

风电叶片制造案例研究

案例研究： 与风电叶片制造企业行业巨头 ——远景能源公司的合作


关于远景能源

远景能源是全球领先的绿色科技公司，以“为人类的可持续未来解决挑战”为使命，其智能风机出货量连续多年位居中国前列。作为能源数字化转型的重要推动者，远景不仅深度参与全球多个标志性项目，还构建了覆盖智能风机、智慧风场、储能系统及绿氢解决方案的多元技术版图。

为实现制造环节的精准高效，远景能源与光量信息科技(宁波)有限公司，即LIGHTVISION达成战略合作。

在远景能源的现代化风电叶片制造基地，LIGHTVISION 3D激光投影定位系统已成为复合材料铺层环节的核心装备，通过高精度激光投影技术，实现智能化、高效化的生产流程。

这一合作标志着远景能源在智能化制造与零碳技术融合方面的进一步拓展，也为风电产业的高质量发展提供了关键技术支撑。



「物理与AI双向奔赴」

针对远景能源的定制化解决方案

行业挑战

在叶片模具铺设环节，传统用卷尺完成铺层定位的效率很低，特别是对于长度超过120米的叶片，单支叶片生产周期可能需要数周的时间，难以满足规模化需求。过去依赖物理工具逐点量测的方式，不仅需要多名技术人员轮班操作，还存在人为误差风险。

每款叶片型号都需要制作专用的物理模板，这些模板不仅制作成本高，存储占用大量空间，而且在切换生产型号时，需要重新安装和校准整套模板系统，导致生产线停机时间延长，柔性生产能力严重受限。



SOLUTION

解决方案

本方案旨在利用3D激光投影定位系统(专业版) LIGHTVISION® LP20, 为远景能源的风电叶片制造过程提供一套高精度、高效率、可视化的铺层操作指导解决方案。该方案通过将数字化的叶片设计数据直接投射至物理模具表面，极大提升了铺层作业的准确性与一致性，有效降低对高级技工的依赖、减少材料浪费并缩短生产周期。

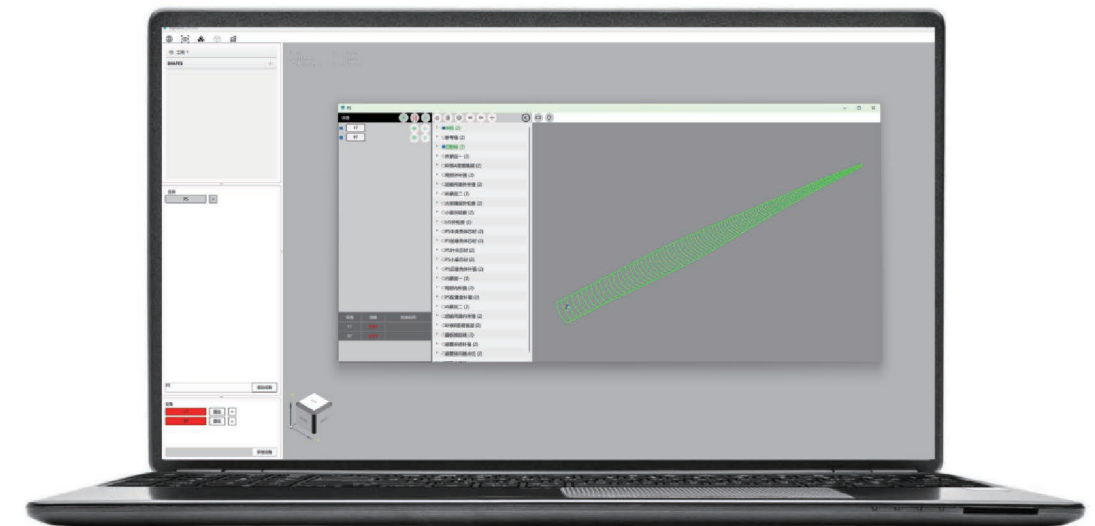
解决方案具体实施流程如下

一、数字化准备与方案生成(预处理阶段)

此阶段是确保投影精准度的核心基础。

数据导入与处理: 将远景能源提供的叶片模具的精确CAD三维模型数据，导入至LightVision自主研发的RayQuick 投影控制软件系统。

铺层方案生成: 在RayQuick软件中，工程师根据工艺要求，快速定义和编辑每一层复合材料(铺层)的铺设边界、纤维方向、缝隙、搭接等关键信息。软件将自动处理这些数据，为每一个铺层生成高精度的、可用于投影的激光路径方案。



LIGHTVISION自主研发配套设备使用软件RAYQUICK系统

—强大的多任务处理能力：

RayQuick软件支持单台控制主机同时连接并驱动超过20个投影单元，完美适配大型叶片模具的多工位、长尺寸的投影需求。

—高效的项目管理：

软件可同时管理和运行8个以上的独立铺层任务或项目。这意味着可以为不同型号的叶片、同一叶片的不同段位同步进行准备工作，极大提升了生产灵活性和设备利用率。

二、高精度系统校准（现场部署阶段）

投影系统在交付时已预先安装在厂房顶部的预定位置，位于叶片模具正上方，确保最佳投射角度与覆盖范围。

校准流程：通过一系列的校准点将投影仪的坐标系与叶片的实际坐标系对齐。

系统定位：将采集到的标记点坐标数据输入RayQuick系统。软件通过先进的算法，自动计算并建立投影仪与叶片模具曲面之间的精确空间映射关系，完成整个系统的标定。

结果验证：校准完成后，系统可投射测试图案进行验证，确保在整个模具表面上的投影误差均严格控制在毫米级以内，为后续铺层提供精度保障。

三、可视化铺层操作指导（生产执行阶段）

此阶段是方案价值在生产现场的直接体现。

投影作业：操作员在 RayQuick 软件界面选择当前需要铺设的层数编号。相应的激光投影方案即刻被激活，高亮、清晰的激光光束被直接投射到模具的复杂曲面上，清晰地勾勒出该层复合材料的精确轮廓、裁剪边界、铺层方向箭头以及任何必要的文本标识（如层号、材料代码）。

工人铺层：现场工人无需依赖传统的二维图纸、样板或频繁的尺寸测量，直接依据投射在模具上的三维激光图案进行铺层作业。他们可以像“沿着线条涂色”一样，将预浸料或玻纤布等材料精准地放置在投影所示的区域内，并确保纤维方向与投影指引完全一致。

实时纠错与质量提升：激光投影起到了实时可视化防错的作用。任何材料的放置偏差或方向错误都能被立即发现和纠正，从源头杜绝错误积累，确保每一层铺贴都完全符合设计规范，显著提升叶片产品的质量一致性与结构可靠性。



总结

LIGHTVISION® LP20系统为远景能源提供的不仅是一套硬件设备，更是一套深度融合数字化设计与物理制造的完整解决方案。它通过RAYQUICK软件实现数据驱动，通过高精度校准实现虚拟与现实的融合，最终通过直观的激光投影指导工人操作，从而为实现风电叶片制造的智能化、精益化与高质量提供了关键的技术支撑。



性能

1. **高精度**: LIGHTVISION激光投影仪具备亚毫米级的投影精度，确保铺层路径的准确性。
2. **长距离**: 常规激光投影距离范围为1.5-15米，LIGHTVISION® LP20系统支持30米超远距离投影，已实景实测验证，专项适配风电超长大型叶片高精度施工定位。
3. **易于操作**: 用户友好的界面和简便的操作流程，使工人可以快速上手并进行精准的铺层操作。
4. **适应性强**: LIGHTVISION的系统可以适应各种复杂曲面的叶片设计，广泛应用于不同类型的风电叶片制造。

应对百米级叶片作业难度

——多台投影仪协同工作

行业挑战

风电叶片是风电机组的核心气动核心部件，其型面精度、结构铺层对位准确性直接决定了风能捕获效率和机组发电性能。随着风电产业向大型化发展，百米级叶片已成为行业主流趋势，其超大尺寸（长度超过100米）、复杂三维曲面及多层复合材料结构对传统以人工测量、物理模板为主的制造工艺提出了前所未有的挑战：

定位偏差易累积、生产过程效率低下、质量一致性难以保障。

针对以上制造难点

LIGHTVISION® LP20激光投影系统创新性地采用了多机联投智能协同技术，通过多台高精度激光投影仪在大型叶片模具上协同工作，实现了全尺寸、全流程的数字模板投影覆盖。

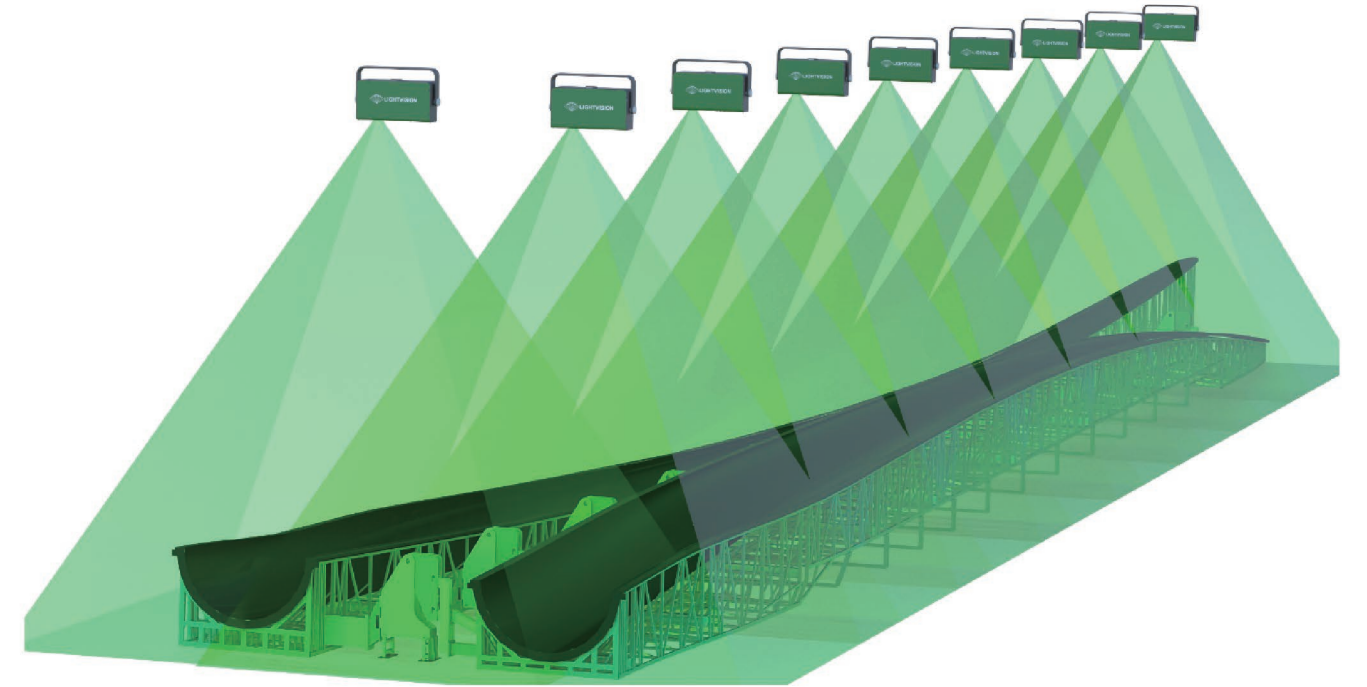
解决方案

SOLUTION

我们的系统将百米叶片模具划分为多个投影区域，每台投影仪负责特定区段的投影定位。通过先进的标定算法和实时动态校准技术，系统可确保多台设备投影区域拼接处精度一致，实现整体投影误差控制在±3MM以内。

操作人员可在不同区域同步进行铺层、导流网铺设、真空袋封装等作业，不仅避免了频繁移动设备或模板，更实现了并行工程，使大型叶片的制造效率提升达30%以上。

LIGHTVISION®LP20的多机联投功能，正推动风电叶片制造进入数字化、智能化的新阶段，为风电产业的高质量发展提供关键技术支撑。



为什么选择LightVision?

高价值战略投资，实现投资回报率最大化

从投资回报率视角分析，LightVision 3D 激光投影定位系统的投入并非单纯的设备采购，而是远景能源在风电叶片智能制造领域的一项高回报战略性投资，其成本节约、风险规避价值显著，投资回报周期清晰，为企业规模化生产持续创造经济收益。

1. 显著节约直接成本

高精度可视化引导提升铺层效率，减少人工工时；精准定位优化材料利用，降低碳纤维/玻纤等昂贵复材报废率。

2. 有效规避隐性风险成本

亚毫米级投影保证每层铺层质量一致，提升叶片结构可靠性，减少早期失效及维修、替换和商誉损失。

3. 投资回报周期清晰

规模化生产下，直接节约与风险规避收益可在 12-24 个月覆盖初始投资，回本后持续产生净收益，回报稳定可靠。



LightVision为远景能源带来的价值

- 1.LightVision系统以数字模板替代传统物理模具,解决了大型叶片物理模具制造困难、存储成本高、定位精度低的问题。
- 2.系统支持所有常见3D形状叶片,包含预浸料小叶片和100m以上的超长大叶片的加工,适应性强,无需为每种叶片型号制作专用物理模板,大幅降低了模具投入成本。
- 3.通过可视化引导,即使无经验人员也能快速掌握操作要领,降低了专业技能门槛,提高了人力资源配置灵活性。

单支叶片平均工期减少1.5h

产品质量提升30%,

展现了数字化制造技术的巨大潜力。

“我们自主研发的LightVision这套系统,从根本上革新了传统工作模式。相比以往依赖多人轮班、逐点测量且易受人为误差影响的物理工具作业方式,Light-Vision采用先进的激光层投影技术,在15-20米的投射距离内,仍能保持高精度定位,完全满足现场使用要求。所投射的激光图案清晰鲜明,极大方便了工人进行铺层操作,有效引导作业流程。”

“系统软件设计贴合叶片复材生产工艺特点,界面友好、逻辑清晰,现场工人经过简单培训即可快速掌握,整体工作效率提升超过30%,同时显著增强了工艺数据的可追溯性。”

“在技术指标方面,LightVision与欧美同类设备水平相当,并在软件开放性与投射距离等关键维度上表现更优。得益于国产化技术路线,我们能高效响应客户的多样化定制需求,快速实现功能适配与优化。”

“LightVision在严苛的工业环境下表现稳定可靠,定位靶标找点成功率高达90%,支持24小时不间断运行,保障生产连续高效。此外,我们提供从安装调试、操作培训到售后维护的全流程专业技术支持,确保客户业务运转顺畅,形成良性的合作生态。”



北疆之风，强劲不息；绿色动能，澎湃涌动。在乌兰察布，LightVision与远景能源的这次伟大合作证明：

中国新能源产业的未来，不仅源于自然的馈赠，更源于科技创新的智慧。

LightVision与远景能源的合作，远不止于一套设备的供应。它是尖端数字技术赋能高端装备制造的典范，是两家创新型企业国家“双碳”战略指引下的同频共振。

**每一束光，都在定位未来；
每一片风叶，都在转动时代。**

**LightVision
以光为尺
丈量新能源的广阔天地！**

北疆之风，绿色动能：

LightVision与远景能源共筑乌兰察布风电未来

我们不仅是设备的提供者，更是绿色能源建设的同行者。

