

DOI: 10.16799/j.cnki.esdqyfh.240491

桂林城区内漓江连续箱梁桥爆破拆除的 环保对策

张健¹, 黎勇², 安荣杰¹

(1. 南宁市工程爆破协会, 广西 南宁 530005; 2. 广西天力爆破工程公司, 广西 南宁 530201)

摘要: 随着经济和社会的发展, 城市的基础设施大量处于拆旧建新之中, 采用爆破方式拆除桥梁是一项重要的施工技术手段, 其中多以爆破振动距离、爆破产物飞散距离作为设计的安全约束条件。然而, 在风景城市的漓江航道上进行连续箱梁桥爆破拆除施工时, 爆破产生的工程垃圾却会成为污染漓江水域环境的第一影响因素。因此, 在爆破设计与施工过程中, 考虑对漓江航道的环境保护而采取相应的上部结构隔断、桥墩预处理等爆破技术措施, 有效降低了爆破工程垃圾对航道的环境污染影响。

关键词: 连续箱梁桥; 爆破设计; 环境保护; 上部结构隔断; 桥墩预处理

中图分类号: U445.6; TU746.5

文献标志码: A

文章编号: 1009-7716(2025)03-0210-04

Environmental Protection Measures for Blasting Demolition of Continuous Box Girder Bridge at Lijiang River in Urban Area of Guilin

ZHANG Jian¹, LI Yong², AN Rongjie¹

(1. Nanning Engineering Blasting Association, Nanning 530005, China; 2. Guangxi Tianli Blasting Engineering Company, Nanning 530201, China)

Abstract: With the development of the economy and society, much of the urban infrastructure is being demolished to build new ones. The use of blasting to demolish bridges is an important construction technique, in which the safety constraints in the design are often based on the blasting vibration distance and the scattering distance of blasting products. During the blasting demolition of a continuous box girder bridge on the waterway of Lijiang River in a scenic city, the engineering waste generated by the blasting would become the first factor of environmental pollution affecting the water area of Lijiang River. Therefore, in the blasting design and construction process, the blasting technical measures such as superstructure partition and pier pretreatment are taken to protect the environment of Lijiang River waterway so as to effectively reduce the environment pollution of the waterway caused by blasting engineering waste.

Keywords: continuous box girder bridge; blasting design; environmental protection; superstructure partition; pier pretreatment

0 引言

桂林是一座世界旅游名城, 漓江从城区中流经, 两岸风光秀美, 当游船顺江漂流时, 江水清澈见底。其中横跨漓江东、西两岸的净瓶山大桥全长 277 m, 于 1983 年建成通车后已服务近 40 a, 经工程安全检测鉴定后, 桂林市政府决定拆旧重建。

拆除旧桥通常只有两种选择方式: 一种是机械拆除法, 另一种是爆破拆除法^[1]。根据大量已建设

项目的实践表明, 拆除旧桥普遍采用爆破拆除法, 其特点包括: (1) 拆除效率高, 是机械拆除法的 5~7 倍; (2) 安全有保障, 目前从未发生过爆破法拆桥的施工安全事故; (3) 能提高对施工外围的环境保护水平, 尤其是爆破拆除法的施工用时短, 大大较少了扰民噪声。经多方因素对比考量, 桂林市政府决定采用爆破法拆除漓江净瓶山大桥; 同时, 要求爆破施工时加强对周边环境的保护, 降低爆破产物——混凝土爆渣块对河床的污染。这就对施工的环境保护能力提出了要求: 首先, 要有效降低爆破产生的工程垃圾总量; 其次, 要以最大能力控制爆破渣块飞散, 以便于归集、清运爆破工程垃圾。这两项要求成为本次爆破法拆除桥梁过程中的两大难点。

收稿日期: 2024-05-05

作者简介: 张健(1955—), 男, 本科, 高级工程师, 高级经济师, 从事爆破工程设计、工程爆破危害预防研究以及爆破项目的经济技术论证工作。

1 工程概况

需拆除的漓江净瓶山大桥的桥宽为20 m,双向4车道,其上部结构为5跨预应力混凝土连续箱梁,跨径布置为 $(48.5+60\times 3+48.5)$ m=277 m,箱梁体壁厚0.8 m;桥梁设有2个桥台、4个桥墩,大桥上游48 m处临时建有一便桥,下游150 m有一码头;东桥头距最近民房15 m,南桥头距最近民房20 m。总体属于复杂爆破环境。

净瓶山桥上游距滚水坝约430 m,约48 m处有一座装配式贝雷梁钢结构临时便桥。桥梁上下游附近水下埋设有多个市政管道,以使从河底过江:其中DN1000过江自来水管距大桥上游36 m, DN200过江燃气管距大桥下游93 m;南、北两岸的110 kV高压线铁塔距两端桥台的距离分别为60、90 m。

桥梁横跨漓江,漓江水面宽约180~200 m,水深为1~4 m;水流量大小受季节性的影响比较明显,如每年5~8月为雨季,当遭遇长时间暴雨时,可能形成洪流;爆破施工期为枯水期,水位高程为140.88 m,河水水位较低,水深仅1~2 m,有4个桥墩与3跨桥的上部结构处于河床水域中,如图1所示。



图1 爆破区域环境图

2 确定爆破方案

首先,要有效降低因爆破产生的工程垃圾总量,必须先在爆破方案的设计上进行对比、优化;其次,需加强防护遮挡的严密性,以最大能力地归集、清除爆破所产生的工程垃圾。

桥梁上部结构为预应力混凝土连续箱梁^[2],下部结构为重力式桥台、板式桥墩,其中4座板式桥墩具体为:1#、4#桥墩高约7.5 m;2#、3#桥墩高约10 m,宽14.2 m,厚1.4 m(中间联系部位宽4.0 m、厚1.0 m),为钢筋混凝土实心结构。

根据桥梁类型,通常会采用全爆破法拆除连续箱梁桥,即“箱梁体水压爆破+桥墩、桥台钻孔爆破”方式。其核心技术为:首先,箱梁体水压爆破是先将箱梁体内灌满水,根据计算出的炸药量合理分配并

防水密封后,将炸药安放在水中的设计部位;其次,进行箱梁体封堵;最后,起爆。炸药爆炸瞬间会将爆炸能量在水介质中均匀传播,使冲击波均匀作用于箱梁体,并同步爆破桥墩、桥台。这种方式的特点为:工程准备要求高;爆破振动小;拆除后的箱梁体破碎均匀;爆破后建筑垃圾散落在河床,难以清理。

然而,本次工程的主要目标很明确,即要最大能力地降低爆破后工程垃圾对河床的污染,因此不能单纯照搬上述爆破拆除方法。经与业主商议,最后决定采用“机械隔断箱梁体+桥墩钻孔爆破”方案,具体为:(1)利用炮锤、风镐等机具,提前将桥跨的中部打出隔断,破坏上部结构的整体连续性;(2)爆破只炸桥墩及桥墩顶部的箱梁体结合部,使得每个桥墩顶在爆破后所支撑的上部结构失稳垮塌;(3)对爆后会自由落体的箱梁体进行机械破拆,如能够拖动,则尽可能拖拉、牵引到岸边施行机械破拆;(4)对处于河床水域外的箱梁体第1跨、第5跨直接进行机械破拆,暂不对桥台施行爆破拆除。

本爆破方案有三个特点:工程的准备时间较短,机械破拆与爆破的工程准备可同步进行;箱梁体随爆破后柔性塌落,方便就地进行二次机械集中破碎、清理箱梁体;爆破后建筑垃圾可控制在较小的范围内,方便清运。隔断预处理的箱梁体部位与爆破次序如图2所示。

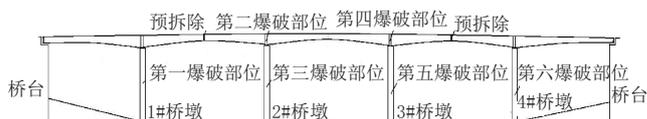


图2 箱梁体局部隔断预处理与爆破次序示意图

同时,在桥墩的爆破方案中还采取了尽可能降低爆破炸药总量的设计安排,即通过扩大预处理范围、增加桥墩爆破的临空面,以降低爆破炸药总量,减少施工对漓江河床的污染压力。具体实施方法为:每座板式桥墩中间都有一宽4 m、厚1 m的薄壁链接系,提前将之处理掉,处理方式主要为用少量的炸药先炸裂炸松,再用风镐清除干净,最后只留下每座桥墩两端各宽5.1 m的部分,直接顶到上部结构。预处理后的桥墩如图3所示。



图3 预处理后的桥墩

3 爆破参数的确定

3.1 桥墩爆破参数

钢筋混凝土桥墩墩厚 $\delta_{\text{桥墩}}=140\text{ cm}$ 。各爆破参数根据汪旭光的《爆破手册》^[3]中提供的计算方法,并结合过去在南宁市区中心爆破朝阳立交桥的经验,单耗系数 q 取 $1\ 500\text{ g/m}^3$,桥墩布孔如图4所示。桥墩爆破主要参数及计算所需的炸药量如表1所列。

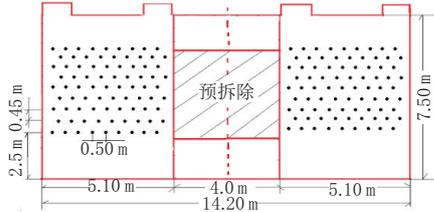


图4 桥墩布孔示意图

表1 桥墩爆破主要参数表

参数	数值	参数	数值
桥墩厚度/m	1.4	孔深 L /m	1.00
爆长 H /m	10.20	单孔药量/g	480
抵抗线 W /m	0.4	堵塞/m	0.52
孔距 a /m	0.5	每墩孔数/个	162
排距 b /m	0.45		

注:桥墩爆破时所需总炸药量为 311.04 kg 。(桥墩4个 $\times 2$ 片 $\times 9$ 排 $\times 9$ 孔 \times 每孔 $480\text{ g}=311\ 040\text{ g}$)。

3.2 箱梁爆破参数

钢筋混凝土箱梁在桥墩顶对接处的厚度 $\delta_{\text{箱梁}}=100\text{ cm}$ 。单耗系数 q 取 700 g/m^3 。桥墩顶箱梁对接处的布孔^[4]如图5所示。箱梁对接处的爆破主要参数及计算所需的炸药量如表2所列。

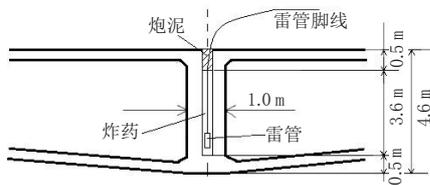


图5 桥墩顶端箱梁对接处的布孔立面示意图

表2 桥墩顶箱梁对接处爆破主要参数表

参数	数值	参数	数值
桥墩厚度/m	4.6	孔深 L /m	4.10
爆长 H /m	$14.0\times 2/3$	单孔药量/g	1 600
抵抗线 W /m	0.5	堵塞/m	0.52
孔距 a /m	0.5	每墩孔数/个	12
排距 b /m	—		

注:墩顶箱梁对接处爆破所需总炸药量为 38.40 kg 。(2个对接处 $\times 2$ 排 $\times 6$ 孔 \times 每孔 $1\ 600\text{ g}=38\ 400\text{ g}$)。

按照上述计算的爆破参数,最终,本次爆破工程

总使用雷管约700发,炸药约350 kg。

4 起爆网路与分段

考虑桥梁附近的高压变压器、江面上悬空架设的多条跨江电力缆线及附近临时便桥上架设有通信光缆的特定环境,决定采用导爆管起爆网路^[5]。炮孔内全部采用导爆管雷管,孔内延期、孔外簇联;并采用复式导爆管环行网路,以确保稳定传爆。

本次起爆网路具有以下特点:为了避免爆破时一次齐爆全部药量,降低爆破导致的有害效应,爆破采用分区段延时起爆技术将整座桥分为6个爆破部位、9个爆破区段,每个爆破区段位间隔 25 ms 进行爆破,从1#桥墩向4#桥墩依次起爆(见图2);并采用复合多通道闭合网络,确保延时准确、传爆可靠。

5 安全防护与环保措施

5.1 爆破振动

爆破引起的质点振动速度可按式(1)^[6]进行计算:

$$V = k \left(\frac{Q}{R} \right)^{\frac{1}{3}} \alpha \quad (1)$$

式中: V 为爆破引起的地表质点振动速度,cm/s; k 为场地系数,取150; Q 为最大单响药量,即单区段布置炸药的最大用量,取 4.5 kg ,本次爆破采用逐段爆破方式; R 为保护目标与触地中心的距离,m; α 为衰减系数,取1.5。

在式(1)中, k 、 α 为与爆破点至保护对象之间的地形、地质条件有关的系数和衰减指数,可按表3选取,或通过现场试验确定。根据实际情况,结合曾经成功爆破拆除的城市内桥梁案例^[7],离爆区最近的保护对象为一般民用建筑物,取 $V=2.0\text{ cm/s}$,管线、高压线塔等按工业和商业建筑物标准,取 $V=3.5\text{ cm/s}$ 。

经计算,不同振动距离(含暂不爆破的第1跨、第3跨)与爆破振动速度的关系如表3所列。

表3 不同振动距离与爆破安全振动速度表

保护物(项目)	1	2	3	4	5	6	7
	(无爆破保护物)			自来水管	民房	高压线铁塔	燃气管
振动距离 R /m	15	20	30	36	40	60	93
振动速度 V /($\text{cm}\cdot\text{s}^{-1}$)	5.47	3.55	1.93	1.47	1.26	0.68	0.35

5.2 控制爆破飞石等环保措施

环保措施主要体现在技术上合理计算炸药量的基础上,再积极采取防护措施^[7],具体如下。

(1)根据爆破条件,合理确定爆破参数,严格控制单孔装药量。

(2)采取有效的四层防护:对爆破的主要部位,进行多级覆盖防护,即盖一层草袋(近体)、一层麻袋或废地毯(近体)、一层竹跳板(悬挂隔离);钻炮孔搭建的竹脚手架不拆除,搭隔离栏,悬挂矿用废旧输送带,其上缘高度超过桥墩顶部0.5 m,下缘与江水水平面持平;如此可形成四层复盖防护,可有效拦阻混凝土渣块的爆破抛掷、飞散。

(3)爆破前对所有的防护设施用沙包、草袋浇水,确保炮孔与炮泥保湿,提高堵塞质量,并增加对爆尘的吸附力。

(4)设置爆后现场水体杂物清理组,对爆后落水的防护覆盖物及纸皮、塑料袋等杂物进行打捞后再集中运走。

(5)桥梁爆破产生的垃圾——混凝土爆块、钢筋等,由建桥总包单位负责清理。

6 爆破效果

起爆后,随着一连串闷响,桥面随桥墩爆破,使桥面沿桥轴线方向分段垮塌。在本次工程中设置了较多起爆段位,在岸边测量到的爆破最大振速低于2.0 cm/s。最终,爆破未对周围建筑物造成任何损害。爆破后上部结构(即箱梁体)全部垮塌、钢筋脱笼、原地解体,爆堆集中,十分便于机械二次破碎与装运。桥梁爆破现场情况如图6所示。



图6 爆破后桥梁垮塌解体

7 结语

本次考虑环境保护的漓江连续箱梁桥爆破拆除方案设计要点如下。

(1)设计爆破方案时,要充分考虑业主对施工安全、环境保护等的顾虑,最大限度地降低爆破对附近居民及单位的影响,绝不追求爆破规模的轰动效应。

(2)在本次拆除工程中,为确保桥梁的上部结构垮塌,爆破桥墩后使钢筋混凝土脱离钢筋笼的步骤十分重要。经验表明,在爆破施工准备阶段,如预先切断桥墩1/4的立筋,在降低炸药单耗的情况下有利于桥墩的钢筋混凝土脱笼。因工期紧,本次施工未预切断桥墩立筋,但又要确保混凝土脱离钢筋笼,故采用了较大的炸药单耗,并同时加强了复盖防护材料。

(3)随着城市建设的发展,对原有建构物的拆除常常采用爆破法,这就为爆破应用场景提出了一个新的要求:不仅要考虑爆破时周边人居建筑物的环境安全,还要考虑周边自然的环境保护。环境保护是本次爆破设计中特别注重的方面,爆破技术本身固然成熟,但是社会经济发展对在市区内进行爆破拆除施工存在新要求,这就使施工者不得不重视在爆破应用中必须要认真面对的自然环境保护问题。

参考文献:

- [1] 中国工程力学学会工程爆破专业委员会. 工程爆破(下册)[M]. 北京:冶金工业出版社,1992.
- [2] JTG 3362—2018,公路钢筋混凝土及预应力混凝土桥涵设计规范[S].
- [3] 汪旭光. 爆破手册[M]. 北京:冶金工业出版社,2010.
- [4] 朱金华,周凤仪. 水压爆破拆除钢筋混凝土连续箱梁桥[J]. 采矿技术,2007(3):125-126,129.
- [5] 张健,黎勇. 钢筋混凝土双曲拱桥爆破拆除方案探讨[J]. 西部交通科技,2023(11):177-178,199.
- [6] 刘殿中. 工程爆破实用手册[M]. 2版. 北京:冶金工业出版社,2003.
- [7] 张健,高丹波. 城市中心环行立交桥的爆破拆除[J]. 爆破,2004(4):63-64,76.

《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

官方网址:<http://www.csdqyfh.com> 电话:021-55008850 联系邮箱:roadfloodbridge@163.com

