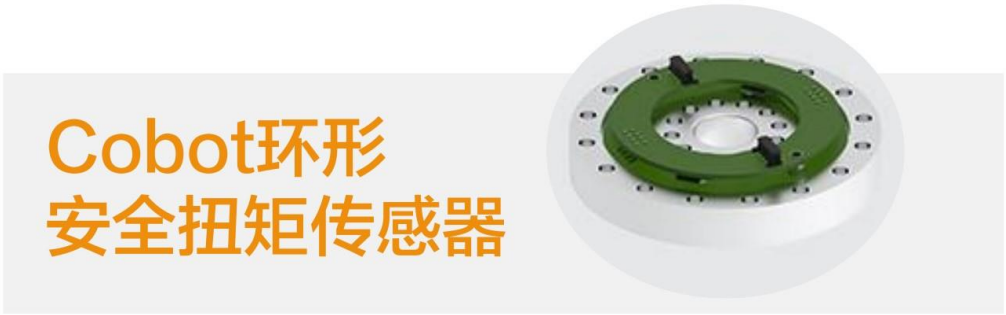


- **机器人扭矩传感器：**

扭矩传感器是用于测量反作用扭矩和旋转扭矩的传感器，扭矩仪带有一体式机械限动器，可增加过载容量并在安装和操作期间提供额外保护。TE 为动态和反作用扭矩测量提供各种小量程传感器，可使用单个器件同时测量反作用扭矩和力，这些传感器还可以检测角度位置并提供速度测量。

和工业机器人不同，协作机器人需要同工人进行交互，因此对安全性要求愈发强烈，需要集成大量监测和控制技术；其中一个技术是安全扭矩传感器，它可监测协作机器人上各种旋转枢轴点的机械扭矩。安全扭矩传感器通常集成在协作机器人的关节单元中，关节单元是一个完整的系统，通常包括一个或多个角度传感器，以及电机和谐波减速机。关节单元可驱动机器人每个手臂的运动，而扭矩传感器用于检测电机和谐波减速机内的扭矩。扭矩水平由控制电路用于关闭关节，以防止对机械臂本身造成损害，或者，如果协作使用，则防止相应的工人受伤。在机器人应用中，从使用功率限制系统到使用扭矩传感器的转变是由扭矩传感器为系统提供的优势推动的。扭矩传感器可缩短响应时间并提高精度，从而提高机器人系统的安全性和可靠性，并确保人员的安全性。

TE Cobot 环形安全扭矩传感器以一件式挠曲件为起点，该挠曲件设计用于将旋转扭矩转换为机械应变。扭矩传感器基于集成的 MEMS 称重传感器，可以将机械扭矩转换为与施加的扭矩成正比的数字输出信号。根据不同应用，可以建立扭矩阈值，让协作机器人在任何人受伤之前或对协作器人本身造成任何损害之前关闭。TE 的安全扭矩传感器旨在提供准确的扭矩数据，同时更大限度减少交叉载荷误差（轴向载荷、径向载荷和倾斜力矩），并可充当谐波减速器中的密封壁。为了符合 ISO13849 类别 4PL e 的功能安全要求，安全扭矩传感器的设计基于双通道系统，并包含用于检测任何安全相关故障的其他功能。TE 的安全扭矩传感器专门针对协作机器人进行了优化，对串扰具有低易感性，从而增加了精确度。支持定制机械接口，传感器可轻松进行调整尺寸和测量范围，以满足客户的特定要求，在提高协作机器人的安全性和可靠性方面发挥着重要作用。



谐波减速器：

工业机器人减速器制造对材料、设备、工艺等多个环节都有严格要求，具有明显的投资门槛高、技术难度大等特点，行业壁垒极高。全球范围内，哈默纳科（Harmonic Drive System）与纳博特斯克（Nabtesco）依靠长期的研发技术积累、规模化的生产能力、稳定的产品质量和性能，与四大家族等国际工业机器人生产商合作历史悠久，行业内市场地位突出。长期以来全球减速器市场一直呈现日本企业高度集中状态。根据 OFweek 数据，2015 年全球精密减速器市场中，纳博特斯克和哈默纳科分别占 60%和 15%市场份额，其中哈默纳科在谐波减速器领域拥有绝对优势；日本住友（Sumitono）和电产新宝（NIDEC-Shimpo）合计占全球减速器市场份额 10%以上。

机电一体化执行器

将伺服系统、谐波减速器、传感器集成模块，为客户提供更为标准化的解决方案。

主要下游应用领域	谐波减速器平均用量（台）
工业机器人	
-多关节型	3.5
-SCARA型	3
-坐标型及其他	1
协作机器人	7
数控机床	3

国内主要电驱动、伺服电机、谐波减速器生产商及系统集成商（动态扭矩测试平台用户）：汇川技术（电机）、卧龙电驱（电机）、埃斯顿、蓝海华腾、英威腾、欧瑞传动、麦格米特、大洋电机、江特电机、菲仕电机、海天电机、广州数控、厦钨股份、东莞电机、江苏雷利、鸣志电器、禾川科技、绿的谐波、中大力德等。

2、 新能源汽车驱动永磁电机动力系统、减速机、电动助力转向系统 EPS 的扭矩传感器需求：

随着新能源汽车的大力推广普及，汽车永磁电机需求量将是未来最大的增量市场，在新能源车电机的生产和测试过程中，必须对其扭矩力进行检测，需要对动态扭矩测试平台有一定的增长需求

纯电动汽车的动力总成由电机、电控和减速器构成，一般称为“电驱动”系统，是电动车的心脏，

相当于传统燃油车中的发农机+变速箱，其作用都是把化学能转变成汽车动能，也是决定车辆动力、能耗等性能的核心部件。电驱动系统相比于发动机+变速箱具有结构简单、体积小、可有载启动的优势。

二代 EPS 电机、线控转向（SBW）的布局在国内企业中具备先发优势。从电器系统角度看，全冗余系统要求转向扭矩和角度传感器、电机位置传感器、电控单元以及电机在零件层面做到冗余，零件数量达到翻倍；从兼容 SBW 系统角度考虑，基于线控转向系统中缺失了驾驶员人手提供的转向动力，短板需要电机补偿，采用的电机功率要放大。

电动助力转向 EPS 主要由扭矩传感器、车速传感器、电动机、减速机构和电子控制单元（ECU）等组成。驾驶员在操纵方向盘进行转向时，转矩传感器检测到转向盘的转向以及转矩的大小，将电压信号输送到电子控制单元，电子控制单元根据转矩传感器检测到的转矩电压信号、转动方向和车速信号等，向电动机控制器发出指令，使电动机输出相应大小和方向的转向助力转矩，从而产生辅助动力。工作原理：方向盘转动时，扭矩传感器将检测到的方向盘上的扭矩信号和转向信号传递给 ECU，ECU 根据信号决定电机的助力电流，最后助力电流通过 ECU 内部的电机驱动电路对电机实行扭矩控制。

磁性传感在汽车中的应用：

发动机控制系统：节气门位置、凸轮轴位置、曲轴位置；

无刷直流电动机：位置传感器、角度传感器；

启停系统：曲轴位置传感器、凸轮轴位置传感器、油门位置传感器；

自动变速器控制系统：车速传感器、发动机转速传感器、加速踏板位置传感器、节气门位置传感器；

传动系统：齿轮传感器、离合器位置传感器；

坡道汽车控制系统：车速传感器、转子旋转传感器；牵引力控制系统、制动防抱死系统：轮速传感器；

电动助力控制系统：助力扭矩传感器；

动力转向系统：车速传感器、发动机转速传感器、转矩传感器；

悬架系统：车速传感器、节气门位置、车身高度、方向盘转角器；变速箱、悬架器、电子转向驱动器、防抱死制动器、电子刹车制动器

车身系统：车身电子稳定系统：车轮转速传感器、方向盘转角传感器、横摆角速度、车轮位移器；

座椅：位置传感器、靠枕传感器、安全带扣传感器；

门锁控制：车速传感器；

电动天窗：位置传感器；

电动后视镜：位置传感器；

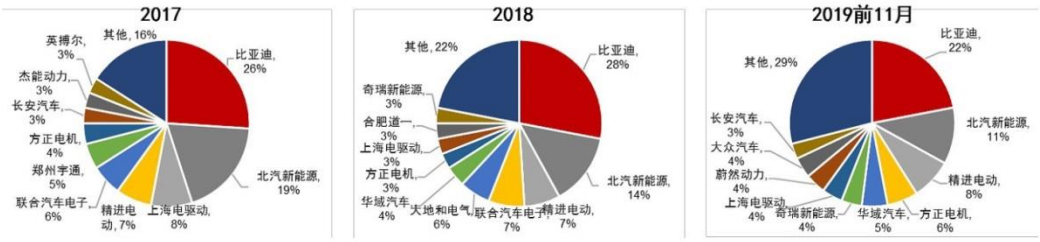
中央门锁控制系统：电动后视镜、电动雨刷器、电动玻璃升降器、车窗调节驱动器、电动安全带卷收器、电动天窗驱动器、冷却风扇和通风、加热与空调驱动器。

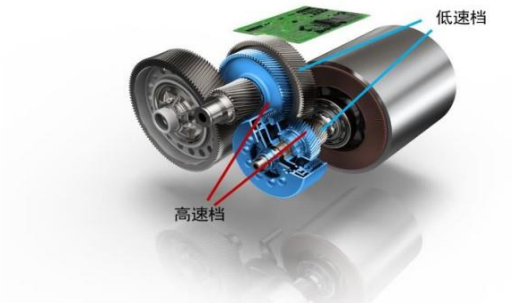
几种不同形式的电动助力转向系统 EPS 比较：

	DFL 型 EPS（第一阶段）	TDL 型 EPS（第二阶段）	TDJ 型 EPS（第三阶段）
减速系统减速比	1:16.5	1:16.5	1:18
扭矩传感器结构	有触点式	无触点电磁感应式	无触点电磁感应式
电机结构	有离合器	无离合器	无离合器
电机额定输出功率	170W	220W	330W
电机额定转速	1050r/min	1050r/min	1100r/min
电机额定电流	30A	40A	50A
电机额定输出力矩	1.6N	2.1N	3.0N
控制器最大输出电流	35A	45A	60A
输出扭矩/力	0~25N· m	0~30N· m	0~6000N
存放温度	-40 摄氏度~85 摄氏度	-40 摄氏度~85 摄氏度	-40 摄氏度~85 摄氏度
工作温度	-30 摄氏度~85 摄氏度	-40 摄氏度~120 摄氏度	-40 摄氏度~120 摄氏度
工作电压范围	DC 9V~16V	DC 9V~16V	DC 9V~16V

类型	原理	优势	劣势	适用车型
C-EPS	扭矩传感器和助力机构装在转向管柱上，下面连接一个机械转向机	电机可安装在转向柱任何位置，占用空间小；成本最低；助力响应性较好	对电机的噪声和振动要求较高；输入轴需要承受助力，降低了安全性	2.0L 以下排量中低档轿车
P-EPS	扭矩传感器和助力机构装在小齿轮上，电动马达的输出力矩通过蜗轮蜗杆减速机构作用在小齿轮上	可提供比C-EPS更大的助力，安全性更高；刚性好；转向路感强	万向节的存在会影响助力控制特性的精确度	2.0L 以下排量中档轿车
DP-EPS	有 2 个小齿轮，扭矩传感器装在驱动小齿轮上，而电动马达的输出通过蜗轮蜗杆减速机构作用在另一个小齿轮传递至齿条上	和P-EPS相比，实现了传感器和助力结构的物理分离，驱动小齿轮不受转向机传动比的约束	同上；结构复杂，制造难度大	2.0L 以下排量中高档轿车
RP-EPS	转向器助力电机转子与转向器丝杠轴两者采用平行轴结构，利用皮带连接电机转轴和丝杠螺母，滚珠丝杠上的循环滚珠作为减速机构	具备P-EPS的优点；电机可提供比P-EPS更大的助力	同上；结构较复杂，成本较高	2.0L 以上排量中高档轿车
RD-EPS	和 DP-EPS 相似，扭矩传感器装在驱动小齿轮上，电动马达的输出力矩通过在齿条上的循环球减速传动机构传递	具备“小齿轮助力式”的优点；能够提供更大的助力；能力损失更少	同上；整套系统结构复杂，成本较高	2.0L 以上排量中高档轿车

2017→2018→2019 前 11 月国内新能源汽车电机竞争格局





减速机

中国新能源汽车电机行业代表企业（按成立时间排序）

市场分类	代表企业	成立时间	上市时间	客户资源	竞争优势
具备电机生产能力的整车企业	上汽集团	1984-04	1997-11	乘用车：自用	2018年整车销量705万辆，是中国销量最大的汽车集团，设有华域汽车电动系统有限公司，专门进行性能汽车用驱动电机和控制器的生产
	比亚迪	1995-02	2002-07	乘用车：自用为主、北京华林、广汽	掌握电机电控方面的核心技术并拥有自己的电机电控工厂，是中国新能源汽车电机龙头企业之一
	南车时代	2005-09	2006-12	商用车：自用、星凯龙、安源、宇通	将轨道交通牵引电传动技术应用于新能源汽车领域，在高功率密度、高可靠性、高安全性等设计技术上实现了多项技术突破
专业新能源汽车电机企业	深圳大地和	2005-05	2014-11	乘用车：长安、江铃、海马 商用车：南车时代、安凯等	电机业务占到大地和主营业务的44.2%，是行业内最早展开与整车厂对接的专业企业，也是中国最早进行新能源汽车动力系统的批量化生产商
	精进电动	2008-02	未上市	乘用车：通用、福特、克莱斯特、吉利、北汽新能源 商用车：金龙、戴姆勒、北汽福田	驱动电机系统产销量和出口量位居中国行业首位，是行业领先的新能源汽车电机和动力系统提供商
	上海电驱动	2008-07	被上市企业全资收购	乘用车：一汽、奇瑞、长安、上汽、东风、吉利、江淮 商用车：中通、恒通、宇通、申沃	在车用电驱动领域取得了多项核心专利，主持和参与了多项国家标准和行业标准制修订工作，被大洋电机全资收购
传统电机生产企业	大洋电机	2000-10	2008-06	乘用车：奇瑞、上汽、江淮、一汽、吉利 商用车：一汽客车、北汽福田、中通、恒通	已初步形成新能源汽车电机产业链完善的产业战略布局，是中国知名的微特电机制造企业以及新能源车辆动力总成系统生产企业，新能源汽车电机年产能达到30万台
	方正电机	2001-12	2007-12	乘用车：吉利、上汽通用五菱、东风、北汽新能源 商用车：金旅、宇通、中通、玉柴	在电机领域拥有超过 20 年研发及制造经验，在转向泵的永磁同步电机市场中市占率达到80%，是中国新能源汽车电机龙头企业之一
	蓝海华腾	2006-02	2016-03	乘用车：唐骏 商用车：金旅、苏州金龙、五洲龙	电机产能为7万台/年，拥有自主知识产权；产品系列丰富，可满足各类高、中、低端市场的应用需求

比亚迪、南车时代、广汽集团等均具备自主供应电机电控产品的能力的整车厂商，深圳大地和、精进电动和上海电驱动大洋电机、方正电机、蓝海华腾，大洋电机、方正电机等具备新能源车电机生产能力。

国内新能源汽车电机企业出现产品集成化趋势；集成化指驱动器中电力电子总成的集成，把构成电芯、模块和系统的各个元件，包括开关器件、电路、控制、传感器、电源等，按照优化电路、机械结构要求进行合理布局。电驱动系统集成化有利于提高新能源汽车电机产品性能，保证系统可靠性，降低成本，是中国新能源汽车电机行业未来的重要发展趋势。

结论：磁性扭矩传感器未来市场前景广阔、主要增量市场在自动化协作关节机器人、新能源汽车动力系统、助力转向系统、伺服永磁电机检测系统等行业领域。