

doi:10.3969/j.issn.1001-8352.2018.04.011

40 m 青砖烟囱定向控制爆破拆除技术*

梁书锋^① 王建国^② 李鹏飞^③ 马 俊^④ 陈 洲^② 何 进^②

①中国矿业大学(北京)力学与建筑工程学院(北京,100083)

②云南农业大学建筑工程学院(云南昆明,650201)

③云南省国防科技工业局研究设计院(云南昆明,650034)

④云南安科安全技术有限公司(云南昆明,650041)

[摘 要] 介绍了复杂环境条件下采用定向控制爆破技术拆除一座40 m高青砖混凝土结构烟囱的工程实例。烟囱的结构特点及周围密集建筑物,使得对烟囱倒塌方向的精准度要求极高。通过计算分析,选择了合理的爆破技术方案,选用三角形定向窗保证倒塌的准确性,确定了合适的爆破参数;同时,对爆破前的预处理及爆破时的防护措施进行了完善。最终,烟囱爆破拆除圆满成功,并取得了良好的爆破效果。可为类似工程案例提供参考。

[关键词] 砖烟囱;拆除爆破;定向控制爆破;复杂环境

[分类号] TU746.5

Demolition of a 40 m-high Black Brick Chimney by Directional Controlled Blasting

LIANG Shufeng^①, WANG Jianguo^②, LI Pengfei^③, MA Jun^④, CHEN Zhou^②, HE Jin^②

①School of Mechanics & Civil Engineering, China University of Mining & Technology (Beijing) (Beijing, 100083)

② College of Civil and Architectural Engineering, Yunnan Agricultural University (Yunnan Kunming, 650201)

③R&D Institute of Yunnan provincial Administration of Science, Technology and Industry for National Defence
(Yunnan Kunming, 650034)

④ Yunnan Anke security technology Co., Ltd. (Yunnan Kunming, 650041)

[ABSTRACT] A project of a 40 m-high brick chimney demolished in the way of directional blasting under the complicated environment with many buildings nearby. Because of chimney characters and congested surrounding environment, the chimney collapse direction in high precision should be ensured. Blasting scheme was chosen by careful analysis and calculation. Blasting cuts, collapse direction and blasting network were determined. Triangle directional windows were selected to guarantee the accuracy of collapse. And the reasonable demolition parameters, pretreatment and protective measures were taken to ensure the success. Good blasting outcome was achieved, and it could provide a reference for similar demolition projects.

[KEYWORDS] brick chimney; blasting demolition; directional controlled demolition; complex environment

1 工程概况

待拆烟囱位于云南省德宏州瑞丽市勐卯镇顺发红砖厂内,由砖窑和烟囱两部分组成,且两者通过过桥连成一体。烟囱西侧70 m处为233县道公路;厂区内仍有部分办公人员及下岗职工居住,西侧厂区入口处为职工住宿区,最近房屋距离烟囱仅有40

m,西南方向的办公楼房距离烟囱40 m;北侧35 m处有一户职工居住;南侧50 m处有闲置厂区房屋;另外,厂区内烟囱周边有多条电缆线通过,东侧厂棚内存放有机电设备。虽然部分房屋厂棚已经停止使用,但厂方仍要求进行保护;因此,相对复杂的周边环境使得对爆破拆除的要求较高。烟囱周围环境详见图1。烟囱为青砖、水泥混合结构,总高约40 m;烟囱底部(从砖窑顶面起算)+0.5 m处外周长12.6

* 收稿日期:2017-09-04

基金项目:中央高校基本科研青年项目(2017QL05);云南省教育厅科学研究基金项目(2016ZZX108)

作者简介:梁书锋(1982-),男,博士,主要从事岩石破碎与爆破测试技术研究。E-mail:liangsl204@163.com

通信作者:王建国(1987-),男,博士,主要从事岩石动力学与爆破技术研究。E-mail:wangjg0831@163.com

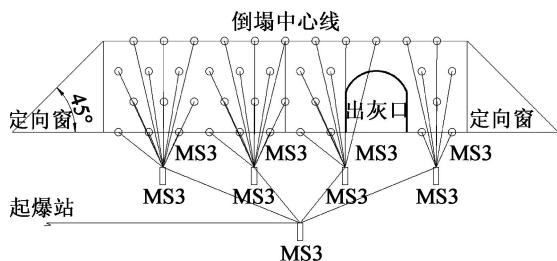
Fig. 1 Surrounding environment around the chimney (unit: m)

单孔药量 $Q = qab\delta^{[10]} = 0.202 \text{ kg}$, 实际取 $Q = 200 \text{ g}$; 对于底排孔, 由于受到夹制作用, 其单孔装药量按 $Q_{\text{底}} = (1.15 \sim 1.30)Q$ 选取^[11-15], 实际取 $Q_{\text{底}} = 250 \text{ g}$ 。该烟囱共布 4 排孔, 呈梅花形布置, 去除定向窗和出灰口占的面积, 共钻孔 39 个, 其中底排孔 10 个。炮孔布置如图 2 所示, 共需要 2[#]岩石乳化炸

药 8.3 kg。

3.3 爆破网路

该烟囱起爆网路全部采用 3 段毫秒延期导爆管雷管,孔内用双发雷管,所有炮孔同时起爆。孔外采用簇连,倒塌中线两侧各分为两簇,采用“大把抓”的方式捆扎^[1],再外接两发雷管,通过激发针同时起爆。共使用导爆管雷管 88 发,网路连接如图 3。



(a) 设计图



(b) 作业现场

图 3 起爆网路图

Fig. 3 Detonation network

4 爆破安全校核

4.1 爆破振动安全校核

为避免爆破振动对周围建筑物及设施的影响,通过爆破振动经验公式对爆破振动进行校核^[16]:

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

式中^[17]: v 为质点振动速度, cm/s; Q 为药量, kg; R 为距离, m; K 、 α 分别为与地形、地质条件有关的系数,这里取 $K = 250$ 、 $\alpha = 1.8$ ^[2]。

本次爆破单段起爆最大药量 Q 为 8.3 kg,爆破振动影响最近的建筑物为烟囱北侧的职工住房, $R = 35$ m,带入式(1),计算得 $v = 1.48$ cm/s,满足 GB6722—2014《爆破安全规程》对一般民用建筑的振动速度控制要求,即要求振动速度小于 2.5 cm/s。实际测得的振动速度远小于 1.48 cm/s,这显然是由于测点高程低于爆破点,爆破振动波需经过烟囱壁传至地表后再传到测点,传播过程中存在衰减

效应所致^[18]。

4.2 塌落振动安全校核

实践表明,在烟囱等高耸建筑物拆除爆破中,塌落振动往往要比爆破振动大;因此,要对塌落振动进行安全校核。烟囱塌落振动速度按中科院力学所给出的公式计算^[19-20]:

$$v_t = k_t \left[\frac{R}{\left(\frac{MgH}{\sigma} \right)^{\frac{1}{3}}} \right]^{\beta}. \quad (2)$$

式中: v_t 为塌落引起的振动速度, cm/s; R 为测点至冲击地面中心的距离, m; M 为下落构件的质量, t; g 为重力加速度, m/s²; H 为构件中心高度, m; σ 为地面介质的破坏强度,一般取 10 MPa; K_t 、 β 表示塌落振动速度衰减系数,一般取为 $K_t = 3.37 \sim 4.09$ 、 $\beta = -1.66 \sim -1.80$,本工程中分别取 $K_t = 3.8$ 和 $\beta = -1.7$ 。

烟囱塌落质心与北侧的职工住房距离最近,约为 35 m,代入式(2)得

$$v_t = 3.8 \left[\frac{35}{\left(\frac{400 \times 9.8 \times 20}{10} \right)^{\frac{1}{3}}} \right]^{-1.7} = 1.45 \text{ cm/s}.$$

结果满足 GB6722—2014《爆破安全规程》对一般民用建筑的振动速度控制要求。

5 安全防护措施

5.1 爆破切口临空包裹防护

在切口上、下 50 cm 处,每隔 1 m 钻凿一孔,钢筋插入钻孔并固定,钢筋超出烟囱壁 30 ~ 40 cm。钻孔位置长度超出切口两边(含定向窗)各 50 cm。待装药、填塞、连线完毕后,先用两层抗拉强度较大的玻纤土工格栅将烟囱切口位置环绕一圈(高出爆破切口 50 cm),上、下固定在孔内钢筋上;然后用 3 层边坡护坡密目网沿烟囱切口位置环绕一圈,再用铁丝沿钢筋上下缠绕,使之形成网状;最后在密目网外再缠绕 2 层铁丝网,并沿上、中、下部位各用一圈铁丝箍紧,防止爆破时产生的爆炸物和爆炸冲击波对周边设施的损伤。

5.2 降振、防冲击及隔挡措施

先将烟囱倾倒方向和倒塌范围内的碎石、砖块及简易铁皮支棚清理干净,然后在已经开裂的水泥台阶地面上铺双层麻布袋,防止烟囱倒塌触地一瞬间溅起个别飞散物。

5.3 其他安全措施

1) 爆破前 15 min 暂停厂区内热力管线的供热、

供气,拆除厂区内的沿烟囱倒塌方向的电缆线;

2)加强安全警戒,临时阻断省道交通,确保人员及车辆疏散到安全警戒范围外;

3)采用爆破振动监测仪对爆破振动和塌落振动进行监测,在距烟囱 40 m 处的办公楼下布置一个测振点,距离倾倒中心线 40 m;在烟囱北侧最近居民房屋处布置 2 个测振点,距离倒塌中心线 35 m。

6 爆破效果

整个烟囱爆破倾倒历时 9 s。起爆后瞬间产生爆破切口,烟囱整体先向预定位置略微倾斜,缓慢倾斜约 4 s,从第 5 s 开始加速倾倒,第 7 s 烟囱 1/3 处发生折断,9 s 后完成整个倾倒过程。烟囱按设计方向精确地倒塌在预定范围之内,未产生后坐,烟囱解体充分,爆堆长 45.0 m,最宽 9.0 m。防护效果明显,周边建筑物、设施等都完好无损,效果较好,爆破取得圆满成功。爆后效果如图 4 所示,烟囱与砖窑的过桥仍保留完好,没有干扰定向倒塌的精准度,与设计计算相吻合。



(a) 烟囱底部



(b) 烟囱顶部

图 4 爆破效果

Fig. 4 Blasting outcome

7 结论

1)爆破烟囱周边环境十分复杂,但最终通过准确测量、开设定向窗及药量控制等控制技术以及有效的复合防护措施相结合,顺利完成了拆除爆破,可

为以后类似环境爆破拆除提供参考。

2)本次爆破中,切口高度若按经验计算方法取值,应为 2.7 ~ 4.5 m,而实际仅设计了 4 排炮孔,切口高度为 1.2 m,这是根据精准的测量和倾覆力矩计算选取的,减少了炮孔数量,同样顺利完成了定向爆破拆除,对以后的砖烟囱拆除作业有指导价值。

3)砌体烟囱在倒塌过程中出现折断散落现象,是由于采用灰浆或者砂浆砌成砖砌体,烟囱结构的整体性差,烟囱倒塌时砌体结构在力矩作用下容易受力不均匀,在薄弱处先发生破坏,因而在爆破切口形成时容易出现二次断裂。

参 考 文 献

[1] 张文龙,杨仕教,郑建礼. 复杂环境下 55 m 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 55m 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.

[2] 赵彭,薛宪彬. 复杂环境下 58 m 砖烟囱定向拆除爆破[J]. 煤矿爆破, 2014(2): 36-38.
ZHAO P, XUE X B. Directional blasting demolition of a 58 m-high brick chimney in complicated surroundings[J]. Coal Mine Blasting, 2014(2): 36-38.

[3] 谢博松. 海口机务车间八所综合组烟囱定向倒塌控制爆破拆除[J]. 西部探矿工程, 2011(4): 185-186.

[4] 唐海,梁开水,张成良. 烟囱爆破倾倒折断的力学浅析[J]. 爆破, 2003, 20(3): 9-11.
TANG H, LIANG K S, ZHANG C L. Mechanics analysis of fall-down process of chimney by blasting demolition[J]. Blasting, 2003, 20(3): 9-11.

[5] 磨季云,周运奎,金沐,等. 厚壁砖结构烟囱爆破拆除[J]. 爆破, 2012, 29(2): 87-90.
MO J Y, ZHOU Y K, JIN M, et al. Some experience about thick wall brick chimney blasting demolition[J]. Blasting, 2012, 29(2): 87-90.

[6] 李新翰,栾龙发,张智宇,等. 45 m 高砖烟囱控制爆破拆除[J]. 工程爆破, 2014, 20(4): 23-26.
LI X H, LUAN L F, ZHANG Z Y, et al. Demolition of 45 m brick chimney by controlled blasting technology[J]. Engineering Blasting, 2014, 20(4): 23-26.

[7] 林哲,张世平. 砖烟囱爆破拆除不同切口形状的数值模拟[J]. 工程爆破, 2017, 23(4): 91-94.
LIN Z, ZHANG S P. Numerical simulation study on the removal of chimney with different blasting notch shape

- [J]. Engineering Blasting, 2017, 23(4): 91-94.
- [8] 李阳, 蒲传金, 肖定军, 等. 85 m 高的烟囱拆除爆破及其振动测试分析[J]. 工程爆破, 2017, 23(5): 49-55.
- LI Y, PU C J, XIAO D J, et al. Blasting demolition and vibration measurement analysis of 85 m chimney [J]. Engineering Blasting, 2017, 23(5): 49-55.
- [9] 周浩仓, 王泳. 爆破法开定向窗的烟囱控制爆破拆除[J]. 采矿技术, 2017, 17(1): 74-75, 100.
- [10] 姚建春, 姚尧, 寄科祥, 等. 城市复杂环境下 90 m 钢筋砼烟囱的定向爆破拆除[J]. 爆破器材, 2017, 46(6): 53-58.
- YAO J C, YAO Y, JI K X, et al. Directional blasting demolition of a 90 m-high steel-concrete chimney in urban complex environment [J]. Explosive Materials, 2017, 46(6): 53-58.
- [11] 戴建毅, 王艮忠, 周珉, 等. 复杂环境 45 m 砖烟囱爆破拆除[J]. 工程爆破, 2015, 21(2): 36-39.
- DAI J Y, WANG G Z, ZHOU M, et al. 45 meters brick chimney blasting demolition in complex environment [J]. Engineering Blasting, 2015, 21(2): 36-39.
- [12] 吴兴荣. 复杂环境下某废旧砖混烟囱拆除爆破[J]. 中国矿业, 2014, 23(9): 149-151.
- WU X R. Demolition blasting of a brick concrete chimney under complicated condition [J]. China Mining Magazine, 2014, 23(9): 149-151.
- [13] 杨明山, 付玉华, 张吉勇, 等. 复杂环境下 62 m 高烟囱的拆除爆破及安全控制[J]. 工程爆破, 2017, 23(2): 53-57.
- YANG M S, FU Y H, ZHANG J Y, et al. Demolition blasting and safety control of 62 m high chimney in complex environment [J]. Engineering Blasting, 2017, 23(2): 53-57.
- [14] 褚怀保, 徐鹏飞, 叶红宇, 等. 钢筋混凝土烟囱爆破拆除倒塌与受力过程研究[J]. 振动与冲击, 2015, 34(22): 183-186, 198.
- CHU H B, XU P F, YE H Y, et al. Collapse process and load-bearing process of reinforced concrete chimney during blasting demolition [J]. Journal of Vibration and Shock, 2015, 34(22): 183-186, 198.
- [15] 李鸿, 陈信鸿, 李杰. 150 m 高钢筋混凝土烟囱定向爆破拆除[J]. 工程爆破, 2016, 22(3): 40-44.
- LI H, CHEN X H, LI J. Blasting demolition of 150 m high reinforced concrete chimney [J]. Engineering Blasting, 2016, 22(3): 40-44.
- [16] 爆破安全规程: GB6722—2014 [S]. 北京: 中国标准出版社, 2014.
- Safety regulations for blasting: GB6722—2014 [S]. Beijing: China Standard Press, 2014.
- [17] 费鸿禄, 谭文华, 周健华, 等. 中硬岩管沟爆破对近距离既有管道的影响[J]. 爆破器材, 2018, 47(2): 54-60.
- FEI H L, TAN W H, ZHOU J H, et al. Influence of pipe trench blasting of medium hard rock on close distance existing pipeline [J]. Explosive Materials, 2018, 47(2): 54-60.
- [18] 雷振, 章征成, 宋文峰, 等. 两座 85 m 钢筋砼烟囱同时爆破拆除振动研究[J]. 爆破, 2014, 31(4): 92-95, 139.
- LEI Z, ZHANG Z C, SONG W F, et al. Research on vibration caused by demolishing of two 85 meters reinforced concrete chimney [J]. Blasting, 2014, 31(4): 92-95, 139.
- [19] 汪旭光. 爆破设计与施工 [M]. 北京: 冶金工业出版社, 2011: 690-694.
- [20] 张建平, 王俊生, 张龙飞, 等. 复杂环境下 L 型楼房的定向对叠爆破控制技术[J]. 爆破器材, 2017, 46(2): 60-64.
- ZHANG J P, WANG J S, ZHANG L F, et al. Directionally piled blasting and controlling of an L-shaped building in complex surroundings [J]. Explosive Materials, 2017, 46(2): 60-64.