



结构计算书

二〇二六年二月

目录

一、设计说明 1

 1.1 工程概述 1

 1.2 设计依据及规范 1

 1.3 技术标准及要求 2

 1.4 材料耐久性措施 2

 1.5 木结构制作、安装要求 3

 1.6 维修养护 3

二、结构单元受力分析 4

 2.1 模型信息 4

 2.2 荷载信息 4

 2.3 结构抗震分析 8

 2.4 结构整体计算结果 10

 2.5 典型木构件验算 15

三、结构抗火设计 16

 3.1 设计依据 16

 3.2 防火计算 16

 3.3 截面折减 16

 3.4 材料强度调整 16

 3.5 Dlubal 计算结果 17

一、设计说明

工程名称：乡村农创种植基地设计

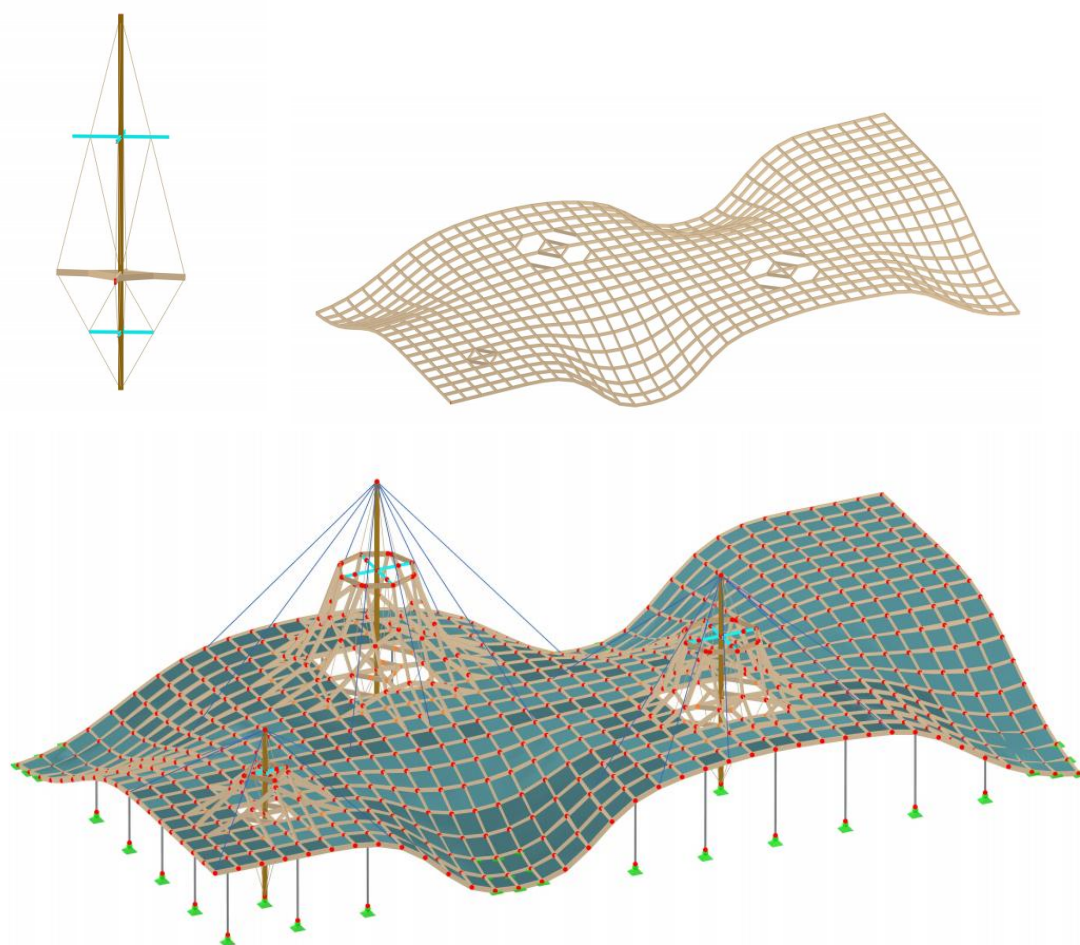
设计单位：南京工业大学

设计软件：RFEM6、ABAQUS、Rhino7

1.1 工程概述

本工程设计项目选址位于中国浙江省三门县横渡镇托岙自然村。该村以现有土地资源及物业资源为空间基础，正发展集“农业观光、农特展销、乡村休闲、主题游乐”为一体的产业主题村。以现状4亩果园为基础，设计一个集种植、体验、研学及展销等功能为一体的综合性农创种植基地。

设计大体由梭状柱与起拱屋面组成。拉索与木柱结合成梭状，以增强柱子的稳定性，通过拉索连接木柱与起拱屋面，形成整体结构。



1.2 设计依据及规范

1、《2023 第八届全国高等学校木结构设计竞赛赛题》

2、主要设计规范：

- (1)《木结构设计标准》(GB 50005-2017);
- (2)《胶合木结构技术规范》(GB/T 50708-2012);
- (3)《木结构工程施工质量验收规范》(GB 50206-2012);
- (4)《建筑结构可靠性设计统一标准》(GB 50068-2018);

- (5)《建筑结构荷载规范》(GB 50009-2012);
- (6)《建筑抗震设计规范》(GB 50011-2010) (2016 版);
- (7)《建筑地基基础设计规范》(GB 50007-2011);
- (8)《钢结构设计标准》(GB 50017-2017);
- (9)《建筑设计防火规范》(GB 50016-2014);
- (10)《木结构通用规范》(GB 55005-2021)。

3、相关参考规范:

- (1) EN 1995-1: 2004 (欧洲规范 5.木结构设计);
- (2) NDS-2005 (美国木结构设计规范);
- (3) 其他有关参考标准、规范、手册等。

1.3 技术标准及要求

- 1、功能定位: 综合性农创种植基地
- 2、工程位于中国浙江省三门县, 工程地区地震抗震设防烈度为 6 度, 设计基本地震加速度值为 0.05g, 设计地震分组为第一组, 建筑场地类别为 II 类。
- 3、建筑结构安全等级: 二级, 结构重要性系数: 1.0;
- 4、设计使用年限: 50 年;
- 5、材料
 - (1) 螺栓: 8.8 级螺栓 M16、M20 等
 - (2) 钢材: Q235
 - (3) 木材: 胶合木
 木材等级: 采用同等组合胶合木 TCT32(SZ1)

表 1-1 结构用胶合木强度等级及力学性能指标 (MPa)

强度标准值			弹性模量标准值
抗弯 f_{mk}	顺纹抗压 f_{ck}	顺纹抗拉 f_{tk}	
32.0	27.0	23.0	7900
强度设计值			弹性模量设计值
抗弯 f_m	顺纹抗压 f_c	顺纹抗拉 f_t	
22.3	19.0	14.2	8000

1.4 材料耐久性措施

- 1、所有的钢构件及螺栓均在工厂内完成热浸镀锌表面处理 (热浸镀锌的厚度不小于 80 微米), 并且用氟碳漆刷 2~3 道, 颜色由甲方定;
- 2、所有木结构为清漆露木纹, 整体颜色为中轴线工程木为基准, 不同的木材面应相应的套色处理, 保证表面的颜色差异, 达到清漆面层整体效果;
- 3、木材耐久性措施:
 - (1) 防腐、防虫, 耐候构件易积水处如节点板处或孔槽处等部位, 进行拼装前在胶合木表面或孔槽处须进行专门的防水涂饰;
 - (2) 构件出厂前表面须采用专门的耐候防水漆涂饰, 必要时采取其他构造措施防止构件积水;
 - (3) 胶合木构件端部和孔槽及切口处均应采取相关措施, 防止木材开裂。
- 4、功能性空间室内构件防火、使用透明防火涂料, 即防火清漆, 为保证防火涂料的长效性, 在基表层再罩一层透明清漆, 透明防火涂料必须符合国家现行《建筑设计防火规范》(GB 50016-2014)标准, 阻燃等级达到耐火等级四级的要求。

1.5 木结构制作、安装要求

1、胶合木构件(Glulam)全部机械设备刨光、开榫、粘接、切割、叠层胶合，除最终表面修饰外不允许人工刨光、开榫、粘接的工艺做法。

2、弯曲的木构件必须在设备上依图纸在胶合固化前的弯曲定位。不允许胶粘剂固化后的强制弯曲。

3、木结构所选用木材要求烘干脱脂处理，胶合木构件制作时，层板在胶合前含水率不应大于 15%，且相邻层板间含水率相差不应大于 5%。

4、胶合木构件采用同等组坯工艺，并且构件截面一次加压成型，不允许二次加压。截面宽度大于 200mm 时，构件表面应做刻槽处理。

5、木构件吊装全部使用至少 50mm 宽布吊带或其他柔性材料，不允许使用圆绳或钢绳直接吊装，必要时在捆绑吊点处应设垫板，防止构件局部损伤。

6、木构件在未安装前必须防雨淋湿。

7、构件应存放在通风良好的仓库或敞棚内，应分层分隔堆放，各层垫条厚度应相等，上、下各层垫条应在同一垂线上，防止构件变形和翘曲。

8、现场依编号、按图纸位置安装，严禁错号安装。

1.6 维修养护

1、木结构构造上的防腐、防虫措施，除应在设计图纸中加以说明外，尚应要求在施工的有关工序交接时，检查其施工质量，如有发现问题应立即纠正。

2、下列情况，除从结构上采取通风防潮措施外，尚应进行药剂处理：

(1) 露天结构；

(2) 内排水桁架的支座节点处；

(3) 檩条、搁栅、柱等木构件直接与砌体、混凝土接触部位；

(4) 白蚁容易繁殖的潮湿环境中使用的木构件；

(5) 承重结构中使用马尾松、云南松、湿地松、桦木以及新利用树种中易腐朽或遭虫害的木材。

3、以防腐、防虫药剂处理木构件时，应按设计指定的药剂成分、配方及处理方法采用。受条件限制而需改变药剂或处理方法时，应征得设计单位同意。在任何情况下，均不得使用未经检定合格的药剂。

4、木构件(包括胶合木构件)的机械加工应在药剂处理前进行。木构件经防腐防虫处理后，应避免重新切割或钻孔。由于技术上的原因，确有必要作局部修整时，必须对木材暴露的表面，涂刷足够的同品牌药剂。

5、木结构的防腐、防虫采用药剂加压处理时，该药剂在木材中的保持量和透入度应达到设计文件规定的要求。设计未作规定时，则应符合现行国家标准《木结构工程施工质量验收规范》(GB-50206)规定的最低要求。

二、结构单元受力分析

计算模型将曲梁曲线在节点部位连接，转化为多段线的形式。有地震作用时不考虑风，考虑风时 X 方向风荷载或 Y 方向风荷载只与屋面风荷载同时存在，X 方向风与 Y 方向风不同时存在。

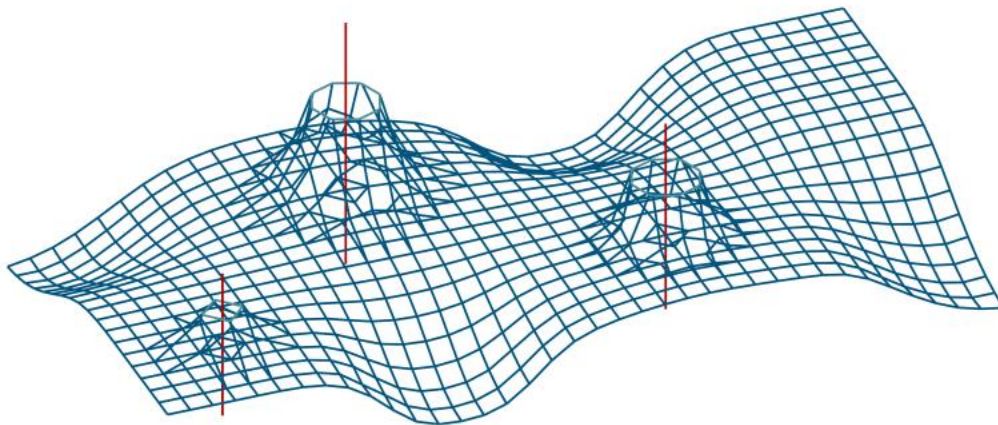


图 2-1 RFEM 计算模型

2.1 模型信息

2.1.1 材料信息

表 2-1 材料特性

名称	重度 (kN/m ³)	弹性模量 (MPa)	剪切模量 (MPa)	泊松比	热膨胀系数 (1×10 ⁻⁵ /°C)
TCr32	5.00	7900	592.5	/	1.17
Q235	78.50	2.06×10 ⁵	7.90×10 ⁴	0.3	1.20

2.1.2 构件截面信息

表 2-2 胶合木截面信息

名称	材料	b(mm)	h(mm)
屋面梁	TCr32	140	400
柱子		300	300

表 2-3 其他截面信息

名称	材料	d(mm)
大拉索	Q345	50
小拉索	Q345	30
钢压杆	Q235	200/140/20/30
钢管	Q235	150/20

2.2 荷载信息

2.2.1 荷载工况定义

表 2-5 荷载工况

荷载工况	名称	分析类型	静力分析设置	GB 50068 GB 50011 2018 作用类别
LC1	恒载	静力分析	SA1 - 一阶分析 (几何线性)	永久
LC2	活载	静力分析	SA1 - 一阶分析 (几何线性)	不上人的屋面
LC3	Y 方向风荷载	静力分析	SA1 - 一阶分析 (几何线性)	风荷载按照 8.1.4
LC4	X 方向风荷载	静力分析	SA1 - 一阶分析 (几何线性)	风荷载按照 8.1.4
LC5	屋面风荷载	静力分析	SA1 - 一阶分析 (几何线性)	风荷载按照 8.1.4
LC6	预应力	静力分析	SA1 - 一阶分析 (几何线性)	预应力
LC7	自振模态分析	模态分析	MOS1 - #20 子空间迭代	水平地震作用
LC8	X 方向地震作用	反应谱分析	SPS1 - CQC SRSS	水平地震作用
LC9	Y 方向地震作用	反应谱分析	SPS1 - CQC SRSS	水平地震作用

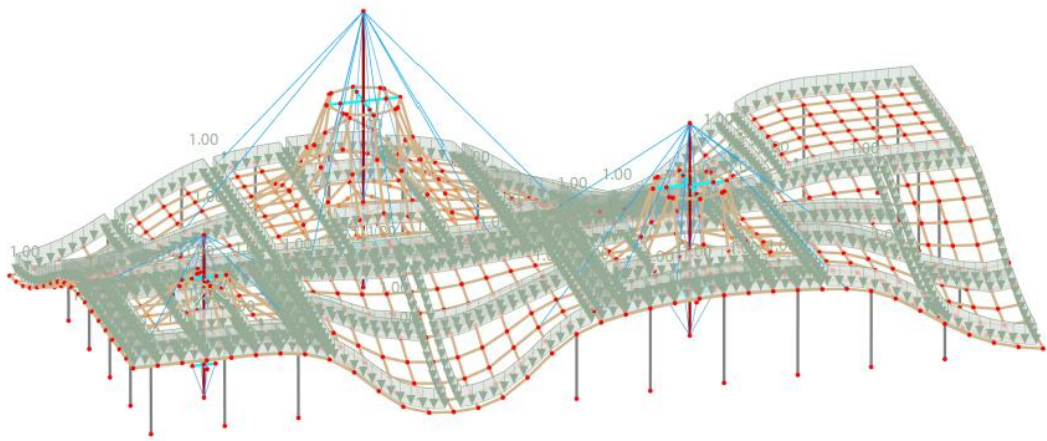


图 2-2 恒荷载

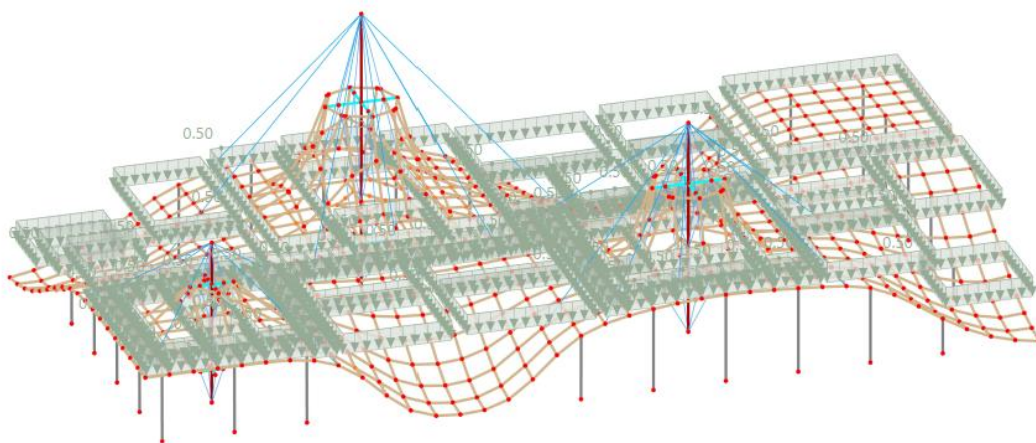


图 2-3 活荷载

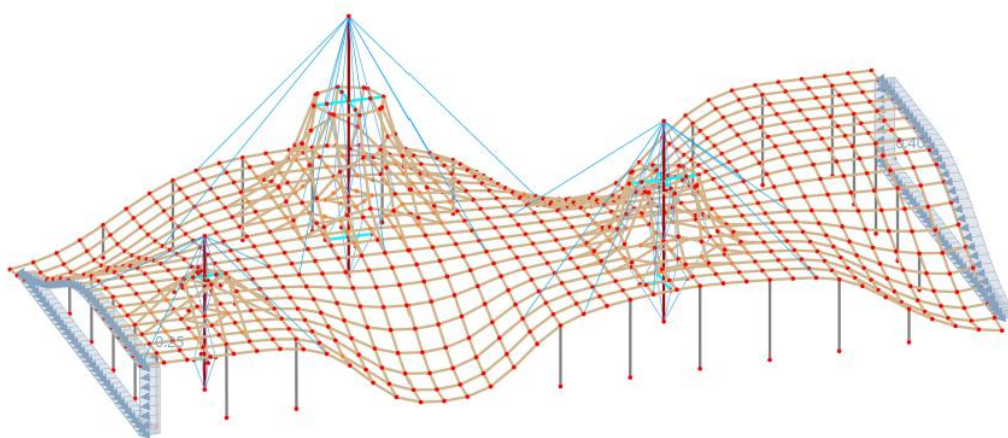


图 2-4 X 方向风荷载

2.2.2 荷载组合

表 2-6 荷载组合

荷载组合	名称	分析类型	静力分析设置	设计状况
CO1	1.30 * LC1 + 1.30 * LC6	静力分析	SA1 - 一阶分析 (几何线性)	DS1 - ULS 基本
CO2	1.30 * LC1 + 1.50 * LC2 + 1.30 * LC6	静力分析	SA1 - 一阶分析 (几何线性)	DS1 - ULS 基本
CO3	1.30 * LC1 + 1.50 * LC2 + 0.90 * LC3 + 0.90 * LC5 + 1.30 * LC6	静力分析	SA1 - 一阶分析 (几何线性)	DS1 - ULS 基本
CO4	1.30 * LC1 + 1.50 * LC2 + 0.90 * LC4 + 0.90 * LC5 + 1.30 * LC6	静力分析	SA1 - 一阶分析 (几何线性)	DS1 - ULS 基本

CO5	$1.30 * LC1 +$ $1.50 * LC3 +$ $1.50 * LC5 +$ $1.30 * LC6$	静力分析	SA1 - 一阶分析 (几何线性)	DS1 - ULS 基本
CO6	$1.30 * LC1 +$ $1.50 * LC4 +$ $1.50 * LC5 +$ $1.30 * LC6$	静力分析	SA1 - 一阶分析 (几何线性)	DS1 - ULS 基本
CO7	$1.30 * LC1 +$ $1.05 * LC2 +$ $1.50 * LC3 +$ $1.50 * LC5 +$ $1.30 * LC6$	静力分析	SA1 - 一阶分析 (几何线性)	DS1 - ULS 基本
CO8	$1.30 * LC1 +$ $1.05 * LC2 +$ $1.50 * LC4 +$ $1.50 * LC5 +$ $1.30 * LC6$	静力分析	SA1 - 一阶分析 (几何线性)	DS1 - ULS 基本
CO9	$0.9LC1 + LC6$	静力分析	SA1 - 一阶分析 (几何线性)	DS2- SLS -标准
CO10	$LC1 + LC2 +$ $LC6$	静力分析	SA1 - 一阶分析 (几何线性)	DS2- SLS -标准
CO11	$LC1 + LC2 + 0.6$ $* LC3 + 0.6 *$ $LC5 + LC6$	静力分析	SA1 - 一阶分析 (几何线性)	DS2- SLS -标准
CO12	$LC1 + LC2 + 0.6$ $* LC4 + 0.6 *$ $LC5 + LC6$	静力分析	SA1 - 一阶分析 (几何线性)	DS2- SLS -标准
CO13	$LC1 + LC3 +$ $LC5 + LC6$	静力分析	SA1 - 一阶分析 (几何线性)	DS2- SLS -标准
CO14	$LC1 + LC4 +$ $LC5 + LC6$	静力分析	SA1 - 一阶分析 (几何线性)	DS2- SLS -标准
CO15	$LC1 + 0.7 * LC2$ $+ LC3 + LC5 +$ $LC6$	静力分析	SA1 - 一阶分析 (几何线性)	DS2- SLS -标准
CO16	$LC1 + 0.7 * LC2$ $+ LC4 + LC5 +$ $LC6$	静力分析	SA1 - 一阶分析 (几何线性)	DS2- SLS -标准
CO17	$LC1$	静力分析	SA1 - 一阶分析 (几何线性)	DS3 -地震/质量 组合
CO18	$LC1 + LC6$	静力分析	SA1 - 一阶分析 (几何线性)	DS5- ULS -偶然
CO19	$LC1 + 0.5 * LC2$	静力分析	SA1 - 一阶分析	DS5- ULS -偶然

	+ LC6		(几何线性)	
CO20	LC1 + 0.4 * LC3 + 0.4 * LC5 + LC6	静力分析	SA1 - 一阶分析 (几何线性)	DS5- ULS -偶然
CO21	LC1 + 0.4 * LC4 + 0.4 * LC5 + LC6	静力分析	SA1 - 一阶分析 (几何线性)	DS5- ULS -偶然

2.2.3 结果组合

表 2-7 结果组合

结果组合	名称	分析类型	设计状况
RC1	1.30 * LC1/p + 1.40 * LC8/p	反应谱分析	DS7 - ULS - 地震作用基本组合
RC2	1.30 * LC1/p + 1.40 * LC9/p	反应谱分析	DS7 - ULS - 地震作用基本组合

2.3 结构抗震分析

2.3.1 模态分析

模态分析采用子空间迭代法，振型数目取 20。

2.3.2 反应谱分析

抗震分析采用设计反应谱法，采用 CQC 周期相应组合规则，反应谱如下所示：

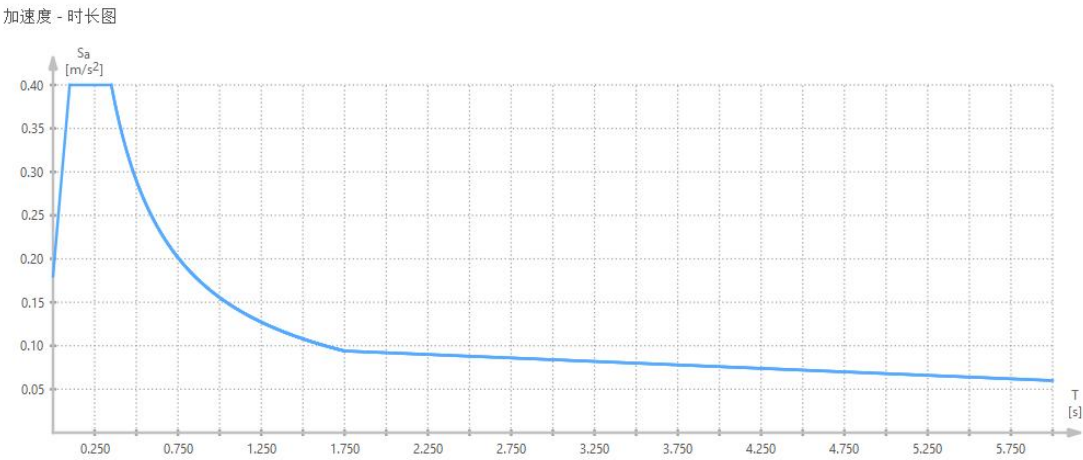


图 2-4 设计反应谱

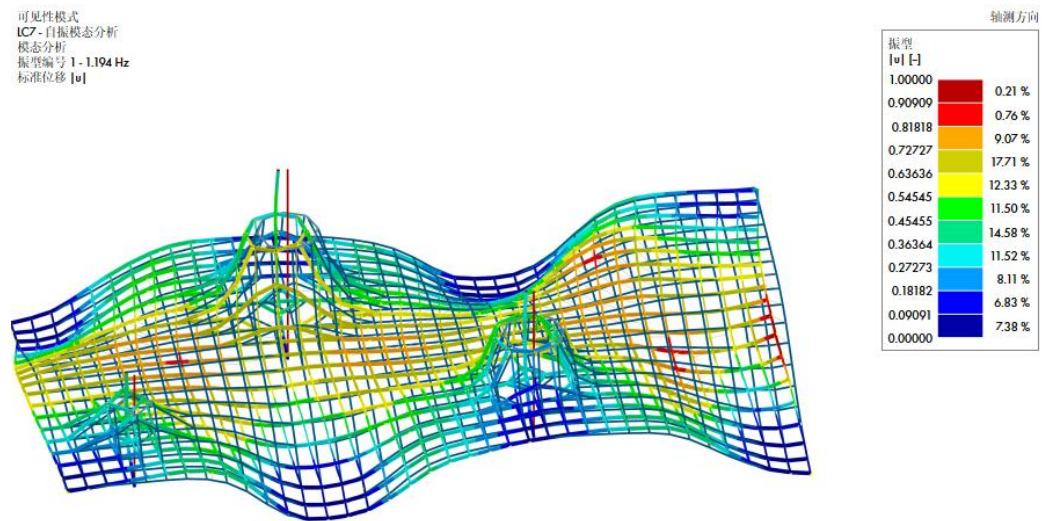


图 2-5 一阶振型（周期 0.836s，频率 1.194Hz）

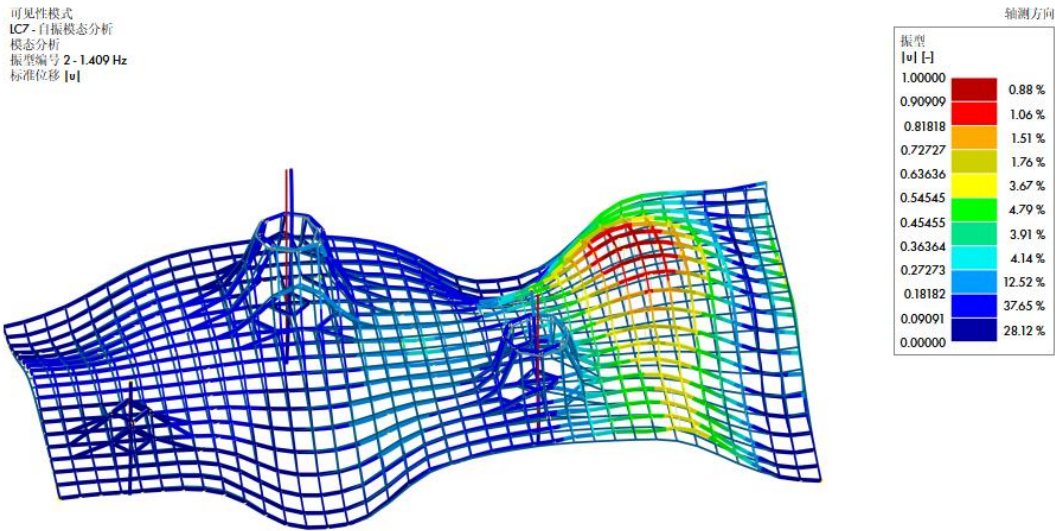


图 2-6 二阶振型（周期 0.710s，频率 1.409Hz）

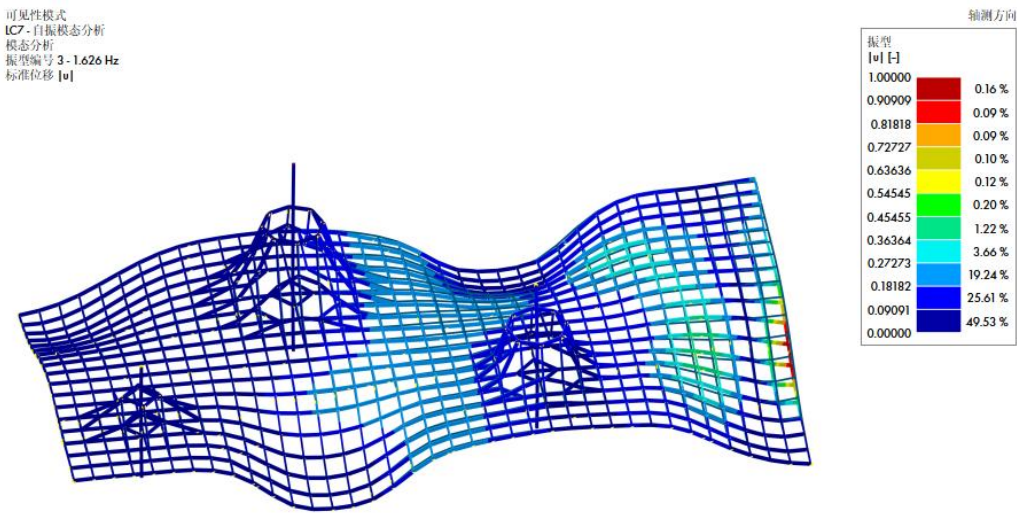


图 2-7 三阶振型（周期 0.615s，频率 1.626Hz）

1 反应谱分析结果			
1.1 总结	反应谱分析		
说明	数值	单位	备注
LC8 - X方向地震作用 [X]			
最大变形			
X 方向最大位移	6.7	mm	杆件编号 1381, x: 0.319 m
Y 方向最大位移	5.1	mm	杆件编号 1227, x: 0.000 m
Z 方向最大位移	7.9	mm	杆件编号 772, x: 0.461 m
最大矢量位移	10.2	mm	杆件编号 16, x: 0.000 m
绕 X 轴最大转动	1.3	mrad	杆件编号 2306, x: 0.000 m
绕 Y 轴最大转动	2.2	mrad	杆件编号 16, x: 0.000 m
绕 Z 轴最大转动	1.0	mrad	杆件编号 16, x: 1.003 m
LC9 - Y方向地震作用 [Y]			
最大变形			
X 方向最大位移	4.0	mm	杆件编号 1613, x: 5.400 m
Y 方向最大位移	6.9	mm	杆件编号 772, x: 0.922 m
Z 方向最大位移	14.5	mm	杆件编号 772, x: 0.922 m
最大矢量位移	16.2	mm	杆件编号 772, x: 0.922 m
绕 X 轴最大转动	2.3	mrad	杆件编号 774, x: 1.802 m
绕 Y 轴最大转动	3.9	mrad	杆件编号 16, x: 0.201 m
绕 Z 轴最大转动	2.3	mrad	杆件编号 772, x: 0.922 m

结构整体刚度较好，抗震性能优越。

2.4 结构整体计算结果

2.4.1 结构内力

以下选取荷载基本组合 CO3: 1.30 * LC1 + 1.50 * LC2 + 0.90 * LC3 + 0.90 * LC5 + 1.30 * LC6 作用下的内力图。

可见性模式
CO3 - 1.30 * IC1 + 1.50 * IC2 + 0.90 * IC3 + 0.90 * IC5 + 1.30 * IC6
静力分析
力 N [kN]

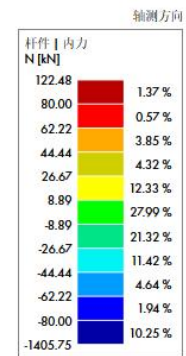
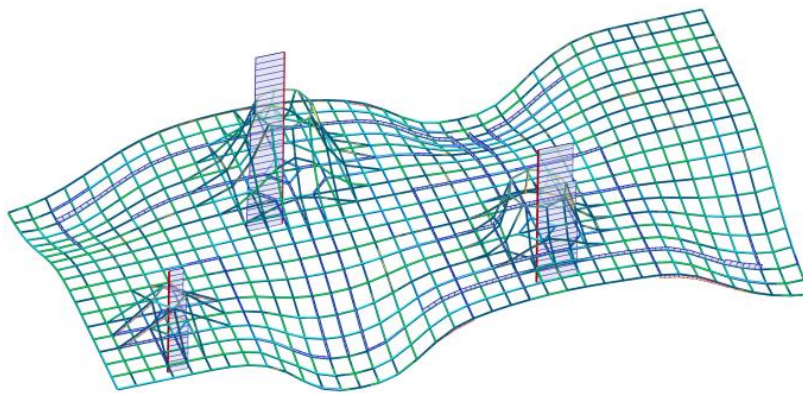


图 2-8 轴力 N 图

可见性模式
CO3 - 1.30 * IC1 + 1.50 * IC2 + 0.90 * IC3 + 0.90 * IC5 + 1.30 * IC6
静力分析
力 V_y [kN]

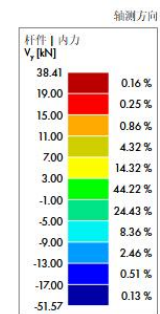
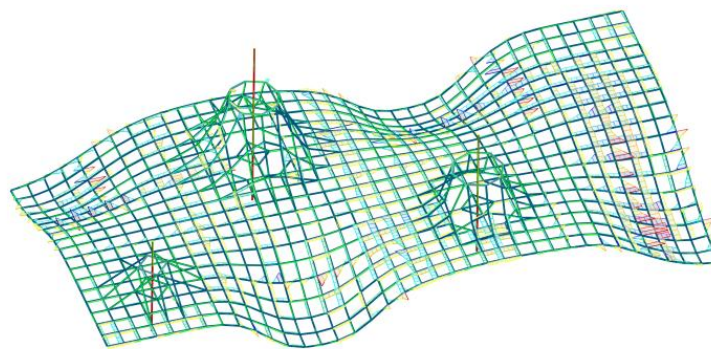


图 2-9 剪力 V_y 图

可见性模式
CO3 - 1.30 * IC1 + 1.50 * IC2 + 0.90 * IC3 + 0.90 * IC5 + 1.30 * IC6
静力分析
力 V_x [kN]

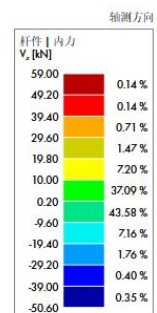
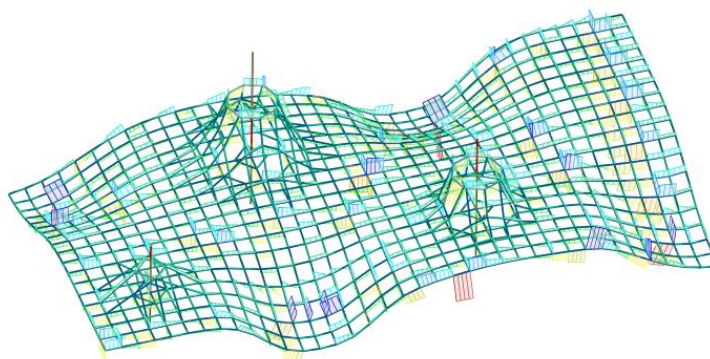


图 2-10 剪力 V_z 图

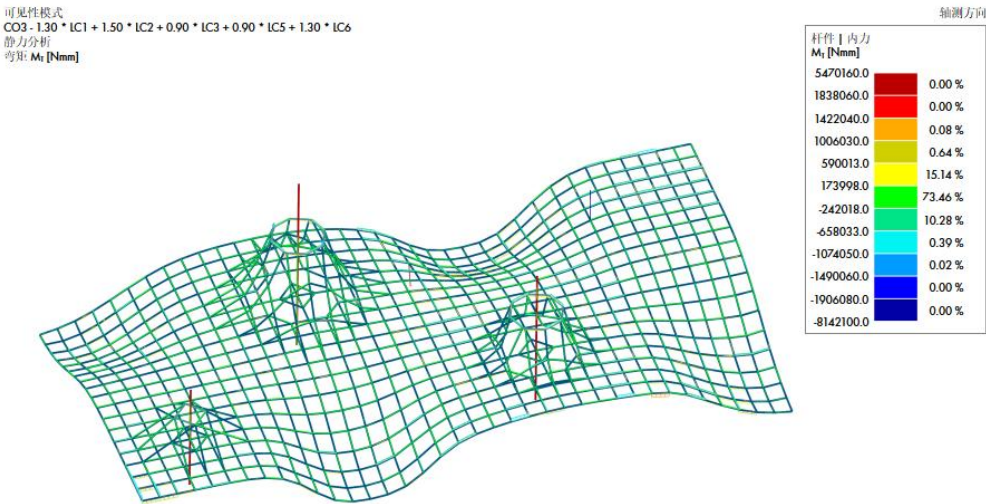


图 2-11 扭矩 M_T 图

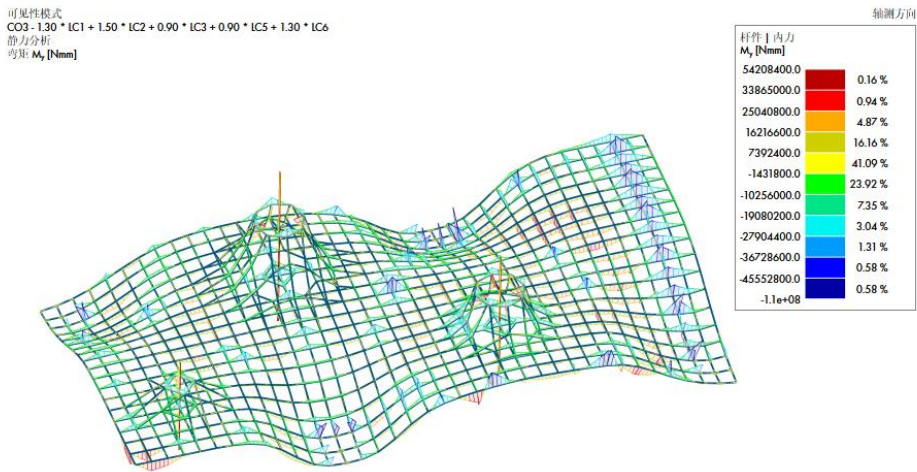


图 2-12 弯矩 M_y 图

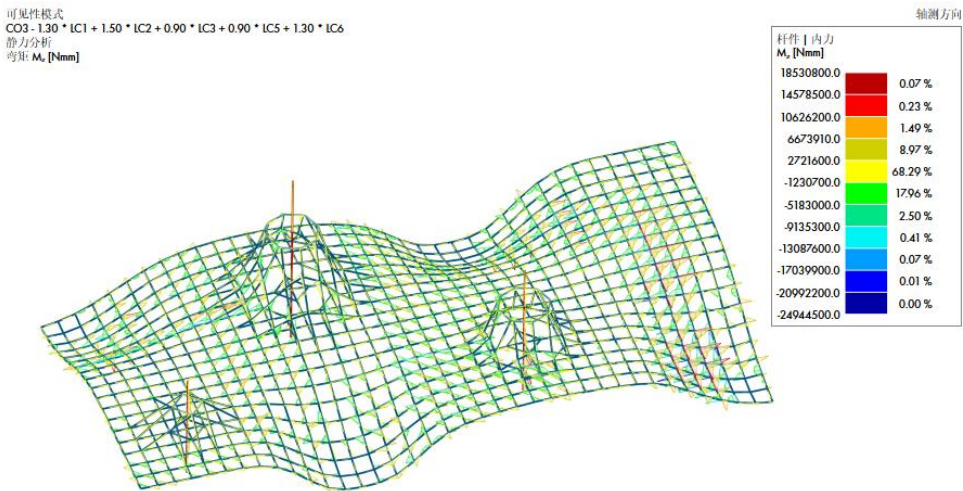


图 2-13 弯矩 M_z 图

2.4.2 结构应力

以下选取荷载基本组合 CO3: $1.30 * LC1 + 1.50 * LC2 + 0.90 * LC3 + 0.90 * LC5 + 1.30 * LC6$ 作用下的应力图。

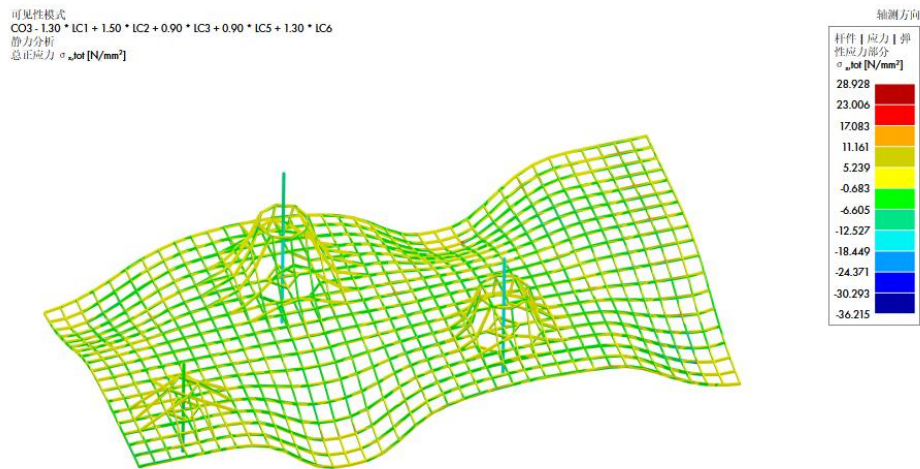


图 2-14 总正应力云图

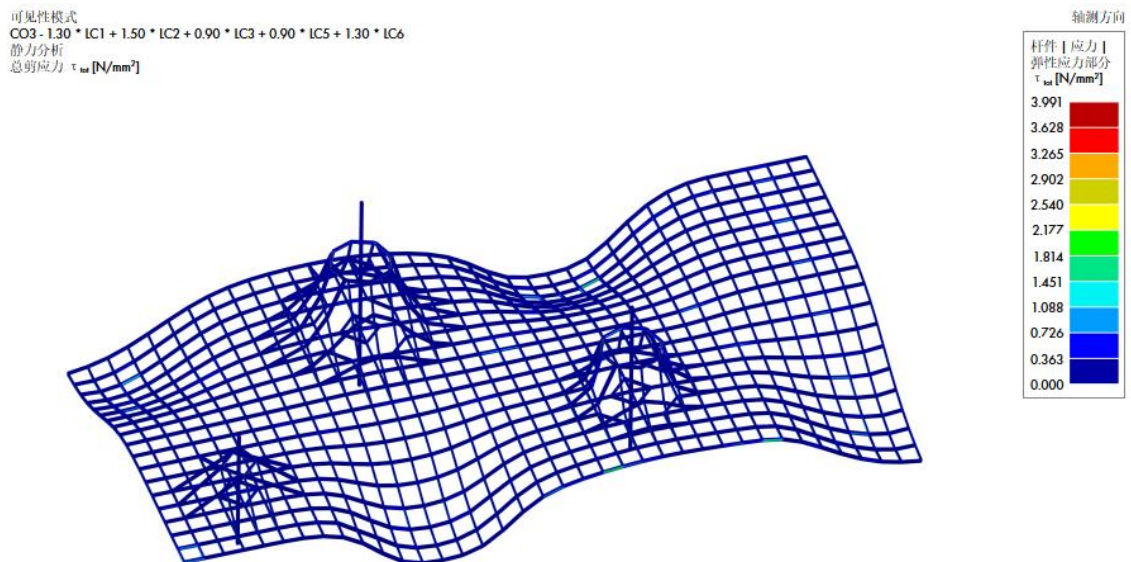


图 2-15 总剪应力云图

如图所示，木结构整体受力状况良好，杆件截面承载力均满足设计要求。

2.4.3 结构变形

以下选取荷载标准组合 CO12: $LC1 + LC2 + 0.6 * LC4 + 0.6 * LC5 + LC6$ 作用下的变形图。

可见性模式
CO12-IC1+IC2+0.60*IC4+0.60*IC5+IC6
静力分析
位移 $|u|$ [mm]

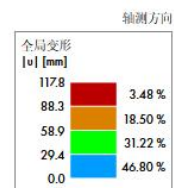
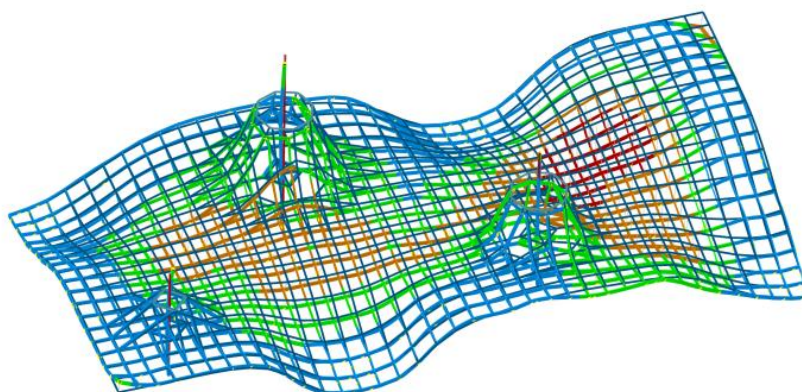


图 2-16 全局变形 $|U|$ 图

可见性模式
CO12-IC1+IC2+0.60*IC4+0.60*IC5+IC6
静力分析
位移 u_x [mm]

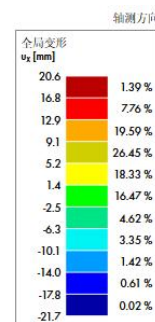
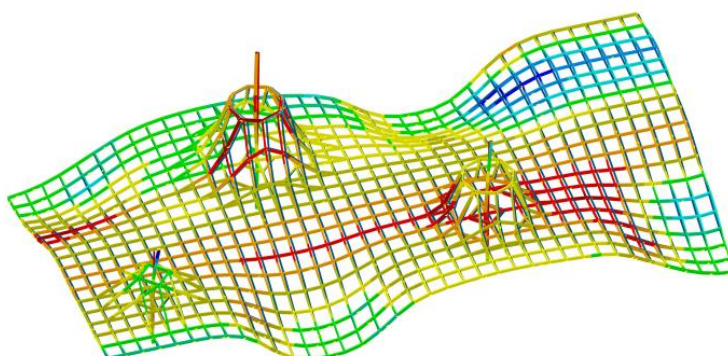


图 2-17 全局变形 U_x 图

可见性模式
CO12-IC1+IC2+0.60*IC4+0.60*IC5+IC6
静力分析
位移 u_y [mm]

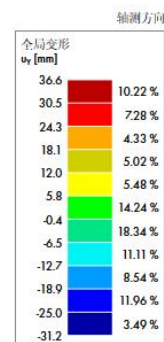
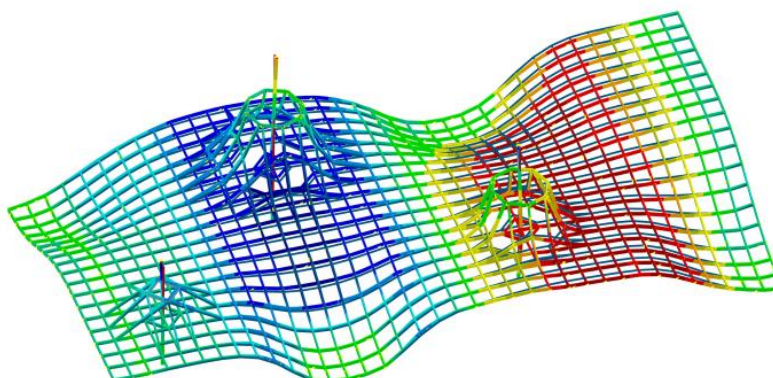


图 2-18 全局变形 U_y 图

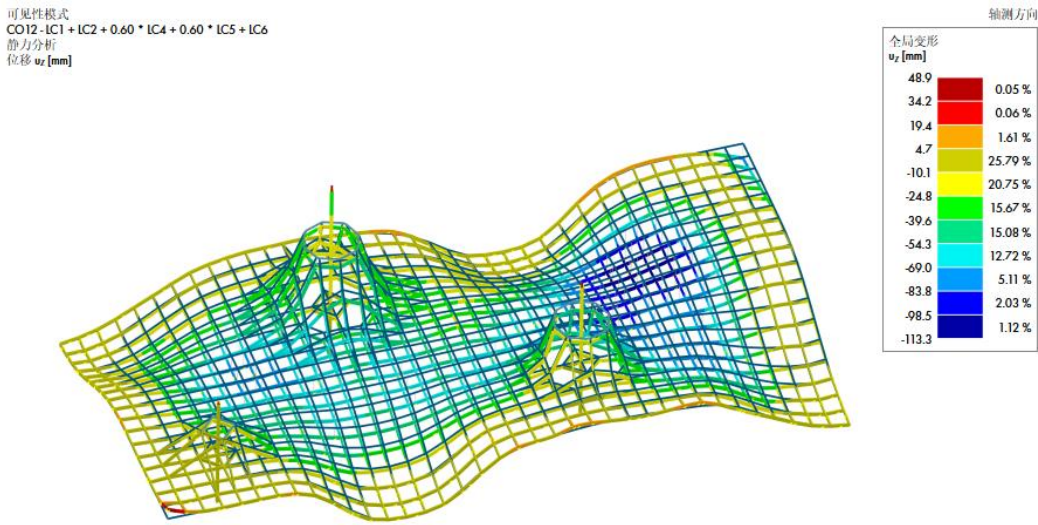


图 2-17 全局变形 U_z 图

如图所示，木结构整体变形状况良好，各杆件挠度变形均满足规范要求。

2.5 典型木构件验算

1.1.1 杆件利用率（按杆件）						木结构设计	
杆件 编号	位置 x [m]	应力 点编号	设计 状况	荷载 编号	设计验算 比值 η [-]	类型	说明
6	1.334 $\frac{1}{2}$		DS4	DS4	0.063 ✓	ST2100.00	5.3.2(2) 稳定性计算 绕 y 轴受弯构件稳定性验算 - 根据 5.2.1(2)
	2.001 $\frac{1}{2}$		DS1	DS1	0.200 ✓	ST2300.00	稳定性计算 双向受弯构件稳定性验算，绕 y 轴侧向弯曲 - 根据 5.2.1(2) 和 5.2.10
			DS1	DS1	0.009 ✓	ST3100.00	稳定性计算 绕 y 轴压弯构件或偏心受压构件，平面内弯曲失稳以及绕 z 轴平面外侧向失稳 - 根据 5.3.3
	0.000 $\frac{1}{2}$		DS5	DS5	0.004 ✓	FR1100.00	防火 轴心受拉构件顺纹抗拉强度验算 - 根据 5.1.1
	2.001 $\frac{1}{2}$		DS5	DS5	0.129 ✓	FR3100.00	防火 z 轴受弯承载力 - 根据 5.2.4
	0.000 $\frac{1}{2}$		DS5	DS5	0.053 ✓	FR3200.00	防火 y 轴受弯承载力 - 根据 5.2.4
			DS5	DS5	0.077 ✓	FR5200.00	防火 绕 z 轴拉弯构件强度验算 - 根据 5.3.1
	2.001 $\frac{1}{2}$		DS5	DS5	0.174 ✓	FR5300.00	防火 双向拉弯构件强度验算 - 根据 5.3.1
			DS5	DS5	0.177 ✓	FS2300.00	防火 - 稳定性 双向受弯构件稳定性验算，绕 y 轴侧向弯曲 - 根据 5.2.1(2) 和 5.2.10
	0.000 $\frac{1}{2}$		DS2	DS2	0.000 ✓	SE0100.00	正常使用极限状态SLS 挠度可忽略不计
	0.600 $\frac{1}{2}$		DS2	DS2	0.011 ✓	SE1100.00	正常使用极限状态SLS 受弯构件沿 y 轴挠度验算 - 根据 5.2.9
	1.201 $\frac{1}{2}$		DS2	DS2	0.027 ✓	SE1200.00	正常使用极限状态SLS 受弯构件沿 z 轴挠度验算 - 根据 5.2.9
7	梁 1 - R_M1 200/500 L: 2.001 m						
	2.001 $\frac{1}{2}$		DS1	DS1	0.005 ✓	SP1100.00	截面强度验算 轴心受拉构件顺纹抗拉强度验算 - 根据 5.1.1
	0.500 $\frac{1}{4}$		DS1	DS1	0.004 ✓	SP1200.00	截面强度验算 轴心受压构件强度验算 - 根据 5.1.2(1)
	2.001 $\frac{1}{2}$		DS1	DS1	0.150 ✓	SP3100.00	截面强度验算 z 轴受弯承载力 - 根据 5.2.4
	0.000 $\frac{1}{2}$		DS1	DS1	0.040 ✓	SP3200.00	截面强度验算 y 轴受弯承载力 - 根据 5.2.4
	2.001 $\frac{1}{2}$		DS1	DS1	0.203 ✓	SP4300.00	截面强度验算 双向受弯构件强度验算 - 根据 5.2.10(1)
	1.000 $\frac{1}{2}$		DS4	DS4	0.063 ✓	SP5100.00	截面强度验算 绕 y 轴拉弯构件强度验算 - 根据 5.3.1
	2.001 $\frac{1}{2}$		DS1	DS1	0.251 ✓	SP5300.00	截面强度验算 双向拉弯构件强度验算 - 根据 5.3.1
	0.500 $\frac{1}{4}$		DS1	DS1	0.158 ✓	SP8300.00	截面强度验算 双向受弯构件或双向偏心受压构件，强度验算 - 根据 5.3.2(1)
			DS1	DS1	0.004 ✓	ST1400.00	稳定性计算 绕 y 轴压弯构件或偏心受压构件，绕 y 轴平面内稳定性验算 - 根据 5.3.2(2)
			DS1	DS1	0.004 ✓	ST1500.00	稳定性计算 绕 z 轴压弯构件或偏心受压构件，绕 z 轴平面内稳定性验算 - 根据 5.3.2(2)
	1.000 $\frac{1}{2}$		DS4	DS4	0.061 ✓	ST2100.00	稳定性计算 绕 y 轴受弯构件稳定性验算 - 根据 5.2.1(2)
	2.001 $\frac{1}{2}$		DS1	DS1	0.248 ✓	ST2300.00	稳定性计算 双向受弯构件稳定性验算，绕 y 轴侧向弯曲 - 根据 5.2.1(2) 和 5.2.10
			DS1	DS1	0.015 ✓	ST3100.00	稳定性计算 绕 y 轴压弯构件或偏心受压构件，平面内弯曲失稳以及绕 z 轴平面外侧向失稳 - 根据 5.3.3
			DS5	DS5	0.003 ✓	FR1100.00	防火 轴心受拉构件顺纹抗拉强度验算 - 根据 5.1.1
			DS5	DS5	0.215 ✓	FR3100.00	防火 z 轴受弯承载力 - 根据 5.2.4
	0.000 $\frac{1}{2}$		DS5	DS5	0.060 ✓	FR3200.00	防火 y 轴受弯承载力 - 根据 5.2.4
	2.001 $\frac{1}{2}$		DS5	DS5	0.159 ✓	FR4300.00	防火 双向受弯构件强度验算 - 根据 5.2.10(1)
			DS5	DS5	0.217 ✓	FR5300.00	防火 双向拉弯构件强度验算 - 根据 5.3.1
			DS5	DS5	0.223 ✓	FS2300.00	防火 - 稳定性 双向受弯构件稳定性验算，绕 y 轴侧向弯曲 - 根据 5.2.1(2) 和 5.2.10
	0.000 $\frac{1}{2}$		DS2	DS2	0.000 ✓	SE0100.00	正常使用极限状态SLS 挠度可忽略不计
	0.500 $\frac{1}{4}$		DS2	DS2	0.010 ✓	SE1100.00	正常使用极限状态SLS 受弯构件沿 y 轴挠度验算 - 根据 5.2.9
	1.201 $\frac{1}{2}$		DS2	DS2	0.021 ✓	SE1200.00	正常使用极限状态SLS 受弯构件沿 z 轴挠度验算 - 根据 5.2.9

其他构件验算内容详见附件。

三、结构抗火设计

3.1 设计依据

- 1.《建筑设计防火规范》(GB 50016-2012);
- 2.《木结构设计标准》(GB 50005-2017);
- 3.《胶合木结构技术规范》(GB/T 50708-2012)。

3.2 防火计算

根据《建筑设计防火规范》和《木结构设计标准》，本工程设计要求木构件耐火极限取 1 小时。

依据《木结构设计标准》(GB 50005-2017)第十章规定，胶合木构件燃烧 t 小时后，有效炭化层厚度应根据下式计算：

$$d_{ef} = 1.2\beta_n t^{0.813}$$

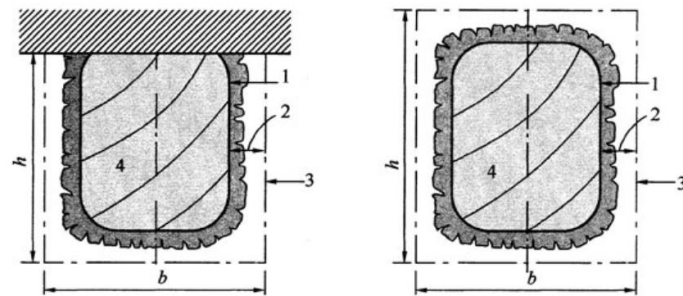
式中： d_{ef} —有效炭化层厚度(mm)；

β_n —木材燃烧 1.00h 的名义线性炭化速率(mm/h)；本工程采用针叶材制作木构件，取 38mm/h；

t —耐火极限(h)。

通过计算可得 1h 耐火极限的有效炭化层厚度 $d_{ef}=45.6\text{mm}$ 。

《木结构设计标准》(GB 50005-2017)规定了矩形截面在三面受火和四面受火情况下，构件燃烧后的几何特征。其剩余截面计算简图如下图所示：



1—构件燃烧后剩余截面边缘；2—有效炭化厚度 d_{ef} ；
3—构件燃烧前截面边缘；4—剩余截面；
 h —燃烧前截面高度 (mm)； b —燃烧前截面宽度 (mm)

图 3-1 三面受火和四面受火构件截面

3.3 截面折减

经计算，本工程所采用主要构件考虑四面受火削弱后截面尺寸见表 3-1 经计算，本工程所采用主要构件考虑四面受火削弱后截面尺寸见表 3-1。

表 3-1 胶合木构件受火后截面尺寸

构件名称	原截面尺寸 (mm)	燃烧类型	耐火极限 (h)	燃烧后截面尺寸 (mm)
胶合木	200×200	四面受火	1	108×108
	200×350	四面受火	1	108×258

3.4 材料强度调整

根据《木结构设计标准》(GB50005-2017)中 10.1.3 规定，残余木构件的承载力设计计算

时，构件材料的强度和弹性模量应采用平均值。胶合木材料强度平均值应为材料强度标准值乘以 1.36 的防火设计强度调整系数。调整结果见表 3-2。

表 3-2 防火设计胶合木材料强度调整值 (MPa)

强度等级	抗弯 f_m	抗压 f_c	抗拉 f_t	弹性模量 E_k
TC _T 32	43.52	36.72	31.28	7900

3.5 Dlubal 计算结果

(1) 强度校核：最大拉应力为 17.3MPa<31.28MPa，最大压应力为 21.5MPa<36.72MPa，满足要求。

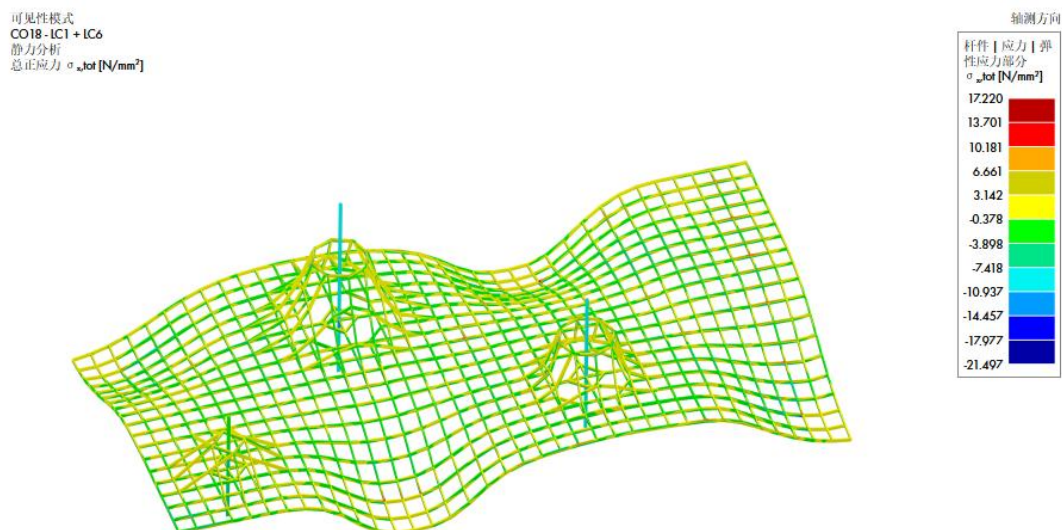


图 3-2 受火后应力云图

(2) 挠度校核：最大变形为 99mm<L/250=144mm，满足刚度要求。

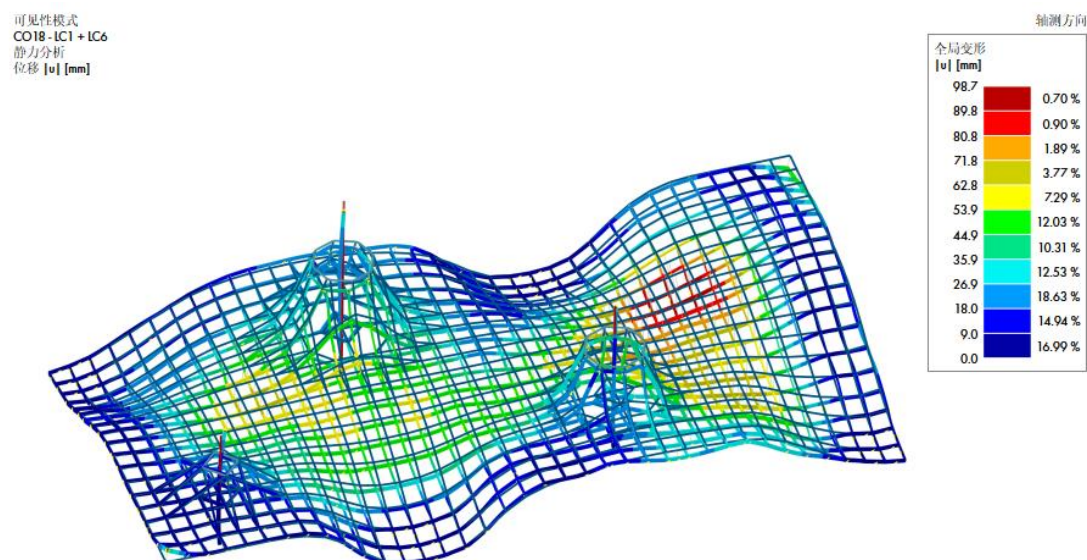


图 3-3 受火后变形图