

带式输送机传动滚筒轴的有限元分析与比较

程小平

(南通航运职业技术学院 交通工程系, 江苏 南通 226010)

摘 要:文章通过对某型带式输送机传动滚筒轴的有限元法分析和许用应力法分析,阐述了二者分析方法和分析步骤,比较了二者分析的过程,指出了危险区段及应对措施,具有一定的应用价值。

关键词:传动滚筒轴;许用应力法;有限元法

中图分类号:TH222

文献标识码:A

文章编号:1671-9891(2017)01-0058-04

0 引言

传动滚筒轴是带式输送机最重要的传动部件,在实践中如果设计有缺陷容易导致轴断裂,从而造成重大的经济损失。目前传统的设计方法主要是许用应力法,经过大量的实践证明,其设计基本可靠,符合生产要求。这类设计主要凭借设计人员的经验,很多设计人员出于安全考虑,通常会选用较大的安全系数,从而造成所选设备结构过于庞大,这一定程度上会造成社会资源的浪费。近年来,随着计算机技术的进步,利用有限元分析软件进行结构设计的方法也越来越被广泛应用。在结构设计计算方面,这些软件往往能更有效地计算出与实际相接近的应力和应变分布情况,从而为进一步的结构优化提供依据。本文将分别应用许用应力法与有限元分析法对传动滚筒轴进行计算与校核,并进行比较分析,以供参考。

1 传动滚筒轴的相关参数

某带式输送机的传动滚筒结构及尺寸如图 1 所示。传动滚筒轴在 1、5 处通过角接触轴承支撑,轴中间通过两个胀套将力矩传给滚筒,电动机通过轴的左侧传递扭矩。经过初步计算,已经知道传动滚筒通过胀套传递给轴的两处力均是 130 kN,轴左侧传递扭矩为 40 kN·M。轴的材料为 45 号调质钢,弹性模量 $E=2.0 \times 10^{11}$ Pa,泊松比 $\lambda=0.3$,许用应力 $[\sigma_s]=60$ MPa,许用挠度 $[Y]=0.003$ m。

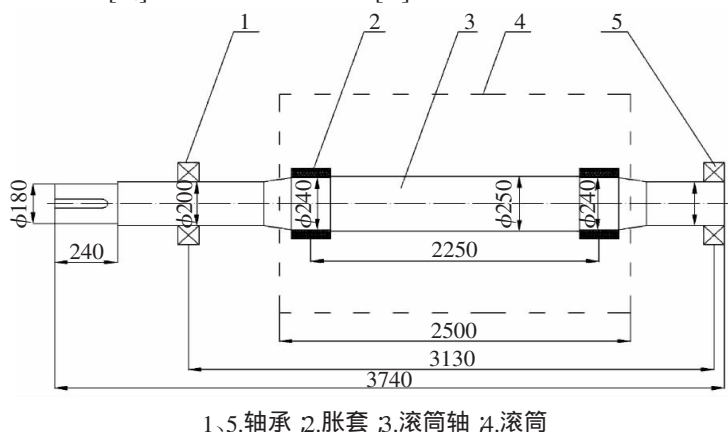


图 1 传动滚筒轴结构示意图

收稿日期:2016-10-20

基金项目:南通航运职业技术学院科技类研究课题“基于 ANSYS 的带式输送机传动滚筒的有限元分析”(项目编号:HYJ2013017)。

作者简介:程小平(1982—),男,湖北广水人,南通航运职业技术学院交通工程系讲师,硕士。

2 力学模型的建立

根据图1所示结构,首先要建立力学模型。基于主要目的是要比较两种校核方法,对结果的精度要求不是很高,所以有必要对部分力做一些简化。首先将滚筒所受拉力及滚筒的自重都简化到胀套处,忽略轴自重的影响,将轴承处和胀套处所受的力都加载在宽度中间位置。传动滚筒轴校核计算如图2所示。

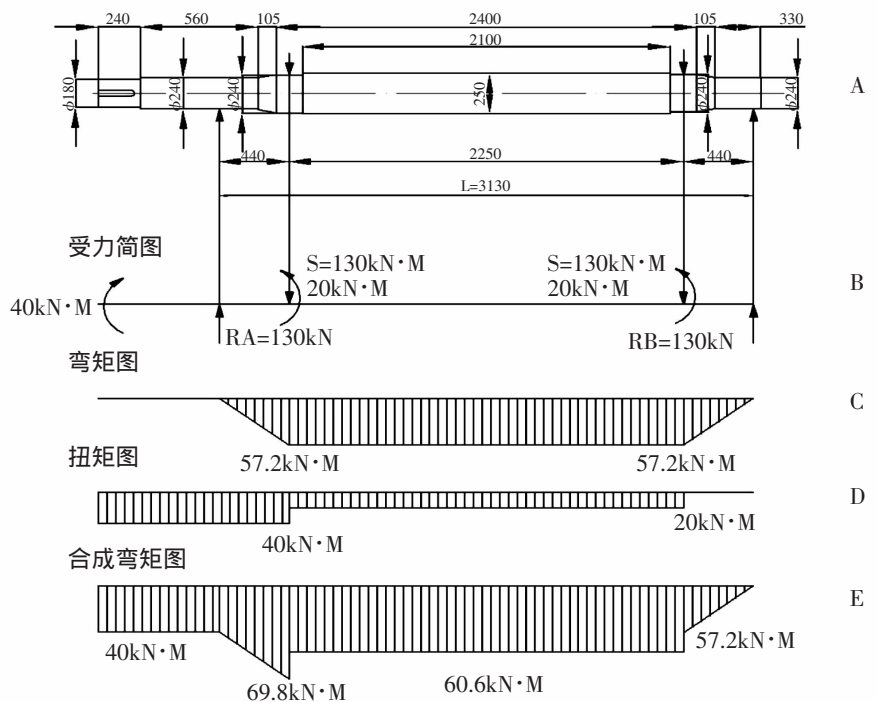


图2 传动滚筒轴校核计算

3 许用应力法校核

根据图2中B部分很容易求得轴所受的弯矩图、扭矩图及合成弯矩图,分别如2中C、D、E部分所示。

第一,求取支反力 R_A 和 R_B 。 R_A 和 R_B 以及两胀套处的力左右对称,所以 R_A 和 R_B 的值如式(1)所示。

$$R_A = R_B = S = 130 \text{ kN} \quad (1)$$

第二,求取胀套宽度中间位置弯矩,如式(2)所示。

$$M_S = R_A \times 0.44 = 57.2 \text{ kN} \cdot \text{M} \quad (2)$$

第三,求取两胀套中间位置的扭矩,如式(3)所示。

$$T_S = T/2 = 20 \text{ kN} \cdot \text{M} \quad (3)$$

第四,按照第三强度理论计算合成弯矩。左侧胀套处的合成弯矩 M_1 与右侧胀套处的合成弯矩 M_2 分别如式(4)、式(5)所示。

$$M_1 = \sqrt{M_S^2 + T^2} = \sqrt{40^2 + 57.2^2} = 69.8 \text{ kN} \cdot \text{M} \quad (4)$$

$$M_2 = \sqrt{M_S^2 + T_S^2} = \sqrt{20^2 + 57.2^2} = 60.6 \text{ kN} \cdot \text{M} \quad (5)$$

第五,进行强度校核,如式(6)所示。

$$\sigma_{\max} = \frac{M}{W} = \frac{69\,800}{0.001\,36} = 51.5 \times 10^6 \text{ Pa} < [\sigma_s] = 60 \text{ MPa} \quad (6)$$

由此可以看出强度满足要求。式中 W 为抗弯模量,其计算如式(7)所示。

$$W = \frac{3.14d^3}{32} = \frac{3.14 \times 0.024^3}{32} = 1.36 \times 10^{-3} \text{ m}^3 \quad (7)$$

第六,进行刚度校核。因为传动滚筒轴集中载荷对称,所以可以直接采用公式计算,如式(8)所示。

$$Y_{\max} = \frac{Pb(3l^2 - 4b^2)}{48EI} \times 2 = \frac{13000(3 \times 3.13^2 - 4 \times 0.44^2)}{48 \times 2 \times 10^{11} \times 19165 \times 10^{-8}} = 0.002 \text{ m} < [Y] = 0.003 \text{ m} \quad (8)$$

式中 P 为轴上集中载荷,单位为 N ; l 为两支撑点之间的距离,单位为 m ; b 为集中载荷与较近支点的距离,单位为 m 。计算结果显示,刚度也满足要求。通过上述计算分析可知,传动滚筒轴的危险截面在胀套宽度截面处达到最大,而挠度最大处在两胀套之间的中间位置,只需校核此处的应力即可满足要求。

4 有限元法校核

4.1 建立有限元模型

本文以 ANSYS 有限元分析软件来进行校核。首先根据轴的结构尺寸建立几何模型。对于简单的几何体,可以在 ANSYS 中利用建模工具直接建立模型,但是对于较复杂的几何体,更为常见的方法是利用 Solidworks 或者 Proe 等三维画图软件建立模型,再利用 ANSYS 中的导入功能将模型导入。在建立模型的时候也必须做一些简化,可考虑将各处的倒角和过渡圆弧等去掉,因为这对计算结果影响不大。此外,扭矩输入端的键槽也可以去掉,而用理想的圆柱体来代替。本例是在 Solidworks 中建立的模型,结果如图 3 所示。

4.2 网格划分

本例选用了 Solid185 单元,形状为四面体,尺寸大小控制为 $0.02mm$,以自由划分网格形式,共生成单元体 95 143 个。solid185 单元用于构造三维固体结构。单元通过 8 个节点来定义,每个节点有 3 个沿着 xyz 方向平移的自由度。单元具有超弹性、应力钢化、蠕变、大变形和大应变能力。网格化后结果如图 4 所示。



图 3 传动滚筒轴模型

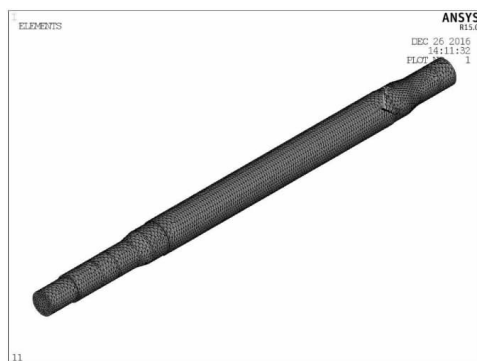


图 4 传动滚筒轴网格

4.3 添加约束和载荷

在两个轴承的位置,需要添加约束。由于有限元分析软件的求解问题,在不影响滚筒轴受力分析计算的条件下,考虑到轴能够旋转,在左端轴承处只保留沿轴线旋转的自由度,右端轴承保留沿轴线旋转的自由度及沿轴线方向移动的自由度。载荷包含扭矩和集中应力,扭矩采用给截面表面上的节点添加力矩的办法实现,先要选择添加扭矩的截面外圆周线,然后选择上面的节点,接着就可以添加了。这里需注意要将这些节点坐标系转化为柱坐标系,且与局部柱坐标系方向要一致。集中应力的添加相对简单,但最好不要直接加载到某一个点上,否则会导致最终计算出来的最大应力过大。最好将集中应力分散到接触表面上各个节点,只需要保证总的合力不变即可,这样就不会影响真正的最大应力出现的位置。加载结果如图 5 所示。

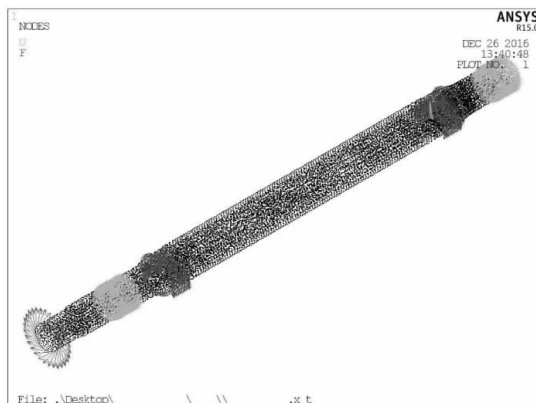


图 5 传动滚筒轴加载及约束

4.4 求解及结果分析

加载结束并设置好相关参数后,就可以直接求解了。其总应变与总应力分别如图 6 和图 7 所示。

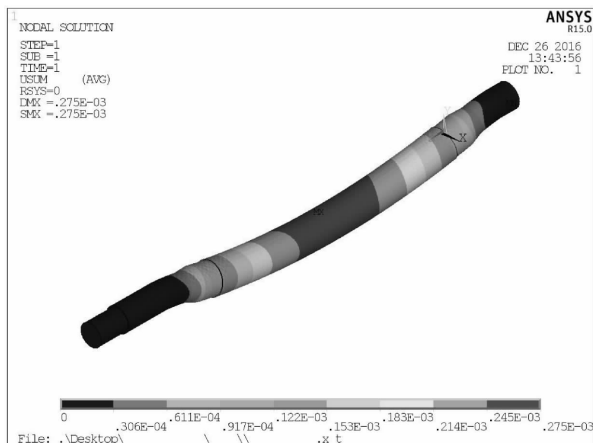


图 6 传动滚筒轴总应变

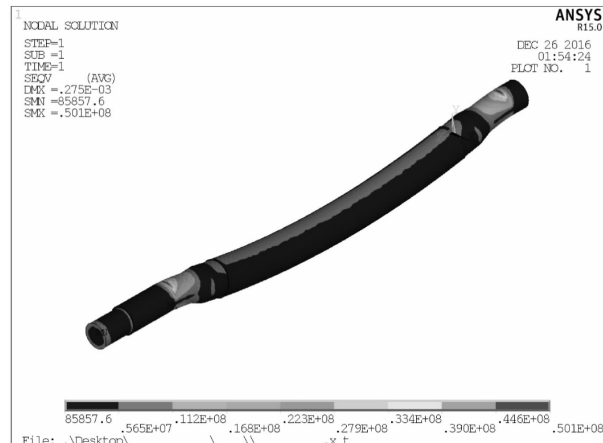


图 7 传动滚筒轴总应力

从分析结果可以看到最大应力 $\sigma_{\max} = 50.1 \text{ MPa}$, 最大应变 $Y_{\max} = 0.275 \text{ mm}$, 都满足相关要求。最大应力出现在左侧轴承的右端, 最大应变出现在两个胀套中间位置。

5 分析比较

首先, 总体上看有限元分析法和许用应力法计算结果相差不大, 计算结果都能满足要求, 说明有限元分析方法完全能够满足实际要求, 具有推广的价值。其次, 从结果来看, 有限元分析方法得到的计算结果比许用应力法略小, 这从侧面说明许用应力法选择的安全系数确实偏大, 还有一定的改进空间, 这就需要从各个层面去探索许用应力法的计算方法, 寻求更优化的结果。第三, 许用应力法得出的结果, 最大应力出现在左边胀套与轴接触处, 而有限元分析法得到的结果, 最大应力出现在左侧轴承靠右侧一端, 二者位置不同。这就提示左侧轴承与左侧胀套这一段应力较大, 属于危险区段, 不得在这一位置开槽、开孔等, 轴承可用定距环加以定位, 以免加大这里的应力。最后, 有限元法省去了中间复杂的计算环节, 为分析问题带来了方便。

6 结束语

本文根据某带式输送机传动滚筒轴的设计参数, 采用了许用应力法和有限元法对传动滚筒轴进行了强度和刚度的校核计算。通过对两种方法的比较, 判断传动滚筒轴的强度和刚度是否满足要求, 并指出了危险区段及应对措施。对于复杂结构的分析问题, 最好二者结合起来使用, 才能兼顾效率和准确性。

参考文献:

- [1] 陈思义. 带式输送机传动滚筒轴设计中的力学问题[J]. 成都纺织高等专科学校学报, 2009(3): 31-33.
- [2] 尤惠媛, 李武兴. 带式输送机大型传动滚筒轴的有限元分析[J]. 煤矿机械, 2010(10): 90-91.
- [3] 丁成业, 罗述祥. 传动滚筒的有限元分析及优化[J]. 筑路机械与施工机械化, 2011(12): 90-93.

Finite Element Analysis and Comparison of Shaft of Driving Drum on a Belt Conveyor

CHENG Xiao-ping

(Dept. of Transport Engineering, Nantong Vocational & Technical Shipping College, Nantong 226010, China)

Abstract: Through the analyses of the finite element and allowable stress approaches on the shaft of driving drum on a belt conveyor, this article expounds the analytical methods and steps for both approaches, compares their analytical process, and points out the dangerous section and corresponding measures, which is of certain value for application.

Key words: Shaft of driving drum; Allowable stress approach; Finite element approach