

doi:10.3969/j.issn.1001-8352.2017.01.012

场地狭窄条件下 65 m 高烟囱的双切口 单向折叠爆破拆除^{*}

谭志敏 朱 真
广西地矿建设集团有限公司(广西南宁,530023)

[摘 要] 针对待拆除的 65 m 高烟囱的基本情况和复杂的周围环境,充分考虑场地宽度不够等实际情况,采用双切口分段折叠定向爆破的方法对烟囱进行拆除。在设计中,进行了双爆破切口位置的爆高计算和校核,选择了上、下两个切口的孔网参数、单耗和总药量等爆破参数,进行了爆破振动安全的验算,确定了有效的安全防护措施。实现了烟囱的安全、定向拆除,达到了预期的效果。

[关键词] 双切口;复杂环境;定向爆破;单向折叠爆破

[分类号] TU746.5

Unidirectional Folding Blasting Demolition with Double Incision of a 65 m High Chimney under the Condition of Narrow Space

TAN Zhimin, ZHU Zhen
Guangxi Geology & Mineral Construction Engineering Co., Ltd. (Guangxi Nanning, 530023)

[ABSTRACT] Because of the complicated surrounding and narrow space around the 65 m chimney to be blasted, unidirectional folding blasting demolition with double incision method was employed. In this design, positions of the two incisions were calculated and checked, and blasting parameters of the two incisions, such as charging holes, blasting circuit, single charge and total charge, were determined. Effective safety measures were decided according to the check of blasting vibration safety. The blasting demolition is safe and directional, and it achieves desired effect.

[KEYWORDS] ouble incision; complex environment; directional blasting; unidirectional folding blasting

1 工程概况

南宁壮宁工业园有限责任公司因发展规划的需要,拟将园区内 65 m 高的砖混烟囱拆除,以便新项目顺利开展。

本次拟拆除的烟囱位于南宁亭洪路工业园区内,周围环境如图 1 所示。该烟囱建于 1979 年,高 65 m,顶部 15 m 属于 1991 年加高部分。北边 34 m 为车间;正西向 15 m 为园区围墙,围墙外 10 m 为市政道路,人车流量大;南边 10 m 为车间,需要保持原状;东边 22 m 为车间,该车间东侧 2 m 为工业园区道路,北侧有一组园区动力电缆,电缆线位于道路西侧,与道路平行。烟囱的东北方较为开阔。

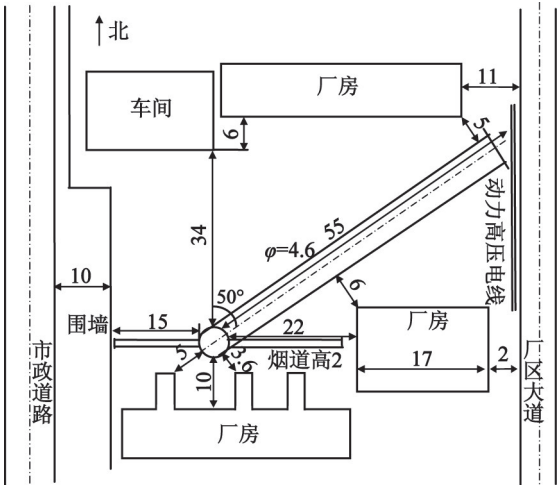


图 1 爆破周围环境平面示意图(单位:m)

Fig. 1 Plan sketch of surrounding environment of the blasted chimney (Unit: m)

^{*} 收稿日期:2016-04-12
作者简介:谭志敏(1968 -),男,高级工程师,主要从事爆破、矿山工程及隧道技术与管理工作。E-mail:448562403@qq.com

该烟囱为砖砌结构,烟囱出口孔径为 2.5 m,底部外周长为 14.3 m,壁厚为 62 cm;高 14 m 处外周长为 12.6 m,壁厚为 52 cm,底部东西侧有烟道,高 2.0 m。因有裂隙发展,对烟囱距地面 18 m 处以上部分,外表采用加厚铁皮抱箍加固。

2 拆除方案的选择^[1-3]

爆破产生的振动、飞石和空气冲击波不得影响周边设施、行人和建筑物的安全。建筑物和构筑物倒塌不能对周边设施和建筑物造成损坏。

依照以上原则,以及通过分析烟囱周边建筑、设施的分布情况,发现只有场地北偏东 50°方向稍为开阔,基本具备烟囱倒塌条件,但其前方厂道侧上方 5 m 处有生产用的高压动力电线,因生产需要不能断电,也没有时间迁移,要求不能损坏。因而,北东向倒塌空间长度只有 55 m,未达到 65 m 高烟囱倒塌的要求。若采取无折叠倒塌方案,因场地只有 55 m 长,须抬高爆破切口,爆破后,还有 10 m 高的烟囱须进行第二次拆除。因此,采取单向两折叠定向倒塌的爆破方案,使烟囱单段倒塌长度变小,爆破后整体倒塌在北东方向空地上。

该方案不但可以解决场地狭窄的问题,一次性爆破整个烟囱,避免后期再次进行施工;最重要的是,还可以作为一个工程实例进行双切口单向折叠爆破的研究,对场地狭窄、环境复杂条件下烟囱拆除方案作先行性的尝试、探讨,取得相关的工程实践经验,对以后类似项目有一定的借鉴意义。

1) 上部切口:考虑到尽量减少操作平台搭建工作量,选择在烟囱 14 m 高处开凿爆破缺口,于下切口之前先行起爆。

2) 下部切口:离地面 2 m 高于烟道之上开凿爆破切口,在上切口起爆、上部筒体倾倒约 30°后起爆。

3 预拆除

3.1 耐火砖内衬的处理

爆破切口处的耐火砖于爆破前拆除。耐火砖内衬结构完整,利用风镐和人工大锤进行拆除。

3.2 定向窗的开设

为了精确控制烟囱倒塌方向,开设了定向窗。定向窗设计为方型,用风镐钻凿、开挖。两个定向窗分别对称于倾倒中心线,高度等于切口高度。

为增加爆破自由面,利于爆破切口的形成,在中

间部位倾倒中心线处设中间窗,与定向窗同时开凿。

4 爆破参数的确定^[4-6]

4.1 爆高和切口

1) 爆高 H 。

$$H = (1.5 \sim 2.0)B. \quad (1)$$

式中: B 为烟囱爆破部位的厚度, m。

$$H_{\text{下}} = 2.0 \times 0.62 = 1.24 \text{ m}, \text{取 } H_1 = 1.3 \text{ m};$$

$$H_{\text{上}} = 2.0 \times 0.52 = 1.04 \text{ m}, \text{取 } H_2 = 1.1 \text{ m}.$$

2) 爆破切口。常见的切口有梯形、棱形、长方形、斜形、反人形和三角形等,根据定向倒塌的环境要求,决定采用长方形切口,其最大的优点是施工简单,容易控制方向。

3) 切口长度 L 。爆破切口的长度一般不宜小于爆破部位外周长 c 的 2/3,宜取 $L = (2/3 \sim 3/4)\pi D$,本次爆破采用 $L = 0.65\pi D = 0.65c$ 。

烟囱底部切口处的外周长为 14.3 m,高 14 m 切口处外周长为 12.6 m。

$$L_{\text{下}} = 0.65 \times 14.3 = 9.3 \text{ m}, \text{取 } L_1 = 9.6 \text{ m};$$

$$L_{\text{上}} = 0.65 \times 12.6 = 8.2 \text{ m}, \text{取 } L_2 = 8.6 \text{ m}.$$

4.2 爆破参数

1) 最小抵抗线 w 。最小抵抗线是控制爆破的主要参数,通常取壁厚 B 的一半,即 $w = 1/2B$ 。进行烟囱筒壁的爆破,为使爆破部位破碎均匀,药包至两侧临空面的最小抵抗线应不相同,药包指向外侧的最小抵抗线应大于指向内侧的最小抵抗线。

$$w_{\text{下}} = 1/2 \times 0.62 = 0.31 \text{ m}, \text{取 } w_1 = 0.3 \text{ m};$$

$$w_{\text{上}} = 1/2 \times 0.52 = 0.26 \text{ m}, \text{取 } w_2 = 0.3 \text{ m}.$$

2) 炮孔间距 a 。爆破钢筋混凝土结构时,一般取 $a = (1.2 \sim 2.0)w$ 。

$$a = (1.2 \sim 2.0) \times 0.3 = 0.36 \sim 0.60, \text{取 } a = 0.3 \text{ m}.$$

3) 炮孔深度 h 。根据公式 $h = CB$,式中: C 为边界系数, $C = 0.6 \sim 0.8$,取 $C = 0.7$ 。

$$h_{\text{下}} = 0.7 \times 0.62 = 0.43 \text{ m}, \text{取 } h_1 = 0.40 \text{ m};$$

$$h_{\text{上}} = 0.7 \times 0.52 = 0.36 \text{ m}, \text{取 } h_2 = 0.33 \text{ m}.$$

4) 炮孔排距 b 。多排炮孔分段起爆时,考虑到前排的影响, $b = (0.9 \sim 1.0)a$,取 $b = a = 0.3 \text{ m}$ 。

5) 炮孔直径。为了装药方便,采用直径为 40 mm 的钻头,因此炮孔直径为 40 mm。

6) 炮孔数目 n 。按设计的孔网参数布置炮孔数目,上部切口炮孔数为 $n_{\text{上}} = 72$ 个,下部切口炮孔数为 $n_{\text{下}} = 88$ 个,炮孔总数为 160 个。

7) 炮眼布置。将上部切口、下部切口炮眼各分

成 4 排 9 列、4 排 11 列,呈方型布置(图 2)。

8)单孔用药系数 q 。 q 的确定与最小抵抗线以及爆破体强度、配筋情况和破坏程度等有关,根据资料与实践经验,选取 $q=0.6\text{ kg/m}^3$ 。

9)单孔装药量 $Q^{[1]}$ 。
 $Q=qbaB$ 。(2)
式中: q 为单耗系数, kg/m^3 ; B 为爆破体厚度, m ; a 为炮孔间距, m ; b 为炮孔排距, m 。

$Q_{\text{下}}=0.6\times0.3\times0.3\times0.62=0.033\text{ kg}$, 取 $Q_1=0.05\text{ kg}$;
 $Q_{\text{上}}=0.6\times0.3\times0.3\times0.52=0.028\text{ kg}$, 取 $Q_2=0.05\text{ kg}$ 。

根据断面尺寸及结构的情况,选择单孔装药量 $Q=50\text{ g}$ 。

10)总装药量 $Q_{\text{总}}$ 。 $Q_{\text{总}}=nQ=160\times0.05=8\text{ kg}$ 。其中上部切口药量为 3.6 kg ,下部切口药量为 4.4 kg 。
爆破参数统计见表 1。

5 装药、填塞和起爆网路^[3,7]

炮孔深度不超过 0.45 m ,采用单层装药,即每孔装一个药包。炮孔用黏性黄泥进行堵塞。装药结构见图 2。

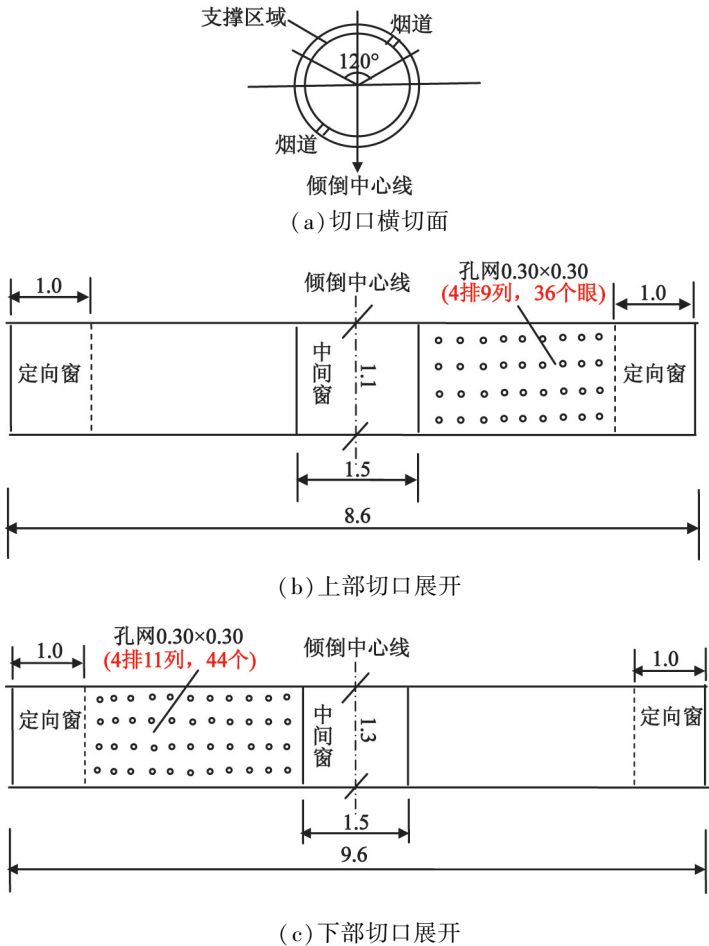


图 2 上、下部切口及炮孔布置(单位: m)

Fig. 2 Higher or lower incision and pattern of charging holes (Unit: m)

表 1 爆破参数

Tab. 1 Blasting parameters

切口位置	切口尺寸/(m×m)	孔距/cm	排距/cm	孔深/cm	炮孔个数	单孔药量/g	装药量/kg
上部切口/(14 m 处)	8.6×1.1	30	30	33	72	50	3.6
下部切口/(2 m 处)	9.6×1.3	30	30	40	88	50	4.4
合计					160		8.0

折叠爆破,就是构(建)筑物上部切口先爆破并倾倒在一定角度,下部切口再起爆。从实践中得知,上部烟囱在起爆后并倾倒在 20°~30°需要时间约为 2 s。为保险起见,选择上、下切口起爆间隔时间为 3 s,上切口为秒延期 1 段,下切口为秒延期 4 段。

采用导爆管复式并串联的起爆网路,使用微差非电毫秒雷管,炮孔内全部使用非电双导爆管雷管,孔内延期。每个切口炮眼先连成一簇,上、下切口再用瞬发导爆管雷管连成一个网路,统一起爆。

各切口从烟囱倒塌方向中心线对称采用 MS 1、MS 3、MS 5、MS 7(上切口没有 MS 7)段非电毫秒雷管沿两侧向后依次起爆。起爆顺序及延期时间为:1 段→3 段→(5~7)段。雷管段别及延时时间如表 2 所示,起爆网路如图 3 所示。

6 安全校核及措施^[6-9]

6.1 单响药量校核

拆除爆破产生的振动主要是指炸药爆破通过建

筑物的基础传给地面的振动。根据 GB6722—2014 爆破安全规程中萨道夫斯基公式及须保护建筑物最大允许振动速度,得:

$$Q_{允}=R_0^3\left(\frac{v}{K_c\cdot K}\right)^{\frac{3}{a}}。$$

(3)

式中: $Q_{允}$ 为一次齐发最大炸药量,kg; R_0 为爆破地震安全距离,m,取南边最近的车间,约 10 m; v 为地震安全速度,cm/s,参照 GB6722—2014 爆破安全规程并结合场地环境,选取 $v=2.5\text{ cm/s}$; $K_c\cdot K$ 、 a 分别为与爆破地形、地质条件有关的系数和衰减指数,参照相近的地质数据,取 $K_c\cdot K=40$, $a=1.5$ 。

$$Q_{允}=10^3\times\left(\frac{2.5}{40}\right)^{\frac{3}{1.5}}=3.91\text{ kg}。$$

即烟囱爆破单段最大允许药量为 3.91 kg,实施中设计同一段的炮眼最多为 24 个孔,每个孔装药 50 g,即单响最大药量为 1.2 kg,故爆破振动控制在安全范围之内,爆破是安全的。

6.2 确保烟囱倒向准确的技术措施

1) 所有炮孔均严格对称布置在倾倒中心两侧,

表 2 雷管段别及延时时间
Tab.2 Detonator and delay time

切口位置	炮眼排数(竖向)	每竖排炮眼个数	雷管段别	同段药量/kg	延时时间/ms
上切口	6	4	MS 1	1.2	0
	6	4	MS 3	1.2	50
	6	4	MS 5	1.2	110
下切口	4	4	MS 1	0.8	0(+3 s)
	6	4	MS 3	1.2	50(+3 s)
	6	4	MS 5	1.2	110(+3 s)
	6	4	MS 7	1.2	200(+3 s)
合计	40			8.0	

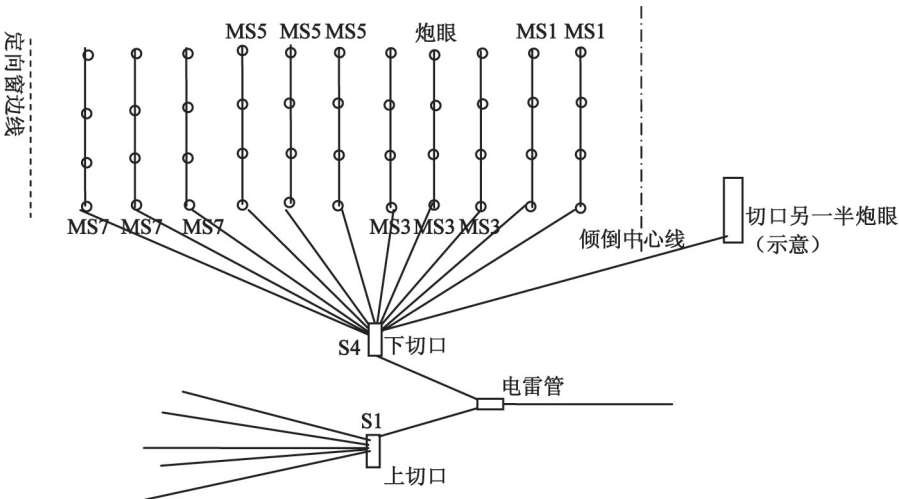


图 3 爆破网路示意图
Fig.3 Blasting circuit

确保烟囱按预定设计方向倾倒。

2)建立严格的炮孔、药包验收制度。在钻孔施工过程中,要对每一个钻孔进行验收,若与设计不符,超出误差允许值,要重新钻凿。严格控制每个药包的药量,在装药时,必须按规定的药量装填,使用黏性黄泥进行堵塞。

3)飞石是爆破的主要危害,除严格控制装药量外,还须采取加强覆盖和遮挡的措施,即在爆破部位用砂袋、铁板和废旧地毯进行严密覆盖,防止飞石的产生;同时,对被保护的重点设施进行局部覆盖,确保被保护物的安全。

7 爆破效果

爆破时,上部切口先起爆,在按设计方向倾倒近35°后,下部切口起爆,此时,已倾斜的上部烟囱折断成两截并下坠,整个烟囱基本按设计方向倒塌,偏离原设计方位约3°;由于烟囱上部有铁皮抱箍,故烟囱整体性、刚性较好,整个烟囱倒塌后长度约35 m,烟囱顶部因惯性前冲5 m,未有后座现象;由于爆破部位采取了覆盖、包裹防护,没有飞石发生,整个爆破没有对附近厂房造成损害,爆破基本达到了预期效果。

8 结论

1)对于场地狭窄、长度不够、倒塌距离不足、环境较复杂的烟囱爆破,可考虑选择定向折叠爆破。

2)烟囱单向折叠爆破要综合考虑上切口的开口高度,一是能降低整个烟囱的倒塌长度,且保证下部有较高的倾倒高度,二是考虑上切口的施工平台搭建及安全作业。

3)采用微差爆破技术、控制单响装药量以及在倒塌区域铺设缓冲层等措施,有效地降低了爆破振动效应。

4)对于顶部加固的烟囱,在倒塌方向末端应加高防护土堤,可以防止烟囱顶部前冲造成的危害。

参 考 文 献

[1] 汪旭光. 爆破设计与施工[M]. 北京:冶金工业出版社,2012.

[2] 李本伟,陈德志,周应军,等. 复杂环境下64 m尿素造粒塔的爆破拆除[J]. 爆破器材,2015,44(6):48-51.
LI B W, CHEN D Z, ZHOU Y J, et al. Blasting demolition of a 64 m urea tower under complicated environment [J]. Explosive Materials, 2015, 44(6): 48-51.

[3] 夏卫国,袁平,武双章,等. 复杂环境下两座烟囱交叉定向爆破拆除[J]. 爆破器材,2015,44(1): 50-54.
XIA W G, YUAN P, WU S Z, et al. Cross directional blasting demolition of two chimneys under complex surroundings [J]. Explosive Materials, 2015, 44 (1): 50-54.

[4] 武双章,顾文彬,夏卫国,等. 61 m高砖砌烟囱定向控制爆破拆除[J]. 爆破器材,2012,41(3): 32-34.
WU S Z, GU W B, XIA W G, et al. Demolition of a 61 m high brick chimney by directional controlled blasting [J]. Explosive Materials, 2012, 41 (3): 32-34.

[5] 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.

[6] 孙飞,龙源,纪冲,等. 复杂环境下200 m高烟囱爆破拆除及缓冲减振技术[J]. 工程爆破,2015,21(5):63-67.
SUN F, LONG Y, JI C, et al. Blasting demolition of a 200 m high chimney and buffer damping technology in complicated surroundings [J]. Engineering Blasting, 2015, 21 (5): 63-67.

[7] 谭志敏. 密集扇形深孔爆破技术在排除巨型危岩体中的应用[J]. 工程爆破,2014,20(4):59-62.
TAN Z M. Intensive fan-shape and deep-hole blasting technology in the application of elimination of giant dangerous rock [J]. Engineering Blasting, 2014, 20 (4): 59-62.

[8] 谭志敏. 广西鹿寨110 kV变电站旁的场地平整爆破[C]//中国地质学会探矿工程专业委员会. 第十六届全国探矿工程(岩土钻掘工程)技术学术交流年会论文集. 北京:地质出版社,2011:464-468.

[9] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局,中国国家标准化管理委员会. 爆破安全规程:GB6722—2014[S]. 北京:中国标准出版社,2014.
General Administration of Quality Supervision, Inspection and Quarantine of the People's Republic of China, Standardization Administration of the People's Republic of China. Safety regulations for blasting: GB6722—2014 [S]. Beijing: China Standard Press, 2014.