

**TCVN**

**TIÊU CHUẨN QUỐC GIA**

**TCVN 12045:2017  
ISO 6327:1981**

**PHÂN TÍCH KHÍ - XÁC ĐỊNH ĐIỂM SƯƠNG THEO NƯỚC  
CỦA KHÍ THIÊN NHIÊN - ẨM KẾ NGƯNG TỤ BỀ MẶT LẠNH**

*Gas analysis - Determination of the water dew point of natural gas -  
Cooled surface condensation hygrometers*

**HÀ NỘI - 2017**

**Lời nói đầu**

**TCVN 12045:2017** hoàn toàn tương đương với ISO 6327:1981.

**TCVN 12045:2017** do Ban kỹ thuật Tiêu chuẩn quốc gia TCVN/TC193 *Sản phẩm khí* biên soạn, Tổng cục Tiêu chuẩn Đo lường Chất lượng đề nghị, Bộ Khoa học và Công nghệ công bố.

## Phân tích khí - Xác định điểm sương theo nước của khí thiên nhiên - Ẩm kế ngưng tụ bề mặt lạnh

*Gas analysis – Determination of the water dew point of natural gas – Cooled surface condensation hygrometers*

### 1 Phạm vi áp dụng

Tiêu chuẩn này mô tả các ẩm kế được sử dụng để xác định điểm sương theo nước của khí thiên nhiên bằng cách phát hiện sự ngưng tụ hơi nước xuất hiện trên bề mặt được làm lạnh hoặc bằng cách kiểm tra độ ổn định của sự ngưng tụ trên bề mặt này.

### 2 Lĩnh vực áp dụng

Điểm sương theo nước của khí thiên nhiên đã được xử lý trong đường ống vận chuyển thông thường nằm từ  $-25\text{ }^{\circ}\text{C}$  đến  $+5\text{ }^{\circ}\text{C}$ , tương đương với nồng độ nước từ 50 ppm đến 200 ppm (theo thể tích), tùy thuộc vào áp suất của khí.

Ẩm kế được xem xét trong tiêu chuẩn này có thể được sử dụng để xác định áp suất hơi nước, không yêu cầu hiệu chuẩn, trong một hệ thống vận hành có áp suất tổng lớn hơn hoặc bằng áp suất khí quyển. Mối tương quan giữa áp suất hơi nước riêng phần và điểm sương quan sát được cho phép đánh giá chất lượng của phép đo tuyệt đối.

Nếu khí quyển thử nghiệm có chứa khí ngưng tụ ở nhiệt độ trong vùng, hoặc cao hơn, nhiệt độ của điểm sương theo nước, thì rất khó để phát hiện hơi nước đã ngưng tụ.

### 3 Nguyên tắc

#### 3.1 Nguyên tắc của thiết bị

Thiết bị này xác định hàm lượng nước của khí bằng cách đo điểm sương tương ứng, bề mặt (thường là một gương kim loại), có nhiệt độ được hạ thấp và được đo chính xác, được tiếp xúc với mẫu khí đang thử nghiệm. Bề mặt sau đó được làm lạnh đến nhiệt độ mà sự ngưng tụ xảy ra và quan sát được sương.

Dưới nhiệt độ này, sự ngưng tụ tăng theo thời gian, trong khi trên nhiệt độ này, sự ngưng tụ giảm hoặc không xảy ra. Nhiệt độ bề mặt này (đối với các ứng dụng thực tế) là điểm sương của khí thổi qua thiết bị.

### 3.2 Xác định áp suất hơi nước

Áp suất hơi nước riêng phần trong các mẫu khí là áp suất hơi bão hòa ứng với điểm sương được quan sát, và khí trong ẩm kế có cùng áp suất với khí tại thời điểm lấy mẫu.

Mối liên quan giữa áp suất hơi bão hòa và nhiệt độ có sẵn trong các tài liệu đã xuất bản.

Cần lưu ý rằng nếu có mặt metanol, phương pháp này xác định metanol cùng với nước. Tuy nhiên, nếu được biết hàm lượng metanol, thì các hệ số hiệu chỉnh quy định trong Phụ lục A cho phép xác định điểm sương theo nước thực tế.

### 3.3 Lưu ý

Điều cần thiết là tất cả các đường mẫu phải càng ngắn càng tốt và cùng cỡ để tạo ra sự giảm áp suất không đáng kể trong quá trình đo. Các đường mẫu và ẩm kế, không kể gương, phải có nhiệt độ ở trên nhiệt độ điểm sương theo nước.

## 4 Đặc tính của thiết bị

### 4.1 Tổng quan

Thiết bị ngưng tụ có thể được thiết kế theo nhiều cách khác nhau. Sự khác nhau chủ yếu là bản chất bề mặt ngưng tụ, các phương pháp được sử dụng để làm lạnh bề mặt và để kiểm soát nhiệt độ của nó, các phương pháp được sử dụng để đo nhiệt độ bề mặt và phương pháp phát hiện sự ngưng tụ. Gương và các bộ phận kèm theo thông thường được đặt trong một khoang nhỏ qua đó mẫu khí thổi qua; tại các áp suất cao, độ bền cơ học và độ kín khít của khoang phải thích hợp.

Gương nên dễ tháo ra để làm sạch.

Cần lưu ý nếu phép đo được thực hiện khi có các hydrocacbon dễ ngưng tụ.

Các phép đo có thể được tiến hành thủ công hoặc tự động.

**CẢNH BÁO:** Nên thực hiện các hướng dẫn của các nhà sản xuất trước khi khí ở áp suất cao được cho vào khoang.

### 4.2 Thiết bị đo tự động và thủ công

Thiết bị để đo điểm sương có thể được thiết kế để thực hiện các phép đo riêng biệt tại các thời điểm khác nhau hoặc thực hiện các phép đo tương đối liên tục. Đối với các phép đo riêng biệt, có thể chọn phương pháp làm lạnh gương và yêu cầu thí nghiệm viên phải theo dõi liên tục để phát hiện sự ngưng tụ bằng mắt thường. Nếu mẫu khí có độ ẩm nhỏ hơn, nghĩa là khí có điểm sương thấp hơn, thì tốc độ hơi nước đi qua thiết bị trong một đơn vị thời gian sẽ giảm đi, như vậy sự ngưng tụ sẽ chậm hơn,

điều này gây khó cho việc đánh giá sự ngưng tụ tăng hay giảm. Việc quan sát sự ngưng tụ có thể dễ dàng hơn, nếu sử dụng một tế bào quang điện hay một thiết bị bất kỳ nhạy với ánh sáng. Khi dùng một thiết bị chỉ thị đơn giản, cần duy trì việc kiểm soát thủ công thiết bị làm lạnh.

Với các loại thiết bị vận hành thủ công nhất định, rất khó quan sát điểm sương theo nước khi có các hydrocarbon ngưng tụ. Trong các trường hợp như vậy, có thể sử dụng máy tạo bọt parafin lỏng để hỗ trợ việc quan sát. Tuy nhiên, quan trọng là phải hiểu thấu đáo các nguyên tắc liên quan và các hạn chế trong việc sử dụng máy tạo bọt.

Tại nhiệt độ và áp suất của máy tạo bọt, một cân bằng được thiết lập giữa khí đi qua máy tạo bọt và dầu parafin lỏng có chứa trong đó. Điều này liên quan các phản ứng sau đây:

- a) Trước tiên, khí đi qua parafin lỏng tinh khiết sẽ chuyển nước sang parafin cho đến khi đạt được đến trạng thái cân bằng, tại thời điểm này hàm lượng nước của khí đi ra là giống với hàm lượng nước của khí đi vào. Do vậy, nhiệt độ của máy tạo bọt phải ở trên nhiệt độ của điểm sương theo nước của khí được thử nghiệm và khí phải được cấp đủ đi vào máy tạo bọt để cân bằng được thiết lập trước khi việc quan sát được thực hiện.
- b) Cho đến khi sự cân bằng được thiết lập, các cấu tử hydrocarbon nặng chuyển từ khí vào parafin lỏng. Sự thay đổi này làm giảm thể tích của các hydrocarbon dễ ngưng tụ trong khí, do đó giảm ảnh hưởng che chắn của chất lỏng hydrocarbon ngưng tụ. Vì có sự thay đổi liên tục của các cấu tử, parafin lỏng trở nên bão hòa với các hydrocarbon dễ ngưng tụ, hàm lượng của nó tăng trong khí. Parafin lỏng sau đó phải được thay thế và máy tạo bọt được ổn định trước khi thực hiện các quan sát tiếp theo.

Thiết bị có thể là tự động hoàn toàn bằng cách sử dụng tín hiệu đầu ra của tế bào quang điện để ổn định gương tại nhiệt độ ngưng tụ đã yêu cầu. Vận hành tự động là rất cần thiết đối với việc đọc và ghi liên tục.

### 4.3 Sự chiếu sáng của gương

Thiết bị thủ công có thể đòi hỏi việc quan sát sự ngưng tụ với mắt thường; nếu một tế bào quang điện được sử dụng, gương được chiếu sáng bằng nguồn sáng trong khoang thử nghiệm. Đèn và tế bào quang điện có thể được sắp xếp theo nhiều cách khác nhau, sao cho sự khuếch tán theo hướng của nguồn sáng từ gương được giảm bởi sự đánh bóng gương. Trong bất kỳ trường hợp nào, gương phải sạch trước khi sử dụng.

Khi không quan sát thấy ngưng tụ, phải giảm ánh sáng khuếch tán chiếu vào tế bào quang điện. Ảnh hưởng của ánh sáng khuếch tán từ các bề mặt bên trong của khoang có thể giảm bằng cách làm đen hóa các bề mặt này và sự phòng ngừa này có thể bổ sung bằng cách sắp xếp hệ quang học sao cho chỉ gương được chiếu sáng và tế bào quang chỉ quan sát gương.

#### 4.4 Phương pháp làm lạnh gương và kiểm soát nhiệt độ của gương

Các phương pháp sau đây được sử dụng để giảm và điều chỉnh nhiệt độ gương. Các phương pháp được mô tả trong 4.4.1 và 4.4.2 yêu cầu sự chú ý liên tục từ người vận hành và không phù hợp với các thiết bị tự động. Đối với các thiết bị tự động, sử dụng hai phương pháp làm lạnh: tiếp xúc gián tiếp với chất làm lạnh hoặc làm lạnh bằng hiệu ứng nhiệt điện (Peltier) như được mô tả trong 4.4.3 và 4.4.4. Trong bất kỳ trường hợp nào, tốc độ làm lạnh của gương không được vượt quá 1 °C trong một phút.

##### 4.4.1 Sự bay hơi dung môi

Chất lỏng dễ bay hơi tiếp xúc với bề mặt sau của gương có thể bị bay hơi và được làm lạnh bởi dòng không khí. Nhìn chung ống thổi tay được sử dụng cho mục đích này, nhưng một nguồn không khí nén áp suất thấp có thể điều chỉnh được hoặc các khí nén phù hợp khác được ưa dùng. Khi sử dụng ống thổi tay, thì có thể dùng etylen oxit, là chất lỏng rất hiệu quả để làm lạnh gương khoảng 30 °C. Tuy nhiên, nếu có nguy cơ độc hại, thì có thể sử dụng aceton để làm lạnh khoảng 20 °C với ống thổi tay hoặc thậm chí làm lạnh lớn hơn với không khí nén hoặc khí nén thích hợp khác.

##### 4.4.2 Làm lạnh khí bằng sự giãn nở đoạn nhiệt

Gương có thể được làm lạnh bằng cách xả lên mặt sau của nó một khí đã được giãn nở qua vòi phun. Cacbon dioxide nén, loại sẵn có từ chai chứa khí nhỏ, thường được sử dụng cho mục đích này, nhưng các khí khác như không khí nén, nitơ nén, propan hoặc hydrocacbon halogen hóa cũng có thể được sử dụng. Nhiệt độ của gương ít nhất 40 °C dưới nhiệt độ mẫu khí có thể nhận được.

##### 4.4.3 Tiếp xúc gián tiếp với chất làm lạnh

Gương được nối với chất làm lạnh qua điện trở nhiệt. Thông thường, que đồng rắn được nhận chìm trong chất làm lạnh và được nối với gương bằng miếng nhỏ vật liệu cách nhiệt tạo thành điện trở nhiệt. Gương được gia nhiệt bằng pin điện. Nên kiểm soát cường độ dòng điện sao cho nhiệt độ gương có thể được điều chỉnh dễ dàng và chính xác. Sử dụng nitơ lỏng làm chất làm lạnh, có thể nhận được nhiệt độ từ -70 °C đến -80 °C; đối với nhiệt độ xuống dưới khoảng -50 °C (theo thiết kế thiết bị), có thể sử dụng hỗn hợp cacbon dioxide rắn và aceton; đối với nhiệt độ khoảng -30 °C có thể sử dụng propan hóa lỏng.

##### 4.4.4 Làm lạnh bằng hiệu ứng nhiệt điện (Peltier)

Thông thường pin hiệu ứng Peltier một giai đoạn cho phép làm lạnh tối đa khoảng 50 °C. Với pin hai giai đoạn, có thể làm lạnh khoảng 70 °C.

Nhiệt độ gương có thể điều chỉnh được bằng cách thay đổi dòng điện trong các pin hiệu ứng Peltier, nhưng xu hướng trở nhiệt là cao và có thể đạt được điều chỉnh nhanh hơn bằng cách duy trì dòng điện làm lạnh không đổi, nối gương với điện trở nhiệt, và gia nhiệt gương bằng dụng cụ gia nhiệt điện có thể điều chỉnh được.

#### 4.5 Đo nhiệt độ

Điều cần thiết là nhiệt độ của gương trên đó sự ngưng tụ xảy ra và được đo càng chính xác càng tốt. Để tránh nhiệt độ khác nhau trên bề mặt, tốt nhất là gương có tính dẫn nhiệt cao. Nói chung, thiết bị thủ công kết hợp với nhiệt kế thủy ngân, và với thiết bị tự động có đầu dò nhiệt điện được sử dụng (ví dụ nhiệt kế điện trở, nhiệt kế điện tử hoặc cặp nhiệt ngẫu).

### 5 Nguyên nhân sai số – Cảnh báo chung khi vận hành

#### 5.1 Các chất cản trở

##### 5.1.1 Quy định chung

Các chất khác ngoài chất khí hoặc hơi nước có thể đi vào thiết bị và ảnh hưởng xấu đến đặc tính vận hành của thiết bị. Các chất như vậy có thể là các hạt rắn, bụi, v.v... có thể lắng cặn trên gương. Hơi khác với hơi nước có thể ngưng tụ trên gương. Các khí có thể hòa tan trong nước, có chủ ý hoặc ngẫu nhiên được đưa vào khoang thử nghiệm, cũng có thể làm cho điểm sương quan sát khác với điểm sương tương ứng với hàm lượng hơi nước thực tế.

##### 5.1.2 Tạp chất dạng rắn

Nếu các tạp chất rắn không hòa tan hoàn toàn trong nước, chúng không thay đổi nhiệt độ ngưng tụ quan sát, nhưng có thể cản trở việc quan sát sự ngưng tụ. Trong thiết bị tự động, không có dụng cụ để bù trừ sai số gây ra do các tạp chất như vậy nên sẽ cản trở sự vận hành của thiết bị nếu lượng ngưng tụ là thấp. Các khuyết tật do có quá nhiều các tạp chất rắn trên bề mặt gương nhìn chung dẫn đến sự gia tăng không mong muốn nhiệt độ của gương trong vài phút và đòi hỏi tháo thiết bị và làm sạch gương. (Điều cần thiết đối với mục đích này là khoang ẩm kế có thể được tháo dỡ nhanh chóng). Để loại bỏ các tạp chất rắn cần sử dụng bộ lọc không hút ẩm<sup>1</sup> để tránh những khó khăn đó.

Để ngăn ngừa ảnh hưởng của các hạt bụi, một số thiết bị tự động được lắp một dây "hiệu chuẩn". Điều này bao gồm sự gia tăng nhiệt tùy chọn của gương, sao cho có thể loại bỏ tất cả chất ngưng tụ, nước và hydrocacbon, nhờ đó có thể cân bằng lại cầu đo.

##### 5.1.3 Các tạp chất dạng hơi

Các hydrocacbon có thể ngưng tụ trên gương. Về nguyên tắc các hydrocacbon này không ảnh hưởng vì sức căng bề mặt của hydrocacbon là rất khác với sức căng bề mặt của nước. Chúng dàn trải trên gương và tạo thành một lớp liên tục không khuếch tán ánh sáng. Tuy nhiên, sự phát hiện các chất ngưng tụ theo cách thủ công không dễ dàng mặc dù điểm sương thấp hơn rất nhiều so với nhiệt độ

<sup>1</sup> Nếu sử dụng bộ lọc, thậm chí nếu nó được bắt đầu là không hút ẩm, nên cân bằng với hàm lượng hơi nước của khí; điều này nhận được bằng cách cho khí đi qua nó trong một thời gian trước khi phép thử ở tốc độ được xem là cao hơn tốc độ được sử dụng trong quá trình thử nghiệm.

ngưng tụ của hydrocacbon, chỉ một vài giọt nước có thể được phát hiện trong giọt hydrocacbon lớn (xem Điều 6).

Sự có mặt của condensat hydrocacbon không thay đổi điểm sương theo nước vì các condensat không thể trộn lẫn.

Nếu khí có chứa metanol, chất này sẽ bị lắng với nước, và điểm sương đối với hỗn hợp nước và metanol sẽ được xác định. Nếu cũng có mặt các hydrocacbon, khí đó có hai pha ngưng tụ được tạo thành, một pha nước, pha kia là dầu. Trong trường hợp này, nhiệt độ ngưng tụ của pha nước ngưng tụ không chỉ được tính cho riêng hàm lượng nước có trong khí.

## **5.2 Sai số do thành lạnh**

Điều cần thiết là tất các phần của đường ống và thiết bị khác với gương có nhiệt độ lớn hơn nhiệt độ ngưng tụ; nếu không, hơi nước sẽ ngưng tụ tại các điểm lạnh nhất và thay đổi hàm lượng ẩm của mẫu khí.

## **5.3 Đạt đến cân bằng nhiệt độ**

Nếu lượng nước được truyền đến gương trên đơn vị thời gian là nhỏ, gương phải được làm lạnh càng chậm càng tốt do nguy cơ vượt qua nhiệt độ ngưng tụ thực mà không quan sát được giọt ngưng tụ đầu tiên.

Lượng sương có thể quan sát một cách thông thường bằng mắt thường là khoảng  $10^{-5}$  g/cm<sup>2</sup>. Các thiết bị tự động, nếu rất nhạy, có thể phát hiện những lượng nước thấp hơn đáng kể.

Nếu cần phải sử dụng thiết bị thủ công, và đặc biệt đối với các điểm sương thấp hơn, luôn luôn phải chú ý đến những cảnh báo sau đây:

- a) Tốc độ làm lạnh gương phải càng nhỏ càng tốt trong dải nhiệt độ ngưng tụ. (cần tiến hành thử nghiệm nhanh để xác định nhiệt độ ngưng tụ gần đúng trước khi phép đo chính xác được thực hiện.)
- b) Giá trị trung bình của nhiệt độ đo được tại thời điểm xuất hiện sương đầu tiên, trong khi nhiệt độ sương giảm từ từ, và của nhiệt độ tại đó sương biến mất, khi nhiệt độ gương tăng dần dần, có thể được xem xét là điểm sương gần đúng.

Sự chênh lệch giữa nhiệt độ xuất hiện và biến mất không nên lớn hơn 2 °C trong trường hợp thiết bị tự động và không lớn hơn 4 °C trong trường hợp thiết bị thủ công.

## **6 Loại trừ các condensat hydrocacbon**

Nếu điểm sương theo hydrocacbon nằm dưới điểm sương theo hơi nước, thì không có vấn đề gì đặc biệt. Trong trường hợp ngược lại, càng nhiều condensat hydrocacbon thì càng phải được loại bỏ trước khi phép đo được tiến hành; điều này đảm bảo rằng condensat hydrocacbon được ngưng tụ và loại bỏ khỏi gương và khỏi khoang đo.



### 6.1 Ngưng tụ trên gương

Điều này có thể đạt được bằng cách lắp một thiết bị (hoặc "mái che"), có hình dạng thích hợp trên gương, được quy định bởi nhà sản xuất, và hướng khí lên trên đó khi nó đi vào khoang đo qua một ống có lỗ nhỏ.

Do mái che được nối với gương nên có nhiệt độ gần với nhiệt độ của gương, nhưng cao hơn một chút vì nó được gia nhiệt bởi khí thử nghiệm đi vào.

### 6.2 Loại bỏ condensat khỏi gương

Điều cần thiết là loại bỏ condensat hydrocacbon. Thậm chí điều này là quan trọng hơn nếu gương được lắp một cái mái che.

Để đạt được mục đích đó, cần định vị gương thẳng đứng, hoặc ít nhất bằng cách cho nó độ nghiêng được đánh dấu, và bằng cách lắp gương với một bộ phận hướng vào điểm thấp hơn của nó. Phần chiếu này có thể chính là mái che.

Condensat hydrocacbon chảy ngang qua gương và tạo ra một giọt trên phần chiếu, điều này hỗ trợ cho sự dịch chuyển của nó. Các giọt cứ nhỏ xuống theo thời gian và chảy xuống đáy của khoang. Nếu cần thiết có thể làm nó bay hơi, ví dụ ở thời điểm hiệu chuẩn.

### 6.3 Loại bỏ condensat khỏi khoang

Các condensat chảy từ gương xuống phải được loại bỏ khỏi khoang.

Điều này có thể được thực hiện bằng cách đặt đầu ra của khoang đo tại điểm thấp nhất của nó. Khi đó các condensat bay hơi vào đường ống nạp.

## 7 Độ chính xác

Trên toàn dải đo từ  $-25\text{ }^{\circ}\text{C}$  đến  $+5\text{ }^{\circ}\text{C}$ , điểm sương nhìn chung được đo với độ chính xác  $\pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$  khi sử dụng thiết bị tự động. Với thiết bị thủ công, độ chính xác phụ thuộc vào hàm lượng hydrocacbon, và trong phần lớn trường hợp, độ chính xác có thể đạt được là  $\pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

## Phụ lục A

(Quy định)

## Hiệu chỉnh điểm sương theo nước

Nếu khí có chứa metanol, metanol sẽ lắng cùng với nước và sẽ xác định được điểm sương kết hợp của nước và metanol. Bảng dưới đây chỉ ra hiệu chỉnh đối với metanol được trừ từ điểm sương đo được để nhận được điểm sương theo nước thực tế.

Bảng A.1 – Hiệu chỉnh được trừ từ các điểm sương theo nước khi có metanol

Hàm lượng metanol mg/m <sup>3</sup>	Áp suất bar	Điểm sương chưa hiệu chỉnh, °C			
		-10	-5	0	5
Hiệu chỉnh đã được trừ, °C					
250	15	1	1	0,5	0,5
250	30	2	1,5	1	0,5
250	40	3	2	1,5	1
250	55	4	3	2	1,5
250	70	4,5	3,5	3	2
400	15	1,5	1	1	0,5
400	30	3,5	3	1,5	1
400	40	5	4	2	1,5
400	55	6,5	4,5	3,5	2
400	70	8	5,5	4	3

CHÚ THÍCH: Các giá trị nêu trong bảng này đã được xác định bằng sự chuyển đổi sang đơn vị met của số đã nêu trong Bảng 2 của xuất bản phẩm 2.5.1 “Phương pháp phân tích khí Anh quốc”, 10/1971.