第5卷 第2期
1985年4月

爆 炸 与 冲 击
EXPLOSION AND SHOCK WAVES

Vol. 5, No. 2
Apr., 1985

38米钢筋砼烟囱倾倒过程的力学分析

许连坡

（1984年2月13日收到）

烟囱倾倒问题是个力学问题。本文分析了烟囱倾倒的运动过程，得到了计算和实测数据十分符合的结果；文中计算了烟囱在倾倒过程中的应力状态，指出了发生折断的可能性，并进行了相似性分析；最后还分析了烟囱拆除爆破中的一些技术措施的合理性问题。

一、前　　言

文献〔1〕介绍了八个用爆破法拆除烟囱的实例。实际上，我国用爆破法拆除烟囱的数目远不止此；即这一方法已得到广泛的应用。但在技术上则各不相同，如文献〔1〕中介绍的八个例子就是如此，然而都取得了成功。

烟囱倾倒问题是个力学问题。爆破则做为一个手段，在烟囱根部造成缺口，使其失去平衡，在重力作用下自然倾倒并摔坏。这就是目前爆破法拆除中低烟囱的基本原理。这一拆除方法的关键是倾倒方向；方向符合设计要求，便可成功；否则，方向偏差较大，倾倒时损坏了需要保护的对象，拆除工作便可能不完全成功甚至失败。对于中低烟囱控制倾倒方向的主要因素就是切口位置，形状和尺寸。爆破法的优点是形成切口的时间很短。实际上是烟囱做为整体开始倾倒之前切口即已完全形成。这样，完成切口的过程不影响倾倒运动；因而烟囱的倾倒过程变得比较单纯而容易处理了。

烟囱倾倒过程的力学分析，可以给出烟囱倾倒过程中出现的一些力学现象，如烟囱的运动姿态，折断等，同时还可分析切口的影响，为设计提供理论依据。这就是本文的目的。

二、烟囱整体倾倒的运动过程

一般的砖和钢筋砼烟囱是不能承受较大变形的。因此，对烟囱在折断前和折断后的每一段，可忽略变形对运动的影响，而把它看成刚体。我们考虑高为H的烟囱的倾倒情况，如图1。切口端点即为支点，支点联线即为烟囱倾倒的转动轴。烟囱重心对转动轴的倾角为φ，重心高为z_c。于是我们有运动方程[2]

$$J_z\dot{\omega} = Mgz_c\sin\varphi + M_r \tag{1}$$

?1994-2017 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

这里

$$J_z=\iiint \zeta^2\rho\,dxdydz \qquad (2)$$

是烟囱对转动轴的转动惯量。其中ζ是质点到转动轴的距离，ρ是材料的密度，积分沿整个烟囱实体进行。根据惠更斯定理[2]，有

$$J_z=J_0+J_\Delta$$

$$J_\Delta=M\overline{o_1c}^2-Mz_c^2=2Mz_c(\overline{o_1c}-z_c)+M(\overline{o_1c}-z_c)^2$$

$$=2Mz_c\overline{o_1c}(1-\cos\varphi_0)+M\overline{o_1c}^2(1-\cos\varphi_0)^2 \qquad (4)$$

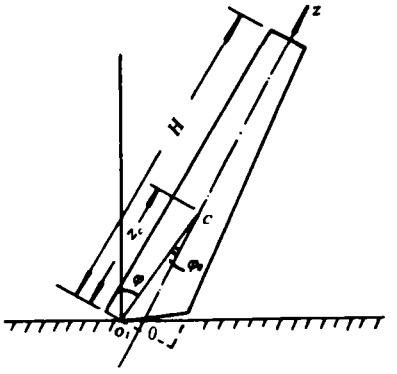


图1 烟囱倾倒图

其中φ_0是重心对转动轴的初始倾角。

$$J_0=\iiint z^2\rho\,dxdydz \qquad (5)$$

是对中心轴的转动惯量。我们可以写成

$$J_0=Mz_J^2 \qquad (6)$$

而$z_J\gg z_c$，又由于φ_0很小，对工程问题，一般J_Δ可以略去，即有

$$J_z=J_0 \qquad (7)$$

(1)式中M为烟囱的质量：

$$M=\iiint \rho\,dxdydz \qquad (8)$$

烟囱体积可以写成

$$\overline{V}=\iiint dxdydz \qquad (9)$$

质心高度z_c的表达式为

$$z_c=\frac{1}{M}\iiint z\rho\,dxdydz \qquad (10)$$

g是重力加速度，M_r是支点处的力矩，它和烟囱倾倒前的技术措施有关，一般不能确切知道。$\dot{\omega}$为角加速度，它和φ的关系为

$$\dot{\omega}=\ddot{\varphi} \qquad (11)$$

于是(1)式可写成

$$Mz_J^2\ddot{\varphi}=Mgz_c\sin\varphi+M_r \qquad (12)$$

由于

?1994-2017 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

$$\ddot{\varphi}=\frac{d\dot{\varphi}}{dt}=\frac{d\varphi}{dt}\cdot\frac{d\dot{\varphi}}{d\varphi}=\frac{1}{2}\frac{d\dot{\varphi}^2}{d\varphi}$$

于是有

$$\frac{d\dot{\varphi}^2}{d\varphi}=\frac{2gz_c}{z_j^2}\sin\varphi+\frac{2M_r}{Mz_j^2} \tag{13}$$

积分此式，并利用初条件$\varphi=\varphi_0$时，$\omega=\dot{\varphi}=0$，得

$$\dot{\varphi}^2=\omega^2=\frac{2gz_c}{z_j^2}(\cos\varphi_0-\cos\varphi)+\frac{2}{Mz_j^2}\int_{\varphi_0}^{\varphi}M_r\,d\varphi \tag{14}$$

同样，由（14）式和初始条件可得φ和t的关系

$$t=\int_{\varphi_0}^{\varphi}\frac{d\varphi}{\sqrt{\frac{2gz_c}{z_j^2}(\cos\varphi_0-\cos\varphi)+\frac{2}{Mz_j^2}\int_{\varphi_0}^{\varphi}M_r\,d\varphi}} \tag{15}$$

这一关系一般是不能写成解析形式的。

现从我们所拆钢筋砼烟囱为例给出上述计算结果。烟囱高38米，园形，外壁为150#砼浇注。0到4.6米段的壁厚为17厘米；4.6米以上段壁厚为12厘米。8米以下内衬11.5厘米厚的耐火砖，8米以上衬100#机制砖。外壁和内衬间为5厘米的缝。外壁配$\phi12$的纵向钢筋40～60根，间距15～20厘米，同时还设有$\phi9$的水平环箍20个。

切口长度取2/3周长。下部内衬在爆前已拆除。为了减少M_r，爆前切断了倾倒后方的钢筋。为保证倾倒方向，切口端部是人工处理的。

由于烟囱的断面为园形，故前边积分中的体积元可写成

$$dxdydz=rd\theta\,dr\,dz$$

于是体积积分（9）式可写成

$$\overline{V}=2\pi\iint r\,dr\,dz=\int_0^H S\,dz \tag{16}$$

这里z为轴向坐标，S为烟囱横断面面积：

$$S=2\pi[DR+\delta r-a(D+\delta)z] \tag{17}$$

其中D，R，δ，r分别是切口处烟囱外壁厚度，外壁平均半径，内衬厚度和内衬平均半径。a是倾斜率，在这里$a=0.015$。由于烟囱的壁厚是分段的，因而S是不连续的，故计算所有上述积分时都应分段进行。从而我们算得：$\overline{V}=77.04$米^3，$z_c=17.15$米，$z_j=20.39$米，$\varphi_0=2.87°$。考虑到爆前已把后方钢筋切断，故可认为M_r很小。于是(15)式便可给出$t-\varphi$关系，结果如图2。其中的θ角为烟囱对称轴和地面法线的夹角。我们看到，二者符合得十分理想。照片一为静止状态，照片2为其倾倒情况，照片三为其破坏情况。

?1994-2017 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

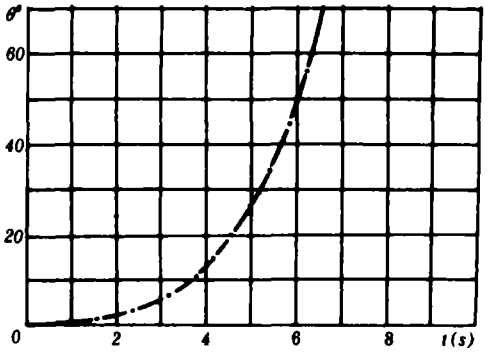
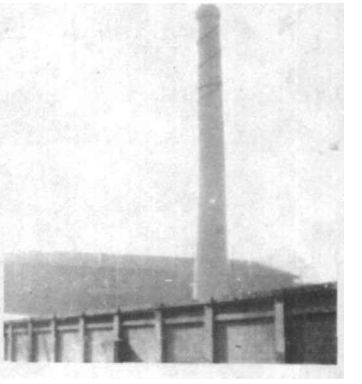
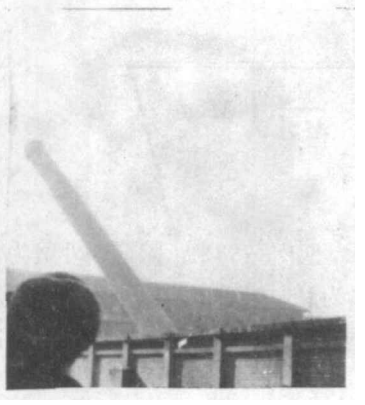


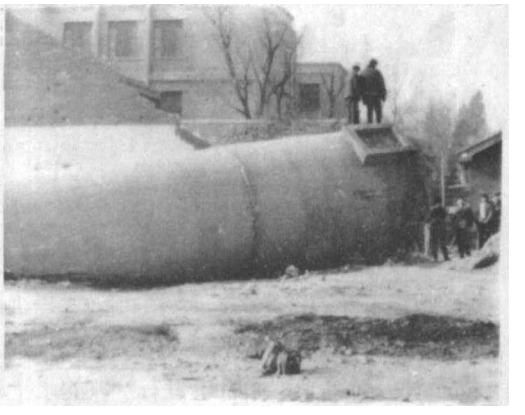
图 2 θ和t的关系图（—·电影摄影* 实测结果）



照片 1 （t = 0、θ = 0 ）



照片 2 （t = 5.4秒、θ = 35 ）



照片 3

三、烟囱倾倒过程中的应力分析

（一）前提。园形烟囱是旋转体，是有对称轴的，但在倾倒过程中它所受的载荷——重力则是非对称的。我们把重力分解成一个沿对称轴方向的，和一个垂直于对称轴方向的，如图 3。后者可归结为一个作用于烟囱断面上的剪力。在o_1和o'点的支座的反作用力则是非对称的。但由于我们处理的问题是砖和砼的建筑物，过高的精度是不必要的。故我们可以采用材料力学的办法，引用圣维南原则。把烟囱看成断面为双环的变截面园柱。支座的不对称作用不予考虑。由图 3 我们看到

$$\theta = \varphi' - \varphi_0 \qquad (18)$$

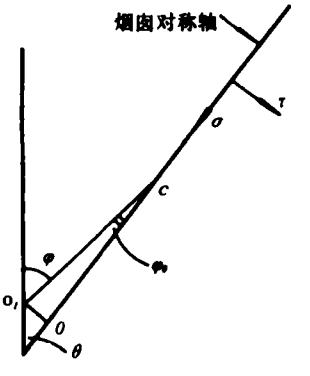


图 3

于是上述近似相当于忽略φ_0的影响而令$\theta = \varphi$。实际φ_0是变化的，很难准确给出。上述近似显然会在烟囱根部和倾倒角度较小时造成一定误差，因

* 这一工作是顾道良和王小荣同志完成的。

?1994-2017 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

此在（14）式中不能引用这一近似。但根部附近的情况我们将在下面专作分析；而倾倒角度小时的应力状态对我们的问题并不重要。

（二）**应力的计算和分析**。烟囱中所受力归结为三个：一是沿烟囱轴向的正应力，二是垂直于烟囱轴的剪应力，三是某一断面的弯矩。下面我们分别给出其计算公式。

1.正应力和剪应力。我们利用上面的近似写出烟囱轴向运动方程

$$\rho S\ \ddot{u}_z = \frac{d\sigma S}{dz} - S\rho g\cos\theta \tag{19}$$

这里σ是断面的正应力，$\ddot{u}_z$是轴向加速度，z 为坐标。积分此方程可得

$$\sigma S = \int (\rho\ddot{u}_z + \rho g\cos\theta)S\,dz \tag{20}$$

当 $z=H$时，$\sigma=0$；离心力$\rho\ddot{u}_z=-\rho\omega^2 z$是拉应力，重力$\rho g\cos\theta$ 是压应力。我们取拉为正，则有

$$\sigma = \frac{1}{S}\int_z^H(\rho\omega^2 z - \rho g\cos\theta)S\,dz$$

$$= \frac{1}{S}\left[\rho\omega^2\int_z^H zS\,dz - \rho g\cos\theta\int_z^H S\,dz\right. \tag{21}$$

同样可求得剪应力的表达式

$$\tau = \frac{1}{S}\left[\rho g\sin\theta\int_z^H S\,dz - \rho\dot{\omega}\int_z^H zS\,dz\right. \tag{22}$$

剪应力的正向表示其作用使烟囱倾倒。

2.弯矩的计算。由图 4我们有对转动轴的运动方程

$$J(z)\dot{\omega} = M_c + \tau S z + \int_0^z \rho g\sin\theta z\,dz\cdot S \tag{23}$$

这里M_c即为弯矩。

$$J(z) = \rho\int_0^z z^2 S\,dz \tag{24}$$

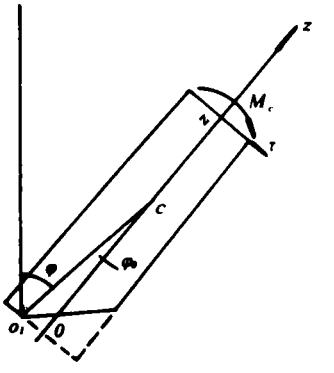


图　4

是 z 断面以下的烟囱体的转动惯量。由前述的近似，我们忽略了σ对转动的作用。自(23) 中解出M_c，并注意到(22) 和 (24),则得

$$M_c = \rho\dot{\omega}\left[\int_0^z z^2 S\,dz + z\int_z^H zS\,dz\right] - \rho g\sin\theta\left[\int_0^z zS\,dz + z\int_z^H S\,dz\right] \tag{25}$$

3.计算结果及分析。由 (21),(22) 和 (25) 并注意到 (17),可以看到,计算σ，τ和M_c并无困难。由于σ和τ是均匀应力，而M_c则产生一个反对称的应力分布：一侧是拉应力，另一侧是压应力，并且有

$$\sigma_+ = -\frac{M_c R_2}{J_s} \tag{26}$$

$$\sigma_- = \frac{M_c R_2}{J_s} \tag{27}$$

?1994-2017 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

其中J_s是断面的面积矩：

$$J_s=\frac{\pi}{4}[(R_2^4-R_1^4)+(r_2^4-r_1^4)] \qquad (28)$$

而R_2是外壁的外半径，R_1是其内半径；r_2是内衬的外半径，r_1是其内半径。于是烟囱中的轴向应力分布为

$$\sigma_1=-\frac{M_C R_2}{J_s}+\sigma \qquad (29)$$

$$\sigma_2=\frac{M_C R_2}{J_s}+\sigma \qquad (30)$$

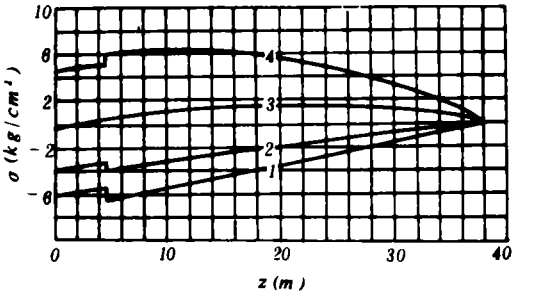


图5 σ和z的关系

(1) $\theta=13$，(2) $\theta=33$

(3) $\theta=53$，(4) $\theta=73$

完成上述计算，可得σ，τ，M_C，σ_1，σ_2和z的关系，如图5～8。

图5为σ和z关系，可以看到，刚开始θ较小时，在全烟囱中$\sigma<0$，这时重力起主要作用，离心力较小。随θ的增加，σ逐渐改变，当θ超过50后，则几乎在全烟囱中有$\sigma>0$。这时离心力变成主要的了，而重力作用很小了。应力间断处对应断面的间断。

在$z=H$时$\sigma=0$，这是端点条件。

为了解决τ和M_C则需做如下的分析。我们把烟囱分成许多小段，对每段用方程(1)，并略去Mr，则有

$$J_z\dot{\omega}=mgz_c\sin\varphi \qquad (31)$$

根据(2)，(6)和(10)式，有

$$J_z=mz^2$$

$$z_c=z$$

于是(31)式可写成

$$\dot{\omega}=\frac{g}{z}\sin\varphi \qquad (32)$$

这一结果表明，距转动轴越近，其角加速度越大。但烟囱是一个整体，各点$\dot{\omega}$应相同。因而便在烟囱中产生应力以保持$\dot{\omega}$相同。因为远处跟不上近处的运动，故其作用是减慢运动，因而τ是负的。同时这一作用导致烟囱中部产生向转动方向的弯曲，如支点不存在时，它使烟囱反向转动。因而M_C是负的。这就是图6和图7的特征。

在图6上我们看到，τ有一大致不变的零点，其位置在$z=z_*=12$米处。由关系(22)我们看到，此处是惯性力和重力相等处。由端点条件有$z=38$时，$\tau=0$。当$z>z_*$时，$\tau<0$，这时惯性力比重力大，该段烟囱对整体运动起拖后作用；当$z<z_*$时，则作用特征相反，该段烟囱对整体运动起牵引作用，故$\tau>0$，特别$z=0$时，$\tau>0$。即支座受正向剪力。

这一特征对σ也是存在的，只是其零点位置是变的，而且变化较快。

图8为σ_1，σ_2和z的关系，由σ的作用使得二组曲线不对称了。由前边的分析，拉应力应在转动的前方，即倾倒方向上。另一侧则受压。随着倾角的增大，拉应力最大值位置缓慢

?1994-2017 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

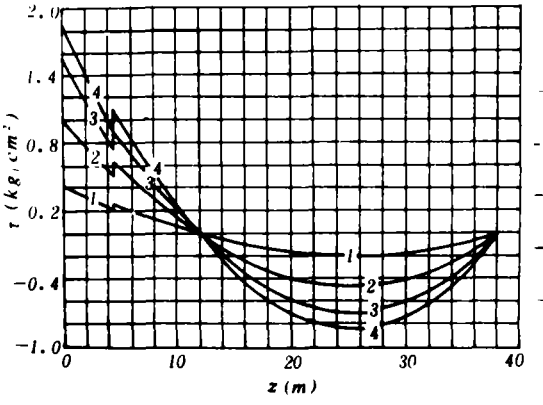


图6　τ和z的关系

(1)θ=13°,(2)θ=33°,(3)θ=53°,(4)θ=73°

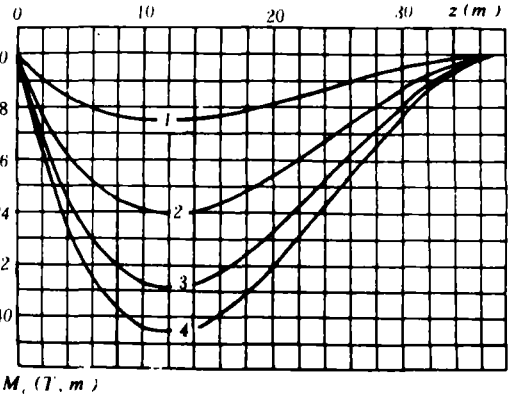


图7　M_x和z的关系

(1)θ=13°,(2)θ=33°,(3)θ=53°,(4)θ=73°

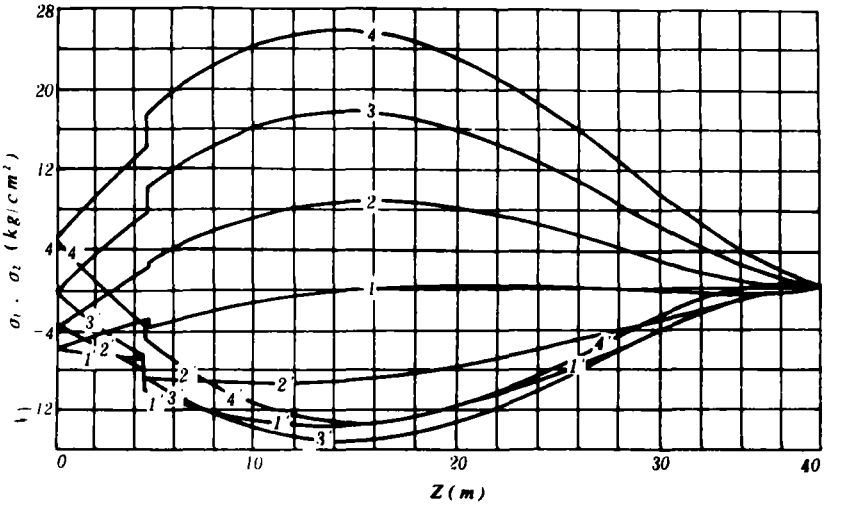


图8　σ_1、σ_2和z的关系

(1)、(1')θ=13°,(2)、(2')θ=33°,(3)、(3')θ=53°,(4)、(4')θ=73°

下移，其值也增加。在$\phi=73^0$时，σ_1的值约为$26kg/cm^2$，其位置在$z=14$米处。这个力最多只能造成二、三根钢筋进入塑性状态，使烟囱拉开50cm左右的环向裂缝。由于钢筋的作用它不能使烟囱产生折断。因此，便呈现烟囱整体倒下的形态。

对于一般无钢筋的砖烟囱，这一拉应力可把它折断，但因其断后运动的计算较为复杂，故不在此讨论。

（三）相似性问题。由于问题中主要是重力起作用，故几何相似是不能成立的。我们把关系(1)、(5)、(6)、(10)、(14)、(15)、(17)、(21)、(22)、(25)、(26)、(27)、(28)(29)和(30)，以H为特征尺寸无量钢化后，可以看到，在烟囱形状和结构几何相似而材料相同时，则在倾倒的相应位置上，烟囱中各对应点的应力是不同的。即有

$$\sigma\propto H,\ \tau\propto H,\ \sigma_1\propto H,\ \sigma_2\propto H,\ M_x\propto H^4$$

?1994-2017 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

这一结果表明：尽管烟囱本身几何相似，但破坏不能几何相似。如对钢筋砼烟囱，当H小时不产生折断，而H大时却可能产生折断。对砖烟囱，H不同时，其折断时的倾角，折断次数和运动姿态均不相同。H越大，其折断的倾角越小，折断次数越多。

另一方面，在上述条件下相对应力的分布则和H无关，即只要几何尺寸相似，材料相同，则其中的相对应力$\sigma/\rho gM$，$\tau/\rho gH$，$\sigma_1/\rho gH$，$\sigma_2/\rho gH$和$M_i/\rho gH_i$与z的关系是相同的。这一点给我们分析问题提供了一些方便。

对于烟囱的倾倒运动来说，情况也类似。关系(15)告诉我们，在几何相似时，烟囱倾倒至相似位置时的时间T和H的关系为

$$T \propto H^{1/2} \tag{33}$$

对角速度则有

$$\Omega \propto H^{-1/2} \tag{34}$$

而对$\dot{\omega}$，则有

$$G \propto H^{-1} \tag{35}$$

由(34)式可得烟囱倒地时各点的垂直速度为

$$U \propto H^{1/2}\frac{z}{H} \tag{36}$$

如果对相似点，则U和$H^{1/2}$成比例，H大U大，易于摔坏。如果z不变，则$U \propto H^{-1/2}$，即同一高度的点，当H增加时落地速度变小。因而在低烟囱时可以摔坏的点，而高烟囱时同样高度的点却可能摔不坏。因而并不是烟囱越高越容易摔坏。

四、烟囱根部的情况

1.**支点的确定**。支点即切口的端点。选择支点是倾倒烟囱的关键措施之一。

由于对称性，显然不能使转动轴通过烟囱的对称轴。否则因$\varphi_0=0$，(15)式不能给出t的值。这时烟囱处于平衡状态，要靠其他因素才能倾倒，因此不能控制倾倒过程。

把支点选在o_1，o'点，如图9，co_1b为切口，其周长为l_1，保留周长为l_2。转动轴o_1o'的右侧所受重力为$l_1/(l_1+l_2)\cdot Mg$，其左侧所受重力为$l_2/(l_1+l_2)\cdot Mg$，抗力为$l_2\delta\sigma_y$，这里δ为烟囱壁厚，σ_y为其强度。写出运动方程

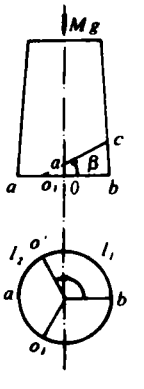


图9 切口情况

$$J\dot{\omega}=\frac{l_1\cdot Mg}{l_1+l_2}\cdot L_1-\frac{l_2\cdot Mg}{l_1+l_2}\cdot L_2+l_2\delta\sigma_y\cdot L_2 \tag{37}$$

这里L_1是支点右侧重力作用中心到转动轴的距离，L_2是支点左侧重力和抗力作用中心到转动轴的距离。若倾倒能够实现则必须有

$$(1)\quad \dot{\omega}>0 \tag{38}$$

$$(2)\quad \dot{\omega}<0 \tag{39}$$

?1994-2017 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

由于力$l_2\delta\sigma_y$和$\dot{\omega}$的作用方向相反，即$\dot{\omega}>0$，则抗力表现为拉力，σ_y为抗拉强度。而当$\dot{\omega}<0$时，则抗力表现为压力，σ_y为抗压强度。因此，如有$\dot{\omega}>0$，则有

$$\frac{Mg}{l_1+l_2}(l_1L_1-l_2L_2)-l_2\delta\sigma_yL_2>0 \tag{40}$$

利用图 9，我们把l_1，l_2，L_1和L_2化成切口张角β和烟囱底部平均半径$\bar{r}$的关系：

$$l_1=2\bar{r}\beta \tag{41}$$

$$l_2=2\bar{r}(\pi-\beta) \tag{42}$$

$$L_1=\bar{r}(-\cos\beta+\frac{\sin\beta}{\beta}) \tag{43}$$

$$L_2=\bar{r}(\cos\beta+\frac{\sin\beta}{\pi-\beta}) \tag{44}$$

这时(40)式可写成

$$-\cos\beta>\frac{2\bar{r}\delta\sigma_y}{Mg}[\sin\beta+(\pi-\beta)\cos\beta] \tag{45}$$

由于此式的右端在$0\leqslant\beta\leqslant\pi$时不是负值，故当$\beta\leqslant\pi/2$时，(45)式不能成立。这表明开口的长度必须大于半周长，否则不可能倾倒。由于$2\bar{r}\delta\sigma_y/Mg<1$，故(45)式还告诉我们：$\beta$越大越好。但当$\beta$取得太大，如$\beta=\pi$时，则支点变成一个点了，这显然对控制方向是不利的。故我们取$\beta=(2/3)\pi$。这时二支点间的距离为$\sqrt{3}\bar{r}$，$L_1\doteq0.9\bar{r}$，转动轴到对称轴的距离为$0.5\bar{r}$。初始倾到力矩，即(37)式的右端为：

$$Mo=Mg\bar{r}\left\{-\cos\beta-[\sin\beta+(\pi-\beta)\cos\beta]\frac{2\bar{r}\delta\sigma_y}{Mg}\right\} \tag{46}$$

对于我们所炸的钢筋砼烟囱，取$\sigma_y=15kg/cm^2$，并考虑到根部内衬已预先拆除，于是算得

$$Mo\approx0.3\,Mg\bar{r} \tag{47}$$

类似的分析可以得到，关系（39)是不可能实现的，这是理所当然。

由于在烟囱倾倒的重要阶段中，支点起支撑烟囱本体的作用，因而二个支点的对称性对烟囱的倾倒方向影响较大。这一点在选择支点时应予注意。

2. 切口的要求。由于爆破所造成的自然切口并不十分理想，特别是做为支点的切口的端部，不能保证足够的精度。因此，我们在工作中采用预先人工开挖切口端部的办法，它可保证切口位置和角度的精度。这一方法可使倾倒方向的偏差在±10°之内。

切口角度（∠b o c，图 10）太大则爆破量增加。但切口角度太小也不合适。因为烟囱在倾倒中一般要换一次支点。如切口角度太小，导致过早地换支点，这时角速度不大，运动惯性（角动量）小，而第二个支点的情况预先不能十分肯定；如第二个支点偏差较大，则它对烟囱倾倒的方向有重要的影响。如该角角度大些，则换支点时运动惯性较大，因而第二个支点

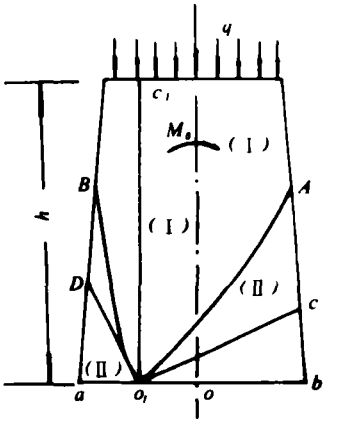


图10　根部破坏情况

?1994-2017 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

的情况影响就小了。我们一般取 30^0左右。

3. 支点附近受力情况和根部破坏。如图 10，我们考虑烟囱根部高 h 的一段。根据圣维南原则，其上部的重力可认为是均匀的，单位面积的力用 q 表示。当切口完成，烟囱开始倾倒之前，对支点右侧，切口处法向应力为零，但因自重的影响，轴向应力$\sigma_z>0$，如图10的(Ⅱ)区；在断面 h 处$\sigma_z<0$，故中间有$-\sigma_z=0$ 线，如曲线 o_1A，其上边$\sigma_z<0$。

对支点左边也有类似情况。由于切口完成后出现倾倒力矩，故支点左边也出现拉应力区，如(Ⅱ)区；压应力区，如（Ⅰ）区；和零值线，即曲线 o_1B。这样，支点的作用除支撑起烟囱本体外，还要抵抗支点左侧的拉应力，故支点受力大于烟囱自重。

如前述，对倾倒起主导作用的是支点右侧的重力。如果在o_1c_1线上，材料的环向强度为零。则烟囱将沿此线劈开，右侧倾倒，左侧不动。如材料的环向抗拉强度较大而轴向抗拉强度为零；则烟囱将沿o_1a 线拉开而倾倒。因此，由于倾倒是力矩引起的，而材料的强度又是各向异性的，故烟囱在倾倒时其根部的破坏情况取决于其轴向和环向抗拉强度及摩擦系数等因素。对于砖烟囱，由于在施工中轴向的灰浆是压固的，抗拉强度较大，而环向的抗拉强度较小，故它可不沿o_1a 线破坏，而要往上斜一角度。我们所爆的一个砖烟囱就是如此。其破坏线大致如o_1D线。文献〔1〕也给出一个类似的例证。对于我们所炸的钢筋砼烟囱来说，因左侧的钢筋已在o_1a 线上被预先切断，故可认为该处轴向抗拉强度很小，因此从该处拉断，如照片三。

本文的数值计算工作是在艾向群同志协助下完成的，并得到了刘良吉和金宝堂等同志的帮助，特此致谢。

参 考 文 献

〔1〕 "烟囱爆破实践八例"，土岩爆破文集（第二辑），冶金工业出版社（1984）。

〔2〕 Бухгольц，Н.Н. 著、（钱尚武、钱敏译）、理论力学基本教程、商务印书馆(1953)。

MECHANICAL ANALYSIS ON TOPPLING MOVEMENT OF 38M REINFORCED CONCRETE CHIMNEY

Xu Lianpo

Abstract

The analysis of toppling movement of demolished chimneys is actually a typical problem in mechanics. A calculation of the toppling process is given in this paper, and satifactory results are obtained as comparing with field measurements. The stress distribution in chimney during toppling are analysed and the possibility of fracture is pointed out. Similarity analysis is also carried out. Finally, the rationality of some technical measures for demolishing chimneys by blasting are discussed.

?1994-2017 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net