

Study on vibration damping elastic pulley of concrete pipe pile centrifuge

Ye Ning Yuan Qi Chuanlun Hou Xin Guo

CRRC Qishuyan Locomotive & Rolling Stock Technology Research Institute Co., Ltd., Changzhou, Jiangsu, 213011, China

Abstract

Analyzing the operating conditions of the existing centrifuge equipment, making a new structural design of the original steel carrier, and a split structure vibration reduction elastic carrier is developed. Establish the product dynamics model, analyze the vibration during the operation of the stover, select the stiffness parameters of the vibration-reducing elastic stoker according to the dynamic analysis results, and conduct the product development and installation test. By the replacement of the vibration reducing elastic wheel on the spot, the vibration noise comparison test is conducted on the centrifuge with the vibration reducing wheel. The field measurement results show that the replacement of the vibration reduction elastic carrier can effectively reduce the main frequency noise and vibration during the equipment operation, in which the noise reduction effect can reach 8-10dB (A), and the vibration attenuation can reach more than 80%.

Keywords

vibration reduction support wheel; noise reduction; vibration reduction

混凝土管桩离心机减振弹性托轮的研究

宁焯 戚援 侯传伦 郭鑫

中车戚墅堰机车车辆工艺研究所股份有限公司, 中国·江苏·常州 213011

摘要

分析现有离心机设备运行工况,对原有钢质托轮进行全新结构设计,开发一种分体结构减振弹性托轮。建立产品动力学模型,对托轮运行过程中的振动进行分析,根据动力学分析结果选定减振弹性托轮的刚度参数,进行产品开发和装机测试。通过现场进行减振弹性托轮的换装,对换装减振托轮的离心机与普通钢制托轮离心机进行振动噪声对比测试。现场实测结果表明,通过减振弹性托轮的换装,可对设备运行过程中主频噪声和振动有效降低,其中降噪效果可达8-10dB(A),振动衰减最高可达80%以上。

关键词

减振托轮; 降噪; 减振

1 引言

近年来随着建筑行业的快速发展,混凝土管桩在高层建筑、码头工程、桥梁工程、高速公路、铁道工程被广泛采用。混凝土管桩离心机是管桩生产过程中的重要设备。主要通过离心力将混凝土浆料在管模中高速旋转,利用离心力形成一个空心圆筒状的混凝土预制管桩。这种方法能够确保混凝土在模具中均匀分布并形成密实的结构,从而提高预制桩的质量和强度。

管桩离心机主要由驱动电机、托轮(主动轮、从动轮)、传动轴、轴箱、管模几部分组成。通过电机皮带轮带动传动轴及主动托轮转动,依靠主轮和管模间的摩擦力带动管模转动,从而带动从动轮进行转动。目前离心机托轮主要为普通

整体式钢制结构,管模为两个半圆组成,由于管模合模处存在不平顺情况,同时长期运用过程中管模存在翘曲等问题,导致管模在托轮带动下高速运转时与托轮接触碰撞产生极大的振动和噪声,严重影响车间工作人员的身心健康,对员工造成头晕、耳鸣等各种生理疾病^[1]。另外由于不平顺等原因,导致管模出现异常跳动,窜模等问题,严重时出现飞模等问题,存在安全风险^[2]。

前期相关企业尝试在托轮外圈包覆一层橡胶,虽然能有效降低振动和噪声,但由于管模载重大,运行速度快,管模不平顺引起的频繁冲击导致包覆的橡胶层寿命很短,无法满足生产使用需求。还有企业在离心机两侧竖立隔离墙,起到一定的安全防护作用,但对于噪声的改善效果甚微,未能从根本上解决该问题。因此,如何从根本上降低设备运行过程中的振动和噪声问题成为管桩生产企业急需解决的问题。

【作者简介】宁焯(1989-),男,中国江苏溧阳人,硕士,高级工程师,从事减振降噪产品开发研究。

2 减振托轮结构设计

由于离心机产生的振动和噪声主要来自管模与托轮间的接触碰撞造成。要改善振动和噪声根本上是要改善管模和托轮间的接触状态，改刚性接触为弹性接触从而降低接触碰撞过程中的噪声振动^[1]。原有的外圈弹性体包覆方案无法满足产品使用需求，因此考虑将减振橡胶弹性体材料内嵌在轮体内部，将现有的整体式钢制托轮设计为分体式弹性托轮。依靠内部橡胶的减振隔振作用，降低振动和噪声。产品设计过程中橡胶采用预压缩的方式压装在车轮内部，降低在运用过程中的应变，减少橡胶的变形，降低橡胶的生热，提高橡胶材料的使用寿命。外部轮辋采用金属材料与管模接触，确保产品具有良好的耐冲击性能。减振弹性托轮结构如下所示包括外圈的轮辋（1）、减振橡胶（2）、内圈的扣环（4）、轮毂（6）锁紧螺栓（5）以及密封胶（3）等组成。



图 1 整体式钢制托轮结构图



1- 轮辋、2- 减振橡胶、3- 密封胶、4- 扣环、5- 锁紧螺栓、6- 轮毂

图 2 减振弹性托轮结构图

3 减振托轮产品仿真分析

产品在实际使用过程中最大管模直径为 600，最小管模直径为 400，不同管模运用过程中托轮承载的载荷不一致。为了实现良好的减振降噪效果，需要设计减振托轮合理的刚度值。根据动力学理论建立产品的动力学模型。为简化计算采用一组 4 个托轮按照最大直径 600 管模重量进行模型建立和分析计算。通过计算表明减振托轮刚度在 100~500kN/mm 范围内管模运行过程中垂向加速度急剧下降，在刚度低于 100kN/mm 范围内加速度变化较小。较低的刚度（大的位移）可达到较好的减振效果，但低刚度产品在使用过程中橡胶变形较大，应力及温升较高，影响橡胶产品的使用寿命；较高的刚度（小位移）产品使用过程中橡胶变形小，应力及温升低，产品使用寿命长但减振效果较差。综合考虑将产品刚度设计在拐点区域，位移变形控制在 0.1~0.2mm，同时结合直径 600 和 400 管模的承载情况，设计减振托轮的产品刚度，完成产品的样机生产。

4 产品装机测试

在现场一条管模离心机上换装减振托轮，为确保测试条件的一致性，测试过程中采用同一条管模分别在装配减振

托轮的离心机和原有钢制托轮离心机上进行振动和噪声对比测试。分析采用减振托轮的减振和降噪效果。同时为验证对不同规格的管模的降噪效果，选取一件最大直径管模（直径 600 管模）和一件最小直径管模（直径 400 管模）分别在减振弹性托轮产线和普通钢轮产线进行测试。

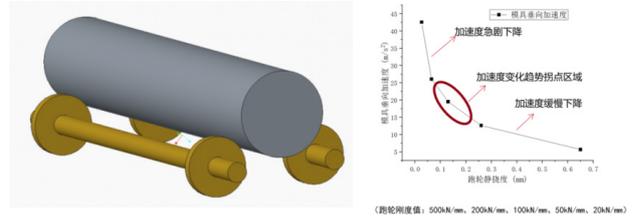


图 3 产品动力学分析

4.1 降噪效果测试

测试结果表明在最高转速运行阶段不同规格的管模在减振托轮产线上的噪声值均值和最大值均实现有效降低，噪声最大值降低可达 10dB(A) 以上，均值可达 8dB(A) 以上。

表 1 管模高速运行阶段噪声均值、最大值对比（围栏外）

管模	Φ400 管模		Φ600 管模	
	均值 LAeq [dBA]	最大 LAFmax [dBA]	均值 LAeq [dBA]	最大值 LAFmax [dBA]
弹性托轮	90.1	91.7	92.2	93.7
钢轮	99.7	102.6	100.3	104.12
降噪值	9.6	10.9	8.1	10.4

为了进一步分析产品的降噪效果，对减振托轮的减振效果进行分析。针对测试过程中噪声进行频域对比分析，对比普通钢轮和减振弹性托轮运行过程中的噪声频域。通过噪声频谱对比发现离心机产线运行过程中产生的噪声主频在 500Hz 频率附近，减振弹性托轮对高频（500Hz 以上）的噪声均有明显的降噪效果，实现对设备运行过程中的噪声有效衰减和降低。

表 2 管模高速运行阶段噪声频域对比

管模	Φ400(500Hz 频率处) [dBA]	Φ600(500Hz 频率) [dBA]
钢轮	91.48	92.08
减振托轮	78.89	81.05
降噪量	12.59	11.03

4.2 减振效果测试

此外，为了分析产品的减振效果，通过在轴箱位置安装三向振动传感器对设备运行过程中的振动进行测试和对比分析。传感器 X 方向为沿传动轴方向，Y 方向为垂直地面方向，Z 方向为水平方向。结合产品的承载和运行分析，X 方向主要为管模存在轴箱窜动，对托轮造成沿轴向的冲击。Y 方向和 Z 方向为承载管模径向冲击载荷方向。

通过对运行过程中轴箱位置振动的均值和有效值进行对比分析，减振弹性托轮相比钢轮对运行过程中轴箱振动的峰值以及有效值均实现了有效的降低，最大降幅可达

85.92%。同时发现在钢轮离心机运行过程中轴箱会瞬时出现一些异常的加大冲击，在弹性托轮产线中可完全消除这种异常的冲击，确保设备运行过程中的平稳。

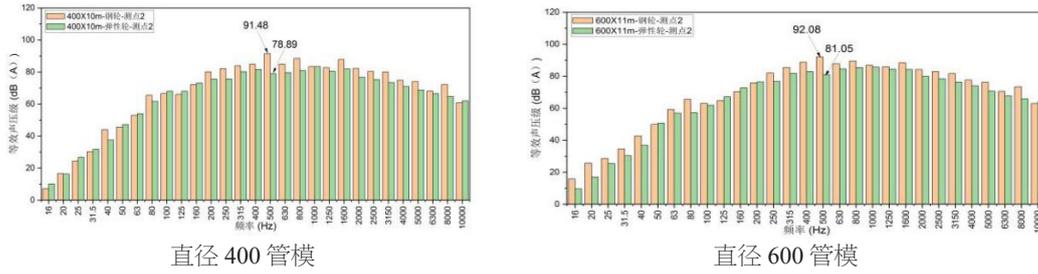


图 4 管模 1/3 倍频程图示

表 3 管模振动加速度峰值、有效值对比（高速阶段）

测试项点	方向	振动加速度 (g)		降低值 (g)	降幅 (%)
		钢轮	弹性托轮		
Φ 400 管模振动峰值	X	16.95	5.41	11.54	68.09
	Y	27.68	7.80	19.88	71.81
	Z	18.9 (33.7 瞬时)	3.43	15.47	81.8
Φ 400 管模振动有效值	X	2.27	0.81	1.46	64.51
	Y	2.57	0.57	2.00	77.99
	Z	2.04	0.29	1.75	85.92

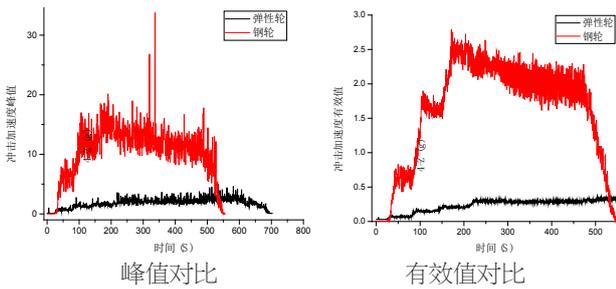


图 5 Φ 400 管模振动 Z 向加速度对比

为了为设备的减振效果进行深入分析，对产品振动频域进行对比分析。通过频域对比分析，设备运行过程中的振动主频为 500Hz 频段，弹性托轮对设备运行过程中的 500Hz 左右的主频振动实现有效衰减，尤其是 Y 方向和 Z 方向的衰减更为明显，验证了上述分析中对 Y 方向和 Z 方向的振动有效值明显衰减。同时发现减振托轮对 500Hz 以上的高频振动均实现了有效的抑制和衰减，验证了产品可对瞬时异常振动的有效消除。

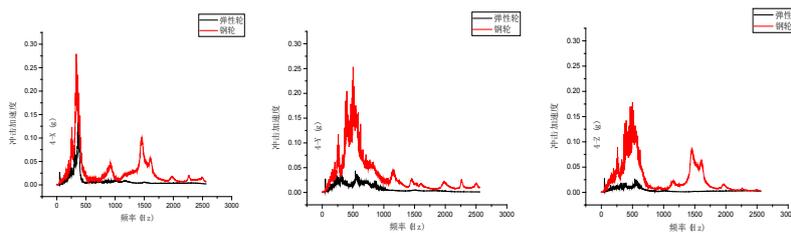


图 6 φ 400 管模振动频域对比

5 结论

管桩离心机运行过程中的振动和噪声主要是由于托轮与管模间的摩擦振动导致，通过开展弹性减振托轮的设计开发，将原先托轮和管模间的纯刚性接触改为弹性接触，减少冲击振动。通过装机实测，产品实现了优异的减振降噪效果，降低噪声均值可达 8dB(A) 以上，轴箱振动可降低 60% 以上，改善车间工作环境。另外通过降低振动，减少轴箱轴承等设备的故障，减少设备日常维修等工作。

产品经过 1 年以上的装机运用，整体状态良好，满足设备长期使用需求。后续考虑在托轮上装备相关阻尼材料进一步降低振动和噪声。

参考文献

- [1] 左言言等.管桩离心机振动噪声控制研究[J].重庆交通大学学报,2015.12(6),186-190
- [2] 李立权.离心混凝土钢模窜动问题—兼谈离心机的安装和钢模的改革[J].广东建材,1994.4,32-33
- [3] 郭文浩.弹性轮对动力学性能分析[D].成都,西南交通大学,2011