



中华人民共和国国家标准

GB/T XXXXX—XXXX

磁悬浮动力技术 术语

Maglev power technology — Vocabulary

(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 基础通用术语 1

4 旋转机械用磁悬浮轴承术语 4

 4.1 磁悬浮轴承基本术语 4

 4.2 磁悬浮轴承结构要素术语 12

 4.3 磁悬浮轴承性能相关术语 20

5 载运装备用磁悬浮支承与导向系统术语 31

 5.1 磁悬浮支承与导向系统基本术语 31

 5.2 磁悬浮支承与导向系统结构要素术语 32

 5.3 磁悬浮支承与导向系统功能性能要素术语 33

参考文献 36

索引 38

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（SAC/SWG28）提出并归口。

本文件起草单位：

本文件主要起草人：

磁悬浮动力技术 术语

1 范围

本文件界定了磁悬浮动力技术基础通用术语和定义、旋转机械用磁悬浮轴承术语和定义、载运装备用磁悬浮支承与导向系统术语和定义。

本文件适用于磁悬浮动力技术标准制修订、编制技术文件、编写和翻译专业技术资料，以及技术研究、生产使用、评价、贸易、服务与管理等。

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 755—2019 旋转电机 定额与性能
- GB/T 1182 产品几何技术规范（GPS） 几何公差 形状、方向、位置和跳动公差标注
- GB/T 11021—2014 电气绝缘 耐热性和表示方法

3 基础通用术语

3.1

磁场 magnetic field

由磁场强度 H 与磁通密度 B 表征的电磁场的组成部分。

注1：本文件仅涉及电磁场、永磁场下的悬浮。

注2：超导体的磁场为电磁场。

[来源：GB/T 2900.60—2002，121.11.69]

3.2

磁场力 magnetic force

由磁场空间位置决定的力，有麦克斯韦力和洛仑兹力（或安培力）之分。

注：磁场力包括了电磁场力、永磁场力、超导电磁场力，也包含了吸力或斥力。

3.3

磁体 magnet

能够产生磁场的材料或物体。

3.4

永磁体 permanent magnet

永久磁铁

由固有磁化产生磁场的磁体。

注：永磁体不需要外部电流源。

[来源：GB/T 2900.60—2002，3.3.121]

3.5

电磁体 electromagnet

主要由电流产生磁场的磁体。

[来源：GB/T 2900.60—2002，3.3.122]

3.6

超导磁体 superconducting magnet

利用超导材料作为励磁线圈，能够产生强磁场的励磁装置。

3.7

定子 stator

运动副中的静止件。

3.8

动子 mover

运动副中的运动件。

3.9

磁悬浮动子 maglev mover

浮子 floator

运动副中由磁场力悬浮支承的运动件。

注：旋转运动的磁悬浮动子也称磁悬浮转子。

3.10

动子载荷 mover load

动子自重与动子承受的动载荷之和。

3.11

转子 rotor

运动形式为旋转运动的动子。

3.12

临界转速 critical speed

临界速度

相应于转动系统共振频率的转动速度。

注：根据振动时不同的振型，有第一临界转速，第二临界转速等。

[来源：GB/T 3947—1996，3.21，有修改]

3.13

刚性转子 rigid rotor

工作转速低于第一阶弯曲模态临界转速的转子。

[来源：JB/T 2977—2005，3.3.1，3139，有修改]

3.14

柔性转子 flexible rotor

挠性转子

工作转速高于第一阶弯曲模态临界转速的转子。

[来源：JB/T 2977—2005，3.3.1，3138，有修改]

3.15

悬浮 levitation

通过力场维持动子的相对位置，使其保持无机械接触的状态。

3.16

磁悬浮 **maglev; magnetic levitation**

磁浮

通过磁场力使动子悬浮。

3.17

磁悬浮轴承 **maglev bearing**

磁轴承 **magnetic bearing**

电磁轴承

磁力轴承

利用磁场力悬浮支承转子载荷且没有机械接触的轴承。

注：包含了永磁磁悬浮轴承、超导磁悬浮轴承、主动磁悬浮轴承等。

[来源：GB/T 2900.100—2017，815-16-48，有修改]

3.18

磁悬浮动力技术 **maglev power technology**

基于磁悬浮支承，实现能量传递的动力驱动技术。

3.19

磁悬浮动力系统 **maglev power system**

装备有磁悬浮轴承的动力驱动系统。

3.20

磁悬浮动力装备 **maglev power equipment**

基于磁悬浮动力系统，实现动力输出的装备。

3.21

磁悬浮涡轮动力系统 **maglev turbo power system**

由涡轮、电机及变频器、控制器等组成的，以流体为工质，通过涡轮进行能量转换的磁悬浮动力系统。

3.22

磁悬浮涡轮动力装备 **maglev turbo power equipment**

由磁悬浮轴承、涡轮机械、电机变频器、控制器等组成，以流体为工质，通过涡轮进行能量转换的磁悬浮动力装备。

3.23

磁悬浮输送系统 **maglev carrying 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。

注：常见的磁悬浮输送系统有线型磁悬浮输送系统（如环形、L型、圆型等）和平面型磁悬浮输送系统。

3.24

热保护系统 **thermal protection system**

通过热保护器或热探测器来保护装备不受热过载或者冷却系统失效而导致温度过高的保护系统。

[来源：GB/T 13002—2022，3.2，有修改]

3.25

永磁材料 **magnetically hard material**

对于磁通密度以及磁极化强度具有高矫顽性的磁性材料。

[来源：GB/T 2900.60—2002，121.12.70，有修改]

3.26

磁极 **pole of a magnet**

磁体的一个部分，有效磁通密度由它发出或趋向于它。

[来源：GB/T 2900.1—2008，3.3.123]

3.27

磁动势 magnetic motive force

标量，磁场强度沿一闭合路径的线积分。

注：磁动势等于穿过以该路径为边界的任一曲面的全电流。

[来源：GB/T 2900.60—2002，121.11.60]

3.28

上升时间 rise time

径向磁悬浮轴承峰值瞬态负载能力从10%变化到90%时所需的时间。

[来源：ISO 14839-1:2018，3.1.31]

3.29

喘振 surge

磁悬浮涡轮动力装备在流量减少到一定程度的工作状态下，流体介质受到周期性吸入和排出的激励作用而出现的振动急增现象。

[来源：JB/T 2977—2005，2155，有修改]

3.30

悬浮间隙 levitation gap

工作状态下，磁悬浮动子与定子之间的法向距离。

3.31

阻尼力 damping force

磁悬浮动力系统中产生阻尼的电磁力。

3.32

阻尼系数 damping coefficient

磁悬浮动力系统中阻尼力与对应运动方向速度的比值。

3.33

耐热等级 heat resistance grade

设备相对应的最高连续使用温度（摄氏温度）的数值。

注：耐热等级代号按GB/T 11021—2014的规定，由低到高分为Y级、A级、E级、B级、F级、H级、C级。

[来源：GB/T 11021—2014，3.11，有修改]

3.34

传递函数 transfer function

线性时不变系统输入与输出之间关系的数学表达式。

注1：通常传递函数是一个复变函数，定义为线性时不变系统输出与输入的拉普拉斯变换之比。

注2：传递函数通常以频率函数的形式给出，且为复变函数。

[来源：GB/T 2298—2010，2.41]

4 旋转机械用磁悬浮轴承术语

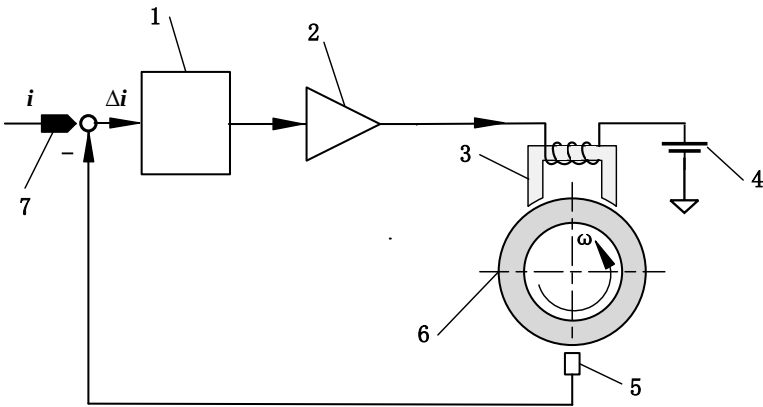
4.1 磁悬浮轴承基本术语

4.1.1

主动磁悬浮轴承 active maglev bearing (AMB)

基于磁悬浮转子位置的反馈控制技术，通过可控电磁场，由控制系统对转子在磁悬浮轴承中的位置进行自主控制，并实现转子动态稳定悬浮的磁悬浮轴承。

注：主动磁悬浮轴承通常由传感器、电磁铁（铁心+励磁线圈）、功率放大器、电源和控制器组成，其工作原理示意图见图1。



标引序号说明：

- 1——控制器；
- 2——功率放大器；
- 3——电磁铁（铁心+励磁线圈）；
- 4——电源；
- 5——位移传感器；
- 6——转子；
- 7——参考电流信号。

图1 主动磁悬浮轴承工作原理示意图

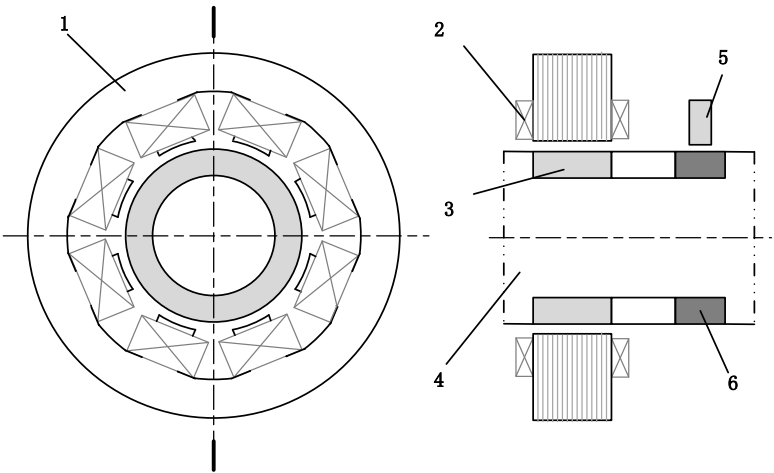
[来源：ISO 14839-1:2018，3.1.3，有修改]

4.1.2

径向主动磁悬浮轴承 **radial active maglev bearing**

为转子提供径向悬浮支承磁场力，并抑制径向静态力及动态力干扰的主动磁悬浮轴承。

注：径向主动磁悬浮轴承典型结构示例见图2。



标引序号说明：

- 1——电磁铁；

- 2——励磁线圈；
- 3——径向主动磁悬浮轴承转子衔铁；
- 4——转子；
- 5——传感器；
- 6——传感器转子靶环。

图2 径向主动磁悬浮轴承典型结构

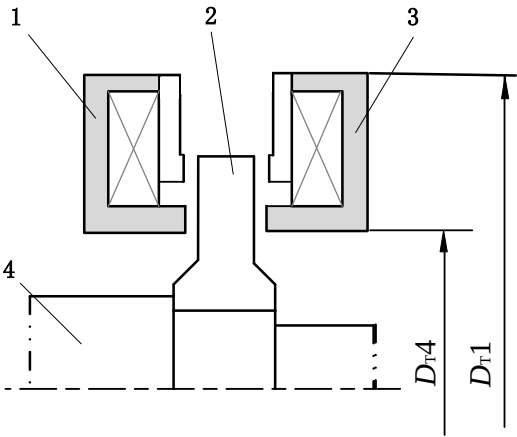
4.1.3

轴向主动磁悬浮轴承 axial active maglev bearing

推力主动磁悬浮轴承 thrust active maglev bearing

为转子提供轴向悬浮支承磁场力，并抑制轴向静态力及动态力干扰的主动磁悬浮轴承。

注：轴向主动磁悬浮轴承典型结构示例见图3。



标引序号说明：

- 1 ——电磁铁（左）；
- 2 ——推力盘；
- 3 ——电磁铁（右）；
- 4 ——转子；
- D_{T1} ——轴向定子外极外径；
- D_{T4} ——轴向定子内极内径。

图3 轴向主动磁悬浮轴承典型结构

4.1.4

被动磁悬浮轴承 passive maglev bearing (PaMB)

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。

注：永磁磁悬浮轴承、超导磁悬浮轴承都属于被动磁悬浮轴承。

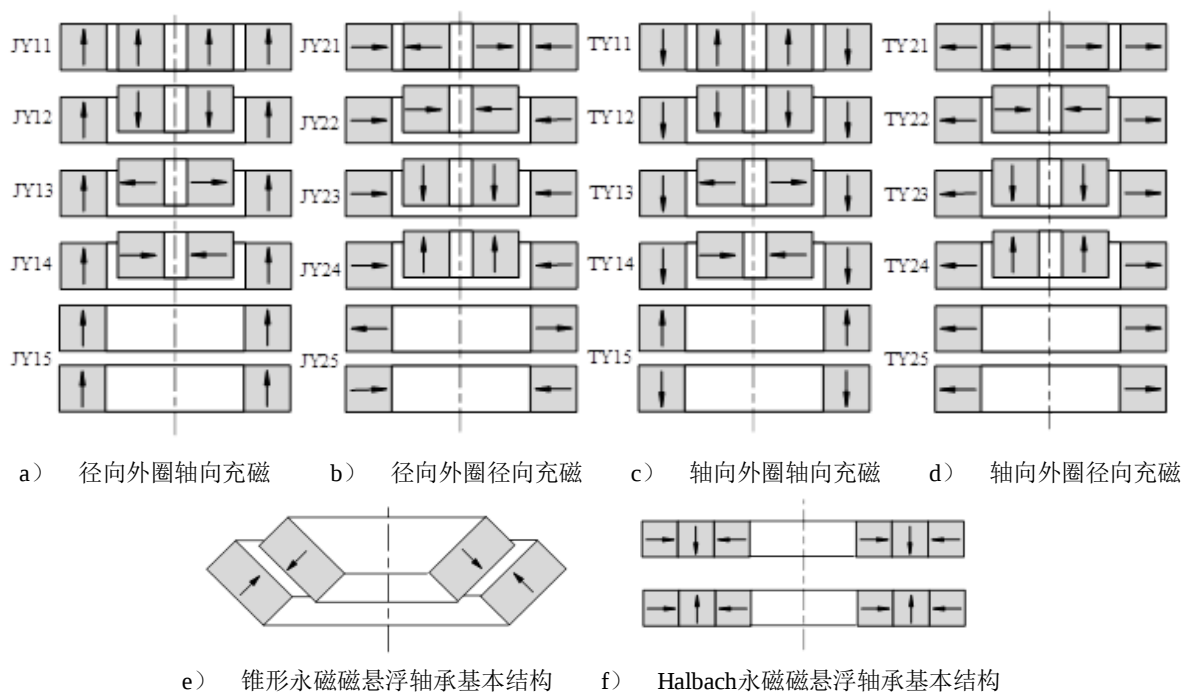
[来源：ISO 14839-1:2018，3.1.4，有修改]

4.1.5

永磁磁悬浮轴承 permanent maglev bearing (PMB)

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。

注：永磁磁悬浮轴承典型系统结构及代号示例见图4。



注1：图中箭头代表充磁方向。
注2：图形左侧符号是永磁磁悬浮轴承代号。
注3：径向，代表径向永磁磁悬浮轴承；轴向，代表轴向永磁磁悬浮轴承。

图4 永磁磁悬浮轴承典型结构及代号

- 4.1.6
径向永磁磁悬浮轴承 **radial permanent maglev bearing**
采用无反馈控制的永磁体间的磁场力径向悬浮支承转子径向载荷的被动磁悬浮轴承。
- 4.1.7
轴向永磁磁悬浮轴承 **axial permanent maglev bearing**
采用无反馈控制的永磁体间的磁场力轴向悬浮支承转子轴向载荷的被动磁悬浮轴承。
- 4.1.8
超导磁悬浮轴承 **superconducting maglev bearing (SMB)**
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。
注：这里的转子可以是超导体或磁体，磁体可以是永磁体、电磁体、超导磁体。
[来源：ISO 14839-1:2018，3.1.6，有修改]
- 4.1.9
径向超导磁悬浮轴承 **radial superconducting maglev bearing**
用于径向悬浮支承转子径向载荷的超导磁悬浮轴承。
注：径向超导磁悬浮轴承典型结构示例见图5。

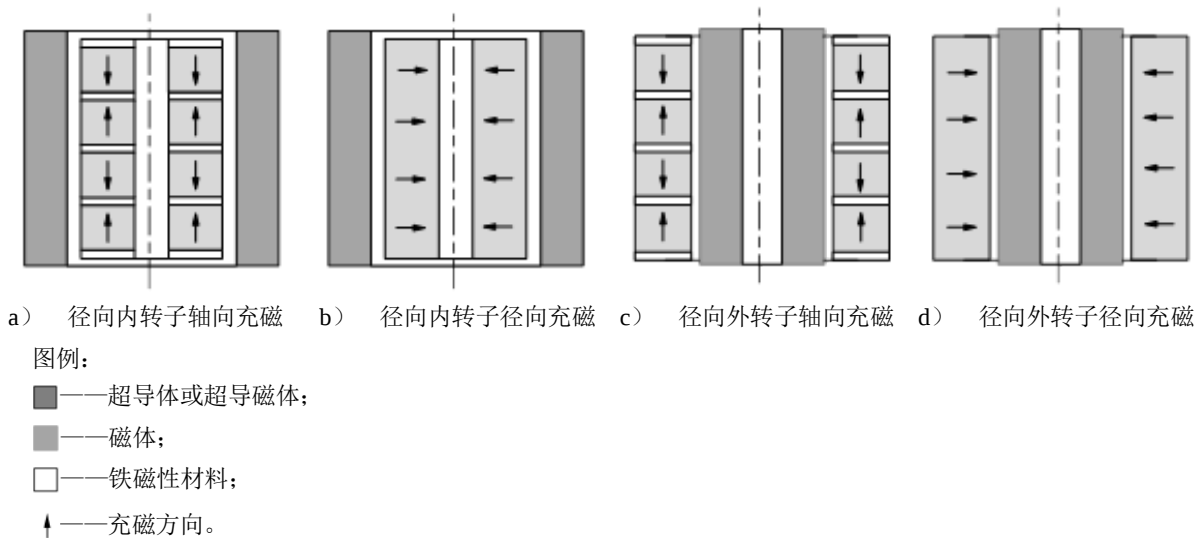


图5 径向超导磁悬浮轴承典型结构

4.1.10

轴向超导磁悬浮轴承 axial superconducting maglev bearing

用于轴向悬浮支承转子轴向载荷的超导磁悬浮轴承。

注：轴向超导磁悬浮轴承典型结构示例见图6。

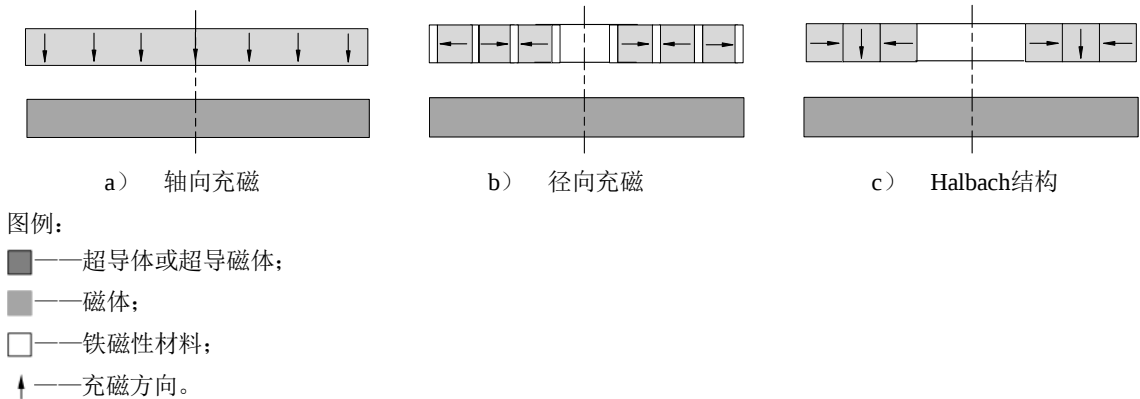


图6 轴向超导磁悬浮轴承典型结构

4.1.11

全超导磁悬浮轴承 all superconducting maglev bearing

磁悬浮轴承的转子和定子均由超导体和超导磁体组成的超导磁悬浮轴承。

4.1.12

混合磁悬浮轴承 hybrid maglev bearing (HMB)

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。

[来源：ISO 14839-1:2018, 3.1.7, 有修改]

4.1.13

永磁偏置磁悬浮轴承 permanent magnet biased maglev bearing

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。

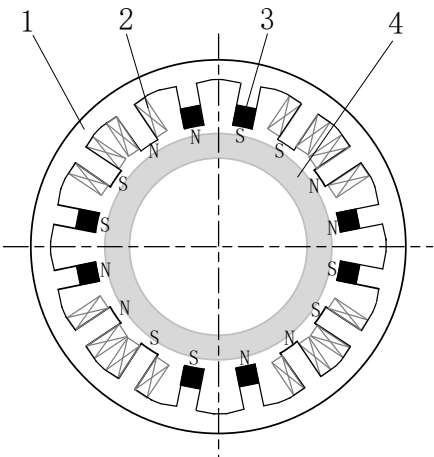
[来源：ISO 14839-1:2018, 3.1.8, 有修改]

4.1.14

径向永磁偏置磁悬浮轴承 **radial permanent magnet biased maglev bearing**

具有永磁偏置磁通，为转子提供径向悬浮支承磁场力，并参与抑制径向静态力及动态力干扰的磁悬浮轴承。

注：径向永磁偏置磁悬浮轴承典型结构示例见图7。



标引序号说明：

- 1——径向磁悬浮轴承定子铁心；
- 2——励磁线圈；
- 3——偏置永磁体；
- 4——转子。

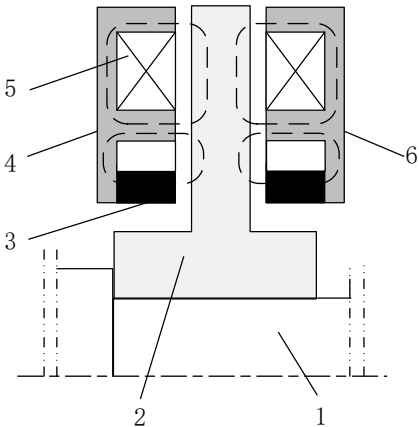
图7 径向永磁偏置磁悬浮轴承典型结构

4.1.15

轴向永磁偏置磁悬浮轴承 **axial permanent magnet biased maglev bearing**

具有永磁偏置磁通，为转子提供轴向悬浮支承磁场力，并参与抑制轴向静态力及动态力干扰的磁悬浮轴承。

注：轴向永磁偏置磁悬浮轴承典型结构示例见图8。



标引序号说明：

- 1——转子；
- 2——推力盘；
- 3——偏置永磁体；

- 4——轴向轴承左定子；
- 5——励磁线圈；
- 6——轴向轴承右定子。

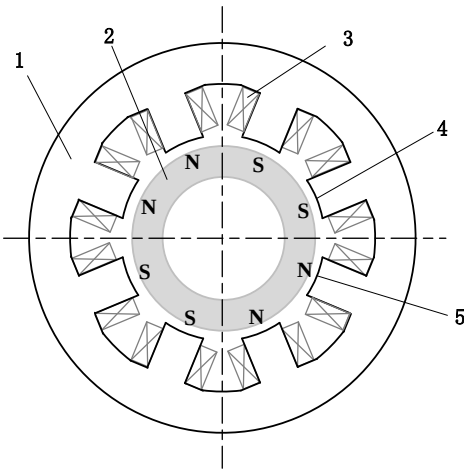
图8 轴向永磁偏置磁悬浮轴承典型结构

4.1.16

异极主动磁悬浮轴承 heteropolar-type AMB

磁极对由相邻磁极组成并周向排列的主动磁悬浮轴承。

- 注1：也可称周向分布式主动磁悬浮轴承。
- 注2：异极主动磁悬浮轴承典型结构示例见图9。



标引序号说明：

- 1——主动磁悬浮轴承定子铁心；
 - 2——转子；
 - 3——励磁线圈；
 - 4——S磁极；
 - 5——N磁极。
- 注3：相邻的S极、N极磁极组成一个磁极对。
- 注4：磁极也可N极、S极、N极、S极排列。

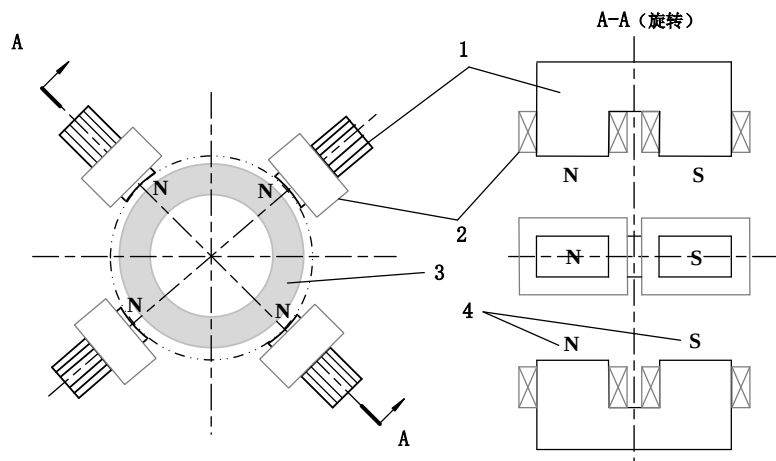
图9 异极主动磁悬浮轴承典型结构（8 极）

4.1.17

同极主动磁悬浮轴承 homopolar-type AMB

磁极对由相邻磁极组成并轴向排列的主动磁悬浮轴承。

- 注1：也可称轴向分布式主动磁悬浮轴承。
- 注2：同极主动磁悬浮轴承典型结构示例见图10。



标引序号说明:

1——主动磁悬浮轴承定子铁心;

2——励磁线圈;

3——转子;

4——磁极。

注3: 相邻的N极、S极磁极组成一个磁极对。

注4: 磁极轴向方向也可S极、N极排列。

图10 同极主动磁悬浮轴承典型结构 (8 极)

[来源: ISO 14839-1:2018, 3.1.22, 有修改]

4.1.18

直流磁悬浮轴承 direct current maglev bearing

采用直流电为励磁线圈提供控制电流或控制磁通的磁悬浮轴承。

注: 直流磁悬浮轴承也可能是被动磁悬浮轴承。

4.1.19

交流磁悬浮轴承 alternating current maglev bearing

采用交流电为励磁线圈提供控制电流或控制磁通的磁悬浮轴承。

4.1.20

高温磁悬浮轴承 high temperature maglev bearing

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。

注: 所有主动磁悬浮轴承附件, 如传感器、电磁铁、转子衔铁及传感器靶材在规定制式下均应满足此温度。

4.1.21

高温超导磁悬浮轴承 high temperature superconducting maglev bearing

由临界温度高于25 K的超导体组成的磁悬浮轴承。

注: K为绝对温度。

4.1.22

洛伦兹力磁悬浮轴承 lorentz force maglev bearing

依据洛伦兹力或安培力工作的磁悬浮轴承。

4.1.23

LC 调谐电路磁悬浮轴承 LC tuned circuit maglev bearing

利用LC电路共振特性制成的磁悬浮轴承。

4.1.24

自感磁悬浮轴承 self-sensing maglev bearing

无传感器磁悬浮轴承 sensorless maglev bearing

不使用位移传感器实现转子位置检测功能的磁悬浮轴承。

注：自感磁悬浮轴承是洛伦兹力磁悬浮轴承的一种类型。

4.2 磁悬浮轴承结构要素术语

4.2.1

径向磁悬浮轴承转子衔铁 radial maglev bearing rotor armature

径向磁悬浮轴承在转子上的铁磁部分，通常由薄片叠成。

4.2.2

传感器转子靶环 sensor rotor target ring

在转子上被位移传感器检测的工件部分。

4.2.3

推力盘 thrust disc

转子上施加轴向磁力的铁磁部分。

[来源：ISO 14839-1:2018, 3.2.2]

4.2.4

磁悬浮轴承定子 maglev bearing stator

电磁铁 electromagnet

磁悬浮轴承中将励磁线圈中的控制电流转变为控制磁场的固定部分。

注：磁悬浮轴承定子由定子铁心、励磁线圈等组成。

4.2.5

磁悬浮轴承定子铁心 maglev bearing stator core

由铁磁或其他磁渗透材料制成的磁悬浮轴承定子的铁心。

[来源：ISO 14839-1:2018, 3.3.1, 有修改]

4.2.6

径向磁悬浮轴承定子铁心 radial maglev bearing stator core

由铁磁或其他磁渗透材料制成的径向磁悬浮轴承定子的铁心。

4.2.7

轴向磁悬浮轴承定子铁心 axial maglev bearing stator core

推力磁悬浮轴承定子铁心 thrust maglev bearing stator core

由铁磁或其他磁渗透材料制成的轴向磁悬浮轴承定子的铁心。

4.2.8

电磁执行器 electromagnetic actuator

致动器 actuator

磁悬浮轴承的功率放大器与电磁铁的组合物。

注：功率放大器与电磁铁是相互依赖、紧密相连的两个单元。电磁力的动态性能与功率放大器及电磁铁的设计（即功放电压和电流，轴承的几何尺寸，轴承的匝数与电感）紧密相关。

4.2.9

励磁线圈 field coil

在磁悬浮轴承定子铁心中产生磁通的线圈。

[来源: ISO 14839-1:2018, 3.3.4, 有修改]

4.2.10

径向磁悬浮轴承励磁线圈 **radial maglev bearing field coil**

径向励磁线圈 **radial field coil**

径向线圈 **radial coil**

在径向磁悬浮轴承定子铁心中产生磁通的线圈。

[来源: ISO 14839-1:2018, 3.3.5, 有修改]

4.2.11

轴向磁悬浮轴承励磁线圈 **axial maglev bearing field coil**

推力磁悬浮轴承励磁线圈 **thrust maglev bearing field coil**

在轴向磁悬浮轴承定子铁心中产生磁通的线圈。

[来源: ISO 14839-1:2018, 3.3.6, 有修改]

4.2.12

位移传感器 **displacement transducer**

位置传感器 **position transducer**

非接触式检测转子位移或位置的传感器。

注: 常用的有涡流传感器、电感传感器、电容传感器、霍尔传感器等。

[来源: ISO 14839-1:2018, 3.4.3, 有修改]

4.2.13

径向位移传感器 **radial displacement transducer**

径向位置传感器 **radial position transducer**

非接触式检测转子径向位移或位置的传感器。

[来源: ISO 14839-1:2018, 3.4.4, 有修改]

4.2.14

轴向位移传感器 **axial displacement transducer**

轴向位置传感器 **axial position transducer**

推力位移传感器 **thrust displacement transducer**

推力位置传感器 **thrust position transducer**

非接触式检测转子轴向位移或位置的传感器。

[来源: ISO 14839-1:2018, 3.4.5, 有修改]

4.2.15

主动磁悬浮轴承控制器 **AMB controller**

主动磁悬浮轴承中依据位移或位置传感信号控制功率放大器输出的运算装置。

[来源: ISO 14839-1:2018, 3.5.2, 有修改]

4.2.16

功率放大器 **power amplifier**

为磁悬浮轴承定子励磁线圈提供控制动力功率输出与控制信号放大的装置。

[来源: ISO 14839-1:2018, 3.5.3, 有修改]

4.2.17

保护轴承 **protection bearing**

接触轴承 **contact bearing**

着陆轴承 **touch-down bearing**

接地轴承 **ground bearing**

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。

注：推力盘是转子的一部分。

[来源：ISO 14839-1:2018，3.6.1，有修改]

4.2.18

保护轴承柔性底座 **protection bearing flexible base**

为降低转子在保护轴承上着陆时的振动，给保护轴承提供设定的刚度和阻尼的柔性元件。

[来源：ISO 14839-1:2018，3.6.5，有修改]

4.2.19

磁悬浮轴承控制系统 **maglev bearing control system**

维持磁悬浮轴承稳定悬浮的电气控制装置。

注：磁悬浮轴承控制系统由传感器、功率放大器、控制器和控制程序等构成。

4.2.20

磁悬浮轴承控制系统电源 **maglev bearing control system power supply**

为磁悬浮轴承控制系统功率单元及控制单元提供稳定工作电流的供电装置。

4.2.21

磁悬浮轴承控制系统备用电源 **maglev bearing control system backup power supply**

为磁悬浮轴承控制系统提供不间断供电的备用供电装置。

4.2.22

不间断电源系统 **uninterruptible power supply system**

UPS系统 **UPS system**

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。

[来源：ISO 14839-1:2018，3.6.4]

4.2.23

转子余能发电系统 **rotor residual energy power generation system**

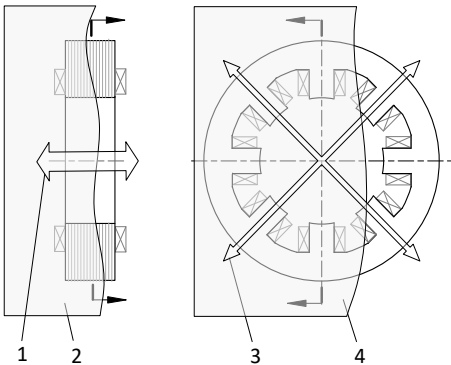
当电源切断时，即时将装备内的磁悬浮电动机转换为发电机，利用转子余能发电并为磁悬浮轴承供电的系统。

4.2.24

轴向 **axial direction**

平行于磁悬浮轴承轴线的方向。

注：轴向见图11中序号1。



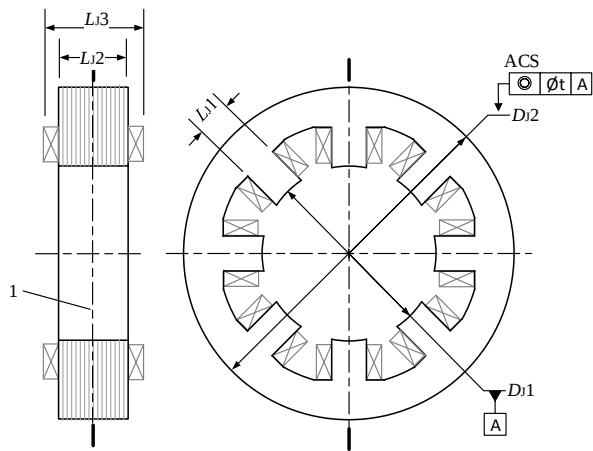
标引序号说明：

1——轴向；

- 2——轴向平面；
- 3——径向；
- 4——径向平面。

图11 磁悬浮轴承的结构方向

- 4. 2. 25
轴向平面 **axial plane**
包容磁悬浮轴承轴线的平面。
注：轴向平面见图11中的序号2。
- 4. 2. 26
径向 **radial direction**
垂直于磁悬浮轴承轴线的方向或沿转子直径或半径的直线方向。
注：径向见图11中的序号3。
- 4. 2. 27
径向平面 **radial plane**
磁悬浮轴承中垂直于轴线的平面。
注：径向平面见图11中的序号4。
- 4. 2. 28
极数 **number of poles**
一个磁悬浮轴承的S极N极磁极之和。
[来源：ISO 14839-1:2018， 3. 1. 20]
- 4. 2. 29
极对数 **pole-pair numbers**
一个磁悬浮轴承的S极N极磁极对之和。
- 4. 2. 30
径向定子铁心内径 **inner diameter of radial AMB stator core**
径向主动磁悬浮轴承定子铁心的内径。
注：见图12中的 D_{j1} 。



- 标引序号说明：
- 1 ——径向磁悬浮轴承的轴向中心；
 - D_{j1} ——径向定子铁心内径；
 - D_{j2} ——径向定子铁心外径；

L_1 ——磁极宽度;
 L_2 ——磁极厚度;
 L_3 ——磁悬浮轴承定子长度;
 ϕt ——为同轴度公差值。

注: ACS的意义见GB/T 1182。

图12 径向磁悬浮轴承的结构尺寸

4.2.31

径向定子铁心外径 outer diameter of radial AMB stator core

径向主动磁悬浮轴承定子铁心的外径。

注: 见图12中的 D_1 。

4.2.32

磁极宽度 pole width

在磁悬浮轴承的径向平面内, 一个磁极的磁通材料的宽度尺寸。

注: 磁极宽度见图12中尺寸 L_1 。

4.2.33

磁极厚度 pole thickness

在磁悬浮轴承的轴向平面内, 一个磁极的磁通材料的厚度尺寸。

注: 磁极厚度见图12中 L_2 。

4.2.34

径向定子磁极面积 radial stator pole area

径向磁悬浮轴承定子上一个磁极的横截面面积。

注: 磁极面积见图12, 一个磁极的面积为 L_1 与 L_2 的乘积。

[来源: ISO 14839-1:2018, 3.1.25, 有修改]

4.2.35

径向主动磁悬浮轴承总长度 total length of a radial AMB

在主动磁悬浮轴承的轴向平面内, 包含磁悬浮轴承励磁线圈的长度。

注: 径向磁悬浮轴承总长度见图12中的 L_3 。

4.2.36

径向主动磁悬浮轴承轴向中心 axial center of a radial AMB

径向主动磁悬浮轴承定子铁心的轴向几何中心。

注: 径向主动磁悬浮轴承轴向中心见图12中的1。

[来源: ISO 14839-1:2018, 3.1.14]

4.2.37

同心度 concentricity

沿磁悬浮轴承轴向方向各径向平面的定子铁心外径与内径中心点之间的形位公差。

注: 磁悬浮轴承同心度要求示例见图12中对基准A的形位公差标注, ϕt 为形位公差值。

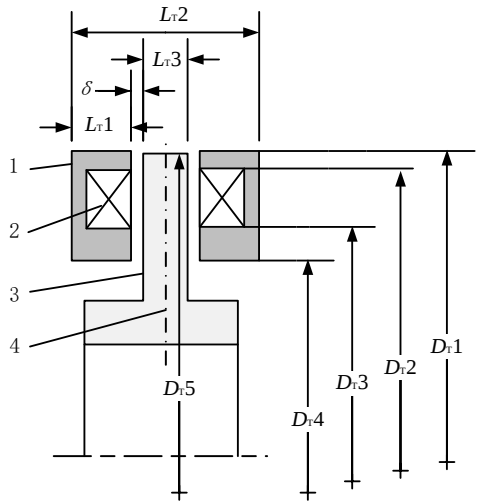
[来源: ISO 14839-1:2018, 3.1.35, 有修改]

4.2.38

轴向定子外极外径 axial stator outer pole outer diameter

轴向定子外磁极的外径。

注: 轴向定子外极外径见图13中的 D_{T1} 。



标引序号说明:

- 1 ——轴向定子;
- 2 ——轴向磁悬浮轴承励磁线圈;
- 3 ——轴向磁悬浮轴承推力盘;
- 4 ——轴向磁悬浮轴承的轴向中心;
- D_{T1} ——轴向定子外极外径;
- D_{T2} ——轴向定子外极内径;
- D_{T3} ——轴向定子内极外径;
- D_{T4} ——轴向定子内极内径;
- D_{T5} ——轴向推力盘外径;
- L_{T1} ——轴向定子厚度;
- L_{T2} ——轴向磁悬浮轴承总长度;
- L_{T3} ——轴向推力盘厚度;
- δ ——轴向磁悬浮轴承名义磁隙。

图13 轴向磁悬浮轴承结构尺寸

4. 2. 39

轴向定子外极内径 **axial stator outer pole inner diameter**
轴向定子外磁极的内径。

注：轴向定子外极内径见图13中的 D_{T2} 。

4. 2. 40

轴向定子内极外径 **axial stator inner pole outer diameter**
轴向定子内磁极的外径。

注：轴向定子内极外径见图13中的 D_{T3} 。

4. 2. 41

轴向定子内极内径 **axial stator inner pole inner diameter**
轴向定子内磁极的内径。

注：轴向定子内极内径见图13中的 D_{T4} 。

4. 2. 42

轴向定子厚度 **axial stator thickness**

轴向磁悬浮轴承单侧定子的厚度尺寸。

注：轴向定子厚度见图13中的 L_T1 。

4.2.43

轴向定子磁极面积 axial stator pole area

轴向轴承定子内极或定子外极的磁极面积。

注1：一般定子内极与定子外极面积相等，即 $(D1^2 - D2^2) = (D3^2 - D4^2)$ 。

注2：轴向定子磁极面积一般成对计算，计算方法见公式（1）。

$$S = \frac{\pi}{4}(D1^2 - D2^2 + D3^2 - D4^2) \cdots \cdots (1)$$

4.2.44

轴向推力盘外径 axial thrust disc outer diameter

轴向磁悬浮轴承推力盘的外径。

注：轴向推力盘外径见图13中的 D_T5 。

4.2.45

轴向推力盘厚度 axial thrust disc thickness

轴向磁悬浮轴承推力盘的厚度。

注：轴向推力盘厚度见图13中的 L_T3 。

4.2.46

轴向主动磁悬浮轴承总长度 total length of an axial AMB

包含轴向主动磁悬浮轴承的左右定子、推力盘及名义磁隙的总长度。

注：轴向主动磁悬浮轴承总长度见图13中的 L_T2 。

4.2.47

轴向主动磁悬浮轴承轴向中心 axial center of an axial AMB

轴向主动磁悬浮轴承定子轴向的几何中心。

注：轴向主动磁悬浮轴承的轴向中心见图13中的4。

4.2.48

轴向主动磁悬浮轴承名义磁隙 nominal gap of axial AMB

在轴向主动磁悬浮轴承的轴向平面内，当转子推力盘处于轴向主动磁悬浮轴承轴向中心位置时，轴向主动磁悬浮轴承与转子推力盘的单侧表面距离。

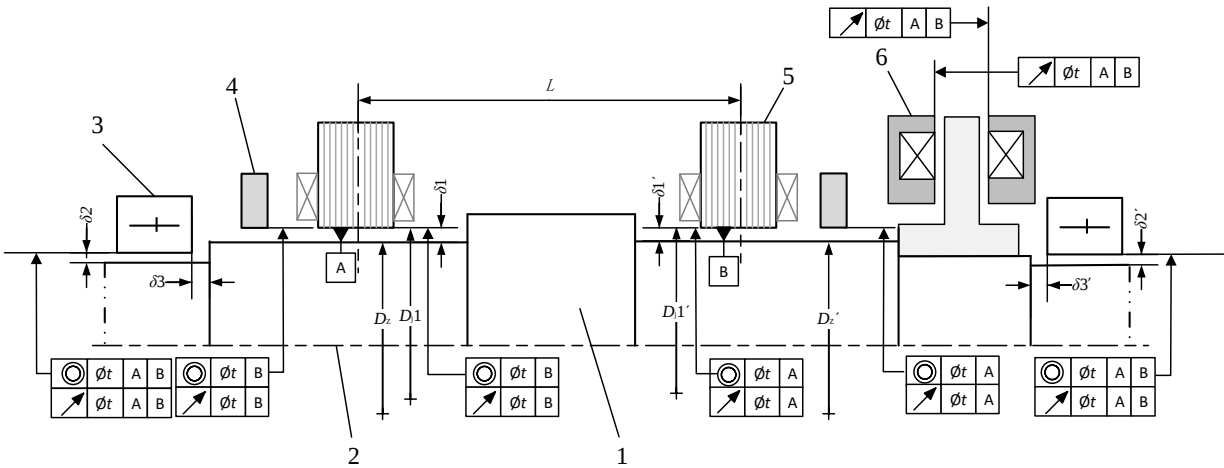
注：轴向主动磁悬浮轴承名义磁隙尺寸见图13中的 δ 。

4.2.49

同轴度 coaxiality

主动磁悬浮轴承和保护轴承之间及主动磁悬浮轴承之间的中心线定位公差。

注：同轴度示例见图14中公差框格有几何特征符号◎者， ϕt 为其公差值。



标引序号说明：

- 1 ——转子；
- 2 ——轴径 D_z 中心线；
- 3 ——保护轴承；
- 4 ——位移传感器；
- 5 ——径向磁悬浮轴承；
- 6 ——轴向磁悬浮轴承；
- D_z ——径向磁悬浮轴承轴径；
- D_1 ——径向磁悬浮轴承内径；
- δ_1 ——径向磁悬浮轴承名义磁隙；
- δ_2 ——保护轴承径向名义磁隙；
- δ_3 ——保护轴承轴向名义磁隙；
- L_j ——径向磁悬浮轴承名义跨距；
- ◎ ——同轴度公差符号；
- ↗ ——径向跳动公差符号。

图14 磁悬浮轴系尺寸

[来源：ISO 14839-1:2018，3.1.34，有修改]

4.2.50

圆跳动公差 **circular run-out tolerance**

磁悬浮轴承和保护轴承之间及磁悬浮轴承之间的中心线定位公差的圆跳动表达方法。

注1：圆跳动公差示例见图14中公差框格内有几何特征符号↗者。

注2：为提高磁悬浮轴系各部件的装配精度，与采用同轴度比，采用圆跳动具有更好的可操作性。

4.2.51

径向主动磁悬浮轴承轴径 **radial AMB shaft diameter**

与径向主动磁悬浮轴承配用的转子轴径尺寸。

注：见图14中的 D_z 。

4.2.52

径向主动磁悬浮轴承名义磁隙 **radial AMB nominal gap**

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。

注：径向主动磁悬浮轴承名义磁隙尺寸见图14中的 δ_1 。

4.2.53

径向主动磁悬浮轴承间轴承跨距 **bearing span between radial AMBs**

轴系中的两个径向主动磁悬浮轴承的轴向中心之间的轴向距离。

[来源：ISO 14839-1:2018, 3.1.19, 有修改]

4.2.54

保护轴承径向间隙 **radial clearance of protection bearing**

保护轴承的内径与其颈内转子轴外径之差的一半。

注1：保护轴承径向间隙见图14中的 δ_2 。

注2：保护轴承径向间隙应小于同轴系中径向磁悬浮轴承名义磁隙。

4.2.55

保护轴承轴向间隙 **axial clearance of protection bearing**

保护轴承与转子轴肩之间的轴向间隙。

注1：保护轴承轴向间隙见图14中的 δ_3 。

注2：保护轴承轴向间隙应小于同轴系中轴向磁悬浮轴承名义磁隙。

4.2.56

保护轴承硬止动间隙 **protection bearing hard-stop clearance**

保护轴承采用柔性支座时，在转子降落制动过程中，柔性支座的最大移动距离。

4.3 磁悬浮轴承性能相关术语

4.3.1

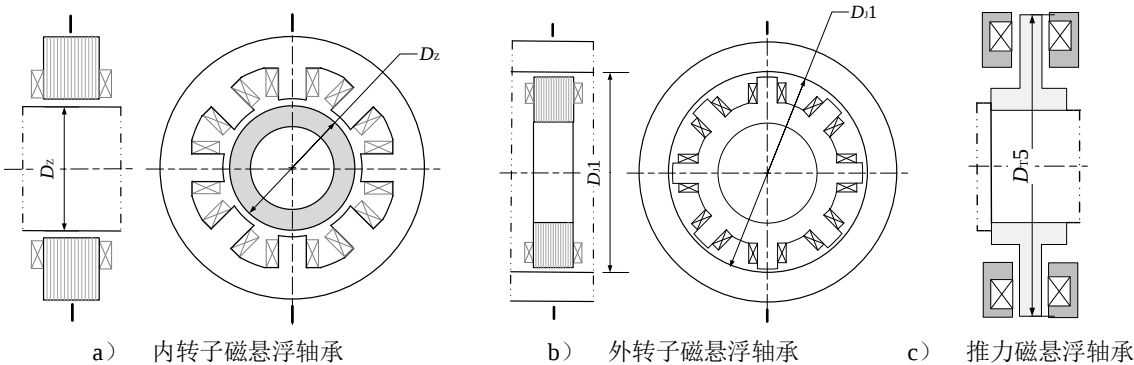
DN 值 DN value

转子的直径 D （毫米）与极限转速 N （转/分）的乘积。

注1：径向磁悬浮轴承内转子的直径 D 值为径向磁悬浮轴承的轴径，见图15 a) D_z 。

注2：径向磁悬浮轴承外转子的直径 D 值为径向磁悬浮轴承的轴径内径，见图15 b) D_{j1} 。

注3：推力磁悬浮轴承转子的直径 D 值为推力盘的外径，见图15 c) D_{T5} 。



标引序号说明：

D_z ——内转子径向磁悬浮轴承的轴径；

D_{j1} ——外转子径向磁悬浮轴承的内轴径；

D_{T5} ——推力磁悬浮轴承的推力盘外径。

图15 DN 值的直径 D 示例

[来源：ISO 14839-1:2018, 3.2.6, 有修改]

4.3.2

主动磁悬浮轴承控制轴数 number of control axes of an AMB

主动磁悬浮轴承控制的转子自由度的数量。

4.3.3

径向载荷 radial load

作用于转子径向方向的载荷。

4.3.4

轴向载荷 axial load

作用于转子轴向方向的载荷。

4.3.5

静载荷 static load

载荷缓慢地由零增加到某一定值,以后即保持不变,或变动很不显著(惯性效应可略去不计)的载荷。

4.3.6

动载荷 dynamic load

随时间而变化的载荷。

注1: 随时间作周期性变化的载荷称为交变载荷。

注2: 物体的运动在瞬时内发生突然变化所引起的载荷称为冲击载荷。

4.3.7

转子工作点 rotor operating point**平衡点 equilibrium point**

悬浮平衡的转子,当其轴线通过径向位移传感器的径向中心、其推力盘及轴向磁悬浮轴承的轴向中心同位,且磁悬浮轴承的定子与转子间的距离均处于名义磁隙时的位置。

注1: 工作点的测量位置在位移传感器而非磁悬浮轴承处,所以存在不同位问题。

注2: 各径向、轴向磁悬浮轴承在工作点位置上的工作参数(偏置电流 i_0 、初始位移即名义磁隙 x_0)是不同的。

注3: 仅要求通过推力盘的轴向中心与轴向磁悬浮轴承的轴向中心的两个与轴线垂直的面同位,如果限定其两个平面的中心也同心,则将成为“过约束”。

4.3.8

偏置电流 bias current

为维持转子悬浮在工作点的状态,差动控制电磁力线性化,给各径向、轴向轴承励磁线圈提供的恒定直流工作电流。

4.3.9

位移 displacement

从转子工作点位置始,在位移传感器的径向、轴向上的移动距离。

注1: 位移是在传感器的径向平面上测量的,应用于磁悬浮轴承作控制依据时,存在不同位问题。

注2: 转子的位移有时称为振动。

4.3.10

保护轴承设计寿命 design life of protection bearing

在额定条件下,保护轴承系统不需更换或整修的接触事件的最少次数。

4.3.11

安全降落次数 safe landings**软着陆次数 soft landings**

保护轴承设计寿命内转子可安全从磁悬浮状态降落到机械支承状态的次数。

4.3.12

电磁铁系数 electromagnet coefficient

由电磁铁结构及其材料的饱和磁感应强度决定的磁场力（麦克斯韦力）表达式中的系数 K_b ，见公式（2）。

$$F = \frac{B_0^2 A}{\mu_0} = K_b \frac{i_{\max}^2}{\delta^2} \dots\dots\dots (2)$$

对于两个气隙回路的U型磁铁，电磁铁系数表达式见公式（3）：

$$K_b = \frac{\mu_0 N^2 A}{4} \dots\dots\dots (3)$$

式中：

F ——磁场力（麦克斯韦力），单位为牛顿（N）；

$i_{\max}$ ——励磁线圈最大电流，单位为安培（A）；

δ ——电磁铁气隙，单位为米（m）；

B_0 ——气隙中的磁感应强度，单位为特斯拉（T）；

μ_0 ——空气磁导率，单位为亨每米（H/m）；

N ——U型电磁铁励磁线圈总匝数；

A ——铁心磁路截面积，单位为平方米（m²）。

注：不同的结构形式 K_b 值不同。

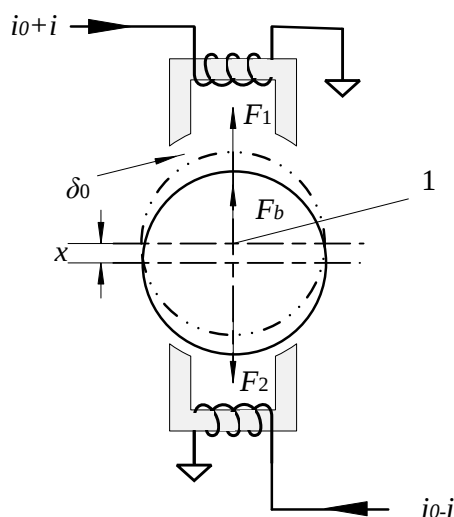
4.3.13**静态差动电磁力 static differential electromagnetic force**

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。

注1：忽略传感器和功放电路的动态特性。

注2：差动电磁力的位移、电流特性见图16。

注3：引力的计算公式见公式（4）～（6）。



标引序号说明：

1 ——磁悬浮轴承径向平面的中心；

F_1 ——差动第一个电磁铁产生的引力；

F_2 ——差动第二个电磁铁产生的引力；

i ——控制电流；

i_0 ——偏置电流;
 x ——转子的径向位移;
 δ_0 ——名义磁隙。

图16 差动电磁力的位移、电流特性

$$F_b = F_1 - F_2 = K_b \left(\frac{i_0 + i}{\delta_0 + x} \right)^2 - K_b \left(\frac{i_0 - i}{\delta_0 - x} \right)^2 \approx$$

$$4K_b \frac{i_0}{\delta_0^2} i - 4K_b \frac{i_0^2}{\delta_0^3} x = K_i i + K_s x \cdots \cdots (4)$$

$$K_i = 4K_b \frac{i_0}{\delta_0^2} \cdots \cdots (5)$$

$$K_s = -4K_b \frac{i_0^2}{\delta_0^3} \cdots \cdots (6)$$

式中:

F_b ——差动电磁力;
 K_b ——电磁铁系数;
 K_i ——力/电流增益;
 K_s ——负位置刚度。

4.3.14

动载荷频率 dynamic load frequency

单位时间内动载荷完成周期性变化的次数。

4.3.15

电磁力频率 electromagnetic force frequency

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。

注:同一时间的电磁力频率与动载荷频率相等。

4.3.16

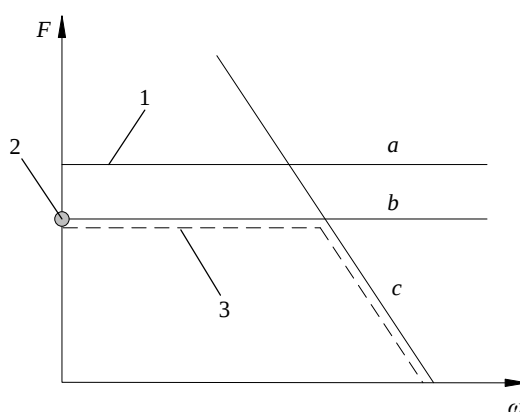
主动磁悬浮轴承负载能力 load capacity of an AMB

为使转子稳定悬浮于工作点位置,各径向主动磁悬浮轴承可对转子输出的最大径向力和/或各轴向主动磁悬浮轴承可对转子输出的最大轴向力。

注1:主动磁悬浮轴承的负载能力限制见图17。

注2:主动磁悬浮轴承的负载能力是指单个磁悬浮轴承的负载能力。

注3:这通常受到定子和转子铁心铁磁材料的磁饱和、功率放大器提供的最大线圈电流和功率放大器的最大驱动电压的限制。



标引序号说明:

F ——电磁力;

ω ——电磁力频率;

1 ——最大电流限制给出的峰值瞬态负载能力;

2 ——(点)静态负载能力;

3 ——(虚线)连续运行的负载能力限制;

a ——由最大电流限制的峰值瞬态负载能力;

b ——由温度极限限制的静态负载能力;

c ——由动载荷引发的放大器输出电压极限决定的励磁电流下的动态负载能力。

图17 主动磁悬浮轴承的负载能力限制

[来源: ISO 14839-1:2018, 3.1.26, 有修改]

4.3.17

主动磁悬浮轴承峰值瞬态负载能力 peak transient load capacity of an AMB

由主动磁悬浮轴承最大电流限制给出的、在有限时间内的最大负载能力。

注: 主动磁悬浮轴承峰值瞬态负载能力值为当磁感应强度达到电磁铁材料的饱和磁感应强度时的静态力 F_j 。

[来源: ISO 14839-1:2018, 3.1.26.2, 有修改]

4.3.18

主动磁悬浮轴承静态负载能力 static load capacity of an AMB

由主动磁悬浮轴承的温度极限给出的、恒载连续运行的最大负载能力。

[来源: ISO 14839-1:2018, 3.1.26.1, 有修改]

4.3.19

主动磁悬浮轴承动态负载能力 dynamic load capacity of an AMB

由主动磁悬浮轴承放大器输出电压极限决定的励磁电流下的最大负载能力。

注1: 主动磁悬浮轴承动态负载能力见图17曲线 c 。

注2: 主动磁悬浮轴承动态负载能力值计算方法见公式(7)。

$$F_{dmax} \leq 4K_b \frac{i_0 V_{max}}{\delta_0^2 \omega L} \dots \dots \dots (7)$$

式中:

F_{dmax} ——最大动态负载能力;

L ——励磁线圈电感, $L = K_l^2 / |K_s|$;

$V_{\max}$ ——功率放大器电压最大值。

[来源：ISO 14839-1:2018, 3.1.26.3, 有修改]

4.3.20

功率放大器电压 power amplifier voltage

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。

注：功率放大器电压的表达式见公式（8）：

$$V = Ri + L \frac{di}{dt} + K_u \frac{dx}{dt} \dots\dots\dots (8)$$

式中：

V ——功率放大器电压；

R ——励磁线圈电阻；

i ——励磁线圈电流；

K_u ——感应电动势系数， $K_u = K_i$ ；

di/dt ——电流变化率；

dx/dt ——位移速度。

4.3.21

开环电磁力 open loop electromagnetic force

开环干扰力 open loop interference force

由动载荷产生的位移引发的磁场力。

注：开环电磁力计算表达式见公式（9）。

$$F_d = F_j = m\ddot{x} = K_i i + K_s x \dots\dots\dots (9)$$

式中：

F_d ——开环电磁力；

m ——转子质量。

4.3.22

闭环电磁力 closed loop electromagnetic force

闭环干扰力 closed loop interference force

忽略动载荷频率的动态电磁力。

注1：一种典型的闭环电磁力计算表达式见公式（10）。

注2：公式（10）由差动电磁力公式（2）与开环电磁力公式（9）联立求得。

$$F_d = m\ddot{x} = -Kx - d\dot{x} \dots\dots\dots (10)$$

式中：

F_d ——闭环电磁力；

K ——单自由度静刚度；

d ——单自由度阻尼；

x ——转子位移；

$\dot{x}$ ——转子位移变化率。

4.3.23

控制电流 control current

功率放大器驱动磁悬浮轴承励磁线圈的电流。

注：一种典型的控制电流表达见公式(11)。

$$i_{(x)} = -\frac{(K-K_s)x+d\dot{x}}{K_i} \dots\dots\dots (11)$$

4.3.24

动态闭环电磁力 **dynamic closed-loop electromagnetic force**

动态闭环干扰力 **dynamic closed-loop interference force**

线性系统中由周期动载荷产生的磁场力。

注1：动态闭环电磁力是对动态闭环干扰力的响应。

注2：一种典型的动态闭环电磁力表达式见公式（12）。

$$F_t = m\ddot{x} + d\dot{x} + Kx = F_d \cos(\omega t) \cdots \cdots \cdots (12)$$

式中：

F_t ——动态闭环电磁力或动态闭环干扰力；

t ——时间。

4.3.25

主动磁悬浮轴承刚度 **AMB stiffness**

主动磁悬浮轴承某方向单位位移所需的沿该位移方向力的增量。

4.3.26

主动磁悬浮轴承负位置刚度 **AMB negative position stiffness**

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。

注1：负位置刚度为负值。

注2：负位置刚度表达式见公式（13）。

$$K_s = -4K_b \frac{i_0^2}{\delta_0^3} \cdots \cdots \cdots (13)$$

[来源：ISO 14839-1:2018, 3.5.7, 有修改]

4.3.27

主动磁悬浮轴承静态刚度 **AMB static stiffness**

主动磁悬浮轴承静刚度

忽略动载荷频率，转子在主动磁悬浮轴承中某方向的单位位移所需的沿该位移方向力的增量。

注1：主动磁悬浮轴承的刚度不仅取决于结构参数、平衡位置、还取决于控制规律。

注2：主动磁悬浮轴承静态刚度表达式见公式（14）。

注3：当控制电流如公式（11）时，公式（11）中第一项即为PID调节的比例系数 K_p ， $K_p = \frac{(K-K_s)}{K_i}$ 移项后即公式（14）。

$$K = K_i K_p + K_s \cdots \cdots \cdots (14)$$

4.3.28

主动磁悬浮轴承广义刚度 **AMB generalized stiffness**

主动磁悬浮轴承支承力与转子位移的拉普拉斯变换之比。

注：主动磁悬浮轴承广义刚度表达式见公式（15）。

$$K(s) = \frac{F(s)}{X(s)} \cdots \cdots \cdots (15)$$

式中：

$K(s)$ ——广义刚度。

4.3.29

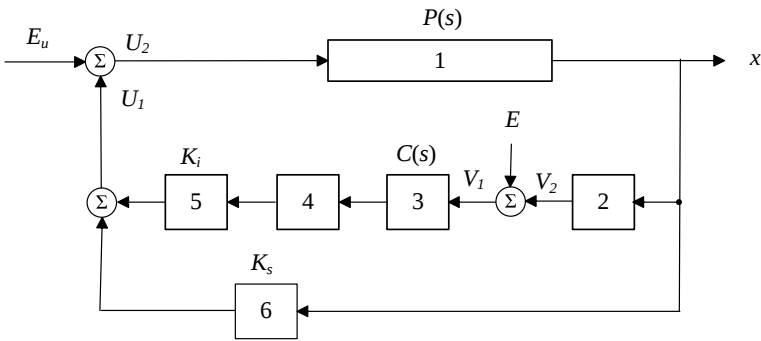
主动磁悬浮轴承动态刚度 **AMB dynamic stiffness**

由传递函数计算的主动磁悬浮轴承的刚度。

注：通过传递函数的主动磁悬浮轴承动态刚度的传递函数见表1，原理见图18。

表1 计算磁悬浮轴承动态刚度、柔度的传递函数

传递函数形式	执行点	名称	$G(s)(s = j\omega)$
$U_2 \rightarrow V_2$	E_u	开环对象	$P(s)$
$V_1 \rightarrow U_1$	E	控制器	$C(s)$
$E_u \rightarrow V_2$	E_u	动态柔度	$[1 - P(s)C(s)]^{-1}P(s)$
$V_2 \rightarrow E_u$	E_u	动态刚度	$P^{-1} - C$



标引序号说明：

- 1 —— 机械设备转子；
- 2 —— 位置传感器；
- 3 —— 主动磁悬浮轴承控制器；
- 4 —— 功率放大器；
- 5 —— 电磁铁；
- 6 —— 主动磁悬浮轴承执行器；
- K_i —— 电流刚度；
- K_s —— 负位置刚度；
- x —— 位移；
- $C(s)$ —— 控制器的拉普拉斯变换；
- $P(s)$ —— 开环对象的拉普拉斯变换；
- E 、 E_u —— 执行点；
- V_1 、 V_2 、 U_1 、 U_2 —— 测量信号。

图18 主动磁悬浮轴承动态刚度

4. 3. 30

主动磁悬浮轴承柔度 **AMB compliance**

主动磁悬浮轴承刚度的倒数。

注：无论何类柔度都是同类刚度的倒数。

4. 3. 31

主动磁悬浮轴承动态柔度 **AMB dynamic compliance**

由传递函数计算的主动磁悬浮轴承的柔度。

注：通过传递函获得的主动磁悬浮轴承动态刚度的传递函数见表1，原理见图18。

4. 3. 32

主动磁悬浮轴承广义柔度 **AMB generalized compliance**

主动磁悬浮轴承广义频率响应 **AMB generalized frequency response**

以干扰力为输入，主动磁悬浮轴承支承点处转子位移为输出的传递函数，是广义刚度的倒数。

注：主动磁悬浮轴承广义柔度表达式见公式（16）。

$$R_g = \frac{1}{K(s)} = G(s) = \frac{X(s)}{F(s)} = \frac{1}{ms^2 + ds + k} = \frac{1}{m(s^2 + 2\sigma s + \omega_0^2)} \dots\dots\dots (16)$$

式中：

R_g ——主动磁悬浮轴承广义柔度；

σ ——衰减率。

4.3.33

幅值响应 amplitude response

放大因子 amplification factor

以干扰力为输入、磁悬浮轴承支承点处转子位移为输出的传递函数复频率幅值的绝对值。

注：幅值响应计算见公式（17）。

$$|G(j\omega)| = \frac{1}{m\sqrt{(\omega_0^2 - \omega^2)^2 + (2\sigma\omega)^2}} \dots\dots\dots (17)$$

式中：

$|G(j\omega)|$ ——幅值响应。

4.3.34

相位响应 phase response

以干扰力为输入、磁悬浮轴承支承点处转子位移为输出的传递函数复频率幅值的相位。

注：相位响应表达式见公式（18）。

$$\phi_p = \angle G(j\omega) = \tan^{-1} \frac{-2\sigma\omega}{\omega_0^2 - \omega^2} \dots\dots\dots (18)$$

式中：

ϕ_p ——相位响应。

4.3.35

伪周期 pseudo period

转子振动响应的相邻两个最大振幅之间的时间，其各值不相等。

注：闭环系统微分方程式的时域解，在亚临界阻尼下，是一个振动，表达式见公式（19）。

$$x(t) = Ce^{-\sigma t} \cos(\omega t - \varphi) \dots\dots\dots (19)$$

式中：

$x(t)$ ——与外界激励具有相同频率 ω （电磁力频率）的振荡，但具有不同的幅度 C 和相对于激励信号的相位偏移 φ 。

4.3.36

特征频率 characteristic frequency

伪角频率 pseudo angular frequency

转子振动响应的角频率。

注1：特征频率与磁力频率相同，均是对动载荷频率的响应，它们之间数值相同。

注2：因为周期是伪周期，所以角频率也被称为伪角频率。

注3：当控制电流如公式（11）时，特征频率是闭环系统微分方程式（12）的共轭复数特征值 $\lambda_1 = -\sigma + j\omega$ 、 $\lambda_2 = -\sigma - j\omega$ 解的虚部，其计算见公式（20）。

$$\omega_0 = \sqrt{\frac{k}{m} - \frac{d^2}{4m^2}} \dots\dots\dots (20)$$

4.3.37

无量纲频率 dimensionless frequency

激励频率 ω 与该无阻尼系统的特征频率幅值 ω_0 的比值。其表达式见公式（21）。

$$k_u = \frac{\omega}{\omega_0} \cdots \cdots \cdots (21)$$

注：电磁力频率是对激励频率的响应，两者数值相等。

4.3.38

共振 resonance

当激励频率 ω 等于该无阻尼系统的特征频率幅值 ω_0 时， $k_u = 1$ 的振动状态。

注：有阻尼的系统达到特有频率时也会共振。

4.3.39

主动磁悬浮轴承阻尼 AMB damping

转子在主动磁悬浮轴承中某方向的单位位移速度变化所需的沿该位移速度方向力的增量。

注1：主动磁悬浮轴承的阻尼不仅取决于结构参数、平衡位置、还取决于控制规律。

注2：主动磁悬浮轴承阻尼表达式见公式（22）。

$$d = K_i K_d \cdots \cdots \cdots (22)$$

式中：

d ——主动磁悬浮轴承阻尼；

K_d ——比例系数。

注3：阻尼公式只有在理想PD控制时才成立。

4.3.40

临界阻尼 critical damping

特征频率为零时的阻尼。

注：临界阻尼表达式见公式（23）。

$$d = 2\sqrt{mk} \cdots \cdots \cdots (23)$$

4.3.41

衰减率 attenuation rate**特征阻尼 characteristic damping**

同方向的两个相邻波的前一个波幅减去后一个波幅之差与前一个波幅的比值。

4.3.42

阻尼率 damping ratio

衰减率与特征频率幅值的比值。

注：阻尼率 ε 表达式见公式（24）。

$$\varepsilon = \frac{\sigma}{\omega_0} \cdots \cdots \cdots (24)$$

4.3.43

主动磁悬浮轴承最高工作温度 maximum operating temperature of AMB

主动磁悬浮轴承各组成材料，如硅钢片、励磁线圈、灌封材料、钎焊磁材料、线架、传感器、永磁体、超导体、电子元器件等工作温度指标的最低值。

4.3.44

主动磁悬浮轴承总损耗 total AMB loss

转子和定子涡流和磁滞引起的铁损耗、定子线圈中的铜损耗（欧姆损耗）、轴承转子表面的风阻损耗和电气设备（电缆、电子柜）中的电路损耗之和。

[来源：ISO 14839-1:2018，3.1.29，有修改]

4.3.45

脱浮 **delevitation**

主动磁悬浮轴承对转子的位置失去控制。

4.3.46

不同位 **non-collocation**

由于结构限制，径向传感器和径向磁悬浮轴承不能安装在转子轴向同一位置的结构状态。

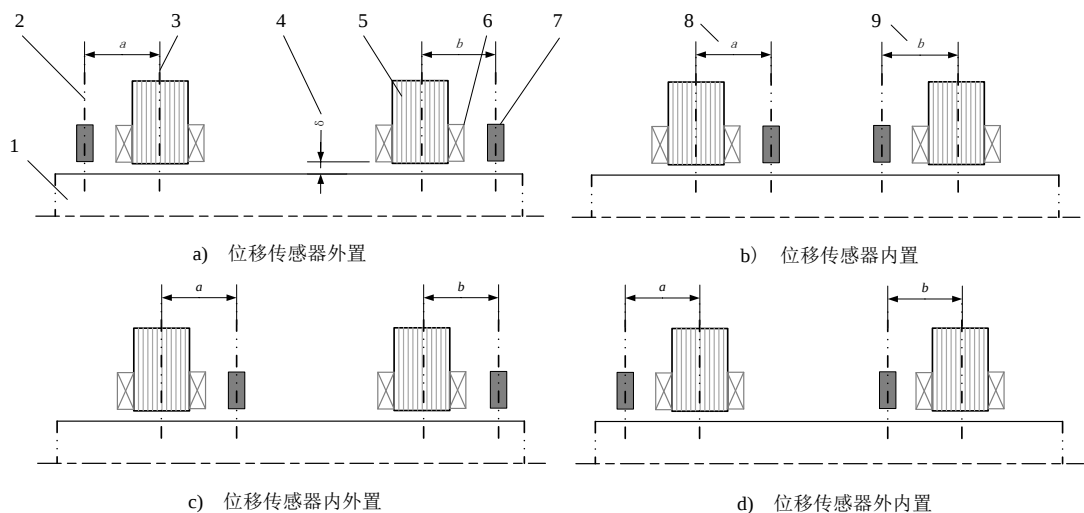
注1：不同位会影响设备的动态。

注2：采用位移传感器的类型不同，不同位对设备的动态影响不同。

注3：不同位示例见图19。

注4：径向传感器轴向位置中心线（图19中2）与径向磁悬浮轴承轴向位置中心线（图19中3）不在同一位置，称不同位。

注5：左右不同位尺寸可相等。



标引序号说明：

- 1——转子；
- 2——径向传感器轴向位置中心线；
- 3——径向磁悬浮轴承轴向位置中心线；
- 4——气隙；
- 5——径向磁悬浮轴承；
- 6——励磁线圈；
- 7——位移传感器；
- 8——左不同位尺寸（*a*）；
- 9——右不同位尺寸（*b*）。

图19 径向位移传感器与径向磁悬浮轴承的不同位

[来源：ISO 14839-1:2018，3.1.33，有修改]

4.3.47

接触测试 **touch-down test**

在指定速度下旋转的转子，人为地落在保护（接触）轴承上，以评估它们性能的测试。

[来源：ISO 14839-1:2018，3.6.3]

5 载运装备用磁悬浮支承与导向系统术语

5.1 磁悬浮支承与导向系统基本术语

5.1.1

载运装备 **carrying equipment**

用于运输货物和人员的各种交通工具和设备。

5.1.2

磁悬浮载运装备 **maglev carrying equipment**

利用磁力作用悬浮于导轨上并采用直线电机驱动，实现承载及驱动的载运装备。

注：常见的有电磁悬浮、电动悬浮、超导钉扎悬浮等制式。

5.1.3

磁悬浮支承与导向系统 **maglev support and guidance system**

利用磁力实现载运装备支承和导向功能，保持载运装备与轨道无接触悬浮和导向的系统设备。

5.1.4

电磁悬浮 **electromagnetic suspension (EMS)**

利用主动控制的电磁力实现载运装备稳定支承的方式。

5.1.5

电磁导向 **electromagnetic guidance**

利用主动控制的电磁吸力使载运装备与轨道的横向导向面保持非接触状态。

[来源：CJ/T 367—2011，3.4]

5.1.6

电磁悬浮系统 **electromagnetic suspension system**

采用电磁悬浮方式的磁悬浮系统。

5.1.7

电动悬浮 **electrodynamic suspension (EDS)**

利用励磁装置与感应装置之间的相对运动，在感应装置内产生感应电流及感应磁场，感应磁场与励磁磁场相互作用产生电磁力，实现载运装备稳定悬浮的被动支承方式。

5.1.8

电动悬浮系统 **electrodynamic suspension system**

采用电动悬浮方式的磁悬浮系统。

5.1.9

超导电动悬浮 **superconducting electrodynamic suspension**

励磁装置导体采用超导材料、感应装置导体采用常导材料的电动悬浮方式。

5.1.10

永磁电动悬浮 **permanent magnet electrodynamic suspension**

励磁装置采用永磁材料、感应装置导体采用常导材料的电动悬浮方式。

5.1.11

感应装置 **induction device**

与超导磁体相对运动时产生感应电流的装置。

5.1.12

磁浮导轨 **maglev guideway**

利用磁场力悬浮支承动子并为动子提供直线运动导向的非接触式支承。

5.1.13

磁浮轨道 maglev track

实现磁悬浮载运装备支承、悬浮、导向、牵引、制动功能和保障其正常运行的固定装置。

5.1.14

轨道功能面 functional surface of maglev track

实现载运装备悬浮/导向功能的轨道作用面。

5.1.15

滑行轨 gliding track

位于轨道梁上方的功能面，载运装备静置状态起支承作用，载运装备运行悬浮故障由支承滑橇承载或安全制动时，承受载重和摩擦阻力。

5.1.16

滑行面 gliding surface

滑行轨表面，支承下落车辆滑行的功能面。

[来源：TB 10630—2019，2.1.27，有修改]

5.1.17

电磁悬浮系统导向轨 EMS system guiding track

电磁悬浮系统中轨道悬臂外侧起导向作用或摩擦制动作用的模块。

5.1.18

电磁悬浮系统导向面 EMS system guiding surface

电磁悬浮系统中导向轨表面，是依据规定的导向间隙，引导载运装备横向运行轨迹的功能面。

[来源：TB 10630—2019，2.1.26，有修改]

5.1.19

长定子 long stator

直线电机定子，沿磁浮轨道安装，与载运装备上的电机动子相互作用，为载运装备提供牵引力和制动力。

5.1.20

定子面 stator surface

由直线电机定子外表面构成的平面。

5.2 磁悬浮支承与导向系统结构要素术语

5.2.1

悬浮架 levitation chassis

用于支承载重和安装磁体并传递悬浮、导向、牵引与制动力的机械结构装置，具有机械解耦、适应轨道曲线与不平顺公差、减振和机械制动的功能，包括悬浮框及各种悬挂系统零部件。

[来源：CJ/T 375—2011，3.5，有修改]

5.2.2

一系悬挂 primary suspension

用于传递悬浮磁体与悬浮架间作用力及定位的减振装置。

5.2.3

二系悬挂 secondary suspension

用于传递悬浮架与载运装备间作用力的减振装置。

5.2.4

高度阀 height valve

带空气弹簧（气囊）的载运装备悬架系统配置的气阀，可感知载运装备高度动态变化，通过及时完成进气或者排气动作，调节空气弹簧（气囊）的高度，从而达到保持车厢高度的装置。

5.2.5

支承滑橇 support skid

用于磁悬浮载运装备的静止支承和应急滑行支承，并具有一定摩擦功能的机械部件。

5.2.6

悬浮磁体 levitation magnet

与轨道功能件作用产生电磁力，实现磁悬浮功能的部件。

5.2.7

导向磁体 guidance magnet

与导向轨作用产生电磁力，实现电磁导向功能的部件。

5.2.8

悬浮控制器 levitation controller

在电磁悬浮系统中，接收悬浮传感器发送的悬浮间隙、垂向加速度等信号，输出并调节悬浮电磁铁的悬浮电流对悬浮电磁铁与轨道长定子之间悬浮间隙进行控制，使载运装备保持稳定悬浮的电气装置。

[来源：GB/T 39902—2021，3.2，有修改]

5.2.9

导向控制器 guidance controller

在电磁悬浮系统中，接收导向传感器发送的导向间隙、横向加速度等信号，输出并调节导向电磁铁的励磁电流对导向间隙进行控制，使载运装备保持稳定导向的电气装置。

5.2.10

悬浮间隙传感器 levitation gap sensors

测量悬浮系统的特定状态量，如悬浮间隙、速度、磁铁垂向加速度等，并将其转换成电信号的部件。

[来源：GB/T 39902—2021，3.3，有修改]

5.2.11

导向间隙传感器 guidance gap sensors

测量导向系统的特定状态量，如导向间隙、磁铁横向加速度等，并将其转化成电信号的部件。

5.2.12

超导线圈 superconducting coil

利用超导材料绕制而成的励磁线圈。

5.2.13

超导磁体辅助设备 superconducting magnet auxiliary device

为超导磁体抽真空、制冷、励磁和监控等功能设备的统称。

5.3 磁悬浮支承与导向系统功能性能要素术语

5.3.1

起浮 levitating

载运装备从落车状态上升到悬浮状态的过程。

[来源：GB/T 39902—2021，3.7，有修改]

5.3.2

起浮速度 initial levitating velocity

载运装备实现悬浮的最小速度。

5.3.3

起浮高度 initial levitating height

载运装备在起浮速度下的悬浮高度。

5.3.4

降落 landing

载运装备从悬浮状态降落到落车状态的过程。

[来源：GB/T 39902—2021，3.8，有修改]

5.3.5

悬浮运行 levitation operation

磁悬浮载运装备达到起浮速度，处于与轨道走行面无接触时的运行状态。

5.3.6

悬浮高度 suspension height

悬浮力等于载运装备自身重力时载运装备相对于滑行面的垂向距离。

5.3.7

滑橇制动 skid brake

利用滑橇与轨道的摩擦实施落轨制动或坡道驻停。

5.3.8

导向间隙 guidance gap

磁悬浮载运装备与轨道之间的横向距离。

5.3.9

悬浮力 suspension force

磁悬浮系统产生的作用在载运装备沿悬浮方向上的电磁力。

5.3.10

导向力 guidance force

磁悬浮系统产生的作用在载运装备沿导向方向上的电磁力。

5.3.11

磁阻力 magnetic drag force

磁悬浮系统产生的作用在载运装备沿推进方向相反的电磁力。

5.3.12

悬浮力波动 suspension force fluctuation

悬浮力峰值与悬浮力平均值的差值。

5.3.13

导向力波动 guidance force fluctuation

导向力峰值与导向力平均值的差值。

5.3.14

最大悬浮力 maximum suspension force

磁悬浮系统所提供的悬浮力的最大值。

5.3.15

悬浮刚度 suspension stiffness

悬浮力变化量与对应垂向偏移变化量的比值。

5.3.16

导向刚度 guidance stiffness

导向力变化量与对应的横向偏移变化量的比值。

5.3.17

浮阻比 lift-to-drag ratio

磁悬浮系统的悬浮力与磁阻力的比值。

参 考 文 献

- [1] 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（12 h +12 h循环）
- [2] GB/T 2298—2010 机械振动、冲击与状态监测 词汇
- [3] GB/T 2423.10—2019 环境试验 第2部分：试验方法 试验Fc：振动（正弦）
- [4] GB/T 2900.1—2008 电工术语 基本术语
- [5] GB/T 2900.60—2002 电工术语 电磁学
- [6] GB/T 2900.100—2017 电工术语 超导电性
- [7] GB/T 3131 锡铅钎料
- [8] GB/T 3163—2007 真空技术 术语
- [9] GB/T 3947—1996 声学名词术语
- [10] GB/T 6109.22 漆包圆绕组线 第22部分：240级芳族聚酰亚胺漆包铜圆线
- [11] GB/T 9637—2001 电工术语 磁性材料与元件
- [12] GB/T 10069.3—2008 旋转电机噪声测定方法及限值
- [13] GB/T 11021—2014 电气绝缘 耐热性和表示方法
- [14] GB/T 13002—2022 旋转电机 热保护
- [15] GB/T 17951 硬磁材料一般技术条件
- [16] GB/T 20001.1—2001 标准编写规则 第1部分：术语
- [17] GB/T 22669—2008 三相永磁同步电动机试验方法
- [18] GB/T 38877 电工钢带（片）绝缘涂层
- [19] GB/T 39902—2021 城市轨道交通中低速磁浮车辆悬浮控制
- [20] GB 30253—2013 永磁同步电动机能效限定值及能效等级
- [21] GJB 150.3A—2009 军用装备实验室环境试验方法 第3部分：高温试验
- [22] GJB 150.4A—2009 军用装备实验室环境试验方法 第4部分：低温试验
- [23] TB 10630—2019 磁浮铁路技术标准（试行）
- [24] JB/T 2977—2005 工业通风机、鼓风机和压缩机 名词术语
- [25] CJ/T 367—2011 高速磁浮交通车辆通用技术条件
- [26] CJ/T 375—2011 中低速磁浮交通车辆通用技术条件
- [27] CJ/T 458—2014 中低速磁浮交通车辆悬浮控制系统技术条件
- [28] ISO 14839-1:2018 Mechanical vibration — Vibration of rotating machinery equipped with active magnetic bearings — Part 1: Vocabulary
- [29] Zeng H L. Comment on the definition of a geophysical field in the Encyclopedic Dictionaries of Applied Geophysics 4th edition (R. F. Sheriff, 2006)[J]. Geophysics, 2010, 75, X13. DOI: 10.1190/1.3490392
- [30] 曾华霖. “场”的物理学定义的澄清[J]. 地学前缘, 2011, 18（1）:5.
- [31] 方家荣, 林良真, 夏平畴, 等. 超导混合磁力轴承的发展现状和前景[J]. 电工电能新技术, 2000,（1）:27-31. DOI:10.3969/j.issn.1003-3076.2000.01.007.
- [32] 许吉敏, 张飞, 金英泽, 等. 高温超导磁悬浮轴承的发展现状及前景[J]. 中国材料进展, 2017, 36（5）:321-328+351. DOI:10.7502/j.issn.1674-3962.2017.05.01.
- [33] 魏勇, 张大卫. 永磁磁悬浮轴承[J]. 现代零部件, 2004,（8）:62-65. DOI:10.16173/j.cnki.ame.2004.08.014.

- [34] 谭凤顺, 金能强. 永磁磁浮轴承的设计及其计算[J]. 低温与超导, 2002, (1): 35-40.
DOI:10.16711/j.1001-7100.2002.01.008.
- [35] 田录林, 李鹏. 锥形永磁轴承磁力解析模型[J]. 中国机械工程, 2014, 25(3): 327-332.
DOI:10.3969/j.issn.1004-132X.2014.03.009.
- [36] 梅柏杉, 翁兴华. 圆盘式Halbach结构永磁轴承解析模型[J]. 微电机, 2021, 54(7): 39-43+86.
DOI:10.15934/j.cnki.micromotors.2021.07.008.
- [37] 余志强, 张国民, 邱清泉, 等. 高温超导磁悬浮轴承的研究进展[J]. 电工电能新技术, 2014, 33(7): 55-61. DOI:10.3969/j.issn.1003-3076.2014.07.011.
- [38] Bleuler H. A survey of magnetic levitation and magnetic bearing types[J]. JSME Internet. Journal Series III, 1992, 35(3): 335-342. DOI:10.1299/jsmec1988.35.335.
- [39] Gerhard Schweitzer, 等, 磁悬浮轴承: 理论、设计及旋转机械应用[M]. 徐旸, 张凯, 赵雷, 译. 北京: 机械工业出版社, 2012: 8.
- [40] 陈秉乾, 王稼军, 张瑞明. 洛伦兹力公式是怎样给出的[J]. 大学物理, 2008, (8): 42-44.
DOI:10.16854/j.cnki.1000-0712.2008.08.016.
- [41] 张维煜, 朱焜秋, 鞠金涛, 等. 磁悬浮轴承研究现状及其发展[J]. 轴承, 2016, (12): 56-63.
DOI:10.19533/j.issn1000-3762.2016.12.015.
- [42] 刘鸿文. 材料力学 I [M]. 6版. 北京: 高等教育出版社, 2017.
- [43] 胡业发, 周祖德, 江征风. 磁力轴承的基础理论与应用[M]. 北京: 机械工业出版社, 2006.
- [44] Loesch F. Identification and automated controller design for active magnetic bearing systems[J]. PhD thesis, ETH Zurich No 14474, 2002.

索引

中文索引

A		磁悬浮动子	
安全降落次数		磁悬浮输送系统	4.3.11
B		磁悬浮涡轮动力系统	
保护轴承		磁悬浮涡轮动力装备	4.2.17
保护轴承径向间隙		磁悬浮载运装备	4.2.54
保护轴承柔性底座		磁悬浮支承与导向系统	4.2.18
保护轴承设计寿命		磁悬浮轴承	4.3.10
保护轴承硬止动间隙		磁悬浮轴承定子	4.2.56
保护轴承轴向间隙		磁悬浮轴承定子铁心	4.2.55
被动磁悬浮轴承		磁悬浮轴承控制系统	4.1.4
闭环电磁力		磁悬浮轴承控制系统备用电源	4.3.22
闭环干扰力		磁悬浮轴承控制系统电源	4.3.22
不间断电源系统		磁轴承	4.2.22
不同位		磁阻力	4.3.46
C		D	
超导磁体		DN值	3.6
超导磁体辅助设备		导向磁体	5.2.13
超导磁悬浮轴承		导向刚度	4.1.8
超导电动悬浮		导向间隙	5.1.9
超导线圈		导向间隙传感器	5.2.12
长定子		导向控制器	5.1.19
传递函数		导向力	3.34
传感器转子靶环		导向力波动	4.2.2
喘振		电磁导向	3.29
磁场		电磁力频率	3.1
磁场力		电磁体	3.2
磁动势		电磁铁	3.27
磁浮		电磁铁系数	3.16
磁浮导轨		电磁悬浮	5.1.12
磁浮轨道		电磁悬浮系统	5.1.13
磁极		电磁悬浮系统导向轨	3.26
磁极厚度		电磁悬浮系统导向面	4.2.33
磁极宽度		电磁执行器	4.2.32
磁力轴承		电磁轴承	3.17
磁体		电动悬浮	3.3
磁悬浮		电动悬浮系统	3.16
磁悬浮动力技术		定子	3.18
磁悬浮动力系统		定子面	3.19
磁悬浮动力装备		动态闭环电磁力	3.20

动态闭环干扰力.....	径向励磁线圈.....	4.3.24
动载荷.....	径向平面.....	4.3.6
动载荷频率.....	径向位移传感器.....	4.3.14
动子.....	径向位置传感器.....	3.8
动子载荷.....	径向线圈.....	3.10
E	径向永磁磁悬浮轴承.....	
二系悬挂.....	径向永磁偏置磁悬浮轴承.....	5.2.3
F	径向载荷.....	
放大因子.....	径向主动磁悬浮轴承.....	4.3.33
浮子.....	径向主动磁悬浮轴承间轴承跨距.....	3.9
浮阻比.....	径向主动磁悬浮轴承名义磁隙.....	5.3.17
幅值响应.....	径向主动磁悬浮轴承轴径.....	4.3.33
G	径向主动磁悬浮轴承轴向中心.....	
感应装置.....	径向主动磁悬浮轴承总长度.....	5.1.11
刚性转子.....	静态差动电磁力.....	3.13
高度阀.....	静载荷.....	5.2.4
高温超导磁悬浮轴承.....	K	4.1.21
高温磁悬浮轴承.....	开环电磁力.....	4.1.20
功率放大器.....	开环干扰力.....	4.2.16
功率放大器电压.....	控制电流.....	4.3.20
共振.....	L	4.3.38
轨道功能面.....	LC调谐电路磁悬浮轴承.....	5.1.14
H	励磁线圈.....	
滑撬制动.....	临界速度.....	5.3.7
滑行轨.....	临界转速.....	5.1.15
滑行面.....	临界阻尼.....	5.1.16
混合磁悬浮轴承.....	洛伦兹力磁悬浮轴承.....	4.1.12
J	N	
极对数.....	耐热等级.....	4.2.29
极数.....	挠性转子.....	4.2.28
降落.....	P	5.3.4
交流磁悬浮轴承.....	偏置电流.....	4.1.19
接触测试.....	平衡点.....	4.3.46
接触轴承.....	Q	4.2.17
接地轴承.....	起浮.....	4.2.17
径向.....	起浮高度.....	4.2.26
径向超导磁悬浮轴承.....	起浮速度.....	4.1.9
径向磁悬浮轴承定子铁心.....	全超导磁悬浮轴承.....	4.2.6
径向磁悬浮轴承励磁线圈.....	R	4.2.10
径向磁悬浮轴承转子衔铁.....	热保护系统.....	4.2.1
径向定子磁极面积.....	柔性转子.....	4.2.34
径向定子铁心内径.....	软着陆次数.....	4.2.30
径向定子铁心外径.....	S	4.2.31

上升时间.....	永磁电动悬浮.....	3.28
衰减率.....	永磁偏置磁悬浮轴承.....	4.3.41
T	永磁体.....	
特征频率.....	永久磁铁.....	4.3.36
特征阻尼.....	圆跳动公差.....	4.3.41
同极主动磁悬浮轴承.....	Z	4.1.17
同心度.....	载运装备.....	4.2.37
同轴度.....	着陆轴承.....	4.2.49
推力磁悬浮轴承定子铁心.....	支承滑橇.....	4.2.7
推力磁悬浮轴承励磁线圈.....	直流磁悬浮轴承.....	4.2.11
推力盘.....	致动器.....	4.2.3
推力位移传感器.....	轴向.....	4.2.14
推力位置传感器.....	轴向超导磁悬浮轴承.....	4.2.14
推力主动磁悬浮轴承.....	轴向磁悬浮轴承定子铁心.....	4.1.3
脱浮.....	轴向磁悬浮轴承励磁线圈.....	4.3.45
U	轴向定子磁极面积.....	
UPS系统.....	轴向定子厚度.....	4.2.22
W	轴向定子内极内径.....	
伪角频率.....	轴向定子内极外径.....	4.3.36
伪周期.....	轴向定子外极内径.....	4.3.35
位移.....	轴向定子外极外径.....	4.3.9
位移传感器.....	轴向平面.....	4.2.12
位置传感器.....	轴向推力盘厚度.....	4.2.12
无传感器磁悬浮轴承.....	轴向推力盘外径.....	4.1.24
无量纲频率.....	轴向位移传感器.....	4.3.37
X	轴向位置传感器.....	
相位响应.....	轴向永磁磁悬浮轴承.....	4.3.34
悬浮.....	轴向永磁偏置磁悬浮轴承.....	3.15
悬浮磁体.....	轴向载荷.....	5.2.6
悬浮刚度.....	轴向主动磁悬浮轴承.....	5.3.15
悬浮高度.....	轴向主动磁悬浮轴承名义磁隙.....	5.3.6
悬浮架.....	轴向主动磁悬浮轴承轴向中心.....	5.2.1
悬浮间隙.....	轴向主动磁悬浮轴承总长度.....	3.30
悬浮间隙传感器.....	主动磁悬浮轴承.....	5.2.10
悬浮控制器.....	主动磁悬浮轴承动态负载能力.....	5.2.8
悬浮力.....	主动磁悬浮轴承动态刚度.....	5.3.9
悬浮力波动.....	主动磁悬浮轴承动态柔度.....	5.3.12
悬浮运行.....	主动磁悬浮轴承峰值瞬态负载能力.....	5.3.5
Y	主动磁悬浮轴承负位置刚度.....	
一系悬挂.....	主动磁悬浮轴承负载能力.....	5.2.2
异极主动磁悬浮轴承.....	主动磁悬浮轴承刚度.....	4.1.16
永磁材料.....	主动磁悬浮轴承广义刚度.....	3.25
永磁磁悬浮轴承.....	主动磁悬浮轴承广义频率响应.....	4.1.5

主动磁悬浮轴承广义柔度	主动磁悬浮轴承最高工作温度	4.3.32
主动磁悬浮轴承静刚度	转子	4.3.27
主动磁悬浮轴承静态负载能力	转子工作点	4.3.18
主动磁悬浮轴承静态刚度	转子余能发电系统	4.3.27
主动磁悬浮轴承控制器	自感磁悬浮轴承	4.2.15
主动磁悬浮轴承控制轴数	阻尼力	4.3.2
主动磁悬浮轴承柔度	阻尼率	4.3.30
主动磁悬浮轴承总损耗	阻尼系数	4.3.44
主动磁悬浮轴承阻尼	最大悬浮力	4.3.39

英文索引

A

active maglev bearing (AMB)	4.1.1
actuator	4.2.8
all superconducting maglev bearing	4.1.11
alternating current maglev bearing	4.1.19
AMB compliance	4.3.30
AMB controller	4.2.15
AMB damping	4.3.39
AMB dynamic compliance	4.3.31
AMB dynamic stiffness	4.3.29
AMB generalized compliance	4.3.32
AMB generalized frequency response	4.3.32
AMB generalized stiffness	4.3.28
AMB negative position stiffness	4.3.26
AMB static stiffness	4.3.27
AMB stiffness	4.3.25
amplification factor	4.3.33
amplitude response	4.3.33
attenuation rate	4.3.41
axial active maglev bearing	4.1.3
axial center of a radial AMB	4.2.36
axial center of an axial AMB	4.2.47
axial clearance of protection bearing	4.2.55
axial direction	4.2.24
axial displacement transducer	4.2.14
axial load	4.3.4
axial maglev bearing field coil	4.2.11
axial maglev bearing stator core	4.2.7
axial permanent maglev bearing	4.1.7
axial permanent magnet biased maglev bearing	4.1.15
axial plane	4.2.25

axial position transducer.....	4. 2. 14
axial stator inner pole inner diameter	4. 2. 41
axial stator inner pole outer diameter	4. 2. 40
axial stator outer pole inner diameter	4. 2. 39
axial stator outer pole outer diameter	4. 2. 38
axial stator pole area	4. 2. 43
axial stator thickness	4. 2. 42
axial superconducting maglev bearing	4. 1. 10
axial thrust disc outer diameter	4. 2. 44
axial thrust disc thickness.....	4. 2. 45

B

bearing span between radial AMBs.....	4. 2. 53
bias current	4. 3. 8

C

carrying equipment.....	5. 1. 1
characteristic damping.....	4. 3. 41
characteristic frequency.....	4. 3. 36
circular run-out tolerance.....	4. 2. 50
closed loop electromagnetic force.....	4. 3. 22
closed loop interference force	4. 3. 22
coaxiality	4. 2. 49
concentricity.....	4. 2. 37
contact bearing	4. 2. 17
control current.....	4. 3. 23
critical damping.....	4. 3. 40
critical speed	3. 12

D

damping coefficient	3. 32
damping force	3. 31
damping ratio.....	4. 3. 42
delevitation.....	4. 3. 45
design life of protection bearing	4. 3. 10
differential electromagnetic force	4. 3. 13
dimensionless frequency	4. 3. 37
direct current maglev bearing.....	4. 1. 18
displacement	4. 3. 9
displacement transducer	4. 2. 12
<i>DN</i> value.....	4. 3. 1
dynamic closed-loop electromagnetic force.....	4. 3. 24
dynamic closed-loop interference force	4. 3. 24
dynamic load.....	4. 3. 6
dynamic load capacity of an AMB.....	4. 3. 19
dynamic load frequency.....	4. 3. 14

E

electrodynamic suspension system.....	5. 1. 8
electrodynamic suspension (EDS)	5. 1. 7
electromagnet.....	3. 5, 4. 2. 4
electromagnet coefficient	4. 3. 12
electromagnetic actuator	4. 2. 8
electromagnetic force frequency	4. 3. 15
electromagnetic guidance.....	5. 1. 5
electromagnetic suspension system	5. 1. 6
electromagnetic suspension (EMS)	5. 1. 4
EMS system guiding surface	5. 1. 18
EMS system guiding track.....	5. 1. 17
equilibrium point.....	4. 3. 7

F

field coil	4. 2. 9
flexible rotor.....	3. 14
floator	3. 9
functional surface of maglev track.....	5. 1. 14

G

gliding surface.....	5. 1. 16
gliding track.....	5. 1. 15
ground bearing.....	4. 2. 17
guidance controller.....	5. 2. 9
guidance force.....	5. 3. 10
guidance force fluctuation	5. 3. 13
guidance gap	5. 3. 8
guidance gap sensors.....	5. 2. 11
guidance magnet.....	5. 2. 7
guidance stiffness.....	5. 3. 16

H

heat resistance grade.....	3. 33
height valve	5. 2. 4
heteropolar-type AMB.....	4. 1. 16
high temperature maglev bearing.....	4. 1. 20
high temperature superconducting maglev bearing.....	4. 1. 21
homopolar-type AMB	4. 1. 17
hybrid maglev bearing (HMB)	4. 1. 12

I

induction device	5. 1. 11
initial levitating height	5. 3. 3
initial levitating velocity.....	5. 3. 2
inner diameter of radial AMB stator core	4. 2. 30

L

landing	5. 3. 4
LC tuned circuit maglev bearing	4. 1. 23
levitating	5. 3. 1
levitation	3. 15
levitation chassis	5. 2. 1
levitation controller	5. 2. 8
levitation gap	3. 30
levitation gap sensors	5. 2. 10
levitation magnet	5. 2. 6
levitation operation	5. 3. 5
lift-to-drag ratio	5. 3. 17
load capacity of an AMB	4. 3. 16
long stator	5. 1. 19
lorentz force maglev bearing	4. 1. 22

M

maglev	3. 16
maglev bearing	3. 17
maglev bearing control system	4. 2. 19
maglev bearing control system backup power supply	4. 2. 21
maglev bearing control system power supply	4. 2. 20
maglev bearing stator	4. 2. 4
maglev bearing stator core	4. 2. 5
maglev carrying equipment	5. 1. 2
maglev carrying system	3. 23
maglev guideway	5. 1. 12
maglev mover	3. 9
maglev power equipment	3. 20
maglev power system	3. 19
maglev power technology	3. 18
maglev support and guidance system	5. 1. 3
maglev track	5. 1. 13
maglev turbo power equipment	3. 22
maglev turbo power system	3. 21
magnet	3. 3
magnetic bearing	3. 17
magnetic drag force	5. 3. 11
magnetic field	3. 1
magnetic force	3. 2
magnetic levitation	3. 16
magnetic motive force	3. 27
magnetically hard material	3. 25
maximum operating temperature of AMB	4. 3. 43
maximum suspension force	5. 3. 14

mover	3. 8
mover load.....	3. 10
N	
nominal gap of axial AMB.....	4. 2. 48
non-collocation.....	4. 3. 46
number of control axes of an AMB.....	4. 3. 2
number of poles	4. 2. 28
O	
open loop electromagnetic force.....	4. 3. 21
open loop interference force	4. 3. 21
outer diameter of radial AMB stator core	4. 2. 31
P	
passive maglev bearing (PaMB)	4. 1. 4
peak transient load capacity of an AMB	4. 3. 17
permanent maglev bearing (PMB)	4. 1. 5
permanent magnet.....	3. 4
permanent magnet biased maglev bearing.....	4. 1. 13
permanent magnet electrodynamic suspension	5. 1. 10
phase response	4. 3. 34
pole of a magnet.....	3. 26
pole thickness.....	4. 2. 33
pole width.....	4. 2. 32
pole-pair numbers	4. 2. 29
position transducer.....	4. 2. 12
power amplifier	4. 2. 16
power amplifier voltage	4. 3. 20
primary suspension	5. 2. 2
protection bearing	4. 2. 17
protection bearing flexible base	4. 2. 18
protection bearing hard-stop clearance.....	4. 2. 56
pseudo angular frequency.....	4. 3. 36
pseudo period.....	4. 3. 35
R	
radial active maglev bearing	4. 1. 2
radial AMB nominal gap	4. 2. 52
radial AMB shaft diameter.....	4. 2. 51
radial clearance of protection bearing.....	4. 2. 54
radial coil.....	4. 2. 10
radial direction	4. 2. 26
radial displacement transducer.....	4. 2. 13
radial field coil.....	4. 2. 10
radial load	4. 3. 3
radial maglev bearing field coil.....	4. 2. 10

radial maglev bearing rotor armature	4. 2. 1
radial maglev bearing stator core	4. 2. 6
radial permanent maglev bearing.....	4. 1. 6
radial permanent magnet biased maglev bearing	4. 1. 14
radial plane	4. 2. 27
radial position transducer.....	4. 2. 13
radial stator pole area	4. 2. 34
radial superconducting maglev bearing.....	4. 1. 9
resonance.....	4. 3. 38
rigid rotor	3. 13
rise time	3. 28
rotor	3. 11
rotor operating point.....	4. 3. 7
rotor residual energy power generation system.....	4. 2. 23

S

safe landings.....	4. 3. 11
secondary suspension	5. 2. 3
self-sensing maglev bearing	4. 1. 24
sensor rotor target ring.....	4. 2. 2
sensorless maglev bearing.....	4. 1. 24
skid brake.....	5. 3. 7
soft landings	4. 3. 11
static load	4. 3. 5
static load capacity of an AMB	4. 3. 18
stator	3. 7
stator surface	5. 1. 20
superconducting coil	5. 2. 12
superconducting electrodynamic suspension	5. 1. 9
superconducting maglev bearing (SMB)	4. 1. 8
superconducting magnet.....	3. 6
superconducting magnet auxiliary device	5. 2. 13
support skid	5. 2. 5
surge	3. 29
suspension force.....	5. 3. 9
suspension force fluctuation	5. 3. 12
suspension height.....	5. 3. 6
suspension stiffness.....	5. 3. 15

T

thermal protection system	3. 24
thrust active maglev bearing.....	4. 1. 3
thrust disc.....	4. 2. 3
thrust displacement transducer	4. 2. 14
thrust maglev bearing field coil.....	4. 2. 11

thrust maglev bearing stator core	4. 2. 7
thrust position transducer	4. 2. 14
total AMB loss.....	4. 3. 44
total length of a radial AMB.....	4. 2. 35
total length of an axial AMB	4. 2. 46
touch-down bearing.....	4. 2. 17
touch-down test.....	4. 3. 46
transfer function.....	3. 34

U

uninterruptible power supply system	4. 2. 22
UPS system	4. 2. 22