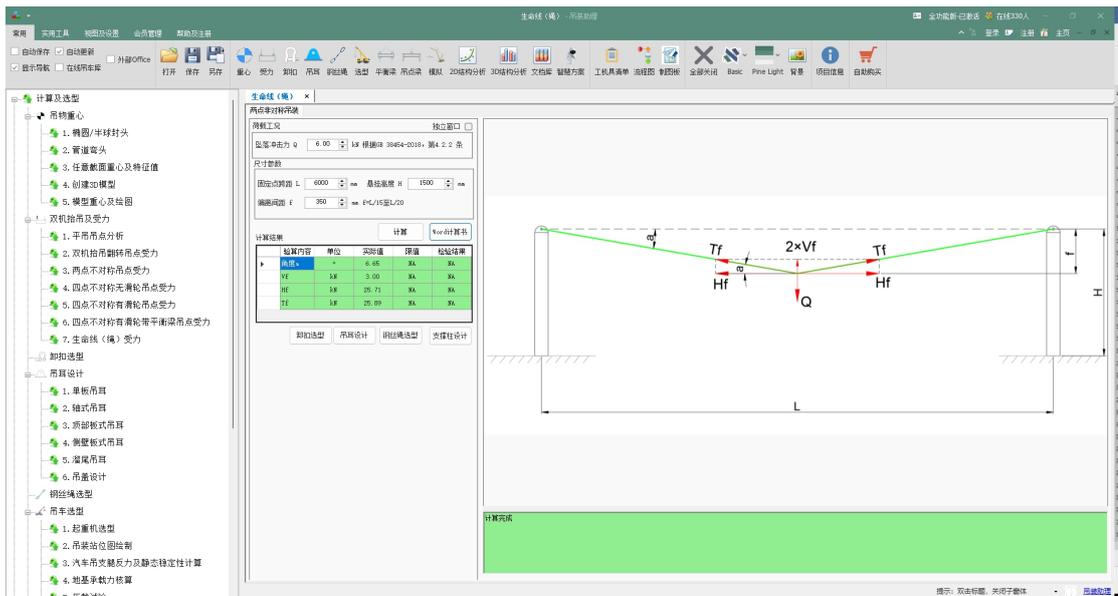


生命线（绳）受力分析模块使用教程

一、功能介绍与使用场景



本模块是专门用于高空作业水平生命线（绳）系统受力分析与安全校核的专业工具。它基于相关国家规范，对人员坠落时产生的冲击荷载在生命线系统中引发的力链进行精确计算，为生命线支撑结构、锚固点及系统组件的安全设计提供核心数据。



根据功能说明图，其主要功能包括：

1. **规范驱动的专业计算：**严格依据《坠落防护 安全绳》（GB 24543）、《建筑施工高处作业安全技术规范》（JGJ 80）等标准进行建模，将复杂的动态冲击问题简化为可靠的静态力学模型。
2. **一键生成权威计算书：**自动生成包含设计依据、计算模型、公式推导、完整计算过程及结论的 Word 格式计算书，其内容可直接用于安全专项方案报审与专家论证。
3. **全系统设计衔接：**计算结果可直接传递至软件的“卸扣选型”“吊耳设计”“钢丝绳选型”“支撑柱设计”模块，实现从生命线受力分析到所有受力部件安全设计的全流程贯通。
4. **可视化计算模型：**实时生成生命线受力示意图，清晰展示冲击点、固定点、钢丝绳垂度及各力（冲击力 Q 、钢丝绳拉力 T_f 、水平力 H_f 、垂直力 V_f ）的矢量关系。

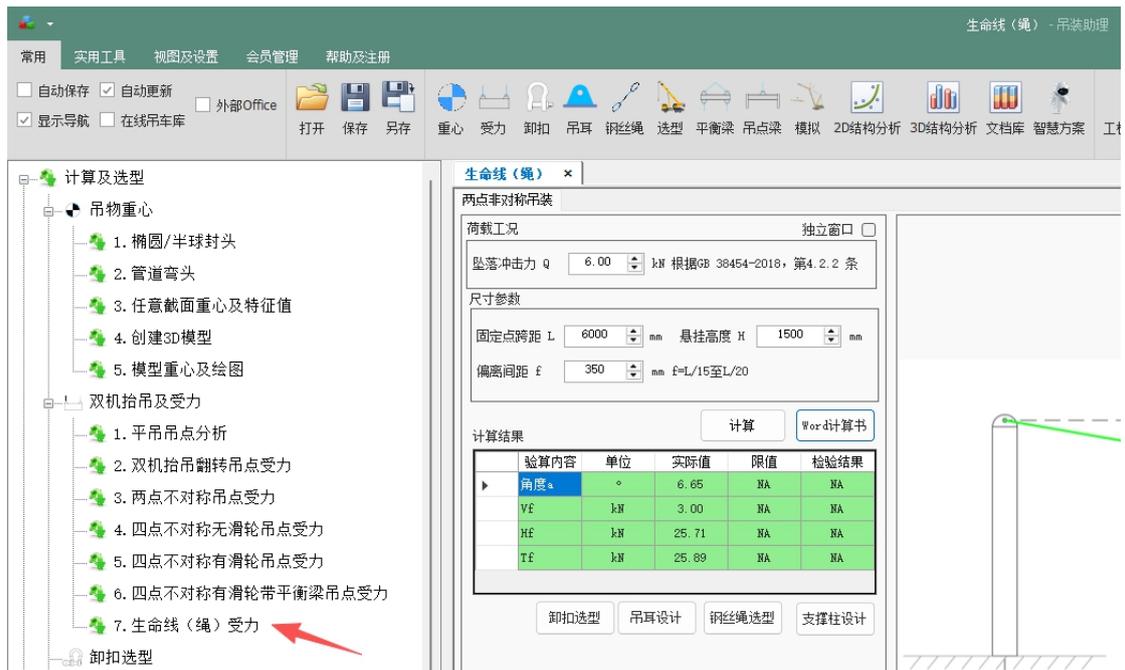
主要使用场景：

- **高空作业平台生命线设计：**在钢结构安装、设备检修、建筑外墙施工等场景中，为临时或永久生命线系统提供设计计算。
- **安全专项方案编制：**快速生成符合规范要求的计算书，作为施工安全方案的核心支撑文件。
- **既有生命线系统评估：**对已安装的生命线进行载荷校核，评估其安全性或确定最大允许跨距。
- **支撑结构设计：**为生命线端部锚固点（如钢柱、混凝土墩）的设计提供精确的水平拉力（ H_f ）和垂直拉力（ V_f ）。

二、操作流程

第 1 步：进入模块并设定设计依据

1.1 在软件左侧导航栏，依次展开“计算及选型”，找到并点击“7. 生命线(绳)受力”进入模块。



1.2 模块已内置关键设计依据，用户需确认所使用的标准。

第 2 步：输入设计参数

荷载工况
独立窗口

坠落冲击力 Q kN 根据GB 38454-2018，第4.2.2 条

尺寸参数

固定点跨距 L mm 悬挂高度 H mm

偏离间距 f mm f=L/15至L/20

计算结果
计算
Word计算书

在中间“设计参数”区域，输入生命线系统的关键几何参数和载荷参数：

- 坠落冲击力 Q：根据规范 GB 38454-2018，一般直接取最大值 6.00 kN。这是单人坠落时，生命线系统需要承受的最大冲击力设计值。
- 固定点跨距 L：两个生命线端部固定锚点之间的水平距离。
- 悬挂高度 H：生命线（绳）距下方作业平台或基准面的垂直高度。
- 偏离间距 f：生命线在承受冲击载荷后，预计产生的最大垂向偏移量（垂度）。根据经验，通常取跨距 L 的 1/15 至 1/20。也可根据设计要求的最大允许垂度输入。

第 3 步：执行计算与解读结果

3.1 点击“计算”按钮，软件将自动进行角度和受力计算。

3.2 查看“计算结果”区域（图 1 底部），核心输出包括：

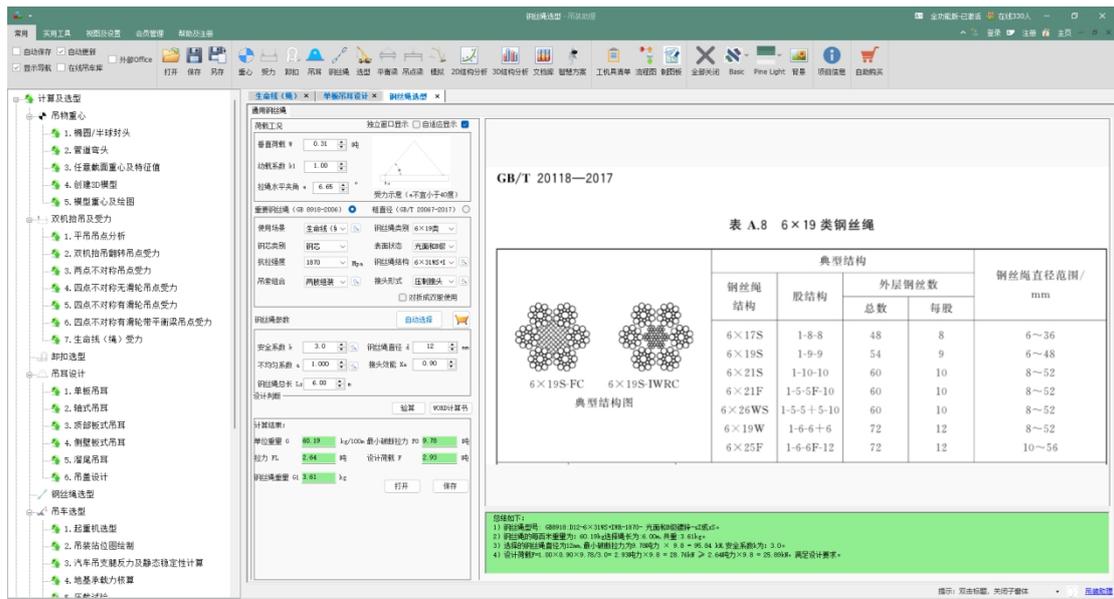
计算结果		计算	Word计算书		
	验算内容	单位	实际值	限值	检验结果
▶	角度 α	°	6.65	NA	NA
	Vf	kN	3.00	NA	NA
	Hf	kN	25.71	NA	NA
	Tf	kN	25.89	NA	NA

卸扣选型 吊耳设计 钢丝绳选型 支撑柱设计

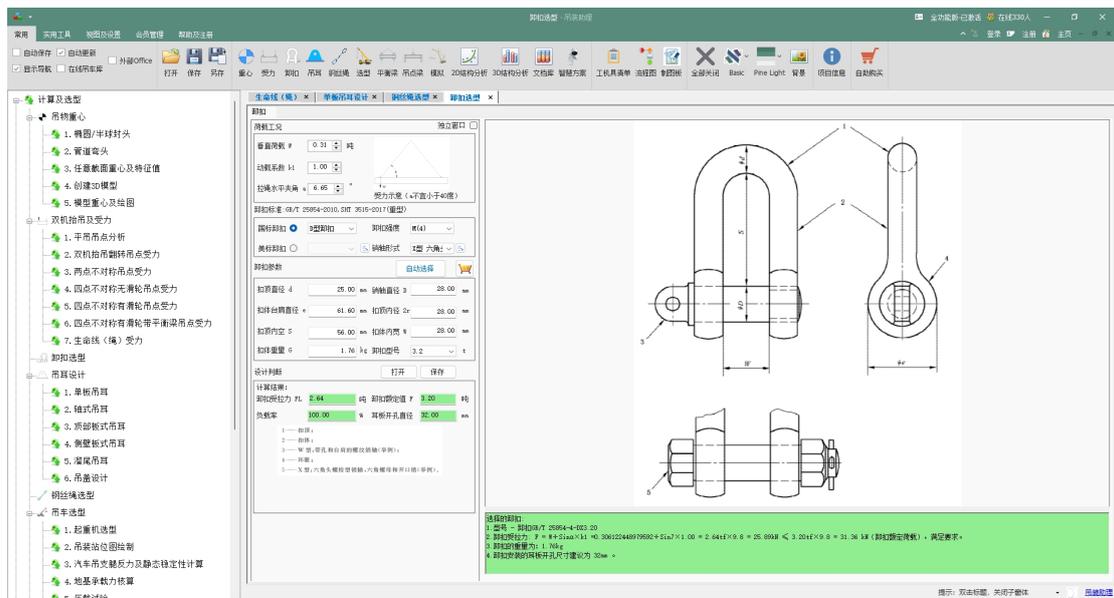
- 角度 α ：冲击点处，生命线变形后与水平线形成的夹角。 $\alpha = \arctan(f / (L/2))$ 。
- 垂直力 Vf：单个固定点承受的垂直分力。 $Vf = Q / 2$ 。
- 拉力 Tf：生命线（绳）承受的最大拉力。 $Tf = Vf / \sin(\alpha)$ 。此值是钢丝绳选型的直接依据。
- 水平力 Hf：单个固定点承受的水平拉力。 $Hf = Tf * \cos(\alpha)$ 。此值是锚固点（支撑柱、吊耳）抗拉和抗剪设计的直接依据。

第 4 步：结果应用与生成报告

4.1 结果传递设计：



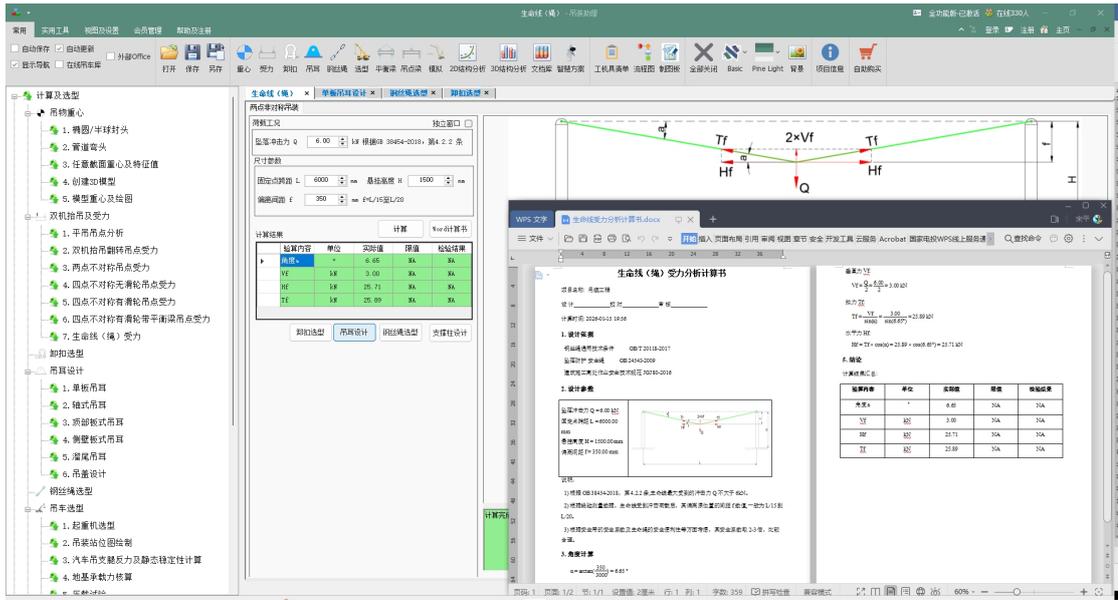
- 将拉力 T_f 传递至“钢丝绳选型”模块，选择合适规格的生命绳。



- 将拉力 T_f 传递至“卸扣选型”模块，选择连接器。

4.2 生成计算书：

点击“Word 计算书”按钮，生成如图 3 所示的完整计算报告。该报告逻辑清晰，包含公式推导，是方案报审的关键文件。



三、参数详解

1. 核心输入参数

参数	符号	含义、取值依据与规范说明
坠落冲击力	Q	设计冲击载荷。依据《坠落防护安全绳》（GB 24543）及相关测试标准，考虑到人体坠落时的动态放大效应，取 6.0 kN 作为标准设计值。这是保障系统安全的最低载荷要求。
固定点跨距	L	生命线两个端部锚固点间的水平距离。L 越大，在相同垂度 f 下，角度 α 越小，导致拉力 Tf 和水平力 Hf 急剧增大。需综合考虑现场条件和计算结果优化确定。
偏离间距	f	生命线受冲击后的最大允许垂度。f 并非固定值，而是一个设计变量。取值越小（生命线张得越紧）， α 越小，Tf 和 Hf 越大；取值越大（允许一定垂度）， α 增大，Tf 和 Hf 减小，但作业人员的坠落空间增加。需在两者间取得平衡。

2. 关键计算结果与安全校核

参数	符号	计算公式	工程应用与校核
----	----	------	---------

生命线拉力	Tf	$Tf = (Q/2) / \sin(\alpha)$	用于选择生命线钢丝绳。选用的钢丝绳最小破断拉力应满足：破断拉力 $\geq Tf \times$ 安全系数 K。安全系数 K 通常取 3~5（考虑动载、腐蚀、磨损等）。
固定点水平力	Hf	$Hf = Tf \times \cos(\alpha)$	这是对锚固结构最主要的作用力。用于校核：1) 锚固吊耳的强度；2) 支撑柱的抗弯和基础抗拔；3) 连接卸扣的强度。
固定点垂直力	Vf	$Vf = Q / 2$	用于校核锚固点的抗剪和抗拔。

四、操作技巧与建议

- 理解“偏离间距 f”的核心作用：f 是调节系统受力的关键设计杠杆。通过调整 f 值，可以在满足安全空间的前提下，优化 Tf 和 Hf。建议在 L/20 到 L/15 之间试算，选择一个使 Tf 和 Hf 均在后续组件选型合理范围内的 f 值。
- 利用计算书进行方案沟通：生成的计算书是极其有价值的沟通工具。其引用的规范条款和清晰的公式推导，能有力地向监理、业主或安全部门证明设计的合规性与安全性。
- 系统化设计流程：遵循“本模块计算 → 传递至支撑柱/吊耳设计 → 传递至钢丝绳/卸扣选型”的工作流。确保每个受力部件都基于同一个、经过验证的载荷源进行设计，保证整个力链的安全。
- 进行敏感性分析：固定其他参数，单独改变跨距 L，观察 Tf 和 Hf 的变化。你会发现，L 增加 50%，Tf 和 Hf 可能会增加数倍。这直观地说明了为什么长距离生命线需要中间支撑或特别强化的端部锚固。
- 验算安全系数：软件计算的是设计载荷。在选择钢丝绳、卸扣等具体产品时，必须确保其额定载荷（或破断载荷）除以软件输出的 Tf、Hf 等值后，满足各自规范要求的安全系数（如钢丝绳安全系数常取 5-8，卸扣取 4-6）。

五、常见问题解答 (FAQ)

Q1: “坠落冲击力 $Q=6kN$ ”这个值是怎么来的？什么情况下需要调整？

A1: 该值来源于国家标准《坠落防护安全绳》(GB 24543) 中对安全绳静态性能测试的要求，并参考了人体坠落动力学研究成果。它代表了系统必须能承受的单次最大冲击载荷。在绝大多数通用高空作业场景下，均应直接采用 $6kN$ 作为设计值。仅在特殊规范（如某些电力行业标准）有明确规定，或防护对象非标准人体（如携带重型工具）时，才需咨询专业安全工程师进行调整。

Q2: “偏离间距 f ”在实际中很难准确预测，该如何取值？

A2: 这是一个设计参数。建议按以下顺序确定：

- 首先遵循经验：取 $L/15$ 到 $L/20$ 作为初值。
- 进行力学试算：在软件中，用 $L/20$ （较小垂度，较大受力）和 $L/15$ （较大垂度，较小受力）分别计算，得到两组 T_f 和 H_f 。
- 评估结果：检查哪一组计算结果，能使后续的钢丝绳、支撑柱等选型更经济合理，同时又能为坠落者提供足够的净空（考虑安全带挂绳长度+人体高度+安全余量）。

Q3: 计算出的水平力 H_f 很大，对支撑结构要求很高，有什么解决办法？

A3: 如果 H_f 过大，可以按以下措施尝试优化，并在软件中重新计算验证：

- 措施一（最有效）：增加中间支撑，将单跨生命线变为多跨连续梁，大幅减少单跨跨距 L 。
- 措施二：在安全空间允许范围内，适当增大偏离间距 f 。稍微增加垂度可以显著增大角度 α ，从而有效降低 H_f 和 T_f 。
- 措施三：加固端部支撑结构，如采用三角形斜撑、增加基础配重或锚固深度，专门抵抗巨大的水平拉力。

Q4: 软件计算的安全系数体现在哪里？

A4: 本模块的计算结果是“工作载荷”或“设计载荷”，而非许用值。安全系数体现在后续的组件选型阶段。例如：

- 钢丝绳：需选择破断拉力 $\geq T_f \times$ 安全系数（通常取 5 或更高）的规格。
- 卸扣/吊耳：需选择额定工作载荷 $\geq H_f$ 或 $V_f \times$ 安全系数（通常取 4 或更高）的规格。
- 支撑柱：设计时，需在 H_f 和 V_f 基础上乘以荷载分项系数（通常 1.3~1.5）。
- 因此，软件确保了载荷计算的准确性，而用户需根据规范和工程经验，在选型时施加恰当的安全系数。