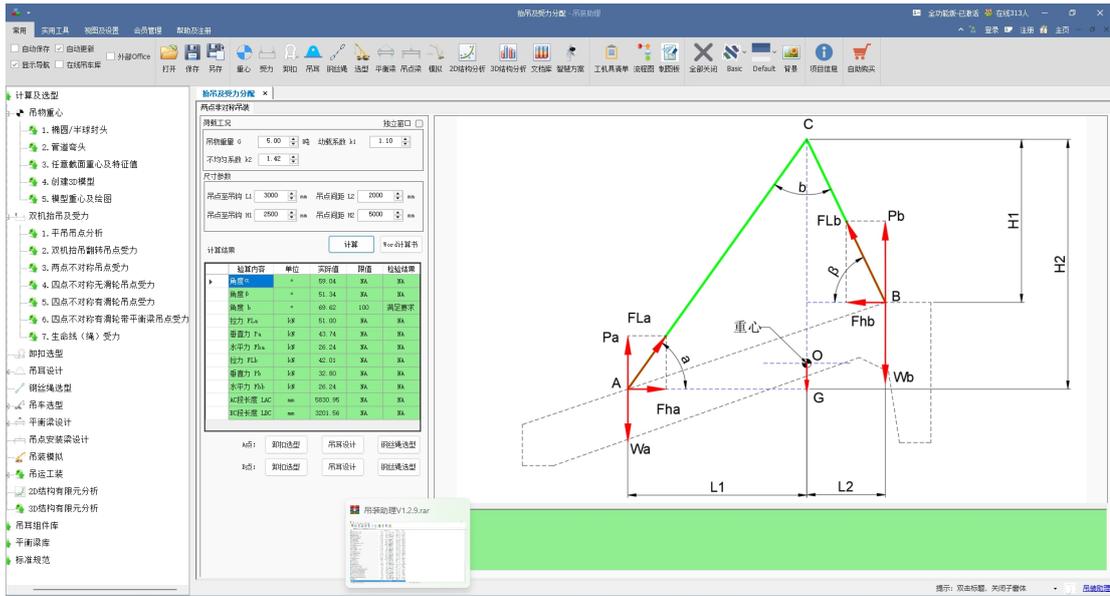


# 两点不对称吊点受力分析模块使用教程

## 一、功能介绍与使用场景



本模块是解决复杂吊装工况的核心工具，专门用于计算两点吊装中，吊点高度不同、水平位置不对称，且吊物重心不在两吊点连线中点时的精确受力分析。它彻底解决了带角度管道、偏心设备、桁架及需避让障碍物等不规则结构吊装的受力计算难题。



本模块的核心功能包括：

- 1. 精确非对称计算：**基于静力学平衡原理，精确计算两吊点因位置差异而产生的不同拉力（ $FL_A$  与  $FL_B$ ）、垂直分力及水平分力。
- 2. 一键生成专业计算书：**自动生成包含详细公式、示意图和计算过程的 Word 计算书，直接用于方案报审与技术交底。
- 3. 智能结果传递：**计算得出的各吊点受力（ $P_a$ ,  $P_b$ ,  $FL_A$ ,  $FL_B$ ）可一键传递至对应的“卸扣选型”“吊耳设计”“钢丝绳选型”模块，实现从分析到设计的无缝衔接。

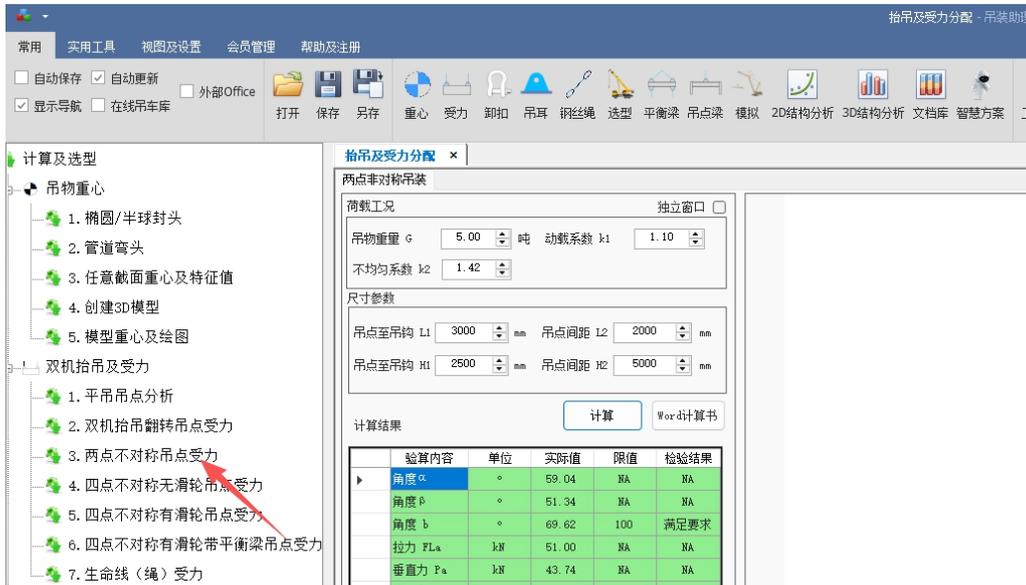
## 主要使用场景：

- 管道与管廊吊装：吊点位于管道不同支墩或高度不一的管架上。
- 偏心设备安装：设备重心明显偏离几何中心，如带有大型附塔的塔器。
- 桁架结构吊装：吊点无法对称布置在桁架两端时。
- 障碍物规避吊装：因现场障碍，迫使两台吊车或两个吊点处于不对称位置。
- 旧设备拆解：吊点位置因结构限制无法对称选择时。

## 二、操作流程

### 第 1 步：进入模块并输入几何参数

1.1 在软件左侧导航栏，依次展开“计算及选型”->“双机抬吊及受力”，点击“3. 两点不对称吊点受力”进入模块。



1.2 在中间“参数设置区”（对应图 1），输入关键的几何尺寸（单位：mm）：



- 吊点至吊钩 L1 / L2: 分别为吊钩点 C 到吊点 A、B 的水平距离。
- 吊点间距 H1 / H2: 分别为吊钩点 C 到吊点 A、B 的垂直高度，H1 ≠ H2 即表示吊点高度不同，是定义“不对称”的关键。
- 吊装重量 G: 输入被吊物的总重量（含所有附件）。
- 动力系数 K1: 根据工况选取，考虑起升冲击，通常取 1.1。
- 不均载系数 K2: 根据工况选取，受力不均匀，通常取 1.1-1.4。

## 第 2 步：执行计算与解读结果

2.1 点击“计算”按钮，软件将自动求解静力平衡方程组。

尺寸参数

吊点至吊钩 L1	<input type="text" value="3000"/>	mm	吊点间距 L2	<input type="text" value="2000"/>	mm
吊点至吊钩 H1	<input type="text" value="2500"/>	mm	吊点间距 H2	<input type="text" value="5000"/>	mm

计算结果

2.2 查看“计算结果”表格，核心结果包括：

	验算内容	单位	实际值	限值	检验结果
	角度 $\alpha$	°	59.04	NA	NA
	角度 $\beta$	°	51.34	NA	NA
	角度 $b$	°	69.62	100	满足要求
	拉力 FL <sub>a</sub>	kN	51.00	NA	NA
	垂直力 P <sub>a</sub>	kN	43.74	NA	NA
	水平力 F <sub>ha</sub>	kN	26.24	NA	NA
	拉力 FL <sub>b</sub>	kN	42.01	NA	NA
	垂直力 P <sub>b</sub>	kN	32.80	NA	NA
	水平力 F <sub>hb</sub>	kN	26.24	NA	NA
	AC段长度 L <sub>AC</sub>	mm	5830.95	NA	NA
▶	BC段长度 L <sub>BC</sub>	mm	3201.56	NA	NA

- 角度 $\alpha$  / 角度 $\beta$ ：钢丝绳 CA、CB 与水平面的夹角，两者通常不相等。
- 拉力 FL<sub>a</sub> / 拉力 FL<sub>b</sub>：作用于吊点 A 和 B 的钢丝绳总拉力，数值不同，是钢丝绳选型的直接依据。
  - 垂直力 P<sub>a</sub> / 垂直力 P<sub>b</sub>：拉力在垂直方向的分量，即吊点实际承受的垂直载荷，满足  $P_a + P_b = \text{吊装重量}$ 。
  - 水平力 F<sub>ha</sub> / 水平力 F<sub>hb</sub>：拉力在水平方向的分量，大小相等、方向相反 ( $F_{ha} = F_{hb}$ )，构成平衡力偶。
- AC/BC 段长度：计算出的钢丝绳理论长度，可用于备料。

### 第 3 步 应用结果

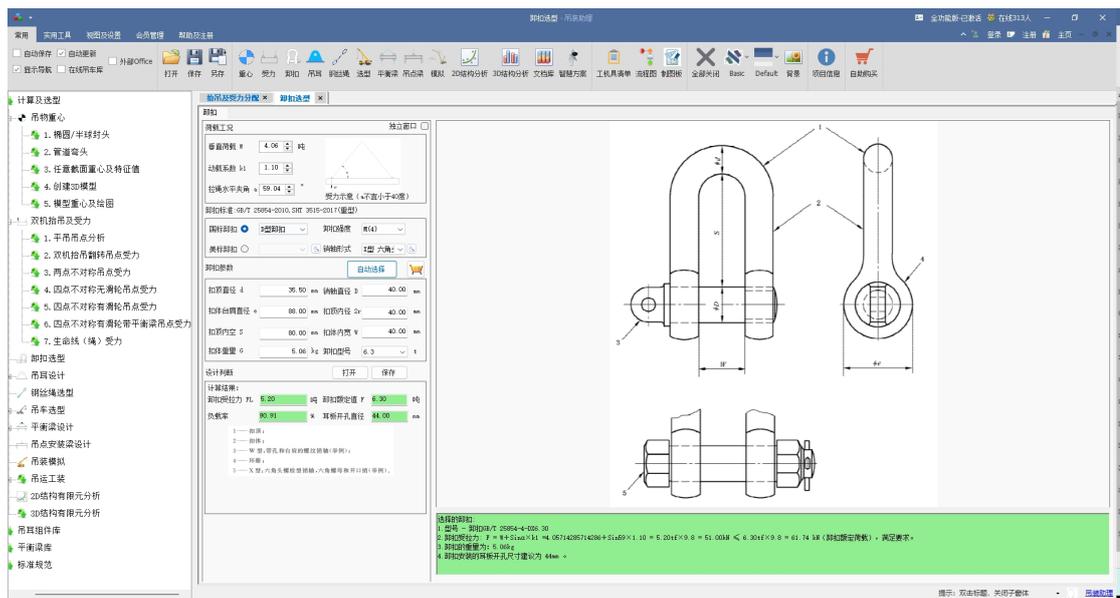
	验算内容	单位	实际值	限值	检验结果
	角度 $\alpha$	°	59.04	NA	NA
	角度 $\beta$	°	51.34	NA	NA
	角度 $b$	°	69.62	100	满足要求
	拉力 $FLa$	kN	51.00	NA	NA
	垂直力 $Pa$	kN	43.74	NA	NA
	水平力 $Fha$	kN	26.24	NA	NA
	拉力 $FLb$	kN	42.01	NA	NA
	垂直力 $Pb$	kN	32.80	NA	NA
	水平力 $Fhb$	kN	26.24	NA	NA
	AC段长度 LAC	mm	5830.95	NA	NA
	BC段长度 LBC	mm	3201.56	NA	NA

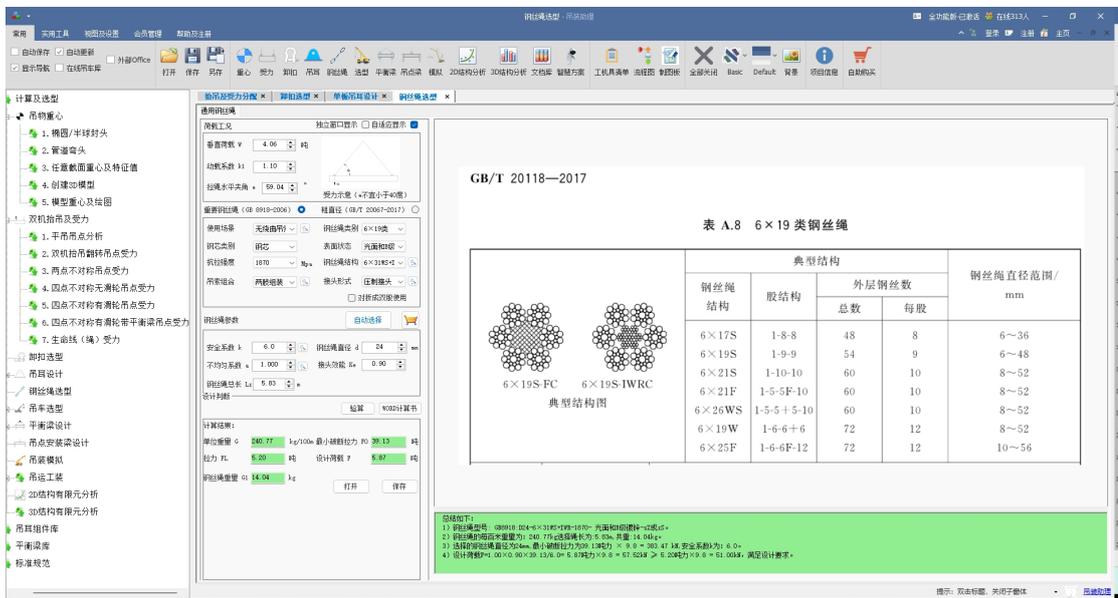
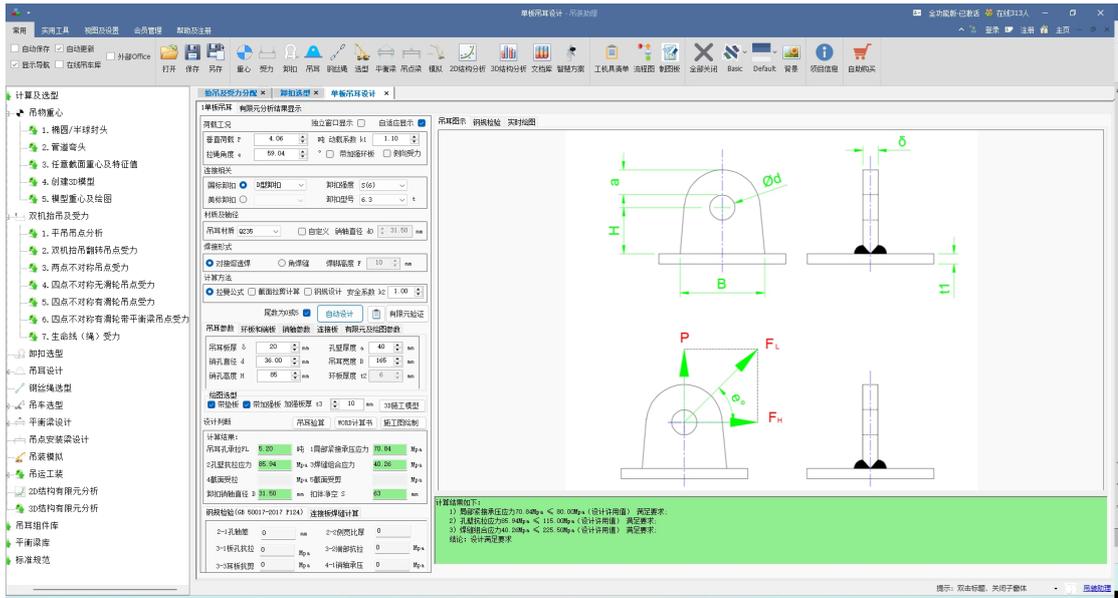
A点: 卸扣选型 吊耳设计 钢丝绳选型

B点: 卸扣选型 吊耳设计 钢丝绳选型

结果传递与应用：计算完成后，点击表格下方功能按钮即可衔接后续工作：

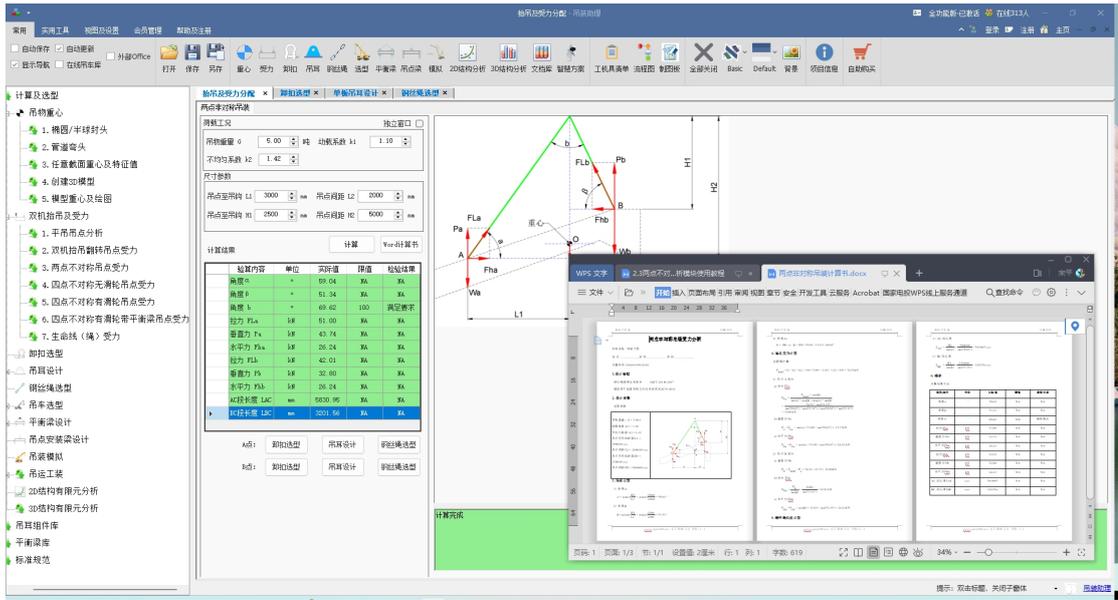
- A点/B点卸扣选型：分别将  $Pa$  或  $Pb$ （垂直力）传递至卸扣选型模块。
- 吊耳设计：将对应吊点的  $Pa/Pb$ （垂直力）和  $Fha/Fhb$ （水平力）传递至吊耳设计模块，进行综合受力校核。
- 钢丝绳选型：将  $FLa$  或  $FLb$ （总拉力）传递至钢丝绳选型模块。





## 第 4 步：输出与存档

4.1 点击“Word 计算书”按钮，生成包含所有输入、计算步骤和最终结果的正式分析报告，用于报审或交底。



4.2 使用工具栏保存功能存储当前项目文件，便于后续复查或方案调整。

### 三、参数详解

#### 1. 核心输入参数（几何尺寸）

参数	符号	含义与测量要点
吊点至吊钩	L1/L2	水平投影距离，从吊钩垂点(C)向设备轴线做垂线，量至吊点 A、B 的距离，决定水平力的力臂。
吊点间距	H3/H4	垂直高度差，从吊钩点(C)到吊点 A、B 的垂直距离，H3≠H4 是受力不对称的主要原因，H 值较小的吊点，钢丝绳夹角更小、拉力更大。
吊装重量	W	吊物总重，含所有附件，是受力计算的基础数据。
动力系数	k	考虑起升冲击的系数，通常取 1.1，根据实际

		工况调整。
--	--	-------

## 2. 关键计算结果

参数	符号	含义与工程应用
钢丝绳拉力	FLa/FLb	钢丝绳承受的合力，公式： $FL = P / \sin(\alpha)$ ，为钢丝绳选型直接依据，两者不相等，需按较大值安全选型。
吊点垂直力	Pa/Pb	吊点承受的垂直载荷， $Pa + Pb = W$ ，是吊耳局部受压校核和卸扣选型的直接依据。
吊点水平力	Fha/Fhb	钢丝绳拉力的水平分力，公式： $Fh = FL * \cos(\alpha)$ ，对吊耳设计至关重要，会使吊耳承受剪切和弯矩，必须纳入校核。
钢丝绳夹角	$\alpha/\beta$	钢丝绳与水平面的夹角，直接影响拉力分配，夹角越小，对应侧拉力和水平力越大，一般要求大于 $30^\circ$ ，理想状态大于 $45^\circ$ 。

## 四、操作技巧与建议

1. 利用示意图验证输入：输入参数后务必观察右侧示意图，根据示意图填写参数。
2. 从估算到精确计算：参数不确定时，可先设  $H1=H2$ （对称工况）估算，再逐步调整  $H1$ 、 $H2$  模拟实际不对称程度，观察  $FLa$ 、 $FLb$  变化趋势，定位敏感因素。
3. 关注角度  $b$  及限值：计算结果中的角度  $b$ （两钢丝绳夹角或其补角），软件常设限值（如  $\leq 100^\circ$ ），超限说明钢丝绳布局过宽，可能导致水平力过大，需调整吊点高度或吊钩位置。

## 五、常见问题解答 (FAQ)

**Q1: 本模块与“平吊吊点分析”有何本质区别?**

**A1:** “平吊吊点分析”基于近似均匀分配, 乘以经验不平衡系数, 仅适用于对称或近似对称工况的快速估算; 本模块基于精确静力学平衡方程, 输入  $L1 \neq L2$ 、 $H1 \neq H2$  等几何不对称尺寸, 直接计算真实不平衡受力, 结果更精准, 适配严重不对称工况。

**Q2: 垂直力  $P_a$  和  $P_b$  不相等时, 如何用于吊耳设计和卸扣选型?**

**A2:** 需分别对应使用: 吊点 A 的吊耳和卸扣, 用  $P_a$  和  $F_{ha}$  校核; 吊点 B 的用  $P_b$  和  $F_{hb}$  校核, 严禁取平均值或最大值统一应用, 避免一侧不安全、另一侧过度保守。

**Q3: 未知精确重心位置, 本模块仍可使用吗?**

**A3:** 可使用。模块默认吊物为刚体, 重心位置由输入的  $L1$ 、 $L2$ 、 $H1$ 、 $H2$  及静力平衡条件唯一确定; 若有独立计算的精确重心, 需确保其与软件反推的“隐含重心”一致, 也可通过调整  $L1/L2$  比值匹配已知重心。

**Q4: 为何水平力  $F_{ha}$  和  $F_{hb}$  数值相等?**

**A4:** 由水平方向受力平衡决定。两点吊装中, 两水平分力必须大小相等、方向相反, 构成平衡力偶, 该力偶会使吊物产生转动趋势, 需依靠设备自身结构抵抗。