

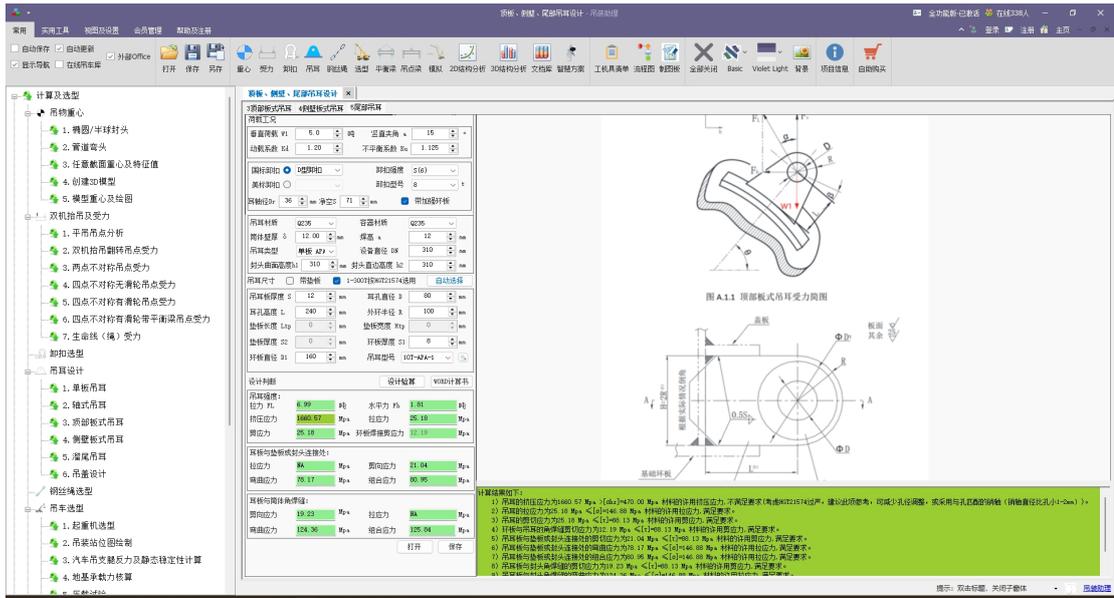
吊装助理尾部吊耳（溜尾吊耳）

设计教程

一、功能介绍与使用场景



本模块是吊装工程中尾部溜尾吊耳的智能化设计核心工具，基于“参数化设计+标准验算+全成果输出”的一体化架构，解决传统尾部吊耳设计中计算复杂、校核项多、计算书编制效率低等痛点，实现从载荷输入到计算书生成的全流程自动化。



模块支持APA型（10-50吨）与APB型（75-300吨）两类尾部吊耳自动选型和自由尺寸设计，集成多情况验算及成果输出功能，核心解决尾部吊耳与设备连接、溜尾荷载的强度校核难题，适配压力容器翻身、大型塔器溜尾吊装等严苛工程场景。

1.1 核心功能

- **智能参数化设计：**输入基本荷载参数后，自动匹配吊耳板厚、耳孔直径、环板尺寸等关键参数，无需手动迭代计算（如根据吊重自动推荐APA-1至APB-10型号）。
- **多体系验算：**集成挤压应力、拉应力、剪应力、组合应力、焊缝强度等完整校核体系，贴合《化工设备吊耳设计选用规范》（HGT 21574-2018）、《钢结构设计标准》（GB 50017-2017）等规范要求。
- **多参数支持：**考虑动载系数（Kd）、不平衡系数（Ku）、竖直夹角（ α ），适配大型设备翻身、尾部溜尾等场景。
- **全专业成果输出：**生成详细WORD计算书（含公式推导、规范依据），满足方案报审、施工需求。

1.2 主要使用场景

- 压力容器、塔器设备的尾部溜尾吊装设计；
- 大型设备翻身吊装的尾部吊耳设计；

- 既有尾部吊耳的安全复核与评估;
- 重载 (≥ 75 吨) 及高频溜尾吊装场景的吊耳定制设计;
- APA 型 (10-50 吨) 与 APB 型 (75-300 吨) 吊耳的选型与优化。

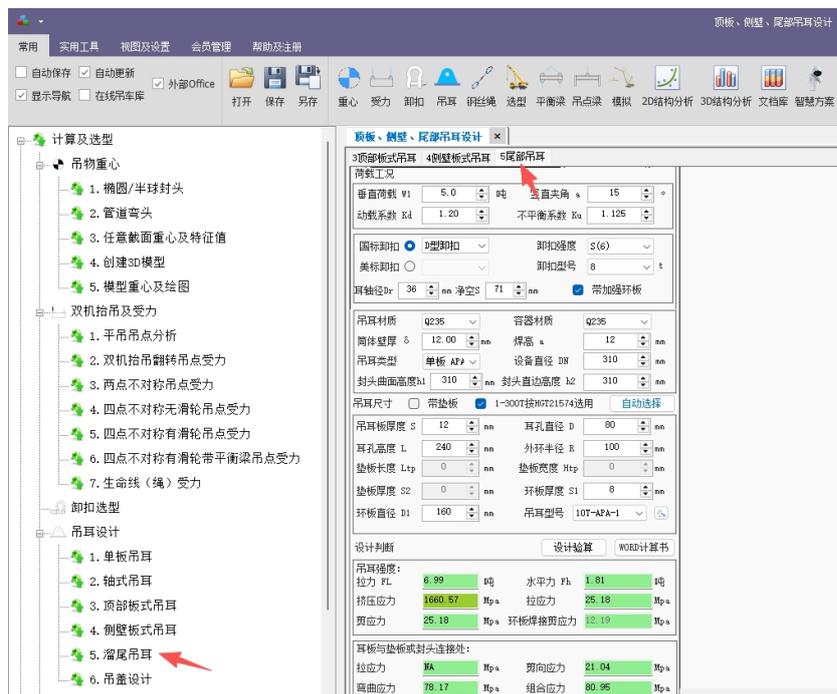
二、主要设计流程

设计流程分为参数输入→自动设计→手动优化→验算确认→成果输出五大阶段，具体操作步骤如下：



阶段 1：填写“自动设计”前的核心参数

打开软件，点击左侧导航栏“计算及选型→吊耳设计→5 尾部吊耳”进入界面，在“自动设计”按钮上方的参数区域完成以下设置：



1.1 荷载工况

荷载工况			
垂直荷载 W1	5.0	吨	竖直夹角 α
动载系数 Kd	1.20		不平衡系数 Ku
			1.125

- 垂直荷载 W1: 吊耳承受的总垂直荷载 (吊装重量的溜尾分力), 单位“吨”。
- 竖直夹角 α : 吊索与垂直方向夹角, 如示例值 15° (角度越小水平分力越大, 需重点校核)。
- 动载系数 Kd: 考虑起吊冲击的动力放大系数, 默认 1.20 (动态吊装、重载吊装可提高至 1.2~1.3)。
- 不平衡系数 Ku: 多吊点荷载分配不均系数, 默认 1.125 (根据吊点布置均匀性调整)。

1.2 吊耳类型自动选择

11.0.2 尾部吊耳的尺寸系列见本规范表 11.0.1.

表 11.0.2 尾部吊耳尺寸系列

吊耳系列	APA					APB				
	APA-1	APA-2	APA-3	APA-4	APA-5	APB-6	APB-7	APB-8	APB-9	APB-10
公称吊重 (吨)	10	15	25	35	50	75	100	150	200	300
S (mm)	12	16	24	30	40	36	40	60	100	120
S ₁ (mm)	8	10	10	10	10	10	12	20	20	20
D (mm)	80	80	90	100	110	120	120	120	120	140
D ₁ (mm)	160	160	200	220	220	250	250	250	250	300
R (mm)	100	100	125	125	125	150	150	150	150	200
L (mm)	240	240	245	250	255	260	260	260	260	270

11.0.3 尾部吊耳的质量见本规范表 11.0.3.

表 11.0.3 尾部吊耳质量 (kg)

吊耳系列	APA					APB				
	APA-1	APA-2	APA-3	APA-4	APA-5	APB-6	APB-7	APB-8	APB-9	APB-10
W (kg)	6.3	8.3	15.5	19.0	23.5	54.6	61.7	94.9	142.3	239

注: 1. 当调整 L 和 H 值时, 尾部吊耳质量应做相应调整;
2. APB 吊耳为两个吊耳板的总质量

- APA 型: 适用于吊重 10-50 吨, 结构含单板吊耳板、基础环板。
- APB 型: 适用于吊重 75-300 吨, 为双吊耳板结构。

1.3 连接相关

<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) 卸扣型号 8 t
耳轴径 Dr 36 mm 净空 S 71 mm	<input checked="" type="checkbox"/> 带加强环板

- 卸扣类型：选择“国标卸扣（D型）”或“美标卸扣”，选择卸扣强度。
- 耳轴径 Dr：与卸扣匹配的销轴直径，软件自动读取。
- 净空 S：吊耳与设备间的最小安全距离，软件自动读取。

1.4 材质与结构参数

- 吊耳材质：下拉选择（如 Q235）。
- 容器材质：设备本体材质，影响连接焊缝强度。
- 筒体壁厚 δ ：设备筒体厚度。
- 吊耳尺寸（自动读取或设计）：

吊耳尺寸	<input type="checkbox"/> 带垫板	<input checked="" type="checkbox"/> 1-300T按HGT21574选用	<input type="button" value="自动选择"/>
吊耳板厚度 S	12 mm	耳孔直径 D	80 mm
耳孔高度 L	240 mm	外环半径 R	100 mm
垫板长度 Ltp	0 mm	垫板宽度 Htp	0 mm
垫板厚度 S2	0 mm	环板厚度 S1	8 mm
环板直径 D1	160 mm	吊耳型号	10T-APA-1

- ❖ 耳孔直径 D：根据销轴直径，自动读取或设计；
- ❖ 外环半径 R：吊耳外轮廓的半径；
- ❖ 吊耳板厚度 S：吊耳板的厚度尺寸；
- ❖ 环板的厚度 S_1 ；
- ❖ 垫板参数：垫板长度 Ltp、宽度 Htp、垫板的厚度 S_2 。

阶段 2：点击“自动设计”，生成初始尺寸与计算结果

完成参数填写后，点击“自动设计”按钮，软件基于输入参数自动读取或设计吊耳尺寸，并在底部绿色区域输出结果：

吊耳尺寸	<input type="checkbox"/> 带垫板	<input checked="" type="checkbox"/> 1-300T按HGT21574选用	<input type="button" value="自动选择"/>		
吊耳板厚度 S	<input type="text" value="12"/>	mm	耳孔直径 D	<input type="text" value="80"/>	mm
耳孔高度 L	<input type="text" value="240"/>	mm	外环半径 R	<input type="text" value="100"/>	mm
垫板长度 Ltp	<input type="text" value="0"/>	mm	垫板宽度 Htp	<input type="text" value="0"/>	mm
垫板厚度 S2	<input type="text" value="0"/>	mm	环板厚度 S1	<input type="text" value="8"/>	mm
环板直径 D1	<input type="text" value="160"/>	mm	吊耳型号	<input type="text" value="10T-APA-1"/>	<input type="button" value="刷新"/>
设计判断		<input type="button" value="设计验算"/>		<input type="button" value="WORD计算书"/>	
吊耳强度:					
拉力 FL	<input type="text" value="6.99"/>	吨	水平力 Fh	<input type="text" value="1.81"/>	吨
挤压应力	<input type="text" value="1660.57"/>	Mpa	拉应力	<input type="text" value="25.18"/>	Mpa
剪应力	<input type="text" value="25.18"/>	Mpa	环板焊接剪应力	<input type="text" value="12.19"/>	Mpa
耳板与垫板或封头连接处:					
拉应力	<input type="text" value="NA"/>	Mpa	剪向应力	<input type="text" value="21.04"/>	Mpa
弯曲应力	<input type="text" value="78.17"/>	Mpa	组合应力	<input type="text" value="80.95"/>	Mpa
耳板与筒体角焊缝:					
剪向应力	<input type="text" value="19.23"/>	Mpa	拉应力	<input type="text" value="NA"/>	Mpa
弯曲应力	<input type="text" value="124.36"/>	Mpa	组合应力	<input type="text" value="125.84"/>	Mpa
		<input type="button" value="打开"/>		<input type="button" value="保存"/>	

阶段 3：手动调整尺寸参数，点击“吊耳验算”

若自动设计结果不满足要求（如挤压应力超限），可在“吊耳尺寸”区微调参数（“吊耳尺寸”区）：

- 优化耳孔直径 D：减小孔径，使销轴与孔间隙更合理；
- 调整吊耳板厚度 S：增厚至 25mm（提高承压能力）；
- 启用加强环板：勾选“带加强环板”，设置环板厚度 S₂。

调整后点击“吊耳验算”按钮，重新校核应力，直至底部显示“结论：设计满足要求”。

阶段 4：成果输出

点击对应按钮生成全流程成果，可直接用于施工、报审及存档：



- WORD 计算书：含设计规范（HGT 21574-2018、GB 50017-2017）、公式推导、应力汇总表及关键参数，满足方案报审、专家论证需求。

三、关键参数解释与介绍

参数类别	关键参数	含义与设置要点（结合图片示例）
荷载工况	垂直荷载 W_1	总设计荷载，吊耳受到的垂直荷载。
关键参数	动载系数 K_d	起升冲击系数，默认 1.20（动态吊装可提高至 1.3）。
吊耳类型	APA 型 vs APB 型	APA 型（10-50 吨，单板吊耳板）用于中型设备；APB 型（75-300 吨，双吊耳板）用于重型设备。
连接相关	耳轴径 D_r	销轴直径。
材质参数	吊耳材质	如 Q235，许用拉应力 $[\sigma]=140.63\text{Mpa}$ 、许用剪应力 $[\tau]=84.38\text{Mpa}$ （GB 50017-2017 计算）。
结构参数	耳孔直径 D	读取或自动设计与 D_r 匹配。
结构参数	外环半径 R	吊耳的轮廓尺寸参数。

四、设计要点与操作技巧

4.1 设计核心要点

- 销轴与耳孔匹配：销轴直径比耳孔小 1-2mm，避免挤压应力超限。
- 结构尺寸平衡：增加耳板厚度 S （如 20mm→25mm）提高承压能力，增大外环半

径 R (100mm→125mm) 改善抗弯性能, 避免单一参数调整导致应力集中。

- 加强环板设置: 重载 (≥75 吨 APB 型) 建议启用加强环板, 搭配环板厚度 $S_1=10\text{mm}$, 增强局部刚度。
- 验收标准: 所有应力项 ≤ 材料许用值 (Q235: $[\sigma]=140.63\text{Mpa}$, $[\tau]=84.38\text{Mpa}$), 挤压应力 ≤ 450Mpa (HGT 21574-2018), 安全系数 ≥ 1.6。

4.2 操作技巧与建议

- 自动设计优先: 先填全参数点击“自动设计”, 获取初始型号, 再基于验算结果微调。
- 重点监控应力: 挤压应力 (1464.48Mpa) 是尾部吊耳破坏主因, 需优先校核并优化。
- 材质适配场景: 重载 (≥75 吨 APB 型) 优先选 Q345 (许用应力更高), 中小荷载 (APA 型) 用 Q235 兼顾经济性。

五、常见问题处理

Q1: 自动设计结果挤压应力不满足要求 (如 1464.48Mpa > 450Mpa) 怎么办?

A: ① 减小耳孔直径 D, 使销轴与孔间隙 ≤ 1-2mm; ② 更换更大耳轴径 Dr (, 采用与孔匹配的销轴; ③ 增厚吊耳板 S (20mm→25mm), 提高承压面积。

六、注意事项

- 本教程基于吊装助理 V1.3.9 版本编写, 具体操作以实际软件界面为准。
- APA 型 (单板) 用于 10-50 吨, APB 型 (双板) 用于 75-300 吨, 严禁混用。
- 成果输出后, 核对计算书与施工图尺寸, 避免加工偏差。
- 核电、高危吊装场景需经专家论证, 严格遵循 HGT 21574-2018、GB 50017-2017 规范。

附: 核心规范与参考

- ❖ 《化工设备吊耳设计选用规范》HGT 21574-2018（第 11 章尾部吊耳）
- ❖ 《钢结构设计标准》GB 50017-2017（材料许用应力计算）