

复杂条件下烟囱控制爆破拆除方法研究

王剑武, 孙宗席

(中国人民武装警察部队黄金技术学校, 湖北 襄樊 441002)

摘要:以三门峡市渑池县化工厂 70 m 高烟囱定向爆破拆除为例, 针对在复杂条件下烟囱控制爆破拆除方案的选择, 爆破切口、定向窗的设计, 爆破参数的选取进行了研究, 可为复杂条件下烟囱控制爆破拆除提供参考。

关键词:复杂条件; 烟囱; 控制爆破拆除; 定向爆破

中图分类号: TU746.5 **文献标识码:** A **文章编号:** 1672-7428(2009)06-0076-04

Studies on The Controlled Blasting Demolition on Chimneys in Complex Conditions/WANG Jian-wu, SUN Zong-xi
(The Gold Technical School of the Chinese People's Armed Police Force, Xiangfan Hubei 441002, China)

Abstract: The purpose of this thesis writing is talking about the studies on the controlled blasting demolition on chimneys in complex conditions by way of a practical demolition example of a 70 meters high chimney, on the scheme of controlled blasting demolition, incision of blasting as well as design of the directional windows and choosing blasting parameters. It provides the readers of the reference on the controlled blasting demolition on chimneys in complex conditions.

Key words: complex conditions; chimneys; controlled blasting demolition; studies

一些塔类高大建筑物(如烟囱)用机械、人工的方法拆除时比较困难和危险,通常多采取爆破的方法拆除。拆除爆破技术作为一种必要的手段被广泛应用于这类工程项目之中,由此而引发的诸如烟囱倒塌偏斜、下坐过大、前冲距离较远、飞石危害、对周边建筑物产生震动、打击等破坏事故也屡见不鲜,虽然,有些事故是由偶然不确定的因素造成的,但大多数事故则是由于爆破方案选择不当、工艺设计不合理等所造成的。如兰州西固热电厂 100 m 高钢筋混凝土烟囱,对其实施定向拆除爆破,起爆后,上部筒体开始倾斜并下坐,烟筒顶部塌落到除灰管道上,导致一排管道破裂出水,给居民生活带来十分不便。因此,如何确保对烟囱类高大建筑物进行安全、高效、迅速的拆除,一直是控制爆破拆除中值得探讨的一个问题。本文以河南省三门峡市渑池县化工厂一 70 m 高砖混烟囱定向爆破拆除为例,针对在复杂条件下烟囱控爆拆除方案的选择,爆破切口、定向窗的设计,爆破参数的选取进行简要研究和探讨,以供类似工程设计与施工参考。

1 工程概况

待爆破拆除的废弃烟囱位于河南省三门峡市渑池县化工厂院内,由于工厂改建需将其拆除。该烟

囱建于 1958 年,为圆筒式,系由水泥砂浆与红砖砌筑而成,下部曾有一钢筋混凝土圈梁已经拆除。烟囱高 70 m,底部南向有一高 1.1 m、宽 1.2 m 的进烟道,北向有一高 1.7 m、宽 0.8 m 的出灰口。在烟囱的烟道部位,烟囱外径为 5.5 m,壁厚为 75 cm,壁的结构是:从外壁沿圆心方向向内依次为 49 cm 为二砖层,二砖层的砂浆缝中布置有 $\varnothing 6$ mm、网度 40 cm \times 40 cm 钢筋网,尔后留有 4 cm 的间隙,最后是已腐蚀的、厚 22 cm 的砖层内衬。烟囱坡度为 3%。

烟囱周围环境比较复杂,东侧距一工作水泵房 5 m,南侧距高压输电线 22 m,西侧 30 m 处有一架空气体管道,西南向距一幢 2 层平房 40 m。具体情况见图 1 所示。

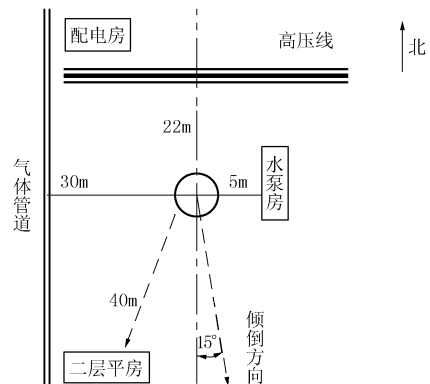


图 1 周围环境示意图

收稿日期:2008-01-20; 改回日期:2008-12-05

作者简介:王剑武(1966-),男(汉族),河南洛阳人,中国人民武装警察部队黄金技术学校副教授,探矿工程专业,从事巷道掘进与控制爆破的教学与研究工作,湖北省襄樊市,wjw1966@163.com;孙宗席(1971-),男(汉族),安徽蚌埠人,中国人民武装警察部队黄金技术学校讲师,采矿工程专业,从事采矿、巷道掘进与控制爆破的教学与研究工作。

2 烟囱控制爆破拆除方案的选择

就控制爆破拆除而言,根据烟囱的自身条件和外部周围环境的不同,可采用不同的倒塌方式,主要有定向倒塌、折叠倒塌和原地倒塌3种。通过现场勘察,若最大倒塌距离能够满足烟囱的倒塌要求,可考虑采用定向倒塌,否则只能采用折叠倒塌;若烟囱的周围场地较小,则只能采用原地塌落,但原地塌落在塌落时会发生偏转,同时爆堆太大,需特别加强防护,操作难度很大,所以,在实际工程中很少采用。

若采用定向倒塌和折叠倒塌方案,在选择烟囱的倒塌方向时要尽可能满足2个条件,一是烟囱倒塌轴线方向的最大倒塌距离能满足倒塌要求,二是烟囱倒塌的轴线应位于烟囱周围相对较开阔地带的中间位置。

根据此次爆破的场地条件,为确保周围建筑物的安全,决定采用定向倒塌的爆破拆除方案,场地中只有东南向有较大的空间作为烟囱的倒塌场地,其它方向则不行,因此决定倒塌方向定为南偏东 15° 方向。在严格控制爆破飞石的同时通过合理确定爆破参数使烟囱按预定的方向准确倒塌。

3 爆破技术设计

根据烟囱爆破定向倒塌理论,要通过在烟囱底部一定范围内的切口爆破,破坏烟囱的底部支撑,使重心偏移,在爆破瞬间产生倾倒地矩,使其失稳,沿预定方向倒塌。因此,爆破设计主要是针对爆破切口部位进行。

3.1 爆破切口设计

爆破切口的设计包括切口型式、切口长度 L 和切口高度 H 三个方面。切口型式有长方形、正梯形、倒梯形、两翼斜形、反斜形、反人字形6种。目前,国内应用最多的是梯形和长方形2类。

在选取切口型式时,要根据待拆烟囱的具体情况,具体分析后再进行选取;也可以根据具体工程实例,采用类比法进行选取。切口的垂直投影是关于倒塌中心线对称。

为保证烟囱的定向倒塌,其切口长度一般大于切口处烟囱外周长的 $\frac{1}{2}$,通常取 $L = (\frac{2}{3} \sim \frac{3}{2}) \pi D$, (其中 D 为切口处烟囱的外径,其对应的爆破切口弧度角为 $216^\circ \sim 240^\circ$)。切口长度既不能太短也不能过长,长度不够保证不了烟囱中心线落在切口范围内,爆破后烟囱不倒,而长度太大则起爆后烟囱在倾倒地矩作用下绕支撑部分转动倒塌的支撑断面过小,易使其过早发生过度压缩性粉碎破坏而产生较

大后座,倒向发生失控。通常在保证烟囱倒塌的前提下, L 应尽可能取小值,以免产生后坐,使倒塌方向发生偏斜。

切口的高度一般应满足条件 $H \geq 1.5\delta$,在计算切口高度时,通常取 $H = (1.5 \sim 3.0)\delta$ (其中 δ 为切口处烟囱壁厚)。同样切口过低或过高也会产生不倒或倒向失控等问题,要特别注意的是开口合拢时,烟囱重心必须偏移出支撑面。切口下沿距地面的高度可根据需要确定,在满足倒塌的前提下,应尽可能降低切口高度,以方便打眼、装药等施工操作。

本次实爆,为准确控制烟囱的倒塌方向和缩小后座距离,爆破切口设计为倒梯形。按上述定向倒塌理论,切口设计参数如下。

切口长度 L :切口长度 L 应不小于切口处筒体外周长的 $\frac{1}{2}$,据实际经验,此处爆破切口弧度角取 220° ,通过计算 $L = 10.56 \text{ m}$ 。

切口高度 H :通常情况下, $H = (1.5 \sim 3.0)\delta = 112.5 \sim 225.0 \text{ cm}$ 。根据炮孔排距 $b = 35 \text{ cm}$,若按6排炮孔布置,则设计切口高度 $H = (6 - 1)b = 175 \text{ cm}$ 。

3.2 爆破参数选取

3.2.1 炮孔设计

烟囱爆破部位壁厚 δ 为 75 cm ,炮孔深度通常取烟囱壁厚的 $0.67 \sim 0.70$,这里取 $l = \frac{2}{3}\delta = \frac{2}{3} \times 75 = 50 \text{ cm}$;炮孔间距 $a = 0.9l = 45 \text{ cm}$;取排距 $b = 0.85a = 38.25 \text{ cm}$,为便于施工,实际取 $b = 35 \text{ cm}$ 。

在爆破参数和布孔范围确定的基础上,为实现烟囱定向倒塌,必须在烟囱设计倾倒地中心线两侧均匀对称地布孔。为保证切口破碎效果,通常采用梅花形布孔,并且所有炮孔应指向烟囱中心与其表面垂直。此次爆破,切口部位共布置102个炮孔,其中4个炮孔为调整药量预先进行了试爆。最下一排炮孔距地基 50 cm 。为使烟囱倾倒地时支撑部位受力平衡,对爆破切口轮廓线以外的出灰口部位砌砖进行了预先加固。炮孔布置如图2、图3所示。

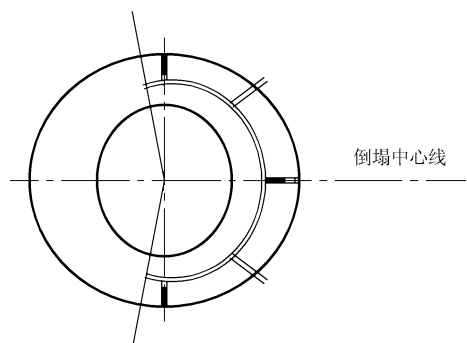


图2 爆破切口断面炮孔布置示意图

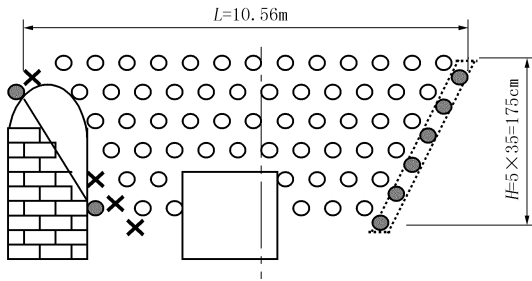


图3 炮孔周向布置展开示意图

3.2.2 炮孔装药量计算及装药结构设计

单孔装药量 $Q = Kab\delta$ 。其中 K 为设计炸药单耗,可根据有关定额或类似工程进行初选。需要强调的是初选的炸药单耗必须经过正式爆破前的定向试爆后最终确定,这样才能达到万无一失。

通过药量计算和试爆后,炸药单耗 K 值最终确定为 1200 g/m^3 ,将有关参数代入上式得出单孔装药量 $Q = 1200 \times 0.45 \times 0.35 \times 0.75 = 141.75 \text{ g}$,实际调整为 140 g 。在 102 个爆破孔中,装药量为 140 g 的有 94 个。由于烟道处烟囱局部壁厚较小,根据壁厚的不同分别设置了 2 个 60 g 和 6 个 40 g 的药包,其中 60 和 40 g 的药包采用单层装药, 140 g 药包采用双层装药。双层装药的结构是:底部 80 g ,回填 10 cm 炮泥放入 60 g 药包,最后用炮泥全部堵塞。共使用 13.52 kg 2 号岩石铵梯炸药。

炮孔装药时,烟囱内衬与外壁间的间隙通过炮孔进行堵塞土球处理,以保证炮孔底部药包爆炸时产生的高温高压气体不致泄漏,真正起到破碎作用。必要时,把底部药包装在烟囱内衬的砖墙内,进行封堵,而后在外壁内放置外层药包,以达到破碎效果。

3.3 定向窗设计

复杂条件下,控爆拆除烟囱开设定向窗非常重要,它能比较准确地控制烟囱的倒塌方向。

定向窗的形状一般有三角形、矩形和梯形 3 种。

本次爆破采用了矩形定向窗,在切口的左右两边于正式爆破前,分别加打了间距为 35 cm 的密集导向预爆孔,同时这些炮孔还可作为试爆孔,以参照调整正式爆破时的炸药单耗 K 值。采取减弱抛掷爆破并配合人工敲打,最后形成宽 40 cm 、高 175 cm 的矩形定向窗,如图 4 中黑色炮孔和虚框所示部位。

3.4 起爆网络与起爆顺序设计

采用 8 号毫秒延期电雷管,所有雷管全部串联。雷管之间的电阻差 $\geq 0.2 \Omega$,共使用 196 发雷管,采用 YJGN-1000 型发爆器起爆。为降低电爆网络中的负载总电阻和相对提高网络中的起爆电流,炮孔

中多余的电雷管脚线全部剪掉后再联接。根据起爆器的性能,完全可以起爆 196 发电雷管。

用毫秒电雷管分段起爆,起爆顺序是从上至下 6 排孔分别布置 1~6 段 MS 延期电雷管。一次性通电起爆。

4 爆破施工

能否达到设计目标和实现安全爆破,关键是要看爆破施工的质量如何。一是于爆前必须按爆破设计要求认真做好施工中的每一项工作,对施工人员提出明确要求和标准,对定向窗的开凿和爆破切口的形状、位置、高度及尺寸等各项数据都应按设计要求进行。二是在打眼、清眼、炮眼复查、装药、堵塞、网络联接、起爆等各个环节中严密组织,尤其是炮眼的布设和倾角,务必定位准确。只有把好质量关、精心设计、精确施工、加强管理,才能确保安全爆破目标的实现。

打眼时钎杆指向圆心并垂直于烟囱表面,打好的炮孔要仔细清除内部粉尘并逐一检查验收。装药和填塞炮泥时,要特别注意保护电雷管脚线不得损坏,脚线的接头全部缠上绝缘胶布以防短路错接。

5 烟囱爆破震动和碎块飞溅的预防

5.1 爆破震动

根据国家《爆破安全规程》(GB6722-2003)和国内外研究成果,爆破震动的传播和衰减规律可根据萨道夫斯基经验公式进行计算:

$$V = K(\sqrt[3]{Q/R})^\alpha = K\rho^\alpha$$

式中: V ——介质质点的震动速度, cm/s ; K 、 α ——与地质条件、爆破方法等因素有关的系数和衰减指数; Q ——与震速 V 值相对应的最大一段起爆药量, kg ; R ——爆破中心至保护建筑物的最近距离, m ; ρ ——比例药量, $\rho = Q^{1/3}/R$ 。

通过对现场进行多次爆破震动速度测试,再对数据进行回归分析,就可求得烟囱拆除爆破震动的 K 、 α 的值,然后参考保护对象允许的安全质点的震动速度,再反算出烟囱拆除爆破的同段最大装药量,从而将其质点震动速度控制在安全标准范围之内。

此次爆破的震速验算:据甲方要求,爆破重点保护对象是高压配电房,以高压配电房允许的震速 $V_{\text{许}} = 3 \text{ cm/s}$ 代入萨道夫斯基公式进行验算同段起爆的最大允许药量。

$$Q_{\text{max}} = R^3 (V/K)^{3/\alpha}$$

式中: R ——爆源中心到高压配电房的距离,实测为

30 m; V ——高压配电房所在地面质点允许的震速,取 3 cm/s。

K 取 200, α 取 1.5, 代入上式得: $Q_{\max} = 30^3 (3/200)^{3/1.5} = 6.075$ kg, 而这次爆破起爆的同段最大药量(1段)为 3.22 kg, 故能满足要求。

5.2 烟囱倒塌触地个别碎块飞溅的预防

此次爆破, 由于烟囱倒塌范围内撞击的地面经过硬化, 为了不使 70 m 高的烟囱倒塌时撞击地面碎砖块飞溅危及周围环境, 确保爆破万无一失, 因此在起爆前, 预先在烟囱倒塌范围内的地面上铺垫一层砂土, 砂土厚 0.5 m, 宽 7 m, 长 85 m。由于烟囱倒塌方向正前方无重要建筑, 较远处为厂院围墙, 因此未设置阻挡墙。

6 安全防护

烟囱控制爆破的安全防护通常有 3 种: 一是对烟囱本身进行防护, 二是对重点保护对象进行防护, 三是在烟囱和保护对象之间搭设遮挡排架作屏障防护。此次爆破, 只做了烟囱覆盖防护和重点保护对象围挡防护。于临爆前, 在烟囱的爆破切口部位悬挂了 2 层湿水麻袋, 在其外面又分别覆盖了一层荆笆和一层铁丝网。同时, 我们重点对水泵房用木板、麻袋、荆笆等材料对门窗进行了封堵。实爆结果证明, 防护效果很好, 起爆瞬间个别碎砖块飞出防护体仅 1 m, 水泵房窗户玻璃无损坏, 效果非常理想。

7 防尘

烟囱控爆拆除的防尘问题也是一个不容忽视的问题。爆破过程中产生的粉尘主要有 3 个方面, 一是炮孔爆破时筒体解体破碎产生的粉尘; 二是倒塌时空气压缩冲击在空中已逐步解体的烟囱和地面时产生的粉尘; 三是烟囱触地解体时产生的粉尘。

一般可以采用 3 种方法进行防治, 一是在切口部位悬挂水袋, 水袋被爆破飞石击穿后形成洒水降尘; 二是在烟囱四周安装喷水管, 在起爆后瞬间开始喷水降尘; 三是起爆后用消防车喷水降尘。

此次爆破, 为保护厂院环境, 采用的是 2 台消防车喷水降尘。

8 爆破效果

烟囱起爆后约 4 s, 按预定方向全部倒塌, 塌落长度 83 m, 塌落最大宽度 8 m, 后座 1 m, 烟囱倒塌触地个别碎块飞溅出倒塌区域约 15 m, 对周围建筑物和设施未造成任何破坏和影响, 爆破效果完全达

到设计要求。

9 结语

目前, 复杂条件下烟囱控爆拆除在全国各大城市中已被广泛应用, 但由于拆除爆破方案设计不尽合理而引发的各种事故应引起我们足够的重视。

(1) 爆破类似烟囱(或塔类)等高大结构物, 一定要认真研究其周围环境, 从而确定倒塌方向, 选择可靠的爆破方案, 进行精密的爆破设计, 特别是爆破切口的设计非常重要, 一定要根据被爆体的实际情况(壁的结构、风化程度等)进行, 严格控制切口的形状和尺寸。一般情况下, 对于年代已久的砖结构材料, 爆破切口长度不应当为切口处筒壁周长的 $\frac{2}{3}$, 而应小于 $\frac{2}{3}$ 周长, 但必须大于 $\frac{1}{2}$ 周长; 切口高度也不宜过高。同时对单孔投药量进行试爆校核, 以取得最佳数据, 进而达到使烟囱底部切口段保留部分既能在烟囱倒塌时支撑住整个烟囱而不后座, 又能使烟囱重心线偏移出支撑点以外同时绕支撑点转动倾倒, 按预定方向倒塌, 从而达到安全施爆的目的。

(2) 爆破网络的设计一定要可靠, 同时在装药爆破时, 应尽量采用多炮孔、加大装药分散程度、毫秒微差起爆等方法, 控制爆破破坏影响范围, 这是拆除爆破一般应遵循的原则。

(3) 近临烟囱周围的建筑物和设施、烟囱爆破切口部位以及烟囱塌落范围内地面上都要进行安全防护, 特别是烟囱非常高大时, 尤其要如此。同时对爆破震动安全情况进行校核, 必要时应做适当的调整以满足安全的要求。

总之, 只要合理设计、科学决策、优化孔网参数、加强防护、严格管理就可以使烟囱按设计方案顺利倒塌, 并使其对周围环境和构筑物不造成破坏或使造成的危害降低到最小程度。

参考文献:

- [1] 龙维祺. 爆破工程[M]. 北京: 冶金工业出版社, 1992.
- [2] 张其中. 爆破安全法规标准选编[M]. 北京: 中国标准出版社, 1994.
- [3] 刘殿中. 工程爆破手册[M]. 北京: 冶金工业出版社, 1999.
- [4] 刘殿中, 杨仕春. 工程爆破实用手册. 北京: 冶金工业出版社, 2003.
- [5] 张明, 刘雪娇. 苛刻条件下烟囱的控制爆破[J]. 爆破, 2005, 22(4): 79-81.
- [6] 杨元兵, 刘国军, 等. 爆破拆除锅炉房及烟囱[J]. 爆破, 2005, 22(1): 65-66.
- [7] 赵根, 张文焯. 砖烟囱定向拆除与爆破效果 DDA 数值模拟[J]. 爆破, 2005, 22(4): 74-76.
- [8] GB 6722-2003, 爆破安全规程[S].