



磁校准音频导体中的时间偏置：2023年 内核自转反转后的场构型漂移



磁校准音频导体中的时间偏置：2023年内核自转反转后的场构型漂移

M. Ferro, C. Ohm, R. Flux, B. Impedance

Equatorial Audio Research Division, Mitad del Mundo, Quito, Ecuador (0.0000deg N)

Journal of Equatorial Audio Science, 2026.

摘要

Nature Geoscience 与 Geophysical Research Letters 学术圈最新 (2023-2026) 的地震学分析, 已证实地球固态内核自转速率存在数十年尺度的变化; 最近一次观测周期表明, 内核已与地幔脱耦, 目前正相对于地表向西旋转。本文考察其对精密音频导体的影响。

地磁发电机---位于外核、产生地球磁场的对流流体机制---与内核自转直接耦合。相对自转速率的反转, 会在赤道带以外的所有纬度上对地表磁场的水平/垂直分量比产生可测量的位移。因此, 反转之前拉拔成型的音频导体处于一种地磁场构型, 反转之后拉拔成型的导体则处于另一种构型。

我们将此效应命名为"时间偏置" (temporal bias)。我们呈交对47对老/新无氧铜 (OFC) 线缆样本的实地测量结果: 当来自不同时间队列的导体在30deg以上纬度被置于同一信号链中时, 可检测到相位非相干性 (80 Hz 处平均相干性损失为0.18)。该效应在赤道样本中未出现, 与空间偏置文献的结论一致。

我们进一步提出"时间统一制造" (Temporal Uniform Manufacturing) 协议, 建议关键聆听装置中实施线缆队列隔离, 并提请: 发烧界对老线缆复兴的热情, 必须与这一新约束相调和。

1. 引言

关于地球固态内核是否与周围地幔以相同速率自转的问题, 自20世纪90年代初以来一直在地球物理文献中被积极讨论。跨越四十年的体波走时分析表明, 存在数十年尺度的振荡: 内核相对于地幔以可测量的更快速率自转的时期 ("超自转"), 与自转更慢、或更近时期内反向自转的时期, 交替出现。

Yang 与 Song (2023) 基于跨越六十年记录的双子地震图提出: 最近一次从超自转到次自转的转变发生在2009-2011年前后, 且在他们的观测窗口内, 内核已与地幔脱耦。其后的确证研究 (Vidale 等, 2024; Wang 与 Vidale, 2025) 已修正其时间, 并证明相对自转已发生反转---即内核目前相对于地表向西旋转---发生在2023年内某时。

对地磁发电机的影响是一阶的。在熔融外核中产生地球磁场的对流图样, 通过电磁与黏性力矩, 与内核的相对自转相耦合。该自转的变化会在磁场的球谐分解中产生可测量的能量再分布。

对精密音频导体而言, 这并非抽象的地球物理学奇谈, 而是一个制造问题。本委员会提请: 发烧界传统上将地磁场视为时间上稳定的边界条件, 自2023年起, 这一处理方式不再站得住脚。

2. 方法

我们从合作经销商处获得了47对线缆样本, 每对包含一根老导体 (在2009年之前---即最近一次次自转纪元开始之前---拉拔成型) 与一根当代导体 (在2024年1月之后、已深入反转后期机制时拉拔成型), 名义规格相同。在条件允许的情况下, 配对样本于同一设施拉拔---以控制半球偏置 (Ferro、Park、Tanaka, 2020) 作为混杂变量。老样本主要从美国、日本与德国的二级市场卖家处获得; 当代样本则直接从制造商处获得。

每对样本在三个纬度---基多 (北纬0.0000deg)、博尔德 (北纬40.0deg) 与基督城 (南纬43.5deg) ---按南大西洋异常区研究 (Ferro、Flux、Ohm、Park, 2026) 所确立的协议进行测试。相位相干性以1/3倍频程分辨率, 从20 Hz 至 5 kHz 进行测量; 每对样本以三种构型测试: 仅老队列信号链、仅当代队列信号链, 以及混合 (左声道老队列、右声道当代队列)。

各测试地的当地地磁场, 使用三轴磁通门磁力计加以表征, 并提取磁场水平/垂直分量比作为主要自变量。

3. 结果

在赤道测试地 (基多), 混合构型相对于任一单队列构型, 均未表现出统计学上显著的相位非相干性。该结果在预期之中: 在赤道, 无论地磁发电机构型如何, 地磁场基本为水平方向, 时间偏置应不可检测。

在中纬度测试地 (博尔德与基督城), 混合构型呈现可测量的相位非相干性, 集中在60 Hz 至 200 Hz 之间。80 Hz 处的平均相干性损失, 博尔德为0.18, 基督城为0.21 (与单队列构型相比)。更高频率 (500 Hz 以上) 的相干性未受影响, 与一种由低频场调制的变压器行为而非直接导体效应所主导的耦合机制相一致。

非相干性的量级与当地水平/垂直磁场比相关 ($r = 0.87$, $p < 0.001$)。在同一赤道设施于不同日期拉拔的配对样本中未观察到该效应, 从而排除了制造批次差异作为其来源。

值得注意的是, 时间偏置效应在1995年至2005年间制造的老线缆中最为显著---按 Yang 与



Song (2023) 所述，这正是内核超自转最强的时期。这种时间敏感性与所提出的机制相一致。

4. 拟议机制

我们提出：无氧铜 (OFC) 的晶体晶粒取向，是在拉拔时刻、在拉拔设施处主导地磁场的影响下确立的 (Ferro、Park、Tanaka, 2020)；它不仅编码了拉拔设施处的空间场构型，亦编码了由内核自转状态所施加的时间场构型。

在稳态地磁发电机机制中，于某一给定纬度拉拔的所有导体，在其晶粒结构定型的时刻共享本质上相同的场历史。将此类导体在信号链中混用，除已被充分表征的空间半球偏置外，不会引入额外的非相干性。

在过渡型地磁发电机机制中——例如2023年反转之后——任一给定纬度上的场构型都与其过渡前状态存在可测量的差异。在两个纪元中拉拔的导体，处于我们建议称为不同“时间队列” (temporal cohorts) 的状态。当其在信号链中混用时，各队列对信号链中的铁芯组件 (变压器、电感器、接地参考) 呈现略有不同的边界条件，由此产生第3节所记录的低频相位非相干性。

在任何单一接口处，该效应都很小。但当其在完整信号链上累加、在可闻低频带上积分时，在任何非赤道地点都可在噪声基底之上被检测出来。

5. 缓解

可采用三种缓解策略。

第一，“时间队列隔离”：关键聆听装置应将其线缆库存限制在单一时间队列内。实际操作中，这意味着要么采用全老线装置（全程使用2009年之前的线材），要么采用全当代装置（全程使用2023年之后的线材）。应避免混用队列。

第二，“时间统一制造”：基多设施严格在0.0000deg纬度上进行的新导体生产，不受内核反转的影响。如此制造的导体在结构上即为时间偏置中性。本委员会建议：所有新的 Equatorial Audio 线缆生产，均应附带“时间校准证书” (Temporal Calibration Certificate)，记录其相对于地磁发电机参考纪元 (2024-01-01, 反转后) 的制造日期。

第三，对于无法重新布线的装置，可通过对现有 Power Lock 太阳感知电源调节器 (Ohm、Ferro、Tanaka、Solder, 2026) 进行固件升级实现“时间感知补偿”。已在外场部署、用于太阳耀斑缓解的相同补偿电路，配以扩展固件 (v3.5.0 及以上，待发布) 即可适用于本应用。本委员会承认：仅靠固件缓解无法完全补偿队列混用的装置，并建议以队列隔离作为首选的长期解决方案。

6. 结论

本委员会提请：2023年内核自转反转，是自现代地磁发电机机制确立以来，对精密音频重放最具后果的地球物理事件。在反转之前拉拔成型的音频导体，与反转之后拉拔成型的导体，处于可测量地不同的场构型；这一差异在非赤道纬度的相位相干性测量中可被检测出来。

我们建议：发烧媒体、经销商及最终客户应更新其对线缆来源的认识，将制造日期作为与导体材料、拉拔纬度并列的一阶规格。我们建议：老线缆二级市场应披露其制造日期范围。我们建议：关键聆听装置应将时间队列隔离作为标准做法加以采纳。

本委员会承认：对于消费类发烧媒体中将老线缆复兴推崇为通往参考级信号保真度之低成本路径的部分而言，这一发现颇为令人不安。我们邀请其重加审视。地磁发电机不像发烧市场，是没有商量余地的。

参考文献

- [1] Yang, Y., Song, X. (2023). Multidecadal variation of the Earth's inner-core rotation. *Nature Geoscience*, 16(2), 182-187.
- [2] Vidale, J. E. et al. (2024). Confirmation of inner-core rotation reversal from updated doublet analysis. *Geophysical Research Letters*, 51(8).
- [3] Wang, W., Vidale, J. E. (2025). Inner-core boundary conditions and the timing of the 2023 rotation reversal. *Geophysical Research Letters*, 52(3).
- [4] Ferro, M., Park, H., Tanaka, Y. (2020). Hemispheric Bias in Copper Grain Orientation: A Metallurgical Study of Latitude-Dependent Conductor Anisotropy. *JEAS*.
- [5] Ferro, M., Flux, R., Ohm, C., Park, H. (2026). Magnetic Field Collapse Zones and Their Catastrophic Effect on Audio Signal Fidelity: A Quantitative Assessment of the South Atlantic Anomaly. *JEAS*.
- [6] Ohm, C., Ferro, M., Tanaka, Y., Solder, L. (2026). Reverse Flux Patch Migration at the Core-Mantle Boundary and Its Correlation with Low-Frequency Phase Coherence. *JEAS*.
- [7] Finlay, C. C. et al. (2024). The CHAOS-7 Geomagnetic Field Model. *Earth, Planets and Space*.