

# 实验指导书

**步骤 1:** 登录项目网站 <http://fjzh-vlab.shiep.edu.cn>, 进入网站了解项目描述、特色、网络要求等相关信息。

**步骤 2:** 从网站附件材料处获取实验指导书。了解本实验的实验目的、实验原理和实验方法等内容。



**步骤 3:** 选择实验入口后, 认真阅读实验须知, 然后点击“开始新的实验”。



**步骤 4:** 选择风力机塔架高度。

塔架 (tower) 作为风力机结构体系的重要组成部分, 起到支撑上部结构质量, 承受动载荷的作用, 保障了风力机的正常运行。塔架近地面受地形、地物的影响, 风速锐减, 且常出现紊流。风力机在紊流中运行会产生剧烈振动, 严重时会导致机组损坏。为获得较高且稳定的风速, 利用塔架将风力机主体支撑到距离地面一定的高度。

**塔架高度:** 由于地表的粗糙度影响, 产生风的剪切效应, 塔架越高, 风速越大, 风力机获取的风能越多, 但是制造成本和安装费用也越高。经济、合理的塔架高度的确定需要从风能量增益和成本费用增加两者统筹考虑, 通常取风轮直径的 2.5~3 倍。

## 请合理选择塔架高度：



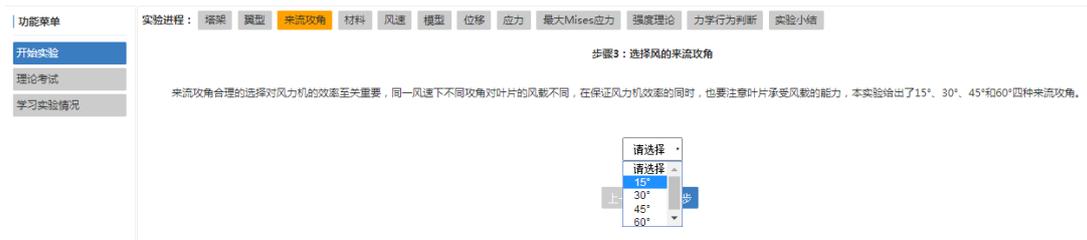
## 步骤 5：选择风力机叶片翼型。

风电技术复杂，风力发电机组的叶片作为捕获风能最直接的部件，其价值占到整机价值的 15-25%左右。翼型空气动力特性的好坏直接影响风力机的特性，翼型的形状也影响叶片的主体结构形式。请选择一种叶片翼型：



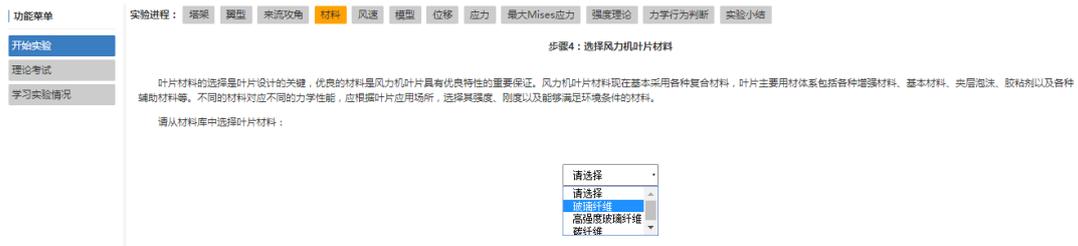
## 步骤 6：选择风载的来流攻角。

来流攻角合理的选择对风力机的效率至关重要，同一风速下不同攻角对叶片的风载不同，在保证风力机效率的同时，也要注意叶片承受风载的能力，本实验给出了 15°、30°、45° 和 60° 四种来流攻角。



## 步骤 7：从材料库中选择风力机叶片材料。

叶片材料的选择是叶片设计的关键，优良的材料是风力机叶片具有优良特性的重要保证。风力机叶片材料现在基本采用各种复合材料，叶片主要用材体系包括各种增强材料、基本材料、夹层泡沫、胶粘剂以及各种辅助材料等。不同的材料对应不同的力学性能，应根据叶片应用场所，选择其强度、刚度以及能够满足环境条件的材料。

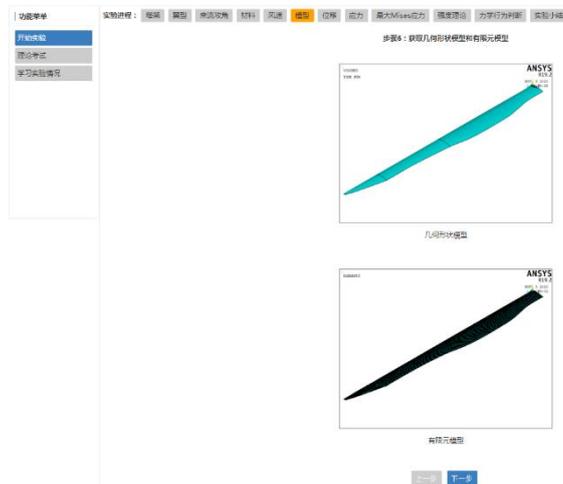


### 步骤 8：根据实验提示输入一个风速参数。

风力发电机正常工作的风力范围是在切入风速和切除风速之间，切入风速是指达到并网条件的风速，也就是可以发电的最低风速，低于此风速会自动停机。切出风速指风力发电机组并网发电的最大风速，超过此风速机组将切出电网，风机停止发电。若达到切出风速还不切出，可能会有塔架倒塌，叶轮飞车等事故的风险，启动消耗的电能一般小于切入风速时的发电量。请输入一个合理的风速：

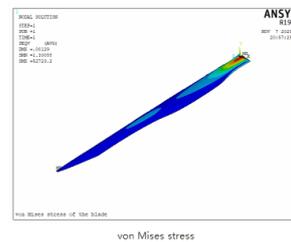
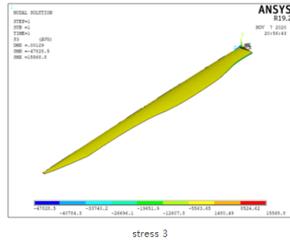
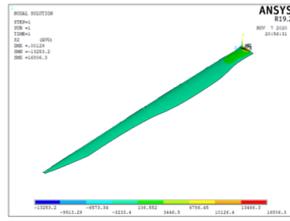


### 步骤 9：获取几何形状模型和有限元模型。



### 步骤 10：计算得到风力机叶片位移响应结果。





上一步 下一步

**步骤 12:** 从应力响应结果中读取最大 Mises 应力，并输入应力值。

功能菜单

开始实验

理论考试

学习实验情况

实验进程： 框架 翼型 来流攻角 材料 风速 模型 位移 应力 最大Mises应力 强度理论 力学行为判断

实验小结

**步骤9：读取最大Mises应力**

请从叶片应力响应结果中读取最大Mises应力，并进行输入。

最大Mises应力  MPa

上一步 下一步

**步骤 13:** 选择强度理论。

功能菜单

开始实验

理论考试

学习实验情况

实验进程： 框架 翼型 来流攻角 材料 风速 模型 位移 应力 最大Mises应力 强度理论 力学行为判断

实验小结

**步骤10：选择强度理论**

材料在外力作用下有两种不同的破坏形式：一是在不发生显著塑性变形时的突然断裂，称为脆性破坏；二是因发生显著塑性变形而不能继续承载的破坏，称为塑性破坏。破坏的原因十分复杂。由于工程上的需要，两百多年来，人们对材料破坏的原因，提出了各种不同的假说。但这些假说都只能被某些破坏试验所证实，而不能解释所有材料的破坏现象。这些假说统称强度理论。

四大强度理论，指的是最大拉应力理论、最大伸长线应变理论、最大切应力理论、形状改变比能理论这四个与强度有关的理论。

- 请选择
- 第一强度理论
  - 第二强度理论
  - 第三强度理论
  - 第四强度理论
- 请选择

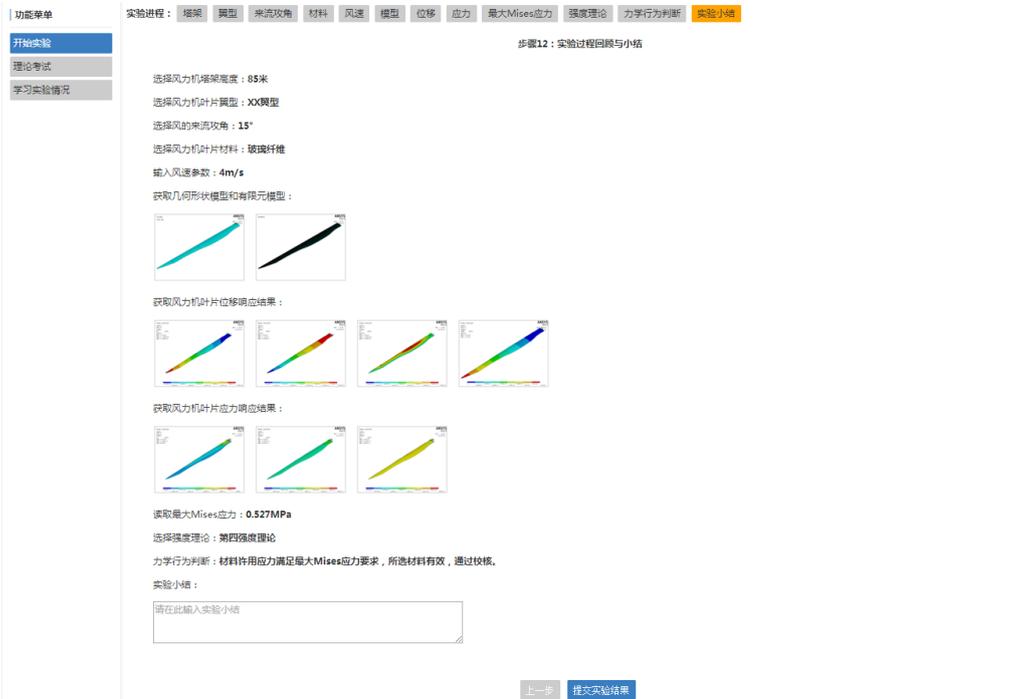
上一步 下一步

四大强度理论，指的是最大拉应力理论、最大伸长线应变理论、最大切应力理论、形状改变比能理论这四个与强度有关的理论。

**步骤 14:** 通过材料、强度理论和载荷数据判断风力机叶片的力学行为是否可行，如果材料失效无法通过校核，则分析失效原因，返回到步骤 4 和步骤 13，重新选择。



**步骤 15:** 查看系统自动生成的可追溯的实验过程记录，并填写实验小结。



**步骤 16:** 完成虚拟仿真实验，并提交试验结果。

**步骤 17:** 在功能菜单点击理论考试，完成在线理论考试。



- \*1. 风力发电机产生的功率是随时间变化的。  
 对  
 错
- \*2. 风力发电机组要保持长期稳定的运行, 做好维护工作是至关重要。  
 对  
 错
- \*3. 平均风速就是给定时间内瞬时的风速的平均值。  
 对  
 错
- \*4. 用于发电的现代风电机组必须有很多叶片。  
 对  
 错
- \*5. 沿叶片径向的攻角变化与叶轮角速度无关。  
 对  
 错
- \*6. 风力发电机开始发电时, 轮毂高度出的最低风速叫( )。  
 额定风速  
 平均风速  
 切入风速  
 切入风速
- \*7. 通常按架高65米指的是( )。  
 三段塔架总长度  
 地面到上塔接管上塔架长度  
 地面到轮毂中心的高度  
 基础环及三段塔架总长度
- \*8. 风力发电机组叶片作为捕获风能直接的部件, 其价值占到整机价值的( )左右。  
 10%  
 25%  
 45%  
 60%
- \*9. 第三强度理论, 是指( )。  
 最大拉应力理论  
 最大切应力理论  
 最大伸长线应变理论  
 畸变能密度理论
- \*10. 如下有关塑性材料许用应力的说法中, 正确的是( )。  
 许用应力等于材料的极限应力除以安全系数  
 许用应力等于材料的屈服应力除以安全系数  
 许用应力等于材料的弹性极限除以安全系数  
 许用应力等于材料的屈服应力除以安全系数

提交

步骤 18: 实验结束, 退出系统。