

团体标准

T/JSREA 1002—2025

大型电站锅炉水冷壁检测无人机规范

Specification for unmanned aerial vehicles for water wall inspection of large power plant boilers

2025 - 09 - 05 发布

2025 - 10 - 05 实施

目 次

前言	II
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 总则	1
5 技术要求	1
6 试验要求	4
7 交付文件要求	4
8 包装、标志、运输和贮存	4

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这些专利的责任。

本文件由江苏省可再生能源行业协会提出并归口。

本文件起草单位：国家电投集团能源科学技术研究院(上海发电设备成套设计研究院有限责任公司)、内蒙古霍煤鸿骏铝电有限责任公司电力分公司、国网能源新疆准东煤电有限公司、内蒙古能源集团金山第三热电有限公司、上海申能奉贤热电有限公司、苏州工业园区北部燃机热电有限公司、中况检测技术(南京)有限公司、江苏省可再生能源行业协会。

本文件主要起草人：张强、叶晶、王鹤楠、林润达、张越、李诚信、范佳卿、钟增樾、陈家颖、武霖、陈荣泽、郭荣、庄伟、程相杰、付阳静、何宝华、王俊超、王赵东、吴智权、张秋瑶、于广丰、张旭冉、朱洪伟、邓明川、王立勇、李仁刚、黄佳春、姜英伟、沈庆东、李俊义、刘凤治、章骏磊、杨小锋、章伟杰、丁刚、孙猛、邓志成、杨凯铤、康磊、高飞、孔祥友、李少林、韩春龙、施新春、徐鹏、杨玉鹏、武子含。

大型电站锅炉水冷壁检测无人机规范

1 范围

本文件规定了大型电站锅炉水冷壁检测无人机的总则、技术要求、试验要求、交付文件要求以及包装、标志、运输和贮存方面的要求。

本文件适用于大型电站锅炉水冷壁检测的无人机系统。

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 4208 工业企业生产环境噪声控制标准

GB 11291.1 工业环境用机器人 安全要求 第1部分：机器人

GB 11291.2 机器人与机器人装备 工业机器人的安全要求 第2部分：机器人系统与集成

GB/T 12642 工业机器人 性能规范及其试验方法

GB/T 12643 机器人与机器人装备 词汇

HB 8566 多旋翼无人机系统通用要求

3 术语和定义

GB/T 12643界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

多旋翼无人机 multi-rotor unmanned aircraft

一种由动力驱动，飞行时凭借三个及以上旋翼依靠空气的反作用力获得支撑，能够垂直起降、自由悬停的无人驾驶航空器。

3.2

锅炉水冷壁 boiler water wall

水冷壁是锅炉的主要受热部分，它由数排钢管组成，分布于锅炉炉膛的四周。它的内部为流动的水或蒸汽，外界接受锅炉炉膛的火焰的热量。

3.3

自主飞行 automatic flight

多旋翼无人机完全由飞控系统闭环控制的飞行模式。

4 总则

4.1 锅炉水冷壁检测无人机应能够满足现场作业要求，满足 GB 11291.1、GB 11291.2 的安全要求。

4.2 锅炉水冷壁检测无人机应配备必要的附属设备、备品备件、专用工具和仪器。

4.3 锅炉水冷壁检测无人机应设置起降平台，设置于锅炉人孔门位置。

4.4 锅炉水冷壁检测无人机设计与制造应满足 GB 11291 相关要求。

4.5 锅炉水冷壁检测无人机性能试验方法应满足 GB/T 12642 相关要求。

4.6 锅炉水冷壁检测无人机应满足 HB 8566 相关要求，宜采用折叠式多旋翼无人机。

5 技术要求

5.1 功能要求

- 5.1.1 锅炉水冷壁检测无人机由多旋翼无人机飞行器、测控通信设备、任务载荷和地面站组成。
- 5.1.2 飞行器功能应包含不限于以下要求：
- a) 支持手控模式、自主模式和半自主模式；
 - b) 具备手控模式、自主模式及半自主模式自由切换功能，切换过程中多旋翼无人机飞行姿态不发生明显变化；
 - c) 具备航迹规划功能，按预定的三维空间坐标自主飞行；
 - d) 具备定点悬停功能；
 - e) 具备防撞功能；
 - f) 具备机头重定向功能，多旋翼无人机可按照操控方向飞行；
 - g) 采用动力电池驱动。
- 5.1.3 测控通信设备功能要求：
- a) 应具备对飞行器和任务载荷的遥控功能；
 - b) 应具备对飞行器和任务载荷的遥测功能；
 - c) 应具备视频全向、实时传输功能。
- 5.1.4 多旋翼无人机可选配一种或多种任务载荷，每种任务载荷选配时应满足如下要求：
- a) 可见光拍照功能要求：
 - 1) 应具备对巡视目标区域进行可见光高清真彩色拍照功能；
 - 2) 应支持遥控、自动拍照；
 - 3) 应具备自动对焦功能。
 - b) 可见光摄像功能要求：
 - 1) 应具备对巡视目标区域进行可见光高清真彩色摄像功能；
 - 2) 应具备实时输出可见光视频功能；
 - 3) 应具备自动对焦功能；
 - 4) 应具备遥控变焦功能。
 - c) 地面站功能要求：
 - 1) 应具备航迹规划功能，能够实时修改飞行过程中的航迹点，可编辑航迹点应不少于 50 个；
 - 2) 应具备显示飞行器飞行状态信息功能，显示信息应至少包括高度、经度、纬度、电池电量、飞行轨迹、飞行速度；
 - 3) 应具备控制任务载荷实现可见光拍照、可见光摄像变焦功能；
 - 4) 应具备控制云台转动并显示其姿态信息功能；
 - 5) 应具备显示并保存可见光视频和红外视频的功能；
 - 6) 应具备在可见光和红外视频上叠加当前日期、时间、经度、纬度、海拔高度的功能；
 - 7) 应具备显示机头指向的功能；
 - 8) 应具备地图下载功能，并可通过网络进行更新；
 - 9) 应具备单次和累计飞行数据的记录、显示和导出功能；
 - 10) 应具备飞行任务灵活配置功能，配置内容包括但不限于飞行航线、飞行高度、飞行速度、起飞和降落方式、拍照（摄像）方式、安全策略，且应有参数设置界面；
 - 11) 显示设备应采用高亮屏，在强光下能清晰显示；
 - 12) 软件及随机文件应使用中文。
 - d) 安全保护功能要求：
 - 1) 应具备自检功能。自检项目应至少包括：飞行控制模块、电池电压、电机、遥控遥测信号（数传）。以上任意部件（模块）故障，均能以明显的声光或代码进行报警提示，并且系统锁定，无法起飞。根据报警提示，能直接确定故障的部件（模块）；
 - 2) 应具备一键返航功能。该功能至少可选择原路返航、按预设高度返航；
 - 3) 应具备通信中断后自动返航功能。该功能至少可选择原路返航、按预设高度返航；
 - 4) 应具备电池电压告警值预设功能。在地面站和飞行器上应始终有电池电压显示，电压低于预设值时应有明显的声光或代码提示；
 - 5) 应具备异常报警功能。该功能应能实现当 GPS 或北斗定位系统、电机工作状态、飞行高度和速度等异常时，在地面站和飞行器上以明显的声光或代码进行报警提示。

5.2 性能指标要求

5.2.1 飞行器性能要求:

- a) 最大载荷重量 $\geq 3\text{kg}$;
- b) 搭载任务载荷条件下抗风能力 $\geq 10\text{m/s}$ (距地面 2m 高, 瞬时风速);
- c) 搭载任务载荷条件下最大飞行速度 $\geq 10\text{m/s}$;
- d) 搭载任务载荷条件下悬停时间 $\geq 20\text{min}$;
- e) 搭载任务载荷条件下飞行离地高度 $\geq 500\text{m}$;
- f) 搭载任务载荷条件下飞行控制水平精度 $\leq 3\text{m}$;
- g) 搭载任务载荷条件下飞行控制垂直精度 $\leq 5\text{m}$;
- h) 定位系统水平精度 $\leq 1.5\text{m}$;
- i) 定位系统垂直精度 $\leq 3\text{m}$;
- j) 机身任意直线方向尺寸 $\leq 1.8\text{m}$;
- k) 无人机需要具有高功率的 LED 灯, 亮度应该达到 1000 流明以上。

5.2.2 测控通信设备性能要求:

- a) 多旋翼无人机和任务载荷的遥控距离 $\geq 2\text{km}$;
- b) 多旋翼无人机和任务载荷的遥测距离 $\geq 2\text{km}$;
- c) 视频传输距离 $\geq 2\text{km}$;
- d) 遥控遥测传输误码率 $\leq 10^{-6}$ 。

5.2.3 任务载荷性能要求:

- a) 总体要求:
 - 1) 重量 $\leq 2\text{kg}$;
 - 2) 可视范围要求俯仰角 $-90^\circ \sim +90^\circ$;
 - 3) 视场范围内始终不受机体任何部位遮挡;
 - 4) 云台控制精度优于 0.15° 。
- b) 可见光拍照性能要求:
 - 1) 有效像素 ≥ 1600 万;
 - 2) 在距离 10m 处可见光图片可清晰分辨销钉级目标 (可清晰识别长度 10mm 的销钉)。
- c) 可见光摄像性能要求:
 - 1) 有效像素 ≥ 1280 (H) $\times 720$ (V);
 - 2) 光学变焦倍数 10 倍及以上, 广角端焦距范围: 3mm~5mm;
 - 3) 在距离 10m 处可见光视频可清晰分辨销钉级目标 (可清晰识别长度 10mm 的销钉)。
- d) 地面站性能要求:
 - 1) 体积 $\leq 500\text{mm}$ (L) $\times 400\text{mm}$ (W) $\times 250\text{mm}$ (H);
 - 2) 重量 $\leq 15\text{kg}$;
 - 3) 额定功率 $\leq 80\text{W}$;
 - 4) 额定功率下 (电池供电) 工作时间 $\geq 5\text{h}$;
 - 5) 待机功率下 (电池供电) 工作时间 $\geq 10\text{h}$;
 - 6) 整体防护等级参照 GB 4208-2008 执行, 不低于 IP64。
- e) 动力电池性能要求:
 - 1) 电池充放电次数 ≥ 300 次;
 - 2) 电池充电温度: $-10^\circ\text{C} \sim +55^\circ\text{C}$;
 - 3) 电池接头各触点间导通性良好, 连接牢固、可靠, 具有良好的外绝缘强度;
 - 4) 电池容量 $\geq 10000\text{mAh}$;
 - 5) 电池应具备防振动、防淋雨措施。
- f) 操作性要求:
 - 1) 操作人员不超过 2 人;
 - 2) 零部件更换应方便、快捷。
- g) 可靠性要求:
 - 1) 平均无故障时间 (MTBF) $\geq 200\text{h}$;

- 2) 多旋翼无人机使用寿命 ≥ 500 飞行小时或 1500 个架次;
- 3) 电气接口应有明显标识, 防止误接;
- 4) 旋翼、支架等可更换部件应有明显标识, 以指示是否正确安装;
- 5) 所有连接件、紧固件应有防松措施;
- 6) 连接线应固定牢靠, 布局合理, 尽量不外露。

6 试验要求

- 6.1 大型电站锅炉检测无人机试验分为型式试验、出厂试验, 试验应出具详细记载测试数据的正式试验报告, 满足 HB 8566 试验的相关要求。
- 6.2 出厂试验由供货方开展。
- 6.3 型式试验由具备相应试验项目资质的机构开展。
- 6.4 多旋翼无人机试验内容主要包含以下项目:
 - a) 系统试验;
 - b) 机体试验;
 - c) 动力装置试验;
 - d) 飞行控制与导航系统试验;
 - e) 任务载荷试验;
 - f) 数据链试验;
 - g) 控制单元试验。

7 交付文件要求

- 7.1 供货方提供的图纸、资料、文件应使用国家法定单位制即国际单位制。
- 7.2 资料的组织结构清晰、逻辑性强。资料内容要正确、准确、一致、清晰、完整, 满足使用、保养、维修等方面要求。

8 包装、标志、运输和贮存

8.1 包装

- 8.1.1 供货方所供设备部件, 均应遵照国家标准和有关包装技术条件要求, 使用坚固的箱子进行包装。
- 8.1.2 供方所供技术文件应妥善包装, 能承受长途运输和多次的搬运, 并应防止潮气和雨水的浸蚀。
- 8.1.3 为防止设备器材被盗、受到腐蚀及海水的损坏, 未经供货方认可, 不得采用敞开的板条箱或类似包装。

8.2 标志

- 8.2.1 每台无人机设备都应有固定铭牌, 铭牌应不易损坏, 标志应醒目、整齐、美观。
- 8.2.2 无人机关键部件应有明显易辨的指示标志, 对于检修或运行时可能发生危险的部件, 必须有醒目的特殊标志。
- 8.2.3 重要部件应根据图纸规定, 在一定位置上标记装配编号、使用材料和检验合格的标志。
- 8.2.4 产品的包装上应印有牢固、清晰的标志, 包括但不限于:
 - 合同号;
 - 商标;
 - 目的地;
 - 收货人代码;
 - 设备名称;
 - 规格;
 - 箱号;
 - 净重;
 - 生产日期;

——厂名厂址；

——外形尺寸：长×宽×高。

8.3 运输

8.3.1 供方应负责所有设备的包装，并能满足集装箱运输要求。

8.3.2 包装箱尺寸应充分考虑海运、铁路、公路的运输要求。

8.4 贮存

8.4.1 无人机设备有效保管期应不少于 12 个月。

8.4.2 无人机应存放在室温下，存放地点应干燥无尘、避免温度波动、避免形成冷凝水、避免阳光直射。