

# 吊装助理顶部板式吊耳设计模块

## 使用教程

### 一、功能介绍与使用场景



本模块是容器（封头、筒体）顶部吊装核心组件——顶部板式吊耳的智能化设计工具，基于“标准库选型+自动计算+计算书生成”架构，严格遵循《HGT 21547 设备吊耳》及《HGT 21574 化工设备吊耳设计选用规范》，解决传统设计中选型难、验算繁、成果不规范等痛点，实现从载荷输入到计算书交付的全流程自动化。

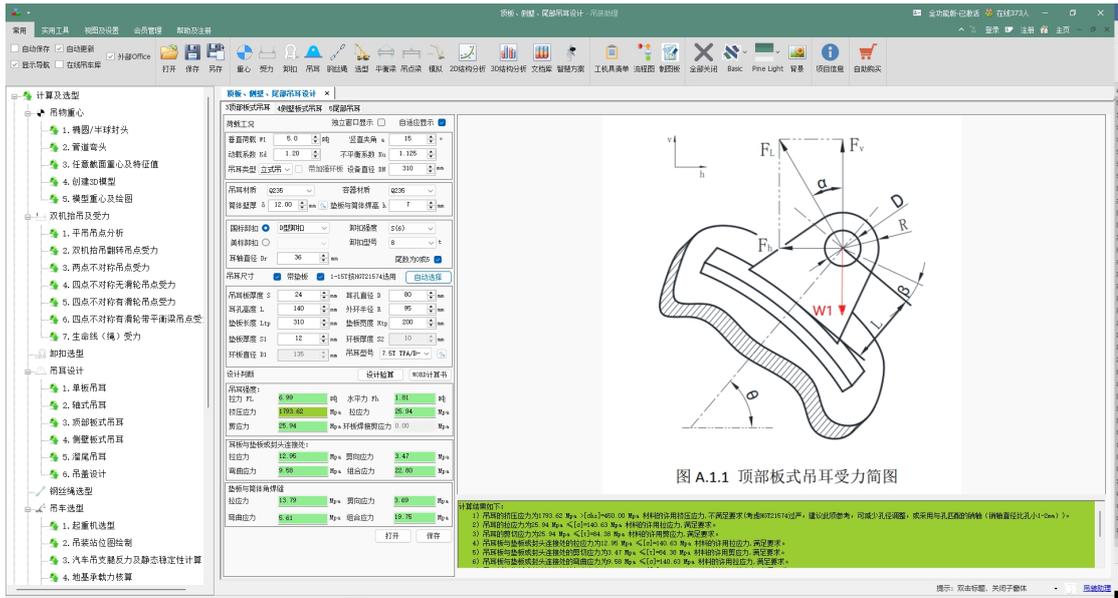


图 A.1.1 顶部板式吊耳受力简图

本模块的核心功能包括：

1. 标准库一键选型：直接从 HGT 21547 标准库调用 1-15 吨顶部板式吊耳 (TPA/TPB 系列)，支持选型后验算调整。
2. 多维度计算与验证：集成强度校核（拉应力、剪应力、挤压应力、连接处焊缝应力）、标准符合性检查（封头最小厚度、吊耳位置），覆盖耳板、垫板、焊缝等关键部位。
3. 生成图文并茂计算书：一键生成含公式、应力结果、规范依据的 Word 计算书。

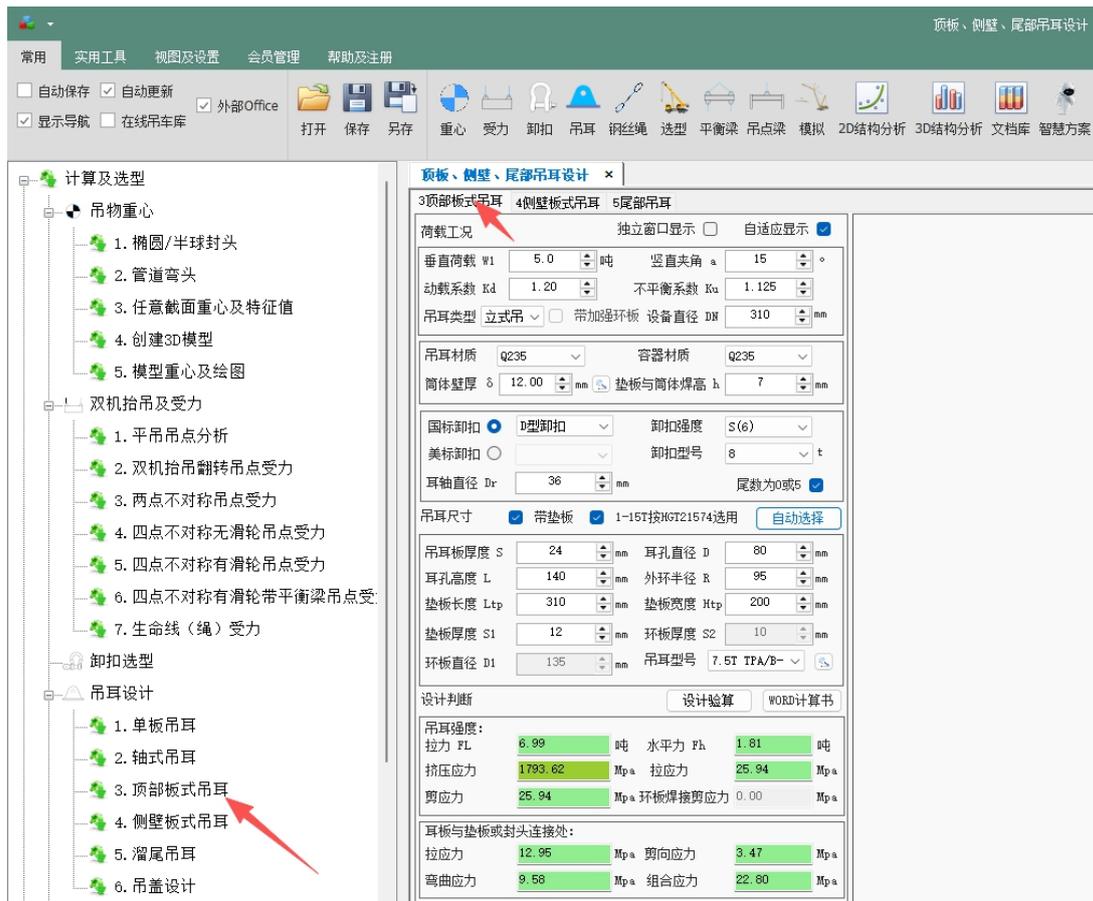
主要使用场景：

- ❖ 压力容器、化工塔器、封头的顶部吊装（立式吊、带加强环板工况）；
- ❖ 设备制造厂内封头装配、安装现场就位吊装；
- ❖ 基于 HGT 21547/21574 标准的标准化吊耳选型与验算；
- ❖ 既有顶部板式吊耳安全评估（输入尺寸与工况快速复核）。

## 二、操作流程

### 第 1 步：进入模块与输入设计条件

1.1 打开软件，左侧导航栏进入“计算及选型”->“吊耳设计”，选择“3 顶部板式吊耳”



1.2 在“荷载工况”区（图 2 中间）输入核心参数：

荷载工况	独立窗口显示 <input type="checkbox"/>	自适应显示 <input checked="" type="checkbox"/>
垂直荷载 W1	5.0 吨	竖直夹角 $\alpha$
动载系数 Kd	1.20	不平衡系数 Ku
吊耳类型	立式吊 <input type="checkbox"/> 带加强环板 <input type="checkbox"/>	设备直径 DN
		310 mm

- 垂直荷载 W1：吊点垂直分力（吨），如 5.0 吨（图 2 示例：“垂直荷载 W1 5.0”）；
- 竖直夹角 $\alpha$ ：钢丝绳与竖直方向夹角（°），默认 15°（图 2 示例：“竖直夹角  $\alpha$  15”）；
- 动载系数 Kd：考虑起升冲击，默认 1.20（图 2 示例：“动载系数 Kd 1.20”）；
- 不平衡系数 Ku：多吊点不均衡受力系数，默认 1.125（图 2 示例：“不平衡系数 Ku 1.125”）。

## 第 2 步：配置材料、连接与吊耳类型

吊耳材质	Q235	容器材质	Q235
筒体壁厚 $\delta$	12.00 mm	垫板与筒体焊高 h	7 mm
<input checked="" type="radio"/> 国标卸扣 <input type="radio"/> 美标卸扣	D型卸扣	卸扣强度	S(6)
耳轴直径 $D_r$	36 mm	卸扣型号	8 t
吊耳尺寸	<input checked="" type="checkbox"/> 带垫板	<input checked="" type="checkbox"/> 1-15T按HGT21574选用	<input type="button" value="自动选择"/>
		尾数为0或5	<input checked="" type="checkbox"/>

### 2.1 材料设置：

- 吊耳材质/容器材质：选 Q235、Q345 等，软件自动匹配许用应力（如 Q235 许用拉应力 $[\sigma]=140.63\text{MPa}$ 、许用剪应力 $[\tau]=84.38\text{MPa}$ ）；
- 筒体壁厚：输入设备筒体实际壁厚（如 12.00mm，需满足表 B.2.1 最小厚度要求）；
- 垫板与筒体焊高 h：输入焊缝高度（如 7mm）。

### 2.2 连接配置：

- 卸扣类型：选 D 型卸扣（如 S(6)+t）或美轴卸扣，输入轴耳直径  $D_r$ ；

### 2.3 吊耳与设备参数设置：

- 吊耳类型：选择“立式吊”“带加强环板”“带垫板”；
- 设备参数：输入设备公称直径 DN。

## 第 3 步：吊耳尺寸选型与调整

3.1 标准库选型（推荐）：点击“自动选择”，软件根据 W1、Kd、Ku 自动匹配 HGT 21547 标准库 TPA/TPB 系列型号：

吊耳板厚度 S	24 mm	耳孔直径 D	80 mm
耳孔高度 L	140 mm	外环半径 R	95 mm
垫板长度 $L_{tp}$	310 mm	垫板宽度 $H_{tp}$	200 mm
垫板厚度 S1	12 mm	环板厚度 S2	10 mm
环板直径 D1	135 mm	吊耳型号	7.5T TPA/B-

- 板厚 S：24mm（TPA-3 型，表 7.0.2）；

- 耳孔直径 D: 80mm (TPA-3 型, 表 7.0.2) ;
- 垫板长度 Ltp: 310mm (TPA-3 型, 表 7.0.2) ;
- 外环半径 R: 96mm (图 2 示例: “外环半径 R 96”) ;
- 环板参数: 厚度 S2=10mm、直径 D1=135mm (。

3.2 手动调整: 可在“吊耳尺寸”区微调参数后验算。

## 第 4 步: 执行设计与验证

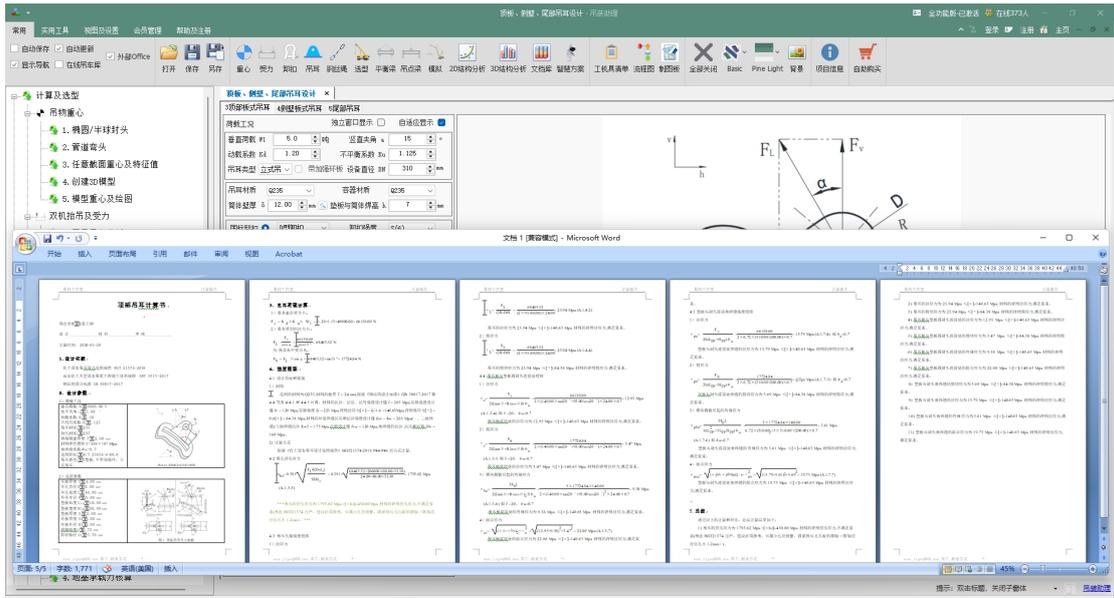
4.1 强度计算: 点击“设计验算”, 软件自动校核:

设计判断		设计验算		WORD计算书	
<b>吊耳强度:</b>					
拉力 FL	6.99	吨	水平力 Fh	1.81	吨
挤压应力	1793.62	Mpa	拉应力	25.94	Mpa
剪应力	25.94	Mpa	环板焊接剪应力	0.00	Mpa
<b>耳板与垫板或封头连接处:</b>					
拉应力	12.95	Mpa	剪向应力	3.47	Mpa
弯曲应力	9.58	Mpa	组合应力	22.80	Mpa
<b>垫板与筒体角焊缝</b>					
拉应力	13.79	Mpa	剪向应力	3.69	Mpa
弯曲应力	5.61	Mpa	组合应力	19.75	Mpa
		打开		保存	

- 核心应力: 拉应力 ( $\sigma_L=25.94\text{MPa}$ )、剪应力 ( $\tau_L=25.94\text{MPa}$ )、挤压应力;
- 连接处应力: 吊耳板与垫板焊缝拉应力 ( $\sigma_e=12.95\text{MPa}$ )、剪应力 ( $\tau_{pe}=3.69\text{MPa}$ )、弯曲应力 ( $\sigma_{pbe}=3.47\text{MPa}$ )、组合应力 ( $\sigma_{pce}=19.75\text{MPa}$ );
- 4.2 查看结果: 绿色区域显示“设计判断”结论, 重点关注挤压应力是否超标。

## 第 5 步: 生成计算书

点击“WORD 计算书”, 生成图文并茂报告, 包含:



- 设计依据：HGT 21574-2018、SHT 3515-2017、GB 50017-2017；
- 设计参数：荷载工况、材料、吊耳尺寸；
- 计算过程：应力公式（如 $\sigma_L = FL / [(2R - D)S]$ ，图 8）、数据代入、结果对比；
- 结论：各项应力是否满足许用值。

### 三、参数详解

#### 1. 核心输入参数

参数区域	关键参数	含义与设置要点
荷载工况	垂直荷载 W1	吊点垂直分力（吨），设计载荷= $W1 \times Kd \times Ku$ （如 $5.0 \times 1.20 \times 1.125 = 6.75$ 吨）。
荷载工况	竖直夹角 $\alpha$	钢丝绳与竖直方向夹角（°），影响水平分力 $Fh = FL \times \sin\alpha$ 。
材料	吊耳/容器材质	选 Q235（许用 $[\sigma] = 140.63\text{MPa}$ 、 $[\tau] = 84.38\text{MPa}$ ），Q345 需重新匹配许用值。
材料	筒体壁厚	需 $\geq$ 表 B.2.1 最小厚度（如 DN=310mm、Wn=7.5 吨、TPA-3 型需查表 B.2.1）。

连接	卸扣类型/轴耳直径 Dr	D 型卸扣自动匹配销轴直径（如 Dr=36mm），美轴卸扣需手动输入。
连接	吊耳类型	立式吊/带加强环板/带垫板 带垫板时需输入垫板焊高 h（如 7mm）、环板参数（S2=10mm、D1=135mm, ）。
设备参数	设备直径 DN	用于查表 7.0.3 确定吊耳位置 L（吊耳板中心线距设备中心线距离）。
吊耳尺寸	板厚 S/耳孔 D/垫板 Ltp	参考表 7.0.2 TPA/TPB 系列（如 TPA-3 型 S=24mm、D=80mm、Ltp=310mm）。

## 2. 核心输出参数与标准依据

输出项	含义与规范依据
拉应力 $\sigma_L$	$\sigma_L=FL/[(2R-D)S]$ , FL 为拉力（如 68483.52N），需 $\leq[\sigma]=140.63\text{MPa}$ 。
挤压应力 $\sigma_{hz}$	销轴对耳孔的挤压应力，HGT 21574 许用 $[\sigma_{hz}]=450\text{MPa}$ ，超标时建议销轴直径比孔小 1-2mm。
组合应力 $\sigma_{pce}$	$\sigma_{pce}=\sqrt{[(\sigma_{pe}+\sigma_{pbe})^2+(\tau_{ps}^2/2)]}$ ，需 $\leq[\sigma]$ 。
标准选型依据	表 7.0.2（TPA/TPB 尺寸系列，1-15 吨）、表 7.0.3（吊耳位置 DN-L）、表 B.2.1（封头最小厚度）。

## 四、操作技巧与建议

- 善用“自动选择”功能：输入 W1=5.0 吨、Kd=1.20、Ku=1.125 后，点击“自动选择”调用 HGT 21547 标准库 TPA-3 型（7.5 吨），避免手动计算错误。
- 严控封头最小厚度：手动输入壁厚前，按表 B.2.1 校核（如 DN=310mm、Wn=7.5 吨、TPA-3 型需查表确认 A/B/C/D 值），不足时加厚或选小吨位型号。
- 挤压应力超标处理：若  $\sigma_{hz} >$  设计值，按图 9 建议：减小耳孔直径（如 D=80mm→78mm）或采用销轴直径比孔小 1-2mm（如 Dr=36mm <

D=38mm) , 重新计算后 $\sigma_{hz}$  可降至许用范围。

4. 规范引用与计算书归档: 生成计算书时, 确保包含设计依据、公式来源、结果对比, 满足报审要求。

## 五、常见问题解答 (FAQ)

Q1: 如何从标准库选型 7.5 吨顶部板式吊耳?

A1: 输入  $W_1=7.5$  吨、 $K_d=1.20$ 、 $K_u=1.125$ , 点击“自动选择”, 软件匹配表 7.0.2 中 TPA-3 型 (公称吊重 7.5 吨,  $S=24\text{mm}$ 、 $D=80\text{mm}$ 、 $L_{tp}=310\text{mm}$ ) 。

Q2: 筒体壁厚 12mm 能否用 TPA-3 型吊耳 ( $DN=310\text{mm}$ 、 $W_n=7.5$  吨) ?

A2: 查表 B.2.1 (图 6) ,  $DN=310\text{mm}$  ( $<600\text{mm}$ ) 、 $W_n=7.5$  吨需 TPA-3 型, A/B/C/D 值分别为 20/18/18/16mm,  $12\text{mm} < 16\text{mm}$ , 不满足, 需加厚筒体或选 TPA-2 型 ( $W_n=3.5$  吨) 。

Q3: 挤压应力 1793.62MPa 超标怎么办?

A3: 按图 9 建议: 调整孔径 (如  $D=80\text{mm} \rightarrow 78\text{mm}$ , 减小承压面积) 或采用匹配销轴 (销轴直径  $D_r=36\text{mm} < D=38\text{mm}$ , 孔轴差 2mm) , 重新计算后 $\sigma_{hz}$  可降至许用范围。

Q4: 如何确定吊耳板中心线距设备中心线距离 L?

A4: 查表 7.0.3, 根据设备公称直径 DN (如  $DN=310\text{mm}$ , 接近 300mm) 取  $L=150\text{mm}$  ( $DN=600$  对应  $L=150\text{mm}$ , 类推) 。

Q5: 计算书中“组合应力 19.75MPa”的含义?

A5: 指垫板与封头角焊缝的拉、弯、剪复合应力, 如 ( $\sigma_{pce}=\sqrt{[(13.79+5.61)^2+3.69^2/2]}=19.75\text{MPa}$ ) , 需 $\leq[\sigma]=140.63\text{MPa}$  (Q235) , 满足要求。