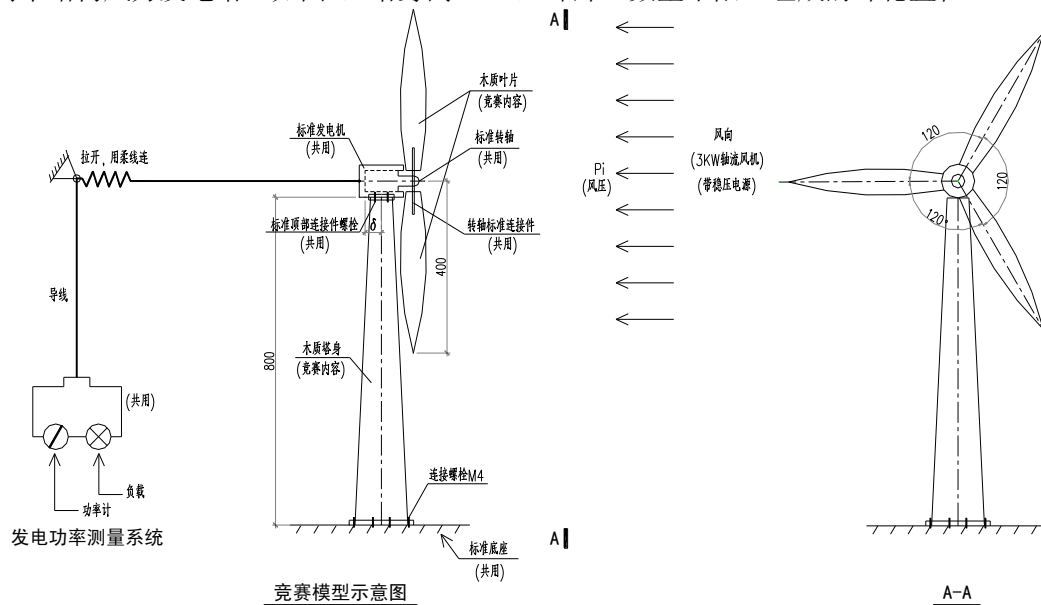


第十届同济大学大学生结构与模型竞赛 竞赛赛题

第十届同济大学大学生结构与模型竞赛委员会
2009. 8. 5

一、竞赛模型

定向木结构风力发电塔（如图），塔身高 0.8m，叶片（数量不限）组成的叶轮直径 0.8m。



二、模型介绍

1. 塔身

塔身为竞赛主结构，需满足以下要求：

- 1) 塔身高 0.8m，顶点高度实际误差不大于 $\pm 1\text{mm}$ 。外形不影响叶轮运转，在叶轮高度范围内必须是中心对称形体。
- 2) 具有足够的承载能力。
- 3) 具有规定的刚度。
- 4) 与塔顶标准发电机底座连接可靠。
- 5) 与塔底标准底座连接可靠。

2. 叶片和叶轮

叶轮由叶片均匀布置、形状数量不限构成。附录为三叶叶片的参考数据。

三、装置说明

1. 发电机

发电机采用 CFX-03 型标准发电机，质量 4.47kg，底板及立面详见附图。

2. 风叶连接件

连接件质量 0.3kg，详见附图。

3. 发电功率测量系统

发电功率测量系统由导线、负载、功率计组成。导线所受风力不能传递到塔身，由支架承受。

4. 鼓风机

名称	新型节能低噪声轴流风机
型号	SF7—4
厂家	上海金蓝机电设备成套有限公司
功率	3000W
转速	1400n/min
风量	2500m ³ /h
风速	23m/s
全压力	340Pa

经实测，风叶连接件（距鼓风机 1m 处）的风速参考值：

档位	风速（m/s）
W1	4.5
W2	7
W3	9

5. 塔架安装底盘详见附图。
6. 塔脚与安装底盘连接螺栓
重量 2g/个

四、材料及制作工具

1. 木材
- 1) 尺寸：长度 1m，截面有 50mm×1mm、2mm×2mm、2mm×6mm、6mm×6mm
- 2) 性能参考值：顺纹弹性模量 $1.0 \times 10^4 \text{MPa}$ ，顺纹抗拉强度 30MPa
2. 胶水：502
3. 制作工具
- 竞赛组委会提供美工刀、1m 钢尺、砂纸、锉刀、小型锯子。
- 参赛队伍可自带市售工具，但不得使用自行制造或改装的工具或模具。

五、模型安装、加载及测试步骤

1. 安装步骤
- 1) 风叶通过螺栓安装在连接件上；
- 2) 塔架通过螺栓安装在底盘上；
- 3) 发电机通过螺栓安装在塔身上；
- 4) 风叶连接件与发电机轴通过定位鞘相连。

2. 加载及测试步骤

- 1) 打开风机置于 W1 档，计时 30s，测定发电功率 P_1 ；
- 2) 将风机置于 W2 档，计时 30s，测定发电功率 P_2 和塔顶最大顺风向水平位移 δ （单位 mm）；
- 3) 将风机置于 W3 档，计时 30s，测定发电功率 P_3 ，观测塔身是否倒塌；
- 4) 加载结束。

3. 说明

结构以不倒（满足承载能力极限状态）为必要条件。若加载过程中发生下列任一情况，则视为加载结束：

- 1) 模型有部件脱离整体结构；
- 2) 在 W3 档时，塔顶顶部位移各方向均不大于 80mm（由防坠安全索控制）。

六、评分方法

1. 结构评分按总分 100 分计，其中包含

- | | |
|-------------|-----|
| 1) 设计图及计算书； | 10% |
| 2) 制作质量； | 10% |
| 3) 发电功率； | 40% |
| 4) 结构刚度； | 10% |
| 5) 结构重量； | 30% |

2. 设计图及计算书各部分评分标准

- | | |
|--|----|
| 1) 设计说明、总装配图、叶片构件图、塔身构件图及主要连接图齐全、基本正确； | 5% |
| 2) 计算书中承载能力极限状态计算基本正确； | 2% |
| 3) 计算书中正常使用极限状态（变形）计算基本正确； | 2% |
| 4) 文件资料规范、清楚； | 1% |

3. 制作质量细部评分标准

- | | |
|-----------------------------|----|
| 1) 叶片制作标准化（三片相同）； | 3% |
| 2) 叶片表面光洁； | 2% |
| 3) 螺栓连接穿孔顺利； | 1% |
| 4) 塔身高度及叶片高度范围内塔身中心对称性满足要求； | 3% |
| 5) 塔身拼接质量良好； | 1% |

4. 发电功率计算标准

按三种不同等级风压下发电功率的加权平均值按下式计算：

$$\bar{P}_i = P_1 \times 0.3 + P_2 \times 0.5 + P_3 \times 0.2$$

（其中 i 为第 i 组别的下标）

将发电加权平均功率最大组别的加权平均功率记为 $\bar{P}_m$ ，该组该项得分为 40%，其余参加组得分为。

$$40\% \times \frac{\bar{P}_i}{\bar{P}_m}。$$

5. 刚度评分标准

在 w_2 风压作用下，测得塔顶最大位移 δ ，凡 $\delta \leq 16\text{mm}$ 者均得分 10%。凡 $\delta > 16\text{mm}$ 者得分为

$$10\% \times \left(\frac{16(\text{mm})}{\delta(\text{mm})} \right)^2。$$

6. 结构重量评分标准

取发电功率不小于平均功率 $\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \bar{P}_i$ （其中 n 为有效参赛组数，即不倒风塔数）且刚度满足第 4.5

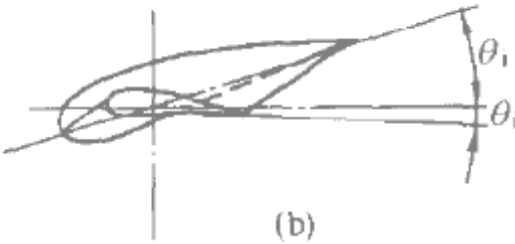
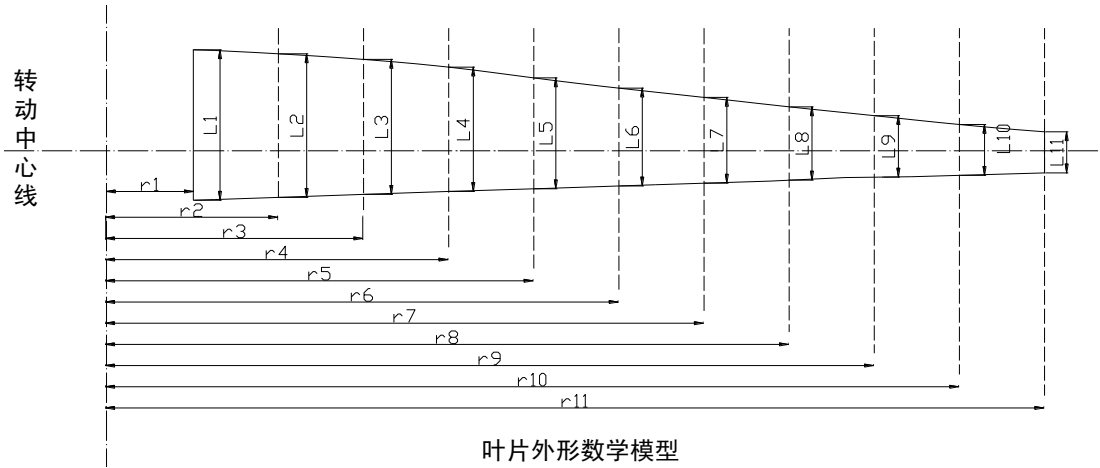
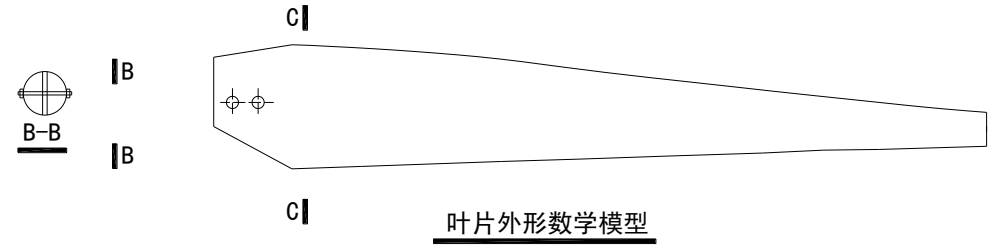
条要求的风塔中重量最轻者，本项得分为 30%。其余风塔本项得分为 $30\% \times \frac{G_{\min}}{G_i}$ 其中 $G_{\min}$ 为最轻重量

风塔。 G_i 为第 i 组的风塔。重量计量时，不包含上部螺钉。但塔脚与标准底座连接螺栓数不能多余 8 个 M4，超出螺栓按超出螺栓重量 $\times 5$ 计入结构重量。

七、附录

三叶叶片参考数据:

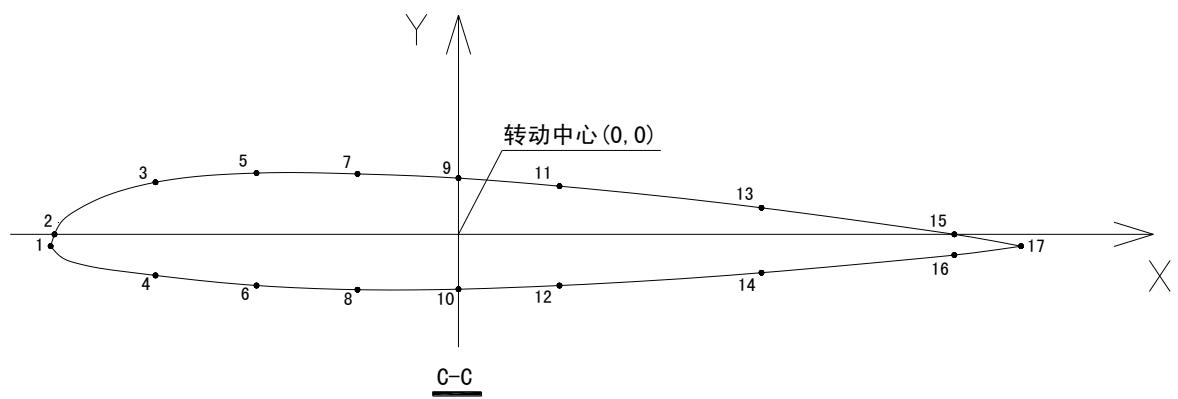
叶片中心端固定在转轴标准连接件上，其材料同塔身。叶片外形建议按如下图数学模型，结构自行设计。



安装角度示意图

i	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
r_i (mm)	70	103	136	169	202	235	268	301	334	367	400
L_i (mm)	71.24	53.42	42.82	36.13	31.24	27.66	24.96	22.84	23.51	21.99	20.76
θ_i 安装角 ($^{\circ}$)	16.4	15.2	14.1	12.9	11.7	10.6	9.4	8.3	7.1	6.0	4.9

表 1 分段对应翼型弦长和安装角

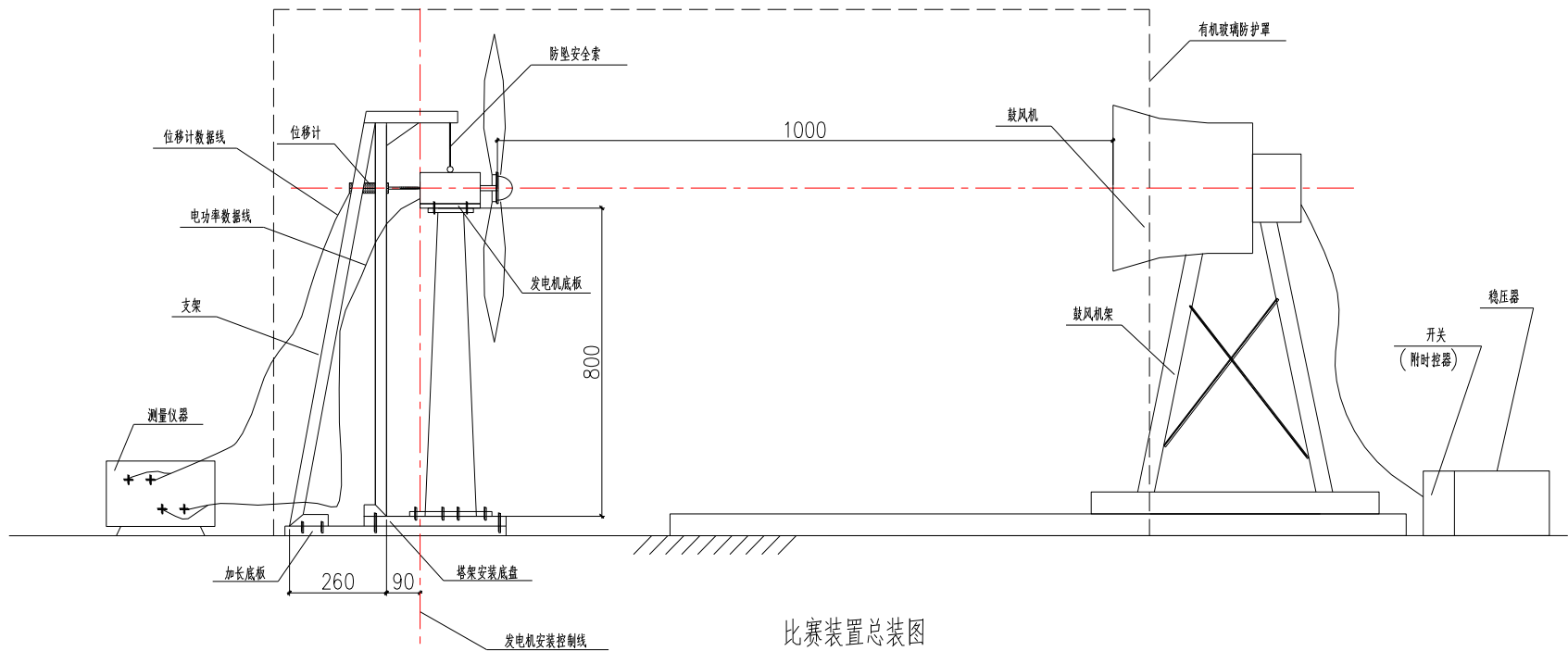


0° 时翼型截面

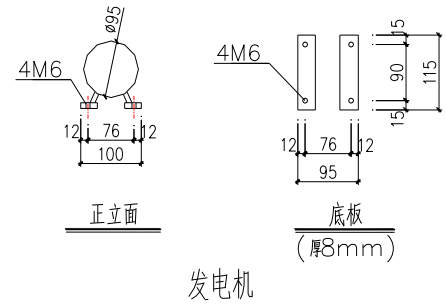
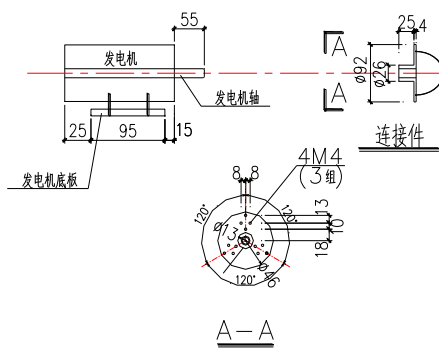
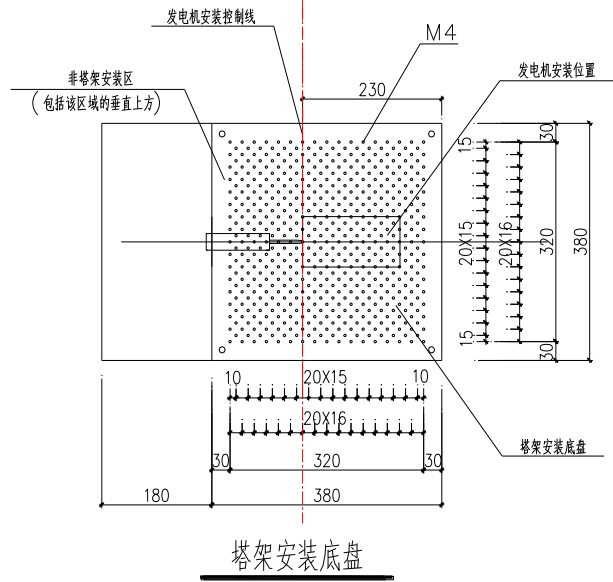
点	X	Y	点	X	Y
1	-0.42029	-0.01221	10	0.00000	-0.05659
2	-0.41628	0.00000	11	0.10407	0.04975
3	-0.31221	0.05372	12	0.10407	-0.05384
4	-0.31221	-0.04239	13	0.31221	0.02740
5	-0.20814	0.06321	14	0.31221	-0.03963
6	-0.20814	-0.05280	15	0.51096	0.00000
7	-0.10407	0.06233	16	0.51096	-0.02136
8	-0.10407	-0.05713	17	0.57971	-0.01221
9	0.00000	0.05802			

表 2 叶片翼型面坐标（对应单位坐标系）

八、附图



比赛装置总装图



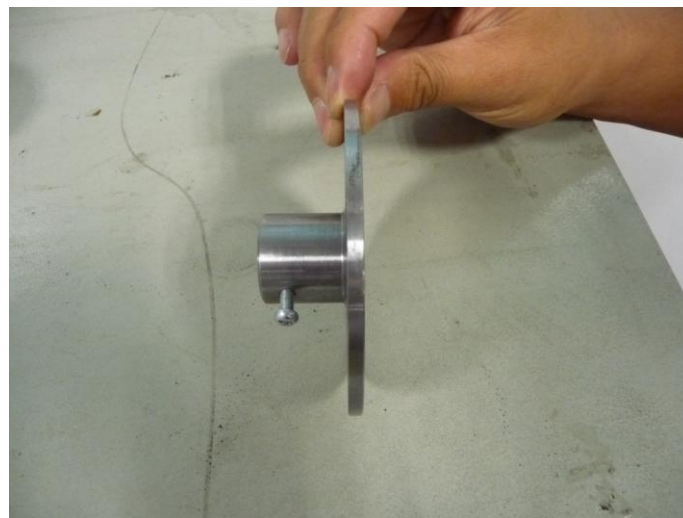
说明:

1. 塔架底部固定螺栓M4×15, 数量任选, 计入总重量内。
2. 发电机固定螺栓M6×10, 数量4个(配螺母4, 垫圈8个), 不计重量。
3. 风叶连接螺栓M4×10, 数量12个(配垫圈4个), 不计重量。

九、实物照片



鼓风机



连接件侧立面



连接件正立面



发电机