



(12) BẢN MÔ TẢ SÁNG CHẾ THUỘC BẰNG ĐỘC QUYỀN SÁNG CHẾ

(19) Cộng hòa xã hội chủ nghĩa Việt Nam (VN)
CỤC SỞ HỮU TRÍ TUỆ

(11)



1-0053742

(51)^{2016.01} F24J 3/08

(13) B

(21) 1-2022-05259

(22) 18/08/2022

(45) 25/11/2025 452

(43) 25/10/2022 415A

(73) Đại học Bách khoa Hà Nội (VN)

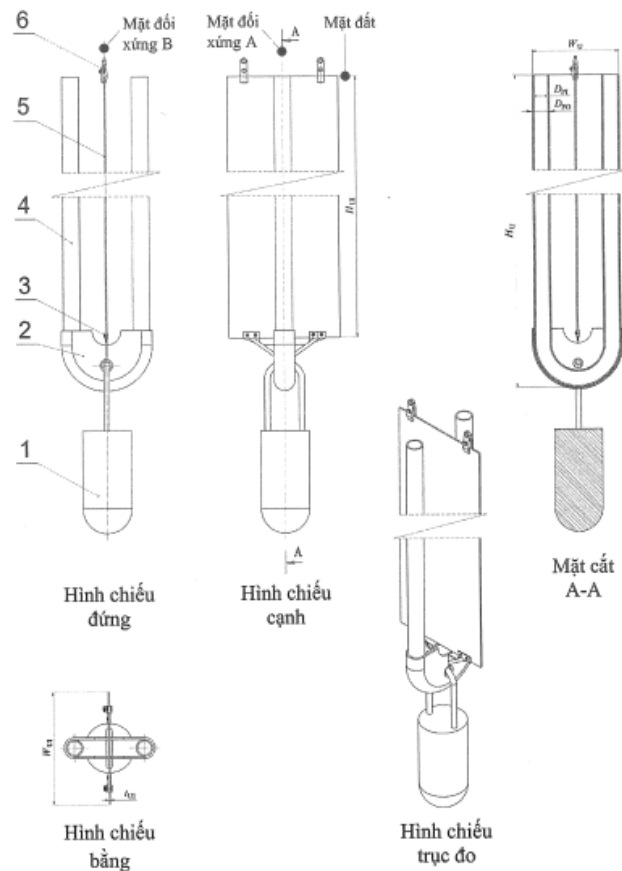
Số 1 Đại Cồ Việt, Hai Bà Trưng, Hà Nội

(72) Ngô Ích Long (VN); Ngô Văn Hệ (VN).

(54) BỘ TRAO ĐỔI ĐỊA NHỊT TÍCH HỢP TẮM CÁCH NHỊT

(21) 1-2022-05259

(57) Sáng chế đề cập đến bộ trao đổi địa nhiệt tích hợp tấm cách nhiệt. Tấm cách nhiệt này có tác dụng ngăn cản sự truyền nhiệt trực tiếp giữa các phần trong cùng một bộ trao đổi địa nhiệt hoặc giữa các bộ trao đổi nhiệt với nhau. Trước tiên, sáng chế đề xuất bộ trao đổi địa nhiệt kiểu chữ U đơn, nhưng có tích hợp tấm cách nhiệt cùng với đồ gá được thiết kế riêng. Sau đó, sáng chế đề xuất phương án lắp đặt các tấm cách nhiệt cho các bộ trao đổi địa nhiệt khác, bao gồm kiểu chữ U ghép đôi, kiểu chữ W, và kiểu xoắn ốc. Sáng chế có thể được ứng dụng hiệu quả trong các hệ thống làm mát hoặc sưởi ấm sử dụng năng lượng địa nhiệt.



Hình 2

Lĩnh vực kỹ thuật được đề cập

Sáng chế đề cập đến bộ trao đổi địa nhiệt tích hợp tấm cách nhiệt nhằm nâng cao hiệu suất trao đổi nhiệt, ứng dụng trong các hệ thống làm mát hoặc sưởi ấm dùng năng lượng địa nhiệt.

Tình trạng kỹ thuật của sáng chế

Bộ trao đổi địa nhiệt (Ground heat exchanger) xuất hiện lần đầu tiên vào cuối những năm 1940. Đây là bộ phận không thể thiếu trong các hệ thống trao đổi địa nhiệt, giúp truyền nhiệt hoặc hấp thụ nhiệt vào hoặc ra khỏi lòng đất. Do tính ổn định nhiệt gần lớp vỏ trái đất nên bộ trao đổi nhiệt này được sử dụng rộng rãi trong nhiều lĩnh vực như dân sinh, nông nghiệp, và công nghiệp. Sự trao đổi nhiệt xảy ra một cách tự nhiên tùy thuộc theo mùa và sự thay đổi thời tiết hàng ngày tuân theo định luật thứ hai của nhiệt động học. Do nhu cầu sử dụng nguồn năng lượng tái tạo ngày càng tăng cao, việc cải tiến và phát triển bộ trao đổi địa nhiệt với hiệu suất cao hơn và chi phí ít tốn kém hơn đã và đang nhận được sự quan tâm của nhiều nhà khoa học và nhà sản xuất trong và ngoài nước.

Một trong những bộ phận quan trọng nhất của bộ trao đổi địa nhiệt là ống trao đổi địa nhiệt. Chúng thường có hình dạng, kích thước, và vật liệu khác nhau tùy thuộc vào tình hình thực tế tại vùng lắp đặt, chi phí và kỹ thuật thiết kế hệ thống địa nhiệt. Các kiểu đường ống trao đổi địa nhiệt phổ biến như ống chữ U đơn, chữ U đôi, ống chữ W, ống hình xoắn ốc (spiral). (Xem tài liệu: Kaplanoglu, M.A., Baba, A., Akkurt, G.G., 2020. Use of abandoned oil wells in geothermal systems in Turkey. Geomechanics and Geophysics for Geo-Energy and Geo-Resources 6, 1-10. DOI: 10.1007/s40948-019-00125-0). Việc cải tiến thiết kế cho mỗi loại đường ống dẫn cũng như so sánh ưu nhược điểm của chúng cũng đã được xem xét và báo cáo trong các tài liệu kỹ thuật liên quan.

Về mặt nguyên lý, nhiệt từ các tòa nhà hoặc trạm thu phát sóng di động được truyền xuống lòng đất thông qua dòng chất lỏng mang nhiệt (thường là nước) chuyển động bên trong các đường ống trao đổi địa nhiệt. Trong bộ trao đổi nhiệt này, cả hai quá trình truyền nhiệt dạng đối lưu (convection) giữa dòng chất lỏng và ống trao đổi địa nhiệt, và quá trình truyền nhiệt dạng dẫn nhiệt (conduction) giữa ống trao đổi địa nhiệt với môi trường xung quang (đất) đồng thời xảy ra. Để nâng cao hiệu suất trao đổi nhiệt, nhiều công trình nghiên cứu cũng như sản xuất thực tế đã tập trung vào nâng cao hiệu suất của hai quá trình trao đổi nhiệt này. Chẳng hạn, việc thay đổi dòng chất lỏng mang nhiệt có đặc tính nhiệt tốt hơn, tăng diện tích tiếp xúc giữa chất lỏng và đường ống dẫn bằng cách kéo dài đường ống hay tăng độ nhám thành ống, v.v., cho quá trình truyền nhiệt dạng đối lưu; thay đổi vật liệu làm đường ống dẫn, sử dụng vật liệu nhồi (grout hoặc backfill) giữa đất và đường ống dẫn hay sử dụng các kỹ thuật tăng tiếp xúc nhiệt giữa các lớp chất rắn, vv., cho quá trình truyền nhiệt dạng dẫn nhiệt. Năm nhóm thông số chính ảnh hưởng đến hiệu năng của bộ trao đổi địa nhiệt bao gồm: thông số bên trong ống trao đổi địa nhiệt, thông số của ống trao đổi này, thông số của vật liệu nhồi, thông số của đất, và các thông số khác (như chế độ vận hành, hệ thống composite). (Xem tài liệu: Liang, B., Chen, M., Orooji, Y., 2022. Effective parameters on the performance of ground heat exchangers: A review of latest advances. *Geoth.* 98, 102283. DOI: 10.1016/j.geothermics.2021.102283).

Tuy nhiên, một vấn đề phổ biến tồn tại trong quá trình thiết kế cũng như vận hành bộ trao đổi địa nhiệt, đó là hiện tượng truyền nhiệt kiểu dẫn nhiệt xảy ra một cách trực tiếp từ một phần của đường ống sang phần còn lại có sự chênh lệch nhiệt độ, đặc biệt trong trường hợp các phần này của đường ống được bố trí quá gần nhau để giảm diện tích lắp đặt. Một số kết quả về trường phân bố nhiệt độ cho bộ trao đổi địa nhiệt kiểu chữ U đơn đã được đưa ra trong công bố trước đó nhằm chứng minh cho luận điểm này, mặc dù chưa có tấm cách nhiệt. (Xem tài liệu: Pu, L., Qi, D., Li, K., Tan, H., Li, Y., 2015. Simulation study on the thermal performance of vertical U-tube heat exchangers for ground source heat pump system. *Applied Thermal Engineering* 79, 202-213. DOI:

10.1016/j.applthermaleng.2014.12.068). Hiện tượng này làm mất đi tác dụng trao đổi nhiệt của các phần còn lại trong hệ thống, từ đó làm giảm hiệu suất truyền nhiệt một cách đáng kể và đôi khi mất hoàn toàn mục tiêu thiết kế trao đổi nhiệt ban đầu. Do đó, sáng kiến ở đây là đưa thêm tấm cách nhiệt có độ dẫn nhiệt thấp hoặc rất thấp, có kích thước và hình dạng tương ứng theo thiết kế của ống trao đổi địa nhiệt, tạo thành tường rào ngăn cản hoặc hạn chế hiện tượng truyền nhiệt trực tiếp đề cập đến ở trên.

Ngoài ra, các lỗ khoan địa nhiệt (borehole) cũng được áp dụng để nâng cao hiệu suất của bộ trao đổi địa nhiệt. Theo đó, ống trao đổi địa nhiệt được lắp đặt bên trong lỗ khoan này, sau đó một chất nhồi ở dạng lỏng sệt được điền đầy vào bên trong nhằm làm ổn định và kết dính lỗ khoan, đồng thời cũng tăng đặc tính tiếp xúc nhiệt giữa các ống trao đổi địa nhiệt và đất ở xung quanh. Tuy nhiên, có rất nhiều khía cạnh phức tạp cần được xem xét trong phương pháp này, như hiện tượng đóng băng, độ thấm thấu, độ bền kết cấu, độ hòa tan của chất nhồi, hay sự mất cân bằng nhiệt trong hệ thống. (Xem tài liệu: Mahmoud, M., Ramadan, M., Pullen, K., Abdelkareem, M.A., Wilberforce, T., Olabi, A.-G., Naher, S., 2021. A review of grout materials in geothermal energy applications. *International Journal of Thermofluids* 10, 100070. DOI: 10.1016/j.ijft.2021.100070). Đặc biệt là hiện tượng co ngót của chất nhồi thường xuyên xảy ra và không thể tránh khỏi do sự khác biệt về tính chất nhiệt, cụ thể là hệ số giãn nở nhiệt của các vật liệu với nhau. (Xem tài liệu: Philippacopoulos, A.J., Berndt, M.L., 2001. Influence of debonding in ground heat exchangers used with geothermal heat pumps. *Geothermics* 30, 527-545. DOI: 10.1016/S0375-6505(01)00011-6). Do đó, phương pháp này không chỉ phức tạp trong quá trình thiết kế mà còn trong quá trình lắp đặt và vận hành hệ thống, yêu cầu cao trong kỹ thuật nhồi các lỗ khoan này bên cạnh chi phí tốn kém. Hơn nữa, tốc độ truyền nhiệt kiểu dẫn nhiệt một cách trực tiếp từ một phần của đường ống sang phần còn lại có khả năng tăng lên do chất nhồi thường có độ dẫn nhiệt cao hơn của đất, như cát bão hòa, vữa bentonit, graphin, hoặc các chất chuyển pha. (Xem tài liệu: Erol, S., François, B., 2014. Efficiency of various grouting materials for borehole heat exchangers. *Applied Thermal Engineering*

70, 788-799. DOI: 10.1016/j.applthermaleng.2014.05.034; và Lyne, Y., Paksoy, H., Farid, M., 2019. Laboratory investigation on the use of thermally enhanced phase change material to improve the performance of borehole heat exchangers for ground source heat pumps. *International Journal of Energy Research* 43, 4148-4156. DOI: 10.1002/er.4522). Trái lại, phương pháp sử dụng tấm cách nhiệt lại đơn giản và chi phí thấp hơn đáng kể do các tấm cách nhiệt thường rất phổ biến, giá thành rẻ, và đặc biệt là có thể tránh hoặc hạn chế được hiện tượng truyền nhiệt kiểu dẫn nhiệt trực tiếp đưa ra ở trên.

Tấm cách nhiệt nên được làm bằng vật liệu có cấu trúc dạng xốp nhằm tạo ra các lỗ tổ ong rất nhỏ chứa khí với độ dẫn nhiệt thấp hơn nhiều so với phần chất rắn, từ đó tăng khả năng cách nhiệt lên đáng kể so với cấu trúc dạng rắn thông thường. Dựa trên nghiên cứu tổng quan, các vật liệu xốp làm bằng nhựa được ưu tiên sử dụng, như nhựa PU (tên tiếng Anh là PolyUrethane, một loại vật liệu polyme bao gồm các đơn vị hữu cơ được nối bởi các liên kết carbamate) với độ dẫn nhiệt chỉ rơi vào khoảng $0,014 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$ tại 300K và có thể thấp hơn nữa, đến $0,001 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$ tại 20K. Mặt khác, nó cũng có cơ-lý tính tốt, tỷ lệ sức bền trên một đơn vị trọng lượng cao. (Xem tài liệu: Tseng, C.-j., Yamaguchi, M., Ohmori, T., 1997. Thermal conductivity of polyurethane foams from room temperature to 20 K. *Cryogenics* 37, 305-312. DOI: 10.1016/S0011-2275(97)00023-4). Ngoài ra, nhựa PS (tên tiếng Anh là PolyStyrene, một loại nhựa nhiệt dẻo, được tạo thành từ phản ứng trùng hợp stiren với công thức hóa học là $-\text{CH}[\text{C}_6\text{H}_5]-\text{CH}_2)_n$) cũng có các đặc tính tốt, mặc dù độ dẫn nhiệt cao hơn, trong dải từ 0,036 đến $0,046 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$. (Xem tài liệu: Yucel, K., Basyigit, C., Ozel, C., 2003. Thermal insulation properties of expanded polystyrene as construction and insulating materials, 15th Symposium in Thermophysical Properties. pp. 54-66).

Bản chất kỹ thuật của sáng chế

Từ các vấn đề nêu trên, mục đích của sáng chế là đề xuất bộ trao đổi địa nhiệt tích hợp tấm cách nhiệt, để nâng cao hiệu suất nhiệt cho các hệ thống làm mát hoặc sưởi ấm sử dụng năng lượng địa nhiệt. Việc đưa thêm tấm cách nhiệt

này nhằm ngăn cản sự truyền nhiệt trực tiếp giữa các phần trong cùng một bộ trao đổi địa nhiệt.

Để đạt được mục đích nêu trên, sáng chế đề xuất bộ trao đổi địa nhiệt tích hợp tấm cách nhiệt, bao gồm:

ống trao đổi địa nhiệt, thực hiện chức năng trao đổi nhiệt giữa dòng lưu chất bên trong ống (nước, chất lỏng chống đông băng hoặc khí) với môi trường bên ngoài (đất). Lưu lượng dòng lưu chất bên trong ống trao đổi địa nhiệt được kiểm soát bằng cách sử dụng bơm tuần hoàn (circulation pump) và van điều chỉnh lưu lượng (flow control valve) trong hệ thống giải nhiệt;

tấm cách nhiệt với yêu cầu chính là độ dẫn nhiệt thấp hoặc rất thấp. Việc lắp đặt thêm tấm cách nhiệt sẽ có tác dụng ngăn cản hoặc loại bỏ sự truyền nhiệt kiểu dẫn nhiệt trực tiếp giữa các phần trong cùng bộ trao đổi địa nhiệt hoặc giữa các bộ trao đổi địa nhiệt với nhau. Dòng nhiệt sau khi bị các tấm cách nhiệt ngăn cản sẽ có xu hướng di chuyển theo hướng ngược lại với hướng đặt tấm cách nhiệt, làm cho dòng nhiệt cao được phân bố lệch nhiều hơn về phía vùng đất bên trái của ống trao đổi địa nhiệt. Trong khi đó, phần ống trao đổi địa nhiệt bên phải vẫn đảm bảo sự trao đổi nhiệt với môi trường xung quanh mà không bị ảnh hưởng bởi phần nhiệt truyền từ phần ống bên trái (xem Hình 1);

trọng vật (vật nặng), chi tiết kẹp và kẹp kéo căng phía trên được sử dụng nhằm giữ cho tấm cách nhiệt luôn căng trong quá trình thi công lắp đặt hệ thống trao đổi địa nhiệt. Trọng vật có tác dụng chính là để định hướng, kéo bộ trao đổi địa nhiệt di chuyển xuống theo phương thẳng đứng khi lắp đặt, đồng thời giữ cho hệ thống (ống trao đổi nhiệt, tấm cách nhiệt) luôn ở trạng thái được kéo căng trong suốt quá trình đổ đất hoặc chất điền đầy xung quanh. Do các ống trao đổi nhiệt thường được đưa xuống sâu hoặc rất sâu trong lòng đất nên nếu không có trọng vật tạo lực kéo xuống sẽ rất khó khăn, thậm chí không đưa xuống độ sâu mong muốn được, đặc biệt với các ống trao đổi nhiệt làm bằng vật liệu mềm. Hơn nữa việc không được định hướng và kéo căng có thể làm cho các ống trao đổi địa nhiệt và tấm cách nhiệt bị cong, gãy gập, gây ra sai lệch so với tính toán thiết kế ban

đầu và làm giảm hiệu suất trao đổi nhiệt của toàn hệ thống khi vận hành. Đồng thời, trọng vật kết hợp với đế kẹp phía dưới cũng có tác dụng bảo vệ ống trao đổi địa nhiệt khi va chạm vào thành lỗ khoan hoặc khi gặp các vật cản không mong muốn phát sinh trong quá trình thi công;

Theo khía cạnh thứ nhất, sáng chế đề xuất bộ trao đổi địa nhiệt kiểu chữ U đơn vẫn đang được sử dụng trong các hệ thống giải nhiệt bằng địa nhiệt hiện nay. Tuy nhiên, sự khác biệt ở chỗ, trong bộ trao đổi địa nhiệt này có tấm cách nhiệt được đặt thêm vào giữa hai phần của ống chữ U (xem Hình 2);

Theo khía cạnh thứ hai, sáng chế đề xuất phương án lắp đặt các tấm cách nhiệt cho các kiểu thiết kế khác nhau của bộ trao đổi địa nhiệt. Các thiết kế đề xuất gồm kiểu chữ U ghép đôi, kiểu chữ W, và kiểu xoắn ốc. Trong đó, số lượng và kích thước của tấm được tính toán và bố trí phù hợp với thiết kế ống trao đổi địa nhiệt (xem Hình 3).

Mô tả vắn tắt các hình vẽ

Hình 1 là sơ đồ minh họa bộ trao đổi địa nhiệt kiểu chữ U tích hợp tấm cách nhiệt;

Hình 2 là sơ đồ thiết kế nguyên mẫu của bộ trao đổi địa nhiệt hình chữ U đơn tích hợp tấm cách nhiệt hoàn chỉnh được thể hiện thông qua hình chiếu đứng, hình chiếu bằng, hình chiếu cạnh, hình chiếu trục đo, và mặt cắt A-A, cùng với các chú thích chỉ ra các mặt đối xứng A, B, và mặt đất;

Hình 3a là đề xuất phương án lắp đặt các tấm cách nhiệt cho bộ trao đổi địa nhiệt kiểu chữ U ghép đôi;

Hình 3b là đề xuất phương án lắp đặt các tấm cách nhiệt cho bộ trao đổi địa nhiệt kiểu chữ W;

Hình 3c là đề xuất phương án lắp đặt các tấm cách nhiệt cho bộ trao đổi địa nhiệt kiểu xoắn ốc.

Mô tả chi tiết sáng chế

Bộ trao đổi địa nhiệt tích hợp tám cách nhiệt theo sáng chế này được mô tả chi tiết dưới đây. Tuy nhiên, các phương án thực hiện chỉ nhằm mục đích bộc lộ sáng chế, mà không nhằm mục đích giới hạn phạm vi yêu cầu bảo hộ của sáng chế.

Trên Hình 1, bộ trao đổi địa nhiệt kiểu chữ U đơn với ống trao đổi địa nhiệt (4) có đường kính trong D_{PI} , độ rộng W_U , và độ sâu ống H_U tính từ mặt đất (8) được trôn sâu vào trong lòng đất (7). Thông số D_{PI} là một thông số quan trọng được chọn làm chiều dài tham chiếu/tỷ lệ cho các thông số khác trong quá trình tính toán thiết kế. Sau khi lắp đặt đường ống (4), dòng lưu chất (thường là nước, chất lỏng chống đóng băng (antifreeze), lưu chất nano, hoặc chất khí) được bơm đầy vào bên trong ống chữ U (4). Về nguyên lý khi vận hành, nhiệt sinh ra từ các tòa nhà hay trạm thu phát di động (BTS) sẽ truyền vào hay lấy đi từ trong lòng đất (7) tùy thuộc vào mùa và sự thay đổi thời tiết bên trên mặt đất (8). Trong trường hợp này, giả thiết là mùa hè với nhiệt độ bên trên mặt đất cao hơn bên dưới, do đó, dòng vào được thể hiện bằng màu đen sẫm. Khi chất lỏng mang nhiệt độ cao hơn đi vào trong ống chữ U, nhiệt sẽ tỏa ra một cách tự nhiên vào trong lòng đất dựa theo định luật thứ hai của nhiệt động học. Tức là nhiệt độ luôn được truyền từ nơi có nhiệt độ cao đến nơi có nhiệt độ thấp. Theo đó, dòng nhiệt tỏa ra xung quanh phần ống bên trái sẽ có khả năng truyền trực tiếp sang phần ống bên phải, đặc biệt trong trường hợp các phần ống này đặt gần nhau để tiết kiệm diện tích và chi phí lắp đặt (tỷ lệ với đường kính lỗ khoan) như trong thực tế đang sử dụng. Việc lắp đặt thêm tám cách nhiệt (5) sẽ có tác dụng để ngăn cản hoặc loại bỏ sự truyền nhiệt trực tiếp này. Hơn nữa, dòng nhiệt sau khi bị các tám cách nhiệt ngăn cản sẽ có xu hướng di chuyển theo hướng ngược lại với hướng đặt tám cách nhiệt, làm cho dòng nhiệt cao được phân bố lệch nhiều hơn về phía vùng đất bên trái của ống chữ U (4). Trong khi đó, phần ống bên phải vẫn đảm bảo sự trao đổi nhiệt với môi trường xung quanh mà không bị ảnh hưởng bởi phần nhiệt truyền từ phần ống bên trái. Kết quả là nhiệt độ của dòng lưu chất ra khỏi hệ thống được đảm bảo ở mức thấp hơn so với trường hợp không có tám cách nhiệt.

Hình 2 thể hiện sơ đồ thiết kế nguyên mẫu của bộ trao đổi địa nhiệt kiểu chữ U đơn. Ống trao đổi địa nhiệt (4) thường được làm bằng nhựa chịu nhiệt, như nhựa PE (tên tiếng Anh là PolyEthylene, một dạng nhựa nhiệt dẻo có công thức hóa học là $(C_2H_4)_n$) với đường kính trong của ống trao đổi địa nhiệt là D_{PI} (ví dụ 2 ~ 5 cm), đường kính ngoài $D_{PO} = (1,1 \sim 1,5)D_{PI}$, độ sâu $H_U = (500 \sim 1800)D_{PI}$, và khoảng cách giữa hai phần ống dẫn W_U nhỏ nhất là $3D_{PI}$. Các chi tiết từ 1 đến 6 được thể hiện trên hình chiếu đứng. Trong đó, tấm cách nhiệt (5) có độ sâu H_{UI} bằng 0,5 ~ 0,98 lần chiều sâu của ống trao đổi địa nhiệt (H_U), độ rộng W_{UI} nhỏ nhất là $1,5D_{PI}$, và độ dày $t_{UI} = (0,1 \sim 0,5)D_{PI}$. Các kích thước quan trọng này được được thể hiện trên hình chiếu cạnh và hình chiếu bằng của Hình 2.

Hình chiếu trục đo trên Hình 2 thể hiện hình ảnh 3D của bộ trao đổi nhiệt hoàn chỉnh và mặt cắt A-A được đưa ra nhằm quan sát rõ hơn cấu tạo bên trong ống và các chi tiết phụ trợ. Ngoài ra, Hình 2 còn thể hiện các chi tiết đồ gá, giúp thuận tiện cho quá trình thi công lắp đặt. Trọng vật (1) được làm bằng xi-măng có khối lượng đủ nặng để định hướng và kéo toàn bộ ống trao đổi địa nhiệt (4) và tấm cách nhiệt (5) xuống sâu dưới lòng đất trong quá trình lắp đặt. Đế kẹp phía dưới (2) cũng được làm bằng nhựa chịu nhiệt, như nhựa PP (tên tiếng Anh là PolyPropylene, một dạng nhựa dẻo có công thức hóa học là $(C_3H_6)_n$). Đế kẹp phía dưới (2) này kết hợp với trọng vật (1) cũng có tác dụng bảo vệ ống trao đổi địa nhiệt như trình bày trong phần bản chất kỹ thuật của sáng chế này. Kẹp phía trên (6) được làm bằng nhựa, như nhựa PVC (tên tiếng Anh là PolyVinylChloride, một dạng nhựa dẻo có công thức hóa học là $(C_2H_3Cl)_n$). Đây đều là các vật liệu polyme tổng hợp có độ bền cao, cơ-lý tính, ít bị biến chất khi được chôn dưới lòng đất. Các chi tiết phụ khác như vít cố định tấm cách nhiệt phía dưới (3) hay các chi tiết lắp ghép khác được trình bày cụ thể trong Hình 2.

Tấm cách nhiệt được áp dụng cho các bộ trao đổi địa nhiệt khác thường dùng phổ biến trong thực tế, như kiểu chữ U ghép đôi, kiểu chữ W, và kiểu xoắn ốc. Sơ đồ thiết kế nguyên mẫu của các loại này được đề xuất như thể hiện trên Hình 3a, Hình 3b, và Hình 3c. Lưu ý, ba thông số kích thước sau được giữ nguyên cho tất

cả các bộ trao đổi địa nhiệt: Đường kính trong của ống D_{PI} , đường kính ngoài của ống $(1,1 \sim 1,5)D_{PI}$, và độ dày của tấm cách nhiệt $(0,1 \sim 0,5)D_{PI}$.

Trong Hình 3a, bộ trao đổi địa nhiệt dạng chữ U ghép đôi được thiết kế với các kích thước chính như sau: Độ sâu tổng của ống trao đổi địa nhiệt (4) là $H_{DU1} = (500 \sim 1800)D_{PI}$ tính từ mặt đất (8), trong đó độ sâu cổ ống lồi vào và ra $H_{DU2} = (10 \sim 20)D_{PI}$, khoảng cách giữa hai tâm ống của hai nửa W_{DU1} nhỏ nhất là $3D_{PI}$ và W_{DU2} nhỏ nhất là $4D_{PI}$. Hai tấm cách nhiệt (5) được đặt vuông góc và bất chéo với nhau như thể hiện trên Hình 3a. Kích thước của hai tấm cách nhiệt này như nhau với các thông số sau: độ sâu H_{DUI} bằng $0,5 \sim 0,98$ lần tổng chiều sâu của ống trao đổi địa nhiệt (H_{DU1}) và độ rộng W_{DUI} nhỏ nhất là $6D_{PI}$.

Như thể hiện trên Hình 3b, bộ trao đổi địa nhiệt kiểu chữ W được bố trí theo phương thẳng đứng với độ sâu $H_W = (500 \sim 1800)D_{PI}$ như áp dụng cho các bộ trao đổi nhiệt khác. Bộ trao đổi nhiệt này có cấu tạo gồm hai phần (4), phần gấp lượn sóng có bước gấp và độ rộng lần lượt là $P_{W1} = P_{WI} = (5 \sim 10)D_{PI}$ và $W_{W1} = (7 \sim 12)D_{PI}$, còn phần thứ hai là phần ống dẫn thẳng cách phần kia một khoảng $W_{W2} = (2 \sim 6)D_{PI}$. Các tấm cách nhiệt (5) được đặt xen kẽ vào giữa các phần gấp lượn sóng và một tấm dài ngăn cách 2 phần ống nói trên của bộ trao đổi địa nhiệt này. Độ rộng của tấm cách nhiệt nằm ngang $W_{WI} = (7 \sim 12)D_{PI}$, trong khi đó độ sâu của tấm cách nhiệt thẳng đứng từ trên xuống dưới H_{WI} bằng $0,5 \sim 0,98$ lần tổng chiều sâu của ống trao đổi địa nhiệt (H_W). Độ rộng theo phương còn lại (vuông góc với mặt phẳng chứa hình ảnh) của cả hai phần đều được thiết kế nhỏ nhất bằng 1,5 lần đường kính trong của ống D_{PI} .

Hình 3c trình bày sơ đồ nguyên mẫu của bộ trao đổi địa nhiệt kiểu xoắn ốc. Tổng độ sâu vẫn được duy trì $H_{S1} = (500 \sim 1800)D_{PI}$, trong đó phần xoắn ốc có độ sâu $H_{S2} = (0,4 \sim 0,7)H_{S1}$. Đường kính ngoài và bước xoắn của phần xoắn ốc (4) lần lượt $D_S = (5 \sim 10)D_{PI}$ và $P_S = (3 \sim 6)D_{PI}$. Độ rộng của ống phía trên $W_{S1} = (2 \sim 5)D_{PI}$ và phía dưới $W_{S2} = (7 \sim 15)D_{PI}$. Tấm cách nhiệt (5) được đặt vào phần này với cùng bước xoắn $P_{SI} = P_S$. Độ rộng của tấm (5) này được thiết kế rộng từ 2 đến 3 lần D_{PI} , do đó, D_{SI} lớn hơn D_S . Một cột chống (7) được bố trí dọc

theo phần xoắn ốc và đặt tại tâm của ống xoắn nhằm tạo ra các điểm gá đặt cho tấm cách nhiệt (5) và tăng độ cứng vững trong suốt quá trình thi công lắp đặt hệ thống. Một tấm cách nhiệt (5) khác được bố trí dọc theo phần ống dẫn thẳng từ trên xuống dưới với độ sâu H_{SI} bằng $0,5 \sim 0,98$ lần tổng chiều sâu của ống trao đổi địa nhiệt (H_S), và độ rộng của tấm (5) này từ 2 đến 5 lần D_{PI} để ngăn cách giữa hai phần ống của bộ trao đổi địa nhiệt này.

Hiệu quả của sáng chế

bộ trao đổi địa nhiệt theo sáng chế có chiều sâu đặt ống nông hơn nên giảm được đáng kể từ chi phí chế tạo ống trao đổi địa nhiệt, chế tạo tấm cách nhiệt, chi phí tạo lỗ khoan cũng như các chi phí lắp đặt khác;

so với hệ thống sử dụng chất nhồi trong các lỗ khoan với các yêu cầu khắt khe từ quá trình thiết kế đến lắp đặt và vận hành, bộ trao đổi địa nhiệt sử dụng tấm cách nhiệt có sự đơn giản hơn rất nhiều;

các tấm cách nhiệt chế tạo bằng vật liệu như nhựa PU hay PS thường rất phổ biến. Nó có cơ tính tốt, tỷ lệ sức bền trên một đơn vị trọng lượng cao, và do đó có tuổi thọ sử dụng thường lâu dài, hạn chế được phần lớn các vấn đề về sửa chữa và bảo dưỡng bộ trao đổi nhiệt này;

dễ dàng kết hợp với các phương án khác của bộ trao đổi địa nhiệt sẵn có để nâng cao hiệu suất nhiệt khi vận hành hệ thống giải nhiệt sử dụng năng lượng địa nhiệt. Nâng cao được khoảng 15% hiệu suất trao đổi nhiệt theo kết quả tính toán mô phỏng với mô hình thiết kế bộ trao đổi nhiệt đề xuất;

tổng chi phí đầu tư cho phương án sử dụng bộ trao đổi địa nhiệt sử dụng tấm cách nhiệt giảm đáng kể do không cần chất nhồi, chế tạo hoặc cải tiến bộ trao đổi địa nhiệt dễ dàng, vật liệu làm tấm cách nhiệt (như nhựa PU và PS) thường thông dụng trên thị trường và có chi phí thấp.

YÊU CẦU BẢO HỘ

1. Bộ trao đổi địa nhiệt tích hợp tấm cách nhiệt, bao gồm:

ống trao đổi địa nhiệt (4) kiểu chữ U đơn với đường kính trong D_{PI} , đường kính ngoài $D_{PO} = (1,1 \sim 1,5)D_{PI}$, độ sâu ống $H_U = (500 \sim 1800)D_{PI}$, và khoảng cách giữa hai phần ống dẫn W_U nhỏ nhất là $3D_{PI}$;

tấm cách nhiệt (5) có độ sâu $H_{UI} = 0,5 \sim 0,98$ lần độ sâu H_U của ống trao đổi địa nhiệt (4), độ rộng W_{UI} nhỏ nhất là $1,5D_{PI}$, và chiều dày $t_{UI} = (0,1 \sim 0,5)D_{PI}$; tấm cách nhiệt (5) này được đặt tại vị trí của mặt đối xứng A và B theo từng phương tương ứng, đồng thời đặt chạy dọc theo chiều sâu của ống trao đổi địa nhiệt (4) tính từ mặt đất; sau khi gá đặt vị trí tương đối giữa bộ trao đổi địa nhiệt (4) và tấm cách nhiệt (5), đất hoặc chất điền đầy sẽ được đưa vào vùng xung quanh để cố định các bộ phận này và tạo môi trường trao đổi nhiệt trong quá trình vận hành hệ thống;

đế kẹp phía dưới (2) vừa có tác dụng cố định và bảo vệ phần dưới của ống trao đổi địa nhiệt (4) vừa có tác dụng cố định và kéo tấm cách nhiệt (5) thông qua vít cố định (3); trọng vật (1) được lắp vào đế kẹp phía dưới (2) có tác dụng định hướng và kéo toàn bộ ống trao đổi địa nhiệt (4) và tấm cách nhiệt (5) xuống sâu dưới lòng đất trong quá trình lắp đặt; ngoài ra, kẹp kéo căng phía trên (6) được gắn vào tấm cách nhiệt để giữ cho tấm cách nhiệt này luôn được căng trong quá trình chờ hoàn thiện lắp lỗ khoan, sau đó có thể dễ dàng tháo rời để sử dụng cho các lần lắp đặt tiếp theo.

2. Bộ trao đổi địa nhiệt theo điểm 1, khác biệt ở chỗ: áp dụng cho ống trao đổi địa nhiệt kiểu chữ U ghép đôi với các kích thước như sau: độ sâu tổng của ống trao đổi địa nhiệt $H_{DU1} = (500 \sim 1800)D_{PI}$ tính từ mặt đất (4) trong đó độ sâu cổ ống lối vào và ra $H_{DU2} = (10 \sim 20)D_{PI}$, khoảng cách giữa hai tâm ống của hai nửa W_{DU1} nhỏ nhất là $3D_{PI}$ và W_{DU2} nhỏ nhất là $4D_{PI}$.

3. Bộ trao đổi địa nhiệt theo điểm 1, khác biệt ở chỗ: áp dụng cho ống trao đổi địa nhiệt kiểu chữ W với các kích thước như sau: độ sâu $H_W = (500 \sim 1800)D_{PI}$, ống trao đổi địa nhiệt (4) có cấu tạo gồm hai phần, phần gấp lượn sóng có bước

gấp và độ rộng lần lượt là $P_{W1} = P_{WI} = (5 \sim 10)D_{PI}$ và $W_{W1} = (7 \sim 12)D_{PI}$, còn phần thứ hai là phần ống dẫn thẳng cách phần kia một khoảng $W_{W2} = (2 \sim 6)D_{PI}$.

4. Bộ trao đổi địa nhiệt theo điểm 1, khác biệt ở chỗ: áp dụng cho ống trao đổi địa nhiệt kiểu xoắn ốc với các kích thước như sau: độ sâu $H_{S1} = (500 \sim 1800)D_{PI}$, trong đó phần xoắn ốc có độ sâu $H_{S2} = (0,4 \sim 0,7)H_{S1}$, đường kính ngoài và bước xoắn của phần xoắn ốc (4) lần lượt $D_S = (5 \sim 10)D_{PI}$ và $P_S = (3 \sim 6)D_{PI}$, độ rộng của ống phía trên $W_{S1} = (2 \sim 5)D_{PI}$ và phía dưới $W_{S2} = (7 \sim 15)D_{PI}$.

5. Bộ trao đổi địa nhiệt theo điểm 1, khác biệt ở chỗ ống trao đổi địa nhiệt có thể có hình dạng bất kỳ và có thể bố trí được các tấm cách nhiệt theo hình dạng của ống.

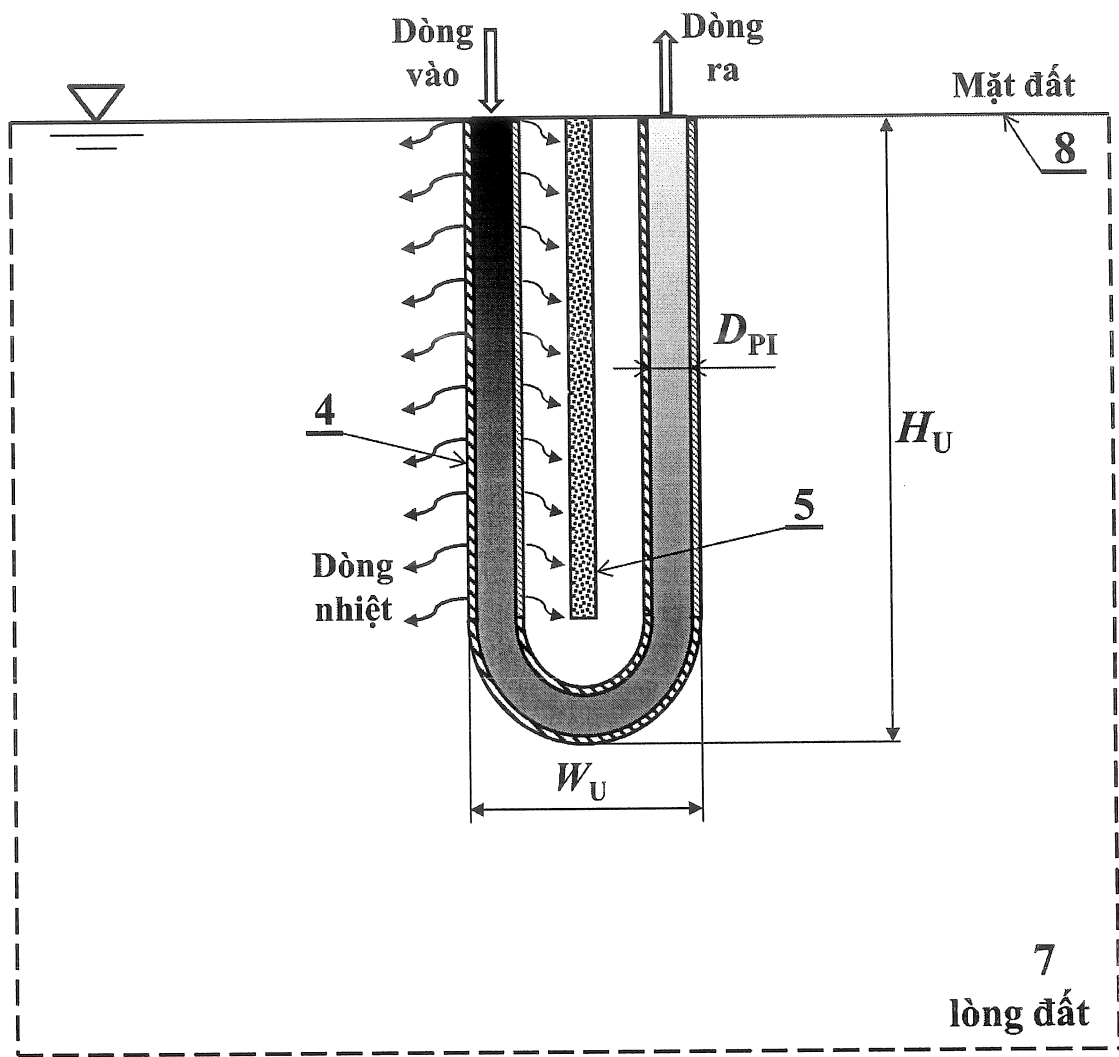
6. Bộ trao đổi địa nhiệt theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ điểm 1 đến điểm 5, khác biệt ở chỗ tấm cách nhiệt (5) có cấu trúc dạng xốp và chứa khí cách nhiệt bên trong các lỗ tổ ong để làm tăng hiệu quả cách nhiệt.

7. Bộ trao đổi địa nhiệt theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ điểm 1 đến điểm 6, trong đó tấm cách nhiệt (5) được làm bằng một hay nhiều lớp được dán lại với nhau.

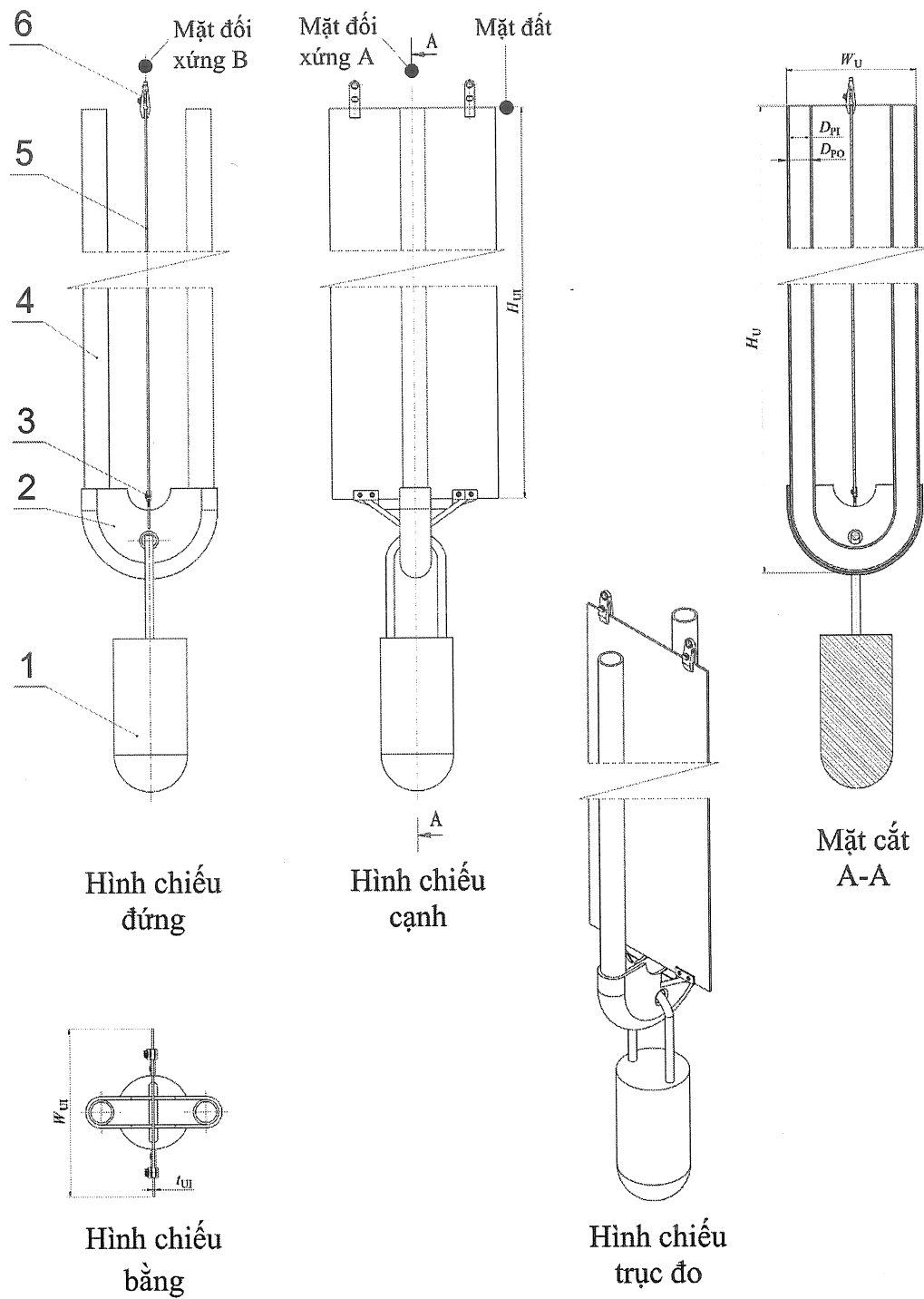
8. Bộ trao đổi địa nhiệt theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ điểm 1 đến điểm 7, trong đó các chất nhồi ở dạng lỏng sệt có thể được sử dụng thay cho lớp đất thông thường bên trong lỗ khoan để tăng độ kết dính và đặc tính tiếp xúc với tấm cách nhiệt (5) cũng như giữa ống trao đổi địa nhiệt (4) và môi trường đất xung quanh.

9. Bộ trao đổi địa nhiệt theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ điểm 1 đến điểm 8, trong đó tấm cách nhiệt được đặt giữa các bộ trao đổi địa nhiệt với nhau trong trường hợp có nhiều hơn một bộ trao đổi địa nhiệt được sử dụng.

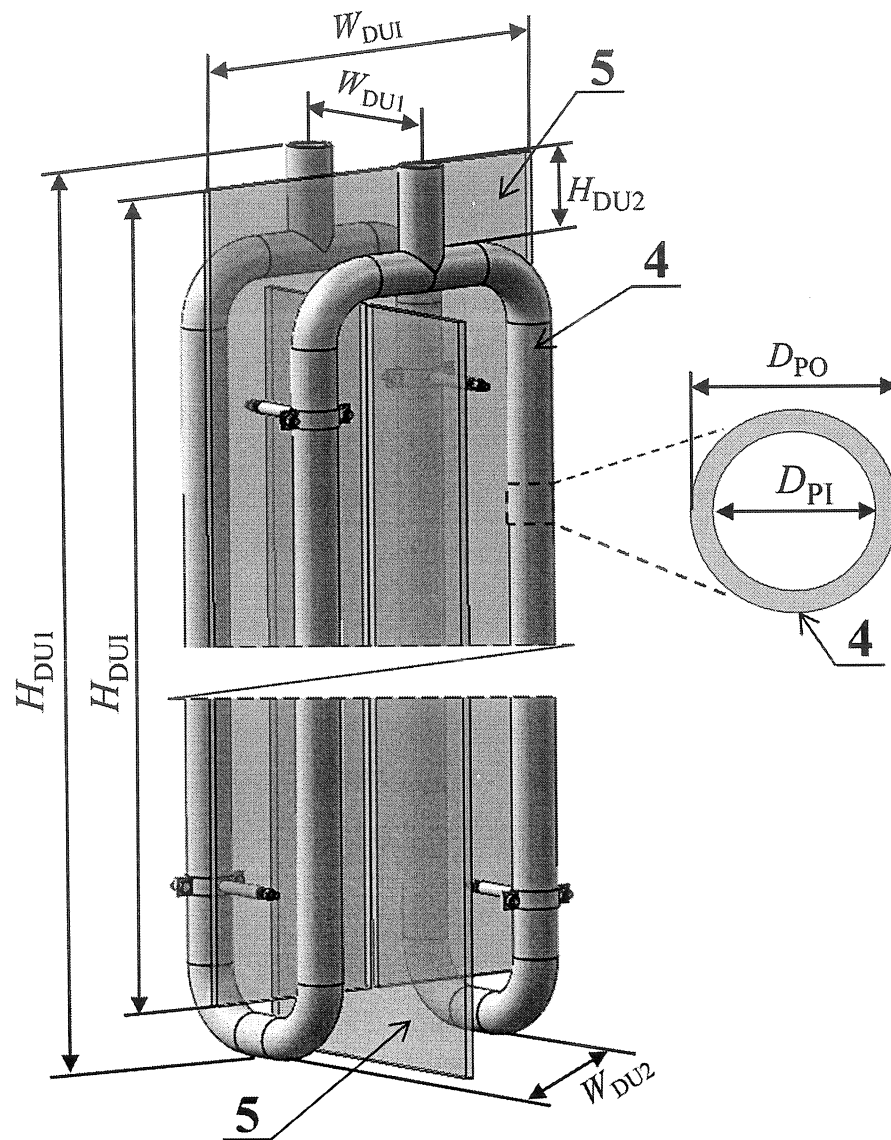
10. Bộ trao đổi địa nhiệt theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ điểm 1 đến điểm 9, trong đó bộ trao đổi nhiệt được đặt trong vùng đất khô hoặc không chứa quá nhiều nước.



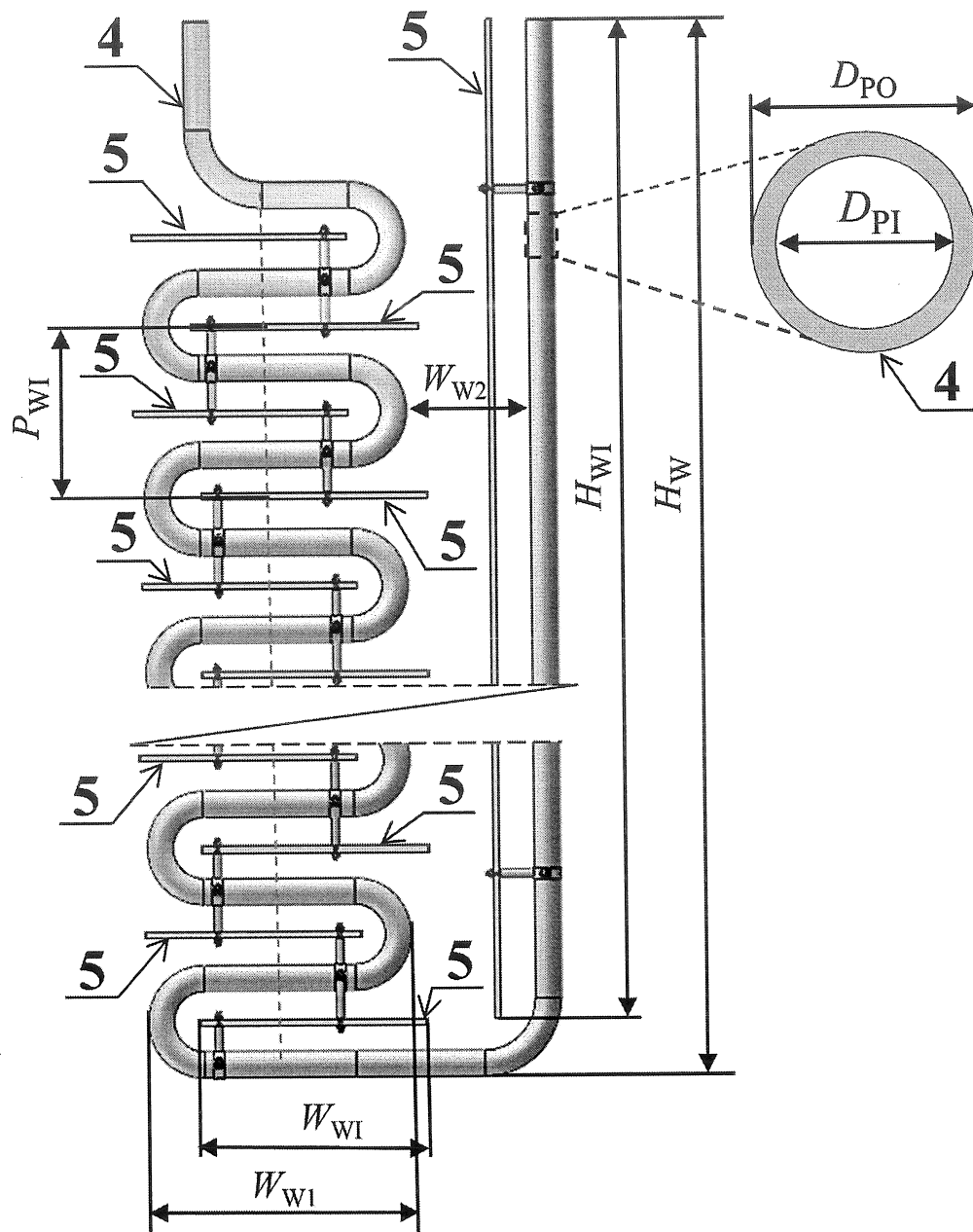
Hình 1



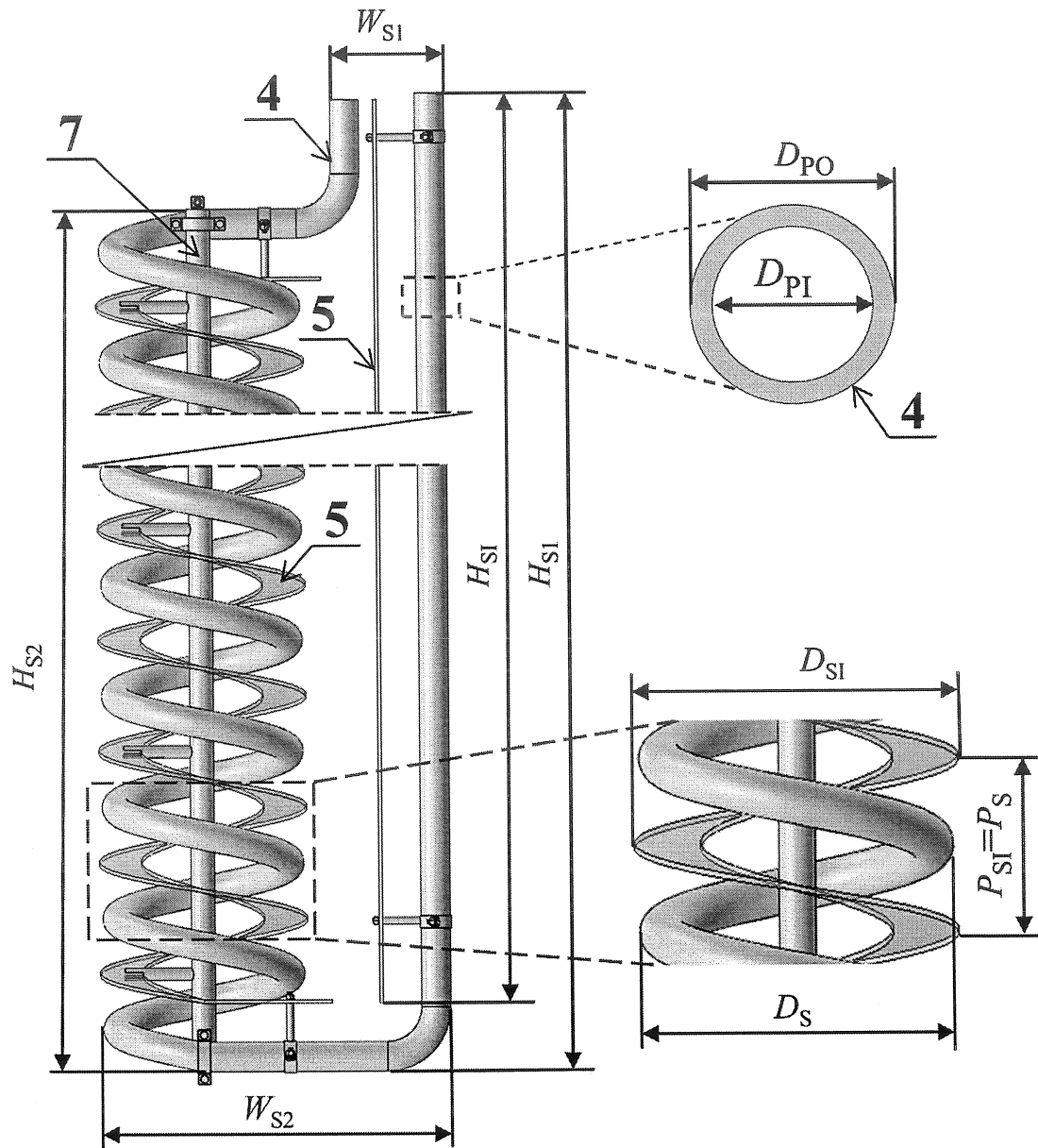
Hình 2



Hình 3a



Hình 3b



Hình 3c