

开特股份具身智能产品与技术推介

KAIT New Products & Technical Solutions for
Embodied Intelligence

开特股份【920978】

“总有人不相信这个世界变化如此之快。”



1

力感知类 Force Sensing

2

位置类 Positioning

3

电流类 Current Sensing

4

关节电机类 Joint Drive

5

一体化关节 Integrated Joint

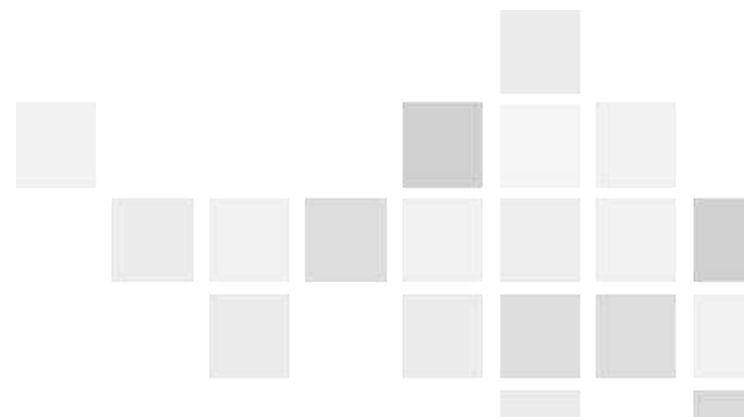
6

技术保障 R&D Assurance

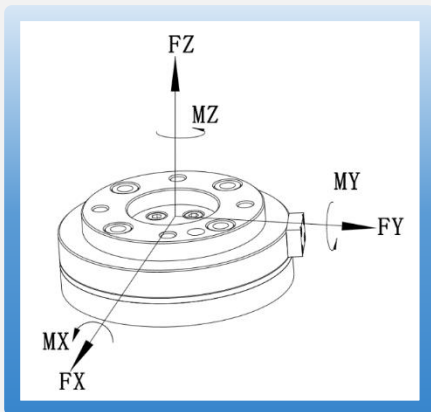


1 力感知类产品介绍

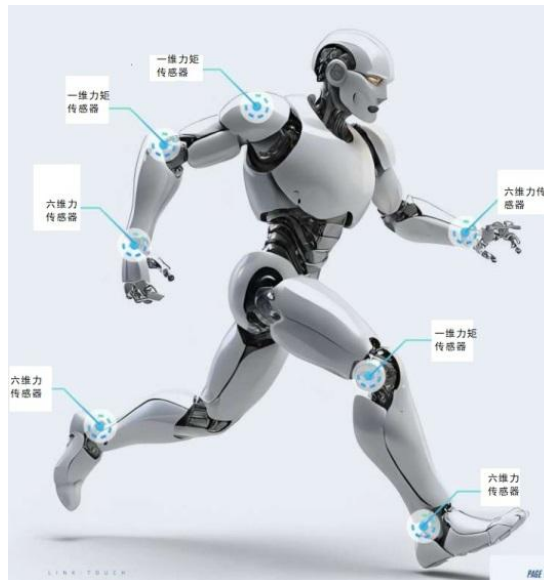
- 六维力传感器 6-Axis F/T Sensor
- 扭矩传感器 Torque sensor



六维力传感器 6-Axis F/T Sensor



六维力传感器 是一种能够同时测量三个力 (F_x, F_y, F_z) 和三个力矩 (M_x, M_y, M_z) 的高精度传感器，在复杂、精细作业场景下，帮助机器人末端工具或工件实现柔顺化、智能化操作。广泛应用于协作机器人、医疗机器人、精密抛光、深海航天等领域。



医疗机器人



航空航天



协作机器人

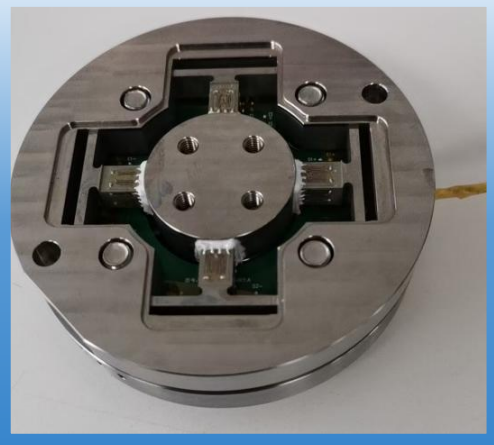


康复机器人

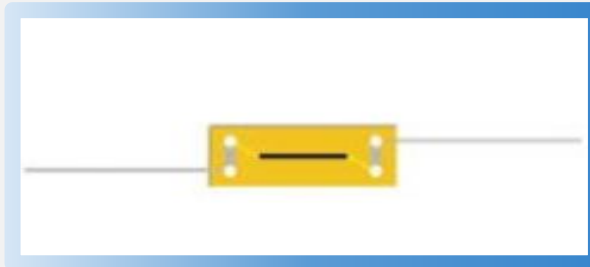


精密打磨抛光机器人

开特六维力传感器技术特点 Technical Chracteristics



弹性体材料 选用马氏沉淀不锈钢 05Cr17Ni4Cu4Nb,具有良好的机械性能和耐腐蚀性,高的屈服强度和抗拉强度,同时具备良好的韧性,耐磨性,抗疲劳性能。



半导体应变片 选用半导体应变片,其灵敏度系数一般为100-200,较金属应变片高50-100倍;半导体应变片的体积很小,非常适合小型传感器空间有限的场合;在相同力的情况下,半导体输出电压为金属应变片输出电压的50-100倍,半导体传感器输出电压可以不进行放大,必要时省去外电路以节省空间。



参数对标头部 参数对标鑫XX。

项 目	技术参数					
力/力矩方向	FX	FY	FZ	M _x	M _y	M _z
量程	100 ON	1000 N	1000N	20Nm	20Nm	20Nm
非线性	≤±0.5%F.S.					
滞后误差	≤±0.5%F.S.					
重复性	≤±0.1%F.S.					
零点输出	±3%F.S.					
安全过载	300%F.S.					
串扰误差	3%F.S.					

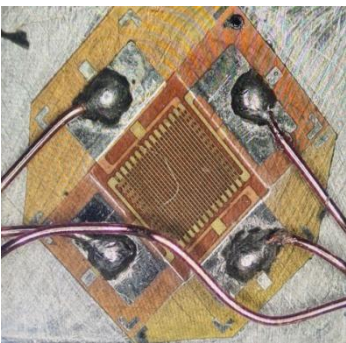
扭矩传感器 Torque Sensor



扭矩传感器 用于感知一维空间的全力信息，即一个扭矩分量（Mz），主要用机器人关节扭矩测量。在机器人（工业、协作、人形）、工业自动化和测试测量、汽车行业、航空航天、能源行业、医疗器械、农业机械、科研实验等场景广泛应用。



开特扭矩传感器



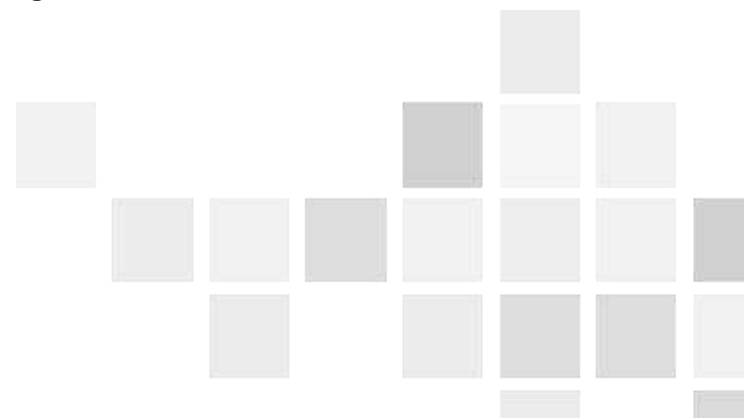
双轴扭矩箔式应变

序号	项目	参数
1	额定负载（Nm）	200
2	准度（%F.S）	0.5
3	线性度（%F.S）	0.5
4	串扰（%F.S）	1
5	安全过载（%F.S）	150
6	极限过载（%F.S）	300
7	灵敏度（mV/V）	1.0~2.0
8	通讯接口	原始模拟信号（mV）
9	工作温度（℃）	-10~+80
10	供电电压（V）	5（DC）
11	重复精度（%F.S）	0.1
12	综合精度（%F.S）	0.1
13	侧向极限弯矩（N.m）	400
14	轴向极限载荷（N）	200
15	侧向极限载荷（N）	400
16	尺寸	Φ62×H6

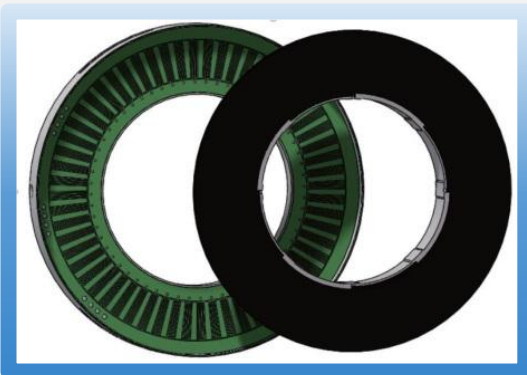


2 位置类产品介绍

- 电感式编码器 Inductive Encoder
- 电涡流式编码器 Eddy Current Encoder



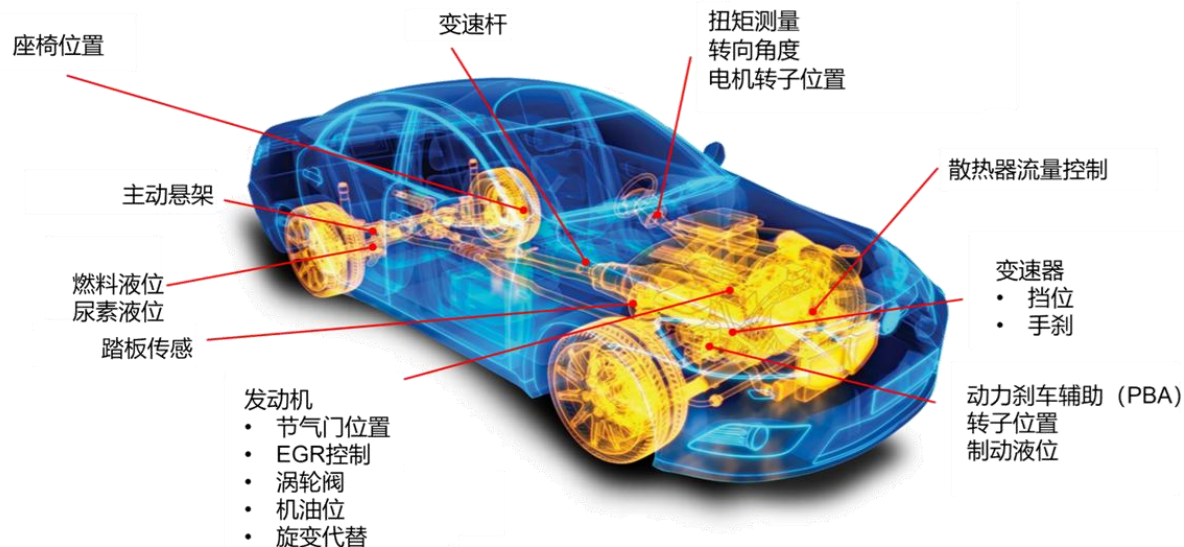
电感式编码器 Inductive Encoder



电感式编码器 是一种将产品旋转角度转变为数字信号，再通过SSI总线接口将角度值传输给控制系统，可以用于测量轴系转动角度的位置传感器。电感式编码器应具备以下功能：

- 1) 测量轴系转动角度功能；
- 2) 任意位置的置零功能；
- 3) 在线更改旋转方向并存储功能。

电感传感器应用检测方向



方向盘转角

测量方向盘相对于车辆中心线的转角，提供精确的转向输入信号。

油门位置

测量油门踏板相对于其未按下位置的位移，提供发动机的扭矩或功率输出的控制。

踏板位置

测量制动踏板或加速踏板相对于其未按下位置的位移，提供车辆制动或加速的控制。

电机转速

测量电机的角速度，提供有关电机速度和性能的关键信号。

技术参数与接口 Spec. & Interface

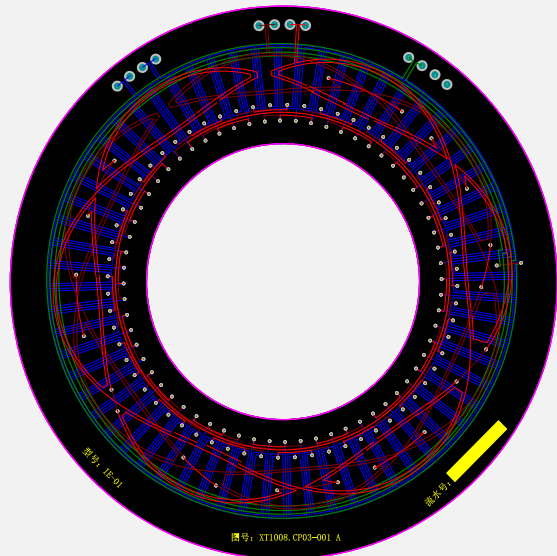
序号	型号	IE-58-20	IE-70-30	IE-90-50	IE-130-90
1	角分辨率	17~19bit	17~19bit	18~20bit	18~20bit
2	最大静态误差	±0.015°	±0.015°	±0.01°	±0.01°
3	重复误差	±1LSB			
4	最大运行速度	4000 rpm	3000 rpm	1500 rpm	1500 rpm
5	测量范围	单圈			
6	旋转方向	默认顺时针（可调）			
7	外形尺寸（mm）	58/20/10	70/30/10	90/50/10	130/90/10
8	重量	≤35g	≤45g	≤70g	≤120g
9	供电电压	5VDC±5%			
10	电流	≤50mA			
11	电气接口	RS-422屏蔽电缆			
12	输出协议	SSI、Biss-C			

规格与技术参数

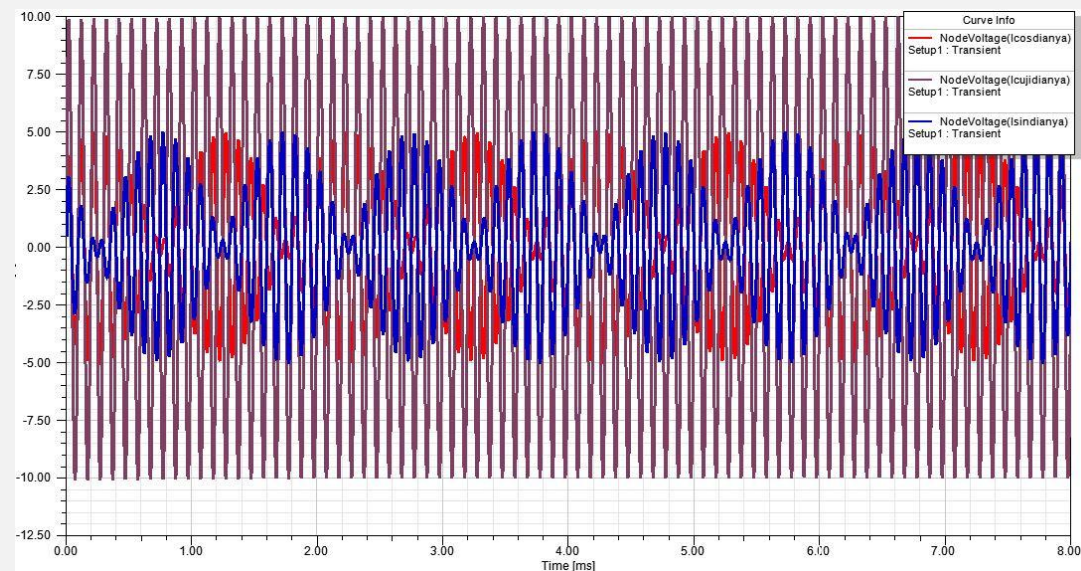
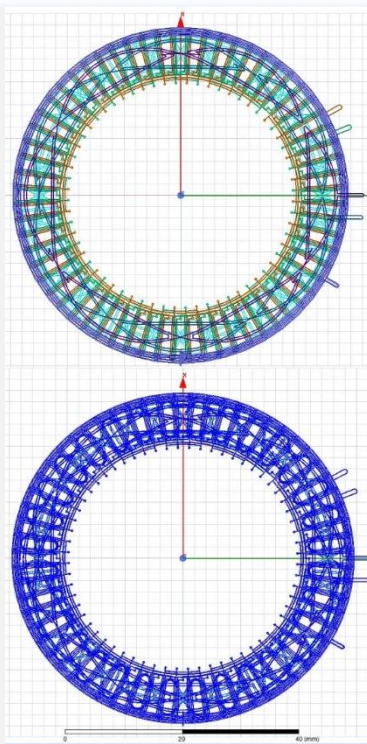
序号	信号名称	信号定义	信号特性	线缆颜色
1	编码器电源	+5V	+5V	红色
2	编码器电源地	GND	GND	黑色
3	时钟信号	CLK+	SSi Clock	灰色
4	时钟信号	CLK-		蓝色
5	数据信号	Data+	SSi Data	绿色
6	数据信号	Data-		黄色
注：线缆长度300mm±10mm				

接口信息

电感式编码器技术特点 Technical Characteristics



自主设计加工 由开特经验丰富的电机电磁专家组设计，具有完全自主知识产权，生产加工采用微米级PCBA蚀刻技术完成。



多物理场分析技术 开特每一只电感式编码器都要经过多物理场仿真分析与设计才能进入工程化与产品化阶段，这一过程包含了：【3D电磁场分析】→【热与结构分析】→【信噪比分析】→【容差考虑与优化】→【设计确认】



KAIT

电感式编码器对比优势 Comparative Advantage Analysis

	光电编码器 	旋转变压器 	电感式编码器 	磁编码器 	电容式编码器 	电位器 
分辨率	G	A	A	M	A	M
精度	G	A	A	M	A	P
重复性	G	A	A	P	A	P
体积	G	P	G	G	A	G
重量	G	P	G	A	G	G
绝对值	A	G	G	A	A	P
温度适应性	M	G	G	P	A	P
湿度适应性	M	G	G	G	P	P
抗振动	P	G	G	A	M	P
抗污染	M	G	G	A	A	P
抗磁干扰	G	A	G	P	G	M
抗静电干扰	G	G	G	G	P	P
安装方便性	A	A	G	A	A	A
经济型	A	A	A	A	A	A
尺寸范围	G	M	G	A	M	A
寿命	M	A	G	A	M	P

G

优秀

A

良好

M

中等

P

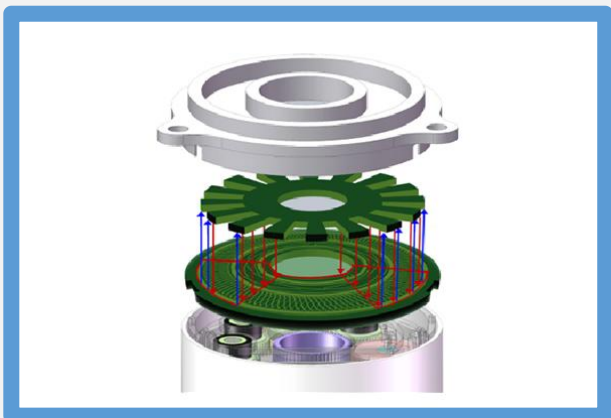
较差

目标：实现对下述头部产品的进口替代

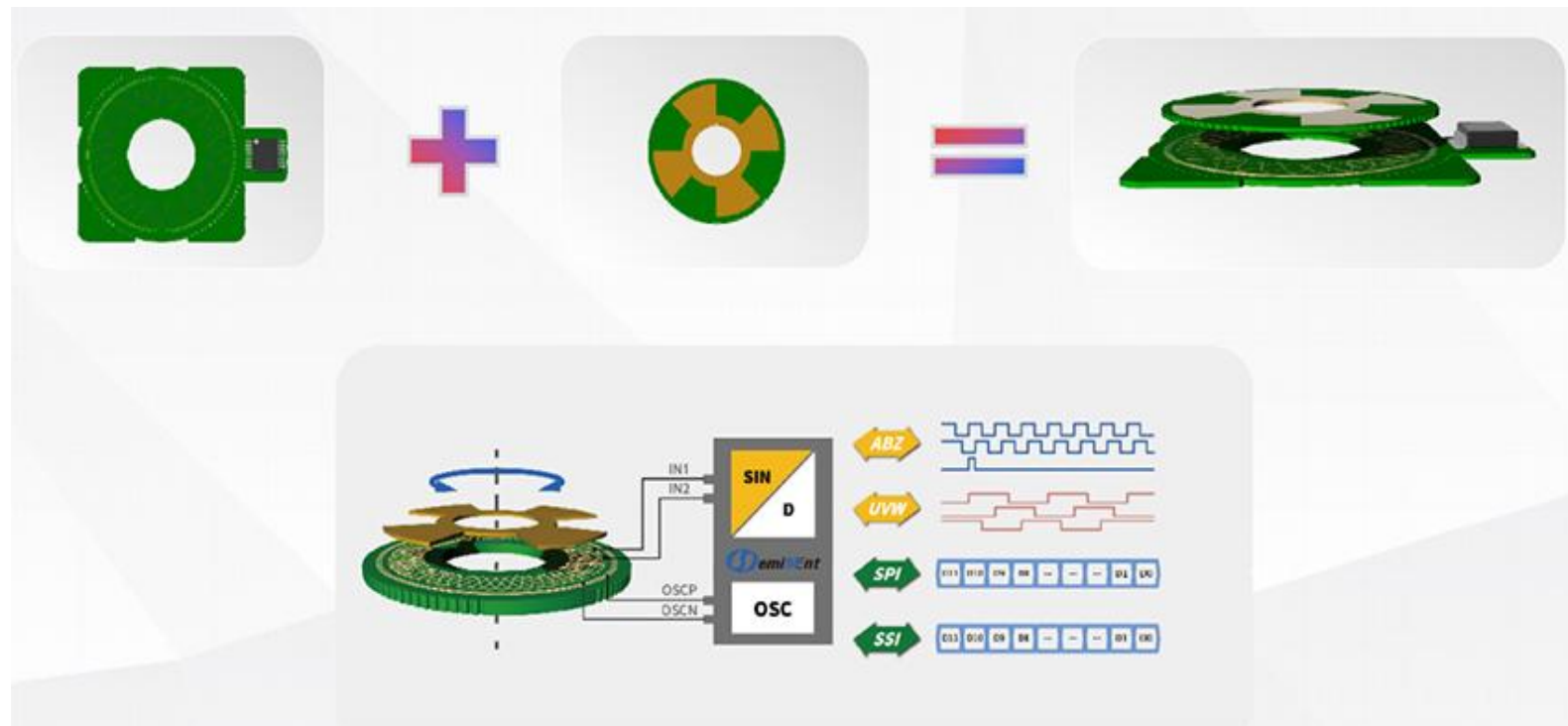


持续改进 永无止境 Never stop improving

电涡流编码器 Eddy Current Encoder

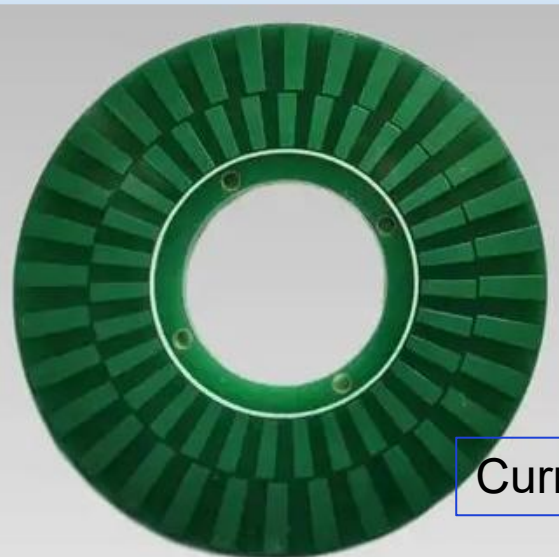


电涡流式编码器 是基于电涡流效应实现非接触式位置检测的传感器，其核心是通过高频交变磁场与导电金属靶标的涡流耦合，将位置变化转化为线圈阻抗 / 电感的电信号变化，进而解算出位置信息，整体原理可分为物理基础、结构组成、工作流程、信号解调四个核心环节。



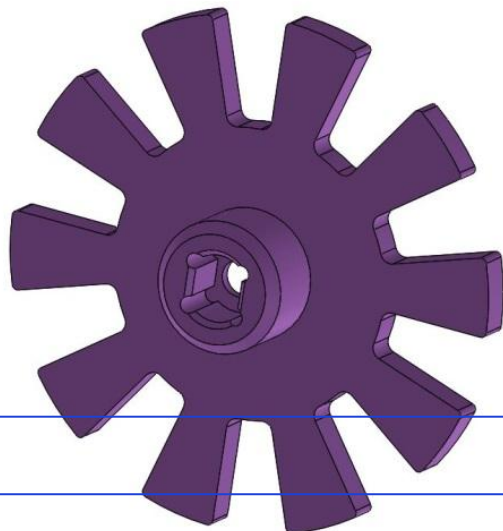
电涡流编码器工程原理

■ 电涡流编码器技术特点 Technical Characteristics

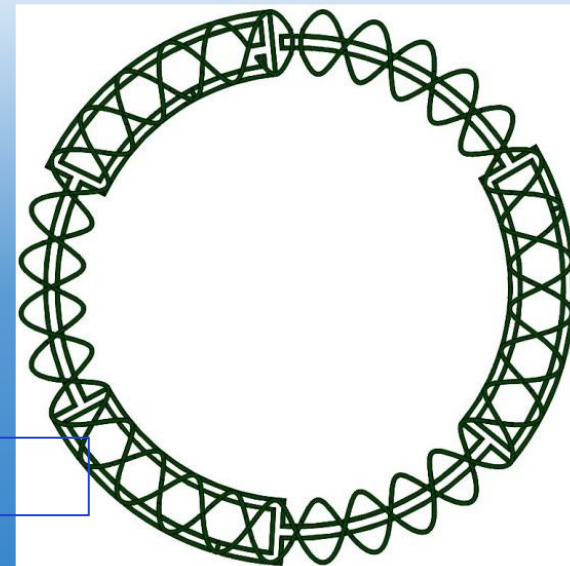


Current Sensing

转子采用双层PCB覆铜技术 选双层不同极数的电涡流感应板，用于提升定位精度。



圆栅转子 采用铝制圆栅转子，轻快反应，提升信号相应带宽，降低非线性影响。

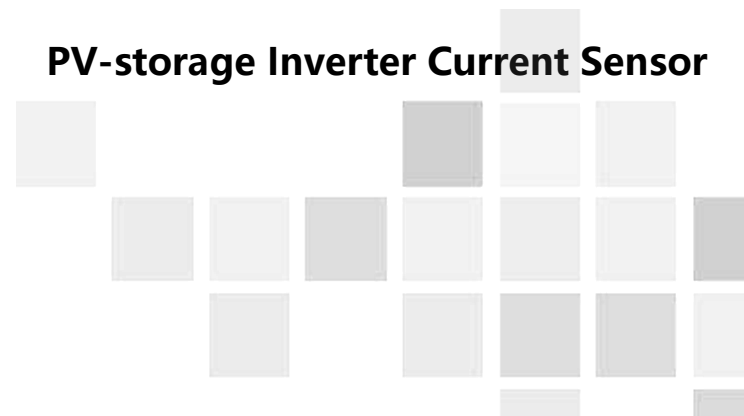


平面PCB线圈 应对轻量化和高转速精密定位场景轻松自如。



3 电流传感器产品介绍

- 车用电流传感器 EV Current Sensor
- 工控电流传感器 Industrial Control Current Sensor
- 光储逆变器电流传感器 PV-storage Inverter Current Sensor

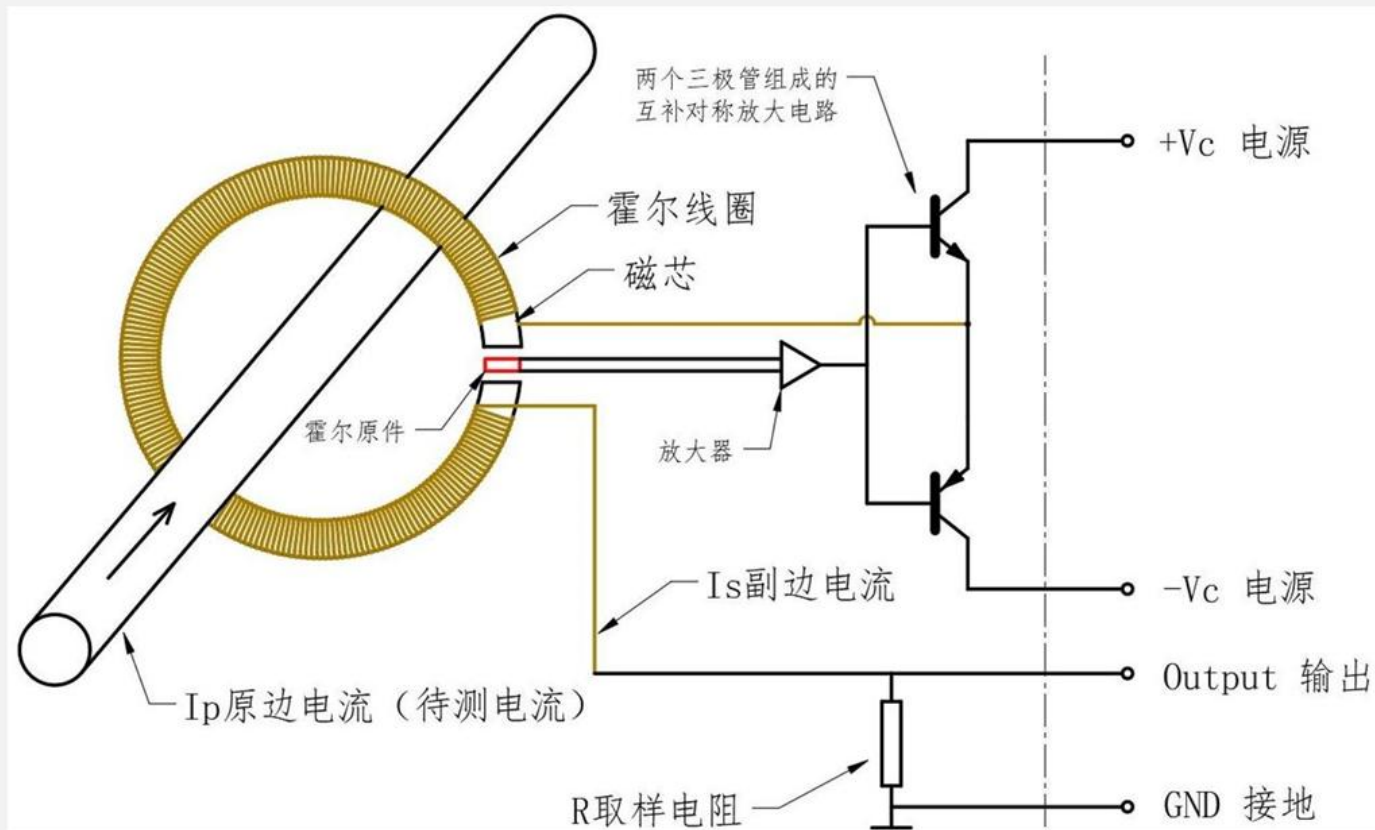


电流传感器工作原理 Working Principle of Current Sensor



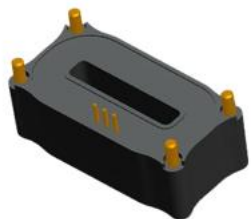
电流传感器 是一种电流检测装置，采用电磁感应原理，将大电流、高频脉冲应用场景的电流信号转换为低压模拟量信号，三步完成电磁转换与测量：

- 1) 产磁场：被测电流产生磁场；
- 2) 聚磁场：铁芯收集磁场引至霍尔测量元件；
- 3) 转信号：霍尔元件输出等比电压信号，输出对应模拟电信号。



电流传感器工作原理图

■ 电动车用系列电流传感器 EV Current Sensor



K34系列



K17系列



K14系列



HCK15系列



CMP200系列



绝缘检测模块



K51系列





KAIT

■ 工控系列电流传感器 Industrial Control Current Sensor



持续改进 永无止境 Never stop improving

■ 光储逆变器系列电流传感器 PV-storage Inverter Current Sensor



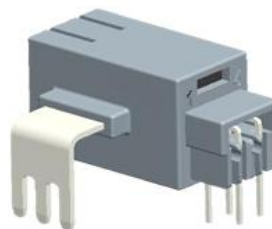
K02系列



K02PT系列



K03系列



K06系列



CMP11
磁通门系列



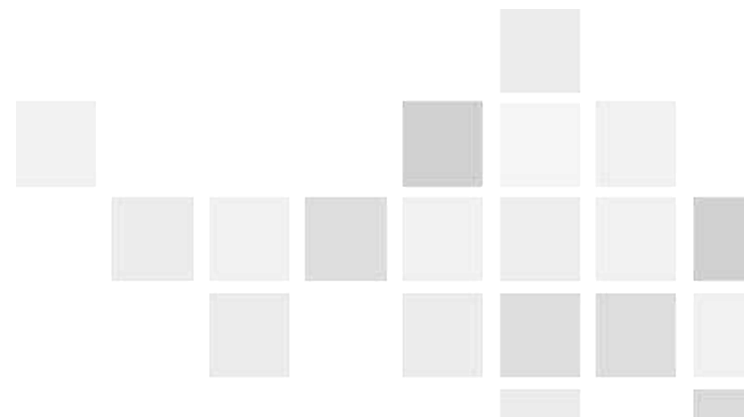
CMP50
漏电流系列





4 关节电机类产品介绍

- 无框力矩电机 Frameless Motor
- 轴向磁通电机 Axial Flux Motor





KAIT

开特无框力矩电机 KAIT Frameless Motor



核心理念：开特KFM系列电机，采用优秀的电磁设计和更为紧凑的电磁封装，提供更为出色的综合电磁性能。

高效能【HighEffectiveness】：行业领先的高效能电机，更高效、更稳定、更节能、更持久

轻量化【LightWeight】：行业领先的高功率积电机，输出更强、重量更轻、响应更快、安装更灵活

强赋能【StronglyEmpower】：为机器关节提供更强赋能，直接嵌机器，更平顺、更强韧、更便捷

7种框号

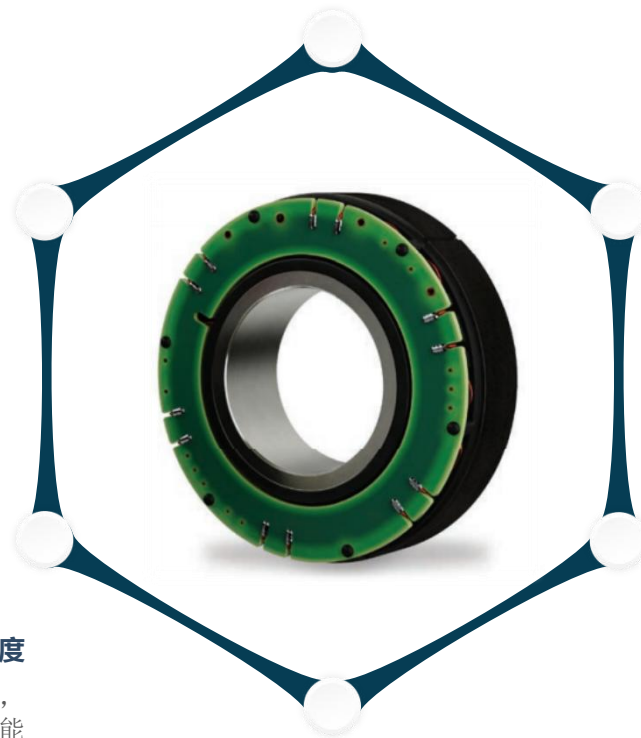
7种用于嵌入应用的热门框架尺寸，可与谐波减速器配合使用，选择不同的框号和叠厚可满足不同转速和转矩要求的应用场景。

48V直流供电

电机采用标准48V_{DC}进行供电，非常适合电池供电和移动应用，是人形机器人、工业机器人、搬运机器人（AGV）的优选。

工作温度

电机工作温度通常低于85℃，但绕组温度达到150℃时仍能发挥全部性能。我们善于热管理，为电机安全运行提供系统保障。



大内孔结构

大内径通孔，兼容编码器、电缆、软管、轴、工具、冷却通道等，可选择集成Hall传感器和集成温度传感器，不增加电机长度，节约每一分可贵空间。

优秀材料

选用优异的稀土NdFeB永磁材料以增强电机电磁性能、降低电机电磁辐射，增强系统稳定性和应用环境友好性。

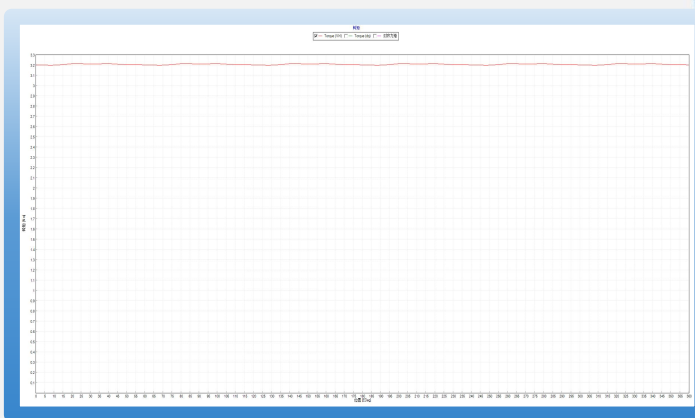
开特智造

30年来，开特始终在传感与执行器领域保持引领和创新，坚守品质，始终如一。开特智造秉承传统，开拓创新，为新发展赋能。

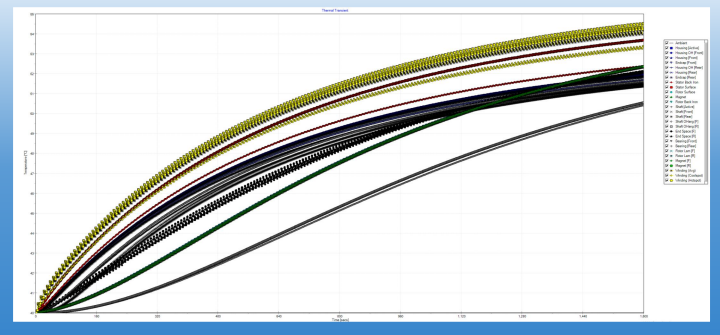
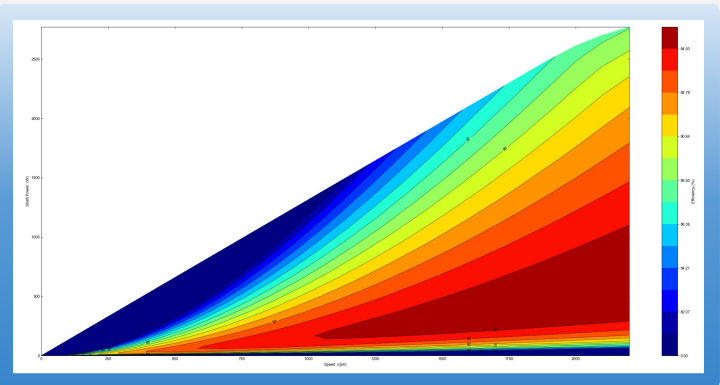
开特无框力矩电机技术特点 Technical Characteristics



SQ-T+扁线 KFM电机采用SQ-T+扁线技术，由3D电磁-机械-热耦合物理场进行原创设计，力求让每一克电磁材料都物尽其用，为高品质、高效能、低噪音输出竭尽所能。

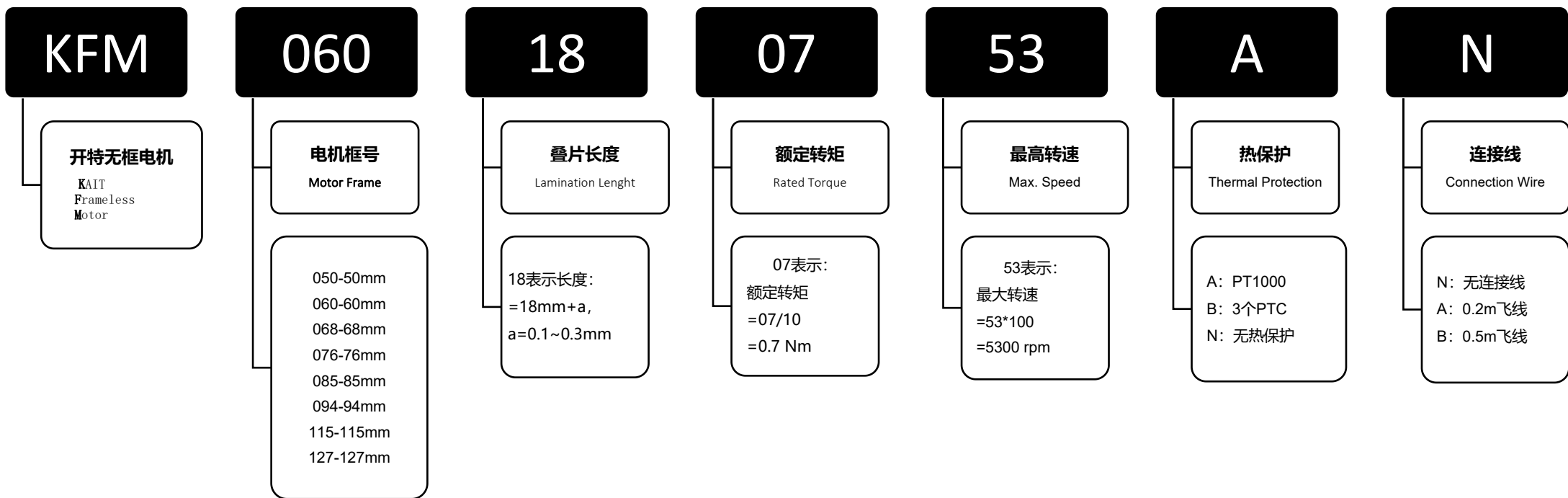


高响应+极致平顺 KFM电机以更紧凑的外形提供更高的转矩密度和更高的转子响应速度。采用先进的设计理念、优秀的材料和绕组，可在所有速度和转矩要求下实现更稳定的性能。提高电机负载容量和效能，降低温升幅度，使电机更轻、更紧凑，运动响应更快、更平稳。



高效率区宽广+温升低 非常适合应付快速响应的发热问题，让机器人/机器臂移动丝滑平顺。

开特无框力矩电机选型 Spec. of KFM



开特轴向磁通电机 KAIT AFM

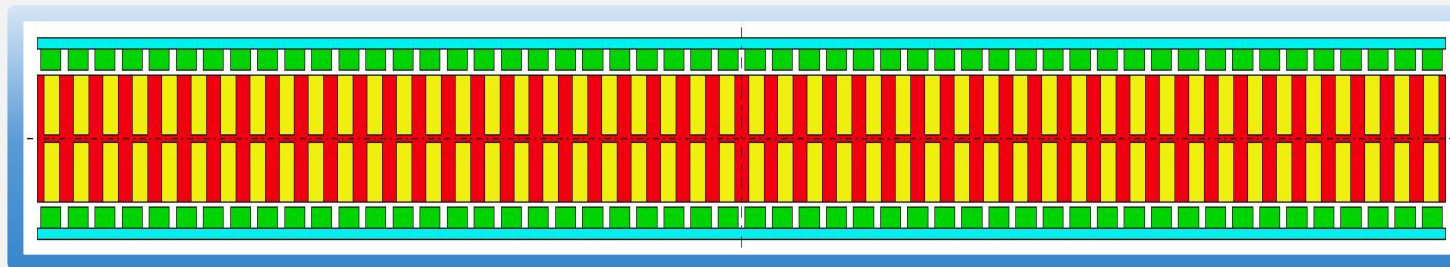


核心理念：开特AFM系列电机，采用H-AFM结构，和模块化绕组嵌入技术，以紧凑的电磁封装提供出色的综合电磁性能。

高效能【HighEffectiveness】：行业领先的高效能电机，更高效、更稳定、更节能、更持久

轻量化【LightWeight】：行业领先的高功率积电机，输出更强、重量更轻、响应更快，整机更薄

强赋能【StronglyEmpower】：为机器关节提供更强赋能，更平顺、更强韧、更耐用



核心技术特点：

H型磁路结构：采用H型磁路结构，增加气隙磁场，调节电枢反应磁场通路

梳状平齿结构：采用梳状平齿结构，使整体绕组方便嵌入，脉动转矩有效抑制

强化槽极配合：采用多目标优化程序进行动态优化【由自主知识产权】，使每个规格AFM电机槽极配合优秀

开特3mm超薄AFM散热风机 KAIT 3mm AFM Cooling Fan



核心理念：极致薄+【115理念】

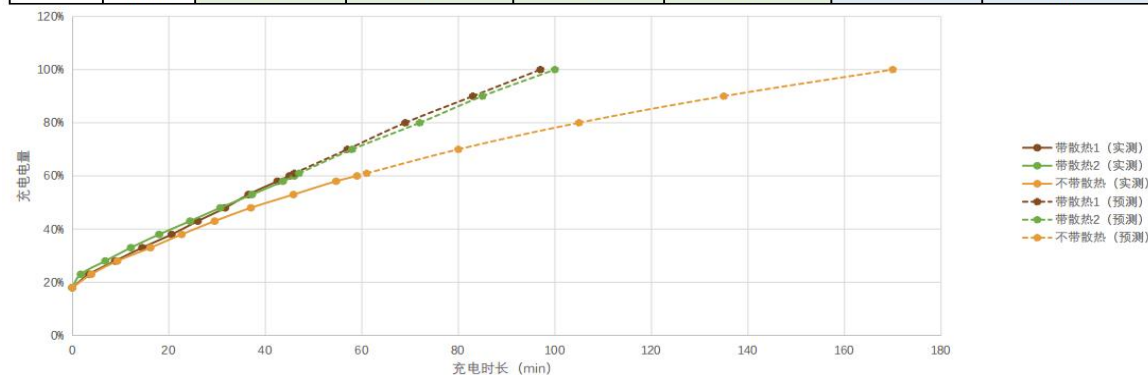
极致薄：目前3mm的开特AFM散热风扇，与Nidec最薄风扇一起，属于业界最薄散热风扇。

轻量化：散热风机<4g，可装入机器关节电路板、笔记本、控制器、无线充电等场景实现散热。

【115理念】：实现了1W输入+1CFM风量+5W散热的115高目标，技术水平与美国 Frore Systems 公司AJ产品相当。

测试数据与结果分析

测试时间	2025/2/8	测试设备	iPhone12	测试电量范围	18~60%
	测试电量	带超薄散热模组		不带超薄散热模组	
		测试1	测试2	测试3	
		平均功率 (W)	测试时长 (min)	平均功率 (W)	测试时长 (min)
实测值	18%	/	0	/	0
	23%	13.31	3.47	26.31	1.75
	28%	9.98	8.85	12.7	6.83
	33%	8.77	14.49	10.58	12.13
	38%	8.16	20.58	9.37	18
	43%	8.16	26	8.47	24.4
	48%	7.86	31.67	8.16	30.66
	53%	7.86	36.5	7.86	37.25
	58%	7.86	42.5	7.56	43.66
	60%	7.86	45	7.56	46
预测值	61%	7.8	46	7.56	47
	70%	7.7	57	7.5	58
	80%	7.7	69	7.5	72
	90%	7.7	83	7.5	85
	100%	7.6	97	7.4	100



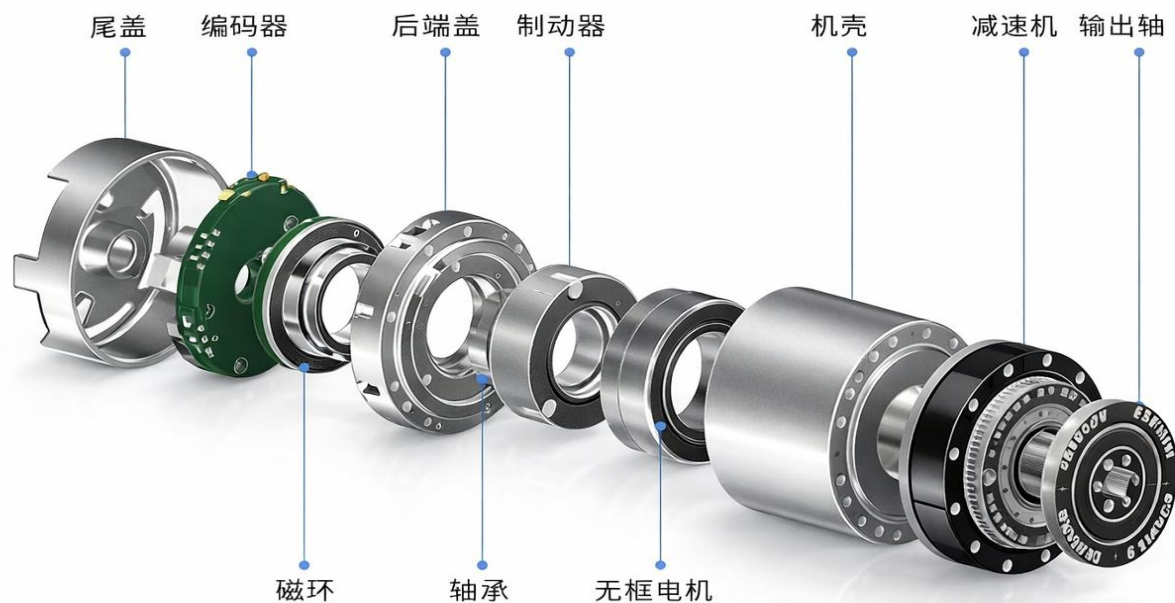
开特3mm超薄散热器用于无线充电的散热测试数据



5 一体化关节类产品介绍

- 产品构成 Product composition
- 通用谐波减速器 Common harmonic reducer
- 参数选型 Parameter selection
- 微型特种关节 Miniature special joint

产品构成 Product Composition



- 基于高性能谐波减速器设计，兼具高爆发力与高精度控制能力。
- 通过高减速比与高刚性传动结构，实现大扭矩瞬时输出，满足高速启动、急停及频繁正反转等高动态工况需求。
- 其他特点：回程间隙小+传动精度高，使关节在运动过程中具有优异的位置重复精度与轨迹跟随性能，适用于对精度、响应速度及稳定性要求较高的机器人关节与精密运动控制场景。

通用谐波减速器 Harmonic Reducer



快速选型一览表 QUICK SELECTION LIST



- ▶ 减速比: 101, 121
- ▶ 峰值扭矩: 102~762 N.m
- ▶ 平均转矩: 50~363 N.m
- ▶ 额定转速: 12~36 RPM

快速选型参数表 QUICK SELECTION LIST

产品系列	关节型号	减速比	启停峰值扭矩	平均负载转矩容许最大值	2000rpm/(减速比)时额定转矩	额定转速(带1/2额定转矩)
RJH	RJH-20	101	102	61	50	36
	RJH-25	101	194	133	84	35
	RJH-32	121	436	237	169	12
	RJH-40	121	762	557	363	12

■ 微型特种关节 Product Composition



微型特种关节面向空间受限、重量敏感及高集成度应用场景设计，具有体积小、质量轻、集成度高的显著特点。该关节通过高度集成的微型驱动单元、精密减速机构及高分辨率反馈组件，在有限安装空间内实现稳定可靠的动力输出与精准运动控制。

依托优化的结构布局与高效传动设计，微型特种关节在保证足够输出扭矩的同时，具备快速响应与良好的动态性能，能够满足精密操作、小负载高频运动及复杂姿态调整等工况需求。此外，其模块化接口设计便于系统集成与维护，适用于微型机器人、灵巧手、医疗器械、特种作业装备及其他对尺寸、精度与可靠性要求较高的应用领域。

■ 开特小微型关节 Kait MINI Joint



配微型RV减速器



配微型谐波减速器

- 全球首款高性价比小微型一体化关节。
- 麻雀虽小五脏俱全，性能卓越，寿命长。
- 非常适合于仿生机器宠物、微型爆发力输出场景。



6 技术保障介绍

- 硬件开发能力 **Hardware capability**
- 软件开发能力 **Software capability**
- 结构开发能力 **Construction capability**
- 总线开发能力 **Bus capability**

■ 硬件开发能力 Hardware capability



可靠性设计
Reliability design

GB/T 7828
GJB/Z 35
GJB/Z 27
QJ 1474
ISO26262
... ..



功能设计
Function design

功能设计
精度 功能 功率 成本 强度

可靠性设计
降额设计
安规
EMC
防腐蚀设计
热设计
可生产性
可用性
可维修性
... ..



EMC设计
EMC design

GJB 1046
GJB 1210
GJB/z25
MIL-HDBK-419
IEC 61587-3



功能安全设计
Functional safety design

Input: Sensor Switch, Logic: Processing System failure monitor, Output: Actuator

Signal 1, Signal 2, Input, Logic, Output



计算与分析
Calculation and analysis

电路仿真
硬件在环 (HIL)
设计计算
公差分析
WCCA (最差环境电路分析)
Derating (降额管理)
电路模块化分析



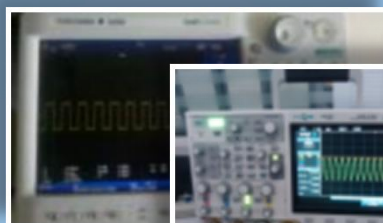
HF signal generator



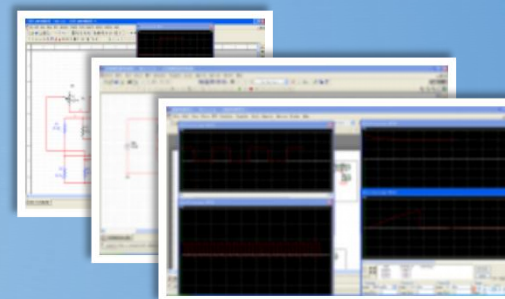
HIL



Spectrometer



Scope



Multisim: Circuit Simulation

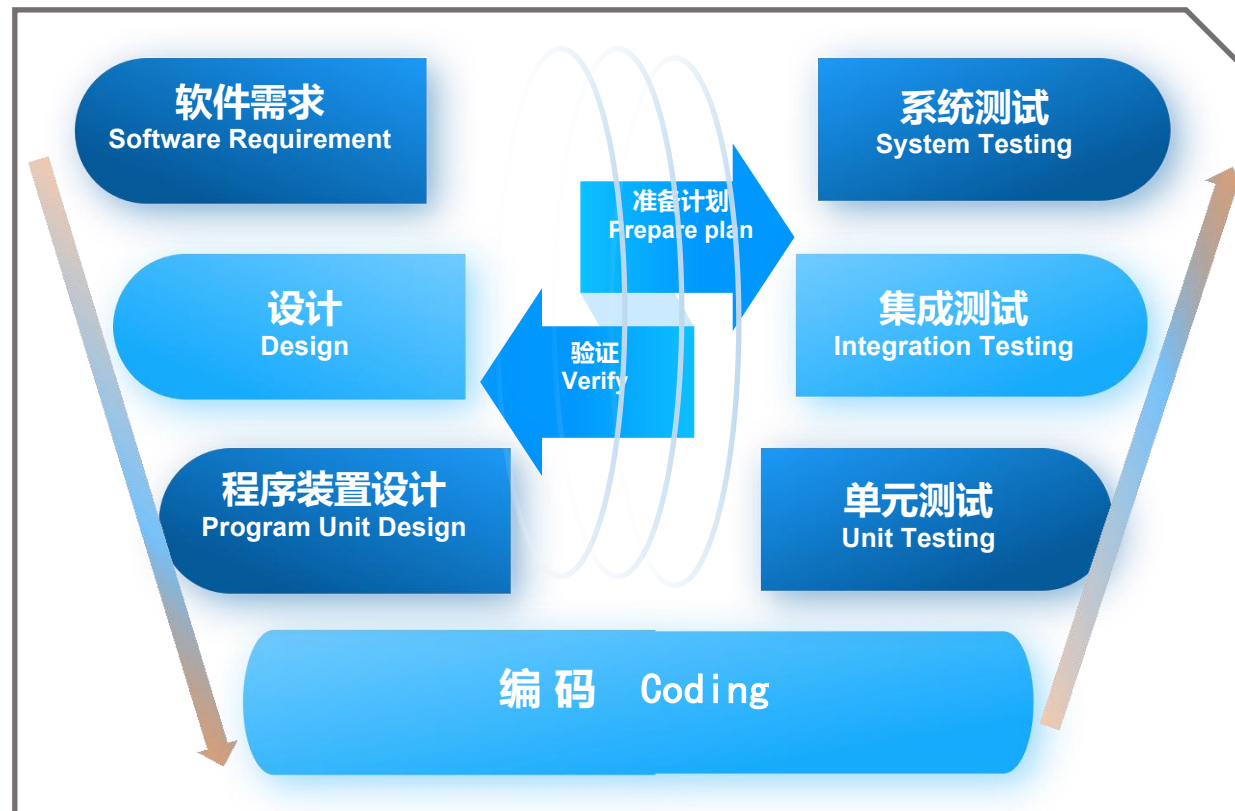


PCB Layout

■ 软件开发能力 Software capability



通过全球软件工程领域CMMI V2.0
(DEV) 成熟度3级评估认证。



结构开发能力 Construction capability

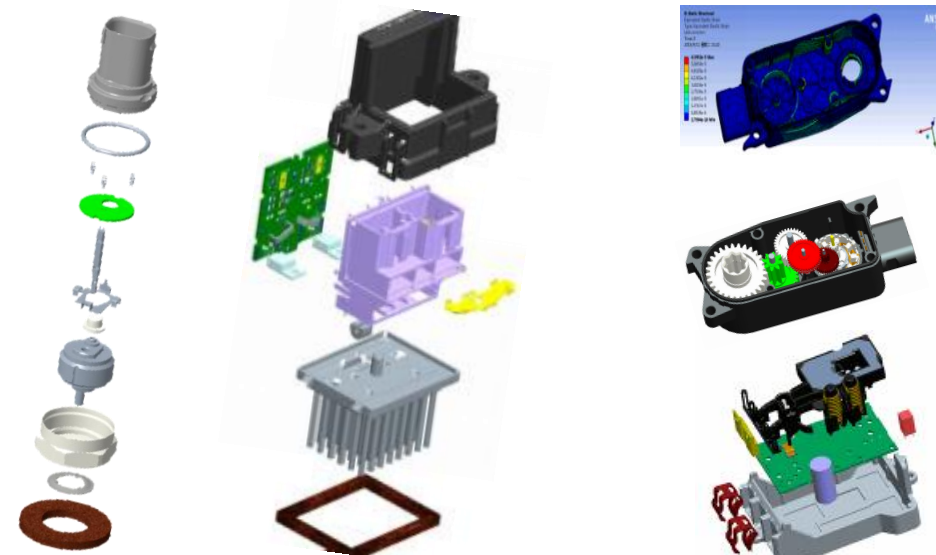
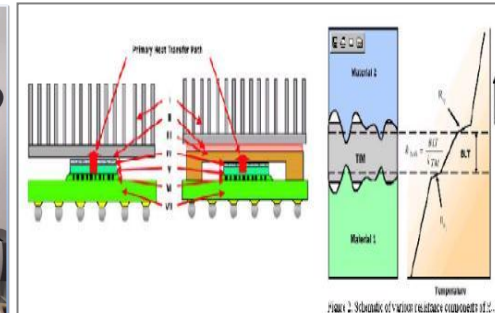
标准

- ELV 2003/53/EC
- VOC
- GB/T 27630-20
- HJ/T400-2007
- PV3900
- VW50180
- FMSS302
- IMDS、CAMDS

设计与分析

- ◆ 外观设计Overall dimension design
- ◆ 机械设计Mechanical design
- ◆ 功能设计Function design
- ◆ 材料设计Material design
- ◆ 模流分析Moldflow analysis
- ◆ 齿轮系分析Gear chain analysis
- ◆ 安全法规Safety regulations

设计与开发

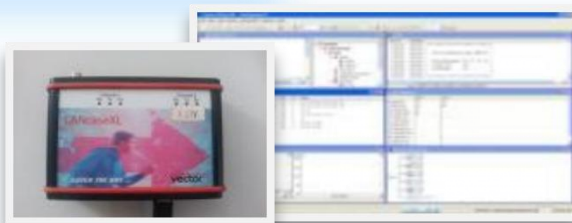


■ 总线开发能力 Bus capability

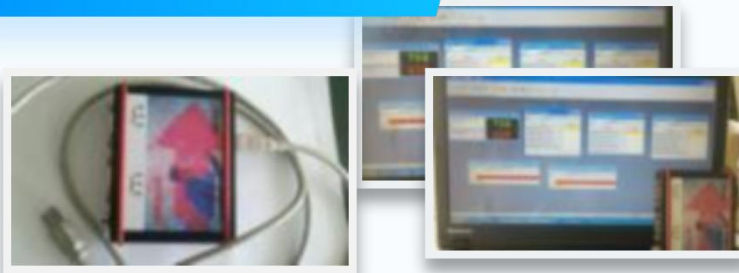
汽车电子产品总线开发平台

- CANoe
- CANoe option.LIN
- CANscope H
- CANstress DR
- CANcase XL
- CANpiggy 251opto
- LINpiggy 7259mag
- CANape
- ValueCAN
- NEO VI

CANoe



CANape



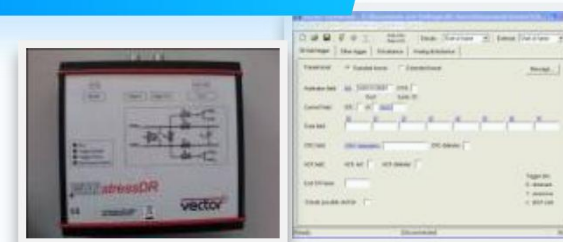
ValueCAN



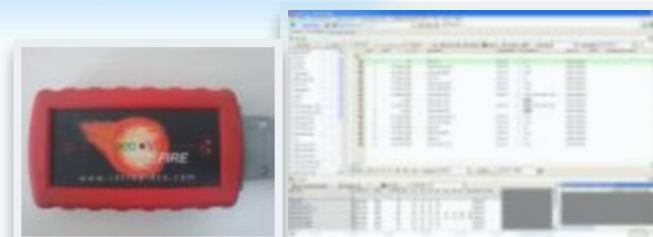
CANscope CANcase XL



CAN stress



NEO VI



感谢观看

THANK YOU FOR WATCHING

开特股份【920978】