

吊装助理上下同点平衡梁模块

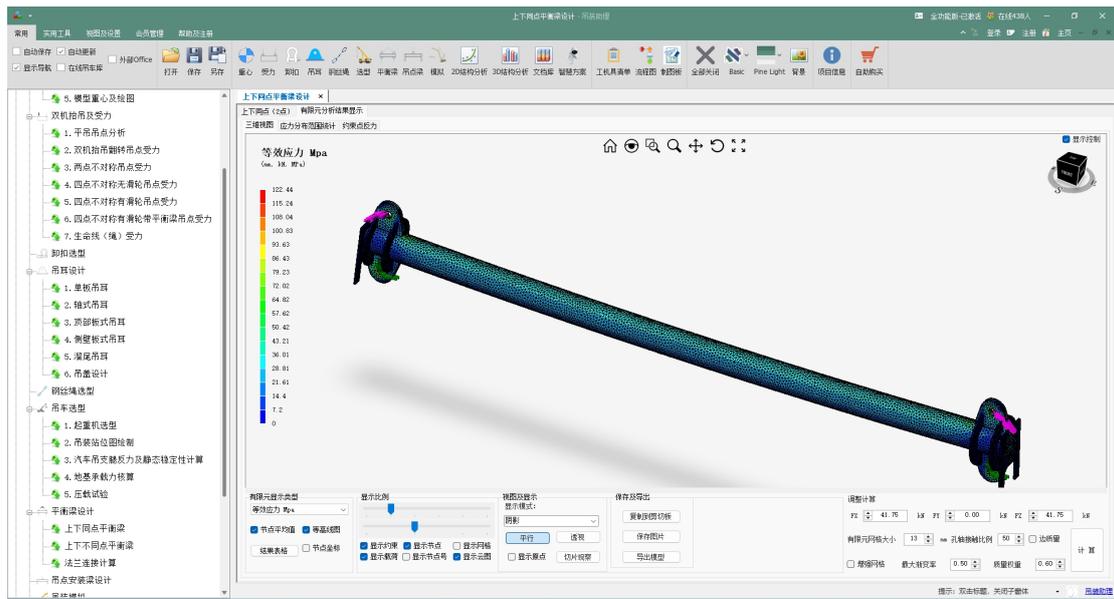
使用教程

一、功能介绍与使用场景



本模块是吊装工程中平衡梁（也称吊梁、横梁）的智能化设计核心工具。它基于“参数化设计+规范验算+全成果输出”的一体化架构，旨在解决传统平衡梁设计中截面选型繁琐、手工计算量大、出图效率低等痛点，实现从吊装载荷输入到加工制造的全流程自动化。

模块支持丰富的截面类型，集成了强大的截面库、自动选型、多工况验算及全成果输出功能，核心解决平衡梁在吊装过程中的整体稳定性、强度、刚度等校核难题，广泛适用于设备吊装、大型结构翻身等各类工程场景。



1.1 核心功能

- **丰富的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，并支持用户自定义圆管、矩形管、工字型、箱型等任意截面，满足各种设计需求。
- **智能参数化设计：**输入基本荷载和梁跨几何参数后，软件自动完成内力分析，并可根据用户选择的截面类型进行初步设计和强度校核。
- **多体系验算：**集成强度、整体稳定、局部稳定、刚度（挠度）等完整校核体系，严格遵循 GB50017 等钢结构设计规范。
- **复杂工况支持：**支持两点、四点等多种吊点布置方式，考虑动载系数和不均载系数，准确模拟实际吊装受力状态。
- **全专业成果输出：**一键生成三维施工模型（STEP/IGS 格式）、自动输出 CAD 加工图纸（DWG/DXF 格式）、生成详细 WORD 计算书（含公式推导、规范依据、应力云图），并可将计算结果导出 Excel 进行数据管理。

1.2 主要使用场景

- 压力容器、塔器、反应器等大型设备的吊装；
- 大型钢结构模块、预制构件的翻身和吊装；
- 需要增大吊装净空、避免吊索挤压设备的工况；
- 多吊点起吊时，用于均衡各吊点受力的吊装方案；

- 对现有平衡梁进行安全复核与评估。

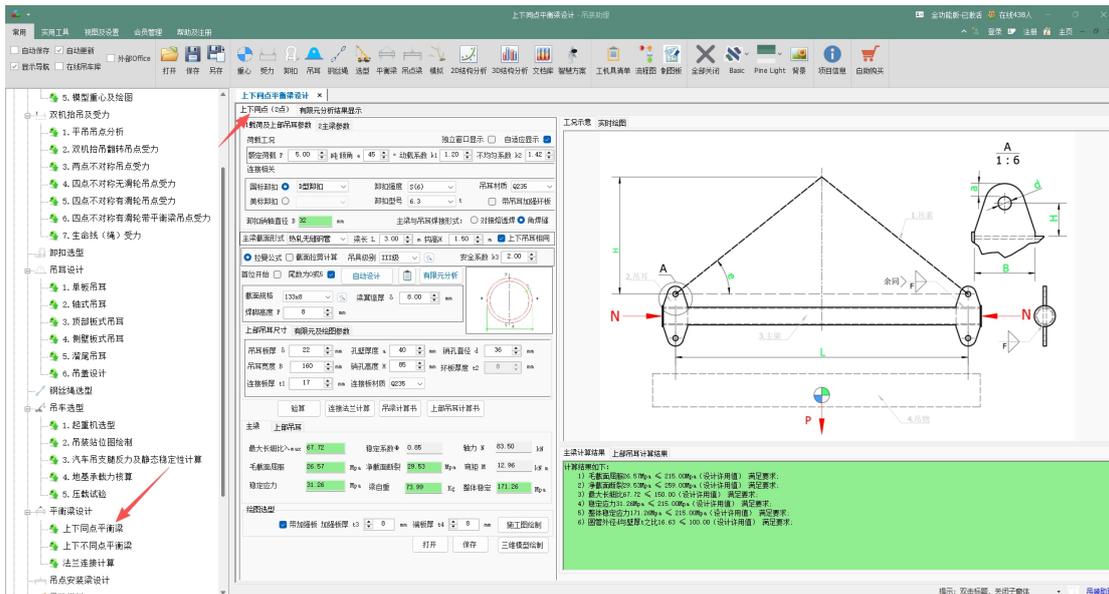
二、主要设计流程

设计流程分为参数输入→内力计算→截面选择与验算→结果确认→成果输出五大阶段，具体操作步骤如下：



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→吊耳设计→上下同点平衡梁”进入界面。首先，在界面左上角的“1 载荷及上部吊耳参数”和“2 主梁参数”标签页中完成以下设置：



1. 荷载工况（位于“1 载荷及上部吊耳参数”标签页）



- **额定荷载 P**：平衡梁承受的总垂直荷载（设备自重），单位“吨”，如图中示例值

5.00 吨。

- **倾角 e** : 吊索与垂直方向的夹角 ($^{\circ}$)，如图中示例值 45° 。角度越大，平衡梁承受的水平分力和轴向压力越大。
- **动载系数 k_1** : 考虑起吊冲击的动力放大系数，默认 1.10，动态或重载吊装可提高至 1.2。
- **不均载系数 k_2** : 多吊点时考虑荷载分配不均的系数，默认 1.20，根据吊点布置均匀性调整。

2. 连接相关（位于“1 载荷及上部吊耳参数”标签页）

连接相关			
国标卸扣 <input checked="" type="radio"/>	D型卸扣 <input type="text"/>	卸扣强度 S(6) <input type="text"/>	吊耳材质 Q235 <input type="text"/>
美标卸扣 <input type="radio"/>	<input type="text"/>	卸扣型号 6.3 <input type="text"/> t	<input type="checkbox"/> 带吊耳加强环板

- **卸扣类型**: 选择“国标卸扣”或“美标卸扣”。选择国标后，需进一步选择卸扣强度等级（如 M(4), S(6)）；选择美标后，需选择卸扣型号（如 G209(BW)）。软件会根据选择自动匹配推荐销轴直径。
- **卸扣销轴直径 D** : 显示或手动输入与卸扣匹配的销轴直径，直接影响上部吊耳销孔的设计。
- **吊耳材质**: 选择或自定义吊耳板的材质，如 Q235、Q355 等，软件将自动关联其抗拉、屈服强度。

3. 主梁参数（位于“2 主梁参数”标签页）

1 载荷及上部吊耳参数		2 主梁参数	
主梁材质	Q235 <input type="text"/>	净截面系数	0.90 <input type="text"/>
钢材强度折减系数	1.00 <input type="text"/>	容许长细比	150.00 <input type="text"/>
计算长度系数 l_{0x}	1.00 <input type="text"/>	计算长度系数 l_{0y}	1.00 <input type="text"/>

- **主梁材质**: 选择平衡梁主体的材质，如 Q235、Q355 等。
- **净截面系数**: 考虑螺栓孔等对截面的削弱，通常取 0.85~0.95。

- **钢材强度折减系数**：根据规范要求，对某些工况下的钢材强度进行折减。
- **计算长度系数 l_{ox} / l_{oy}** ：根据主梁两端的约束情况，设置面内和面外的计算长度系数。
- **容许长细比**：根据规范要求，设置受压或受拉构件的容许长细比限值。

阶段 2：设置几何参数与截面形式

在界面中部的面板中，完成平衡梁的总体几何尺寸和截面选择。

1. 主梁几何参数

- **主梁截面形式**：点击下拉框，从庞大的截面库中选择合适的类型，如“热轧无缝钢管”、“双宽翼缘 H 型钢”、“自定义箱型截面”等。这是本模块的核心优势之一。
- **梁长 L**：平衡梁两支点间的距离，单位米 (m)。
- **钩高 H**：吊耳孔中心到梁顶（或梁底）的垂直距离，用于确定吊耳板的高度。

2. 截面规格与尺寸（动态变化）

选择截面形式后，下方“截面规格”区域和“吊耳尺寸”标签页会动态更新。例如选择“热轧无缝钢管”后：

- **截面规格**：可直接从下拉框中选择标准规格，如“299x10”（外径 x 壁厚）。也可以点击右侧的“...”按钮，打开截面管理工具，浏览或自定义更多截面。
- **梁翼缘厚 δ / 焊脚高度 F** ：对于组合截面或自定义截面，需要手动输入板厚、焊缝高度等详细尺寸。
- **上部/下部吊耳尺寸**：切换到“上部吊耳尺寸”或“下吊耳参数”标签页，可精细调整吊耳板的板厚 δ 、宽度 B 、孔壁厚度 a 、销孔高度 H 、销孔直径 d 等所有几何细节。

阶段 3：点击“验算”，查看详细计算结果

完成上述参数填写后，点击界面中部的“验算”按钮。软件将自动进行内力分析和截面校核，并在右侧和下方面板中实时、详细地输出计算结果。

主梁		上部吊耳						
最大长细比 λ_{max}	67.72	稳定系数 Φ	0.85	轴力 N	83.50	kN		
毛截面屈服	26.57	Mpa	净截面断裂	29.53	Mpa	弯矩 M	12.96	kN·m
稳定应力	31.26	Mpa	梁自重	73.99	Kg	整体稳定	171.26	Mpa

主梁		上部吊耳						
吊耳孔承拉 FL	6.02	吨	1局部紧接承压应力	74.55	Mpa	扣体净空 S	63	mm
2孔壁抗拉应力	90.44	Mpa	3焊缝组合应力	139.69	Mpa	单耳自重	3.14	kg
4截面受拉		Mpa	5截面受剪		Mpa			

- **主梁计算结果**：在右侧“主梁计算结果”区域（或下方“主梁计算结果”标签页的 RichTextBox 中），可查看包括轴力 N 、弯矩 M 、稳定系数 Φ 、整体稳定应力、毛截面屈服应力、净截面断裂应力等核心指标。所有应力值均与材料许用值进行对比，并附有单位（MPa, kN, kN·m）。
- **吊耳计算结果**：切换到“上部吊耳”和“下部吊耳”标签页，可查看吊耳孔承拉 FL 、孔壁挤压应力、孔壁抗拉应力、焊缝组合应力等关键验算结果，确保吊耳连接部位的安全。
- **结论**：所有计算结果实时更新。当各项应力均小于对应的许用应力时，表示设计满足要求。否则，需返回调整参数。

阶段 4：手动优化与重新验算

若验算结果不满足要求（如应力超限、长细比过大），可手动调整关键参数后重新验算：

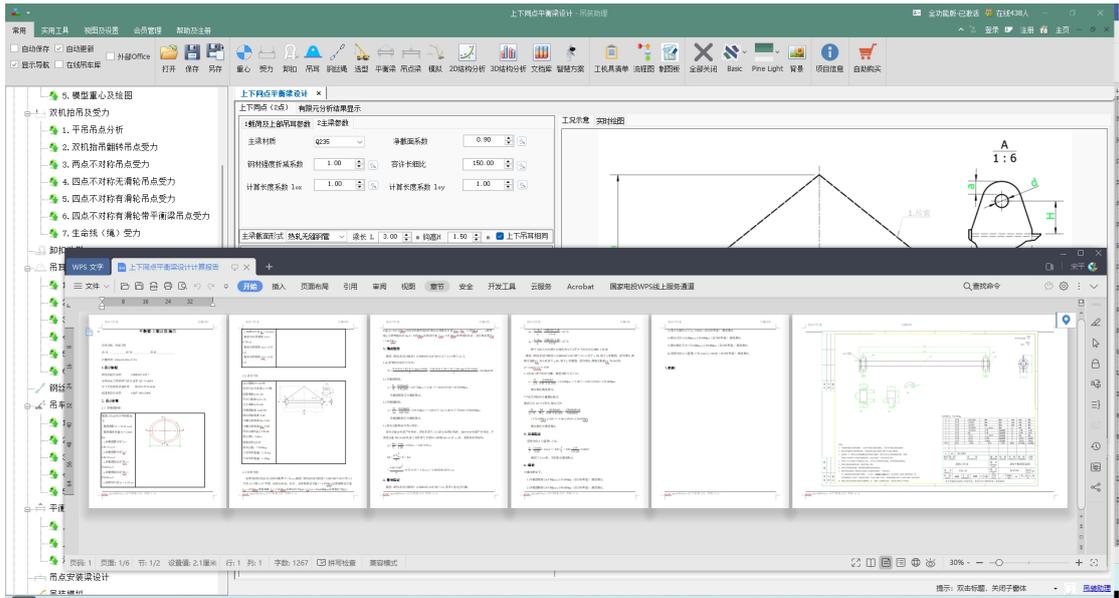
- **调整截面：**在“主梁截面形式”中选择更大规格的截面，或在“自定义截面”中增加板厚。
- **优化几何：**适当减小“梁长 L”或增加“钩高 H”以改善受力。
- **加强吊耳：**勾选“带吊耳加强环板”选项，并设置环板厚度 t_2 ，或在“绘图选型”分组框中勾选“带加强板”并设置厚度 t_3 ，以增强局部刚度。
- **修改材质：**将主梁或吊耳材质更换为强度更高的材料，如将 Q235 改为 Q355。

每次修改参数后，再次点击“验算”按钮，即可看到更新后的计算结果，直至所有指标“满足要求”。

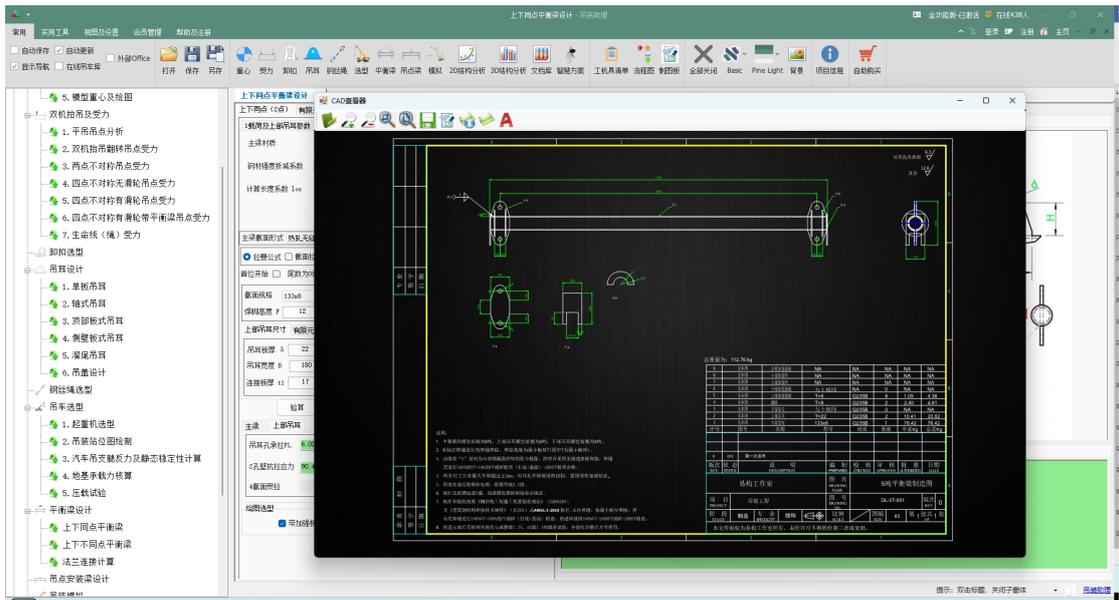
阶段 5：成果输出

设计验算通过后，即可通过界面下方的功能按钮生成全套成果文件，直接用于施工、报审及存档。

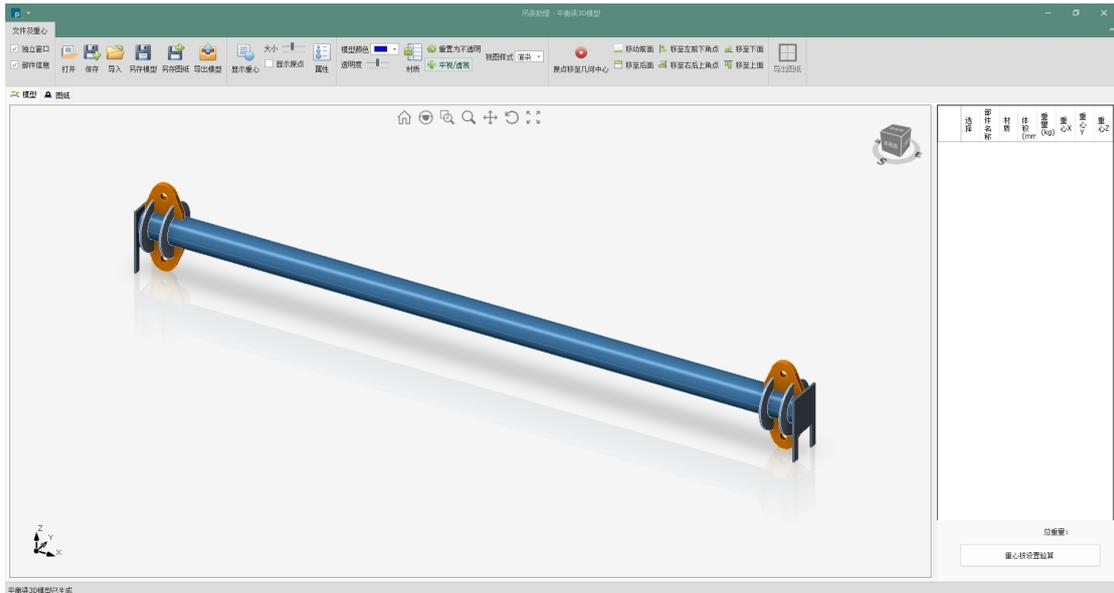
- **吊梁/吊耳计算书：**点击“吊梁计算书”、“上部吊耳计算书”或“下部吊耳计算书”，软件自动生成图文并茂的 WORD 文档。计算书包含设计规范、计算简图、详细的公式推导、中间计算过程、应力汇总表及最终结论，满足方案报审和专家论证需求。



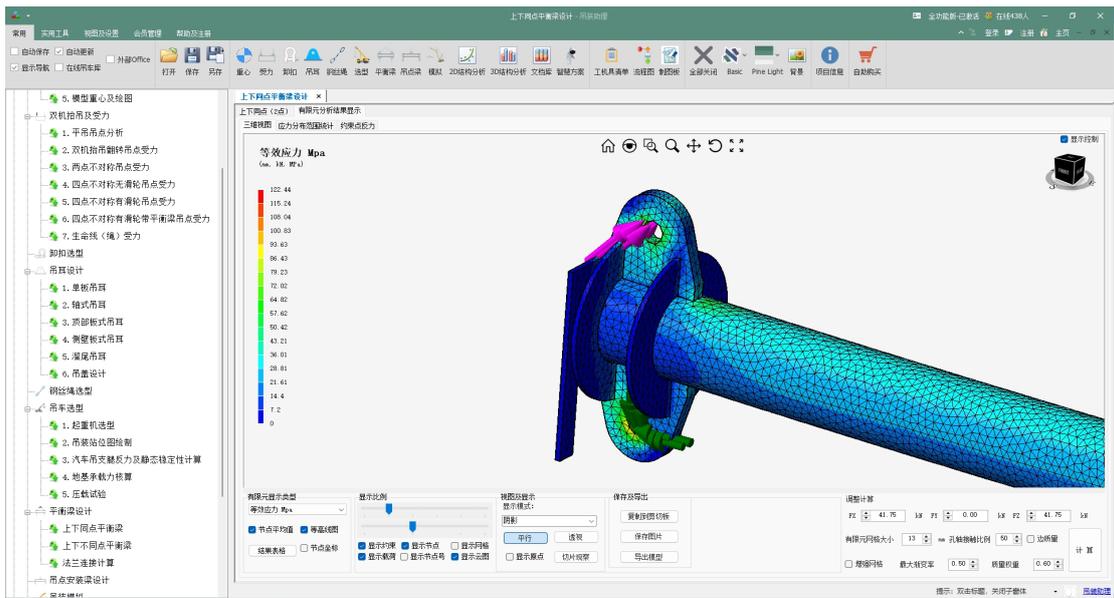
- **施工图绘制：** 点击“施工图绘制”按钮，自动生成 CAD 格式的平衡梁总装图和部件详图（DWG/DXF），所有尺寸与设计参数精准对应，可直接用于指导加工制造。



- **三维模型绘制：** 点击“三维模型绘制”按钮，生成 STEP/IGS 格式的三维实体模型，可用于吊装模拟、碰撞检查及 BIM 建模。



- **三维有限元分析：** 点击“有限元分析”按钮，自动建模，网格划分，设置约束和受力后进行有限元分析和显示结果。



- **保存与打开：** 通过“保存”和“打开”按钮，可将当前所有输入参数和计算结果保存为工程文件，便于后续复查或修改。

三、关键参数解释与介绍

3.1 设计核心参数

参数类别	关键参数	含义与设置要点
荷载工况	额定荷载 P	总设计荷载，需全面覆盖设备自重、吊具重量等。
荷载工况	动载系数 k1	起升冲击系数，默认 1.10，重载或快速吊装可适当提高。
主梁参数	截面形式	核心优势功能，根据受力特点选择。压弯构件可选 H 型钢或箱型，以钢管为主时可选圆管。
主梁参数	计算长度系数	反映端部约束强弱。两端铰接取 1.0，两端固定取 0.5，需根据实际连接情况选取。
吊耳参数	吊耳板厚 δ	影响吊耳承载力的核心尺寸。自动设计生成初始值后，可根据应力验算结果手动调整。
吊耳参数	销孔直径 d	需与选用的卸扣销轴直径匹配，并留合理间隙（通常 1-5mm），确保装配顺畅。
连接相关	卸扣型号/强度	必须与销孔直径匹配，软件关联数据库可自动匹配推荐值，避免人为错误。
材质参数	主梁/吊耳材质	直接决定材料的许用应力值。重载工况应优先选用 Q355 或更高强度钢材。

3.2 计算书报告关键参数

从软件生成的 WORD 计算书及界面结果区，需重点校核以下核心数据，确保工程安全：

关键参数	单位	规范依据/验收标准	意义
轴力 N	kN	内力分析结果	平衡梁承受的轴向压力或拉力，是后续稳定验算的基础。
弯矩 M	kN·m	内力分析结果	平衡梁承受的最大弯矩，通常位于跨中，是强度验算的基础。

整体稳定应力	MPa	GB50017	对于细长压弯构件，需重点校核其整体稳定性，应力值需小于稳定验算的许用应力。
毛截面屈服应力	MPa	GB50017	验算构件在最不利荷载组合下，是否会发生全截面屈服，需小于材料抗拉/抗压强度设计值。
吊耳孔壁挤压应力	MPa	GB50017	销轴与孔壁的接触应力，需小于材质的承压许用值，防止孔壁局部压溃。
长细比 λ	-	GB50017	反映构件柔度，需小于规范规定的容许长细比，防止构件在使用过程中发生过大的挠度或振动。

四、设计要点与操作技巧

4.1 设计核心要点

- ✓ **截面选择是关键：**根据荷载大小和跨度选择合适的截面。小跨度轻载可选用圆管或单根工字钢；大跨度重载应优先考虑 H 型钢或箱型截面，以获得更好的抗弯和抗扭性能。
- ✓ **长细比需严控：**对于受压的平衡梁，长细比是控制设计的关键指标。若长细比超限，应优先增大截面回转半径（如选择宽翼缘截面），而非单纯增加板厚。
- ✓ **吊耳与主梁连接：**吊耳与主梁的连接焊缝（焊脚高度 F）至关重要。重载工况下，建议优先选用“对接熔透焊”以确保焊缝与母材等强。若采用角焊缝，应确保其有足够的承载能力。
- ✓ **“上下吊耳相同”功能：**当上部吊耳和下部吊耳设计一致时，勾选此复选框，只需输入上部吊耳尺寸，系统会自动同步，大幅提升输入效率。

4.2 操作技巧与建议

- **善用截面库：**优先从标准截面库中选择规格，这些截面数据准确，且便于材料采购。对于特殊设计，再考虑使用“自定义截面”。

- **自动设计辅助**：虽然本模块以手动验算为主，但可以结合“自动设计”功能（如果在）快速生成一个初始尺寸，然后再进行精细化调整和验算，可以事半功倍。
- **重点关注组合应力**：平衡梁通常是压弯或拉弯构件，不能只看单项应力，需关注“稳定应力”和“毛截面屈服应力”等组合应力指标，它们才是真正的控制性指标。
- **3D 模型验证**：对于特别重要的吊装工程，在生成 2D 图纸后，建议导出 3D 模型，进行吊装路径模拟和干涉检查，确保设计的可实施性。

五、常见问题处理

Q：验算结果显示“整体稳定应力”超限怎么办？

A：这是平衡梁最常见的失效模式。解决方法：1) 在“主梁参数”中检查并减小“计算长度系数”；2) 更换截面形式，选用截面宽度更大、抗扭性能更好的截面（如箱型截面）；3) 在梁的侧向增设支撑点，减小自由长度。

Q：吊耳“孔壁抗拉应力”不满足要求，但“挤压应力”满足，如何优化？

A：孔壁抗拉应力不足，说明吊耳板的宽度 B 或孔壁厚度 a 不够。可优先增加吊耳板宽度 B ，或适当增加孔壁厚度 a （即减小销孔与板边的距离），而无需增加整个吊耳板的厚度。

Q：如何快速查找我需要的标准截面？

A：点击截面规格右侧的“查看”按钮，打开截面管理工具。该工具支持按截面类型、尺寸范围进行筛选和排序，并能直观地预览截面形状和参数，方便快速定位所需规格。

截面 133x8的力学参数如下:

- 截面面积 $A = 31.42 \text{ cm}^2$
- 截面每米质量 $G = 24.66 \text{ kg}$
- x轴截面惯性矩 $I_x = 616.11 \text{ cm}^4$
- y轴截面惯性矩 $I_y = 616.11 \text{ cm}^4$
- x轴截面抵抗矩 $W_x = 92.60 \text{ cm}^3$
- y轴截面抵抗矩 $W_y = 92.60 \text{ cm}^3$
- x轴回转半径 $i_x = 4.43 \text{ cm}$
- y轴回转半径 $i_y = 4.43 \text{ cm}$
- 每米内外表面积 $AA = 0.79 \text{ m}^2$
- 每米内表面积 $As = 0.37 \text{ m}^2$
- 每米外表面积 $Ae = 0.42 \text{ m}^2$
- 重量计算: 1.00m 型材重量 $W = 24.66 \text{ kg}$
- 内外表面积为: 0.79 m^2

型材	d mm	t mm	A cm ²	G kg/m	Ix cm ⁴	Iy cm ⁴	Ix cm ³	Iy cm ³	ix mm	iy mm	tr mm
133x8	133.00	4.00	16.21	12.73	337.43	337.43	50.73	50.73	4.56	4.56	0.00
133x4.5	133.00	4.50	18.17	14.26	376.42	376.42	56.43	56.43	4.65	4.65	0.00
133x6	133.00	6.00	20.11	15.78	412.40	412.40	61.98	61.98	4.73	4.73	0.00
133x5.5	133.00	5.50	22.03	17.29	448.50	448.50	67.41	67.41	4.81	4.81	0.00
133x6.5	133.00	6.50	23.94	18.79	483.72	483.72	72.70	72.70	4.90	4.90	0.00
133x7	133.00	7.00	25.83	20.28	518.07	518.07	77.87	77.87	4.98	4.98	0.00
133x7.5	133.00	7.50	27.71	21.75	551.58	551.58	82.90	82.90	5.06	5.06	0.00
133x8	133.00	8.00	29.57	23.21	584.25	584.25	87.81	87.81	5.14	5.14	0.00
140x4.5	140.00	4.50	19.16	15.04	440.12	440.12	62.04	62.04	4.79	4.79	0.00
140x5	140.00	5.00	21.21	16.65	483.76	483.76	69.07	69.07	4.78	4.78	0.00
140x5.5	140.00	5.50	23.24	18.24	526.40	526.40	75.16	75.16	4.76	4.76	0.00
140x6	140.00	6.00	25.26	19.83	568.06	568.06	81.11	81.11	4.74	4.74	0.00
140x6.5	140.00	6.50	27.26	21.40	608.76	608.76	86.92	86.92	4.73	4.73	0.00
140x7	140.00	7.00	29.25	22.96	648.51	648.51	92.60	92.60	4.71	4.71	0.00

六、注意事项

- 本教程基于吊装助理 V1.4.0 版本编写，具体操作请以实际软件界面及版本更新内容为准。
- 在进行自定义截面设计时，请确保输入的截面几何参数（如面积、惯性矩）计算准确，否则将严重影响验算结果的正确性。
- 成果输出后，务必核对计算书中的尺寸与施工图、3D 模型的尺寸是否完全一致，特别是吊耳孔位置、梁长等关键装配尺寸，避免出现加工错误。
- 对于核电站大件吊装、超高、超大件等特殊或高危吊装场景，设计完成后建议组织专家论证，并严格遵循国家现行相关规范（如 GB50017）的要求。