

doi:10.3969/j.issn.1001-8352.2018.03.011

全剪力墙结构楼房的定向爆破拆除^{*}

郑建礼 姜宝金 胡光球 张紫晗
广东锡源爆破科技股份有限公司(广东惠州,516000)

[摘 要] 介绍了全剪力墙结构楼房的定向爆破拆除。根据楼房剪力墙特点和周围环境,选择向北部空地定向倒塌的爆破方案,对1~4层剪力墙、楼梯进行局部预拆除;选择三角形爆破切口,采用四通与“大把抓”相结合的复式起爆网路,整体对角式延时起爆技术,实现大楼剪切解体;采用主动防护与被动防护相结合的安全防护技术,有效地控制爆破振动、塌落振动和爆破飞散物,取得了良好的爆破效果。

[关键词] 全剪力墙结构;定向倒塌;安全防护;剪切解体

[分类号] TU746.5

Blasting Demolition of a Building with Full Shear Wall Structure

ZHENG Jianli, JIANG Baojin, HU Guangqiu, ZHANG Zihan
Guangdong Xiyuan Blasting Technology Co., Ltd. (Guangdong Huizhou, 516000)

[ABSTRACT] Blasting demolition of a building with full shear wall structure was introduced. Directional collapse to an open space in the north was selected according to characteristics of the shear wall and the surrounding environment. Partial shear wall and stairs in 1-4 layers were pre-demolished, whereas the main body was shear-disintegrated using triangular incision, multiple detonation network which was a combination of four way pipe with large packing, and the whole diagonal-type delay-initiation technology. An excellent blasting result was achieved due to the usage of combined safety protection technology of active protection and passive protection, and effective control of blasting vibration, collapse vibration and scattered blasting material.

[KEYWORDS] full shear wall structure; directional collapsed; safety protection; shear disintegration

1 工程概况

惠东县稔山镇亚婆角盐灶背一栋12层全剪力墙结构高楼建筑因违章建设,现需爆破拆除。高楼南侧20 m处为207县道,北侧为空地,西侧约12 m处为一违建楼房,在爆破前已拆除,东侧约10 m处为一养鸡场,经协调,该养鸡场已经搬迁移出。周边无电缆等重要设施。周围环境如图1所示。

高楼为全剪力墙结构。楼房主体东西长度约65.0 m,南北宽度约19.4 m,高度约40.3 m,建筑面积共约16 692 m²。该楼房一、二层南部建有骑楼,骑楼宽2 m,分布200 mm×200 mm的立柱14根。除了一、二层主体结构每层有剪力墙52个,纵向分为A、B、C、D4排。如图2所示,A排分布剪力墙16

个,C排12个,D排14个;B排剪力墙一、二层为9

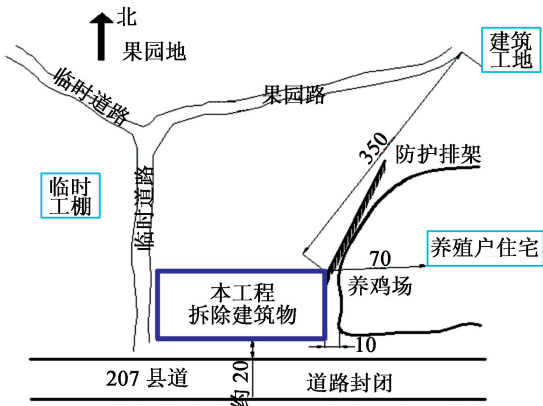


图1 楼房周边环境平面图(单位:m)
Fig.1 The surrounding environment of the building (unit:m)

^{*} 收稿日期:2017-07-31
作者简介:郑建礼(1958-),男,高级工程师,主要从事爆破设计和施工方面研究。E-mail:906782280@qq.com
通信作者:胡光球(1990-),男,硕士,主要从事岩土爆破方面研究。E-mail:hu_guangqiu@163.com

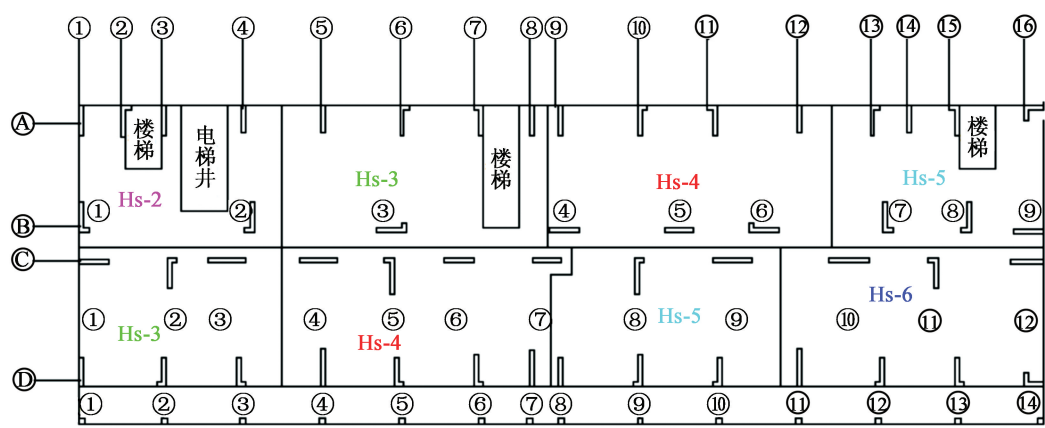


图 2 楼房结构平面图(一、二层)
Fig. 2 Structural plan of the building (the first floor and the second floor)

个,三层以上为 10 个;B 排三层以上多出的一个剪力墙位于图 2 中 B3、B4 之间的中部楼梯处。楼房一、二层剪力墙厚度为 300 mm,三层以上剪力墙厚度为 200 mm。

2 预拆除及爆破总体方案

根据本楼建筑的结构特征及周围环境,为了保证四周建筑物、道路的安全,拟采用向较为宽敞的楼房北侧空地定向倒塌的方式爆破拆除。

拟拆除高楼建筑物结构完整性好,配筋多,强度大,特别是有众多的剪力墙、电梯井和楼梯。为确保向大楼北部完全倒塌,爆破前必须做好预拆除工作。

1) 预留支撑立柱的处理。为了确保整体顺利倒塌,避免后坐,对骑楼的支撑立柱不做处理。一层 D 排剪力墙,只在其底部打孔,进行弱装药爆破^[1]。

2) 剪力墙的预处理。在确保建筑物安全的前提下,对剪力墙充分预拆除并“墙改柱”^[2]。预拆除部分剪力墙,只保留 1 m 长的墙体,特别是“L”型剪力墙全部切除短边和部分长边,只保留 1 m 长的“一”型剪力墙,以减少爆破量并提高爆破效果。

3) 楼梯的预拆除。在剪力墙预拆除和爆破防护完成以后,待层间爆破网路连接完成,四层以下的楼梯由上往下,利用破碎锤或风镐在楼梯中部,沿楼梯台阶打通一条约 30 cm 的宽槽,去除混凝土,裸露出钢筋,倒塌时形成铰点。为保证安全,在宽槽处盖上木板^[3]。

4) 辅助墙体和电梯井的预处理。辅助墙体主要为间壁墙,砖石结构,分布在大楼一、二层,用小炮机和大锤推倒即可^[4]。电梯井的墙体为砖石结构,直接将砖墙推倒。

3 爆破参数选择

3.1 剪力墙炸高的选取

根据结构布置,梁、柱尺寸及高宽比分析^[5],决定对楼房 1~4 层预拆除后的剪力墙进行爆破。第一层对 A、B、C、D 排剪力墙进行爆破,A、B、C 排剪力墙的钻孔高度为 2.5 m,D 排剪力墙的钻孔高度为 0.3 m。第二层对 A、B、C 排剪力墙进行爆破,A、B、C 排剪力墙的钻孔高度为 2.0 m。第三层对 A、B、C 排剪力墙进行爆破,A、B、C 排剪力墙的钻孔高度为 1.8 m。第四层对 A 排剪力墙进行爆破,其钻

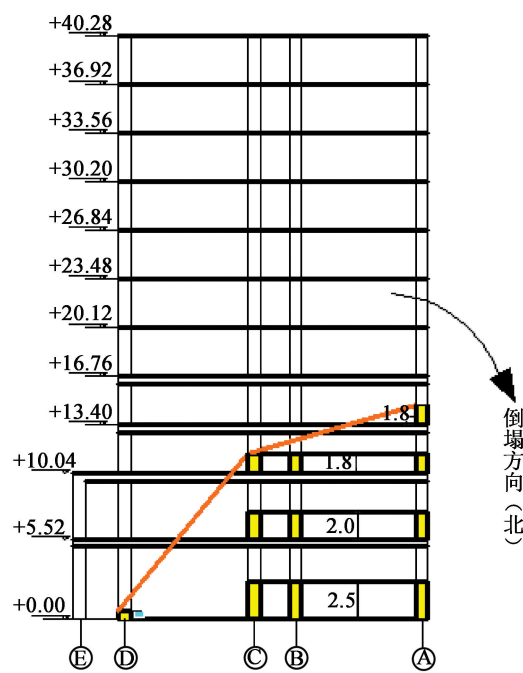


图 3 爆破切口示意图(单位:m)
Fig. 3 Schematic of the blasting cut (Unit: m)

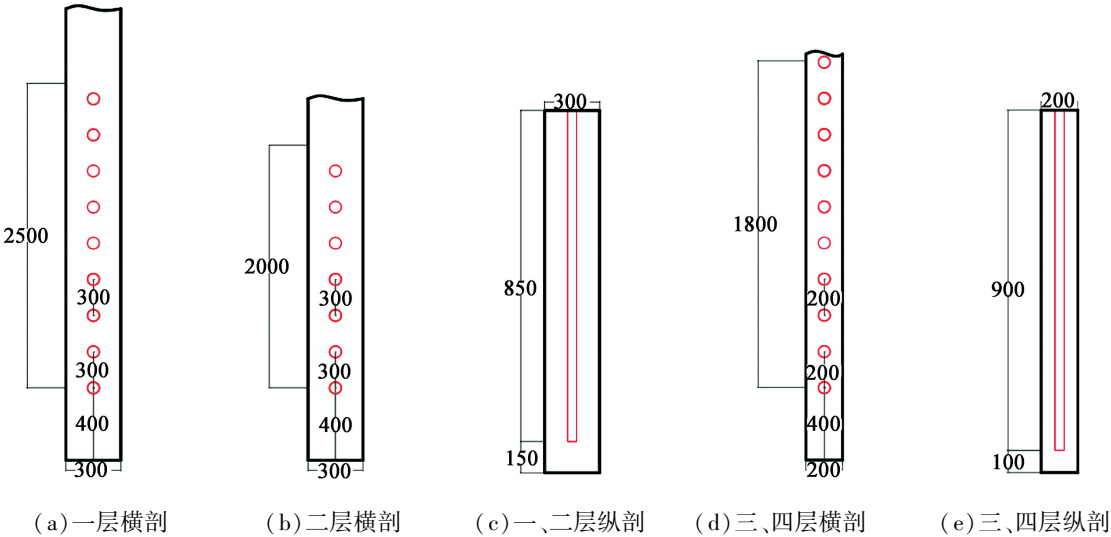


图 4 各楼层炮孔示意图(单位:mm)

Fig.4 Layout of blasting holes of each floor (Unit: mm)

表 1 各楼层剪力墙的装药量

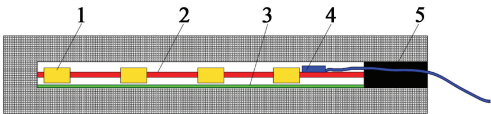
Tab.1 Charge quantity in the shear wall of each floor

楼层	A 排剪力墙 (单孔药量×孔数)		B 排剪力墙 (单孔药量×孔数)		C 排剪力墙 (单孔药量×孔数)		D 排剪力墙 (单孔药量×孔数)	
	A1 ~ A14	A15、A16	B1 ~ B7	B8、B9	C1 ~ C10	C11、C12	D1 ~ D12	D13、D14
一层	135×9	113×9	135×9	113×9	135×9	113×9	135×2	113×2
二层	135×7	113×7	135×7	113×7	135×7	113×7		
三层	60×10	50×10	60×10	50×10	60×10	50×10		
四层	60×10	50×10						

孔高度为 1.8 m。骑楼立柱不作处理。爆破切口如图 3 所示,总炸高 15.2 m。

3.2 炮孔布置及装药结构

由于剪力墙厚度较小,只布置单排孔^[6]。对于第一、第二层剪力墙:孔距 $a=300\text{ mm}$,孔深 $l=870\text{ mm}$,单耗 1.5 kg/m^3 ;对于第三、第四层剪力墙布孔:孔距 $a=200\text{ mm}$,孔深 $l=930\text{ mm}$,炸药单耗 1.5 kg/m^3 。炮孔分布如图 4 所示。装药结构如图 5 所示。采用导爆索串乳化炸药装药结构^[7]进行装药。装药量(单孔药量×孔数)如表 1 所示。表 1 中,第三层 B10 的装药量同 B8、B9,为了减少爆破飞



1 - 药包;2 - 导爆索;3 - 竹片;4 - 非电导爆管雷管;5 - 炮泥。

图 5 装药结构示意图

Fig.5 Schematic diagram of charge structure

散物,东部边缘的两列剪力墙将单耗降低至 1.25 kg/m^3 。

3.3 起爆网路

采用“大把抓”和四通连接联合使用的复式起爆网路^[8]。图6为起爆网路连接示意图。每个炮孔内放入一发非电半秒延期雷管(脚线长5 m),将柱

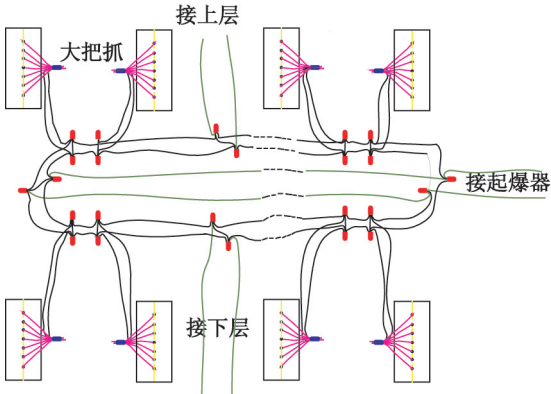


图 6 起爆网路连接示意图

Fig.6 Connection diagram of blasting network

内炮孔导爆管雷管就近捆扎成一束(不超过 20 根),每束捆绑两发非电毫秒一段雷管(脚线长 5 m),用四通连成复式起爆网路,保证每孔必响。各剪力墙的起爆时间设置如图 2 所示。为降低爆破振动,保证高楼剪切解体,采用整体对角式延时方式^[9],分为 8 个区域,各区域之间延时 0.5 s,共延时 3.0 s,上、下楼层同一区域不延时。

4 爆破安全校核与防护措施

4.1 爆破振动校核

为降低爆破振动,采用多段多区的起爆方法,降低最大单响药量。爆破振动为^[10]:

$$v = K'K \left(\frac{Q^{\frac{1}{3}}}{R} \right)^{\alpha} \quad (1)$$

式中: K 为地质参数; α 爆破地震波衰减指数;由于大楼所在区域基岩主要为中等风化的花岗岩,质地较坚硬,故取 $K = 200$ 、 $\alpha = 1.75$; K' 为拆除爆破的折减系数, $K' = 0.25 \sim 1.00$,距爆源中心近时,取大值,反之取小值,本工程中取 $K' = 0.30$ 。

本工程中,最大单响药量 Q 为 27.499 kg,经计算,距离东侧养鸡场宿舍最近距离 $R = 70$ m 的爆破振速为 $v = 0.1$ cm/s,小于 2.0 cm/s,符合 GB6722—2014 爆破安全规程的规定。

4.2 塌落触地振动

为减小塌落振动,采用多段、多区域起爆方法,采用半秒导爆管雷管延期爆破。爆破构件冲击地面而引起的振动速度与被爆坍塌体的质量、重心高度和触地点地层的硬度等有关^[11]。对于中大型建筑物来说,由于其质量大,重心相对较高,垮塌后的塌落振动速度较大。塌落冲击振动可用式(2)^[12]进行预测:

$$v = KK_1 \left[\frac{\left(\frac{mgh}{\sigma} \right)^{\frac{1}{3}}}{R} \right]^{\beta} \quad (2)$$

式中: m 为下落构件质量, $m = 7\,315$ t(建筑物质量); g 为重力加速度, $g = 9.8$ m/s²; K 为相关参数, $K = 3.37$; β 为地震波衰减指数, $\beta = 1.66$; K_1 为衰减系数,因铺设土埂而导致爆破振动衰减的系数 $K_1 = 0.37$ 。 h 为构件下落的高度,即建筑物重心高度, $h = 20$ m; R 为保护物至着地点距离,m; σ 为地面介质的破坏强度, $\sigma = 10$ MPa。

经计算,70 m 处的塌落触地振速仅为 0.69 cm/s,实际监测数据更小,符合 GB6722—2014 爆破安全规程的规定。被保护建筑物是安全的。

4.3 防护措施

工程中,要求将爆破飞散物控制在大楼内部。为了减少爆破飞石的危害,必须进行防护^[13]。

在剪力墙多点分散装药,药量较小,孔口用炮泥堵塞严密,工地空间大,有利于冲击波和噪音的衰减和扩散。且采取了有效防护措施,爆破冲击波不会造成危害。

采取主动防护与被动防护相结合的措施。主动防护措施^[14]是对养鸡场方向的两列剪力墙适当降低爆破单耗。被动防护则是在楼房 1~4 层四周外侧搭设防护外墙,防护外墙^[15-16]采用竹芭、麻袋、钢丝网、密目式安全网组成;同时,在剪力墙外侧捆绑一厚木板作为缓冲;另在建筑物北侧,即养鸡场方向搭设双排防护排架进行保护,排架长 36 m,高度 5 m,埋地 1 m。

5 爆破效果

起爆后,大楼向预定的北侧倒塌,楼房自西北向东南逐渐解体,爆破飞散物控制在楼房内部,无个别飞散物飞出楼外,爆破时无明显后坐产生。爆堆分布均匀,高度约 7 m,实测距楼房 70 m 处的近养鸡场宿舍区域爆破振速 0.69 cm/s,爆破未对养鸡场宿舍产生危害。

爆破效果如图 7 所示。



图 7 爆破效果图

Fig. 7 Blasting outcome

6 结论

在 12 层全剪力墙结构楼房的定向爆破拆除中:

1)采用整体对角式分片区延时方式不但可以减少爆破振动,还能实现高楼剪切解体,延长楼房倒塌时间,降低塌落触地振动和爆堆高度。

2)采用复式网络,即“大把抓”与四通结合的爆破网路,操作简单,便于检查,安全可靠,适用于楼房拆除爆破。

3)采取主动防护与被动防护相结合的防护措施,即适当降低楼房外侧区域的剪力墙爆破单耗,同

时搭设防护外墙,在剪力墙的外侧捆绑一厚木板做缓冲,可以有效地控制爆破飞散物的飞散区域。

4)实践证明,完整保留骑楼立柱,能够有效防止后坐,且可以利用立柱做为外层防护的骨架。

致谢:感谢郑长青、张志毅、李健康3位爆破专家亲临现场技术指导,保证了本次爆破的成功,取得了良好的社会和经济效益。

参 考 文 献

- [1] 葛勇,汪旭光,魏格平. 复杂环境下11层框架楼房拆除爆破[J]. 工程爆破,2014,20(3):13-15,49.
GE Y, WANG X G, WEI G P. Demolition blasting of a 11-storey frame building under complicated environment [J]. Engineering Blasting, 2014, 20(3): 13-15, 49.
- [2] 赵明生,池恩安,王丹丹,等. 茅台酒厂26层剪力墙结构大楼爆破拆除[J]. 工程爆破,2015,21(3):41-45.
ZHAO M S, CHI E A, WANG D D, et al. Blasting demolition of a 26-storey shear wall structure building in Moutai distillery [J]. Engineering Blasting, 2015, 21(3): 41-45.
- [3] 李超,吴剑锋,祝砚桢,等. 10层框架结构定向折叠爆破拆除[J]. 爆破,2013,30(1):79-81,89.
LI C, WU J F, ZHU Y H, et al. Directional folded explosive demolition of 10-storey framed building [J]. Blasting, 2013, 30(1): 79-81, 89.
- [4] 徐鹏飞,张英才,贾海鹏,等. 复杂环境下15层框架楼房控制爆破拆除[J]. 工程爆破,2015,21(5):32-36.
XU P F, ZHANG Y C, JIA H P, et al. Controlled blasting demolition of a 15-storey frame building in complicated environment [J]. Engineering Blasting, 2015, 21(5): 32-36.
- [5] 何晓成. 多层建筑物爆破拆除倒塌过程模拟研究[D]. 哈尔滨:中国地震局工程力学研究所,2016.
HE X C. Simulation study on the collapse process of multi-storey building demolition blasting [D]. Harbin: Institute of Engineering Mechanics, China Earthquake Administration, 2016.
- [6] 刘福高,钟冬望,朱宽. 复杂环境下3栋框架砖混结构楼房的控制爆破拆除[J]. 武汉科技大学学报,2014,37(6):468-472.
LIU F G, ZHONG D W, ZHU K. Controlled blasting demolition of three frame brick structure building in complex environments [J]. Journal of Wuhan University of Science and Technology, 2014, 37(6): 468-472.
- [7] 王涛,宋庆刚,谢春明,等. 爆炸荷载下六层框架结构建筑爆破拆除数值模拟[J]. 爆破,2014,31(2):104-107,110.
WANG T, SONG Q G, XIE C M, et al. Numerical simulation of six-storey frame structure explosive demolition under explosive loading [J]. Blasting, 2014, 31(2): 104-107, 110.
- [8] 言志信,刘龙泉,刘培林,等. 框架结构爆破拆除分离式模拟研究[J]. 爆破,2011,28(3):1-3,33.
YAN Z X, LIU L Q, LIU P L, et al. Simulation research on separate model of framed structure explosive demolition [J]. Blasting, 2011, 28(3): 1-3, 33.
- [9] 黄小武. 建(构)筑物爆破拆除塌落触地振动对地铁管片结构的影响研究[D]. 武汉:武汉科技大学,2015.
HUANG X W. Study on the influence of subway segments structure under impact vibration induced by collapse of building in demolition blasting [D]. Wuhan: Wuhan University of Science and Technology, 2015.
- [10] 爆破安全规程:GB6722—2014 [S]. 北京:中国标准出版社,2014.
Safety regulation for blasting: GB6722—2014 [S]. Beijing: China Standard Press, 2014.
- [11] 汪旭光,于亚伦. 拆除爆破理论与工程实例[M]. 北京:人民交通出版社,2008.
- [12] 汪旭光. 爆破设计与施工[M]. 北京:冶金工业出版社,2011.
- [13] 张文龙,杨仕教,郑建礼. 复杂环境下55m砖结构烟囱定向爆破拆除工程实践[J]. 南华大学学报(自然科学版),2015,29(4):119-123.
ZHANG W L, YANG S J, ZHENG J L. The engineering practice of 55 m brick-structured chimney by directional blasting demolition in complicated environment [J]. Journal of University of South China (Science and Technology), 2015, 29(4): 119-123.
- [14] 张凯. 城市高架桥爆破拆除及数值模拟研究[D]. 西安:长安大学,2015.
ZHANG K. Study on the explosive demolition and numerical simulation of the urban viaduct [D]. Xi'an: Chang'an University, 2015.
- [15] 马红卫,刘鹏虎,郑建礼. 电厂烟囱及主厂房控制爆破拆除[J]. 工程爆破,2011,17(3):69-73.
MA H W, LIU P H, ZHENG J L. Controlled blasting demolition of a chimney and a primary workshop in the power plant [J]. Engineering Blasting, 2011, 17(3): 69-73.
- [16] 杨仕教,张文龙,郑建礼. 复杂环境下3座塔形框架结构景观房的控制爆破拆除[J]. 爆破器材,2016,45(1):51-55.
YANG S J, ZHANG W L, ZHENG J L. Controlled blasting demolition of three landscape rooms with turiform frame construction in complicated environment [J]. Explosive Materials, 2016, 45(1): 51-55.