

内容目录

第一章 前言	3
第二章 2023-2028 年人形机器人市场前景及趋势预测	3
第一节 人形机器人感知模块是运控与交互基础，遍布全身	3
一、感知模块是人形机器人具身智能的基础	4
二、人形机器人传感器至关重要，遍布全身	4
三、不同厂商传感器设计各异，特斯拉轻视觉重运控	5
四、人形机器人市场空间测算	6
第二节 六维力矩传感器壁垒高空间广，国产替代加速	7
一、六维力矩传感器提供最全面的力信息及受力姿态	7
二、应变片式为六维力矩主流技术方案	9
三、应变片式原理为利用应变片受力产生电阻变化	10
四、金属和半导体两种应变片式共存，各有优劣势	11
五、六维力矩传感器的工艺流程：设计与标定检测为核心	11
六、六维力矩传感器供应链及成本拆分：降本空间巨大	13
七、六维力矩传感器空间广，国产替代正当时	14
第三节 触觉传感器多技术路线并行，美企领先，中国企业可期	15
一、人类手部触觉：多维度感知，高灵敏度，高拉伸率	15
二、机器人触觉方案：多路线布局，寻找性能最优	16
三、MEMS 压阻式触觉传感器：技术成熟，低端最先放量	17
四、柔性压阻式传感器：已成熟应用，但灵敏度仍待提高	18
五、触觉传感器趋势：多触点高精度，工艺与算法并重	18
六、触觉传感器技术持续迭代升级，空间广阔	19
第三章 人形机器人企业成本管理中存在的问题及应对策略	20
第一节 科技型企业成本管理概述	20
一、科技型企业的特点——“四高”	20
二、科技型企业选择战略成本管理	21
（一）战略成本选择的必要性	21
（二）战略成本管理的内容	21
（三）降低成本的方式	22
三、科技型企业成本管理的特点	22
（一）企业的研发设计费用高	22
（二）全面考虑企业成本核算	22
（三）追求积极的成本控制	23
四、科技公司成本管理的要点研究	23
（一）技术成本控制	23
（二）市场竞争成本管理	23
第二节 科技型企业的成本管理模式	23
一、作业成本法（ABC 法）	23
二、目标成本法	24
三、PDCA 法	24

四、质量成本法.....	24
第三节 科技企业成本控制的问题分析.....	25
一、企业成本控制理念缺乏.....	25
二、成本控制目标不够长远.....	25
三、产品设计和投资决策的成本管控措施较少.....	26
第四节 科技公司成本控制的措施研究.....	26
一、建立成本管理的控制系统.....	26
二、建立与战略相衔接的成本控制措施.....	26
三、提升科技公司的资金利用效率.....	27
第五节 科技公司精细化成本管理的应用研究.....	27
一、科技公司精细化成本管理应用的不足之处.....	27
（一）缺乏对精细化成本管理的重视.....	27
（二）研发阶段成本管理的不足.....	28
（三）预算成本管理的不足.....	28
（四）人员成本管理的不足.....	28
二、科技公司精细化成本管理的应用策略.....	28
（一）加强对精细化成本管理的认识.....	28
（二）精细化成本在科技研发中的应用.....	29
（三）实现人员的精细化管理.....	29
（四）在预算方面应用精细化成本管理.....	29
（五）在采购方面应用精细化成本管理.....	30
第六节 企业经营成本管理中存在的问题及应对策略.....	30
一、企业成本管理的主要特点.....	30
二、企业成本管理存在的主要问题.....	30
（一）内部管理机制不健全，缺乏科学的成本管理意识.....	31
（二）采购监督机制不完善，缺乏有效监管.....	31
（三）库存预测难以落实，存货周转率低.....	31
（四）抽验方式不科学，仓储验收形式化.....	31
三、企业成本管理存在问题的应对策略.....	31
（一）完善成本管理制度，增强成本管理控制意识.....	31
（二）制定规范的采购制度及监督机制.....	32
（三）明确库存管理的重要性，严格控制库存量.....	32
（四）实施采购验收入库制度，加强验收数量和质量的管控.....	33
四、结语.....	33
第四章 人形机器人企业《成本管理策略》制定手册.....	33
第一节 动员与组织.....	33
一、动员.....	33
二、组织.....	34
第二节 学习与研究.....	35
一、学习方案.....	35
二、研究方案.....	35
第三节 制定前准备.....	36
一、制定原则.....	36
二、注意事项.....	37

三、有效战略的关键点	38
第四节 战略组成与制定流程	41
一、战略结构组成	41
二、战略制定流程	41
第五节 具体方案制定	42
一、具体方案制定	42
二、配套方案制定	44
第五章 人形机器人企业《成本管理策略》实施手册	45
第一节 培训与实施准备	45
第二节 试运行与正式实施	45
一、试运行与正式实施	45
二、实施方案	46
第三节 构建执行与推进体系	47
第四节 增强实施保障能力	48
第五节 动态管理与完善	48
第六节 战略评估、考核与审计	49
第六章 总结：商业自是有胜算	49

第一章 前言

任何企业要想在当前激烈的市场竞争中站稳脚步，就必须采取精细化成本管理，这是提高市场竞争力和经济效益的关键。然而当前科技公司精细化成本管理状态并不理想，使得整体管理水平难以达到理想状态。因此，对科技公司精细化成本管理的应用进行研究，提出一些有效的成本管理对策，以不断地提高科技公司的综合实力和竞争力，实现科技公司的长远发展。

那么，在企业成本控制方面，都存在哪些问题和对策？有什么诀窍以及关键点？

下面，我们先从人形机器人行业市场进行分析，然后重点分析并解答以上问题。

相信通过本文全面深入的研究和解答，您对这些信息的了解与把控，将上升到一个新的台阶。这也将为您经营管理、战略部署、成功投资提供有力的决策参考价值，也为您抢占市场先机提供有力的保证。

第二章 2023-2028 年人形机器人市场前景及趋势预测

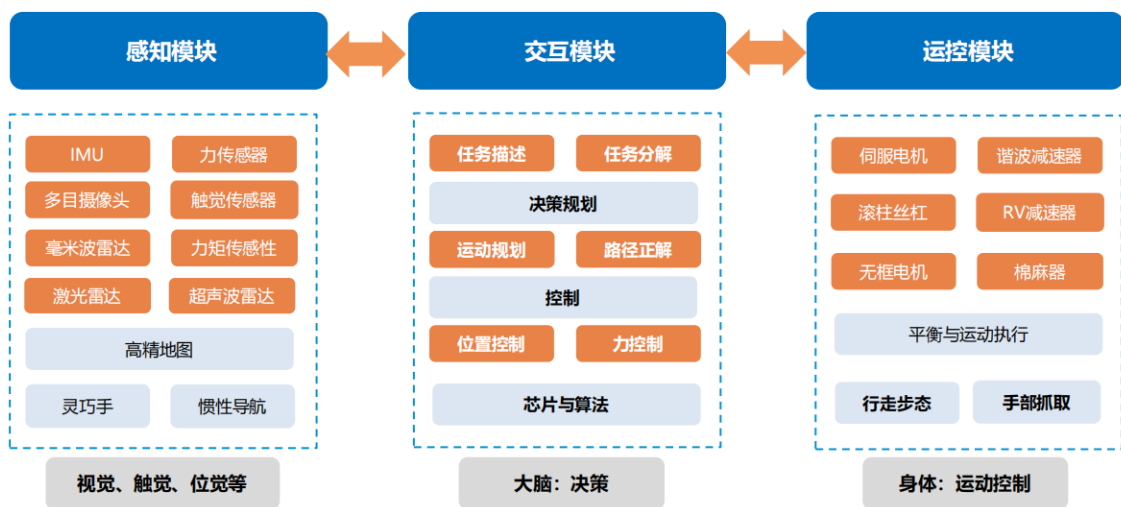
第一节 人形机器人感知模块是运控与交互基础，遍布全身

一、感知模块是人形机器人具身智能的基础

感知是交互的基础：人形机器人包括感知模块、交互模块、运控模块，感知模块是基础，为交互与运控模块提供信息，并实时反馈，以便机器人感知外部环境和物体、调整运控规划。

感知是软硬件结合，遍布全身，不同传感器进行数据融合：类似于人类的各类感官神经，提供视觉、位觉、触觉、力觉等信息，分布于人形机器人的各类关节中，包含软硬件算法，各数据可进行融合，提供运控规划准确性。

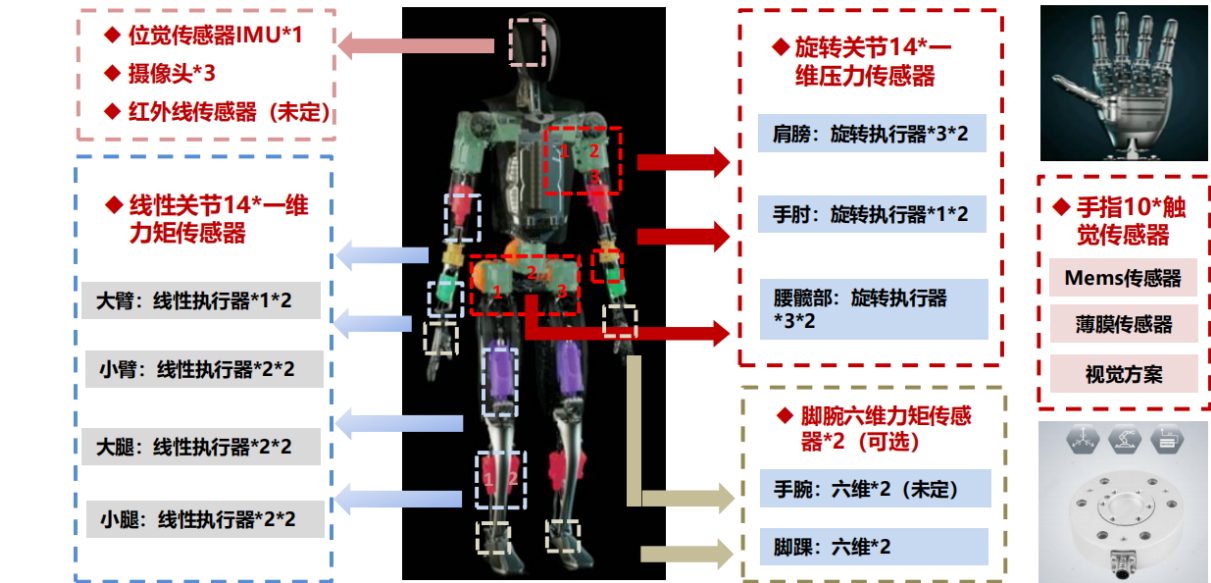
图 人形机器人三大构成部分



二、人形机器人传感器至关重要，遍布全身

位觉传感器：使用量 1 颗 IMU，用来测量机器人的运动及姿态信息，一个价格 400-2000 元，未来或取消。视觉传感器：国内深度相机+激光雷达，特斯拉为纯视觉方案，1 个鱼目摄像头+2 个普通摄像头。关节力控传感器：特斯拉每个线性关节在电机外分别放置 1 个一维压力传感器；每个旋转关节在减速器外分别放置 1 个一维力矩传感器，普通价格 400 元/个，高端价格 4000 元/个。国内方案不一。手腕和脚踝传感器：每个手腕脚踝分别放 1 个六维力矩传感器（可选装），价格 2-4 万/个，但降价空间大。触觉传感器：手部增加触觉传感器可提高灵巧手性能，多种技术路线布局；特斯拉直接使用 10 个触觉传感器。

图：特斯拉人形机器人不同功能传感器分布



◆ 综合考虑价值量、未来产业趋势，我们认为传感器排序六维力矩>触觉传感>关节传感>双目摄像头>IMU

图：人形机器人各类传感器对比

类别	产品	功能	用量/台	价值量/个	格局	产业趋势
视觉传感器	摄像头/RGBD相机/激光雷达	测量物体距离和深度；根据不同场景选择最优量程和精度	1个	2000-3000元	Inter的模块产品性能成熟，市场占有率高；国内奥比中光切入	较成熟
位觉传感器	IMU	定位，测量机器人的运动及姿态信息，并反馈至运控模块	1个	400-2000元	在消费电子级汽车中已成熟应用，博世等海外大厂占据绝大部分份额，国内芯动联科、华依科技等起量	若六维力矩普遍应用，有可能取消IMU
运控传感器	旋转关节：一维力矩		14个	400-4000元	一维力/力矩低端产品国内可量产，价格低；高端进口产品价格可高10倍。六维力矩目前是小众市场，国产已突破，但性能较海外厂商有差异，价格高，但降本空间大	未来趋势是使用多维力矩，精度更高。但若手指传感器精度足够，手腕可取消六维
	线性关节：一维压力	测量力的形态，并转化为电信号，反馈至运控模块，以便更好执行动作	14个	200-400元		
	手腕：六维力矩 (选用)		2个	2万-4万		
	脚踝：六维力矩 (选用)		2个	2万-4万		
触觉传感器	MemS触觉传感器	一维至六维，同时触点面积大小决定手部可放置几个	10个	100-3000元	一维MemS传感器成熟，三维和六维海外厂商明显领先	未来趋势往多精度、高精度、高集成度、高延展性方向发展，若视觉方案成熟，具备成本优势，或快速替代
	薄膜传感器	由于一维传感器用于手部精度受限，但用于身体部分位置，可提升防撞感知		10-1000元	薄膜电容传感器低端产品技术成熟，价格低廉	
	视觉方案	基于视觉，利用各种算法做到数据融合，以此模拟触感感知的效果	2个	500美金	美国Facebook利用Mit的研究成本在做产研，已有产品出售国内智元机器人也研发并使用该方案	

三、不同厂商传感器设计各异，特斯拉轻视觉重运控

从视觉感知看，特斯拉纯视觉成本低：特斯拉基于自动驾驶积累的强大纯视觉算法，在人形机器人上简化使用三颗摄像头，成本极低，而国内厂商如智元、宇树，一般采用激光雷达+深度相机。运控系统看，特斯拉追求精度，国内方案不一：特斯拉为追求精度，旋转/线性采用一维力/力矩传感器，而国内部分厂商采用电流环方式，无需使用力传感器。触觉方案看，各家未定型：特斯

人形机器人企业成本管理策略研究报告

拉 gen-2 仅发布手指新增使用 10 个触觉传感器，未透露更多细节；宇树明确表示，手指将自研并使用基于视觉方案的触觉传感器。

图：人形机器人传感器的应用方案对比

企业	名称	视觉感知	旋转关节	线性关节	手指	手腕	脚踝
特斯拉	Optimus	1个鱼目摄像头 2个普通摄像头	14个一维力矩传感器	14个一维力传感器	10个触觉传感器	无	2个力传感器
智元机器人	Raise A1	1个RGBD相机 1个激光雷达	无	无	视觉方案的触觉传感器		
宇树	H1	深度相机 3D激光雷达					
傅里叶	gr-1						
优必选	Walker X	RGBD相机 双目相机					

四、人形机器人市场空间测算

市场空间看，若 2030 年人形机器人全球量产 116 万台，考虑特斯拉市占率 65%，并考虑降价，则预期六维力矩传感器市场空间 230 亿>一维力矩市场空间 140 亿>触觉传感器 100 亿。

图：人形机器人市场空间测算

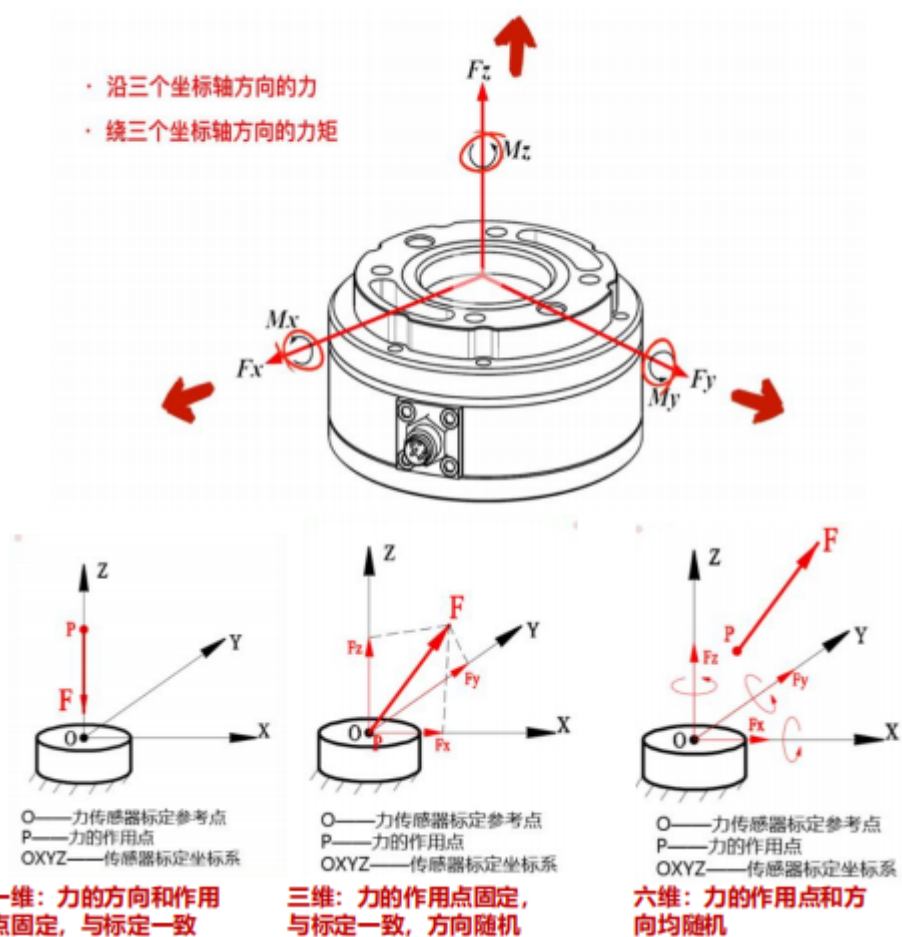
	2025E	2026E	2027E	2028E	2029E	2030E	2040E
全球机器人新增需求 (万台)	3	6	15	30	60	116	2,812
特斯拉 (万台)	2	5	12	22	42	75	1,322
-份额	90%	85%	80%	75%	70%	65%	47%
非特斯拉 (万台)	0	1	3	7	18	41	1,490
IMU (万套)	3	6	15	30	60	116	2,812
-单价 (元/套)	2,000	1,900	1,805	1,715	1,543	1,235	661
-单台用量 (个)	1	1	1	1	1	1	1
市场空间 (亿元)	1	1	3	5	9	14	186
激光雷达 (万套, 非特斯拉)	0	1	3	7	18	41	1,490
-单价 (元/个)	8,000	7,600	7,220	6,859	6,173	4,938	1,720
-单台用量 (个)	1	1	1	1	1	1	1
市场空间 (亿元)	0	1	2	5	11	20	256
深度相机 (万套, 非特斯拉)	0	1	3	7	18	41	1,490
-单价 (元/个)	2,000	1,800	1,710	1,539	1,385	1,108	594
-单台用量 (个)	1	1	1	1	1	1	1
市场空间 (亿元)	0	0	1	1	3	5	88
一维力传感器 (万套, 特斯拉)	32	73	165	311	592	1,057	18,501
-单价 (元/个)	400	380	361	343	309	262	132
-单台用量 (个)	14	14	14	14	14	14	14
市场空间 (亿元)	1	3	6	11	18	28	245
一维力矩传感器 (万套, 特斯拉)	32	73	165	311	592	1,057	18,501
-单价 (元/个)	2,000	1,900	1,805	1,715	1,543	1,312	346
-单台用量 (个)	14	14	14	14	14	14	14
市场空间 (亿元)	6	14	30	53	91	139	639
六维力矩传感器 (万套)	5	12	29	59	121	232	5,623
-单价 (元/个)	20,000	19,000	18,050	17,148	15,433	10,031	1,217
-单台用量 (个)	2	2	2	2	2	2	2
市场空间 (亿元)	10	23	53	102	186	233	684
触觉传感器需求量 (万套)	5	10	24	44	85	151	2,643
-单价 (元/套)	10,000	9,500	9,025	8,574	7,716	6,173	889
-单台用量 (套)	2	2	2	2	2	2	2
市场空间 (亿元)	5	10	21	38	65	93	235

第二节 六维力矩传感器壁垒高空间广，国产替代加速

一、六维力矩传感器提供最全面的力信息及受力姿态

信息最全面的力控传感器：六维力矩利用传感器中不同的感力元件，将力信号转换成电信号，能够同时测量三个轴向力 F_x 、 F_y 、 F_z 和三个轴向力矩 M_x 、 M_y 、 M_z ，能够满足任何方向上力的检测。六维力矩传感器不仅将力矩转为电信号，提供力信息，还可以获得内部受力的姿态，与三维力矩传感器相比，其能够消除弯矩对力测量的干扰，确保测量结果更加精确可靠。

图：六维力矩传感器图



图：多维力传感器对比

	原理	应用
一维力矩传感器	当力的方向和作用点都是固定的，一维力传感器才能进行准确测量，测量轴线一般是传感器的几何中心线	感知关节转动时所承载的力矩，实现关节的柔顺控制
三维力矩传感器	当力的方向随机变化，力的作用点不变（与标定中心一致），则可以用三维。简单而精确的测量三个垂直分量（x/y/z）的任意方向，但无法标定和消除弯矩这个变量的干扰	当校准中心在传感器上或者离传感器非常近，测量精度要求不高，可以使用三维替代六维
六维力矩传感器	当力的作用点远离传感器，并且力的方向随机，六维可以非常精准的修正三方向力和三方向弯矩之间的耦合误差，准确获得力信息	执行器的末端，力的作用点远离传感器，并且力的方向随机，如手腕、脚踝

二、应变片式为六维力矩主流技术方案

应变片式技术成熟为主流方案：根据敏感元件的种类，六维力和力矩传感器可分为电阻应变式、压电式、电容式、光学式等几类，其中电阻应变式为主流，其综合性能最优，精度高、技术成熟、测量范围广。按输出结构看，直接输出型（无耦合型）为主流：直接输出型为六维空间力由测量元件直接检测或简单计算，无需各分力耦合，而间接型反之，需要各分力耦合才能得到六维输出。

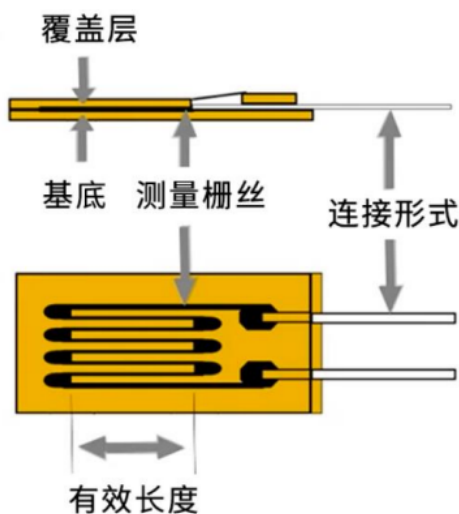
图：六维力矩传感器的技术方案对比

类型	原理	优点	缺点	代表厂商
电阻应变式	被测物理量作用在弹性原件上，安装在弹性元件上的电阻应变敏感元件将物理量转化为电阻变化，又通过变化电路将电阻变化转换为电压变化。	1) 精度高，非线性及滞后误差小，蠕变小； 2) 对传感器的零点平衡、零点温度影响、灵敏度温度影响以及输出灵敏度标准化都进行全面补偿	1) 动态响应低； 2) 灵敏度和刚性往往相互制约	ATI、宇立仪器、坤维科技、鑫精诚传感器、海伯森、神源生智能、Sintokogio、Bota Systems AG、SCHUNK、ME-
压电式力敏传感器	在外部压力作用下，压电材料产生一个电荷，当外力变化时，压电材料表面的电荷随之变化，带来输出电压信号的变化。	1) 有很高的固有频率，特别适合动态测量； 2) 刚度与灵敏度互不影响，能同时得到高灵敏度和高弹性系数精度	较难克服各向载荷间的相互干扰，从而影响精度	Robotiq、WACOH-TECH、Kistler
电容式力敏传感器	核心是电容器，电容器的电容是由电极面积和两个电极间的距离决定，当硅膜片两边存在压力差时，硅膜片产生形变，极板间的间距发生变化，从而引起电容容量变化，电容容量变化与压差有关	灵敏度高，温度稳定性好，量程大	压力调理电路复杂，寄生电容影响大	Robotous
光学检测六维传感器	装备的六横梁上的三个横梁上装有四分型光学传感器，在梁中心位置有三个响应光源，通过光学传感器测量加载力引起的微小变形，从而检测响应力	光学检测对电磁干扰不敏感，应用于比较恶劣的环境中	可成本高，适用温度范围窄	OnRobot

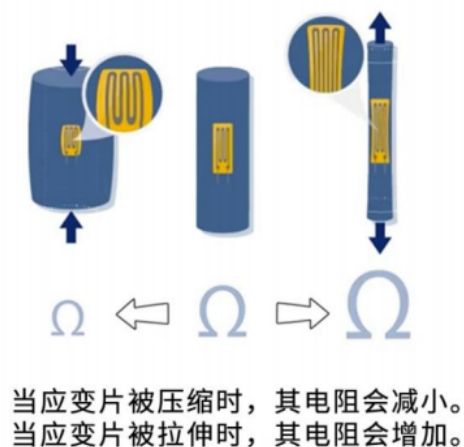
三、应变片式原理为利用应变片受力产生电阻变化

应变片可以捕获物体由于应力而引起的微小变化“应变”，并将这种变化转变为电信号输出。如果应变片被压缩，其电阻会减小。如果应变片被拉伸时，其电阻会增加。原因是当测量栅丝被拉伸时，电流通过的导体变细，导致电阻增加。一个六维力矩传感器需要 30-50 个应变片。由 4 片左右应变片组成一个电桥，用于测量一维力，为降低耦合干扰，需增加电桥，一般一个六维力矩需要 30-50 片应变片，取决于电桥设计与应变片灵敏度。

图：传统应变片结构



图：应变片工作原理

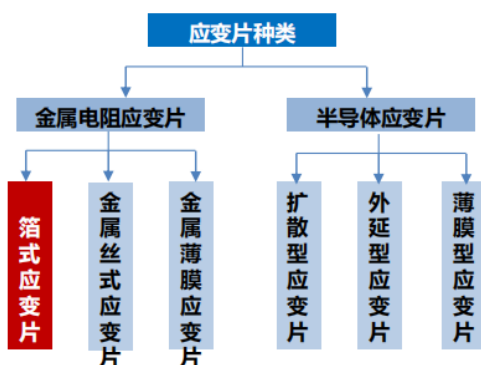


四、金属和半导体两种应变片式共存，各有优劣势

金属应变片温度稳定性好、应变范围大，更适用于机械工程领域。应变片按照材质可以分为金属应变片和硅基应变片，均有基底、敏感栅和引线三大部分构成。金属应变片主流为箔式，采用聚酰亚胺作为基底，康铜丝粘附在上面，其温度稳定性较好，线性度高，应变范围大（可达到4%，而半导体应变片只能达到0.3%），使用方便，刚度与半导体应变片相当。

半导体应变片灵敏度高、响应快、体积小，更适合电力电子领域。半导体应变片是将单晶硅锭切片、研磨、腐蚀压焊引线，最后粘贴在锌酞醛树脂或聚酰亚胺的衬底上，其优势在于灵敏度高（高50-100倍），机械滞后小、体积小、耗电少，但稳定差，受温度影响大。

图：应变片分类



图：应变片分类

种类	原理	优势	缺点	应用领域
金属式	利用金属表面受到应力而发生形变的特性制造的，采用电阻应变效应进行测量	具有较高的灵敏度和精度，其性能稳定、测量范围广	金属应变片材料的限制，在较宽的温度范围内精度较难保证	机械工程、汽车制造、船舶制造等领域
半导体式	采用的主要是压敏电阻效应进行测量。当半导体应变片表面受到应力变形时，其电阻值也会随之变化，可以通过连接电路进行测量	1) 其结构更小、重量更轻 2) 灵敏度高、机械滞后小	受温度影响大	微电子学、仪器仪表、电子系统等领域

五、六维力矩传感器的工艺流程：设计与标定检测为核心

结构解耦设计是核心：可决定六维力矩传感器的实际性能，包括弹性体结构设计、贴片位置设计、电桥结构设计，理论上合理的设计可消除各个方向之间的耦合，但实际需依靠解耦算法进一步减小/消除耦合干扰。贴片靠熟练技术工：由于传感器内部空间狭小，贴片组桥的技术壁垒非常高，目前国内外企业在贴片环节均需要人工进行。六维联合加载设备是标定与检测核心：必须通过六维加载设备，标定样本点（53万个）获得传感器数学解耦模型与参数；检测则是评价标定的准确度如何。而六维加载设备为非标设备，需传感器厂商自研。

以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要下载或阅读全文，请访问：<https://d.book118.com/077023030106006111>