

中华人民共和国国家标准

GB/T 47723—2026

风能发电系统 风力发电机组自动消防系统

Wind energy generation systems—
Automatic fire protection system for wind turbines

2026-05-25 发布

2026-09-01 实施

国家市场监督管理总局 发布
国家标准化管理委员会

目 次

前言 III

1 范围 1

2 规范性引用文件 1

3 术语和定义 1

4 符号和缩略语 2

5 一般要求 2

6 防护区 3

7 火灾自动报警系统 4

8 灭火装置 5

9 安装与调试 6

10 消防系统维护管理..... 8

附录 A（资料性） 叶片内消防措施的典型安装示例 11

附录 B（资料性） 双馈机组自动消防系统典型安装示例 14

附录 C（资料性） 直驱机组自动消防系统典型安装示例 17

附录 D（资料性） 半直驱机组自动消防系统典型安装示例 21

附录 E（资料性） 消防设施记录表 26

参考文献 29

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。

本文件由中国机械工业联合会提出。

本文件由全国风力发电标准化技术委员会(SAC/TC 50)归口。

本文件起草单位：国能国华(广西)新能源有限公司、江苏金风科技有限公司、云南能源投资股份有限公司、北京乾源风电科技有限公司、华能新能源股份有限公司广东分公司、中国长江三峡集团有限公司、北京金风慧能技术有限公司、中车山东风电有限公司、明阳智慧能源集团股份公司、运达能源科技集团股份有限公司、湖南兴蓝风电有限公司、上海电气风电集团股份有限公司、中车株洲电力机车研究所有限公司风电事业部、长江三峡集团江苏能源投资有限公司、中国三峡新能源(集团)股份有限公司、中国农业机械化科学研究院呼和浩特分院有限公司、中船海装风电有限公司、上海东海风力发电有限公司、北京鉴衡认证中心有限公司、金湖县海新能源有限公司、中广核(江西)新能源有限公司、华能新能源股份有限公司山西分公司、广西龙源新能源有限公司、安徽国电皖能风电有限公司、中节能港建风力发电(张北)有限公司、湖北及安盾消防科技有限公司、中国质量认证中心有限公司、安徽航天立安安全科技有限公司、湖南防灾科技有限公司、工标咨询(北京)有限公司、国家电投集团广西电力有限公司、中煤科工重庆工程技术有限公司、中国电建集团贵州电力设计研究院有限公司。

本文件主要起草人：朱良山、葛苾、王金虎、周满富、张军、庄严、王剑彬、吕庭彦、程林斌、于雪原、魏煜锋、石兵纯、徐可、杨洋、汤腾蛟、陈荣敏、金凤学、韩雷岩、徐晨、郭自涛、黄达、周冬冬、张智伟、孙少华、柳顺荣、丁一、张磊、孙俊来、付小军、孔金良、李宝强、唐应才、刘明远、孙正科、李华兵、牛婧、何杰、李波、怀晓伟、杨志一、胡在春、王华强、韦焕林、吴波、王震海、肖祥辉、张凡。

风能发电系统

风力发电机组自动消防系统

1 范围

本文件规定了风力发电机组自动消防系统的一般要求、防护区、火灾自动报警系统、灭火装置、安装与调试及消防系统维护管理。

本文件适用于配备有自动消防系统的风力发电机组。

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 4715 点型感烟火灾探测器

GB 4716 点型感温火灾探测器

GB 4717 火灾报警控制器

GB 15631 特种火灾探测器

GB 16280 线型感温火灾探测器

GB 16806 消防联动控制系统

GB/T 17626.2—2018 电磁兼容 试验和测量技术 静电放电抗扰度试验

GB/T 17626.3—2023 电磁兼容 试验和测量技术 第3部分：射频电磁场辐射抗扰度试验

GB/T 17626.4—2018 电磁兼容 试验和测量技术 电快速瞬变脉冲群抗扰度试验

GB/T 17626.5—2019 电磁兼容 试验和测量技术 浪涌（冲击）抗扰度试验

GB/T 17626.6—2017 电磁兼容 试验和测量技术 射频场感应的传导骚扰抗扰度

GB/T 17626.8—2006 电磁兼容 试验和测量技术 工频磁场抗扰度试验

GB/T 17626.9—2025 电磁兼容 试验和测量技术 第9部分：脉冲磁场抗扰度试验

GB 31247—2014 电缆及光缆燃烧性能分级

GB 45944 全氟己酮灭火剂

GB 50116—2013 火灾自动报警系统设计规范

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 50347 干粉灭火系统设计规范

GB 50370 气体灭火系统设计规范

XF 499.1—2010 气溶胶灭火系统 第1部分：热气溶胶灭火装置

XF 578 超细干粉灭火剂

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

风力发电机组自动消防系统 **automatic fire protection system for wind turbines**

安装在风力发电机组的机舱、塔架和轮毂内,能够探测火灾早期特征、发出火灾报警信号并自动启动灭火设备,防止火灾蔓延的系统。

3.2

火灾自动报警系统 **automatic fire alarm system**

探测火灾早期特征、发出火灾报警信号,为人员疏散、防止火灾蔓延和启动自动灭火设备提供控制与指示的消防系统。

3.3

火灾报警控制器 **fire alarm control unit; fire control and indicating equipment**

能够接收并发出火灾报警信号和故障信号,同时完成相应的显示和控制功能的设备。

注:火灾自动报警系统的控制中心。

3.4

图像型火灾探测器 **image type fire detector**

采用摄像机、红外热成像器件等单一或组合视频设备,采集分析火焰特征、高温异常信号以识别火灾并发出探测信号的装置。

3.5

局部应用灭火方式 **local application extinguishing way**

以特定强度直接向保护对象喷射灭火剂,并持续一定时间的灭火方式。

4 符号和缩略语

下列符号和缩略语适用于本文件。

K:海拔高度修正系数。

FPZ:火灾防护区(Fire Portective Zone)。

PLC:可编程逻辑控制器(Programmable Logic Controller)。

5 一般要求

5.1 自动消防系统由火灾探测器、声光、消防控制器、灭火装置和远程监视系统等构成。

5.2 自动消防系统应根据风力发电机组运行工况,包括环境温度、湿度、振动、电磁干扰、海拔、地域和气候等条件进行差异化设计。

5.3 自动消防系统设计应根据风力发电机组结构特点划分火灾防护区域,每个火灾防护区域应采用适合其火灾特点的火灾探测器、灭火装置及灭火方式。

5.4 自动消防系统在风力发电机组的场景中,不应使用致人伤亡的材料,宜使用无毒无害的灭火介质。

5.5 自动消防系统应具备将火警、故障、动作等信号上传至远程监视平台的功能,具备与风力发电机组主控系统、视频监测系统联动功能,具备手动或自动启停功能。

5.6 自动消防系统中各类设备之间的接口和通信协议兼容性应符合相关规定。

5.7 自动消防系统应在风力发电机组投运前完成安装和调试,确保自动消防系统功能运行正常。

5.8 自动消防系统日常检查、巡检和功能试验等维护内容及周期应符合 GB 50166 和 GB 50263 的规定。

5.9 电磁兼容性(EMC)满足表 1 要求。

表 1 电磁兼容性要求

项目	执行标准	等级要求
静电放电抗扰度试验	GB/T 17626.2—2018	4 级
射频电磁场辐射抗扰度试验	GB/T 17626.3—2023	3 级
电快速瞬变脉冲群抗扰度实验	GB/T 17626.4—2018	4 级
浪涌(冲击)抗扰度试验	GB/T 17626.5—2019	4 级
射频场感应的传导骚扰抗扰度	GB/T 17626.6—2017	3 级
工频磁场抗扰度试验	GB/T 17626.8—2006	5 级
脉冲磁场抗扰度试验	GB/T 17626.9—2025	5 级

6 防护区

6.1 根据风力发电机组的结构特点分为以下几个区域,防护区分区视图见图 1,每个区域可能包括多个防护单元,具体分区如下。

- a) FPZ1 区:包括叶片,每一支叶片为一个防护单元,其消防措施的典型安装示例见附录 A。
- b) FPZ2 区:包括风轮(含叶片挡板内、轮毂)、机舱,轮毂内的变桨柜和其他独立金属柜为独立防护单元,机舱中齿轮箱及接油盘、高速刹车联轴器、发电机、变压器(箱式或开放式)及机舱内其他电气柜均为独立防护单元。
- c) FPZ3 区:包括塔架整体部分,该区域从偏航轴承向下进行分界包含塔段物理隔绝层,一层工作平台及负一层空间;每一个物理隔绝层可视为一个独立防护单元。
- d) FPZ4 区:包括机组变压器等附属设施,箱变等附属设施可视为一个独立消防单元。

6.2 不同消防分区的防护措施如下:

- a) FPZ1 区宜采用自动探火灭火装置与物理吸热型灭火介质结合的灭火措施;
- b) FPZ2 区机舱内在油液风险区域宜采用点型感烟、感温形式的探测器与防复燃的非贮压式超细干粉灭火剂相配合的灭火装置,在带电风险区域电气柜内宜采用 S 型气溶胶或全氟己酮为灭火介质的灭火装置;
- c) FPZ2 区轮毂及导流罩内宜采用非贮压式超细干粉灭火剂,电气柜内宜采用 S 型气溶胶或全氟己酮为灭火介质的灭火装置;
- d) FPZ4 区下置箱变区域宜采用 S 型气溶胶为灭火介质的灭火装置。

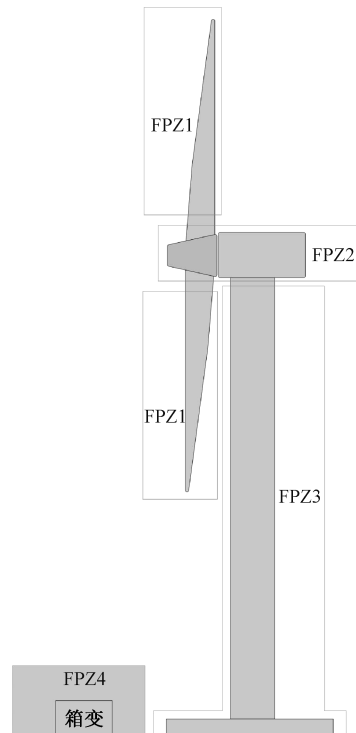


图 1 防护区分区视图

7 火灾自动报警系统

7.1 火灾自动报警系统的设计与设置应符合 GB 50116—2013 的规定。

7.2 风力发电机组各防护单元火灾探测器的选型,应按照以下要求执行。

- a) FPZ1 区火灾探测器,根据实际工程实验数据选用探测器。
- b) FPZ2 区火灾探测器,选用点型感烟探测器、点型感温火灾探测器,结合使用多元素火灾探测器(如红外热成像感温、图像型、可视化烟雾、火焰和感温磁发电组件型探测器等)或不含金属线芯的线型火灾探测器。
- c) FPZ3 区火灾探测器,选用热成像感温、缆式线型感温火灾探测器或感温磁发电组件。
- d) 各类电气柜选用感温磁发电组件、点型感烟探测器、点型感温探测器和组合式电气火灾探测器。
- e) 火灾自动报警系统,具备以下功能:
 - 1) 与消防控制平台的通信功能;
 - 2) 本地手/自动切换功能以及远程手/自动切换功能;
 - 3) 本地手动启动功能以及远程手动启动功能;
 - 4) 具备状态显示与声光报警功能,状态显示内容涵盖火灾报警状态、自动系统故障状态和自动灭火系统手/自动状态。
- f) 当风力发电机组或自动报警系统处于维护状态时,自动消防系统仅响应本地手动启动逻辑。
- g) 火灾探测器备用电源满足在机组失电情况下连续工作 8 h 的要求。

7.3 火灾自动报警系统使用的点型感温火灾探测器,应符合 GB 4716 的规定。

7.4 火灾自动报警系统使用的点型感烟火灾探测器,应符合 GB 4715 的规定。

7.5 火灾自动报警系统使用的图像型火灾探测器,应符合 GB 15631 的规定。

7.6 火灾自动报警系统使用的线型感温火灾探测器,应符合 GB 16280 的规定。

7.7 火灾自动报警系统和灭火系统的自动控制方式应符合下列规定:

- a) 火灾报警系统采用两种不同类型的探测器组合使用,并设置紧急启动/停止按钮。当同一防护单元内两种探测器动作报警或启动紧急按钮时,启动联动控制程序以实施灭火;
- b) 灭火控制装置在接收联动触发信号后,启动该防护区内的火灾声光警报器;
- c) 联动控制信号包含关闭防护区域的通风设备和关闭通风系统以及其他需要联动的相关设施;
- d) 每台风力发电机组均设置火灾报警与灭火控制系统,火灾报警控制器与灭火控制装置设置在便于人员操作位置;
- e) 火灾自动报警系统使用的控制器,符合 GB 4717 和 GB 16806 的相关规定,具备相应资质证书。

7.8 自动消防系统的火灾识别宜采用不少于两种类型的火灾探测器。

8 灭火装置

8.1 全氟己酮灭火装置

8.1.1 应符合 GB 45944 的要求。

8.1.2 使用寿命应匹配风力发电机组的寿命,宜为 10 年。

8.1.3 工作环境温度宜在 $-40\text{ }^{\circ}\text{C}\sim 70\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。

8.1.4 应具备信号反馈功能。

8.2 气溶胶灭火装置

8.2.1 气溶胶灭火装置应采用全淹没进行设计,并符合 GB 50370 的规定。

8.2.2 气溶胶灭火装置应满足 XF 499.1—2010 的要求。

8.2.3 气溶胶灭火装置应具备灭 A 类聚合物火的能力。

8.2.4 气溶胶灭火装置使用寿命应匹配风力发电机组的寿命。

8.2.5 气溶胶装置灭火介质固态沉降物绝缘强度应不小于 $50\text{ M}\Omega$ 。

8.2.6 气溶胶灭火装置工作环境温度宜在 $-50\text{ }^{\circ}\text{C}\sim 85\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。

8.2.7 气溶胶灭火装置应满足风力发电机组实际工况环境下电磁兼容性要求。

8.2.8 当采用热启动方式时,热引发器在传火时不应有断火、透火现象。

8.2.9 热气溶胶灭火装置应进行运输危险等级鉴定,并按照对应要求进行包装、运输和储存。

8.2.10 热气溶胶灭火装置应具有信号反馈功能。

8.2.11 启动/反馈信号线应选择燃烧性能不低于 GB 31247—2014 中 B2 级的电线、电缆。

8.2.12 为保证风力发电机组设备安全,限温型热气溶胶灭火装置距喷口 5 mm 处温度应小于 $200\text{ }^{\circ}\text{C}$,非限温型热气溶胶灭火装置喷口温度不应对应设备和电缆产生损坏,并出具对应的检测报告证明。

8.2.13 热气溶胶灭火装置应满足 2 m 跌落测试后,能正常启动和喷放,结构不应损坏,喷放性能满足要求。

8.2.14 热气溶胶灭火装置应在保护空间内均匀布置,具有清晰的喷放路径,喷放时前方不应有障碍物,且不应面向防护区内的人员进出通道。

8.3 干粉灭火装置

8.3.1 干粉灭火装置应具有相关资质单位出具的型式检验报告,且应有风电机舱专用灭火装置性能的

专项检测。设计干粉用量时参考风电机舱专用灭火装置性能的专项检测结论。

8.3.2 干粉灭火装置使用寿命应匹配风力发电机组的寿命,宜为 10 年。

8.3.3 干粉灭火装置工作环境温度宜在 $-50\text{ }^{\circ}\text{C}\sim 85\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。

8.3.4 干粉灭火装置应满足风力发电机组实际工况环境下电磁兼容性要求。

8.3.5 干粉灭火装置应选择非贮压型。

8.4 非贮压式超细干粉灭火装置

非贮压式超细干粉灭火装置设计时满足下列规定。

- a) 超细干粉灭火剂应符合 XF 578 的要求,并应具有消防产品强制性认证证书。超细干粉灭火剂应具有防止油类火灾复燃的性能,并有权机构出具对相关检测报告。
- b) 非贮压式超细干粉灭火装置,应具有自动控制和感温自启动两种启动方式,并具有启动信号反馈功能,任意一具超细干粉灭火装置启动后,启动信号应反馈到风力发电场总控制室。
- c) 悬挂式安装的单具灭火装置的灭火剂质量不宜大于 5 kg,悬挂支架(座)应能承受 5 倍以上的灭火装置总质量,不应产生变形或脱落现象,灭火装置在投运过程中悬挂支架(座)不应产生变形、脱环或脱落等现象。
- d) 灭火剂设计灭火浓度不应小于经权威机构认证合格的灭火浓度的 1.2 倍。
- e) 超细干粉灭火装置的灭火剂用量计算和配置数量应按 GB 50347 的规定执行。
- f) 当用于对某一防护单元进行全空间保护时,应采用全淹没灭火方式,且宜采用超细干粉灭火剂,防护单元的开口面积、围护结构的耐火极限等应符合 GB 50347 的规定;当用于对防护单元内某一设备或部件进行保护时,宜采用局部应用灭火方式。当采用局部应用灭火方式时,保护对象周围的空气流动速度不宜大于 2 m/s。
- g) 当同一防护单元内设置多具超细干粉灭火装置时,采用的超细干粉灭火装置总数、灭火剂总用量、启动时间间隔和总启动时间等均应符合 GB 50347 的规定。
- h) 悬挂式灭火装置宜安装在防护单元的侧壁和顶部,宜居中布置,设置多具时宜均匀布置。
- i) 局部淹没超细干粉灭火装置至保护对象外缘的距离不应小于 1 m。
- j) 超细干粉灭火装置的最大保护高度不宜大于 8 m,距离热源、通风口的最近边缘不宜小于 2 m。
- k) 超细干粉灭火装置不宜设置在易受碰撞或其他机械损伤的位置。

9 安装与调试

9.1 自动消防系统控制器的安装

应采用悬挂式或落地式安装,悬挂式安装时应固定牢固,支架宜适当调整,不应倾斜。落地安装时其底边宜高出地面 100 mm~200 mm。

9.2 线型光束感烟火灾探测器的安装

9.2.1 探测器光束轴线至顶部的垂直距离宜为 0.3 m~1.0 m。

9.2.2 发射器和接收器(反射式探测器的探测器和反射板)之间的距离不宜超过 100 m。

9.2.3 相邻两组探测器光束轴线的水平距离不应大于 14 m,探测器光束轴线至侧墙水平距离不应大于 7 m,且不应小于 0.5 m。

9.2.4 发射器和接收器(反射式探测器的探测器和反射板)应安装在固定结构上,且应安装牢固,确需安装在容易发生位移形变的结构上时,结构的位移不应影响探测器的正常运行。

9.2.5 发射器和接收器(反射式探测器的探测器和反射板)之间的光路上应无遮挡物。

9.2.6 应保证接收器(反射式探测器的探测器)避开日光和人工光源直接照射。

9.3 线型感温火灾探测器的安装

9.3.1 在电缆桥架、变压器等设备上安装时,宜采用接触式布置。

9.3.2 探测器敏感部件应采用产品配套的固定装置固定,固定装置的间距不宜大于 2 m。

9.3.3 缆式线型感温火灾探测器的敏感部件应采用连续无接头方式安装;如确需中间接线,应采用专用接线盒连接;敏感部件安装敷设时应防止重力挤压冲击,不应硬性折弯、扭转,探测器的弯曲半径宜大于 0.2 m。

9.4 点型火焰探测器和图像型火灾探测器的安装

9.4.1 安装位置应保证其视场角覆盖探测区域,并应防止光源直接照射在探测器的探测窗口。

9.4.2 探测器的探测视角内不应存在遮挡物。

9.4.3 安装时,应采取防尘、防水措施。

9.5 探测器底座的安装

9.5.1 应安装牢固,与导线连接应可靠压接或焊接,当采用焊接时,不应使用带腐蚀性的助焊剂。

9.5.2 连接导线应留有不小于 150 mm 的余量,且在其端部应设置明显的永久性标识。

9.5.3 穿线孔宜封堵,安装完毕的探测器底座应采取保护措施。

9.5.4 探测器报警确认灯应朝向便于人员观察的主要入口方向。

9.5.5 探测器调试前妥善保管,采取防尘、防潮和防腐蚀防护措施。

9.5.6 手动火灾报警按钮、启动和停止按钮应设置在明显且便于操作的部位,其底边距地面的高度宜为 1.3 m~1.5 m,且应设置明显的永久性标识。

9.6 应急电源的安装

9.6.1 消防设备应急电源和备用电源蓄电池应安装在通风良好的场所,如安装在密封环境中应有通风措施。

9.6.2 电池安装场所的环境温度不应超出电池标称的工作温度范围;不应安装在火灾爆炸危险场所。

9.7 系统接地及专用接地线的安装

9.7.1 消防系统电源及设备外壳应与电气接地保护线(PE)连接。

9.7.2 机舱的灭火装置宜采用悬挂安装,范围宜覆盖发电机、齿轮箱、主轴、高速轴等关键部件。

9.7.3 电气柜的自动消防系统按各柜体单独划分区域,灭火范围覆盖整个柜体。

9.7.4 风力发电机组上预留、预埋的安装支架、安装底板,应牢固可靠,有充裕的承载余量。

9.7.5 自动消防装置使用的线缆应使用标准色线并使用阻燃型电缆或耐热线缆,导线的种类、电压等级应符合 GB 50116—2013 的规定。

9.7.6 自动消防线缆应使用屏蔽电缆并做好等电位连接,当铺设线路使用金属穿管时应做好管线的等电位及接地。

9.7.7 火灾探测器的传输线路应有标识,接线端子应有标号。

9.7.8 各类管路明敷时,应采用单独的卡具吊装或支撑物固定,吊杆直径不应小于 6 mm。

9.7.9 各类管路暗敷时,应敷设在可燃结构内,且保护层厚度不应小于 30 mm。

9.7.10 敷设在多尘或潮湿场所管路的管口和管路连接处,均应做密封处理。

9.7.11 线缆在管内或槽盒内不应存在接头或扭结。导线的连接应在接线盒内完成,且需采用焊接、压接或接线端子的方式,确保连接可靠。

9.8 调试

9.8.1 自动消防系统调试应符合 GB 50116—2013 的相关要求。

9.8.2 自动消防系统调试应满足下列要求。

- a) 系统导线敷设结束后,用 500 V 兆欧表测量每个回路导线对地的绝缘电阻,且绝缘电阻值不小于 20 M Ω 。
- b) 调试时使用专用的烟温探测器测试设备对探测器进行模拟测试,触发相应的探测器并查验火灾报警及其联动至风力发电机组主控 PLC 事件记录。
- c) 设备调试时将气体灭火控制器置于检修模式,并断开启动灭火装置。若不能断开则将启动灭火装置使用等效功率的指示灯或电阻进行替代测试,测试时检查启动功率是否满足实际负载设备的要求。
- d) 安装测试完毕后将安装测试结果记录留存,将系统恢复至测试前的正常工作状态。

9.9 其他

双馈、直驱、半直驱风电机组结构等存在差异,其自动消防系统技术要求不同。双馈机组自动消防系统典型安装示例见附录 B,直驱机组自动消防系统典型安装示例见附录 C,半直驱机组自动消防系统典型安装示例见附录 D。

10 消防系统维护管理

10.1 通则

10.1.1 机组消防设施的维护管理包括值班、巡查、检测、维修、保养和建档等工作。

10.1.2 机组消防设施投入使用后,应处于正常工作状态。机组消防设施的电源开关,均应处于正常运行位置,并标示开、关状态;消防设施及其相关设备电气控制柜具有控制方式转换装置的,其所处控制方式宜反馈至消防控制室。

10.1.3 不应擅自关停消防设施。若值班、巡查和检测时发现故障,应及时组织修复。因故障维修等原因需要暂时停用消防系统的,应有确保消防安全的有效措施,并经单位消防安全责任人批准。

10.1.4 风力发电机组消防系统应保持连续正常运行,不准许随意中断。

10.1.5 当发现故障时,应及时维修,并做好记录。重大问题应及时上报,停机维修施工并采取防范措施。

10.1.6 消防系统在进行日常检查、巡检、维护和功能试验后,应进行记录,记录表见附录 E。

10.1.7 日常应巡查风力发电机组消防系统各设备部件的外观、工作状态和自检功能等。

10.1.8 火灾探测器、火灾报警控制器与灭火控制装置功能试验确保对所有机组的消防系统设备每年至少试验一次。同时应检查灭火装置的灭火剂贮存容器、自启动装置和感温元件等主要部件的外观、安装情况和工作状态。

10.1.9 每年应进行整个风力发电场所有风力发电机组消防系统的联动试验,包括对火灾报警控制器与灭火控制装置以及火灾探测器的各项功能进行试验,对灭火装置的模拟启动试验,以及对相关联动控制设备的联动启动试验等。

10.1.10 风力发电机组消防系统应每年至少检测一次。

10.1.11 风力发电机组消防系统的日常检查、巡检、功能试验的数量、频次和内容,应符合 GB 50263 的规定。

10.2 巡查

10.2.1 一般要求

10.2.1.1 风力发电机组消防设施的巡查应由风电场编制相应的巡查制度。

10.2.1.2 从事消防设施巡查的人员,应能熟练操作消防设施。

10.2.1.3 风力发电机组消防设施巡查应明确巡查部位、频次和内容。巡查时应填写《消防设施巡查记录表》(见表 E.1)。巡查时发生故障,应按维修中要求处理。

10.2.2 巡查内容

10.2.2.1 火灾自动报警系统的巡查内容见表 E.1 中“火灾自动报警系统”部分。

10.2.2.2 气体灭火系统的巡查内容见表 E.1 中“非储压干粉、气溶胶灭火装置”部分。

10.2.2.3 干粉灭火系统的巡查内容见表 E.1 中“干粉灭火系统”部分。

10.2.2.4 灭火器的巡查内容见表 E.1 中“灭火器”部分。

10.2.2.5 其他需要巡查的内容见表 E.1 中“其他巡查内容”部分。

10.3 检测

10.3.1 风力发电机组的消防设施应每年至少检测一次,检测对象包括全部系统设备、组件等。

10.3.2 从事消防设施检测的人员,应能熟练操作消防设施。

10.3.3 消防设施检测应填写《消防设施检测记录表》(见表 E.2)。

10.4 维修

10.4.1 从事消防设施维修的人员应具有相应资质。

10.4.2 巡查、检测、灭火演练中发现消防设施存在问题和故障的,相关人员填写《消防设施故障维修记录表》(见表 E.3),并向单位消防安全管理人报告。

10.4.3 单位消防安全管理人对消防设施存在的问题和故障,应立即通知维修人员进行维修。维修期间,应采取确保消防安全的有效措施。故障排除后应进行相应功能试验并经单位消防安全管理人检查确认。维修情况记入《消防设施故障维修记录表》(见表 E.3)。

10.5 保养

10.5.1 一般规定

10.5.1.1 消防设施维护保养应制定计划,列明消防设施的名称、维护保养的内容和周期(见表 E.4)。

10.5.1.2 从事消防设施保养的人员,应能熟练操作消防设施。

10.5.1.3 需要计量检定的消防设施所用称重、测压等计量仪器仪表,应按有关规定进行定期校验并提供有效证明文件。单位应储备一定数量的消防设施易损件或与有关产品厂家、供应商签订相关合同,以保证供应。

10.5.1.4 实施消防设施的维护保养时,填写《消防设施维护保养记录表》(见表 E.4)并进行相应功能试验。

10.5.2 保养内容

10.5.2.1 对易污染、易腐蚀生锈的消防设备应定期清洁、除锈。

10.5.2.2 点型感烟火灾探测器应根据产品说明书的要求定期清洗、标定;产品说明书没有明确要求的,应每 2 年清洗、标定一次。火灾探测器的标定应由生产企业或具备资质的检测机构承担。承担标定

的单位应出具标定记录。

10.5.2.3 蓄电池作为后备电源的消防设备,应按照产品说明书的要求定期对蓄电池进行维护。

10.5.2.4 其他类型的消防设备应按照产品说明书的要求定期进行维护保养。

10.5.2.5 对于使用周期超过产品说明书标识寿命的易损件、消防设备,以及经检查测试已不能正常使用的火灾探测器、压力容器和灭火剂等产品应及时更换。

10.5.2.6 火灾探测器应具备针对风力发电机组特殊环境的、抗振动、抗高温和抗低温试验报告。

10.6 档案

10.6.1 内容

消防设施档案应包含消防设施基本情况和动态管理情况。基本情况包括消防设施的验收文件和产品、系统使用说明书、系统调试记录、机组消防设施电气原理图等原始技术资料。动态管理情况包括消防设施的巡查记录、检测记录、故障维修记录以及维护保养计划表、维护保养记录。

10.6.2 保存期限

《消防设施巡查记录表》的存档时间不应少于 1 年。《消防设施检测记录表》《消防设施故障维修记录表》《消防设施维护保养记录表》的存档时间不应少于 5 年。

附录 A
(资料性)

叶片内消防措施的典型安装示例

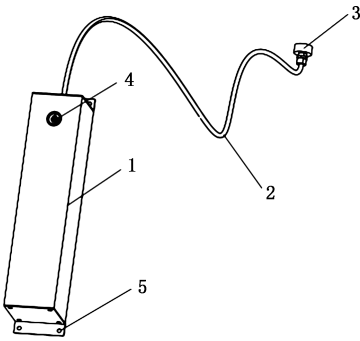
A.1 叶片消防设计方案

A.1.1 原理简介

基于风力发电机组叶片内部着火点主要为叶片引下线的着火特点,结合叶片内腔的几何结构,因此在叶片的消防设计上采用局部消防的技术措施。使用火探管布置在引下线的周围,当引下线周围温度达到火探管的工作温度时,火探管会融化破裂并释放全氟己酮药剂进行局部灭火。一般情况下叶片内部着火初期,叶轮都处于转动状态,因此在全氟己酮药剂释放后,局部淹没的药剂浓度会根据叶片内腔的集合尺寸变化迅速增加内腔的药剂浓度,进一步达到灭火的目的。

A.1.2 全氟己酮灭火装置

全氟己酮灭火装置(见图 A.1)集火情探测、灭火与报警反馈功能于一体,广泛适用于电气柜、数据机柜、锂电池箱、精密仪器等场景的火灾安全防护。



标引序号说明:

- 1——罐体;
- 2——探火管;
- 3——压力表;
- 4——启动开关;
- 5——安装支架。

图 A.1 全氟己酮灭火装置示意图

灭火剂储罐采用非金属包装结构。囊袋将驱动气体与灭火剂分离贮存的设计,使灭火装置不受安装方向限制。

A.1.3 探火管

探火管是无需任何电源,无需专门的烟、温感探测器,无需复杂的设备及管线,利用自身储压,探火管受热破裂,立即释放灭火剂灭火,适用于小型及特定空间的灭火保护。

利用探火管作为灭火管路,将探火管直接布置在保护区域内,能够在火灾发生时立即感应温度变化并启动灭火,同时在管路中布置报警反馈开关,利用压力变化实时反馈报警信号,实现火情探测。

将探火管置于靠近或在火源最可能发生处的上方,同时,依靠沿探火管的诸多探测点(线型)进行探测。

一旦着火时,探火管在受热温度最高处被软化并爆破,将灭火介质通过探火管本身释放到被保护区。

A.2 叶片消防安装方案

确定风力发电机组叶片引下线接地点对角线的位置,将灭火装置安装在风力发电机组叶片盖板位置。安装前,对安装位置打孔,通过螺栓将全氟已酮灭火装置固定,并加装防震垫片保证安装牢固。安装孔位图见图 A.2。

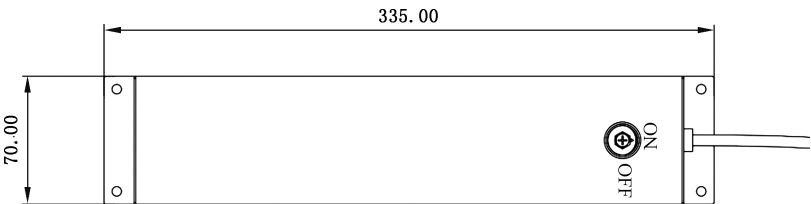


图 A.2 灭火装置安装孔位图

灭火剂储罐组安装在叶根内部靠近轮毂连接处的刚性平台上,便于检修且不易被活动部件干扰,探火管从储罐组阀口引出,另一端封堵宜使用绝缘材料。

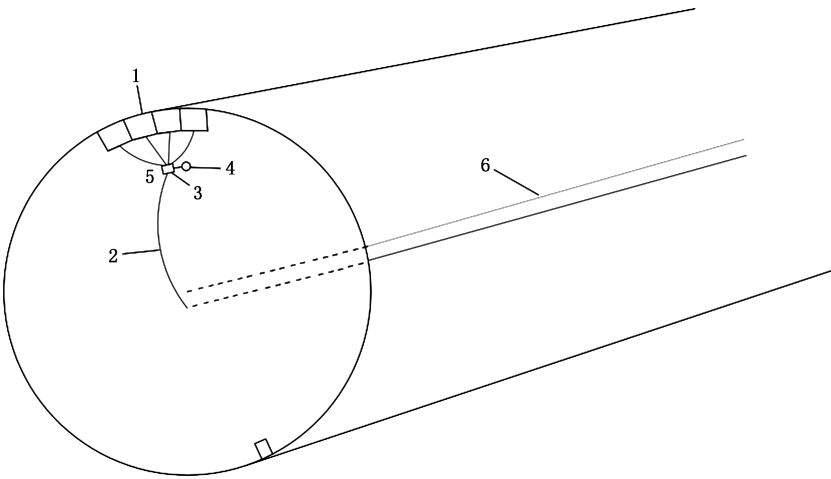
探火管紧贴火灾高风险区—叶片内部避雷引下线敷设,与引下线距离不大于 50 cm。

探火管保持平直,避免尖锐弯折,采用规格 800 g/m² 的双轴向纤维布,每间隔 1 m,环氧树脂胶黏剂将纤维布手糊在叶片内壁上,确保探火管在叶片运行(振动、摆动)中保持稳定,不脱落和不磨损。

安装完成后,测试就地压力正常,远传压力信号功能正常,确保报警能准确触发并上传至主控室。

根据大量试验验证,在叶片内部通风条件下,该局部应用式全氟已酮灭火系统能够在探火管爆裂后的数秒内迅速释放灭火剂,扑灭早期火源。

安装示意图见图 A.3:



标引序号说明:

- 1——全氟已酮灭火装置;
- 2——外径 6 mm 探火管;
- 3——远传压力测控点;
- 4——就地压力表;
- 5——四通接头;
- 6——叶片引下线。

图 A.3 叶片全氟已酮灭火装置安装示意图

A.3 风力发电机组叶片局部防护全氟己酮用量计算方法

以某机型叶片局部防护为例,叶片局部防护的全氟己酮灭火装置用量按公式(A.1)进行计算。
$$M=V_1 \cdot q_v \cdot t \dots\dots\dots (A.1)$$

式中:
 V_1 ——保护对象围护容积,单位为立方米(m^3);
 q_v ——系统单位体积喷射率,单位为千克每秒每立方米[$kg/(s \cdot m^3)$];
 t ——喷射时间,单位为秒(s)。

注:结合叶片火灾的特性,防护区选取以着火点为中心,半径为0.5 m,高度为0.1 m的局部空间为保护区域。
保护对象围护容积 V_1 为: $0.5\text{ m} \times 0.5\text{ m} \times 3.14 \times 0.1\text{ m} = 0.078\text{ 5 m}^3$;
系统单位体积喷射率 q_v 为: $1\text{ kg}/(s \cdot m^3)$;
喷射时间 t 为: 30 s ;
所需灭火剂设计用量 M 为 $0.078\text{ 5 m}^3 \times 1\text{ kg}/(s \cdot m^3) \times 30\text{ s} \approx 2.36\text{ kg}$ 。

A.4 电气柜局部防护全氟己酮用量计算方法

以某机型部分电气柜防护单元为例,电气柜防护单元的全氟己酮灭火装置用量见表 A.1,其他柜体灭火介质的配套参照执行。

表 A.1 某机型风电机组电气柜内全氟己酮装置用量

序号	位置	宽×深×高 mm			V 防护 区容积 m^3	V_v 防护区 净容积 m^3	C 灭火设计 浓度	全氟己酮灭火 设计用量 kg	单具设计 选型 kg	数量
1	机舱柜	600	600	1 600	0.576	0.576	5%	0.42	0.48	1
2	变流器 功率柜	1 200	660	2 200	1.74	1.74	5%	1.27	0.8	2
3	变流器 并网柜	800	660	2 200	1.16	1.16	5%	0.84	0.85	1
4	变流器 控制柜	300	660	2 200	0.435	0.435	5%	0.32	0.48	1

附 录 B
(资料性)

双馈机组自动消防系统典型安装示例

B.1 总则

风力发电机组自动消防系统需具备 24 h 连续火情监测能力,内置探测器与火灾报警控制器,实时探测火险并显示位置信息。报警时,联动或远程启动视频系统进行确认。确认后,能自动或手动启动灭火。所有报警信号由控制器采集、存储并上传至中央监控系统,实现远程启停、状态监控和复位等功能。

B.2 护分区消防系统配置说明

防护单元内探测器与灭火装置推荐选型见表 B.1 和表 B.2。

表 B.1 防护单元探测器推荐表

探测器选型/探测位置	感温探测器	感烟探测器	缆式感温探测器	火焰探测器	感温磁发电组件
轮毂及导流罩防护单元	○	○	○	○	●
机舱空间防护单元	●	●	●	●	●
电气柜防护单元	●	●	○	○	●
塔架及竖向电缆桥架防护单元	○	○	●	○	○
注：“●”代表推荐;“○”代表不推荐。					

表 B.2 防护单元灭火装置推荐表

灭火装置选型/灭火位置	超细干粉灭火装置	气溶胶灭火装置	全氟乙酮灭火装置
轮毂及导流罩区域内电气柜	○	●	●
机舱空间防护单元	●	●	●
电气柜防护单元	○	●	●
注：“●”代表推荐;“○”代表不推荐。			

系统软件宜具备毫秒级别的响应速度。系统软件宜对用户进行管理,具有增删、改查的功能,能够设置相关用户权限。

B.3 自动消防系统配置方案

B.3.1 火灾探测器配置方案

- B.3.1.1 本方案以某机型为例开展配置方案说明,该机型尺寸为 12.7 m×4.7 m×5 m(长×宽×高)。
- B.3.1.2 火灾报警探测器由感烟探测器、感温探测器组成。当机舱内发生火情时,上述火灾探测器能够探测机舱内的烟雾、温度等参数特征,并将探测器的报警信息上传至火灾报警控制器。
- B.3.1.3 根据 GB 50116—2013 中表 6.2.2 的规定,当地面面积大于 30 m² 时,感温探测器保护面积为 20 m²。本方案涉及机舱面积为 59.69 m²,根据需要配置 3 个感温火灾探测器。

B.3.1.4 根据 GB 50116—2013 中表 6.2.2 的规定,当探测器安装高度不大于 6 m 时,感烟火灾探测器最大保护面积为 60 m²。本方案涉及机舱面积为 59.69 m²,配置 1 个感烟火灾探测器,设置 2 个感烟探测器。

B.3.1.5 感温、感烟探测器安装于机舱内高速轴刹车盘、发电机尾部接线盒及滑环室、主轴与齿轮箱连接部位等机舱内安全隐患点。

B.3.2 灭火装置配置方案

B.3.2.1 机舱空间防护单元

机舱空间防护单元采用全淹没灭火方案,灭火装置以采用超细干粉灭火装置为例展开配置方案介绍。

超细干粉灭火装置采用全淹没灭火方案时的用量见公式(B.1)。

$$N = V_1 \cdot C / m \dots\dots\dots (B.1)$$

式中:

N ——干粉灭火装置的配置数量,单位为具;

V_1 ——防护区域净容积,单位为立方米(m³);

C ——灭火设计密度,单位为千克每立方米(kg/m³);

m ——单具灭火装置的充装量,单位为千克(kg)。

注:该机型整个机舱尺寸约为:12.7 m×4.7 m×5 m(长×宽×高),机舱内净容积约占整个机舱空间的 50%;考虑机舱的密闭性,为保证实现机舱空间全淹没,需增加系数修正,建议系数(K)为 1.2,灭火装置设计密度取 130 g/m³(根据供应商检验报告)。

保护对象体积为:12.7 m×4.7 m×5 m=298.45 m³。

所需灭火装置数量:298.45 m³×0.5×1.2×0.13 kg/m³/5 kg=4.66≈5 具。

根据计算结果,该机型机舱空间防护单元实现全淹没时需配置 5 具 5 kg 超细干粉灭火装置。为保障机舱空间防护单元灭火剂的用量充足,在机舱内部配置 6 套 5 kg 悬挂式超细干粉灭火装置。

B.3.2.2 各类电气柜防护单元

各类电气柜防护单元均为封闭空间,采用气溶胶灭火装置的全淹没灭火方案。

根据 GB 50370 规定,电气柜防护单元内气溶胶灭火装置用量见公式(B.2):

$$W = C \cdot V \cdot K_v \dots\dots\dots (B.2)$$

式中:

W ——气溶胶灭火剂设计用量,单位为千克(kg);

C ——灭火设计密度,单位为千克每立方米(kg/m³);

V ——防护区容积,单位为立方米(m³);

K_v ——容积修正系数。

注: $C=0.13$ kg/m³(根据供应商检测报告); $V<500$ m³ 时, $K_v=1.0$; 500 m³≤ $V<1\ 000$ m³ 时, $K_v=1.1$; $V\geq 1\ 000$ m³ 时, $K_v=1.2$ 。

以某机型部分电气柜防护单元为例,电气柜防护单元的热气溶胶灭火装置用量见表 B.3,其他柜体灭火介质的配套参照执行。

表 B.3 某机型风电机组电气柜内气溶胶装置用量

序号	位置	宽×深×高 mm			V 防护 区容积 m ³	V _v 防护 区净容积 m ³	C 灭火 设计密度 kg/m ³	K _v 容积 修正 系数	W 气溶胶 灭火剂理 论用量 kg	单具设 计选型 kg	数量	实际 总量 kg
1	机舱柜	600	600	1 600	0.576	0.576	0.13	1.2	0.09	≥0.1	1	0.1
2	变流器 功率柜	1 200	660	2 200	1.74	1.74	0.13	1.2	0.272	≥0.28	1	0.3
3	变流器 并网柜	800	660	2 200	1.16	1.16	0.13	1.2	0.181	≥0.2	1	0.25
4	变流器 控制柜	300	660	2 200	0.435	0.435	0.13	1.2	0.068	≥0.1	1	0.1

B.3.2.3 安装规定

电气柜内感温磁发电组件及气溶胶安装规定如下：

- a) 感温磁发电组件安装于电气柜内顶部,且不可靠近发热部件；
- b) 气溶胶安装于柜体的下半部分或在电气柜的底部；
- c) 根据 XF 499.1—2010 的要求,距离气溶胶喷口 5 mm 位置的温度不可高于 200 ℃,因此气溶胶灭火装置喷口朝向无电气部件位置,气溶胶喷口附近不可有电气部件,避免喷口喷发气溶胶时因局部过热损坏电气部件；
- d) 气溶胶不可在发热部件附近安装,避免发热部件温度过高导致误喷。

附录 C
(资料性)

直驱机组自动消防系统典型安装示例

C.1 风力发电机组消防系统

C.1.1 概述

风力发电机组自动消防系统是指风力发电机组中用于探测火灾和扑灭火灾的一类消防设施和器材。自动消防系统由火灾自动报警系统、自动灭火系统和监控系统组成,该系统能在风力发电机组无人值守时,自动探测火灾早期特征、发出火灾报警信号并自动启动灭火设备,防止火灾蔓延,自动消防系统和手动灭火系统设计思路见表 C.1。

表 C.1 自动消防系统和手动灭火系统设计思路

风力发电机组消防系统设计	系统内容	固定方式及特点	保护范围
自动消防系统	安装在机舱空间、塔架空间和电气柜等场所的火灾探测器、自动灭火装置、自动消防控制器等	固定式:固定于风机容易发生火灾的场所,需要专业工具安装和拆卸,每套探测装置和灭火装置对应专门的保护空间	对着火空间全淹没保护

风力发电机组消防系统组成见图 C.1。

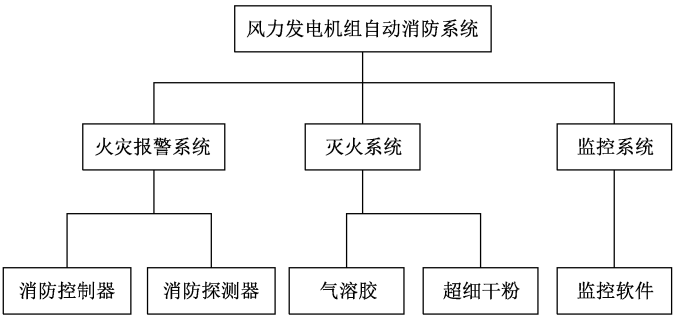


图 C.1 风力发电机组消防系统组成

C.1.2 风力发电机组自动消防系统原理

根据风力发电机组的结构特点,采用感烟火灾探测器、感温火灾探测器作为火灾探测装置,对机组内每个潜在的火患点(绝大多数为电气柜)进行监测。采用气溶胶灭火装置和超细干粉灭火装置,对各个防护区实现全淹没灭火保护,针对性地将火源在初期期进行控制和处理。同时,探测装置和灭火装置的状态信号通过中央监控软件在线监测。风力发电机组自动消防系统原理如图 C.2 所示。

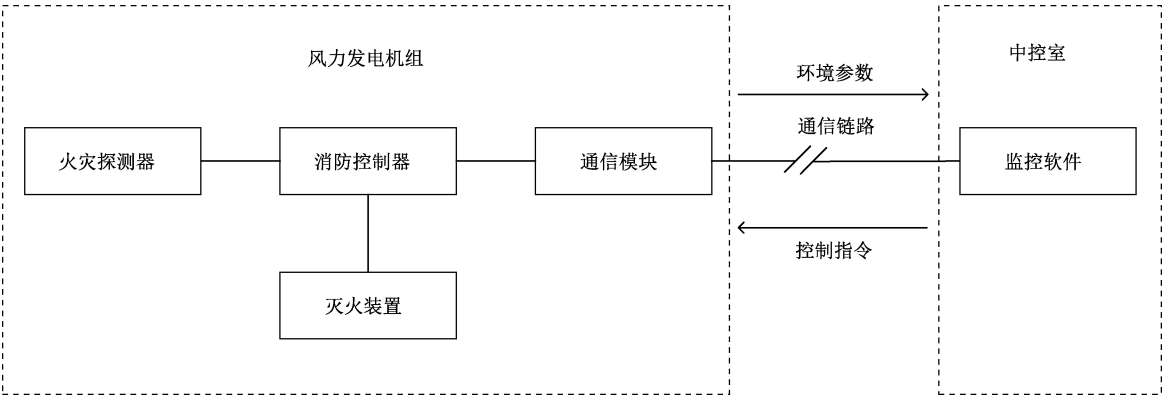


图 C.2 风力发电机组自动消防系统原理图

C.1.3 风力发电机组自动消防系统设计

风力发电机组自动消防系统设计时,首先遵循表 C.2。

表 C.2 风力发电机组自动消防系统设计内容

序号	环境条件	需满足的要求
1	运行环境温度范围	—40℃~50℃
2	储存环境温度范围	—45℃~70℃
3	相对湿度	≤98%
4	海拔高度	≤4 000 m
5	抗地震要求	8 级
6	设计使用寿命	25 年(灭火装置的使用寿命为 10 年,需定期检修更换,以配合机组寿命)
7	电磁环境	符合 XF 61、GB/T 17626.2、GB/T 17626.3、GB/T 17626.4、GB/T 17626.5 的规定
8	防腐等级	符合 GB/T 30790.2—2014 中规定的使用环境:陆上 C3、海上 C4

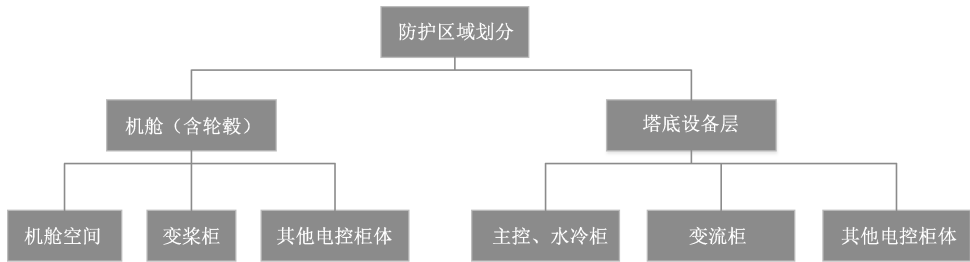
风力发电机组自动消防系统满足以下功能:

- a) 工业级温度范围的联动型控制器,实现火情自动探测、自动灭火功能,同时符合国内现行的消防电子产品认证要求;
- b) 3 s 内实现对总线系统所有探测器巡检及火情探测响应;
- c) 控制器具有控制输出功能,用于火灾报警传输设备和消防联动设备的控制,每一控制输出有对应的手动直接控制按钮,控制器在发出火灾报警信号 3 s 内能启动相关的控制输出(除延时设置外);
- d) 当有故障信号时,系统发出故障声响并显示故障发生的位置,并可手动消除声响;
- e) 控制器具有自动记录火情历史事件功能,最多可记录 1 024 条相关信息;
- f) 具有高级优先级火情的显示功能,同时可手动进行优先级的查询功能;
- g) 供电停止后,续航时间不低于 8 h;
- h) 远程通信功能,控制器能将现场的烟、温探测器数据打包上传中央监控软件,并保存记录。

C.2 风力发电机组防火分区及整体设计方案

将机组划分为机舱(含轮毂)和塔架两个防火分区。机舱防火分区的重点防护部位主要是机舱空

间、机舱柜、轮毂中的变桨柜和其他电控柜体等；塔架防火分区重点防护部位是变流柜等电气柜体。风力发电机组防火分区及重点防护部位划分见图 C.3。



根据风力发电机组火灾特点及风力发电机组自身结构特点，对各个防护区域采取针对性的火灾探测装置和灭火装置。

针对同一空间，使用反应速度更快的感烟探测器和更稳定准确的感温探测器共同完成。

基于超细干粉灭火介质在大空间内释放速度快、灭火效率高的特点，选择超细干粉灭火装置保护机舱大空间。

针对机舱和塔底的各个电气柜，由于电气柜密封性能较好，不易进灰尘，因此在电气柜内部使用感温和感烟探测器，探测柜体内部的温度和烟雾颗粒度变化情况。为防止灭火介质对电气设备造成二次伤害，选择喷射后不易沉降、易清理的 S 型气溶胶灭火装置。

C.3 消防报警系统设计方案

C.3.1 消防控制器一般设计

消防报警系统包含两部分：一是消防控制器，二是消防探测器。消防报警系统设计满足。

- a) 可靠性。在国家标准之外，需要做相关风力发电机组环境实验，包括高低温、IP 密封等级、盐雾和振动等，需要出具第三方检验报告。
- b) 防误报。从设计上规避误报、误触发。

C.3.2 消防控制器设计

消防控制器是整个智能消防系统的核心设备，安装于塔底平台，负责各种探测器状态的巡检、面板指令的接收、显示当前状态、设置逻辑控制、与监控软件通信，以及接收火灾报警控制器执行，并启动灭火装置。

消防控制器技术参数见表 C.3。

表 C.3 消防控制器技术参数

序号	技术项	技术参数
1	主电	220 V, 50 Hz 交流电源
2	备电	DC 24 V
3	外部带电端子与机壳绝缘电阻	≥20 MΩ
4	电源输入端与机壳绝缘电阻	≥50 MΩ

C.3.3 消防探测器内容

探测器包括但不限于传统的点式感温火灾探测器、点式光电感烟火灾探测器、(抗日光型)红紫外复合火焰探测器等。

C.4 机舱防火分区自动消防系统设计方案

C.4.1 机舱空间自动消防系统设计方案

在机舱空间布置感温探测器和感烟探测器,实时监测机舱状态。探测器和灭火装置通过联动控制器联动,当机舱中探测器检测到火情并发出火警信号后,联动控制器接收到信号并传送至中控室,中控室值班人员确认火情,确认后启动灭火。无人值守时联动控制器根据设定的程序,进行火情判断,自动灭火。

自动消防系统的灭火装置接收到启动命令后,经过 0 s~30 s 延时(可调)后启动。延时启动的作用是便于确认火情及人员逃生。

C.4.2 机舱(含轮毂)电气柜自动消防系统设计方案

根据灭火装置是否与消防控制器联动,电气柜自动消防系统设计方案分为以下两类。

- a) 灭火装置与消防控制器联动。电气柜内安装感温探测器和感烟探测器探测火灾,只有 2 个探测器全部响应时,联动控制器才能输出灭火装置动作信号,驱动气溶胶灭火装置喷射灭火。
- b) 灭火装置不与消防控制器联动。电气柜内安装自带感温启动装置的气溶胶灭火装置,该灭火装置不与消防控制器联动,当柜内温度达到感温启动装置启动的阈值时,感温启动装置动作,气溶胶灭火装置喷射灭火。

C.5 塔架防火分区自动消防系统设计方案

塔架防火分区的重点防护部位是塔底电气柜,主要包括主控柜、变流柜等,根据灭火装置是否与消防控制器联动,电气柜自动消防系统设计方案分为以下两类。

- a) 灭火装置与消防控制器联动。电气柜内安装感温探测器和感烟探测器探测火灾,只有 2 个探测器全部响应时,联动控制器才会输出灭火装置动作信号,驱动气溶胶灭火装置喷射灭火。
- b) 灭火装置不与消防控制器联动。电气柜内安装自带感温启动装置的气溶胶灭火装置,该灭火装置不与消防控制器联动,当柜内温度达到感温启动装置启动的阈值时,感温启动装置动作,气溶胶灭火装置喷射灭火。

C.6 监控软件功能与系统优先级规定

监控软件具备风力发电机组内部联动控制器信息的实时解析能力,可在中央控制界面实现下述功能:

- a) 直观显示风力发电机组内部各个探测点的传感器状态;
- b) 显示各个灭火装置在风力发电机组内部安装的位置;
- c) 报警时,显示界面出现提醒对话框并有相应的声光提示。

监控软件能够对机组进行远程的灭火启停控制,系统优先级设置为风力发电机组就地控制器启停为第一优先级;中央监控室启停为第二优先级;联动控制器自启动为第三优先级。数字越低,优先级别越高。

附 录 D
(资料性)

半直驱机组自动消防系统典型安装示例

D.1 总则

自动消防系统能够自动检测风力发电机组消防状态,并按照系统事先制定的策略进行超标报警,如有火灾事故发生,能自动启动消防装置,从而保证风力发电机组的安全运行。通过设置在风电机组内部的火灾报警探测器,自动灭火系统能实现 24 h 不间断的火情监测。当探测器检测到风电机组内部出现火情时,自动向火灾报警控制器报警。火灾报警控制器显示相应信息及火灾发生部位,在报警时候启动视频系统进行火灾情况确认或远程主动控制开启视频系统确认,并能通过自动或手动对相关部位的灭火设备进行控制实施灭火。所有的火情信息由报警控制器进行采集、存储,并能将火警信号上传至风电场控制室的消防集中监控系统。

机舱内设自动灭火和自动探测报警装置,在火灾隐患点设置火灾探测器。火灾探测器具有报警功能,报警信号接入消防控制器,通过消防控制器与中控室中央监控系统相连,实现远程监控。中央监控系统具有远程启动、复位功能,实时监控机组火情。

自动消防系统具有抗电磁干扰、耐高温、抗震动及摇摆等功能,适用于高低温、潮湿、振动等工作环境,自动消防系统使用环境条件见表 D.1。

表 D.1 自动消防系统使用环境条件

名称	普通型技术参数
运行环境温度	−40 ℃~50 ℃
生存环境温度	−45 ℃~60 ℃
平均相对湿度	50 %
最大相对湿度	95 %,短时 100 %
海拔范围	≤4 000 m
设计空气密度	0.71 kg/m ³ ~1.4 kg/m ³
设计雷暴天数	50 天/年
机舱前后振动最大加速度	5 m/s ²
机舱左右振动最大加速度	3.5 m/s ²

D.2 火灾风险点分析

D.2.1 机舱区域

D.2.1.1 液压润滑系统

包含液压站、润滑站、管路等区域,此类部件发生漏油时遇到空气中可燃的粉尘、纤维混合后具有火灾风险。

D.2.1.2 机舱平台底板下部电缆

风力发电机组内各电缆均采用防火阻燃线缆,自身并不可燃烧,但线缆接头处松动导致接头处电阻变大,引起异常发热;或绝缘老化、绝缘破损后导致弧光接地短路可能引发火灾。

D.2.1.3 高速轴制动器

风力发电机组刹车工况下,高速轴转速可降至安全制动转速阈值以下,不存在高温摩擦隐患;制动器摩擦组件采用复合材料材质,刹车过程中无火花产生。

D.2.1.4 电气柜

包含布置在机组内部的机舱控制柜、机舱信号柜轮毂内变桨柜等电气柜,火灾风险集中在电气柜内部。人为原因、电气部件老化或支架材料绝缘能力下降,出现线路漏电产生火花或异常发热可能引发火灾。

D.2.2 塔筒区域

塔基设备层:塔筒设备层布置变压器、环网柜及变流器控制柜等电气部件,火灾风险集中在电气柜内部。人为原因、电器元件过载、拉弧、电气部件老化或支架材料绝缘能力下降,出现线路漏电产生火花或异常发热可能引发火灾。

D.3 防护消防系统

D.3.1 轮毂及导流罩

轮毂及导流罩内主要保护设备为变桨柜,如需在该处配置自动灭火方案,采用S型热气溶胶的被动灭火方式,启动方式采用启动器或者热敏线缆,当发生火灾时,温度升高,启动灭火装置,进行灭火。

D.3.2 机舱机械区

机舱内的火灾隐患点主要包括偏航系统、高速轴刹车盘、机舱平台底板下部、润滑系统、液压系统、发电机动力电缆等设备,机舱内顶部采用感温探测器和感烟探测器探测火灾,当两类探测器全部响应时,联动控制器输出灭火装置动作信号,启动热气溶胶灭火装置喷射灭火。

在机舱内设置一台带有联动功能的消防控制器,负责接收机舱内各种探测器的探测信号,并实时接收报警设备、灭火装置的状态反馈信号。

当人员发现火灾但自动消防系统未触发灭火时,可通过现场手动/远程手动启动灭火装置动作。

D.3.3 机舱与塔基电气柜

根据灭火装置是否与消防控制器联动,电气柜自动消防系统设计方案分为以下两类。

- a) 灭火装置与消防控制器联动。电气柜(如机舱动力柜)内安装感温探测器和感烟探测器探测火灾,只有两个探测器全部响应时,联动控制器才会输出灭火装置动作信号,驱动气溶胶灭火装置喷射灭火。
- b) 灭火装置不与消防控制器联动。电气柜(如机舱信号柜、变流器柜)内安装自带感温启动装置的气溶胶灭火装置,该灭火装置不与消防控制器联动,当柜内温度达到感温启动装置启动的阈值时,感温启动装置动作,气溶胶灭火装置喷射灭火。

D.3.4 塔架设备层

塔架设备层内的火灾隐患点主要包括箱式变压器、环网柜以及UPS电池柜等,该区域采用在火灾

隐患点布置探测装置及灭火装置的全淹没灭火方案。柜外顶部采用感温探测器和感烟探测器探测火灾,当两类探测器全部响应时,联动控制器输出灭火装置动作信号,启动超细干粉灭火装置喷射灭火。

在塔架进门处内设置一台带有联动功能的消防控制器,负责接收塔架内各种探测器的探测信号,并实时接收报警设备、灭火装置的状态反馈信号。

当人员发现火灾自动消防系统未触发灭火时,可通过现场手动/远程手动启动灭火装置动作。

D.4 自动消防系统部件选型

D.4.1 火灾探测器

D.4.1.1 为满足自动消防系统方案设计要求,本方案以某机型为例开展配置说明,机舱偏航平台直径 4.01 m,偏航平台距离机舱弯头顶部高度 4.38 m。

D.4.1.2 火灾探测器包括点型感烟火灾探测器、点型感温火灾探测器。

D.4.1.3 根据 GB 50116—2013 中 6.2.2 的规定:当地面面积大于 30 m² 时,点型感温探测器保护面积为 20 m²。本方案涉及机舱面积为 12.17 m²,设计 1 只点型感温火灾探测器。

D.4.1.4 根据 GB 50116—2013 中 6.2.2 的规定:当安装高度不大于 6 m,点型感烟火灾探测器最大保护面积为 60 m²。本方案涉及机舱面积为 12.17 m²。设计点型感烟火灾探测器 1 只。为保证机组消防探测安全,本机设置 2 只感烟探测器。

D.4.1.5 感温、感烟探测器安装于机舱顶部,监测高速轴制动器、发电机尾部接线盒以及机舱内液压站等安全隐患点。

D.4.2 灭火剂配置方案

D.4.2.1 塔架设备层

塔架设备层采用全淹没灭火方案,灭火装置采用超细干粉灭火剂。超细干粉灭火装置及探测器根据隐患点的需求,布置在塔架空间内。

超细干粉灭火剂采用全淹没灭火方案时的用量根据公式(D.1)计算:

$$N = V_1 \cdot C / m \dots\dots\dots (D.1)$$

式中:

- N ——干粉灭火装置的配置数量,单位为具;
- V₁ ——防护区域净容积,单位为立方米(m³);
- C ——灭火设计密度,单位为千克每立方米(kg/m³);
- m ——单具灭火装置的充装量,单位为千克(kg)。

注:该塔架设备层保护对象净空间<150 m³(塔架按圆柱体计算,扣除塔架内较大设备体积即可)。

所需灭火装置数量:150 m³×0.13 kg/m³/5 kg=3.9≈4 具。

D.4.2.2 电气柜内

电气保护区包括机舱控制柜、塔基变频器柜等柜体。电气保护区均为封闭空间采用小型 S 型热气溶胶灭火剂与探测器配套的全淹没灭火方案。

根据 GB 50370 的规定,柜内气溶胶装置的用量根据公式(D.2)计算:

$$W = C \cdot V \cdot K_v \dots\dots\dots (D.2)$$

式中:

- W ——气溶胶灭火剂设计用量,单位为千克(kg);
- C ——灭火设计密度,单位为千克每立方米(kg/m³);
- V ——保护区容积,单位为立方米(m³);

K_v ——容积修正系数。

注： $V < 500\text{ m}^3$ 时， $K_v = 1.0$ ； $500\text{ m}^3 \leq V < 1\,000\text{ m}^3$ 时， $K_v = 1.1$ ； $V \geq 1\,000\text{ m}^3$ 时， $K_v = 1.2$ 。

例如：某机型风电风力发电机组电气柜内气溶胶装置用量见表 D.2，其他柜体灭火介质的配套参照执行。

表 D.2 某机型风力发电机组电气柜内气溶胶装置用量

序号	位置	宽×深×高 mm			V 防护 区容积 m^3	V_v 防护 区净容积 m^3	C 灭火 设计密度 kg/m^3	K_v 容积 修正系数	W 气溶胶 灭火剂理 论用量 kg	单具设 计选型 kg	数量	实际 总量 kg
1	机舱柜	1 610	1 767	600	1.71	1.71	0.13	1.0	0.222 3	0.3	1	0.3
2	变流器 功率柜	1 300	660	2 200	1.716	1.716	0.13	1.0	0.230 8	0.15	2	0.3
3	变流器 并网柜	700	660	2 200	0.924	0.924	0.13	1.0	0.120 1	0.15	1	0.15
4	变流器 控制柜	600	660	2 200	0.792	0.792	0.13	1.0	0.102 9	0.15	1	0.15
5	机舱大 空间	$D = 4\,001\text{ mm}$ 、 $H = 4\,380\text{ mm}$ 机舱弯头按 圆柱体计算			55.15	44.12	0.13	1.0	5.735	3	2	6

机舱大空间及电气柜内气溶胶及感温磁发电探测器安装位置如下。

- a) 感温磁发电探测器安装：感温磁发电探测器需安装于电气柜内顶部或电气柜的上部位置。不准许靠近发热部件，需预留安装空间及安装接口。
- b) 热气溶胶灭火剂安装：
 - 1) 电气柜内气溶胶安装于柜体的下半部分或在电气柜的底部打孔安装；
 - 2) 根据 XF 499.1—2010 的要求，距离气溶胶喷口 5 mm 位置的温度不准许高于 200 ℃，因此气溶胶灭火装置喷口建议朝下或朝向电气柜内无电气部件方向，气溶胶喷口附近不可有电气部件，以免喷口喷发气溶胶时局部过热损坏电气部件；
 - 3) 气溶胶不准许在发热部件附近安装，以免因发热部件温度过高导致误喷发；
 - 4) 预留位置需保证喷发的气溶胶可在整个柜内弥漫。有死区或单独的密闭空间。

D.5 自动消防系统软件

D.5.1 监控功能

监控软件对风力发电机组内部的联动控制器的信息实时解析，并在中控界面显示。显示界面具有以下功能：

- a) 直观显示风力发电机组内部各个探测点的传感器状态；
- b) 显示各个灭火装置在风力发电机组内部安装的位置；
- c) 各个探测点的探测数据实时更新；
- d) 报警时，显示界面出现提醒对话框并有相应的声光提示。

D.5.2 远程控制功能

监控软件能对机组进行远程的灭火启停控制,系统优先级设置为机组就地控制器启停为第一优先级;中央监控室启停为第二优先级;联动控制器自启动为第三优先级。数字越低,优先级别越高。

D.5.3 自动消防软件系统的独立性

自动消防系统软件采用 Modbus TCP 通信协议,通过整个风场环网与中控室内自动消防监控系统进行数据交互,远程监控机组自动消防系统。

D.5.4 其他

自动消防系统具备以下功能:

- a) 自动消防系统在中控室客户端界面显示所有风力发电机组消防设备状态,并能够显示机组各探测器的状态信息;
- b) 在机组发生报警时,需在客户端界面显示机组的报警信息,探测器的报警状态信息,并发出报警信号(报警采用的形式以具体项目要求为准);
- c) 在中控室客户端,能够对消防设备的报警信息进行相关的处理,包含复位、启动等动作信号处理,风力发电机组的消防设备做出响应动作;
- d) 对用户的操作及登录有记录及查询功能;
- e) 对消防设备的报警信息有记录及查询功能;
- f) 软件系统对消防指令的响应速度要在毫秒级别;
- g) 对用户进行管理,完成增删改查,并能够设置相关用户权限;
- h) 对机组消防设备进行管理、配置;
- i) 对消防设备的动作有记录及查询功能。

附 录 E
(资料性)
消防设施记录表

E.1 总则

为规范风力发电机组(以下简称“机组”)消防设施巡查、检测、维修及保养管理,保障设施稳定运行,制定本附录记录表。

本附录为通用样表,运营单位可结合机组消防设施实际配置细化内容;记录需真实、完整、清晰留存,作为设施全生命周期管理及消防安全检查、验收的技术依据。

E.2 记录表样式

消防设施巡查记录表见表 E.1,消防设施检测记录表 E.2,消防设施故障维修记录表 E.3,消防设施维护保养记录表 E.4。

表 E.1 消防设施巡查记录表

巡查项目	巡查内容 (机组编号)	巡查情况					
		部位	数量	正常	故障及处理		
					故障描述	当场处理情况	维修情况
火灾自动报警系统	主电源、备电源工作状态						
	探测器、模块外观及运行状态						
	控制器外观及运行状况						
	系统接地装置外观						
	监控后台外观及运行状况						
非储压干粉、气溶胶灭火装置	灭火装置外观、设置位置						
	防护区状况						
	启动线路连接状况						
干粉灭火系统	干粉储存装置外观及运行状态						
	系统启动装置外观及功能						
灭火器	灭火器压力						
	灭火器外观						
	灭火器有效期						
其他巡查内容	消防设施联动功能						
巡查人(签名):		巡查时间:					
消防安全责任人或消防安全管理人(签名):							
备注							
对发现的问题和故障及时处理,当场不能处置的要填报消防设施故障维修记录表。 注 1: 情况正常的,在“正常”栏中打“√”;存在问题或故障的,在“故障及处理”栏中填写相应内容。 注 2: 本表为样表,单位根据消防设施实际情况和巡查时间段分系统、分部位制表。							

表 E.2 消防设施检测记录表

检测项目 (机组编号)		检测内容	实测记录	故障记录及处理		
				故障描述	当场处理情况	维修情况
火灾自动报警系统	火灾探测器	试验报警内容				
	警报装置	试验警报功能				
	监管装置	试验监管装置报警功能、屏蔽信息显示功能				
	控制器	试验火警报警、故障报警、火警优先、自检、消音、手自动切换等功能				
	远程监控系统	试验信息传输显示、消音、复位、手自动切换等功能				
检测人(签名):			检测结论:			
日期:			日期:			
消防安全责任人或消防安全管理人(签名):						
检测项目满足设计资料、国家工程建设消防技术规范等的要求。对发现的问题及时处理,当场不能处置的要填报消防设施故障维修记录表。 注 1: 存在问题或故障的,在“故障及处理”栏中填写相应内容。 注 2: 本表为样表,单位根据消防设施实际情况分系统制表,参与系统检测的人员均在检测人一栏如实填写个人基本信息。						

表 E.3 消防设施故障维修记录表

故障情况(机组编号)				故障维修情况						故障排除确认
发现时间	发现人签名	故障部位	故障描述	是否停用系统	是否报备上级单位	安全防护措施	维修时间	维修人员(单位)	维修方法	
注 1: “故障情况”由值班、巡查、检测、灭火演练时的当事人如实填写。 注 2: “故障排除情况”由单位消防安全管理人在确认故障排除后如实填写并签字。 注 3: 本表为样表,单位根据消防设施实际情况制表。										

表 E.4 消防设施维护保养记录表

检查保养内容	检查/维护操作	标准	周期	保养情况
(机组编号)				机组位置
感烟/感温探测器	固定牢固、接线完好、外观完好、指示灯正常	1.安装螺栓无松动,支架无变形、断裂、脱落、锈蚀; 2.线束无松动,标签完好; 3.外观无破损、变形; 4.指示灯正常工作	一年	
感烟探测器	探测器清理	1.迷宫盒清洁无灰尘、纤维; 2.固定牢固、紧密	一年	
感烟/感温探测器	功能测试	正常上传故障、火警信号	一年	
消防控制器	固定牢固、接线完好、外观完好、状态显示正常	1.安装螺栓无松动,支架无变形、断裂、脱落、锈蚀; 2.线束无松动,标签完好; 3.外观无破损、变形、标签完整; 4.工作状态正常	一年	
超细干粉灭火装置	固定牢固、接线完好、外观完好	1.安装螺栓无松动,支架无变形、断裂、脱落、锈蚀; 2.线束无松动,标签完好; 3.外观无破损、变形、标签完整	一年	
气溶胶灭火装置	固定牢固、接线完好、外观完好	1.安装螺栓无松动,支架无变形、断裂、脱落、锈蚀; 2.线束无松动,标签完好; 3.外观无破损、变形、标签完整	一年	

参 考 文 献

[1] GB/T 5907(所有部分) 消防词汇

[2] GB 26851 火灾声和/或光警报器

[3] GB/T 26875(所有部分) 城市消防远程监控系统

[4] GB/T 30790.2—2014 色漆和清漆 防护涂料体系对钢结构的防腐蚀保护 第2部分:环境分类

[5] GB 50140 建筑灭火器配置设计规范

[6] DL 5027 电力设备典型消防规程

[7] NB/T 10659 风力发电机组 视频监视系统

[8] NB/T 10660 风力发电机组 工业以太网通信系统

[9] NB 31089 风电场设计防火规范

[10] XF 61 固定灭火系统驱动、控制装置通用技术条件

[11] XF 1167 探火管式灭火装置
