

钢结构桥梁检测中智能化无损检测技术的应用

肖朋林

北京市建设工程质量第三检测所有限责任公司重庆分公司 重庆 401120

摘要: 目前, 在钢结构桥梁中使用超声波检测方法, 按照现行的规范标准对桥梁钢箱梁的焊接质量缺陷进行检测、评估方法以及波形的识别方法具有良好的应用效果。超声波检测方法历经多年的发展时间, 现阶段已经发展比较成熟。我国的超声波检测技术可以满足检测现场的各种需求。整体而言, 超声波检测方法在钢结构桥梁中的使用值得大范围推广。

关键词: 钢结构桥梁; 桥梁检测; 智能化检测; 无损检测技术

Application of Intelligent Non destructive Testing Technology in Steel Structure Bridge

Inspection

Penglin Xiao

Chongqing Branch of Beijing Construction Engineering Quality Third Inspection Institute Co., Ltd. Chongqing 401120

Abstract: Currently, ultrasonic testing methods are used in steel structure bridges to detect and evaluate welding quality defects in bridge steel box girders in accordance with current specifications and standards, as well as waveform identification methods, which have good application effects. Ultrasonic testing methods have been developed for many years and are now relatively mature. The ultrasonic testing technology in China can meet various needs of the testing site. Overall, the use of ultrasonic testing methods in steel structure bridges is worthy of wide promotion.

Keywords: Steel structure bridge; Bridge inspection; Intelligent detection; Non destructive testing technology

引言

无损检测技术在测量精度、使用周期和应用范围方面都有着自身的优势, 而且可以节省人力、物力和财力, 减少不必要的成本输出, 这对推动国家经济发展有着重要意义。无损检测技术不仅可对桥梁工程质量进行检测和评估, 还可以对道路结构内部劣化发展规律进行分析, 实现桥梁工程管理的科学化。无损检测技术符合现代道路建设的发展需要, 而且在其他工程也有着广泛应用。随着现代科学技术的发展, 无损检测技术也在不断地更新, 比如人工智能的发展带动了新型无损检测技术的出现, 无人机在机器人在无损检测技术中的应用是最好的证明。我们也相信, 在未来桥梁工程发展的道路上, 人工智能技术也将更好地服务于道路建设的大浪潮中。

一、无损检测技术的发展历程

在改革开放以后, 随着社会的不断发展, 我国无损检测行业进入了一个飞速发展的阶段。在此期间, 中国交通工程协会混凝土和预应力混凝土分会土木工程无损测试委员会的工作表现卓越。在该委员会的组织和支持下, 国内先后举行了6次学术交流、专题研讨会和国际交流, 推进了无损检测技术有关标准的制定, 使得我国无损检测技术在科研和应用方面达到了世界领先水平。自20世纪80年代起

, 我国研究人员经过一系列的技术合作和技术攻关, 开发了多种无损检测方法, 如超声检测技术、电化学检测法、超声回弹法等。这对无损检测技术在工程上的应用起到了很大的推动作用。目前, 我国大部分二级及以上的检测实验室均已具备提供无损检测服务的必备条件。我国无损检测技术已经趋于成熟, 并被广泛应用于交通工程施工中。

二、桥梁工程中常见结构的无损检测技术

1. 混凝土超声检测技术

在桥梁工程施工过程中, 受到各种因素的影响, 混凝土内部裂缝问题时有发生。针对该问题, 检测人员可以利用超声波对混凝土进行检测。混凝土超声检测目前主要采用的是“穿透法”, 即用发射换能器重复发射超声脉冲波, 让超声波在混凝土中传播, 然后由接收换能器接收反射波。检测人员将接收到的超声波转化为电信号, 再经超声仪将其放大并显示在示波屏上, 实现对超声信号相关参数的分析, 从而推断混凝土内部结构及其组成情况, 进而有效检测出裂缝所在的位置、形状及大小。在检测过程中, 检测人员还应对裂缝深度、损伤等进行全面分析, 以便更好地了解混凝土出现裂缝的具体原因。

2. 桩基础质量无损检测技术

在桥梁工程中,工程桩施工多在地下进行。由于地下的地质构造比较复杂,所以施工工艺和人工因素等都会对施工质量造成较大的影响,而且后期不易维护,夹渣、蜂窝、夹泥等问题也时常发生。对于桩基础质量检测,检测人员常采用超声检测技术、低应变检测法、高应变检测法来进行检测。超声检测技术主要是依靠换能器(包括发射换能器和接收换能器)对桩基的检测数据进行分析,进而判断桩基内部是否存在缺陷。如果检测到的应力波波形和峰值是变化的,就证明桩基中存在缺陷。低应变检测法的基本工作原理是桩顶受到冲击后,桩身和桩底会震动,进而从桩底向桩身产生应力波;当反射波传递回桩顶的时候,桩顶所安装的传感器会接收信号,然后产生动态波形;检测人员根据这个反射波的波形,进而可以有效判断出桩基质量。高应变检测法是利用动测法来判断桩基的最大承载能力,进而检测桩基是否存在缺陷^[1]。该方法的应用前提是桩底土已出现塑性变形,这样在桩基受到打击之后,桩顶的荷载将发生一定程度的位移。高应变检测法就是利用这一特点,对桩顶施加重击,进而使桩身下部同时受到影响,导致桩基和土壤之间产生位移,以此来判断桩基的承载能力是否能够满足要求。

3瞬态瑞雷面波分析技术

瞬态瑞雷面波分析技术是以爆炸或锤击方式对地面施加竖向激振力,并形成面波、横波和纵波,其中面波中的瑞雷波是该技术的主要波。瑞雷面波具有振幅大、能量强、频率低等特点,可以更方便地进行桥梁工程路基的检测^[2]。路基结构各分层介质的强度与剪切波速 V_s 也具有一定的相互关系,不同的介质对应的剪切波速不一样,从而可以测试不同介质力学参数,实现对桥梁工程路基结构质量的评价。

4图像检测技术

图像检测技术在桥梁工程检测中主要可分为红外成像技术和激光全息图像摄影技术两种。红外成像技术采用材料的导热性能原理来确定结构内红外线成像的基本情况,从而确定缺陷发生的大致区域和位置。激光全息图像摄影技术对摄影技术要求比较高,在它的辅助下,可获取较为全面完善的检测数据,这有利于数据分析的准确性和可靠性^[3]。运用该技术可以与力学等多方面进行组合分析,预测数据发展的总体趋势,提高检测数据的精度,增强检测的直观性和可视化。

三、钢结构桥梁检测中智能化无损检测技术的应用

1施工准备工作

1.1焊缝探伤面的清理

施工人员在实际探测质量缺陷之前,应该将钢结构焊接部位表面的油污、锈蚀等杂物清理干净,避免外部因素对探测的精准度造成负面影响。通常情况下,钢箱梁焊缝两侧的表面修正宽度不得低于 $2KT+50\text{mm}$ (K 指探头值, T 指焊件板的厚度)。简而言之,焊件的厚度假如为 10mm 时,那么需要对焊缝两侧表面 100mm 的区域做打磨处理。

1.2选用合适的耦合剂

假若耦合剂选择不合理,可能会导致反射缺陷,因此,在实际检测的过程中,应该选择具备良好透声性、流动性的液体,这样实际使用过程中不会对施工人员造成人身伤害,且在检测活动结束后便于清理,不会对后续的涂装施工造成影响。在设置技术参数过程中,耦合剂的选择应与实际需求相吻合,常用的耦合剂有机油、浆糊等^[4]。

1.3仪器的调整和校验

1)试块:仪器、探头的校验需要 $CSK-IA$ 和 $CSK-III A$ 标准试块。试块调节可以直接利用检测现场标定数字,绘制出距离一波幅曲线^[5]。2)仪器的校验:检测人员进行探伤活动之前,在对比试块上,对时基线扫描比例和距离一波幅曲线(灵敏度)进行调节或校验,至少2个校验点。探伤过程中可以每4h或工作结束后重复以上工作。

1.4探头的扫描方法

在检测时,宜将粗探伤和精探伤两种检测方法结合使用。首先,对钢结构可能会出现质量缺陷的部位进行预测,然后使用专用的检测仪器对预估部位进行测量。进一步而言,在选择扫描方式时,检测人员有较多的选择,可以结合现场的实际情况有针对性地进行选择,常用的扫描方式有转角扫描、锯齿扫描、前后扫描、左右扫描等。一般来说,评定灵敏度需要稍微大于探伤灵敏度,将扫描速度控制在 150mm/s 范围内,两次探头间的移动距离应至少有探头宽度 10% 的重合。针对结构比较复杂的钢箱梁,利用直射波或者一次反射波在腹板一侧进行探伤^[6]。假若波幅超过评定线,应该结合焊缝的施工工艺等相关信息确定钢箱梁的质量缺陷发生部位,及时进行标定,然后对其做深入的评估,保证评估结果的精准性。

2.焊缝检验要求

1)在检测焊缝的外观质量时,应基于全长度范围进行检查,焊缝表面不得出现裂纹、夹渣、弧坑等质量缺陷。2)修磨处理后的焊缝必须满足以下要求:①杆件完成焊接后,两侧的试板、引板应选择气割方式切除,然后对切口部位进行打磨处理,确保杆件不会出现质量缺陷;②焊脚的尺寸、焊波应满足表1中的要求,焊缝的咬边控制在1mm以内;③若焊缝的咬边超出1mm,或者焊脚尺寸不满足设计规定,可选择手工处理的方法来返修;④对于焊接出现的质量缺陷,可以选择碳弧气刨进行处理,在实际处理的过程中,尽可能将便于返修的坡口刨出,然后使用砂轮机将坡口表面氧化的皮清理干净,直至露出光泽即可;⑤对于焊缝部位出现的裂纹,其清理的长度不得低于裂纹段向外的50mm;⑥若采用埋弧焊方法返修焊缝,那么需要将焊缝清理范围处理为1:5的斜坡;⑦返修焊缝的预热温度控制在30℃~50℃比较合适;⑧返修焊必须保证焊缝的施工质量,同一个焊接部位不得超过两次焊接处理。3)无损检验。检测人员自身必须具有相关主管部门颁发的资格证书,检测人员应经过现场的监理工程师的确认以后才能持证上岗,并且检测人员只能从事资格认证证书范围以内的事宜^[7]。钢箱梁棱角部位的焊缝、坡口部位的焊缝的检测最小厚度应严格按照设计要求进行检查焊缝的外观情况,确保质量满足规定之后,方可进行焊缝无损检测。

3.检测实施情况与检测结果

结合受力情况来看,提篮拱的受力结构为主拱肋,该结构承受桥梁的全部重量,主拱肋施工是否达标对工程整体质量具有较大的影响,此次研究的钢结构并非完全性对称,但是其对于受力结构的影响不大,所以此次研究具备一定的价值性。拱圈的矢跨比为1/4。主拱的轴线设计为悬链线,拱轴系数 $m=1.347$ 。拱圈的横断面宽度51.6m,横向设置2榀拱肋,每榀拱肋由4根 $\Phi 1200\text{mm}$ 钢管制成,壁厚24mm。为了保证和提高检测结果的精准度和可靠度,必须做好下面几项内容。1)着重分析桥梁的受力结构,结合受力结构编制科学的检测计划及实施方案,并有效落实^[8]。2)为保证此次检测活动的精准性,在实际检测之前,需要对焊缝表面作打磨处理,焊缝的余高应严格根据标准执行,实施操作可以结合现场情况进行确定。通常情况下,焊缝表面轮廓的反射波应适当小于侧长线。假若使用砂轮机进行打磨,还需要额外对焊缝表面做精细化处理,尽可能降低反射波的影响,提升检测结果的精准性。3)检测人员要有有

效的资格认证证书,检测人员经过现场的监理工程师的确认以后才能持证上岗,并且检测人员只能从事资格认证证书范围以内的事宜,加强对检测人员的培训力度,提高检测人员的专业能力和工作责任心,降低人为失误的可能性^[9]。4)合理选择探头,检测活动进行之前,需要对检测仪器进行校正。5)具体检测时,全程认真、仔细记录数据,然后归类。

4.结构内部缺陷及裂缝检测

路基结构内部缺陷往往与路基建设中养护不到位或施工环境复杂有着密切关系,这对道路上行驶的车辆有着潜移默化地影响。而裂缝的产生同样与养护和施工环境有着密切关系,而且裂缝也会在道路服役过程中由于受到不均匀温度荷载、车辆荷载而产生,一旦产生裂缝,路基的强度就会受到很大影响,所以结构内部缺陷和裂缝是路基检测中重要的内容^[10]。在进行路基结构内部缺陷和裂缝检测时,需要采取科学有效的方案和技术措施,因为影响缺陷和裂缝的形成与发展的因素很多,应结合每种无损检测的技术特点进行综合分析。从目前已有的检测结果知道,道路路基缺陷一般表现为空洞、断层等,裂缝一般沿道路方向形成通长的裂缝,所以通常采用探地雷达进行相关项目的检测。

四、结束语

总之,桥梁工程的质量检测属于桥梁工程中的重要工作。传统的检测方法会对工程造成二次损害,检测效果不理想,因此,无损检测技术的应用逐渐变得广泛。在运用无损检测技术的过程中,不会对桥梁的整体结构造成破坏,有利保证桥梁的完整性。

参考文献:

- [1]周建国. 无损检测技术在钢结构桥梁焊缝检测中的应用分析[J]. 科技资讯,2022,20(21):67-70.
- [2]张鑫. 无损检测技术在钢结构桥梁中的应用[J]. 四川建材,2022,48(10):36-37.
- [3]黄旭. 钢结构桥梁焊缝无损检测技术探讨[J]. 江西建材,2021,(12):65-67.
- [4]茅向前,周强. 钢结构桥梁焊缝无损检测技术分析[J]. 运输经理世界,2021,(35):122-124.
- [5]张志却,谢凯,解文宗,李登国,卢彭真. 既有钢结构桥梁病害分析及其防护技术研究[J]. 北方交通,2021,(09):14-17.

[6]张宁. 钢结构桥梁施工质量检测重难点分析[J]. 中国设备工程,2021,(12):174-175.

[7]杨羿,张建东,李昊. 钢结构桥梁焊接无损检测技术应用及发展[J]. 轻工科技,2020,36(12):70-71+114.

[8]王姗. 无损检测技术在钢结构桥梁中的实践研究[J]. 住宅与房地产,2020,(23):180+185.

[9]何补春. 无损检测新技术在某钢结构桥梁中的应用研究[J]. 智能城市,2020,6(04):169-170.

[10]周丽琴,赵飞鹏. 公路钢结构桥梁焊缝的无损检测技术探讨[J]. 四川水泥,2019,(07):132-133.