工程笔记 · 定制硬件

2026 加固多工位电池充电器定制：从规格书到工程样机只要 16 周

目录里的加固充电器很少能配上一块新电池，做定制充电器的厂家又很少公开交期和价格。这是一个密封、无风扇的多工位充电器平台，从规格书到可用的工程样机只要 16 周：它怎么造、规格书的空缺怎么补、开发怎么分阶段，以及需要一台时该准备什么。

谭帅 · tanshuai.com · i@tanshuai.com

2026 年 11 月 23 日

摘要

加固多工位充电器是一种小批量产品，而且是围着别人的电池做的，所以大多数最后都成了定制品。本文介绍一个能快速做出这类充电器的平台：密封、无风扇的铝箱，可更换的电池适配板，每个工位一个隔离充电通道、挂在同一条 48 V 母线上，交流和 24 V 车载两路输入、交流优先，所有和电池相关的参数都放在固件表里。示例配置是四工位、120 W、14.3 升、约 5 kg；同一设计覆盖两工位到八工位。拿到规格书和样品电池后，固定总价的一期在 16 周内交付三台工程样机、一份测试报告和一份完整的符合性矩阵；二期冻结设计、做好鉴定准备，付清后移交全套设计资料。把它放在深圳做，是这个进度和价格的前提：这里是中国两家最大电池企业的总部所在地，几乎所有零件都在一小段车程之内。

为什么写这篇

每隔几周，就有人需要给一块"没人充的电池"配充电器：带数据线的电台电池、接口特殊的无人机电池包、要扛住发动机起动的 24 V 车辆。国外大军工供应商的目录充电器，配的是他们自己的电池；我找到的定制充电器厂家，只介绍能力，不公开交期和价格。我设计这个平台，是为了让定制充电器能在几天内定方案、几周内出样机；写成文章，是为了让手上有这种电池的人知道该发什么资料、能期待什么。文中数字截至 2026 年 11 月，金额以美元计。

结论一览

图 1. 一个平台，按项目配置：四工位版本，以及同一箱体的三种涂装。

沙漠棕色的四工位配置，开盖状态。同一箱体还有橄榄绿、黑色，或按指定颜色涂装。



1. **可更换的适配板**
   每块两个电池井；换电池只换适配板，不换箱体
2. **显示屏、旋钮、自检按钮**
   一眼看全部工位，或逐个查看；随时可手动自检
3. **交流和车载输入**
   交流优先；车载输入按 MIL-STD-1275 设计
4. **带散热鳍的端壁**
   密封、无风扇的电子舱经它散热
5. **盖内海绵和线缆袋**
   合盖时把电池压在原位

涂装



沙漠棕　橄榄绿　黑色

来源: 作者的概念设计，2.1 版，2026 年 11 月。

	平台范围	四工位示例
工位	2 至 8 个，完全相同、相互电气隔离	4
充电功率	总计约 60 至 300 W	120 W，总电流 9 A，所有工位同时充
电池	锂离子、锂聚合物、磷酸铁锂，每工位 1 至 14 串	四块 99 Wh 电池约 4 小时充满
电池数据	每工位一个隔离的 SMBus 或单线数据口：读取容量和循环次数，拿到接口文件后可写入	可读可写
输入	90–264 VAC、47–63 Hz；12 或 24 V 车载直流，承受 MIL-STD-1275 瞬态；交流优先，无缝切换	230 VAC 和 24 VDC
操作	−40 °C 级 OLED，每工位一个双色指示灯，一个选择旋钮（关、全部、每个工位一档）和一个密封自检按钮；界面可用任何语言，包括从右到左书写的文字	六档
箱体	焊接 5052 铝箱，电子舱 IP67，无风扇，合盖可在行驶中工作；橄榄绿、沙漠棕、黑色或指定颜色	340 × 240 × 175 mm，14.3 L，约 5.1 kg
环境	工作 −20 至 +55 °C，存储 −40 至 +71 °C	同左
设计依据	MIL-STD-810H、461G、1275E 和 F、IEC 62368-1:2023；报告可按旧版方法号出具	同左
进度	16 周交付三台工程样机，约 30 周交付预鉴定样机	同左

用在哪里

这个平台针对的是成批携带、安装或部署的电池：充电器得待在车里、方舱里或野战箱里，而不是摆在桌上：

- **军警电台。** 背负式和手持式电台电池带数据线，从 BB-2590 一类的电池包到手持电台电池；充电器要读电池的存储器，并记录循环次数。
- **无人机机群。** 野外充电箱，从车辆、发电机或市电同时给四到八块电池包充电。
- **对讲机车队。** 公共安全、矿山、电力和应急救援，多联充电器跟着车跑，难免摔碰。
- **车辆和船舶。** 24 V 军用和民用车辆，输入端要扛住发动机起动、浪涌和接反的电源线。
- **工业和测试设备。** 仪器和工具电池，需要一台密封、一致、带日志的充电器。

目录充电器在这些场景里失败的方式差不多：电池的触点和锁扣是专用的，数据协议不同，输入和车辆对不上，箱体太大，或者标准覆盖不全。定制充电器能解决所有这些问题，前提是不必每次都从一张白纸开始。这就是做平台的意义。

第一步：把规格书变成设计包络

加固充电器的规格书很少是完整的。常见的空缺有：电池的确切型号，以及随之而来的电压、容量、化学体系和触点；"四小时"是指充一块还是四块同时充；"120 W"是输入还是输出；各标准适用哪个版本；"EMP 防护"指什么；电池存储器怎么读写。要是等所有答案都到齐，项目会停上几个月。

我的做法是：给每个空缺填上最可能的值、标明置信度，再写出万一猜错设计需要预留多少余量，然后设计一个覆盖所有合理答案的包络。在四工位的例子里，有三种不同的电池都符合规格书；一个设计包络把三种都覆盖了。凡是可能最后才确认的东西，都放进固件表：充电曲线、电池协议、旋钮各档的定义，以及屏幕上的每一个字符串。这样，最后到来的答案改的是一个配置文件，而不是硬件。

图 2. 哪些在每个项目里复用，哪些按项目配置。

核心部分的难活只做一次。换一种电池、换一个客户，改的是它周围的零件、表格和文件。



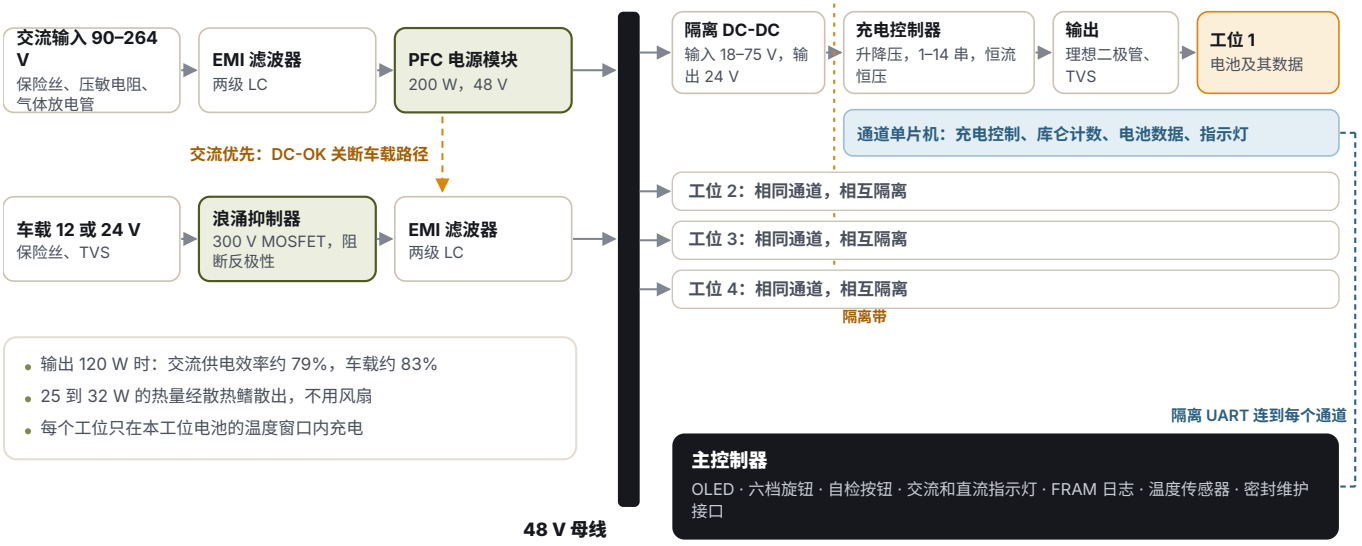
客户最后才给的答案，改的是一张表或一块适配板，而不是硬件。

来源: 作者的平台设计。

第二步：电气架构

图 3. 两路输入、一条 48 V 母线、四个隔离通道，控制器经隔离链路与每个通道通信。

四工位充电器的电气架构。每个工位完全相同；一个出故障，其余照常充电。



来源: 作者的设计。

交流路径依次是保险丝、压敏电阻和气体放电管、两级 LC 滤波，以及一个装在箱壁上的 200 W、48 V 功率因数校正模块，再经理想二极管接到 48 V 母线。车载路径依次是保险丝、TVS 二极管，以及带 300 V MOSFET 和背靠背反极性阻断的浪涌抑制器，再经自己的滤波器接到同一条母线。有交流时，交流模块的 DC-OK 信号关断车载路径，所以交流优先不需要继电器，切换也是无缝的。

每个工位有一个隔离 DC-DC 模块（输入 18–75 V，输出 24 V）、一颗 TI 升降压充电控制器（支持 1 至 14 串，硬件恒流恒压控制）、一个输出理想二极管和一个 TVS。每个通道的隔离侧有一颗小单片机，负责驱动充电控制器、做库仑计数、和电池存储器通信、点亮本工位的指示灯，并通过隔离 UART 向主控制器汇报。主控制器负责显示屏、读取旋钮和自检按钮、把日志写入 FRAM、监视温度传感器，并管理一个密封的维护接口。

这些选择都是有意为之：

- **工位之间的隔离几乎不花钱，** 因为隔离模块本来就要用；数字隔离器每个通道远不到一美元。
- **故障只留在本工位。** 一块电池短路，或者一个通道的固件出错，其余三个工位照常充电。
- **大部分电磁兼容和安全风险由已认证的模块承担，** 这些模块有长期的现场记录，所以开发投入集中在系统集成、固件和结构上，而不是重新发明电源。
- **一级浪涌保护就够，** 因为通道模块能承受 100 V、1 s。前端的完整算账见我的《充电器怎么满足 MIL-STD-1275、810、461》设计清单。

输出 120 W 时，交流供电效率约 79%，车载供电约 83%，所以箱体要在没有风扇的情况下散掉 25 到 32 W。交流模块在 50 °C 以上要降额，因此 +55 °C 满日照下由固件降低充电功率；如果项目要求在这个温度下也给出全功率，就换更大一档的模块。每个通道还会测量本工位电池的温度，只在电池厂家允许的窗口内充电，一般是 0 至 45 °C：超出窗口时，该工位暂停、红灯闪烁、显示原因，然后自动恢复。需要在 −10 °C 充电的客户，可以选配电池并加热片。

第三步：箱体

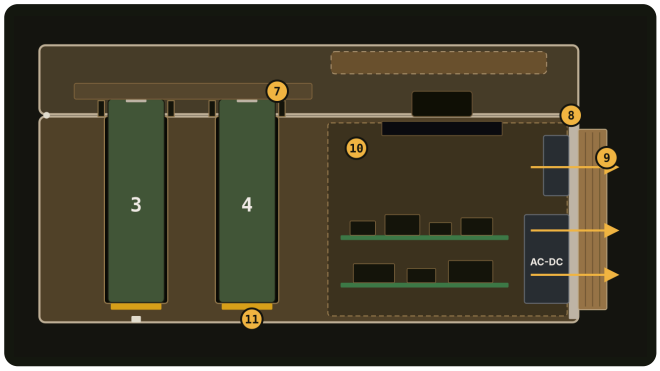
图 4. 平面图和剖面图：电池在左，密封电子舱在右，热量从带散热鳍的端壁散出。

四工位箱体的平面图和剖面图。热量从带散热鳍的端壁散出；盖子既密封，又压住电池。

平面图



剖面图



1. **两块可更换的适配板**
   2 × 2 个电池井，间距 70 mm
2. **每工位一个双色指示灯**
   绿色充满，琥珀色充电中，红色故障
3. **2.42 英寸 OLED，−40 °C 级**
   容量、循环次数、状态，可用任何语言
4. **交流和直流指示灯**
   交流优先；直流无缝接管
5. **六档旋钮和自检按钮**
   关、全部或单个工位；所有工位始终都在充
6. **密封面**
   盖子沿整圈密封
7. **盖内海绵**
   把电池压在井里
8. **D 形硅胶密封条**
   连续一圈，防尘防雨
9. **竖向散热鳍**
   自然对流；预留风扇凸台
10. **密封电子舱**
    ePTFE 透气阀；热量经散热鳍散出
11. **电池井按电池尺寸定制**
    底部触点座，带排水阀

来源: 作者的概念设计，2.1 版。

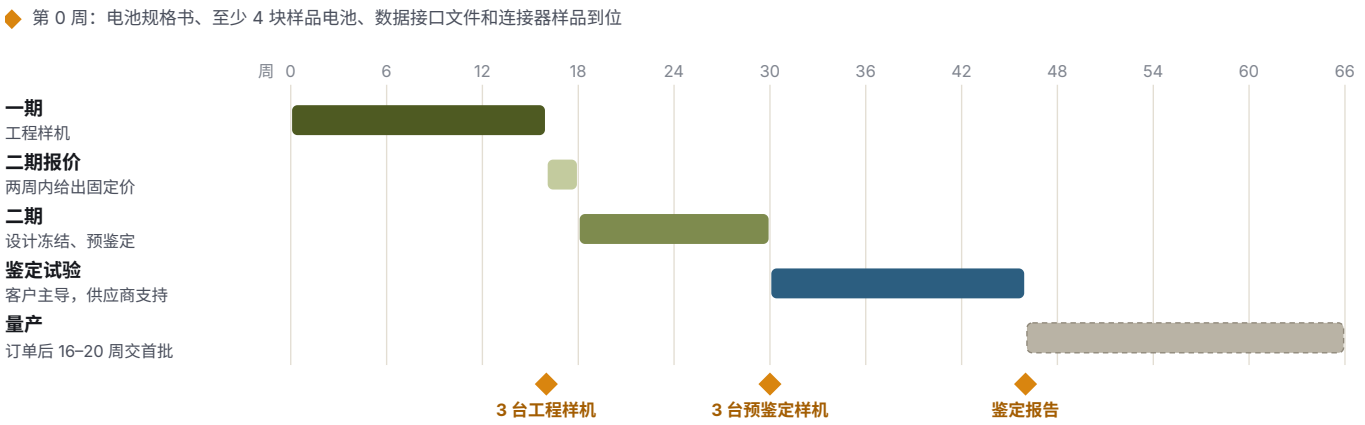
箱体是焊接的 5052 铝箱，一端是密封电子舱，另一端是电池甲板。所有发热件都传导到带散热鳍的端壁上，靠自然对流散热；对高温下需要更大功率的项目，预留了外置密封风扇的安装凸台。ePTFE 透气阀让电子舱在高海拔能"呼吸"却不进水，电池井有各自的排水阀。甲板上是两块可更换的适配板，每块两个电池井，所以换一种电池只需换一块适配板和触点，而不是换箱体。盖子用一圈连续的 D 形硅胶密封条，盖内的海绵把电池压在井里，因此合着盖也能在行驶的车里充电。聚合物角护块带捆扎槽，负责扛跌落；提手按戴手套的尺寸设计。

操作逻辑和电路是一致的。四个工位始终都在充：插入电池，该工位就开始充；拔出，就停止；每个工位有自己的指示灯。六档旋钮负责开关机和选择显示内容：关、全部（所有工位的总览），或者逐个工位查看容量（mAh）和循环次数。自检在每次开机时自动运行，也可以按密封的自检按钮手动触发，结果写入日志。客户如果需要单独停止某一个工位，在固件里就能实现，不必给每个工位加一个开关和一套密封。

第四步：分两期、都是固定总价的开发

图 5. 16 周出工程样机，约 30 周出预鉴定样机。

从下单起按周计，电池资料和样品到齐后开始。每一期都是固定总价。



一期交付

- 三台可用的工程样机
- 测试报告：热浸、1275 浪涌、电磁兼容预扫描
- 符合性矩阵：每条要求的设计对策和验证方法

二期交付

- 设计冻结和三台预鉴定样机
- 一份覆盖 MIL-STD-810、461、1275 的试验大纲
- 付清后：全套设计资料

之后

- 鉴定试验由客户主导，我们提供支持
- 量产批次在订单后 16–20 周交付
- 开发费按台抵扣量产货款

来源: 作者的开发计划。

开发分成两期，这样双方都不必在见到硬件之前押上全部预算。

一期：16 周，固定总价。 收到电池规格书、至少四块样品电池、电池数据接口文件和连接器样品后开始计时，通常在下单后两周内。一期交付三台可用的工程样机、一份覆盖高风险项（热浸、MIL-STD-1275 浪涌、电磁兼容预扫描）的测试报告，以及一份符合性矩阵：规格书的每一行都给出设计对策和验证方法。

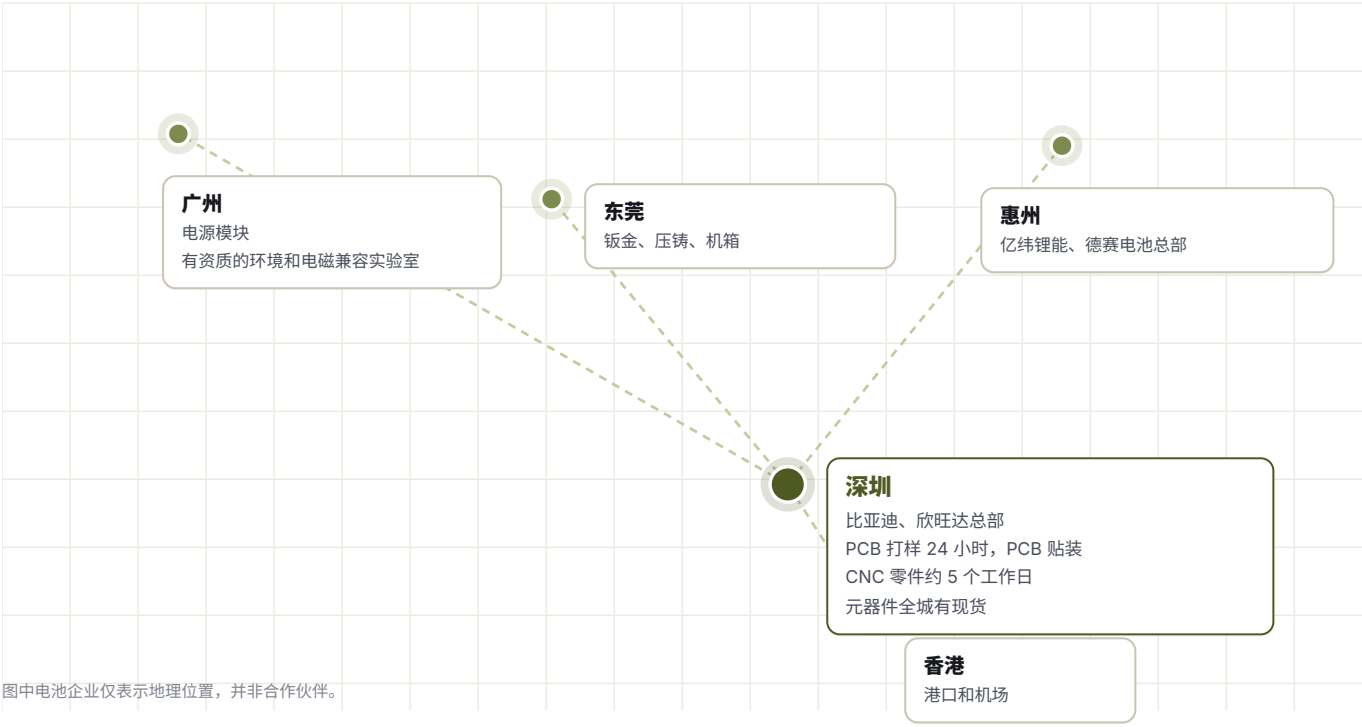
二期：固定总价在一期完成后两周内给出。 内容是设计冻结、约第 30 周交付预鉴定样机，以及一份把 MIL-STD-810、461 和 1275 合在一起的试验大纲。二期付清后，移交全套设计资料：原理图、PCB 文件、固件源代码、结构 CAD、测试规程，以及注明货源的物料清单。客户之后可以在任何地方生产这台充电器。

鉴定与量产。 鉴定试验由客户主导，我们提供试验大纲、预兼容数据和整改支持。量产批次在订单生效后 16 到 20 周交付，开发费可以按台抵扣量产货款。同类军用充电器卖多少钱、定制价格落在哪里，见《2026 多工位军用电池充电器价格调研》。

为什么是深圳

图 6. 电池企业、电路板、机加工和实验室，彼此都在一小段车程之内。

深圳周边的珠三角，示意图。几乎所有环节都在本地，所以一次样机迭代只要几天。



图中电池企业仅表示地理位置，并非合作伙伴。

来源: 企业总部信息来自公开资料；供应链交期为深圳的典型数字，2026 年 11 月。

速度和成本来自地理位置。比亚迪和欣旺达的总部都在深圳，亿纬锂能和德赛电池的总部在相邻的惠州，所以懂锂电芯、电池管理以及它们怎么失效的工程师，从来都不远。样板电路板 24 小时就能回来，机加工件大约 5 个工作日，几乎所有元器件都能在这座城市的某个地方买到现货。出测试报告所需资质的环境和电磁兼容实验室，就在深圳和广州。实际效果是一次设计迭代从几周缩短到几天，这也是这个平台的价格能比国外老牌厂商低得多的一个重要原因。图中提到的电池企业只表示地理位置，并非合作伙伴。

询价时要准备什么

第一封邮件能回答下面大部分问题就很好，其余可以后补：

- **电池：** 型号和规格书；样品电池可以晚些提供。
- **工位：** 要几个，几个需要同时充。
- **功率：** 输入电源（交流、12 或 24 V 车载，或两者都要），以及需要的充电时间。
- **数据：** 需要从电池存储器读取或写入什么。
- **环境和标准，** 注明版本：温度、密封、MIL-STD-810、461、1275、安全标准。
- **限制：** 尺寸、重量、颜色和标识。
- **数量和时间：** 样机数量、首批数量、年用量，以及什么时候要样机。

发到 i@tanshuai.com。我会回复那几个决定设计的问题；电池确定后，给出一期的固定报价。如果你还在写自己的规格书，我的《充电器怎么满足 MIL-STD-1275、810、461》设计清单列出了哪些条款决定成本。

资料来源

1. Tan Shuai, MIL-STD-1275, 810 and 461 for Battery Chargers: A Design Checklist (companion note). https://tanshuai.com/blog/mil-std-1275-810-461-battery-charger-design-checklist
2. Texas Instruments, BQ25756 bidirectional buck-boost charge controller. https://www.ti.com/product/BQ25756
3. Mornsun, LMF200 series AC-DC module datasheet (thermal derating). https://www.mornsun-power.com/public/uploads/pdf/LMF200-23BxxUH.pdf
4. Mean Well UHP-200-48 (Octopart listing). https://octopart.com/part/mean-well/UHP-200-48
5. MIL-STD-1275E (2013). https://everyspec.com/MIL-STD/MIL-STD-1100-1299/MIL-STD-1275E_45886/
6. MIL-STD-461G (2015). https://everyspec.com/MIL-STD/MIL-STD-0300-0499/MIL-STD-461G_53571/
7. MIL-STD-810E (1989) and 810H (2019) method equivalents. https://everyspec.com/MIL-STD/MIL-STD-0800-0899/MIL-STD-810E_13775/
8. Battery University, BU-410: Charging at high and low temperatures. https://batteryuniversity.com/article/bu-410-charging-at-high-and-low-temperatures
9. BYD Company (headquarters: Shenzhen). https://en.wikipedia.org/wiki/BYD_Company
10. Sunwoda Electronic (headquarters: Shenzhen). https://en.wikipedia.org/wiki/Sunwoda
11. EVE Energy (headquarters: Huizhou). https://en.wikipedia.org/wiki/EVE_Energy
12. Huizhou Desay Battery Co., Ltd. (Huizhou). https://ees-europe.com/exhibitorlist/huizhou-desay-battery-coltd
13. JLCPCB, PCB prototype service (24-hour builds). https://jlcpcb.com/

关于作者

谭帅，技术专家和创业者，在芯片、硬件和系统软件领域工作二十多年，拥有 20 项授权专利。他的工作经历遍及硅谷、纽约、芝加哥、台湾地区、粤港澳大湾区（深圳和香港）、越南和马来西亚，长期关注先进制造和供应链。如今他是一名 AI 研发者，同时与深圳的制造伙伴一起做定制加固电子产品。

定制充电器项目与技术交流：i@tanshuai.com。