

宜昌长江大桥

钢箱梁金属构件检修方案

桥梁基本情况

该桥梁为 2012 年建造，多年高载荷高频率使用，桥梁可能有了疲劳裂纹等各种结构损伤，需要检验确定严重损伤部位，修复，方能再投入使用。

同时期同类钢箱梁桥梁的超声波检验为主的检验方案和超声波检验后的钢结构修复的结果表明，该桥梁的钢结构存在大量超声波超标的缺陷，很多焊缝根部未熔合可以连续断续长达数米甚至数十米，如严格按照目前的钢结构制造标准，几乎大部分焊接结构需要爆开、检查、补焊、检查等海量检修工作。这也是时间和费用成本不可承受的检修结果。

分析这些超声波超标缺陷，可以证明大多数超声波超标缺陷是当年建造时就存在的焊缝根部未熔合缺陷，少数是在以后的使用中发展成为了疲劳裂纹。

声发射和超声波结合的检修方案

根据以上桥梁基本情况，检修方案可以是采用检验出使用中发展的疲劳裂纹等活动缺陷并给予修复，保留建造时就存在但在以后的使用中未活动发展的焊缝根部未焊透未熔合等死缺陷。桥梁在修复了使用中发展的活动缺陷后，可以安全运行。

声发射的检测原理就是检测在桥梁受载荷条件下活动缺陷发出的声发射信号并确定这个信号源的位置。也可以简单说，声发射未检测到的超声波超标缺陷就是在检测载荷下没有活动发展信号的死缺陷，声发射检测到的超声波超标缺陷就是在检测载荷下有活动发展信号的活动缺陷。声发射检测已经广泛应用于石化、发电、管道等焊接结构的缺陷检测和缺陷在检测载荷下按活动发展和不活动发展的动态检测监测。

由于声发射检测灵敏度高和检测现场噪声影响，声发射检测结果往往存在误判的情况，即伪声发射信号源。可以采用超声波复验声发射源来排除伪声发射信号源。

即检修方案是：先声发射检测得到声发射源位置和源等级等信息，然后超声波复验全部

声发射源剔除伪声发射源，对剔除伪声发射源后的声发射源进行修复。

小结

按上述基于声发射检测技术的检修方案，可以做到检测出桥梁使用中发展的活动缺陷并给予修复，保留使用中未活动发展的死缺陷。实现检修后安全投入再使用，不会出现海量检测修复工作量、时间和费用成本不可承受的情况。

宜昌长江大桥 钢箱梁局部声发射检测试验方案

编制： 付小刚

日期： 2017/11/17

审核：

日期：

批准：

日期：

1 概述

宜昌长江大桥是 2012 年建设完成，投入运营 15 年，现需进行维修，钢箱梁顶板与 U 肋等结构已发生裂纹等损伤，如何进行检测和维修，我们总结多年在用压力容器的检修经验和在泰州桥等声发射检测案例，认为用声发射检测结合超声波定位是钢箱梁总体检验的一个较好的方案。

本检测方案是在对桥梁主桥钢箱梁路面顶板及 U 肋进行声发射检测，检测方位为路面顶板下面，无需拆卸路面，使用原有路面行驶重型机车的加载方式（在平时最大承载压力下的 1.1 倍），参考 GB/T 18182-2012《金属压力容器声发射检验及结果评价方法》等确定路面顶板本体焊缝和板材可能存在的活动源缺陷的部位和声发射源的级别，而后

采用超声波等其它无损检测方法确定可能存在的严重缺陷的尺寸和级别。

2 检验依据

2.1 参照 GB/T 18182-2012 《金属压力容器声发射检验及结果评价方法》

2.2 参照 GBT 12604.4-2005 《无损检测术语 声发射检测》

3 检验人员

3.1 凡从事无损检测工作的检测人员，应经过资格认可和鉴定考核合格，持有相应无损检测项目 II 级及以上资格证，并在有效期内持证上岗。

3.2 其它检验人员需具有相应的检验资格，并从事允许范围内相应项目的检验工作。

3.3 检验人员要与使用单位密切合作，按要求做检测时的技术性处理和检验前的安全检查，确认符合检验工作要求后，方可进行检验。

3.4 检验人员的检验工作，应接受质量技术监督部门的监督。

3.5 该项目检验人员配置如下，项目负责人可根据实际需要进行现场调整，但应保证所有人员具备相应的资质。

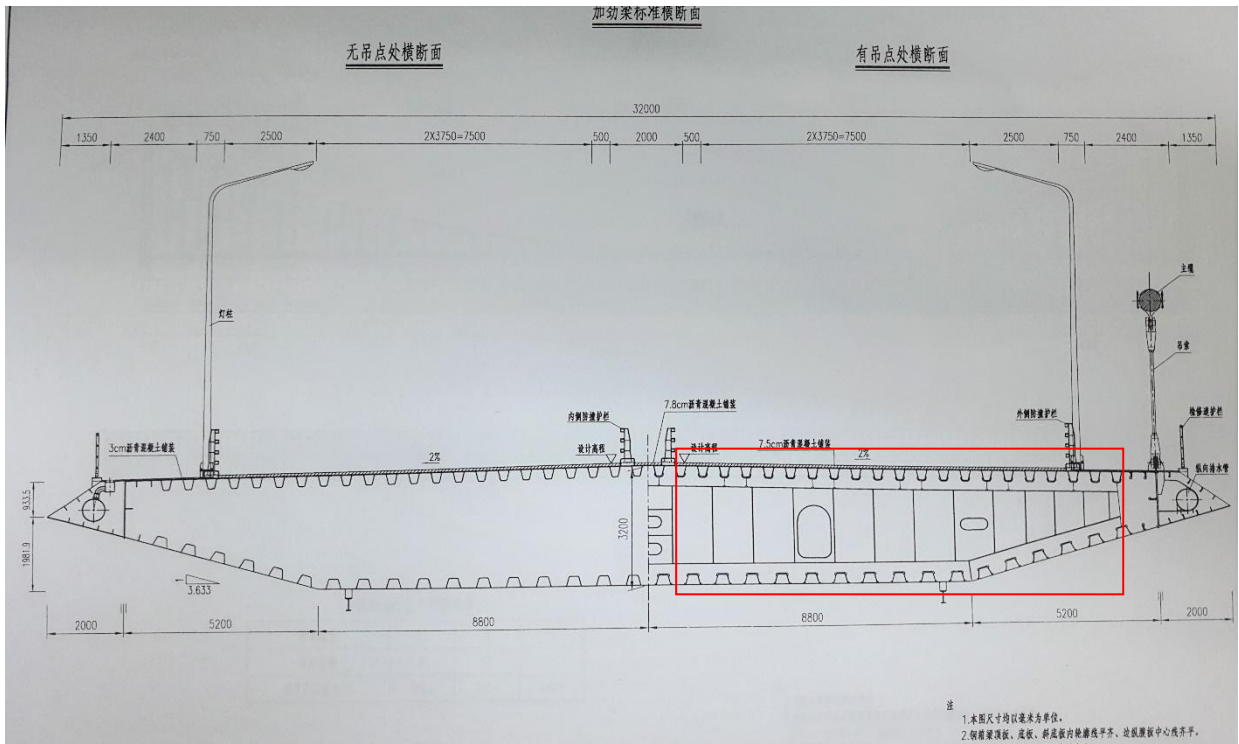
4 检验方法

4.1 方法概述

声发射检测是利用缺陷在加载过程中激发瞬态弹性波在介质内传播或沿着板面传播的原理，应用声发射探头将其转换为电信号，进行缺陷活动发展性检测和评价的技术方法。在加载条件下，缺陷开裂或裂纹扩展都会发生弹性或塑性变形从而产生声发射信号。

4.2 仪器设备

为保证足够的定位精度和小信号的检出率，本次检测使用北京声华兴业科技有限公司生产的 SAEU3H-20 型多通道全数字化声发射检测分析仪，采用 16 个通道进行分批次单板单侧检测。仪器采用 SWAES.V7.5 源定位检测分析软件，传感器为 SR150M 型谐振型传感器，中心频率为 150KHz，前置放大器增益为 40dB，带通频率为 20KHz-1.2MHz。



5 检验步骤

5.1 检验前的准备工作

A. 审查大桥的制造、安装、检修和运行资料；

该大桥于 2012 年 7 月投入使用，以前修补的部位为重点关注部位。

对于在本次其他检测方法（外观检查）发现的缺陷部位在声发射检测时也应重点关注。

B. 确定声发射检测采用的通道数和传感器阵列布置方式，对钢箱梁顶板进行局部检测，单次检测需布置 16 个通道，采用平面定位算法进行声发射源定位（见传感器布置图），声发射传感器采用 150kHz 传感器；

传感器布置图（展开图）：

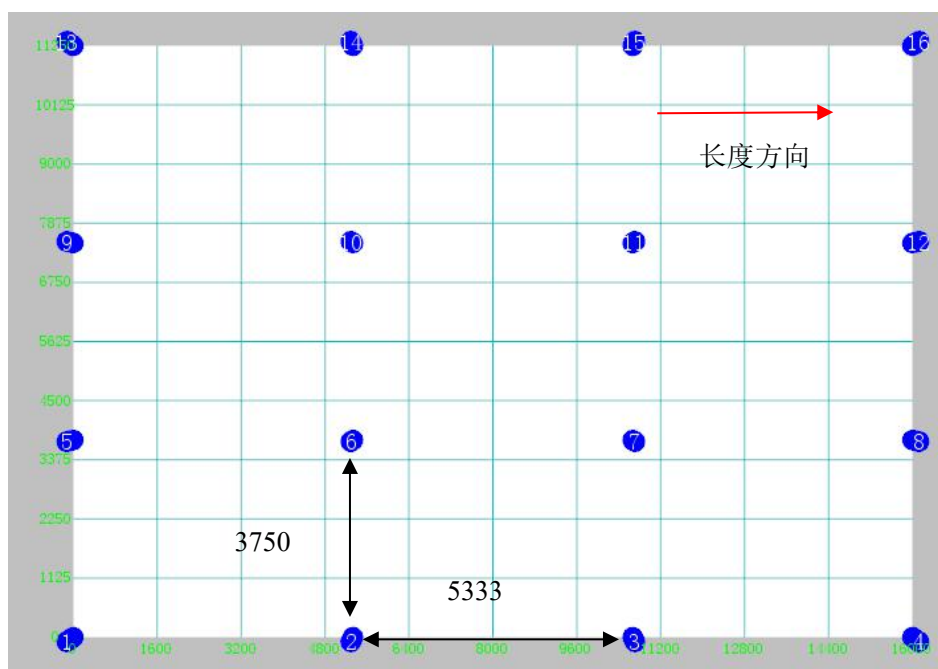
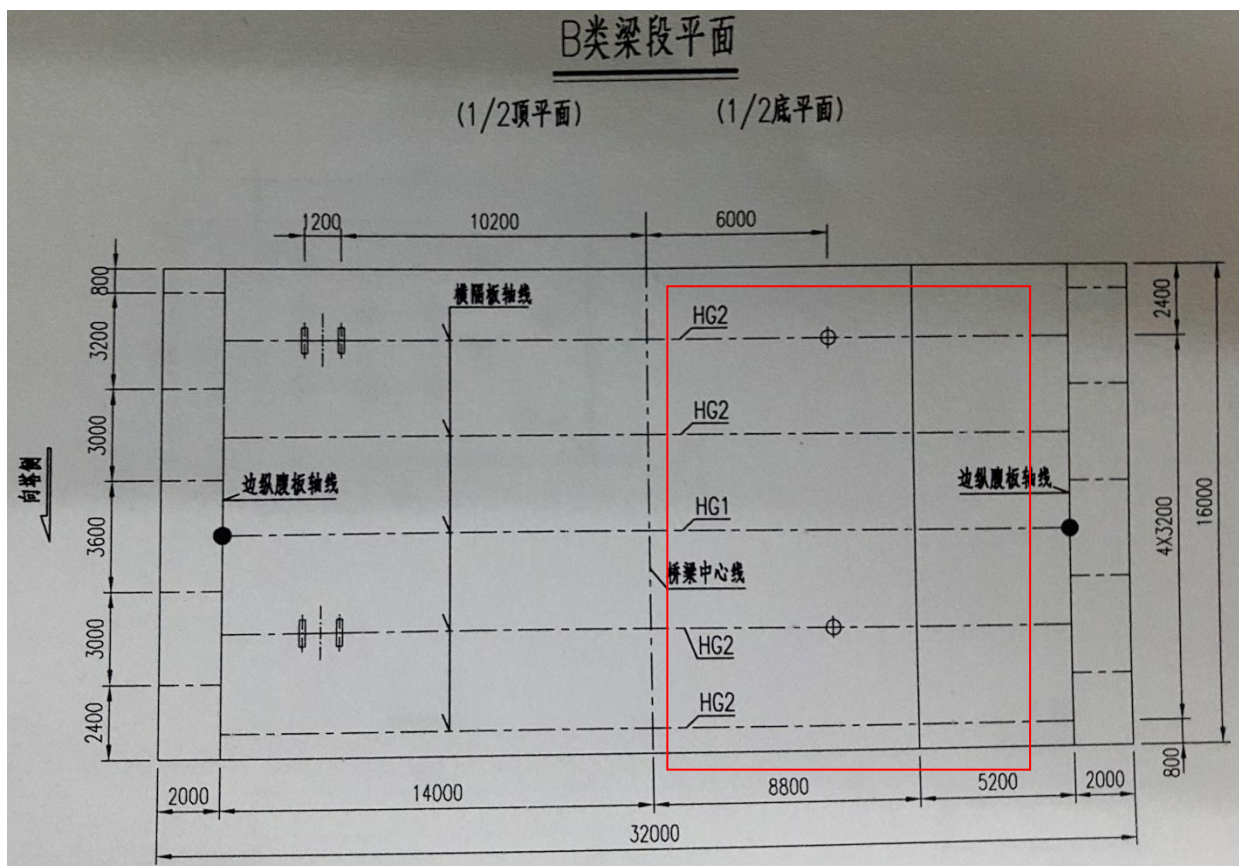


图2 探头布点及信号源图

说明：采用平面展开的三角形定位，共布置 16 个传感器，分 4 层，每层布置 4 个，整体均匀分布，间距长度方向 5333mm，宽度方向 3750mm。

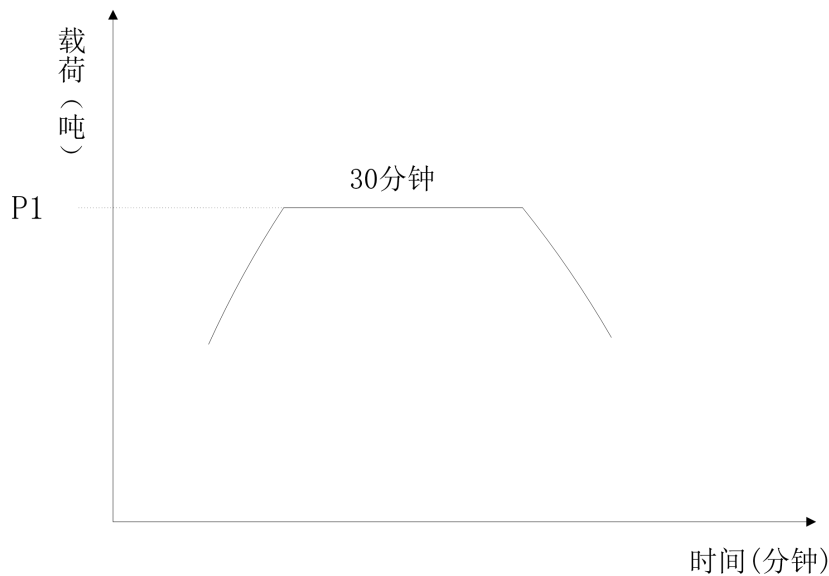
C. 在梁箱顶板下表面（路面下）标出传感器具体安装部位并打磨光滑，露出金属光泽；与甲方沟通协商采取的打磨方式，防止燃烧；。

D.布置信号传输电缆，安装声发射传感器；传感器与容器的声耦合采用真空脂，传感器的固定采用专用磁夹具。

E.安装仪器，对仪器及传感器进行校准。根据探头布置情况及背景噪声分别对仪器的软硬件分别进行设置；在 10%的试验载荷前的加压进行过程中，对背景噪声的测量，检测背景噪声的时间不少于 15min。

F.采用 $\Phi 0.5\text{mm}$ ，硬度为 HB 的铅笔芯折断信号作为模拟源，进行衰减的测量、通道灵敏度校准（对每一个通道进行模拟源声发射幅度值响应校准。模拟源距换能器 100mm 内，每个通道响应的幅度值与所有通道的平均幅度值之差要求不大于 4dB）、定位校准（每一模拟信号，均能被一个定位阵列所接收，并提供唯一的定位显示，定位精度应在两倍壁厚或最大传感器间距的 5%以内），处理器校准采用声发射仪器自带的 AST 功能进行校准。

5.2 声发射检测的加载程序如下图所示，各阶段的保压时间，可根据检测时应力释放的实际情况确定，升压和降压时间参照 GB/T 18182-2012 的要求进行，并结合工程的现场情况确定



声发射检测加载曲线

其中：

P1：本次检测核定的最高加载载荷（该加载载荷应根据设备设计最大受载载荷来确定，最低不低于设计最大受载载荷，建议为设计最大受载载荷的 1.1 倍）；

5.3 安全防护准备

执行相关质量体系文件和安全管理规定，且满足如下条件：

- (1) 检验人员配备工作服、工作鞋、安全带和安全帽；
- (2) 设置安全员，负责人身安全及现场检验安全；
- (3) 认真听取工厂的安全教育；
- (4) 严格遵守工厂的规章制度。

5.4 其他辅助条件

5.4.1 应在检验现场为检测人员提供合适的电源(220V)并有可靠接地。

5.4.2. 检测过程中，桥梁方面工作人员应与声发射检测人员保持密切联系，并按声发射检测人员的要求进行有关加载操作；

5.4.3. 声发射检测为连续监测，整个加载过程必须连续进行；检测时及时存储采集到的声发射信号数据并做好记录，应实时观察声发射撞击数随载荷或时间的变化趋势，声发射撞击数随载荷或时间的增加呈快速增加时，应及时停止加载，在未查出声发射撞击数增加的原因时，禁止继续加压。检测中如遇到强噪声干扰时，应暂停检测并在数据记录表上加以说明，排除强噪声干扰后再进行检测。

5.4.4. 声发射信号易受外界的条件(尤其是外部声源的影响)，故在声发射检测过程中应尽量减少外界影响声源；声发射检测易受天气的影响，在下雨和大风的条件下不能进行。

6 检测结果的等级评定

6.1 声发射检测结果后采用 AST 方法进行通道灵敏度校准，观察每个通道是否仍处于正常工作状态。

6.2 若定位校准时，每一模拟信号，均能被一个定位阵列所接收，并提供唯一的定位显示，定位精度应在最大传感器间距的 5%以内，可不进行声发射源部位校准，源区的坐标即为实际声源近似位置。否则应作为标准模拟源进行定位校准。

6.3 声发射数据的分析，根据现有的成熟声发射信号特征参数，对采集到的大量原始数据进行初步的预处理，这个需要在实际工况下噪声干扰数据为基础，目的是初步去除大

量的环境噪声，包括机械噪声、振动噪声、电磁噪声、环境干扰噪声等，提高数据的有效性；其次参考声发射定位事件结果，定位是声发射特有的技术，即根据各个通道的时差，来计算声发射信号源的位置，对于一定的声发射传感器阵列，具有成熟的声发射信号定位事件生成条件，当损伤产生，即有一个明确的声发射物理事件产生，是可以产生明确的声发射定位事件。

6.4 最终检测结果的等级评定可参考 GB/T18182-2012 结果评定办法对检测结果中确定的声发射源进行综合评定。I 级声发射源不需要复验，II 级声发射源由检验人员决定是否复验，其他级别的声发射源应采用常规无损检测方法进行复验。

7 记录和报告

记录和报告格式参照相关质量体系文件要求。

8 其它

8.1 本方案在实施前，需经双方认可；

8.2 现场检验如有特殊情况或方案实施有困难，需对方案进行修改、补充、变更时，需经项目负责人同意，必要时报告双方技术负责人。