

Khảo sát các phép đo rò rỉ bóng tia X ở trạng thái tải

GIỚI THIỆU

Sách trắng này thảo luận về cách thực hiện các phép đo rò rỉ bóng tia X bằng máy đo khảo sát, liên quan đến các tiêu chuẩn và quy định có liên quan.

Các phép đo rò rỉ bóng tia X được thực hiện để tìm rò rỉ tiềm năng bức xạ ion hóa từ các bóng tia X. Đây là một phần của quy trình an toàn bức xạ tại các bệnh viện và nhà sản xuất máy X-quang. Trong quá trình đo rò rỉ, máy X-quang được vận hành với bức xạ bật và ống chuẩn trực đóng lại. Người thực hiện phép đo sử dụng máy đo khảo sát để kiểm tra khu vực xung quanh bóng X-quang ở một khoảng cách cụ thể. Vị trí mà liều rò rỉ cao nhất được xác định và định lượng, cũng như số lần chụp có thể được thực hiện trong một giờ trong phòng thí nghiệm. Kết quả được so sánh với giới hạn liều trên, được cung cấp trong các tiêu chuẩn và quy định, để xác định xem máy X-quang đạt hay thất bại.

Tiêu chuẩn quốc tế¹ và quy định địa phương² hướng dẫn về:

- Giới hạn trên cho liều đo trong một giờ
- Khu vực mà phép đo liều nên được tính trung bình
- Ở khoảng cách nào giới hạn là hợp lệ, hoặc từ tiêu điểm tia X hoặc từ vỏ ống tia X

Các số được cung cấp trong các tiêu chuẩn và quy định thường đặt ra câu hỏi thực tế về quy trình đo lường và cách thiết kế của đồng hồ đo khảo sát có thể ảnh hưởng đến các phép đo. Sách trắng này thảo luận về việc giải thích các tiêu chuẩn và quy định được đề cập, tập trung vào:

- phương thức X-quang, chẳng hạn như soi huỳnh quang hoặc X quang
- trường tia X đồng nhất so với trường tia X không đồng nhất
- kích thước của khu vực cảm biến hoạt động của đồng hồ đo khảo sát
- khoảng cách đến nguồn tia X hoặc vỏ bóng

Bài viết kết thúc với một cuộc thảo luận về cách các tính chất đo khảo sát khác nhau ảnh hưởng đến độ chính xác và tính thực tiễn tại các phép đo.

¹ The International Electrotechnical Commission: IEC 60601-1-3, 12.4 – *Leakage radiation in the loading state* (IEC 60601-1-3)

² The Food and Drug Administration: FDA, Code of Federal Regulations Title 21, *Performance standards for ionizing radiation emitting products*, §1020:30 (k) and (l) (CFR 21)

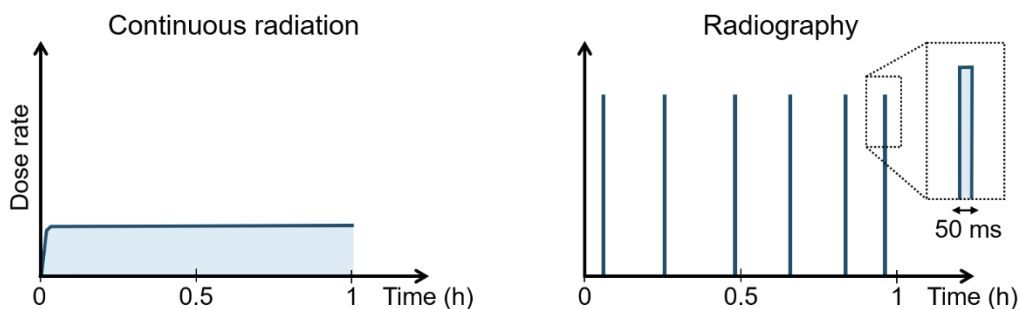
CẦN GÌ ĐỂ ĐO - LIỀU HOẶC SUẤT LIỀU

Liều hoặc suất liều có phải là thước đo tốt hơn khi đo rò rỉ không? Câu trả lời phụ thuộc vào phương thức bạn đo lường, ví dụ như soi huỳnh quang hoặc X-quang.

Các tiêu chuẩn và quy định được giới thiệu cung cấp các giới hạn trên cho liều lượng rò rỉ được đo trong một giờ (giờ bận rộn nhất) trong phòng thí nghiệm. Tuy nhiên, cách bức xạ được phân phối theo thời gian là khác nhau tùy thuộc vào phương thức, Hình 1.

Bức xạ xung liên tục hoặc lặp đi lặp lại được sử dụng ở suất liều trung bình thấp để cung cấp hướng dẫn trực quan trong các thủ tục can thiệp hoặc nghiên cứu các quy trình thời gian thực khác. Các thiết bị có thể được ước tính một cách thận trọng để được sử dụng 100% thời gian. Do đó, suất liều trung bình tối đa đo được có thể được sử dụng để ước tính liều tối đa trong một giờ. Lưu ý rằng phép đo phải dài hơn thời gian ổn định của đồng hồ khảo sát, có thể lên đến một phút ở tốc độ liều thấp.

Trong X quang, hình ảnh được thực hiện ở tốc độ liều cao hơn nhiều nhưng với thời gian chụp trong khoảng mili giây. Thời gian chụp ngắn khiến việc định lượng tỷ lệ liều trở nên khó khăn. Một cách tiếp cận tốt hơn là sử dụng liều rò rỉ phơi nhiễm đơn tối đa, được tạo ra từ các môi trường phơi nhiễm ít thuận lợi nhất để sử dụng lâm sàng, nhân với số lần chụp tối đa như vậy có thể diễn ra trong một giờ trong phòng thí nghiệm.



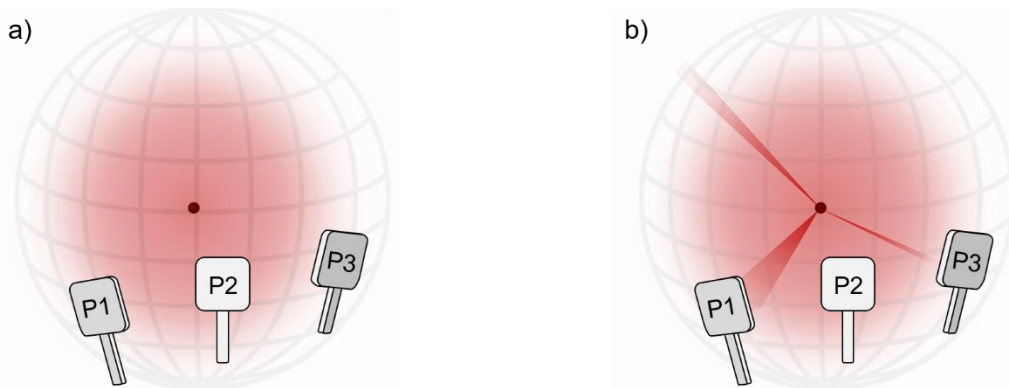
Hình 1: Minh họa suất liều so với thời gian. Trái: Bức xạ liên tục. Phải: X quang với phát xạ 50 mili giây (phải). Theo tiêu chuẩn được đề cập, tổng các khu vực tích hợp (màu xanh nhạt) không được vượt quá 1 mGy trong một giờ ở độ cao 1 m từ nguồn tia X.

Kết luận & Thảo luận: Đối với bức xạ xung liên tục hoặc lặp đi lặp lại, liều trong một giờ có thể được ước tính từ suất liều trung bình tối đa đo được. Đối với phát xạ, liều rò rỉ từ một lần chụp và số lượng quy trình tối đa trong phòng thí nghiệm trong một giờ, cần được xem xét để tránh đánh giá quá cao sự rò rỉ.

CÁCH TÌM RÒ RỈ

Cần bao nhiêu phép đo để đảm bảo phát hiện điểm rò rỉ tối tệ nhất? Câu trả lời phụ thuộc rất nhiều vào các giả định về tính chất của bức xạ, ví dụ, nếu trường bức xạ là đồng nhất hoặc không đồng nhất.

Hình 2 minh họa hai thái cực này. P1, P2 và P3 đại diện cho ba vị trí khác nhau nơi thực hiện các phép đo liều, tất cả đều ở khoảng cách 1 m từ nguồn tia X. Liều được giả định là trung bình trên diện tích 100 cm² không có kích thước tuyến tính vượt quá 20 cm (như đã nêu trong các tiêu chuẩn và quy định được đề cập). Vùng cảm biến hoạt động của đồng hồ đo khảo sát đối diện trực tiếp với nguồn tia X.



Hình 2: Minh họa a) trường tia X đồng nhất và b) trường tia X không đồng nhất, với bức xạ ion hóa thể hiện màu đỏ. Chấm đen tượng trưng cho nguồn tia X. P1, P2 và P3 đánh dấu ba vị trí đo cho máy đo khảo sát bức xạ và tất cả đều ở khoảng cách 1 m từ nguồn tia X.

Trong một trường đồng nhất (Hình 2a), giá trị liều đo được ở khoảng cách 1 m từ nguồn tia X sẽ giống nhau ở vị trí P1, P2 và P3. Giá trị này cũng đại diện cho liều cao điểm. Do đó, trong một trường đồng nhất, đủ để đo liều ở một (bất kỳ) vị trí nào ở khoảng cách 1 m từ nguồn để tìm giá trị liều đỉnh.

Trong trường không đồng nhất (Hình 2b), chỉ số liều ở vị trí P1, P2 và P3 sẽ khác nhau. Bạn có thể đã tìm thấy giá trị đỉnh của liều ở vị trí P1, nhưng để chắc chắn, về lý thuyết, bạn cần thực hiện đủ các phép đo rò rỉ để bao phủ toàn bộ quả cầu ở khoảng cách 1 m từ nguồn tia X. Để bao phủ một quả cầu có bán kính 1 m với diện tích cảm biến 100 cm² cần ít nhất 1257 phép đo.

Kết luận & Thảo luận: Về mặt lý thuyết, các phép đo rò rỉ trong một trường đồng nhất chỉ yêu cầu một phép đo, trong khi một trường không đồng nhất đòi hỏi hơn một nghìn. Trong cuộc sống thực, trường tia X có khả năng ít nhất là không đồng nhất, trong khi không chắc là có thời gian để thực hiện hàng ngàn phép đo cho mỗi máy X-quang. Một cách thực tế sẽ là đặc biệt chú ý đến các khu vực có thể bị chiếm đóng bởi con người và các khu vực mà thiết bị X-quang được biết là có nhiều rò rỉ nhất, từ kinh nghiệm trước đây. Cuối cùng, trong khi các tiêu chuẩn và quy định cung cấp hướng dẫn, chính người thực hiện các phép đo tại chỗ cần chịu trách nhiệm về môi trường bức xạ cho nhân viên và bệnh nhân, dựa trên các điều kiện đo lường địa phương và các yếu tố môi trường.

KÍCH CỠ CẢM BIẾN

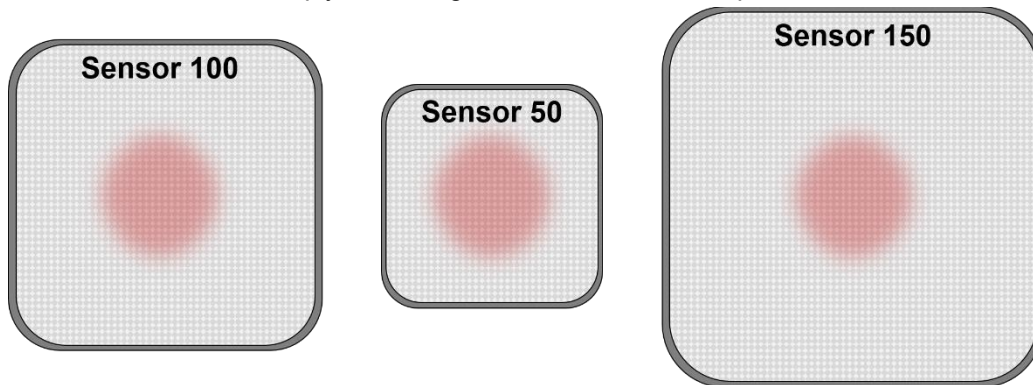
Trong ví dụ trước đó, liều đo được giả định là trung bình trên diện tích 100 cm^2 , như đã nêu trong các tiêu chuẩn được đề cập. Nhưng điều gì xảy ra nếu cảm biến vật lý có kích thước khác?

Như đã thảo luận trong chương trước, nếu trường bức xạ là đồng nhất, liều đo được là như nhau ở tất cả các điểm trên bề mặt của một quả cầu có bán kính 1 m từ nguồn tia X. Trong trường hợp này, kích thước cảm biến cũng không quan trọng, vì liều trung bình trên bất kỳ khu vực nào sẽ giống nhau. Chỉ mất một phép đo ở bất kỳ điểm nào, với cảm biến có kích thước bất kỳ, để tìm giá trị liều cực đại (giả sử rằng thiết kế cảm biến cho độ lệch khoảng cách không đáng kể so với bề mặt hình cầu).

Nếu trường bức xạ không đồng nhất, kích thước cảm biến sẽ có tác động.

Hình 3 minh họa ba khu vực cảm biến có kích thước khác nhau, được đặt tên là Cảm biến 100 (100 cm^2), Cảm biến 50 (50 cm^2) và Cảm biến 150 (150 cm^2). Cả ba đều bị bức xạ rò rỉ có cùng cường độ và kích thước, ở khoảng cách 1 m từ nguồn tia X.

Cảm biến 50 sẽ hiển thị giá trị liều cao hơn Cảm biến 100 vì trường bức xạ bao phủ tỷ lệ phần trăm cao hơn diện tích cảm biến của Cảm biến 50. Mặt khác, diện tích cảm biến nhỏ hơn đòi hỏi nhiều phép đo hơn để đảm bảo phát hiện rò rỉ. Điều quan trọng, Cảm biến 150 có thể đánh giá thấp liều lượng, vì rò rỉ được tính trung bình trên một khu vực lớn hơn so với quy định trong tiêu chuẩn được đề cập.



Hình 3: Minh họa ba khu vực cảm biến hoạt động với kích thước lần lượt là 100, 50 và 150 cm^2 . Tất cả các khu vực cảm biến được đặt ở khoảng cách 1 m từ nguồn tia X và bị ảnh hưởng bởi cùng một lượng bức xạ, được hiển thị bằng màu đỏ.

Kết luận & Thảo luận: Một cảm biến có kích thước nhỏ hơn 100 cm^2 sẽ không bao giờ đánh giá thấp liều, điều này có thể xảy ra trong trường không đồng nhất với cảm biến lớn hơn 100 cm^2 . Do đó, an toàn khi sử dụng cảm biến nhỏ hơn, miễn là đủ phép đo được thực hiện để bao phủ cùng một khu vực.

KHOẢNG CÁCH THAM CHIẾU

Trong các ví dụ trên, khoảng cách giữa vùng cảm biến và nguồn tia X là 1 m. Điều gì xảy ra nếu khoảng cách này ngắn hơn hoặc dài hơn?

Tiêu chuẩn được đề cập đưa ra giới hạn trên cho liều đo ở 1 m từ tiêu điểm (không phải vỏ bóng) của máy X-quang. Mặc dù không có yêu cầu rõ ràng để thực hiện các phép đo ở khoảng cách một mét, nhưng điều rất quan trọng là giới hạn liều được đưa ra ở một khoảng cách cụ thể, vì bức xạ ion hóa tuân theo định luật bình phương nghịch đảo: Giảm một nửa khoảng cách đến nguồn tia X có nghĩa là tăng gấp bốn lần. Nói cách khác, nếu khoảng cách đo thay đổi, giới hạn liều trên cũng vậy, và khá đáng kể.

Định luật bình phương nghịch đảo thường được sử dụng để tính toán liều thay đổi như thế nào theo khoảng cách đến nguồn tia X. Tuy nhiên, đối với các phép đo rò rỉ, có các yếu tố bổ sung cần xem xét:

- Mối quan hệ giữa bức xạ sơ cấp và bức xạ tán xạ thay đổi theo khoảng cách đến nguồn tia X.
- Gần nguồn tia X, định luật bình phương nghịch đảo có thể không được áp dụng.
- Sự thay đổi về kích thước và hình dạng của vỏ bóng tia X, cũng như đồng hồ khảo sát, ảnh hưởng đến cách đo có thể được thực hiện, thực tế.

Do đó, các phép đo ở các khoảng cách khác ngoài 1 m - và đặc biệt là gần với nguồn tia X - có thể không phù hợp với tiêu chuẩn được đề cập, ngay cả khi giới hạn liều được tính toán lại.

Kết luận & Thảo luận: Thực tế là đo liều rò rỉ ở khoảng cách 1 m từ nguồn tia X, vì nó cho phép so sánh trực tiếp với giới hạn liều trên được đưa ra trong tiêu chuẩn được đề cập. Thay đổi khoảng cách ảnh hưởng đến giới hạn liều và mối quan hệ giữa bức xạ sơ cấp và rò rỉ. Tránh các phép đo gần nguồn tia X với giới hạn liều được tính toán lại, vì định luật bình phương nghịch đảo có thể không được áp dụng ở khoảng cách ngắn.

CHỌN ĐỒNG HỒ KHẢO SÁT NÀO

Từ các thảo luận ở trên, đồng hồ đo khảo sát phù hợp để đo rò rỉ là gì?

Nếu phương thức tia X, tính đồng nhất trường tia X, kích thước cảm biến và khoảng cách tham chiếu được xem xét và điều chỉnh khi đo, bất kỳ máy đo khảo sát nào cũng có thể được sử dụng để đo theo các tiêu chuẩn và quy định được đề cập. Tuy nhiên, các thuộc tính của đồng hồ có thể tiết kiệm thời gian đáng kể và cải thiện độ chính xác. Một số tính chất chính của đồng hồ đo khảo sát là:

- **Phạm vi tốc độ liều và độ nhạy** - Phạm vi của đồng hồ có đáp ứng nhu cầu đo lường của bạn hay bạn cần chuyển đổi giữa các máy đo hoặc cài đặt độ nhạy khác nhau?
- **Phản ứng năng lượng** - Máy đo có nhạy cảm như nhau với tất cả các năng lượng và hiển thị suất liều "thực" không? Hoặc, nó có phản ứng dưới hoặc quá mức ở một số năng lượng nhất định yêu cầu hiệu chỉnh thủ công không? Làm thế nào để đáp ứng năng lượng của đồng hồ phù hợp với năng lượng mà bạn cần đo?
- **Thời gian đáp ứng cho suất liều** - Bạn cần đo trong bao lâu để có được kết quả đọc ổn định?
- **Thời gian ổn định khi khởi động** - Mất bao lâu từ khi bật nguồn cho đến khi đồng hồ sẵn sàng sử dụng?
- **Thu thập và phân tích dữ liệu** - Đồng hồ có tự động lưu các phép đo không? Các tùy chọn phân tích dữ liệu có phù hợp với nhu cầu của bạn không?

Có nhiều lựa chọn đồng hồ khảo sát trên thị trường. Một số có phạm vi ứng dụng rộng và một số khác chuyên biệt hơn. Xem xét nhu cầu đo lường chính của bạn là gì và nơi bạn sẽ tiết kiệm thời gian trong công việc của mình.

TÓM TẮT

Để thực hiện các phép đo rò rỉ theo các tiêu chuẩn và quy định được đề cập, cần xem xét:

- nếu bức xạ liên tục hoặc phơi sáng ngắn
- nếu bức xạ được giả định là đồng nhất hoặc không đồng nhất
- khu vực, trên đó liều được tính trung bình
- khoảng cách đến tiêu điểm của máy X-quang
- Các tính chất của đồng hồ khảo sát

Cuối cùng, các tiêu chuẩn và quy định có thể cung cấp hướng dẫn, nhưng người tiến hành đo rò rỉ vẫn chịu trách nhiệm về tính chính xác và độ tin cậy của kết quả. Mặc dù mục tiêu trước mắt của phép đo rò rỉ là thiết lập hiệu suất của máy X-quang trong giới hạn, nhưng cuối cùng, giới hạn này được các cơ quan quản lý nêu ra để giảm bức xạ không cần thiết cho bệnh nhân và nhân viên bệnh viện.

LIÊN HỆ

Vui lòng truy cập www.raysafe.com để biết thêm thông tin.