

# 临近既有桥梁基坑爆破施工开挖综合技术

尚景坤

中国铁建投资集团有限公司

**摘要:** 本文介绍了新黄河特大桥0#台与1#、2#、4#、5#复杂环境条件下采用浅孔爆破方案与钻爆参数优化、振动监测、立体多层次防护措施,有效控制了爆破振速及飞石对既有运营安全与周边环境的影响取得了良好效果。

**关键词:** 铁路桥; 基坑开挖; 浅孔爆破; 振速; 安全防护

【DOI】 10.12254/j.issn.2096-6539.2024.09.063

## 一、研究背景

黄韩侯铁路新黄河特大桥全长803.15m,工点位于陕西省韩城市龙门镇,距离既有侯西铁路约14m。其中0#台~4#墩位于山西省境内,5#墩位于陕西省境内,各墩主要地质为石灰岩,较坚硬,均设计为明挖基础,基坑开挖需采用爆破法施工。桥位墩台平面布置如图1。

施工地形及环境较为复杂,施工现场有5处墩台紧邻侯西铁路运营线,尤其是0#台、1#墩临近既有侯西铁路禹门口隧道和G108国道,2#墩基坑距离山西省黄河提水干渠、110KV高压线铁塔分别仅有0.1m、2.5m,4#墩距离侯西铁路看守房仅有3.5m,5#墩基坑距离G108黄河公路大桥桥台仅有8m。现场爆破施工时,应严格控制爆破震动、控制飞石,保证既有铁路运营线、G108黄河公路大桥的运行安全,减少对周边环境的影响。

相关单位对爆破工点施工也提出了严格要求,禹门口黄河提水站要求不得影响当地水渠的正常供水;西安铁路局要求严格控制爆破飞石、滚石,确保既有铁路及原黄河大桥的安全;陕西省渭南市、山西省河津市河务局提要求保证符合环保要求,石头不得滚落黄河河道内。

## 二、工程难点

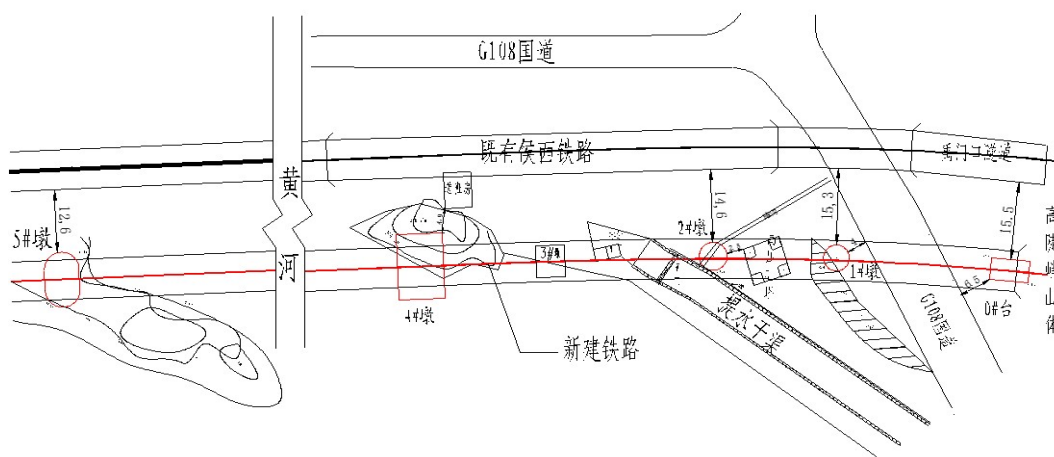


图1 桥位各墩台平面布置图

(1) 爆破技术难度大。桥梁基坑位置不同,且在设计上每个基坑的形状、大小以及开挖深度都不相同,需合理选择爆破方法和技术参数,不断优化调整爆破参数。

(2) 铁路“天窗”与公路、河道、电力等多方协调难度大。每个桥梁基坑每爆破施工一次,需经超前计划,周密组织,科学安排,加强观测,特别是爆破装药、联网、安全检查与防护必须在既有侯西铁路“天窗”点内完成,必须同步实施G108国道、黄河公路桥的交通临时管制,并与黄河河道、电力等多方管理单位协调合作。

(3) 爆破作业频次密集,立体多层次防护控制严。5处基坑分布在桥梁中轴线上不同的位置,并且桥位周边的构筑物较多,现场的爆破作业量较大,爆破的次数较多,因此防护的重点和防护的标准也不相同。如0#台、1#墩临近G108国道线,0#台重点防止飞石和滚石,

1#墩主要做好减振和防飞石;2#墩紧邻黄河提水干渠,必须做到减少振动波造成的危害,4#和5#墩也要防止飞石影响既有国道线。

(4) 施工人力、设备等资源配备比较多,需求较繁杂。因每处基坑的爆破环境、爆破方法不同,因此需配备的人力、设备和作业程度不尽相同,再加上整个施工场地较小,作业环境较差,也要增加施工机械、作业人员与工种才能完成。

(5) 环境保护标准要求极高。黄河委员会及韩城市、河津市河务管理局要求不得有飞石滚入黄河河道,禁止在河道附近弃渣,因此爆破要严格控制飞石和滚石方向,以避免或减少对周边环境可能造成的影响。

## 三、施工方案

在复杂环境条件下,桥梁基坑爆破施工首先制定专项施工方案,其次优化爆破参数,降低爆破振速速率,施工前要进行立体多层次防护,施工中实时监测爆破振动

速率，总目标就是充分利用炸药的有效能量，最大限度的降低爆破产生的有害因素。

(一) 浅孔爆破施工

根据桥梁墩台设计与地质分布特点，基坑开挖采用浅孔控制爆破（人工风枪打眼法）。由于浅孔爆破装药量较小，因此爆破振动大小与装药量密切相关。在进行基坑爆破时，由于现场作业面较小、而作业深度较大，再加上中风化层以上地段在成孔时，因为黄土层以及卵石层的影响，部分地段的抗振能力较弱，因此采用降低一次爆破用量，也能有效的减小爆破振动、控制爆破飞石。

现场采用乳化炸药，并以塑料导爆管和非电起爆系统作为起爆器材，单式起爆网路。

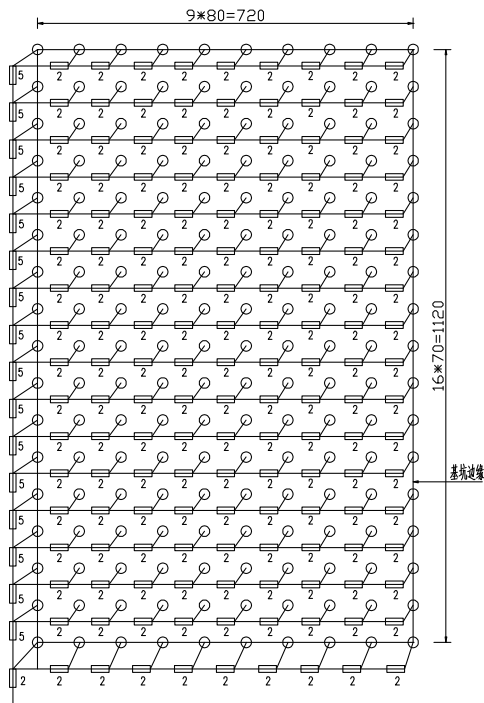


图2 炮眼布置图（以5#墩例）

(二) 爆破试验与优化设计参数

1. 爆破试验

在施工前，为了降低爆破振动速度，经过认真筹划，共组织了四个区域的前期爆破试验。在实施过程中，以降低爆破振速为中心，采用了中科院爆破测振仪（TC-4850型），准确测定了四个区域产生的爆破振动速度，为优化爆破参数提供了数值依据。

表1列出了进行的多次典型的数据结果及其详细的爆破参数，其结果小于安全允许振速。

2. 优化设计爆破参数

结合墩台基础类型，编制细化墩台单体爆破设计方案，根据试爆试验效果分析对比，确定了最合理的爆破参数。

(1) 单位炸药消耗量为0.7kg/m<sup>3</sup>。

(2) 岩石的爆破抵抗线越小，能量的密度衰减或增加就越小，能量的分布与爆破的破碎块度越均匀。因此，a=0.8m，b=w=0.7m较为合适。

(3) 开挖深度H应在1.2~1.5m之间。

(三) 立体多层次防护

1. 物理隔离防护

所有基坑试爆及正式施工爆破前，在既有线侧基坑外缘2~5m处，结合地形地貌，沿墩中心前后方向架设竹排架、钢管，顺桥梁方向布置，基坑开挖长度比设计参数增加3~5m、高度设置3m。0#台~1#墩在临近G108国道侧基坑外缘2~5m处，设置钢管竹排架防护、张贴反光贴，沿墩中心位置分别左右布置，在横桥向基坑开挖长度每侧比设计参数各加3~5m、高度设置3m。



图3 0#台~1#墩物理隔离防护图

2. 地面防护

在基坑原地面上，用钢管架作为骨架，设置50×50cm的间距，并在钢管架上、下一层绑扎钢丝网，规格为1.5×1.5cm，同时设置钢筋网，规格为1.0×1.0cm，钢筋网、钢丝网联合作用能有效防止大小飞石。基坑四周用电钻或风枪进行钻眼作业，每边设置三个孔，设置完成锚固钢筋，保证钢管架、锚固钢筋连接牢固可靠。

表1 试爆参数与振动速度表

序号	试爆地点	孔深 (m)	爆破深 H (m)	炮眼间 / 排距 (m)	单位装药量 q (kg/m <sup>3</sup> )	单孔装药 Q (g)	同时起爆药量 (g)	实测振速 v (cm/s)
1	线外 1 区	2.2	2.0	0.8/0.7	0.8	900	900	2.917
2	线外 2 区				0.7	800	800	2.562
3	线内 1 区	2.0	1.8	0.8/0.7	0.8	800	800	2.418
4	线内 2 区				0.7	700	700	1.465



图4 基坑地面防护图

### 3. 孔口防护

在起爆网路联接之前,购置编织袋装土,第一层(底层)编织袋应顺基坑长度方向满铺放置,第二层(顶层)编织袋顺基坑宽度方向满铺放置,现场“井”字形放置在炮口处。



图5 孔口防护图

### 4. 立体多层次防护效果

在爆破施工墩台基坑时,细化爆破作业三级防护(炮眼防护、地面防护、隔离防护)措施,防止了飞石现象,有效保障了既有线侯西线铁路、G108国道交通安全,确保高压电塔及提水渠正常使用,也无飞石滚入黄河河道内。

#### (四) 爆破振动监测

爆破振动监测必须在“天窗”点内每爆破一次监测一次,检查、检测既有设备变化情况,特别是线路几何尺寸及墩台、隧道、路基观测点位移变化,检查爆破效果(含清理哑炮),掌握爆破振动对既有线稳定性的影响,及时预报险情,同时对数据信息进一步分析优化、逐步修正、确定爆破参数,用以指导爆破施工,以此降低、减少对既有线路的影响。

#### (五) 爆破施工精细化管理

爆破施工包括钻、爆、挖、运等环节。做到精细化、科学化管理就是要求建立健全安全保证体系与各项管理制度,制定安全技术措施与应急预案,超前计划,紧密组织,多方协调,加强现场监控量测,严格按照已批准的爆破施工方案进行现场作业,涉爆人员应持证上岗。

## 四、安全保证措施

(1) 现场配备安全员、防护员、驻站联络员,并应经过铁路局安全培训考核。参加施工作业的工程技术

人员和其他作业人员应经过爆破施工技术培训,持有有关证件上岗作业。

(2) 爆破作业时,按要求设置安全防护员及驻站联络员,安全防护员与驻站联络员保持联络,爆破前必须明确标划警戒范围,做好标志,并有专人警戒。严禁人员穿越正线,严禁翻越护栏。

(3) 进入施工现场,所有作业人员需佩戴黄色安全帽、穿着黄色防护反光背心。

(4) 爆破时既有线信号等设备采用竹夹板覆盖保护,爆破结束后及时拆除。24小时派防护人员对爆破区域的既有线进行监守,如有侵入既有线情况,及时报告。

(5) 利用天窗点爆破作业时,及时通知工务和供电人员现场配合,发生突发事件便于及时解决,控制爆破前工作准备就绪后,通过车站联络员向车站“要点”,在给定前10分钟,人员及机具设备撤离到安全区域,安全警戒人员到达警戒位置,确认封锁既有线后再连接起爆线,按给点时间准时起爆。

(6) 起爆完成后,安全人员首先检查既有线、接触网等,确认线路负荷开通条件后,通知驻站联络员“销点”,解除警戒,开通线路。

(7) 现场防护人员应随时确定临时防护网的稳定性,如发现护网有倒塌或破损现场及时通知现场施工负责人,组织人员修补。

(8) 爆破器材堆放时应平放,不得倒放,移动时严禁抛掷、拖拉、推送、敲打、碰撞。现场装药完成后爆破员、安全员对作业区域进行排查,防止火工品丢失、遗漏,对剩余火工品交现场保管员上锁管理,退回库房。

## 五、结语

施工期间,桥梁基坑开挖控制爆破作业累计45次。采用浅孔爆破方案与参数优化、振动监测、立体多层次复合防护措施,尤其是在紧邻既有侯西铁路线等复杂环境条件下,有效控制了爆破振速及飞石对既有线运营安全的影响,安全高效完成了施工任务,受到了铁路管理部门与社会各方的肯定。

(1) 提出了一套在复杂环境条件下,桥梁基坑开挖采用浅孔爆破方案,较为有效的降低了爆破振动速度、控制了爆破飞石。包括现场采取的优化爆破参数、多层次立体防护,以及作业中进行的爆破振动监测等措施,因为这些措施相辅相成,进一步强化和完善了现场安全技术保证体系。

(2) 优化后的爆破技术参数,有效降低了爆破振动速度。

(3) 立体多层次防护集中应用于桥梁基坑开挖施工,使防护技术更加立体化,防护措施更为全面、效果更为显著。

## 参考文献

[1]程志刚.临近既有线铁路路堑石方爆破施工控制技术[J].城市建设理论研究(电子版),2013(12):1-3.