

香港天文台  
技術報告(本港傳閱)第74 號

Hong Kong Observatory  
Technical Note (Local) No. 74

人工爆破與天然地震的識別  
DISTINGUISHING NATURAL EARTHQUAKES  
FROM ARTIFICIAL ROCK BLASTS

梁嘉文 梁延剛

by

K.M. Leung & Y.K. Leung

版權所有 • 不得翻印

Copyright Reserved

一九九九年二月出版

香港天文台編製

香港九龍彌敦道134A

1. 本刊物的編製和發表，目的是促進資料交流。香港特別行政區政府（包括其僱員及代理人）對於本刊物所載資料的準確性、完整性或效用，概不作出明確或暗示的保證、聲明或陳述；在法律許可的範圍內，對於提供或使用這些資料而可能直接或間接引致任何損失、損壞或傷害（包括死亡），亦不負任何法律承擔或責任（包括疏忽責任）。
2. 未經香港天文台台長同意，不得翻印本刊物任何部分內容。



Published : February 1999

Prepared and published by : Hong Kong Observatory,  
134A Nathan Road,  
Kowloon,  
Hong Kong.

1. This publication is prepared and disseminated in the interest of promoting the exchange of information. The Government of the Hong Kong Special Administrative Region (including its servants and agents) makes no warranty, statement or representation, express or implied, with respect to the accuracy, completeness, or usefulness of the information contained herein, and in so far as permitted by law, shall not have any legal liability or responsibility (including liability for negligence) for any loss, damage or injury (including death) which may result whether directly or indirectly, from the supply or use of such information.
2. Permission to reproduce any part of this publication should be obtained through the Hong Kong Observatory.

550.34.06(512.317)

# 內容

|                 | 頁數  |
|-----------------|-----|
| 內容              | i   |
| 摘要              | ii  |
| 圖表              | iii |
| 1. 引言           | 1   |
| 2. 爆石資料         | 2   |
| 3. 人工爆破與天然地震的比較 | 3   |
| 4. 討論及結語        | 9   |
| 鳴謝              | 11  |
| 參考文獻            | 11  |

## 摘要

區分天然地震與人工爆破是地震分析員在分析地震圖時的一項重要工作。本文介紹了識別兩者的方法及其原理，並列舉實例加以說明，對分析員有一定的參考價值。

## Abstract

Distinguishing natural earthquakes from artificial rock blasts is an important task for seismologists performing seismogram analysis. This note briefly describes methods and principles involved, which are illustrated by examples. Analysts should find the information contained in this note useful when conducting seismogram analysis.

# 圖表

## 頁數

|     |                                        |   |
|-----|----------------------------------------|---|
| 圖 1 | 香港地震儀網及石礦場位置                           | 2 |
| 圖 2 | 1998 年 3 月 21 日下午 3 時安達臣道石礦場的爆破記錄      | 4 |
| 圖 3 | 1998 年 4 月 17 日下午 6 時安達臣道石礦場的爆破記錄      | 5 |
| 圖 4 | 1998 年 4 月 4 日下午 1 時安達臣道石礦場的爆破記錄       | 6 |
| 圖 5 | 1998 年 4 月 9 日下午 10 時廣東陽江附近的 3.0 級地震記錄 | 6 |
| 圖 6 | 1998 年 2 月 28 日下午 2 時記錄到的一次爆破記錄        | 7 |
| 圖 7 | 1998 年 3 月 5 日下午 2 時安達臣道石礦場的爆破記錄       | 8 |

# 1. 引言

香港天文台在一九七九年建立一個設有 3 個台站的地震監測網絡來監測本港及鄰近地方發生的地震。隨著科技的進步，網絡於一九九七年擴展為擁有 8 個地震站的自動化數碼監測系統。有關這系統所用的儀器、功能等詳情，可參考林鴻鑒等(1998)。

隨著華南地區經濟的迅速發展，工業爆破較以往更為頻密，每年香港亦有不少爆破工程進行。一些較強或較近的爆破，天文台的數碼地震監測系統亦可記錄到。地震分析員在分析地震圖時首先必須把一些由脈動、車輛振動、大風、雷電和人工爆破等所做成的干擾識別及剔除(國家地震局科技監測司，1995)，然後才能對天然地震進行分析。在眾多的干擾中，人工爆破所產生的波動，驟眼看來與天然地震波相似，最容易產生混淆，因此分析員須小心利用人工爆破及天然地震在地震圖上的不同特徵來辨別它們。

本文主要列舉爆破和天然地震的一些不同特徵，用理論和一些由天文台數碼監測系統所錄得的實例來加以說明，目的是希望能給地震分析員作參考及指引之用，加強他們在這方面的判別能力。

## 2. 爆石資料

為了對人工爆破所造成的地震圖記錄作更深入的了解。土木工程處應天文台的要求於一九九八年開始，定期提供四個石礦場工業爆石的資料，內容包括每次進行爆破的時間及所用的炸藥份量等。這四個石礦場分別位於藍地、安達臣道、石澳和南丫島(見圖 1)。圖 1 同時亦顯示了數碼地震監測網絡內 8 個地震站的位置。

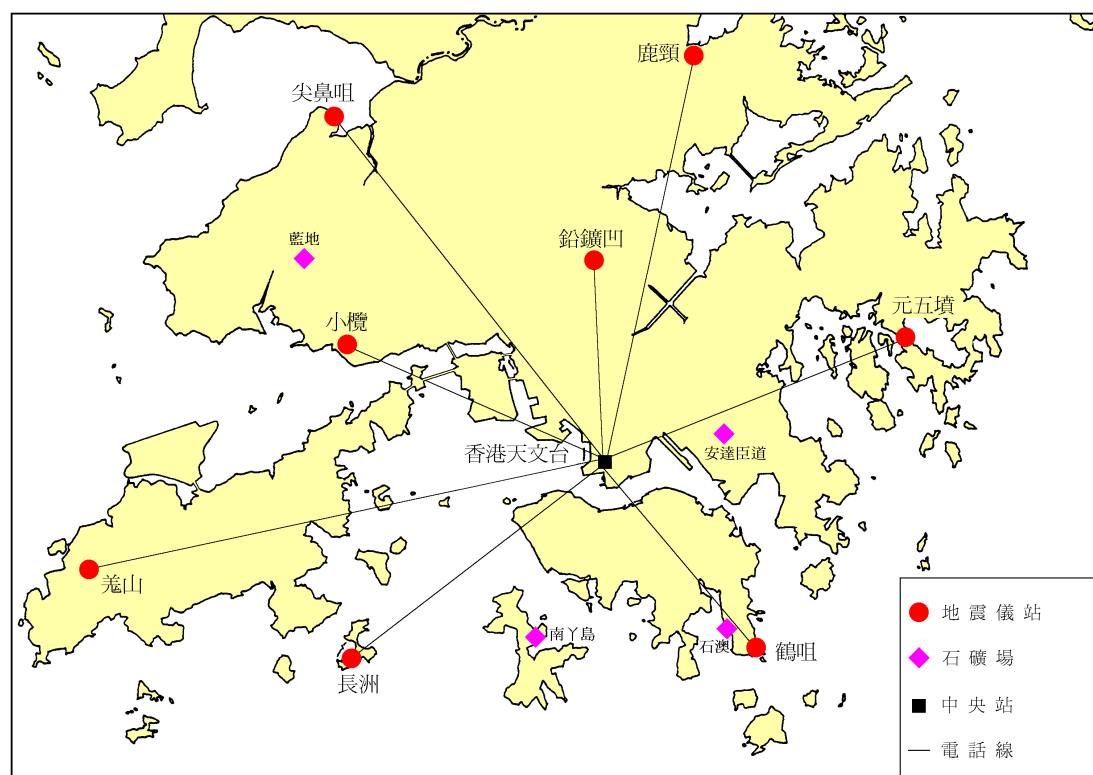


圖 1 香港地震儀網及石礦場位置

### 3. 人工爆破與天然地震的比較

有關區分爆破和天然地震的方法，在中國科學院地球物理研究所(1978)中也有提及。以下主要是列出一些較常用和有效的方法及說明其原理，然後將它們應用於天文台數碼監測網絡的地震圖記錄上。

在本節中，有關各地震震相的命名、定義及詳細解釋，可參考謝兆啟等(1993)。

#### 3.1 時間規則

天然地震的發生時刻是有很大的隨機性，然而爆破卻不同。人工爆破多跟從人們生產活動的規律。一般來說，工業爆破多數在上班時間，且多在固定的地方進行。在深夜時份錄得的震動，在正常情況下都不會是由工業爆破所產生的。

#### 3.2 初動方向

爆破是膨脹源，產生的壓縮波無象限分佈，周圍的岩石都受到壓縮，所以爆破的垂直分量記錄幾乎全部都是向上的。天然地震一般是由岩層斷裂活動造成，產生的壓縮波有象限分佈，周圍的岩石只是在一定方向一定範圍內受到壓縮，另外一部分則表現為膨脹，故其垂直分量記錄不一定向上。

圖 2 顯示由數碼監測網絡在 1998 年 3 月 21 日下午 3 時錄得九龍安達臣道石礦場的一次人工爆破記錄。圖中可看到所有地震站所記錄到最先到達的地震波(Pg)，其初動方向都是向上的。

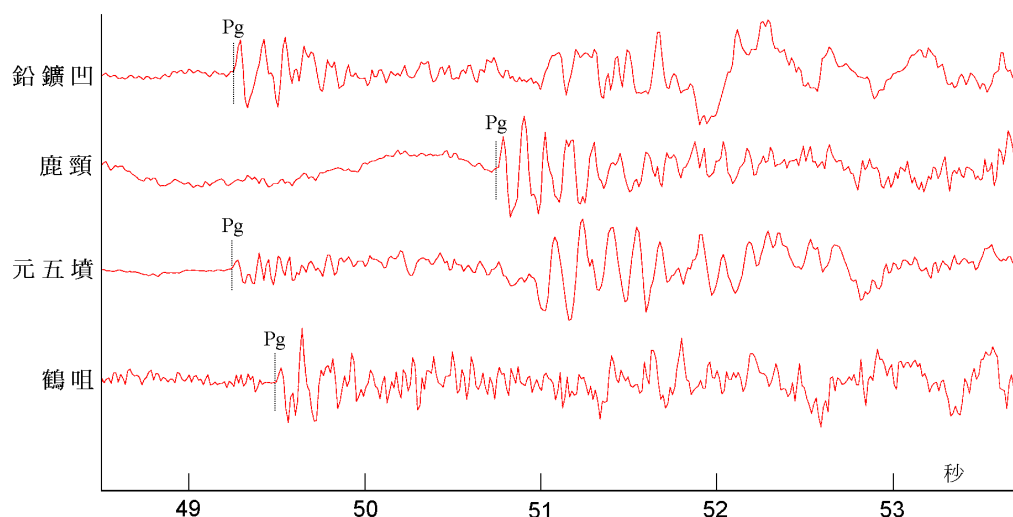


圖 2 1998 年 3 月 21 日下午 3 時安達臣道石礦場的爆破記錄

### 3.3 面波

面波如瑞利波 (Rayleigh waves, 簡稱 Rg) 是沿自由表面傳播的波，它的振幅隨深度而急劇衰減。由於天然地震一般是在較深的地下發生，而爆破發生在較淺的地面，所以由爆破所產生的面波較地震明顯。

圖 3 顯示在 1998 年 4 月錄得的一次安達臣道石礦場爆石記錄。從該記錄可清楚看到在鉛鑛凹、鹿頸、元五墳和鶴咀等地震站所錄得的橫波(Sg)震相之後，都會有週期較大、幅度較強及振動較規則的面波(Rg)震相出現，這種現象在天然近震記錄中是很少見到的。

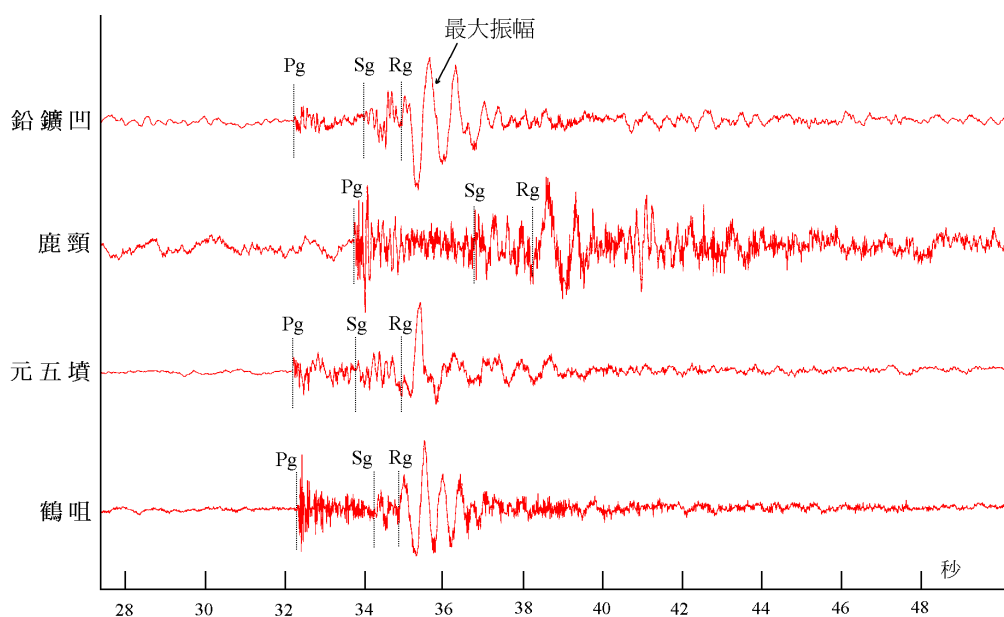


圖 3 1998 年 4 月 17 日下午 6 時安達臣道石礦場的爆破記錄

### 3.4 振幅比 ( $A_p/A_s$ )

假設  $A_p$  = 縱波(P)的最大振幅，

$A_s$  = 橫波(S)的最大振幅

因為爆破是膨脹源，所激發的縱波(P)較由天然地震產生的為強。一般來說，在同一距離上

$$\left(\frac{A_p}{A_s}\right)_{\text{爆破}} > \left(\frac{A_p}{A_s}\right)_{\text{地震}}$$

在這裏雖然很難找到同一距離的爆破及地震個案作比較，但從圖 4 安達臣道的爆破和圖 5 陽江 3.0 級地震的記錄中，清楚看到兩者在振幅比上的分別。圖 4 所示爆破的縱波最大振幅( $A_p$ )，

甚至超過橫波的最大振幅( $A_s$ )，這種現象在天然地震的記錄中是較少出現的。

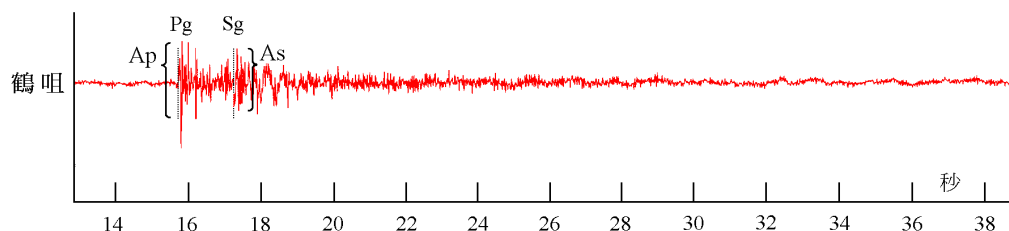


圖 4 1998 年 4 月 4 日下午 1 時安達臣道石礦場的爆破記錄

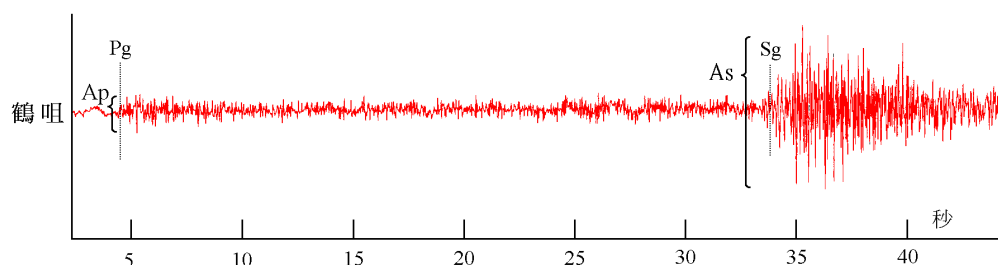


圖 5 1998 年 4 月 9 日下午 10 時廣東陽江附近的 3.0 級地震記錄

### 3.5 多重震相

震相是不同性質的地震波在地震記錄圖上的表現形象。由地震所產生的地震波，震相較為單一及有規律，例如依序是縱波、橫波和面波。在爆破過程中，可能不只是一次而是多次爆破，所以爆破所產生的地震波會有多重震相的出現。如圖 6 所示，由天然地震在地震距約 40 公里所產生的地震圖在約首 5 秒內只可有(Pg)及(Sg)震相，不會像圖中，有多個震相出現。

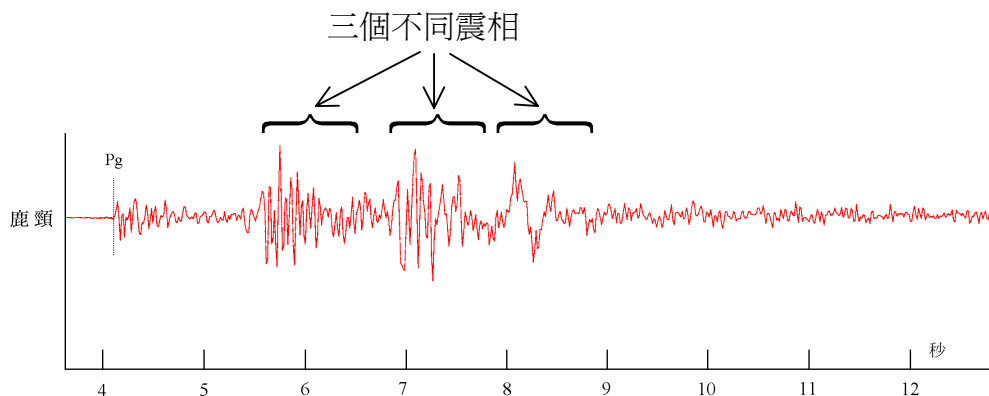


圖 6 1998 年 2 月 28 日下午 2 時記錄到一次距離天文台約 41 公里的爆破記錄

### 3.6 振幅隨時間之衰減

因為爆破發生在地面，在傳播過程中，有比較長的路程在淺層〔土層〕，因而能量損失較大，衰減較快。由爆破所產生的地震波，振幅會由最大突減到極小。

在這裏亦很難找到同一距離的爆破及地震個案作研究。但從圖 4 及圖 5 的比較可見一斑。由圖 4 鶴咀地震站錄得的爆石記錄中，可看到振動衰減較快。圖 5 是同一個地震站錄得發生在廣東陽江附近的 3.0 級地震，我們發現振動衰減明顯較圖 4 錄得的慢很多。

### 3.7 振幅隨距離之衰減

由爆破所引起地震記錄，其振幅隨距離衰減比天然地震要快，與上述 3.6 節中提及的原因一樣。在傳播過程中，有較大的能量損失，所以當地震站距離震源較遠時，振幅便很快減弱。

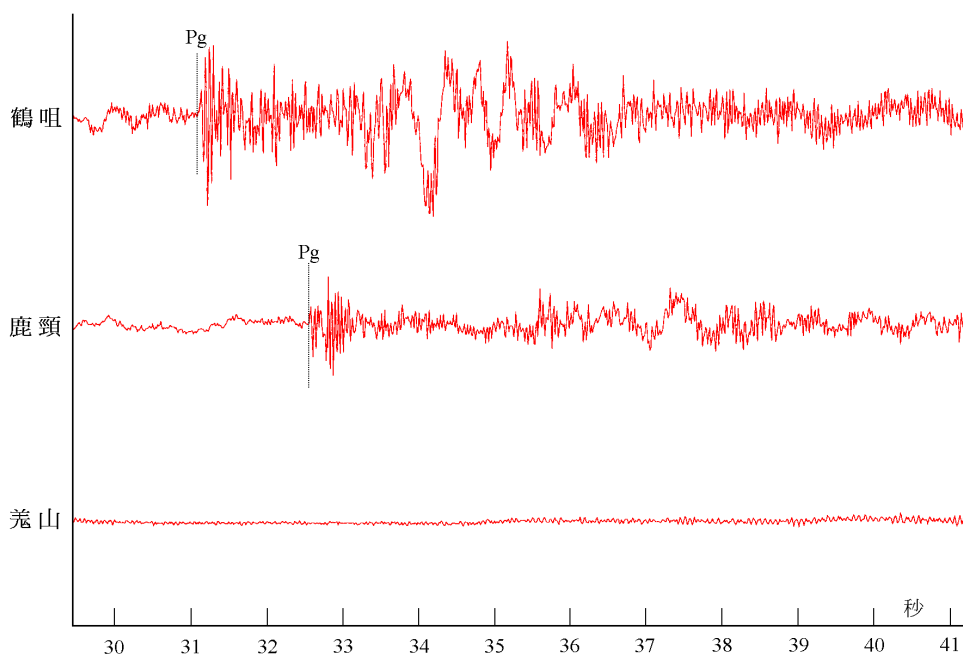


圖 7 1998 年 3 月 5 日下午 2 時安達臣道石礦場的爆破記錄

圖 7 是 1998 年 3 月 5 日下午 2 時安達臣道石礦場的爆破記錄，從每個地震站的地震波到時先後可看出它與震源的距離遠近。圖中的地震站排列由近至遠，依次序是鶴咀、鹿頸和羗山。與震源距離較近的地震站鶴咀，振幅明顯比鹿頸大，而距離震源再遠一些的羗山地震站，已錄不到地震波的振幅。這種現象是很少會在天然地震記錄中出現的。

### 3.8 地震波之毛刺

毛刺是指波形中的高頻成分。爆破由於發生在地面，淺層對高頻成分的吸收很強，以致在一段距離後，爆破的波形比天然地震波顯得較“乾淨”。這特徵雖有其參考價值，但在實際應用上是較困難，尤其是在噪聲較大的地震站上(中國科學院地球物理研究所，1978)。

#### 4. 結語及討論

在第 3 節中已比較過人工爆破與天然地震的分別，現將區分的方法摘要如下：

| 爆破                          | 天然地震                        |
|-----------------------------|-----------------------------|
| 多在上班時間                      | 任何時間                        |
| 初動向上                        | 不一定                         |
| 面波較明顯                       | 面波較不明顯                      |
| 縱波與橫波之最大振幅比例( $A_p/A_s$ )較大 | 縱波與橫波之最大振幅比例( $A_p/A_s$ )較小 |
| 會出現多重震相                     | 震相較為單一                      |
| 振幅隨時間衰減較快                   | 振幅隨時間衰減較慢                   |
| 振幅隨距離衰減較快                   | 振幅隨距離衰減較慢                   |
| 毛刺較少                        | 毛刺較多                        |

在列舉實例時，由於香港境內的天然地震很少，所以未能在接近相同的距離上與石礦場的爆破記錄作詳細比較。爆破所用的炸藥量越小，地震記錄儀記錄到的波動就越不明顯，在利用本文討論的區別方法時會較困難。

在以往的記錄中，天文台的數碼監測網絡錄得的爆破都比天然地震為多，因此爆破的識別是地震分析員日常的一項重要工作。希望透過本文，分析員能進一步了解區別的方法及原理，在累積較多經驗後，能更準確及快捷地把爆破識別出來。

## 鳴謝

筆者們在完成此文的過程中，得到譚焯明博士的指導及陳敏儀小姐的協助，謹此表示謝意。

## 參考文獻

1. 林鴻鑒、譚焯明、梁延剛等. 香港數字化地震監測台網. 華南地震, 1998, 第 18 卷 1 期: 99-103 頁.
2. 國家地震局科技監測司. 地震觀測技術. 地震出版社, 1995.
3. 中國科學院地球物理研究所. 近震分析. 地震出版社, 1978.
4. 謝兆啟、吳淑嬌等. Interpretation of Seismograms of Earth Tremors felt in Hong Kong. Royal Observatory Technical Note (Local) No. 63, 1993