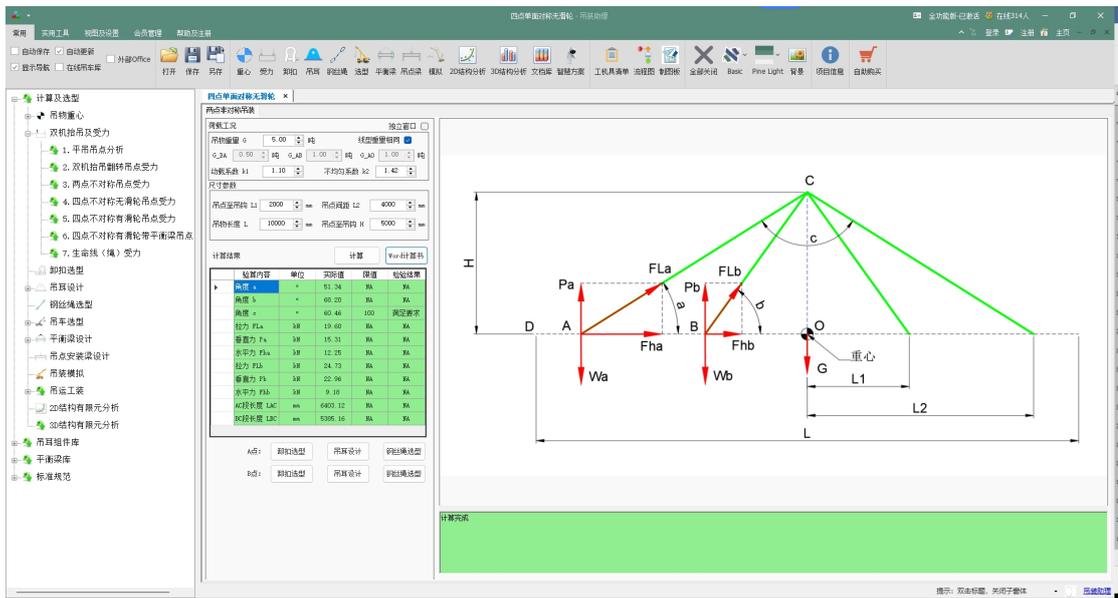


四点不对称无滑轮吊点受力分析模块使用教程

一、功能介绍与使用场景

本模块是处理四点吊装超静定结构的核心专业工具，专门用于解决吊点空间位置不对称、吊物重量非均匀分布（线性重量不同）时，四根钢丝绳及吊点的精确受力计算。它通过独创的分配算法，有效解决了传统有限元方法在此类问题中建模复杂、边界条件难以准确设定的痛点。



本模块的主要功能包括：

- 1. 独创超静定求解：**基于实际吊装约束条件与力平衡原理，采用独创算法计算四点不对称吊装中各钢丝绳的真实拉力，确保计算模型贴合工程实际。

2. **处理非均布荷载**：可分别定义吊物不同区段的线载荷重量（如 G_{DA} , G_{AB} , G_{BC} ），精确模拟设备带有偏心附件、非均质或重量非连续分布的情况。
3. **一键生成专业计算书**：自动生成包含详细计算模型、公式、过程及结果的 Word 计算书，直接用于方案报审。
4. **结果智能流转**：计算得出的各吊点受力（ P_a , P_b , FL_a , FL_b 等）可一键传递至对应的“卸扣选型”、“吊耳设计”、“钢丝绳选型”模块。

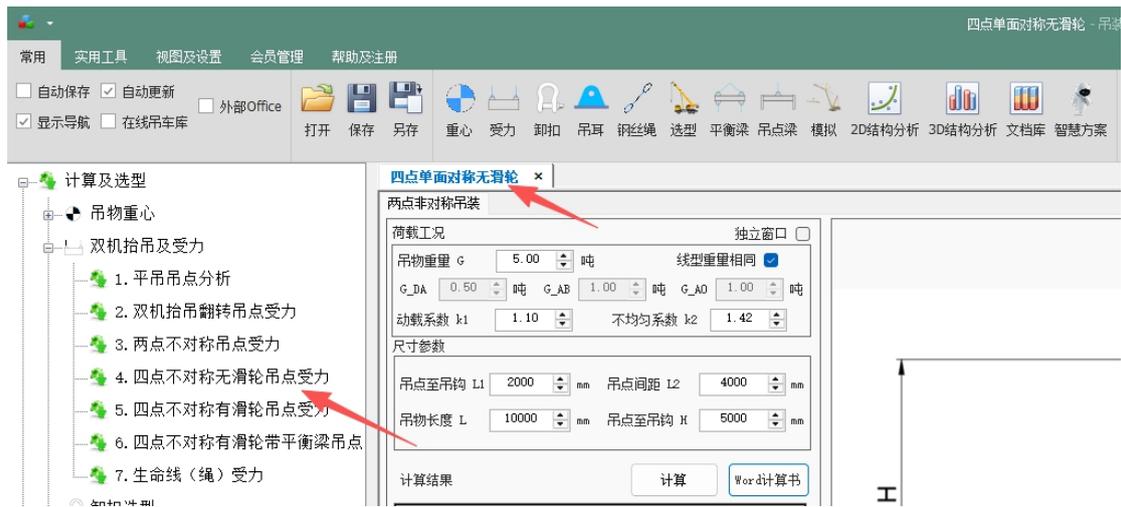
主要使用场景：

- 车间重型设备平衡梁吊装：精确计算平衡梁下四根钢丝绳的长度与受力，确保全部张紧、均匀承重，避免“虚吊”。
- 大型偏心结构件吊装：如重心偏移的箱体、带有大型侧向附件的设备。
- 非均质长构件吊装：如密度变化的预制梁、沿长度方向结构不同的桁架。
- 狭窄空间避障吊装：因现场障碍物限制，四个吊钩无法对称布置时。

二、操作流程

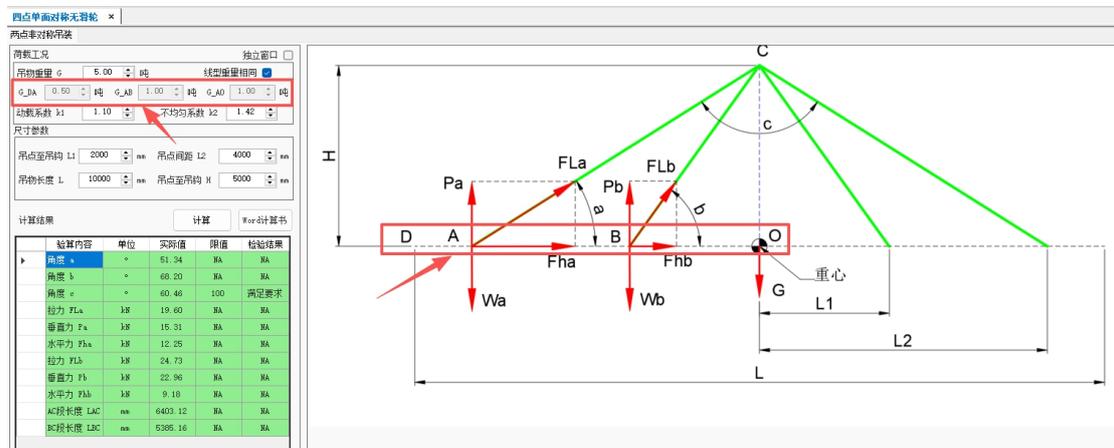
第 1 步：进入模块并选择荷载模式

1.1 在软件左侧导航栏，依次展开“计算及选型”->“抬吊及受力”，点击“4. 四点不对称无滑轮吊点受力”进入模块。



1.2 在“荷载工况”区域，设定总重与分布模式：

- 吊物重量 G ：输入设备总重。
- 线型重量：勾选“线型重量相同”则视为均布荷载；取消勾选则可分别在 G_{DA} 、 G_{AB} 、 G_{BC} 字段中输入设备不同分段（对应吊点间区域）的重量，以模拟非均布荷载（如下图）。



第 2 步：输入关键参数并执行计算

2.1 在“尺寸参数”区域输入关键几何尺寸：

荷载工况 独立窗口

吊物重量 G 吨 线型重量相同

G_DA 吨 G_AB 吨 G_AO 吨

动载系数 k1 不均匀系数 k2

尺寸参数

吊点至吊钩 L1 mm 吊点间距 L2 mm

吊物长度 L mm 吊点至吊钩 H mm

计算结果

- 吊点至吊钩 L1：吊钩垂点（近似为合力点）到最近侧吊点（O、B）的水平距离。
- 吊点至吊钩 L2：吊钩垂点（近似为合力点）到最远侧吊点（如 O、A）的水平距离。
- 吊物长度 L：设备的总长度（吊点 A 至 D 的跨度）。
- 动载系数 k1、不均匀系数 k2：根据工况选取。

2.2 点击“计算”按钮，软件将运行其核心算法进行求解。

第 3 步：分析计算结果并传递应用

3.1 查看“计算结果”表格，核心数据包括：

	验算内容	单位	实际值	限值	检验结果
▶	角度 a	°	51.34	NA	NA
	角度 b	°	68.20	NA	NA
	角度 c	°	60.46	100	满足要求
	拉力 FL _a	kN	19.60	NA	NA
	垂直力 P _a	kN	15.31	NA	NA
	水平力 F _{ha}	kN	12.25	NA	NA
	拉力 FL _b	kN	24.73	NA	NA
	垂直力 P _b	kN	22.96	NA	NA
	水平力 F _{hb}	kN	9.18	NA	NA
	AC段长度 L _{AC}	mm	6403.12	NA	NA
	BC段长度 L _{BC}	mm	5385.16	NA	NA

A点:

B点:

- 角度 a, b, c: 各钢丝绳与水平面的夹角, 以及关键的空间夹角 (如两钢丝绳间的夹角 c), 其“限值”通常设为防止钢丝绳过度劈开的安全值 (如 100°)。
- 拉力 FL_a, FL_b: 四根钢丝绳各自承受的总拉力, 数值通常各不相同。
- 垂直力 P_a, P_b: 各吊点实际承受的垂直载荷。
- 水平力 F_{ha}, F_{hb}: 各吊点承受的水平分力。
- AC, BC 段长度: 计算出的钢丝绳理论长度, 用于下料和调平。

3.2 结果验证与传递:

利用底部的“A点/B点: 卸扣选型”、“吊耳设计”、“钢丝绳选型”按钮, 将对应数据一键传递至后续设计模块。

1. 核心输入参数

参数	符号	含义与工程意义
线型重量	G_DA, G_AB, G_BC (G_i)	将吊物沿长度方向划分为三个区段，分别赋予线载荷重量。这是模拟偏心荷载的关键。例如，若设备一端有电机，可将该端区段（如 G_DA）重量设大。
吊点至吊钩	L1	决定了吊钩群中心相对于吊物侧边的偏移。L1 越小，该侧钢丝绳夹角可能越大，受力可能减小。
吊点间距	L2	同侧两吊点的距离。影响该侧两根钢丝绳受力的分配。L2 越大，同侧两吊点受力差异可能越大。
吊物长度	L	设备的总跨度，是建立几何模型的基础。

2. 关键计算结果与校核

参数	含义与校核要点
角度 c (限值 $\leq 100^\circ$)	通常指空间中对角线方向两根钢丝绳之间的夹角。此夹角过大会产生极大的水平力，使吊物受挤、钢丝绳磨损加剧。必须满足“ \leq 限值”的要求，否则需调整吊点高

	度或位置。
拉力 FL _a , FL _b	每根钢丝绳的合力。最大值将作为钢丝绳选型的统一安全依据。软件能计算出四者的差异，揭示受力不均的程度。
垂直力 Pa, Pb	直接作用于设备壳体或吊耳的垂直压力。需分别用于各吊点的局部强度校核，不可取平均值。
水平力 F _{ha} , F _{hb}	合成后的水平力。此力可能使设备承受扭转或挤压，需评估设备整体刚度和吊耳侧向承载力。

四、操作技巧与建议

1. 善用“线型重量不同”功能：这是本模块的精华。对于有明显偏心的设备，务必取消“线型重量相同”勾选，通过估算或详细计算，将总重合理分配到三个区段。这能极大提高计算精度，真实反映各吊点受力的巨大差异。
2. 关注“角度 c”的检验结果：计算后第一时间查看“角度 c”是否“满足要求”。若不满足，最有效的调整方法是增加吊钩的起升高度，以减小钢丝绳间的空间夹角。
3. 通过调整 L1 优化受力：在安全范围内，微调“吊点至吊钩 L1”的值，可以改变两侧吊点群的受力分配比例，使四根钢丝绳的拉力

尽可能均衡，实现“均载”吊装。

4. 结果应用必须“对号入座”：计算结果显示 A、B、C、D 四点受力完全不同。在进行后续设计时，必须将 P_a 、 FL_a 用于 A 点吊耳和钢丝绳， P_b 、 FL_b 用于 B 点，以此类推，确保设计的安全针对性。

5. 从简单到复杂验证：初次使用，可先设“线型重量相同”，并将 L_1 设为 $L/2$ （理想对称），计算结果应近似为四分之一重量。然后逐步引入不对称参数，观察受力变化趋势，加深理解。

五、常见问题解答 (FAQ)

Q1: 为什么四点吊装是“超静定”结构？软件的“独创算法”比有限元好在哪？

A1: 四点吊装中，吊物是刚性体，有 3 个平衡方程（力 X/Y/Z 方向平衡，力矩平衡），但未知量有 4 个钢丝绳拉力，方程数少于未知量，故为超静定，无法用经典静力学唯一求解。传统有限元需要精确模拟钢丝绳的只拉不压特性、连接铰点等，设置复杂且结果对边界条件敏感。本软件的独创分配算法基于工程简化假设（如吊点处为铰接、钢丝绳理想柔性），直接引入实际的位移协调或力分配条件进行求解，更贴近吊装工的思维逻辑，计算速度快，结果稳定，且专门针对此类吊装工况优化。

Q2: 如何确定“线型重量不同”时的 G_{DA} ， G_{AB} ， G_{BC} 这三个值？

A2: 有两个方法：① 重心反推法：如果已知设备总重 G 和重心位置

(距 A 点的距离 X_g)，可将设备简化为 A-D 的简支梁，将重心视为作用在 X_g 处的集中力，然后根据静力平衡求出 A、D 两支座反力，再将反力按比例分配到三个区段作为估算。② 分段汇总法：如果设备由不同部件组成，可分别估算每个部件的重量和长度，再将其归算到所在的区段内进行叠加。

Q3: 计算出的四根钢丝绳长度（如 LAC, LBC）都不一样，现场如何保证它们都张紧？

A3: 这正是本模块的核心价值。计算出的不同长度，是为吊装准备阶段提供的精确下料或调整依据。在实际操作中，应严格按照计算长度准备或标记钢丝绳。在挂钩后、正式起吊前，通过微调花篮螺栓或手拉葫芦，使四根钢丝绳按计算长度预紧，从而在起离地面时即实现均衡受力，避免部分钢丝绳松弛（虚吊）导致突然冲击。

Q4: “不均匀系数 k_2 ”在这里还适用吗？如何取值？

A4: 仍然适用，但意义略有不同。在精确计算的基础上， k_2 主要用来覆盖算法未考虑的极端动态因素、连接点摩擦等。由于本模块已能计算出大部分的不均衡力，因此 k_2 的取值可以比在简单估算中更为保守，通常可取 1.1~1.2。对于特别重要或动态效应显著的吊装，可酌情增大。