ICS 27.180
CCS F 11

团　　体　　标　　准

T/CEATEC XXX—XXXX

风电机组消防灭火系统可靠性测试与评定规范

Specification for reliability testing and evaluation of fire extinguishing systems for wind turbines

XXXX-XX-XX 发布　　XXXX-XX-XX 实施

中国欧洲经济技术合作协会　　发　布

目　　次

前　　言 V
1 范围 1
2 规范性引用文件 1
3 术语和定义 1
4 略缩语 2
5 一般要求 2
5.1 系统组成要求 2
5.2 设计要求 3
5.3 测试环境要求 3
5.4 安全要求 3
6 可靠性测试方法 3
6.1 测试分类 3
6.2 环境适应性测试 3
6.3 功能可靠性测试 4
6.4 耐久性测试 5
6.5 电磁兼容性测试 5
6.6 电源适应性测试 6
6.7 联动可靠性测试测试 6
7 可靠性评定方法 6
7.1 评定指标 6
7.2 故障分类与统计 6
7.3 可靠性指标计算 7
7.4 合格判定 7
8 测试报告 8
8.1 报告内容 8

8.2 报告要求 8

前　言

本文件按照GB/T 1.1—2020《标准化工作导则　第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由提出。

本文件由中国欧洲经济技术合作协会归口。

本文件起草单位：。

本文件主要起草人：。

。

风电机组消防灭火系统可靠性测试与评定规范

1 范围

本文件规定了风电机组消防灭火系统可靠性测试与评定的术语和定义、缩略语、一般要求、可靠性测试方法、可靠性评定方法、测试报告等内容。

本文件适用于风电机组配套的固定式气体灭火系统、水基灭火系统、干粉灭火系统等消防灭火系统的可靠性测试与评定。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

GB/T 755 旋转电机 定额和性能
GB/T 2900.11 电工术语 蓄电池
GB/T 4208 外壳防护等级 (IP 代码)
GB/T 5080.1 可靠性试验 第 1 部分：试验条件和统计检验原理
GB/T 5080.7 设备可靠性试验 恒定失效率假设下的失效率与平均无故障时间的验证试验方案
GB/T 17626 电磁兼容 试验和测量技术
GB/T 27921 风险管理 风险评估技术
GB 50166 火灾自动报警系统施工及验收标准
GB 50263 气体灭火系统施工及验收规范
GB 50974 消防给水及消火栓系统技术规范
JB/T 10391 滚动轴承 电机用深沟球轴承 技术条件

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

风电机组消防灭火系统 wind turbine fire extinguishing system

安装在风电机组机舱、塔筒、变流器室、变压器室等部位，用于探测火灾、发出报警信号并自动或手动实施灭火的整套装置，由火灾探测子系统、灭火执行子系统、控制子系统、通讯传输子系统、远程监控子系统和联动子系统组成。

3.2

预警信号 pre-warning signal

单个火灾探测器探测到火灾特征参数异常时，报警控制器发出的报警信号。

3.3

火警信号 fire alarm signal

多个或多种火灾探测器探测到火灾，系统确认火警并准备进入延时启动灭火装置的报警控制器发出信号。

3.4

故障信号 fault signal
火灾报警设备或系统部件发生故障时，报警控制器发出的信号。

3.5

灭火信号 extinguishing signal
灭火装置启动后，报警控制器发出的信号。

3.6

可靠性 reliability
风电机组消防灭火系统在规定的条件下和规定的时间内，完成规定功能的能力。

3.7

平均无故障时间 mean time between failures； MTBF
可修复产品在相邻两次故障之间的平均工作时间。

3.8

可靠度 reliability
产品在规定的条件下和规定的时间内，完成规定功能的概率。

4 缩略语

MTBF：平均无故障时间 (Mean Time Between Failures)
MTTR：平均修复时间 (Mean Time To Repair)
EMC：电磁兼容性 (Electromagnetic Compatibility)
IP：外壳防护等级 (Ingress Protection)

5 一般要求

5.1 系统组成要求

5.1.1 风力发电机组自动消防系统应包含：消防控制器、火灾探测器、灭火装置、火灾警报器、现场按钮、通讯模块以及配套的线缆、支架、五金配件等。
5.1.2 消防控制器是集成了火灾报警和气体灭火双重功能的控制器。
5.1.3 火灾探测器是指点型光电感烟火灾探测器、点型感温火灾探测器、点型火焰探测器、热成像火灾探测器、缆式线型火灾探测器其中一种或多种探测器的组合。
5.1.4 灭火装置是指预置在防护区内扑灭火灾的可以接受控制器启动的设备，主要为 ABC 超细干粉灭火装置、气溶胶灭火装置或其他灭火装置等。
5.1.5 火灾警报器是指发生火灾预警或火警时可以发出报警声、闪光等提示信号的装置，如：火灾声光警报器。
5.1.6 现场按钮是指设置在防护内或防护区出入口可以手动触发报警或启动灭火装置的设备，如：手动报警按钮、紧急启停按钮等。

5.1.7 通讯模块是指安装在消防控制器上将现场的报警信号转换上传到集控室的通讯信号转换和发送接受的装置。

5.2 设计要求

系统设计应符合充分考虑风电机组的运行环境特点和火灾风险特性。配置的火灾探测器应和防护区实际的火灾类型相宜。

5.3 测试环境要求

5.3.1 除另有规定外，各项测试应在下列正常大气条件下进行：

a) 温度：15 ℃～35 ℃；
b) 相对湿度：25%～75%；
c) 大气压力：86 kPa～106 kPa。

5.3.2 试验前，样品应在正常大气条件下放置 2 h。试验用仪器仪表应经计量检定或校准合格并在有效期内，温度测量误差不应大于±0.5 ℃，时间测量误差不应大于±0.1 s。

5.3.3 测试样品应为装配完整并经出厂检验合格的产品，产品技术文件、使用说明书应齐全。样品数量应满足各测试项目的要求。

5.4 安全要求

测试过程应符合下列安全要求：

a) 灭火剂喷射试验应在专用试验场地进行，设置警戒区域，非试验人员不得进入；
b) 电引发器等火工品的运输、贮存、安装和使用应符合有关安全管理规定，并由专人负责；
c) 气溶胶、干粉等灭火剂喷射试验时，试验人员应佩戴防护用具，喷射口前方不得有人停留；
d) 试验用电气设备应可靠接地，试验过程应有专人监护；
e) 试验后的灭火剂残留物应按规定收集处理，不得随意排放。

6 可靠性测试方法

6.1 测试分类

风力发电机组自动消防系统可靠性测试分为：环境适应性测试、功能可靠性测试、耐久性测试、电磁兼容性测试。

6.2 环境适应性测试

6.2.1 高低温测试

6.2.1.1 高温测试

6.2.1.1.1 试验前，将控制器及其配套设备在正常大气条件下放置 2h。然后火灾报警系统调试至正常巡检状态，运行 10min 无故障后将火灾报警控制器与等效负载（灭火装置等效模拟装置）连接。

6.2.1.1.2 调节试验箱温度，使其在+20℃±2℃温度下保持 30min±5min，然后，以不大 1℃/min 的速率升温至+70℃±2℃，并保持 12h，试验期间记录火灾报警控制器的状态。

6.2.1.1.3 在最高温度环境下手动触发探测器，查看探测器是否能正常报出警报信号。感温探测器因其报警阈值低于高温测试要求产生的报警信号视为正常触发。

6.2.1.1.4 试验后调节试验箱温度，使其以不大于 1℃/min 的速率降温至+20℃±2℃，并保持 30min±5min，试验过程中系统应无异常。

6.2.1.2 低温测试

6.2.1.2.1 试验前，将控制器及其配套设备在正常大气条件下放置 2h。然后火灾报警系统调试至正常巡检状态，运行 10min 无故障后将火灾报警控制器与等效负载（灭火装置等效模拟装置）连接。

6.2.1.2.2 调节试验箱温度，使其在+20℃±2℃温度下保持 30min±5min，然后，以不大 1℃/min 的速率降温至-45℃±2℃，并保持 12h，试验期间记录火灾报警控制器的状态。

6.2.1.2.3　在最低温度环境下手动触发探测器，查看探测器是否能正常报出警报信号。
6.2.1.2.4　试验后调节试验箱温度，使其以不大于 1℃/min 的速率升温至+20℃±2℃，并保持 30min±5min，试验过程中系统应无异常。

6.2.2　温度循环测试

6.2.2.1　按照高低温测试的方法循环高温和低温试验三次，分别为主备电均正常情况下，主电故障情况下，备电故障情况下。
6.2.2.2　测试完毕后查看设备运行是否正常。

6.2.3　湿热测试

6.2.3.1　试验前，将控制器及其配套设备在正常大气条件下放置 2h。然后火灾报警系统调试至正常巡检状态，运行 10min 无故障后将火灾报警控制器与等效负载（灭火装置等效模拟装置）连接。
6.2.3.2　调节试验箱温度，使温度为+45℃±2℃，相对湿度为 90%～95%（先调节温度，当温度达到恒定后再加湿），将测试设备在其环境下连续运行 72h。
6.2.3.3　将设备置于至 20℃±2℃，相对湿度 40～45%的环境中查看设备在测试过程中运行是否正常。

6.2.4　盐雾测试

6.2.4.1　试验前，将控制器及其配套设备在正常大气条件下放置 2h。然后火灾报警系统调试至正常巡检状态，运行 10min 无故障后将火灾报警控制器与等效负载（灭火装置等效模拟装置）连接。
6.2.4.2　试验用盐溶液：由氯化钠溶于蒸馏水或去离子水中制成，浓度为 50g/L，PH 值在 25℃时为 6.5~7.2，喷淋后的溶液不能再次使用。
6.2.4.3　实验条件：遵循 GB/T 2423.18 内规定的严酷等级（4）的要求进行测试。
6.2.4.4　将设备取出试验箱，正常环境下干燥 24 小时，查看设备在测试过程中运行是否正常。

6.2.5　振动测试

6.2.5.1　试验前，将控制器及其配套设备在正常大气条件下放置 2h。然后火灾报警系统调试至正常巡检状态，运行 10min 无故障后将火灾报警控制器与等效负载（灭火装置等效模拟装置）连接。

试验在振动台上进行，将火灾报警控制器按正常工作位置固定在台面上。其方法如下：

a) 在10Hz～55Hz～10Hz频率范围内，以每min一倍频程的扫频速率、1mm振幅，进行一次扫频循环。观察并记录发现的共振频率。
b) 为发现共振频率时，在55Hz频率上，进行振幅为1mm、持续时间为10min±0.5min的定频振动试验。
c) 发现共振频率超过4个时，在每一个共振频率上进行振幅为0.19mm、持续时间为10min±0.5min的定频振动试验。
d) 发现共振频率超过4个时，在10Hz～55Hz～10Hz频率循环范围内，进行振幅为0.19mm、扫描速率为每min一倍频程，两次扫频循环试验。

6.2.5.2　上述火灾报警控制器在样品 X、Y、Z 三个轴线上一次进行。
6.2.5.3　试验后，立即检查外观及紧固部位结果是否符合表 4 的要求，并对火灾报警控制器进行基本功能试验应无异常。

6.3　功能可靠性测试

6.3.1　火灾探测功能测试

6.3.1.1　试验前，将控制器及其配套设备在正常大气条件下放置 2h。然后火灾报警系统调试至正常巡检状态，运行 10min 无故障后将火灾报警控制器与等效负载（灭火装置等效模拟装置）连接。
6.3.1.2　依次在烟箱、温箱和红外/紫外光发生器等设备下测试探测器是否能在规定的时间内响应。响应时间不应低于相关标准的要求。

6.3.2　报警功能测试

6.3.2.1 试验前，将控制器及其配套设备在正常大气条件下放置 2h。然后火灾报警系统调试至正常巡检状态，运行 10min 无故障后将火灾报警控制器与等效负载（灭火装置等效模拟装置）连接。
6.3.2.2 依次在自动状态下和手动状态触发探测器，查看探测的联动逻辑释放正常，预警、故障、火警和灭火信号是否能正常给出。

6.3.3 灭火启动功能测试

6.3.3.1 试验前，将控制器及其配套设备在正常大气条件下放置 2h。然后火灾报警系统调试至正常巡检状态，运行 10min 无故障后将火灾报警控制器与等效负载（灭火装置等效模拟装置）连接。
6.3.3.2 根据设备参数性能，增加启动灭火装置端的负载至设备公布的最大值，设备最大值低于 24V.dc/2A 的按此负载进行测试，大于此负载参数的按设备公布的最大负载值进行测试。
6.3.3.3 将控制器置于主电故障下和 25℃±2℃的环境下运行 8 小时，手动启动控制器启动等效灭火装置，查看等效灭火装置是否能正常启动，输出电流是否可以达到 2A 或其更大公布值。
6.3.3.4 测试时设备不得发生保险烧毁、重启、死机等故障。设备测试时启动电流不低于其公布值。

6.3.4 灭火剂喷射功能测试

灭火剂喷射功能测试按下列程序进行：

a) 自动喷射：模拟火警信号使系统自动启动灭火装置，记录从启动信号发出至灭火剂开始喷出的喷射滞后时间和喷射时间；
b) 手动喷射：通过现场按钮手动启动灭火装置，记录喷射滞后时间和喷射时间；
c) 称量喷射前后灭火装置的质量，计算喷射率和喷射剩余率。

喷射滞后时间和喷射时间不应大于制造商公布值；喷射剩余率不应大于5%；喷射过程应连续，无堵塞、异常声响、装置损坏等现象。气体灭火系统的喷射性能应符合GB 50263的规定，热气溶胶灭火装置的喷射性能应符合XF 499.1的规定，干粉灭火装置所用灭火剂应符合XF 578的规定。

6.4 耐久性测试

将系统调试至正常监视状态，在正常大气条件下连续运行1000 h。运行期间每24 h记录一次系统状态，每168 h进行一次基本功能检查。试验期间不应发生致命故障；发生故障时，应按7.2的规定分类统计并记录修复时间。试验结束后进行基本功能试验，应无异常。

6.5 电磁兼容性测试

按正常监视状态要求，将火灾报警控制器与等效负载连接，接通电源，使其处于正常监视状态。按照GB 17626试验要求进行表1中各项EMC测试，测试完成后，对火灾报警控制器进行基本功能试验应无异常。

表 1 电磁兼容性试验项

试验名称	试验项	要求
静电放电抗扰度试验	GB/T 17626.2	等级4
射频电磁场辐射抗扰度试验	GB/T 17626.3	等级3
电快速瞬变脉冲群抗扰度试验	GB/T 17626.4	等级4
浪涌（冲击）抗扰度试验	GB/T 17626.5	等级4
射频场感应的传导骚扰抗扰度试验	GB/T 17626.6	等级3

工频磁场抗扰度试验	GB/T 17626.8	等级5
脉冲磁场抗扰度试验	GB/T 17626.9	等级5

6.6 电源适应性测试

电源适应性测试按以下进行：

a) 主电电压波动：对额定电压为 AC 220 V 的系统，在 187 V～242 V 范围内调节主电电压，系统应正常工作，不产生误报警、误动作；
b) 主备电切换：切断主电，系统应自动切换至备用电源并发出主电故障信号；恢复主电，系统应自动切换回主电；切换过程不应产生误报警、误动作；
c) 备用电源容量：主电故障后，备用电源应能保证系统在正常监视状态下连续工作不少于 8 h，并在此后的火灾报警状态下继续工作不少于 30 min；
d) 充电功能：主电恢复后，备用电源应能自动充电，充电时间不应大于 48 h。

6.7 联动可靠性测试测试

联动可靠性测试按以下要求进行：

a) 联动启动：模拟火警信号，系统应按设定逻辑输出联动控制信号，包括风电机组停机、断开机组并网回路、启动灭火装置、向集控系统上传火警信息；
b) 联动反馈：系统应正确接收并显示联动设备的动作反馈信号；
c) 通信中断：模拟与集控系统的通信中断，系统应发出故障信号；通信恢复后，系统应自动恢复正常；
d) a、b、c 联动动作循环：在额定工作条件下，以等效负载连续进行 100 次联动动作循环，记录每次动作情况，动作成功率不应低于 99%，且不应出现误喷放。

注：各家可根据实际情况进行联动可靠性测试。

7 可靠性评定方法

7.1 评定指标

风电机组消防灭火系统可靠性评定采用下列指标：

a) 平均无故障时间（MTBF）；
b) 可靠度 R(t)；
c) 灭火启动动作成功率 P；
d) 可用度 A；
e) 平均修复时间（MTTR）（需要时统计）。

7.2 故障分类与统计

7.2.1 关联故障与非关联故障

关联故障与非关联故障的判定应符合GB/T 5080.1的规定。下列原因引起的故障判为非关联故障，不计入故障统计，但应予以记录：

a) 试验设备、测试仪器及辅助设备故障引起的故障；
b) 人为误操作引起的故障；
c) 外部电网、环境条件超出规定范围引起的故障；
d) 其他非产品本身原因引起的故障。

7.2.2 故障严重程度分类

关联故障按严重程度分为下列四类：

a) 致命故障：导致系统火灾探测或灭火功能完全丧失、发生误喷放，或对人身安全构成危险的故障；
b) 严重故障：导致系统主要功能失效，需停机维修的故障；
c) 一般故障：导致系统次要功能异常，不影响火灾探测与灭火主要功能的故障；
d) 轻微故障：不影响系统功能完成的轻微缺陷。

7.2.3 故障统计规则

故障统计应符合下列规则：
a) 同一故障模式在同一部位重复发生的故障，只计一次；
b) 由其他故障引起的从属故障，不单独计数；
c) 软件故障经复位后恢复正常的，计为一般故障；
d) 计算可靠性指标时，计入致命故障、严重故障和一般故障，轻微故障不计入。

7.3 可靠性指标计算

7.3.1 平均无故障时间按式（1）计算：

$$MTBF=T/r \qquad (1)$$

式中：
T——累积试验时间，单位为小时（h）；
r——关联故障总数。
当r=0时，按GB/T 5080.7规定的验证试验方案判定MTBF是否达到规定值。

7.3.2 在恒定失效率假设下，可靠度按式（2）计算：

$$R(t)=e^{(-t/MTBF)} \qquad (2)$$

式中：
t——规定的工作时间，单位为小时（h）。

7.3.3 灭火启动动作成功率按式（3）计算：

$$P=n_1/n_2\times 100\% \qquad (3)$$

式中：
n_1——灭火启动成功次数；
n_2——灭火启动总次数。

7.3.4 可用度按式（4）计算：

$$A=MTBF/(MTBF+MTTR) \qquad (4)$$

式中：
MTBF——平均无故障工作时间；
MTTR——平均修复时间。

7.4 合格判定

同时满足下列要求时，判定被测系统可靠性合格：
a) 第6章规定的全部测试项目结果符合要求；
b) 试验期间不发生致命故障；
c) 平均无故障时间（MTBF）验证值不小于5000 h；
d) 灭火启动动作成功率不低于99%；
e) 可用度A不小于0.99。

任何一项不满足要求时，判定为不合格。允许对不合格项目进行整改后重新测试一次，重新测试结果作为最终判定依据。

8 测试报告

8.1 报告内容

测试报告应包含以下内容：

a) 测试项目名称和编号；
b) 委托单位和生产单位名称；
c) 测试样品名称、型号规格和数量；
d) 测试依据；
e) 测试环境条件；
f) 测试设备和仪器；
g) 测试过程和方法；
h) 测试数据和结果；
i) 故障记录和分析；
j) 测试结论；
k) 测试人员和审核人员签字；
l) 测试日期；

8.2 报告要求

测试报告应内容完整、数据准确、结论明确。测试数据应真实可靠，不得伪造和篡改。测试报告应由具有相应资质的检测机构出具，并加盖检测机构公章。