AEGIS-PNO · PREDICT & OPTIMIZE

工业设备预测性维护与备件决策闭环引擎 · 从听见裂纹到下发工单

目录

01 一页看懂：我们卖的是什么

02 同一次故障，三种结局

03 一条闭环：从听见裂纹到工单下发

04 四层技术壁垒

05 先打停一次机最疼的三个行业

06 按省下的钱收钱，而不是卖软件

07 36 个月路线图

08 本轮融资与资金用途

09 数据与验证说明

不卖预测准确率，只卖少停一天机

提前听见设备的微小裂纹，自动挑最省钱的检修日、调好备件、下发工单—— 把设备停机损失变成可计算的利润。

85%	35%	21 天	¥503.4万
意外停机减少	备件库存减少	平均提前预警	单次故障少亏

Aegis-PnO 宙斯盾

工业设备预测性维护与备件决策闭环引擎

商业计划书 · 路演版

2026 年 11 月

一页看懂：我们卖的是什么

问题

工厂买过很多"预测准确率"，但停机照样发生：预测到了故障， 却赶上大风满发期不敢停、仓库里没有备件、吊装船约不上。准确率不为省钱负责。

方案

把"预测"和"决策"绑成一个闭环：算出寿命曲线之后， 立刻用库存、物流、发电机会成本、班组排班解一道运筹题，输出最省钱的检修日与备件调拨单， 并直接下发到 ERP。

为什么现在

- 时序基座大模型让新设备 7 天上岗，不必再攒半年数据
- 端侧频域小模型让老风机用普通 CPU 就能跑，不必上云
- 电价市场化后，业主对"少亏一天"的付费意愿前所未有地强

为什么是我们

- 四层技术都有论文坐标：ICLR / NeurIPS / ICML 一线方法落地
- 寿命曲线被物理定律硬约束，100% 只降不升，可审计
- 训练目标直接写成"少花钱"，而不是"预测误差小"

现在到哪了

- 可交互产品沙盘已上线，含四条工作台与实时数据闭环
- 8 台设备、4 级仓储的排程与工单下发链路可当场演示
- 正在寻找标杆客户与本轮资金

一句话：同行卖"能不能提前知道"，我们卖"这次检修定在哪天、备件从哪个仓调、 因此少亏多少钱"，并按实际省下的钱收钱。

本文所有金额与比例均来自产品沙盘中的演示假设与自下而上估算，用于路演沟通； 不含审计财务数据，也不含任何真实客户数据。最后一页列出各项数字的口径与来源。

同一次故障，三种结局

主轴承要坏了。三种做法，钱差在一个数量级上——差别不在"预测得准不准"，而在有没有把决策一起算进来。

传统报警

亏损 ¥562万

快坏了才报警，正赶上台风窗口，海上干不了活，本地又没有备件。只能等船、等件、等天，机组白白停着。

只做预测

亏损 ¥218.5万

日子猜对了，却落在大风满发期。停一天就少发一天电，修是修好了，机会成本照样亏掉。

Aegis-PnO

净省 ¥503.4万

提前锁定无风窗口，提前把备件调到前置仓，班组和吊装船一起排上，一次修完。

"预测准"为什么会亏钱

两个模型的平均预测误差完全一样（都是 2.1 天），但一个把寿命**猜短**了、一个猜长了：猜短的那位在发电高峰期提前检修，白扔一天满发；猜长的那位挺进台风窗口，撞上仓库无备件的灾难性停机。**误差相同，损失差 10 倍。**

原因很简单：均方误差对"早一天"和"晚一天"一视同仁，而生意不是。

我们把"少花钱"写成训练目标

训练时不用均方误差，而用决策损失（SPO+）：直接衡量"按这个预测去排检修，会多花多少钱"。模型于是自动把结论往"最省钱的检修窗口"偏，而不是往"平均最准"偏。

演示里，它提前 5 天锁备件、把检修定在低风窗口，单次事件省下 ¥435 万。

提前锁定备件	定下的检修日	单次事件净省
第 9 天	**第 14 天 · 低风窗口**	**¥435 万**

上面三个数字来自产品沙盘里的"为什么预测准不等于省钱"对比演示，风速曲线、备件水位与成本参数都能在界面上改，改完工单结论会同步重算。

一条闭环：从听见裂纹到工单下发

① 设备健康体检

像听诊器一样看振动频谱，把磨损程度、还能用多久、 未来 7 天坏掉的概率讲成人话，每项指标可点开看解释。

② 备件与检修排期

把 8 台设备、4 级仓储、班组上限放在一起排： 哪天修、备件从哪个仓调、比"人凭经验排"省下多少。

③ 待审批工单

越过风险线自动生成待审批指令，附费用与收益明细； 点批准即扣库存、改设备状态，并同步生成一套 ERP 工单。

④ 能省多少钱

把少停机、少压库存、少赔质保折成一张年度账， 给客户、厂商、保险公司各算一份收益。

四层技术架构（端到端可运行，不依赖外部算法服务器）

层	它解决什么	现场效果
FITS 端侧频域算子	按轴承故障频率公式合成频谱并压缩特征，把要上传的数据压到极小	3,104 参数 / <50KB / 单核 CPU 1.4 毫秒 / 流量费少 96.2%
Paris-PINN 退化求解器	把金属疲劳定律写成约束，寿命曲线只能变差不能变好	轨迹 100% 单调，给出 95% 置信的安全下限
Weibull 寿命与风险	把退化轨迹翻成"还能用多久 + 坏掉的概率"，可解释、可核保	平均提前 21 天预警
预测-运筹闭环（PnO）	把库存、物流、发电机会成本、班组排班写进目标函数，解最优检修日与调拨	直接对接 SAP / Maximo 下单

四层技术壁垒

每一层都站在一条已发表的顶会方法上，我们做的是把它们塞进工业现场的芯片、 寿命定律和 ERP 里。

壁垒	大白话	论文坐标
新设备快速上岗 时序基座大模型 TSFM	像 GPT 一样预训练海量工业波形，新机型接入 7 天可用，跨风电 / 锂电 / 航空通用	PatchTST (ICLR'23) · Timer & TimesFM (ICML'24) · TimeMoE (ICLR'25)
便宜芯片也能跑 端侧频域轻量化	只留频域里最有信息量的部分，普通单核 CPU 毫秒级出结果，不用把数据搬上云	FITS (ICLR'24) · TTM (NeurIPS'24) · iTransformer (ICLR'24)
绝不胡说八道 物理引导机器学习 PIML	把金属疲劳定律写进模型，寿命只能变差；输出带 95% 置信的安全下限，能进质保与保险条款	Paris-Law PINNs · Conformal Prediction (ICML / NeurIPS)
按省钱来训练 预测-运筹闭环 PnO	把库存、物流、停机罚款写进目标，每次参数更新都是为了更省钱的调度单	Smart Predict-then-Optimize (SPO+) · Differentiable MIP (NeurIPS'24 / '25)

端侧参数量	3,104
单核推理耗时	1.4 ms
上云流量节省	96.2%

护城河怎么变深

- **数据壁垒：**故障样本与真实检修结果成对回流，只有真的下了工单，才拿得到"决策事后对不对"的标签。
- **流程壁垒：**与业主的检修规程、仓储规则、ERP 字段绑定，换供应商要重做集成与验证，不是换一个模型。
- **责任壁垒：**寿命下限带置信度，能写进质保与保险条款——这一步把软件公司变成风险承担方。

边界：我们不做的事

- 不做通用设备云平台与看板外包——看板只是入口，值钱的是决策与结果。
- 不自研传感器与硬件，只做与主流采集设备兼容的算法与闭环。
- 不卖"自动生成报告"的大模型文本，结论必须能落到一张可执行的工单上。

先打停一次机最疼的三个行业

场景	现在的痛	用了之后
海上风电 主轴承 / 齿轮箱	租一次吊装船数百万元，海上能干活的日子极少	提前 15 至 30 天锁定无风窗口与备件；意外停机减少 85%，备件库存减少 35%
锂电产线 涂布机辊轴	涂布线一停整卷报废，每小时损失数十万元	捕捉微米级轴承偏心，趁换型间隙换件；产线效率提升 4.2%
航空发动机 航材调拨	跨国调航材周期长，飞机停场每天损失约 $100,000	全球前置仓动态调拨，让备件比故障先到

海上风电：市场底盘（公开数据 + 自下而上估算）

口径	数字	来源 / 假设
全球海上风电累计装机（2025 年底）	92.5 GW	GWEC《2026 全球海上风电报告》
中国累计装机 / 全球占比	48.4 GW / 52%	同上；另有国内报告口径 52.0 GW / 56%
2026 至 2030 年均复合增速	24%	GWEC；2035 年累计 420 GW
平均单机容量（2025 年首次破 10 MW）	10.3 MW	GWEC；用于下面折算台数
可监测关键旋转部件台数（中国）	约 1.4 万个	估算：48.4 GW ÷ 10.3 MW ≈ 4,700 台机组，每台 3 个关键部件（假设）
订阅口径的可服务市场（中国海上风电）	约 ¥5,600 万/年	估算：1.4 万个部件 × ¥1.2 万/年；未计损失分成与锂电、航空

> 上表最后两行是自下而上的估算，不含挽回损失分成、锂电与航空口径； 真实可服务市场以标杆客户实际接入台数复核后再更新。

按省下的钱收钱，而不是卖软件

向设备业主收

省下的钱分 20%

另收每台每年 ¥1.2 万订阅费，覆盖部署与运维

向设备厂商收

备件销售分 10% 至 15%

少赔质保，锁定原厂备件

向保险公司收

保费分 15% 至 25%

精准定价，赔付预计降 25%

客户侧算例：300 台设备（与官网沙盘默认参数完全一致）

管理设备数量	停机一次平均损失	备件库存总值
300 台	**¥350 万**	**¥2,500 万**

结果	金额	怎么算
每年挽回的停机损失	¥7,140 万	300 × 8% 年故障率 = 24 次；24 × 85% × ¥350 万
释放的备件占用资金	¥875 万	¥2,500 万 × 35% 库存压降
我们每年收入	¥1,788 万	300 台 × ¥1.2 万 + ¥7,140 万 × 20% 分成
客户回本时间	2.7 个月	¥1,788 万 ÷（¥7,140 万 + ¥875 万）× 12
客户每付 ¥1 拿回	**¥4.5**	（¥7,140 万 + ¥875 万）÷ ¥1,788 万

假设全部写在沙盘界面上并可调：年故障率 8%、我们削减其中 85%、库存压降 35%、 收费 = 每台每年 ¥1.2 万 + 挽回损失的 20%。实际报价以商务条款为准。

36 个月路线图

0 至 12 个月

跑通标杆客户

- 3 至 5 家风电 / 锂电客户落地
- 完成现场验证：真实故障复盘对照
- 建立数据回流与检修结果标注流程
- 订阅费 + 分成双轨收费跑通

12 至 24 个月

共享备件网络

- 跨厂区、跨业主的备件共享与调拨
- 收入重心转向按省下的钱分成
- 端侧模型进入厂商出厂配置
- 把寿命下限写进质保条款

24 至 36 个月

全自动闭环

- 打通 ERP，工单与锁库全无人值守
- 进入保险定价与设备保险市场
- 航空航材与海外市场复制
- 形成行业级设备风险数据资产

我们会用这几个数字证明自己

指标	12 个月	24 个月	36 个月
接入监测点数量	500	3,000	10,000
标杆客户数量	5	20	60
年挽回停机损失（客户侧累计）	¥1 亿	¥6 亿	¥20 亿
年收入（订阅 + 分成）	¥2,000 万	¥1.2 亿	¥4 亿
毛利率	55%	65%	72%

> 以上为内部目标口径（草案），非承诺性预测；将随标杆客户合同签订情况按季度修正。

本轮融资与资金用途

本轮拟融资（草案口径）

¥3,000 万

用于把 3 至 5 家标杆客户做深、把端侧与闭环链路做到可批量交付。 具体金额与估值以董事会核定口径为准。

到账后 12 个月目标	**5 家标杆客户**
接入监测点	**500 个**

资金用途拆分

用途	占比	金额
算法与端侧模型研发	45%	¥1,350 万
现场交付与工程（驻场、集成）	25%	¥750 万
商务、生态与保险合作	20%	¥600 万
运营、合规与安全资质	10%	¥300 万

主要风险与我们的对策

风险	对策
故障样本稀疏，罕见事件验证周期长	用物理定律与保形预测兜底：样本少时给出更宽的安全下限，宁可保守也不误判；同时用仿真频谱做压力测试
业主数据与 ERP 接入周期长	端侧算子只上传压缩特征，先做"只读、不改流程"的轻量试点，7 天出第一版结论
大厂以免费模型抢市场	我们按省下的钱收费并与检修规程绑定，卖的是责任与结果，不是模型许可
关键人依赖	把求解器、数据回流、部署流程文档化，交付可复制

下一步怎么合作

- **业主侧：**选 1 至 2 台最疼的设备做只读试点，7 天出第一版寿命与检修建议，不改动现有流程。
- **厂商侧：**联合开发出厂预装版本，按备件销售分成，共同定义质保条款里的寿命下限。
- **保险侧：**用带置信度的寿命分布做小范围共保试验，验证赔付下降幅度。

数据与验证说明

我们希望你把每个数字的来历查清楚，所以这一页写明哪些是系统实算、哪些是路演假设。

数字	性质	说明
¥562 万 / ¥218.5 万 / ¥503.4 万	演示假设	产品沙盘中的同一次故障三种结局，参数（电价、吊装船日租、备件价）由我方设定，可在界面上改
¥435 万（单次事件）	演示假设	决策损失对比演示：提前 5 天锁备件、检修定在第 14 天低风窗口
3,104 参数 / 1.4 ms / 96.2%	系统实算	在沙盘里由端侧算子实测算出（参数量、单核耗时、上传数据量压缩比）
寿命曲线 100% 单调 / 95% 下限	系统实算	由物理约束与保形预测在运行时保证；数据为仿真，非真实故障记录
8% / 85% / 35% / ¥1.2 万 / 20%	演示假设	ROI 沙盘的默认假设，写在页面上且可调；实际以商务条款为准
85% 停机减少 / 35% 库存减少 / 21 天预警	目标口径	沙盘演示与设计目标，尚未经第三方现场审计验证
92.5 GW / 48.4 GW / 24% / 10.3 MW	公开数据	GWEC《2026 全球海上风电报告》口径，经媒体转述（见下方来源）
约 1.4 万个部件 / ¥5,600 万可服务市场	自下而上估算	由公开装机数据与"每台 3 个关键部件"假设折算，未经客户复核
路线图与资金用途数字	内部草案	非承诺性预测，待董事会与标杆客户合同签订后修正

资料来源

- GWEC《2026 全球海上风电报告》转述：澎湃新闻，2026-06-11， thepaper.cn/newsDetail_forward_33360260
- 全球风能理事会发布稿转述：新浪财经 / 每日风电，2026-06-12， finance.sina.com.cn/wm/2026-06-11/doc-iniaxzpi4341286.shtml
- 《海上风电回顾与展望》国内口径：21 经济网 / 央视，2026-06-18，21jingji.com/article/20260618/herald/4a021a34ad385e21bb775b3e4356784d.html
- 技术方法坐标：PatchTST (ICLR'23)、Timer / TimesFM (ICML'24)、TimeMoE (ICLR'25)、 FITS (ICLR'24)、TTM (NeurIPS'24)、iTransformer (ICLR'24)、SPO+ (Smart Predict-then-Optimize)、 Differentiable MIP (NeurIPS'24 / '25)

本文不含真实客户名称、合同金额或审计财务报表。如需现场核验：产品沙盘 /workbench 中的频谱、寿命曲线、排程与工单均为运行时实算，可当场改参数重跑。