

# 基于伺服控制系统对行星减速机精度调节的初步研究

湖北行星传动设备有限公司 易明珠

**摘要:**减速机在传动领域占有重要的地位,其中行星减速机以整体的优越性能占据首位,具有机械效率高,承载力矩大,运转平稳,体积小等特点,然而,机械加工的精度也时刻影响着机器的运转精度,从而也影响了机器在运转过程中精度的不确定性,为了弥补这一缺陷,我们对伺服系统控制减速机的精度做了一些初步研究。

**关键词:** 伺服系统 行星减速机 精度

## 1. 引言

湖北行星传动设备有限公司致力于对高精度、低噪音的行星减速机的研发,从而走向国内领先水平,然而,在实际运用过程中,精度与噪音是成反比关系,因此,要把握这一平衡点也是有相应难度,为突破这一局限,我们不仅在对机械加工过程中各零部件的精度上提高要求,同时也要在软件上对传动系统提供精度调整,这样运用硬件与软件的结合,从而达到行星减速机的高精度——超低侧隙、低噪音的优质机型。

## 2. 行星减速机精度(侧隙)控制

侧隙的定义:按照 ISO/ TR10064-2:1996 和 GB/Z18620.2-2002《圆柱齿轮检验实施规范第2部分:径向综合偏差、径向跳动、齿厚和侧隙的检验》,侧隙的定义是:两个相配齿轮的工作齿面相接触时,在两个非工作齿面之间所形成的间隙。侧隙有圆周侧隙  $j_{wt}$ 、法向侧隙  $j_{bn}$  和径向侧隙  $j_r$  之

分。本文以法向侧隙为主。

在实际过程中,行星减速机侧隙可以理解为输入轴与输出轴的最大偏角,测量时先固定输入轴,在输出轴端施加额定扭矩的 2% (克服减速机内部应力),所转动的偏角即为此机型的侧隙。

产生侧隙的原因:行星减速机在传递动作的过程中主要是由齿轮啮合来实现的,然而在齿轮的啮合过程中,

基本是靠齿轮的精度与装配工艺来控制齿轮啮合的优劣,在加工过程中,齿轮的精度跟操作员的技术有关,同时也与机床本身的精度有关,这样就避免不了的出现人为误差和系统误差,当出现误差,齿轮啮合就出现如下图状态,同时影响输出端的偏转角度。

通过上图可以看出,减速机在实际传动过程中,侧隙是不可避免的,只能说能尽可能的提高精度来减小侧

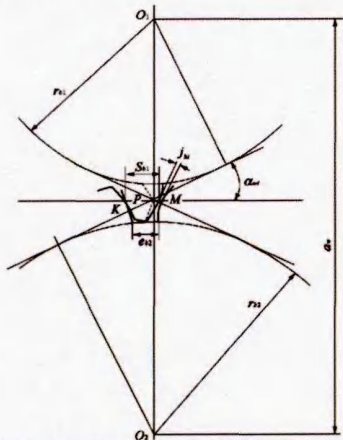


图1 外啮合的端面齿廓法向侧隙

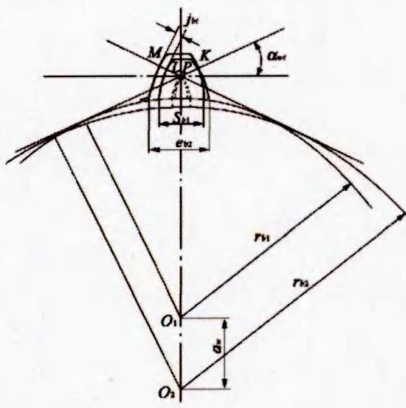


图2 内啮合的端面齿廓法向侧隙

隙，目前我公司能做到小于 3arcmin，但我们并不满足，我们的目标就是“零侧隙”。然而，即使在硬件技术上达到了“零侧隙”，但问题是，当减速机运转一段时间后，由于机械零部件之间的磨损，齿轮之间的啮合也会出现侧隙，对于要长期满足“零侧隙”的条件来说，这仅仅是个“假象”。同时，侧隙越小，表明传动零部件之间的啮合越紧密，这样再高速运转的过程中，机体的噪音就相应的上升，这也是一个对立的过程。为解决这一现状，我们引入了伺服控制系统。

1. 伺服控制系统概述 伺服控制系统又称随动系统，是指被控制量（系统输出量）是机械位移或位移速度、加速度的反馈控制系统，能够使输出位移或转角准确的追踪输入位移或转角。常见的伺服控制系统按驱动原件可分为机电伺服系统，液压伺服系统和气动伺服系统。在伺服控制系统中，我们常见的都是基于反馈调节的运用，即为 PID 控制，他主要包括三个部分：测量、比较和执行。测量变量，与理想值相比较，再用这个误差调节控制系统的响应。反馈调节其规律可写为闭环传递函数如下：其系统控制结构图如下：

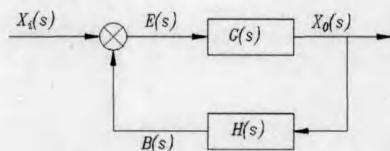


图3 闭环系统结构图

要实现控制系统的准确性，其中有三个基本参数是关键因素：比例环节，积分环节，微分环节。其中比例环节是按比例反应系统的偏差，例如在行星减速机上可以实现输入和输出的角位移偏差的响应；积分环节是消除系统的稳态误差，达到精确控制；微分环节主要是反应信号偏差的变化趋势，有预见性。比例、积分和微分环节一般不单独使用，往往是相互依存的。

## 2. 伺服控制系统对减速机的精度

调节将伺服控制系统与行星减速机作为一个整体的传动系统，，我们可以利用伺服系统的反馈调节，对我们的减速机的传动精度进行调节。

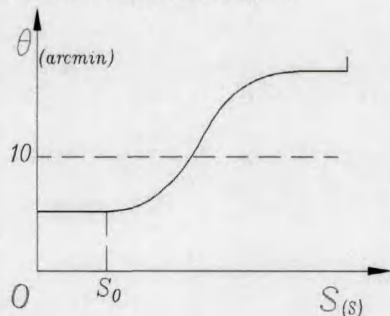


图4 无调节的 s/θ 曲线

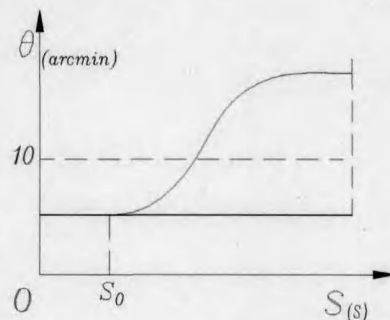


图5 有调节的 s/θ 曲线

减速机在无控制系统调节时，随时间的推移，侧隙会逐渐变大，当达到使用寿命是则彻底报废。然而，在有伺服控制系统调节时，在开始一段时间，系统会自动识别前后偏差，在前由于前后比值恒定，通过反馈响应，则无需进行调节，当达到后，由于磨损，侧隙逐渐增大，此时系统的放大环节，对减速机出现的微小偏差进行放大，

然后通过反馈调节传回到驱动装置，驱动装置收到响应后，发生相应的动作，直到输入和输出的对比值达到所要求的值后则完成相应的动作，这样就能得到较高精度的输出值。

前景伺服控制在传动领域的应用越来越多，主要特点就在于它有良好的控制能力，反应能力，能在较短的时间内完成相应的动作。目前，机电伺服系统，相对液压伺服系统和气动伺服系统，成本还比较低，应用也比较广泛，机电伺服控制有一定的优势，然而，对于我们行星减速机来说，做到高端机型，成本也是相应的比较高，如果再加上一套完整的伺服控制系统，这样成本就会再次的提升，但是可以对我们的减速机的控制实施一种嵌套模式，如客户需要高精度的行星减速机，并且主机带有控制系统，我们可以将行星减速机的伺服控制系统嵌套在主机的控制系统中，这样就可以避免硬件的浪费，从而降低成本，这种嵌套模式目前还在初步探讨中，需进一步的研究。目前的机械行业，能实现硬件与软件的控制，已成为当代发展的趋势，对于我们的高端行星减速机，也是一种考验。⊙

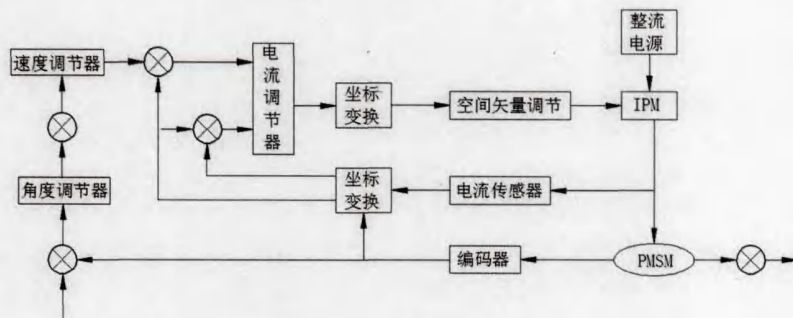


图6 伺服控制示意图