

# THỬ NGHIỆM QUAN TRẮC TRỌNG LỰC CHÍNH XÁC CAO Ở VIỆT NAM BẰNG MÁY CG-3

CAO ĐÌNH TRIỀU, LÊ VĂN DŨNG,  
PHẠM NAM HÙNG

## I. MỞ ĐẦU

Máy trọng lực thăm dò được dùng rộng rãi ở nước ta trong thời gian qua chủ yếu sản xuất tại Liên Xô cũ (HY-KB 296, P-K<sub>2</sub>) và Trung Quốc (Z400, 188 và 189). Ưu điểm của loại máy thế hệ này là gọn, nhẹ, thuận tiện cho công tác thực địa. Bên cạnh đó nó cũng có một số nhược điểm như thao tác thủ công, tính ổn định kém, dải đo hẹp và sai số lớn (0,12 mGal) vì vậy chỉ đảm bảo tốt trong công tác thiết lập bản đồ dị thường trọng lực tỷ lệ nhỏ. Với những đòi hỏi cao về độ chi tiết trong công tác thăm dò trọng lực ngày nay thì các loại máy thế hệ cũ không đáp ứng được.

Nhằm mục đích tăng cường độ chi tiết của phương pháp thăm dò, năm 1999 Viện Vật lý Địa cầu nhập một máy trọng lực chi tiết cao CG-3 của hãng máy Địa vật lý Scintrex, Canada; máy có các ưu điểm như sau:

- Độ phân dải cao, cỡ 0,005 đến 0,001 mGal, nên có thể sử dụng trong thăm dò vi trọng lực và thiết lập mạng lưới tựa trọng lực.

- Đo tự động hoàn toàn, số liệu quan trắc hiện trên màn hình và có bộ nhớ lưu trữ cũng như khả năng chuyển tải số liệu vào máy tính tạo nên sự gắn kết chặt chẽ của quá trình tự động hoá các khâu: quan trắc - phân tích - xử lý số liệu.

- Số liệu quan trắc được nối kết với một hệ phần mềm xử lý các hiệu chỉnh như: nhiệt độ, độ nghiêng, địa triều, nhiễu độ ổn và rung động,... đảm bảo độ chính xác cao trong quan trắc trọng lực.

Bước đầu, nhằm tìm hiểu khả năng ứng dụng máy CG-3 chúng tôi đã tiến hành quan trắc thí điểm nghiên cứu biến thiên trọng lực, tính ổn định của máy cũng như khả năng nghiên cứu trọng lực chính xác cao ở Việt Nam. Bài báo này trình bày một số kết quả về hướng nghiên cứu đó.

## II. MÁY TRỌNG LỰC CG-3

Máy trọng lực độ chính xác cao CG-3 cũng có các thông số cân bù, kiểm tra định kỳ và điều chỉnh thường xuyên. Đó là các thông số có giá trị xác định chuẩn khi xuất xưởng như:

- 1) Hằng số nhiệt độ (TEMPCO) = - 0,1111 ;
- 2) Hằng số dịch chuyển = 0,655 ;
- 3) Điều chỉnh độ nghiêng :
  - Độ nhạy độ nghiêng theo trục X (TILTX), = 271,8 ;
  - Độ nhạy độ nghiêng theo trục Y (TILTY), = 273,9 ;
- 4) Hằng số chuẩn của máy :
  - Hằng số chuẩn 1 (Gravity Constant 1, GCAL1), = 6196,397 ;
  - Hằng số chuẩn 2 (Gravity Constant 2, GCAL2), = 00,000 ;
  - Hệ số của máy, K = 1,16.

Vấn đề điều chỉnh, kiểm tra và xác định lại các hằng số của máy luôn tuân thủ theo một quy phạm nhất định được quy định trong [5].

### 1. Nguyên lý hoạt động của CG-3

Nguyên lý hoạt động của CG-3 dựa trên cơ sở hệ thống đàn hồi thạch anh [5]. Máy CG-3 có bộ phận giảm ảnh hưởng tiếng ồn, ghi tự động với độ phân giải cao, đạt cỡ 0,005 đến 0,001 mGal và vì vậy có thể được sử dụng trong đo trọng lực chính xác cao (đo tựa trọng lực) hoặc nghiên cứu vi trọng lực, thăm dò trọng lực chi tiết. Phạm vi hoạt động của máy trong giới hạn thay đổi nhiệt độ từ -40 °C đến +45 °C (và có thể hoạt động ổn định tới +55 °C). Toàn bộ các bộ phận cấu tạo của máy đặt trong môi trường chân không tuyệt đối, đảm bảo hoạt động ổn định của hệ thống đàn hồi thạch anh,

tạo nên tính ổn định của máy và đảm bảo độ trôi điểm không đạt bé hơn 0,02 mGal/ngày.

## 2. Dải đọc của máy trọng lực CG-3

Dải đọc của máy trọng lực CG-3 là rất rộng, có thể đạt tới 7000 mGal.

Giới hạn dưới phạm vi phép đo trọng lực của máy CG-3 ( $SU_{\min}$ ) có thể được thiết lập trên cơ sở gán giá trị (SF/SC) = 0,1 vào công thức (4)

$$SU_{\min} = 0,1 * GCAL1 + 0,01 * GCAL2 \quad (1)$$

Giá trị trung bình của  $SU_{\min}$  khoảng 600 mGal (tùy thuộc vào giá trị GCAL1 và GCAL2).

Giới hạn trên phạm vi phép đo trọng lực của máy CG-3 ( $SU_{\max}$ ) có thể được thiết lập trên cơ sở gán giá trị (SF/SC) = 1,457 vào công thức (4)

$$SU_{\max} = 1,457 * GCAL1 + 2,123 * GCAL2 \quad (2)$$

Giá trị trung bình của  $SU_{\max}$  khoảng 8800 mGal (tùy thuộc vào giá trị GCAL1 và GCAL2).

Giá trị đọc trung bình của CG-3 xác định và điều chỉnh tại nơi sản xuất, tại Toronto (43,7 độ vĩ Bắc) là khoảng 4200 mGal. Với dải đo cỡ 8000 mGal; máy CG-3 có thể được sử dụng bất cứ vị trí nào trên mặt đất, từ độ cao hàng ngàn mét so với

$$RU_{ij} = \frac{\sum_{j=1}^Y \sum_{i=1}^X GCAL1 \left( \frac{SF_{ij}}{SC_j} \right) + GCAL2 \left( \frac{SF_{ij}}{SC_j} \right)^2 + C_{ij}}{(j-1)x + i - NR} = \frac{\sum_{j=1}^Y \sum_{i=1}^X (S_{ij} + C_{ij})}{DUR} \quad (6)$$

Trong đó:  $SC_j$  là giá trị của  $j^{\text{th}}$  điện áp chuẩn và  $SF_{ij}$ ,  $C_{ij}$  là  $i^{\text{th}}$  mẫu trọng lực và hiệu chỉnh sau lần thứ  $j^{\text{th}}$  chuẩn điện áp.

Giá trị đọc trọng lực hiển thị trên màn hình được xác định trên cơ sở công thức (7):

$$R = RU + TIC + ETC - TEC \quad (7)$$

Trong đó: TIC (tilt correction) - hiệu chỉnh độ nghiêng, TEC (temperature correction) - hiệu chỉnh nhiệt độ, ETC (earth tide correction) - hiệu chỉnh địa triều và RU - giá trị đọc mẫu được xác định trên cơ sở công thức (6).

Độ lệch chuẩn SD trọng lực được xác định trung bình trong 1 giây, giá trị này thường không

mặt biển, từ xích đạo và ngay cả ở hai cực.

Giá trị trọng lực bình thường là một hàm số phụ thuộc vào vĩ độ của điểm quan sát, được biểu diễn bằng công thức (3).

$$g = g_e * [1 + b * \sin^2 \theta - (b_1 * \sin 2\theta)] \quad (3)$$

Trong đó:  $g_e = 978,03268$  (Gal), giá trị trọng lực tại xích đạo,  $b = 0,00503244$ ,  $b_1 = 0,0000058$ ,  $\theta =$  độ vĩ.

## 3. Xử lý tín hiệu trọng lực

Điện áp chuẩn và hệ số chuẩn khác được áp dụng cho hàm tín hiệu  $f_{\text{cal}}$  nhằm xác định giá trị mẫu chưa hiệu chỉnh bằng công thức sau [2-6]:

$$SU = f_{\text{cal}}(SC, SF) = GCAL1(SF/SC) + GCAL2(SF/SC)^2 \quad (4)$$

GCAL1 và GCAL2 là hằng số chuẩn của thiết bị, có thể nhập vào máy CG-3 thông qua bàn phím.

Giá trị mẫu đã hiệu chỉnh được thiết lập trên cơ sở công thức (5), có dạng:

$$S = SU - DC + GREF + TIC = SU + C \quad (5)$$

Giá trị đọc của mẫu đã hiệu chỉnh được xác định bởi công thức (6):

vượt quá 0,04 mGal trong vòng 1 ngày quan sát. Nếu quan sát được tiến hành trong vòng 2 giờ, độ lệch chuẩn của phép đo trọng lực (sai số phép đo) của CG-3 là  $3 * 10^{-3}$  mGal.

### 1. Hiệu chỉnh dịch chuyển điểm không

Thông thường hệ thống đàn hồi thạch anh sẽ có độ biến dạng theo thời gian và gây nên độ lệch thiết bị đo trọng lực. Hiệu chỉnh do ảnh hưởng biến đổi của hệ thống đàn hồi thạch anh gọi là hiệu chỉnh dịch chuyển điểm không. Sau giai đoạn đầu ổn định, hiệu ứng độ lệch sẽ thay đổi tuyến tính theo thời gian. Nếu hai thời điểm đo là  $t_1$  và  $t_2$  tại cùng 1 điểm có giá trị trọng lực không đổi thì sự khác biệt giữa kết quả quan trắc sẽ phụ thuộc vào tốc độ dịch chuyển điểm không,  $d$ , của thiết bị và là:

$$RU(\bar{i}_2) - RU(\bar{i}_1) = d(\bar{i}_2 - \bar{i}_1) \quad (8)$$

Độ dịch chuyển của thiết bị sẽ là :

$$DC(t) = (t - t_1)d \quad (9)$$

Nếu đề cập tới độ dịch chuyển điểm không thì phương trình (8) sẽ là :

$$R(\bar{i}_2) - R(\bar{i}_1) = RU(\bar{i}_2) - DC(\bar{i}_2) - RU(\bar{i}_1) \quad (10)$$

$$= [d(\bar{i}_2 - \bar{i}_1) - (\bar{i}_2 - \bar{i}_1)]$$

Trong trường hợp hiệu chỉnh độ lệch được thực hiện đầy đủ, ta có :

$$Dift = d, \quad R(\bar{i}_2) - R(\bar{i}_1) = 0 \quad (11)$$

## 2. Hiệu chỉnh độ nghiêng, TIC

Hiệu chỉnh độ nghiêng được xác định trên cơ sở công thức :

$$RU(\theta_x, \theta_y) = RU(0,0) - g(1 - \cos\theta_x \cdot \cos\theta_y) \quad (12)$$

Trong đó : g - giá trị trọng lực tại vị trí quan sát và  $\theta_x, \theta_y$  - độ nghiêng của phân tử nhạy trọng lực theo hai trục trục giao x, y. Khi máy trọng lực được cân bằng tuyệt đối ta có  $\theta_x = \theta_y = 0$ .

Hiệu chỉnh độ nghiêng hoạt động trong phạm vi  $\pm 200$  arcsec và là :

$$TIC = g_t(1 - \cos x \cdot \cos y) \quad (13)$$

Trong đó :  $g_t$  là giá trị trọng lực trung bình của mặt Geoit, cỡ 980,6 Gal, và x, y biểu thị độ nghiêng máy trọng lực theo trục x và y.

Nếu thừa nhận  $g_t = g$  (với sai số phép đo  $2 \cdot 10^{-3}$  mGal), hiệu chỉnh sẽ là :

$$R(\theta_x, \theta_y) = RU(0,0) - g_t(\cos\theta_x \cdot \cos\theta_y - \cos x \cdot \cos y) \quad (14)$$

$$\text{Khi } x = \theta_x, y = \theta_y \quad (15)$$

$$\text{Ta có: } R(\theta_x, \theta_y) = RU(0,0) - R(0,0) \quad (16)$$

## 3. Hiệu chỉnh bù nhiệt độ, TEC

Hiệu chỉnh bù nhiệt độ được xác định trên cơ sở công thức :

$$TEC = TEMPCO \cdot TEMP \quad (17)$$

TEMPCO là hệ số nhiệt độ của thiết bị (đơn vị là mGal/mK). Phạm vi của độ lệch nhiệt độ, TEMP, là  $\pm 3,0$  mK.

## 4. Hiệu chỉnh địa triều, ETC

Hiệu chỉnh địa triều, ETC, được thiết lập trên cơ sở công thức lý thuyết loại trừ ảnh hưởng của Mặt Trăng và Mặt Trời tới giá trị quan sát trọng lực tại điểm đo có giá trị toạ độ và thời gian đo đã được xác định trước.

Sai số xác định giá trị trọng lực được tính toán trên cơ sở công thức :

- Đối với trường hợp không sử dụng chế độ lọc địa chấn :

$$ERR = SD/DUR \quad (18)$$

- Đối với trường hợp sử dụng chế độ lọc địa chấn ta có :

$$ERR = SD / (DUR)^n \quad (19)$$

Trong đó : ERR - sai số xác định giá trị trọng lực, SD - độ lệch chuẩn, DUR - khoảng thời gian tồn tại phép đo và  $n = 1-2$  nếu thiết lập chế độ lọc địa chấn.

## III. QUAN TRẮC THỬ NGHIỆM BIẾN THIÊN TRỌNG LỰC TẠI VIỆN VẬT LÝ ĐỊA CẦU

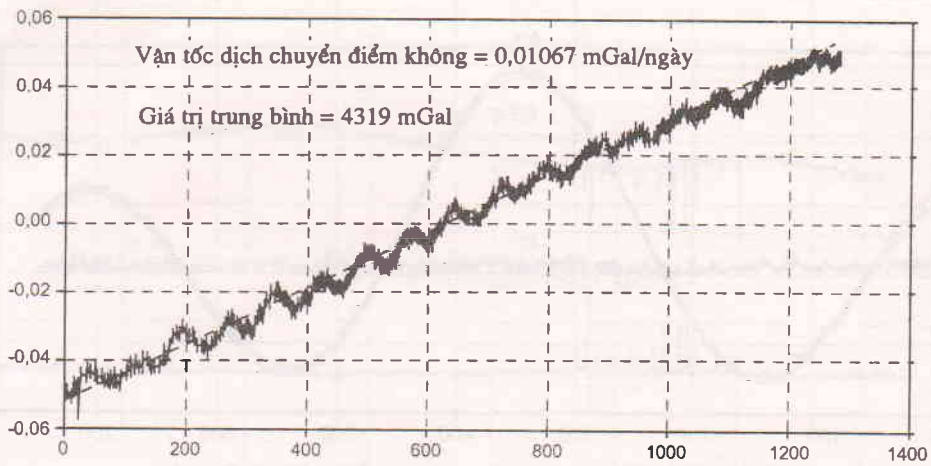
Quan trắc trọng lực tại điểm chuẩn, trong phòng thí nghiệm thường được sử dụng nhằm mục đích xác định các chỉ tiêu sau :

- Độ trôi điểm không ;
- Độ lệch tiêu chuẩn của máy trọng lực, hay còn gọi là độ lệch chuẩn. Đặc trưng này phản ánh tính ổn định của máy trọng lực ;
- Ảnh hưởng của biến thiên địa triều tới giá trị đo trọng lực ;
- Kiểm tra độ chính xác của hằng số máy.

### 1. Kết quả chuẩn máy CG-3 tại trường Kỹ Nghệ Muenchen-Callar

- Vận tốc dịch chuyển điểm không đạt 0,01067 mGal/ngày (hình 1) ;

- Độ lệch tiêu chuẩn của máy đạt 0,001 mGal nếu phép đo được tiến hành trong phạm vi 2 giờ trong điều kiện sử dụng chế độ loại trừ chấn động. Đối với trường hợp có những chấn động mạnh như các vụ nổ công nghiệp hoặc là động đất thì đường cong biến đổi độ lệch chuẩn thay đổi rất mạnh, có thể đạt giá trị cỡ 0,30 mGal như trường hợp trận động đất Toronto ngày 21 tháng 4 năm 1997 (hình 2). Điều này cho phép ghi nhận thời điểm xuất



Hình 1. Biểu đồ dịch chuyển điểm không của CG-3 tại điểm quan trắc Trường kỹ nghệ Muenchen-Cellar từ ngày 20 đến 29 tháng 6 năm 1994  
 Chu kỳ đo = 10 phút, bắt đầu từ 08.27.56 đến 06.37.56

hiện động đất bằng biểu hiện nhảy vọt của đường biến đổi độ lệch tiêu chuẩn.

- Ảnh hưởng của biến thiên địa triều tới giá trị đo trọng lực đã được loại trừ bằng một phần mềm phân tích được cài đặt sẵn trong máy.

- Hệ số máy CG-3 là ổn định và đạt giá trị 1,16.

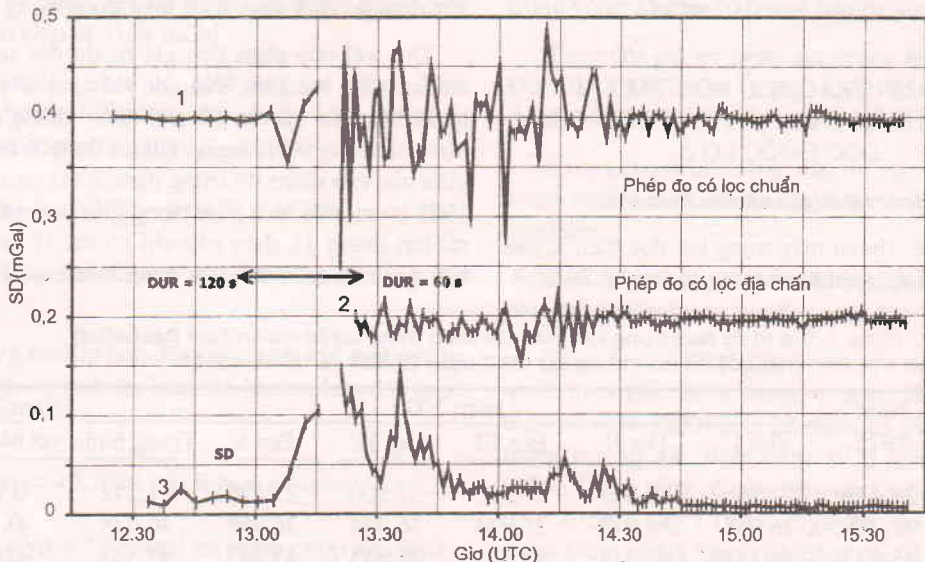
## 2. Một số kết quả quan trắc thử nghiệm tại Viện Vật lý Địa cầu

Quan trắc thử nghiệm máy trọng lực CG-3 tiến hành tại Phòng Địa động lực, Viện Vật lý Địa cầu.

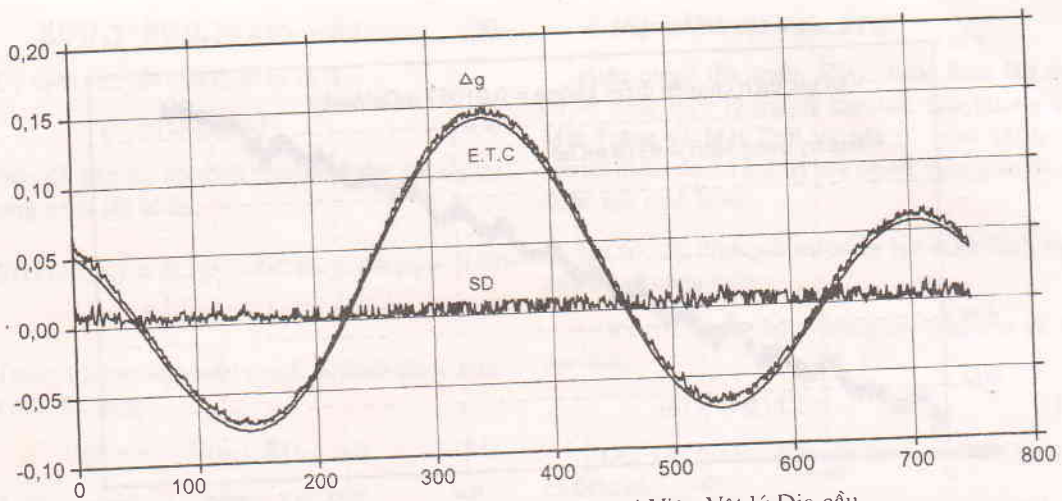
Các quan trắc liên tục được tiến hành ở những thời điểm khác nhau, cụ thể là : ngày 03, 07, 10, 11, 17-20, 24 và 27-29 tháng 3 ; ngày 05-08 và 24-28 tháng 4 ; 05-06, 08-09 và 15-20 tháng 5 ; ngày 13-14 tháng 6 năm 2000. Kết quả quan trắc cho thấy :

- Hệ số máy CG-3 lấy bằng 1,16 là ổn định, điều này được biểu hiện bằng sự chồng khớp giữa đường cong biến thiên trọng lực và biến thiên địa triều (hình 3).

- Vận tốc trôi điểm không là 0,012 mGal/ngày.



Hình 2. Biểu đồ biến đổi độ lệch chuẩn máy CG-3 trong thời kỳ xảy ra động đất Toronto ngày 21-4-1997  
 1. Sử dụng chế độ lệch chuẩn, 2. sử dụng chế độ lọc địa chấn và 3. không sử dụng chế độ lọc nhiễu



Hình 3. Biểu đồ biến thiên trọng lực tại Viện Vật lý Địa cầu  
 $\Delta g$  - đường cong biến thiên trọng lực, E.T.C - biến thiên địa triều, SD - độ lệch chuẩn

- Độ lệch tiêu chuẩn của máy trọng lực là nhỏ hơn 0,024 mGal/ngày trong điều kiện sử dụng chế độ loại bỏ tiếng ồn và rung động địa chấn.

- Trong thời gian xảy ra động đất lúc 23 giờ 14 phút 15 giây giờ GMT ngày 19 tháng 5 năm 2000 với Magnitud  $M_s = 5.75$  và tọa độ 3,99S, 123,63E vẫn có biểu hiện của sự thay đổi biên độ của đường độ lệch tiêu chuẩn và biên độ của đường cong biến thiên trọng lực (hình 4).

Như vậy, qua thử nghiệm tại Viện Vật lý Địa cầu cho thấy độ chính xác và độ ổn định của máy trọng lực CG-3 là rất cao, có thể sử dụng trong các phép đo với sai số nhỏ hơn 0,02 mGal.

#### IV. QUAN TRẮC THỬ NGHIỆM TẠI TUYẾN CHUẨN TAM ĐẢO VÀ TUYẾN TỰ A ĐỘC QUỐC LỘ 6

##### 1. Quan trắc tại tuyến chuẩn Tam Đảo

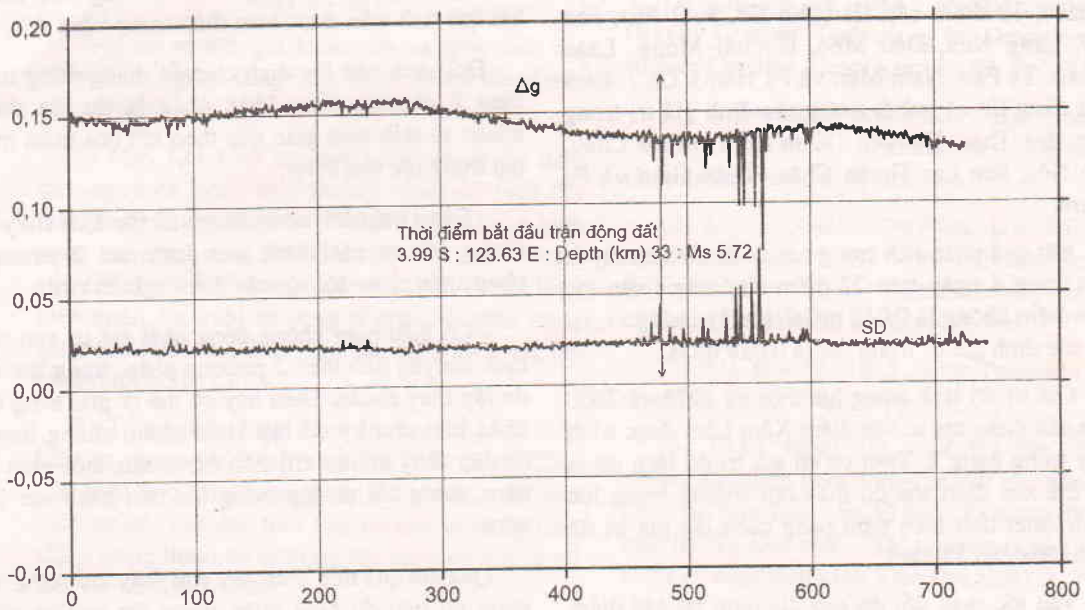
Quan trắc, chuẩn máy trọng lực dọc theo tuyến chuẩn Tam Đảo tiến hành trong các ngày 29-30/4

và 1-5-2000. Tuyến chuẩn này được thiết lập năm 1975 bao gồm 8 điểm mà ở đó người ta xác định độ chênh lệch giá trị trọng lực tại các cặp điểm với sai số đạt cỡ 0,02 mGal phục vụ cho việc chuẩn máy trọng lực định kỳ. Vị trí điểm được gắn mốc bằng gang trên tấm bê tông kiên cố. Do điều kiện khách quan, hiện nay có 2 điểm không thể tìm thấy chính xác mốc gắn nên kết quả quan trắc chỉ có thể gọi là chính xác trên các điểm D2, D3, D4, D5, D6, D8. Độ lệch trọng lực giữa các cặp điểm được quan sát 3 lần trong 3 ngày và theo nguyên tắc đo lặp liên tiếp 3 lần tại một điểm và thời gian quan trắc tại một điểm không vượt quá 20 phút. Kết quả xác định độ lệch được biểu hiện trong bảng 1.

Qua kết quả phân tích giá trị đo đạc tại tuyến chuẩn trọng lực Tam Đảo cho thấy sai số phép đo là 0,028 mGal và vận tốc trôi điểm không đạt nhỏ hơn hoặc bằng 0,012/ngày. Giá trị độ lệch trọng lực giữa các cặp điểm đo trong năm 2000 so với năm 1975 có một độ lệch nằm trong giới hạn  $\pm 0.133$  là rất lớn (bảng 1), điều này chỉ có thể lý giải bằng hậu quả của quá trình vận động kiến tạo. Theo kết

Bảng 1. Giá trị độ lệch trọng lực giữa các điểm trong tuyến chuẩn Tam Đảo (mGal)  
 (Kết quả đo máy trọng lực CG-3 ngày 29,30/4 và 1/5 năm 2000)

Ký hiệu	Năm 1975	Năm 2000						Trung bình	Năm 2000 so với năm 1975
		Đợt I	Đợt II	Đợt III	Đợt IV	Đợt V			
D <sub>2</sub> -D <sub>3</sub>	27,439	27,555	27,563	27,520	27,500	27,570	27,542	0,103	
D <sub>3</sub> -D <sub>4</sub>	37,071	36,947	36,910	36,924	36,944	36,958	36,938	-0,133	
D <sub>4</sub> -D <sub>5</sub>	45,393	45,313	45,343	45,361	45,353	45,343	45,343	-0,050	
D <sub>5</sub> -D <sub>6</sub>	32,822	32,785	32,763	32,797	32,770	32,711	32,765	-0,057	



Hình 4. Biểu đồ biến thiên trọng lực và biến đổi độ lệch chuẩn máy CG-3 trong thời kỳ xảy ra động đất ngày 19 tháng 5 năm 2000  
 $\Delta g$  - đường cong biến thiên trọng lực, SD - độ lệch chuẩn

quả nghiên cứu được công bố trong [1] thì vận tốc chuyển động thẳng đứng của Tam Đảo có thể đạt 10 mm/năm. Phân tích kết quả quan trắc trên quan điểm vận động kiến tạo cho thấy :

- Điểm hai ở chân núi bị lún mạnh, từ điểm bốn trở lên bị nâng, giá trị trọng lực giảm trung bình của Tam Đảo là  $-0,08$  mGal

- Biến đổi giá trị độ lệch trọng lực giữa 2 điểm do ảnh hưởng biến động độ cao địa hình được xác định trên cơ sở công thức :

$$\Delta g_E = -(0,3086 - 0,0419\rho) \text{ mGal/m} \quad (20)$$

$\rho$  - mật độ đất đá lớp trên bề mặt (khoảng  $2,5 \text{ g/cm}^3$ ).

Trong trường hợp đặc biệt điểm xác định giá trị nằm dưới bề mặt địa hình (lỗ khoan, hầm lò) ta có công thức :

$$\Delta g_E = -(0,3086 - 0,0838\rho) \text{ mGal/m} \quad (21)$$

Nếu lấy  $\rho = 2,5 \text{ g/cm}^3$  thì trường hợp độ cao địa hình thay đổi 1m, biến đổi trường trọng lực sẽ là :

$$\Delta g_E = -0,204 \text{ mGal/m} \quad (22)$$

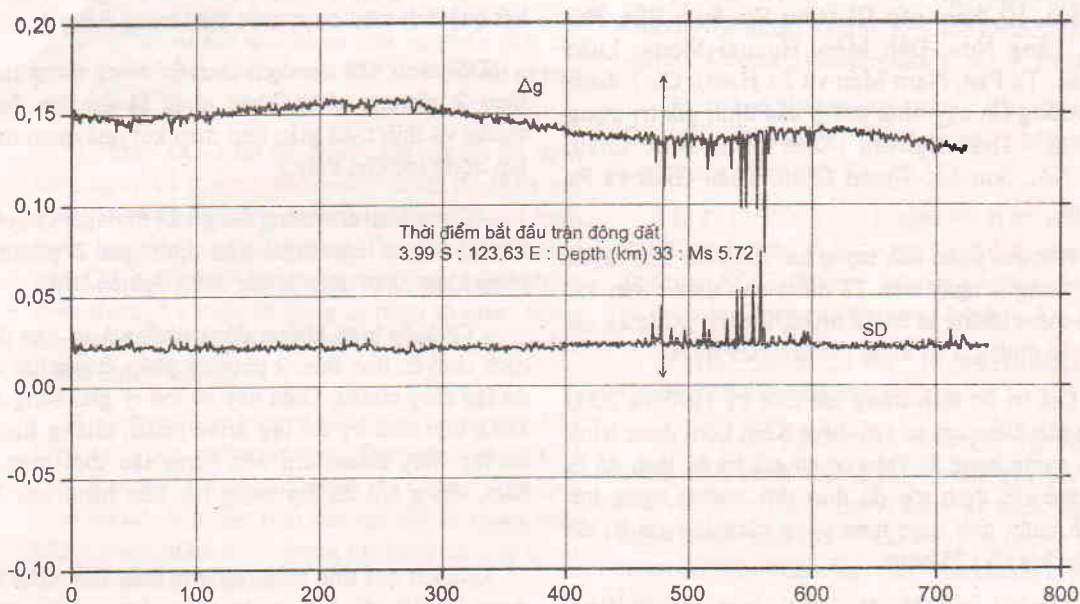
- Điểm  $D_2$  nằm ở chân núi Tam Đảo,  $D_3$  nằm sát chân núi. Biến đổi giá trị trọng lực qua hai thời kỳ quan sát (1975 và 2000) là 0,103. Như vậy, thay đổi chênh lệch độ cao giữa 2 điểm  $\approx 0,5$  m trong vòng 25 năm.

Thay đổi giá trị trọng lực trung bình núi Tam Đảo là  $-0,08$  mGal trong vòng 25 năm tương đương với 0,392 m.

Theo kết quả quan trắc này thì vận tốc nâng lên trung bình của Tam Đảo là  $392 \text{ mm}/25\text{năm} = 16 \text{ mm/năm}$ .

## 2. Kết quả quan trắc thử nghiệm máy CG-3 theo tuyến tựa trọng lực dọc quốc lộ 6

Quan trắc thử nghiệm tuyến tựa trọng lực dọc quốc lộ 6 tiến hành trong 4 ngày (24-26 và 28 tháng 6 năm 2000) trên 22 điểm có giá trị gia tốc trọng trường xác định năm 1975 với sai số 0,2 mGal. Trong tổng số các điểm tựa Quốc gia kể trên có : 2 điểm cấp I (Thảo Nguyên hay còn gọi là Xôm Lôm và Nà Sản), 10 điểm cấp II (Hoà Bình, Mộc Châu, Đông Khùa, Yên Châu, Cò Nòi, Sơn



Hình 4. Biểu đồ biến thiên trọng lực và biến đổi độ lệch chuẩn máy CG-3 trong thời kỳ xảy ra động đất ngày 19 tháng 5 năm 2000  
 $\Delta g$  - đường cong biến thiên trọng lực, SD - độ lệch chuẩn

quả nghiên cứu được công bố trong [1] thì vận tốc chuyển động thẳng đứng của Tam Đảo có thể đạt 10 mm/năm. Phân tích kết quả quan trắc trên quan điểm vận động kiến tạo cho thấy :

- Điểm hai ở chân núi bị lún mạnh, từ điểm bốn trở lên bị nâng, giá trị trọng lực giảm trung bình của Tam Đảo là -0,08 mGal

- Biến đổi giá trị độ lệch trọng lực giữa 2 điểm do ảnh hưởng biến động độ cao địa hình được xác định trên cơ sở công thức :

$$\Delta g_E = -(0,3086 - 0,0419\rho) \text{ mGal/m} \quad (20)$$

$\rho$  - mật độ đất đá lớp trên bề mặt (khoảng 2,5 g/cm<sup>3</sup>).

Trong trường hợp đặc biệt điểm xác định giá trị nằm dưới bề mặt địa hình (lỗ khoan, hầm lò) ta có công thức :

$$\Delta g_E = -(0,3086 - 0,0838\rho) \text{ mGal/m} \quad (21)$$

Nếu lấy  $\rho = 2,5 \text{ g/cm}^3$  thì trường hợp độ cao địa hình thay đổi 1m, biến đổi trường trọng lực sẽ là :

$$\Delta g_E = -0,204 \text{ mGal/m} \quad (22)$$

- Điểm D<sub>2</sub> nằm ở chân núi Tam Đảo, D<sub>3</sub> nằm sát chân núi. Biến đổi giá trị trọng lực qua hai thời kỳ quan sát (1975 và 2000) là 0,103. Như vậy, thay đổi chênh lệch độ cao giữa 2 điểm  $\approx 0,5 \text{ m}$  trong vòng 25 năm.

Thay đổi giá trị trọng lực trung bình núi Tam Đảo là -0,08 mGal trong vòng 25 năm tương đương với 0,392 m.

Theo kết quả quan trắc này thì vận tốc nâng lên trung bình của Tam Đảo là 392 mm/25năm = 16 mm/năm.

**2. Kết quả quan trắc thử nghiệm máy CG-3 theo tuyến tọa trọng lực dọc quốc lộ 6**

Quan trắc thử nghiệm tuyến tọa trọng lực dọc quốc lộ 6 tiến hành trong 4 ngày (24-26 và 28 tháng 6 năm 2000) trên 22 điểm có giá trị gia tốc trọng trường xác định năm 1975 với sai số 0,2 mGal. Trong tổng số các điểm tọa Quốc gia kể trên có : 2 điểm cấp I (Thảo Nguyên hay còn gọi là Xôm Lôm và Nà Sản), 10 điểm cấp II (Hoà Bình, Mộc Châu, Đông Khùa, Yên Châu, Cò Nòi, Sơn

La, Thuận Châu, Pha Đin, Tuần Giáo và Lai Châu), 10 điểm cấp III (Chợ Bờ, Suối Rút, Pha Lý, Làng Nưa, Đèo Mèo, Huouei Mong, Luan Châu, Ta Pao, Nam Men và Pa Ham). Có 7 điểm tựa đáng tin cậy nhất trong xác định giá trị trọng lực là : Thảo Nguyên (Xóm Lôm), Mộc Châu, Cò Nòi, Sơn La, Thuận Châu, Tuần Giáo và Pa Ham.

Kết quả phân tích trọng lực quan sát trên tuyến tựa trong 4 ngày trên 22 điểm cho thấy : vận tốc trôi điểm không là 0,012 mGal/1 ngày (bảng 2), sai số xác định giá trị trọng lực là 0,029 mGal.

Giá trị độ lệch trọng lực thời kỳ 1975 và 2000 của các điểm tựa so với điểm Xóm Lôm được trình bày trong bảng 2. Trên cơ sở giá trị độ lệch đó ta có thể xác định tốc độ thay đổi trường trọng lực bình quân tính theo năm bằng cách lấy giá trị độ lệch chia cho 25 năm.

Vận tốc thay đổi độ cao địa hình tại các điểm quan sát lập trường trọng lực so với điểm Xóm Lôm được xác định trên cơ sở tốc độ thay đổi

trường trọng lực tính theo năm và công thức (22). kết quả tính toán được biểu diễn trong bảng 3.

Đối sánh vận tốc dịch chuyển thẳng đứng tính theo 2 phương pháp khác nhau là đo lập thủy chuẩn và tính toán gián tiếp theo kết quả quan trắc lập trọng lực cho thấy :

- Có sự biến đổi tương đồng vận tốc dịch chuyển tương đối tại các điểm xác định qua 2 phương pháp khác nhau đối với các điểm nghiên cứu.

- Có biểu hiện không đồng nhất giá trị vận tốc dịch chuyển tính theo 2 phương pháp, trọng lực và đo lập thủy chuẩn. Điều này có thể lý giải bằng sự khác biệt chu kỳ đo lập khác nhau, chẳng hạn : đo lập thủy chuẩn chỉ tiến hành sau thời gian 9 năm, trong khi đo lập trọng lực tiến hành sau 25 năm.

Qua kết quả tính toán này cho thấy khả năng sử dụng tài liệu đo biến thiên trọng lực nghiên cứu vận tốc dịch chuyển thẳng đứng vỏ Trái Đất tại những nơi chưa có số đo lập thủy chuẩn.

**Bảng 2. Chênh lệch giá trị trọng lực ( $\Delta g$ , mGal) của các điểm chuẩn so với điểm Xóm Lôm trong 2 lần quan sát, năm 1975 và năm 2000**

Điểm	Hiệu chỉnh độ lệch điểm 0	Năm 2000	Năm 1975	$\Delta g_{2000} - \Delta g_{1975}$
1. Xóm Lôm	0,005	000,000	000,000	0,000
2. Mộc Châu	0,010	14,530	13,070	1,460
3. Cò Nòi	0,005	59,564	58,910	0,654
4. Sơn La	0,003	71,977	71,710	0,287
5. Thuận Châu	0,008	88,776	91,710	-2,934
6. Tuần Giáo	0,011	87,577	87,540	0,0370
7. Pa Ham	0,012	162,530	163,900	-1,37

**Bảng 3. Đối sánh vận tốc dịch chuyển thẳng đứng vỏ Trái Đất theo số liệu đo lập thủy chuẩn và vận tốc biến thiên trọng lực trong chu kỳ 25 năm**

Điểm	$(\Delta g_{2000} - \Delta g_{1975})/25$ mGal/năm	Theo tài liệu trọng lực (mm/năm)	Theo đo lập thủy chuẩn (mm/năm)
1. Xóm Lôm	0	0,00	0,00
2. Mộc Châu	0,0584	-0,29	-0,40
3. Cò Nòi	0,02616	-0,13	-0,88
4. Sơn La	0,01161	-0,06	-1,08
5. Thuận Châu	-0,11736	0,58	0,02
6. Tuần Giáo	0,001348	-0,01	-0,80
7. Pa Ham	-0,0548	0,27	0,53



## KẾT LUẬN

Trên cơ sở kết quả khảo cứu và phân tích các phép đo trọng lực bằng máy CG-3 có thể rút ra một số kết luận :

1) Máy CG-3 có độ chính xác và độ ổn định cao, ngay cả trong môi trường nhiệt độ biến đổi phức tạp vào dịp mùa hè ở Việt Nam và địa hình phức tạp như vùng Tây Bắc. Độ trôi điểm không của CG-3 rất nhỏ cùng với tính toán hiệu chỉnh biến thiên địa triều tự động là nhân tố quan trọng nâng cao khả năng thực hiện các phép đo trọng lực có độ chính xác cao.

2) Trong điều kiện thực địa tại vùng có điều kiện tự nhiên phức tạp như Tây Bắc, máy CG-3 vẫn đảm bảo sai số của phép đo không vượt quá 0,03 mGal. Với đặc tính này có thể sử dụng máy CG-3 trong thăm dò vi trọng lực ngay cả ở tỷ lệ rất lớn, cỡ 1/1000-1/5000.

3) Vận tốc chuyển động thẳng đứng vỏ Trái Đất được tính toán thông qua kết quả đo lặp trọng lực khá phù hợp với đo lặp thủy chuẩn. Kết quả này mở ra một hướng mới về nghiên cứu chuyển dịch thẳng đứng vỏ Trái Đất thông qua việc nghiên cứu vận tốc biến thiên trọng lực bằng máy CG-3.

4) Vận tốc nâng trung bình của Tam Đảo có thể đạt tối đa cỡ 16 mm/năm, trong khi đó nếu chấp nhận vận tốc sụt lún vỏ Trái Đất tại Xóm Lôm là -2,20 mm/năm thì tại khu vực Thuận Châu và Pa Ham bề mặt địa hình đang hạ thấp dần với vận tốc tương ứng là -1,62 và -1,93 mm/năm.

## TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1] HUGILL ANDREW, 1990 : The Scintrex CG-3 Autograv Automated Gravity Meter, Description and Field Results. Paper presented at the SEG Conference, San Francisco.

[2] K.B. DWAIN, 1984 : Microgravimetric and Gravity Gradient Techniques for Detection of Sub-surface Cavities, Geophysics V. 49, 7, 1084-1096.

[3] J. LAKSHMANAN, 1991 : The Generalized Gravity Anomaly. Endoscope Microgravity, Geophysics Vol. 56, 5, 712-723.

[4] J. LIARD, C.G. GAGNON, D.B. HEARTY, P. SALIB and T.R. FLINT, 1993 : Evaluation of the Scintrex CG-3 Gravity Meter. Geological Survey of Canada, Open file Report ,October.

[5] H.O. SEIGEL, 1995 : High Precision Gravity Guide. Scintrex Canada, pp.120.

[6] TRẦN ĐÌNH TÔ, NGUYỄN TRỌNG YÊM, 1996 : Xác định hoạt động đứt gãy Sông Hồng khu vực Tam Đảo - Ba Vì bằng kỹ thuật định vị vệ tinh (GPS). Địa chất - Tài nguyên (Công trình kỷ niệm 20 năm thành lập Viện Địa chất), 1, 366-368. Hà Nội.

## SUMMARY

### Observation of relative gravity with high precision in Vietnam by CG-3 gravity meter

This article describes the results of CG-3 field tests on Tamdao Orangeville calibration line and Hoabinh-Laichau gravity standardization network. The gravity meter was transported on the back seat of a car with no special transport case or fixtures. Readings were taken at each station on the way up and repeated on the way down. Two runs were performed on consecutive days. Each reading took 10.0 minutes and the total time for a run was 9 hours. Earth tide corrections were made automatically with the instrument's built-in program. The results of the normal field using shown that: 1/ Linear drift correction of CG-3 is 0.012 mGal/day; 2/ The standard deviation of the measurement errors is 0.029 mGal.

Ngày nhận bài : 25-8-2000

Viện Vật lý Địa cầu