

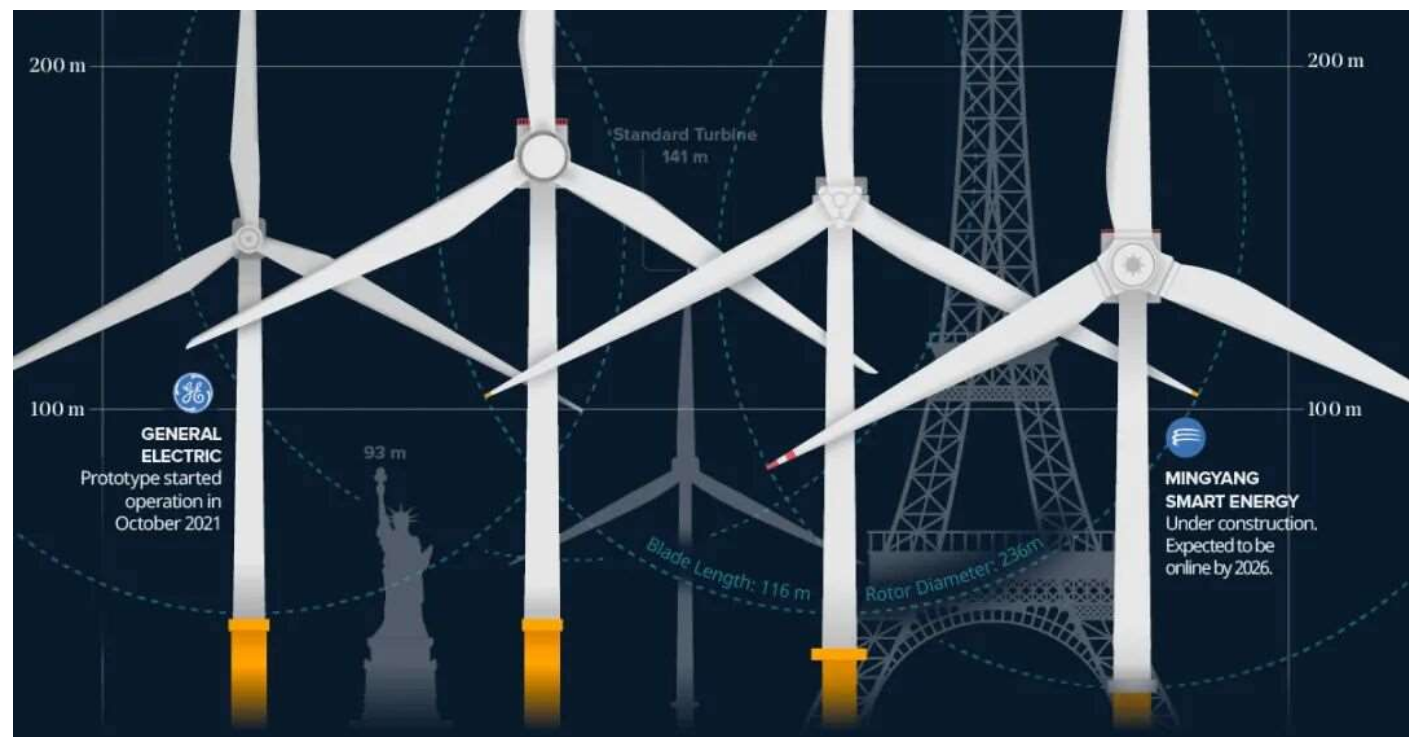
风电塔架的未来The Future of Wind Tower: 独创新一代 New Created — 木结构风电塔筒 Wooden Wind Tower



汇报人：刘向飞 Xiangfei LIU

日期： 2026.03.10

烟台博海木工机械有限公司
Yantai Bohai Woodworking Machinery Co.,Ltd



目录Content

- 1 风电塔架行业背景及需求
- 2 国外风电塔架的创新思路及局限
- 3 我们的创新方案：胶合木结构塔筒
- 4 胶合木结构塔筒的巨大优势
- 5 研发和技术落地路径
- 6 投资主体及投融资方案



1

风电塔架行业背景及需求

Background and Trends

1.1 发展快速，规模全球领先

国际风能理事会（GWEC）发布的《全球风电报告2025》显示：

- 2024年全球新增风电装机达117GW（陆上109GW，海上8GW），累计装机量突破1136GW
- 世界前5大风机厂商中国占4个，前15大厂商中国独占10个。
- 中国厂商供货76GW，占全世界供货数量的70%。
- 德国、英国 2024 年陆上风电招标量同比激增 72%，并计划 2026 年起年均新增海上风电 8.5GW

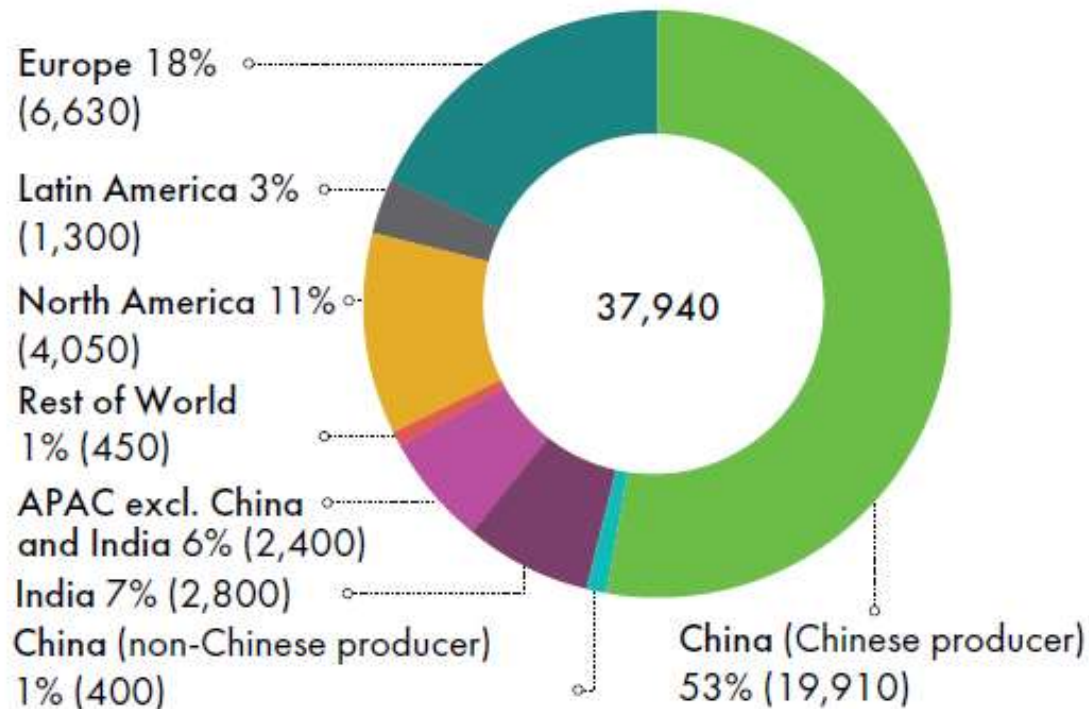


1.1 发展快速，规模全球领先

- 全球最大的26兆瓦级海上风力发电机组下线。陆上15MW风机已安装试运行。
- 国产化程度高，外国品牌逐步被挤出中国市场。
- 2023年中国生产了近2万个塔架，占全球约53%。
- 十五五期间每年国内新增10万MW，约2万个塔架。



Total global onshore and offshore wind tower production capacity in 2023 (units/year)



Source: CWEA, Brinckmann, September 2023

1.2 国内市场回暖，出口需求旺盛

国内市场呈现“陆风企稳、海风爆发”特征：

- 2025 年上半年陆风含塔筒均价回升至 2000 元 /kW，同比反弹 10%。
- 海上风电新增装机预计 12GW（同比 + 71%）。
- 海外市场成为新增长极，中国风机出口量 2024 年同比激增 345.5%。欧洲市场占比从 15% 提升至 35%，金风科技、明阳智能海外订单毛利率达 20%-30%，显著高于国内水平。



1.2 国内市场回暖，出口需求旺盛

国内市场量利齐升，海外市场爆发式增长：

- 2025 年国内风电新增装机预计 110-120GW，其中海上风电 14-17GW，较 2024 年翻倍。海上风电新增装机预计 12GW（同比 + 71%）。
- 产业链各环节同步增长：叶片市场规模预计达 644 亿元（同比 + 27%），塔筒市场 727 亿元（同比 + 15.6%）。
- 欧洲海上风电招标量 2025 年预计达 8.5GW，中国企业凭借成本优势抢占份额，明阳智能、金风科技海外订单增速超 300%。亚非拉新兴市场崛起，印度、埃及等国启动 GW 级项目招标，中国供应链在东南亚、中东市占率提升至 22.5%。



1.3 行业大而不够强，挑战和机遇并存

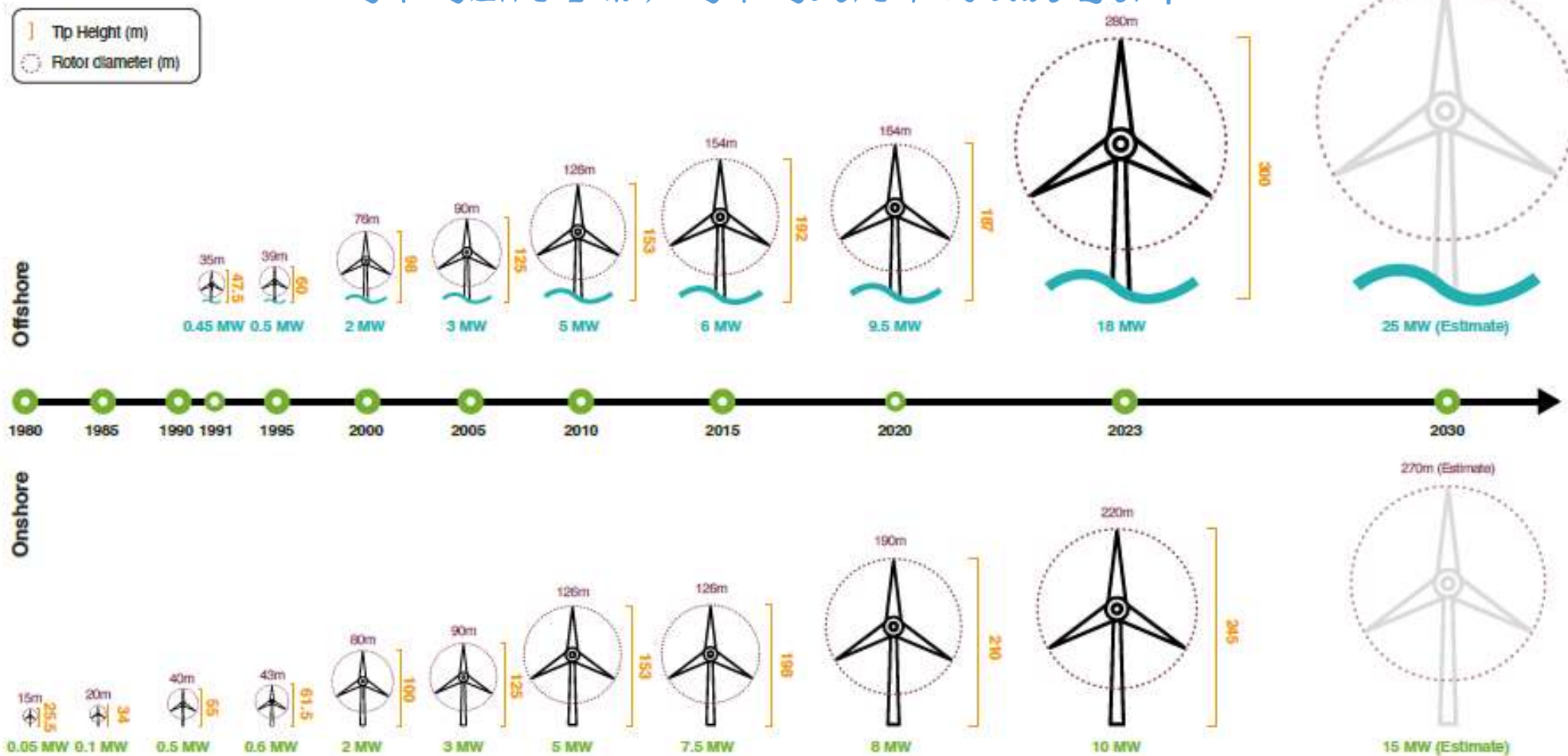
- 陆上风机单机容量突破 10MW，明阳智能 16.6MW 海上漂浮式机组实现商业化应用，推动度电成本（LCOE）降至 0.03 美元 /kWh 以下，接近火电水平。
- 新能源即将全面进行市场化交易，电价将进一步下调，要求风电成本继续下降，对新技术、新材料要求更高。
- 现有风电塔架遭遇技术瓶颈。台风过后，倒塌风电塔架时有发生报道。
- 第一批风电设备已经到达寿命终点，需要更新改造。
- 2025 年风电行业正站在“政策红利末期”与“技术升级初期”的十字路口，海上风电、海外市场与绿氢耦合构成增长三角。



1.5 面对全球发展趋势，急需拿出新的中国方案

Trend of onshore and offshore turbine size, 1980-2030

- 越来越高的塔架，越来越大的单机组发电功率



Source: GWEC Market Intelligence.

1.5 面对全球发展趋势，急需拿出塔架新的中国方案

• 钢塔风光不再：

1. 向高空、大容量、高切变方向发展，钢质柔性塔筒震动大、振幅大的问题造成风电机组运行经济性、可靠性大幅降低。风机停机次数、时长大幅增加，风资源利用率降低。另外，钢塔筒发生共振、疲劳破坏的风险太大。
2. 自重过大，钢塔筒运输、施工难度遇到瓶颈。各厂家设计略有不同，但140米的塔筒首段直径普遍达到了5.3米，重量超过了120吨。塔筒运输尺寸和重量已经达到了公路限高、限宽和荷载等条件的极限。塔筒吊装对起重设备的要求也越来越高。钢塔再向上发展，运输和施工成本也大幅增加。
3. 钢塔筒造价高，不符合新能源行业发展的内在要求。随着2020年取消新能源补贴、2025年新能源电力全面市场化，风电上网电量、电价皆不保，风电投资也必须随之下降，但钢材用量、单价相对稳定的情况下，已不再适应风电行业不断内卷的需要。



1.5 面对全球发展趋势，急需拿出新的中国方案

- 混塔强势崛起，成本降低220-30%，却有天生硬伤

1. 管片强度高（C60以上）、面积大（最大50m²）、壁薄（最薄18cm），容易发生质量缺陷，制造精度不如钢塔，生产质量控制难度大。
2. 运输、吊装工作量大（需吊装40~50环），吊装工期长，单台混塔、风机吊装一般需15~20天，项目首台混塔吊装需要各方磨合，甚至需要30~40天。
3. 塔筒拼装、吊装占地面积大，吊装平台面积一般不低于3000m²。
4. 吊装环节多，安全、质量管理难度大。
5. 对作业队伍工艺水平要求较高。



1.5 面对全球发展趋势，急需拿出新的中国方案

行业质疑声：

• 质量隐患渐显，混塔撑得起风电的未来吗？

1. 随着混塔应用规模扩大，管片掉块、阳角破损、混凝土裂缝及表面气孔等质量缺陷逐步暴露。
2. 与预制构件“质量可控性强”的预期存在差距
3. “长期可靠性”是否靠谱？



2

国外风电塔架的新思路及局限性

2.1 国外风电塔架的新思路

在全球能源转型的浪潮下，如何利用可持续材料提高风能发电效率成为行业关注的焦点。瑞典公司Modvion推出的“全球最大木制风力涡轮发电塔”，凭借应用创新的工程木材即单板层积材（LVL）结构，减少了高达90%的碳排放，并提供了更高、更经济、更环保的风能解决方案。Modvion现已获得批准建造世界上最高的木制风力涡轮发电塔，高度超过219米。



2.1 国外风电木塔的创新思路

- 木材密度小 ($0,5\text{g/cm}^3$) 左右, 自重轻, 运输和施工成本低。
- 加大壁厚 (200毫米以上) 的情况下刚性好, 强度大。
- 木材固有低频特性, 极难产生共振或疲劳破坏而倒塌。
- 干燥后的木材不生锈, 耐腐蚀, 寿命长, 尤其适合海上风电。



Modvion 的目标是在未来5年内实现量产, 在10年内占据全球10%的市场份额, 每年推出2000座木制风电塔。

2. 国外风电塔架的创新思路及发展局限

然而，Modvion的单板层积材（LVL）塔筒结构，在技术优势明显的同时有多方面的局限，不具备在我国推广价值：

- 将原木旋切成单板后再胶合，牺牲了部分天然木材的强度，同时模压长度较短。
- 工序复杂，制造难度大，难以实现自动化及规模化量产。
- 相对钢筒造价高，不具备成本优势



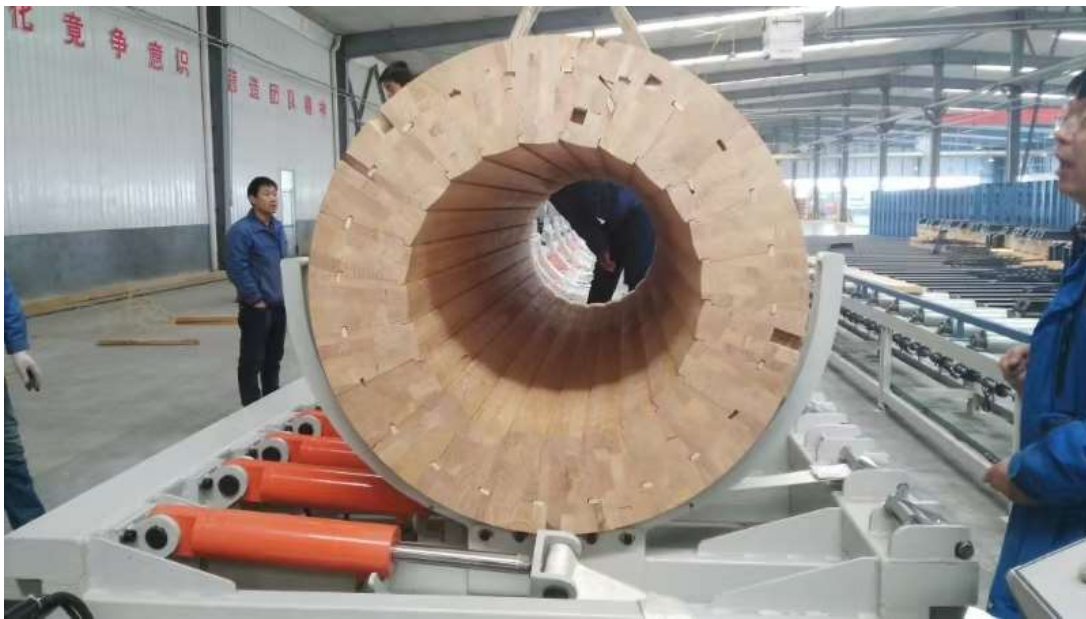
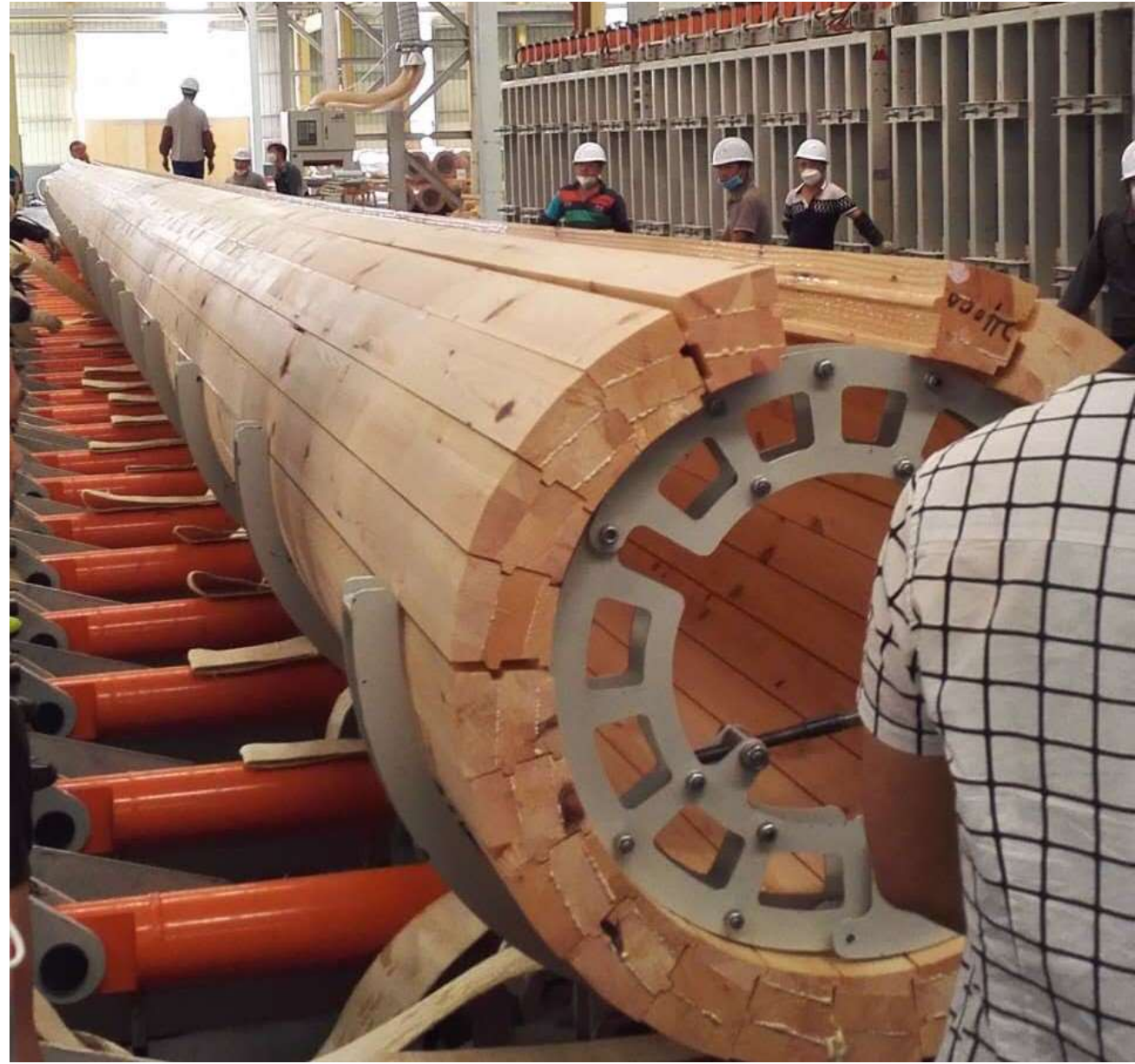


我们的创新方案：

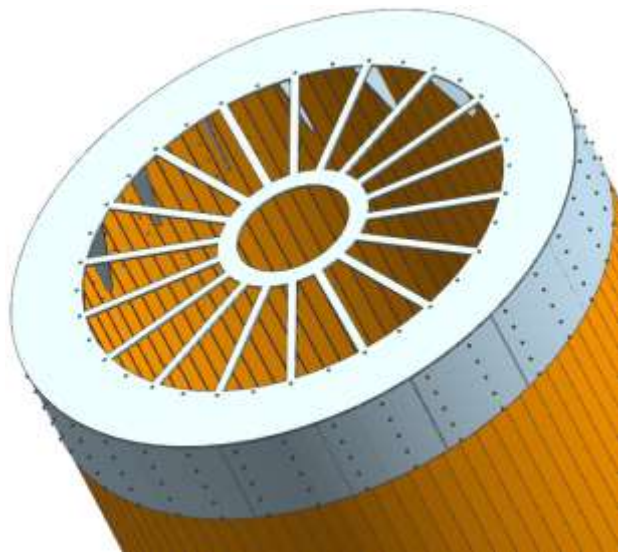
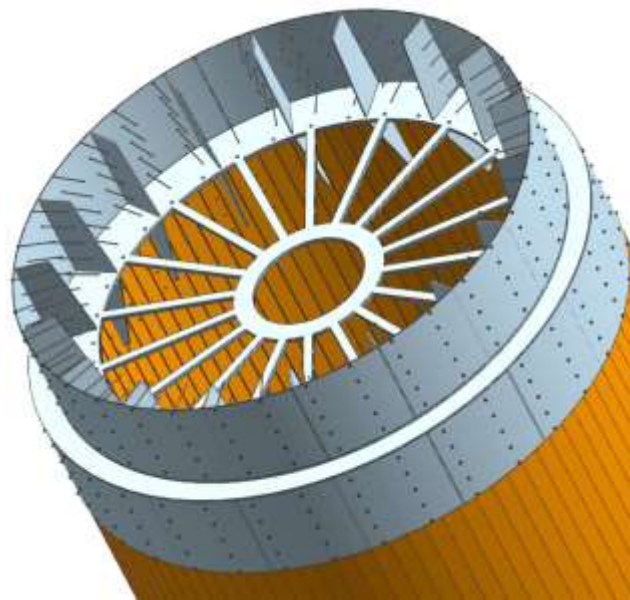
胶合木塔筒

3.1 创新思路，部分利用成熟木结构材生产技术

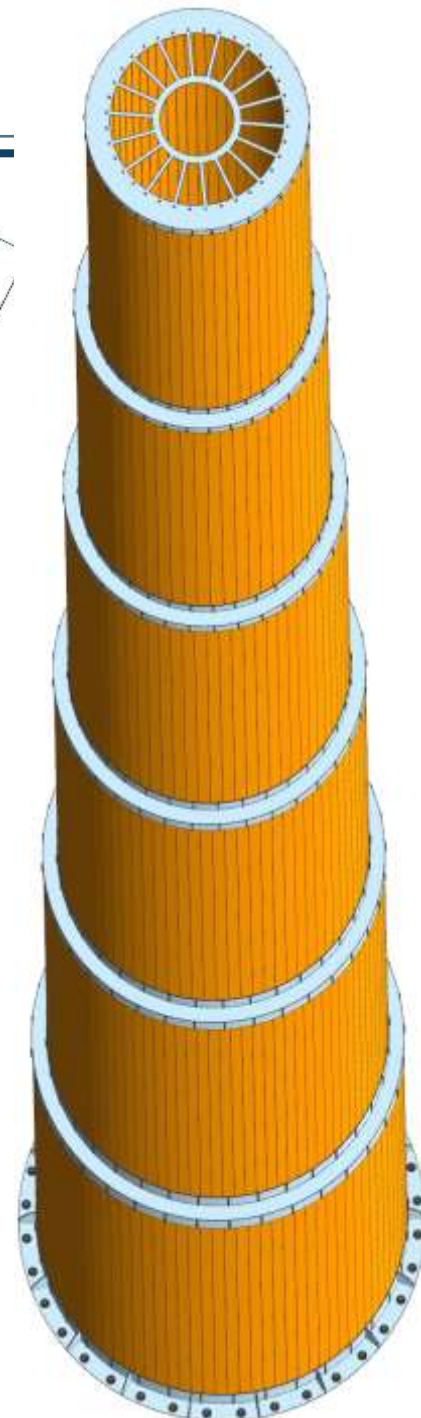
- 全面继承木材的天然性能优势，不破坏木材自身的结构。
- 采用成熟的高效自动化生产技术，易于量产
- 单节长度可轻易达到20米以上。
- 具备生产成本优势，在壁厚200毫米及以上时任然具备良好的经济性，大幅低于钢筒结构。



3.2 全面具备生产装备和胶合木塔筒的自有知识产权



New Patent





胶合木塔筒的巨大优势

Huge Advantages

4.1 木制风电塔筒的巨大天然优势

相对于钢筒和混塔结构，胶合木塔筒优势明显，潜力巨大：

- 木竹是自然界高径比巨大的天然材料，天然抗风抗倒
- 木材密度小（ $0,5\text{g}/\text{m}^3$ ）左右，自重轻，重量远低于钢塔和混塔，易于运输和安装，安装及运维成本低。
- 5-10倍钢筒壁厚（达200毫米及以上）的情况下刚性好，强度大。
- 木材固有低频特性，极难产生共振、不会疲劳破坏而倒塌。
- 干燥后的木材不生锈，耐腐蚀，寿命长，尤其适合海上风电
- 绿色低碳，符合世界潮流和国家鼓励政策
- 资源丰富，可再生，可持续发展

4.2 胶合木结构塔筒的巨大优势

相对于国外的LVL木制塔筒，胶合木结构塔筒方案经济技术优势更大！

- 全面保留木材自然结构，强度更高，性能更好，具备创造新的高度世界记录和冲击下一代300米高风电的条件，领先全球。
- 生产技术成熟，易于实现自动化和规模化生产。
- 生产成本低，相对于钢筒和混塔具备明显竞争优势。
- 具备全面自有知识产权，不受国外技术限制。
- 单节长度20米以上，重量30吨以内；运输和现场安装简单快速。

4.3 用于海上风电优势更明显，出口更有优势

相对于目前主流的钢制塔筒，胶合木塔筒经济技术优势更大！

- 单节长度更大，自重降低至少一半，大幅降低海上运输安装周期和费用。
- 木材的耐盐、耐腐蚀性能更好。
- 对自重敏感的浮式风电意义重大。
- 环保节能低碳材料，规避钢铝关税。
- 可再生材料制造，国际声誉更好。



5

研发和产业落地路径

5.1 高端海工装备/新能源装备制造



第一步：寻求战略合作伙伴，组建项目团队。

第二步：落实研发和试制场地。

第三步：建立数字化模型，进行力学及复杂载荷仿真计算，研发论证出最佳具体结构造型

第四步：试制缩小比例模型，进行力学和复杂载荷检测

第五步：研发订购生产装备，建成中试基地

第六步：制造第一个全尺寸样塔，专家进行全面检测和效果

第七步：选择生产基地，投入批量生产，

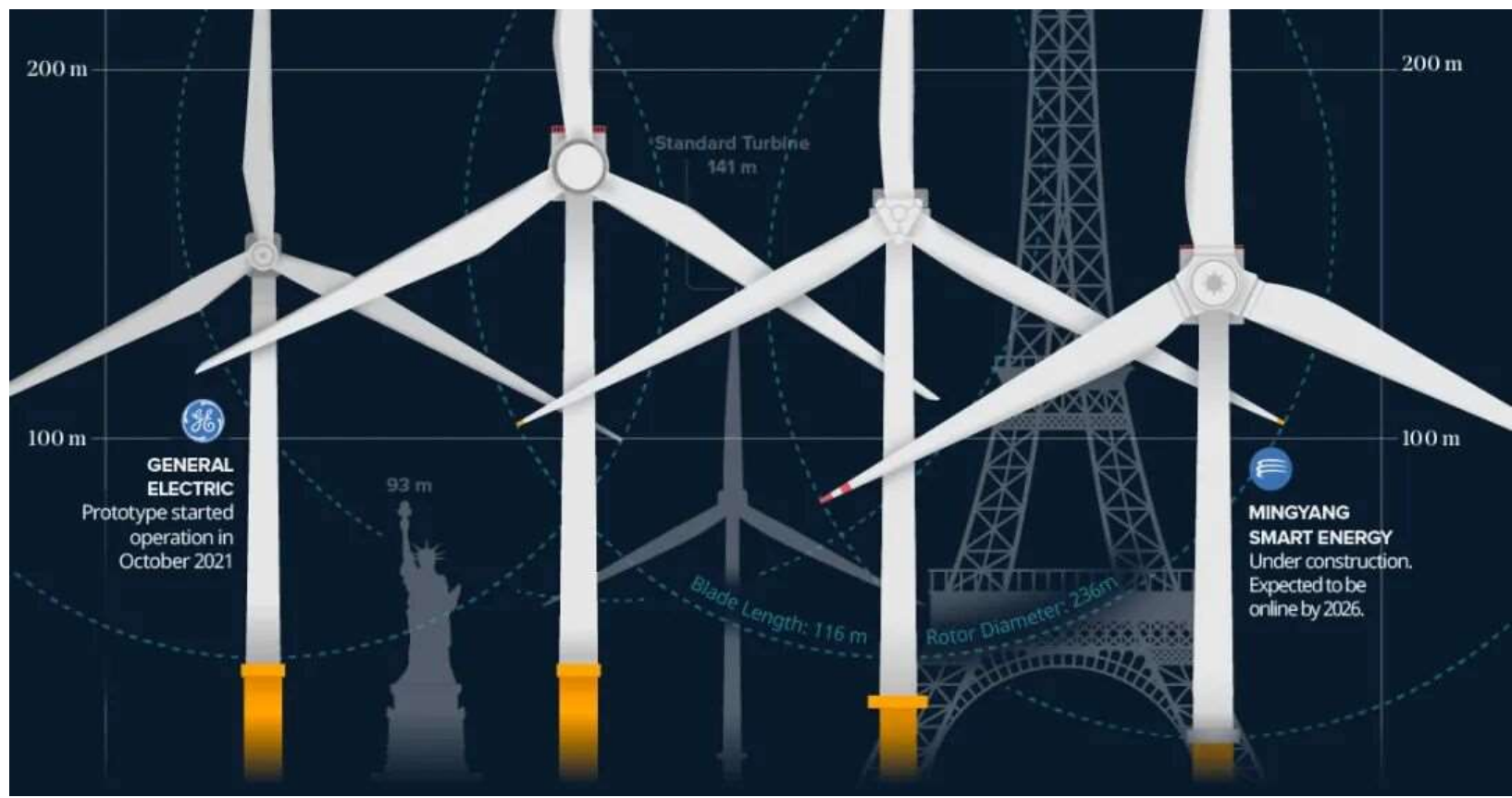
第八步：全面推广，扩大规模，产生经济和社会效益



5.2 生产基地要求

按年产300个塔筒（三天一塔）规划：

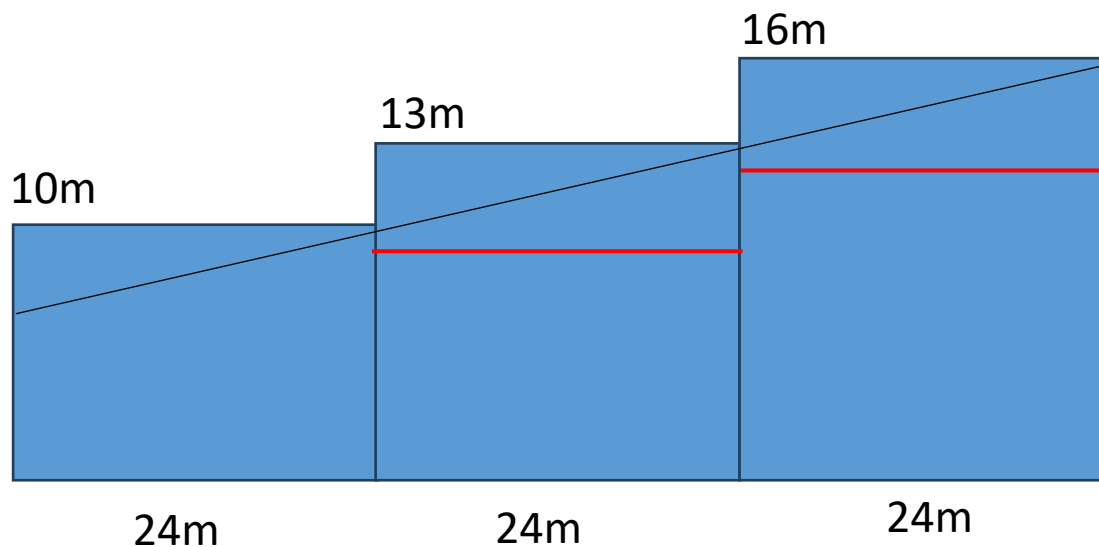
- 塔筒高度120-150米，适合当前主流海陆风电主机功率8-18MW
- 最大直径6米
- 最大壁厚300mm
- 销售额约15亿元人民币
- 需要木材每天450立方米
- 需要PUR胶每天3吨



5.2 生产基地要求

生产场地条件:

- 厂区面积100亩
- 三跨厂房，单跨宽度24米
- 厂房长度不低于180米，面积最少13,000平面
- 2架行车吊，起重20吨；2架行车吊，起重10吨，行车轨道高度不低于12/9米



6

投资主体及新投融资规划

国家高新技术企业、专精特新企业
国家木竹产业技术创新联盟成员
木结构国家创新联盟副理事长单位
中国林科院&博海木结构装备研发中心
国家十二五科技支撑项目的任务承接单位
国家十四五重点专项科技研发的任务承接单位
“结构用集成材”国家标准主要起草单位之一
2022年荣获梁希科技进步一等奖



经济日报 | 做强做优做大海洋产业，推动海上风电规范有序建设

《经济日报》 国家能源局 2025年09月14日 12:07 北京



海上风电是清洁能源的重要组成部分。我国海上风能资源丰富，大力发展海上风电，对保障能源安全、加快绿色低碳转型以及推动海洋经济高质量发展具有重要意义。今年上半年，我国海上风电累计并网装机容量4420万千瓦，占全球海上风电总装机量的一半以上。7月召开的中央财经委员会第六次会议强调，要做强做优做大海洋产业，推动海上风电规范有序建设。本期特邀专家围绕相关问题进行研讨。

感谢您的关注和支持！

