

文章编号 :1001 - 417X(2002)09 - 0004 - 02

# 三峡右岸场地开挖工程爆破振动安全控制

黄 斌<sup>1</sup> 黄 宁<sup>2</sup>

(1.宜昌三峡工程建设三七八联营总公司,湖北 宜昌 443133; 2.长江水利委员会设计院,湖北 武汉 430010)

摘要 :为了确保爆破引起的振动不会对邻近建(构)筑物及其设备或设施产生不利影响,采用振动速度作为爆破的控制标准。爆破所需的孔排距、单位耗药量等爆破参数均由试验确定,深孔梯段爆破采用孔间微差和排间微差或两者相结合的起爆方式。采用非电爆破网络,实行多段起爆,使每次爆破规模适当加大,从而加快了施工进度。工程结束后,声波检测结果表明,爆破对下部基岩及边坡的影响较小。

关键词 :振动控制;爆破开挖;起爆方式;多段起爆;场地平整;三峡水利枢纽

中图分类号:TV542 文献标识码:A

## 1 概述

三峡水利枢纽右岸电站部分施工场地平整初期开挖工程,在长江右岸高家溪以上至茅坪溪防护坝区域内进行。

施工区基岩为闪云斜长花岗岩,灰白色、中粗粒结构,有岩脉穿过。除开挖 II 部分地段为强风化带外,其它部位以弱风化、微新岩体为主。

工程于 2000 年 5 月开始,靠近工程爆破区周围有右非坝段混凝土浇筑缆机索地锚点及右非坝段、永久及临时开挖边坡和喷锚支护工程部位、导流明渠右隔流堤等建筑物。由于采用了先进的控制爆破技术,严格的安全质量保证措施和科学的监测手段,确保了场地平整施工开挖期间周围建筑物的安全。

## 2 爆破振动安全控制标准

在评价爆破地震效应对建(构)筑物的危害时,一般常用变化相对稳定的速度为破坏判据,并要考虑爆破振动频率与建筑物固有频率之间的关系,以及爆破振动持续时间对建筑物累积破坏作用。因此本工程采用振动速度作为爆破振动控制标准。

各动态监测部位的最大质点振动速度安全控制标准是根据《爆破安全规程》结合其他工程实践提出的,见表 1。

表 1 爆破振动安全控制标准 cm/s

新浇混凝土及喷锚支护工程	振动速度	新浇混凝土及喷锚支护工程	振动速度
龄期 0~3 d	1.5~2	缆机后索锚	5
龄期 3~7 d	2~5	岩质边坡	10
龄期 7~28 d	5~8	导流明渠挡水石埂	3~5
右非坝段混凝土	5~8		

## 3 动态监测方法及测试系统

### 3.1 动态监测方法

动态监测采用电测法测量爆破最大质点振动速度。

为了全面准确地了解爆破地震效应,对各动态监测部位都进行竖向分量和水平分量测量。

### 3.2 动态测试系统

本系统采用 topbox508 型爆破自记仪记录,拾振器采用 CD-1 型传感器和 DZJ-756 型拾振器传输信号,微机配 topview 界面专用分析软件进行分析和处理,打印机打印成果。测试前本系统经湖北省计量研究中心标定。

## 4 控制岩石破碎质量及振动安全的主要措施

场地平整开挖料主要用于茅坪溪大坝填筑,且对上坝料级配要求较严格,因此,爆破所需的孔排距、单位耗药量等爆破参数均由试验确定。深孔梯段爆破采用孔间微差和排间微差或两者相结合的起爆方式,有效地控制了最大单段药量,保证爆破振动对建筑物的影响控制在安全范围内。采用非电爆破网络,实行多段起爆,使每次爆破规模适当加大,从而加快了施工进度。合理选取微差起爆的间隔时间和临空面,保证爆破后岩石能得到充分松动。深孔梯段爆破中不采用过大超深的孔段,以免增加爆破的振动效应。在靠近建(构)筑物及其设备或设施进行轮廓线开挖时一般采用预裂爆破,在大规模爆破开挖前,先沿设计开挖轮廓线裂出一条缝,减缓开挖区爆破对保留区岩体的振动影响及防止爆破裂隙延伸至保留岩体内。预裂爆破虽能在不同程度上削减爆破地震波幅度,但预裂爆破本身是在无限介质中进行的,相同单段药量预裂爆破地震波幅度是深孔梯段爆破的 2~3 倍,为了防止预裂爆破造成过大振动,采用分段延发起爆,并尽力减少同段起爆的炮孔数。施工中有条件的部位尽量采用振动影响较小的光面爆破。

典型爆破实例:在 110 平台一次爆破施工中,为保证坡面开挖质量,采用梯段加预裂的爆破方案。

(1) 爆破参数。① 梯段爆破。梯段高度 11 m,炮孔直径 90 mm,炮孔倾角 90°,孔深 12 m,药卷直径 70 mm,单位耗药量 0.54 kg/m<sup>3</sup>;主爆孔孔排距 2.5 m×3 m,单孔装药量 45 kg,缓冲孔孔

排距 2 m × 2 m, 单孔装药量 22.5 kg, 堵塞长度 2 m。② 预裂爆破。炮孔直径 90 mm, 孔深 13 m, 药卷直径 32 mm, 线装药密度 400 g/m, 单孔装药量 4.8 kg。堵塞长度 1 m。

(2) 起爆网络。梯段爆破采用导爆管非电毫秒起爆网络, 周边轮廓的预裂爆破则为导爆索传爆, 典型起爆网络见图 1。起爆网络的设计原则是: ① 预裂爆破和梯段爆破同次起爆, 起爆顺序为先预裂, 后梯段。② 主爆区采用梯段孔间微差爆破形式, 做到孔间微差间隔时间为 25 ms; 周边轮廓的预裂爆破分 4 段, 间隔时间为 25 ms。③ 预裂爆破 4 ~ 5 孔一段, 最大装药量不大于 24 kg, 梯段爆破单孔一段最大装药量不大于 45 kg。

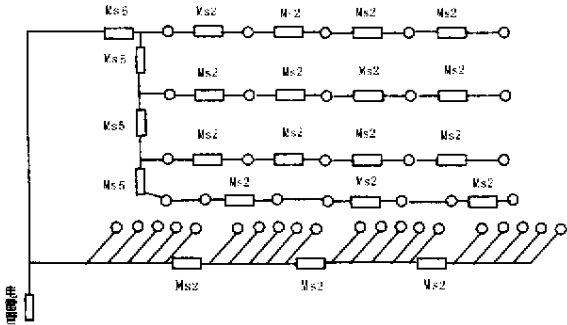


图 1 爆破网络

(3) 爆破效果。爆后岩石破碎刻度均匀, 渣堆集中, 飞石极少。出渣后现场鉴定, 预裂爆破半孔残留率约在 90% 以上, 爆后的底部没有较大的超欠挖。

(4) 爆破振动监测。监测部位为右非坝段混凝土浇筑缆机缆索地锚点、右非坝段、边坡 120 马道和喷锚支护工程, 共布置 4 个测点即 8 条测线。

实测结果表明: 紧靠爆区 110 平台边坡 120 马道的最大质点振动速度为 5.63 cm/s (垂直向); 喷锚支护工程 (混凝土龄期 5 d) 最大质点振动速度为 1.93 cm/s (垂直向); 右非坝段混凝土浇筑缆机缆索地锚点最大质点振动速度为 0.43 cm/s (水平向); 右非坝段为 0.2 cm/s (水平向)。说明各监测部位的最大爆破质点振动速度均在安全控制标准内, 爆破并未对周围建(构)筑物产生破坏。

### 5 动态监测成果分析

动态监测是为了了解爆破振动对周围永久及临时建筑物的影响程度, 及时反馈动态监测成果, 为有关方面控制爆破规模、指导爆破施工、完善爆破设计提供可靠依据, 以确保施工期周围永久及临时建筑物安全。对超过安全控制标准部位, 动态监测组及时同有关人员一起进行分析, 提出控制措施。

质点振动速度衰减规律测试是为了研究爆破地震效应的破坏规律, 找出减少爆破地震强度的措施和确定出爆破地震的安全距离以及爆破地震波随距离变化的衰减规律。爆破振动衰减规律测试结合施工监测进行, 通过对所测数据进行回归处理得出在不同边界条件下梯段爆破和预裂爆破的质点振动速度衰减规律。

12 次爆破监测成果中, 各监测部位的最大爆破质点振动速度都在安全控制标准以内 (见表 2)。虽然有极少数测点的爆破最大质点振动速度值接近安全控制标准, 但并未引起保护区混凝土出现裂缝等不良现象。

分析研究爆破地震效应的目的在于判断和评价这种爆破技

术对周围建筑物及附近岩体的振动影响。一般爆破时炸药释放的能量, 一部分用于破碎岩体, 一部分则从爆源以地震波的形式通过岩体向外传播, 还有一部分产生空气冲击波。对工程影响大的则是地震波, 引起地层的振动。这种地震的强度随着爆心距的增加而减弱。然而当地震的强度超过安全控制标准时, 就可能引起周围建筑物的破坏。有些国家在制定振动安全控制标准时考虑速度和频率两项指标, 因为按照爆破力学理论, 炸药爆炸传给周围介质大量的能量, 一部分能量以地震波形式从爆区传到远处。如果药包爆炸产生激励频率与大地响应频率一致, 那么很小的激励也可使大地产生强烈运动; 如果大地响应频率与附近建筑物的谐振频率一致, 就可能使结构增强运动。统计资料表明: 极少数测点的爆破最大质点振动速度值接近安全控制标准时均发生预裂爆破, 其波形特征为振幅以跳跃脉冲形式出现, 振动频率较高。一般水工建筑物的谐振频率为 4 ~ 10 Hz, 爆破地震波产生的激励频率为 50 ~ 100 Hz, 爆破地震波产生激励频率与附近建筑物的谐振频率相差较大, 不可能发生共振。

表 2 实测爆破振动速度成果 cm/s

部 位	实测最大质点振动速度	
	垂直方向	水平方向
边坡马道	9.30	9.70
水池	1.81	1.31
缆机后锚索	2.51	2.78
新喷混凝土 (龄期 5 d)	2.79	1.00
挡水石埂	2.77	1.07
交通洞	0.40	0.38
右非 3 号坝段基础	0.25	0.23

### 6 结 论

水利水电工程基础开挖爆破有它的独特性, 它不同其他行业爆破, 尤其是接近建基面以及周围有重要建筑物部位的爆破, 我们除考虑钻孔及爆破效率外, 考虑更多的是如何减少爆破对建基面及周围建筑物的破坏。三峡右岸电站场平开挖爆破广泛采用微差控制爆破、预裂爆破 (光面爆破) 等先进的爆破技术, 提高了基岩开挖质量, 减少了对爆破建基面以及周围有重要建筑物部位的破坏影响。通过对三峡右岸电站场平爆破振动监测成果的分析, 可以得出以下结论。

(1) 《三峡水利枢纽右岸电站部分施工场地平整初期开挖招标文件》中提出的爆破技术要求和对各部位爆破振动安全控制标准是合适的。

(2) 右岸电站部分施工场地平整岩石开挖施工中采用微差控制爆破、预裂爆破 (光面爆破) 等先进的爆破技术和合理的施工方案, 既保证了上坝料粒径级配的需要, 同时爆破对周围建(构)筑物地震效应也得到了比较有效地控制, 各监测部位的最大爆破质点振动速度绝大多数在安全控制标准以内。右岸电站部分施工场地平整岩石开挖爆破振动对周围建(构)筑物没有产生破坏性影响。

(3) 通过爆破振动衰减规律测试推导的经验公式, 在以后的爆破施工中得到了验证。从爆破规模和单位耗药量上有效地控制了爆破地震波对周围建(构)筑物的地震效应。

(4) 声波检测结果表明, 爆破对下部基岩及边坡的影响较小。

(编辑 徐诗银)