

一级结构专业之结构静力实验结构工程师考试 PDF转换可能丢失图片或格式，建议阅读原文

[https://www.100test.com/kao\\_ti2020/535/2021\\_2022\\_\\_E4\\_B8\\_80\\_E7\\_BA\\_A7\\_E7\\_BB\\_93\\_E6\\_c58\\_535772.htm](https://www.100test.com/kao_ti2020/535/2021_2022__E4_B8_80_E7_BA_A7_E7_BB_93_E6_c58_535772.htm)

为确定工程结构在静载荷作用下的强度、刚度或稳定性而进行的力学实验。在研制、鉴定或改进工程结构时，除须对结构的承力零件如杆、轴、壁板、梁、接头、支座等作加载实验外，有时还要对结构作整体或局部的承力性能实验。结构静力实验同理论分析和计算一般是互相验证、互为补充的，但有时由于结构的复杂性和受力的特殊性而无法进行准确的理论分析或计算，结构静力实验就成为确定结构强度、刚度或稳定性的唯一的方法。概述 结构静力实验的目的在于：确定结构在一定静载荷作用下的应力分布和变形形态；确定结构的刚度和稳定性；确定结构的最大承载能力，即强度；从承力的角度评价结构承受静载荷的合理性；验证理论分析和计算方法的可靠性，或由实验提出新的理论和计算方法。据记载，意大利的达·芬奇和伽利略曾先后进行过原始而又简单的结构静力实验。随着工业的进步，结构静力实验的发展受到两方面因素的推动：一是工程结构日益复杂化，需要进行更完善的结构静力实验；二是随着技术水平的提高，结构静力实验的手段和方法不断得到改进。近年来，结构静力实验有时还和结构断裂实验结合起来。目前，结构静力实验日趋完善，并向大型化方向发展。例如，在飞行器结构（破坏方式的或非破坏方式的）静力实验中，将整架飞机悬挂在分布的多区协调加载系统上，模拟飞机在各种飞行状态下和起飞着陆时的受力情况。这种整机的结构静力实验是鉴别飞机结构设计的

和制造是否合理的最终鉴定手段。对于建筑结构、船舶结构、机械结构等，也都有了完善的现代化的结构静力实验设备和方法。进行结构静力实验，须先设计和制造结构实验件、支持系统和加载装置，然后进行安装并同测量位移、应变和载荷的仪器一起调试。调试完毕后，可按下述两步进行实验：

： 预实验阶段。按一定程序逐级缓慢地加一不大的载荷，对位移和应变测量点进行观测和监视，找出结构承力和变形的基本趋势，并检验实验件、支持系统、加载装置和测量设备的可靠性。

正式试验阶段。常先取预计最高载荷的5~10%为初始载荷，测量初始应力、应变和位移。然后按一定程序逐级、均匀、缓慢地加载，并逐次测量和记录各应变测量点、位移测量点和载荷测量点的数据。同时，仔细观察试件，直至达到预定的载荷（如设计载荷、使用载荷等）或预定的实验状态（如实验件破坏或变形过大而无法继续进行实验的状态）。正式实验有时须反复多次。最后检验实验件，细察其残余变形和破坏情况，并对记录的位移、应变和载荷等数据作数据处理和误差分析，以得出科学的实验结论。完成一项实验，必须抓住五个关键环节：实验件设计设计和制造具有一定代表性的结构实验件，是为了更好地了解结构的承力特性或选择合理的结构参量和计算方法。实验件除了应用实际结构或实际部件外，有时为了突出结构主要因素的作用，以便通过实验选择合理的结构形式或合理的参量值，而在实验件的设计中忽略次要因素，把实验件制成具有典型结构形式的模型。采用模型实验件的另一一些原因是：在实物上无法进行直接测量，或在设计工作之初要进行一些不同方案的实验比较，或出于经济上的考虑，用模型代替贵重

的实物。为了能把从模型上得到的实验结果推算到实物上去，必须保证模型和实物的力学相似性，即应保证几何相似和变形位移相似，以及边界条件相似。在许多情况下仍必须采用部分的实物结构甚至整体实物结构作为实验件。加载系统选择合适的加载系统，使它所产生的作用力和力矩的大小、方向以及作用点都能准确地模拟结构的真实受力状态。加载系统按其所施加的载荷是否与结构变形有关而分为两类：一类是载荷与结构变形有关的加载系统，多用于结构稳定性实验或结构的破坏实验。这种加载系统能在实验件失稳或破坏的瞬间迅速卸载而不致造成整个结构的破坏，有利于实现现场观察重复实验和分析比较。机械螺旋式加力器、电动马达式加力器、无蓄压器的普通液压加载装置等均属此类。另一类是载荷与结构变形无关的加载系统，在分区多点加载的结构实验中，这类加载系统可避免各加载点之间相互牵制所引起的载荷此起彼伏的现象（这会影响各加载点的协调和逐级加载的准确性，甚至使整个实验件失去平衡）。具有蓄压器的液压装置、具有补偿弹性元件的机械式电动加力器、气压加载装置等均属此类。近年来已经采用多点协调加载系统，它利用闭环液压同级加载系统，由电子模拟计算机或数字计算机统一控制和协调各加载点的载荷。如果结构承受的是非均匀分布的载荷，在实验中可用等效的集中载荷来代替，作法是：将分布载荷划分为若干区域，在每个区域上用等效集中载荷代替分布载荷，再利用杠杆系统将其分层集中，最后与自动协调加载系统连接。图 1[利用杠杆系统将载荷逐级分层集中示意图]表示在机翼静力实验中，利用杠杆系统将载荷逐级分层集中。结构承受均匀分布载荷的实验，通常是将实

实验件和支持系统共同置于密闭容器中由液压或气压来实现。边界模拟设计和制造合理的支持系统，使它起到平衡作用于结构上的外载荷，准确模拟结构受力边界条件的作用。支持系统应保证结构实验件在连接方式、支持点位置、约束数目、约束形式以及支持刚度等方面都能准确地模拟真实结构。有时必须采用与实验件相连接的真实结构作为实验结构的支持装置。结构实验件的支持系统根据连接方式可分为集中连接和分布连接两类。集中连接是以少数支持点支持实验件的连接方式，它又可分为静定连接和静不定连接。静定连接只需各支持点具有足够的强度和刚度；而静不定连接则由于支持点的反作用力和力矩不仅与外载荷特征、结构的几何形状和约束形式有关，而且与支持装置上各支点的刚度有关，因此，在设计专用支持系统时，须使各支持点之间的刚度和真实情况基本相符。为此，可在支持装置和实验件之间放置过渡夹具。分布连接是以无穷多支持点支持实验件的连接方式。实际上，只要支持点足够多，就可当作分布连接。对分布连接，难于计算或测定各支持处的刚度，因此，也难以对支持处的刚度比实现真实模拟。这样，在支持点附近的实验结果就不能反映真实情况。根据（圣维南原理<sup>^</sup>圣维南原理），只有在距支持点足够远的点上，实验结果才有意义。另外，支持点对实验件的摩擦力（见摩擦）是多余的支持反作用力，应采取措施尽量减少。为了方便典型结构的设计和理论分析，通常支持点的边界条件简化为三种基本约束形式：可动铰支座、固定铰支座和固定端支座。可动铰支座（图2a[铰支座示意图]）是在支持装置和实验件上分别安装一个具有椭圆孔的耳片，用一个圆销将两者铰接，这样可动铰

支座只在椭圆短轴方向传递反作用力；固定铰支座（图2b[铰支座示意图]）是取两个互相垂直放置的可动铰支耳片，使实验件受到两互相垂直的约束反作用力而固定；固定端支座的刚度比实验件的刚度大一个数量级，它把实验件固定起来。测量用具有足够精度和量程的测量系统在实验中测定有关力学参量值，如载荷、位移、应变等。通常测量系统由传感部分、放大部分和指示部分构成。测量载荷可采用板簧式测力计、电子式测力计（如电子秤）等；测量位移可采用机械式位移计、光学位移计、机械-光学式位移计、电阻式位移计、电感式位移计、电容式位移计、压电式位移计等；测量应变可采用机械式应变计、光学应变计和电学应变计以及脆性涂层法、光弹性法等测量方法。现代工程结构的发展方向是大型化和复杂化，而测量系统则向着轻巧和精密的方向发展。在这种趋势的推动下，出现了许多新技术。经典的光弹性法已由早期的二维分析法发展为三维光弹分析法和光弹涂层法，现在又和全息术结合起来，显示出其他许多测量方法无法比拟的优点。例如，物体在承受很小载荷的情况下的变形和位移场，也可显示出来；可根据等值线图解决结构设计的最优化问题；既可对透明结构进行应力分析，又可对非透明的具有粗糙面的结构进行变形测量；能解决物体瞬时变形的测量问题。在电测方面，电阻应变仪已经发展为多点自动巡回检测测试系统，该系统可对大型结构进行适时的快速多点测量和记录。该系统同计算机相结合，可对测量数据进行适时的选择、分类、校准、运算等，便于对现场加载系统进行反馈控制。近年来，力学参量的电测方法又和无线电遥测技术相结合，满足了一些特殊情况（如高温、辐射、运转、飞

行等条件)下的结构实验的要求。电测方法既不影响结构的正常工作,又可以同时了解结构的实验情况。结果分析在对实验数据进行处理的基础上,分析实验结果并作出科学结论。结果分析包括两个方面:根据误差理论确定系统误差(可通过实验或预先标定予以确定),估计偶然误差(即随机性误差,可根据高斯误差定律、最小二乘法和误差传递定律予以估算),求出所测各力学参量的可靠程度,并对所得数据作出合理解释。根据处理数据的基本技术(包括数据的列表法、分度法、作图法、内插法和外推法、微分法、积分法以及用经验公式求解等)找出载荷、位移、应变、应力和结构参量等诸参量之间的函数关系,或绘出反映该函数关系的图表和曲线,最后作出科学的分析和结论。对模型实验的结果有时还需进行量纲分析。自动化程度较高的误差分析和数据处理系统能根据预编程序将位移、应变、载荷等测量数据自动输入计算机,进行适时而复杂的运算,也能自动制图或把各力学参量之间的特性曲线或图表直接显示出来。

100Test 下载频道开通,各类考试题目直接下载。详细请访问  
[www.100test.com](http://www.100test.com)