

强夯振动监测及评估方法在变电站工程中的应用

杨明, 黄曙英

(江苏省电力设计院, 江苏 南京 211102)

摘要: 强夯施工所引发的噪音和地面振动往往会给附近的居民和民房带来一定的干扰和影响,采用强夯法加固地基在设计前必须通过现场试验确定其适用性和处理效果. 通过对某 500 kV 变电站强夯试验数据的现场监测和研究,按照国家相关标准采用振动速度和振动加速度级两种评定方法,对地面振动引起的环境变化进行了评估,认为该工程强夯施工造成的冲击振动对所测居民住宅和工房没有影响,从而为工程建设的顺利开展创造了条件. 监测所得参数和评估方法均在文中予以介绍,供研究者参考.

关键词: 强夯; 变电站; 振动监测; 安全评估

中图分类号: TU 71 **文献标志码:** A

Vibration monitoring and evaluation of dynamic compaction method in substation engineering

YANG Ming, HUANG Shuying

(Jiangsu Electric Power Design Institute, Nanjing 211102, China)

Abstract: The noises and ground vibrations caused by dynamic compaction tend to give the residents of nearby houses some interference and influence. If using dynamic compaction method to reinforce foundation in design, its applicability and the treatment effect must be tested in site before its construction. Based on a 500 kV substation by a compaction test on-site monitoring and research data, in accordance with national standards using vibration speed and vibration acceleration level two kinds of evaluation methods for ground vibration caused by environmental changes in the assessment that the impact of the accident dynamic compaction project. The measured vibration does not affect residential and studio, so as to create the smooth construction of the conditions. Monitoring and evaluation methods derived from parameters are introduced for the researchers for reference.

Key words: dynamic compaction; substation; vibration monitoring; safety evaluation

强夯法在我国工程建设中得到广泛的应用,变电站设计中也多次成功地应用强夯法加固软弱地基^[1,2]. 强夯施工造成的地表振动往往造成周围建(构)筑物的损伤和破坏,其不良影响已严重影响这项技术的推广和应用,有必要对强夯引起的地面振动进行监测和研究.

本文通过某 500 kV 变电站强夯试验的现场监测,得到其强夯冲击波引起地面振动所产生的位移、振动加速度和振动速度等重要参数,评估了振

动对环境的影响. 根据我国国家标准 GB 10070-88《城市区域环境振动标准》^[3]和 GB 6722-2003《爆破安全规程》^[4],采用振动速度和振动加速度级两种评定方法进行评估. 监测数据和评估方法可供研究者参考.

1 概况

1.1 强夯区岩土工程条件

强夯区地貌为丘陵地段,微地貌为岗地(I区)和冲沟(II区).场地标高在19.40~28.90 m之间,设计场地标高为25.85 m.场地岩土层由下伏基岩为侏罗纪细砂岩和泥岩与上覆盖层为第四系上更新统残破积和冲积层构成,零星分布填土,部分地段基岩出露.场地土层物理力学指标推荐值见表1.

I区场地土类别为中硬土~岩石,覆盖层厚度

小于5 m(含全风化层);II区场地土类别为中软土(含填土层),覆盖层厚度一般在9.0~11.0 m之间(含填土层厚度).I区地下水埋藏深,基础埋置深度内未见地下水.II区有浅层地下水,属上层滞水,含水层主要为③层粉质粘土,水量较小,地下水位埋深约在1.50~2.20 m之间,受到大气降水及地表水(水塘)渗入的影响,但当场地平整后,地下水主要为冲沟(含水塘)的填土层中雨水和③层粉质粘土中上层滞水,当填土层压实后起一定的隔水作用.雨季填土层中雨水水量较大.

表1 岩土层物理力学指标一览表

层号	重度 γ /($\text{kN} \cdot \text{m}^{-3}$)	天然含水量 w /%	天然孔隙比 e	液性指数 I_L	压缩模量 E_{s1-2} /MPa	粘聚力 c /kPa	内摩擦角 φ ($^\circ$)	承载力特征值 f_{ak} /kPa
①层素填土	18.5							100
③层粉质粘土	19.0	25.5	0.80	0.55	7.0	40	12	140
④层粉质粘土	19.4	24.3	0.75	0.27	10.0	48	14	240
⑤ ₁ 层细砂岩	20.0							200

以下各层略

1.2 强夯振动监测概况

1.2.1 试夯区选择与强夯施工概况

强夯区内的2号水塘呈平锅底型,为强夯处理厚度最大处.试夯区选择在2号水塘处.若试夯区地基强夯效果能满足设计要求,即整个强夯区均满足设计要求.

不论是点夯或满夯,施工所用的夯锤重力均为137 kN圆形底面直径为2.2 m,点夯落距为10 m,

夯击能1370 kJ,满夯的落距为6 m,夯击能820 kJ.强夯所产生的振动对邻近建筑物或设备会产生有害的影响.本次强夯场地邻近的建筑物为民房,主要为2~3层楼房,少量为土坯房,强夯场地边界距民房约100 m.

1.2.2 强夯振动监测设备及原理 监测设备见表2.

表2 监测设备一览表

序号	仪器名称	型号	数量	备注
1	8通道数据采集仪	308	1台	南京安正软件公司出品
2	4通道信号调理仪	AZ804	1台	
3	941B传感器	水平 垂直	2只 1只	哈尔滨工力所出品
4	数据采集及处理软件	AdCras		用于振动值采集记录统计比较
5	信号与系统分析软件	SsCras		用于频谱分析

1.2.3 强夯振动监测点的布置

本次强夯振动监测的目的是了解强夯施工所产生的振动对变电站外居民房屋的影响,重点是监测这些房屋所在地的振动,同时也对强夯点附近的振动情况进行监测.监测点共计布置了6处(图1,图中仅示意部分监测点).强夯点1~4在强夯试夯场地内,监测点A在1~4号强夯点的附近,监测点B位于变电站北侧围墙外2层楼房南墙的0.5 m处,监测点C位于变电站东侧施工临时房南墙外的0.5 m处各监测点与强夯点的坐标值、夯击

能量等参数见表3.

强夯点1~4与监测点A配合为4组监测项目,列为第1~4组.夯点1~4与监测点B、C配合共计完成8组监测项目.由于监测点B与强夯点1~4的距离相差不大,又因第4强夯点土质较硬,故按1~3强夯点的平均距离考虑,列为第5组分析,同样测点C也按3个强夯点的平均距离考虑,列为第6组分析.各组测点与强夯点的距离按坐标值计算结果列于表4.

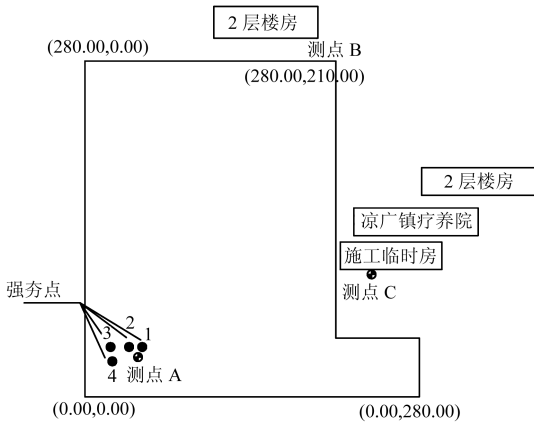


图1 强夯振动监测点的布置图

表3 监测点坐标等参数一览表

点号	坐标 A/m	坐标 B/m	夯击能 E/kJ	土质
强夯点	41.5	48.0	1370	较软
强夯点2	41.5	37.0	1370	较软
强夯点3	41.5	21.5	1370	较软
强夯点4	29.5	23.0	820	较硬
测点B	290.0	180.0	1370	较软
测点C	102.0	240.0	1370	较软
测点A	33.0	44.5	1370	较软

表4 各组监测点与夯点间的距离一览表

组号	夯点号	测点号	重复次数	夯点与测 点间直线 距离/ $(L \cdot m^{-1})$
第1组	1	A	4	9.17
第2组	2	A	5	11.34
第3组	3	A	4	24.52
第4组	4	A	4	21.78
第5组	1~3	B	6	287.61
第6组	1~3	C	10	213.28

2 振动监测成果与环境安全评估

2.1 强夯振动监测成果

强夯试验时对地面振动的监测是依据国家标准 GB10071-88 的相关规定. 强夯时地面铅垂向振动(1ch)、水平径向振动(2ch)和水平横向振动(3ch)的监测成果分别列于表5~7. 表中成果值均为单峰值.

2.2 环境安全评估

1) 国家标准 GB 6722-2003 第 6.2.2 条规定“地面建筑物的爆破振动判据,采用保护对象所在地质点峰值振动速度和主振频率……”.

表5 铅垂向振动成果表

组号	振动加 速度 a $/((nr \cdot s^{-2}))$	振动加速 度级 VAL $/dB$	振动速 度 v $/((mm \cdot s^{-1}))$	振动位移 d $/mm$
1	3.2	108.6	31.1	0.84
2	0.5	95.5	7.6	0.15
3	0.4	95.2	6.5	0.12
4	4.5	110.2	71.0	1.07
5	0.003	53.8	0.02	0.001
6	0.006	59.7	0.05	0.002

表6 水平径向振动成果表

组号	振动加 速度 a $/((nr \cdot s^{-2}))$	振动加速 度级 VAL $/dB$	振动速 度 v $/((mm \cdot s^{-1}))$	振动位移 d $/mm$
1	2.5	110.7	73.6	2.04
2	1.1	102.9	28.1	0.70
3	0.5	94.9	9.7	0.19
4	2.8	108.6	48.6	1.11
5	0.002	50.0	0.04	0.001
6	0.007	55.4	0.09	0.001

表7 水平环向振动成果表

组号	振动加 速度 a $/((nr \cdot s^{-2}))$	振动加速 度级 VAL $/dB$	振动速 度 v $/((mm \cdot s^{-1}))$	振动位移 d $/mm$
1	1.0	98.7	162.3	4.35
2	0.4	95.3	105.3	3.20
3	0.3	94.2	7.3	0.19
4	1.6	103.5	26.0	0.57
5	0.002	49.8	0.02	0.001
6	0.010	57.6	0.06	0.001

在国家标准 GB 6722-2003 表 4 中列出了各类保护对象的爆破振动安全允许标准,其中一般砖房、非抗震的大型砌块建筑物安全允许振动速度 v (cm/s)为:“ <10 Hz,2.0~2.5;10~50 Hz,2.3~2.8;50~100 Hz,2.7~3.0”.

2) 按国家标准 GB10071-88 的规定,加速度与基准加速度之比以 10 为底的对数乘以 20,计为 VAL,单位为 dB. 按此定义可得此量为

$$VAL = 20lg(a/a_0) (dB)$$

式中: a 为振动加速度有效值, m/s^2 ; a_0 为基准加速度, $a_0 = 10^{-6} m/s^2$.

3) 国家标准 GB10070-883.1.1 条规定了城市居民、文教区域铅垂向的 Z 振级标准值昼间为 70 dB 和夜间为 67 dB.

将监测成果与标准进行对比,其结果列于表 8. 从表 8 中可见在本工程中采用强夯法对软土地基进行处理,所引发的地面振动速度在距离夯击点

表8 监测成果与安全允许标准对比表

项目		振动速度 $v/(\text{mm} \cdot \text{s}^{-1})$	振级 VAL/dB
安全允许值		27 ~ 30	昼间 70 夜间 67
监测值	第3组 铅垂向	6.5	95.2
	水平径向	9.7	94.9
	水平环向	7.3	94.2
	第5组 铅垂向	0.02	53.8
	水平径向	0.04	50.0
	水平环向	0.02	49.8
	铅垂向	0.05	59.7
	第6组 水平径向	0.09	55.4
	水平环向	0.06	57.6

24.5 m 以外已达到安全允许值以下. 但是振级 VAL 超过允许值较多, 最大超过值达 27.9 dB, 为安全起见宜将安全允许距离放大. 现采用线性关系来估算, 可得其安全距离:

$$L = 24.52 + (67 - 55.4) \times (213.28 - 24.52) / (94.9 - 55.4) = 81(\text{m}).$$

3 结语

根据以上监测结果与计算分析, 按照国家标准 GB6722-2003 及 GB10070-88, 从振动速度和振动加速度级两种评定方法进行评估, 该变电站强夯施工造成的冲击振动因距离较远, 对受监测的居民住宅和施工临时工房没有影响.

参考文献:

- [1] 贾新发, 李存良, 赵福民, 等. 某变电站强夯施工地面振动监测及安全评估[J]. 施工技术, 2010, 39(5): 53-55.
- [2] 倪亮. 500 kV 通宝变电站工程地基强夯设计[J]. 武汉大学学报(工学版), 2010, 43(增刊): 210-212.
- [3] GB 10070-88 城市区域环境振动标准[S]. 北京: 中国标准出版社, 1988.
- [4] GB 6722-2003 爆破安全规程[S]. 北京: 中国标准出版社, 2004.