

# 渗透注浆法在大型风机地基加固及减振处理中的运用

张翼翀, 刘兆田

(1. 华能汕头电厂, 广东 汕头 515041; 2. 汕头市粤东工程勘察院, 广东 汕头 515021)

**摘要:**以华能汕头电厂的一次风机地基加固及减振处理为例,介绍了渗透注浆法在该工程中的成功运用。

**关键词:**渗透注浆法;地下水;地基加固;减振;振幅

**中图分类号:**TU472.6 **文献标识码:**B **文章编号:**1672-7428(2008)01-0066-02

## 1 工程概况

华能汕头电厂是粤东地区最大的一座火力发电厂,1993年开始建设,一期工程装机容量 $2 \times 300$  MW,1996年投产;2003年进行二期扩建,3号机装机容量 $1 \times 600$  MW,2005年投产。1、2号锅炉 $0.0$  m层各设计安装了3台同型号国产离心一次风机,额定转速 $990$  r/min,流量 $52.8$  m<sup>3</sup>/s,电机额定功率 $1000$  kW。自投产以来,2号炉A一次风机就存在着振动不稳定和振幅偏大的现象,在天晴干燥时,振幅值尚能满足运行要求,但经过持续大雨后,振幅值一度达到 $150$   $\mu\text{m}$ ,这种情况延续了数年,后发展到天晴干燥时振幅也很大,曾数次委托中试所进行动平衡试验,但仍未彻底解决,曾经导致轴承、轴瓦烧毁,造成多次停机抢修,严重威胁发电机组安全运行,为此电厂运行部发出了消缺通知单,消缺前测得其振幅值为:电机侧 $72$   $\mu\text{m}$ ,风机侧 $90$   $\mu\text{m}$ (允许值 $\leq 30$   $\mu\text{m}$ )。

## 2 现场检查及原基础情况

现场检查发现,该基础风机端相对地坪下沉约 $5 \sim 6$  cm,导致侧面镶贴的面砖成片起鼓、脱离,周围地坪明显沉降和开裂。在风机侧地坪站立,地表抖动明显比其他5台同型号风机大,敲击地表,声音空洞,主观感觉地基松散;而在电机侧站立,地表振动较致密,敲击地表,声音坚实,主观感觉地基稳固(这一点从后来注浆量得到证实),查阅竣工图纸显示,基础长 $7250$  mm,宽 $1560$  mm,高 $2665$  mm,埋深 $1250$  mm,露出地表 $1415$  mm,上部运转层飘板悬挑长度 $800$  mm,基坑采用爆破开挖至中风化花岗岩层,超挖部分采用回填砂作持力层,平均回填厚度 $2$  m。

## 3 振动原因分析

转机的异常振动起因要从2方面分析:首先是机务部分,安装时联轴器对中不当发生偏心,联轴器螺栓、地脚螺栓紧力不够,或者整个转动系静平衡、动平衡失调等等因素都会造成异常振动;其次是下部土建部分,一方面砼基础自身出现较大贯通裂纹,整体性破坏,另一方面基础下部地基不稳固。

2A一次风机在检修时曾经运用先进技术调整对中及动平衡到最佳状态,然而启动运转时,整体振动仍超标,因此可以完全排除机械方面的因素。砼基础表面肉眼检查未发现裂纹,而要做深入检查须动用超声波探伤技术,如果有缺陷,就需停机消除(至少30天),势必影响发电任务的完成,因而对于此种可能先予以大胆排除。

综上所述,可以基本确定2A一次风机异常振动是地基砂层有缺陷引起的,持续大雨后,地下水位上升,而下部砂层透水性良好,对风机基础产生较大浮力(类似情况曾经出现在该厂油区卸油池,积存雨水使钢油箱浮出地表约 $1$  m),基础处在一种半悬浮状态,稳度下降,如同搁置在一巨大的弹簧上,产生谐振,这是持续大雨后风机振动幅值过大的成因。砂具有遇水密实的特点,随着时间增长,砂层长期受上部振动以及反复受地下水涨退的作用,发生固结收缩,在风机端与砼基础底面发生局部脱离,造成基础半悬空,风机端失去了稳定支持,而风机侧转动系回转半径大,又受出风的反作用力,会产生较大的动荷载,是导致后来天晴干燥时振动也异常的主因。

## 4 处理方案的确定

基础体积、自重庞大,进行扶正几乎不可能也无

收稿日期:2007-06-22

**作者简介:**张翼翀(1972-),男(汉族),广东潮州人,华能汕头电厂高级工程师,工民建专业,从事电力建筑工程施工管理工作,广东省汕头市金信园电厂宿舍14栋401;刘兆田(1953-),男(汉族),广东丰顺人,汕头市粤东工程勘察院高级工程师,地质专业,从事地质、岩土工程施工设计工作,广东省汕头市护堤路30号。

必要,由于基础的不均匀沉降(60 mm)相对于自身长度(7250 mm)较小,机务上的水平偏差可以通过安装工艺矫正。重点是消除地基缺陷,一是阻止基础继续下沉,二是防止雨水浸泡地基。比较可行的方法就是注浆法。

由于机组正在运行,竖向荷载又大,如果采用较高压力的挤密灌浆法,很可能会破坏原地基,使地基砂层瞬间产生液化而失去承载力,导致基础在水泥浆固结前继续下沉,后果将是严重的。为确保安全生产,确定采用压力相对较小的渗透灌浆法,该法适用于中砂以上的砂性土和有裂隙的岩石。其原理是在压力作用下,使浆液填充地基层的孔隙和裂隙,排出孔隙中的自由水和气体,而基本上不改变原状土的结构和体积,送浆压力控制在0.3~0.7 MPa,在土质较松散的情况下,浆液扩散半径可达到2~3 m,完全满足本工程加固范围的要求。

## 5 处理过程

使用XY-1型工程钻机成孔,孔径75 mm,进尺深度原则上不小于基础埋深1.25 m,并且尽量贴近基础开钻,清水钻进。成孔后立即注浆,浆液水灰比1:1.3,为使水泥浆尽快生成强度以发挥功效,加入0.05%三乙醇胺作为早强剂。基于边施工、边观测的原则,将成孔注浆分两个阶段实施,首先处理风机端地基,初凝后根据监测结果再进行补孔。

2006年10月3日上午,对工人进行安全交底、开具工作票后开钻。现场施工条件受设备及工艺管道制约,而钻机体积较大,只能因地制宜,首先在风机端距离基础侧壁1 m位置钻孔注浆,第一个孔位进尺1.5 m,注入纯水泥300 kg,至10月5日,完成了其余6个孔位的注浆,分布于风机端基础两侧,进尺深度1.5~3.4 m,共注入纯水泥1350 kg,10月8日,水泥浆终凝完成,3天龄期强度达17.7 MPa,查询SIS火电厂厂级实时监控信息系统显示:电机侧振幅最大值40  $\mu\text{m}$ ,风机侧振幅最大值39  $\mu\text{m}$ ,说明已经取得显著成效。随后几日,振幅值有少量波动:电机侧56~60  $\mu\text{m}$ ,风机侧59~65  $\mu\text{m}$ ,趋于稳定。

结束了第一阶段的注浆和振幅监测后,10月11日,开始第二阶段的工作,于风机端西侧补1孔,进尺3.4 m,注入纯水泥200 kg,电机尾端补2孔,进尺分别为2.8、2.2 m,但注浆量较少,合纯水泥150 kg,说明电机端地基情况较好。注浆总量合纯水泥1700 kg,水泥浆完成初凝后,风机振幅虽有改善,但幅度不大,13日测得:电机侧振幅33~56  $\mu\text{m}$ ,风机侧

振幅32~59  $\mu\text{m}$ ,仅是振幅下限有显著下降,如继续补孔注浆,意义不大,至此结束下部地基加固工作。

其它5台风机振幅均小于30  $\mu\text{m}$ ,个别仅为0.9  $\mu\text{m}$ ,相比之下,2A一次风机振幅依然较大,并未达到理想效果,为寻求突破,再次对该风机尺寸、外形反复研究后得出结论:风机宽度过窄,高度较大,导致重心偏高,稳度下降,而埋深太浅又使得回填土侧限作用减弱,造成基础在水平面垂直于风机转轴的方向存在较大的自由度(设计时选型不当),而地基灌浆加固仅有效地消减了垂直方向的振幅,只有进一步限制基础水平方向的振动,才能实现质的飞跃。

本着不影响正常检修和美观的原则,决定在基础底部电机两侧及尾端浇注钢筋砼,范围不超过上部运转层飘板轮廓的垂直投影线,先将基础下部面砖及砂浆凿除300 mm高,凿毛基础本体以及地坪表面砼,然后分别在垂直于基础侧面和地坪表面用化学植筋法植入 $\text{Ø}14$  mm螺纹钢,间距300 mm,平行于基础外轮廓方向放置2条 $\text{Ø}14$  mm螺纹钢,交叉处使用铁丝绑扎连接,支模,冲洗表面清洁后浇注C30砼,这样就形成了一个“凹”形钢筋砼结构,把基础和地坪牢固地连为一体,其作用机理类似台钳,既限制了基础在水平方向的运动,新增加的钢筋砼结构又能够有效地吸收振动的能量。

10月13日钢筋砼浇注完成,10月16日,3天强度形成后测得振幅值已大幅下降:电机侧12~15  $\mu\text{m}$ ,风机侧7~11  $\mu\text{m}$ 。随后数月连续观测,情况基本稳定,至此,2A一次风机基础振动处理结束。

## 6 收获和体会

本次消缺在没有任何工程实例作为范本的前提下进行,并在机组同时运行的情况下施工,其困难是比较大的。由于事先对相关的工程理论、图纸及现场作了较细致的研究,结合实际经验,在拟定施工方案时充分考虑了可能存在的不利情况,在施工过程中做到有条有理、精益求精、积极突破,使得本工程在不影响安全生产的情况下圆满结束,并且为将来类似的缺陷处理提供了实践经验和依据。通过这次消缺,最大的体会是:任何一个工程,从设计方案的拟定,到施工工艺的保障,对日后成品能否正常使用都是至关重要的。

## 参考文献:

- [1] 林婉华. 建筑施工手册[M]. 北京:中国建筑工业出版社,1992.
- [2] 叶书麟. 地基处理[M]. 北京:中国建筑工业出版社,1988.