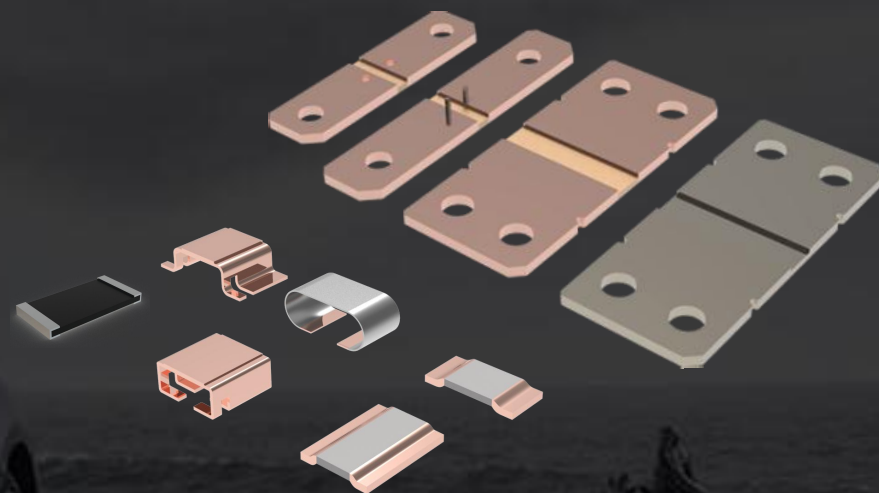


精密合金检流电阻



开步睿思出品

2024

目录

01

关于开步

基本信息
集团架构
荣誉资质
质量政策

02

检流电阻原理

检流电阻原理

03

无调阻技术 及实现前提

无调阻技术优势
无调阻电阻制程
无调阻技术实现前提
设计理念
实测参数

04

塑封型低温漂 精密合金电阻

生产制程
设计理念
实测参数

05

典型应用

汽车电子
电流检测
电机
电源

完全自主 | 垂直整合

从原材料到核心设备再到电阻研发、制造、测试及销售全产业链完全自主可控

7594 万注册资金

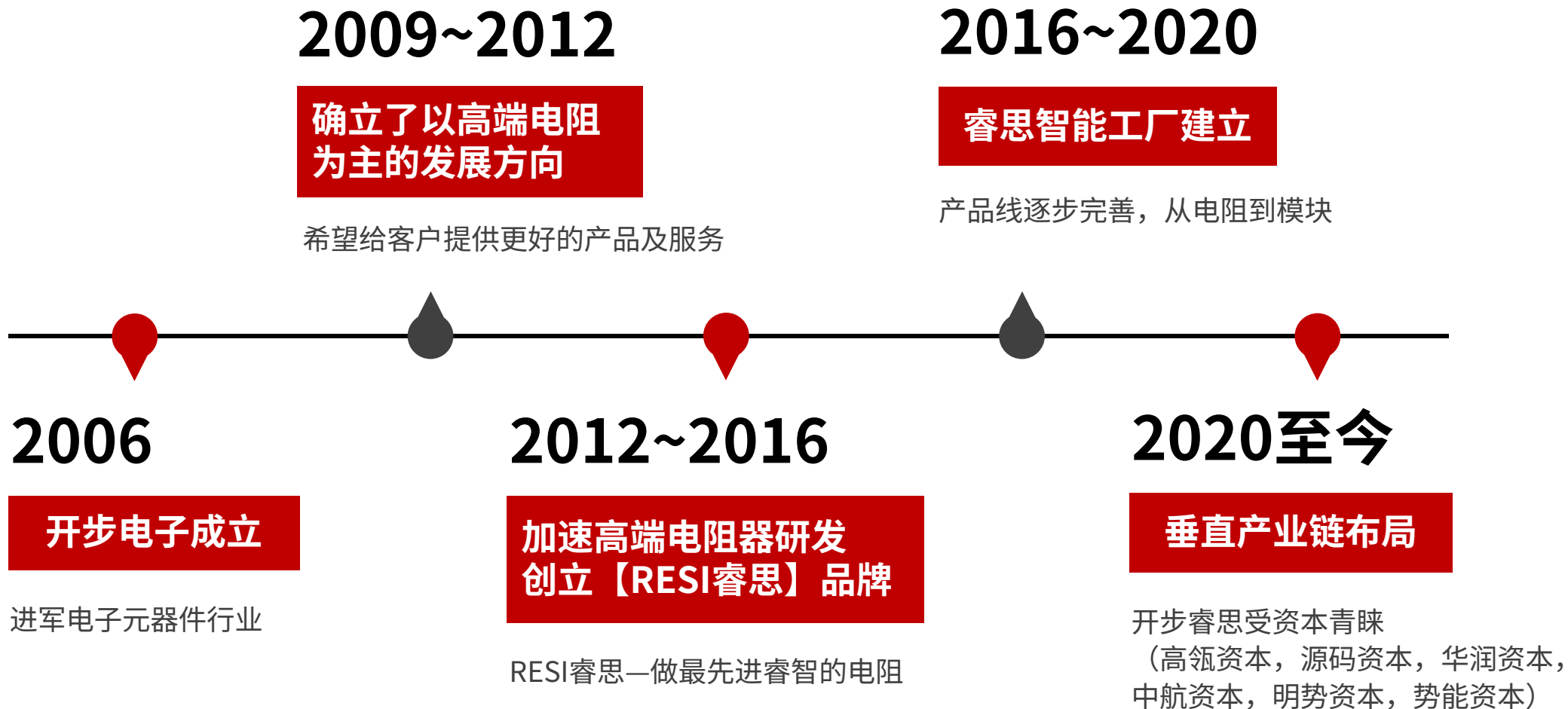
20 年成长

350 人团队

100 人+ 研发团队



发展历史



开步电子荣誉资质 行业标准的制定者和维护者



国家级
专精特新“小巨人”



国家高新技术企业



瞪羚企业



获得多项国际质量体系认证

ISO9001 质量管理体系认证

ISO45001 职业健康安全管理体系

ISO14001 环境管理体系认证

ISO27001 信息安全管理体系认证



汽车行业质量管理体系认证

深圳，桂林，苏州，长沙四家工厂均通过 IATF16949

汽车质量体系认证，行业唯一全产业链车规资质



已通过CNAS实验室认可评审，模块产品行业
唯一CNAS实验室

- 1990 ● 材料专家参与了JB6454 标准的起草制定
- 1992 ● 参与了GB1234-85标准的修制订，重点参与了该标准中合金每米电阻、合金电阻率、电阻温度因数以及高温寿命等重要参数的验证工作
- 2008 ● 参与了GB6145标准的修制订
- 2016 ● 参与起草电科院主导的《充电桩用直流分流感器检定规程》等相关标准
- 2018 ● 参与IEC-60477维护工作组
- 2020 ● 电子设备用阻容元件标准化技术委员会 (TC165)第五届技术委员
- 2023 ● 参与起草《交流电阻检定规程》
- 2024 ● 中国计量测试学会电磁专业委员会委员

我们的质量政策

零缺陷目标

我们追求零缺陷的生产和交付，确保每一件产品都符合最高标准，客户满意和超越客户期望是我们永恒的追求。

全员参与

我们鼓励每一位员工参与质量管理，共同为提升质量做出贡献。

过程控制

我们通过严格的流程控制，确保每一步操作都精确无误。

质量培训

我们为员工提供持续的质量培训，以提高他们的质量意识和技能。

我们的实践举措

质量管理体系

我们实施IATF 16949和ISO 9001等国际认可的质量管理体系。

供应商管理

我们与供应商建立严格的质量协议，确保原材料和组件的质量。

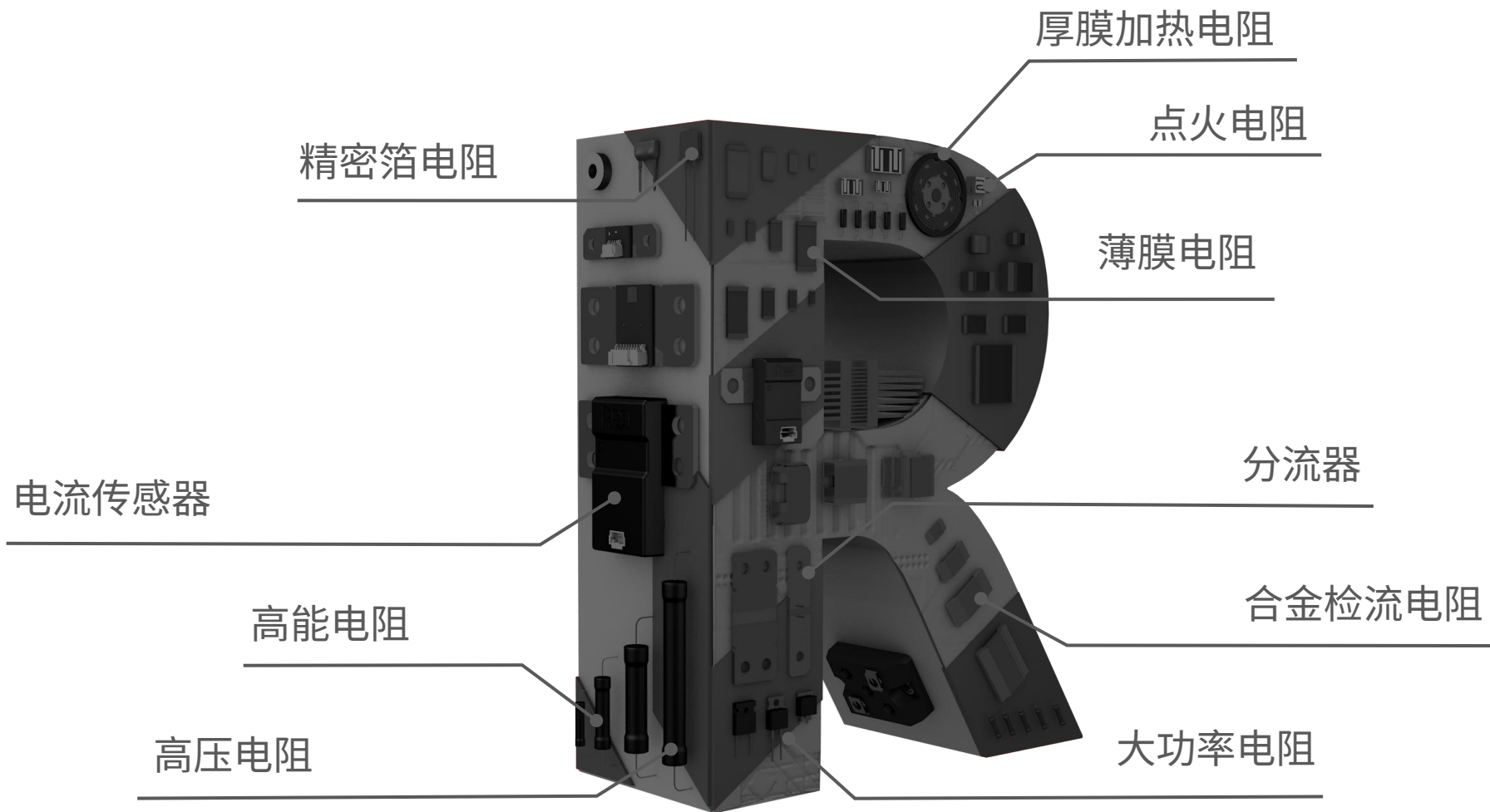
客户反馈机制

我们建立了有效的客户反馈机制，及时响应并解决客户的问题，客户的痛点永远是我们前进的动力。

质量监控系统

我们使用先进的质量监控系统，实时跟踪和分析产品质量数据。

高端电阻&电流传感器



检流电阻原理



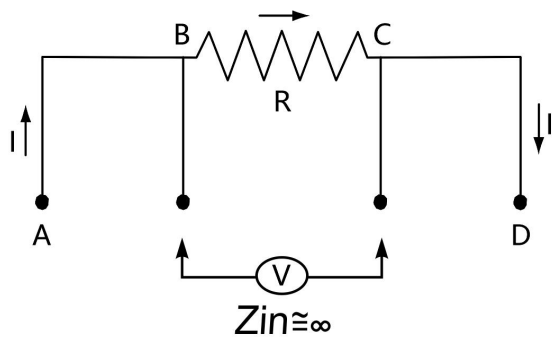
什么是检流电阻，为什么用检流电阻 (Current Sensing/Shunt)

使用简单的欧姆定律

$$I=U/R$$

依靠精密的电阻就可以对电流进行准确的测量

通过采集电流检测电阻两端的压降，在已知电阻实际阻值的情况下，通过欧姆定律计算出流经电阻的电流值大小



$$P = I^2 R = \frac{U^2}{R}$$

当电路中的电流在一定范围内，比如20A的电流，为了知道电流的具体值，从而对电流进行增加大或者减小的操作，我们需要一个器件去检测电路中的电流。那么这个器件要有什么特点？

假如这个电路是电流恒定的，电流大小基本不变，当 $R=1$ ，则：

$$P = 20^2 \times 1 = 400W$$

显然这个阻值是不行的，整个电路的功率会因这只检测电阻的引入而变得很大，甚至发热烧毁，那假如这个电路是电压恒定的，

$$U_{\text{总}} = I_{\text{总}} \downarrow R \uparrow$$

总电压不变， R 越大， I 总越低，电阻过大会对被检测的电流产生影响。

因此，为了实现既能检测电路中的电流大小，又不会对电流大小造成明显影响，所以检流电阻的阻值通常是非常低的，大部分在 $0.5m\Omega$ - $100m\Omega$ 之间，通过检流电阻的电流也相对大一些。也有些检流电阻的阻值在 0.1Ω 甚至 1Ω 以上，这时被检测的电流通常较小，检流电阻通过增加阻值适当放大电压信号，此时的检流电阻的功率参数也会相对大一些。

电阻采样与其他技术对比

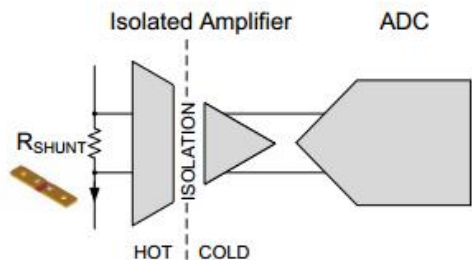


Figure 1.
Isolated Amplifier

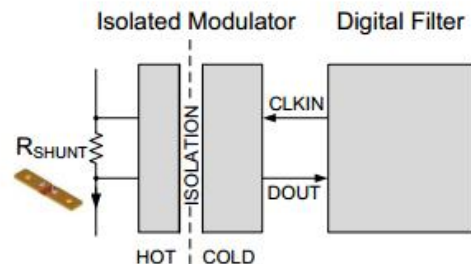


Figure 2.
Isolated Modulator

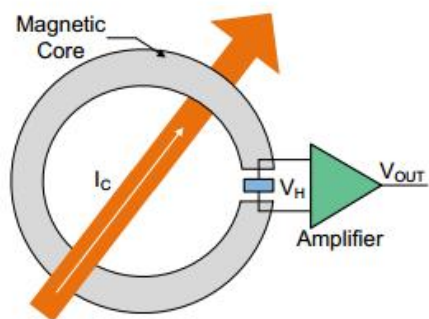


Figure 3.
Open-Loop Hall Sensor

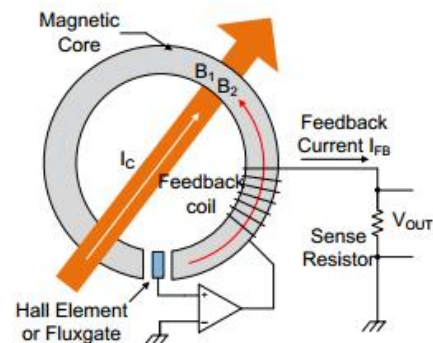
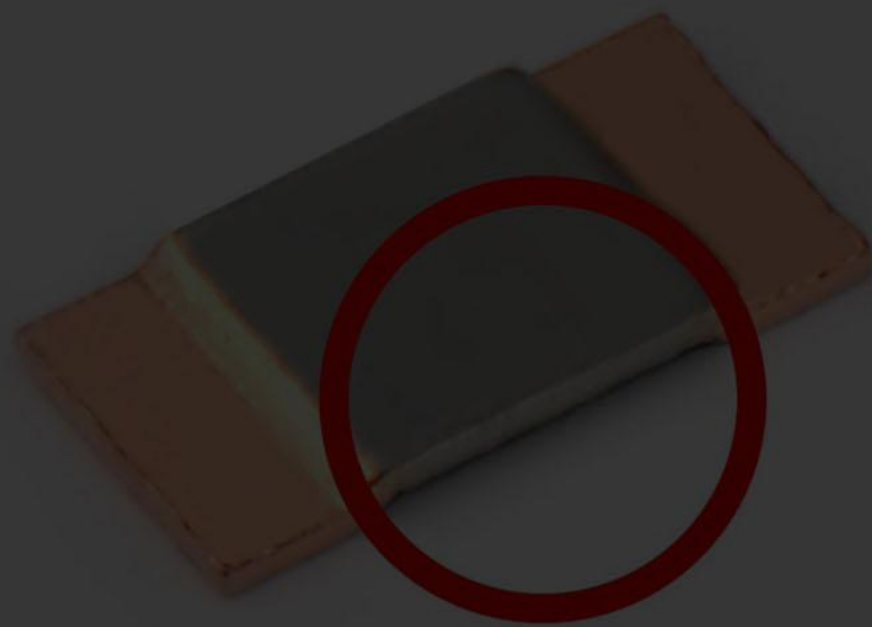
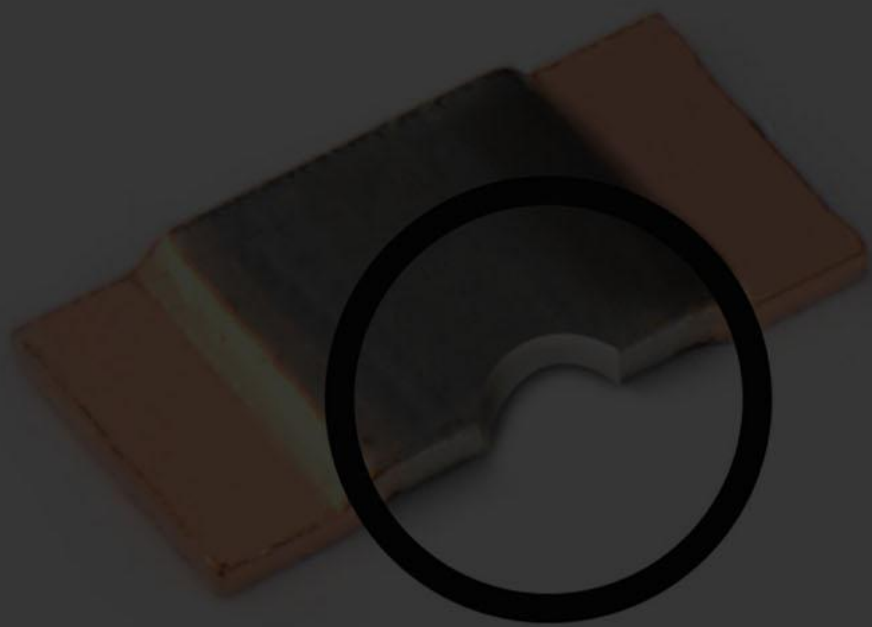


Figure 4.
Closed-Loop Hall Sensor

Table 1. Difference Between Shunt- and Hall-Based Isolated Current Sensing

CATEGORY	SHUNT-BASED	HALL-BASED
Solution size	Similar	Similar
offset	Very low	Medium
Offset drift over temperature	Low	Medium
Accuracy	<0.5% after calibration	<2% after calibration
Noise	Very low	High
Bandwidth	Similar	Similar
Latency	Similar	Similar
Nonlinearity	Very low	High
Long-term stability	Very high	Medium
Cost	Similar	Similar
Vibration impact	Very low	Low
Power dissipation	Low	Very low
Customization	Flexible	Limited



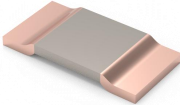

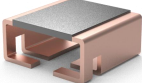
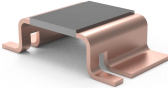
无调阻技术及实现前提

Trimming Free

无调阻技术合金电阻

“Trimming Free”技术是开步睿思开创的不经调阻就可以实现高精度的工艺，采用电子束焊接工艺，应用冲压成型方式，其具备焊缝深宽比高，焊缝窄，热影响区小，机械强度高特点，通过对原材料电阻合金、焊接工艺、成型工艺的精准把控，使得产品**无需调阻即可达到最高0.5%**的初始精度，大大降低了产品热点，减少产品功率损失，同时大大缩短产品生产周期。

开步睿思的合金检流电阻从原材料，到核心装备，核心工艺均实现了自主可控，质量稳定，交付及时。

图片	系列名	阻值范围	功率	精度	温度系数
	EBWK2512	2mΩ~5mΩ	2.5W~5W	±0.5%	±100ppm/°C
	EBWM2512	0.3mΩ~1mΩ	6W	±0.5%	±200ppm/°C
	PEWK3920	1mΩ~5mΩ	3W~8W	±0.5%	±50ppm/°C
	PEWK5930	1mΩ	10W	±0.5%	±50ppm/°C
	PEWM3920	0.2mΩ~1mΩ	8W~12W	±0.5%	±100ppm/°C
	PEWM5930	0.2mΩ~1mΩ	9W~15W	±0.5%	±100ppm/°C
	PEWF2512	1.5mΩ~5mΩ	2.5W~5W	±0.5%	±50ppm/°C
	SEWF2512	3mΩ~5mΩ	2.5W~4W	±0.5%	±25ppm/°C
	SEWF3920	1mΩ~5mΩ	3W~8W	±0.5%	±25ppm/°C
	SEWF5930	1mΩ~3mΩ	6W~10W	±0.5%	±25ppm/°C
	SEWF3951	0.25mΩ~0.8mΩ	10W~15W	±0.5%	±25ppm/°C
	EOAR	25mΩ	5W	±0.5%	±40ppm/°C
	UEWM2726	0.2mΩ	12W	±0.5%	±25ppm/°C
	PEWM2726	0.3mΩ~0.5mΩ	9W~11W	±0.5%	±100ppm/°C
	PEWF2726	1mΩ~5mΩ	3W~7W	±0.5%	±50ppm/°C
	UEWM4026	0.2mΩ	12W	±0.5%	±25ppm/°C
	PEWM4026	0.3mΩ~0.5mΩ	9W~11W	±0.5%	±100ppm/°C
	PEWF4026	1mΩ~5mΩ	3W~7W	±0.5%	±50ppm/°C

Trimming Free 无调阻技术的优势

温漂

无调阻： $\pm 25\text{ppm}/^\circ\text{C}$

睿思产品在 $-55^\circ\text{C}\sim+170^\circ\text{C}$ 的全温区范围内，实测温度系数在 $10\text{ppm}/^\circ\text{C}$ 左右。

通过该温度系数可知产品在全温区范围内阻值变化率 $<\pm 0.2\%$ ，在 $-55^\circ\text{C}\sim+120^\circ\text{C}$ 范围内阻值变化率 $<\pm 0.1\%$ 。

热电动势

自研合金
最低热电动势
 $0.25\mu\text{V}/^\circ\text{C}$

对于直流电流中使用的电流检测电阻而言，热电动势是一个需要重点考虑的因素，具有更低热电动势的电流检测电阻可以大大提高检测精度。目前市场上常用的铜基合金、镍基合金、铁基合金等常见的热电动势分别为 $1\mu\text{V}/^\circ\text{C}$ 、 $2\mu\text{V}/^\circ\text{C}$ 、 $5\mu\text{V}/^\circ\text{C}$ 左右。

电感

电感 $<2\text{nH}$

对于电流检测电阻，当应用于交流电流时，不能只把它看成一个仅有电阻分量的理想元件，因为实际它是由电阻、电感、电容组成的复杂阻抗系统。由于一般电流检测电阻阻值较小，寄生电容不可以忽略不计，因此影响它性能的主要是寄生电感的大小。

抗脉冲

过载前后阻值变化率
 $\pm 0.02\%$

对于电流检测电阻，影响其抗脉冲能力的主要因素包括调阻缺口、焊接工艺控制、电阻合金材料等。由于我司采用无调阻技术、先进的电子束焊接技术、自主研发材料等，可以保证产品超强的抗脉冲性能。

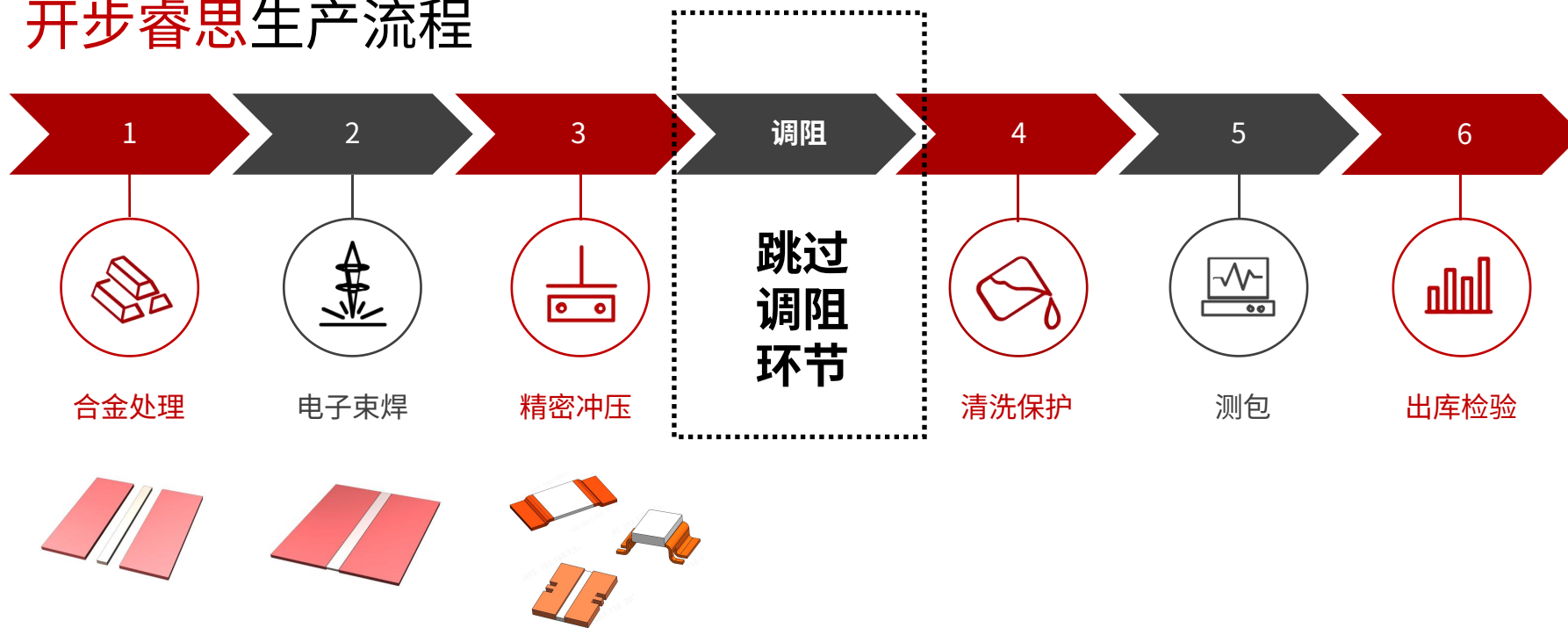
稳定性

负载寿命典型阻值
变化率 0.1% 以内

对于电流检测电阻，客户一般不仅会关注其检测精度，还会关注其长期稳定性，影响其长期寿命的主要因素包括焊接工艺（如焊缝强度等），电阻合金材料（如热处理工艺等），调阻工艺等。由于我司采用无调阻技术、先进的电子束焊接技术、自主研发材料等，可以保证产品超强的长期稳定性。

无调阻贴片检流电阻制程

开步睿思生产流程



产品技术优势

- ✓ 避免额定功率损失
- ✓ 提高了产品一致性
- ✓ 避免了热点效应

生产技术优势

- ✓ 跳过了调阻环节
- ✓ 提高了产能水平

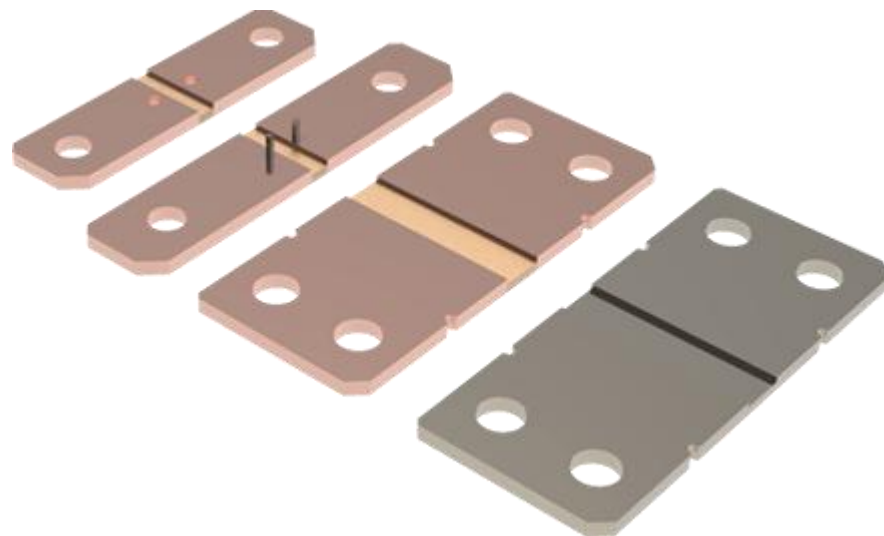
客户层面

- ✓ 性价比高
- ✓ 交期变短
- ✓ 前沿技术

- 开步**无调阻技术**采用工艺：**精密合金技术、专用电子束焊、精密加工技术**
- 低阻值，低温漂；低热电势，极好的稳定性
- 符合RoHS认证；AEC-Q200认证

分流器

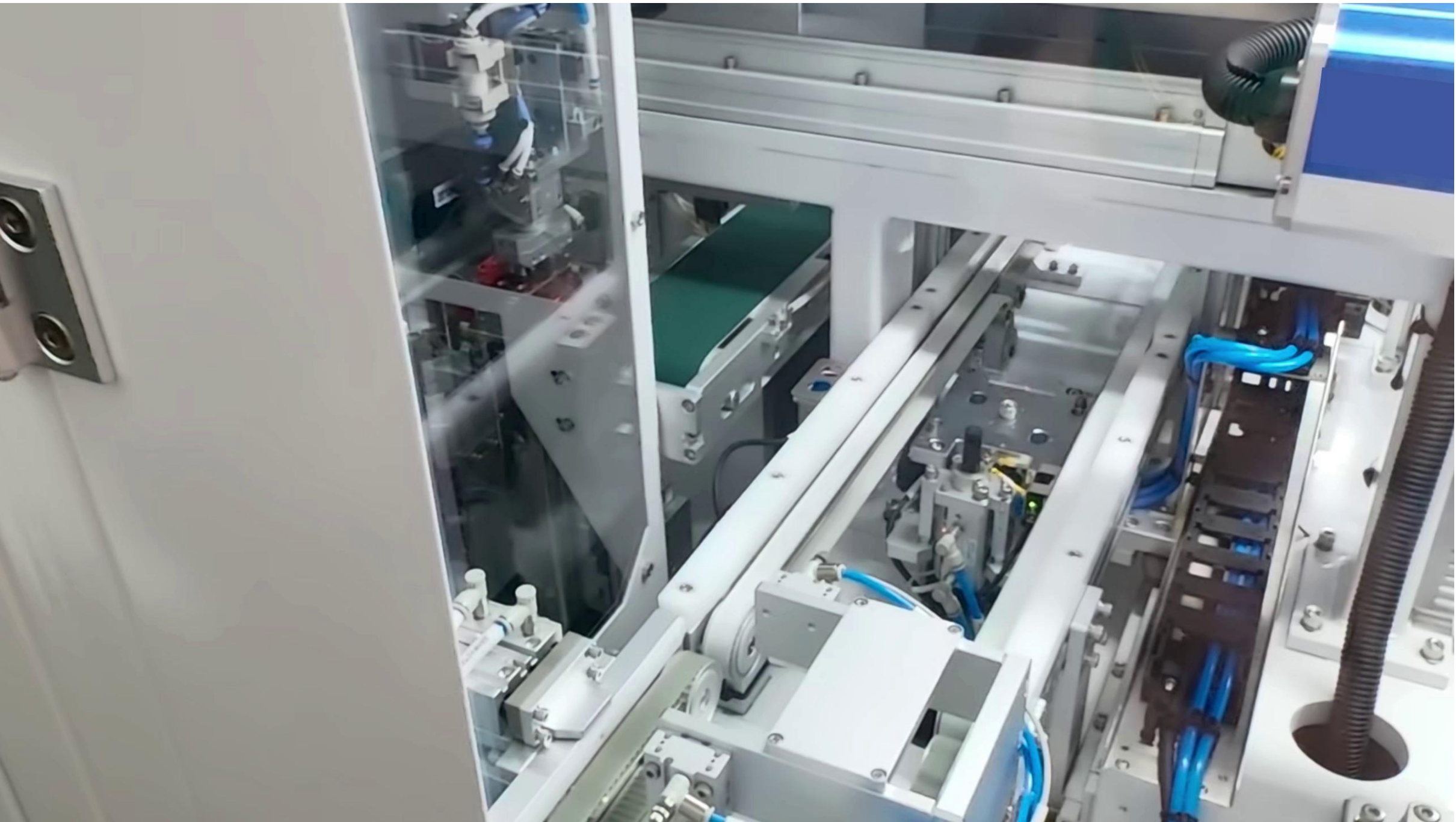
- 国家标准起草单位
- 专有的热处理工艺，保证材料良好性能
- 快速热稳定时间，低电流系数
- 综合性能优于主流进口产品



应用场景

新能源汽车
 电池管理系统
 电力设备
 工控设备等

系列名	阻值	额定电流	精度	温度系数	输出电压
ARCS6918-L050	50 $\mu\Omega$	700A	$\pm 0.5\%$	$\pm 100\text{ppm}/^\circ\text{C}$	35mV
ARCS6918-L100	100 $\mu\Omega$	500A	$\pm 0.5\%$	$\pm 100\text{ppm}/^\circ\text{C}$	50mV
ARCS8518-L050	50 $\mu\Omega$	840A	$\pm 0.5\%$	$\pm 100\text{ppm}/^\circ\text{C}$	40mV
ARCS8518-L100	100 $\mu\Omega$	600A	$\pm 0.5\%$	$\pm 100\text{ppm}/^\circ\text{C}$	60mV
ARCS8536-L025	25 $\mu\Omega$	1410A	$\pm 0.5\%$	$\pm 100\text{ppm}/^\circ\text{C}$	50mV
ARCS8536-L050	50 $\mu\Omega$	1000A	$\pm 0.5\%$	$\pm 100\text{ppm}/^\circ\text{C}$	50mV



C&B



RESI

合金检流电阻特性指标及影响因素

性能指标	要求	影响因素		
		合金材料	设计规格	生成工艺
温度系数	低	很大	很小	很小
长期稳定性	高	很大	很小	适中
铜热电动势	低	很大	-	-
精度	高	-	-	很大
热内阻	低	-	很大	很小
可靠性	高	适中	很小	很小

无调阻技术实现前提

1. 掌握专有的热处理工艺

电阻合金材料的热处理是生产制造电流检测电阻的关键，我们一直尝试使用更好的、更先进的处理工艺来提升材料性能。



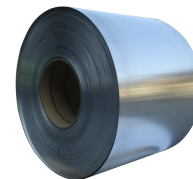
铁铬铝合金

铁铬铝合金具有高电阻率以及低温度系数的特性，并且较为经济，在电流检测电阻的中高阻值区间有所应用。



锰铜合金

锰铜合金具有低电阻率以及低温度系数的特性，在电流检测电阻的低阻区间一般使用锰铜合金来实现。



镍铬合金

镍铬合金电阻率较高、温度系数较低并且可以通过热处理来调节温度系数，作为高温合金可以耐受极高的温度不损坏，作为电阻合金长期稳定性较好。

极好长期稳定性

长期稳定性指元器件在长期工作后受温度环境，腐蚀，持续负载等影响引起的微小变化值，电阻合金的特性对该值起决定性的影响。

影响长期稳定性的主要因素

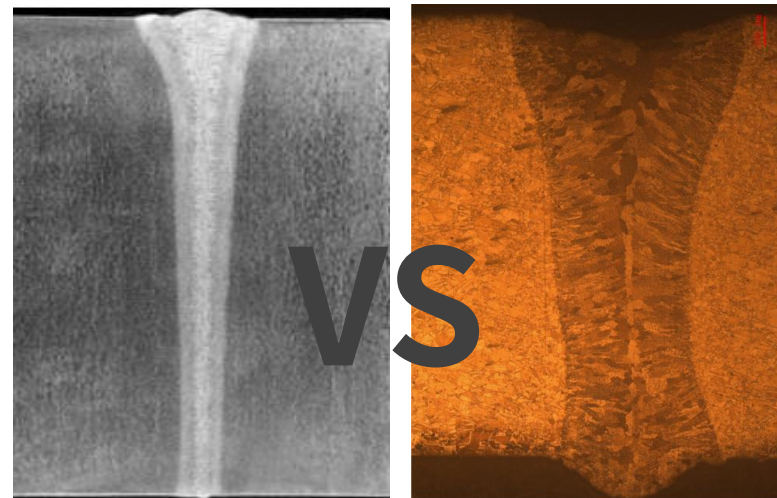
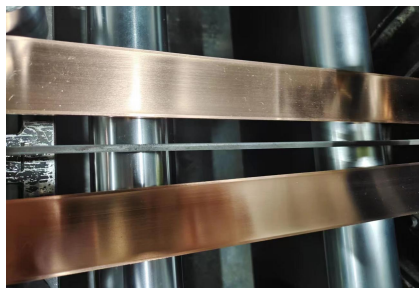
- 1、电阻合金材料在使用之初有金属晶格畸变，缺陷及排列不均现象，而经过长期使用过程中因电流持续冲击晶格排列逐渐趋于规律稳定，总电阻下降并幅度减缓。
- 2、电阻合金表面的氧化腐蚀会在长期使用后增高电阻值该效果与影响1相抵，睿思“Trimming Free”电阻的稳定性曲线更平滑，有时出现极小的正值偏移也属正常。

无调阻技术实现前提

2. 电子束焊超高工艺

基于电子束焊接（Electron Beam Welding）的电阻科技对于焊接工艺具有较高要求，焊接腔体需要有超高的真空度，电子枪输出功率需要稳定，同时运动机构也需要稳定运转。

如下图所示，将电阻合金与铜电极拼接，使用电子束熔融穿透结合处，将两种异性金属焊接成型。



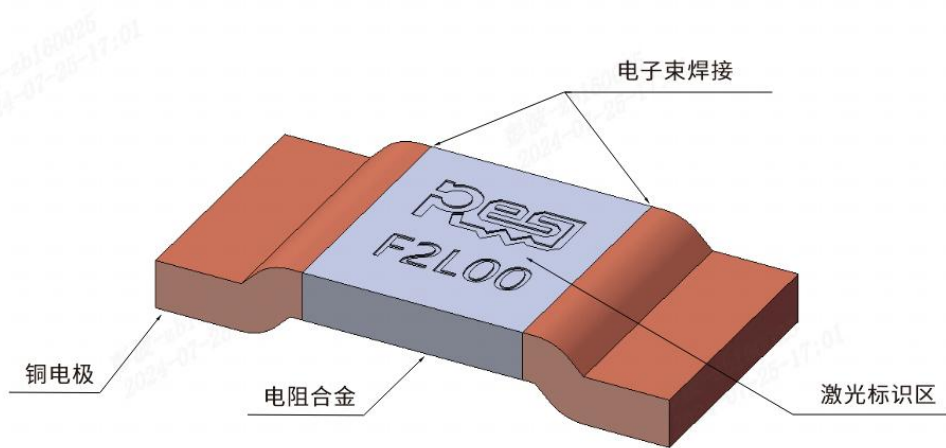
左右两图为不同焊接水平的焊缝微观图

连续电子束焊产线

- 具有较高的深宽比，最大可达20:1
- 焊接过程高度自动化，焊接速度最高可达20m/min
- 焊接质量优良，焊接热影响区窄
- 焊接工艺全球领先，焊接参数一致性及稳定性优异



产品设计理念



产品结构

1.核心原材料自主可控

产品采用自主研发的电阻合金材料，掌握核心热处理工艺、与核心工艺相配合，使得产品在温度系数、热电势、长期稳定性等性能均高于市场材料。

2.采用先进的电子束焊接技术

产品主要采用先进的电子束焊接技术加工，使得所加工产品具备焊缝深宽比高，焊缝窄，热影响区小，机械强度高等特点。

3.掌握先进的精密加工技术

产品经电子束焊接后经精密冲压成型，冲压尺寸精度最高高达 $\pm 0.02\text{mm}$ ，保证了产品的加工稳定性与一致性。

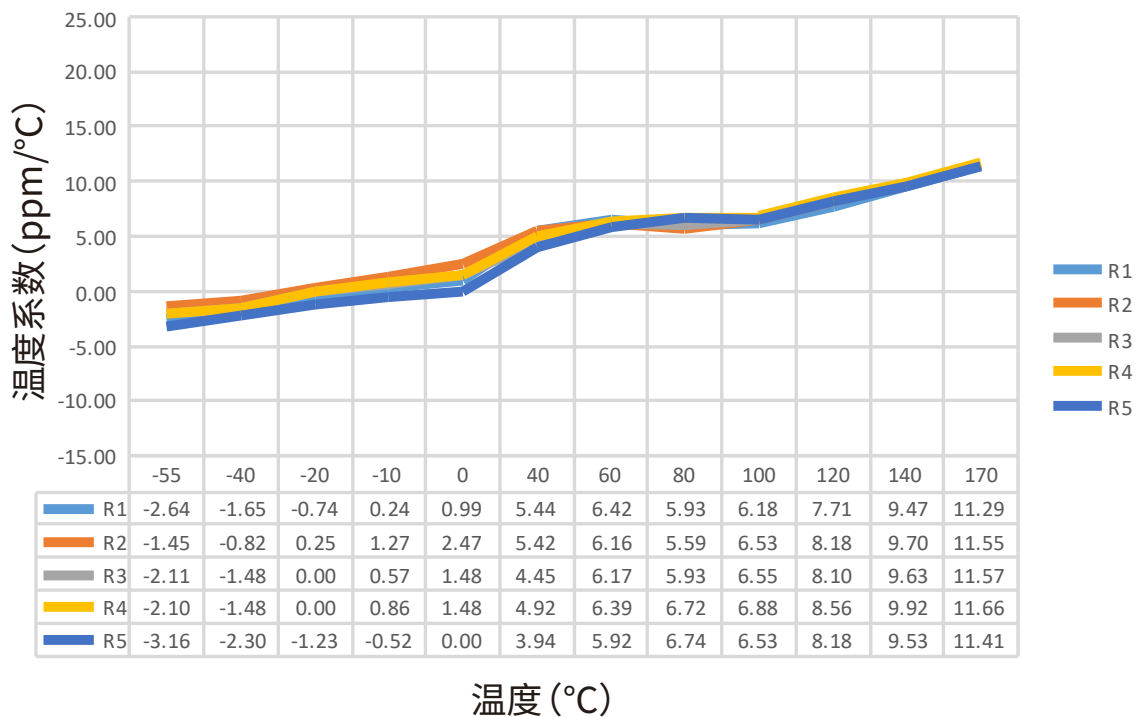
4.无调阻技术创始单位

通过对以上电阻合金材料，焊接工艺，成型工艺的精准把控，使得产品不需要调阻即可达到目标阻值精度，最高 $\pm 0.05\%$ ，避免了由于调阻造成的热点效应以及额定功率损耗，同时提高了产能水平。

超低温度系数

无调阻技术的检流电阻最低温度系数可达 $\pm 25\text{ppm}/^\circ\text{C}$

SEWF3920系列1m Ω 温度系数实测数据表

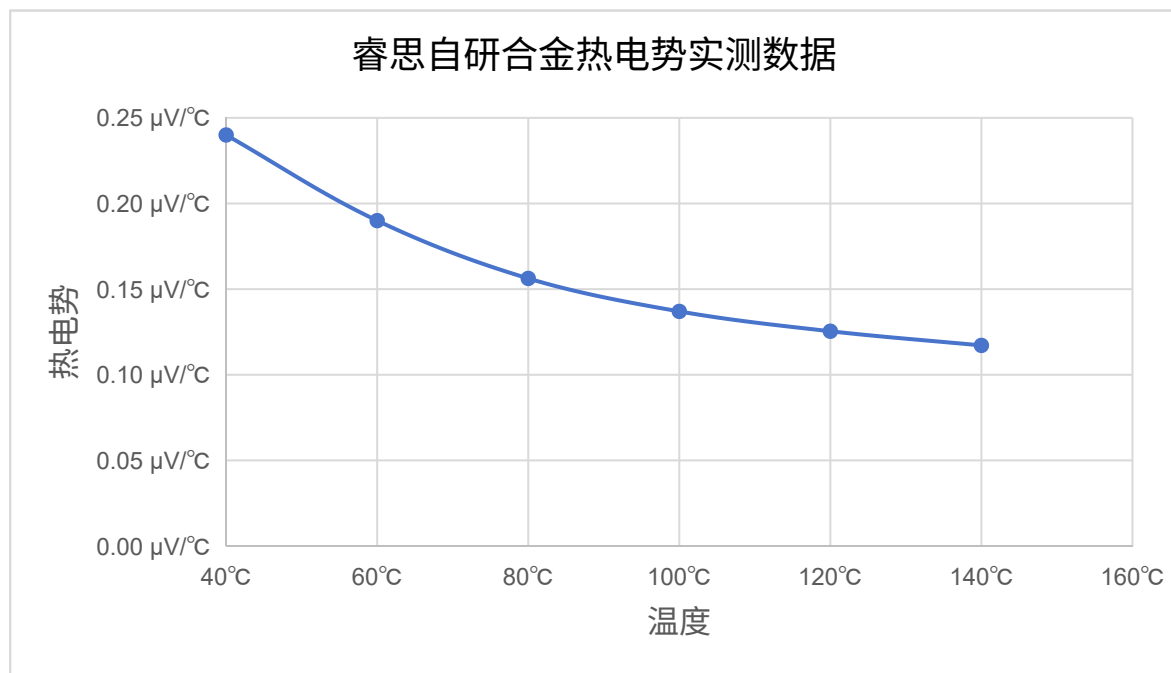


左图是SEWF3920系列1m Ω 产品的温度系数实测数据，通过测试数据可知产品在全温区范围内，实测温度系数最高仅11ppm/ $^\circ\text{C}$ 。

通过该温度系数可知产品在全温区范围内阻值变化率 $< \pm 0.2\%$ ，在 $-55^\circ\text{C} \sim +120^\circ\text{C}$ 范围内阻值变化率 $< \pm 0.1\%$ 。

超低的热电动势

睿思自研合金最低热电动势可达 $0.25\mu\text{V}/^\circ\text{C}$



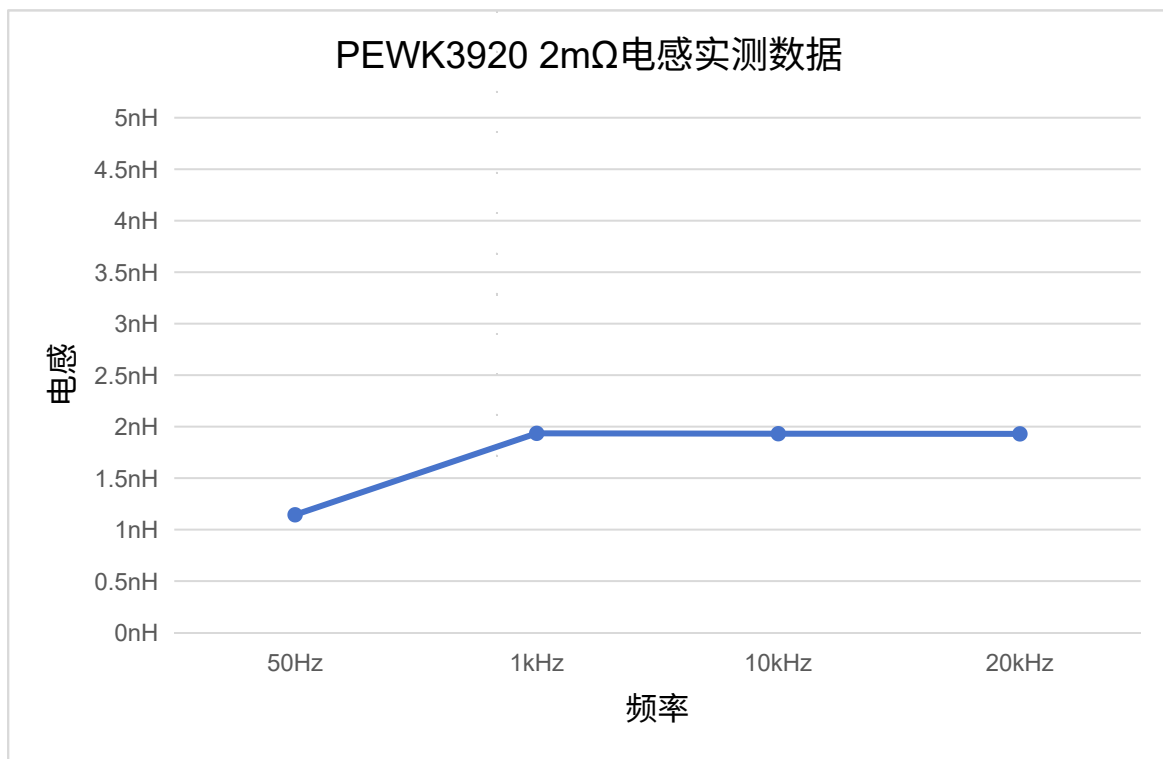
左图为睿思其中一种自研合金热电动势的实测数据，通过测试数据可知该合金的最低热电动势可达 $0.25\mu\text{V}/^\circ\text{C}$ 以下。

对于直流电流中使用的电流检测电阻而言，热电动势是一个需要重点考虑的因素，具有更低热电动势的电流检测电阻可以大大提高检测精度。

目前市场上常用的铜基合金、镍基合金、铁基合金等常见的热电动势分别为 $1\mu\text{V}/^\circ\text{C}$ 、 $2\mu\text{V}/^\circ\text{C}$ 、 $5\mu\text{V}/^\circ\text{C}$ 左右。

超低的电感

睿思电流检测电阻电感可达 $<2\text{nH}$



左图为睿思PEWK3920 2m Ω 电阻电感的实测数据，通过测试数据可知该电阻的电感可达2nH以下。

对于电流检测电阻，当应用于交流电流时，不能只把它看成一个仅有电阻分量的理想元件，因为实际它是由电阻、电感、电容组成的复杂阻抗系统。由于一般电流检测电阻阻值较小，寄生电容可以忽略不计，因此影响它性能的主要是寄生电感的大小。

抗脉冲能力强

过载前后阻值变化率最小可达±0.02%

厂家	过载前阻值 ($\mu\Omega$)	精度	过载后阻值 ($\mu\Omega$)	精度	阻值变化量
睿思	100.5258	0.53%	100.5367	0.54%	0.0109%
I公司	103.4293	3.43%	103.9655	3.47%	0.0518%
V公司	101.7676	1.77%	101.8374	1.84%	0.0698%

测试条件：1400A 5s

测试设备：高精度直流电流源、高精度电阻测试仪

左图为睿思ARCS8518 100 $\mu\Omega$ 产品过载测试数据，通过测试数据可知该电阻过载前后阻值变化率可达±0.02%以内，而竞品只能达到±0.1%以内。

对于电流检测电阻，影响其抗脉冲能力的主要因素包括调阻缺口、焊接工艺控制、电阻合金材料等。由于我司采用无调阻技术、先进的电子束焊接技术、自主研发材料等，可以保证产品超强的抗脉冲性能。

超强长期稳定性

负载寿命典型阻值变化率0.1%以内

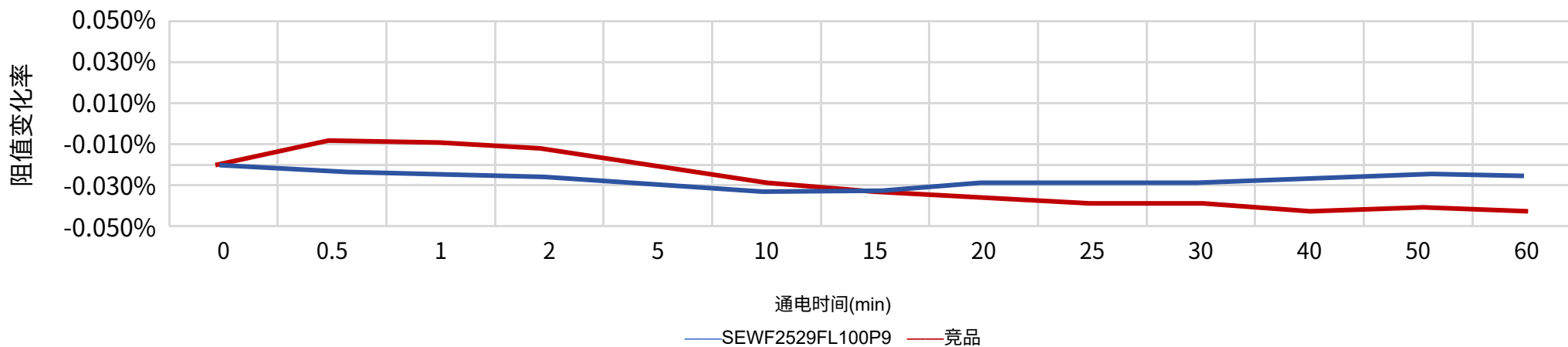
试验数据							
编号	试验前	96H		500H		1000H	
	阻值	阻值	阻值变化率	阻值	阻值变化率	阻值	阻值变化率
	($\mu\Omega$)	($\mu\Omega$)		($\mu\Omega$)		($\mu\Omega$)	
D001	49.02	49.00	-0.041%	48.98	-0.082%	49.03	0.020%
D002	49.12	49.10	-0.041%	49.03	-0.183%	49.04	-0.163%
D003	49.36	49.32	-0.081%	49.25	-0.223%	49.26	-0.203%
D004	49.07	49.06	-0.020%	49.05	-0.041%	49.06	-0.020%
D005	49.32	49.25	-0.142%	49.23	-0.182%	49.27	-0.101%
D006	49.49	49.48	-0.020%	49.39	-0.202%	49.40	-0.182%
D007	49.38	49.36	-0.041%	49.35	-0.061%	49.39	0.020%
D008	49.45	49.38	-0.142%	49.35	-0.202%	49.37	-0.162%
D009	49.50	49.48	-0.040%	49.42	-0.162%	49.47	-0.061%
D010	48.95	48.91	-0.082%	48.84	-0.225%	48.88	-0.143%

上图睿思供给某车企分流器的长期负载寿命测试数据，通过测试数据可知该分流器经通电额定功率1000h的典型阻值变化率变化可达 $\pm 0.1\%$ 以内，最大0.2%以内，远低于竞品标定的 $\pm 1\%$ 。

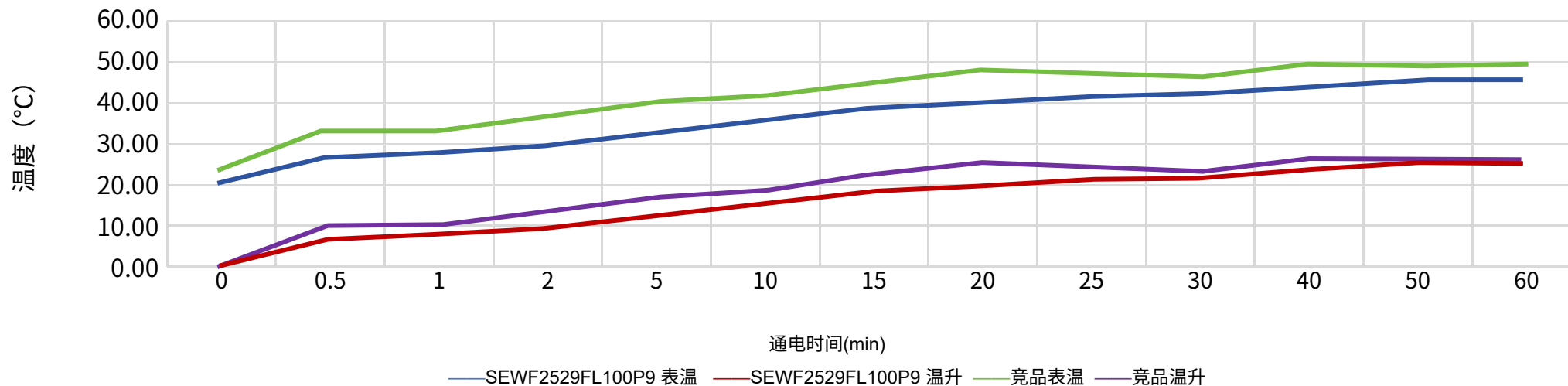
对于电流检测电阻，客户一般不仅会关注其检测精度，还会关注其长期稳定性，影响其长期寿命的主要因素包括焊接工艺（如焊缝强度等），电阻合金材料（如热处理工艺等），调阻工艺等。由于我司采用无调阻技术、先进的电子束焊接技术、自主研发材料等，可以保证产品超强的长期稳定性。

通电后温升情况稳定且更优

SEWF2529FL100P9与竞品持续通电200A阻值变化率曲线



SEWF2529FL100P9与竞品持续通电200A表面温度及温升变化曲线

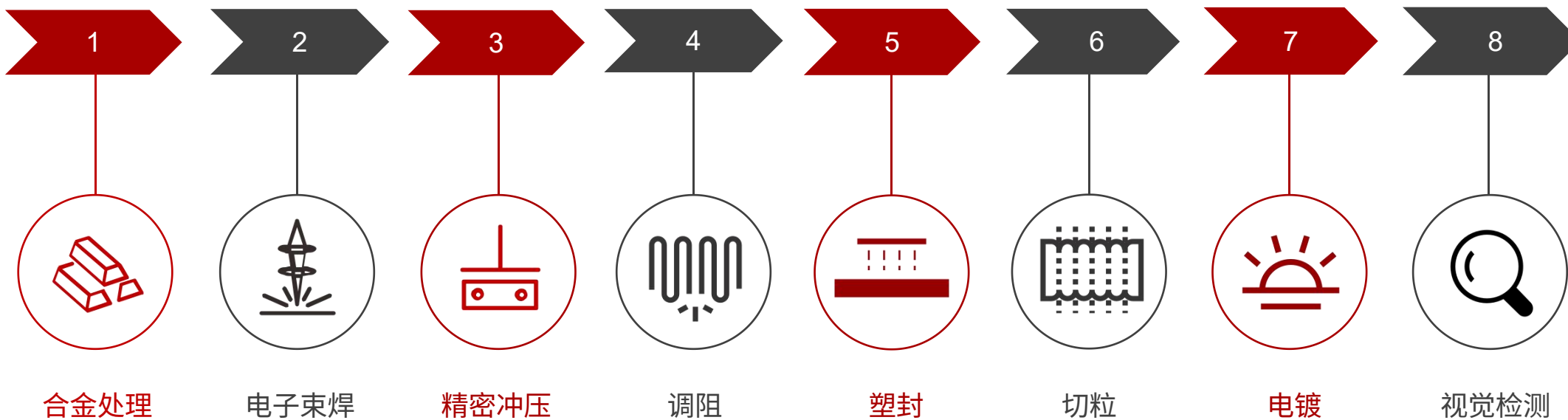
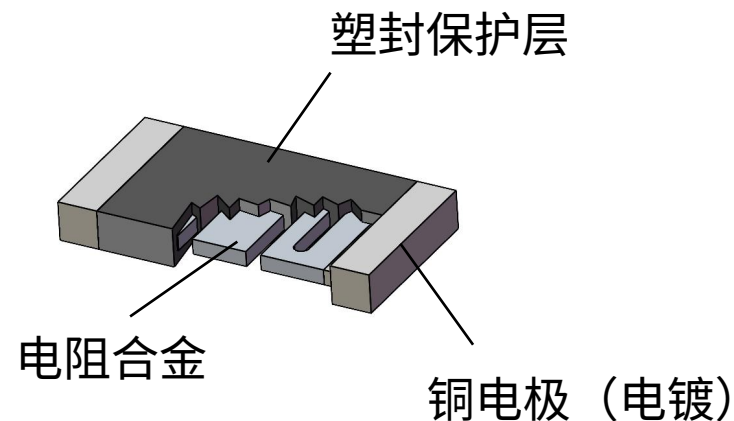




塑封型低温漂精密合金电阻

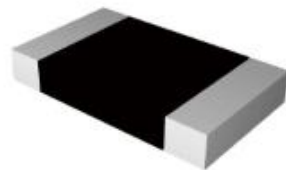
塑封型超精密低温漂电流检测电阻

塑封型超精密电流检测电阻采用电子束焊接工艺，应用冲压成型方式，其具备焊缝深宽比高，焊缝窄，热影响区小，机械强度高等特点，通过对原材料电阻合金、焊接工艺、成型工艺的精准把控，使得产品最高可达 $\pm 0.1\%$ 的阻值精度，阻值范围覆盖 $5-100\text{m}\Omega$ ，产品温度系数最低可达 $\pm 15\text{ppm}/^\circ\text{C}$ 以内，**2512**和**3637**尺寸已实现批量生产。此类产品具有优异的长期稳定性、低温度系数、低电感、低热电动势等特点。

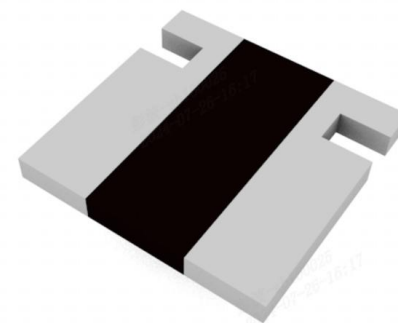


塑封检流贴片电阻

- 超高精度：±0.1%
- 低温漂：±15ppm
- 低热电势
- 极好的稳定性
- 符合RoHS认证
- AEC-Q200认证



2512



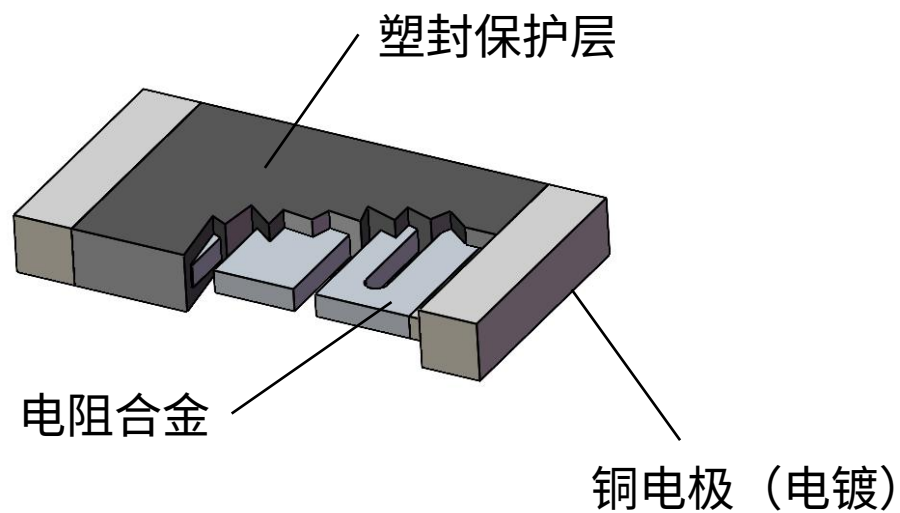
3637

应用场景

电力
精密测量
电动工具
工业机器人
汽车等

系列名	阻值范围	功率	精度	温度系数
PCSR2512	5mΩ~100mΩ	1W	±0.1%	±15ppm/°C
PCSK2512	5mΩ~100mΩ	1W	±0.5%	±25ppm/°C
PCSR3637	2mΩ~200mΩ	3W	±0.1%	±15ppm/°C
PCSR3637	2mΩ~200mΩ	3W	±0.5%	±25ppm/°C

产品设计理念



产品结构

1.核心原材料自主可控

产品采用自主研发的电阻合金材料，掌握核心热处理工艺、与核心工艺相配合，使得产品在温度系数、热电势、长期稳定性等性能均高于市场材料。

2.采用先进的电子束焊接技术

产品主要采用先进的电子束焊接技术加工，使得所加工产品具备焊缝深宽比高，焊缝窄，热影响区小，机械强度高等特点。

3.掌握先进的精密加工技术

产品经电子束焊接后经精密冲压成型，冲压尺寸精度最高高达 $\pm 0.02\text{mm}$ ，保证了产品的加工稳定性与一致性。

4.采用先进的封装技术

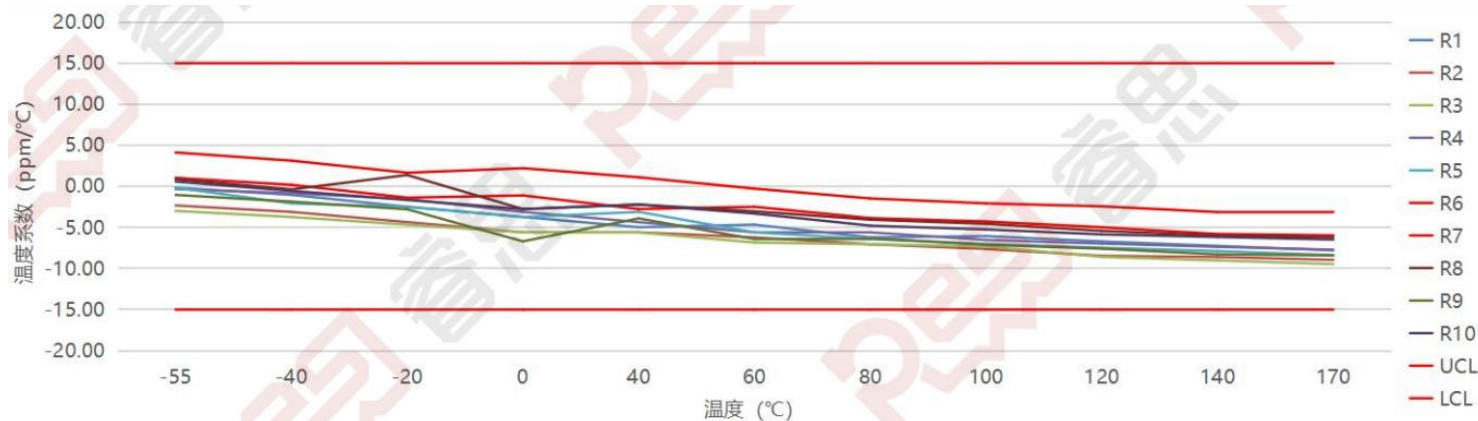
产品采用精密半导体模压封装技术，大大提升了产品的机械强度及长期可靠性，同时有效提升了产能。

超低温度系数

最低温度系数可达 $\pm 15\text{ppm}/^\circ\text{C}$

编号	各温度下的温度系数(ppm/ $^\circ\text{C}$)											
	-55 $^\circ\text{C}$	-40 $^\circ\text{C}$	-20 $^\circ\text{C}$	0 $^\circ\text{C}$	20 $^\circ\text{C}$	40 $^\circ\text{C}$	60 $^\circ\text{C}$	80 $^\circ\text{C}$	100 $^\circ\text{C}$	120 $^\circ\text{C}$	140 $^\circ\text{C}$	170 $^\circ\text{C}$
R1	-0.17	-1.04	-2.49	-3.73	ref	-4.97	-4.66	-6.21	-6.06	-6.71	-7.25	-7.79
R2	-2.32	-3.11	-4.35	-5.60	ref	-5.60	-6.22	-7.05	-7.62	-8.46	-8.60	-8.95
R3	-2.99	-3.73	-4.67	-5.60	ref	-5.60	-6.84	-7.05	-7.31	-8.59	-9.02	-9.46
R4	-0.33	-0.83	-1.55	-3.11	ref	-4.35	-5.60	-5.60	-6.53	-6.97	-7.36	-7.71
R5	-0.17	-2.07	-2.49	-3.73	ref	-3.11	-5.60	-6.42	-6.99	-7.46	-7.87	-8.37
R6	1.03	0.18	-1.38	-1.11	ref	-2.76	-2.49	-3.87	-4.28	-4.97	-5.80	-5.97
R7	4.12	3.13	1.66	2.21	ref	1.10	-0.28	-1.47	-2.07	-2.43	-3.13	-3.24
R8	0.88	-0.37	1.38	-2.76	ref	-2.21	-3.04	-4.06	-4.56	-5.42	-5.99	-6.19
R9	-1.04	-1.86	-2.79	-6.69	ref	-3.91	-6.42	-6.32	-7.11	-7.59	-8.28	-8.41
R10	0.59	-0.55	-1.66	-2.76	ref	-2.21	-3.31	-4.78	-5.24	-5.85	-6.16	-6.48

左图是PCSR系列产品的温度系数实测数据和温度系数折线图，通过测试数据可知产品在-55 $^\circ\text{C}$ ~+170 $^\circ\text{C}$ 的全温区范围内，实测温度系数可达在 $\pm 10\text{ppm}/^\circ\text{C}$ 以内。



抗脉冲能力强

过载前后阻值变化率最小可达±0.001%

试验数据			
编号	试验前阻值	试验后阻值	阻值变化率
	(mΩ)	(mΩ)	
R1	5.9883	5.9885	0.003%
R2	5.9845	5.9845	0.000%
R3	5.9769	5.9768	-0.002%
R4	5.9989	5.9987	-0.003%
R5	6.0438	6.0436	-0.003%
R6	7.2429	7.2431	0.003%
R7	7.0606	7.061	0.006%
R8	7.2776	7.2778	0.003%
R9	7.0495	7.0494	-0.001%
R10	7.1978	7.1975	-0.004%

左图为睿思PCSR产品过载测试数据，通过测试数据可知该电阻过载前后阻值变化率可达±0.01%以内，典型变化率可达**±0.001%**以内。

测试条件：5倍额定功率，5s

测试设备：高精密直流电流源、高精密电阻测试仪

超强长期稳定性

负载寿命典型阻值变化率0.01%以内

试验数据			
编号	试验前阻值	试验后阻值	阻值变化率
	(mΩ)	(mΩ)	
R1	8.0555	8.0544	-0.014%
R2	8.064	8.0631	-0.011%
R3	8.0563	8.0548	-0.019%
R4	8.062	8.0607	-0.016%
R5	8.0689	8.0685	-0.005%
R6	9.076	9.075	-0.011%
R7	9.0638	9.0632	-0.007%
R8	9.0656	9.0649	0.008%
R9	9.0803	9.0798	-0.006%
R10	8.982	8.9812	-0.009%

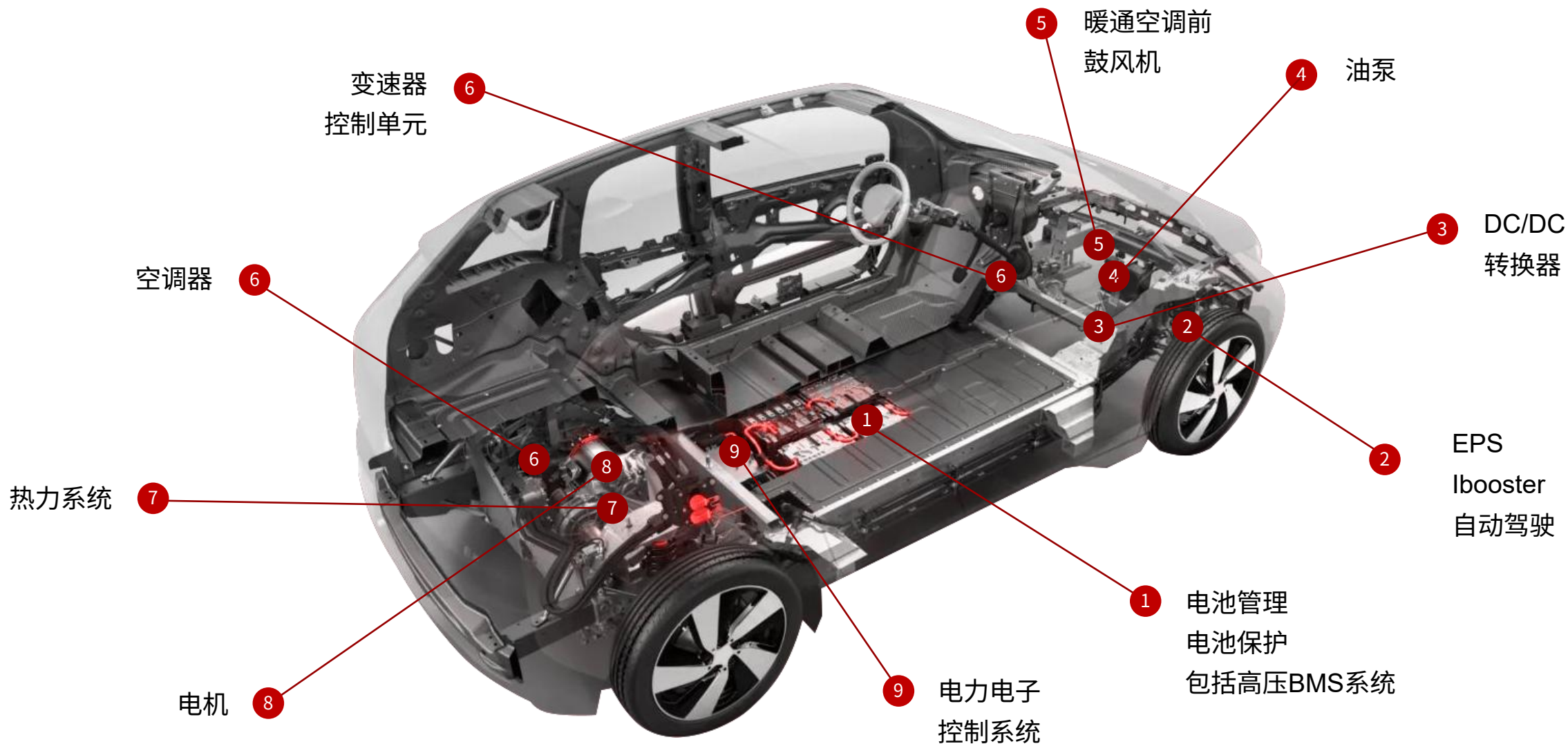
左图为睿思PCSR系列产品长期负载寿命测试数据，通过测试数据可知经通电额定功率1000h的典型阻值变化率变化可达**±0.01%以内**，最大0.02%以内，产品长期应用非常可靠。

对于电流检测电阻，客户一般不仅会关注其检测精度，还会关注其长期稳定性，影响其长期寿命的主要因素包括焊接工艺（如焊缝强度等），电阻合金材料（如热处理工艺等），调阻工艺等。由于我司采用先进的电子束焊接技术，自主研发材料，全流程自主可控工艺等，可以保证产品超强的长期稳定性。



典型应用

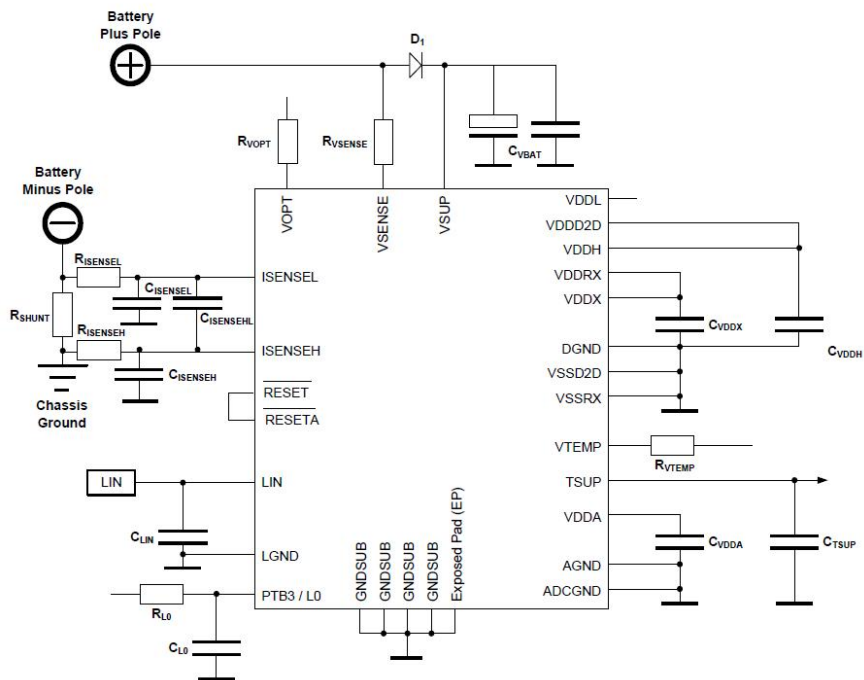
合金电阻在汽车电子的应用



合金电阻在BMS的应用

分流电阻器的典型要求:

- 动态范围：需要用一個传感器测量宽范围的电流（如1mA至2000A）
- 高精度：电动汽车/PHEV的高压电池需要1%的SOC检测精度
- 尺寸小：可以安装分流器的空间非常有限
- 柔性结构：分流器结构需要灵活，以适应有限的空间



BMS（电池管理系统）

中三大状态:

充电状态(SoC)

健康状态(SoH)

功能状态(SoF)

BMS

电流范围

用于12V电池的BMS

0.001A~2000A

48V蓄电池BMS

150A~600A

高压电池BMS

300A~1500A

启动/停止系统BMS

150A~1300A

DC-DC转换器

200A~300A

逆变器

300A~550A

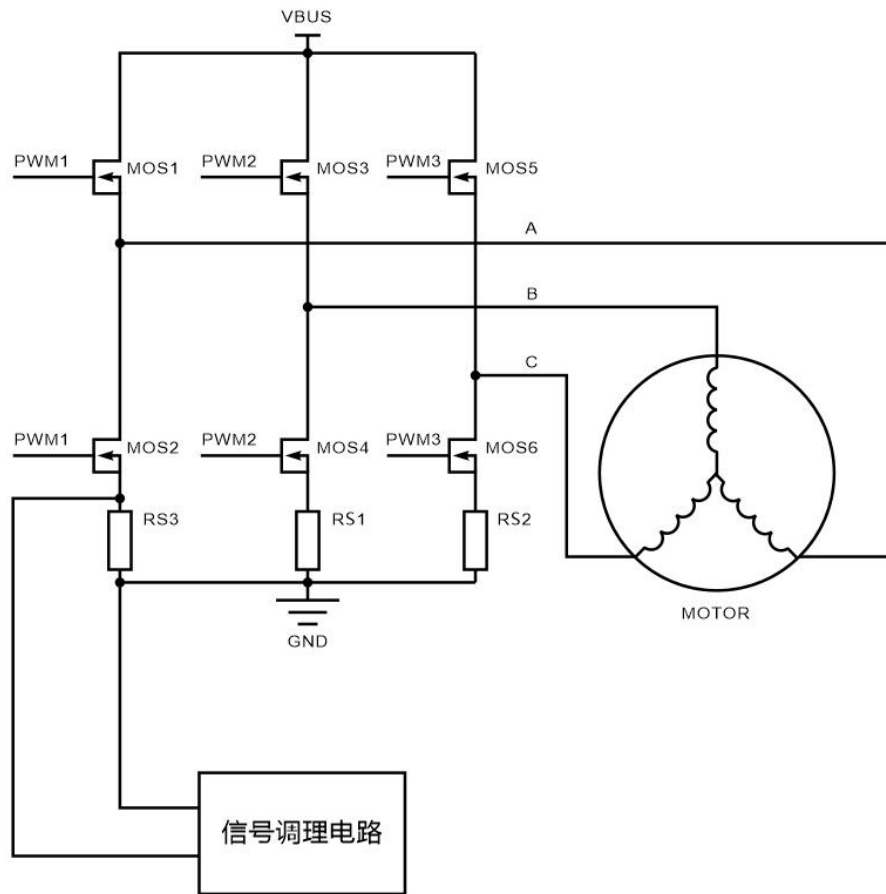
车载充电器

1A~80A

电机电流检测电路

电机应用当中，调速驱动技术是降低电机整体能耗以及精准控制电机的关键所在，需要依靠电机电流检测电路来检测电机状态、实现双闭环控制、进行过流保护等。

在回路中串联检流电阻作为采样电阻，回路中电流与采样电阻两端的电压成正比，使用放大器将采样电阻两端的电压信号放大再使用数模转换（ADC）模块处理数据，因为电机在不同转速和不同负载情况下电流不同，电机的采样电流可与转速实现双闭环控制，从而提高电机的控制精度并且可实时监测电机扭矩以及功率等信息。



上图为较为常见的电机电流检测电路

精密电源

针对DC-DC, AC-DC, DC-AC等各类电源
 输入输出侧电流采样
 功率开关管电流采样
 OC反馈电路电流采样
 等等

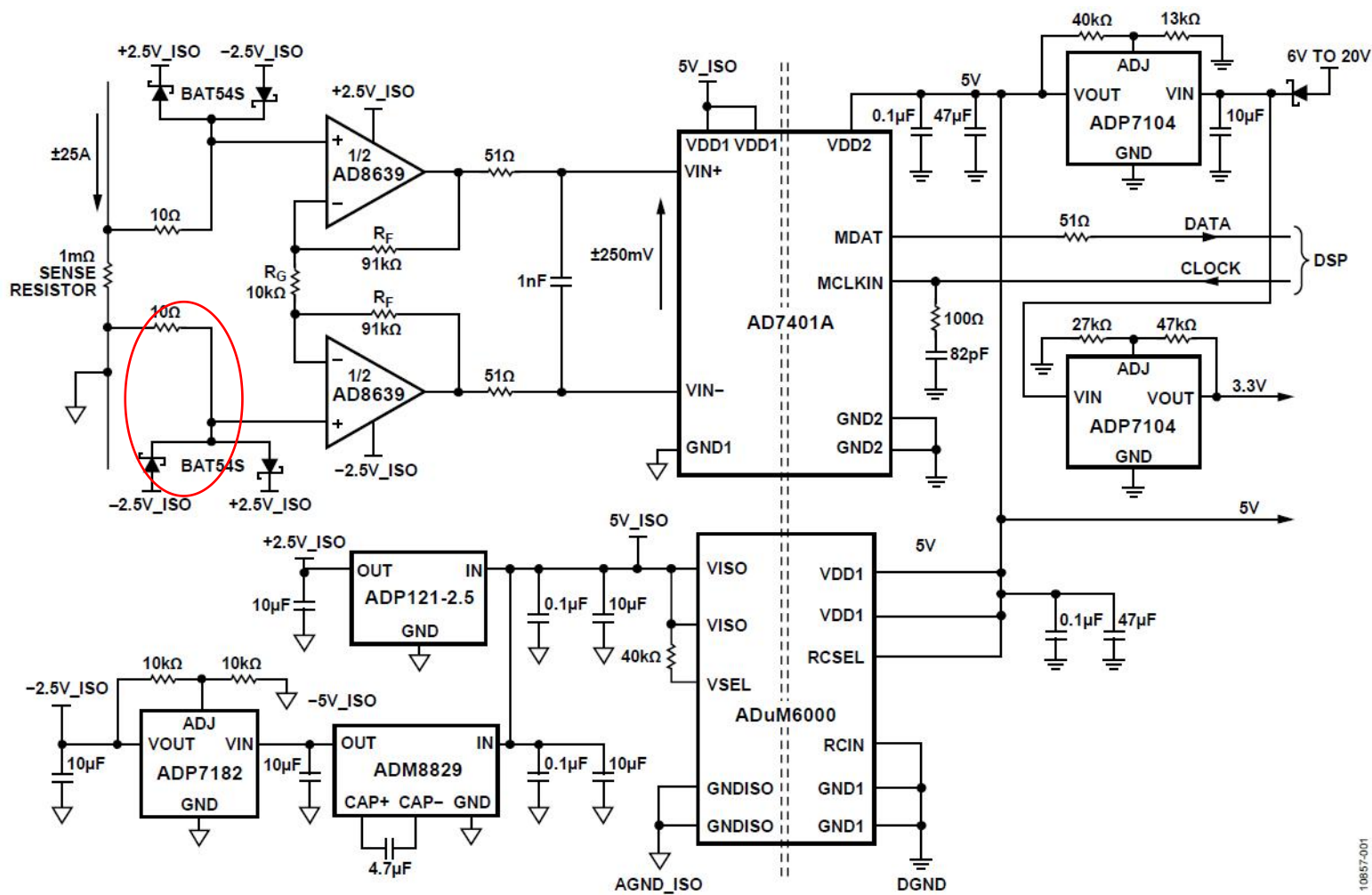
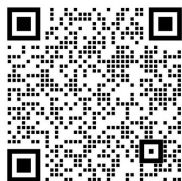


图1. 隔离式电流检测电路(简化原理图: 未显示所有连接和去耦)

睿思 RESIstor

睿 RUI $R=U/I$



企业微信



微信公众号



微信小程序

THANKS