

doi:10.3963/j.issn.1001-487X.2020.01.015

4 栋整浇全剪力墙结构高层住宅楼爆破拆除*

钟元清,徐其敏,吴显军

(湖北卫东爆破工程有限公司,襄阳441001)

摘 要: 4 栋未完工的整浇全剪力墙结构高层住宅楼控制爆破拆除工程,综合考虑作业安全、塌落振动和后续清运便利等因素而采用双切口单向折叠一次起爆微差分批倒塌的控制爆破方案。通过对切口范围内剪力墙体采用由“面”变“柱”的预处理、试爆调整药量、以及利用数码电子雷管与导爆管雷管优化起爆网路编排 4 栋楼房不同倾倒方向和起爆时差等技术,共钻孔 23 408 个,总装药量 780 kg,在环节复杂和工期短的条件下成功实现了 4 栋剪力墙高层楼房的折叠爆破倾倒。工程还进一步证明楼房拆除爆破的前期试爆很重要。

关键词: 楼房爆破拆除;全剪力墙结构;双切口;单向折叠;分区延时爆破

中图分类号: TU746.5 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-487X(2020)01-0107-05

Blasting Demolition of Four High-rise Residential Buildings with Full-cast and Full-shear Wall Structures

ZHONG Yuan-qing, XU Qi-min, WU Xian-jun

(Hubei Weidong Blasting Engineering Co Ltd, Xiangyang 441001, China)

Abstract: For the controlled blasting demolition of four unfinished high-rise residential buildings with integrally poured and full-shear wall structures, taking into account factors such as operational safety, slump vibration, and convenience for subsequent clearance and transportation, a dual-cut unidirectional folding one-time initiation micro-differential batch collapse control blasting scheme is adopted. By using the pretreatment of "face" to "column" for the shear wall in the cut range, adjusting the explosive test charge, and using the digital electronic detonator and ignition detonator to optimize the initiation network, the four buildings have different falling directions and initiation time. A total of 23,408 drilled holes and charge of 780 kg explosives were used in this blasting demolition. Four high-rise buildings with shear walls were successfully achieved by folding blasting under the conditions of complex links and short construction periods. Furthermore, this project proves that the preliminary test of the blasting demolition is very important.

Key words: explosive demolition of buildings; full shear wall structure; dual cut; unidirectional folding; zone delayed blasting

收稿日期:2019-12-16

作者简介: 钟元清, (1956-), 男, 湖北仙桃人, 高级工程师, 1980 年毕业于解放军南京工程兵工程学院地爆指挥系, 主要从事爆破方面的教学与技术研究工作, (E-mail) 13807164883@139.com。

通讯作者: 吴显军, (1979-), 男, 湖北天门人, 高级工程师, 2002 年毕业于解放军徐州工程兵指挥学院地爆指挥系, 主要从事废旧弹药销毁、爆破工程的技术研究和项目管理工作, (E-mail) 927455766@qq.com。

1 工程概况

位于湖北省利川市谋道镇香山别院小区内的 4 栋楼房, 为依据同一套设计图纸建设的全剪力墙结构高层住宅楼, 设计建造 18 层, 因该 4 栋楼房建设手续不全, 被定性为违章建筑, 均未封顶即被勒令停建并限期拆除。

1.1 周围环境

4 栋待拆楼房依山而建, 地处密集住宅区, 周边

环境较为复杂。1#、2#、3#楼呈“一”字排列,起建高程 1576 m;4#楼与2#、3#楼呈“品”字形排列,起建高程 1586 m。1#、2#、3#楼倒塌方向左右间距 12 米、距离 4#楼 55 米;1#楼东南侧 56 米有高层居民

楼;3#楼西侧 147 米处有框架结构高层住宅楼;3#楼东北侧 56 米、4#楼北侧 46 米处有 3 层框架结构的酒店;4#楼东南侧 55 米有框架结构高层住宅楼。具体见图 1。

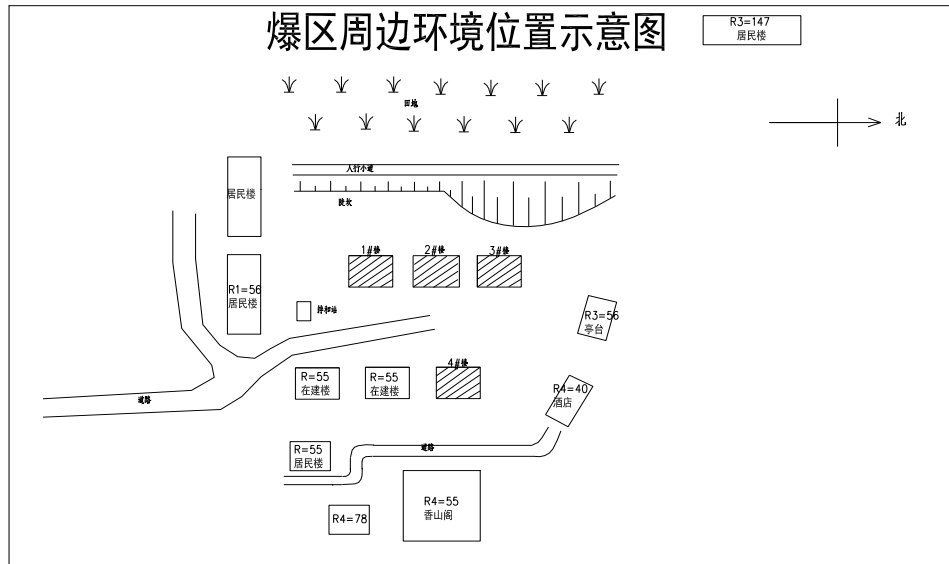


图 1 爆区周边环境位置示意图

Fig. 1 Schematic diagram of the surrounding environment of the blasting zone

1.2 大楼结构特点

4 栋待拆楼房均为混凝土整浇(标号 C30)全剪力墙结构高层住宅楼,楼房结构整体性和抗振性较好。楼体南北长 25.9 m,东西宽 19.6 m,层高 3 m。主体建筑设计高度均为 54 m,地上 18 层,无地下室,1#、2#、3#、4#楼分别建至 15 层、12 层、13 层、13 层,建筑高度分别为 45 m、36 m、39 m、39 m。楼体内部建造 4 根承重柱,尺寸均为 400 mm×400 mm,承重柱内布筋为 12 Φ 20;除预留的门、窗安装空间和管道孔外,剪力墙已按照户型布局整浇完成,剪力墙厚 200 mm,墙体内布筋为 Φ 6@200 两层钢筋网;楼房内部设有电梯井 2 个和楼梯间 1 个,电梯井墙体内布筋为 Φ 8@200 两层钢筋网,楼梯间墙体内布筋为 Φ 12@200 两层钢筋网。纵梁尺寸 300 mm×550 mm、横梁尺寸 300 mm×400 mm。柱、墙、梁截面尺寸自底部至顶部无变化。

1.3 工程难点

(1)待拆楼房剪力墙分布广、墙体薄(200 mm)、强度高(C30)、布筋密(Φ 6@200 两层钢筋网),爆破前的预先拆除工作量大、难度大。

(2)待拆楼房建造时间较短,钢筋同混凝土间的化学胶结力及机械咬合力尚未达到最佳程度,混凝土与钢筋的粘结强度较低,爆破时爆炸作用力大部分作用于对混凝土的破坏,而克服钢筋屈服强度

的作用力相对较小。

(3)待拆楼房地处密集住宅区,邻近建筑多、距离近,周边环境较复杂,爆破拆除产生的爆破振动、爆炸冲击波、爆破个别飞散物、爆炸噪声、塌落振动、爆炸烟尘等爆破有害效应控制难度大。

(4)爆破作业前的预先拆除作业及防护工程作业均涉及高空作业,作业空间受限,作业难度大、危险系数高,高空作业的安全保障措施复杂、繁琐。

2 爆破拆除方案的确定

2.1 爆破设计思路

综合 4 栋待拆楼房整体性好,结构强度高,解体困难、塌落振动大的特点和周边场地空间满足定向倒塌要求的实际情况,综合考虑作业安全、节省施工成本、降低塌落振动、为后续清运提供便利,决定对 4 栋待拆楼房采取双切口单向折叠倒塌控制爆破,一次起爆微差分批倒塌^[1-3]。

2.2 建筑物倾倒方向

采取爆破切口高度差、延时起爆时间差相结合的定向倾倒方法。为了使整个建筑物实现全部解体,根据周围环境及施工时间可能出现的情况,最终确定 1#、2#、3#楼向东单向折叠倒塌,4#楼向西单向折叠倒塌的定向倒塌的方案^[4-6]。

2.3 楼房结构预处理

(1)对处于切口范围内剪力墙体处理,采用由“面”变“柱”的处理,为保证楼房起爆前的稳定性,“柱”的保留宽度为:长度 < 2 m的墙体两端各保留0.6 m,形成 $0.6\text{ m}\times 0.2\text{ m}$ 截面的“柱”;长度 ≥ 2 m的墙体两端各保留0.8 m,形成 $0.8\text{ m}\times 0.2\text{ m}$ 截面的“柱”。除保留的“柱”以外,其余剪力墙部分全部预先拆除^[7,8]。

(2)对处于切口范围的楼梯上下踏步、换步台做割缝破碎处理,割缝宽0.3 m,钢筋不切割。

(3)非爆楼层以上两层的立柱在爆前剥露钢筋并切割。

3 爆破参数的确定

3.1 爆破切口设计

由于楼房为全剪力墙结构,其承重构件是每一层的所有墙体、构造柱,起稳定作用的是现浇梁和整浇楼板。为实现解体充分、分段触地、降低塌落振动的目标,设计上下两个爆破切口^[9-11]。

(1) 下部主切口

1#楼以建筑物承重宽度19.6 m为截面爆破一个倾角为 30° 的切口,保证楼房按照设计方向倒塌,则最前排立柱需爆破楼层高度为 $H_A=19.6\times \tan 30^\circ=19.6\times 0.577=11.3\text{ m}$,即下部主切口最前排需爆破4层。

2#、3#、4#楼以建筑物承重宽度19.6 m为截面爆破一个倾角为 25° 的切口,保证大厦按照设计方向倒塌,则前所需爆破楼层高度为 $H_A=19.6\times \tan 25^\circ=19.6\times 0.467=9.13\text{ m}$,取9 m,即下部主切口前所需爆破3层。

(2) 上部辅助切口

为确保楼房向设计方向倒塌,实现解体充分、分段触地、降低塌落振动的目标,根据各栋楼房所处位置和周边环境距离,适当提高爆破切口位置并在建筑物中部以上楼层开辟辅助切口。辅助切口以建筑物承重宽度19.6 m为截面爆破一个倾角为 17° 的切口,保证楼房按照设计方向倒塌,则前所需爆破楼层高度为 $H_A=19.6\times \tan 17^\circ=19.6\times 0.307=5.99\text{ m}$,取6 m,即上部辅助切口前所需爆破2层。

表1 爆破参数表

Table1 Blasting parameter table

类别	最小抵抗线 W(m)	孔深 L(m)	单耗 Q(g/m ³)	孔距 a(m)	排距 b(m)	壁厚 B(m)	计算药量 Q _i (g)	实际取值 Q _i (g)
承重柱	0.2	0.27	1500	0.3	0.4	0.4	72	75
剪力墙	0.1	0.14	2000	0.25	0.25	0.2	25	30
T型交叉	0.1	0.18	2000	0.25	0.25	0.3	37.5	50

3.2 爆破参数

3.3 钻孔数量及装药量

(1)1#楼倒塌方向为正东方向,剪力墙钻孔5207个,单孔药量为30 g;“T”型、“L”型交叉处钻孔870个,单孔药量为50 g;承重柱钻孔72个,单孔药量为75g,共使用炸药205.11kg。

(2)2#楼倒塌方向为正东方向,剪力墙钻孔4842个,单孔药量为30 g;“T”型、“L”型交叉处钻孔855个,单孔药量为50g;承重柱钻孔56个,单孔药量为75g,共使用炸药191.06 kg。

(3)3#楼倒塌方向为正东方向,剪力墙钻孔4851个,单孔药量为30 g;“T”型、“L”型交叉处钻孔832个,单孔药量为50g;承重柱钻孔56个,单孔药量为75g,共使用炸药191.33 kg。

(4)4#楼倒塌方向为正西方向,剪力墙钻孔4863个,单孔药量为30 g;“T”型、“L”型交叉处钻孔848个,单孔药量为50 g;承重柱钻孔56个,单孔药

量为75 g,共使用炸药192.49 kg。

本工程共钻孔23408个,总装药量780 kg。

4 爆破网路设计

4.1 起爆方式

本次爆破采用电子雷管与毫秒导爆管雷管相结合的混合起爆网路。

4.2 连接方式

每栋楼每个楼层由前排至后排分为四个延时起爆区间。每个药包内装1发13段毫秒导爆管雷管,同段起爆区间内每20发13段毫秒导爆管雷管使用2发1段毫秒导爆管雷管反向捆扎簇联,同段起爆区间内每20发1段导爆管雷管使用2发电子雷管反向捆扎簇联,最后将每栋楼、每个楼层的电子雷管并联接入电子雷管专用起爆器。

5 爆破飞散物控制措施

为有效控制爆破飞散物,本次爆破采取主动接触性防护、隔离防护、被动保护性防护相结合的综合防护方案^[1]。

(1)主动接触性防护:将防寒毡、密目网和铁丝网由里及外依次用细铁丝捆扎在爆体表面,降低爆破飞散物初速度。

(2)隔离防护:在楼房外部从爆破楼层上一层至爆破楼层下一层悬挂由2层密目网和2层遮阳网组成的遮挡围帘,并使遮挡围帘距离最近爆破部位4 m以上,用以筛挡爆破飞散物,减弱飞散物冲击力。

(3)被动保护性防护:在重点防护方向架设钢管脚手架,在脚手架上由里及外敷设荆笆和铁丝网,对保护物进行遮挡,防止爆破飞散物危及保护设施。

6 爆破效果及体会



图2 爆破前现场照片

Fig. 2 Photo before the blasting

6.1 爆破效果

起爆后,4栋楼房均按照设计的倒塌顺序和方向倒塌,倒塌长度和密集宽度均在设计范围内,柱、墙、梁解体效果较好,爆渣堆积高度均未超过6m,后排墙体后坐未超过1 m,为后续拆解清运创造了良好条件。爆破未对周围建筑物和设施造成任何损坏,爆破非常成功。

6.2 几点体会

(1) 全结构试爆,结合实际调整药量

试爆时,首先按照理论公式计算结果进行装药试爆,试爆后发现有部分剪力墙、电梯井墙体和“T”型、“L”型交叉处混凝土未脱笼,少量钢筋未变形,部分钢筋变形不明显。之后,在布孔参数不变的情

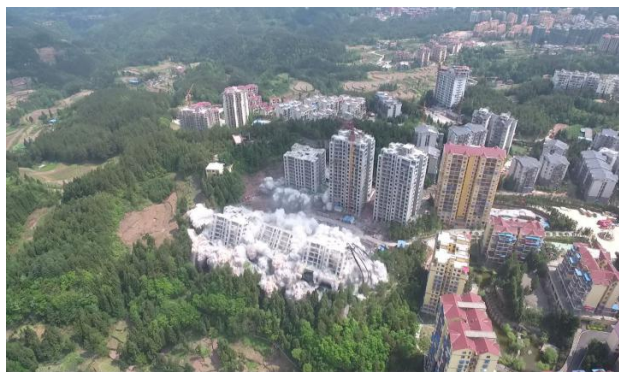


图3 爆破时现场照片

Fig. 3 Scene photo during blasting



图4 爆破后现场照片

Fig. 4 Scene photo after the blasting

况下,将剪力墙的单孔装药量由25 g调整到30 g,将“T”型、“L”型交叉处及电梯井墙体单孔装药量由37.5 g调整到50 g再次试爆,爆破后爆渣脱笼充分、钢筋变形程度符合要求。由此,准确掌握了不同结构处的单孔装药量,在爆破前装药时调整了装药量。

(2) 充分大胆预拆,减少雷管使用量,降低起爆药量

对于该项爆破拆除工程,在按常规对楼梯间、电梯井进行预先拆除的同时,重点做好了剪力墙的预先预拆工作。为加快施工进度,对所有处于爆破切口范围内除了必须保留的“柱”以外的墙体结合试爆进行了大胆的爆破法预先拆除,个别不便采用爆破法的部位则使用风镐剔除,尽最大可能变墙为“柱”,从而缩短了工期、减少了爆破时的雷管数量和装药量,同时也为简化爆破网路奠定的基础。

(3) 大胆创新,最大可能简化爆破网络设计

本次爆破对4栋楼房均采取单向折叠倒塌的方式,为此增加了爆破切口,爆破总楼层达到21层,尽管预先拆除较为充分大胆,但炮孔数量仍高达23408个,如果按照常规的复式交叉导爆管起爆网络,起爆网络将变得极为复杂,工作量巨大。为了简化起爆网络并保证网络的延时准确性、起爆可靠

性,最终确定使用电子雷管与毫秒导爆管雷管相结合的混合起爆网络。从施工过程和爆破结果来看,电子雷管与毫秒导爆管雷管相结合的混合起爆网络具有极大优越性,既保证了网络的延时准确性、起爆可靠性,更重要的是化繁为简,便于爆破员操作,减轻了网络连接工作量,也便于网络检查。

(4) 多法并举,确保钻孔质量

由于墙壁薄,布筋密度大,在钻孔过程中遇到钢筋而无法按照设计钻孔时,应本着“宁密勿疏”的原则处理。根据钻孔部位结构的不同,剪力墙垂直墙体打水平孔,“T”型、“L”型交叉结构处在阴角与墙体呈45°打水平孔;剪力墙刚性强、墙壁薄、孔深比大,高压压钻机钻孔时背面墙体易崩落,造成穿孔,针对此种情况,可在孔背面用窄边不小于孔距尺寸的木板敷贴加压,防止崩孔,也可使用低风压钻机或电动螺旋钻机钻孔。

(5) 综合考虑爆破有害效应控制技术,注重防护工程

在建筑物拆除总体方案设计层面就应当充分考虑爆破有害效应控制技术,当过多考虑爆破有害效应控制技术而可能导致爆破失败或总体方案设计难以优化爆破有害效应控制技术时,关注点应该转化到在防护工程上,不惜人力、物力、财力采取主动接触性防护、隔离防护、被动保护性防护相结合的综合防护方案,以确保爆破工程安全。

参考文献(References)

- [1] 武哲,黄寅生,张耀良,等. 90 m高楼房折叠控制爆破[J]. 爆破,2019,36(2):78-84.
- [1] WU Zhe, HUANG Yin-sheng, ZHANG Yao-liang, et al. Folding controlled blasting of 90 m tall building [J]. Blasting, 2019, 36(2):78-84. (in Chinese)
- [2] 郑建礼,姜宝金,胡光球,等. 全剪力墙结构楼房的定向爆破拆除[J]. 爆破器材,2018,47(3):55-59.
- [2] ZHENG Jian-li, JIANG Bao-jin, HU Guang-qiu, et al. Blasting demolition of a building with full shear wall structure [J]. Explosive Materials, 2018, 47(3):55-59. (in Chinese)
- [3] 易克,李高锋,张文杰,等. 异形全剪力墙结构危楼定向爆破拆除技术[J]. 工程爆破,2015,21(4):29-32,53.
- [3] YI Ke, LI Gao-feng, ZHANG Wen-jie, et al. The directional blasting technology of special shear wall structure of dangerous buildings [J]. Engineering Blasting, 2015, 21(4):29-32,53. (in Chinese)
- [4] 游永锋. 复杂环境下框架-框剪结构厂房定向爆破拆除[J]. 爆破,2019,36(1):104-108,116.
- [4] YOU Yong-feng. Directional demolition blasting of frame-frame shear structure in complicated situation [J]. Blasting, 2019, 36(1):104-108,116. (in Chinese)
- [5] 董文峰,孟祥栋,龚敏,等. 15层全剪力墙结构居民楼定向爆破拆除[J]. 工程爆破,2016,22(2):74-76.
- [5] DONG Wen-feng, MENG Xiang-dong, GONG Min, et al. Directional blasting demolition for a 15-storey residential building with shear wall structure [J]. Engineering Blasting, 2016, 22(2):74-76. (in Chinese)
- [6] 言志信,刘培林,叶振辉. 框架剪力墙结构的定向爆破倒塌过程[J]. 爆炸与冲击,2011,31(6):647-652.
- [6] YAN Zhi-xin, LIU Pei-lin, YE Zhen-hui. Directional blasting collapse process of frame-shear wall structure [J]. Explosion and Shock Waves, 2011, 31(6):647-652. (in Chinese)
- [7] 史家培,程贵海,郑长青. 建筑物爆破拆除理论与实践[M]. 北京:中国建筑工业出版社,2010.
- [7] SHI Jia-yu, CHENG Gui-hai, ZHENG Chang-qing. Theory and practice of blasting demolition of buildings [M]. Beijing: China Building Industry Press, 2010. (in Chinese)
- [8] 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.
- [8] ZHAO Ming-sheng, CHI En-an, WANG Dan-dan, et al. Blasting demolition of a 26-storey shear wall structure building in Moutai Distillery [J]. Engineering Blasting, 2015, 21(3):41-45. (in Chinese)
- [9] 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.
- [9] WANG Xu-guang, YU Ya-lun. Demolition blasting theory and engineering examples [M]. Beijing: People's Communications Press, 2008. (in Chinese)
- [10] 吉建华,池恩安. 高层剪力墙结构楼房拆除爆破切口的设计[J]. 现代矿业,2017,33(2):206-208,211.
- [10] JI Jian-hua, CHI En-an. Design of the cut of blasting demolition for the high-rise shear wall structure building [J]. Modern mining, 2017, 33(2):206-208,211. (in Chinese)
- [11] 刘昌邦,贾永胜,黄小武,等. 异形结构楼房纵向逐跨空中解体爆破拆除[J]. 爆破,2019,36(3):84-89.
- [11] LIU Chang-bang, JIA Yong-sheng, HUANG Xiao-wu, et al. Blasting demolition technology of longitudinal collapse and aerial disintegration for special-shaped [J]. Blasting, 2019, 36(3):84-89. (in Chinese)
- [12] 顾毅成,史雅语,金骥良. 工程爆破安全[M]. 合肥:中国科学技术大学出版社,2009.
- [12] GU Yi-cheng, SHI Ya-yu, JIN Ji-liang. Engineering blasting safety [M]. Hefei: Press of University of Science and Technology of China, 2009. (in Chinese)