

ICS 53.020.30  
CCS J 80

# T/CMEPCA

中国机电产品流通协会团体标准

T/CMEPCA 129—2025

## 电永磁吊具

Electro-permanent lifting magnets

2025 - 12 - 20 发布

2025 - 12 - 25 实施

中国机电产品流通协会 发布

## 目 次

前 言 .....	III
1 范围 .....	1
2 规范性引用文件 .....	1
3 术语和定义 .....	1
4 分类和型号 .....	2
4.1 分类 .....	2
4.2 产品型号 .....	2
5 技术要求 .....	3
5.1 基本要求 .....	3
5.2 外观要求 .....	4
5.3 材料要求 .....	4
5.4 结构要求 .....	4
5.5 电气性能要求 .....	4
5.6 环境适应性要求 .....	4
5.7 工作性能要求 .....	5
5.8 安全要求 .....	6
6 试验方法 .....	6
6.1 产品标志检查 .....	6
6.2 外观检查 .....	6
6.3 结构检查 .....	6
6.4 电气性能试验 .....	7
6.5 环境适应性能试验 .....	7
6.6 工作性能试验 .....	7
6.7 安全试验 .....	7
7 检验规则 .....	7
7.1 检验分类 .....	7
7.2 出厂检验 .....	7
7.3 型式检验 .....	8
8 标志、使用说明 .....	8
8.1 标志 .....	8
8.2 使用说明书 .....	8
9 包装、运输和贮存 .....	8
9.1 包装 .....	8
9.2 运输 .....	9
9.3 贮存 .....	9
附 录 A （规范性） 拉脱力试验方法 .....	10
A.1 试验原理 .....	10

A.2 试验条件 .....	10
附录 B (资料性) 电永磁吊具应用场景示例.....	11
B.1 固定梁吊具应用场景 .....	11
B.2 伸缩梁吊具应用场景 .....	11
B.3 大磁力模块吊具应用场景 .....	11

全国团体标准信息平台

## 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。

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。

本文件由中国机电产品流通协会提出并归口。

本文件起草单位：株洲悍威磁电科技有限公司、台州迪泰电永磁科技有限公司、湖南千豪机电技术开发有限公司、无锡力支真空吸盘吊具有限公司、山东忠磁科技发展有限公司、湖南宏兴盛科技有限公司、无锡舰华智能装备有限公司。

本文件主要起草人：任争胜、徐毅、周年春、鲍承家、张树青、黄民主、李从俊、黄大启、黄斌、徐卫婷、王婕、郑勇、闵梦云、于晓鹏、张大锋、李振乾。

# 电永磁吊具

## 1 范围

本文件确立了电永磁吊具的分类和型号，规定了结构和材料、电气性能等产品技术要求，描述了相关的试验方法、检验规则、标志、使用说明以及包装、运输和贮存等内容。

本文件适用于电永磁吊具的设计、研发、生产、检测、供应及采购。

## 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 549 电焊锚链
- GB/T 2423.1 电工电子产品环境试验 第1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 3811—2008 起重机设计规范
- GB/T 4208 外壳防护等级（IP代码）
- GB/T 6109.7 漆包圆绕组线 第7部分：130L级聚酯漆包铜圆线
- GB/T 6388 运输包装收发货标志
- GB/T 9969 工业产品使用说明书 总则
- GB/T 10233—2016 低压成套开关设备和电控设备基本试验方法
- GB/T 11021 电气绝缘 耐热性和表示方法
- GB/T 12467.4 金属材料熔焊质量要求 第4部分：基本质量要求
- GB/T 13306 标牌
- GB/T 17626.2 电磁兼容 试验和测量技术 第2部分：静电放电抗扰度试验
- GB/T 17626.3 电磁兼容 试验和测量技术 第3部分：射频电磁场辐射抗扰度试验
- GB/T 20947 起重用短环链T级（T、DAT和DT型）高精度葫芦链
- GB/T 28264 起重机械 安全监控管理系统
- GB/T 33545—2017 起重电磁铁通用技术条件
- GB/T 41098—2021 起重机 安全 起重吊具
- JB/T 7601.8 电线电缆专用设备 基本技术要求 第8部分：表面处理
- JB/T 14897—2024 起重磁铁安全技术规范

## 3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

### 3.1

**起重吊具** load lifting attachment

在起重机械作业中，用于吊运物品的装置。

### 3.2

**吸附类起重吊具** adsorption type load lifting attachment

通过真空负压或磁力吸持被吊物品的起重吊具。

### 3.3

**电永磁吊具** electro-permanent lifting magnets

一种基于永磁与电磁结合技术的吸附类起重吊具，主要用于钢材、机械部件及模具搬运。

## 3.4

**拉脱力 tear-off force**

将载荷从具有吸力的电永磁吊具上分离所需要的垂直于磁极平面的拉力。

[来源：GB/T 41098—2021,3.17, 有修改]

## 3.5

**额定载荷 working load limit**

在制造商规定的条件下，起重吊具设计提升的最大载荷。

## 3.6

**额载力 load capacity**

吸起额定载荷的能力。

[来源：JB/T 14897—2024, 3.15, 有修改]

## 3.7

**吸附力 adsorption force**

电永磁吊具通过永磁体与电磁线圈协同作用产生磁场，在磁极面与被吊物（如钢材、机械部件、模具）接触界面形成的、用于稳定吸持被吊物的磁力，力的方向为提升方向。该力是吊具实现吊运功能的核心作用力，分为额定吸附力和实际吸附力。

## 4 分类和型号

## 4.1 分类

电永磁吊具的基本类型参考下列内容：

- a) 固定梁吊具：配备 $\geq 2$ 个独立磁力模块，梁体长度固定且吸附面平整，适用于两类场景：一是吊运大长度钢板（长度 $\geq 2\ 000$  mm，宽度 $\geq 500$  mm，单块质量的1.2倍应 $\leq$ 吊具额定载荷）、工字钢等长尺寸钢材；二是吊运大型模具底座/框架（外形尺寸长 $\geq 3\ 000$  mm、宽 $\geq 1\ 500$  mm，重量5 t~30 t，模具底面平面度 $\leq 0.2$  mm/m），如大型注塑模具、冲压模具的底座转运，利用多磁力模块均匀吸附特性，避免模具受力不均导致的变形；
- b) 伸缩梁吊具：具备机械伸缩机构（伸缩调节范围 $\geq 1\ 000$  mm，最小伸缩长度1 500 mm、最大伸缩长度4 000 mm），适配多规格、不规则形态物料：一是吊运长度1 000 mm~4 000 mm的钢板、钢管（外径50 mm~600 mm）等钢材；二是吊运中小型模具（重量1 t~10 t，外形尺寸长1 000 mm~3 000 mm、宽800 mm~2 000 mm），如精密压铸模具、小型冲压模具，可通过调节梁长适配模具吊装点间距，兼容带侧耳、异形结构的模具，伸缩后梁体承重偏差 $\leq \pm 5\%$ ，确保模具吊运平稳；
- c) 大磁力模块吊具：单模块额定吸附力 $\geq 50$  kN，配备 $\geq 2$ 个大磁力模块，侧重重载荷物料搬运：一是吊运大厚度钢板（厚度 $\geq 20$  mm，单块质量 $\geq 1\ 000$  kg）、钢坯（截面 $\geq 200$  mm $\times$ 200 mm）等重型钢材；二是吊运重型模具（重量10 t~50 t，模具底面面积 $\geq 1.5$  m<sup>2</sup>，表面粗糙度Ra $\leq 3.2$   $\mu$ m），如大型压铸模具、机床床身模具，通过强吸附力适配模具大重量、大接触面积的特性，被吊物表面平面度偏差 $\leq 1$ mm/m，且支持模具带附件（如冷却水管、接线盒）的整体吊运，无吸附失效风险。

## 4.2 产品型号

## 4.2.1 型号构成

完整的产品型号由系列代号、结构代号、工况代号和派生号四部分组成，如图1所示。系列代号与结构代号之间用“-”连接；结构代号与工况代号之间用“/”区分，如“/”后没有标注内容时则删除“/”符号；工况代号与派生号之间用“-”连接。

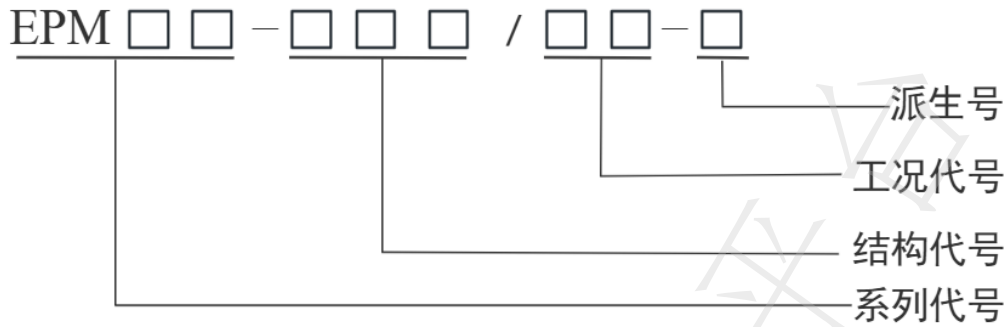


图1 产品型号标示

#### 4.2.2 型号说明

产品型号的构成及释义详见表1。

表1 产品型号说明

系列代号		结构代号			工况代号	派生号
产品代号 (EPM+)	被吸附物料	物料代号	永磁材料代号	吊运能力代号	被吸附物料温度等级代号	设计派生代号
“0”表示固定梁吊具	适配长尺寸物料，如工字钢、钢带卷	0-钢管类（外径 $\geq 50$ mm，长度 $\geq 2\ 000$ mm）； 1-工字钢类（型号 $\geq I14$ ，长度 $\geq 3\ 000$ mm）；	N-钕铁硼（NdFeB，牌号N35及以上，工作温度 $\leq 180^\circ\text{C}$ ）；	1-1t~5t； 2-6t~10t； 3-11t~20t； 4-21t~30t； 5-31t~50t； 6-51t~80t； 7-81t~120t	1-常温（ $-20^\circ\text{C}$ ~ $60^\circ\text{C}$ ，适配N、F类永磁材料）； 2-高温（ $61^\circ\text{C}$ ~ $180^\circ\text{C}$ ，适配N、S类永磁材料）； 3-超高温（ $181^\circ\text{C}$ ~ $350^\circ\text{C}$ ，适配S类永磁材料） 4-特高温（ $351^\circ\text{C}$ ~ $500^\circ\text{C}$ ，适配A1类永磁材料）	根据用户要求，被吸物对象与本标准不完全一致、或将产品结构作了特殊设计、或产品用于特殊环境，使得该产品与标准型产品不一致时，需填写派生号。派生号用字母“A、B、C”表示。 A-被吸物适配调整（如适配薄壁钢管、异形波纹板）； B-结构特殊设计（如带防风钩、防侧翻装置）； C-特殊环境适配（如高粉尘、沿海盐雾环境，防护等级 $\geq$ IP65）； D-智能功能升级（如带远程监控、故障自诊断）
“1”表示伸缩梁吊具	适配可变尺寸物料，如钢板、波纹板	2-钢带卷类（外径 $\geq 800$ mm，宽度 $\geq 500$ mm）； 3-钢板类（厚度 $\geq 3$ mm，长度 $\geq 1\ 000$ mm）； 4-波纹板类（波高 $\geq 20$ mm，长度 $\geq 2\ 000$ mm）	S-钐钴（SmCo，牌号Sm2Co17，工作温度 $\leq 350^\circ\text{C}$ ）； Al-铝镍钴（AlNiCo，牌号AlNiCo5，工作温度 $\leq 500^\circ\text{C}$ ）； F-铁氧体（SrFe12O19，工作温度 $\leq 150^\circ\text{C}$ ）			
“2”表示大磁力模块吊具	适配重载物料，如厚钢板、钢管					

## 5 技术要求

### 5.1 基本要求

5.1.1 电永磁吊具应按本文件的要求及经规定程序批准的图样和技术文件制造。

5.1.2 电永磁吊具的最大外形尺寸、安装尺寸、质量、起重能力、额定电压、冷/热态电流、额定功率、通电持续率、耐热等级等技术参数写入产品使用说明书中。

## 5.2 外观要求

5.2.1 吊具表面应无裂纹、变形、锈蚀或明显划痕，焊接部位需平整无缺陷，外露紧固件应牢固无松动。

5.2.2 吊具表面涂漆应均匀，质量应符合 JB/T 7601.8 的规定且油漆颜色应符合客户要求或产品技术文件要求。

## 5.3 材料要求

5.3.1 导磁材料应采用含碳量低于 0.22% 的碳素钢或导磁性能相当的其他材料。

5.3.2 励磁线圈性能应符合 GB/T 6109.7 第 5 章的规定，其密封、绝缘材料的耐热等级不应低于 GB/T 11021 规定的 E 级。

5.3.3 隔磁填料应选用非导磁性耐磨材料制造。

## 5.4 结构要求

5.4.1 电永磁吊具应具有不透水的性能，外壳防护等级应符合 GB/T 4208 的规定，具体参照下列内容：

- a) 户内使用——IP54；
- b) 户外使用——IP55；
- c) 水下使用——IP68。

5.4.2 电永磁吊具的焊接应符合 GB/T 12467.4 的规定。

5.4.3 电永磁吊具的机械强度应符合 JB/T 14897—2024 中结构强度的要求，且应符合 GB/T 3811—2008 中载荷与应力计算的规定。

5.4.4 电永磁吊具在遇意外轻微冲击（冲击能量 $\leq 50\text{J}$ ，冲击位置为横梁中部及吊耳根部）后，按 GB/T 229 的规定，吸附力衰减率应 $\leq 5\%$ ，磁铁位移量应 $\leq 5\%$ ，焊缝及应力集中部位无裂纹扩展现象。

5.4.5 伸缩梁吊具的伸缩机构应灵活，无卡滞，伸缩速度偏差应 $\leq$ 设计值的 $\pm 10\%$ ；锁定机构锁定后，在额定载荷作用下，梁体轴向位移量应 $\leq 1.0\text{ mm}/10\text{ min}$ ，径向位移量应 $\leq 0.8\text{ mm}/10\text{ min}$ 。

## 5.5 电气性能要求

### 5.5.1 绝缘电阻

在环境温度 $10^{\circ}\text{C}\sim 40^{\circ}\text{C}$ 、相对湿度 $\leq 60\%$ 条件下，电永磁吊具电气回路与外壳之间的绝缘电阻应符合以下要求：

- a) 冷态（未通电工作前）绝缘电阻 $\geq 100\text{ M}\Omega$ ；
- b) 热态（额定工况连续工作 24 h 后）绝缘电阻 $\geq 10\text{ M}\Omega$ 。

### 5.5.2 耐电压强度

按 GB/T 10233—2016 中 6.3 的规定进行试验，电气回路与外壳之间应能承受频率 50 Hz、有效值 1 500 V 的交流电压。

### 5.5.3 爬电距离与电气间隙

按 GB/T 10233—2016 中 6.3 的测量要求，爬电距离与电气间隙应符合下列要求：

- a) 爬电距离：对于额定电压 $\leq 380\text{ V}$ 的回路，爬电距离 $\geq 6\text{ mm}$ ；若电气部件表面有涂层或绝缘衬垫，爬电距离可按涂层厚度折算；
- b) 电气间隙：对于额定电压 $\leq 380\text{ V}$ 的回路，电气间隙 $\geq 5\text{ mm}$ ；在粉尘、潮湿环境下使用的吊具，电气间隙应增大至 $\geq 8\text{ mm}$ 。

## 5.6 环境适应性要求

### 5.6.1 温度适应性

5.6.1.1 吊具应能在 $-40^{\circ}\text{C}\sim 60^{\circ}\text{C}$ 环境下正常工作；若用于高温工件场景，应明确“耐高温型”吊具，其磁钢耐温等级应不低于 $350^{\circ}\text{C}$ ，且壳体采用耐高温材料。

5.6.1.2 未使用吊具在 $-40^{\circ}\text{C}\sim 80^{\circ}\text{C}$ 环境下贮存6个月后,按GB/T 10233—2016的规定,吊具工作性能应符合本文件5.7的规定;且不应出现零件脆裂;励磁线圈与外壳之间、控制回路与外壳之间的绝缘电阻应 $\geq 10\text{ M}\Omega$ ,无绝缘层破损、老化导致的漏电现象。

### 5.6.2 粉尘适应性

吊具在粉尘浓度 $\leq 10\text{ mg/m}^3$ 的环境下连续工作48h后,绝缘电阻应不小于 $10\text{ M}\Omega$ ,且无因粉尘进入电气腔体内导致的短路故障。

### 5.6.3 电磁兼容性

吊具在工作时,按GB/T 17626.2的方法进行静电放电干扰试验,吸附力波动量应控制在 $-3\%\sim +3\%$ 范围内,无吸附力骤降、报警误触发;按GB/T 17626.3进行射频电磁场干扰试验,试验期间吸附力波动量应 $\leq \pm 3\%$ ,试验后吸附力恢复至额定值的98%以上,无磁路异常、控制回路失灵。

## 5.7 工作性能要求

### 5.7.1 磁吸力性能要求

#### 5.7.1.1 吸附力要求

电永磁吊具在额定起重量、额定工件材质、额定工件厚度条件下,实际吸附力应不小于额载力的1.2倍;若吊运薄钢板,需单独规定“薄件吸附力修正系数”,避免吸力过大导致工件变形。

注:额载力等于拉脱力除以安全系数;当所吸载荷存在安全系数不够、被吸物材质变化、被吸物厚薄、氧化铁皮厚薄、被吸面不平度变化、磁场导通面积饱和程度、被吸物弹性挠度大小、吸持重心偏正、异物气隙有无、被吸物温度高低、作业环境温度变化等不易准确目测和控制因素导致起重能力隐形降低时,额载能力可能降低。

#### 5.7.1.2 偏载吸附

当工件重心与吊具吸附中心偏移量不超过吊具最大吸附半径的 $1/5$ 时,吊具仍需保持稳定吸附,且偏载状态下的实际吸附力应不小于额定吸附力的2倍,防止偏载导致侧翻。

#### 5.7.1.3 吸力稳定性

吊具在额定工况下连续吸附8h后,吸附力衰减率应不大于2%;完成1000次“充磁-吸附3min-退磁”循环后,吸附力衰减率应不大于3%,确保磁钢长期使用中的性能稳定性。

#### 5.7.1.4 超载能力

按额定吸附力的1.5倍进行静态超载测试,并持续10min,吊具不得出现吸附失效、磁钢损坏或结构变形,卸载后吸附力应恢复至额定值的95%以上。

注:超载能力是指电永磁吊具在超出额定吸附力的规定范围内,仍能保持稳定吸持被吊物、无结构损坏或性能失效的安全承载能力,是验证吊具抗过载冗余、应对实际工况中意外超载风险(如被吊物重量偏差、轻微偏载叠加、物料附着杂质增重等)的关键指标。

### 5.7.2 运行性能要求

#### 5.7.2.1 充磁/退磁要求

##### 5.7.2.1.1 充磁性能应满足下列要求:

- 响应速度:在额定工作电压下,接通励磁电源后,吊具应在 $\leq 2\text{ s}$ 内达到额定吸附力的95%以上,全磁化(100%功率)模式下达到额定吸附力的时间 $\leq 3\text{ s}$ ;采用梯度充磁工艺的吊具,磁场均匀度应 $\geq 95\%$ ,确保被吊物受力均衡无局部应力集中;
- 磁化一致性:多模块组合式吊具的各磁力模块充磁同步偏差应 $\leq 0.3\text{ s}$ ,单个模块实际吸附力与额定值的偏差 $\leq \pm 5\%$ ,避免因磁力不均导致被吊物倾斜;
- 低压适配性:当供电电压降至额定值的85%时,充磁时间可延长至 $\leq 5\text{ s}$ ,但最终吸附力仍需达到额定值的90%以上,适配工业现场电压波动场景。

##### 5.7.2.1.2 退磁性能应满足下列要求:

- 释放效率:触发退磁指令后,应在 $\leq 4\text{ s}$ 内将吸附力降至额定吸附力的8%以下;针对厚度 $\leq 5\text{ mm}$ 的薄钢板,残磁吸附力应 $\leq$ 额定吸附力的3%,确保工件无粘连、无变形;

- b) 保护机制：应设置退磁联锁保护装置，被吊物未触底或未达到安全释放高度（ $\geq 50$  mm）时，退磁功能应处于锁定状态，且释放操作需通过双动作控制实现，防止误操作导致的坠落风险；
- c) 洁净性：退磁后磁极工作面残磁应不影响后续工件定位，用标准 A3 钢片（ $100$  mm $\times$  $50$  mm $\times$  $1$  mm）测试时，钢片应能自然脱落，无残留吸附。

### 5.7.2.2 连续工作能力

5.7.2.2.1 温升控制：吊具在额定工况下连续工作 24 h，环境温度为 25℃时，励磁线圈温升应满足下列要求：

- a) 适配钕铁硼（N 类，耐温 $\leq 80^\circ\text{C}$ ），线圈最高温度 $\leq 70^\circ\text{C}$ ，温升 $\leq 45^\circ\text{C}$ ；
- b) 适配铁氧体（F 类，耐温 $\leq 150^\circ\text{C}$ ），线圈最高温度 $\leq 100^\circ\text{C}$ ，温升 $\leq 75^\circ\text{C}$ ；
- c) 适配钕钴（S 类，耐温 $\leq 350^\circ\text{C}$ ），线圈最高温度 $\leq 120^\circ\text{C}$ ，温升 $\leq 95^\circ\text{C}$ ；
- d) 适配铝镍钴（Al 类，耐温 $\leq 500^\circ\text{C}$ ），线圈最高温度 $\leq 150^\circ\text{C}$ ，温升 $\leq 125^\circ\text{C}$ 。

5.7.2.2.2 机械状态：连续工作期间及结束后，各运动部件无松动、卡滞，焊缝及关键连接部位无裂纹；停机冷却 2 h 后，结构件无永久变形。

5.7.2.2.3 噪声控制：连续工作时，距吊具 1 m 处测量的运行噪声 $\leq 75$  dB，无异常异响。

### 5.7.2.3 适配性能

5.7.2.3.1 吊具应与适用的工件材质，如碳钢、低合金钢等适配。

5.7.2.3.2 吊具的悬挂接口，例如耳环、吊环等应符合 GB/T 20947 的规定，接口承载能力应不小于吊具额定起重量的 2.5 倍，且抗疲劳安全系数 $\geq 2.0$ ；控制信号（如励磁、退磁、报警）应能与起重机 PLC 兼容。

## 5.8 安全要求

### 5.8.1 安全系数要求

电永磁吊具的关键承载部件及整体结构安全系数应符合 JB/T 14897—2024 中 4.2 的规定，还应符合下列要求：

- a) 整体结构安全系数：以额定载荷为基准，吊具整体抗断裂安全系数 $\geq 3.0$ ，抗永久变形安全系数 $\geq 1.5$ ；
- b) 永磁体吸附安全系数：以额定吸附力为基准，考虑被吊物材质不均、表面粗糙度及 0.8 倍偏载系数，且需通过附录 A 拉脱力试验验证，确保极端工况下无吸附失效风险；
- c) 电气系统安全系数：励磁线圈的额定电流与实际工作电流的比值 $\geq 1.2$ ，绝缘层耐电压强度安全系数 $\geq 1.5$ ，确保电气部件长期运行无过热、绝缘损坏。

### 5.8.2 拉脱力要求

在制造商规定的条件下，电永磁吊具应提供至少相当于 3 倍额定载荷的拉脱力。

## 6 试验方法

### 6.1 产品标志检查

用一块被水浸湿的抹布擦拭标志 15 s，再用一块用汽油浸过的抹布擦拭标志 15 s。观察标志，标志应容易辨认，牢固，不应呈现卷曲状。

### 6.2 外观检查

6.2.1 焊接缝应无裂纹、无气孔、无未熔合，测量焊缝尺寸应符合图样规定。

6.2.2 油漆质量应符合 JB/T 7601.8 的规定。

6.2.3 电永磁吊具标牌数据应与产品实际相符，字迹清晰。

### 6.3 结构检查

6.3.1 外壳防护等级检验方法，按 GB 4208 规定的方法进行。

### 6.3.2 吊具的机械强度试验方法如下：

- a) 吊具拉力计算：首先根据电永磁吊具图样确定自身质量和额定起重质量，再根据吊具起吊时的几何尺寸，计算出起重状态下吊具与水平线之间的起重角度，然后按式（1）计算吊具拉力：

$$F = \frac{(W+P) \cdot g}{N \cdot \sin A} \dots\dots\dots (1)$$

式中：

$F$ ——吊具额定起重时的拉力，单位为牛顿（N）；

$W$ ——吊具自身质量，单位为千克（kg）；

$P$ ——吊具额定起重质量，单位为千克（kg）；

$N$ ——吊具数量；

$A$ ——吊具与水平线之间的起重角度，单位为度（°）；

$g$ ——重力加速度，数值为9.8，单位为牛顿/千克（N/kg）；

- b) 采用拉力试验机进行破断检验，其破断载荷  $T \geq 6F$ ，则吊具合格。

注：本条中的拉力指电永磁吊具的吸附力。

## 6.4 电气性能试验

6.4.1 绝缘电阻试验按 GB/T 10233—2016 中 4.6 给出的方法执行。

6.4.2 耐电压强度试验按 GB/T 10233—2016 中 4.5 给出的方法执行。

6.4.3 爬电距离与电气间隙试验按 GB/T 10233—2016 给出中 4.2 的方法执行。

## 6.5 环境适应性能试验

6.5.1 温度适应性试验按 GB/T 2423.1 和 GB/T 2423.2 的规定执行。

6.5.2 粉尘适应性试验按 GB/T 4208 的规定执行。

6.5.3 电磁兼容性试验按 GB/T 17626.2、GB/T 17626.3 的规定执行。

## 6.6 工作性能试验

6.6.1 磁吸力性能试验按 GB/T 3811 的规定执行。

6.6.2 运行性能试验按 GB/T 28264 的规定执行。

## 6.7 安全试验

6.7.1 电永磁吊具拉脱力试验应按照附录 A 进行。

## 7 检验规则

### 7.1 检验分类

电永磁吊具的检验分为出厂检验和型式检验。

### 7.2 出厂检验

7.2.1 电永磁吊具应经检验合格后出厂。

7.2.2 出厂检验项目应按表 2 执行。

表2 出厂检验项目

序号	检验项目	条款号	
		技术要求	试验方法
1	外观检查	5.2.1	6.2.1
		5.2.2	6.2.2
		8.1.1	6.2.3
2	结构检查	5.4.1	6.3.1
		5.4.3	6.3.2
3	电气性能	5.5.1	6.4.1
		5.5.2	6.4.2
		5.5.3	6.4.3

序号	检验项目	条款号	
		技术要求	试验方法
4	环境适应性要求	5.6	6.5
5	工作性能要求	5.7	6.6

### 7.3 型式检验

7.3.1 当遇到下列任何一种情况时，电永磁吊具应进行型式检验：

- a) 新产品试制或老产品转厂生产时；
- b) 当产品结构、工艺或材料有重大改变,可能影响产品性能时；
- c) 正常生产每隔3年；
- d) 产品停产一年以上恢复生产时；
- e) 出厂检验结果与上次型式检验有较大差异时；
- f) 国家质量监督机构提出型式检验的要求时。

7.3.2 型式检验应从出厂检验合格的产品中任选一台进行，如果检验不合格应继续抽检，仍不合格者则判定型式检验不合格。

7.3.3 型式检验项目应按表3执行。

表3 型式检验项目

序号	检验项目	条款号	
		技术要求	试验方法
1	外观检查	5.2.1	6.2.1
		5.2.2	6.2.2
		8.1.1	6.2.3
2	环境适应性能检验	5.6	6.5
3	吊具机械强度	5.4.3	6.3.2
4	拉脱力检验	5.8.2	6.7.1

## 8 标志、使用说明

### 8.1 标志

8.1.1 每台电永磁吊具均应在明显的位置固定产品标牌，产品标牌应符合 GB/T 13306 的规定，并标明下列内容：

- a) 制造厂名称；
- b) 产品名称和型号；
- c) 额定工作电压；
- d) 额定工作电流；
- e) 通电持续率；
- f) 质量；
- g) 额定载荷；
- h) 出厂编号和制造日期；
- i) 产品商标。

8.1.2 电永磁吊具的包装储运图标志，应符合 GB/T 191 和 GB/T 6388 的规定。

### 8.2 使用说明书

电永磁吊具的使用说明书应符合 GB/T 9969 的规定。

## 9 包装、运输和贮存

### 9.1 包装

9.1.1 为使电永磁吊具发挥更好的性能，当需要转运到达指定地点时，宜采用封闭包装。包装应符合

GB/T 13384 的要求。

9.1.2 包装箱最外层应标记明显文字说明,包括但不限于下列内容:

- a) 产品名称、型号;
- b) 毛重、净重、箱号和外形尺寸;
- c) 重心、起吊线和储运图示标志;
- d) 出厂日期。

9.1.3 电永磁吊具应附带下列技术文件:

- a) 产品装箱单;
- b) 产品检验合格证明文件;
- c) 产品使用说明书;
- d) 配套件的合格证及说明书;
- e) 上述技术文件应装入独立文件袋内。

## 9.2 运输

电永磁吊具在长途运输时,制造商应为吊具配备保护支架或采取其他保护措施保证产品不受损。

## 9.3 贮存

9.3.1 电永磁吊具及其零配件宜贮存于通风、干燥的库房中。

9.3.2 电永磁吊具的码放按制造商和供应商的规定执行。

9.3.3 电永磁吊具贮存每满一年应按说明书进行一次检查和保养。

## 附录 A (规范性) 拉脱力试验方法

### A.1 试验原理

通过施加垂直于磁极平面的拉力，测量将被吊物从吊具磁极面完全分离所需的最小拉力，验证拉脱力是否符合5.7.1的要求。

### A.2 试验条件

#### A.2.1 测试件

按下列要求准备测试件。

- a) 材质选取低碳钢（含碳量 $\leq 0.22\%$ ，如 Q235），导磁率  $\mu$  应 $\geq 1.5 \times 10^{-3}$  H/m。
- b) 尺寸：
  - 1) 矩形磁铁：测试件长度  $l_2 \geq l_1 \times 1.2$ ，宽度  $W_2 \geq W_1 \times 1.2$ （ $l_1$ 、 $W_1$ 为磁极覆盖区域长、宽）；
  - 2) 圆形磁铁：测试件直径  $d_2 \geq d_1 \times 1.1$ （ $d_1$ 为磁极覆盖区域直径）。
- c) 厚度： $t_{\min}$   $\geq$  下列值：圆形磁铁中间磁极直径的 1/2；三极磁铁中间磁极宽度；双极磁铁磁极宽度的 2 倍。

注：“ $t_{\min}$ ”指的是拉脱力试验所用测试件的最小厚度。

- d) 平面度： $\leq 0.1$  mm/500 mm，表面粗糙度  $Ra \leq 1.6$   $\mu$ m。

#### A.2.2 气隙选择

气隙选择按下列要求执行：

- a) 无气隙（测试件与磁极面直接接触，接触面清洁无杂质）；
- b) 按 GB/T 33545—2017 中 6.3.5 的规定，气隙一般约为电永磁吊具直径或宽度的 1/300~1/50。

#### A.2.3 环境条件

试验环境温度为 10  $^{\circ}$ C~40  $^{\circ}$ C，相对湿度应 $\leq 60\%$ ，且周围无电磁干扰。

#### A.2.4 试验设备

试验设备参考下列要求：

- a) 拉力试验机：量程 $\geq 4$ 倍额定载荷，精度 $\pm 1\%$ ，加载速度 5 mm/min~10 mm/min；
- b) 气隙测量仪：精度  $\pm 0.001$  mm；
- c) 表面清洁工具：无水乙醇、无尘布。

#### A.2.5 试验步骤

试验步骤按下列要求进行：

- a) 试验前准备：用无水乙醇清洁测试件与磁极面，去除油污、杂质；将吊具固定在拉力试验机的上夹具，测试件固定在下夹具，确保拉力方向垂直于磁极平面（同轴度偏差 $\leq 0.5^{\circ}$ ）；
- b) 充磁：给吊具通以最小允许电压（如额定电压的 90%），完全充磁（磁力达到额定值的 95%以上，用磁力测试仪确认），保持充磁状态；
- c) 加载：启动拉力试验机，以 5 mm/min~10 mm/min 的速度缓慢施加拉力，实时记录拉力值；当测试件与磁极面完全分离时，记录此时的拉力值（即拉脱力 F）；
- d) 重复试验：同一吊具重复试验 3 次，每次试验前重新清洁接触面、确认气隙，取 3 次试验结果的平均值作为最终拉脱力。

#### A.2.6 试验结果判定

若最终拉脱力 $\geq 3$ 倍额定载荷，则判定拉脱力试验合格；否则不合格。

## 附录 B (资料性) 电永磁吊具应用场景示例

### B.1 固定梁吊具应用场景

固定梁吊具因配备 $\geq 4$ 个独立磁力模块、梁体长度固定且吸附稳定性强，主要适用于长尺寸、规则形态物料的批量搬运，典型场景包括：

- 钢板加工车间：吊运长度 2 000 mm~8 000 mm、宽度 800 mm~2 500 mm 的中厚钢板，如 Q235、Q355 碳钢钢板，用于激光切割、折弯等工序间的物料转运，可一次性吸附单块或多块叠放钢板），避免人工搬运导致的划伤或变形；
- 钢结构制造厂：吊运型号 I14~I63 的工字钢、规格 200 mm $\times$ 100 mm~500 mm $\times$ 300 mm 的 H 型钢，以及边长 50 mm~200mm 的槽钢、角钢，适配钢结构构件焊接前的原料吊装与组装定位，因梁体固定且磁力分布均匀，可防止型材吊运过程中倾斜或翻转；
- 船舶建造厂区：吊运长度 3 000 mm~12 000 mm 的船用钢板，用于船体分段组装时的钢板拼接作业，适应车间内固定跨度的吊运需求，配合起重机实现高效物料流转。

### B.2 伸缩梁吊具应用场景

伸缩梁吊具因具备机械伸缩机构（伸缩调节范围 $\geq 1000$ mm）、可适配不同尺寸物料，主要适用于多规格、不规则形态物料的灵活搬运，典型场景包括：

- 汽车冲压车间：吊运长度 1 000 mm~4 000 mm 的冲压钢板，如车身覆盖件用薄钢板，可通过调节梁长适配不同车型的钢板尺寸，在冲压机与存放架之间实现精准转运，避免薄件因吊运跨度不适导致的变形；
- 钢管仓储中心：吊运外径 50 mm~600 mm、长度 2 000 mm~6 000 mm 的无缝钢管或螺旋钢管，可根据钢管堆垛宽度调节梁长，单次吸附 3~5 根钢管，用于钢管入库、出库的批量搬运，减少钢管碰撞损伤；
- 工程机械修理厂：吊运重量 500 kg~5 000 kg 的不规则机械部件，通过伸缩梁适配部件的吊装点间距，配合多磁力模块的灵活吸附，实现部件的拆卸与安装辅助，提升维修作业效率。

### B.3 大磁力模块吊具应用场景

大磁力模块吊具因单模块额定吸附力 $\geq 50$  kN、适配重载物料，主要适用于大厚度、大质量物料的重型搬运，典型场景包括：

- 冶金钢厂：吊运厚度 20 mm~200 mm 的厚钢板、截面尺寸 200 mm $\times$ 200 mm~800 mm $\times$ 800 mm 的钢坯，以及重量 1 000 kg~12 000 kg 的大型锻件（如轴类锻件、齿轮锻件），用于炼钢车间到轧钢车间的钢坯转运，或锻压工序后的成品吊装，耐受高温环境（适配耐高温型吊具时可吊运 350 °C 以下的热态钢坯）；
- 重型机械厂：吊运重量 5 000 kg~50 000 kg 的大型模具（如注塑模具、压铸模具），以及厚度 50 mm~300 mm 的模具钢板块，通过多磁力模块的组合吸附，确保模具吊运过程中平稳无晃动，适配模具安装、拆卸时的重型吊装需求；
- 港口货运码头：吊运堆存的厚钢板（单块重量 5 000 kg~20 000 kg）或钢卷（外径 800 mm~2 000 mm、宽度 500 mm~1 800 mm），用于集装箱装卸或铁路货车转运，因具备强吸附力与抗风稳定性，可适应港口户外的吊运环境，提升大宗钢材的装卸效率。