

DOI:10.3969/j.issn.1001-4551.2013.06.015

回转支承在轨道旋转装置中的应用

金 龙, 潘国峰, 田 鑫

(杭州国电机械设计研究院有限公司, 浙江 杭州 310030)

摘要:为解决轨道系统中变向旋转装置金属结构变形大、旋转中心定位困难的问题,以柘溪水利发电厂过坝滑道设备改造工程为例,简要分析了铁路系统和矿山领域中的轨道旋转装置,将回转支承成功的运用于柘溪水利发电厂过坝滑道设备的轨道旋转装置中。针对轨道旋转装置设备金属结构运行时的力学性能,提出了相应的基本假设条件,从强度和刚度两个方面对新旧旋转装置的金属结构进行了静力学结构分析,得出了将回转支承运用于新旋转装置后的新旧旋转装置金属结构的应力和挠度曲线;最后,根据基本假设条件和现场的安装情况对旋转装置金属结构和回转支承的安装提出了基本原则,充分保证了旋转装置在使用过程中,其金属结构按照新设备的力学模型运行。研究结果和现场运行检测记录表明,回转支承的运用对轨道旋转装置金属结构的强度和刚度有明显改善。

关键词: 回转支承; 轨道旋转装置; 静力学

中图分类号: TH112; TH122 文献标志码: A

文章编号: 1001-4551(2013)06-0704-03

Application of gyration support in trick rotating device

JIN Long, PAN Guo-feng, TIAN Xin

(Hangzhou State Power Machinery Research & Design Institute Co., Hangzhou 310030, China)

Abstract: In order to solve the problem that the metal structure of converting and rotating devices have large deformation and the center of gyration is hard to position, founded on the Zhexi Hydroelectricity station dam passing slide device rebuilding project, the track rotating device in the railway and mine was briefly analyzed, the gyration support mechanism was used on the track rotating device of Zhexi Hydroelectricity station dam passing slide device successfully. Aiming at the metal structure mechanical property of the track rotating devices when the devices were working, the basic assumptions were proposed, the results of stress and deflection curve of new and old devices was gotten from the static structure analysis in strength and stiffness. Finally, according to the basic assumption and the site installation situation, the basic principle of gyration support installation was proposed to make sure metal structure of the rotating device working conform to the mechanic model of new devices. The results and the site operation detection both indicate that the gyration devices improve the track strength and stiffness significantly.

Key words: gyration support; trick rotating device; statics

0 引 言

轨道旋转装置一般多用于地形比较特殊、轨道旋转半径较小、转角较大的轨道变向体中。与普通旋转机构相比,轨道旋转装置所承受的载荷为移动载荷,与运行轨道对接时精度要求较高,尤其是在载重车辆从运行轨道运动至旋转装置上部的过程中,对其自身的结构刚性要求较高,以保证载重车辆的顺利运行。

另外,由于轨道旋转装置长期承受脉动交变载荷,对其旋转机构的疲劳特性也有较高的要求。因此有必要对轨道旋转装的旋转机构进行深入的研究分析,以选择合适的机构作为其旋转定位装置。

在铁路交通和矿山运输领域,针对轨道旋转装置的旋转机构已经有较为成熟的研究和应用^[1-3]。铁路交通多用于老式的列车车头车库,不同的列车车头经过旋转装置后运行至不同方向的轨道系统。由于列

收稿日期: 2012-12-17

作者简介: 金龙(1984-),男,湖北宜昌人,从事机械设计等方面的研究. E-mail: 744332117@qq.com

车车头自身载荷不大,并且车轮数量较多,在变轨时产生的冲击也较小,旋转装置在承受工作载荷时产生的刚度变形较小。设计人员常采用内花键和滑动轴承相配合的结构形式,使旋转中心只承受径向载荷,在竖向平面内处于浮动状态。该设计对于大载重、大轮压的特种设备并不适用。矿山运输常用于小型采矿车辆的变道,整个旋转装置的长度较小,旋转半径也较小,因此自身的刚性较好,工作时产生的变形较小,产生的阻力扭矩也较小。设计人员常采用润滑形式较好的滑动轴承作为中心旋转机构。对于体积较大的重载台车也不能满足其使用需要。回转支承常用于变幅旋转起重机械上,主要承受一定的弯矩、少量的径向载荷和较大的轴向载荷,其抗疲劳能力强,摩擦系数小,但其安装时的定位精度要求较高,因此很少用于容易发生蠕变的混凝土轨道变向系统。

本研究以柘溪水力发电厂过坝滑道设备为例,对其旧的轨道旋转装置进行改造,成功地将回转支承应用于轨道旋转装置中,并对其旧设备与新设备进行结构强度和刚度的对比,分析回转支承对整个设备结构强度和刚度的影响。最后简要提出回转支承的安装方法,以解决整个旋转装置在安装过程中的定位问题,使其受力情况明确,避免出现过定位的情况。

1 模型建立

为了使研究方便,本研究现对新、旧旋转装置的约束条件进行简化,并作如下理论性假设^[4-5]:

(1) 建立旋转装置的空间坐标系 XOY , O 为旋转装置的旋转中心, X 轴为沿轨道方向, Y 轴为水平面内垂直于轨道方向, Z 轴垂直于地面。旋转装置以 O 点为中心(旧设备以 O' 点为中心), 绕 Z 轴在水平面内进行旋转运动。

整个旋转装置共有 5 个约束点, 即, 旋转中心 O/O' 和 4 个车轮中心 A, B, C, D 。其平面布置图如图 1 所示。

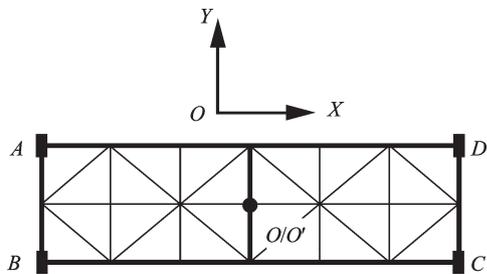


图1 旋转装置平面布置图

(2) 新设备采用回转支承大轴承作为旋转装置的旋转定心机构, 回转支承(O 点处)有 5 个自由度的约束, 4 个车轮(A, B, C, D 处)分别只有 1 个自由度的约束。

(3) 旧设备采用大花键和调心滚子轴承作为旋转

装置的旋转定心机构, 花键和轴承中心(O' 点处)有 4 个自由度的约束, 4 个车轮(A, B, C, D 处)分别只有 1 个自由度的约束。

(4) 设备各约束点的约束情况如表 1 所示。

表1 设备各约束点的约束情况表

支点	U_x	U_y	U_z	ROT_x	ROT_y	ROT_z
A	1	0	1	0	0	0
B	1	0	1	0	0	0
C	1	0	1	0	0	0
D	1	0	1	0	0	0
O	1	1	1	1	1	0
O'	1	1	0	1	1	0

U_x, U_y, U_z —沿 X, Y, Z 轴的位移自由度; ROT_x, ROT_y, ROT_z —绕 X, Y, Z 轴的回转自由度; 1—约束; 0—自由

通过以上假设, 该旋转装置可简化为拥有 5 个支点的空间格构式结构。

(5) 新旋转装置和旧旋转装置的结构横截面特性相同, 包括抗弯模量和惯性矩。钢材的弹性模量和泊松比不变。

2 旋转装置的静力结构分析

2.1 新设备的静力学模型

根据以上假设可知, 新旋转装置在竖直平面 XOZ 内的静力学模型可按对称结构简化为 1/2。

新设备静力学模型如图 2 所示。

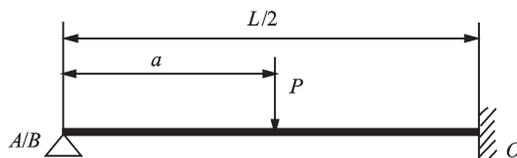


图2 新设备静力学模型

令该旋转装置纵向截面的抗弯模量为 W , 惯性矩为 I , 钢材的弹性模量为 E , 则该结构的最大应力和最大挠度^[6-7]分别为:

$$\sigma_{\max} = \frac{Pa(L/2 - a)^2}{2(L/2)^2 W} \left(3 - \frac{L/2 - a}{L/2} \right) \quad (1)$$

$$f_{\max} = \frac{1}{6EI} \left[\frac{P(L/2 - a)^2}{2(L/2)^2} \left(3 - \frac{L/2 - a}{L/2} \right) (3(L/2)^2 a - a^3) - 3P(L/2 - a)^2 a \right] \quad (2)$$

由上面两式对 a 求导数, 令 $\partial \sigma_{\max} / \partial a = 0$, $\partial f_{\max} / \partial a = 0$, 求得当荷载 P 在结构上纵向移动时, 最大应力和最大挠度分别为:

$$\sigma_{\max} = \frac{PL(6\sqrt{3} - 9)}{16W} \quad (3)$$

$$f_{\max} = 0.00932 \frac{PL^3}{8EI}$$

2.2 旧设备的静力学模型

根据以上假设可知, 旧旋转装置在竖直平面 XOZ

内的静力学模型可简化为如图3所示。

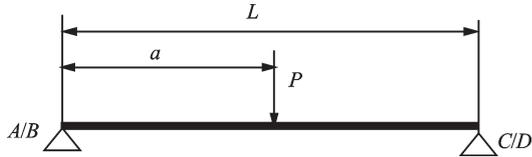


图3 旧设备静力学模型

该结构的最大应力和最大挠度分别为：

$$\sigma_{\max} = \frac{Pa}{WL}(L-a) \quad (4)$$

$$f_{\max} = \frac{Pa^2}{3EI}(L-a)^2 \quad (5)$$

由上面两式对 a 求导数，令 $\partial\sigma_{\max}/\partial a=0$ ， $\partial f_{\max}/\partial a=0$ ，求得当荷载 P 在结构上纵向移动时，最大应力和最大挠度分别为：

$$\sigma_{\max} = \frac{PL}{4W} \quad (6)$$

$$f_{\max} = \frac{PL^3}{48EI}$$

2.3 模型理论分析

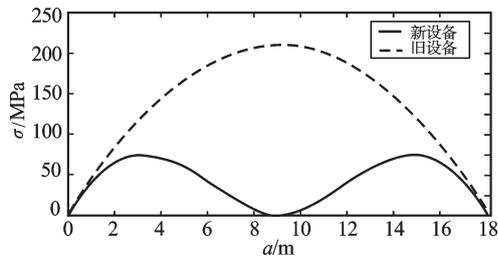
将上述新旧设备的静力学模型进行对比，在相同结构截面特性下，新、旧设备的最大强度应力之比和最大挠度之比分别为：

$$I_{\sigma} = 0.348, I_f = 0.0559$$

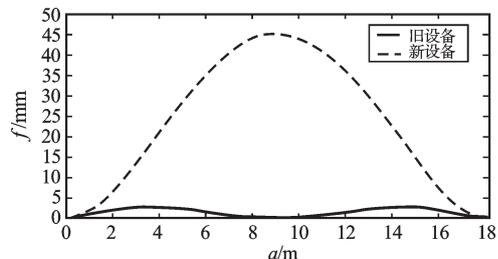
根据柘溪水力发电厂改造工程实际技术参数，荷载 $P=46.25 \times 10^4$ N，截面惯性矩 $I=6.08 \times 10^{-3}$ m⁴，截面抗弯模量 $W=10.13 \times 10^{-3}$ m³，钢材的弹性模量 $E=2.05 \times 10^{11}$ N/m²。

由式(1,2)和式(3,4)中的强度和刚度函数，用Matlab自带的Simulink^[8-9]工具箱对其进行仿真，可得出荷载在旋转装置上纵向移动时，新、旧设备主纵梁的最大应力曲线和最大挠度曲线如图4所示。

从图4可以看出，采用回转支承后旋转装置金属



(a) 应力曲线



(b) 挠度曲线

图4 主纵梁应力-挠度变化曲线

结构的应力和挠度都大幅度下降，变化值也相对平稳。对于旋转装置和周边设施的对接精度有很大的提高，运行稳定性也有所增强。

3 回转支承在旋转装置中的安装

由于回转支承的使用，导致旋转装置的静力学模型由简单的简质量支梁结构变为一个较为复杂的有3个约束点的连续梁结构。为了使旋转装置在运行过程中的受力情况和上述静力学模型基本相似，必须保证回转支承的安装条件。

旋转装置立面示意图如图5所示。



图5 旋转装置立面示意图

旋转装置在安装过程中，需按照下述旋转装置立面示意图步骤进行回转支承的安装：

- (1) 首先保持回转支承与中支座(O点处)先处于分离状态，即保证回转支承下表面与中支座上表面不接触。
- (2) 调整两纵梁的水平度，即保证A/B端和C/D端的高程一致。
- (3) 在回转支承与支座间增加调整垫片，使两者紧密接触，用螺栓进行紧固。
- (4) 在回转支承的运动过程中，如出现车轮打滑或回转支承安装螺栓松动等情况，则需要按照上述步骤对其进行重新调整，始终保证旋转装置在仅承受自重载荷的情况下，其轴向载荷近似于零。

4 结束语

本研究以柘溪水利发电厂过坝滑道设备改造工程为例，将回转支承成功地运用于轨道旋转装置中。本研究将新设备与旧设备进行对比，从强度和刚度两个方面进行了静力学结构分析，得出了新、旧设备的最大应力和最大挠度，并利用Matlab软件进行静力学仿真，得出了新、旧设备金属结构的应力曲线和挠度曲线。

研究表明，运用了回转支承的新设备结构强度和刚度上比旧设备都有了较大的提高，尤其是刚度大幅度增强，对整个旋转装置的运行可靠性和稳定性起到了决定性的作用。最后对回转支承的安装提出了基本原则，保证旋转装置在使用过程中按照本研究中的力学模型运行。

随着轴承制造技术的飞速发展和成本的降低，回转支承将被越来越广泛地运用于各种旋转机构中。

(下转第710页)

总线以广播的形式发送到箱式显示器。

箱式显示器将控制箱送来通讯信号按照协议进行解析,并驱动数码管,显示转速及转向信息。

5 装置的安装与应用

装置各部件连接关系如图7所示。

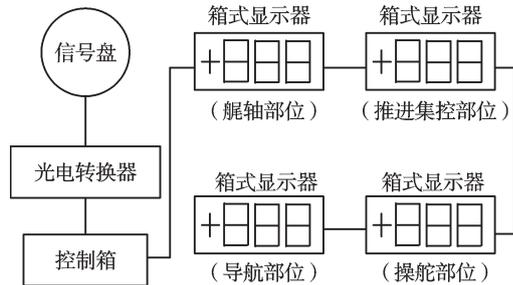


图7 装置连接关系图

信号盘、光电转换器、控制箱安装在船舶艏轴部位。箱式显示器通过RS485总线顺次连接,一般分别安装在艏轴部位、推进集控部位、船舶操舵部位、导航部位。箱式显示器可根据船舶设计的需要进行增减。该装置可广泛应用于各种类型和各种吨位的船舶,具有以下优点:

(1) 采用单片机进行信号的处理,大大提高了系统的抗干扰能力^[10],使得每个设备的转速显示完全一致。

(2) 采用RS485总线通信,显示器的数量可扩展,具有较好的扩展性^[11-12]。

(3) 在电路板设计过程中,考虑了电磁兼容性设计,采用隔离电源模块以及光电耦合器等方式,提高了设备抗传导和辐射干扰的能力,改善了设备的性能。

6 结束语

本研究针对电动转速表和全数字电路式艏轴转

速测量仪的缺点,利用RS485总线技术,重点考虑了抗干扰能力和电磁兼容性方面要求,设计并开发了一种船舶非接触式数字转速测量装置。

该装置具有体积小、实时性好、抗干扰能力强、无振动和空气噪声、扩展性能好的优点,已经广泛应用于各型船舶,并取得了良好的效果。

参考文献(References):

- [1] 张世新,赵琳. 艏轴转速在船舶组合导航系统中的应用[J]. 哈尔滨工程大学学报,1997(4):106-107.
- [2] 蔡道萌,胡国梁. 基于CAN总线技术的船舶艏轴监控装置设计[EB/OL]. [2010-05-19]. <http://www.paper.edu.cn>.
- [3] 邢灿华,解萌. 基于AT89C51的电动机转速测量装置的设计[J]. 机电产品开发与创新,2012,30(5):129-130.
- [4] 万汶灵,余淑荣,吴明亮,等. 利用光电开关实现螺杆泵转速测量[J]. 机械制造,2012,50(6):62-64.
- [5] HANCKE G P. The microprocessor measurement of low values of rotational speed and acceleration[J]. **Instrumentation and Measurement**, 1990,39(6):1014-1017.
- [6] HURST K D. Sensorless speed measurement using current harmonic spectral estimation in induction machine drives[J]. **Power Electronics**, 1996,11(1):66-73.
- [7] POPA L M. Wind turbine Generator modeling and Simulation where rotational speed is the controlled variable[J]. **Industry Applications**, 2004,40(1):3-10.
- [8] 王阳恩,肖靖. 基于单片机的光电无接触转速测量仪的设计[J]. 电子测量技术,2012,35(9):83-86.
- [9] 王明春. 基于STC89C52单片机的转速测量电路设计[J]. 中国科技信息,2012(1):97.
- [10] 刘志群. 基于RS485实现的PC机与单片机的多机通讯[J]. 闽江学院学报,2007,17(2):44-47.
- [11] 童奇波,仇荣刚. RS485通信在隔膜纸成型插入机中的应用[J]. 轻工机械,2011,29(4):47-50.
- [12] 刘春生,郭文成. 零延时隔离技术的RS485总线节点设计[J]. 单片机与嵌入式系统应用,2009(11):26-28.

[编辑:洪炜娜]

(上接第706页)

参考文献(References):

- [1] 胡吉全. 港口起重机回转支承的失效分析与设计选型[J]. 港口装卸,2012(5):6-9.
- [2] 李虎,赵章焰,吴占稳,等. 起重机低速重载回转支承的故障模式、机理及其状态监测[J]. 起重运输机械,2012(9):95-98.
- [3] 孟庆国. 回转支承高强度螺栓拉应力的计算及ANSYS分析[J]. 机械工程师,2012(8):62-63.
- [4] NESNAS A D, MAIMONE M W, DAS H. Rover Maneuvering for Autonomous Vision Based Dexterous Manipulation [C]//Proceedings of the IEEE International Conference on Robotics and Automation, San Francisco, California: [s.n.],

2000.

- [5] 张质文,虞和谦,王金诺. 起重机设计手册[M]. 北京:中国铁道出版社,2001.
- [6] 张新占. 材料力学[M]. 西安:西北工业大学出版社,2001:131-140.
- [7] 成大先. 机械设计手册[M]. 5版. 北京:化学工业出版社,2007.
- [8] 王雷,蒋宁. 基于Matlab的管壳式换热器优化设计[J]. 轻工机械,2012,30(2):9-12.
- [9] 吕红明,陈南. 基于Matlab/Simulink的四轮转向车辆操纵稳定性仿真[J]. 系统仿真学报,2004,16(5):957-959.

[编辑:张翔]