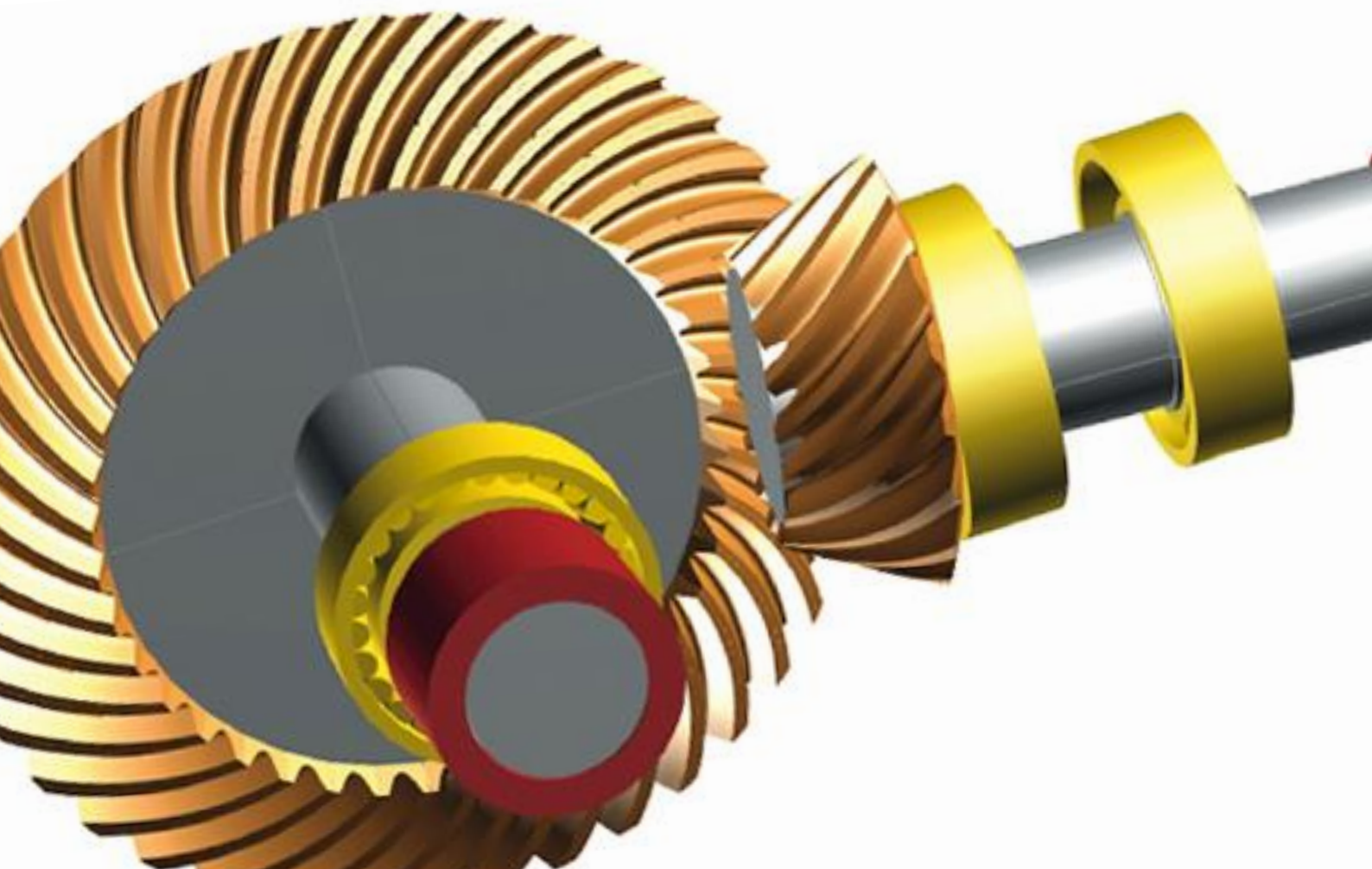


KISSsoft 技术规范

齿轮



目录

1	圆柱齿轮	4
1.1	几何计算	4
1.2	强度计算	4
1.3	设计	4
1.4	接触分析	4
1.5	行星	4
1.6	2D/3D 导出	4
2	标准齿轮	5
3	齿轮泵	5
4	锥齿轮	5
4.1	几何计算	5
4.2	强度计算	6
4.3	设计	6
4.4	接触分析	6
4.5	差速器	6
4.6	制造商软件 GEMS® 的接口	6
4.7	3D 导出	6
5	蜗杆与包络环面蜗轮	6
5.1	几何计算	7
5.2	强度计算	7
5.3	设计	7
5.4	2D/3D 导出	7
6	螺旋齿轮、蜗杆、圆柱蜗轮	7
6.1	几何计算	7
6.2	强度计算	8
6.2.1	ISO 6336/Niemann	8
6.2.2	VDI 2736	8
6.2.3	Höchst	8
6.2.4	VDI 2545	8
6.2.5	静态	8
6.2.6	Pech	8
6.3	设计	8
6.4	2D/3D 导出	9
7	面齿轮	9
7.1	几何计算	9
7.2	强度计算	9
7.3	设计	9
7.4	2D/3D 导出	9
8	非圆齿轮	9
9	变齿厚齿轮	10

9.1	几何计算.....	10
9.2	强度计算.....	10
9.3	2D/3D 导出.....	10
10	齿形计算.....	10
11	其他齿轮专用的计算.....	10

1 圆柱齿轮

有单齿轮、圆柱齿轮副、行星齿轮级、小齿轮及齿条、3 齿轮系和 4 齿轮系配置可用于计算圆柱齿轮啮合。在 4 齿轮系内可以考虑双行星的运动学特性。所有计算模型均可提供考虑了所有相关公差的非常丰富的几何计算功能。可针对所制造的齿轮，计算装配状态和工作状态下的间隙。为了保证质量，提供跨球距和跨棒距以及公法线长度。针对所选的质量，在报告中归纳不同标准规定的允许制造公差。

可以定义常见的齿廓修形和螺旋线修形。在计算齿形和接触分析时可以将它们纳入考虑。

1.1 几何计算

圆柱齿轮的几何是作为渐开线齿部基于齿轮在基准齿廓上的滚动来计算的。除了基准齿廓之外，还可选择利用触角和齿根弯曲面预先设定刀具几何（插齿刀、铣刀）。可以直接预先设定预加工步骤，在‘齿形’项下可以有更多制造步骤。针对三种情况计算几何：无间隙齿部啮合、上容差和下容差。有根据不同标准的设计功能可用于计算齿廓变位量（平衡滑移、最小齿顶面和根切界限、最大齿根或齿面安全系数等等），同样可用于计算中心距。

1.2 强度计算

根据 ISO、DIN、AGMA、VDI、GOST、BV-RINA、DNVGL 等标准进行圆柱齿轮的强度计算。损伤类型包括齿根断裂、点蚀形成、磨损、胶合和微点蚀。可计算安全系数、使用寿命、可传递的扭矩和存活概率。有 ISO 6336 附录 E 规定的方法可用于计算齿向载荷分布。提供多个 VDI 规范以及静态计算可用于塑料计算。可以借助载荷谱详细地预先设定应力和确定损伤。若为磨削缺口和特殊齿根形状，可以利用 FE 确定齿根应力。

1.3 设计

KISSsoft 可为齿部啮合设计提供大量支持。粗略设计可根据载荷和目标传动比为圆柱齿轮的新设计提供建议。精细设计可以系统性改变齿部啮合参数、筛选方案并且将得出的解决方案作为列表或者以图形概览形式提供给工程师进行选择。对于微观几何，提供一种设计功能可改变修形，并且可根据接触分析提供对于齿部啮合的载荷和噪声优化甚为关键的结果。此外还有用于齿廓变位、中心距、长齿啮合等众多设计辅助功能可供使用。

1.4 接触分析

将载荷作用下的接触分析用于噪声和强度优化。根据 Weber/Banaschek 轮齿刚度计算按照齿变形确定局部接触。也一并考虑轴挠度、轴承下沉和齿面修形，从而可以切实分析齿啮合。

除了应力分布和传动误差之外，也可输出刚度曲线、局部润滑间隙、局部磨损以及用于评估效率、噪声和使用寿命的众多其他标准作为结果。

1.5 行星

行星齿轮级的计算包括具有太阳、行星和内齿圈的传统运动装置。可以选择在任何齿轮上预先设定扭矩和转速。还有 VDI 2737 可用于评估内齿圈。同样可以进行一些特殊计算，诸如以规则的节距安装行星等等。接触分析允许详细评估各个组件的倾斜位置，以及借助 FE 估算行星齿轮架变形。

1.6 2D/3D 导出

KISSsoft 可提供众多常见 CAD 程序的接口。一方面可以将齿部作为 2D 图形输出。另一方面还有包含所有齿面修形的 3D-STEP 输出可供使用。可以利用测量网格输出进行拓扑测量。除了 3D 齿轮模型之外，也可在您的制造图纸上插入制造数据。这样就能省去耗时费力的设计，也不必手动传输参数。

2 标准齿轮

KISSsoft 中的该计算模块允许设计和检查标准齿轮。

径向综合误差检验需要标准齿轮，让其与待检齿轮一起在检验设备上滚动。在检验过程中将被检齿轮和标准齿轮轴向略微挤压，使其无间隙滚动。准确测量中心距的变化，所确定的最大值就是径向综合误差。为了获得关于被检齿轮安装到齿轮箱中之后的运行特性信息，应在检验过程中尽可能完整滚过被检齿轮的有效渐开线。反之务必要避免标准齿轮啮合到齿根区域中太深：如果低于被检齿轮的齿根成形圆，就会产生接触干扰，使得测量结果严重失真。

可以为圆柱齿轮计算的每个齿轮调用标准齿轮设计。在打开设计时根据 **DIN 3970** 推荐合适的标准齿轮。通过检查标准齿轮齿顶圆，可以检查是否可以使用已有的标准齿轮。计算会对被检齿轮的齿厚最大和最小公差范围进行检查，并且检查滚动经过了渐开线的哪个区域。通过设计标准齿轮齿顶圆，确定最适合检验被检齿轮的标准齿轮。

3 齿轮泵

KISSsoft 提供计算齿轮泵(外啮合和内啮合齿轮泵)主要特性的丰富选项。

将计算和显示齿啮合过程中泵的重要参数变化。其中包括困油容积(啮合轮齿对之间，回流容积)、具有临界进流面的容积(进油应当尽可能连续)、最窄部位(无接触的第一对轮齿之间的最小距离)、进流速度、入口进油(利用傅里叶分析评估噪声生成)、输入压力下的容积等几何参数。更多重要的输出包括两个齿轮上的扭矩变化曲线、赫兹接触应力、滑移速度和磨损特征量的变化曲线。在计算力的时候可以一并考虑轮齿接触中的赫兹压扁，因为该效应有相当大的影响。困油容积取决于输入或输出压力下的泵结构，这由相应的输入决定，并且对扭矩变化有很大影响。

计算允许分析具有渐开线和非渐开线齿形的任意直齿圆柱齿轮。

4 锥齿轮

在 KISSsoft 中可以针对直齿、斜齿以及弧齿锥齿轮并且可针对制造方式“面滚”和“面铣”计算几何、强度和公差。根据 **ISO 23509** 或其他标准计算几何和控制尺寸。可以根据 **ISO 10300** 之类的常见标准或者其他标准进行强度验证。可对差速器锥齿轮进行静态证明。

有粗略设计或精细设计之类的功能可用于设计。还可以针对差速器锥齿轮输出专用参数。可以借助“换算窗口”很方便地换算现有的数据记录。

接触分析可计算接触斑点并考虑鼓度、角度修正或拓扑修形。此外也可考虑小齿轮和齿轮的位置偏差 **VHJ**。

可以在 CAD 中将齿部输出位为包括齿面修形的 **3D** 模型，以及以具有测量网格点的 **STEP** 格式输出弧齿锥齿轮。

根据 **ISO 23509** 计算 **3D** 模型，齿形是从等效圆柱齿轮得出的。

4.1 几何计算

根据标准 **ISO 23509** 计算几何和啮合力。这是全球公认的锥齿轮和准双曲面齿轮标准，并且同样适用于制齿方法“面滚”和“面铣”。该标准包含用于准双曲面齿轮几何计算的三种不同计算程序。这些均源自于机械制造商 Gleason、Klingelnberg 和 Oerlikon 历史上不同的计算方法。

4.2 强度计算

提供针对各种损伤类型的各种标准用于强度计算。ISO 10300 是针对齿根断裂和点蚀这些损伤类型的最新标准。它也是针对“面滚”和“面铣”这两种制齿方法全面计算齿轮和准双曲面齿轮的第一个标准。可以根据公认的标准或者参考文献计算其他损伤类型，如对于准双曲面齿轮很重要的胶合以及齿面断裂。也有面向特定应用的标准可供使用，如 DNV 42.1 或者用于塑料计算的 VDI 2545，凡此种种不一而足。

4.3 设计

粗略设计可根据载荷和目标传动比为锥齿轮的新设计提供建议。精细设计可以系统性改变螺旋角、轴线偏置之类的齿部啮合参数、筛选方案并且将得出的解决方案作为列表或者以图形概览形式提供给工程师进行选择。对于微观几何，有一种设计功能可改变齿面修形，并且可根据接触分析提供对于齿部啮合的载荷和噪声优化甚为关键的结果。

4.4 接触分析

锥齿轮的接触分析基于 Weber/Banaschek 方法，并且能进行工作载荷可变的滚动仿真。接触分析也包括鼓度、角度修正以及拓扑修形之类的齿部修形。锥齿轮几何可提供用于“面滚”和“面铣”方法，齿形是从等效圆柱齿轮得出的。还可以在接触分析中预先设定位移值 VHJS 或者 EPGS，要么通过自行输入，要么根据轴或齿轮箱设计。

4.5 差速器

KISSsoft 能根据锻造锥齿轮的特征计算和设计差速器锥齿轮。在设计中包括例如顶锥角和根锥角以及齿高的变化计算。在齿宽范围上的多个位置检查重合度和最大齿根圆角半径之类的几何参数，从而能够全面评价齿轮组。也可以在 KISSsoft 中反映对于差速器典型的齿顶和齿根边缘特征。可以利用 KISSsoft 中的接触分析精确评价明显减小的共同齿面和因此提高的齿面接触应力。

4.6 制造商软件 GEMS® 的接口

对于传统方法制造的锥齿轮，有 GEMS® 的接口可供使用，该软件与设计软件相结合可以利用真正的机床设置直接分析锥齿轮。

4.7 3D 导出

有 3D-STEP 输出可用于输出锥齿轮 3D 模型。支持具有锥形齿高、均匀深度以及直齿、斜齿和弧齿的结构型式，齿形是从等效圆柱齿轮得出的。这些模型可以包含鼓度和角度修正之类的齿面修形，以及也可包含拓扑修形。可以利用测量网格输出进行拓扑测量。

5 蜗杆与包络环面蜗轮

利用该模块可以计算与包络环面蜗轮配对的圆柱蜗杆。其中可计算圆柱蜗轮副的几何、效率、温度安全系数、点蚀安全系数、磨损安全系数、齿根断裂安全系数、挠度安全系数。同样可以计算启动特性。在附加数据文件中一并提供各种各样的蜗轮材料。齿形 ZA、ZN、ZI (ZE)、ZK、ZH (ZC) 均可以纳入到计算中。按照 DIN 3996 或 ISO/TR 14521 进行计算。

在根据 DIN 3975 或 ISO/TR 14521 计算蜗杆几何时，可以计算控制尺寸（用于齿形 ZA、ZN、ZI、ZK 的蜗杆的跨棒距和跨球距）。根据 DIN 3974-1 和 3974-2 (1995) 考虑制造公差。

有用于齿宽、中心距和导程角的附加设计功能可供使用。

5.1 几何计算

根据标准 ISO/TR 14521 和 DIN 3996 计算几何。支持齿形 ZA、ZN、ZI (ZE)、ZK、ZH (ZC)。在根据 DIN 3975 或 ISO/TR 14521 计算蜗杆几何时，可以计算控制尺寸（用于齿形 ZA、ZN、ZI、ZK 的蜗杆的跨棒距和跨球距）。根据 DIN 3974-1 和 3974-2 (1995) 考虑制造公差。

5.2 强度计算

根据 DIN 3996 和 ISO/TR 14521 对圆柱蜗杆与包络环面蜗轮进行的强度计算包括：效率、温度安全系数、点蚀安全系数、磨损安全系数、齿根断裂安全系数和挠度安全系数。一并提供各种各样的蜗轮材料的数据。也可计算载荷下的启动扭矩，这在设计传动装置时可能很重要。

在 KISSsoft 中同样可以根据 AGMA 6034 对圆柱蜗杆与包络环面蜗轮或者根据 AGMA 6125 对包络环面蜗杆与包络环面蜗轮进行简单的强度计算。

5.3 设计

可根据以下方法对蜗轮副进行简单的预设计：输入传动比和蜗杆齿数之后，就会计算模数、蜗杆的分度圆、蜗轮的分度圆和齿宽建议。

KISSsoft 可以通过不同参数的变化创建几何方案。可以针对所有推荐方案计算强度，并以列表形式打印出视图。图形显示的内容可以改变，非常有助于找出最佳解决方案。可以将各个方案应用于主计算中进行详细研究。

5.4 2D/3D 导出

在 2D 几何视图中显示圆柱蜗杆的具体齿形。根据所选的蜗杆齿廓在 3D 几何视图中显示包络环面蜗轮的正确齿形。可以通过 CAD 接口将圆柱蜗杆输出为二维 DXF 或 IGES 文件。可以将圆柱蜗杆和包络环面蜗轮输出为 STEP 格式的三维模型。可以利用 3D 几何中的薄壁模型进行图形化接触分析。

对于机械制造业常见的 CAD，也可提供直接在 CAD 中构建圆柱蜗杆 3D 模型的集成功能。这里不可以导出包络环面蜗轮。可以利用薄壁模型 3D 方案进行图形化接触斑点分析。为此可利用相应的功能按钮将齿轮略微朝向另一个扭转，直至出现接触斑点 - 最后需滚动两个齿轮。为了不过分地彼此扭转齿轮，建议将旋转步骤数量（属性）设为 30 或更高。

6 螺旋齿轮、蜗杆、圆柱蜗轮

根据 G. Niemann（机械零件 II，1985）计算螺旋齿轮（有交叉轴线的圆柱齿轮）。本版本包括计算和检查针对任意轴角的螺旋齿轮的几何。其中有不同的强度验证方法可供使用。

通过使得 ISO 适应于点接触，KISSsoft 可为金属材料提供尽可能标准化的计算。此外也整合了金属/塑料和塑料/塑料组合的强度计算。

根据渐开线啮合圆柱齿轮的常见标准确定几何和控制尺寸或制造尺寸。

也提供效率计算可供使用，为此必须相应地预先设定齿部啮合中的摩擦系数。

6.1 几何计算

2D 图形的碰撞检查（啮合）只能有限地用于螺旋齿轮，因其仅对 90° 轴角起作用，并且仅显示在中间截面（蜗杆轴向截面/蜗轮横截面）投影上的滚动。如果轴角 $\Sigma \neq 90^\circ$ ，则齿形可以在蜗杆轴向上的几个平行截面中以啮合图形显示。

6.2 强度计算

6.2.1 ISO 6336/Niemann

ISO 6336/Niemann 规定的计算可用于金属材料。

由于接触方式不同于圆柱齿轮（点接触替代线接触），无法直接使用圆柱齿轮的标准进行操作。但是通过使得 ISO 适应于点接触，KISSsoft 可提供尽可能标准化的计算。G. Niemann 方法（机械零件，第 III 册）与 ISO 6336 方法相结合，就能以现代方式全面计算螺旋齿轮的强度（齿根/齿面强度、磨损强度和胶合安全系数）。Niemann 所述的接触椭圆计算考虑到了螺旋齿轮的特殊几何。可据此确定有效支承齿宽。根据 ISO 6336 进行齿根计算，根据 Niemann 包括 ISO 6336 规定的使用寿命系数计算齿面强度，同样根据 Niemann（相当于 DIN3990）通过积分温度法计算胶合安全系数。

6.2.2 VDI 2736

VDI 2736 规定的计算可用于金属蜗杆与塑料蜗轮配对。这是为螺旋齿轮传动新开发的标准，用于计算使用寿命和静态强度。仅适用于轴交错角为 90° 的金属/塑料材料副。齿轮 1（金属蜗杆）必须具有 < 6 的齿数，齿轮 2（螺旋齿轮）由半结晶热塑性塑料构成。

6.2.3 Höchst

在根据 Höchst 计算蜗杆时，也可以按照另一种旧方法计算金属蜗杆与塑料蜗轮组合的强度。这仅适用于与钢制蜗杆配对的材质为 Hostaform® (POM) 的蜗轮。允许的负荷特征值 c 是衡量热负荷的尺度。此外还可检查蜗轮的允许齿面接触应力和卡滞强度。对于卡滞强度而言，决定性的不是持续应力而是最大应力。

6.2.4 VDI 2545

VDI 2545 规定的计算可用于单纯的塑料配对。

在此可以调整用于圆柱齿轮的 VDI 2545 使之适合于螺旋齿轮。从而也能对不等于 90° 的轴交角和塑料/塑料配对进行强度计算。

6.2.5 静态

静态计算可对断裂屈服极限进行静态估算。计算与蜗杆配对的螺旋齿轮会从趋势上产生太低的安全系数。此外还可以验算蜗轮的剪切力。

6.2.6 Pech

该方法可计算塑料蜗轮的塑性变形、磨损程度和总磨损（法截面中的工作节圆直径处）。

6.3 设计

可根据以下方法简单预设计螺旋齿轮副：输入传动比和齿轮 1（蜗杆）的齿数之后，就会计算模数、中心距、齿轮 1 和 2 分度圆和齿轮齿宽的建议。

KISSsoft 可以通过不同参数的变化创建几何方案。可以针对所有推荐方案计算强度，以列表形式打印出视图。图形显示的内容可以改变，非常有助于找出最佳解决方案。可以将各个方案应用于主计算中进行详细研究。

6.4 2D/3D 导出

KISSsoft 可提供众多常见 CAD 程序的接口。一方面可以将齿部作为 2D 图形输出。另一方面还有包含所有齿面修形的 3D-STEP 输出可供使用。可以利用测量网格输出进行拓扑测量。

7 面齿轮

KISSsoft 中的端面齿轮计算包括端面齿轮和小齿轮的几何，以及根据各种不同的标准计算强度。也支持轴角不等于 90° 以及有或者没有小齿轮轴线偏置的结构型式。

7.1 几何计算

通过用插齿刀模拟制造的方式计算齿形。在内侧、中间和外侧的 2D 视图中进行显示。尤其可以在 2D 视图中检查根切和尖齿，为了避免尖齿可以预先设定齿顶高变化。

7.2 强度计算

强度计算基于 ISO 6336 或 DIN 3990 规定的模拟圆柱齿轮计算，相当于 CrownGear 方法，或者基于 ISO 10300 方法规定的模拟锥齿轮计算。通过计算接触线并且据此推导，就能确定等效圆柱齿轮上的假想螺旋角。这样也可以确定沿着齿宽的滑移速度和胶合安全系数。

7.3 设计

KISSsoft 可提供多种设计辅助工具。可以适当设计轴向偏置，从而能够在内侧和外侧达到预先设定的压力角。在端面齿轮上可以根据齿顶处的最小齿厚设计齿顶高变化。

7.4 2D/3D 导出

能以 3D 模型 STEP 格式输出小齿轮和端面齿轮。可以为小齿轮定义多种齿面修形。图形化接触分析允许利用薄壁模型借助接触线检查轮齿接触。这样就可以优化接触斑点。接着可以导出模型进行 FE 分析或者 5 轴铣削。可以利用测量网格输出进行拓扑测量。

8 非圆齿轮

非圆齿轮可用来在某个运动周期过程中实现变化的传动比。典型应用是转速和扭矩要求可变的调速齿轮箱。

KISSsoft 可根据使用插齿刀的生产仿真计算配对非圆齿轮的齿形。可以在 2D 齿啮合图中目视检查齿啮合、根切和尖齿。

可以用三种不同的方式进行预先设定：

- a) 中心距和传动比变化
- b) 两个非圆齿轮的节线
- c) 一个齿轮的节线和中心距

不提供针对非圆齿轮传动机构的强度计算。但是可通过计算等效圆形圆柱齿轮在圆柱齿轮副计算中估算强度。

9 变齿厚齿轮

变厚齿轮是呈圆锥形的齿轮，使用以预定角度倾斜的齿条状刀具滚切产生。变厚齿轮主要有两个应用领域：一方面可以在两个啮合齿轮之间产生轴角，另一方面可以将具有对置圆锥角的两个变厚齿轮用来产生无间隙齿部啮合。可以将具有轴角的变厚齿轮用来实现齿轮箱的紧凑结构型式。

9.1 几何计算

单个变厚齿轮的几何和齿形基本计算涉及 K. Roth 以及圆柱齿轮的相关标准（例如 DIN 3960、DIN 867 等等）。因此可通过与圆柱齿轮相同的过程产生变厚齿轮，不同之处在于齿廓变位置在齿宽范围上变化。与齿廓变位置有关的所有参数也会因此变化。如果是斜齿啮合，那么除了圆锥角之外刀具也会以螺旋角倾斜。从而在横截面中产生左侧和右侧具有不同压力角的梯形基准齿廓。这样就会产生齿形的强烈变化，因为例如基圆发生变化。由于齿廓变位置在齿宽范围上变化，因此变厚齿轮经常会遇到齿根中出现根切或者尖齿的危险。

9.2 强度计算

由于不存在变厚齿轮强度计算标准，可以取中间截面中的等效圆柱齿轮齿部进行手动计算。KISSsoft 因此可以根据圆柱齿轮常见的多种标准评估强度，例如 ISO、DIN、AGMA 等等。载荷谱预设参数可以详细预先设定应力和确定损伤。

9.3 2D/3D 导出

能以 3D 模型 STEP 格式输出变厚齿轮。可以为两个齿轮定义多种齿面修形。图形化接触分析允许利用薄壁模型借助接触线检查轮齿接触。因此可以利用负鼓度之类的修形和螺旋角修形优化接触斑点。接着可以导出模型进行 FE 分析或者 5 轴铣削。可以利用测量网格输出进行拓扑测量。

10 齿形计算

作为特殊计算，可以针对圆柱齿轮用自己的铣刀形状或者齿形预先设定任意多个制造步骤。这样就能根据需要计算配对齿轮的几何。可以在负载下的接触分析中分析所有产生的制造步骤，并且可以在 3D 模型中输出。对于渐开线齿部，可以借助椭圆形齿根倒圆进行齿根优化。可以将摆线和圆弧齿部直接定义为非渐开线齿部。

11 其他齿轮专用的计算

KISSsoft 允许详细计算侧隙，包括考虑安装位置和工作温度范围。对于塑料齿轮可以考虑溶胀。还可以根据不同的文献资料计算、输出硬化深度。结合生产情况可进行不同的计算。一方面，对于有鼓度的斜齿可以计算制造时产生的扭曲。另一方面，如果选择现有的修整砂轮，还可以检查产生哪些齿顶修缘量。