

T/ACCEM

团 体 标 准

T/ACCEM XXXX-XXXX

高精度直线电机技术要求

High precision linear motor technical requirements

(征求意见稿)

20XX-XX-XX 发布

20XX-XX-XX 实施

中国商业企业管理协会

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 2

4 基本规定 2

5 技术要求 3

6 试验方法 6

7 检验规则 9

8 标志、使用说明、包装、运输和贮存 9

附录 A （规范性） 高精度直线电机装配全流程注意事项 11

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。

本文件由国奥科技（深圳）有限公司提出。

本文件由中国商业企业管理协会归口。

本文件起草单位：国奥科技（深圳）有限公司、国奥电机及智能装备（深圳）有限公司、国南奥通（如东）电子科技有限公司、奥为科技（赣州）有限公司。

本文件主要起草人：崔玉婷、施红兴、刘建强、冯贵。

本文件为首次发布。

高精度直线电机技术要求

1 范围

本文件规定了高精度直线电机（以下简称“电机”）的基本规定、技术要求、试验方法、检验规则、标志、使用说明、包装、运输和贮存。

本文件适用于半导体设备、3C 电子与汽车自动化、显示及光电产品制造、生物医疗、新能源、机器人等领域应用的高精度直线电机的设计、生产、检验和使用。

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 191-2008 包装储运图示标志
- GB/T 1804-2000 一般公差未注公差的线性和角度尺寸的公差
- GB/T 2423.1-2008 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 2423.2-2008 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 2423.3-2016 环境试验 第2部分：试验方法试验 Cab：恒定湿热试验
- GB/T 2423.4-2008 电工电子产品环境试验 第2部分：试验方法试验 Db：交变湿热(12h+12h 循环)
- GB/T 2423.5-2019 环境试验 第2部分：试验方法试验 Ea 和导则：冲击
- GB/T 2423.10-2019 环境试验 第2部分：试验方法试验 Fc：振动(正弦)
- GB/T 2423.15-2008 电工电子产品环境试验 第2部分：试验方法试验 Ga 和导则：稳态加速度
- GB/T 2423.17-2024 环境试验 第2部分：试验方法试验 Ka：盐雾
- GB/T 2423.22-2012 环境试验 第2部分：试验方法试验 N：温度变化
- GB/T 2900.26-2008 电工术语 控制电机
- GB/T 7345-2008 控制电机基本技术要求
- GB/T 7346-2015 控制电机基本外形结构型式
- GB/T 9969-2008 工业产品使用说明书总则
- GB/T 10069.1-2006 旋转电机噪声测定方法及限值 第1部分：旋转电机噪声测定方法
- GB/T 13306-2011 标牌
- GB/T 13384-2008 机电产品包装通用技术条件
- GB 17799.3-2023 电磁兼容 通用标准 第3部分：居住环境中设备的发射
- GB 17799.4-2022 电磁兼容 通用标准 第4部分：工业环境中的发射
- GB/T 18211-2017 微电机安全通用要求
- GB/T 26125-2011 电子电气产品六种限用物质(铅、汞、镉、六价铬、多溴联苯和多溴二苯醚)的测定
- GB/T 26572-2011 电子电气产品中限用物质的限量要求
- GB/T 34115-2017 永磁式直线电动机通用技术条件

3 术语和定义

GB/T 2900.26-2008、GB/T 34115-2017 界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

直线电机 Linear motor

直线电机也称线性电机，线性马达、直线马达、推杆马达，是一种将电能直接转换成直线运动机械能，而不需要任何中间转换机构的传动装置。

3.2

高精度 High precision

直线电机在运行过程中，能够实现极小的定位误差、重复定位误差以及高分辨率的位移控制，以满足特定应用场景对位置精度的严格要求。

4 基本规定

4.1 型号与规格

除特殊规定外，高精度直线电机型号与规格及其编制方法宜由制造商结合客观生产实际自行明确。

注：具体宜符合产品设计图样中的规定。

4.2 结构概述

高精度直线电机应包括但不限于下列各项部件：

- a) 壳体；
- b) 直线电机；
- c) 导轨；
- d) 动子；
- e) 定子；
- f) 编码器。

4.3 基本参数

应符合表 1 中的要求。

表 1 高精度直线电机基本参数

直线轴			
有效行程mm	10 ~ 40	速度给定mm/s	500 ~ 800
最大推力 N	12 ~ 600	加速度 G	3 ~ 8
额定推力 N	6.52 ~ 80.9	编码器 μm	0.1 μm 增量式/1 μm 增量式
电压 VDC	48	直线定位精度 μm	± 2
力常数 N/A	3.5 ~ 46	直线度 μm	± 3
电阻 Ω	3.5 ~ 28	径向跳动 μm	± 3
最大电流 Amp	3 ~ 13	驱动器	脉冲/总线
额定电流 Amp	0.8 ~ 2.3	真空 V、弹簧 S	V、S

表 1 高精度直线电机基本参数（续）

直线轴			
电感 mH	0.32 ~ 7.5	力控速度mm/s	600
力控行程mm	8 ~ 48	往返时间 ms	350 ~ 1 000
保压时间 ms	200	力控效果	30g（±5g）， 50g - 200g（±10%g）， > 200g - 800g（±5%g）

4.4 使用环境条件

- 4.4.1 海拔不超过 1000 m。
- 4.4.2 环境温度为 0℃ ~ 45℃。
- 4.4.3 空气的相对湿度 40% ~ 55%（温度为 21℃ ~ 25℃ 时）。
- 4.4.4 在不含有破坏电机绝缘的腐蚀性物质的环境中。
- 4.4.5 在无明显破坏电机绝缘的气体或蒸汽的环境中。

5 技术要求

5.1 外观

应符合包括但不限于下列各项要求：

- a) 电机表面不应有锈蚀、碰伤、划痕、涂覆层剥落等缺陷；
- b) 电机表面应平整光滑、不应有影响使用的疏松、裂纹、翘度等明显缺陷；
- c) 电机应涂层均匀，颜色一致，无明显色差或流挂现象；
- d) 电机涂层应牢固附着，无剥落、起泡或龟裂现象；
- e) 电机接线盒内端子应排列整齐，无松动或氧化现象；
- f) 电缆引入口应密封良好，固定牢固，无扭曲或磨损现象；
- g) 电机标识应采用铭牌形式，标识内容应清晰、完整、无误，不应有模糊、脱落现象；
- h) 电机所有金属零部件均应采取防锈措施；
- i) 电机各紧固件连接应牢固。

5.2 外形及尺寸公差

电机外形、几何尺寸及公差应符合设计图样中的要求，未注尺寸公差应符合 GB/T 1804-2000 中的要求。

5.3 装配质量

电机零部件应齐全、完整，各部件应装配牢固，连接可靠；各转动部位应灵活，不应有卡滞现象；各固定部位应无脱落现象。

注：高精度直线电机装配工艺全流程注意事项应详见本文件附录A。

5.4 标牌耐久性

应符合 GB/T 7346-2015 中与标牌相关的规定和 GB/T 18211-2017 中耐久性的规定。

5.5 引出线或接线端

应符合 GB/T 7345-2008 中 5.3.1 的规定。

5.6 性能要求

5.6.1 重复定位精度

应符合电机专用技术条件的要求，光栅误差应不超过 $2\ \mu\text{m}$ ，力控 $\pm 0.05\ \text{N}$ 。

5.6.2 水平直线度

电机水平直线度误差每 $30\ \text{mm}$ 应不超过 $\pm 6\ \mu\text{m}$ 。

5.6.3 垂直平面度

电机垂直平面度误差每 $30\ \text{mm}$ 应不超过 $\pm 6\ \mu\text{m}$ 。

5.6.4 最大速度

电机最大速度应不小于 $600\ \text{mm/s}$ 。

5.6.5 最大加速度

电机最大加速度应不小于 $50\ 000\ \text{mm/s}^2$ 。

5.6.6 有效行程

应不小于电机设计行程。

示例：设计为 $35\ \text{mm}$ ，实际行程应大于 $35\ \text{mm}$ 。

5.7 绝缘介电强度

按 GB/T 34115-2017 中规定的进行试验后，产品各独立绕组之间及各绕组对壳体之间不应有绝缘击穿，飞弧，闪络现象。

5.8 绝缘电阻

5.8.1 在正常大气条件和规定的低温条件下，产品绝缘电阻应不小于 $50\ \text{M}\Omega$ 。

5.8.2 在高温条件下，产品绝缘电阻应不小于 $10\ \text{M}\Omega$ 。

5.8.3 在相应的湿热条件下，产品绝缘电阻应不小于 $1\ \text{M}\Omega$ 。

5.8.4 反馈部件的绝缘电阻应符合电机专用技术条件的规定。

5.8.5 驱动器内置式电机的绝缘电阻试验应由专用技术条件规定。

5.9 环境适应性

5.9.1 低温

电机应能承受 $0\ ^\circ\text{C}$ 或电机专用技术条件规定的低温试验，试验后各部件不应有影响其正常工作的裂纹或变形，且绝缘电阻和电机专用技术条件要求的其他检验项目应符合本文件 5.8 和电机专用技术条件的规定。

5.9.2 高温

电机应能承受 70 ℃ 或产品专用技术条件规定的高温试验，试验后各部件不应有影响其正常工作的裂纹或变形，且绝缘电阻和电机专用技术条件要求的其他检验项目应符合本文件 5.8 和电机专用技术条件的规定。

5.9.3 温度变化

当有要求时，电机应能承受专用技术条件规定的极限高、低温的温度变化试验，试验后各部件不应有影响其正常工作的裂纹或变形，且绝缘电阻和电机专用技术条件要求的其他检验项目应符合本文件 5.8 和电机专用技术条件的规定。

5.9.4 湿热

5.9.4.1 恒定湿热

当有要求时，电机应能承受表 2 中规定的一种条件下的恒定湿热试验，试验后立即测量绝缘电阻，应符合本文件 5.8 的规定，电机应无明显的外观质量变坏及影响正常工作的锈蚀现象。

表 2 湿热试验条件

温度℃	相对湿度%	持续时间 h
40 ± 2	90 ~ 95	48、96、240

5.9.4.2 交变湿热

当有要求时，电机应能承受表 2 中规定的一种条件下的交变湿热试验，试验后立即测量绝缘电阻，应符合本文件 5.8 的规定，电机应无明显的外观质量变坏及影响正常工作的锈蚀现象。

5.10 反电动势常数

应符合电机专用技术条件的规定。

5.11 推力常数

应符合电机专用技术条件的规定。

5.12 电阻、电感、电气时间常数

应符合电机专用技术条件的规定。

5.13 振动

按 GB/T 2423.10-2019 中规定的进行试验后，电机不应出现零部件松动或损坏的现象，性能应正常。

5.14 冲击

按 GB/T 2423.5-2019 中规定的进行试验后，电机不应出现零部件松动或损坏，性能应符合电机专用技术条件的规定。

5.15 稳态加速度

按 GB/T 2423.15-2008 中规定的进行试验后，试验后应无零部件松动或损坏，且绝缘电阻应符合本文件 5.8 的要求。

5.16 盐雾

应按 GB/T 2423.17-2024 中规定的进行试验, 试验后电机不应有影响正常工作的腐蚀迹象和破坏性变质。

注: 盐雾试验样品可使用电机零部件, 但零部件应能代表电机的抗盐雾腐蚀的能力。

5.17 可靠性(寿命)

应符合电机专用技术条件的规定。

5.18 噪声

电机运转时不应有异常响声和不规则冲击声, 运转噪声应不超过 75 dB。

5.19 电磁兼容

5.19.1 当有要求时, 电机应满足规定的电磁兼容。

5.19.2 电机的电磁兼容要求包括电磁干扰要求和敏感度要求。

5.19.3 电磁干扰要求用电磁发射限制表示, 电磁发射限值应符合 GB 17799.4-2022 或 GB 17799.3-2023 中的规定。

5.19.4 电磁敏感度要求用电磁抗扰度表示, 应符合电机专用技术条件的规定。

5.19.5 电机的电磁兼容试验样品处理、安装方式、电机运行条件及检测要求应符合电机专用技术条件的规定。

5.20 安全性

应符合 GB/T 18211-2017 中的规定。

5.21 有害物质限量

应符合 GB/T 26572-2011 中的规定。

6 试验方法

6.1 试验条件

6.1.1 试验的标准大气条件

应符合 GB/T 7345-2008 中 5.37.1 的规定。

6.1.2 冲裁试验的标准大气条件

应符合 GB/T 7345-2008 中 5.37.2 的规定。

6.1.3 基准试验的标准大气条件

应符合 GB/T 7345-2008 中 5.37.3 的规定。

6.2 外观

应在自然光或光照度为 300 lx ~ 600 lx 的近似自然光下采用目测、触摸的方法进行检验。

6.3 外形及尺寸公差

应采用通用精密量具进行测量。

6.4 装配质量

应采用目测和触摸手感的方法进行测量。

6.5 标牌耐久性

应按 GB/T 7345-2008 中 5.2.2 规定的方法进行。

6.6 引出线或接线端

应按 GB/T 7345-2008 中 5.3.2 规定的方法进行。

6.7 性能要求

应按制造商既定的试验规程进行，应符合电机专用试验条件。

6.8 绝缘介电强度

应按 GB/T 34115-2017 中 5.5.2 中规定的进行。

6.9 绝缘电阻

应按 GB/T 34115-2017 中 5.6.2 中规定的进行。

6.10 环境适应性

6.10.1 低温

6.10.1.1 将电机安装在试验支架上, 按 GB/T 2423.1-2008 中试验方法 Ad 进行低温试验。

6.10.1.2 其试验温度、保持时间、电机运行条件和检测要求按本文件 5.9.1 的规定。

6.10.2 高温

6.10.2.1 将电机安装在试验支架上, 按 GB/T 2423.2-2008 中试验方法 Bd 进行高温试验。

6.10.2.2 其试验温度、保持时间、电机运行条件和检测要求按本文件 5.9.2 的规定。

6.10.3 温度变化

6.10.3.1 将电机安装在试验支架上, 按 GB/T 2423.22-2012 中试验方法 N 进行温度变化试验。

6.10.3.2 其极限高、低温的温度变化条件, 极限温度下保持时间, 极限高、低温间转换的温度变化速率, 温度变化循环次数, 试验样品处理和恢复, 电机运行条件和检测要求应按本文件 5.9.3 的规定。

6.10.4 湿热

6.10.4.1 恒定湿热

6.10.4.1.1 电机安装在试验支架上, 轴伸及安装配合面涂以防锈脂, 按 GB/T 2423.3-2016 中试验方法 Cab 的规定进行恒定湿热试验。

6.10.4.1.2 其中恒定湿热条件参数、恒定湿热试验持续时间或周期、试验样品处理及恢复、电机运行条件和检测要求按本文件 5.9.4.1 的规定。

6.10.4.2 交变湿热

6.10.4.2.1 电机安装在试验支架上,轴伸及安装配合面涂以防锈脂,按 GB/T 2423.4-2008 中试验方法 Db 的规定进行交变湿热试验。

6.10.4.2.2 其中交变湿热条件参数、交变湿热试验持续时间或周期、试验样品处理及恢复、电机运行条件和检测要求按本文件 5.9.4.2 的规定。

6.11 反电动势常数

应按 GB/T 34115-2017 中 5.12.2 中规定的进行。

6.12 推力常数

应按 GB/T 34115-2017 中 5.13.2 中规定的进行。

6.13 电阻、电感、电气时间常数

6.13.1 电阻

应按 GB/T 34115-2017 中 5.14.2 中规定的进行。

6.13.2 电感

应按 GB/T 34115-2017 中 5.15.2 中规定的进行。

6.13.3 电气时间常数

应按 GB/T 34115-2017 中 5.16.2 中规定的进行。

6.14 振动

应按 GB/T 34115-2017 中 5.26.2 中规定的进行。

6.15 冲击

应按 GB/T 34115-2017 中 5.27.2 中规定的进行。

6.16 稳态加速度

应按 GB/T 34115-2017 中 5.28.2 中规定的进行。

6.17 盐雾

应按 GB/T 2423.17-2024 中试验方法 Ka 规定的进行。

6.18 可靠性(寿命)

应按 GB/T 34115-2017 中 5.30.2 中规定的进行。

6.19 噪声

应按 GB/T 10069.1-2006 中规定的进行。

6.20 电磁兼容

应按 GB/T 34115-2017 中 5.32.2 中规定的进行。

6.21 安全性

应按 GB/T 18211-2017 中规定的进行。

6.22 有害物质限量

应按 GB/T 26125-2011 中规定的进行。

7 检验规则

7.1 检验分类

高精度直线电机的产品检验应分为出厂检验和型式检验。

7.2 出厂检验

7.2.1 检验原则

每台电机应经检验部门检验合格并签发合格证后方可出厂。

7.2.2 检验项目

出厂检验项目应为本文件 5.1、5.2、5.3 中规定的内容。

7.2.3 判定规则

检验中出现某一项目不符合要求的，需要对产品进行返工，返工后应对该项目再次进行检验，若该项目再次出现不符合要求的，则再次返工，再次返工后不符合要求的，则判定该产品不合格。

7.3 型式检验

7.3.1 检验条件

正常生产时每半年进行一次型式检验，有下列情况时也应进行型式检验：

- a) 新产品的试制定型鉴定；
- b) 正式生产后，如结构、材料、工艺有较大改变，可能影响产品性能时；
- c) 出厂检验的结果与上次型式检验有较大差异时；
- d) 与客户发生争议时；
- e) 产品停产 12 个月以上重新恢复生产时；
- f) 国家质量监督机构提出要求时。

7.3.2 检验项目

型式检验项目应为本文件第 5 章中要求的全部内容。

7.3.3 判定规则

每批产品中抽取一台进行型式检验，所有检验项目全部合格，则判定型式检验合格；有一项或一项以上不合格，则判定型式检验不合格。

8 标志、使用说明、包装、运输和贮存

8.1 标志

- 8.1.1 高精度直线电机标志应采用标牌的形式。
- 8.1.2 应在电机明显而适当的位置固定标牌。
- 8.1.3 标牌应符合 GB/T 13306-2011 中的规定。
- 8.1.4 标牌应包括但不限于以下内容：
 - a) 产品名称；
 - b) 产品型号与规格；
 - c) 产品合格标识；
 - d) 执行标准编号；
 - e) 产品主要技术参数；
 - f) 生产日期；
 - g) 制造商名称及地址；
 - h) 制造商商标。
- 8.1.5 包装箱上的包装储运图示标志应按 GB/T 191-2008 的规定选择使用。
- 8.1.6 标牌内容应清晰、牢固，不应因运输条件和自然条件而褪色、变色、脱落。

8.2 使用说明

应符合 GB/T 9969-2008 中的规定。

8.3 包装

- 8.3.1 应符合 GB/T 13384-2008 和 JB/T 8162-2016 中的规定。
- 8.3.2 包装箱内应有合格证及其他相关文件。
- 8.3.3 包装箱应能保证电机不受自然损坏。
- 8.3.4 包装箱内应有防尘、防震、防雨、防潮材料。
- 8.3.5 包装箱应有软性衬垫等，防止磕碰、划伤和污损。
- 8.3.6 运输包装的形式由制造厂商自行设计，但应保证电机经过一般运输及正常装卸后完好无损。
- 8.3.7 包装箱上应有明显的注意标识和装箱方向等信息。
- 8.3.8 包装宜采用可降解材料或可回收材料。
- 8.3.9 包装箱与运输包装应符合 GB/T 191-2008 的规定。

8.4 运输

- 8.4.1 电机在运输途中应平整码放，应加遮盖物和进行必要的防护，避免冲击、局部重压、锈蚀、曝晒、雨淋及化学品的腐蚀。

8.5 贮存

- 8.5.1 电机应贮存在环境温度 $-10\text{ }^{\circ}\text{C} \sim 35\text{ }^{\circ}\text{C}$ 、相对湿度不大于 85%、干燥、清洁、通风的库房内。
- 8.5.2 电机贮存环境中不得含有腐蚀性气体。
- 8.5.3 电机贮存期应分为 1 年、3 年和 5 年，由制造商自行明确。
- 8.5.4 电机应存放在平整的地面上。
- 8.5.5 电机码放时应加衬垫物，以防挤压或变形。

附录 A

(规范性)

高精度直线电机装配全流程注意事项

A.1 准备阶段

A.1.1 零件检查

A.1.1.1 对定子、动子、导轨等零部件进行检查时，需佩戴防护手套，防止零件边角划伤手部。

A.1.1.2 搬运较重零部件如定子铁芯时，应采用合适的搬运工具，严禁单人徒手搬运，防止因零件过重导致腰部扭伤或砸伤脚部。

A.1.1.3 检查过程中，若发现零件存在尖锐毛刺、破损等可能引发伤害的情况，应立即隔离存放并做好警示标识，避免人员误触。

A.1.2 清洁处理

A.1.2.1 采用专用清洗剂清洁零部件时，应在通风良好的环境下操作，佩戴防毒面具和橡胶手套，防止吸入挥发性有害气体及皮肤接触腐蚀清洗剂。

A.1.2.2 若不慎接触清洗剂，应立即用大量清水或指定药剂冲洗，并及时就医。

A.1.2.3 超声波清洗机运行时，禁止将手伸入清洗槽内，防止机械部件夹伤。

A.1.2.4 清洁后的零部件需放置在稳固的置物架上，避免堆叠过高导致倾倒伤人。

A.2 组装阶段

A.2.1 定子安装

A.2.1.1 安装定子时，使用定位工装和测量仪器需遵循操作规范，防止仪器倾倒砸伤人员。

A.2.1.2 在使用电动工具拧紧定子与基座的连接螺栓时，应明确工具状态良好，防止因工具故障导致部件飞出伤人。

A.2.1.3 安装过程中，若需登高作业，作业人员须系好安全带，且下方需有专人监护，防止坠落事故发生。

A.2.2 动子安装

A.2.2.1 调整动子与定子气隙时，应先切断电源，防止误操作引发触电事故。

A.2.2.2 采用塞尺或气隙传感器测量气隙时，手指应远离动子和定子的缝隙，避免夹伤。

A.2.2.3 若需要对动子进行微调，应采用专用工具，严禁用手直接推拉动子，防止因用力不当导致动子失控伤人。

A.2.3 导轨安装

A.2.3.1 搬运和安装导轨时，应至少由两人协同操作，明确导轨平稳，防止滑落砸伤脚部。

A.2.3.2 采用水平仪等测量工具时，应将其放置在稳固的位置，避免掉落伤人。

A.2.3.3 在对导轨进行加工或修整时，须佩戴防护眼镜，防止铁屑飞溅入眼。

A.2.3.4 导轨安装完成后，应及时清理现场散落的零部件和工具，防止人员绊倒。

A.2.4 滑块安装

- A.2.4.1 安装滑块时，宜在导轨两端设置阻挡装置防止滑块从导轨上意外滑落。
- A.2.4.2 调整滑块预紧力时，采用的工具应符合规格要求，避免因工具打滑导致手部受伤。
- A.2.4.3 在操作过程中，严禁将手指放置在滑块与导轨之间，防止夹伤。

A.2.5 电缆连接

- A.2.5.1 进行电缆连接操作前，须断开电源总开关，并进行验电，明确无电后方可作业。
- A.2.5.2 采用电烙铁等焊接工具时，应放置在专用的烙铁架上，防止烫伤人员和引发火灾。
- A.2.5.3 电缆敷设过程中，应避免电缆缠绕绊倒人员，同时应明确电缆接头处牢固，防止漏电。
- A.2.5.4 若发现电缆外皮破损，应立即更换，严禁使用存在安全隐患的电缆。

A.3 调试阶段

A.3.1 电气性能调试

- A.3.1.1 调试电气性能时，须由专业电工操作，严禁非专业人员触碰电气设备。
- A.3.1.2 在测量绕组电阻、绝缘电阻等参数前，应明确电机处于断电状态，并进行充分放电，防止残余电荷电击。
- A.3.1.3 通电测试时，人员应与电机保持安全距离，严禁在电机运行过程中进行带电检修。
- A.3.1.4 若发现电机出现异常火花、冒烟等情况，应立即切断电源，排查故障。

A.3.2 运动性能调试

- A.3.2.1 采用激光干涉仪、视觉检测系统等辅助测量设备调试运动性能时，测量设备的连接线应妥善整理，避免人员绊倒。
- A.3.2.2 在驱动直线电机运动前，应明确周围无人员和障碍物，防止电机高速运动碰撞伤人。
- A.3.2.3 调试过程中，若需要手动调整电机位置，须先停止电机运行，并采取可靠的制动措施，防止电机突然启动。

A.3.3 负载调试

- A.3.3.1 增加负载调试时，应逐步缓慢加载，严禁一次性加载过大，防止电机过载引发设备损坏和人员伤害。
- A.3.3.2 在负载调试过程中，应密切观察电机和相关部件的运行情况，如发现异常振动、噪音等，应立即停止加载，排查故障。
- A.3.3.3 同时，作业人员应佩戴安全帽，防止因部件松动掉落造成头部伤害。

A.4 检验与包装阶段

A.4.1 最终检验

- A.4.1.1 最终检验过程中，如需拆卸电机部件进行检查，应采用合适的工具，按照规定的顺序操作，防止部件脱落伤人。
- A.4.1.2 对电机进行性能复测时，须遵循电气和运动性能调试的安全要求，明确检验过程安全。
- A.4.1.3 若发现电机存在不合格项，在进行整改时，须采取相应的安全防护措施，避免整改过程中发生意外。

A.4.2 包装防护

- A. 4. 2. 1 包装直线电机时，采用的包装工具如胶带切割机、打包机等，应按照操作规程使用，防止夹伤手指。
 - A. 4. 2. 2 搬运包装好的电机时，应明确包装牢固，采用合适的搬运设备，防止包装破损导致电机掉落伤人。
 - A. 4. 2. 3 在包装区域，应设置明显的安全警示标识，提醒人员注意避让，避免因搬运、堆放等操作引发碰撞事故。
-