锥齿轮轴切齿组合夹具

■ 宁夏天地奔牛集团有限公司　（宁夏 753001）　曾　熹

摘要：随着高精度机床的应用，为了提高机床的生产效率和使用率，高效、组合夹具的应用越来越广泛。公司目前的切齿工装存在安装难度大、费时费力，因此设计了一套采用锥面弹性套夹紧的组合夹具，有效的降低了辅助时间和劳动强度，提高了效率。

夹具是机械加工不可缺少的部件，在机床技术向高效、精密及智能化方向发展的带动下，夹具技术也随之朝着高精、高效、模块、组合和经济性方向发展。生产制造中使用专用性的夹具来实现高效率，且能保证产品的高质量。

1. 公司锥齿轮轴切齿现状

由于之前公司加工设备的加工范围所限，我们所能加工的克林根贝格圆锥齿轮副最大为模数10，最大加工锥齿轮轴的轴径ϕ150 mm，齿部外圆最大加工直径ϕ630 mm。设备尺寸较小，设计的工装也较小，我们使用图1所示锥齿轮轴切齿工装进行切齿加工。

此切齿工装夹具使用原理：将定位胎体与机床连接后，装入待加工工件，将工件尾部的螺纹孔利用拉杆接头与拉杆连接，螺母锁死后利用液压系统拉紧待切工件，实现工件的定位与夹紧。

此工装夹具的不足之处：①每加工一个工件，就得松、紧一次锁紧螺母，拆卸一次拉杆。②在锥齿轮轴径位置增加工艺键槽，削弱了轴的强度，对后续加工增加了难度。③拉杆与工件螺纹孔对中比较困难，拉杆越长越困难。

2. 锥齿轮轴切齿组合夹具方案

公司从德国引进了先进的数控切齿机，该套设备加工精度高，各项参数的设定与调整均是机床自动执行（接触区模拟软件将接触区的调整时间大大缩减），极大的提高了切齿精度及效率，对工装夹具的精度要求比较严格，切齿工序辅助时间的减少直接影响着加工效率与设备使用率。这要求切齿工装夹具精度要高、装卸快捷及夹紧可靠，因此对切齿工装进行重新设计。

夹具一般由5部分组成：①连接元件是确定夹具在机床上正确位置的元件。②定位元件，在夹具中确定工件位置的一些元件称为定位元件。③夹紧装置，在夹具中由动力装置、中间传力机构（如杠杆、螺纹传动副、凸轮等）和夹紧元件（卡爪、压板等）组成的装置，称为夹紧装置。前三部分为夹具必须具备的因素。④其他装置，其他辅助装置，如送料机构、顶出机构等。⑤对刀或导向装置，确定刀具相对于定位元件的正确位置。

基于以上夹具设计理念，我们为进口切齿机配置了一套高效组合夹具，进口切齿机采用液压缸进行工件的夹紧，只需设计中间传力机构和夹紧机构（见图2）。

如图2所示，件2是工件定位元件。件3既是工装的定位元件，也是夹紧装置之一，同时也是连接装置，是该套工装的核心元件。件4、5、6、7是夹紧装置，其中件4锥面弹性套是夹紧元件，件5、6、7是中间传力机构，件7与机床液压系统相连接，通过它们将动力传递到锥面弹性套，进而使工件夹紧。

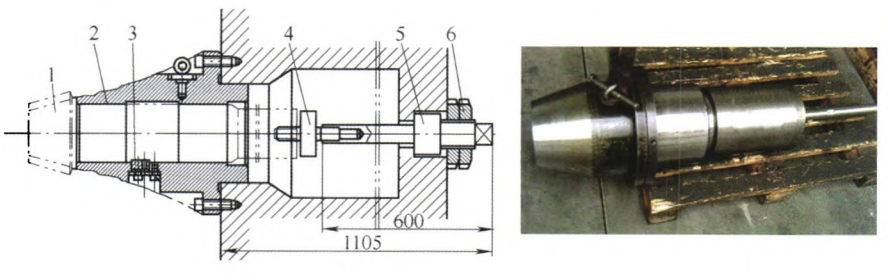


图　1

1.锥齿轮轴　2.定位胎体　3.防转键块　4.拉杆接头　5.拉杆　6.锁紧螺母

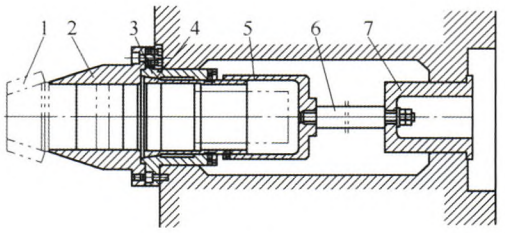


图 2

1.锥齿轮轴 2.定位胎体 3.支撑套 4.锥面弹性套 5. 螺纹接套 6.接杆 7.连接套

该工装的工作原理：工件穿入定位胎体2（定位元件）的内孔，定位端面装到位后，起动液压夹紧系统，通过件7、6、5传力机构给（夹紧元件）锥面弹性套4一拉力，弹性套在拉力的作用下内孔收缩，将工件夹紧，确保工件在铣削加工过程中始终在同一位置。

3. 组合夹具的力学分析

工装使用锥面弹性套实现夹紧，切齿过程中锥面弹性套在工件轴径表面产生的摩擦力矩必须大于切削力矩。

（1）对锥面弹性套进行受力分析：锥面弹性套通过对锥套施加一定的轴向力F_a，使之在径向胀缩，在轴表面产生很大的压应力，从而靠由此产生的摩擦力来夹紧工件，抵消切削力矩（见图3）。

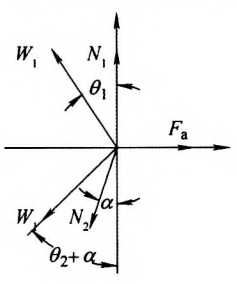


图 3

$$W_1\sin\theta_1+W_2\sin(\theta_2+\alpha)-F_a=0 \quad (1)$$

$$W_1\cos\theta_1+W_2\cos(\theta_2+\alpha)=0 \quad (2)$$

式中，W_1对锥面弹性套的全反力；W_2支撑套对锥面弹性套的全反力；α为锥面弹性套的半锥角。

对式（1）、式（2）进行整理得到

$$W_1=\frac{F_a}{\sin\theta_1+\cos\theta_1\tan(\theta_2+\alpha)} \quad (3)$$

$$W_2=\frac{F_a}{\sin(\theta_2+\alpha)+\cos(\theta_2+\alpha)\tan\theta_2} \quad (4)$$

轴对对弹性套内表面的压力为

$$N_1=W_1\cos\theta_1=\frac{F_a\cos\theta_1}{\sin\theta_1+\cos\theta_1\tan(\theta_2+\alpha)} \quad (5)$$

圆柱形内孔与工件依靠摩擦力传递的扭矩为

得 $M_1=N_1\mu_1 d_0/2\,000$ (6)

M_1=599.24 N·m（F_a=3 000 kN）

（2）铣削力矩的计算：切齿机切齿时属于角度铣削，而且初始铣削为单刀齿开槽，逐步转化为两刀齿参与铣削，因此铣削力存在渐变的过程。单刀齿铣削功率

$$N=C_N\cdot10^{-5}\cdot D^g\cdot t^x\cdot S_z^y\cdot B^u\cdot Z\cdot n\cdot K_{MN} \quad (7)$$

式中，查《工艺切削手册》得到角度铣削时C_N=2.0，g=0.14，x=0.86，y=0.72，u=1.0；加工的工件材料选取20CrMnTi，抗拉强度是σ_b=1100 N/mm^2，铣刀盘直径D=ϕ210 mm，刀齿数为5组10个，工件铣削宽度100 mm，铣削深度3 mm，铣削速度v=100 m/min，f_z=0.1 mm/z。

$$n=1\,000v/\pi D=151.65$$

计算得到N=3.525 kW。

在圆周方向的铣削力为：

$$P_z=60\times120N/v \quad (8)$$

由于铣削时材料的不同，加工性质的不同以及铣削参数的变化，需要给予安全系数K

$$K=K_0\cdot K_1\cdot K_2\cdot K_3\cdot K_4 \quad (9)$$

式中，K_0是基本安全系数1.3～2.0（选取1.5）；K_1是加工性质系数1.2；K_2是刀具钝化系数1.2；K_3是断续切削系数1.2（连续切削系数1.0）；K_4是夹紧力稳定系数1.3。

则圆周方向的最终铣削力为

$$P=P_z\cdot K=60\times120N/(v\cdot K_0\cdot K_1\cdot K_2\cdot K_3\cdot K_4)=605.83\text{ kN} \quad (10)$$

铣削力在锥齿轮轴铣齿过程中产生的扭矩为

$$M_e=P\cdot d_a/2\,000 \quad (11)$$

M_e=42.4 N·m

两刀齿参与铣削时的铣削力为M_e的2倍，即M_{e1}=84.8 N·m。

M_1=599.24 N·m > M_{e1}，该工装满足加工时工件夹紧的要求。

4. 结语

此工装夹具的特点在于高效、可重组性、通用性强，特别是在批量化生产中，工装安装好后，只需将工件装入工装即可，辅助时间大大降低。之前我们使用的工装夹具只有定位元件、传力装置（直接用螺杆将液压系统与工件连接），此种工装夹具制造费用较低，但在使用时存在每加工一个工件，拉紧螺杆必须拆卸一次，效率很低。

夹具的通用性直接影响其经济性，夹具制造一次性投资比较大，只有夹具系统的可重组性、可重构性及可扩展性功能强，应用范围广才能体现出经济性好。此套工装夹具在以后的扩展时只需重新设计定位元件和锥面弹性套两个零件即可，其余的零件均可使用。**MW**

（收稿日期：20140920）