



# 基于 ANSYS 的无键联接套热装配预应力分析

朱长启

(济钢集团有限公司 检修工程公司, 山东 济南 250101)

**摘要:**利用 ANSYS 有限元分析软件,对济钢第一小型轧钢厂中轧减速机输出轴无键套联接与轴的配合进行建模,并模拟计算配合应力,得出过盈量与最大预应力的对应关系,为减速机输出轴无键联接套的过盈量设计计算提供了理论依据。

**关键词:**无键联接套;热装配;预应力;ANSYS;过盈量

中图分类号: TG302

文献标识码: B

文章编号: 1004-4620(2013)04-0070-01

## 1 前言

济钢第一小型轧钢厂 18# 减速机输出轴是通过无键联接套与万向接轴相连的,采用热装方法装配在减速机输出轴上。这种热装配合靠摩擦力或摩擦力矩传递载荷,摩擦力与配合面间产生的正压力成正比,正压力越大,则摩擦力越大,传递的载荷也越大;正压力大小与装配的过盈量有关,过盈量越大,则配合表面的正压力也越大,从而传递的扭矩也越大,但是过盈量太大会增加热装配的难度。因此,对无键联接套装配的预应力进行分析,以确定合适的装配过盈量。利用 ANSYS 有限元分析软件,对无键联接套联接进行建模、设置材料属性、划分网格、设置约束条件等操作,可方便地模拟计算出不同过盈量下的配合正压力,以确定合适的装配过盈量。

## 2 正压力计算与配合预应力分析

在无键套联接中,为了传递有效力矩,配合面间需要有一定的径向压力,即配合正压力。根据无键联接套传递的扭矩和配合尺寸,计算出本联接中所需要的径向压力,然后利用 ANSYS 软件建立接触模型,模拟不同过盈量下的接触应力。根据所需径向压力,确定满足现场要求的配合过盈量。

### 2.1 正压力的计算

当无键联接套连接传递转矩  $T$  时,则应保证在此转矩作用下不产生周向滑移。亦即当径向压力为  $p$  时,在转矩  $T$  的作用下,配合面间所能产生的摩擦阻力矩  $M_f$  应大于或等于转矩  $T^{[1]}$ 。

设配合面上的摩擦系数为  $f$ ,配合尺寸同前,则

$$M_f = \pi d l p f l / 2。$$

因需保证  $M_f \geq T$ ,故得

$$p \geq \frac{2T}{\pi d^2 l f}。 \quad (1)$$

式中:  $p$  为配合面间的径向压力,由有限单元法求得, GPa;  $f$  为配合面间的摩擦系数,取 0.12;  $T$  为输出轴传递的扭矩, N·m;  $d$  为配合的公称直径, 185 mm;  $l$  为配合长度, 205 mm。

经计算,为了传递有效力矩,需要配合面间的径向压力最小为 3.9 GPa。在本实例中,两种材料弹性模量,  $E_1 = E_2 = 2.09 \times 10^5$  MPa。被包容件与包容件材料的泊松比为 0.3<sup>[2]</sup>。

### 2.2 有限元分析配合预应力<sup>[3]</sup>

1) 建立无键联接套与齿轮轴装配模型。输入参数,建立无键套和齿轮轴的接触模型。由于无键联接套与齿轮轴为对称模型,为了简化计算,利用工作平面切分模型,并删除 3/4 模型,只建立 1/4 模型进行计算。2) 定义材料属性并划分网格。材料属性,设置弹性模量为  $2.09 \times 10^5$  MPa,泊松比为 0.3。网格划分,设置无键套和输出轴网格密度后,设置单元格形状为 Hex,网格划分方法为 Sweep,选择 Auto Src/Tig 进行网格划分。

### 2.3 建立接触单元<sup>[4]</sup>

单击菜单弹出 Contact Manager 对话框,启动 Contact Wizard 在 Target Surface 域选择 Areas,在 Target Type 域选择 Flexible 选项,单击 Pick Target,选取无键套与齿轮轴接触的曲面。然后在 Contact Surface 域选择 Areas 选项,在 Contact element type 域选择 Surface-to-Surface 选项,单击 Pick Contact,选取无键套与齿轮轴接触的曲面。单击 OK,建立接触单元。

### 2.4 建立约束条件

单击菜单,弹出拾取对话框。拾取无键套和轴被切分出来 4 个面,然后确定。选择无键套的左上侧曲面,并固定该面的所有对话框。

### 2.5 求解装配应力

分析类型选择静态大变形分析,设置 time at end of steps 值为 100,关闭 Automatic(下转第 72 页)

收稿日期: 2013-03-15

作者简介: 朱长启,男,1987年生,2010年毕业于辽宁科技大学机械设计专业。现为济钢检修工程公司助理工程师,从事冶金设备管理维护工作。

杠上的螺母随滑道做水平移动,螺母上的挡块在事先设定好的过卷位置碰撞限位开关SQ1或SQ2。SQ1和SQ2为正反向过卷开关,它们的常闭触点串联在安全回路中。安全继电器KA的常开触点控制电源接触器KM的线圈回路。过卷装置上螺母的水平移动是靠挡板的起落来控制的,挡板落下时,螺母在丝杠的作用下水平移动,挡板抬起时,螺母只随丝杠转动,不再水平移动,在较长距离提放抓斗或调整过卷距离时,要将挡板临时抬起,完毕后再将挡板落下。根据井筒掘砌工艺要求,正反向过卷距离均设定为5 m。

考虑到井底工作面不断延伸,规定每掘进5 m提落1次吊盘、调整1次过卷距离。

2)断路器跳闸回路过卷断电保护。在绞车中间轴的轴头上安装另一套过卷装置,DXZ-2/8-960型多功能转角式行程限位器安装在绞车底盘上,限位器输入轴上的牙轮通过链条与安装在绞车中间轴轴头上的牙轮相连,限位器微动开关SQ3和SQ4分别为正反向过卷开关,串联在断路器跳闸线圈QF回路中,SB9为急停按钮。限位器的过卷距离及调整周期与安全回路过卷装置相同。其调整方法为:将抓斗提升到距吊盘下层盘5 m处(以正向过卷调整为例),松动紧固螺母,调整相对应的调整轴至记忆凸轮压下微动开关SQ3,触点由闭合状态转换为断开状态,拧紧紧固螺母,开动绞车做过卷试验,试验合格即为调整完毕。反向过卷的调整与之相同。

(上接第70页) time stepping, 在 number of substeps 域输入1,最后确定、求解。绘制装配应力图,得到应力分布云图。通过应力云图发现最大预应力发生在无键联接套与轴的接触面上,为8.53 GPa。采用修改命令流的方式求得每隔0.02 mm时的过盈量与最大预应力的对应关系<sup>[5]</sup>,见表1。

表1 过盈量与预应力对应关系

过盈量/mm	0.30	0.28	0.26	0.24	0.22	0.18	0.16	0.14	0.12	0.10
最大预应力/GPa	8.53	7.83	7.13	6.48	5.71	4.04	3.60	2.92	2.19	1.49

### 3 结 语

经计算,在本减速机中,为了传递有效力矩,需要配合面间的径向压力最小为3.9 GPa,由表1查出

### 2.4 故障报警功能

SQ5为正向过卷预报警开关,安装在与主轴连接的过卷装置上,调整位置为距离正向过卷处6 m,即在抓斗上升至距离正向过卷位置6 m时,螺母上的挡块碰撞限位开关SQ5,SQ5常开触点闭合,报警器发出过卷预报警信号,提醒井口信号人员立即断电。当发生过卷故障时,SQ1和SQ2的常开触点接通报警回路,报警器发出过卷报警信号。

### 2.5 安全制动闸和锁车装置的开车闭锁保护

SQ6为锁车装置开车闭锁开关,插入锁车销子时SQ6常闭触点断开,反之闭合;SQ7为安全制动闸开车闭锁开关,安全制动闸敞开时SQ7常开触点闭合,反之断开;接触器4KM控制液力推动器工作电机的运行。SQ6、SQ7及4KM的触点都串联在正反向接触器2KM和3KM的线圈回路中,以防止锁车装置没有解除或安全制动闸处于刹闸状态下开车。

## 3 改进后应用效果

实践证明,电控系统改进后,绞车由发生失控故障到断电停车过程中,应急处置环节明显减少,缩短了处置时间。处置路线的增多,进一步提高了整个装岩系统的安全性和可靠性。双重过卷装置的设置使得绞车过卷保护更加灵敏可靠,有效预防了过卷故障的发生,绞车故障率显著降低。系统具有多点控制、多路保护、应急处置方便快捷、操作简单实用等特点,保证了长绳悬吊抓岩机的安全高效运行。

应取相应的过盈量为0.18 mm。最大接触应力发生在无键联接套外侧边缘偏内,由于模型的对称性,所以其应力分布也对称,并且最大预紧力随过盈量的增加而增大。当过盈量为0.18 mm时,可以满足现场传递有效力矩的要求。

#### 参考文献:

- [1] 成大先.机械设计手册[M].5版.北京:化学工业出版社,2008.
- [2] 刘鸿文.材料力学[M].4版.北京:高等教育出版社,2004.
- [3] 郝伟,张洪,郝永福.有限元法在接触问题中的应用[J].机械管理开发,2005(2):50-51.
- [4] 张红松,胡仁喜,康士廷.ANSYS12.0有限元分析从入门到精通[M].北京:机械工业出版社,2010.
- [5] 薛风光,胡仁喜,康士廷.ANSYS12.0机械与结构有限元分析从入门到精通[M].北京:机械工业出版社,2010.

## 常见单位符号大小写混淆示例

单位名称	错误符号	标准符号	单位名称	错误符号	标准符号	单位名称	错误符号	标准符号
米	M	m	帕[斯卡]	pa	Pa	千克	Kg	kg
秒	S	s	瓦[特]	w	W	摩[尔]	Mol	mol
吨	T	t	电子伏	ev	eV	升	l	L