

桥体钢箱梁疲劳裂纹拍摄小车的 6 自由度运动实现方式

Realization Mode of 6-DOF Motion of Fatigue Crack Shooting Trolley for Steel Box Girder of Bridge

王旭 贾信仁

Xu Wang Xinren Jia

润扬大桥公司 中国·江苏 镇江 212143

Run Yang Bridge Company, Zhenjiang, Jiangsu, 212143, China

摘要:在对桥体钢箱梁内部疲劳裂纹进行检测后,论文中介绍了一种可将相机送入合适位置自动拍摄的拍摄小车以及拍摄小车控制相机 6 自由度的运动实现方式。

Abstract: After detecting the internal fatigue crack of the steel box girder of the bridge, this paper introduces a kind of camera which can send the camera to the appropriate position to shoot automatically, and how to control the camera with 6 degrees of freedom.

关键词: 钢箱梁; 疲劳裂纹; 拍摄小车; 自由度

Keywords: steel box girder; fatigue crack; shooting trolley; degree of freedom

DOI: 10.36012/etr.v2i8.2473

1 引言

箱梁结构的桥梁具有轻而坚固的优点,因而大跨度桥梁通常都采用箱梁结构设计,尤其是采用高强度钢材焊接而成的钢箱梁在大跨度悬索桥和斜拉桥中普遍采用。由于钢箱梁本身的特点,导致其在制作、安装的过程中容易发生表面涂装刮伤、焊接烧伤等问题。同时,大跨度桥梁所处自然环境比较恶劣,长期承受车辆荷载、风荷载等动力荷载作用,易出现腐蚀和疲劳损伤。钢箱梁内部的主要损伤包括涂膜粉化、涂层内的锈胀引起涂膜的鼓泡、涂膜及钢结构裂纹、涂膜脱落、涂层及钢板生锈、钢箱梁制作、安装阶段引起的刮伤、疲劳裂纹等^[1]。

2 大跨桥梁钢箱梁的检查和维护

目前大跨桥梁钢箱梁部分的检查和维修主要集中在外部,使用各种先进的检测仪器和设备。而由于钢箱梁内部的检查主要是针对桥梁结构隐蔽性部位的检查,因此,方便有效的检测方式并不多。目前在用的一些检测方法如磁粉检测、超声波检测、涡流检测等方法^[2],虽然都可检测出钢箱梁的疲劳裂纹,但都存在一定的局限性,如易受现场环境影响导致检测结果失准、钢箱梁结构复杂时完全失去检测效用、

以及检测费用过高等。因此,到目前为止,针对钢箱梁内部的检查仍以人工检测为主。人工检测具有其他检测方式不具备的优势,如检测准确、消耗费用低等,但人工检测依然很受限制。例如,南方夏天钢箱梁内部的温度可能高达 50~60℃,温度过高且闷热不透气;加之钢箱梁内部结构不平不便行走,很多维修工人甚至没有配置照明工具。在如此恶劣环境下,检测工作会受到很多客观条件的干扰,且工人安全也难以保障。

在这种情况下,急需发明新的有效实用且低消耗的检测方式对钢箱梁内部疲劳裂纹进行检测。自动化、人工智能以及图像分析等高新技术领域发展日新月异,采用自动机器代替人工检测为钢箱梁疲劳裂纹内部检测提供了更多的方便。因此研究设计了一种具备 6 自由度的小车,从而可以用来代替人工将相机等检测传感器送到合适的位置进行检测。

3 拍摄小车的结构

一个构件在空间上最多可以有 6 个自由度,即 3 个正交方向上平动自由度和 3 个正交方向上转动自由度。桥体钢箱梁内部结构复杂,采用相机进行拍照检测,为获取最佳拍摄效果,往往需要不断调整相机的拍摄角度和距离。因此,需要设计一种机构使相机实现 6 自由度运动,这对通过自动化实现桥体钢箱梁疲劳裂纹检测所起的重要作用是不言而喻的。

【作者简介】王旭(1983~),男,江苏扬州人,工程师,从事高速公路大跨桥梁机电系统养护管理研究。

该套机构在这里就称为拍摄小车,拍摄小车运行在轨道上,可让相机实现1个前后方向运动的自由度。拍摄小车底盘上设有X型升降台,可以实现1个上下高度方向运动的自由度,同时X升降台设有左右两套独立的电动推杆,可以实现1个左右倾斜(旋转)的自由度。X型升降台上方设有水平旋转台,可以实现1个水平旋转的自由度。水平旋转台上方设有滑台,可以实现1个(左右方向)水平移动的自由度。滑台上方设有摆动机构,可以实现1个前后摆动(旋转)的自由度。拍摄小车的具体视图如图1、图2所示。

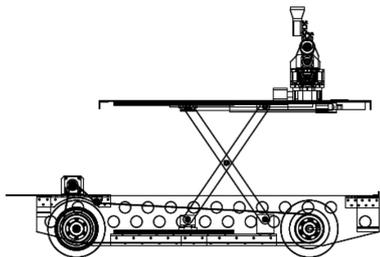


图1 拍摄小车右视图

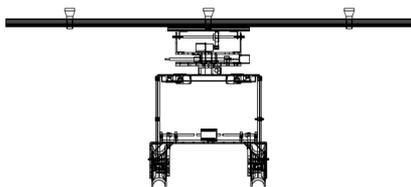


图2 拍摄小车后视图

4 拍摄小车的特点

4.1 前后运动自由度实现

拍摄小车的前后运动通过可在轨道上行走的轮子和动力驱动装置来实现,轮子的轮毂为铝合金材质,外层以聚氨酯包胶,可以提高与轨道的摩擦系数,有效防止打滑。动力驱动装置采用双出轴57步进电机,电机两头分别通过同步轮和同步带与拍摄小车左右侧前后轮连接在一起,可实现全时4轮驱动。

4.2 上下运动自由度实现

拍摄小车的底盘上设有X型升降台。X升降台左右两侧均有支腿,两侧支腿的支杆末端与拍摄下车底盘和X升降台的上平台铰链连接,有一侧的铰链底座是固定的,另一侧的铰链底座则是可以在导轨上滑动。左右两侧的支腿各连接一个电动推杆,因此,左右支腿可以实现独立运动。当左右支腿同时上升或下降,且上升或下降高度相同时,X升降台可以实现垂直方向的运动。

4.3 左右倾斜(旋转)自由度实现

固定在拍摄小车的底盘上的X型升降台。因为左右两侧

的支腿可以实现独立运动,当左右两侧支腿升降高度不一样时,就可以实现X升降台的左右倾斜运动,从而在一定幅度范围内实现左右旋转运动。当然,左右支腿的高度差需要控制在一定范围内,避免因左右高度差太大对轴承等机械零件造成损伤。

4.4 水平旋转自由度实现

X升降台的上方设有水平旋转台。旋转台采用42步进电机驱动,通过传动比为180:1的涡轮蜗杆机构实现平台水平方向旋转运动。旋转台的重复定位精度可达 0.005° ,旋转速度最快可达25度每秒。

4.5 左右运动自由度实现

旋转台上方设有水平安装的滑台,滑台由一根1204滚珠丝杆、2根MGR15直线导轨、4个直线滑块、1个42步进电机、1个联轴器和支架等组成,可以实现高精度左右方向运动,其运动精度可达0.01mm以上。

4.6 前后摇摆(旋转)自由度实现

滑台上方设有摇摆机构,其主要由步进电机、同步轮、同步带、轴、支架、相机杆等组成。步进电机为自带行星减速器的42步进电机,行星减速器可以提高电机输出扭矩,最大输出扭矩可达14N.m。同步带为圆弧齿橡胶同步带,具有传动效率高、传动平稳的优点。步进电机的转矩经行星减速器输出,行星减速器输出轴与5M10Z同步轮连接,5M10Z同步轮经同步带与5M30Z同步轮连接,5M30Z同步轮通过D10轴和支架与相机杆连接。相机杆摆动幅度可达 $\pm 45^\circ$,可以很好地满足拍摄俯仰角度调节的需求。

5 结语

虽然近几年自动化和人工智能发展迅猛,但是桥体钢箱梁内部疲劳裂纹的检测还大部分依靠人工,主要由于桥体钢箱梁内部结构复杂、物理空间受限,一般的自动化设备无法展开工作。经过团队成员不懈努力,设计了的这种6自由度的拍摄小车,相信能提高桥体钢箱梁内部检测的效率,排除桥梁安全隐患,减轻现场工作人员的压力,为创造美好社会贡献一份力量。

参考文献

- [1] 仇潞,龙进军,刘强,等.钢箱梁焊缝疲劳裂纹原因分析与维护技术研究[J].中国设备工程,2020(2):63.
- [2] 吉伯海,袁周致远.钢箱梁疲劳开裂维护研究现状[J].工业建筑,2017(5):2.