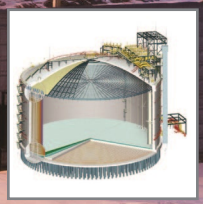
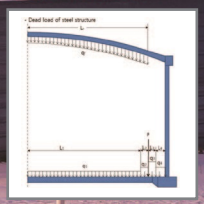
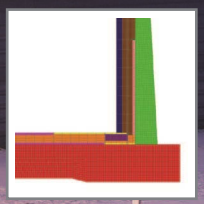
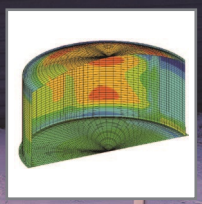
LUSAS

Finite Element Analysis

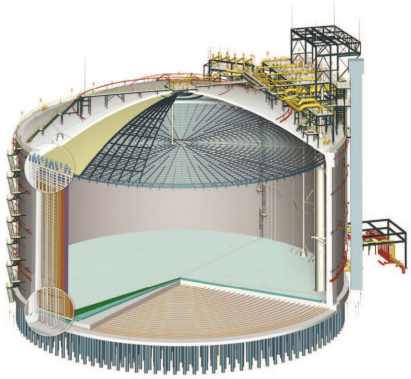





液化天然气(LNG)储罐分析与设计

使用LUSAS进行LNG储罐的建模

LUSAS是全球领先的LNG储罐结构分析、设计、检测有限元分析软件。

多年来，LUSAS软件持续推动了全世界各地的LNG储罐结构设计工作。
其中2014年在韩国研发设计的20万立方与27万立方的超大型LNG储罐项目更是破了当时LNG储罐的容量记录。



“通过使用LUSAS软件，我们在结构分析、研究和开发方面的能力得到了显著的提高，尤其是在结构非线性分析方面上。通过LUSAS分析计算得到的LNG储罐设计方案可以完美满足客户的要求。”

Hag-Goo Sung 韩国国家天然气公司 土建部经理

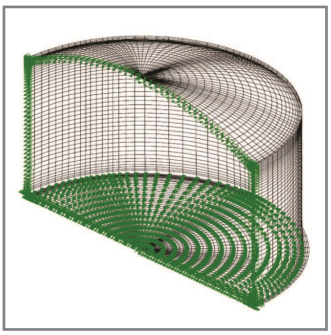
为什么选择LUSAS来进行LNG储罐的建模？

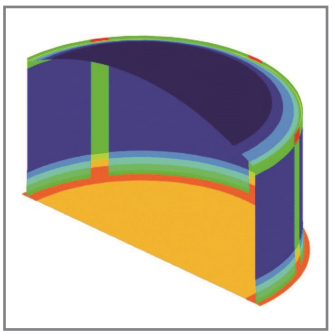
- 软件功能高度集成、丰富强大，适用于任意结构的建模分析，极具性价比。
- 软件建模基于几何特征，同时兼容全局分析与局部仿真，单元类型随意组合使用。
- 预应力属性工具方便快捷——参数化定义预应力属性信息，预应力钢筋参数修改、复制方便。
- 耦合分析功能简单易用——支持考虑时间或时间步的耦合。
- 非线性分析功能高端全面——支持几何非线性、材料非线性、接触非线性分析
- 非线性混凝土开裂本构领先前沿——收敛性能良好，可以考虑温度相关的材料特性。
- 可以根据您的需求使用LUSAS的 LPI可编程接口对软件进行二次开发，可大幅提高工作效率、缩短设计工作时间。

分析功能

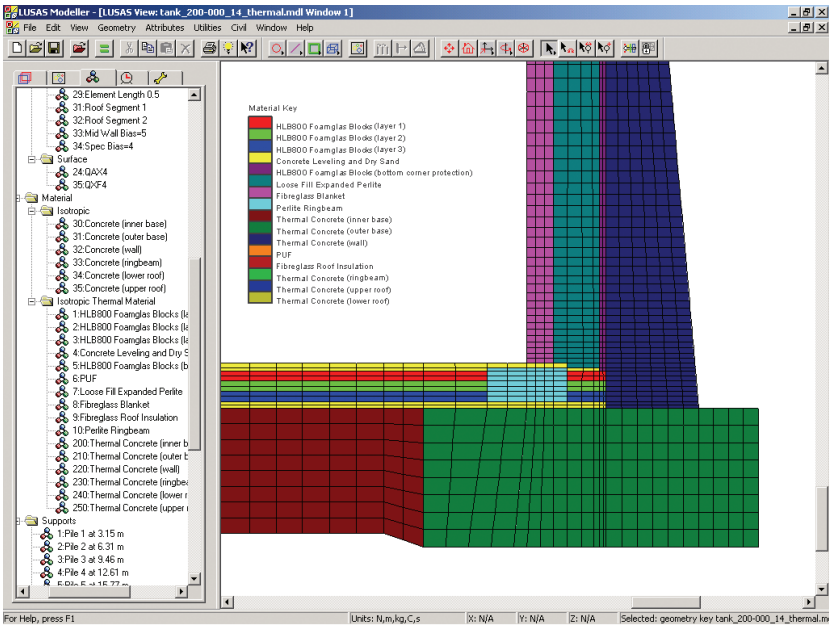
使用LUSAS软件可对LNG储罐进行如下的建模分析工作：

- 后张预应力建模
- 静力分析
- 风荷载
- 模态与地震分析
- 温度分析
- 耦合分析
- 泄露分析
- 非线性混凝土开裂
- 燃烧分析
- 泄压阀热流量分析
- 相邻罐燃烧分析
- 土与结构相互作用分析





使用LUSAS建模



■ LUSAS软件可以针对不同的应用场景提供定制化的建模器用户界面,包括菜单和相应功能，以满足不同的建模任务使用需求。

■ LUSAS求解器高度集成、功能强大，适用于不同分析类型。

包括：线性静力分析、频率分析、地震分析、动力学分析、屈曲分析、大变形分析、预应力分析、爆炸分析、疲劳分析、冲击分析、土体与结构相互作用分析、施工阶段分析等。

■ LUSAS中，模型是分“层”(layer)进行管理,建模过程以几何元素为载体。

■ LUSAS网格支持自定义及自动划分，方便、快捷、高效。

■ LUSAS建模以几何模型为载体，模型几何参数、荷载、边界条件与之相关联，随几何模型的变化而自动变化。

■ LUSAS软件中的2D/3D梁单元，2D/3D壳单元和三维实体单元可用于LNG储罐结构建模。

■ 软件单元类型丰富，包括各种线性以及二次单元；材料本构先进，包括线性以及非线性的隔震垫本构模型；均直接与本征求解器、快速求解选项组合，从而可高效求解各种类型的结构分析(包括土与结构相互作用)。

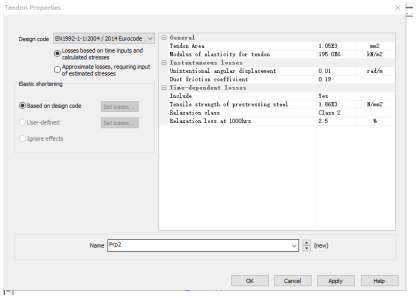
■ 预应力向导模块可以基于各国规范，计算和施加预应力荷载。包括美国公路协会规范AASHTO-LRFD、欧洲规范Eurocode EN1992、中国规范China JTG D62-2004等。

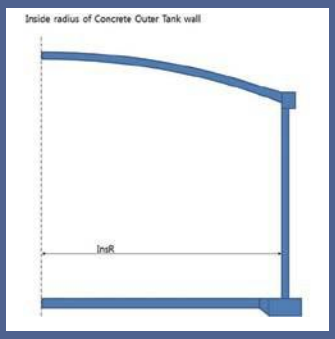
■ 可以进行各类非线性分析，如几何非线性，材料非线性，以及与时间相关的材料非线性，如收缩徐变等。

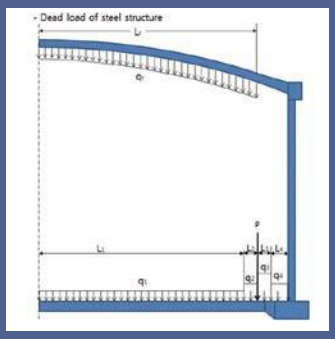
■ LNG储罐建模向导工具可以大幅地缩短用户建模时间，给用户高效快捷的参数化建模体验，得到的LNG结构模型可直接提交分析。

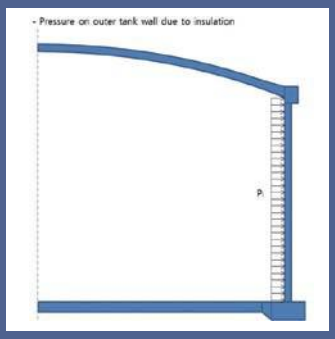
■ 有别于其他有限元软件，LUSAS软件可在一个模型中同时考虑上部结构与岩土地下结构。

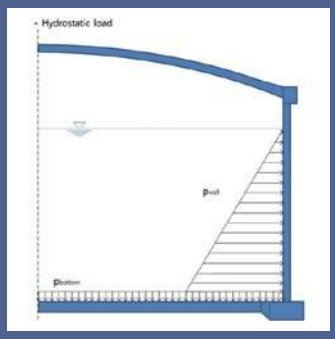
■ LUSAS软件的可编程接口(LPI)支持用户自定义软件,可实现建模过程自动化、结果处理，并可依据用户需求自定义菜单对话框及工具栏。LPI还可用于在LUSAS软件与其他软件之间进行传递数据，从其他软件调用LUSAS的建模器功能，或者从LUSAS建模器去调用其他软件的功能。











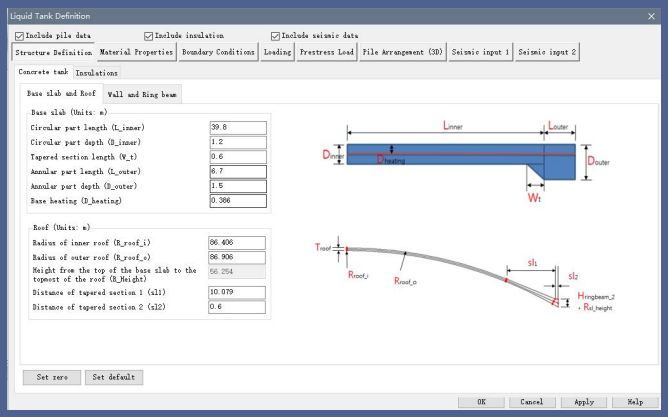
储罐自动化建模、计算分析及规范验算

使用LNG Tank模块可实现对LNG液化天然气全容储罐的自动化建模。使用Tank模块的建模向导工具，输入所需参数即可实现快速高效的建模。向导工具包含多个子向导工具。例如“泄露分析”向导工具可自动创建二维轴对称壳单元模型以进行泄露分析，并对依据类型与用途对模型中的几何元素进行分组操作。模型中的荷载和边界条件自动准确的施加到模型的相应位置。向导模块执行完以后用户可以得到能直接提交求解分析的有限元模型。

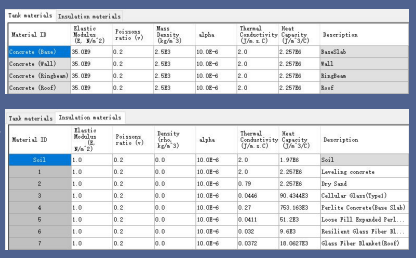
LNG储罐信息表

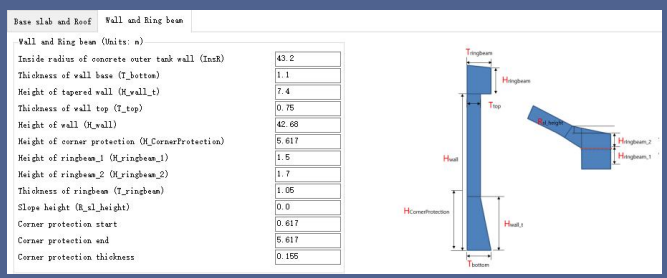
LNG储罐建模向导工具中，包含了一个典型全容LNG储罐分析所需要的各类信息。例如镍钢构成的内罐壁、桩基础支撑的混凝土承台和预应力混凝土外罐壁。

输入设计参数，对混凝土承台、外罐壁、环梁、罐顶的结构尺寸进行定义，并定义材料名称。还可单独定义底部的隔热层的信息、罐壁隔热层、穹顶隔热层以及热保护角(TCP)的细节，对隔热材料的长度和厚度等参数进行控制。

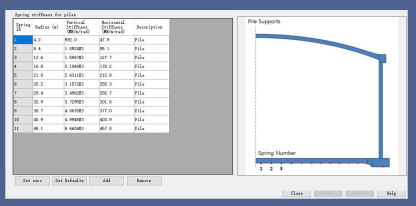


材料属性窗口可用于定义各种材料的属性参数

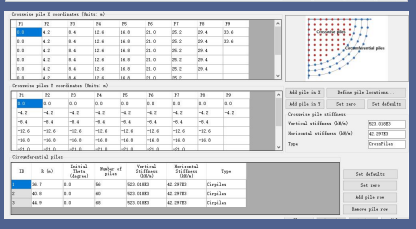


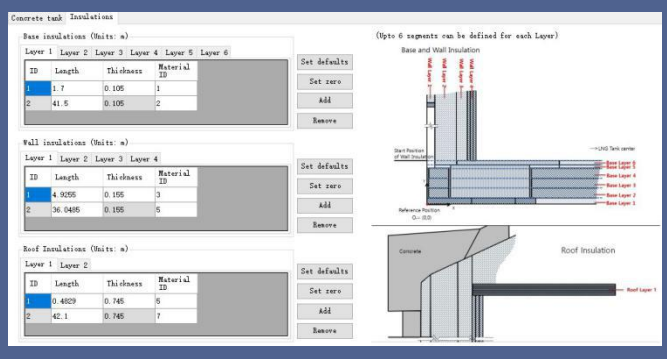


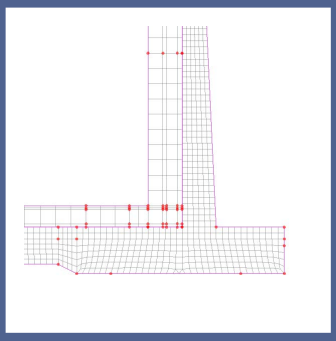
边界条件工具窗口可用于定义各个桩基础与筏基的属性数据。

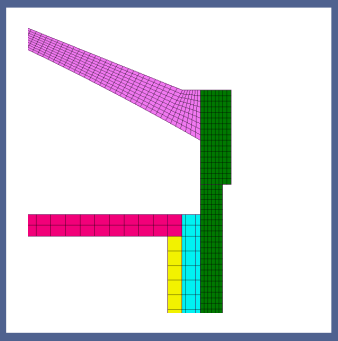


使用桩基布置工具窗口可定义桩基。



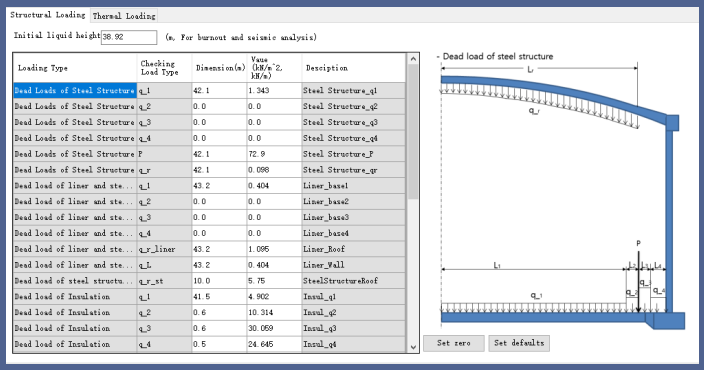


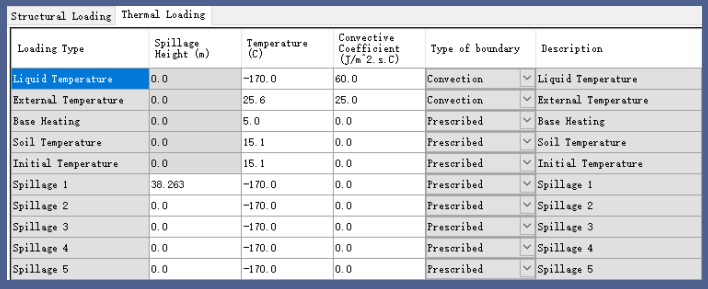




荷载工具窗口可用于定义结构的温度与结构荷载。温度荷载的加载类型和加载位置、温度、边界条件、及其他相关的对流系数均可定义。

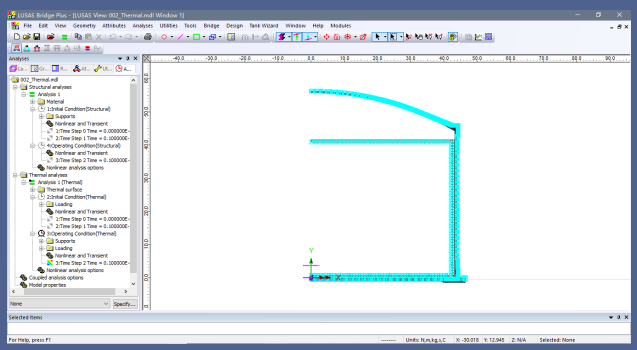
也可以定义结构的恒荷载、活荷载、流体效应荷载的强度和长度等。竖向和环向是预应力荷载参数，在单独的工具窗口进行定义。



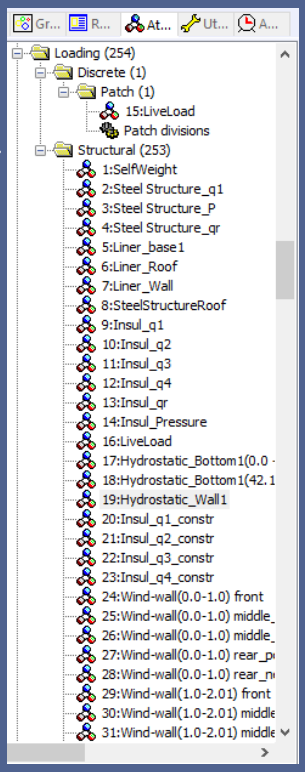


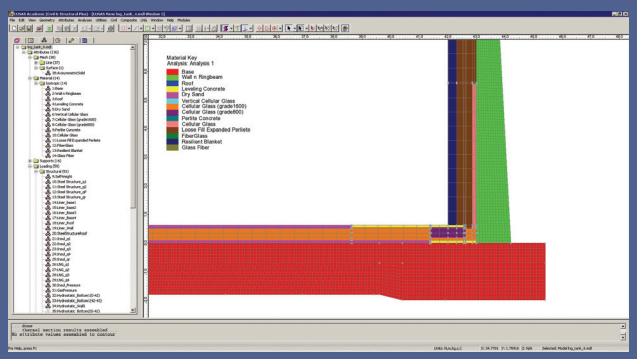
生成模型

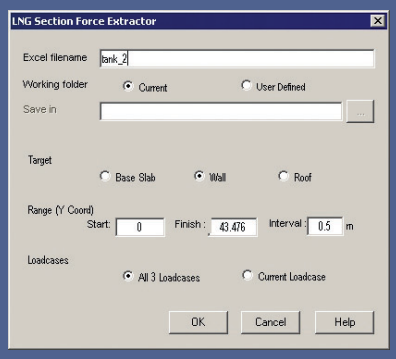
LNG储罐泄露分析模块生成高完成度的模型，可用于直接提交分析。建模工具自动对模型进行网格划分，采用2维轴对称实体单元建立模型的各个部分，并依据属性类型将这些部分进行分组。同时自动将荷载和边界条件信息施加到模型的相应区域。

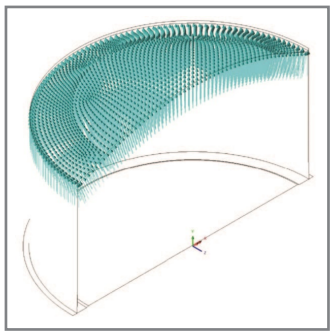


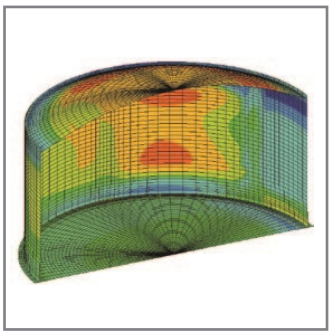
LUSAS的树形目录可用于读取储罐的模型数据，包含定义信息和指定信息。求解完成以后，LNG的结果处理模块可以自动的生成内力与弯矩数据，并在承台板、外罐壁和穹顶等指定位置生成图表、视图和报告文件。







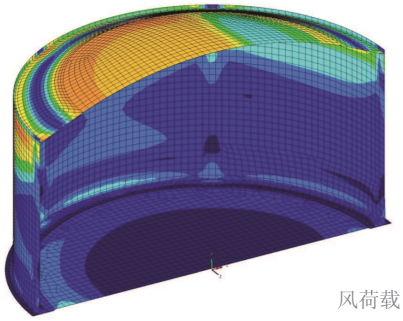




分析功能

静力线性分析

LUSAS通常使用2维轴对称实体单元与3维壳单元来进行线性静力分析。静力线性分析的工况可以按具体的结构部位定义命名，如屋顶,墙壁,和基板等,并独立加载。可以使用LUSAS的基础荷载组合与智能组合功能来评估荷载组合下的结构行为。



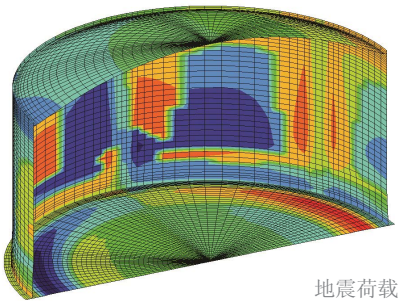
风荷载

预应力张拉阶段顺序分析

要评估确定后张法预应力钢束的张拉顺序，需要使用3维实体单元模型。张拉的钢束，竖向钢束或环向钢束均需在不同的工况进行定义。LUSAS预应力模块支持多国规范，在LUSAS中以上工况可以按不同的方式进行组合以达到所需的预应力张拉顺序和加载模式。使用LUSAS的切片功能可以得到某个截面位置处的轴力和弯矩数据。

风荷载

LUSAS软件具有场变量功能，可以使用复杂的公式，在穹顶和罐壁处施加风荷载。在外壁的圆周上依据傅立叶分布，风荷载在结构正面表现为压力，在结构的背面为吸力。模型使用三维壳单元建立，考录储罐的几何形状和荷载的对称性.取一半的模型进行模拟。



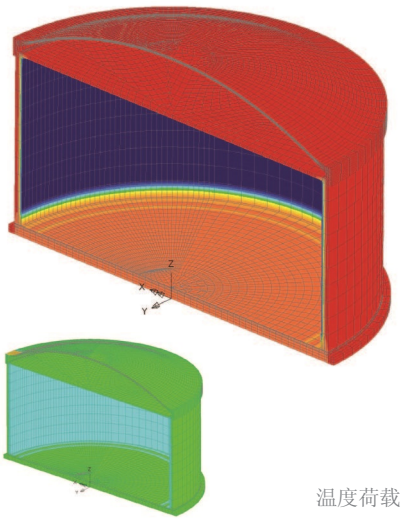
地震荷载

模态与地震分析

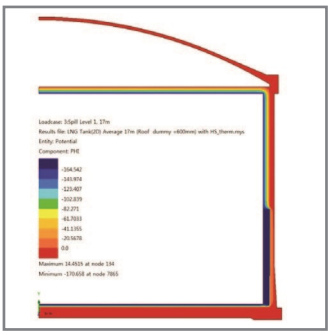
关于模态分析与地震分析，以3维壳单元建立的外罐壁壁的模型与穹顶钢平台模型可以进行各自独立的响应分析也可以进行相互耦合的响应分析。使用2维的集中质量模型模拟流体与结构的相互作用、土体与结构以及桩基础的相互作用，将2维集中质量杆模型得到的地震荷载施加到3维壳单元整体模型中。LUSAS交互模态动力学技术应用于地震动力响应的计算。确保运行基准地震（OBE）和安全停机地震(SSE)分析评估也能够满足规范要求。从结构分析中产生的结果数据可以用来获得基底剪力和罐壁以及底板弯矩。

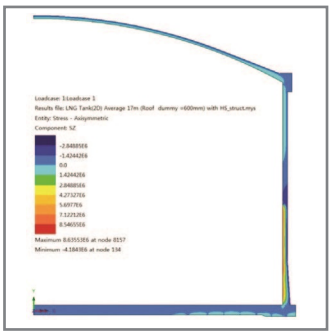
热分析模型

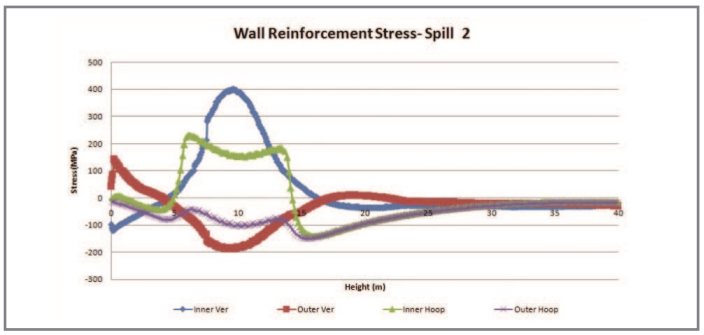
对于热分析模型，由于需要模拟沿罐壁厚度上的温度变化，需要在厚度方向划分较多单元，从而整体模型的单元数量较多。使用2维的轴对称实体连续单元来进行结构与稳态温度的半耦合分析。对单元使用了初始应力温度功能，并考虑了环境条件温度，大气温度，和基础温度等效应的组合。



温度荷载

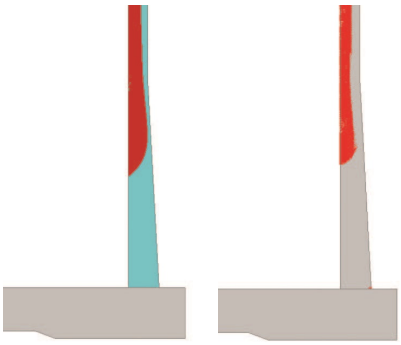






泄露分析

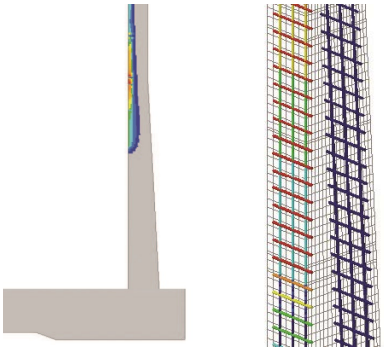
当评估低温的液态LNG从内罐壁泄露到紧贴外罐壁的聚酯泡沫保温层(PUF)上时，需要进行结构场与温度场的半耦合分析。需要考虑三个独立的分析阶段：初始的平衡状态，即施工的零热应力的状态；运行工况下的LNG和外部温度达到平衡状态；泄露状态下，泄露温度被添加到模型中认为已经发生泄露的区域。使用2维的轴对称实体单元来模拟外罐壁以及针对各个泄露高度建立保温层的单元模型，评估外罐壁的受压区高度。温度分析也可以评估随时间的泄露高度的变化。



受压区高度评估与混凝土开裂区域

非线性混凝土开裂分析

非线性分析可用于校验混凝土的开裂宽度，从而评估储罐的外罐壁是否具备足够的气密性。使用3维的”楔”型模型，即只模拟罐壁的一段弧形，考虑对称性，”楔”型模型的精确度是与3维全模型相同。使用实体的结构与热单元模拟混凝土，并使用3维杆单元来模拟每根钢筋。生成的温度和应力曲线用于展示混凝土罐壁在LNG泄露前后的温度与应力的分布。可以使用LUSAS中的“数值”功能和“开裂面”，开裂符号来展示开裂的位置，也可以使用“云图”来展示基于设计规范的混凝土的裂缝宽度和钢筋应力。



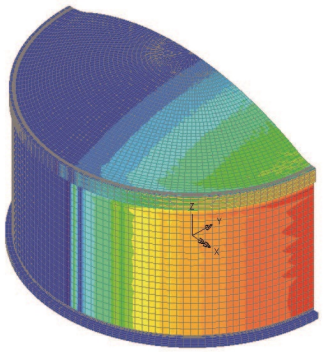
混凝土与钢筋的开裂云图(基于欧洲规范)

罐体燃烧分析

使用2维的轴对称实体单元模拟储罐外罐壁燃烧的场景，并进行瞬态温度分析。认为储罐的穹顶和保温层(除了PUF层)已经燃烧破坏，并在分析中不予考虑。在某个特定的时间点，施加稳态的温度条件。为了模拟燃烧的场景，从燃烧的最高温度到-170摄氏度，将在指定距离上的渐变温度荷载施加到储罐的内表面，并在考虑的燃烧的时间段内以恒定的速度进行变化。

热流辐射分析与相邻罐燃烧分析

考虑减压阀燃烧分析时，储罐底部的混凝土承台板一般不予考虑，因为认为承台是对热流荷载不敏感的。使用3维的实体场连续单元模拟储罐局部，进行结构场与温度场半耦合的瞬态热分析。在所有的单元上施加初始应力零状态的温度，并以-170摄氏度和外界的年平均温度作为两个温度稳态的状态。热流荷载在考虑的时间步中施加在了穹顶部位的某个指定区域。当相邻罐燃烧时，需要考虑风速和两个储罐之间的距离对热流效应的影响，需要进行结构与温度的耦合分析。



相邻罐燃烧分析

LUSAS

LUSAS隶属于英国FEA公司（一家专注于开发及销售高质量工程分析软件的公司）。基于LUSAS有限元系统，我们的软件产品为各种类型的线性与非线性应力分析、动力分析、热分析问题提供了精确及可靠的解决方案。LUSAS用户可以获得一流的技术支持服务，并且我们的工程咨询部门对各个工业领域提供专业的有限元咨询服务。

针对结构工程分析与设计，我们提供以下产品：

LUSAS Bridge
用于桥梁工程的分析、设计及评估

LUSAS Civil & Structural
用于房屋、土木、结构、核电及港口工程

LUSAS Composite
用于FRP(玻璃纤维)或者结构复合材料分析

LUSAS Analyst
用于满足各种机械工程设计分析

以上提到的LUSAS桥梁及LUSAS土木与结构模块均包括岩土分析、土-结构相互作用分析功能

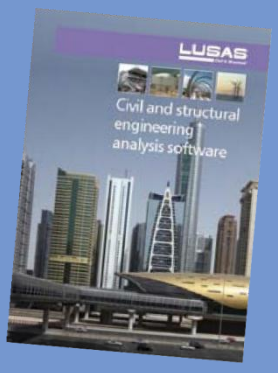
全球范围内使用

全球范围内数以千计的用户（包括很多顶尖的国际咨询公司，政府机构、地方机构以及中小型咨询顾问公司）的使用情况表明，LUSAS在土木、结构、桥梁工程领域受到高度评价。

大学与研究所使用LUSAS的学术版，这些众多精通LUSAS软件的各行业专家为您的行业给予专业的支持提供了可能。

发现更多...

遍布全球的客户从LUSAS商业软件中获益良多，他们其中很多都主动推荐LUSAS软件。LUSAS软件产品包含一系列的产品目录，详细的产品描述，分析功能介绍和实际应用的案例资料。更多详情请联系LUSAS。



LUSAS

武汉力创土木科技有限公司
地址:湖北省武汉市汉阳区芙蓉路1号华中智谷B4栋
电话:027-88115968 | 手机:18502757749 | 邮箱:sales@cnlusas.com | 网址:www.cnlusas.com