

NGHIÊN CỨU THIẾT KẾ MÁY KHOAN - LẮP ĐƯỜNG ỐNG XUYÊN NGANG ĐƯỜNG GIAO THÔNG

A STUDY ON THE DESIGN OF A HORIZONTAL AUGER SOIL DRILLING MACHINE FOR PIPELINE INSTALLATION ACROSS THE ROADWAY

Dương Viết Cường, Lưu Đức Bình

Trường Đại học Bách khoa, Đại học Đà Nẵng; Email: ldbinh@dut.udn.vn

Tóm tắt: Hiện nay, nhu cầu thi công ngầm các loại đường ống nước, cống thoát nước, đường ống cấp ga, cấp điện, các phương tiện truyền thông tin... rất lớn, đặc biệt là tại các đô thị lớn. Sử dụng máy khoan - lắp đường ống xuyên ngang qua lòng đường để thi công lắp đặt ống ngầm sẽ khắc phục được những phiền toái của các phương pháp thi công lắp đặt hiện nay, như: khối lượng đào đắp lớn, phá vỡ cảnh quan khu vực xây dựng, tiếng ồn, dễ gây ách tắc giao thông... Bài báo này trình bày việc thiết kế các bộ phận chính của máy khoan - lắp đường ống xuyên ngang đường giao thông với đường kính trong của ống 300mm, tổng chiều dài ống lắp được 30m với điều kiện địa hình đất cấp 1; sử dụng phần mềm Solid Works để mô phỏng toàn bộ kết cấu và hoạt động của máy trên máy tính.

Từ khóa: máy tổ hợp, khoan - lắp đường ống, thi công, thiết kế máy, mô phỏng

Abstract: Nowadays, the underground construction demand of water supply pipes, drainage tubes, gas supply pipes, power supply, media information... continuously increase, especially in large urban areas. The use of an auger soil drilling machine, a combination of drilling - a regular pipeline installation across the roadway to construct and install underground pipes will overcome the nuisance of construction and installation methods now, including: large earthwork volumes, breaking landscape construction, noise, and ease of traffic congestion... This paper presents the design of the main parts of the horizontal auger soil drilling machine with a 300mm inner-diameter of tube and 30m of the total length are fitted with soil level 1 conditions; using Solid Works software to simulate the entire structure and operation of the machine on the computer.

Key words: auger soil drilling machine, drill-assembly pipeline, construction, machine design, simulation

1. Đặt vấn đề

Hiện nay, tại các nước phát triển, điển hình là các nước Mỹ, Canada, Đức, Nhật Bản... khi thi công lắp đặt các đường ống dẫn ngầm băng ngang đường giao thông (đặc biệt là đường cao tốc), người ta không còn sử dụng phương pháp đào thủ công truyền thống vì nó ảnh hưởng đến môi trường, cản trở giao thông và có thể gây nguy hiểm cho những người thi công. Thay vào đó là áp dụng phương pháp vừa khoan vừa lắp đặt các đường ống dẫn ngầm băng ngang đường, với các đường kính khác nhau, từ 200mm đến 1500mm.

Tại Việt Nam, nhu cầu ngầm hoá các đường ống cấp nước, cống thoát nước, đường ống cấp gas, cấp điện, các đường dây thông tin... là rất lớn, đặc biệt là tại các thành phố lớn như Hà Nội, TpHCM, Đà Nẵng. Phương pháp khoan - lắp đường ống hiện đã được ứng dụng tại nước ta, nhưng vẫn chưa phổ biến rộng rãi, nên vẫn còn tình trạng dùng phương pháp đào thủ công để thi công, lắp đặt các đường ống dẫn ngầm băng ngang đường.

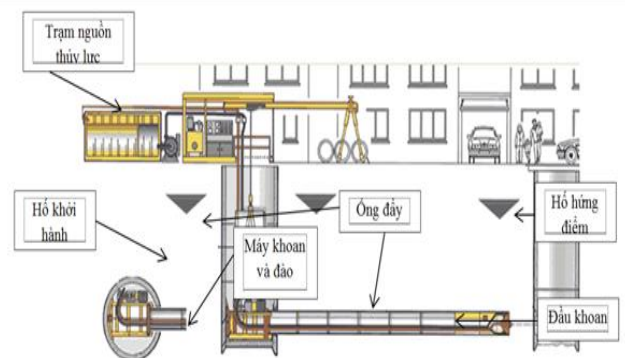
Một trong những nguyên nhân chính cản trở việc ứng dụng phương pháp này là giá thành của máy quá đắt. Đồng thời, tài liệu và các nghiên cứu về loại máy này còn quá ít. Đây là lý do chính của việc nghiên cứu thiết kế máy khoan - lắp đường ống với đường kính trong của ống 300mm, tổng chiều dài ống lắp được 30m; áp dụng cho điều kiện đất cấp 1, loại đất chính tại các thành phố đồng bằng của nước ta.

2. Thiết kế máy khoan - lắp đường ống xuyên ngang đường

2.1. Giới thiệu phương pháp khoan - lắp ống

Thi công theo phương pháp này, được tiến hành bằng cách tạo hai hố đứng rồi đào đường ngầm từ đầu nọ sang

đầu kia, chúng được gọi là hố đứng khởi hành và phía còn lại là hố đứng điểm đến cuối cùng. Đặt máy khoan xuống lòng đất từ hố đứng khởi hành, sau đó vận hành máy khoan đường hầm và đẩy máy này vào trong lòng đất bằng pittông áp lực dầu đã được lắp đặt phía sau của máy. Pittông áp lực dầu sẽ đẩy ống dẫn vào trong lòng đất và tiến hành nối liên tục ống dẫn đó vào khoảng trống được tạo ra do pittông áp lực dầu rút lại.



Hình 1. Phương pháp khoan-lắp ống xuyên ngang đường.

Như vậy, hệ thống các thiết bị để phục vụ phương pháp thi công này khá phức tạp gồm máy khoan lắp ống, thiết bị đào hố đứng, thiết bị lấy đất, thiết bị đưa ống...

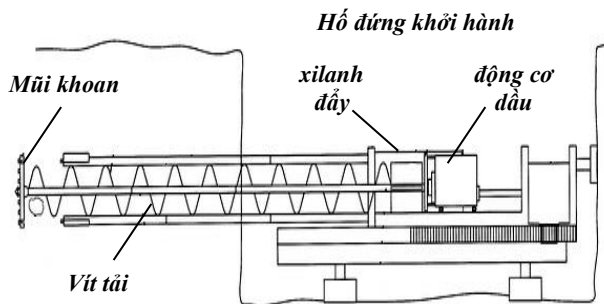
Trong giới hạn nghiên cứu, chúng tôi tập trung thiết kế một số thiết bị chính. Trong đó, quan trọng nhất là máy khoan lắp đường ống.

2.2. Thiết kế máy khoan - lắp đường ống

Máy khoan - lắp đường ống gồm các bộ phận chính là mũi khoan gắn phía trước vít tải, được dẫn động trực tiếp bởi động cơ thủy lực; toàn bộ phần này được di chuyển tịnh tiến dọc bàn trượt của thân máy (song song với vít tải) bởi 4 xilanh thủy lực. Ngoài ra còn có 2 cặp xilanh

thủy lực khác khoá các bàn trượt trước và sau khi làm việc.

Sơ đồ nguyên lý của máy mô tả như hình 2:



Hình 2. Sơ đồ động máy khoan - lắp đường ống

2.2.1. Tính toán momen xoắn và lực dọc trục cần thiết khi khoan đất

a. Tính mômen xoắn cần thiết:

* Xác định mômen xoắn cắt đất:

Theo [2], với phương pháp thí nghiệm Field Vane Test, ta có được công thức để tính mômen xoắn của máy khoan đất:

$$\tau = \frac{M_{xc}}{\pi \left(\frac{D^2 \cdot H}{2} + \frac{D^3}{6} \right)}$$

với, τ : độ bền cắt của đất. Với đất cấp 1 (cát pha sỏi, khô), chọn $\tau = 4,5(\text{daN/cm}^2)$ [2].

M_{xc} : mômen xoắn cắt đất.

D, H: đường kính, chiều dài của mũi khoan. Theo thiết kế, $D = 300(\text{mm})$; $H = (30\text{m})$.

Suy ra, mômen xoắn cắt đất:

$$M_{xc} = 19,14 (\text{Nm})$$

* Xác định công suất P trên vít tải:

Đối với vít tải nằm ngang, theo [3] công suất trên trục vít tải được xác định:

$$P = C_0 \cdot \frac{Q \cdot L}{360} \quad (2.3)$$

với, L: là chiều dài vận chuyển của vật liệu theo phương ngang: $L = 30 (\text{m})$

C_0 : hệ số lực cản ma sát với vật liệu vận chuyển, với cát có $C_0 = 4,0$ [3].

Q: là năng suất của vít tải, được xác định như sau:

$$Q = \frac{1}{4}(60 \cdot \pi \cdot n \cdot p \cdot K_v \cdot K_c \cdot K_n) \quad (\text{tấn/h})$$

trong đó, D: đường kính vít tải, $D = 0,3 (\text{m})$

p: bước vít tải (mm), chọn $p = 0,8 \cdot D = 240 (\text{mm})$

ρ : khối lượng riêng của vật liệu vận chuyển (tấn/m^3). Với vật liệu là cát: $\rho = 1,4 \div 1,65$. Chọn $\rho = 1,5$.

n: số vòng quay vít tải (vòng/ph).

K_v : hệ số phụ thuộc vật liệu. Với vật liệu cát là vật liệu nặng, sắc cạnh: $K_v = 30$.

K_c : Hệ số chất đồng tiết diện máng, vật liệu nặng sắc cạnh có: $K_c = 0,125$.

K_n : hệ số phụ thuộc góc nghiêng β của vít tải $K_n = 1$ khi $\beta = 0^\circ$ (vít tải nằm ngang).

Thay các hệ số trên vào các công thức, ta có:

$$Q = 1,83 (\text{tấn/h})$$

$$P = 0,61 (\text{kW})$$

* Xác định mômen xoắn trên vít tải:

Mômen xoắn trên vít tải được xác định theo công thức [3]:

$$M_{xv} = 9,55 \cdot 10^6 \cdot \frac{P}{n} \quad (2.6)$$

Thay vào ta được: $M_{xv} = 9,72 (\text{Nm})$

Vậy, mômen xoắn của cần khoan được tính bằng tổng mômen của vít tải và mômen cắt đất:

$$M_x = M_{xc} + M_{xv} = 28,86 (\text{Nm})$$

b. Tính lực dọc trục cần thiết

* Xác định lực dọc trục trên vít tải:

Lực dọc trục trên vít tải được xác định: [3]

$$P_{vt} = \frac{M_{xv}}{R \cdot \text{tg}(\alpha + \delta)} \quad (2.7)$$

với, R: khoảng cách của vật liệu đến trục vít tải (mm), $R = (0,3 \div 0,4) \cdot D$, chọn $R = 1,0$.

α : góc nâng của đường xoắn vít (độ):

$$\text{tg} \alpha = \frac{P}{2\pi R} = 0,382 \Rightarrow \alpha = 20,9^\circ$$

δ : góc ma sát của vật liệu vận chuyển với cánh vít, $\text{tg} \delta = f$: hệ số ma sát của vật liệu vận chuyển với cánh vít. Với vật liệu chuyển là đất cát thì $f = 0,8 \Rightarrow \delta = 58,65^\circ$

Do đó, ta có lực dọc trục trên vít tải:

$$P_{vt} = 204,37 (\text{N})$$

* Tính lực dọc trục trên đầu khoan:

Mô men ma sát được tính công thức sau:

$$M_{ms} = M_{xc} \cdot f$$

chọn, $f = 0,15$ [3]

Suy ra, $M_{ms} = 4,33 (\text{Nm})$

Do vậy, lực dọc trục của đầu khoan được tính như sau:

$$P_{dk} = \frac{M_{ms}}{D} = 14.330 (\text{N})$$

Như vậy, lực dọc trục cần thiết của đầu khoan được tính bằng tổng lực dọc trục đầu khoan P_{dk} và lực dọc trục của vít tải P_{vt} :

$$P = P_{dk} + P_{vt} = 14.632 (\text{N})$$

2.2.2. Thiết kế hệ thống dẫn động

Với Mô men xoắn và lực dọc trục được tính trên, ta chọn sơ bộ các thông số sau:

- Tốc độ quay của động cơ dầu:

$$n_{\max} = 600 (\text{v/ph}); n_{\min} = 60 (\text{v/ph})$$

- Mô men xoắn trên trục động cơ

$$M_x = 28,86 \text{ (N.m)}; P = 14.632 \text{ (N)}$$

a. Tính áp suất dầu cấp vào

Theo [4], tính được áp suất vào động cơ:

$$p_1 = p_2 + \frac{20 \cdot \pi \cdot M_x}{q_d}$$

với, p_T : áp suất dầu ra khỏi van phân phối để về bể dầu, chọn $p_T = 4$ (bar)

p_2 : áp suất ra khỏi động cơ thủy lực, ta chọn $p_2 = 30$ (bar)

$$q_d = 0,02 \text{ (l/vg)} = 20 \text{ (cm}^3\text{/vg)}$$

Vậy, $p_1 = 69,23$ (bar)

Do đó, áp suất dầu vào van phân phối p_s là:

$$p_s = p_1 + p_2 - p_T = 146,6 \text{ (bar)}$$

b. Tính lưu lượng qua động cơ thủy lực

Lưu lượng qua động cơ thủy lực đảm bảo quay với tốc độ n_{\max} và n_{\min} được xác định:

$$Q = \frac{D_m \cdot n}{\eta_v} \text{ (l/ph)}$$

chọn, $\eta_v = 0,9$. Ta được:

$$Q_{\max} = 13,333 \text{ (l/ph)}; Q_{\min} = 1,333 \text{ (l/ph)}$$

Để đảm bảo lưu lượng tính toán cho toàn bộ hệ thống, ta sử dụng: $Q_{\max} = 13,333$ (l/ph).

Nếu kể tổn thất lưu lượng ΔQ qua các cơ cấu trong hệ thống và qua ống dẫn thì lưu lượng cần thiết của hệ là:

$$Q = Q_{\max} + \Delta Q$$

Chọn $\Delta Q = 1$ (l/ph), nên: $Q = 14,333$ (l/ph).

c. Tính chọn bơm dầu

Từ các tính toán của [1], tổn thất từ bơm đến động cơ thủy lực được xác định bằng:

$$\Delta p = 4,438 \text{ (bar)}$$

Để đảm bảo công suất làm việc p_1 cho động cơ thủy lực thì áp suất cung cấp của bơm dầu cần phải sử dụng là:

$$p_0 = p_s + \Delta p = 151,042 \text{ (bar)}$$

Dựa vào đặc điểm làm việc của hệ thống thủy lực, ta chọn loại bơm bánh răng có các thông số cần thiết như sau:

- Lưu lượng: $Q_b = 16$ (l/ph)
- Áp suất: $p_b = 160$ (bar)
- Lưu lượng riêng: $D_b = 10$ (cm³/vg)
- Số vòng quay: $n_b = 1450$ (vg/ph)
- Công suất: $N = 4$ (kW)

d. Chọn động cơ thủy lực

Chọn động cơ thủy lực kiểu bánh răng ăn khớp ngoài, dạng răng thẳng, có biên dạng răng là thân khai, với các thông số là:

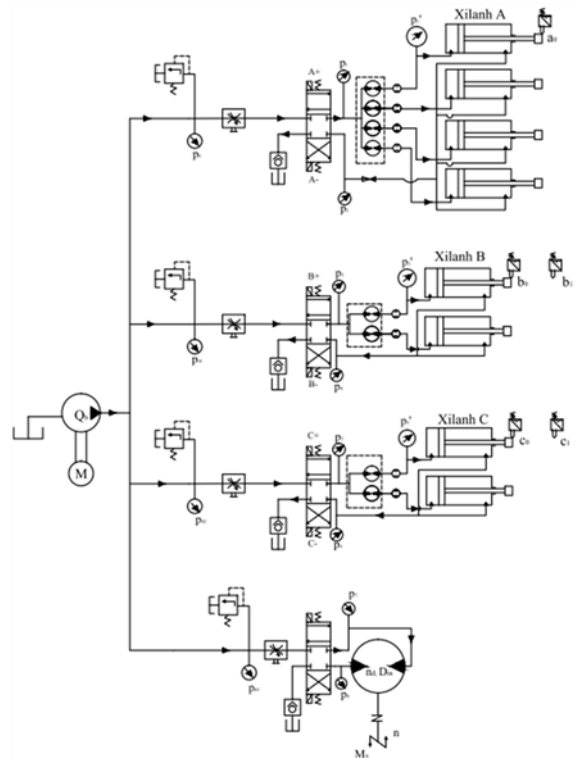
- Mômen quay: $M = 28,86$ (N.m)
- Số vòng quay: $60 \div 600$ (vg/ph)
- Lưu lượng riêng: $D_d = 0,02$ (l/vg)

- Lưu lượng vào: $Q_d = 13,333$ (l/vg)

- Áp suất vào: $p_d = 69,23$ (bar)

2.2.3. Thiết kế hệ thống điều khiển thủy lực

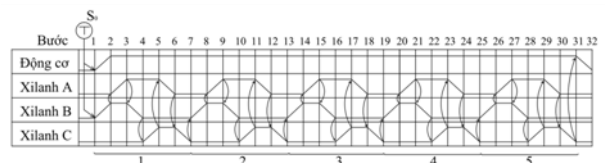
Từ sơ đồ động của máy, chúng tôi xây dựng sơ đồ hệ thống điều khiển thủy lực như sau:



Hình 3. Hệ thống điều khiển thủy lực của máy.

Với nguyên lý hoạt động của máy: Động cơ thủy lực quay, xilanh B tịnh tiến xuống khóa giá trượt sau của máy. Sau khi xilanh B khóa, 4 xilanh A tịnh tiến với chiều dài 200mm (b3), sau đó 2 xilanh B rút lui về thôi khóa giá trượt sau (b4), tiếp đó 2 xilanh C tác động tịnh tiến xuống khóa giá trượt trước (b5). Lúc này, 4 xilanh A rút lui về mang theo giá trượt sau tịnh tiến 200mm (b6). Xong thì 2 xilanh C rút lui về thôi khóa giá trượt sau (b7). Khi đó, 2 xilanh khóa B tiếp tục tịnh tiến khóa giá trượt sau (b8 \equiv b1). Cứ như vậy ta thực hiện 5 chu trình như vậy để thao tác lắp xong 1 đoạn ống. Sau đó, ta lui cụm giá trượt về, làm ngược lại với lúc tiến khoan lắp đoạn ống. Thực hiện như vậy cho đến khi lắp xong.

Từ đó, xây dựng được biểu đồ trạng thái mô tả trình tự hoạt động của máy:

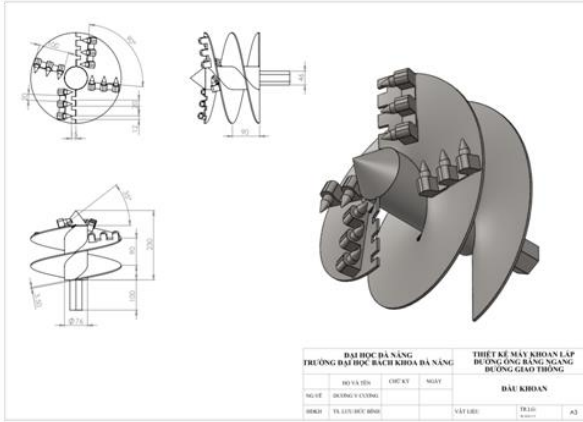


Hình 4. Biểu đồ trạng thái trình tự hoạt động của máy.

2.2.4. Tính chọn đầu mũi khoan và vít tải

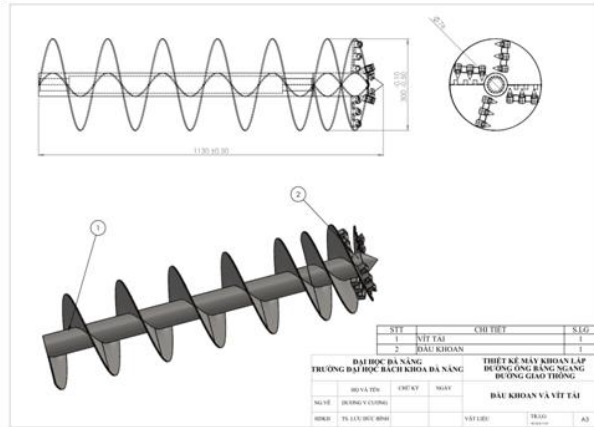
Đầu khoan được tính chọn 2 răng xoắn ruột gà đan xen với nhau tạo thành bước xoắn là 90mm. Mặt đầu mũi

khoan có bố trí 4 dãy các mũi kim loại hợp kim cứng lệch nhau 90⁰ để khoan đất. Đoạn chuỗi được thiết kế hình lục giác để lắp đặt với trục vít tải.



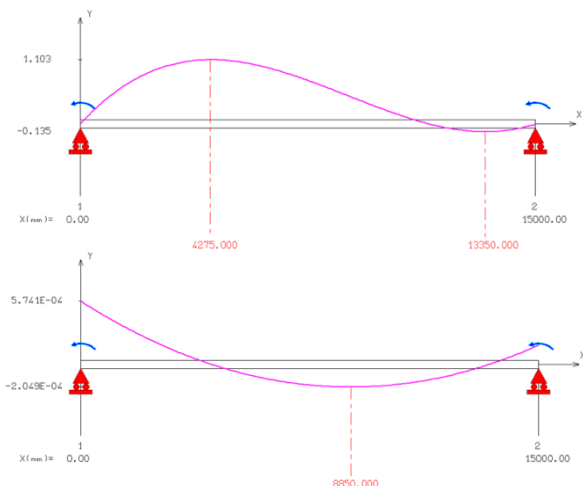
Hình 5. Bản vẽ chi tiết mũi khoan.

Vít tải được thiết kế có bước vít là 180 mm, đường kính 300mm. Vít tải được chế tạo từ Inox, trục rỗng có đường kính 76mm, dày 10mm.



Hình 6. Bản vẽ chi tiết vít tải.

Dùng phần mềm RDM 6.0 để kiểm tra độ bền của trục khoan với mô men xoắn M = 28,86 (Nm). Ta có các biểu đồ như hình 7. Kết quả đảm bảo bền.

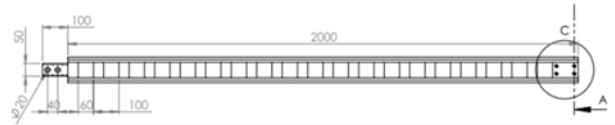


Hình 7. Biểu đồ ứng suất vít tải.

2.2.5. Tính chọn các bộ phận khác

a. Chọn kết cấu thanh trượt

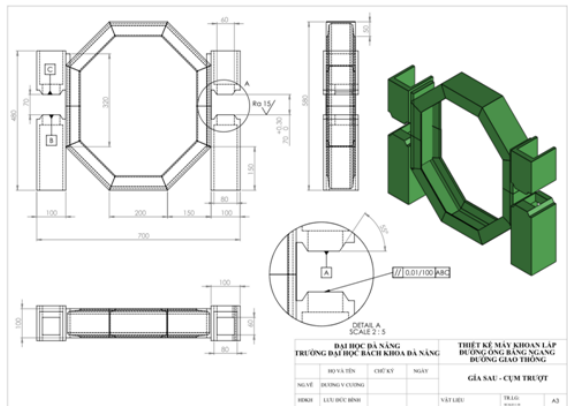
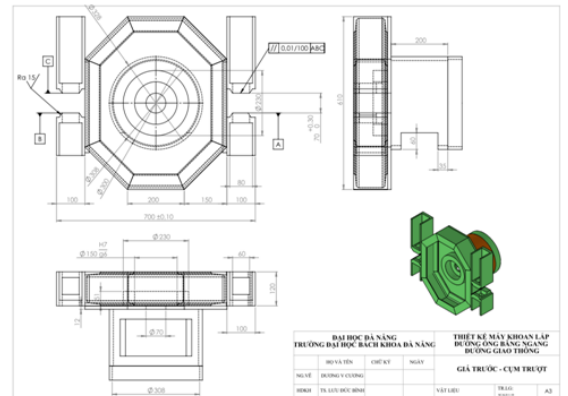
Thanh trượt có bề mặt làm việc là trên và dưới, nó cũng là dầm chính của bàn máy.



Hình 8. Bản vẽ chi tiết thanh trượt.

b. Chọn kết cấu các giá đỡ trượt

Các giá đỡ trượt có nhiệm vụ đỡ toàn bộ kết cấu máy, cho phép thanh trượt di trượt tịnh tiến đi về để lắp đoạn ống mới. Kết cấu được trình bày trong hình 9.

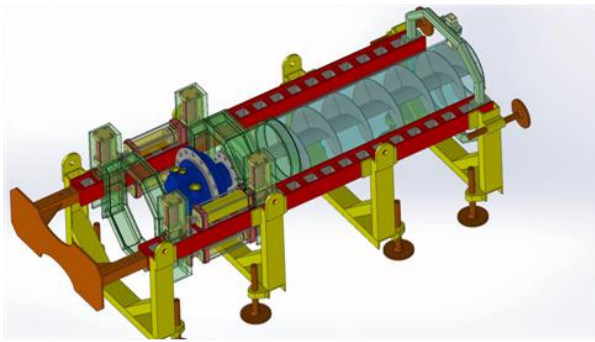


Hình 9. Bản vẽ chi tiết các cụm trượt trước và sau.

Ngoài ra, còn có các kết cấu chân bàn máy, hệ thống đỡ động cơ, thủy lực...

2.3. Ứng dụng tin học thiết kế mô phỏng máy

Để thuận lợi cho việc thiết kế, kiểm tra bền, sự hợp lý khi thiết kế các kết cấu... chúng tôi sử dụng phần mềm SolidWorks để mô hình hoá dạng 3D tất cả các chi tiết; lắp ráp chúng lại thành mô hình máy và cho hoạt động mô phỏng các chuyển động của máy khoan - lắp.



Hình 10. Mô hình máy khoan-lắp ống trên máy tính.

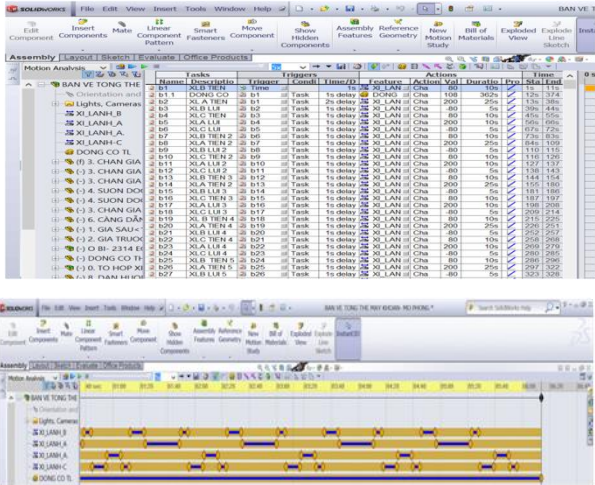
3. Kết quả

Bài báo đã giới thiệu quá trình tính toán các thông số và thiết kế kết cấu các bộ phận chính của máy khoan - lắp đường ống xuyên ngang đường với đường kính ống 300mm, tổng chiều dài lắp ống 30m; kiểm tra được tính đúng đắn của quá trình thiết kế nhờ ứng dụng máy tính trong thiết kế, lắp ráp, mô phỏng chuyên động máy.

Cung cấp tư liệu làm cơ sở cho quá trình thiết kế và chế tạo máy khoan - lắp đường ống phục vụ cho công tác thi công ngầm các công trình lắp đặt cáp quang, cáp điện; cấp thoát nước sinh hoạt... tại thành phố Đà Nẵng và các vùng đồng bằng của Việt nam.

Tài liệu tham khảo

- [1] Dương Viết Cương, Nghiên cứu thiết kế máy tổ hợp khoan - lắp đường ống bằng đường giao thông, Luận văn Thạc sỹ kỹ thuật, Đại học Đà Nẵng, 2013.
- [2] GS.TSKH. Bùi Anh Định, PGS.TS. Nguyễn Sỹ Ngọc, Nền và móng công trình cầu đường, Nhà xuất bản Xây dựng, 2005.
- [3] PGS.TS. Nguyễn Ngọc Pi, Tính toán thiết kế vít tải, Đại học Kỹ thuật Công nghiệp Thái Nguyên, 2001.
- [4] Trần Ngọc Hải, Trần Xuân Tuyền, Hệ thống truyền động thủy và truyền động khí nén, Nhà xuất bản Xây dựng, 2012.
- [5] Trần Xuân Tuyền, Hệ thống điều khiển tự động thủy lực, Nhà xuất bản Khoa học Kỹ thuật, 2002.



Hình 11. Lập các chuyển động, trình tự hoạt động máy.

(BBT nhận bài: 23/12/2013, phản biện xong: 06/01/2014)