

远程非接触检测技术研究及应用

李倩

江苏现代工程检测有限公司, 江苏 南京 210000

[摘要] 随着悬索桥、斜拉桥与拱桥等长大桥数量的增多, 高墩、高塔与高拱等部位的病害检查不仅更加重要、而且难度增大, 传统的检测方法已难以满足检测工作需要。本篇文章阐述了一种新型的远程非接触检测技术的基本原理与应用情况, 该检查设备为高墩、高塔等结构物病害检查提供了有效的技术手段, 弥补了传统方法的不足。

[关键词] 桥梁; 高墩; 非接触; 检测技术

DOI: 10.33142/sca.v3i9.3281

中图分类号: TN2

文献标识码: A

Research and Application of Remote Non-contact Detection Technology

LI Qian

Jiangsu Xiandai Engineering Testing Co., Ltd., Nanjing, Jiangsu, 210000, China

Abstract: With the increasing number of suspension bridges, cable-stayed bridges and arch bridges, the disease inspection of high piers, high towers and high arches is not only more important, but also more difficult. The traditional detection methods have been difficult to meet the needs of detection work. This paper describes the basic principle and application of a new type of remote non-contact detection technology. The inspection equipment provides an effective technical means for the disease inspection of high piers, towers and other structures and makes up for the shortcomings of traditional methods.

Keywords: bridge; high pier; non-contact; detection technology

1 应用背景

随着过江跨河特大桥梁建设的快速发展, 传统检测方法无论是在精度上或是安全上, 均与大跨径、高桥墩桥梁结构体日益增长的病害检测需求不相适应。传统检测方法中利用桥梁检测车进行检测作业, 一般需要占用一个行车道与一侧的应急车道, 并且依靠人工肉眼检查效率较低, 往往需要长时间的部分封闭交通, 不利于桥面的车辆通行, 尤其对于一些交通异常繁忙的跨江大桥会导致较大的国民经济损失与社会影响 (图 1)。无人机作为辅助手段已越来越多地应用在桥梁检测中 (图 2), 它通过近距悬停观测高墩、桥塔以及跨河段桥体的病害情况, 实时传输清晰巡查图像, 该项技术虽然在一定程度上解决了视觉盲区和人工观测风险等局限, 但存在着续航能力差、悬停稳定性弱, 位于桥底时 GPS 难以定位, 且机身振动导致拍摄图像质量不稳定等问题。一种新兴的检测设备——爬壁机器人虽然能进入一般人难以到达的狭窄区域如支座、桥板背面等 (图 3), 实现连续不间断检测, 但自身也存在: 难以到达桥塔外侧面、梁体底面进行检测; 越障风险大, 存在安全隐患; 只适合再单一平面内工作, 无法实现拱、锁等圆弧形高空构件的检测, 而且遇到梁体不连续时往往需要回收等问题。另外, 日本开发的一款便携式检测系统——特希达智视系统, 由铝合金伸缩杆、杆端摄像系统与远程控制摄像系统的手持式电脑等组成, 现场只需要将设备安装在防撞护栏上, 就可以通过下降到梁底的摄像头旋转完成图像采集, 而后进行人工的识别与测量 (图 4)。该设备轻巧灵便, 可由单人运输, 但不适用于大面积对象检测。



图 1 使用桥梁检测车进行桥梁检测



图 2 使用无人机进行桥梁检测



图3 使用爬壁机器人进行桥梁检测



图4 使用智视系统进行桥梁检测

2 远程非接触检测技术原理

远程非接触检测系统(NCD)由高清数码相机、大口径天文望远镜、测姿测距模块、主控通信模块以及配套的量测软件构成(图5),主要用于在100m以上的远距离,对桥梁、隧道、船闸、水坝坝体、高层建筑等大型高耸结构物进行亚毫米级微观观测和裂缝测量。利用该系统可检查梁体是否有明显的裂缝、空洞、涂装起皮、露筋等外观缺陷。在发现存在明显的外观病害后,拍摄病害位置的图片,并获取检测仪器到病害所在位置的距离,然后利用自动化测量软件,计算病害的宽度、长度等量化信息(图6)。测量软件的测量原理是:输入相机的硬件参数和拍摄参数(图7),计算出图像中每个像素所对应的实际物理距离,再通过统计待测部位的像素数量换算得到实际的长度(图8)。该系统在100m距离上宽度测量精度为0.05mm,50米距离测量精度为0.02mm。



图5 非接触检测仪硬件组成

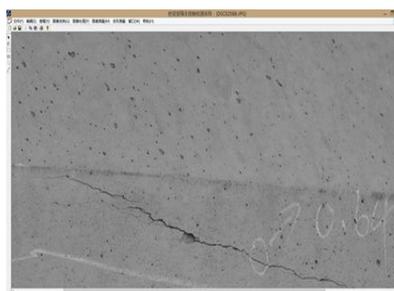


图6 测量软件界面



图7 设置相机参数和拍摄参数

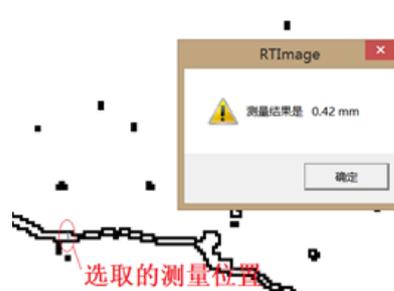


图8 划出待测部位并得到测量结果

3 工程应用

3.1 工程概况

某桥主桥桥型三塔悬索桥,塔高194m,桥面以上高度120m,锚碇高度也达到了数十米,传统的登高设备难以到达,无人机坠落易导致桥面交通事故,安全风险高,于是采用远程非接触检测系统对主桥主塔、锚碇结构外观进行了检测。主塔外观检查内容:主塔是否完好,有无损坏、开裂、空洞、麻面、剥落、露筋锈蚀,涂装有无起皮;锚碇外观检查内容有:检查锚室外部是否积水、混凝土是否缺失、剥落,是否有裂缝、露筋、钢筋锈蚀。

3.2 检测方法

3.2.1 主塔外观检测

由于主塔桥面以上部分较高,达到了120m,为降低空气扰动的影响,保证外观图像的拍摄质量,采用多个观测点

检查的方式进行：

(1) 将系统架设在桥面两侧安全位置，距离主塔 50m 左右的位置（图 9 中 1 号观测点），在此固定观测点精确检查主塔中部以下部分外观情况，保证观测角大致在 45° 的范围内，避免观测角较大影响图像采集质量；

(2) 向后移动检测系统 50m 左右设置固定观测点（图 9 中 2 号观测点），精确检测主塔中部以上外观情况，保证观测角大致在 45° 的范围内，避免观测角较大影响图像采集质量；

(3) 将检测系统架设在护栏内侧检查车位置（图 10 中 3 号观测点），对于主塔中部以下部分，观测角大致在 45° 以内，此部分进行精确检查，对于中部以上位置，只进行外观图像的拍摄，不进行精确计算；

(4) 将系统架设在桥下地面合适位置（图 11 中 4 号观测点），对主塔外侧面进行检查，由于距离较远，此部分仅进行外观状况图像的拍摄。

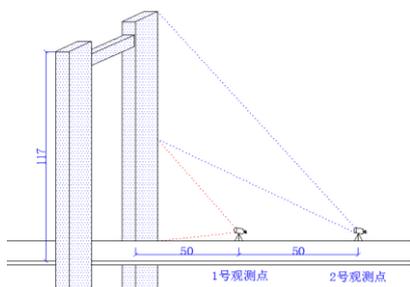


图 9 主塔立面非接触检测

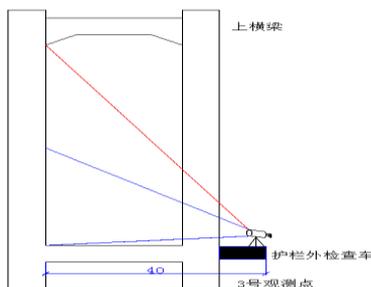


图 10 主塔内侧面非接触检测

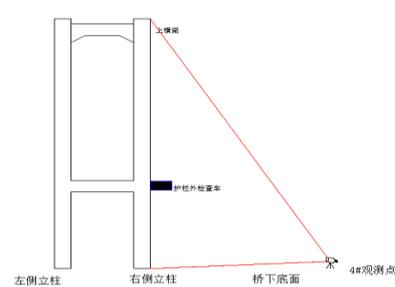


图 11 主塔立面非接触检测

3.2.2 锚碇外观检测

采用远程非接触检测设备，在桥梁下部不影响交通的位置进行相片拍摄与距离测量。该设备可在 200m 距离范围内进行锚碇外观的高清晰度拍摄，通过相片来识别表面是否有裂缝、空洞以及起皮等外观病害，并根据无透镜激光测距仪测得的仪器到锚碇表面距离来计算出裂缝宽度、长度、空洞的面积等几何尺寸。目前该仪器在 100m 距离上宽度测量精度为 0.05mm，50m 距离测量精度为 0.02mm，完全满足测量精度要求。

3.3 检测结果

3.3.1 主塔

利用远程非接触检测系统对该桥主塔进行检查，发现南塔、北塔立面（混凝土结构）个别位置存在竖向裂缝共计 18 条、横向裂缝共计 2 条、纵向裂缝 1 条，但宽度均不超过 0.2mm，上横梁上缘存在横向开裂，共计 1 处，主塔表面存在大量锈水污染现象。

表 1 部分主塔病害描述

序号	构件编号	构件名称	病害类型	病害位置	长	宽	照片编号
1	3-2#塔	外立面	竖向裂缝	10#节段距左边缘 2m	132.1	0.09	图 12
2	3-2 塔	上横梁	水迹	上横梁左侧边缘上方	600		图 13
3	3-2 塔	大桩号立面	露筋	19#节段右下角	S=2*10		图 14
4	3-2 塔	内立面	钢板胀锈	12#节段近 11#节段近 0.5#距左侧 0.2m	S=20*30		图 15

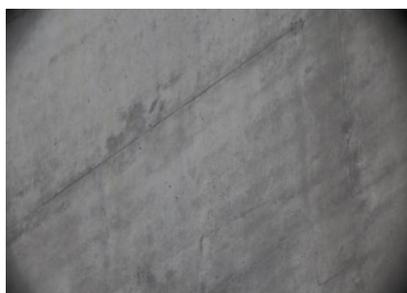


图 12 3-2#塔外立面 10#节段
距左边缘 2m 竖向裂缝

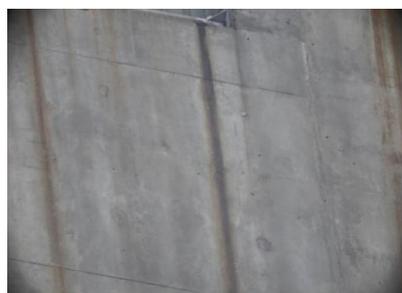


图 13 塔上横梁左侧边缘上方水迹



图 14 塔大桩号立面 19#节段
右下角露筋

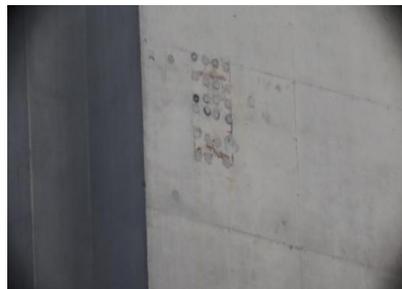


图 15 塔内立面 12#节段近 11#
节段 0.5m 距左侧 0.2m 钢板锈胀

3.3.2 锚碇

利用远程非接触检测系统对该桥南、北锚碇外观情况进行检查发现：南、北锚外部主要存在的病害有：麻面、蜂窝、锈迹、露筋及竖向裂缝等，裂缝宽度均未超过 0.2mm。

4 应用结论

通过该系统在工程上的应用，与传统检测方法及其他检测设备相比，其技术优势在于：

远距离、非接触：200m 距离上可进行裂缝等病害识别，100m 距离内可实现裂缝精确测量，从而可以满足桥梁检测车无法实现的桥塔、高拱、高索、高墩的检测。

微交通影响：仪器架设可架设在护栏外、人行道或慢车道上，无需搭设脚手架或使用桥检车，无需封闭桥面与桥下交通，特别适合在城市高架、高速跨线桥、跨河道桥上进行使用。

高精度：采用距离转换以及误差修正等算法，实现非接触梁体情况下的高精度测量，百米测量精度不低于 0.02mm。

高效率、低成本：现场快速扫描、后台自动识别，一个小时便可完成一个百米级高塔的立面检查，而每平方米的检查成本比传统的检测成本降低了 40%。

总之，作为新一代桥梁非接触检测设备，NCD 系统操作方便，可以完成桥梁表面病害的识别、定位、测量等功能，具有远距离、非接触、高精度和实时性的特点，对于桥梁病害的检测与评估具有重要意义。

[参考文献]

[1] 蒋湘成. 基于远程非接触检测系统的世纪大桥外观检测[J]. 工程技术(文摘版), 2016(6): 89.

[2] 姚冰. 桥梁毁伤程度非接触快速检测系统研究技术报告[Z]. 2006

[3] 袁颖. 桥梁结构损伤识别方法的相关问题研究[D]. 大连: 大连理工大学, 2006.

[4] 姚冰. 基于数字摄影测量的混凝土桥梁非接触检测技术研究[D]. 南京: 解放军理工大学, 2007.

作者简介：李倩（1986.1-）女，毕业院校：江苏大学，所学专业：土木工程，当前就职单位：江苏现代工程检测有限公司，职务：主办专业师；职称级别：工程师。