

doi:10.3963/j.issn.1001-487X.2020.03.017

复杂环境下钢筋混凝土连续梁桥爆破拆除*

刘国军^{1,2,3}, 梁锐^{1,3}, 杨元兵^{2,3}, 滕潇^{2,3}, 李春江^{2,3}, 杨帅^{2,3}

(1. 甘肃省化工研究院有限责任公司, 兰州 730020;

2. 甘肃兰金民用爆炸高新技术有限责任公司, 兰州 730020; 3. 甘肃省民用爆炸工程技术研究中心, 兰州 730020)

摘 要: 新桥要求在旧桥爆破拆除后的原址提升重建, 需重点保护桥梁原有地系梁及以下桩基不受爆破损伤。钢筋混凝土连续梁桥长 430 m, 整体性好, 混凝土标号较高, 决定采用由南向北大毫秒延时逐跨坍塌的爆破拆除总体方案。台帽和联系梁采用垂直孔, 桥墩采用垂直孔和水平孔相结合的布孔方式, 结合跨间大延时起爆技术, 并在地系梁以上预留部分桥墩, 修筑缓冲挡土墙, 爆破部位有效围挡等安全技术措施, 成功将桥梁爆破拆除。爆破振动、爆破飞石等有害效应均在控制范围之内, 爆后经检测桥梁保留桩基部分未受影响, 同时确保了周边构筑物及设施的安全。

关键词: 钢筋混凝土桥; 爆破拆除; 连续梁; 复杂环境

中图分类号: TU746.5 文献标识码: A 文章编号: 1001-487X(2020)03-0099-04

Blasting Demolition of Reinforced Concrete Continuous Beam Bridge in Complex Environment

LIU Guo-jun^{1,2,3}, LIANG Rui^{1,3}, YANG Yuan-bing^{2,3}, TENG Xiao^{2,3}, LI Chun-jiang^{2,3}, YANG Shuai^{2,3}

(1. Gansu Lanjin Civil Explosion Hight-tech Co LTD, Lanzhou 730020, China;

2. Gansu Chemical Industry Research Institute Co Ltd, Lanzhou 730020, China;

3. Civilian Blasting Engineering Technology Research Center in Gansu Province, Lanzhou 730020, China)

Abstract: A new bridge was required to be constructed and located on an old bridge site after blasting, which made the original collar beam and pile foundation need to be protected. Since the continuous beam bridge is 430 m long with a good integrity and high concrete grade, an overall blasting demolition plan with a big millisecond time delay and span-by-span blasting demolition blasting method from south to north was adopted. Firstly, some vertical holes were drilled in abutment risers and collar beams, and a combination of vertical holes and horizontal holes were drilled in the bridge piers. And then a long time delay initiation technology between spans was adopted. Besides, and the piers above the ground collar beams were protected, and the buffer retaining walls were constructed. Finally, the bridge was successfully demolished by blasting. The blasting vibration effect and flying stone distance were all within control. After blasting, the remaining pile foundation of the bridge was not affected, and the surrounding structures and facilities were safety.

Key words: reinforced concrete bridge; demolition blasting; continuous beam; complex environment

收稿日期: 2020-04-14

作者简介: 刘国军(1977-), 男, 正高级工程师, 本科, 主要从事拆除爆破、土石方爆破和矿山开采工程相关技术研究, (E-mail)lgj2000@163.com。

基金项目: 甘肃省委组织部人才项目[2019]; 精细爆破技术创新人才培育项目(甘财行[2019]35号)

1 工程概况

平天高速公路项目第三合同段, 新建高速公路设计下穿现有庄浪县韩店南河大桥(新建 2015 年运行), 因高度不符合高速公路行车设计要求, 根据项

目建设需要,将原有钢筋混凝土连续梁大桥拆除后原址提升重建新桥。因项目工期紧,且大桥位于S305 主干线,采用机械拆除势必将影响省道通行,为了加快施工进度满足工期需要,决定在保证桥梁地系梁以下部分桩基不受损伤及周围构筑物安全的前提下,采用控制爆破技术进行拆除。

1.1 桥梁结构

韩店南河大桥南北长 430 m,桥面宽 11.5 m;桥主体是钢筋混凝土连续梁结构;桥面是钢筋混凝土

的现浇板,由于桥梁属于新建桥,混凝土标号较高,结构尺寸较大,整体性较好。桥梁共计 13 跨,南北各一个承台为 0#和 14#,1#~13#共 13 排桥墩,桥墩跨距为 30 m。桥墩为直径 1.5 m 的 2 根圆柱形,桥梁高度为地系梁上 12.8~14 m 不等;地系梁以上 7 m 处为高 1.5 m,宽 1.2m 的联系梁;台帽长 11 m,宽 2.0 m,高 1.5 m;桥面由 4 根预制连续箱梁支撑,预制箱梁壁厚 0.2 m。详见图 1 桥梁结构意图。



图 1 桥梁结构图(单位:cm)

Fig. 1 Bridge structure diagram(unit:cm)

1.2 工程环境

韩店南河大桥位于庄浪县至清水县主干省道 305 线韩店镇南河,1#桥墩北面 40 m 为 304 省道,50 m 紧挨省道旁边为韩店镇居民区,居民区多为自建 2~3 层小楼房,其中部分为一层土坯房,临街多为铺面商店、饭馆酒店等;桥南通向天水市清水县,距离 45 m 为高压输电线路;桥梁东西两边紧邻当地居民树苗培育基地,距离平行桥梁的通信线路仅 10 m,西面 35 m 处有一当地土地庙;有一埋深 1 m 的生活水管垂直于桥梁从桥下穿过,S305 道路临时便道经过桥下,周边环境较为复杂,详见图 2 桥梁爆破周边环境图。

的影响;(5)确保周边高压输电线路、通信线路、周边民居及行人车辆的安全;(6)由于 S305 为省道主干线,在爆破结束后 1 h 内保证道路疏通。

2 爆破拆除方案

2.1 工程难点

(1)南河大桥拆除爆破要严格控制爆破飞石,防止爆破飞石对周边构筑物的影响,同时采取措施防止大量飞石落入桥两边的树苗培育地,损坏树苗;(2)桥墩爆破需确保桥梁地系梁(不含)以下保留桩基不受影响,同时要防止桥面及连续梁大质量体对保护桩基砸伤^[1,2];(3)确保下穿河道内的当地居民用水管道的安全;(4)控制爆破振动和触地震动对北面民居

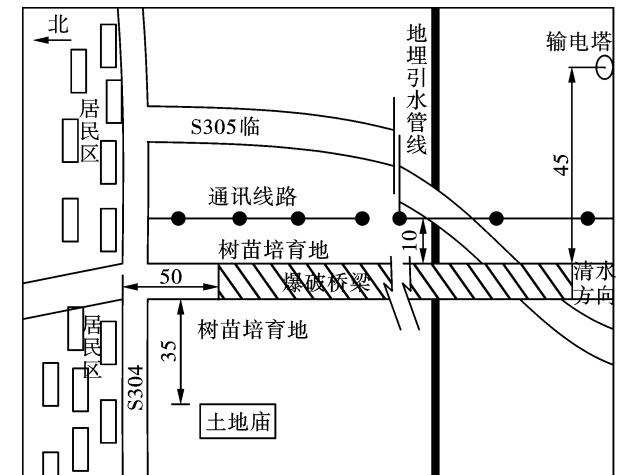


图 2 周边环境图(单位:m)

Fig. 2 Schematic diagram of surroundings(unit:m)

2.2 方案选择

该桥高约 12.0~14.0 m 不等,总长为 430 m,桥梁为新建投入使用桥,建设质量好,混凝土标号较高,钢筋比较大,结构整体性较好,坍塌解体较为困

难。按照桥的结构尺寸、平面位置、周围环境和爆破安全要求,为确保该桥的成功爆破拆除,本次爆破采用大微差延期从南向北主跨起爆坍塌的爆破技术方案^[3,4],由于本次爆破拆 0#承台在新桥建设中继续使用,因此拆除中予以保留,只爆破拆除 1#~13#桥墩及 14#承台,由南向北逐跨微差起爆坍塌。

2.3 预处理

(1) 由于道路环境限制,只能进行一次爆破作业,为便于南侧承台的开挖和钻眼施工,南侧第 14 跨桥面用机械提前拆除;(2) 为了保护地系梁以下部分结构的安全,在爆破时,将地系梁以上部分桥墩预留不小于 1.0 m;(3) 桥墩部位交接处用机械将箱梁翼板预拆除,长度为两个相邻箱梁两侧的翼板长度,宽度为承台的宽度^[4,5]。

3 爆破参数设计

3.1 桥墩的爆破高度

桥墩的破坏高度按下面经验公式计算

$$H = KB$$

式中: H 为桥墩的破坏高度; K 为经验系数,取 2~5; B 为桥墩厚度 1.5 m; $H = KB = (2 \sim 5) \times 1.5 = 3 \sim 7.5$ m。根据理论计算,并结合类似工程的实践经验,桥墩的爆破高度取 $H = 7.5$ m。

桥面为现浇钢筋混凝土薄板结构,桥面支撑为预制钢筋混凝土箱梁结构,其结构荷载全部由桥墩承担;桥墩为钢筋混凝土结构,由网格状的钢筋笼构成,结构坚固,整体性好,因而在爆破时,为了降低爆渣高度,在桥墩上全高布孔。

3.2 爆破参数

(1) 桥墩爆破参数

1) 由于桥墩直径较大,为了使得桥墩爆破破碎

更加充分,有利于爆后桥面的下沉,同时减少钻孔量,桥墩上半部分沿桥墩长度方向以桥墩中心布置 3 个竖直孔(见图 3 炮孔布置图),孔深不超过 5 m;底部距离地系梁 1 m 以上布置两排水平钻孔^[5-7]。

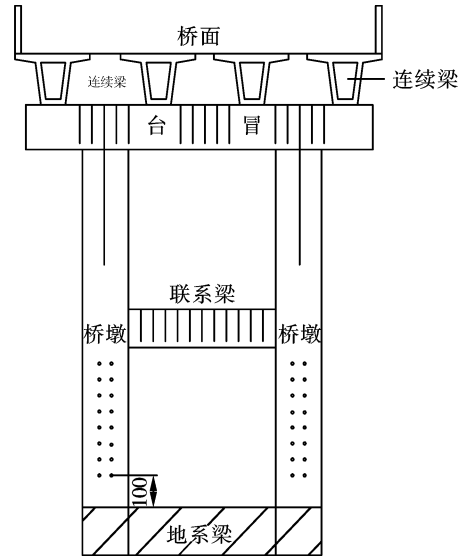


图 3 炮孔布置(单位:cm)

Fig. 3 Layout of blast holes(unit:cm)

2) 单孔装药量(Q)

根据体积公式,单孔装药量按《爆破手册》中拆除爆破药量经验计算公式确定

$$Q = kV$$

式中: Q 为单孔药量,kg; k 为单位体积用量系数,因本工程待爆大桥的桥墩均为钢筋混凝土结构,一般取 $k = 800 \sim 1000 \text{ g/m}^3$; V 为爆破体积 m^3 。

根据以往桥梁爆破作业经验及结合本桥结构特点,爆破参数详见计算见表 1。

表 1 爆破参数

Table 1 Blasting parameters

名称	最小抵抗线/m	眼距/m	排距/m	孔深/m	单耗/($\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$)	单孔药量/g
台帽	0.4	0.5	0.4	1.3	1000	300
桥墩(垂)	0.5	0.4	-	5.0	1000	2800
桥墩(平)	0.5	0.5	0.3	1.2	800	100
联系梁	0.4	0.5	0.4	1.3	800	240
承台	0.4	0.6	0.4	1.8	450	200

4 爆破网路设计

桥梁爆破拆除延期时间的设计,为了控制爆破振动和塌落振动,保证大桥在空中更好的解体,采用主跨大微差分段延时起爆技术:两相邻桥墩采用不同起爆时间,相邻桥墩之间相差 300 ms 引爆。

桥梁台帽、桥墩、14#承台孔内用 MS13 段雷管,联系梁孔内用 MS11 段雷管,每一跨为一个单元,把 20 个左右非电塑料导爆管绑为一簇,每单元内用两枚 MS1 孔外导爆管分两小单元进行复式连接;用 MS9 依次分跨进行接力延时起爆网路连接,最后用导爆管引至起爆站由脉冲起爆器引爆^[8]。

5 爆破安全校核

5.1 爆破振动安全验算

根据中华人民共和国《爆破安全规程》GB6722中规定,爆破震动对周围建筑物破坏影响可采用下式计算

$$v = k k_0 (\sqrt[3]{Q/R})^\alpha$$

式中: v 为被保护物所在地质点振动速度 cm/s ; k 为与介质性质爆破有关的系数; k_0 为修正系数,取 $0.25 \sim 1.0$; Q 为微差爆破最大一段药量, kg ,由设计确定; R 为爆破震动安全允许距离, m ; α 为衰减系数。

根据环境情况,以及周围建筑物的构筑情况,重点需要保护的设施的最小距离:本次爆破设计最大一段起爆药量为 26.0 kg 。根据计算,距离1#桥墩 50 m 处的民房最大爆破振动速度 0.4 cm/s ,满足《爆破安全规程》规定民房允许爆破振动速度 2 m/s 。

5.2 触地震动安全验算

建筑物爆破倾倒后冲击地面而引起的震动大小与其质量、重心高度和触地点土层的刚度有关。根据中国科学院力学研究所提出的计算公式,烟囱类结构物塌落作用于地面造成的震动速度 V 有以下关系

$$V_i = K_i \left[\frac{R}{\left(\frac{MgH}{\sigma} \right)^{\frac{1}{3}}} \right]^\beta$$

式中: V_i 为塌落引起的地面振动速度, cm/s ; M 为下落构件的质量分段塌落,取 1000 t ; g 为重力加速度, m/s^2 ; H 为构件中心的高度, m ; σ 为地面介质的破坏强度,一般取 100 kg ; R 为保护物至冲击地面中心的距离, m ; K_i, β 为场地系数, $K_i = 3.39, \beta = -1.8$ 。

根据计算,距离1#桥墩 50 m 处的民房最大触地震动速度 0.8 cm/s ,满足《爆破安全规程》规定民房允许爆破振动速度 2 cm/s 塌落触地震动不会对周围建筑物和设施造成损伤。

5.3 安全防护措施

(1) 飞石防护

承台和桥台帽采用表面覆盖防护措施;所有爆破的桥柱桩采用表面围裹的方式,根部距离桥墩 2 m 处搭设 3 m 高的防护排架挂上竹笆子,上部挂二层密目网,防止飞石落入耕地;北面韩店镇居民房采用在北侧桥头搭设防护排架围挡,0#承台不拆除,1#桥墩距离韩店镇最近,在桥面下在桥墩北侧搭设防护排架,防止飞石对韩店镇的影响^[8,9]。

(2) 地系梁以下桩基保护措施

为了防止桥墩爆破对桩基的拉伤,桥墩炮孔布置位置在高于地系梁(保护位置) 1 m 以上部位,深度根据不同位置确定,眼底距离外圆 0.15 m ;同时

为了防止桥面及连续梁对保护桩基砸伤,在保留桩基础南北两侧用挖掘机修筑长 12 m ,宽 1.5 m ,高 1.2 m 的缓冲防护堤,确保保留桥柱基础的安全。



图4 安全防护

Fig. 4 Protective measures

(3) 爆破振动及触地震动防护措施

主要通过采用孔外延期爆破技术,有效控制爆破振动;严格按设计布置炮孔,控制最大单响起爆药量;通过桩基保护缓冲防护堤减小桥梁爆破塌落震动;在距离最近的几处民房和保护对象处布置振动监测设备,进行现场监测。

(4) 生活饮用水管线的保护

由于饮用水管线影响整个韩店镇居民生活用水,为了保护水管不受损伤,前期必须精确确定水管的位置和走向,然后在桥体塌落部位平行水管走向,在水管两侧堆高度不小于 1 m 的土埂进行防护。

6 爆破效果分析

经过精心设计,精细化的管理施工,大桥于2019年7月19日下午一次性爆破拆除,桥梁按设计方案完全倒塌,爆破取得了圆满的成功,图5为爆破效果图。



图5 爆破效果

Fig. 5 Blasting effect