

GB/T XXXX 《磁悬浮动力技术 术语》
标准编制说明

（征求意见稿）

标准起草组

2024 年 8 月

《磁悬浮动力技术 术语》编制说明

（征求意见稿）

一、工作简况

1.任务来源

本项目由全国磁悬浮动力技术基础与应用标准化工作组（SAC/SWG28）归口管理，由山东天瑞重工有限公司、中车青岛四方机车车辆股份有限公司等单位负责起草，任务来源于国家标准化管理委员会 2024 年 3 月 27 日下发的《国家标准化管理委员会关于下达 2024 年第一批推荐性国家标准计划及相关标准外文版计划的通知》（国标委发〔2024〕16 号），通知中下达了项目名称为“磁悬浮动力技术 术语”、计划编号为“20240299-T-469”的标准制定计划，计划完成时间是 2025 年 9 月。

2.标准编写的目的及意义

据相关资料统计，以三机一泵（鼓风机、通风机、压缩机和泵）为代表的旋转机械能耗占工业用电量的 50%。为此国务院《2030 年前碳达峰行动方案》重点任务（二）中，提出“推进重点用能设备节能增效。以电机、风机、泵、压缩机等设备为重点，全面提升能效标准”。国家《“十四五”规划和 2035 年远景目标纲要》提出：“推动能源利用效率大幅提高、主要污染物排放总量持续减少，实现节能降碳减污协同增效、生态环境质量持续改善”。2024 年政府工作报告提出，“大力推进现代化产业体系建设，加快发展新质生产力”，用新技术改造提升传统产业，积极促进产业高端化、智能化、绿色化，统筹推进传统产业升级。

磁悬浮动力技术采用无机械接触的磁力支承，是实现能效提升的基础通用关键技术，具有无摩擦、高转速、低噪音和长寿命等显著特性，与传统装备相比，节能 30% 以上，噪音降至 80 分贝以下，使用寿命长达 20 年，被评为全国颠覆性技术大赛优胜项目，被国家列入《国家鼓励发展的重大环保技术装备目录（2023 年版）》《国家工业和信息化领域节能降碳技术装备推荐目录（2024 年版）》和国家《产业结构调整指导目录（2024 年本）》鼓励类、国家《绿色低碳转型产业指导目录（2024 年版）》，是我国实现双碳战略目标、参与国际双碳博弈的重要抓手，是推动经济社会绿色低碳高质量发展的战略新兴技术，可形成新型磁悬浮动力装备万亿级大产业。

国外磁悬浮动力技术发展相对较早，主要生产厂家有：德国琵乐公司、芬兰艾伯斯集团、韩国株式会社等。目前国际标准化组织（ISO）、国际电工委员会（IEC）等国际组织均尚未设立专门的技术委员会归口管理磁悬浮动力技术标准化工作组织，国际标准化组织 ISO/TC108 机械振动与冲击技术委员会，SC2 测量和评估应用于机器、车辆和结构的机械振动和冲击分委员会，WG7 工作组发布了 ISO 14839-1:2018《机械振动—装有主动磁轴承的转动机械振动 术语》。但该标准多数为主动磁悬浮轴承相关术语，仅侧重机械振动，磁悬浮轴承结构要素及性能指标方面的术语并不完整，部分术语也不够准确。

国内对于磁悬浮动力技术的研发起步较晚，但 2000 年以后不断走向成熟，并且发展非常迅猛，国内应用磁悬浮动力技术的厂家也逐渐增多。目前，国内没有关于磁悬浮动力技术的术语标准，现有的 GB/T 6930—2002《滚动轴承 词汇》、GB/T 2889.1—2020《滑动轴承 术语、定义、分类和符号》等都是针对传统轴承的术语，不包括磁悬浮轴承的结构及控制系统相关的术语，并不适合旋转机械用磁悬浮轴承。同时载运装备用磁悬浮支承与导向系统也没有术语标准。本标准项目的制定将填补国内该领域的空白。磁悬浮动力技术是符合国家产业政策的新领域、新技术，新技术领域相关术语需要进行定义规范、协调统一，以规范、引领新领域的沟通交流。促进贸易，避免误解，防止产生潜在的经济损失，是科学技术和经济发展的客观需求，也是促进学术交流和经济发展的基础。

3.主要工作过程

按照国家标准委的要求与项目组的进度计划，目前《磁悬浮动力技术 术语》国家标准起草组完成了以下工作：

（一）启动阶段

2023 年 4 月，SWG28 标准化工作组在潍坊组织召开了此项标准的编制启动会。会议宣布成立标准起草小组，确定了标准的主要编写单位，并就标准编制的流程和各阶段时间进度安排、主要工作任务制定了明确计划。

会议还针对此项国家标准内容进行了充分讨论，确定了标准的框架、主要内容等，并在小组内取得了一致性的意见，同时对下一步工作进行了分工安排，提出了时间节点要求。

（二）调研及标准草稿制定阶段

2023 年 4 月，标准起草组按启动会议确定的诸项原则和计划安排，系统检索收集

了磁悬浮领域已发布的标准，对本标准的技术结构和内容安排进行了梳理完善。起草组成员按照各自任务分工，分别从磁悬浮动力技术基础通用术语、涡轮动力系统用磁悬浮轴承术语和载运装备用磁悬浮支承和导向系统术语三个方面，对现行已发布标准中的术语进行了归纳、整理，同时还广泛收集了磁悬浮动力技术领域常用的核心技术术语。

2023 年 5 月，起草组走访了合肥通用机电产品检测院、苏州苏磁智能科技有限公司、上海交通大学、同济大学、中国工程院等单位，同时对磁悬浮动力技术的相关术语标准进行了调研。

2023 年 6 月，起草组综合各任务组提交的收集整理成果，并在此基础上进行完善，形成了标准草案第一稿。

2023 年 7 月，起草组对标准草案进行了研讨、论证，并结合讨论结果对标准文本进行了进一步的补充完善。

2024 年 5 月，起草组对标准草案进行了第二次研讨、论证，并结合讨论结果对标准文本又进行了补充完善。

2024 年 6 月，起草组组织所有起草单位通过视频研讨会的方式对标准内容进行了研讨，并进一步完善。

2024 年 8 月，结合前期研究、调研、讨论的结果，形成标准征求意见稿，提交全国磁悬浮动力技术基础与应用标准化工作组（SAC/SWG28）秘书处面向全社会公开征求意见。

二、标准编制原则和主要内容

1. 编制原则

本标准起草时严格遵守 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，文字表述力求准确简明，内容严谨合理。

本标准采纳国内外先进磁悬浮动力技术成果，与现行国家标准主流体系协调一致，保持标准的科学性和适用性，各项技术指标均能达到国内外标准水平。

2. 主要内容

本标准界定了磁悬浮动力技术基本术语，包括磁悬浮动力技术基本通用术语、旋转机械用磁悬浮轴承术语及载运装备用磁悬浮支承与导向系统术语。主要内容如下：

1) 磁悬浮动力技术基本通用术语

本章给出了磁悬浮动力技术通用基本术语30余项，主要包括磁场、力场、磁悬浮等基础通用术语，磁悬浮动力技术、磁悬浮动力系统、磁悬浮动力装备等领域专有术语，以及温升、喘振等技术应用性能参数等术语。

2) 旋转机械用磁悬浮轴承术语

本章定义了磁悬浮轴承基本术语、磁悬浮轴承结构要素术语、磁悬浮轴承性能参数相关术语、定义及专用语100余项。

a) 磁悬浮轴承相关术语

主要定义了主动磁悬浮轴承、被动磁悬浮轴承、永磁磁悬浮轴承、超导磁悬浮轴承、混合磁悬浮轴承、永磁偏置磁悬浮轴承、直流磁悬浮轴承、高温磁悬浮轴承等各类型的磁悬浮轴承术语。

b) 磁悬浮轴承结构要素术语

主要定义了磁悬浮轴承中关于动子、定子、转子、控制器、放大器、磁极等零部件及主要结构尺寸的术语。

c) 磁悬浮轴承性能相关术语

主要定义了 DN 值、载荷、位移、电磁力、动态及静态负载能力、刚度、柔度等磁悬浮轴承有关性能参数的术语，并配有公式及图示加以说明。

3) 载运装备用磁悬浮支承与导向系统术语

本章定义了磁悬浮载运装备用支承与导向系统涉及的专业术语、定义及表达的含义50余项，分别从磁浮载运装备基本术语、磁悬浮支承与导向系统结构要素术语、磁悬浮支承与导向系统功能性能要素术语三方面进行了定义和解释说明。

3.解决的主要问题

本标准的制定，解决了目前磁悬浮动力技术领域没有统一术语和定义标准的问题，有利于促进磁悬浮动力技术的发展和时代的进步。该项目重点针对磁悬浮动力技术的专业术语进行规范，重点解决磁悬浮动力技术术语统一、便于行业沟通交流的问题，有利于促进磁悬浮动力技术的学术交流、产业应用，加快磁悬浮产业发展。

三、术语分析综述及预期效益

1.术语分析情况

通过对磁悬浮动力技术的研究和调研，结合磁悬浮动力技术在各行业的应用，对磁悬浮动力技术的术语逐条进行推敲和分析，部分术语研讨记录见表 1。

表 1 部分术语分析情况说明

序号	术语名称	术语定义	技术分析情况说明
1	磁悬浮轴承	利用磁场力悬浮支承转子载荷且没有机械接触的轴承。	1. 用磁场力是磁场包括了电磁场、永磁场、超导磁场，也包含了磁吸力或磁斥力。 2. 这个定义包含了永磁磁轴承、超导磁轴承、主动磁轴承。 3. GB/T 2900.100—2017 的定义：利用磁引力或斥力支撑物体而没有机械接触的轴承，注：这里没有强调动态稳定。 4. ISO 14839-1 定义：利用吸引或排斥磁力使转子悬浮和动态稳定的轴承。注：这里的动态稳定是指通电工作后可实现动态稳定。 5. 本术语不强调动态稳定是因为这里没有特指是单个轴承还是支承轴系中的所有轴承的动态稳定，永磁悬浮轴承虽然结构简单，但对轴系来讲，仅靠永磁轴承无法保证转子 5 个自由度上的稳定悬浮。
2	被动磁悬浮轴承	采用无反馈控制的磁场力悬浮支承转子载荷的磁悬浮轴承。	1. 无反馈控制的磁场力可能来自永磁体，也可能来自电磁体。 2. 强调转子载荷，考虑到某些载荷是非接触施加的或流体施加的载荷，它们并不是转子的组成部分。
3	永磁磁悬浮轴承	只采用无反馈控制的永磁体产生的磁场力悬浮支承转子载荷的被动磁悬浮轴承。	1. ISO 14839-1 定义：使用一对或多对永磁体，无反馈控制的被动磁悬浮轴承。这里不定义轴系中的轴承，用一对或多对永磁体描述不合适。 2. 强调磁场力是因为永磁体不充磁时是永磁材料，但其不具有磁场力。
4	超导磁悬浮轴承	利用超导体的中间态和无反馈控制的永磁体间产生的抗磁性和钉扎力悬浮支承转子载荷的自稳定被动磁悬浮轴承。	1. ISO 14839-1 定义：采用一对（高温）超导体和无反馈控制的永磁体，利用所谓的钉扎力（吸引力和排斥力）的被动磁悬浮轴承。 2. 不论是高温还是低温永磁体，仅有中间态的超导体才有钉扎力，所以不用“高温”。 3. “一对”量词有歧义，是超导体一对？还是超导体+永磁体一对？所以也不用。 4. 吸引力和排斥力是对超导体与永磁体间的钉扎力和抗磁性产生的排斥力的解释，所以不用这种定义；另外，这个钉扎力，在 GB / T 2900.100—2017 中有定义，不是所谓的...力；用抗磁性代替斥力，

序号	术语名称	术语定义	技术分析情况说明
			是因为抗磁性中不仅包含斥力，同时也含有使转子稳定的力，因为抗磁性使外来磁场围绕着超导体，这个磁场与被钉扎的磁场之间也有相互作用。 5. 这里的转子可以是超导体，也可以是永磁体、电磁体。 6. 采用抗磁性，不采用完全抗磁性，后者是第I类超导体，第I类超导体内无磁通钉扎。 7. 超导体的磁化是由流动在体内的宏观电流产生的。根据 Lenz 法则，它总是阻碍外磁场的变化，这也是超导磁悬浮轴承稳定悬浮的内在机制。
5	混合磁悬浮轴承	由主动磁悬浮轴承与被动磁悬浮轴承之间任意混合而成的磁悬浮轴承。	ISO 14839-1 定义：由主动磁轴承和被动磁轴承任意组合而成的轴承，但实际类别还有：永磁磁轴承（非指超导轴承中的永磁体）+超导磁轴承的（混合）组合类型，这个混合是被动+被动混合，所以 ISO 14839-1 的定义不准确。
6	永磁偏置磁悬浮轴承	用永磁体提供偏置磁通量，参与建立磁悬浮轴承控制磁通初始工作点的磁悬浮轴承。	1. ISO 14839-1 的定义：由一个或多个永磁体建立标称（非零）或偏置磁通量的主动磁悬浮轴承。标准中的量词无意义；偏置磁通量标称肯定非零，多余。 2. 本术语的要义是建立磁轴承控制磁通的初始工作点，用“参与”建立是因为，永磁提供的磁通量大多是不可调节的或不可能连续调节，单靠永磁体的磁场建立的工作点不一定与实际工作点相符，所以还需要电磁场（控制磁通）修正。 3. 永磁偏置的磁轴承不一定是主动控制的，所以没有强调是主动磁悬浮轴承。 4. 用永磁偏置的磁轴承，得到的实际效果是：减少了磁轴承的工作电流。 5. 采用偏置磁通量，不采用偏置磁场，是因为磁场是在磁隙局部产生的，永磁体提供的是磁通量，这个磁通大多要沿着磁路运行一段路程，所以不是磁场。
7	不间断电源系统（USP 系统）	当装备电源断电时，可即时为磁悬浮轴承供电的存储能量源。	1. ISO 14839-1 定义：在主电源出现故障时，可用于为 AMB 系统供电的存储能量源。因主电源没有定义，将“主电源”字改为装备电源。 2. 电源故障断电、人为断电均需要不间断电源系统，ISO 14839-1 定义的状态不准确。 3. 添加“即时”，强调不间断的时间性。 4. 能量的来源，存储器件。

序号	术语名称	术语定义	技术分析情况说明
8	静态差动电磁力	忽略动载荷的影响，在转子工作点附近，由位移引发的一对单自由度、电流型差动控制电磁铁的磁场力的合力。	1. ISO 14839-1 中原图题为“电流-力特性”，没有考虑位移指标，所以将图题改为“差动电磁力的位移、电流特性”。 2. 这本是一个电磁力与位移的数学模型问题，但在术语标准中只能用单词条定义。 3. 取名为“差动控制电磁铁的磁场力的合力”是考虑该力是一对差动电磁铁的合力，当转子产生位移时，是磁轴承系统应输出的控制力，用以与扰动力对应说明。
9	电磁力频率	为响应动载荷，放大器驱动的电磁铁的电磁力在单位时间内完成周期性变化的次数。	1. ISO 14839-1 及 ISO 14839-4 中均称为磁力频率，并解释为“磁铁以固定频率发放脉冲”。抛开了起因讲结果，不合理。这个频率原意指：给励磁线圈供电的电流，因为外载荷的变化，电流也要发生变化，变化率为dI/dt，因电流的变化在线圈中产生感抗，感抗中是有频率的，这个频率就是本条款描述的磁力频率，也就是电流的变化频率与磁场的变化频率是相同的，所以称呼电磁力频率。 2. 为与永磁磁力区别，将原磁力频率改为“电磁力频率”并放弃原释文。 3. 电磁力频率是对动载荷频率的响应，动载荷频率是起因，电磁力频率是响应。
10	异极主动磁悬浮轴承	磁极对由相邻磁极组成并周向排列的主动磁悬浮轴承。	1. ISO 14839-1 定义：在径向 AMB 中，电磁截面具有不同极性的磁极，且磁极可能具有不同的极性排列。例如：极性排列可能是(N, S, N, S, ...), (N, S, S, N,)等。 2. 电磁截面是什么界面不易理解，该类轴承实际是磁轴承的磁极对周向排列。 3. 磁极对的排列方式不限，所以没必要强调磁极的排列方式。

序号	术语名称	术语定义	技术分析情况说明
11	高温磁悬浮轴承	在 GB/T 755—2019 中 4.2 规定的各工作制式或自定义时间寿命的制式下,工作温度高于 240 °C 的磁悬浮轴承。	1. 高温主动磁悬浮轴承的工作温度,也是其位移传感器、电磁铁、转子衔铁及传感器靶材的工作温度。 2. 高温主动磁悬浮轴承的定义不包括被动、超导磁轴承。 3. 主动磁悬浮轴承的电磁铁常用绕组材质的熔点:铜 1083.4 °C、铝 660 °C、银 961.78 °C。GB/T 6109.22 中给出的漆包线的最高工作温度是 240 °C。封装材料的工作温度不应低于漆包线的最高工作温度 240 °C。GB/T 3131—2020 锡铅钎料中规定的磁轴承绕组用的焊接材料的最高熔点是 316 °C。硅钢叠片基体的最高工作温度≤850 °C (消除应力退火温度)。GB / T 38877—2020 电工钢带 (片) 绝缘涂层 DJ-5-G—涂层类型是一种磷酸盐、铬酸盐或硅酸盐涂层以及它们的复合配制组合,承受的消除应力退火温度可达 850 °C。GB/T 17951—2005 硬磁材料一般技术条件规定稀土钕铁硼最高使用温度≤200 °C,钕钴永磁体的最高使用温度为 350 °C。但非永磁偏置磁轴承的材料中无永磁体,因此,决定电磁铁的最高工作温度的材料是励磁线圈的漆包线的温度,为 240 °C。
12	保护轴承	安装于磁悬浮轴承支承的轴系中,用于承载静态的转子及由于装备过载、故障或停用时,限定转子的径向、轴向动态位移极限,防止径向、轴向磁悬浮轴承的定子与转子表面接触的轴承。	1. 强调了转子静态时保护轴承的作用。 2. 强调了保护的方向:径向+轴向。 3. 强调了保护的轴承:径向磁轴承+轴向磁轴承。 4. 轴向磁轴承的定子与转子表面可能接触的部位是推力盘表面,推力盘是转子的一部分。
13	径向主动磁悬浮轴承名义磁隙	在径向主动磁悬浮轴承的定子径向平面内,当转子的轴颈与主动磁悬浮轴承定子内径同心时,转子与径向主动磁悬浮轴承定子间的单侧间隙尺寸。	1. ISO 14839-1 定义:当转子的轴颈中心位于轴承定子的间隙中心时,转子与 AMB 定子的磁性材料之间的距离。 2. 修改为定义在径向平面内,忽略磁轴承定子的轴向尺寸,即在磁轴承定子的轴向尺寸内的径向平面上测量即可。 3. 距离改为尺寸并加定语间隙。 4. 这个名义间隙只适用于径向轴承。
14	主动磁悬浮轴承负位置刚度	由主动磁悬浮轴承结构及工作点决定的主动磁悬浮轴承刚度。	1. ISO 14839-1 定义: <在偏置线性化的 AMB 驱动器中>在没有外部负载的情况下,在标称转子位置处由偏置电流引起的电磁铁的位置刚度。 2. 标称转子位置,本标准已经定义了转子工作点或

序号	术语名称	术语定义	技术分析情况说明
			平衡点，这样更明确。 3. ISO 14839-1 没有明确电磁铁结构对负位置刚度的影响，这对电磁铁结构设计、材料选择不利。
15	功率放大器电压	在转子工作点处，为平衡外部动载荷，功率放大器应输出的电压。	加入此术语的原因是，磁轴承+放大器组成致动器，对磁轴承的性能影响很大，其指标也直接决定着磁轴承的承载能力，是非常重要的指标。本标准加入此术语后，能更好地定义主动磁悬浮轴承的承载能力。本术语既与本标准相关，也与控制系统标准相关。

2.预期经济效益、社会效益和生态效益

一是规范、引领磁悬浮领域的健康发展。术语是传播知识、技能，进行社会文化、经济交流等不可缺少的重要工具。磁悬浮动力技术是符合国家产业政策的新领域新技术，新技术领域相关术语需要进行定义规范、协调统一，进而规范、引领新领域的沟通交流，促进贸易，避免误解，防止产生潜在的经济损失。因此，制定术语标准是科学技术和经济发展的客观需求，也是促进学术交流和经济发展的基础。

二是带动传统产业全面转型升级。磁悬浮动力技术能实现无接触摩擦，高速旋转（行进），节能降噪，寿命长，基本免维护，是一种革命性、颠覆性技术，是传统产业中的新质生产力。通过对本标准的实施，实现风机、泵、压缩机、发电机、载运装备等18个高耗能传统产业的全面转型升级，国内市场规模超过3万亿元，对实现经济、社会绿色低碳高质量发展具有重大意义。

三是节能降碳，助推双碳目标。由于无接触摩擦，磁悬浮动力技术具有节能降碳的突出优势，节电率高达30%~50%，从终端节能方向全面匹配碳达峰碳中和国家战略。按照目前中国的能源结构，节电就是节煤，更加凸显了实施本项目的重要意义。通过制定磁悬浮动力技术标准，可加强质量支撑和标准引领，助推磁悬浮动力技术在水泥、污水处理、造纸、热电、化工、钢铁、运输等领域的产业化应用，预计能节约标准煤2285万吨，减排二氧化碳6000万吨，助力我国“双碳”战略目标的加速实现。

四是降噪减污，绿色环保效益大。磁悬浮涡轮动力装备的噪声在70 dB(A)~80 dB(A)，与传统旋转动力机械（鼓风机、空压机、真空泵等）辐射的噪声100 dB(A)~120 dB(A)有数量级差异，低于国家职业卫生标准GBZ 2.2《工作场所有害因素职业接触限值 第2部分：物理因素》中“工作场所噪声职业接触限值”85 dB(A)，接近国家

强制性标准 GB 12348—2008《工业企业厂界环境噪声标准》中，厂界外声环境 4 类功能区噪声排放限值 70 dB（A）。磁悬浮动力装备更新替换传统高能耗高污染是推动工业领域绿色转型的重要举措，可以有效降低能源消耗和污染物排放，改善环境质量，提高生态系统的稳定性和健康性。

四、与国际、国外同类标准对比情况

本标准与 ISO 14839-1: 2018《机械振动 装有主动磁轴承的转动机械振动 第 1 部分：术语》相比，其主要区别见表 2。

表 2 本标准与国际标准对比情况

序号	区别点	ISO 14839-1: 2018	本标准
1	范围不同	装有主动磁轴承的转动机械振动方面的术语	包括旋转磁悬浮轴承及平面磁悬浮支承和导向系统在内的磁悬浮动力技术术语
2	基本架构不同	1、基本术语 2、有关转子术语 3、有关定子术语 4、位置传感器术语 5、动力学、控制和电动力学术语 6、辅助设备术语	1 基础通用术语 2 旋转机械用磁悬浮轴承术语 2.1 磁悬浮轴承基本术语 2.2 磁悬浮轴承结构要素术语 2.3 磁悬浮轴承性能相关术语 3 载运装备用磁悬浮支承与导向系统术语 3.1 磁悬浮支承与导向系统基本术语 3.2 磁悬浮支承与导向系统结构要素术语 3.3 磁悬浮支承与导向系统功能性能要素术语
3	术语数量不同	77 项	214 项
4	采纳国际标准术语数量	8 项	
5	修改国际标准术语数量	44 项	
6	新编写术语数量	162 项	

五、以国际标准为基础的起草情况

本标准是磁悬浮动力技术术语，包括通用基础术语、涡轮动力装备磁悬浮轴承技术术语和运载机械用磁悬浮支承和导向系统术语，包含了旋转悬浮和平面悬浮在内的动力技术术语，范围比较广，内容比较多。而 ISO 14839-1: 2018《机械振动 装有主

动磁轴承的转动机械振动 第 1 部分：术语》中的术语侧重于机械振动方面。因此本标准参考了国际标准中部分术语，整个标准未采用国际标准。

六、与现行相关法律、法规、规章及相关标准的协调性

本标准与相关标准、现行相关法律、法规及强制性标准协调一致。

七、重大分歧意见的处理经过和依据

无重大分歧意见。

八、标准中涉及的专利、知识产权说明

本标准不涉及专利问题

九、贯彻标准的要求和措施建议

建议本标准由磁悬浮动力技术基础与应用标准化工作组（SAC/SWG28）组织宣贯实施，建议本标准批准发布 6 个月后实施。

十、其他应予说明事项

无其他应予说明的事项。