



Nghiên cứu và phát triển cảm biến đo nồng độ bùn phương pháp ánh sáng tán xạ kép

1. Bối cảnh nghiên cứu

Theo dõi và kiểm soát nồng độ bùn là vô cùng quan trọng để nâng cao hiệu quả xử lý bùn và xử lý nước trong các công trình thoát nước, nhằm mục đích tối ưu hóa nồng độ hóa chất và ổn định hoạt động. Do đó, thiết bị đo nồng độ bùn có độ tin cậy cao càng ngày càng trở thành nhu cầu cấp bách.

Các thiết bị đo nồng độ bùn hiện có trên thị trường đo bằng các phương pháp khác nhau như siêu âm, quang học và vi sóng. Có thể nói hiện nay các máy này có nhiều hạn chế, về nhiều khía cạnh như ảnh hưởng màu bùn, của bám dính và bọt khí, về khả năng bảo trì, về giá cả, về phạm vi dải đo nồng độ, cũng như yêu cầu đầu ra liên tục thời gian thực,...mức độ hài lòng của người sử dụng còn thấp và nhiều vấn đề cần giải quyết.

JFE Advantech đã nghiên cứu và phát triển loại máy SD-50 mới, tận dụng lợi thế của phương pháp quang học đo nồng độ bùn, ít bị ảnh hưởng bởi bọt khí, có thể đo liên tục phạm vi dải đo rộng từ nồng độ thấp đến cao, đồng thời cũng đã cải thiện ảnh hưởng màu của bùn và các vấn đề kết dính bùn.

2. Nguyên lý đo

Máy đo mật độ bùn nguyên lý “**ánh sáng tán xạ kép**” (Dual Scattered-Light Density

Meter) SD-50 là cảm biến đo mật độ bùn có nhiều nguồn ánh sáng của sóng kép (hai bước sóng), có thể tự động hiệu chỉnh ảnh hưởng của màu bùn bằng cách tận dụng sự khác biệt tương quan của các đặc tính nhận ánh sáng cho mỗi bước sóng.

Với kỹ thuật này có thể đo với độ chính xác cao ngay cả khi màu bùn thay đổi một chút hơi chuyển sang màu đen, do sự biến động của phân bố lượng bùn đến từ nhiều nguồn khác nhau, hiện tượng thường xảy ra trong nhà máy tập trung xử lý bùn thải.

Ngoài ra, ngay cả trong trường hợp bùn đen như bùn tiêu hóa (digestive sludge), được cho là không thể đo bằng phương pháp quang học thông thường sử dụng một nguồn ánh sáng duy nhất, số liệu đầu ra của SD-50 ổn định với độ chính xác cao.

Đây cũng là lần đầu tiên ở Nhật Bản chức năng và tính năng này được nghiên cứu và áp dụng vào máy đo nồng độ phương pháp quang học. Thêm vào đó, nhờ cơ cấu cảm biến sáng tạo đặc biệt có thể sử dụng trong tình huống bùn thô cô đặc với độ kết dính mạnh mà không bị ảnh hưởng. (Hình 1).

Hai loại tia hồng ngoại gần (near-infrared) A, B với các bước sóng khác nhau được chiếu trực tiếp từ cáp quang (fiber) ở đầu dò đến đối tượng bùn cần đo, và ánh sáng tán xạ phản xạ từ bùn

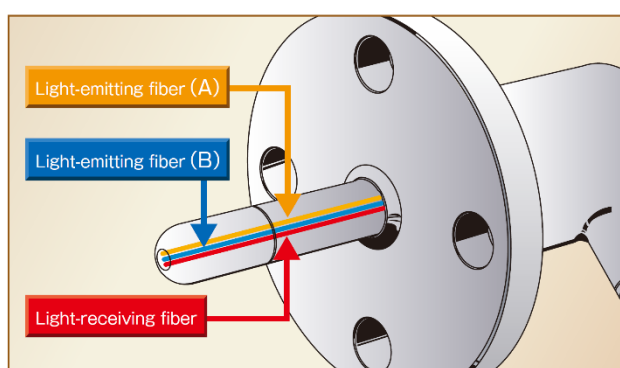
được nhận lại bởi cáp quang, sau đó được chuyển thành tín hiệu điện (Hình 2).

Cường độ của ánh sáng tán xạ phản xạ có đặc tính tương quan xác định bởi nồng độ và màu bùn tương ứng. Các đặc tính của cường độ ánh sáng tán xạ nhận được khác nhau tùy thuộc vào bước sóng của ánh sáng, vào màu bùn sáng hay đen.

Nếu tự động hiệu chỉnh ảnh hưởng của màu bùn bằng cách lợi dụng sự khác biệt trong các đặc tính tương quan, có thể làm giảm bớt ảnh hưởng do sự thay đổi màu bùn lên kết quả đo nồng độ (Hình 3).

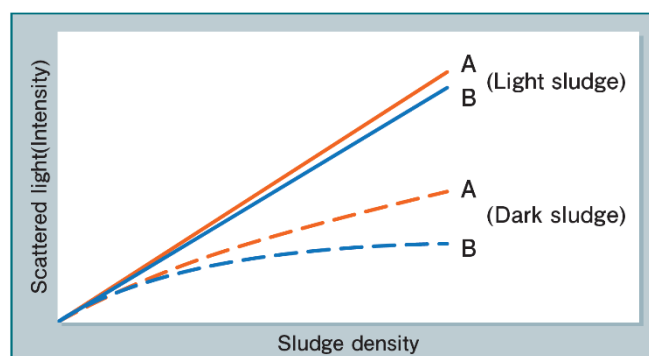


Hình 1 Ngoại hình SD-50 và bộ chuyển đổi CV-50



The detector section irradiates two types of near infrared rays (A and B) from the end of the emitting optical fibers, receives the scattered light reflected from the sludge in the receiving optical fiber and converts it to an electrical signal.

Hình 2 Nguyên lý và cấu trúc cảm biến đo mật độ bùn hỗn hợp nguồn hai bước sóng tán xạ ánh sáng



The scattered light intensity of the received light is determined by the density and color of the sludge for each wavelength of the light. SD-50 reduces the influence of the sludge color through automatic correction using the difference of the correlation characteristic.

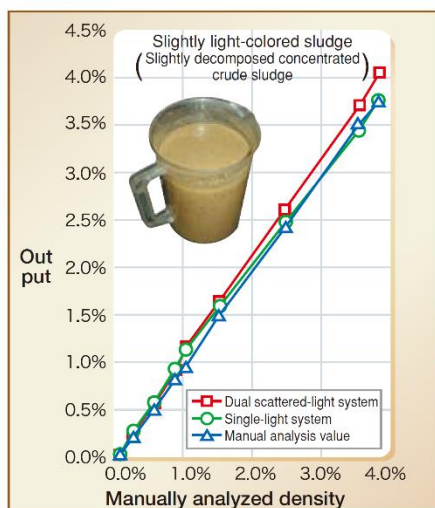
Hình 3 Cường độ ánh sáng tán xạ thu nhận, được xác định bởi mật độ và màu sắc của bùn đối với mỗi bước sóng của ánh sáng. Máy này có chức năng làm giảm thiểu ảnh hưởng của màu bùn thông qua hiệu chỉnh tự động bằng cách sử dụng sự khác biệt của đặc tính tương quan.

3. Thử nghiệm kiểm chứng

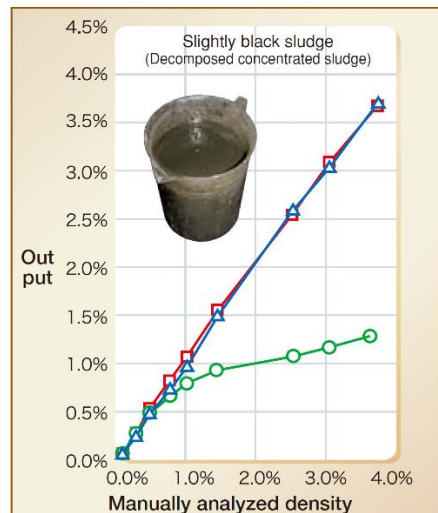
► Thử nghiệm so sánh tính năng

Tiến hành một thử nghiệm thay đổi nồng độ bùn bằng cách thêm nước sạch, theo trình tự sử dụng 03 (ba) loại bùn có trạng thái và màu sắc khác nhau, Hình 4, 5, 6 là các đồ thị so sánh số liệu nồng độ bùn phân tích thủ công với số liệu đo bằng máy đo phương pháp ánh sáng tán xạ sóng kép và đo bằng máy đo phương pháp ánh sáng tán xạ đơn truyền thống.

Đối với loại **bùn màu hơi sáng** (slightly light-colored sludge), không chỉ số liệu nồng độ bùn đo bằng phương pháp ánh sáng tán xạ sóng kép mà cả loại ánh sáng tán xạ đơn cũng có tuyến tính (linearity) tốt, và rất phù hợp với số liệu nồng độ phân tích thủ công. Trường hợp này tương ứng với các loại bùn lắng ban đầu nói chung, bùn thặng dư, bùn hồi lưu và bùn cô đặc (Hình 4).



Hình 4 Đồ thị so sánh trường hợp loại bùn màu hơi sáng (slightly light-colored sludge)



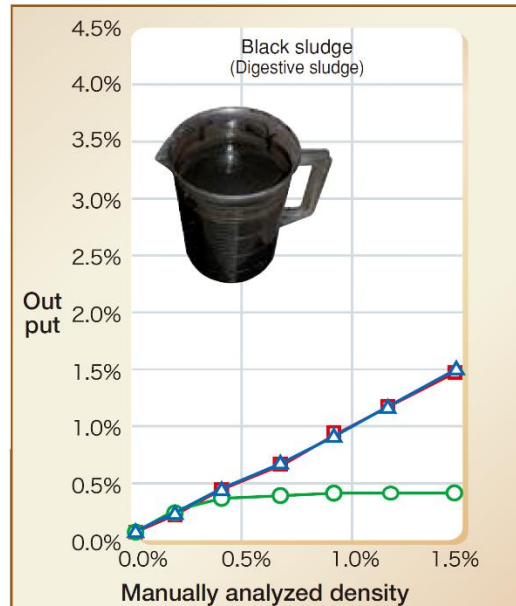
Hình 5 Đồ thị so sánh trường hợp loại bùn màu hơi đen (slightly black sludge)

Bùn cô đặc đang trong quá trình thổi rửa là loại **bùn tương đối màu đen**. Thông thường, nó tương ứng với mức bùn được gọi là bùn đen (nhưng không thuộc loại bùn tiêu hóa) trong các nhà máy tập trung xử lý bùn thải. Số liệu đo bằng máy đo phương pháp ánh sáng tán xạ sóng kép có tuyến tính tốt, trong suốt dải đo từ nồng độ cao đến nồng độ thấp, và độ chính xác gần như tương đương với số liệu nồng độ phân tích thủ công, và không tìm thấy ảnh hưởng (tác động) nào của màu bùn. Trong khi đó, nồng độ đo bằng phương pháp ánh sáng tán xạ đơn có tuyến tính kém, nếu nồng độ lớn hơn 0,5% thì sai số trở nên lớn và cần thay đổi đường (cong) hiệu chuẩn và giá trị hiệu chỉnh (Hình 5).

Vì bùn tiêu hóa là một loại **bùn khá đen**, nồng độ bùn đo bằng phương pháp ánh sáng tán xạ đơn trở nên gần như bão hòa khi vượt quá 0,4% và không thể được sử dụng như một dụng cụ đo lường.

Trong khi đó nồng độ bùn đo bằng phương pháp ánh sáng tán xạ sóng kép có tuyến tính tốt và gần như tương đương với giá trị nồng độ phân tích thủ công về độ chính xác, và không

Trong khi đó nồng độ bùn đo bằng phương pháp ánh sáng tán xạ sóng kép có tuyến tính tốt và gần như tương đương với giá trị nồng độ phân tích thủ công về độ chính xác, và không thấy chịu ảnh hưởng (tác động) của màu bùn (Hình 6).



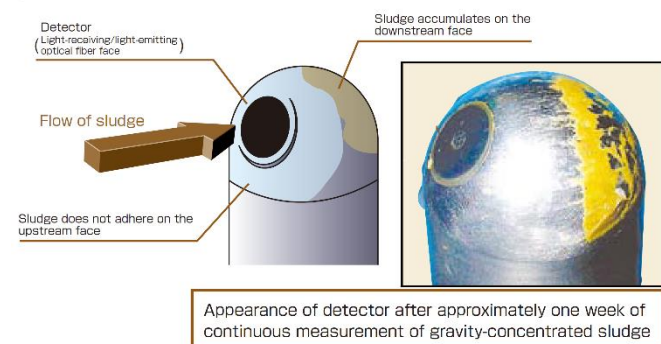
Hình 6 Đồ thị so sánh trường hợp loại bùn màu đen (black sludge)

thấy chịu ảnh hưởng (tác động) của màu bùn (Hình 6).

► Hiệu quả chống bùn bám dính

Hình 7 (khung bên phải) cho thấy tình trạng bùn bám dính vào đầu đo khi đo bùn tự cô đặc bằng trọng lực (tự chảy) sau khi sử dụng một tuần lễ, trong trường hợp này không sử dụng bất kỳ cơ cấu nào để làm sạch đầu đo bằng nước.

Lợi dụng đặc điểm bùn không bám vào bề mặt va chạm, cảm biến được bố trí theo hướng dòng chảy của bùn để nâng cao hiệu quả tự làm sạch và giảm ảnh hưởng (tác dụng) bám dính của bùn. Hình 7 minh họa cấu trúc tự làm sạch và giảm ảnh hưởng bám dính của bùn.



Hình 7 Sơ đồ minh họa cấu trúc tự làm sạch và giảm ảnh hưởng bám dính của bùn. Hình chụp thực tế tình trạng bùn bám dính vào đầu đo sau khi sử dụng một tuần lễ (khung bên phải)

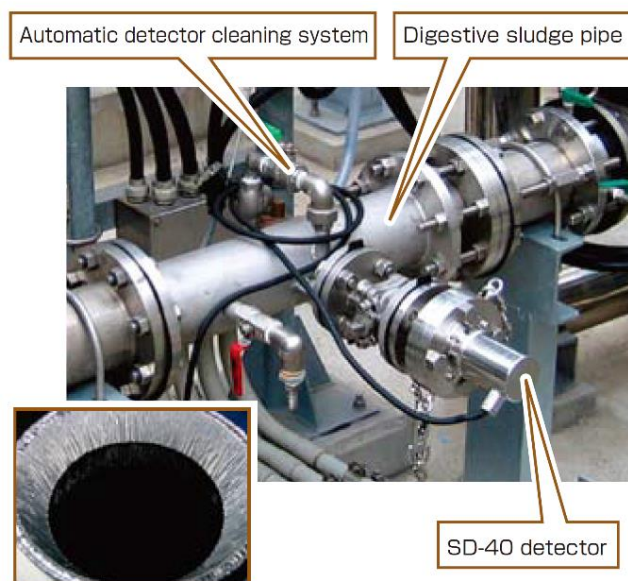
Nếu thêm vào đó cơ cấu tự làm sạch bằng nước tự động (option) thì hiệu quả ngăn ngừa sự bám dính của bùn được nâng cao hơn nữa và kéo dài thêm thời gian không cần bảo dưỡng, giảm thiểu chi phí cho việc bảo trì.

► Kiểm chứng thực địa đo bùn tiêu hóa

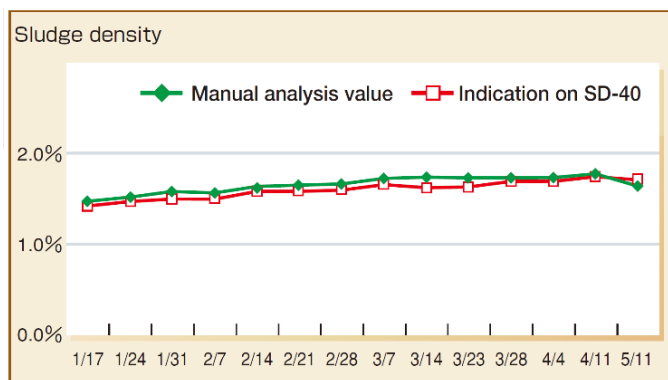
Hình 8 cho thấy hiện trường lắp đặt để đo nồng độ bùn tiêu hóa.

Hình 9 là đồ thị so sánh số liệu nồng độ bùn tiêu hóa phân tích thủ công với số liệu đo bằng máy đo phương pháp ánh sáng tán xạ sóng kép trong khoảng thời gian 6 tháng. Sự thay đổi

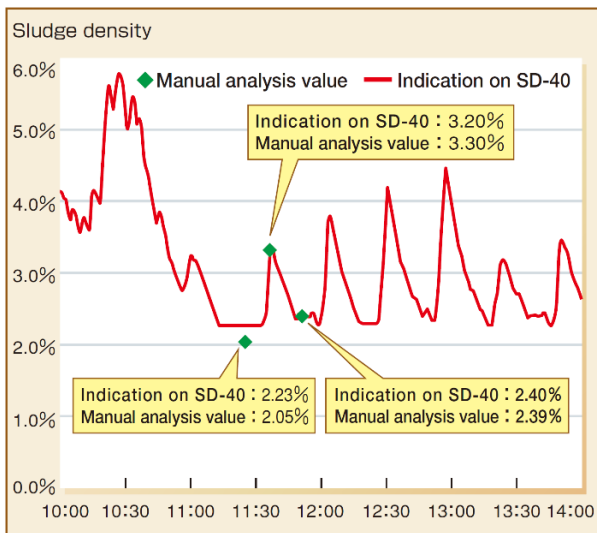
nồng độ 0,3% đo ổn định trong thời gian dài. Hình 10 là đồ thị so sánh số liệu dao động nồng độ bùn tiêu hóa phân tích thủ công với số liệu đo bằng phương pháp ánh sáng tán xạ sóng kép. Kết quả cho thấy sự dao động (thay đổi nồng độ nhanh chóng) khoảng 1% được SD-40 đo chính xác.



Hình 8 Hiện trường lắp đặt đo nồng độ bùn tiêu hóa

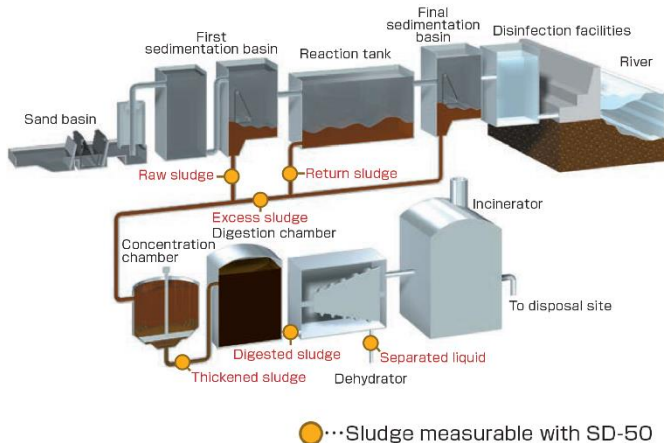


Hình 9 Đồ thị so sánh số liệu nồng độ bùn tiêu hóa phân tích thủ công với số liệu đo bằng phương pháp ánh sáng tán xạ sóng kép khoảng thời gian sáu tháng.

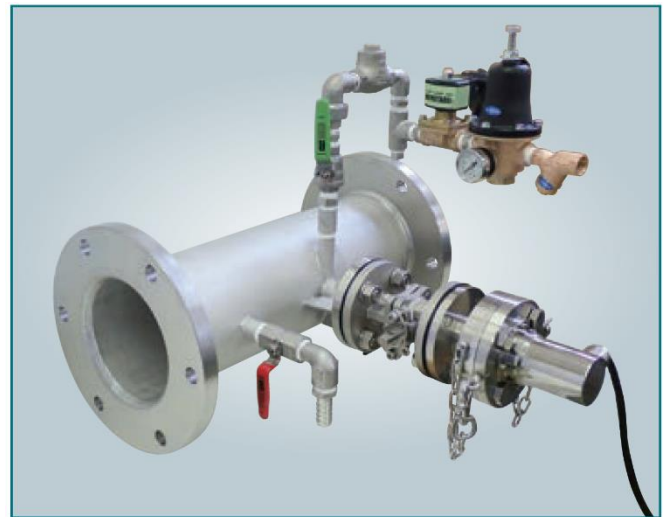


Hình 10 Đồ thị so sánh sự dao động (thay đổi nồng độ nhanh chóng) khoảng 1% được SD-40 đo chính xác

4. Tính năng, thông số, cài đặt



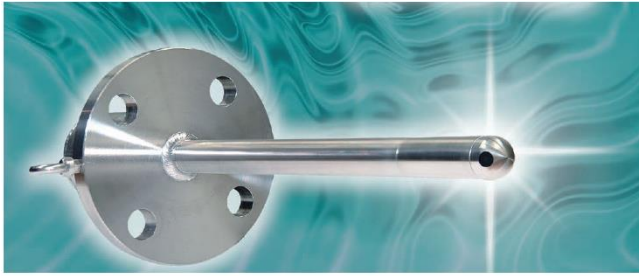
Hình 11 Những vị trí thường được chọn để lắp đặt máy đo nồng độ bùn trong chuỗi xử lý bùn thải hiện trường



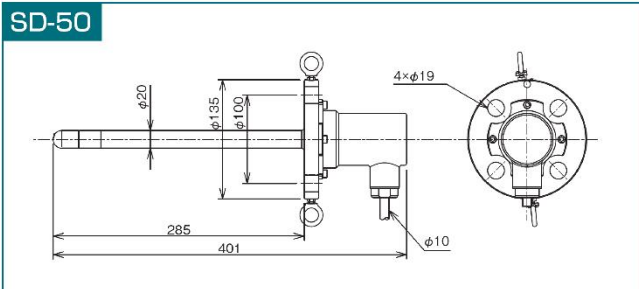
Hình 12 Sơ đồ kết cấu điển hình



Hình 13 Màn hình hiển thị trên bộ chuyển đổi CV-50, thân thiện và dễ dàng sử dụng (4 hình trên là khi cài đặt, hình dưới cùng là khi đo)



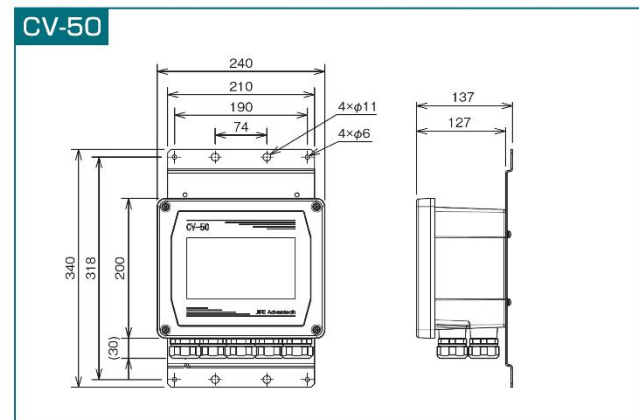
SD-50



Hình 14 Đầu đo SD-50 và sơ đồ kích thước



CV-50



Hình 15 Bộ chuyển đổi CV-50 và sơ đồ kích thước

Bảng 1 Thông số kỹ thuật SD-50

■ SD-50 Detector

Measurement system	Dual scattered-light system
Detector structure	Direct-contact fiber optic system
Measuring range	0 to 8% (Standard) ¹
Measuring accuracy (Repeatability)	± 2% of full scale (for sludge other than black sludge) ± 5% of full scale (for black sludge) ²
Measurable flow speed	0.03m/s or higher (for sludge other than black sludge) 0.30m/s or higher (for black sludge) ²
Operating temperature	-5 to 50°C (No freezing allowed)
Detector water pressure resistance	1Mpa
Material	SUS316
Weight	Approx. 4.4kg (including 10m cable ³)

1:Please contact us for other measurement ranges.

2:Recommended value for black sludge equivalent to digestive sludge.

3:Maximum cable length is 50m.

Bảng 2 Thông số kỹ thuật CV-50

■ CV-50 Converter

Mounting method ¹	Mount to a pole or on a wall
Material	Casing Aluminum die cast (ADC12) Panel acrylic
Color	Casing Munsell N4 equivalent Panel Munsell 5PB6/8 equivalent
Weight	Approx. 3.8kg (Converter main unit only)
Power supply	90 to 264VAC, 50/60Hz
Power consumption	Approx. 15W ²
Analog output	DC 4 to 20mA (1 channels) Density output
Allowable load resistance	800Ω or less
External control contact input ³	Photocoupler insulation input (built-in power supply :24VDC, 5mA)
Cleaning output	Control output (AC OUT) AC voltage output ⁴ (Allowable load 200VA or less) Contact output (Cleaning) a contact ⁵ (contact rating:240VAC, 1A)
Self-diagnosis function ⁶	Detector/converter intercommunication error, failure detector, failure parameter
Alarm signal output	a contact, b contact selection (2 points, contact rating:240VAC, 1A) Density alarm
Failure signal output	c contact (contact rating:240VAC, 1A)
Display	Touch panel type liquid crystal display (with backlight)
Lightning protection	Built-in lightning protection circuit power supply section ±10kV Current output section ±10kV ±5kV
Operating temperature range	-10 to 55°C
Protection level	IP66
Options (sold separately)	The following options are available separate, please contact us for any details. · Converter stand · Converter mounting bracket and 50A pole mounting U-bolts

1:Converter mounting bracket are provided with the product. Converter stand, converter mounting bracket and 50A pole mounting U-bolts are sold separately.

2:When the solenoid valve of the detector connection pipe is operating, it is 36W or less.

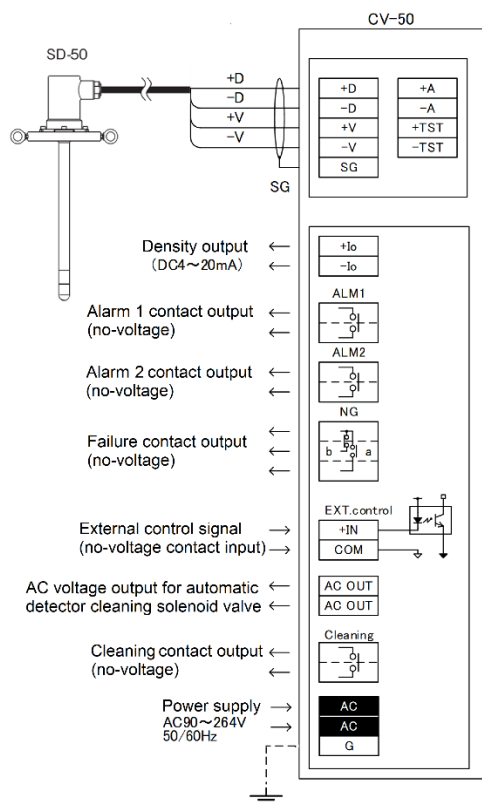
3:Concentration display during pump stop, concentration signal hold, detector automatic cleaning linked to pump stop (a contact, b contact selection)

4:The AC voltage output to the solenoid valve control output for cleaning the detector is equal to the power supply voltage.

Unless otherwise specified, the operating voltage of the solenoid valve attached to the connection pipe will be AC100V 50/60Hz.

5:It operates at the same timing as the control output of the cleaning output.

6:For details, see the instruction manual.



Hình 16 Sơ đồ kết nối tín hiệu bộ chuyển đổi CV-50

5. Kết luận

Máy đo nồng độ bùn phương pháp “ánh sáng tán xạ sóng kép” SD-50 có thể đo bùn đen một cách ổn định và chính xác, trong khi máy đo bằng loại ánh sáng tán xạ đơn thông thường không thể đo được, thêm vào đó không cần bảo trì trong thời gian dài ngay cả đối với bùn có kết dính mạnh.

Những kiểm chứng thử nghiệm tại hiện trường và những kinh nghiệm sử dụng tại các nhà máy tập trung xử lý bùn thải chứng tỏ máy SD-50 có thể đo liên tục mà không bị ảnh hưởng bởi bọt khí và dễ bảo trì. Có thể nói **đây là một sản phẩm lý tưởng, có khả năng trở thành tiêu chuẩn cho phương pháp quang học để đo nồng độ bùn thải**, ứng dụng trong lĩnh vực xử lý nước thải hiện đại đáp ứng xu hướng cách mạng công nghiệp 4.0./.