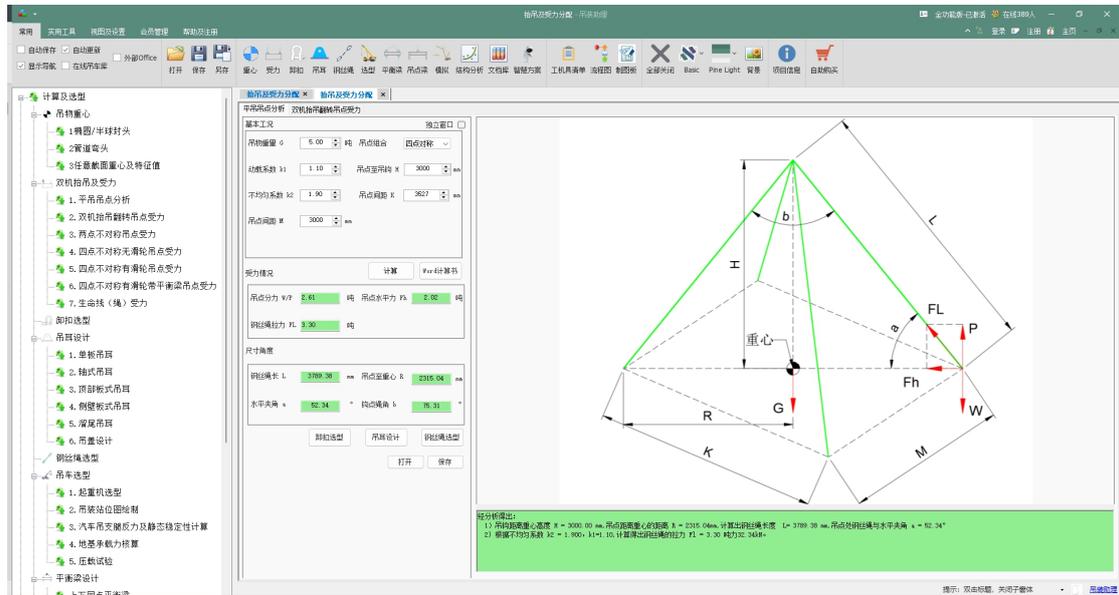


平吊吊点受力分析模块使用教程

一、功能介绍与使用场景



本模块是吊装设计中的核心计算工具，专门用于对单台吊车、多点吊装重物（如两点、三点、四点对称）工况进行快速、高效的吊点受力计算。其核心方法是：将吊物总重按吊点数量近似均匀分配，再叠加动载与不均衡系数，以此快速估算单个吊点的最大计算载荷，从而确保吊装安全。

该模块主要功能包括：

1. 多种工况覆盖：支持两点、三点、四点及更多点的对称吊装分析，适应各类物项的吊装需求。
2. 一键生成计算书：可自动生成图文并茂、包含计算公式的 Word 格式计算书，直接用于方案报审与存档。
3. 数据无缝流转：计算结果（吊点力、钢丝绳拉力）可一键传递至软件的“卸扣选型”“吊耳设计”“钢丝绳选型”模块，实现从分析到选型的全流程自动化。
4. 可视化受力图解：实时生成吊装示意图，直观展示吊点、重心、钢丝绳角度及各分力的矢量关系。

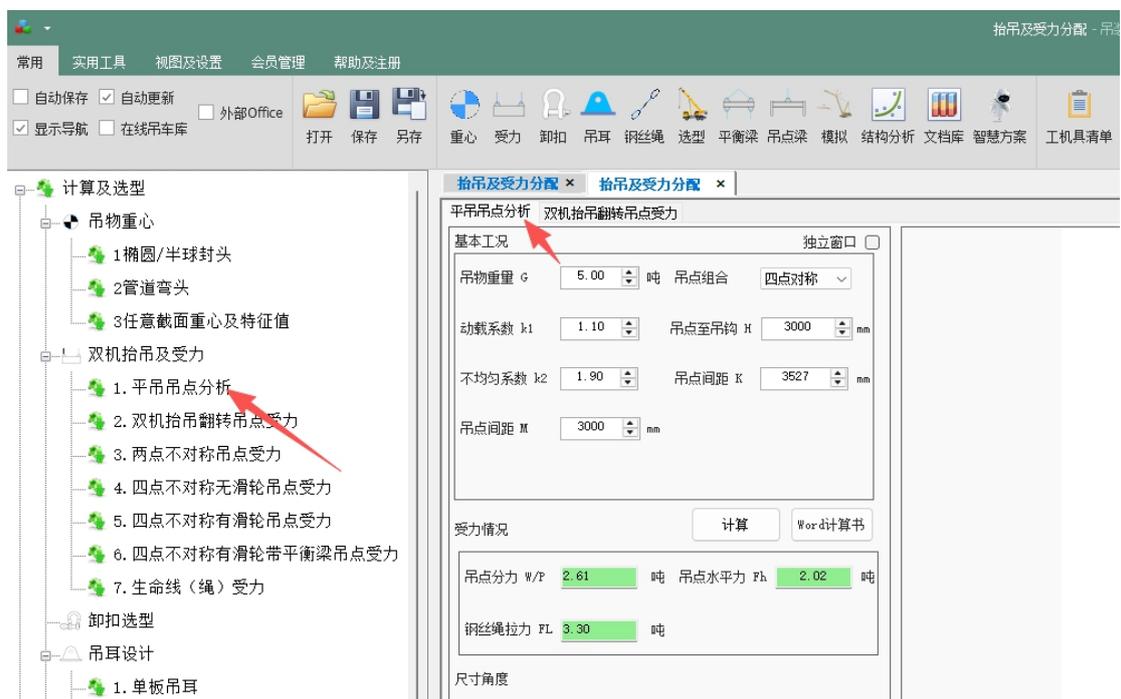
主要使用场景：

- 方案初步设计：在方案初期，快速评估吊点受力，为选择吊耳形式、钢丝绳和卸扣规格提供关键输入数据。
- 简化计算替代：避免对常规、规则吊物进行复杂的有限元分析，大幅降低设计门槛、缩短计算周期。
- 吊装安全校核：通过调整动载、不平衡系数，模拟不同工况下的安全余量，确保吊装安全。
- 技术交底与培训：生成的示意图和计算书，可作为对施工人员进行技术交底和吊装原理培训的直观材料。

二、操作流程

第 1 步：选择模块与设定基本工况

1.1 打开软件，在左侧树形导航栏中，展开“计算及选型”>“双机抬吊及受力”，选择“1.平吊吊点分析”。



1.2 在中间“基本工况”参数区，根据吊装方案输入基础数据：

基本工况 独立窗口

吊物重量 G 吨 吊点组合

动载系数 k1 吊点至吊钩 H mm

不均匀系数 k2 吊点间距 K mm

吊装点数 n

吊点间距 R mm

受力情况 计算 Word计算书

- 吊物重量 G：被吊设备或构件的总重量（单位：吨）。
- 吊装点数 n：选择或输入吊点的数量（如 2、3、4）。
- 动载系数 k1：考虑起升冲击的系数，通常取 1.1。
- 不平衡系数 k2：考虑各吊点受力不均的系数，根据吊点数量和钢丝绳角度自动按推荐规范 GB/T 16762 选取。

| 两肢对应吊索间的夹角 α | 单肢吊索与垂直方向之间的夹角 β | 额定工作载荷计算系数 K^* | | |
|------------------------------------|----------------------------------|------------------|-----|-----|
| | | 单肢吊索数量 | | |
| | | 两肢 | 三肢 | 四肢 |
| $\alpha \leq 90^\circ$ | $\beta \leq 45^\circ$ | 1.4 | 2.1 | 2.1 |
| $90^\circ < \alpha \leq 120^\circ$ | $45^\circ < \beta \leq 60^\circ$ | 1.0 | 1.5 | 1.5 |

* 适用于被吊物的重心与吊索的中心线基本在同一垂直线上的情况。

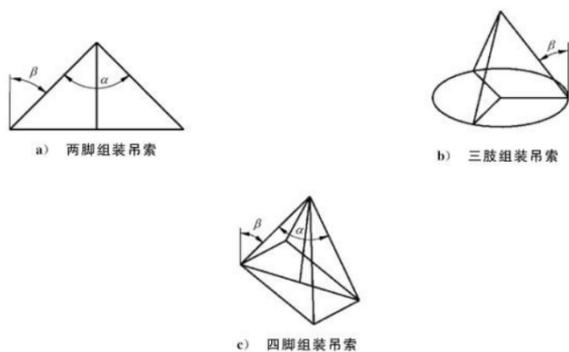


图3 多肢组装吊索的夹角

等效换算为倒数如下：

| 表2 不均匀系数 | | 额定工作载荷计算系数 | | |
|------------------------------------|----------------------------------|------------|-----|-------|
| 两对应吊索间的夹角 α | 竖向角度（夹角） β | 单肢吊索数量 | | |
| | | 两肢 | 三肢 | 四肢 |
| $\alpha \leq 90^\circ$ | $\beta \leq 45^\circ$ | 0.7 | 0.7 | 0.525 |
| $90^\circ < \alpha \leq 120^\circ$ | $45^\circ < \beta \leq 60^\circ$ | 0.5 | 0.5 | 0.375 |

注1：如果每肢吊索均匀地分布载荷，则表2所给出的系数和额定工作载荷才是正确的。
注2：主吊环和中间环设计仅在规定的夹角 α 范围内，例如 $0^\circ \sim 90^\circ$ 能起吊标记在吊索上的额定工作载荷；在大于 90° 夹角时，它们不应用来承受更大载荷。

- 吊点至吊钩 H：吊钩顶点到吊点销轴中心的垂直高度。
- 吊点间距 K：对称吊点时，为两吊点间的水平距离。
- 吊点间距 M：对称吊点时，为两吊点间的深度方向距离。
- 吊点间距 R：对称吊点时，为吊点和重心在水平面上的投影距离。

第 2 步：执行计算与分析结果

2.1 点击“计算”按钮，软件将自动完成所有力学计算。

2.2 查看“受力情况”区域的关键结果：

- 吊点分力 W/P：作用在单个吊点上的垂直计算载荷（已含系数）。
- 钢丝绳拉力 FL：单根钢丝绳承受的最大拉力。
- 吊点水平力 Fh：由钢丝绳角度引起的水平分力，对吊耳设计至关重要。

受力情况

计算 Word计算书

吊点分力 W/P 2.09 吨 吊点水平力 Fh 2.09 吨

钢丝绳拉力 FL 2.96 吨

2.3 查看“尺寸角度”区域，获得长度和角度数据：

- 钢丝绳长 L、水平夹角 a，吊钩处钢丝绳角度 b 等数据。

尺寸角度

钢丝绳长 L 4242.64 mm 吊点至重心 R 3000.00 mm

水平夹角 a 45.00 ° 钩点绳角 b 90.00 °

卸扣选型 吊耳设计 钢丝绳选型

打开 保存

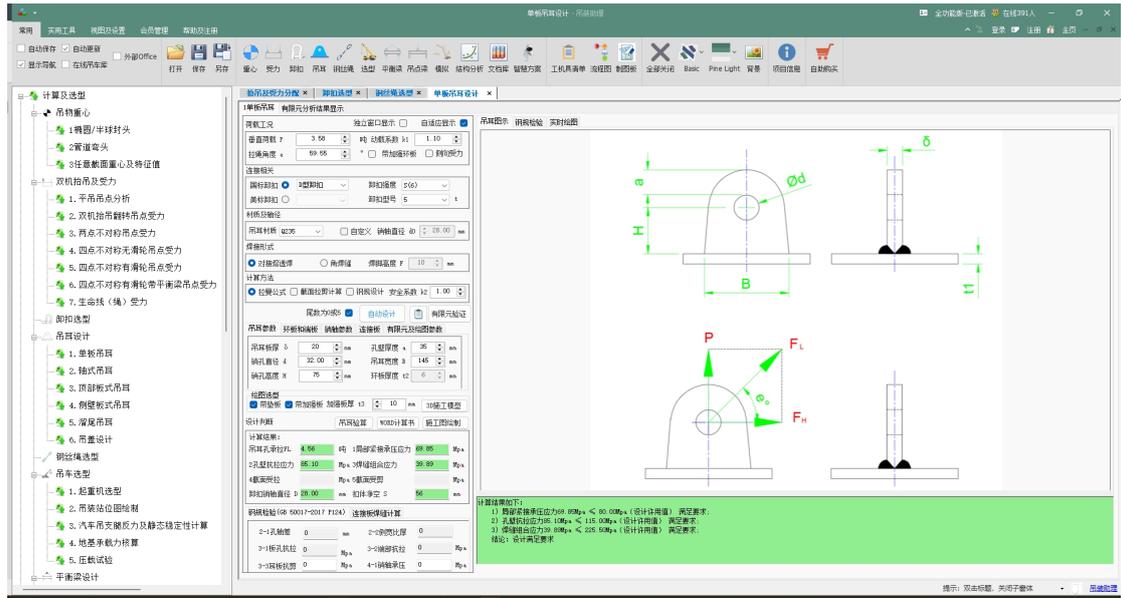
第 3 步：输出与存档

3.1 生成计算书：点击“Word 计算书”按钮，软件将自动生成包含输入参数、计算过程、公式、示意图及结果的完整计算报告。

3.2 保存项目：使用工具栏的“保存”功能，将当前计算工况及结果保存为项目文件，便于后续修改或复盘。

第 4 步：计算结果传递

结果应用：计算完成后，可直接点击下方的“卸扣选型”，“吊耳设计”，“钢丝绳选型”选项卡。软件会自动将当前计算出的吊点分力 (W/P) 和动载系数 k1 和钢丝绳角度等信息填入对应模块作为设计载荷，实现一键选型。



三、参数详解

1. 核心输入参数

| 参数 | 符号 | 含义与取值建议 |
|-------|----|--|
| 吊物重量 | G | 被吊物的实际总重。需考虑附梁、保温等所有附属重量 |
| 动载系数 | k1 | 考虑起升、下降时惯性力的系数。一般取 1.1；对于紧急启停或易晃动物件，可适当提高 |
| 不平衡系数 | k2 | 考虑各吊点实际受力可能不均匀的安全系数。见 1.2 说明。若吊点处有调整措施，如调节拉杆，倒链等，可将不平衡系数调整至 1.1-1.4。 |
| 吊点至吊钩 | H | 决定钢丝绳夹角的关键尺寸。H 值越小，夹角越大，水平分力越大 |
| 吊点间距 | K | 吊点之间的水平距离。对于对称吊装，通常为两外侧吊点的距离 |

| | | |
|------|---|-------------------------|
| 吊点间距 | M | 对称吊点时，为两吊点间的深度方向距离。 |
| 吊点间距 | R | 对称吊点时，为吊点和重心在水平面上的投影距离。 |

2. 关键计算结果

| 参数 | 符号 | 含义与工程应用 |
|-------------|----------|---|
| 吊点分力 (计算载荷) | W/P | 单个吊点需要承受的垂直设计载荷。公式： $W/P = (G * k1 * k2) / n$ 。此值是吊耳设计、卸扣选型的直接依据 |
| 钢丝绳拉力 | FL | 单根钢丝绳承受的最大拉力。根据吊点分力 W/P 和钢丝绳夹角 α 计算得出。此值是钢丝绳选型的直接依据 |
| 吊点水平力 | Fh | 钢丝绳拉力在水平方向的分力。 $Fh = FL * \cos(\alpha)$ 。此力对吊耳的焊缝、母材抗剪及设备局部稳定性有重要影响 |
| 钢丝绳与水平夹角 | α | 夹角越小，水平力 Fh 越大，对设备越不利。通常要求 $\alpha \geq 45^\circ$ ，理想状态为 60° |
| 吊钩处钢丝绳夹角 | β | 夹角越小，需要的高度就越高，钢丝绳受力就小。夹角越大，钢丝绳受拉力就大。当大于 90° 后，容易脱钩。因此建议此角度不大于 90° 。 |

3. 计算原理说明

- 近似均匀分配：假设所有吊点平均分担吊物重量，即每个吊点的理论垂直力 = G / n 。
- 系数放大法：通过引入 $k1$ （动载）和 $k2$ （不均衡）两个经验系数，将理论力放大为一个更保守的设计计算载荷，以覆盖实际作业中的各种不确定因素。此法在工程中广泛应用，兼顾了安全性与计算效率。

四、操作技巧与建议

1. 系数选取是核心：结果的可靠性很大程度上取决于 k_1 和 k_2 的合理选取。
 - 对于重心明确、刚度大的规则构件，且有调平措施，吊钩处钢丝绳角度较小， k_2 可取小值（1.1-1.4）；
 - 对于重心估算难，柔软或易变形的构件，且吊钩处钢丝绳角度大，无调平措施， k_2 应取大值（1.4-2.67）。
3. 链式设计 workflow：充分利用“结果直接传递”功能。完成受力分析后，直接点击“吊耳设计”，载荷已自动带入，可快速进行吊耳板厚、焊缝等计算；同理进行卸扣和钢丝绳选型，形成高效闭环。
4. 生成计算书存档：在任何正式方案中，都应点击“Word 计算书”，生成包含所有假设、公式和结果的文件，作为可追溯的技术文档。
5. 从简单案例开始验证：初次使用时，可设定一个简单工况（如两点吊， $G=10t$ ， $k_1=1.1$ ， $k_2=1.1$ ， H 足够大），用手算验证软件输出的吊点分力（应为 $10 \times 1.1 \times 1.1 \div 2 = 6.05t$ ），以熟悉软件逻辑。

五、常见问题解答 (FAQ)

Q1: 不均衡系数 k_2 到底该如何取值？有没有明确规范？

A1: k_2 的取值更多依赖于工程经验和推荐规范的参考，无强制规范要求。它综合反映了吊点布置、结构刚度、吊索具调平能力等因素。建议：① 参照同类项目经验；② 在方案中明确说明取值依据；③ 对于关键或高风险吊装，在计算书基础上，建议用有限元分析进行复核。

Q2: 软件计算出的“吊点分力”和“钢丝绳拉力”是什么关系？我应该用哪个值去选卸扣？

A2: 吊点分力 (W/P) 是垂直作用在吊点销轴上的力。钢丝绳拉力 (FL) 是斜拉的钢丝绳承受的合力，其垂直分量等于 W/P 。关系为： $FL = W/P / \sin(a)$ 。

当进行卸扣，钢丝绳选型和吊耳设计时，为避免动载系数重复，传递的垂直力 W 或 P

会除以动载系数 k_1 。

Q3: 对于四点吊，如果我的设备是长方形，吊点不对称布置，这个模块还能用吗？

A3: 本“平吊吊点分析”模块主要适用于吊点对称布置的情况。对于吊点不对称布置（如设备重心偏置），您需要使用本软件导航栏中更高级的模块，例如“四点不对称（无/有滑轮）吊点受力”模块，它可以考虑重心位置对各个吊点受力的不同影响。

Q4: 计算结果可以直接作为最终设计依据吗？

A4: 本模块提供的是一种快速估算方法，适用于大部分常规吊装方案的吊点受力计算和工器具快速选型。对于以下情况，建议进行更精确的分析（如软件内提供的 2D/3D 结构有限元模块）：

- 吊装物价值极高或风险极大。
- 设备本体结构薄弱（如薄壁容器、大型玻璃钢件）。
- 吊点位于设备非加强部位，需要详细评估局部应力。