

ICS 43.040.99
CCS T 35

T/CSEE 0389.1—2023

团 体 标 准

T/CSEE 0389.1—2023

电动汽车充电机器人 第 1 部分：通用技术要求

Electric vehicle charging robots —
Part 1: General technical requirements

团 体 标 准
电动汽车充电机器人
第 1 部分：通用技术要求
T/CSEE 0389.1—2023

中国电力出版社出版、印刷、发行
(北京市东城区北京站西街 19 号 100005 <http://www.cepp.sgcc.com.cn>)

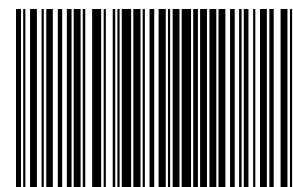
2024 年 6 月第一版 2024 年 6 月北京第一次印刷
880 毫米×1230 毫米 16 开本 1.25 印张 41 千字

统一书号 155198 • 5329 定价 34.00 元

版 权 专 有 侵 权 必 究
本书如有印装质量问题，我社营销中心负责退换



中国电机工程学会官方微信



155198.5329

2023-12-29 发布

2024-03-29 实施

中国电机工程学会 发 布

目 次

前言 III

引言 IV

1 范围 1

2 规范性引用文件 1

3 术语和定义 2

4 分类 4

5 功能和性能 5

5.1 环境适应性 5

5.1.1 正常工作环境 5

5.1.2 特殊工作环境 5

5.1.3 电磁兼容 5

5.1.4 振动和冲击 5

5.1.5 噪声 5

5.2 功能要求 5

5.2.1 机器人功能 5

5.2.2 车辆插头自动抓放 6

5.2.3 车辆插头自动插拔 6

5.2.4 充电过程管理 6

5.2.5 自主导航 6

5.2.6 手动控制 6

5.2.7 自检 6

5.2.8 离线运行 7

5.2.9 热管理 7

5.3 性能要求 7

5.3.1 机器人性能 7

5.3.2 移动精度 7

5.3.3 停车误差容忍度 7

5.3.4 通过性 7

5.3.5 车辆接口连接时间 7

5.3.6 车辆接口连接成功率 8

5.3.7 车辆接口连接精度 8

5.3.8 插拔力 8

6 安全 8

6.1 一般要求 8

6.2 其他要求 8

6.2.1 急停 8

6.2.2 移动碰撞保护 8

6.2.3 手臂碰撞保护 8

6.2.4	机械稳定性	8
6.2.5	柔顺性	8
6.2.6	锁紧装置	9
6.2.7	储能单元	9
6.2.8	声光报警	9
7	标志、使用说明书、包装、运输和贮存	9
7.1	标志	9
7.2	使用说明书	9
7.3	包装	9
7.4	运输	9
7.5	贮存	9
附录 A (资料性)	电动汽车充电机器人类型示例	10
附录 B (资料性)	车辆接口连接精度测量方法	13
参考文献		15

前 言

本文件按照《中国电机工程学会标准化管理办法》《中国电机工程学会标准化管理办法实施细则》的要求，依据 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。

本文件由中国电机工程学会提出。

本文件由中国电机工程学会电力机器人专业委员会技术归口并解释。

本文件起草单位：国网天津市电力公司、北京国电富通科技发展有限责任公司、始途科技（杭州）有限公司、上海攀达科技发展股份有限公司、南瑞集团有限公司、广东产品质量监督检验研究院、中国科学院沈阳自动化研究所、上海 ABB 工程有限公司、国网车联网技术有限公司、国网电动汽车服务（天津）有限公司、上海远景科创智能科技有限公司、北京中电普华信息技术有限公司。

本文件主要起草人：杨磊、郭俊龙、胡益菲、狄士春、谢才东、张世帅、张黎明、李治、贺春、姚明路、王浩鸣、李少雄、王洪光、浑连明、崔朝宇、陈向志、多葭宁、王艺博、蔡莉、徐善军、张玉涛、陈立波、白鸥、房晟辰、吕海。

本文件为首次发布。

本文件在执行过程中的意见或建议反馈至中国电机工程学会标准执行办公室（地址：北京市西城区白广路二条1号，100761，网址：<http://www.csee.org.cn>，邮箱：cseebz@csee.org.cn）。

引 言

近年来，我国新能源车数量快速增长，电动汽车用户对充电自动化需求日益增强，充电机器人作为一种智能化解决方案，受到了广泛关注，不同技术路线充电机器人发展迅速。为进一步促进充电机器人大规模推广应用，提升用户使用体验，制定了 T/CSEE 0389 《电动汽车充电机器人》，为充电机器人研发、设计、生产、使用和管理提供指导。T/CSEE 0389 拟由四个部分组成：

- 第 1 部分：通用技术要求。目的是规范和确定电动汽车充电机器人的术语、分类、通用功能和性能等。
- 第 2 部分：固定式。目的是规范和确定固定式充电机器人的主要组成、功能和性能的特别要求等。
- 第 3 部分：移动式。目的是规范和确定移动式充电机器人的主要组成、功能和性能的特别要求等。
- 第 4 部分：测试方法。目的是规范和确定电动汽车充电机器人功能和性能测试方法。

电动汽车充电机器人

第1部分：通用技术要求

1 范围

本文件规定了电动汽车充电机器人（以下简称“机器人”）的分类，功能和性能，安全，标志、使用说明书、包装、运输和贮存等要求。

本文件适用于为电动汽车提供充电服务的机器人，不适用于电动汽车无线充电系统。

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/T 191 包装储运图示标志
- GB/T 4208—2017 外壳防护等级（IP 代码）
- GB 4943.1 音视频、信息技术和通信技术设备 第1部分：安全要求
- GB/T 5226.1 机械电气安全 机械电气设备 第1部分：通用技术条件
- GB/T 9969 工业产品使用说明书 总则
- GB/T 12643—2013 机器人与机器人装备 词汇
- GB/T 13384 机电产品包装通用技术条件
- GB/T 16754 机械安全 急停功能 设计原则
- GB/T 18209.1 机械电气安全 指示、标志和操作 第1部分：关于视觉、听觉和触觉信号的要求
- GB/T 18487.1 电动汽车传导充电系统 第1部分：通用要求
- GB/T 19596—2017 电动汽车术语
- GB/T 20234.1 电动汽车传导充电用连接装置 第1部分：通用要求
- GB/T 20234.2 电动汽车传导充电用连接装置 第2部分：交流充电接口
- GB/T 20234.3 电动汽车传导充电用连接装置 第3部分：直流充电接口
- GB/T 27930 非车载传导式充电机与电动汽车之间的数字通信协议
- GB/T 28569 电动汽车交流充电桩电能计量
- GB/T 29318 电动汽车非车载充电机电能计量
- GB/T 29482.1—2013 工业机械数字控制系统 第1部分：通用技术条件
- GB/T 36008 机器人与机器人装备 协作机器人
- GB/T 36276—2018 电力储能用锂离子电池
- GB/T 36545—2018 移动式电化学储能系统技术要求
- GB/T 37283 服务机器人 电磁兼容 通用标准 抗扰度要求和限值
- GB/T 37284 服务机器人 电磁兼容 通用标准 发射要求和限值
- GB 38031 电动汽车用动力蓄电池安全要求
- GB/T 38260—2019 服务机器人功能安全评估
- GB/T 38661—2020 电动汽车用电池管理系统技术条件

3 术语和定义

GB/T 12643—2013、GB/T 19596—2017、GB/T 20234.1 界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

电动汽车充电机器人 electric vehicle charging robot

充电机器人 charging robot

应用在电动汽车充电服务领域，辅助或替代人为电动汽车提供充电服务的机器人或机器人装置。

3.2

机器人手臂 robotic arm

手臂 arm

一组互相连接的长形杆件和主动关节，用以定位车辆插头（3.3），并将车辆插头（3.3）与车辆插座（3.4）连接。

[来源：GB/T 12643—2013，3.2，有修改]

3.3

车辆插头 vehicle connector

车辆接口中和充电线缆连接且可以移动的部分。

[来源：GB/T 20234.1—2023，3.8]

3.4

车辆插座 vehicle inlet

车辆接口中固定安装在电动汽车上，并通过电缆和车载充电机或车载动力蓄电池相互连接的部分。

[来源：GB/T 20234.1—2023，3.7]

3.5

控制平台 control platform

机器人服务商提供的用于机器人管理的基础设施及其服务软件的集合。

3.6

充电过程管理 charging process management

机器人按工作流程，实现充电服务全过程控制的功能，包括操作管理、通信管理、信息管理、安全管理等。

3.7

蓄电池管理系统 battery management system

监视蓄电池的状态（温度、电压、荷电状态等），为蓄电池提供通信、安全、电芯均衡及管理控制，并提供与应用设备通信接口的系统。

[来源：GB/T 19596—2017，3.3.2.1.10]

3.8

储能单元 electric energy storage unit

机器人配置的为电动汽车充电提供能量的蓄电池及其电池管理系统。

3.9

车辆接口连接精度 vehicle coupler connection accuracy

机器人从某初始位置自动连接车辆接口时，在车辆插头（3.3）刚好触碰插座接触面的时刻，车辆插头（3.3）实到位姿的平均值与理想插入位姿的偏差。车辆接口连接精度包括位置准确度和姿态准确度，位置准确度是指理想插入位姿的位置与实到位置集群重心之差，姿态准确度是指理想插入位姿的姿态与实到姿态平均值之差。

注 1：理想插入位姿包括理想插入位置和理想插入姿态，是指在车辆插头刚好触碰插座接触面的时刻，使插入操作误差为零的位姿。车辆接口连接精度示意图如图 1 所示， O_c 与 O_i 分别为车辆插头和车辆插座的几何中心，车辆插头和车辆插座的坐标系分别用 $O_c-X_cY_cZ_c$ 和 $O_i-X_iY_iZ_i$ 表示，此时 $O_c-X_cY_cZ_c$ 和 $O_i-X_iY_iZ_i$ 两个坐标系的原点和坐标轴完全重合。

注 2：车辆插头实到位姿是指机器人从某初始位置响应自动连接车辆接口指令，在车辆插头刚好触碰插座接触面的时刻，车辆插头实际到达的位姿。车辆插头实到位姿由于受到机器人识别定位误差、手臂执行误差等因素影响， $O_c-X_cY_cZ_c$ 和 $O_i-X_iY_iZ_i$ 两个坐标系的原点和坐标轴可能不完全重合。

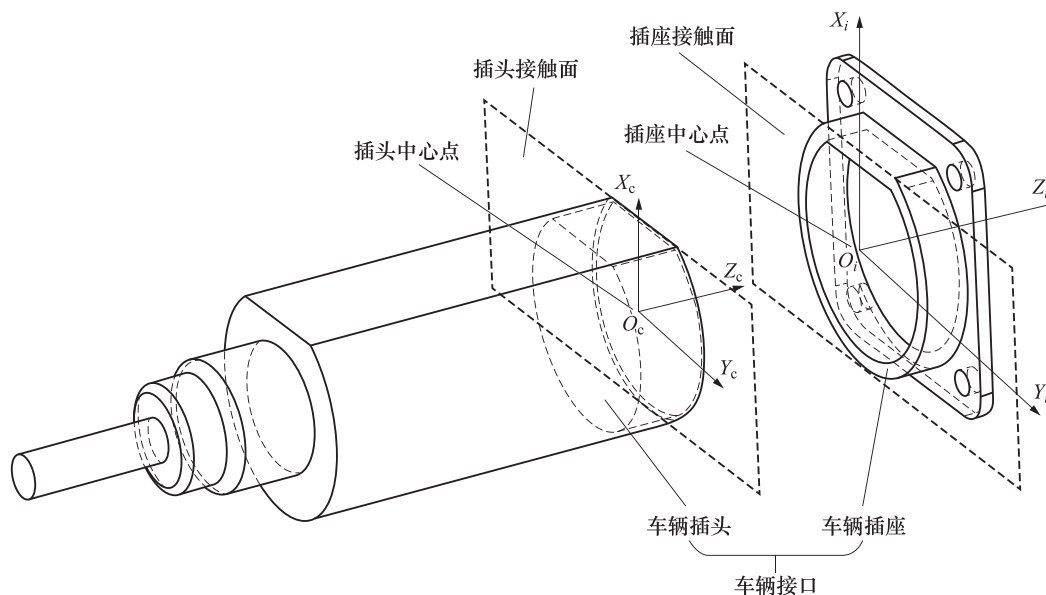


图 1 车辆接口连接精度示意图

3.10

导航 navigation

依据定位和环境地图决定并控制行走方向。

注：导航包括为实现从位姿点到位姿点的运动和整片区域覆盖的路径规划。

[来源：GB/T 12643—2013，7.6，有修改]

3.11

移动精度 moving accuracy

机器人在行走面上移动时，实际到达位置与目标位置的最大偏差值。

注：移动精度指位置，不包括姿态。

3.12

停车误差容忍度 parking error tolerance

与理想停车位置相比，用户停车时的位置和角度最大允许误差，在该误差内，机器人可顺利为电动汽车提供充电服务。

3.13

桩式 pile-type

固定式充电机器人的一种细分类型，此类机器人不能移动或仅限在车位旁的有限固定空间内移动，移动距离不超过 1 m。

3.14

轨道式 track-type

固定式充电机器人的一种细分类型，此类机器人沿固定的轨道或轨迹移动来寻找车辆，移动范围较

大，移动距离大于 1 m。

注：预设轨道设置方式为空中轨道、壁挂轨道或地面轨道。固定轨迹移动如磁条导航等。

3.15

一体式设计 integrated design

储能单元（3.8）集成于机器人内部，与机器人本体不可分离的设计方式。

3.16

分体式设计 split design

储能单元（3.8）和机器人本体分离的设计方式。

3.17

一对一 one-to-one

当一台机器人为某一辆汽车提供充电服务时，只能等待这辆汽车的充电服务工作全部完成后才能为其他车辆提供服务的模式。

3.18

一对多 one-to-many

当一台机器人为某一辆汽车提供充电服务时，无需等待这辆汽车的充电服务工作全部完成就能够为其他车辆同时提供服务的模式。

3.19

碰撞保护 collision protection

外部的人或设备与机器人发生非预期物理碰撞触发的机器人安全保护功能。

3.20

柔顺性 compliance

机器人或某辅助工具响应外力作用时的柔性。

[来源：GB/T 12643—2013，5.3.9]

3.21

手动控制 manual mode

以手动方式通过人机接口控制机器人动作和作业流程的一种操作模式。

3.22

离线运行 off-line operation

与控制平台（3.5）失去通信连接时，机器人独立运行并为电动汽车提供充电服务的运行方式。

4 分类

机器人可根据移动性、服务模式按表 1 进行分类，按移动性分为固定式和移动式两种，按服务模式分为一对一和一对多两种。固定式机器人又分为桩式和轨道式两种，移动式机器人又分为带储能单元和不带储能单元两种。电动汽车充电机器人类型示例见附录 A。

表 1 机器人分类

分类方式	具体类型			示例
按移动性分	固定式	桩式		图 A.1
		轨道式	空中轨道式	图 A.2
			壁挂轨道式	图 A.3
			地面轨道式	图 A.4

表 1（续）

分类方式	具体类型			示例
按移动性分	移动式	带储能单元	储能单元一体式设计	图 A.5
			储能单元分体式设计	图 A.6
		不带储能单元		图 A.7
按服务模式分	一对一			—
	一对多			—

5 功能和性能

5.1 环境适应性

5.1.1 正常工作环境

机器人应在下列环境中正常工作：

- a) 温度：不带储能单元时， $-20\text{ }^{\circ}\text{C}\sim+50\text{ }^{\circ}\text{C}$ ；带储能单元时， $0\text{ }^{\circ}\text{C}\sim+40\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。
- b) 相对湿度：5%~95%。
- c) 海拔： $\leq 2000\text{ m}$ 。
- d) 防护等级：室内，不低于 GB/T 4208—2017 中的 IP32；室外，不低于 GB/T 4208—2017 中的 IP54。

机器人制造商应在产品说明书中说明适用温度、湿度、海拔、防护等级和其他工作环境。

5.1.2 特殊工作环境

存在特殊工作环境时，应由机器人制造商和客户商定。特殊工作环境可包括下列一项或多项：

- a) 与本文件 5.1.1 规定的温度、湿度、海拔不同，或暴露于极端气候条件；
- b) 由灰尘、烟物、腐蚀物等引起的空气重污染；
- c) 暴露于强电场或强磁场，或暴露于不同于电磁传导和辐射干扰中；
- d) 暴露于重度振动、冲击；
- e) 特殊电压或电流使用条件。

5.1.3 电磁兼容

机器人电磁兼容性能应符合 GB/T 37283 和 GB/T 37284 的规定。

5.1.4 振动和冲击

机器人振动和冲击性能应分别符合 GB/T 29482.1—2013 中 4.2.1 和 4.2.2 的规定。机器人储能单元振动性能应符合 GB/T 36545—2018 中 4.2.2 的规定。

5.1.5 噪声

机器人噪声应符合 GB/T 38260—2019 中 C.7 的规定。

5.2 功能要求

5.2.1 机器人功能

机器人功能可按表 2 确定。

表 2 机器人功能

对应本文件 章条号	功能名称	固定式		移动式	
		桩式	轨道式	带储能单元	不带储能单元
5.2.2	车辆插头自动抓放	—	○	○	●
5.2.3	车辆插头自动插拔	●	○	○	●
5.2.4	充电过程管理	●	●	●	●
5.2.5	自主导航	—	—	●	●
5.2.6	手动控制	●	●	●	●
5.2.7	自检	●	●	●	●
5.2.8	离线运行	○	○	○	○
5.2.9	热管理	—	—	●	—
注：●表示机器人应配置的功能；○表示机器人可选择配置的功能；—表示机器人不涉及此功能。					

5.2.2 车辆插头自动抓放

机器人到达充电位置后，应自动完成识别、抓取和放回车辆插头的操作，且机器人应具备成功抓放车辆插头的检测功能。

5.2.3 车辆插头自动插拔

机器人应自动识别车辆插座，将车辆插头插入车辆插座或从车辆插座中拔出，机器人应具备成功插入或拔出车辆插头的检测功能。机器人传导充电用连接装置应符合 GB/T 20234.1、GB/T 20234.2 和 GB/T 20234.3 的规定。

5.2.4 充电过程管理

机器人应具备充电过程管理功能，并应符合下列规定：

- 机器人充电过程管理应包括对充电操作全过程、电能计量、人机交互、通信、信息、安全等充电服务管理功能；
- 机器人的传导充电系统应符合 GB/T 18487.1 的规定；
- 涉及电能计量时，机器人应按照 GB/T 28569 和 GB/T 29318 的规定执行；
- 涉及车辆对机器人充电过程控制时，机器人通信应符合 GB/T 27930 的规定；
- 涉及与控制平台通信时，机器人应确保信息传输可靠、及时；
- 机器人可配置显示功能，实时显示机器人充电过程中的电压、电流等状态信息。

5.2.5 自主导航

机器人收到充电服务指令后，应自主规划路径，到达指定工作区域，完成充电服务后可自主返回。

5.2.6 手动控制

机器人应具备手动控制功能，必要时或紧急情况下应通过手动模式操控机器人。

5.2.7 自检

机器人启动时应具备电源、通信、储能单元和充电等关键组件的自检功能，存在异常时应发出提示。

5.2.8 离线运行

当与控制平台通信存在短时异常时，机器人宜具备并启动离线运行功能，并在离线运行期间保存业务数据，待通信恢复后应将离线数据续传给控制平台。

5.2.9 热管理

移动式带储能单元的机器人应具备热管理功能，通过自动启用制冷或加热功能实现蓄电池、功率器件等敏感组件的温度控制。

5.3 性能要求

5.3.1 机器人性能

机器人性能可按表 3 确定。

表 3 机器人性能

对应本文件 章条号	性能名称	固定式		移动式	
		桩式	轨道式	带储能单元	不带储能单元
5.3.2	移动精度	—	—	●	●
5.3.3	停车误差容忍度	●	●	—	—
5.3.4	通过性	—	—	●	●
5.3.5	车辆接口连接时间	●	●	▲	●
5.3.6	车辆接口连接成功率	●	●	▲	●
5.3.7	车辆接口连接精度	●	●	▲	●
5.3.8	插拔力	●	●	▲	●
注：●表示机器人应具备的性能；▲表示带手臂机器人应具备的性能（不带手臂机器人不涉及该项性能）；—表示机器人不涉及此性能。					

5.3.2 移动精度

机器人移动精度不宜超过 10 cm，移动精度不应影响机器人为电动汽车提供正常充电服务。

5.3.3 停车误差容忍度

机器人停车误差容忍度，在理想停车位置的长度和宽度方向均不应小于 20 cm，角度不应低于±5°。

5.3.4 通过性

机器人通过性应满足：

- a) 机器人在平整地面上应平稳行驶；
- b) 越障能力：应平稳越过停车场减速带，带储能单元机器人的越障高度不应低于 1 cm，不带储能单元机器人的越障高度不应低于 4 cm；
- c) 爬坡能力：带储能单元机器人爬坡角度不应低于 7°，不带储能单元机器人爬坡角度不应低于 15°。

5.3.5 车辆接口连接时间

机器人从开始识别车辆插座时刻起，直至完成车辆接口连接的时间宜小于 50 s。

5.3.6 车辆接口连接成功率

机器人车辆接口连接成功率不应低于 99.8%。

5.3.7 车辆接口连接精度

机器人车辆接口连接精度，位置准确度不应超过 1 mm；姿态准确度不应超过 $\pm 1^\circ$ 。车辆接口连接精度测量方法见附录 B。

5.3.8 插拔力

机器人完成车辆插头插入和拔出操作时，插拔力应符合下列规定：

- a) 对于交流充电接口，机器人最大插拔力不应低于 120 N；
- b) 对于直流充电接口，机器人最大插拔力不应低于 180 N；
- c) 机器人完成车辆插头插入和拔出操作时，应具备柔顺性，不应出现卡死现象。

6 安全

6.1 一般要求

机器人设计应符合 GB/T 5226.1 和 GB 4943.1 的规定。机器人安全控制系统宜经安全评估，评估方法宜参照 GB/T 38260—2019 的规定执行。

6.2 其他要求

6.2.1 急停

机器人应设置手动启动的急停装置，急停装置设计应符合 GB/T 16754 的规定。当急停装置动作时，机器人应切断其与电动汽车之间的电气连接。

6.2.2 移动碰撞保护

移动碰撞保护应符合下列规定：

- a) 机器人应具备移动碰撞保护功能，移动过程中遇到障碍物时，应停止或绕行，避免与障碍物发生物理碰撞；
- b) 机器人应具备移动碰撞检测功能，发生碰撞后应立即停止并启动安全响应机制；
- c) 产品说明书中应阐明机器人最大移动速度和制动距离。

6.2.3 手臂碰撞保护

机器人手臂应具备碰撞保护功能，手臂在操作过程中与周围人或物体发生非预期物理碰撞时，功率和力限制应符合 GB/T 36008 的规定。

6.2.4 机械稳定性

机器人移动或充电操作过程中不应失衡。

6.2.5 柔顺性

机器人手臂与车辆插头采用固定连接方式时，在车辆插头与车辆插座完成连接后，手臂柔顺性应符合下列规定：

- a) 车辆插座和车辆插头的接触力应受到控制，以确保在非预期情况下车辆插座随车辆有微小位移时，车辆插头或车辆插座不会因力的作用而产生损坏；
- b) 对接触力的反应应足够快，使力保持在安全的限制范围内。

6.2.6 锁紧装置

当交流充电电流大于 16 A 或直流充电时，车辆接口应具有锁止功能，并应符合 GB/T 20234.1 的规定。

6.2.7 储能单元

带储能单元的机器人应具有安全可靠的蓄电池管理系统，基本功能宜按照 GB/T 38661—2020 中 5.3 的规定执行。储能单元用锂离子电池安全宜按照 GB/T 36276—2018 中第 5 章的有关要求执行，其他类型蓄电池可按照 GB 38031 的规定执行。

6.2.8 声光报警

机器人应具备报警灯和声音报警器等异常报警装置，异常报警灯产生的视觉信号和声音报警器所产生的听觉信号应符合 GB/T 18209.1 的规定。

7 标志、使用说明书、包装、运输和贮存

7.1 标志

机器人应有永久性标签，标签上应注明产品名称、型号、生产编号、生产日期、制造单位名称和地址等。

7.2 使用说明书

使用说明书应按 GB/T 9969 的规定编写。

7.3 包装

包装应符合下列规定：

- a) 包装箱应符合 GB/T 13384 的规定；
- b) 包装标志应符合 GB/T 191 的规定；
- c) 包装箱内应用衬垫定位，防止机器人串动、磕碰；
- d) 包装箱应防雨、防尘；
- e) 包装箱内应附装箱清单、产品合格证、使用说明书、备件和专用工具。

7.4 运输

运输、装卸时应小心轻放，严禁抛掷和碰撞，避免雨雪淋，防止剧烈撞击、振动。

7.5 贮存

应贮存于室内或能避雨、雪、风、沙的干燥场所。应防止雨淋受潮，不应与腐蚀性物品放在一起。

附 录 A
(资料性)

电动汽车充电机器人类型示例

A.1 固定式充电机器人

电动汽车充电机器人可根据移动性、服务模式进行分类，按照移动性分为固定式和移动式，固定式又分为桩式和轨道式，轨道式分为空中轨道式、壁挂轨道式、地面轨道式三种。固定式充电机器人如图 A.1～图 A.4 所示。

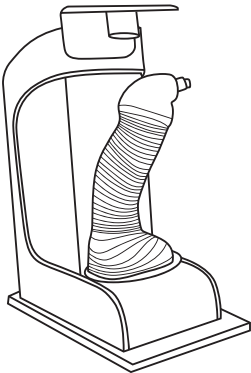


图 A.1 固定式-桩式

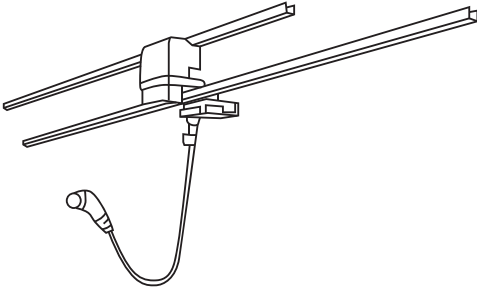


图 A.2 固定式-轨道式-空中轨道式

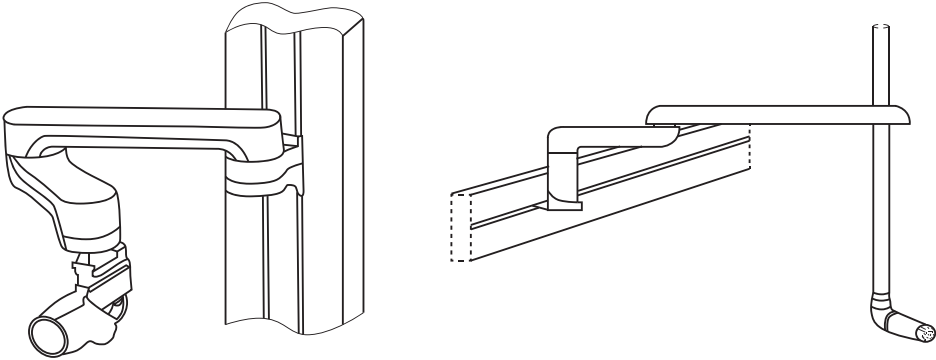


图 A.3 固定式-轨道式-壁挂轨道式

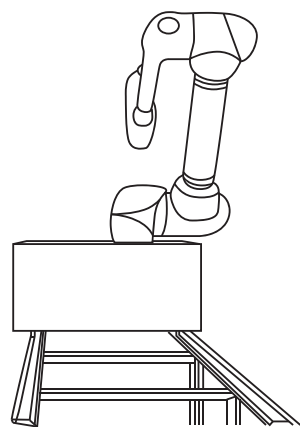


图 A.4 固定式-轨道式-地面轨道式

A.2 移动式充电机器人

移动式机器人又分为带储能单元和不带储能单元两种，其中带储能单元又可分为储能单元一体式设计、储能单元分体式设计。移动式-带储能单元-储能单元一体式设计、移动式-储能单元分体式设计分别如图 A.5、图 A.6 所示。移动式-不带储能单元设计如图 A.7 所示。

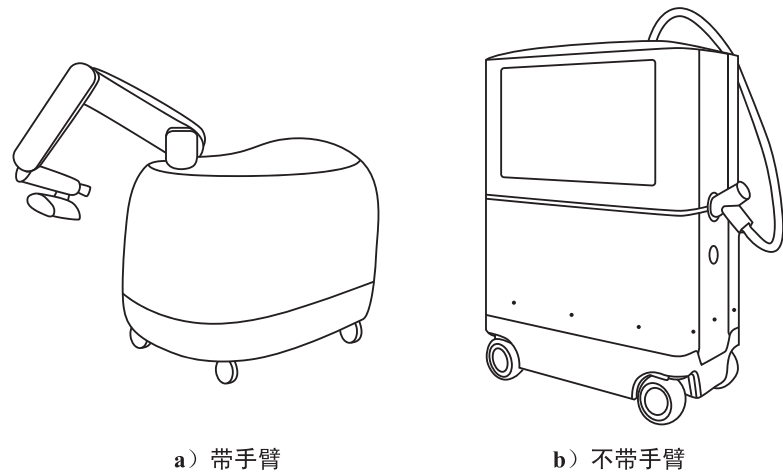


图 A.5 移动式-带储能单元-储能单元一体式设计

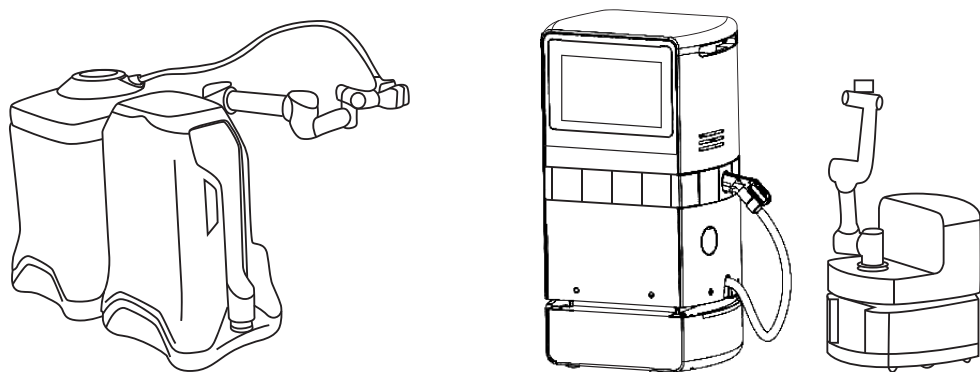


图 A.6 移动式-带储能单元-储能单元分体式设计

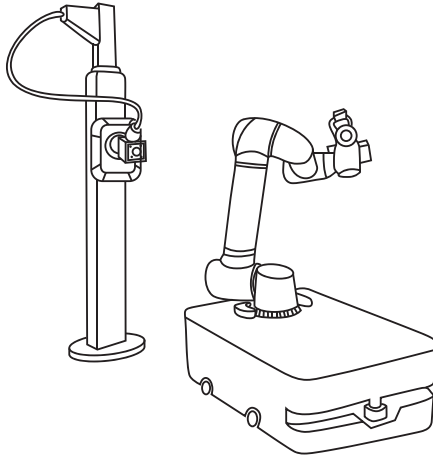


图 A.7 移动式-不带储能单元设计

附录 B
(资料性)
车辆接口连接精度测量方法

B.1 测量仪器和装置

测量仪器应满足 GB/T 12642—2013 中 6.5 的要求。

使用模拟车辆插座进行车辆接口连接精度的测量，模拟车辆插座分为交流、直流两种，其结构尺寸应分别符合 GB/T 20234.2 和 GB/T 20234.3 的要求。模拟车辆插座示意图如图 B.1 所示，模拟车辆插座装设在专用支架上，模拟车辆插座的位置、角度应能够改变。其中，角度至少包含以下两个角度：图 B.1 中插座接触面绕 Y_i 轴顺时针分别旋转 5° 和 10° 所得到的角度。

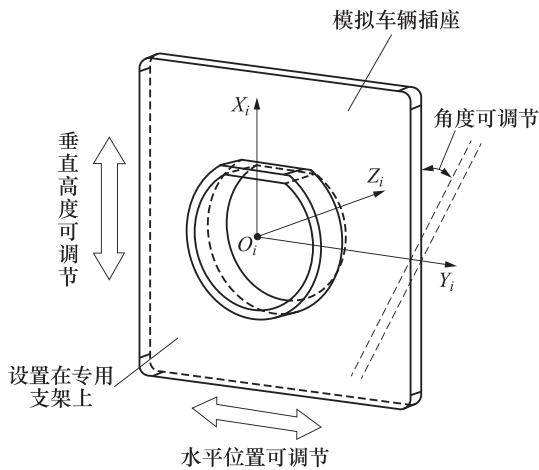


图 B.1 模拟车辆插座示意图

B.2 测量步骤

车辆接口连接精度的测量步骤如下：

a) 初始空间示意图如图 B.2 所示，将机器人放置在模拟车辆插座装置前，车辆插头的初始位置设在模拟车辆插座的正前方，且 O_c 与 O_i 的距离为 l (O_c 与 O_i 参见本文件 3.9 中图 1)， l 取大于 10 cm 的整数， l 需记录在测试报告中。以 O_c 为中心，设置边长为 5 cm 的立方体，该立方体所包络的空间为初始空间，每次测量完毕使 O_c 回到该初始空间内准备下一次测量。

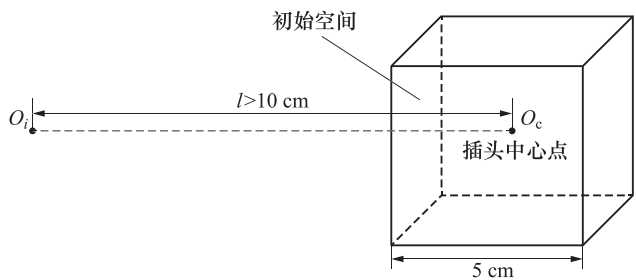


图 B.2 初始空间示意图

b) 安装位姿测量传感器（如激光跟踪仪等）。

- c) 使车辆插头按理想插入位姿插入, 当 O_c 与 O_i 重合时, 相对于某一基准坐标系, 记录此时位姿测量传感器的位姿坐标为 (x_c, y_c, z_c) 、姿态角为 (a_c, b_c, c_c) 。
- d) 测量示意图如图 B.3 所示, 调节模拟车辆插座的角度 (图 1 中绕 Y_i 轴顺时针依次旋转 0° 、 5° 和 10° 三个角度进行测量) 并使机器人回到初始空间, 使机器人执行车辆接口连接操作 10 次, 每次在车辆插头刚好触碰插座接触面的时刻, 记录位姿测量传感器的位姿坐标 (x_i, y_i, z_i) 和姿态角 (a_i, b_i, c_i) , 其中 $i=1, 2, 3, \dots, 10$ 。

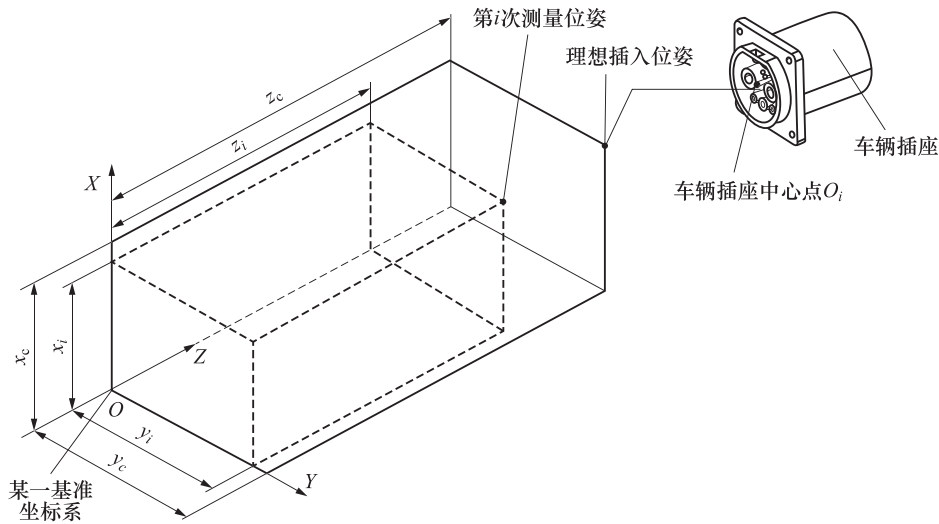


图 B.3 测量示意图

为了计算车辆接口连接精度的位置准确度 d 和姿态准确度 a_x 、 a_y 、 a_z , 首先计算各点集群重心的坐标, 其计算公式如下:

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^{10} x_i}{10} \dots\dots\dots (B.1)$$

$$\bar{y} = \frac{\sum_{i=1}^{10} y_i}{10} \dots\dots\dots (B.2)$$

$$\bar{z} = \frac{\sum_{i=1}^{10} z_i}{10} \dots\dots\dots (B.3)$$

式中:

$\bar{x}$ 、 $\bar{y}$ 、 $\bar{z}$ ——按步骤 4) 机器人重复执行车辆接口连接操作后所得各点集群重心的坐标。

然后, 根据公式 (B.4) ~ 公式 (B.7) 计算, 得到位置准确度为:

$$d = \sqrt{(\bar{x} - x_c)^2 + (\bar{y} - y_c)^2 + (\bar{z} - z_c)^2} \dots\dots\dots (B.4)$$

姿态准确度为:

$$a_x = \frac{\sum_{i=1}^{10} a_i}{10} - a_c \dots\dots\dots (B.5)$$

$$a_y = \frac{\sum_{i=1}^{10} b_i}{10} - b_c \dots\dots\dots (B.6)$$

$$a_z = \frac{\sum_{i=1}^{10} c_i}{10} - c_c \dots\dots\dots (B.7)$$

参 考 文 献

- [1] GB/T 12642—2013 工业机器人 性能规范及其试验方法
-