

ANSYS MECHANICAL 结构工程师中级认证考试大纲

一 考试目标与要求

ANSYS Mechanical 结构工程师认证考试，是针对从事工程设计的工程师应具备的结构力学分析知识与 ANSYS Mechanical 软件应用能力而实施的技能考核与认证。认证考试的面向对象包括机械、车辆、土木、电子、交通运输等专业领域的在校本科生及研究生，以及企事业单位从事结构设计及分析工作的工程技术人员。通过认证考试，可以督促考生深入掌握工程结构分析技能并提高软件应用的熟练度，可以帮助考生提高工程实践技能以增强就业能力。该认证考试的成绩也可以为相关企事业单位提供招聘用人参考。

通过中级认证考试的人员，可以认为其已系统地掌握了结构力学分析原理及数值方法，能熟练使用 ANSYS Mechanical 软件完成结构建模、网格划分、施加荷载工况、设置求解参数、结果后处理等工作，能解决常规及复杂的工程问题，能通过力学基础理论和工程经验知识来确认有限元模型与工程问题的等效性，并能对计算结果进行准确解读和评价。

二 考试内容和分值权重

ANSYS Mechanical 结构工程师认证考试的题型为选择题（包括单选题和多选题）、判断题。

考试要求考生具备扎实的理论力学、材料力学、弹性力学、结构力学、传热学等基础知识，并对有限单元法的数值计算过程和相关处理技巧有一定了解。要求考生可以利用力学基础理论，能将工程实际中的结构强度、刚度、振动、疲劳、热应力等问题转化为结构有限元问题，并能够熟练应用 ANSYS Mechanical 软件进行快速、准确的建模和计算。

1. 理论基础部分 (30%)

● 材料力学基础

1. 理解材料力学的基本假设和基本概念；掌握正应力和剪应力、正应变和剪应变的概念；
2. 了解杆件在轴向拉伸、压缩、剪切、扭转、弯曲等工况下的应力计算方法；了解提高梁弯曲强度的措施；了解强度校核、截面设计和许用载荷的基本概念和计算过程。
3. 掌握胡克定律、泊松比、应力集中等概念；掌握强度理论的概念，并掌握四种常用强度理论及其应用；了解莫尔强度理论；
4. 掌握压杆稳定性的概念，了解提高压杆稳定性的措施。
5. 了解材料力学性能的弹性、弹塑性等特性；简单了解应变速率及应力速率对材料力学性能的影响、温度对材料力学性能的影响、温度与时间对材料力学性能的影响（蠕变与松弛）；
6. 掌握平面图形的形心、静矩、惯性矩、极惯性矩等概念，了解常见的矩形、工字形、圆形等截面特性的计算方法；

● 弹性力学基础

1. 熟练掌握弹性力学的基本假定、体力、面力、应力、应变和位移的基本概念；
2. 掌握平面应力问题、平面应变问题、轴对称问题的特点，熟悉平面问题的基本方程——包括平衡微分方程、几何方程，刚体位移、物理方程；熟悉边界条件等概念；
3. 熟练掌握和正确应用圣维南原理；
4. 了解薄板弯曲问题的基本概念；

5. 理解有限单元法的基本概念及原理，通过平面问题常应变三角形单元的应用，了解有限单元法的计算步骤。

- 结构动力学基础（振动基本概念）

1. 掌握结构动力学的分析特点、目标和任务；
2. 掌握结构动力学的基本运动方程；掌握单自由度体系的无阻尼自由振动运动方程的求解；掌握质量、刚度、自振频率、周期、振幅、共振等概念；
3. 掌握阻尼的基本概念，包括临界阻尼、阻尼比；了解阻尼的主要类型，包括摩擦阻尼、粘滞阻尼、材料阻尼、瑞利阻尼等。
4. 掌握多自由体系的基本运动方程；掌握多自由度体系的无阻尼自由振动问题，掌握多自由度体系的刚度、质量、阻尼特性；
5. 掌握振型和振型叠加的概念；了解振型叠加（模态叠加）的基本原理和计算过程；
6. 了解求解动力学问题的直接积分方法，并了解隐式积分和显式积分的主要差别；
7. 掌握振动的分类及特点，包括简谐振动、周期振动、非周期振动、冲击振动等概念，了解用时域和频域来分析振动问题的概念；
8. 掌握谐振响应分析的基本原理，了解谐振分析的计算方法，包括振型叠加法和完全法；
9. 掌握反应谱分析的基本原理，了解反应谱载荷生成及反应谱响应分析的计算方法；
10. 掌握随机振动分析的基本概念，了解 PSD 谱载荷的物理意义及结构 PSD 响应分析的计算方法；

- 疲劳与断裂基础

1. 了解疲劳强度的发展史，疲劳的分类；了解疲劳破坏的三个阶段；
2. 理解循环应力-应变加载，并了解相关的基本术语和概念；
3. 理解材料的 S-N 曲线，并了解相关的基本术语和概念；
4. 理解高周疲劳和低周疲劳的概念；
5. 了解疲劳损伤的概念，了解线性疲劳累积损伤理论
6. 了解金属断裂的基本概念，包括金属断裂的分类方法；
7. 了解裂纹的类型；裂纹尖端附近的应力场、位移场；应力强度因子 K 的计算；

● 传热学基础

1. 了解传热学的研究目标，了解热量传递的三种基本方式
2. 了解温度场、导热系数等概念；了解具有内热源的导热微分方程，以及单值性条件的基本概念；
3. 了解稳态传热和非稳态传热的概念及其区别；
4. 了解对流换热，牛顿冷却公式与换热系数；
5. 了解热辐射的本质和特点，了解黑体、灰体、漫射体、发射率、吸收率等基本概念，了解斯蒂芬-玻尔兹曼常数；

● 有限元方法

1. 掌握弹性力学基本方程的矩阵表示，包括平衡方程、物理方程、几何方程、边界条件等；

2. 初步了解平面问题的有限单元构建方法和计算过程，理解单元刚度矩阵、整体刚度矩阵、应力应变矩阵、结点荷载列阵、位移边界条件等概念；掌握整体刚度矩阵的性质和特点，包括其对称性、奇异性、稀疏性、非零元素的带状分布等概念；了解有限元方程组的求解，掌握位移解答和应力结果的精度有所不同的特点；
3. 了解有限元应用中的单元类型和单元形状的选择，网格划分的疏密度考虑；掌握应力计算结果的性质和处理，包括高斯积分点应力的概念，以及单元平均和结点评价的概念；
4. 初步了解杆件结构中的经典欧拉梁理论和铁木辛柯梁理论的主要差别，即是否考虑剪切变形；
5. 初步了解 kirchhoff 板壳理论和 Mindlin 板壳理论的主要差别，即是否考虑剪切变形；初步了解剪切锁定和零能模式的概念；
6. 掌握材料非线性、几何非线性、边界非线性的概念和主要特点；了解非线性方程求解的 Newton-Raphson 迭代方法的基本概念、了解接触问题拉格朗日乘子法和罚函数法的基本概念；

2. 软件操作 (60%)

● ANSYS 软件的启动运行和用户界面

1. 简单了解 ANSYS 软件产品的安装过程和 supported 的系统软硬件环境；
2. 掌握 ANSYS workbench 仿真环境的启动和重要设置项 Option；
3. 熟悉 ANSYS workbench 仿真环境的 Tool Box 工具箱中结构分析相关各模块的用途和概念，包括但不限于几何建模、网格划分、静力学、动力学、疲劳、优化等。

4. 熟悉 ANSYS workbench 的初始项目页面，并能够搭建从几何模型处理、网格划分、求解分析的流程图，包括建立结构静力分析流程、模态分析流程、谐响应分析流程、反应谱分析流程、随机振动分析流程、疲劳分析流程、优化分析流程、热应力分析流程等；

- 几何前处理：SPACECLAIM 的几何建模和几何模型清理

1. 熟悉 ANSYS SpaceClaim 几何前处理模块的用户界面和常规操作；
2. 了解 ANSYS SpaceClaim 支持导入的外部几何文件的格式类型；
3. 熟练掌握目录树结构，可以对组件 (Components) 做创建、激活、抑制、隐藏、单独打开、复制、剪切、粘贴、镜像、重命名和删除操作；
4. 熟练掌握对几何对象的单个选择、批量选择的操作；
5. 熟练掌握 ANSYS SpaceClaim 的三种建模或修改模式的基本概念，包括草图模式、剖面模式、三维模式；
6. 掌握使用草图模式，用各类线条创建常规的几何平面；
7. 熟练掌握并灵活使用 Pull、Move、Fill、三种工具，创建或修改几何模型；
8. 熟练掌握并灵活使用 Combine 工具，对几何对象做布尔运算操作，包括合并、切分等；
9. 掌握使用几何修补 Repair 中的“缝合 Stitch、间隙 Gaps、缺失面 Missing Faces”三个工具，修补缝隙；
10. 掌握使用几何修补 Repair 中的“Split Edges、Extra Edges、Duplicates”三个工具，清理不需要的边线；

11. 掌握使用几何修补 Repair 中的 “Merge Faces、Small Faces…” 等工具，清理不适合的面；
12. 掌握使用模型准备 Prepare 页签中的 “Rounds、interference、Faces、Short Edges” 等工具，批量清理圆角、干涉、小面、短边等结构有限元分析不需要的几何对象；
13. 初步了解 STL 格式几何模型的导入和修补处理；
14. 初步了解创建工程二维图纸的操作；

- 几何前处理：SPACECLAIM 的有限元相关前处理和模型输出

1. 掌握在 ANSYS SpaceClaim 中创建焊点和焊缝的方法；
2. 掌握对薄壁实体模型的自动/手动抽中面方法及相关的修补技巧；
3. 掌握创建梁杆模型并定义截面的方法及相关的修补技巧；
4. 熟练掌握从共享拓扑 (Share Topology) 的概念，即在接触的体或面上创建共享拓扑(面、边、点的连接关系)，并把这种关系传递到 Workbench，使得这些对象在网格划分时产生共节点网格。
5. 熟练掌握从 Spaceclaim 输出几何模型并导入到 Mechanical 中的操作过程；

- 材料属性定义

1. 掌握 ANSYS Workbench 环境下的 Engineer data 中定义材料的力学属性和物理属性的操作方法；
2. 掌握 ANSYS 中线弹性分析、塑性非线性分析、传热分析所需的力学属性和物理属性的概念和意义；

- ANSYS MECHANICAL 的基本操作

1. 熟练掌握 ANSYS Mechanical 的用户界面，包括顶部菜单栏、快捷工具栏、左侧树形目录和细节参数设置面板、下方信息提示窗、图形界面等；
2. 熟练掌握左侧树形目录中各类对象的创建、编辑、修改、抑制、激活、隐藏等操作；
3. 掌握定义局部坐标系的操作；掌握创建组集的操作；掌握对几何和网格对象的单选、多选、批量选择等操作；

● ANSYS MECHANICAL 的网格划分

1. 准确理解网格的细密度和网格质量对计算结果的影响；
2. 掌握使用 Relevance、Sizing 的选项对网格密度做整体控制；
3. 掌握四面体、六面体、三角形、四边形的网格划分方法，正确使用 Sweep、Multizone、Hex Dominant、Uniform 等方法获得高质量的网格；
4. 可以对模型各部分的网格做局部精细的控制；
5. 可以使用 Mesh Metrics 工具来检查网格质量，并初步了解软件中对网格质量判断采用的准则；
6. 可以使用 External Model 模块，从外部导入已有的网格模型；

● ANSYS MECHANICAL 的一般分析过程

7. 掌握有限元模型中实体、板壳、梁、质量点、弹簧等力学概念，并能理解相关的有限单元类型及其特性的细节设置，包括赋予材料、设置单元类型、定义质量点和弹簧等；
8. 掌握有限元模型中建立相互接触关系的自动/手动操作，以模拟多个物体的相互接触和传力行为；理解接触行为的“Bonded, No separation, Rough, Frictionless, Frictional”的概念和各自差别；

9. 理解求解计算的常规分析设置，即在 Analysis Settings 细节设置选项中的各类设置选项，并理解这些设置选项隐含的力学意义；理解载荷步、子步、时间步的概念，能正确设置所需的载荷步、子步、时间步；理解直接求解器和迭代求解器的概念；理解弱弹簧、大变形、惯性释放选项的力学意义；
10. 掌握对结果输出的内容和类型进行设置的操作；
11. 熟练掌握各类结构载荷的力学意义，并能将工程实际承受的载荷施加到模型上；
12. 熟练掌握各类位移边界条件的力学意义，并能将工程实际的边界条件施加到模型上；
13. 熟练掌握传热分析的载荷和边界条件的物理意义；
14. 熟练掌握后处理的操作过程，包括输出动画、图片、文本等；能熟练获得模型各部位的位移、应力、应变、支反力、温度等所需的计算结果；
15. 熟练掌握使用 Stress Tool 进行四种强度理论和摩尔库伦脆性材料准则的安全系数评估；
16. 掌握对板壳模型、梁模型进行结果后处理的特殊操作；

● 结构动力学分析

1. 可以创建模态分析流程、谐响应分析流程、反应谱分析流程、随机振动分析流程；
2. 了解有限元模型的接触关系在线性动力学中的处理要求；
3. 初步了解工程中阻尼的类型，包括粘性阻尼（如阻尼器 dashpot、减振器 shock absorber）、材料/固体/迟滞阻尼（如内部摩擦）、库伦或干摩擦阻尼（如滑动摩擦）、数值阻尼（人工阻尼）；初步了解 ANSYS Mechanical 中阻尼的类型和定义方法，包括单元阻尼、整体或材料相关的结构阻尼（Alpha 阻尼和 Beta 阻尼）、整体或材料相关的阻尼比；

4. 充分理解模态分析的力学原理和物理意义，充分理解模态分析基本方程；充分理解阻尼、刚度、质量、自振频率、模态振型和参与因子、模态质量等概念；充分理解模态分析的设置选项中模态求解阶数、模态扫频范围的意义，以及理解输出结果的控制；
5. 可以对模态分析结果做后处理，包括获得各阶自振频率，各阶模态振型和参与因子、各阶模态参与质量等；
6. 充分理解谐响应分析的力学原理和物理意义，充分理解谐响应分析基本方程；充分理解施加谐振荷载及其相位和频率的概念；充分理解谐响应分析中采用完全法和模态叠加法的区别，并能对相关的设置选项做正确设置；
7. 可以完成谐响应分析的结果后处理，得到频域下位移、应力、应变的扫频结果，得到某频率点的位移、应力、应变结果；
8. 充分理解反应谱分析的力学原理和物理意义；充分理解反应谱荷载的概念；能对反应谱分析相关的设置选项做正确设置；
9. 可以完成反应谱分析的结果后处理，获得位移、应力、应变结果；
10. 充分理解随机振动 PSD 分析的力学原理和物理意义；充分理解 PSD 谱荷载的概念；能对 PSD 谱分析相关的设置选项做正确设置；
11. 可以完成 PSD 谱分析的结果后处理，获得 1sigma 和 3sigma 概率分布下的位移、应力、应变结果；
12. 充分理解瞬态动力学（时程）分析的力学原理和物理意义；能对瞬态动力学（时程）分析相关的设置选项做正确设置，并理解分析中的载荷步、子步、时间步、收敛准则等概念；

- 结构非线性分析

1. 充分理解有限元分析过程中线性问题和非线性问题的本质区别，包括非线性行为的产生原因，即材料非线性、几何非线性、边界条件非线性（包括接触非线性）三大非线性行为
2. 充分理解非线性求解的特殊考虑，包括 Newton-Raphson 迭代、收敛准则等；
3. 充分理解金属弹塑性非线性行为，并能完成典型弹塑性问题的非线性材料定义和计算求解；
4. 充分理解接触非线性行为，并能完成典型摩擦接触问题的建模及计算求解；
5. 能够理解非线性收敛曲线的意义，并在求解过程中检查和解读收敛曲线；能使用重新启动分析；

- 更多特殊分析类型

1. 充分理解屈曲失稳分析的工程概念；能完成线性屈曲失稳分析过程，并获得屈曲失稳系数或结构安全系数；
2. 充分理解疲劳分析的工程概念；能使用 ANSYS Mechanical 中的 Fatigue 疲劳分析工具；能基于静力分析、谐响应分析、随机振动分析等结果，继续完成结构的疲劳计算和结果后处理；
3. 充分理解固体传热分析的工程概念，理解传导、对流、辐射等传热行为在 ANSYS Mechanical 中对应的荷载和边界条件设置，理解绝热边界、内热源等荷载和边界条件；能完成传热分析及结果后处理，并基于传热分析的温度场结果继续完成热应力分析；

-
3. 解决具体工程问题（10%）

-
- 根据提出的具体工程问题，基于力学原理和工程经验对问题进行合理假设、合理简化，能建立有限元模型，正确完成求解计算，对问题作出准确的分析和评价。

参考书目：

1. 《弹性力学简明教程》（第四版），徐芝纶，高等教育出版社；
2. 《材料力学》（第5版），孙训方等，高等教育出版社；
3. 《有限单元法》，王勖成，清华大学出版社；
4. ANSYS Mechanical 19.0 Help Documents，ANSYS 软件官方在线帮助手册；
5. 《ANSYS Mechanical19.0 基础培训教程》，ANSYS 英文原版或安世亚太公司译中文版；
6. 《ANSYS Mechanical19.0 结构动力学培训教程》，ANSYS 英文原版或安世亚太公司译中文版；
7. 《ANSYS Mechanical19.0 结构非线性培训教程》，ANSYS 英文原版或安世亚太公司译中文版；
8. 《ANSYS Workbench 基础教程与实例详解（第2版）》，万水 ANSYS 技术丛书，浦广益著，中国水利水电出版社；或《ANSYS Workbench 结构工程高级应用》，万水 ANSYS 技术丛书，刘笑天著，中国水利水电出版社；
9. 《ANSYS 非线性有限元分析方法及范例应用》，万水 ANSYS 技术丛书，张洪伟等著，中国水利水电出版社；
10. 《ANSYS SpaceClaim 直接建模指南与 CAE 前处理应用解析》，万水 ANSYS 技术丛书，王伟达等著，中国水利水电出版社；

