

汽轮机叶片断裂故障诊断及处理措施

倪忠良 姜 浩

哈尔滨电气集团海洋智能装备有限公司 黑龙江 哈尔滨 150028

【摘 要】现阶段,对汽轮机叶片断裂机理以及汽轮机叶片断裂的故障诊断,还有一些叶片故障诊断技术的发展趋势进行了分析。汽轮机叶片断裂不仅会造成汽轮机仪器的损伤,也会对实际生产造成严重的影响,因此,每隔一段时间就需要对机组进行全面的测试检查和探伤,只有通过这种方式,才能在最短的时间内将汽轮机叶片潜在的风险消除到最低。

【关键词】汽轮机;叶片断裂;断裂故障诊断

引言

要想完成汽轮机的安全性正常地运行必有着良好的工作环境。因而,尽量提升蒸汽质量,定期检查工作环境进行检验,发觉不过关的地方需妥善处理。与此同时人员在运行环节中应密切关注机组具体承载力,避免超限额超地应力运行,也必须保证汽轮机在正常温度及环境湿度下工作中,避免电化学反应。仅有选准破裂缘故,才可以尽快的把有可能所发生的常见故障解决在萌芽期,为企业发展与员工的健康保驾护航。

1.断裂原因分析过程与步骤

(1) 叶片断裂实况调查。第一时间对产生断裂的汽轮机叶片开展记录,记录基本内容叶片断裂时长、叶片办公地点、断裂部位、查验、断裂面种类以及实景拍摄抽样。(2) 深入了解产生问题汽轮机情况。大多为汽轮机尺寸、各类应用主要参数、维护保养复检频次等特色。(3) 工作中直播检验。即调研该汽轮机在运行过程中是否存在短路故障、电流不稳定、叶片超速行驶运行、脏东西撞击和欠佳震动太大等问题的出现。(4) 断裂面分析。通过研究横断面,以更好更快的寻找叶片断裂缘故。主要是通过宏观与微观两个方面开展分析。宏观研究能够比较清晰的寻找损伤叶片的断裂面特点及其疲劳损伤功效定位点,而微观研究则可以分析出叶片在材料相关的问题,如金属材料内部结构分子的移动与硬底化这些。这种都会为探寻断裂原因及毁坏实质做出贡献。(5) 构造分析。对叶片的所有构造进行精准分析,并且需重视的是针对变截面叶片及斜角等特种结构应主要分析。(6) 工作性质分析。调研叶片的工作氛围,比如是不是和欠佳特征的化学物质触碰,是不是在高温下长期运行这些。(7) 叶片抗压强度检测。严苛测算叶片在工作中受到的剪应力、弯矩、扭矩等结构力学主要参数,并且对断裂内容进行抗压强度、弯曲刚度、振动的测算,与允许值进行比较。(8) 震动分析。测算损伤叶片的粒度分布与安全指数是不是都是在基础理论较大标准值

以内。(9) 叶片构成原材料分析。查出来损伤叶片的组成材料参数,主要包括:型号、化学组成、合金成分、抗弯强度应变速率、断裂韧性。(10) 无损检测技术。对产生断裂的叶片,用肉眼宏观经济检查与光学显微镜外部经济查验,根据磁粉探伤和超声检测判断是否无裂纹类损害及损伤部位。(11) 生产加工品质核查。分析毁坏叶片尤其是毁坏部位加工品质,精确测量生产加工圆弧与钝角及表面光滑度,检查是否存有数控车床刀纹。(12) 表面查验。分析毁坏叶片的表面情况,看有没有机械性损伤、浸蚀、磨蚀等很容易引起应力的不足。

2.汽轮机叶片断裂机理

导致汽轮机叶片发生断裂的原因有很多,主要方面为叶片所受应力大小、工作时的温度高低、工作环境、磨损疲劳程度。

2.1.工作温度对汽轮机叶片的影响

汽轮机的工作环境多为水下等较为恶劣的环境,尤其在有电解质溶液存在的条件下,加之高温环境促进了电解平衡的正向移动,使得汽轮机的叶片不可避免的承受着非常严重的电化学腐蚀,这种腐蚀带来的危害远大于其他类型的腐蚀。例如,温度和热应力,就会导致叶片受到电化学腐蚀和水珠的侵蚀,正如人们都知道的电化学腐蚀是这些腐蚀中最严重的,电化学腐蚀甚至会损害汽轮机叶片,使叶片会出现裂纹。有时候,汽轮机叶片需要在特定的高温环境下工作,这对于汽轮机叶片来说是最需要克服的困难。汽轮机各阶段的叶片在运行过程中的温度不同,首先,前一阶段的叶片处于高温状态,随后的各个阶段叶片的温度会逐渐下降,直至最后一阶段的温度也会下降,最后一阶段的叶片中会有大量的水分,这些水分凝结成水珠,然后撞击汽轮机的动叶片,导致严重水蚀现象发生。

2.2.受力情况对汽轮机叶片的影响

常见的汽轮机主要采用单阀进汽动力模式,每一个进汽阀的进汽量一样,这确保了转子在竖直方位受到的

空气压力与竖直方位所受到的推动力二者彼此之间平衡,那如果汽轮机的进汽量不好的情况下,一定会让汽轮机转子所受到的空气压力造成巨变,清楚地说就是转子在竖直方位所受到的空气压力因很难被抵消开始变得特别大^[1]。显而易见,这样的情况会导致汽轮机的瓦温高,必定没法维持正常的运行。汽轮机的叶片还会继续遭受比较大的地应力及其弯、扭矩功效,转子在旋转时因为受到很大的向心力也会产生热应力,叶片长短可以看作转子旋转时的转动半径,而向心力正比于旋转半径的平方米,因此地应力必定比较大。不可忽视是气旋都是汽轮机工作的时候一个需要用心考虑的问题,气旋会使叶片造成无法均衡的剪应力、扭矩、弯矩,在外力的作用下造成共振或迫不得已震动,增加振幅,可能会导致汽轮机叶片由于震动过多而疲劳断裂。

2.3.环境介质对汽轮机叶片的影响

汽轮机工作在周遭充斥着蒸气的环境里,因为周围的空气比较湿润,蒸气中会出现 O_2 ,因此会产生空气氧化侵蚀,造成腐蚀的盐,这类盐分会造成叶片不可以正常工作,在潮湿的蒸汽区,水蒸气会被水蒸发,变成电解质,这就导致了电化学腐蚀^[2]。当叶片表面的钝化膜出现不均匀或断裂时,会使其化学组成发生变化,使其表面的活性阴离子被金属所吸附,从而形成一个微型电池。在化学和各种压力的共同作用下,汽轮机叶片会产生微小的裂缝,并逐步发展为较大的、较深的裂缝,当这个裂缝累积到一定程度,就会产生断裂现象。在汽轮机运转过程中,则会造成叶根的振动,导致叶根与叶根中间、离心式汽轮机与叶片中间的触碰表面造成相对性摩擦,导致设备的损害^[3]。同时,由于叶片的相对摩擦,其表面的材料结晶会出现滑动和硬化,从而在叶片上形成许多细小的裂缝,这种裂缝会在使用中逐渐加深,最后发展成为叶片的疲劳断裂。

2.4.磨损疲劳程度对汽轮机叶片的影响

某实例是科技人员对所得到的断裂叶片在主要成分、强度弯曲刚度、裂纹尺寸等多个方面检验时均没有发现不合格的数据信息。在一次次全面体检后,发觉有一些叶片存在大小不一的裂纹,但部位都发生在同一处。用高清光学显微镜观察获知,裂纹上父有很多相互平行的螺牙且开裂方位也基本一致。究其实质,这种叶片断裂的主要原因恰好是来源于少见的多源疲惫断裂^[4]。从总体上便是单一叶片的断裂而引起的链式反应,应用于叶片根部力向周边蔓延与传送,导致围带部分受力扩大造成断裂,与断裂叶片邻近的叶片螺母受力提升,萌发疲惫裂纹,从而产生疲惫断裂。

3.汽轮机叶片故障诊断系统

一方面,振动问题一直是振动叶片系统运行中的主要理论问题。另一方面,由于振动频率信号易于实时提取,便于对系统进行快速在线分析、监测、评估和鉴别诊断。目前,最流行和先进的研究方法仍然是模态分析和模糊模式识别。(1)模态分析法。有学者人建议使用模态分析方法,通过不断改变叶片的模态刚度曲线,正确评估叶轮误差的实际发生情况。模态振动分析新方法是另一种新的分析测试方法,广泛用于研究飞机叶片的振动力学性能,确保飞机机组高效、安全、高效的运行性能^[5]。(2)模糊模式识别诊断法。短时傅立叶分析系统和超小波多分辨率分析相继对标准叶片的不同裂纹故障点进行检测和诊断。对于标准叶片裂纹点的位置范围和裂纹深度,可以直接使用模糊振动检测和诊断信号。通过计算机将被测标准板上的各种模糊振动检测和诊断模式信号与标准板上的误差模式信号进行比较,得出隶属度。采用现代计算机模式信号识别、分析和处理的新技术。刀片错误模式也可以直接以刀片错误树的形式表示。

4.汽轮机叶片故障处理的措施

4.1.汽轮机末级叶片更换

有必要尽可能缩短设备的维护时间,以确保过剩气体的有效利用,减少损失^[6]。涡轮机制造商处理叶片需要 30 天,涡轮机返回工厂进行叶片更换、动平衡测试和重新组装需要 50 天。因此,采用的方法是在板材加工过程中保持设备运行,加工后返回工厂安装。汽轮发电机检修期内焦炉煤气均值损失为 8 万立方米/h,焦炉煤气价格 1600 元/万立方米,检修 50 天将导致损失 1550 万余元。叶片生产加工期内机器设备保持运行,存有末级叶片破裂风险性,很有可能导致检修花费提升 300 万余元,因而立即拆换叶片不但价格昂贵,并且风险性高。

4.2.末级叶片切除

依据汽轮机结构计算,拆卸末级叶片后,机组在多种情况下的基础理论输出功率各自减少了约 2~3MW。冬季的维护运行模式一般可以继续保持连续正常运行。对于断开机组末级叶片的处置方式而言,尽管可以防止机组运行中后期叶片长期不能持续运行时天然气点燃损失,或过多天然气排出等风险性损失,及其机组持续运行时的机组叶片破裂风险性,殊不知,这也将很大程度地危害机组在中后期运行中的一切正常持续运行和高效率^[7]。在当地冬季天然气形势十分严峻、紧张、严峻的严峻复杂自然条件下,天然气维护作业的完成时间

可从一年的冬季推迟到一年的春季,再推迟到未来两年的冬季,及时调配并做好冬季检修作业的准备工作,减少检修作业准备过程中短时间和长时间可能造成的大量气体泄漏的危害和损失^[8]。发电负荷系数每年降低约300万千瓦,平均电价提高0.6元/10000千瓦时,维护工作每年推迟90天左右,减少的年平均自发输电和损耗每年仅增加约380万元。维护期间的废气排放量和煤气损耗减少到每年两百万元。这种补偿方法显而易见地会优于直接替换叶片,直接替换叶片不仅对技术的要求更加严格,而且从经济方面考虑也并不划算,只用补偿方法对比替换叶片的赔偿总额可减少近970万元。

5.叶片故障诊断技术的发展趋势

目前,计算机辅助系统监测与分析手段逐渐被越来越广泛地应用于叶片系统的各种故障检测、分析、诊断和监测技术中,通过采用各种计算机信号检测以及计算机识别的新方法,大大提高了系统监测和处理的质量,以及系统监测和诊断工作过程中信息的动态可靠性^[9]。目前,现代计算机网络传感器通信技术的快速进步和发展,以及传感器通信系统网络环境适应性技术的进一步研究和开发,将使系统在线监测数据和分析检测手段更加完善和丰富^[10]。同时,它可以充分利用现有的各种传感器网络技术,集中共享资源信息,分散远程在线分析和监测叶片信息,集中共享故障数据信息,远程分析和在线监测传感器网络传输,集中远程故障自动诊断和远程控制。二者的结合,可以同时对各叶片系统运行过程中的各种故障状态信息进行可靠的掌握,并提供一套有效的、安全实用的叶片运行维护保障体系,为企业有效避免各种叶片故障事故。

6.结束语

综上所述,叶片本身的断裂和二次损坏直接威胁到汽轮发电机组的安全稳定运行。通过对汽轮机轴系振动

的测量分析方法和叶轮振动断裂趋势的预测分析,结合汽轮机轴系动态特性试验和叶轮故障特征,它仍然被认为是诊断汽轮机叶片疲劳断裂故障最有效、最实用的技术方法。及时准确地诊断叶片故障的发生和位置,对防止叶片连续断裂和损伤扩展具有重要的现实意义。

【参考文献】

- [1]王志刚,刘震,马天宇. 基于数字孪生的汽轮机叶片装配虚实交互系统[J]. 船舶工程,2022,44(10):1-7.
- [2]潘春雨,赵洪羽,王洪鹏,李宇峰,管继伟,王丽华. 汽轮机1040mm末级长叶片气动性能优化研究[J]. 汽轮机技术,2022,64(05):351-353+358.
- [3]张勇,马义良,石岭,李战争,郭魁俊,曹政,关淳. 核电汽轮机低压末级叶片低负荷运行安全性研究[J]. 汽轮机技术,2022,64(05):374-376+333.
- [4]杨建道. 汽轮机低压缸末级长叶片水蚀研究[J]. 发电设备,2022,36(04):235-240+248.
- [5]应秀龙. 630 MW 汽轮机低压缸末级叶片水蚀故障分析及维修[J]. 造纸装备及材料,2022,51(07):14-16.
- [6]葛存飞,庄达明,隋永枫,刘庆龙. 汽轮机低压末级叶片动频试验研究[J]. 热能动力工程,2022,37(07):56-63.
- [7]张瑞青. 变工况下汽轮机动叶片受力变化分析[J]. 汽轮机技术,2022,64(03):177-180.
- [8]王飞,韩志勇. 某型工业汽轮机末级动叶片损伤修复方法研究[J]. 今日制造与升级,2022,(05):155-158.
- [9]周星,彭健棕,向小艳. 汽轮机叶片切削加工工艺分析[J]. 新型工业化,2022,12(02):106-107+110.
- [10]齐锦博,印松,刘俊. 汽轮机叶片裂痕检测机器人控制系统的设计[J]. 仪表技术与传感器,2022,(02):96-100+106.