

TCVN

TIÊU CHUẨN QUỐC GIA

TCVN 8712:2011

ISO 12039:2001

Xuất bản lần 1

**PHÁT THẢI NGUỒN TĨNH –
XÁC ĐỊNH CACBON MONOXIT, CACBON DIOXIT VÀ OXY –
ĐẶC TÍNH TÍNH NĂNG VÀ HIỆU CHUẨN
CÁC HỆ THỐNG ĐO TỰ ĐỘNG**

*Stationary source emissions –
Determination of carbon monoxide, carbon dioxide and oxygen –
Performance characteristics and calibration of automated measuring systems*

HÀ NỘI – 2011

Lời nói đầu

TCVN 8712:2011 hoàn toàn tương đương với ISO 12039:2001.

TCVN 8712:2011 do Ban kỹ thuật tiêu chuẩn quốc gia TCVN/TC 146 *Chất lượng không khí* biên soạn, Tổng cục Tiêu chuẩn Đo lường Chất lượng đề nghị, Bộ Khoa học và Công nghệ công bố.

Lời giới thiệu

Carbon dioxit, carbon monoxit và oxy là những khí được phát hiện thấy trong quá trình đốt. Xác định nồng độ của các khí này có thể hỗ trợ cho người vận hành máy trong quá trình tối ưu hóa quá trình đốt. Xác định O₂ và CO₂ cũng cần thiết để chuẩn hóa nồng độ đo được của bụi và các khí khác với các điều kiện đã xác định. Có một số cách để đo nồng độ của CO₂, CO và O₂ trong ống dẫn khí thải. Tiêu chuẩn này mô tả các phương pháp và thiết bị để đo nồng độ của các khí này.

Phát thải nguồn tĩnh –

Xác định carbon monoxit, carbon dioxit và oxy – Đặc tính tính năng và hiệu chuẩn các hệ thống đo tự động

Stationary source emissions –

Determination of carbon monoxide, carbon dioxide and oxygen – Performance characteristics and calibration of automated measuring systems

1 Phạm vi áp dụng

Tiêu chuẩn này quy định các nguyên tắc, đặc tính tính năng thiết yếu và hiệu chuẩn hệ thống tự động để đo cacbon monoxit, cacbon dioxit và oxy trong các ống khói của nguồn tĩnh.

Tiêu chuẩn này qui định các hệ thống lấy mẫu hút và trực tiếp nối với một số loại dụng cụ phân tích. Các kỹ thuật sau đưa ra cơ sở để chuẩn bị các hệ thống thiết bị thực nghiệm:

- Thuận từ (O_2);
- Gió từ (O_2);
- Chênh lệch áp suất (Quinke) (O_2);
- Động lực từ;
- Oxit zirconium (O_2);
- Pin điện hóa (O_2 và CO);
- Hấp thụ hồng ngoại (O_2 và CO).

Có thể sử dụng các phương pháp tương đương khác miễn là các phương pháp này thỏa mãn các yêu cầu tối thiểu nêu trong tiêu chuẩn này.

Có thể hiệu chuẩn hệ thống đo bằng các khí đã được chứng nhận, theo tiêu chuẩn này, hoặc các phương pháp tương ứng.

TCVN 8712:2011

2 Tài liệu viện dẫn

Các tài liệu viện dẫn sau đây là cần thiết để áp dụng tiêu chuẩn này. Đối với các tài liệu viện dẫn ghi năm công bố thì áp dụng phiên bản được nêu. Đối với các tài liệu viện dẫn không ghi năm công bố thì áp dụng phiên bản mới nhất, bao gồm cả các sửa đổi, bổ sung (nếu có).

TCVN 6500:1999 (ISO 6879:1995), *Chất lượng không khí – Những đặc tính và khái niệm liên quan đến các phương pháp đo chất lượng không khí*

TCVN 6192:2010 (ISO 10396:1993), *Phát thải nguồn tĩnh – Lấy mẫu để đo tự động nồng độ khí đối với hệ thống quan trắc lắp đặt vĩnh viễn*

TCVN 6501 (ISO 10849), *Sự phát thải của nguồn tĩnh – Xác định nồng độ khối lượng của các oxit nitơ – Đặc tính của các hệ thống đo tự động*

ISO 6145-2:2001, *Gas analysis – Preparation of calibration gas mixtures using dynamic volumetric methods – Part 2: Volumetric pumps (Phân tích khí – Chuẩn bị hỗn hợp khí hiệu chuẩn sử dụng phương pháp động thể tích – Phần 2: Bơm dung tích)*

3 Thuật ngữ và định nghĩa

Các thuật ngữ và định nghĩa sau được áp dụng đối với tiêu chuẩn này.

3.1

Điểm khí (air point)

Giá trị O₂ thu được khi không khí đi qua AMS

3.2

Hệ thống đo tự động (Automated Measuring System)

AMS

Hệ thống mà có thể gắn vào một ống dẫn khí để đo và ghi liên tục nồng độ khối lượng của CO, CO₂, O₂ đi qua đường ống đó.

3.3

Máy phân tích (analyser)

Bộ phận phân tích trong hệ thống lấy mẫu hút hoặc AMS tại chỗ

3.4

Khí hiệu chuẩn (calibration gas)

Khí có thành phần đã biết và đáng tin cậy được sử dụng để kiểm tra phản hồi của AMS và phải được sử dụng để hiệu chuẩn AMS.

3.4.1

Khí khoảng đo (span gas)

Khí hoặc hỗn hợp khí được dùng để điều chỉnh và kiểm tra điểm cụ thể trên đường cong hiệu chuẩn của hệ thống đo.

3.4.2

Khí “không” (zero gas)

Khí hoặc hỗn hợp khí được dùng để thiết lập điểm “không” trên đường cong hiệu chuẩn trong khoảng nồng độ đã chọn.

3.5

Hiệu chuẩn (calibration)

Lắp đặt và kiểm tra AMS bằng khí chuẩn thứ hoặc khí cần phân tích trước khi xác định đặc tính tính năng của máy và trước khi bắt đầu phép đo khí.

CHÚ THÍCH: Qui trình này cần được tiến hành ở từng khoảng cách hiệu chuẩn.

3.6

Khoảng hiệu chuẩn (calibration interval)

Khoảng thời gian trong đó AMS thường được sử dụng giữa các lần hiệu chuẩn, tương ứng với hiển thị trong quá trình tự vận hành.

3.7

Phép đo so sánh (comparative measurements)

Các phép đo được thực hiện trên cùng một đường ống trong cùng một mặt phẳng lấy mẫu với cùng một khoảng thời gian với cùng hệ thống AMS và cùng phương pháp so sánh tại những điểm cách nhau một khoảng cách ngắn, cho ra các cặp giá trị đo được.

3.8

Phương pháp so sánh (comparative method)

Phương pháp thử được xác định để có được các phép đo so sánh của phát thải nguồn tĩnh chứa CO, CO₂ và O₂.

CHÚ THÍCH: Phương pháp này có thể là phương pháp thử công hoặc AMS với nguyên tắc đo khác nhau.

3.9

Ống dẫn khí (duct)

Ống khói hoặc đoạn ống ra cuối cùng trong một quá trình tĩnh dùng để phát tán khí của qui trình còn lưu lại.

TCVN 8712:2011

3.10

Nồng độ khối lượng (mass concentration)

ρ

Nồng độ của chất trong khí phát thải tính bằng khối lượng trên thể tích.

CHÚ THÍCH 1: Nồng độ khối lượng thường được thể hiện bằng miligam trên mét khối (mg/m^3).

CHÚ THÍCH 2: Việc chuyển đổi số liệu từ ppm sang mg/m^3 có thể tiến hành như sau:

$$\rho(\text{mg}/\text{m}^3) = \rho(\text{ppm}) \cdot \frac{M_r}{22,4} \cdot \frac{273}{T} \cdot \frac{p}{101,3}$$

Trong đó

M_r là khối lượng phân tử;

T là nhiệt độ thực tế, tính bằng kenvin;

P là áp suất thực tế, tính bằng pascan.

3.11

Thời gian trễ (lag time)

Thời gian tính từ một thay đổi nồng độ đột ngột tại điểm lấy mẫu cho đến khi tín hiệu đầu ra của thiết bị đạt 10 % sự thay đổi tương ứng trong tín hiệu đầu ra của thiết bị.

3.12

Độ tuyến tính (linearity)

Độ sai lệch lớn nhất của nồng độ đo được so với đường cong hiệu chuẩn tuyến tính.

3.13

Điểm “không” linh động (live zero)

Tín hiệu đầu ra của thiết bị, mà khả năng điều chỉnh dương và âm xung quanh giá trị “không”, tương đương với tín hiệu đầu vào nhỏ nhất.

VÍ DỤ 0% đến 10% oxy đi vào máy phân tích với tín hiệu đầu ra từ 4 mA đến 20 mA có khả năng điều chỉnh “không” của 3,2 mA tới 5 mA khi oxy 0% được áp dụng cho thiết bị.

3.14

Giai đoạn tự vận hành (period of unattended operation)

Giai đoạn vận hành đưa ra các giá trị đặc tính tính năng của thiết bị có thể được bảo đảm để duy trì ở 95 % xác suất mà không cần bảo dưỡng hoặc điều chỉnh.

CHÚ THÍCH: Đối với các phương tiện quan trắc dài hạn, yêu cầu vận hành tự động tối thiểu bảy ngày.

3.15**Thời gian đáp ứng (response time)**

Thời gian cần có để đạt 90 % toàn bộ thay đổi trong đáp ứng của thiết bị.

CHÚ THÍCH: Thời gian đáp ứng là sự kết hợp của thời gian trễ và thời gian thăng/giáng.

3.16**Thời gian thăng (thời gian giáng) (rise time (fall time))**

Thời gian thực hiện bước chuyển từ 10 % đến 90 % (90 % đến 10 %) của thay đổi tổng số trong đáp ứng của thiết bị.

CHÚ THÍCH: Đối với thiết bị mà xuất hiện các dao động tạm thời khi đạt được gần xấp xỉ số đọc cuối cùng của thiết bị, phải đặt lại thời gian thực hiện để các dao động giảm xuống thấp hơn 10 % tổng số thay đổi trong số đọc của thiết bị.

3.17**AMS đã kiểm định (verified AMS)**

AMS được kiểm định trước đó theo TCVN 8712 (ISO 12039)

4 Ký hiệu

- S_A là độ lệch chuẩn, là phép đo của độ chính xác thực hành của AMS và được tính theo công thức thường dùng cho độ lệch chuẩn;
- S là độ lệch chuẩn tính được từ chênh lệch trong cặp các giá trị đo được của CO, CO₂ và O₂, bằng AMS ở điều kiện thử và bằng phương pháp tương đương;
- S_c là độ lệch chuẩn của phương pháp so sánh;
- S_D là độ lệch chuẩn của các cặp giá trị;
- S_{x0} là độ lệch chuẩn của giá trị đọc mẫu trắng.

5 Nguyên tắc

Với hệ thống hút, mẫu khí đại diện được lấy theo TCVN 6192 (ISO 10396) với đầu lấy mẫu và được truyền tới máy phân tích qua đường ống lấy mẫu và hệ thống ổn định khí lấy mẫu.

Các hệ thống trực tiếp không yêu cầu loại bỏ bất cứ khí lấy mẫu nào. Để lắp đặt cần phải chọn nơi đại diện trong ống khói theo TCVN 6192 (ISO 10396).

Các hệ thống đã mô tả trong tiêu chuẩn này đo nồng độ CO, CO₂ và O₂ sử dụng các phương pháp dụng cụ phải đáp ứng yêu cầu tính năng tối thiểu đã nêu. Hệ thống hút thường đưa ra nồng độ theo khí khô vì các yêu cầu để ổn định mẫu, và các hệ thống lấy mẫu trực tiếp thường cho nồng độ theo khí ẩm.

6 Lấy mẫu

Lấy mẫu và các hệ thống ổn định khí mẫu đối với phương pháp hút và phương pháp đo trực tiếp phải phù hợp với TCVN 6192 (ISO 10396).

7 Mô tả phương pháp thử

7.1 Khái quát

Ví dụ các phương pháp điển hình được mô tả trong 7.2 đến 7.5.

Các thiết bị mà sử dụng các kỹ thuật điển hình phải thỏa mãn các đặc tính tính năng như mô tả trong 7.2.4.

7.2 Phương pháp hấp thụ hồng ngoại (CO/CO₂)

7.2.1 Nguyên tắc

Phương pháp hấp thụ hồng ngoại không phân tán được dựa trên nguyên tắc mà các khí chứa các hợp chất hấp thụ bức xạ hồng ngoại ở một bước sóng duy nhất. Kỹ thuật đo sử dụng nguyên tắc sau:

a) Phương pháp chùm song song

Bức xạ từ nguồn hồng ngoại được chia thành hai chùm song song, một chùm đi qua ngăn chuẩn và chùm còn lại đi qua ngăn chứa mẫu. Cường độ chùm riêng biệt được đo bằng detector phù hợp để xác định nồng độ của khí cần xác định.

b) Phương pháp chùm đơn

Có ba loại phương pháp chùm đơn

- Sử dụng cái lọc nhiễu, một cái lọc tại dải hấp thụ cho khí đang được đo và một cái lọc khác tại bước sóng chuẩn. Nồng độ khí là hàm số của tỷ lệ bước sóng chuẩn và bước sóng đo được.
- Mỗi tương quan cái lọc khí trong đó cái lọc chất cản trở của phép đo được thay thế bằng một cái lọc khí; nói cách khác phương pháp này là tương tự như trên. Phương pháp này cho độ nhạy tốt hơn và loại bỏ các ảnh hưởng nhạy chéo. Có thể sử dụng các cái lọc khí bổ sung để giảm thiểu các khí gây cản trở.
- Phương pháp bước sóng đơn chùm đơn, trong đó chỉ sử dụng một bước sóng cho phép đo. Các máy phân tích này không bù đắp đối với sự làm mờ ngăn đo, xuống cấp của nguồn/detector v.v... và có xu hướng trôi nhiều. Điều này có thể khắc phục bằng thường xuyên hiệu chuẩn tự động.

c) Phổ hồng ngoại chuyển hóa Fourier

Gương di động được sử dụng để tạo ra quang phổ hấp thụ của mẫu trên vùng rộng của dải phổ hồng ngoại. Phổ đo được này được đánh giá dựa theo thư viện phổ đã được thiết lập nồng độ của các loại khí cần đo.

7.2.2 Phạm vi ứng dụng của thiết bị

Phương pháp hấp thụ hồng ngoại để phân tích CO₂ được áp dụng cho nồng độ của CO₂ tới 20 %. Đối với phân tích CO nồng độ áp dụng trong khoảng 6 mg/m³ (5×10^{-6} phần thể tích) và 62 500 mg/m³ (khoảng 5 % phần thể tích). Cần sử dụng pin đa năng để đạt được dải đo này.

Các nồng độ này nằm trong khoảng nồng độ của CO₂ và CO trong các dòng thải của quá trình đốt và có thể phát hiện được bằng hầu hết các thiết bị có sẵn trên thị trường.

7.2.3 Độ chọn lọc (nhiều)

Độ chọn lọc phải được kiểm tra mỗi lần áp dụng phương pháp này, vì độ chọn lọc sẽ thay đổi theo bản chất của mẫu. Các thành phần có khả năng nhiễu trong nhiều dòng khí kèm theo và có thể bao gồm cả bụi, hơi nước, lưu huỳnh dioxide, nitơ oxit và các hydrocarbon.

7.2.4 Đặc tính tính năng

Các đặc tính tính năng phải theo Điều 8.

7.3 Thuận từ (O₂)

7.3.1 Nguyên tắc

Oxy có tính thuận từ mạnh và bị hút vào trong từ trường. Trừ một số trường hợp ngoại lệ, tất cả các khí khác, hoặc có tính thuận từ yếu hoặc có tính nghịch từ. Đặc tính này có thể được sử dụng để thực hiện một phân tích đặc thù cho oxy.

Có ba kỹ thuật phát hiện cơ bản được sử dụng:

- Một phần tử, thường có dạng một quả tạ đôi đặt trên hệ thống treo mômen quay, được treo trong một trường mạnh không nhiễu từ. Các phân tử oxy bị hút vào phần mạnh nhất của trường, đẩy quả tạ ra khỏi vị trí cân bằng (không) của quả tạ. Lực kéo quả tạ quay lại vị trí "không" tỷ lệ với nồng độ oxy.
- Kỹ thuật thứ hai sử dụng hệ số nhiệt độ của hiệu ứng thuận từ. Hệ số thuận từ là tỷ lệ nghịch với nhiệt độ tuyệt đối. Nếu từ trường mạnh được kết hợp với độ chênh lệch nhiệt độ, khi đó một dòng khí oxy sẽ được tạo ra. Tốc độ dòng (gió từ) là hàm số của nồng độ oxy và có thể đo được, ví dụ bằng kỹ thuật dẫn nhiệt.
- Kỹ thuật thứ ba sử dụng một từ trường mạnh đi ngang qua một ống. Các phân tử oxy sẽ bị hút vào trường mà sau đó đóng vai trò như trở kháng tới dòng khí chuẩn (thường là N₂) đi qua ống đó. Sự giảm lưu lượng của khí chuẩn là phép đo nồng độ oxy.

7.3.2 Áp dụng thiết bị

Phương pháp thuận từ để phân tích O₂ nhằm sử dụng đối với các nồng độ oxy trong khoảng đến 25 % phần thể tích, đáp ứng được các yêu cầu của các hệ thống đốt thông thường nhất.

TCVN 8712:2011

Máy phân tích thuận từ có khả năng đo nồng độ đến 100 % (oxy tinh khiết).

7.3.3 Độ chọn lọc

Độ chọn lọc phải được kiểm tra đối với mỗi lần áp dụng phương pháp thử. Phương pháp này chỉ dễ bị ảnh hưởng nhiều từ các khí có các tính thuận từ mạnh, như NO và NO₂. Các khí này sẽ không có đủ lượng mà có thể ảnh hưởng đến sự áp dụng của phương pháp này khi được áp dụng cho các dòng khí thải của quá trình đốt. Các nhiễu có ảnh hưởng phải được xác định theo A.4.2.3.

7.3.4 Các đặc tính tính năng

Các đặc tính tính năng phải theo Điều 8.

7.4 Phương pháp zirconium oxit (O₂)

7.4.1 Nguyên tắc

Phương pháp zirconium oxit đo oxy dư trong khí ống khói sử dụng pin zirconium oxit đã ổn định Yttri bằng điện cực platin xếp được tráng bề mặt bên trong và bên ngoài. Khi pin này được làm nóng tới nhiệt độ cao, trên 600 °C, nó sẽ trở nên dễ thấm đối với các ion oxy. Khoảng trống trong mạng lưới tinh thể của pin cho phép các ion oxy di chuyển vì vậy pin này trở thành một chất điện giải rắn mà chất dẫn điện là các ion oxy.

Các điện cực platin ở mỗi bên của pin cung cấp một bề mặt xúc tác để thay đổi các phân tử oxy thành các ion oxy và ngược lại. Các phân tử oxy ở phía khí chuẩn có nồng độ cao của pin hút electron để trở thành các ion đi vào chất điện giải. Đồng thời, tại điện cực còn lại, các ion oxy bị mất các electron và được giải phóng khỏi bề mặt của điện cực dưới dạng các phân tử oxy.

Khi nồng độ oxy ở mỗi bên của pin khác nhau, các ion oxy di chuyển từ bên có nồng độ oxy cao về bên có nồng độ oxy thấp. Dòng ion này tạo ra sự mất cân bằng điện dẫn đến một hiệu điện thế giữa các điện cực là hàm số của nhiệt độ pin và tỷ lệ áp suất riêng phần oxy trên mỗi bên của pin.

Điện áp đầu ra như là hàm số của nhiệt độ và các nồng độ oxy trong mẫu và trong các khí chuẩn được tính bằng Công thức Nernst:

$$E = \left[\frac{RT}{4F} \ln \frac{p_1}{p_2} \right]$$

Trong đó

E là điện áp đầu ra;

R là hằng số khí;

T là nhiệt độ tuyệt đối;

F là hằng số Faraday;

p_1 là áp suất riêng phần của O₂ trong khí chuẩn;

p_2 là áp suất riêng phần của O₂ trong khí phân tích.

CHÚ THÍCH: Trong thực tế, một số pin zirconium nào đó có thể không đúng theo Công thức Nernst.

7.4.2 Áp dụng thiết bị

Phương pháp zirconium oxit để phân tích O_2 được sử dụng cho các nồng độ oxy trong khoảng đến 25 % phần thể tích, đáp ứng được các yêu cầu của các hệ thống đốt thông dụng nhất.

7.4.3 Độ chọn lọc

Vì nhiệt độ và sự có mặt của platin trong cảm biến cao, cacbon monoxit và các hydrocarbon có thể bị oxy hóa, tạo ra nhiễu âm mạnh nếu nồng độ của cacbon monoxit và hydrocarbon cùng bậc như oxy.

7.4.4 Đặc tính tính năng

Các đặc tính tính năng phải theo Điều 8.

7.5 Phương pháp pin điện hóa (O_2 và CO)

7.5.1 Nguyên tắc

Các pin điện hóa có thể được sử dụng để đo O_2 và CO nếu quá trình điện oxy hóa hoặc sự điện khử của các phân tử khí tại một điện cực sinh ra dòng điện tỷ lệ thuận với áp suất riêng phần của khí. Trong các pin này, khí khuếch tán qua màng bán thấm chọn lọc đến điện cực và dung dịch điện phân. Khí phản ứng tại điện cực và sản phẩm của phản ứng được chuyển tới một điện cực đến lượt mình nó tiếp tục phản ứng. Đo dòng điện tạo ra do chênh lệch suất điện động (emf) từ các phản ứng ở catot/anot. Điện thế hãm có thể được duy trì qua các điện cực để ngăn chặn sự oxy hóa của các loại khí mà có thể gây cản trở.

7.5.2 Áp dụng thiết bị

Phương pháp pin điện hóa được áp dụng cho các nồng độ O_2 đến 25 % phần thể tích.

Phương pháp pin điện hóa được áp dụng cho các nồng độ CO trong khoảng 20 mg/m^3 và 4 000 mg/m^3 .

7.5.3 Độ chọn lọc

Độ chọn lọc phải được kiểm tra cho mỗi lần áp dụng phương pháp này, vì kết quả sẽ thay đổi theo bản chất của mẫu. Các thành phần gây nhiễu tiềm ẩn có mặt trong nhiều dòng khí kèm theo và có thể có cả bụi, hơi nước, sulfur dioxide, nitơ oxit, CO_2 , H_2 và các hydrocarbon.

7.5.4 Đặc tính tính năng

Các đặc tính tính năng phải theo Điều 8.

8 Đặc tính tính năng

Các giá trị số trong Bảng A.1 về các đặc tính tính năng và khả năng áp dụng của chúng được đưa ra cho các hệ thống đo tự động. Các giá trị này thể hiện các yêu cầu kỹ thuật cần thiết đối với thiết bị đo các mức CO_2 , CO và oxy phát thải tại nguồn.

TCVN 8712:2011

Khi được đo theo các phương pháp riêng nêu trong phụ lục A, các đặc tính tính năng phải đáp ứng các yêu cầu được nêu trong Bảng A.1.

Các đặc tính tính năng phải được xác định bằng thiết bị đo đang sử dụng. Phải xác định độ lệch chuẩn s_A trong khi đo dưới các điều kiện thông thường, nhất là tại nguồn đốt hoặc nhà máy; các đặc tính tính năng khác có thể được đo tại nhà máy hoặc trong phòng thí nghiệm.

CHÚ THÍCH: Kết quả của phép đo, được hiệu chỉnh về mức đảm bảo thống kê 95 %, tính theo A.4.2.1, được coi như nằm trong khoảng chứa giá trị nồng độ đúng. Chênh lệch giữa giới hạn trên và/hoặc giới hạn dưới của khoảng này với giá trị hiệu chỉnh, hoặc chênh lệch giữa giá trị hiệu chỉnh với giới hạn dưới của khoảng này, được gọi là độ không đảm bảo của phép đo. Giả sử rằng các thiết bị đo tuân theo các đặc tính tính năng nêu trong Bảng A.1, độ không đảm bảo của phép đo < 10 % tương ứng với toàn thang đo (tại độ đảm bảo thống kê 95 %). Độ không đảm bảo của giá trị đo có thể được tính bằng cách nhân độ không đảm bảo đã đề cập ở trên với giá trị toàn thang đo, chia cho giá trị đo được.

9 Báo cáo cuối cùng

9.1 Báo cáo thiết bị/người cung cấp

Báo cáo phải bao gồm các thông tin sau:

- a) Viện dẫn tiêu chuẩn này, tức là tiêu chuẩn TCVN 8712 (ISO 12039);
- b) Nhận dạng mẫu đầy đủ;
- c) Các chi tiết liên quan tới các phép thử được tiến hành trong phòng thí nghiệm và ngoài hiện trường;
- d) Mọi thao tác không được qui định trong tiêu chuẩn này hoặc được coi như tùy chọn;
- e) Tất cả các kết quả thử từ A.4 và các tuyên bố kết quả có phù hợp với Bảng A.1 hay không;
- f) Các chi tiết của phương pháp tham chiếu chuẩn hoặc AMS thay thế.

9.2 Báo cáo thử nghiệm/báo cáo thử kiểm định chuẩn

Báo cáo phải bao gồm các thông tin sau:

- a) Mục đích của phép thử;
- b) Phương pháp sử dụng, mô tả quá trình;
- c) Phương thức vận hành;
- d) Nhận dạng thiết bị sử dụng;
- e) Tên người tiến hành phép thử;
- f) Các kết quả;
- g) Các bản số liệu thô;
- h) Các phép thử AMS gắn đây;

- i) Loại nhiên liệu;
- j) Nhiệt độ, áp suất, vận tốc và hàm lượng ẩm của khí ống khói;
- k) Địa điểm, thời gian và thời lượng thử;
- l) Các điều kiện vận hành nhà máy tại thời điểm thử;
- m) Ngày và thời gian, địa điểm lấy mẫu;
- n) Kết quả hiệu chuẩn tại hiện trường.

Phụ lục A

(Tham khảo)

Xác định các đặc tính tính năng

A.1 Khái quát

Phương pháp nêu trong phụ lục này qui định phương pháp để xác định các đặc tính tính năng chính của hệ thống đo tự động (AMS) đối với CO, CO₂ và O₂ trong các khí ống khói. Hiệu chuẩn hệ thống đo luôn luôn là bước đầu tiên, và các phương pháp khác nhau cách lắp đặt và kiểm tra hiệu chuẩn được giải thích trong A.4.1. Các phương pháp này dùng cho khí phân tích và các kỹ thuật so sánh.

Phương pháp phân tích khí được áp dụng dành riêng cho nhà máy khi đã biết thành phần khí ống khói, hoặc khi phương pháp so sánh bị cho là quá tốn kém và mất nhiều thời gian (ví dụ trong trường hợp thiết bị quan trắc sử dụng không liên tục).

Các phương pháp so sánh thường được dùng vì yêu cầu các kết quả có độ chính xác cao (ví dụ khi thiết bị quan trắc liên tục hoạt động tại nguồn có diện rộng). Các phương pháp này có thể được sử dụng tại thời điểm lắp đặt và sau một vài năm hoạt động. Các đặc tính tính năng được thiết lập sau lắp đặt AMS yêu cầu xác nhận sự phù hợp trong trường hợp thay đổi các điều kiện vận hành mà có thể ảnh hưởng đến tính năng của AMS, như thay đổi loại nhiên liệu đốt.

A.2 Nguyên tắc

Như một nguyên tắc chung, các giá trị số của các đặc tính tính năng của phương pháp đo tự động được đánh giá sử dụng thiết bị đo hoàn chỉnh, ngoại trừ được chú thích.

Một phương pháp đơn giản là chỉ kiểm tra điểm "không" và điểm toàn thang đo của máy phân tích. Thông tin bổ sung có thể thu được bằng kiểm tra toàn bộ thang đo của máy phân tích.

Ba đặc tính tính năng (giới hạn phát hiện dưới, thời gian đáp ứng và ảnh hưởng của các chất cản trở) có thể xác định được trong phòng thí nghiệm hoặc ngoài hiện trường sử dụng khí đã biết nồng độ (được đưa vào trong trường hợp hệ thống hút, phía trên đường ống lấy mẫu của AMS).

Độ lệch chuẩn s_A của AMS được xác định tại chỗ bằng cách so sánh với các phép đo đã thực hiện bằng phương pháp thủ công chuẩn hoặc phương pháp AMS đã hiệu chuẩn dùng nguyên tắc khác.

Để xác định độ đúng thực hành của AMS, AMS phải được lắp đặt trong đường ống, và các đáp ứng theo các điều kiện của các quá trình khác nhau phải được so sánh với một số lượng mẫu thủ công (tức là lấy mẫu tích hợp và phân tích chiếm ít nhất 70 % dải đo của AMS, nếu nồng độ khí thực tế trải rộng hết toàn bộ dải đo này), hoặc được so sánh với đầu ra của một AMS khác theo nguyên tắc đo khác.

Dữ liệu thu được phải được sử dụng để xác định các đặc tính tinh năng nhất định đã liệt kê trong Bảng A.1. Điều này phải được qui định tại các điều kiện nhiệt độ và áp suất tiêu chuẩn theo khí khô.

Nếu không có các nguyên tắc đo khác, thì phải sử dụng hai hệ thống tương đồng độc lập.

A.3 Thuốc thử

A.3.1 Khí “không”

Khí “không” không được chứa các hợp chất mà cản trở đến hiệu suất phép đo của thiết bị. Đối với tất cả các máy phân tích, nitơ tinh khiết (cấp 5,0, với thành phần tạp chất đo được thấp hơn giới hạn phát hiện của máy phân tích) có thể chấp nhận được, tuy nhiên, “điểm khí” phải được sử dụng đối với ZrO_2 . Với không khí như khí mẫu, pin ZrO_2 cho tín hiệu đầu ra 0 mV (nhưng số đọc máy phân tích 21 % O_2).

Tạp chất phải đăng ký thấp hơn 0,4 % của toàn thang đo.

CHÚ THÍCH: Các phương pháp ngoài trường hợp thử nghiệm đã nêu có thể được sử dụng miễn là chúng được xác nhận.

A.3.2 Khí hiệu chuẩn

Khí hiệu chuẩn sơ cấp được dùng phải được chứng nhận nồng độ và có thể truy lại nguồn gốc theo tiêu chuẩn quốc gia hoặc quốc tế. Trường hợp xác định oxy, phải sử dụng không khí khô.

Nếu sử dụng oxy phải chú ý tiến hành ngoài trời cách xa vị trí nguồn đốt.

A.4 Qui trình thử

A.4.1 Kiểm tra hiệu chuẩn

A.4.1.1 Khái quát

Trường hợp liên tục sử dụng máy phân tích, điểm “không” và thang đo phải được kiểm tra thường xuyên, ví dụ hằng tuần. (Khi máy phân tích sử dụng liên tục, toàn bộ thang đo phải được kiểm tra tại khoảng thời gian dài hơn, ví dụ hằng năm hoặc sau khi bảo dưỡng máy phân tích).

Kiểm tra hiệu chuẩn với khí phân tích là đủ đối với phép đo ngắn hạn (sử dụng không liên tục). Trường hợp này, hiệu chuẩn máy phân tích phải được kiểm tra trước và sau địa điểm lấy mẫu đối với mỗi lần sử dụng.

A.4.1.2 Hiệu chuẩn máy phân tích

Lắp đặt máy phân tích theo hướng dẫn của nhà sản xuất. Nạp khí “không” (A.3.1) vào máy phân tích và đặt ở mức “không”. Sau đó nạp khí hiệu chuẩn (A.3.2) khí này đã biết nồng độ xấp xỉ 70 % đến 80 % độ lệch của toàn thang đo của máy phân tích và đặt thang đọc tương ứng.

TCVN 8712:2011

CHÚ THÍCH: Đối với máy quan trắc theo điểm loại đo trực tiếp (quan trắc theo tuyến), lắp đặt máy phân tích không thể áp dụng vì nó tạo thành một bộ phận trong phần của AMS. Quan trắc điểm có thể được trang bị để nạp khí “không” và khí khoảng đo vào ngăn đo.

A.4.1.3 Xác nhận lắp đặt AMS đúng

Lập lại qui trình nêu trong A.4.1.2 nhưng lần này sử dụng AMS hoàn chỉnh. Đối với AMS hút, khí “không” và khí hiệu chuẩn được cho vào thiết bị đo ngay phía trước của đầu lấy mẫu (nếu có thể phía trước cái lọc) với áp suất xung quanh thông thường. Theo cách này, ảnh hưởng của hệ thống lấy mẫu sẽ được loại bỏ.

Đối với AMS đo trực tiếp, theo hướng dẫn của nhà sản xuất. Ví dụ lắp đặt ống phù hợp với chiều dài của khoảng cách đo giữa nguồn phát bức xạ và bộ thu nhận bức xạ, hoặc sử dụng thiết bị hấp thụ của nhà sản xuất cung cấp.

A.4.1.4 Kiểm định độ đúng toàn thang đo của máy phân tích

Để kiểm tra toàn thang đo, trong thiết bị đo có hàm số phân tích tuyến tính sử dụng năm nồng độ khí đã hiệu chuẩn phân bố đồng đều nhau (xấp xỉ 20 %, 40 %, 60 %, 80 %, 90 % của toàn thang đo). Khí phân tích được dùng cho mục đích lắp đặt vận hành có thể được pha loãng dần dần, theo ISO 6145-2. Trường hợp hàm phân tích không tuyến tính, thì khuyến nghị sử dụng 10 điểm hiệu chuẩn.

CHÚ THÍCH: Đầu vào của khí phân tích để kiểm tra toàn thang đo có thể đặt ngay trước máy phân tích, vì hàm phân tích chỉ phụ thuộc vào máy phân tích.

A.4.2 Xác định các đặc tính tính năng bằng phép thử dùng khí phân tích

A.4.2.1 Khái quát

Tiến hành phép thử này trên AMS hoàn chỉnh, trong phòng thí nghiệm hoặc tại hiện trường với đường lấy mẫu đã lắp đặt trong đường ống dẫn khí.

Đối với hệ thống hút, nạp khí “không” (A.3.1) và khí phân tích (A.3.2) trực tiếp vào đường ống dẫn mẫu gần nhất có thể với đầu lấy mẫu và với áp suất mà lưu lượng mẫu được lấy qua máy phân tích như trong A.4.1.3.

Nếu đầu lấy mẫu đã lắp đặt trong đường ống, tiến hành các bước để chắc chắn rằng khí phân tích không bị nhiễm bẩn do khí từ đường ống, bằng một trong hai cách sau:

- a) Lấy đầu lấy mẫu khỏi đường ống và đưa khí phân tích vào, hoặc
- b) Lắp một khoang kín khí nhỏ trong đường ống xung quanh đầu lấy mẫu nơi mà sau đó khí hiệu chuẩn được nạp vào.

Đối với phép thử dùng máy quan trắc theo đường đi không hút mẫu và máy quan trắc theo điểm, cần có những xem xét đặc biệt cho phép đo với khí thử. Thiết bị thử phải bao gồm các bộ phận máy tương thích để khí thử có mặt tại tuyến đo ở nhiệt độ và áp suất mong muốn.

Sử dụng ngăn quang học rộng có cửa sổ trong suốt để đo các bước sóng bằng máy phân tích. Ngăn quang học này phải có đường kính đủ lớn để điều tiết độ rộng của chùm tia trong máy phân tích và đủ dài để mô phỏng nồng độ khí thử nghiệm cao nhất được yêu cầu.

Quan trắc điểm có khả năng chấp nhận khí đường ống theo cách thức giống như hệ thống hút. Có thể được sử dụng bằng một nắp chụp kín cho đầu lấy mẫu với các kết nối khí thích hợp. Toàn bộ hệ thống lắp ghép này sau đó được đặt trong lò. Những thiết bị cần thiết do nhà sản xuất cung cấp.

A.4.2.2 Đánh giá giới hạn phát hiện dưới

Sử dụng khí "không" nếu thiết bị không có "điểm không linh động", và điều chỉnh thiết bị không thấp hơn 10 % của toàn thang đo. Thực hiện tối thiểu 30 số đọc tại các khoảng thời gian không dưới năm lần hằng số thời gian điện tử của thiết bị, bằng cách đưa khí "không" (A.3.1) vào AMS như trong A.4.2.1 và ghi lại số đọc. Thực hiện các số đọc này trong thời gian ngắn nhất có thể để giảm thiểu sự trôi điểm "không" và độ lệch điểm "không" do phản ứng của nhiệt độ.

Giả sử mức tin cậy là 90 %, giới hạn phát hiện dưới, x , tính bằng Công thức:

$$x = \bar{x} + 2s_{x,0}$$

Trong đó

\bar{x} là giá trị trung bình của phép thử trắng;

$s_{x,0}$ là độ lệch chuẩn của phép thử trắng.

A.4.2.3 Đánh giá ảnh hưởng của các chất gây cản trở

Dùng phương pháp trong A.3.2.1, cho khí thử không có thành phần được đo vào trong AMS. Khí thử phải chứa nồng độ đã biết của khí gây cản trở y_i đã được pha trộn đồng nhất theo các giá trị dự kiến. Ghi lại giá trị đã đo x_{si} , tính bằng phần trăm phần thể tích và nồng độ khối lượng ρ_{si} của khí cản trở. Các phép đo khí gây cản trở phải được thực hiện tại "điểm không" và 90 % toàn thang đo.

Khí gây cản trở như H_2O , CO_2 , SO_2 , NO_x và HCl không được gây ra ảnh hưởng lớn hơn 4 % lượng toàn thang đo của CO , CO_2 và O_2 (Bảng A.1).

Trường hợp sự thay đổi trong giá trị đo là tuyến tính với sự tăng nồng độ khối lượng của chất, thì tác động gây cản trở của chất đó có thể được tính bằng x_{si} / ρ_{si} . Nếu sự thay đổi trong giá trị đo là không tuyến tính với sự tăng nồng độ khối lượng của chất, thì sự phụ thuộc của tác động gây cản trở của chất đó lên nồng độ khối lượng phải được xác định với một số giá trị khác nhau y_i .

Để tính toán tác động kết hợp khi có một số chất gây cản trở, xác định cản trở cho mỗi chất cản trở riêng rẽ và cho hỗn hợp của tất cả các chất gây cản trở để xác định tác động kết hợp tối đa.

TCVN 8712:2011

Tính tác động gây cản trở E_i của một hỗn hợp đặc trưng từ giá trị riêng rẽ đã thu được x_{si}/ρ_{si} của các chất cản trở y_i bằng sử dụng Công thức:

$$E_i = \frac{1}{\rho_{FS}} \sum_{i=1}^n \frac{x_{si}}{\rho_{si}} \rho_{mi} \cdot 100$$

Trong đó

ρ_{mi} là nồng độ khối lượng của chất cản trở trong hỗn hợp;

ρ_{FS} là dải đo của nồng độ khối lượng;

n là số chất cản trở.

So sánh giá trị đã tính này với giá trị đo được của nồng độ khối lượng hỗn hợp chất cản trở. Nếu hai giá trị này phù hợp 20 %, thì ảnh hưởng của sự kết hợp có thể được loại trừ và các ảnh hưởng cản trở đối với các hỗn hợp khác của các hợp chất này có thể tính được.

CHÚ THÍCH: Giá trị nêu trong Bảng A.1 là tổng các ảnh hưởng cản trở được gây ra do nồng độ chất cản trở tối đa trong mẫu được đo.

Bảng A.1 - Các đặc tính tính năng chính của AMS để đo cacbon monoxit, cacbon dioxit và oxy

Đặc tính tính năng	Giá trị số	Phương pháp thử (xem phụ lục A)
Thời gian trễ	< 180 s	
Giới hạn phát hiện dưới (toàn thang đo)	< 2 % ^a	A.4.2.1
Độ cản trở của hỗn hợp	< 4 % ^a	A.4.2.2
Thời gian đáp ứng	< 200 s	A.4.2.3
Trôi điểm "không"	< 2 % ^a	A.5.1
Trôi thang đo	< 4 % giá trị hiệu chuẩn	A.5.1
Thời gian giảm	< 20 s ^b	
Thời gian tăng	< 20 % ^b	
Độ tuyến tính	< 2 %	

^a Toàn thang đo
^b Chỉ riêng máy phân tích.

A.4.2.4 Đánh giá thời gian đáp ứng của toàn bộ hệ thống đo

Sử dụng phương pháp trong A.4.2.1, cho khí phân tích vào AMS có nồng độ khối lượng khoảng 50 % đến 90 % tại toàn thang đo của máy phân tích.

Thời gian đáp ứng như là khoảng thời gian trung bình tính từ thời điểm nạp khí phân tích vào đến khi đạt được 90 % nồng độ [xemTCVN 6500:1999 (ISO 6879:1995), 5.2.18].

A.4.2.5 Đánh giá độ lệch chuẩn s_A và sai số hệ thống

Chỉ xác định độ lệch chuẩn của AMS tại hiện trường. Thu được tính năng tích hợp bằng cách thực hiện tối thiểu 10 phép đo và tối đa 16 phép đo với AMS dùng cho phép thử.

So sánh các kết quả của AMS với các kết quả thu được bằng cách sử dụng chuẩn tham chiếu hoặc AMS khác đã được kiểm định theo TCVN 6501 (ISO 10849) dựa vào phương pháp thủ công hoặc AMS dựa trên nguyên tắc đo khác.

Vì độ không đảm bảo của kết quả đo của AMS (mà phụ thuộc vào chất lượng của AMS hoàn chỉnh) được đánh giá qua giai đoạn vận hành tự động, các phép đo so sánh, như mô tả ở trên, phải được thực hiện tại các khoảng thời gian trải đều trong giai đoạn này.

Tính độ lệch chuẩn s_A các giá trị đo được của AMS so với giá trị s_D (đã định nghĩa bên dưới) và độ lệch chuẩn đã biết s_c đối với các giá trị đã đo của phương pháp tham chiếu so sánh bằng Công thức:

$$s_A = \sqrt{s_D^2 - s_c^2}$$

CHÚ THÍCH 1: Không thể xác định độ lệch chuẩn s_A của AMS dưới các điều kiện làm việc lặp lại hoặc trong phòng thí nghiệm vì:

- Hỗn hợp khí hiệu chuẩn sẵn có trên thị trường chứa CO, CO₂ và O₂ không có tất cả các tính chất của khí thải thực tế và không được đánh giá tất cả là có khả năng ảnh hưởng, và
- Không thể duy trì các tính chất của khí thải có trong ống khói khí thải ở trong mẫu khí thải đã chuyển vào bình.

Vì thế ước tính độ lệch chuẩn s_A được thực hiện bằng cách so sánh với phương pháp so sánh độc lập hoặc máy phân tích với nguyên tắc phát hiện khác nhau. Độ lệch chuẩn được tính bằng giả thiết phân bố chuẩn.

CHÚ THÍCH 2: Độ lệch chuẩn s_A là một thước đo của độ đúng làm việc dưới các điều kiện tại chỗ. Vì thế độ lệch chuẩn chứa các sai số ngẫu nhiên, ảnh hưởng của các chất gây cản trở, tác động của sự thay đổi nhiệt độ và sự trôi điểm "không" và trôi thang đo, vì độ lệch chuẩn không thể bị loại trừ trong thực hành. Hơn nữa, nó bao gồm độ lệch chuẩn của phương pháp so sánh (là phương pháp độc lập hoặc phương pháp AMS đã kiểm định) và mọi sự biến thiên do thay đổi thời gian đáp ứng.

Độ lệch chuẩn s được định nghĩa như trên là giá trị giới hạn trên cho độ chính xác của AMS.

CHÚ THÍCH 3: Qui trình này là thích hợp để tìm độ chính xác của kết quả đo của AMS vì độ lệch chuẩn s_c của các giá trị đo của phương pháp so sánh là nhỏ hơn đáng kể so với độ lệch chuẩn s_D của chênh lệch trong cặp giá trị đo được.

Phương pháp trên có thể vẫn được sử dụng, nếu AMS đang đo có độ lệch chuẩn (s_A) nhỏ hơn về thực chất so với phương pháp so sánh s_c , mặc dù giá trị của s_A sẽ có độ không đảm bảo lớn. Nếu độ không đảm bảo trong s_c không được biết và do đó các giới hạn của s_A không thể tính được, từ đó giá trị của s_A có thể được sử dụng để đánh giá chất lượng hơn là đánh giá định lượng tính năng AMS.

TCVN 8712:2011

Độ lệch chuẩn của một hệ thống phân tích (s_c) đo nồng độ chưa biết của hợp chất được xác định bằng các phép đo so sánh của hai hệ thống tương đồng, được lắp đặt tại cùng một đường ống và được cung cấp các khí tương đồng nhau. Độ lệch chuẩn s_c được tính từ các kết quả của các phép đo so sánh (bằng hai hệ thống tương đồng) theo Công thức sau:

$$s_c = \sqrt{\frac{\sum(\rho_{1i} - \rho_{2i})^2}{2n}}$$

Trong đó

ρ_{1i} và ρ_{2i} là nồng độ khối lượng, tính bằng miligam trên mét khối, của khí được đo được xác định bằng hai hệ thống tương đương của phương pháp so sánh;

n là số phép đo so sánh.

Giá trị của s_D tính bằng miligam trên mét khối theo Công thức:

$$s_D = \left\{ \frac{1}{n-1} \left[\sum_{i=1}^n z_i^2 - \frac{1}{n} \left(\sum_{i=1}^n z_i \right)^2 \right] \right\}^{1/2}$$

Trong đó

s_A là độ lệch chuẩn của tính năng tích hợp;

s_c là độ lệch chuẩn của phương pháp so sánh;

s_D là độ lệch chuẩn tính từ chênh lệch trong cặp giá trị đo theo Công thức tính độ lệch chuẩn;

$z_i = \rho_{ir} - \bar{\rho}$ là chênh lệch trong cặp giá trị đo;

ρ_{ir} là nồng độ khối lượng của thành phần được đo, được xác định bằng phương pháp so sánh độc lập;

$\bar{\rho}$ là nồng độ khối lượng trung bình ghi nhận được của khí đo;

n là số phép đo so sánh.

Để kiểm tra có sai số hệ thống có ý nghĩa hay không, tính chênh lệch trung bình \bar{z} bằng Công thức:

$$\bar{z} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (\rho_{ir} - \bar{\rho})$$

Nếu chênh lệch giá trị trung bình nằm ngoài mức tin cậy 95 %, thì theo thống kê, sai số có ý nghĩa.

Nếu có sai số hệ thống, sử dụng Công thức sau:

$$|\bar{z}| \geq 2 \frac{s_D}{\sqrt{n}}$$

Trong đó $|\bar{z}|$ là giá trị tuyệt đối của chênh lệch trung bình;

Nếu sai số hệ thống vượt quá 2 % dải đo, thì phải tìm các nguyên nhân gây sai số và khắc phục hiện tượng này.

Các thống kê đề cập trong điều này bị hạn chế với các nồng độ quan sát được tại các khoảng nồng độ thấp hơn. Đối với phép đo tính năng tích hợp ở các nồng độ cao hơn khi phép đo không phụ thuộc nồng độ, cần tham khảo ISO 13752.

A.5 Xác định các đặc tính tính năng bổ sung

A.5.1 Đánh giá trôi điểm “không” và điểm hiệu chuẩn khoảng đo

Tiến hành kiểm tra các vận hành nêu trong A.4.2 ít nhất một lần mỗi ngày trong suốt thời gian (thường là bảy ngày) của giai đoạn tự vận hành. Ghi số đọc của mỗi lần kiểm tra.

Tính chênh lệch của phép đọc giữa lúc bắt đầu và kết thúc của giai đoạn tự vận hành liên quan với toàn thang đo (trôi điểm “không”) hoặc theo điểm đo (trôi điểm hiệu chuẩn khoảng đo).

CHÚ THÍCH: Tiến hành xác định trong phòng thí nghiệm là dễ hơn, nhưng xác định tại hiện trường cho kết quả là đặc trưng cho các điều kiện của nhà máy.

A.5.2 Đánh giá độ không ổn định do độ nhạy với nhiệt độ của điểm “không” và điểm hiệu chuẩn khoảng đo

Tiến hành kiểm tra các hoạt động nêu trong A.4.2 ở các khoảng nhiệt độ 10 K (buồng vi khí hậu) trong suốt khoảng nhiệt độ cho phép. Ghi các số đọc cho mỗi lần kiểm tra.

Tính chênh lệch của số đọc của một nhiệt độ với số đọc của nhiệt độ tiếp theo cao hơn hoặc thấp hơn liên quan với toàn thang đo (độ không ổn định điểm “không” do thay đổi theo nhiệt độ) hoặc điểm đo (độ không ổn định thang đo do thay đổi theo nhiệt độ).

Tiến hành các thao tác càng nhanh càng tốt để giảm ảnh hưởng của hiệu ứng trôi.

Thư mục tài liệu tham khảo

- [1] TCVN 5966 : 2009 (ISO 4225:1994), Chất lượng không khí – Những khái niệm chung – Thuật ngữ và định nghĩa
 - [2] TCVN 5967:2009 (ISO 4226: 1993), Chất lượng không khí – Những vấn đề chung – Các đơn vị đo.
 - [3] ISO 7504:2001, Gas analysis – Vocabulary.
 - [4] TCVN 5976:1995 (ISO 7935:1992), Khí thải nguồn tĩnh – Xác định nồng độ khối lượng của lưu huỳnh dioxit (SO₂) – Đặc tính của các phương pháp đo tự động.
 - [5] TCVN 6751:2009 (ISO 9169:1994), Chất lượng không khí – Định nghĩa và xác định đặc tính tính năng của hệ thống đo tự động.
 - [6] ISO 10155:1995, Stationary source emissions – Automated monitoring of mass concentrations of particles – Performance characteristics, test methods and specifications.
 - [7] ISO 10780:1994, Stationary source emissions – Measurement of velocity and volume flowrate of gas streams in ducts.
 - [8] ISO 13752:1998, Air quality – Assessment of uncertainty of a measurement method under field conditions using a second method as reference.
 - [9] IEC 61207 (all part), Expression of performance of gas analyzers.
-