

ANSYS



仿真  
新时代

2017 ANSYS用户技术大会

中国·烟台

# 离岸风力发电系统的结构设计和仿真

苏睿 结构工程师

安世亚太

# 目录 CONTENTS

1 离岸风电行业的发展趋势

2 离岸风电行业的结构仿真需求

3 ANSYS 结构仿真解决方案

4 案例分享

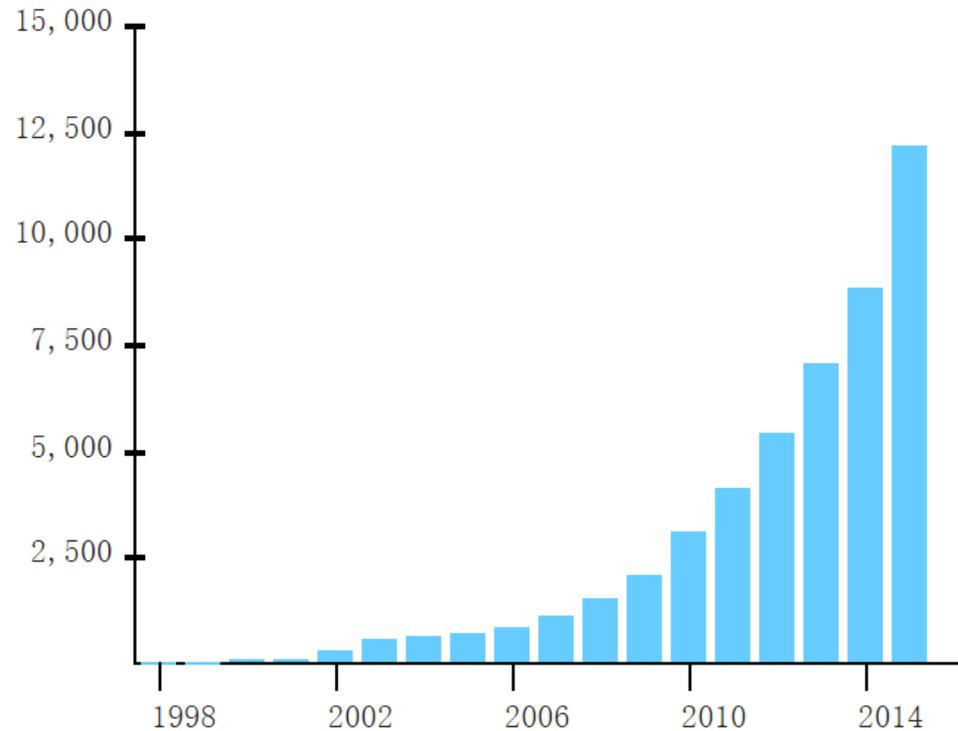
# 离岸风电行业的发展趋势

- **离岸风电的发展对传统风电系统提出了更高的要求**
  - 离岸风电的发展
  - 客户需求的提高



# 离岸风电的发展

- 装机量

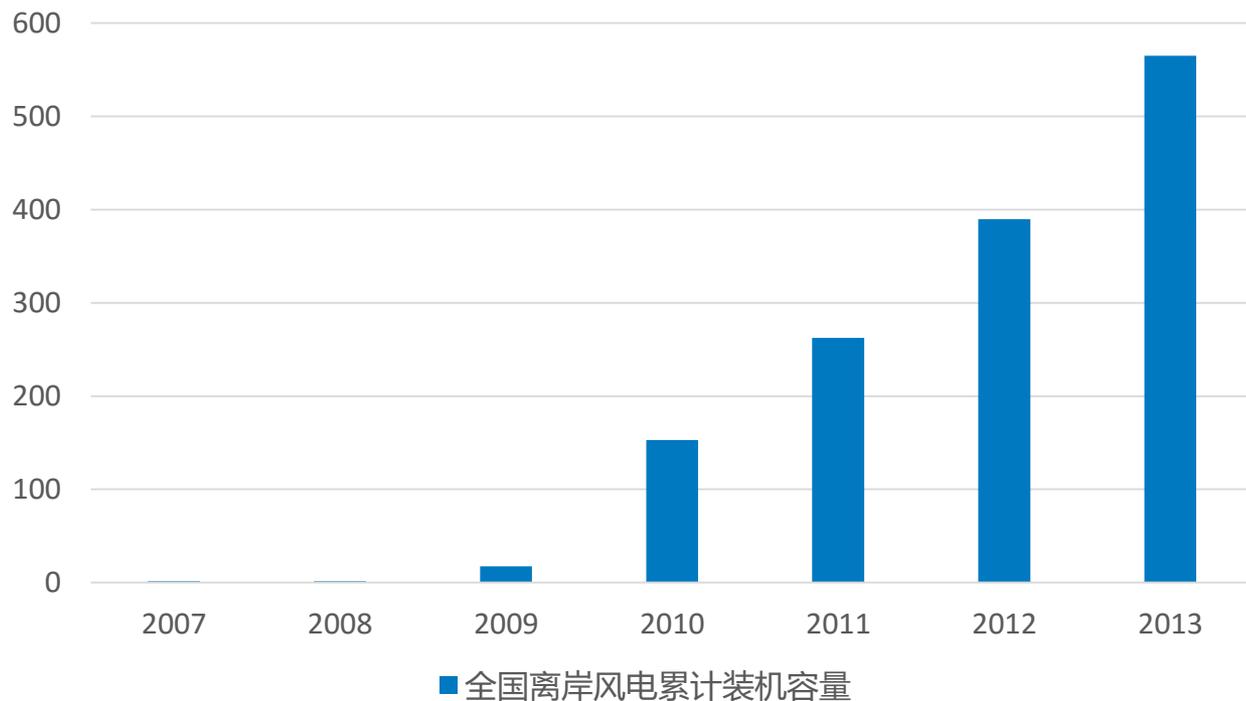


全球离岸风电累计装机容量（兆瓦）  
数据来源：GWEC（2011-2015），EWEA（1998-2010）

# 离岸风电的发展

- 装机量

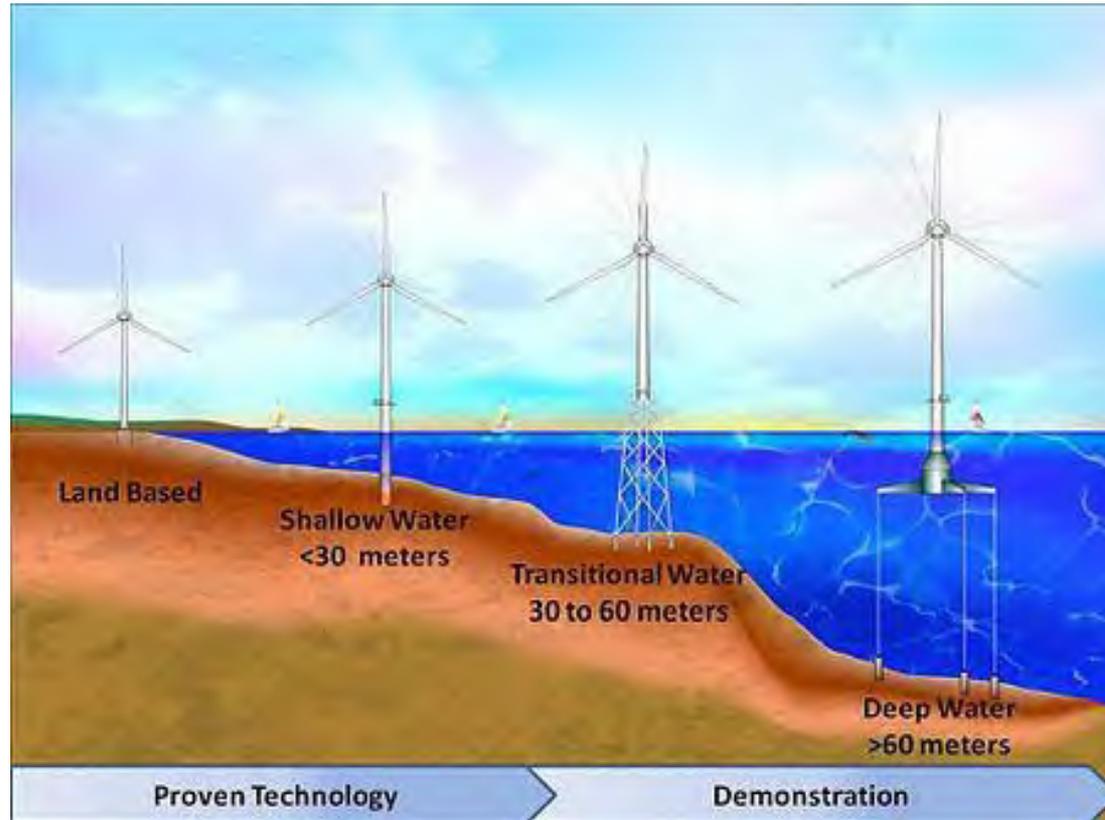
全国离岸风电累计装机容量



数据来源：CWEA ( 2013 )

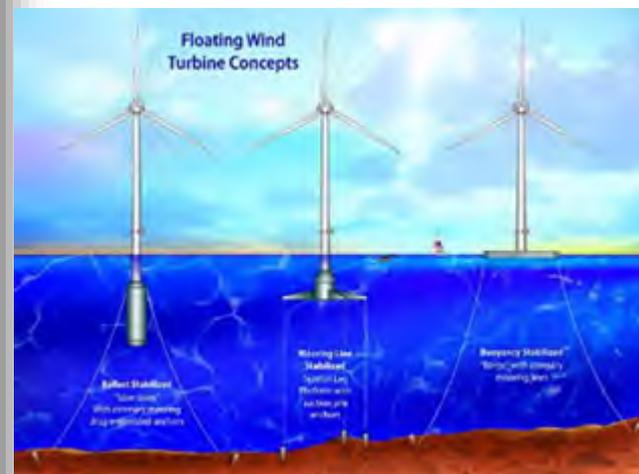
# 离岸风电的发展

- 位置



# 离岸风电的发展

## • 结构



基座式

塔架式

漂浮式

# 客户需求提高

- **目的：更高的产能**
- **方法：更强的风力**
- **结果：**
  - 更大的载荷
  - 由路上转为离岸，由固定转为漂浮
- **需求：**
  - 更高的强度
  - 更好的疲劳性能

# 目录 CONTENTS

1 离岸风电行业的发展趋势

2 离岸风电行业的结构仿真需求

3 ANSYS 结构仿真解决方案

4 案例分享

# 离岸风电行业的关注焦点与分析需求

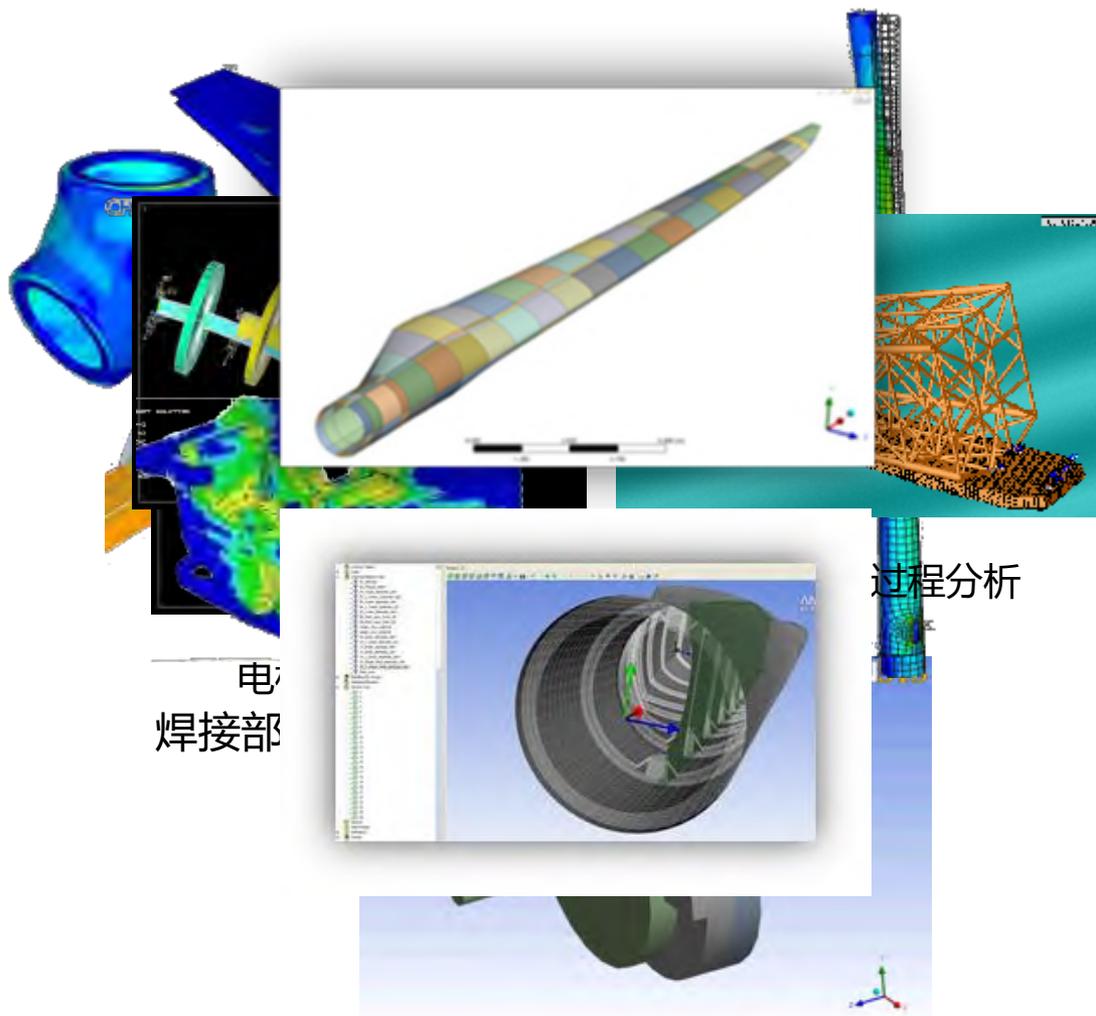
- **风机叶片：**
  - 复合材料强度、刚度、振动
- **轮毂：**
  - 结构强度、连接部件强度、疲劳
- **传动系统：**
  - 主轴强度、刚度
  - 齿轮箱体与增速设计
- **发电机：**
  - 电机性能
- **底板与舱盖：**
  - 强度、变形
- **控制系统：**
  - 偏航系统、刹车系统的机构传动
  - 电子控制
- **塔架：**
  - 结构强度、屈曲、振动
  - 基础设计

# 离岸风电行业的结构仿真需求特点

- **可靠性高**
- **结构复杂、工作环境恶劣**
- **新技术、新材料应用多**
- **数字样机的应用迫切**
- **自主研发的比重大**

# 离岸风电行业的结构仿真所涉及的学科

- 结构设计
- 空气动力学
- 电磁学
- 机构运动学
- 疲劳
- 复合材料力学



刚体动力学分析

# 目录 CONTENTS

1 离岸风电行业的发展趋势

2 离岸风电行业的结构仿真需求

3 **ANSYS 结构仿真解决方案**

4 案例分享

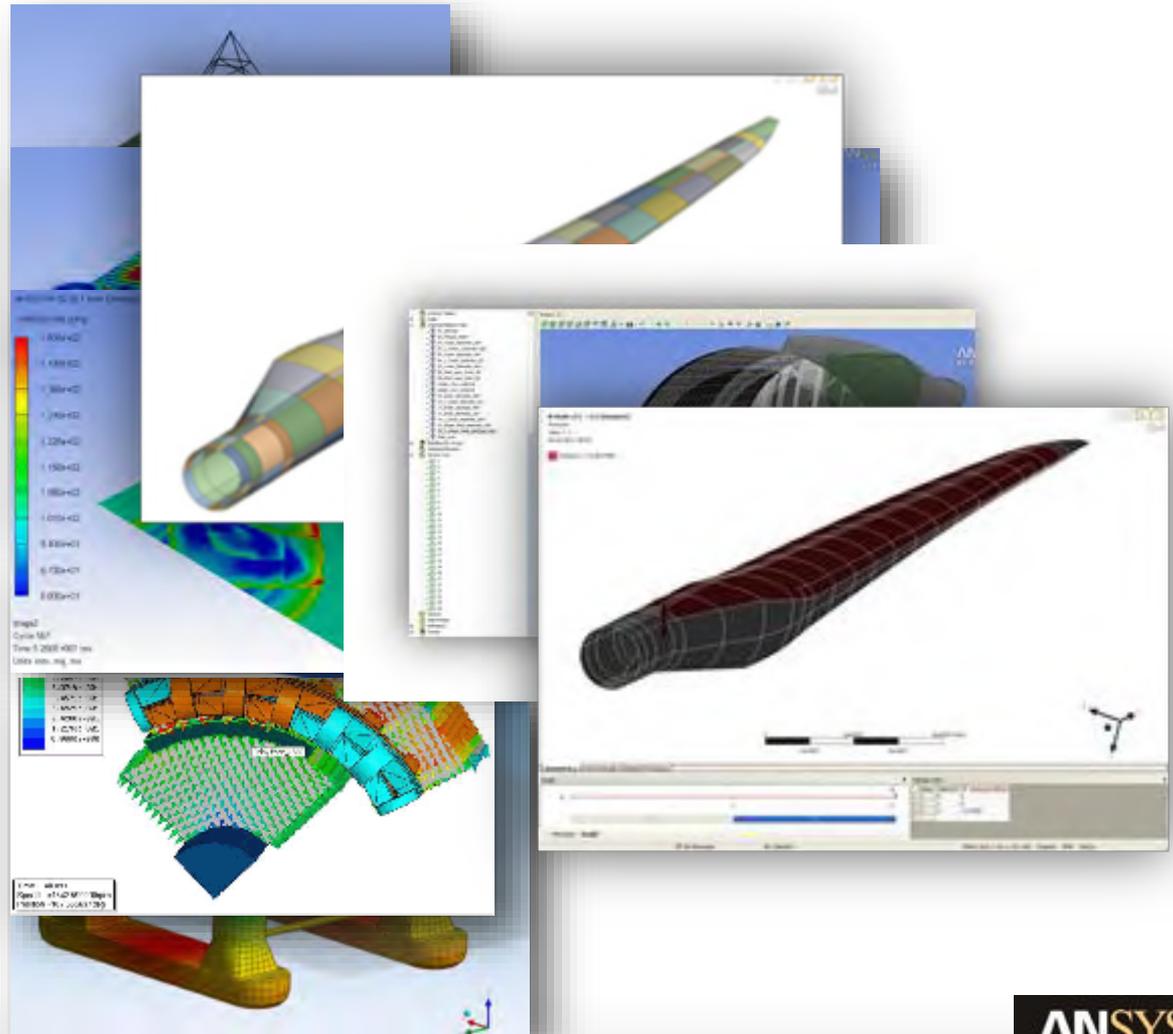
# ANSYS 结构仿真解决方案

## • 通用产品

- SpaceClaim
- ACP
- ANSYS Mechanical
- Explicit/Autodyn
- CFX/Fluent
- ANSOFT

## • 专用产品

- Aqwa



# 目录 CONTENTS

1 离岸风电行业的发展趋势

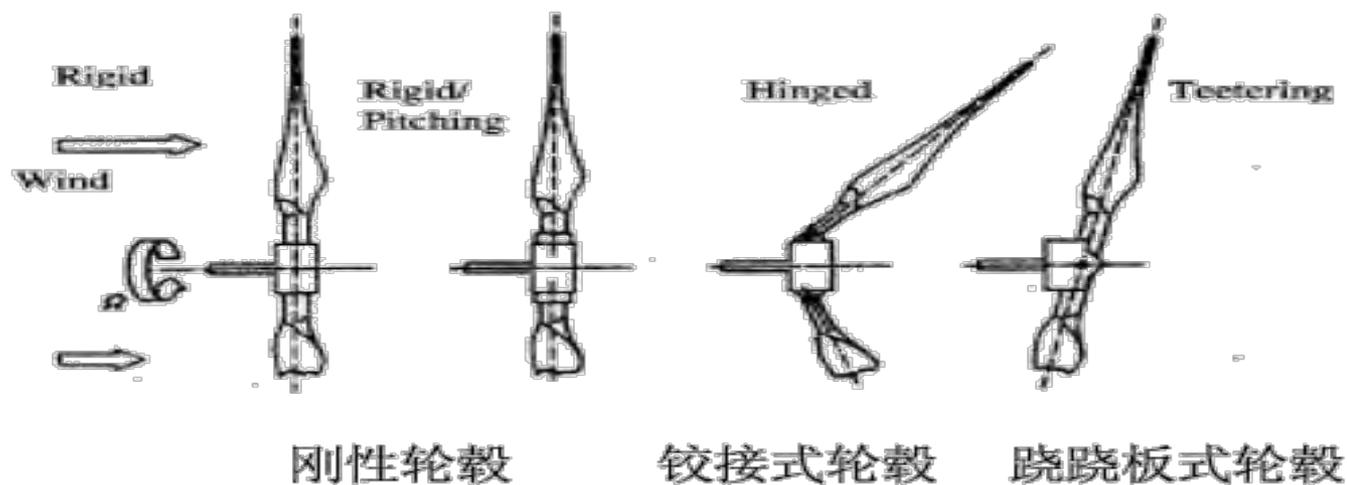
2 离岸风电行业的结构仿真需求

3 ANSYS 结构仿真解决方案

4 案例分享

# 轮毂

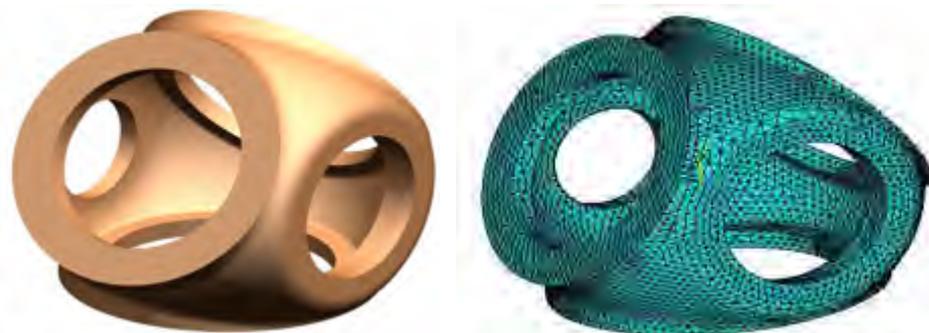
- **载荷：**
  - 承担叶片的气动载荷合其他动态载荷
- **分析目标：**
  - 强度、变形、疲劳



# 轮毂

## • 分析过程：

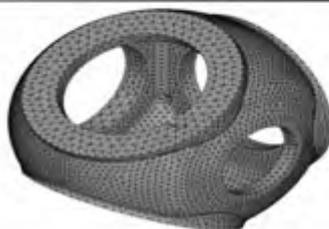
- CAD模型导入
- 网格划分与加载
- 计算并查看结果



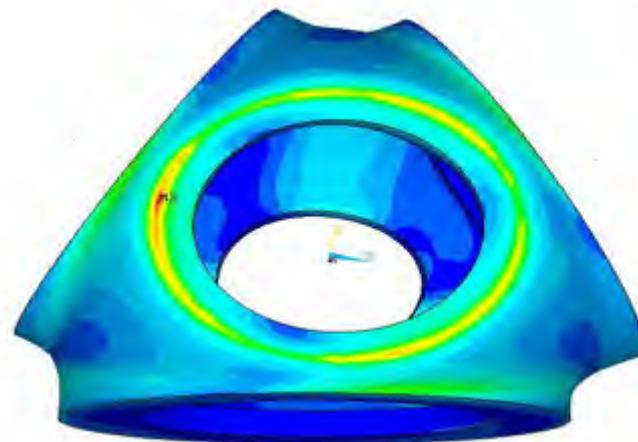
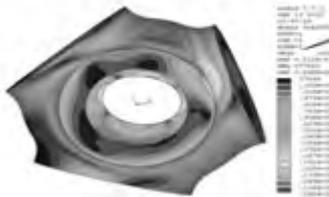
### 刚性轮毂



情况1:



情况2:

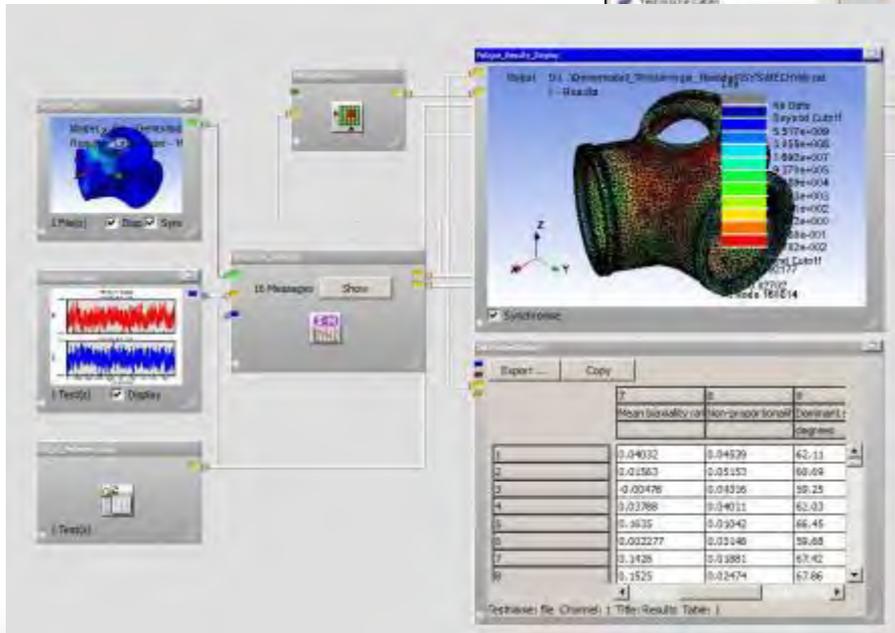
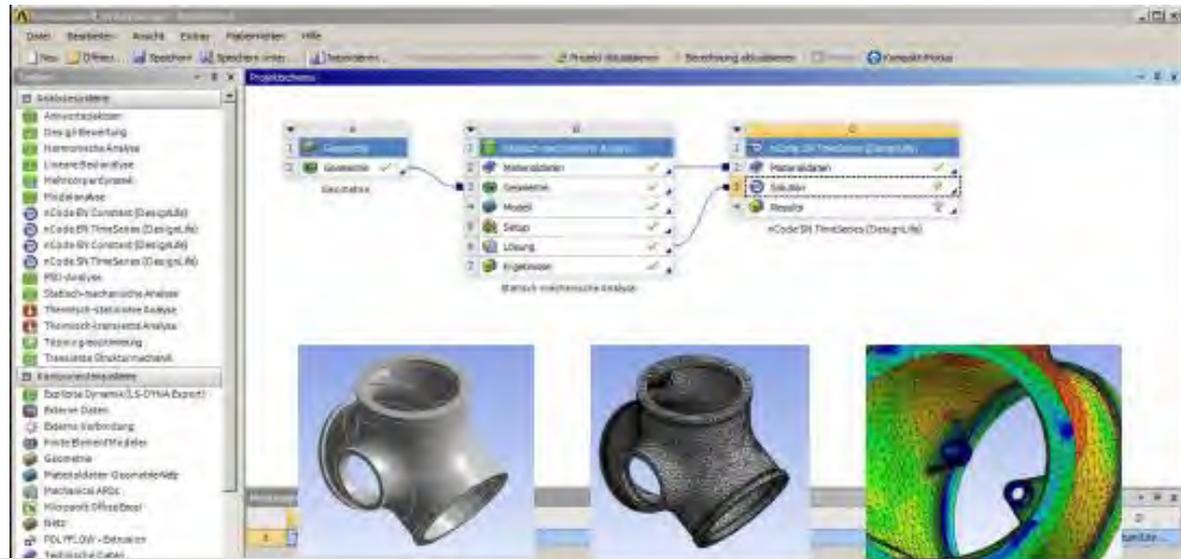


```

ANSYS 5.7.1
OCT 12 2002
19:40:06
MODAL SOLUTION
STEP=4
SUB =1
TIME=4
SEQV (AVG)
DMX =.112E-03
DMN =56406
QMX =.522E+08
56486
.295E+07
.505E+07
.875E+07
.116E+08
.145E+08
.174E+08
.203E+08
.232E+08
.261E+08
.290E+08
.319E+08
.348E+08
.377E+08
.406E+08
.435E+08
.464E+08
.493E+08
.522E+08
  
```

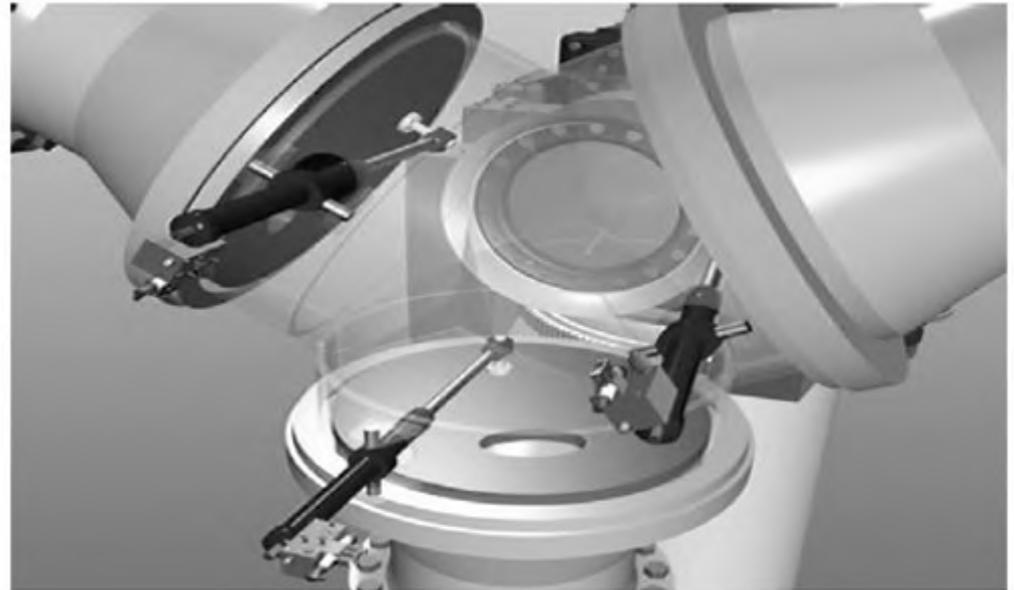
# 轮毂

- 轮毂疲劳分析



# 法兰（螺栓）连接

- **载荷：**
  - 连接载荷
- **分析目标：**
  - 强度、变形、疲劳
- **难点：**
  - 接触非线性的定义与处理
  - 收敛性和计算效率



# 法兰（螺栓）连接



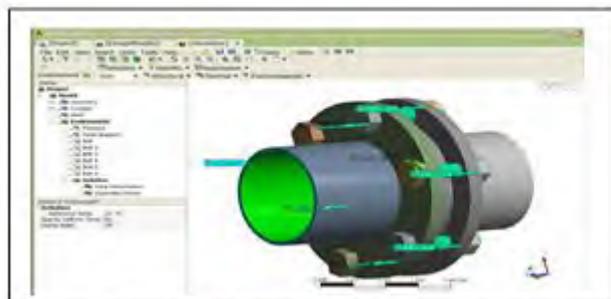
1. 读入 CAD 模型



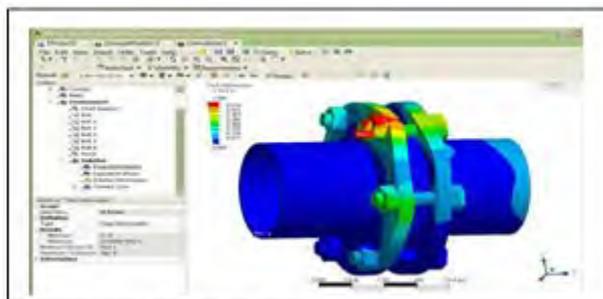
2. 自动识别装配并定义接触关系



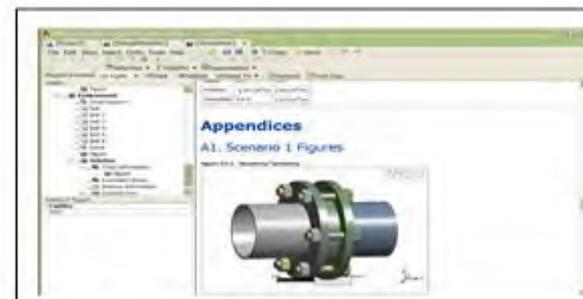
3. 有限元网格划分



4. 定义螺栓预紧载荷与约束条件



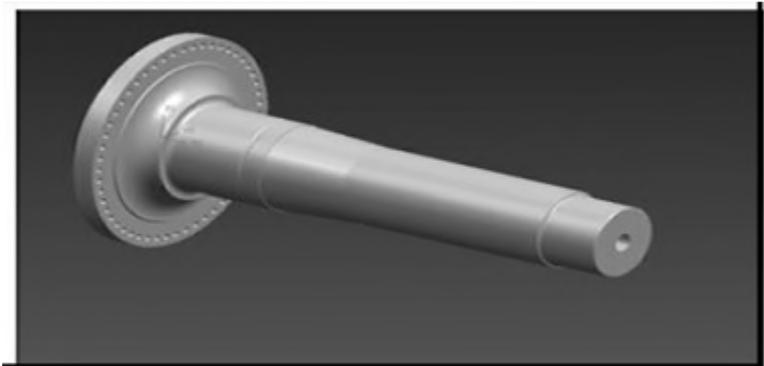
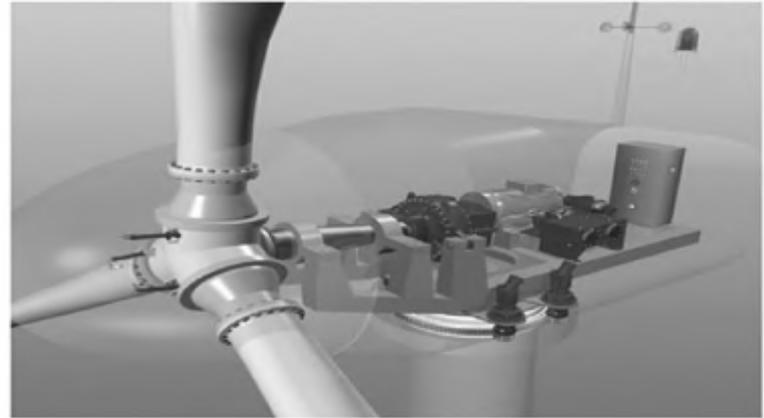
5. 计算结果查看



6. 自动生成计算报告

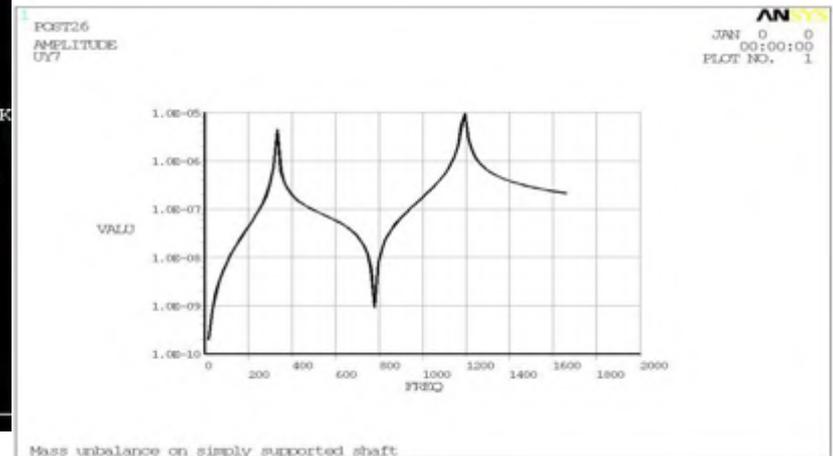
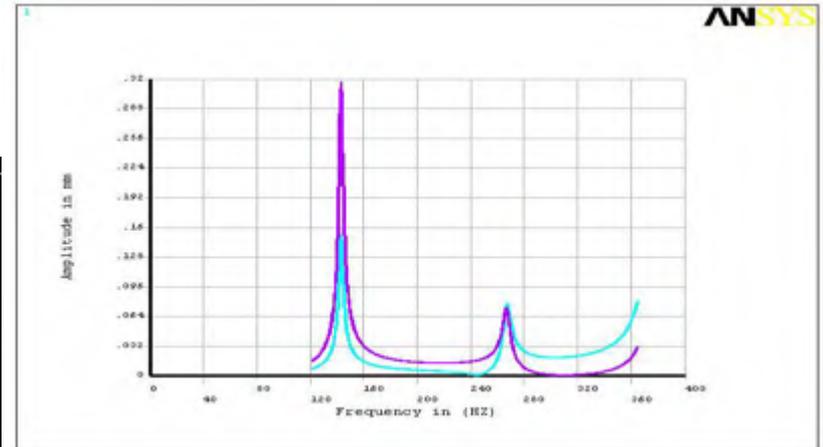
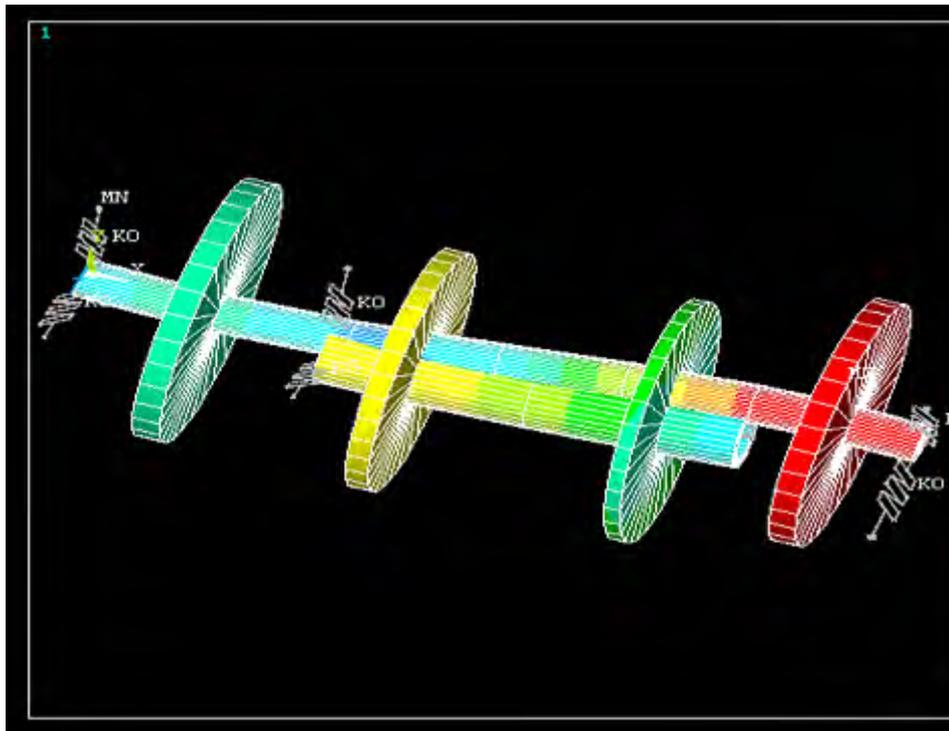
# 主轴

- **载荷：**
  - 扭转载荷
- **分析目标：**
  - 强度、刚度、疲劳
  - 高速轴转子动力学



# 主轴

- 高速轴转子动力学



# 齿轮箱

- 箱体刚度与强度
- 齿轮设计

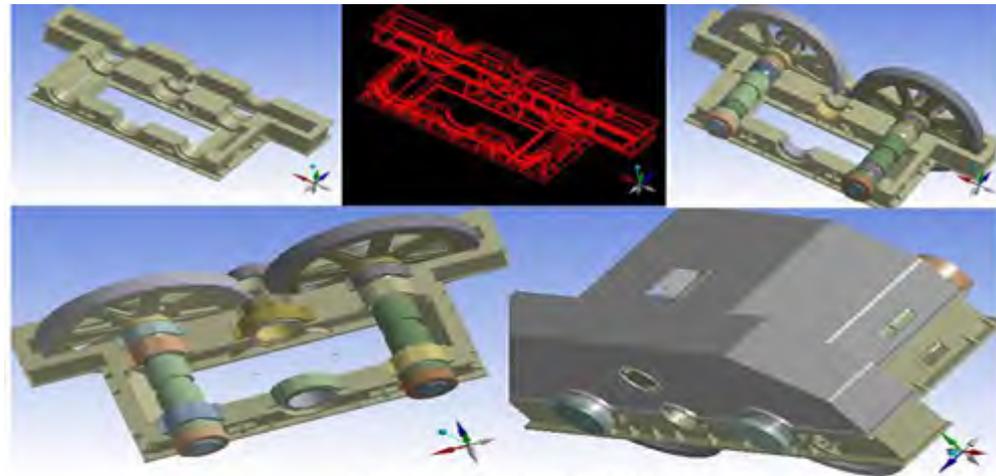
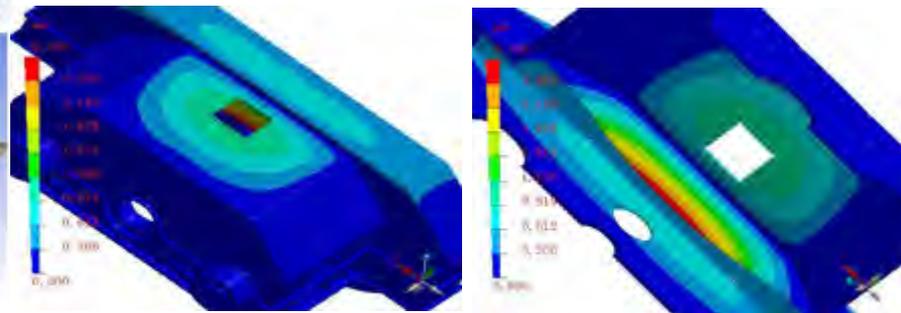


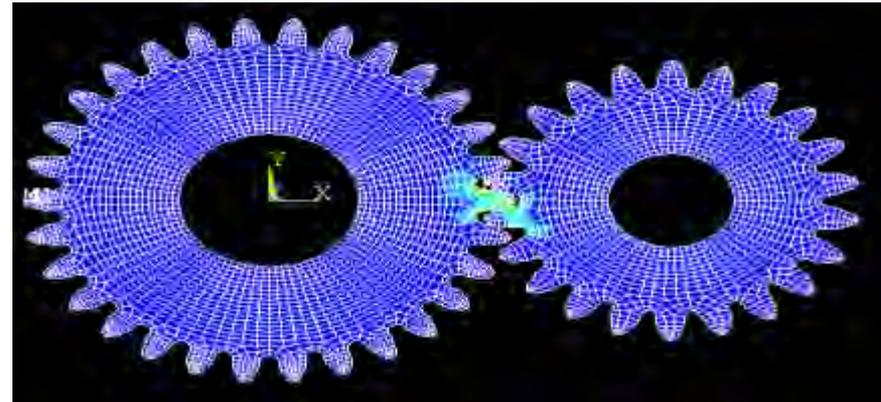
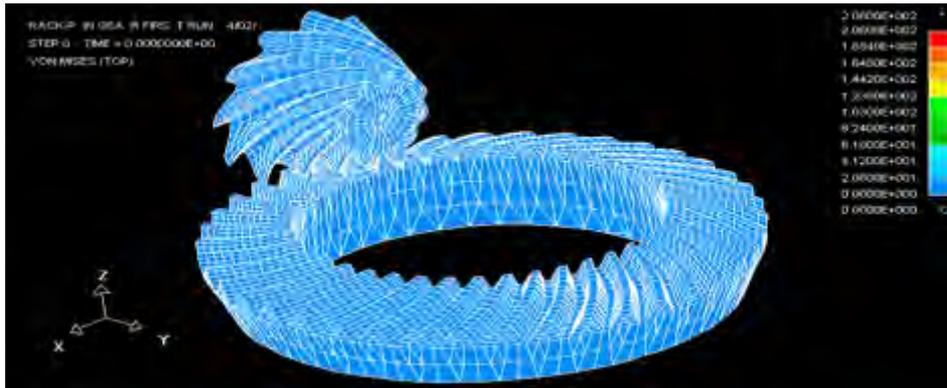
图 1 齿轮箱整体装配模型



齿轮箱结构变形图

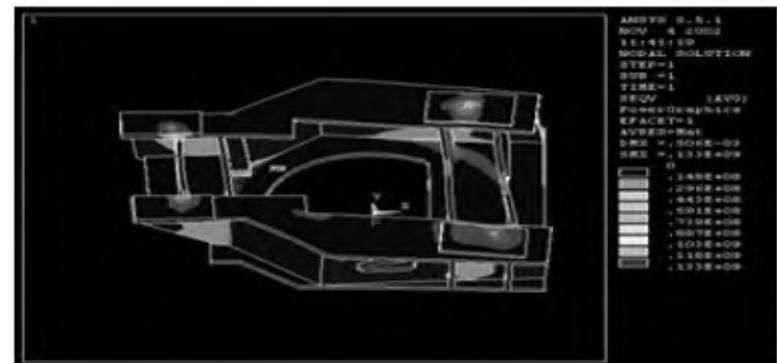
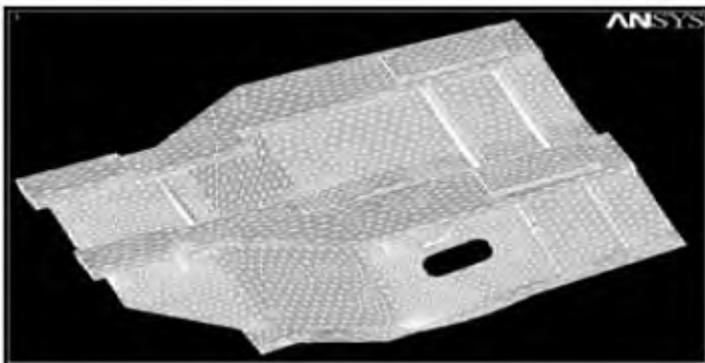
# 齿轮箱

- 齿轮非线性接触计算



# 底板

- **载荷：**
  - 叶轮载荷
  - 电机、齿轮箱、刹车的反作用载荷
- **分析目标：**
  - 保证刚度、以保持部件相对位置和位移



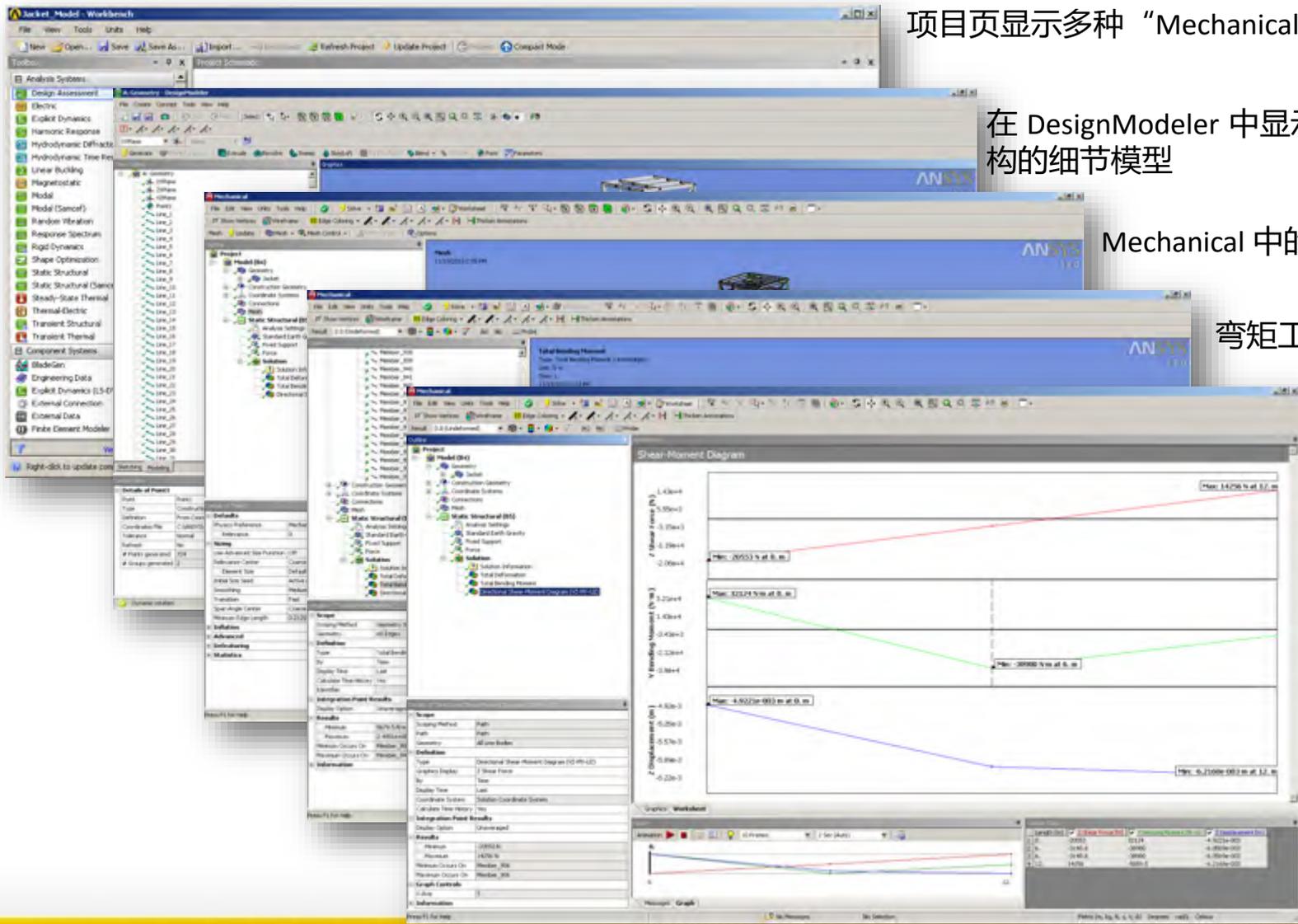
# 塔架

- **结构形式：**
  - 桁架式、圆筒式、拉索式
- **载荷：**
  - 稳定载荷：气动推力和扭矩、塔头重量
  - 动载荷：启动停机的共振
- **分析目标：**
  - 承载能力，静强度问题
  - 抗屈曲能力，稳定性问题
  - 疲劳问题
  - 启动停机时叶片通过频率避开固有频率





# 塔架结构分析



项目页显示多种“Mechanical”系统

在 DesignModeler 中显示构套结构的细节模型

Mechanical 中的模型

弯矩工况

构建上的剪切力和弯矩分布



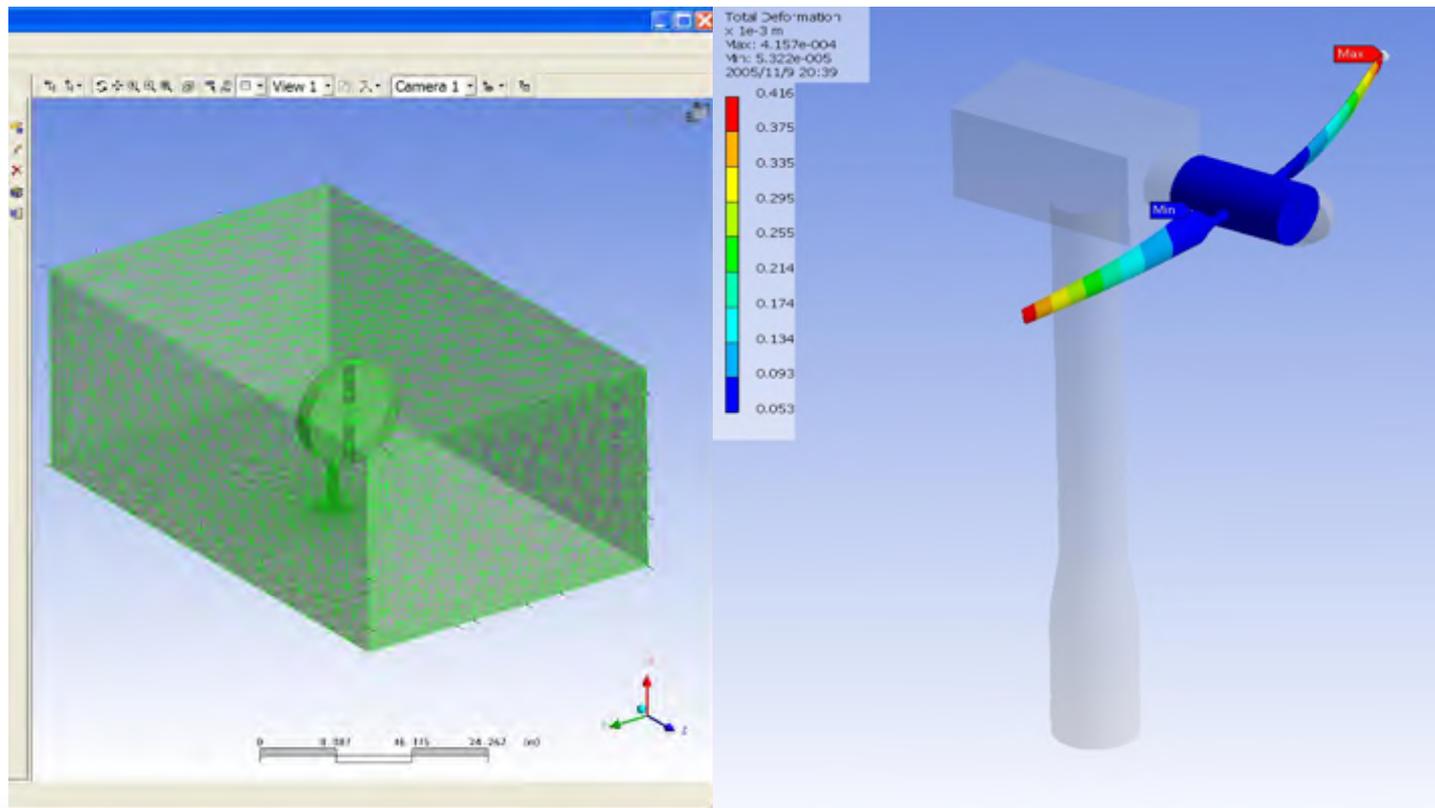
# 塔架

- 塔架屈曲分析



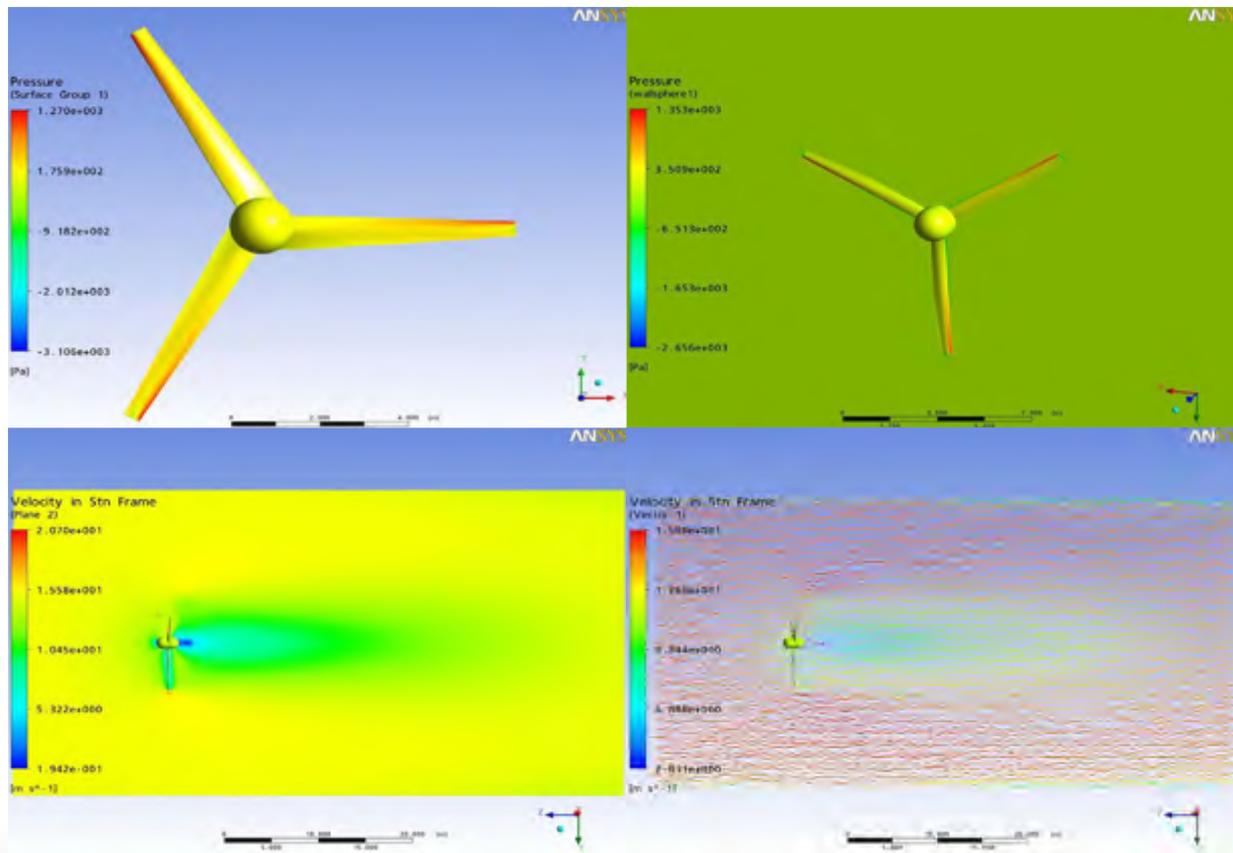
# 风轮叶片性能分析

- 风轮叶片性能分析

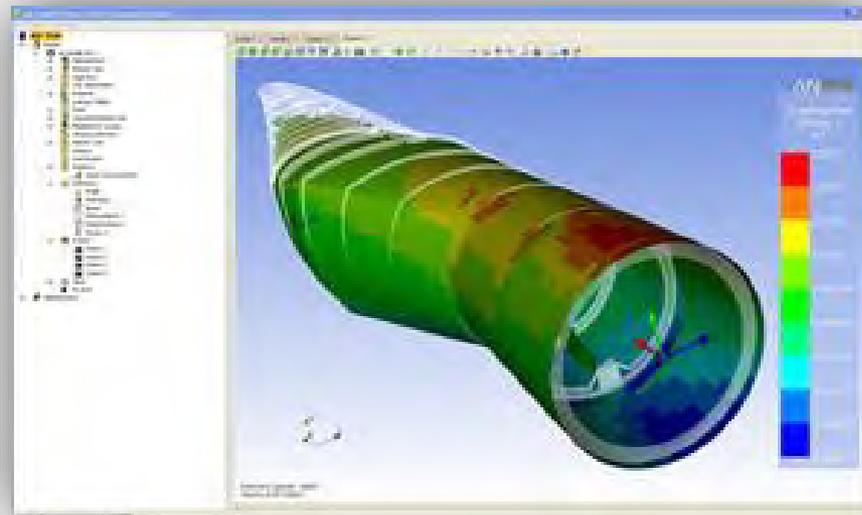
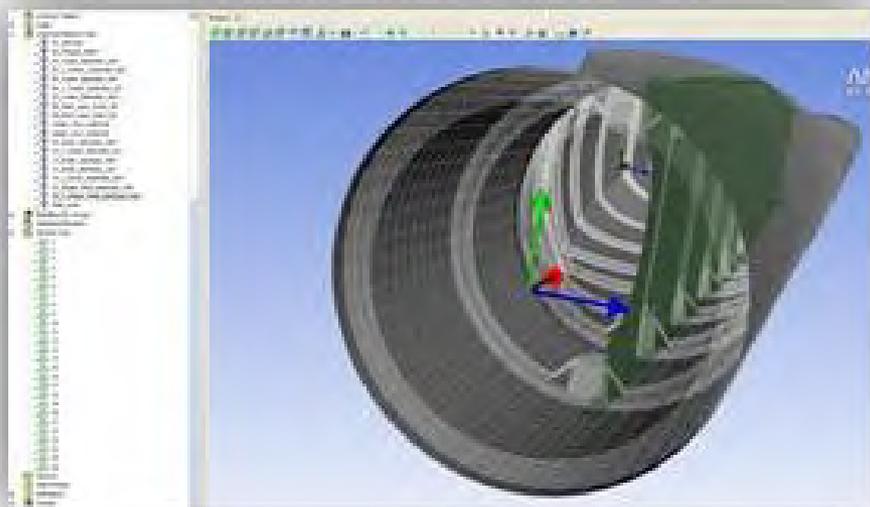


# 风轮叶片性能分析

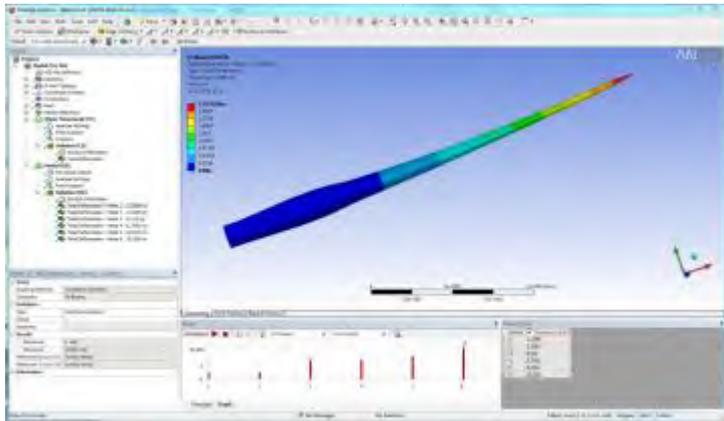
- 风轮叶片性能分析



# 风轮叶片静强度分析



# 风轮叶片模态分析



ANSYS



仿真  
新时代

2017 ANSYS用户技术大会

中国·烟台

感谢聆听



ANSYS-China