

# 爆破拆除工程对新建航道桥的影响分析

邓龙飞

湖南联智科技股份有限公司

**摘要：**为了分析爆破拆除工程的振动对周边特殊桥梁结构产生的危害，本文通过监测湘江二级航道二期工程大源渡航电枢纽船闸老彩虹桥爆破拆除过程中对新建引航道桥及相关结构的加速度响应、应力响应，分析了爆破拆除工程对新建引航道桥及坝体等结构物的振动影响程度，结果表明：爆破前后跨上游航道桥结构线形、索力均未出现明显异常变化，拱肋横向振动加速度在爆破过程中发生了共振现象，加速度时程曲线呈节拍奏，各测点速度最大值均小于《爆破安全规程》的规定。

**关键词：**桥梁结构；拆除爆破；监测；振动响应；动挠度

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2021.21.087

结构爆破拆除对周边设施物存在较大影响，目前爆破拆除对周边结构的影响分析也有一定的研究成果<sup>[1-10]</sup>。但是，工程结构爆破作业是高风险的工程实践，每一种工程爆破都具有其独特的特性和工程实际情况，拆除的结构爆破与复杂的周围环境也有着密切的相互影响<sup>[2]</sup>。针对这一问题，对于不同的工程情况，国内一些学者进行了实测和研究。如航道爆破对桥梁结构振动的影响<sup>[3]</sup>。爆破对周边结构基础等结构的影响<sup>[4-6]</sup>，对悬索桥等柔性结构的振动影响分析<sup>[7]</sup>，以及其他一些爆破对桥梁结构的振动影响分析<sup>[8-10]</sup>。

但是，相邻近距离较大型爆破对大跨复杂结构的受影响工程实例少的因素制约，未见到有相关分析报告。为评估此类结构拆除爆破对周边复杂大跨结构物的影响，为其同类爆破工程提供可靠的经验依据，本文以湘江二级航道二期工程大源渡航电枢纽船闸老彩虹桥爆破拆除工程为研究背景，监测该桥梁爆破过程中对周边新建引航道桥结构振动影响，分析相关影响因素，得出一些有益结论。

## 一、工程概况

大源渡船闸老彩虹桥为一座75米跨径预应力钢筋混凝土下承式系杆拱桥，于2000年建成。拆除爆破的主要爆炸点为桥墩和主拱跨中位置。

大源渡跨上游引航道桥主桥上部结构为(0.9m+168m+0.9m)钢箱拱-钢箱拱组合体系拱桥，拱肋立面矢高35.0m，矢跨比1/4.8。闸彩虹桥与新建跨上游引航道桥横向最近距离为23.6m。

## 二、监测内容

本次爆破监测主要包括：(1)上游引航道桥拱肋及主梁在爆破作用下关键截面位置的动态应力、动态挠度响应。(2)爆破阶段上游航道桥振动响应状况。(3)爆破前后主拱肋、桥面线形和吊杆索力。

## 三、监测结果及分析

### (一) 爆破阶段上游航道桥动应变、动挠度分析

闸彩虹爆破过程中跨上游引航道桥应力监测时

程见图1，由图可知上游引航道桥最大应变变化值为 $-112.158\mu\epsilon$ ，换算应力为压应力23.1MPa。该测点位置在成桥自重恒载下压应力为65.5MPa，因此该点在爆破影响下该点最不利受力为88.6 MPa，小于材料允许应力245MPa。爆破完成后结构应力迅速恢复到原来的状态。

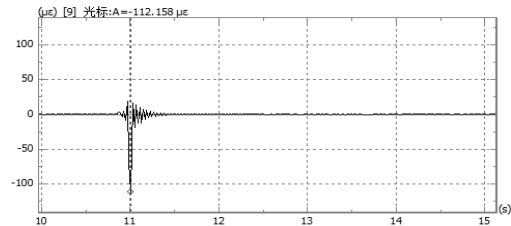


图1 3#墩处拱肋应变时程

爆破阶段主梁和拱肋进行动挠度监测结果见表1和图2所示。拱肋跨中最大上拱2.355mm，最大下挠2.793mm，主梁跨中最大上拱0.7087mm，最大下挠2.105mm，结构发生变形后快速恢复，表明结构变形在弹性范围内，最大结构变形约为跨径的1/6000，小于跨径1/1000。

表1 动挠度响应监测结果

测点位置	最大上拱/mm	最大下挠/mm
拱肋跨中	2.355 0	2.793 0
主梁跨中	0.708 7	2.105 0

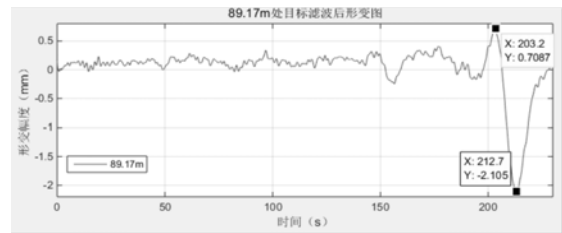


图2 跨中主梁挠度时程

### (二) 爆破过程中动力响应分析

闸彩虹桥爆破过程中跨上游引航道桥加速度响应监测结果见下表2，可以看出各监测测点加速度在闸彩虹桥爆破过程中迅速增大，爆破完成后，迅速衰减。从表2和图3中可见，拱肋横向振动加速度在爆破过程中发生了共振现象，加速度时程曲线呈拍节奏，加速度响应值也显著增大，对该测点加速度时程进行频谱分析，其频谱图如图4所示。通过分析，该测点峰值最大处的瞬时频率为6.769Hz。对比频谱图可以发现该测点发生共振频率为6.825Hz，共振最大加速度为3.3728 m/s<sup>2</sup>。其他测点未见发生共振现象，加速度响应最大值在0.0798m/s<sup>2</sup>~0.4038 m/s<sup>2</sup>。

表2 主拱、主梁动力响应监测结果

序号	监测位置	监测方向	最大加速度/ $\text{ms}^{-2}$
1	跨中主梁	竖	0.265 7
2		横	0.107 4
3		纵	0.169 5
4	跨中拱肋	竖	0.403 8
5		横	3.372 8
6		纵	0.353 8
7	2#墩墩顶主梁	竖	0.330 6
8		横	0.079 8
9		纵	0.120 6
10	3#墩墩顶主梁	竖	0.335 9
11		横	0.113 6
12		纵	0.153 4

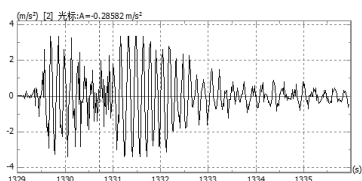


图3 拱肋跨中横向加速度

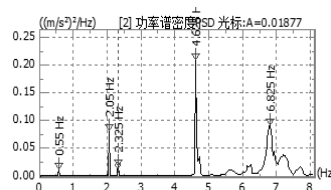


图4 拱肋跨中测点频谱图

### (三) 爆破前后桥梁线形及受力状态监测分析

本次监测主要对主拱肋关键点截面、桥面线形及吊索的索力进行了测试。测试结果和分析如下：

#### (1) 主拱、主梁线形测量结果

采用高精全站仪获得爆破作用前后跨上游引航道桥主拱线形，通过分析发现爆破前后两次测试结果：里程方向变化量在 $-0.3\text{mm}\sim 0.8\text{mm}$ 之间，轴线方向变化在 $-0.8\text{mm}\sim 0.9\text{mm}$ 之间，标高变化在 $-0.7\text{mm}\sim 0.8\text{mm}$ 之间。数据变化较小，爆破前后主拱线形未出现明显有规律性变化。

爆破前后各测点主梁标高的变化范围在 $-1.52\text{mm}\sim 3.13\text{mm}$ 之间，综合雷达形变法主梁跨中点动挠度测试结果分析，主梁标高已经全部恢复至爆破前的位置。

#### (2) 吊杆索力测试

在闸彩虹桥爆破前后两个工况对跨上游引航道桥进行吊杆索力测试。测试结果显示，吊杆索力变化在 $-2.7\%\sim 3.7\%$ 之间，变化幅度小于5%。结果表明，爆破前后索力无异常变化。

### 四、结论及建议

根据以上分析，得出以下结论：

1) 爆破瞬间上游航道桥应力变化幅值叠加原结构受力水平未超过材料的允许应力；动挠度幅值较小且小于规范规定限值；爆破完成后结构应力、挠度迅速恢复到原来的状态。爆破前后跨上游航道桥结构线形、索力均未出现明显异常变化。

2) 拱肋横向振动加速度在爆破过程中发生了共振现象，加速度时程曲线呈节拍奏。在该结构后续使用中要注意避免该方向动力激励；另外，在类似拆除爆破工程中需要注意受爆破影响的结构物动力特性分析的全面分析，尤其是复杂结构，避免爆破冲击力引起结构共振

而造成结构损坏。

3) 由于爆破持续时间往往很短，为尽量准确测试爆破前后结构的变形，应尽量借助可靠的快速化、自动化测试手段，较短时间内获取爆破前后的变形状况，为准确评定爆破影响提供依据。

### 参考文献

- [1]何能方,曹晓川,张选龙,等.隧道爆破与车辆移动荷载对既有百米高墩大跨刚构桥振动影响监测[J].铁道勘察,2018,44(02):126-131.
- [2]蒲传金,郭王林,廖涛,等.桥桩爆破对埋地天然气管道影响控制措施分析[J].爆破,2015,32(03):172-175.
- [3]蒋晓霞.航道爆破对贵港郁江一桥结构的振动影响研究[D].广西大学,2013.
- [4]张田湑.爆破振动对大跨径连续刚构桥体系的影响研究[D].长安大学,2011.
- [5]何国伟,朱奎卫,蔡云波,等.水丰水电站副坝拆除爆破振动影响分析[J].东北水利水电,2011,29(05):3-5.
- [6]翁憬.爆破地震波作用下斜拉桥的动力响应及桩土效应的影响研究[D].长安大学,2011.
- [7]宋飞.爆破振动对大跨径悬索桥锚碇体系的影响研究[D].长安大学,2010.
- [8]刘光彬.特大桥施工期间爆破振动影响测试研究[J].中国水运(下半月),2009,9(05):166-167.
- [9]刘临雄,吴绪权,王建宙,等.水下爆破地震效应对公路桥影响的测试与分析[J].水运工程,2002(03):21-24.
- [10]舒大强,董振华,赖世骧.爆破地震对公路悬索桥的振动影响[J].爆破,1993(04):32-36.