

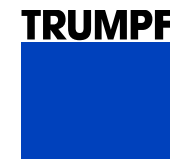


# 激光技术助力汽车高效、轻量化制造

---

张令开 | 通快（中国）产品与行业管理

电话：177 7223 8573



# 主要内容

- ❖ 激光在新能源汽车“三电”中的应用
- ❖ 激光技术在汽车轻量化制造中的应用趋势
- ❖ 通快公司简介

# 主要内容

## ❖ 激光在新能源汽车“三电”中的应用

- 驱动电机和电控中的应用
- 动力电池中的应用

## ❖ 激光技术在汽车轻量化制造中的应用

- 激光加工热成型钢
- 激光加工铝合金
- 激光加工异种材料

## ❖ 通快公司简介

# 为什么选择激光技术

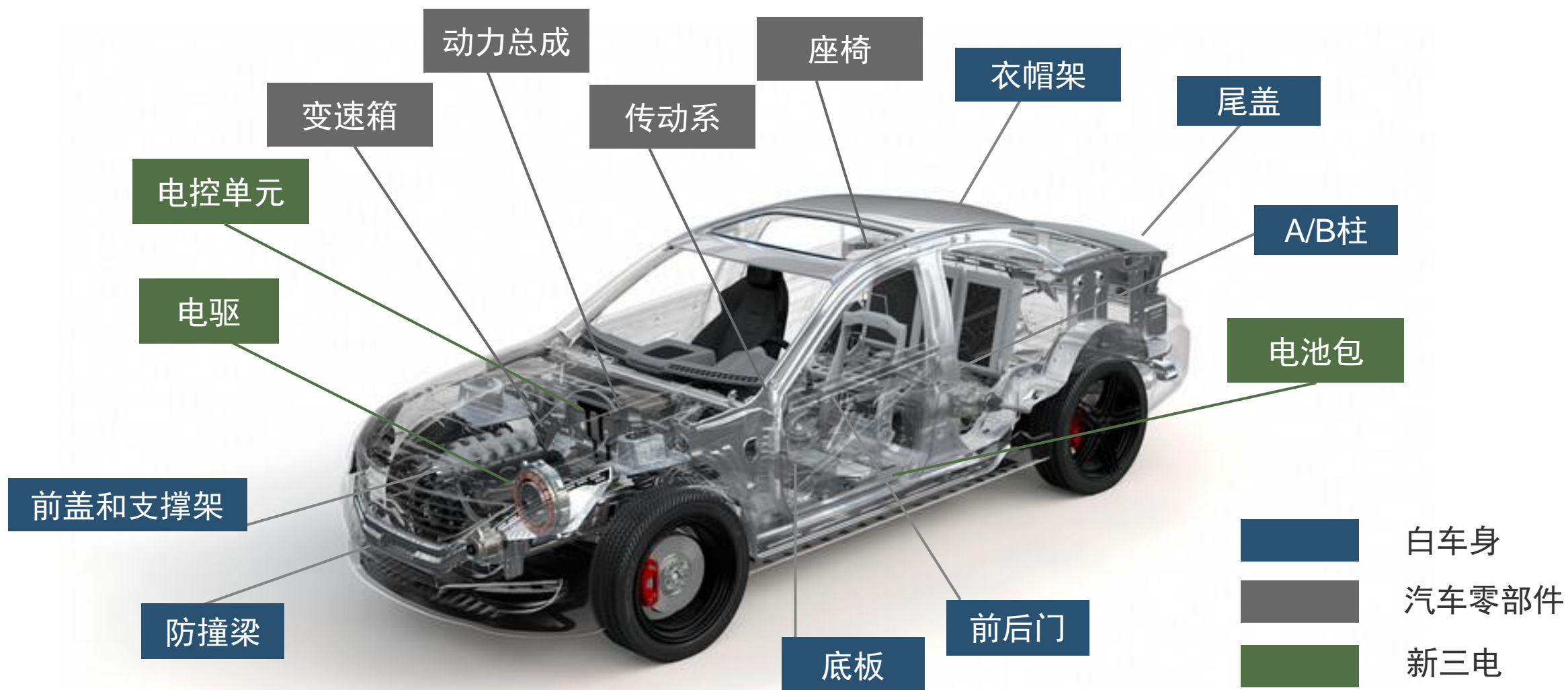
## 激光焊接的优势



## 优势

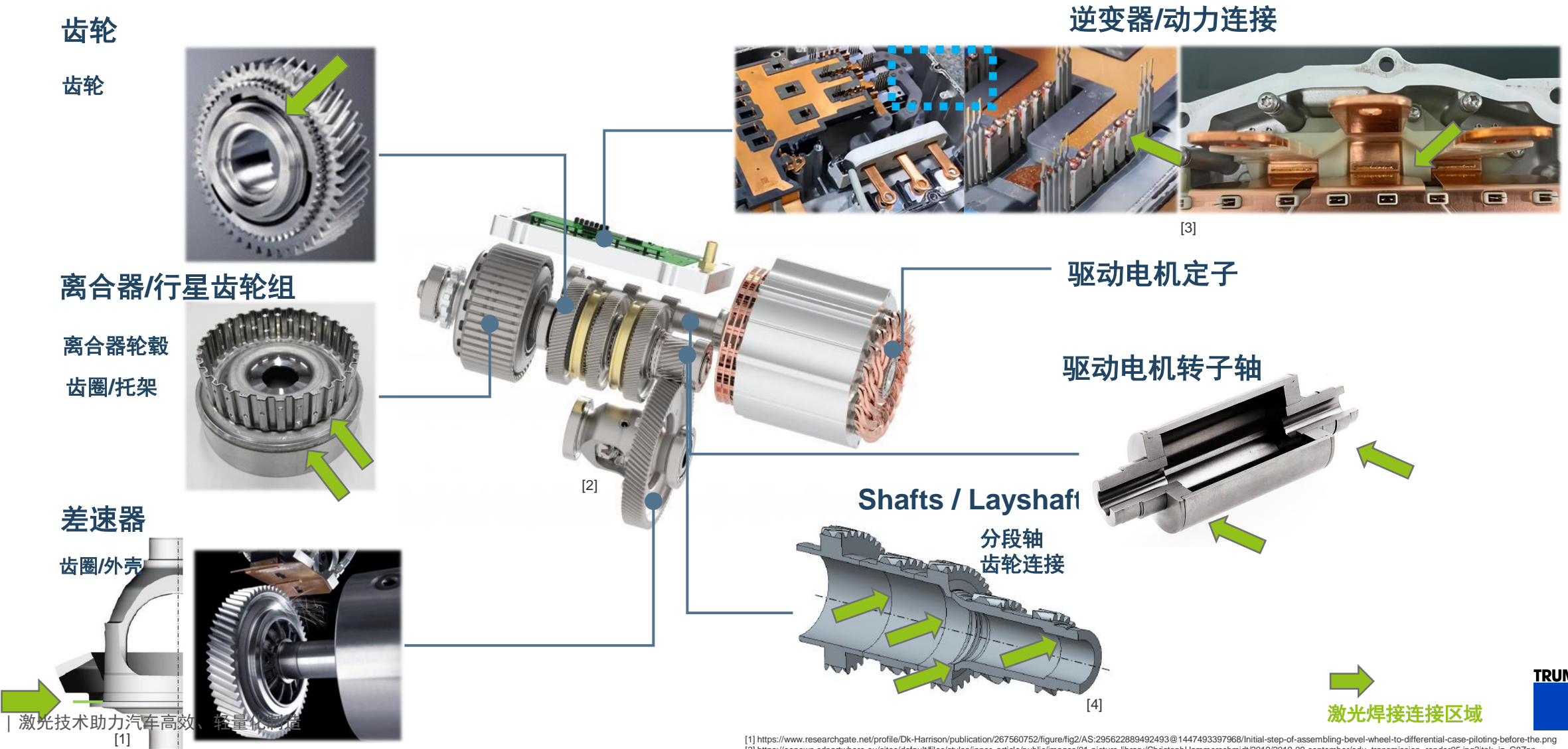
- 非接触式的焊接方式
- 焊接光斑小，焊缝更加精细
- 热输入量小，热形变小
- 焊接速度快
- 生产成本低
- 自动化程度更高
- 便于集成视觉检测和质量检测

# 激光技术在汽车制造中的部分典型应用区域



# 激光在电驱动系统中的主要应用

## 激光涵盖了广泛的应用和材料

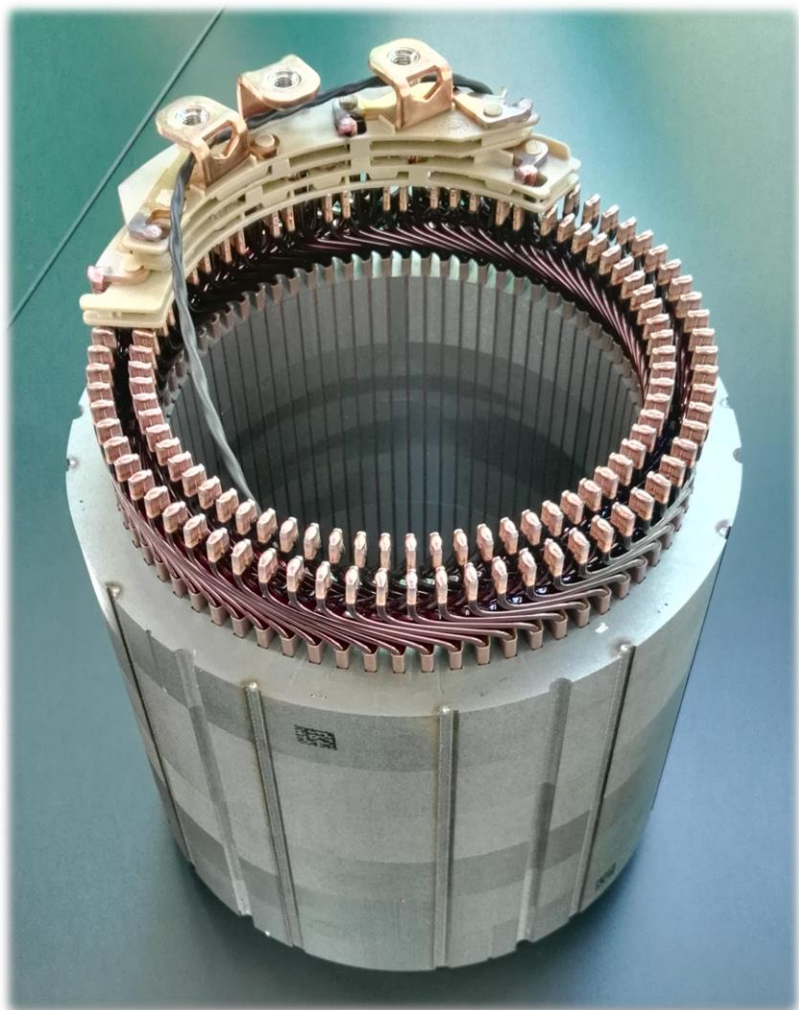


[1] <https://www.researchgate.net/profile/Dk-Harrison/publication/267560752/figure/fig2/AS:295622889492493@1447493397968/Initial-step-of-assembling-bevel-wheel-to-differential-case-piloting-before-the.png>  
 [2] [https://eeneews.cdnartwhere.eu/sites/default/files/styles/inner\\_article/public/images/01-picture-library/ChristophHamerschmidt/2019/2019-09-september/edu\\_transmission\\_renderer05.jpg?itok=iz\\_C8Zpn](https://eeneews.cdnartwhere.eu/sites/default/files/styles/inner_article/public/images/01-picture-library/ChristophHamerschmidt/2019/2019-09-september/edu_transmission_renderer05.jpg?itok=iz_C8Zpn)  
 [3] Mach-E Front Motor: Sandy is Blown Away by Great Design - YouTube [4] Source: ZF - Lightweight Forging Initiative Phase I



# 激光在电驱动系统中的主要应用

## 激光在驱动电机定子中的应用

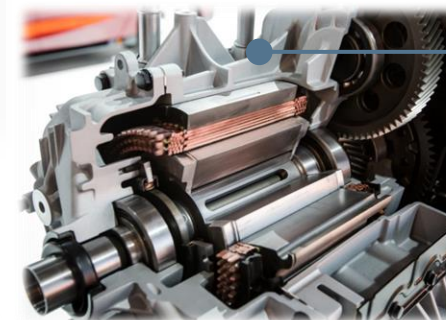


### 扁铜线连接

扁线焊接  
扁线去漆

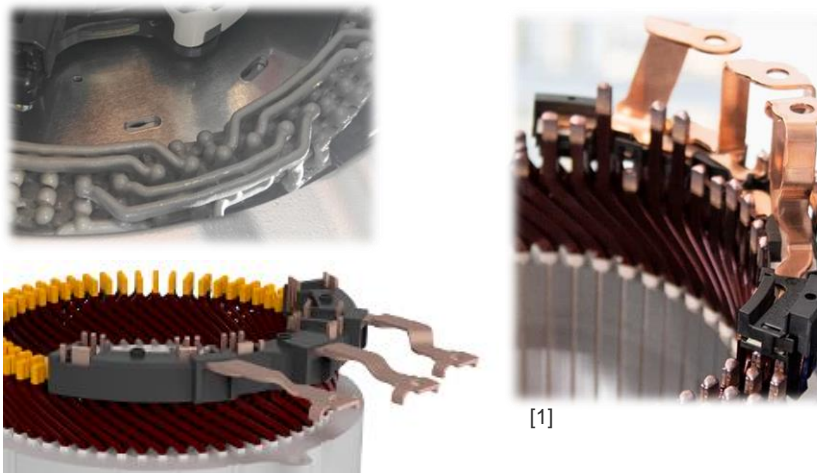


### 驱动电机壳体



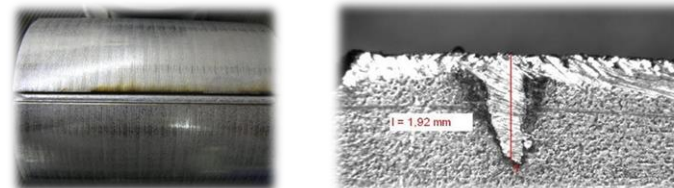
立管的切除  
激光清洗壳体  
壳体打标

### 相电动力连接/busbar



广泛的连接设计  
点对点  
轨道系统

### 硅钢片

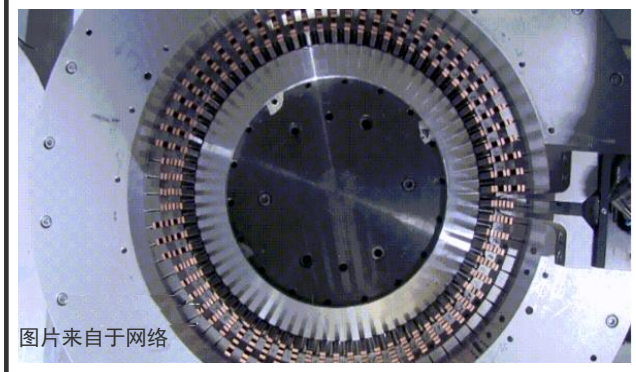
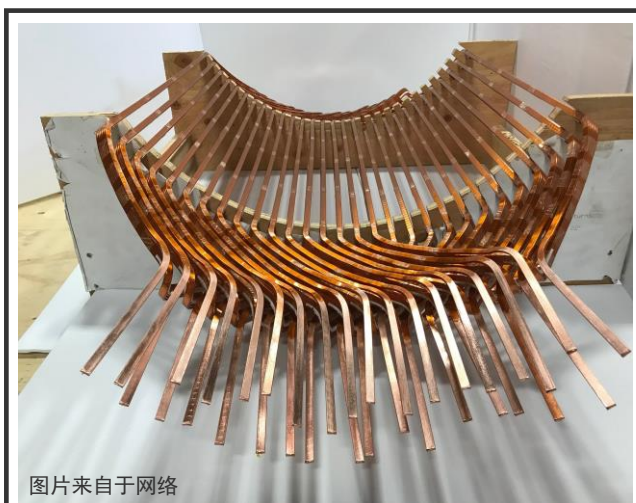


- 1.激光焊前：扁线图像处理
- 2.激光焊接：亮面焊接

# 激光在驱动电机定子扁铜线中的应用

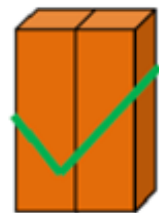
VisionLine 图像处理，提高对于扁线位置的定位质量

通快解决方案

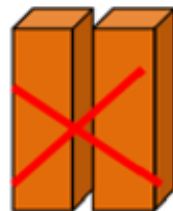


扁铜线焊接前状态

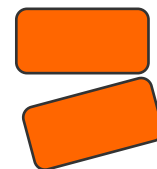
典型的组装失调



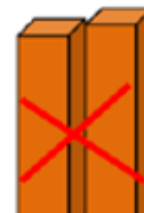
间隙



角度



偏移量



高度差



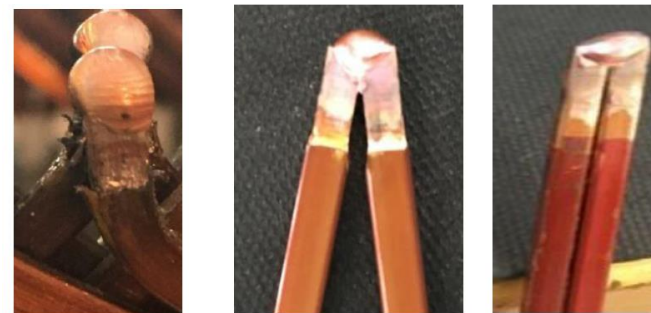
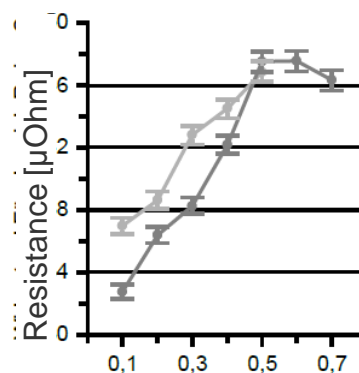
TRUMPF 建议容差范围： <math><0,2 \text{ mm}</math>

<math><0.3^\circ</math>

<math><20\%</math>

<math><0,5 \text{ mm}</math>

差的焊接结果

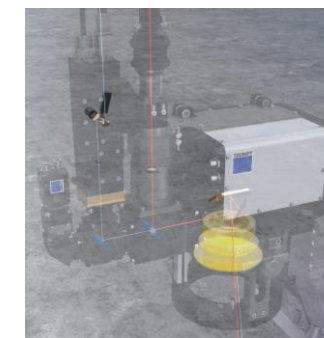


Gapsize [mm]

Source: Gläßel, T.: Prozessketten zum Laserstrahlschweißen von flachleiterbasierten Formspulenwicklungen für automobile Traktionsantriebe, FAPS, 2020



VisionLine Detect

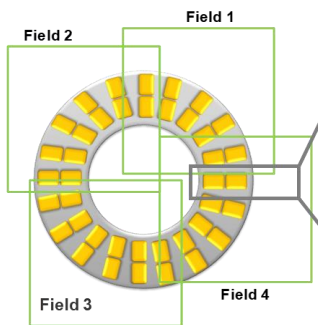


VisionLine OCT Detect

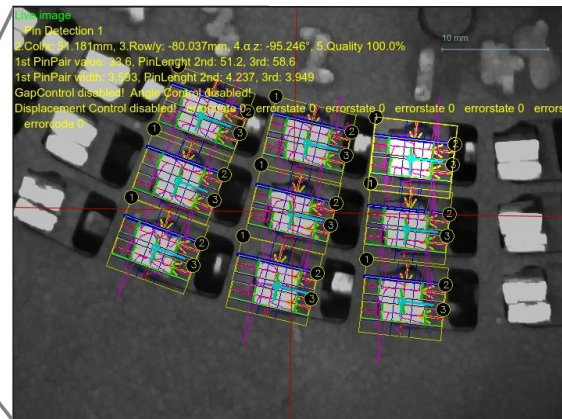


# 激光在驱动电机定子扁铜线中的应用

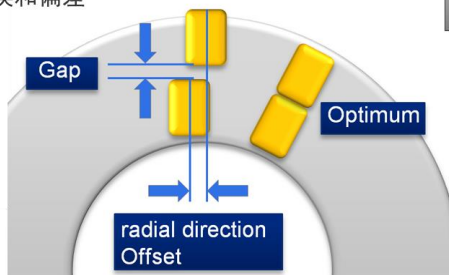
## VisionLine 图像处理解决多种应用挑战



单次测量信息

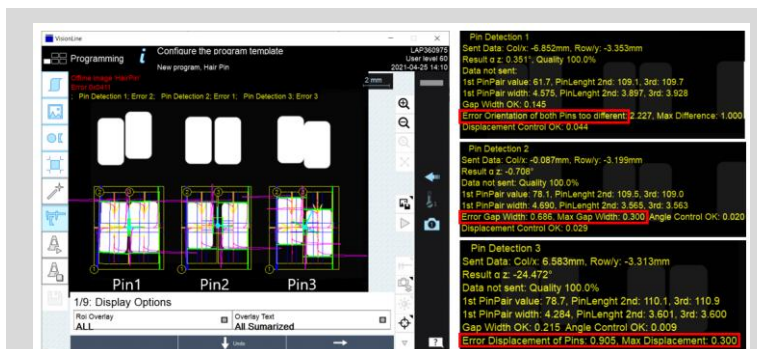


可能的错误和偏差

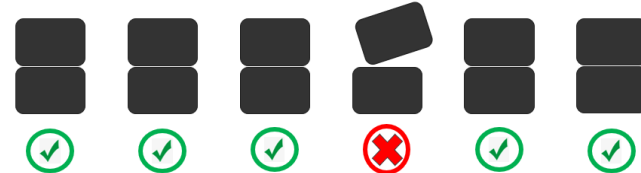


测量区域 N (M对扁线) → 存储位置信息 → 激光焊接

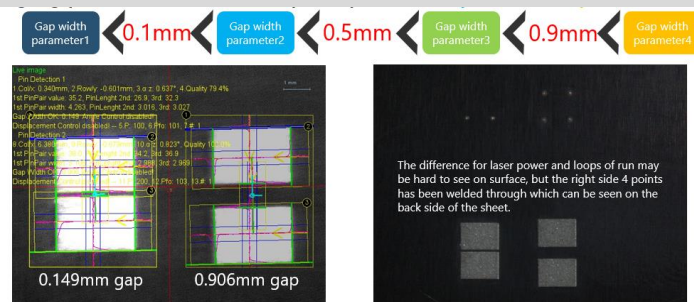
一定范围内的间隙和位置偏差通过与生产厂商一起探讨来确定，实现满足要求的焊接结果。



检测信息输出



Hairpin 焊点跳过

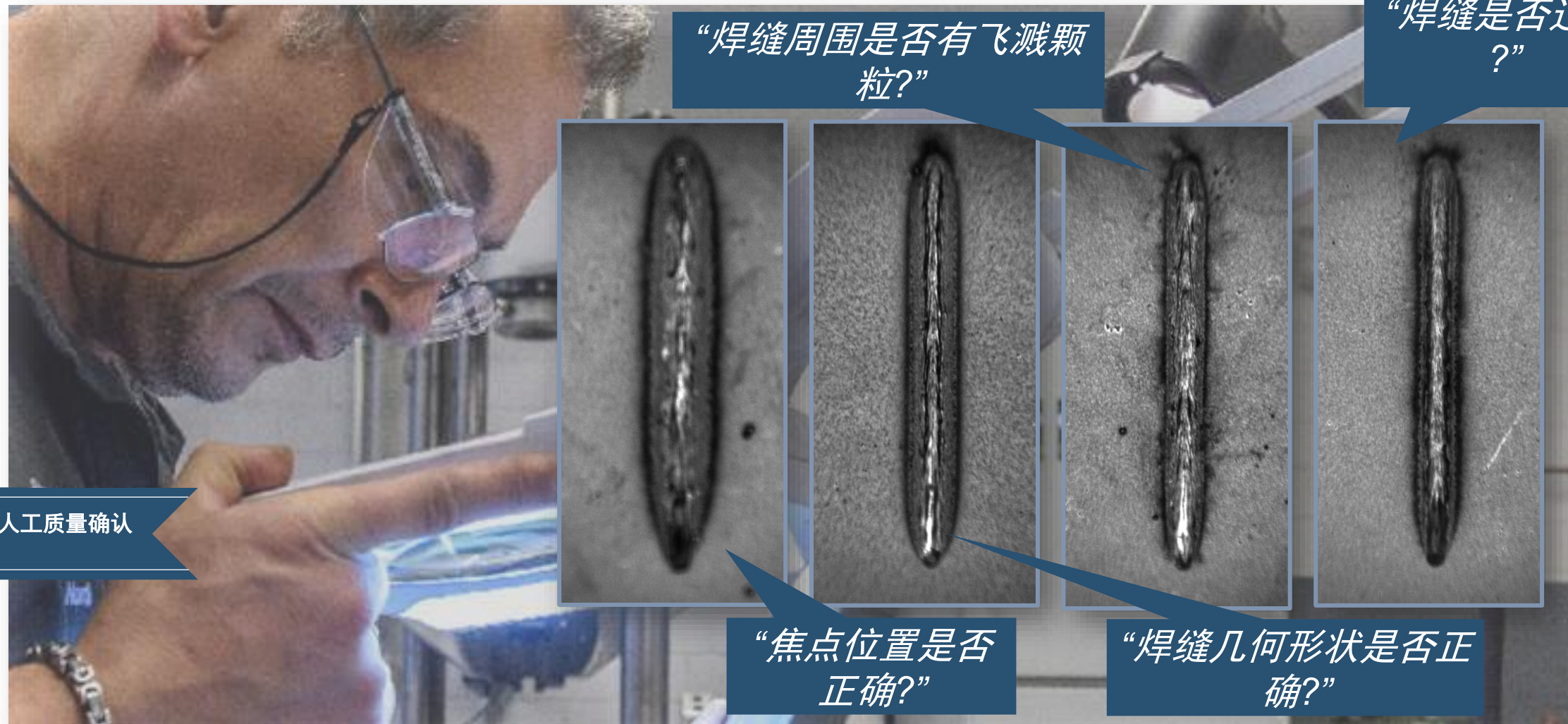


间隙工艺补偿



# 生产中出现的新的挑战

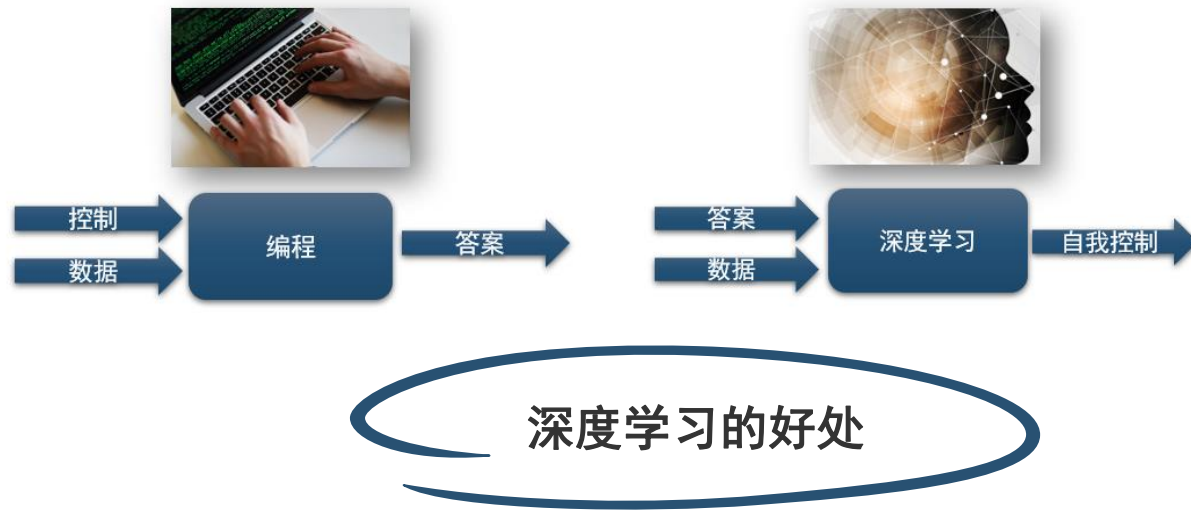
## 产线中激光焊接前后的质量评估





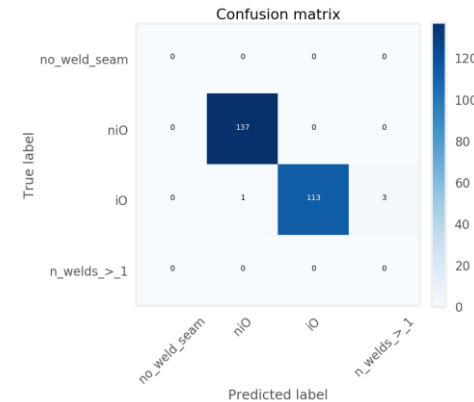
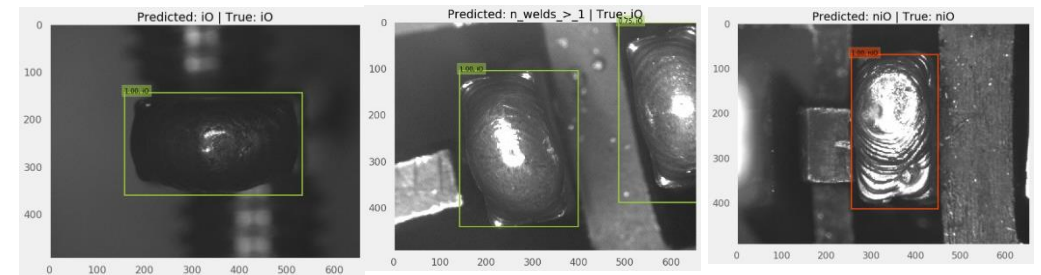
# 通快VisionLine 和人工智能技术相结合的创新方案

## 采用深度学习的新视觉检测方案



- 无需专家手动编程
- 算法独立学习相关特征
- 训练数据量可控
- 硬件要求降低（例如 GPU）
- 模型变得更易于理解和解释

应用案例：



Accuracy: 99,6%

Precision: 100%

Sensitivity: 99,1%

F1-Score: 99,56%

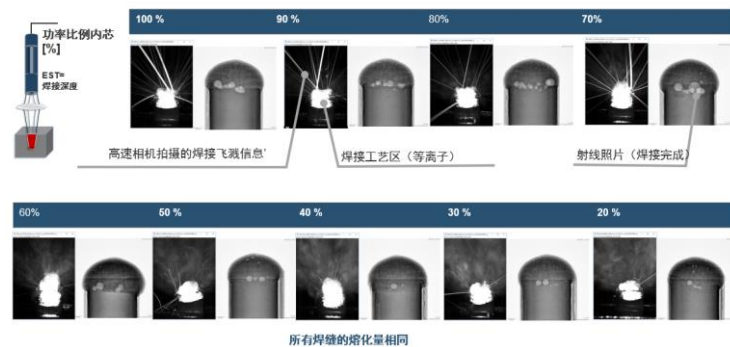
# 激光在驱动电机定子扁铜线中的应用

## 环芯光斑可调技术是扁铜线焊接的最佳方案

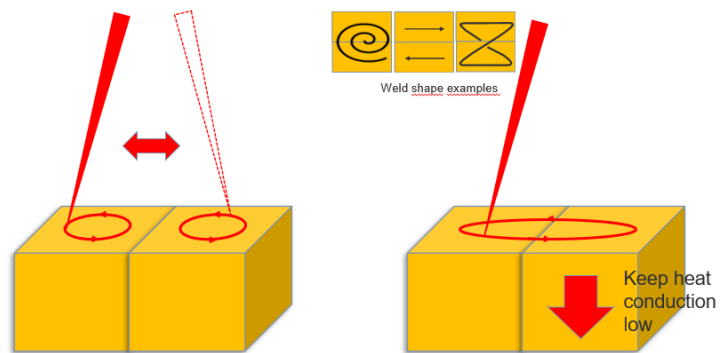
### 环芯光斑可调技术的焊接优势

显著减少焊接飞溅和气孔

Patent protected



### 基础理论分析

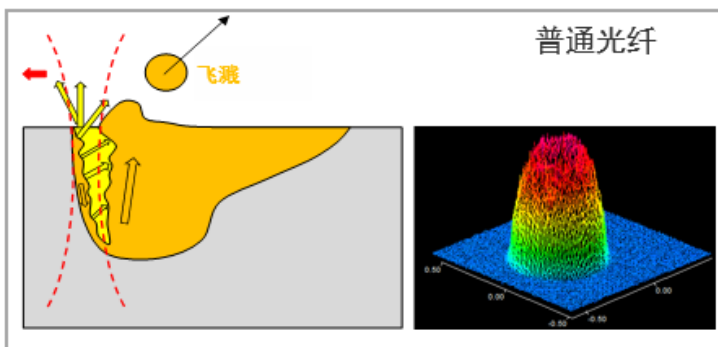


### 工艺方式优化



# 激光在驱动电机定子扁铜线中的应用

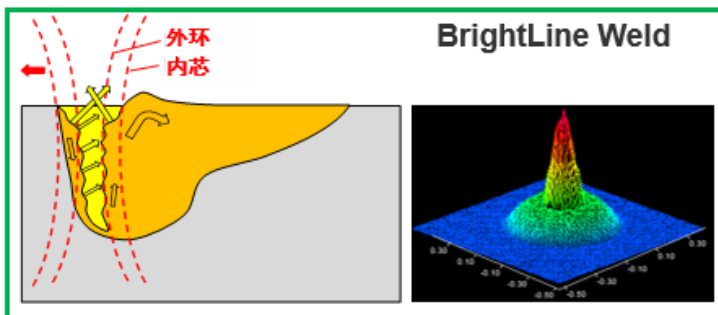
## 环芯光斑可调技术



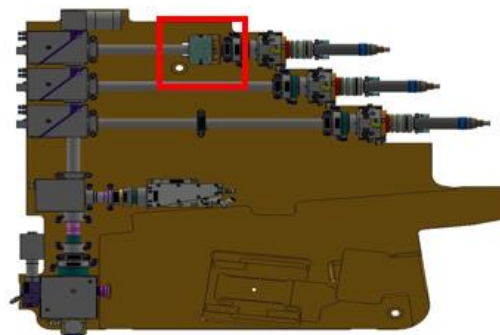
普通光纤



**BrightLine Weld**: 极其准确的设定环形光束位置



**BrightLine Weld**



### 升级方便

- 现场可以快速改造成BrightLine weld 功能
- 单一激光器支持高达5光路改造
- 对于被反射光具有极高的稳定性
- 光纤插拔实现最大化的生产效率



### 设定能量分布便捷

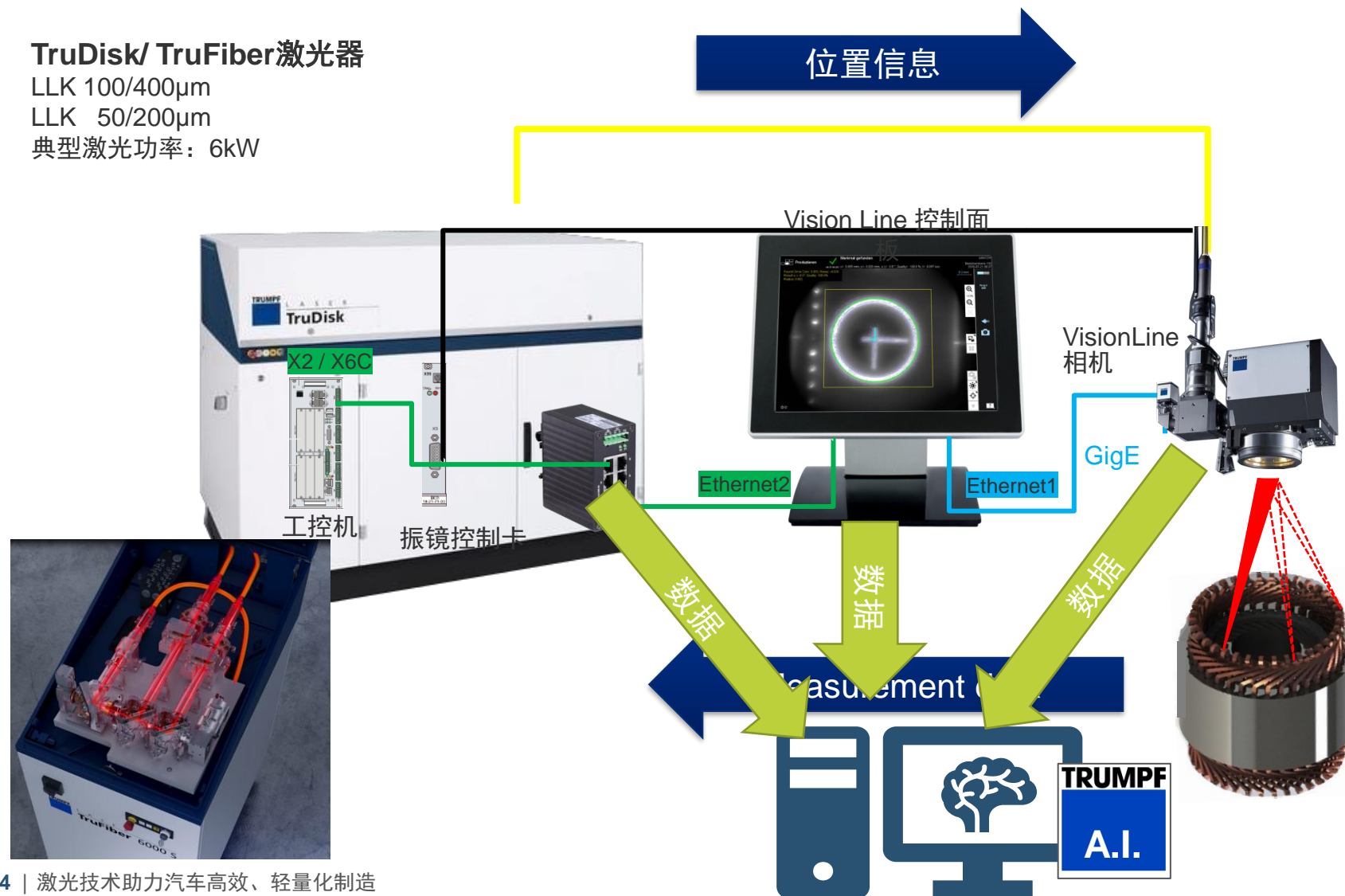
- 可以通过激光器软件或者是现场总线设定功率分布
- 光纤内芯或者是环可以实现满功率输出
- 光纤内芯可以设定从10% 到 90%的激光满功率，外环则相反，设定精度为1%
- 一个激光光路实现3种应用

# 激光在驱动电机定子扁铜线中的应用

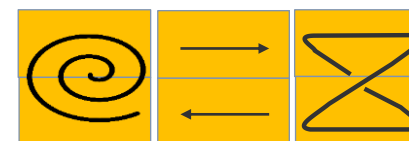
## 最优异的焊接方案

### TruDisk/ TruFiber激光器

LLK 100/400 $\mu$ m  
 LLK 50/200 $\mu$ m  
 典型激光功率：6kW



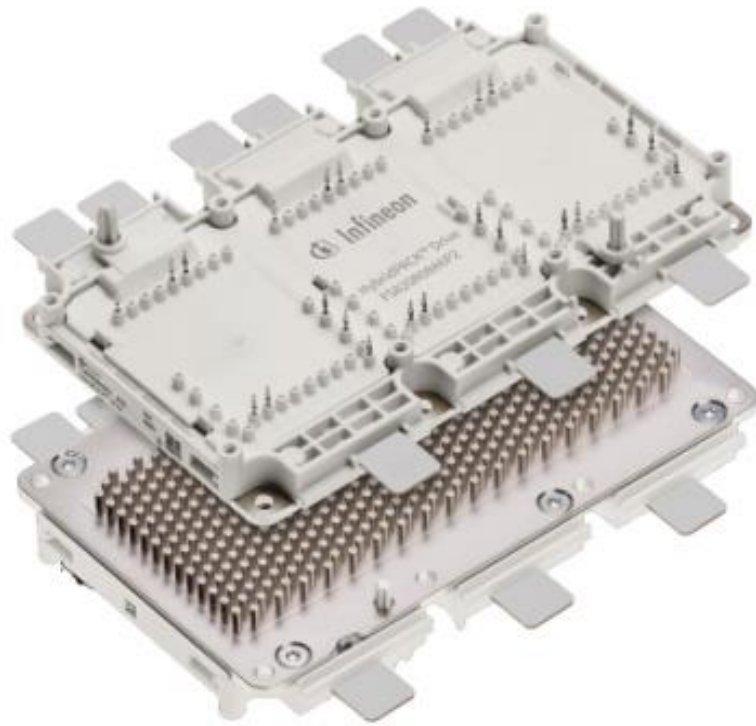
- 激光器具有闭环功率控制，保证长时间激光输出功率稳定在 $\pm 1\%$ 内，无需定期调整
- 基于图像处理的100%闭环位置控制
- 灵活的编程方案（示教和焊接图形）



焊接图形示例

- 无需专业激光知识即可上手操作
- 成熟的激光器光学平台管理允许一台设备用于多个工作站

# 激光焊接电控中的电接触片



IGBT – module (source: Infineon)



焊接接面图

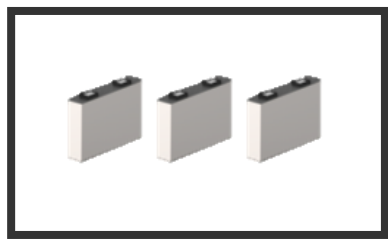
典型材料厚度： 0.5- 2mm

材料类型： ETP

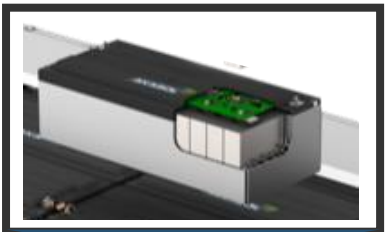


# 激光已经成为电池制造中的重要工具

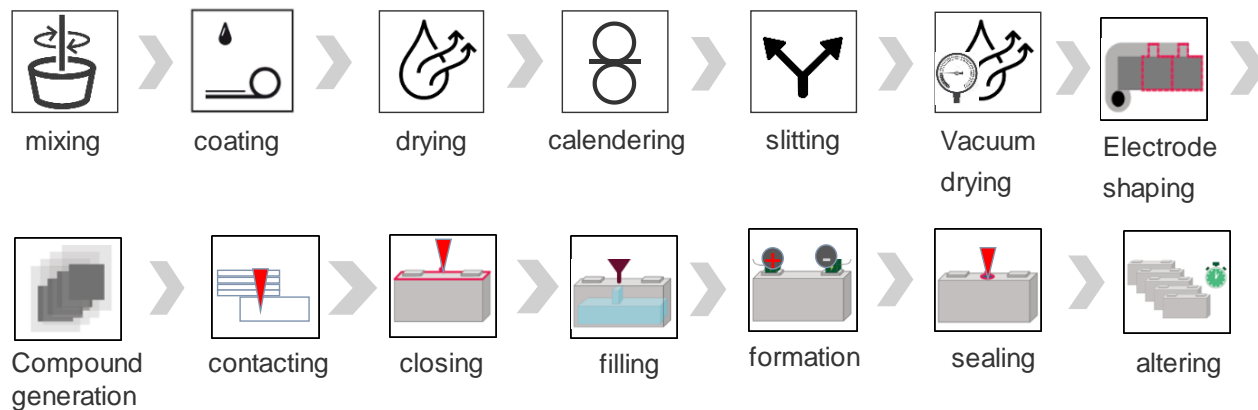
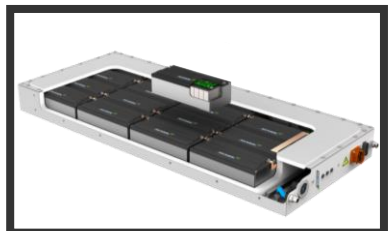
电芯



模组



电池托盘



## 激光应用

### 成熟应用

- 打标
- 切割
- 焊接

### 新应用

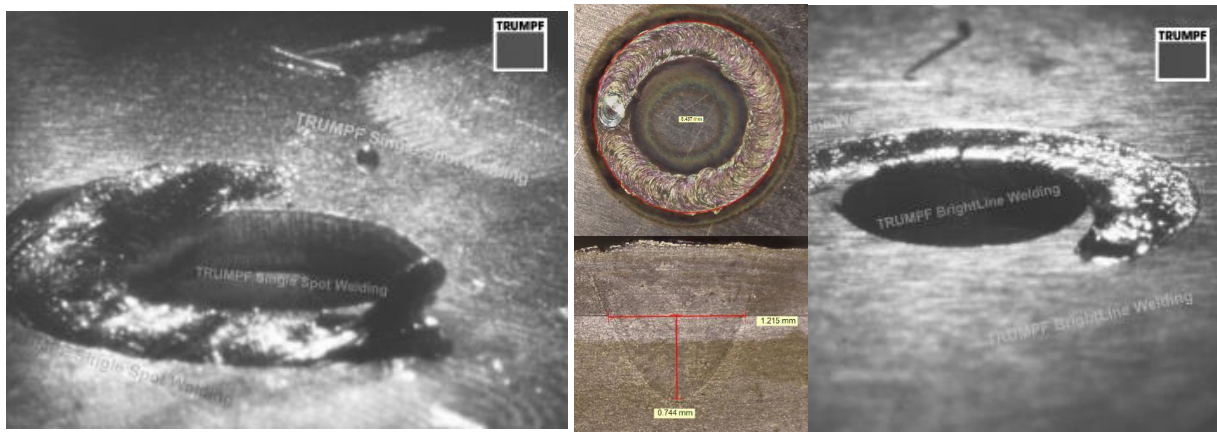
- 预成型
- 结构化
- 干燥
- 钻孔

- 
- 模组的制造（连接片、盖壳焊接）
  - 热管理和防护
  - 电池盒（结构件焊接）



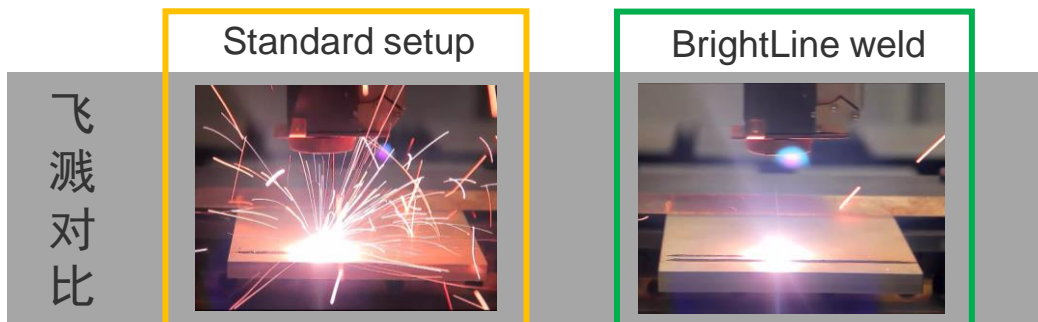
# 电池模组解决方案

## 方壳电池Busbar



焊缝成型极其美观，平滑

	通快激光BLW	优势
产量	600	更高的产能
良率	>98%	更高的良率
焊接功率	< 5kW	较低的功率
焊接速度	100mm/s	高速焊接
熔深	1.3mm	更深的熔深
裂纹	几乎无裂纹	友商裂纹率大于50%
表面成型	极其光滑	焊接效果更稳定
飞溅	小于100μm, 飞溅是友商的1/3	



飞溅对比

Standard setup

BrightLine weld

# 实时焊接熔深监控 Visionline OCT Check

OCT 传感器



平板电脑



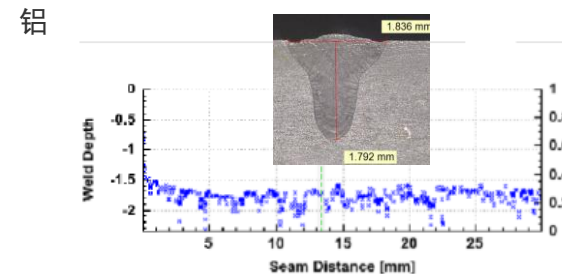
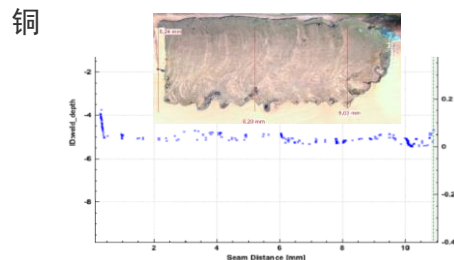
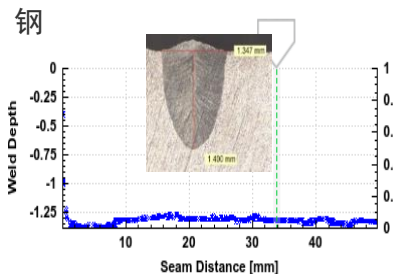
OCT 控制柜



- OCT采样频率从70kHz 提高到250kHz，采样速度更快
- 通过**通快软件**实现焊接过程的编程和检测
- 已经在铜、铝合金激光深熔焊接中积累了大量经验、数据
- 与通快PFO振镜实现完美的匹配

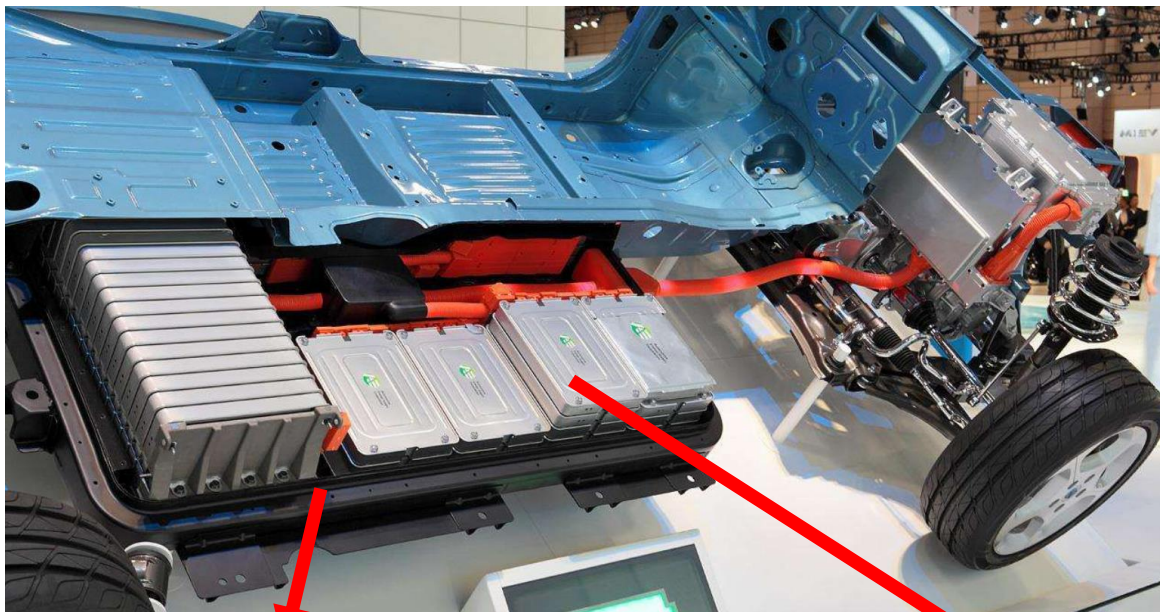
欢迎提供采用深熔焊应用的样件进行评估测试！

部分测试数据与剖面测量数据对比：



# 电池盒结构件焊接解决方案

## 使用高功率脉冲激光器对表面进行清洁/纹理化

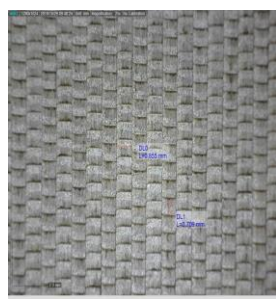


### TruMicro 70x0 +PFO 20/33 方案优势

- 激光平均功率高达**2kW**，单脉冲能量达**100mJ**
- 激光器可以支持**50%、33%或者是25%**的分能方式，清洗效率高
- 激光器可以搭配多种PFO振镜配置，实现定制化的清洗区域
- 非接触式清洗



托盘和安装孔清洗/去涂层 (>10 cm<sup>2</sup>/s)

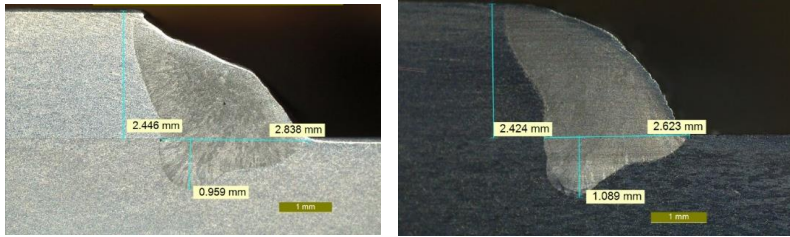


电芯表面清洗/结构化 (> 25 cm<sup>2</sup>/s)

# 电池盒结构件焊接解决方案

多种焊接形式满足不同的焊接熔深和外观要求

激光深熔焊接（采用OCT焊缝跟踪技术）



TruDisk 6001+PFO 3D 450

速度：4m/min

速度：4m/min

焊接形式：zigzag

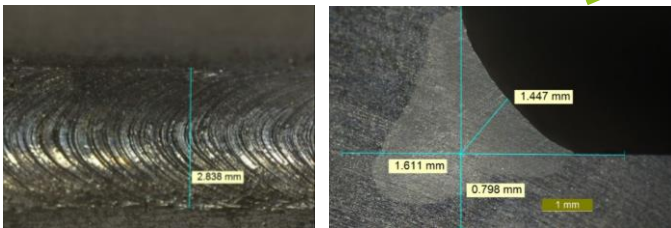
焊接形式：zigzag

LLK 100/400 50%core

LLK 200



激光填丝焊接

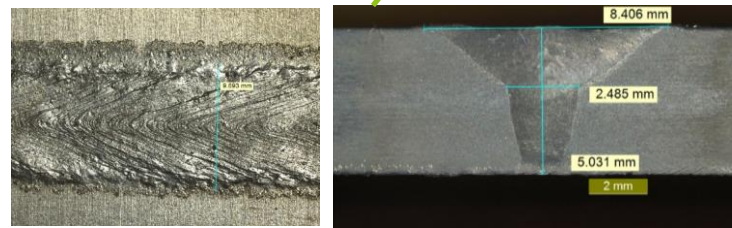


TruDisk 4001+LLK 400+MSO F200

速度：3m/min

焊丝：Al5183，1mm焊丝直径

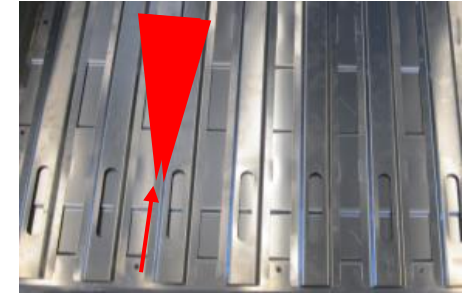
激光复合焊接



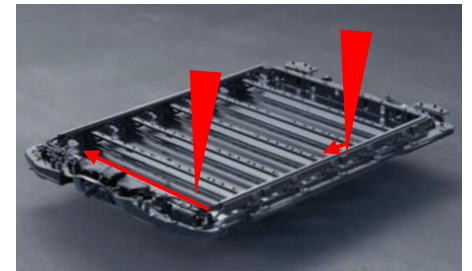
TruDisk 5001+LLK 300+Fronius H90（伏能士）

速度：1.8m/min

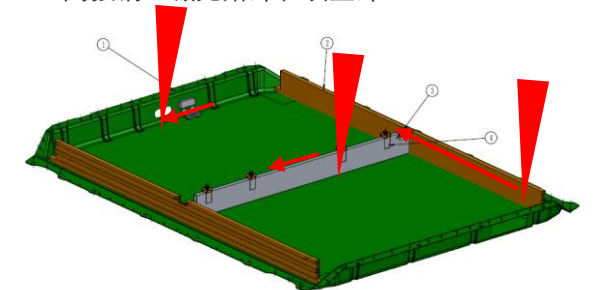
焊丝：Al5187，1.2mm焊丝直径



铝合金：激光熔焊



高强钢：激光熔焊和填丝焊



钢：激光熔焊和填丝焊

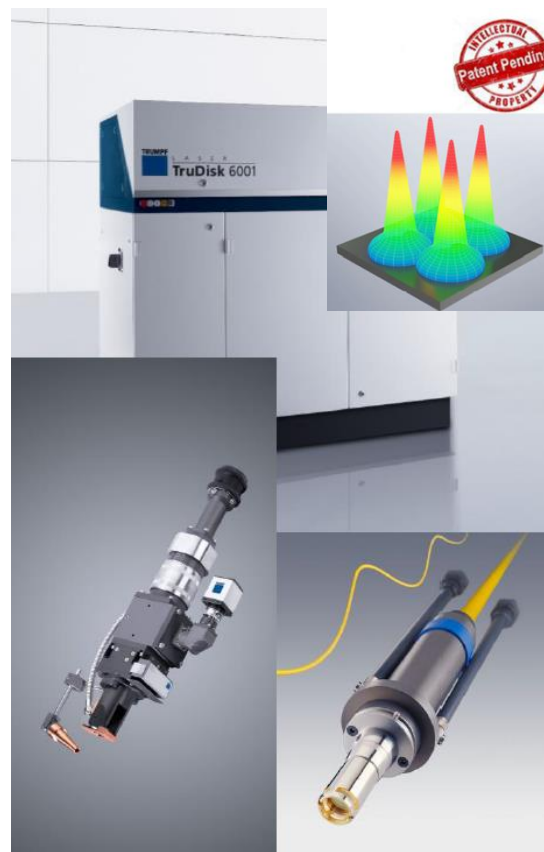
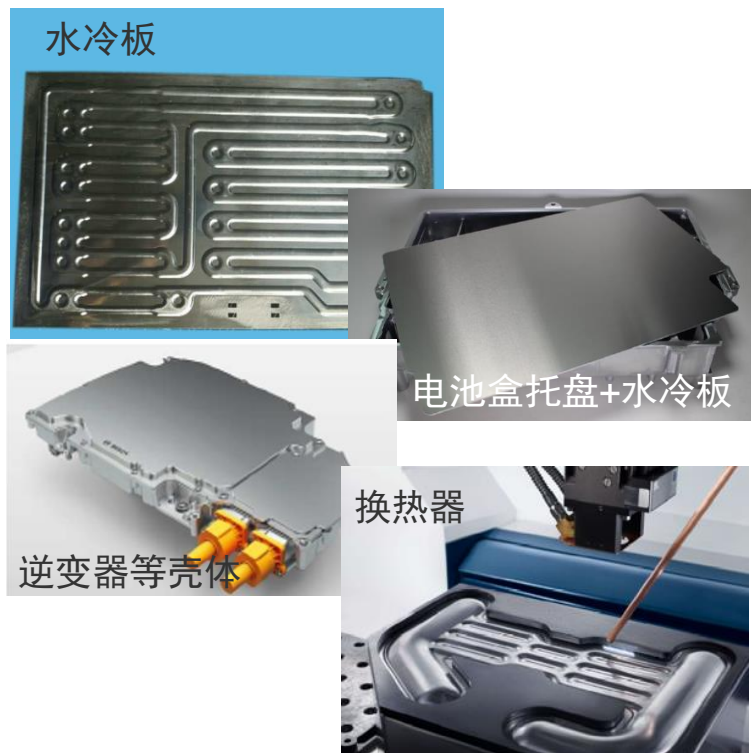
# 电池盒结构件焊接解决方案：水冷板焊接

采用多光斑焊接头实现高产能和气密性好的定制化焊接

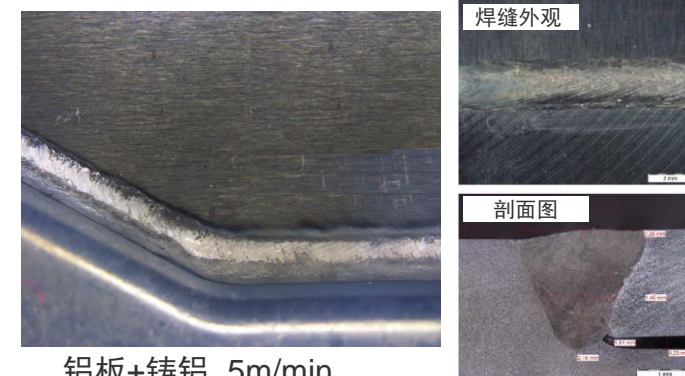
应用场景

通快解决方案

通快解决方案结果



铝板+铝板 8m/min



铝板+铸铝 5m/min

- 工艺要求：
- 1.外觀光滑，無飛濺
  - 2.質量滿足氣密等要求
  - 3.效率高

通快整體方案：產品+工藝

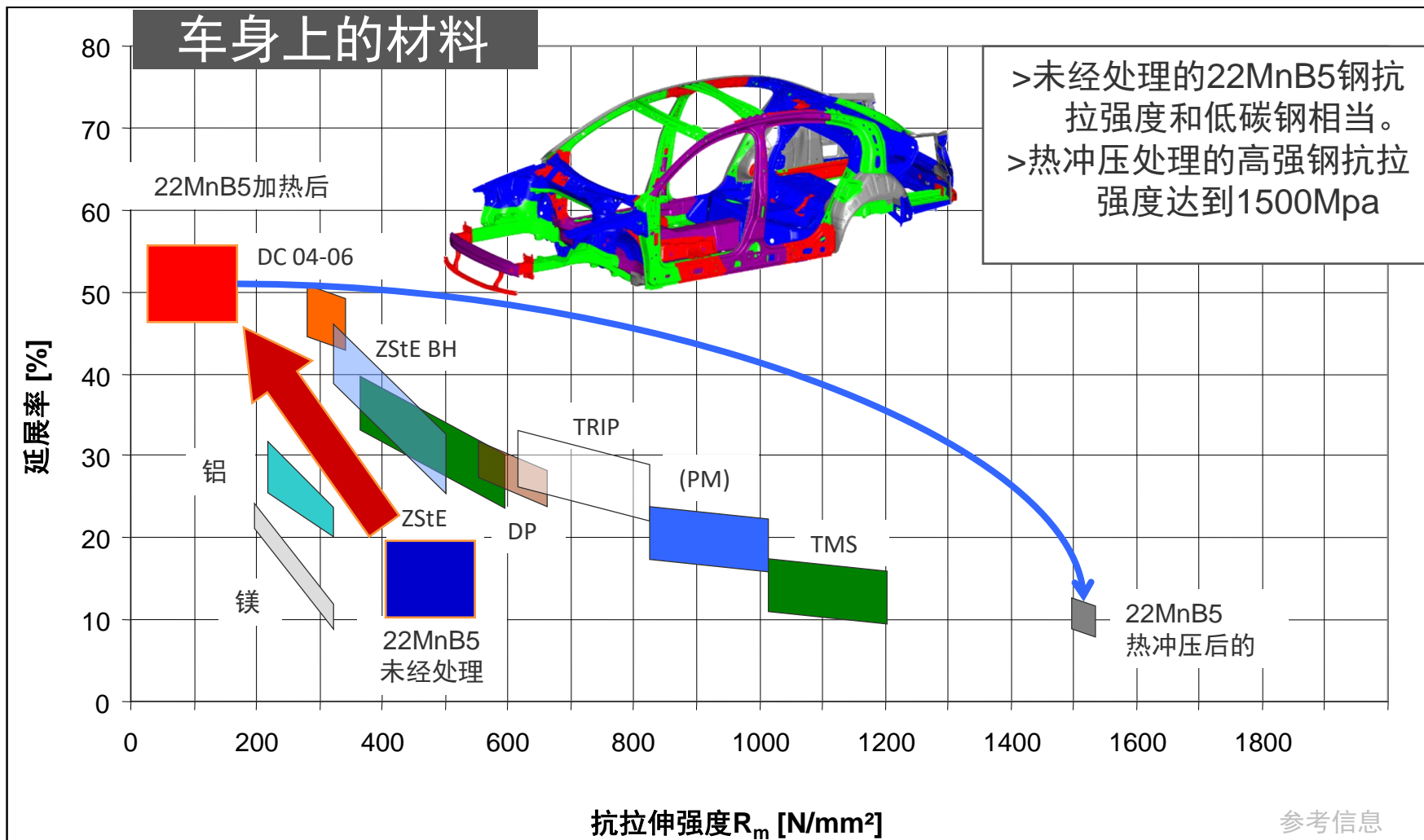
國內多家客戶完成實驗驗證

# 主要内容

- ❖ 为什么采用激光技术？
- ❖ 激光在新能源汽车“三电”中的应用
- ❖ 激光技术在汽车轻量化制造中的应用趋势
- ❖ 通快公司简介

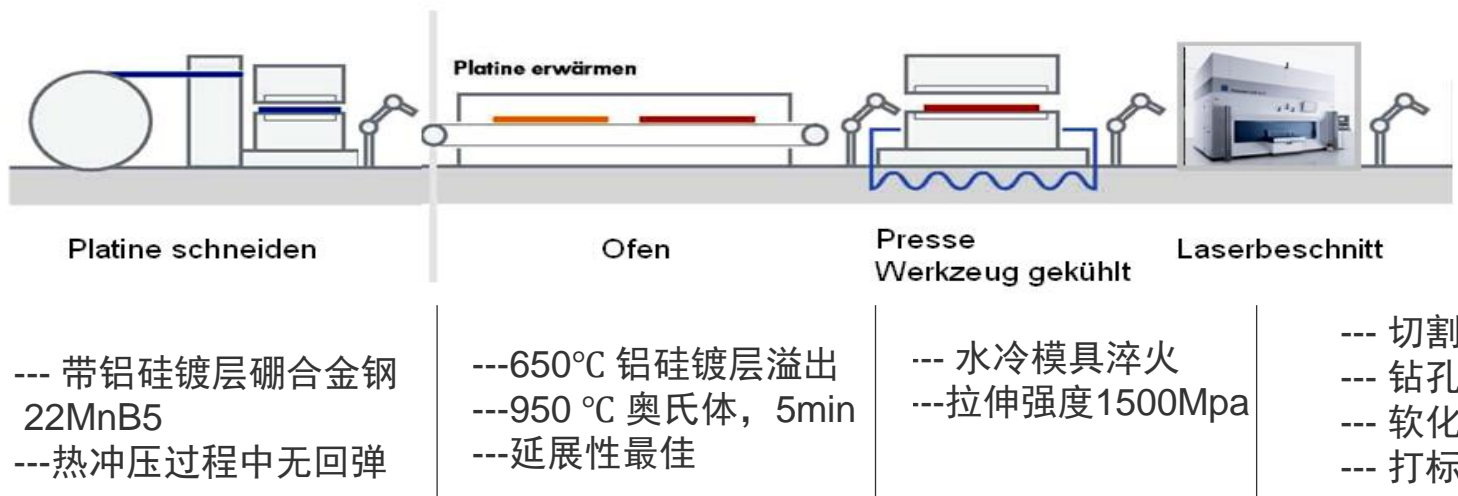
# 汽车轻量化制造：采用新材料

## 增强安全性的趋势：新材料，复合材料，碳纤维



# 汽车轻量化制造：采用新材料

## 使用热冲压高强钢



- ❖ 减少加强筋，使用更薄材料显著的降低重量
- ❖ 提高碰撞指数，保障安全性

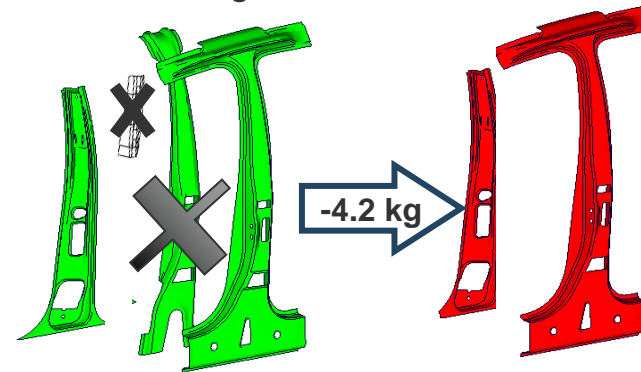
### 中央通道:

- 1 高强钢件=8 传统件, 降低重量和复杂设计
- 减少工装成本
- 降低物流成本
- 增强尺寸稳定性



### B柱:

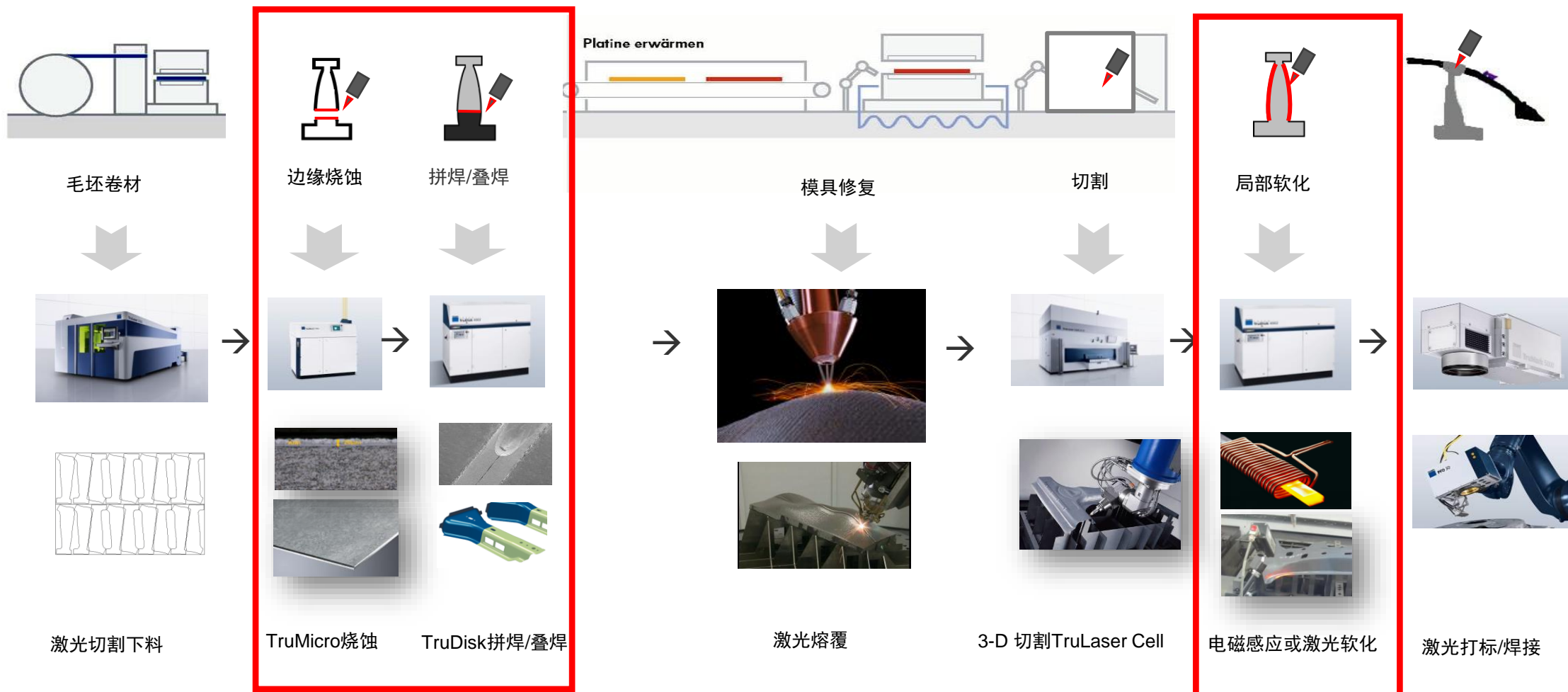
单边省去4.2kg





# 汽车轻量化制造：采用新材料

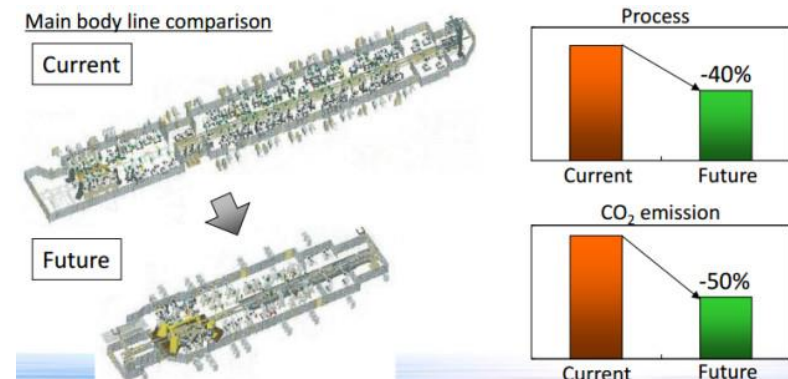
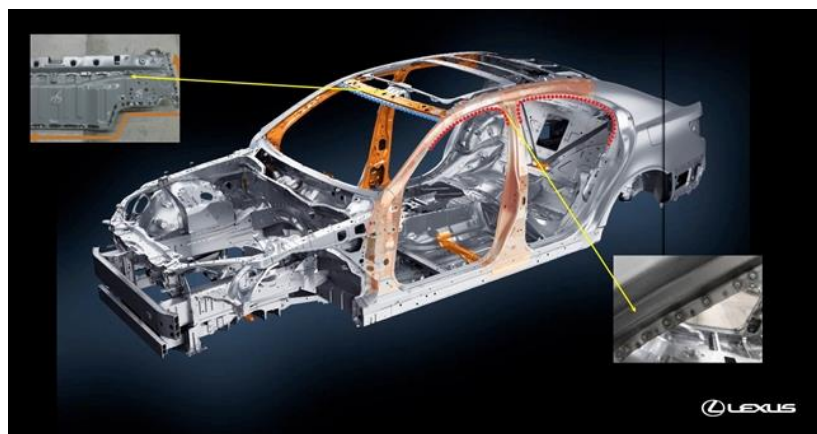
## 通快激光解决方案在高强度钢制造中的应用



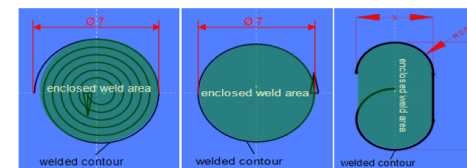
# 汽车轻量化制造：采用新的结构设计

## 激光螺旋点焊接

- 低热量激光可防止车身面板变形，确保卓越的精度
- 使用激光螺旋点焊，焊接本身在 1 秒到 2.5 秒内完成。
- 凭借该技术的多功能性和速度。
- 使用激光螺旋点焊，可减少工厂二氧化碳排放量
- 通快新思路：BrightLineWeld 是减少飞溅的最佳解决方案



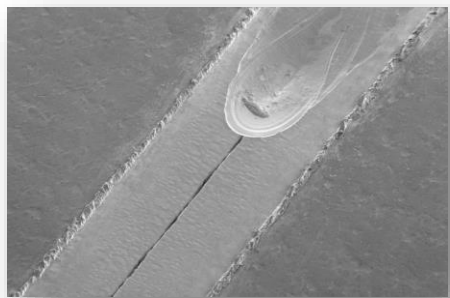
某主机厂声称装配线减少了近 50%



Seam Description	Seam Length l (mm)	Enclosed Area A (mm <sup>2</sup> )	Seam Orientation	Power (W)	Welding Speed (m/min)	Focal Position (mm)
Spiral	l ≈ 80	A ≈ 38	-	3300	6	-2
Cricle	l ≈ 22	A = 38	-	1900	1.5	-4
C-Weld	l ≈ 28	A = 38	Transverse & Longitudal	1900	1.5	-4

# 汽车轻量化制造：采用新材料

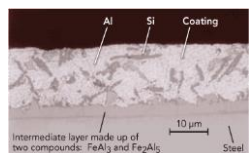
## 激光拼焊和激光软化高强度钢



激光去除硅铝涂层



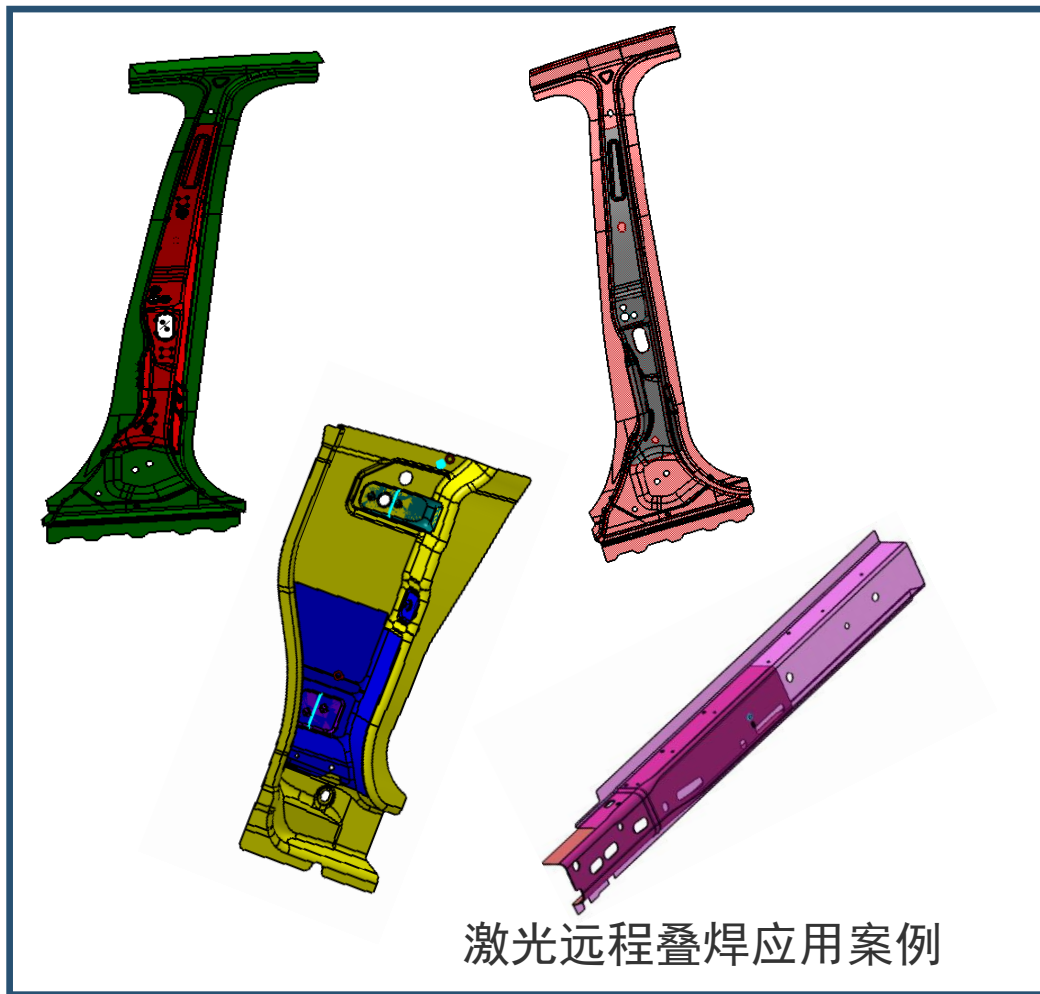
- 不同厚度，不同材料属性
- 焊缝强度高
- 焊接速度快
- 焊缝质量高
- 经济性高
- 热影响区最小，不会影响母材属性



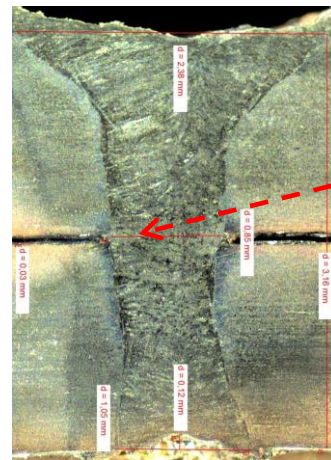
- 刚强度钢的局部区域软化
- 避免因脆化元素而产生的裂纹
- 提高法兰区的碰撞性能
- 提高局部延展性



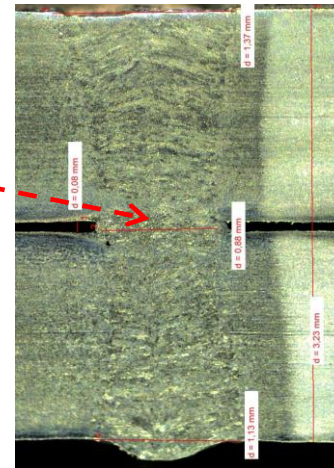
# 汽车轻量化制造：采用新材料 高强度钢激光远程叠焊应用



带硅铝涂层的C型焊接



去除硅铝涂层的C型焊接



焊缝形状对比	电阻电焊	带铝硅涂层激光C形焊接	去除铝硅涂层的激光C形焊接
n	6	10	5
x	14,57kN	14,62kN	18,94kN
s	1,17	1,39	0,25
v [%]	8,06	9,48	1,31



- 激光C形焊接的焊接强度和电阻电焊一致
- 带有铝硅图层的材料会对电阻电焊和激光电焊都产生消极影响

# 汽车轻量化制造：采用新材料

## 局部软化-通快Disk/Fiber连续激光；电磁感应设备；

### 翻边软化:

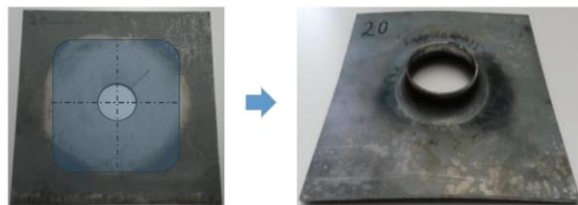
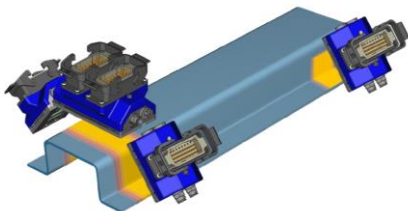
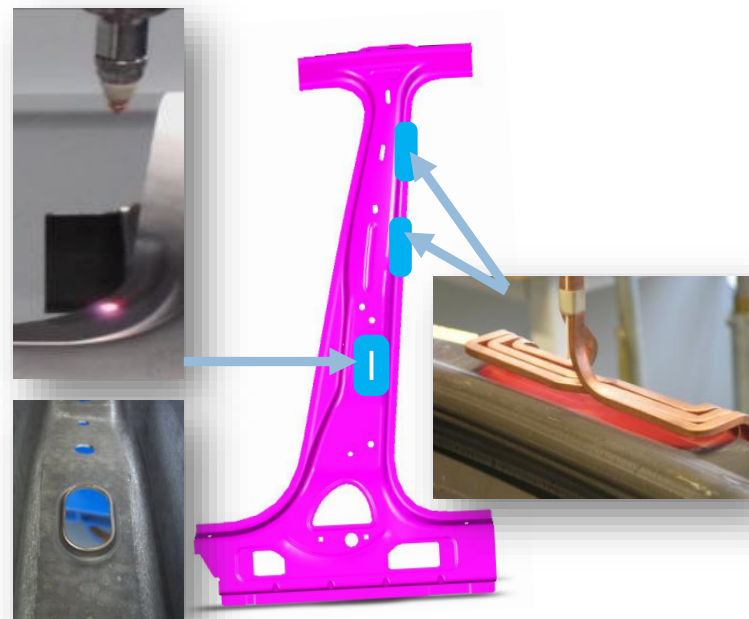
- 制造柔软区降低小区域折弯/焊接时的脆裂
- 柔软区更好的吸能

### 孔周软化:

- 使得孔周能曲成夹孔。

### 某一点软化:

- 使得易于安装铆钉。



# 汽车轻量化制造：采用新材料

## 局部软化-通快Disk/Fiber 连续激光；电磁感应设备；

**母材:**  
冲压件  
厚度: 1.8mm  
涂层: AISi ~25µm  
硬度: 600HV

**边缘软化:**  
目的: 防止脆裂  
使用技术: TruHeat通快感应加热  
时间: 15sec.  
硬度: 250 HV

**底面软化:**  
目的: 改变碰撞性能  
使用技术: TruHeat通快感应加热  
时间: 15sec.  
硬度: 270HV



**翻边软化:**  
目的: 便于翻边  
使用技术: TruLaser Cell 8030, 3KW  
时间: 7sec.  
硬度: 250 HV  
面积: 1cm<sup>2</sup>

**点的软化:**  
目的: 易于铆接  
技术: TruLaser Cell 8030, 3KW  
时间: 7sec.  
硬度: 250 HV  
直径: 15mm

**局部软化:**  
目的: 防止脆裂  
使用技术: TruLaser Cell 8030, 3KW  
时间: 7sec.  
硬度: 260 HV

**孔周软化:**  
目的: 使得孔周能曲成夹孔  
使用技术: TruLaser Cell 8030, 3KW  
时间: 13sec.  
硬度: 250HV



TruHeat电感设备



VCSEL 激光设备



连续激光器设备



# 铝合金激光焊接解决方案

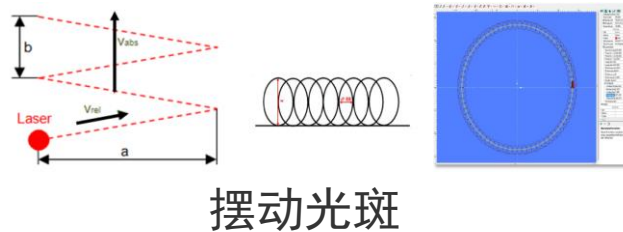
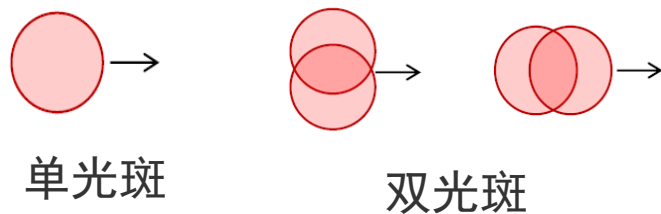
## 常规激光焊接解决方案-纯激光焊接方案

- 双光斑方向不同，焊接效果不同
- 平行双光斑弥补焊缝间隙
- 串行双光斑用来避免热裂纹
- 采用摆动焊接，低焊接速度实现优异的焊缝外观质量
- 采用摆动焊接时，焊缝质量优于双光斑
- 角接焊接时，两种工艺外观一致



对接焊

角接



摆动光斑

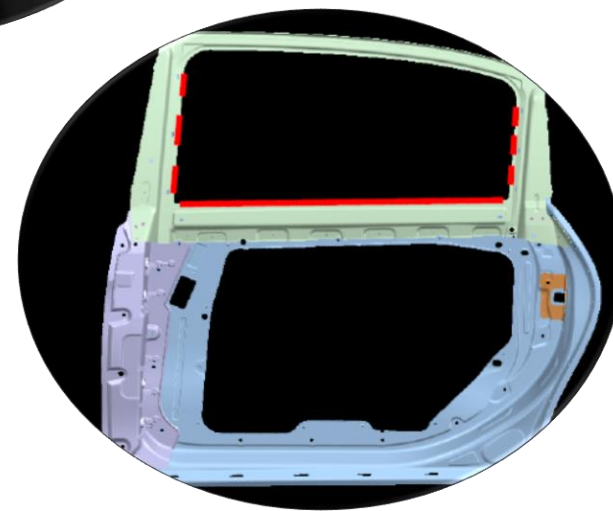
# 铝合金激光焊接解决方案

## 新型激光焊接解决方案-实时焊缝跟踪系统的成功使用

铝合金5系的激光角接焊接

**SeamLine Remote方案优势：**



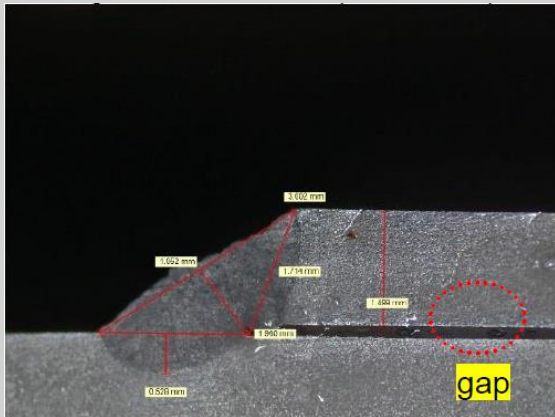


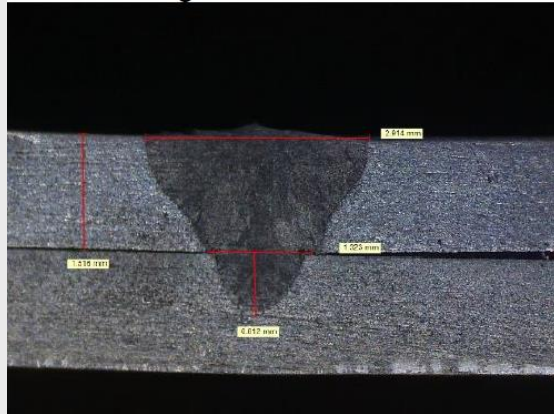
- 工艺比现有的填丝焊接方案**快两倍**以上
- 可靠稳定的远程焊缝跟踪技术（激光三角测量法）
- 集成质量监控和加工工件管理系统
- 缩短加工工件法兰尺寸的灵活解决方案
- 国际化生产理念的标准多功能方案（激光叠焊和角接焊）



SOURCE: DAIMLER AG, Conference EALA 2017



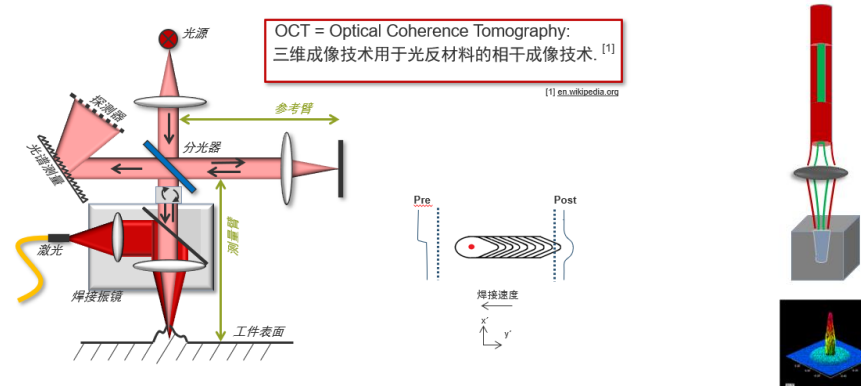
# 铝合金5+6系激光焊接

结构信息	正面照片	背面照片	金相分析
<p>AL5+ AL6 厚度: 1.5+1.5mm 角接焊缝 速度: 80mm/s</p>			
<p>AL5+ AL6 厚度: 1.5+1.5mm 叠焊缝 速度: 90mm/s</p>			

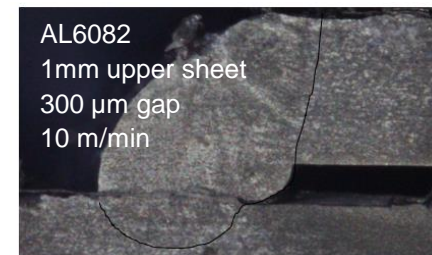
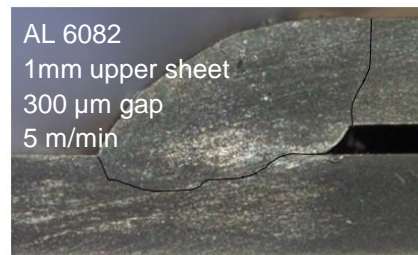
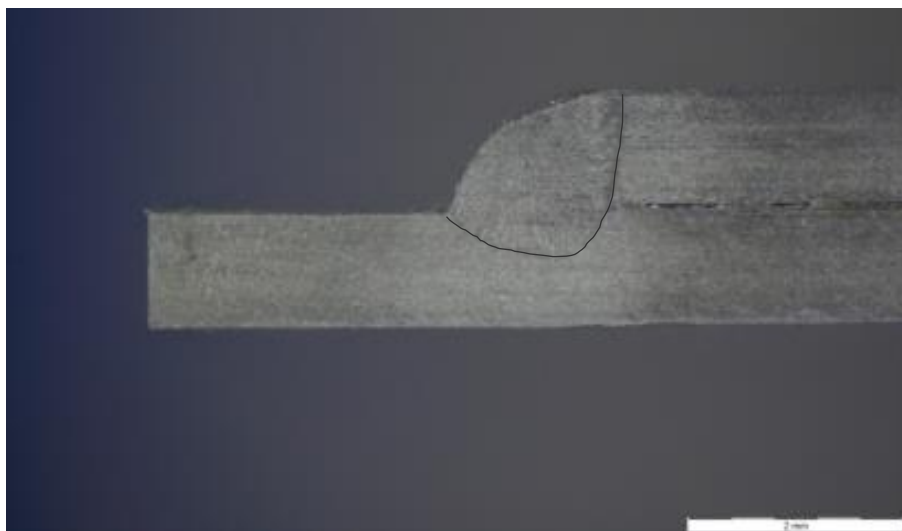
# 焊缝跟踪和减少热裂纹的激光角接焊接

## 环芯可调光斑技术和基于OCT技术的焊缝跟踪实现完美组合：

1. 焊接速度高
2. 6系铝合金的间隙范围要求变大
  1. 1毫米上层板厚时，可高达 300微米
  2. 1.5-2毫米上层板厚时，可高达 500微米



光学相干成像和环芯可调光斑技术示意图



# 激光器和振镜标准功能

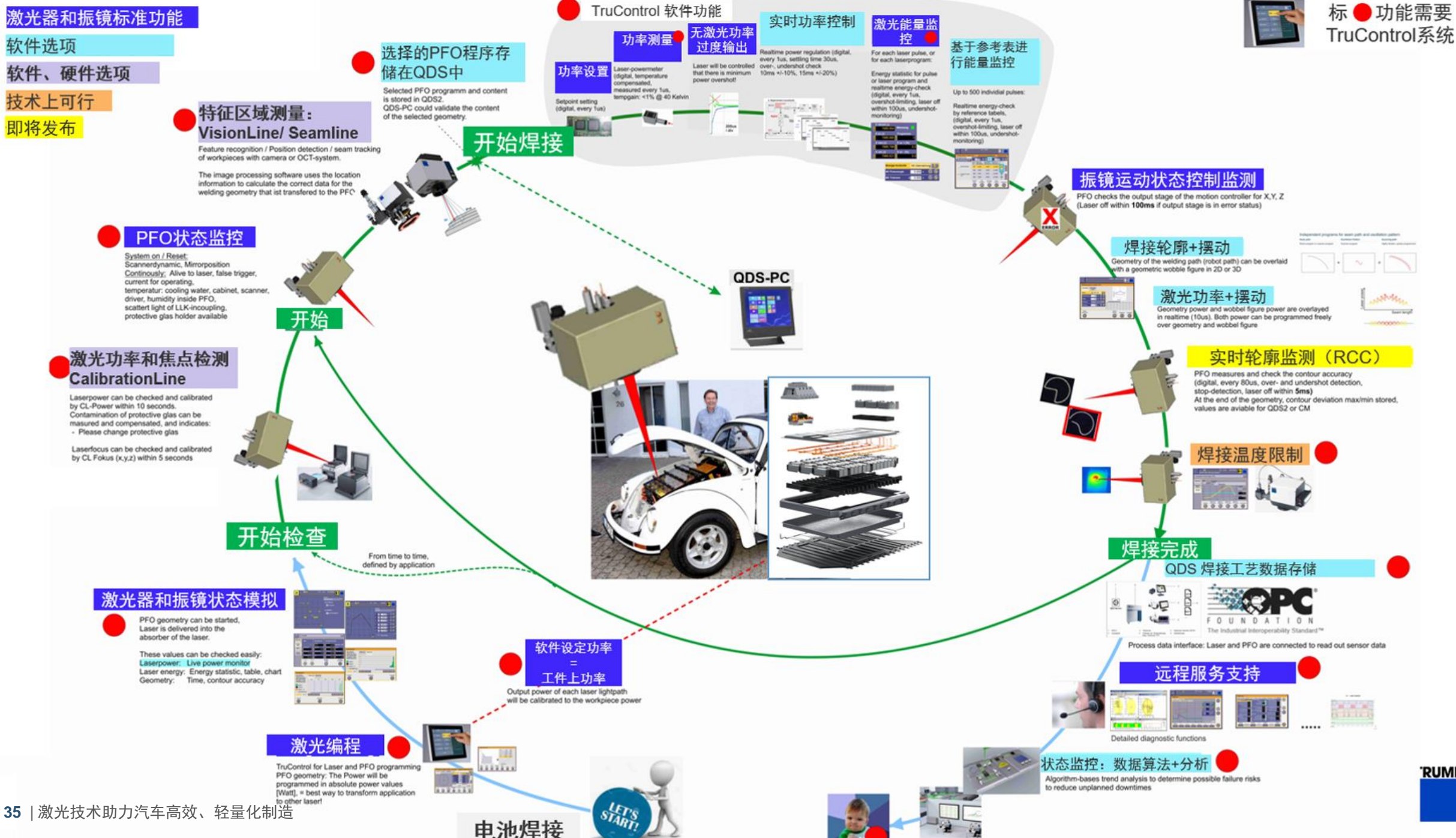
软件选项

软件、硬件选项

技术上可行

即将发布

标●功能需要 TruControl系统



## 特征区域测量: VisionLine/ Seamline

Feature recognition / Position detection / seam tracking of workpieces with camera or OCT-system.  
The image processing software uses the location information to calculate the correct data for the welding geometry that is transferred to the PFC

## 选择的PFO程序存储在QDS中

Selected PFO program and content is stored in QDS2. QDS-PC could validate the content of the selected geometry.

## 开始焊接

## TruControl 软件功能

**功率测量**  
Laser powermeter (digital, temperature compensated, measured every 1us, tempgain: <math>\pm 1\%</math> @ 40 Kelvin)

**功率设置**  
Setpoint setting (digital, every 1us)

**无激光功率过度输出**  
Laser will be controlled that there is minimum power overshoot!

**实时功率控制**  
Realtime power regulation (digital, every 1us, setting time 30us, over-, undershot check: 10ms  $\pm 10\%$ , 15ms  $\pm 20\%$ )

**激光能量监控**  
For each laser pulse, or for each laserprogram:  
Energy statistic for pulse or laser program and realtime energy-check (digital, every 1us, overshoot-limiting, laser off within 100us, undershot-monitoring)

**基于参考表进行能量监控**  
Up to 500 individual pulses:  
Realtime energy-check by reference labels, (digital, every 1us, overshoot-limiting, laser off within 100us, undershot-monitoring)

## PFO状态监控

System on / Reset:  
Scannerdynamic, Mirrorposition  
Continuously: Alive to laser, false trigger, current for operating, temperatur, cooling water, cabinet, scanner, driver, humidity inside PFO, scattered light of LLK-incoupling, protective glass holder available

## 激光功率和焦点检测 CalibrationLine

Laserpower can be checked and calibrated by CL-Power within 10 seconds. Contamination of protective glas can be measured and compensated, and indicates:  
- Please change protective glas  
Laserfocus can be checked and calibrated by CL Fokus (x,y,z) within 5 seconds

## 开始检查

From time to time, defined by application

## 激光器和振镜状态模拟

PFO geometry can be started, Laser is delivered into the absorber of the laser.  
These values can be checked easily:  
Laserpower: Live power monitor  
Laser energy: Energy statistic, table, chart  
Geometry: Time, contour accuracy

## 激光编程

TruControl for Laser and PFO programming PFO geometry. The Power will be programmed in absolute power values [Watt]. = best way to transform application to other laser!

## 软件设定功率 = 工件上功率

Output power of each laser lightpath will be calibrated to the workpiece power

## 电池焊接



## 振镜运动状态控制监测

PFO checks the output stage of the motion controller for X,Y, Z (Laser off within 100ms if output stage is in error status)

## 焊接轮廓+摆动

Geometry of the welding path (robot path) can be overlaid with a geometric wobble figure in 2D or 3D

## 激光功率+摆动

Geometry power and wobble figure power are overlaid in realtime (10us). Both power can be programmed freely over geometry and wobble figure

## 实时轮廓监测 (RCC)

PFO measures and check the contour accuracy (digital, every 80us, over- and undershot detection, stop-detection, laser off within 5ms)  
At the end of the geometry, contour deviation max/min stored, values are aviable for QDS2 or CM

## 焊接温度限制

## 焊接完成

## QDS 焊接工艺数据存储

OPC FOUNDATION  
The Industrial Interoperability Standard™  
Process data interface: Laser and PFO are connected to read out sensor data

## 远程服务支持

Detailed diagnostic functions

## 状态监控: 数据算法+分析

Algorithm-bases trend analysis to determine possible failure risks to reduce unplanned downtimes



# 主要内容

- ❖ 为什么采用激光技术？
- ❖ 激光在新能源汽车“三电”中的应用
- ❖ 激光技术在汽车轻量化制造中的应用趋势
- ❖ 通快公司简介

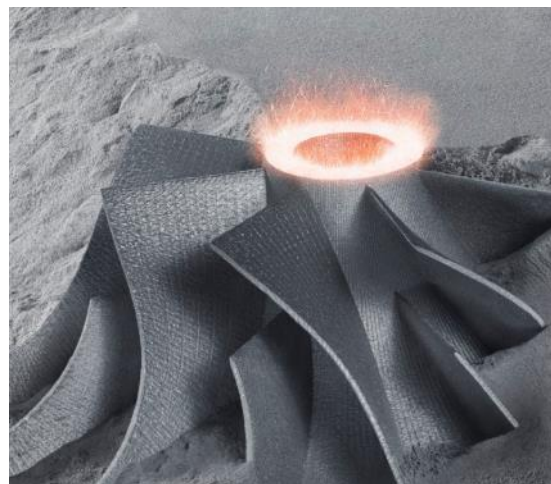
# 2021/22年度企业数据



家族企业，始于1923



机床和激光两大领域的技术  
领路人



是技术创新的推动者



贴近客户、遍布全球的70多  
家分公司

# 通快集团介绍

## 2021/22年度企业数据

销售额 (亿欧)

**42.23**

+20.5 %

研发开支 (亿欧)

**4.48**

+17.1 %

接单额 (亿欧)

**55.77**

+42.1 %

息税前利润  
(EBIT) (亿欧)

**4.68**

+26.8 %

研发开支份额

**10.6 %**

员工 (人数)

截至2022年6月30日

**16.554**

+12.1 %

税前销售收益率

**11.1 %**

其它投资 (亿欧)

**2.18**

+50.1 %

# 高效且专业的服务团队为您解决后顾之忧

## 服务团队

国内

德国

### 驻场服务工程师

- 7天24小时待命
- 2小时现场响应
- 现场关键件备件库
- 通快仓库24小时发货



国内**90人**服务团队提供**专业且及时**的服务

## 工艺开发团队



全球**140位**激光工艺专家，国内**32位**，  
提供专业的激光加工工艺



**谢谢!**

---

**张令开**

**David.Zhang@TRUMPF.com**

**电话：177 7223 8573**