Powerstone
Electrode Technologies

Drive the Future of Electrochemistry

驱 动 电 化 学 未 来


**力炻电极技术(杭州)有限公司**

Powerstone Electrode Technologies (Hangzhou) Co., Ltd.

**企业总部** Corporate Headquarters

杭州市萧山区阳城路30号空港硅谷产业园

Airport Silcon Valley, No.30, Yangcheng Road Xiaoshan District Hangzhou, China 311227

**营销中心** Sales & Marketing Centre

苏州工业园区苏州大道东265号现代传媒广场22楼

22F, Modern Media Plaza, No. 265, East Suzhou Avenue Suzhou Industrial Park, Suzhou, China 215000

+86 571 82196688 sales@powerstonetech.com www.powerstonetech.com

力炻电极公众号


Powerstone
Electrode Technologies
力炻电极技术

## MMO催化电极材料

新能源整体解决方案







### 电解水制氢

Water Electrolysis for Hydrogen Production

### 光伏镀铜

Copper Plating for Solar Panels

### 复合铜箔

Composite Copper Foil

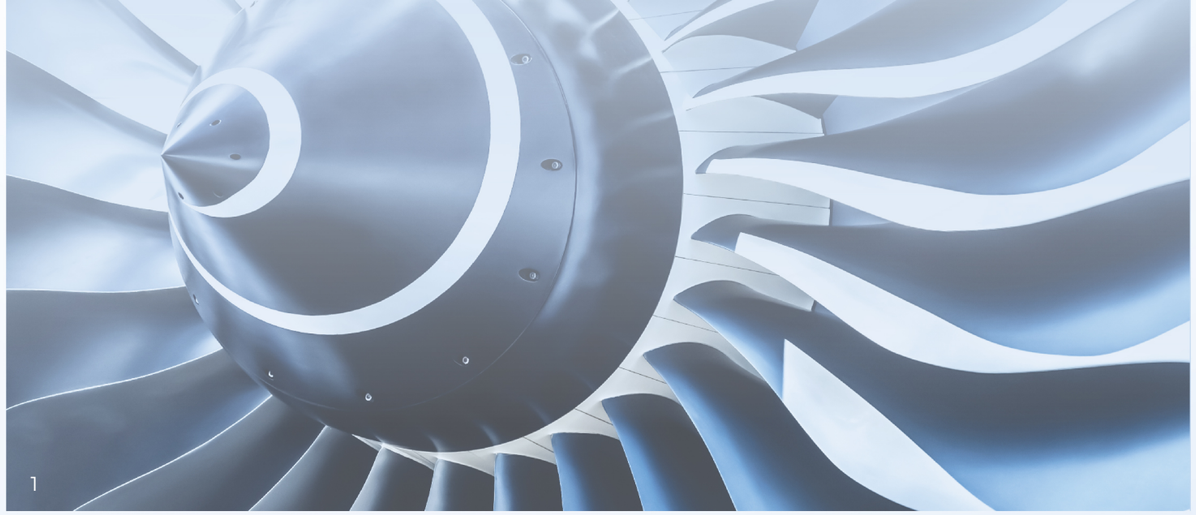
# 关于力炻
## About Powerstone

力炻电极技术（Powerstone Electrode Technologies）总部位于国家级杭州临空经济示范区,并在苏州工业园区设立有营销中心。力炻电极专注于不溶性催化电极材料的研发、制造和应用支持，为高端金属电沉积、电化学水处理、可再生能源电解水制氢以及其他电化学应用领域提供定制化的解决方案。

力炻电极的创业团队具有海外背景，拥有自主开发的先进电极技术和丰富的管理及市场经验。力炻电极以推动中国电化学工业技术发展为己任，致力成为全球高端不溶性催化电极材料的制造商和电化学应用技术及市场的领导者。

**Drive the Future of Electrochemistry**

**驱 动 电 化 学 未 来**





Powerstone
Electrode Technologies

# 电极与电化学
## Electrodes and Electrochemistry



**迈克尔·法拉第**
Michael Faraday （1791-1867）

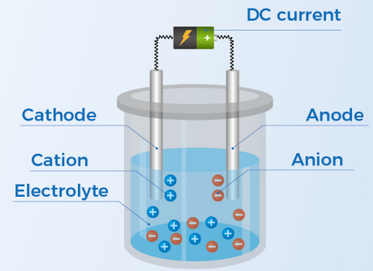
英国物理学家、化学家。法拉第在1833年发现的法拉第电解定律是电化学领域最早的定量基本定律，揭示了通入的电量和析出的物质之间的定量关系。同时，法拉第还为电化学创造了一系列的术语，如电解质、电极、阳极、阴极、阴阳离子等。



**亨利·比尔 博士**
Dr. Henri Beer （1909-1994）

荷兰企业家，钛基不溶性电极的发明者。比尔博士首先在1957年发明了钛基电镀白金阳极。1965和1967年比尔博士又相继发明了Beer1和Beer2钌系混合金属氧化物电极，并率先在氯碱工业取得了成功应用，从而极大推动了氯碱行业的技术变革。1986年，Henri Beer 被荷兰的Eindhoven大学授予了名誉博士学位，以表彰他在电化学领域做出的杰出贡献。

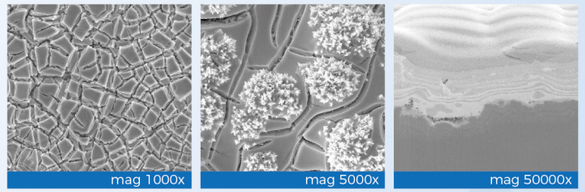
电极是电化学系统或装置中的核心部件。电极在电解反应中，不但起到导电的作用，而且也是电解反应的界面和反应过程中的催化剂，电极性能会直接影响到电化学反应的效率甚至反应的可能性。




电解原理示意图
Schematic Diagram of Electrolysis Principle

1957年，Henri Beer 博士发明了钛基贵金属电极，给电解过程及其相关行业的发展带来了革命性的突破。钛电极又称为不溶性电极，基材采用阀性金属，在其上根据特定配方涂敷铂族贵金属溶液（铂、铱、钌等），再经过高温烧制形成电催化涂层。不溶性电极不仅具有尺寸稳定的特性，而且具有较低的析氧/析氯/析氢过电位，从而使得电解槽压能够大幅下降，降低能耗。

钛电极的发明被视为是20世纪电化学领域最伟大的发明之一，尤其是Henri Beer 所发现的贵金属氧化物电极的电催化特性，更是彻底颠覆了人们对于金属氧化物的传统认知，从而促进了众多高端电解过程的开发和进步。




扫描电子显微镜（SEM）拍摄的催化涂层
Scanning Electron Microscope (SEM) images of catalytic coatings

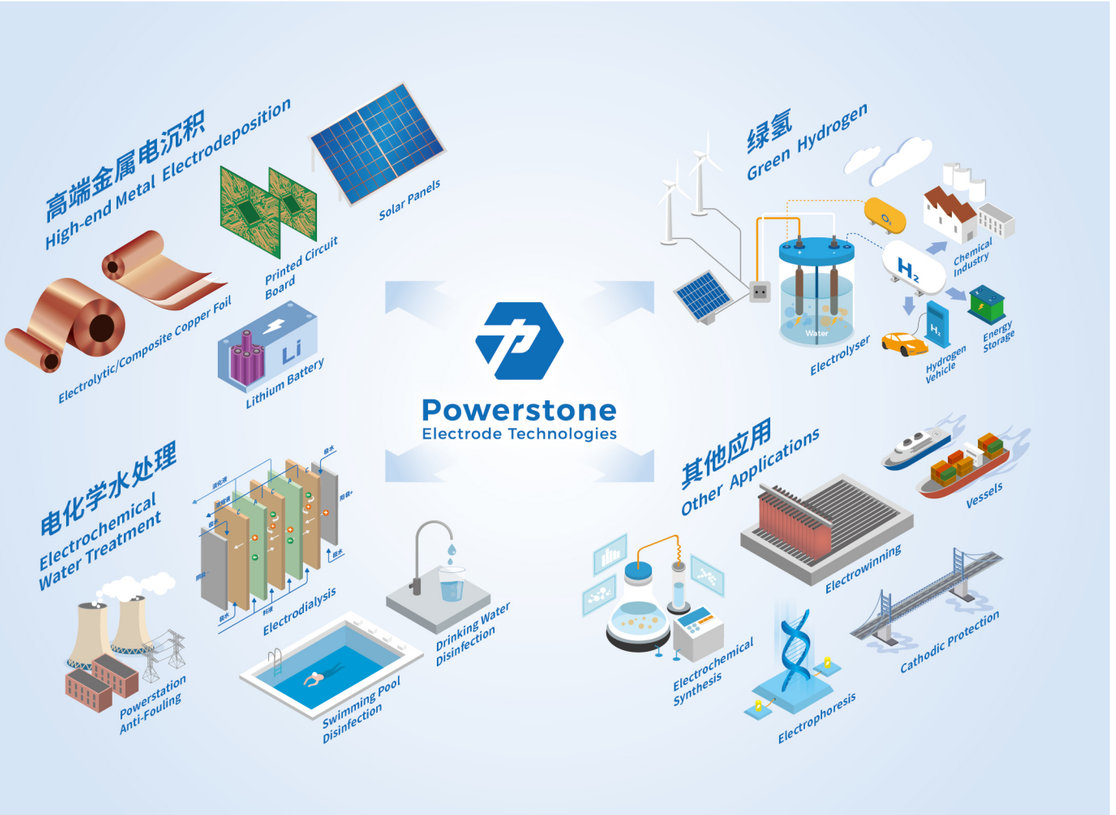
$$\int_0^t Idt = nzF$$

$$\eta = a + b\log j$$

$$\varphi_e = \varphi^o + \frac{RT}{nF} \ln \frac{a_{ox}}{a_{red}}$$

# 产品应用
## Product Application

不溶性电极已经广泛应用于各类工业电解装置和电化学系统中。在应用条件苛刻的高端电解制程中，电极的催化涂层设计和客户端的运行环境及设备结构密切相关，需要量身定制才能确保性能表现和使用寿命。同时，客户需要的不仅是电极产品本身，而且更需要在应用过程中的专业技术支持。力炻电极拥有行业顶尖的专业团队以及业内一流的电极研发检测仪器和智能化生产设施，为客户提供电极产品从售前定制设计到售后应用技术支持的**全生命周期解决方案**。








力炻电极专注于不溶性催化电极技术在以下场景的应用:

### 高端金属电沉积 | High-end Metal Electrodeposition

高端金属电镀制程中，普遍会使用昂贵的电镀有机添加剂。而在酸性介质环境下，阳极端会发生析氧反应，从而导致添加剂耗量上升。因此，电极涂层的设计必须在考虑放电均匀性和导电寿命的同时，最大限度地减少添加剂的消耗，以降低综合拥有成本(Total Cost of Ownership)。

### 电化学水处理 | Electrochemical Water Treatment

电解盐水/海水、电渗析等制程相关业务和技术支持。

通过电解盐水/海水，产生的广谱消毒剂次氯酸钠，可以有效杀灭细菌和抑制水体生物污损。该技术已经广泛应用于泳池消毒、自来水消毒、滨海电厂循环水生物防污以及船舶压载水处理等诸多领域。

### 可再生能源电解水制氢 | Water Electrolysis for Green Hydrogen Production

可再生能源电解水制氢（绿氢）相关业务和技术支持。

利用可再生能源（风能、太阳能等）进行电解水制氢是实现双碳目标的关键路径之一。这一技术因为利用无碳能源制取氢气，真正做到了从源头脱碳，制取的氢气被誉为“绿氢”。电解水制氢技术主要分为碱性水电解AWE和质子交换膜PEM水电解两种。无论采用何种技术路线，电极都是电解槽中的核心部件。

### 其他应用领域 | Other Applications

不溶性催化电极材料还被广泛应用于阴极保护、电解有机合成、电解冶金等诸多电化学系统与装置中。随着电化学技术的发展，电极应用领域与相关技术也将不断延伸拓展。



Powerstone
Electrode Technologies

# 新能源整体解决方案

## Sustainable Energy Solutions

当前，全球正在经历由化石能源向低碳环保的清洁能源转型的过程。可再生能源和电化学技术制备的清洁电力和绿色氢能作为清洁、高效、便捷的二次能源，是在本世纪中叶实现双碳目标的关键支柱。

作为电化学电解系统的核心部件，催化电极材料在新能源领域具有广阔的发展空间。但是在新的应用场景下，大规模电解装置的能耗要求以及可再生能源的波动性也对电极产品的催化活性、选择性和稳定性提出了更加苛刻的要求。

力炻电极基于热分解工艺研发生产的混合贵金属氧化物(MMO)催化电极材料，拥有行业领先的技术优势和优异的产品性能。力炻电极致力于为氢能、光伏、锂电等新能源行业提供定制化的催化电极材料并提供全方位的技术支持，与产业链上下游伙伴携手合作，共同助力能源转型，早日实现“净零排放“。

### 可再生能源电解水制氢
**Water Electrolysis for Green Hydrogen Production**

### 光伏镀铜
**Copper Plating for Solar Panels**

### 复合铜箔
**Composite Copper Foil**




力炻电极致力于为氢能、光伏、锂电等新能源行业提供定制化的催化电极材料并提供全方位的技术支持，与产业链上下游伙伴携手合作，共同助力能源转型，早日实现“净零排放“。

# 可再生能源电解水制氢

## Water Electrolysis for Green Hydrogen Production

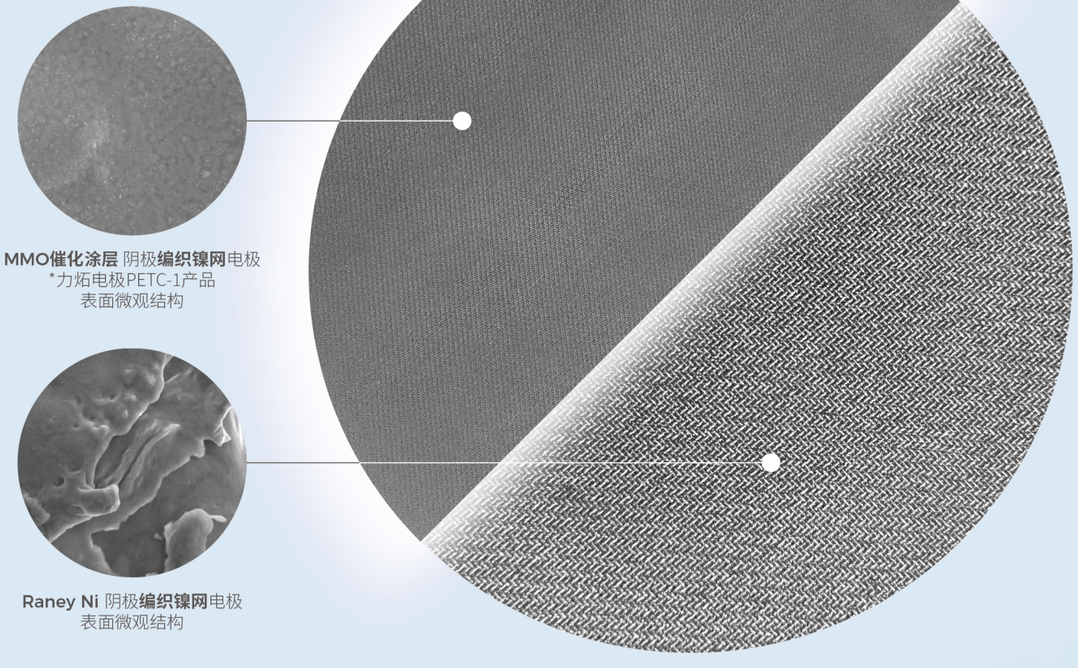
目前已经商业化的电解水制氢技术主要有碱性水电解制氢(ALK)和质子交换膜制氢(PEM)两种。其中ALK由于最早实现工业化，技术发展成熟，且设备投资成本低，是电解水制氢的主流技术。在碱性电解槽中，作为核心部件的电极目前普遍采用纯镍或雷尼镍作为催化材料。但是可再生能源的波动性会引发电解槽内的逆反电流，而且大规模制氢需要大幅度提升电流密度来降低设备投资成本，同时也需要控制高电流密度下的能耗水平，传统的雷尼镍电极显然无法应对这种新的应用场景。

力炻电极采用热分解的工艺制备混合金属氧化物(MMO)催化涂层，该涂层电极具有过电位低、抗铁离子沉积、寿命稳定等性能优势。并且该工艺条件灵活，不仅可以在不同基材上（编织网、拉伸网、镍毡、冲孔板材、活化后的雷尼镍等）制备MMO催化涂层，同时可以根据不同使用环境进行电极涂层的差异化定制。

**工艺特点&优势：**

- 混合贵金属氧化物涂层，抗铁离子沉积
- 高电密运行，降低设备投资
- 高催化活性，同电密下更低能耗
- 高稳定性，提升长期运行可靠性

**电解水制氢产品：**



**MMO催化涂层** 阴极**编织镍网**电极
*力炻电极PETC-1产品
表面微观结构

**Raney Ni** 阴极**编织镍网**电极
表面微观结构

### PETC系列制氢电极 电极性能

| 参数 | PETC-1 | PETC-2 |
|---|---|---|
| 电流密度(A/m²) | 0-10000 | 0-10000 |
| 槽压(V) | 1.39-1.94 | 1.45-1.99 |
| 对应能耗(kwh/Nm³) | 3.28-4.64 | 3.46-4.75 |
| 析氢过电位(mV@2500A/m²) | ⩽ 50 | ⩽ 65 |
| 电位衰减(μv/h) | ⩽ 2 | ⩽ 1.5 |
| 铁离子耐受度 | 饱和3d不沉积 | 饱和3d不沉积 |
| 电解适应温度(℃) | 10-100 | 10-100 |
| 直径(mm) | 100-2000 | 100-1600 |
| 厚度(mm) | 0.6-0.7 | ⩾0.5 |
| 平面度(mm/m) | ⩽8 | ⩽3 |
| 设计寿命(年)* | ⩾ 5 | ⩾ 8 |

* 设计寿命基于实验室数据线性外推
* 拉伸镍网0.5mm厚度最大直径为1600mm;更厚的网,不受此尺寸限制,需要具体情况具体分析

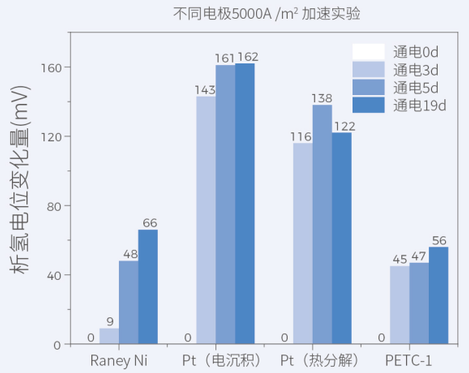



图1 抗Fe离子沉积

* 力炻电极产品在饱和Fe离子存在条件下与Pt相比依旧能保持优异的析氢活性，过电位增加量保持在50mV左右

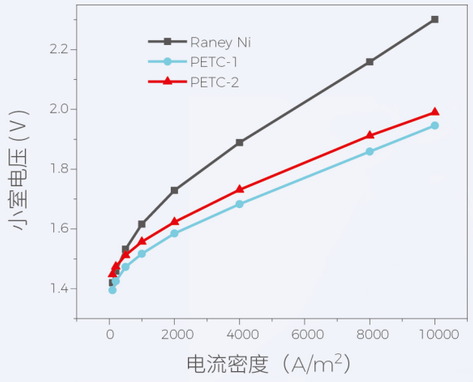



图2 槽压测试数据

* 力炻电极产品相比于Raney Ni具有更小的槽电压，在30%KOH、2500A/m²@90℃条件下槽压可以达到1.65V以下，能耗低于4 kWh/Nm³ H₂

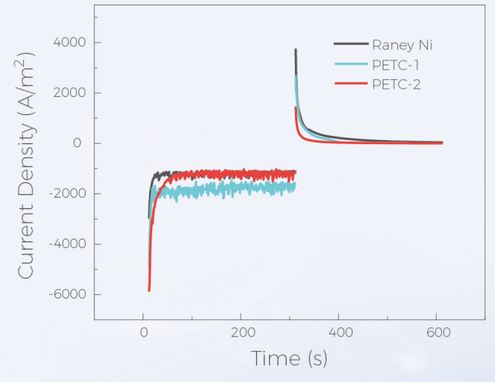



图3 抗逆反电流

* 力炻电极产品能适应频繁启停(逆反电流)电解环境

*图1、2、3 数据基于力炻实验室数据；相关数据均基于30%KOH和PPS隔膜，以雷尼镍网作为阳极



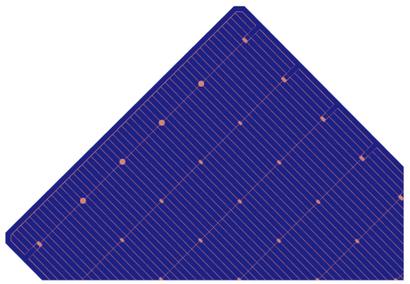
# 光伏镀铜
## Copper Plating for Solar Panels

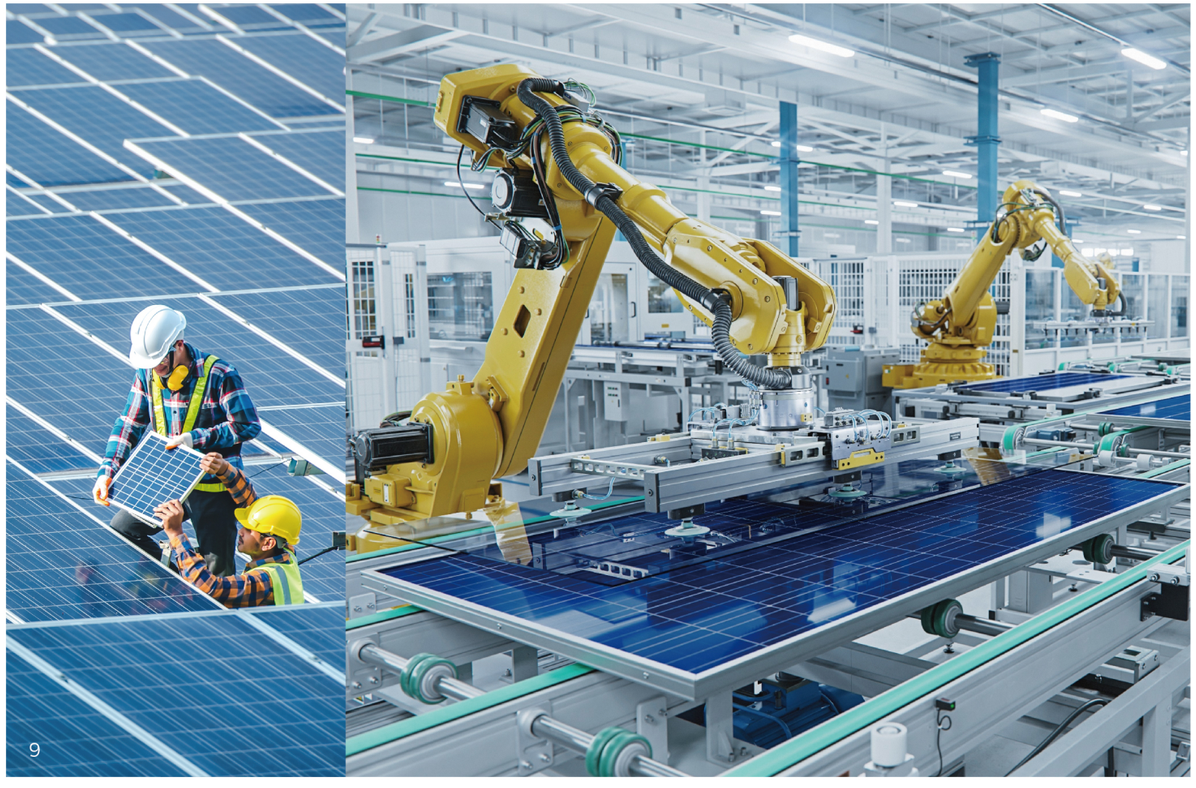
光伏铜电镀技术是采用电化学金属电沉积铜工艺完全取代银浆作为栅线电极，达到光伏行业“去银化”的终极目标。该技术不仅可以提升光伏产品转化效率，而且可以降低光伏企业的制造成本。

力炻电极团队针对光伏镀铜领域开发的不溶性电极产品能够满足更高的生产效率，更细的栅线及更优异的电镀均匀性等特殊制程需求。目前已配合行业内各类型的工艺路线（如直流/脉冲电镀、大电流密度电镀等），为光伏镀铜工艺的开发和迭代提供完善的技术支持服务。

**工艺特点&优势：**

- 生产效率与转化率双提升
- 定制化阳极涂层方案，降低TCO
- 提升栅线品质及均匀性
- 降低镀铜工艺添加剂消耗量







# 复合铜箔
## Composite Copper Foil

复合铜箔是采用金属+聚合物薄膜+金属组合的“三明治”结构，配合磁控溅射、水电镀等关键工艺制造而成。

作为传统电解锂电铜箔的替代产品，复合集流体应用于锂离子电池领域，有更高的能量密度、更低的成本和更高的安全性等优势。

力炻电极在此领域深耕多年，开发出的专用涂层配方，能够提升产品均匀性、承受较高的电流密度、以及更低的光剂消耗量等特点。搭配力炻电极的阳极产品所生产的复合铜箔具有高抗拉、低方阻、低应力等工艺优势，可帮助客户提高复合铜箔收卷长度，提升产品良率（低穿孔率）。

**工艺特点&优势：**

- 定制阳极结构设计，提升镀铜均匀性
- 高电流密度，提高生产效率
- 阳极涂层特殊设计，降低镀铜应力
- 提升最终成品收卷及产品良率

