

EMIGMA V10 与 QCTool V5.0.0 版本

两套软件均经过改进和测试，能够支持 Windows 11 操作系统。

有关 QCTool 软件的详细升级信息，请访问 QCTool 网站 QCTool.ca

我们投入了两年多的时间对 EMIGMA V10 进行了一系列升级。以下说明将包含一些主要改动。

磁法

我们从多个方面增强了三维网格磁法反演功能。此前该应用已经是一个允许多个处理器阵列处理数据的程序，本次升级使得其允许载入更为庞大的数据集且能够反演更多网格单元。现在该反演程序还允许导入测区上方和旁侧地形数据。这不仅对确定精确的深度至关重要，还对解决地形内的特征至关重要。我们还升级了为地表采样或钻孔岩心引入已知磁信息的能力。本次升级后该程序还允许使用CAD模型作为反演的起始模型。目前软件也允许进行联合反演。可以利用多种数据分量开展联合反演（如总磁场强度及其一个或多个一阶导数），也可将航磁和地表磁测数据进行联合反演。

在某些情况下，磁异常可能符合泊松关系。此时，人们可能会对重磁联合反演感兴趣。为了利用泊松关系进行重磁联合反演，我们添加了一个选项使得您可在磁反演中将重力模型或反演结果作为起始模型导入，反之，在重力反演中，亦可将磁模型或反演结果作为起始模型导入。在此情况下，当使用重力异常或网格作为起始模型时，软件将使用泊松关系来精确确定密度值之间的关系，并生成起始模型的磁化率值。在重力解译时则利用磁化率来生成起始模型的密度值。

EMIGMA长期以来一直提供磁矢量数据模型模拟。本次发布的三维网格反演支持对矢量数据进行三维反演。矢量数据通常必须在反演之前进行处理，这些处理功能现已在最新版本的QCTool（V5.0）软件中发布。首先，必须对矢量的各个分量进行整理，使其方向归一化。目前大多数仪器都配备惯性测量单元，我们现在可以将矢量数据方向旋转至与网格方向一致。用户可以选择两种网格定义，地理北向或用户自定义网格方位角。此外，如有多个传感器数据，QCTool现在可计算总磁场强度和矢量数据的导数。当然这些梯度矢量也必须在反演之前反向旋转进行方向归一。

此外，在我们的磁法工具中，我们对磁补偿功能进行了升级，加入了几个新功能。首先，该功能现在可以对总磁场强度或矢量数据进行补偿，并且可以使用标准矢量数据或惯性测量单元定向数据来计算补偿系数。最后，我们取得了我们认为的重大突破，即不再需要飞行高度很高的补偿飞行数据。高程相对较低的数据，如200米高的数据，现在可以用来计算补偿系数。这些新功能使无人驾驶航空器或无人驾驶飞行器采集的磁数据补偿处理非常准确和高效。

时间域瞬变电磁方法

为应对中心回线数据反演模型的多解性及由此带来的问题，时间域瞬变电磁方法的主要升级都放在多套数据、多个分量的反演上。反演可处理水平和垂向分量数据，并可处理采集于距离测框中心任何位置的数据，例如框外数据及框内非中心点数据。新功能允许载入地面和航空测量数据及具有不同测框大小和测量频率的数据。我们已经证明，在合适的背景环境条件下，通过使用两种测框尺寸、两种测量频率及同时测量测框内外数据可以确定具有准确深度和电阻率信息的唯一一维模型。

可视化工具

EMIGMA 多年来一直利用 3D 可视化工具来建立正演模型、检查 CAD 模型并提供一些形式的数据查验。近年来，我们在可视化应用程序中提供了详细检查用户反演模型的方法。这些工具允许用户在不同深度和截面上对反演进行切片，并根据反演单元参数检查反演结果。然而，用户长期向我们反映在处理复杂模型和

大型反演网格时，该应用程序不稳定。为了解决这些问题并提供更快和更稳定的模型及其数据察看，我们进行了重大改进。

电阻率法

EMIGMA 的三维电阻率正演建模算法可以说是最全面、最快速和最准确的，这使得我们在开发反演算法时具备强大优势。电阻率正反演算法现在可用于动源系统（偶极-偶极、单极-偶极，单极-单极，钻孔）和定源测量。对于定源测量，EMIGMA 提供地面、地井系统算法。

我们采用的正反演算法均基于积分方程（IE）方法。该方法在计算精度和速度方面都具备显著优势。通过使用 IE 方法，我们无需将网格扩展到“无穷大”以满足边界条件，通过包含一个作为背景(layer)的层结构模型，处于层结构中的正演和反演网格的边界条件自动得到满足。不仅如此，IE 方法进行反演时还提供了其它有用的技术。例如，一旦识别出异常区域后，其可将反演网格聚焦到该区域，以划定异常结构。

我们对 EMIGMA V10 中的反演算法进行了升级。最重要的升级之一是添加了非线性正向求解器（LN）。正如在电阻率测量中观察到的，电法是自然界可观察到的最强散射现象之一。在跨越边界的电场电流散射对比中，跨越边界的电阻率对比差异可达到数个数量级，但电流弯曲和聚集也是电阻率数据中的一个重要和强大的特征。长期以来，我们证明了电场散射的标准求解器既不能表示电场对比度的幅度，也不能强制电流弯曲（由无发散电流引起），以及无法表示各单元间的相互作用。解决这些问题是 EMIGMA 这个项目的初始目标。我们在正演算法中解决了许多这些问题，现在我们已经将这些解决方案的一些部分引入了反演。此外，电阻率反演还在这些方面得到了升级：处理及反演更大数据量和更多网格单元；利用多进程方法和我们的新技术更有效地处理内存问题；处理定源测量中多个发射器并处理多方向测量的电压数据；允许包含地质参数以约束模型，并允许将多面体和长方体设定为初始模型。

可控源电磁法

三维可控源电磁法/可控源音频大地电磁法反演：升级包括支持更多的发射端、更多数据分量（电性和磁性分量）和更广的频率组合。本模块还包含一个非线性正演组件，可实现电性差异更多的结构的分辨率。此外，本模块还进行了改进以提高运算速度、稳定性、及处理初始模型的能力。在 QCTool 中，我们也已做了升级，允许处理全波形时间序列的原始数据，用以生成现场数据的脉冲响应。

重力

我们对 QCTool 重力数据处理中的均衡校正进行了重要升级。均衡校正对地形校正非常关键。地形校正必须针对均衡效应进行调整，因为在高海拔地区，地形校正会移除太多物质层，在低海拔地区或海面上，地形校正会增加太多物质层。引入均衡校正抵消了这些过度校正。这就是为什么对您来说，进行布格校正可能是不正确的原因之一。

在不确定是否应进行布格（地形）校正时，一种可用方法是将地形引入反演问题。如此将可以考虑地形密度的变化，并可以解译地形中的浅层异常。在 EMIGMA 重力反演中，用户可以在反演过程中导入数字高程模型。通过这种方式，人们可以研究地形中的目标且目标深度也会比与大地水准面齐平时更精确。

此外，重力反演升级后允许采用多面体及长方体作为初始模型。如果可以从钻井或地震作业中获得接触面信息，则可使用此方法将接触面信息引入反演。您还可将地质信息引入反演。

用傅里叶变换处理数据

通过 FFT（快速傅里叶变换）技术推导全波列数据频谱受时间序列长度 2^N 要求限制。当尝试恢复频谱（频率）元素的相位时，这一问题尤其突出。我们与一些仪器制造商一起发现，对于某些频率，相位估计可能非常不准确。我们在 QCTool 中开发了处理工具，允许用户通过 DFT（离散傅里叶变换）技术处理电磁法、可控源电磁法及激发极化法等的全波形数据。从历史上看，地球物理学家在已知离散傅里叶变换更准确后仍一直依赖 FFT 的一个原因是计算时间。为了解决该问题，我们利用多核多进程方法开展 DFT 频谱分析和滤波，这使得 DFT 方法在运行 Windows 的现代计算机上变得实用。

FFT 技术还用于对位场数据进行诸如求取导数、波长滤波、向上延拓和化极等处理。我们也将 DFT 算法用到了这些处理中。由于用于计算傅里叶变换的单元大小现在不受限制，提高了特征分辨率。特别是，这可以消除跨测线方向伪影。