



# Xử lý In situ đối với nước ngầm

Bởi:

Ngô Tự Thành

## Mở đầu

Tương tự như phục hồi sinh học tại chỗ đối với đất ô nhiễm, việc phục hồi sinh học tại chỗ cho nước ngầm ô nhiễm đòi hỏi cung cấp oxy, chất dinh dưỡng, và đôi khi cả những vi sinh vật nào đó, tới khắp vùng ô nhiễm.

Để thực hiện những sự cung cấp ấy, có ba phương pháp:

- Thẩm lọc (percolation)
- Kết hợp bơm, xử lý và tái tuần hoàn
- ..... ( *air sparging* )

## Phương pháp thẩm lọc

Theo phương pháp này, người ta đưa một dung dịch các chất dinh dưỡng cần thiết cho sự phân huỷ sinh học vào bề mặt đất để cho nó chảy xuống tầng nước ngầm, sau khi đi xuyên qua vùng thoáng khí (hình 7.1)

Cụ thể người ta tạo một cái ao không có lót đáy hoặc một loạt các rãnh nông, chứa đầy dung dịch dinh dưỡng, rồi cho dung dịch này thẩm xuống đất, tới tầng nước ngầm cần xử lý. Phần lớn dung dịch này thẩm theo chiều thẳng đứng.

Hình 7.1. Sự thẩm lọc các chất dinh dưỡng tới một tầng nước ngầm ô nhiễm.

Những đặc điểm của phương pháp này là:

- Chỉ được áp dụng cho các túi nước ngầm nông, để thời gian thẩm lọc không là quá lâu.
- Không thể đưa oxy tới nơi cần xử lý, vì độ hoà tan của oxy trong nước là nhỏ, và vì trong vùng sự tiếp xúc của chất lỏng với không khí trong vùng thoáng khí.

- Mặc dù thông qua sự thấm lọc, về lý thuyết có thể bổ sung vi sinh vật vào nơi cần xử lý nhưng trong thực tế việc bổ sung này là không khả thi, vì chúng bị thất thoát nhiều.
- Sự cung cấp oxy có ảnh hưởng mạnh mẽ đến tốc độ phục hồi sinh học nước ngầm nhờ các hệ thống thấm lọc. Nếu nguồn oxy duy nhất được khuếch tán từ bề mặt nước ngầm thì tốc độ oxy hoá sinh học sẽ rất chậm.

Sự bổ sung chất dinh dưỡng có thể tạo điều kiện cho vi khuẩn kỵ khí tùy tiện hoặc kỵ khí bắt buộc sinh trưởng được. Các sản phẩm lên men thường linh động hơn với các chất gây ô nhiễm ban đầu, và sự lan rộng vùng ô nhiễm có thể là do các điều kiện kỵ khí.

- Về việc bổ sung  $\text{NO}_3^-$  như một nguồn nitơ và nguồn chất nhận điện tử: Như ta biết, nitrat là dạng nitơ vô cơ phổ biến nhất trong đất (cùng với amoni), đồng thời là chất nhận điện tử phổ biến nhất đối với hô hấp kỵ khí. Nitrat có thể bị khử dần tới  $\text{NO}_2^-$ ,  $\text{NO}_2$ ,  $\text{NO}$  rồi  $\text{N}_2$ , tất cả chúng đều ở dạng khí và có thể biến mất khỏi đất. Quá trình từ  $\text{NO}_3^-$  tới  $\text{N}_2$  như trên làm tổn thất nitơ của đất và được gọi là sự phản nitrat hoá (denitrification).

Việc sử dụng nitrat làm chất nhận điện tử để tạo thành nitơ dạng khí cũng được gọi là sự khử nitrat dị hoá (dissimilative nitrate reduction), nó khác với khử nitrat được khử thành amoni được dùng làm nguồn nitơ cho sự tổng hợp các axit amin và các protein, nghĩa là cho sinh trưởng. Các enzym tham gia vào sự khử nitrat dị hoá phân bố ngang gần các enzym của sự hô hấp oxy. Sự tổng hợp enzym nitrat reductase khó xảy ra khi có mặt oxy, vì thế sự phản nitrat hoá ít khi xảy ra đồng thời với hô hấp oxy. Trong khi đó, sự khử nitrat đồng hoá có thể xảy ra khi có mặt oxy. Mọi vi sinh vật phản nitrat hoá đều là kỵ khí tùy tiện và ưa dùng oxy (hô hấp oxy) hơn là nitrat (hô hấp nitrat). Chỉ có một số vi khuẩn có khả năng khử nitrat dị hoá, trong khi đó các vi khuẩn, nấm, và thực vật thì có thể khử nitrat đồng hoá.

Tóm lại số lượng các loại chất bị phân huỷ thông qua sự hô hấp nitrat là không nhiều. Điều đáng nói là một số chất gây ô nhiễm hữu cơ quan trọng như các alkan và các chất thơm, rất khó bị phân huỷ kỵ khí, vì hầu hết các con đường trao đổi chất phổ biến đều đòi hỏi có oxy trong những bước mở đầu.

Tóm lại việc sử dụng nitrat như một nguồn nitơ và chất nhận điện tử là khá hấp dẫn nhưng không phải lúc nào cũng khả thi. Tuy vậy nitrat luôn phải được nghĩ đến để không bỏ lỡ cơ hội dùng nó.

### **Phương pháp kết hợp: bơm ra để xử lý và tái tuần hoàn**

Đây là sự kết hợp giữa bơm để mang đi xử lý tại trạm xử lý (ex situ bioremediation) (hình 7.2). Trong việc bơm nước ra ngoài để xử lý, nước được bơm ra khỏi vùng ô nhiễm, được xử lý, được thải vào cống rãnh chung, vào một thủy vực nào đó, hoặc vào nơi thải

nào đó trên đất. Nếu mọi xử lý ấy là thật hoàn hảo thì nước đã xử lý có thể được đưa trở lại vào nước ngầm, nhưng nước để phục hồi ấy bị coi là nước thải nên không thể được đưa trở lại nước ngầm.

Việc đưa nước đã được bổ sung oxy, chất dinh dưỡng, và đôi khi cả vi sinh vật nữa, vào nước ngầm, là một phương pháp để liên tục đưa các nguyên liệu này vào vùng ô nhiễm. Các chất gây ô nhiễm kỹ nước thường khó bị loại bỏ bằng các phương pháp bơm và xử lý chuẩn mực (xem chương 3). Việc đưa chất dinh dưỡng và oxy vào vùng ô nhiễm đã góp phần phát triển phương pháp phục hồi sinh học tại chỗ và làm tăng đáng kể tốc độ phục hồi nước ngầm. Việc kết hợp bơm nước ra để xử lý với việc đưa chất dinh dưỡng và oxy vào vùng ô nhiễm đã tạo nên một vùng phản ứng bên trong tầng nước ngầm.

Hình 7.2. Sơ đồ sự kết hợp các biện pháp bơm nước ra để xử lý và việc đưa nước xử lý trở lại vào nước ngầm

Có thể cung cấp  $H_2O_2$  hoặc  $NO_3^-$  vào vùng ô nhiễm, thay vì oxy của không khí hoặc oxy nguyên chất, để dùng làm chất nhận điện tử. Người ta có nhiều kinh nghiệm dùng  $H_2O_2$  hơn so với  $NO_3^-$  và thậm chí coi đó như một thủ tục chuẩn mực. Hydro peroxit, được phân huỷ thành nước và oxy phân tử, dưới sự xúc tác của enzym catalazo:



Lượng oxy được giải phóng từ sự cung cấp  $H_2O_2$  là 0,47g/g. Nếu  $H_2O_2$

được bổ sung với nồng độ trên 100mg/lit thì có thể gây độc cho môi trường.

#### *Các nguyên tắc thiết kế hệ thống*

Để thiết kế hệ thống kết hợp giữa bơm, xử lý, và đưa chất dinh dưỡng, oxy vào nước ngầm ô nhiễm, cần tính đến các nhân tố căn bản sau đây:

- Xác định các điều kiện của vùng ô nhiễm
- Chọn tốc độ bơm phù hợp
- Xác định các nồng độ chất gây ô nhiễm trong nước được bơm ra
- Xác định nhu cầu oxy và chất dinh dưỡng
- Xác định thời gian cần thiết cho toàn bộ quá trình phục hồi sinh học
- Lập chương trình lấy mẫu

Xử lý In situ đối với nước ngầm

- Có các giếng quan trắc

Việc dùng không khí nén hoặc oxy nguyên chất có thể cung cấp oxy ở nồng độ trên 20mg/l. Nếu cần nồng độ cao hơn thì có thể bổ sung H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>.

Một hệ thống xử lý nước ngầm trong đó kết hợp việc bơm nước ra ngoài để xử lý với việc đưa chất dinh dưỡng và oxy vào trong cũng có thể được hiểu là một hệ thống kết hợp giữa xử lý không tại chỗ (ex situ) với xử lý tại chỗ (in situ), và cũng là hệ thống xử lý kết hợp lý- hoá- sinh học. Hình ảnh bề ngoài của một hệ thống như vậy được nêu trên hình....

Hình..... Hệ thống xử lý - hoá- sinh học đối với nước ngầm ô nhiễm dung môi và kim loại tại một nơi tồn trữ lớn ở New Jersey [ ].

Xác định tốc độ bơm

Việc chọn tốc độ bơm phù hợp phải được tính toán dựa vào:

- Thời lượng dự tính cho việc phục hồi
- Độ dân thủy lực của nước ngầm cần xử lý
- Kích thước vùng ô nhiễm, và
- Hệ số phân bố của đất gây ô nhiễm.

Nhiều hệ thống đã hoạt động trên mười năm, và phổ biến là một vài năm. Thời gian xử lý dài dẫn đến chi phí vận hành lớn (ví dụ do tiền điện), vì thế thời gian xử lý ngày được cân nhắc kỹ trong việc thiết kế hệ thống. Do vậy người ta thích chọn tốc độ bơm thấp.

Có những trường hợp sự phân bố các chất gây ô nhiễm giữa pha rắn và pha hoà tan là rất bất lợi và nước được bơm ra có nồng độ chất gây ô nhiễm cực kỳ thấp. Lúc đầu các nồng độ chất gây ô nhiễm trong pha lỏng có thể là cao nhưng sau đó giảm xuống thấp rất nhanh vì tốc độ giải hấp và sự khuếch tán ra khỏi những vùng có tính thấm nhỏ là thấp hơn tốc độ chiết rút. Trong những trường hợp như vậy thì nên giảm tốc độ bơm hoặc thực hiện bơm theo kiểu “gián đoạn”, tức là bơm và ngừng bơm xen kẽ nhau, như được biểu thị trên hình 7.3 .

*Hình 7.3. Nồng độ chất gây ô nhiễm trong pha lỏng (C<sub>2</sub>) phụ thuộc vào sự bơm “gián đoạn” (Q) đối với các chất gây ô nhiễm kỵ nước.*

Nếu phần chủ yếu của chất gây ô nhiễm được hấp phụ vào pha rắn, tốc độ giải hấp có thể thấp hơn so với tốc độ loại bỏ mạnh mẽ do bơm. Cũng như vậy, nếu sản phẩm tinh khiết tồn tại, tốc độ di chuyển hàng loạt là nhỏ hơn so với tốc độ loại bỏ hàng loạt do

## Xử lý In situ đối với nước ngầm

bơm. Trong những trường hợp như vậy, nồng độ chất gây ô nhiễm trong pha lỏng sẽ giảm xuống trong thời gian bơm, và tăng lên trong thời gian ngừng bơm.

### Xác định nồng độ chất gây ô nhiễm

Nồng độ chất gây ô nhiễm trong nước được bơm ra là hàm số của:

- Lượng chất gây ô nhiễm trong tầng nước ngầm
- Khối lượng vùng ô nhiễm, và
- Hệ số phân bố *trong đất*.

Khó xác định được chính xác lượng chất gây ô nhiễm có mặt tại địa điểm xử lý. Tuy nhiên trong một số trường hợp, lượng chất thải ra có thể được tính toán dựa trên hồ sơ trong đó cho biết lượng các bồn chứa và sự thải nước thải. Nếu các thủ tục vận hành được tuân theo một cách bình thường (ví dụ chế độ rửa các bồn chứa và các thủ tục thải nước sạch rửa thì có thể xác định được lượng chất gây ô nhiễm để đáp ứng việc thiết kế hệ thống.

Việc điều tra địa điểm *ưu tiên* cho việc thiết kế hệ thống phải bao gồm việc phân tích các mẫu lấy từ *tâm* tại các điểm lựa chọn trong vùng ô nhiễm để xác định các nồng độ chất gây ô nhiễm trong pha lỏng và pha hấp phụ.

### Ví dụ1: Xác định nồng độ chất gây ô nhiễm

Các mẫu *lõi* từ tầng nước ngầm được nêu trên hình 7.4 đã được phân tích và tổng hợp hydrocarbon dầu mỏ (total petroleum hydrocarbons, TPH) ở các độ sâu khác nhau, như nêu trong bảng dưới đây. Hãy xác định tổng hợp chất gây ô nhiễm trong tầng nước ngầm ấy và tính hệ số phân bố. Mật độ khối của vật chất trong nước ngầm được bơm ra là 2.500kg/m<sup>3</sup> và *i* lỗ

	TPH	của đất ( <i>S</i> )	và nước	( <i>CL</i> )		
	Om		3m		6m	
	<i>S</i> , g/kg	<i>CL</i> , mg/L	<i>S</i> , g/kg	<i>CL</i> , mg/L	<i>S</i> , g/kg	<i>CL</i> , mg/L
d2	0,006	0,63	0,000	0,00	0,000	0,00
d4	0,000	0,00	0,000	0,00	0,000	0,00
e1	0,000	0,00	0,000	0,00	0,000	0,00
e3	0,010	1,10	0,009	0,95	0,000	0,00
e5	0,000	0,00	0,000	0,00	0,000	0,00
f1	0,011	1,22	0,013	1,40	0,005	0,04

Xử lý In situ đối với nước ngầm

f3	0,013	1,20	0,016	1,62	0,012	1,20
f4	0,008	0,07	0,010	1.05	0,003	0,03
g2	0,000	0,00	0,000	0,00	0,000	0,00
g4	0,000	0,00	0,000	0,00	0,000	0,00

Hình 7.4. Hình chiếu phẳng và hình vẽ mặt cắt ngang của một vùng ô nhiễm hydrocacbon dầu mỏ trong một tầng nước ngầm.

Bài giải:

1. Chia vùng ô nhiễm thành các tiểu vùng và chia nồng độ trung bình cho mỗi tiểu vùng, dựa trên các mẫu *lỗi*

Vùng	Khối lượng	$m^3$	Nồngđất	độ g/kg	trong	Nồng nước	độ mg/L	trong	
	0-2	2- 4	4-6	0-2	2- 4	4-6	0-2	2- 4	4-6
d2	90	0	0	0,008	0,005	0,000	0,87	0,48	0,00
d3	90	0	0	0,008	0,005	0,000	0,87	0,48	0,00
e1	70	35	0	0,008	0,010	0,006	0,81	1,00	0,43
e2	420	210	0	0,010	0,009	0,000	1,10	0,95	0,00
e3	420	210	0	0,010	0,009	0,000	1,10	0,95	0,00
e4	70	35	0	0,030	0,006	0,001	0,37	0,67	0,01
f1	300	300	150	0,011	0,013	0,005	1,22	1,40	0,04
f2	450	450	225	0,012	0,014	0,008	1,21	1,51	0,62
f3	450	450	225	0,013	0,016	0,012	1,20	1,62	1,20
f4	300	300	150	0,008	0,010	0,003	0,07	1,05	0,03

1. Xác định Ksd cho mỗi vùng

$$K_{sd} = \frac{S}{C_L}$$

Xử lý In situ đối với nước ngầm

Ví dụ, tính cho e3 ở độ sâu từ 2- 4m:

$$K_{sd} = \frac{(0,009/\text{gkg}) (10^{-3}\text{kg/g})}{0,95 \text{ mg/L}} = 9,5 \times 10^{-6} \text{ L/mg}$$

Lập bảng các giá trị cho vùng ô nhiễm.