

文章编号: 1673-9469(2010)03-0107-03

# 大直径双曲线钢筋混凝土冷却塔爆破拆除

张学东<sup>1</sup>, 张学峰<sup>2</sup>, 李正<sup>1</sup>, 沈古成<sup>1</sup>

(1. 河北工程大学 土木工程学院, 河北 邯郸 056038; 2. 中煤第五建设有限公司 第四十九工程处, 河北 邯郸 056003)

**摘要:** 针对冷却塔重心低、高细比小、壁薄的结构特点, 选择合理的爆破切口形式、高度、角度等爆破参数, 采用“开窗口、断钢筋、预留支撑板块”的方法, 对某大直径双曲线钢筋混凝土冷却塔进行爆破拆除; 对爆破产生的飞石、爆破塌落振动、碎渣飞溅等问题进行安全性分析并制定了具体的安全措施。冷却塔起爆后按设计方向倒塌, 爆破效果良好, 为类似爆破工程提供参考。

**关键词:** 大直径双曲线冷却塔; 定向爆破; 爆破切口; 安全措施

**中图分类号:** TU746.5

**文献标识码:** A

## Blasting demolition of large diameter and hyperbolic reinforced concrete cooling tower

ZHANG Xue-dong<sup>1</sup>, ZHANG Xue-feng<sup>2</sup>, LI zheng<sup>1</sup>, SHEN Gu-cheng<sup>1</sup>

(1. College of Civil Engineering, Hebei University of Engineering, Hebei Handan 056038, China;

2. The 49th Engineering Division, China Coal Fifth Construction Corp., Hebei Handan 056003, China)

**Abstract:** According to the characteristics of cooling tower such as the low gravity centre, small height-slenderness ratio and thin wall, the main parameters of blasting were designed including the cut's shape, height, and angle. A large diameter and hyperbolic reinforced concrete cooling tower were demolished by the way of hole-opening, steelbar-breaking and staff-reserving. The safety analysis of the flying stones from the blasting, vibration of the collapse blasting, and splashing of the crushed slag etc were conducted, and specific security measures were made. The result showed that the cooling tower collapsed in the designed direction after blasting, which provided reference for similar engineering design.

**Key words:** hyperbolic cooling tower; directional blasting; blasting cut; security measure

曲线冷却塔形状多为圆筒型高大建筑物, 圆筒直径下大上小, 重心偏低, 结构稳定, 若按常规爆破设计, 则炮孔数量多, 炮孔深度小, 防护难度大, 薄壁结构筒身易发生扭曲而导致倒塌方向出现偏差<sup>[1]</sup>。刘宏刚、杨朴等<sup>[2-3]</sup>针对薄壁双曲线型冷却塔定向爆破切口提出了最优的 C2 型切口; 范磊<sup>[4]</sup>对爆破震动与触地震动进行了成功的校核; 罗伟涛、郑建礼<sup>[5]</sup>采用爆破与机械联合拆除冷却塔达到了逐段垂直下落的效果。

本工程位于某大型发电厂区, 附近分布有新建冷却塔、办公大楼、泵房控制室和高压变压器, 对拆除安全性要求较高。通过合理选择爆破切口形式、高度、角度等爆破参数, 并通过在爆破前实

施预拆除, 达到了减少炮孔数量、定向准确和倒塌顺利的目的, 为同类工程提供借鉴。

### 1 工程概况

河北邢台某发电厂为了响应国家节能减排、环保治污的口号, 需要将该厂五十年代所建的 1 号冷却塔爆破拆除。该冷却塔为钢筋混凝土结构, 高 68.959m, 基底池壁中心线直径 56.574m, 喉部直径 29m, 喉部高 46m, 顶部直径 31.2m, 底部直径 51m(图 1), 基础埋深 2.25 m, 混凝土总量约 3 042.59m<sup>3</sup>, 人字形立柱 30 对, 其断面直径为 0.4 m, 钢筋为 4Φ22、4Φ16; 塔体由尺寸为 1.7m×1.9m

收稿日期: 2010-05-06

作者简介: 张学东(1962-), 男, 江苏盐城人, 高级工程师, 从事爆破工程、隧道工程等方面的教学与研究。

×2(2.2)m 两种槽型板拼装而成,每一块与上下左右槽型板之间是由钢筋搭接焊接成一体;圈梁高度为 1.4m,厚度为 0.5m。该冷却塔周围环境较为复杂,该冷却塔东面 45 米处有一高压变压器,南面 55m 处为该厂办公楼,西面距离 2 号冷却塔 45m,北面 20m 处为该厂区泵房控制室,周围环境如图 1。

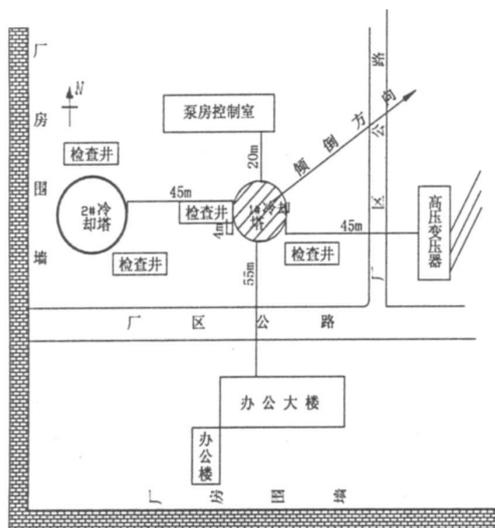


图1 周围环境示意图

Fig.1 Schematic diagram of surroundings

## 2 冷却塔爆破方案的制定

### 2.1 爆破拆除方案选择

由于冷却塔结构呈对称性布置,结构本身对倒塌方向无影响,所以根据周围环境条件,选择北偏东 35° 作为冷却塔爆破拆除方向;并采取“开窗口、断钢筋、预留支撑板块”定向爆破、液压破碎锤二次破碎、挖掘机装运、汽车运输机械化施工方案。

### 2.2 预拆除设计

为使冷却塔顺利坍塌,利用小爆破或者油锤拆除冷却塔内淋水平台及 130 根立柱、五个提水井、铸铁篦子和导水槽;为了减少炮眼数目和保证冷却塔倒塌方向,将爆破切口内的人字柱打掉三对,中间一对,两边二对,并打断与之对应圈梁。

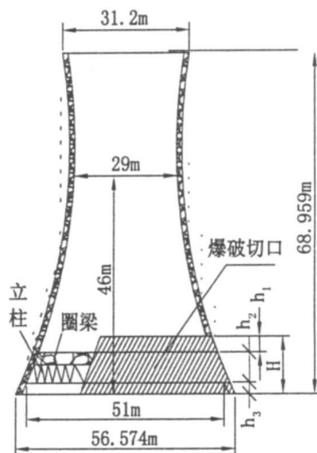


图2 冷却塔尺寸及切口高度图

Fig.2 Diagram of cooling tower geometry and cutting

### 2.3 爆破切口的设计

1)爆破切口设计原则<sup>[4]</sup>。爆破切口大小应满足塔体爆破后能在重力作用下顺利按设计方向倒塌;要满足缺口形成后,保留塔壁在塔体开始倾倒的初始时刻不被压碎,也不能被剪切破坏,避免塔体倒塌时下坐、后坐和前冲。

2)爆破切口尺寸选取。目前,国内利用定向爆破技术拆除冷却塔所采用的爆破切口有正梯形、倒梯形和复合型 3 类<sup>[3]</sup>。冷却塔倒塌方向为北偏东 35°,为减少倒塌长度和宽度,爆破切口选取正梯形形式。

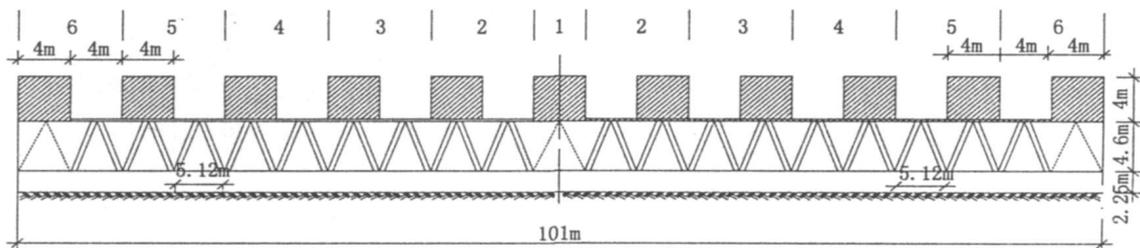


图3 冷却塔爆破切口展开图

Fig.3 Diagram of cooling tower blasting cut

根据切口各组成部分的作用确定人字支柱长度  $L_1 = \frac{220}{360}C$ , 塔身切口长度  $L_2 = \frac{230}{360}C$ , 式中  $C$  为该处塔体处周长。

依据文献[5], 切口高度  $H$  为人字支柱高度  $h_1$ 、圈梁高度  $h_2$  和塔身切口高度  $h_3$  之和。为了使冷却塔充分解体, 在人字支柱上方开 12 个窗口, 窗口尺寸  $4\text{m} \times 4\text{m}$ , 窗口之间预留支撑墙  $4\text{m}$ 。爆破切口展开图见图 3, 图中 1~6 是为爆破分段划分的范围。

### 2.4 爆破参数设计

人字柱和环梁上布孔如图 4。人字形支柱和圈梁的炮孔布置参数见表 1。单孔装药量按体积法确定, 其计算公式为<sup>[1]</sup>:

$$q = Kabh \tag{1}$$

式中  $K$ —单位体积耗药量, 取  $K = 4.6\text{g}/\text{m}^3$ ;  $h$ —构件厚度。

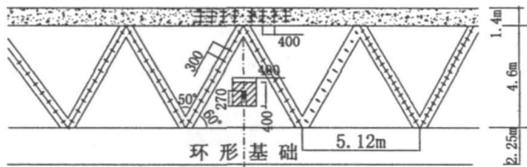


图4 炮孔布置图

Fig. 4 Layout diagram of embrasure

表 1 冷却塔爆破参数

Tab. 1 Blasting parameters of cooling tower

部位	孔距 /m	排距 /m	抵抗线 /m	孔深 /m	单孔药量 /g
圈梁	0.4	0.4	0.2	0.25	60
人字立柱	0.3	0.3	0.15	0.27	40

### 2.5 起爆网路

冷却塔爆破由于爆破面大, 炮孔数目多, 保证每个药包均能起爆是爆破成败的关键。爆破区域距离变压器房较近, 为了避免杂散电流、射频电流和感应电流以及雷电对爆破网路的影响, 采用非电簇联法与四通复式连接网路相结合方式, 组成由导爆管孔延期雷管构成的非电起爆网路起爆<sup>[9]</sup>。

### 3 爆破安全控制

#### 3.1 飞石控制

根据 Lundborg 统计规律, 爆破飞石距离可由下式计算<sup>[1]</sup>:

$$R_{f\max} = K_T \cdot K \cdot D \tag{2}$$

式中  $K_T$  与起爆方式、填装药量方式、地质条件等有关, 取  $1.2 \sim 1.5$ ;  $D$ —炮孔直径。

飞石的防护措施分为主动和被动防护措施两种。前者在爆破部位用 3 层草袋、1 层棉被作覆盖防护; 在爆破切口前架设铁丝网, 悬挂草帘进行隔离防护。后者对保护区范围靠近爆破区域门窗玻璃, 露天设备等使用稻草帘遮挡保护, 将碎块飞散控制在允许的范围内, 个别飞石不超过  $120\text{m}$ , 确保安全。

#### 3.2 爆破震动控制

考虑爆破区域内建筑物建构的安全, 根据萨道夫斯基公式<sup>[1]</sup>:

$$v = k(Q^{1/3}/R)^{\alpha} \tag{3}$$

式中  $v$ —安全允许的质点振动速度;  $k$ —与介质和爆破条件因素相关的系数;  $Q$ —一次起爆最大药量;  $R$ —爆破面到保护体之间的距离;  $\alpha$ —振动衰减系数。

经计算, 爆破振动速度很小, 对周围建筑物的影响十分微小, 办公楼和泵房都在安全范围内。

为进一步提高安全性, 可在距泵房、变电站  $10\text{m}$  处开挖  $2.5\text{m}$  深、 $2.0\text{m}$  宽的减震沟, 阻断振动的传播, 并利用弃土及备用粘土在冷却塔倾倒方向上堆积 5 道高为  $2.0\text{m}$ 、宽为  $1.5\text{m}$  的土质垫层, 第一道垫层设计在距离冷却塔  $15\text{m}$  处, 其余沿冷却塔倒塌方向每隔  $6\text{m}$  一个, 这样可以缓冲和减弱冷却塔触地的冲击力, 从而使振动降低。

### 4 爆破效果

起爆后, 随着一声闷响(见图 5), 冷却塔开始缓慢按预定方向倒去, 然后加速倾倒并解体, 整个过程历时约  $8\text{s}$ 。爆后冷却塔的爆堆长度  $36\text{m}$ 、高  $4.3\text{m}$ 、宽  $45\text{m}$ , 爆破个别飞石的距离不到  $25\text{m}$ , 爆破效果十分理想。

(下转第 112 页)

### 3 结论

1)模糊界在用来表达和处理部分属于且部分不属于的模糊信息时,用映射  $\mu_{\text{黑}}$  和  $\mu_{\text{红}}$  确定的模糊集,而且他们认为映射和模糊集之间是互相唯一确定的,同时有人给出其证明。但所给出的证明本人细读多次,实觉毫无意义。同时由于  $\mu_{\text{红}} = \mu_{\text{黑}}$ ,即按模糊集理论将得出黑的等于红的,红的等于黑的,成了黑不黑、红不红。

2)清晰集界用  $A$  和  $B$ 。虽然按清晰集理论  $A$  和  $B$  隶属的函数相同,但  $A \neq B$  即黑不等于红,红也不等于黑,所谓黑白分明。

### 参考文献:

[1] 邹开其,徐扬.模糊系统与专家系统[M].成都:西

南交通大学出版社,1989.

- [2] 刘承平,谢季坚.模糊数学方法及其应用[M].武汉:华中理工大学出版社,2000.
- [3] 吴华英,吴和琴.清晰集及其应用[M].香港:香港新闻出版社,2007.
- [4] 高庆狮.新模糊集合论基础[M].北京:机械工业出版社,2006.
- [5] 吴和琴,张曙光.模糊教学危机产生原因初探[J].河北工程大学学报(自然科学版),2009,26(2):111-112.
- [6] 吴和琴,姬红艳.Fuzzy 拓朴学错了[J].河北工程大学学报(自然科学版),2008,25(1),111-112.

(责任编辑 马立)

(上接第 109 页)

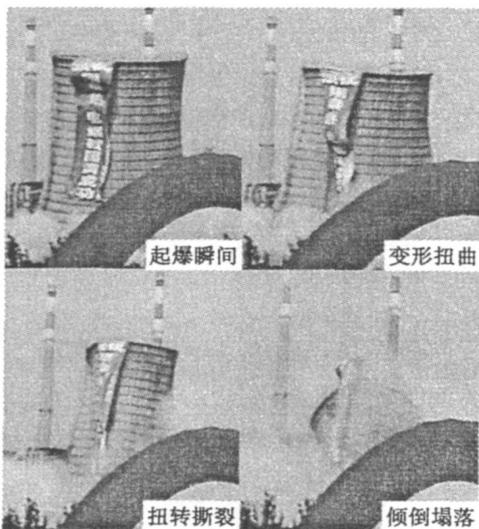


图5 冷却塔爆破全过程

Fig.5 The whole process of cooling tower demolition

### 5 结论

1)双曲线冷却塔的圆筒直径下大上小,重心偏低,在倒塌过程中重心很难移出底部直径以外,

爆破切口要适当加大切口高度,并应与冷却塔底部半径相近;

2)塔身内的淋水装置需要进行预处理,否则会影响冷却塔的倒塌,对圈梁进行预处理时,其开口部位钢筋一定要割断,以防止其阻止冷却塔的扭曲变形。

### 参考文献:

- [1] 于亚伦.工程爆破理论与技术[M].北京:冶金工业出版社,2004.
- [2] 刘宏刚,白立刚,李俊.薄壁双曲线型冷却塔定向爆破切口问题的探讨[J].铁道建筑,2005(增1):68-70.
- [3] 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,2006,93(3):66-69.
- [4] 范磊,龙源.80m高钢筋混凝土烟囱定向爆破倾倒是否可靠性校核[J].工程爆破,2004,10(4):31-34.
- [5] 罗伟涛,郑建礼.90m高冷却塔爆破机械联合拆除实践[J].爆破,2009,26(2):46-47.
- [6] 张学东,沈古成,李军.80m高的钢筋混凝土烟囱定向爆破拆除[J].河北工程大学学报(自然科学版),2009,26(4):96-98.

(责任编辑 马立)