

文章编号: 1001-1455(2000)01-0092-05

风载对筒形高耸建筑物定向爆破 倾倒过程影响的研究^①

费鸿禄, 段宝福

(辽宁工程技术大学工程爆破研究所, 辽宁 阜新 123000)

摘要: 对烟囱、水塔定向爆破的切口处进行了受力分析, 着重考虑风载作用对倾倒力学条件的改变及对倾倒方向的影响, 分析了转角、风载、切口大小之间的变化规律, 并根据几个实例进行计算和分析。研究表明, 风载对筒形高耸建筑物爆破倾倒方向有显著影响, 风载增大时, 偏转角呈线性增加, 同时改变了中心轴的位置。计算时应根据建筑物的形状具体计算。

关键词: 风载; 水塔; 烟囱; 定向爆破

中图分类号: TD235.37 文献标识码: A

1 引言

在烟囱、水塔等高耸建筑物定向爆破拆除中, 常常会有风载荷的影响。一般来说, 当风向与预定倾倒方向一致时, 可加速倾倒的过程; 当风向与预定方向成一定夹角 α ($0^\circ < \alpha < 180^\circ$) 时, 可使倾倒方向偏离预定方向, 环境复杂时可能损坏周围建筑物及构筑物; 当风向与预定倾倒方向相反时, 可减缓倾倒过程, 若风载足够大时, 甚至会造成建筑物严重后坐、下坐或向预定倾倒方向相反的方向倒塌, 导致爆破失败。实际施工中为了减少风载荷与其对定向爆破倾倒方向的影响, 采取的主要办法是: 掌握天气预报, 了解风向和风力, 避开大风天气施工。深入研究并掌握风载荷对高耸建筑物(高度超过 100m)定向爆破倾倒方向影响规律, 可以为实际施工提供预防的措施。

2 风载计算

作用在高耸建筑物的面积风载荷可表示为^[1]

$$q = K_1 K_2 \omega \quad (1)$$

式中: ω 为基本风压, K_1 为风载体型系数, 取 1.2; K_2 为风压高度变化系数。如图 1, 根据最小二乘法原理可建立风压高度变化系数与高度之间的关系

$$K_2 = 0.90 + 0.015y \quad (0 \leq y \leq 120\text{m}) \quad (2)$$

高耸建筑物母线方程

$$y = \frac{H}{R_3 - R_1} x + \frac{HR_1}{R_1 - R_3} \quad (R_3 \leq x \leq R_1) \quad (3)$$

① 收稿日期: 1999-06-28

作者简介: 费鸿禄(1963—), 男, 博士, 副教授。

设风载合力为 F ，利用 (1) ~ (3) 式可得

$$F = 0.036 \omega H \left(0.9 - \frac{0.015H}{R_3 - R_1} R_1 + \frac{R_1 + R_3}{2} \cdot \frac{0.015H}{R_3 - R_1} \right) \quad (4)$$

式中： R_1 为水塔、烟囱切口处底部外径； R_3 为水塔、烟囱顶部外径； H 为水塔、烟囱高度。

风载合力作用中心高度

$$H_1 = \frac{2R_3 + R_1}{3(R_1 + R_3)} H \quad (5)$$

风载产生力矩

$$M = 2.4 \omega \left[(0.00375R_3 + 0.00125R_1) H^3 + (0.3R_3 + 0.15R_1) H^2 \right] \quad (6)$$

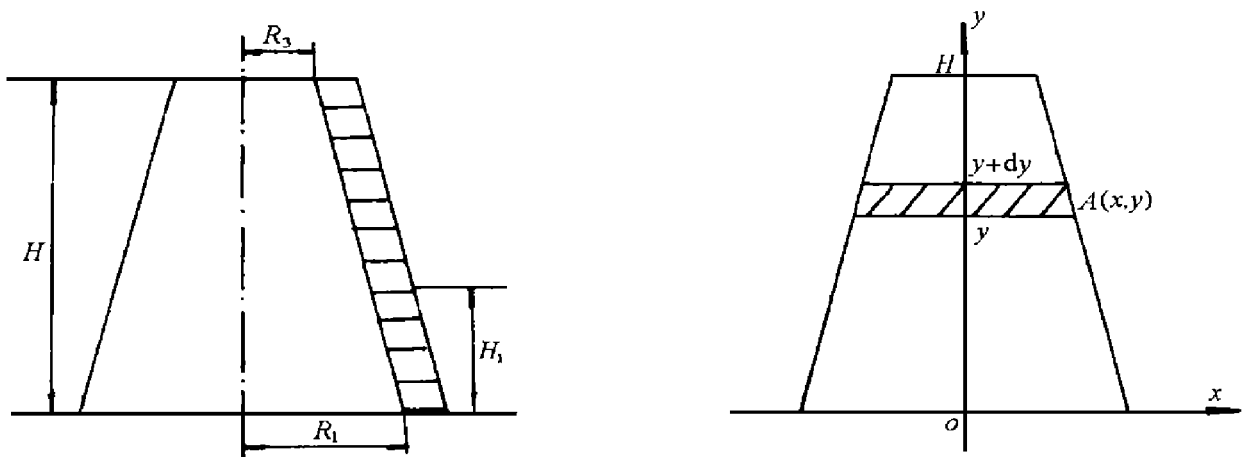


图 1 高耸建筑物风载计算示意图

Fig.1 Computing motional chart of wind power for tall building

3 切口断面受力分析

图 2 为筒体爆破切口断面， O_1O_2 为切口断面形心主轴， zz' 为风载作用下的切口断面中性轴， x_e 为切口断面偏心距。若已知切口部位筒体内、外径分别为 R_2 、 R_1 ，断面上配有 n 根直径为 d 的钢筋，钢筋到筒心的距离为 r ，切口弧长所对中心角为 β ，则^[2]

$$x_e = \frac{(2/3)(R_1^2 + R_1R_2 + R_2^2)\sin(\beta/2)}{[(\pi - \beta/2 + \mu W)(R_1 + R_2)]} \quad (7)$$

式中： μ 为切口断面配筋率， $\mu = \frac{nd^2}{4(R_1^2 - R_2^2)}$ ； W

为面积折算比， $W = E_g/E_c$ ； E_g 为钢筋弹性模量； E_c 为混凝土弹性模量。

切口断面对形心主轴的惯性矩

$$I_1 = (R_1^4 - R_2^4)(2\pi - \beta - \sin\beta)/8 - (4/3) \cdot (R_1^3 - R_2^3)x_e\sin(\beta/2) + [(\pi - \beta/2 + \mu\pi)x_e^2 + \mu\pi r^2/2](R_1^2 - R_2^2) \quad (8)$$

切口断面应力作如下分析：

(1) 由自重产生的压应力，以压应力为正

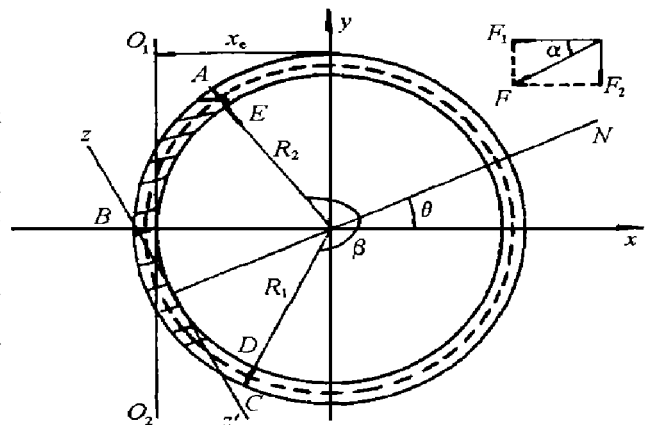


图 2 筒体切口断面示意图

Fig.2 Section of motional chart of blasting cut

$$\sigma_1 = G/S_z \quad (9)$$

式中: G 为切口上部筒体重量, S_z 为切口截面折算面积, $S_z = (\pi - \beta/2 + \mu W)(R_1^2 - R_2^2)$ 。

(2)由偏心引起的应力

$$\sigma_2 = Gx_e(x + x_e)/I_1 \quad (10)$$

(3)风载引起的应力

$$\sigma_3 = - \left[M \cos \alpha \cdot (x + x_e)/I_1 + M \sin \alpha \cdot y/I_2 \right] \quad (11)$$

式中: x 为切口断面上任一点坐标值; I_2 为切口断面对 x 轴的惯性矩, $I_2 = (1/8)(R_1 - R_2)R_2^3[\pi - \beta/2 + 1/2 \cdot \sin \beta]$ 。

切口处截面上任一点的合压(拉)应力为

$$\sigma = \sigma_1 + \sigma_2 + \sigma_3 = G/S + Gx_e(x + x_e)/I_1 - M \cos \alpha \cdot (x + x_e)/I_1 - M \sin \alpha \cdot y/I_2 \quad (12)$$

(4)风载引起的剪应力

$$\tau_1 = F/S_z \quad (13)$$

(5)由风载扭矩引起的剪应力。保留部分的抗扭截面模量

$$I_T = W_T = (1/3)(2\pi - \beta)R_1(R_1 - R_2)^2 \quad (14)$$

由于筒形建筑物的对称性,其风载作用线必通过建筑物中心,则产生扭矩

$$M_T = FR_1 \sin \alpha \quad (15)$$

由(14)、(15)式可得剪切应力

$$\tau_2 = \frac{M_T}{W_T} = \frac{3F \sin \alpha}{(2\pi - \beta)(R_1 - R_2)^2} \quad (16)$$

4 偏转角计算

在(12)式中,令 $\sigma=0$,可确定中性轴方程

$$\frac{G}{S} + \frac{Gx_e(x + x_e)}{I_1} - \frac{M \cos \alpha \cdot (x + x_e)}{I_1} - \frac{M \sin \alpha \cdot y}{I_2} = 0 \quad (17)$$

中性轴方程(17)为直线方程。求导可得中性轴斜率

$$\frac{dy}{dx} = \frac{(Gx_e - M \cos \alpha)I_2}{MI_1 \sin \alpha} \quad (18)$$

设倾倒偏转角为 θ , 倾倒中心线为 ON , 则 ON 垂直于 zz'

$$\tan \theta \cdot dy/dx = -1 \quad (19)$$

当风力 F 一定时,风向变化时存在一个最大偏转角 θ_{\max} 。由 $d\theta/d\alpha=0$ 得

$$\alpha = \arccos(M/Gx_e) \quad (20)$$

代入(18)、(19)式

$$\theta_{\max} = \arctan \left[\frac{MI_1}{I_2 \sqrt{(Gx_e)^2 - M^2}} \right] \quad (21)$$

上式即最大偏转角的表达式,可见,它不仅与风载、偏心距有关,而且还与切口大小有关。进一步分析(7)式,当 R_1 、 R_2 一定时, θ_{\max} 与 β 、 μ 有关,随 β 增大而减小,随 μ 增大而增大。

5 工程实例

实例 1^[3]: 已知冷却塔上口外半径 13.25m, 切口内半径 19.635m, 切口外半径 19.435m, 开口角度 225.4° , 重心高度 19.2m, 塔高 56m, 开口高度 2.2m, 冷却塔自重 21.4MN, 钢筋直径 12mm, 钢筋分布 11 根/m, 钢筋到塔中心距离 19.535m, 钢筋弹性模量 $E_g=210\text{GPa}$, 混凝土弹性模量 $E_c=20\text{GPa}$ 。

实例 2^[4]: 某 120m 高钢筋混凝土烟囱, 底部外径 10m, 顶部外径 5m, 壁厚 50cm, 底部 40m 为双筋, 外立筋直径 25mm, 内立筋直径 14mm (等效直径 28mm)。40~120m 高程为单筋, 自重 48.09MN, 重心高 45m, 切口对应的圆心角 231° , 切口高 3m, 设定钢筋 10 根/m。

实例 3^[5]: 某 80m 高钢筋混凝土烟囱, 底部外径 7.2m, 内径 6.4m, 壁厚 0.4m, 顶部 80m 处外径 4.24m, 壁厚 0.18m, 竖筋为直径 16mm 螺纹钢、单筋结构, 钢筋分布 10 根/m, 切口对应圆心角 240° , 切口高 2.2m, 重心高 35m, 烟囱自重 10.2MN。

实例 4^[6]: 某 100m 高钢筋混凝土烟囱, 底部外径 8.72m, 内径 8m, 壁厚 0.36m, 顶部外径 2.2m, 等效钢筋直径 25mm, 钢筋总数为 175 根, 切口对应圆心角 223.2° , 切口高 1.8m, 重心高 40m, 烟囱自重 11.78MN。

根据前面的分析, 我们对上述 4 个实例中建筑物的最大转角做了计算, 最大转角与风载变化的关系曲线如图 3。由图可见, 最大转角与风载之间近似为线性关系, 也就是风载增大时, 偏转角也增大。

120m 烟囱倾倒时, 顶部偏离中心线 3.52m; 80m 烟囱倾倒时, 顶部偏离中心线 5.16m; 100m 烟囱倾倒时, 顶部偏离中心线 8.49m。可见, 对于高耸建筑物定向倾倒时, 如果环境约束严格, 应在设计中考虑顶部偏离, 否则, 可能由于风载的影响导致倾倒方向失控, 造成灾难性事故。从图 3 可以看出, 切口增大导致转角减少, 这一点与上面的分析结果是一致的。

6 结 论

(1) 风载对高耸建筑物倾倒方向有一定影响, 尤其当建筑物长径比大、环境约束严格时, 在爆破设计中应作适当考虑。

(2) 计算表明, 风载增大时, 偏转角呈线性增大, 这对砖烟囱等含筋率低的建筑物会更显著。

(3) 在风载一定时, 开口角度的增大导致转角减少。

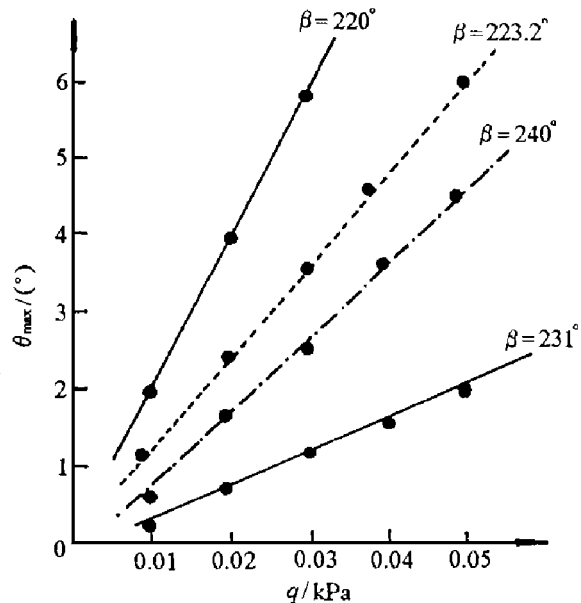


图 3 最大转角与风载变化关系曲线

Fig.3 Maximum turning angle vs. wind power

参考文献:

- [1] 淮南矿业学院, 山东矿业学院. 建井工程结构[M]. 北京: 煤炭工业出版社, 1979. 90.
- [2] 卢文波, 董振华, 等. 钢筋混凝土建筑物拆除爆破切口参数的优化设计[A]. 工程爆破文集(第五辑)[C]. 武汉: 中国地质大学出版社, 1993. 202 ~ 208.
- [3] 李守巨, 费鸿禄, 张立国, 等. 爆破拆除冷却塔倾倒过程的研究[J]. 爆炸与冲击, 1995, 15(3): 282 ~ 288.
- [4] 郑炳旭, 高金石, 等. 120m 高钢筋混凝土烟囱定向倒塌爆破拆除[A]. 工程爆破文集(第六辑)[C]. 深圳: 海天出版社, 1997. 149 ~ 153.
- [5] 吴剑峰, 金人, 等. 80m 高烟囱拆除爆破研究[A]. 工程爆破文集(第五辑)[C]. 武汉: 中国地质大学出版社, 1993. 209 ~ 213.
- [6] 杨仁华. 100m 高钢筋混凝土烟囱的定向倒塌爆破[J]. 爆破, 1997, 14(1): 58 ~ 60.

Study on the Effect of Wind Power Acted on the Collapsing Process of Tubular Tall Building in Directional Blasting

FEI Hong-lu, DUAN Bao-fu

(*The Blasting Institute of Liaoning Technical University, Fuxing 123000, China*)

Abstract: This paper analyses the standing-force around the blasting cut of a chimney or water tower in directional blasting, especially considers the effect of the collapsing direction while the mechanical condition is varied under wind power. The rules among turning angle, wind power and the size of blasting cut are analysed, moreover, this paper computes and analyses several examples. The research results indicate that the wind power exerts noticeable effect on tubular tall building. The turning angle is increasing linearly with the increasing wind power, the location of the central line also varies. The wind power is a distributive carload for tubular tall building, so we should consider the shape of the building.

Key words: wind power; water tower; chimney; directional blasting