KISSsoft
Calculation programs for machine design

KISSsoft 03/2017 – 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 综述 3
1.2 任务 3
1.3 建模 4
1.4 添加轴承 5
1.5 滚动轴承的计算 7
1.6 设置 8
2 进一步计算 11
2.1 带有载荷谱的计算 11
2.2 计算热许用的工作极限转速 13
2.3 扩展滚动轴承数据库 15
2.4 计算一个带载荷的单个轴承 15

1 任务

1.1 综述

在 KISSsoft 中，通常把滚动轴承的分析作为轴计算的一部分。对滑动轴承（KISSsoft 中也可以计算），这里不作讨论。在本教程中，并不把滚动轴承单独对待。而是把它当作系统的一部分，和轴、工作载荷一起作为一个整体。这样做的优点是轴承上载荷的计算会被自动执行，因此可以减少用户的错误。这个理论同样用于超静定系统。用户也可以分析载荷已知的单个轴承。详情请看章节 2.4。

1.2 任务

在本案例中，将会分析如图 1 所示的几种轴承。这个系统是超静定的：第一个轴承定位在轴的内部；第三个轴承是一个推力轴承，由轴承右侧定位支撑；其余两个轴承都不承载轴向力。

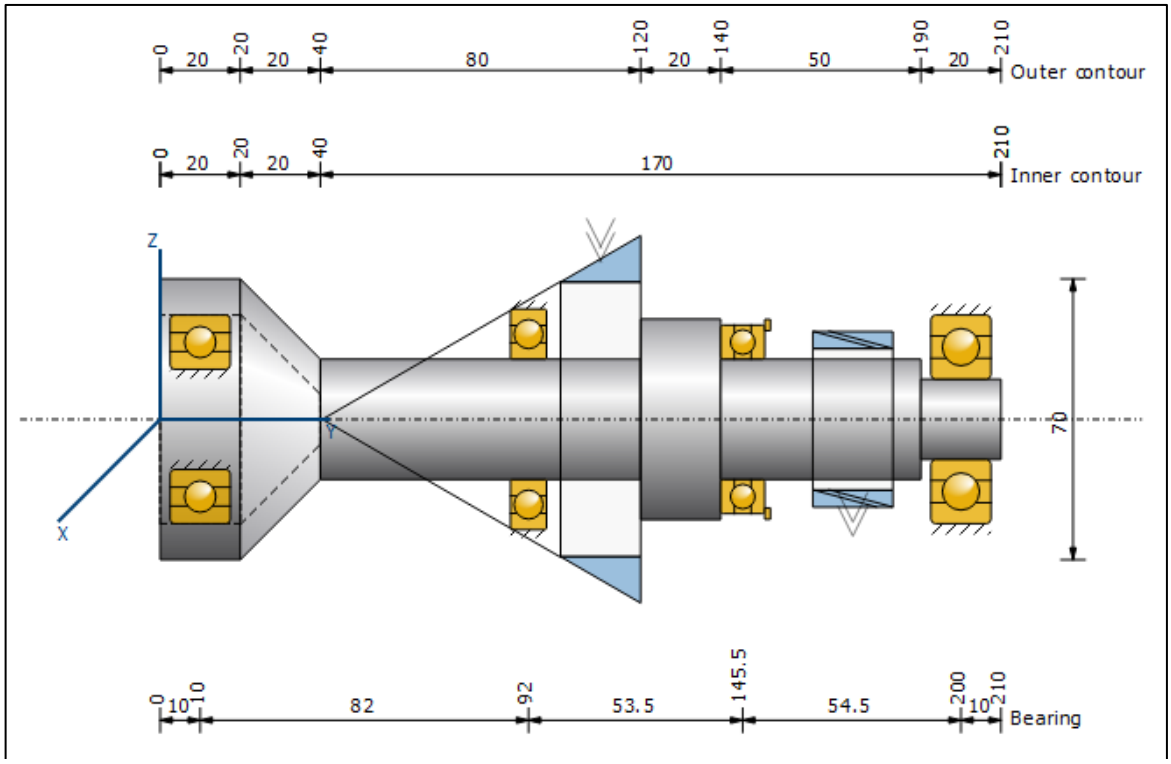


图 1. 本教程中轴承的支撑

Position y [mm]（位置）	Type（型号）	Type（类型）	Type of bearing（定位方式）	Dimensions（尺寸）
10	Koyo 6205	Deep groove ball bearing (single row)	Non-locating bearing	d =25mm D=52mm
92	Koyo 16006	Deep groove ball bearing (single row)	Non-locating bearing	d =30mm D=55mm
145	Koyo 51106	Axial groove ball bearing (single row)	Axial bearing, adjusted on right side	d =30mm D=47mm
200	Koyo 6304	Deep groove ball bearing (single row)	Non-locating bearing	d =20mm D=52mm

图 2. 轴承类型和位置

1.3 建模

首先，按图 1（也可参考教程 6）所示建轴的几何模型。第二步，按照图 3 中的数据定义两个力元素（锥齿轮和圆柱齿轮）。

Position [mm]（位置）	Type（类型）	Angle（角度）		Pitch diameter [mm]（分度圆直径）	Width [mm]（齿宽）	Power [kW]（功率）	Direction（转向）
		Meshing [°]（啮合角度）	Helix [°]（螺旋角）				
110	Bevel gear	20	0	80	20	30	driven
173	Cylindrical gear	20	15	40	20	30	driving

图 3. 载荷

锥齿轮分锥角是 δ=30°。

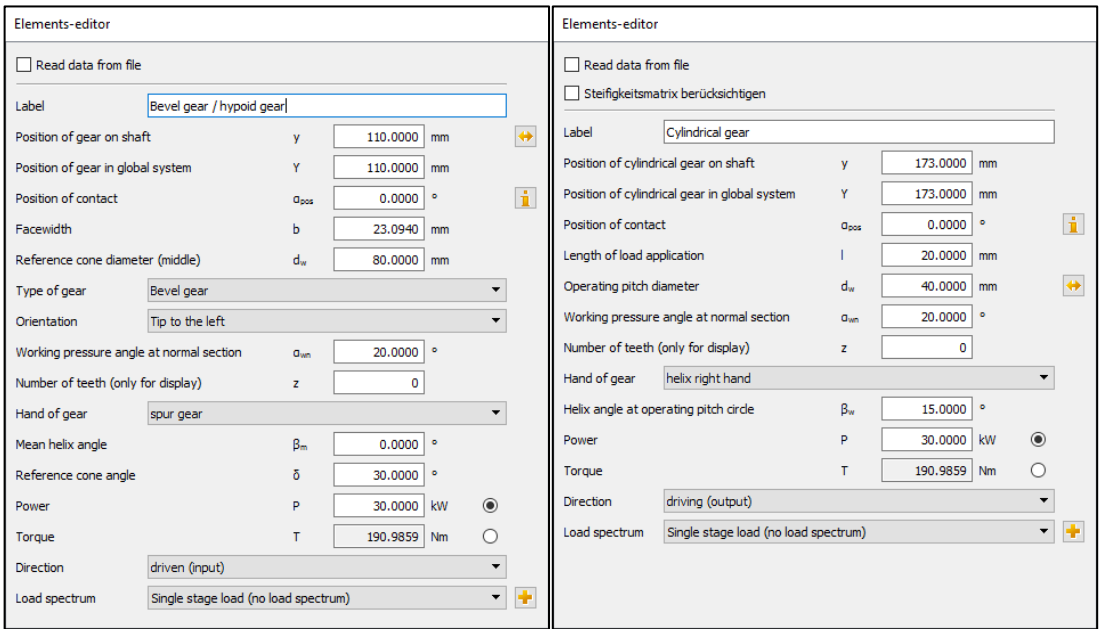
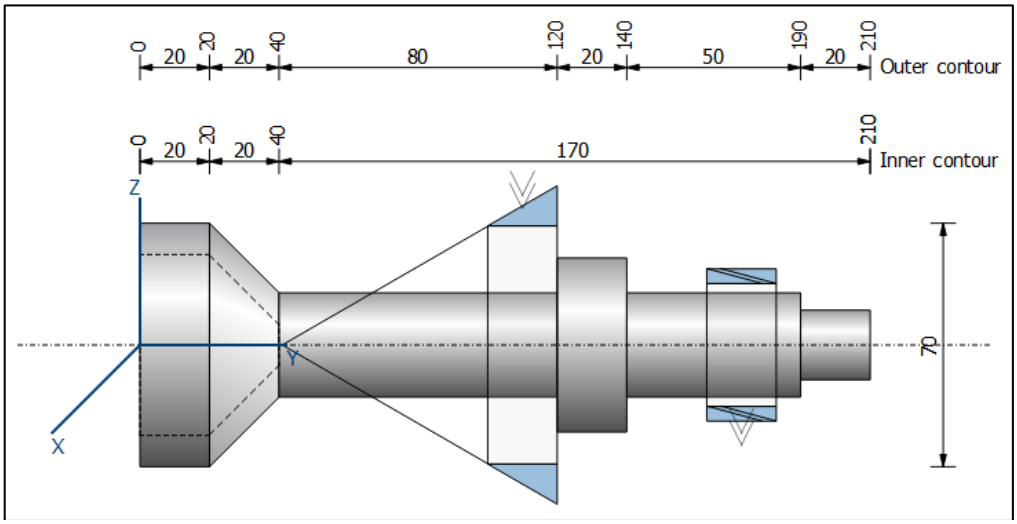


图 4. 力元素的定义

做完这些，轴编辑界面中就会出现如下所示的系统：



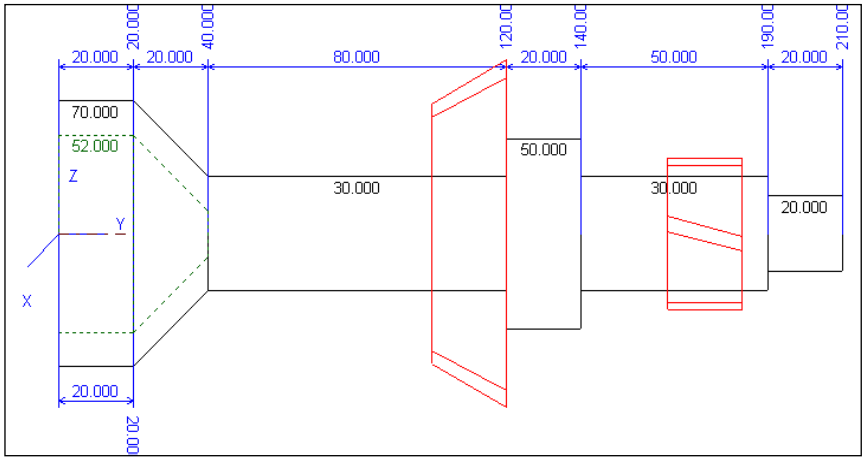


图 5.　轴的几何尺寸以及力元素

1.4 添加轴承

在“**元素树**”的“Bearing”上点击鼠标右键，然后在弹出的菜单中选择“**Rolling bearing**”选项。

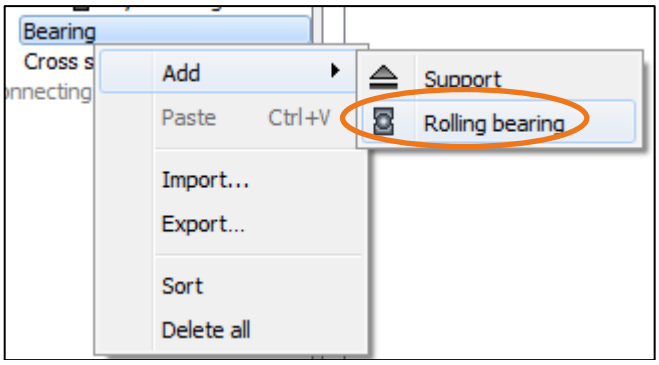


图 6.　“轴承”快捷菜单

如图 7 所示，“**元素编辑器**”窗口中列出了轴承最重要的参数。

为了将轴承定位在轴的内部 y=10mm 的位置，点击“External diameter”输入框右边的 按钮。在其下拉列表中，选择 52.00 mm 的外直径。在“**zeichen（轴承代号）**”下拉列表中，选择“**Type Koyo 6205 (d=25 mm, D=52 mm, B=15 mm)**”。然后点击内直径或外直径下拉列表右边的选型按钮 ，软件会自动根据对应位置的轴几何尺寸，修改相应的轴承直径。

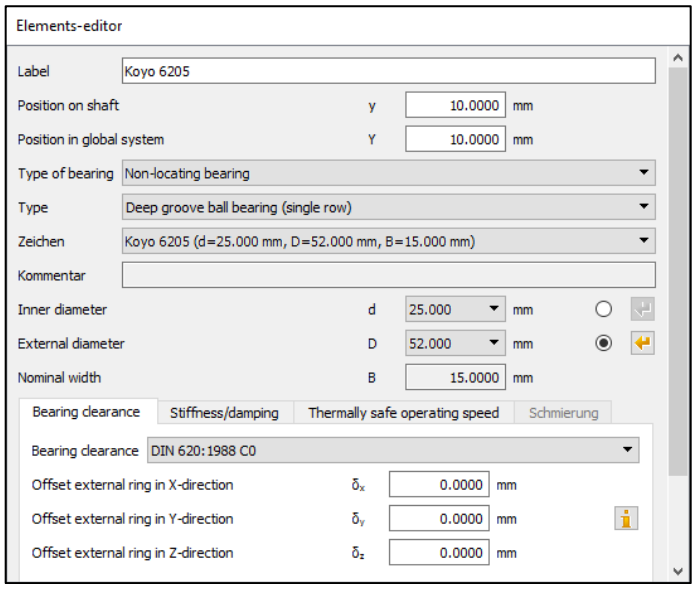
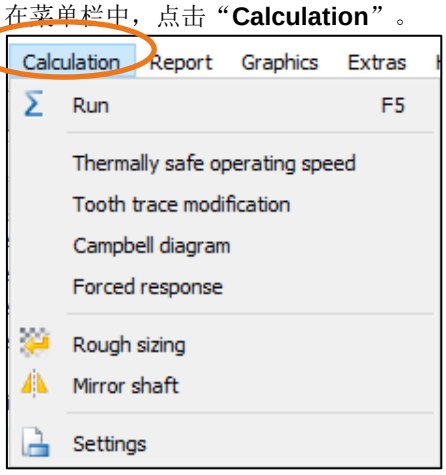


图 7. 轴承编辑器

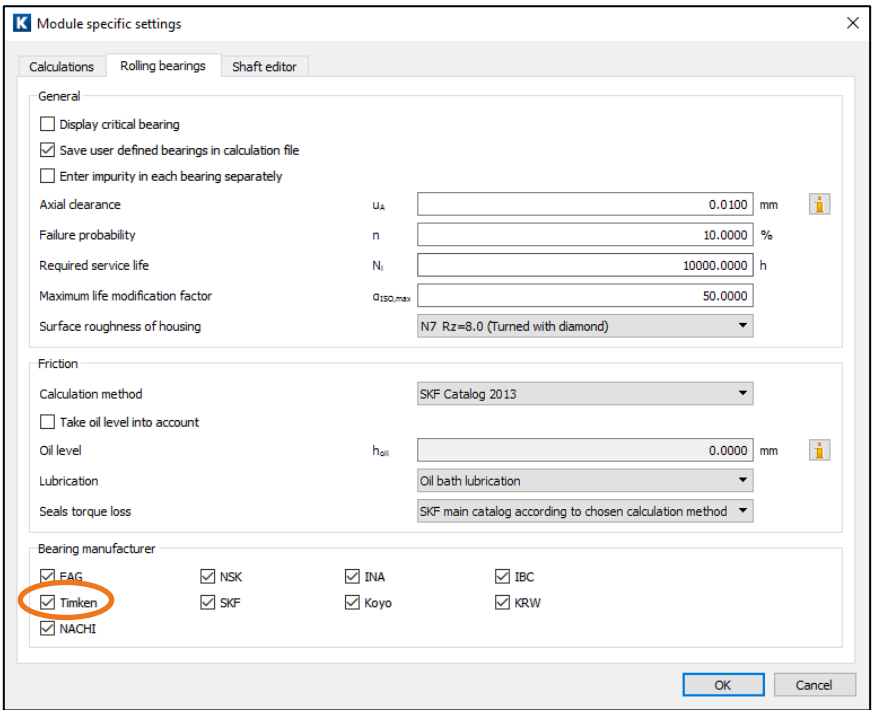
如果这个轴承没有出现在列表中，请校核 Koyo 轴承是否被包含在可用轴承列表中。请按如下步骤操作：

1. 在菜单栏中，点击“**Calculation**”。



2. 在菜单栏中，选择“**Settings**”。会打开“**Module specific settings**”窗口。

3. 在“Bearing manufacturers”组中，用户可以选择想要添加进可用轴承列表的制造商名称。如果需要，可以点击“**Koyo**”前面的勾选框进行添加。



4. 点击 OK 关闭窗口。

整个系统由轴、载荷以及轴承组成，现在和图 1 所示的一致。

1.5 滚动轴承的计算

点击工具栏中的  按钮，或者点击 F5，开始轴的计算，同时也会运行轴承的计算。可以在“**Results**”窗口（如图 8）中看到计算的主要结果。请注意，轴承的名字必须由用户自己输入。

Results

Results

maximum deflection	21.84 µm
maximum equivalent stress	103.05 N/mm²
minimum bearing service life	254.36 h
minimum static bearing safety	1.12

Bearing service life	**S0**	**Lnh**
Koyo 6205	15.67	473891 h
Koyo 16006	3.93	4748 h
Koyo 51106	12.33	4593 h
Koyo 6304	1.12	254 h

Bearing reaction force	**Component**	**X**	**Y**	**Z**	**Rxz**
Koyo 6205	F	-193.258 N	0.000 N	462.092 N	500.877 N
	M	0.000 Nm	0.000 Nm	-0.000 Nm	0.000 Nm
Koyo 16006	F	1.696 kN	0.000 kN	0.792 kN	1.872 kN
	M	0.000 Nm	0.000 Nm	0.000 Nm	0.000 Nm
Koyo 51106	F	-0.000 kN	-3.423 kN	0.000 kN	0.000 kN
	M	0.000 Nm	0.000 Nm	0.000 Nm	0.000 Nm
Koyo 6304	F	3.598 kN	0.000 kN	-6.015 kN	7.008 kN
	M	0.000 Nm	0.000 Nm	0.000 Nm	0.000 Nm

图 8. 包含有轴承分析的计算结果窗口

在“bearing service life”列表中，对每个轴承有如下参数：

S0　　静强度安全系数
Lnh　　基本额定寿命，单位 [h]
Lnmh　　修正额定寿命，单位 [h][1]
Lnrh　　根据 ISO/TS 16281 得到的参考额定寿命，单位 [h][2]
Lnmrh　　根据 ISO/TS 16281 得到的修正参考额定寿命，单位 [h][1,2]

轴承支反力列表列出了每个零件的支反力和扭矩（如图 9）。这里的 F_y 是指轴向力 M_y 是指扭矩。

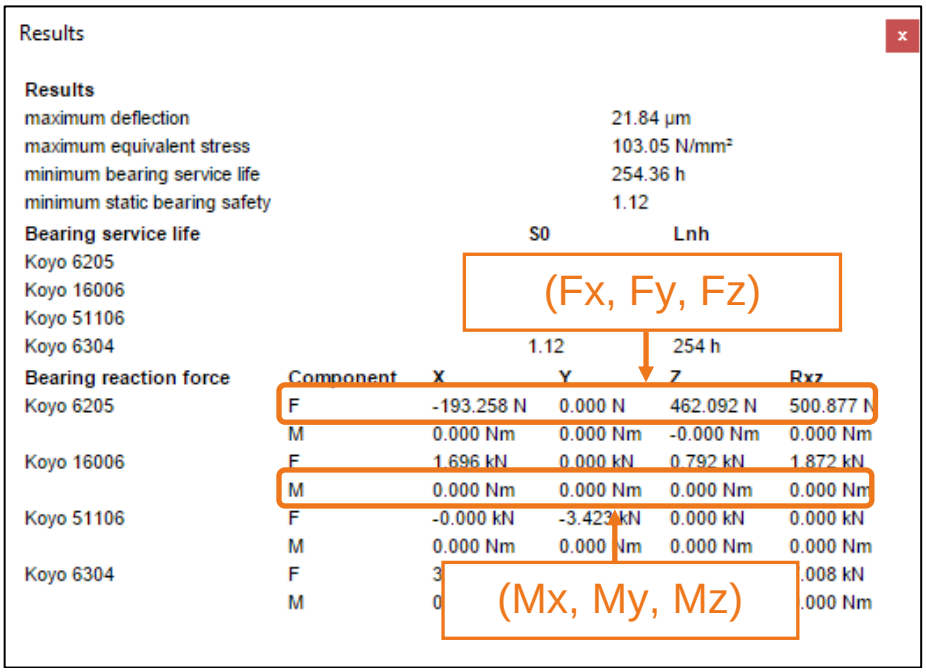


图 9.　轴承支反力和扭矩

1.6 设置

有一些设置会直接影响轴承分析，如以下列出的参数：

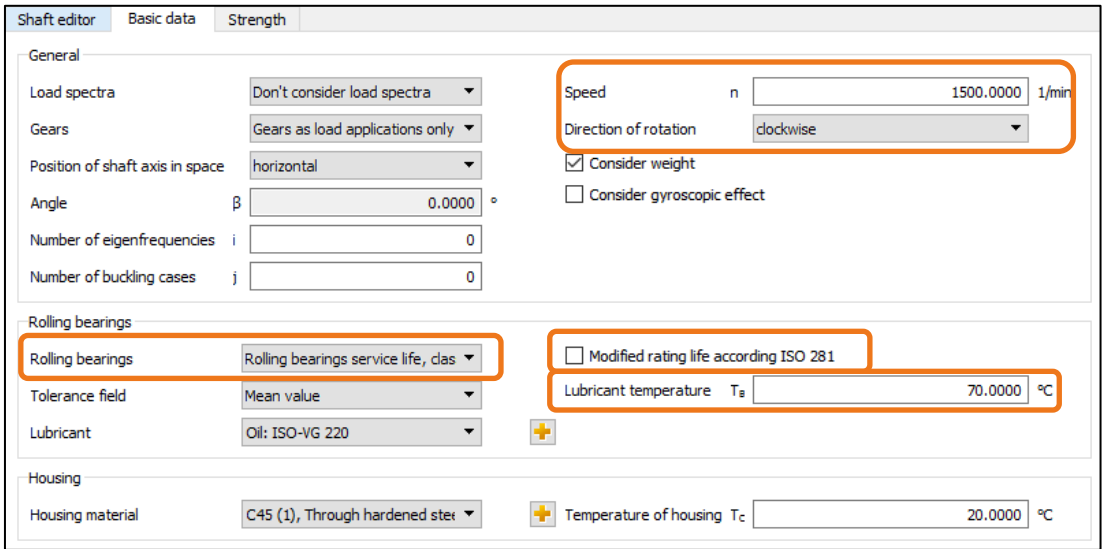


图 10.　“Basic data”标签下，“General”部分，其中参数对轴承分析有直接的影响

[1] 在“Basic data”窗口中选择“Enhanced bearing service life according to ISO 281”
[2]在“Basic data”窗口中“Roller bearing”的下拉列表中选择“Roller bearing service life according to ISO/TS 16281”

速度：速度越高，额定寿命越短，单位 [h].

旋转方向：会改变轴向载荷的正负号，比如在使用斜齿轮的时候。这将会影响轴承载荷。

润滑温度：润滑温度越高，寿命系数越低。

滚动轴承：在滚动轴承的下拉列表中，有以下四个选项：

- "Rolling bearing service life, classical calculation (ISO 281 and manufacturer data)"
  滚动轴承会限制运动自由度，包括平移和转动。这就是为什么在选择这个选项时，会用这种方式建模的原因。无论使用什么类型和尺寸的轴承，用户都可以输入平动和转动刚度的任何数值。轴向力和径向力的关系也会被包括在计算中，例如圆锥滚子轴承的经验公式。
- "Roller bearing stiffness calculated from inner geometry;Rolling bearing service life, classical calculation"
  这种方法会考虑轴承内部数据来决定轴承刚度，例如滚子直径，轴承滚道半径。如果没有可用的数据，软件会根据轴承尺寸和类型进行估算。
- "Rolling bearing service life from inner geometry (ISO/TS 16281)"
  工作寿命的计算会考虑轴承内部几何。计算结果会在“**Results**”窗口中显示出来，用 Lnrh 或者 Lnmrh。

"Modified rating life according to ISO 281"

如果选择了这个勾选框，润滑油的影响便会被考虑进轴承额定寿命的计算中。计算结果会显示在“**Results**”窗口中，用 Lnmh 或者 Lnmrh 参数。

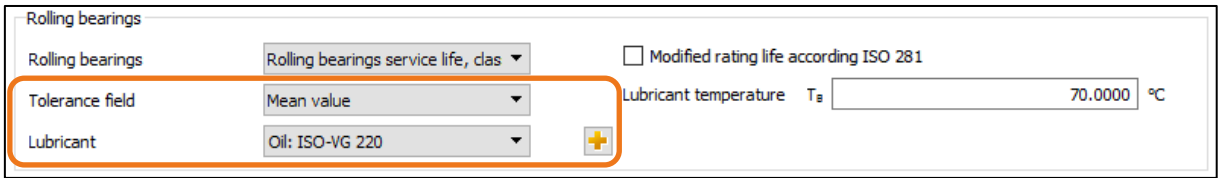


图 11. “Basic data”界面中的滚动轴承部分（带有润滑油参数）

润滑油：润滑油类型的选择会影响寿命系数。

纯净度：纯净度系数 e_C 会影响寿命系数。

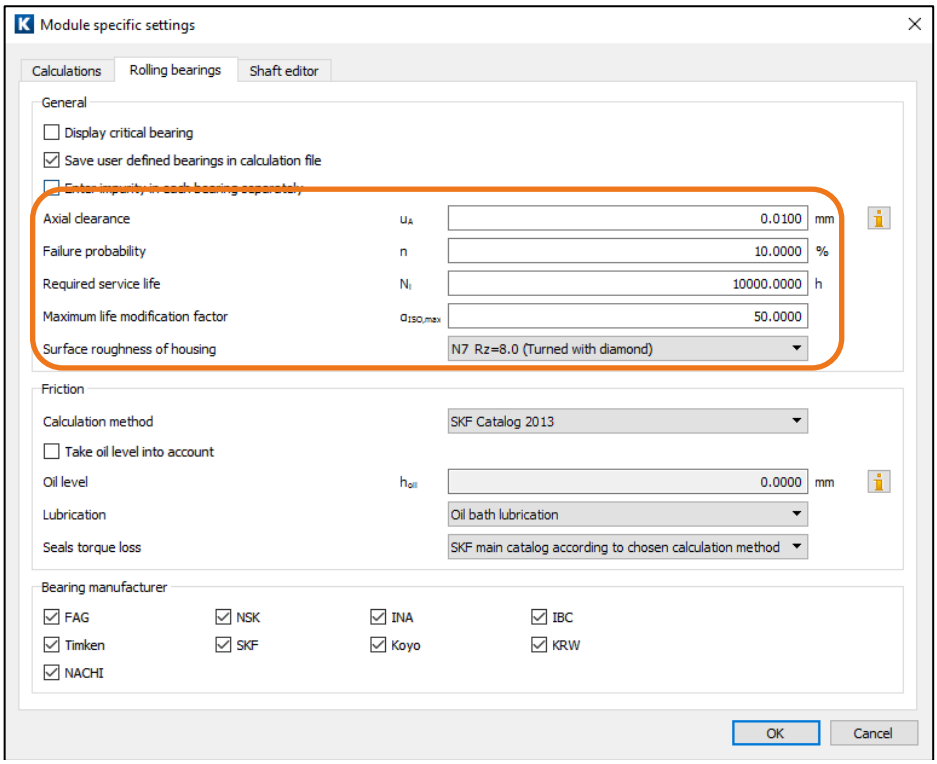


图 12. "Module specific settings"中的“Roller bearing”部分（包括轴承参数）

失效率：a_1 用于计算滚动轴承的额定寿命。默认为 10%，但可以在这里进行修改。

要求的工作寿命：定义滚动轴承计算中需求的工作寿命。但是，这个数值并不会影响滚动轴承的计算。如果计算得到的工作寿命低于需求的工作寿命，软件会给出一个警告提醒。

最大的工作寿命系数：在这个输入框中，用户可以定义工作寿命系数 α_{ISO} 的上限。

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

ISO 281:2007-2 中定义的默认数值是 α_{ISO}=50.

2 进一步计算

2.1 带有载荷谱的计算

在“Basic data”界面，用户可以在载荷谱的下拉列表中，选择是否会考虑轴模型中的载荷谱（例如圆柱齿轮）。（见图 13）

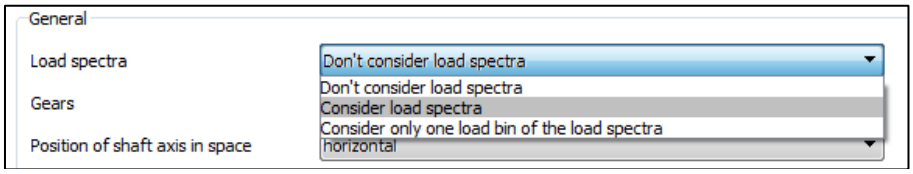


图 13. “Basic data”界面中载荷谱的下拉列表

在本案例中，选择“**Consider load spectra**”选项

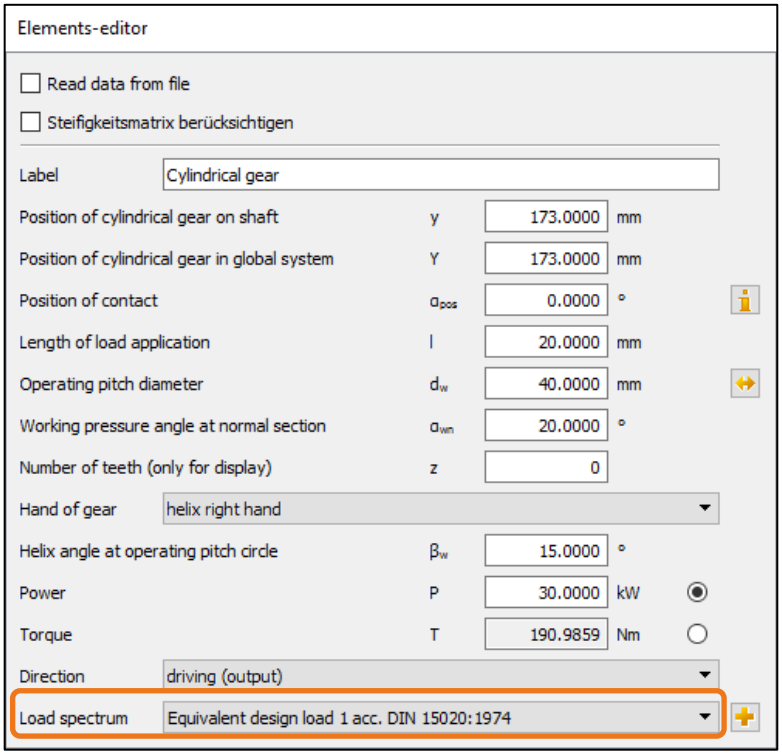


图 14. 圆柱齿轮力中考虑了载荷谱

按照以下步骤，用户可以将自己的载荷谱加入数据库：

1. 通过点击“**Extras**”→“**Database tool**”打开数据库工具。
2. 在提示（授权修改数据库）中点击Yes，随即打开数据库工具栏。
3. 选择载荷谱菜单并点击Edit。数据库窗口中会在LASTKOLL （载荷谱）表格中显示一个列表。
4. 现在用户有两种方法定义自己的载荷谱：从列表中选择一个数据条目并修改，或者定义一个全新的数据条目。如果用户选择第一种方法，需要在列表中选择一个已有的数据条目并点击 按钮。
5. 如果用户要创造一个全新的载荷谱，不要选择已有的条目，然后点击 按钮。
6. 在两种情况下，都会出现一个“**Create a new entry**” 对话框。用户可以在“Label”输入框中输入要增加的载荷谱名称。
7. 用户既可以直接在窗口下方的表格中输入载荷谱，也可以在“**File name**”输入框中输入要使用的载荷谱文件名称。这个文件名称必须是**dat** 文件格式，例如**own load spectra.dat** ，而且需要保存在 <KISSsoft installation folder>/DAT 文件夹中。

8. 如果已经存在同样名称的文件，点击“**Edit**”按钮，打开一个编辑器，用户可以在其中修改文件内容。

在任何情况下，比例、扭矩系数或功率系数，速度系数都会各自排成一列，中间用空格分开。在图 15 中，用户可以看到“meinLastKollektiv.dat”文件内容，和编辑器窗口中出现的一致。

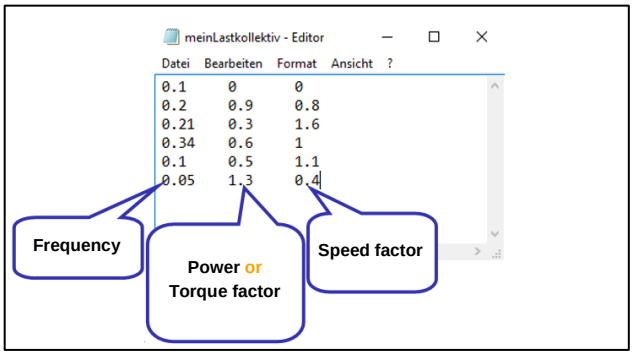


图 15. 用户自定义载荷谱的案例。所有数据按列排布，中间以空格分开。

文件中的数值是基准参数“**Power**”或“**Torque**”和“**Speed**”的被数。

例如：

假设已经在 Basic data 的输入窗口或者圆柱齿轮力的元素编辑器中输入了如下参数：

P = 115kW， n = 1500 1/min

另外，用户还要输入功率（不是扭矩）的乘数（如图 17）。

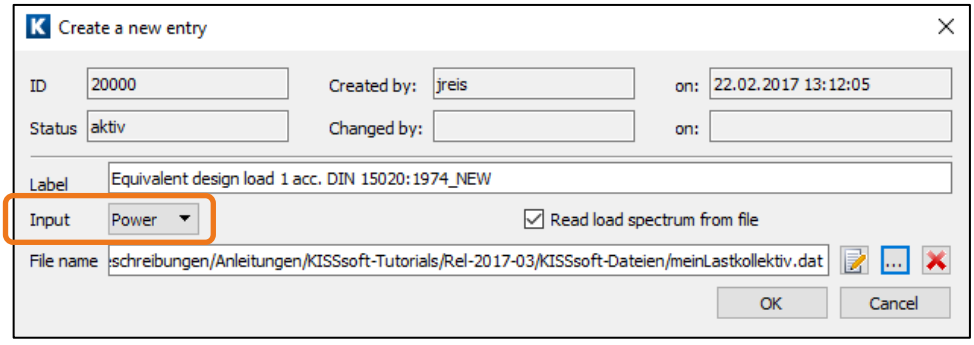


图 16. 在“Create a new entry”窗口中选择输入功率

在“Input”的下拉列表中，用户可以指定是用功率还是扭矩来乘以载荷谱中的数值。对图 15 中的载荷谱，图 17 中列出了确切的数值。

Frequency [%]	Power [kW]	Speed [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 17. 载荷谱

2.2 计算热许用的工作极限转速

热许用工作极限转速的计算方法在 DIN 732 中有叙述。这一极限转速和其他的许用工作速度差别很大，因为参考条件只用于完全定义的情况。要定义热许用的工作极限转速，用户必须首先对每一种情况定义热额定转速。当轴承的特定转速达到了预定义的工作条件，产生的热量（由摩擦引起）和损失的热量（通过轴承接触和润滑油）达到平衡。机械或者运动学方面的判据并不会被考虑。

由于参考值（温度、载荷、润滑油粘度、轴承参考表面等）已经被固定了，所以经过油润滑或者脂润滑的轴承参考转速结果是一样的。

通过点击“**Calculation**”→“**Thermally permissible service speed**”菜单，打开“**Thermally permissible service speed**”输入窗口。

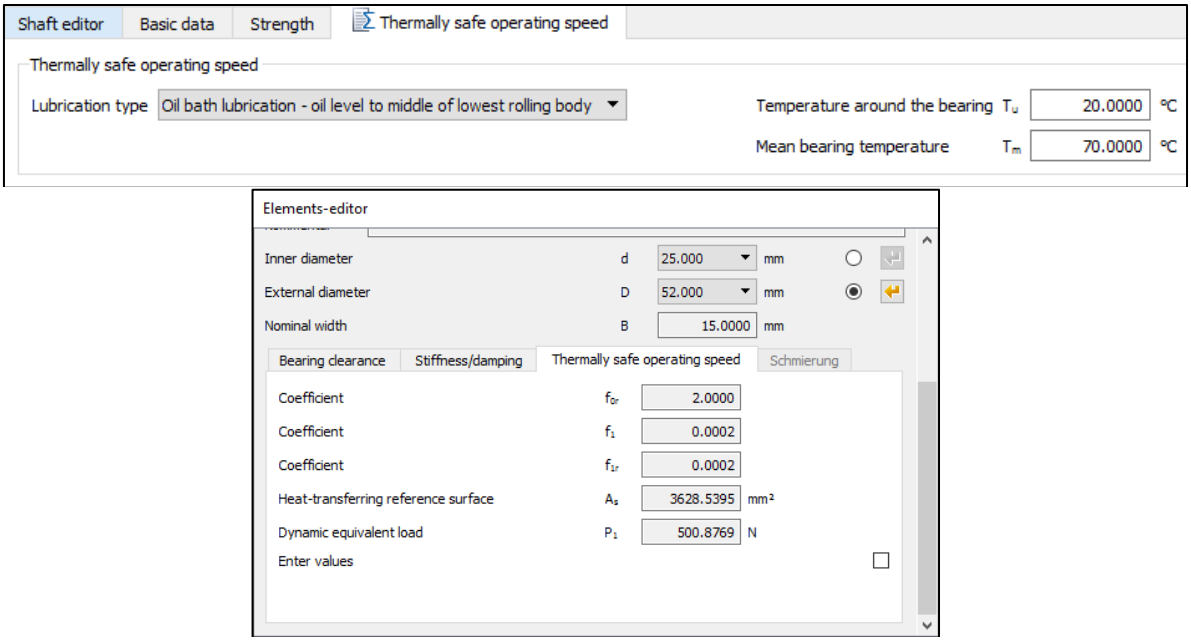


图 18. 轴计算模块中的“Thermally permissible service speed”标签

如果要打开“Thermally permissible service speed”窗口，首先要更换到“Roller bearings ISO 281, ISO 76”计算模块。如图 19 所示，点击“**Modules**”标签，打开左上角窗口中的模块树。

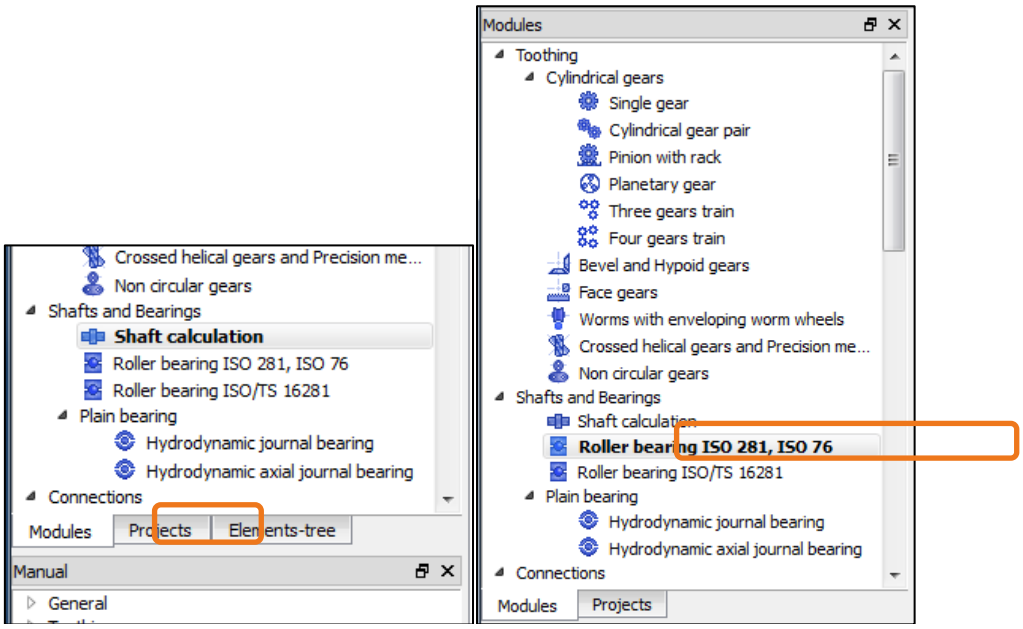


图 19. 打开“Roller bearing ISO 281, ISO 76”

在模块树窗口中，双击“Roller bearing ISO 281, ISO 76”。用户此时便可在 KISSsoft 中滚动轴承计算模块中的“Thermally permissible service speed input”窗口输入参数进行计算。通过点击“**Calculation**”→“**Thermally permissible service speed**”菜单，打开“**Thermally permissible service speed**”输入窗口（如图 20）。

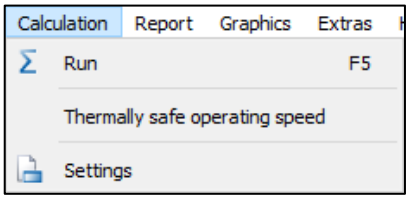


图 20. 打开“Thermally permissible service speed”输入界面

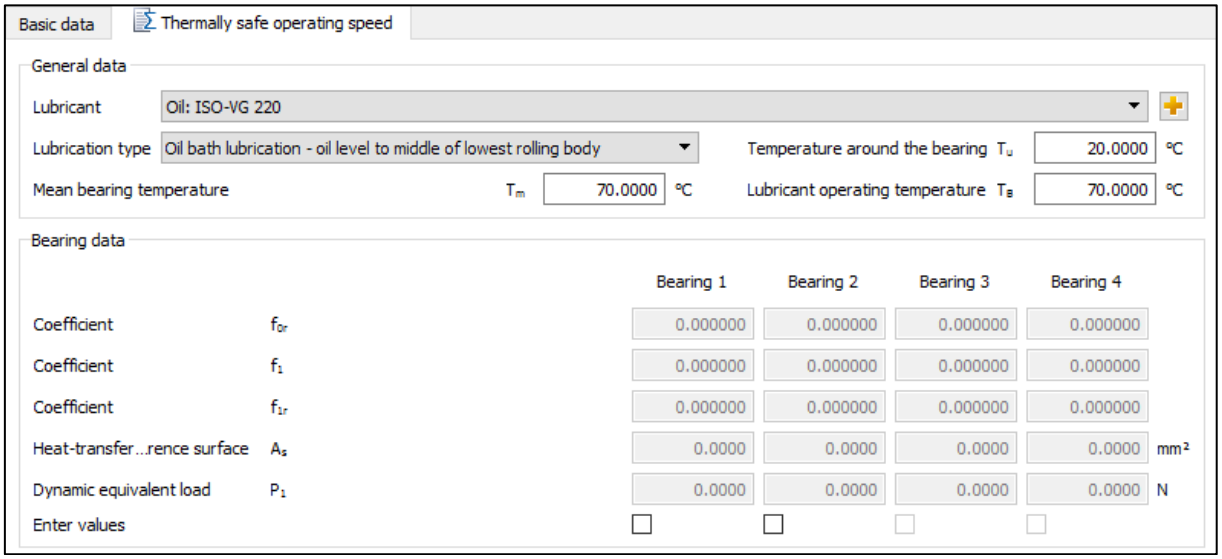


图 21. 打开“Thermally permissible operating speed”标签

2.3 扩展滚动轴承数据库

KISSsoft 中已经保存了数千种滚动轴承的数据（Koyo、NSK、SKF 以及 Timken 等）。用户也可以在数据库中添加任何缺失的数据。也可以按照如下步骤添加新的轴承：

1. 通过点击“**Extras**”→“**Database tool**”打开数据库；
2. 在提示窗口（授权可在数据库中写入数据）中点击Yes，打开数据库窗口；
3. 在database一列中的W000部分，选择相应的轴承类型。例如，描述为“**Deep groove ball bearing (single row)**”，table一列中为“**W05WNORM10**”。点击“Edit”，数据库窗口中会显示“**W05WNORM10**”表格中的类型列表；
4. 现在有两种选择来定义轴承。一种是在列表中选择一种轴承然后进行修改，另一种是生成一种全新的轴承。如果要使用第一种方法，需要在列表中选择一种已有的类型，然后点击  按钮；
5. 如果要生成一种全新的轴承，不要选择任何轴承，然后点击 ；
6. 在两种情况下，都会出现“Create a new entry”对话框。用户此时可以在“Bearing label”输入框中输入自己的轴承名称。在“Basic data”和“Inner geometry”两个标签中输入轴承参数。用户必须接受“Basic data”中的参数，但是可以在inner geometry中输入任何数值。如果没有内部几何结构的数据，软件可以根据“Basic data”中输入的数值进行估算。
7. 点击 OK 确认输入。在数据库窗口中，点击“Save”保存添加的内容。请注意，软件会弹出一个提示信息，告诉用户已经成功保存了文件。用户刚刚添加的轴承会出现在列表底部，并且会有一个>= 20000 的序列号。

2.4 计算一个带载荷的单个轴承

如果要分析一个载荷已知的单个轴承，用户并不需要建带有轴、载荷和轴承的完整模型。只需要点击“Basic data”标签打开一个同名窗口。

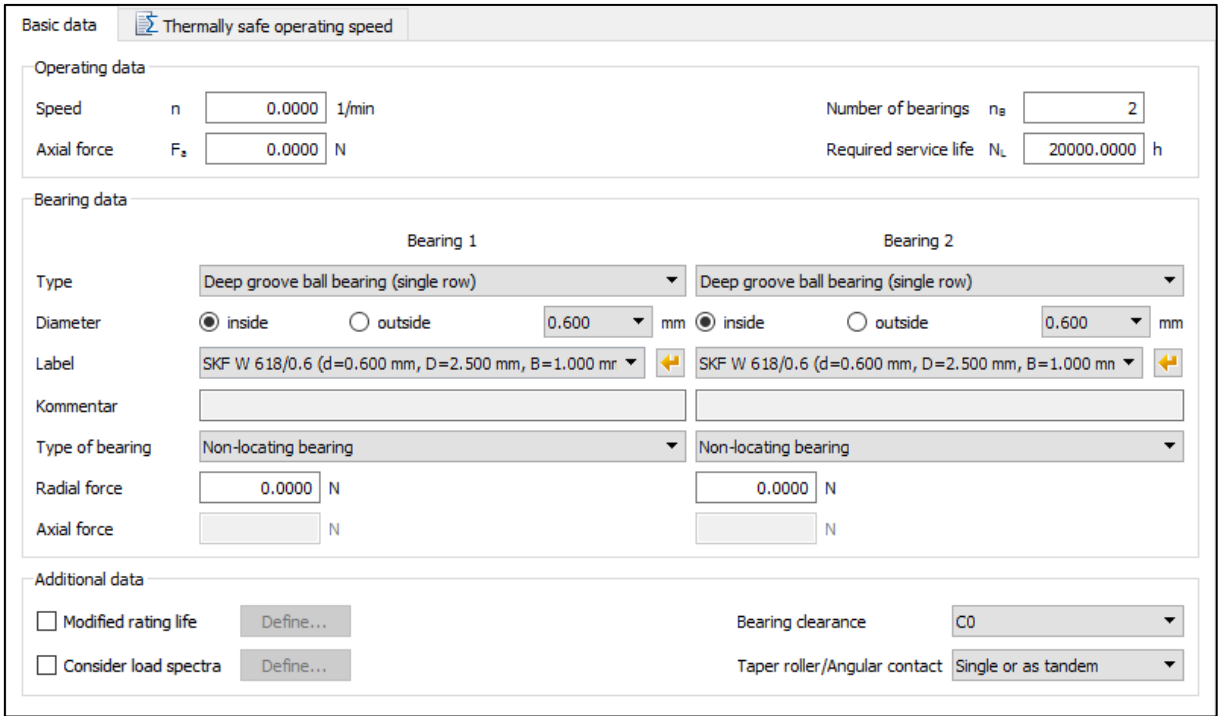


图 22. 在滚动轴承计算模块中打开“Basic data”标签

径向载荷会在“Bearing data”中为每一个轴承定义，轴向力会在“Operating data”中预定义。轴向力在每个滚子上的分布，取决于轴承使用的轴向支撑方式。如果要执行计算，点击  或者“F5”。