

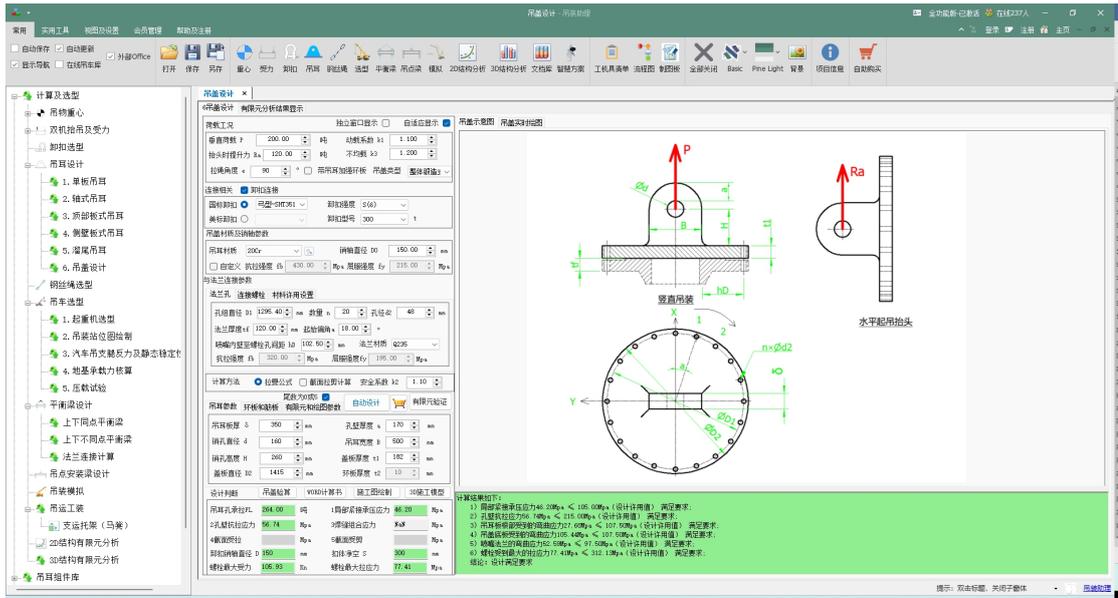
吊装助理吊盖设计模块使用教程

一、功能介绍与使用场景



本模块是吊装工程中吊盖（D型吊盖）的智能化设计核心工具，基于“参数化设计+多标准验算+全成果输出”的一体化架构，解决传统吊盖设计中计算复杂、校核项多、出图效率低等痛点，实现从载荷输入到加工制造的全流程自动化。

模块支持整体式与插焊式两类吊盖设计，集成参数化建模、多工况验算、有限元分析及全成果输出功能，核心解决吊盖与设备法兰连接、大荷载吊装的强度校核难题，适配重型吊装、核电大模块等严苛工程场景。



1.1 核心功能

- **智能参数化设计：**输入基本荷载参数后，自动匹配吊盖板厚等关键尺寸，无需手动迭代计算。
- **多体系验算：**集成承压应力、抗拉应力、焊缝强度、螺栓预紧力等完整校核体系，贴合 GB50017、SH/T 3515 等规范要求。
- **复杂工况支持：**支持平吊、抬头、侧向受力等多种工况，考虑动载系数和不均载系数，适配大型设备翻身、垂直吊装等场景。
- **全专业成果输出：**一键生成三维施工模型（STEP/IGS 格式）、自动输出 CAD 加工图纸（DWG/DXF 格式）、生成详细 WORD 计算书（含公式推导、规范依据）、提供有限元分析验证（应力云图、变形结果）。

1.2 主要使用场景

- 压力容器、塔器设备的顶部吊装设计；
- 大型设备翻身吊装的吊盖设计；
- 需要与设备法兰连接的吊装方案；
- 既有吊盖的安全复核与评估；
- 重载（≥200 吨）及高频吊装场景的吊盖定制设计。

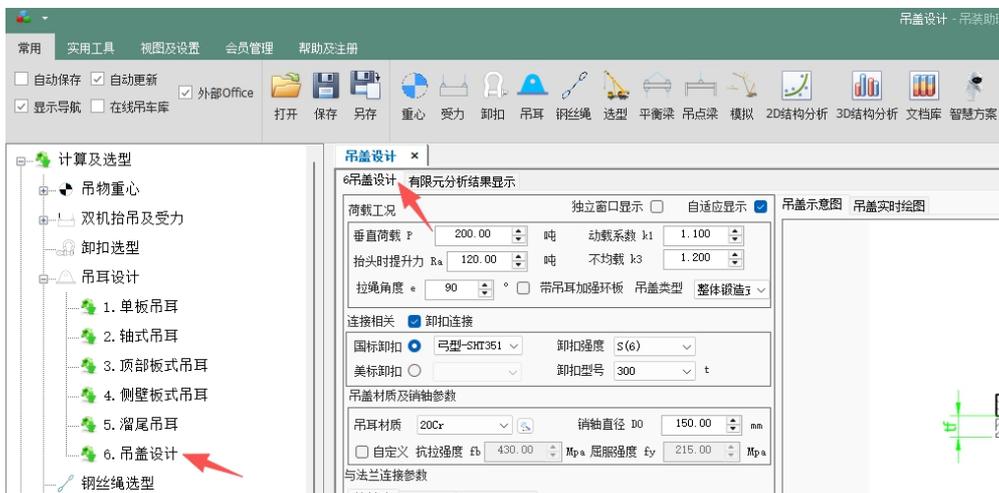
二、主要设计流程

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→6 吊盖设计”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		独立窗口显示 <input type="checkbox"/>	自适应显示 <input checked="" type="checkbox"/>
垂直荷载 P	200.00 吨	动载系数 k1	1.100
抬头时提升力 R_a	120.00 吨	不均载 k3	1.200
拉绳角度 e	90 °	<input type="checkbox"/> 带吊耳加强环板	吊盖类型: 整体锻造

- 垂直荷载 P：吊盖承受的总垂直荷载（设备自重），单位“吨”，如图中示例值 200.00 吨。
- 动载系数 k1：考虑起吊冲击的动力放大系数，默认 1.10，动态吊装、重载吊装可提高至 1.2~1.3。
- 抬头时提升力 R_a ：抬吊时的垂直分力荷载，如图中示例值 120.00 吨。

- 不均载系数 k_3 : 多吊点荷载分配不均系数，默认 1.20，根据吊点布置均匀性调整。
- 拉绳角度 θ : 吊索与垂直方向夹角，如图中示例值 90° （垂直吊装），角度越小水平分力越大，需重点校核。

1.2 吊盖类型选择

荷载工况 独立窗口显示 自适应显示

垂直荷载 P 200.00 吨 动载系数 k_1 1.100

抬头时提升力 R_a 120.00 吨 不均载 k_3 1.200

拉绳角度 e 90 $^\circ$ 带吊耳加强环板 吊盖类型 **整体锻造式**

连接相关 卸扣连接

- 整体式：整体锻造或铸造而成，强度高、刚性好，适用于重载（ ≥ 200 吨）、高频吊装场景。
- 插焊式：由盖板与环板/筋板焊接组装，成本低、适配性强，适用于中小荷载或现场改造场景，需在参数区手动切换。

1.3 连接相关

连接相关 卸扣连接

国标卸扣 弓型-SHT351 卸扣强度 S(6)

美标卸扣 卸扣型号 300 t

吊盖材质及销轴参数

吊耳材质 20Cr 销轴直径 D_0 150.00 mm

自定义 抗拉强度 f_b 430.00 Mpa 屈服强度 f_y 215.00 Mpa

- 卸扣类型：选择“国标卸扣（弓型-SHT351）”或“美标卸扣”，输入卸扣强度，如图中国标卸扣强度 S(6)、美标 300t。
- 连接方式：默认“卸扣连接”，关联销轴直径，如图中示例销轴直径 $D_0 = 150.00$ mm，需与卸扣规格匹配。

1.4 材质与销轴参数

- 吊耳材质：下拉选择（如 20Cr）或“自定义”，输入抗拉强度 f_b 、屈服强度 f_y ，如图中 20Cr 材质参数： $f_b=430.00\text{MPa}$ 、 $f_y=215.00\text{MPa}$ ，高于 Q235，适用于重载场景。
- 销轴直径 D_0 ：与卸扣匹配的销轴尺寸，如图中 150.00mm，直接影响销孔尺寸设计及孔壁承压性能。

1.5 与法兰连接参数

1.5.1 法兰设置

与法兰连接参数

法兰孔		连接螺栓		材料许用设置	
孔组直径 D_1	1295.40 mm	数量 n	20	孔径 d_2	48 mm
法兰厚度 t_f	120.00 mm	起始偏角 α	18.00 °		
喷嘴内壁至螺栓孔间距 h_D	102.50 mm	法兰材质	Q235		
抗拉强度 f_b	320.00 Mpa	屈服强度 f_y	195.00 Mpa		

- 法兰孔组直径 D_1 ：法兰螺栓孔分布圆直径，如图中示例值 1295.40mm。
- 螺栓数量 n ：法兰连接螺栓总数，如图中 20 个，影响连接强度及螺栓受力分配。
- 孔径 d_2 ：法兰螺栓孔直径，如图中 48mm，需与螺栓规格匹配。
- 法兰厚度 t_f ：法兰本体厚度，如图中 120.00mm，影响法兰抗弯性能。
- 法兰材质：选择 Q235 等，输入抗拉/屈服强度，如图中 Q235 材质参数： $f_b=320\text{MPa}$ ， $f_y=195\text{MPa}$ 。

1.5.2 连接螺栓

与法兰连接参数

法兰孔 连接螺栓 材料许用设置

螺栓标准 HG/T 20634- 规格 M45 螺栓材质 35CrMo

抗拉强度 805.00 Mpa 屈服强度 685.00 Mpa 安全系数 n 2.00

力矩系数Kt 0.20 摩擦系数 Kz 0.30

许用应力[σ] 312.13 Mpa 预紧力矩 2328.48 N×m

- 螺栓标准：螺栓遵循的标准规范，如图中示例值“HG/T 20634-”，用于明确螺栓的制造与检验依据。
- 规格：螺栓的公称尺寸型号，如图中示例值“M45”，需与法兰螺栓孔直径匹配（如孔径 $d_2=48\text{mm}$ ，M45 螺栓杆径适配）。
- 螺栓材质：螺栓的材料牌号，如图中示例值“35CrMo”，决定其力学性能（如抗拉/屈服强度）。
- 抗拉强度：螺栓材料的极限抗拉强度，如图中示例值“805.00 MPa”，是计算螺栓许用应力的基础参数。
- 屈服强度：螺栓材料的屈服极限强度，如图中示例值“685.00 MPa”，用于评估螺栓在预紧或工作荷载下的塑性变形风险。
- 许用应力[σ]：螺栓材料的许用拉应力，由抗拉强度、安全系数等计算得出，如图中示例值“312.13 MPa”（计算依据：抗拉强度 805.00 MPa÷安全系数 2.00，结合规范修正）。
- 预紧力矩：螺栓安装时需施加的拧紧力矩，确保连接副预紧力达标，如图中示例值“2328.48 N×m”（计算依据：力矩系数 $K_t=0.20$ 、摩擦系数 $K_z=0.30$ 、螺栓规格 M45 等参数综合计算）。
- 力矩系数 K_t ：计算预紧力矩时的扭矩系数（反映螺纹副摩擦影响），如图中示例值“0.20”，需根据材料表面状态调整。
- 摩擦系数 K_z ：计算预紧力矩时的支承面摩擦系数（反映螺母/法兰接触面摩擦影响），如图中示例值“0.30”，影响预紧力的有效传递。

1.5.3 材料许用设置

与法兰连接参数

法兰孔 连接螺栓 材料许用设置

许用剪应力的安全系数 $[\sigma_s]^*$ 0.60 $[\sigma_s]$ -许用拉应力

许用拉应力的安全系数 $\sigma_b/$ 2.00 σ_b -屈服强度

- 许用剪应力的安全系数 $[\sigma_s]^*$ ：剪切工况下材料许用应力的安全储备系数，如图中示例值“0.60”，用于折减许用剪应力（ $[\sigma_s]$ =屈服强度 \times $[\sigma_s]$ 安全系数）。
- 许用拉应力的安全系数 $\sigma_b/$ ：拉伸工况下材料许用应力的安全储备系数，如图中示例值“2.00”，用于计算许用拉应力（ $[\sigma_b]$ =抗拉强度 \div $\sigma_b/$ 安全系数）。

阶段 2：点击“自动设计”，生成初始尺寸与计算结果

计算方法 拉曼公式 截面拉剪计算 安全系数 k2 1.10

尾数为0或5 自动设计 有限元验证

吊耳参数 环板和筋板 有限元和绘图参数

吊耳板厚 δ	350 mm	孔壁厚度 a	170 mm
销孔直径 d	160 mm	吊耳宽度 B	500 mm
销孔高度 H	260 mm	盖板厚度 t1	182 mm
盖板直径 D2	1415 mm	环板厚度 t2	10 mm

设计判断 吊盖验算 WORD计算书 施工图绘制 3D施工模型

吊耳孔承拉FL	264.00 吨	1局部紧接承压应力	46.20 Mpa
2孔壁抗拉应力	56.74 Mpa	3焊缝组合应力	NaN Mpa
4截面受拉	Mpa	5截面受剪	Mpa
卸扣销轴直径 D	150 mm	扣体净空 S	300 mm
螺栓最大受力	105.93 Kn	螺栓最大拉应力	77.41 Mpa
底板弯曲应力	105.44 Mpa	耳板根部弯曲应力	27.68 Mpa
喷嘴法兰弯曲应力	52.59 Mpa		

打开 保存

完成上述参数填写后，点击界面中部“自动设计”按钮，软件基于输入参数自动优化吊盖尺寸，并在底部绿色区域输出计算结果：

- 初始尺寸：盖板厚度 t1（如 182mm）、环板厚度 t2（如 10mm）、吊耳宽度 B（如 500mm）等核心结构尺寸。
- 吊耳参数：均由自动设计生成，后续可手动微调，需与销轴及整体结构适配：销

孔直径 d : 吊耳销孔尺寸, 需与销轴 $D0$ 匹配, 留合适的间隙, 如图中示例值 160mm (与 $D0=150\text{mm}$ 留 5mm 间隙, 需结合装配要求调整)。

- 吊耳宽度 B : 吊耳横向尺寸, 影响抗弯截面模量, 如图中示例值 500mm。
- 销孔高度 K : 销孔中心至吊耳底面的距离, 如图中示例值 260mm。
- 盖板厚度 $t1$: 吊盖主体盖板厚度, 如图中 182mm 为自动设计结果。
- **环板和筋板参数 (“环板和筋板”选项卡)**: 均由自动设计生成, 重载工况可手动优化加强结构参数: 环板外径 $R1/R0$: 环板外半径与内半径, 如图中示例值 $R1=165\text{mm}$, $R0=80\text{mm}$, 影响局部刚度。
- 带加强板: 勾选后激活加强板参数, 包括加强板厚 $t3$ 、加强高度/宽度, 如图中示例值 $t3=120\text{mm}$, 重载工况建议启用。
- 筋板间距: 筋板布置间距, 如图中示例值 320mm, 间距越小, 加强效果越好, 需结合结构空间调整。
- 关键验算结果: 吊耳孔承拉 FL (如 264.00 吨)、孔壁挤压应力 (如 46.20MPa)、孔壁抗拉应力 (如 56.74MPa)、螺栓最大受力 (如 105.93kN) 等。

阶段 3: 手动调整尺寸参数, 点击“吊盖验算”

若自动设计结果不满足要求 (如应力超限), 可在“吊耳参数”“环板和筋板”区微调尺寸 (如增大盖板厚度 $t1$ 、加密筋板间距、启用加强板), 调整后点击“吊盖验算”按钮, 重新校核应力:

- 验算通过标志: 底部显示“结论: 设计满足要求”, 各项应力 \leq 对应材质许用值。
- 重点关注指标: 吊耳根部受压弯曲应力 (如示例 27.68MPa)、吊盖底板弯曲应力 (如示例 105.44MPa)、螺栓法兰弯曲应力 (如示例 52.59MPa)、螺栓最大拉应力 (如示例 77.41MPa)。

阶段 4: 有限元验证 (可选但推荐)

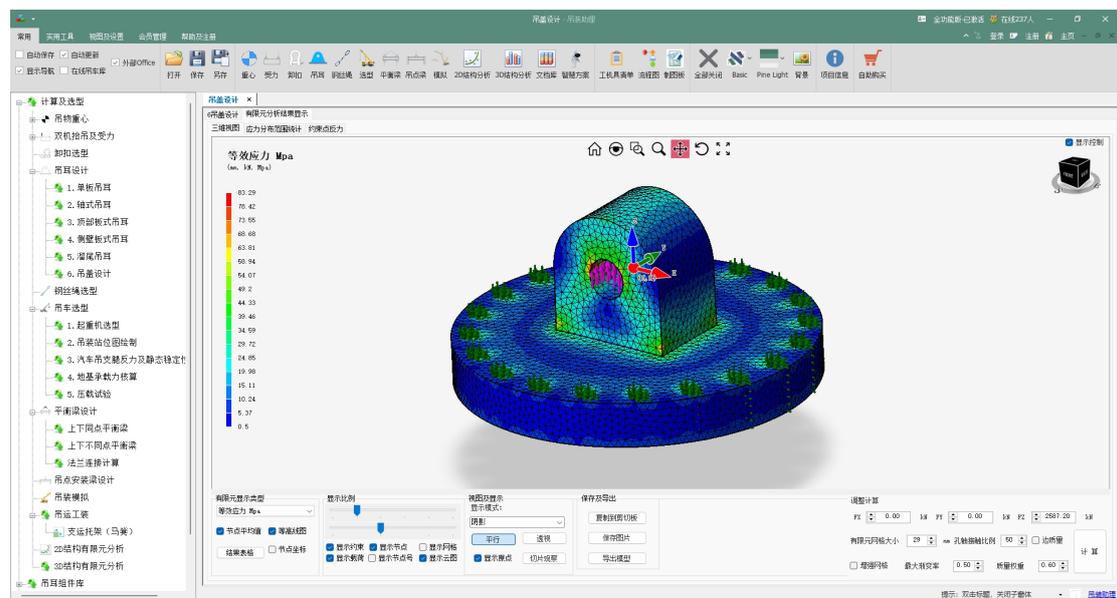
验算通过后, 点击“有限元验证”按钮, 进入三维有限元分析界面, 进一步验证设计安全性:

4.1 参数设置（有限元和绘图参数）



设置有限元网格大小（如示例 29mm）、孔轴接触比例（如示例 50%），可选启用增强网格，提升分析精度。

4.2 结果查看



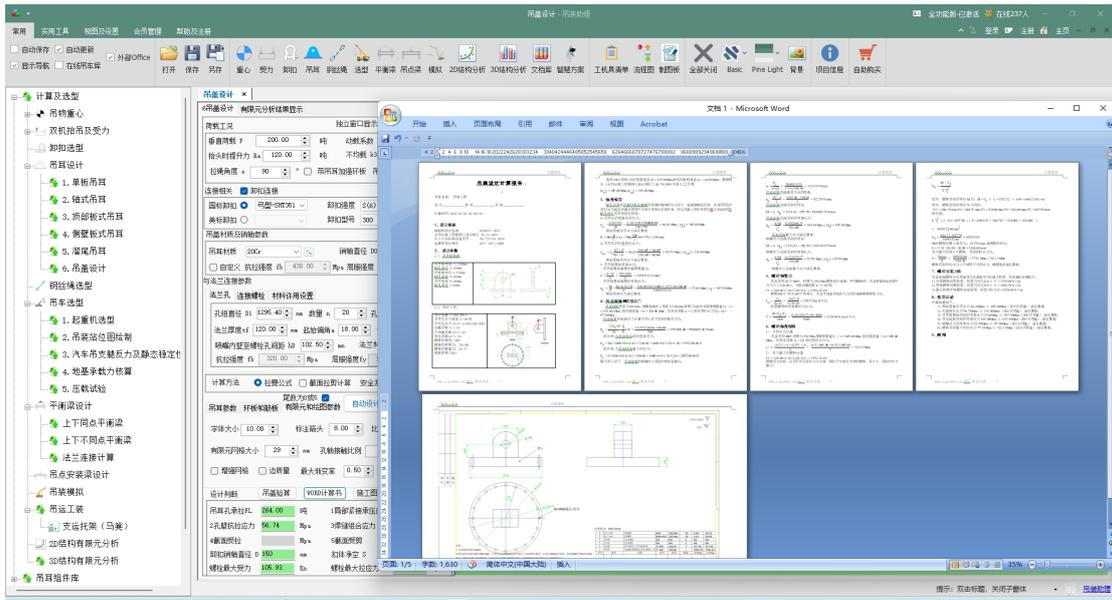
- 应力云图：蓝绿网格显示应力分布，示例等效应力范围 0.5~83.29MPa，需确认无高应力集中区域。
- 约束点反力：如示例 $FZ=2587.20\text{kN}$ （垂直荷载反力），需与设计荷载匹配。
- 关键应力值：最大等效应力（如示例 83.29MPa），需小于所选材质屈服强度（20Cr 屈服强度 215MPa）。

阶段 5：成果输出

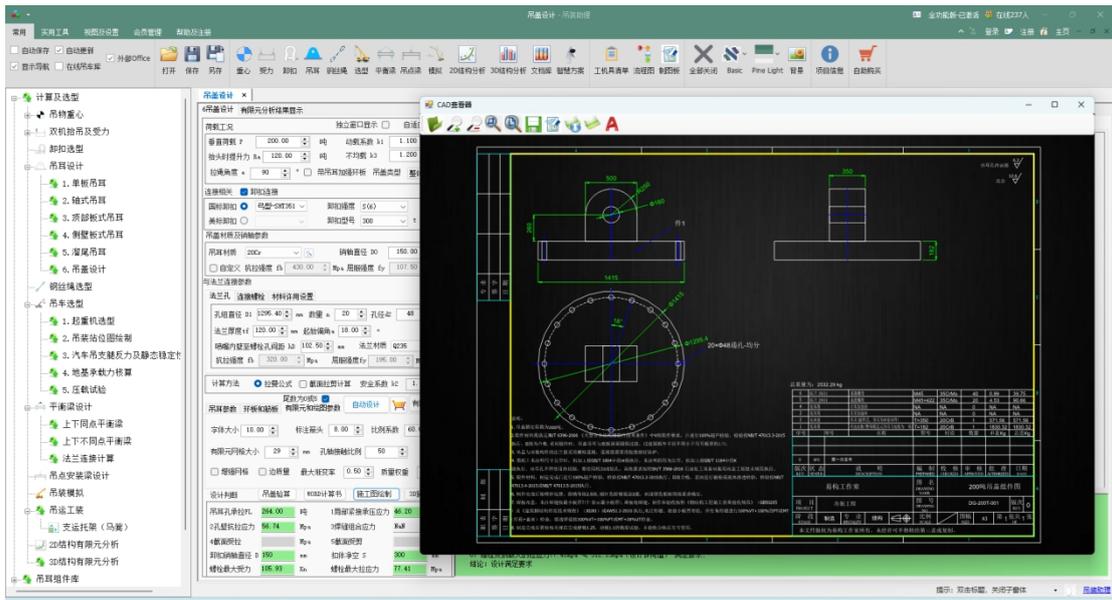
点击对应按钮生成全流程成果，可直接用于施工、报审及存档：

- WORD 计算书：含设计规范（GB50017、SH/T 3515）、公式推导、应力汇总表

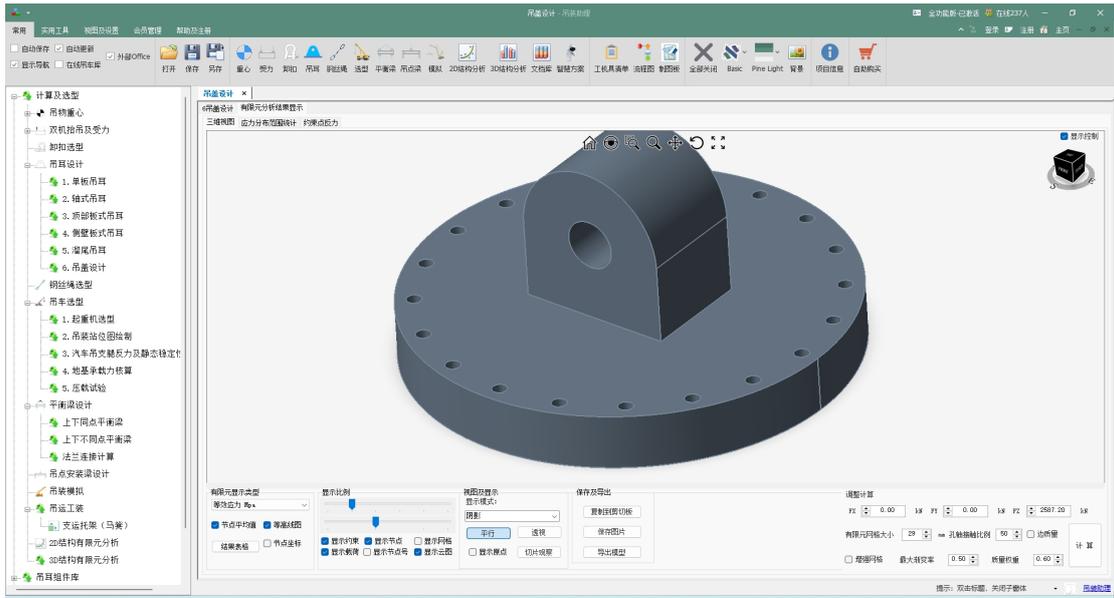
及“吊耳孔承拉 FL=264.00 吨”等关键参数，满足方案报审、专家论证需求。



➤ 施工图绘制：输出吊盖总装图、部件详图，标注环板外径 R1=165mm、筋板间距 320mm 等尺寸，指导加工制造。



➤ 3D 施工模型：生成 STEP/IGS 格式模型（如图 6 三维视图），支持导出用于吊装模拟、碰撞检查及 BIM 建模。



三、关键参数解释与介绍

3.1 设计核心参数（来自图片输入项）

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 P	总设计荷载（含设备自重），如图中 200.00 吨，需全面覆盖吊装全过程荷载。
荷载工况	动载系数 k1	起升冲击系数，默认 1.10，动态吊装、重载吊装可提高至 1.2~1.3，适配核电大模块等高危场景。
吊盖类型	整体式 vs 插焊式	整体式（整体锻造，强度高，如图中“整体锻造”）用于重载≥200 吨；插焊式（分体焊接）用于中小荷载/现场改造，需严控焊接质量。
连接相关	卸扣类型/强度	国标弓型卸扣（SHT351）或美标卸扣（300t），需与销轴直径 D0=150mm 匹配，避免连接失效。
材质参数	吊耳材质	可自定义材质：如 20Cr 的抗拉强度 fb=430MPa，屈服强度 fy=215MPa，高于 Q235，适用于重载、高频吊装场景。

法兰连接	螺栓数量	如 n=20。法兰螺栓总数，影响连接强度；螺栓最大受力 105.93kN，需小于许用值 315.13MPa。
吊耳参数	销孔直径	如 d=160mm。与销轴 D0=150mm 留 5mm 间隙，影响孔壁承压应力。
环板筋板	环板外径	如 R1=165mm。环板外半径，配合加强板厚 t3=120mm，增强局部刚度。

3.2 计算书报告关键参数

从软件生成的 WORD 计算书及底部结果区提取以下核心数据，需重点校核，确保满足工程安全要求：

关键参数	计算书取值	规范依据/验收标准	意义
吊耳孔承拉 FL	264.00 吨	拉曼公式（“计算方法”）	销孔承受的总拉力，需小于吊耳材料许用拉力（20Cr: 430MPa×截面面积）。
孔壁挤压应力	46.20MPa	GB50017-2017（承压许用值）	销轴对孔壁的压应力，需小于材质承压许用值（20Cr: 80MPa）。
孔壁抗拉应力	56.74MPa	拉曼公式	孔壁边缘拉应力，需小于材质抗拉许用值（20Cr: 115 MPa）。
螺栓最大拉应力	77.41MPa	SH/T 3515-2017（螺栓许用值 315.13MPa）	法兰螺栓受拉应力，需小于许用值，安全系数需≥2.0。
有限元最大等效应力	83.29MPa	需小于材质屈服强度（20Cr: 215 MPa）	三维模型应力峰值，验证理论计算准确性，排查应力集中风险。

四、设计要点与操作技巧

4.1 设计核心要点

- **销轴与销孔匹配：**销孔直径应比销轴直径大 1-5mm，确保装配顺畅，避免卡滞，示例中 $D_0=150\text{mm}$ 、 $d=160\text{mm}$ 需调整间隙至规范范围。
- **板厚与宽度平衡：**增加板厚可提高承压能力，增加宽度可改善抗弯性能，重载场景需同步优化，避免单一参数调整导致应力分布不均。
- **加强环板设置：**重载（ ≥ 200 吨）、核电大模块吊装等重要工况建议启用加强环板，搭配筋板加密，显著提高局部刚度，降低变形风险。
- **验收标准：**所有应力项应小于材料许用值，安全系数一般取 2.0-3.0，核电、高危吊装等重要工况需适当提高至 3.0 以上。

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”，获取初始尺寸（如 $t_1=182\text{mm}$ ），再基于验算结果微调，提升设计效率。
- **重点监控应力：**孔壁挤压应力（46.20MPa）和孔壁抗拉应力（56.74MPa）是吊盖破坏主因，需优先校核。
- **有限元必做：**重要工况必须用“有限元验证”查看应力云图，确认无红色高应力区（ $> 200\text{MPa}$ ），杜绝应力集中隐患。
- **材质适配场景：**重载、高频吊装优先选用 20Cr 等高强度材质，中小荷载可选用 Q235，兼顾安全性与经济性；插焊式吊盖需优先采用熔透焊工艺。

五、常见问题处理

Q：自动设计结果不满足要求怎么办？

A：可手动调整关键尺寸（如增加盖板厚度 t_1 、调整环板参数、加密筋板间距、启用加强板）后重新验算，或考虑改用更高强度材料（如将 Q235 替换为 20Cr），同时优化荷载系数设置。

Q：应力集中如何解决？

A：通过有限元分析识别应力集中区域，适当增加局部板厚、设置过渡圆角，或调整销孔与销轴间隙至规范范围（1-5mm），避免局部应力超限。

Q：螺栓受力超限怎么处理？

A：可增加螺栓数量、选用更高强度螺栓，或优化法兰连接参数（如增大法兰厚度 t_f ），重新验算确保螺栓最大拉应力小于许用值。

六、注意事项

- 本教程基于吊装助理 V1.3.9 版本编写，具体操作请以实际软件界面及版本更新内容为准。
- 整体式吊盖优先用于重载（ ≥ 200 吨）及高频吊装场景，插焊式吊盖需严控焊接工艺，焊接后需进行探伤检测，确保焊缝强度。
- 成果输出后，需核对计算书与施工图、3D 模型的尺寸一致性，重点核查销孔、法兰、环板等关键尺寸，避免加工偏差。
- 核电大模块等高危吊装场景，设计完成后需经专家论证，严格遵循 GB50017、SH/T 3515 等规范要求，确保吊装安全。