

doi:10.3963/j.issn.1001-487X.2021.01.016

复杂环境下210 m 烟囱定向爆破拆除

程楠

(中铁二十三局集团有限公司,成都 610072)

摘要: 由于周边环境复杂、倒塌空间有限,厂区内210 m高烟囱爆破拆除施工必须保证定向爆破的精准度与安全性。根据理论计算与工程经验选取正梯形爆破切口、切口高度为4.5 m,切口圆心角为216°,烟囱外壁单耗为2.3 kg/m³,内衬单耗为1.45 g/m³。通过优化开凿工艺、爆破参数以及起爆网路等控制措施控制爆破次生灾害;采用混合材料悬挂式覆盖防护、减震堤等安全措施控制爆破负面效应。最终爆破取得了良好效果,周边建(构)筑物在爆破过程中没有受到损伤,监测的振动峰值为0.27 cm/s。

关键词: 钢筋混凝土烟囱;复杂环境;定向爆破;安全防护

中图分类号: TU746.5 文献标识码: A 文章编号: 1001-487X(2021)01-0100-05

Directional Blasting Demolition of 210 m Chimney under Complex Conditions

CHENG Nan

(China Railway 23RD Bureau Group CO., LTD, Chengdu 610072, China)

Abstract: Due to the complex surrounding environment and limited collapse space for the demolition of a 210-meter-high chimney in a plant area, the accuracy and safety of the directional blasting must be ensured. According to theoretical calculation and engineering experience, a regular trapezoidal blasting incision was selected. The incision height was 4.5 m, the incision center angle was 216°, the unit explosive consumption of the outer wall of the chimney was 2.3 kg/m³, and the unit explosive consumption of the inner wall was 1.45 g/m³. Measures by optimizing excavation technology, blasting parameters, and the blasting network were used to control secondary blasting hazards. The negative effects of blasting were controlled by adopting safety measures such as mixed material suspension cover protection and damping dikes. Finally, the blasting achieved good results. The surrounding buildings (structures) were not damaged during the blasting process, and the monitored vibration peak was 0.27 cm/s.

Key words: reinforced concrete chimney; complex environment; directional demolition blast; safety protection

上世纪八十年代以来,我国就开始采用爆破方法拆除百米以上高耸钢筋混凝土烟囱。爆破拆除高耸钢筋混凝土烟囱具有以下难点:①烟囱高度高、体积大;②拆除工期紧;③四邻环境复杂,安全要求高^[1]。徐鹏飞等人采用两段单向控制爆破拆除180 m高钢筋混凝土烟囱^[2],两次爆破均取得了良好的爆破效果,达到了安全、精细爆破拆除的目的;

李本伟等人在复杂环境中采用控制爆破技术爆破拆除180 m钢筋混凝土烟囱^[3],针对烟囱尺寸大、钢筋密、混凝土强度高的结构特点,预先开凿大尺寸导向窗减少了爆破面积,并且通过铺设防护土堤有效地控制了爆破次生灾害的产生;朱宽等人以某特大钢筋混凝土烟囱定向爆破工程为研究对象,采用高速摄影、应力应变测量两种测量手段,对烟囱爆破倒塌过程进行实验研究,获取倾倒过程中的各种运动参量^[4]。以国华徐州发电有限公司210 m烟囱爆破拆除工程为研究背景,根据理论计算与工程经验选取

收稿日期:2020-12-22

作者简介:程楠(1968-),男,高级工程师,硕士研究生,主要从事爆破工程安全管理方面研究,(E-mail)1604106806@qq.com。

了合理的爆破切口形状、尺寸及开凿工艺、爆破参数、起爆网路以及多重控制措施,研究烟囱爆破拆除的倾倒过程以及爆破拆除对周边建(构)筑物的影响。

1 工程环境

国华徐州发电有限公司响应国家“上大压小、节能减排”政策号召关停7、8号机组。机组210 m烟囱因结构高大且坚固,需进行爆破拆除。待拆除烟囱位于国华徐州发电有限公司厂区内,西北侧距化水集控室办公区135 m,距燃料物资部办公楼及厂房63 m,距西北侧围墙(倾倒方向)222 m;西侧距生活消防水管道及电缆30 m,西南侧距民房190 m;东南侧加热站88 m,距综合楼146 m;东侧供热管道

(埋深0.5 m)19 m;东南侧厂区铁路线277 m,距京沪铁路线382 m。烟囱周边环境如图1、2所示。



图1 待拆烟囱实景图

Fig. 1 Real view of chimney to be demolished

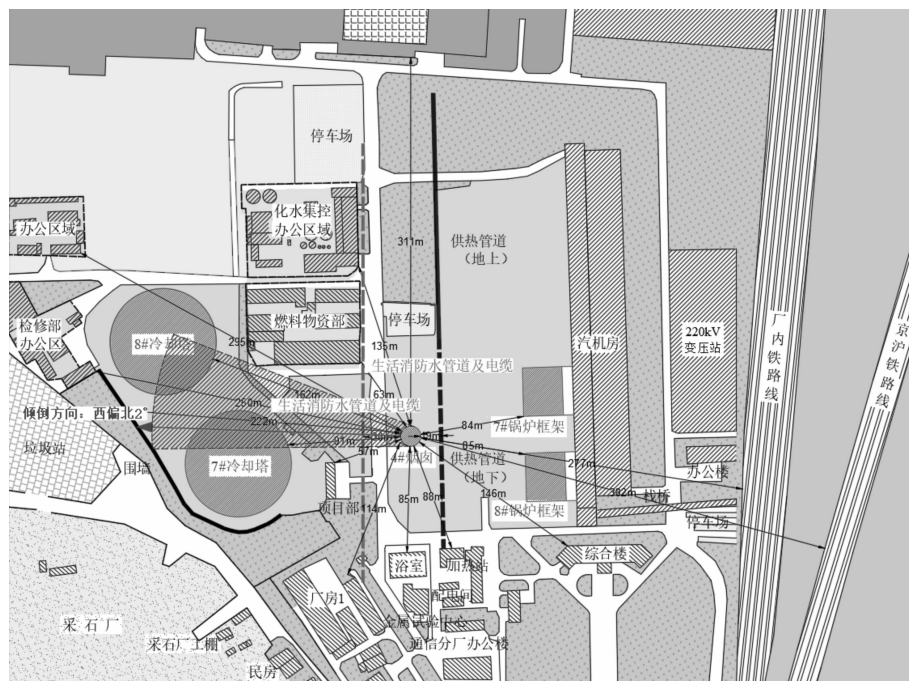


图2 待拆除烟囱环境图(单位:m)

Fig. 2 Environmental of chimney to be demolished(unit:m)

2 烟囱结构

待拆除4#烟囱为钢筋混凝土结构,混凝土采用C30,高210.00 m,+6.85 m处外半径8.41 m,壁厚750 mm,隔热层厚80 mm,内衬厚200 mm;底部布置有两个检修口,检修口高2.50 m,宽1.80 m;+5.00 m处布置有两个烟道口,烟道口宽4.30 m、高7.25 m。井字梁和积灰平台位于+20.00 m处以下。筒身混凝土体积2519.5 m³,隔热层484.45 m³,内衬873.90 m³。+6.85 m处竖向筋布置:双层布筋,外侧布设83 ϕ 25竖向筋,内侧布设218 ϕ 20竖向筋;环向筋布置:环向筋采用螺旋式箍筋布置方

式,外侧钢筋布置规格为 ϕ 22@140,内侧钢筋布置规格为 ϕ 18@160。

3 爆破拆除设计

结合烟囱高度、结构尺寸、周边环境,在待拆除烟囱+6.85 m处布置爆破切口,倾倒方向为南北两个出灰口对称中心为准,即西偏北2°方向,采用孔内延时起爆技术,并用绳锯进行定向窗的预处理^[5-10]。

3.1 爆破切口设计

爆破切口形状设计为正梯形。根据余留部分力学分析并结合类似烟囱爆破拆除经验,切口圆心角

取 216° ,切口布置在 $+6.85\text{ m}$ 处,该处烟囱外径 $D=8.41\text{ m}$,壁厚 $\delta=750\text{ mm}$,烟囱切口弧长 $L=\pi D(216/360)=\pi\times 16.82\times 216/360=31.12\text{ m}$ 。切口高度 $H=(1/6\sim 1/4)D=2.8\sim 4.2\text{ m}$,实际取 $H=4.5\text{ m}$ 。定向窗为直角三角形,角度为 30° ,底边长为 0.49 m ,高 0.28 m 。切口平面布置如图3所示。

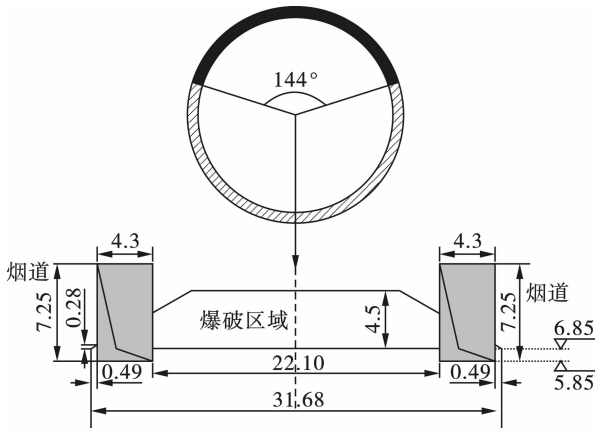


图3 切口平面布置示意图(单位:m)

Fig. 3 Diagram of cut layout(unit:m)

3.2 爆破参数设计

(1) 孔网参数

切口炮孔深度 $L=(0.6\sim 0.85)\delta$,其中 δ 为爆破切口处的筒壁厚度, $\delta=0.75\text{ m}$,炮孔深度 $L_1=0.57\text{ m}$,孔距 $a_1=0.45\text{ m}$,排距 $b_1=0.45\text{ m}$,炸药单耗 $q_1=2.30\text{ kg/m}^3$,单孔装药量 $Q_1=350\text{ g}$ 。为保证内衬不影响烟囱倒塌过程,在烟囱内部平台 $+6.85\text{ m}$ 处对内衬进行钻孔,炮孔深度 $L_2=0.17\text{ m}$,孔距 $a_2=0.35\text{ m}$,排距 $b_2=0.45\text{ m}$,炸药单耗 $q_2=1.45\text{ kg/m}^3$,单孔装药量 $Q_2=50\text{ g}$ 。爆破总药量为 188.25 kg 。

(2) 炮孔布置

炮孔布置在爆破切口范围内,方向朝向烟囱中心,烟囱外壁相邻排间炮孔采用矩形布置,采用云梯车进行钻孔作业,烟囱外壁爆破切口布设11排炮孔,共495孔;内衬炮孔采用梅花形布置,在内部平台搭设脚手架进行钻孔作业,共布设6排炮孔,共300孔。具体爆破参数如表1所示,实际炮孔布置如图4所示。

表1 爆破参数设计

Table 1 Blasting parameter design

部位	壁厚/m	孔深/m	孔距/m	排距/m	孔数/个	单孔装药量/g	单耗/ ($\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$)	总装药量/kg
外壁	0.75	0.57	0.45	0.45	495	350	2.30	173.25
内衬	0.28	0.17	0.35	0.35	300	50	1.45	15.00



图4 炮孔布置图

Fig. 4 Blasthole layout

3.3 起爆网路设计

为了确保安全准爆,采用非电导爆管微差起爆网路,分两段起爆。烟囱内衬和烟囱外壁爆破切口中间采用MS1段非电雷管,两侧分别采用MS3段非电雷管,中间先起爆,两侧滞后^[11]。每个炮孔装1~2发非电雷管,其中下四排孔形成交叉复式网路并适当调高单孔药量,每18~20发非电雷管组成一簇,用2发瞬发导爆管雷管连接。形成交叉复式网路。见图5。

4 安全防护措施

4.1 振动控制措施

根据待拆除烟囱周边勘测情况,本次爆破拆除工程主要保护对象为西南的民房以及西侧的生活消防水管道、电缆,其中生活消防水管道、电缆处于烟囱倒塌中心线上,民房距离预估烟囱头部触地位置较近。为减少爆破振动和烟囱倒塌触地振动对周边建(构)筑物的影响^[12],采用了以下措施:

(1)沿生活消防水管道、电缆的走向铺设两层

钢板,并在钢板上方采用黄土、砖渣铺设一条上宽2 m、下宽5 m、高3 m的减震堤。

(2)在倒塌方向的正前方,217 m处采用黄土、砖渣铺设一条长20 m、上宽3 m、下宽6 m、高4 m的减震堤,并在减震堤靠近烟囱一侧开挖一条2 m深的沟槽。

(3)为减小烟囱触地造成地面碎石的飞溅,减震堤堆筑的材料里面不能有碎块,用2层防晒网整体覆盖减震堤。

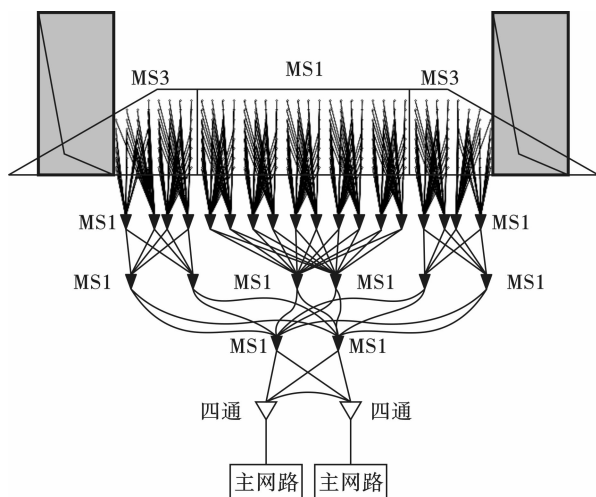


图5 起爆网路示意图

Fig. 5 Schematic diagram of detonation network

4.2 其他安全防护措施

(1)采用云梯车进行钻孔、装药、防护施工,避免登高作业,保证施工人员的安全。

(2)加强对装药部位的覆盖,对装药部位从里层到外层采用2层土工格栅,10层密目安全网,2层

黑色防晒网进行悬挂式覆盖防护,以防爆破飞石的飞出^[13,14]。

(3)对周边需保护的建(构)筑物采用2层黑色防晒网进行悬挂式覆盖防护,防止爆破飞散物对窗户、玻璃造成损坏。

5 振动监测

5.1 振动监测仪器与结果

本次测试采用了由成都泰测科技有限公司生产的Blast-UM爆破测振仪对烟囱西南侧的民房建筑及东北侧的京沪铁路线进行了质点振动速度监测,以确保其安全性。表2为烟囱爆破振动监测结果,图6为典型振动速度波形图。

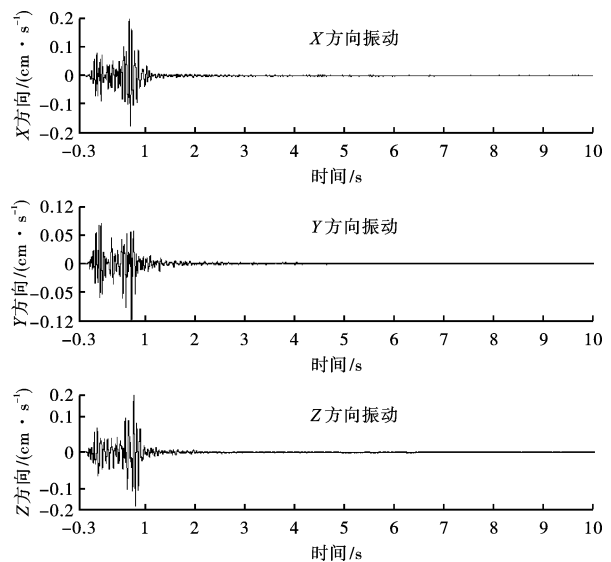


图6 典型振动速度波形图

Fig. 6 Typical vibration velocity waveform

表2 烟囱爆破振动监测结果

Table 2 Chimney blasting vibration monitoring results

测点位置	最大振速/(cm·s ⁻¹)			主频/Hz			爆心距/m	最大单段药量/kg
	X	Y	Z	X	Y	Z		
居民楼1#	0.2716	0.2264	0.2596	11.1	20.1	18.7	142	
居民楼2#	0.2085	0.1188	0.1576	18.2	15.7	17.8	302	97
厂区铁路线涵洞	0.0497	0.0933	0.0442	10.5	11.3	11.7	393	

5.2 监测结果分析

(1)根据本次振动监测的数据,烟囱爆破拆除工程中塌落触地振动远大于炸药爆炸产生的爆破振动。

(2)从表2可以看出最大振动速度在居民楼1#测点,振速为0.2716 cm/s,主频为11.1 Hz,远远小于砖混结构民房的安全振动速度2 cm/s。因此,邻近居民楼是安全的。

(3)一般厂房和民房的自振频率在1~3 Hz,而本次爆破引起振动频率在10.5~20.1 Hz之间,超过民房的自振频率,不会引起共振导致民房破坏。

6 爆破效果及分析

2020年11月19日下午3点54分,210 m烟囱爆破拆除。起爆后烟囱按照预定的方向缓慢倾斜,倾斜过程约7 s,从12 s开始加速倾倒落地,12 s时

烟囱筒体在约 1/2 处开始断裂,18 s 后全部落地,定向倾倒方向无误,无后座现象。整体爆堆长度为 227 m,烟囱筒体落地被分为 3 段,底部 0 ~ 50 m 筒体被压扁,混凝土破坏较少,50 ~ 100 m 筒体被压扁压碎,100 ~ 227 m 筒体混凝土基本完全粉碎。周边建(构)筑物、地下水管道、地下线缆安然无恙,爆破总体效果良好。见图 7。



图 7 烟囱爆后效果图

Fig. 7 Effect diagram of chimney after explosion

通过本次 210 m 烟囱的定向爆破拆除,有如下体会:

(1)在选择 5 ~ 30 m 高位切口时,传统钻孔作业需搭设脚手架平台进行钻孔作业,该方法成本高、耗时长,对脚手架搭设要求高,并且平台还需在爆破前拆除,对后续装药、联网作业影响大,安全性不高。而本次工程通过运用云梯车载人进行钻孔作业,与传统方法相比较,云梯车移动方便、灵活,节省搭设与拆除时间,不会影响联网工作,安全系数较高。

(2)与传统定向窗预处理方法相比,用绳锯切割法处理定向窗,夹角与形状更精确,后排结构保护更充分,工期更短,在降低成本的同时减少了对烟囱的损伤。

(3)在高耸建(构)筑物爆破拆除工程中,有必要采用减振与防飞溅措施,可以有效控制高耸建(构)筑物触地带来的振动,飞石等危害。

(4)2 层土工格栅,10 层密目安全网,2 层黑色防晒网的近体防护能够有效的控制爆破飞石。

参考文献 (References)

- [1] 余红兵,赵明生. 复杂环境废弃烟囱爆破拆除及安全控制措施研究[J]. 爆破,2020,37(2):69-74.
- [1] YU Hong-bing, ZHAO Ming-sheng. Study on blasting demolition of abandoned chimney in complex environment and safety control measures [J]. Blasting, 2020, 37(2): 69-74. (in Chinese)
- [2] 徐鹏飞,张英才,盖四海,等. 180 m. 钢筋混凝土烟囱两段单向控制爆破拆除[J]. 爆破,2017,34(1):129-132,147.
- [2] XU Peng-fei, ZHANG Ying-cai, GAI Si-hai, et al. Controlled explosive demolition of 180 m reinforced concrete chimney by two section and same direction [J]. Blasting, 2017, 34(1): 129-132, 147. (in Chinese)
- [3] 李本伟,陈德志,张 萍,等. 180 m 高钢筋混凝土烟囱爆破拆除[J]. 爆破,2011,28(4):57-60,68.
- [3] LI Ben-wei, CHEN De-zhi, ZHANG Ping, et al. Demolition of a 180-meter-superheight reinforced concrete chimney by directional blasting [J]. Blasting, 2011, 28(4): 57-60. (in Chinese)
- [4] 朱 宽,钟冬望,陈 浩,等. 210m 钢筋砼烟囱爆破倒塌过程测量分析[J]. 武汉科技大学学报(自然科学版),2013,36(4):311-315.
- [4] ZHU Kuan, ZHONG Dong-wang, CHEN Hao, et al. Measurements on the collapse process of 210 m reinforced concrete chimney by blasting demolition [J]. Journal of Wuhan University of Science and Technology, 2013, 36(4): 311-315. (in Chinese)
- [5] 王玉杰. 爆破工程[M]. 武汉:武汉理工大学出版社,2007.
- [6] 于亚伦. 工程爆破理论与技术[M]. 北京:冶金工业出版社,2004.
- [7] 张继春,曾庆福,严 军,等. 成都华能电厂 210 m 钢筋砼烟囱控制爆破拆除[J]. 爆破,2009,26(2):41-45.
- [7] ZHANG Ji-chun, ZENG Qing-fu, YAN Jun, et al. Demolition of 210 m reinforced concrete chimney of chengdu huaneng plant by controlled basting [J]. Blasting, 2009, 26(2): 41-45. (in Chinese)
- [8] 涂 胜,周献忠,胡方华. 复杂环境下 85 m 两并立钢筋混凝土烟囱爆破拆除[J]. 爆破,2018,35(4):99-103.
- [8] TU Sheng, ZHOU Xian-zhong, HU Fang-hua. Explosive demolition for 85 m "twins" steel concrete chimneys in complicated surroundings [J]. Blasting, 2018, 35(4): 99-103. (in Chinese)
- [9] 齐世福,王福刚,薛峰松,等. 180 m 高钢筋混凝土烟囱爆破拆除[J]. 爆破器材,2010,39(1):26-28.
- [9] QI Shi-fu, WANG Fu-gang, XUN Feng-song, et al. Demolition of a 180 m-superheight reinforced concrete chimney by directional blasting [J]. Explosive Materials, 2010, 39(1): 26-28. (in Chinese)
- [10] 靳 洋,任志远. 150 m 钢筋砼烟囱定向爆破拆除 [J]. 爆破,2009,26(1):69-71.
- [10] JIN Yang, REN Zhi-yuan. Directional blasting demolition of 150 m high reinforced concrete smoke stack [J]. Blasting, 2009, 26(1): 69-71. (in Chinese)