

中国生物医学工程学会团体标准
《定量磁化率成像数据采集与后处理技术规范》团体标准
（征求意见稿）编制说明

一、工作简况

1、任务来源

根据中国生物医学工程学会团体标准制修订工作安排，由相关医疗机构、高等院校、科研单位及医学影像技术专家共同负责起草团体标准《定量磁化率成像数据采集与后处理技术规范》（以下简称“本标准”）。本标准由中国生物医学工程学会提出，由中国生物医学工程学会知识产权与标准化工作委员会归口。项目编号为：BZW/PI-146。

本标准的制定旨在面向脑部定量磁化率成像（quantitative susceptibility mapping, QSM）的科研和临床应用需求，规范扫描参数设置、数据导出、格式转换、图像后处理、质量控制及记录要求，促进 QSM 图像质量和定量结果的一致性、可重复性和可追溯性。

2、起草及协作单位

本标准起草及协作单位为中日友好医院、山东省立医院、厦门大学附属第一医院、天津市第一中心医院、北京邮电大学、北京师范大学、首都医科大学附属北京宣武医院、首都医科大学附属北京同仁医院、南京鼓楼医院、海南省人民医院、电子科技大学、山东大学齐鲁医院、澳门大学、宁夏医科大学总医院、青海省人民医院、青海红十字医院、上海交通大学、中南大学、北京医院、中南大学湘雅二院、新疆医科大学第一附属医院、南京尖创科技有限公司、上海承蓝数据科技有限公司、北京万东医疗科技股份有限公司、赛诺威盛科技（北京）股份有限公司、睿联医疗科技（大连）有限公司、东软医疗系统股份有限公司。

3、主要工作过程

2023 年 10 月，中日友好医院向中国生物医学工程学会提出该团体标准的立项申请，2023 年 11 月确认正式立项。由中日友好医院牵头组成的标准起草工作组接到任务后，围绕 QSM 采集与后处理的关键技术环节开展资料调研、专家论证和文本起草。

工作组重点收集了国内外 QSM 临床研究、神经系统疾病应用、磁共振成像参数优化、相位数据处理、背景场去除、偶极子反演和图像质量控制等方面资料，并参考国际磁共振学会电磁组织特性研究组关于脑部 QSM 临床研究推荐实施的共识意见，结合我国临床和科研使用现状确定本标准的适用范围、技术路线和主要技术内容。调查收集国内外相关标准和资料，确定本标准制订的范围和原则。

工作组 2023 年 12 月至 2025 年 12 月多次进行标准研讨，于 2026 年 1 月完成了标准草稿。为了推进标准验证工作，于 2026 年 2 月至 2026 年 6 月期间，多次进行线上标准技术研讨，并于 2026 年 6 月完成标准验证，形成标准征求意见稿向社会公开征求意见。

二、标准编制原则及有关内容的说明

1、概述

QSM 是基于 MRI 相位数据，通过磁场到磁化率的反演获取组织磁化率空间分布的成像技术。QSM 可定量反映组织磁化率差异，在脑内铁沉积、微出血、静脉结构、钙化、脱髓鞘以及多种神经系统疾病评估中具有重要应用价值。与传统相位成像或磁敏感加权成像相比，QSM 能够提供具有物理意义的磁化率定量图像，有助于提高组织对比度和病变定量评估能力。

目前 QSM 图像质量和定量结果受扫描序列、回波时间设置、空间分辨率、相位导出方式、格式转换、相位展开、脑掩膜生成、背景场去除、偶极子反演、参考区域选择以及质量控制流程等因素影响较大。不同设备、不同中心和不同后处理软件之间缺乏统一规范，可能导致跨中心数据一致性不足、结果可重复性下降以及临床推广受限。因此，有必要制定面向脑部 QSM 的采集与后处理技术规范。

本标准依据 QSM 技术原理和国内外研究进展，结合我国脑部磁共振检查和 QSM 科研应用现状，提出采集前准备、数据采集、数据导出、格式转换、后处理流程、图像质量控制和记录保存的基本要求，为 QSM 数据标准化采集、规范化处理和质量控制提供技术依据。

2、标准编制原则

(1) 科学性原则。本标准围绕 QSM 成像的物理基础和完整技术链条制定，重点控制影响磁化率定量准确性和重建稳定性的关键因素，包括多回波梯度回波采集、相位数据处理、局部场计算、偶极子反演及磁化率参考校正。

(2) 适用性原则。本标准主要适用于磁共振设备开展脑部 QSM 成像的科研和临床场景，兼顾不同场强的推荐参数，并保留对不同设备平台和软件工具的适度兼容性。

(3) 可操作性原则。本标准不仅规定采集和后处理的流程顺序，还明确各步骤应达到的基本质量要求，例如幅度图和相位图空间一致、脑掩膜完整覆盖脑实质、局部场图无明显低频漂移、QSM 图无严重条纹伪影和方向错误等。

(4) 一致性原则。对于同一研究或临床项目，强调固定采集方案、软件版本、算法和关键参数，建立可追溯的质量控制记录，以提高组内、组间和跨中心结果的一致性。

(5) 开放性原则。本标准不限定单一软件或单一算法，而是在经过验证的相位展开、背景场去除和偶极子反演方法中提出推荐选择，便于新算法、新软件和新设备在完成验证后纳入使用。

3、标准内容的相关说明

3.1 范围

本标准规定了 QSM 数据采集参数设置及图像后处理流程，主要适用于指导磁共振设备开展脑部 QSM 成像的科研和临床场景，例如脑微出血、神经退行性疾病、脑内铁沉积、静脉异常、钙化及脱髓鞘相关病变的检出、定量评价和研究。

3.2 术语和定义

本标准设置了 QSM、偶极子反演、背景场、多回波梯度回波序列和脑掩膜等术语。上述术语覆盖 QSM 数据采集和重建中最核心的概念，有利于统一标准使用者对技术链条核心方法的理解。

其中，QSM 定义为基于 MRI 相位图像，通过“磁-场”反演获取组织磁化率空间分布的成像技术；偶极子反演定义为从局部场图反推磁化率图的数学反演过程；背景场定义为来自感兴趣区外磁源的磁场干扰；多回波梯度回波序列定义为多个回波时间的梯度回波序列；脑掩膜用于在全视野范围内限定后续计算和统计的脑实质区域。

3.3 采集前准备

采集前准备包括患者准备、患者位置和线圈准备。本标准要求告知患者扫描注意事项，去除金属物品，核对幽闭恐惧症、心脏起搏器等磁共振禁忌；建议患者取仰卧位、头部保持直立，并使用海绵固定头部以减少运动伪影；宜使用 8 通道及以上头线圈或头颈联合线圈。

设置上述要求的依据在于 QSM 对相位稳定性、空间覆盖和头动伪影较为敏感。头部运动、金属伪影、线圈信噪比不足或扫描范围缺失均可能影响相位展开、背景场去除和偶极子反演结果，进而降低定量磁化率图的可靠性。

3.4 数据采集

本标准建议采用三维多回波梯度回波序列（3D-mGRE），具备射频消隐和单极回波读取能力。推荐首个回波时间为 5 ms-8 ms，连续回波间隔在整个回波链中保持一致；3.0T 磁共振下最后一个回波时间宜为 30 ms-45 ms，可根据回波链长度和场强进行适度调整；重复时间使用默认最小重复时间，即略大于最后一个回波时间；翻转角设置为 10°-20°；回波链长度使用 5-10 个单极回波；常规读取带宽可使用 220 Hz/像素；体素大小宜采用各向同性体素，边长不超过 1 mm；采集覆盖范围应为全脑。

上述参数设置兼顾了 QSM 对相位演化信息、空间分辨率、信噪比、扫描时间和伪影控制的综合需求。多回波采集可提高场图估计稳定性；适当的 TE 范围有助于获得足够相位累积并避免过度信号衰减；各向同性高分辨率采集有利于减少部分容积效应和提高跨方向重建一致性；全脑采集可保证脑实质、深部灰质、小脑和脑干等区域均被纳入分析。

本标准还建议在针对血管研究时，于第一个回波使用流动补偿；读取方向沿前连合-后连合斜轴向方向设置；可采用压缩感知和并行成像缩短采集时间，加速因子通常为 3-5 倍。上述要求有利于在保证图像质量的同时提高临床检查可接受性。

3.5 数据格式与导出

本标准要求原始数据以 DICOM 格式导出，格式转换宜使用 dcm2niix 或 MRICConvert 等工具转换为 NIfTI 格式。转换后应核查 NIfTI 头信息中的体素大小、空间方向和回波时间信息。满足要求的转换结果应表现为：幅度图与相位图空间位

置一致，各回波间无明显错位，左右方向与原始图像一致，且处理软件可正确读取 TE 信息。

数据格式和头信息错误是 QSM 后处理失败的重要原因之一。相位缩放错误、回波顺序错误、TE 信息丢失或左右方向翻转均可能导致场图估计错误或最终 QSM 图方向错误。因此，本标准将数据导出和格式转换质量核查作为独立环节予以规定。

3.6 图像后处理

本标准规定 QSM 标准后处理顺序为：相位预处理、相位展开、脑掩膜生成、背景场去除、偶极子反演、磁化率参考校正、结果导出与记录。后处理输出文件至少包括 GRE 幅度图和相位图、相位展开图、脑掩膜、背景场去除后的局部场图、QSM 图以及处理日志或参数记录表。QSM 图单位应为 ppm 或 ppb，并注明参考区域。

相位预处理要求相位数据转换为浮点型，并按软件要求统一到 $-\pi$ 至 π 范围内。由于不同设备和软件的相位符号可能不同，处理前应通过已知解剖结构进行符号核查，避免出现整体符号反转。

相位展开可采用 ROMEO、PRELUDE 和 Laplacian 等经验证方法。多回波数据应获得单位为 Hz、rad/s 或 ppm 的总场图，并建议保存相位质量图或权重图。相位展开结果应连续、稳定，避免局部相位跳变影响后续局部场估计。

脑掩膜宜基于首个回波幅度图生成，使用 FSL-BET 等工具进行剥脑处理。BET 阈值可从 0.2-0.3 开始调整，最终以保留皮质、深部灰质、小脑和脑干为准，不应机械固定阈值。脑掩膜应去除颅骨、头皮、空气和眼眶等脑外结构，同时完整覆盖脑实质，内部不应存在非预期空洞。

背景场去除以相位展开后的总场图和经修正的脑掩膜为输入，用于去除来自脑外空气、颅骨、鼻窦和其他脑外磁化率源产生的背景场，获得脑内组织局部场图。全脑研究宜采用 V-SHARP 或 RESHARP 等稳健方法，静脉、皮质或靠近脑表面区域研究可采用 PDF 等方法。局部场图应呈解剖合理分布，不应出现大面积阴影、强低频漂移或影响主要感兴趣区的边界伪影。

偶极子反演以局部场图为输入，使用 MEDI、iLSQR、STAR-QSM 等带正则化的反演算法生成最终 QSM 图。若显著改变推荐采集方案，应在典型案例上进行参数优化并将参数固定用于相同采集方案。QSM 图应显示清晰解剖结构和合理组织对比，深部灰质核团和静脉通常相对于周围组织呈较高磁化率，白质相对灰质可呈较低磁化率，不应存在严重条纹伪影、全脑低频漂移、明显噪声放大或左右翻转。

磁化率值应明确参考区域。全脑掩膜参考具有较好的稳定性和可重复性，宜作为常规全脑研究的默认参考。采用全脑参考时，应从 QSM 图中减去实际有效脑掩膜内平均磁化率值，使参考区域平均值为 0。最终 QSM 图应以 NIfTI 格式保存，单位为 ppm 或 ppb，并保留正确空间方向和体素大小。

3.7 图像质量控制

本标准将质量控制贯穿数据采集、数据导出、格式转换、相位展开、脑掩膜生成、背景场去除、偶极子反演、定量分析和结果报告全过程。对同一研究或临床项目，应固定采集方案、软件版本、算法和关键参数，并保存质量控制记录。

采集数据质控包括多回波幅度图和相位图检查。幅度图应覆盖全脑，脑组织边界完整，无明显截断、严重运动伪影、金属伪影、射频不均匀或异常信号缺失；相位图应可见连续相位变化，避免相位缩放错误、回波顺序错误或方向翻转。

后处理质控包括相位展开质控、脑掩膜质控、背景场去除质控和偶极子反演质控。相位展开后应检查是否存在条纹伪影、局部相位跳变和不连续边界；脑掩膜应覆盖可靠信号的脑实质，保留皮层、脑干和深部灰质，内部孔洞应根据用途进行填补或排除；背景场去除后应检查局部场图是否存在脑表面残余背景场、低频伪影、边界过度侵蚀或局部信号缺失；偶极子反演后应检查最终 QSM 图是否存在条纹伪影、边界伪影、异常零值区域和非解剖性高低信号。

定量分析质控要求在 ROI 或体素水平分析前确认 QSM 图已按规定参考至内部参考区域，并在报告中注明参考区域。ROI 统计不得纳入有效背景场去除掩膜之外、被侵蚀或被设为零值的体素。对于广泛性病变或多中心研究，宜同时采用全脑和脑脊液等常用参考区域进行敏感性分析。

图像方向和显示质控要求将最终 QSM 图与原始 GRE 幅度图逐层对照，确认左右和前后方向一致；图像显示宜采用线性灰阶，不宜使用彩虹色、jet 等非线性色图。健康成人脑 QSM 常用显示范围可设为 -0.2 ppm 至 +0.2 ppm，并应在图注中注明显示窗宽窗位。

3.8 附表说明

附表 A.1 列出了 1.5T、3T 和 7T 不同场强下推荐 QSM 采集扫描参数，便于使用者根据场强选择合理的重复时间、回波时间、回波间隔、回波数量、翻转角、矩阵大小、分辨率、加速因子和采集时间。

附表 A.2 列出了 QSM 后处理关键步骤及常用工具，包括相位解缠、脑掩膜生成、背景场去除和偶极子反演，并明确典型输出格式。该附表旨在帮助使用者理解各环节的输入输出关系，不排斥其他经过验证的等效方法。

附表 A.3 为 QSM 图像质量检查表，覆盖采集后检查、相位展开、脑掩膜、背景场去除、偶极子反演、定量分析、方向与显示等环节，并列明需要调整和修正的典型情形，便于标准实施时开展逐项质量控制。

4、主要技术内容确定依据

本标准主要技术内容依据 QSM 成像的物理原理、国内外临床研究经验、国际共识推荐意见以及我国磁共振设备和后处理软件使用现状确定。QSM 重建依赖于相位图像中由组织磁化率差异引起的局部磁场变化，完整流程包括相位预处理、相位展开、背景场去除、局部场到磁化率的偶极子反演以及参考校正。任何关键环节不规范均可能造成图像伪影或定量偏差，因此本标准以“采集—转换—处理—质控—记录”的全流程方式进行规定。

扫描参数方面，采用 3D-mGRE、多回波采集、合适 TE 范围、较高空间分辨率和全脑覆盖，是兼顾相位信息、信噪比、临床可行性和图像可重复性的基础。后处理方面，推荐经广泛应用和验证的相位展开、背景场去除和偶极子反演方法，并要求软件版本和参数可追溯。质量控制方面，参考国际 QSM 共识中关于脑部 QSM 临床研究实施的建议，强调图像方向、脑掩膜、局部场图、条纹伪影、参考区域和定量分析有效体素等关键控制点。

三、主要试验验证

本标准 of QSM 数据采集与图像后处理技术规范，验证重点在于技术流程的可操作性、图像输出的完整性、质量控制要求的适用性以及跨病例、跨设备平台实施的可重复性。

中日友好医院、山东省立医院、厦门大学第一附属医院分别按照本标准的要求和试验方法对相应的产品进行了验证。通过验证确认了本标准中相关要求和试验方法均是有效可行的。

通过多方验证，可确认本标准规定的采集参数范围、后处理步骤、输出文件和质量控制检查点具有实际可操作性，能够发现并纠正常见问题，如扫描覆盖不足、

严重运动伪影、相位导出错误、回波顺序错误、脑掩膜侵蚀、残余背景场、条纹伪影、异常零值区域和空间方向错误等。

四、采用国际标准和国外先进标准的程度，以及与国际、国外同类标准水平的对比情况

目前尚无专门针对脑部 QSM 数据采集和后处理全流程的国家标准或行业标准。本标准未等同采用或修改采用国际标准。标准制定过程中参考了国际磁共振学会电磁组织特性研究组发布的脑部 QSM 临床研究推荐实施共识，并结合我国磁共振设备使用、影像科工作流程和 QSM 后处理软件应用现状进行了转化和细化。

与国际共识相比，本标准更强调团体标准实施所需的条款化、流程化和记录化要求，明确了采集前准备、扫描参数、数据格式转换、后处理输出文件、图像质量控制检查表和质量控制记录等内容。整体技术水平与国际 QSM 推荐实施方向保持一致，并具有较强的国内实施适用性。

五、与有关现行法律、法规和强制性国家/行业标准的关系

本标准为您推荐性团体标准，主要用于规范脑部 QSM 数据采集与后处理技术流程，与现行法律、法规和强制性国家/行业标准无抵触。标准实施过程中，涉及医疗机构磁共振检查、患者安全、数据管理、医学伦理和个人信息保护等事项的，应同时遵守国家现行相关法律法规、部门规章和医疗机构管理要求。

六、重大分歧意见的处理经过和依据

目前无重大分歧意见。

七、标准作为强制性标准或推荐性标准的建议

本标准涉及 QSM 采集与后处理技术流程，适用场景包括科研和临床应用，不同设备平台、软件算法和临床研究目的之间仍存在一定差异。为避免限制技术发展和方法创新，建议本标准作为推荐性团体标准发布。

八、贯彻标准的要求和措施建议

标准发布后，建议由中国生物医学工程学会及相关专业委员会组织宣贯和培训，面向影像科医师、磁共振技师、医学物理人员、科研人员和图像后处理人员介绍标准的适用范围、扫描参数、后处理流程、质量控制要求和记录表使用方法。

建议有条件的单位建立本机构 QSM 标准化采集协议和后处理操作规程，固定软件版本、算法和关键参数，建立质量控制检查表和处理日志。多中心研究项目宜在正式入组前完成跨中心试运行和参数验证，并对典型伪影和不合格数据制定处理规则。

建议根据标准实施反馈持续完善附表中的推荐参数、后处理工具和质量控制指标，必要时组织修订，以适应新设备、新序列、新算法和新临床应用的发展。

九、废止现行有关标准的建议

无。

十、其他应予说明的事项

无。

标准起草小组

2026 年 07 月 03 日