

KISSsoft 03/2013 – 教程 7

滚动轴承

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	任务	3
1.1	概要	3
1.2	任务	3
1.3	建立系统	4
1.4	添加轴承	5
1.5	滚动轴承的计算	7
1.6	设置	8
2	深入计算	11
2.1	载荷谱计算.....	11
2.2	热效应极限转速的计算.....	13
2.3	滚动轴承数据库的拓展.....	14
2.4	根据已知负载校核轴承.....	15

1 任务

1.1 概要

在 KISSsoft 里，滚动轴承通常作为轴分析流程中不可或缺的一部分来一起考虑的。而滑动轴承的计算（也包含 KISSsoft 的计算包内），这里不作讨论。在本教程中，滚动轴承并非独立于整体环境单独分析；相反，他们被放入到整体系统中考虑，这个系统包括轴、外部载荷和轴承等。这种方法的最大优点当需要计算滚子轴承负载时，程序将自动执行。这样会避免对轴承手动施加载荷时产生的不可避免错误，该理论同样适用于静不定的传动系统中。当然，用户也可以单独分析某个轴承，自行添加载荷。更多信息，请参见第 2.4 章节的内容。

1.2 任务

在本例子中，多个轴承在系统中被分析，如图 1 所示。该系统是静不定的模型：第一轴承定位在轴系的内部，而三个轴承则为限制轴向力的专门轴承，限制朝右方向的窜动。而其它的轴承不承受轴向力。

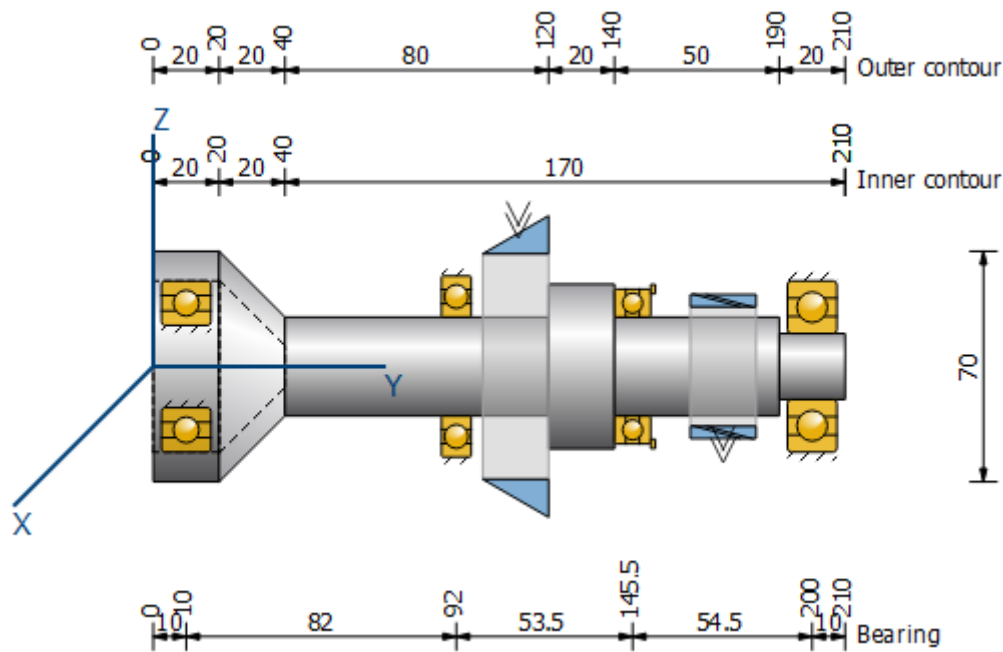


图 1. 本教程中的轴承的支撑

Y 轴位置[mm]	类型	型号	轴承类型	尺寸
10	Koyo 6205	深沟球轴承（单列）	无轴向约束	d=25mm D=52mm
92	Koyo 16006	深沟球轴承（单列）	无轴向约束	d=30mm D=55mm
145	Koyo 51106	轴向深沟球轴承（单列）	轴向轴承，右端固定	d=30mm D=47mm
200	Koyo 6304	深沟球轴承（单列）	无轴向约束	d=20mm D=52mm

图 2. 轴承类型以及位置

1.3 建立系统

首先，建立轴几何模型，如图 1（相关内容参见教程 006：轴编辑器建模）。第二步，使用图 3 中数据，定义下面受力元件（锥齿轮和圆柱齿轮）。

位置 [mm]	型号	角度		节圆直径 [mm]	齿宽 [mm]	功率 [kW]	方向
		啮合角 [°]	螺旋角 [°]				
110	Bevel gear	20	0	80	20	30	driven
173	Cylindrical gear	20	15	40	20	30	driving

图 3. 受力元件表

锥齿轮的分锥角 为 $\delta=30^\circ$ ，参数设置对话框如下所示：

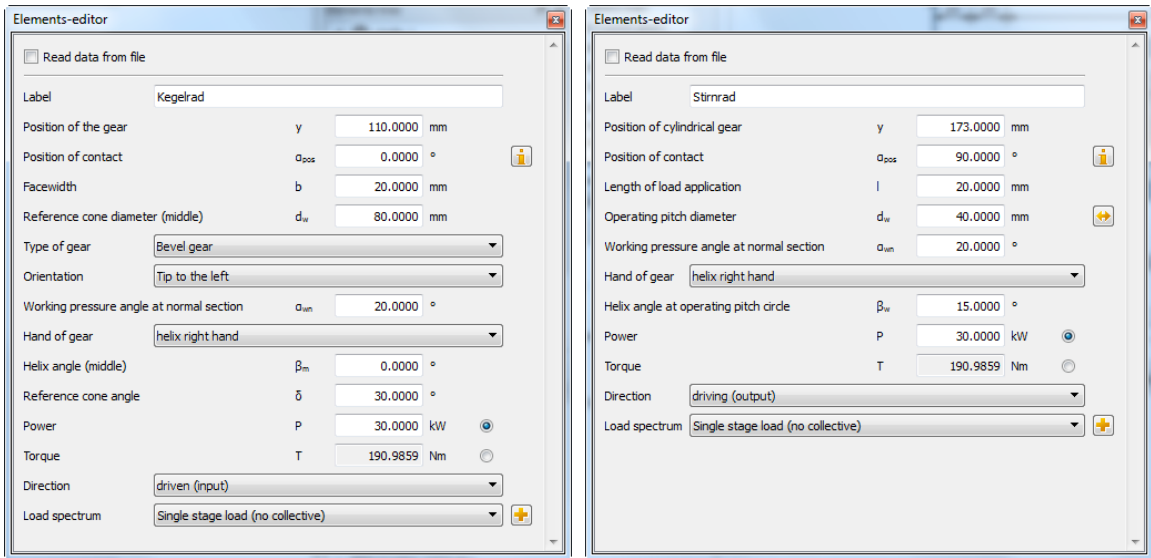
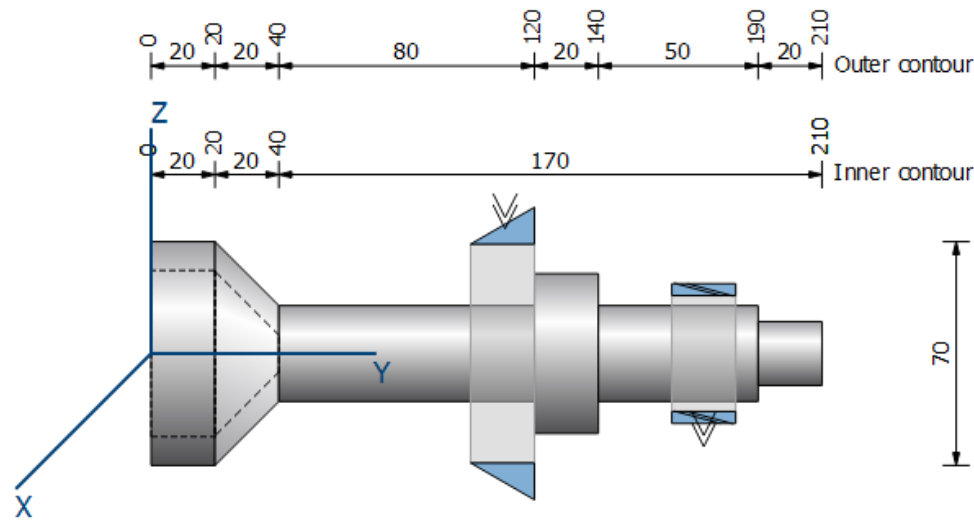


图 4. 受载元件的定义对话框

然后，在轴编辑器中可查看到相关元件的几何状态，如下所示：



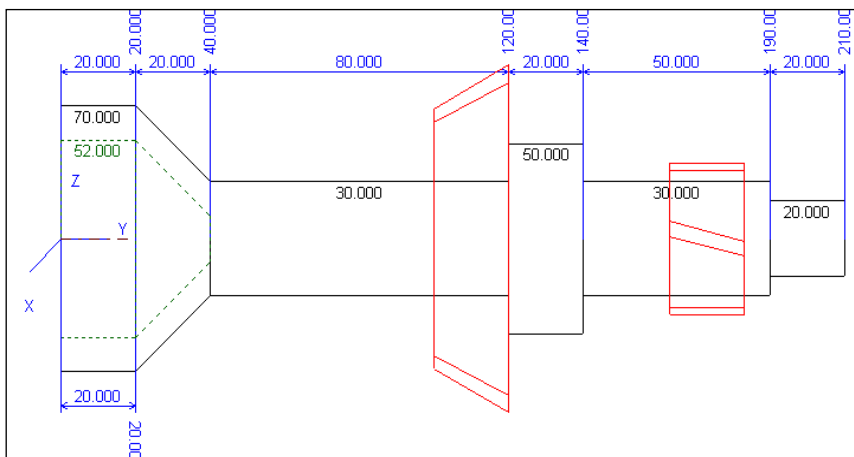


图 5. 轴和齿轮的几何形状

1.4 添加轴承

在 "Elements-tree" 元件树中, 选中 "Bearing" 并右击, 从下拉菜单里选择 "Roller bearing" 滚动轴承, 该轴承部件将会被添加。

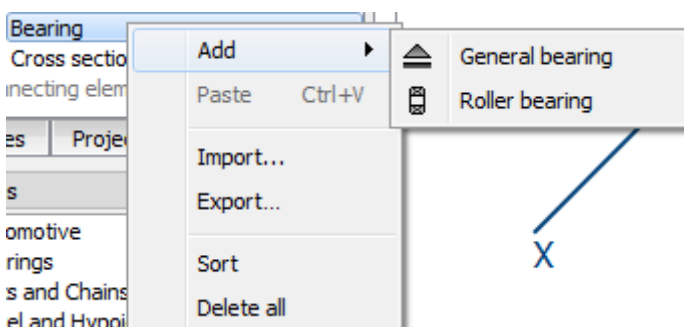




图 6. 轴承的添加方式

元件编辑对口框中陈列了重要的轴承参数, 如图 6 所示。通过单击右边的单选按钮  选择依据的标准, 这里以“外圈直径”为准。然后, 从其下拉列表中, 选择 52.00mm 位置, 从下拉列表中选择 “type Koyo 6205 (d = 25mm, D = 52mm, B = 15mm)”, 最后单击 , 软件会自动根据对应轴端的直径选配出大小合适的轴承类型。

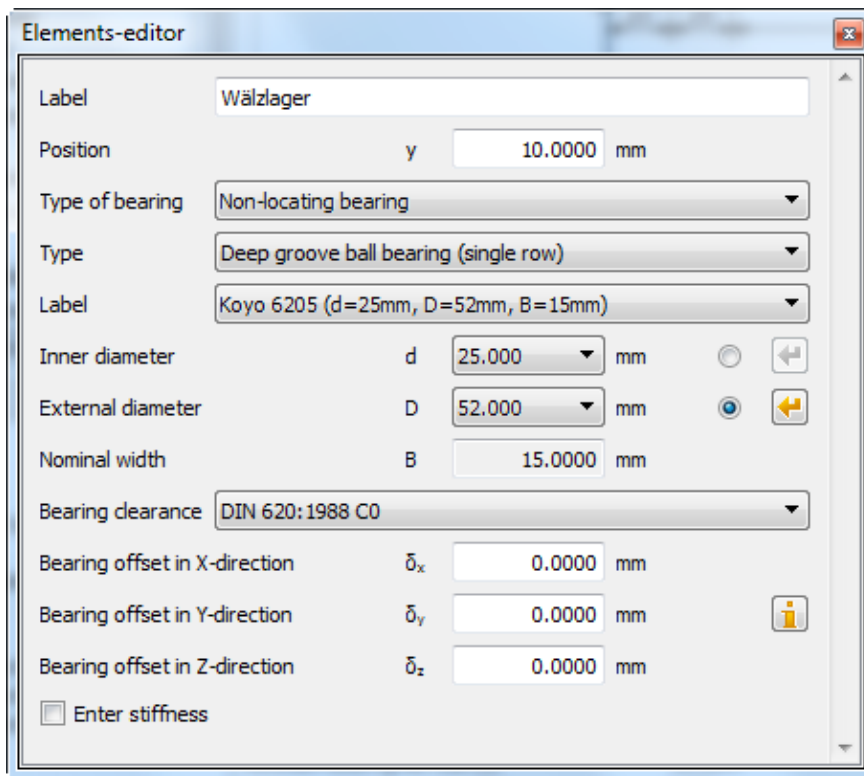
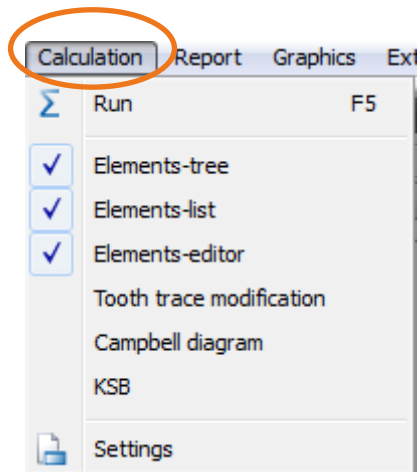


图 7. 编辑滚动轴承参数

如果列表中没有对应的轴承，但又像查看在某些特定轴承供应商比如 **Koyo** 的轴承库中是否有合适的轴承，可按照下面的操作步骤进行：

1. 在主菜单栏中选中 "**Calculation**" 栏；



2. 按顺序点击 "**Settings**". → "**Module specific settings**", 激活特定选项设置窗口；
3. 在 "**Bearing manufacturers**" 一栏下，用户可以选择自己需要的轴承供应商；如本案例中，可点击 "**Koyo**" 后的复选框按钮完成。

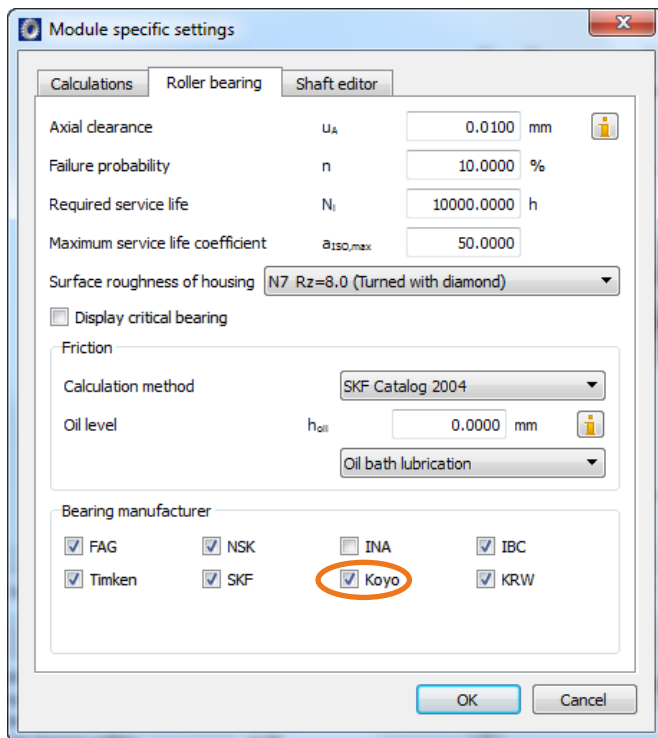



图 8. 选择正确的供应商并点击 ok 关闭窗口

此时，定义好轴系模型，并添加好负载和支撑元件将会在编辑器中显示图 1 的模型。

1.5 滚动轴承的计算

用户可以通过点击工具栏中的  或者按 **F5** 启动运算程序，其将自动涵盖轴承方面的计算。然后在“**Results**”结果窗口中看到有很多参数 (参见图 9)。请注意：由于轴承数量很多，建议定义轴承的名称，方便区别。

Results					
maximum deflection		19.09580 μm			
maximum equivalent stress		117.04 N/mm ²			
minimum bearing service life		43.40 h			
minimum static bearing safety		0.99			
Bearing service life		S0	Ln_h		
Koyo 6205		8.14	33939 h		
Koyo 16006		1.03	43 h		
Koyo 51106		12.31	2342 h		
Koyo 6304		0.99	89 h		
Bearing reaction force	Component	X	Y	Z	Rxz
Koyo 6205	F	-0.843 kN	0.000 kN	-0.469 kN	0.965 kN
	M	0.000 Nm	0.000 Nm	0.000 Nm	0.000 Nm
Koyo 16006	F	4.804 kN	0.000 kN	5.244 kN	7.112 kN
	M	0.000 Nm	0.000 Nm	0.000 Nm	0.000 Nm
Koyo 51106	F	0.000 kN	-3.428 kN	0.000 kN	0.000 kN
	M	0.000 Nm	0.000 Nm	0.000 Nm	0.000 Nm
Koyo 6304	F	7.094 kN	0.000 kN	3.612 kN	7.961 kN
	M	0.000 Nm	0.000 Nm	0.000 Nm	0.000 Nm
Eigenmode	Eigenfrequencies	Critical speeds			
1.	0.00 Hz	0.00 1/min		Rigid body rotation Y 'Welle 1'	

图 9. “Results” 结果窗口中列举了轴承分析后的各项重要数据

在 "轴承寿命" 栏里，用户可以看到下列结果：

S0	Static safety 静态安全系数；
Ln _h	Rating life in [h] 基本寿命[h]；
Ln _{m_h}	Modified rating life in [h] ¹ 修正寿命[h] ¹ ；
Ln _{r_h}	Basic reference rating life according to ISO/TS 16281 in [h] ² 依据 ISO/TS 16281 标准计算出的基本参考寿命[h] ² ；
Ln _{m_{r_h}}	Modified reference rating life according to ISO/TS 16281 in [h] ^{1,2} 依据 ISO/TS 16281 标准计算出的修正参考寿命[h] ^{1,2} ；

轴承的反作用力将以各个方向的力和力矩列举出来（如图 10 所示）。这里 F_y 表示轴向力，而 M_y 表示旋转方向的力矩。

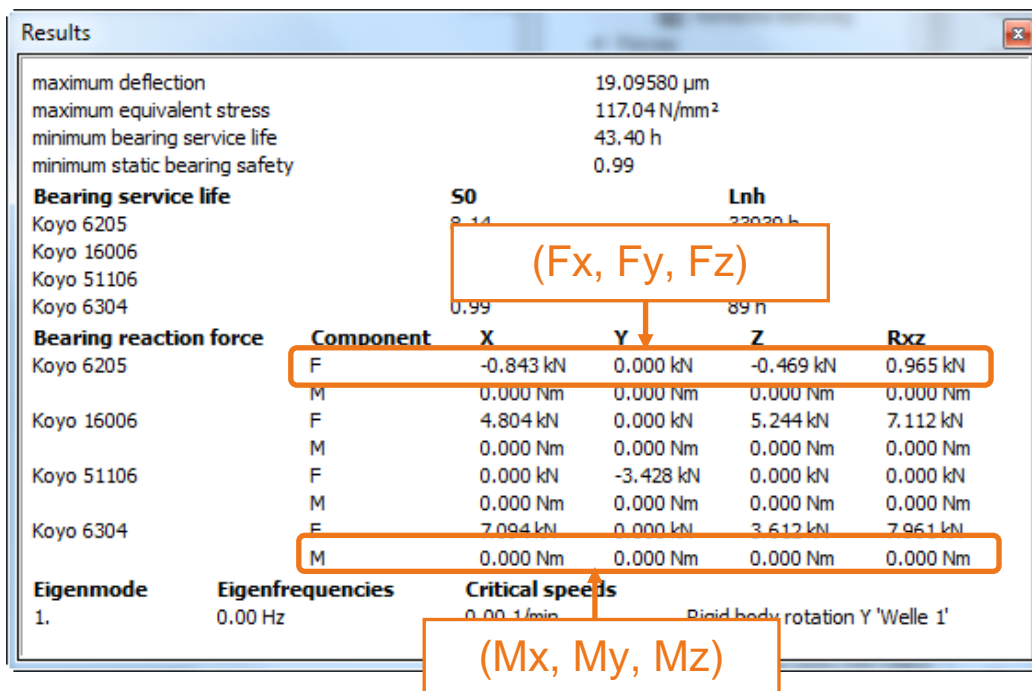


图 10. 计算后得到的轴承元件的力和力矩

1.6 设置

部分设置将直接影响到轴承的分析结果，这些选项被列举出来，如下所示：

¹ If you select "Enhanced bearing service life according to ISO 281" in the "Basic data" tab

² If you select "Roller bearing service life according to ISO/TS 16281" in the drop-down list for "Roller bearing" in the "Basic data" tab.

图 11. 在设置强度分析"Strength"栏里对分析滚动轴承有直接影响的选项

速度：速度越高,额定寿命越短；

旋转方向：改变轴向力的正负号。例如，当使用斜齿轮尤为突出。这种变化将直接影响到轴承上的负载。

润滑油的温度：过高的润滑剂温度降低了使用寿命系数。

滚动轴承：在校核轴承的方法的下拉菜单中，有下面四种选项，其含义分别为：

- 滚动轴承,经典计算(不考虑接触角)；

滚子轴承主要限制位移和旋转的自由度，这就是为什么当用户选择该选项时，建模需需要如此处理。用户可以输入任何值作为移动和旋转刚度，且和轴承的类型无关。任何轴向和径向力之间的角度修正（比如圆锥滚子轴承）在该选项都会被忽略。

- 滚子轴承,经典计算(考虑接触角)；

如前面所述的理论一致，区别在对轴向和径向载荷的处理有所不同，对圆锥滚子轴承的轴向力和周向力，其接触角被自动考虑在计算当中。

- 滚子轴承，考虑内部几何的变化计算刚度；

这需要考虑内部滚子轴承的数据，比如通过滚子直径、滚道半径等详细几何信息来确定轴承刚度。如果没有详细的数据可用，将根据轴承的大小和类型来估计刚度值。

- 根据 ISO/TS 16281 标准计算轴承的参考寿命；

使用寿命的计算需要考虑内部几何的变化。其计算结果为 L_{nrh} 或者 L_{nmrh} 。其结果将显示在“Results”对话框中。

“依据 ISO 281 修正额定寿命”

润滑剂的影响被考虑在轴承额定寿命计算里。其计算结果以 L_{nmh} 或 L_{nmrh} 列举在“Results”窗口中。

图 12. 在"Environment"一栏下设置润滑参数

润滑油：润滑油种类将会影响额定寿命系数；

杂质：杂质系数 e_C 也会影响使用寿命系数；

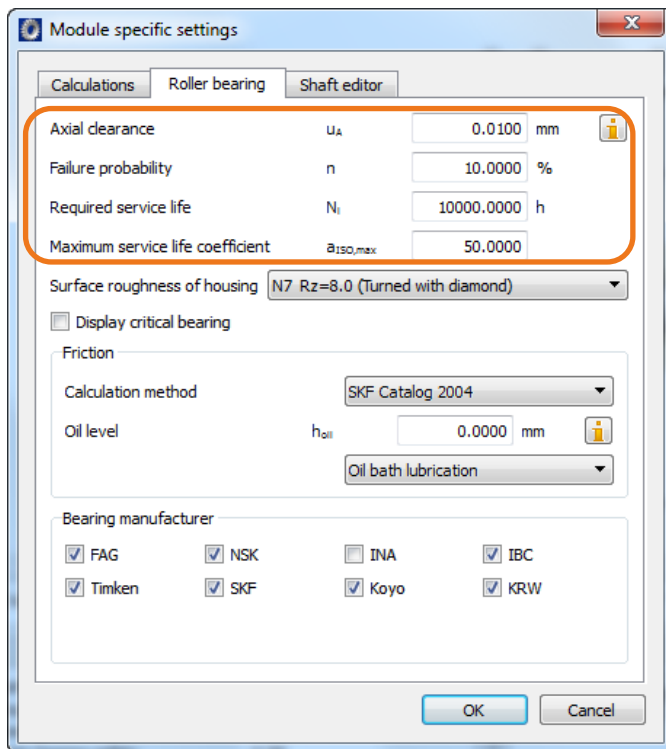


图 13. 在特定参数设置窗口中有关于滚子轴承参数的设置

失效概率： a_1 是 被使用计算滚子轴承的额定寿命。 系统默认是 10%，但是可以手动改变；

许用寿命：许用寿命被考虑在滚子轴承的程序中，但并不影响滚子轴承计算的结果。如果计算出的实际寿命低于所需的许用寿命，程序弹出警告消息；

最大寿命系数：用户通过定义寿命系数 a_{ISO} 上限值来限制范围；

$$a_{ISO} = \begin{cases} a_{ISO} \Leftrightarrow a_{ISO} < a_{ISO,max} \\ a_{ISO,max} \Leftrightarrow a_{ISO} \geq a_{ISO,max} \end{cases}$$

在 ISO 281:2007-2 里规定 $a_{ISO}=50$ 。

2 深入计算

2.1 载荷谱计算

“Basic data”一栏中，在载荷谱下拉列表中，用户可以选择是否对建好的轴模型（圆柱齿轮作为施加的载荷）进行载荷谱分析。

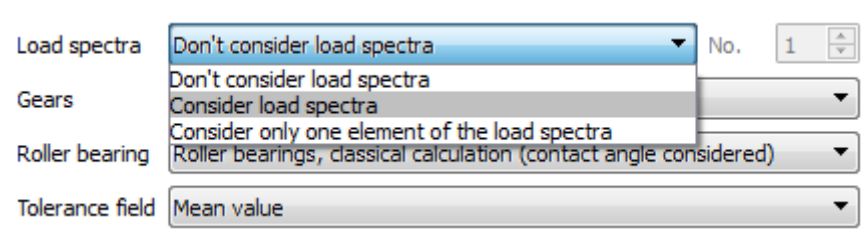


图 14. 在“Basic data”载荷谱的选项栏的下拉菜单

这里选择“Consider load spectra”考虑载荷谱的计算。

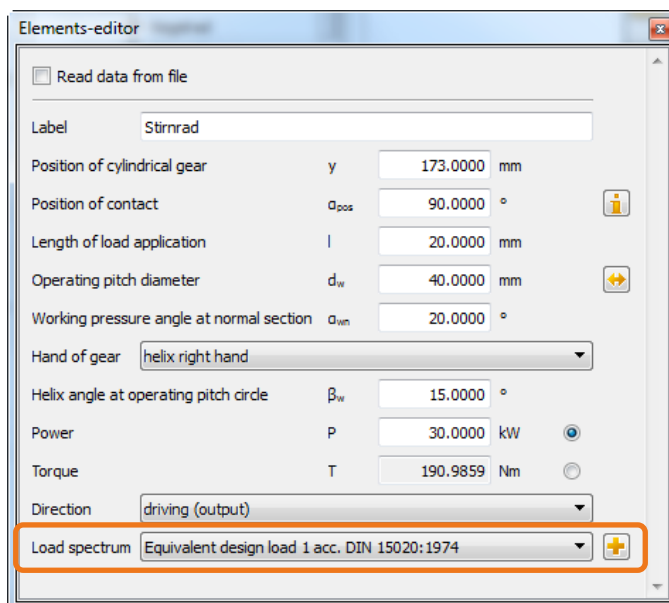




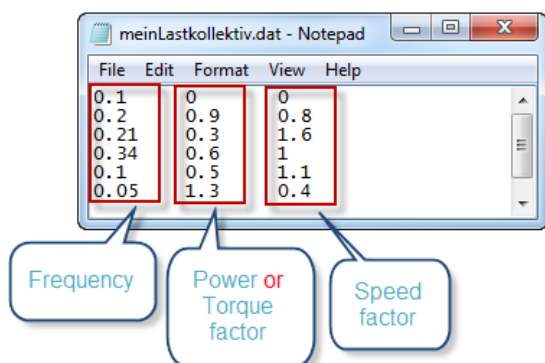
图 15. 使用圆柱齿轮副的典型载荷谱作为负载边界条件

遵循下面的步骤，用户可以添加自己的载荷谱到数据库里。

1. 点击**"Extras" → "Database tool"**，打开数据库编辑工具
2. 在提示框 (授权写数据到数据库)出现时，单击 **Yes**。这时，将打开数据库编辑工具的窗口；
3. 这里选择载荷谱选项，并单击编辑。数据库工具窗口将自动显示载荷谱的输入列表；
4. 用户可通过两种方式来自定义载荷谱：选择一个已有的数据记录列表，并修改其中的数据；或者生成一个全新的窗口并一一输入参数值。如果决定使用第一个选项，从列表选择一个现有的数据记录,然后单击按钮  即可；
5. 如果用户想创建一个完全新的条目，可单击  按钮，而不需要点击任何现成的条目；

6. 在两种情况下，都可以通过点击“**Creat a new entry**”创建一个新条目的对话框窗口。用户可以在“**Label**”标签输入框里输入载荷谱的名称；
7. 用户也可以直接输入实际的载荷谱，在表下方的窗口里，输入文件名来为载荷谱命名。文件名必须用*.dat 作为文件扩展名，然后其载荷谱将被保存到 KISSsoft 安装目录中的 dat 文件夹中；
8. 如果相同名称的文件名已经存在，可点击“**Edit**”按钮来编辑文件的内容。

用户可以看到频率、扭矩或功率因数和速度系数在同一排，并用分隔符分开。在图 16 中用户可以看到“meinLastKollektiv.Dat”文件出现在 Window 文件编辑器窗口中。



0.1	0	0
0.2	0.9	0.8
0.21	0.3	1.6
0.34	0.6	1
0.1	0.5	1.1
0.05	1.3	0.4

图 16. 自定义载荷谱数据列表

该文件中的“功率”、“扭矩”和“速度”为系数因子，和额定工况呈倍数关系。

举例说明：

假设用户已在基本数据输入窗口或在负载元件编辑器中输入了圆柱齿轮的相关参数，如下所示：

$$P = 115\text{kW}, n = 1500\text{r/min}$$

同时，用户还需要判断是否使用扭矩或功率作为输入因子(参见图 17)；

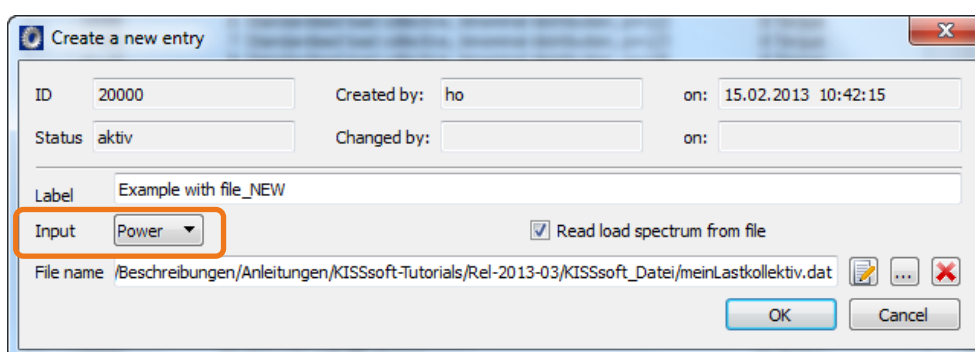


图 17. 选择以功率或者扭矩方式导入载荷谱信息

在输入下拉列表里，用户可以选择采用功率还是扭矩作为载荷谱的输入值，在导入如图 16 所示的文件数据后，将会和额定值相乘后转变成如图 18 所示的绝对值结果。

频率 [%]	功率 [kW]	转速 [1/min]
10	0	0
20	103.5	1200
21	34.5	2400
34	69	1500
10	57.5	1650
5	149.5	600

图 18. 载荷谱绝对值数据

2.2 热效应极限转速的计算

在 DIN 732 中描述了热效应轴承极限转速的常规计算方法。轴承的极限转速与轴承的类型、尺寸、载荷、润滑、游隙、保持架及冷却条件等因素有关，但最主要的因素是轴承的允许工作温度。为了定义该热效应许用工作极限条件，每个案例的极限转速都不一样，因此需要分别设置。该特定极限转速的获得是建立在热量平衡的基础上完成的，摩擦产生的温升及热量与热量的消耗（轴承的接触和润滑方式）应该一致。机械或动力学性能方面将不会被考虑。而之前提到的参考条件（包括温度、负载、润滑黏度、轴承的表面质量等）都被定义，因此最终的润滑油或润滑脂的参考转速将会获得一致的结果。

如需打开“Thermally permissible service speed”做特殊计算分析，需先切换到“滚子轴承 ISO 281、ISO 76”计算模块。为此，在左边的窗口上点击相应的“模块”列表中激活相应的选项，请参照图 19 的“模块树窗口”对应位置。

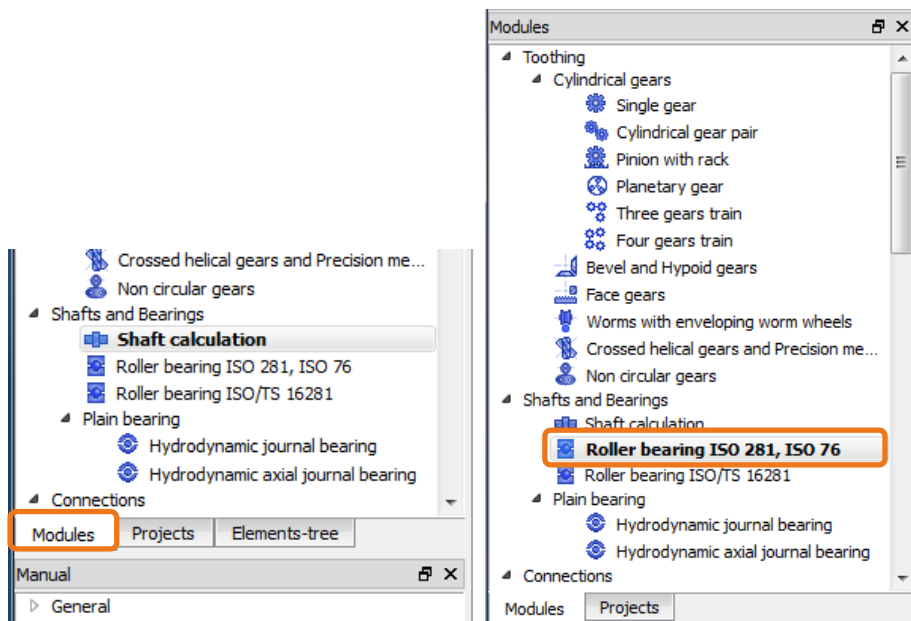


图 19. 打开 "Roller bearing ISO 281, ISO 76" 模块

在模块树窗口中,双击“滚柱轴承 ISO 281、ISO 76”。用户可以在“热效应极限转速”窗口输入参数计算。其步骤依次为：点击"Calculation"—"Thermally permissible service speed", 打开对应的窗口如下图 20 所示：

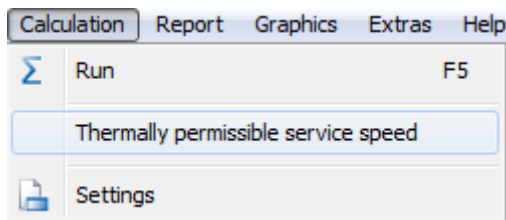


图 20. 激活 "Thermally permissible service speed" 输入界面

General data

Lubricant: Oil: ISO-VG 220

Lubrication type: Oil bath lubrication - oil level to middle of lowest rolling body

Temperature around the bearing T_o : 20.0000 °C

Mean bearing temperature T_m : 70.0000 °C

Lubricant operating temperature T_s : 70.0000 °C



Bearing data

	Bearing 1	Bearing 2	Bearing 3	Bearing 4	
Coefficient f_{or}	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	
Coefficient f_1	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	
Coefficient f_{1r}	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	
Heat-transfer...ference surface A_s	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	mm ²
Dynamic equivalent load P_1	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	N
Enter values	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	

图 21. 激活 "Thermally permissible operating speed" 选项卡

2.3 滚动轴承数据库的拓展

数千种系列的滚动轴承及对应牌号 (Koyo、SKF、NSK, Timken) 都存储在 KISSsoft 数据库中。用户可以添加新的轴承类型丰富数据库的内容，方便后期的使用。在自定义形式下，可遵循以下的步骤：


1. 点击 "Extras" → "Database tool" ；
2. 出现提示窗口（以可读写形式植入数据到数据库中)时,单击 Yes，然后打开数据库工具窗口；
3. 从数据库表 W000，选择相应的滚柱轴承类型。例如,编辑“深沟球轴承(单列)”，则点击表“W05WNORM10”。然后单击“编辑”。数据库工具的窗口将会在“W05WNORM10”中显示一系列条目；
4. 用户现在有两种方式来自定义滚动轴承。从列表里选择一组现成的轴承类型打开后进行修改，或者生成一个全新的数据记录。如果用户决定使用第一个选项，则从列表表中选择一个现有的数据记录,然后单击  按钮；
5. 如果用户想创建一个完全新的条目,点击  按钮而不是选择一个现有条目。
6. 然后，，“创建一个新条目”对话框窗口出现。用户现在可以在“Bearing label”输入框里输入任何名称。用户可以在“Basic data”和“Inner geometry”输入轴承详细几何数据。在完成“Basic data”的设置后，可进一步设定内部几何的数据。如果没有这些详细的几何数据，系统可根据“Basic data”的基本数据估算出大致结构；

7. 完成后，单击 **OK** 确认。在数据库工具窗口里单击“保存”，新的轴承将成功添加库当中。请注意：将会弹出对话框，提示自定义轴承的操作成功。并且用户自定义轴承的编号将会以 20000 开始依次往后推移。

2.4 根据已知负载校核轴承

如果用户在已知工况条件的情况下直接校核轴承的性能，则不需要像前面一样建立复杂的轴系模型。打开对应的轴承计算模块，在“**Basic data**”基本界面中获得如下所示的界面。

图 22. 在专门滚动轴承计算模块中激活“Basic data”选项

径向力需要分别在“**Bearing data**”轴承选项卡对应的位置分别定义，而轴向力则为全局参数试用于所有轴承。轴向力的分配取决于选择轴承的类型。输入已知条件后点击  或者按键盘“F5”执行计算。