KISSsoft
Calculation programs for machine design

KISSsoft 03/2017 – 教程 5

轴的校核分析

KISSsoft AG
Rosengartenstrasse 4
8608 Bubikon
Switzerland

Tel: +41 55 254 20 50
Fax: +41 55 254 20 51
info@KISSsoft.AG
www.KISSsoft.AG

目录

1 启动 KISSsoft 3
1.1 启动软件 3
1.2 选择计算模块 3
2 轴的分析 4
2.1 任务，打开现成案例 4
2.2 结果 6
2.3 变形分析 6
2.4 本征频率 9
2.5 轴的强度分析 10
2.5.1 关于计算方法的数据 11
2.5.2 常规数据 11
2.5.3 关于材料信息 11
2.5.4 危险截面的选择和分析 13
2.5.5 分析和结果 15
2.6 报告 15
3 其他计算 16
3.1 额外计算 16
3.2 集成滚动轴承分析 16

1 启动 KISSsoft

1.1 启动软件

一旦软件安装成功并且激活，用户就可以打开 KISSsoft 程序。通常按照步骤点击"Start→Program Files→KISSsoft 03-2017→KISSsoft 03-2017" 来打开程序。KISSsoft 的基本界面如下所示：

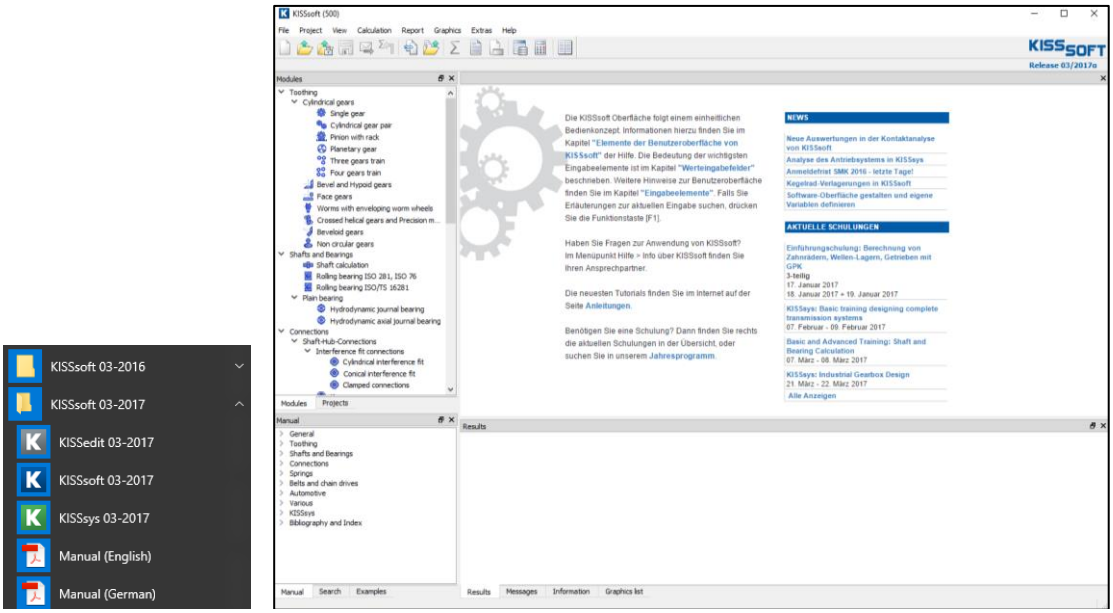


图 1. 启动 KISSsoft，初始窗口

1.2 选择计算模块

在“**Modules 模块**”列表中，选择"Modules 模块" 标签启动轴计算模块：

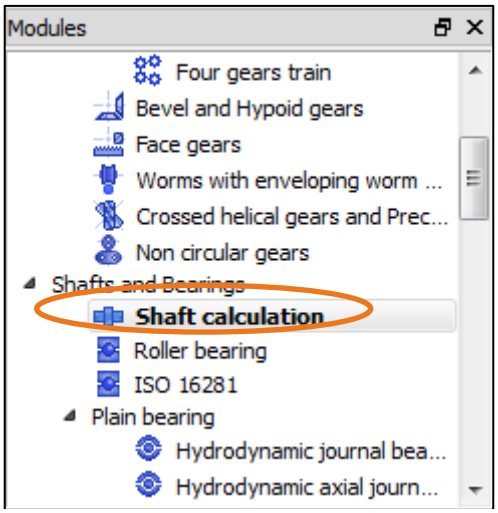


图 2. 在轴和轴承下选择 "Shaft calculation 轴计算"计算模块

2 轴的分析

2.1 任务，打开现成案例

一个已经建好的轴的模型， 见图 3，这是从数学角度来分析研究。可以用以下准则来进行判定：

- 轴变形
- 弯曲临界转速
- 静强度和疲劳强度

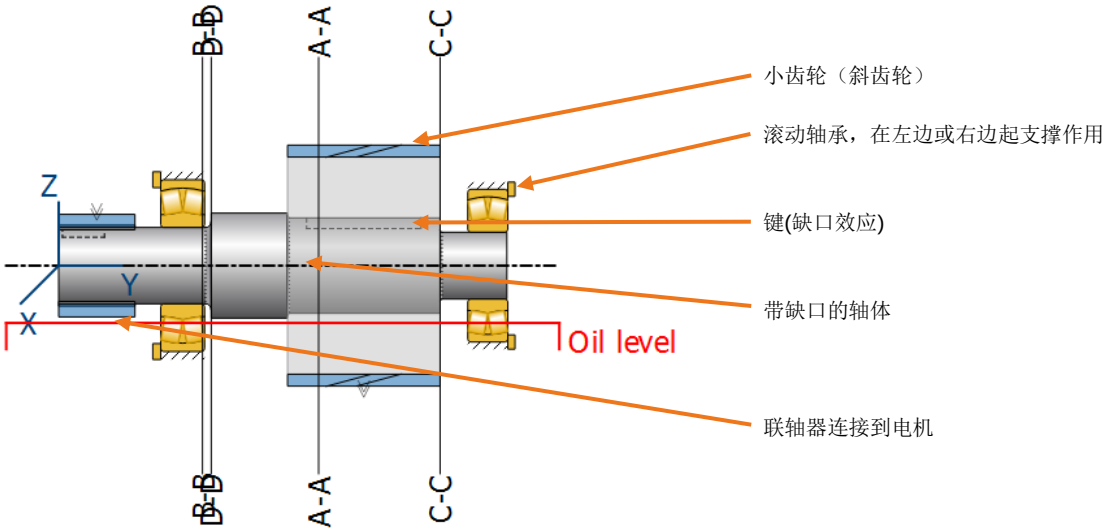


图 3. 小齿轮轴分析

这个轴是电机通过联轴器来驱动的。在转速为 980 rpm 时额定功率是 75W。此功率由斜齿轮系统传递出去。

这个轴模型现已放入 KISSsoft 中，例子文件名为 **Shafts 1.W10**。用户可以在" **Examples** "标签内鼠标左键双击打开该文档，或点击 **"File 文件"→ "Open 打开"** 并在 KISSsoft 子目录中选择文件 …\example ，然后点击 **"Open 打开"。**

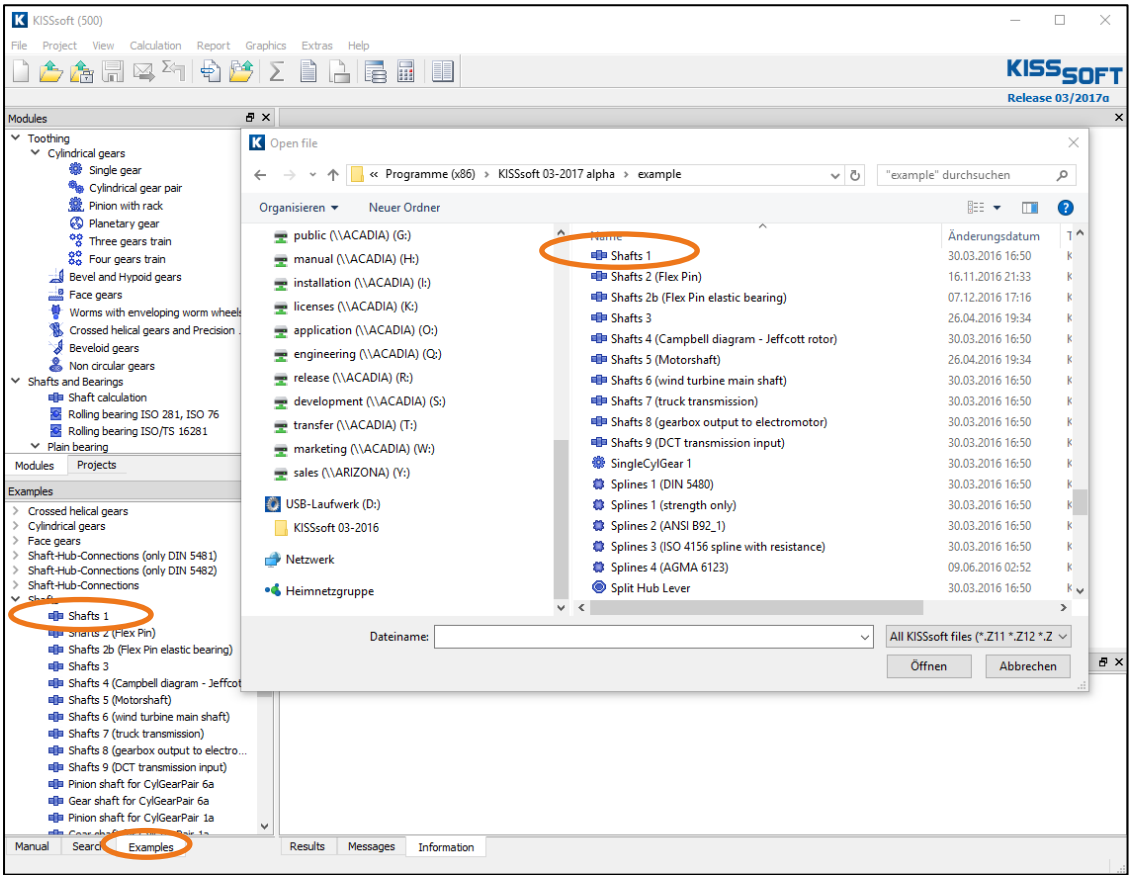


图 4. 打开案例分析

点击 **"Shaft editor 轴编辑"** 标签去查看轴标签，如图 5 显示。

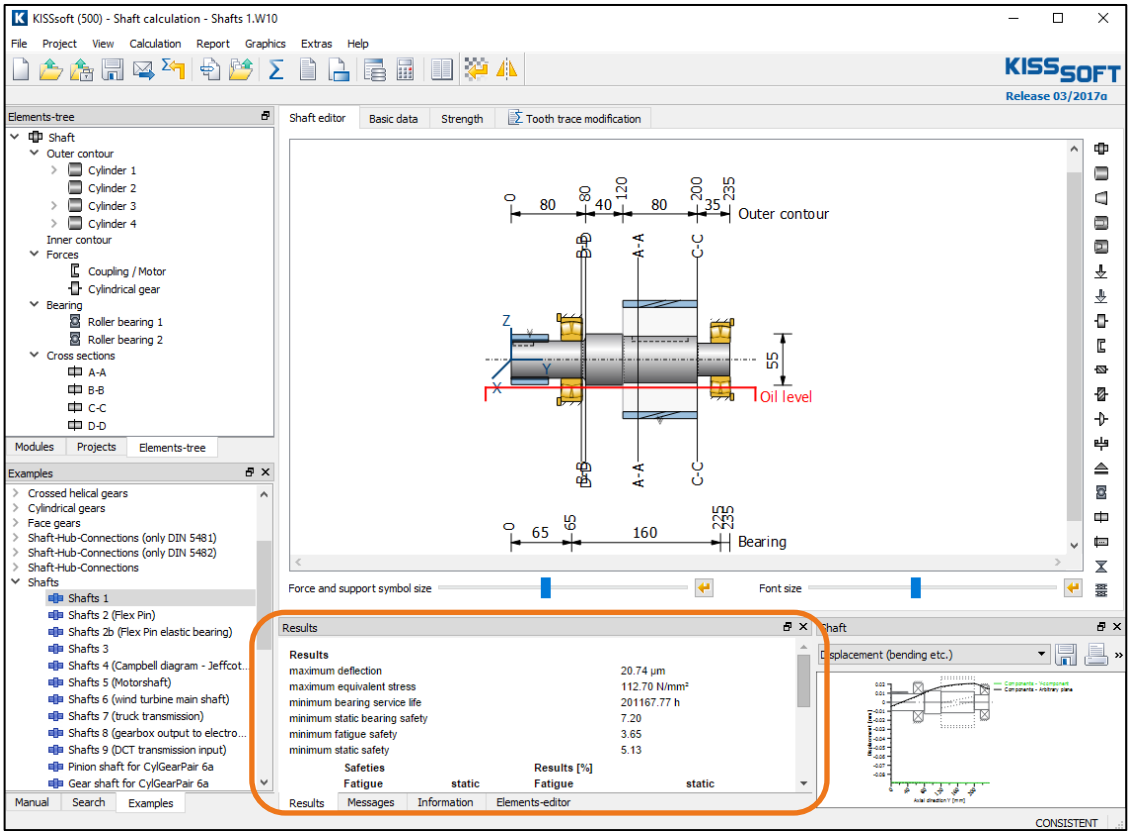


图 5. 打开轴分析

在 KISSsoft 教程 006 中，你可以找到如何建轴模型的细节.

当你打开轴文件，系统会使用设置好的输入执行初步计算。一旦完成轴的定义，在菜单栏上点 （ 或按 F5）去计算所有的轴的特定计算 。结果将会显示在图片或表格当中。

2.2 结果

结果栏中列表了计算后所有的重要结果。 打开这个窗口，点击右上角 图标。可以根据需要调整窗口大小。

Results

Results

maximum deflection	20.74 µm
maximum equivalent stress	112.70 N/mm²
minimum bearing service life	201167.77 h
minimum static bearing safety	7.20
minimum fatigue safety	3.65
minimum static safety	5.13

Safeties			Results [%]	
	Fatigue	static	Fatigue	static
A-A	3.65	10.51	304.43	875.70
B-B	3.80	5.44	316.91	453.51
C-C	4.01	13.21	334.53	1100.98
D-D	4.10	5.13	341.42	427.46

Bearing service life	S0	Lnh	Lnmh	Lnrh	Lnmrh	pmax_i
Roller bearing 1	7.20	6938 h	15701 h	37827 h	201168 h	1687 N/mm²
Roller bearing 2	9.72	24420 h	104534 h	39560 h	283174 h	1611 N/mm²

Bearing reaction force	Component	X	Y	Z	Rxz
Roller bearing 1	F	-3.088 kN	3.263 kN	4.977 kN	5.857 kN
	M	0.000 Nm	0.000 Nm	0.000 Nm	0.000 Nm
Roller bearing 2	F	-1.501 kN	0.000 kN	7.255 kN	7.409 kN
	M	0.000 Nm	0.000 Nm	0.000 Nm	0.000 Nm

图 6. 放大显示的结果

2.3 变形分析

在 **"Basic data 基本数据"** 界面的**“General 常规”**，用户可以找到**“Gears 齿轮”**的下拉列表。这是用户输入轴上那种齿轮模型参与计算：

- 忽略轴上的齿轮的质量和刚度
- 只考虑齿轮的质量（齿轮在轴的安装为松配，虽然它将自身的重量和外部载荷一起附着在轴上，但不会对轴起到刚度增强的作用）
- 考虑齿轮的质量和刚度（齿轮紧密贴合轴并与轴形成整体），为齿轮轴的选项
- 齿轮过盈配合在轴上，依据 ISO 标准考虑其对轴的刚度增强作用（与“考虑齿轮的质量和刚度”近似，但是计算时以较小的直径计算）。

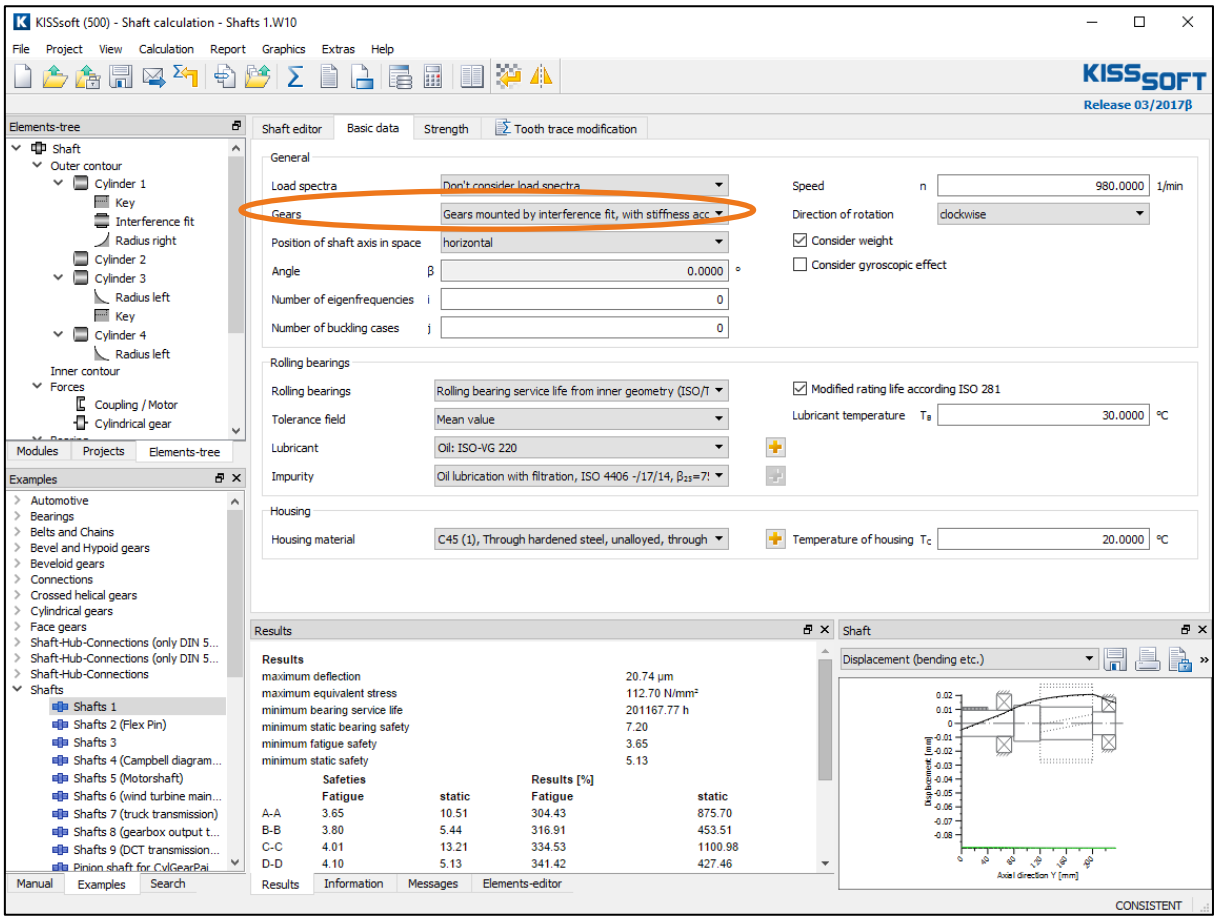


图 7.考虑齿轮的方法

完成选择后，在菜单栏点击  或按“F5”启动计算。为显示轴系的变形视图，菜单栏依此点击 **"Graphics视图"→ "Shaft轴"→ "Displacement (bending etc.) 变形量（弯曲等）"**或在轴的显示子窗口中的下拉列表选择**"Displacement (bending etc.) 变形量（弯曲等）"** 选项。

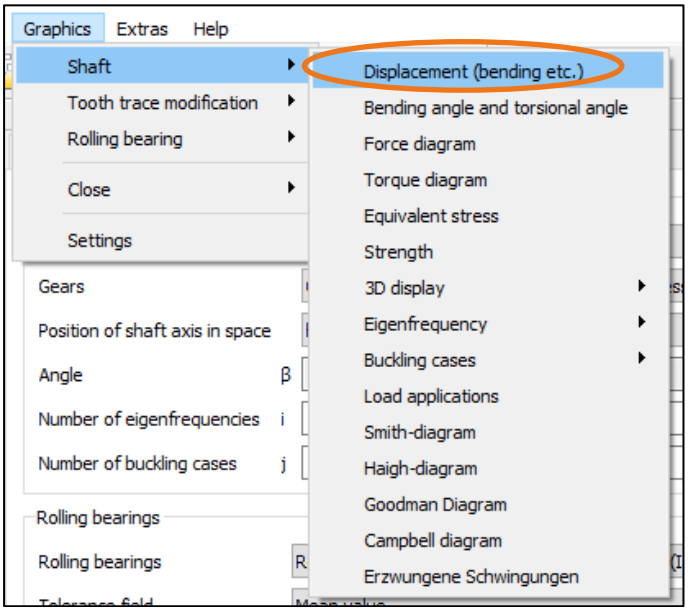


图 8.视图显示轴分析选项

注意，如果视图窗口已经打开，在用户界面下拉列表中点击**"Displacement (bending etc.)变形量（弯曲等）"** 会显示变形曲线（弯曲等）。

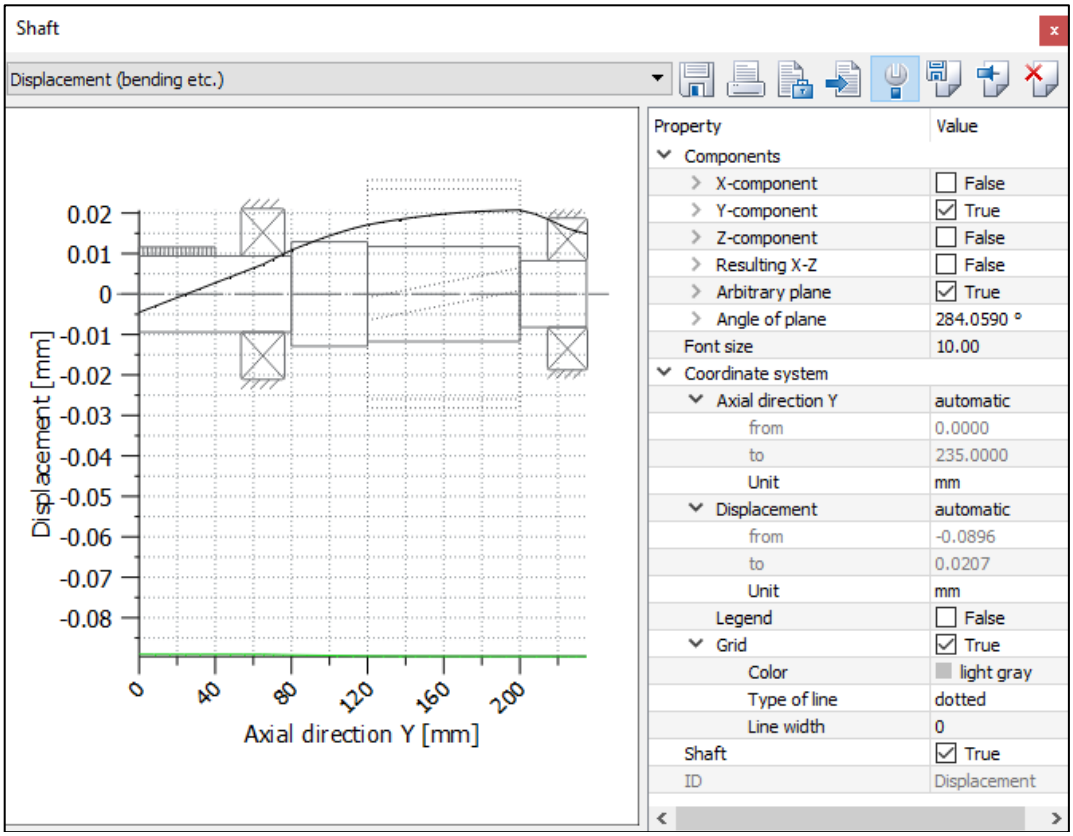


图 9. 选择变形量选项后的显示

最大变形量将在结果窗口显示，这是由于在斜齿轮及其相关的力矩共同作用后，在 x 轴和 z 轴方向上产生的倾斜是共同作用的结果，这样会导致，最大的变形在平面 α = 284° ux‘ = 20.7 µm。这个数据是所有平面内的最大值。

同时，选择 **"Report 报告"→ "Diagrams of bending 弯曲变形报表"** 会在文档中列举出计算值。

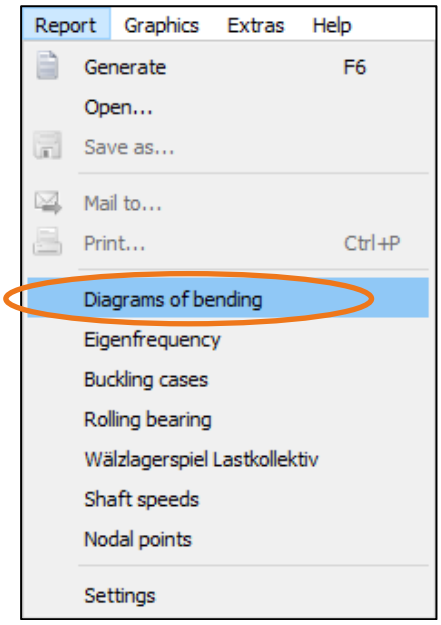


图 10.　　生成具体弯曲变形报告

2.4 本征频率

此案例将考虑前三个临界频率。 再次打开 **"Basic data 基本数据"** 界面并选择考虑那种齿轮模型（这里仅考虑质量，使用保守值）。输入本征频率数量（3）进行计算，点击"Calculate 计算" 图标  启动计算。（更多关于计算的信息，按 "F1"。）

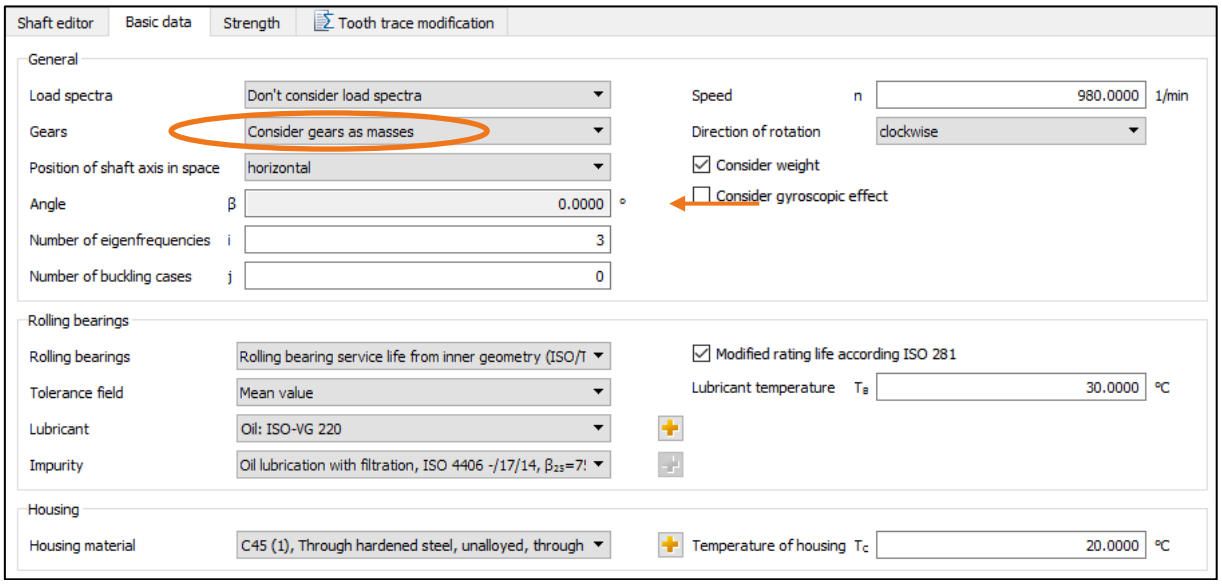


图 11. 输入本征频率的数量

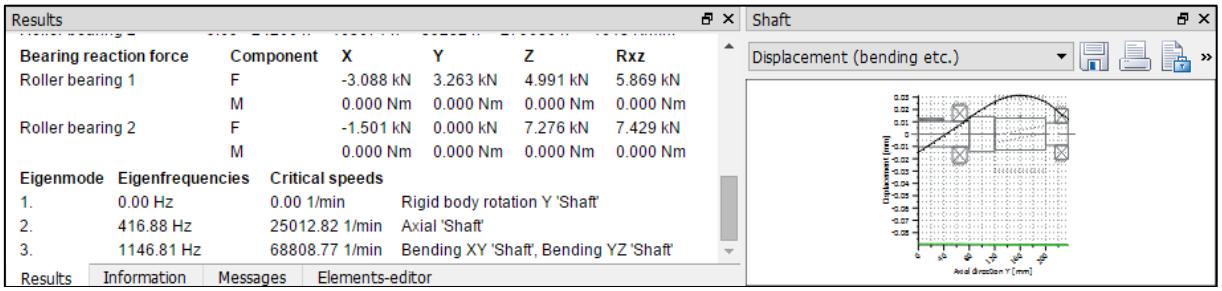


图 12. 各频率下的极限转速计算结果

三个本征频率下对应的频率和极限转速显示在结果窗口。本征频率类型相关也显示在这。第一个本征频率在 0 Hz 下还是处于刚体状态。点击**"Property Browser 属性浏览"**可以设置不同的属性。用户可以选择显示那种本征频率、角度（扭转）或平面（弯曲）：

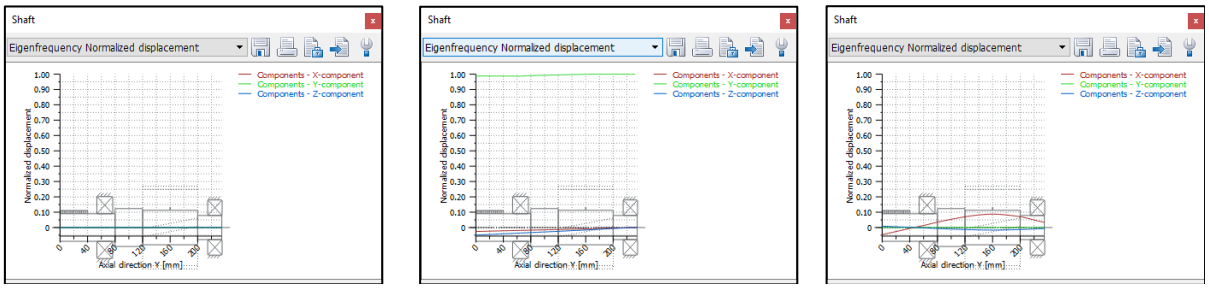


图 13. 本征频率结果

这些视图也可以显示在 3D 中。

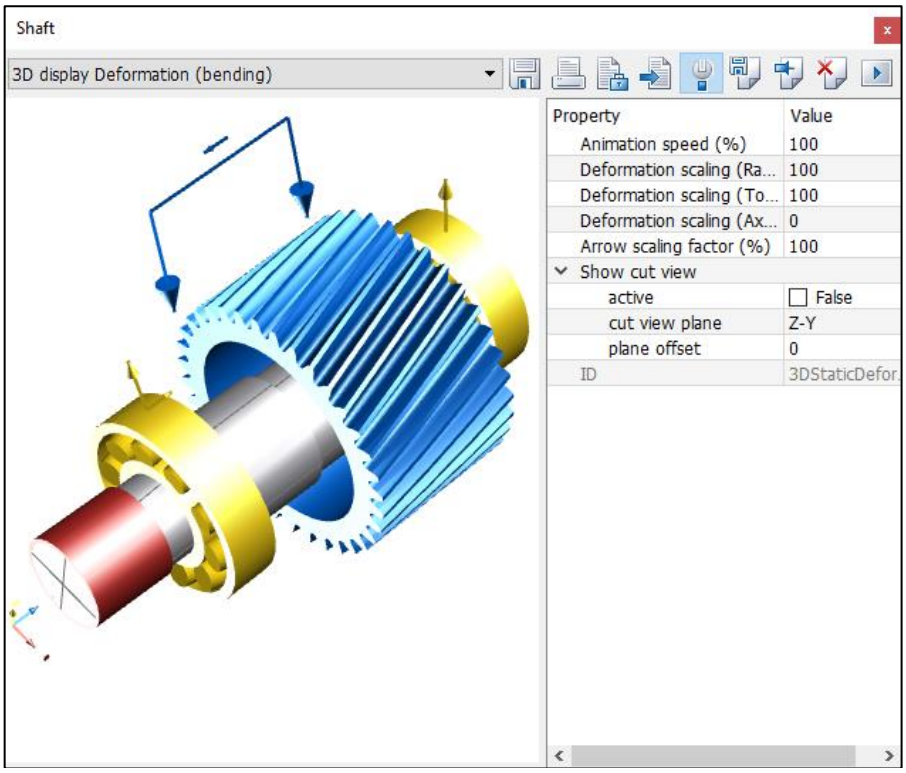


图 14. 3D 变形（弯曲）显示

2.5 轴的强度分析

打开 **"Strength 强度"** 界面去设定强度分析的设置选项（见图 15）。KISSsoft 当前提供 4 种强度分析方法：依据 Hänchen& Decker、DIN 743、AGMA 6101 及 FKM Guideline。本案例中使用 DIN 743。

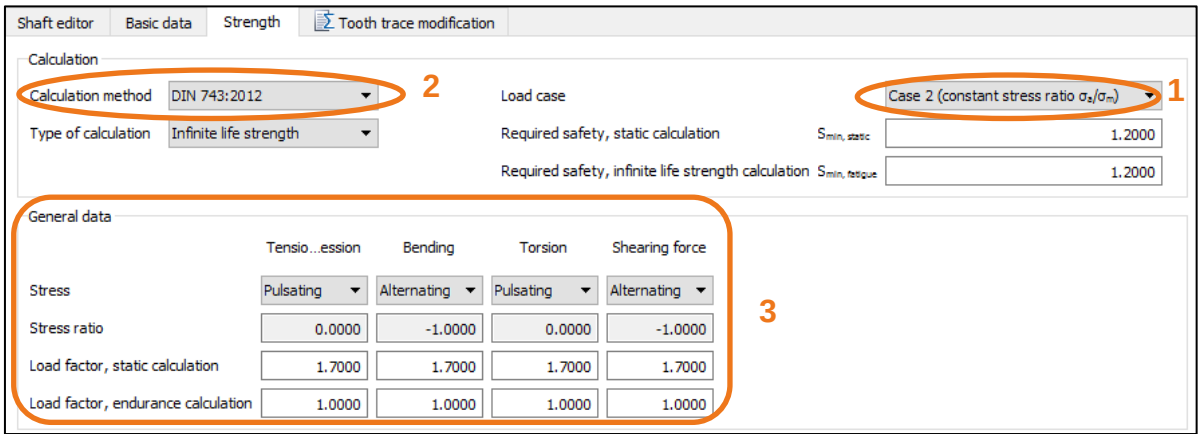


图 15. 涉及强度计算的按钮

(1) 负载类型
(2) 选择计算方法/类型
(3) 常用数据

决定轴上那些危险界面需要分析计算，首先右击**"Elements tree 元素树"**选择**"Cross sections 截面"** 。软件会自动定义这些截面（取决于几何缺口、过盈配合等。）。当然，用户也可以根据实际情况自行定义。

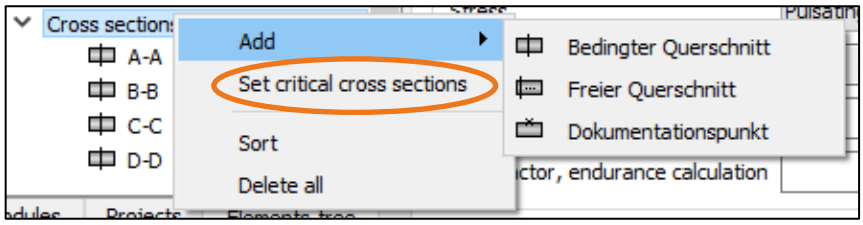


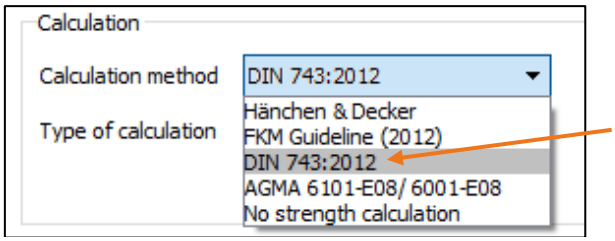
图 16. 启动危险截面分析功能-自动选型

2.5.1 关于计算方法的数据

此案例用户可以使用默认设置。

2.5.2 常规数据

在这里，用户输入负载类型的细节，及需要的强度校核（仅静强度或疲劳强度的校核）。



选择疲劳强度校核。设置无限寿命下的计算。

图 17. "Strength" 强度界面： "Calculation"计算部分-设置细节校核方法

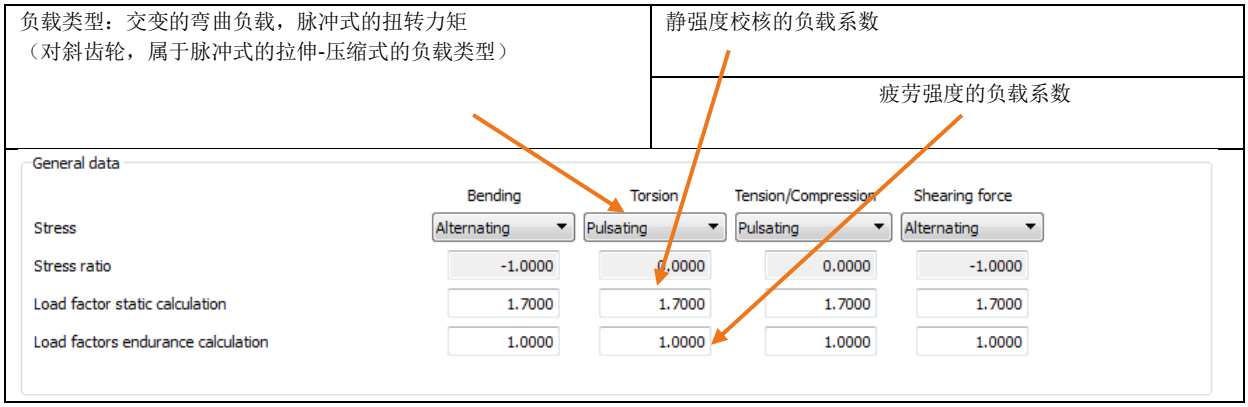


图 18. "Strength"强度界面： "General data" 常用设置栏-负载类型细节设置

在本案例中轴系承受了不同频率的弯曲和扭矩的复杂工况（比如快速旋转的齿轮轴，还不时的带有启停状况下），需要判断是否以常值负载来计算结果（这里对扭矩），或者假定为脉冲式负载。为避免报错，所以计算都将会被执行，最低的安全系数值将会作为结果被评价。

2.5.3 关于材料信息

在轴计算模块的 **"Basic data 基本数据"**界面（图 19）中，可以定义壳体材料。用户定轴的材料可以到轴本身的对话框中设置。也可以选择轴的元素编辑来改变这些数据。

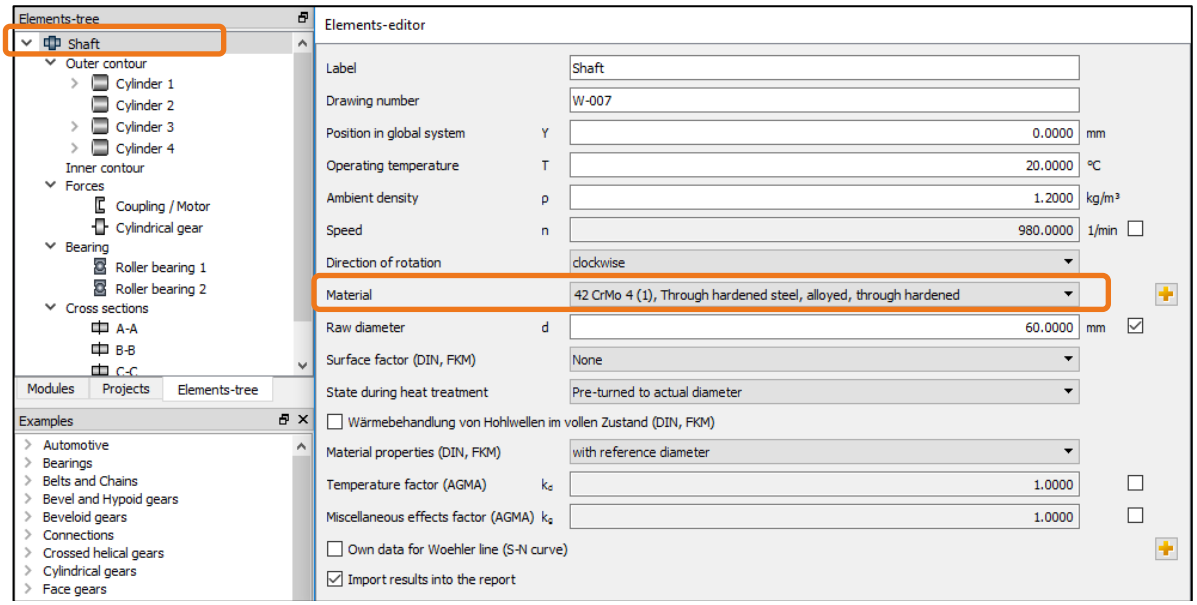


图 19. 轴材料

然而，用户必须输入更多的详细的影响系数来影响最终强度计算的准确性（例如，包括工艺尺寸系数）。

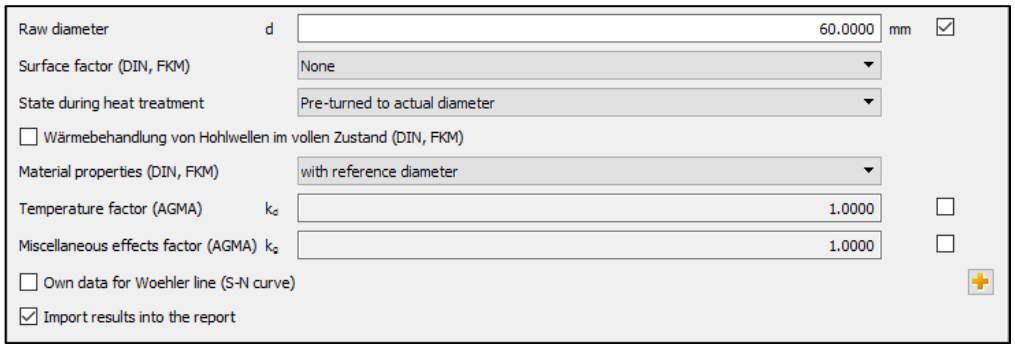


图 20. 材料细节

定义工艺尺寸系数 $K_{1,deff}$，选择这三个选项之一：

- **Preturned to actual diameter:**未加工的原始直径不影响工艺系数。. 这个值 $K_{1,deff}$ 是基于真实直径尺寸对每个截面重新计算。
- **Raw diameter:** $K_{1,deff}$ 决定于未加工原料及适用于所有的截面。
- **Preturned to actual diameter (shoulders K1 from d):** 类似于 "Preturned to actual diameter"，只是在轴肩处根据定义的最小直径 d 决定 $K_{1,deff}$。

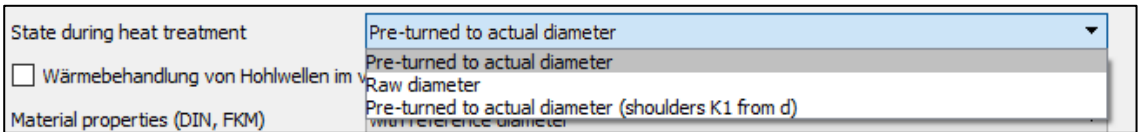


图 21. 材料的附加信息 – 热处理方式

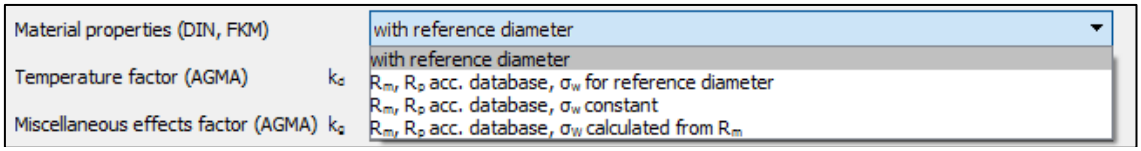


图 22. 材料的附加信息 –这些特定的选项决定了材料的关键属性，影响最后的强度结果

- **with reference diameter 参考直径：** 数据来源于数据库（参考的圆棒料的直径），且乘以 K_1 系数。

- **R_p, R_m according to database, σ_W for reference diameter（ R_p、R_m 根据数据库，σ_W 为参考直径）：** 值 R_p 和 R_m 是根据尺寸决定的（排除 K_1），疲劳极限σ_W 由数据库中的参考直径决定，并乘以 K_1 。
- **R_p, R_m according to database, σ_W constant (R_p、R_m 根据数据库，σ_W 为常数)：** 值 R_p 和 R_m 是根据尺寸决定的，疲劳极限σ_W 不受数据库的几何尺寸系数的影响。尺寸系数 K_1 不考虑。
- **R_p, R_m according to database, σ_W calculated from R_m (R_p、R_m 根据数据库，σ_W 由 R_m 计算)：** 值 R_p 和 R_M 是根据尺寸决定的， σ_W 是由标准中的抗拉强度 R_m 决定的。 点击 **Own data for Woehler line** 复选框定义用户自己的 S-N 曲线。

表面粗糙度将直接影响到相关修正的系数，在定义轴几何的对话框中已经完成。更多的信息， 参阅教程 006。

2.5.4 危险截面的选择和分析

一次轴计算中最大可以同时检查 20 个截面的情况。所有列在元素树中的截面都可进行编辑和结果分析。

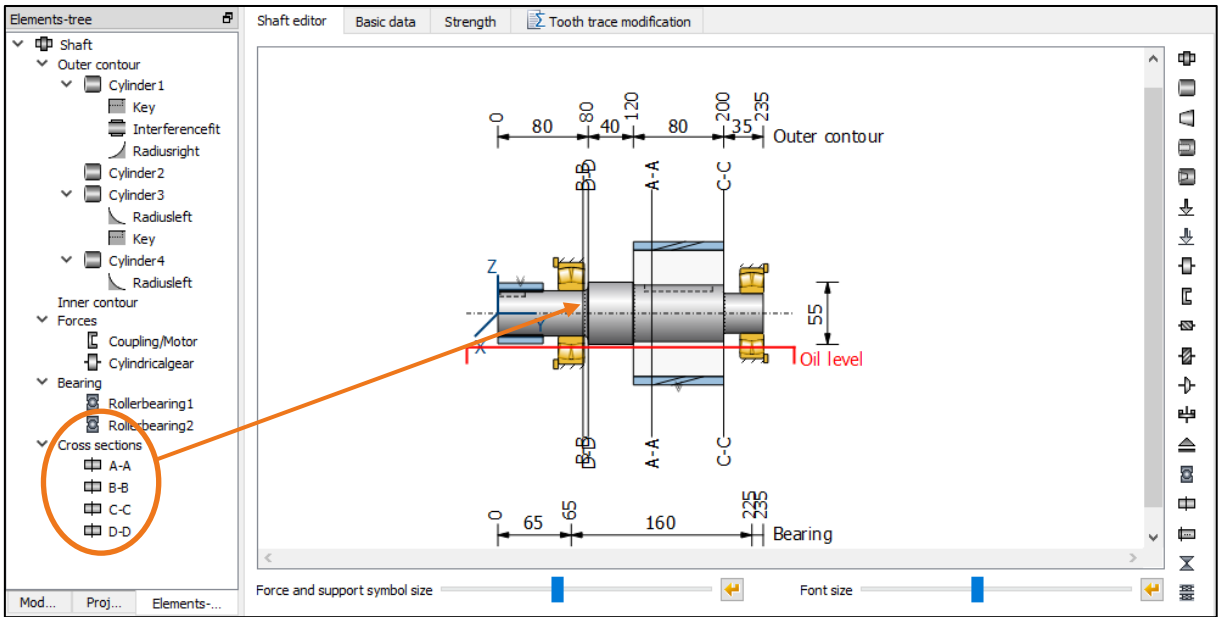


图 23. 危险截面的分析

每个截面必须定义位置（Y-坐标）和缺口系数等。KISSsoft 能自动的选择截面（使用等效应力和缺口系数）。为此在**"Elements tree 元素树"**中选择 **"Cross sections 截面"** 点击右键并选择 **"Sizing 选型"** （见图 16) 。KISSsoft 系统将自动发现危险截面的信息。

用户可以手动添加和分析其他类型截面。在限制性截面中，缺口系数包含在用户输入的几何尺寸中。

自由截面独立于用户输入的几何尺寸，这个情况下，用户可以选择任何值作为缺口系数。

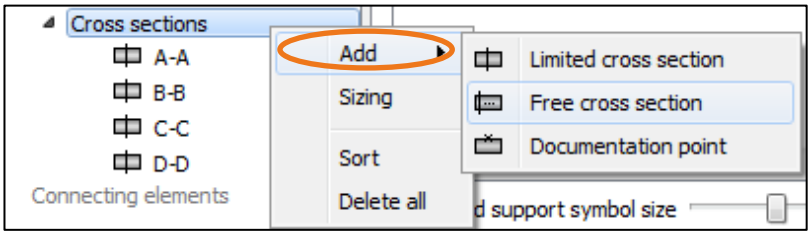


图 24. 添加危险截图

- 可以在 Y 轴方向输入任意值确定两种类型截面的位置（本案例为 85mm）

- 完整的缺口系数细节（见图图 27）。（本案例中：相贯孔直径为 5 mm）
- 点击"Shaft –editor 轴编辑器" 去检查新截面的位置（如果"Movable forces and supports 移动力和支撑"复选框勾上，可以用鼠标移动截面），见图 25。

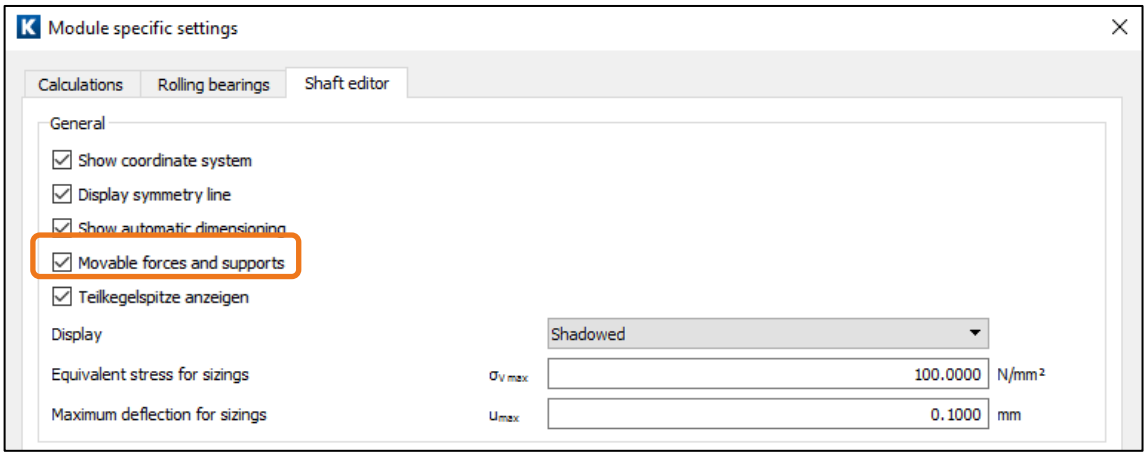


图 25. 设置移动力和支撑

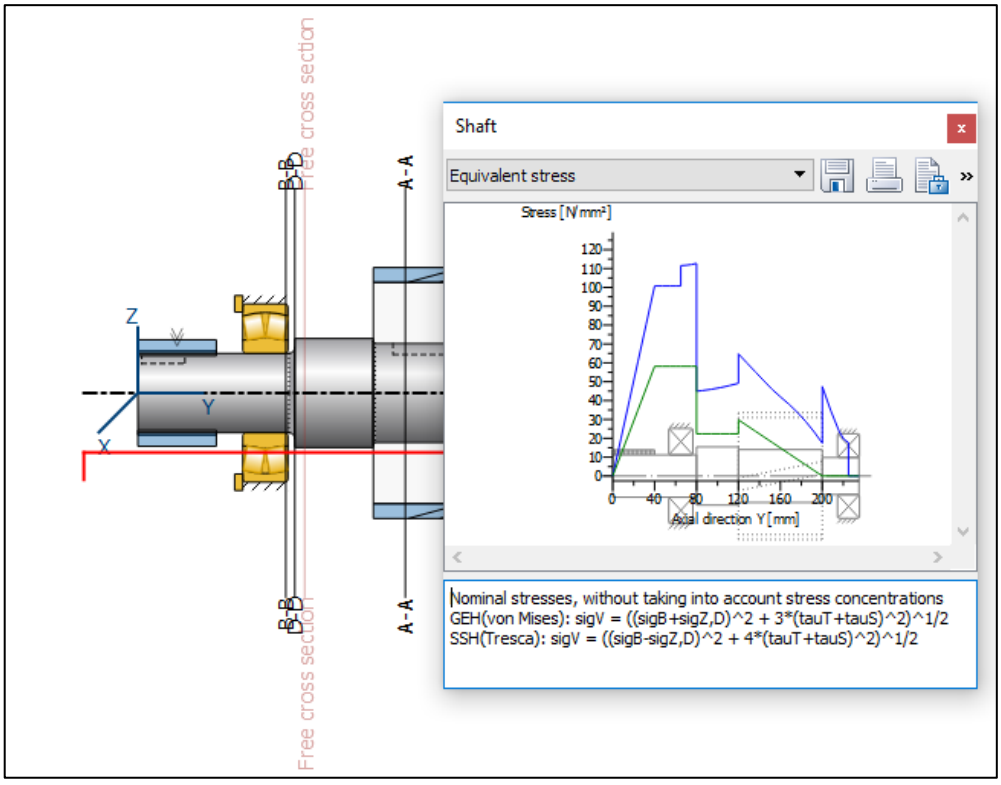


图 26. 带危险截面的图片（激活的截面：红色）和等效应力图

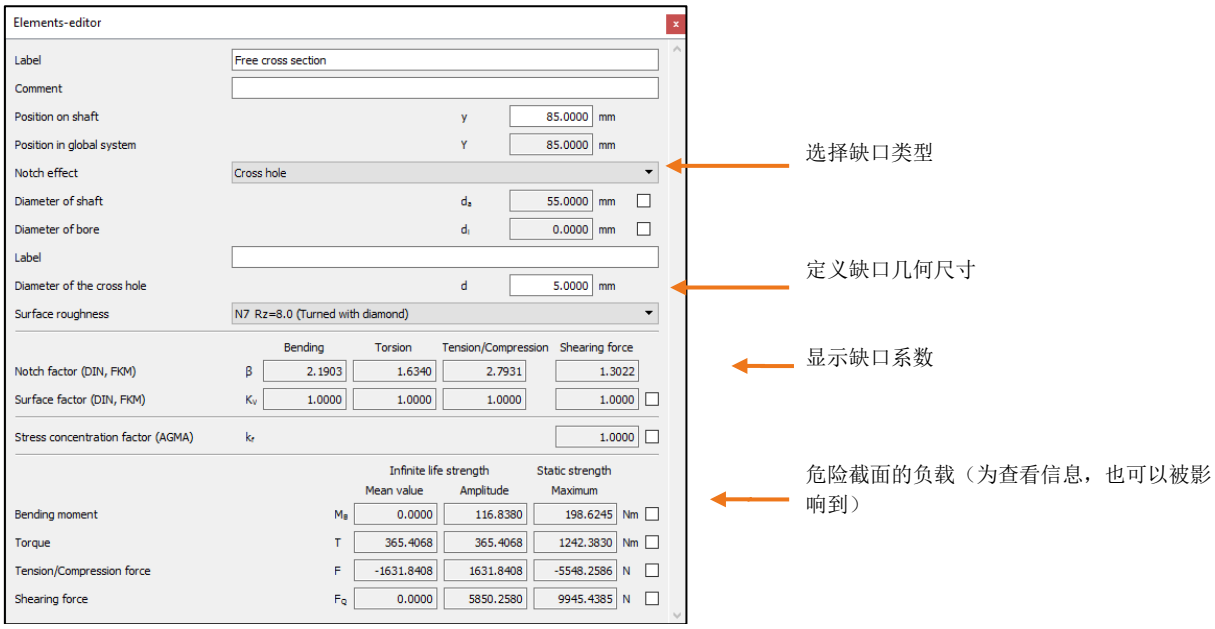


图 27.　定义危险截面 F-F 的缺口

2.5.5 分析和结果

当所有的危险截面定义好， 点击 "Calculate"  启动强度分析。安全系数等重要结果都在下方的窗口内显示。按照 DIN 743 标准，最小许用的安全系数为 1.20。然而，这个值仅仅考虑了一些不确定的因素，在实际的生产中，如果没有精确理论假定载荷值情况，需要适当提高安全系数幅度防止轴断裂或破损。

2.6 报告

对于详细的计算结果的描述，点击 **"Report 报告"→ "Generate 生成"** ，在主窗口中的菜单上可找到。输出这些特定计算后的详细数据，点击该报告按钮：

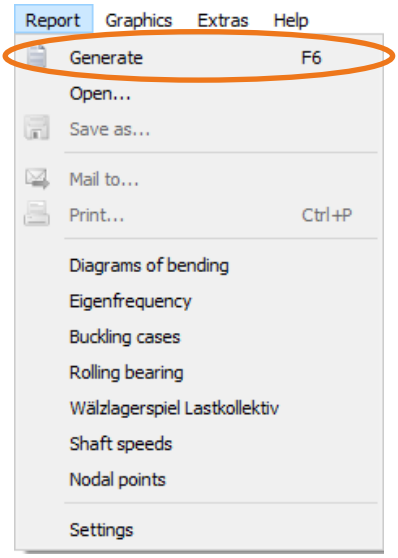


图 28.　选择输出报告

3 其他计算

3.1 额外计算

- 扭矩下的临界转速：看 2.4 章节的本征频率计算
- 屈曲：计算翘曲载荷（轴向载荷）或必要的负载提升的系数范围
- 齿向修形的计算：建议出一组合理的鼓形量，比如由于轴扭转和弯曲变形而需要对齿轮做出的补偿量
- 载荷谱的计算：用户可使用不同的载荷谱和不同的修正后的迈纳定则（基本的、扩充的、一致的）执行寿命计算
- 坎贝尔图的计算
- 滚动轴承和滑动轴承的计算，见章节 3.2
- 复合同心轴的计算

3.2 集成滚动轴承分析

在 KISSsoft 系统中的轴分析模块也是很好的人机界面，在轴上集成了轴承和滚动轴承的计算方法。在本案例中，根据轴的外来载荷自动决定轴承的支反力，并根据轴承的支反力来校核轴承的寿命（更多信息，见教程 007）,。