

核电站扩建工程基坑开挖爆破振动安全控制

韩文红¹, 徐全军², 温尊礼¹, 姜楠², 李志龙²

(1. 核工业南京建设集团有限公司, 江苏 南京 210003; 2. 解放军理工大学工程兵工程学院, 江苏 南京 210007)

摘要:结合秦山核电二期扩建工程,在已运行核电站附近新建核电站的大型基坑开挖过程中进行爆破振动的监测与爆破振动的控制。通过理论分析与监测等多种手段对爆破振动进行有效的控制,确保了正在运行核电站的安全。所总结的减震措施经验对其他核电站的爆破振动控制具有借鉴作用。

关键词:核电站;大型基坑;爆破振动;安全控制

中图分类号:TD235 **文献标识码:**A **文章编号:**1672-7428(2011)06-0070-03

Safety Control on Blasting Vibration in Foundation Pit Excavation of Nuclear Power Plant Extension Project/HAN Wen-hong¹, XU Quan-jun², WEN Zun-li¹, JIANG Nan², LI Zhi-long²(1. Nuclear Industry Nanjing Construction Co., Ltd., Nanjing Jiangsu 210003, China; 2. Engineering Institute of Engineering Corps., PLAUST, Nanjing Jiangsu 210007, China)

Abstract: According to the Qinshan nuclear power plant 2nd phase extension engineering, the monitoring and control on blasting vibration were made in the large foundation pit excavation of new expansion nuclear power plant near the operated one. The effective control on blasting vibration was realized by theoretical analysis and monitoring, and the security of the operating nuclear power plant was ensured. The vibration absorption measures summarized in this paper could be reference to blasting vibration control of other nuclear power plant.

Key words: nuclear power plant; large foundation pit; blasting vibration; safety control

1 工程背景

秦山核电二期扩建工程3、4号机组位于正在运营的1、2号机组的西侧并与之平行配置,其基坑边缘距1、2号机组核反应堆中心约350m,距其主控室约300m,距网控楼约100m,距主变压器约180m,北侧130m有开关站,其中开挖子项工程AC基坑、QA/QB基坑、GL2管沟、GD2管沟等工程距上述设备设施仅有5~130m,开挖环境如图1所示。

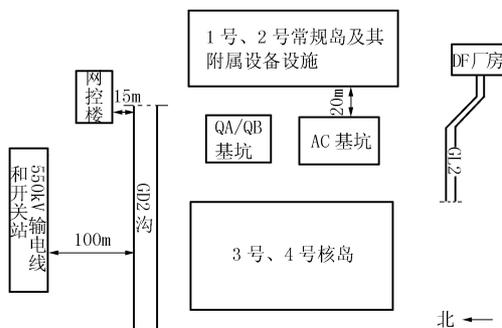


图1 扩建工程周围环境示意图

3、4号机组基坑主要包括核岛、常规岛、联合泵房及沟道等。其主要岩性为流纹状英安质含角砾熔结凝灰岩、流纹状凝灰角砾岩、流纹状凝灰岩、火山角砾岩、火山集块岩等,属火山碎屑岩系。

收稿日期:2011-01-12

作者简介:韩文红(1972-),女(汉族),陕西蒲城人,核工业南京建设集团有限公司工程师,岩土工程专业,从事核电爆破工程施工工作,江苏省南京市察哈尔路16号,h_wenhong@126.com。

岩体多呈块状构造,完整性较好,坚固性系数 $f=12\sim 14$ 。主要采用露天台阶深孔爆破方法开挖。总爆破方量约70万 m^3 。

3、4号机组基坑开挖爆破必须确保1、2号机组的安全稳定运行。为此建设单位专门委托了爆破振动监测单位,在保护对象的相应部位设置了监测点并提出了爆破振动安全控制阈值的要求:

对1号核岛、2号核岛、主控室:振动加速度滤波前 $\geq 0.025g$,滤波后 $\geq 0.02g$;

对1号常规岛、2号常规岛、网控楼、主变压器:振动加速度峰值5Hz滤波后 $\geq 0.025g$;对主控室:振动粒速 $\geq 0.5\text{ cm/s}$ 。

3、4号机组基坑开挖实施爆破炮次逾千次。由于精心设计、科学施工、严格管理和监控,每炮次的爆破振动监测结果均小于控制阈值,达到了预期的效果。确保了不影响1、2号机组的安全稳定运行。

2 爆破地震效应和爆破振动强度估算

由爆破引起的振动,常常会造成爆源附近的地面以及地面上的物体颠簸与摇晃。凡是由爆破所引起的这种现象及其后果,就叫做爆破地震效应。当爆破振动达到一定的强度时,可以造成爆区周围建

筑物和构筑物的破坏。表示爆破地震破坏的强弱程度叫做振动强度。该振动强度可以用地面运动的各种物理量来表示,如质点振动速度、位移、加速度和振动频率等。但对爆破振动来说,主要用质点振动速度或加速度来表示。

大量实测资料证明,质点振动速度与加速度,与一次爆破的装药量大小、测点至爆源的距离、地质地形条件和爆破方法等因素有关。爆破振动强度可以用下式表示:

$$V = k_1 (Q^m / R)^{\alpha_1} \quad (1)$$

$$\alpha = k_2 (Q^m / R)^{\alpha_2} \quad (2)$$

式中: V ——质点振动速度,cm/s; α ——质点振动加速度,g; Q ——装药量(齐发爆破时为总装药量,延发爆破时为最大一段装药量),kg; R ——从测点至爆破中心的距离,m; m ——装药量指数(国内多采用1/3,西方国家采用1/2); k_1 、 k_2 ——与爆破场地条件有关系数; α_1 、 α_2 ——与地质条件有关系数。

k_1 、 k_2 和 α_1 、 α_2 值可以在现场通过爆破试验来确定,也可以参照类似条件下爆破的实测数据来选取。

3 爆破振动强度控制的因素

由此可见,爆破振动强度是用岩土质点振动速度或加速度作为判据的。而速度(V)和加速度(α)与一次爆破的装药量大小(Q)、地质地形条件和爆破场地条件有关的系数(k_1 、 α_1 和 k_2 、 α_2)、测点至爆破中心的距离(R)等因素有关。式(1)和式(2)中的 k_1 、 α_1 和 k_2 、 α_2 可以用仪器对多次爆破实测并通过回归计算确定;从测点至爆破中心的距离,对已确定的保护对象是一个定值;则影响 V 和 α 的大小的是一次爆破的装药量大小 Q ,当确定了安全上允许的振动速度和加速度后,就可以控制一次爆破规模,计算一次爆破允许的安全装药量。就能有效地控制爆破振动强度。

4 减震措施

为了降低爆破地震效应,国内外学者进行了长期的探讨和研究,目前采取的安全控制措施主要有采用微差爆破、预裂爆破或开挖减震沟、限制一次起爆的装药量(这是减震的重要措施)和尽量采用爆破地震小的爆破类型和抛掷方向等。

4.1 每炮次必须进行爆破振动强度监测

监测的目的有2个:一是从字面上讲是监督测试,如果爆破振动超过规定的阈值,则要对施工单位进行惩罚和承担相应的责任;二是通过监测数据指

导下一炮次的施工。以确保各被保护目标不受到伤害。从而确保不影响1、2号机组的安全稳定运行。

前面已经述及计算式中的 k_1 、 α_1 和 k_2 、 α_2 值可以在现场通过爆破试验来确定,但影响 k 、 α 值的因素是很复杂的,如不同爆破工点的地质条件因素是有不同程度的差别的,因此 k 、 α 值就不是一个恒定值,而是有不同程度的变化的。因此对核电站这种重要设施保护就不能仅仅用监测数据统计分析的 k 、 α 值来控制。必须实测每炮次的爆破振动强度(即 α 、 V 值),以判断是否符合安全控制的要求,并据此调整下一相邻炮次的爆破参数,以保证每炮次的爆破振动强度均在安全控制阈值范围内。

正是有了这种监测数据,才能为1、2号机组是否安全稳定运行以及其它被保护目标是否安全提供了佐证;也正是这种监测数据对每个下一炮次爆破参数选择的指导,才使秦山二期扩建工程逾千炮次的爆破振动强度均被控制在规定的阈值范围以内。

4.2 开挖减震沟

设置减震沟的目的是在爆源和被保护物之间开一定宽度和深度的堑沟,使之起到反射地震波的作用,达到减振的目的。在3、4号机组基坑爆破开挖之前,先在其基坑靠1、2号机组一侧边缘开挖了一条长143 m、深9 m、宽12 m的减震沟。

4.3 严格控制最大一段起爆药量

从式(1)、(2)可知,如果将总装药量分成 n 段采用微差雷管进行延发爆破,使每分段爆破产生的地震波基本上为独立的地震波,则最大一段装药量为总装药量的 $1/n$,从而达到降震效果。分段越多,爆破振动强度越小。分段数主要是根据一次爆破的总装药量和一次爆破允许的安全药量来确定。

在秦山二期扩建工程的爆破中一次爆破的延发分段数为7~9段,取得了良好的爆破控制效果。

4.4 确定合理的微差间隔时间

实践证明,多段微差爆破是降低爆破振动的有效措施。该措施应用的关键是确定合理的微差间隔时间。在确定微差间隔时间时,主要应考虑岩石性质、炸药与岩石的特征阻抗、岩石应力波的传播速度、岩块运动的速度、爆破抵抗线等因素,情况是比较复杂的,要取得准确参数是很困难的,因此在应用中一般根据经验或经验公式来确定。对爆破振动安全控制而言,可通过现场试验确定。

在秦山二期扩建工程中既考虑岩石的破碎效果,更重要的是考虑降震效果。原则是避免各分段之间的爆破地震波的迭加,即形成分段间互不干扰

的独立的地震波。通过多次监测数据分析,确定分段微差间隔时间 ≤ 50 ms。实爆逾千次的实践证明,控制是有效的,达到了预期的控制效果。

4.5 采用孔内微差分段起爆

在秦山二期扩建工程爆破施工中,某些部位距离保护对象较近,设计的单孔装药量超过了安全上允许的最大一段装药量时,首先是调整孔网参数,即缩小单孔爆破负担面积,以降低单孔装药量。当调整孔网参数降低单孔装药量后,其值仍大于安全上允许的最大一段装药量时,则采取孔内微差分段的控制措施。即将单孔药量分成若干小段,则每小段的装药量均不超过安全装药量。

实践证明,孔内分段以2段为宜。曾经试验过分3段,但爆破效果不好,如出现超径大块和残留根底。其主要原因是药包段间距离必须大于药包的殉爆距离(即炸药包传播爆炸所能跨越的药包间距离)。目前采用的间距为50 cm,该间距内用填塞料填塞密实。从未出现殉爆现象。

孔内微差分段爆破技术在工程中应用极少,成功地应用于秦山二期扩建工程中,取得了良好的效果。

4.6 采用分片分散装药

在一个集中点如果一次爆破规模过大可能造成较大的振动时,为了安全的需要只能减小规模,带来的后果是影响工期。为了解决这一矛盾,采用分片分散装药的方法,即在不同的部位分别装药同时点火延时起爆。使各自的振动波不产生叠加,既使爆破振动强度被控制在允许的范围,又扩大了爆破规模,使工期满足要求。

前已述及,在秦山二期扩建工程施工中,在某些部位出现了单孔分2段进行微差爆破的情况,而微差雷管产品的段数是有限的,且本工程根据爆破振动安全控制的要求,每次爆破分段数为7~9段。为了扩大爆破规模,我们采取的措施是在不改变合理爆破规模的前提下,按照起爆网络的爆破顺序将每炮次微差分段总数,以7~9段为一单元划分成若干大段。每单元炮孔采用孔内微差分段,单元之间则采用孔外微差分段,孔内微差间隔时间 ≤ 50 ms,孔外微差间隔时间 ≤ 100 ms,从而使单元之间形成完全互不干扰的独立的地震波。爆破振动监测证明,该措施是有效的,既满足了爆破规模的要求,又达到了爆破振动安全控制的目的。

4.7 控制最小抵抗线的大小与方向

最小抵抗线与爆破产生的振动强度大小有密切关系,理论和实践证明,最小抵抗线大,爆破振动强

度就大,最小抵抗线小,爆破振动强度就小。朝最小抵抗线方向爆破振动强度最小,与最小抵抗线相反的方向爆破振动强度最大,侧向居中。

在秦山二期扩建工程中严格按设计的最小抵抗线大小施工。当爆破工作面出现残留根底时,必须将根底处理完后才允许放炮。关于最小抵抗线方向的控制,主要是在施工初期开挖工作面时,就有意识地调整最小抵抗线方向,尽量避免最小抵抗线背向保护对象。当出现无法避免的情况时,则采用“V”形或斜线式起爆网络^[3],以达到改变最小抵抗线方向的目的,同时也就是降低了最小抵抗线数值,取得了良好的降震效果。

4.8 严格控制钻孔超深

钻孔的作用是用来克服台阶底盘岩石的夹制作用,使爆破后不残留根底,而形成平整的底部平盘。超深过大除造成底部平盘的破坏外,还增大了爆破地震强度。从降震目的出发,我们对钻孔超深进行了严格的控制。当检查发现某施工钻孔孔深(含超深)超过了设计孔深时,必须将超过部分用堵塞料将其堵塞填实,从而避免因施工原因而造成的爆破振动强度的增大。

5 结语

在运营中的核电站附近扩建核机组的大型基坑开挖爆破的首要问题是对爆破产生的地震效应进行有效的安全控制,以确保不对运营中的核机组安全稳定运行造成影响。在秦山核电二期扩建工程中,在业主、施工单位、爆破监测单位和监理单位的共同努力下,在施工中采取了若干行之有效的爆破振动安全控制的技术措施,达到了爆破振动安全控制的预期效果,逾千炮次的爆破振动强度均被控制在规定的阈值范围以内,确保了运营的1、2号机组的安全稳定运行。

参考文献:

- [1] GB 6722-2007, 爆破安全规程[S].
- [2] 张雪亮. 爆破地震效应[M]. 北京:地震出版社,1981.
- [3] 郭进平,等. 新编爆破工程使用技术大全[M]. 北京:光明日报出版社,2002.
- [4] 熊代余,顾毅成. 岩石爆破理论与技术新进展[M]. 北京:冶金工业出版社,2002.
- [5] 王文龙. 钻眼爆破[M]. 北京:煤炭工业出版社,1984.
- [6] 陈作彬. 田湾核电站5号、6号机组负挖爆破设计与质量控制[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程),2010,37(2):74-78.
- [7] 陈作彬. 田湾核电站扩建山体爆破工程爆破质量安全管理[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程),2009,36(3):76-78.