



# 中华人民共和国国家标准

GB/T XXXXX—XXXX

## 磁悬浮输送系统通用技术规范

General technical specifications for maglev conveying system

(点击此处添加与国际标准一致性程度的标识)

(征求意见稿)

在提交反馈意见时，请将您知道的相关专利连同支持性文件一并附上。

XXXX - XX - XX 发布

XXXX - XX - XX 实施

国家市场监督管理总局  
国家标准化管理委员会

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 ..... 1

4 分类、组成和分级 ..... 3

    4.1 分类 ..... 3

    4.2 组成 ..... 4

    4.3 分级 ..... 5

5 工作条件 ..... 5

    5.1 环境条件 ..... 6

    5.2 供电条件 ..... 6

6 要求 ..... 6

    6.1 外观要求 ..... 6

    6.2 功能要求 ..... 6

    6.3 性能要求 ..... 6

    6.4 接口要求 ..... 7

7 测试方法 ..... 7

    7.1 测试仪器及设备 ..... 8

    7.2 测试条件 ..... 8

    7.3 外观、接口检查 ..... 8

    7.4 功能试验 ..... 8

    7.5 性能试验 ..... 9

    7.6 环境可靠性试验 ..... 12

参 考 文 献 ..... 13

## 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。

本文件由全国磁悬浮动力技术基础与应用标准化工作组（SWG28）提出并归口。

本文件起草单位：

本文件主要起草人：

# 磁悬浮输送系统通用技术规范

## 1 范围

本文件界定了磁悬浮输送系统的术语和定义，给出了磁悬浮输送系统的分类、组成和分级，规定了磁悬浮输送系统的工作条件和技术要求，描述了磁悬浮输送系统的测试方法。

本文件适用于线型磁悬浮输送系统的设计、生产和检验。平面型磁悬浮输送系统可参照执行。

## 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 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 4857.5 包装 运输包装件 跌落试验方法  
GB/T 4857.23 包装 运输包装件基本试验 第23部分：垂直随机振动试验方法  
GB/T 5226.1—2019 机械电气安全 机械电气设备 第1部分：通用技术条件  
GB/T 7345—2008 控制电机基本技术要求  
GB/T 17421.2 机床检验通则 第2部分：数控轴线的定位精度和重复定位精度的确定  
GB/T 17799.2—2023 电磁兼容 通用标准 第2部分：工业环境中的抗扰度标准  
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 XXXXX 磁悬浮动力技术 术语  
JB/T 13073.1 数控机床电气设备及系统 直线电机性能试验规范 第1部分：总则

## 3 术语和定义

GB/T XXXXX和JB/T 13073.1界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

### 3.1

#### 磁悬浮输送系统 maglev conveying system

基于磁悬浮动力技术，通过动子载运并输送物料的驱动系统。磁悬浮输送系统典型结构组成示意图见图1。

- 注1：常见的磁悬浮输送系统有线型磁悬浮输送系统(如L型、圆型等)和平面型磁悬浮输送系统。  
注2：磁悬浮输送系统是由磁浮电机模块、磁浮动子、磁浮电控单元等硬件及磁浮控制软件组成。

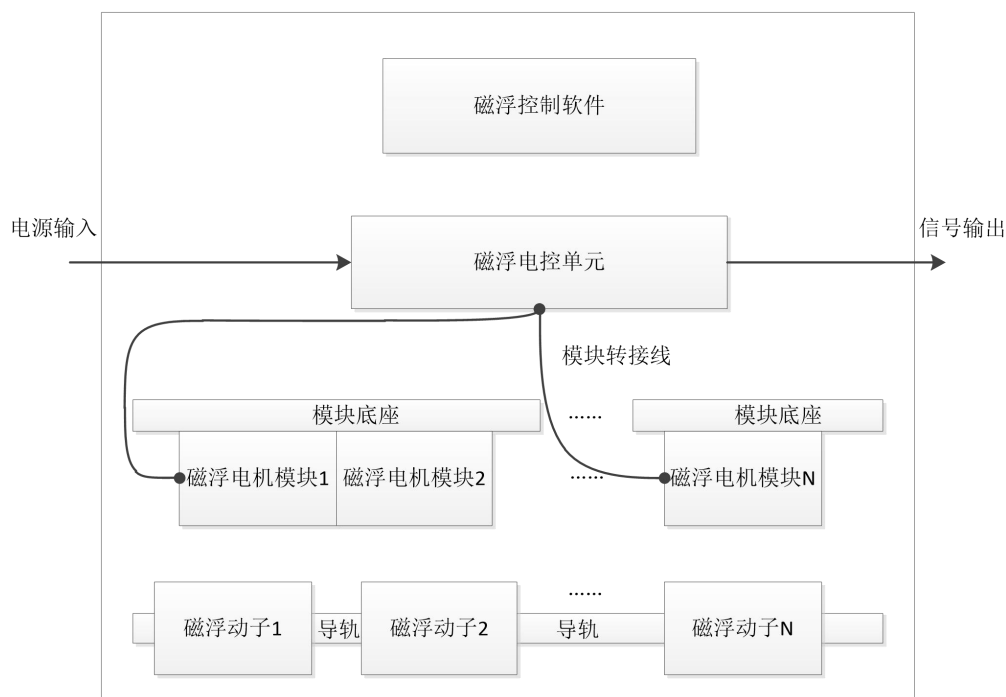


图 1 磁悬浮输送系统典型结构组成示意图

[来源：GB/T XXXXX，3.23，有修改]

3.2

磁浮控制软件 **maglev control soft**

磁悬浮输送系统中，能实现伺服控制、运动控制、任务规划与调度等功能，并与上位机进行通信的软件。

3.3

磁浮电控单元 **maglev electronic control unit**

磁悬浮输送系统中，实现电源供应、电气控制、通信交互、通信节点扩展等功能的集成部件。

注：磁浮电控单元包含：工控机、交换机、电源模块、电源柜、模块换接线等。

3.4

磁浮电机模块 **maglev motor module**

磁悬浮输送系统中，通过可控电磁场产生推进力的集成模块。

注：磁浮电机模块通常由电机定子、伺服驱动器、位置传感器等机械结构封装而成。

3.5

磁浮动子 **maglev mover**

磁悬浮输送系统中，通过电磁力实现悬浮与驱动，并直接承载负载、完成定向输送功能的运动部件。

注：磁浮动子通常包含永磁体、机械结构件、支承导向件。

3.6

堵动 **stall**

电机输出推力与施加在电机上的外力平衡，且电机初级和次级保持相对静止时的状态。

[来源：GB/T 34115—2017，3.12]

3.7

转弯半径 **turning radius**

线型磁悬浮输送系统环线型导轨中心线的曲率半径最小值。

## 3.8

**重复定位精度 unidirectional positioning repeatability of an axis**

单个磁浮动子沿运动方向任意位置点处，单向重复定位偏差的标准不确定度的最大估算值。

[来源：GB/T 17421.2—2023，3.19，有修改]

## 3.9

**动子一致性 mover consistency**

多个磁浮动子沿运动方向、在任一位置点的重复定位精度的最大值。

## 3.10

**同步精度 synchronization accuracy**

磁悬浮输送系统中，多个磁浮动子以设定的恒定速度运动时，动子之间的距离偏差最大值。

## 3.11

**动子最小中心距 mover minimum center distance**

运行过程中，相邻磁浮动子中心线之间允许的最小距离。

## 3.12

**模块静态功耗 module static power consumption**

磁浮电机模块在使能条件下的功率损耗。

## 3.13

**速度波动 velocity ripple**

磁浮动子在特定测试条件下运动时，最大与最小速度之差与平均速度的比值。

## 3.14

**最大速度 maximum speed**

空载时动子所能达到速度的最大值。

## 3.15

**最大加速度 maximum acceleration**

空载时动子所能达到加速度的最大值。

## 3.16

**峰值推力 peak force**

最大推力 maximum force

在峰值电流条件下，电机允许短时输出推力的大小。

## 3.17

**连续推力 continuous stall force**

在持续电流条件下，电机输出推力的大小。

## 3.18

**最大载重 maximum payload**

磁浮动子支承导向机构连续安全稳定运行时的承载重量最大值。

## 3.19

**使能 enable**

激活磁浮电机模块，使动子能受其控制进行运动。

## 4 分类、组成和分级

## 4.1 分类

磁悬浮输送系统按运动轨迹分为线型和平面型，不同类型的特点见表1。

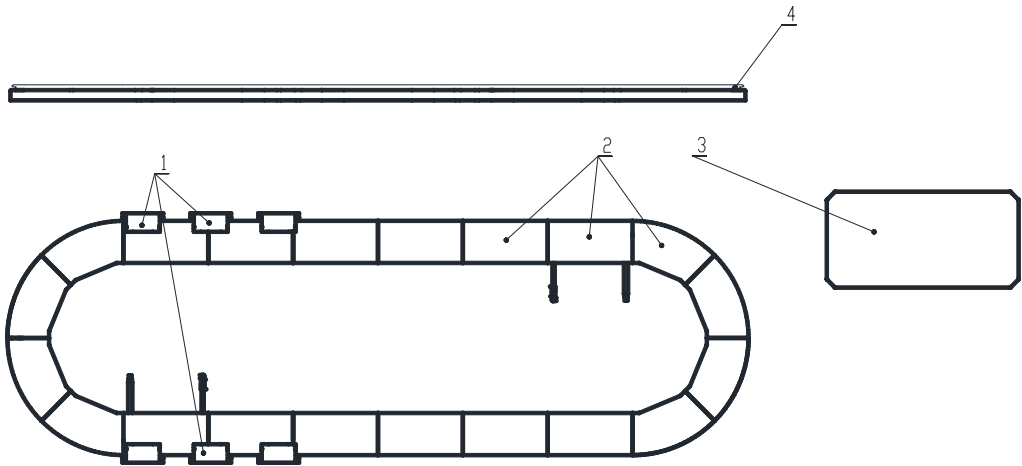
表 1 磁悬浮输送系统分类

类别	特点
线型	动子运动轨迹为固定直线或曲线，具有专用的磁悬浮导向和承载部件。
平面型	动子运动轨迹为平面上任意直线或曲线，可以进行 6 自由度运动，采用磁悬浮方式支承，没有导向部件。

4.2 组成

4.2.1 线型

线型磁悬浮输送系统包含磁浮电机模块、磁浮动子、磁浮电控单元、导轨及模块底座。线型磁悬浮输送系统的典型应用形式有环线型、接驳型、分合流型等，其中环线型典型结构组成示意图见图 2。



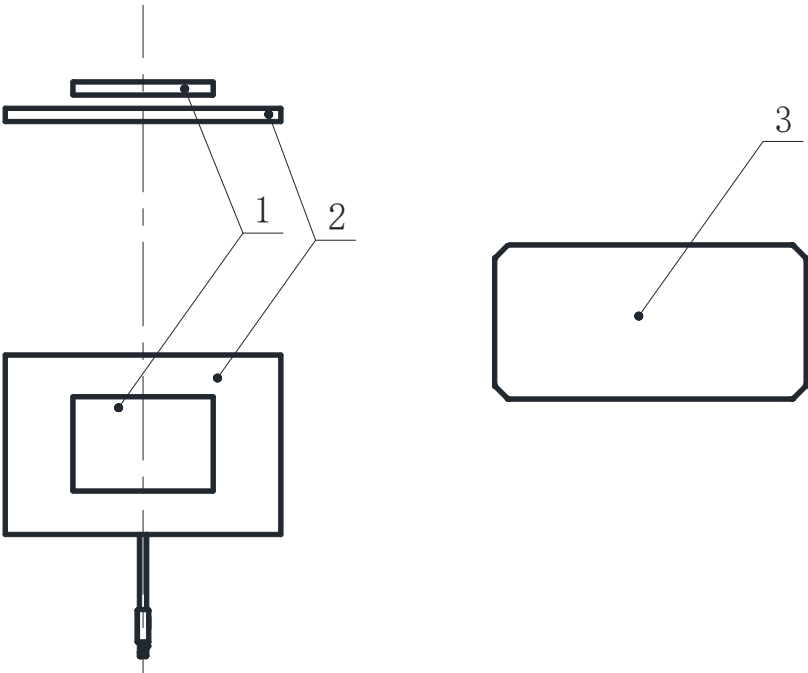
标引序号说明：

- 1——磁浮动子；
- 2——磁浮电机模块；
- 3——磁浮电控单元；
- 4——导轨。

图 2 磁悬浮输送系统环线型典型结构组成示意图

4.2.2 平面型

平面型磁悬浮输送系统通常包含磁浮电机模块、磁浮动子、磁浮电控单元。其典型结构组成示意图见图3。



标引序号说明：  
1——磁浮动子；  
2——磁浮电机模块；  
3——磁浮电控单元。

图 3 平面型磁悬浮输送系统典型结构组成示意图

4.3 分级

磁悬浮输送系统按关键参数分为四级，各参数分级为独立评价。见表2。

表 2 磁悬浮输送系统关键参数分级

参数	单位	1级	2级	3级	4级
重复定位精度 $R$	$\mu\text{m}$	$<5$	$5\leq R<10$	$10\leq R\leq 50$	$>50$
动子一致性 $R_{\text{rm}}$	$\mu\text{m}$	$<25$	$25\leq R_{\text{rm}}<50$	$50\leq R_{\text{rm}}\leq 300$	$>300$
同步精度 $R_{\text{s}}$	mm	$<0.1$	$0.1\leq R_{\text{s}}<0.5$	$0.5\leq R_{\text{s}}\leq 1$	$>1$
动子最小中心距 $L_{\text{minC}}$	mm	$<50$	$50\leq L_{\text{minC}}<150$	$150\leq L_{\text{minC}}\leq 300$	$>300$
模块静态功耗 $E_{\text{j}}$	W	$<50$	$50\leq E_{\text{j}}<100$	$100\leq E_{\text{j}}\leq 500$	$>500$
速度波动 $\delta$	—	$<2\%$	$2\%\leq \delta<5\%$	$5\%\leq \delta\leq 10\%$	$>10\%$
最大速度 $v_{\text{max}}$	m/s	$>5$	$3<v_{\text{max}}\leq 5$	$1\leq v_{\text{max}}\leq 3$	$<1$
最大加速度 $a_{\text{max}}$	$\text{m/s}^2$	$>100$	$50<a_{\text{max}}\leq 100$	$20\leq a_{\text{max}}\leq 50$	$<20$
峰值推力 $F_{\text{pt}}$	N	$>3000$	$500<F_{\text{pt}}\leq 3000$	$50\leq F_{\text{pt}}\leq 500$	$<50$
连续推力 $F_{\text{t}}$	N	$>1000$	$200<F_{\text{t}}\leq 1000$	$20\leq F_{\text{t}}\leq 200$	$<20$
最大载重 $m$	kg	$>500$	$100<m\leq 500$	$5\leq m\leq 100$	$<5$

5 工作条件



## 5.1 环境条件

磁悬浮输送系统在下列环境条件下应正常工作：

- a) 大气压力 86 kPa～106 kPa；
- b) 工作环境温度+5℃～+40℃；
- c) 贮存环境温度-25℃～+70℃；
- d) 相对湿度 20%～90%，无凝结；
- e) 污染等级不超过 2 级，周围无导电尘埃、爆炸性气体、高浓度粉尘或腐蚀性物质存在；
- f) 周围无强烈振动和气流存在。

## 5.2 供电条件

5.2.1 交流供电电源应满足 GB/T 5226.1—2019 中 4.3.2 的要求。

5.2.2 直流供电电源应满足 GB/T 5226.1—2019 中 4.3.3 的要求。

## 6 要求

### 6.1 外观要求

磁悬浮输送系统外观应满足下列要求：

- a) 涂镀层应色泽均匀，无露底、脱皮、起泡、毛刺、斑痕及明显的划痕；
- b) 文字和标识应清晰、完整、正确，且不应松动、起翘、脱落；
- c) 端口功能应清晰标识。

### 6.2 功能要求

磁悬浮输送系统应具备下列功能：

- a) 使能和启停功能；
- b) 多动子运动控制功能；
- c) 急停功能；
- d) 动子防撞保护功能；
- e) 工位设置功能；
- f) 与客户控制系统通信交互功能。

### 6.3 性能要求

#### 6.3.1 基本性能

磁悬浮输送系统的基本性能参数应符合表 2 的要求。

#### 6.3.2 安全性

##### 6.3.2.1 绝缘介电强度

磁悬浮输送系统的绝缘介电强度应符合 GB/T 18211—2017 中第 6 章的要求。

##### 6.3.2.2 绝缘电阻

磁悬浮输送系统的绝缘电阻应符合 GB/T 18211—2017 中第 7 章的要求。

### 6.3.2.3 保护接地

磁悬浮输送系统的保护接地应符合 GB/T 18211—2017 中第 11 章的要求。

### 6.3.3 电磁兼容性

6.3.3.1 磁悬浮输送系统的抗扰度试验应符合 GB/T 17799.2—2023 中第 9 章的规定。

6.3.3.2 磁悬浮输送系统的发射试验应符合 GB 17799.4—2022 中第 9 章的规定。

### 6.3.4 环境可靠性

#### 6.3.4.1 低温

磁悬浮输送系统中，具有完整系统功能的最小单元组合(通常包含磁浮电机模块、磁浮动子、导轨及模块底座)，应能在规定的低温条件下贮存和工作。磁悬浮输送系统低温试验应符合 GB/T 7345—2008 中 5.22.1 的规定。

#### 6.3.4.2 高温

磁悬浮输送系统中，具有完整系统功能的最小单元组合(包含磁浮电机模块、磁浮动子、导轨及模块底座)，应能在规定的高温条件下贮存和工作。磁悬浮输送系统高温试验应符合 GB/T 7345—2008 中 5.23.1 的规定。

#### 6.3.4.3 恒定湿热

磁悬浮输送系统中，具有完整系统功能的最小单元组合(包含磁浮电机模块、磁浮动子、导轨及模块底座)，应能在规定的恒定湿热条件下贮存和工作。磁悬浮输送系统恒定湿热试验条件应符合 GB/T 7345—2008 中 5.29.1.1 的规定。

#### 6.3.4.4 运输包装件振动

在模拟公路运输环境条件下，具有完整系统功能的最小单元组合进行 3 h 的随机振动测试，测试后开箱检查，设备应结构完整，通电后设备能正常工作。

#### 6.3.4.5 运输包装件跌落

将具有完整系统功能的最小单元组合，从 500 mm 高度自由跌落后，设备外观应无损坏，零部件无脱落，通电后设备能正常工作。

### 6.4 接口要求

6.4.1 磁浮电机模块连接，底面平面度误差应不大于 0.1 mm/m，对接间隙应不大于 0.5 mm，并配备防错位定位销。

6.4.2 电源接口应符合 GB 5226.1 的规定。标准电源连接器选型应带保护接地，通信连接器选型应带屏蔽。连接器引脚信号定义应满足常用的工业通信协议信号引脚定义要求。

6.4.3 动力电缆与信号电缆需分槽敷设，间距不小于 100 mm；预留 5~7 倍线束转弯半径空间。

6.4.4 磁悬浮输送系统通信接口应支持常用工业通信协议中的一种（如 Modbus、EtherCAT、Profinet、OPC UA 等），宜采用双网冗余通信。

## 7 测试方法

## 7.1 测试仪器及设备

主要测试仪器及设备的名称和要求如下：

- a) 天平，检定分度值不高于0.1 g；
- b) 测温仪，最大允许误差为 $\pm 0.5\text{ }^{\circ}\text{C}$ ；
- c) 电子秒表，最大允许误差为 $\pm 1\text{ s/d}$ ；
- d) 激光干涉仪，最大允许误差为 $\pm(0.03+0.5L)\text{ }\mu\text{m}$ ；
- e) 功率分析仪，综合误差为 $\pm 0.2\%$ ，功率因数PF在0~1范围内，附加误差不大于0.05%；
- f) 测力仪器，静态力测量误差为 $\pm 0.2\%$  FS，动态力测量带宽不小于系统带宽的5倍，相位失真小于1°。

## 7.2 测试条件

磁悬浮输送系统的测试环境和供电条件应满足下列要求：

- a) 环境温度15 °C~30 °C；
- b) 相对湿度20%~80%；
- c) 大气压强86 kPa~106 kPa；
- d) 交流供电电源额定电压为220 V或380 V，允许偏离额定值的范围为 $\pm 10\%$ ；额定频率为50 Hz，允许偏离额定值的范围为 $\pm 2\%$ ；总谐波失真小于5%。

## 7.3 外观、接口检查

7.3.1 在光线良好情况下，用目视法及手感对外观及系统结构进行检查。

7.3.2 选择相应精度等级的量具，测量机械接口及尺寸，应符合要求。

7.3.3 给磁悬浮输送系上电，电源工作正常，采用 Modbus、EtherCAT、Profinet 等工业通信协议中的一种进行通信测试，通信应工作正常。

## 7.4 功能试验

### 7.4.1 使能和启停功能

使能和启停功能试验按下列步骤进行：

- a) 打开磁浮控制软件，创建 2 个磁浮动子；
- b) 开启使能功能，2 个磁浮动子受磁浮电机模块控制，动子在导轨上的阻力增大，查看 2 个磁浮动子应不能在导轨上自由移动；
- c) 关闭使能功能，导轨上的阻力极小，查看 2 个磁浮动子应可在导轨上顺畅的移动；
- d) 点击启动按钮，查看 2 个磁浮动子应开始运动；
- e) 点击停止按钮，查看 2 个磁浮动子应停止运动。

### 7.4.2 多动子运动控制功能

多动子运动控制功能试验按下列步骤进行：

- a) 打开磁浮控制软件，创建 3 个磁浮动子；
- b) 通过磁浮控制软件，设置 3 个动子间距为最小中心距，设置磁浮动子正向和反向同步往返运行 3 次后，回到原位置停止；
- c) 开启使能功能，启动运行，磁浮动子应完成往返 3 次运行后，回到原位置停止；
- d) 通过磁浮控制软件，设置 3 个动子间距为最小中心距，且中间的磁浮动子静止不动，另外 2 个磁浮动子同时反方向，做远离和重新靠近中间磁浮动子运动；

- e) 开启使能功能，启动运行，当运动的磁浮动子与静止的磁浮动子距离达到动子最小中心距时，动子应停止运动。

#### 7.4.3 急停功能

急停功能试验按下列步骤进行：

- a) 打开磁浮控制软件，创建 3 个磁浮动子；
- b) 通过磁浮控制软件，启动 3 个磁浮动子以 1 m/s 的速度同步运行；
- c) 按下急停按钮，磁浮动子应以最大加速度安全停止运动，并切断磁浮电机模块的动力电源。

#### 7.4.4 动子防撞保护功能

多动子运动防撞保护功能试验按下列步骤进行：

- a) 打开磁浮控制软件，创建 3 个磁浮动子，设定防撞保护值；
- b) 通过磁浮控制软件，实现 3 个磁浮动子以 1 m/s 速度同步运动；
- c) 模拟注入任意故障，使第 1 个磁浮动子停止运动，后面 2 个磁浮动子继续运动；
- d) 查看磁浮动子间运动距离达到防撞保护设定值时，应自动触发保护功能，磁浮动子停止运动，且无碰撞发生。

#### 7.4.5 工位设置功能

工位设置功能试验按下列步骤进行：

- a) 通过磁浮控制软件，打开工位编辑模块，进行添加、删除、启用或禁用操作，创建任一新工位；
- b) 对工位信息（如工位编号、停止位置，偏差补偿）进行编辑后，启用工位；
- c) 退出工位编辑模块，退回控制软件主界面，通过磁浮控制软件，查看应可见新增工位；
- d) 启动磁浮动子运动，查看磁浮动子应到达新工位并停止移动。

#### 7.4.6 通信交互功能

通信交互功能试验按下列步骤进行：

- a) 通过外部可编程逻辑控制器向磁浮控制软件发出系统启停、动子操作、任调调度、区域控制等控制指令后，查看磁浮控制软件响应指令，并做出正确动作；
- b) 通过磁浮控制软件将系统的系统状态信息、动子实时状态、任务执行反馈、安全与互锁状态信息、诊断与维护信息、参数管理信息等状态信息反馈给外部可编程逻辑控制器，查看外部可编程逻辑控制器应根据收到的反馈信息，发出正确的指令。

### 7.5 性能试验

#### 7.5.1 重复定位精度

单动子的重复定位精度测试按 GB/T 17421.2 的规定进行。

#### 7.5.2 动子一致性

动子一致性试验按下列步骤进行：

- a) 打开磁浮控制软件，创建 5 个磁浮动子；
- b) 在同一工位同一测量基准下，对每个动子依次按 GB/T 17421.2 的规定进行重复定位精度测量，并按公式（1）计算获得动子一致性。

$$R_{rm} = R_{\max} - R_{\min} \cdots \cdots (1)$$

式中：

$R_{rm}$  ——动子一致性；

$R_{\max}$  ——重复定位精度最大值；

$R_{\min}$  ——重复定位精度最小值。

### 7.5.3 同步精度

同步精度试验按下列步骤进行：

- 打开磁浮控制软件，创建 2 个磁浮动子；
- 将测量仪器（如激光干涉仪）固定在其中一个磁浮动子上；
- 将被测量块固定在另一个磁浮动子上；
- 使用测量仪器，在静止状态下，记录两个磁浮动子间的距离；
- 通过控制软件，启动系统，控制磁浮动子在直线段，连续做加速、匀速、减速的同步运动；
- 通过测量仪器测量、记录磁浮动子同步运动时位置跟随误差，其最大值为同步精度。

### 7.5.4 动子最小中心距

动子最小中心距试验按下列步骤进行：

- 打开磁浮控制软件，创建 3 个磁浮动子，并使磁浮动子处于空载状态。
- 通过磁浮控制软件，设置控制参数中动子最小中心距为理论设计值。
- 通过磁浮控制软件，设置中间的动子保持静止状态，另外 2 个动子以 1 m/s 速度从左右两侧向静止的动子运动。当防撞功能作用、使运动中的磁浮动子停止后，使用测量仪器测量并记录任意 2 个磁浮动子之间的中心线距离。
- 当第一次进行步骤 c) 时，如磁浮动子未发生碰撞，则通过磁浮控制软件，将设置的动子最小中心距下调 1%，并重复步骤 c)，直至磁浮动子发生碰撞，取上一次未发生碰撞的测试数据为动子最小中心距。
- 当第一次进行步骤 c) 时，如磁浮动子发生碰撞，则通过磁浮控制软件，将设置的动子最小中心距上调 1%，并进行步骤 c)，直至磁浮动子不发生碰撞，取本次测试数据为动子最小中心距。

### 7.5.5 模块静态功耗

模块静态功耗试验按下列步骤进行：

- 接通动力和控制电源，给磁浮电机模块供电；
- 使用功率分析仪，分别测量动力电源与控制电源回路的静态功耗有效值；
- 计算动力电源与控制电源回路静态功耗有效值之和为模块静态功耗。

### 7.5.6 速度波动

速度波动试验按下列步骤进行：

- 启动磁悬浮输送系统，通过磁浮控制软件，设定磁浮动子运行速度为 0.3 m/s；
- 在空载状态下启动磁浮动子，使磁浮动子沿轴线匀速运行 1 m；
- 使用测量仪器（如激光干涉仪），设置采样频率为 1 kHz（数据处理无滤波），连续测量并记录动子瞬时速度值；
- 按公式(2)计算得到速度波动值  $K$ ：

$$K = \frac{(v_{\max} - v_{\min}) / 2}{0.3} \times 100\% \dots\dots\dots (1)$$

式中：

$K$  ——速度波动；

$v_{\max}$ ——瞬时速度的最大值，单位为米每秒（m/s）；

$v_{\min}$ ——瞬时速度的最小值，单位为米每秒（m/s）。

### 7.5.7 最大速度

最大速度试验按下列步骤进行：

- 启动磁悬浮输送系统，通过磁浮控制软件，设定磁浮动子运行速度为设计最大值；
- 在空载状态下启动磁浮动子，使磁浮动子沿直线运行 1 m；
- 通过测速系统（如激光干涉仪等）连续测量磁浮动子运行速度；
- 取测量的运行速度最大值为最大速度。

### 7.5.8 最大加速度

最大加速度试验按下列步骤进行：

- 启动磁悬浮输送系统，通过磁浮控制软件，给磁浮电机模块施加峰值电流；
- 在空载状态下启动磁浮动子，使磁浮动子沿直线加速运行；
- 通过测速系统（如激光干涉仪等）连续测量磁浮动子瞬时加速度；
- 取测量的最大加速度值为最大加速度。

### 7.5.9 峰值推力

峰值推力试验按下列步骤进行：

- 将测力仪器（如力传感器）的一端固定在磁浮动子上，另一端固定在一个刚性支架上；
- 启动磁悬浮输送系统，通过磁浮控制软件，给磁浮电机模块施加峰值电流；
- 磁浮动子启动至发生堵动状态止，测力仪器（如力传感器）上的读数即为峰值推力。

### 7.5.10 连续推力

连续推力试验按下列步骤进行：

- 在磁悬浮输送系统中，选取任意 2 台同规格的直线段磁浮电机模块，一台标注为被测电机，另一台标注为负载电机；
- 选取任意 2 个同规格的磁浮动子，通过刚性连杆连接起来，并在连杆中间串联测力仪器；
- 通过磁浮控制软件设置被测电机的参数，使被测电机控制的磁浮动子能够以 1 m/s 的速度沿导轨向左移动；
- 通过磁浮控制软件设置负载电机的参数，使负载电机控制的磁浮动子能够以 1 m/s 的速度沿导轨向右移动；
- 启动磁浮动子运动，当两个磁浮动子对拖移动达到稳态后，测力仪器的读数即为连续推力。

### 7.5.11 最大载重

最大载重试验按下列步骤进行：

- 启动磁悬浮输送系统，通过磁浮控制软件，设定线圈电流为设计允许的最大电流，使磁浮动子空载运行至磁浮电机模块温升稳定后，停止磁浮动子运行，并记录此时磁浮动子与磁浮电机模块间的初始气隙值（如 0.5 mm）；
- 基于磁浮动子最大载重设计值的 80%，给该磁浮动子进行首次配重；

- c) 通过磁浮控制软件，设定磁浮动子运行速度为 0.5 m/s,设定磁浮电机模块电流值为设计允许的最大电流，使磁浮动子在 1 m 长度范围内，往返运行 10 次或 1 min，通过磁浮控制软件记录动子运动过程中的磁浮电机模块电流增量值和气隙波动幅值；
- d) 停止磁浮动子运行，当磁浮动子停稳后，在停止位置保持 1 min，记录磁浮动子与磁浮电机模块间的气隙值；
- e) 计算加载后的气隙波动幅度与空载气隙波动幅度的比值，当比值不大于 20%，并且磁浮电机模块电流增量值不大于 20%最大允许电流时，判定当前负载处于稳态，否则判定为失稳；
- f) 当未判定为失稳时，则按每级增加 10%最大载重量逐级增加配重后（例如，最大载重 100 kg 则每次加 10 kg），重复步骤 c)至步骤 e)，直至发生失稳现象；
- g) 取判定为失稳的上一次稳态时测量的配重块重量，为该动子的最大载重。

#### 7.5.12 绝缘电阻

绝缘电阻试验应按GB/T 18211—2017中第7章的规定进行。

#### 7.5.13 绝缘介电强度

绝缘介电强度试验应按GB/T 18211—2017中第6章的规定进行。

#### 7.5.14 保护接地

保护接地试验应按GB/T 18211—2017中第11章的规定进行。

#### 7.5.15 电磁兼容性

抗扰度试验应按 GB/T 17799.2—2023 第 9 章表 1～表 4 中基础标准给出的试验方法进行。发射试验应按 GB 17799.4—2022 中第 9 章表 3～表 5 中基础标准给出的试验方法进行。

### 7.6 环境可靠性试验

#### 7.6.1 低温

在工作状态和储存状态下，应按GB/T 2423.1—2008中试验方法Ad进行低温试验。

#### 7.6.2 高温

在工作状态和储存状态下，应按GB/T 2423.2—2008中试验方法Bd进行高温试验。

#### 7.6.3 恒定湿热

在工作状态和储存状态下，应按GB/T 2423.3—2016的试验方法Cab的规定进行恒定湿热试验。

#### 7.6.4 运输包装件振动

应按GB/T 4857.23中的随机振动试验方法进行随机振动试验。

#### 7.6.5 运输包装件跌落

应按GB/T 4857.5中的跌落试验方法进行跌落试验。

## 参 考 文 献

- [1] GB/T 2900.26—2008 电工术语 控制电机
  - [2] GB/T 12643—2025 机器人 词汇
  - [3] GB/T 16439—2009 交流伺服系统通用技术条件
  - [4] GB/T 31230.5—2014 工业以太网现场总线EtherCAT 第5部分：应用层服务定义
  - [5] GB/T 34115—2017 永磁式直线电动机通用技术条件
-