

doi:10.3969/j.issn.1001-8352.2013.03.013

# 复杂环境下 75m 高冷却塔爆破拆除<sup>\*</sup>

周应军 陈德志 李本伟 游力克 张 萍 李克菲  
中钢集团武汉安全环保研究院有限公司(湖北武汉,430000)

[摘 要] 采用定向倾倒控制爆破技术,成功拆除了复杂环境下 75m 高冷却塔。针对冷却塔底部直径大、可倾倒范围小的环境特点,采用预先开凿加大高度的导向窗(高 4.4m、宽 3.0m)和异型减荷槽、抬高爆破切口(高 8.2m)、爆破切口圆心角取 216°等新技术,确定合理的爆破参数、起爆网路及安全防护措施,实现冷却塔倒塌过程中充分解体,爆堆的长度和高度小,触地振动小,其爆破效果良好。

[关键词] 控制爆破 钢筋砼冷却塔 爆破切口 减荷槽

[分类号] TU746.5 TD235.37

## 1 工程概况

待爆破冷却塔位于宁夏石嘴山电厂,高 75m。筒身采用 C25 砼现浇而成。冷却塔底部直径 62m,底部为 40 对人字柱支撑,人字柱断面为直径 0.45m 的圆形结构,人字柱高 5.32m;圈梁下部外径 57.52 m,内径 56.52m,壁厚 0.50m,圈梁高 1.20m。筒体壁厚为 0.14~0.44m。总质量约为 3540t,重心高度 Zc 为 30m。

待拆除钢筋砼冷却塔东面 4.3m 远处为废弃的厂房,9.0m 为厂区围墙,15.0m 为铁合金厂围墙,45.0m 处为铁合金厂厂房;南面 83.7m 为电厂厂区围墙,西面 39.6m 为厂区围墙,围墙外是配煤中心,45.3m 处临近围墙上方有 110kV 架空高压线;东北面距厂房 30.6m;北面距厂区围墙 45.9m。如图 1 所示。

## 2 爆破拆除方案

### 2.1 爆破施工难点<sup>[1-2]</sup>

- 1)冷却塔高细比小,仅为 1.21;冷却塔底部直径大,圈梁(支柱环)钢筋密;冷却塔爆破需防止塌而不碎和爆堆过高现象。
- 2)冷却塔为砼式薄壁结构,钻孔的数量多,装药和堵塞困难,容易产生飞石,必须加强防护,严格控制飞石对周边建筑物的危害。
- 3)因钻孔的数量大,起爆网路较复杂,应采用非电微差起爆网路。确保每个药包按设计的起爆顺序和间隔时间全部准爆,技术水平要求很高。
- 4)严格控制最大单响药量,确保爆破振动对周边建(构)筑物不产生任何危害,并且还应注意塔体

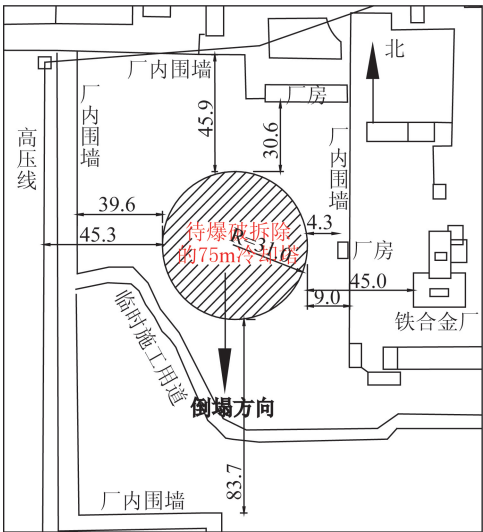


图 1 爆区环境平面图(单位:m)

Fig.1 Schematic diagram of blasting surroundings (Unit: m)

落地振动的影响。

### 2.2 爆破方案的确定

考虑到冷却塔自身结构特点与周边的复杂环境,本次爆破决定采用“开窗口、断钢筋、预留支撑板块”定向控制爆破方案进行拆除,冷却塔冷凝系统采用机械方法拆除,塔体定向向南倾倒爆破方案<sup>[3-4]</sup>。

## 3 冷却塔爆破参数设计

### 3.1 冷却塔切口的设计<sup>[5-7]</sup>

冷却塔切口在爆破后重力的作用下,要满足爆破缺口部位钢筋的失稳条件,同时能产生足够的倾倒地力矩使塔体按设计方向倒塌。并使塔体保留部分在倾倒过程中不被剪切破坏和压碎,避免冷却塔倒

<sup>\*</sup> 收稿日期: 2013-03-20  
作者简介: 周应军(1982~),男,硕士,工程师,主要从事爆破工程及其研究工作。E-mail:46445047@qq.com

塌时前冲或后坐。

1)爆破切口的形式:在爆破拆除冷却塔工程中,最常见的爆破切口形式有矩形、倒梯形、正梯形。经过对比论证,本次爆破采用矩形切口。

2)爆破切口的高度:总切口高度由砼壁切口高度 $h_1$ 、圈梁的高度 $h_2$ 和人字支柱的高度 $h_3$ 三部分组成。为使冷却塔安全地倾倒、解体,分别取 $h_1=1.68\text{m}$ , $h_2=1.20\text{m}$ , $h_3=5.32\text{m}$ ,总切口高度为 $h_1+h_2+h_3=8.20\text{m}$ 。

3)爆破切口的长度:切口角度是影响冷却塔爆破倾倒的关键要素,人字柱爆破切口长度取冷却塔底圆周长的0.6倍(对应圆心角为 $216^\circ$ ),需爆破 $40\times(216^\circ/360^\circ)=24$ 对。圈梁仅在A、C、E处切口底部进行爆破。冷却塔+7.3m处周长为175.84m,爆破切口长度为 $175.84\text{m}\times(216^\circ/360^\circ)=105.50\text{m}$ ,保留支撑砼体弧长70.34m。如图2所示。

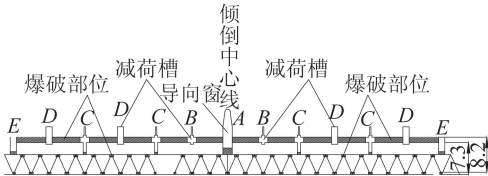


图2 爆破切口示意图 (单位: m)

Fig.2 Schematic diagram of blasting cut (Unit: m)

3.2 冷却塔预处理<sup>[8]</sup>

冷却塔预处理是一项十分重要的工作,它可以减少爆破钻孔数量,降低炸药总用量,同时又保证冷却塔按设计要求倒塌。

具体做法为:

1)用破碎锤开凿切口范围内的定向窗、导向窗、减荷槽,各尺寸见表1。

表1 爆破切口尺寸

Tab.1 Blasting cut size

(m)					
位置	A	B	C	D	E
宽度	3.0	上0.5	上0.5	2.0	2.5
		中3.0	中2.5		
		下1.0	下1.0		
高度	4.4	3.0	4.0	2.5	2.6

2)从破碎倒塌中心线左侧的第4对人字柱进入塔内,进行机械拆除。对冷却塔内部的支撑淋水平台、淋水平台的立柱等内部的预制构件机械拆除,将塔体内部预制构件掏空。右侧第4对人字柱作试爆立柱。

3)左右两侧第12对人字柱后圈梁及筒壁用破

碎锤开2.5m宽定向窗。

3.3 爆破参数的设计

冷却塔爆破的各种参数详见表2。

表2 冷却塔爆破参数

Tab.2 Blasting parameters for cooling tower

钻孔位置	壁厚/cm	孔深/cm	孔排距/cm	孔间距/cm	单孔药量/g	孔数/个	总药量/kg
筒壁	38	28	30	35	75~100	920	73.6
圈梁	50	37	35	40	120	100	12.0
人字支柱	45	30	单排孔	30	75~100	368	30.0
合计	—	—	—	—	—	1388	115.8

3.4 爆破網路的设计

冷却塔爆破由于爆破区域大,炮孔较多,为减小炸药爆炸产生的爆破振动,使用孔内非电毫秒延期起爆技术。以倾倒中心线为对称轴,对称分4个段别进行爆破,分别是1段(A—B)、3段(B—C)、5段(C—D—C)和7段(C—D—E)导爆管雷管。装药堵塞完成后,就近将约20根导爆管捆成一把,每把捆绑2发瞬发导爆管雷管,然后就近约20发孔外瞬发连接雷管"大把抓"成一把后捆绑2发电雷管,将全部电雷管串联,使用高能脉冲起爆器进行起爆。爆破網路如图3所示。

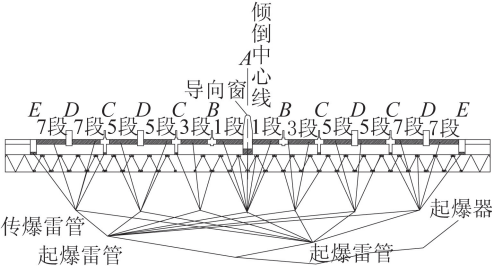


图3 爆破網路示意图

Fig.3 Schematic diagram of blasting network

4 爆破安全防护

4.1 爆破振动控制<sup>[9]</sup>

考虑到爆破区域建(构)筑物的安全,根据萨道夫斯基计算公式:

$$v = KK'(Q^{1/3}/R)^{\alpha}$$
 (1)

式中: $v$ 为安全允许的质点振动速度,cm/s; $Q$ 为一次齐发大药量,kg; $R$ 为爆源至保护建筑的距离,m; $K$ 为与介质和爆破条件因素有关的系数; $\alpha$ 为振动衰减系数。 $K'$ 为修正系数。按《工程爆破实用手册》和国家有关标准取值,式中 $K$ 、 $\alpha$ 、 $K'$ 分别取50、1.4和0.5,最大单响药量按40kg计算。距冷却塔最近30.6m处厂房,根据式(1)计算得出爆破振动速度为1.16cm/s,爆破振动不会对周围建(构)筑物

造成破坏。

## 4.2 塌落振动的控制

由于冷却塔塌落振动的强度要比爆破振动大,对周围的建(构)筑物影响更大,应该足够重视。

塌落触地振动由以下公式验算<sup>[10]</sup>:

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

式中: $v_t$ 为塌落引起的地表振速,cm/s; $\beta$ 、 $K_t$ 为衰减参数,分别取 $\beta = 1.66$ , $K_t = 3.37$ ;  $M$ 为下落构件质量,3540t; $g$ 为重力加速度,9.8m/s<sup>2</sup>;  $H$ 为构件的重心高度,30m; $\sigma$ 为地面介质的破坏强度; $R$ 为观测点到冲击地面中心的距离,冷却塔重心触地处离铁合金厂房76m。经计算 $v_t = 1.52$ cm/s,小于允许值,理论计算结果符合规程要求。

为了确保更加安全,在冷却塔东边和北边距离冷却塔5m处,各开挖一条长50m,宽1m,深2m的减振沟。

## 4.3 飞石控制

飞石控制分为主动和被动防护措施。主动防护措施主要有:设计合理的起爆顺序和最佳延期时间,爆破部位用安全网等防护材料覆盖5~10层,局部需要加强处覆盖10~20层;被动防护措施有:在距炮孔5m之外,铁合金厂房方向用钢管、2层安全密目网,沿着冷却塔弧线搭设高8m、宽20m的挡墙,以防飞石的溢出,确保周围建筑物的安全。

## 5 爆破效果

石嘴山电厂75m高冷却塔起爆后按设计方向倒塌,无后坐、剪断和前冲现象,塔体充分解体,爆破残体全部落于底部环形内,整体爆堆高度约3m,倒塌效果比较理想。周边厂房、围墙、配煤中心、高压线安然无恙,爆破取得圆满成功。图4为爆破效果图。



图4 爆破效果图

Fig.4 Diagram of blasting effect

## 6 结束语

通过此次75m高冷却塔的爆破,得出体会如下:

1)冷却塔预处理采用异型导向窗及减荷槽,不但有效地减少了钻孔及相关工作量,同时也减少了爆破量,降低了安全隐患和防护难度。最为关键的

是在保证预处理面积的同时,通过对导向窗和减荷槽的形状及结构进行控制,大大提高了预处理部分的结构稳定性,有效提高了预处理工作的安全性。

2)预先开凿宽3.0m,高4.4m导向窗和异型减荷槽,抬高爆破切口至8.2m高,爆破切口圆心角取216°等技术,使得冷却塔在倾倒过程中发生扭曲并充分解体,爆堆较低,触地振动小。

3)在筒式薄壁结构建筑物的控制爆破中,由于单段起爆的炸药量相对较少,建筑物触地引起的表面振动比炸药爆炸时产生的地表振动要大,合理开挖减振沟可以有效地减少塔体触底振动。

## 参考文献

- [1] 贾永胜,谢先启,罗启军,等. 69.8m高冷却塔定向爆破拆除[J]. 工程爆破,2010,16(1):59-62.  
Jia Yongsheng, Xie Xianqi, Luo Qijun, et al. Directional blasting demolition of a 69.8m high cooling tower [J]. Engineering Blasting, 2010, 16(1):59-62.
- [2] 杨朴,白立刚. 高大薄壁双曲钢筋混凝土冷却塔定向爆破拆除技术[J]. 铁道工程学报,2006(3):66-69.  
Yang Pu, Bai Ligang. Technique for demolishing high thin-wall hyperbolic reinforced concrete cool tower by directional blasting [J]. Journal of Railway Engineering Society. 2006(3):66-69.
- [3] 王汉军,杨仁树,李清. 薄壁结构双曲线冷却塔的定向爆破拆除技术[J]. 煤炭科学技术,2006,34(7):36-40.  
Wang Hanjun, Yang Renshu, Li Qing. Directional blasting technology for hyperbola shell structure cooling tower [J]. Coal Science and Technology, 2006, 34(7):36-40.
- [4] 黄小广,褚怀保,盖四海,等. 复杂条件下85m高钢筋混凝土冷却塔控制爆破拆除[J]. 工程爆破,2007,13(3):50-52.  
Huang Xiaoguang, Chu Huaibao, Gai Sihai, et al. Demolition of an 85m high reinforced concrete cooling tower by controlled blasting [J]. Engineering Blasting, 2007, 13(3):50-52.
- [5] 陈德志,游力克,丁帮勤,等. 2座90m高冷却塔与150m高烟囱一次性爆破拆除[J]. 爆破,2012,29(4):83-86.  
Chen Dezhi, You Like, Ding Bangqin, et al. Simultaneously explosive demolition of two 90 m high cooling towers and a 150m high chimney [J]. Blasting, 2012, 29(4):83-86.
- [6] 夏卫国,武双章,唐勇. 2座110m高双曲线冷却塔爆破拆除[J]. 爆破,2011,28(2):68-71.  
Xia Weiguo, Wu Shuangzhang, Tang Yong. Explosive demolition of two 110 m hyperbolic cooling towers [J]. Blasting, 2011, 28(2):68-71.

[7] 吴剑锋. 双曲线型冷却塔爆破拆除切口参数研究[J]. 爆破, 2009, 26( 1) : 65-68.  
Wu Jianfeng. Research on cut parameters for blasting demolition of hyperbolic cooling tower [ J ]. Blasting, 2009, 26( 1) : 65-68.

[8] 瞿家林, 徐刚, 年鑫哲. 电厂内复杂环境下两座 90m 高冷却塔爆破拆除[J]. 工程爆破, 2011, 17( 1) : 65-81.  
Qu Jialin, Xu Gang. Nian Xinzhe. Blasting demolition of two 90m high cooling towers under complex environment in the power plan[J]. Engineering Blasting, 2011, 17( 1) : 65-81.

[9] 乐松, 池恩安. 复杂环境下的冷却塔控制爆破拆除[J]. 爆破, 2009, 26( 2) : 48-52.  
Yue Song, Chi En'an, Controlled blasting demolition of cooling tower in complicated surroundings [ J ]. Blasting, 2009, 26( 2) : 48-52.

[10] 周家汉. 爆破拆除塌落振动速度计算公式的讨论[J]. 工程爆破, 2009, 15( 1) : 1-4, 40.  
Zhou Jiahan. Discussion on calculation formula of collapsing vibration velocity caused by blasting demolition [ J ]. Engineering Blasting, 2009, 15( 1) : 1-4, 40.

Blasting Demolition of 75m High Cooling Tower in Complicated Environment

ZHOU Yingjun, CHEN Dezhi, LI Benwei, YOU Like, ZHANG Ping, LI Kefei  
Sinosteel Corporation Wuhan Safety & Environmental Protection Research Institute ( Hubei Wuhan, 430000)

[ ABSTRACT ] A 75m high cooling tower was successfully removed within the complicated environment using the directional control blasting technology. Considering the large diameter of cooling tower base and the small scope of toppling and falling, new technologies such as the pre-cut of height-increased oriented windows ( 4. 4m high, 3. 0m wide) and special off-loading trough, the elevation of blasting cut ( 8. 2m high) and the employment of 216 ° blasting cut central angle were applied to determine the reasonable blasting parameters, blasting network and safety protective measures. The cooling tower was completely disintegrated with decreased muck pile scale and height and ground vibration. The blasting effect is good.

[ KEY WORDS ] control blasting, reinforced concrete cooling tower, blasting cut, off-loading trough

民爆专利信息

专利名称:一种含火药震源药柱及制造工艺  
专利申请号:CN200510016993.2 公开号:CN1900030  
申请日:2005. 07. 20 公开日:2007. 01. 24  
申请人:吉林三三 O 五机械厂化工材料分厂

一种含火药震源药柱及制造工艺,涉及一种炸药制造技术的改进。其成分由水、硝酸铵、硝酸钠、油相、双基推进剂、火药粉组成,其制造工艺是:将硝酸铵、硝酸钠、油相、水制成乳化基质,将单基或双基或三基发射药加工成粉,将乳化基质与发射药粉按配比混匀,装入药柱壳体内,把双基推进剂插入壳体内,装起炸药柱,封盖。其有益效果是:爆速变化可调,变化范围大,由于其爆速非常高,特别适用于石油勘探之用。其技术指标:装药密度 $\geq 1.4\text{g}/\text{cm}^3$ ,连接力 60N,爆速 $\geq 7000\text{m}/\text{s}$ ,保证期 2a,抗水性好。本发明充分利用废弃退役后火药的能量,节约了能源,降低了震源药柱的生产成本。

专利名称:粉状硝铵炸药连续碾混机  
专利申请号:CN200510088009.3 公开号:CN1900029  
申请日:2005. 07. 21 公开日:2007. 01. 24  
申请人:深圳市金奥博科技有限公司

本发明涉及到连续化生产粉状炸药时需采用本发明将工业硝酸铵、油相、木粉、改性剂等几种物料在特定的比例、温度下连续进行碾压混合,不断形成粉状工业炸药,以取代

间断式生产粉状炸药设备轮碾机及间断式工艺。它主要由电机、变速系统、进料器、碾压辊、压载弹簧、行星轮系、出料斗、松料组件、均料罩、双螺杆混合机、混合叶片和加料器部件构成。双螺杆混合机对药料进行预混及送进,药料沿周向均匀地分散开并落到碾磨盘上。松料组件在公转时逐步将药料松散并向出料口翻送。碾压辊由行星轮系驱动实现公转和自转,在两层中对药料进行连续碾磨搓揉,完成碾磨混合生产工作,最后由出料口均匀连续排出。

专利名称:磁性金属雷管空管体自动理管机  
专利申请号:CN200610046875.0 公开号:CN1896037  
申请日:2006. 06. 09 公开日:2007. 01. 17  
申请人:阜新赛恩斯自动化设备有限公司

本发明属雷管空管体质量好坏的检测机械,特别涉及一种磁性金属雷管空管体自动理管机,由机壳、底座、空管体箱、万向轮、电机、减速器、变频器和自动控制器组成,在空管体箱内底部装一根主动轴,主动轴两端活动地装在轴承座中,在空管体箱上部固定两个轴承座中活动地装一个从动轴,在从动轴上均匀地固定数个上皮带轮,中间固定一个从动轴支撑轮,磁性金属雷管空管体自动理管机是与磁性金属雷管空管体检漏机配套使用的,结构简单、自动化、机械化程度高,工作效率高,减轻了工人的劳动强度。

(王元荪)