ICS 29.240.01
CCS K 65

DL

中华人民共和国电力行业标准

DL/T 2153—2020

输电线路用带电作业机器人

Live working robot on overhead transmission line

2020－10－23 发布　　2021－02－01 实施

国家能源局　发布

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　分类与标记 2
5　要求 3
6　试验方法 5
7　检验规则 7
8　标志、包装、运输和贮存 9
附录 A（规范性附录）　电弧放电抗扰度试验 10
附录 B（规范性附录）　带电作业功能试验 12
附录 C（规范性附录）　运动性能试验 13
附录 D（规范性附录）　通信性能试验 14

前　言

本标准按照 GB/T 1.1—2009《标准化工作导则 第 1 部分：标准的结构和编写》给出的规则编制。

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。

本标准由中国电力企业联合会提出。

本标准由全国带电作业标准化技术委员会（SAC/TC 36）归口。

本标准主要起草单位：国网智能科技股份有限公司、国网浙江省电力有限公司金华供电公司、中国科学研究院有限公司、国网湖南省电力有限公司输电检修分公司、国网浙江省电力有限公司、国网山东省电力公司、浙江铂创机器人科技有限公司。

本标准主要起草人：方玉群、刘庭、姜文东、郭锐、刘凯、余光凯、张峰、顾苏、牛捷、刘兰兰、邓志勇、梁加凯、顾浩、贾永刚、杨波、孙晓斌、肖宾、彭勇、苏梓铭、唐盼、雷兴列、郭璇、蔡得龙、郑秋玮、张准、沈彦南、李荣焕。

本标准为首次发布。

本文件在执行过程中的意见或建议反馈至中国电力企业联合会标准化管理中心（北京市白广路二条一号，100761）。

输电线路用带电作业机器人

1 范围

本标准规定了输电线路带电作业机器人系统的组成与分类、要求、试验方法、检验规则以及标志、包装、运输和贮存等。

本标准适用于在110kV及以上电压等级的架空输电线路导地线开展带电作业的机器人系统。

2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件，仅注日期的版本适用于本文件。凡是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 2423.1 电工电子产品环境试验 第 2 部分：试验方法 试验 A：低温

GB/T 2423.2 电工电子产品环境试验 第 2 部分：试验方法 试验 B：高温

GB/T 2423.3 电工电子产品环境试验 第 2 部分：试验方法 试验 Cab：恒定湿热试验

GB/T 2423.10 电工电子产品环境试验 第 2 部分：试验方法 试验 Fc：振动（正弦）

GB/T 2423.41 电工电子产品环境试验 第 2 部分：试验方法 风压

GB/T 4857.23 包装 运输包装件基本试验 第 23 部分：随机振动试验方法

GB/T 13384 机电产品包装通用技术条件

GB/T 17626.2 电磁兼容 试验和测量技术 静电放电抗扰度试验

GB/T 17626.3 电磁兼容 试验和测量技术 射频电磁场辐射抗扰度试验

GB/T 17626.8 电磁兼容 试验和测量技术 工频磁场抗扰度试验

GB/T 17626.9 电磁兼容 试验和测量技术 脉冲磁场抗扰度试验

GB/T 17626.10 电磁兼容 试验和测量技术 阻尼振荡磁场抗扰度试验

GB/T 18037 带电作业工具基本技术要求与设计导则

GA/T 367 视频安防监控系统技术要求

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

架空输电线路带电作业机器人系统 live working robot system for overhead transmission lines

由机器人本体、地面监控基站和带电作业工具等组成，能够通过自主或遥控模式完成架空输电线路带电作业任务的系统。

3.2

机器人本体 main body of the robot

由电池作为电源的移动载体、通信设备等组成，用于架空输电线路导、地线带电作业的移动装置。

3.3

地面监控基站 local monitoring system

由计算机（服务器）、通信设备和监控软件等组成，在地面监控机器人带电作业的计算机系统。

3.4

带电作业工具 live working tools

由机器人集成或携带，用于完成特定带电作业任务的专用工具。

3.5

越障 crossing obstacles

机器人行走轮不脱离行走路径，且跨越杆塔、间隔棒、防震锤、压接管等障碍物的过程。

3.6

自主带电作业 autonomous live working

无操作人员干预，机器人按预先规划的路线及任务进行带电作业。

3.7

遥控带电作业 remote control live working

操作人员通过地面监控基站操控机器人进行带电作业。

3.8

爬坡能力 climbing ability

机器人在作业过程中能够连续行走的最大坡度。

4 组成与分类

4.1 组成

架空输电线路带电作业机器人系统配置应满足表 1 的要求。

表 1 架空输电线路带电作业机器人系统配置

系统组件	配置要求
机器人本体	●
带电作业工具	●
地面基站或遥控器	●
远程集控后台	○
导航设施	○
●表示必须配置的系统组件，○表示可选配的系统组件。	

4.2 分类

4.2.1 按是否具备越障功能分类

按是否具备越障功能分类：

a) 越障型带电作业机器人：具有跨越杆塔及线路金具能力的架空输电线路带电作业机器人；

b) 非越障型带电作业机器人：不具有跨越杆塔及线路金具能力的架空输电线路带电作业机器人。

4.2.2 按控制方式分类

按控制方式分类：

a) 遥控带电作业机器人：不具有智能行为能力，其主要控制参数和主要运动功能的实现，需要人工遥控来完成；
b) 自主带电作业机器人：具有智能行为能力，其主要控制参数和主要运动功能的实现，不需要人工遥控来完成，但不排除遥控辅助的控制。

4.2.3 按带电作业方式分类

按带电作业方式分类：
a） 等电位作业机器人：用于架空输电线路导线等电位带电作业的架空输电线路带电作业机器人；
b） 地电位作业机器人：用于架空输电线路地线地电位带电作业的架空输电线路带电作业机器人。

5 要求

5.1 一般要求

5.1.1 机器人应具备沿架空输电线路导、地线平稳运行的能力，具备带电作业功能，其设计应符合 GB/T 18037 的规定。

5.1.2 机器人应具有自主带电作业或遥控带电作业模式，可自主完成架空输电线路带电作业任务，或遥控完成架空输电线路带电作业任务。

5.1.3 机器人应满足地面监控基站与机器人双向数据传输功能，应具有实时视频传输功能。

5.1.4 机器人应具有电池剩余电量、续航里程的估算和显示功能。

5.1.5 机器人作业过程中不应对导、地线和线路金具造成伤害，应满足安全距离要求。

5.1.6 作业过程中遇突发情况（如通讯中断、系统故障等），应具备自动中断功能以及不脱线的自我保护功能。

5.1.7 机器人本体应有吊装装置，满足机器人上下线的要求。

5.1.8 等电位作业机器人应有等电位装置，保证机器人上线后外壳始终与线路保持等电位状态。

5.1.9 机器人系统在以下环境条件下应能正常工作：

a) 环境温度：-25℃～45℃；
b) 环境湿度：RH5%～95%；
c) 抗风能力：不小于 10m/s。

5.1.10 机器人本体行走路径要求如下：

a) 导、地线截面积不宜小于 50mm^2；
b) 导、地线严重锈蚀线路不宜进行机器人带电作业。

5.1.11 机器人外观结构应满足如下要求：

a) 表面应有保护涂层或防腐设计，外表应光洁、均匀，不应有伤痕、毛刺等缺陷，标识应清晰；
b) 外部电气及控制线路应排列整齐、固定牢靠、布局合理，便于安装、维护，并用醒目颜色和标志加以区分。

5.1.12 等电位作业机器人应满足如下要求：

a) 机器人在进出等电位过程以及等电位工作时，不应由于进出等电位过程产生的电弧及等电位时强电磁场的作用导致功能失效、部件损坏或停止工作；
b) 应满足 5.1.13 规定的电磁兼容性能要求。

5.1.13 机器人电磁兼容性能应满足如下要求：

a) 静电放电抗扰度：机器人应进行 GB/T 17626.2 规定的试验等级为 4 级的静电放电抗扰度试验，试验结果评定应达到 a 级；
b) 射频电磁场辐射抗扰度：机器人应进行 GB/T 17626.3 规定的试验等级为 3 级的射频电磁场辐射抗扰度试验，试验扫描频率为 80MHz~2000MHz，试验结果评定应达到 a 级；
c) 工频磁场抗扰度：机器人应进行 GB/T 17626.8 规定的工频磁场抗扰度试验，试验施加 50Hz 磁场强度 1000A/m，持续时间 5min，试验结果评定应达到 a 级；
d) 脉冲磁场抗扰度：机器人应进行 GB/T 17626.9 规定的试验等级为 5 级的脉冲磁场抗扰度试验，试验磁场波形为 6.4/16μs，施加正负极性脉冲磁场各 5 次，试验结果评定应达到 a 级；
e) 阻尼振荡磁场抗扰度：机器人应进行 GB/T 17626.10 规定的试验等级为 5 级的阻尼振荡磁场抗扰度试验，试验磁场波形的振荡频率为 0.1MHz 和 1MHz，试验结果评定应达到 a 级。

5.2 功能要求

5.2.1 机器人本体功能

机器人本体功能应满足如下要求：

a) 应具有在架空线路导、地线上行走，爬坡，制动的功能；
b) 应能在地面监控基站操控下进行运动和作业。

5.2.2 地面基站通信功能

地面基站通信功能应满足如下要求：

a) 应具有与机器人本体通信的功能，作业时能获取机器人本体的状态信号，监控机器人本体的状态参数；
b) 应具有与机器人本体实时图像传输功能，作业时获取机器人本体周围环境信息。

5.2.3 带电作业工具功能

带电作业工具功能应满足如下要求：

a）带电作业工具应满足至少携带一种带电作业工具，带电作业工具应满足GB/T 18037的要求。
b）带电作业工具应具有与机器人连接的机械和电气接口，连接后受机器人控制。

5.2.4 带电作业功能

应至少具备下列带电作业功能之一：

a) 可见光检测：机器人沿架空导、地线行走，搭载可见光照相机或摄像机对架空线路进行检测；
b) 断股修补：机器人自主定位或遥控定位行走至断股处，通过带电作业工具的断股修补工具完成断股修补，满足架空导、地线断股修补的要求；

c） 螺栓校紧：机器人自主定位或遥控定位行走至线路金具螺栓松动处，通过带电作业工具的螺栓校紧工具完成螺栓校紧，满足架空线路金具的螺栓校紧要求；
d） 异物清理：机器人自主定位或遥控定位行走至线路异物处，通过带电作业工具的异物清理工具完成异物清理，满足架空线路的异物清理要求。

5.3 性能要求

5.3.1 运动性能

运动性能要求如下：
a） 额定行走速度应不小于 0.5m/s；
b） 爬坡能力应不小于 20°；
c） 额定行走速度下，最大制动距离应不大于 0.1m。
云台的运动性能要求如下：
a） 云台应具有垂直和水平方向两个旋转自由度；
b） 垂直旋转范围应不小于 90°；
c） 水平旋转范围应不小于 300°。

5.3.2 机械性能

机械性能要求如下：
a） 整机振动：机器人应能承受 GB/T 2423.10 规定的振动试验。严酷等级应满足下列要求：
1） 频率范围：10Hz～55Hz；
2） 位移振幅：0.15mm；
3） 扫描时间：10min；
4） 扫描循环次数：2 次；
5） 不通电。
b） 运输振动：包装后应能承受 GB/T 4857.23 规定的严酷水平 II 级、试验时间 180min 运输振动试验。

5.3.3 可见光检测性能

可见光检测设备应满足 GA/T 367 规定的一级系统探测性能技术指标要求。最小光学变焦 20 倍，视频分辨率应不小于 1280×720，可见光照片分辨率应不低于 1920×1080。

5.3.4 通讯性能

通信性能要求如下：
a） 在无遮挡条件下，与机器人本体的无线数据传输稳定可靠；
b） 在无遮挡条件下，与机器人本体的无线图像传输稳定可靠；
c） 两台或两台以上地面监控基站在同一区域内工作时，其通信信号不应相互干扰。

6 试验方法

6.1 环境条件试验

试验要求如下：

a) 高温试验：按照 GB/T 2423.2 中“试验 Bb”进行，严酷等级应满足：温度+45℃，持续时间 16h；试验后，应能正常工作；
b) 低温试验：按照 GB/T 2423.1 中“试验 Ab”进行，严酷等级应满足：温度-25℃，持续时间 16h；试验后，应能正常工作；
c) 湿热试验：按照 GB/T 2423.3 中“试验 Ca”进行，严酷等级应满足：温度+45℃，湿度 95%，持续时间 16h；试验后，应能正常工作。

6.2 外观检查

目测检查机器人本体、地面监控基站、带电作业工具表面及外部电气、控制线路，外观结构应满足 5.1.11 的规定。

6.3 电弧放电抗扰度试验

试验布置见附录 A，对交流系统，试验电压为最大运行相电压的 1.1 倍；对直流系统，试验电压为系统额定电压的 1.1 倍，进行电弧放电抗扰度和等电位试验，试验结果应满足 5.1.12 的要求。试验步骤如下：

a） 将机器人按照实际作业路径逐步靠近加压的模拟导线，直至产生电弧放电，记录初始放电距离 d_0，并在该位置保持时间不小于 10s；
b） 逐渐减小放电距离 d，调节步长不超过 10mm，每次调整后保持时间不小于 10s，直至机器人与模拟导线接触进入等电位；
c） 在机器人进入等电位后将机器人置于工作状态，保持机器人在等电位状态下 3min；
d） 试验过程中，机器人不应出现功能失效、部件损坏或停止工作。

6.4 机器人电磁兼容试验

电磁兼容试验方法如下：

a) 静电放电抗扰度试验：根据 GB/T 17626.2 的规定和方法，按照 5.1.13 的要求，对机器人本体进行静电放电抗扰度试验；试验期间及试验后，应能正常工作；
b) 射频电磁场抗扰度试验：根据 GB/T 17626.3 的规定和方法，按照 5.1.13 的要求，对机器人本体进行射频电磁场辐射抗扰度试验；试验期间及试验后，应能正常工作；
c) 工频磁场抗扰度试验：根据 GB/T 17626.8 的规定和方法，按照 5.1.13 的要求，对机器人本体进行工频磁场抗扰度试验；试验期间及试验后，应能正常工作；
d) 脉冲磁场抗扰度试验：根据 GB/T 17626.9 的规定和方法，按照 5.1.13 的要求，对机器人本体进行脉冲磁场抗扰度试验；试验期间及试验后，应能正常工作；
e) 阻尼振荡磁场抗扰度试验：根据 GB/T 17626.10 的规定和方法，按照 5.1.13 的要求，对机器人本体进行阻尼振荡磁场抗扰度试验；试验期间及试验后，应能正常工作。

6.5 功能试验

6.5.1 机器人本体、带电作业工具的功能试验应按照附录 B 规定的方法和要求进行。

6.5.2 地面监控基站功能试验如下：

a) 将地面监控基站与机器人建立有效通信，测试通讯功能，应满足 5.2.2 的要求；

b) 将地面监控基站与机器人建立有效通信，测试图像传输功能，应满足 5.2.2 的要求。

6.6 性能试验

6.6.1 运动性能试验

机器人运动性能应按照附录 C 规定的方法和要求进行。

6.6.2 机械性能试验

机械性能试验方法如下：

a) 整机振动试验：根据 GB/T 2423.10“试验 Fc”的规定和方法，按照 5.3.2 的要求，进行整机振动试验；机器人系统不包装、不通电，固定在试验台中央；试验后，检查应无损坏和紧固件松动脱落现象，应能正常工作；

b) 运输振动试验：根据 GB/T4857.23 的规定和方法，按照 5.3.2 的要求，进行运输振动试验；试验后，检查应无损坏和紧固件松动脱落现象，应能正常工作。

6.6.3 可见光检测性能试验

根据 GA/T 367 的规定和方法，对可见光设备进行试验，满足 5.3.3 的要求；

6.6.4 通讯性能

通讯性能试验应按照附录 D 规定的方法和要求进行。

7 检验规则

7.1 试验分类

试验分型式试验、出厂试验、验收试验和预防性试验四种，见表 2。

表 2 检验项目

序号	试验项目	标准条文	型式试验	出厂试验	验收试验	预防性试验
1	环境条件试验	6.1	√	—	—	—
2	外观检查	6.2	√	√	√	√
3	电弧放电抗扰度试验	6.3	[a]	—	[a]	—
4	电磁兼容试验	6.4	√	—	√	—
5	功能试验	6.5	√	—	√	—
6	运动性能试验	6.6.1	√	√	√	√
7	机械性能试验	6.6.2	√	—	—	—
8	可见光检测性能试验	6.6.3	√	—	—	—
9	通信性能试验	6.6.4	√	√	—	—
[a]：等电位作业机器人应开展该项目。						

7.2 型式试验

7.2.1 试验条件

有下列情况之一时应进行型式试验：

a) 正式投产前的试制定型试验；

b) 正式投产后，如设计、工艺材料、元器件有较大改变，可能影响产品性能时；

c） 连续停产一年及以上后恢复生产；
d） 出厂试验结果与上次型式试验有较大差异时；
e） 国家技术监督机构或受其委托的技术检验部门提出型式试验要求时。

7.2.2 试验内容

试验项目见表2。

7.2.3 判定规则

所检项目全部合格判型式试验合格，否则判型式试验不合格。

7.3 出厂试验

7.3.1 试验内容

试验项目见表2。

7.3.2 试验方案

出厂试验方案如下：
a） 以相同规格、相同材料、相同工艺、相同设备，稳定连续生产达到 10 台为一批，不足此数时视为一批；
b） 每件均应进行外观结构检查；
c） 运动性能试验、人机交互试验采用一次抽样，每批随机抽取不少于 2 台进行试验。

7.3.3 判定规则

出厂试验判定规则如下：
a） 外观结构检查达到 5.1.11 的要求，则判定该批机器人合格，否则判定不合格；
b） 采用一次抽样时，如果有 1 项及以上项目不符合要求的，则判定该批产品不合格。

7.4 验收试验

7.4.1 试验内容

试验项目见表2。

7.4.2 试验方案

验收试验方案如下：
a） 以相同规格、相同材料、相同工艺、相同设备，稳定连续生产达到 10 台为一批，不足此数时视为一批；
b） 每件均应进行外观试验；
c） 外壳防护试验、运动试验和云台试验、电磁兼容试验与可靠性试验，人机交互试验、通讯性能试验、带电作业试验与机械性能试验采用一次抽样，每批随机抽取不少于 2 台进行试验。

7.4.3 判定规则

验收试验判定规则如下：
a） 外观达到 5.1.11 的要求，则判定该批机器人系统合格，否则判定该批机器人系统不合格；

b） 采用一次抽样时，如果有 1 项及以上项目不符合要求的，则判定该批产品不合格。

7.5 预防性试验

预防性试验应按照表2的要求进行，试验周期为一年一次。

8 标志、包装、运输和贮存

8.1 标志

8.1.1 铭牌要求

每台装置应有清晰的铭牌，内容如下：

a） 产品型号；
b） 产品全称；
c） 制造厂名称及地址；
d） 重量，尺寸；
e） 出厂年月及编号。

8.1.2 包装箱标记要求

包装箱上应有如下标记：

a） 发货厂名、产品名称、型号；
b） 设备数量；
c） 包装箱外应有“防潮”、“小心轻放”、“不可倒置”等字样或标志；
d） 发/到站（港）及发/收货单位。

8.2 包装

8.2.1 产品包装前的检查应包括如下内容：

a） 产品的合格证书、产品说明书、出厂检测报告、装箱清单、附件、备品备件齐全；
b） 产品外观无损伤；
c） 产品表面无灰尘。

8.2.2 包装箱应符合 GB/T 13384 的规定，宜采用封闭式箱体包装，在机器人与包装箱体间应有弹性填充物，保证机器人在包装箱内不剧烈晃动。

8.2.3 包装箱上的标志应符合 GB/T 191 的规定。

8.3 运输

8.3.1 包装好的机器人系统，在运输过程中应避免受潮、受腐蚀与机械损伤。

8.3.2 应适用于陆运、空运、水运（海运），运输装卸按包装箱上标志的规定进行操作。

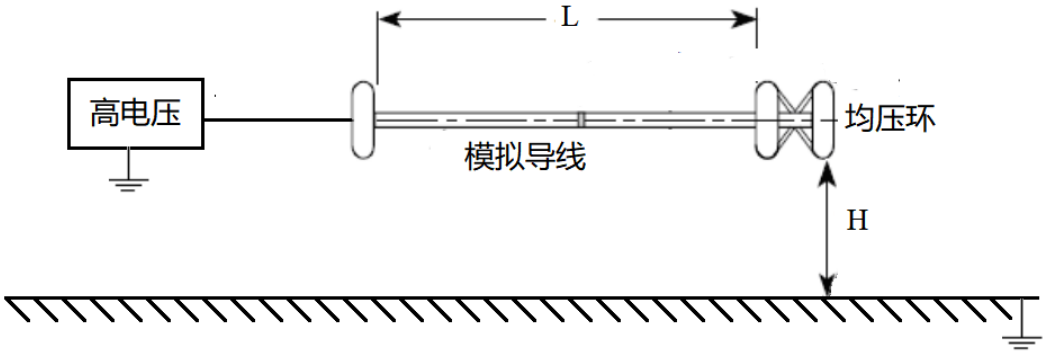
8.4 贮存

8.4.1 包装好的的机器人系统存贮在环境温度为-20℃～+55℃，湿度不大于 95%的地方。

8.4.2 贮存场所无酸、碱、盐及腐蚀性、爆炸性气体，不受灰尘、雨、雪的侵蚀。

附　录　A
（规范性附录）
电弧放电抗扰度试验

A.1　模拟实际现场的试验布置



L—模拟导线最小长度
H—模拟导线、机器人、均压环等带电体，距离周围物体及地面最小安全距离
图A.1 模拟实际现场的试验布置

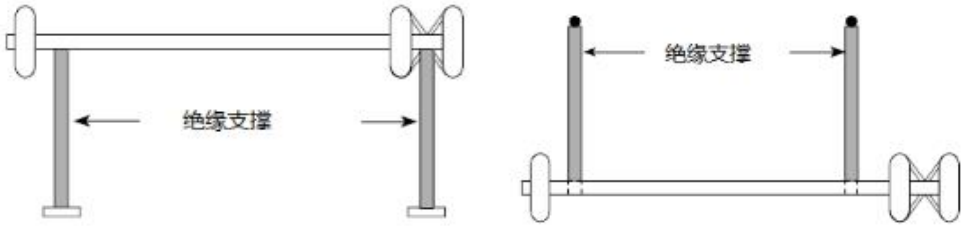


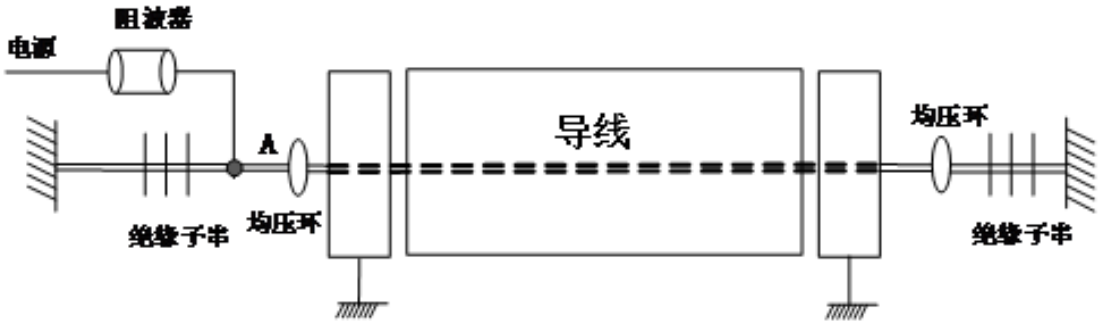
图 A.2 试验绝缘支撑

表 A.1　试验布置参数表

电压等级 kV	H m	L m
110	1.5	1.0
220	3.0	2.5
330	4.0	3.0
500	5.0	4.0
750	7.5	6.5
1000	9.5	8.5
±400	6.0	5.0
±500	6.0	5.0
±660	8.5	7.5
±800	9.5	8.5
注：模拟导线应与实际线路导线参数相同。		

A.2　电晕笼的等效试验布置

采用电晕笼试验装置，施加较低电压即可使导线表面电位梯度达到实际运行状态。按照电压等级和典型线路参数，将导线安装在电晕笼中，调节施加电压，使导线表面电位梯度达到16～22kV/cm。电晕笼大小应满足机器人活动的空间要求，同时保持机器人与笼壁之间的绝缘距离。



图A.3 电晕笼的等效试验布置

附 录 B
（规范性附录）
带电作业功能试验

B.1 带电作业功能试验

B.1.1 可见光检测试验

可见光检测试验步骤如下：

a) 取区间不小于 20m 的水平模拟线路，线路应由杆塔、耐张线夹、防震锤、间隔棒、导线、地线等组成；
b) 机器人沿架空导线或地线运行；
c) 控制云台转动，检测线路状态，检测点不少于 10 个；
d) 试验结果应符合 5.2.4 的规定。

B.1.2 断股修补试验

断股修补试验步骤如下：

a) 取区间不小于 20m 的水平模拟线路，线路应由杆塔、耐张线夹、防震锤、间隔棒、导线、地线等组成；
b) 人为设置导线或地线断股；
c) 将带电作业工具安装在机器人上，安装断股修补工具；
d) 控制机器人沿线路行走至断股处，控制带电作业工具完成断股修补；
e) 试验结果应符合 5.2.4 的规定。

B.1.3 螺栓校紧试验

螺栓校紧试验步骤如下：

a) 取区间不小于 20m 的水平模拟线路，线路应由杆塔、耐张线夹、防震锤、间隔棒、导线、地线等组成；
b) 人为设置螺栓松动处；
c) 更换螺栓校紧工具；
d) 控制机器人沿线路行走至螺栓松动处，控制带电作业工具完成螺栓校紧；
e) 试验结果应符合 5.2.4 的规定。

B.1.4 异物清理试验

异物清理试验步骤如下：

a) 取区间不小于 20m 的水平模拟线路，线路应由杆塔、耐张线夹、防震锤、间隔棒、导线、地线等组成；
b) 人为悬挂塑料膜、风筝等异物；
c) 更换异物清理工具；
d) 控制机器人沿线路行走至异物处，控制带电作业工具完成异物清理；
e) 试验结果应符合 5.2.4 的规定。

附 录 C
（规范性附录）
运动性能试验

C.1 行走试验

遥控直行速度试验步骤如下：

a) 在水平路径上取 20m 测量区间，规定横向始端和终端；

b) 遥控操作机器人，使机器人保持最大速度直线驶过始端和终端，记录机器人驶过始端和终端所用时间，计算机器人的单次前进行走速度；

c) 上述试验不得少于两次，计算机器人的平均速度，试验结果应符合 5.3.1 的规定。

C.2 爬坡试验

爬坡试验步骤如下：

a) 滚动爬坡试验装置，装置斜坡路径长度不小于 20m；

b) 将爬坡试验装置的路径坡度调整至 20°；

c) 将机器人正对试验线路的斜坡坡段，停在斜坡段前沿；

d) 操作机器人直行，使其行走至斜坡路径上，并行走至斜坡坡顶，则试验合格。

C.3 制动试验

制动试验步骤如下：

a) 在水平的试验路径上选定停止端；

b) 机器人以额定行走速度行走至停止端后停车；

c) 测量机器人超出停止端部分的距离；

d) 连续进行 3 次，取三次试验的算术平均值，试验结果应符合 5.3.1 的规定。

附　录　D
（规范性附录）
通信性能试验

试验步骤及方法如下：

a)　在试验线路上取 20m 的测量区间，规定开始端和停止端；

b)　将机器人放置在开始端；

c)　通过基站遥控机器人行走至停止端，操控云台，试验结果应符合 5.3.4 的规定。