

doi:10.3969/j.issn.1001-8352.2015.06.011

# 复杂环境下 64 m 尿素造粒塔的爆破拆除<sup>\*</sup>

李本伟 陈德志 周应军 李克菲

中钢集团武汉安全环保研究院有限公司爆破研究所(湖北武汉,430081)

[摘 要] 介绍了金陵石化 64 m 高尿素造粒塔的爆破拆除。该尿素造粒塔所处环境十分复杂,为保证其安全爆破拆除,不损伤四邻建筑,参考烟囱及冷却塔爆破方法,采用高切口定向爆破方案。同时,根据其自身的结构特点,采用了大切口的预处理措施。爆破结果表明:方案可行,拱形超大导向窗可用于类似工程。

[关键词] 尿素造粒塔;定向爆破;综合防护

[分类号] TU746.5;TD235.37

待拆造粒塔位于金陵石化厂内,造粒塔中心东侧 57.25 m 处为库房,42.15 m 处为钢构烟囱,东南方向 67.60 m 处为分析室,南面 58.69 m 处为办公室;西南方向 83.26 m 处为办公室及 2<sup>#</sup>、3<sup>#</sup>变压器,西面 1.50 m 为造粒塔电梯井,23.30 m 为合成塔框架,56.89 m 为高压氮气球罐,北面 4.50 m 为电缆桥架。环境示意图见图 1。

## 1 结构尺寸

造粒塔地面以上最大标高为 75.00 m,塔体结构最大标高为 64.00 m,为钢筋混凝土筒式薄壁及附属的电梯井等箱式剪力墙组合结构。在 ±0.00 m 标高处,造粒塔外半径 10.00 m,内半径 9.63 m,壁厚 0.37 m;在 10.00 m 标高处,造粒塔外半径 10.00 m,内半径 9.63 m,壁厚 0.37 m;在 64.00 m 标高处外半径为 12.00 m;造粒塔筒身采用 C30 混凝土滑

模浇筑。在 ±0.00 m 标高处正东、正南和正北 3 个方向各有一个高 2.50 m、宽 2.00 m 的门洞,西北方向有一个高 2.50 m、宽 4.30 m 的门洞;在 +6.00 m 标高处正东和正西两个方向各有一扇高 2.10 m、宽 2.00 m 的窗洞;在 +6.10 ~ +8.90 m 标高间圆周均布 9 个高 2.80 m、宽 2.50 m 的窗洞;在 10.00 m 标高处,有一个排风罩,顶部平台宽 2.46 m。经计算造粒塔质量约为 2 100 t,重心高度  $Z_c$  为 26.00 m。

造粒塔 ±0.00 m 标高处的平面示意图和立面图如图 2 所示。

造粒塔从底至顶,配筋情况如表 1 所示。

## 2 造粒塔的爆破方案设计

### 2.1 爆破总体方案

需爆破的构筑物环境复杂,其中电梯井在造粒塔爆破后另行拆除。造粒塔必须倒在车南侧分析

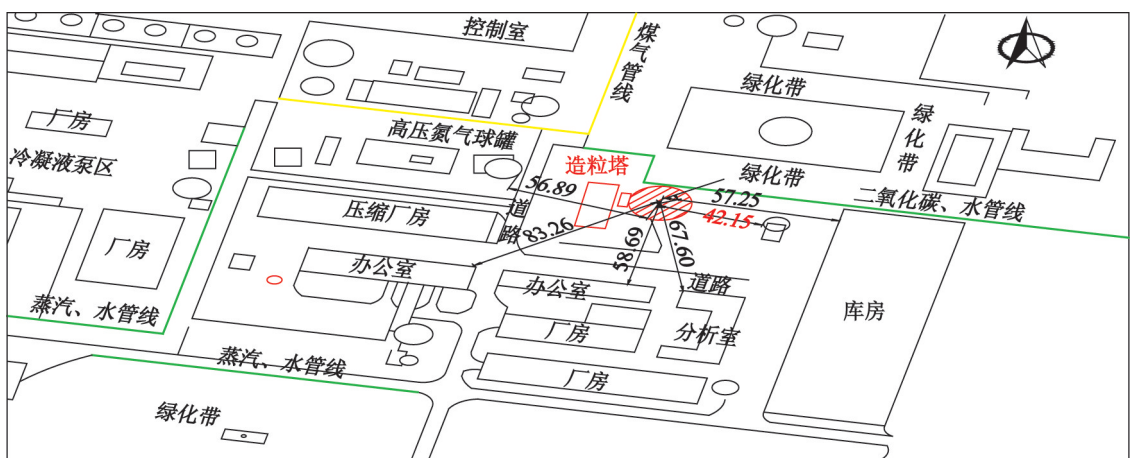
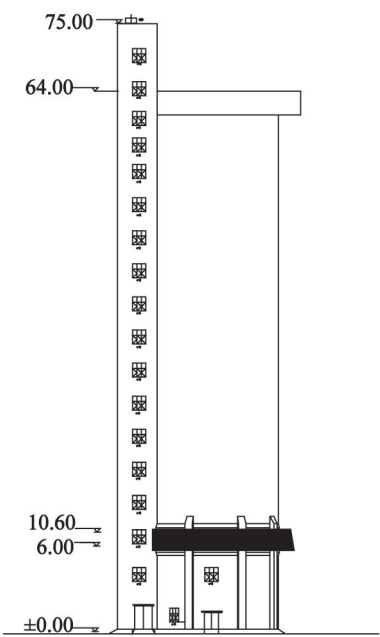


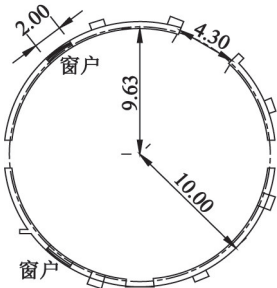
图 1 爆区周围环境图(单位:m)

Fig.1 Surrounding environment(unit:m)

<sup>\*</sup> 收稿日期:2014-12-18  
作者简介:李本伟(1981~),男,工程师,主要从事爆破理论及爆破施工。E-mail:sinoblaster@163.com



(a) 立面图



(b) 平面图

图 2 造粒塔结构示意图(单位:m)

Fig.2 Schematic diagram of the prilling tower(unit:m)

表 1 造粒塔筒身配筋情况

Tab.1 Reinforcement of the prilling tower

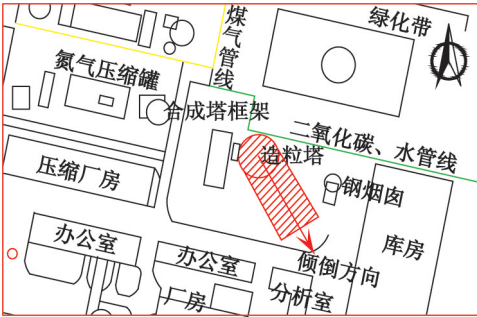
高程/m	配 筋	
	竖 筋	横 筋
±0.00 ~ +16.97	外 $\varnothing 20@150$ mm	外 $\varnothing 18@150$ mm
	内 $\varnothing 20@150$ mm	内 $\varnothing 18@150$ mm
+16.97 ~ +26.97	外 $\varnothing 18@150$ mm	外 $\varnothing 18@150$ mm
	内 $\varnothing 18@150$ mm	内 $\varnothing 18@150$ mm
+26.97 ~ +36.97	外 $\varnothing 16@150$ mm	外 $\varnothing 16@150$ mm
	内 $\varnothing 16@150$ mm	内 $\varnothing 16@150$ mm
+36.97 ~ +46.97	外 $\varnothing 16@150$ mm	外 $\varnothing 16@150$ mm
	内 $\varnothing 16@150$ mm	内 $\varnothing 16@150$ mm
+46.97 ~ +75.00	外 $\varnothing 16@150$ mm	外 $\varnothing 16@150$ mm
	内 $\varnothing 16@150$ mm	内 $\varnothing 16@150$ mm

室、东侧钢构烟囱和库房围成的空地中。即便如此, 倾倒距离仍然不足, 必须抬高爆破切口。因此, 根据爆破条件选择了在 10.00 m 处开切口向南偏东 48°

方向高位切口定向爆破的总体方案(图 3)。爆破倾倒范围 37°, 横向距离 39.1 m, 纵向距离 65.0 m<sup>[14]</sup>。造粒塔 10 m 高处的展开图以及雷管段多个的选择如图 4 所示。



(a) 总体方案立面图



(b) 总体方案平面图

图 3 造粒塔爆破总体方案

Fig.3 The overall blasting scheme of the prilling tower

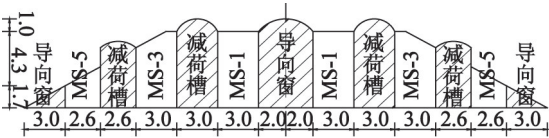


图 4 造粒塔 10 m 处展开图(单位:m)

Fig.4 The deployment diagram of prilling tower at the height of 10 m(unit:m)

2.2 预拆除

将电梯井与塔体分离, 切除连接槽钢。用液压破碎头开凿造粒塔爆破切口两侧的定向窗及中部导向窗, 并修整到设计尺寸。为保证定向窗 30°角的准确性, 定向窗尖角 50 cm 范围采用手风钻沿轮廓打密集孔, 然后用风镐人工破碎<sup>[5]</sup>。

2.3 主要参数

参考过往工程经验<sup>[6]</sup>, 参数设计如表 2、表 3。

2.4 施工工艺

施工中采用梅花布孔, 连续装药形式。起爆网路采用非电导爆管微差起爆系统, 分 3 段起爆。造粒塔爆破切口中间采用 MS-1 段非电雷管, 两侧分别采用 MS-3 段和 MS-5 段非电雷管(如图 4 所示),

表 2 切口参数  
Tab. 2 Cutting parameters

高程/m	切口高/m	弧长/m	圆心角/°
10.00	6.00	38.40	220
导向窗高/m	导向窗宽/m	导向窗间距/m	
6.00	2.60~3.00	2.60~3.00	
定向角度/°	定向窗高/m	定向窗底边/m	
30	1.73	3.00	

表 3 爆破参数  
Tab. 3 Blasting parameters

厚度/cm	孔深/cm	孔距/cm	排距/cm
37	28	30	30
单孔药量/g	炮孔数/个	总药量/kg	
70~100	572	48	

利用 MS-1 段非电雷管复式连接进入主网路。每个爆破切口底下 4 排炮孔装 2 发雷管,其他炮孔装单发雷管,形成交叉复式网路<sup>[7]</sup>。

### 3 塌落振动及触地飞溅、前冲防控措施

爆破体四邻建构筑物均为混凝土结构,抗震能力为 2 cm/s。为降低触地振动和飞溅,敷设 3 条缓冲垫层。缓冲垫层敷设采用就地取土的方法,垂直于倾倒轴线成条状堆放宽 3.0 m、长 25~40 m、厚度 2.5 m 的散土。再将用编织袋装好的缓冲材料整齐堆放在条状堆上。同时,56 m 处土堤高 4 m、宽 6 m,防止造粒塔可能的前冲对周围建筑的破坏<sup>[8-11]</sup>。如图 5。

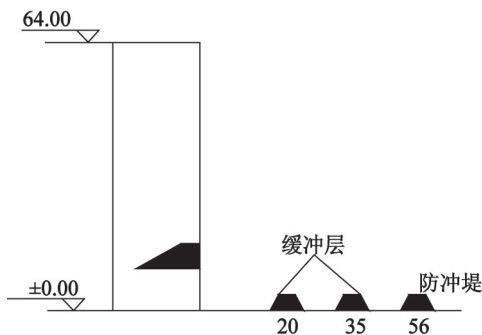


图 5 减震防护措施(单位:m)

Fig. 5 Dampling protection measures(unit :m)

### 4 爆破效果分析

爆破的效果如图 6 所示。造粒塔后排保留支撑筒壁触地,筒身整体向前倾斜,并于 5 s 后整体触地。触地后,筒体基本完整,在迎地面方向和缓冲层部位变形破碎。倾倒方向准确。

部分钢筋砼结构碎裂,并外溢,距离南侧办公室最近距离 4.6 m。



(a) 起爆瞬间



(b) 后排下座



(c) 重心溢出



(d) 触地

图 6 爆破效果图

Fig. 6 Blasting results

1)造粒塔下部结构复杂,内有全现浇隔间,预处理工作量大,而在 10 m 以上则为规整的筒形薄壁结构,同时在 10 m 高处现有平台能满足施工要求。因此,即便倒塌空间充分,在 10 m 高处开凿切口也是更好的选择。

2)起爆后后座明显,主要是因为筒壁较薄,支撑能力差。余留支撑面积为 8.87 m<sup>2</sup>,上部质量为 1 772 t,其静态压应力约为 1.96 MPa,大于钢筋混凝土的抗剪强度,但远小于其 51 MPa 的抗压强度,故在切口形成的初始阶段,造粒塔上部构件能够在余留截面的支撑下向前倾斜,但随着倾斜角度的增

加,上部构建筒壁与下部支撑筒壁间形成夹角。此时上向的支撑力对于上部构件成为了剪切力,同时静态转为动态,导致支撑部位破碎,致使上部构件下坠。此种情况在筒体结构的高切口爆破过程中比较常见,有利于降低倾倒后爆堆的长度。

## 5 结论

1) 6 m 高的爆破切口高度是合适的,但考虑到高切口和后座效果,切口高度可以适当增加。

2) 造粒塔结构均匀且直径较大,拱形超大导向窗开凿方法可以有效提高爆破效果,同时降低爆破成本。

## 参 考 文 献

- [1] 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. Crossed directional blasting of two chimneys under complex surroundings[J]. Explosive Materials, 2015, 44(1):50-54.
- [2] 王玉杰. 爆破工程[M]. 武汉:武汉理工大学出版社, 2007.
- [3] 汪旭光,郑炳旭,张正忠,等. 爆破手册[M]. 北京:冶金工业出版社, 2010.  
WANG X G, ZHENG B X, ZHANG Z Z, et al. Handbook of blasting [M]. Beijing: Metallurgical Industry Press, 2010.
- [4] 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.  
LI B W, CHEN D Z, ZHANG P, et al. Demolition of a 180-meter-superheight reinforced concrete chimney by directional blasting [J]. Blasting, 2011, 28(4):57-60, 68.
- [5] 何国敏. 复杂环境下 180 m 烟囱定向控制爆破拆除

[J]. 爆破,2011,28(3):74-76,100.

HE G M. Directional controlled explosive demolition of 180 m high chimney in complex conditions [J]. Blasting, 2011, 28(3):74-76,100.

- [6] 齐世福,刘好全,李宾利,等. 框剪结构高楼纵向倾倒拆除爆破研究[J]. 爆破器材,2014,43(3):41-47.

QI S F, LIU H Q, LI B L, et al. Blasting study on the lengthwise collapse of a tall building with a frame shear wall structure[J]. Explosive Materials, 2014, 43(3):41-47.

- [7] 周应军,陈德志,李本伟,等. 复杂环境下 75 m 高冷却塔爆破拆除[J]. 爆破器材,2013,42(3):53-56.

ZHOU Y J, CHEN D Z, LI B W, et al. Blasting demolition of 75 m high cooling tower in complicated environment [J]. Explosive Materials, 2013, 42(3):53-56.

- [8] 闫鸿浩,刘智远,李晓杰. 烟囱爆破拆除及其振动测试分析[J]. 爆破器材,2013,42(3):21-24.

YAN H H, LIU Z Y, LI X J. Chimney blasting demolition and analysis of vibration measurement [J]. Explosive Materials, 2013, 42(3):21-24.

- [9] 李本伟,陈德志,张萍,等. 180 m 高烟囱爆破拆除减震措施分析[C]//郑炳旭. 中国爆破新技术Ⅲ. 北京:冶金工业出版社,2012:972-978.

- [10] 王斌,梁开水. 拆除爆破中缓冲层的受力变形与防护作用[J]. 采矿技术,2007,7(3):149-152.

- [11] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局. 爆破安全规程:GB6722—2003[S]. 北京:中国标准出版社,2004.

General Administration of Quality Supervision, Inspection and Quarantine of the People's Republic of China. Safety specifications of blasting operation: GB6722—2003 [S]. Beijing: China Standards Press, 2004.

## Blasting Demolition of a 64m Urea Prilling Tower under Complicated Environment

LI Benwei, CHEN Dezhi, ZHOU Yingjun, LI Kefei

Blasting Institute, Sinosteel Wuhan Safety & Environmental Protection Research Institute (Hubei Wuhan, 430081)

[ABSTRACT] Blasting demolition of a 64m-high urea prilling tower in Jinling Petrochemical Company was introduced. Surrounding environment of this urea prilling tower is very complicated. In order to ensure the safety of blasting demolition and no damage to surrounding buildings, high notch directional blasting was used referring to the blasting methods of chimneys and cooling towers. According to its structure characteristics, incision pretreatment measures was adopted. Results show that the blasting method is feasible, and it can be used for reference in similar engineering.

[KEY WORDS] urea prilling tower; directional blasting; comprehensive protection