

TÍCH HỢP GIẢ VỆ TINH VÀ GPS/PPK GÓP PHẦN NÂNG CAO HIỆU QUẢ KỸ THUẬT VÀ KINH TẾ CÔNG TÁC ĐO VẼ BẢN ĐỒ MỎ LỘ THIÊN KHAI THÁC XUỐNG SÂU

GS.TS. VÕ CHÍ MỸ

Phân hội Trắc địa mỏ Việt Nam

ThS. NGUYỄN QUỐC LONG, ThS. VÕ NGỌC DŨNG

Trường Đại học Mỏ-Địa chất

1. Tổng quan

Trong các nội dung công tác mỏ lộ thiên, đo vẽ chi tiết thành lập bản đồ là công đoạn chiếm nhiều thời gian nhất, chiếm khối lượng lớn nhất và thực hiện thường xuyên nhất trong các hoạt động trắc địa ở mỏ. Hiện nay, quá trình đo vẽ chi tiết mỏ lộ thiên phải trải qua ba công đoạn:

- ❖ Công đoạn 1 - Thành lập mạng lưới khống chế trên bề mặt mỏ;
- ❖ Công đoạn 2 - Xây dựng lưới khống chế đo vẽ;
- ❖ Công đoạn 3 - Đo vẽ chi tiết,

Theo truyền thống, lưới khống chế trên bề mặt mỏ được thành lập theo phương pháp lưới tam giác xuất phát từ các điểm của lưới khống chế cấp cao. Lưới được tăng dày theo hai hoặc ba cấp cho đến khi mật độ điểm trên bề mặt mỏ vừa đủ cho công tác thành lập lưới khống chế đo vẽ trong mỏ lộ thiên. Trong những năm gần đây, lưới khống chế vùng mỏ đã được thành lập bằng công nghệ GPS, tuy đã giảm khối lượng lớn về thời gian và công sức so với lưới tam giác, mật độ điểm trên toàn khu vực cũng thưa hơn nhưng yêu cầu ngắm thông để phục vụ cho công tác thành lập lưới khống chế đo vẽ trong lòng mỏ vẫn cần số lượng điểm phân bố đủ trên bề mặt. Trong trường hợp mỏ lộ thiên ngày càng xuống sâu, khoảng cách từ điểm khống chế đo vẽ đến điểm khống chế càng lớn, khả năng ngắm thông đến các điểm ngày càng khó thì yêu cầu này càng cấp thiết hơn.

Ở các mỏ lộ thiên Việt Nam, các phương pháp truyền thống phổ biến để thành lập mạng lưới điểm khống chế đo vẽ trong lòng moong bao gồm: giao hội thuận, giao hội nghịch... Gần đây, các máy toàn đạc điện tử đã được ứng dụng để xây dựng lưới khống chế đo vẽ bằng sơ đồ giao hội góc- cạnh. So với các phương pháp đo góc truyền

thống, công nghệ này cho phép nâng cao độ chính xác xác định tọa độ điểm, đã giảm khá nhiều công sức và thời gian. Tuy thể hiện được nhiều ưu điểm, đây vẫn là một công đoạn không thể thiếu trong dây chuyền công nghệ đo vẽ truyền thống.

Là công đoạn cuối của dây chuyền công nghệ đo vẽ mỏ lộ thiên, đo vẽ chi tiết là nội dung chiếm nhiều khối lượng nhất trong công tác đo vẽ ở mỏ phục vụ cho công tác thống kê khối lượng đất bóc và khoáng sản, kiểm kê kế hoạch sản xuất, cập nhật hiện trạng các công trường khai thác, theo dõi ổn định bờ mỏ... Hiện nay, đo vẽ bằng toàn đạc điện tử là phương pháp chính được sử dụng trong mỏ lộ thiên. So với các thiết bị quang học, máy toàn đạc điện tử đã cho phép nâng cao độ chính xác đo vẽ, giảm nhiều công sức và thời gian. Tuy thiết bị đo đạc ngoại nghiệp và tính toán hiện đại hơn nhưng bản chất vẫn là công nghệ toàn đạc, nghĩa là để đo vẽ bằng công nghệ này, bắt buộc phải tồn tại hai công đoạn trước đó, tức là thành lập lưới khống chế cơ sở và lưới khống chế đo vẽ.

Từ phân tích trên đây, cho thấy rằng: công nghệ đo vẽ truyền thống phải trải qua nhiều giai đoạn với khối lượng công việc lớn, điều này làm giảm hiệu quả công tác đo vẽ ở mỏ, tăng khối lượng và giá thành các sản phẩm trắc địa bản đồ mỏ lộ thiên, đặc biệt đối với các mỏ lộ thiên có độ sâu lớn.

Trong những năm gần đây, công nghệ GPS đã được ứng dụng rộng rãi trong công tác trắc địa ở mỏ trong đó, có phương pháp đo vẽ mỏ lộ thiên bằng GPS động xử lý sau (GPS/PPK). Nhiều kết quả nghiên cứu lý thuyết và thực nghiệm ở các mỏ lộ thiên Việt Nam đều khẳng định ưu điểm nổi trội của phương pháp GPS/PPK so với các phương pháp truyền thống [2,3]. Phương pháp GPS/PPK loại bỏ hoàn toàn hai công đoạn 1 và công đoạn 2

vốn chiếm nhiều công sức, thời gian và kinh phí lớn. Gần đây, phương pháp GPS/PPK đã được nghiên cứu thực nghiệm thành công trong công tác đo vẽ thành lập bản đồ mỏ lộ thiên Việt Nam. Khi tiến hành đo vẽ trong mỏ lộ thiên có độ sâu lớn (Đèo Nai, Cọc Sáu, Hà Tu...), có một số nguyên nhân có thể làm giảm độ chính xác các trị đo GPS/GNSS, trong đó có [3]:

- ❖ Sự che chắn của các tầng mỏ làm giảm số lượng vệ tinh quan sát được và qua đó làm giảm khả năng nhận tín hiệu của máy thu;
- ❖ Sự phân bố đồ hình vệ tinh (PDOP) không thuận lợi.

Cũng vì các lý do trên, độ chính xác xác định độ cao bị giảm 2-3 lần so với tọa độ mặt bằng. Mặt khác, tại các điểm (hoặc khu vực) không có đủ số lượng vệ tinh hoặc sự phân bố đồ hình vệ tinh (PDOP) không thuận lợi, thường phải đo bổ sung bằng các phương pháp truyền thống. Giải vệ tinh là giải pháp để khắc phục các hiện tượng trên, có ý nghĩa quan trọng trong trường hợp mỏ lộ thiên khai thác xuống sâu.

2. Nguyên lý hoạt động của giả vệ tinh

Giả vệ tinh (Pseudo-satellite, PS) là một thiết bị có thể tạo sóng và phát tín hiệu trên nhiều tần số giống như GLONASS. Zimmermann và cộng sự [7] đã đề xuất chế tạo các giả vệ tinh có thể tạo và phát tín hiệu trên năm tần số. Giả vệ tinh là thiết bị hỗ trợ cho công tác định vị vệ tinh trong các trường hợp điều kiện đo khó khăn, nhiều chướng ngại vật, số lượng vệ tinh ít và đồ hình PDOP không thuận lợi. Không những thế, giả vệ tinh còn được áp dụng trong các không gian khép kín (Indoor) như trong mỏ hầm lò, trong công trình đường hầm... Hiện nay, đa số các giả vệ tinh có thể tạo và thường phát tín hiệu giống như tín hiệu GPS trên tần số L₁ (1575,42 MHz) và L₂ (1227, 6 MHz). Có thể hiểu giả vệ tinh như một vệ tinh GPS bổ sung có thể phát cùng tín hiệu và trên cùng một tần số, cả khoảng cách giả và pha sóng tải đều có thể tạo ra từ thiết bị giả vệ tinh [4]. Như vậy, chỉ cần cải tiến phần mềm nhúng (Firmware) trong máy thu là có thể bắt được các tín hiệu của cả vệ tinh GPS và giả vệ tinh PS [1], [6]. Phương trình xác định khoảng cách của giả vệ tinh có dạng:

$$R = \sqrt{(X_R - X_{PS})^2 + (Y_R - Y_{PS})^2 + (Z_R - Z_{PS})^2} + c \cdot \Delta + \Delta_{trop} + \xi \quad (2)$$

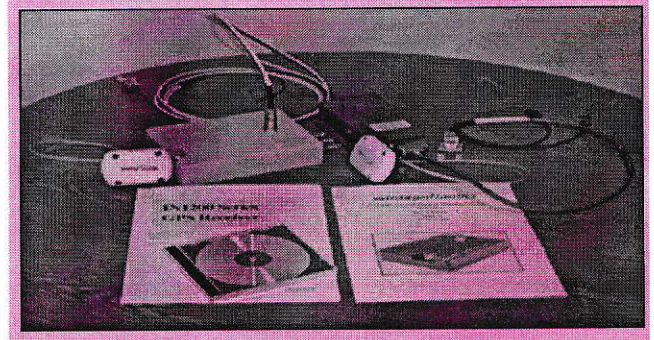
Dễ dàng nhận thấy: so với R trong GPS, trong công thức trên không có Δ_{ion}, tức là không có số hiệu chỉnh độ trễ của tín hiệu khi đi qua tầng điện li, một ảnh hưởng khá lớn đối với kết quả đo GPS. Giả vệ tinh là công nghệ mới, hiện vẫn đang được tiếp tục nghiên cứu các giải pháp để hoàn thiện và

nâng cao hiệu quả trong các nội dung tích hợp với tín hiệu GNSS. định vị trong các điều kiện khó khăn nhưng đòi hỏi độ chính xác cao.

Có ba giải pháp đo giả vệ tinh:

- ❖ Tích hợp GPS/GNSS và giả vệ tinh;
- ❖ Định vị giả vệ tinh;
- ❖ Tích hợp GPS/GNSS, giả vệ tinh và hệ thống định vị quán tính (INS).

Hiện nay, có nhiều hãng sản xuất các thiết bị giả vệ tinh, một trong các sản phẩm được sử dụng phổ biến là giả vệ tinh IN200D của hãng Integri Nautics (H.1).



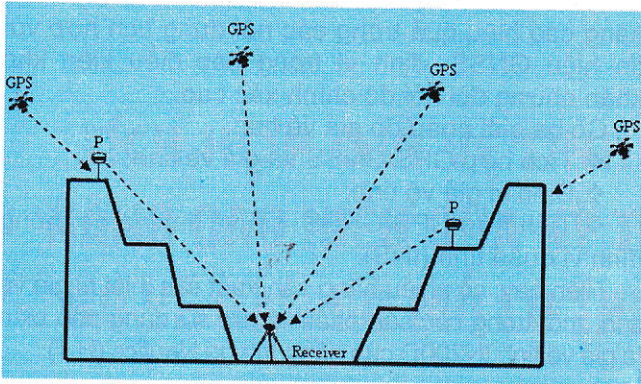
H.1. Các thiết bị điện tử cấu hình giả vệ tinh IN200D

3. Kết hợp giả vệ tinh và GPS/PPK trong mỏ lộ thiên

Độ chính xác của công tác đo đạc và thời điểm đo thuận lợi phụ thuộc rất nhiều vào số lượng vệ tinh và đồ hình phân bố của chúng, các yếu tố kể trên là hàm của thời gian và vị trí điểm quan sát. Trong công nghệ GPS, vị trí điểm quan trắc trên mặt đất được xác định bằng phương pháp giao hội cạnh không gian dựa vào tọa độ theo lịch vệ tinh (Ephemeris) và cạnh đo được từ vệ tinh tới điểm quan trắc. Như vậy, ngoài các yếu tố nội sinh của bản thân hệ thống, độ chính xác định vị tuyệt đối sẽ phụ thuộc vào 2 yếu tố:

- ❖ Độ chính xác đo khoảng cách, được biểu diễn bởi phương sai σ_r;
- ❖ Dạng hình học của đồ hình giao hội (cường độ đồ hình).

Nếu coi giá trị σ_r là đã biết thì độ chính xác định vị phụ thuộc nhiều vào cường độ đồ hình. Phương án tích hợp GPS và giả vệ tinh là giải pháp tăng cường chất lượng trị đo GPS trong trường hợp số vệ tinh không gian (Space-born Satellite) ít hoặc sự phân bố đồ hình vệ tinh không thuận lợi và chính là trường hợp thường xảy ra trong các mỏ lộ thiên đặc biệt các mỏ lộ thiên khai thác xuống sâu (H.2). Các tín hiệu phát đi từ giả vệ tinh có ý nghĩa quan trọng trong việc hỗ trợ tăng cường độ các trị đo GPS khi không đủ số vệ tinh, giảm hệ số PDOP, nâng cao độ chính xác, độ tin cậy của kết quả đo.



H.2. Sự tích hợp tín hiệu vệ tinh GPS và giả vệ tinh PS trong mỏ lộ thiên

Khi ứng dụng giả vệ tinh cần lưu ý các sai số sau:

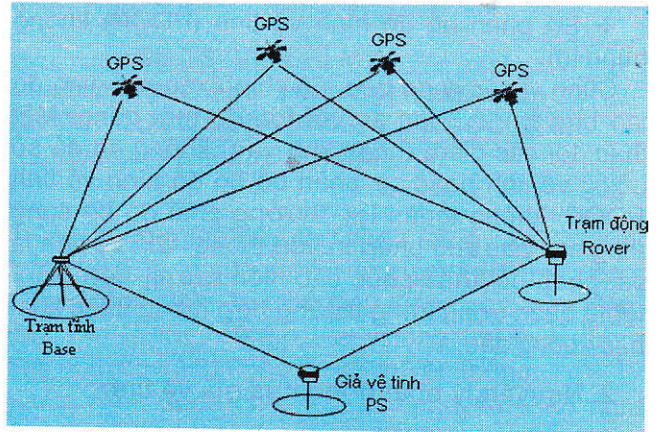
- ❖ Sai số đa đường dẫn: sai số đa đường dẫn của giả vệ tinh có đặc điểm riêng so với đa đường dẫn của tín hiệu GPS, các tín hiệu giả vệ tinh không những phản xạ từ các đối tượng trong khu vực đo và còn phản xạ từ chính máy thu. Mặt khác, góc ngưỡng giữa máy thu và giả vệ tinh rất nhỏ nên ảnh hưởng của đa đường dẫn đối với khoảng cách giả và pha sóng tải là khá lớn. Trong trường hợp máy thu và giả vệ tinh đều cố định (đo tĩnh) thì giá trị sai số đa đường dẫn được coi là một hằng số. Biết được đặc tính sai số đa đường dẫn của giả vệ tinh trong môi trường tĩnh, có thể dễ dàng tìm cách hiệu chỉnh và khắc phục;

- ❖ Sai số tầng đối lưu: một ưu điểm nổi bật của giả vệ tinh là các tín hiệu không bị ảnh hưởng của tầng điện ly, nhưng vẫn còn ảnh hưởng của tầng đối lưu. Các mô hình tiêu chuẩn hiệu chỉnh độ trễ trong tầng đối lưu đối với GPS của Hopfield hoặc Saastamoinen không ứng dụng được cho giả vệ tinh bởi vì thông số các mô hình này được tính toán cho tín hiệu GPS từ 20 000 km, trong khi tín hiệu của giả vệ tinh chỉ có độ cao trong khoảng vài trăm mét. Sai số tầng đối lưu đối với giả vệ tinh phụ thuộc chủ yếu vào điều kiện khí quyển và thời tiết trong khu vực đo. Nếu hiệu khoảng cách giữa giả vệ tinh đến hai máy thu không lớn, sai số tầng đối lưu sẽ được giảm thiểu rất nhiều;

- ❖ Sai số vị trí của giả vệ tinh: khác với GPS - các vệ tinh chuyển động trên quỹ đạo - giả vệ tinh được đặt cố định tại một điểm, vì vậy, sai số vị trí điểm giả vệ tinh được coi là một hằng số. Sai số vị trí của giả vệ tinh có thể làm ảnh hưởng đáng kể đến trị đo pha, tuy vậy, sai số này chúng chỉ nằm trong khoảng vài cen-ti-met;

- ❖ Việc bố trí đồ hình tích hợp giả vệ tinh và GPS thích hợp sẽ nâng cao độ chính xác xác định tọa độ điểm (H.3). Việc chọn vị trí giả vệ tinh hợp lý là vấn đề quan trọng vì liên quan đến một vấn đề trong công nghệ này đó là bài toán gần xa (Near-Far

Problem). Bản chất của vấn đề gần xa là: khi khoảng cách giữa giả vệ tinh và các máy thu GPS thay đổi, công suất tín hiệu cũng thay đổi [5]. Khoảng cách quá gần sẽ gây nhiễu máy thu do hiện tượng giao thoa tín hiệu; ngược lại, khoảng cách quá xa sẽ làm cho tín hiệu yếu không đến được máy thu. Tuy nhiên, gần đây, các giả vệ tinh đã áp dụng phương án phát tín hiệu dưới dạng xung với chu kỳ ngắn cố định (Fixed Cycle Rate) đã khắc phục được vấn đề này.



H.3. Đồ hình tích hợp giả vệ tinh và GPS

4. Kết luận

- ❖ Khi ứng dụng công nghệ đo chi tiết bằng giả vệ tinh và GPS/PPK, cho phép ta sử dụng trạm base cố định nằm trong ranh giới mỏ với khoảng cách khoảng từ 5 km (đối với máy một tần số) đến 10 km (đối với máy hai tần số), do vậy, không cần phải xây dựng mạng lưới khống chế cơ sở dày đặc trên bề mặt mỏ mà chỉ cần xây dựng một số điểm ở vị trí thuận lợi, thậm chí có thể bố trí trạm base chung cho nhiều mỏ gần nhau trong cùng khu vực;

- ❖ Việc ứng dụng công nghệ giả vệ tinh và GPS/PPK để đo vẽ mỏ lộ thiên sẽ không đòi hỏi xây dựng điểm khống chế đo vẽ. Đây là công đoạn đòi hỏi phải có một tập hợp điểm trên bề mặt mỏ; trong điều kiện khai thác xuống sâu, tầm ngắm thông hạn chế, nhiều khi không thực hiện được;

- ❖ Tích hợp giả vệ tinh và GPS/PPK, công tác đo vẽ chi tiết chiếm thời gian ít hơn so với phương pháp toàn đạc điện tử. Tại mỗi trạm động, thời gian thu tín hiệu trong khoảng 15-20 giây [2,3], nhanh hơn nhiều so với thao tác đọc số theo gương của máy toàn đạc điện tử;

- ❖ Sử dụng công nghệ GPS động đo chi tiết mỏ lộ thiên sẽ thay đổi toàn bộ chu trình truyền thống. Bên cạnh ưu điểm về giảm kinh phí, công sức, việc rút ngắn thời gian đo vẽ ngoại nghiệp trên công trường góp phần bảo vệ sức khỏe và an toàn cho cán bộ trắc địa mỏ. □

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Đặng Nam Chinh, Đỗ Ngọc Đường. Định vị vệ tinh. NXB Khoa học và Kỹ thuật. Hà Nội. 2014
2. Võ Chí Mỹ. Đánh giá khả năng ứng dụng công nghệ GPS động trong mỏ lộ thiên Việt Nam, Tạp chí Công nghiệp Mỏ. Số 3. Hà Nội. 2009.
3. Võ Chí Mỹ, Phạm Hồng Tài. Nghiên cứu ứng dụng công nghệ GPS động trong mỏ lộ thiên khai thác xuống sâu, báo cáo đề tài NCKH Vinacomin, Hà Nội. 2014.
4. Jonathan M. Stone, Edward A. Le Master, Prof. J. David Powell. GPS Pseudo-satellite Transceivers-and their Applications. Internal Paper, Stanford University. 2009.
5. Barltrop K., Stafford J., Elrod B. Local DGPS with pseudo-satellite augmentation and implementation considerations for LAAS. US Institute of navigation GPS 2000, Kansas City, Missouri. 2006.
6. Wang J., Rizos C. et al. Integration of GNSS and Pseudo-satellite: New concepts for precise positioning, School of Surveying and Spatial Information System, University of New South Wales, Sydney. 2005.
7. Zimmerman K.R., Cohen C.I., et al. Multi-

frequency pseudo-satellite for instantaneous carrier ambiguity resolution, US Institute of Navigation GPS-2000, Salt Lake City. 2008.

Người biên tập: Võ Trọng Hùng

SUMMARY

So far, GPS technology has been applied successfully in open-pit mines. Thank reduction of many stages, the GPS/PPK method has demonstrated imposing advantages including its accuracy and economic effect. However, the accuracy, availability and reliability of positioning results is very dependent on both the number and geometric distribution of satellites being tracked. In deep open pit mines, sufficient number of "visible" satellite can not be guaranteed everywhere. The paper presents the method of integration of pseudo-satellite and GPS/PPK for improving technical and economical effects of surveying works in deep open-pit mines.

VẤN ĐỀ QUY HOẠCH...

(Tiếp theo trang 33)

Trong đó: a_t - Hệ số chiết khấu thời gian t tương ứng với tỉ suất chiết khấu r đã chọn: $a_t = 1/(1+r)^t$.

Chi phí đồ thải được hạch toán vào giá thành sản phẩm của từng năm, quý, tháng trong quá trình sản xuất. Do đó tỉ suất chiết khấu có thể lựa chọn là lãi vay ngắn hạn (lãi suất trần 0,85 %/tháng).

Như vậy, tối ưu hoá quá trình đồ thải xét đến yếu tố thời gian, khi đã xác định được chi phí tối ưu theo các phương án ở từng giai đoạn có thể trình bày như sau:

$$Z = \sum \left(\frac{Z_k}{T} \times \sum a_t \right) \rightarrow \min \quad (4)$$

Trong đó: Z_k - Chi phí đồ thải ở các giai đoạn của từng phương án; T - Số tháng trong giai đoạn k ;
 $\sum_{t=1}^T a_t$ - Tổng hệ số chiết khấu ở giai đoạn k : $\sum_{t=1}^T a_t = \sum_{t=1}^T \frac{1}{(1+r)^t}$.

Khi bài toán tối ưu thoả mãn điều kiện trên đây thì sẽ lựa chọn được phương án tối ưu quy hoạch đồ thải. Sơ đồ hình khối khi giải bài toán tối ưu vận tải xem H.2.□

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Quy hoạch công tác thăm dò, khai thác, chế biến và sử dụng quặng apatit đến năm 2020 có xét đến năm 2030. Công ty Cổ phần Tư vấn Đầu tư và Xây dựng Mỏ. 2014. Bộ Công Thương.

2. Dự án đầu tư xây dựng công trình cải tạo khai thác quặng apatit khai trường Ngòi Đum-Đông Hồ-Công ty TNHH MTV Apatit Việt Nam. Công ty Cổ phần Tư vấn Đầu tư và Xây dựng Mỏ. 2011,

3. Quy hoạch phát triển kinh tế xã hội của tỉnh Lào Cai.

Người biên tập: Võ Trọng Hùng

SUMMARY

In the future, with the source apatite grade I depleted, Vietnam Apatite Company will have to improve yields apatite grade II in the deep mining at Cốc, Ngòi Đum-Đông Hồ mining group. Hence mine tailings will be issues that need special attention. This paper proposes an orientation to gradually overcome difficulties on the work of the mine waste dump.