

纺纱锭子的研究和发展

彭超英 陈瑞琪 朱均 陈立森 吴高绵 肖伟根

(华南理工大学) (中国纺织大学) (西安交通大学) (河南省第二纺织机械厂)

【摘要】 本文介绍了纺纱锭子的基本结构;对现有国内外有关锭子的研究文献进行了综述、分析,归纳出纺纱锭子问题产生的原因。最后,根据转子动力学的弹性支承理论及研究文献的综述结果,指出采用双弹性支承等结构是纺纱锭子发展的方向。

一、现状

十九世纪中叶,美国人 Fales 和 Jenks 首创了机械锭子^[1]。随后,美国的 Rabbeth 对这种锭子结构作了重要的改进,将轴承等封闭在一个壳体內。尔后才逐步发展为由锭杆、锭盘、支承件、锭脚、锭钩等零件组成的部件。二十世纪初,德国 SKF 公司开始制造滚动轴承锭子。其上、下轴承与锭脚刚性联接,转速达 8000~12000r/min,称刚性支承锭子,现已淘汰。目前国内外广泛使用的是弹性支承锭子,它问世于五十年代,它的下支承为弹性,外加油膜阻尼器,其转速达 16000~18000r/min,称单弹性支承锭子^[1~3]。

一般对纺纱锭子的要求为:①高速且平稳;②使用寿命长;③噪声低;④功耗小;⑤制造、维护方便。随着纺织工业的发展,对锭速提出了更高的要求。

二、研究综述

资料^[4~10]分别用 SAP84、SAP5 程序及传递矩阵法计算了纺纱锭子的临界转速,结果认为锭子的二阶临界转速接近工作转速区。因而可以推断,锭子高速运转时,由于接近二阶共振区,而导致剧烈的强迫振动以及噪声和轴承损坏。为此,资料^[11]提出缩短锭杆下部长度以提高二阶临界转速,上支承加弹性以降低噪声。资料^[6~8]则建议用上弹性支承来同时降低二临界转速和噪声。资料^[9]采取减小锭底质量来提高二临界转速。资料^[11]认为锭子的二临界转速在 30000r/min 以上。资料^[12]用可编程计算器计算了锭子的临界转速,资料^[13]用模态综合法讨论了锭子的动力响应。资料^[15、16]用频谱分析法对锭子的噪声研究表明,锭速大于 12000 r/min 时,强迫振动是锭子产生噪声的主要原因,进一步证明了锭子高速运转时噪声的剧烈增加是由于工作转速接近二临界转速时发生了剧烈的强迫振动而引起的。资料^[17]依据功率谱识别原理,对环锭纺纱机噪声源

进行了识别。它指出,细纱机的主要噪声源之一是锭子噪声,其中心频率是 272Hz,与锭子回转频率相同,是回转频率的辐射。降低这一噪声可从声源控制和声学治理两方面着手。资料^[18]对锭子作了噪声频谱分析,其结果与资料^[15~17]不同,认为锭子的噪声属于高频噪声类型,其峰值在 1k~2k Hz 频段内。控制这种噪声的主要措施有:用上弹性支承、用锭子隔振垫圈。资料^[19]通过对锭子噪声的研究,得出了与资料^[17、18]类似的降噪措施。德国 Süessen 公司在其 NASA 型锭子上,采用了阻抗势垒的原理来大幅度降低锭子的噪声。资料^[22]的观点比较折衷,它认为锭子噪声是由同频噪声和高频噪声两部分组成,由锭杆的弯曲振动引起。资料^[23]研究了锭子轴承的负荷,其主要结论是,当锭速超过 15000r/min 时,上轴承受力急剧增加;降低上支承刚度,轴承受力会有明显减小。因此,上支承改为弹性支承,不仅可调整二阶临界转速、降低噪声,还能减小上轴承的受力。

在低频振动方面,资料^[24]采用单质量简化模型分析了锭子由于其材料内阻尼,润滑油压力和干摩擦引起的自激振动问题,其结论是,增加下支承阻尼可消除自激振动。资料^[25]用光电装置测量锭端轨迹,分析了锭子的分频振动现象,指出锭子产生这种振动的原因是下支承的锥形滑动轴承具有非线性恢复力特性。产生低频振动的原因大多与锭杆和锭底的非正常接触有关^[25、26],而非正常接触也是锭尖磨损的主要原因^[27、28]。资料^[29]认为锭尖磨损主要是由正常接触时的磨粒磨损引起。

在功耗方面,资料^[31]指出,锭子消耗于空气中的功率是锭子功耗的主要部分,它与纱管直径的四次方成正比,与锭速的三次方成正比。故在转速越来越高的情况下,减小各种回转件的直径,有利于功耗的减小。资料^[30]通过实验证明,小锭盘可节能。资料^[31]计算了空锭的功耗,结果表明,上轴承功耗占整个空锭功耗的

90%，且与轴承节圆直径的三次方成正比。由此可见，减小上轴承直径是锭子节能的又一途径。

根据以上研究资料所述，纺纱锭子所存在的问题，按其产生的原因可归纳如下：

1. 由于锭子在二临界转速附近工作而出现弯曲强迫共振，并引发强烈的噪声且使上轴承破坏。同时，锭杆弯曲还可能诱发内阻失稳。

2. 由于锭尖与下轴承的非正常接触，引发各种低频振动并使锭尖出现非正常磨损，功耗也随之增加。

3. 刚性支承的上轴承产生高频噪声以及很大的动压力。

4. 锭尖与下轴承正常接触时，堆积在锭底的污物颗粒，使锭尖产生磨粒磨损。

5. 高速运转时，功耗急剧增加。

三、发展方向

综上所述，锭子的振动是其核心问题。资料^[32]认为，借助于弹性支承可控制锭子的各种振动，如：过临界时的共振、由弯曲引起的内阻失稳，由滑动轴承非线性特性引起的油膜失稳以及由滚动轴承引起的高频振动。这种弹性支承的特点在于，主要是通过降低支承刚度，而不是增加支承阻尼，来发挥弹性支承的作用。这样的弹性支承将使转子工作在二临界或三临界转速以上，而将各种剧烈振动区置于工作起点转速以下。本文将该理论称之为转子动力学的弹性支承理论。

根据以上研究综述及弹性支承理论，建议在研制新型锭子时，应考虑采用以下结构：

1. 用低刚度的双弹性支承结构，以控制锭子的振动和失稳，并降低上轴承的动压力和高频噪声。

2. 用径向滑动轴承及平面推力轴承相组合的下轴承结构来避免分频振动和锭尖磨损。

3. 用钢制小锭盘以降低功耗。

作者根据以上原则，研制了一种双弹性支承高速锭子^[33]。它可越过二临界转速，在25000r/min下稳定地运转。锭端振幅小于0.06mm，单锭噪声低于61dB(A)。这说明上述锭子结构的发展方向是正确的。

参 考 资 料

- [1] 陈瑞琪等：《纺纱锭子的理论与实践》，纺织工业出版社，1990，6。
- [2] 《纺织器材》，No. 1，p. 16~25，1990。
- [3] 《纺织机械》，No. 6，p. 16~17，1991。
- [4] 《中国纺织大学学报》，Vol. 13，No. 5，p. 46~53，1987。

- [5] Wu Wenying, et al., An Optimal Design of Ring Spinning Spindles Using Program SAP84, J. of China Textile University, No. 1, p. 17~25, 1989.
- [6] 《中国纺织大学学报》，Vol. 12, No. 6, p. 36~41, 1986。
- [7] Chen Ruiqi, et al., Vibration Analysis of Spindle Using Program SAP5, J. of China Textile University, No. 1, p. 96~105, 1986.
- [8] 叶国铭：锭子结构及动力学，中国纺织大学博士论文，1988，11。
- [9] Pamela Banks-lee, Optimization of Textile Spindle Design by Use of Finite Element Analyses, Doctoral Thesis of North Carolina State University, USA, 1987.
- [10] 《中国纺织大学学报》，Vol. 17, No. 2, p. 34~38, 1989。
- [11] 《山东纺织科技》，No. 2, p. 34~38, 1989。
- [12] Caliskan, M., et al., Dynamics of Textile Spindles on a Programmable Calculator, 11th Biennial Conf. on Mech. Vibration and Noise, Boston, Massachusetts, 1987.
- [13] 《华东纺织工学院学报》，Vol. 11, No. 9, p. 80~87, 1985。
- [14] Degirmenci, U., et al. The Effect of Oil Filled Bolster on Textile Spindle Dynamics, 3rd International Conf. on Rotordynamics, Lyon, 1990.
- [15] 《华东纺织工学院学报》，Vol. 11, No. 3, p. 1~8, 1985。
- [16] Chen Ruiqi, et al., A Study of Vibration and Noise in High Speed Parts of Textile Machinery by Means of Spectrum Analyzer, J. of China Textile University, No. 2, p. 10~17, 1987.
- [17] 《纺织器材》，No. 2, p. 1~6, 1989。
- [18] 《纺织机械》，No. 2, p. 11~13, 1992。
- [19] 《纺织机械》，No. 6, p. 29~33, 1990。
- [20] Süessen, S., Textile World, No. 4, p. 68~69, 1990.
- [21] 《纺织机械》，No. 8, p. 19~22, 1992。
- [22] Stewart, N. D., Analysis and Control of the Textile Ring Spinning Frames, Doctoral Thesis of North Carolina State University, USA, 1985.
- [23] 《上海纺织工学院学报》，No. 2, p. 27~35, 1980。
- [24] 《中国纺织大学学报》，Vol. 13, No. 5, p. 88~97, 1987。

(下转第17页)

(上接第 55 页)

- [25] Chen Ruiqi, et al., The Optical-Electric Apparatus for Measuring the Locus and Analyzing the Self-Excited Vibration of the Spindle, J. of East China Institute of Textile Science and Technology, No. 1, p. 49~61, 1984.
- [26] 《纺织机械》, No. 4, p. 8~12, 1981.
- [27] 《纺织机械》, No. 1, p. 15~20, 1988.
- [28] 《纺织机械》, No. 6, p. 12~15, 1992.

- [29] 《棉纺织技术》, Vol. 19, No. 8, p. 36~39, 1991.
- [30] 《上海纺织科技》, No. 5, p. 15~16, 1988.
- [31] 《中国纺织大学学报》, Vol. 14, No. 4, p. 93~98, 1988.
- [32] [俄]克利宗, A. C. 等著, 董师予译:《转子动力学—弹性支承》, 科学出版社, 1987, 6.
- [33] 彭超英, 新型高速纺纱锭子及其相关轴承——转子系统动力特性的研究: [博士学位论文], 西安交通大学, 1994, 6.