

# Công tác trắc địa trong xây dựng đường hầm



## 1. Khái niệm chung về đường hầm.

Hiện nay chưa có một định nghĩa chính thức về đường hầm. Nhìn chung, đường hầm là loại công trình dưới mặt đất có chiều dài ít nhất gấp đôi chiều rộng, kín ở hai bên sườn và mở an toàn ở hai đầu. Tùy theo chức năng, đường hầm có thể được phân thành các loại chính là: đường hầm giao thông, đường hầm thủy lợi và đường hầm công nghiệp – dân dụng.

Đường hầm giao thông gồm đường dành cho người đi bộ và đường hầm trên các tuyến giao thông để vượt các chướng ngại vật như rừng núi, sông hồ, các khu dân cư, khu công nghiệp và các công trình đặc biệt khác. Một loại hình độc đáo của đường hầm giao thông là đường xe điện ngầm, được xây dựng tại hầu hết các thành phố lớn trên thế giới như Luân Đôn, Paris, Berlin, Moscow... Đây là một loại hình vận tải công cộng có rất nhiều ưu điểm như: không tốn diện tích trên mặt đất, ít gây ô nhiễm cả về khí thải và tiếng ồn, hiệu quả và an toàn.

Đường hầm thủy lợi được xây dựng trên các tuyến kênh dẫn có tác dụng hạ thấp độ cao ở phía thượng lưu để cải thiện chế độ cấp nước cho các tuyến kênh. Một ví dụ là đường hầm dẫn nước ở các nhà máy thủy điện, có chiều dài từ vài trăm mét tới hàng chục cây số, với kích thước từ vài mét đến hàng chục mét, là một hạng mục rất quan trọng.

Đường hầm dân dụng và công nghiệp được xây dựng ở vùng núi hoặc trong các thành phố để khai thác khoáng sản, làm kho chứa vật liệu, vũ khí. Trong các thành phố lớn, đường hầm được xây dựng để đặt các hệ thống cáp điện lực hoặc cáp thông tin, tạo thuận lợi cho việc quản lý, khai thác và bảo dưỡng.

## 2. Vài nét về lịch sử xây dựng đường hầm.

Sẽ là sai lầm nếu như cho rằng xây dựng đường hầm là một ngành non trẻ so với các lĩnh vực xây

Đường hầm đầu tiên được xây dựng là đường hầm xuyên qua sông Eupharates thành phố Babilon năm 2150 trước công nguyên. Năm 700 trước công nguyên, một đường hầm dẫn nước đã được xây dựng ở đảo Samos (Hy Lạp) có chiều dài tới 1600km. Đường hầm bộ đầu tiên được xây dựng tại Pháp từ năm 1679 – 1681 trước khi xuất hiện đường sắt. Hầm đường bộ dài nhất ở Pháp (7118m) rộng 22m, cao 14,4m được xây dựng để nối miền hạ du sông Rhone với thành phố Macxây. Từ khi xuất hiện đường sắt thì việc xây dựng đường hầm càng ngày càng phát triển mạnh. Từ năm 1896 – 1906 đã xây dựng một đường hầm đường sắt dài 19.728m nối Italia với Thụy Sĩ. Từ năm 1825 – 1832 ở Luân Đôn đã xây dựng đường hầm đầu tiên dưới nước dài 450m. Năm 1941, Nhật đã xây dựng đường hầm dưới nước tại Vịnh Shimonoseki với chiều dài 6330m.

Đường xe điện ngầm đầu tiên xuất hiện tại Luân Đôn (Anh) năm 1863. Hiện nay, đường xe điện ngầm có mặt tại hầu hết các thành phố lớn trên thế giới, trong đó đẹp nhất là đường xe điện ngầm ở thành phố Moscow (Nga). Trong lòng thành phố này hiện có 12 tuyến xe điện ngầm với tổng chiều dài gần 300km, 192 ga, mỗi ngày chuyên chở trung bình gần 8 triệu hành khách, không gây tiếng ồn và không xả chất thải độc hại ra môi trường. Đây thật sự là một loại hình vận tải công cộng lý tưởng cho các thành phố lớn.

Ở Việt Nam, đường hầm đã được xây dựng trên tuyến đường sắt Bắc Nam vào đầu thế kỷ 20. Trong những năm chiến tranh, sự nghiệp xây dựng đường hầm của nước ta hầu như không phát triển, có chăng chỉ đào một số ít hầm ngắn để làm kho quân trang, quân dụng hoặc hầm trú ẩn cho người và hệ thống kỹ thuật. Sự nghiệp xây dựng đường hầm chỉ được phát triển mạnh trong hơn một thập kỷ gần đây. Tháng 4 năm 2003, chúng ta khởi công xây dựng đường hầm bộ xuyên qua Đèo Ngang, sau 16 tháng thi công đến tháng 8 năm 2004 công trình đã hoàn thành và đưa vào sử dụng. Việc đưa hầm đường bộ Đèo Ngang vào sử dụng đã rút ngắn tuyến đường Đèo Ngang từ 7km xuống còn 2,5km, trong đó đoạn đường hầm dài 495m. Cũng trên Quốc lộ số 1 huyết mạch của Tổ quốc, tháng 6 năm 2005 hầm đường bộ Hải Vân có chiều dài 6290m được đưa vào sử dụng đã rút ngắn đoạn đường đèo nguy hiểm vào bậc nhất này từ 21 km xuống còn 12km (ngắn hơn 9km) so với tuyến đường đèo cũ và thời gian qua đèo được rút ngắn từ 80 phút (trung bình) xuống còn 20 phút với độ an toàn cao. Từ khi đường hầm được đưa vào khai thác sử dụng, các vụ tai nạn giao thông trên đèo đã giảm một cách đáng kể.

Trong xây dựng thủy điện ở Việt Nam, giải pháp đường hầm được sử dụng ở rất nhiều nhà máy thủy điện như Hoà Bình, Sơn La, A Vương, Đại Ninh, Bản Vẽ, Bắc Bình, Đồng Nai và nhiều nhà máy thủy điện khác. Đặc biệt đối với các nhà máy thủy điện được xây dựng tại miền Trung thì đường hầm được coi là giải pháp tối ưu để đảm bảo cho việc lựa chọn vị trí xây dựng đập dâng và nhà máy.

### **3. Các phương pháp thi công đường hầm.**

Hiện nay có hai phương pháp chính để thi công đường hầm đó là phương pháp khoan nổ và phương pháp cơ giới (dùng máy đào).

Để đào đường hầm bằng phương pháp khoan nổ trước hết cần vẽ biên dạng (đường viền) của đường hầm lên gương lò, dùng máy khoan các lỗ vào gương lò tại các vị trí nhất định theo phương án thiết kế nổ mìn, tra thuốc, nổ mìn và bóc xúc đất đá bằng máy cào vơ và vận chuyển ra ngoài bằng các phương tiện vận tải.

Trong phương pháp cơ giới, người ta sử dụng các máy đào đường hầm chuyên dụng. Hiện nay trên thị trường có hai loại máy chính là máy đào hầm loại khiên (tunnel shield) và máy khoan đường hầm TBM ( Tunnel Boring Machine).

Máy đào đường hầm loại khiên gồm hai phần chính: phần lưỡi và phần đuôi và hoạt động của nó cũng gần giống như thi công các ống khói hoặc các silô bằng phương pháp cốp pha trượt. Phần lưỡi các máy này được lắp ráp bằng các kích thủy lực trên một vành đỡ, các đầu kích nằm trong phần đuôi của máy đào. Khi đào hầm người ta sẽ đào thủ công một đoạn khoảng 2m, đổ bê tông thành hầm của đoạn này và sau đó tiến hành lắp ráp khiên đào trực tiếp dưới hầm. Các đầu kích khi lắp ráp sẽ tì chặt lên đoạn thành hầm đã đổ bê tông chắc chắn. Khi tiến hành đào người ta sẽ đóng các kích làm cho phần đất đá phía trước máy đào. Khi các kích được thu lại ổ của nó sẽ để lại một khoảng trống dài khoảng 1,2m để gia cố vỏ hầm. Từ cách hoạt động của nó như trên chúng ta thấy khiên đào hầm là loại thiết bị thích hợp cho việc đào các đường hầm qua các vùng đất tương

đôi mềm. Đối với các đường hầm xuyên qua đá cứng thì việc đào hầm bằng thiết bị này rất khó khăn.

Máy khoan hầm – TBM là thiết bị đào hầm hiện đại được sử dụng để đào các đường hầm có tiết diện tròn trong các điều kiện địa chất khác nhau. Máy có thể được sử dụng để đào hầm ở vùng đá cứng, đất hoặc cát có lẫn các loại tạp chất. Đường kính đào hầm bằng máy TBM có thể thay đổi từ 1m đến 15m. Ưu điểm của TBM là không làm xáo trộn các cấu trúc của các lớp đất đá xung quanh hầm rất thuận tiện cho việc gia công thành hầm giảm đáng kể kinh phí gia cố kết cấu vỏ hầm. Nhược điểm của TBM là giá thành đắt, vận chuyển khó khăn, chi phí vận chuyển cao và đòi hỏi phải có hạ tầng cơ sở tốt.

#### **4. Vai trò của công tác trắc địa trong thi công xây dựng đường hầm.**

Như chúng ta đã nói ở trên, đường hầm là một dạng công trình đặc biệt được thi công ngầm trong lòng đất trong điều kiện hết sức khó khăn phức tạp: Không gian thao tác chật hẹp, môi trường nóng ẩm và đầy khói bụi, tầm nhìn bị hạn chế từ nhiều phía (duy nhất chỉ nhìn được về phía sau). Tất cả các phương pháp đào đường hầm, từ phương pháp thô sơ nhất là khoan nổ đến phương pháp hiện đại nhất là sử dụng các loại máy đào hầm không một phương pháp nào có cơ chế và thiết bị dẫn hướng cho quá trình đào hầm tất cả đều phụ thuộc vào sự dẫn hướng của các cán bộ trắc địa chính vì vậy vai trò của công tác trắc địa là hết sức quan trọng. Nhìn chung công tác trắc địa phục vụ việc xây dựng đường hầm giải quyết các vấn đề sau:

##### **4.1. Khảo sát địa hình phục vụ thiết kế đường hầm**

Để có thể thiết kế được tuyến đường hầm cần thiết phải tiến hành công tác khảo sát địa hình tại khu vực dự kiến xây dựng nó Sản phẩm của khảo sát địa hình là bản đồ địa hình, tỷ lệ bản đồ tùy thuộc vào chiều dài của đường hầm, chức năng của nó cũng như các điều kiện địa hình địa vật cụ thể ở khu vực. Thông thường nhiệm vụ thiết kế của các tuyến đường hầm được thành lập trên nền bản đồ địa hình 1:2000 đến 1:5000 đối với các đường hầm dài, các đường hầm ngắn tỷ lệ bản đồ có thể lớn hơn. Bản đồ được vẽ dọc theo tuyến dự kiến với bề rộng từ 300m đến 1000m. Trong giai đoạn thiết kế kỹ thuật cần phải đo vẽ bản đồ tỷ lệ lớn (1/500) một dải dọc theo tuyến đã chọn, bề rộng của dải đo vẽ ít nhất gấp 3 lần chiều sâu của tuyến đường hầm, ở các khu vực đặc biệt như cửa hầm, tháp điều áp, khu vực đặt các thiết bị kỹ thuật cần phải đo vẽ chi tiết ở tỷ lệ lớn hơn (1/200 thậm chí 1/100). Trong giai đoạn khảo sát nếu sử dụng toạ độ quốc gia thì cần đặc biệt lưu ý đến việc chọn mặt chiếu và múi chiếu cho hợp lý để đảm bảo có sự tương thích hoàn toàn giữa kích thước của các đối tượng trên mặt đất và trên bản vẽ.

Vì đường hầm thường được đào để vượt qua các núi cao hoặc các khu vực có địa hình rất phức tạp do đó việc đo vẽ bản đồ ở khu vực này cũng rất khó khăn. Để đảm bảo tiến độ và đạt được độ chính xác yêu cầu cần phải sử dụng các thiết bị và công nghệ đo vẽ tiên tiến và hiện đại.

##### **4.2. Lập lưới khống chế bằng mặt bằng và độ cao.**

Trước khi khởi công xây dựng tuyến đường hầm cần phải triển khai lưới khống chế toạ độ và độ cao trên mặt đất. Độ chính xác của lưới phải được tính toán sao cho đảm bảo được việc thông hướng chính xác đường hầm còn mật độ các điểm của lưới phải đủ để có thể truyền được toạ độ từ trên mặt đất xuống dưới hầm một cách thuận lợi. Hiện nay, với sự xuất hiện của hệ thống định vị toàn cầu GPS việc xây dựng lưới khống chế mặt bằng trên mặt đất đã dễ dàng hơn trước đây rất nhiều. Với sự trợ giúp của các thiết bị này chúng ta có thể dễ dàng truyền toạ độ vào sát cửa hầm mà không cần đến sơ đồ phát

triển lưới khống chế gồm 3 cấp: tam giác đường hầm, đường truyền đa giác cơ sở và đường truyền đa giác tiệm cận như trước đây. Công nghệ GPS đã được chúng tôi ứng dụng để xây dựng lưới khống chế mặt bằng phục vụ đào đường hầm dẫn nước của nhà máy thủy điện A Vương chiều dài 5,3km đạt kết quả rất tốt.

Cần lưu ý rằng mặc dù công nghệ GPS cho phép xác định cả độ cao của các điểm của loại thiết bị này hiện nay chưa cao. Trong khu vực rừng núi, sai số xác định độ cao bằng công nghệ GPS có thể lên tới hàng mét. Vì vậy để lập lưới khống chế độ cao cho các công việc đặc biệt quan trọng như điều khiển thông hướng đường hầm, tốt nhất vẫn nên sử dụng phương pháp đo cao truyền thống bằng máy thủy chuẩn thông thường. Đối với các đường hầm ngắn hơn 10km cần đo thủy chuẩn với độ chính xác tương đương với thủy chuẩn nhà nước hạng 3, đối với các đường hầm dài hơn 10km cần đo thủy chuẩn nối hai cửa hầm với độ chính xác tương đương với thủy chuẩn nhà nước hạng 2.

#### ***4.3. Truyền tọa độ phương vị và độ cao từ trên mặt đất xuống hầm.***

Việc truyền tọa độ, phương vị và độ cao từ trên mặt đất xuống dưới hầm giao thông hoặc đường hầm. Đối với các đường hầm giao thông hoặc đường hầm thủy lợi thường được đào thông qua các cửa hầm nên việc truyền tọa độ, phương vị và độ cao từ trên mặt đất vào trong hầm khá đơn giản và thuận tiện. Các chuỗi tam giác hoặc đa giác dưới hầm chỉ đơn thuần là kéo dài của các chuỗi trên mặt đất mà không cần áp dụng một phương pháp hay thiết bị đặc biệt nào ngoài máy toàn đạc điện tử và máy thủy bình. Đối với các đường xe điện ngầm trong thành phố đường hầm thường được đào thông qua các giếng đứng có đường kính khoảng 5m, vì vậy việc truyền tọa độ và phương vị từ trên mặt đất xuống thực sự là một việc khó khăn đòi hỏi phải sử dụng các phương pháp đặc biệt. Về các phương pháp này, chúng tôi sẽ trình bày ở các bài viết khác tiếp theo.

#### ***4.4. Lập lưới khống chế mặt bằng và độ cao dưới hầm.***

Sau khi truyền tọa độ và độ cao từ trên mặt đất xuống dưới hầm cần tiếp tục xây dựng lưới khống chế mặt bằng và độ cao dưới hầm để điều khiển quá trình đào hầm và thực hiện các công tác bố trí chi tiết dưới hầm được phát triển qua 2 cấp.

- Đường truyền đa giác thi công: Đường truyền đa giác này được phát triển theo tiến độ đào hầm và được sử dụng để trực tiếp điều khiển việc thi công đường hầm và bố trí lắp đặt thiết bị. Đặc điểm của loại đường truyền này là cạnh ngắn nên độ chính xác đo góc không cao.

- Đường truyền đa giác cơ sở: Khi chiều dài đoạn đường hầm đã thi công tăng dần thì sai số tích lũy trong đường truyền đa giác thi công cũng dần lớn lên đến mức nó không còn đủ độ chính xác để điều khiển việc thi công đường hầm. Vì vậy cần phải xây dựng đường truyền có độ chính xác cao hơn gọi là đường truyền đa giác cơ sở. Vì trong đường hầm chật hẹp không có nhiều phương án để lựa chọn nên đường truyền đa giác cơ sở cũng được xây dựng trùm lên đường truyền đa giác thi công (gộp nhiều cạnh của đường truyền đa giác cơ sở) để giảm sai số đo góc qua đó giảm sai số dịch ngang của tim hầm.

Lưới khống chế độ cao dưới hầm thường được phát triển thông qua một cấp (thủy chuẩn hạng 4 và dẫn qua tất cả các điểm khống chế mặt bằng ở dưới hầm).

Cần lưu ý rằng mặc dù về bản chất lưới khống chế mặt bằng và độ cao dưới hầm không khác gì lưới trên mặt đất nhưng điều kiện xây dựng lưới ở dưới hầm khó khăn hơn trên mặt đất rất nhiều, hơn nữa ở dưới hầm không bao giờ có các điều kiện thừa để kiểm tra chắc chắn các kết quả đo đạc hiện trường phát hiện các sai lầm như ở trên mặt đất. Vì

vậy, khi thi công lưới không chế mặt bằng và độ cao dưới hầm cần đặc biệt tập trung cao độ để tránh các nhầm lẫn đáng tiếc có thể xảy ra.

#### **4.5. Theo dõi vị trí thực tế của tim hầm.**

Cập nhật vị trí thực tế của tim hầm là một công việc đặc biệt quan trọng, nó cho chúng ta biết chính xác tại thời điểm hiện tại tim hầm đang ở vị trí nào trong lòng đất, so với vị trí thiết kế nó bị sai lệch bao nhiêu, cần điều chỉnh tim hầm về hướng nào. Nói một cách khác, việc cập nhật vị trí tim hầm cho phép chúng ta phát hiện sai lệch của nó ngay từ những milimet đầu tiên để kịp thời điều chỉnh.

Việc cập nhật vị trí tim hầm được thực hiện bằng các máy toàn đạc điện tử từ các điểm đường truyền thi công gần gương lò nhất. Nếu điều kiện thi công không cho phép xác định toạ độ của một điểm bất kỳ trên gương lò sau đó đo thêm các yếu tố cần thiết để xác định toạ độ của tim hầm. Cũng như các phép đo khác ở trong hầm, việc cập nhật toạ độ tim hầm là đặc biệt quan trọng và cũng không có bất kỳ một đại lượng nào để kiểm tra phát hiện các sai sót. Vì vậy công việc này phải được giao cho những cán bộ chẳng những giỏi về chuyên môn mà còn phải có tinh thần trách nhiệm cao với công việc.

#### **4.6. Thực hiện các công tác bố trí lắp đặt thiết bị dưới hầm.**

Việc bố trí lắp đặt các thiết bị dưới hầm được thực hiện bằng các chương trình tiện ích cài đặt sẵn trong máy toàn đạc điện tử và máy thủy bình giống như đối với các công trình thông thường trên mặt đất. Cơ sở để thực hiện các công tác bố trí chi tiết là các điểm khống chế mặt bằng và độ cao đã được xây dựng dưới hầm vị trí của chúng có thể bị thay đổi do hoạt động của phương tiện vận tải trong quá trình thi công. Vì vậy trước khi tiến hành bố trí các thiết bị cần kiểm tra vị trí của các điểm khống chế.

#### **4.7. Đo vẽ hoàn công đường hầm.**

Đo vẽ hoàn công đường hầm gồm hai phần việc chính là đo biên dạng (đường viền) của thành hầm, đo vẽ hoàn công vị trí các thiết bị và mặt cắt dọc của đường hầm. Việc đo vẽ biên dạng của đường hầm được thực hiện bằng các máy toàn đạc điện tử có chế độ đo trực tiếp không cần gương như TCR -305, TCR 705 hoặc các máy có tính năng tương đương. Việc đo vẽ hoàn công vị trí các thiết bị và mặt cắt dọc được thực hiện trong tỷ lệ 1/100, mặt cắt dọc của đường hầm được thể hiện trong 2 tỷ lệ khác nhau: tỷ lệ đứng 1:100, tỷ lệ ngang 1: 1000.

#### **4.8. Quan trắc biến dạng của đường hầm.**

Trong quá trình thi công và khai thác sử dụng do áp lực của đất đá và do hoạt động của các phương tiện nên có thể xảy ra biến dạng của bản thân đường hầm và các công trình lân cận. Việc quan trắc biến dạng nhằm cảnh báo sớm các biến dạng nguy hiểm để có giải pháp kịp thời ngăn chặn các sự cố có thể xảy ra đảm bảo an toàn cho người và tài sản cũng như các thiết bị công nghệ.

### **5. Kết luận**

Trong xây dựng các đường hầm công tác trắc địa có vai trò đặc biệt quan trọng. Nó có mặt trong tất cả các công đoạn xây dựng đường hầm như khảo sát, thiết kế và thi công. Trong giai đoạn khảo sát và thiết kế công tác trắc địa cung cấp bản đồ địa hình và các số liệu cần thiết khác để thiết kế công trình. Trong giai đoạn thi công xây dựng đường hầm cán bộ kỹ thuật trắc địa phải có mặt liên tục tại hiện trường để giải quyết các công việc hết sức hệ trọng như: Cập nhật vị trí tim hầm, xác định độ lệch thực tế của tim hầm so với thiết kế và trực tiếp ra quyết định cho hướng đi của máy đào hoặc máy khoan. Do tính

chất cực kỳ quan trọng nên tất cả các phép đo, các kết quả đo đạc, tính toán và các quyết định đưa ra phải chính xác không được mắc bất kỳ một sai sót nào. Hiện nay ở Việt Nam, Viện KHCN Xây dựng đã có đủ điều kiện về nhân lực và trang thiết bị để đảm bảo cho việc thông hướng các tuyến đường hầm giao thông và thủy lợi. Năm 2006, với sự giúp đỡ của Viện, các đơn vị thi công đã đào thông đường hầm dẫn nước của nhà máy thủy điện A Vương, Quảng Nam dài 5,3km với độ chính xác rất cao. Sau kết quả này, chúng tôi đang triển khai nghiên cứu các phương pháp định hướng đối với các đường hầm đào qua các giếng đứng để đáp ứng yêu cầu của việc phát triển mạng lưới giao thông công cộng dưới mặt đất tại các thành phố lớn của nước ta.

*Nguồn: Tạp chí KHCN Xây dựng, số 2/2007*