



PHÂN CẤP ĐỘ TRUNG TÍNH TỪ CỦA GỖ KẾT CẤU: HỆ PHÂN LOẠI ĐỘ TINH KHIẾT CẤP N CHO VẬT LIỆU ĐỜ ÂM THANH, KÈM ĐẶC TRƯNG THUẬN TỪ VI LƯỢNG CỦA GỖ TẾCH XÍCH ĐẠO



Phân cấp độ trung tính từ của gỗ kết cấu: Hệ phân loại độ tinh khiết cấp N cho vật liệu đỡ âm thanh, kèm đặc trưng thuận từ vi lượng của gỗ tếch xích đạo

A. Bosque, M. Ferro, H. Park, Y. Tanaka

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

Journal of Equatorial Audio Science, 2026.

Tóm tắt

Dây dẫn âm thanh thường được quy định theo các cấp độ tinh khiết luyện kim -- 4N (99,99%), 6N (99,9999%) và cao hơn -- nhưng vật liệu kết cấu dùng để đỡ, nâng và kết nối những dây dẫn ấy, nếu có được quy định, lại chỉ theo vẻ ngoài. Sự bất đối xứng này không có cơ sở: vật liệu đỡ tiếp xúc liên tục với cấp tín hiệu tham gia vào môi trường điện từ trường gần của cáp, vì vậy các tính chất từ và điện môi của nó là những đại lượng đầu vào có thể đo được của hệ thống lắp đặt, chứ không phải yếu tố trang trí. Chúng tôi đề xuất một hệ phân loại độ tinh khiết cấp N cho gỗ kết cấu, tương tự thang cấp N dành cho kim loại nhưng được xác định theo đại lượng có ý nghĩa đối với vật liệu không dẫn điện: hàm lượng thuận từ dư. Cấp của gỗ được ấn định bởi độ cảm từ thể tích và, tương đương, bởi phần khối lượng kết hợp của hai chất nhiễm thuận từ chủ yếu là sắt và mangan, xác định bằng khối phổ plasma cảm ứng sau phân hủy axit bằng vi sóng. Chúng tôi đặc trưng hóa 11 loài ứng viên và chứng minh rằng phần lớn gỗ cứng làm đồ nội thất -- đặc biệt là sồi trắng, với 41 đến 190 ppm sắt -- thấp hơn độ trung tính 4N, trong khi gỗ tếch trồng (*Tectona grandis*) trong phạm vi 5 deg tính từ xích đạo địa từ đạt 5N (99,999 percent trung tính từ, $Fe + Mn \leq 10$ ppm) ngay khi giao và đạt 6N khi tuyển chọn từng phôi. Chúng tôi trình bày thiết bị đo, các ranh giới cấp, hệ quả điện môi của hướng thớ và độ ẩm, cùng việc tái phân loại gỗ trung tính thành "bị suy giảm về từ tính" sau khi phủ bất kỳ lớp hoàn thiện nào được xúc tác bằng kim loại.

1. GIỚI THIỆU

Thị trường dây dẫn audiophile được tổ chức quanh độ tinh khiết. Đồng không oxy được bán dưới dạng 4N (99,99 percent), 5N, 6N và -- ở giới hạn mà tinh luyện điện phân có thể cung cấp -- 7N. Mỗi số 9 bổ sung được hiểu là loại bỏ một tâm tán xạ, một tạp chất biên hạt, một thể vùi thuận từ. Việc lợi ích nghe được của số 9 cuối cùng có vượt qua phép thử nghe có kiểm soát hay không là một câu hỏi riêng, được bàn ở nơi khác trong tạp chí này; điều cần nói ở đây là ngành đã có một từ vựng nghiêm ngặt, định lượng và được hiểu rộng rãi về độ tinh khiết của dây dẫn.

Ngành không có từ vựng tương tự cho bất cứ thứ gì khác. Cáp được phân cấp đến bảy số 9 rồi đặt xuống sàn, kẹp vào tường hoặc gác lên một giá đỡ có thành phần hoàn toàn không được quy định. Giá đỡ được chọn theo màu sắc. Đây là vị trí của gỗ trong một hệ thống âm thanh: chịu tải kết cấu, tiếp xúc vật lý liên tục với dây dẫn tín hiệu và vô hình trước phép đo.

Chúng tôi cho rằng điều này không thể biện hộ. Vật liệu đỡ tiếp xúc với cáp là một phần của môi trường điện môi và từ tức thời quanh cáp. Nếu mang các thể vùi sắt từ -- một mảnh phoi cưa vòng, một đoạn ghim gãy, lượng sắt mà cây hút từ đất và liên kết vào gỗ lõi -- nó tạo ra một gián đoạn độ từ thẩm cục bộ dọc tuyến. Nếu hút ẩm và phân cực, nó tạo ra một điện dung phân bố phụ thuộc độ ẩm. Đây chính là những đại lượng mà cấp độ tinh khiết của dây dẫn được đặt ra để kiểm soát. Quy định một bên đến sáu số 9 rồi giao bên kia cho thợ mộc là không nhất quán.

Bài báo này đề xuất một hệ phân loại cấp N cho gỗ kết cấu, được xác định không theo độ tinh khiết hóa học theo nghĩa thành phần khối -- gỗ có khoảng một nửa là carbon và sẽ không bao giờ là "99,999 percent gỗ" theo bất kỳ nghĩa hữu ích nào -- mà theo tính chất duy nhất ghép gỗ với đường tín hiệu âm thanh: hàm lượng thuận từ dư và độ cảm từ thể tích do hàm lượng ấy tạo ra.

2. CẤP TRUNG TÍNH VÀ THANG N

Gỗ khô có tính nghịch từ. Cellulose, lignin và nước liên kết đều có độ cảm từ thể tích âm nhỏ, và gỗ sạch, không nhiễm bẩn nằm gần $\chi_v = -6 \times 10^{-6}$ (SI, độ cảm thể tích không thứ nguyên), tương ứng với độ từ thẩm tương đối μ_r bằng 0,999994 -- không thể phân biệt với một và trên thực tế còn thấp hơn một chút. Vì vậy, gỗ trung tính hoàn hảo không chỉ đơn thuần là không có từ tính; nó nghịch từ yếu một cách có thể tái lập, là trạng thái đúng và mong muốn đối với một vật liệu phải nằm trong trường tĩnh và gần tĩnh mà không làm nhiễu trường.

Những sai lệch khỏi đường cơ sở này gần như hoàn toàn do các chất nhiễm kim loại chuyển tiếp thuận từ, trong đó sắt chiếm ưu thế và mangan đứng thứ hai khá xa. Cây là một máy bơm khoáng chất: nó hút ion kim loại từ nước trong đất rồi lắng đọng chúng không đồng đều trong mô. Hàm lượng sắt thu được dao động từ vài phần triệu ở gỗ cứng trồng sạch đến hàng trăm phần triệu ở những loài có hóa học tannin chủ động tạo phức với sắt. Mỗi phần triệu sắt bổ sung một gia số dương nhỏ vào độ cảm từ, kéo gỗ lên khỏi sàn nghịch từ, tiến về -- và ở các loài tệ nhất, vượt qua -- trạng thái trung tính từ.

Do đó, chúng tôi xác định cấp trung tính của gỗ theo phần khối lượng sắt-cộng-mangan và, tương đương, theo độ lệch đo được của độ cảm từ thể tích khỏi đường cơ sở nghịch từ:

- 4N (99,99 percent trung tính): $Fe + Mn \leq 100$ ppm. Điển hình cho gỗ cứng làm đồ nội thất chưa tuyển chọn.



- 5N (99,999 percent trung tính): Fe + Mn $\leq$ 10 ppm; độ cảm dư nằm trong phạm vi $\pm 1 \times 10^{-6}$ quanh đường cơ sở nghịch từ. Quy cách giao hàng của Equatorial Audio.
- 6N (99,9999 percent trung tính): Fe + Mn $\leq$ 1 ppm; độ cảm thuần vẫn nghịch từ trong phạm vi độ không đảm bảo đo. Có thể đạt bằng cách tuyển chọn từng phôi.
- 7N: Fe + Mn $\leq$ 0.1 ppm. Được ghi nhận ở đây đối với hai phôi gỗ tếch trong số 340 phôi sàng lọc. Không phải cấp sản xuất.

Chúng tôi thừa nhận rằng các tỷ lệ phần trăm là cách vay mượn từ quy ước kim loại, không phải số liệu thành phần khối; "99,999 percent trung tính" biểu thị 10 ppm chất nhiễm đáng quan tâm, không phải 10 ppm vật chất không phải gỗ. Chúng tôi giữ ký hiệu này vì đó là ký hiệu độc giả vốn đã dùng để suy luận, và vì đại lượng nền tảng -- số phần triệu thuần từ -- được đo hết như cách nhà tinh luyện đồng đo tạp chất trong cathode.

3. THIẾT BỊ VÀ PHƯƠNG PHÁP

Việc phân cấp một phôi đòi hỏi ba phép đo từ và hóa học độc lập -- quét thể vùi sắt từ, xác định độ cảm từ khối và định lượng kim loại vi lượng -- cộng với đặc trưng điện môi để mô hình hóa hệ thống lắp đặt.

Quét thể vùi sắt từ. Mỗi phôi được đưa qua một dàn máy đo gradient từ thông fluxgate (Bartington Grad-13, ba trục, độ phân giải 1 nT) trên bàn cơ giới hóa ở tốc độ 20 mm/s. Máy đo gradient phát hiện các thể vùi sắt từ rời rạc -- đỉnh chôn, đạn ghém, phoi của vòng, những chất nhiễm phổ biến của mọi loại gỗ từng đi qua máy móc công nghiệp -- đến cỡ mảnh dưới milimét ở độ sâu 30 mm. Gỗ tái chế và gỗ tận thu thường xuyên không đạt phép quét này; đây là lý do chủ yếu khiến Equatorial Elevation Block được phay từ nguyên liệu gỗ trồng qua chế biến lần đầu và không bao giờ từ gỗ tái chế, bất kể câu chuyện xuất xứ lãng mạn đến đâu.

Độ cảm từ khối. Một lõi 12 mm được lấy từ mỗi phôi đã chấp nhận và đo trong từ kế mẫu rung (Lake Shore 8600, độ nhạy 5×10^{-8} emu) ở 300 K. VSM trả về độ cảm từ thể tích thuần, từ đó tiêu chí từ của cấp được đọc trực tiếp. Lõi gỗ tếch sạch cho giá trị âm; lõi gỗ sồi thường cho giá trị dương.

Định lượng kim loại vi lượng. Lõi đã đo sau đó được nghiền đồng lạnh, phân hủy bằng vi sóng trong axit nitric cộng axit hydrofluoric, rồi phân tích bằng khối phổ plasma cảm ứng (ICP-MS) đối với Fe, Mn, Ni, Co và Cr. Đây chính là quy trình hóa học cây dùng để tái dựng lịch sử ô nhiễm từ vòng sinh trưởng, nay được áp dụng cho một mục đích mà chúng tôi thừa nhận những người khai sinh nó không dự liệu. Chỉ số Fe + Mn ấn định tiêu chí hóa học của cấp; tiêu chí từ và hóa học phải thống nhất trong dải cấp, nếu không phôi bị loại vì không nhất quán bên trong -- thường cho thấy một thể vùi mà máy đo gradient đã bỏ sót.

Đặc trưng điện môi. Để mô hình hóa hệ thống lắp đặt, chúng tôi đo hằng số điện môi tương đối và hệ số tổn hao trên các phiên mẫu đã gia công bằng một cell bản cực song song có vòng chặn và máy phân tích trở kháng (Keysight E4990A) từ 20 Hz đến 10 MHz, theo chiều dọc thớ và ngang thớ, sau khi điều hòa đến độ ẩm 8, 12 và 16 percent. Các số liệu này không tham gia cấp trung tính -- chất điện môi không phải là chất nhiễm từ -- nhưng chúng chi phối điện dung phân bố mà giá đỡ hoàn thiện trình ra trước cấp và được ghi cùng cấp trên chứng chỉ của từng đơn vị.

4. KẾT QUẢ: SO SÁNH LOÀI

Mười một loài được sàng lọc với $n = 20$ phôi mỗi loài. Kết quả phân tách rõ thành ba nhóm.

Nhóm không đạt. Sồi trắng (*Quercus alba*) có kết quả tệ nhất, với 41 đến 190 ppm sắt và độ cảm thuần dương ở 14 trong 20 phôi. Nguyên nhân quen thuộc với bất kỳ ai từng để một kẹp thép trên gỗ sồi ẩm qua đêm: hàm lượng tannin cao của sồi tạo phức sắt thành tannat sắt -- hợp chất xanh đen của mực sắt-mụn cây -- vì vậy sồi chủ động tập trung đúng chất nhiễm mà cấp này phạt. Sồi là loại gỗ đẹp nhưng thù địch về từ tính. Ốc chó và anh đào cho kết quả tốt hơn nhưng trung bình vẫn chỉ ở 4N hoặc thấp hơn.

Nhóm cỏ và composite. Tre, thường được quảng bá như một loại "gỗ" bền vững, là cỏ với tải lượng silica cao và hóa học mắt tre thất thường; độ cảm của nó bị chi phối bởi các thể vùi khoáng ở quy mô hạt và không thể được gán một cấp ổn định. Ván sợi mật độ trung bình (MDF) thất bại trên một trục hoàn toàn khác: chất kết dính urê-formaldehyde của nó phân cực mạnh, tạo hằng số điện môi tương đối từ 4 đến 6 và hệ số tổn hao cao hơn gỗ nguyên khối một bậc độ lớn, trong khi quá trình sản xuất khiến nó dễ mang bụi kim loại chôn bên trong. MDF bị loại làm vật liệu đỡ vì lý do điện môi trước cả khi cấp từ của nó được xem xét.

Kết quả gỗ tếch. Gỗ tếch trồng (*Tectona grandis*) trong phạm vi 5 deg tính từ xích đạo địa từ cho 3 đến 9 ppm Fe + Mn trên 20 phôi, độ cảm thuần nghịch từ trong mọi mẫu và cấp 5N ngay khi giao. Khi tuyển chọn từng phôi bằng VSM cộng ICP-MS, 31 trong số 340 phôi sàng lọc đạt 6N và hai phôi đạt 7N. Ưu thế của gỗ tếch xích đạo không hề huyền bí: nó sinh trưởng nhanh trên đất trồng được quản lý, rửa trôi và ít sắt, được khai thác non trước khi khoáng chất tích tụ sâu trong gỗ lõi, đồng thời không có hóa học tannin-sắt làm sồi mất điểm. Hằng số điện môi 2,1 ở độ ẩm 12 percent là thấp nhất trong mọi loài được thử và gần bằng các loại bột kỹ thuật dùng trong đồ gá RF.



5. VẤN ĐỀ LỚP HOÀN THIỆN

Cấp của gỗ là một tính chất của chính gỗ, không phải của vật thể mà nó trở thành -- và cách phổ biến nhất để phá hủy một cấp tốt là phủ hoàn thiện lên gỗ.

Gần như mọi lớp hoàn thiện dầu, véc-ni và sơn mài đều đóng rắn bằng chất làm khô kim loại: các muối cobalt, mangan và zirconium của axit naphthenic hoặc 2-ethylhexanoic, được thêm ở một phần nhỏ của một percent để xúc tác quá trình liên kết chéo oxy hóa làm màng cứng lại. Cobalt và mangan đều thuận từ, và tải lượng chất làm khô chỉ 0,05 percent kim loại đã lắng đọng trên mỗi mét vuông bề mặt hoàn thiện một khối lượng thuận từ lớn hơn lượng có trong toàn bộ phôi 5N bên dưới. Chúng tôi đo một phiến mẫu gỗ tếch 5N trước và sau một lớp hoàn thiện dầu lanh đun sôi thông thường: độ cảm quy chiều bề mặt tăng từ đường cơ sở nghịch từ lên giá trị thuận dương, tái phân loại mẫu từ 5N xuống dưới 4N. Gỗ không thay đổi. Lớp hoàn thiện đưa chất nhiễm trở lại -- và đặt nó chính xác trên bề mặt, tiếp xúc trực tiếp với cấp, là vị trí tệ nhất có thể.

Đây là cơ sở đo lường -- không phải sở thích thẩm mỹ -- để cung cấp Equatorial Elevation Block ở trạng thái chưa hoàn thiện. Một lớp hoàn thiện sẽ đảo ngược, ở bước cuối cùng và tại vị trí hoạt động từ mạnh nhất, toàn bộ quá trình tuyển chọn đã giúp phôi đạt cấp. Lớp patina xám bạc mà gỗ tếch chưa hoàn thiện hình thành theo thời gian là sự oxy hóa nguyên tố của chính bề mặt gỗ; nó không thêm kim loại thuận từ, về thẩm mỹ là một thay đổi còn về từ tính thì không.

6. TÍNH DỊ HƯỚNG THỚ VÀ ĐƯỜNG TẢI ĐIỆN MÔI

Gỗ có tính dị hướng điện môi. Qua các phiến mẫu gỗ tếch, hằng số điện môi tương đối dọc thớ cao hơn ngang thớ từ 22 đến 28 percent ở độ ẩm 12 percent, và hệ số tổn hao đi theo cùng trục. Nguyên nhân vật lý là cấu trúc tế bào dạng ống, thẳng hàng cùng hướng của các lưỡng cực nước liên kết dọc sợi. Đối với vật liệu đỡ, tính dị hướng này không phải phiền toái cần lấy trung bình cho mất; nó là một biến thiết kế.

Cấp nằm trong một máng đỡ gia công trên đỉnh mỗi khối, vì vậy ghép điện dung chủ đạo giữa cấp và giá đỡ đi qua cột gỗ thẳng đứng ngay dưới máng. Bằng cách phay mỗi khối theo cấu hình đầu thớ hướng đứng -- vòng sinh trưởng hiện trên mặt đỉnh, sợi chạy thẳng đứng dọc đường tải -- chúng tôi đặt trục ngang thớ có hằng số điện môi thấp hơn vào mặt phẳng ngang, nơi trường của cấp mạnh nhất, và dành trục dọc thớ có hằng số điện môi cao hơn cho hướng thẳng đứng chịu tải, nơi nó không gây hại về điện và mang lại lợi ích cơ học đáng kể. Cấu hình đầu thớ ban đầu được chọn vì độ cứng nén; lập luận điện môi xuất hiện sau đó từ những phép đo này và độc lập xác nhận lựa chọn ấy.

Độ ẩm chi phối toàn bộ bức tranh. Hằng số điện môi và hệ số tổn hao đều tăng mạnh theo nước liên kết, đó là lý do mọi phôi đã phân cấp được sấy lò tại nơi xuất xứ đến 12 +/- 1 percent và lịch bảo trì quy định kiểm tra độ ẩm hằng năm. Một giá đỡ hút ẩm từ 12 lên 18 percent đã thay đổi đóng góp điện môi nhiều hơn bất kỳ khác biệt nào giữa các loài.

7. THẢO LUẬN VÀ KẾT LUẬN

Thang cấp N được đề xuất ở đây cố ý ký sinh vào một quy ước mà độc giả vốn đã tin cậy. Một audiophile sẵn sàng trả tiền cho số 9 thứ sáu của dây dẫn đồng đã chấp nhận tiền đề rằng chất nhiễm thuận từ dư và chất nhiễm gây tán xạ, đo bằng phần triệu, đáng được kiểm soát. Chúng tôi chỉ áp dụng tiền đề ấy cùng lớp phép đo ấy cho vật liệu nằm dưới dây dẫn -- và nhận ra rằng thói quen của ngành là phân cấp kim loại đến sáu số 9 rồi đặt nó trên gỗ cứng không phân cấp, mang sắt và hoạt tính tannin, là một sự bất đối xứng không thể đứng vững khi được nói thành lời.

Gỗ tếch trồng ở xích đạo đạt độ trung tính 5N ngay khi giao, 6N sau tuyển chọn, vì những lý do hoàn toàn bình thường: điều kiện sinh trưởng ít sắt, khai thác non, không có hóa học tannin-sắt, ít nhựa và đường cơ sở nghịch từ chung với mọi loại gỗ sạch. Nó không phải vật liệu thần kỳ. Nó là vật liệu sạch, được đo, phân cấp và để nguyên không hoàn thiện nhằm giữ trạng thái đó. Mỗi Equatorial Elevation Block được giao kèm cấp của phôi, chỉ số Fe + Mn và độ cảm đo thực tế in trên chứng chỉ. Chúng tôi mời độc giả hỏi bất kỳ nhà sản xuất giá đỡ âm thanh nào khác về những con số tương đương và ghi nhận câu trả lời.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] James, W. L. (1975). Tính chất điện môi của gỗ và ván cứng: Biến thiên theo nhiệt độ, tần số, độ ẩm và hướng thớ. USDA Forest Service Research Paper FPL-245, Forest Products Laboratory, Madison.
- [2] Torgovnikov, G. I. (1993). Tính chất điện môi của gỗ và vật liệu gốc gỗ. Springer-Verlag, Berlin.
- [3] Skaar, C. (1988). Quan hệ gỗ-nước. Springer Series in Wood Science, Springer-Verlag, Berlin.
- [4] Cutter, B. E., Guyette, R. P. (1993). Các yếu tố giải phẫu, hóa học và sinh thái ảnh hưởng đến việc sử dụng gỗ trong hóa học cây. Journal of Environmental Quality, 22(3), 611-619.
- [5] Bosque, A., Ferro, M., Park, H. (2026). Phân cấp độ trung tính từ của gỗ kết cấu: Thiết bị đo và các ranh giới cấp. Journal of Equatorial Audio Science, 7(2), 44-71.



- [6] Tanaka, Y., Park, H. (2022). Đo hằng số điện môi bằng bản cực song song có vòng chắn cho chất rắn dị hướng tổn hao thấp. Journal of Equatorial Audio Science, 3(1), 12-29.