

变电站油样采集机器人

技 术 说 明 书

版本：CBR007-E

日期：2026.03.05

南京七宝机器人技术有限公司

Nanjing Chiebot Technologies Co., Ltd.

前言

南京七宝机器人技术有限公司深耕人工智能与智能装备研发领域，聚焦电力行业智能化运维核心需求，自主研发室内外智能巡检机器人、油样采集机器人、智能巡检系统及图像分析系统等核心产品。公司秉持**客户至上、以人为本、自主创新**的经营理念，依托计算机视觉、3D SLAM 导航定位、智能感知、流体密封控制等前沿技术，攻克电力行业变压器油样人工采集作业中安全风险高、取样精度低、作业效率低、人为干扰大等行业痛点，打造集**自主导航、智能对接、密封取样、数据溯源**于一体的变电站油样采集一体化解决方案。

本技术说明书详细规定了 CBR007-E 型变电站油样采集机器人的产品概述、技术标准、核心技术、产品组成、功能特性、性能参数、接口协议、安装使用及注意事项等内容，作为产品设计、生产、检测、安装、运维及系统对接的**专业性、规范性、可操作性**技术依据，适用于电力行业变电站、发电厂等场景的变压器油样采集作业相关应用与管理。

目录

前言	2
1 产品概述	4
1.1 适用场景	4
1.2 核心技术体系	4
1.3 产品核心价值	4
2 技术标准与规范	5
3 技术术语与定义	6
3.1 常用术语	6
3.2 关键技术	7
4 产品组成与结构	8
4.1 产品整体外观	8
4.2 核心功能组件及作用	9
4.3 配套辅助设施	12
4.3.1 取油桩	12
4.3.2 室外充电房	12
5 产品功能与作业流程	12
5.1 核心功能	12
5.2 油样采集标准化作业流程	15
6 性能参数	16
6.1 机器人本体技术参数	16
6.2 取油桩技术参数	18
6.3 充电房技术参数	19
7 接口协议与系统对接	20
7.1 物理接口	20
7.2 通信协议	21
7.3 系统对接要求	22
8 安装与使用注意事项	22
8.1 供电要求	22
8.2 通信要求	23
8.3 安装规范	23
8.4 操作与维护要求	24
8.4.1 操作要求	24
9 质量保障与售后服务	25
9.1 质量检测与认证	25
9.2 售后服务体系	25
9.3 技术支持	26
10 企业信息	27

1 产品概述

1.1 适用场景

CBR007-E 型油样采集机器人为电力行业**变压器油样采集专用智能装备**，适用于 220kV 及以上变电站、发电厂、换流站等场所的主变、高抗等油浸式电力设备的油样采集作业，可全流程替代人工完成变压器油样采集工作，适配室内外各类安装环境，满足电力行业油样采集**标准化、自动化、无人化**的作业需求。

1.2 核心技术体系

产品融合**导航定位、智能运动控制、流体密封控制、智能感知、无线通信**等多领域核心技术，构建变压器油样采集全自主作业技术体系，核心技术如下：

1. **3D SLAM 导航与建图技术**：搭载多线激光雷达，可直接适配站内统一三维建模成果共用，激光雷达核心用于机器人全程导航定位，结合 3D SLAM 定位算法实现室外**无轨自主导航**，配合智能运动规划算法完成避障、绕障、探沟，精准规划最优行进路线；
2. **多传感器融合避障探沟技术**：融合深度相机、激光雷达与安全触边，实现障碍物、沟壑的多维度检测与分级处理，保障机器人移动与作业过程的安全性；
3. **三自由度自主对位密封技术**：采用自动对位机构+标准密封接头，实现取油管路与取油桩的三自由度精准对接，全过程密封无泄漏，杜绝油样污染；
4. **双重开关智能油路控制技术**：通过电磁阀+自锁接头实现取油口的双重联锁控制，电磁阀由机器人自主供电，免现场引线、免日常维护，提升油路控制的可靠性；
5. **多协议加密无线通信技术**：采用工业级加密无线通信，实现机器人与后台系统的指令下发、数据上传与状态监控，保障通信的实时性、稳定性与安全性；
6. **油样采集精准控制技术**：搭载称重传感器、限位开关，实现油样采集量的精准控制与作业流程的自动化触发，保证取样量的标准化与一致性。

1.3 产品核心价值

1. **本质安全，规避作业风险**：以机器人替代人工完成高空、高压、户外等危险场景

的油样采集作业，彻底规避人员触电、高空坠落、油液接触等人身安全风险，降低现场作业安全管控压力；

2. **标准化取样，提升检测精度：**通过自动化作业流程替代人工操作，消除人工取样过程中的操作不规范、油样污染、取样量偏差等人为因素干扰，保证油样的纯净性与代表性，提升油化检测数据的准确性；
3. **全自主作业，提升运维效率：**实现**自主导航、精准对接、密封取样、废油回收、自主充电**全流程无人化作业，单台设备采油时长不超过 30 分钟，大幅降低人力成本，提升油样采集作业效率；
4. **数据溯源，实现精益化运维：**油样采集过程的**时间、位置、设备、取样量、作业状态**等数据实时上传至后台系统，实现采集全流程数据可记录、可追溯，为电力设备状态检修提供精准数据支撑；
5. **高适配性，兼容现场环境：**轮式全向四驱设计，适配变电站室内外复杂路面，具备越障、爬坡、涉水能力，配套取油桩支持壁装/地装两种安装方式，无需对现场进行大规模改造，快速部署上线；
6. **稳定可靠，降低运维成本：**核心部件采用工业级选型，防护等级不低于 IP55，适应恶劣户外环境；模块化设计便于维护，电磁阀免引线、免维护，大幅降低设备日常维护成本。

2 技术标准与规范

本产品的设计、生产、检测、安装及作业全过程均严格遵循国家、电力行业及企业相关标准与规范，完全满足以下标准要求，确保产品的合规性与专业性：

1. Q/GDW 11514-2021 《变电站智能机器人巡检系统检测规范》
2. DL/T 2239-2021 《变电站巡检机器人检测技术规范》
3. GB/T 7597-2007 《电力用油(变压器油、汽轮机油)取样方法》
4. GB/T 28448-2019 《信息安全技术 网络安全等级保护测评要求》
5. DL/T 596-2021 《电力设备预防性试验规程》
6. GB/T 4208-2017 《外壳防护等级(IP 代码)》

- 7. GB/T 17626 《电磁兼容 试验和测量技术》系列标准
- 8. 企业标准 《QB-CBR007-E 油样采集机器人技术规范》

3 技术术语与定义

3.1 常用术语

术语名称	定义说明
油样采集机器人	由移动底盘、导航定位模块、流体控制模块、通信模块、取样模块等组成，采用自主/远程遥控模式，可在变电站等场景完成变压器油样自动化采集的智能装备。
取油桩	与机器人配合完成油样采集的现场配套设备，实现与变压器取油口的连接及油路的通断控制，支持壁装/地装安装
3D SLAM	同步定位与地图构建（Simultaneous Localization and Mapping）的三维技术，通过传感器实现机器人在未知环境中的自主定位与地图构建
三自由度自主对位	机器人取样接口在 水平、垂直、旋转 三个维度的自动调整，实现与取油桩的精准对接
双重开关控制	采用电磁阀与自锁接头双重联锁方式实现取油油路的通断控制，任一开关关闭均无法实现油路导通，提升作业安全性
废油回收	机器人在油样采集前的管路排空、对接过程中产生的废弃油液，通过专用废油桶进行收集，避免现场污染与油液浪费
充电房	机器人的室外专属停靠与充电设施，集成充电桩、防护结构，为机器人提供自主充电、安全防护的作业基地

智能巡检后台系统	实现机器人的远程控制、任务下发、状态监控、数据存储与分析的一体化平台，简称“后台系统”
----------	---

3.2 关键技术

1. **3D SLAM 导航定位算法**：根据室外大场景**三维点云地图**，结合 3D SLAM 定位算法，实现机器人的厘米级无轨自主导航，定位误差 $\leq 20\text{mm}$ ，精准识别自身位置与周边环境，适配室外开阔场景的导航需求。
2. **ROS 机器人操作系统框架**：基于开源 ROS 框架进行二次开发，提供分布式通信机制、丰富的工具库和开源算法，保障机器人控制系统的稳定性、扩展性与兼容性；
3. **全局最优路径规划技术**：融合“搜索算法+神经元算法”规划全局最优作业路径，支持单向/双向行驶、禁止转向、作业点优先级等参数配置，适配变电站现场路径管控要求；
4. **三自由度精准对位技术**：通过平移、顶升、旋转机构实现取样接口的三自由度调整，配合对位引导槽、限位开关，实现与取油桩的毫米级精准对接；
5. **全过程油路密封技术**：采用标准密封接头+流体快速接头，实现取油管路从机器人到取油桩的全过程密封，对接可靠无泄漏，防止油样污染与现场油液泄漏；
6. **油样采集精准测控技术**：搭载称重传感器、针筒活塞限位开关，实现油样采集量的实时监测与精准控制，支持 100ml 等标准取样量的自动化采集，误差不大于 $\pm 2\text{ml}$ ；
7. **多传感器融合避障技术**：融合深度相机、激光雷达、安全触边，实现障碍物的**远距离检测、中距离避障、近距离防撞**三级防护，保障机器人移动安全；
8. **加密无线通信技术**：采用工业级无线 WiFi+加密协议，实现机器人与后台系统的指令、数据、状态的加密传输，防止数据泄露与恶意干扰。

4 产品组成与结构

4.1 产品整体外观

CBR007-E 型油样采集机器人为一体集成设计，主要由机器人本体、配套取油桩、室外充电房三部分组成，整体采用工业级防护设计，适配变电站室内外复杂作业环境，产品外观布局如下图所示：

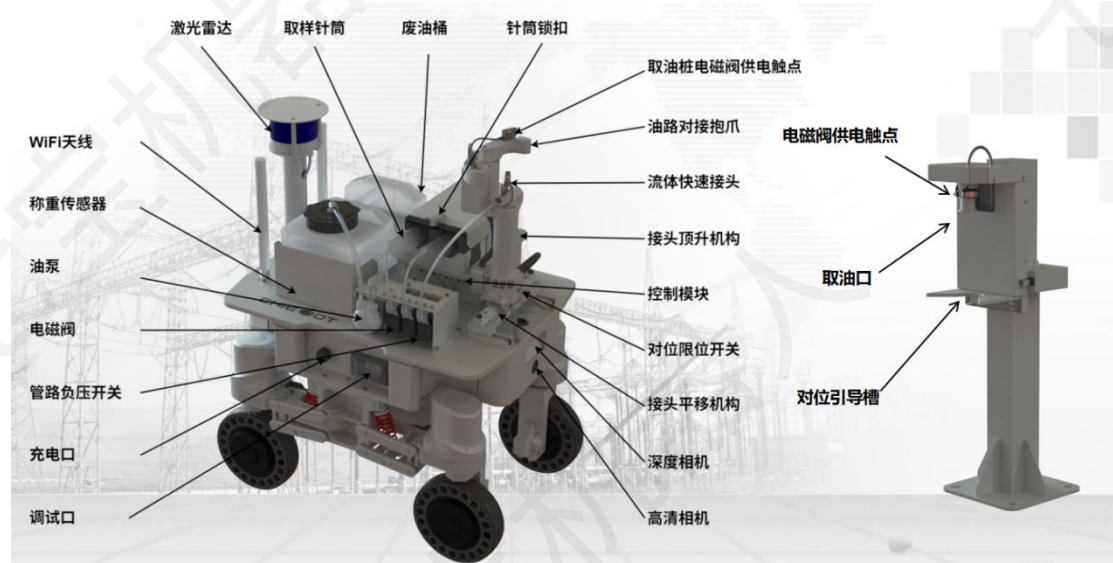


图 4-1 油样采集机器人本体外观和取油桩外观



图 4-2 充电桩外观

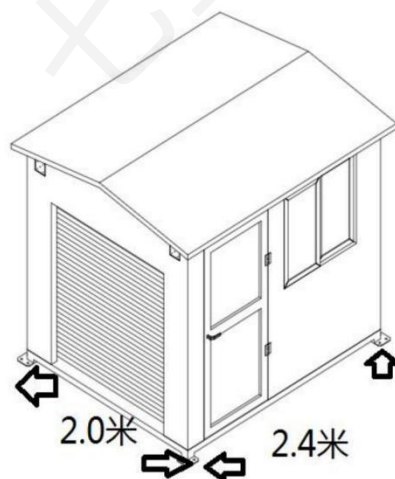


图 4-3 充电房外观

4.2 核心功能组件及作用

机器人本体核心功能组件均采用**工业级选型、模块化设计**，各组件之间通过防松连接器连接，组装维护便捷，连接可靠性高，核心组件及作用如下表所示：

组件类别	组件名称	核心作用
导航定位模块	多线三维激光雷达	实现三维地图构建、自主导航定位、避障探测，为机器人运动提供核心空间数据
	深度相机	辅助激光雷达实现近距离障碍物、沟壑检测，提升避障的精准性
运动控制模块	轮式全向四驱底盘	提供机器人移动动力，支持原地转向、全向移动，适配复杂路面
	驱动轮/万向轮	全向驱动轮提供动力，万向轮辅助转向，保障移动的灵活性与稳定性
	安全触边	近距离防撞防护，接触障碍物后立即触发停机，保护机器人与现场设备

	急停开关	紧急情况下一键暂停机器人所有运动，保持任务状态，排除故障后可恢复作业
流体控制模块	油路对接抱爪	实现与取油桩的精准对接与固定，为油路传输提供稳定通道
	标准密封接头	实现取油管路的全过程密封，防止油样污染与油液泄漏
	电磁阀	油路一级开关控制，由机器人自主供电，实现油路的自动化通断
	自锁接头	油路二级开关控制，与电磁阀形成双重联锁，提升油路安全性
	油泵	为油样采集提供动力，实现油液的抽取与输送
	管路负压开关	监测管路内压力状态，防止管路空抽、泄漏等异常情况
取样模块	取样针筒	标准油样采集容器，支持 100ml×2 双针筒设计，满足平行样采集需求
	针筒锁扣	固定取样针筒，防止采集过程中针筒晃动、脱落，保证取样精度
	针筒活塞限位开关	控制针筒活塞运动，实现取样量的精准控制与作业流程的自动化触发
	称重传感器	实时监测取样量，实现油样采集的定量控制，误差不大于±2ml

	废油桶	收集管路排空、对接过程中产生的废弃油液，容量 5L，防止现场污染
供电模块	24V 磷酸铁锂电池组	为机器人整机提供动力，具备过充、过放、过温、欠压保护功能
	自动充电触片	与充电桩精准对接，实现机器人自主充电，具备防接触不良、过流保护
	手动充电口	应急情况下实现机器人手动充电，适配现场特殊作业需求
	总开关电源	机器人整机电源控制，带防误触设计，具备过载、短路保护功能
通信与控制模块	无线 WiFi 天线/无线网桥	实现机器人与后台系统、取油桩的无线通信，支持 1km 以上通信距离
	控制模块	机器人核心控制单元，集成 CPU、存储器、接口电路，实现各模块的协同控制
	状态指示灯	实时显示机器人电源、充电等状态，便于现场运维查看
	调试口	设备调试、参数配置、故障诊断的专用接口，支持本地维护
辅助模块	取油桩电磁阀供电触点	为取油桩上的电磁阀提供电力连接，实现机器人对取油桩的供电控制
	对位引导槽/限位开关	实现机器人与取油桩的精准对位，触发对位完成信号，启动后续作业

	高清相机	实现作业过程的实时视频监控与图像采集，支持现场作业可视化
--	------	------------------------------

4.3 配套辅助设施

4.3.1 取油桩

为机器人油样采集的现场配套设备，与变压器取油口直接连接，实现油路的转接与通断控制，核心特性：

- 支持壁装/地装两种安装方式，适配现场不同安装环境；
- 配置电磁阀供电触点，由机器人自主供电，无需现场布置电源线；
- 采用密封式结构设计，防止雨水、灰尘进入，防护等级不低于 IP55。

4.3.2 室外充电房

为机器人的专属停靠、充电与防护设施，集成充电桩、防护壳体、卷帘门等，核心特性：

- 规格 2000×2000×2300mm，为机器人提供充足的停靠与作业空间；
- 集成自主充电桩，实现机器人的全自动充电，具备过压、过流、防反接保护；
- 配备自动卷帘门，由机器人触发开关，实现无人化进出；
- 具备通风、防雨、防尘功能，防护等级不低于 IP54，适配室外环境。

5 产品功能与作业流程

5.1 核心功能

CBR007-E 型油样采集机器人具备**全自主、高可靠、高精度、高安全**的核心特性，覆盖油样采集全流程作业需求，同时具备完善的设备管控与应急处理功能，核心功能如下：

5.1.1 无轨自主运动功能

基于多线三维激光雷达与 3D SLAM 导航定位算法，实现**室外大场景无轨化自主移动**，无需预设磁轨、导轨，可自主构建三维点云地图，精准定位自身位置，适配室外设备区的灵活巡检需求。

5.1.2 全局最优路径规划功能

根据后台系统下发的采集任务，自动规划从充电房到各取油桩的**全局最优作业路径**，支持作业点优先级、路径限行、单向行驶等参数配置；作业过程中若遇障碍物，可自动重新规划路径绕障，保障作业效率。

5.1.3 多传感器融合避障探沟功能

通过**多线三维激光雷达+深度相机+安全触边**三重感知，实现障碍物检测、沟壑探测，支持“停障”与“绕障”两种模式自由切换：遇到障碍物可立即停止，障碍物移除后继续巡检；或自主规划绕障路径，避免巡检中断。

5.1.4 三自由度自主对位密封功能

机器人到达取油桩位置后，通过**平移、顶升、旋转**三自由度对位机构，配合对位引导槽与限位开关，实现与取油桩的毫米级精准对接；标准密封接头实现油路全过程密封，对接可靠无泄漏，杜绝油样污染。

5.1.5 标准化油样采集功能

实现油样采集**自动化、标准化、精准化**作业：

1. 对接完成后，自动开启电磁阀与自锁接头，实现油路导通；
2. 通过油泵、称重传感器、限位开关协同控制，实现标准取样量（100ml）的精准采集，误差不大于 $\pm 2\text{ml}$ ；
3. 支持双针筒平行样采集，满足油化检测的平行试验要求；
4. 采集前自动完成管路排空，排空油液收集至废油桶，避免油样污染。

5.1.6 双重开关油路安全控制功能

采用**电磁阀+自锁接头**的双重联锁方式实现油路控制，形成**双保险**：

1. 电磁阀由机器人自主供电，仅机器人对接完成后供电导通，否则处于关闭状态；
2. 自锁接头仅在机器人精准对接后实现解锁，人工无法随意开启；
3. 任一开关关闭均无法实现油路导通，彻底杜绝油路误开启与油液泄漏风险。

5.1.7 全自主充电功能

支持**低电量自动充电、任务完成自动充电、远程一键返航充电**三种模式：

1. 剩余电量低于 20%时，自动暂停作业，返航至充电房充电；
2. 采集任务完成后，自动返回充电房，精准对接充电触片，实现自主充电；
3. 后台系统可下发“一键返航”指令，机器人立即停止作业，返回充电房充电；
4. 充电完成后自动进入待机状态，等待新任务下发，充电时间不大于 3 小时（10%~100%）。

5.1.8 加密无线通信与远程控制功能

1. 采用工业级加密无线 WiFi 通信，通信距离不小于 1km，支持机器人与后台系统的指令下发、数据上传、状态监控、视频实时传输；
2. 后台系统可实现机器人的**远程任务下发、作业状态监控、实时视频查看、应急停机**等功能；
3. 支持多机器人同场作业，各设备独立通信，无相互干扰；
4. 通信采用加密协议，保障指令与数据的传输安全，防止恶意干扰与数据泄露。

5.1.9 作业数据全记录与溯源功能

油样采集全过程的**作业数据实时采集、上传、存储**，可实现全流程数据溯源：

1. 基础信息：采集设备编号、取油桩位置、采集时间、作业人员；
2. 作业信息：取样量、采集时长、管路排空状态、废油回收量；
3. 设备状态：机器人电压、电流、定位坐标、对接状态、油路压力；

4. 异常信息：采集过程中的故障、报警、应急处理等信息。

5.1.10 故障自诊断与应急处理功能

机器人具备**实时自诊断**功能，对导航、通信、供电、流体控制等模块的状态进行实时监测，若发现故障或异常，立即采取相应的应急处理措施：

1. 轻微故障：后台系统发出报警，机器人继续完成当前作业后返航；
2. 严重故障：机器人立即暂停作业，关闭油路，启动应急停机，后台系统发出紧急报警，等待人工处理；
3. 断网故障：支持断网独立作业，采集数据本地存储，网络恢复后自动补传至后台系统，确保数据不丢失。

5.2 油样采集标准化作业流程

CBR007-E 型油样采集机器人油样采集作业遵循 **GB/T 7597-2007** 《电力用油取样方法》，实现全流程标准化、自动化作业，具体作业流程如下：

1. **任务下发**：后台系统向机器人下发油样采集任务，包含取油桩位置、取样量、作业优先级等信息；
2. **路径规划**：机器人接收任务后，自动规划从充电房到取油桩的全局最优作业路径；
3. **自主导航**：机器人从充电房出发，基于 3D SLAM 导航定位技术，沿规划路径自主移动至目标取油桩位置，过程中实现避障探沟；
4. **精准对位**：机器人到达取油桩后，通过三自由度对位机构实现与取油桩的精准对接，对位完成后触发限位开关；
5. **油路导通**：机器人为取油桩电磁阀供电，同时解锁自锁接头，实现油路双重联锁导通，完成管路密封对接；
6. **管路排空**：机器人启动油泵，对取油管路进行排空，排空的废弃油液收集至废油桶，防止油样污染；
7. **精准取样**：管路排空完成后，启动油样采集程序，通过称重传感器、限位开关控

制取样量，实现标准量精准采集；

8. **油路关闭**：采集完成后，机器人立即关闭电磁阀与自锁接头，实现油路双重联锁关闭，断开油路连接；
9. **废油回收**：回收管路内残留油液至废油桶，完成取油桩与机器人的接口分离；
10. **数据上传**：机器人将本次采集的全流程数据实时上传至后台系统，实现数据记录与溯源；
11. **任务续行/返航**：若有其他取油桩采集任务，机器人自动规划下一路径，继续作业；若任务全部完成，机器人自动返回充电房，进入待机/充电状态；
12. **油样送检**：人工从机器人取样针筒中取出油样，粘贴唯一溯源二维码，送至实验室检测，检测数据与采集数据关联，实现全流程溯源。

6 性能参数

本产品所有性能参数均为**工业级设计标准**，经国家级/电力行业级检测机构检测验证，所有参数均满足变电站室内外油样采集作业的应用要求，具体分为机器人本体、取油桩、充电房三部分技术参数。

6.1 机器人本体技术参数

序号	项目	技术参数	备注
1	外形尺寸（长×宽×高）	750×500×950mm	一体化集成设计
2	整机重量	< 70kg	含电池、空废油桶
3	移动方式	轮式全向四驱	支持原地转向
4	导航方式	多线三维激光雷达+3D SLAM	无轨自主导航
5	定位误差	≤20mm	激光导航定位

6	通信方式	工业级无线 WiFi	加密传输
7	通信距离	$\geq 1000\text{m}$	无遮挡环境
8	供电方式	24V 磷酸铁锂电池组	工业级，带多重保护
9	充电方式	自主充电/手动充电	自主充电触片+手动充电口
10	充电时间	$< 3\text{h}$	10%~100%
11	续航时间	$> 8\text{h}$	额定负载，0.5m/s 移动速度
12	移动速度	0~1.2m/s，双向可调	后台系统可设置
13	刹车距离	$\leq 0.5\text{m}$	额定速度 1m/s 时
14	转弯半径	0m	原地转向
15	越障能力	$\geq 7\text{cm}$	台阶/路面凸起
16	爬坡能力	$\geq 15^\circ$	硬化路面
17	涉水能力	$\geq 10\text{cm}$	浅水路面，无长时间浸泡
18	采油方式	三自由度自主对位+密封取样	自动化作业
19	油路接口	自锁型密封接口	防泄漏、防污染
20	取样针筒规格	100ml $\times$ 2	双针筒，支持平行样

			采集
21	取样量误差	$\leq \pm 2\text{ml}$	相对于 100ml 标准量
22	废油桶容量	5L	收集废弃油液
23	单桩采油时长	$\leq 30\text{min}$	含对位、排空、取样、分离
24	避障方式	激光雷达+深度相机+安全触边	三级防护
25	防护等级	$\geq \text{IP55}$	室内外通用
26	工作环境温度	$-40 \sim 55^{\circ}\text{C}$	宽温适应，满足极端环境
27	工作环境相对湿度	5%~95%	无凝露
28	电磁兼容	工频磁场抗扰度 5 级； 射频电磁场辐射抗扰度 3 级； 静电放电抗扰度 4 级	符合 GB/T 17626 标准
29	故障自诊断	支持导航、通信、供电、流体控制等模块自诊断	实时监测，异常报警
30	数据存储	支持本地存储 ≥ 1000 条采集任务数据	断网续传，数据不丢失

6.2 取油桩技术参数

序号	项目	技术参数	备注
1	外形尺寸 (长×宽×高)	390×300×950mm	紧凑型设计
2	整机重量	< 25kg	便于现场安装
3	安装方式	壁装/地装	两种方式可选, 适配现场
4	油管外径	6/8/10mm	多规格, 兼容不同变压器
5	电磁阀供电方式	机器人自主供电	无需现场布置电源线
6	油路控制	电磁阀+自锁接头	双重联锁控制
7	对接方式	机器人三自由度自主对位	配合对位引导槽
8	防护等级	≥IP55	室外安装, 防雨防尘
9	工作环境	与机器人本体一致	-40-55℃, 5%-95%RH
10	使用寿命	≥8 年	核心部件

6.3 充电房技术参数

序号	项目	技术参数	备注
1	外形尺寸 (长×宽×高)	2×2×2.3m	含内部充电桩
2	安装方式	地面固定安装	水泥地面, 配固定螺栓

3	充电桩输出	DC24V，适配机器人电池	带过压、过流、防反接保护
4	门体类型	自动卷帘门	机器人触发开关，无人化进出
5	供电输入	AC220V/50Hz，单相	市电供电，配漏电保护开关
6	辅助功能	通风、防雨、防尘	配备通风口、防雨檐
7	防护等级	≥IP54	室外安装
8	工作环境	与机器人本体一致	-40-55℃，5%-95%RH

7 接口协议与系统对接

CBR007-E 型油样采集机器人采用**标准化、高安全、高性能**的接口协议设计，与后台系统、取油桩的通信满足电力行业**信息安全、实时性、兼容性**要求，支持与变电站现有智能巡检系统、设备状态监测系统的无缝对接，无需对现有系统进行大规模改造。

7.1 物理接口

所有物理接口均采用**工业级标准接口**，具备防松、防雨、防尘、防反接设计，保障连接的可靠性与稳定性，具体物理接口如下：

- 机器人与后台系统：**加密无线 WiFi 接口（IEEE 802.11b/g/n），无物理接线，部署便捷，通信距离不小于 1km；
- 机器人与取油桩：**电磁阀供电触点+密封油路接口+对位限位开关接口，实现供电、油路、信号的一体化对接；
- 机器人与充电桩：**自动充电触片接口，实现机器人自主充电，具备防接触不良、过流保护功能；

- 4. **充电房/取油桩与现场供电**：AC220V/50Hz 工业级插头接口，带接地保护，适配现场市电；
- 5. **机器人本地调试**：RJ45 网口+USB 调试口，支持本地参数配置、故障诊断、数据导出。

7.2 通信协议

产品采用**电力行业主流标准化通信协议**，兼顾传输的**实时性、安全性、兼容性**，针对不同类型的数据传输采用专属协议，确保传输效率与安全，具体通信协议如下：

数据类型	通信协议	应用场景	核心优势
控制指令	GRPC 高性能实时传输协议	后台系统向机器人下发任务、控制、应急停机等指令	低延时、高实时性，指令下发响应时间 $\leq 100\text{ms}$
状态数据	MQTT 轻量级消息队列协议	机器人向后台系统上传运行状态、作业状态、故障报警等数据	低带宽、高稳定性，支持海量数据并发传输
大文件数据	FTPS 安全文件传输协议	机器人向后台系统上传作业视频、图像、采集数据日志等	基于 SSL/TLS 加密，保障大文件传输安全
视频流数据	RTSP/RTMP 实时流传输协议	机器人向后台系统传输作业过程实时视频	低延时、高流畅度，支持视频实时查看与回放
机器人与取油桩	工业级串口协议	机器人与取油桩之间的供电控制、状态交互	短距离、高可靠性，适配现场对接需求

7.3 系统对接要求

1. **硬件对接**：机器人通过无线 WiFi 与变电站现有通信网络对接，无需新增硬件设备，仅需保障现场无线信号覆盖；
2. **软件对接**：提供标准的 **API 接口与 SDK 开发包**，支持与变电站现有智能巡检系统、设备状态监测系统、生产管理系统的无缝对接；
3. **数据对接**：提供标准化的**数据格式与接口文档**，采集数据支持结构化与非结构化（视频/图像）格式，可直接接入现有数据平台；
4. **权限管理**：支持与变电站现有权限管理系统对接，实现操作人员的分级授权、操作日志记录，满足电力行业安全管理要求；
5. **兼容性**：兼容 Windows/Linux/安卓等主流操作系统，支持云平台/本地部署模式，适配不同变电站的系统架构。

8 安装与使用注意事项

8.1 供电要求

1. 机器人充电房、取油桩安装场所需提供**稳定的 AC220V/50Hz 单相市电**，并配置独立的漏电保护开关，额定电流不小于 10A；
2. 供电线路需采用**铜芯电缆**，线径不小于 2.5mm²，布线需符合《电力工程电缆设计标准》GB 50217 要求，远离高压设备、强电磁干扰区域与积水区域；
3. 若现场无预留供电接口，需进行现场电缆布线施工，施工完成后需进行**绝缘测试与耐压测试**，测试合格后方可通电；
4. 机器人电池为 24V 磷酸铁锂电池，**禁止私自拆卸、更换、改装**，禁止在高温、明火、积水环境下充电，充电时需保证环境通风良好；
5. 机器人长时间不使用（超过 7 天）时，需将电池电量充至 **50%~80%**，并置于干燥、通风、常温环境下存放，每 3 个月补充充电一次，防止电池过放损坏；
6. 取油桩由机器人自主供电，**无需现场布置电源线**，仅需保障机器人移动至取油桩位置时的供电触点可靠对接。

8.2 通信要求

1. 机器人与后台系统的无线通信需保证现场**无强电磁干扰**，远离高压柜、变频器、变压器等强电磁辐射设备，通信距离内无大面积金属遮挡；
2. 现场需部署**工业级无线网桥**，网桥需支持 IEEE 802.11b/g/n 协议，通过自适应以太网物理介质接口通信，无线信号覆盖所有取油桩与机器人作业区域，信号强度不低于-70dBm；
3. 若现场无预留网络接口，需进行网线、交换机布线施工，交换机需采用**工业级百兆/千兆交换机**，支持 POE 供电优先，交换机需配置冗余电源，保障通信稳定；
4. 多台机器人同场作业时，需为每台机器人分配**独立的 WiFi 信道与设备编号**，信道间隔不小于 5，避免通信干扰；
5. 无线通信网络需配置**密码加密**，采用 WPA2-PSK 加密方式，定期更换密码，同时开启 MAC 地址过滤，仅允许机器人与授权设备接入，保障通信安全；
6. 现场通信网络需接入变电站现有安防网络，符合电力行业**网络安全等级保护**要求，禁止直接接入公网。

8.3 安装规范

8.3.1 机器人充电房安装

1. 充电房安装位置需选择**平整、坚固的水泥地面**，地面承载力不小于 200kg/m^2 ，远离积水、油污、腐蚀性气体、高压设备区域；
2. 安装位置需保证机器人返航对接空间，充电房周围 2m 范围内无障碍物，机器人移动路径内无台阶、深坑、陡坡等危险区域；
3. 充电房采用地面固定安装，通过膨胀螺栓与水泥地面固定，固定牢固，防止大风、碰撞等因素导致位移；
4. 充电房安装完成后，需调试自动卷帘门，确保机器人可正常触发开关、进出充电房，卷帘门开关灵活、无卡顿。

8.3.2 取油桩安装

1. 取油桩安装位置需靠近变压器取油口，便于油管连接，同时保证机器人有足够的作业空间（周围 1.5m 范围内无障碍物）；
2. 取油桩可采用壁装或地装方式，安装面需平整、坚固，承载力不小于 50kg/m²，壁装时安装高度需与机器人对接高度匹配（与机器人取样接口同一水平）；
3. 取油桩与变压器取油口之间采用**耐油橡胶管**连接，减少油液流动阻力，连接后需进行密封测试，确保无泄漏；
4. 取油桩安装完成后，需调试电磁阀与自锁接头，确保机器人对接后可正常供电、解锁，对接完成信号正常触发。

8.3.3 机器人现场部署

1. 机器人开箱后，需检查各模块连接是否牢固，激光雷达、深度相机、取样模块等精密部件无磕碰、损坏，充电触片、油路接口无氧化、变形；
2. 机器人首次上线前，需进行**现场建图/导入三维地图**，完成三维地图构建，建图完成后需对取油桩位置进行标定；
3. 建图与标定完成后，需进行**空载试运行**，测试机器人的导航、避障、对位等功能，试运行正常后方可进行油样采集实机作业；
4. 机器人现场部署完成后，需对现场作业人员进行**专业培训**，培训合格后方可进行设备操作与维护。

8.4 操作与维护要求

8.4.1 操作要求

1. 操作人员需经**专业培训合格**后方可操作机器人，熟悉操作流程、应急处理措施，禁止无证操作；
2. 机器人运行前需进行**系统自检**，检查电池电量、通信状态、激光雷达、深度相机、油路系统等部件是否正常，自检不合格禁止运行；
3. 机器人作业过程中，禁止人员在机器人作业区域内随意走动、堆放障碍物，如需进入作业区域，需先通过后台系统下发**应急停机**指令；

4. 油样采集完成后，人工取出油样时，需佩戴防护手套、护目镜，严格遵循油样采集安全操作规程，防止油液接触、泄漏；
5. 禁止在机器人作业过程中强行拆卸、触碰机器人的取样模块、油路接口等核心部件，禁止随意更改机器人的参数配置；
6. 机器人出现故障、报警时，操作人员需立即停止作业，根据后台系统的故障提示进行初步排查，无法排查的需立即联系专业技术人员。

9 质量保障与售后服务

南京七宝机器人技术有限公司建立了完善的**质量保障体系与售后服务体系**，为 CBR007-E 型油样采集机器人提供全生命周期的质量保障与技术支持，确保设备稳定、可靠运行，为客户创造持续价值。

9.1 质量检测与认证

1. 产品生产全过程遵循 **ISO9001 质量管理体系**要求，从原材料采购、零部件加工、整机装配到成品检测，均进行严格的质量管控，每道工序均有质量检验记录；
2. 成品机器人需通过**出厂检测、型式试验、现场验收**三级检测，检测项目包括导航定位、避障探沟、对位密封、油样采集、通信、充电等所有核心功能，检测合格后方可出厂；
3. 产品已通过**国家电力设备质量监督检验中心、电力行业机器人检测中心**等权威机构的检测，取得相应的检测报告与认证证书；
4. 产品质量保修期为**自设备交付验收合格之日起 1 年**，质保期内，因产品设计、制造、零部件质量问题导致的故障，厂家免费提供维修、更换零部件服务（人为损坏、不可抗力因素除外）。

9.2 售后服务体系

1. **故障响应机制**：建立 **7×24 小时售后服务热线**，客户接到故障报修后，1 小时内做出技术响应，通过远程指导、视频调试等方式解决问题；远程无法解决的故障，**省内 24 小时、省外 48 小时**内安排专业技术人员抵达现场处理；

2. **定期巡检服务**：质保期内，厂家每 6 个月安排专业技术人员到现场进行**设备定期巡检**，对设备进行全面检测、维护、校准，及时发现并解决潜在问题，保障设备稳定运行；
3. **备品备件保障**：在全国范围内设立多个备品备件仓库，配备充足的常用备品备件，确保现场故障维修时可及时提供零部件，缩短维修时间；
4. **质保期后服务**：质保期结束后，厂家提供**终身技术支持与维修服务**，仅收取零部件成本费与合理的人工服务费；同时提供设备升级服务，为客户提供最新的软件功能、硬件升级，提升设备性能；
5. **客户培训服务**：设备交付后，厂家安排专业技术人员为客户提供**现场操作与维护培训**，培训内容包括设备操作、日常维护、故障排查、应急处理等，确保客户运维人员熟练掌握设备操作与维护技能；同时提供电子版培训课件、操作手册，方便客户随时查阅。

9.3 技术支持

1. **7×24 小时技术支持热线**：为客户提供实时技术咨询、问题解答、故障指导等服务；
2. **远程技术支持**：通过远程桌面、视频调试等方式，为客户提供远程设备调试、参数配置、故障诊断等服务；
3. **技术资料支持**：为客户提供产品技术说明书、操作手册、维护手册、接口文档等全套技术资料，支持电子版与纸质版；
4. **定制化技术开发**：针对客户的个性化需求，提供定制化的功能开发、系统集成、接口对接等技术服务，满足客户的特殊作业需求；
5. **技术交流与培训**：定期组织客户技术交流会议、设备维护培训，分享设备运维经验、最新技术成果，提升客户的设备运维水平。

10 企业信息

企业名称：南京七宝机器人技术有限公司

企业地址：南京市江宁区吉印大道 2999 号吉印产业创新园 B2 栋 3 楼（江宁开发区）

官方网站：www.chiebot.com

技术支持热线：18502545578

商务合作热线：18502545578

电子邮箱：614960759@qq.com

本技术说明书的最终解释权归南京七宝机器人技术有限公司所有，产品技术参数与功能将持续优化，如有更新，恕不另行通知，以最新版技术说明书为准。