

团 体 标 准

T/FSS XXX—2025

佛山标准 AI 智能带电接火机器人

Foshan standard AI robot for live line connection

202X-0X-XX 发布

202X-0X-XX 实施

佛山市佛山标准和卓越绩效管理促进会 发布

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。

本文件由佛山市佛山标准和卓越绩效管理促进会提出并归口。

本文件起草单位：广东冠能电力科技发展有限公司、佛山市质量和标准化研究院、佛山市佛山标准和卓越绩效管理促进会、XX公司。

本文件主要起草人：XXX、陈科、朱悦夫、XXX。

佛山标准 AI 智能带电接火机器人

1 范围

本文件规定了AI智能带电接火机器人的术语和定义、技术要求、试验方法、检验规则、标志、包装、运输和贮存。

本文件适用于AI智能带电接火机器人（以下简称“机器人”）。

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 191 包装储运图示标志

GB/T 4208—2017 外壳防护等级（IP代码）

GB/T 13384 机电产品包装通用技术条件

GB 31241 便携式电子产品用锂离子电池和电池组 安全技术规范

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

上线机构 hanging wire mechanism

将绝缘卷扬带挂接在架空导线上，使用卷扬技术将机器人提升至高空导线下方的一套机构。

3.2

自主上线 hanging cable automatically

机器人自动提升至高空导线下方，由自动悬挂装置把机器人悬挂在导线上，并能满足带电作业要求。

3.3

行走机构 walking mechanism

行走机构由两组走线臂构成，分布于装置主体前后端，每组走线臂由V型复合轮、传动电机、驱动器等组成。机器人通过V型复合轮挂在导线上，通过驱动器驱动传动电机进行前后行走。

3.4

剥线机构及剥线机械臂 stripping mechanism and stripping robotic arm

剥线机构由剥线组件以及剥线机械臂组成，剥离机械臂分别由水平移动轴、垂直移动轴以及旋转轴组成，使剥线组件与导线精准对位，剥线组件自动完成导线绝缘层剥离。

3.5

拉线机构 wire pulling mechanism

拉线机构是由拉线线夹、卷线组件组成的，作用是将地面的引流线牵引至高空，能够牢固地夹紧引流线前端的裸导线部分，并在机械臂夹线时自动释放引流线。

3.6

接线机构与接线机械臂 wiring mechanism and Wiring robotic arm

接线机构由接线机械臂、夹线组件、并沟线夹及螺栓紧固组件组成。接线机械臂是由垂直移动轴、旋转轴、X向移动轴、Y向移动轴构成，完成引流线的抓取、将引流线与导线裸露部分与并沟线夹精准对位，螺栓紧固组件自动完成并沟线夹的紧固，使引流线与导线有效固定及导通。

3.7

移动控制端 mobile control terminal

能够无线控制机器人动作并能够实时显示机器人运动状态的可移动式控制端，通常称作“遥控器”。

3.8

带电接火 live line connection

采用不停电方式进行支接线路引线接入作业称为带电接火。

4 技术要求

4.1 使用条件

4.1.1 机器人在以下环境条件下应能正常工作：

- a) 温度-10℃~55℃；
- b) 风力不大于10m/s；
- c) 电压等级不大于10kV。

4.1.2 作业宜在良好天气下进行，如遇雷、雨、雪、大雾时不宜进行带电作业。

4.2 外观和结构

4.2.1 机器人的主要结构尺寸及公差应符合图纸设计要求。

4.2.2 机器人主体框架机构应稳定牢固，布局合理。

4.2.3 整机外观美观整洁，表面应光洁、平整、均匀，不应有造成危险的锐边或棱角，不应有伤痕、毛刺等缺陷。

4.2.4 表面文字、符号和标识应清晰、易识别、耐磨损、耐老化。

4.2.5 机器人表面应有保护涂层或其它防腐设计。

4.2.6 机器人布置的电气线路应排列整齐、固定牢靠、走向合理，便于安装、维护，并用醒目的颜色和标志加以区分。

- 4.2.7 机器人的设计应满足 10 kV 架空配电导线带电安全作业要求。
- 4.2.8 机器人本体外壳和电器部件的外壳均不带电，防护等级应符合 GB/T 4208-2017 中 IP2X 要求。
- 4.2.9 上线机构应配有绝缘带，悬挂至导线上后穿入到机器两侧的卷扬机构中，卷收后具有防止机器人从导线上脱落的作用。
- 4.2.10 机器人整体质量不大于 45kg。

4.3 电池

- 4.3.1 机器人的续航时间应不低于 1 h。
- 4.3.2 电池的安全要求应符合 GB 31241 的规定。

4.4 功能要求

4.4.1 上、下线功能

- 4.4.1.1 机器人应能实现带电上升至导线高度，上线高度不低于 14 m，上线平均速度应不小于 3 m/min。
- 4.4.1.2 机器人应具备一键自主上线功能，上线过程中自动完成姿态平衡控制、挂线臂闭合、挂线臂就位至导线等动作。
- 4.4.1.3 机器人应具备一键自主下线功能，下线过程中自动完成姿态平衡控制、挂线臂脱离导线、挂线臂张开等动作。

4.4.2 行走功能

- 4.4.2.1 机器人应能沿标称截面积 $50\text{mm}^2\sim 240\text{mm}^2$ 规格架空绝缘电缆导线方向行走。
- 4.4.2.2 机器人应具备前进、后退、变速、变向、制动等基本功能，过程中不应出现滑动、失控现象。
- 4.4.2.3 机器人导线上最大行走速度应不小于 3 m/min。

4.4.3 剥线功能

- 4.4.3.1 剥线机构应自动将绝缘导线接线部位绝缘层剥除干净，剥线过程中不应损伤导线金属线芯，线芯表面无刮痕。
- 4.4.3.2 应实现标称截面积 $50\text{mm}^2\sim 240\text{mm}^2$ 规格绝缘电缆绝缘层的自动剥切。

4.4.4 接线功能

- 4.4.4.1 拉线机构应能自动将引流线牵引至接线机构。
- 4.4.4.2 接线机构应能自动将配电导线与引流线裸露部分通过并沟线夹夹紧。
- 4.4.4.3 机器人应具备视觉识别功能，能自动调整接线机械臂姿态把并沟线夹送至导线接线位置。

4.4.5 移动控制端

- 4.4.5.1 应能控制机器人自主上下导线、沿导线行走、剥离导线绝缘层以及完成引流线与导线并线等操作。
- 4.4.5.2 应能显示机器人剩余电量、信号通断情况、画面实时监控等信息。
- 4.4.5.3 无线通讯距离应不小于 100 m。

4.4.6 作业时间

机器人完成单次作业(单相线路带电接火)时长应不大于 20 min。

5 试验方法

5.1 外观和结构

- 5.1.1 在充足的光照条件下,采用目测、手感等方式检查机器人外观表面、框架机构、外壳涂层、连接件、紧固件、电气部件、可更换部件及指示标识等。
- 5.1.2 使用通用量具测量机器人的主要结构尺寸。
- 5.1.3 按照 GB/T 4208-2017 的要求测试外壳防护等级。
- 5.1.4 使用台秤称重机器人整体质量。

5.2 电池

- 5.2.1 机器人充满电后静置 10 min,开始 5.3 各项试验,记录机器人可续航时间。
- 5.2.2 电池安全要求按照 GB 31241 规定的方法测试。

5.3 功能要求

5.3.1 测试条件

按照以下条件搭建架空配电线路测试场景:

- a) 电压等级: 10kV;
- b) 采用标称截面积 50 mm²、240 mm²的绝缘电缆,长度大于 5 m;
- c) 架空配电线路高度不低于 14 m。

5.3.2 上、下线功能

- 5.3.2.1 通过微型放线无人机辅助悬挂绝缘绳,绝缘绳带上挂线架,将绝缘卷扬带挂接在架空导线上,通过遥控器开启一键自主上线功能,观察机器人运行情况并记录开始上升至停止的时间,重复 3 次计算机器人上线平均速度。
- 5.3.2.2 通过遥控器开启一键自主下线功能,观察机器人运行情况。

5.3.3 行走功能

- 5.3.3.1 选取随机位置,机器人分别自动上线标称截面积 50 mm²、240 mm²的绝缘电缆。
- 5.3.3.2 遥控机器人沿导线方向前进、后退、停止、制动等,观察运动过程中是否出现滑动、失控现象。
- 5.3.3.3 导线上定义 A、B 两点距离,控制机器人沿导线方向行走,并记录完成时间,重复 3 次动作计算最大行走速度。
- 5.3.3.4 将机器人移动到架空配电线路两端倾斜电缆处,沿导线方向行走,观察机器人工作状态。

5.3.4 剥线功能

- 5.3.4.1 机器人上线后,随机选择 3 处位置,分别对标称截面积 50 mm²、240 mm²的绝缘电缆进行自动剥线。
- 5.3.4.2 机器人在作业点操控剥线机械臂完成剥线组件与导线的对位和夹紧,开启自动剥线模式,机器人自动将导线绝缘层剥除干净。
- 5.3.4.3 重复剥线操作 3~5 次,检查每次剥线结果和检测传感器检测结果是否一致,计算准确率。

5.3.5 接线功能

5.3.5.1 完成剥线后，机器人通过拉线机构将引流线从地面牵引至高空并固定在线夹里，启动接线机械臂抓取引流线，将配电导线与引流线裸露部分通过并沟线夹夹紧；观察并记录拉线、接线操作是否顺畅；

5.3.5.2 重复 3~5 次接线操作，检查效果是否满足要求。

5.3.6 移动控制端

5.3.6.1 进行以上各类功能测试时，检查遥控器是否操作灵敏，观察机器是否准确响应遥控器发出的各项指令。

5.3.6.2 选择空旷无阻碍平地，将遥控器放置在与机器距离 100 m 处，观察遥控器信号连接显示情况，观察机器是否准确响应遥控器发出的各项指令。

5.3.7 作业时间

记录机器人完成单相线路作业（包括机器自主上线、行走至作业点、剥线作业、接线作业、自主下线全流程）时长。

6 检验规则

6.1 检验分类

检验包括型式检验、出厂检验、验收检验。检验项目见表1。

表1 检验项目

序号	检验项目		型式检验	出厂检验	验收检验	
1	外观和结构	主要结构尺寸	√	√	√	
2		外观表面	√	√	√	
3		涂层	√	√	√	
4		电气部件布线	√	—	—	
5		主体框架机构	√	—	—	
6		外壳防护等级	√	—	—	
7		整体质量	√	—	—	
8	电池	续航时间	√	—	—	
9		安全要求	√	—	—	
10	功能要求	上、下线功能	√	—	—	
11		行走功能	√	√	—	
14		剥线功能	√	√	—	
15		接线功能	√	√	—	
16		移动控制端	控制动作	√	√	√
17			通讯距离	√	—	—
18		作业时间		√	√	√

6.2 出厂检验

产品出厂前应由质检部门逐台检验，项目检验合格后附有产品合格证方可出厂。

6.3 型式检验

6.3.1 有下列情况之一时，应进行型式检验：

- a) 新产品投产前的定型鉴定；
- b) 产品的结构、材料或制造工艺有较大改变，可能影响到产品的主要性能时；
- c) 停产一年以上，恢复生产时；
- d) 出厂检验与上次型式检验有较大差异时；
- e) 常生产时，每两年进行一次；
- f) 国家质量监督机构提出进行型式检验的要求时。

6.3.2 全部项目合格则评定该次型式检验合格。如存在不合格项，允许修复后复检，仍旧不合格则判定该次型式检验不合格。

6.4 验收检验

验收检验按表1的规定或供货合同条款由用户或第三方机构进行检验。

7 标志、包装、运输和贮存

7.1 标志

机器人产品上应装有永久性标牌，标牌的内容至少应包括：产品名称、型号、制造商名称、生产日期和出厂编号等。

7.2 包装

7.2.1 包装应符合 GB/T 13384 的规定。

7.2.2 包装箱内应附有装箱清单、产品合格证、中文使用说明书等文件。

7.2.3 外包装上的储运标志应符合 GB/T 191 的规定。

7.3 运输

7.3.1 机器人的运输、装卸过程中不应受到剧烈的撞击、颠簸、抛掷及重压，不应使最下层包装被挤压变形。

7.3.2 使用专业航空箱装载机器人时，在运输过程中应避免航空箱受潮、受腐蚀与倾斜倒置。

7.4 贮存

7.4.1 产品应贮存于干燥、防潮、防腐、无油污、通风的室内，周围无强烈机械振动、无冲击、无强磁场。

7.4.2 机器人电池应断电贮存，在不使用的情况，应每月充电一次，确保满电状态。

8 质量承诺

8.1 用户在遵守产品使用说明书规定的操作条件下，自购买产品之日起，产品质保期 12 个月。质保期间若因质量问题造成产品不能正常工作的，制造商应负责免费维修或更换。

8.2 如因操作不当或外部不可抗拒的因素所造成的非质量问题导致产品故障，或超过保修期的，制造商应提供维修服务。

8.3 对客户反馈的信息应在 24 h 内做出响应。
