

GB/T XXXX

《磁悬浮气体机械能效检测方法》

编制说明

（征求意见稿）

标准起草组

2026 年 05 月

《磁悬浮气体机械能效检测方法》编制说明

（征求意见稿）

一、工作简况

（一）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，以下简称工作组）归口管理；任务来源于国家标准化管理委员会于 2025 年 7 月 1 日下达的《国家标准委关于下达 2025 年第六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[2025]34 号），通知中下达了项目名称为“磁悬浮涡轮动力装备能效检测方法”、计划编号为“20251984-T-469”的标准制定计划。项目周期为 18 个月，计划完成时间是 2027 年 1 月；标准研制过程中经过专家论证，将标准名称修改为“磁悬浮气体机械能效检测方法”。

（二）标准制定背景

实现碳达峰、碳中和是国家重大战略决策，绿色低碳高质量发展已成为推动工业体系变革、实现“双碳”目标的关键路径。据统计，以电机、风机、泵、压缩机为代表的“三机一泵”旋转机械，其能耗约占制造业用电量的 50%。为此，国务院印发的《2030 年前碳达峰行动方案》重点任务（二）中明确提出：“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”。《“十四五”规划和 2035 年远景目标纲要》要求：“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，确保完成‘十四五’节能减排目标”。2025 年政府工作报告进一步强调：因地制宜发展新质生产力，加快建设现代化产业体系，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。

磁悬浮气体机械是高压缩比、高转速的新型动力装备，其能源转化效率直接决定能源利用效率，目前不同磁悬浮气体机械的能效指标不尽相同，在该类机械的能效检测中，多数标准集中在功率转换部位的效率检测。对于用户而言更关心整机效率，因为整机效率能够直接反映出磁悬浮气体机械的整体能耗情况，更贴合实际应用需求。尽管现有标准中对整机效率已有类似的术语定义，但目前还没有对整机效率的检测和计算方

法进行规范的标准发布。本标准的制定，将系统效率作为能效指标，能够引导制造企业全面关注磁悬浮气体机械的能量传输与转换各环节，进一步推进磁悬浮高端动力装备产业的发展壮大。综合指标有助于更全面、更客观地评估磁悬浮气体机械的能效表现。制定相关能效标准已成为行业发展的迫切需求。本标准将为行业提供权威的技术指导，提升产品质量和技术水平，促进行业内的良性竞争与合作，对推动磁悬浮产业的规模化、标准化发展具有重要战略意义。

（三）主要起草单位及起草组成员分工

起草组成员具体分工见表 1。

表 1 本标准起草组成员分工

序号	工作阶段	主要任务	起草单位	成员
1	标准策划	标准研制方案、标准提案策划、重大问题决策	山东天瑞重工有限公司	李永胜、张婕妤
			山东大学	于泽庭
			山东磁悬浮产业技术研究院有限公司	王献忠
2	立项准备	调研并编写立项提案介绍、立项建议书、立项申报书等申报材料	山东天瑞重工有限公司	石昌玉、王岳
			山东大学	于泽庭
			山东磁悬浮产业技术研究院有限公司	王献忠
			合肥通用机电产品检测院有限公司	朱斌详
3	起草标准	确定整体思路、资料收集及整理分析、初稿撰写、参数提供、草案整理、内部协调	山东天瑞重工有限公司	张海刚、何小宏
			山东大学	于泽庭
			山东磁悬浮产业技术研究院有限公司	王献忠
			合肥通用机电产品检测院有限公司	朱斌详
			天瑞磁浮智能制造（山东）有限公司	李致宇
			国家泵类产品质量检验检测中心（山东）	王京刚
			山东建筑大学	马昕
4	校对标准	校对标准草案，并提出修改意见	武汉理工大学	胡业发
			浙江高旋动力装备有限公司	祝长生
			山东天瑞重工有限公司	赵明师
			中车株洲电机有限公司	周亮
			卧龙电气驱动集团股份有限公司	郑艳文
			天瑞磁浮智能制造（山东）有限公司	李致宇

			山东磁悬浮产品技术研究院有限公司	王献忠
5	组织研讨	组织研讨会、 审核标准文本 内容	浙江高旋动力装备有限公司	祝长生
			山东天瑞重工有限公司	张婕妤、石昌玉
			国家泵类产品质量检验检测中心(山东)	王京刚
			山东磁悬浮产业技术研究院有限公司	王献忠
			合肥通用机电产品检测院有限公司	朱斌详
			武汉理工大学	胡业发
6	征集意见	组织座谈、走 访、邮件征集 意见	山东天瑞重工有限公司	张婕妤、王岳
			国家泵类产品质量检验检测中心(山东)	王京刚
			山东磁悬浮产业技术研究院有限公司	王献忠
			合肥通用机电产品检测院有限公司	朱斌详
7	标准验证	数据采集、方 法验证、第三 方测试等等	山东天瑞重工有限公司	张海刚、何小宏 赵明师、王建
			中车株洲电机有限公司	周亮
			卧龙电气驱动集团股份有限公司	郑艳文
			天瑞磁浮智能制造（山东）有限公司	李致宇
8	审查报批	标准内容审 查、征集意见 汇总及处理	山东磁悬浮产业技术研究院有限公司	王献忠
			山东天瑞重工有限公司	张婕妤、王岳
			工作组秘书处	全体委员、秘书 处人员
9	报批材料 编写	按要求准备报 批材料	山东天瑞重工有限公司	张婕妤、石昌玉
			天瑞磁浮智能制造（山东）有限公司	李致宇
			工作组秘书处	秘书处人员
10	宣贯实施	编写解读材 料、培训推广	山东天瑞重工有限公司	石昌玉、王岳
			天瑞磁浮智能制造（山东）有限公司	李致宇
			山东磁悬浮产品技术研究院有限公司	王献忠
			工作组秘书处	秘书处人员

（四）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，《磁悬浮气体机械能效检测方法》国家标准起草组完成了以下工作：

1. 启动阶段

2023 年 12 月，工作组在潍坊组织召开了此项标准的编制启动会，成立标准起草小组，确定了标准的主要编写架构。

2024 年 5 月，标准起草组通过调研、文献检索、技术交流等方式收集信息和成果，经分析、讨论和总结，确定了标准的编制内容，形成了标准草案（初稿）。

2. 标准草稿研制阶段

2024 年 8 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草案文本进行了补充和完善。

2025 年 9 月，起草组针对形成的标准草案修改稿召开了第二次研讨会，结合研讨会提出的意见，进行了第二次修改完善。

2025 年 10 月，起草组前往合肥通用院流体机械研究所等重点检测机构进行专项调研，充分沟通交流后，进行了第三次修改完善。

2026 年 1 月 11 日，工作组组织 2025 年年会，会上工作组委员、标准起草组及行业专家代表围绕标准草案提出了一系列建设性意见，起草组结合研讨会相关建议，进行了第四次修改完善。

2026 年 4 月，起草组对标准中试验方法进行了验证。

2026 年 5 月 9 日，工作组秘书处组织标准起草人员对标准文本进行研讨，并结合讨论结果对标准文本作了进一步的补充和完善。

2026 年 5 月，起草组结合前期研究、调研、讨论及验证的结果，形成标准征求意见稿，并编写编制说明，提交工作组公开征集意见。

二、标准编制原则和主要内容

（一）编制原则

本标准的起草，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》及 GB/T 20001.4—2015《标准编写规则 第 4 部分：试验方法》的规定，文字表述力求简明准确，标准内容追求严谨合理。

本标准充分考虑我国磁悬浮气体机械应用的实际情况和发展水平，在保证高质量、高指标要求，兼顾科学性、先进性和可操作性的同时，增强我国磁悬浮气体机械在国内、国际市场上的竞争力。标准中的检测方法既反映了我国节能政策的导向，也兼顾了生产

实际和经济效益。

（二）主要内容及确定依据

本标准描述了磁悬浮气体机械能效测量仪器仪表要求、系统在规定工况下的检测要求、输入功率及气体参数的测量方法，给出了单位质量功、系统输出功率及系统效率等能效指标的计算方法。主要内容如下：

1. 术语与定义

本章给出了本标准中用到的关于磁悬浮气体机械的基本术语，包括质量流量、容积流量、单位质量功等，并结合公式对关键术语的定义和表达式做了说明，依据传统气体机械已发布的国家标准，术语及定义尽量与之协调一致。

2. 测量仪器仪表要求

本章规定了磁悬浮气体机械能效测量用的仪器仪表要求和建议，包括测量仪器仪表的一般要求、仪器设备精度的要求等内容，检测仪器和设备精度主要依据产品设计水平及企业检测实际情况确定。

3. 检测要求

本章对磁悬浮气体机械能效检测要求进行了描述，包括检测一般要求、测量气体条件及相关参数的换算（给出了计算公式）、能效检测工况以及检测装置的安装。检测要求与传统气体机械协调一致。

4. 检测方法

本章对用于磁悬浮气体机械能效检测方法进行了描述，包括输入功率 P_e 及流量测量方法，其中流量检测方法引用GB/T 2624（所有部分）《用安装在圆形截面管道中的差压装置测量满管流体流量》。

5. 能效指标计算

本章确立了磁悬浮气体机械能效指标的计算方法，包括流体单位质量功、输出功率、输入功率以及磁悬浮气体机械能效的计算。

（三）解决的主要问题

本标准的制定可填补国内磁悬浮气体机械能效检测方法标准的空白，对推动磁悬浮行业技术进步和产业升级具有重要现实意义。项目聚焦关键性能指标——能效检测，系统解决了三大核心问题：一是怎样定义磁悬浮气体机械能效，二是选择何种指标作为磁悬浮气体机械的能效指标，三是如何检测和计算磁悬浮气体机械能效指标。标准的实

施将有效规范行业技术发展，提升产品质量，促进磁悬浮气体机械及其相关磁悬浮产业的规范化、高质量发展。

三、主要试验（或验证）情况及预期效益

（一）主要试验（或验证）情况

本标准涉及的磁悬浮气体机械能效指标的检测方法，依据现有标准，并结合现场试验结果和生产企业的实际情况制定。

以磁悬浮鼓风机为例进行标准验证。

1. 搭建试验台

按 JB/T 3165 的规定安装检测装置。磁悬浮鼓风机能效检测装置示意及实景见图 1。

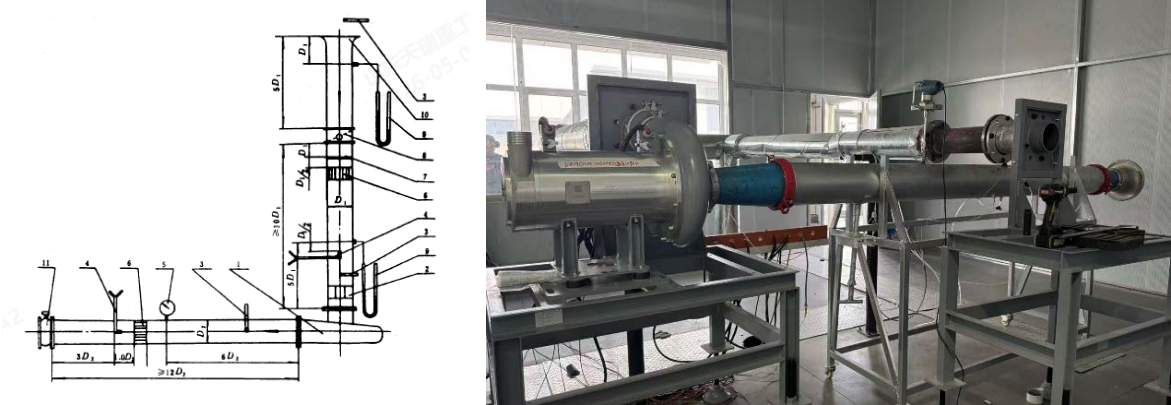


图 1 磁悬浮鼓风机能效检测装置

（1）流量测量

此试验装置采用涡街流量计（见图 2）测量质量流量及容积流量。



图 2 涡街流量计

（2）压力、温度测量

测量进口、出口压力及温度。测量示意及实景见图 3。

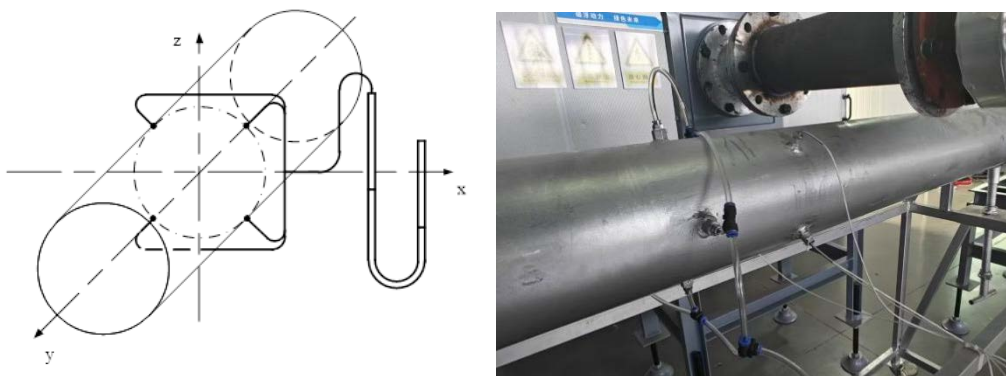


图3 压力、温度测量

(3) 输入功率测量

输入功率指从电网获得的机组运行总功率。功率表接入磁悬浮气体机械的空气开关的输入端子，测量包括主动磁悬浮轴承控制器与电机变频器，不包括测量仪表的供电。磁悬浮气体机械输入功率示意及电功率测量见图4。

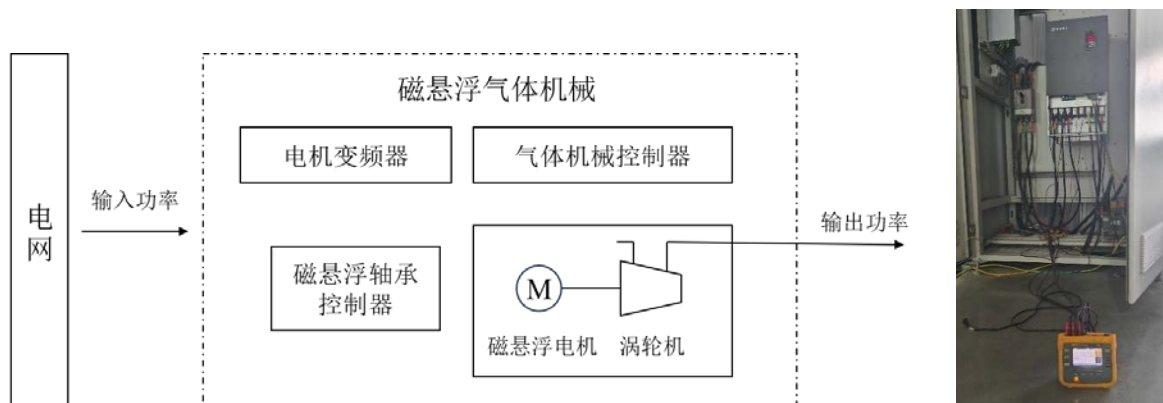


图4 磁悬浮气体机械输入功率示意及电功率测量

(4) 气体条件换算

通过多功能测试台（见图5）、数字化检测仪器，将数据换算至标准条件。



图5 多功能测试台

2. 能效指标计算

(1) 试验数据

试验环境参数：温度 13.8 °C，大气压 101.48 kPa，湿度 57%。

标准气体状态：温度 20 °C，大气压 101.325 kPa，湿度 0%。

进口风径 200 mm，出口风径 200 mm。

换算至标准条件下的数据如表 2 所示。

表 2 磁悬浮鼓风机能效验证数据

序号	进口		出口		质量流量 (kg/s)	输入功率 (kW)
	压力 (kPa)	温度 (K)	压力 (kPa)	温度 (K)		
1	100.9716	286.9500	193.1875	365.3500	1.2159	106.40
2	100.9111	286.9500	191.9457	363.2500	1.2851	109.00
3	100.8201	286.9500	190.2395	361.6500	1.3688	112.00
4	100.7210	286.9500	189.1196	359.8500	1.4324	114.30
5	100.6529	287.0500	186.4423	357.9500	1.5021	116.60
6	100.4633	287.0500	181.3939	354.3500	1.6468	119.90
7	100.3888	287.0500	179.0592	352.9500	1.6966	120.70
8	100.2817	287.0500	175.6156	350.9500	1.7507	121.10
9	100.2327	287.0500	172.2206	349.3500	1.8084	121.60
10	100.0936	287.0500	169.2987	347.7500	1.8586	122.00

(2) 单位质量功计算

磁悬浮鼓风机作为气体压缩机械，计算时忽略气体进出口的动能和位能变化，单位质量功按公式 (1) 计算。

$$W_m = \int_1^2 V dp = \frac{p_2 - p_1}{\rho_m} \dots\dots\dots (1)$$

磁悬浮鼓风机采用多变过程计算，其单位质量功按公式 (2) 计算。

$$W_m = \frac{n}{n-1} R Z_1 T_1 \left[\left(\frac{p_2}{p_1} \right)^{\frac{n-1}{n}} - 1 \right] \dots\dots\dots (2)$$

式中：

n ——多变过程指数， $n = \frac{\ln(p_2/p_1)}{\ln(V_1/V_2)} = \frac{\ln(p_2/p_1)}{\ln(p_2/p_1) - \ln(Z_2 T_2 / Z_1 T_1)}$

注：理想气体状态下，在温度 0 °C ~ 200 °C 及压力 0 ~ 2 MPa 范围内，压缩性系数 $Z \approx 1$ 。

单位质量功计算数据及结果如表 3 所示。

表 3 单位质量功计算

序号	气体常数 [kJ/ (kg·K)]	多变过程指数	单位质量功 (kJ/kg)
1	0.287 05	1.593 083 6	60.449 992
2		1.579 051 7	59.725 676
3		1.573 295 5	58.845 048
4		1.560 836 3	58.237 98

序号	气体常数 [kJ/ (kg•K)]	多变过程指数	单位质量功 (kJ/kg)
5		1.557 829 0	56.835 863
6		1.553 921 1	54.194 309
7		1.555 570 8	52.965 532
8		1.559 343 6	51.135 388
9		1.569 551 2	49.282 000
10		1.574 796 3	47.737 171

(3) 输出功率计算

磁悬浮气体机械输出功率 P_u 按公式 (3) 计算:

$$P_u = q_m W_m \dots\dots\dots (3)$$

式中: q_m ——质量流量; W_m ——单位质量功。

(4) 磁悬浮鼓风机能效指标计算

磁悬浮鼓风机效率 (η) 作为能效指标按公式 (4) 计算:

$$\eta = \frac{P_u}{P_e} \times 100\% \dots\dots\dots (4)$$

式中: P_u ——输出功率; P_e ——输入功率。

计算数据及结果如表 4 所示。

表 4 磁悬浮鼓风机效率计算

序号	单位质量功 (kJ/kg)	质量流量 (kg/s)	输出功率 kW	输入功率 kW	效率
1	60.449 992	1.2159	73.503 523	106.40	69.08%
2	59.725 676	1.2851	76.753 951	109.00	70.42%
3	58.845 048	1.3688	80.548 390	112.00	71.92%
4	58.237 980	1.4324	83.420 338	114.30	72.98%
5	56.835 863	1.5021	85.375 117	116.60	73.22%
6	54.194 309	1.6468	89.247 270	119.90	74.43%
7	52.965 532	1.6966	89.862 161	120.70	74.45%
8	51.135 388	1.7507	89.520 594	121.10	73.92%
9	49.282 000	1.8084	89.123 771	121.60	73.29%
10	47.737 171	1.8586	88.724 020	122.00	72.72%

绘制磁悬浮鼓风机流量-效率曲线, 如图 6 所示。

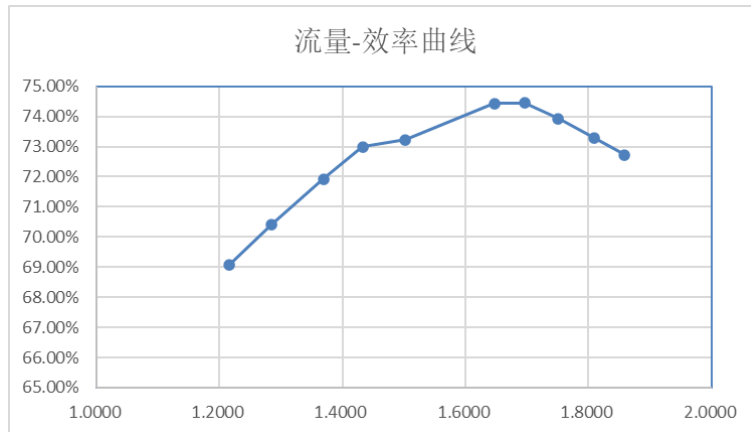


图 6 磁悬浮鼓风机流量-效率曲线

由图 6 可以看出，此台磁悬浮鼓风机最高效率为 74.45%，作为其能效指标。

（三）预期经济效益、社会效益和生态效益

一是提升磁悬浮气体机械的运行稳定性，为磁悬浮技术领域的规范化发展提供重要支撑。作为新兴技术领域的核心技术，磁悬浮气体机械的关键性能及评价标准的统一，将促进产业链各环节高效协同，避免因标准缺失造成的技术壁垒和资源浪费，降低潜在的经济损失风险，推动产业健康有序发展。标准化的能效检测指标更可以加速技术推广，增强市场信心，助力该装备在能源、交通、工业等领域的广泛应用。

二是促进磁悬浮气体机械的应用与推广，带动传统产业全面转型升级。磁悬浮气体机械具有无机械接触、高转速运行、节能降噪、寿命长、基本免维护等优点，磁悬浮动力技术凭借其显著的节能降耗优势，成为推动风机、泵、压缩机、发电机、载运装备等高耗能传统产业向高端装备转型升级的重要支撑，目前国内潜在市场规模超过 3 万亿元，社会经济效益巨大。本标准通过明确能效检测方法，为磁悬浮技术及其动力装备的广泛应用提供了技术规范，对实现经济的高质量发展具有重大意义。

三是推动节能降耗，助力实现“双碳”目标。由于无机械接触摩擦，磁悬浮气体机械具有节能降耗的突出优势，采用磁悬浮动力技术形成的涡轮机械节能 30%以上，噪音降至 80 分贝以下，寿命长达 20 年，维护成本低，从终端节能层面全面契合碳达峰碳中和国家战略。结合我国当前的能源结构，更加凸显了本项目实施的重要意义。本标准通过明确能效检测方法，助推磁悬浮气体机械在水泥、污水处理、造纸、热电、化工、钢铁、运输等领域的产业化应用，节能降碳效果突出，助力我国“双碳”战略目标的加速实现。

四是推动降噪减污，助力绿色发展。磁悬浮气体机械可显著降低工业噪声污染，设

备运行噪声较传统旋转机械降低 20 dB (A) ~40 dB (A)，并通过无机械接触设计消除润滑油泄漏隐患，减少固废污染，改善环境质量，提高生态系统的稳定性和健康性。此外，标准化、长寿命、模块化设计将提升资源利用率，促进设备回收与循环经济，推动工业体系的绿色低碳转型。

综上所述，本标准通过技术规范赋能产业升级，实现节能降耗、安全保障与生态保护的协同发展，是我国布局新质生产力、推动高质量发展的重要实践。

四、与国际、国外同类标准对比情况

国际、国外无同类标准

五、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。

六、重大分歧意见的处理经过和依据

无重大分歧意见。

七、标准中涉及的专利、知识产权说明

本标准不涉及专利问题

八、贯彻标准的要求和措施建议

建议本标准由工作组组织宣贯实施，建议本标准批准发布 6 个月后实施。

九、其他应予说明事项

1. 标准名称修改说明

标准研制过程中，专家提出“磁悬浮气体机械”的能效概念更具统一性，将原标准名称《磁悬浮涡轮动力装备能效检测方法》修改为《磁悬浮气体机械能效检测方法》。

2. 公平竞争审查说明

根据《公平竞争审查条例》《公平竞争审查条例实施办法》相关规定，对国家标

准《主动磁悬浮轴承稳定性评价》全文进行了公平竞争审查，未发现存在设定歧视性技术门槛、限制市场主体准入或强制指定单一供应商等排除、限制竞争的内容，符合公平竞争审查要求。

3. 版权情况说明

本标准自主制定，未采用任何国际、国外及国内受版权保护的现有标准文本，内容完全原创，不存在版权侵权风险问题。