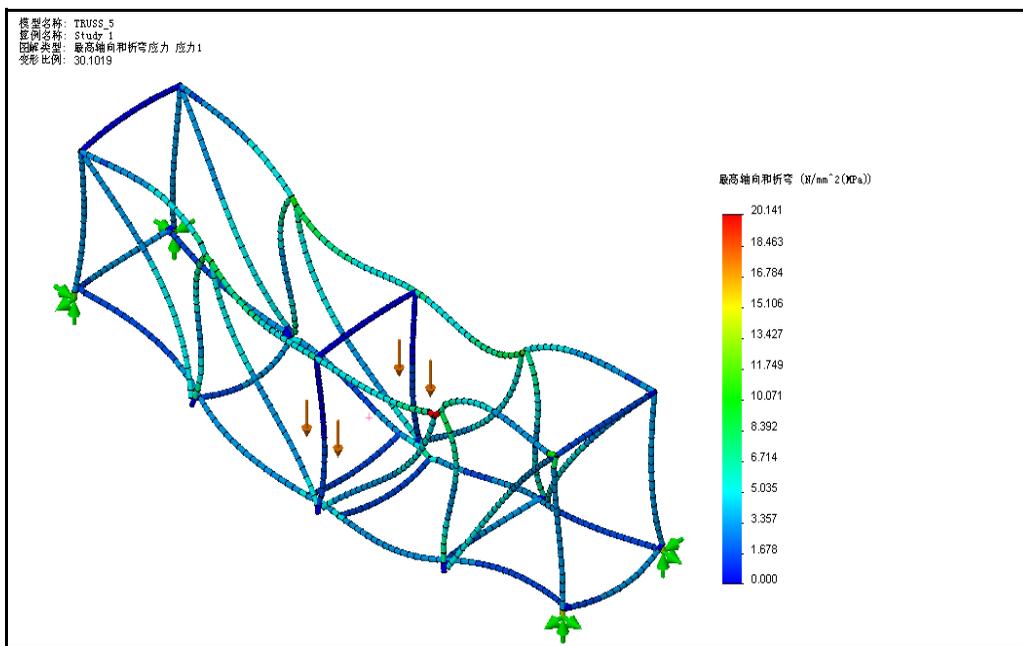




使用 SolidWorks® 软件进行桥梁 设计项目



Dassault Systèmes SolidWorks Corporation
300 Baker Avenue
Concord, Massachusetts 01742 USA
电话: +1-800-693-9000

美国境外: +1-978-371-5011
传真: +1-978-371-7303
电子邮件: info@solidworks.com
网址: <http://www.solidworks.com/education>

© 1995-2010, Dassault Systèmes SolidWorks Corporation 属于 Dassault Systèmes S.A. 公司, 300 Baker Avenue, Concord, Mass. 01742 USA。保留所有权利。

本档中提及的信息和软件如有更改, 恕不另行通知, Dassault Systèmes SolidWorks Corporation (DS SolidWorks) 对此概不负责。

未经 DS SolidWorks 明确书面许可, 不得以任何形式或通过任何手段(电子或手工方式)以及出于任何目的翻印或传播任何相关资料。

本档中提及的软件受许可证协议限制, 只能根据本许可证协议的条款使用或拷贝。DS SolidWorks 对该软件和文档提供的所有保证均在许可协议中阐明, 此文档及其内容中提及或暗示的任何内容, 均不会视为许可协议中任何条款(包括保证)的修改和补充。

专利通告

SolidWorks® 3D 机械 CAD 软件受美国专利 5,815,154; 6,219,049; 6,219,055; 6,611,725; 6,844,877; 6,898,560; 6,906,712; 7,079,990; 7,477,262; 7,558,705; 7,571,079; 7,590,497; 7,643,027; 7,672,822; 7,688,318; 7,694,238; 以及外国专利(如 EP 1,116,190 及 JP 3,517,643) 保护。

eDrawings® 软件受美国专利 7,184,044; 美国专利 7,502,027; 以及加拿大专利 2,318,706 保护, 还有正在申请的美国和外国专利。

SolidWorks 产品和服务的商标和产品名称

SolidWorks、3D PartStream.NET、3D ContentCentral、eDrawings 和 eDrawings 徽标是注册商标, FeatureManager 是 DS SolidWorks 的合营注册商标。

CircuitWorks、Feature Palette、FloXpress、PhotoWorks、TolAnalyst、及 XchangeWorks 是 DS SolidWorks 的商标。FeatureWorks 是 Geometric Software Solutions Ltd. Ltd. 的注册商标。

SolidWorks 2011、SolidWorks Enterprise PDM、SolidWorks Simulation、SolidWorks Flow Simulation、以及 eDrawings Professional 是 DS SolidWorks 的产品名称。

其它商标或产品名称分别是其所有者的商标或注册商标。

商用计算机软件 — 所有权

美国政府限制权利。政府的使用、复制或公布应服从 FAR 52.227-19 (商用计算机软件 — 限制权利)、DFARS 227.7202 (商用计算机软件和商用计算机软件文档) 以及本许可证协议中所列出的限制(如果适用)。

合同方 / 制作商:

Dassault Systèmes SolidWorks Corporation, 300 Baker Avenue, Concord, Massachusetts 01742 USA

SolidWorks Standard、Premium、Professional、以及 Education 产品的版权通告

本软件一部分归 © 1986-2010 Siemens Product Lifecycle Management Software Inc.。保留所有权利。

本软件一部分归 © 1986-2010 Siemens Industry Software Limited。保留所有权利。

本软件一部分版权 © 1998-2010 Geometric Ltd.

本软件一部分版权 © 1996-2010 Microsoft Corporation。保留所有权利。

本软件一部分并入了 NVIDIA 的 PhysX™, 2006-2010。

本软件一部分版权属于 © 2001-2010 Luxology, Inc.。保留所有权利, 专利待定。

本软件一部分版权 © 2007-2010 DriveWorks Ltd.

版权所有 1984-2010 Adobe Systems Inc. 及其许可方。

保留所有权利。受美国专利 5,929,866; 5,943,063; 6,289,364; 6,563,502; 6,639,593; 6,754,382 保护; 专利待定。

Adobe、Adobe 徽标、Acrobat、Adobe PDF 徽标、Distiller 及 Reader 是 Adobe Systems Inc. 在美国或其它国家中的注册商标或商标。

有关其它版权信息, 在 SolidWorks 中参阅“帮助 > 关于 SolidWorks”。

SolidWorks Simulation 产品的版权通告

本软件一部分版权 © 2008 Solversoft Corporation。

PCGLSS © 1992-2007 Computational Applications and System Integration, Inc.。保留所有权利。

Enterprise PDM 产品的版权通告

Outside In® Viewer Technology, © 版权所有 1992-2010, Oracle

© 版权 1995-2010, Oracle。保留所有权利。

本软件一部分版权 © 1996-2010 Microsoft Corporation。保留所有权利。

eDrawings 产品的版权通告

本软件一部分属 © 2000-2010 Tech Soft 3D。

本软件一部分归 © 1995-1998 Jean-Loup Gailly and Mark Adler。

本软件一部分版权 © 1998-2001 3Dconnexion。

本软件一部分归 © 1998-2010 Open Design Alliance。保留所有权利。

本软件一部分归 © 1995-2009 Spatial Corporation。

此软件部分基于 Independent JPEG Group 的创作。

目录

第 1 课：简介	1
使用本手册	2
SolidWorks 软件是什么?	2
必要条件	2
本手册使用的约定	3
在您开始之前	3
使用 SolidWorks 和 SolidWorks Simulation 分析结构	5
第 2 课：结构设计	6
结构是什么?	7
结构设计	8
桁架	8
梁	9
强度	10
横断面形状	11
位移	11
材料	13
桁架壁面	14
三角形	14
第 3 课：使用梁计算器	16
使用梁计算	17
数量级	17
启动 SolidWorks 并打开零件	18
添加 SolidWorks Simulation 插件	18
模型几何体	19
简化分析	19

筒支梁	20
夹具	20
外部载荷	20
理论模型	20
为什么简支梁如此重要?	20
梁计算所需的数据	22
收集数据	23
指定材料	24
截面属性	25
使用测量	27
梁计算器	28
第 4 课：分析结构	30
分析结构	31
SolidWorks Simulation 是什么?	31
结构分析	32
结构分析阶段	33
设计循环	34
对模型的更改	34
生成算例	35
FeatureManager 设计树和 Simulation 算例树	36
环境	36
单位设置	39
预处理	39
材料	39
夹具	40
外力	41
网格化模型	43
分析	44
预期	44
某些术语	45
弯曲和位移	45
拉伸和压缩	46
应力	46
屈服强度	46
安全系数	47
后处理	47
解释结果	48
创建新图解	49

迭代更改	50
确定载荷	50
编辑 Simulation 数据	50
结论	50
第 5 课：更改设计	51
添加到设计	52
打开模型	52
现有算例	52
更改载荷	53
交叉支撑	54
打开模型	54
现有算例	54
交叉支撑有什么作用？	55
使用图解	55
变形图解系数	55
叠加模型	56
最弱环节	57
使用探测	58
调整数字格式	59
解决办法	60
完成支撑	60
比较应力	61
顶梁	62
强度重量比	63
效率比较	64
进一步探索	65
阅读图解	66
第 6 课：使用装配体	67
创建装配体	68
使用测试块进行测试	68
更改模型	69
碰撞检测	70
更新分析	71

第 7 课：生成结构的工程图	73
工程图	74
创建工程图和视图	74
什么是焊件切割清单表?	76
为什么有两项具有相同的长度?	77
零件序号	78
第 8 课：报告和 SolidWorks eDrawings®	79
报告和 SolidWorks eDrawings	80
生成报表	80
用于共享信息的 SolidWorks eDrawings®	83
eDrawings 的优点	83
查看 eDrawings	83
创建 SolidWorks eDrawing	84
eDrawings 用户界面	85
eDrawings 功能	85
播放 eDrawings 动画	86
保存 eDrawings	86
保存 eDrawing.....	86
进一步探索	88
第 9 课：建造并测试结构	89
建造结构	90
切割为适当长度.....	90
测试结构	98
形成跨距	98
细节	98
施加载荷	99
使用已知重量的常见物体.....	99
词汇表	100

第 1 课 简介

完成本课程后，您将能够：

- 描述零件、装配体和工程图之间的关系；
- 识别 SolidWorks 用户界面的主要构成；
- 下载并解压所需的配套文件。

使用本手册

*桥梁设计项目*帮您学习使用 SolidWorks 和 SolidWorks Simulation 进行结构分析的基本方法，该分析过程是饱含创造性和重复性的设计过程的有机组成部分。

在此项目中，您将“边学边做”，完成一次结构分析。

SolidWorks 软件是什么？

SolidWorks 是设计自动化软件。在 SolidWorks 中，通过易于学习的 Windows® 图形用户界面，您将想法转化为草图，然后采用不同的设计来创建 3D 模型。SolidWorks 的用户包括学生、设计师、工程师和其它专业人员，不管是构建单个简单的零件还是复杂的装配体和工程图，它都是您的理想选择。

必要条件

在开始 *桥梁设计项目* 之前，您应该完成 SolidWorks 软件中集成的下列联机教程：

- 第 1 课 — 零件
- 第 2 课 — 装配体
- 第 3 课 — 工程图

可通过依次单击**帮助**、**SolidWorks 教程**、**所有 SolidWorks 教程（第 1 组）**来访问联机教程。联机教程会调整 SolidWorks 窗口的大小并在其旁边运行。

或者，也可完成 *使用 SolidWorks 进行工程设计简介* 中的下列课程：

- 第 1 课：使用界面
- 第 2 课：基本功能
- 第 3 课：四十分钟入门
- 第 4 课：装配体基础
- 第 6 课：工程图基础

本手册使用的约定

本手册使用下列排印约定：

约定	含义
Sans Serif 粗体	SolidWorks 命令和选项采用此字体显示。例如， 插入 、 凸台 表示从 插入 菜单中选择 凸台 选项。
打字机字体	特征名称和文件名称采用此字体显示。例如，Sketch1。
17 进行此步骤。	课程中的步骤采用 sans serif 粗体字并编号。

在您开始之前

在开始本课程之前，如果尚未将本课程配套的文件复制到计算机上，请先进行该操作。

1 启动 SolidWorks。

使用**开始**菜单启动 SolidWorks 应用程序。

2 SolidWorks 资源。

单击 **SolidWorks 资源** 选项卡 ，然后单击**学员课程**。



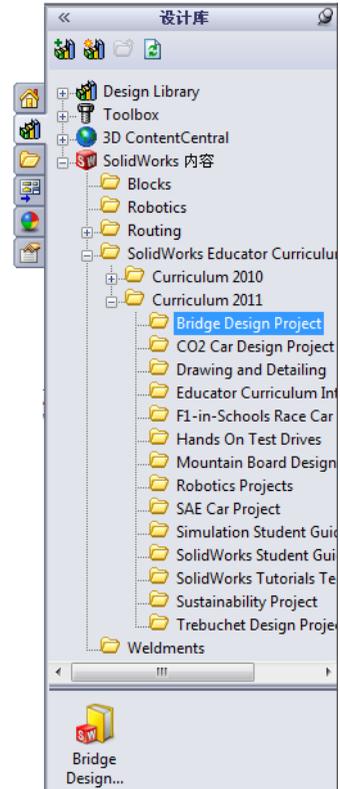
3 SolidWorks 内容。

展开 SolidWorks Educator Curriculum 文件夹。

展开正确的 Curriculum <year> 文件夹。

单击 Bridge Design Project 文件夹。

下面的窗格中将显示代表包含本项目的配套文件的 Zip 文件的图标。



4 下载该 Zip 文件。

按下 **Ctrl** 并单击 Bridge Design Project - English (桥梁设计 - 中文) 图标。

系统将提示您选择用于保存该 Zip 文件的文件夹。

请向教师询问应该将该 Zip 文件保存在哪里。通常 C:\Temp 文件夹就是个不错的选择。

单击**确定**。

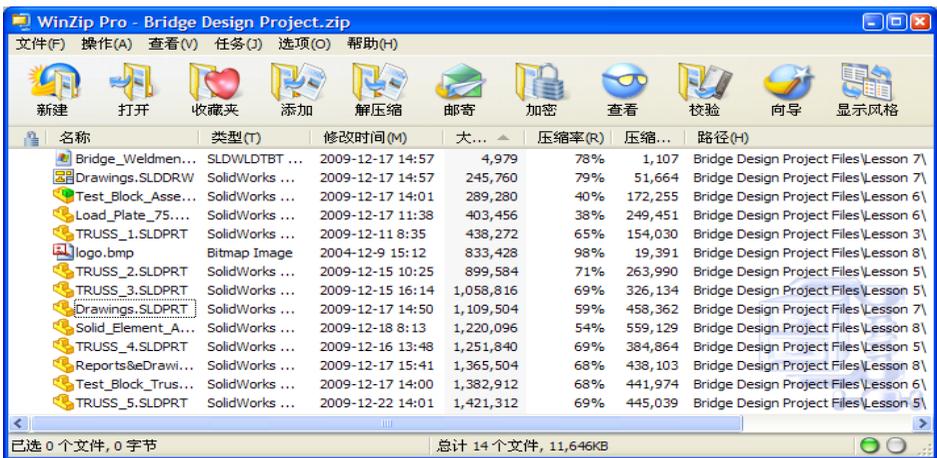


提示： 记住保存的位置。

5 打开该 Zip 文件。

浏览到您在步骤 4 中保存 Zip 文件的文件夹。

双击 BridgeDesignProject.zip 文件。



6 单击 Extract（解压缩）。

单击 **Extract（解压缩）** 并浏览到将用于保存该文件的位置。系统会自动在您指定的位置创建名为 `_Bridge_Design_Project_CHN` 的文件夹。例如，您可能想将其保存在我的文档中。请向教师询问应该将该文件保存在哪里。



现在您的磁盘上有一个名为 `BridgeDesignProject` 的文件夹。在练习时将使用此文件夹中的数据。

提示： 记住保存的位置。

使用 SolidWorks 和 SolidWorks Simulation 分析结构

在本课程中，您将学习如何使用 SolidWorks 和 SolidWorks Simulation 来分析结构。还可能使用轻木来搭建该结构（请参阅第 90 页的“建造结构”）。

在您感受到 SolidWorks 实体建模软件的便利性之后，将使用装配体来检查零部件是否配合良好。

然后将生成其中一个零部件的工程图，并完成其中的切割清单。如果有打印机，还可以打印一份工程图的硬拷贝。

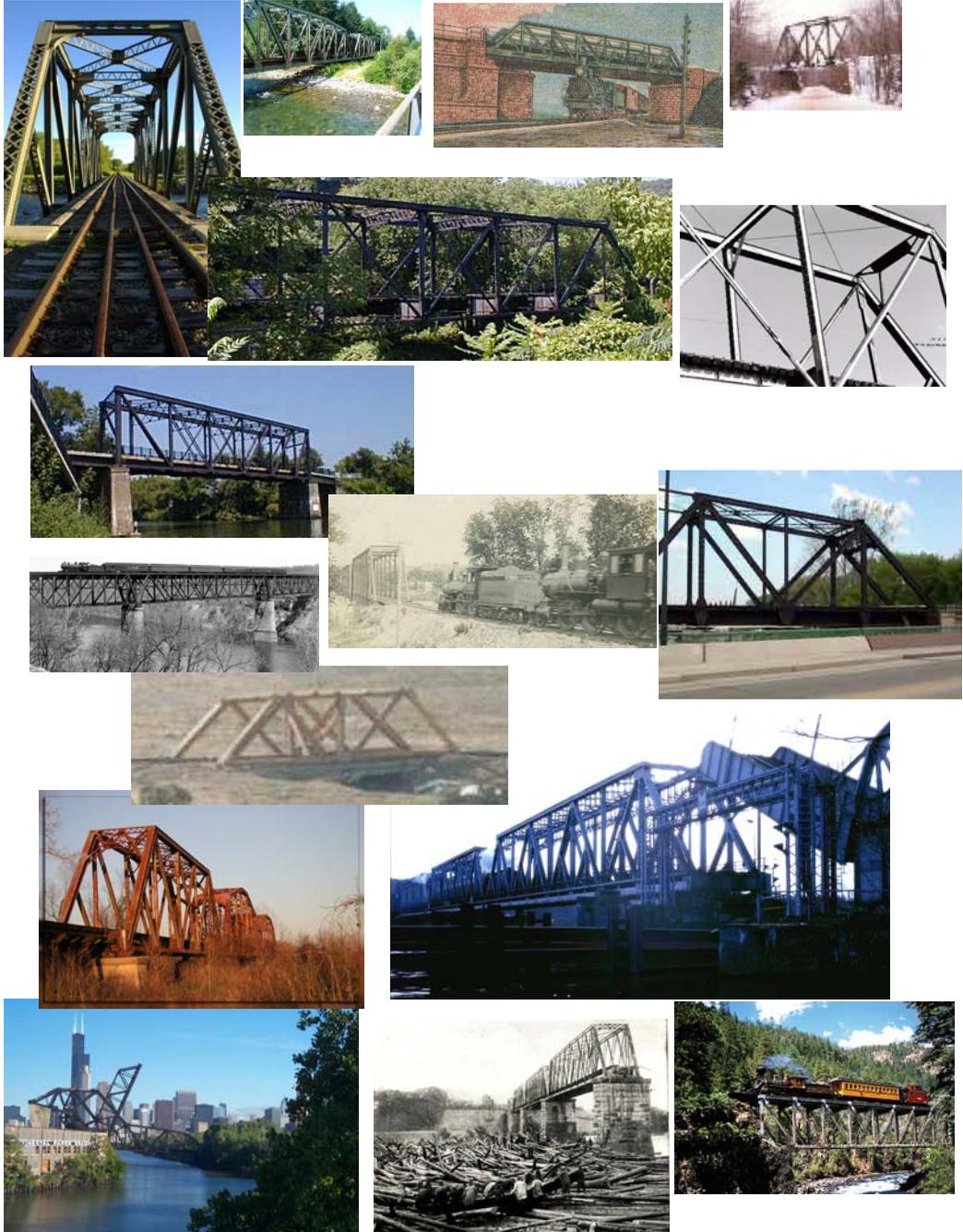
第 2 课 结构设计

完成本课程后，您将能够：

- 定义结构；
- 描述几种桁架；
- 理解什么是梁；
- 理解梁的强度受哪些因素影响；
- 计算转动惯量；
- 理解结构中三角形支撑的重要性。

结构是什么？

结构是通常采用框架的铁路桥、公路桥和人行桥。结构的例子随处可见。



结构设计

结构设计意味着用简单的结构实现高效率，意味着易于建造且使用最少的材料完成目标。结构设计有许多种，差异基于结构需要承载的载荷以及必须跨越的跨度。可以将同一座桥分成若干跨度，在每个跨度内重复采用相同的结构设计。

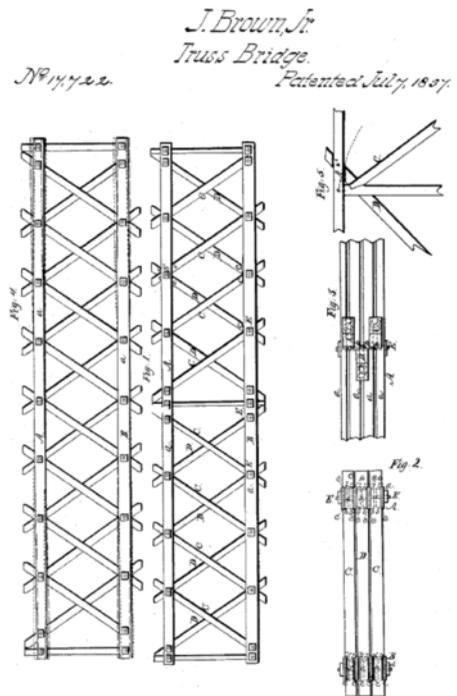
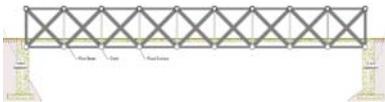
桁架

桁架是通常用于铁路桥的特定结构类型。它们通常包括一个路面或轨面（桥面）、2个壁面，有时还包括顶面上的支撑。您将分析一个桁架设计。

 请搜索**桁架**获取更多信息。

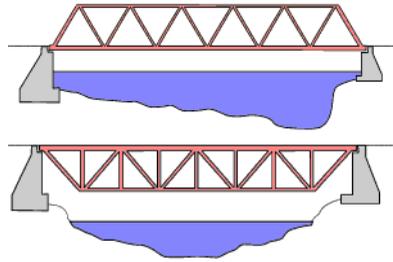
Brown 桁架

Brown 桁架（此处显示的是专利图片）用于带顶棚桥梁的设计。这种桁架是一种“箱子”型桁架（因其外形像箱子而得名），其效率非常高，只需采用（对角）交叉支撑梁即可建造。



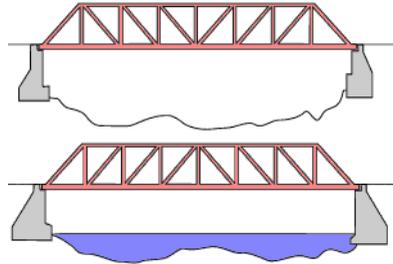
Warren 桁架

Warren 桁架是另一种简单且经济的类型。它可以倒转过来使用，垂直支撑可要可不要，取决于需要承载的载荷。



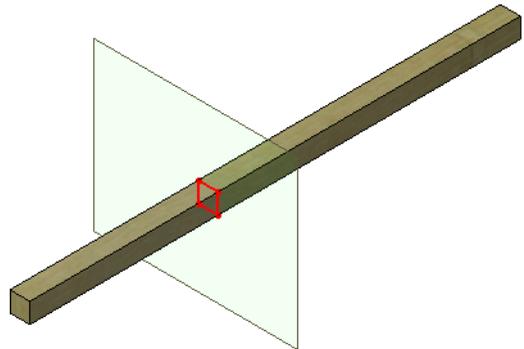
Pratt 和 Howe 桁架

Pratt Truss 和 Howe 桁架非常相似。与上图所示的反向 Warren 桁架相似的是，这两种桁架都有垂直和交叉支撑。其差异在于交叉支撑的方向。



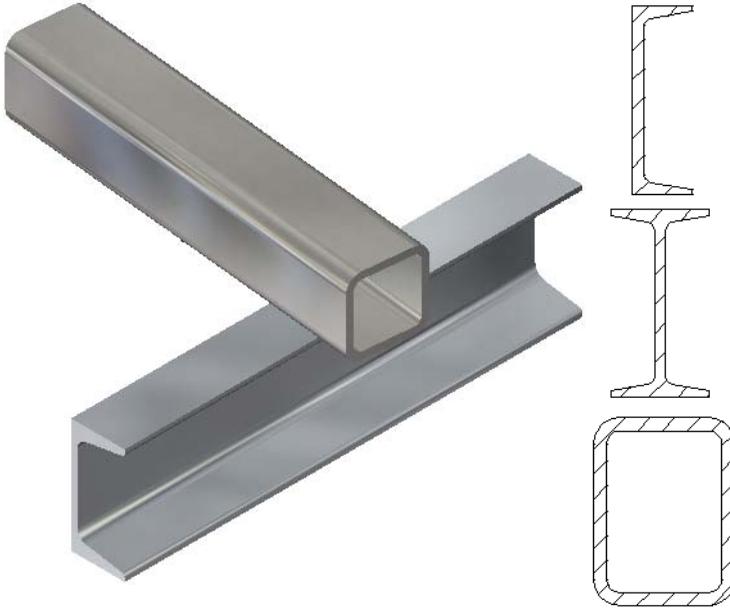
梁

梁是在整个长度上横截面保持恒定的物体。在本例中，横截面为正方形。桁架之类的结构由梁构成。



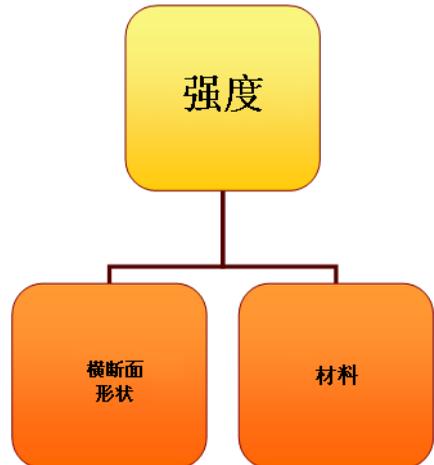
钢梁

钢梁采用水渠形、工字形和管形的标准形状。



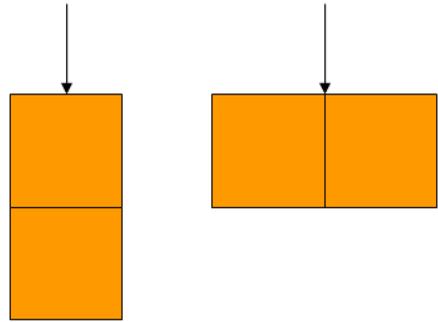
强度

梁的强度取决于两个因素：**横截面形状**和**材料**。



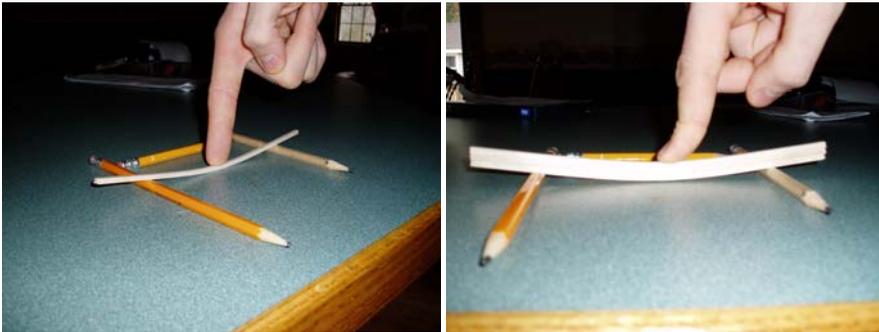
横断面形状

将两根方形梁叠放在一起可形成“更深”的截面。截面越深（左侧），梁越坚固。加大截面宽度（右侧）也有作用，但作用没有那么大。



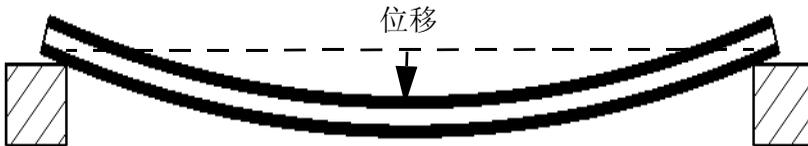
尝试一下！

尝试按下 1 根轻木梁和 3 根叠放的轻木梁，体会其中的区别。使用铅笔提供支撑并控制跨度。



位移

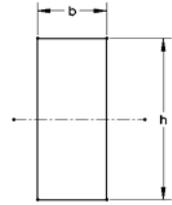
我们在结构分析中将研究的结果之一就是最大**位移**。它是梁在外力作用下从初始位置移动的距离。位移将帮助我们确定结构的性能。



面积转动惯量

梁越厚越坚固的理论根据在于梁厚度越大，其**面积转动惯量**也越大。其公式由截面的宽度 (b) 和高度 (h) 尺寸计算得来。该参数仅单独对梁的截面强度进行衡量，与梁的材料无关。

面积转动惯量用于计算梁抗弯曲的能力。该值越高，梁抗弯曲的能力也越强。



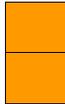
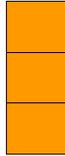
计算面积转动惯量

使用下列公式，可计算方形横截面在不同排列方式下的该值。

$$\text{Area Moment of Inertia} = \frac{b \times h^3}{12}$$

尝试进行计算

尝试使用上面的公式和下表中的值进行计算。这些值取决于轻木梁的正方形横截面，其边长为 **3.175mm** (1/8")。

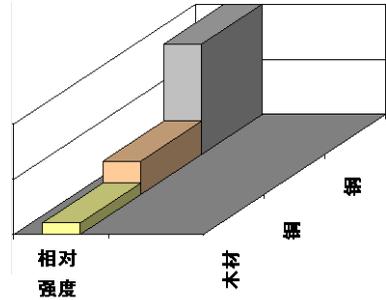
方形横截面的数量	方形横截面的排列方式	b	h	面积转动惯量
1		3.175mm	3.175mm	_____
2 个叠放		3.175mm	2 X 3.175mm	_____
2 个并排放置		2 X 3.175mm	3.175mm	_____
3 个叠放		3.175mm	3 X 3.175mm	_____

问题

1. 哪种排列方式的面积转动惯量值最大? _____
2. 2个并排放置和2个叠放这两种排列方式的强度一样吗? _____
3. 哪种排列方式的强度最小? _____

材料

制成梁的材料是影响梁强度的另一种关键因素。具三种材料为例：木材、铜和钢。每种材料的相对强度见右边的图表。一般来说，钢比铜强，铜比木材强。请记住每种材料类型的属性值范围非常广而且用于定义材料的材料属性有若干个（例如杨氏模量和泊松比）。



注： 金属是人造产品，其制造方式使其在各个方向上的强度相等。此类材料称为各向同性材料。



请搜索**材料属性**获取更多信息。

木材材料

木材的强度特别难以预测，因为它具有颗粒构造。颗粒构造使其强度在每个方向上都不一样，所以木材实际上不是各向同性材料。轻木的多孔性使其极易吸潮，从而导致属性值大幅变化。

我们使用的值是估计值。如果您选择搭建并测试结构，请记住您获得的结果是相对结果且可能变化。

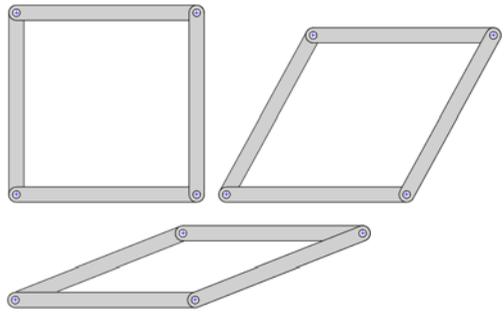
桁架壁面

桁架的侧壁的作用远非防止物体从桁架上跌落的围栏那么简单。侧壁通常包含垂直和对角方向的支撑。当桁架同时包含垂直和对角支撑时，通常更稳固。

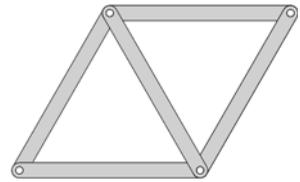
三角形

许多结构，特别是桁架设计，都包含三角形。为什么三角形如此重要？稳定性就是原因之一。通过采用交叉支撑形成三角形来获得稳定性。三角形为桁架带来稳定性。

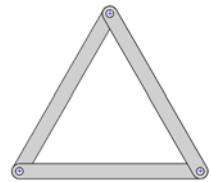
考虑一组构件通过螺栓或销钉构成方形。保持其底部静止，推其顶部或侧面。它可形成方形，但也很容易被推成平行四边形。



在对角线上添加第 5 根构件后就完全不一样了。该形状现在保持不变了。添加的那根构件将平行四边形分成了两个三角形。

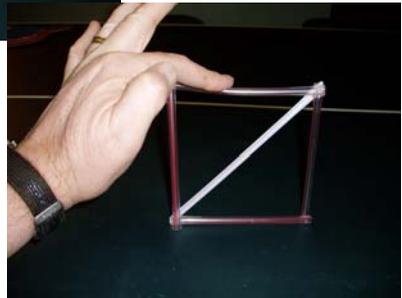
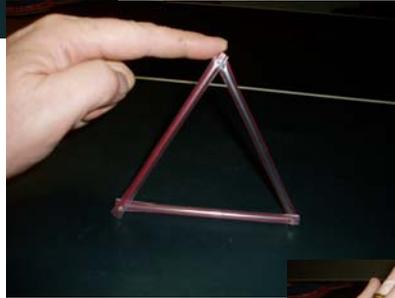
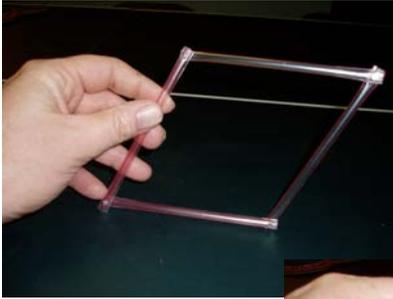


使用相同的构件和扣件制作一个三角形。这次用较少的构件就实现了稳定性。



尝试一下!

只需采用吸管之类的简单物件即可模拟此过程。使用大头钉将其连接起来。



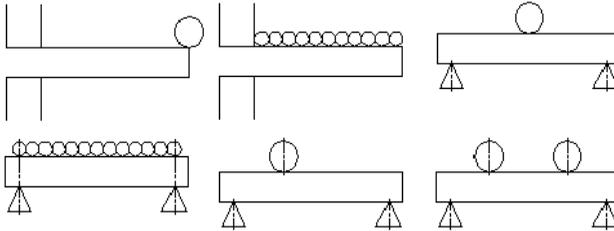
第 3 课 使用梁计算器

完成本课程后，您将能够：

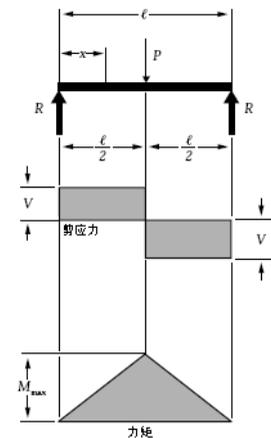
- 启动 SolidWorks ；
- 添加 SolidWorks Simulation 软件插件；
- 打开现有的 SolidWorks 零件；
- 理解简支梁；
- 指定材料；
- 计算截面属性；
- 使用测量工具；
- 使用梁计算器来计算位移。

使用梁計算

在进行任何分析之前，最好事先对将要得到的结果有一定的了解。尽管您不会准确知道结构到底能承受多大的重量，但仍能有根据地推测出部分结果。这时可以使用简单的梁公式进行梁计算。下面是可用的一些梁计算。



注： 手工计算型梁计算方法通常需要使用公式，如下图所示。



数量级

位移（请参阅第 11 页的“位移”）会接近 1mm 吗？或者 10mm？前后相差 **10** 倍，就是说相差一个**数量级**。初始计算可用于了解结果的数量级。这有助于确定分析是否能够正确完成。

问题

1. 按照数量级递增的顺序，1mm 和 10mm 之后是什么值？ _____
2. 这组值中缺少什么值？ 5mm， _____ ， 500mm

启动 SolidWorks 并打开零件

1 启动 SolidWorks 应用程序。

在**开始**菜单中，依次单击**程序**、**SolidWorks**、**SolidWorks**。

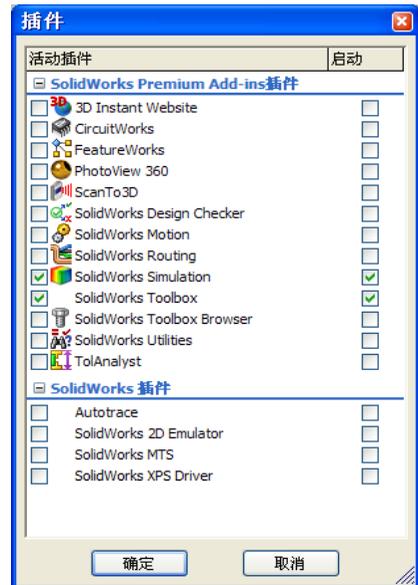
添加 SolidWorks Simulation 插件

SolidWorks Simulation 软件包含在 **SolidWorks Education Edition** 中。若要使用该软件，必须通过**工具**、**插件**将其激活。单击 SolidWorks Simulation 及 SolidWorks Toolbox 的**活动插件**和**启动**，然后单击 。

2 插件选择。

依次单击**工具**、**插件**并确保选中 **SolidWorks Simulation** 及 **SolidWorks Toolbox** 的**活动插件**和**启动**选项。

单击 。



注： 若未添加 SolidWorks Simulation 软件，则无法完成本项目。

3 打开零件文件。

单击**打开** 。

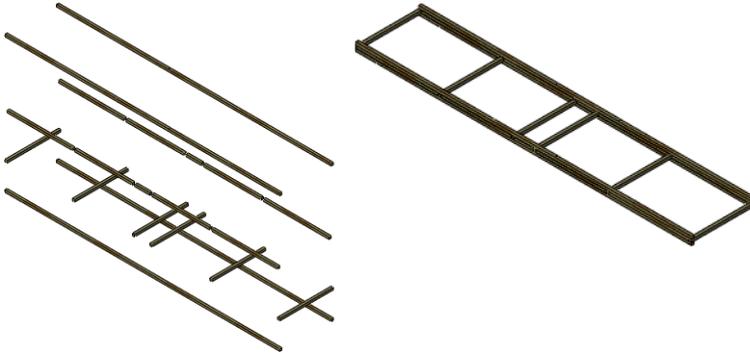
在**打开**窗口中，浏览到 **Bridge Design Project\Student\Lesson 3** 文件夹。

选择 **TRUSS_1.sldprt** 并单击**打开**。



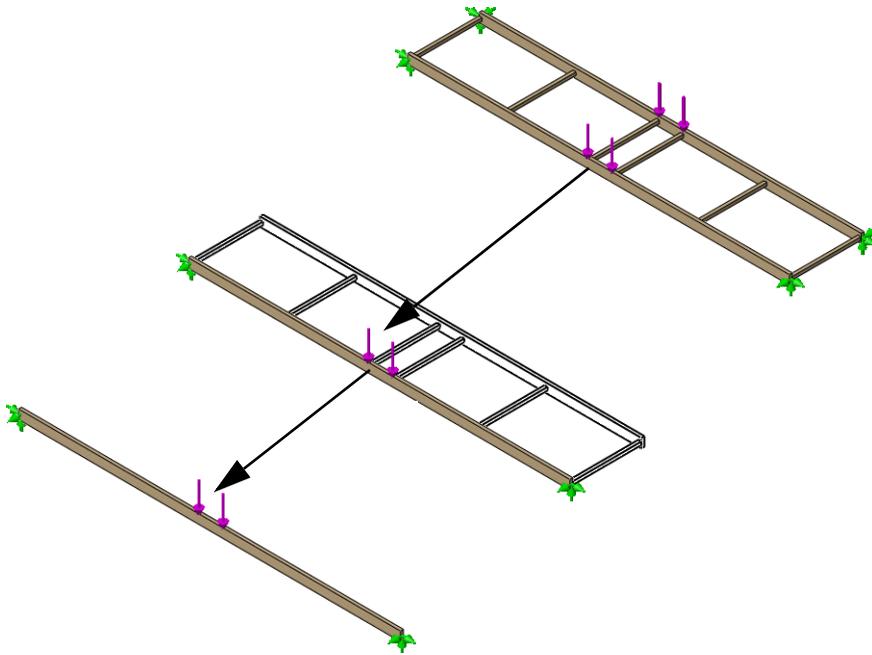
模型几何体

此模型由一系列梁连接而成。梁代表轻木条。在您的项目中，梁用胶水粘在一起。在真实的结构中，梁会采用焊接或用螺栓连接。



简化分析

模型看起来是两根平行的梁通过几根短些的梁连接在一起。如果只取半边模型（只取一根大梁）并只施加 1/2 的载荷，便应该能大致获得真实分析将会产生的结果。



簡支梁

這種梁計算通常稱為“簡支梁”，這種梁的接觸點不完全固定，且承受載荷。您需要清楚兩個定義：夾具和外部載荷。

夾具

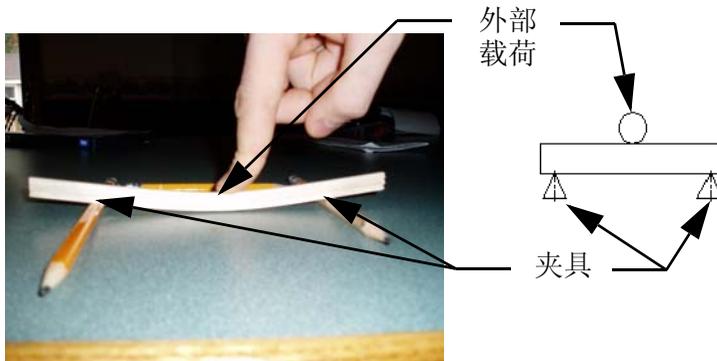
夾具用於限制模型中特定点的移動。這些點通常是接觸點。也稱為約束。

外部載荷

外部載荷或外力可用於向結構添加**力**或**重力**載荷。添加力需要結構上的一個位置、一個值（單位為牛頓）和一個方向。

理論模型

這是先前的課程中由鉛筆支撐的梁的理論模型（右圖）。

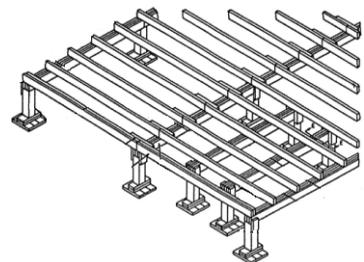


為什麼簡支梁如此重要？

儘管該理論模型看起來非常簡單，但它具有廣泛的應用。簡支梁的例子隨處可見。

結構

房屋和建築物的木架或鋼架梁就採用簡支梁設計。



投石机

投石机的投臂绕框架之间的轴旋转。该轴就是简支梁。



滑板

如果您站在滑板中间，您就是外部载荷，而轮子就是夹具。该结构可以近似为简支梁。

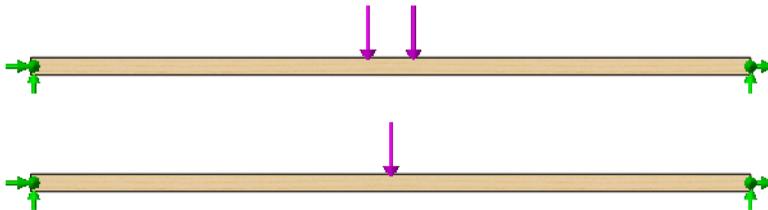


注： 本例是一种“简化分析”，它将三维问题简化为二维问题。但仍需要运行完整的模拟。

保守假设

工程师经常使用“保守假设”来分析比真实结构情况更糟糕的状况。这样做可以增大设计的安全度，可以预留一定的强度裕度。下面是将使用的一些假设：

1. 使用结构的端点比使用实际接触点的情况更糟糕。
2. 使用位于中心的单个外部载荷比使用靠近中心的两个外部载荷的情况更糟糕。



梁計算所需的数据

使用此梁計算需要若干数据。它們包括：

数据	在哪里找？	它是什么？
弹性模量	材料属性	材料的刚度
转动惯量	截面属性	抗弯曲的能力
长度	几何体	要跨接的长度
载荷	(给定)	外部载荷

常用单位

本项目采用常用公制单位。部分常用的 SI 和 IPS（英寸、磅、秒）单位制单位有：

数据	SI 单位	IPS 单位
弹性模量	Pa、MPa,	psi
转动惯量	mm ⁴ 、cm ⁴ 、m ⁴	in ⁴
长度	mm、cm、m	in, ft
载荷	N、kN	lb

注： 本分析采用 **SI** 单位制。SI 单位制也称国际单位制。它采用米、毫米和牛顿等公制单位。



请搜索 **国际单位制** 获取更多信息。

收集數據

下面的步驟中將採用若干種工具收集所需的數據。您將計算下表中缺少的值。

注： 作為初始推測，我們假設整個結構上的總重量載荷為 **40N**。我們在梁計算中取其一半， $40\text{N}/2 = 20\text{N}$ 。

數據	值	單位
彈性模量（壓力）	????	Pa（帕斯卡）
轉動慣量（長度 ⁴ ）	????	cm ⁴
長度	????	mm
載荷（力）	20	N（牛頓）

指定材料

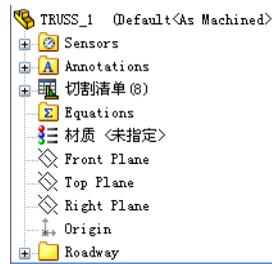
第一步是为模型中的梁指定**材料**。我们将采用轻木制作该结构。

4 材料。

右键单击材料特征并选择**编辑材料**。展开左侧的 SolidWorks 材料和 Woods 文件夹，然后单击轻木。

在**单位**下选择 **SI - N/m² (Pa)**。

单击**应用**，然后单击**关闭**。



注： 选择材料轻木可使分析对将进行实际设计、建造并测试结构的人更具实用性。轻木是学生建造项目的常用材料。

其**弹性模量**或**弹性模数**的值为 = 2999999232 N/m²。

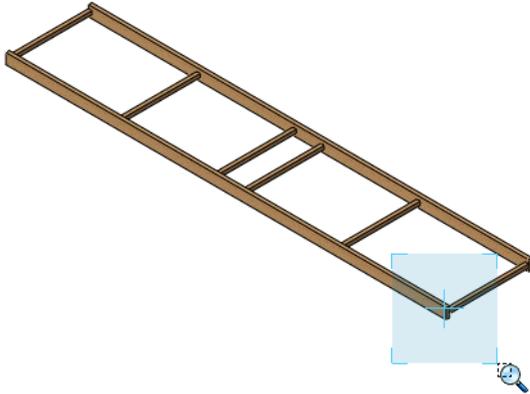
* 您将在后续课程中进一步学习材料、建造和测试。

截面属性

截面属性基于梁的横截面。

5 局部放大。

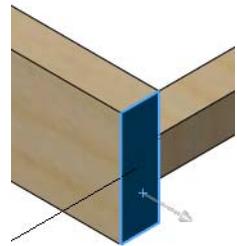
依次单击**查看**、**修改**、**局部放大**并从左上到右下拖动一个窗口覆盖结构的一角，如图所示。



注： 按 **Esc** 键关闭缩放工具。

6 面选择。

选择如图所示的面。

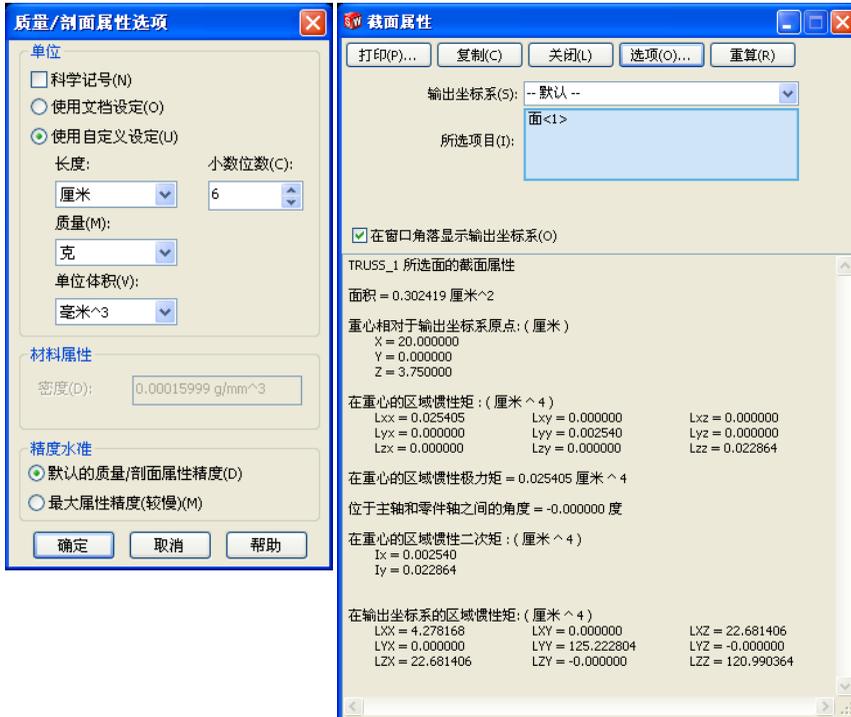


7 截面属性。

依次单击**工具**、**截面属性**。依次单击**选项**和**使用自定义设定**。选择**厘米**和**6**位小数位。

单击**确定**和**重算**。

质心处的面积转动惯量：（厘米⁴） $L_{xx} = 0.025405$ 。单击**关闭**。



8 缩放。

依次单击**视图**、**修改**、**整屏显示全图**或单击**f**键以返回到全图屏幕。

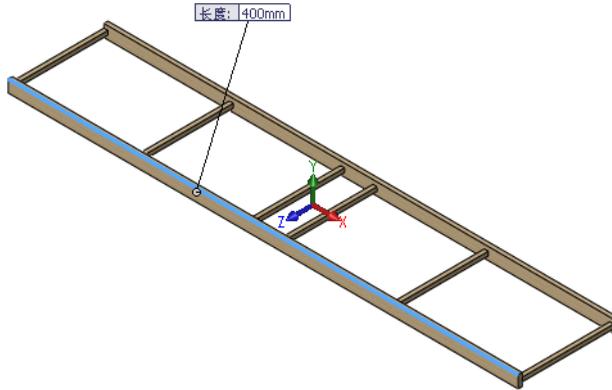
使用测量

可通过测量功能来测量模型几何体的距离或角度。

9 测量。

依次单击**工具、测量**。选择梁的一条边，如图所示。梁的长度显示出来。

长度：400mm。



10 关闭。

单击对话框右上角的“x”将其关闭。

梁计算器

梁计算器使用输入值来确定梁的最大位移。从图表第 23 页的“收集数据”检索数据。

注： 此对话框采用 *挠度* 一词，但在本手册中该词指 *位移*。

11 启动梁计算器。

依次单击 **Toolbox**、**梁计算器** 

12 设置。

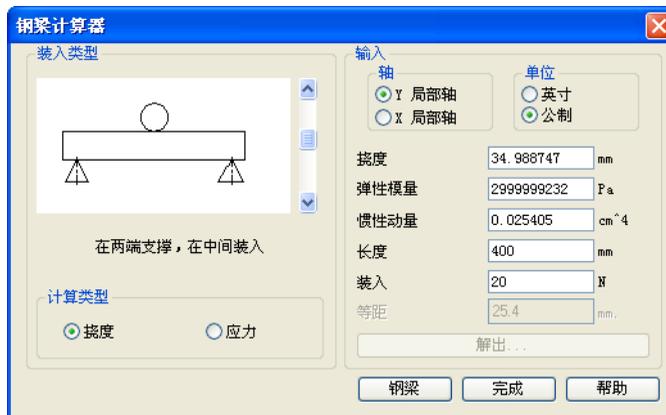
清除 **挠度** 字段中的任何值，（清除该字段后 **求解** 按钮才可用）。使用滚动条找到 **支撑在两端，载荷在中间**。依次单击 **Y 局部轴**、**公制** 和 **挠度**。

13 键入值。

在对话框中键入或复制并粘贴下列值：

数据	值	单位
弹性模量（压力）	2999999232	Pa（帕斯卡）
转动惯量（长度 ⁴ ）	0.025405	cm ⁴
长度	400	mm
载荷（力）	20	N（牛顿）

单击 **求解**。在该载荷（梁中央）作用下，位移约为 **35mm**。单击 **结束**。



注： 直到清除 **挠度** 字段中的内容后，**求解** 按钮才可用。

問題

1. 位移比一英寸大還是小? _____
2. 轉換位移英寸: $35\text{mm}/25.4 =$ _____ 英寸

14 關閉零件。

依次单击**文件、關閉**以關閉零件。

當出現是否保存對 TRUSS_1 的更改? 消息時, 单击**不保存**。

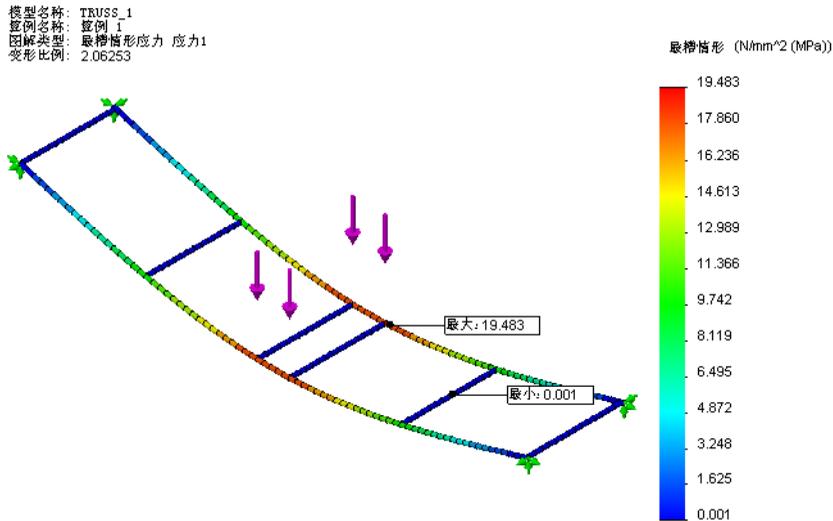
第 4 课 分析结构

完成本课程后，您将能够：

- 理解 SolidWorks Simulation 的作用；
- 描述结构分析的各个阶段；
- 理解包括夹具和载荷等因素的分析环境；
- 使用 SolidWorks Simulation ；
- 查看分析结果。

分析结构

在本课中，您将使用 SolidWorks Simulation 来分析梁结构。



SolidWorks Simulation 是什么?

SolidWorks Simulation 是供设计师使用的结构分析工具，作为插件添加到 SolidWorks 中。使用此软件可直接分析实体模型。您还可以使用算例方便地设置单位、材料类型、外部载荷以及其它设定。可对实体模型进行更改并更新结构分析结果。

分析分为若干步骤：

1. 在 SolidWorks 中创建设计。
SolidWorks Simulation 可以分析零件和装配体。
2. 在 SolidWorks Simulation 中新建一个静态算例。SolidWorks Simulation 项目将包含问题的所有设置和结果，以及每个与模型相关联的项目。这包括：添加夹具、添加外部载荷和将模型网格化。
3. 运行分析。此过程有时称为求解。
4. 查看包含图解、报告和 eDrawing 的 SolidWorks Simulation 结果。

结构分析

结构分析是使用物理学和数学知识来预测结构在诸如重力和压力等外部载荷下的行为的过程。建筑物、桥梁、飞机、船舶和汽车等都需要结构分析。

通过结构分析可以确定应力、安全系数和位移。

应力: 施加到结构上的外部载荷会在结构内产生内力和应力,进而导致结构失效或断裂。

安全系数: 安全系数 (FOS) 是材料可承受的最大应力与实际应力的比值。

$$\frac{\text{Maximum Stress under Loading}}{\text{Maximum Stress of the Material}} = FOS$$

如果 $FOS > 1$, 结构就安全。如果 $FOS < 1$, 则认为结构不安全。

位移: 在先前的课程中已提到, 施加到结构上的外部载荷会强迫结构从未承受载荷时的位置移动。位移是从原始位置移动到某点的距离。

结构分析广泛应用于制造业的多个领域:

- **建筑和桥梁**
地板、墙壁和地基。
- **飞机**
飞机机身、机翼和起落架。
- **船舶**
船体、舱壁和上部构造。
- **汽车**
底盘、车身和碰撞测试。

为什么进行设计分析？

在 SolidWorks 中创建设计之后，您可能需要回答如下问题：

- 桁架是否能跨越所需的跨距？
- 怎样才是最高效的桁架设计？
- 桁架能承受的最大载荷是多少？

如果没有分析工具，则必须进行代价高昂的原型测试设计循环以确保产品性能符合客户的期望。设计分析使快速经济地采用计算机模型进行设计循环成为可能。即使制造成本不是重要的考虑因素，设计分析也能在提高产品质量方面带来很多好处，它使工程师无需花费大量时间建造原型即可检测设计问题。设计分析还可便于对许多设计方案进行研究，从而有助于开发出最优设计。快速经济的分析经常会揭示出不太明显的解决方法，并使工程师通过更好的理解产品行为从而获益。

结构分析阶段

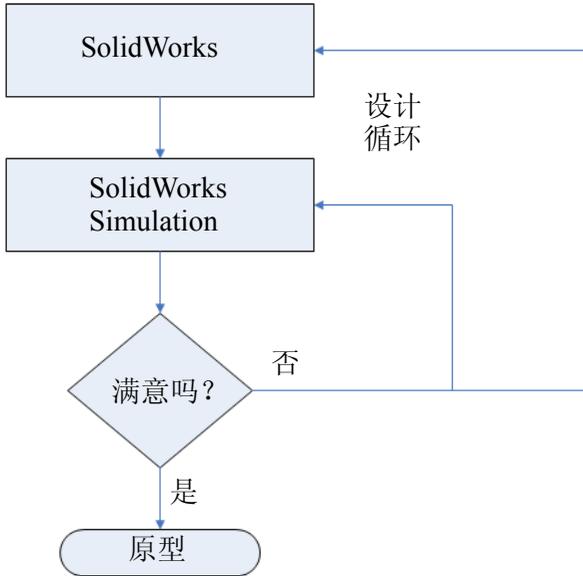
SolidWorks Simulation 的结构分析分为若干阶段。这是幕后的过程：

- **预处理** — 在此阶段，您添加与结构及其所在环境相关的必要信息。这包括材料、夹具以及施加到结构上的外部载荷。
- **分析** — 通过称为网格化的过程将模型划分为称为单元的小块。此项目中的单元是**梁单元**。然后使用此信息来创建有限元模型并求解。这包括 SolidWorks Simulation 向导的**分析**页面。
- **后处理** — 采用图形形式向您展示结果，以便您识别问题。这包括 SolidWorks Simulation 向导的**优化**和**结果**页面。

完成所有阶段后，可以将所有的分析信息随模型保存起来。保存好分析信息便于进行后续更改。

设计循环

设计循环用于对模型或预处理信息进行更改。模型更改可能是更改诸如梁的长度等尺寸。对预处理信息的更改可能是更改材料、夹具或载荷。无论哪种更改都会强制模型进行重新分析，不断循环直到获得最佳方案为止。



对模型的更改

尽管 SolidWorks 零件现在非常简单，但在随后添加侧壁和支撑的过程中，您会体会到它们对结构所起的重要作用。让我们打开模型看看它表示的物体。

1 再次打开该零件文件。

单击 **打开** .

在 **打开** 窗口中，浏览到 Bridge Design Project\Student\Lesson 3 文件夹。

选择 TRUSS_1.sldprt 并单击 **打开**。

这是在前一课程中使用的相同零件。



生成算例

为了进行结构分析，必须创建一个新算例。

SolidWorks Simulation 使用**算例**来存储并组织与结构分析相关的所有数据。

算例还用于指定您运行的分析的类型。SolidWorks 提供许多分析类型。它们包括：

- 静态
- 频率
- 扭曲
- 传热
- 掉落测试
- 疲劳
- 非线性
- 线性动态
- 压力容器设计

在本项目中，我们将使用**静态**分析。这种算例用于预测结构中的何处会由于应力而失效。

从 **Simulation** 下拉菜单中选择算例。

2 生成新算例。

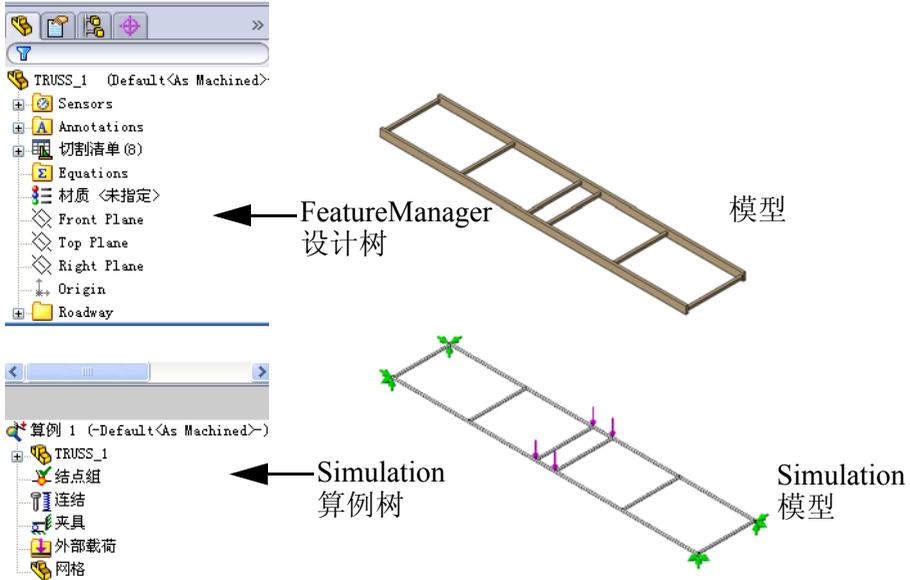
单击 **Simulation**、**算例**。使用默认名称算例 1 并单击**静态**。

单击 。



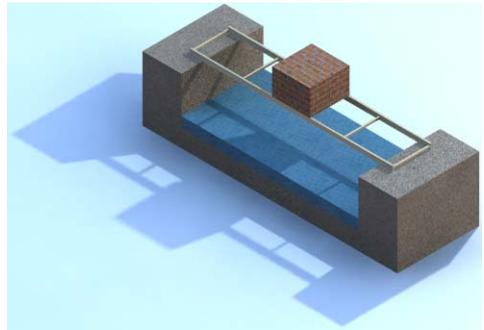
FeatureManager 设计树和 Simulation 算例树

FeatureManager 设计树出现在屏幕左侧 Simulation 算例树的上方。上方的树列出模型几何体的特征，下方的树列出分析或模拟模型的特征。



环境

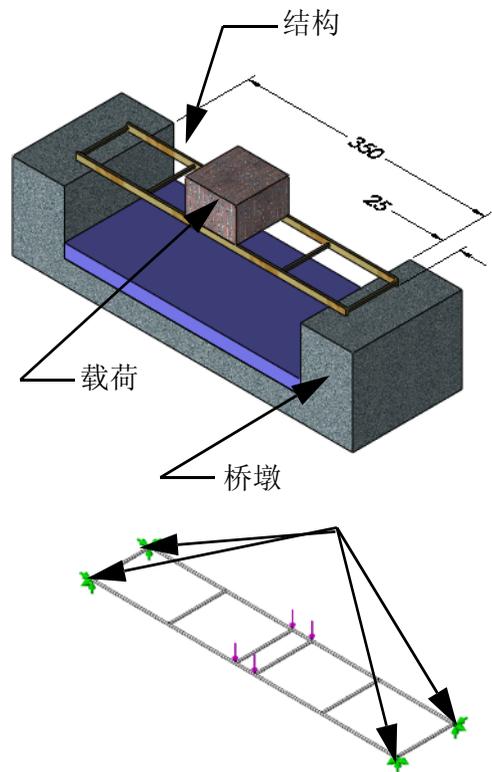
环境用于描述结构的使用方式。在本例中，模型代表横跨河上的一个结构。通过了解结构的放置情况及其必须承受的载荷，可以确定 SolidWorks Simulation 所需的两个关键项：**夹具**和**外部载荷**。



夹具

夹具是结构上将被固定或限制移动的区域。我们将跨距定义为未受支撑的跨越距离，本例中跨距为 **350mm**。结构的每端与支撑结构的桥墩或堤岸重叠 **25mm**。跨距始终短于结构的全长。

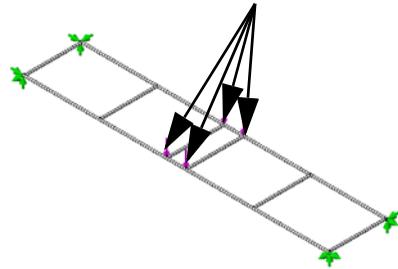
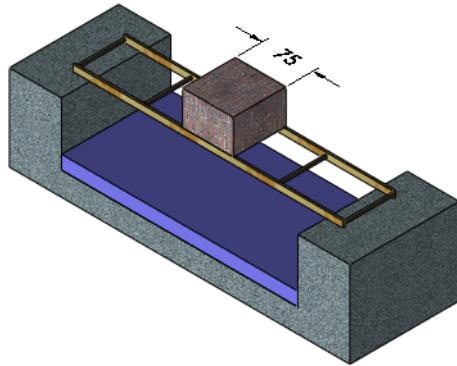
夹具定义在模型端部的四个位置。



外部载荷

模型必须存在向结构施力的**外部载荷**。这里我们假设一个方形砖堆放在结构上的跨距正中位置。假设砖堆的总重为 **40N**。

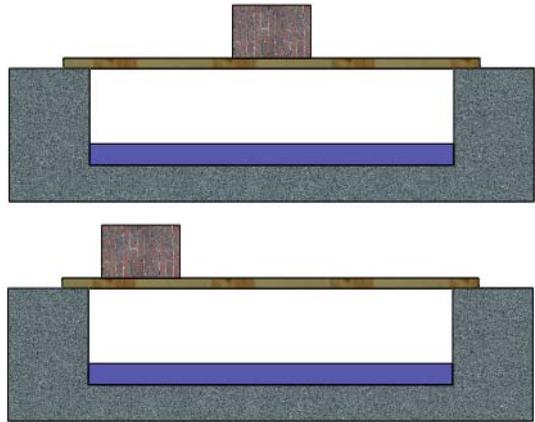
有四个负载点，分别是跨距中央附近的梁的四个连接点。这意味着每个点上的载荷为 $40\text{N}/4 = 10\text{N}$ （约 2.25 磅）。



载荷为何位于中心?

当使用结构分析模型时，工程师喜欢进行所谓的“最糟情形”分析。这是结构在环境条件下最可能发生断裂的情况。

将载荷放在跨距中心是这类桁架结构的最糟情形。



您认为它能承受多大载荷？

结构现在相当脆弱，在本手册的后面您将让结构逐步加强。它能承受的最大力是多少？猜一下。

力 = _____ N

注： 如果您习惯用磅 (lb)，请开始改用公制单位。使用此公式将磅转换为牛顿 (N)：

$$1 \text{ lb} = 4.4482 \text{ N}$$

单位设置

可设置单位以便整个分析生成统一的结果。本示例选择使用 mm 和 MPa。

3 设置单位。

单击 **Simulation**、**选项**，然后单击**确定**。单击**默认选项**选项卡。在**单位**下，为**长度 / 位移**选择 **mm**，为**压力 / 应力**选择 **N/mm² (MPa)**。

单击**确定**。



预处理

结构分析的第一个阶段是预处理，收集所有必要信息并将其应用到模拟算例。我们将提供或生成的信息包括：

- **材料** — 梁的材料。
- **夹具** — 不能自由移动的位置。
- **外部载荷** — 施加到模型上的力。
- **网格** — 基于模型生成的一种模拟模型，它将梁划分为称为单元的小块。

材料

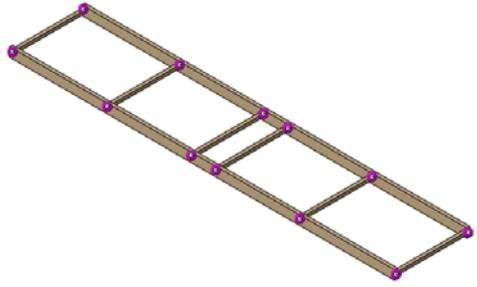
材料是必须提供的值，它确定材料属性和模型几何体的外观。在本例中一次向所有梁应用相同的材料。

4 设置材料。

依次单击 **Simulation**、**材料**、**应用材料到所有**。展开 **Woods** (木材) 文件夹并选择 **Balsa** (轻木)。单击**应用**，然后单击**关闭**。

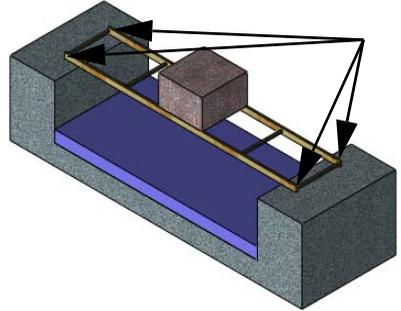
什么是接榫？

接榫在梁中心线的交点处自动生成。这些接榫将用于定位夹具以及外部载荷。



夹具

夹具用于限制模型中特定点的移动。会将结构端部放在桥墩上的点指定为夹具。

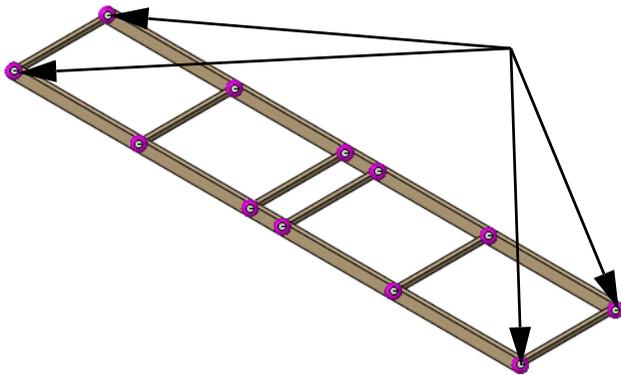


什么类型的夹具？

在此项目中，桥梁将放在桥墩上以跨越整个跨距。桥梁将与桥墩接触，但不会粘合或以任何方式固接。

5 添加夹具。

依次单击 **Simulation**、**载荷 / 夹具**、**夹具**。单击**不可移动（无平移）**  并如图所示选择接榫。



注： 若要纠正错误，请单击选择项所在的方框并选择**清除选择**。清空方框后，重试再次选择。

6 符号大小。

展开**符号设定**部分并将**符号大小**增大到 **150**。这使符号更大更容易看见。单击 。

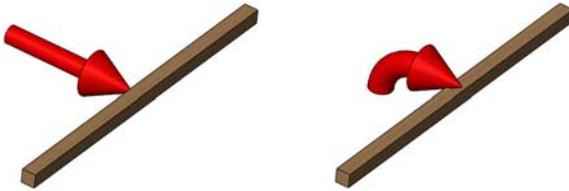


外力

结构所受的总力将均分为施加到结构中心附近的四个 **5N** 的力。

力

力具有方向和值（大小）。它们可以是类似悬挂重物产生的直接的力或类似转动门把手时产生的具有扭曲或弯曲作用的力矩。



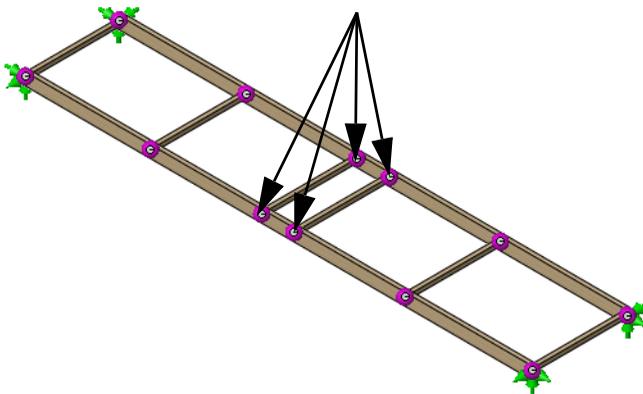
重力

重力使用结构的重量作为载荷。它在本项目中无关紧要，将被忽略。

7 加入力。

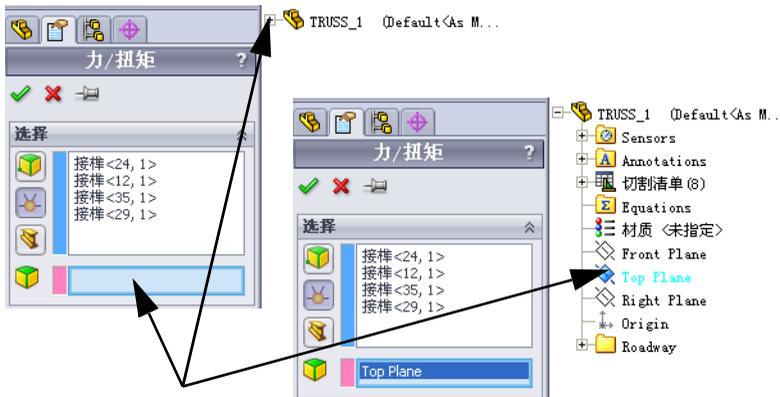
依次单击 **Simulation**、**载荷 / 夹具**、**力**。单击**接榫**

 然后如图所示选择可见的接榫。



8 设置方向。

单击**方向**字段并展开弹出的 FeatureManager 设计树。单击特征上视基准面。



9 设置单位。

确保将**单位**设置为 **SI**。

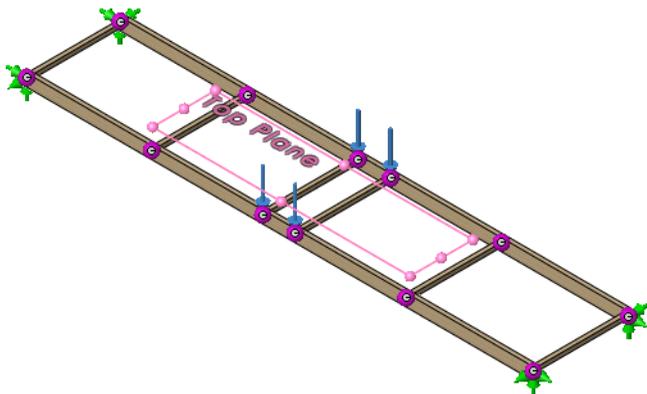


10 指定力。

单击**垂直于基准面**  并如图所示将值设置为 **10N**。

单击**反向**使箭头指向下方。

单击 。



提示： 可像在夹具部分中那样使用**符号设定**选项来增大或减小符号。这些已设置为 **150**。

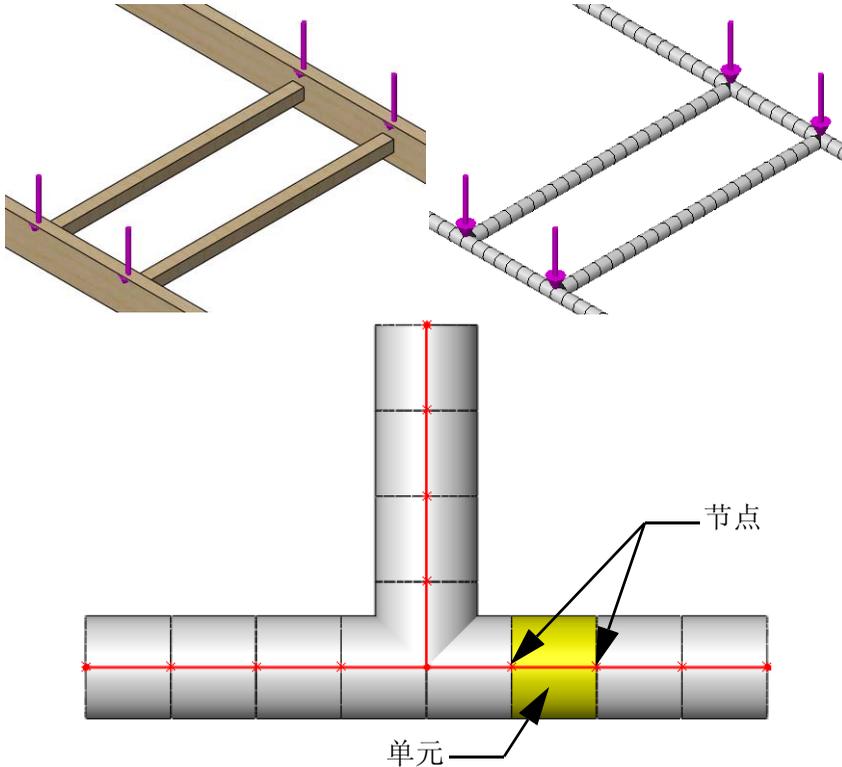
11 保存。

单击**保存**  以保存模型和模拟数据。

提示： 最好定期保存以防意外丢失数据。

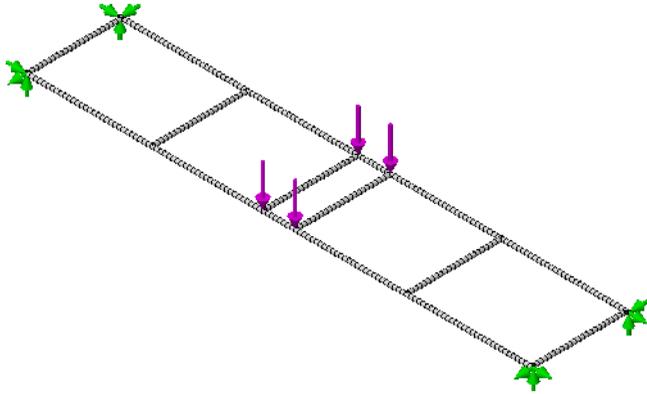
网格化模型

必须创建网格以生成分析所用的小块。分析模型由一系列相互连接的节点和单元构成。



12 网格化。

单击 **Simulation、网格、创建**。即会采用模型的几何体创建网格。



注： 此步骤自动包含在 **Simulation、运行**中，此处显示用于突出网格。

分析

分析部分比较简单。SolidWorks Simulation 根据您的输入进行分析并得出结果。您将使用默认设置以加快得出结果。

预期

在前一课中，采用了梁计算通过对简支梁的简化分析确定了一个大致的位移。该分析确定位移大约为 **35mm**。我们希望从模拟分析得出的位移位于相同的数量级内，即介于 **3.5mm** 和 **350mm** 之间，最好接近 **35mm** 的结果。

13 运行。

依次单击 **Simulation、运行**。运行完成后，会在 Simulation 算例树的结果文件夹中看到两个特征。

模拟现已可用于后处理。



某些术语

在分析运行的过程中，我们看看一些有助于解释结果的术语。

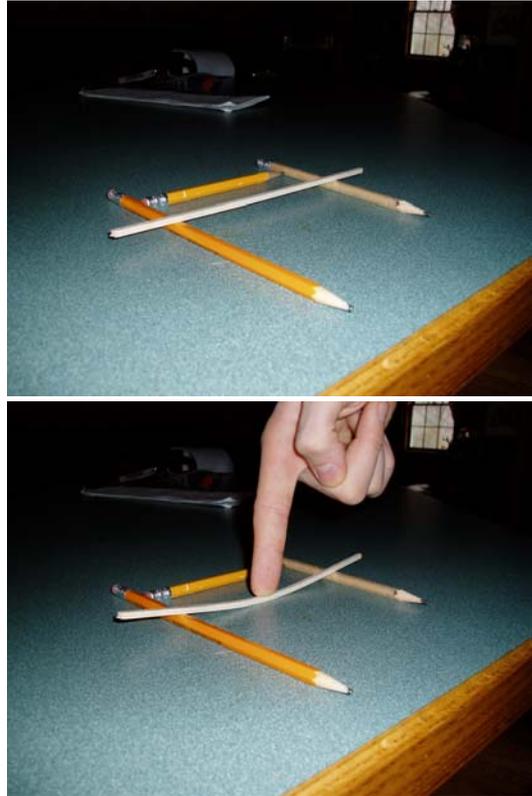
弯曲和位移

弯曲由施加到梁上的载荷导致。载荷导致梁弯曲并沿载荷方向移动。

位移是梁从原始位置发生的移动。“最糟情形”位移出现在当载荷位于梁中心时。

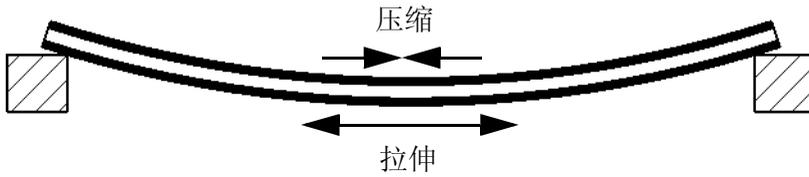
您可以看看位移是否足够大，但通常都非常小。

您的房子内的地板会在您走过时裂开吗？这种开裂就是因地板梁在载荷（您的重量）作用下发生弯曲位移导致的！



拉伸和压缩

当梁弯曲时，梁的上半部分（载荷施加到的面）压缩（推到一起），而相对的面则拉伸（拉开）。



请搜索**拉伸和压缩**获取更多信息。

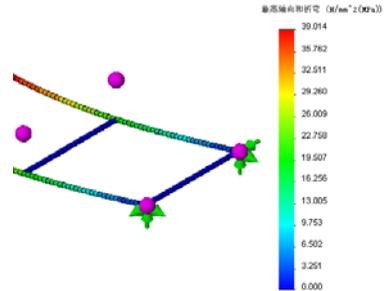
应力

应力是用于表达结构受到外部载荷后在内部产生的单位面积上的力的量。应力看不见，但会导致结构断裂。

常用单位有牛顿每平方米，帕斯卡和磅每平方英寸 (psi)。

应力可导致梁在载荷下断裂。

SolidWorks Simulation 可显示结构上高应力和低应力的区域。



屈服强度

梁承受多大载荷才会断裂？我们使用**屈服强度**来表示梁抵抗应力的极限。梁的材料和横截面都影响其强度。

注：对于金属来说，材料通常会在载荷下发生弯曲，但在载荷撤消后恢复其原始形状。屈服强度是使材料弯曲并在载荷撤消后保持弯曲的点。这称为塑性变形。

安全系数

安全系数 (FOS) 是用于查看分析结果的快捷方式。它定义为材料屈服强度与最大应力的比值。如果 **FOS > 1**，则认为设计 。如果 **FOS < 1**，则认为失败。

注： 工程师通常确保设计的 FOS 大于 2。经常出于安全性和可靠性的原因对结构进行“过度设计”。



请搜索**应力（物理学）、屈服强度**或**安全系数**了解更多信息。

后处理

分析完成后，后处理即开始。后处理会在 Simulation 算例树的结果文件夹中生成两幅图，该两幅图可供查看和修改。这些图有助于您理解并修改桥梁结构。

后处理开始后，会在结果文件夹中生成两幅图：

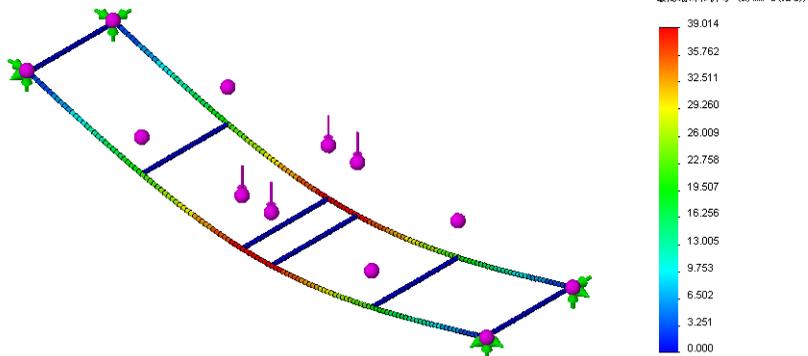
应力 1 (**STRMAX**: 最高轴向和折弯) 和位移 1 (- 合位移 -)。

会自动选中应力图解并显示出来。

14 应力分布。

画面中会显示模型上的位移。**应力分布**由带有位移的模型上的色彩来表示。该图表会显示应力分布；暖色表示高应力，冷色表示低应力。

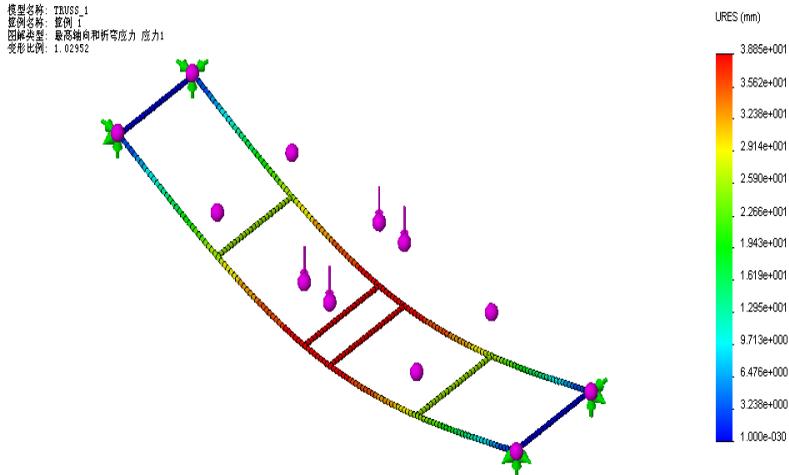
模型名称: TRUSS_1
算例名称: 算例 1
图解类型: 最高轴向和折弯应力 应力1
变形比例: 1.02952



注： 可以隐藏接榫 。用右键单击接榫组，然后选择**隐藏**或**显示**。

15 位移。

双击位移 1 (-合位移-) 图解进行查看。



解释结果

应力图和位移图非常有用，因为它们显示实际的值并且告诉我们哪里最高。MPa 是什么？让我们了解一下结果的含义。下面是目前为止得出的结果（您的结果可能有差异）：

应力	位移
39.014MPa（兆帕斯卡）	3.885e+001mm

数值

位移采用科学计数法。（您的结果可能包含不同的格式）。

3.880e+001 表示 3.880×10^1 即 $3.880 \times 10^1 = 3.880 \times 10 = \underline{\hspace{2cm}}$ mm

换算成英寸是多少？将结果除以 25.4 = in

单位

理解单位对于解释结果很重要。诸如毫米或英寸等长度单位比较相近。应力则不同。应力与压强的单位相同，用于量度力 / 面积。您给自行车轮胎打气时可能见过 psi（磅每平方英寸）。轮胎压力采用常用单位通常为：

60 psi = 4.136854e+005 Pa = 0.4136854 MPa (1MPa = 1N/mm²=1,000,000 Pa)

创建新图解

我们需要弄清的是：结构能承受多大应力？最好的解决办法是创建**安全系数**图解。这分为三个步骤。

16 安全系数图解。

在 Simulation 算例树中右键单击结果文件夹并选择**定义安全系数图解**。

保留默认值并单击**下一步**。

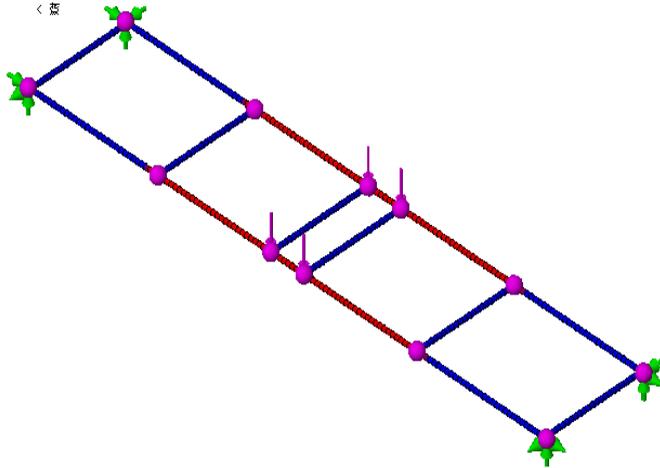
将**乘数**保持为 1 并单击**下一步**。

单击**安全系数以下的区域**并单击 。



注：当前的安全系数在对话框中列为 0.512642 或大约 0.5。这小于最小值 1。

模型名称: TRUSS_1
算例名称: 算例 1
图解类型: 安全系数 安全系数1
准则: 自动
红 < 安全系数 = 1 < 蓝



安全系数图解可说明什么信息？

安全系数以下的区域在图解中显示为红色。如果 **1** 是 FOS 的底限，这说明载荷太重，结构无法承受。

必须降低载荷。

迭代更改

因为结构无法承受该载荷，下一步是找出结构能承受多大载荷。为此，我们会更改载荷，重新分析结构，直到获得约为 1 的 FOS 为止，此过程称为迭代。

确定载荷

在迭代更改并减少载荷之前，需要确定减量有多大。当前信息告诉我们当载荷为 $4 \times 10\text{N} = 40\text{N}$ 时 FOS 约为 **0.5**。

如果将总载荷乘以 FOS 倍，结果应该能产生约为 1 的 FOS。

$\text{FOS} \times \text{总载荷} = 0.5 \times 40\text{N} = 20\text{N}$ 或每个面 **5N**。

我们将使用迭代来分析模型看此公式能否得到验证。

编辑 Simulation 数据

可以编辑诸如外部载荷等 Simulation 数据以反映新值。直到重新运行分析后才会更新结果。

17 编辑外部载荷。

右键单击特征

力 1（每项：-10 N：）并选择**编辑定义**。将载荷设置为 **5N** 并单击 。



18 重新运行。

依次单击 **Simulation**、**运行**重新运行分析。

19 安全系数。

双击结果安全系数 1（- 自动 -）。FOS 呈绿色表示大于 1。

20 关闭零件。

依次单击**文件**、**关闭**，然后单击**保存**以保存更改。

结论

从分析可知，很明显结构无法承受初始载荷。使用 SolidWorks Simulation 可通过迭代找出结构能承受的最高载荷。

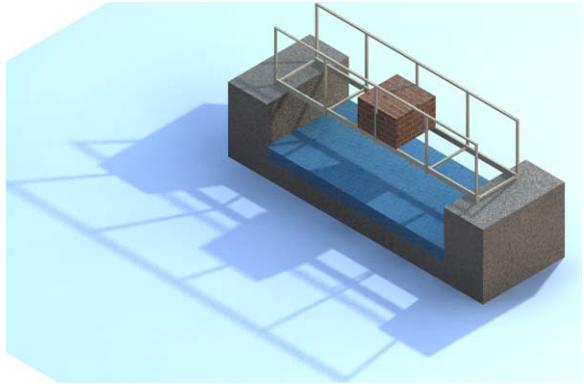
第 5 课 更改设计

完成本课程后，您将能够：

- 理解交叉支撑的重要性；
- 找出最大载荷；
- 查看位移图；
- 编辑图解和图表以增强查看效果；
- 计算强度重量比。

添加到设计

根据使用 SolidWorks Simulation 进行的结构分析，我们可以得出结论：结构需要加强。此版本已增加了侧壁，用于加强设计，使之能够承受更高的载荷。



打开模型

1 打开零件文件。

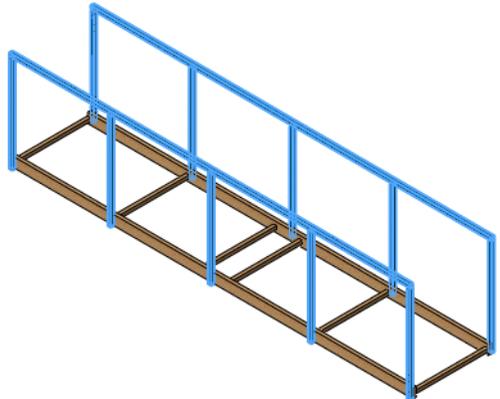
单击**打开** 。

在**打开**窗口中，浏览到 Lesson 5 文件夹。

在**打开**窗口中，浏览到 Bridge Design Project\Student\Lesson 5 文件夹。

选择 TRUSS_2.sldprt 并单击**打开**。

此版本包含由水平构件和垂直构件构成的侧面。

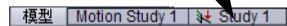


现有算例

此零件与先前的零件相同，只是增添了侧壁。它也已经有了算例 1，此算例使用与先前的零件相同的值。

2 访问现有算例。

单击屏幕左下部的算例 1 选项卡。Simulation 算例树出现。分析中有夹具、外部载荷和网格。



3 运行分析。

依次单击 **Simulation**、**运行**。

模拟现已可用于后处理。请注意，不会自动创建安全系数图解。

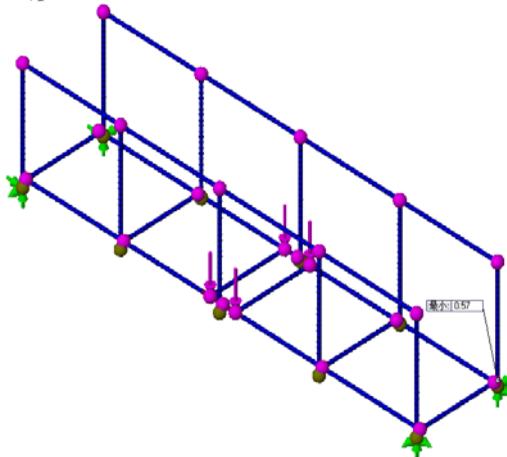
4 安全系数图解。

在 Simulation 算例树中右键单击结果文件夹并选择**定义安全系数图解**。使用与第 49 页的“创建新图解”相同的程序。

5 标签。

右键单击结果安全系数 1 (-自动-) 并选择**图表选项**。单击**显示最小注解**，然后单击 。

模型名称: TRUSS_2
算例名称: Stress-1
图解类型: 安全系数 安全系数1
系列: 注解
注: 安全系数 = 1 < 图



结果显示，与上一课类似的初始载荷相比，FOS 已经减小。

更改载荷

让我们逐步升高外部载荷，以了解此版本的结构承受多大载荷时 FOS 能够达到 **1**。在前一课中，我们了解到总载荷乘以安全系数就可以得出最大允许载荷。

$20\text{N} \times 0.57 = 11.4\text{N}$ ，每一面的载荷为 $11.4\text{N}/4 = \mathbf{2.85\text{N}}$

6 编辑外部载荷。

右键单击特征力-1 (：每项：-10 N：) 并选择**编辑定义**。将载荷设置为 **2.85N** 并单击 。

7 重新运行。

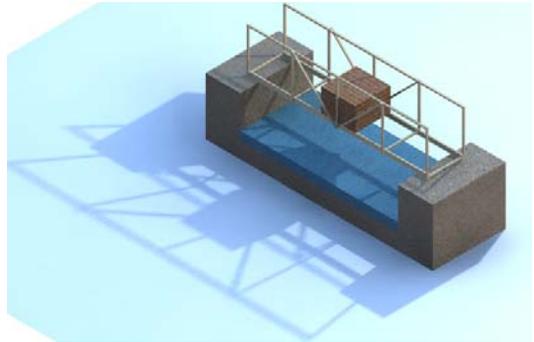
依次单击 **Simulation**、**运行**重新运行分析。最小 FOS 应再次接近 **1**。

8 关闭零件。

依次单击**文件**、**关闭**，然后单击**保存**以保存更改。

交叉支撑

在上一课中，我们已讨论过三角形和交叉支撑的值（第 14 页的“三角形”）。我们来看使用交叉支撑的结构，了解其如何改变结果。与之前一样，载荷仍为之前的设置（在 4 个位置均为 **3.45N**），除增加了支撑外完全相同。



打开模型

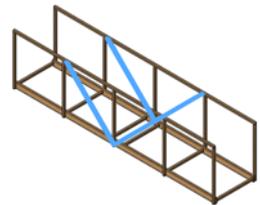
1 打开零件文件。

单击**打开** 。

在**打开**窗口中，浏览到 **Lesson 5** 文件夹。

选择 **TRUSS_3.sldprt** 并单击**打开**。

此版本与先前版本相似，只是在中央部分增加了一些交叉支撑。

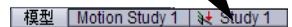


现有算例

此零件与先前的零件相同，只是增添了侧壁。它也已经有了算例 1，此算例使用与先前的零件相同的值。

2 访问现有算例。

单击屏幕左下部的算例 1 选项卡。Simulation 算例树出现。分析中有夹具、外部载荷和网格。



3 运行分析。

依次单击 **Simulation**、**运行**。

模拟现已可用于后处理。生成 FOS 图解。该值大于 1（按照第 53 页的步骤 5 添加标签）。

4 编辑外部载荷。

用右键单击力 1 特征，然后选择**编辑定义**。将载荷设置为 **4.5N** 并单击 。

5 重新运行。

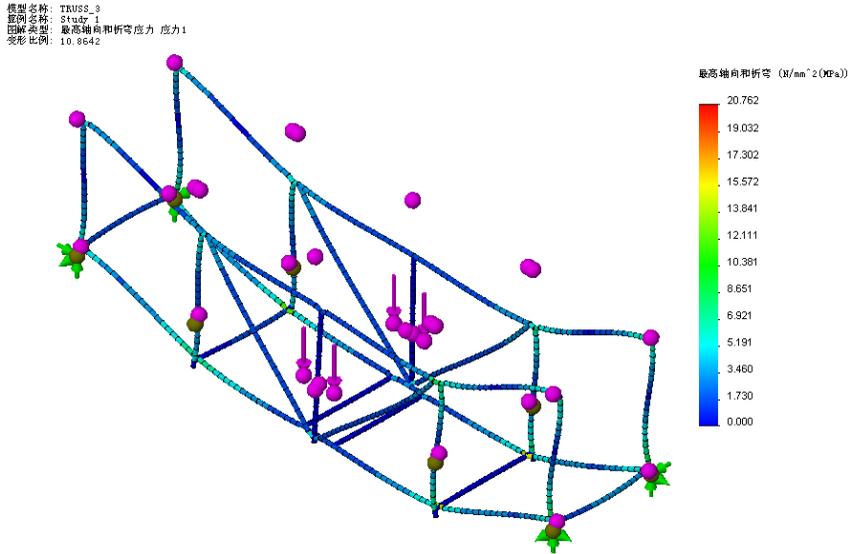
依次单击 **Simulation**、**运行**重新运行分析。最小 FOS 应再次接近 1。

交叉支撑有什么作用？

交叉支撑形成三角形，能够“强化”框架，帮助框架承受弯曲和扭曲力。查看结果后，我们就会发现这种方法非常有效。

6 应力图解。

双击应力 1 (-STRMAX: 最高轴向和折弯-) 图解以查看应力列表。



使用图解

我们可以通过多种选项使图解更加便于阅读和理解。我们将了解一些用于更改外观的选项。

变形图解系数

应力图解的变形形状可能使用放大的位移（可能很大）。要放大位移，您可以将变形形状设置为**自动**或自己选择的**用户定义**值。

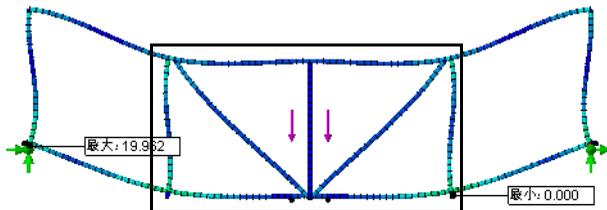
7 变形形状。

右键单击应力 1 (-STRMAX: 最高轴向和折弯-) 图解，然后选择**编辑定义**。确保选中**变形形状**和**自动**。单击 .



8 前视。

从视图方向  图标单击前视 ，从前面查看模型的应力分布。采用交叉支撑的模型中央部分由于增加了支撑力，其形状保持效果胜过边缘部分。



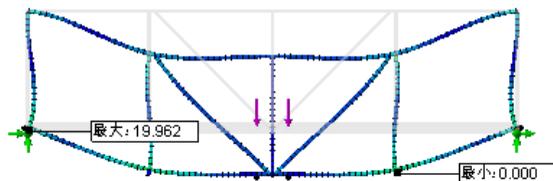
叠加模型

通过设置选项，可以叠加变形形状，改变图外观以显示明显的颜色变化。

9 设置。

右键单击应力 1 (-STRMAX: 最高轴向和折弯-) 图解，然后选择**设置**。

在**边缘选项**下，选择**离散**。在**变形图解选项**下，单击**将模型叠加于变形形状上**，并将**透明度**设置为 **0.7**。单击 。



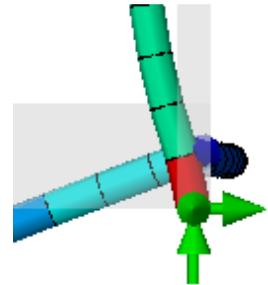
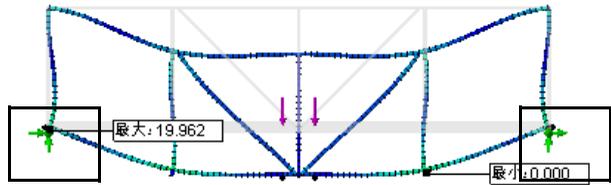
注： 标题和颜色图表可以通过拖放方式移动。

最弱环节

您熟悉“最弱环节”表达的意思吗？字面含义是链条中最脆弱的部分，最容易断裂的环节。

如果您仔细关注图像左下角部分，将会发现标签或最高应力值。这就是最弱环节，即高应力区。

在右侧接近夹具的位置也应有相似的高应力区（红色）。进行放大将其显示出来。

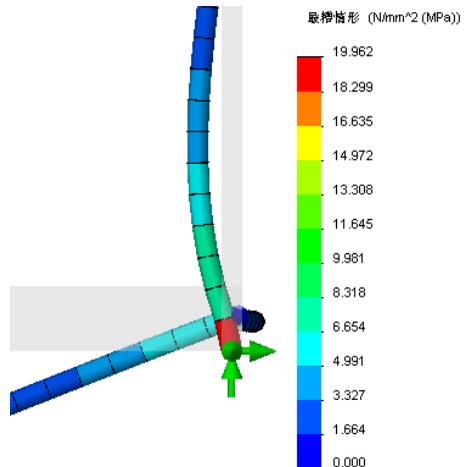


应力分布颜色

应力分布始终包括颜色图表，您可以通过此图表匹配颜色与实际应力值。最高的应力显示为黄色 / 红色 / 橙色，最低的应力显示为蓝色。

SolidWorks Simulation 用于找出模型中的“最弱环节”以便将其修复。

请记住，最高应力不应破坏结构。参考**屈服力**箭头，它表示破坏点。

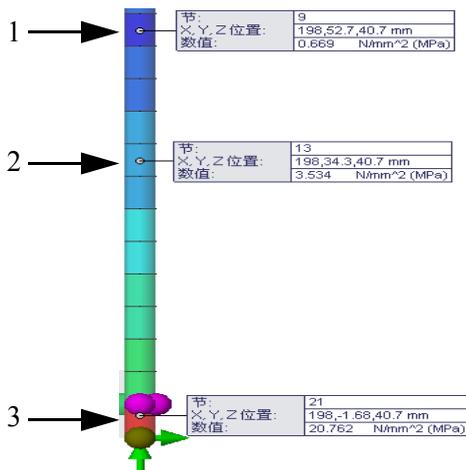


使用探测

通过探测，可以直接选择单元以从图解中获得深层信息。该单元将会出现相应的标签，根据自身的类型显示单元的准确数值。也可以由探测数据生成图解。

10 添加探测。

依次单击 **Simulation**、**结果工具**、**探测**。按顺序从上到下选择单元，如图所示。这些数值显示从所选的第一个单元至最后一个单元，应力值急剧升高。

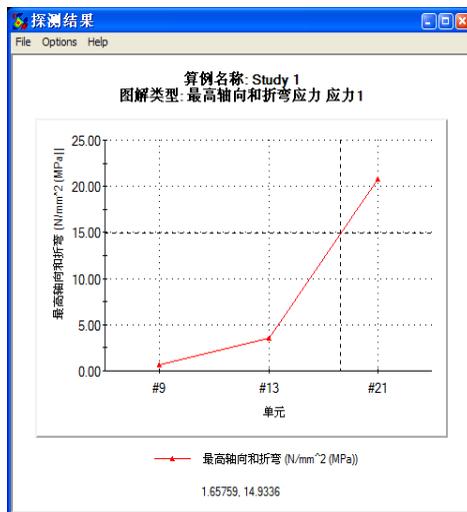


注： 选择与此处显示的内容相似的项。您看到的标签上可能显示略有不同的单元号和值。

11 图解。

单击 **图解** 创建 **探测结果**。这些少量单元中的应力值变化在图解中显得非常大。

单击 **“x”** 关闭 **探测结果** 对话框，然后单击 关闭 **探测结果** Property Manager。



12 等轴测。

从视图方向  图标单击等轴测 。

13 变形形状。

右键单击应力 1 (-STRMAX: 最高轴向和折弯-) 图解, 然后选择编辑定义。依次单击变形形状和自动。单击 。

14 动画。

依次单击 Simulation、结果工具、动画。将速度滑杆移到数值 10 处, 如图所示。

单击 。

提示: 画面滑杆可用于增加帧数以创建流畅的动画。



调整数字格式

图表中的数值会根据数值大小采用不同的数字格式。例如, 数字非常小或非常大, 则使用科学记数法。您可以更改数字格式, 以便于阅读图表。此处列出了同一数字的三种不同数字格式。

科学	浮点	常规
3.727e+000	3.727	3.73

15 位移。

双击位移 1 (-合位移-) 图解。位移数字逐渐变小, 在此图表上这些数字介于 0 和大约 4mm 之间。位移数值以科学记数法表示, 但小数格式更便于认读。

16 图表选项。

右键单击位移 1 (-合位移-) 图解, 然后选择图表选项。在位置 / 格式下, 选择浮点数字格式。

数字显示为更容易阅读的浮点数字格式。

单击 。



解决办法

现在已找出薄弱区域，可以着手解决问题。您认为此问题的最佳解决方法是什么？

1. 升高载荷，以使 FOS 升高为大于 1 的值。
2. 在无支撑部分添加交叉支撑。

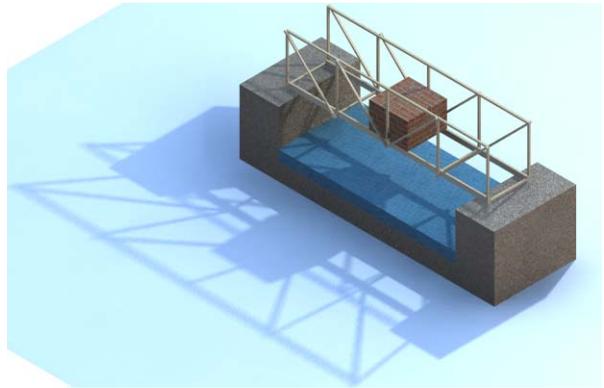
我们将选择第 2 种解决办法，然后使结构承受的载荷达到最大值。

17 关闭零件。

依次单击**文件**、**关闭**，然后单击**保存**以保存更改。

完成支撑

要完成交叉支撑应用，需要在外部添加构件。让我们来看看这对结构有什么作用。



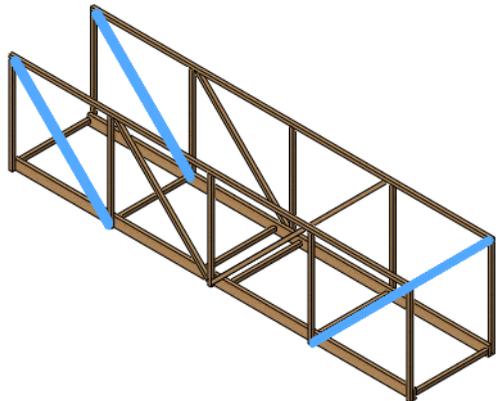
1 打开零件文件。

单击**打开** 。

在**打开**窗口中，浏览到结构目录。

选择 TRUSS_4.sldprt 并单击**打开**。

此版本与先前使用完全交叉支撑的版本相似。



2 重新运行。

打开现有的算例算例 1，然后重新运行分析。

比较应力

添加的支撑看起来非常有效。为什么这么说？最大应力已减小。

您预计 FOS 值会升高还是降低？ _____

3 安全系数图解。

生成安全系数图解，并检查 FOS 的值。

4 最大化外部载荷。

我们再次最大化载荷，以使安全系数达到 **1**。

$$4.90 \times 4.5\text{N} = \text{_____ N}$$

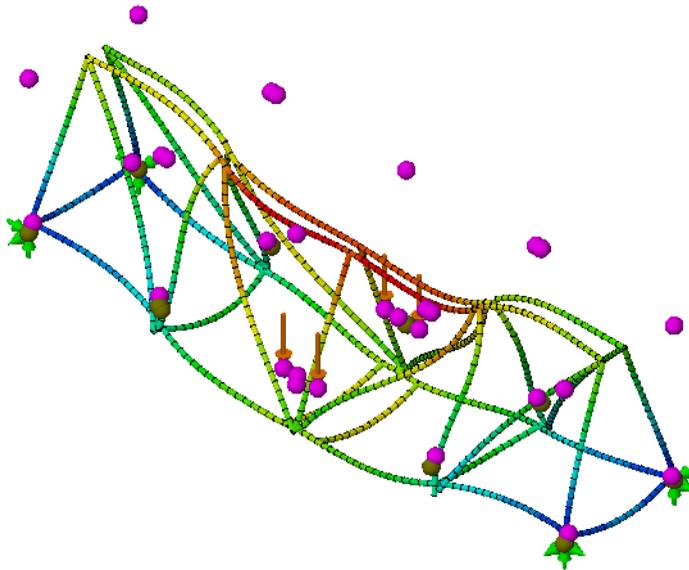
编辑力 -1 特征外部载荷，并将其设置为 **22N**。

5 重新运行。

依次单击 **Simulation**、**运行**重新运行分析。最小 FOS 应再次接近 **1**。

6 位移。

双击位移 1 (-合位移-) 图解。动画显示图解。



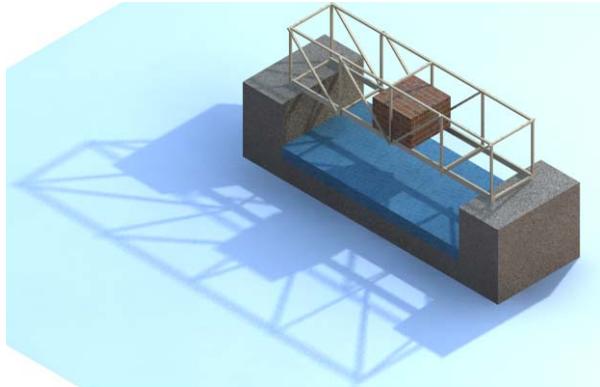
位移变小，但是您可能注意到模型呈现奇怪的形状。侧壁的上部向内弯曲。说明需要再添加一些支撑。

7 关闭零件。

依次单击**文件**、**关闭**，然后单击**保存**以保存更改。

顶梁

要完成结构，需要在侧壁顶部添加构件，将其连接起来。让我们来看看这对结构有什么作用。



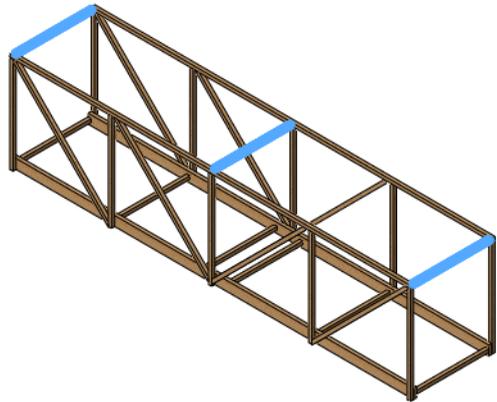
1 打开零件文件。

单击**打开** 。

在**打开**窗口中，浏览到结构目录。

选择 `TRUSS_5.sldprt` 并单击**打开**。

此版本与先前添加了三个顶部支撑的版本相似。



2 最大化载荷。

打开现有的算例算例 1。

3 分析并编辑。

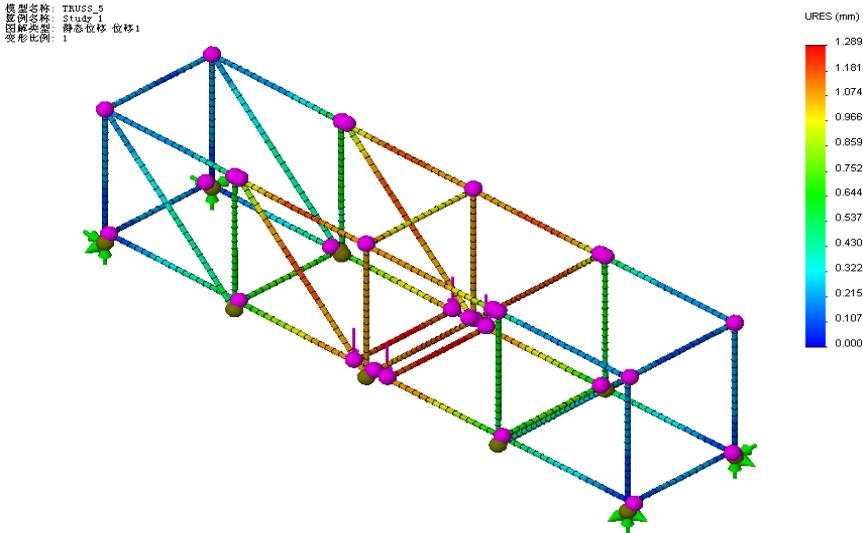
运行分析并生成 FOS 图解。FOS 应当小于 **1**。

为使 FOS 超过 1，请将载荷减至 **20N**，然后重新运行分析。

4 位移。

虽然添加的支撑对最大载荷的改变微乎其微，但是却能减少最大位移。

右键单击位移结果，然后选择**编辑定义**。将**变形形状**设置为**真实比例**，然后单击 。另外，右键单击**图表选项**并将**浮点**选择为**数字格式**。



强度重量比

这只是可以设计用于支持载荷的众多结构之一。如果有三种不同结构可以分别承受三种不同载荷，如何确定哪种设计最为有效？此时可以使用**强度重量比**（最大载荷 / 结构重量）。

我们的结构重量是多少？

使用 SolidWorks 可以方便地找出质量属性。自动为模型计算其质量属性。

5 质量属性。

依次单击**工具、质量属性**列出零件的质量属性。关键信息是**质量**行。此行显示结构的总重量，单位为克。

单击**关闭**。

注： 克到牛顿的换算方法：
1 克约为 0.01 牛顿。



效率比较

使用下面的图表中的信息计算设计中每一次迭代的**最大载荷能力**和**效率**。哪一种设计最有效？

结构	最大载荷	结构重量	效率 (最大载荷 / 重量)
TRUSS_1	20N	4.566 g = _____ N	_____
TRUSS_2	11.4N	7.418 g = _____ N	_____
TRUSS_3	18N	8.266 g = _____ N	_____
TRUSS_4	88N	9.130 g = _____ N	_____
TRUSS_5	80N	9.508 g = _____ N	_____

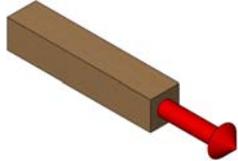
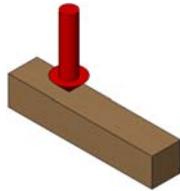
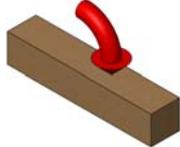
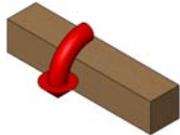
经过验证，结构中的哪一次迭代最有效？ _____

6 关闭零件。

依次单击**文件、关闭**，然后单击**保存**以保存更改。

进一步探索

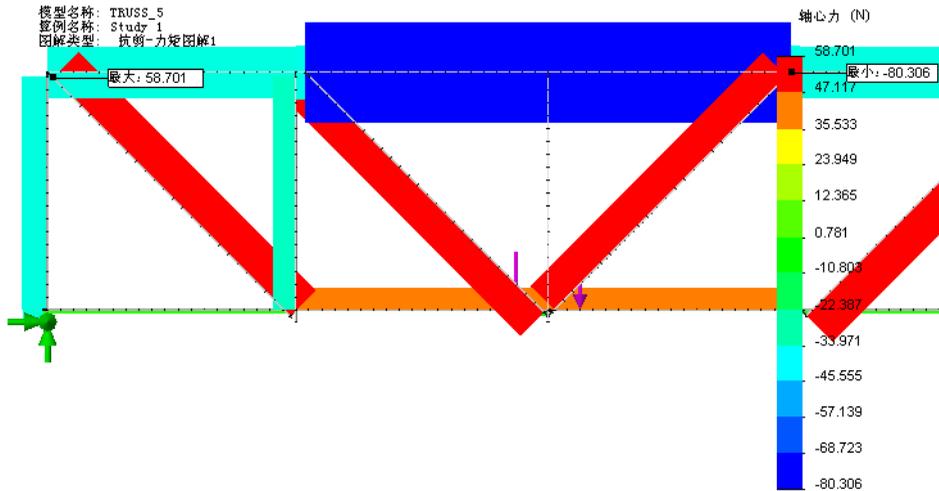
每种模拟都可以使用多个图以不同方式显示，但梁分析只有一种类型，即**梁图表**。此图解可用于显示直接作用于梁的各种数量值。力和剪切力的单位为牛顿 (**N**)，力矩和扭矩的单位为牛顿 - 米 (**N-m**)。

梁受力类型	力的方向
轴向力	
剪切力（定向）	
力矩（定向）	
扭矩	

可以右键单击“结果”文件夹并选择**定义梁图表**，将梁图表添加到结果中。必须从上述类型中选择一种。

阅读图解

让我们以**轴向力**作为示例进行演示。成夹角的支撑构件受到的轴向力显示为红色，表示其值介于 **47N** 和 **53N** 之间。支撑处于拉伸状态，因为其轴向力为正值。



注: 离外部载荷最近的垂直构件受到的轴向力非常小，因为支撑承受了大部分载荷。

第 6 课 使用装配体

完成本课程后，您将能够：

- 打开装配体；
- 在装配体中移动零部件；
- 检查装配体零部件之间的干涉；
- 在装配体中对零件进行更改。

创建装配体

装配体是包含多个零件的 SolidWorks 文件。我们可以使用装配体来测试代表车辆的测试块是否可以通过结构。

使用测试块进行测试

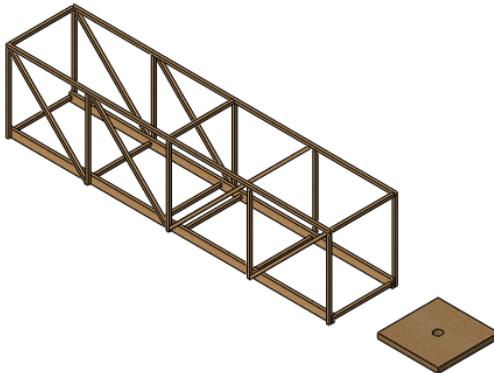
如果您要建造并测试此结构，则其必须满足一定的长度、宽度和高度条件。条件之一就是进行测试以查明一定尺寸和长度的木块是否可以通过结构。

1 打开装配体文件。

单击**打开** 。

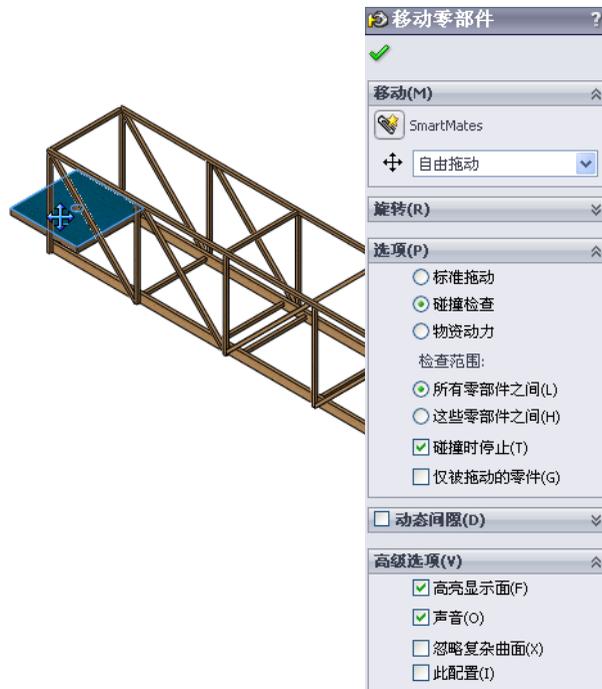
在**打开**窗口中，浏览到 Bridge Design Project\ Student\Lesson 6 文件夹。选择 Test_Block_Assembly.sldasm，然后单击**打开**。

该装配体包含之前结构的副本以及代表木块的零部件。



2 移动零部件。

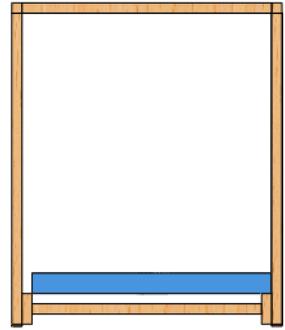
选择 Load_Plate_75 零部件，然后从装配体工具栏依次单击**工具**、**零部件**、**移动**。在该对话框中，单击**碰撞检测**、**所有零部件**、**高亮显示面**和**声音**。选择 Load_Plate_75 并拖动其穿过结构。它应该平滑穿过结构并可返回结构外的起始位置。



3 套合。

该测试块顺利穿过结构。事实上，空隙比需要的尺寸大。为了获得最高效的结构，要限制结构的宽度，以使结构和测试块之间的套合间隙很小。

单击 。



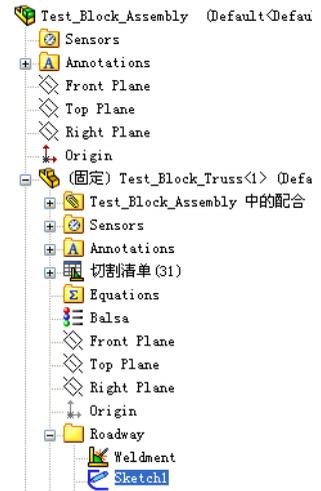
更改模型

对模型的更改会影响装配体和分析。

4 展开特征。

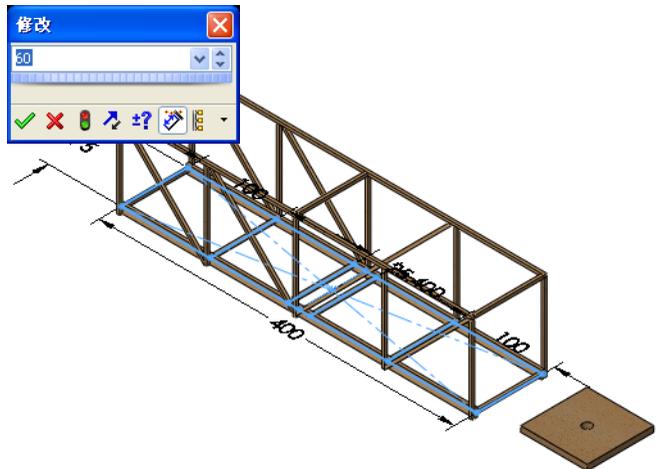
在 FeatureManager 中，双击 **Test_Block_Truss** 零部件，然后双击 **Roadway** 文件夹将其展开。

双击 **Sketch1** 特征。



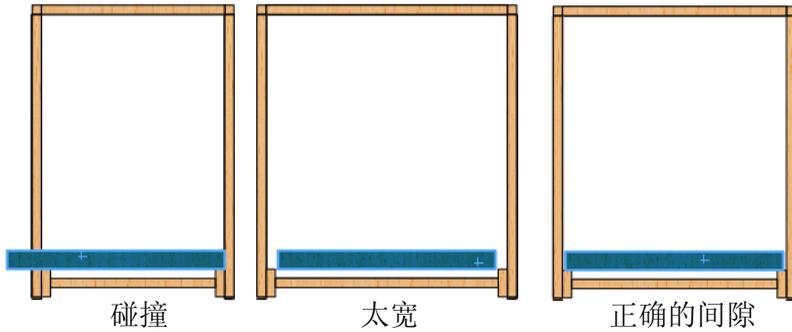
5 更改尺寸。

双击 **75** 尺寸并将其更改为 **60**。单击 **重建模型**  和 。结构零件的尺寸会变化。



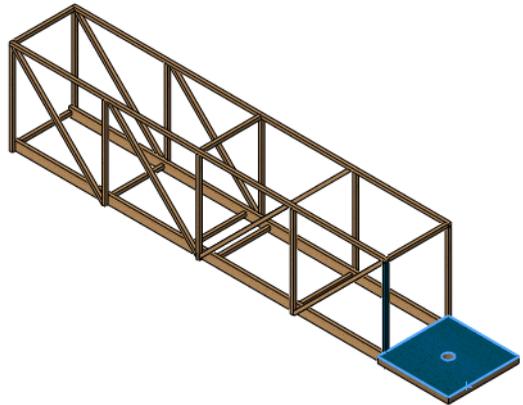
碰撞检测

空隙是为使零件妥善套合而在零件之间设计的小距离。如果任何零件太小或太大，装配体将无法妥善套合。



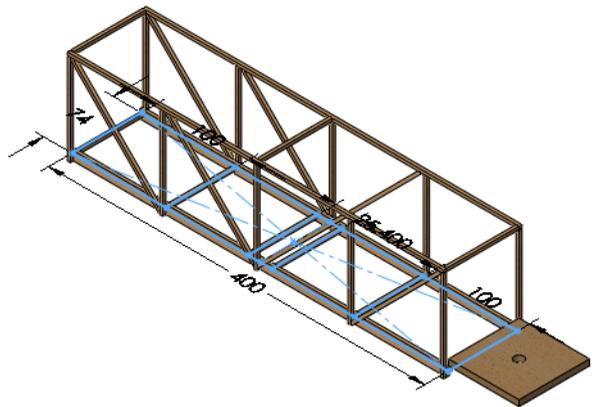
6 移动。

使用与先前（步骤 2）一样的**移动**规程，尝试将测试块穿过结构。它和结构碰撞。



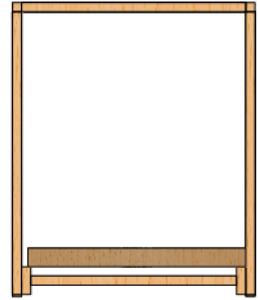
7 增大宽度。

使用与先前（步骤 5）一样的尺寸更改规程，将尺寸改为 **74mm**。



8 正确的尺寸。

该尺寸提供较小的间隙并使测试块可以穿过。



9 打开该零件。

在 FeatureManager 中右键单击 Test_Block_Truss，然后选择**打开零件** 。该结构零件在自己的窗口中打开。

更新分析

模型有所变化，现在变窄了一些。模型更改将导致接榫出现若干错误，继而导致夹具、载荷和网格出错。

10 警告和错误。

单击算例 1。若干特征上有警告和错误标记。



11 接榫组。

用右键单击接榫组，然后选择**编辑**。

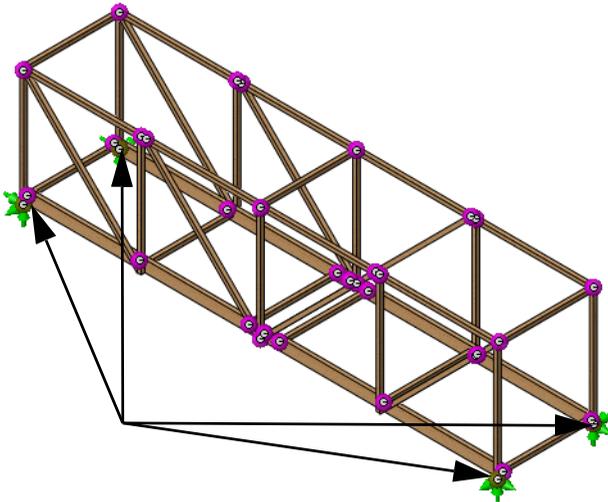
单击**计算**和 .

会出现消息表明会重新计算接榫。算出的接榫看起来可能一样，但顺序可能不同。可能需要重新定义夹具 / 载荷 / 连接。单击**确定**。



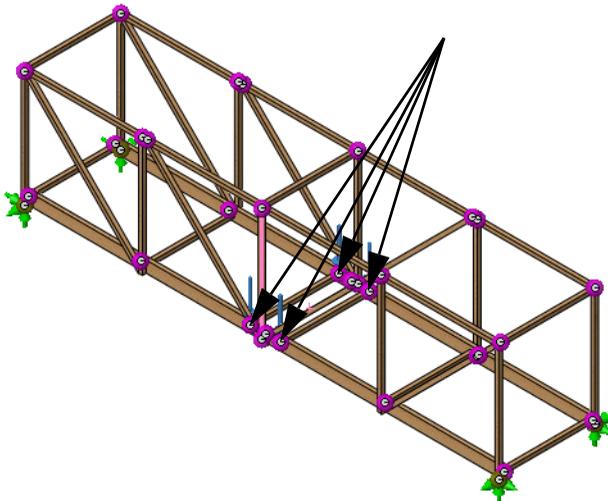
12 夹具。

右键单击夹具 **Immovable-1**，然后选择**编辑定义**。检查确保选中了相同的四个（绿色）接榫并单击 。



13 载荷。

右键单击外部载荷 **Force-1**（： 每项： -40 N： ）并选择**编辑定义**。在选择字段内单击并选择如图所示的四个相同的接榫，然后单击 。



14 网格化并运行。

右键单击网格特征，然后选择**网格化并运行**。变化很小。单击**文件、关闭**并保存所有更改。

第 7 课 生成结构的工程图

完成本课程后，您将能够：

- 添加零件的工程图视图；
- 创建焊件切割清单表；
- 向工程图视图添加零件序号。

工程图

SolidWorks 使您可方便地创建零件和装配体的工程图。这些工程图与所引用的零件和装配体完全关联。如果您在完成的工程图上更改某个尺寸，该更改会反向传递到模型。同理，改变模型时，工程图也会自动更新。

工程图会传递所代表的物体的三项信息：

- **形状** – 视图传递物体的形状。
- **大小** – 尺寸传递物体的大小。
- **其它信息** – 注释传递关于制造过程的非图形信息，这些过程包括钻孔、铰孔、镗孔、涂刷、电镀、研磨、热处理、毛刺去除等。

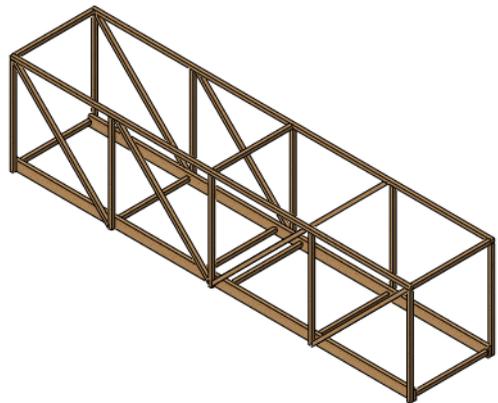
创建工程图和视图

完成模型后，即可使用零件生成工程图。在本例中，将一张空白工程图纸关联到了该零件。

1 打开零件文件工程图。

在打开窗口中，浏览到 Bridge Design Project\ Student\Lesson 7 文件夹。

零件是结构的完整模型。



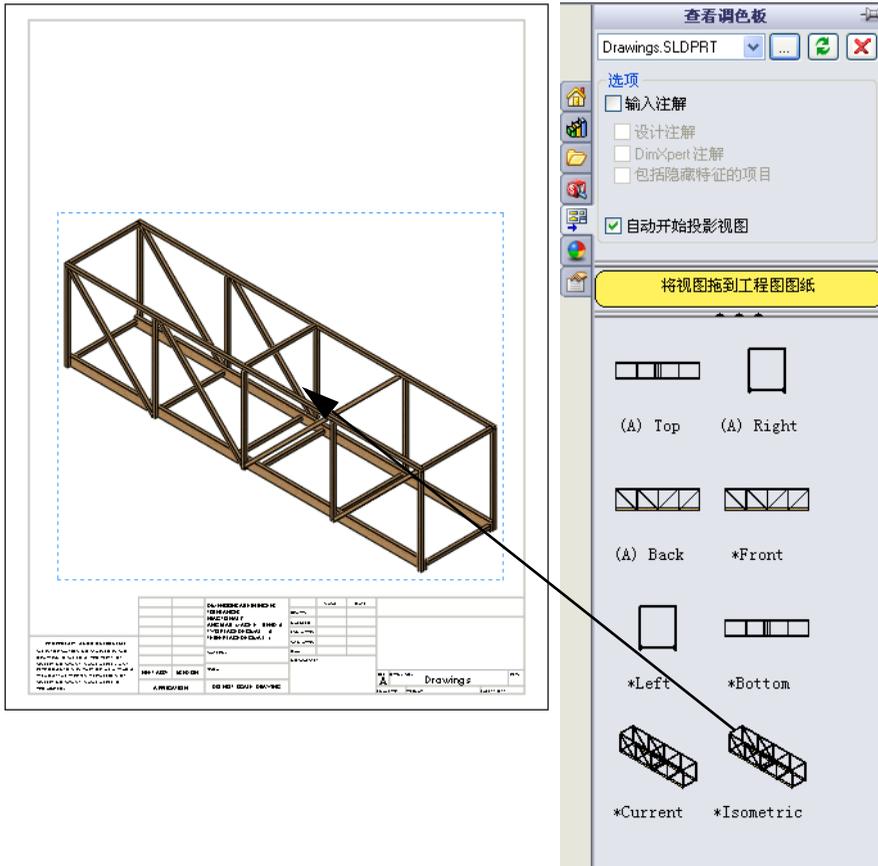
2 打开工程图文件。

此零件有一个与其关联的工程图文件。它没有工程图视图，但包含我们需要的很多设置。若要打开该文件，请在图形区域单击右键并选择**打开工程图**。



3 展开查看调色板。

单击**查看调色板**  将其展开。查看调色板包含当前零件的视图。单击**刷新**  并清除**输入注解**。从查看调色板中拖放 * 等轴测视图到图纸上。



4 工程图视图属性。

从**显示样式**中选择**带边线上色** 。单击**使用图纸比例**。

单击  完成视图。



什么是焊件切割清单表？

焊件切割清单表是零件中构件（即梁）的列表。它们根据长度顺序分成组，并包含项号、数量、描述和长度。所有这些信息都从零件中提取。

5 焊件切割清单。

依次单击**插入**、**表格**、**焊件切割清单**  并选择工程图视图。

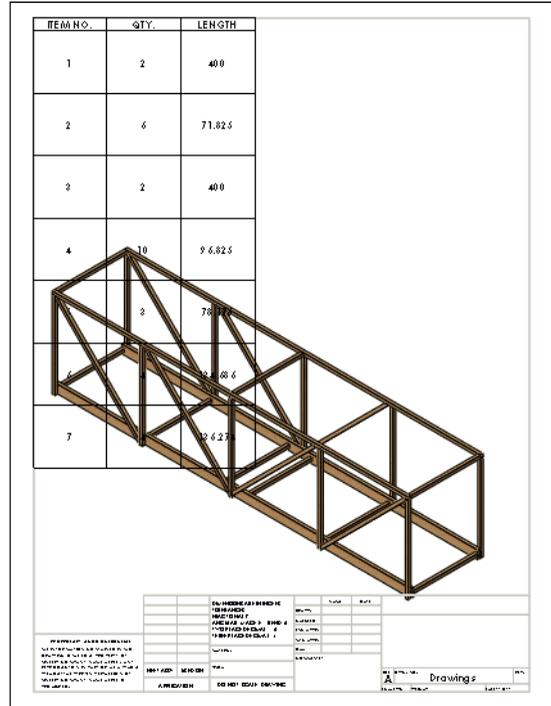
将文件 `Bridge_Weldments.sldwldtblt` 选择为**表格模板**。
板。该文件与零件存储在同一文件夹中。

单击  并将光标移动到工程图上。



6 放置表格。

移动到工程图的左上角并单击以放置表格。



7 调整各列的宽度。

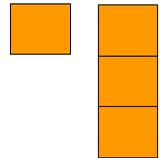
拖动表格中各列和行的分界线以调整尺寸。每个列分界线和行分界线都可调整。

	A	B	C
1	ITEM NO.	QTY.	LENGTH
Sheet1	1	2	400
3	2	6	71.825
4	3	2	400
5	4	10	96.825
6	5	3	78.175
7	6	4	134.686
8	7	4	136.274

为什么有两项具有相同的长度？

采用另一根梁来代表三根叠放在一起的梁来构成桥的底面。因此第1到3项具有相同的长度，我们将它们视为不同的梁。

提示： 在建筑截面中，将列出各根梁的实际尺寸。



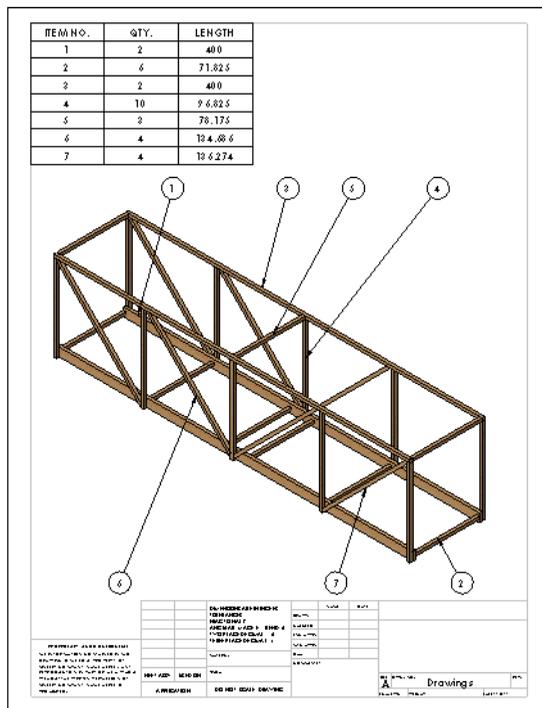
零件序号

零件序号用于标记零件中的构件并将其与焊件切割清单中的构件相关联。

8 零件序号。

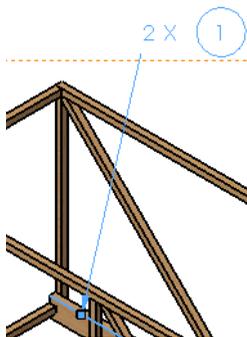
在注解工具栏上选择**零件序号**。单击构件，然后单击以放置文本。重复此过程以添加一些零件序号。单击。

注： 可通过拖拽文本来移动零件序号。



9 零件序号数量。

零件序号中的项数量可以设置。单击某个零件序号，然后单击**数量**。选择**放置**并单击。



10 关闭工程图和零件。

单击**文件**、**关闭并保存所有文件**。

第 8 课

报告和 SolidWorks eDrawings®

完成本课程后，您将能够：

- 创建 HTML 报告；
- 加载 SolidWorks eDrawings 插件；
- 描述 SolidWorks eDrawings 文件；
- 根据 SolidWorks Simulation 数据创建 SolidWorks eDrawings ；
- 将 SolidWorks eDrawings 文件保存为 HTML 文件。

报告和 SolidWorks eDrawings

根据结构分析来生成数据的方式有许多种。**报告**在打印和查看文本和静态数据方面很有用。使用 **SolidWorks eDrawings** 来查看、共享和处理分析结果而无需打开零件。

1 打开零件文件 Reports&eDrawings。

在**打开**窗口中，浏览到 Bridge Design Project\Student\Lesson 8 文件夹。打开零件文件 Reports&eDrawings。运行分析。

生成报表

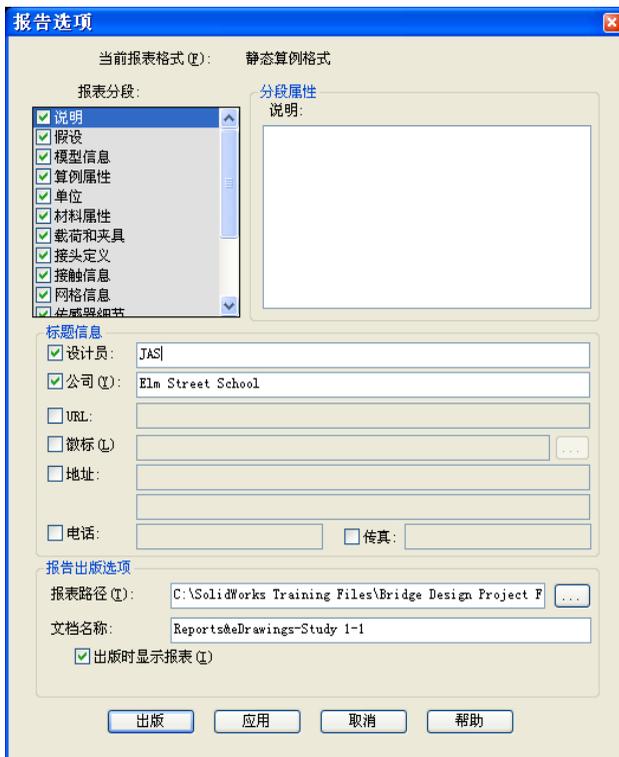
使用 SolidWorks Simulation，可以创建包含所有重要数据的可打印的报告。

2 报告。

依次单击 **Simulation**、**报告**。

3 对话框。

单击**设计者**和**公司**。在**设计者**中，输入您的姓名首字母。在**公司**中，输入您学校的名称。

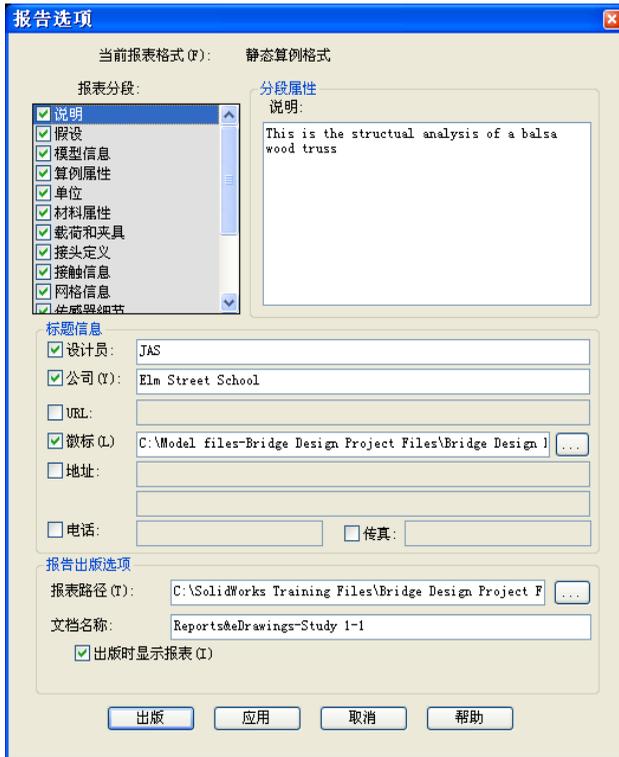


4 徽标。

单击**徽标**。单击**浏览**按钮并从 Lesson 8 文件夹中选择文件 logo.bmp。

5 说明。

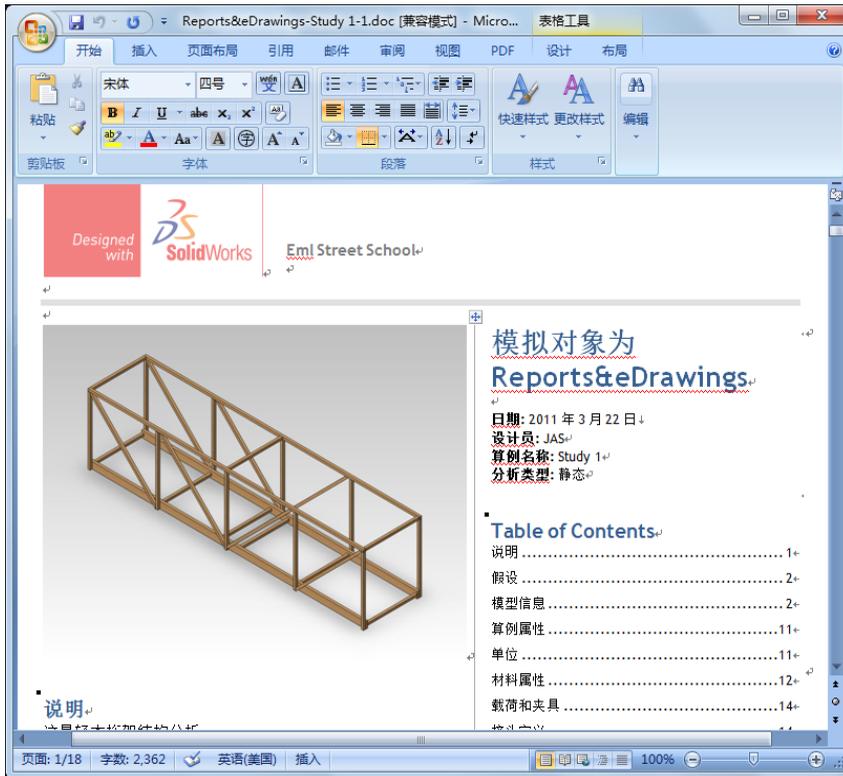
单击**说明**，在评论部分键入这是对轻木桁架的结构分析，然后单击**发布**。



提示： 可设置**报告路径**以接收报告和相关联的数据。

6 报告。

报告一旦生成，即会出现在新窗口中，其中填有数据和图像。关闭该窗口或打印报告。



结果默认与零件存储在同一个文件夹中。它们可独立于 SolidWorks 或 SolidWorks Simulation 而打印或打开。

注： 不要关闭零件。

用于共享信息的 SolidWorks eDrawings®

eDrawings® 是一种可采用电子邮件的通信工具，设计用于大幅改善 2D 机械工程图的共享和解释。eDrawings 小到可以通过电子邮件发送，无需其它应用程序即可打开，且比 2D 纸质工程图易于理解得多。

eDrawings 的优点

- 接收者无需 SolidWorks 应用程序即可查看该文件；
- 在 SolidWorks 之外查看零件、装配体和工程图；
- 文件足够紧凑到可以通过电子邮件发送；
- 创建 eDrawing 快捷简单；
- 单击  以从任何 SolidWorks 文件发布 eDrawing；
- 您也可以从其它 CAD 系统创建 eDrawings。

查看 eDrawings

可以通过非常生动且富有交互性的方式来查看 eDrawings。与静态 2D 工程图不同的是，eDrawings 可采用动画方式查看，且可以从所有角度查看。可方便地与 eDrawings 进行交互 — 采用交互式方式 — 使其称为非常高效的设计协作工具。

eDrawings Professional 还提供对 eDrawings 进行标注和注解的功能，这进一步增进了设计协作。

查看 eDrawing 动画

动画自动演示工程图视图之间以及工程图视图与物理设计之间有何关联。只需点一下按钮，eDrawings 即会逐一“动画显示”工程图的每张图纸中的所有视图。

动画采用不同的视图连续显示 eDrawing。此动态动画类似于将零件握在手上随意从各个角度查看。

创建 SolidWorks eDrawing

eDrawings 是用于共享数据的简捷方式，对于共享 SolidWorks Simulation 的图像数据特别有用。

7 图解。

双击位移 1 (- 合位移 -) 图解以激活它。这是将保存为 eDrawing 的图解。

8 保存。

依次单击 **Simulation**、**结果工具**、**另存为**。将数据保存为 eDrawings 文件 (*.analysis eprt) 类型。单击**保存**。

默认名称采用下列形式：

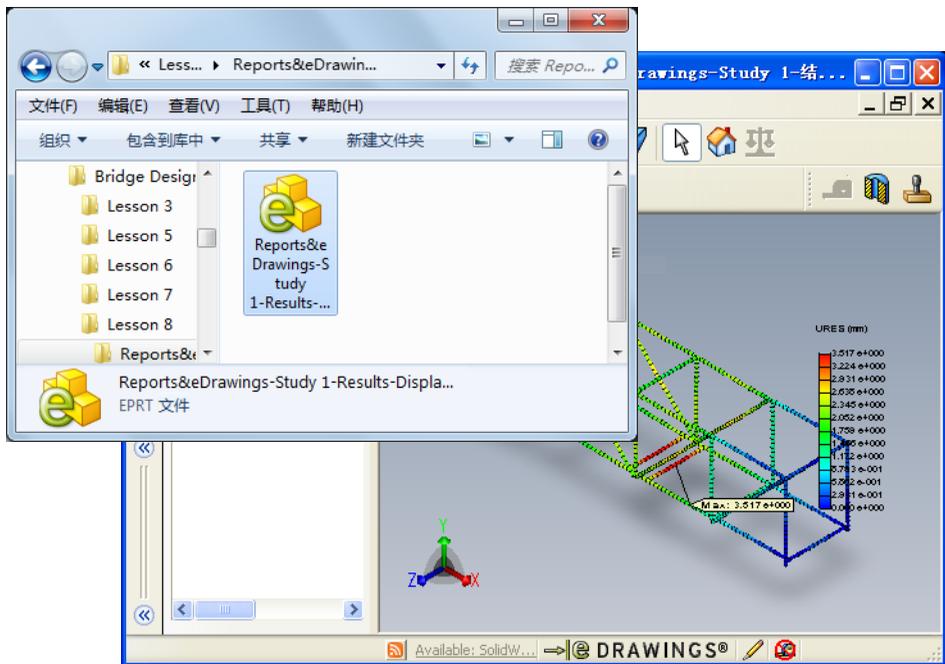
零件名 - 算例名 - 结果 - 图解类型。在本例中，名称为

Reports&eDrawings-Study 1-Results-Displacement1.analysis。

它存储在由报告创建的文件夹中。

9 打开 eDrawing。

双击文件夹中的 eDrawings 文件。单击**下一步**。eDrawings 窗口显示出来。



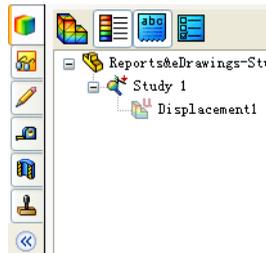
注： 如果之前没有使用过 eDrawings，它会要求加载权限。

eDrawings 用户界面

在 eDrawings 工具栏上有大  或小  按钮。大些的带有文本标签。若要在大、小按钮之间切换，请依次单击**视图**、**工具栏**、**大按钮**。

10 设置。

单击**分析**选项卡 ，然后单击选项**显示网格** 、**显示图例**  和**显示标题** 。

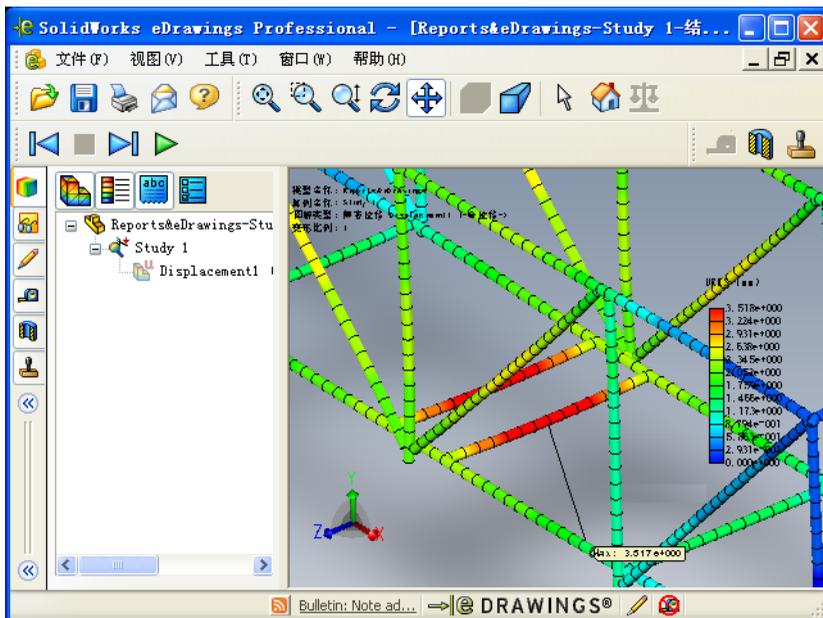


eDrawings 功能

可以使用各种工具来缩放、滚动和选择图像。

11 移动零部件。

单击**局部放大**  并在结构的中央部分拖动出一个窗口。



播放 eDrawings 动画

12 播放动画。

单击**播放** 。这会启动按顺序显示每个视图的正向播放循环。动画顺序由系统控制，您不能设定顺序。

13 停止动画。

单击**停止**  可停止动画。

14 重置视图。

若要将动画返回到序列的开始，请单击 **Home (回复原位)** 。

保存 eDrawings

单击**保存**  或**文件、保存**，或者按 **Ctrl+S** 保存 eDrawings 查看器中当前打开的文件。您可保存文件为以下文件类型：

- eDrawings 文件 (*.eprt, *.easm, 或 *.edrw)
- eDrawings Zip 文件
eDrawings Zip 文件包含 eDrawings 浏览器和 eDrawings 文件。您可解压 (unzip) eDrawings Zip 文件并运行 eDrawings 执行 (executable) 文件来提取嵌入的 eDrawings 浏览器并打开嵌入的 eDrawings 文件。
- eDrawings HTML 文件
- eDrawings 可执行文件
可将文件保存为自解压的 eDrawings 可执行 (*.exe) 文件，这种文件自带 eDrawings 查看器。某些电子邮件程序、防病毒程序或互联网安全设置可能会禁止接收带有可执行文件附件的电子邮件。
- BMP、TIFF、JPEG、PNG 或 GIF 图像文件
您可将所有您能在 eDrawings 浏览器中打开的文件类型另存为 BMP (*.bmp)、TIFF (*.tif)、JPEG (*.jpg)、PNG (*.png) 或 GIF (*.gif) 文件。

保存 eDrawing

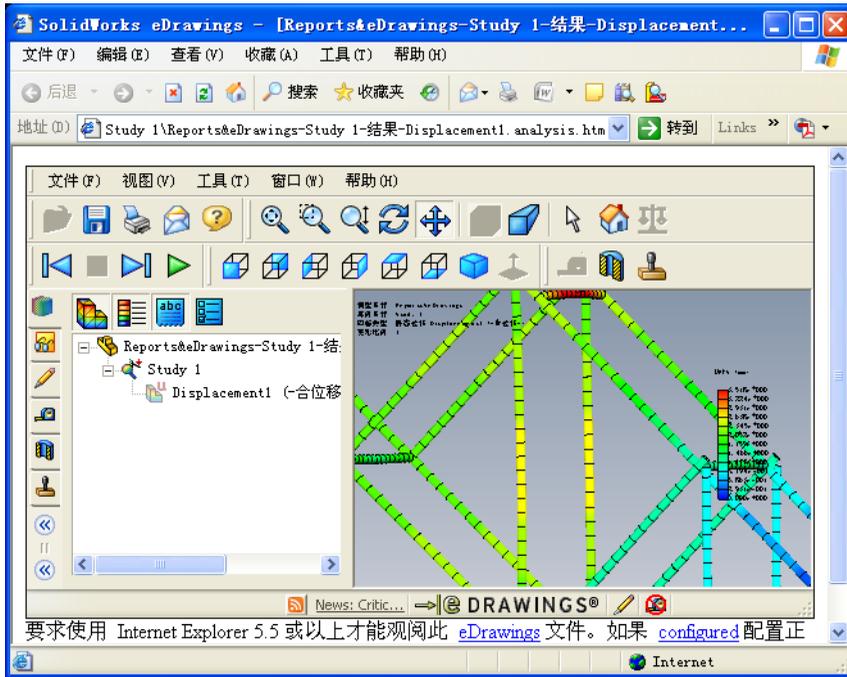
15 保存 eDrawing。

单击**文件、另存为**。对于**保存类型**：单击 eDrawing HTML 文件 (*.htm) 以将 eDrawing 另存为 HTML 文件。此文件可在 web 浏览器中查看。单击**保存**。

将该文件保存在 Reports&eDrawings-Study 1 文件夹。

16 将该 eDrawing 通过电子邮件发送给老师。

打开该 HTML 文件。单击**发送**  并将完成的 eDrawing 作为电子邮件附件发送给老师。

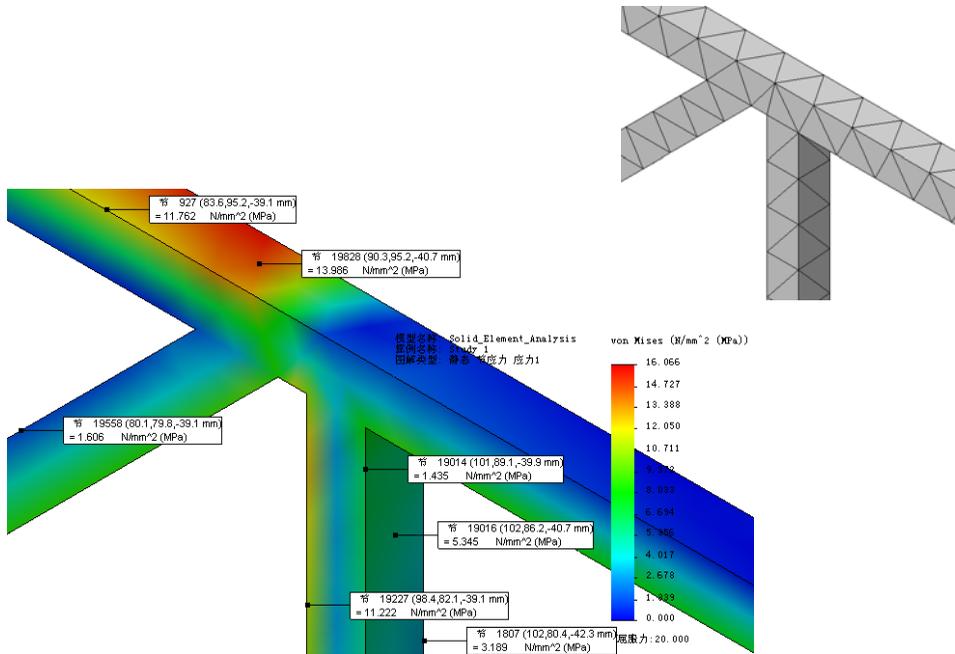


17 选择所有文件。

进一步探索

梁网格是用于分析梁模型的快捷高效的方法，能有效地反映结构的整体状态。然而，梁单元无法分析梁的厚度方向上发生的情况，因此它们只生成节点处的结果，而节点位于梁的中心线上。

使用实体网格来在模型的整个厚度上创建单元。这样会在厚度方向上提供多个节点，从而得出整个厚度方向上结果。



若要进一步探索，请打开零件文件 `Solid_Element_Analysis` 并单击 **Simulation**、**运行**。结果图解采用在梁分析中相同的方式排列。

第 9 课 建造并测试结构

完成本课程后，您将能够：

- 打开并打印富含信息的 PDF 文件；
- 将梁切割为适当的长度；
- 将梁装配为桁架；
- 通过施加载荷来测试桁架。

建造结构

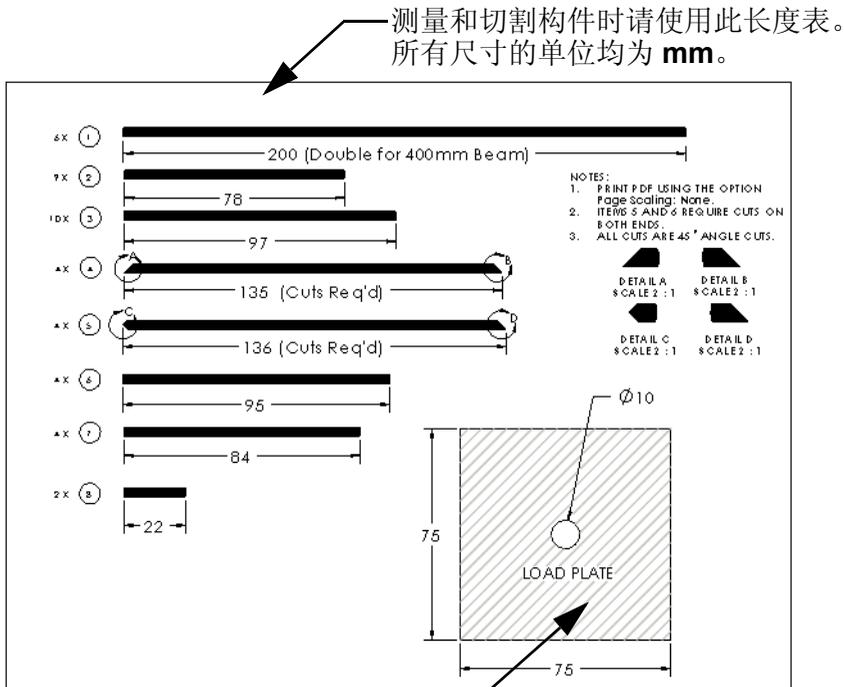
如果你们班选择建造并测试结构，您将需要 1/8" x 1/8" 的轻木条。要求长度至少为 24" 或 400mm。还需要胶水和切割木条用的小刀。

切割为适当长度

建造此结构需要 **43** 个构件，分为 **7** 种长度。在建造过程中可参考 2 个 PDF 文件。它们位于与此说明相同的文件夹中。

1 打开并打印这些 PDF 文件。

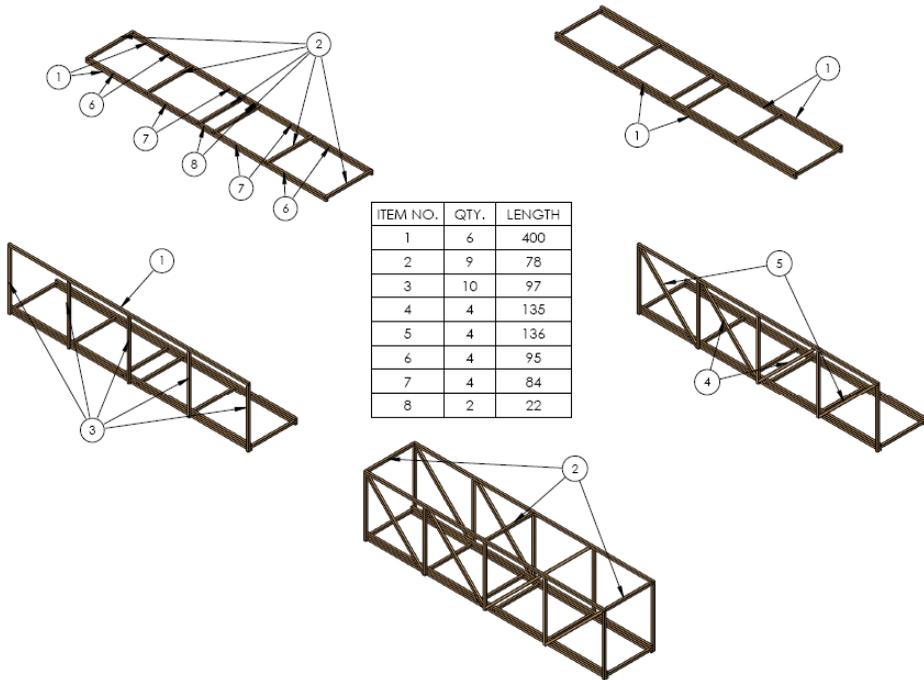
浏览到 **_CHN** 文件夹，打开 **Measuring Chart.PDF** 文件并根据 PDF 文件中的注意事项以及下列说明打印该文件。



削出此负载板形状
以测试您的结构的
内部宽度。

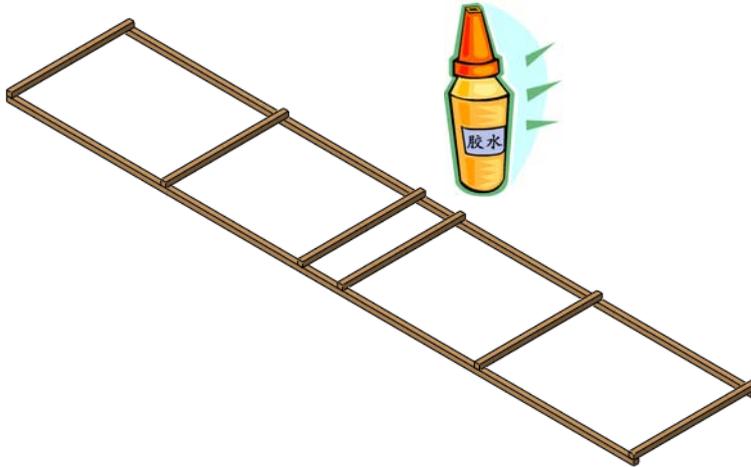
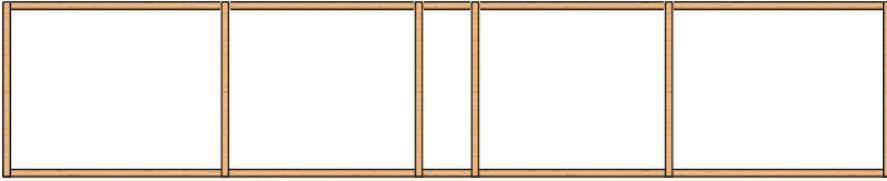
注： 采用**页面缩放：无**选项来打印此 PDF 以获得准确的值！

打开 Construction Guide.PDF 文件并打印。



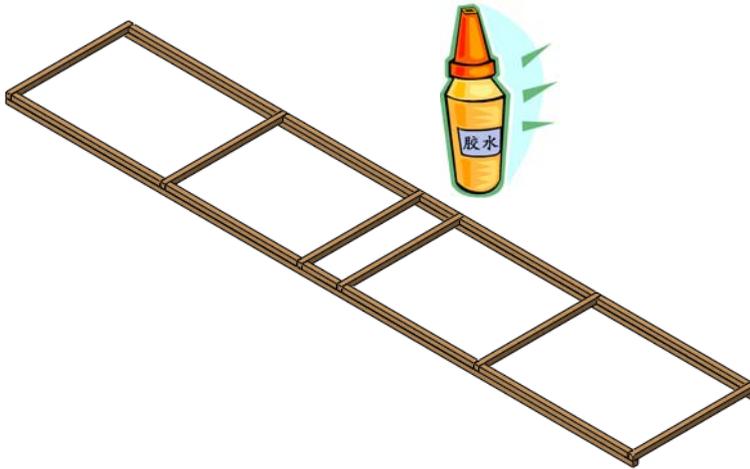
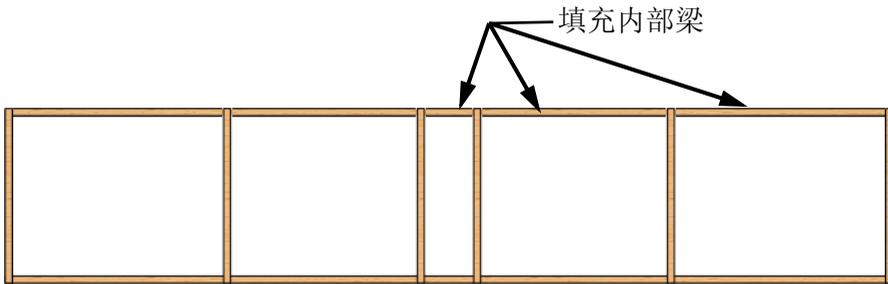
2 下框架。

将端部梁粘到长梁上。现在尚不要粘内部梁。



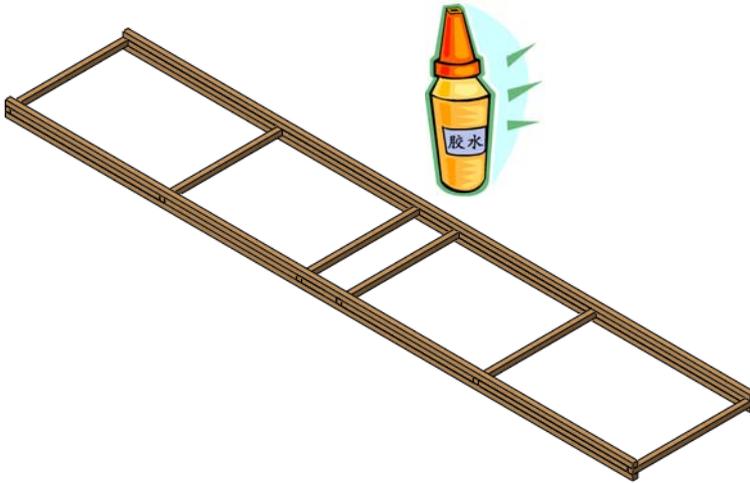
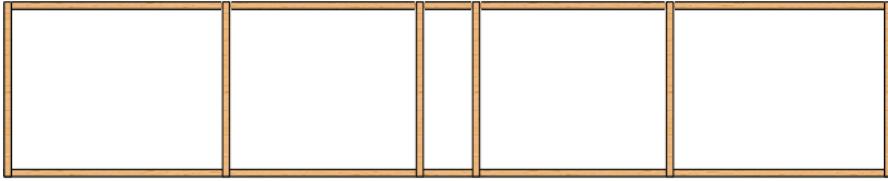
3 内部梁。

将内部梁切割为适当尺寸和形状并放置到正确位置（剖面线区域）。将所有梁粘起来。



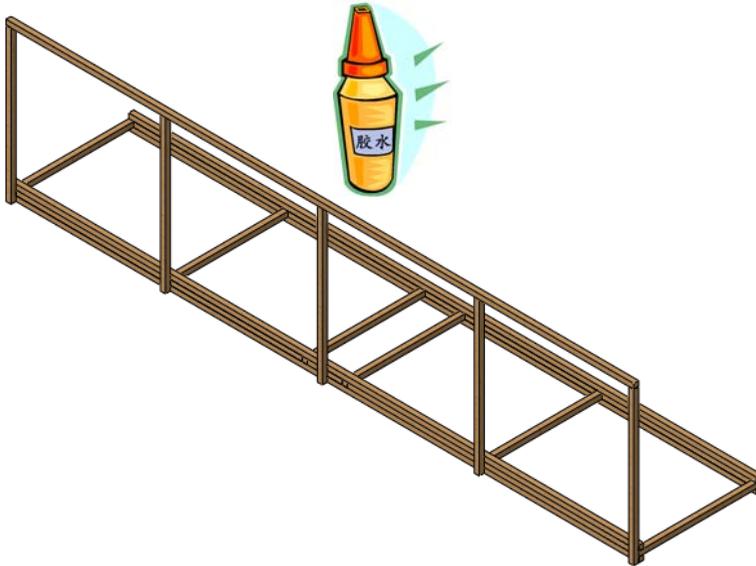
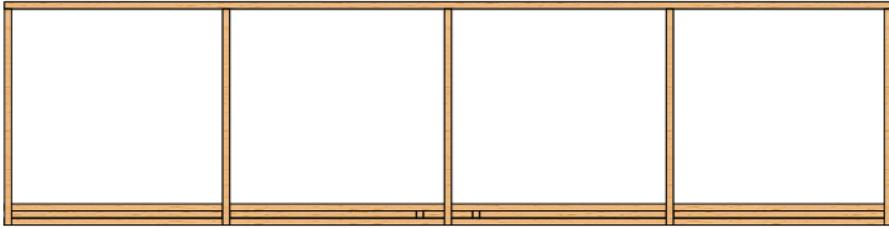
4 将外侧轨道加强为三根木条。

按照图示将长梁粘在内部梁上。将所有梁粘起来。



5 侧壁。

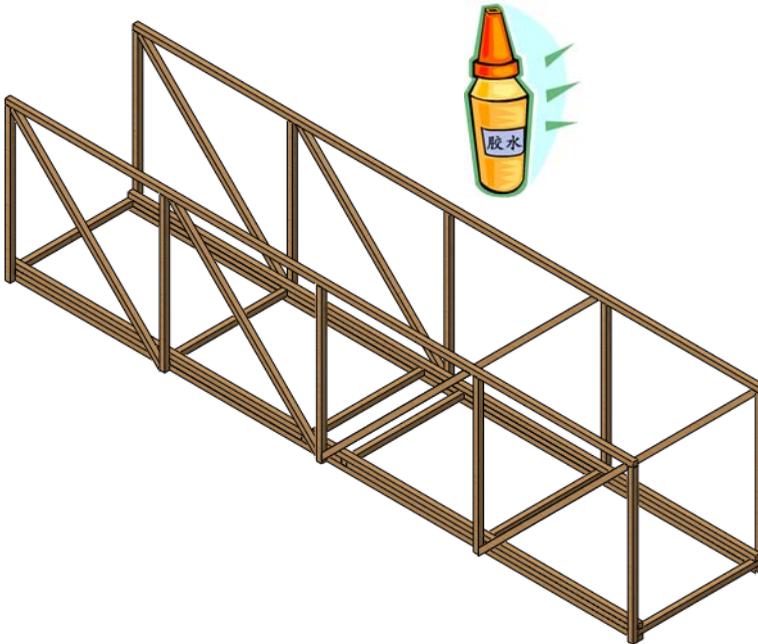
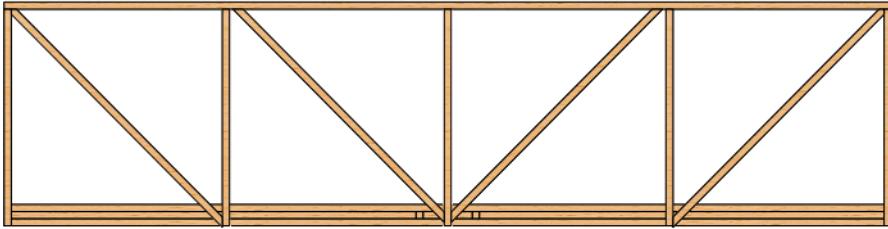
将所有梁粘起来。



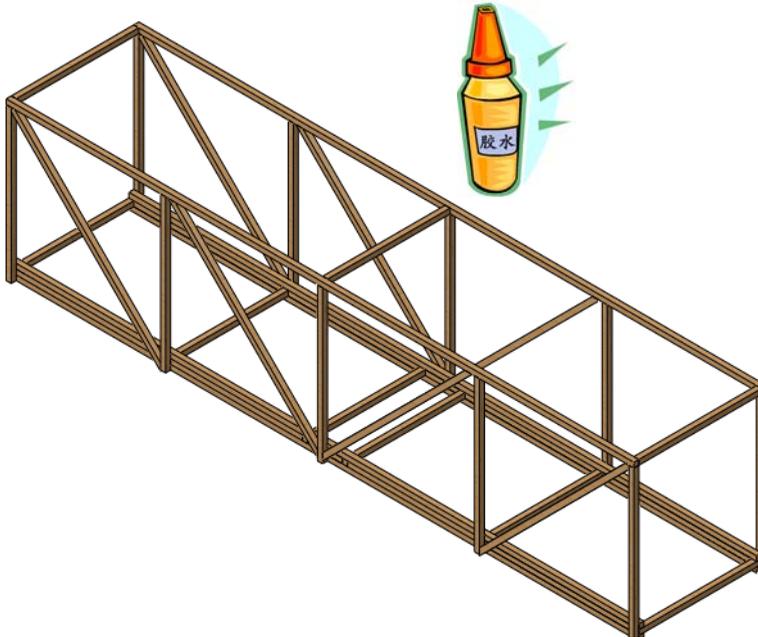
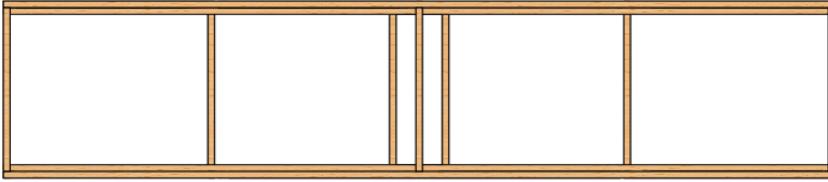
提示：您可能希望在建好一侧侧壁后先添加交叉支撑（步骤 6，位于第 96 页）然后才开始另一侧侧壁的构建。

6 交叉支撑。

支撑构件必须全部切成 45 度角以配合现有的框架。将所有梁粘起来。



- 7 顶部交叉支撑。
将所有梁粘起来。



测试结构

测试结构时可将其跨放在一定间距上，并在桥中央施加载荷。请参阅以下详情了解更多信息。

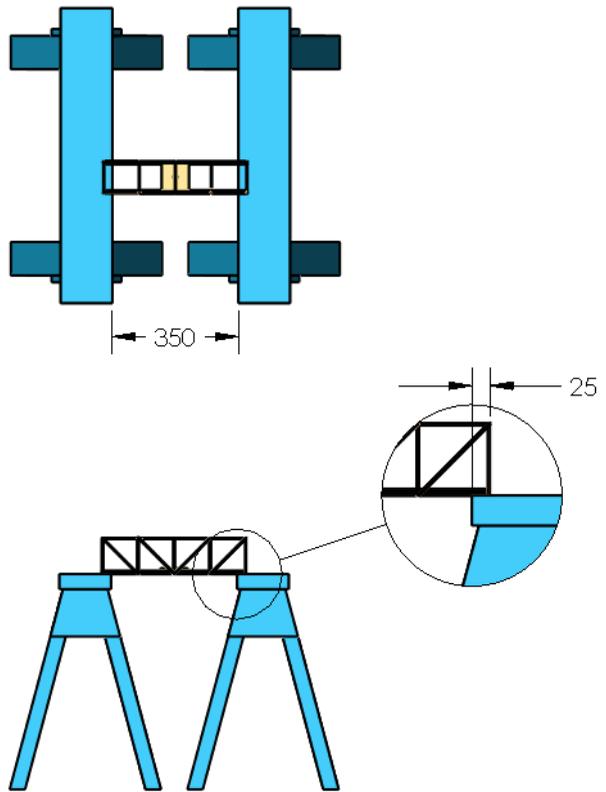
形成跨距

形成跨距的一种方式是将两个锯木架按既定距离放置，如下图所示。将模型跨放在两个锯木架上，使其搁在两个锯木架上的长度相等，以模拟分析的环境。

细节

使用两个等高的稳固表面（锯木架或桌子均可）以形成所需的 **350mm** 跨距。结构的每端搁在表面上的长度应为 **25mm**。

提示： 确保桌子或锯木架足够稳固以能承受该载荷而不弯曲。



施加载荷

为了测量结构的强度，必须按照建模的情况施加载荷。

使用已知重量的常见物体

可使用许多常见物体来施加载荷。食品罐有各种尺寸，可称出其重量并使用。硬币也可用于以极小的增量来施加载荷。以美分硬币为例来说明。

1 美分会向结构施加 **0.0245N** 的力。这个量比较小，与我们要测试的总载荷相差很远。谁真正愿意在每次测试中数出成千上百个美分呢？银行有包装好的硬币筒。美分包装为 50 个一筒。请盘算使用大量美分时的成本。



美分	载荷 (N)	美分硬币筒	成本 (美元)
50	$50 \times 0.0245 = 1.225$	1	\$0.50
100	___ $\times 0.0245 =$ ___	___	___
500	___ $\times 0.0245 =$ ___	___	___
1000	___ $\times 0.0245 =$ ___	___	___
5000	___ $\times 0.0245 =$ ___	___	___

容纳载荷

将带绳子的购物袋或其它牢靠的容器吊在负载板上，做法是将绳子穿过负载板的孔然后用钉子之类的钉住。慢慢地将您选择的重物装到袋子中以添加载荷。



词汇表

术语	定义
eDrawing	对零件、装配体或工程图的简洁展现，它大小很小，可以通过电子邮件发送，可以针对包括 SolidWorks 和 SolidWorks 数据在内的多种 CAD 文件类型进行创建。
FeatureManager 设计树	SolidWorks 窗口左边的 FeatureManager 设计树提供活动零件、装配体或工程图的大纲视图。
SolidWorks Simulation	SolidWorks 内用于进行结构分析的软件。
安全系数	在分析中计算出的值，用于确定结构是否坚固，能否承受受到的外部载荷。
材料	用于构成结构中的梁。在实际结构中，通常是钢，但也可能是木材或混凝土。我们使用的是木材。
草图	2D 草图是基准面或面上的一组直线和其它 2D 物体，它们构成诸如基体或凸台等特征的基础。3D 草图则是非平面的轮廓，可用于引导扫描或放样等等。
单元	用于表达模型的一小块的简单形状。所有单元合起来表达整个模型。
动画	采用动态方式查看模型或 eDrawing。动画会模拟运动或显示各种视图。
分析	对结构的行为进行建模以确定它能否承受指定的外部载荷的过程。在该过程中会计算位移、应力和安全系数等量。
工程图	工程图是对 3D 零件或装配体的 2D 展现。SolidWorks 工程图文件名称的扩展名为 *.slddrw。
工程图图纸	工程图纸是工程图文档中的一页。

术语	定义
桁架	铁路常用的简单桥形结构。
环境	影响结构的外部因素。它们包括施加到结构的载荷以及限制结构移动的位置。
夹具	夹具用于限制模型中的点的移动。也称为约束。
节点	用于确定单元形状并连接单元的点。
结构	用于形成单个零件的一组梁。在 SolidWorks 中，这种零件称为焊件，即由多个结构焊接而成。
结构分析阶段	一般的分析包括预处理（设置）、分析和后处理（查看结果）阶段。当使用 SolidWorks Simulation 进行分析时尤其如此。
拉伸和压缩	因为弯曲在梁内部产生的力。
梁	梁是横截面形状不变的结构构件。它通常因受到载荷而弯曲。
零部件	零部件为装配体内的任何零件或子装配体。
零件	零件是由特征组成的单个 3D 物体。零件可以称为装配体内的零部件，也可在工程图中采用 2D 方式表达。零件的例子包括螺栓、销钉、平板等。SolidWorks 零件文件名称的扩展名为 .sldprt。
面	面是模型或曲面上可以选取的区域（可能是平面也可能不是），面带有边界，可帮助定义模型或曲面的形状。例如，矩形实体有六个面。
命名视图	命名视图是零件或装配体的特定视图（等轴测视图、俯视图等），或由用户对特定视图定义的名称。可将视图方向列表中的命名视图插入到工程图中。
模拟算例	用于存储完整分析的文件夹，其中存储的内容包括：材料、夹具、外部载荷和网格。
模拟算例树	一种树形结构，与 FeatureManager 设计树相似，其中包含构成模拟的特征。
模型	模型是零件或装配体文档中的 3D 实体几何体。如果零件或装配体文档包含多个配置，则每个配置都是单独的模型。

术语	定义
牛顿	力的公制 (m·kg·s) 单位。一牛顿的力可使质量为一千克的物体获得一米每平方秒的加速度。在传统的英制术语中，一牛顿约为 0.225 磅力 (lbf)。牛顿因艾萨克·牛顿 (1642-1727) 而得名。他是第一个清楚理解力 (F)、质量 (m) 和加速度 (a) 之间的关系的人，该关系表达为公式 $F = ma$ 。
帕斯卡	压力和应力的公制 (m·kg·s) 单位。它定义为一牛顿每平方米。在传统英制术语中，一帕斯卡约为 145.04×10^{-6} 磅每平方英寸 (psi)。因为它是非常小的量，所以通常使用派生单位 MPa (兆帕斯卡) 和 kPa (千帕斯卡)。它因著名的数学家、物理学家布莱士·帕斯卡 (1623-1662) 而得名。
强度	梁的强度或刚度包含横截面形状 (面积转动惯量) 和材料。
屈服强度	根据梁内的应力确定的梁的强度极限。
特征	特征为单个形状，如与其它特征结合则构成零件或装配体。特征总是在 FeatureManager 设计树中列出。
图形区域	图形区域是 SolidWorks 窗口内显示零件、装配体、或工程图的区域。
外部载荷	从外部施加到结构上的力或压力。对于桁架来说，外部载荷可能是火车的重量。
弯曲	当梁受到横向载荷时发生的情形。也称为挠曲。
网格化	将模型划分为称为单元的小块的过程。
位移	梁受到载荷以后从原始位置发生的移动。
文档	SolidWorks 文档是包含零件、装配体、或工程图的文件。
应力	应力是用于表达结构受到外部载荷后在内部产生的单位面积上的力的量。常用单位有帕斯卡和磅每平方英寸。
应力分布	用于显示零件内所有位置的应力大小的彩色图。采用彩色来表示各种应力值范围。
约束	约束用于在分析中限制模型的某些部分的移动。

术语	定义
直线	直线是带有两个端点的笔直草图实体。直线可以通过将外部实体（如边线、基准面、轴或草图曲线）投影到草图中而生成。
装配体	装配体是一种文档，在此文档里零件、特征以及其它装配体（子装配体）配合在一起。零件和子装配体各有自己独立的文档。SolidWorks 装配体文件名称的扩展名为 *.sldasm。