

《矢量磁路理论的量与单位》编制说明

（征求意见稿）

一、工作简况

1 主要工作过程

起草（草案、调研）阶段：2026年8月，本标准项目通过中国电工技术学会相关标准化工作程序审议并启动立项工作。由东南大学牵头，联合国网江苏省电力有限公司电力科学研究院、江苏省计量科学研究院、江苏大学、河海大学、青海大学、南京师范大学、国网上海市电力公司电力科学研究院、华北电力大学、安徽大学、上海理工大学、中国科学院电工研究所、保定天威保变电气股份有限公司、南京南瑞继保电气有限公司等单位成立标准起草工作组。起草工作组系统梳理了矢量磁路理论、磁感、磁容及磁电功率等相关科研成果和工程应用情况，重点研究 GB/T 3102.5—1993《电学与磁学的量和单位》以及 IEC 80000-6《量和单位第6部分：电磁学》等相关标准的量、符号和单位体系，并结合《矢量磁路理论》专著、相关论文、专利、科研项目和企业应用成果，对标准的适用范围、术语和定义、磁电功率、基本定理以及量与单位等内容进行了多轮研讨。2026年9月形成标准草案及编制说明初稿；根据立项论证及专家意见进一步修改完善，于2026年10月形成征求意见稿。

征求意见阶段：2026年10月，标准起草工作组向中国电工技术学会提交征求意见稿及相关材料，拟通过学会相关渠道向高校、科研院所、电力企业、电磁装备制造企业及相关领域专家广泛征求意见。征求意见截止时间暂定为2026年11月。征求意见结束后，起草工作组将对反馈意见逐条汇总、分析和处理，并据此修改标准文本及编制说明。

审查阶段：2026年11月下旬，起草工作组将根据征求意见处理结果形成送审稿、意见汇总处理表及相关审查材料，提交中国电工技术学会标准工作委员会组织审查。根据审查意见进一步修改完善标准文本和编制说明。

报批阶段：2026年12月，起草工作组将根据审查结论形成报批稿及相应报批材料，上报中国电工技术学会履行报批程序，待批准后发布实施。

2 主要参加单位和起草工作组成员及其所做的工作

本标准由东南大学、国网江苏省电力有限公司电力科学研究院、江苏省计量

科学研究院、江苏大学、河海大学、青海大学、南京师范大学、国网上海市电力公司电力科学研究院、华北电力大学、安徽大学、上海理工大学、中国科学院电工研究所、保定天威保变电气股份有限公司、南京南瑞继保电气有限公司共同负责起草。

主要成员：程明、秦伟、马钲洲、李群、赵品彰、王政、花为、王伟、张宁宇、朱孝勇、朱洒、赵文祥、闫晓鸣、魏新迟、朱新凯、丁石川、王景霞、徐伟、李程、丁峰峰。

各起草单位和成员围绕标准总体框架、术语和定义、量与单位、矢量磁路基本定理、磁电功率关系、标准协调性及工程应用验证等内容开展工作。东南大学作为牵头单位，负责标准编制的总体组织协调、技术框架设计、核心技术内容起草、全文统稿及修改完善；程明负责标准总体技术路线和核心内容审定，秦伟、马钲洲等负责标准文本、编制说明及相关技术材料的组织起草和统稿。国网江苏省电力有限公司电力科学研究院、国网上海市电力公司电力科学研究院结合磁控型移相变压器、磁移相变压器等工程研究，参与相关物理量、磁路分析方法和工程适用性的论证。江苏省计量科学研究院参与量、单位、符号及计量规范性方面的审核。江苏大学、河海大学、青海大学、南京师范大学、华北电力大学、安徽大学、上海理工大学、中国科学院电工研究所等单位参与术语定义、理论关系、适用范围及技术内容的研讨和审核。保定天威保变电气股份有限公司结合低损耗移相器等装备研制与工程应用，对标准的工程适用性和产业应用需求提供验证与意见；南京南瑞继保电气有限公司结合电力装备及工程应用需求，对标准技术内容的可实施性、规范性和推广应用提出意见。其余起草人员按照所在单位和专业方向参与相关条款起草、技术论证、材料校核及标准审阅。

二、标准编制原则和主要内容

1、标准编制原则

本标准按照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，遵循产业发展、市场需要、体系协调、科学性与可操作性相结合的原则。

（1）产业发展原则。面向电机、变压器、电感器等电磁设备高速化、高频化、高效化发展需求，对矢量磁路理论中新提出的磁感、磁容及其衍生物理量进行规范，为相关理论在电磁装备设计、损耗分析和性能计算中的推广应用提供统一技术基础。

(2) 市场需要原则。针对当前磁感、磁容及矢量磁路理论相关物理量在论文、著作和技术资料中名称、定义、符号及单位尚未完全统一的问题，建立统一规范，减少科研交流、技术转化和工程应用中的理解歧义。

(3) 体系协调原则。标准名称和内容体系参考GB/T 3102.5—1993《电学与磁学的量和单位》及IEC 80000-6《量和单位 第6部分：电磁学》的基本框架。本标准沿用现有标准规定的基本物理量、量纲和单位体系，仅对矢量磁路理论相关新量及其矢量化表达进行补充和拓展，确保与现行标准协调衔接。

(4) 科学性与可操作性原则。标准技术内容以已有理论研究、有限元仿真、实验验证、专利成果和企业工程应用为基础，对术语、定义、定理、物理量、符号和单位进行凝练，既保证物理内涵和数学表达的科学性，也兼顾科研论文、技术文件及工程分析中的实际使用需求。

2、标准主要内容

本标准共分为6章、2个资料性附录，并列有参考文献，主要内容如下：

1 范围

规定本文件涉及矢量磁路理论中磁感、磁容及其衍生物理量的术语和定义、符号、单位，以及矢量磁路理论的基本定理和相关物理量表达；适用于以交变磁场为工作媒介的电磁装置和磁性材料的分析、设计与性能计算，包括电机、变压器、电感器等电磁设备及相关磁路的建模与分析。

2 规范性引用文件

引用GB/T 3102.5—1993《电学与磁学的量和单位》，用于保证本标准中已有电学、磁学量与单位的表述与现行国家标准一致。

3 术语和定义

规定磁感、磁容、磁阻抗、磁感抗、磁容抗、磁抗、磁阻抗角、磁导纳、基尔霍夫磁动势定律、基尔霍夫磁通定律和磁电功率定律等术语及其定义。

4 磁电功率

规定磁路复功率、磁路有功功率和磁路无功功率等概念。其中，磁感、磁容元件上的功率分别对应磁路中的涡流损耗和磁滞损耗，磁阻元件上的功率表征磁路无功功率。

5 矢量磁路理论的定理

规定矢量磁路的叠加定理、替代定理、戴维南定理、磁源变换定理和诺顿定理，并明确相关定理在线性磁路元件、正弦稳态及相应线性化或等效参数条件下的适用范围。

6 矢量磁路理论的量与单位

以表格形式列出本标准领域的重要量及其符号、定义和单位。在GB/T 3102.5—1993和IEC 80000-6已有磁量基础上，补充矢量磁路理论中新引入的磁感、磁容及其相关衍生量，并对新量进行标识。

附录A（资料性）“矢量磁路的基本组成”

通过基本矢量磁路及其等效关系说明磁阻、磁感、磁容等元件在矢量磁路中的组成和表达。

附录B（资料性）“磁电功率定律”

以典型磁路为例说明磁功率与电功率之间的关系及磁电功率定律的应用，为正文相关定义和表达提供说明。

3、主要技术差异

本标准为首次制定，无对应的上一版本标准，不存在与上一版本的技术差异。

与现行相关标准相比，本标准的主要技术差异体现在以下方面：

（1）GB/T 3102.5—1993《电学与磁学的量和单位》和IEC 80000-6《量和单位 第6部分：电磁学》规定了电学和磁学领域通用量、符号和单位，但尚未涵盖矢量磁路理论中新提出的磁感、磁容以及由此衍生的磁感抗、磁容抗、磁阻抗角、磁导纳和磁路功率等量。本标准在沿用现有基本量、量纲和单位体系的基础上，对上述新量进行补充规范。

(2) 现行传统磁路理论相关标准和教材主要基于磁阻单一元件进行标量分析。本标准引入磁感、磁容，并对由磁阻、磁感、磁容构成的矢量磁路中的幅值与相位关系进行规范化表述，使磁路可进一步表征涡流、磁滞及磁动势—磁通相位关系。

(3) 本标准进一步规定基尔霍夫磁动势定律、基尔霍夫磁通定律以及矢量磁路的叠加、替代、戴维南、磁源变换和诺顿等定理，并给出适用条件；同时规定磁电功率及磁路复功率、有功功率、无功功率等概念，形成较完整的矢量磁路量与单位规范体系。

4、解决的主要问题

本标准重点解决以下问题：

(1) 解决新物理量名称、定义、符号和单位缺乏统一规范的问题。通过对磁感、磁容及其衍生量进行统一定义，建立可供科研、教学、技术文件和工程应用共同采用的规范表达。

(2) 解决传统标量磁路难以统一描述磁通幅值和相位关系的问题。通过磁阻抗、磁抗、磁导纳、磁阻抗角等量的规范化，为矢量磁路的相量分析提供统一术语和量纲基础。

(3) 解决涡流、磁滞等效应在磁路层面缺少参数化表征和统一功率表达的问题。通过磁感、磁容以及磁路复功率、有功功率、无功功率等概念，为涡流损耗、磁滞损耗及磁电功率关系的分析提供统一表述。

(4) 解决相关理论成果在科研交流和工程应用中表达不一致的问题。通过与现有国家标准和国际标准的衔接，使新量能够纳入既有量和单位体系，降低跨单位、跨行业交流与成果转化成本。

三、主要试验（或验证）情况

本标准属于基础性、术语与量和单位类技术标准，不涉及具体产品的性能指标、型式试验或检验规则，因此不需要开展针对标准本身的产品型式试验。但标准所规定的磁感、磁容及矢量磁路相关物理关系已通过理论分析、有限元仿真、实验研究和工程应用形成较为系统的验证基础。

(1) 磁感相关验证。通过建立磁感元件有限元模型和实验平台，改变电阻率、横截面积、匝数、励磁频率以及串并联方式等参数，测量磁动势、磁通的幅

值和相位关系，对磁感表达式、影响因素及基本规律进行验证。

（2）磁容相关验证。通过建立磁容元件有限元模型和实验平台，改变磁滞材料、横截面积及励磁频率等条件，测量磁动势与磁通的幅值和相位关系，对磁容表达式及其与磁滞效应的关系进行验证。

（3）矢量磁路理论及磁电功率关系验证。利用磁感、磁容仿真模型和实验装置，对磁阻抗相位关系、磁路基尔霍夫定律及磁电功率转换关系开展仿真和实验验证。相关成果已在电机、变压器、磁性材料损耗分析及移相器等研究和工程应用中得到进一步检验，为本标准技术内容提供支撑。

四、标准中涉及专利的情况

本标准涉及与磁感元件、磁路功率计算方法等相关的专利技术。立项材料列明相关成果包括“一种磁感元件”“一种磁路功率计算方法”等 16 件中国发明专利和 5 件美国专利。标准制定过程中将按照中国电工技术学会关于标准涉及专利处置的相关要求，开展必要的专利披露，并由相关专利权人按规定提供专利许可声明、专利披露声明等材料。对于标准正文中可能涉及专利的具体技术内容，以最终专利披露和标准审查结果为准。

五、预期达到的社会效益、对产业发展的作用等情况

1. 预期达到的社会效益

（1）形成统一的技术语言。标准实施后，可统一矢量磁路理论相关术语、定义、符号和单位，减少论文、专著、技术报告、设计文件及工程交流中因表述不一致造成的歧义，提高科研和技术交流效率。

（2）促进原创理论成果规范化传播。通过将磁感、磁容及其衍生量纳入规范化的量和单位体系，有利于相关理论成果在高校、科研院所和企业之间传播、复现和应用，并为后续相关国家标准、国际标准的研究与修订提供基础。

（3）支撑电磁装备分析与设计方法创新。标准建立的统一量、单位及相关定理，可为电机、变压器、电感器等电磁设备的磁路建模、损耗分析和性能计算提供规范基础，促进相关分析方法和设计方法的进一步发展。

2. 对产业发展的作用

(1) 填补矢量磁路理论相关量与单位标准空白。现行 GB/T 3102.5—1993 和 IEC 80000-6 尚未覆盖磁感、磁容及其衍生新量。本标准的制定可形成面向该原创理论体系的基础性规范，为相关产业应用提供统一依据。

(2) 促进科研成果向工程应用转化。项目组已与华为技术有限公司、保定天威保变电气股份有限公司、国网江苏省电力有限公司电力科学研究院、国网上海市电力公司电力科学研究院、南京南瑞继保电气有限公司等开展或建立相关合作。统一量、单位和分析表达有利于降低理论成果进入企业研发、设计和评价流程的沟通成本。

(3) 促进电磁装备技术升级。标准可为复杂激励下磁性材料损耗分析、低损耗移相器、磁控型移相变压器等相关装备的设计与评价提供统一的基础概念和技术语言，有利于推动电磁装备设计分析方法向更精细的幅值—相位联合表征方向发展。

六、与国际、国外对比情况

(1) 是否采用国际、国外标准

本标准未等同采用或修改采用国际标准、国外标准。标准编制过程中参考 IEC 80000-6《量和单位 第 6 部分：电磁学》的量和单位体系及命名方式，并与 GB/T 3102.5—1993 保持衔接。

(2) 与同类国际、国外标准的主要技术对比情况

现有 IEC 80000-6 等标准主要规定电磁学领域通用的量、符号和单位，未涵盖矢量磁路理论中新提出的磁感、磁容及其衍生物理量，也未规定由磁阻、磁感、磁容构成的矢量磁路相关定理和磁电功率概念。本标准沿用现有国际单位制和电磁学量纲体系，在此基础上对上述新量及相关关系进行补充，技术内容与现有国际标准具有衔接性和互补性。

(3) 是否测试国外的样品、样机

本标准属于基础性量和单位标准，不涉及具体产品性能指标或样机试验，因此未对国外样品、样机进行测试。

(4) 标准水平的结论

本标准为首次制定的团体标准，未采用国际或国外标准。鉴于其针对我国原创提出的矢量磁路理论，对现有电磁学量和单位体系未覆盖的磁感、磁容及相关新量进行规范，并形成相应术语、定理和磁电功率表述，建议将本标准水平确定为国内先进水平。

七、在标准体系中的位置，与现行相关法律、法规、规章及相关标准，特别是强制性标准的协调性

1. 在标准体系中的位置

本标准属于中国电工技术学会团体标准体系，项目编号为 T/CES BZ2026059，由中国电工技术学会提出，由中国电工技术学会标准工作委员会永磁电机工作组归口。本标准属于电磁学基础量、术语及分析方法相关的基础性技术标准，是对现有电学与磁学量和单位标准在矢量磁路理论新量方面的补充。

2. 与现行相关法律、法规、规章的协调性

本标准主要规定矢量磁路理论相关术语、物理量、符号、单位及基本关系，不涉及安全、环保、市场准入等强制性管理要求，与现行法律、法规和规章不存在冲突。标准的制定和实施遵循国家有关标准化管理要求。

3. 与现行相关标准的协调性

本标准与 GB/T 3102.5—1993《电学与磁学的量和单位》保持协调。对于该国家标准已经规定的磁场强度、磁动势、磁通量、磁通密度、磁导率、磁阻等量，本标准原则上沿用其名称、符号、定义和单位；本标准重点补充磁感、磁容及其衍生新量，并在现有量纲和单位体系内进行表达。

本标准参考 IEC 80000-6《量和单位 第 6 部分：电磁学》的国际电磁学量和单位体系，不改变国际单位制基本框架。标准中新引入的量用于矢量磁路理论的拓展表达，与现有国家标准和国际标准不存在原则性冲突。

本标准不改变或替代现行强制性标准规定的技术要求，与现行强制性国家标准无冲突。

4. 协调性结论

综上，本标准在标准体系中的定位明确，属于中国电工技术学会团体标准，是对现有电学与磁学量和单位体系在矢量磁路理论相关新量方面的补充。本标准与现行法律、法规、规章及相关国家标准、国际标准协调一致，不违反现行强制性标准的规定。

八、重大分歧意见的处理经过和依据

无。

九、标准性质的建议说明

建议本标准的性质为团体标准。

十、贯彻标准的要求和措施建议

建议本标准批准发布 2 天后实施。标准发布后，建议通过中国电工技术学会及相关专业工作组组织宣贯和技术交流，面向高校、科研院所、电力企业、电磁装备制造企业及相关工程技术人员介绍标准的适用范围、术语定义、新增物理量、符号和单位及其使用方法；鼓励在科研论文、专著、技术报告、企业设计文件和相关工程分析中优先采用本标准规定的术语、符号和单位，并结合后续应用情况持续收集反馈，为标准修订及向更高层级标准转化提供依据。

十一、废止现行相关标准的建议

无。

十二、其他应予说明的事项

本标准名称确定为《矢量磁路理论的量与单位》，主要参考 GB/T 3102.5—1993《电学与磁学的量和单位》及 IEC 80000-6《量和单位 第 6 部分：电磁学》的命名方式。考虑到本标准并非对“矢量磁路理论”整体进行学科化定义或规范，而是针对该理论中新提出且现行标准尚未覆盖的物理量，统一其名称、定义、符号和单位，因此不采用“矢量磁路学”等具有学科命名含义的表述，将标准化对象限定为“矢量磁路理论的量与单位”，以准确体现标准内容边界及其与现行量和单位标准体系的衔接关系。除此之外，无其他应予说明的事项。