

城区爆破作业对环境的影响

朱瑞庚 吴绵拔 蔡金祥

(中国科学院武汉岩土力学所)

摘要 本文用一个城区爆破作业的实例说明, 只要采取可靠的技术措施, 就可将爆破对环境的影响, 如振动、噪声、飞石等, 控制在允许的范围内, 从而可以在人口稠密的城区顺利地进行较大规模的爆破施工, 加快工程进度。

关键词 控制爆破; 光面爆破; 预裂爆破。

1. 前言

湖北彩色电视发射塔位于武汉市龟山之巅。塔身高221米。塔的基础是一个直径31米, 厚约10米的钢筋混凝土结构体。塔基东面濒临长江, 南距武汉长江大桥170米, 西面约100米处有古迹牌坊, 北距国棉一厂厂房90米, 北东面距正在工作的湖北二频道电视台的机房50米, 距其发射塔仅8米。为了建造塔的基础, 需要开挖基坑的石方约7000米³, 被开挖的岩体为石英砂岩, 普氏系数为7~9。要求在三个月内完成, 为此只有采用爆破开挖。爆破作业区现场情况见图1。整个龟山是一个公园, 古迹与游人很多, 且处于武汉市中心地区, 原属禁爆区。因此环境对爆破有着苛严的要求。为了如期完成此工程, 我们采取了多种方法控制爆破对环境的影响。主要控制的危害有: 震动、飞石、滚石、噪声、毒气、心理伤害及对建筑物和基坑围岩的破坏等。我们成功地达到了安全爆破开挖的目的, 并按期完成了施工任务。

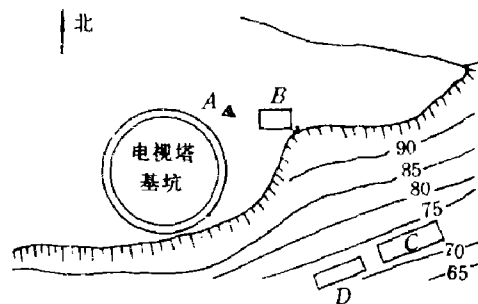


图1 湖北电视塔基坑开挖爆破现场 (A——正在工作的二频道电视发射塔; B——二频道机房; C、D——建筑物)

2. 爆破设计方案

为了有效地控制爆破效应, 我们采取的爆破设计方案为: 首先在需爆破开挖的中央部位沿南北向软弱地区开挖一条沟, 然后以此沟为自由面与抛石地, 逐步在东西向沿山体和岩层走向推进。基坑东部用浅孔微差控制挤压爆破, 西部用深孔微差控制爆破。为了保护基坑围

岩的完整性，东部边缘采用光面爆破，西部边缘采用预裂爆破。具体的爆破参数和爆破器材是通过现场试验确定的，详见表 1。

表 1 电视塔基坑爆破参数

爆破方式	参数	抵抗线 w (米)	孔距 (米)	排距 (米)	孔深 (米)	单位耗药量 (千克/米 ³)	总药量 (千克)	最大单段药量 (千克)	延期段数	线装药密度 (千克/米)	耦合系数 (r/r ₀)
浅孔微差		0.8	0.8	0.8	1.7	0.4	80	17	12		
挤压爆破		~1.6	~1.0	~1.0	~2.0						
裂隙爆破			0.7 ~0.9		1.7 ~2.0	0.2 ~0.3				0.250 ~0.350	3 ~3.5
光面爆破		1G ~15r	0.7~ 0.3w		1.7 ~2.0	0.2 ~0.3				0.100 ~0.150	2

注 r—炮孔直径 r₀—药卷直径

3. 爆破危害的控制

(1) 基坑爆破振动效应

爆破振动是土岩爆破对环境影响的重要因素，通常用爆破时测点的质点振动速度来表征，而地基质点振动速度的计算通常用下式

$$V_{ms} = K \left(\frac{Q^{1/3}}{R} \right)^{\alpha} \quad (1)$$

式中 V_{ms} ——地基质点速度峰值 (厘米/秒)； Q ——装药量 (千克)； R ——测点至爆源的距离； K ——与地质条件有关的特征系数； α ——地震波传播的衰减指数。考虑到现场地质条件与爆破方式的变化，我们采用如下公式^[1]计算 K 与 α 值

$$K = \frac{K_s \cdot \rho_0^{1+b} \cdot C_{p_0}^{2+b}}{(0.4 + 0.6n)^{1.3}} \cdot (\rho_1 C_{p_1})^{-1.2} \cdot \left(1 - \frac{4}{3} \frac{C_{s_0}^2}{C_{p_0}^2} \right)^{-3} \quad (2)$$

$$\alpha = (a + b \rho_1 C_{p_1}) \bar{R}^{\psi} \quad (3)$$

式中 ρ_0 、 C_{p_0} 、 C_{s_0} ——分别为震源附近介质的密度、纵波速度与横波速度； ρ_1 、 C_{p_1} ——分别为测点介质的密度和纵波速度； $\bar{R} = R/R_0$ ——无量纲距离， R_0 ——装药半径； ψ ——吸收系数，对于本文中的微差爆破， $\psi = -0.05$ ； $a = 2.150$ ， $b = -4.4 \times 10^{-3}$ ； K_s ——爆破方式系数，取 $K_s = 2$ ； n ——爆破作用指数。

为了保护基坑爆破作业区周围重要建筑物的安全，对这些建筑物附近地运动的质点振动速度规定了一个安全控制值。

表 2 基坑爆破开挖时地运动质点振动速度监测结果

地运动质点 保护对象	安全控制值 (厘米/秒)	实测垂直分量 (厘米/秒)	实测水平分量 (厘米/秒)
二频道天线塔	1.2	< 0.28	< 0.33
二频道机房	2.5	< 0.23	< 0.22
古迹牌坊	2.5	< 0.04	< 0.06
长江大桥桥头	5	< 0.01	< 0.01

在爆破作业过程中,我们用(1)式、(2)式、(3)式准确地预报了地运动的大小,并实行监测,监测结果与预报值基本一致,并大大低于安全控制值。从城市爆破安全为最重要标志来说,说明设计更为安全可靠,从而使得爆破振动造成的危害得到了控制。典型的监测结果见表2。

(2) 爆破振动对混凝土早期强度的影响

当电视塔主体工程正在建造时,一个大型地下公共建筑的施工也在进行,一条位于塔基之下51.5米的隧道正在爆破开挖,其振动对正在施工中的塔身的混凝土早期强度的影响引起了极大的重视。我们仍然采用(1)~(3)式进行预报,并实际监测了爆破引起塔基质点速度及塔身结构的振动速度,对结构振动的频率也进行了分析。图2是对塔身振动的测点布置,表3给出了塔结构振动监测结果。根据规范:振速不大于1.65厘米/秒时,不会影响混凝土的凝固质量。实测的振速为0.027~0.263厘米/秒,足够满足要求。塔结构的自振频率为3~8赫兹,所测爆破振动的主频率远偏离于塔的自振频率,因而不会引起共振。结果表明地下隧道的爆破作业对塔身的混凝土早期强度没

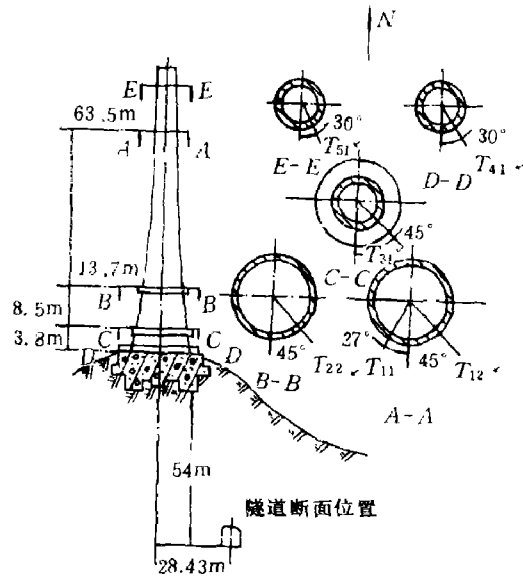


图2 塔结构测量布置图(A、B、C、D、E表示测点在塔身上所处的层次;T₁₁、T₁₂...为测点号;—表示测三个方向。)

表3 塔结构的最大振速(厘米/秒)

测点	药量 (千克)	振速 (厘米/秒)	0.30	0.45	0.90	2.925(千克)	
			(千克)	(千克)	(千克)	V_{max}	主频 <i>f</i> (赫)
No. A ₁		0.027	0.040	0.050	0.125	66	
A ₂		0.056	0.057	0.071	0.069	63	
A ₃		—	—	—	0.063	63	
B ₁		0.077	0.066	0.117	0.132	83	
B ₂		0.071	0.076	0.138	0.165	63	
B ₃		—	—	—	0.149	70	
C ₁		0.075	0.065	0.110	0.137	75	
C ₂		0.047	0.051	0.071	0.125	54	
C ₃		—	—	—	0.182	87	
D ₁		—	—	—	0.182	—	
D ₂		0.154	0.157	0.263	0.152	—	
D ₃		—	—	—	0.160	—	

有影响,从而为隧道爆破作业能与塔身混凝土施工同时进行提供了有力依据。

(3) 飞石的控制

本工程不容许有爆破飞石飞出,为此采用:1)严格控制爆破参数和装药量;2)保证填塞长度大于抵抗线,当只有一个临空面时,填塞长度大于20~25倍孔径;3)安排微差爆破顺序,控制爆破抛掷方向,使其指向坑内;4)严密覆盖,先用装土草袋覆盖炮孔,再用金属环索连结成整体的胶管帘子和焦油帆布覆盖,最后用尼龙安全网罩在上面,拉紧固定。爆破时进行了高速摄影和宏观监视,不见飞石飞出,仅见被爆岩体在原地隆起和降落。表明采取以上措施,能有效地防止飞石的飞出。

(4) 噪声控制

为了使居民与游客不受惊扰,采用加强填塞、覆盖和多段微差的小药量爆破,有效地减少了噪声。在爆破过程中采用CH11型电容式传感器和ND6型脉冲精密声级计进行监测。结果表明,距爆源28米处最大噪声为115~125分贝。在爆破开挖过程中,爆破作业区爆声小于汽车的噪声。

(5) 防止滚石

基坑位于龟山最高点,场地狭窄,北面邻接的山坡坡度为40~60°,为此,在北坡标高80米处沿东西方向预先开挖长30米、宽2米、深1.5米的截石沟,修筑了长36米、高2米,厚1~2米的土墙。这样有效地阻挡了所有滚石。

(6) 起爆事故的预防

由于爆区距现有的电视发射塔仅8米,而且周围高压输电线很多,为了防止杂散电流引起意外爆炸事故,所以在发射台工作时,采用一种专门制造的非电起爆材料进行爆破作业,有效地防止了早爆的意外事故,确保了爆破作业人员的安全。

(7) 围岩的保护

在基坑边缘部位进行预裂和光面爆破后,发现围岩表面上仍然残留着炮孔的半个壁,没有产生新的裂缝。跨孔声波测量表明,爆后岩体的声速没有明显的下降。这些都证明围岩受到了很好的保护。

(8) 有害气体与心理伤害的预防

在人口密集的地方进行爆破作业,还须预防爆破产生的有害气体对公众造成的心理伤害。有害气体与炸药量、炸药性质、堵塞条件及通风等因素有关。本次爆破采用2#岩石硝铵炸药,一次起爆药量不大,而且炮孔分散、堵塞条件良好,加之爆破作业区位于山巅,且濒临大江,自然通风良好,这一切都有效地降低了有害气体的浓度。据环卫专家估计与分析,这种爆破作业产生的有毒有害气体,由于量少和迅速消散,不会对公众的健康造成危害。

4. 结论

在电视塔基坑爆破开挖施工中,我们采用的最大延发段炸药量为17公斤,每次爆破总药量为80公斤。平均每天爆破方量约187方。由于采取了各种安全技术措施,使得爆破作业对周围环境的影响被控制在足够安全的范围内,成功地完成了爆破施工任务。因此可得到如下结论

(1) 在人口稠密的市区,只要采取足够的安全技术措施,可以顺利地进行较大规模的爆破作业。

(2) 光面爆破、预裂爆破、微差爆破等技术的合理使用,使爆破造成的振动、噪声等

危害降低到极小。

(3) 式(1)、式(2)、式(3)对预报不同场地不同爆破方式的地运动质点振动速度有很好的适应性。

(4) 爆破作业对混凝土早期强度的影响是可以控制的。这使得爆破与混凝土的浇筑可以同时进行。

参 考 文 献

- [1] 李铮 朱瑞庚等,《爆炸与冲击》, 6(3)(1986)。

THE EFFECTS OF BLASTING ON URBAN ENVIRONMENT

Zhu Ruigeng, Wu Mianba, Cai Jinxiang

(Wuhan Institute of Rock and Soil Mechanics, Academia Sinica)

ABSTRACT As an example, a practice presented in this paper showed that the damage effects of the blast performed in urban districts, such as ground movement, building vibration, casting stones, noise, and so on could be controlled within allowable level if some appropriate technical measures were adopted.

KEY WORDS controlled blasting, smoth blasting, presplitting blasting.