

doi:10.3963/j.issn.1001-487X.2021.04.018

小高宽比多跨承重立柱楼房定向爆破拆除*

林从谋^{1,2}, 陈连进^{1,3}, 王志全¹

(1. 福建省镇安爆破工程有限公司, 漳州 363100; 2. 华侨大学 岩土工程研究所, 厦门 372021;

3. 泉州市爆破行业协会, 泉州 362000)

摘要: 针对待拆除楼房结构上高宽比接近1的特点,以及属于违建楼房和所处环境比较复杂(不允许有后座发生)的情况,选择向西定向倒塌的爆破拆除方案。为使待拆建筑物无后座顺利倒塌且解体充分,在待拆楼房1~3层设计爆破切口,并通过试爆,确定出各不同截面承重立柱的合理爆破参数。同时对爆破前对建筑物的非承重结构——楼梯间进行必要的预拆除。采用长延时起爆等技术,确保待拆楼房的倒塌方向和坍塌解体效果。对楼内爆破立柱进行安全防护、外围搭设安全防护屏障等措施,有效地控制了爆破飞散物及落地飞溅的危害。三角形切口、降低局部强度、长延时起爆技术和开挖减震沟、铺设缓冲层等防振措施有效地降低了爆破振动和落地振动对周围建筑物的影响,最终取得了理想的爆破效果。

关键词: 复杂环境; 框架结构; 定向爆破; 爆破拆除

中图分类号: TU746.5 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-487X(2021)04-0120-04

Directional Blasting Demolition of Multi-span Load-bearing Column Building with Small Height-width Ratio

LIN Cong-mou^{1,2}, CHEN Lian-jin^{1,3}, WANG Zhi-quan¹

(1. Fujian Zhen'an Blasting Engineering Co., Ltd., Zhangzhou 363100, China;

2. Institute of Geotechnical Engineering, Huaqiao University, Xiamen 372021, China;

3. Quanzhou Blasting Industry Association, Quanzhou 362000, China)

Abstract: Considering that the height-width ratio of the illegal building to be demolished is close to 1, and the environment is complex (no recoil is allowed), a blasting demolition plan of directional collapse to the west is selected. In order to make the building to be demolished collapse smoothly and fully disintegrate without recoil, the blasting cuts are designed on the 1st ~ 3rd floors, and the reasonable blasting parameters of the bearing columns with different sections are determined by a trial blasting. At the same time, the staircases which are the non-bearing structure of the building are demolished before blasting. A long delay initiation technology is used to ensure the collapse direction and collapse effect of the building to be demolished. The blasting columns in the building are protected and the safety protective barriers are set up in the periphery to effectively control the hazards of blasting flying objects and falling splashing. The anti-vibration measures, such as adopting triangular incision, reducing local strength, using long delay initiation technology, excavating damping ditch and laying buffer layer, can effectively reduce the impact of blasting vibration and ground vibration on the surrounding buildings, and finally ideal blasting effect is achieved.

Key words: complex environment; frame structure; directional blasting; blasting demolition

收稿日期: 2021-06-22

作者简介: 林从谋(1957-), 男, 教授、博士, 主要从事爆破、隧道及地下工程方面的研究, (E-mail) 1098979266@qq.com.

基金项目: 国家自然科学基金计划资助项目(11672112)

近年来随着城市的发展, 需要进行爆破拆除的高大楼房和建筑物数量逐步增加, 与本世纪初期及以前爆破拆除的楼房相比, 影响爆破效果的关键因

素剧增,如楼房的长(高)宽比、结构、材质和性质等均已发生明显变化,使得爆破拆除理念与技术需要不断地更新发展^[1-4]。本文在高宽比小的违建楼房爆破拆除中,依据精心设计、精心施工和精心管理的科学方法和理念,采用开挖减震沟、铺设缓冲层等防振措施、主动与被动防护相结合防飞石措施,取得了良好的爆破效果。成果对今后类似楼房的爆破拆除具有借鉴意义。

1 工程概况

1.1 周围环境

待拆除楼房位于福州市长乐区金峰镇,为一座违章建筑。楼房正面(东侧)紧挨着一条水渠(距离约为1.5 m)、高压线1和高压线2(最近距离分别约为15.68 m和44 m)和西环路(距离约为17.44 m),穿过西环路后与几家工厂厂房及办公楼的最近距离:福建省长乐市合兴针纺厂围墙和厂房(51.79 m和76.94 m)、旭升楼(84.96 m)。西北侧距离约95 m有一土地庙(需重点保护)。南侧距离约186 m为卡德龙化纤公司。爆破环境复杂,但西侧为空地 and 山体(山体距离楼房约为150 m)。详见图1。

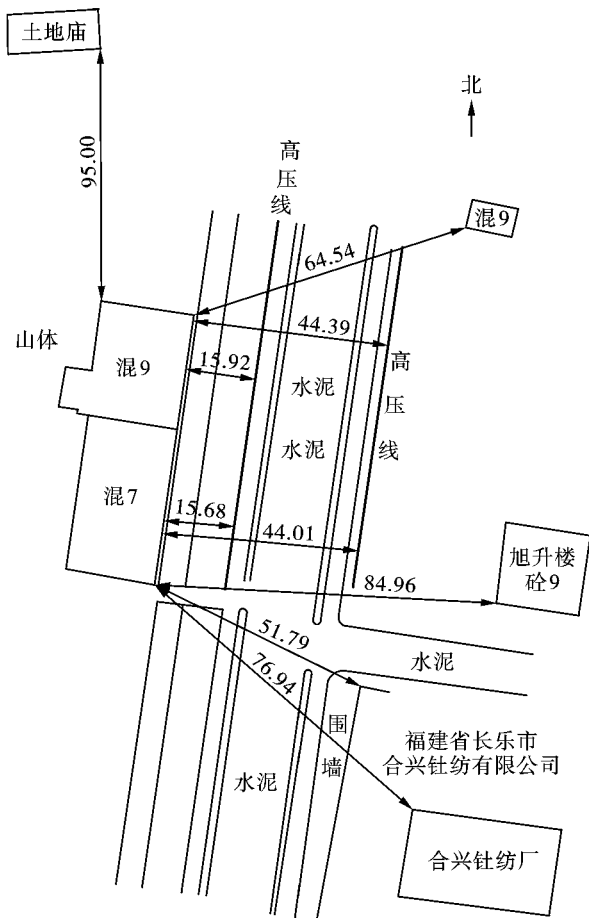


图1 爆破环境(单位:m)
Fig.1 Blasting environment(unit:m)

1.2 楼房结构

待拆除违章建筑楼房为钢筋混凝土框架整体结构。占地面积约为:主体2297.12 m²、楼外侧楼梯间73.8 m²,总占地面积约为2370.2 m²。楼层为7~9层(7层4跨,9层3跨),高度约32~40 m(第1层高7.65 m,其余层高4.0 m),建筑面积约为18 623 m²。目前,楼房的主体结构施工已完成(详见图2和图3)。



图2 楼房正面(东侧)
Fig.2 Building facade(east)

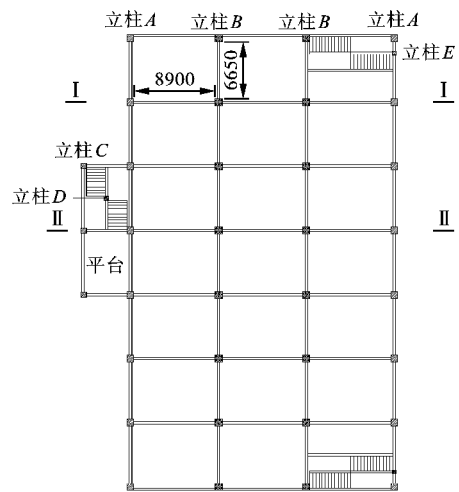


图3 楼房立柱布置(单位:m)
Fig.3 Plan of the building column arrangement(unit:m)

2 爆破方案

2.1 工程特点、难点

(1)不允许有发生后座现象:周边建筑较多且距离较近,尤其是楼房正面(东侧)紧挨着一条水渠(距离约为1.5 m,不允许有发生后座现象)、高压线(距离约为18 m)和西环路(距离约为22 m)。

(2)振动与飞石需严格控制:土地庙(需重点保护)及厂房是主要控制保护的主体,需采用整体定向倾覆、优化爆破参数、控制药量、多重覆盖防护飞石、开挖减震沟减震和对水渠强覆盖等措施,确保周

边环境安全。

(3) 楼房立柱截面大、长度方向不对称且高宽比接近1;楼层为7~9层(7层4跨,9层3跨)、高宽比1.08~1.35。

(4) 由于事先未能获得结构的配筋,故需要对爆破的部分构件要先行试爆,测算选定炸药单耗,做到对承重立柱药量“破碎、脱笼”,对“切梁断柱”药量既能破碎但又不能产生飞石。

2.2 总体爆破方案

本次爆破拆除的总体思路是对违章建筑楼房爆破拆除拟采用向西整体定向倒塌方案。选择三角形切口,切口主要布设在1~3层,由西向东顺序延时爆破。为了爆破拆除后楼房能充分解体,在楼房的第5层和第7层(仅在楼房南端9层高一侧)设置“切梁断柱”炮孔。为了避免发生后座,需加快建筑物向倒塌方向的倾斜速度,同时还必须使保留的支撑部分形成“铰链”而不会产生折断,造成向预设倾倒方向的反向“滑塌”。考虑违建楼房为新建建筑且承重立柱截面大,故选择最后一排立柱作为承重结构进行安全验算。

2.3 预拆除

本工程预拆除内容为:违建楼房的楼梯间的楼梯及构造柱。

预拆除程度为:(1)楼梯踏步全部拆除。(2)构造柱预拆除高度与同排或对应立柱的炸高。

3 爆破参数选择

3.1 爆破切口

切口主要布设在1~3层,每层均选择三角形切口(倾角约为 $15^\circ \sim 30^\circ$)^[5],组合成一个复合式切口(图4)。切口各层高度:第一层为 $H=2.4\text{ m}$ (底层高度 7.65 m ,底层距地表 0.5 m 开始布孔)。第二层和第三层均为 $H=2.0\text{ m}$ 。

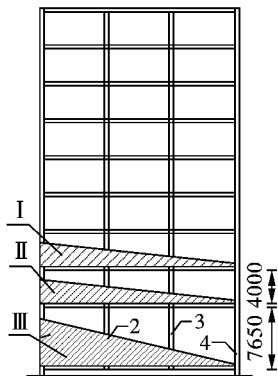


图4 爆破切口(单位:mm)

Fig.4 Blasting notch(unit:mm)

3.2 爆破参数计算

违建建筑的主要支撑立柱规格尺寸有:立柱 $A700 \times 700\text{ mm}$;立柱 $B800 \times 800\text{ m}$;立柱 $C700 \times 600\text{ mm}$;立柱 $D200 \times 280\text{ mm}$;立柱 $E600 \times 320\text{ mm}$ 和立柱 $F600 \times 700\text{ mm}$ 。下面以立柱 $B(800 \times 800\text{ mm})$ 为例设计计算爆破参数。

炮孔布置:从楼板以上 0.5 m 开始双排布孔(见图5)。

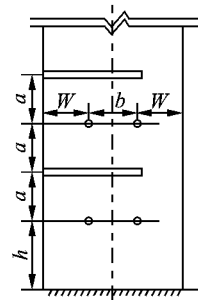


图5 立柱 B 炮孔布置图

Fig.5 Layout of blastholes on column B

最小抵抗线 W : $W=300\text{ mm}$ 。

炮孔间距 a 和 b : $a=mW(m=1.2 \sim 1.5)$,取 $m=1.5$,则 $a=mW=1.5 \times 300=450\text{ mm}$, $b=200\text{ mm}$ 。

炮孔深度 L : $L=0.7B=0.7 \times 800=560\text{ mm}$ 。

单孔装药量 q :通过试爆取单耗 $k=1.8\text{ kg/m}^3$,则单孔装药量 q : $q=kV$ 。

式中: V 为单孔药量所承担的爆破体积,对于立柱 B , $q=1.8 \times 0.45 \times 0.8 \times 0.8 \div 2=0.26\text{ kg}$ 。为减少爆破飞石,将第二层以上立柱上炮孔的单孔装药量减少15%,对东侧立柱及“切梁断柱”上炮孔的单孔装药量减少25%。

本次爆破共钻孔1207个,炸药216 kg。

3.3 微差延时和起爆网路

采用孔内分段的方法,考虑到建筑物的充分倒塌时间的要求,采取长微差起爆。起爆顺序为:从西向东逐排起爆,采用的雷管段别分别为:1#、5#、9#和13#。第5层和第7层采用15#雷管。将每个炮孔的导爆管用四通连接成多路多点激发的起爆网路。最后将雷管束(簇)用瞬发雷管引爆。

4 爆破安全验算及防护措施

4.1 爆破与塌落振动

爆破振动按照常用的振动速度计算公式^[6]

$$V = KK'(Q^{1/3}/R)^\alpha$$

式中: V 为保护对象所在地质点振动安全允许

速度, cm/s ; K, α, K' 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, 取 $K = 150, \alpha = 2.0, K' = 1$; Q 为毫秒延时爆破中最大一段药量, kg ; R 为药包布置中心至保护建筑物的距离, m 。

塌落触地冲击振动计算公式^[7-9]

$$V = K_t [(Mgh/\sigma)^{1/3}/R]^\beta$$

式中: V 为楼房倒塌触地考察点最大塌落振动速度, cm/s ; M 为触地时的最大质量, 支撑立柱每米按 1600 kg、楼板和梁每平方米按 260 kg 计, 楼房总重约为 $2.6 \times 10^6 \text{ kg}$; g 为重力加速度, 9.8 m/s^2 ; h 为构筑物下落重心高度, 取 $h = 20 \text{ m}$; R 为塌落触地冲击地面至保护建筑物的距离, m ; σ 为塌落地面介质承载极限强度, $\sigma = 5 \sim 10 \text{ MPa}$, 这里取 $\sigma = 10 \text{ MPa}$; K_t 为经验系数, $K_t = 3.3 \sim 3.8$, 一般取 3.37; β 为衰减系数, $\beta = 1.3 \sim 1.8$, 一般取 1.66。

计算结果详见表 1。

表 1 爆破振动和塌落振动汇总表

Table 1 Blasting vibration and collapse vibration

序号	建筑物名称	爆破振动/ ($\text{cm} \cdot \text{s}^{-1}$)	塌落振动/ ($\text{cm} \cdot \text{s}^{-1}$)
1	水渠	—	—
2	高压线 1 和 2	4.6/0.6	14.2/2.5
3	合兴针纺厂围墙/厂房	0.4/0.19	1.9/1.0
4	旭升楼	0.16	0.84
5	土地庙	0.2	0.8

计算结果表明: 上述几处建(构)筑物处基础地面爆破振动速度值均小于依据《爆破安全规程》(GB6722—2014)选取的安全允许值, 即此次爆破拆除由炸药爆炸产生的爆破振动能够保证周边建(构)筑物除水渠外的安全。对于厂房及办公楼基础地面触地振动速度值均小于依据《爆破安全规程》(GB6722—2014)选取的安全允许值, 但土地庙、西环路、水渠等建(构)筑物处则超过允许的安全值。

为了确保周边所有建(构)筑物的安全, 做到万无一失, 必须采取减震技术措施。即必须在违建楼房倒塌方向设置缓冲层, 使得违建楼房塌落实现软

着陆。同时对水渠用土进行全部充填, 在违建楼房与土地庙之间开挖减震沟。

4.2 爆破飞石防护措施

为防止意外飞石对周围建(构)筑物造成损害, 必须有针对性地进行防飞石防护, 确保爆破意外飞石控制在厂区范围内。

(1) 所有炮孔的孔口位置尽量避开东侧。

(2) 所有炮孔均用黏土堵塞严密, 爆破时加强警戒。

(3) 所有爆破部位包括立柱、主梁等必须有切实可行的近体防护措施, 近体防护分两层: 第一道至第三道为柔性防护层: 在装药部位绑扎湿透的帆布(地毯或草袋, 第一道)并满挂竹帘片(第二道), 并利用不小于 8 目的钢网(一起到防护作用, 二起到固定作用, 第三道)。同时, 在违建建筑三个方向(除面向山体的西侧之外)的外墙搭设毛竹排架挂双层竹帘片和大型安全网, 形成第四道和第五道防线。

5 爆破效果及分析

2018 年 12 月 27 日下午 15 时 58 分起爆, 待拆楼房按设计预定方向倒塌, 历时约 8 s(详见图 6 和图 7)。整幢楼房充分解体, 实测爆堆高度 7.8 m, 降低率: 80.5%。倾倒方向(西侧)向前延伸 16.7 m, 两侧(南侧和北侧)4.1 m, 无后座。爆破振动监测结果表明: 在东侧布置 4 个测点, $v_{\max} < 0.62 \text{ cm/s}$, 未对周围建(构)筑物造成任何损害, 本次拆除达到了预期的效果。



图 6 爆破效果

Fig. 6 Blasting effect



图 7 爆破过程

Fig. 7 Blasting process