

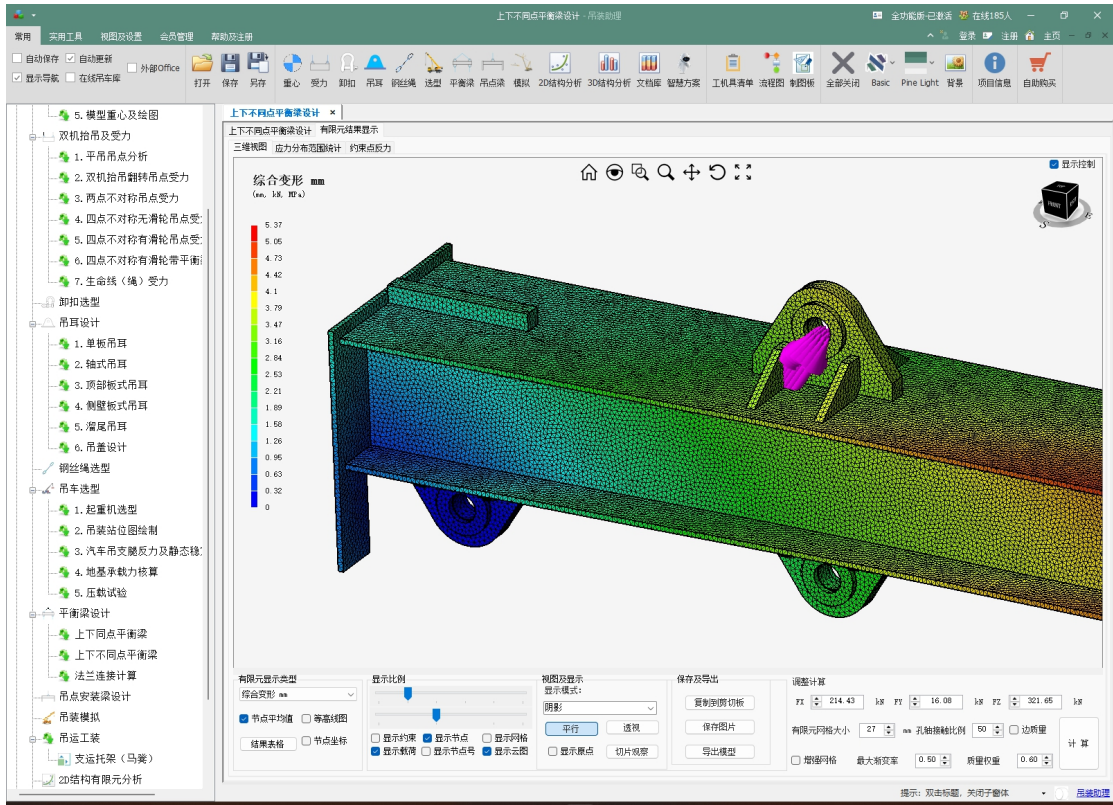
吊装助理上下不同点平衡梁模块 使用教程

一、功能介绍与使用场景

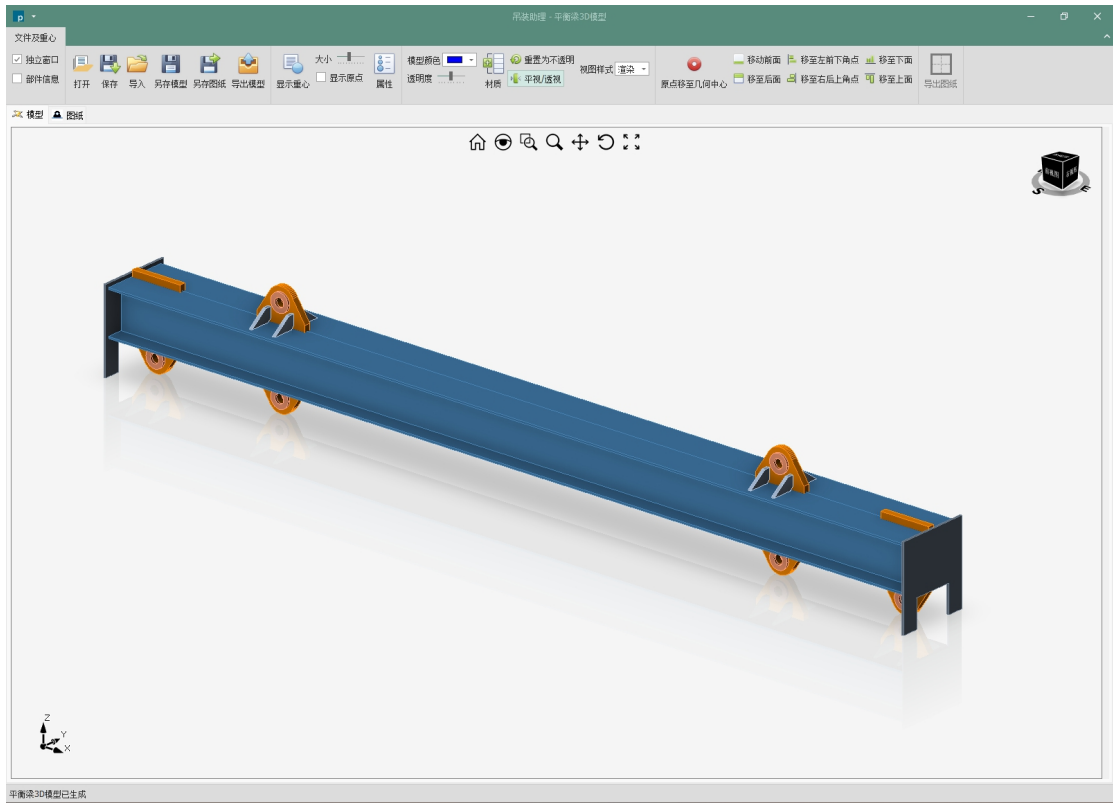
1.1 模块概述



本模块是吊装工程平衡梁智能化设计核心工具，在上下同点平衡梁模块基础上功能升级，专门适配上部吊点与下部吊点位置、数量不同的复杂吊装工况。基于「参数化设计+规范验算+全成果输出」一体化架构，解决传统设计截面选型繁琐、手工计算量大、出图效率低等痛点，实现吊装载荷输入至加工制造全流程自动化。



模块严格遵循 GB50017 钢结构设计规范，可精准模拟上部吊索与下部吊物空间受力角度，完成压弯/拉弯构件精确校核，是大型设备、钢结构模块偏心吊装、翻身等复杂工况的专用设计工具。



1.2 核心功能

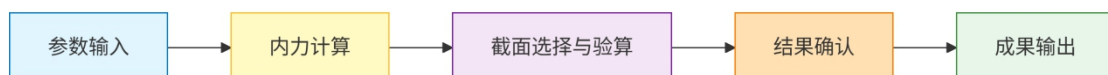
- 1) **丰富截面库与自定义截面**：内置热轧无缝钢管、H型钢、工字钢、槽钢组合等数十种标准截面，支持自定义圆管、矩形管、工字型、箱型等任意截面；
- 2) **智能参数化设计**：输入荷载、几何参数后，自动完成内力分析，有限元建模，受力和约束自动设置，计算提供平衡梁的应力和变形；
- 3) **全体系规范验算**：集成强度、整体稳定、局部稳定、刚度（挠度）完整校核体系，符合国家现行规范要求；
- 4) **复杂工况专项支持**：支持单点、两点对称、四点对称、支撑式梁等吊点布置，可独立设置上、下吊点绳角，精准还原实际受力；
- 5) **全专业成果输出**：一键生成三维模型（STEP/IGS）、CAD 加工图纸（DWG/DXF）、WORD 计算书、Excel 数据文件，得到有限元分析结果。

1.3 主要使用场景

- 1) 压力容器、塔器、反应器等大型设备吊装；
- 2) 大型钢结构模块、预制构件翻身与吊装；
- 3) 需增大吊装净空、避免吊索挤压设备的工况；
- 4) 多吊点起吊受力均衡调控工况；
- 5) 现有平衡梁安全复核与评估；
- 6) 上部吊点与下部吊点位置、绳角不同的特殊复杂吊装工况。

二、主要设计流程

本模块设计分为**参数输入**→**内力计算**→**截面选择与验算**→**结果确认**→**成果输出**五大阶段，操作步骤如下：



阶段 1：填写基础参数与荷载工况

打开软件，点击左侧导航栏**计算及选型**→**平衡梁设计**→**上下不同点平衡梁**进入操

作界面，优先完成「0 载荷工况」参数设置。

1. 荷载工况参数

上下不同点平衡梁设计 有限元结果显示

0 载荷工况 1 上部吊耳参数 2 主梁参数 3 梁端部 4 钢丝绳

吊物重量 P 20.00 吨 吊梁类型 两点对称 动载系数 k1 1.10 不均匀系数 k2 1.42

工况输入

梁长 L 6000.00 mm 间距 L1 1000 mm 间距 L2 2000 mm

钩高 H 3000.00 mm 绳角 e1 56.31 ° 绳角 e2 71.57 °

梁荷载

轴力 N 21.88 t 竖向分力 F_ymax 32.82 t 水平分力 F_xmax 1.64 t

X 向弯矩 M_xmax 39.82 t.m Y 向弯矩 M_ymax 1.64 t.m

- 吊物重量 P：平衡梁承受总垂直荷载（吊装重量），单位：吨；
- 动载系数 k1：起吊冲击动力放大系数，默认 1.10；
- 不均载系数 k2：多吊点荷载分配不均系数，默认 1.20；
- 吊梁类型：选择单点吊装/两点对称/四点对称/支撑式梁（界面几何参数自动适配）；
- 梁长 L：平衡梁最外侧两吊点的间距，单位：m；
- 钩高 H：梁上部吊耳孔中心至吊钩中心的垂直距离；
- 绳角 e1/e2：上部吊索、下部吊索与垂直方向夹角（°）；
- 间距 L1/L2：按吊梁类型设置平衡梁上部吊点位置间的距离。

2. 上部吊耳参数（1 上部吊耳参数标签页）

0 载荷工况 1 上部吊耳参数 2 主梁参数 3 梁端部 4 钢丝绳

荷载工况

额定荷载 P 10.51 吨 倾角 e1 56 ° 动载系数 k1 1.20 不均匀系数 k2 1.42

连接相关

国标卸扣 D型卸扣 卸扣强度 S(6) 吊耳材质 Q235

美标卸扣 卸扣型号 25 t 带吊耳加强环板

卸扣销轴直径 D 63 mm 主梁与吊耳焊接形式： 对接熔透焊 角焊缝

- 荷载工况：复核/微调上部吊耳额定荷载、倾角、动载/不均载系数；

- 连接相关：选择卸扣类型（国标/美标）、强度等级/型号，软件自动匹配销轴直径；选择吊耳材质、主梁与吊耳焊接形式；
- 上部吊耳尺寸：精细调整板厚 δ 、宽度 B 、孔壁厚度 a 、销孔高度 H 、销孔直径 d 。

3. 主梁参数（2 主梁参数标签页）

0 荷载工况	1 上部吊耳参数	2 主梁参数	3 梁端部	4 钢丝绳
主梁材质		Q235	净截面系数	0.95
钢材强度折减系数		1.00	容许长细比	150.00
计算长度系数 l_{ox}		1.00	计算长度系数 l_{oy}	1.00
截面塑性发展系数 γ_x		1.05	截面塑性发展系数 γ_y	1.20
截面模量折减系数		0.95	集中荷载增大系数 ψ	1.00
等效弯矩系数 β_{mx}		1.00	β_{tx}	1.00
			β_{my}	1.00
			β_{ty}	1.00
主梁截面形式：双中翼缘H型钢				<input checked="" type="checkbox"/> 上下吊耳相同

- 主梁材质：选择 Q235、Q355 等标准材质；
- 净截面系数：考虑螺栓孔截面削弱，取值 0.85~0.95；
- 计算长度系数 l_{ox}/l_{oy} ：按主梁端部约束设置面内/面外系数；
- 容许长细比、截面塑性发展系数：按规范要求设置限值。

4. 下部吊耳参数（5 下部吊耳参数标签页）

0 荷载工况	1 上部吊耳参数	2 主梁参数	3 梁端部	4 钢丝绳	5 下部吊耳参数
荷载工况					
垂直荷载 $W1$	10.0	吨	竖直夹角 α	0	°
动载系数 K_d	1.20		不平衡系数 K_u	1.125	
卸扣类型	<input checked="" type="radio"/> 国标卸扣	D型卸扣	卸扣强度	S(6)	
	<input type="radio"/> 美标卸扣		卸扣型号	16	t
耳轴径 D_r	50	mm	净空 S	100	mm
			<input type="checkbox"/> 带环板	<input type="checkbox"/> 带垫板	
					吊耳材质 Q235



- 勾选「上下同厚，同宽」：自动同步上下吊耳板厚、宽度，简化输入；
- 带垫板/带环板：按需勾选并设置尺寸；
- 未勾选同步选项时，可独立设置下部吊耳材质、板厚、销孔等全部参数。

阶段 2：设置几何参数与截面形式

在界面中部面板完成平衡梁几何尺寸与截面选型：

1. 主梁几何参数

主梁截面形式： 双中翼缘H型钢 上下吊耳相同

拉曼公式 截面拉剪计算 吊具级别 III级 安全系数 k_3 2.00

首位开始 尾数为0或5 自动设计 有限元分析

截面规格 SHM350x250

梁翼缘/支撑管壁厚 δ 14.00 mm 焊脚高度 F 14 mm

上部吊耳尺寸 有限元参数 下部吊耳参数

- 主梁截面形式：下拉选择标准截面/自定义截面；
- 截面规格：可选择标准规格，或点击「搜索」按钮，打开截面管理工具自定义；
- 组合截面可手动调整翼缘壁厚、焊脚高度等细节尺寸。

2. 绘图选型设置

- 可选带垫板/带加强板，设置垫板厚度 t_3 、端板厚度 t_4 ；
- 预留施工图绘制入口，参数确认后一键生成图纸。

阶段 3：执行验算，查看计算结果

参数填写完成后，点击界面中部「验算」按钮，软件自动完成内力分析与截面校核，实时输出结果：

- 1) 主梁计算结果：查看轴力 N 、弯矩 M 、稳定系数 Φ 、整体稳定应力、抗弯/抗剪强度、最大挠度等核心指标；

主梁		上部吊耳	绘图参数	下部吊耳				
最大长细比 λ_{max}	43.20	稳定系数 Φ	1.00	抗弯强度	179.95	Mpa		
X向稳定应力	172.08	Mpa	Y向稳定应力	132.29	Mpa	抗剪强度	0	Mpa
稳定应力	0	Mpa	最大挠度	8.12	mm	梁自重	937.57	Kg

- 2) 吊耳计算结果：切换标签页查看上部/下部吊耳孔承拉力、孔壁挤压应力、焊缝组合应力等；

主梁	上部吊耳	绘图参数	下部吊耳					
吊耳孔承拉FL	21.52	吨	1局部紧接承压应力	65.48	Mpa	扣体净空 S	125	mm
2孔壁抗拉应力	81.85	Mpa	3焊缝组合应力	139.13	Mpa	单耳自重	23.33	kg
4截面受拉		Mpa	5截面受剪		Mpa			

- 3) 结果判定：所有应力等指标小于许用设计值，即为设计满足要求。

阶段 4：手动优化与重新验算

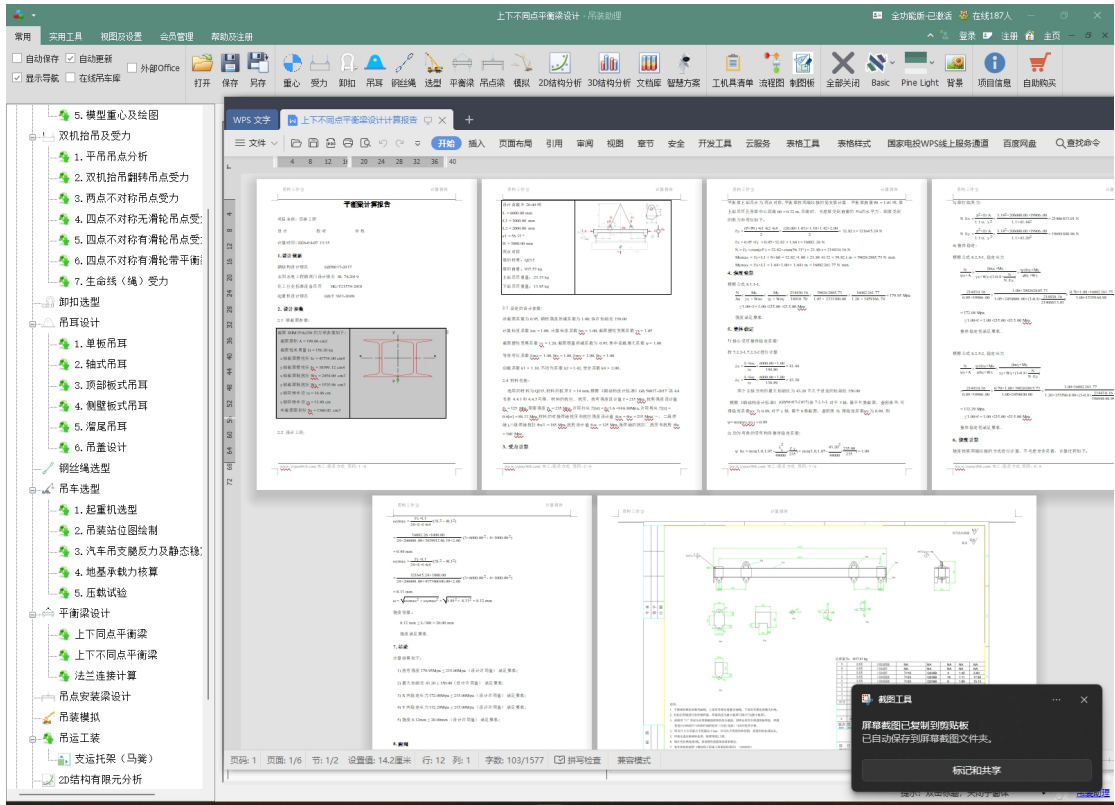
若验算结果不满足要求，调整参数后重新验算：

- 1) 调整截面：更换更大规格截面，或增加自定义截面板材厚度；
- 2) 优化几何：减小梁长 L、调整绳角 $e1/e2$ 、增加钩高 H；
- 3) 加强吊耳：勾选加强环板、加强板、垫板，增强局部刚度；
- 4) 修改材质：将 Q235 更换为 Q355 等高强度材质；
- 5) 每次修改后，重新点击「验算」直至全部指标合格。

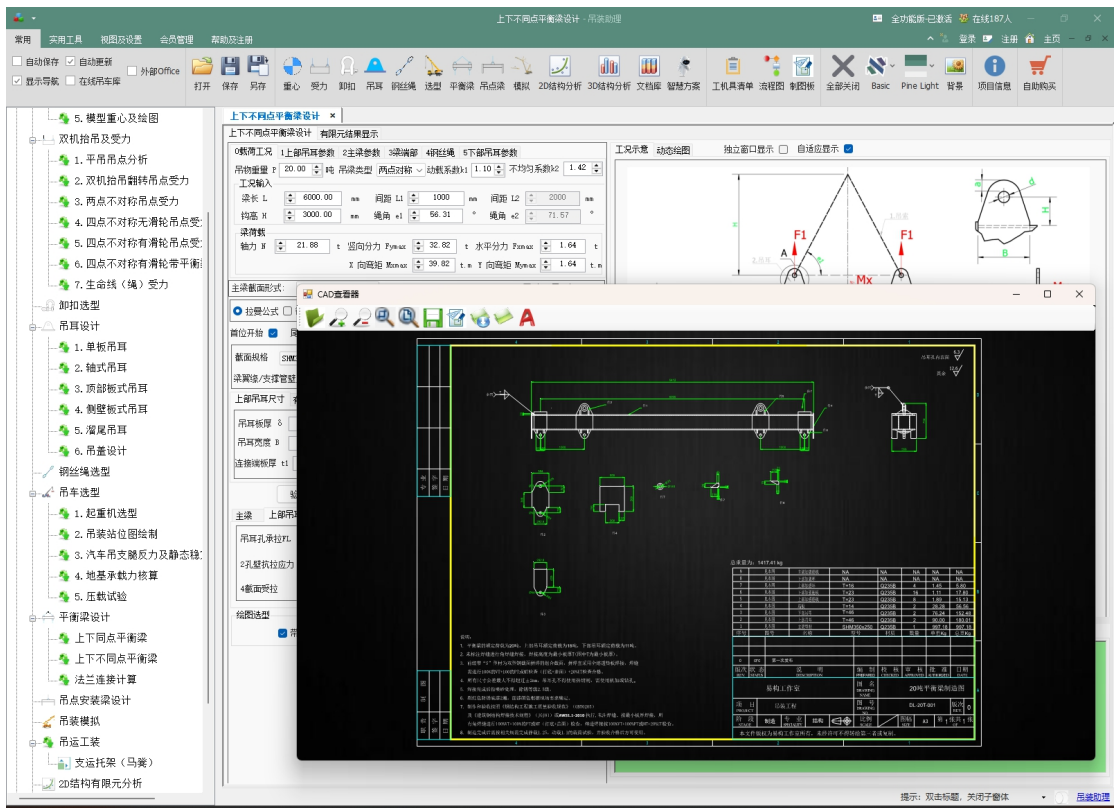
阶段 5：成果输出

验算合格后，通过界面下方按钮生成全套成果文件：

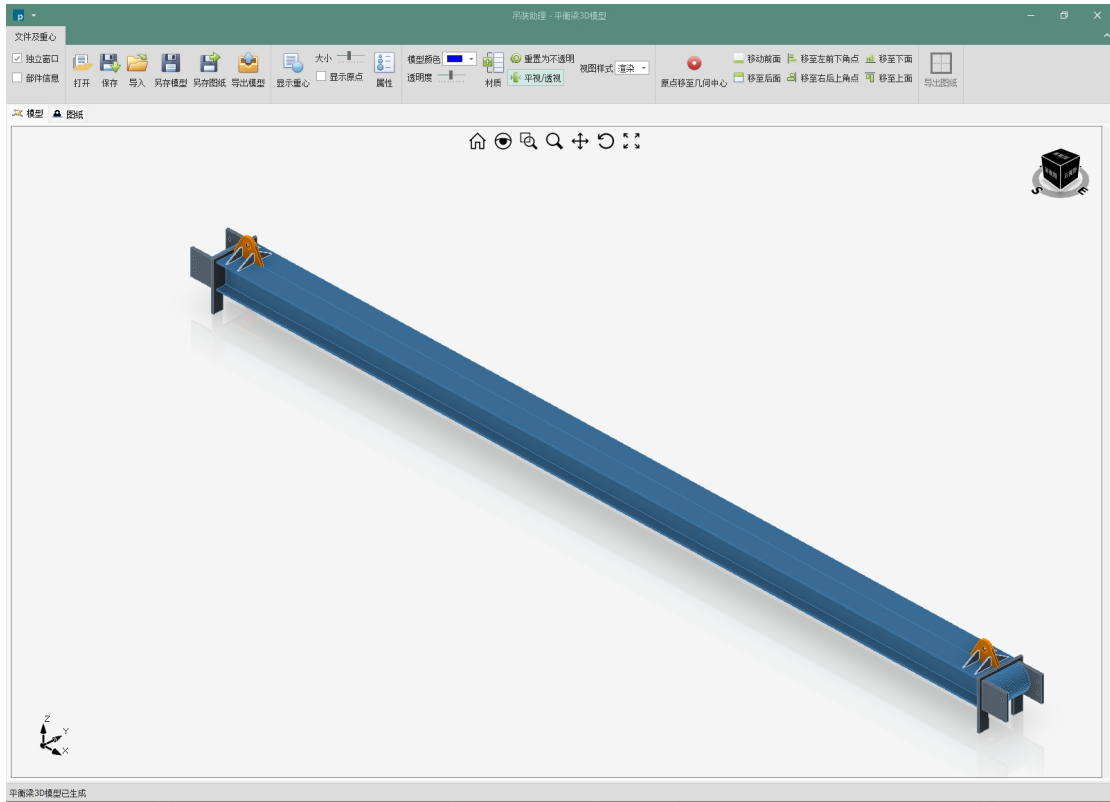
- 1) 计算书生成：分别导出梁、上部吊耳、下部吊耳 WORD 计算书（含规范依据、公式推导、结论）；



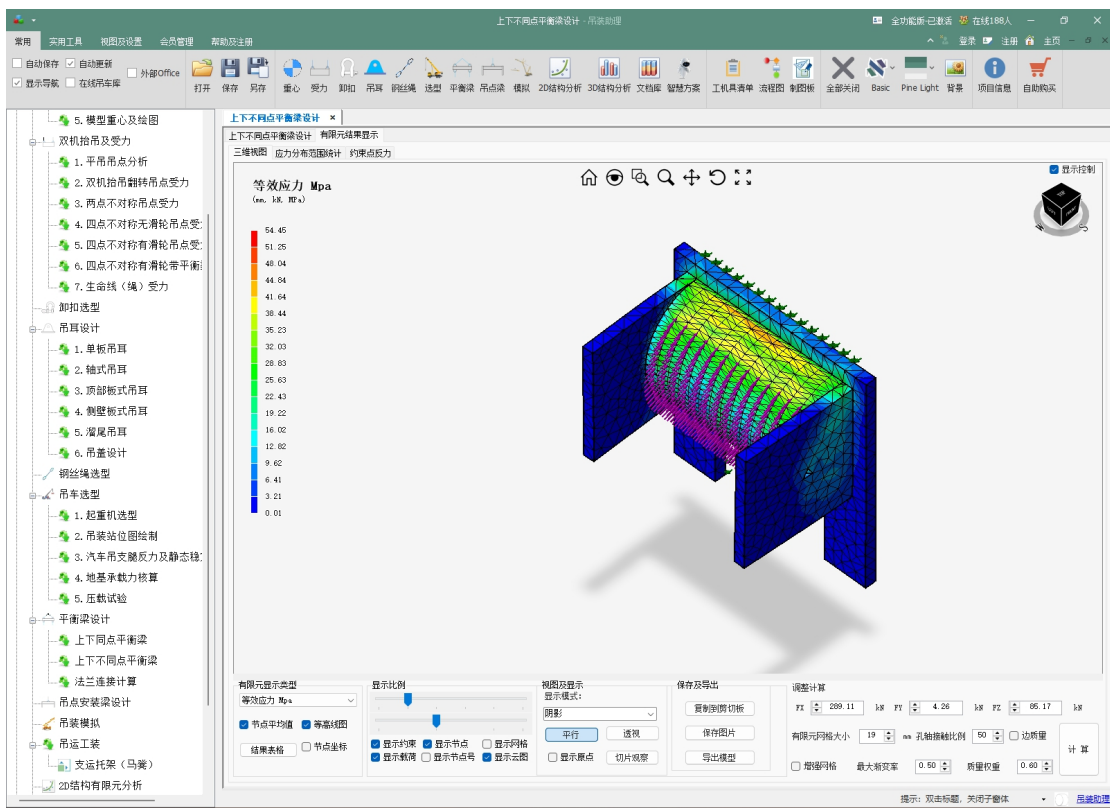
2) 施工图绘制：生成 CAD 总装图+部件详图，尺寸与设计参数精准匹配；



3) 三维模型绘制：导出 STEP/IGS 格式模型，用于其他软件装配、BIM 建模等；



4) 有限元分析：自动建模、划分网格，完成受力分析并展示结果；



5) 保存/打开：保存全参数工程文件，便于复查、修改与复用。

三、关键参数解释与介绍

参数类别	关键参数	含义与设置要点
荷载工况	吊物重量 P	总设计荷载，需包含设备自重、平衡梁下部吊具重量等全部荷载
	动载系数 k1	起升冲击系数，默认 1.10，重载/快速吊装可适当提高
	不均载系数 k2	多吊点荷载分配不均系数，默认 1.20
	绳角 e1/e2	上部/下部吊索与垂直方向夹角，直接决定梁轴向压力大小
主梁参数	截面形式	压弯构件优先选 H 型钢/箱型截面，轻载可选圆管截面
	计算长度系数	两端铰接取 1.0，两端固定取 0.5，反映端部约束强弱
吊耳参数	吊耳板厚 δ	吊耳承载力核心控制尺寸，直接影响受力安全性
	销孔直径 d	需与卸扣销轴匹配，预留 1-5mm 合理间隙
连接相关	卸扣型号/强度	选择强度后，软件自动匹配推荐值，必须与销孔直径一一对应
材质参数	主梁/吊耳材质	决定许用应力值，重载工况优先选用 Q355 及以上材质

四、设计要点与操作技巧

4.1 设计核心要点

- 1) **核心区分上下绳角**：本模块核心功能，必须按实际吊装方案精准输入上、下吊索绳角，二者轴向力计算逻辑不同，直接影响验算结果；

- 2) **截面选型适配工况**：小跨度轻载用圆管，大跨度重载用 H 型钢/箱型截面，兼顾受力与经济性；
- 3) **严控长细比指标**：受压平衡梁长细比为关键控制项，超限优先增大截面回转半径，而非单纯增加板厚；
- 4) **吊耳连接可靠性**：重载工况优先选用**对接熔透焊**，保证焊缝与母材等强。

4.2 操作技巧与建议

- 1) **善用自动设计功能**：手动调整前，先点击「自动设计」生成初始截面，再精细化优化，提升效率；
- 2) **批量同步吊耳参数**：上下吊耳设计一致时，勾选「上下同厚，同宽」，一键同步参数；
- 3) **重点关注组合应力**：平衡梁为压弯/拉弯构件，需重点核查稳定应力、毛截面屈服应力等组合指标；
- 4) **3D 模型辅助验证**：高危/大型吊装工程，导出 3D 模型进行吊装路径模拟、干涉检查。

五、常见问题处理

问题 1：验算显示「整体稳定应力」超限

解决方案：

- 1) 设置合理的主梁参数中计算长度系数；
- 2) 更换抗扭性能更好的截面（如箱型截面）；

问题 2：吊耳「孔壁抗拉应力」不满足，挤压应力满足

解决方案：无需增加吊耳板厚，优先增加吊耳板宽度 **B** 或增大孔壁厚度 **a**（减小销孔与板边距离）。

问题 3：快速查找标准截面

解决方案：点击截面规格右侧「搜索」按钮，打开截面管理工具，支持按类型、尺寸

筛选排序，可预览截面形状与参数。

六、注意事项

- 1) 本文档基于吊装助理 V1.4.0 版本编制，软件界面、功能以实际版本为准；
- 2) 自定义截面设计时，需保证截面面积、惯性矩等参数计算准确，避免验算结果失真；
- 3) 成果输出后，必须核对计算书、施工图、3D 模型关键尺寸（吊耳孔位置、梁长等）一致性，杜绝加工错误；
- 4) 核电站大件、超高超大件等高危吊装工程，设计完成后需组织专家论证，严格执行国家现行规范；
- 5) 所有验算结果仅作为设计参考，实际施工需结合现场工况复核调整。