

兆瓦级风力机塔筒高强度螺栓的检测

张建国, 赵磊, 张瑞刚, 李沿
(西安热工研究院有限公司, 西安 710032)

摘要: 通过对某台兆瓦级风力机塔筒高强度螺栓进行无损检测得知, 采用高强度螺栓在不拆卸状态下先进行超声波检测, 在发现缺陷后, 再进行渗透检测验证检测结果的方法, 能较好地检测发电机组塔筒高强度螺栓质量。

关键词: 风力机塔筒; 高强度螺栓; 超声波检测; 渗透检测

中图分类号: TG115.28 **文献标志码:** B **文章编号:** 1000-6656(2015)09-0059-02

Non-destructive Testing of High-Strength Bolts for MW Grade Wind Tower

ZHANG Jian-guo, ZHAO Lei, ZHANG Rui-gang, LI Yan
(Xi'an Thermal Power Research Institute Co., Ltd., Xi'an 710032, China)

Abstract: The non-destructive testing results of the high-strength bolts for a MW grade wind tower are analyzed in this paper. The comprehensive way of beginning with ultrasonic testing firstly without disassembly and then being followed by penetrant testing for the defective ones is a better method for the quality testing of high-strength bolts of wind tower.

Keywords: Wind tower; High-strength bolts; Ultrasonic testing; Penetrant testing

中国风电装机总容量已跃居世界第一位^[1]。由于风力发电场地和工作条件十分恶劣, 风力机塔筒除了承受叶片及风力直接作用的弯矩、推力及扭力外, 还要承受风机引起的振动载荷(启、停机周期性影响, 突风变化、塔影效应等)。

兆瓦级风力机塔架一般由三、四节塔筒组成, 各节塔筒间采用高强度螺栓连接, 高强度螺栓连接区就是整台机组的质量薄弱区。在机组运行中, 如果塔筒筒节连接处质量不佳, 容易造成风力机倒塔事故, 严重影响机组的安全性和经济性。由于高强度螺栓质量直接影响风力机质量, 因此开展高强度螺栓的检测非常必要。

笔者论述了对某风场在役三年单台 1 500 kW 机组塔筒的高强度螺栓进行超声检测和渗透检测的检测过程, 分析总结出一套较好的检测方案, 供同行参考。

1 超声检测试验

某风场风力机已连续运行 3 年, 风场常年风向对应机组 90°与 270°方位。抽查某台机组塔筒 4 种规格法兰连接高强度螺栓各 15 根(分别在 90°方位附近抽检 7 根, 在 270°方位附近抽检 8 根, 如图 1 所示), 总计 60 根。高强度螺栓各项技术参数为: 材料为 42CrMo; 刚性结构、锁紧状态; 不拆卸检测; 规格分别为 M 36 mm×245 mm, M 36 mm×205 mm, M 36 mm×175 mm, M 36 mm×305 mm。

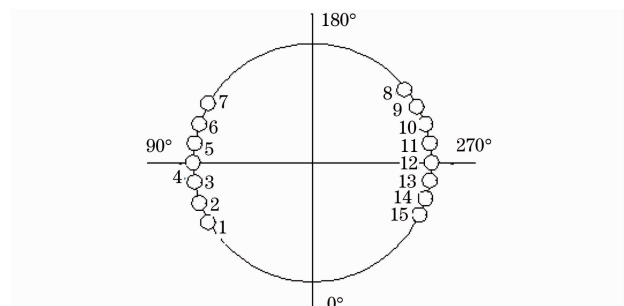


图 1 抽检螺栓位置及编号示意

1.1 检测方法

按 DL/T 694—2012《高温紧固螺栓超声波检测

收稿日期: 2014-12-12

作者简介: 张建国(1980—), 男, 硕士, 工程师, 主要从事电站材料服役特征研究工作。

技术导则》标准进行超声波检测、验收。检测方法主要有小角度斜探头纵波法、直探头纵波法和横波法三种,试验选用直探头及小角度斜探头纵波检测法。

1.2 检测部位

将探头置于高强度螺栓螺杆端面进行检测,如图2所示。

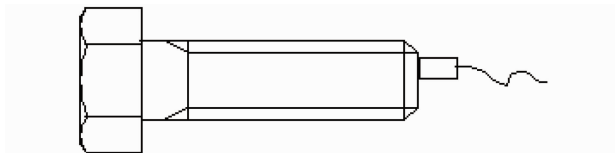


图2 高强度螺栓超声波检测位置示意

1.3 检测仪及探头

采用A型脉冲反射式超声波探伤仪。在达到所检工件最大声程时,仪器和探头的组合灵敏度余量应不小于10 dB;采用直探头及小角度斜探头纵波法分别从高强度螺栓端部进行检测。

小角度纵波斜探头选用晶片频率为5 MHz,尺寸为7 mm×12 mm,折射角为8.5°。直探头选用晶片频率为5 MHz,尺寸根据高强度螺栓规格分别选取6, 10, 14 mm探头。

1.4 试块

试块的形状和尺寸见DL/T 694—2012附录A。试块的制造应符合标准GB/T 11259—2008《超声波检验用钢对比试块的制作与校验方法》和JB/T 8428—2006《无损检测 超声检测用试块》要求。

1.5 检测灵敏度

采用结构尺寸与被探高强度螺栓相同的无缺陷高强度螺栓,在底部第一、二道螺纹根部制作深1 mm人工裂纹(缺陷宽度约0.5 mm)。调节灵敏度时,人工裂纹最大波高为满刻度的60%。按高强度螺栓端面的底波波高调灵敏度,试验得出1 mm人工裂纹的反射波高与端面底波波高的幅值差,检测时用端面底波作为参考信号调节灵敏度。

使用螺纹反射波调节灵敏度,探头置于高强度螺栓端面上,调节仪器使荧光屏上相应于高强度螺栓被探测端位置的丝扣反射波幅的60%基准高度作为探伤灵敏度。

1.6 评定

凡判定为有裂纹的高强度螺栓可直接判废;采用人工裂纹调节灵敏度时,凡信号反射波幅高达满幅80%时,应判定为可记录信号;凡信号反射波幅大于或等于丝扣波幅6 dB,且指示长度大于10 mm时,应判定为可记录信号;对扫查发现但未达到判定

标准的其他反射信号均应进行记录,以便于复查及后续的质量跟踪。

1.7 试验结果与分析

按上述检测程序,分别对60根高强度螺栓进行超声波检测,发现25#高强度螺栓存在线性缺陷,其反射波型如图3所示。由此可知,超声缺陷深度为104.9 mm,于是可以判定缺陷位置如图4所示。

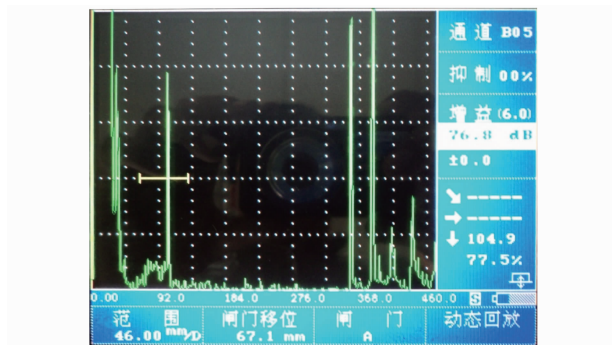


图3 缺陷反射波型

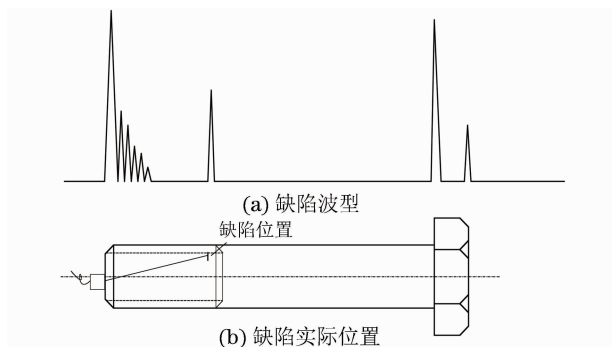


图4 缺陷位置示意

2 渗透检测试验

将超声波检测出缺陷的25#高强度螺栓拆下,按JB/T 4730.5—2005《承压设备无损检测 第5部分 渗透检测》标准进行渗透检测。

2.1 渗透剂的选用

选用DPT-5着色探伤剂。

2.2 检测方法

采用溶剂去除型ⅡC-d渗透检验方法。

2.3 检测工序

首先,将高强度螺栓缺陷部位清洗干净,使用B型灵敏度试块检查其灵敏度是否符合要求。检验工序:前处理→预清洗→施加渗透剂→清洗表面多余渗透剂→施加显像剂→干燥→观察→后处理。

2.4 试验结果与分析

按上述渗透检测程序,对25#高强度螺栓缺陷部位进行渗透检测,发现第2道与第3道螺纹根部

改革与创新——携手国防科技工业无损检测技术发展

——暨 2015 年国防科技工业无损检测技术论坛报道

2015 年 7 月 23~25 日,2015 年国防科技工业无损检测技术论坛在烟台成功召开。这是自 2012 年海口会议后,国防科技工业与武器装备领域无损检测技术工作者的第二次盛会。随着我国武器装备科研生产军民融合式发展,武器装备制度的改革与创新发展,为国防科技工业无损检测技术带来前所未有的机遇与挑战。会议主题为“改革与创新——携手国防无损检测发展之路”,会议全面聚焦当今国防科技工业无损检测最新技术及军队领域行业特色技术发展和应用,为航空、航天、船舶、兵器、核工业、电子和军队领域无损检测科研人员及从事无损检测设备、系统、仪器、信息和技术等服务的人士提供了交流、分享、合作和共享的桥梁与平台。会议由“国防科技工业无损检测人员资格鉴定与认证委员会(DiNDT)秘书处”主办,中国航空综合技术研究所承办。

7 月 23 日上午九点,技术论坛在烟台海悦大厦报告厅正式开幕,来自国防及相关领域的 233 名代表参加了主题报告会。会议主要内容有国防科技工

业及相关行业领域 13 份主题报告宣讲、最新设备仪器展览展示和大会学术论文交流。17 家无损检测仪器供应商派代表参与了会议的交流与演示,共有 59 份学术论文入选大会论文集,21 份论文的作者进行了现场论文交流。作为会议的主赞助商,北京邹展麓城科技有限公司多年来以种类丰富的无损检测系统、扎实的无损检测技术基础和热情满意的技术服务赢得了国防科技工业与军队领域众多客户的认可。

大会期间,来自航空、航天、船舶、兵器、核工业、电子和军队领域无损检测老专家、科研和技术人员之间进行了深入交流与互动,众多科研生产一线技术人员与各家设备系统供应商之间的激烈讨论与沟通,激发了无损检测技术未来众多发展的灵感、促成了设备器材系统与科研生产的合作机会、为国防科技工业领域无损检测新技术发展及成果应用埋下了希望的种子。

国防科技工业无损检测人员
资格鉴定与认证委员会秘书处报道

2015-07-30



存在一处约 16 mm 线性缺陷显示,如图 5 所示。

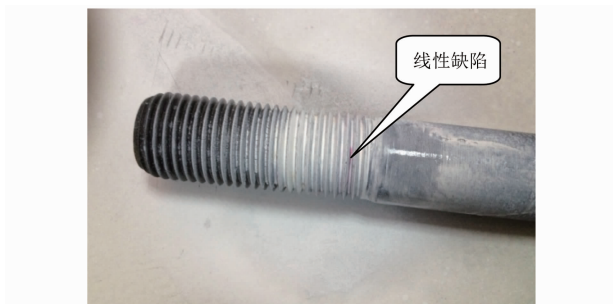


图 5 渗透检测线性缺陷显示

3 结论

风力机塔筒高强度螺栓在运行状态下,应力集中在螺纹根部。裂纹往往沿着高强度螺栓横断面而形成横向裂纹。

用纵波小角度斜探头置于高强度螺栓端面检测,主声束正好与裂纹垂直时,信号最为强烈,有利于检出裂纹。将超声波检测发现缺陷的高强度螺栓拆下,用渗透检测方法予以进一步验证,可提高裂纹检测的准确性。

先采用超声波全面检测,再采用渗透检测验证的方法,不仅避免了高强度螺栓的全部拆除,提高了工作效率;又保证了检测灵敏度和检出率。超声波检测与渗透检测组合的综合检测方法已被广泛应用到工程实践中^[2]。

参考文献:

- [1] 李俊峰. 中国风电发展报告[M]. 北京: 中国环境科学出版社, 2012.
- [2] 张建国, 高延忠, 张瑞刚, 等. 火电厂汽轮机轴瓦的无损检测[J]. 无损检测, 2013, 35(10): 33-34.