



Giới Thiệu Về Động Đất Kích Thích

Nguyễn Lê Minh, Nguyễn Đình Xuyên, Phạm Đình Nguyên, Lê Tử Sơn, Nguyễn Quốc Cường,

Hanoi, 01-2013



1

Khái niệm về động đất kích thích

2

Cơ chế và phân loại

3

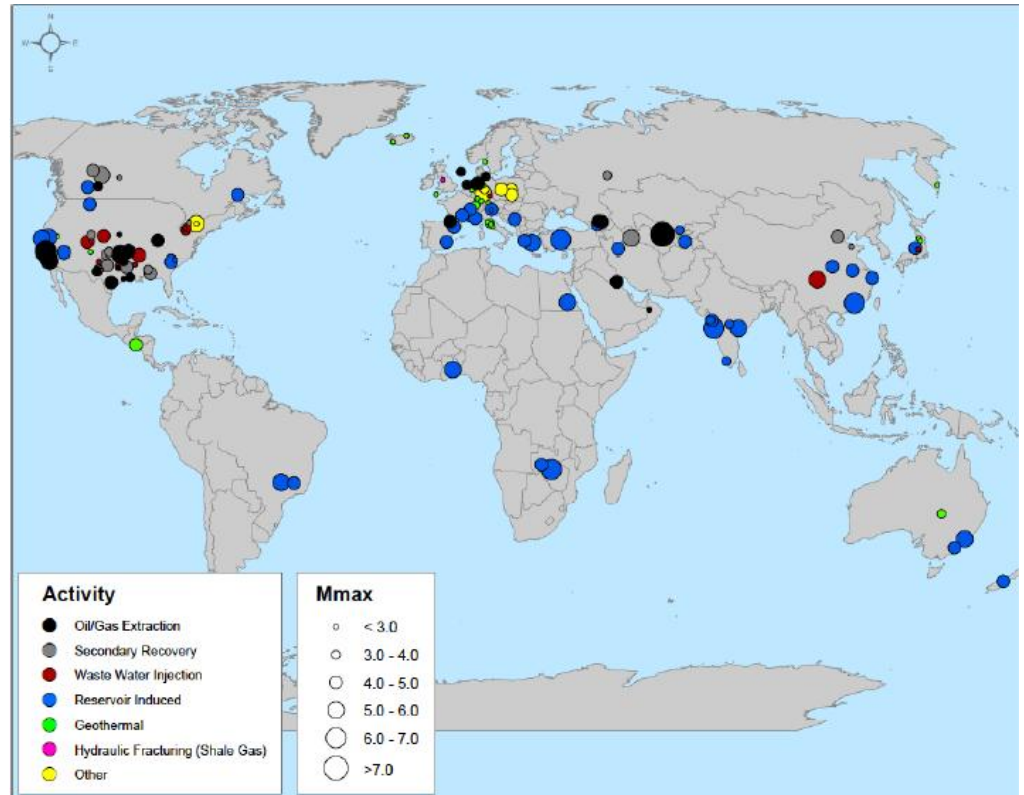
Động đất kích thích hồ chứa trên thế giới và Việt Nam

Khái niệm động đất kích thích

- Động đất kích thích là hoạt động động đất liên quan đến các hoạt động của con người.
- Nhìn chung, động đất kích thích có độ lớn và cấp chấn động nhỏ và không gây ra thiệt hại.
- Tuy nhiên, trong một vài trường hợp khi ứng suất đã được tích lũy đủ lớn trên một diện tích rộng của đứt gãy thì sẽ gây ra động đất mạnh.
- Để có thể phân biệt được động đất kích thích:
 - Dựa vào mối quan hệ giữa động đất với hoạt động của con người.
 - Dựa vào lịch sử hoạt động đất của khu vực.
 - Dựa vào các mô hình chung của động đất kích thích.

Khái niệm động đất kích thích

	Phân loại hoạt động	Tổng số
1.	Bơm nước thải	11
2.	Khai thác dầu và khí đốt	38
3.	Phục hồi thứ cấp	27
4.	Năng lượng địa nhiệt	25
5.	Phá hủy thủy lực	2
6.	Tích nước bề mặt	44
7.	Khai thác mỏ và các loại khác	8



(NAS, 2012)

Cơ chế và phân loại

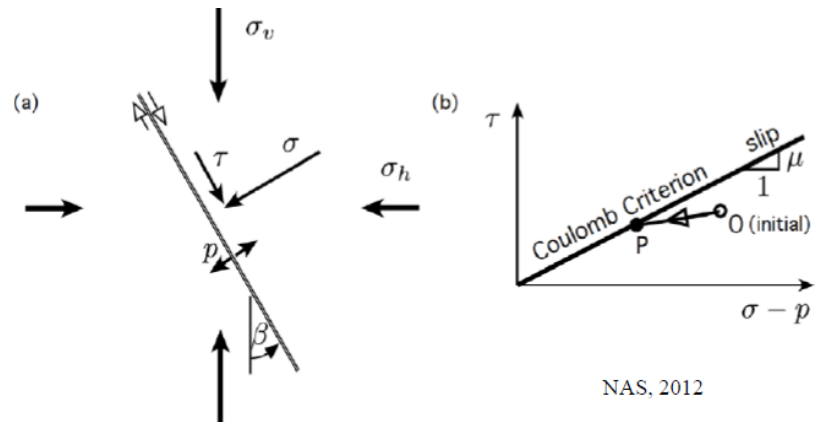
- Hầu hết động đất xảy ra là do sự dịch trượt một cách tức thời và tự nhiên của đá dọc theo bề mặt đứt gãy địa chất.
- Các yếu tố gây ra sự dịch trượt trên bề mặt đứt gãy: sự thay đổi của ứng suất trượt τ , ứng suất pháp tuyến σ , áp suất lỗ rỗng ρ .

- Kịch bản Coulomb:

Xảy ra dịch trượt khi: $\tau = \mu(\sigma - \rho)$

$$\Delta S = \mu(\Delta\sigma - \Delta\rho) - \Delta\tau = 0$$

μ : hệ số ma sát, $\mu = 0.6 - 0.8$ cho các loại đá



NAS, 2012

Cơ chế và phân loại

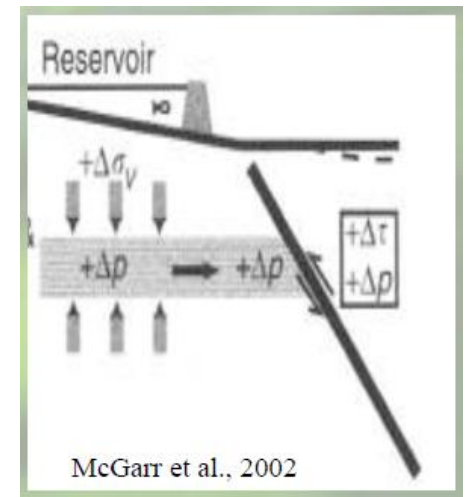
❖ Tích nước hồ chứa

Là cách tích một lượng nước khổng lồ trên bề mặt, được thể hiện rõ nhất và cũng phổ biến nhất chính là các đập thủy điện.

$$\Delta S = \mu(\Delta\sigma - \Delta\rho) - \Delta\tau$$

- tăng áp suất bề mặt lòng hồ \rightarrow lan truyền ứng suất $\rightarrow \tau \uparrow$
 - tăng áp suất bề mặt lòng hồ
thấm nước từ hồ chứa vào trong lòng đất,
bề mặt đứt gãy
- $\left. \begin{array}{l} \text{thấm nước từ hồ chứa vào trong lòng đất,} \\ \text{bề mặt đứt gãy} \end{array} \right\} \rightarrow \rho \uparrow$

➤ Sự thay đổi của τ và ρ đóng vai trò chủ yếu trong việc kích hoạt sự dịch chuyển của đứt gãy và tạo ra động đất.



Cơ chế và phân loại

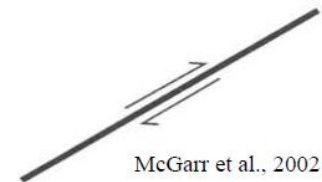
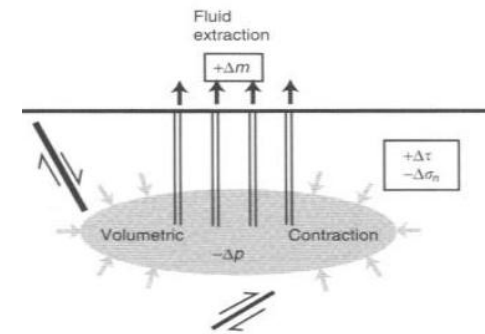
❖ Khai thác Hydrocarbon theo cách thông thường

Là các hoạt động khai thác năng lượng như khai thác dầu khí hoặc khí gas tự nhiên theo cách thông thường.

$$\Delta S = \mu(\Delta\sigma - \Delta\rho) - \Delta\tau$$

- khí và dầu được hút lên $\rightarrow \rho \downarrow$ \rightarrow túi dầu, khí bị co lại
- \rightarrow ứng suất ngang (trượt) thay đổi
- Ứng suất thẳng đứng giảm $\rightarrow \sigma \downarrow$

➤ Sự giảm của σ , ρ và tăng lên của τ kích hoạt sự dịch chuyển của đứt gãy và tạo ra động đất.



McGarr et al., 2002

Cơ chế và phân loại

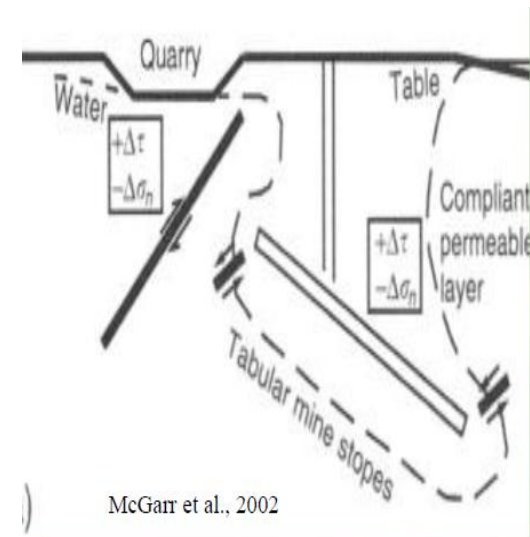
❖ Khai thác quặng và khoáng sản

Là các hoạt động khai khoáng ngầm dưới lòng đất và trên bề mặt.

$$\Delta S = \mu(\Delta\sigma - \Delta\rho) - \Delta\tau$$

- Quặng được lấy lên -> túi dầu, khí bị co lại -> ứng suất ngang (trượt) thay đổi
- Ứng suất thẳng đứng giảm -> $\sigma \downarrow$

➤ Sự giảm của σ , và thay đổi làm tăng τ kích hoạt sự dịch chuyển của đứt gãy và tạo ra động đất.



Cơ chế và phân loại

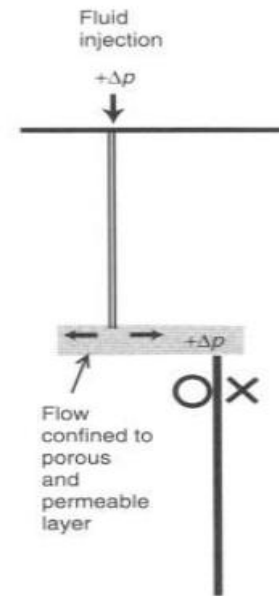
❖ Khai thác Hydrocarbon theo cách khác và một số hoạt động khác

Là các cách như khai thác thứ cấp dầu và khí, khai thác khí bằng cách phá hủy thủy lực, loại bỏ nước thải trong các giếng ngầm, khai thác năng lượng địa nhiệt, chứa khí và nước thải.

$$\Delta S = \mu(\Delta\sigma - \Delta\rho) - \Delta\tau$$

- Làm tăng áp suất lỗ rỗng ρ

➤ Sự tăng ρ kích hoạt sự dịch chuyển của đứt gãy và tạo ra động đất.



McGarr et al., 2002

Cơ chế và phân loại

- ❑ Phân biệt giữa động đất kích thích (induced earthquake) và động đất kích động (triggered earthquake).

Động đất kích thích (induced earthquake)

- + Tác nhân chính của nó là do các hoạt động khai thác năng lượng gây ra.
- + Có độ lớn nhỏ ($M < 4$) và xảy ra ở độ sâu nhỏ ($< 10\text{km}$).

Động đất kích động (triggered earthquake)

- + Các hoạt động kiến tạo mới đóng vai trò quan trọng, các hoạt động khai thác năng lượng đóng vai trò nhỏ trong việc thay đổi trường ứng suất.
- + Có độ lớn lớn hơn (một số nơi có $M > 6$) và chấn tiêu nằm ở độ sâu lớn hơn ($> 10\text{ km}$).

Động đất kích thích hồ chứa

➤ Ba hiệu ứng chính:

- + Sự tăng của ứng suất đàn hồi xảy ra theo sau khi hồ chứa tích nước;
- + Sự tăng lên trong áp suất lỗ rỗng trong các đất đá nứt nẻ;
- + Áp suất lỗ rỗng thay đổi liên quan đến việc nước di chuyển.

➤ Các đặc trưng chính:

+ b value tiền chấn $>$ b value dư chấn $>$ b value động đất kiến tạo.

b value: hệ số góc của đường cong tần suất xuất hiện động đất của khu vực.

+ M_a/M_m cao. M_a - dư chấn lớn nhất, M_m - kích động chính.

+ Dư chấn có tốc độ suy giảm chậm.

+ Mô hình tiền chấn – dư chấn tương ứng với mô hình loại II của Mogi.

Động đất kích thích hồ chứa

➤ Simpson và nnk (1988)

Phản ứng nhanh

- + Xảy ra ngay sau khi tích nước hoặc khi có sự biến đổi lớn về mực nước.
- + Có mối tương quan chặt chẽ với sự thay đổi mực nước.
- + Độ lớn không mạnh, có chấn tiêu nông (< 10 km) và nằm ngay dưới lòng hoặc xung quanh hồ.

Phản ứng chậm

- + Xảy ra sau một khoảng thời gian trễ đáng kể.
- + Thường không có mối tương quan trực tiếp với việc thay đổi mực nước hồ.
- + Độ lớn mạnh, độ sâu chấn tiêu lớn (> 10 km) vượt qua giới hạn của hồ chứa.
- + Có mối liên hệ chặt chẽ với các đứt gãy quanh khu vực hồ chứa.

Động đất kích thích hồ chứa

➤ Talwani (1997)

Hoạt động giai đoạn đầu

- + Được phát hiện phổ biến và rộng rãi trên thế giới.
- + Liên quan với việc tích nước ban đầu hoặc thời gian đầu của việc thay đổi lớn về mực nước.
- + Diễn ra trong vài năm đầu, sau đó hết hẳn.
- + Chấn tiêu không nằm trong vùng sâu nhất của hồ mà trải rộng ra xung quanh và bên ngoài hồ.

Hoạt động kéo dài

- + Ít quan sát thấy trên thế giới (đập Koyna, Ấn Độ).
- + Có liên quan đến cả tần suất lẫn biên độ của việc thay đổi mực nước hồ.
- + Hoạt động động đất diễn ra liên tục trong nhiều thập kỷ và gần như không có dấu hiệu kết thúc.
- + Chấn tiêu động đất loại này thường nằm trong vùng sâu nhất của lòng hồ và khu vực xung quanh.

Động đất kích thích hồ chứa

❖ Động đất kích thích hồ chứa trên thế giới

- 4 trường hợp động đất có magnitude $M \geq 6.0$
- 6 trường hợp có magnitude từ 5.0 đến 5.9.
- 23 trường hợp có magnitude từ 4.0 đến 4.9 và nhiều trường hợp có magnitude < 4.0

STT	Tên hồ	Nước	Độ cao đập	Thể tích nước 10^6 m^3	Năm tích nước	Năm động đất	Độ lớn
1	Hsinfengkiang	Trung Quốc	105	13.896	1959	1962	6.1
2	Kariba	Zambia-Zimbabwe	128	175.000	1958	1963	6.2
3	Kremasta	Hy Lạp	160	4.750	1965	1966	6.2
4	Koyna	Ấn Độ	103	2.780	1962	1967	6.3
5	Aswan	Ả Rập	111	164.000	1964	1981	5.6
6	Benmore	Niu Di Lân	110	2.040	1964	1966	5
7	Chrvak	Uzbekistan	148	2.000	1971	1977	5.3
8	Eucumbene	Úc	116	4.761	1957	1959	5
9	Geheyan	Trung Quốc	151	3.400	1993	1997	VI*
10	Hooover	Mỹ	221	36.703	1935	1939	5
11	Marathon	Hy Lạp	67	41.000	1929	1938	5.7
12	Oroville	Mỹ	236	4.400	1967	1975	5.7
13	Srinagarind	Thái Lan	140	11.750	1977	1983	5.9
14	Varna	Ấn Độ	80	1.260	1987	1993	5

Động đất kích thích hồ chứa

❖ Động đất kích thích hồ chứa ở Việt Nam

➤ Hồ chứa Hòa Bình

Đập cao 125m , hồ chứa dung tích 9 tỷ m³, mực nước dâng bình thường 115m, độ cao cột nước ở gần đập hơn 100m.

- Động đất kích thích xảy ra chủ yếu trên đứt gãy Chợ Bờ.
- Vài tuần sau khi tích nước ở cao trình 86m (1986), động đất yếu tăng lên.
- 14/4/1989: 2 trận Ms=3.8, 3.7; I = 5 (MSK-64), 4 trận Ms < 2.
- 23/5/1989: động đất Ms = 4.9, h = 6 km, I = 7 (MSK-64).
- Dư chấn mạnh nhất có Ms = 4.0, h = 5 km, I = 6 nằm về phía đông kích động chính.
- Hoạt động địa chấn yếu dần và yên tĩnh trở lại vào tháng 9-1989.
- Động đất yếu đều tăng lên sau 4-6 tháng bắt đầu chu kỳ tích nước.
- 6/10/1991: Động đất Ms = 5.0, I = 7 ở Tạ Khoa, đứt gãy Mường la-Bắc yên. Đây có thể là kích động chính của chuỗi động đất kích thích.
- Sau năm 1994 chế độ động đất trong vùng hồ hầu như bình ổn.

Động đất kích thích hồ chứa

➤ Hồ chứa Sông Tranh 2

- 730 triệu m³, diện tích mặt hồ khoảng 36 km², nơi sâu nhất trong lòng hồ xấp xỉ 91m và được tích nước từ tháng 11 năm 2010.
- 3/2011 – 12/2012, có 3 trận Ms > 4, 4 trận Ms > 3.
- Đặc biệt ngày 15/11/2012, Ms = 4.7; I > 6; h = 6 km
- Nhiều trận động đất có độ lớn nhỏ không cảm thấy và vẫn đang tiếp diễn.

⇒ hiện tượng động đất kích thích xảy ra dưới tác động của hồ chứa sông Tranh 2.

Vấn đề quan tâm hiện nay: $M_{\text{induced max}} = ?$

- Không thể vượt quá động đất cực đại của khu vực.
- Các nghiên cứu trước đây (Nguyễn Đình Xuyên và nkk, 1996, 2004; Nguyễn Ngọc Thủy và nkk, 2003, 2005) đều chỉ ra $M_{\text{max}} = 5.5$.
- Đề tài nhà nước để Đánh giá chi tiết đặc điểm địa chấn - kiến tạo khu vực và xác định nguyên nhân, cơ chế hoạt động và xu thế phát triển của động đất kích thích khu vực thủy điện Sông Tranh 2.