KISSsoft
Calculation programs for machine design

KISSsoft 03/2017 – 教程 12

精密机械中的行星齿轮组的选型

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 目标 3
2 打开 KISSsoft 3
2.1 打开软件 3
2.2 打开“Planetary gear 行星轮”计算模块 3
2.3 基础设置 4
2.4 设置约束 4
2.4.1 定义材料 5
2.4.2 定义计算方法和工况 5
2.4.3 定义其余系数 6
2.5 粗选型 6
2.6 精细选型 9
2.7 优化齿形 14
2.8 现有教程 18

1 目标

选型出一个行星齿轮组，要求输入扭矩 450 Nmm （0.45 Nm），转速 10000 rpm。额定传动比 4.25。要求的工作寿命 20,000 小时，应用系数 K_A =1.25。

整体尺寸（齿圈的外直径）为 35 mm，包括齿根圆和外直径之间 3 mm 的材料。齿轮使用粉末冶金制造。模数必须大于 0.5 mm （由于制造要求）。因为齿轮并非使用滚齿加工，所以必须利用这个优点对齿形进行优化。本案例中使用的计算方法是由 AGMA: 2101-D04 定义的。

2 打开 KISSsoft

2.1 打开软件

在软件安装并激活之后，用户便可以启动 KISSsoft。通常，用户可以通过点击“Start→Program Files→KISSsoft 03-2017→KISSsoft 03-2017”打开如下的用户界面：

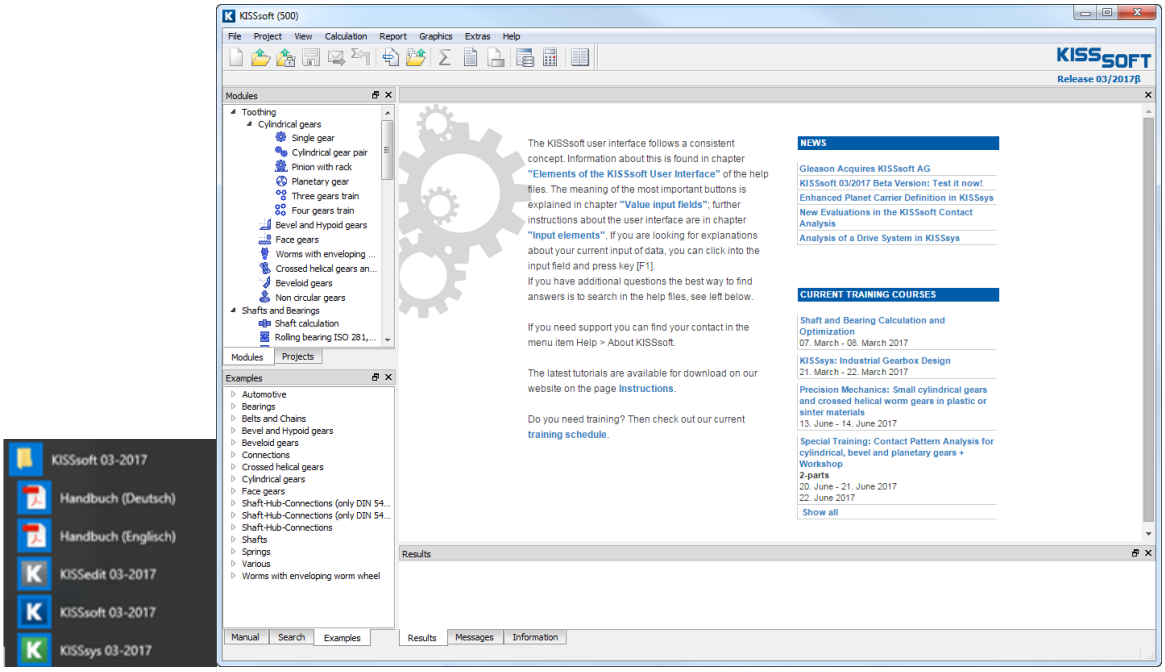

图1. KISSsoft 主界面

2.2 打开“Planetary gear 行星轮”计算模块

在“**Modules tree** 模块树”窗口中，双击“**Planetary gear**” 标签来启动行星齿轮计算模块，如图 2：

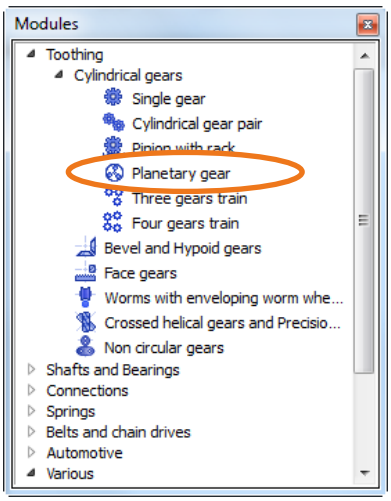

图2. 在“Modules”窗口中选择“Planetary gear”计算模块

2.3 基础设置

由于在初步设计阶段中发现的一些原因会导致几何尺寸的错误（这将会导致 KISSsoft 自动取消计算），我们建议用户打开 module specific settings 模块的特殊设置窗口，并激活“Allow large profile shift 允许大变位”和“Don't abort when geometry errors occur 几何错误时不停止计算”选项。这会允许 KISSsoft 在发生错误时继续计算，如图 3：

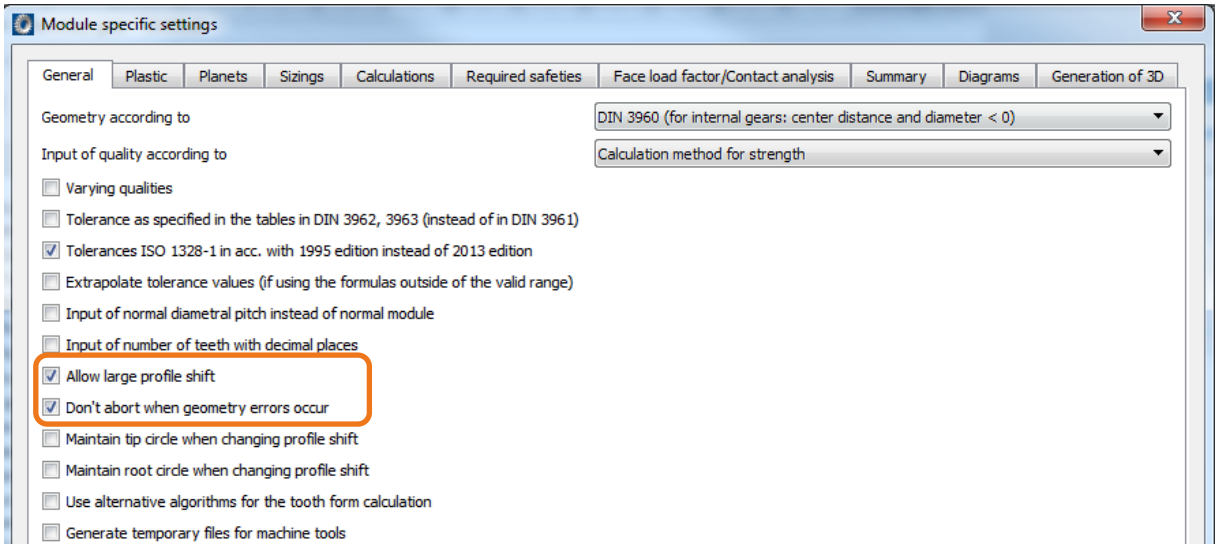

图3. 本案例中的特殊设置“Module specific settings”

2.4 设置约束

点击 [OK]，返回到主界面中。进入“Basic data”标签并且输入需要的行星齿轮数量（如图 4）。

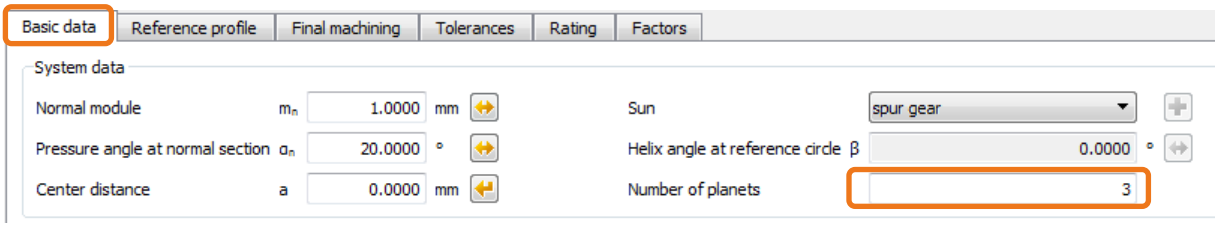

图4. 定义行星齿轮数量

2.4.1 定义材料

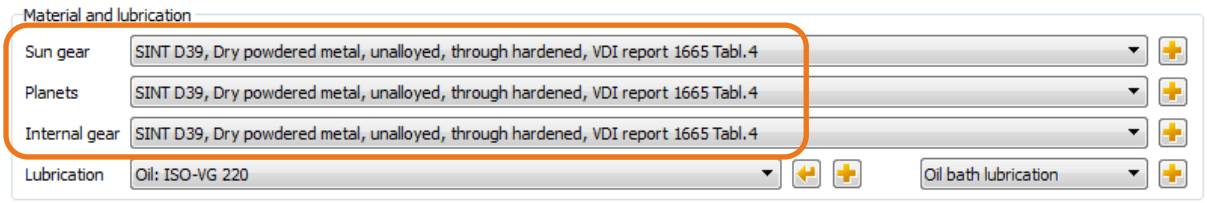

图5. 定义材料

2.4.2 定义计算方法和工况

定义需要的计算方法(1)。然后输入应用系数(2) 和工作寿命(3)。点击功率边上的选择按钮，定义输入载荷，如图 6。

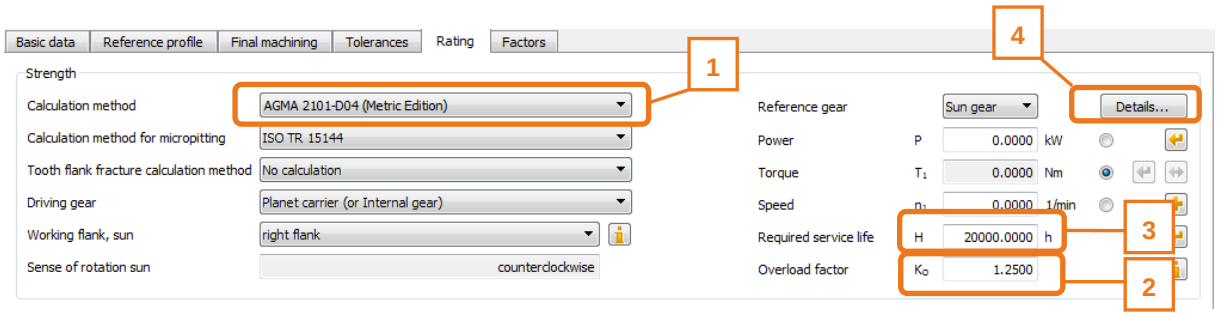

图6. 定义计算方法、应用系数、工作寿命、以及其余工况

如果使用 AGMA 2101-D04 方法来计算行星齿轮组，那么最好使用图解法来计算系数 Y （因为这会影响齿根应力的计算）。点击“**Rating**”标签下的**[Details]** 按钮(4)，选择图解法 (5) ，并且定义载荷的作用位置。

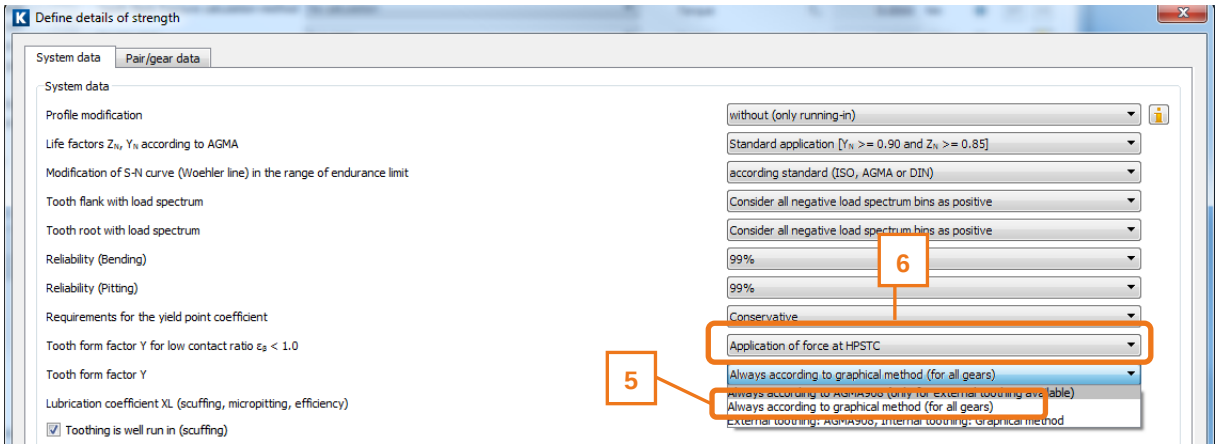

图7. 定义载荷的作用和图解法

在适当的位置单击鼠标右键，定义扭矩的单位（图 8）。

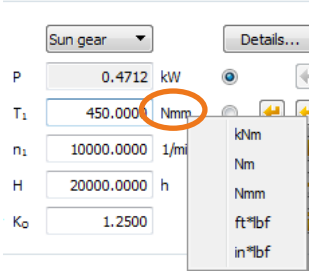

图8. 定义扭矩单位

定义参考齿轮(1)、需要计算的值(2)（如果扭矩和转速已经定义，就会执行计算），输入转速和扭矩（如图 9）。

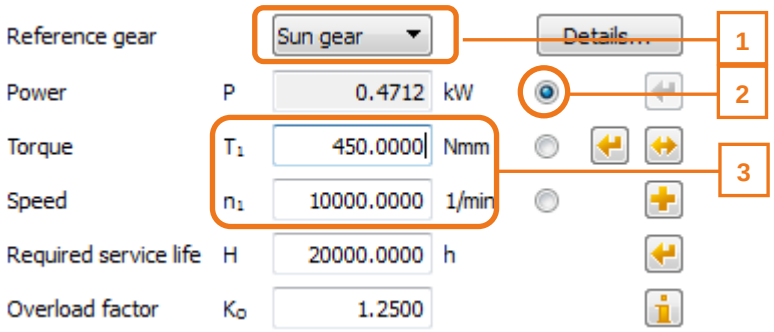

图9. 定义载荷

2.4.3 定义其余系数

行星轮间载荷分布不均匀系数 K_γ 会增加施加在单个行星轮上的载荷。在本案例中，已经在“**Factors**”标签下将此参数定义为 1.0。

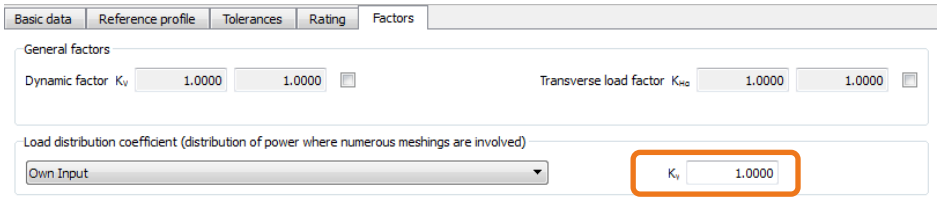

图10. 定义载荷分布系数

2.5 粗选型

打开粗选型功能，输入其他详细内容。



图11. 打开粗选型功能

输入额定传动比。如果 KISSsoft 根据基本的设置进行计算，会得到一个非常小的模数。因此，用户需要降低齿数范围，改为 9 到 14，来迫使 KISSsoft 选择一个更大的模数。但是，通常并不需要改变默认的齿数值。点击 **[Calculate]**。

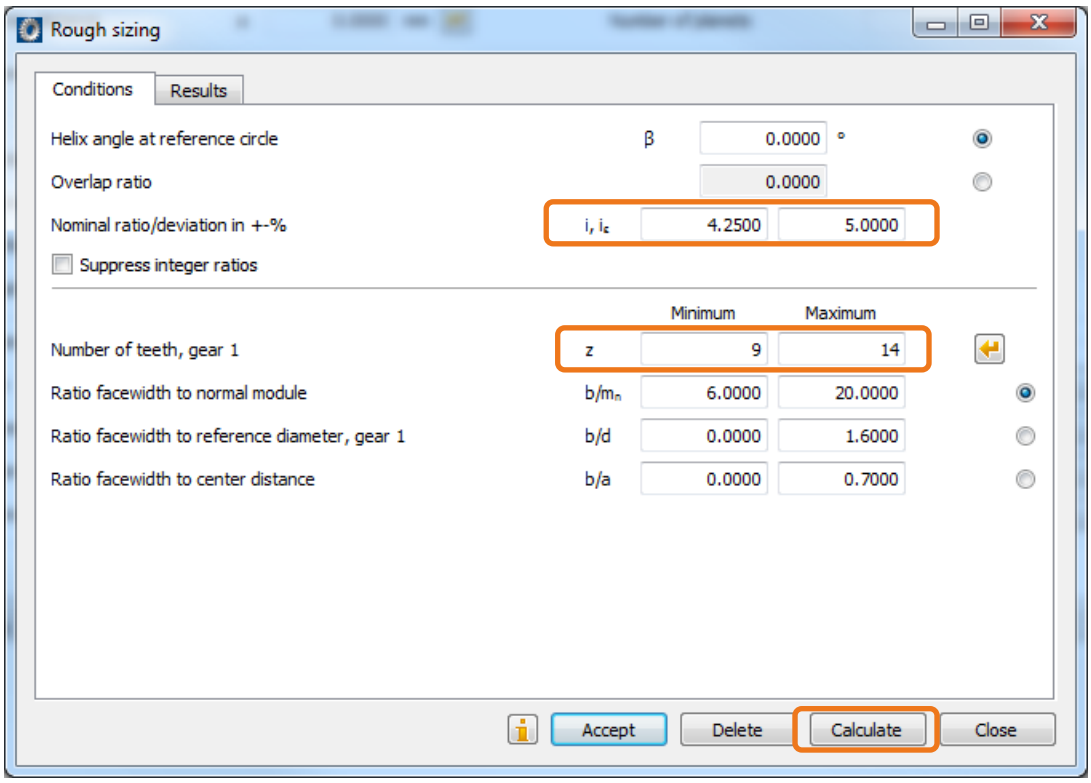

图12. 粗选型设置，并运行计算

点击**[OK]**，确认图 13 中弹出的齿轮 1 到 3 的信息。

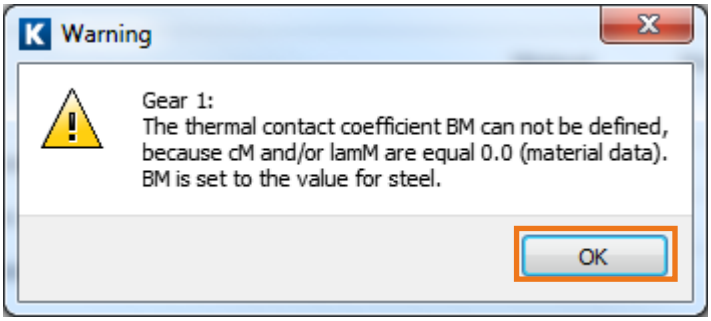

图13. 其余相关系数缺失的信息

点击**[OK]**，确认弹出的信息：

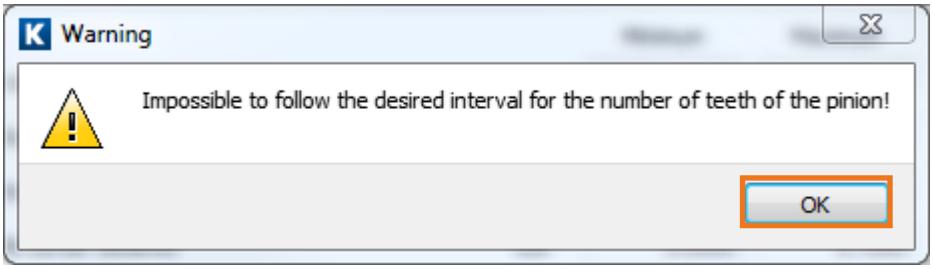

图14. 齿数范围的方案可能性

请看结果列表，如果用户对这个结果满意，选择相应的解决方案，点击**[Accept]**，如图 15。

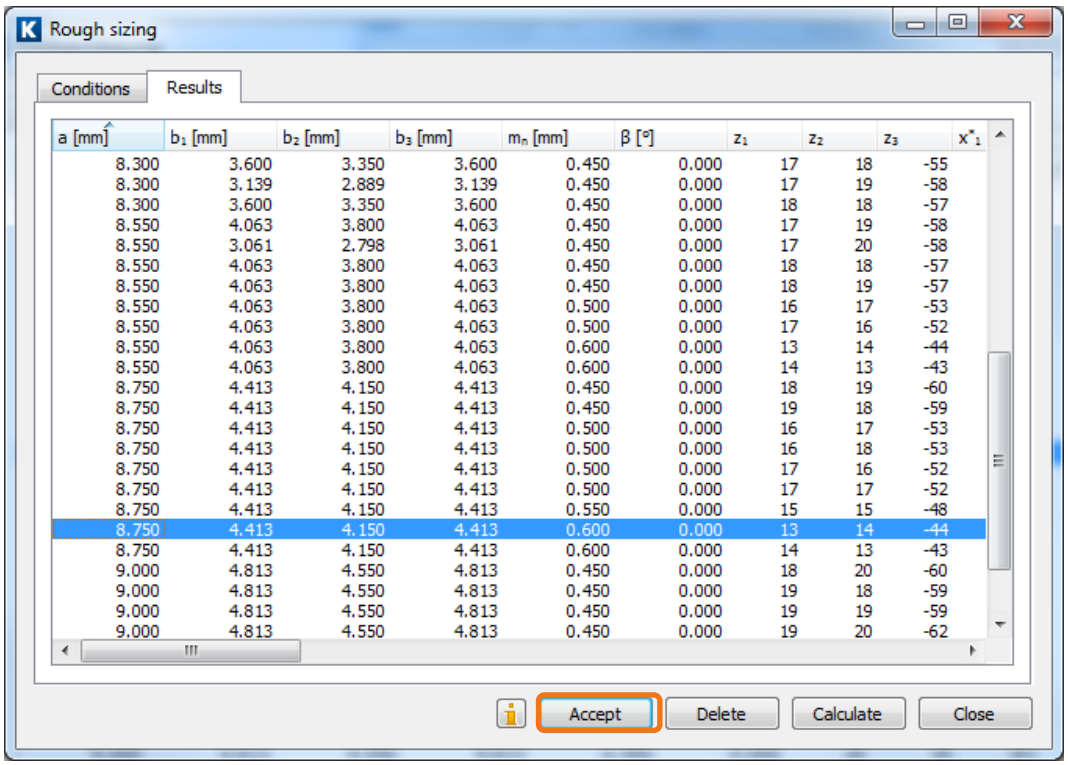

图15. 粗选型结果

粗选型功能得到的方案参数，此时都会显示在主界面中。关闭粗选型窗口。

注意：

在打开粗选型功能时，用户可以把任何方案的数据转移到主界面中。但是在关闭粗选型功能的窗口之后，粗选型的结果列表便不可用了。精细选型功能也同样如此。

由于模数小于 1.0，我们推荐用户使用另一种不同的公差标准。打开“**Tolerances**”标签，在这个界面中，为每个齿轮选择齿厚公差“DIN 58405 10e”，如图 16。这里的 10 代表质量等级（区间宽度），意味着“lower quality 较低的质量等级”。字母“e”代表区间上限，也就是侧隙的定义。因此，用户需要在“**Basic data**”标签下，将质量等级设置为 10 级（如图 18 中的 1a）。

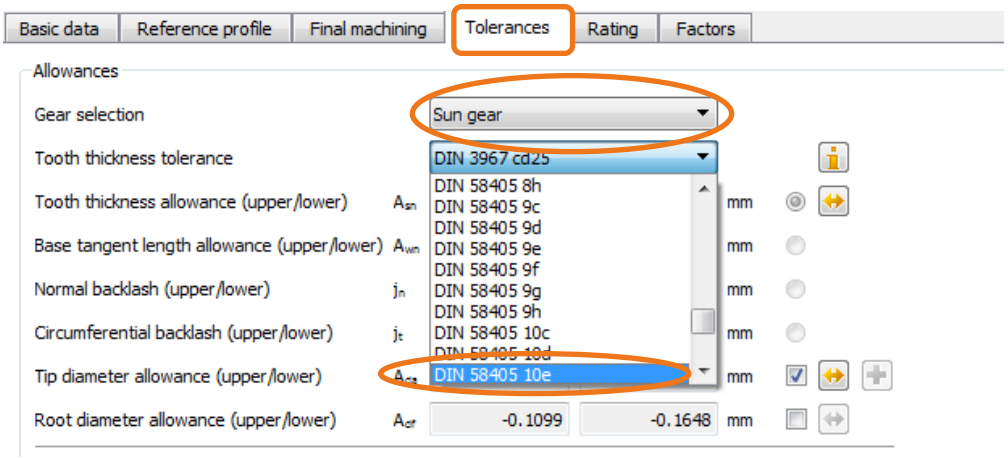

图16. 设置公差

在定义公差之后，用户也许会想输入一个更好的齿宽值。在本案例中，我们使用（1）中的参数，如图 18。点击**[Calculate F5]** (2)，用户可以在“Results overview”窗口中看到粗选型得到的行星轮组的初步计算结果，如图 18（2a）。

点击 [No]，关闭图 17 中的信息框。

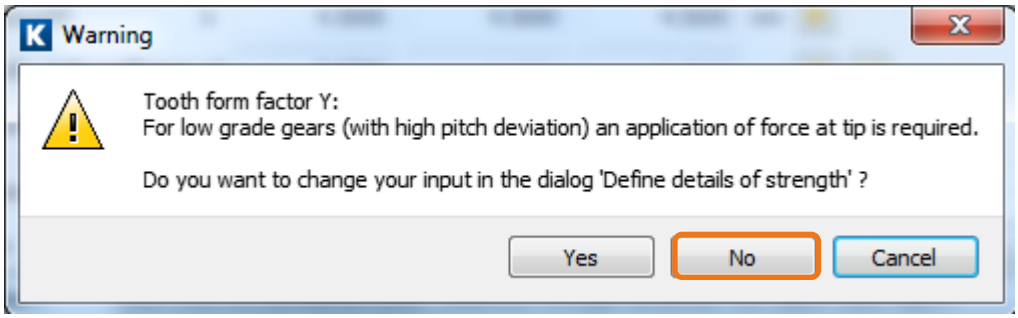

图17. 改变齿形系数

2.6 精细选型

这一步会完成预选型步骤。为了之后的步骤，使用接近正确尺寸的数值来完成精细选型功能。现在，要生成一个优化后的方案，点击精细选型（3）按钮，如图 18。

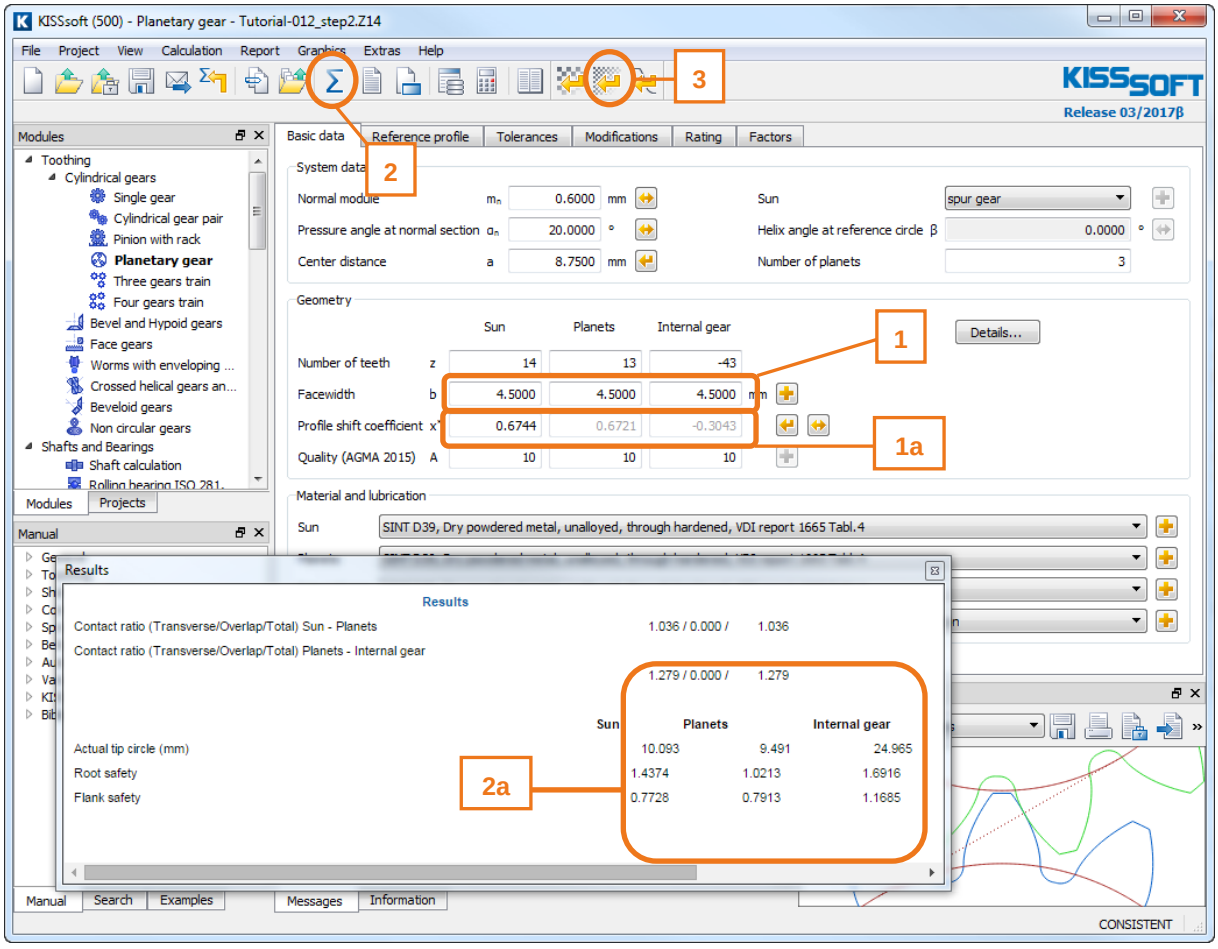

图18. 计算，校核结果，并打开精细选型功能

首先，检查额定传动比的值（在粗选型过程中，这一数值可能会有微小的改变）（1）。然后输入需要的传动比范围，以及模数的增长区间（KISSsoft 会自动选择非常小的数值）（2）。定义齿圈分度圆的目标值（2a）。为了定义正确的直径，减去从齿轮外直径到齿根圆之间的材料，总计是两倍的 3 mm。得到的数值是 29 mm。随后，需要把齿根高减小 1X2 mm（这个数值不需要太准确，因为允许的变动范围设置为 10%）。

点击中心距的“Sizing” 推荐选型按钮（4），软件会自动给出中心距可能的范围。为了使齿轮的齿根圆直径足够小，来保证齿根下有足够的材料，用户必须在相应的位置输入合适的数值（此处应为：35-2X3 mm = 29 mm）（5），如图 19。

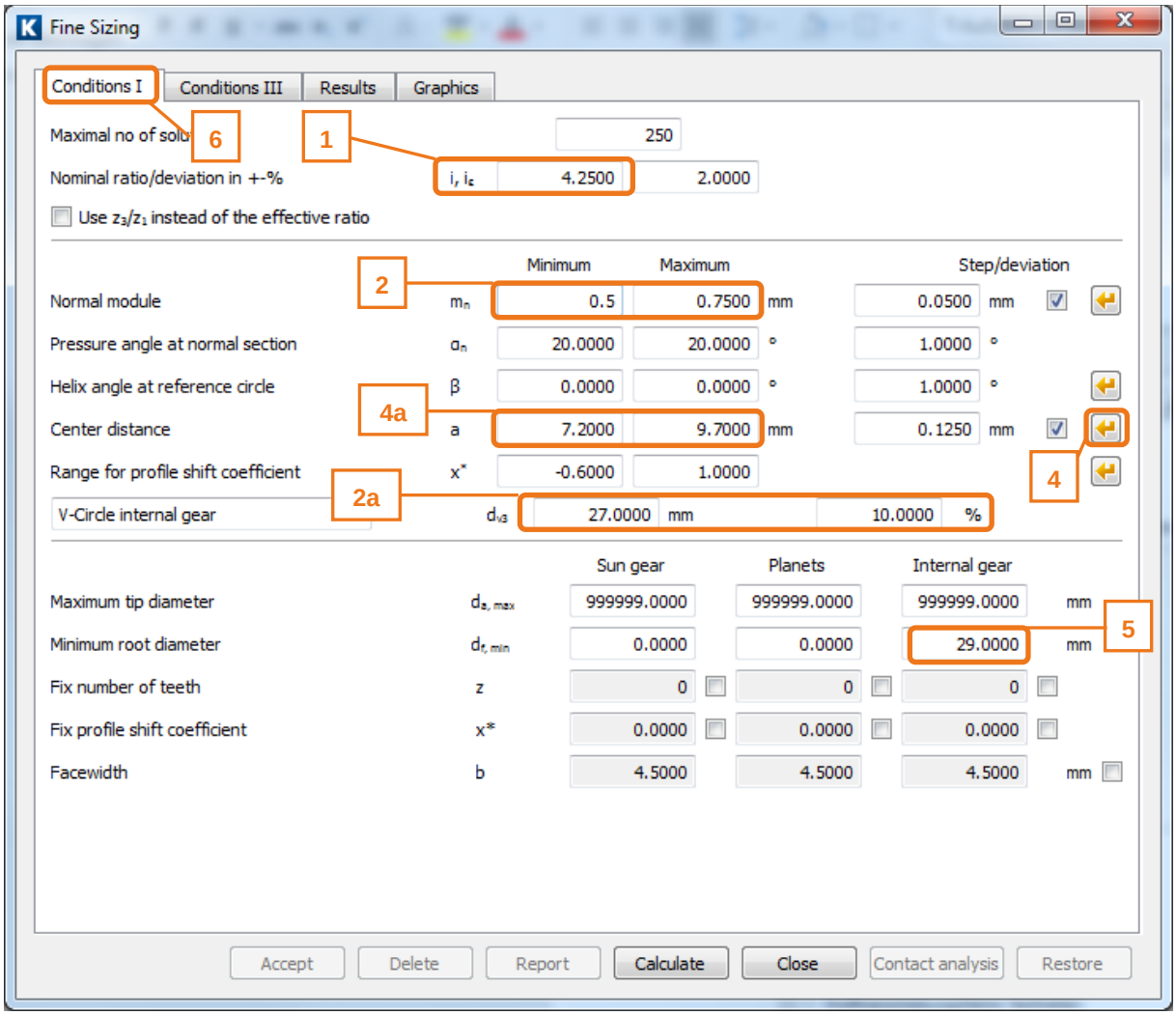

图19. 精细选型设置

随后，在“**Conditions III**”中进行其他设置。对于精细选型的结果，用户也可以在结果列表中评估这些变量。

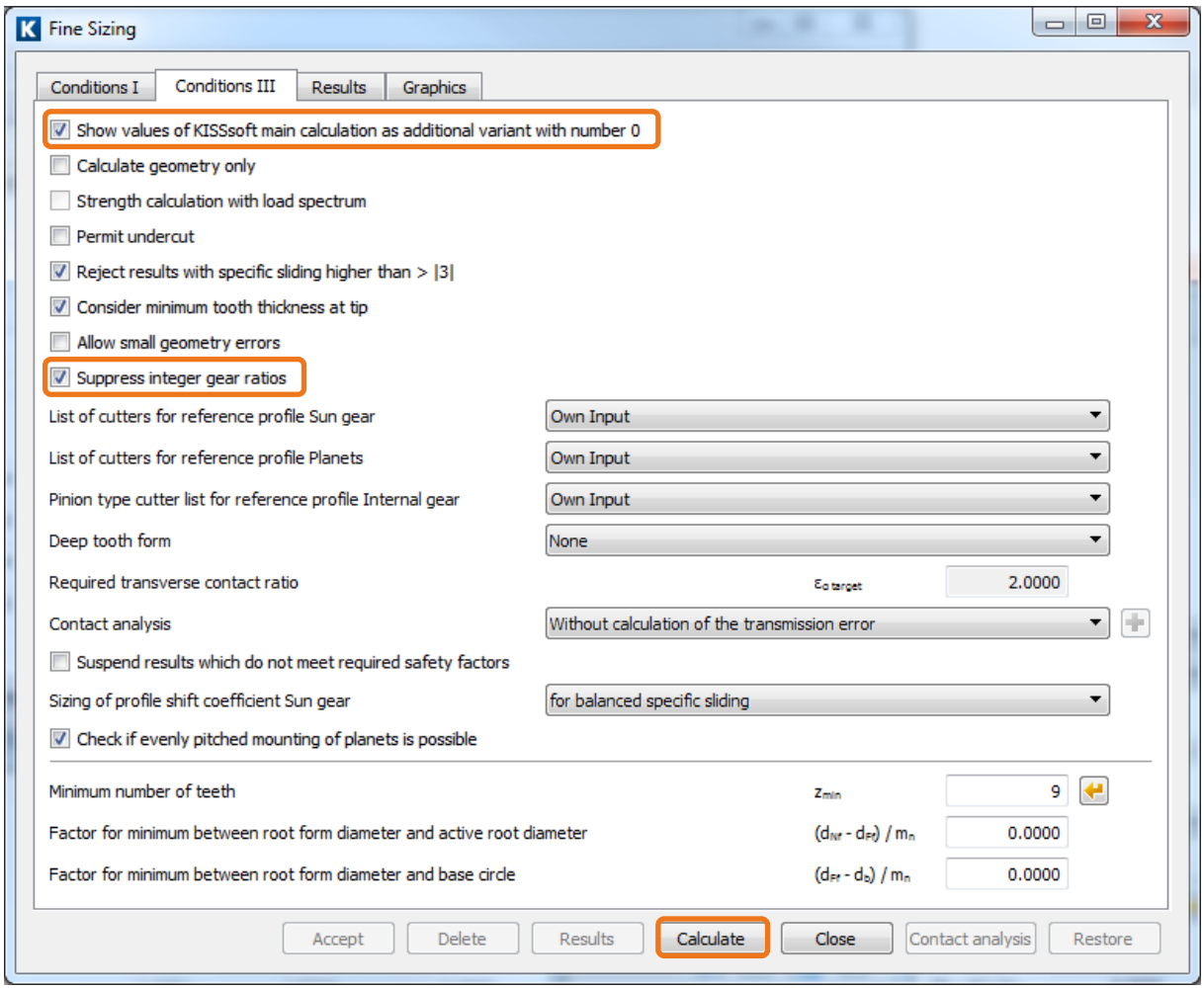

图20. 额外设置

点击 [Calculate] 来运行精细选型。如果有了解决方案，点击“**Graphics**”标签（如果没有解决方案，会出现一个信息窗口，告诉用户无法找到解决方案）。

如果用户这时只想考虑安全系数，那么方案 9 应该会比较合适：齿根安全系数足够大，而且齿面安全系数也足够。因为用户通常可以通过修正齿根几何形状，来提高齿根安全系数，所以在本案例中，齿面安全系数更重要一些。

一般情况下，用户也会校核一些其他判据（例如端面重合度、滑动率等等）。由于这和一些用户处理的特定问题相关，所以这一情况不会在此讨论。请参考本文底部的教程列表，来得到关于精细选型功能的更多信息。

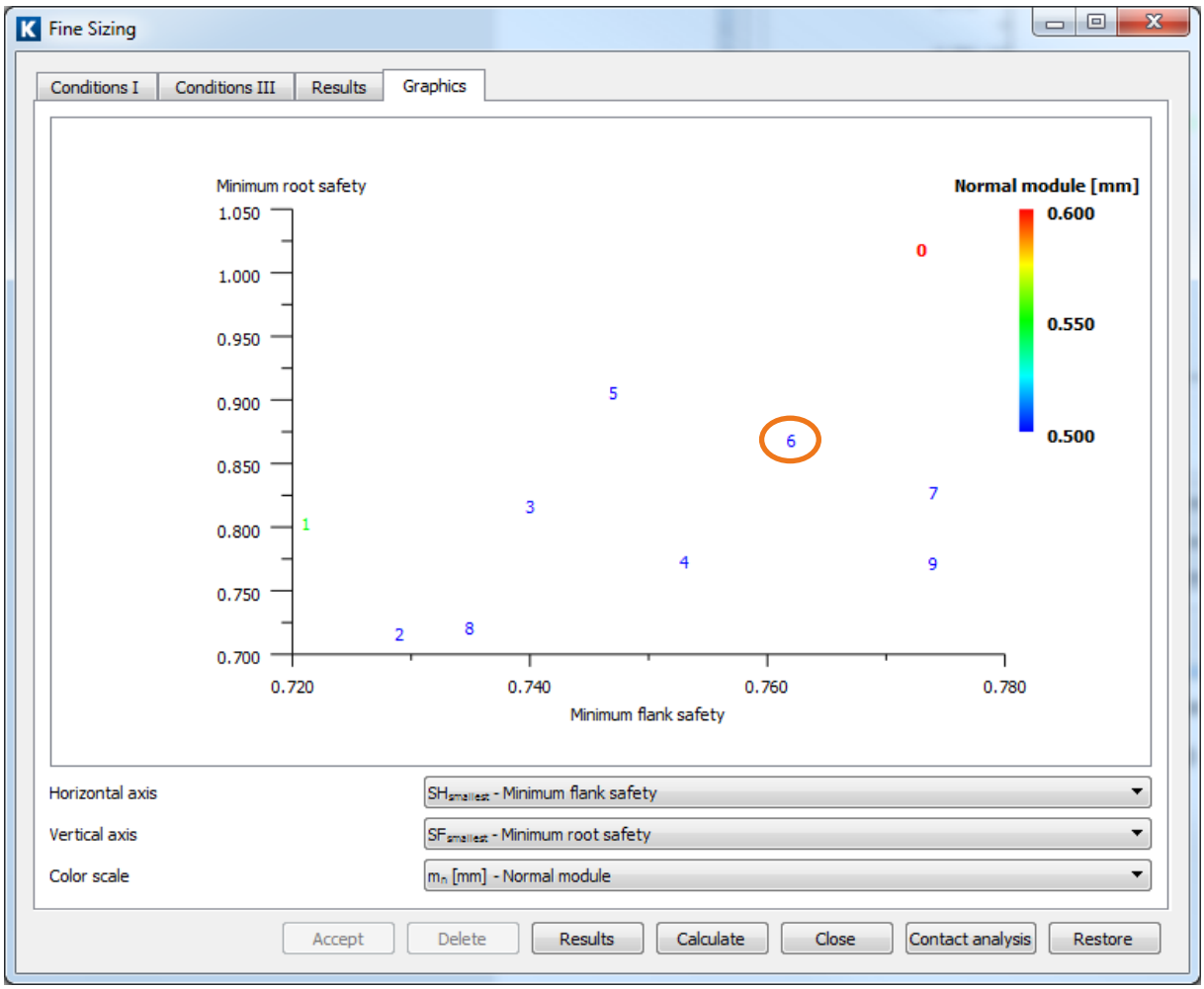

图21. 计算结果以图表显示

进入精细选型的“**Results 结果**”标签，双击某个方案进行选择，或者点击**[Accept]**按钮（如图 22）。

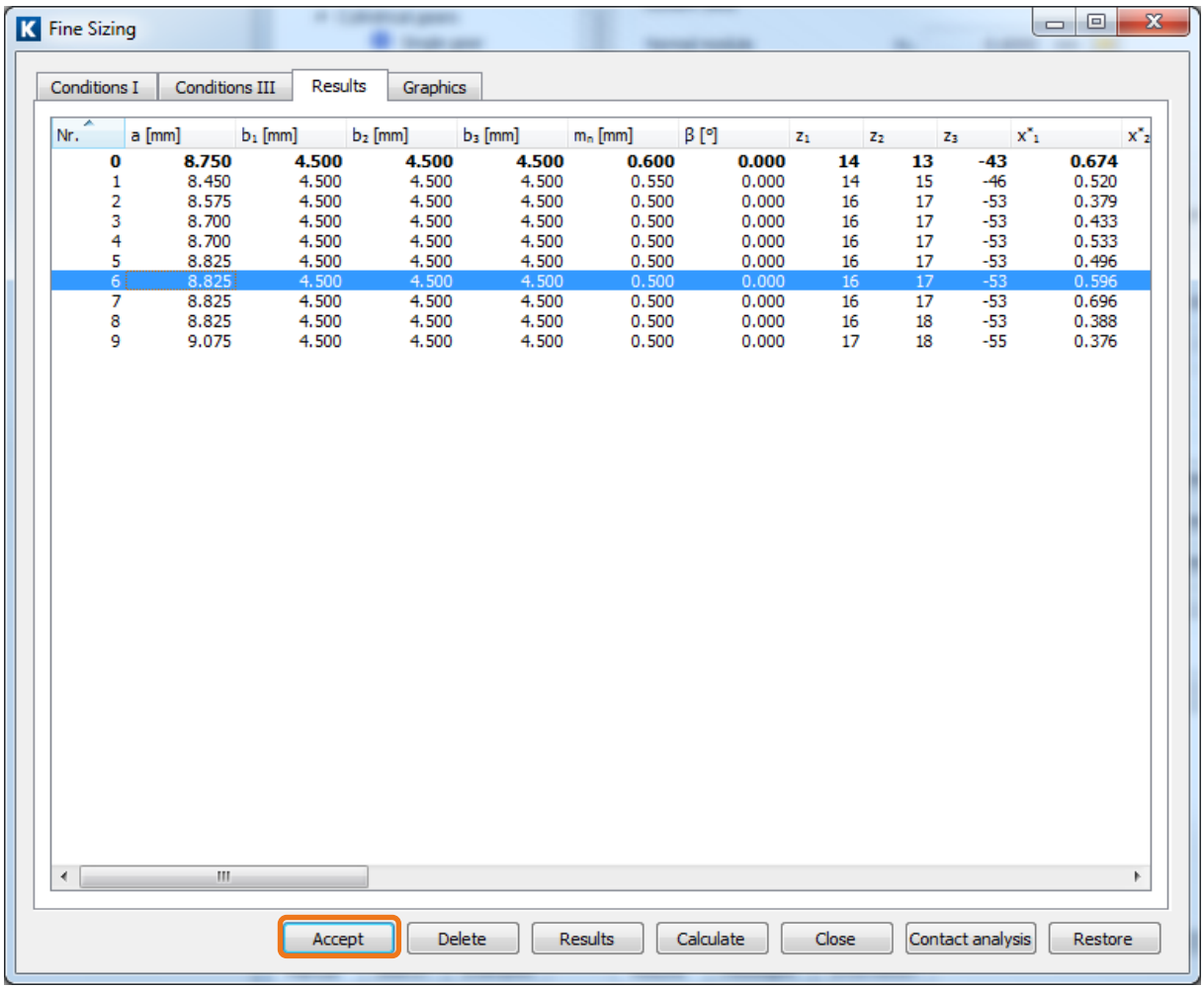

图22. 选择方案

当用户返回主界面时（图 23），**"Results overview"**窗口会给出一个简短的概括，选择方案的全部计算数据会显示在报告中。点击“F6”来生成报告。行星齿轮组的选型这时便全部完成了。

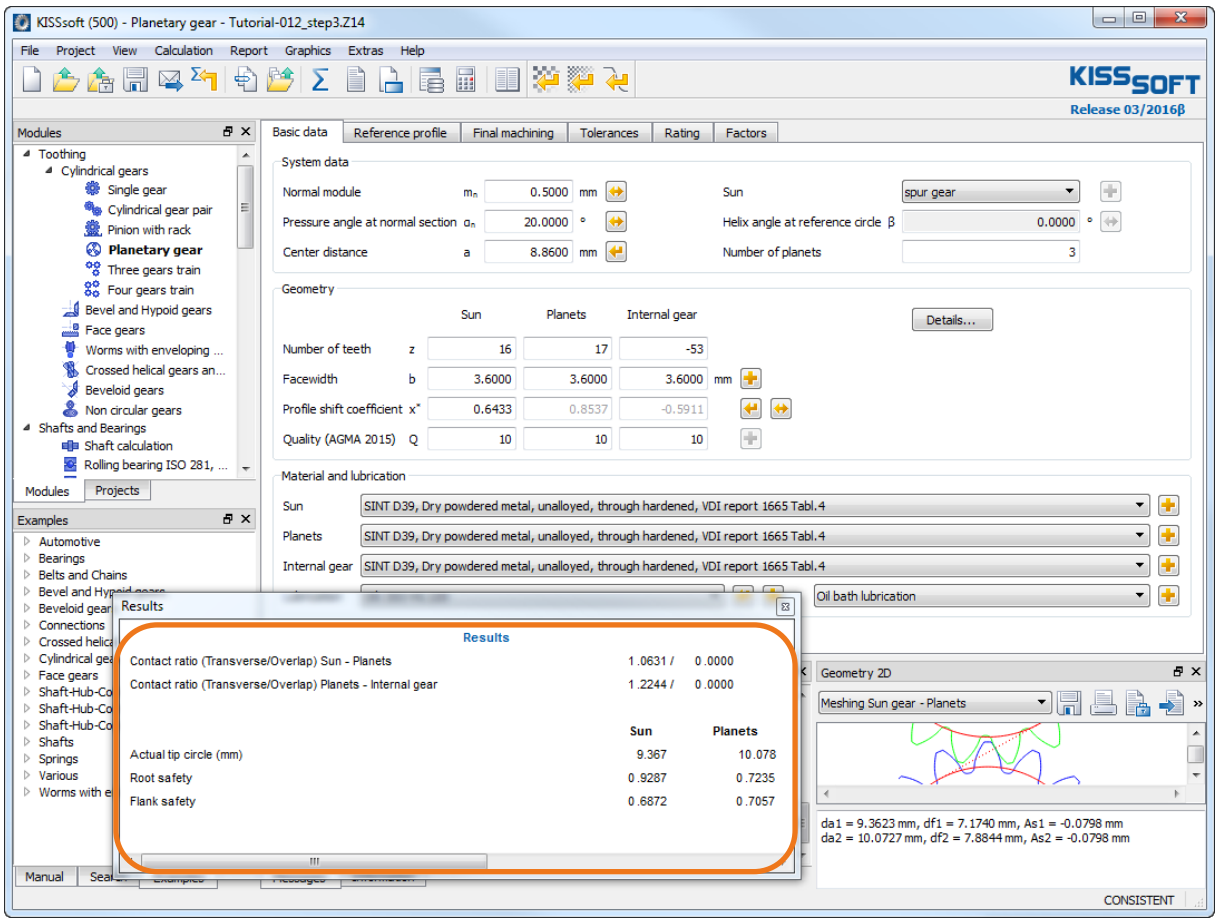

图23. 计算结果概括

2.7 优化齿形

如果用户对齿轮设计已经满意，下一步便是优化齿形。由于齿轮并不是滚齿加工（本案例中是粉末冶金加工），用户可以在不增加额外的制造成本的情况下进行修形。这一节会介绍一些粉末冶金齿轮中最通用的齿形修形。对于这一主题的更多详细内容，请参考本文底部的教程列表。

要加入齿形修形，点击“**Calculation**” -> “**Modifications**”菜单，如图 24.

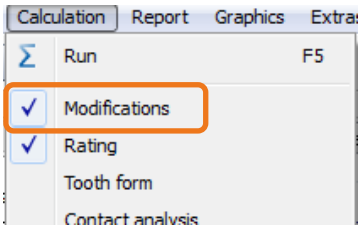

图24. 打开“Modifications 修形”标签

要改善最初的齿轮啮合，并且考虑粉末冶金过程中的材料收缩，用户必须定义齿顶圆角。为此，在“**Type of tip modification**”的下拉列表中，选择“**Rounding 倒圆**”，在输入框中为齿轮 1 到齿轮 3 输入数值（本案例中为：0.05 mm，这已经相当大了）（如图 25）。

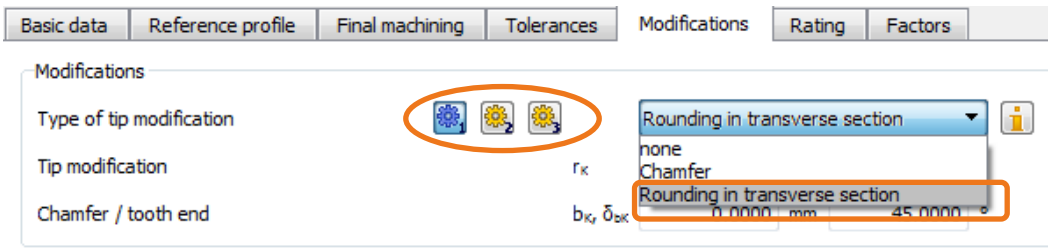

图25. 齿形的倒圆

用户此时可以在“**Modifications**”标签下的活动框中输入齿形修形。点击推荐选型按钮，打开“**Sizing modifications**”窗口（图 26）。

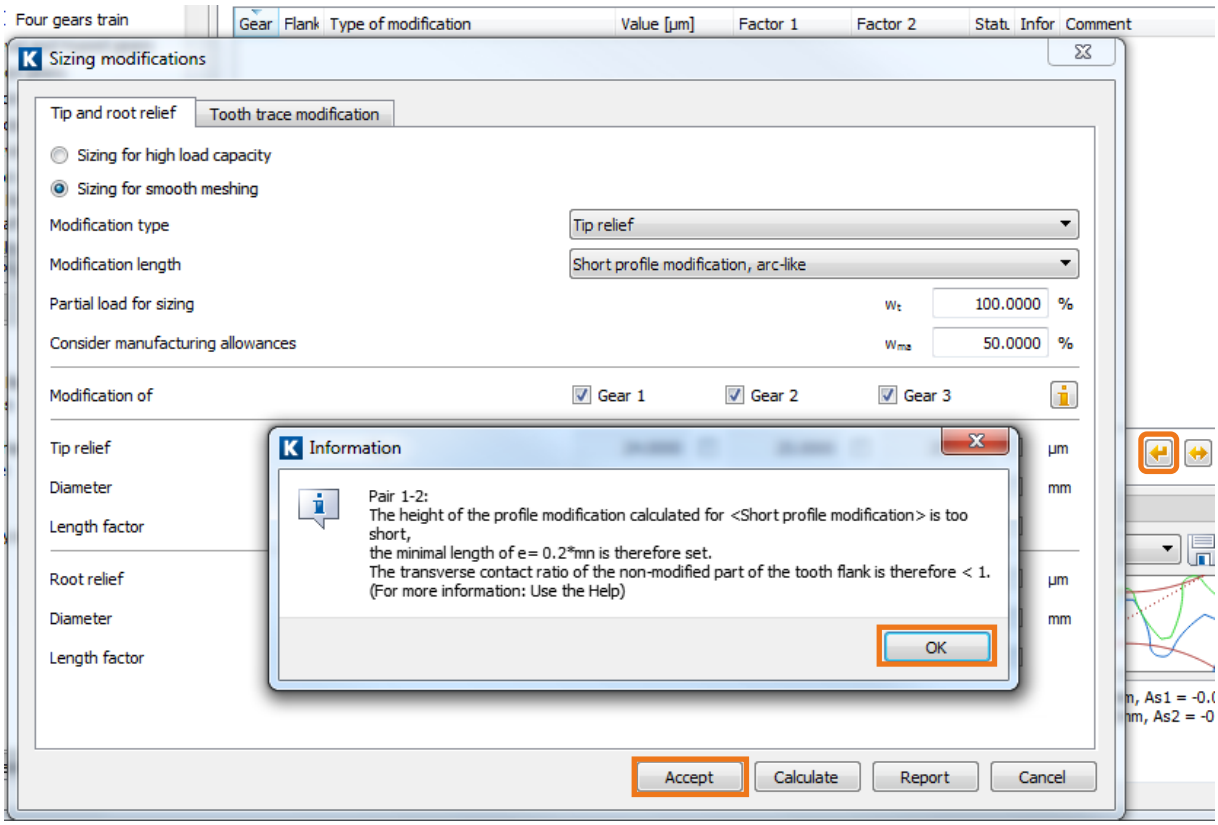

图26. 定义齿形修形的详细内容

齿顶修形选择“**Short profile correction, arc-like 短齿形修形，弧形**”，来保持啮合冲击尽可能小，并且选择齿轮 2 进行修形。选择“**Short profile modification, arc-like**”并点击 **[Calculate]** 按钮，随后点击 **[OK]** 和**[Accept]** 按钮，关闭界面。软件便会执行相应的齿形修形。KISSsoft 对齿顶修形进行了一个设计计算，起始于单对齿啮合点和齿顶圆的中间（自动地），使用一个基于计算得到的轮齿弯曲的值。

齿根修形最好的解决方案通常是椭圆修形，会使得渐开线根部出现一个较大的半径，而在两个轮齿中间的齿根部分，区域达到最小值。要计算这一修形，在“Calculation”目录中打开“Tooth form”标签，添加“Insert elliptical root modification”选项。随后，点击推荐选型按钮，软件会给出一椭圆修形的建议值。

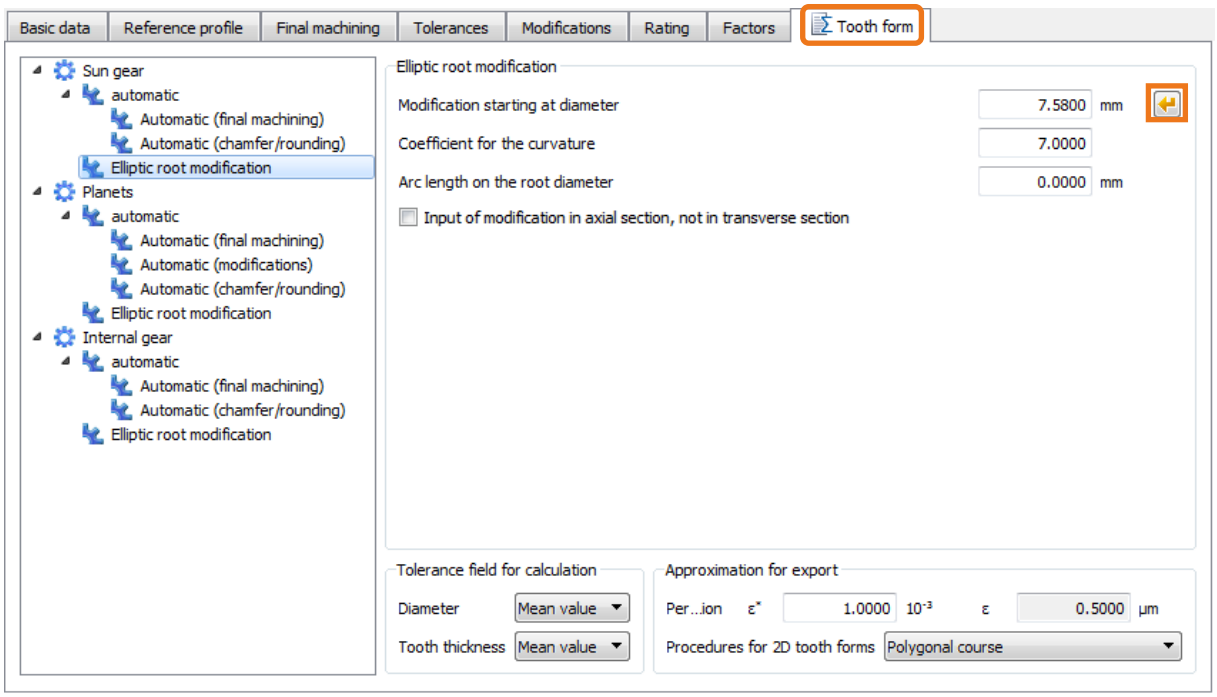

图27. “Elliptical root modification 齿根椭圆修形”添加建议值

在对所有齿轮都定义过后，点击“**Σ**”图标，或者点击“F5”进行计算。

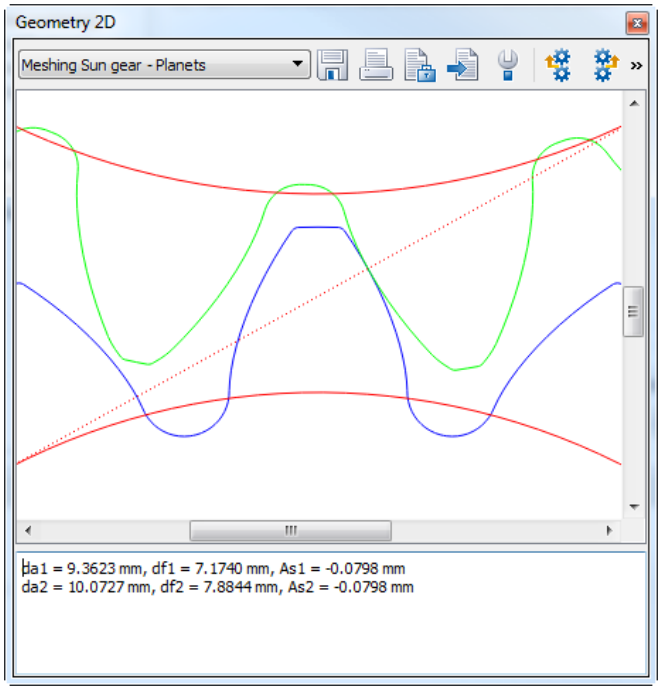

图28. 计算并显示齿形

在边上的对话框中，激活碰撞校核。

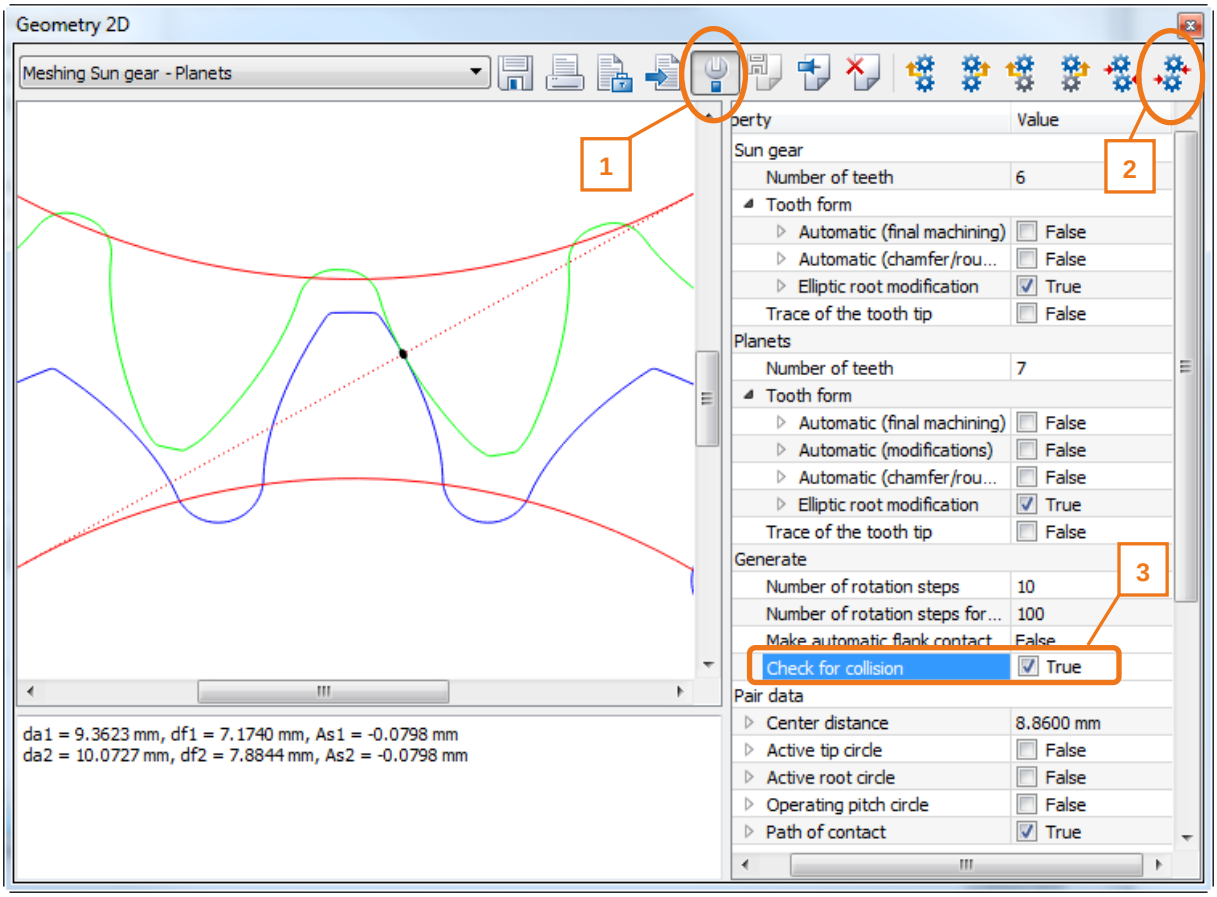

图29. 激活碰撞校核，显示齿轮副 1（sun-planets）

如果需要，点击  按钮 (2)，选择“Make flank contact (right)右齿面接触”。此时，用户可以在两齿面彼此接触的位置看到一个小黑点。黑点代表“meshing or almost meshing 啮合或者几乎啮合”，红点代表“collision 碰撞”。

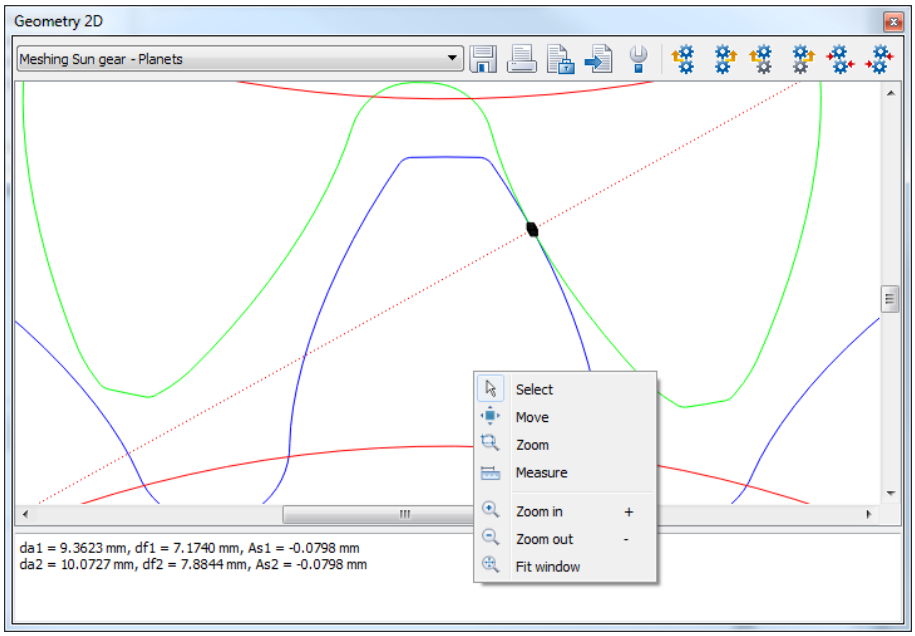

图30. 齿面自动接触，放大和碰撞校核

使用“+”和“-”按钮，来进行放大或缩小，通过右键单击界面来打开菜单，最后，点击  按钮来运转图表中的齿轮，来校核这些修形是否会造成错误，图 30。

如果对结果满意，便可返回主界面。点击 **[Calculate]** 或者[F5]按钮，使用齿根安全系数来校核修形是否改善了齿根强度。

2.8 现有教程

以下列表中的教程包含了本文中提到的几个主题的详细内容：

- 教程 009, "Fine Sizing of Cylindrical Gears 圆柱齿轮的精细选型"
- 教程 011, "Tooth Form Optimizations, Tooth Form Modifications specifically for plastic, sintered, wire-eroded and form-forged gears 对于塑料齿轮、粉末冶金、线切割及锻造成型的齿轮进行齿形优化、特殊的齿形修形"