



財團法人氣象應用推廣基金會

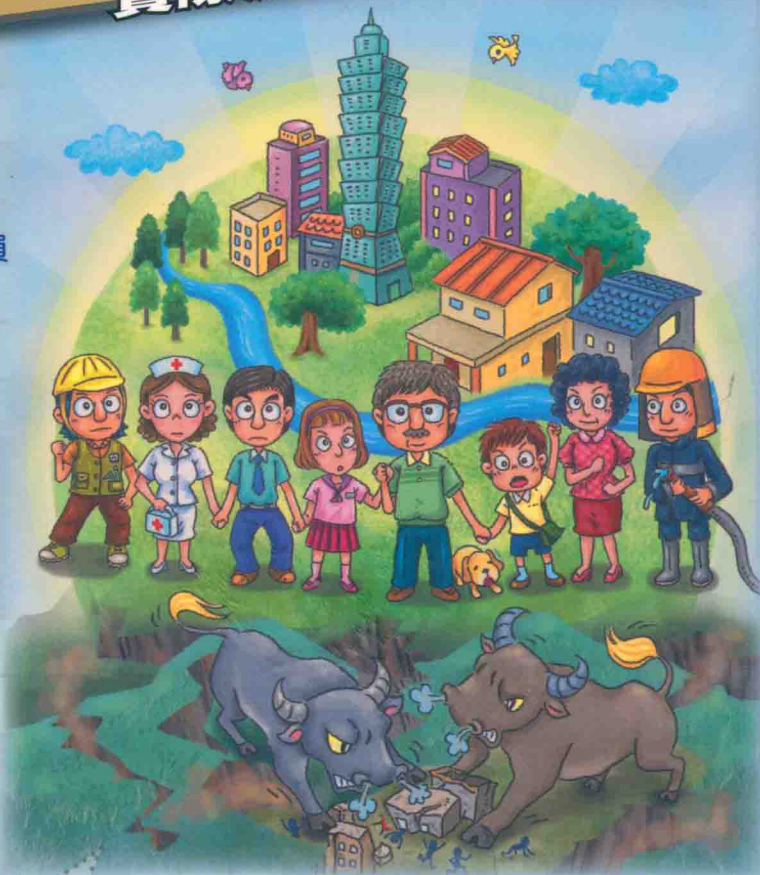
防震減災

提高防範地震意識及
實際減少地震損失

主編
張文彥
余貴坤

編輯委員

王乾盈
林正洪
吳逸民
李政寬
張建興



您想知道為什麼會發生地震嗎？臺灣有哪些地方容易發生地震？中央氣象局震資訊？一旦發生地震時要如何避難自保？你住的房子安全耐震有疑慮何抗震？房屋需要投保地震險嗎？地震科學發展的現況為何？地震可以球最近十年發生了哪些大地震？有哪些重要的地震相關專業網站？本書名地震學者與專家們的知識、智慧及經驗，將一一的告訴您！

防震減災

主 編：

張文彥、余貴坤

編輯委員：

王乾盈、林正洪、吳逸民

李政寬、張建興



財團法人氣象應用推廣基金會

國家圖書館出版品預行編目資料

防震減災/張文彥,余貴坤編著. --
臺北市:氣象應用推廣基金會, 2012.03
面; 公分
ISBN 978-986-84982-1-1(平裝)

1.地震 2.震災 3.防震

354.48

101004035



財團法人氣象應用推廣基金會
(本基金會為非營利事業機構)

發行人：蔡清彥

主編：張文彥、余貴坤

編輯委員：王乾盈、林正洪、吳逸民、
李政寬、張建興

助理編輯：楊嘉莉

策劃執行：林廷芳、李金萬、謝維權

出版版：財團法人氣象應用推廣基金會

電話：(02)2708-1730 分機251或258

I S B N：978-986-84982-1-1(平裝)

地址：106台北市復興南路一段390號5樓之3

贊助出版：財團法人三聯科技教育基金會

贊助人：林榮渠

出版日期：中華民國101年3月11日初版

中華民國101年4月6日初版二刷及修訂

中華民國101年8月修訂版第二刷

編印單位：磊承印刷事業有限公司

電話：(02)3234-3456

製作工本費：新台幣280元



集思廣益

臺灣地區兩個不可避免的大自然威脅是颱風和地震。今日颱風 24 小時路徑預報誤差平均已縮小至約 100 公里，豪雨量預報亦有大幅度成長；而對預知地震發生地點、時間及規模，尚未見有效突破與進展。臺灣位處環太平洋地震帶，據官方統計，平均 15 至 20 年發生 1 次災害型地震，例如 1999 年 9 月 21 日凌晨發生在臺灣中部的集集地震（規模 7.3），造成重大的人員傷亡與其他災損，顯示防震工作為不可忽視之一環。

本基金會為推廣科普的目的，特邀集地震和地震工程領域的學者專家，包括前中央大學余貴坤教授、中央大學地球科學學院王乾盈院長、國家科學委員會張文彥研究員、中央研究院林正洪研究員、臺灣大學吳逸民教授及國家地震工程中心李政寬副研究員等為編輯委員，配合國家科學委員會楊嘉莉小姐、中央氣象局地震測報中心張建興技正與江嘉豪課長及本基金會李金萬執行長與謝維權副執行長等行政與技術支援，共同合作完成防震減災科普專書。內容之文字說明專業知識部分均儘量用口語化，配合示意圖或圖片補充，包括認識地震基本常識，及一些日常生活相關之實用性防震減災的方法，最後介紹目前發展的「前端偵測型」及「現地型」強震即時預警系統與前兆觀測及地震預報之現況與展望，希望讓讀者從書中更充實防震減災的知識。

本書之印刷等費用係由「三聯科技教育基金會」林董事長榮渠捐贈。選擇在 3 月 11 日出版，目的在紀念 2011 年 3 月 11 日下午發生在日本東北外海的大地震（規模 9.0）及引發超級海嘯滿週年的歷史教訓。

財團法人氣象應用推廣基金會暨
財團法人工業技術研究院

董事長

榮清彥

中華民國 101 年 2 月 6 日



初版序

臺灣處在環太平洋地震帶上，一旦發生災害型地震，往往造成重大的災害損失，而地震相關科普書籍仍十分缺乏，無法滿足普羅大眾知的需求。2010年1月12日加勒比海域的海地地震（規模7.0）與海嘯及2月27日南美洲的智利地震（規模8.8）與海嘯事件後，本基金會即規劃出版地震相關專書，列為年度工作重點之一，以推廣宣導科普教育。2011年3月11日日本東北外海大地震（規模9.0）與海嘯，更加速了完成本書的腳步。

進行邀請學者專家參與編輯過程中，特別感謝余貴坤教授同意擔任整合與主編工作。余教授大學四十餘年地震科學相關教育經驗，莘莘學子已經桃李滿天下，由他登高一呼，順利地組合了地震學者專家之編輯群。2011年7月余教授自萬能科技大學榮退後，編輯委員更積極密集開會討論編排事宜，各位委員均能全力以赴與完全配合。另外，行政院國家科學委員會自然科學發展處、中央氣象局地震測報中心、三聯科技教育基金會及本基金會等單位相關人員，共同參與技術和行政支援。三聯科技教育基金會林董事長榮渠先生，特別鍾愛地震研究，公司長期投入地震工程監測之相關應用與研發，出版本書之印刷等費用係由林董事長慷慨捐贈。上述各參與者因篇幅關係未能一一列舉大名，但皆為順利出版本書的重要推手。

本書為拋磚引玉的角色，希望藉由讀者廣泛的迴響，激發更多類似的科普專書問世，及本書再版。

前財團法人氣象應用推廣基金會董事長暨

前中央氣象局局長

辛江霖

中華民國101年2月8日



推薦序

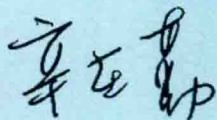
防震減災科普專書

地震災害長期來威脅人類生活，人們也苦思各種方法來防治震災，孫子兵法有云：「知彼知己者，百戰不殆；不知彼知己者，一勝一負；不知彼不知己，每戰必殆」，如果我們把對抗地震災害當做一場戰役，要降低每一次地震災害所帶來的衝擊，就要有長期且持續的觀測，紀錄地震發生前中後的各種現象，加以分析地震發生的可能原因後，再集中可運用的防救災能量，採行必要的減災防災措施，例如訂定結構物的耐震規範、加強防震教育宣導等，方能有效降低地震災害所帶來的損失；隨著科技的日益進步，透過地震預警技術的發展，我們已經能夠化被動為主動，爭取地震發生後短暫的黃金時間，及時進行地震避難等必要措施。

為什麼會發生地震？地震是如何觀測的？你的房子耐震嗎？地震可不可以預測？以上林林總總看似跟我們生活息息相關的地震及防震減災知識，因為涉及相當多的專業知識，常讓人們覺得深奧難懂，望之卻步，即使有心進一步瞭解，也苦無門路，大大降低了防震減災的效益。財團法人氣象應用推廣基金會看到了這個問題，著手收集相關資料，邀集地震、地震工程等領域的專家學者共同合作撰寫防震減災科普專書，系統性的從認識地震開始，讓讀者瞭解基本的地震學常識，進而教導讀者如何在生活上來進行防震減災，最後以目前發展的地震預警技術與前兆觀測作結尾，讓讀者了解地震研究目前的進展及限制，這樣的內容安排，很符合孫子兵法的旨意。

這本書讓讀者知道地震災害之發生是必然的，目前的科技也無力去阻止地震的發生，透過閱讀這本書，讀者可以知道如何趨吉避凶，化被動的無奈承受為主動的避難減災，這是這本書可以帶給讀者的最大收穫。

中央氣象局
局長



中華民國 101 年 2 月 9 日



推薦序

記取921經驗 同心防範震災

地震和考試的相似處：考試成績不理想，往往是數個科目考不好；房屋不耐震倒塌，通常有幾項典型的原因。地震和考試的不同處：考試成績不理想，可下次準備好後再考過；地震造成屋毀人亡，生命卻不能重來過。

921 集集地震，臺灣各地傳出屋毀人亡的災情，許多建築結構專家，在事後調查房子倒塌的原因。本書「防震減災」整理了專家們的調查心得，以顯淺的圖片，向讀者介紹房屋不耐震的主要原因，很值得大家細心了解，作為購屋與用屋的參考。

國家地震工程研究中心

主任

張國鎮

中華民國 101 年 2 月 13 日



董事長序

一本珍貴的地震工學百科全書

地球的任何地區，隨時會發生大大小小的地震，造成不同災害。1935年，當年尚六歲的頑童，初遭遇發生於新竹附近的關刀山大地震，印象深刻，房屋牆壁裂開，還好沒有倒下來。地震時當小學老師的父親帶我到學校視察，因路橋破壞，乃沿著火車軌道走，親眼看到鐵軌彎彎曲曲變形，迄今難忘。

長大踏出學門後在台電服務 15 年，大部分工作從事水力發電廠建設與維修工程，離開台電創立公司後，有機會承包德基水庫大壩安全監測工程，因而赴日本黑部水庫參觀正在施工中之水壩實習；因水庫大壩拱壩結構體大，萬一崩壞對下游人身財產所造成的災害將是無法估計；所以地震觀測儀在安全監測系統中乃是重要角色。接下來承包曾文水庫、翡翠水庫等大小水壩以及核能電廠、十大建設工程、高樓大廈的安全監測都脫不了與地震儀有關聯。當時沒有類似防震減災科普系列的參考書籍，所以不得不從實際作業中及搜集地震造成災害的有關案例或文獻來解決問題及規劃對策。多年來累積的實績與經驗與不斷求知求新，如今三聯科技公司的經營團隊進一步邁進以產學合作，研發「地震預警系統」，開始推廣中。

2011 年 3 月 11 日的日本東北大地震中，「緊急地震速報系統」發揮了作用，許多民眾透過手機、電視、廣播、戶外大型電視螢幕等管道，獲得地震預警資訊（註）。地震同樣頻繁的臺灣，也需要類似的預報系統，921 大地震後的教訓，許多研究單位都已研發出不同的預警技術。地震預警系統要進入民眾生活，需要政府機構加以整合，並與各類民間業者合作，讓臺灣民眾在地震來襲時，也能在第一時間緊急避難、降低二次災害。



此刻，氣象應用推廣基金會邀請地震工學權威學者及專家，共同合作編撰有系統的「防震減災」科普專書，讓讀者認識地震及探討地震預警與前兆，進而能提高防範地震意識及實際減少地震損失裨益頗大，可以說是一本珍貴的地震工學百科全書。

[註] 最近在臺灣召開的中日工程技術研討會，在防災組會議中，日本地震學會副理事長石川有三也說，日本氣象廳建立的地震預警系統在日本國土佈置大量地震感測器，當地震開始發生的瞬間，最接近的感測器會通知氣象廳主機，緊接著速度較快的P震波傳進到了其他附近的感測器，這時警報系統就擁有很多的數據，可分析出較準確的相關資訊。同時即時將警報訊息透過各種管道，讓民眾得以進行有效的避難動作。

三聯科技股份有限公司

三聯科技教育基金會

董事長

林榮渠

中華民國101年2月10日



誌 謝

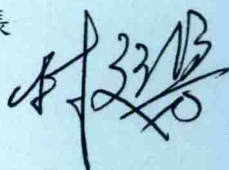
氣象應用推廣基金會，秉以氣象應用技術研究發展及提供即時多元的氣象資訊服務，以降低天然災害損失為宗旨。除了積極從事氣象防災技術研發、氣象資源應用推廣及高品質氣象服務外，為能落實基層教育的耕耘及推廣氣象常識與提升災害防範的理念，於 2008 年出版「氣象千問」一書（俞家忠教授 著），並贈送全國各國民中學做為教育推廣用書，頗受各界肯定與好評。

今逢日本 311 東北大地震、海嘯災害屆滿一週年前後，本基金會特別邀請集結國內一流、頂尖之地震權威學者及專家，共同合作有系統的編撰「防震減災」科普專書；該書以深入淺出的內容及活潑生動的編排手法，結合了生活防震常識與地震科技知識，讀者從書中能學習到對地震的認識、觀測以及災害的因應，進而有效降低災害損失，對於科普的推廣確實是一本具教育義意的百科全書。

本人謹代表氣象應用推廣基金會感謝編輯群—余貴坤教授、王乾盈院長、張文彥研究員、林正洪研究員、吳逸民教授、李政寬副研究員、張建興技正以及楊嘉莉助理編輯以及工作群—氣象基金會李金萬執行長、謝維權副執行長、廖婉孜小姐、三聯基金會陶文圖小姐，大家同心協力在非常短的時間傾全力配合下，讓這本「防震減災」氣象科普精彩出版。同時感謝財團法人三聯科技教育基金會林榮渠董事長及台北市東華扶輪社李敦朗社長贊助編審及印製資金，始得順利出版。

在此邀請您加入我們的志業，並希望獲得認同及贊助；相信若能集結更多同好者共同為科普教育與專書而努力，這對長期氣象教育的耕耘及推廣一定會是很大的助力。

財團法人氣象應用推廣基金會 前董事長
財團法人三聯科技教育基金會 執行長



敬筆

贊助印刷

聯絡電話：02-27081730分機320 廖小姐

戶 名：財團法人氣象應用推廣基金會

帳 號：中國信託商業銀行822城中分行107538474603

中華民國 101 年 3 月



編輯小語

今日的科技發展與創新，雖然給人類帶來生活的舒適與便利，但對地震的發生仍無法預知。既然如此，我們就必須多充實地震的相關知識，平時做好防震措施，一旦地震發生時，才能從容應對並保護自身與周邊人畜安全，減少災損。地震發生很難避免，唯有加強防震減災工作，才能將災害程度降到最低。防震減災措施可分四方面進行：

- (1) 地震知識宣導：編輯地震相關科普文宣品；
- (2) 災害預防：定期實施地震防災演練，建立完備的防災法規與防災救援體系，制訂妥適的結構耐震設計與補強規範；
- (3) 緊急應變：建立地震預警系統、發揮防救體系功能，作好緊急疏散與救援；
- (4) 災後復原：盡速進行災情彙整與災區環境整復與重建，協助災民身心醫療。畢竟地震前能有多一分的防震準備，就可少一分地震的災害與損失。

本書內容分成四個部分：第一部分為「認識地震」，介紹地震的相關知識；第二部分為「防震減災」，介紹地震造成的直接或間接災損與防震減災措施；第三部分為「地震預警與前兆觀測」，介紹地震預警的意義與預測之可行性，以及國內目前正在進行及規劃中的相關研究；第四部分為「全球重大災害地震回顧」，舉近十年全球發生重大災害的地震實例，供讀者參酌借鏡。本書編輯倉促，疏漏難免，請諸位先進多予指正。

編輯小組 謹誌

中華民國 101 年 1 月



編輯群

主編：

張文彥 研究員 行政院國家科學委員會

學歷：國立中央大學地球物理博士

經歷：行政院國家科學委員會研究員

中華民國地球物理學會理、監事

余貴坤 教授 萬能科技大學營建科技系

學歷：美國聖路易大學地球物理博士

經歷：國立中央大學地球科學系教授

萬能科技大學營建科技系教授

編輯委員：

王乾盈 院長 國立中央大學地球科學院

學歷：美國聖路易大學地球物理博士

經歷：國立中央大學地球科學系教授、所長

國立中央大學地球科學院院長





林正洪 研究員 中央研究院地球科學研究所

美國任色列理工學院（RPI）地球與環境科學系博士

經歷：中央研究院 地球科學研究所研究員

吳逸民 教授 國立臺灣大學地質科學系暨研究所

學歷：國立中央大學地球物理博士

經歷：中央氣象局地震測報中心研究員

國立臺灣大學地質科學系教授

李政寬 副研究員 國家地震工程研究中心

學歷：國立臺灣大學土木工程研究所博士

經歷：國家地震工程研究中心副研究員

張建興 技正 中央氣象局地震測報中心

學歷：中央大學地球物理博士

經歷：中央氣象局地震測報中心技士、課長

中央氣象局地震測報中心技正

助理編輯：楊嘉莉





目錄



第一部分

認識地震

1

一、地球結構	2
二、地震發生的原因	3
三、板塊構造	4
四、地震帶	5
五、斷層的種類	6
六、震源參數	8
七、震源、震央與震源破裂面	9
八、規模與震度	12
九、地震波的種類	13
十、地震觀測	15
十一、地震儀器原理	17
十二、地震定位	18
十三、地震序列	18
十四、震度等值線	19
十五、臺灣的地震分布	21
十六、臺灣的地震頻率	22
十七、臺灣東、西部地震活動之差異	23
十八、臺灣20世紀曾經錯動之斷層	23
十九、海嘯與地震的關連	24
二十、海嘯之傳播	26



第二部分

防震減災

27

一、強地動觀測與日常生活有何關係？	28
二、921集集地震造成哪些災損？	
現在還保存哪些震災遺跡？	30
三、為什麼地震會造成房屋毀損？	36
四、影響房屋耐震安全的因素有哪些？	39
五、哪些地方不適合蓋房子？	39
六、房屋的外觀與耐震能力有關係嗎？	42
七、房屋的構造類別，「鋼筋混凝土」、 「鋼骨構造」、「鋼骨鋼筋混凝土」， 耐震能力有差別嗎？	49
八、什麼是海砂屋？	52
九、屋頂違法加蓋或牆面打通，會有危險嗎？	54
十、高齡房屋疑似耐震能力不足，怎麼辦？	55
十一、地震之後，怎麼知道房屋是否還安全？	58
十二、居家抗震準備工作有哪些？	67
十三、房屋投保地震險，有何好處？	79
十四、是否有窗口可提供更多地震與工程的 相關資訊？	81
十五、專家善意的提醒：選購屋舍停看聽	83



第三部分

地震預警與前兆觀測

87

一、地震速報系統	88
二、什麼是地震預警?	90
三、地震可以預測嗎?	92
四、地震預測的小故事	93
五、傳統地震預測的基本理論為何?	94
六、為什麼地震未能準確預測?	94
七、哪些自然現象可能與大地震有關聯?	95
八、過去是否有具科學價值之地震前兆?	98
九、目前進行之地震前兆觀測有哪些?	99
十、先進國家有哪些大型地震預測研究計畫?	104
十一、地震預報的展望如何?	104



第四部分

全球重大災害地震回顧

107

一、1999 年土耳其伊茲米特地震	108
二、2004 年印尼蘇門答臘外海地震	110
三、2005 年喀什米爾地震	113
四、2008 年中國汶川地震	116
五、2010 年海地地震	118
六、2010 年智利地震	120
七、2011 年紐西蘭基督城地震	123
八、2011 年日本東北外海地震	125

圖表目錄

圖目錄

圖1-1	固體地球內部結構概略分層。.....	2
圖1-2	地震發生示意圖。.....	3
圖1-3	全球板塊分布形貌及其名稱。.....	4
圖1-4	全球地震（紅色斑點）發生位置分布概況圖。.....	5
圖1-5	斷層的種類。.....	7
圖1-6	地震報告所列之震源參數，【地震發生時間①】、【震央位置②】、【震源深度③】、【地震規模④】及【各地震度⑤】。.....	8
圖1-7	震源與震央位置示意圖。.....	9
圖1-8	地震波的種類。.....	14
圖1-9	中央氣象局現有的地震觀測站分布圖。.....	15
圖1-10	1999年921集集地震的地震測報報告。.....	16
圖1-11	機械式地震儀器裝置示意圖。.....	17
圖1-12	簡易的地震定位方法一畫圓法。.....	18
圖1-13	1999年921集集地震的震度等值線分布圖。.....	20
圖1-14	臺灣地震帶示意圖。.....	21
圖1-15	臺灣1991年至2010年之地震次數統計圖。.....	22
圖1-16	中央氣象局海嘯警報發布作業流程圖。.....	25
圖1-17	海嘯波傳播示意圖.....	26
圖3-1	地震速報之救災反應示意圖。.....	89
圖3-2	「前端偵測型」與「現地型」地震預警系統。.....	91
圖3-3	裝設在高雄市新發國小的「現地型」地震預警儀器實例（圖片由三聯科技提供）.....	92
圖3-4	與大地震有關聯的自然現象。.....	96
圖3-5	臺灣地區於1999年之地震活動度分析，在921地震之前地震發生次數明顯偏低。.....	98
圖3-6	電離層觀測示意圖及地震發生前之電離層濃度可能異常現象。(98.12.19花蓮地區芮氏規模6.9地震)。.....	101

圖3-7	921集集地震發生前約九個月，臺灣地區的地震活動度，藍色表示地震活動減少，紅色表示地震活動增加，星號標示集集地震之震央，黑線標示車籠埔斷層。可以發現全臺灣地區大部分地震活動減少，這可能是安靜期之現象，圍繞地震斷層周遭出現輕度的活動增加，可能代表地震前局部活化之現象。.....	102
圖3-8	98.12.19花蓮地區發生芮氏規模6.9地震，花蓮地下水觀測站記錄到的同震水位變化異常（箭頭所指處）。.....	103
圖3-9	(a)由全球衛星定位系統GPS之地殼變形監測分析，可計算臺灣之板塊移動速度，預估臺灣地震之時空分布趨勢。 (b)井下應變儀可以觀測高解析的地下形變資料。 (c)不同時間的衛星雷達資料經過干涉分析可以獲得地區形變資料。.....	103
圖3-10	鯉魚潭磁力觀測站，在921集集大地震前後地磁場強度之變化圖，大地震發生前，岩層若受到應力的作用，有可能引起地磁場的異常變化。此觀測結果可以發現，在921集集大地震前地磁場有明顯的變化，持續至10月22日的嘉義地震發生，之後地磁場的擾動現象就消失。.....	104
圖3-11	重力儀與磁力儀之外觀.....	105
圖4-1	土耳其地塊夾在非洲板塊、阿拉伯板塊與歐亞板塊間，因受擠壓而朝西移動，並拉出一條右移的北安納托利亞斷層。.....	109
圖4-2	北安納托利亞斷層上，不同位置依次破裂，引發一次接一次的地震。本次伊茲米特地震裂開西端的段落。...109	
圖4-3	新建築因品質低劣耐震薄弱而倒塌，老建築反而安然無恙。.....	110
圖4-4	比較土耳其的北安納托利亞斷層與美國加州的聖安德列斯斷層。.....	110
圖4-5	2004年蘇門答臘地震及其餘震分布。.....	111