

DOI:10.16799/j.cnki.esdqyfh.2024.03.040

复杂环境下大型块石混凝土拱桥爆破拆除

姜燕斌

(衢州市市政公用管理服务中心, 浙江 衢州 324000)

摘要: 待拆除桥梁为块石混凝土拱桥, 桥面宽 23.5 m, 桥梁全长 198 m, 周边存在多处民用建筑、医院以及军用雷达等, 环境较为复杂。为保证大桥顺利拆除, 设计采用“逐跨分段逐孔延时精确控制爆破技术”: 利用“深孔浅孔相结合”的方式, 在桥墩处钻凿垂直深孔, 在拱脚以及拱顶处钻凿垂直浅孔, 针对不同尺寸、材料的爆破部位选择不同的爆破参数, 以此破坏大桥各跨的关键承重部位, 同时使得大桥不同部位分批垮落, 将爆破与塌落振动等有害效应控制在安全范围内; 采用竹笆、悬挂以及毛竹帘对桥梁爆破部位进行防护, 有效降低了飞石距离, 确保了周边建(构)筑物的安全。

关键词: 块石混凝土拱桥; 复杂环境; 爆破拆除; 控制爆破; 爆破振动

中图分类号: U445.53

文献标志码: B

文章编号: 1009-7716(2024)03-0163-04

1 工程概况

1.1 工程目的

待拆除大桥位于衢州市, 宽 23.5 m, 全长 198 m, 属块石混凝土拱桥, 是衢州城区南片区向西连接 320 国道的重要组成部分。该桥梁原为一座公铁立交桥, 宽仅 10 m, 后经加宽改造成为一座公路桥, 自建成使用以来, 有效缓解了城市东西向交通压力。由于城市的不断发展和车辆的快速增长, 两侧桥头立交已逐渐成为易堵路段, 原桥体已无法满足当下日益繁重的交通, 因此决定对其进行拆除重建。

1.2 周边环境

大桥西侧 90 m 处为居民生活区, 73 m 处有一混凝土出水口, 605 m 处为中石化加油站; 大桥东侧为衢州城区闹市区, 80 m 处为商住生活区, 480 m 处为礼贤小学, 500 m 范围内密集分布若干建筑; 大桥东北侧至柯城区人民医院 175 m, 至自然规划局距离 200 m; 大桥北侧两岸各存在一管线工作井, 与大桥垂直距离 41 m。综上, 爆破周边环境十分复杂, 见图 1。

1.3 桥梁结构

待拆除大桥总长 198 m, 桥面宽 23.5 m, 共设 5 孔、4 墩, 单跨 38.5 m。总体结构为块石混凝土拱桥, 主要结构有桥台、桥墩、拱圈、竖墙、桥面等。其中,

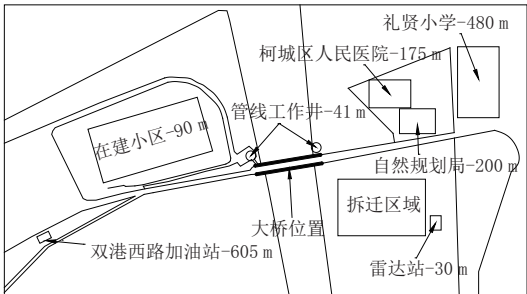


图1 大桥位置与周边环境

桥台材质为 M-15 水泥浆砌块石, 桥墩由 M-25 水泥混凝土拱座、M-15 水泥浆砌块石墩身与墩基础组成, 主拱圈材质为浆砌块石 + 条石, 立墙材质为 M-25 级混凝土, 立墙台帽之间有混凝土空腹小拱圈连接, 桥面为钢筋混凝土结构, 桥面距离河床约 20 m, 见图 2。

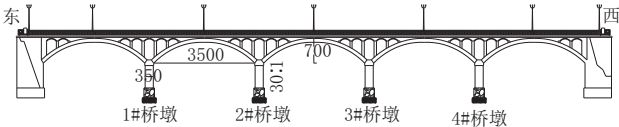


图2 桥梁简图(单位:cm)

主拱圈矢跨比 1/5, 拱矢高 7 m, 厚 0.9 ~ 1.5 m, 宽 20 m; 立墙有 0.88 m(厚) × 4 m(高) × 20 m(长) 与 0.88 m × 1.5 m × 20 m 两种规格, 见图 3。

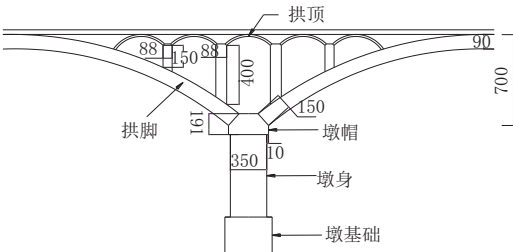


图3 桥墩尺寸示意图(单位:cm)

收稿日期: 2023-05-15

通信作者: 姜燕斌(1981—), 男, 本科, 高级工程师, 从事市政工程建设管理工作。

2 爆破设计

2.1 爆破方案设计

由于待拆除大桥建造年代久远,老桥新桥建造年代不同,接缝处处理问题复杂的同时结构材质品种多样,为了使得大桥一次拆除成功,因此决定采用以浅孔结合垂直深孔的钻孔方式,分区逐跨起爆的爆破拆除方案对大桥进行爆破拆除^[1]。在墩帽、墩身、墩基础中布置垂直深孔,主拱圈根部以及拱顶布置浅孔。为避免爆后出现局部未破碎而影响桥梁倒塌效果,钻孔布置覆盖全部设计爆破部位,使得桥体得到充分的破碎;桥墩以及两侧拱圈作为一个爆区,拱顶为单一爆区,东西两端主拱圈各为一个爆区,共11个爆区,结合国内外高水准桥梁爆破拆除工程及经验,各爆区之间延期时间选择150 ms^[2-4],由东向西依次逐跨起爆。采用此方案可以确保大桥的主要承重与支撑结构充分破碎,爆破安全可保证。

2.2 爆破参数设计

爆破拆除的目的在于使得大桥的承重结构得到完全破坏,进而由于大桥自身重力的影响形成自由落体,达到破碎解体的同时为二次机械破碎和清渣工作提供便利^[5-6],因此针对桥体不同部位采用不同的布孔方式。

(1)桥墩:沿中线布置一排φ90 mm垂直深孔,单孔装药量根据体积公式进行计算,即:

$$Q = kaBH \tag{1}$$

式中:Q为单孔装药量,kg;k为炸药单耗,取600 g/m³;a为炮孔间距,取1 m;B为爆破部位宽度,m;H为爆破部位高度,m。将桥墩整体结构分为三个部分:墩帽、墩身和墩基础,且根据不同部分宽高变化对药量进行调整,具体见表1。装药完成后,在墩帽部分填塞1.1 m的炮泥。

表 1 桥墩各部分装药表

墩号	部位	最小抵抗线 W/m	炮孔间距/m	炮孔深度/m	装药量/g	单孔装药量/g	堵塞长度/m
1	墩帽	1.85			4 200		
	墩身	1.75		7.60	8 400	15 000	
	墩基础	2.5			2 400		
2	墩帽	1.85			4 200		
	墩身	1.75		9.80	9 000	20 000	
	墩基础	2.21			6 800		
3	墩帽	1.85	1		4 200		1.1
	墩身	1.75		9.20	11 400	18 300	
	墩基础	2.27			2 700		
4	墩帽	1.85			4 200		
	墩身	1.75		9.80	11 400	20 100	
	墩基础	2.27			4 500		

(2)拱脚:三角形布置φ42 mm浅孔,孔深0.8 m、孔距0.8 m、排距0.67 m、单耗450 g/m³、单孔装药量400 g。

(3)拱顶:“之字形”布置一排φ42 mm浅孔,孔深0.9 m、孔距0.7 m、单耗500 g/m³,单孔装药量为450 g。

考虑到大桥北侧存在民用建筑物以及管线工作井,因此,在装药时对桥墩、拱顶部分临近北侧的两个炮孔以及拱脚部分临近北侧的两排炮孔进行弱装药处理,即将其单孔装药量降低40%,使得炸药单耗降低,控制爆破飞石距离。

2.3 起爆网路设计

针对待拆除大桥周边环境的特殊性以及工程目的的要求,决定采用工业电子雷管起爆网路。在孔内装入工业电子雷管并进行单发检测以及延期时间注册,之后利用雷管尾线夹并联进入网路母线,根据起爆器组网能力设计组网分区,各起爆器分机所属区域连接好以后先进行导通测试,所有区域连接完成并检测成功后进行组网检测。

为了控制最大单响药量进而使得爆破振动以及塌落振动降低,减少爆破有害效应,在分区起爆的基础上进一步地进行二次分区,确保各个区域最大单响药量均小于控制单响药量。以每个桥墩及其两侧主拱圈爆破部位为一个大区,每个墩爆区总药量为546.4 kg。综合考虑各保护物对应的单响药量控制标准,结合拆除爆破原则,拟对各个大爆区内部进行二次分区,桥墩深孔的小分区由南北两侧向中间分12段对称起爆,延期时间为7 ms,见图4;主拱圈爆区分2段起爆延期时间为7 ms,见图5。

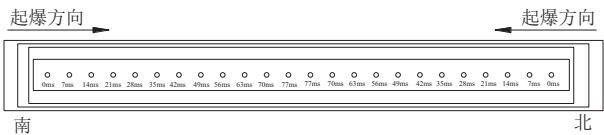


图 4 桥墩深孔二次分区示意图

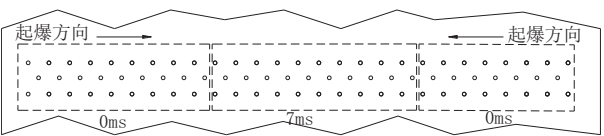


图 5 拱脚二次分区示意图

3 爆破安全设计

拆除爆破工程常见的爆破有害效应主要包括爆破地震波、塌落振动、爆破产生的个别飞散物、爆破产生的冲击波以及灰尘、有毒有害气体和噪声等^[7]。本工程主要的爆破有害效应为爆破振动、塌落振动以及爆破飞散物等,根据相关规程确定爆破有害效

应的控制标准,在控制标准内进行爆破参数的设计,确保将爆破有害效应控制在一定的范围内。

3.1 爆破振动控制及验算

炸药爆炸后,炸药的部分能量转化为弹性波,在建筑物内传播并引起大地的振动,形成地振波。和天然地震相比,爆破引起的振幅要小,振动频率相对要大,浅孔爆破的振动频率一般在40~100 Hz之间,对建、构筑物的影响相对要小。采用下式计算其允许最大单响药量:

$$v = k' K \left(\frac{\sqrt[3]{Q}}{R} \right)^\alpha \tag{2}$$

式中: R 为爆破振动安全允许距离,m; Q 为药量,齐发爆破为总药量,延时爆破为最大单响药量,kg; v 为保护对象所在地质点振动安全允许速度,cm/s; K 、 α 为与爆破点至计算保护对象间的地形、地质条件有关的系数和衰减指数,根据有关地质资料,此次桥梁拆除工程取 K 为180, α 为1.7; k' 为修正系数,取0.3。

经调查,待拆除大桥周边建筑物均为钢筋混凝土建筑物,根据《爆破安全规程》(GB 6722—2014)^[8]规定,对周边工业及商业建筑物的安全振速取 $V_1=2.0$ cm/s,依据《中国地震烈度表》(GB/T 17742—2020)^[9]规定,地下管线抗震烈度按照7度计算,对应地面质点振动速度为10~18 cm/s,出于安全考虑,取地下管线安全振速 $V_2=7$ cm/s。

2.3节中通过对各个爆区进行二次分区,通过计算,浅孔区及深孔区最大单响药量分别为浅孔最大单响36 kg,深孔区最大单响药量为:40.2 kg。依据最大单响药量对桥梁拆除爆破可能会对建筑物产生的振动振速值进行计算,见表2。

表2 保护对象爆破振动计算表

保护物名称	至装药 中心距 离/m	控制 标准/ (cm·s ⁻¹)	最近爆破 部位	设计最大 单响药量 /kg	爆破振 动速度/ (cm·s ⁻¹)
出水口	73	2.0	4# 墩深孔区	40.2	0.298
东侧管线工作井	41	7.0	1# 墩深孔区	40.2	0.794
西侧管线工作井	41	7.0	4# 墩深孔区	40.2	0.794
水工隧道	41	7.0	深孔区	40.2	0.794
人民医院	175	2.0	1# 墩深孔区	40.2	0.067
自然规划局	200	2.0	1# 墩深孔区	40.2	0.054
雷达站	340	2.0	1# 墩深孔区	40.2	0.022
西偏北侧在建小区	90	2.0	4# 墩深孔区	40.2	0.209
小学	480	2.0	4# 墩深孔区	40.2	0.01
双港西路加油站	605	2.0	1# 墩深孔区	40.2	0.01
双港加油站	670	2.0	4# 墩深孔区	40.2	0.01

由表2可知,最大单响药量为40.2 kg时,各保护对象处的爆破振动速度值出于安全允许范围之内。

3.2 塌落振动控制验算

由《中国地震烈度表》(GB/T 17742—2008)结合类似拆除工程经验确定,周边工业和商业建筑物的塌落振动控制标准选取 $V_1=2.0$ cm/s,其中工作井、水工隧道的塌落振动控制标准选取 $V_2=7.0$ cm/s。

$$V = K \left[\left(\frac{MgH}{\sigma} \right)^{\frac{1}{3}} / R \right] \tag{3}$$

式中: V 为塌落引起的地面振动速度,cm/s; M 为下落构件的质量,每跨估算约2 996 t; g 为重力加速度,取10 m/s²; H 为构件下落的高度,约8 m; σ 为地面介质的破坏强度,一般取10 MPa; R 为观测点至冲击地面中心的距离,m; K 为衰减指数, $K=3.37$ 。

分别将不同建筑物距离带入理论推导公式,可得相应振动预测数据见表3,周边保护对象质点振动速度峰值均远远小于控制标准,可以确保安全。

表3 塌落振动估算振动速度表

保护对象	距离/m	计算结果/(cm·s ⁻¹)
出水口	73	1.322
管线工作井	41	2.839
水工管道	41	2.839
人民医院	175	0.551
自然规划局	200	0.513
雷达站	340	0.285
西偏北在建小区	90	1.072
小学	480	0.201
双港西路加油站	605	0.160
双港加油站	670	0.144

另外地,采用如下方法来控制塌落振动:

(1)把整个结构物划分成若干个爆破单元,即爆破分区,使每次塌落的建筑物重量变小,通过延期爆破实现多个单元逐次失稳塌落,从而降低塌落振动。

(2)在桥坍塌范围内均为通航河流,水、淤泥和沙是很好柔性垫层,可达到较好的减振效果。

3.3 安全防护设计

大桥爆破拆除时,会产生爆破飞石等爆破飞溅物,为了防止爆破飞溅物对周边建筑物造成损害,对大桥爆破部位采区主动防护,采用双层竹笆覆盖贴合拱脚、拱顶,大桥外侧采用悬挂防护。除此之外,对于重点部位在大桥桥面外沿向下挂设毛竹帘,形成隔离防护层,对于突破竹笆以及悬挂防护的个别飞

溅物起到有效的格挡作用,降低爆破飞溅物的飞散距离,见图6。

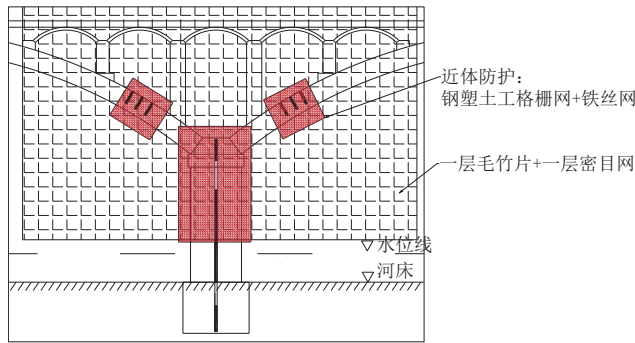


图6 桥梁防护布置示意图

4 爆后效果

4.1 桥梁爆破效果

严格按照爆破设计的爆破参数、爆破网路、防护措施对大桥进行爆破拆除,爆破后桥梁按照爆破设计的塌落方式形成原地塌落,达到预期爆破效果。桥墩、拱脚破碎完整,桥面解体完全,且爆破中并未产生大于50 m的爆破飞溅物。

4.2 爆破振动控制

经由第三方对爆破振动进行监测,发现此次大桥爆破拆除中工作井和建筑物爆破最大振动速度分别为0.941 cm/s和0.428 cm/s,均小于本工程建(构)筑物振速控制标准,符合《爆破安全规程》(GB 6722—2014)要求,工作井振速曲线见图7,建筑物最大振速见图8。

5 结 语

对复杂环境下大型块石混凝土拱桥成功爆破拆除的施工总结:在爆破拆除施工中,设计合理的爆破参数是爆破成功与否的关键所在;在逐跨延时起爆的基础上对各个爆区进行二次分区,有效地降低了最大单响药量,从而削减了桥梁的爆破振动、塌落振动;通过竹笆、悬挂以及毛竹帘的防护作用,防止了

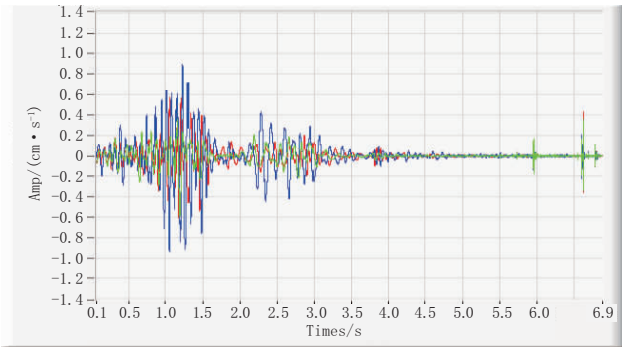


图7 工作井振速曲线图

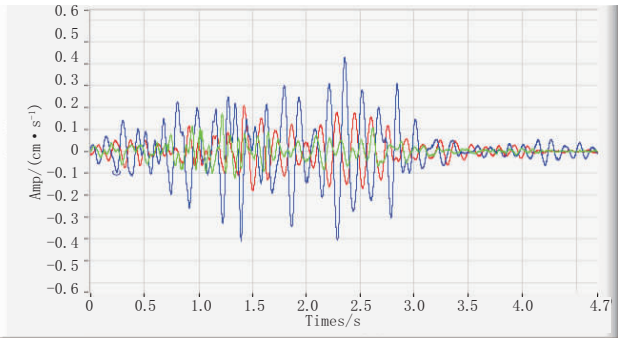


图8 建筑物最大振速曲线图
爆破飞溅物对周边建(构)筑物的损害。

参考文献:

[1] 王守伟,唐家明.大直径中深孔在桥梁爆破中的应用探讨[J].爆破,2011,28(1):89-91.
[2] 蒋跃飞,何贤辉,刘桐,等.双侧紧贴运营新桥的大型桥梁爆破拆除技术[J].工程爆破,2019,25(3):32-42.
[3] 刘国军,梁锐,杨元兵,等.复杂环境下钢筋混凝土连续梁桥爆破拆除[J].爆破,2020,37(3):99-102.
[4] 刘国军,梁锐,杨元兵.复杂环境下钢筋混凝土简支梁式桥爆破拆除[J].爆破,2017,34(4):115-119.
[5] 王璞,周卫华,欧阳光,等.紧邻既有桥梁的大型钢筋混凝土拱桥爆破拆除[J].爆破,2020,37(1):107-112.
[6] 柯炳跃.旧南安大桥爆破拆除[J].福建建设科技,2009(2):42-44.
[7] 赵明生,龙源,贾永胜,等.预应力混凝土连续梁桥控制爆破拆除[J].爆破,2015,32(4):103-109.
[8] GB 6722—2014,爆破安全规程[S].
[9] GB/T 17742—2020,中国地震烈度表[S].

《城市道桥与防洪》杂志

是您合作的伙伴,为您提供平台,携手共同发展!

欢迎新老读者订阅期刊 欢迎新老客户刊登广告

投稿网站: <http://www.csdqyfh.com> 电话:021-55008850 联系邮箱: cdq@smedi.com