

doi:10.3963/j.issn.1001-487X.2020.03.015

连续梁跨江危桥应急抢险爆破拆除*

王 威^{1,2,3}, 贾永胜^{1,2,3}, 刘昌邦^{1,2,3}, 徐华建^{1,2,3}, 陈治波^{1,2,3}

(1. 江汉大学湖北(武汉)爆炸与爆破技术研究院, 武汉 430056; 2. 爆破工程湖北省重点实验室, 武汉 430056;
3. 武汉爆破有限公司, 武汉 430056)

摘 要: 结合连续梁跨江危桥应急抢险爆破拆除工程实践, 具体介绍了跨江危桥的爆破拆除技术、施工组织设计和安全保障措施。通过对桥墩、T 梁以及桥面各分区设置合理的爆破延期时间, 使桥梁各节点处产生倾覆力矩, 实现“多米诺”骨牌式连续倒塌。充分利用有限的陆地作业平台, 利用爆破技术拆除稳定段桥面结构“推倒”不稳定段桥墩, 最大限度地降低作业风险, 改善爆破效果。通过监测桥墩偏移位移, 搭建跨江作业平台, 组织渡江作业船只, 顺利地完成了跨江危桥爆破拆除任务。针对不稳定状态的连续梁跨江危桥, 采用爆破方法可实现安全、高效的拆除目标, 可供类似工程借鉴。

关键词: 连续梁桥; 爆破拆除; 原地坍塌; 应急抢险

中图分类号: TU746.5 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-487X(2020)03-0090-05

Emergency Blasting Demolition of Continuous Beam Bridge Across River

WANG Wei^{1,2,3}, JIA Yong-sheng^{1,2,3}, LIU Chang-bang^{1,2,3}, XU Hua-jian^{1,2,3}, CHEN Zhi-bo^{1,2,3}

(1. Hubei (Wuhan) Explosions and Blasting Technology Institute of Jiangnan University, Wuhan 430056, China; 2. Hubei Key Laboratory of Blasting Engineering, Wuhan 430056, China; 3. Wuhan Explosions and Blasting Corporation Limited, Wuhan 430056, China)

Abstract: Combining with engineering practice of emergency blasting for continuous beam bridge, the unsafe bridge blasting technology, construction organization design and safety assurance measures were introduced. By setting reasonable blasting delay times between the bridge piers, T-beams and bridge deck, the overturning moment was generated at each bridge node to make a continuous domino collapse. The blasting technology used the stable section bridge deck to demolish the unstable pier, which could make full use of the limited land platform, minimize operation risk and improve blasting effect. By monitoring the bridge pier displacement, building the operation platform across the river and organizing the ships to cross the river, the bridge demolition was successfully completed. This blasting method can realize a safety and efficient demolition target to unsafety bridges, which can be used to some similar projects.

Key words: continuous beam bridge; blasting demolition; vertical collapsing; emergency rescue

1 工程概况

由于上游连续暴雨, 2018 年 7 月 27 日四川省眉山市彭山区岷江大桥部分桥梁结构被洪水冲毁

(如图 1), 因应急处理及时得当, 大桥垮塌并未造成人员伤亡。由于预留原桥构件无法满足安全使用要求, 存在较大安全隐患, 为保障周边环境安全、确保航道通畅、防止二次坍塌, 需尽快进行桥梁拆除。

1.1 周边环境

岷江大桥东侧为江口镇, 西侧为彭山县城。对垮塌桥梁墩柱由西向东进行编号, 大桥 2#桥墩距离城南郡小区为 71 m, 大桥 12#桥墩距离东侧最近一

收稿日期: 2020-04-15

作者简介: 王 威(1986-), 男, 工程师, 主要从事爆破工程、采矿工程等方面研究与应用工作, (E-mail)434347099@qq.com。

基金项目: 住房和城乡建设部科学技术计划项目(2017-k5-005); 武汉市创新人才开发资金资助项目

层民房距离 143 m,距离桥头三层民房距离为 168 m,距离江口加油站距离为 174 m。大桥 1#桥台下分布有一根裸露的供水管线和埋深 1.5 m 的天然气管线。岷江大桥周边环境示意图如图 2 所示。



图 1 岷江大桥垮塌后现状

Fig. 1 Actuality of Minjiang river bridge after collapse

1.2 桥梁结构

岷江大桥全长 494.79 m,桥宽 12.5 m,垮塌后剩余桥梁全长 360 m(如图 3 所示)。上部结构采用 13×30 m 预应力混凝土简支 T 梁;预应力混凝土简支 T 梁宽 2.5 m,高 1.75 m,腹板宽 0.16 m,马蹄宽 0.4 m。桥幅由 5 片 T 梁构成。大桥采用桥面连续简支结构体系,1 号台及 5、9、13 号墩顶设置橡胶伸缩缝。

大桥下部构造采用明挖基础和钻孔灌注桩,设计为双柱式桥墩、桥台,其中 2~5 号、12~16 号桥墩接明挖扩大基础,6~11 号墩接冲孔桩基础。墩柱为 2 根直径为 1.3 m 的圆形柱。

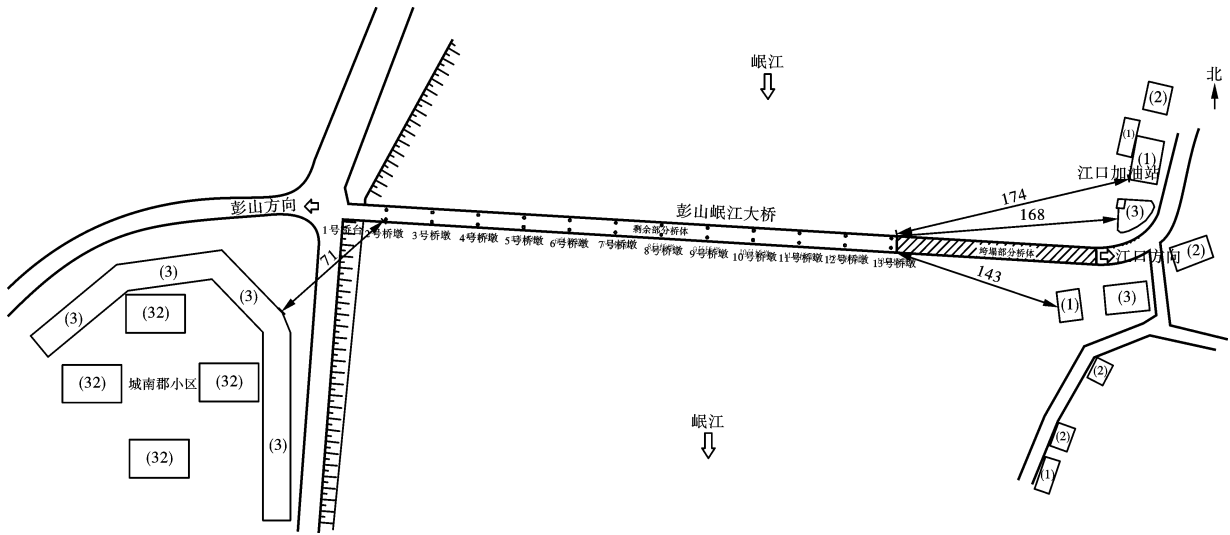


图 2 周边环境示意图(单位:m)

Fig. 2 Scheme of blasting surroundings(unit:m)

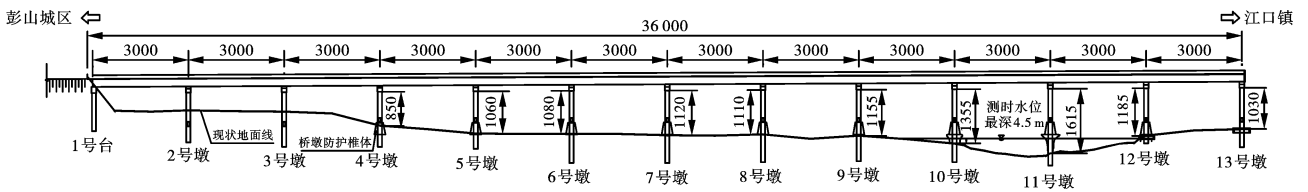


图 3 岷江大桥立面图(单位:cm)

Fig. 3 Elevation of Minjiang river bridge(unit:cm)

1.3 施工难点

(1)大桥两岸分布有居民区和市政管线等设施,周边环境较为复杂。

(2)桥体部分垮塌,残余部分结构刚度受到破坏,桥体受力不明确,易发生次生灾害。13#墩处于不稳定状态,12#墩稳定性受到影响,施工过程中要随时观察,确保施工安全。

(3)受上游来水影响,岷江水位变化大,桥下江水湍急,9#~13#桥墩处水深 1.5~4.5 m,钻爆作业

及爆破安全防护难度大。

2 总体方案

由于大桥本身属于简支连续梁桥,整体性较差,且桥梁已被水毁,目前受力状况不明朗,桥梁整体和局部稳定性的维持是必须详细周密考虑的核心问题,也是本桥梁能否安全完成拆除任务的关键^[1-3]。根据大桥的结构特点、周边环境以后期打捞要求,选取爆破拆除与机械拆除相结合的方案^[4,5]:

(1) 2#~13#墩和上构采用爆破方式进行拆除,采用“逐跨原地坍塌爆破拆除”的总体方案。

(2) 1#墩和1#~2#之间上构采用机械切割吊装方式进行拆除,14#~18#墩和上构采用机械破碎方式进行拆除。

2.1 施工方案选择

由于13#桥墩已经倾斜,处于不稳定状态,在施工过程中采用全站仪对桥墩进行位移监测,以确保施工过程的安全。岷江大桥桥面和水面(地面)高差为9~15 m,人员施工和机具作业极不方便,且危险程度高,为便于后期打捞转运要求,施工前先对各个墩柱及简支T梁马蹄对应桥面位置进行定位,从桥面上对9#~12#桥墩间内侧简支T梁进行钻孔(最外侧两个T梁不进行钻孔)。对处于河床上的墩柱搭设双层竹排架,对处于江水中的9#~12#墩柱搭设双层钢管架,钢管架采用扣件紧扣于桥墩四周,铺上踏板后形成多层作业平台。对于9#和10#桥墩在江中搭设钢管架走廊及栏杆,作为行人及材

料运输平台,对于11#和12#桥墩,采用船只运输材料和人员。排架搭设和材料运输平台如图4所示。



图4 排架和材料运输平台搭设示意图
Fig. 4 Schematic diagram of shelving and material transportation platform

2.2 爆破参数

桥墩的炮孔布置采用2-3-2梅花形水平钻孔,为了改善锥形桥墩基础的破碎效果,对基础进行松动爆破,对锥形基础布设12个倾斜孔,炮孔布置和装药结构图如图5所示^[6-8]。

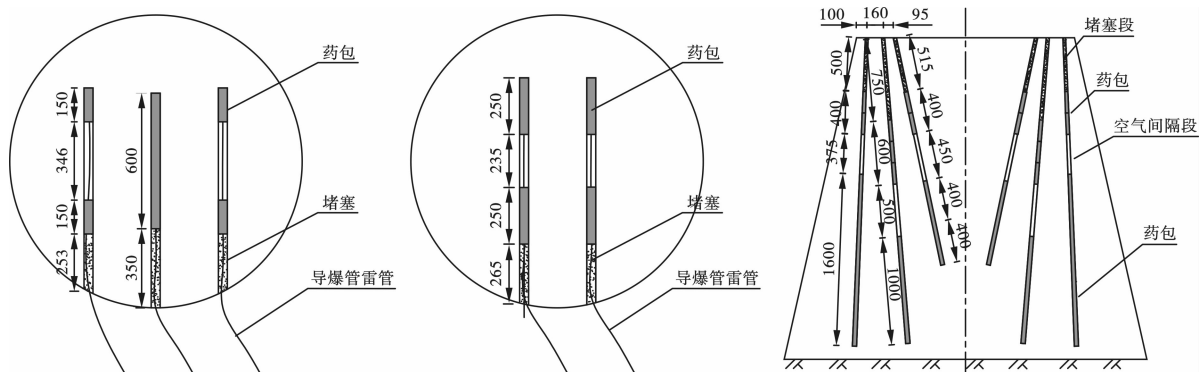


图5 炮孔布置及装药示意图(单位:mm)

Fig. 5 Schematic diagram of blast-hole arrangement and charge(unit:mm)

系梁采用从上至下垂直布置单排孔的方式,孔距0.5 m,孔深为70 cm,单孔装药量为400 g。从桥

面对T梁钻凿单排垂直孔,孔距2 m,炮孔深度为1.4 m,各构件爆破参数如表1所示。

表1 爆破参数表

Table 1 Blasting parameter

构件名称	构件尺寸/cm	最小抵抗线w/cm	孔径/mm	孔距a/cm	排距b/cm	孔深l/cm	单耗/(g·m ⁻³)	单孔药量q/g	布孔方式	装药结构
桥墩	φ130	25	40	30	35	95/100	2365	如图5	梅花形布孔	连续、间隔装药
系梁	70×100	35	40	50	-	70	1143	400	单排布孔	连续装药
T梁	-	20	40	200	-	140	857	300	单排布孔	三段间隔装药

2.3 起爆网路

为确保安全准爆,采用孔内装MS17段(1200 ms)导爆管雷管、孔外MS9段(310 ms)导爆管雷管逐跨接力延时的起爆网路。由于13#桥墩处于倾斜不稳定状态,且该处水深4 m,水流湍急,机

械无法安全进行破碎作业,为了达到业主要求的爆破后13#桥墩倾覆于水面以下,采用将9#~13#连续桥面延迟于12#桥墩310 ms时间起爆。各桥墩和桥面的起爆时间如表2所示^[9]。

表2 爆破延期时间表(单位:ms)
Table 2 Blasting delay-time(unit:ms)

桥墩号	2#	3#	4#	5#	6#	7#	8#	9#	10#	11#	12#	9~12#T梁、桥面
响序	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
孔外雷管起爆时间/ms	0	310	620	930	1240	1550	1860	2170	2480	2790	3100	3410
孔内雷管起爆时间/ms	1200	1510	1820	2130	2440	2750	3060	3370	3680	3990	4300	4610

3 爆破安全防护

3.1 爆破飞石防护

为了降低爆破飞石的危害,所有爆破桥墩先捆绑1层竹排,竹排外侧再用2层红地毯进行包裹。并在双层排架外悬挂双层竹笆,桥面炮孔采用沙袋压在炮孔上进行防护,全桥从桥面向下放置2层密目黑网至地面,并在地面采用沙袋压住进行固定。

3.2 触地振动控制

由于在第1#跨桥体切割吊装后,爆破桥体距离供水管、天然气管道、大堤以及居民区的距离有

35 m以上,为降低塌落振动效应的危害,采用逐跨接力延时的起爆网路,采用分段分区使构件依次触地来控制塌落振动。并在供水管、岷江大堤以及城南郡小区设置TC-4850测振仪进行振动监测。

4 爆破效果

整个大桥的爆破拆除施工共用10 d时间完成,施工过程中克服了多次上游突降大雨导致的洪水,安全顺利的完成了爆破准备工作。起爆后大桥由山区岸向江口镇岸逐跨坍塌(图6),爆破获得了圆满成功,达到了预期的爆破效果,消除了二次坍塌的安全隐患,保证了岷江的航道畅通。



图6 爆破过程

Fig. 6 Blasting process

(1)爆破后2#~12#桥墩破碎效果较好,桥面构件落在河床上,2#~8#T梁及桥面在弯曲荷载的作用下部分折断破坏。

(2)由于桥梁在桥墩处是通过支座与主梁连接,13#桥墩在9#~13#连续T梁和桥面的扯动下,倾倒于水面下,达到业主要求。

(3)爆破飞石在可控范围内,通过爆破后观察,经过防护,2#~8#桥墩飞石分布在15 m范围内,9#~13#桥面构件飞石分布在35 m以内,未对周边环境造成损坏。

(4)供水管基础处振动测试数据为0.26 cm/s,岷江大堤处振动测试数据0.17 cm/s,爆破振动及触地振动未对周边构筑物造成破坏。

5 几点体会

(1)对于部分结构破坏的建(构)筑物抢险拆除,由于残余部分结构刚度受到破坏,受力不明确,易发生次生垮塌灾害,采用爆破方法拆除危险建

(构)筑物是非常安全和高效的一种方法,相对于机械拆除法,有着较大的优势。

(2)采用纵向逐跨倒塌爆破技术,能使桥梁结构在塌落过程中逐步触地,减小塌落震动对周边环境的影响。

(3)合理的加大各跨之间的爆破延期时间,可使桥梁各节点处产生弯矩,充分利用桥面结构剪切、拉伸作用来改善爆破效果。

参考文献(References)

- [1] 张勤彬,程贵海,刘思远,等. 跨航道桥梁的爆破拆除[J]. 爆破,2018,35(4):78-83.
- [1] ZHANG Qin-bing, CHENG Gui-hai, LIU Si-yuan, et al. Explosive demolition technology of bridge crossing navigation channel[J]. Blasting,2018,35(4):78-83. (in Chinese)
- [2] 赵明生,龙源,贾永生,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.
- [2] ZHAO Ming-sheng, LONG Yuan, JIA Yong-sheng, et al.

- Control blasting technology for bridge with prestressed continuous concrete beams [J]. *Blasting*, 2015, 32(4): 103-109. (in Chinese)
- [3] 倪明亮,蒋跃飞,孙金山,等.应用ANSYS/LS-DYNA进行桥梁拆除方案优化研究[J].*爆破*,2019,36(1):109-116.
- [3] NI Ming-liang,JIANG Yue-fei,SUN Jing-shan,et al. Optimization of bridge demolition schemes with ANSYS/LS-DYNA [J]. *Blasting*, 2019, 36(1): 109-116. (in Chinese)
- [4] GB 6722—2014 爆破安全规程[S].北京:中国标准出版社,2014.
- [4] GB 6722—2014 Safety regulations for blasting[S]. Beijing:Standards Press of China,2014. (in Chinese)
- [5] 葛晓霞,陈顺禄,姜楠,等.城市高架桥梁爆破塌落冲击浅埋管线的影响[J].*爆破器材*,2017(4):45-50.
- [5] GE Xiao-xia, CHEN Shun-lu, JIANG Nan, et al. Shock effect of viaduct collapsing blasting on shallow buried pipeline in city [J]. *Explosive Materials*, 2017(4): 45-50. (in Chinese)
- [6] 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.
- [6] LIU Guo-jun, LIANG Rui, YANG Yuan-bing. Explosive demolition of reinforced concrete simply supported beam bridge under complex environment [J]. *Blasting*, 2017, 34(4): 115-119. (in Chinese)
- [7] 黎学平,陈仲超.海南省嘉积大桥拆除爆破[J].*工程爆破*,2008,14(4):49-52.
- [7] LI Xue-ping, CHEN Zhong-chao. Blasting demolition of the Jia-Ji Bridge in Hai-nan Province [J]. *Engineering Blasting*, 2008, 14(4): 49-52. (in Chinese)
- [8] 蔡路军,杜刚,高琴,等.爆破冲击荷载下混凝土T梁桥实验[J].*工程爆破*,2018,24(1):8-12.
- [8] CAI Lu-jun, DU Gang, GAO Qin, et al. Experimental of concrete T beam bridge under blasting load [J]. *Engineering Blasting*, 2018, 24(1): 8-12. (in Chinese)
- [8] 刘文辉.城市大型立交桥整体爆破拆除[J].*工程爆破*,2016,22(3):45-47.
- [9] LIU Wen-hui. Whole blasting demolition of big-scale urban interchange bridge [J]. *Engineering Blasting*, 2016, 22(3): 45-47. (in Chinese)

英文编辑:陈东方

(上接第77页)

- [6] 陈明,郭天阳,卢文波,等.爆破开挖对边坡岩体裂隙扩展的扰动机制[J].*岩石力学与工程学报*,2015,34(7):1307-1314.
- [6] CHEN Ming, GUO Tian-yang, LU Wen-bo, et al. Disturbance of blasting excavation on crack growth in rock slope [J]. *Chinese Journal of Rock Mechanics & Engineering*, 2015, 34(7): 1307-1314. (in Chinese)
- [7] 陈思远,周传波,蒋楠,等.露天转地下采深影响下爆破振动速度传播规律[J].*爆破*,2016,33(3):23-30.
- [7] CHEN Si-yuan, ZHOU Chuan-bo, JIANG Nan, et al. Propagation law of blasting vibration velocity influenced by mining depth during transition from open-pit to underground mining [J]. *Blasting*, 2016, 33(3): 23-30. (in Chinese)
- [8] 余敏,林从谋,常方强,等.岩质深基坑爆破振动放大效应测试研究[J].*爆破*,2017,34(4):27-32.
- [8] YU Min, LIN Cong-mou, CHANG Fang-qiang, et al. Research on amplification effect of blasting vibration in rock deep foundation pit [J]. *Blasting*, 2017, 34(4): 27-32. (in Chinese)
- [9] 欧阳建华,李雷斌,吴亮,等.岩质凸形边坡体爆破质点振动监测与分析[J].*爆破*,2015,32(1):54-56.
- [9] OU-YANG Jian-hua, LI Lei-bin, WU Liang, et al. Monitoring and analysis of particle vibration of convex rock slope under blasting loading [J]. *Blasting*, 2015, 32(1): 54-56. (in Chinese)
- [10] 周飞,许强,刘汉香,等.地震作用下含水水平软弱夹层斜坡动力响应特性研究[J].*岩土力学*,2016,37(1):133-139.
- [10] ZHOU Fei, XU Qiang, LIU Han-xiang, et al. An experimental study of dynamic response characteristics of slope with horizontal weak interlayer under earthquake [J]. *Rock and Soil Mechanics*, 2016, 37(1): 133-139. (in Chinese)
- [11] 陈雪见,倪亮,陈山岭,等.数字式全景钻孔摄像在某硐室勘查中的应用[J].*中国勘察设计*,2006(10):51-54.
- [11] CHEN Xue-jian, NI Liang, CHEN Shan-ling, et al. Application of digital panoramic drilling camera in exploration of a chamber [J]. *Chinese Survey and Design*, 2006(10): 51-54. (in Chinese)
- [12] 付海军.数字钻孔摄像技术原理及其在海底隧道含水构造注浆效果检验中的应用研究[D].济南:山东大学,2010.
- [12] FU Hai-jun. Study on digital borehole camera technique and its application on grouting effect test in subsea tunnel [D]. JINAN: Shandong University, 2010. (in Chinese)

英文编辑:柯波