

# 地震預警系統簡介及預警終端

振聯科技有限公司 / 王波翔、華敘鋒、林營宗

地震的成因是由於地下幾公里至數百公里的岩體發生突然破裂和錯動。而這些破裂和錯動釋放的能量又以地震波的形式向四周輻射出去。地震波是一種機械波，具有一定的傳播速度，當地震發生後，要等相應的地震波傳播到人所在的位置。這個時間差給地震預警留下了空間。

地震發生時，首先出現的是上下震動的 P 波，震動幅度較小，要過大約 10 秒到 1 分鐘時間，水準運動的 S 波才會到來，造成嚴重破壞。地震預警就是利用地震發生後，P 波與 S 波之間的時間差。原理上，在距離震源 50 公里內的地區，會在地震前 10 秒收到預警資訊；90-100 公里內的地區，能提前 20 多秒收到預警資訊。根據資料準確估計震級、震中位置以及快速估計地震對預警目標的影響等。

地震預警的目的是在地震波的主要強烈地震動到達之前發出警報，以便採取緊急應急措施應對。

地震預警的主要意義在於為人們避險提供更多時間。

相關研究表明，地震預警時間為三秒，傷亡率可減少 14%；預警時間為 10 秒，傷亡率可減少 39%；預警時間為 20 秒，傷亡率可減少 63%。從這個資料來看，增加預警時間是非常有意義的。

**地震預警的原理是：**

1. 在地震有顯著影響的區域，S 波引起的地震動比 P 波強烈。
2. P 波的傳播速度比 S 波快約 1.7 倍。
3. 電磁波速度比地震波速快約 3 萬倍。

儀器檢測到地震 P 波後，可通過無線電通訊系統立即發出警報，在 S 波達到之前獲得數秒或數十秒的時間提前量。

在離震中附近約 20~30km 範圍內，預警時間過短，稱為預警盲区。



## 一、預警類型及預警啓動

### (一)、現地預警

此時預警時間為 P 波和 S 波的到達時差。地震 P 波預警是基於 P 波傳播速度比 S 波快的原理而提出的，它的基本原理是在所要預警的目標區建立觀測網，然後可以通過計算分析 P 波的初期振動而提出預警，同時還可以估計震級和震央位置。這一地震預警的最主要優勢是可以擷取比其他方式更長的預警時間，解決預警盲區的範圍。圖 1 為 P 波與 S 波示意圖。

### (二)、區域預警

監測台站與目標地相距 60km 以上，預警時間還多出 P 波到達與發出預警信號時刻之差。區域預警是有一定前提條件的，並不是任何區域都可以進行簡單地使用，前提條件是目標城市和場地距離震源區必須要有一定的距離，從圖 2 中可以知道，若要實現區域預警，則需要地震的震源區必須距離所預警的區域至少 60km 以上：距離在 20~60km 之間的地震，如果要達到 5s 左右的預警時間，則必須大大縮短地震檢測的時間；當距離在 20km 以內時，人們並沒有足夠的時間進行區域預警，只能啟動現地預警。

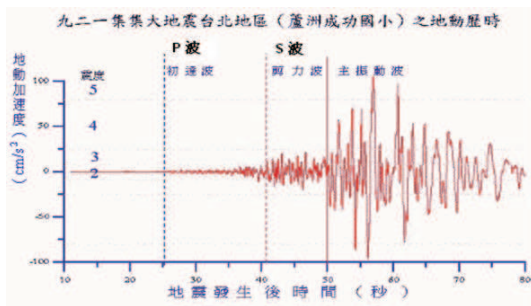


圖 1. 為 P 波與 S 波示意圖

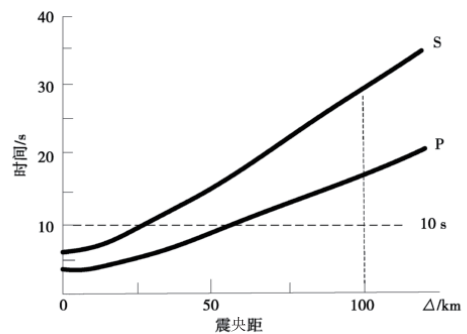


圖 2. S 波與 P 波傳播距離與時間的關係

### (三)、發佈地震預警信號的判據

1. 地震參數預警：用地震三要素（即時間、地點、深度）綜合判別，確定預警級別，決策時間長。
2. 地震動值預警：設定地震動預警閾值，超過時發出預警。

## 二、預警系統架構

### (一)、現地預警

利用 P 波來確定地震是否會產生破壞而提供有效的預警時間。由於地面最強烈的震動通常發生在 S 波到來之時或以後，因此利用 P 波可有效增加預警時間，並且可縮小預警盲區的範圍和確定地震震央位置。如圖 3 所示。

當地震儀偵測到地震 P 波並達到了預警閾值時，將進行三取二的方式進行地震的判斷。在 S 波到達之前，及時控制設備開關、電源的切斷等可能造成二次災害的事情。並通過廣播的方式發出預警聲音，提醒群眾緊急撤離及打開緊急出口。目前現地預警在一些重要的場所有所應用：高鐵地震預警、核電站地震預警系統、輸油氣管線地震預警系統、城市軌道交通系統、精密廠務及化工行業等等。



圖 3. 現地預警系統架構

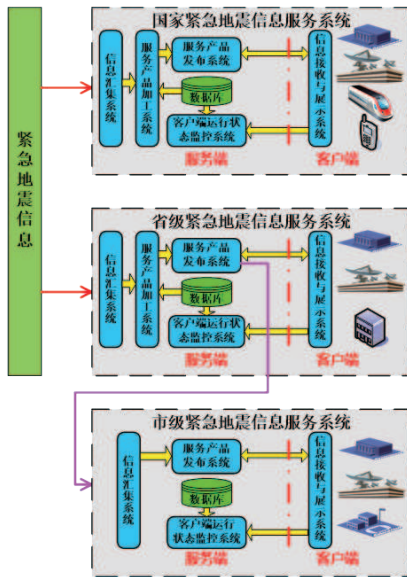


圖 4. 中國地震局預警系統架構

## (二)、區域預警

預警終端接收緊急地震發佈中心的地震資訊，向使用者即時發佈地震預警資訊，並提供聲光電示警。此時的預警資訊具有地震三要素，經過預警終端本地的計算，可以判斷 S 波到達的時間，烈度大小及聲光報警是否需要。目前中國地震局採用的是區域預警方式進行發佈預警資訊（圖 4）。

目前在大陸安裝近 2 萬台的烈度計及上萬台其他類型的地震觀測儀組成地震觀測系統（圖 5），通過 VPN 專用通訊鏈路，流伺服器接收測震、強震及烈度計數據。資料處理系統具有 P 波擷取、震相關聯與定位、震級計算、預警時間、震動場計算及預警資訊服務（圖 6）。資訊發佈：預警資訊（地震三要素）發佈在 MQTT 伺

服器，分佈在區域的預警終端設備從 MQTT 伺服器擷取到地震三要素（圖 7）。預警終端設備有：專用預警終端設備、手機、電視、PC（圖 8）

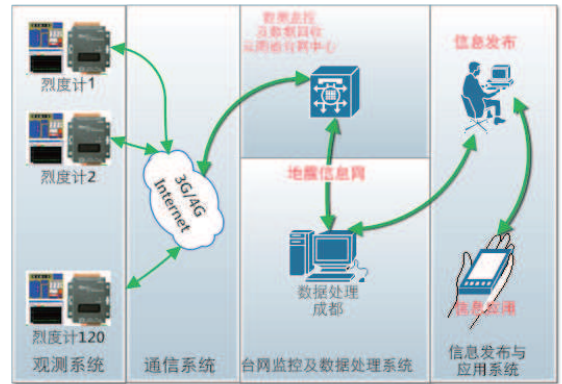


圖 5. 地震預警發佈過程

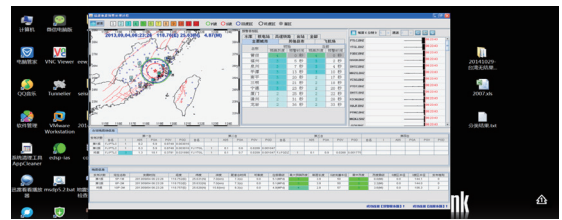


圖 6. 資料處理

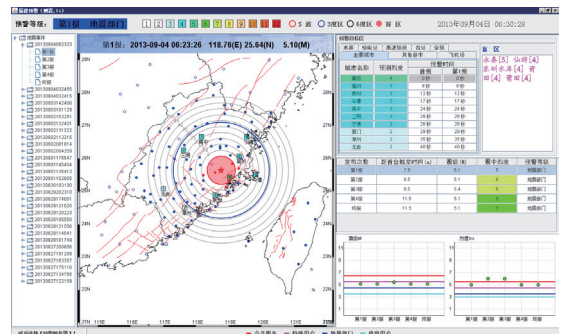


圖 7. 資訊發佈

## 三、預警終端

當地震發生時，會產生 P 波、S 波，由於 P 波的傳播速比 S 波速度快，當地震儀器監測到地震 P 波，在初步預估地震烈度值，並把相關的資訊提供給 MQTT 服務。當 MQTT 服務經過計算後，告知所有線上的緊急地震資訊服務終端，當緊急地震資訊服務終端收到震源資訊後，通過本地計算的方式，將預估 S 波到達現

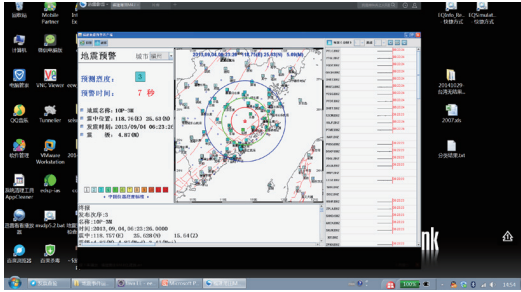


圖 8. 預警終端接收預警資訊情況

地的時間、烈度大小，緊急地震資訊服務終端通過聲光的方式，提醒群眾緊急避險，數位信號輸出控制儀器設備，採取緊急避險方式，以避免造成二次災害。

#### (一)、終端 (圖 9) 特點如下

1. 及時規劃出緊急避難場所的線路圖。
2. 聲光預警能夠直接提醒群眾緊急避險。
3. 開關量能夠控制不同的設備。
4. 一鍵報警能夠快速告知相關人員災害情況。
5. 演習模式能夠培訓相關人員的避險技巧。
6. 科普不斷宣傳增加群體地震防災觀念。

#### (二)、作為一款符合中國地震局發佈的地震預警終端技術要求的設備同時具備以下優異的性能

1. 對預警資訊的擷取、回應和顯示控制在 1 秒以內，因此終端具備高效的資訊處理能力。
2. 終端具有高可靠性，滿足 7×24 小時穩定運行。
3. 終端可根據服務策略，提供不同的服務產品，以滿足不同使用者的差異化需求。
4. 終端具備高安全性，防攻擊、防資訊篡改等能力。
5. 終端具備良好的通信相容性，以支撐通過 4G、WIFI 和有線網路接入。
6. 終端具備易維護性，便於遠端系統管理和維護。

振聯科技的地震預警終端可依據客戶技術及環境要求，提供客製化規格產品，滿足各地震局因地域差異性的特殊需求。



圖 9. 預警終端 (四川崇州應急局安裝於四川學校單位)

## 四、結語

### (一)、預警功能

1. 啟動重大工程地震應急控制系統。如停止高速列車行駛、關閉或控制核反應爐、具危險性的高溫高壓化工反應設施裝置、關閉燃氣閥門等，這是預警系統最主要的功能。
2. 向大眾發佈地震警報，採取相應的躲避撤離等措施，效果取決於預警時間的長短。

### (二)、預警關鍵技術

1. 監測台網合理部署，應在地震多發區。
2. 完善資料處理技術，應儘量減少資料處理時間。
3. 減少誤觸發或誤預警，避免干擾信號。
4. 提高硬體系統的可靠性，耐用性。

### 參考資料

- [1] 三聯科技股份有限公司 <http://www.sanlien.com.tw>。
- [2] 馬強 地震預警技術研究及應用。
- [3] 福建省地震局 福建簡易烈度計地震預警試驗區建設工作情況。
- [4] 高峰、楊學山、馬樹林 地震預警系統概述。
- [5] 百科 <https://www.baik.com>。