

KĨ THUẬT XỬ LÝ NƯỚC NGẦM

1. Một số quá trình cơ bản xử lý nước ngầm

Có rất nhiều phương pháp để xử lý nước ngầm, tùy thuộc vào nhiều yếu tố như: nhu cầu cấp nước, tiêu chuẩn dùng nước, đặc điểm của nguồn nước ngầm, các điều kiện tự nhiên, điều kiện kinh tế xã hội... mà chúng ta sẽ lựa chọn công nghệ xử lý nước ngầm sao cho phù hợp. Tuy nhiên có một số quá trình cơ bản có thể áp dụng để xử lý nước ngầm được tóm tắt như bảng sau:

Quá trình xử lý:

*Mục đích

- Làm thoáng: lấy oxy từ không khí để oxy hoá sắt và mangan hoá trị II hoà tan trong nước.
 - Khử khí CO₂ nâng cao pH của nước để đẩy nhanh quá trình oxy hoá và thủy phân sắt, mangan trong dây chuyền công nghệ khử sắt và mangan.
 - Làm giàu oxy để tăng thế oxy hoá khử của nước, khử các chất bẩn ở dạng khí hoà tan trong nước.
 - Clo hoá sơ bộ: oxy hoá sắt và mangan hoà tan ở dạng các phức chất hữu cơ.
 - Loại trừ rong, rêu, tảo phát triển trên thành các bể trộn, tạo bong cặn và bề lắng, bể lọc.
 - Trung hoà lượng ammoniac dư, diệt các vi khuẩn tiết ra chất nhầy trên mặt lớp các lọc.
 - Quá trình khuấy trộn hoá chất: phân tán nhanh, đều phèn và các hoá chất khác vào nước cần xử lý.
 - Quá trình keo tụ và phản ứng tạo bông cặn: tạo điều kiện và thực hiện quá trình dính kết các hạt cặn keo phân tán thành bông cặn có khả năng lắng và lọc với tốc độ kinh tế cho phép.
 - Quá trình lắng: loại trừ ra khỏi nước các hạt cặn và bông cặn có khả năng lắng với tốc độ kinh tế cho phép, làm giảm lượng vi trùng và vi khuẩn.
 - Quá trình lọc: loại trừ các hạt cặn nhỏ không lắng được trong bể lắng, nhưng có khả năng dính kết lên bề mặt hạt lọc.
 - Hấp thụ và hấp thụ bằng than hoạt tính
 - Khử mùi, vị, màu của nước sau khi dùng phương pháp xử lý truyền thống không đạt yêu cầu.
 - Flo hoá nước: nâng cao hàm lượng Flo trong nước đến 0,6 – 0,9 mg/l để bảo vệ men răng và xương cho người dùng nước.
 - Khử trùng nước: tiêu diệt vi khuẩn và vi trùng còn lại trong nước sau bể lọc.
 - Ổn định nước: khử tính âm thực và tạo ra màng bảo vệ cách ly không cho nước tiếp xúc trực tiếp với vật liệu mại trong thành ống dẫn để bảo vệ ống và phụ tùng trên ống.
 - Làm mềm nước: khử ra khỏi nước các ion Ca²⁺ và Mg²⁺ đến nồng độ yêu cầu.

- Khử muối: khử ra khỏi nước các cation và anion của các muối hoà tan đến nồng độ yêu cầu.

2. Phương pháp khử sắt trong nước ngầm

Trong nước ngầm sắt thường tồn tại ở dạng ion, sắt có hoá trị 2 (Fe²⁺) là thành phần của các muối hoà tan như: Fe(HCO₃)₂; FeSO₄... hàm lượng sắt có trong các nguồn nước ngầm thường cao và phân bố không đồng đều trong các lớp trầm tích dưới đất sâu. Nước có hàm lượng sắt cao, làm cho nước có mùi tanh và có màu vàng, gây ảnh hưởng không tốt đến chất lượng nước ăn uống sinh hoạt và sản xuất. Do đó, khi mà nước có hàm lượng sắt cao hơn giới hạn cho phép theo tiêu chuẩn thì chúng ta phải tiến hành khử sắt.

Các hợp chất vô cơ của ion sắt hoá trị II:

- FeS, Fe(OH)₂, FeCO₃, Fe(HCO₃)₂, FeSO₄, v.v...

Các hợp chất vô cơ của ion sắt hoá trị III:

- Fe(OH)₃, FeCl₃ ... trong đó Fe(OH)₃ là chất keo tụ, dễ dàng lắng đọng trong các bể lắng và bể lọc. Vì thế các hợp chất vô cơ của sắt hoà tan trong nước hoàn toàn có thể xử lý bằng phương pháp lý học: làm thoáng lấy oxy của không khí để oxy hoá sắt hoá trị II thành sắt hoá trị III và cho quá trình thuỷ phân, keo tụ Fe(OH)₃ xảy ra hoàn toàn trong các bể lắng, bể lọc tiếp xúc và các bể lọc. Các phức chất vô cơ của ion sắt với silicat, photphat FeSiO(OH)₃ + 3)

- Các phức chất hữu cơ của ion sắt với axit humic, fulvic,...

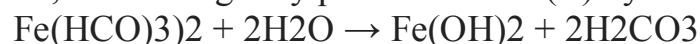
- Các ion sắt hoà tan Fe(OH)⁺, Fe(OH)₃ tồn tại tùy thuộc vào giá trị thế oxy hoá khử và pH của môi trường.

- Các loại phức chất và hỗn hợp các ion hoà tan của sắt không thể khử bằng phương pháp lý học thông thường, mà phải kết hợp với phương pháp hoá học. Muốn khử sắt ở dạng này phải cho thêm vào nước các chất oxy hoá như: Cl₂, KMnO₄, Ozone, đã phá vỡ liên kết và oxy hoá ion sắt thành ion hoá trị III hoặc cho vào nước các chất keo tụ FeCl₃, Al(SO₄)₃ và kiềm hoá để có giá trị pH thích hợp cho quá trình đông keo tụ các loại keo sắt và phèn xảy ra triệt để trong các bể lắng, bể lọc tiếp xúc và bể lọc trong.

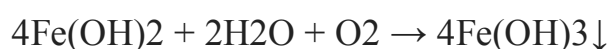
3. Các phương pháp khử sắt trong xử lý nước

3.1 Phương pháp oxy hoá sắt

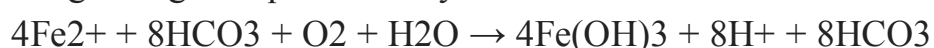
Nguyên lý của phương pháp này là oxy hoá (II) thành sắt (III) và tách chúng ra khỏi nước dưới dạng hydroxyt sắt (III). Trong nước ngầm, sắt (II) bicacbonat là một muối không bền, nó dễ dàng thuỷ phân thành sắt (II) hydroxyt theo phản ứng:



Nếu trong nước có oxy hoà tan, sắt (II) hydroxyt sẽ bị oxy hoá thành sắt (III) hydroxyt theo phản ứng:



Sắt (III) hydroxyt trong nước kết tủa thành bông cặn màu vàng và có thể tách ra khỏi nước một cách dễ dàng nhờ quá trình lắng lọc. Kết hợp các phản ứng trên ta có phản ứng chung của quá trình oxy hoá sắt như sau:



Nước ngầm thường không chứa ôxy hoà tan hoặc có hàm lượng ôxy hoà tan rất thấp. Để tăng nồng độ ôxy hoà tan trong nước ngầm, biện pháp đơn giản nhất là

làm thoáng. Hiệu quả của bước làm thoáng được xác định theo nhu cầu ôxy cho quá trình khử sắt.

3.2 Phương pháp khử sắt bằng quá trình ôxy hoá

Làm thoáng đơn giản bề mặt lọc: Nước cần khử sắt được làm thoáng bằng dàn phun mưa ngay trên bề mặt lọc. Chiều cao giàn phun thường lấy cao khoảng 0,7m, lỗ phun có đường kính từ 5-7mm, lưu lượng tưới vào khoảng 10 m³ /m² .h. Lượng ôxy hoà tan trong nước sau khi làm thoáng ở nhiệt độ 250C lấy bằng 40% lượng ôxy hoà tan bão hoà (ở 250C lượng ôxy bão hoà bằng 8,1 mg/l).

Làm thoáng bằng giàn mưa tự nhiên: Nước cần làm thoáng được tưới lên giàn làm thoáng một bậc hay nhiều bậc với các s àn rải xỉ hoặc tre gỗ. Lưu lượng tưới và chiều cao tháp cũng lấy như trường hợp trên. Lượng ôxy hoà tan sau làm thoáng bằng 55% lượng ôxy hoà tan bão hoà. Hàm lượng CO₂ sau làm thoáng giảm 50%.

Làm thoáng cưỡng bức: Cũng có thể dùng tháp làm thoáng cưỡng bức với lưu lượng tưới từ 30 đến 40 m³ /h. Lượng không khí tiếp xúc lấy từ 4 đến 6 m³ cho 1m³ nước. Lượng ôxy hoà tan sau làm thoáng bằng 70% hàm lượng ôxy hoà tan bão hoà. Hàm lượng CO₂ sau làm thoáng giảm 75%.

3.3 Khử sắt bằng hoá chất

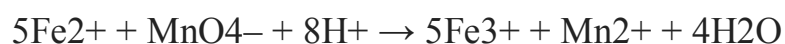
Khi trong nước nguồn có hàm lượng tạp chất hữu cơ cao, các chất hữu cơ sẽ tạo ra dạng keo bảo vệ các ion sắt, như vậy muốn khử sắt phải phá vỡ được màng hữu cơ bảo vệ bằng tác dụng của các chất ôxy hoá mạnh. Đối với nước ngầm, khi làm lượng sắt quá cao đồng thời tồn tại cả H₂S thì lượng ôxy thu được nhờ làm thoáng không đủ để ôxy hoá hết H₂S và sắt, trong trường hợp này cần phải dùng đến hoá chất để khử sắt.

Biện pháp khử sắt bằng vôi: Khi cho vôi vào nước, độ pH của nước tăng lên. Ở điều kiện giàu ion OH⁻, các ion Fe²⁺ thủy phân nhanh chóng thành Fe(OH)₂ và lắng xuống một phần, thế ôxy hoá khử tiêu chuẩn của hệ Fe(OH)₂/Fe(OH)₃ giảm xuống, do đó sắt (II) dễ dàng chuyển hoá thành sắt (III). Sắt (III) hydroxyt kết tụ thành bông cặn, lắng trong bể lắng và có thể dễ dàng tách ra khỏi nước. Phương pháp này có thể áp dụng cho cả nước mặt và nước ngầm. Nhược điểm của phương pháp này là phải dùng đến các thiết bị pha chế công kênh, quản lý phức tạp, cho nên thường kết hợp khử sắt với quá trình xử lý khác như xử lý ổn định nước bằng kiềm, làm mềm nước bằng vôi kết hợp với soda.

Biện pháp khử sắt bằng Clo: Quá trình khử sắt bằng clo được thực hiện nhờ phản ứng sau:



Biện pháp khử sắt bằng Kali Permanganat (KMnO₄): Khi dùng KMnO₄ để khử sắt, quá trình xảy ra rất nhanh vì cặn mangan (IV) hydroxyt vừa được tạo thành sẽ là nhân tố xúc tác cho quá trình khử. Phản ứng xảy ra theo phương trình sau:



Biện pháp khử sắt bằng cách lọc qua lớp vật liệu đặc biệt Các vật liệu đặc biệt có khả năng xúc tác, đẩy nhanh quá trình ôxy hoá khử Fe²⁺

thành Fe^{3+} và giữ lại trong tầng lọc. Quá trình diễn ra rất nhanh chóng và có hiệu quả cao. Cát đen là một trong những chất có đặc tính như thế.

Biện pháp khử sắt bằng phương pháp trao đổi ion. Phương pháp trao đổi ion được sử dụng khi kết hợp với quá trình khử cứng. Khi sử dụng thiết bị trao đổi ion để khử sắt, nước ngầm không được tiếp xúc với không khí vì Fe^{3+} sẽ làm giảm khả năng trao đổi của các ion. Chỉ có hiệu quả khi khử nước ngầm có hàm lượng sắt thấp.

Biện pháp khử sắt bằng phương pháp vi sinh. Một số loại vi sinh có khả năng oxy hoá sắt trong điều kiện mà quá trình oxy hoá hoá học xảy ra rất khó khăn. Chúng ta cấy các mầm khuẩn sắt trong lớp cát lọc của bể lọc, thông qua hoạt động của các vi khuẩn sắt để loại bỏ sắt ra khỏi nước. Thường sử dụng thiết bị bể lọc chậm để khử sắt.

4. Một số giai đoạn về công nghệ khử sắt trong nước cấp

Giai đoạn đưa các hoá chất vào nước: Giai đoạn này gồm có quá trình làm thoáng nước để làm giàu oxy và khử khí cacbonic cùng với việc pha trộn hoá chất vào nước như vôi, phèn, clo, ôzôn, kali permanganate...

Giai đoạn xử lý sơ bộ: Mục đích của giai đoạn này là nhằm tạo ra những điều kiện cho phản ứng oxy hoá khử diễn ra được hoàn toàn, nhanh chóng. Các thiết bị cần thiết cho giai đoạn này là bể lắng tiếp xúc, bể lọc sơ bộ, bể lọc tiếp xúc, bể lắng ngang hoặc lắng trong.

Giai đoạn làm sạch: Giai đoạn này cần đến các bể lọc khác nhau. Tùy theo hàm lượng và thành phần sắt trong nước nguồn cùng với chất lượng nước nguồn mà quyết định quy trình khử sắt cụ thể, thường được xác định bằng thực nghiệm tại chỗ kết hợp với các kết quả tính toán sơ bộ. Khi hàm lượng sắt cao trên 6mg/l và cần khử triệt để khí cacbonic, quy trình khử sắt sẽ bao gồm cả ba giai đoạn trên.

5. Một số thiết bị khử sắt thường được sử dụng

Làm thoáng đơn giản trên bề mặt bể lọc: Người ta dùng giàn ống khoan lỗ phun mưa trên bề mặt lọc, lỗ phun có đường kính 5 đến 7 mm, tia nước dùng áp lực phun lên với độ cao 0,5 đến 0,6m. Lưu lượng phun vào khoảng $10\text{m}^3/\text{m}^2.\text{h}$. Làm thoáng trực tiếp trên bề mặt bể lọc chỉ nên áp dụng khi nước nguồn có hàm lượng sắt thấp và không phải khử CO_2 .

Tháp làm thoáng tự nhiên: Sử dụng tháp làm thoáng tự nhiên (giàn mưa) khi cần làm giàu oxy kết hợp với khử khí CO_2 . Do khả năng trao đổi của O_2 lớn hơn CO_2 nên tháp được thiết kế cho trường hợp khử CO_2 . Giàn mưa cho khả năng thu được lượng oxy hoà tan bằng 55% lượng oxy bão hoà và có khả năng khử được 75-80% lượng CO_2 còn lại sau khi làm thoáng không xuống thấp hơn 5-6mg/l.

Tháp làm thoáng cưỡng bức: Cấu tạo của tháp làm thoáng cưỡng bức cũng gần giống như tháp làm thoáng tự nhiên, ở đây chỉ khác là không khí được đưa vào tháp cưỡng bức bằng quạt gió. Không khí đi ngược chiều với chiều rơi của các tia nước. Lưu lượng tưới thường lấy từ 30 đến 40 $\text{m}^3/\text{m}^2.\text{h}$. Lượng không khí cấp vào từ 4 đến 6 m^3 cho 1 m^3 nước cần làm thoáng.

Bể lắng tiếp xúc: Bể lắng tiếp xúc có chức năng giữ nước lại sau quá trình làm thoáng trong một thời gian để quá trình oxy hoá và thủy phân đất diễn ra hoàn toàn, đồng thời tách một phần cặn nặng trước khi chuyển sang bể lọc. Trong

thực tế thường lấy thời gian lưu của nước từ 30 đến 45 phút. Bể lắng tiếp xúc có thể đ ược thiết kế như bể lắng đứng và thường đặt ngay dưới giàn làm thoáng. Bể lọc tiếp xúc hay bể lọc sơ bộ đ ược áp dụng khi hàm lượng sắt trong nước nguồn cao hoặc cần khử đồng thời cả mangan. Bể lọc tiếp xúc có cấu tạo như các bể lọc thông thường với lớp vật liệu lọc bằng sỏi, than antraxit, sành, sứ... có kích thước hạt lớn. Tốc độ lọc thường không chế trong khoảng 15 đến 20m/h.

Bể lọc cặn sắt: Để lọc sạch nước có chứa cặn sắt, sử dụng các bể lọc nhanh thông thường. Do khác với bể lọc cặn bản bình thường ở chỗ quá trình ôxy hoá và thủy phân sắt con tiếp tục xảy ra trong lớp vật liệu lọc, nên ngay từ đầu chu kỳ lọc, cặn đã bám sẵn trong lớp vật liệu lọc và độ chứa cặn của lớp vật liệu lọc sẽ cao hơn.

Vì vậy, vật liệu lọc có thể lấy cấp phối hạt lớn hơn, đường kính trung bình hạt từ 0,9 đến 1,3 mm, bề dày lớp vật liệu lọc 1,0 đến 1,2m, tốc độ lọc lấy từ 5 đến 10m/h. Do cặn sắt bám chắc nên phải rửa lọc bằng nước và khí kết hợp, lưu lượng nước rửa thực tế thường dùng từ 10 đến 12 l/m².s. Nếu sử dụng bể lọc 2 lớp gồm antraxit và cát thạch anh thì hiệu quả xử lý sẽ cao hơn.

6. Các yếu tố ảnh hưởng đến quá trình khử sắt

Tốc độ phản ứng của quá trình ôxy hoá và thủy phân Fe²⁺ thành Fe³⁺ tùy thuộc vào lượng oxy hoà tan trong nước tăng lên. Để oxy hoá 1mg sắt (II) tiêu tốn 0,143mg oxy.

Thời gian oxy hoá và thủy phân sắt trên công trình phụ thuộc vào trị số pH của nước có thể lấy như sau:

Thời gian tối ưu của quá trình keo tụ pH 6,0 6,5 6,6 6,7 6,8 6,9 7 ≥7,5

Thời gian tiếp xúc cần thiết trong bể lắng và bể lọc (thời gian lưu nước) (phút) 90 60 45 30 25 20 15 10

Thời gian tiếp xúc cần thiết (thời gian lưu nước) trong bể lọc tiếp xúc (bể lọc I) và bể lọc trong (bể lọc đợt II) (phút) 60 45 35 25 20 15 12 5

Tốc độ lọc qua bể tiếp xúc có thể lấy 5 -20 m/h tùy thuộc vào thời gian lưu nước cần thiết và lượng cặn cần giữ lại sao cho qua bể lọc đợt I hàm lượng cặn còn lại đi qua bể lọc trong (lọc đợt II) ≤ 15mg/l. Tốc độ lọc qua bể lọc trong lấy 3-9 m/h tùy thuộc vào chiều dày và cỡ hạt của lớp vật liệu lọc và thời gian lưu nước cần thiết.