

药孔与水压装药综合起爆拆除 水塔的理论与实践

高育滨

(长沙工程兵学院)

摘要 本文通过理论推导和工程实践, 得出采用药孔与水压装药综合起爆拆除水塔的一般方法, 着重讨论了起爆时差的计算问题。

关键词 控制爆破, 爆破技术, 水压爆破。

1. 前言

在现代建筑群中爆破拆除水塔, 由于受到倒塌环境的限制, 有时已不便使用惯用的单一定向爆破。工程实践表明, 单一用药孔法定向爆破拆除水塔, 多数倒塌后的水柜, 除出现少量裂隙外, 均是完好的。实际上, 水柜的壁面较薄, 用药孔法爆破显然十分麻烦, 而用水压爆破, 倒后不易控制方向和裂隙, 也难保证效果。为使水塔爆破趋于全面、完善。作者通过理论探讨和工程实践, 导出并说明了药孔与水压装药时差起爆拆除水塔的方法, 尤其以问题的关键——起爆的时差计算, 作为重点加以详细论述。

2. 水塔倾倒运动处理方法的探讨

(1) 给定条件

药孔与水压装药时差起爆拆除水塔, 是通过先起爆设在水塔根部的药孔装药, 待水塔向倒向转动 $0 \sim 5^\circ$ 时, 再起爆设在水塔头部水柜内水压装药的一种方法。为便于计算, 可在满足工程实际的情况下, 对预定的计算模型给定如下条件。

因处理倾倒运动是在水塔向倒向转动 $0 \sim 5^\circ$ 的范围内, 角度较小, 且水塔根部不能承受较大的变形, 即与切口对应的支承体不能承受较大的抗拉作用而断裂, 所以可将水塔倾倒视作刚体, 绕定轴转动。同时由于此时塔体运动速度较小, 空气阻力可不计, 另外, 药孔装药为使水塔在根部形成切口的一种手段, 其爆炸动载效应, 因药量较小, 作用时间极短, 且水塔自重产生的一个相对恒定的力矩, 使得效应对我们处理的问题不会有明显的影响, 所以也被忽略。由此, 水塔的倾倒运动就可在给定的条件下建立实用的运算模型。

(2) 水塔倾倒运动微分方程

根据动量矩定理, 参见图 1, 其倾倒运动方程为

$$J_z \frac{d^2\varphi}{dt^2} = Mg(\delta + Z_c \sin\varphi) + M_f \quad (1)$$

这里 J_z 是水塔对转轴的转动惯量。 M 是水塔质量。 δ 是转轴 (爆裂口边沿连线) 到 O 点的距

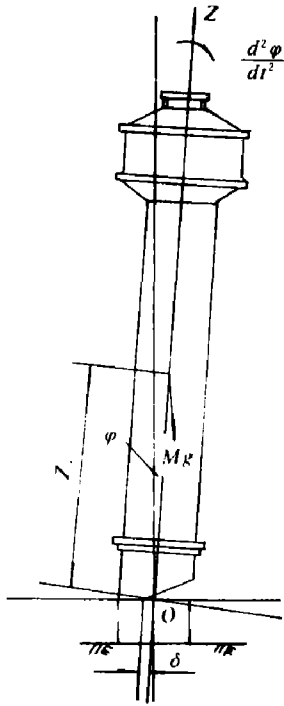


图1 水塔的转动

离。 Z_c 是水塔转轴以上部分的重心坐标。 M_f 是根部支点处的力矩，通常不能确切知道，但可通过一定的工程措施，使其变得十分微小，而不予计算（砖砌结构 M_f 极小，钢筋混凝土结构可通过切断部分钢筋，使 M_f 极小，而忽略其作用）。

$$J_z = J_0 + J_\delta \quad (2)$$

$$J_0 = \iiint_V \rho Z^2 dv \quad (3)$$

$$J_\delta = M \delta^2 \quad (4)$$

$$Z_c = \frac{\sum M_i Z_{c_i}}{\sum M_i} \quad (5)$$

其中 ρ 是材料密度； M_i 是水塔不同部位的质量； Z_{c_i} 是对应于 M_i 的重心坐标。

(3) 匀变速圆周运动方程

$$\varphi = \varphi_0 + \left. \frac{d\varphi}{dt} \right|_{t=\varphi_0} \cdot t + \frac{1}{2} \frac{d^2\varphi}{dt^2} \cdot t^2$$

在基本能满足工程要求的条件下，可粗略认为

$$\varphi_0 = 0 \quad \text{和} \quad \left. \frac{d\varphi}{dt} \right|_{t=\varphi_0} = 0$$

上式可改写为下形式

$$t = \sqrt{\frac{2\varphi}{(d^2\varphi/dt^2)}} \quad (6)$$

在 $\varphi = 0 \sim 5^\circ$ 范围内，该式计算结果与精确公式^[1]比较吻合。此处 $\varphi_0 = 0$ 时烟囱不倒，可看作是公式中的间断点。

(4) 给定 φ 值的时差计算

由(1)式和(6)式可得

$$t = \sqrt{\frac{2\varphi J_z}{Mg(\delta + Z_c \sin\varphi) + M_f}} \quad (7)$$

对于塔身为砖结构的水塔， M_f 极小，可忽略，这时

$$t = \sqrt{\frac{2\varphi J_z}{Mg(\delta + Z_c \sin\varphi)}} \quad (8)$$

3. 几个影响参数的确定与分析

为保证设计有效，使拆除爆破成功，水塔爆破中，非理想情形的分析也是不可忽略的。

(1) δ 的取值

δ 的取值直接影响到时差的计算。要使 δ 值较确切地知道，理想的方法是在切口的两个边沿上用人工或机械法先开两个对称的小窗口，实际上这对倒塌方向的准确性来说，也是十

分有利的。此时的 δ 计算式为

$$\delta = R \sin \left[\left(\frac{L_c}{2\pi R} - 0.5 \right) 2\pi \right] \quad (9)$$

如果不予先开设小窗口， δ 则可按下式计算。

$$\delta = R \sin \left[\left(\frac{L_c - 1.2W}{2\pi R} - 0.5 \right) 2\pi \right] \quad (10)$$

式中 R 是水塔的外半径（切口处）， L_c 是爆破切口长度， W 是最小抵抗线。如果切口边沿位于门口处，该门又是为爆破临时砌筑封闭，则应适当增大 δ 值。

（2）水压装药偏离原始位置的计算式

$$d = l \sin \varphi \quad (11)$$

d 是药包偏离原始位置的距离， l 是药包的入水深度。

4. 工程实践

（1）工程概况

该水塔在湖南省煤炭科学研究所院内，建筑在山包上，地势较高，且四周建筑物环抱，最近一侧距楼房仅8米。其它各方向也小于24米。

水塔高25米，由塔身和水柜两部分组成。塔身为水泥浆砌砖墙结构，分三部分，第一部分是根部到4米高处，其外半径为1.625米，内半径1.125米，自重33.4吨；第二部分是4~15米高处，外半径1.495米，内半径1.125米，自重69吨；第三部分是15~20米高处，外半径1.495米，内半径1.25米，自重21吨，各部分连接处有一钢筋混凝土圈梁。水柜为钢筋混凝土结构，侧壁厚15厘米，顶板厚6厘米，底板厚20厘米，内半径2.4米，高5米，自重32吨，容水量50吨，装满水时全重82吨。水塔结构完好。

（2）爆破方案设计

（a）爆破参数计算

爆破参数表

位置	孔深 (厘米)	W (厘米)	孔距 (厘米)	列距 (厘米)	列数 (列)	孔数 (个)	Q (克)	Q_n (公斤)	ΣQ (公斤)
水塔根部	32	25	35	30	4	54	37.5 50	2.20	3.10
水 柜	$Q = k \delta^3 R^3 = (4 \sim 11) \times 0.15^3 \times 2.4^3 = 0.7 \sim 1.8$ 公斤							0.9	(公斤)
水 管	导 爆 索					4个	4.00米	16米	

（b）装药设置

药孔法的装药采用常规的方法设置，见图2。水管共两根用4个装药炸断，装药为导爆索绕铸铁管6~10圈，见图3。水压装药用绳索固定在一根长度与水柜内径相等的竹筒中央，放入水中，见图4。

（c）起爆时差计算

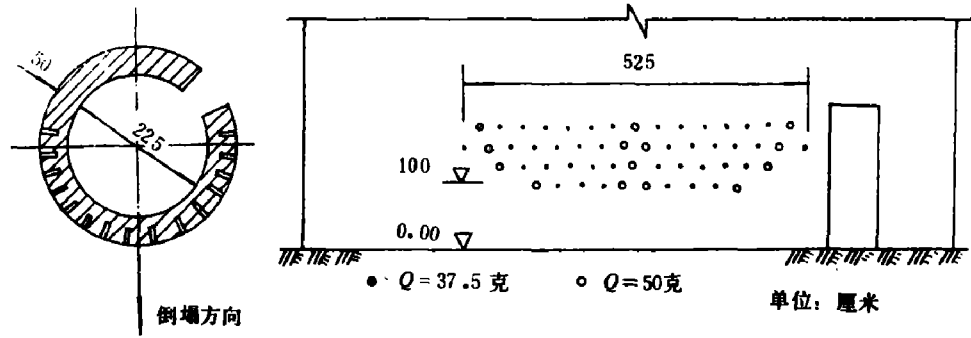
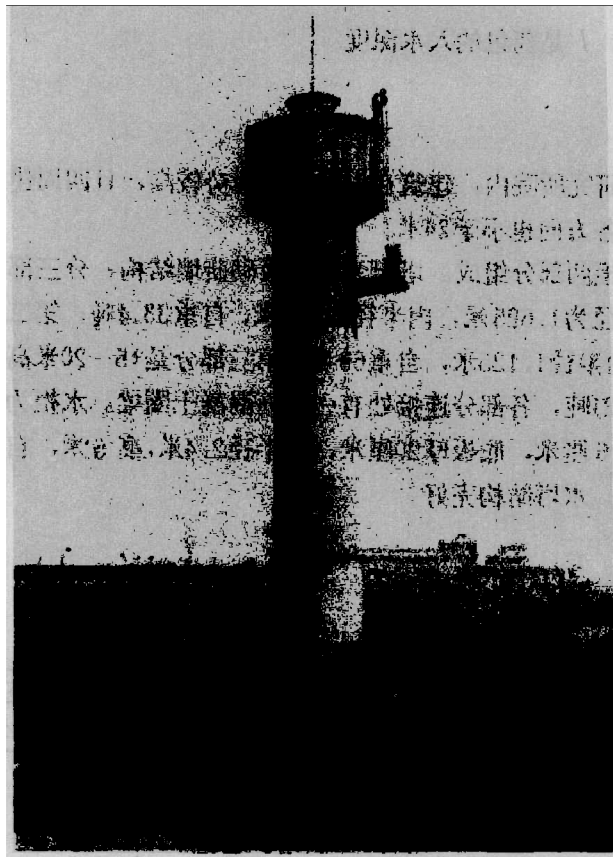
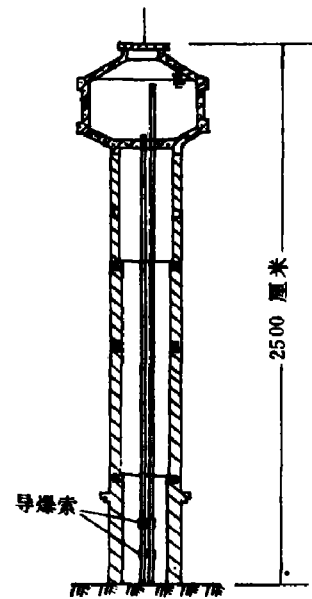


图2 药孔布设平面图与展开图



3a 水塔外貌

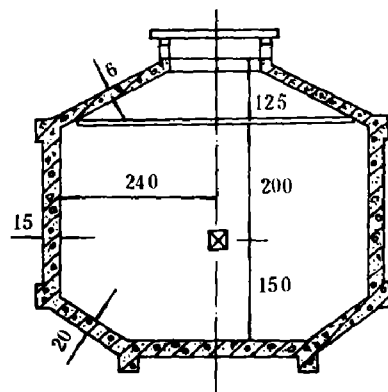


3b 水塔纵剖面与导爆索设置图

图 3

根据上述公式和数据可计算出： $M=188.7$ 吨； $Z_c=13.25$ 米； $J_0=42382502$ 公斤·米²； $J_s=M\delta^2=30192$ 公斤·米²； $J_z=J_0+J_s=42412694$ 公斤·米²。

从图5我们可以看出，在 $\varphi=0\sim 5^\circ$ 内控制时差较有把握。也就是说 $\varphi>5^\circ$ 后，水塔倒塌速度很快。本次爆破，取 $\varphi=3^\circ$ ，则通过(8)式可计算出 t 值为1.46秒。爆破时取 $t=1.4$ 秒。起爆采用多支路程序控制起爆器控制。为了可靠，水压装置设置了两条线



单位 厘米

图4 水压装药设置图

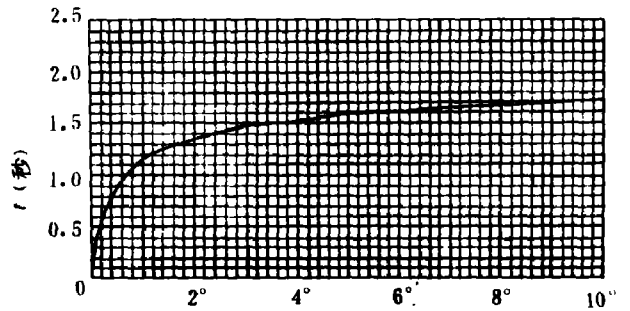


图5 $\delta = 0.4$ 米时, φ 与 t 的关系曲线

路, 并采取必要的防护措施, 以确保第一段先爆不会炸断第二段线路。线路形式见图6。

(4) 影响参数的确定与分析

通过计算 $\delta = 0.3$ 米, 但考虑到倒向右侧边沿第一个药孔靠近门口, 该门又是由于爆破而用砖临时砌封闭的, 有一定的可压缩性, 所以实际取 $\delta = 0.4$ 米。

计算结果表明 $d = 0.1$ 米, 这不会明显影响水压装药的爆破效果, 也不会带来较大的安全问题, 所以从施工方便的角度, 可不考虑它造成的影响。

(3) 施爆效果与分析

药孔装药起爆后, 水塔根部冒出一股浓烟, 紧接着缓慢地向倒向倾斜, 约 3° 左右, 水压装药起爆, 片刻可看到水挤出壁面, 水柜与塔身结合部出现裂隙。水压装药起爆后, 水塔边下座边向倒向倾斜, 约2.5秒钟左右全部落地摔碎。塔向倒向倒塌最远距14.3米, 后座块体最远为4.2米。用工具丈量未发现定向偏差。倒后的情形见图7。

爆破结果表明, 上述处理方法是可行的, 方案设计也是正确的。同时从倒塌过程和坍塌范围, 还能发现由于 $\varphi (= 0 \sim 5^\circ)$ 较小, 水压装药爆炸后和水柜自重的向下作用, 使得塔身破裂下座, 减小了倒塌距离, 这对倒塌距离受到限制的砖砌水塔, 此法是可行的。

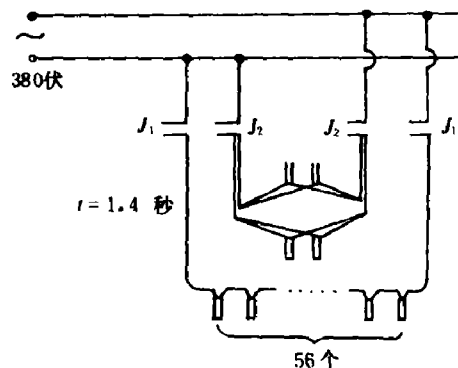


图6 起爆线路



图 7 倒塌后的情形

参 考 文 献

- [1] 许连城, 爆炸与冲击, 5 (2) (1985), 59.
- [2] 高育滨, 吴维敏, 爆破, 8 (1) (1986), 48.
- [3] 重庆建筑工程学院、湖南大学编, 理论力学 (1983).

DEMOLISHING WATER-TOWERS BY MEANS OF WALL-HOLE CHARGES AND IN-WATER CHARGES: ITS THEORY AND PRACTICE

Gao Yubin

(Changsha Institute of Engineer Corps)

ABSTRACT This paper presents a practicable method of pulling down a water-tower with wall-hole charges and in-water charges, which we have worked out through practice and calculation. The main point of this report is the method for calculating the value of the time delay for initiation of the charges.

KEY WORDS controlled blasting, blasting technique, explosion-in-water blasting.