



天津中德应用技术大学
Tianjin Sino-German University of Applied Sciences

本科生毕业设计

成图与建模技术在锥齿轮传动机构设计中的应用

**Application of Mapping and Modeling Technology in the
Design of Bevel Gear Transmission Mechanism**

姓 名 古楷峥

学 院 机械工程学院

专 业 机械电子工程

指导教师 王伟

职 称 副教授

完成时间 2020年6月

天津中德应用技术大学

本科生毕业设计（论文）的声明

本人郑重声明：所呈交的毕业设计（论文），是本人在指导教师指导下，进行研究工作所取得的成果。除文中已经注明引用的内容外，本毕业设计（论文）的研究成果不包含任何他人创作的、已公开发表或没有公开发表的作品内容。对本设计（论文）所涉及的研究工作做出贡献的其他个人和集体，均已在文中以明确方式标明。本毕业设计（论文）原创性声明的法律责任由本人承担。

毕业设计（论文）作者签名：

年 月 日

本人声明：该毕业设计（论文）是本人指导学生完成的研究成果，已经审阅过设计（论文）的全部内容，并能够保证题目、关键词、摘要部分中英文内容的一致性和准确性。

毕业设计（论文）指导教师签名：

年 月 日

摘 要

成图与建模技术在制造业中应用广泛，在产品的设计、分析及制造中发挥着不可代替的作用。它作为产品开发过程中一项便于优化设计的技术，使产品在设计制造中达到理想效果。

锥齿轮传动机构因其自身具有的诸多优点，被广泛应用于机械设备中的传动机构。但是由于锥齿轮传动机构中的零件结构的复杂性，导致其在加工生产中会具有较多问题。我们是否可以借助日益发展的成图与建模技术在虚拟环境下完成锥齿轮传动机构优化、工程图的绘制、零件的建模与装配、锥齿轮传动机构在减速器中的干涉检查与动态仿真？从而模拟在实际加工生产中可能出现的问题，使问题得到更好的解决。

在本次毕业设计中，我们对锥齿轮传动机构的核心零件进行优化设计的同时，应用锥齿轮传动机构对减速器产品结构进行改进，借助 UG 平台利用建模多样化技术进行锥齿轮传动机构零件建模并装配，进行干涉检查与运动仿真，完成锥齿轮传动机构的改进工作，从而在虚拟仿真环境下验证减速器的锥齿轮传动机构结构的合理性。并借助 AutoCAD 平台利用成图技术完成锥齿轮传动机构零件工程图与装配图的绘制。

不难想象，利用成图与建模技术，不仅可以为锥齿轮传动机构设计提供强大的技术支持，而且随着对锥齿轮传动机构的深入了解，针对在传动中出现的各种问题，在结构优化时做出实时调整 and 解决。随着成图与建模技术更好的应用，锥齿轮传动机构也必将展现出其更加优秀的性能。

关键词：锥齿轮传动机构；蜗轮蜗杆传动；运动仿真；成图技术；实体建模

ABSTRACT

Mapping and modeling technology is widely used in manufacturing industry, and plays an irreplaceable role in product design, analysis and manufacturing. Mapping and modeling technology is a kind of technology which is convenient for optimal design in the process of product development, so that the product can achieve the ideal effect in design and manufacturing.

The bevel gear transmission mechanism is widely used in the transmission mechanism of mechanical equipment because of its many advantages. However, due to the complexity of the part structure in the bevel gear transmission mechanism, it will cause more problems in processing and production. Can we complete the optimization of the bevel gear transmission mechanism, the drawing of engineering drawings, the modeling and assembly of parts, the interference check and dynamic simulation of the bevel gear transmission mechanism in the reducer under the virtual environment with the help of the increasingly developed graphics and modeling technology? So as to simulate the problems that may occur in actual processing and production, so that the problems can be better solved.

In this graduation design, we optimized the core parts of the bevel gear transmission mechanism, and applied the bevel gear transmission mechanism to improve the product structure of the reducer. Model and assemble, conduct interference inspection and motion simulation, and complete the improvement work of the bevel gear transmission mechanism, so as to verify the rationality of the structure of the bevel gear transmission mechanism of the reducer in a virtual simulation environment. And draw the drawing technology to complete the engineering drawing and assembly drawing of the parts of the bevel gear transmission mechanism with the help of AutoCAD platform.

It is not difficult to imagine that using graphing and modeling technology, we can not only provide strong technical support for the design of bevel gear transmission mechanism, but also with our in-depth understanding of the bevel gear transmission mechanism, aiming at the various problems in the transmission. Make real-time adjustments and solutions during structural optimization. With the better application of mapping and modeling technology, the bevel gear transmission mechanism will also show its more excellent performance.

Key words: Bevel gear drive mechanism; worm drive; Dynamic simulation; Mapping technology; Solid modeling

目 录

第一章 引言	1
1.1 研究目的及意义	1
1.2 国内外研究动态及现状分析	1
1.3 研究内容和所解决的关键问题	2
第二章 锥齿轮传动机构的改进创新	4
2.1 锥齿轮传动机构改进创新	4
2.2 锥齿轮传动机构锥齿轮轴的优化设计	5
2.3 锥齿轮传动机构锥齿轮轴的工艺分析	6
2.4 锥齿轮传动机构锥齿轮轴的强度校核	9
第三章 基于建模技术的锥齿轮传动机构的实体建模	10
3.1 UG 软件概况	10
3.2 锥齿轮轴及齿轮组的实体建模	10
3.3 锥齿轮传动机构其他零件实体建模	12
3.4 锥齿轮传动机构的装配	16
3.5 锥齿轮传动机构的运动仿真	21
第四章 基于成图技术的锥齿轮传动机构的工程图绘制	23
4.1 AutoCAD 软件概况	23
4.2 锥齿轮轴工程图绘制	23
4.3 锥齿轮传动机构其他零件工程图绘制	26
4.4 锥齿轮传动机构装配图绘制	27
第五章 结论	30
参考文献	31
致 谢	33
附录	34
附录一 中文译文及外文资料	34
附录二 零件明细表	38
附录三 锥齿轮轴工艺卡片	39
附录四 锥齿轮轴轮廓 NC 程序	41
附录五 锥齿轮传动机构装配图	45
附录六 端盖零件图	46
附录七 箱盖零件图	47
附录八 锥齿轮轴端盖零件图	48

附录九 传动轴零件图	49
附录十 蜗轮零件图	50
附录十一 调整环零件图	51
附录十二 锥齿轮零件图	52
附录十三 透盖零件图	53
附录十四 锥齿轮轴零件图	54
附录十五 挡圈零件图	55
附录十六 轴承套零件图	56
附录十七 套圈零件图	57
附录十八 油封零件图	58
附录十九 锥齿轮轴透盖零件图	59
附录二十 蜗杆零件轴	60

第一章 引言

1.1 研究目的及意义

先进的成图技术、产品信息建模的速度及质量决定着产品更新换代的速度及质量的提升，也促进着一个国家制造业的发展和产品质量水平的提高。以前人们常用的绘图方式往往是手绘图，一张合格的图纸对尺寸及线条的要求是极其严格的，图纸中的各种表达方式都具有明确的规定。因此在过去，人们想要绘制出一张准确、标准的工程图纸通常要经历几天甚至几个月的绘制，经历数次的修改才得以完成。这个工作量是相当大的。但是随着信息技术的提升，借助 AutoCAD、UG、SolidWorks 等平台的信息技术出现彻底改变了传统的绘图模式。在机械设计制造领域中，以其强大的二维绘图及逐渐增强的三维建模功能被广泛应用于建筑、机械、航天、轻工及军工设计等领域，极大的提高了设计的效率与工程图的质量^[1]。

在生产实践中，常常需要各种的动力传输装置，锥齿轮传动作为一种常用的动力传输装置被广泛应用于工业传动设备、车辆变速器、机车船舶等设备中。锥齿轮传动具有传动效率高、传动比稳定、结构紧凑等优点，但一般用于低速、轻载场合。蜗轮蜗杆具有承载力高、传动比大的特点，可用于重载场合。锥齿轮传动机构结合齿轮传动与蜗轮蜗杆传动特点实现二级齿轮减速器小型化、高精度、重载传动。我们能否借用成图于建模技术将锥齿轮传动机构应用于减速器中，从而实现锥齿轮传动机构在减速器中结构的优化设计。

在产品的开发设计中利用成图与建模技术能够对产品进行零件工程图绘制和三维模型的建立，能够更直观的反映出产品中零件、组件的形状、装配关系。使之在设计中修改和编辑更加可靠和迅速。相较于传统的绘图方式方法，不仅大大提高了产品的设计质量和水平，而且缩短了产品的开发周期，降低了产品的开发成本。为企业的产品竞争提供了良好的技术保障，更是提高了企业的经济效益^[2]。

不难想象，利用成图与建模技术，我们不仅可以为锥齿轮传动机构设计提供强大的技术支持，而且随着我们对锥齿轮传动机构的深入了解，针对在传动中出现的各种问题在结构优化时做出实时调整 and 解决。随着成图与建模技术更好的应用，锥齿轮传动机构也必将展现出其更加优秀的性能。

1.2 国内外研究动态及现状分析

锥齿轮传动机构在很多情况下应用于二级齿轮减速器中。我国的减速器大多以齿轮传动及蜗轮蜗杆传动为主，但普遍存在着功率和重量比小或是传动比大、

机械效率过低的问题^[3]。另外，我国在减速器材料品质和工艺水平上还有许多弱点，其中大型减速器更突出，普遍存在使用寿命不长、机械震动大等问题。而在国外减速器中，德国、丹麦和日本处于该方面的领先地位，特别在减速器材料和制造工艺方面具有独特的优势^[4]，相较于国内，因为加工技术的领先，他们的设备大多工作性稳定、使用寿命较长。但其传动形式仍以定轴齿轮传动为主，体积和重量问题也未得到良好的解决。

当今减速器的目标是向着大功率、大传动比、小体积、高机械效率以及使用寿命长的方向发展。减速器与电动机的连接结构也是目前正在大力开拓的形式，并已产生诸多结构形式和多种功能型号的产品^[5]。我国已有诸多相关方面的国家标准使其标准化、系列化。近几十年来，由于近代计算机技术和数控技术的发展，CAD/CAM 集成技术被广泛应用于机械设计和制造领域，使得机械加工精度、效率大大提高。从而推动了机械传动产品的多样化，整机配套的模块化、标准化，以及制造设计的艺术化，使产品更加精致，美观化^[6]。

1.3 研究内容和所解决的关键问题

本次毕业设计的基础构想是这样的，在一般齿轮减速器中，因为结构特点造成体积过大、抗震性差、齿根容易断裂等问题，不可用于重载与高精度场合。而蜗轮蜗杆减速器具有结构紧凑、体积小、震动小、扭矩大等特点，锥齿轮组传动具有可以改变动力传递的方向，较高精度的传动效果。本次毕业设计讨论与研究的对象是在结合锥齿轮组传动与蜗轮蜗杆传动的锥齿轮传动机构下，对锥齿轮传动机构的二级传动装置进行结构的改进优化^[7]，从而使其应用于舞台设备上的驱动，舞台驱动设备不仅要满足安全、牢靠和噪音低的要求，还要设备在恰当的方位。这就要求锥齿轮传动机构在一定重载情况下，还需要实现较高精度的传动。

虽然我们提到的广义上的锥齿轮传动机构在实际应用中已经非常广泛，但是锥齿轮传动机构内部零件改进以及加工仍然是一个关键问题，我们是否可以借助日益发展的成图与建模技术在虚拟环境下完成减速器结构优化、零件图绘制、零件建模与锥齿轮传动机构在减速器中的动态仿真。从而模拟在实际加工生产中可能出现的问题，使问题得到更好的解决。

本次毕业设计是以 AutoCAD2019 与 UGNX11.0 为平台进行的锥齿轮传动机构设计，充分体现成图与建模技术在齿轮二级减速器中的设计与制造完成的过程的应用，并对减速器中的关键零件改进及实体建模。利用 UG 中的动态仿真功能使其在虚拟环境下进行指定运行。这样一方面可以验证锥齿轮传动机构在减速器中改进装配后的真实效果。另一方面也为后续的锥齿轮传动机构零件设计优化以及生产制造提供了一种新思路。

1.3.1 主要研究内容

- （1） 对减速器的种类、特点、结构优缺点进行分析。
- （2） 针对锥齿轮传动机构结构进行分析。对二级传动装置锥齿轮传动装置进行优化改进，使其最终应用于舞台驱动设备。
- （3） 在 UG 环境中建立其零件实体模型并进行实体装配。运用 UG 中的仿真模块对所建立起来的三维实体模型进行动态仿真，观察减速器运动，验证其结构是否合理。
- （4） 在 AutoCAD 中完成零件工程图以及整体装配图的绘制。

1.3.2 解决的关键问题

- （1） 锥齿轮及轴是减速器中的关键零件，在锥齿轮传动机构中锥齿轮组进行改进后如何保证减速器的合理运动。
- （2） 如何借助成图与建模技术精确绘制锥齿轮传动机构所需要的零件图纸以及建立合理的三维模型。
- （3） 运动仿真中如何使锥齿轮传动机构在减速器中正常运行起来。在 UG 平台运动仿真模块中对“连杆”及“运动副”的相关参数的设置起决定性的作用，对所需要的参数设置也是所要解决的问题之一。

第二章 锥齿轮传动机构的改进创新

2.1 锥齿轮传动机构改进创新

一般齿轮减速器是由高速齿轮和低速齿轮所组成，虽然具有结构简单、质量小、成本低等特点，但是它的传动比却不能过大，由于直齿圆柱齿轮的结构特点导致其体积过大，安装的占地面的也过大。在舞台的驱动设备中不能达到指定的要求。而一般锥齿轮传动机构（如图 2-1）是由一组蜗轮蜗杆传动与一组锥齿轮组传动所组成。虽然在重载和精度上应用于舞台驱动设备具有一定的优势，但该锥齿轮传动机构是由一级减速装置及二级增速装置所组成，将其应用于舞台驱动设备减速器中在速度及传动比上不能得到很有效的控制。

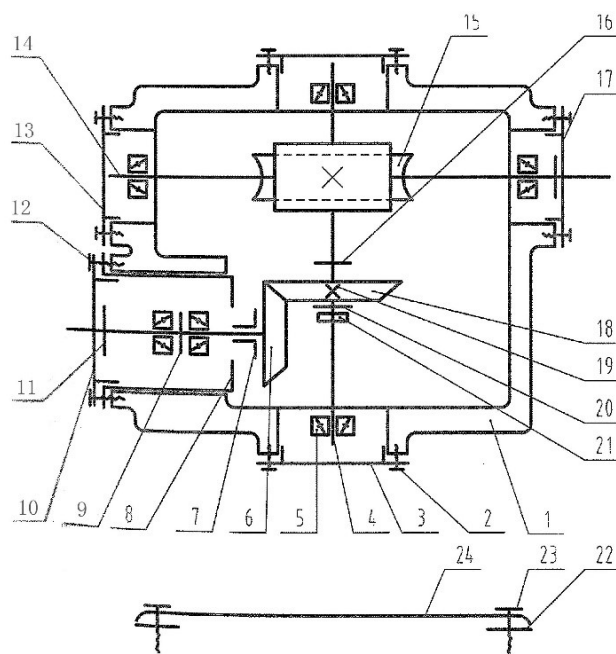


图 2-1 一般锥齿轮传动机构示意图

因此对锥齿轮传动机构核心零件进行相关结构优化(如图 2-2)。在保证重载、高精度的结构前提下对二级传动装置锥齿轮组重新进行改进使其应用于齿轮减速器中，主要通过对锥齿轮组结构的重新确定，由主动轮小齿轮带动从动轮大齿轮实现二级减速，使其由一级蜗轮蜗杆减速装置与二级锥齿轮组减速装置所组成齿轮二级减速器，从而实现舞台的高精度方位控制。

该锥齿轮传动机构在减速器中主要是通过电机驱动蜗杆(14)带动蜗轮(15)转动，实现一级重载动力传输与大幅度降速，蜗轮、传动轴(4)和锥齿轮(18)经过矩形键连接后动力传动至锥齿轮部分，锥齿轮经过与锥齿轮轴(6)啮合实现二级轻载高精度传动，实现速度的微调，最终动力由锥齿轮轴进行输出。

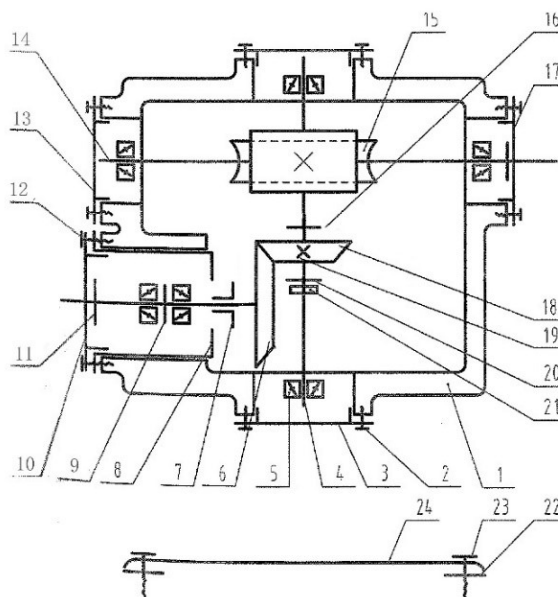


图 2-2 改进后锥齿轮传动机构结构示意图

经过对锥齿轮传动机构结构的优化，最终确定为蜗轮蜗杆-锥齿轮传动机构所组成的二级齿轮减速器。对于锥齿轮传动机构中的设计方面已在其他工作中进行，在本文中不在做赘述。该减速器内部共有 25 种零件所组成（零件明细表见附录二）。

2.2 锥齿轮传动机构锥齿轮轴的优化设计

锥齿轮传动机构在改进优化中为保证锥齿轮组的高精度啮合，对锥齿轮在啮合中的受力情况进行分析，如图 2-3 所示，在锥齿轮组啮合中锥齿轮轴会受到一定的径向力作用，为保证在减速器在经过重载后锥齿轮组传动的平稳性，因此对锥齿轮轴的结构进行创新设计。

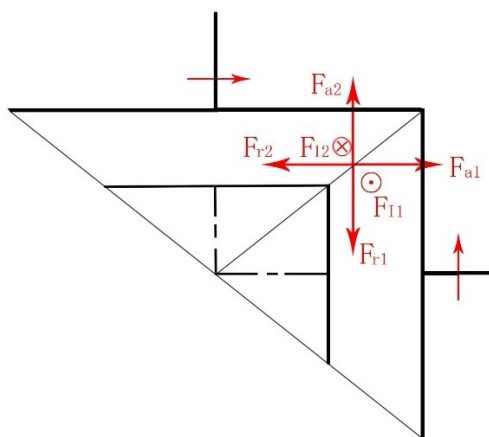


图 2-3 锥齿轮组啮合受力分析

如图 2-4 所示，在整个轴段最前方是一个直齿圆锥齿轮，用于啮合传动轴上的锥齿轮传递动力和改变动力方向。轴段①处用于安装两个滚动轴承 32904 与轴承套，用作轴承支承和保证齿轮轴的旋转精度。轴段②用于安装油封，将减速器的内部与外部环境隔离，防止灰尘的进入，也防止内部润滑油的外泄，可以提高减速器的寿命。在进行创新设计的部分为轴段③及轴末端④处，我们常见的输出轴与输出设备的连接方式是通过矩形键或花键进行连接，但锥齿轮传动机构作为舞台中的驱动设备，为保证高精度与传动的平稳性，我们在轴末端用两种方式进行固定连接，轴段③处同矩形键进行连接，轴段④处用螺纹连接的方式进行固定以保证传动的平稳性。

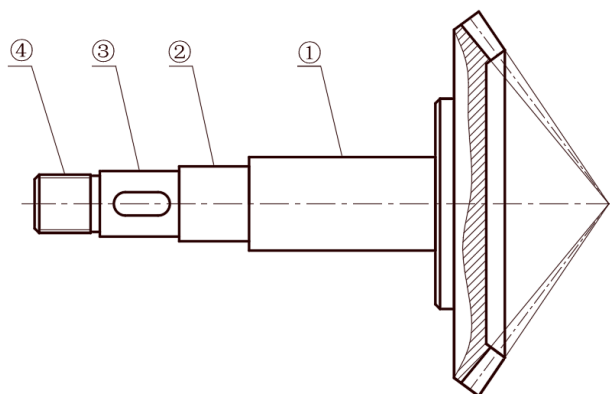


图 2-4 锥齿轮轴结构示意图

2.3 锥齿轮传动机构锥齿轮轴的工艺分析

在经锥齿轮轴结构设计及工艺分析，确定零件结构设计的合理性并制作锥齿轮轴工艺过程卡片（见附录三）。最后基于 UG 中 CAM 功能完成锥齿轮轴在虚拟环境下的仿真加工。

以下为锥齿轮轴在 UG 中仿真加工模块中的应用，首先我们应该进入 UG 中的 CAM 模块，选择加工环境，如图 2-5 所示在 CAM 会话配置中选择 cam-general (通用加工配置)这里面基本包含了我们在加工中所需要的全部步骤。对于圆锥齿轮轴的加工一般会用到车削和铣削两个不同的工具。对于轴的外轮廓我们在创建 CAM 组装中选择 turning(车削加工)完成对轴的外轮廓加工选择。选择 mill_multi_axis (多轴铣加工)完成对齿轮轴上锥齿轮的加工以及轴上键槽的加工配置的选择^[10]。



图 2-5 加工环境选择示意图

其次进行刀具的创建。在加工过程中所要用到的刀具，包括粗精加工的车刀、铣刀和槽刀等，在刀具子类型库中选择所需要的型号刀具。



图 2-6 刀具创建

随后创建所要加工的毛坯件。毛坯件我们可以在 UG 的 modeling 环境下生成，毛坯件应覆盖锥齿轮的所有轮廓。完成毛坯件的创建后，进行工艺方法的创建。在该锥齿轮轴中加工工艺分为粗车端面、粗车轮廓外圆、精车端面外圆、车退刀槽、车螺纹、铣齿面、铣键槽几大部分^[11]。随后进行加工参数的输入，其中包括象进给量、主轴转速、走刀方式、布距、切削方向等。完成所有加工工艺后我们可以利用 UG 的仿真功能进行刀轨的仿真。如图 2-7 我们针对锥齿轮轴加工中轴外圆轮廓的加工仿真^[12]：

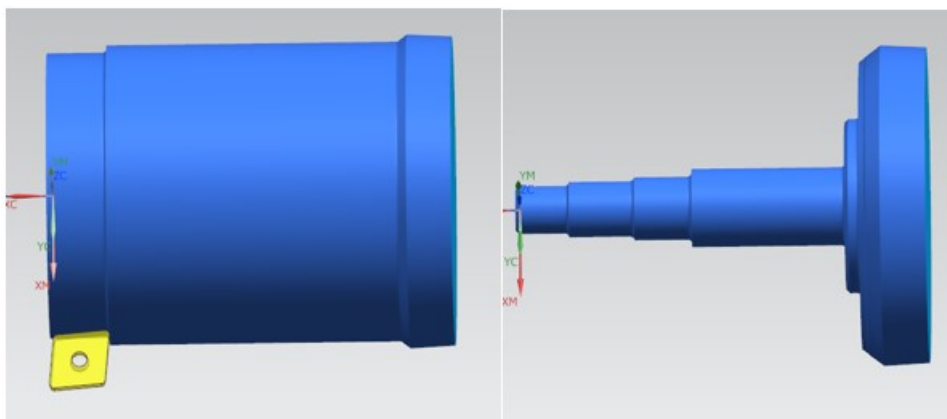


图 2-7 加工仿真示意图

UG 中后处理功能是锥齿轮传动机构在 UG 应用的主要应用之一。选择机床所对应的后处理器进行 NC 程序的输出，因 UG 默认为 WIRE_EDM_4_AXIS 为英制单位，所以不可使用。在浏览夹中找到 FANUC-BJ 即可，默认输出即可输出 NC 代码^[13]。如图 2-8 为加工锥齿轮轴轮廓 NC 程序：导入相应的 FANUC 系统数控机床即可进行加工处理（具体 NC 代码见附录四）。

```

N0010 G94 G90 G20
N0020 G50 X0.0 Z0.0
:0030 T00 H00 M06
N0040 G94 G00 X2.1143 Z.4436
N0050 X1.6458 Z.2063
N0060 G97 S500 M03
N0070 G95 G01 Z.159 F.0079
N0080 Z-4.2737 F.0197
N0090 Z-4.3209 F.0394
N0100 G94 G00 X1.6931
N0110 Z-3.7479
N0120 G95 G01 X1.6458 F.0079
N0130 X1.6181 Z-4.278 F.0197
N0140 Z-4.3253 F.0394
N0150 G94 G00 X1.6852
N0160 Z.2107
N0170 X1.5706
N0180 G95 G01 Z.1634 F.0079
N0190 Z-3.6477
N0200 X1.6458 Z-3.7479
N0210 X1.6792 Z-3.7144 F.0394
N0220 G94 G00 Z.2107
N0230 X1.4954
N0240 G95 G01 Z.1634 F.0079
N0250 Z-3.5541
N0260 X1.5053 Z-3.5673
N0270 X1.5139 Z-3.5722
N0280 X1.5706 Z-3.6477
N0290 X1.604 Z-3.6143 F.0394
N0300 G94 G00 Z.2107
N0310 X1.4202
N0310 X1.4202
N0320 G95 G01 Z.1634 F.0079
N0330 Z-3.4941
N0340 X1.4504
N0350 X1.4954 Z-3.5541
N0360 X1.5288 Z-3.5207 F.0394
N0370 G94 G00 Z.2107
N0380 X1.345
N0390 G95 G01 Z.1634 F.0079
N0400 Z-3.4941
N0410 X1.4202
N0420 X1.4536 Z-3.4607 F.0394
N0430 G94 G00 Z.2107
N0440 X1.2698
N0450 G95 G01 Z.1634 F.0079
N0460 Z-3.4941
N0470 X1.345
N0480 X1.3784 Z-3.4607 F.0394
N0490 G94 G00 Z.2107
N0500 X1.1946
N0510 G95 G01 Z.1634 F.0079
N0520 Z-3.4941
N0530 X1.2698
N0540 X1.3032 Z-3.4607 F.0394
N0550 G94 G00 Z.2107
N0560 X1.1193
N0570 G95 G01 Z.1634 F.0079
N0580 Z-3.4941
N0590 X1.1946
N0600 X1.228 Z-3.4607 F.0394
N0610 G94 G00 Z.2107
N0620 X1.0441
N0630 G95 G01 Z.1634 F.0079
N0640 Z-3.4941
N0650 X1.1193
N0660 X1.1527 Z-3.4607 F.0394
N0670 G94 G00 Z.2107
N0680 X.9689
N0690 G95 G01 Z.1634 F.0079
N0700 Z-3.4941
N0710 X1.0441
N0720 X1.0775 Z-3.4607 F.0394
N0730 G94 G00 Z.2107
N0740 X.8937
N0750 G95 G01 Z.1634 F.0079
N0760 Z-3.4941
N0770 X.9689
N0780 X1.0023 Z-3.4607 F.0394
N0790 G94 G00 Z.2107
N0800 X.8234
N0810 G95 G01 Z.1634 F.0079
N0820 Z-3.3366
N0830 X.8267
N0840 X.8937 Z-3.4036
N0850 X.9271 Z-3.3702 F.0394
N0860 G94 G00 Z.2107
N0870 X.7531
N0880 G95 G01 Z.1634 F.0079
N0890 Z-3.3366
N0900 X.8234
N0910 X.8568 Z-3.3032 F.0394
N0920 G94 G00 Z.2107
N0930 X.6828
N0940 G95 G01 Z.1634 F.0079

```

图 2-8 轮廓 NC 程序示意图

2.4 锥齿轮传动机构锥齿轮轴的强度校核

在完成锥齿轮轴的仿真加工后，针对锥齿轮轴应该进行静应力分析，以确保轴的安全、可靠、合理性。关于轴的静力分析我们在 SolidWorks 平台上进行完成。在 SolidWorks 的 Simulation 模块中进行分析。

再完成 UG 模型导入至 SolidWorks 后，在 SolidWorks 的 Simulation 中选择新算法中的静应力分析，完成参数配置，材料的选择为 45 号钢、夹具顾问对话框中选择对轴承末端及齿轮端面进行固定，外部载荷顾问中选择施加 $150\text{N}\cdot\text{m}$ 的扭矩在轴段处，最后运行算法进行分析。结果如图 2-9 所示。

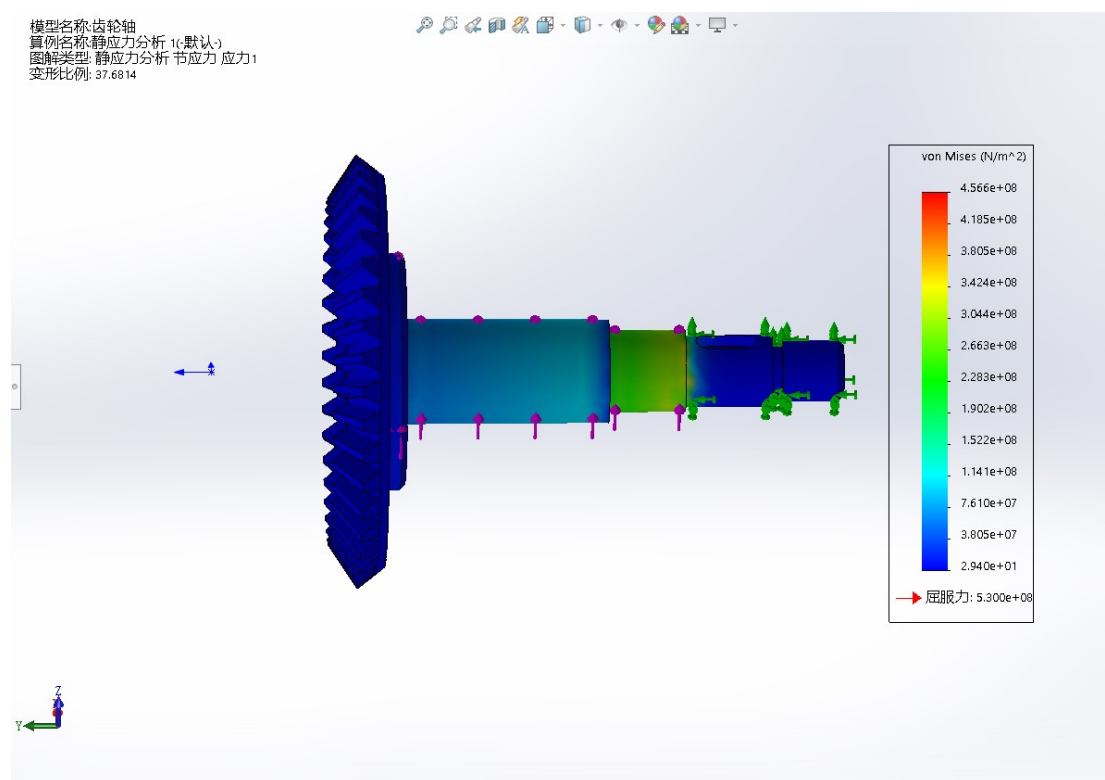


图 2-9 扭矩分析示意图

在图中可知锥齿轮轴上屈服力的大小为 $5.3\text{e}+08$ 及颜色范围在橙色部分以上，在锥齿轮轴最大受力部分为微黄色部分且并未超过屈服力的范围。因此得出锥齿轮轴的结构合理。

第三章 基于建模技术的锥齿轮传动机构的实体建模

产品建模是产品设计中的一个重要环节。模型能够最直观的给设计者产品的形状外观，而不是一堆参数。同时三维实体建模也是仿真技术和三维动画的前提。所以我们借助 UG 平台建模技术对锥齿轮传动机构建模。

3.1 UG 软件概况

UG 是 Unigraphics NX 的缩写，是 Unigraphics Solutions 公司推出的一款集 CAD/CAE/CAM 为一体的三维参数化机械产品设计平台。它提供了一种基于特征、草图、装配的数字化设计方法

UG 的主要建模方式有 UG/实体建模、UG/特征建模、UG/自由曲面建模、UG/用户自定义特征等。其中特征建模是一般建模中常用的方式，对于不太复杂的零件，特征建模完全可以胜任。特征建模主要通过对草图特征的拉伸与旋转完成实体建模。

3.2 锥齿轮轴及齿轮组的实体建模

在该锥齿轮传动机构中锥齿轮组的建模属于较为复杂的。UG 平台中的标准化工具-GC 工具箱解决了这个问题。GC 工具箱是 Siemens PLM Software 公司针对中国国标开发的一款为了满足中国用户需求的一款工具箱。所以利用 GC 工具箱中的齿轮建模功能即可完成齿轮组中的复杂曲面建模。如图 3-1 选择锥齿轮建模方式，点击创建齿轮，选择齿轮形式为直齿轮和齿高形式为等顶隙收缩齿，单击确定进入参数建模界面。



图 3-1 参数建模界面

如图 3-2 在界面输入圆锥齿轮的模数、牙数、压力角、节锥角参数（锥齿轮参数选择参考《机械设计手册》）即可完成对锥齿轮主动轮的参数化建模，避免了以往齿轮建模中复杂参数的计算。同样在参数界面输入从动轮的参数即可完成从动轮锥齿轮的建模，并在大端面完成轴段草图的建立与拉伸^[14]。

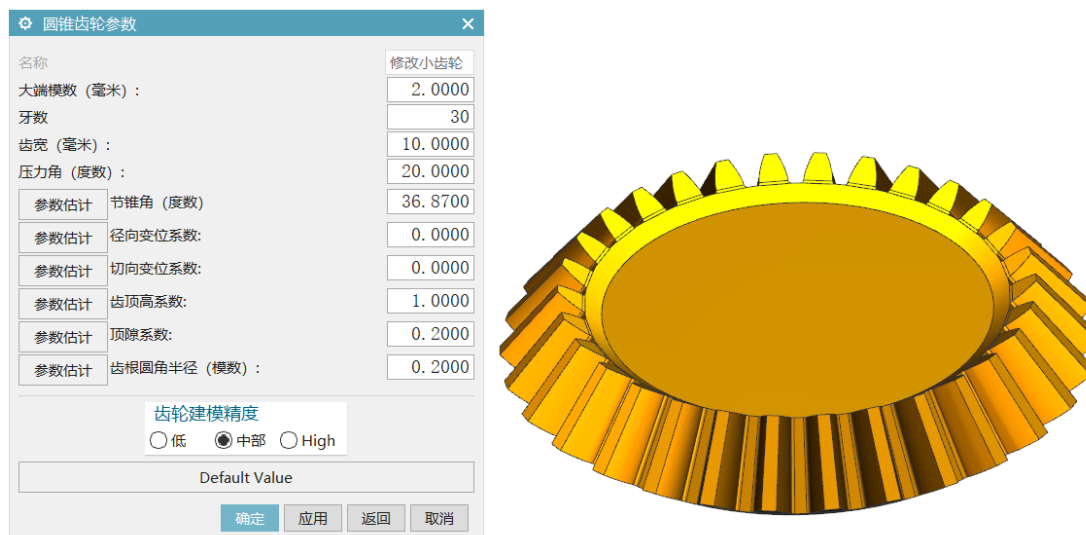


图 3-2 锥齿轮参数建模界面示意图

参数化建模为我们省去了锥齿轮建模中繁琐的步骤。这样所建立的模型也让零件的误差减小很多，在以往最容易出错的齿轮啮合问题上提供了一条更为便捷的途径。齿轮工具中包括了齿轮啮合工具，可以检验所建立的齿轮是否能够完成啮合，以防止所建立的齿轮模型误差过大，无法准确啮合。为锥齿轮传动机构的装配与运动仿真提供基础。如图 3-1，在齿轮建模中选择齿轮啮合功能。如图 3-3 已存在的齿轮中选择主动轮与从动轮，设置传动轴上锥齿轮为主动轮，锥齿轮轴中的锥齿轮为从动轮即可完成齿轮的啮合，如图 3-4。



图 3-3 齿轮组啮合示意图

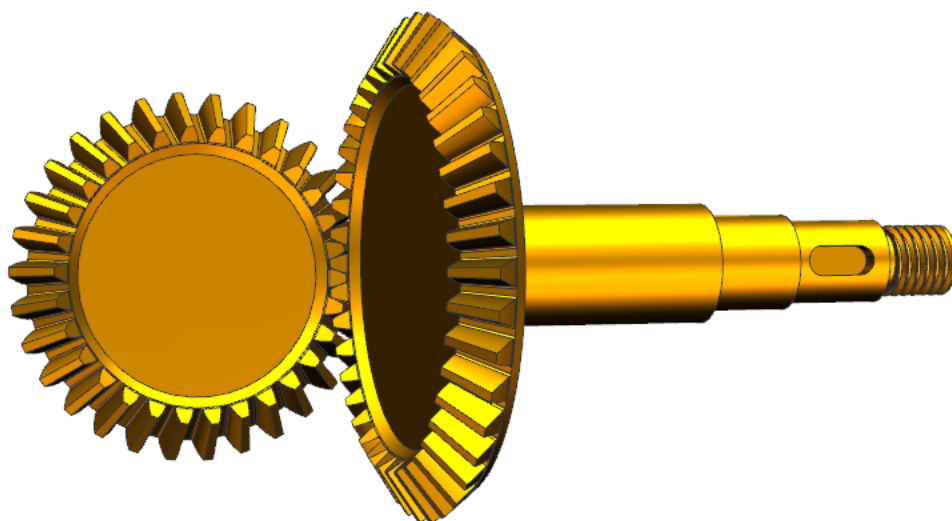


图 3-4 齿轮组啮合示意图

3.3 锥齿轮传动机构其他零件实体建模

3.3.1 蜗轮的实体建模

在蜗轮的建模中主要利用了 UG 中的扫掠功能和特征草图完成建模。首先在草图环境中以 XZ 为基准面完成蜗轮圆柱截面绘制，然后进行拉伸，并进行倒角 C1，完成我们毛坯体的创建。以 XZ 为基本面完成蜗轮齿顶圆的创建并进行 360° 旋转与毛坯体进行布尔求差，如图 3-5 所示：得到图 3-6 的蜗轮基本轮廓。

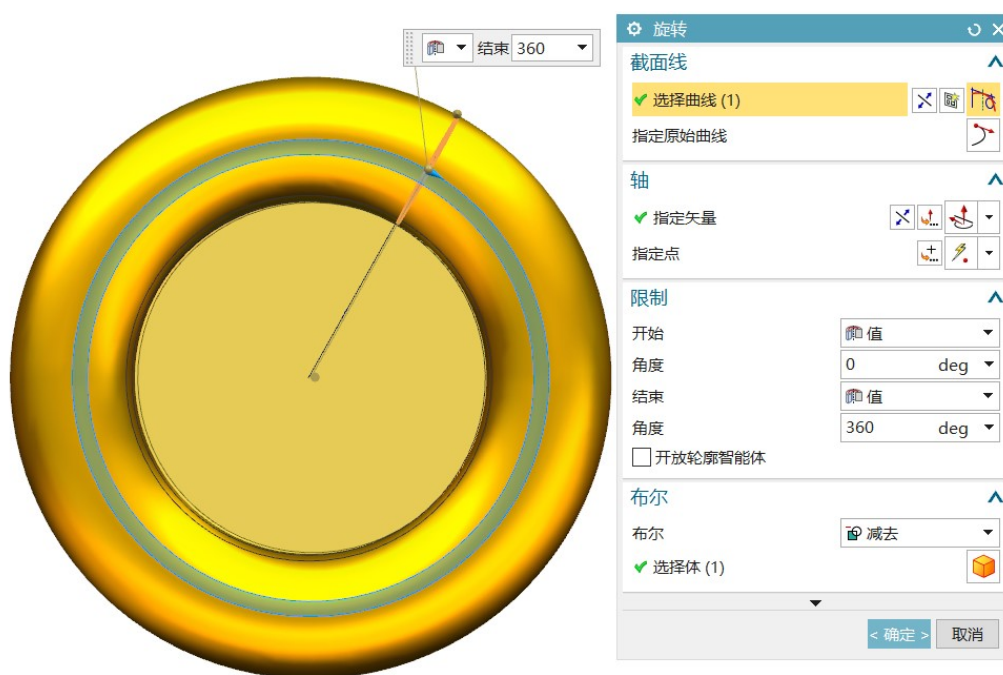


图 3-5 蜗轮齿顶圆建模示意图

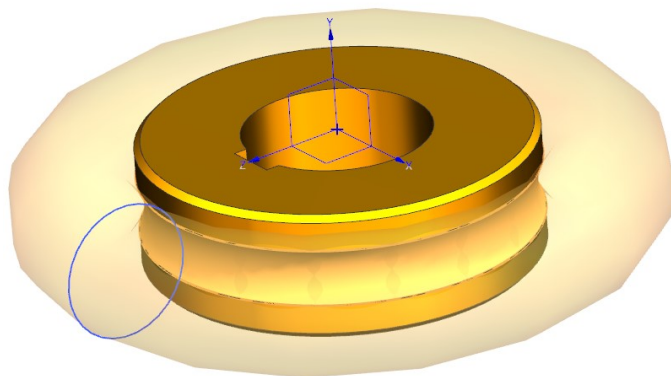


图 3-6 蜗轮基本轮廓示意图

在完成之后进行蜗轮齿的创建。在图 3-6 中创建一个与 XY 平面呈 94.2° 的基本平面。在此基本平面上创建一个 R10.5 的分度圆，并进行约束定位。在 YX 平面中创建齿形形状并进行约束。再以分度圆为引线进行曲面扫掠，与主体进行布尔相减得到一个蜗轮齿。利用 UG 阵列特征继续阵列排列。查阅 GB/T 10085-88《圆柱蜗杆传动基本参数》确定蜗轮齿数为 30 进行阵列排列求差，输入布局为圆形排列，输入节距角 12deg、跨角 360deg，指定 Y 轴为矢量方向进行旋转阵列并。如图 3-7 所示。

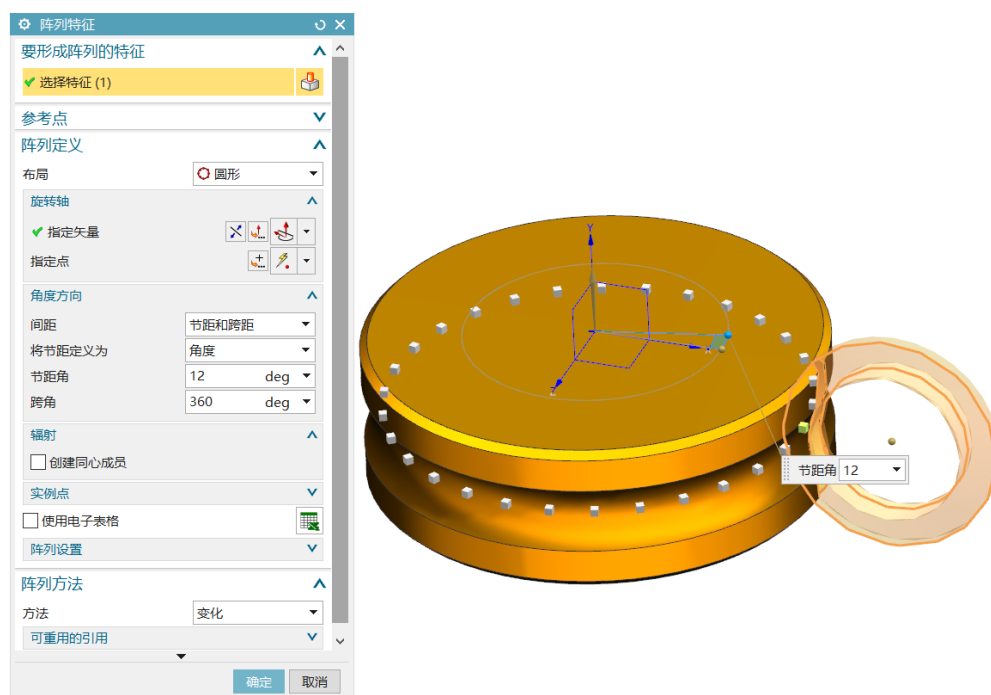


图 3-7 蜗轮齿阵列示意图

在完成蜗轮齿阵列后进行总体的布尔求差，得到蜗轮实体模型如图 3-8 所示。

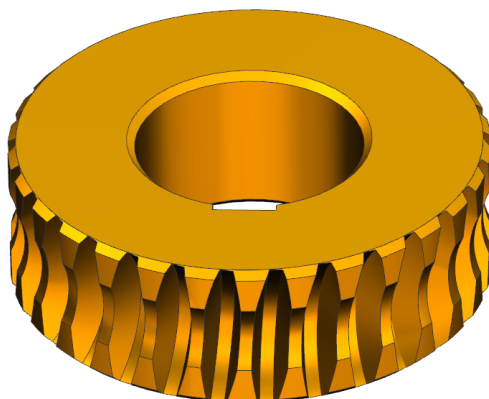


图 3-8 蜗轮建模示意图

3.3.2 蜗杆的实体建模

蜗杆作为和蜗轮进行啮合的零件。在建模中与蜗轮参数具有一定的关系。在蜗杆的建模中最重要的部分为蜗杆齿的建模。

在以往蜗杆齿建模中常用渐开线进行建模。UG 中的螺旋线功能为我们提供了一种简单便捷的建模方式。首先在基本面建立直径 20.2mm，高 40mm 的圆柱体。选择螺旋线功能，输入螺旋线参数：直径 25mm、螺旋升角为 $4^{\circ} 34' 26''$ (4.203326°)、螺距为 6.283mm、终止于圆柱高度 40mm，螺旋线定位于坐标原点，如图 3-9 所示。

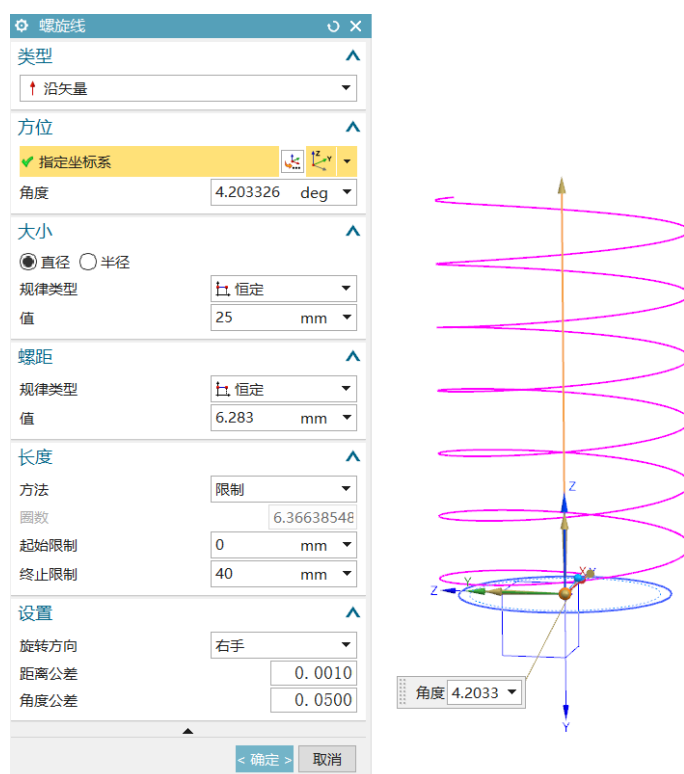


图 3-9 螺旋线创建参数表

在进行蜗杆齿的创建时我们以螺旋线为引线，在螺旋线末端创建垂直基准面，在基准面中绘制草图完成齿形的绘制并进行扫掠，完成蜗杆齿形的创建，如图 3-10 所示。在其中螺旋线引线的位置应位于蜗杆分度圆线的位置。最后对蜗杆齿形进行修剪，以圆柱端面为切割面进行修剪体的操作对多余齿形进行修建。并于圆柱体进行布尔求和，完成蜗杆中蜗杆齿形的建模。最后分别对蜗杆上其它轴段进行草图绘制、拉伸建模，并进行键槽的定位。最终完成整根蜗杆的绘制。

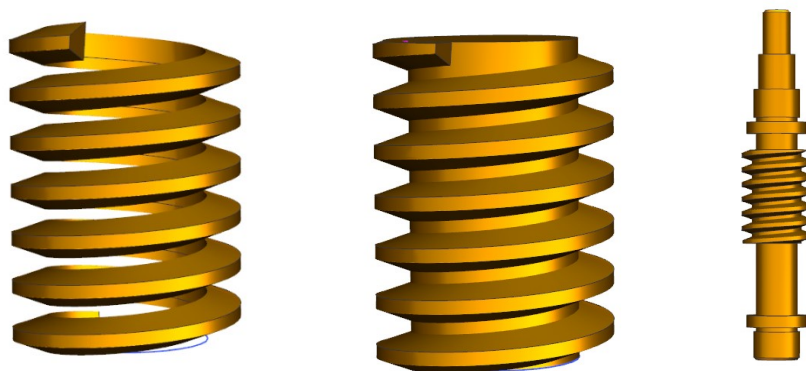


图 4-10 蜗杆建模示意图

3.3.3 标准件的实体建模

在标准件的建模中我们可以用 UG 中的重用库功能完成建模，在 UG 重用库中选择 GB Standard Parts 功能，进入中国国标的标准件库。进入 Bearing（轴承）、Bolt（螺栓）、Nut（螺母）以及 Washer（垫圈）进行相关标准系列的选择^[15]，如图 3-11 所示

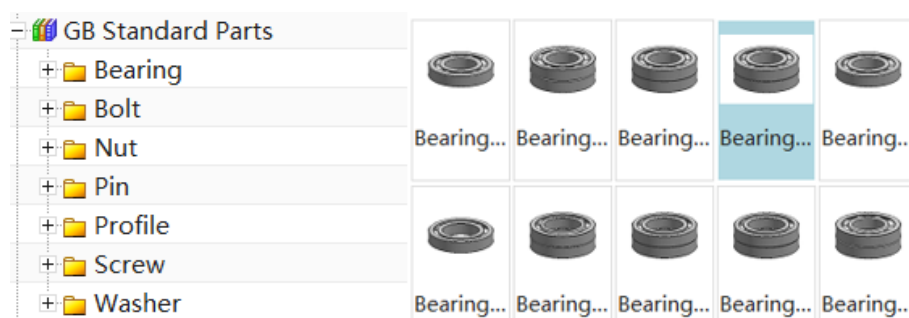


图 3-11 标准件建模

在选择官方标准库可以减少在设计生产中产生的不必要的误差，也为我们在装配使中减少误差。节约了大量的时间。

3.4 锥齿轮传动机构的装配

装配设计是产品在设计中的必经之路，它可以表达机械的工作原理及零部件之间的关系。在利用 UG 进行装配设计过程时，可以对部件进行部件的关联设计以及对装配模型进行间隙分析、运动仿真等相关分析。所以利用软件进行模拟装配可以保证产品在开发过程中的合格性，也可以利用软件针对装配过程中的部件进行改进以确定零件在产品中达到最佳效果

3.4.1 传动轴的定位

在对锥齿轮传动机构的装配中我们使用 UG 装配模块中的装配约束功能使得各个部件之间建立联系。在减速器的传动机构装配中，是以传动轴为中心件开始进行装配。为减少后期制图及加工不必要的问题，首先应该对传动轴在绝对坐标系中进行定位，将传动轴中心定位至绝对坐标系中的原点。这样做可以防止在装配完成后整个装配体倾斜问题的出现。也可以保证在进行装配图的绘制中能够得到准确的方位。完成第一件中心件的定位后开始进行锥齿轮传动机构的装配。在 UG 中进行装配是通过装配约束功能使得各个零件之间建立关系，其中装配约束包括：接触对齐约束、同心圆约束、距离约束、平行约束、垂直约束、对齐/锁定约束、胶合约束、等尺寸配比约束、中心约束、角度约束等^[16]。



图 3-12 装配约束种类

3.4.2 传动轴、键及蜗轮的装配

传动轴与零件之间是通过矩形键进行连接，传递动能。在进行键的安装定位时通过两个接触对齐约束和一个平行约束使得键的侧面与底面和键槽的底面与侧面保持接触对齐，键的面与键槽的面始终保持平行，从而进行精确定位。蜗轮

与传动轴通过键进行连接，在对蜗轮进行装配时通过同心圆约束和接触对齐约束进行装配约束定位。同心圆约束使得蜗轮的圆形端面与蜗轮所在轴段的端面保持同心并且在同一平面，接触约束使得蜗轮在装配中轴上键槽、键与蜗轮轴上的键槽始终保持接触对齐，保持蜗轮与轴的运动同步性，如图 3-13 所示。

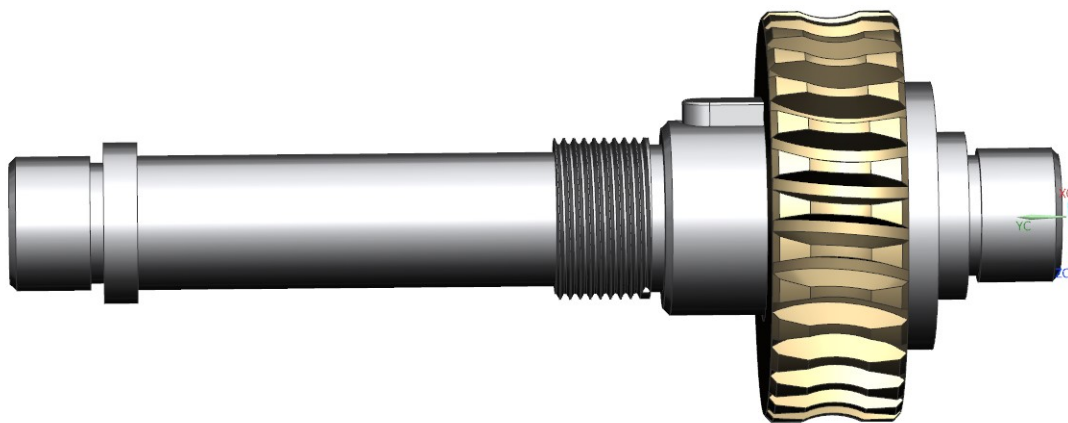


图 3-13 键及蜗轮的装配示意图

3.4.3 调整环及锥齿轮的装配

蜗轮与锥齿轮之间用调整环隔开。对于调整环和锥齿轮的装配同样利用同心圆约束与接触对齐约束。同心圆约束选择蜗轮端面与调整环端面保持接触同心。锥齿轮的端面与调整环的端面保持同心接触。接触对齐约束定位调整环和锥齿轮上键槽位置与键的位置，使键槽与键保持一致。如图 3-14 所示

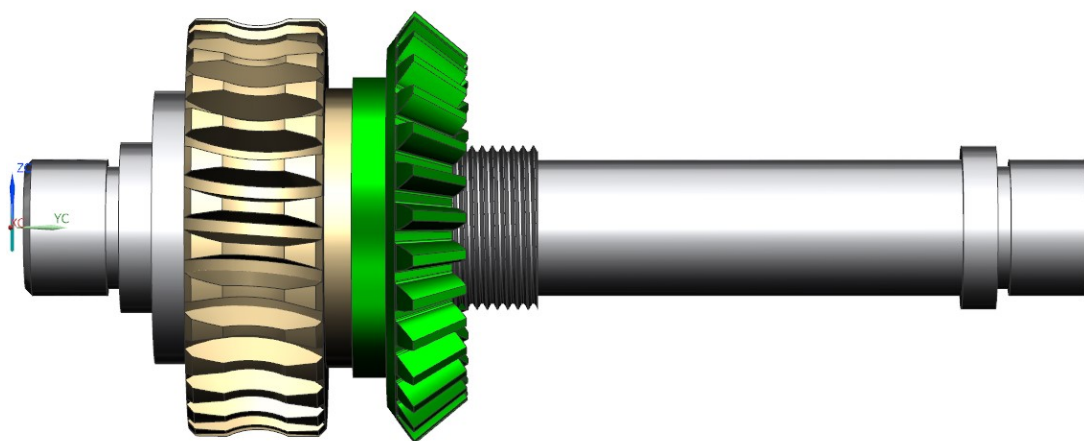


图 3-14 调整环及锥齿轮的装配示意图

3.4.4 螺母及垫片的装配

在完成锥齿轮的安装定位后，螺母及垫片用于固定传动轴上的传动零件。对

于垫片的定位,我们用同心圆约束,约束条件中约束面选择锥齿轮的大端齿轮面,螺母由于起固定作用,紧贴垫片,用同心圆约束固定于传动轴中外螺纹段。如图 3-15 所示

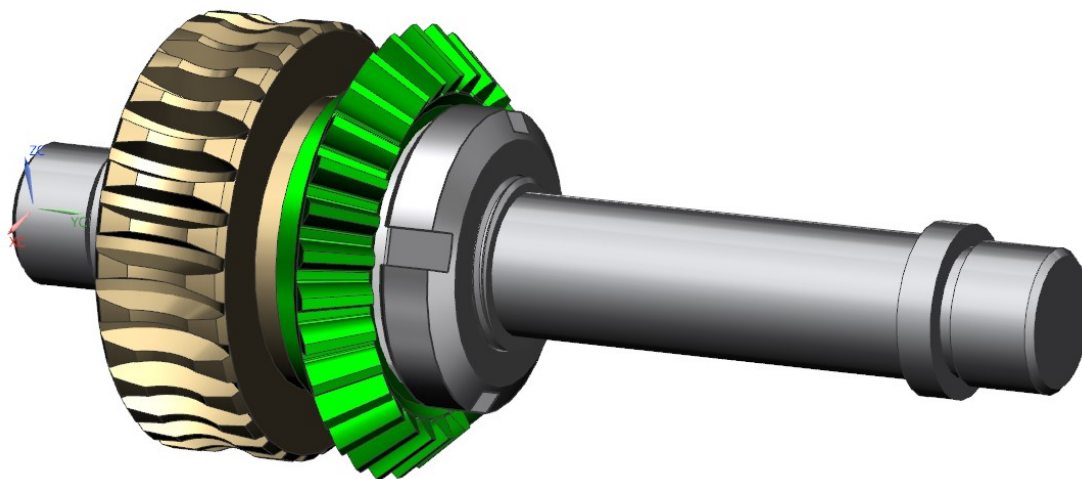


图 3-15 垫圈及螺母的装配示意图

3.4.5 蜗杆轴及锥齿轮轴的装配

锥齿轮传动机构中传动轴、蜗杆轴、锥齿轮轴的安装是锥齿轮传动机构装配的关键所在。在蜗杆轴的装配定位中,首先利用中心约束与垂直约束确定蜗杆轴在装配体中的大概位置。用垂直约束使蜗杆轴轴线与蜗轮轴的轴线在空间位置上保持垂直。用中心约束确定蜗杆轴的轴线处于蜗轮两个端面中心位置,再用中心约束确定蜗轮轴线处于蜗杆部分两个端面位置。最后用距离约束根据蜗杆轴的安装距确定蜗杆轴位于蜗轮轴线上方 40.6mm 处确定位置^[17]。如图 3-16 所示。

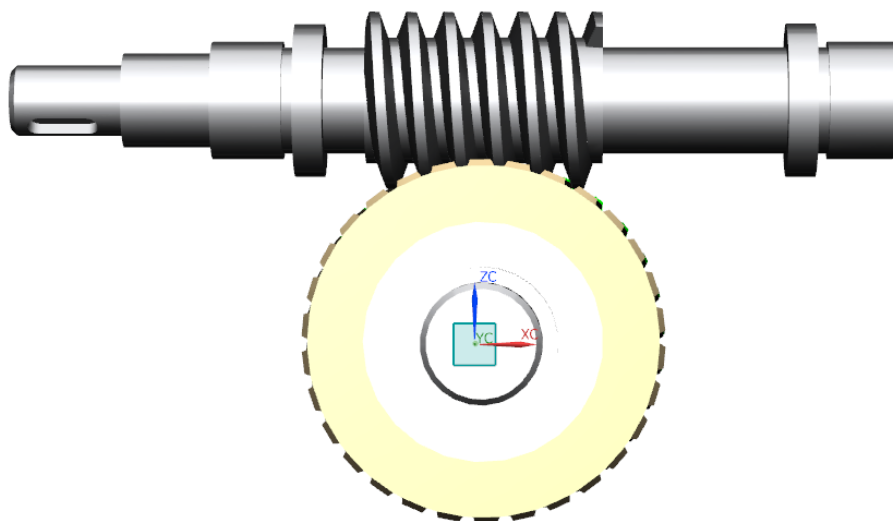


图 3-16 蜗杆的装配示意图

这其中最大的问题是如何使得蜗轮与蜗杆保持啮合。使用中心约束令蜗杆在轴向方向与纵向方向上始终处于蜗轮的中心位置。利用移动装配部件中的旋转功能，使蜗杆绕蜗杆轴线旋转合适角度从而使得蜗杆齿与蜗轮闪光的齿槽得以啮合。

对于齿轮轴的安装利用垂直约束、平行约束等保持三根轴之间的空间位置关系。齿轮轴与蜗杆轴在空间位置中轴线始终平行，齿轮轴与传动轴轴线在空间位置中始终保持垂直状态。对于齿轮轴位置的安装，可以用 UG 中的齿轮啮合工具来确定装配位置。如图 3-17 所示。至此减速器中的传动部分安装完毕。

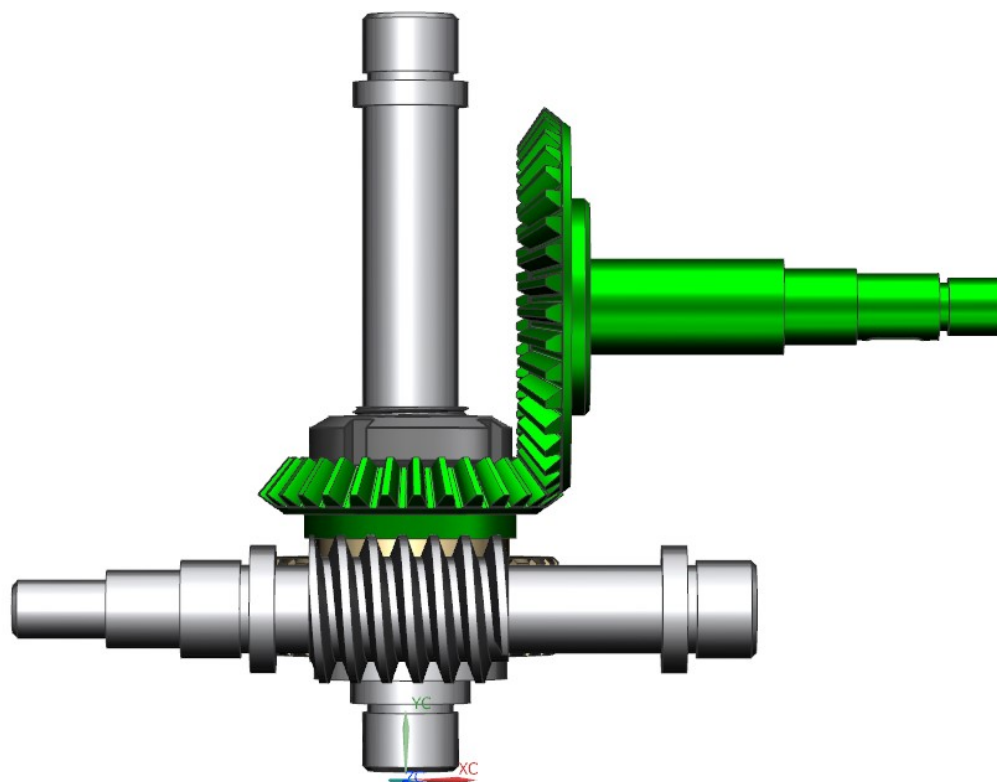


图 3-17 锥齿轮轴的装配示意图

3.4.6 锥齿轮传动机构在减速器中的装配

锥齿轮传动机构在减速器的装配中，优先对锥齿轮传动机构上的轴承与轴承套进行装配定位，轴承用装配约束中的同心圆约束，使之定于为三根轴上的轴承段处，与之端面处于同一平面。套筒处于锥齿轮轴上的两个滚子轴承处，利用同心圆约束使套筒端面与轴承大端端面处于同一平面。最终如图 3-18 所示

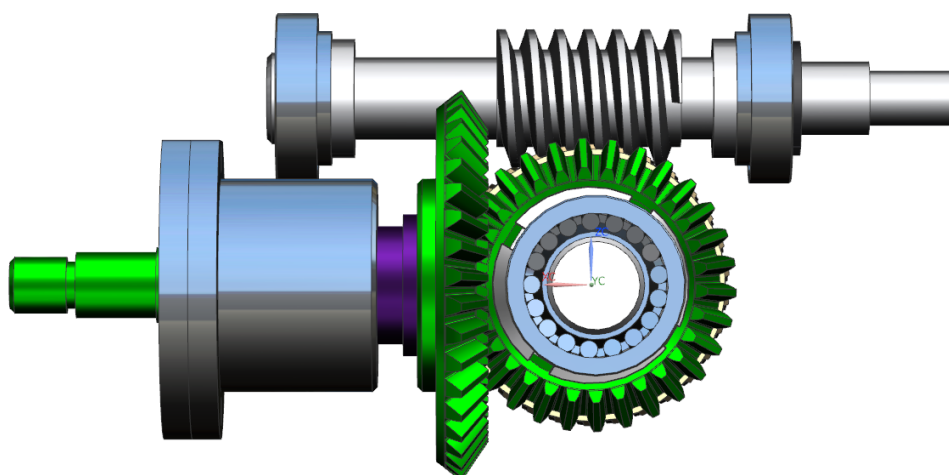


图 3-18 轴承及轴承套的装配示意图

最后对箱体进行装配模式下的建模并与锥齿轮传动机构进行装配。因为齿轮一般浸油深度为一个齿高，并且齿底端距油底一般相距 10mm 左右，箱体边缘处于轴承边缘处。所以我们用轴上的轴承进行定位。以 XY 平面建立草图并进行拉伸，完成箱体基本尺寸的绘制，我们用端盖、透盖的尺寸进行箱体上轴孔的建模，最后用同心圆约束和平行约束对端盖和透盖在箱体上进行定位。螺母和螺钉用同心圆约束完成其在透盖上的装配。最终如图 3-19 所示

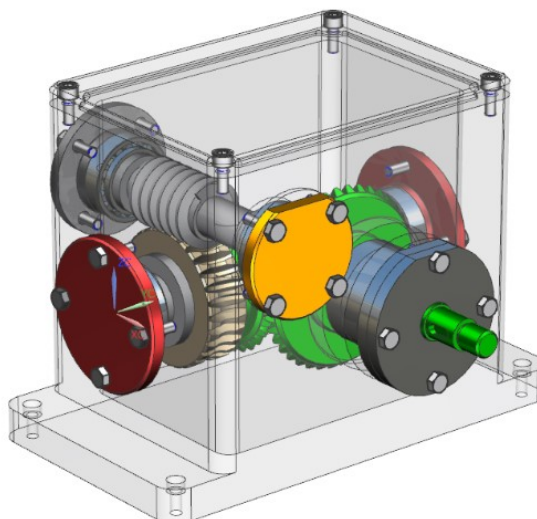


图 3-19 锥齿轮传动机构在减速器中的装配

在完成锥齿轮在减速器中的装配后，用 UG 中的分析功能对该减速器进行干涉检查，在菜单中选择分析功能，再选择分析中的检查几何体，最后对减速器中的各项继续检查^[18]，结果如图 3-20 所示。

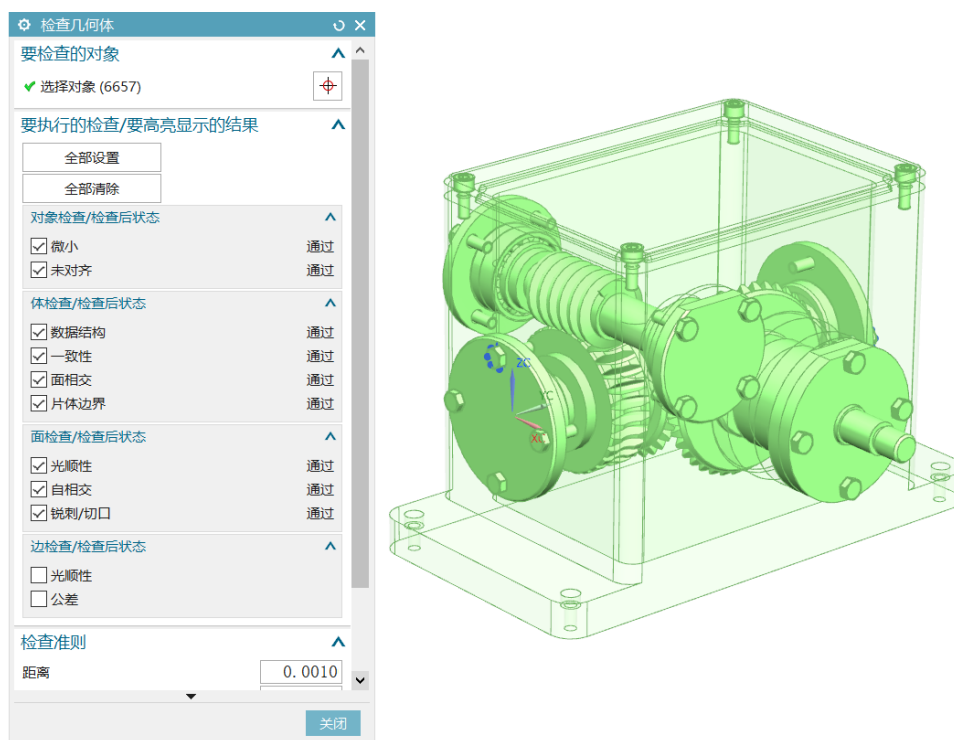


图 3-20 干涉检查

由图 3-20 可知，在锥齿轮传动机构的装配中，无干涉，锥齿轮传动机构在减速器中的装配位置合理。

3.5 锥齿轮传动机构的运动仿真

运动仿真可以验证机械产品在装配中的正确与否。经过图 3-20 对装配体干涉的检查后，在 UG 的运动模块中对锥齿轮传动机构在减速器中的运动进行仿真。在 UG 的运动仿真中，零件之间是通过连杆机构、运动副、旋转副、齿轮副、驱动体等部件进行连接，建立运动关系。

在进入运动模块后，首先建立装配体的运动模型块，命名 motion-1。通过对锥齿轮传动机构的结构分析后，可知，该机构中共有 3 个连杆、3 个旋转副、2 个齿轮耦合副。蜗杆为第一个连杆，传动轴上的整体部件为第二个连杆、锥齿轮轴为第三个连杆。随后进行旋转副的定义，它是在定义连杆的基础之上进行的，分别以 1、2、3 号连杆定义三个旋转副。在选择运动方向时应选择矢量方向。运动方向符合右手定则。完成旋转副的定义进行齿轮副的定义，连杆 1、2 为第一个齿轮副，连杆 2、3 为第二个齿轮副。在完成齿轮副的同时，在齿轮副的参数表中输入传动比。最后进行驱动的选择。在锥齿轮传动机构中，蜗杆为输入轴，因此驱动体应该加载在蜗杆上即连杆 1。在完成后进行新建算法进行求解。随后对该运动模型进行检查。结果如图 3-21 所示。

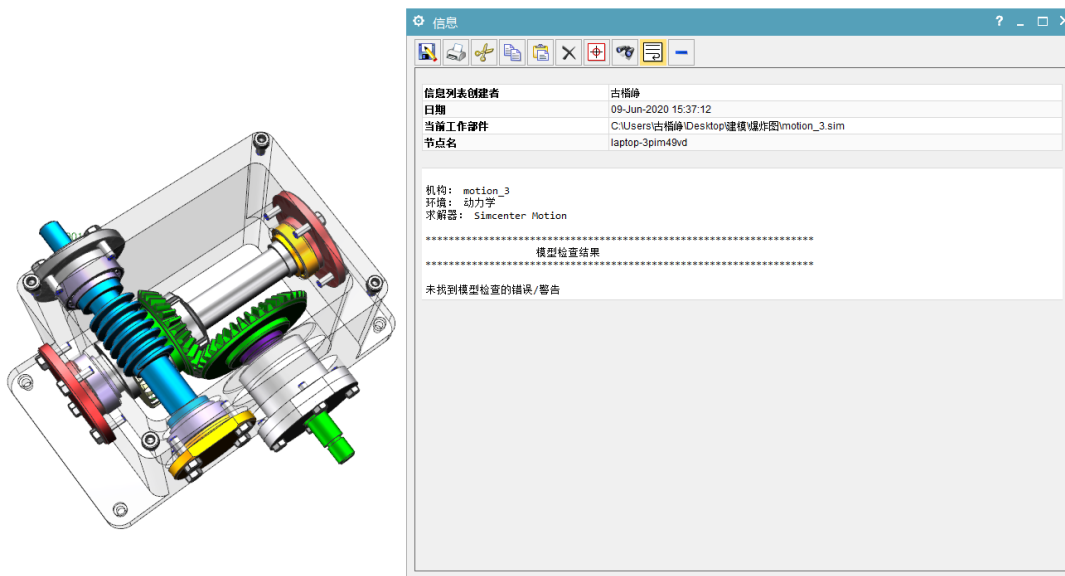


图 3-21 运动模型检查

经过对锥齿轮传动机构的动力学仿真检查后，该装配模型无错误。点击动画可以观察锥齿轮传动机构在减速器中的运动。如图 3-22 所示。运动平稳正常。

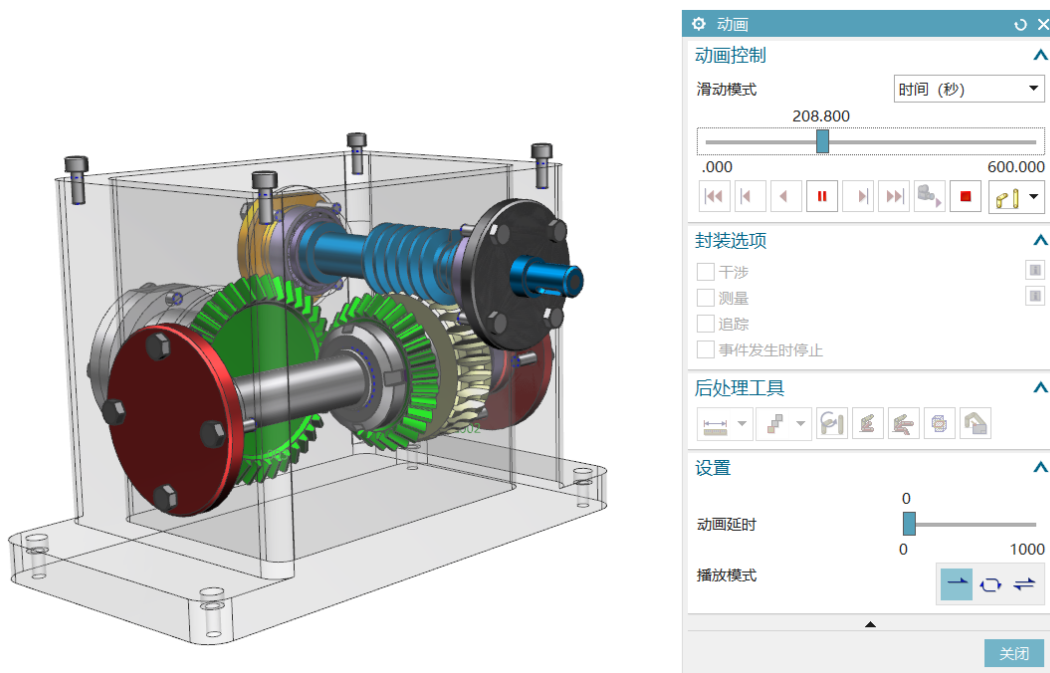


图 3-22 运动仿真

第四章 基于成图技术的锥齿轮传动机构的工程图绘制

工程图的绘制时产品在设计环节中的最后一个步骤，也是产品从设计到应用之间的技术桥梁。在产品的加工生产中都要根据相关图纸要求进行加工。一个合格的图纸是零件生产的前提，也是设计者与制造者之间沟通的重要工具。在工程图中它详细记录了零件的尺寸大小、结构样式、技术参数以及工作原理等，各种数据必须在图纸中清晰的表达出来，否则会制造者造成错误的理解，会影响整个项目的进展。在该减速器中共有 24 种零件，其中有 17 种非标准零件。在完成装配建模、干涉检查、运动仿真后。我们须对锥齿轮传动机构进行相关零件进行工程图绘制，以及锥齿轮传动机构在减速器中的装配进行整体装配图的绘制。

锥齿轮传动机构的工程图绘制工作在 AutoCAD2019 设计平台中进行完成。本次毕业设计锥齿轮传动机构的装配工程图、非标准零件工程图见附录。

4.1 AutoCAD 软件概况

Auto CAD 是 Auto Computer Aided Design 的缩写（以下简称 CAD），即计算机辅助设计，指利用计算机及其图形设备帮助设计人员进行设计工作^[19]。CAD 在应用中的优点有很多。例如：CAD 使用简单、容易上手的特点使它成为一款比较受欢迎的设计辅助工具。其次 CAD 的绘图精度比较高，传统手工绘图往往最后的结果会有较大的误差，CAD 实现了高精度的绘图。CAD 的成果可以反复利用，传统绘图项目与项目之间的零件无法反复利用，需要重新绘制。CAD 可以在相互关联的零件上进行相应的修改即可再次使用，节约了很大一部分的时间。所以 CAD 在设计生产中应用非常广泛。

4.2 锥齿轮轴工程图绘制

在 CAD 中绘制零件图首先应对绘图样板进行选择，CAD 图库中有很多已经完成的绘图环境，利用图库样板时可以在菜单栏中选择文件→再选择新建命令，在样板中 acad 即可完成零件图纸绘图环境的创建。如图 4-1 可以根据不同需求选择不同样板。也可根据需求自己创建一个专业的绘图样板^[20]。

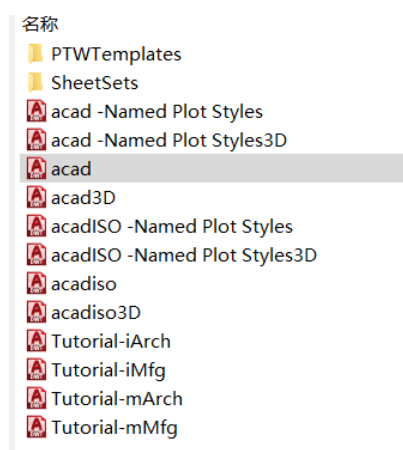


图 4-1 样板界面

在完成绘图样板的选择后，可以预先设置图层，建立不同的线形图层。当需要不同线形时只要选择不用的线形图层即可，否则会导致整个图纸中的线形混乱，修改困难。在锥齿轮传动机构零件绘制中用到的线形非常多，在图 3-2 中用到粗实线、细实线、点划线、虚线、尺寸线。不同的图线拥有不同的含义。粗实线表示锥齿轮轴的可见轮廓线和螺纹牙顶线，细实线表示标注尺寸线、尺寸界限、剖面线、指引线，波浪线表示断裂边界线、剖视图边界线，点划线表示轴线、对称中心线、分度圆线。所以 CAD 中的线形图层解决了复杂线形带来的问题。

在工程图绘制中根据 GB/T 4457.4-2002《机械制图 图样画法》进行锥齿轮传动机构相关零件绘制^[21]。在图 4-2 中根据 GB/T 4459.2-2003《机械制图 齿轮表示法》的规定：圆锥齿轮的轮齿在平行于齿轮轴线的投影面的视图中，一律按无剖面处理。在轮廓的绘制中齿顶线和齿根线按国标一律用粗实线绘制，分度圆线用点划线绘制。在垂直于齿轮轴线的投影面的视图中，可以只绘制出大端齿顶线、分度圆，齿根圆可以不用绘制；当绘制小端面齿顶圆时，分度圆和齿根圆可以不绘制^[22]。

在锥齿轮的标注中，我们根据 GB/T 12371-1990《锥齿轮 图样上应注明的尺寸数据》规定：在图中应标注锥齿轮的参数，如顶锥角、分锥角、齿宽等，还应该在图中标注锥齿轮的安装距。此外需要在图框中使用表格列出锥齿轮的数据及参数，一般应位于图框中的右上角，如图 4-3 所示。

锥齿轮轴中安装轴承部分因为加工精度的不同我们应该在断面图中标注加工精度轴段的长度及精度。对于图中键槽的标注，一般选用在主视图中标注键槽的长度，在断面图中标注键槽的宽度及深度。对于锥齿轮的极限公差标注，可以选择修改标注样式中的公差功能块，选择公差方式为极限偏差，精度为 0.001mm，在右键特性中输入上下偏差数值即可完成极限偏差标注。

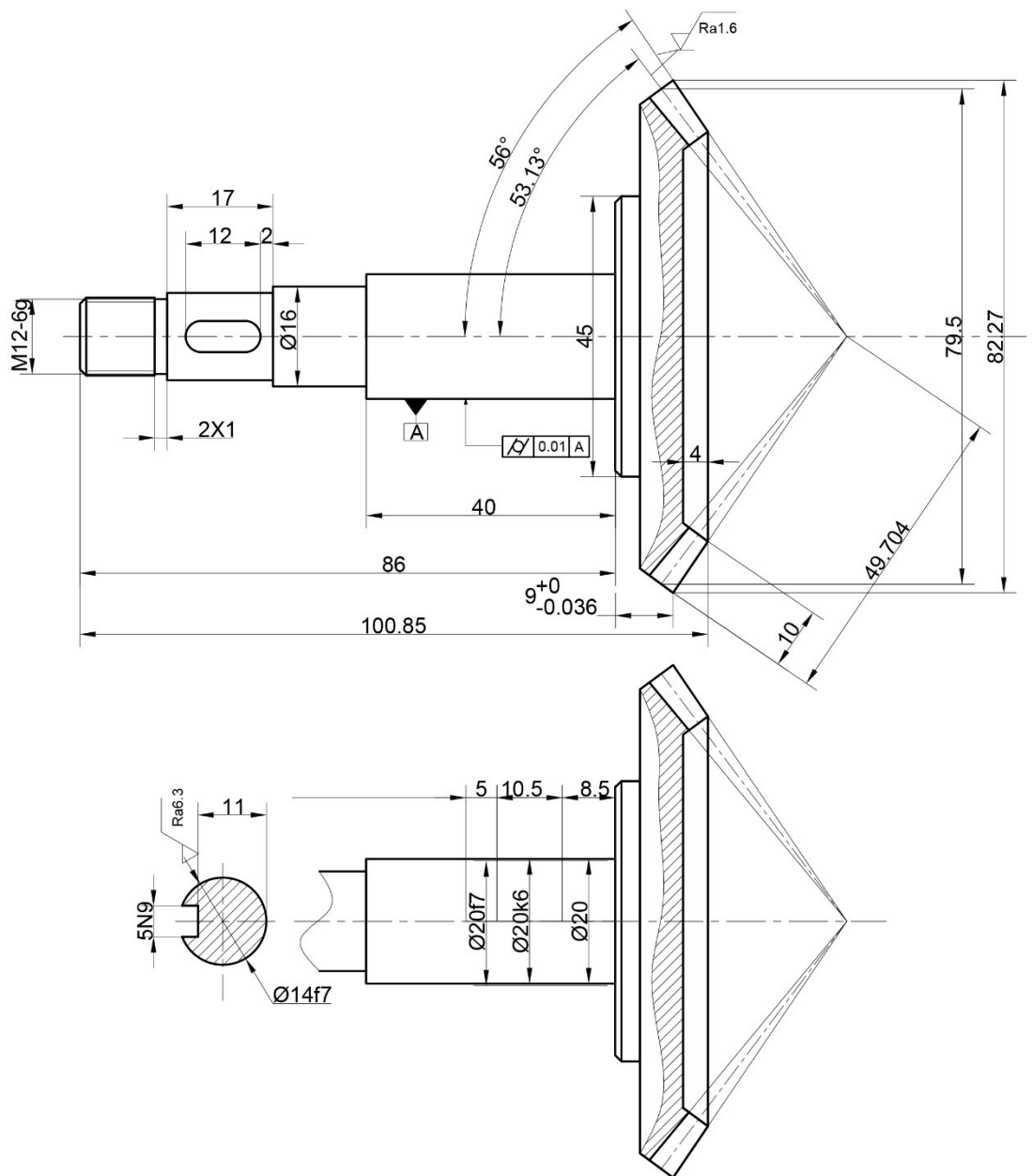


图 4-2 锥齿轮轴工程图

模数	2
齿数	40
齿形角	20°
精度等级	7d GB/T 11365—1989

图 4-3 锥齿轮参数示意图

4.3 锥齿轮传动机构其他零件工程图绘制

4.3.1 蜗杆工程图绘制

在绘制蜗杆前，在 CAD 中选择绘图样板 acad.dwt，预先设置好使用的线形图层，共 5 个图层，再开始蜗杆工程图绘制。

工程图中剖面图或断面图是一个图纸的重要部分，根据 GB/T 4457.5—2013 《机械制图 剖面区域的表示法》规定：为展现零件内部一些不可见的结构，应在部分区域进行局部剖视处理。CAD 中的图案填充功能为我们提供一种便捷途径，在所要的封闭区域内直接填充剖面线完成剖面部分填充，蜗杆轴的最右端我们采用剖面图的画法来显示内螺纹尺寸。对于蜗杆的齿形我们可以采用断面图来表示，从而用于标注齿形参数。在尺寸公差标注中我们参考 GB/T 4458.5—2003 《机械制图 尺寸公差与配合注法》和技术制图标准 GB/T 1800—2009 《公差配合》的规定进行标注。CAD 的尺寸标注非常便捷，在标注样式管理器中根据需求调整边界线长短、文字高度、箭头即可设定出所需要的标注样式。对于几何公差标注：如图 4-4 中以面 A 为基准面，进行两个轴承轴段的形位公差标注。在 CAD 中点击注释模板用公差功能进入形位公差参数表，在其中输入相应的公差参数及基准面即可表示出蜗杆轴表面形位公差。至此即可完成蜗杆轴轮廓绘制和相关参数标注。

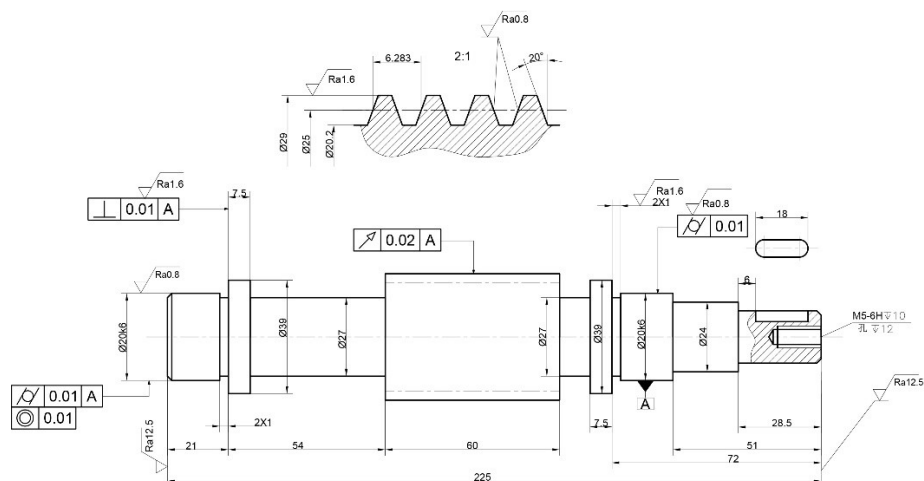


图 4-4 蜗杆工程图

4.3.2 蜗轮工程图绘制

在蜗轮的工程图绘制中（如图 4-5），为防止尺寸标注的相交，我们采用绘制侧视图和主视图的方式进行。在侧视图中我们采用剖视图绘制蜗轮中的实体部分。对于蜗轮轮齿的绘制，用粗实线表示蜗轮的轮廓边界线，用点划线来表示蜗轮轮

齿中的分度圆线。在左视图中我们应该对蜗轮的相关外形尺寸进行标注。而根据 GB/T 4458.5—2003 相关规定我们在主视图进行蜗轮中键槽等轮廓绘制。在主视图中我们应该绘制完整的分度圆线。并进行相关精度和尺寸标注。

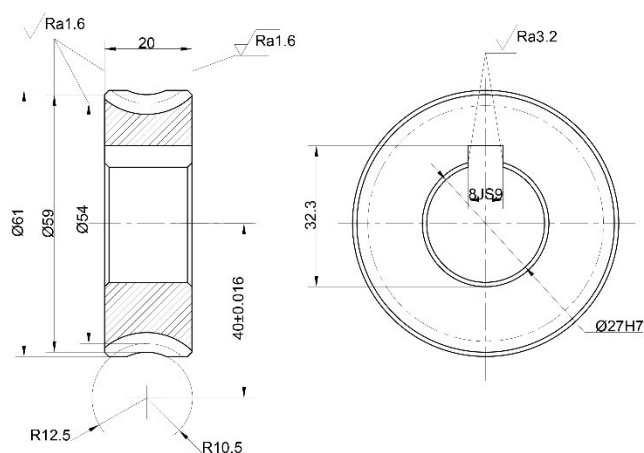


图 4-5 蜗轮工程图

4.4 锥齿轮传动机构装配图绘制

装配图是用来表达部件或机器的一种图样, 是进行设计、装配、检验、安装、调试和维修时所必需的技术文件。它(如图 4-6)可以体现机械产品的整体结构、工作状况以及各零件之间的装配关系。在锥齿轮传动机构的装配图(详见附录五)绘制中, 采用三视图的画法对锥齿轮传动机构在减速器中的位置关系、结构状况、装配关系进行表述。

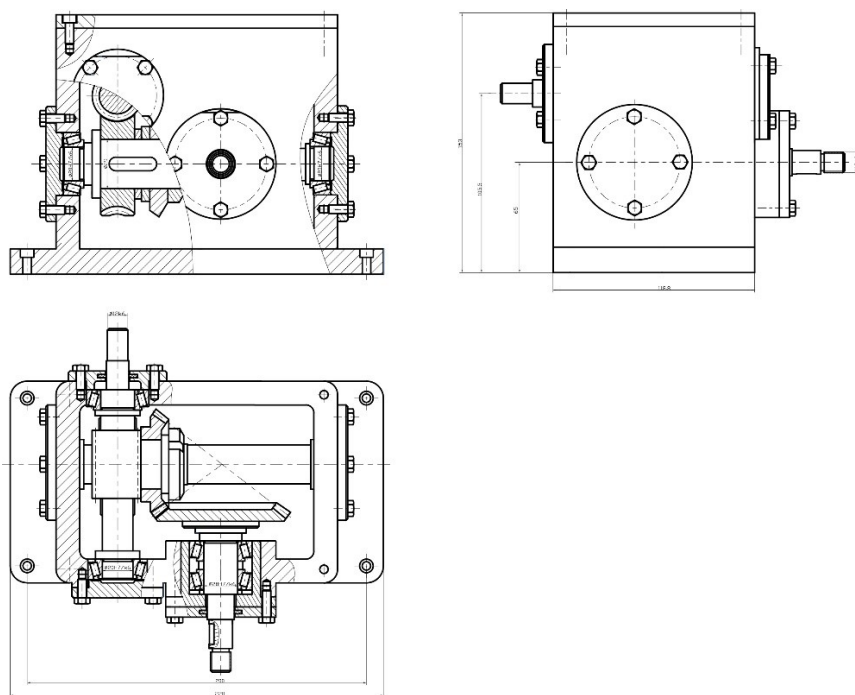


图 4-6 装配示意图

如图 4-7 中，主视图采用局部剖视的方法。在图中体现蜗轮、传动轴、键的装配关系以及在减速器中的位置关系。在箱盖中的螺钉也采用局部剖的方法表现螺钉在整体中的位置关系。

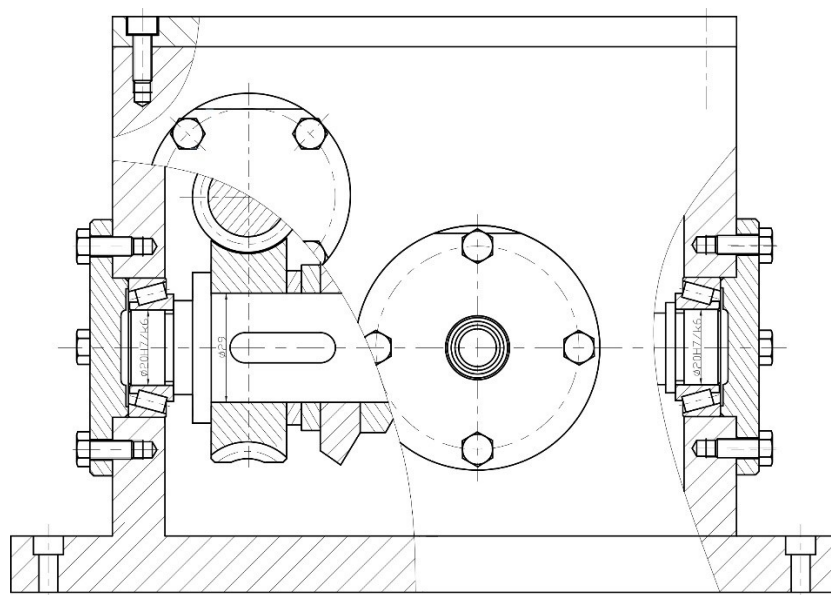


图 4-7 装配主视图

如图 4-8 采用断面剖视来体现锥齿轮传动机构中蜗轮蜗杆与锥齿轮组在装配过程中的位置关系以及结构、各轴承及轴承套装配关系、锥齿轮组的啮合关系。

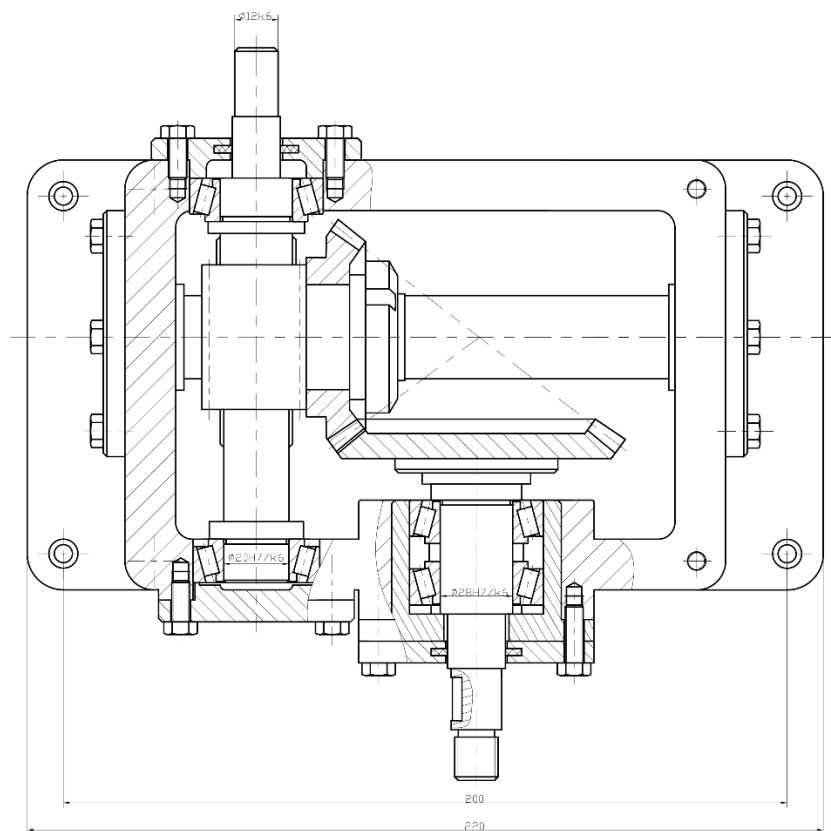


图 4-8 装配俯视图

如图 4-9 在左视图中体现箱体的整体尺寸。以及输入轴及输出轴的定位关系和安装尺寸。

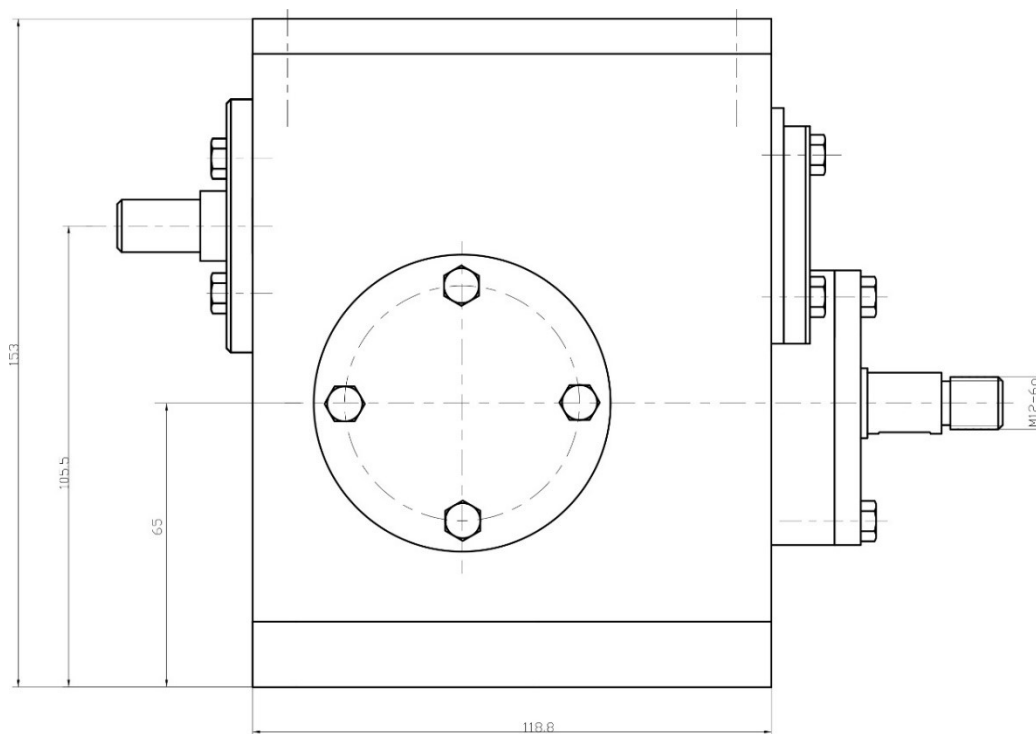


图 4-9 装配左视图

同时在装配图的整体绘制中我们还应对零件的装配中配合进行表述，例如在锥齿轮传动机构中轴承的安装为基孔制，以及各轴与轴承的配合精度都应在图中进行表述。

第五章 结论

本次毕业设计主要借助成图与建模技术对锥齿轮传动机构在二级齿轮减速器结构上创新的验证，从而使其应用于舞台驱动设备。锥齿轮传动机构综合齿轮传动与蜗轮蜗杆传动特点，将重载、精度、体积等优点集于一体，应用于二级齿轮减速器中，使锥齿轮传动机构在保证重载的同时也保证传动精度。

成图与建模技术使锥齿轮传动机构向高精度、高效率、高质量方面发展。通过建模技术完成复杂零件精密建模、组装、配合，通过干涉检查和运动仿真验证，锥齿轮传动机构在减速器中的运行平稳，传动比得到有效改善，体积结构方面得到了极大的优化。一方面证实了锥齿轮传动机构在减速器中应用的正确性和合理性，另一方面也为锥齿轮传动机构的加工提供了一条路线。对于在优化设计过程中的不足与缺陷，建模技术又能够提供便捷的更改和修正功能，同时也可以为产品的后续生产提供明确的工艺可行性分析。

随着成图与建模技术的成熟，锥齿轮传动机构也必将展现出其更加优秀的性能。

参考文献

- [1] 郭婷. AutoCAD 技术在机械工艺设计中的应用探究[J]. 山东工业技术, 2018(06):50.
- [2] 梁贞. AutoCAD 软件在工程制图中的应用[J]. 电子技术与软件工程, 2017(13):70-71.
- [3] 吴桂玲, 金福占. 二级斜齿圆柱齿轮减速器虚拟仿真与可靠性分析[J]. 中国设备工程, 2018(11):121-123.
- [4] 疏剑, 杨军, 胡斌. UG 在机械制图教学中的应用[J]. 南方农机, 2020, 51(05):135-136.
- [5] 陈华. UG 软件在工业产品设计中的应用[J]. 科技风, 2019(27):5-6.
- [6] 闫梅. 在零件建模数控加工中 UG 软件的应用思考[J]. 才智, 2019(09):214.
- [7] 王嘉琪. 二级齿轮减速器的失效形式及改善措施[J]. 设备管理与维修, 2019(19):83-84
- [8] Dong Xiang, Yinhua Shen, Yaozhong Wei. A Contact Force Model Considering Meshing and Collision States for Dynamic Analysis in Helical Gear System[J]. Springer Singapore, 2019, 32(1).
- [9] Miguel Pleguezuelos, Miryam B. Sánchez, José I. Pedrero. Control of transmission error of high contact ratio spur gears with symmetric profile modifications[J]. Elsevier Ltd, 2020, 149.
- [10] 张勇, 卢继. UG 数控铣削加工编程优化设置[J]. 科技风, 2020(05):153-154.
- [11] 张明艳, 李斐. 基于 UG 的孔铣削加工技术[J]. 兰州石化职业技术学院学报, 2019, 19(03):13-16.
- [12] 孙海燕, 任艳霞, 李秀副. UG 中矩形螺纹的创建方法[J]. 内燃机与配件, 2020(03):120-121.
- [13] Mingxia Zhao. 3D-Modeling and Motion Simulation of Composite Wheel Gears Transmission Based on UG[J]. EDP Sciences, 2018, 175.
- [14] Suxin Chen, Yingxue Yang, Tao Wang, Jie Zhang. Analysis of Fatigue Characteristics of Gears Based on nCode DesignLife[J]. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, 2019, 542(1).
- [15] 王维东. 基于 UG 发动机虚拟装配仿真分析[J]. 现代制造技术与装备, 2019(05):28-29.
- [16] 王卓, 张成林, 白彦伟. 锥齿轮传动装置的装配定位及应用设计[J]. 机电信息, 2016(21):92-93.
- [17] Feng Yun Huang, Li Tian, Ding Wei, Huan Huan Sun. Research on Optimization of Bearing Span of Main Reducer Gear System Based on the Transfer Matrix[J]. EDP Sciences, 2016, 63.
- [18] 孟江涛. 直锥齿轮的可靠性探讨[J]. 金属加工(热加工), 2017(17):20-22.
- [19] 张文. CAD 技术在机械制图教学中的创新应用[J]. 教育教学论坛, 2020(06):159-160.

- [20] 王春华. 浅析 AutoCAD 绘制机械零件图和装配图的方法与技巧[J]. 内燃机与配件, 2017 (08):25-27.
- [21] 姜忠爱, 牛春亮, 崔长德. 常用机械制图国家标准内容解析与探讨[J]. 机械工程与自动化, 2018(01):203-204.
- [22] 何昕, 曹雪梅, 侯静, 焦东良. 等基圆锥齿轮齿面仿真加工[J]. 江西理工大学学报, 2019, 40(03):80-85.

致 谢

时光飞逝，转眼间四年紧张而又充实的大学生活即将画上句号，在这四年期间我得到了很多老师、同学和朋友的关怀和帮助。在毕业设计即将完成之际，我要向所有期间给予我支持、帮助和鼓励的人表示我最真诚的谢意。

本毕业设计在指导老师王伟老师的亲切关怀和精心指导下完成，在大学四年期间王伟老师在生活和学习等诸多方面都给予了极大的关怀。特别是在选题、定题、撰写提纲到论文反复修改直至定稿都给予了细心的指导。王老师严谨求实的治学精神和诲人不倦的育人风范，深深地影响和激励着我，也必将使我在以后的学习和工作中受益非浅。在此向王伟老师致以崇高的敬意和衷心的感谢。

四年中在我们众多老师的教导下，在学校的亲切关怀下，让我学会了社会的立足之本，让我有足够的力量对我们的社会去做自己应做的贡献。感谢他们为我的前进指明了方向，感谢他们为我丰满了羽翼。感谢大学四年中所有为我们授课的老师。

还要感谢班主任谢老师及大学四年中给我们授课的所有老师，是他们让我学到了更多的知识，让我看到了世界的精彩。让我学会了为人处事。

最后，感谢四年中我的所有同学和朋友们，有了他们的陪伴。大学的生活才更加精彩。

附录

附录一 中文译文及外文资料

基于 UG 的复合材料齿轮传动的三维建模与运动仿真

1. 介绍

UG 软件从 6.0 版开始添加了 NXGC 工具箱,其中齿轮建模工具箱可以帮助用户准确、快速地创建渐开线正齿轮、锥齿轮或伞齿轮等,还可以进行齿轮的啮合和移动操作;从而提高了齿轮传动的设计效率,减少了设计人员的工作量。运动仿真模块是 CAE 应用软件强大的静态和运动,运动分析和计算功能和动态仿真功能,用于建立运动机理模型来模拟运动规律,并能进行干扰分析的运动机制,跟踪零件的运动轨迹或分析速度,加速度,等等,机构部分的;建立独立运动分析方案,不影响主装配方式[1-2]。

2. 复合式齿轮系原理分析

齿轮传动系是由一系列齿轮组成的齿轮传动系统。根据各齿轮轴相对于齿条的位置是否固定,将齿轮传动系统的运行分为三类:固定轴齿轮传动系统、本轮齿轮传动系统和复合齿轮传动系统。机械实际使用中最常见的是复合轮系,既有固定轴轮系,也有周转轮系;或由周转轮系的几个部分组成[3],复合轮系机构如图 1 所示,输入速度为 $W_1=19\text{r/min}$,齿轮数为: $Z_1=90$, $Z_2=60$, $Z_2'=Z_3=30$, $Z_3'=24$, $Z_4=18$, $Z_5=15$, $Z_5'=30$, $Z_6=105$, $Z_8=35$, $Z_7=32$ 。复合轮系由固定轴轮系和外周轮系组成,其中固定轴轮系(a)由锥齿轮 1-2-2'-3 组成,外周轮系(b)由齿轮 3'-4-5-5'-6 组成,固定轴轮系(c)由齿轮 7-8 组成。

4. 复合齿轮系的三维建模与装配

4.1 圆柱齿轮的建模与装配

在 UG 中,我们应该单击 GC 工具箱→齿轮建模→直齿圆柱齿轮,齿轮选择 Create 函数,渐开线圆柱齿轮建模的弹出对话框,选择齿轮的参数设置,外部(内部)啮合齿轮和齿轮滚刀,和输入的参数如模,齿数,齿轮宽度和压力角后确定;我们也可以点击默认值,软件会自动添加参数,在此基础上修改其他参数;矢量和点分别为正齿轮轴线方向和底面中心方向;此外,我们分别需要直接选择矢量符号和绘制区域中的任意点

在 UG 功能区域,我们应该切换到啮合齿轮功能,被设置为齿轮与齿轮的所有可用的列表,点击直接设置驱动和从动齿轮,驱动,驱动齿轮和机械原理指的是开

车,从动齿轮的意思,它是不同的。在 UG 中,主动齿轮是指在建模过程中没有移动位置的齿轮;从动齿轮是指其位置在移动的齿轮,即当齿轮啮合时,从动齿轮应移动到与主动齿轮接近的位置,以便啮合在一起。中心线向量是主动齿轮中心指向主动齿轮中心的向量。根据齿轮的装配位置,我们应该选择相应的矢量来完成装配。根据装配位置,还应灵活设置主动齿轮和从动齿轮以及中心矢量,以达到顺利完成齿轮装配的目的

4.2 锥齿轮的建模与装配

对锥齿轮和直齿圆柱齿轮的操作是一样的,我们应该选择直齿圆柱齿轮和等头间隙收缩式齿轮,也要为锥齿轮参数选择默认值,只是修改截面锥角;两个轴之间的角度是 $\Sigma = 90^\circ$ 的锥齿轮啮合时,sub-cone 角齿轮 1 计算 equation $\delta_1 = \tan(Z1/Z2)$ 和弧 sub-cone 角齿轮 $290 - \delta_1$ 方程。在我们的例子中,锥齿轮 1 和 2 的啮合可以使用表达式函数来完成亚锥角的计算。 δ_1 could 时直接输入参数被修改;其他 sub-cone 啮合齿轮的角度应该 $90 - \delta_1$ 加载。我们应该转换齿轮啮合功能,使主动齿轮与被驱动齿轮具有与圆柱齿轮相同的意义,从动齿轮的轴矢量是根据从动齿轮的轴和装配位置来确定的,这与圆柱齿轮不同。

3D-Modeling and Motion Simulation of Composite Wheel

Gears Transmission Based on UG

1. Introduction

The UG software has been added NXGC toolbox since version 6.0 , which gear modeling toolbox can help users to accurately and quickly create involute spur, bevel or bevel gear etc., but also for the gears meshing and moving operations; so that it improves the design efficiency of gear train, and reduces the workload of designers. The motion simulation module is a CAE application software with powerful static and kinematic, kinematic analysis and calculation functions and dynamic simulation functions, which is used to establish the movement mechanism model to simulate the movement rule, and can perform interference analysis for the movement mechanism, track the movement trajectory of the parts or analysis the speed, acceleration, etc., of the institutional parts; furthermore, build independent motion analysis schemes without affecting the main assembly mode[1-2].

2. Principle Analysis Of Compound Gear Train

The gear train was a gear transmission system composed of a series of gears. The running of gear train could be divided into three categories according to whether the position of each gear axis relative to the rack was fixed or not: the fixed axis gear train, the epicyclical gear train and the compound gear train. Compound gear train in the actual use of machinery was the most common, which included both fixed axis gear train and epicyclical gear train; or was comprised by the several parts of epicyclical gear train[3].A compound gear train mechanism was shown as figure 1, which was the input speed as $W_1 = 19 \text{ r / min}$, and the number of gears as: $Z_1 = 90, Z_2 = 60, Z_2' = Z_3 = 30, Z_3' = 24, Z_4 = 18, Z_5 = 15, Z_5' = 30, Z_6 = 105, Z_8 = 35, Z_7 = 32$. The compound gear train consisted of a fixed axis gear train and a epicyclical gear train, where a fixed axis gear train (a) was comprised of the bevel gear 1-2-2'-3,a epicyclical gear train (b) was formed by the gear 3'-4-5-5'-6,and a fixed axis gear train (c) was constituted by the gear

4 Three dimensional modeling and assembly of compound gear train

4.1 Modeling and assembly of cylindrical gear

In UG, we should click the GC Toolbox → Gear Modeling → Spur Gears, select Create Gear Function, pop-up dialog box of involute cylindrical gear modeling, select parameter settings of the spur gear, external (internal) meshing gear and hobbing gear,

and input the parameters such as modulo, number of gear, gear width and pressure angle after determining; we could also click the default value, the software would automatically add parameters, thus modify other parameters on the above basis; the vectors and points respectively refer to the direction of the axis of the spur gear and the center of the bottom surface; furthermore, we, respectively, needed to directly select the vector symbol and any point in the drawing area.

In the UG function area, we should switch to the meshing gear function, be set to engage the gear in all available list gears, click directly to set the driving and driven gear, where the driving, driven gear and mechanical principle refers to the driving, driven gear meaning, it was different. In UG, the driving gear referred to the gear that did not move the position during the modeling process; the driven gear referred to the gear whose position was moving, namely, when the gear was meshed, the driven gear should move position and close to the driving gear so as to mesh together. The centerline vector was the vector that the center of the driving gear point to the center of the driven gear. According to the gear assembly position, we should select the corresponding vector to complete the assembly. According to the assembly position, we should also set the driving and driven gears as well as the center vector flexibly, so as to achieve the goal of successfully completing the gear assembly.

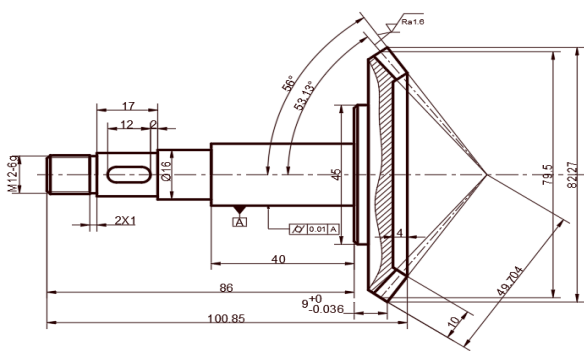
4.2 Modeling and assembly of bevel gear

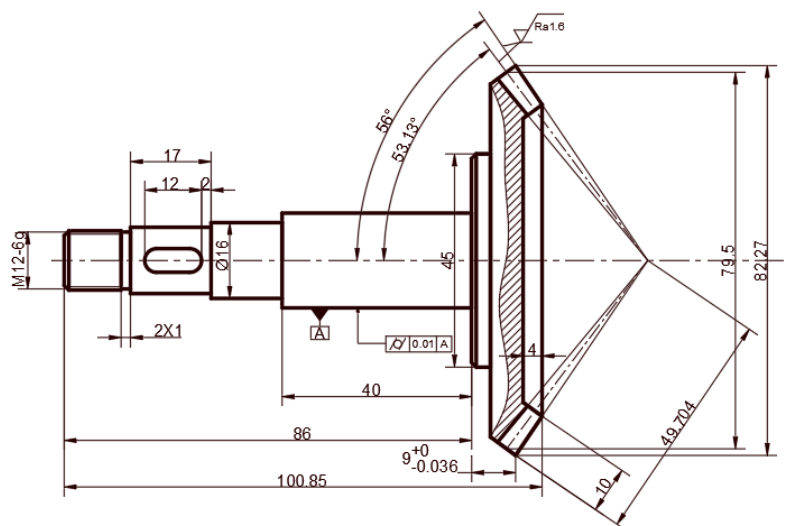
It was the same operation for bevel gear and spur gear, we should select the spur gear and equal head clearance shrinkage gear, also choose the default value for bevel gear parameters, just modify section cone angle; angle between the two axes was $\Sigma = 90^\circ$ when the bevel gear were meshing, The sub-cone angle of gear 1 was calculated as equation $\delta_1 = \arctan(Z_1/Z_2)$ and the sub-cone angle of gear 2 was equation $90 - \delta_1$. In our case, the meshing of the bevel gear 1 and 2 could use the expression function to complete the sub-cone angle calculation. δ_1 could be directly input when the parameter was modified; the other sub-cone angle of the meshing gear should be loaded $90 - \delta_1$. We should switch to the gear meshing function, so that the driving and driven gear had the same meaning with cylindrical gear, driven gear axial vector was determined by according to the driven gear axis and assembly position, which was different from the cylindrical gear

附录二 零件明细表

序号	代号	名称	数量	
1	JSQLJT-01	箱体	1	HT200
2	GB/T 5782	螺栓 M5X10	20	
3	JSQLJT-03	端盖	2	HT200
4	JSQLJT-04	箱盖	1	HT200
5	GB/T 70.1	螺钉 M5X12	4	
6	JSQLJT-06	垫片	1	工业用纸
7	JSQLJT-07	端盖	1	HT200
8	GB/T 297	滚动轴承 32904	6	
9	JSQLJT-09	传动轴	1	45
10	JSQLJT-10	蜗轮	1	ZCuSn10Pb1
11	JSQLJT-11	调整环	1	30
12	JSQLJT-12	锥齿轮	1	45
13	GB/T 1096	键 8X7X28	1	
14	GB/T 97.3	垫片 25	1	
15	GB/T 812	螺母 M25X1.5	1	
16	JSQLJT-16	透盖	1	HT200
17	JSQLJT-17	锥齿轮轴	1	45
18	JSQLJT-18	挡圈	1	45
19	JSQLJT-19	轴承套	1	Q235A
20	JSQLJT-20	套圈	1	Q235A
21	JSQLJT-21	油封	2	毛毡
22	JSQLJT-22	透盖	1	HT200
23	JSQLJT-23	蜗杆	1	45
24	JSQLJT-24	毡圈	2	
25	GB/T 5782	螺栓 M5X16	4	

附录三 锥齿轮轴工艺卡片

机械加工工序卡片					零件图号		JSQLJT-06	总 1 页			
					零件名称		锥齿轮轴	第 1 页			
					车间	工序号	工序名称	材料牌号			
					E3	1	车				
					毛坯种类		毛坯外形尺寸	切削液			
					45		φ 85*106				
					设备名称		设备型号	夹具名称			
					数控车床		CKA6150	三爪卡盘			
					工步内容					切削用量	
n (r/min)	v _c (m/min)	f (mm/min)	a _p (mm)	刀号						名称、规格	名称
车左端面					1200	210	0.1	2	1	80 度左手外圆车刀	游标卡尺
粗车轮廓外圆					1200	210	0.2	2	1	80 度左手外圆车刀	游标卡尺
精车端面外圆					400	/	0.1	/	2	55 度左手外圆车刀	千分尺
车螺纹					400	/	1	/	3	螺纹车刀	螺纹样板
车轴槽					400	/	1	1	4	槽刀	游标卡尺
锥齿轮内径镗孔					1200	150	0.2	1	1	80 度左手外圆车刀	游标卡尺

机械加工工序卡片		零件图号		JSQLJT-06		总 1 页						
		零件名称		锥齿轮轴		第 1 页						
	车间	E3		工序号	1		工序名称	铣		材料牌号		
	毛坯种类		45		毛坯外形尺寸		切削液					
	设备名称		加工中心 <th colspan="2">设备型号</th> <td colspan="2">DMC615</td> <th colspan="2">夹具名称</th> <td colspan="2">台式虎钳</td>		设备型号		DMC615		夹具名称		台式虎钳	
	工步内容		切削用量				刀具		量具			
			n (r/min)	v_c (m/min)	f (mm/min)	a_p (mm)	刀号	名称、规格	名称			
	铣齿轮		4000	125	2000	0.1	1	D1.5 铣刀	游标卡尺			
	铣键槽		3000	1200	1800	0.5	2	D4 立铣刀	深度尺			

附录四 锥齿轮轴轮廓 NC 程序

1. 车端面

```
N0010 G94 G90 G20
N0020 G50 X0.0 Z0.0
:0030 T00 H00 M06
N0040 G94 G00 X2.1143 Z.4436
N0050 X1.8386 Z.0684
N0060 G97 S400 M03
N0070 G95 G01 X1.7913 F.0059
N0080 X-.0472 F.0197
N0090 X-.0945 F.0394
N0100 G94 G00 Z.1865
N0110 X1.8386
N0120 Z.0453
N0130 G95 G01 X1.7913 F.0059
N0140 X-.0472
N0150 X-.0945 F.0394
N0160 G94 G00 X2.1143
N0170 Z.4436
N0180 M02
```

2. 粗车轮廓

```
N0010 G94 G90 G20
N0020 G50 X0.0 Z0.0
:0030 T00 H00 M06
N0040 G94 G00 X2.1143 Z.4436
N0050 X1.6458 Z.2063
N0060 G97 S500 M03
N0070 G95 G01 Z.159 F.0079
N0080 Z-4.2737 F.0197
N0090 Z-4.3209 F.0394
N0100 G94 G00 X1.6931
N0110 Z-3.7479
N0120 G95 G01 X1.6458 F.0079
N0130 X1.6181 Z-4.278 F.0197
N0140 Z-4.3253 F.0394
N0150 G94 G00 X1.6852
N0160 Z.2107
N0170 X1.5706
N0180 G95 G01 Z.1634 F.0079
N0190 Z-3.6477
N0200 X1.6458 Z-3.7479
N0210 X1.6792 Z-3.7144 F.0394
N0220 G94 G00 Z.2107
```

N0230 X1.4954	N0570 G95 G01 Z.1634 F.0079
N0240 G95 G01 Z.1634 F.0079	N0580 Z-3.4941
N0250 Z-3.5541	N0590 X1.1946
N0260 X1.5053 Z-3.5673	N0600 X1.228 Z-3.4607 F.0394
N0270 X1.5139 Z-3.5722	N0610 G94 G00 Z.2107
N0280 X1.5706 Z-3.6477	N0620 X1.0441
N0290 X1.604 Z-3.6143 F.0394	N0630 G95 G01 Z.1634 F.0079
N0300 G94 G00 Z.2107	N0640 Z-3.4941
N0310 X1.4202	N0650 X1.1193
N0320 G95 G01 Z.1634 F.0079	N0660 X1.1527 Z-3.4607 F.0394
N0330 Z-3.4941	N0670 G94 G00 Z.2107
N0340 X1.4504	N0680 X.9689
N0350 X1.4954 Z-3.5541	N0690 G95 G01 Z.1634 F.0079
N0360 X1.5288 Z-3.5207 F.0394	N0700 Z-3.4941
N0370 G94 G00 Z.2107	N0710 X1.0441
N0380 X1.345	N0720 X1.0775 Z-3.4607 F.0394
N0390 G95 G01 Z.1634 F.0079	N0730 G94 G00 Z.2107
N0400 Z-3.4941	N0740 X.8937
N0410 X1.4202	N0750 G95 G01 Z.1634 F.0079
N0420 X1.4536 Z-3.4607 F.0394	N0760 Z-3.4941
N0430 G94 G00 Z.2107	N0770 X.9689
N0440 X1.2698	N0780 X1.0023 Z-3.4607 F.0394
N0450 G95 G01 Z.1634 F.0079	N0790 G94 G00 Z.2107
N0460 Z-3.4941	N0800 X.8234
N0470 X1.345	N0810 G95 G01 Z.1634 F.0079
N0480 X1.3784 Z-3.4607 F.0394	N0820 Z-3.3366
N0490 G94 G00 Z.2107	N0830 X.8267
N0500 X1.1946	N0840 X.8937 Z-3.4036
N0510 G95 G01 Z.1634 F.0079	N0850 X.9271 Z-3.3702 F.0394
N0520 Z-3.4941	N0860 G94 G00 Z.2107
N0530 X1.2698	N0870 X.7531
N0540 X1.3032 Z-3.4607 F.0394	N0880 G95 G01 Z.1634 F.0079
N0550 G94 G00 Z.2107	N0890 Z-3.3366
N0560 X1.1193	N0900 X.8234

N0910 X.8568 Z-3.3032 F.0394	N1250 Z-1.7618
N0920 G94 G00 Z.2107	N1260 X.4016
N0930 X.6828	N1270 X.435 Z-1.7284 F.0394
N0940 G95 G01 Z.1634 F.0079	N1280 G94 G00 Z.2107
N0950 Z-3.3366	N1290 X.2835
N0960 X.7531	N1300 G95 G01 Z.1634 F.0079
N0970 X.7865 Z-3.3032 F.0394	N1310 Z-1.1719
N0980 G94 G00 Z.2107	N1320 X.3228 Z-1.1786
N0990 X.6125	N1330 X.3562 Z-1.1451 F.0394
N1000 G95 G01 Z.1634 F.0079	N1340 G94 G00 Z.2107
N1010 Z-3.3366	N1350 X.2441
N1020 X.6828	N1360 G95 G01 Z.1634 F.0079
N1030 X.7162 Z-3.3032 F.0394	N1370 Z-.5026
N1040 G94 G00 Z.2107	N1380 X.2835 Z-.5086
N1050 X.5422	N1390 X.3169 Z-.4752 F.0394
N1060 G95 G01 Z.1634 F.0079	N1400 G94 G00 Z-.4874
N1070 Z-3.3366	N1410 X.2913
N1080 X.6125	N1420 G95 G01 X.2441 F.0079
N1090 X.6459 Z-3.3032 F.0394	N1430 X.2433 Z-.5025 F.0197
N1100 G94 G00 Z.2107	N1440 X.2441 Z-.5026 F.0079
N1110 X.4719	N1450 X.2775 Z-.4692 F.0394
N1120 G95 G01 Z.1634 F.0079	N1460 G94 G00 X.2835
N1130 Z-3.3366	N1470 Z.0453
N1140 X.5422	N1480 X.252
N1150 X.5756 Z-3.3032 F.0394	N1490 G95 G01 X.2047 F.0079
N1160 G94 G00 Z.2107	N1500 Z.0216
N1170 X.4016	N1510 X.2441 Z-.0178
N1180 G95 G01 Z.1634 F.0079	N1520 X.2775 Z.0156 F.0394
N1190 Z-3.3366	N1530 G94 G00 X2.1143
N1200 X.4719	N1540 Z.4436
N1210 X.5053 Z-3.3032 F.0394	N1550 M02
N1220 G94 G00 Z.2107	
N1230 X.3228	
N1240 G95 G01 Z.1634 F.0079	

3. 精车轮廓

N0010 G94 G90 G20	N0280 G01 Z-3.5019
N0020 G50 X0.0 Z0.0	N0290 X1.4297
:0030 T00 H00 M06	N0300 G03 X1.4628 Z-3.5185 I0.0
N0040 G94 G00 X2.1143 Z.4436	K-.0413
N0050 X.0315 Z.1083	N0310 G01 X1.5028 Z-3.5718
N0060 G95 G02 X-.0315 Z.0453 I0.0	N0320 G03 X1.5151 Z-3.5816 I-.0129
K-.063 F.0039	K-.0287
N0070 G97 S600 M03	N0330 G01 X1.619 Z-3.72
N0080 G01 Z.0414	N0340 G03 X1.6242 Z-3.7473 I-.0252
N0090 X.1613	K-.0189
N0100 G03 X.1905 Z.0293 K-.0413	N0350 G01 X1.4857 Z-4.2465
N0110 G01 X.2241 Z-.0044	N0360 G02 X1.5296 Z-4.3241 I.0607
N0120 G03 X.2362 Z-.0336 I-.0292	K-.0168 F.0394
K-.0292	N0370 G94 G00 X2.1143
N0130 G01 Z-.4527	N0380 Z.4436
N0140 G03 X.2347 Z-.4638 I-.0413	N0390 M02
K0.0	
N0150 G01 X.2219 Z-.5098	
N0160 X.2343	
N0170 G03 X.2756 Z-.5512 I0.0	
K-.0413	
N0180 G01 Z-1.1792	
N0190 G03 X.315 Z-1.2205 I-.002	
N0200 G01 Z-1.7697	
N0210 X.3524	
N0220 G03 X.3937 Z-1.811 I0.0	
N0230 G01 Z-3.3445	
N0240 X.8109	
N0250 G03 X.8401 Z-3.3566	
N0260 G01 X.8737 Z-3.3902	
N0270 G03 X.8858 Z-3.4194 I-.0292	
K-.0292	

附录五 锥齿轮传动机构装配图

附录六 端盖零件图

附录七 箱盖零件图

附录八 锥齿轮轴端盖零件图

附录九 传动轴零件图

附录十 蜗轮零件图

附录十一 调整环零件图

附录十二 锥齿轮零件图

附录十三 透盖零件图

附录十四 锥齿轮轴零件图

附录十五 挡圈零件图

附录十六 轴承套零件图

附录十七 套圈零件图

附录十八 油封零件图

附录十九 锥齿轮轴透盖零件图

附录二十 蜗杆零件轴

