

防災教育

教師參考手冊

◎ 共同 ◎



目次

◎ CONTENTS ◎

1 防災概論

壹、防災校園推動政策目標	10
貳、防災校園各學習階段目標	10
一、幼兒園階段：建立安全意識	10
二、小學階段：懂災害、會判斷	11
三、國中階段：能自救、會互助	11
四、高中階段：協助學校與社區	11
參、防災教育學習主題	11
一、災害風險與衝擊	11
二、災害風險的管理	11
三、災害防救的演練	12

2 火災

壹、火災的定義	16
一、違反人的意思	16
二、有滅火必要的燃燒現象	16
貳、火災基本知識	16
一、燃燒理論	16
二、滅火的基本原理	17
三、火災的發生階段	18
四、火災的分類	19
五、火場的危險因子	21
參、火災迷思	22
一、火災一發生，最重要的事是「逃生」 ...	22
二、火場中最可怕的是火	22
三、火場濃煙密佈，用濕毛巾摀口鼻 穿越濃煙逃生	22
四、往上跑比較安全	22
五、要躲就躲浴室，浴室有水	22
肆、火災的應變計畫	23

3 地震災害

壹、地震的定義	26
貳、地震基本知識	26
一、地震的成因	26
二、地震的規模與震度	28
三、地震的災害特性	30
四、地震所引起的複合性災害	30
參、臺灣的地震歷史重大災害	33
肆、地震災害的整備與應變計畫	34
一、整備計畫	34
二、應變計畫	36

4 風災與水災

壹、風災與水災的定義	40
貳、風災與水災基本知識	41
一、災害種類	41
二、淹水種類	42
三、災害預警	44
參、台灣風災與水災歷史重要事件	46
肆、風災與水災應變計畫	47
一、防災社區	47
二、改變思維與水共生	49

5 坡地災害

壹、坡地災害的定義	54
貳、坡地災害基本知識	54
一、坡地災害種類	55
二、土石流災害潛勢	57
三、土石流警戒	59
參、臺灣坡地災害歷史重大事件	60
肆、坡地災害應變計畫	62
一、注意防災資訊	62
二、疏散避難	62
三、應變計畫	63
伍、坡地災害減災設施	63
一、防砂壩（非透過性）	63
二、梳子壩（透過性）	64
三、乾砌石護岸	64
四、沉砂設施	64

6 其他災害

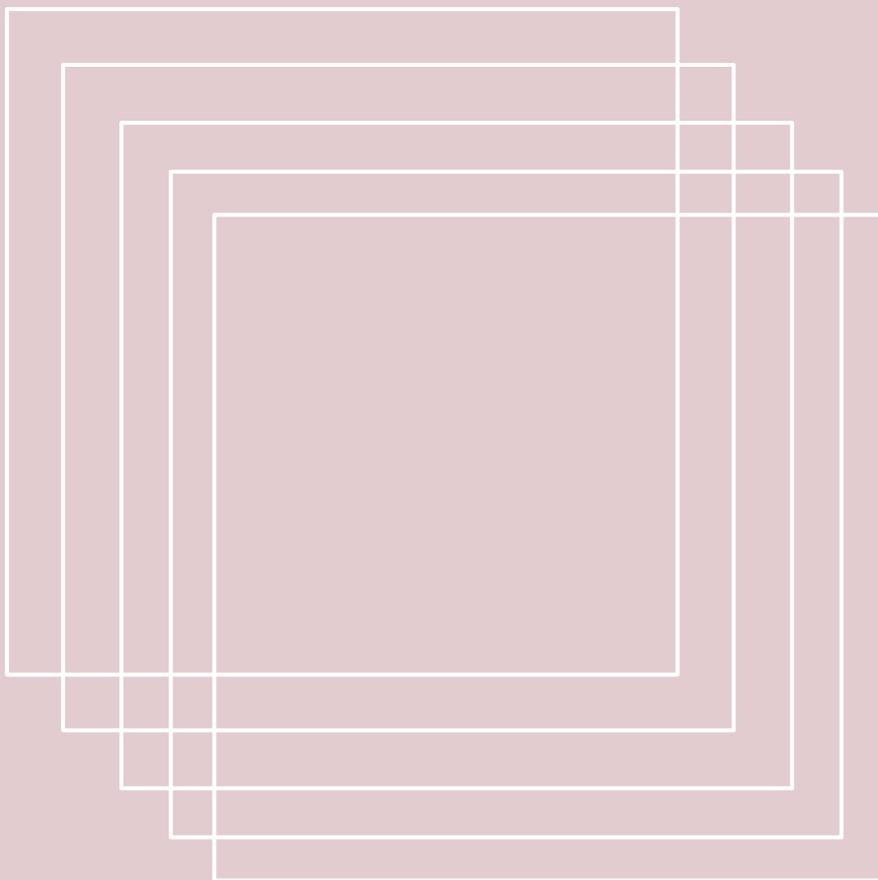
壹、災害分類	68
一、臺灣的災害分類	68
二、國際的災害分類	68
貳、常見的其他災害	69
一、懸浮微粒物質災害	69
二、生物病原災害	72
三、氣候變遷的災害衝擊	74

1

CHAPTER

防災

概論



第一章

防災概論

根據世界銀行2005年「天然災害熱區：全球性風險分析」，臺灣同時暴露在三項以上天然災害威脅的土地面積與人口（73%）都是世界第一，而有90%的土地及人口暴露在兩項以上天然災害之中。天然災害是臺灣人必須面對的威脅，921地震、莫拉克風災...慘痛的衝擊已經深深烙刻臺灣人的心中，如何從認識天然災害成因、災害風險的管理及災害防救的演練，以降低災害的影響，是國民基礎教育必須教授的課題[1]。

本手冊希望協助教師建立對於災害防救的共通基本概念，並釐清長期以來在教育體系中未精確傳遞的模糊或錯誤概念，讓不同階段的學生能夠學習該階段的防災目標，培養具備防災的素養，能夠將災害知識與防災既能在生活中整合運用，因此，本手冊希望透過有系統、有組織的防災學習課程地圖，引導防災知識結構的學習、有效提升學生正確的防災態度。本章將說明防災校園各學習階段目標及內涵，並在後面第二至六章專章討論火災、地震、風災與水災、坡地災害及其他災害之災害成因及防災內容。

壹

防災校園推動政策目標

教育部期望推動「以判斷原則取代標準答案」之防災教育觀念，並建立學校具備面臨單一自然災害或複合式災害之調適與回復能力、養成防災教育人才增能培育、結合防災科技資源與創新研發等，建構以安全學習設施、學校災害管理、降低風險與耐災教育之核心目標，並以「韌性建構，防災校園」為防災教育願景，強化師生情境思考、緊急思維與災害心理，落實防災教育推動政策目標 [2]：

目標

- 一 防災知識、技能及態度的教育與實踐。
- 二 防災校園持續運作執行的機制建立。
- 三 防災教育觀念（以判斷原則取代標準答案）的轉變。
- 四 防災共識及防災文化的建立。
- 五 防災資源的整合發展，發揮最大效益。
- 六 防災教育人才與課程的建立。
- 七 多元與創新防災教材教案的編製。
- 八 防災科技應用導入、創新與研發。

期望透過防災教育推動校園災害管理，使校園減少受災時間能快速恢復到災前的狀況，進而增加校園防災韌性，為使學校具備正確之災害基礎資訊與知識，了解社區人文狀況、災害歷史，調查校園環境與設施設備，評估學校所具備之機會與可能會發生的威脅，盤點學校現有之教師人力、能力、設備器具等物資，以評估學校的容受力。

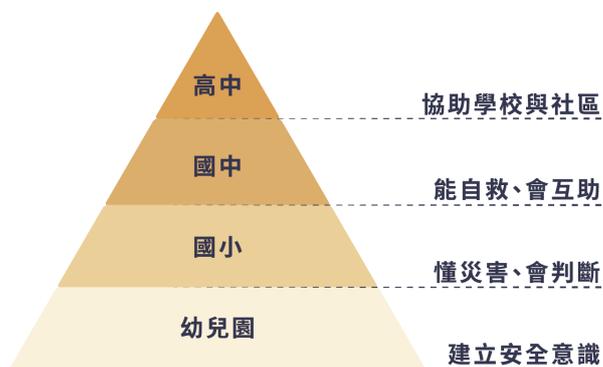
在掌握學校環境與能力後，繪製防災地圖，擬定校園災害防救計畫，透過實際演練熟悉

計畫內容並進行檢討，此外，可利用學校作為社區行動中心，與相關防災教育專業團體合作導入相關資源並發展在地化教材教案，提升學生與社區對災害知識與預防的意識，以強化學校能力與相關成員之防災觀念與災害防救知識。

貳

防災校園各學習階段目標

在「韌性建構，防災校園」作為防災教育願景下，教育部針對幼兒園至高中等學習階段具體研擬防災教育目標，提供各縣市政府教育局處與學校未來推動遵循之方向，教育部於 2019 年提出建構韌性防災校園防災願景，針對幼兒園、國小、國中、高中、大學等階段研擬出各學習階段應要達成的防災教育目標，各階段的防災教育目標分別敘述如下，詳細內容於各階段手冊說明，防災教育目標願景如圖 1-1 所示 [2]：



▲ 圖 1-1 防災校園各學習階段目標願景圖

一、幼兒園階段：建立安全意識

幼兒園階段防災教育目標在建立幼兒之安全意識，以降低對災害不確定性的恐懼感，對於危險能有初步察覺，降低對危險的恐懼感，並學會接受引導進行避災及保護自己的動作。

二、小學階段：懂災害、會判斷

國小階段防災教育目標在於讓學童了解災害，不會懼怕災害，並學會判斷原則，不同學年的目標說明如下：

| 低學年 |：

讓學生們清楚理解到這是與自己的生命有關的事情，建立對危險徵兆的基本認識，訓練避災及自我保護能力的概念。

| 中學年 |：

讓學生們清楚理解到這是與家人的生命有關的事情，建立對災害、危險的基本認識，訓練避災及自我保護能力，了解有效避災的判斷原則。

| 高學年 |：

讓學生們清楚理解到這是與他人的生命有關的事情，建立基礎防災知識，訓練避災及自我保護能力，了解有效避災的判斷原則，並能協助部分防災工作。

三、國中階段：能自救、會互助

國中階段防災教育目標在以自救為基礎，建立互助之能力，讓學生們具備須在災害文化傳承上有所貢獻的素養，建立完整之防災與應變知識和原則，熟悉防災器具使用方式，學習簡易救護技能，培養災害警覺意識與互助能力。

四、高中階段：協助學校與社區

高中階段防災教育目標在進一步強化防災技巧，傳遞防災知識概念，協助校園與社區防災事務等，建立並推廣正確的防災知識，熟練防災技能及簡易救護技能，能操作防災器

具，瞭解學校周遭及社區環境，發現問題，提出解決對策。

參

防災教育教學主題

教育部為提供學校層級與教師層級之課程發展與教學需要，在 2019 年「十二年國民基本教育課程綱要－議題融入說明手冊」指出防災教育的學習目標及學習主題，學習目標包括：培養災害風險管理與災害防救的知能、養成防救行動之態度與責任感、增進參與災害防救行動，並將相關課程適切融入於自然科學領域、綜合活動領域、全民國防教育等其他相關領域，可依據教育階段的課程需求，逐步研發相關課程、教材及教學模式，防災教育的學習主題說明如下 [1]：

一、災害風險與衝擊

防災教育應從災害認知開始，如災害的種類（颱風、地震、洪水、土石流...等）及災害所造成的衝擊（人員傷亡、財產的損失...等），而且必須連結學生的生活環境以及考量臺灣的地理、地質、生態及人文的特殊性。

二、災害風險的管理

災害風險的管理重在如何減少災害風險的因子以及降低災害的衝擊，減少生活環境的脆弱度及提高回復力是根本的做法；而相關的機制與做法包括：繪製防災地圖、災害潛勢分析、防災預警機制、耐災城市的指標與評估工具...等。防災校園與防災社區更是學生必須學習與實際參與的機制。

三、災害防救的演練

防災教育重在實際的參與，培養有效的實作技能，才能面對災害的挑戰。災害防救的演練必

須是終身學習與持續精進的課題。各個不同教育階段的學校教育都需要進行災害防救的演練，依身心智能的發展，災害防救的能力可分為自我照護、協助照護、及規劃執行。

▼ 表 1-1 各教育階段防災教育學習主題實質內涵表

教育階段 學習主題	實質內涵		
	國民小學	國民中學	高級中等學校
災害風險 與衝擊	<p>防 E1 災害的種類包含洪水、颱風、土石流、乾旱...。</p> <p>防 E2 臺灣地理位置、地質狀況、與生態環境與災害緊密相關。</p> <p>防 E3 臺灣曾經發生的重大災害及其影響。</p>	<p>防 J1 臺灣災害的風險因子包含社會、經濟、環境、土地利用...。</p> <p>防 J2 災害對臺灣社會及生態環境的衝擊。</p>	<p>防 U1 分析臺灣災害〈洪水、颱風、土石流、乾旱...〉的風險趨勢及衝擊。</p>
災害風險的 管理	<p>防 E4 防災學校、防災社區、防災地圖、災害潛勢、及災害預警的內涵。</p> <p>不同災害發生時的適當避難行為。</p> <p>防 E5 藉由媒體災難即時訊息，判斷嚴重性，及通報請求救護。</p> <p>防 E6 藉由媒體災難即時訊息，判斷嚴重性，及通報請求救護。</p>	<p>防 J3 臺灣災害防救的機制與運作。</p> <p>防 J4 臺灣災害預警的機制。</p> <p>防 J5 地區或社區的脆弱度與回復力的意義。</p> <p>防 J6 應用氣象局提供的災害資訊，做出適當的判斷及行動。</p>	<p>防 U2 複合式災害的趨勢、衝擊與管理。</p> <p>防 U3 耐災都市和社區的指標與評估工具。</p> <p>防 U4 應用政府提供的各種防災資訊進行災害風險管理。</p>
災害防救的 演練	<p>防 E7 認識校園的防災地圖。</p> <p>防 E8 參與學校的防災疏散演練。</p> <p>防 E9 協助家人定期檢查急救包及防災器材的期限。</p>	<p>防 J7 繪製校園的防災地圖並參與校園防災演練。</p> <p>防 J8 繪製社區防災地圖並參與社區防災演練。</p> <p>防 J9 瞭解校園及住家內各項避難器具的正確使用方式。</p>	<p>防 U5 規劃並繪製校園防災地圖，並主動參與防災演練的規劃與執行。</p> <p>防 U6 規劃並繪製社區防災地圖，並主動參與防災演練的規劃與執行。</p> <p>防 U7 了解地方防災組織的運作，並能配合組織做災情速報，以及防救災行動。</p>

臺北市

防災公園

在哪裡



北投 復興公園

Fuxing Park

士林 士林官邸公園

Chiang Kai-Shek Shilin Residence Park

大同 玉泉公園

Yuquan Park

中正 二二八和平公園

2/28 Peace Park

萬華 青年公園

Youth Park

文山 景華公園

Jinghua Park

大湖公園 內湖

Dahu Park

榮星花園公園 中山

Rongxing Park

民權公園 松山

Minquan Park

南港公園 南港

Nangang Park

松德公園 信義

Songde Park

大安森林公園 大安

Daan Park



廣告



臺北市政府消防局

災後避難



▲ 圖 1-2 臺北市防災公園在哪裡

2 火災

CHAPTER



第二章

火災

火是人類歷史中很重要的發現，在人類文明進展的過程裡提供了保溫、熟食、照明與防禦等效用，水能載舟，亦能覆舟，火的使用除了帶來便利性外，在不當使用之下火也帶來了危險性。現代人的生活脫離不了用火用電，自然也少不了發生火災的可能性。

臺灣在2019年時共發生2萬2,866次火災，其中火災死亡案件為116次，共150人死亡，造成火災死亡案件的起火原因主要為電器因素，其次為遺留火種、縱火，火災死亡案件主要發生時段為0時至6時，死亡人員年齡以65歲以上居多，罹難因素主要以「判斷力、體力等條件不足」居首位，其次為逃生障礙、錯失逃生先機、毫無逃生反應時間、二次進入火場等[1]。

對應不同的情境需要不同的策略，加上現代建築結構的差異，每個人都需要清楚了解火災的致命因子，有效保護自身生命財產的安全，本章節將說明火災的定義、基本知識、應變計畫，並協助釐清火災的迷思與誤解。

壹 火災的定義

根據我國內政部消防署對火災定義「違反人的意思或縱火而有滅火必要的燃燒現象」。

一、違反人的意思：

係指過失或通稱之失火現象，以一般人為準，對其行為應注意能注意而不注意（過失），其結果導致意外之燃燒現象發生或擴大，或者因某種原因產生燃燒現象，而違反社會常理上之公共利益，明顯與眾人之意思不符者。

二、有滅火必要的燃燒現象：

- 不以失火者或縱火者本人之主觀認定為依據，也不以實際有無滅火動作來認定。
- 依社會常理之客觀判斷，不以燃燒物之經濟價值為判斷依據，而以產生公共危險或可能產生公共危險加以認定，或由消防人員客觀判斷其是否有滅火之必要。
- 有無延燒之危險：必須基於社會大眾上一般的認知，客觀判斷其是否會產生公共危險的燃燒擴大情形。

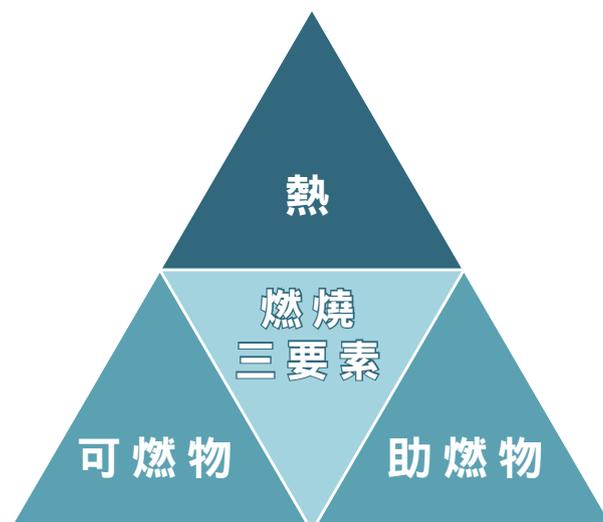
貳 火災基本知識

對於火災的背景知識有基本的了解後，能夠培養對於火災的正確態度，能夠增加判斷的準確性以及降低因為不了解造成的緊張感，以運用火災的知識採取正確的防災技巧，以下依燃燒理論、滅火的原理、火災的發生階段、火災的分類、火場中的危險因子分別敘述。

一、燃燒理論

燃燒三要素

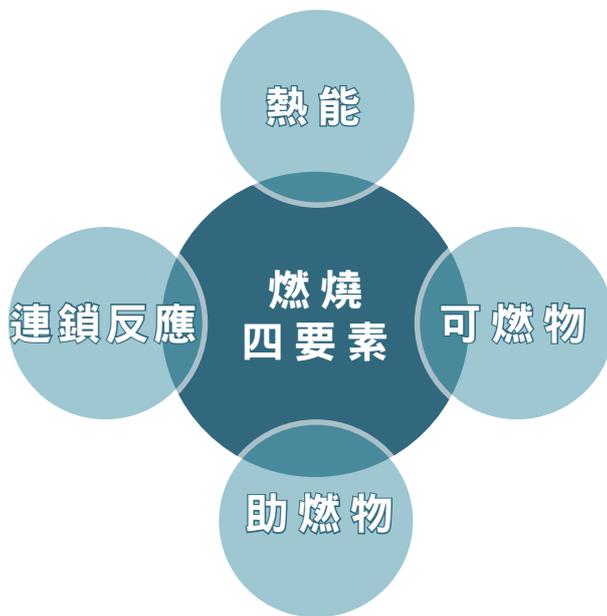
「火」的發生必須在一定的條件下進行，火災必須具備下列之三要素：火源或到達燃點的熱源、有可燃物質（例如：木頭、紙張、汽油）、有助燃空氣（例如：氧氣）或其他強氧化劑（例如：氯、硝酸等鹽類），這在燃燒學上稱之為燃燒三角 [3]，亦成為燃燒三角形理論 [4]，火需要上述三個燃燒的要素同時存在才能形成，圖 2-1 為燃燒三要素的示意圖。



▲ 圖 2-1 燃燒三角

燃燒四要素

除了火源或到達燃點的熱源、有可燃物質、有助燃空氣或其他強氧化劑之外，還需要連鎖反應，也就是可燃物質受熱產生可燃性氣體，可燃性氣體與氧元素化和後產生火，火在使可燃燒物質分解，這些步驟不斷重複才構成燃燒。而這樣反覆段的循環，就被稱為「連鎖反應」[5]，圖 2-2 為加入連鎖反應的燃燒四要素。



▲ 圖 2-2 燃燒四要素

二、滅火的基本原理

「燃燒」這個現象包含了幾個重要元素，只要缺少一種，燃燒現象便不會存在。若要阻止燃燒現象，也就是要進行滅火時，只要將要素的其中一種（或以上）消除即可。

以可燃物來說，可以使用搬離或除去可燃物的拆除法；助燃物則使用窒息法，也就是除去可燃物的氧氣，例如排除、隔絕或者稀釋空氣中的氧氣；熱能以冷卻、減少熱能的方式，使可燃物的溫度降低到燃點以下；連鎖反應能以抑制法的方式，像是加入能與游離基結合的物質，破壞或阻礙連鎖反應 [3][6]，表 2-1 為滅火的基本原理。

▼ 表 2-1 滅火的基本原理

滅火基本原理	燃燒條件	方法名稱	滅火原理
可燃物	拆除法	搬離或除去可燃物	將可燃物搬離火中或自燃燒的火焰中除去
助燃物（氧）	窒息法	除去助燃物	排除、隔絕或者稀釋空氣中的氧氣
熱能	冷卻法	減少熱能	使可燃物的溫度降低到燃點以下
連鎖反應	抑制法	破壞連鎖反應	加入能與游離基結合的物質，破壞或阻礙連鎖反應

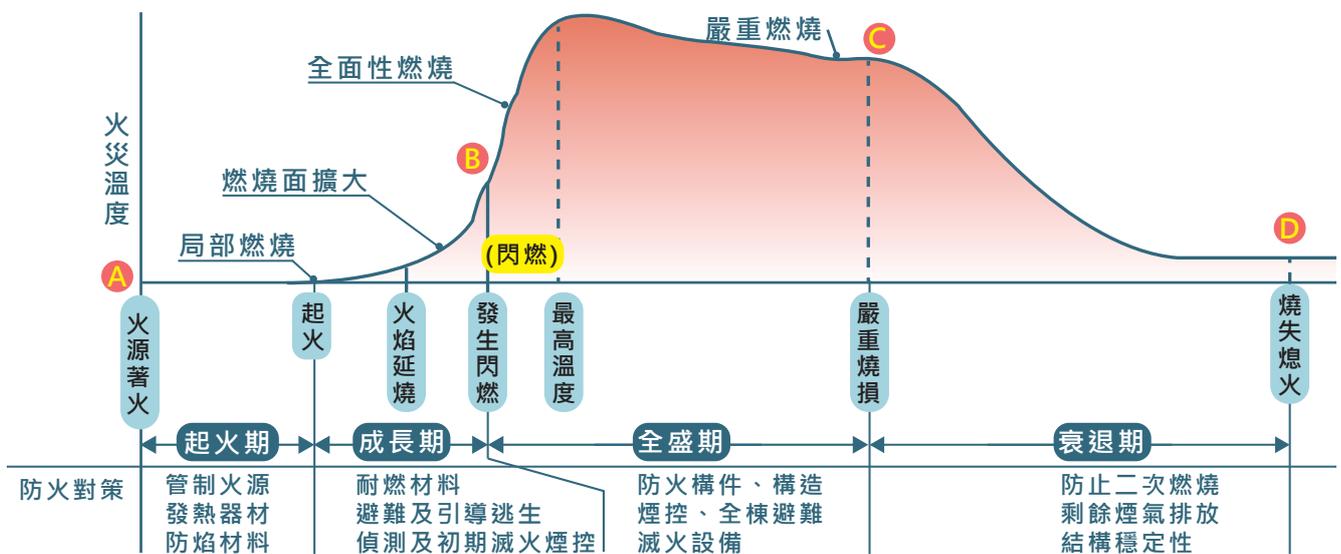
三、火災的發生階段

火災的傷害並非僅由一瞬間造成，而是隨著時間發展產生不同變化。火災在起火燃燒之時期，在消防專業稱之為火災初期，初期為起火到火勢會開始擴大的這段時期，在這時期會看到「火」，但還不會感覺到熱。接著火災會進入成長期，火勢開始擴大，並且溫

度開始上升，此時會產生「煙」並會感覺到「熱」，而火災的成長期也是火災災害應變最關鍵的時期。當火災進入一個穩定的燃燒狀態，稱為最盛期，最盛期之後就是衰退期，而衰退期的發生還是跟燃燒基本理論中的可燃物、助燃物、熱量有關，大約是80%的可燃物燒完，火災就會進入衰退期，表 2-2 及圖 2-3 為火災各階段特徵。

▼ 表 2-2 火災各階段特徵

火災階段	狀況	現象
初期	剛剛起火燃燒之時期	從起火到火勢會開始擴大這段時期，這個時期會看到「火」或「淡煙」，但還不會感覺到熱。
成長期	火勢就會擴大	火勢擴大溫度上升，開始產生「煙」，溫度急速上升，感覺到「熱」，甚至到房間全面燃燒。這階段是災害應變最關鍵的時期。
最盛期	穩定的燃燒狀態	房間全面燃燒開始
衰退期	火災燃燒開始減緩	約 80% 的可燃物燒完了，火災就會進入衰退期或者火場溫度每分鐘下降攝氏 7-10 度，也代表進入衰退期。



▲ 圖 2-3 建築火災階段與對策

四、火災的分類

想要做好火災的因應策略，應該考慮到不同物質會產生不同的燃燒狀況，例如：木頭與汽油的燃燒速度不同，滅火方式也不同，有效因應火災必須將不同特性的火災歸類。火災的種類可依照傷亡狀況或是燃燒物的不同進行分類，依照傷亡狀況分類能夠明白臺灣火災發生的嚴重程度以及官方報告的統計方式，依照燃燒物分類能夠協助大家了解適當的滅火方式，分類的方式及內容說明如下：

依傷亡狀況進行分類

臺灣自 2017 年起開始實施火災統計新制，根據火災調查鑑定作業要領對火災的分類，依照傷亡情況分為 A1、A2 及 A3 三類，以 2018 年為例，臺灣地區共發生火災 27,922 次，其中火災死亡案件（A1 類火災）共發生 125 次，共計造成 173 人（男性 115 人；女性 58 人）死亡，各類火災定義如下：

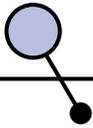
- A1 類：指造成人員死亡之火災案件。
- A2 類：指造成人員受傷、涉及糾紛、縱火案件或起火原因待查之火災案件。
- A3 類：指非屬 A1、A2 類。

依燃燒物進行分類

不同的物質燃燒所產生的狀況都不一樣，為了有效因應火災之處理，必須將不同物質特性的火災歸類。我國目前依內政部消防署規定將火災分 A、B、C、D 四大類 [9]，以下介紹這四類的可燃物內容與滅火方式，讓大家比較好理解不同類型火災的滅火方式，但實際上多數的火災都不太會識單一類型的火災，例如：鋰電池充電時爆炸，可能會引燃周邊的窗簾、木桌，則這個火災為 A、C 類並存的火災。因此，在無法判斷火災的種類或手邊沒有相對應的滅火工具時，仍建議大家離開火災現場並請求消防專業的救助，火災類別及滅火方式整理如表 2-3 所示。

▼表 2-3 火災分類表

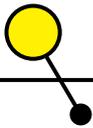
火災分類		內容	滅火方式
A 類	固體物質火災	木材、紙張、布料等可燃性固體引起之火災	① 以水為主的滅火方式進行降溫 ② 乾粉或氣體滅火器皆非理想選擇
B 類	可燃物液體 可燃性氣體 可燃性油脂火災	石油、汽油、油漆、瓦斯、一些蠟和塑料引起之火災	以窒息及切斷連鎖反應為主之方式來滅火，細水霧、泡沫、乾粉、二氧化碳等滅火器
C 類	電氣火災	涉及通電中之電氣設備，如電器、變壓器、電線、配電盤之火災	① 乾粉、海龍替代品、二氧化碳等滅火器 ② 斷電後的電器產品，應視為 A 類火災，用水來搶救效果最好
D 類	金屬火災	引起之火災	① 須使用完全乾燥之沙或特殊滅火器，但特殊型滅火器平常是不太容易購入 ② 建議立即逃離現場且不要試圖滅火



A 類火災

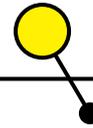
固體物質火災，又稱一般火災，如木材、紙張、布料等可燃性固體引起之火災。A 類火災發生時，初始燃燒速度不會太快，會先冒白煙後從表面開始產生火焰，在燃燒過程中會將可燃物的內部碳化，因此，又稱為深層火災，表示表面火焰被撲滅後，其實物質內部還是有很高的溫度，隨時會再度起火燃燒。

A 類火災的滅火方式主要以水為主進行降溫，乾粉或氣體滅火器皆非理想選擇。



C 類火災

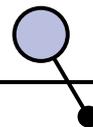
電氣火災，涉及通電中之電氣設備，如電器、變壓器、電線、配電盤之火災。C 類火災的滅火方式可以選擇乾粉、海龍替代品、二氧化碳。過去曾主張不選擇用水搶救，因為可能有觸電之危險，但細水霧一樣可以用來搶救電氣火災而不導電，此外，如果電線短路後就斷電，而短路所產生的火花引燃電線表皮，引起電線表皮燃燒，此時因為在斷電狀態，而燃燒之物質為電線表皮，必須視為 A 類火災。



B 類火災

可燃物液體、可燃性氣體、可燃性油脂火災，又稱油類火災，如石油、汽油、油漆、瓦斯、一些蠟和塑料引起之火災。B 類火災通常是液體，主要燃燒其揮發出來的蒸氣，只有表面會有火焰，而非像 A 類火災會有深層燃燒的現象，但是 B 類火災通常燃燒速度非常快，也最容易引起爆炸，當火災初期處置不當時，容易引起擴大燃燒。

B 類火災的滅火方式多以窒息及切斷連鎖反應為主之方式來滅火（例如：乾粉、泡沫），由於引起 B 類火災的物質比水輕，認為用水進行搶救會使物質浮在水面上隨著水擴大火勢，因此，過去不主張選擇以降溫為主的水來滅火，但隨著科技的發展，目前已研發出細水霧滅火設備，可用來撲滅 B 類火災。



D 類火災

金屬火災，鋰、鈉、鉀、鎂等金屬引起之火災。D 類火災不容易碰到，且均為禁水性物質，碰到水會產生爆炸反應，且發生火災的速度非常快，所以遇到 D 類火災時，建議立即逃離現場且不要試圖滅火，因為 D 類火災的滅火方式須使用完全乾燥之沙或特殊滅火器，但特殊型滅火器平常是不太容易購入。

五、火場的危險因子

火災是一個極度危險的狀況，火場中危險的因子不僅只有火焰，還有其他危險因子，例如：濃煙、高溫、閃燃以及爆燃，在某些情境下，這些危險因子的致死情況比火焰還要嚴重，以下將個別說明火場中的 5 種危險因子。



1. 濃煙

濃煙是火場的頭號殺手，濃煙比火更可怕。火災時人命的傷亡通常是先吸入含有一氧化碳和有毒氣體的濃煙，造成昏倒、失去知覺或缺氧而死亡，才伴隨後續火焰侵襲。另外，濃煙的聲速速度為每秒 3 ~ 5 公尺，容易在建築物內流竄擴散。煙霧所含微粒子毀阻絕光線、降低逃生避難時的能見度，並刺激眼睛、影響視線、阻礙逃生避難，或造成恐慌而影響正常判斷力 [10]。

2. 高溫

火災產生的高溫會造成燒（燙）傷、熱虛脫、脫水及呼吸道水腫，除了火焰，火場中的濃煙溫度亦常是高溫狀態 [10]。

3. 火焰

火焰火災造成人體灼傷的主要原因，但通常是人命傷亡間接原因。因為前述火災中，人員傷亡是因先吸入大量濃煙中的一氧化碳和有毒氣體造成死亡或昏迷，而後才受火焰侵襲 [10]。

4. 閃燃 (Flashover)

火災成長過程的一種現象，在一密閉空間中，當火場中可燃物表面在輻射熱加熱下達到燃點，瞬間產生火焰迅速燃燒而向外擴散之現象。依據美國國家防火協會 (NFPA) 之定義：閃燃是火災發展過程中一個現象，會造成侷限空間之可燃性物質同時起火燃燒 [10]。

5. 爆燃 (Backdraft)

火災需要氧氣，如果火災是在一個緊閉空間，依火勢正常發展下一開始空間內的氧氣想必是足夠的。但是燃燒需要消耗氧氣，加上緊閉空間無法通風，此時火焰開始轉小。但由於室內仍充滿大量可燃性氣體，只待有人開窗或開門，提供這些可燃性氣體大量新鮮氧氣，就會產生瞬間劇烈燃燒現象，也就是常看到的火球從開口處瞬間爆出的畫面 [10]。

參

火災基本知識

許多報章媒體描述了火災的嚴重性，也強調防災的重要性，但一般社會大眾對火災逃生、居家安全觀念存在迷思與誤解。以下整理出常見的火災迷思，幫助學生了解正確的防災知識，以在災難來臨時做出正確的決定。

一、火災一發生，最重要的事是「逃生」。

火災當中傷亡的主因是：太晚發現火災、初期應變錯誤。所以最重要的是「大叫」提醒所有人，讓大家及早反應。而且正確「求生」才是王道，不是遇到火災就未做理性判斷而立即逃生 [12]。

二、火場中最可怕的是火。

火場中最可怕的是濃煙不是火，火場中真實的樣貌是黑暗。濃煙有三大特性：充滿劇毒、蔓延迅速、溫度極高。濃煙中最可怕的是一氧化碳，絕大多數的火場罹難者並非被火活活燒死，而是先被濃煙嗆昏窒息，才被火燒成焦屍 [13]。

三、火場濃煙密佈，用濕毛巾搗口鼻穿越濃煙逃生。

前述火場中的危險因子「濃煙」是火場的頭號殺手，千萬不可嘗試穿越濃煙逃生，濕毛巾更擋不住濃煙中致命的一氧化碳和有毒氣體，也可能害你缺氧。此外，反倒這舉動讓人產生錯誤迷失，以為可以藉此穿越濃煙，最後身陷更危險狀況 [14]。

四、往上跑比較安全。

大樓失火，起火點在樓下，往上跑至頂樓等待救援是錯誤的逃生。實驗統計，濃煙上升速度達每秒 3 ~ 5 公尺 (1~2 層樓)，若逃生通道順暢沒有濃煙，往下逃離開建築物才是求生之道 [13]。

五、要躲就躲浴室，浴室有水。

浴室的水無法對抗火場等級的大火，而且浴室的塑膠門遇濃煙的高溫 (約 200~400 度) 便會熔化變形失去阻隔效用，最後導致濃煙侵襲而造成人命傷亡 [5][15]。

依上述所言，火災時間第一要「冷靜判斷」現場，來得及跑、能夠跑、才要跑。濃煙密佈時，關門的主要目的在於阻隔濃煙及高熱、爭取時間等待救援。依循「小火快跑，濃煙關門」的大原則，留在原地關門求生、等待救援，才是正確的求生之道。不過，更要注意的是當情勢已達必須關門求生之際 (火場建築結構具防火時效)，「開對外窗、關閉中央空調」才能更確保在火場中求得生存的機會。

肆 火災的應變計畫

透過前述說明的火災基本知識及迷思，了解火災的發生階段與判斷方式，理解在不同的火災階段找到正確的應變策略，例如：在火災初期時，此時煙、熱尚未產生，建議往下逃生，但如果逃生路徑上有會致人於死的煙熱時，就得考慮其他逃生路徑，或是「關門」可以有效阻隔火煙，都是能夠自救與救人的基本的火場逃生觀念 [16]。而加裝防災警報器能夠幫助多爭取火災發生後的逃生時間，但是平時縝密的火災應變計畫設計或是火災防災教育演練，才是火災現場是否能達成立即疏散逃生的關鍵。

不同學習階段的火災應變計畫，應視校園的場地、人員配置（老師、學生人數的多寡）、距離消防局的遠近、火災起火位置與原因模

擬的情境等不同因素，進行符合該校園的專屬火災應變計畫，對應不同的情境需要不同的策略，對應策略包括每個人在甚麼時機點或地點要做甚麼事？攜帶甚麼工具？而更重要的是，考量在場人員彼此間的互動及關連，應變策略的 SMART 原則包括了明確性、可評量性、可達成性、相關性與時間限制等，應變計畫的 SMART 原則如表 2-4。

計畫撰寫完成之後，接下來就是要透過訓練，讓每個人清楚了解計畫記載的工作內容。包括編組以外人員的作為也需明確規範，火災防災教育演練就能夠有具體的方向可以執行，演練的目的是讓大家能夠在最短的時間內對災害做出反應，並檢視訓練的成果及不足，再修正及改進。例如：當火警警報器響起時，負責察看者最好能在 30 秒內正確判讀火警受信總機訊號、關警報音響並清楚區分主警鈴及地區警鈴、操作廣播設備並知道廣播內容要講的內容。基礎計畫與訓練需要做好，辦理演練才有實質的效果。

▼表 2-4 應變計畫的 SMART 原則

原則	滅火方式
明確性 Specific	策略目標中須清楚說明人事時地物。 例如：「1 號老師」在聽到火災警報後，教室沒有任何異常，立即「勘查疏散動線是否安全」，並於「30 秒內」回到「教室」，與「2 號老師」從安全疏散動線疏散學生，疏散之後，回報指揮官。
可評量性 Measurable	策略目標能夠具備數字或敘述性描述來被測量。 例如：勘查逃生動線是否安全須於 30 秒內完成。
可達成性 Achievable	策略目標必須是在設計、規模、規劃、以及參演者能力內做得到的。 例如：老師疏散自己班級的學生，不是疏散全校的學生。
相關性 Relevant	策略目標必須是跟應變組織的任務和目的相關。 例如：火災疏散後要通知家長，通報教育局。
時間限制 Time-Bound	所有的目標內都必須有明確且合理的時間規範。 例如：火災發展的時序以分鐘為單位計算。

3 地震

CHAPTER

災害



第三章

地震災害

地震是地球上主要的自然災害之一，臺灣位於亞歐板塊與太平洋板塊的碰撞交界處，地殼運動活躍，地震發生的次數頻繁，目前地震預測科技還無法在地震發生前數小時精確預測發生時間、地點、規模，因此，透過增進防災知識、技能，以及強化防災意識與態度，並在平時做好減災整備，災時應變行動的執行，以減少地震災害所造成的人員傷亡及經濟損失。本章將說明地震的定義、基本知識、臺灣的地震歷史重大災害以及地震災害的整備與應變計畫。

壹 地震的定義

地球內有一種推動岩層的應力，當應力大於岩層所能承受的強度時，岩層會發生錯動 (dislocation)，而這種錯動會突然釋放巨大的能量，並產生一種彈性波 (elastic waves)，稱之為地震波 (seismic waves)，當地震波到達地表時，引起大地的震盪，此即為地震。

依照波的性質，地震波主要分為三種，包括實體波、表面波和尾波。實體波是能在地球表面傳遞的波；表面波由實體波產生，以在地球表面傳遞為主，甚少到達地表以下的地方；尾波則是最後由其他波與地形交互作用產生的，最後到達地震觀測者的儀器。

實體波是指能在地球內部傳遞的地震波，實體波又可以分成「縱波」與「橫波」兩種，「縱波」亦稱為「P波」，「橫波」稱為「S波」。在地震發生時，P波是最早到達的波，主要是因P波的傳播來自於在傳播方向上施加壓力，而地球內部幾乎不可壓縮，因此P波很容易通過介質傳遞能量，故其震動最快。S波到來的比P波晚，在S波的行進過程中，不同於P波的振動方式，S波影響的質點會在上下或左右方向震動、以橫波的方式前進。S波的波速雖然較慢，約為P波的0.58倍，但是振幅較大，約為P波的1.4倍。當地震波從地底來到地表時，S波的震動方向平行於地表的分量較多，較容易水平拉扯建築物，而一般建築水平耐震能力較弱，故S波經常是造成地震破壞的主因。

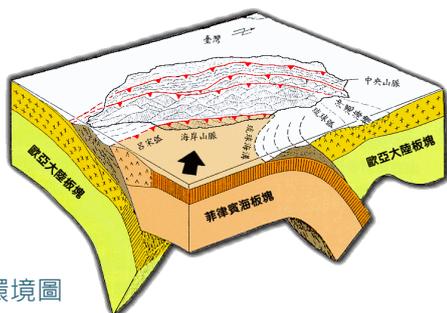


圖 3-1 ▶
臺灣的地震環境圖

貳 地震基本知識

臺灣位於歐亞大陸板塊與菲律賓海板塊交界處，兩大板塊的擠壓碰撞使得臺灣地震活動頻繁，如圖 3-1、圖 3-2 表示，每年平均觀測到地震事件 37,000 個，有感地震 1,180 個，顯著有感地震 135 個 [1]，與地震共存是身為臺灣人不可逃避的宿命，因此，理解地震相關知識，並建立正確的防災觀念，有助我們在地震災害來臨時，臨陣不亂。

一、地震的成因

地震發生的原因可以分為自然地震以及人工地震兩種。

人工地震：

人工地震是指因為人為的因素，造成人們感受到地表搖晃，例如：核彈爆發，但這類的地震很少見，因此一般我們所稱的地震，都是指自然地震。

自然地震：

自然地震則可以分成火山地震、衝擊性地震或構造性地震。

火山地震：火山爆發所引起的地震。

衝擊性地震：有東西撞上地面所引發的地震，像是隕石掉落引起的地震。

構造性地震：地球內部由板塊組成，板塊運動的過程中因相互推擠、分離或錯動時會累積應力，當地殼無法繼續累積應力時，地殼會破裂，釋放出地震波，當地震波傳到地面的時候，就會引起大地的震盪搖晃。

並非世界上所有的地區都會發生地震。地震與火山分布一樣，主要集中在板塊相互作用的地區。目前全球的地震主要分布在三個頻繁發生地震的「地震帶」上，如圖 3-2 表示：

環太平洋地震帶：

菲律賓、日本、臺灣等地都坐落在這個地震帶上，全世界超過 70% 的地震發生在此。

歐亞地震帶：

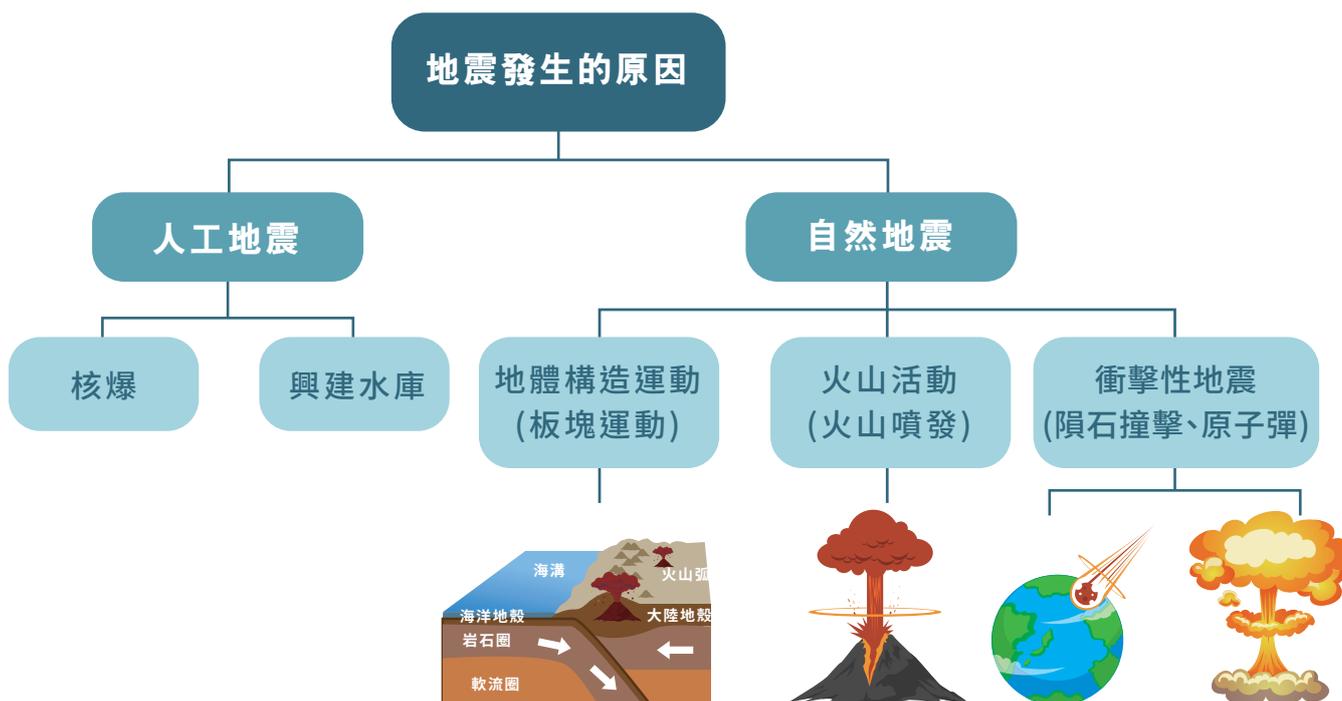
主要在喜馬拉雅山、緬甸、印度一帶，大約有 10% ~ 15% 的地震在此發生。

中洋脊地震帶：

太平洋、大西洋、印度洋同北極海中洋脊，地震頻率較低，只有大約 5%。



▲ 圖 3-2 全球地震好發的地震帶



▲ 圖 3-3 地震發生原因圖

二、地震的規模與震度

1

規模

地震規模是指地震所釋放的能量，我國所採用的計算方式為芮氏規模 M L (Local)，在敘述時以「規模 5.0」、「規模 7.3」的方式來表示，數字的後面不加「級」字。地震規模每增加「1」，所釋放的能量約為前一個等級的 31~32 倍。為了解釋地震規模與能量大小的關係 [5]，表 3-2 利用黃色炸藥爆炸威力及地震威力或地震實例來作說明，芮氏規模 7 的地震相當於 476,879 噸黃色炸藥 (TNT) 的用量，而 1999 年 9 月 21 日 921 集集地震 (芮氏規模 7.3)，造成 2,413 人死亡。

2

震度

臺灣過去的震度分級分為 0 至 7 級，級數越高，代表地表的振動越劇烈，造成的影響也越嚴重。中央氣象局為強化地震震度與災害影響的關聯性，提升地震救災應變效能，自 2020 年 1 月 1 日起，將過去震度分級進行調整，共分成 10 級，分別為 0 級無感、1 級微震、2 級輕震、3 級弱震、4 級中震、5 弱和 5 強為強震、6 弱和 6 強為烈震、7 級劇震，如表 3-3[6]。

▼表 3-1 芮氏規模與相當黃色炸藥量及地震實例表

芮氏規模	相當黃色炸藥 (TNT) 的用量	相近能量的地震威力或地震實例
5.0	477 噸	震央在臺灣島內，規模 5 以上的淺層地震即可能釀災
6.0	15,080 噸	① 規模 6.2 相當於 1 顆原子彈爆炸的威力 ② 震央在臺灣附近海域的地震，規模 6 以上即可能釀災
7.0	476,879 噸	1999 年 9 月 21 日 921 集集地震 (芮氏規模 7.3)，造成 2,413 人死亡
8.0	15,080,242 噸	2008 年 5 月 12 日中國大陸汶川大地震 (規模 7.9)，造成至少 69,185 人死亡，374,171 人受傷，18,467 人失蹤
9.0	476,879,138 噸	① 2004 年 12 月 26 日印度洋大地震 (規模 9.1)，引發南亞海嘯，共造成超過 227,898 人死亡及失蹤 ② 2011 年 3 月 11 日，日本東北大地震 (規模 9.0)，引發大海嘯，造成超過 20,000 人死亡和失蹤

▼表 3-2 新版地震震度分級表

震度分級		人的感受	屋內情形	屋外情形
0 級	無感	人無感覺		
1 級	輕震	人靜止或位於高樓層時可感覺微小搖晃。		
2 級	輕震	大多數的人可感到搖晃，睡眠中的人有部分會醒來。	電燈等懸掛物有小搖晃。	靜止的汽車輕輕搖晃，類似卡車經過，但歷時很短。
3 級	弱震	幾乎所有的人都感覺搖晃，有的人會有恐懼感	房屋震動，碗盤門窗發出聲音，懸掛物搖擺。	靜止的汽車明顯搖動，電線略有搖晃。
4 級	中震	有相當程度的恐懼感部分的人會尋求躲避的地方，睡眠中的人幾乎都會驚醒。	房屋搖動甚烈，少數未固定物品可能傾倒掉落，少數傢俱移動，可能有輕微災害。	電線明顯搖晃，少數建築物牆可能剝落，小範圍山區可能發生落石，極少數地區電力或自來水可能中斷。
5 弱	強震	大多數人會感到驚嚇恐慌，難以走動。	部分為固定物品傾倒掉落，少數傢俱可能移動或翻倒，少數門窗可能變形，部分牆壁產生裂痕。	部分建築物牆磚剝落，部分山區可能發生或十，少數地區電力、自來水、瓦斯或通訊可能中斷。
5 強		幾乎所有的人會感到驚嚇恐慌，難以走動。	大量未固定物品傾倒掉落，傢俱移動或翻倒，部分門窗變形，部分牆壁產生裂痕，極少數耐震較差房屋可能損壞或崩塌。	部分建築物牆磚剝落，部分山區發生落石，鬆軟土層可能出現噴沙噴泥現象，部分地區電力、自來水、瓦斯或通訊中斷，少數耐震較差磚牆可能損壞或崩塌。
6 弱	烈震	搖晃劇烈以致站立困難。	部分耐震能力較差房屋可能損壞或倒塌，大量傢俱大幅移動或翻倒，門窗扭曲變形。	部分地面出現裂痕，部分山區可能發生山崩，鬆軟土層出現噴沙噴泥現象，部分地區電力、自來水、瓦斯或通訊中斷。
6 強		搖晃劇烈以致無法站穩。	部分耐震能力較差房屋可能損壞或倒塌，耐震能力較強房屋亦可能受損，大量傢俱大幅移動或翻倒，門窗扭曲變形	部分地面出現裂痕，山區可能發生山崩，鬆軟土層出現噴沙噴泥現象，可能大範圍地區電力、自來水、瓦斯或通訊中斷。
7 級	劇震	搖晃劇烈以無法依意志行動。	部分耐震較強建築物可能損壞或倒塌，幾乎所有傢俱都大幅移動或翻倒。	山崩地裂，地形地貌亦可能改變，多處鬆軟土層出現噴沙噴泥現象，大範圍地區電力、自來水、瓦斯或通訊中斷，鐵軌彎曲。

三、地震的災害特性

地震與其他天然災害比較具有以下特性：

1. 破壞性

強烈地震可於極短時間釋放巨大能量，因此具有短時間內產生致命性破壞力的特性。

2. 廣域性

在一個強烈地震中，斷層錯動的範圍可達數十公里，甚至百公里，由於能量於短時間內釋放，其影響範圍廣且短時間內同時受災，而增加救援之困難度。

3. 複合性

地震災害可分成一次災害及二次災害兩大類，一次災害為受地震震動直接受災之損失，例如建築物倒塌或龜裂、土壤液化、道路隆起或下陷、橋梁斷裂、水工構造物損害、維生系統斷裂等。二次災害為衍生災害，例如由地震引發之海嘯、火災、坡地崩塌等，此為複合型災害。

4. 突發性

人類至今仍無法精確預測地震發生時間，因此常造成地震災害救災資源調度之困難度。

四、地震所引起的複合性災害

通常一個災害事件的發生，所造成之損失極少侷限於單一災害，往往會直接或間接伴隨其他災害發生，成為一種鏈結的關係。其所造成的災害損失不只是加法，可能是幾何級數的乘數效果，造成生命財產的威脅。

地震所造成的災害，可分成直接性災害與間接性災害。直接性災害即是由斷層錯動，造成地面斷裂、山崩、土壤液化、地陷、海嘯與地裂等地變、地盤破壞及結構物震動所導致的災害。而間接性災害，如堤防或水壩被破壞而引起的水災；瓦斯管線遭破壞使瓦斯外洩、電線短路引起火災；或是結構物之附屬物破壞使人員傷亡等（石瑞銓、許茂雄，經濟部中央地質調查所，地球科學文教基金會，1999）[7]。

直接性災害

1

地面斷裂

當斷層活動沿著斷層的兩側發生數公分到數公尺的錯動時，就會造成地面破裂、地盤拱起或陷落的情況，地表也會出現規模不一的斷裂。如果建築物的基礎正好跨越斷層帶，那就難免被撕扯，發生扭曲或斷裂，使得建築物倒塌。

例如：

921 地震當時臺中霧峰光復國小，斷層經過霧峰光復國小的操場，形成東側操場被抬升約 2 公尺、車籠埔斷層經過名間之後往南延伸通過濁水溪，造成斷層東側的地殼抬升了 2 - 3 公尺，並在河床中形成一個隆起的階地等相關災害。

2

山崩

斷層活動時造成的激烈振動會使鄰近斷層的地區發生大量的山崩，造成災害。

例如：

921 地震造成南投中寮九份二山走山、以及雲林草嶺因山崩形成堰塞湖等災害（陳勉銘、何昌信、楊志成、陳文山，1999）[8]。

3

土壤液化

地震發生時，強烈的震動會使原本吸附在土壤中的水滲出，使土壤「液化」而變得軟弱，建築物的地基因此失去支撐，容易使建築物產生下沉、傾斜或倒塌的情況。（相關資料可參閱國家地震研究中心網頁：安全耐震的家 [9]）。

例如：

在 921 地震時，雖然臺中市梧棲區非 921 大地震災區，但卻造成臺中港北碼頭區的土壤液化而噴沙及地層下陷，產生噴砂堆、噴砂孔、龜裂、破裂、沉陷、拱起、傾斜、崩塌等現象，造成重力式沉箱碼頭沉陷傾斜受損，碼頭倉庫也因地層下陷及潮水入侵而地基掏空受損，也形成路面多處大坑洞。而員林、南投、霧峰、太平一帶房舍因土壤液化嚴重受損，在南投貓羅溪沿岸也發生數公尺的側向變位、台中霧峰地區也發生了側潰現象造成農田與地盤龜裂等災害（陳正興、陳家漢，2014）[10]。

4

地陷

發生地陷會損壞一個都會區的溝渠、地下水道、河流兩岸的堤防等，甚至導致海水倒灌，對都會區造成致命的影響。

5

海嘯

如果斷層造成海底的地形變化，則會攪動海水而形成較長的波浪，並向四周傳布。地震在大洋所引起的起伏波浪，通常高達數公尺甚至更高，當波浪傳到海岸時，因海水變淺而使波浪變得更高，此即為海嘯。

間接性災害

1

火災

地震時劇烈的地動將會直接破壞如水管、瓦斯管及電線等，外洩的瓦斯若碰上電線走火或其它燃燒的火苗便會引起火災。此時由於大部分的水管已被震裂而斷水，在無法搶救的情形下便會形成不可收拾的大火。

2

水壩破壞

地震時水壩可能因為水庫中大量水體的劇烈震動、強烈的地表震動或山崩而被破壞，所引發的洪水可能對水庫下游居民帶來比地震本身更巨大的傷害。

例如：

在 921 地震發生時，車籠埔斷層錯動引發地震，破裂帶轉向並延長，直接通過石岡大壩第 16 號溢洪道，地表抬升約 10 公尺，右岸提升 2.2 公尺，因為不同抬升高程影響而造成壩體受到擠壓變形破壞，造成石岡壩原有 16、17、18 號閘門及土木設施全毀無法修復外，其餘各閘門亦因地表錯動擠壓產生扭曲變形，使得閘門樞軸偏閉軌跡已非正常路徑，造成啟閉困難並且無法有效水密。

3

建築物傾毀

如房屋倒塌、橋梁斷裂、道路坍方等災害導致人員與財物損失。

例如：

在 921 地震造成全臺 51,711 間房屋全倒，53,768 間房屋半倒。並造成中部地區近二分之一的校舍倒塌或嚴重損毀，其中大專院校 7 所、高中職 83 所、國中 168 所、國小 488 所，而中小學遭到損壞者共計 656 所，約佔全國中小學總數的五分之一（石瑞銓等人，1999）[11]。



臺灣的地震歷史重大災害

臺灣位於歐亞大陸板塊與菲律賓海板塊交界處，兩大板塊的擠壓碰撞使得臺灣地震活動頻繁，且經常有災害性地震發生。根據中央氣象局地震觀測資料統計，臺灣平均每年約發生 22,000 次地震，其中超過 600 次為有感地震。在這些有感地震中，如果在臺灣本島發生規模大於 7.0 的淺層地震，就可能造成嚴重的傷亡與災害損失，表 3-1 為臺灣近百年重大地震災害與死亡人數統計 [12] [13]。

以編號 11 的 921 集集地震而言，這個 1999 年 9 月 21 日 1 時 47 分在南投日月潭地震站西偏南 10.0 公里，由車籠埔斷層錯動引發

芮氏地震規模 7.3，震源深度 8.0 公里的強震 [14]，臺灣各地居民皆感受地震搖晃持續長達 102 秒，造成 2,454 人死亡，50 人失蹤，11,305 人受傷，50,652 間房屋全倒，53,615 間房屋半倒，也震毀許多道路與橋樑等交通設施、堰壩及堤防等水利設施，以及電力設備、維生管線、工業設施、醫院設施、學校等公共設施，更引發大規模的山崩與土壤液化災害，全國經濟損失達新台幣 3,647 億元 [15]。

921 集集地震主震發生的 1 個月時間內，發生 8 次規模超過 6 的餘震，總計餘震約 1 萬次的，其中近 400 次為有感地震。餘震大多發生於主震破裂帶之周圍，分布於車籠埔斷層東方及震央南方，這些緊接在 7.3 主震之後的餘震是造成 921 地震房屋毀損慘重的主因 [15]。

▼表 3-3 臺灣近百年重大地震災害與死亡人數統計

編號	地震名稱	日期	規模 (ML)	死亡人數
1	斗六地震	1904/11/06	6.1	145
2	梅山地震	1906/03/17	7.1	1,258
3	南投地震系列	1916/08/28	6.8	71
		1916/11/15	6.2	
		1917/01/05	6.2	
		1917/01/07	5.5	
4	新竹 - 臺中地震	1935/04/21	7.1	3,276
5	中埔地震	1941/12/17	7.1	358
6	新化地震	1946/12/05	6.1	74
7	縱谷地震系列	1951/10/22	7.3	85
		1951/10/22	7.1	
		1951/10/22	7.1	
		1951/11/25	6.1	
		1951/11/25	7.3	
8	恆春地震	1959/08/15	7.1	16
9	白河地震	1964/01/18	6.3	106
10	花蓮地震	1986/11/15	6.8	13
11	集集地震	1999/09/21	7.3	2,454

肆

地震災害的整備與應變計畫

對臺灣來說，地震的發生有其必然性與不可預測性，因此，如何積極的因應，便成為身處地震帶上的我們不可忽視的課題。對此，我們可用適當的管理方法，將可能發生的災害損失減至最低。

災害管理 (Disaster Management) 是針對危險情況的一種持續性、動態性的規劃管理過程，以減少危險情況的不確定性及降低災害發生之可能。災害發生之過程可分為減災 (mitigation)、整備 (preparedness)、應變 (response)、復原 (recovery) 四個階段。

災前減災階段包含硬體設備的施工與補強 (例如：耐震補強工程等)，選擇居住在安全的環境，盡量避開潛藏危險因子的區域 (例如：斷層帶、土壤液化區、坡地、可能有落石、山崩等區域)，或是選擇具有耐震、隔震、減震結構的建築，此外，不隨意更動房屋結構 (例如：移除樑、柱或承重牆)，也是減災的重要環節，或是投保地震險，為可能來臨的地震災害多一分保障。而災後復原階段為建築物毀損判定與修護、災情紀錄工作等，當遭遇重大地震災害時，第一時間需做到災時應變的「自助」行動，保全生命；接下來，因應災害後續的擴大效應，居民間採取「互助」措施，相互支持，相互幫助，包含公民活動及志願者活動，相互慰藉，以減少災害帶來的損傷；之後，才是依靠政府機構的資源「公助」，逐步協助災民回復正常生活。但依照校園及學生能力範圍，減災計畫與復原計畫仍須有其他單位的協助才能辦理，可是整備計畫及應變計畫是具有執行的可行性，以下分別說明整備計畫以及應變計畫。

一、整備計畫

了解自家風險

災前了解自家的風險，可有效降低遭受地震襲擊後的生命、財產損失，例如：建築是否位於斷層帶附近、建物是否老舊、是否位於土壤液化區、是否有瓦斯管線或捷運經過等。如果自家位於風險較高地區，可考慮搬遷或投保地震險，或是進行建築物結構補強工程。

固定家具重物

家具以能事先固定為佳，可使用 L 型、T 型五金及螺絲等將家具固定在牆壁上，也可以使用防傾倒支撐桿撐於櫥櫃至天花板間。其他的活動式家具及家電產品，應避免擺在床邊或通道上，為防止翻倒、掉落或移動，可使用防傾倒安全繩、安定板、櫥櫃鎖、安全扣等加以固定。

居家防災用品

當大規模地震發生之後，電力、自來水、瓦斯等維生管線會中斷，若此時自家住宅結構完好沒有倒塌，則大部分的民眾會選擇留在家中避難。此時，需要依靠平常家中儲備的生活必需品，度過無法輕易取得外界物資的時間。依照每個家庭與成員不同的需求，準備的物資會有所不同，可準備礦泉水、罐頭、泡麵、無需加熱即可食用的食物、點心 (巧克力等)、營養補充食品等；而老年人與嬰幼兒會有特殊的需要，則可以準備常備藥品、紙尿褲、濕紙巾、奶粉等。其他的生活用品包含生活用水、衛生紙、生理用品、塑膠袋、乾電池、手電筒等。以上物資需要預估大約 3 天的份量。

二、應變計畫

當地震發生後，學校依校園防災計畫之作業程序啟動應變，由校長或代理人擔任指揮官，負責指揮災害救援工作，並依學校之災害防救編組執行救災工作。若有人員受困須進行救援時，必須確認建築物安全後方可進行搶救。

1. 疏散避難演練

演練能使全體人員熟悉不同災害情境之應變作為，目的在於使人員熟悉不同災害情境之應變作為，以提升應變技能。在演練過程中，人員應全數參與，所有作業應隨災害時序有詳細紀錄，以利事中查證及事後重構與檢討 [17]。

為使學生確實瞭解地震發生時之保護做法，並於地震後能順利疏散至安全地方，學校於平時依校園防災計畫規劃進行防災演練，並透過課程安排引導學生進行演練情境設定，並配合不同情境進行兵棋推演或實兵演練，於演練結束後進行檢討，以確實瞭解學習者之瞭解程度。

2. 保護動作訓練

頭、頸部是人體最脆弱的部位，地震時最重要的就是保護頭、頸部避免受傷。此時若身處室內，千萬不要慌亂逃出，也不要冒險關燈、開門、開窗，應立即採「趴下、掩護、穩住」動作 [18]—以「跪趴」的姿勢趴下，儘量將頭、頸部壓低，掩護於堅硬的掩蔽物（如非玻璃面的桌子）下方，並握緊桌腳（當桌子隨地震移動時，桌下的人也應隨著桌子移動，形成防護屏障，避免受傷），趴下、掩護、穩住動作示意如圖 3-4 所示。如果是蹲在牆角或柱邊等地方避難時，要注意周邊是否有潛在危險掉落物（如家具、電器、燈具、書櫃、貨架、玻璃窗、玻璃門等），以免被砸傷或刺傷。

地震來臨

保命3步驟

趴下



掩護



穩住



九種地震情境

房間



沒有桌子



商場



電影院



教室



人行道



辦公室



郊外



車上

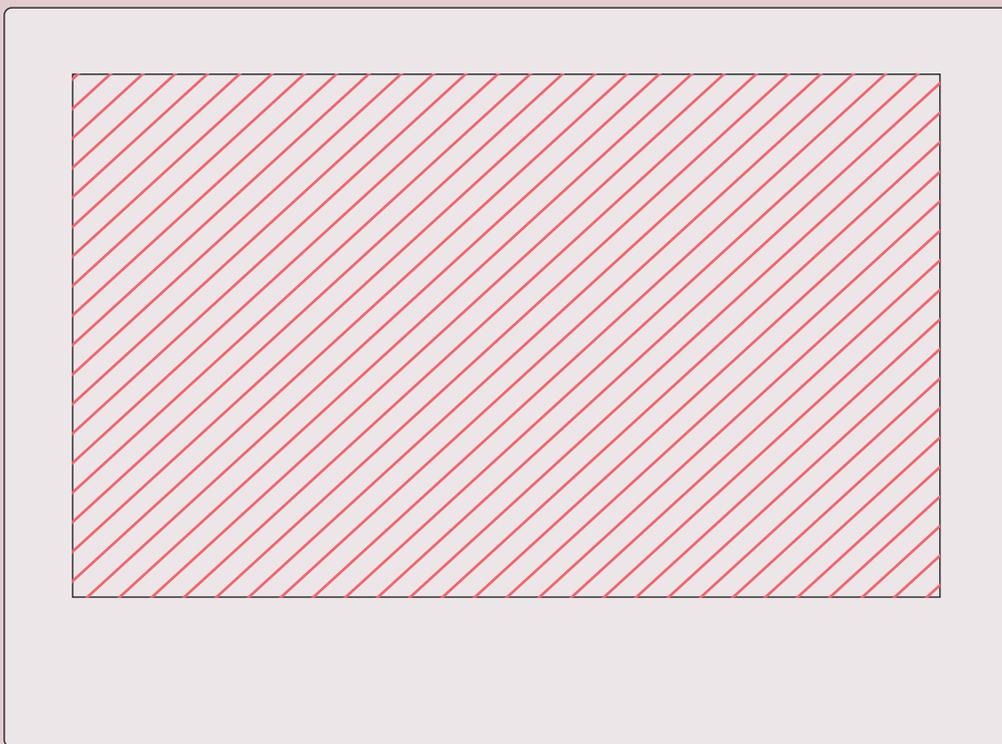
內政部消防署

▲ 圖 3-5 趴下、掩護、穩住動作示意

4 風災

CHAPTER

與水災



第四章

風災與水災

臺灣因地理位置的特殊性以及地形影響，在春夏之交有梅雨，而在夏、秋季時常有颱風來襲，雖然為臺灣帶來豐沛的降雨量，但也為臺灣帶來了災害，加上近年全球氣候變遷急遽影響，極端氣候發生頻率日益增加，洪澇災害頻率、規模與損失有加大的趨勢。風水災不像地震及火災這樣的突然，它可以藉由氣象預報及警戒訊息，落實「離災優於防災、防災重於救災」的理念，提升及強化防汛抗旱的組織應變能力與速度，以期達到災害風險的有效管控，降低災害的影響層面與程度。本章將說明風災與水災的定義、基本知識、臺灣風災與水災歷史重要事件、應變計畫。

壹 風災與水災的定義

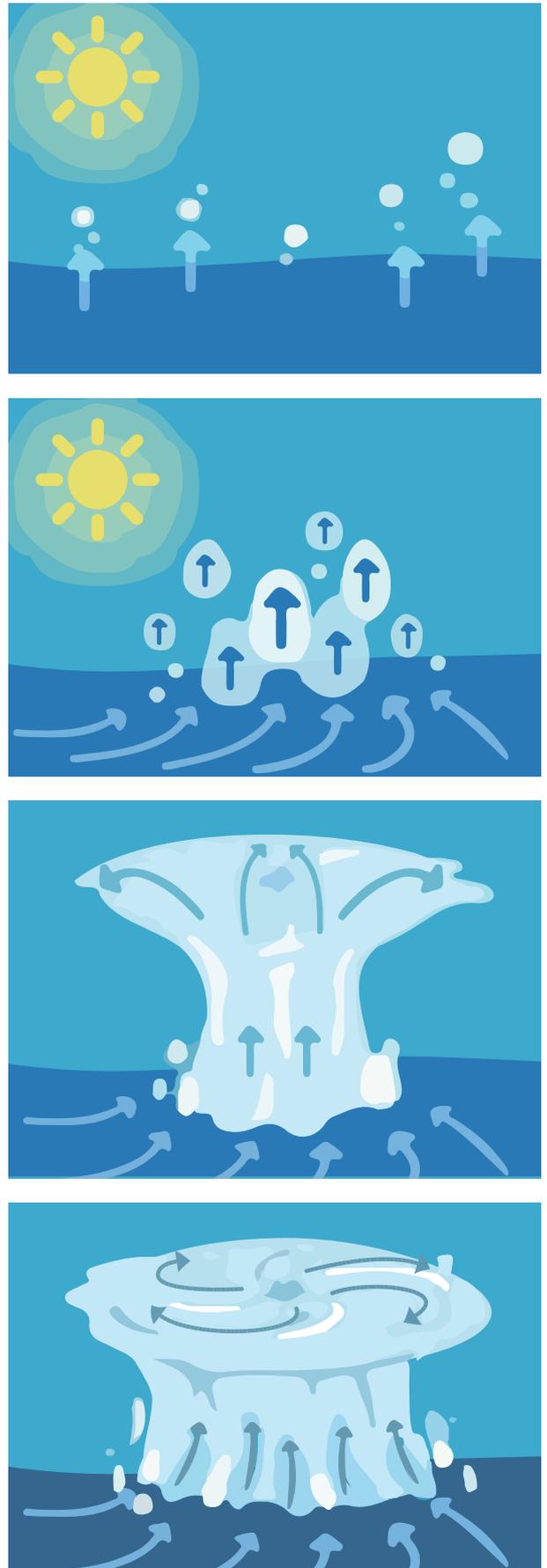
臺灣位於副熱帶季風與熱帶季風交接處，夏季盛行西南季風，冬季多為東北季風，夏季為主要雨季，又因位居來自北方之冷氣團和來自南方之暖氣團交替處，在春夏之交五、六月形成梅雨季，而在夏、秋季六至九月為颱風季，皆為臺灣帶來豐沛的降雨量。因此，在臺灣汛期（汛期為每年5月1日至11月30日止）期間，受到梅雨鋒面、颱風、熱帶低壓、西南氣流、東北季風、午後雷陣雨的降雨容易造成水患威脅，根據災害發生種類統計資訊 [1]，臺灣在1958~2017年期間，災害事件中颱風災害佔66%，水患 / 水災佔22%。

颱風是一種強烈熱帶氣旋，是在熱帶海洋上所發生的低氣壓，一種熱帶海洋上非常猛烈的空氣漩渦，當熱帶氣旋近地面中心附近最大風速到達或超過每小時62公里或每秒17.2公尺時，就稱它為颱風，颱風生成如圖4-1所示 [2]。

一般雨下太久或是瞬間降下的傾盆大雨，導致地面的水來不及排進排水道，而在地面上看到的水，我們稱之為「積水」，但當積水超過一定程度時，則稱之為「淹水」。依據「水災公用氣體與油料管線輸電線路災害救助種類及標準」第4條，及「災害防救法」第48條，實際居住之住屋因水災淹水達50公分以上，可申請水災補助（水災災害救助種類及標準），即將50公分以上訂為淹水，以下則為積水。

關鍵提醒

依水災災害救助標準50公分以下為積水，50公分以上則為淹水。



▲ 圖 4-1 颱風生成示意圖

貳 風災與水災基本知識

臺灣因地理環境原因，經常遭受颱風豪雨的侵襲危害，近年來受氣候變遷以及都市化等因素影響，導致災害更加頻繁劇烈，而風災與水災相較於其他災害是可以藉由氣象預報及警戒訊息，來預作準備並加以防範，以下敘述災害種類、淹水種類、災害預警。

一、災害種類

颱風災害

根據中央氣象局的統計資料，1911至2019年期間共有188個颱風在臺灣登陸[6]，登陸次數以東岸的宜蘭至花蓮間為最多，每年約有3至4個颱風侵襲，以8月最多，次為7月和9月。

西元1805年，英國海軍上將蒲福，根據地面塵土飛揚和樹枝擺動的情形，把風速分為十三級，稱為「蒲福風級」（見表4-1）。到了1940年，美國氣象機構以蒲福風級為基礎，利用現代測風儀把風速分為十七級。颱風依中心附近最大風速，區分輕度、中度及強烈颱風，輕度颱風的中心附近最大風速再每秒17.2到32.6公尺之間，相當於八到十一級風。中度颱風的中心附近最大風速在每秒32.7到50.9公尺之間，相當於十二到十五級風。強烈颱風的中心附近最大風速在每秒51公尺以上，相當於十六級以上的風[3][4]。

當颱風侵襲時，常會帶來強風及豪雨，甚至會引發山崩、土石流等重大災害，對我們的生命財產有嚴重的威脅。但是，颱風也是臺灣雨量的重要來源，如果缺乏颱風帶來豐沛的雨水，則容易發生乾旱。

▼表 4-1 蒲福風速分級表

級數	風的名稱	風的說明	速度
0	無風	毫無風的感覺，炊煙筆直向上。	0-0.2
1	軟風	炊煙斜升，可看出風向。	0.3-1.5
2	輕風	有風吹在臉上的感覺，樹葉搖動	1.6-3.3
3	微風	樹葉與小樹枝被吹動。	3.4-5.4
4	和風	旗幟飄動不止，紙張風揚，且有風沙	5.5-7.9
5	輕風	池塘的水面波浪起伏。	8.1-10.7
6	強風	張傘困難，大樹枝搖動，電線被吹得呼呼作響。	10.8-13.8
7	疾風	樹全身搖動，逆風行走困難。	13.9-17.1
8	大風	寸步難行，樹枝被折斷。	17.2-20.7
9	烈風	煙囪被吹倒，屋頂瓦片被吹翻。	20.8-24.4
10	狂風	樹木被連根拔起，房屋會遭受嚴重災害。	24.5-28.4
11	暴風	風力更強，許多建築物被吹壞。	28.5-32.6
12	颶風	災害更大。	32.7-36.9
17			56.1-61.2

降雨災害

豪（大）雨最常發生在 5、6 月的梅雨季及 7 至 9 月颱風季，或因春秋季的鋒面及夏季強盛西南氣流產生對流性降雨所致。中央氣象局自 2020 年 3 月 1 日起，為強化短延時強降雨現象之災防預警，反映短延時強降雨之致災性，對於豪雨中之大豪雨再增列「3 小時累積雨量達 200 毫米以上」之雨量標準（見表 4-2）。豪雨特報發布時，山區就有可能山洪暴發，並發生落石或土石流；平地地區則易發生積淹水。

關鍵提醒

雨量可以依大小分成大雨及豪雨二大類，豪雨又細分為豪雨、大豪雨、超大豪雨三類。

▼表 4-2 豪（大）雨雨量分級表

名稱	雨量	警戒事項
大雨	80mm / 24h 以上 或 40mm / h 以上	山區：可能發生山洪暴發、落石、坍方。 平地：排水差或低地區易發生積淹水。 雨區：注意強陣風、雷擊。
豪雨	200mm / 24h 以上 或 100mm / 3h 以上	山區：山洪暴發、落石、坍方、土石流。 平地：極易發生積淹水。 雨區：強陣風、雷擊、甚至冰雹。
大豪雨	350mm / 24h 以上	山區：山洪暴發、落石、坍方、土石流、崩塌 平地：積淹水面積擴大，河川中下游防河水溢淹。 雨區：強陣風、雷擊、甚至冰雹。
超大豪雨	500mm / 24h 以上	山區：大規模山洪暴發、落石、坍方、土石流或崩塌。 平地：易有大範圍積淹水。 雨區：強陣風、雷擊、甚至冰雹。

※ 對未達特報之續性降雨或未能事先掌握的突發性降雨，在研判有致災之虞時，中央氣象局將輔以天氣即時訊息方式發布。

※ 因各地對雨量承受度不同，致災性也會不同，使用上應瞭解所在位置之環境特徵。

二、淹水種類

當自然的降雨，導致地面上看到水時稱為積水，但積水超過一定程度時，就稱為淹水。當很短的時間內降下很大的雨（短沿時強降雨）、或是連續下了很久很大的雨（累積降

雨），超過河川或排水系統的負荷，造成淹水的情形。國家災害防救科技中心彙整 2001 至 2017 年台灣淹水縣市，主要是地勢相對低窪以及沿海的縣市如屏東縣、嘉義縣市、雲林縣、台南市、高雄市 [5]。淹水依據不同的成因與條件分為三類型及圖 4-2、表 4-3：

內水淹水 (堤防保護區內排水溝之水)

豪雨 / 暴雨發生時，因地勢平坦、排水系統不良，或降雨量超出排水系統設計標準，造成局部之積淹水，待降雨結束後淹水便逐漸消退，其淹水區域與降雨區域之重合度較高。

外水淹水 (河川行水區之水)

河川上游集水區發生豪雨 / 暴雨時，當洪峰流量超出堤防設計標準，河川水位暴漲而溢堤

或潰堤，以致洪水進入堤防保護區內。此類淹水經常發生於河川下游地勢較平坦之地區。此類型之淹水區域與最大降雨區域未必相同。

暴潮溢淹 (海水位暴漲，湧進內陸)

颱風的強烈天氣系統作用 (強風與氣壓驟變) 引發的風暴潮，將造成海面異常升降現象，又因河水沿海地區地勢低窪，當受影響的海區潮位遠超過禦潮設施之設計標準，就會使海水水位暴漲，海水湧進內陸，造成巨大破壞。

▼表 4-3 淹水類型災害說明表

類型	定義說明	圖片
內水淹水	豪雨 / 暴雨發生時，因地勢平坦、排水系統不良，或降雨量超出排水系統設計標準，造成局部之積淹水，待降雨結束後淹水便逐漸消退，其淹水區域與降雨區域之重合度較高。	
外水淹水	河川上游集水區發生豪雨 / 暴雨時，當洪峰流量超出堤防設計標準，河川水位暴漲而溢堤或潰堤，以致洪水進入堤防保護區內。此類淹水經常發生於河川下游地勢較平坦之地區。此類型之淹水區域與最大降雨區域未必相同。	
暴潮溢淹	颱風的強烈天氣系統作用 (強風與氣壓驟變) 引發的風暴潮，將造成海面異常升降現象，又因河水沿海地區地勢低窪，當受影響的海區潮位遠超過禦潮設施之設計標準，就會使海水水位暴漲，海水湧進內陸，造成巨大破壞。	

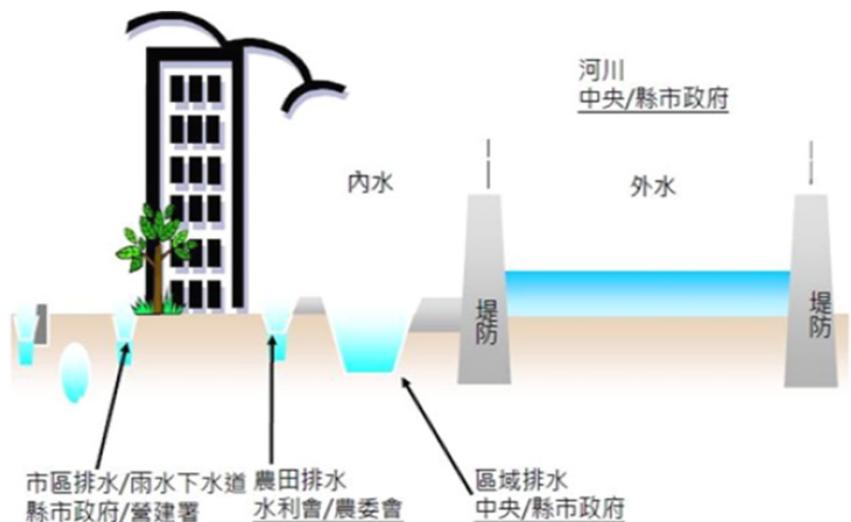


圖 4-2 內水與外水的區分 ▶

三、災害預警

淹水的原因有很多也相當複雜，但主要還是可分為自然因素及區域的環境特性，自然因素包括：短延時強降雨（在很短的時間內降下很大的雨），或是累積降雨量太大（連續下了很久很大的雨），當降雨量或洪水超過防洪設計標準時，就會造成積淹水。而區域的環境特性主要是地勢相對低窪的地區，例如：河岸、溪岸旁，或是鄰近海岸區，這些地區地勢多半較低、坡度平緩甚至與海平面高程相當，若無配合抽、排水系統進行排水，就容易發生積淹水的現象或是海水倒灌現象。

汛期前除了要先瞭解區域的環境特性及可能的致災機會外，汛期期間更應密切注意電視、電台、網站傳播及各種 APP 的預警訊息，以掌握最新降雨量、洪水位等消息，遇有豪大雨特報及溢堤等特殊狀況，應提高警覺。

颱風預警

海上颱風警報發布時，當預測颱風之七級風暴風範圍可能侵襲綠島、蘭嶼陸上時，中央氣象局就會將綠島、蘭嶼列入警戒區域。颱風發生於臺灣本島、澎湖、金門或馬祖近海，或颱風之暴風範圍、移動速度、方向發生特殊變化時，中央氣象局會發布海上或陸上颱風警報，必要時會同時發布海上及陸上颱風警報 [6]。

颱風之七級風暴風範圍離開臺灣本島、澎湖、金門或馬祖陸上時，就會解除陸上颱風警報；七級風暴風範圍離開臺灣本島、澎湖、金門及馬祖近海時，則是解除海上颱風警報。颱風轉向或消滅時，中央氣象局就會直接解除颱風警報。一般而言，颱風中心停留在臺灣本島的時間約為 4 至 5 小時，而納莉停滯了總共長達 49 小時又 20 分鐘，是臺灣氣象史上颱風中心停滯本島最久紀錄，史無前例 [7]。

中央氣象局發布颱風警報之種類如下：

1

海上颱風警報

預測颱風之七級風暴風範圍可能侵襲臺灣本島、澎湖、金門或馬祖一百公里以內海域時之前二十四小時，中央氣象局就會發布海上颱風警報，將可能受侵襲之各海域列入警戒區域，以後每隔三小時發布一次，必要時得加發之。

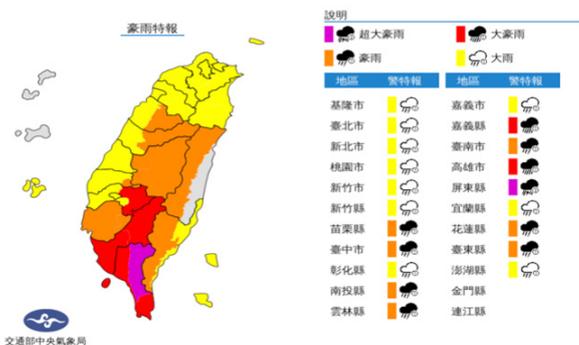
2

陸上颱風警報

預測颱風之七級風暴風範圍可能侵襲臺灣本島、澎湖、金門或馬祖陸上之前十八小時，中央氣象局就會發布陸上颱風警報，將可能受侵襲之直轄市或縣市行政區列入警戒區域，以後每隔三小時發布一次，必要時得加發之，並發布必要之風雨預測相關資料。

豪雨預警

豪大雨特報是中央氣象局針對臺灣各縣市有發生大雨、豪雨的機率時，所發布之豪大雨特報警戒資訊，特報中會詳列發生「超大豪雨」及「大豪雨」之可能縣市，並呼籲注意防範，豪雨特報警示如圖 4-3 所示。



▲ 圖 4-3 豪雨特報警示圖

水位警戒資訊

臺灣在經歷 2009 年莫拉克風災後，面對天然災害發生頻繁，持續加強防災科技研發與防災資訊服務，協助防救災人員及民眾確實做好離災、減災的工作。淹水警戒、水位警戒及水庫洩洪警戒，即是經濟部水利署以中央氣象局預報雨量納入水庫蓄水現況、洪水演算及淹水的門檻值所計算出的警戒訊息，可知道未來 6 小時的水庫洩洪機率、河川水位警戒狀況及淹水警戒情況，提供防救災人員及民眾預警資訊，爭取更多時間，及早做好防災準備。

1

當淹水警戒發布二級警戒時，表示發布淹水警戒之鄉（鎮、市、區）如持續降雨，其易淹水村里或道路可能三小時內開始積淹水。

2

發布一級警戒時，表示發布淹水警戒之鄉（鎮、市、區）如持續降雨，其易淹水村里或道路可能已開始積淹水。

政府亦於中央列管河川設置水位站並訂定警戒水位，配合中央氣象局劇烈天氣監測系統的即時雨量監測，進行河川（外水）溢淹之預警及通報處置。

1.

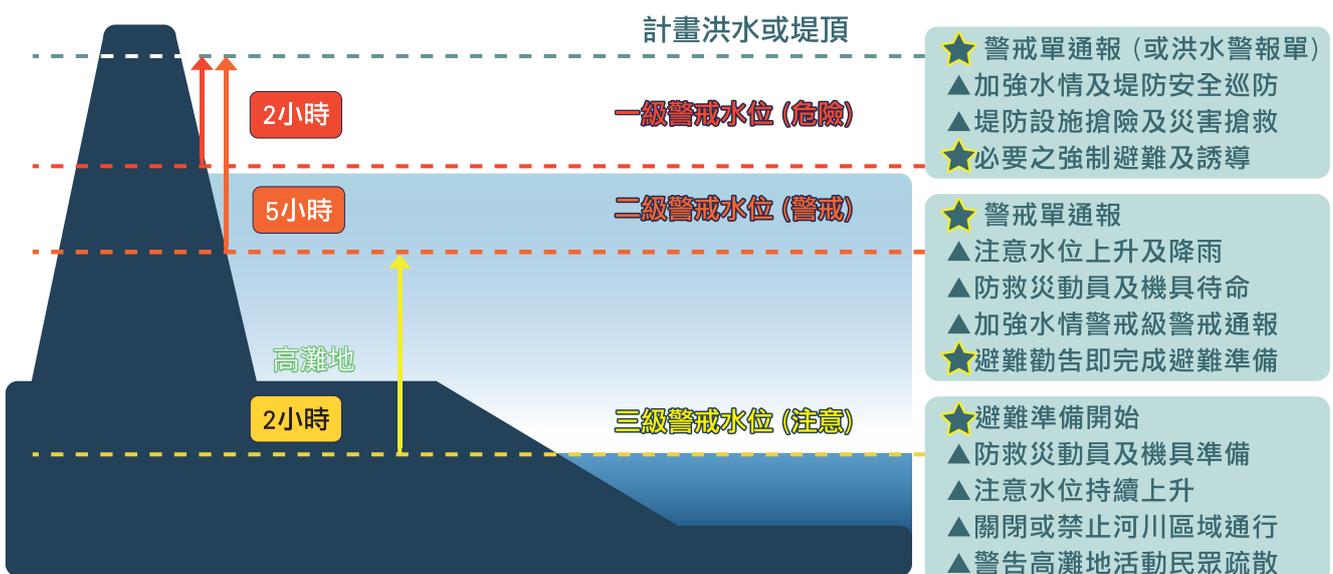
一級警戒水位發布時，表示洪水上漲至計畫洪水位之預警時間約 2 小時，建議地方政府防汛單位依據災害防救法第二十四條執行勸告或指示撤離，並作適當安置所需時間。

2.

二級警戒水位發布時，表示洪水上漲至計畫洪水位之預警時間約 5 小時，建議地方政府防汛單位及救災機關動員準備（人員、機具及材料）所需之時間。

3.

三級警戒水位發布時，建議於河川區域活動之民眾、車輛、機具、財物自行離開等及關閉河川區域（見圖 4-4）[8]。



- ▲ 中央管河川已訂警戒水位
- ▲ 縣市管河川:由水利屬輔助地方建置洪水與淹水預警系統

▲ 圖 4-4 水位警戒示意圖

參

台灣風災與水災歷史重要事件

世界銀行報告指出臺灣同時暴露於三項以上天然災害之土地面積與面臨災害威脅之人口為 73%；同時暴露於兩項以上天然災害之土地面積與面臨災害威脅之人口為 99%，屬於天然災害風險相對較高的地區。歷來臺灣確實也多次受到嚴重的風水災害並蒙受巨大損失，臺灣地區歷年重大風水災紀錄如表 4-4 所示 [9] [10]。其中 2009 年 8 月 6 日至 8 月 10 日所發生的八八水災，因莫拉克颱風侵襲臺灣，以及西南氣流所帶來創紀錄的降雨紀錄，造成臺灣中南部及東南部嚴重水患及土石流，還引發當時高雄縣甲仙鄉小林村滅村事件，導致多數人員傷亡及失蹤。

▼表 4-4 臺灣地區歷年重大風水災紀錄

編號	事件	發生時間	地點與災情
1	八七水災	1959/8/7 ~ 8/9	發生於臺灣中南部。
2	八一水災	1960/7/31 ~ 8/2	發生於臺灣東北部。
3	六三水災	1984/6/3	發生於臺灣北部，起因從鋒面發展出來的強烈對流造成暴雨，造成臺北公館、木柵、景美新店、中、永和桃園嚴重水患。
4	八一八風災	1997/8/18	發生於台灣東北部，起因為溫妮風侵臺灣，造臺北天母、內湖、汐止地區嚴重水患及山崩、林肯大崩毀。
5	七一一水災	2001/7/11	發生於臺灣南部，起因為潭美風引進西南氣流，造成高雄及屏東地區降下豪雨。
6	九一七水災	2001/9/17	發生於臺灣北部，起因為納莉颱風停留時間過久、特殊路徑，以及其環流強勁，造成全臺降下豪雨，以北北基地區水患最為嚴重。
7	七二水災	2004/7/2 ~ 7/4	發生於台灣中南部，起因為敏督利風引進西南氣流，造高雄及屏東地區降下豪雨。
8	七一八風災	2008/7/17~7/18	發生於臺灣中南部，起因為卡玫基風侵襲臺灣，造成嚴重豪雨、山崩、土石流等災情。
9	八八風災	2009/8/6 ~ 8/10	發生於臺灣中南部及東南部，起因為莫拉克颱風侵襲臺灣，以及其西南氣流所帶來創紀的雨勢，造成嚴重水患及土石流，為臺灣自 1959 年八七水災來最嚴重的水患，並引著名觀光景點阿里山及南橫公路多處坍塌；另外，高雄縣甲仙鄉小林村滅村事件。
10	八二三水災	2018/8/23 ~ 8/30	發生於南部的嚴重水患，起因為熱帶低氣壓及其消亡後衍生位於華南的大低壓帶與西南風輻合所致，為近年來影持續時間最長久的水患。

肆 風災與水災應變計畫

颱風、豪雨來襲雖然可怕，但能預先掌握預警資訊，只要確實做好相關防範措施，就可以避免或降低遭受侵害。颱風及淹水災害的預防與應變從事前整備階段就要做出反應，以防止或降低災害的發生與傷害損失。

日本在阪神大地震後，推動防災士制度，強化民眾「自助互助」的防救災觀念。臺灣參考日本防災士制度，自 2013 年起展開災害防救基本計畫，提出「集結民間夥伴能量：傾聽基層自主防災需求，提出政策誘因導入企業與民間參與」的基本方針，另於 2013 年災害防救白皮書中提出建構「自助、互助、公助」災害救協力合作平臺與機制，以下敘述自助的個人防災行動、互助及公助的防災社區，最後說明與水共生的新思維。

一、個人防災行動

颱風災害的預防與保護措施

01

颱風來襲前的防範整備 [11]

- 颱風來襲前，應注意電視、廣播、網路、生活氣象 APP 或利用「166」、「167」氣錄音電話，隨時關注颱風消息，了解最新颱風動向並查詢災害潛勢區。
- 河岸邊、沿海、地勢低窪地區居民應注意潮汐，有河水氾濫或海水倒灌之虞，應及早遷移至地勢較高區域。
- 居住在山坡地或土石易崩落之處的居民，應做預防性疏散撤離。

- 檢查電源、瓦斯管路、注意爐火，以防災害。準備手電筒、乾電池及行動電源以因應停電之需及求援之用。
- 檢查門窗是否牢靠，關閉非必要門窗，必要時可加釘木板。
- 房屋外、庭院內，各種懸掛物件應即取下或加強固定（如廣告招牌、陽台花盆），庭園樹木均應加支架保護。
- 清理雨水溝及排水渠道，保持暢通以利排水，準備沙包。
- 可多備 1 至 2 日之食物、水，以防斷電停水不時之需。
- 如果居住在鄉間，除前述一般注意事項外，尚應檢查牛欄、豬舍、雞舍。以免造成損失或將所蓄養之動物移往較安全地方。

02

颱風來時應注意事項 [11]

- 如住宅堅固又不受強風、海嘯、洪水影響是安全的，應留在家中。
- 若停電時，請儘量使用手電筒，若使用燭火應遠離可燃物，小心造成火災。
- 千萬不可至海岸、溪流或堤防上觀浪、戲水、撿拾石頭、捕魚及釣魚。
- 看到街上或室外斷落的電線，不可用手觸摸，應通知電力公司。
- 颱風期間若不得已在外駕車應減速慢行，注意交通安全，行駛中車輛遇強風侵襲，應停於路邊或找安全處所掩避，不可強行駕駛。
- 請勿至河邊搶收作物或工作，以避免被洪水圍困。

颱風過後應注意事項 [12]

- 颱風過後，部分水溝、坑洞被水淹蓋潛伏危險性，務必小心，請勿強行通過。
- 颱風過後，外出時請隨時注意是否有物品掉落。
- 發現淹水或交通受阻地段請用電話或就近通知派出所或消防單位。
- 若有災害損失，請通知警察派出所或消防單位。
- 災害過後打電話向親友報平安應長話短說，避免佔線。
- 衛生維護，進行環境整理、垃圾清運等措施。
- 若有受不可抗力災害損失應整理損失清單、照片或證明文件，待日後申請各項相關減免或補助（依各相關法規辦理）。

淹水災害的預防與保護措施

淹水災害發生前，預防與整備 [11] [13]

- 收聽相關訊息（如氣象、廣播、生活氣象 APP、行動水情 APP 或利用「166」、「167」氣象錄音電話、相關網站）以瞭解最新動態，並查詢災害潛勢區以為因應。
- 隨時關心中央氣象局有關颱風、豪雨預報並注意居處是否在警戒範圍內。
- 如住所在河邊、海邊、地勢低窪，有淹水之虞，請及早遷移至較高的地方或是撤退到相對安全的地方。
- 平時應注意屋頂、門窗及牆壁檢修及保持居家附近排水溝暢通。

- 颱風、豪雨期間應避免外出，平時應準備防雨器具、簡易醫療用品、電晶體收音機、照明用具、並儲存三日份之飲水、食物及燃料等儲備於高處，以防斷電、停電及缺糧。
- 民眾應共同維護河川區域及排水溝暢通，勿隨意傾倒垃圾等，如發現損壞應主動通知權責單位修復。
- 清理居家附近排水溝、備妥簡易防汛備料（如砂包）等，以備防汛之需。另颱風、豪雨期間，應隨時注意居家附近河川、溪流水位及氣象資訊，主動與村（里）長保持聯繫，以配合政府執行撤離疏散措施。

淹水災害發生時應注意事項 [14]

- 淹水時以「垂直疏散避難」為原則，迅速登上牢固的高處避險（如移往建築物較高樓層或附近地勢較高處、大樹上），等候救援人員營救。
- 避免涉水、避開滾落石、泥濘滑坡、段落電線。
- 儘量不要外出，尤其道路、側溝與坑洞因積水而連成一片，難以辨認時，徒增危險。
- 洪水流量大，不了解水情勿涉險要在安全地帶等待救援。
- 保存好各種尚能使用的通訊設施，可與外界保持良好的通訊聯繫。
- 關閉電源，以避免或降低觸電機率。
- 發出求救信號，如晃動衣服或樹枝，大聲呼救等。

- 若災害造成設施毀損，先行修繕損壞之水、電管線，減少漏水及漏電危害。
- 檢查水池、水塔、飲水機等相關用水設備，使飲用水達到法定標準。
- 環境整理，並連繫相關單位棄運廢棄物、垃圾等。
- 衛生維護，進行消毒環境等措施。
- 未能處理之衛生問題，應立即與地方衛生單位（如衛生局、環保局）聯繫解決。
- 發現淹水或交通受阻地段請用電話或就近通知派出所或消防單位。
- 若有災害損失，請通知警察派出所或消防單位，作為災害檢討之統計，並作防災之改進參考。
- 災害過後打電話向親友報平安應長話短說，避免佔線。
- 若有受不可抗力災害損失應整理損失清單、照片或證明文件，待日後申請各項相關減免或補助（依各相關法規辦理）。

二、防災社區

經濟部水利署為整合民間力量，自 2000 年起成立「防汛護水志工服務隊」及推動「水患自主防災社區」，於平時及颱風豪雨期間執行環境巡視、水災情查報作業、協助住戶疏散撤離、道路交通管制、提供臨時居住場所及災後復原，防汛護水志工及水患自主防災社區運作示意如圖 4-5 所示。

經濟部水利署更積極推動國內各級企業參與水利防災，提供企業了解社區資源需求，社區亦可得知有心協助水利防災的企業可提供

的資源類別與數量，盼藉此建立夥伴關係，強化社區災中應變能量。面對天災無法避免的情況，應加強自助、互助及社區與校園之防災觀念，除於災前做好預防措施，提升自我災害應變能力，以減輕災害損失，保障民眾生命財產安全外，更應於汛期前透過防災演練強化災時的應變機制，使人員熟悉不同災害情境之應變作為，並提升應變技能。水利防災演練應以預備、整備、警戒、通報、疏散及收容等流程進行，透過演練，強化學校與社區之間的自助與互助的應變能力，社區、學校合作辦理防災演練如圖 4-7 所示。



防汛護水志工



水患自主防災社區



企業參與

▲ 圖 4-5 防汛護水志工及水患自主防災社區運作示意圖



宜蘭縣礁溪鄉玉田村與玉田國小合作辦理防災演練，
增進災時應變能力

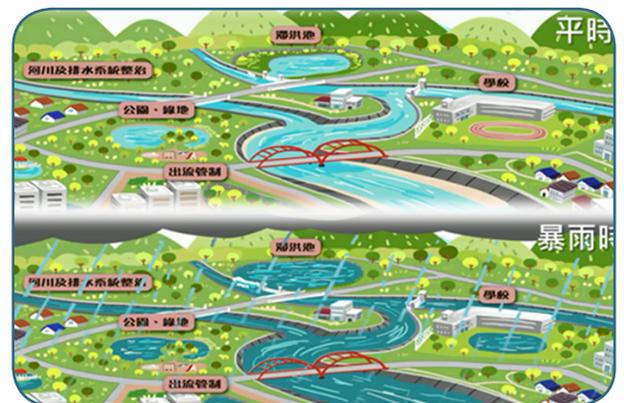
▲ 圖 4-6 防汛護水志工及水患自主防災社區運作示意圖

三、改變思維與水共生

天然災害是臺灣的宿命，在不可知的過去，我們不知道氣候變遷對臺灣的影響；在可預知的未來，氣候變遷會增加短延時強降雨的機會，溫度的增高，會讓缺水與淹水成為周而復始的常態。

臺灣都會地區雨水下水道、排水及河川兩旁多已開發完成，隨著豪雨日數增加，未來淹水的頻率與強度都可能增加，在地少人稠的都市地區應積極推動綜合治水、海綿城市、與水共生、不怕水淹之理念，以高程管理方式，將地勢低區域劃入洪水暫滯區，並落實逕流分擔與出流管制政策，透過開發基地、

公共設施、建築物設置透水、保水、滯洪等設施，提高都市防洪韌性，例如於災害來臨，將公園籃球場或低窪處等地作為短暫滯洪地使用，都市防洪規劃示意如圖 4-8 所示 [15]。



▲ 圖 4-7 都市防洪規劃示意圖



▲ 圖 4-8 防疫防颱 在家最好



▲ 圖 4-9 容易發生淹水的區域示意圖

5 坡地

CHAPTER

災害



第五章

坡地災害

臺灣山地地形條件特殊、地質環境破碎，每逢颱風豪雨季節，山區嚴重的坡地災害隨之而來。至民國88年921大地震致使山區崩塌鬆散土方遽增，造成臺灣中部後續崩塌與土石流災害發生頻率與規模更勝於以往。坡地災害造成民眾生命財產損失，本章將說明坡地災害的定義、基本知識、臺灣坡地災害歷史重大事件、應變計畫以及減災設施。

壹 坡地災害的定義

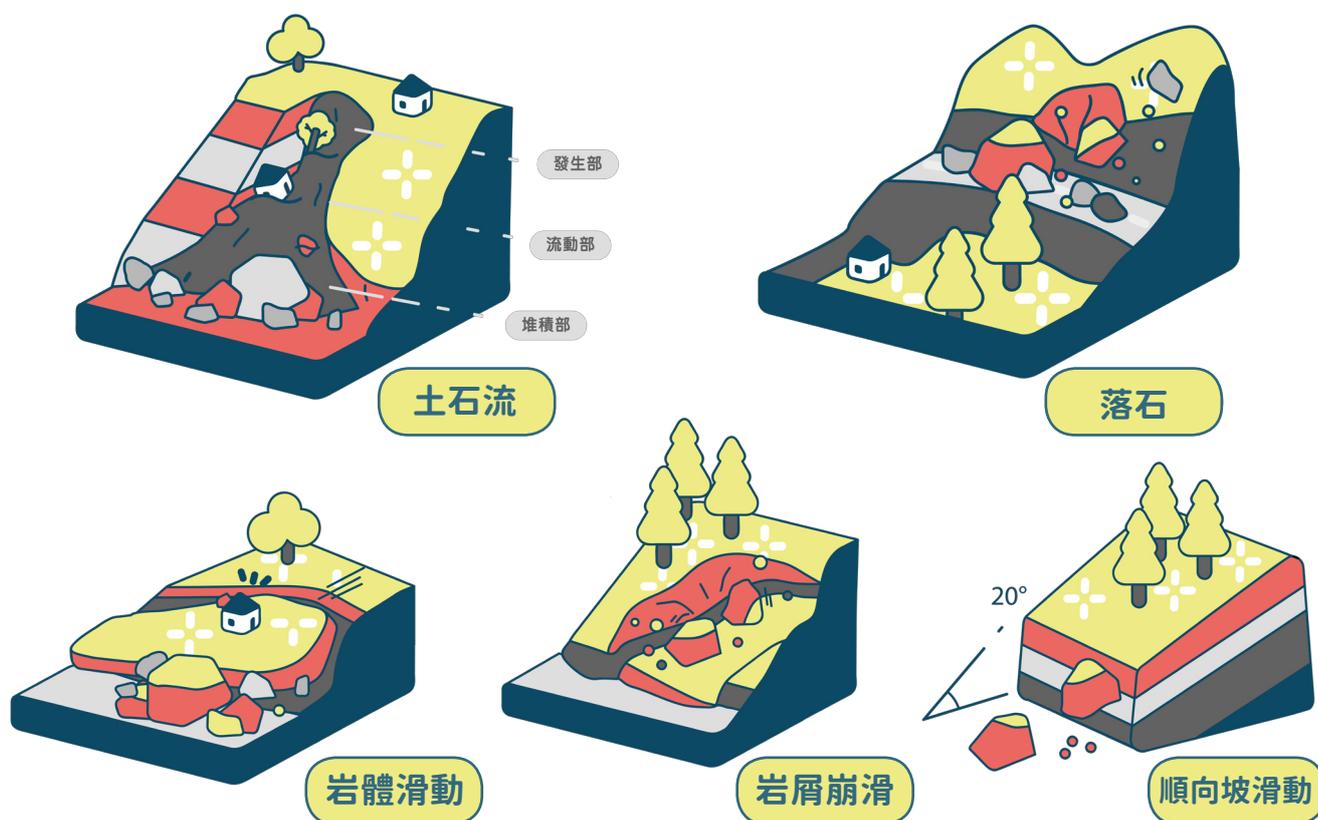
發生在山坡地的災害稱之為坡地災害，而坡地災害泛指土壤、岩石等地質材料受重力作用，而發生向下運動所造成破壞的行為 [1]，1978 年 Varnes 所提出的山崩分類系統最被廣為採用，山崩運動種類包括有墜落 (falls)、傾覆 (topples)、滑動 (slides)、側滑 (lateral spreads)、流動 (flows) 以及複合型運動 (complex and compound) 等六類。

經濟部中央地質調查所沿用修改自 Varnes 的分類，將台灣山崩分類為四種，分別為將岩石之墜落及傾覆合稱為落石，岩石之滑動則稱為岩體滑動，並將所有岩屑、土材料之墜落、傾覆及滑動合稱為岩屑崩滑，針對岩石、岩屑及土之流動稱為土石流。而國家災害防救科技中心則將坡地災害以五種分類來做災害潛勢，分別為：土石流、落石、岩體滑動、岩屑崩滑、順向坡，以供防災使用 [1]。

貳 坡地災害基本知識

我們所居住的臺灣，是一個山多、雨多、地震多且地質脆弱的島嶼。山坡地面積占總面積達 70% 以上，受到強震鬆動坡地的土石、坡陡流急的自然環境、氣候變遷下短延時強降水、水土保持不佳之城市與鄉村環境，極容易發生不同類型的坡地災害，威脅著人類的生命與財產安全。

一般民眾對坡地災害的刻板印象中，只要災害現場有土有水，就認為是土石流，但是土石流主要是指發生在溪谷地形中土石與水混合的流動體。一般非溪谷地形的邊坡土砂崩落現象，多為崩塌災害，就像南迴鐵路邊坡崩塌造成自強號出軌，但當時的新聞標題是「自強號撞土石流，南迴鐵路中斷」，其實際的坡地災害類型為邊坡的崩塌災害，並非土石流。以下說明坡地災害類型中的土石流、落石、岩體滑動、岩屑崩滑、順向坡，如圖 5-1 所示。

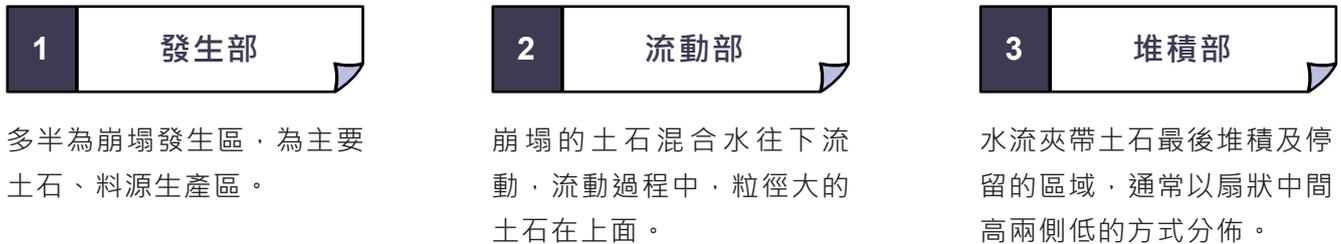


▲ 圖 5-1 坡地災害種類

一、坡地災害種類 [1]

土石流

係指泥、砂、礫及巨石等物質與水之混合物，受重力作用所產生之流動體，沿坡面或溝渠由高處往低處流動之自然現象，可分成三個部分，示意如圖 5-1 所示：

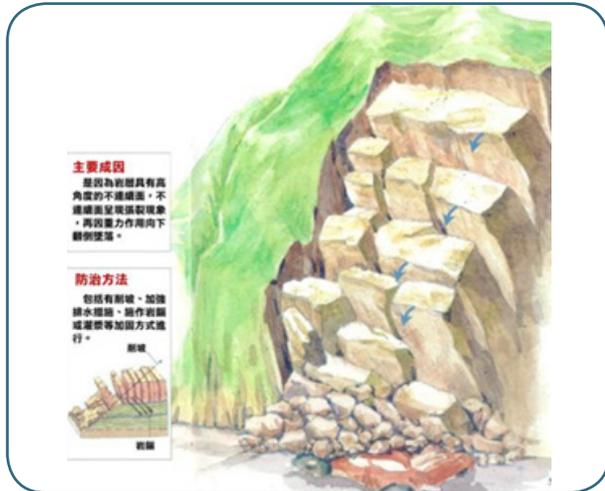


形成土石流的基本要件為：豐富堆積物、充足或強力的水分、適當的地形坡度，因受重力影響，土石堆與水沿著溝谷運動，形成破壞力極大的土石流，其特性說明如下：

1. 流動速度快、泥砂濃度高、沖蝕力強、衝擊力大。
2. 土石流表面流動速度快，而土石流下面流動速度較慢。
3. 土石流之流動速度受到所含有土石的粒徑大小、土石顆粒和泥水比例的多少、及溪谷坡度所影響。礫石型土石流流速約 3 ~ 10 m/s，而泥流型土石流則約為 2 ~ 20 m/s。
4. 土石流的前端隆起、流量大，多為集中的巨大石礫，後續的水流則多為泥流。
5. 土石流中石礫的分布多為大石頭在上、小石頭在下。
6. 由於溪谷出口的坡度緩且寬度大，能有效降低土石流的流動速度，因此土石流常在此形成扇狀堆積。

落石

岩塊或岩屑自斜坡或陡峭的懸崖上由空中落下稱為落石。落石常由於振動或偶因根楔作用(植物的根將岩石中的裂隙撐開)而誘發。在高山



▲ 圖 5-2 山崩翻覆

地區冰楔作用則常是落石的主要原因，岩石裂縫中的水結冰，在岩壁裂隙上施以壓力，使岩石破裂分離而下墜。一般發生在峭壁、斷崖及峽谷地形，山崩示意如圖 5-2、圖 5-3 所示。



▲ 圖 5-3 落石坍方

岩體滑動 (地滑)

岩體滑動為整片岩體完整往下滑動，屬於規模較大、滑動面較深的坡體移動現象，滑動速度若較慢一般也稱為地滑。

岩屑崩滑

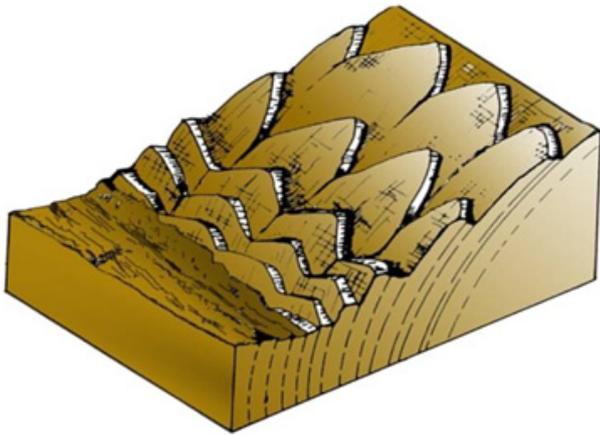
為風化的土層、岩屑或鬆軟破碎的地質材料，受到豪雨或地震引起崩落滑動。這些風化的地質材料通常在不同地層的交界面或者土層和岩層的交界面崩塌機率會比較大。

順向坡

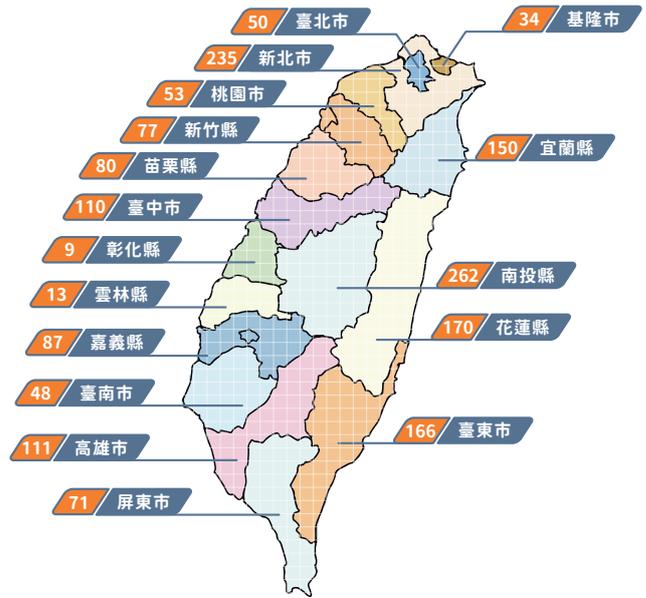
當地層或不連續面之傾斜方向與邊坡之傾斜一致且兩者走向夾角在 20° 以內者較易發生順向滑動，在此種狀況下之邊坡，可能會因為坡腳切除致失去支撐力，若雨水下滲至地層面上造成潤滑作用易使上方岩層沿層面下滑，遺留平面狀地形。

航空照片透過立體鏡觀察，在臺灣北部山坡地常見山脊兩側坡度有一陡一緩的地形，其緩坡面會顯露出平滑的斜坡，此即為順向坡面，另一面則為逆向坡。如果這些坡面受強烈侵蝕時，則形成熨斗狀地形(林朝宗，1988)，此亦是辨別順向坡之重要指標(如圖 5-4 所示)。

而利用河流系統亦可判釋順向坡，由於差異侵蝕的作用，軟弱的岩層如頁岩、泥岩，易被侵蝕成谷地，所以主要的河流常順著岩層走向。通常順向坡的坡度長且緩，藉由航照判釋可區分出順向坡。而順向坡滑動主要是指順向坡發生不同規模之岩屑或岩體的滑動均屬之，順向坡可能因為坡腳遭切除致失去支撐力，或雨水入滲至地層面中造成潤滑或岩體軟化作用，使滑動面上方之岩體下滑，遺留平面狀地形。如果順向坡坡面或斜面的坡度大於地層的傾角，則地層的層面或其他不連續面會出露在坡面上，這種地層潛在滑動面見光 (Daylight) 的狀況下，就很容易發生滑動 [7]。



▲ 圖 5-4 順向坡熨斗狀特徵示意圖



▲ 圖 5-5 土石流潛勢溪流全台分布

二、土石流災害潛勢

土石流潛勢溪流是指依據現地土石流發生之自然條件，配合影響範圍內具有保全對象等因素，綜合評估後，判斷有可能發生土石流災害的溪流。土石流潛勢溪流相關資料均公開於行政院農業委員會水土保持局的土石流防災資訊網 (<http://246.swcb.gov.tw>)，社會大眾可上網查詢住家所在村里是否有土石流潛勢溪流，及早做好防災準備的工作。全台土石流潛勢溪流共計 1,726 條，分布於 17 縣(市)、159 鄉(鎮、市、區)、690 村(里)、原住民地區計 781 條，各縣市之潛勢溪流條數如表 5-2、圖 5-5 所示。

土石流潛勢溪流之風險等級評估係由「發生潛勢等級」及「保全對象等級」兩項因子所構成，土石流發生潛勢等級為土石流發生

頻率，而保全對象等級則為災損程度分級，各分級分別以高、中、低表示，將土石流發生潛勢等級與保全對象度等級利用分級矩陣圖，可得到土石流潛勢溪流風險等級。

土石流發生潛勢等級判定係根據土石流發生之三大條件足夠堆積物、水、及坡度條件，選定影響土石流發生最顯著之因子做為評分因子，分別為崩塌規模、坡度因子、堆積土石情形、岩性因子以及植生因子，並考慮各因子與發生潛勢之影響關係加以配分，其配分方式如表 5-3 所示，最高分為 100 分。土石流發生潛勢等級判別為高、中及低，若發生潛勢得分於 46 分以下為低發生潛勢等級，46 ~ 62 分為中發生潛勢等級，62 分以上則為高發生潛勢等級 [4]。

關鍵提醒

土石流潛勢溪流資訊可能會不定期調整，應該經常關注住家、學校、社區中的溪流是否被判定為土石流潛勢溪流，以便做好因應措施。

▼表 5-1 台灣各縣市土石流潛勢溪流分布統計

縣市別	宜蘭縣	基隆市	臺北市	新北市	桃園市	新竹縣	苗栗縣	南投縣	臺中市	彰化縣	雲林縣	嘉義縣	臺南市	高雄市	屏東縣	臺東縣	花蓮縣
潛勢溪流條數	150	34	50	235	53	77	80	262	110	9	13	87	49	111	71	166	170

▼表 5-2 土石流發生潛勢因子配分表

潛勢因子	分類	評分
崩塌規模 (25)	明顯大面積崩塌	25
	小規模崩塌	15
	無明顯崩塌	5
坡度因子 (25)	上游區坡度大於 50°	25
	上游區坡度介於 30° ~ 50°	15
	上游區坡度小於 30°	5
堆積土石 (20)	平均粒徑大於 30cm	20
	平均粒徑介於 7.5 ~ 30cm	13
	平均粒徑小於 7.5cm	2
	無明顯堆積材料	2
岩性因子 (15)	第一類 (A、D、F 地質區)	15
	第二類 (C、E 地質區)	15
	第三類 (B、G 地質區)	5
植生因子 (15)	裸岩、落石堆積	15
	植被稀疏	15
	植被中等稀疏	6
	植被密集	3

其次，保全對象等級判定方面，保全對象因子之選定主要考慮兩方面，分別為對建築物之危害及對交通設施之危害。在建築物部分因公共建築一般使用人數較多，故評分等級最高，另外保全戶數越多，評分也越高；交通方面則以橋樑受損對交通之危害較高，故給予較高分數。而台灣在經歷地震及颱風豪

雨災害後，已針對土石流潛勢溪流進行整治設施工程，故於現地調查時加入現地整治設施成效評估，若整治設施成效良好，則可降低土石流潛勢溪流對保全對象之危害。其保全對象因子配分方式如表 5-3 所示，最高得分為 100 分，其評分乃綜合上述建物、交通設施以及現地整治成效等分數累加，若評分

結果大於等於 60 分者，列為高保全對象等級；小於 60 大於 40 者列為中保全對象等級；小於等於 40 者列為低保全對象等級 [4]。

詳細之土石流潛勢溪流劃設流程請參考行政院農業委員會水土保持局所訂定之「土石流潛勢溪流劃設作業手冊」與「土石流潛勢溪流劃設作業要點」內容 [8] [9]。

▼表 5-3 土石流保全對象因子分配表

因子	分類	評分
建物 (65)	與防災措施相關之公共場所 (學校、醫療設施及避難公共場所等)	65
	5 戶民宅以上	60
	1 戶至 4 戶間之民宅	30
	無住戶	0
交通設施 (35)	橋梁	35
	道路	20
	無	0

三、土石流警戒

在了解土石流警戒是什麼之前，需先說明「土石流警戒基準值」，其意義是將具有相類似水文地文特性的土石流潛勢溪流集水區整合為一群集，接著再利用中央氣象局的歷史雨量資料，以統計方法計算出同一群集的土石流潛勢溪流可能發生土石流的累積雨量，即為土石流警戒基準值。目前土石流警戒基準值以 50mm 為一級距，共劃分成 9 個級距 (250mm ~ 650mm)，不同的地區有不同的土石流警戒基準值，均公開於水保局的土石流防災資訊網，供民眾與各級防災單位疏散避難參考，土石流警戒基準值示意如圖 5-6 所示。

此外，土石流警戒基準值並非固定的數值，其會根據新增的降雨、土石流及地震等事件造成環境的變異進行動態的調整。當某個地區的降雨量可能超過或實際達到該地區土石流警戒基準值時，即有發生土石流的風險，水保局就會發布該地區土石流警戒預報，土石流警戒預報可分為 2 種，包括土石流黃色及紅色警戒，其發布標準及收到時採取的因應作為說明如下及圖 5-6 所示：

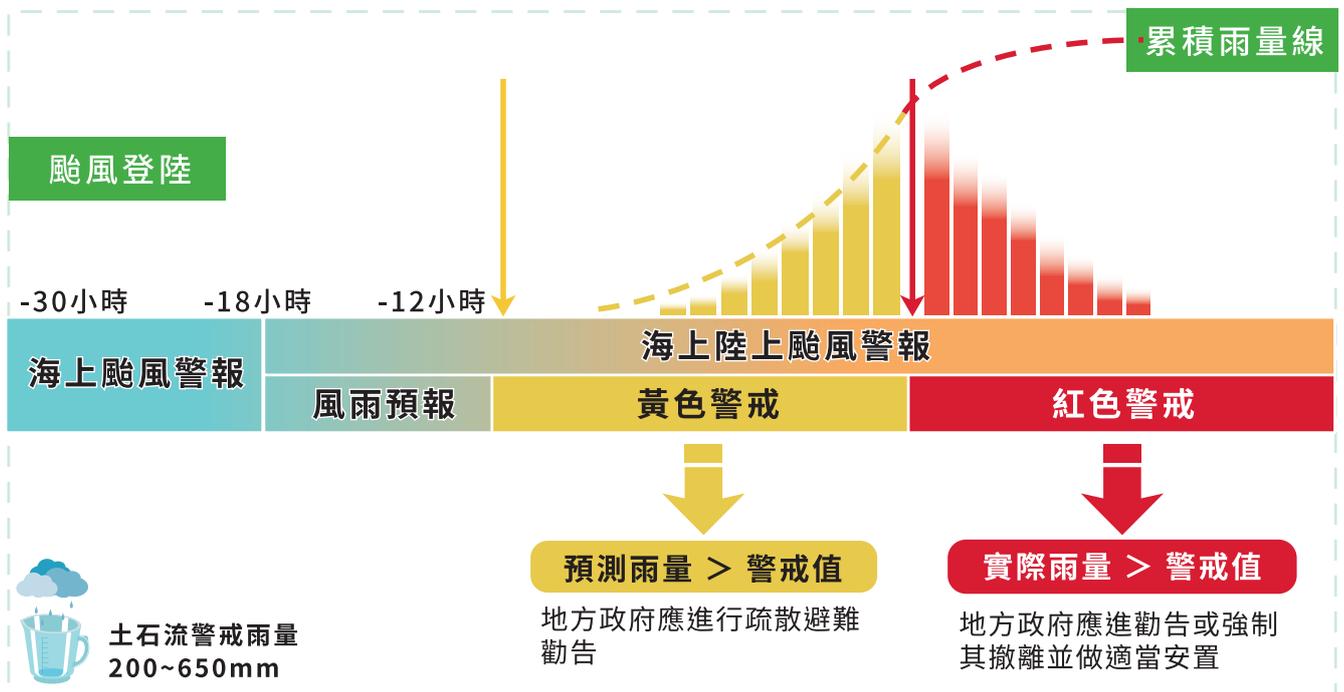
土石流黃色警戒

當中央氣象局發布某地區之預測雨量大於土石流警戒基準值時，由水保局發布該地區為土石流黃色警戒。警戒區域內的弱勢族群 (例如行動不便、老年人、孕婦、幼兒、洗腎等慢性病患或其它身心障礙需特別照顧者) 優先進行預防性疏散，其它居民則應檢視居家及環境變化，備妥逃生包及隨身衣物重要證件做好疏散的準備，隨時留意大眾傳播最新消息，並保持家中聯絡管道暢通。

土石流紅色警戒

當某地區實際降雨已達土石流警戒基準值時，由水保局發布該地區為土石流紅色警戒，警戒區域內的居民 (保全對象) 攜帶逃生包及隨身衣物重要證件，依照鄉、鎮、市區公所以及當地警消單位安排前往安全處所避難，同時通知親友自己疏散至哪個避難處所。

接收到土石流警戒時，建議依照預先規劃好的土石流防災地圖疏散至當地緊急避難處所，此外在撤離過程中應盡量利用現有道路，同時向溪流兩側高地疏散，切勿穿越土石流潛勢溪流、危險路段或陡坡區，以確保人身安全 [10]。



▲ 圖 5-6 土石流警戒基準值雨量 [11]

參 臺灣坡地災害歷史重大事件

國內之坡地災害依主管機關可分為土石流災害及崩塌災害，台灣發生之重大土石流災害案例可參考土石流防災資訊網之重大災害事件，而崩塌災害可參考中央地質調查所網站之山崩災害事件，對於國內外重大災害記事可參考國家災害科技中心所維護之全球災害事件簿網站。

1999 年的 921 大地震後

的 921 大地震後，在全臺灣誘發超過 21,000 處的崩塌地，受影響面積達 11,300 公頃，造成中臺灣廣大面積區域土石鬆動。根據調查，震後造成的土石鬆動讓觸發土石流所需要的雨量遠低於地震前 [12]。從歷史的經驗來看，近年來，每逢颱風過境或地震發生之際，此類坡地災害會伴隨而來。

1996 年的賀伯颱風

賀伯颱風挾著強風豪雨侵襲臺灣，造成整個重大的災害，尤其是南投山區及阿里山地區，災情最慘重，特別是嚴重之山崩及土石流等，根據農委會的統計，共造成 51 人死亡、22 人失蹤、463 人受傷、503 間房屋全倒、880 間房屋半倒、559 公頃農田流失、1,266 公頃埋沒，並且有 2,157 公頃遭海水倒灌，總計農業災害損失高達 199 億元 [13]。

2001 年的桃芝颱風

桃芝颱風降雨量特大且又集中，在全臺造成災害性降雨，多處地區發生土石流。全臺共計 111 人死亡，103 人失蹤。農林漁牧損失逾 77 億元 [14]。

2004 年的敏督利颱風

敏督利颱風侵襲臺灣，颱風本身對臺灣並未造成太大災情，而是隨後的豪雨造成嚴重的災害，多處淹水、山崩與土石流史，稱「72 水災」如圖 5-8 所示 [15]。全臺嚴重淹水面積達 65,919 公頃，並有 33 人死亡、12 人失蹤，僅農林漁牧損失就高達 89 億元以上 [16]。

2009 年的莫拉克颱風

莫拉克颱風侵襲臺灣，發生八八風災，期間臺灣發生多處淹水、山崩與土石流，如圖 5-9 所示 [17]。尤以位於當時高雄縣甲仙鄉最北端的小林村小林部落滅村事件最為嚴重，全部被土石淹沒，估計造成約 500 人死亡。小林滅村過程是許多個坡地災害連續串接所造成的悲劇，首先是持續性降雨使得溪水暴漲、多處地區發生崩塌與土石流災害，獻肚山的大規模山崩掩埋了部分的小林村；再來，崩落的土石阻塞河道形成堰塞湖；第三階段是堰塞湖的潰堤讓大量土石隨氾濫的河水往下游沖刷，重創整個村落 [18]。



▲ 圖 5-7 2004 年敏督利颱風造成的災情 [15]



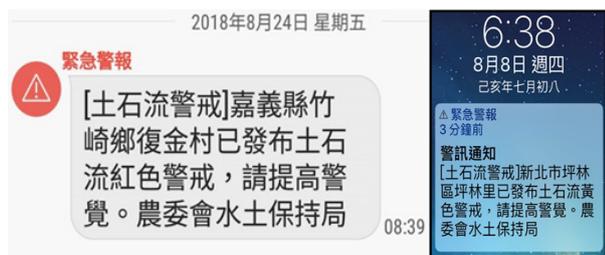
▲ 圖 5-8 2009 年莫拉克颱風引發大山崩 [17]

肆 坡地災害應變計畫

雖然我們無法直接預測與阻擋天然災害發生，但會有預防的指標可以依循，例如記錄降雨量，可提早預測水患的發生；災害發生前，平時做好避難疏散計畫的擬定與演練；災害發生時，啟動緊急應變措施；臺灣近年山坡地過度開發，超過大自然環境所能承受的能力，所以強化水土保持，推動坡地造林，與大自然取得和諧，減少坡地災害發生。

一、注意防災資訊

若住家附近有土石流潛勢溪流，則應特別注意電視新聞跑馬燈、電台廣播、語音廣播及手機簡訊是否有土石流黃色或紅色警戒發布，亦可主動查詢水保局土石流防災資訊網有關土石流警戒即時資訊，颱風期間中央氣象局也會於警報發布頁面中同步公布土石流警戒訊息。另外近年來政府與通訊業者合作開發「災防告警細胞廣播訊息系統（Public Warning System, PWS）」，可在短時間內大量傳送土石流警戒訊息到土石流警戒發布範圍內的民眾手機，使社會大眾及早掌握離災、避災之資訊；當手機接收到災防告警訊息時，會發出特殊的告警聲響並振動，與一般簡訊略有不同，收到時不必驚慌，只要依據收到土石流黃色或紅色警戒時採取相同的因應作為即可 [19]。



▲ 圖 5-9 災防告警細胞廣播進行土石流警戒發布

二、疏散避難

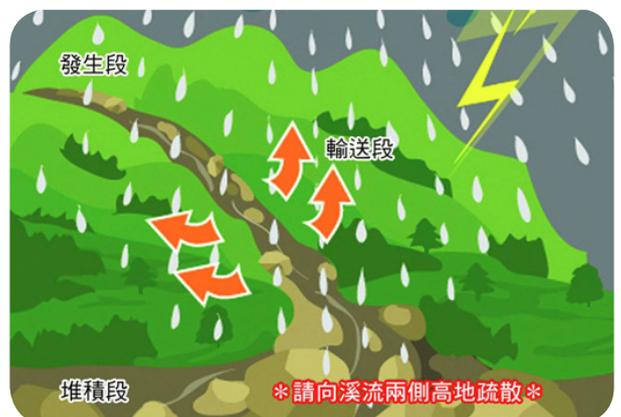
當民眾接收到警戒時，建議依照預先規劃好的防災地圖疏散至當地緊急避難處所，撤離過程中應盡量利用現有道路，同時向溪流兩側高地疏散，切勿穿越土石流潛勢溪流、危險路段或陡坡區，以確保人身安全（土石流防災資訊網 - 防災應用）。

坡地災害疏散避難

颱風豪雨過後，因大量降雨，造成邊坡地表下含水量充足，因而造成邊坡地層間摩擦力減少，故此時邊坡可能崩塌滑動。所以不論是降雨期間或是風雨過後，都應密切注意注意坡面狀況，上課期間，如學校周圍發生坡地災害時，校長（指揮官）應即時發布避難逃生指示，當坡地災害有可能影響大部分校區，因而需要往校外疏散避難時，其避難疏散路線則需參考各村里「土石流防災疏散避難計畫」及土石流防災資訊網，疏散避難注意事項如圖 5-11 所示。

土石流疏散避難

盡量利用現有道路，勿穿越土石流潛勢溪流，不經過危險路段或陡坡區，不沿著溪床或溪谷方向疏散，避難處以步行不超過 30 分鐘為宜，但不能位於可能崩塌之潛在危險地區以及危險孤立的腹地，要與外界有安全的通路，空間需能維持居民日常生活作息 [20]。



▲ 圖 5-10 土石流疏散避難注意事項

三、應變計畫

若學校所在社區有土石流潛勢溪流或學校位於山坡地區域，當地震發生後，學校依校園防災計畫之作業程序啟動應變，由校長或代理人擔任指揮官，負責指揮災害救援工作，並依學校之災害防救編組執行救災工作。此時，學校的防災編組須對周圍坡地區域進行檢視，以確保坡地環境安全。如於地震後發生豪雨事件，應監控坡面之穩定性，注意建築物之龜裂情形或坡面植生之變化。

若社區有土石流潛勢溪流或位於山坡地區域，學生如有居住於保全區域者，地震發生時，學生不在學校上課或活動，學生除依平時對家庭或環境之安全認知進行避災外；於地震停歇後，協助社區居民或所在地區民眾進行救災，並配合政府指示協助弱勢民眾避災或安置，對於社區週邊坡地安全行須進行檢視，由其於地震後發生豪雨事件時，更應注意坡面之變化。如於土石流潛勢區域，於豪雨事件發生時，依政府發布之警訊信息採取預防性疏散撤離行動，以降低災害損傷。

四、坡地災害防災演練

為使學生確實瞭解地震發生後或土石流潛勢區域之坡地環境進行監控做法，學校除於平時依校園防災計畫規劃進行防災演練外，可透過課程安排引導學生進行演練情境設定，並配合不同情境進行兵棋推演或實兵演練，於演練結束後進行檢討，以確實瞭解學習者之瞭解程度。此外，可利用社區環境踏勘活動，引導學生瞭解坡地災害之監測方式，並於現地進行災害實兵演練，以提升學生實務應變能力。

伍 坡地災害減災設施

由於土石流含有大大小小的石塊，因此在坡度較陡的溪流中上游流動過程中，對河道的底床及兩岸都具有非常強烈的侵蝕性，因此土石流經過的河道常變得又深又寬。其治理方式主要以攔阻工法為主，常見的減災設施說明如下及圖 5-12 所示。

1 防砂壩（非透過性）

防砂壩是指在野溪構築 5 米以上的橫向阻水構造物，其特點是壩體高出溪床，使壩體與溪床和兩邊坡之間構成一個可以貯蓄大量土砂的空間，當此貯砂空間蓄積土砂之後，會在原溪床上形成新的溪床面，且因新的溪床面坡度小於原溪床坡度，因此可以攔蓄及調節溪流土砂、減緩溪床坡度、穩定流心、防止侵蝕、崩塌或抑止土石流，為野溪控制土砂流失與生產的最主要工法之一 [21]。



▲ 圖 5-11 防砂壩

2

梳子壩（透過性）

針對以土石流災害為主的野溪，改善防砂壩壩體通透性，將壩體設計成狀似梳子型態者，謂之梳子壩 [22]。梳子壩在平時可讓一般挾砂洪流所攜出的粒徑較小的土砂礫石自由穿過而不蓄積，俟土石流發生且通過時，可以有較多的餘裕容積，攔阻土石流所攜出的大堆石等大量土石材料，達到消減土石流規模之目的 [21]。



▲ 圖 5-11 梳子壩

3

乾砌石護岸

護岸為保護溪岸而直接構築於岸坡之縱向順水構造物，通常護岸會設置於容易發生溪岸崩塌或易遭受淘刷之坡腳，用以控制水流流向，從而達到保護溪岸免於崩塌或沿岸土地流失之目的。乾砌石護岸主要是以大卵石（塊石）疊砌而成者，其材料常就地取材使用土石流沖下來的大塊石，其與傳統混凝土護岸相比，由於表面具有自然的景觀，砌石縫隙之空間利於動物棲息及植物生長。



圖 5-11 乾砌石護岸

關鍵提醒

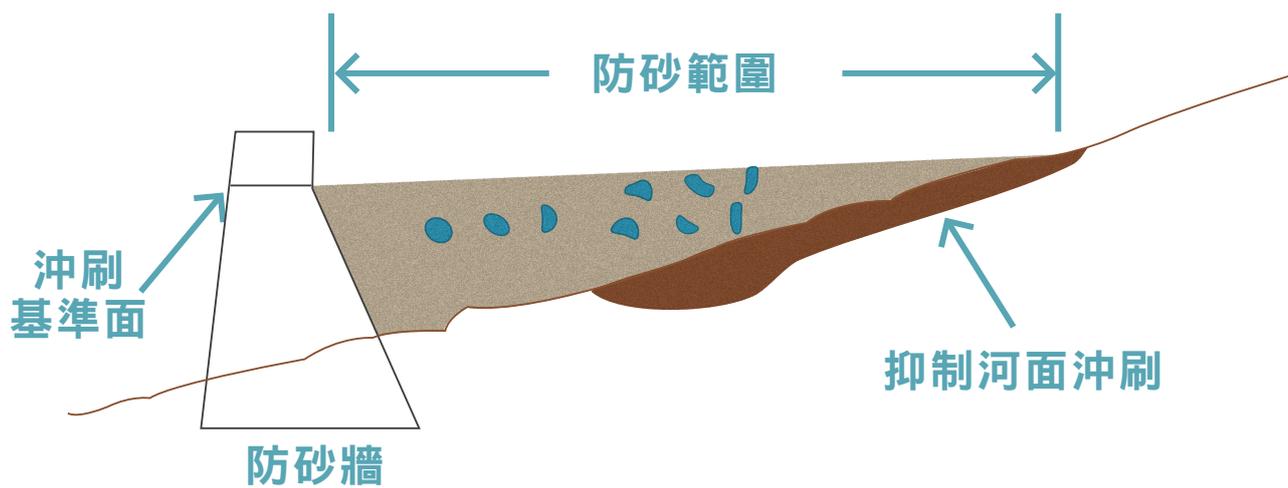
防砂壩淤滿後就失去功能？

防砂壩藉由壩體上游淤砂之後的減坡效應，到了降低水流沖刷及穩定兩岸邊坡之作用，顯示當防砂壩上游淤積的土砂越多，其功能才得以有效地發揮，此與一般人認為防砂壩淤滿之後就失去功能，成為破壞生態的障礙物的錯誤認知相去甚遠，除非是以攔砂為目的之防砂壩，可視實際需求適時予以清除 [21]。

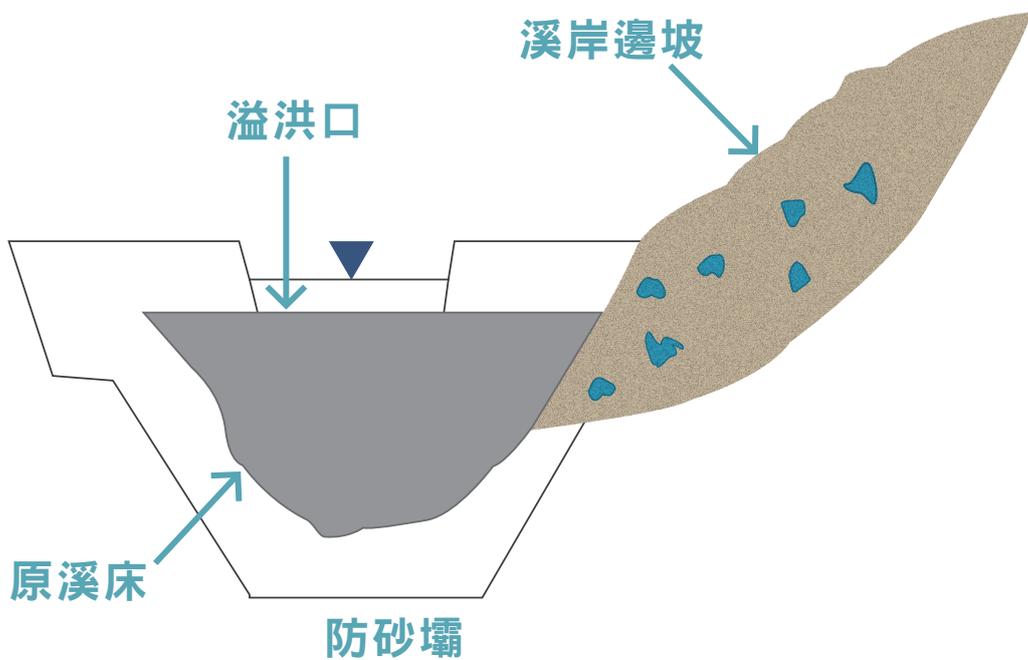
4

沉砂設施

沉砂設施是最常見的土石流淤積工法，其主要是以人為措施或在適當的自然地形條件下，以龐大的容積蓄積土石流沖出的土砂，使之不再持續流動或只允許部分無礙安全的含砂水流流出的工法，以達到土砂減量和停積之效能，減少對下游保全對象及設施之危害 [21]。



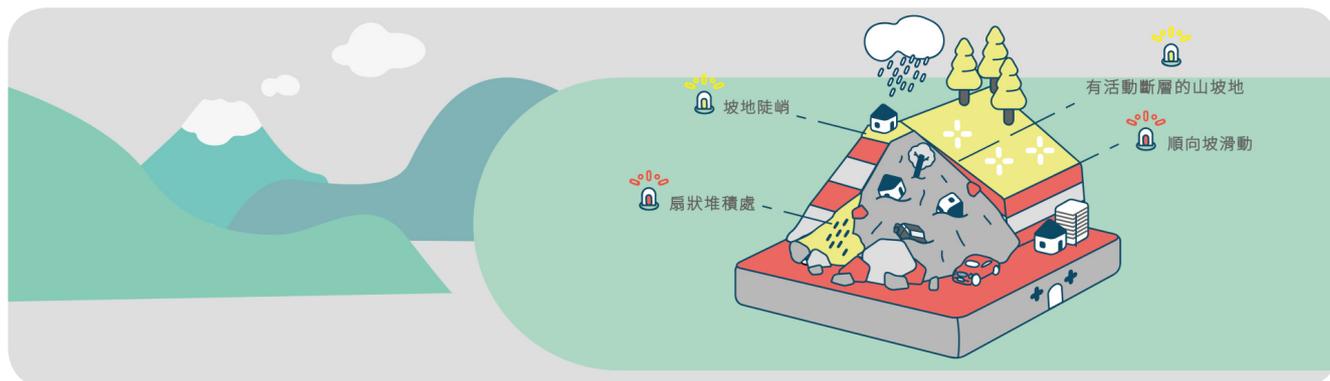
(a) 抑制溪床縱向侵蝕



(b) 抑制溪床橫向侵蝕

沉砂設施

▲ 圖 5-11 坡地災害減災設施

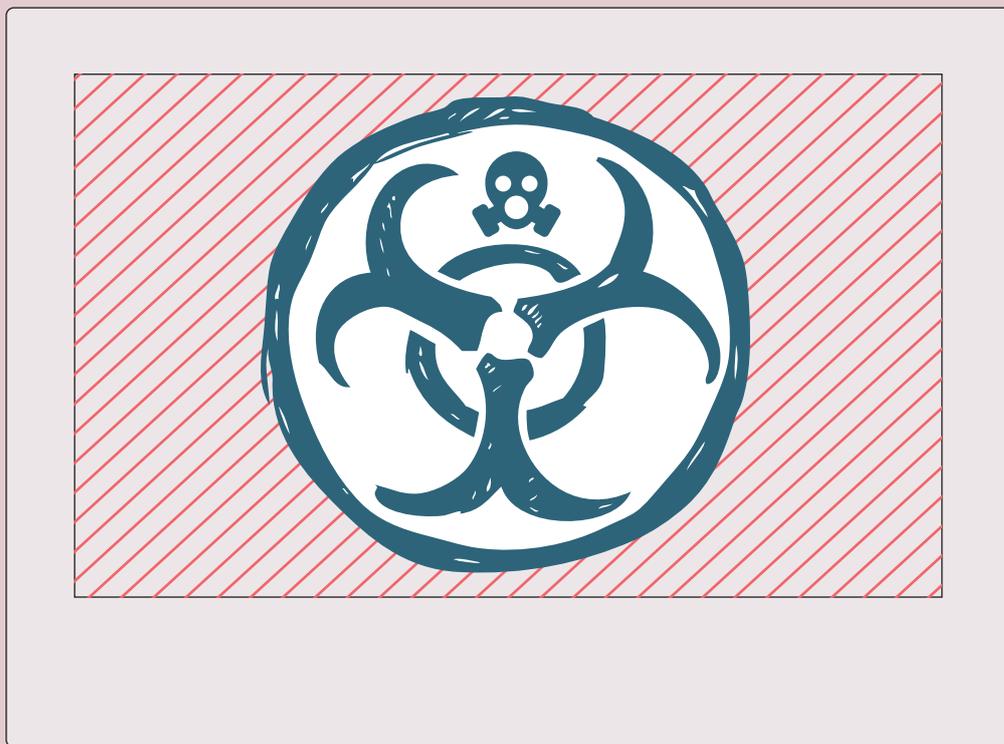


6

其他

CHAPTER

災害



第六章

其他災害

依據我國災害防救法的災害分類，大致可分為天然災害及人為災害，除了前述章節所介紹的四類災害之外，災害的種類相當多，由於篇幅有限，在眾多災害類型中選介了懸浮微粒物質災害、生物病原災害等災害類型，以及說明氣候變遷下的災害衝擊，本章將說明我國及國際上對於災害種類分類方法、常見的其他災害類型。

壹

災害分類

本手冊已利用專章介紹火災、地震、風水災、坡地災害等主要災害，但災害的種類很多，除了天然災害外，還有人為災害，隨著社會的變遷，更有可能產生許多新興的災害，以下說明臺灣與國際的災害分類方法及內容。

一、臺灣的災害分類

災害從發生的原因來做分類，可分為天然災害和人為災害，但是也有些災害可能具有複雜的成因或是連動關係所造成的，根據我國災害防救法第二條規定，災害是指下列災難所造成之禍害：

1

風災、水災、震災（含土壤液化）、旱災、寒害、土石流災害、火山災害等天然災害。

2

火災、爆炸、公用氣體與油料管線、輸電線路災害、礦災、空難、海難陸上交通事故、森林火災、毒性化學物質災害、生物病原災害、動植物疫災、輻射災害、工業管線災害、懸浮微粒物質災害等災害。

二、國際的災害分類

災害流行病學研究中心（Center for Research on the Epidemiology of Disasters, CRED）是比利時的一個非營利國際組織，研究中心所建置的緊急事件資料庫（Emergency Events Database, EM-DAT）彙整聯合國組織、研究機構、非營利機構、保險公司等資料，每年發佈全球年度災害統計回顧，統計數據在國際上具有公信力，記錄於資料庫的災害事件必須符合四項標準：（1）10人以上死亡；（2）100人以上受到影響；（3）該地區宣布緊急狀態，以及（4）需要國際救援[1]。

EM-DAT 將災害區分為天然災害和技術災害兩大類，其中天然災害的分類是參考國際科學總會災害風險整合研究（Integrated Research on Disaster Risk, IRDR）於2014年的出版品，分為五個災害類群，包括地球物理的、氣象的、水文的、氣候的、生物的，各類型下再羅列數個次類型，EM-DAT 天然災害的類別和定義如表 6-1 所示 [2]。

▼表 6-1 EM-DAT 天然災害分類表

災害類群	定義	災害主類型
地球物理的	又稱地質災害，源自於固體地球的變動。	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 地震 ▶ 塊體移動 ▶ 火山活動
氣象的	由短暫的、微尺度到中尺度的極端天氣和持續數分鐘至數天的大氣條件引起的災害。	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 極端溫度 ▶ 霧 ▶ 暴風雨
水文的	由地表和地下淡水和鹹水的分佈和運動等事件所引發的災害。	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 洪水 ▶ 坍方 ▶ 暴浪
氣候的	由長期的中尺度到大尺度的大氣過程（從季節間到數十年的氣候變化）造成的危害。	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 乾旱 ▶ 冰蝕湖潰決 ▶ 野火
生物的	暴露於生物體及其有毒物質或它們可能攜帶的媒介傳播疾病所造成的危害。	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 流行病 ▶ 蟲害 ▶ 動物傷害

貳 常見的其他災害

除了前章節所介紹的地震、火災、風災與水災、坡地災害之外，以下敘述懸浮微粒物質災害、生物病原災害、氣候變遷的災害衝擊的背景知識與防災行動。

一、懸浮微粒物質災害

在以往的冬季，常在清晨時會發現戶外有產生霧氣，但在現在卻發現許多時候可能外面的環境，瀰漫這一個灰濛濛空氣。這就是所謂的霧霾，而所謂的霧霾，又分成了霧及霾兩個不同的狀況，以下將針對兩個現象進行說明：

1 霧 (fog)

屬於自然現象一種，主要是由空氣中的水形成，此水滴以非常細微且密集的形式出現，肉眼不容易輕易分辨，而成為一種霧氣，會使人感覺到影響視野。霧的形成主因包含：環境溫度下降、空氣中水氣飽，使大氣中水氣因此凝結成水滴。凡是會造成能見度 (visibility) 低於 10 公里者，稱為視障現象 (Obscuration phenomenon)，霧即為其中一種，且一般指水平方向能見度不足 (或未達) 一公里者，若能見度小於 200 公尺，則稱為濃霧 (dense fog)。如果霧看起來沒那麼濃，其能見度大於一公里者，稱作輕霧或是靄 (mist)。

2

霾 (haze)

大氣中的懸浮微粒 (如：塵埃、花粉、黴菌、有機化合物、金屬等物質)，因濃度或密度過高，所導致的現象，主因為陽光照射至這些空氣中的懸浮微粒時，造成光線折射，肉眼辨識上類似為霧氣壯，導致能見度不佳外，人體若是吸入此類物質，對人類的健康便會造成損害，輕則咳嗽、重則造成心血管疾病。

其中，懸浮微粒 (統稱 PM，含有粗及細懸浮微粒) 對於健康的威脅大於其他污染物，而這些懸浮微粒主要包含：硫酸鹽、硝酸鹽、氨、氯化鈉、黑碳、礦物粉塵和水等物質，這些物質與懸浮在空氣中之有機和無機物固體和液體的複雜混合物。其中，細懸浮微粒 (PM2.5) 因粒徑小，可深入肺泡，並可能抵達細支氣管壁，干擾肺內的氣體交換，我們將顆粒直徑小於 10 μm 者稱為 PM10，顆粒直徑小於 2.5 μm 者則稱之 PM2.5。此物質一旦被人類吸入，

PM10 則會由呼吸道侵入支氣管，部分可藉由咳嗽方式排出。若是 PM2.5 的話，則能抵達肺泡，部分顆粒更為細小者還能由此進入人體的血液循環系統，危害甚大 [3][4]。

空氣污染是影響健康的主要環境風險之一，關於空氣污染對健康的影響，長期暴露於懸浮微粒，可引發心血管病、呼吸道疾病以及增加肺癌的危險，而易感性族群會受到更大的危害，PM2.5 對健康的危害，包括早逝、支氣管炎、過敏、氣喘、肺氣腫、肺癌、心血管疾病與肝癌等。

如何預防霧霾、空氣污染、細懸浮微粒對身體的影響呢？可以透過行政院環保署所建置之空氣品質監測網上之資訊，了解所處的環境現在空氣品質狀況，或是要準備到戶外活動的區域目前的空氣品質，若發現空氣品質已達到對人體不利的狀況，建議盡量避免在外活動，若無法避免或一定要出門時，請務必配戴醫療用口罩 [4]，我國空氣品質標準如表 6-2 所示，針對懸浮微粒、二氧化硫、二氧化氮、一氧化碳、臭氧、鉛訂定其空氣品質標準值 [5]。

▼表 6-2 各項空氣污染物之空氣品質標準

項目	標準值	單位
粒徑小於等於 10 微米 (μm) 之懸浮微粒 (PM10)	日平均值或二十四小時值	100
	年平均值	50
粒徑小於等於 2.5 微米 (μm) 之細懸浮微粒 (PM2.5)	二十四小時值	35
	年平均值	15
二氧化硫 (SO ₂)	小時平均值	0.075
	年平均值	0.02
二氧化氮 (NO ₂)	小時平均值	0.1
	年平均值	0.03
一氧化碳 (CO)	小時平均值	0.1
	八小時平均值	0.03
臭氧 (O ₃)	小時平均值	0.12
	八小時平均值	0.06
鉛 (Pb)	三個月移動平均值	0.15

在行政院環保署下設置有空氣品質監測網，並依據空氣品質狀態，設有不同顏色的區分如圖 6-1 所示，全國空氣品質指標資訊及不同指標的健康影響如表 6-3 所示，對於各種空氣品質的狀況也有建議從事活動需要注意的健康事項，也能夠相關資訊審慎評估自身狀況，以維護自己的健康，可參考表 6-4 之空氣品質指標對應的活動建議。



▲ 圖 6-1 全國空氣品質指標資訊

▼ 表 6-3 全國空氣品質指標與健康影響

空氣品質指標 AQI	0-50	51-100	101-150
對健康影響與 活動建議	良好	普通	對敏感族群 不健康
	Good	Moderate	Unhealthy for Sensitive Groups
狀態色塊	綠	黃	橘
人體健康影響	空氣品質為良好， 污染程度低或無污 染。	空氣品質普通；但對 非常少數之極敏感族 群產生輕微影響。	空氣污染物可能會對敏感族群的健康造成 影響，但是對一般大眾的影響不明顯。
一般民眾活動 建議	正常戶外活動。	正常戶外活動。	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 一般民眾如果有不適，如眼痛，咳嗽或喉嚨痛等，應該考慮減少戶外活動。 ▶ 學生仍可進行戶外活動，但建議減少長時間劇烈運動。
敏感性族群活 動建議	正常戶外活動。	極特殊敏感族群建議 注意可能產生的咳嗽 或呼吸急促症狀，但 仍可正常戶外活動。	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 有心臟、呼吸道及心血管疾病患者、孩童及老年人，建議減少體力消耗活動及戶外活動，必要外出應配戴口罩。 ▶ 具有氣喘的人可能需增加使用吸入劑的頻率。

▼表 6-4 全國空氣品質指標與健康影響

空氣品質指標 AQI	151-200	201-300	301-500
對健康影響與 活動建議	對所有族群 不健康	非常不健康	危害
	Unhealthy	Very Unhealthy	Hazardous
狀態色塊	紅	紫	褐紅
人體健康影響	對所有人的健康開始產生影響，對於敏感族群可能產生較嚴重的健康影響。	健康警報：所有人都可能產生較嚴重的健康影響。	健康威脅達到緊急，所有人都可能受到影響。
一般民眾活動 建議	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 一般民眾如果有不適，如眼痛，咳嗽或喉嚨痛等，應減少體力消耗，特別是減少戶外活動。 ▶ 學生應避免長時間劇烈運動，進行其他戶外活動時應增加休息時間。 	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 一般民眾應減少戶外活動。 ▶ 學生應立即停止戶外活動，並將課程調整於室內進行。 	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 一般民眾應避免戶外活動，室內應緊閉門窗，必要外出應配戴口罩等防護用具。 ▶ 學生應立即停止戶外活動，並將課程調整於室內進行。
敏感性族群活 動建議	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 有心臟、呼吸道及心血管疾病患者、孩童及老年人，建議留在室內並減少體力消耗活動，必要外出應配戴口罩。 ▶ 具有氣喘的人可能需增加使用吸入劑的頻率。 	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 有心臟、呼吸道及心血管疾病患者、孩童及老年人應留在室內並減少體力消耗活動，必要外出應配戴口罩。 ▶ 具有氣喘的人應增加使用吸入劑的頻率。 	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 有心臟、呼吸道及心血管疾病患者、孩童及老年人應留在室內並避免體力消耗活動，必要外出應配戴口罩。 ▶ 具有氣喘的人應增加使用吸入劑的頻率。

二、生物病原災害

根據《災害防救法》施行細則的定義，生物病原災害「指傳染病發生流行疫情，且對國家安全、社會經濟、人民健康造成重大危害，對區域醫療資源產生嚴重負荷者。」，中央災害防救業務主管機關為衛生福利部。在國際上，此類與人類健康、疾病、醫藥和公共衛生政策相關事務，通常由世界衛生組織

(World Health Organization, WHO) 提供資訊，但流行病引發的災害和健康影響一直都是國際災害風險評估所關注的項目。

流行病的病原種類很多，本文僅介紹病毒性疾病事件，主因是 2020 年正處於 Covid-19 大流行的事件下，人們仍在努力了解病毒如何造成身體系統和社會系統的破壞，是一個具有切身性和即時性的災害事件。

事件分析：冠狀病毒引發的急性症候群 (SARS 與 Covid-19)

2002 年 11 月在中國大陸廣東出現非典型肺炎罹患者，國際組織將該病症命名為嚴重急性呼吸道症候群 (簡稱 SARS)，是由一種變異的新型冠狀病毒所引發的，這種病毒也從幾種野生動物 (如果子狸、蝙蝠) 體內分離出來。全球流行至 2003 年 7 月終止，共有 8,096 例確診，其中 774 例死亡，致死率 9.56%，而台灣通報的總病例數有 346 人，73 人死亡，其中 37 例的直接死因是 SARS。

由於此病毒造成之症狀明顯，案例事件多集中於醫療院所，採取隔離措施後即有效控制疫情。2013 年中國大陸的研究團隊在 Nature 期刊發表文章，證實 SARS 病毒的源頭為中華菊頭蝠 (Rhinolophus sinicus)，果子狸為中介宿主，又為一樁人畜共通傳染疾病的案例。

2019 年底再次出現由冠狀病毒引發的不明肺炎病例，世界衛生組織將其命名為 Covid-19，意為 2019 年冠狀病毒引發的疾病。至 2021 年初，全世界各國皆有確診案例，且染病和死亡人數仍持續增加，對於此新型冠狀病毒的研究也不斷進行中。我國因有先前 SARS 的經驗，防疫措施啟動較早，未出現大流行的災難。

重要概念

1 患病篩檢

篩檢確認感染病毒性疾病，常透過已知患病的個案症狀特徵，初步判斷發病症狀是否符合。病毒感染後常見的發病特徵是發燒，因此體溫量測常為主要篩檢項目。病毒採檢是使用採樣工具在病毒主要侵入的器官 (新型冠狀病毒是鼻腔和咽喉處) 收集體液，再送

進特定的實驗室，分離並利用 PCR 放大病毒的核酸數量，再以可識別目標病毒核酸的探針偵測，以確認是否感染病毒，檢驗流程嚴格正確率高，但耗時耗力。快篩試劑則分別是抗原檢測 (篩檢出正處於感染階段者)，或抗體檢測 (篩檢出曾經染病者)，透過檢測試劑反應結果判斷感染與否，所需時間較短，但當採檢的病毒量少或抗體反應不明顯時，則有偽陰性的可能性。

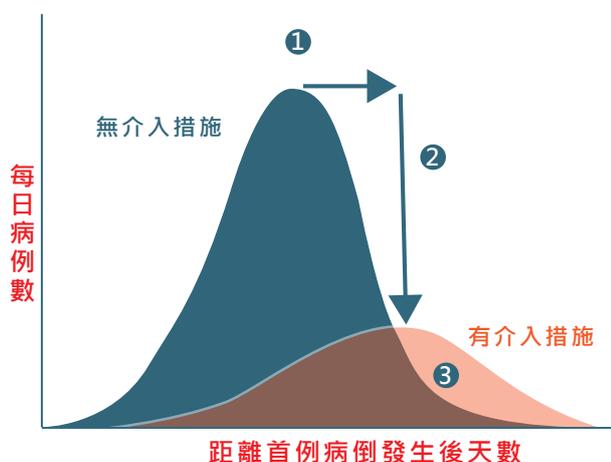
2 流行病傳播力 R0 值

流行病學專家使用 R0 值描述疾病傳染力，某疾病的 R0 值是計算每一個得到此疾病的病人傳播給多少位接觸者的平均數。根據追蹤研究估計，平均一名 SARS 病患會傳給 3.5 人，亦即 SARS 病毒得到宿主的再生數 R0 值是 3.5。R0 值愈高代表疾病傳播力愈大，但計算的參數和條件不盡相同，又因管制措施而有不同結果，故不宜用於不同疫病間的比較，但可用於在疫病流行期間監控管制作為的成效。當 R0 值小於 1 時，代表感染數不再增長，即已控制。

3 疫病減災策略及推估模型

從減災策略的推估模型，認識疾病流行期間的管制措施的必要性。美國 Covid Act Now 網站以五個指標分析美國各州感染率、醫療量能和隔離措施，以模型呈現風險程度 [7]。圖 6-2 為取自行政院衛生署疾病管制局 98 年度科技研究發展計畫報告中提出的減災策略模型 [8]，說明實施介入措施對疫情發展的影響，在無介入措施的情形下，每日病例數相較於有介入措施的每日病例數高出許多，顯示介入措施的必要性。

- ① 延緩疫情高峰
- ② 減輕疫情高峰時，醫療院所之負擔
- ③ 降低整體病例數及衛生衝擊



▲ 圖 6-2 疫病減災策略模型圖

三、氣候變遷的災害衝擊

臺灣原本就處於災害風險較高的地理環境，近年來由於氣候變遷造成的極端天氣事件，更可能改變天然災害的特性，增加未來的災害風險及損失。因應氣候變遷，我國國家發展委員會制訂「國家氣候變遷調適政策綱領」，列出八項調適領域，包括：災害、維生基礎設施、水資源、土地使用、海岸、能源供給及產業、農業生產及生物多樣性、健康等，其中災害領域著重在颱風與強降雨的災害衝擊和應變，已涵蓋於前章節。本段主要介紹的是溫度上升對人類健康造成的影響，以及乾旱對水資源的衝擊和可能引發的農業損失。

事件分析

氣候變遷是個橫跨時間和空間尺度的概念，是國際社會關注的議題，尤其近年來許多地區遭遇不同程度的極端天氣所引發的災害事件，讓人們直接感受到氣候變化對生活造成的影響。英國和歐盟紛紛宣布氣候變遷進入

緊急狀態，英國衛報新聞編輯部更明文宣布未來的報導中會將全球暖化一詞改為全球熱化 (global heating)，代表溫度上升的趨勢已無法阻擋 [9]。

1 乾旱

乾旱是指水文循環中，在廣大的空間範圍中的儲水體 (河川、湖泊、水庫、積雪、土壤、地下水) 或通流量 (降水量、蒸發量、河川逕流量) 長時間缺乏水份的狀態，而當缺水狀態已超過其正常含水量之門檻值，造成負面的影響或釀成災害時，可稱為乾旱災害，乾旱地區地面龜裂如圖 6-3 所示。

台灣主要的降雨量集中在春夏兩季，各區域降雨特性也有差異，氣候變遷改變臺灣的降雨特性，中南部地區乾季期間可能延長，乾旱發生的風險加劇。乾旱將直接危及動植物生存、農漁牧業損失、工商和民生用水匱乏，影響人們的生活品質，2014~2015 年間發生史上最長時間的乾旱事件，當時對社會經濟所造成的衝擊，可做為未來災害因應和預防對策之探討。

臺灣從每年的 10 月開始，便進入少雨的季節，到了隔年的 3~4 月春季，如果北方的冷空氣強度不足，到 5~6 月間，梅雨季還是沒有帶來充足雨水，臺灣將會難逃缺水的夢魘。經濟部水利署將依據各地區用水現況、河川流量與蓄水庫水位變化情形發布旱災預警，依行政院「各類災害警戒顏色燈號訂定原則」採用紅色、橙色、黃色及綠色等 4 類分級，旱災預警示意如圖 6-4 所示。

乾旱災害的應變不外乎大家共同來節水，除了選用省水標章器材外，我們應該隨時檢查家中的水龍頭是否有關緊，也要留意水管是否漏水，平時更應節約用水，例如馬桶使用二段式沖水、洗米水可利用澆花、洗澡改用淋浴、減少洗車頻率等。

2 高溫



▲ 圖 6-3 乾旱地區地面龜裂



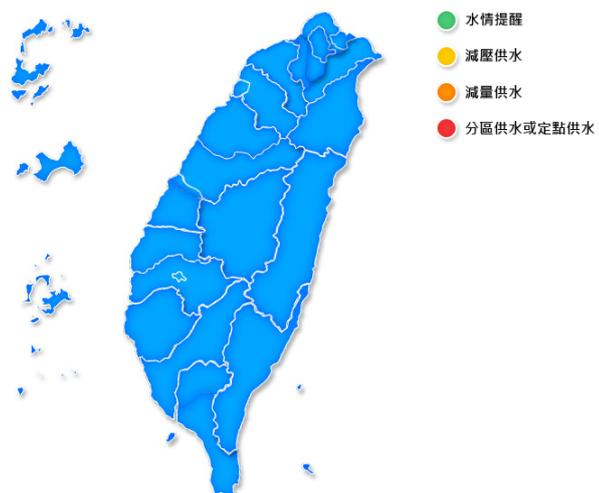
▲ 圖 6-3 乾旱地區地面龜裂

高溫引發山林野火，破壞生態環境和造成空氣汙染，因高溫造成熱傷害就診的人數也比往年翻倍成長，部分案例是因進出冷氣房，溫差過大而造成身體不適。醫學報導指出，全球氣溫的升高也可能擴大病媒和寄生蟲的生存範圍，導致疾病大量傳播，對人類健康造成危害。

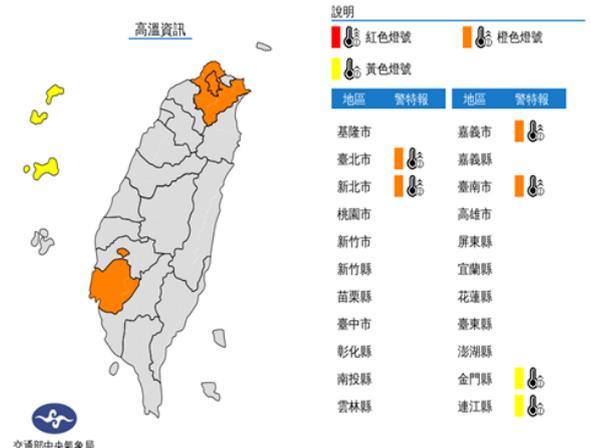
根據世界氣象組織 (WMO) 定義，高溫是指 35°C 及以上的溫度，主要因為人體的溫度約在 36°C 左右，氣溫高於 35°C 時，人體熱量不容易散發，汗液不容易蒸發，會感到非常難受，所以將高溫定為 35°C 是考慮人體的狀況，也就是說與人體的舒適度有關係。

在臺灣，各城市都會區高樓林立，較少森林及樹木區域，多數的道路也都使用深色柏油道路，導致容易吸熱；而民眾的身活習慣也以待在冷氣房為主，因開冷氣而排放出更多熱氣，導致城市熱島效應而產生熱度。全球暖化的問題日漸嚴重，未來的氣候變化會較現在來的更為劇烈，而在世界的年均溫逐漸提升的狀態下，未來我們勢必要面對高溫環境。

我國中央氣象局的高溫資訊平台會即時顯示各地方高溫狀況 (網站：<https://www.cwb.gov.tw/V8/C/P/Warning/W29.html>)，運用燈號進行警示效果如圖 6-5 所示，高溫燈號警示標準與注意事項如表 6-5 所示，了解天氣預報或高溫預警之後，在高溫環境下，要注意自身水分的補充，降低發生熱中暑的機會就會減少。同時，也要避免在每日最高溫期間進行戶外活動。



▲ 圖 6-4 旱災預警示意圖



▲ 圖 6-5 中央氣象局高溫示警系統

▼表 6-5 高溫燈號警示標準與注意事項

燈號顏色	標準與注意事項
黃色燈號	<ul style="list-style-type: none"> ① 氣溫達 36° C 以上減少戶外活動及勞動，避免劇烈運動、注意防曬、多補充水份、慎防熱傷害。 ② 室內保持通風及涼爽，適時採取人體或環境降溫的方法，如搨風或利用冰袋降溫等。 ③ 適時關懷老人、小孩、慢性病人、肥胖、服用藥物、弱勢族群、戶外工作或運動者，減少長時間處在高溫環境。
橙色燈號	<ul style="list-style-type: none"> ① 氣溫達 36° C 以上且持續 3 日以上；或氣溫達 38° C 以上避免非必要的戶外活動、勞動及運動，注意防曬、多補充水份、慎防熱傷害。 ② 室內保持通風及涼爽，建議採取人體或環境降溫的方法，如搨風或利用冰袋降溫等。 ③ 關懷老人、小孩、慢性病人、肥胖、服用藥物者、弱勢族群、戶外工作或運動者，遠離高溫環境。
紅色燈號	<ul style="list-style-type: none"> ① 氣溫達 38° C 以上且持續 3 日以上避免戶外活動，若必要外出時請注意防曬、多補充水份、慎防熱傷害。 ② 進入室內，採取人體或環境降溫的方法，如搨風或利用冰袋降溫等。 ③ 關懷並妥善安置老人、小孩、慢性病人、肥胖、服用藥物、弱勢族群、戶外工作或運動者，遠離高溫環境。

重要概念

1

溫室效應 (greenhouse effect)

溫室效應所描述的是太陽系行星表面因大氣層吸收太陽輻射熱而保持溫暖的自然現象，大氣層的氣體種類和含量不同會影響行星表面的溫度變化。

地球暖化的問題是因人為活動（如：**過度燃燒化石燃料**）造成大氣中溫室氣體增加，改變輻射熱吸收率，而使地球表面溫度範圍產生改變，平均溫度上升，進而影響全球水循環，引起氣候變化。

2

熱島效應

又稱都市熱島效應，是描述都市氣溫高於周邊地區的現象。從高空人造衛星的紅外線攝影，會看到都市區域因溫度較高，而反映出像個浮出的紅色島嶼般。城市熱島效應的可能原因有：人工建物吸收熱且阻隔風的流動、交通和產業活動及空調設備等產生的人工廢熱、空氣污染造成局部太陽輻射熱吸收量大、地面透光度差造成水汽蒸散量少等 [10]。

參考文獻 REFERENCE

- 頁12／表1-1／教育部(2019)[1]
 - 頁17／表2-1／消防防災館
 - 頁18、19、23／表2-2、表2-3、表2-4／林金宏整理
 - 頁28／表3-1／財團法人國家實驗研究院國家地震工程研究中心[5]
 - 頁29／表3-2／中央氣象局(2020)[6]
 - 頁33／表3-3／交通部中央氣象局地震測報中心網站、中央研究院
 - 頁41、42／表4-1、表4-2／張廣智[3]、交通部中央氣象局(2020)[4]
 - 頁43／表4-3／國家災害防救科技中心[5]
 - 頁46／表4-4／維基百科[10]、張廣智[3]
 - 頁58／表5-1／農業委員會水土保持局[4]
 - 頁58、59／表5-2、表5-3／土石流防災資訊網[4]
 - 頁69／表6-1／EM-DAT[2]
 - 頁70／表6-2／空氣品質標準法規[13]
 - 頁71、72／表6-3、6-4／行政院環保署
 - 頁76／表6-5／中央氣象局
 - 頁43／圖4-2／水利署
 - 頁44／圖4-3／交通部中央氣象局
 - 頁45／圖4-4／經濟部水利署(2019)[8]
 - 頁49、50／圖4-5、4-7／經濟部水利署
 - 頁50／圖4-6／經濟部水利署，校園防災教育宣導簡報
 - 頁50／圖4-8／內政部消防署
 - 頁50／圖4-9／國家災害防救科技中心
 - 頁54／圖5-1／國家災害防救科技中心[1]
 - 頁56／圖5-2／臺大地質材料力學實驗室[5]
 - 頁56／圖5-3／大溪分局拍攝[6]
 - 頁57／圖5-4／經濟部中央地質調查所[7]
 - 頁57／圖5-5／土石流防災資訊網－土石流資訊
 - 頁60／圖5-6／行政院農業委員會水土保持局(2020)[11]
 - 頁61、62／圖5-7、圖5-9／水土保持局
 - 頁61／圖5-8／典藏臺灣[17]
 - 頁62／圖5-10／土石流防災資訊網-防災應用[19]
 - 頁63、64、65／圖5-11／水土保持手冊、水土保持局歷史影像平台
 - 頁71／圖6-1／行政院環保署
 - 頁74／圖6-2／莊人祥、王大為、劉宇倫(2009)[8]
 - 頁75／圖6-3／蘋果即時
 - 頁75／圖6-4／經濟部水利署
 - 頁75／圖6-5／中央氣象局
-
- 頁10／圖1-1／參考教育部(2019)[2]繪製
 - 頁13／圖1-2／內政部消防署
 - 頁16／圖2-1／火災學
 - 頁17／圖2-2／火災學、勞動部職業安全衛生署
 - 頁18／圖2-3／內政部建研所
 - 頁26／圖3-1／廖哲緯「防災領域專業知能：地震」簡報[1]
 - 頁27／圖3-2／交通部中央氣象局(2016)[4]
 - 頁27／圖3-3／內政部消防署消防防災館[16]
 - 頁35、37／圖3-4、圖3-5／內政部消防署(2020)[18]
 - 頁40／圖4-1／交通部中央氣象局(2016)[2]

參考文獻 REFERENCE

第一章 防災概論

- 1.教育部(2019)。十二年國民基本教育課程綱要一議題融入說明手冊。
- 2.教育部(2019)。建構韌性防災校園與防災科技資源應用計畫。

第二章 火災

- 1.內政部消防署(2020)。108年全國火災統計分析。取自<https://www.nfa.gov.tw/cht/index.php?code=list&ids=220>
- 2.內政部消防署(2016)。火災案件搶救出勤紀錄表填寫作業原則。民國109年10月。取自：<https://law.nfa.gov.tw/mobile/law.aspx?L-SID=FL080186>
- 3.陳弘毅、邱晨璋(2019)。火災學。台中市：鼎茂。
- 4.維基百科(2020)。火三角，取自<https://zh.wikipedia.org/wiki/%E7%81%AB%E4%B8%89%E8%A7%9>
- 5.勞動部職業安全衛生署(2014)。中小企業常見潛在危害系列-火災爆炸危害預防。民國109年10月。取自：<https://www.sh168.org.tw/epaper/EpaperContent.html?EpaperTitleid=31&type=2&id=1003>
- 6.內政部消防署消防防災館(2020)。內政部消防署澄清專區。民國2020年9月。取自：<https://www.tfdp.com.tw/cht/index.php?code=list&ids=180>
- 7.內政部消防署(2020)。火災調查鑑定作業要領。消防法律查詢系統。取自<https://law.nfa.gov.tw/mobile/law.aspx?L-SID=FL044474>
- 8.內政部消防署(2020)。108年消防統計年報。取自<https://www.nfa.gov.tw/pro/index.php?code=list&ids=335>
- 9.內政部消防署(2020)。滅火器認可基準(102/07/01廢止)。消防法律查詢系統。取自<https://law.nfa.gov.tw/GNFA/FLAW/FLAW->

DOC01.aspx?Isid=f1045453&NO=1

10.勞動部職業安全衛生署(2014)。中小企業常見潛在危害系列-火災爆炸危害預防。民國109年10月。取自：<https://www.sh168.org.tw/epaper/EpaperContent.html?EpaperTitleid=31&type=2&id=1003>

11.熊安心的生活(2019)。【居家安全】破除居家火災6大迷思，建立正確逃生觀念。民國109年10月。取自：<https://www.living-safety.com/how.php?act=view&id=36>

12.林金宏(2020)。林金宏的消防天地。民國109年9月。取自：<https://www.facebook.com/pages/category/Community/林金宏的消防天地-446773298718903/>

13.I'm蔡宗翰(2020)。蔡宗翰個人部落格。民國109年10月。取自：http://urzas731119.blogspot.com/2016/01/blog-post_73.html

14.內政部消防署消防防災館(2020)。內政部消防署防災一起學。民國2020年9月。取自：<https://www.tfdp.com.tw/cht/index.php?code=list&ids=96>

15.內政部消防署消防防災館(2020)。內政部消防署下載專區。民國2020年9月。取自：<https://www.tfdp.com.tw/cht/index.php?code=list&ids=157>

16.NFPA (2016). Behind Closed Doors. Retrieved from <https://www.nfpa.org/News-and-Research/Publications-and-media/NFPA-Journal/2016/July-August-2016/Columns/Outreach>

第三章 地震災害

- 1.廖哲緯(2020)，防災領域專業知能：地震簡報。
- 2.交通部中央氣象局(2016)。地震是怎麼發生的？中央氣象局數位科普網，取自<https://reurl.cc/d0kebD>
- 3.中央氣象局地震測報中心，教育宣導/地震百問。下載網址：<https://scweb.cwb.gov.tw/zh-TW/Guidance/FAQdetail/9>

4.交通部中央氣象局(2016)。隨處發生的地震?!—什麼是地震帶?(上)。中央氣象局數位科普網，取自<https://reurl.cc/D6q3oN>

5.財團法人國家實驗研究院國家地震工程研究中心。地震規模與震度。財團法人國家實驗研究院國家地震工程研究中心，取自http://www.ncree.org/safehome/ncr01/pc3_3.htm

6.交通部中央氣象局(2020)。地牛翻身新指標—震度分級知多少。中央氣象局數位科普網，取自<https://reurl.cc/g7yDy4>

7.石瑞銓，許茂雄，經濟部中央地質調查所，地球科學文教基金會(1999)。震出來的問題。台北縣：大地地理出版事業公司。

8.陳勉銘，何昌信，楊志成，陳文山(1999)。地球科學文教基金會科學園地。地震的斷層現象。取自：<https://web.fg.tp.edu.tw/~earth/learn/es-f/magazine/>

9.國家地震研究中心(2011)。安全耐震的家—認識地震工程專區。取自：<https://www.ncree.org/safehome/ncr02/ncr3.htm>

10.陳正興、陳家漢(2014)。地震引致的土壤液化與側潰現象。科學發展，第498期，12-17。

11.石瑞銓，許茂雄，經濟部中央地質調查所，地球科學文教基金會(1999)。震出來的問題。台北縣：大地地理出版事業公司。

12.交通部(2020)。地震測報中心網站。中央氣象局。取自：<https://scweb.cwb.gov.tw/>

13.中央研究院(2015)。大規模地震災害防治策略建議書，中央研究院報告 No.13，44頁。

14.交通部中央氣象局網站，<https://www.cwb.gov.tw/V8/C/E/index.html>，2020年7月。

15.內政部消防署全球資訊網(2019)。一起走過攜手向前：921震災20週年紀念專書全文版，319頁。

16.內政部消防署消防防災館，防災知識/防災一起學/地震防災。下載網址：<https://www.tfdp.com.tw/cht/index.php?code=list&ids=74>

17.教育部，2013，校園災害管理工作手冊(幼兒園適用)。

18.內政部消防署(2020)。地震防災—一般室內情境(辦公場所、居家)。內政部消防署消防防災館，取自https://www.tfdp.com.tw/cht/index.php?code=list&flag=detail&ids=90&article_id=681

第四章 風災與水災

1.國家災害防救科技中心。臺灣歷史天然災害統計。氣候變遷災害風險調適平台，取自<https://dra.ncdr.nat.gov.tw/Frontend/Disaster/ClimateDetail/BAL0000005>

2.交通部中央氣象局(2016)。旋轉的氣流—颱風。中央氣象局數位科普網，取自<https://p-web.cwb.gov.tw/PopularScience/index.php/home/94-2016-10-20-07-23-43>

3.張廣智。「風水災防災領域專業知能」簡報。

4.交通部中央氣象局(2020)。颱風百問。中央氣象局編印。取自<https://www.cwb.gov.tw/V8/C/K/Encyclopedia/typhoon/typhoon.pdf>

5.國家災害防救科技中心。何謂淹水災害呢?。氣候變遷災害風險調適平台，取自<https://dra.ncdr.nat.gov.tw/Frontend/Disaster/RiskIndex?Category=Flooding>

6.氣象預報警報統一發布辦法(民92年9月5日)。

7.維基百科(2001)。颱風納莉。取自：[https://zh.wikipedia.org/wiki/%E9%A2%B1%E9%A2%A8%E7%B4%8D%E8%8E%89_\(2001%E5%B9%B4\)](https://zh.wikipedia.org/wiki/%E9%A2%B1%E9%A2%A8%E7%B4%8D%E8%8E%89_(2001%E5%B9%B4))

8.經濟部水利署(2019)。108水利防災警戒訊息應用暨技術推廣教育訓練。經濟部水利署。

9.周佳、陳維婷、羅敏輝、李明安、許晃雄、洪志誠、鄒治華、盧孟明、洪致文、陳正達、鄭兆尊(2017)。臺灣氣候變遷科學報告 2017—物理現象與機制。國家災害防救科技中心。

10.維基百科。臺灣自然災害列表。維基百科，取自<https://zh.m.wikipedia.org/zh-tw/台灣自然災害列表>

11.內政部消防署。不怕颱風來，只怕沒防災—颱風來臨前、颱風來臨時應注意事項。消防署電

參考文獻 REFERENCE

子報，取自<https://www.tfdp.com.tw/cht/index.php?code=list&ids=130>

12.內政部消防署(2019)。颱風過後的下一步。消防防災館，取自https://www.tfdp.com.tw/cht/index.php?code=list&flag=detail&ids=137&article_id=521

13.水利署第九河川局(2019)。防災教育宣導Q&A。水利署第九河川局，取自<https://www.wra09.gov.tw/13110/13137/13144/51294/>

14.內政部消防署。不怕颱風來，只怕沒防災—颱風來臨時應注意事項。消防署電子報，取自<https://www.tfdp.com.tw/cht/index.php?code=list&ids=130>

15.經濟部水利署(2018)。逕流分擔與出流管制。經濟部水利署e河川知識服務網，取自<https://e-river.wra.gov.tw/System/NewArticle/DealData.aspx?s=B2B801F8332825BE&sm=9DA817092C844296>

第五章 坡地災害

1.國家災害防救科技中心。山崩、土石流(坡地災害潛勢)。災害潛勢地圖網站，取自<https://d-map.ncdr.nat.gov.tw/%E4%B8%B%E9%81%B8%E5%96%AE/%E7%86%B1%E9%96%80%E7%81%BD%E5%AE%B3%E4%B8%BB%E9%A1%8C/%E5%B1%B1%E5%B4%A9-%E5%9C%9F%E7%9F%B3%E6%B5%81-%E5%9D%A1%E5%9C%B0%E7%81%BD%E5%AE%B3%E6%BD%9B%E5%8B%A2/>

2.Varnes, D. J. (1978). Slope movement types and processes. Special report, 176, 11-33.

3.科學人雜誌(2009)。即時預告土石流。取自：<https://sa.ylib.com/MagArticle.aspx?id=1481>

4.土石流防災資訊網(2020)。土石流防災資訊網官方網站。取自：<https://246.swcb.gov.tw/>

5.臺大地質材料力學實驗室。山崩種類二：翻覆。取自<http://geohazard.gl.ntu.edu.tw/-house/page06.htm>

6.大溪分局(2019)。台7線32.5公里坍方巨石卡路中。中時新聞網，取自<https://www.chinatimes.com/realtime-news/20190628002684-260405?chdtv>

7.經濟部中央地質調查所(2020)。土壤液化潛勢。臺灣地質知識服務網地質百科，取自：<https://twgeoref.moeacgs.gov.tw/GipOpenWeb/wSite/mp?mp=105>

8.土石流潛勢溪流劃設作業手冊(2019)。行政院農業委員會水土保持局。取自：<https://246.swcb.gov.tw/files/>

9.土石流潛勢溪流劃設作業要點修正總說明(2013)。行政院農業委員會水土保持局。取自：<https://246.swcb.gov.tw/files/%E5%9C%9F%E7%9F%B3%E6%B5%81%E6%BD%9B%E5%8B%A2%E6%BA%AA%E6%B5%81%E5%8A%83%E8%A8%AD%E4%BD%9C%E6%A5%AD%E8%A6%81%E9%BB%9E.pdf>

10.水土保持局(2020)。土石流防災資訊網—土石流資訊便利搜。取自：<https://246.swcb.gov.tw/>

11.行政院農業委員會水土保持局(2020)。土石流災害預報及警報目的。取自https://www.swcb.gov.tw/Topic/show_detail?id=385ad5eca15747e88175564685edaf71

12.維基百科。921大地震。取自<https://zh.wikipedia.org/wiki/921%E5%A4%A7%E5%9C%B0%E9%9C%87>

13.吳俊傑(1997)。賀伯颱風—認識西北颱。取自<https://web.fg.tp.edu.tw/~earth/learn/esf/magazine/970301.htm>

14.維基百科(2001)。中度颱風桃芝。取自[https://zh.wikipedia.org/wiki/%E9%A2%B1%E9%A2%A8%E6%A1%83%E8%8A%9D_\(2001%E5%B9%B4\)](https://zh.wikipedia.org/wiki/%E9%A2%B1%E9%A2%A8%E6%A1%83%E8%8A%9D_(2001%E5%B9%B4))

15.水土保持局。遙控無人載具技術成果展示網。取自<https://den.ncdr.nat.gov.tw/media/13112/635763552115398816.jpg>

16.水利署電子報(2004)。敏督利(MINDULLE)颱風與72水災。取自http://epaper.wra.gov.tw/Article_Detail.aspx?s=1EF2CE72394A3C21

17.典藏臺灣。莫拉克颱風大水災引發大山崩。取自<https://catalog.digitalarchives.tw/item/00/5a/f9/35.html>

18.報導者(2019)。「那一晚，大規模崩塌與複合

式災害帶來的小林村悲劇」。取自<https://www.twreporter.org/a/bookreview-typhoon-morakot-xiaolin-village-disaster-causes>

19.水土保持局(2020)。土石流防災資訊網—防災應用。取自：<https://246.swcb.gov.tw/Disaster-Application/NationalDisaster>

20.行政院農業委員會(2008)。土石流防災疏散避難演練。取自<https://www.coa.gov.tw/ws.php?id=17561>

21.水土保持局(2017)。水土保持手冊。取自：https://www.swcb.gov.tw/Download/download_list?id=cd19483135e4ccd9b9ccb3efe3fdb

22.台中市政府水利局(2018)。名詞解釋—梳子壩及開口壩。取自：<https://www.wrs.taichung.gov.tw/738768/post>

<tion/Standard/AirQualityIndicator.aspx>

7.America's COVID Warning System (2020). Cases, deaths and hospitalizations. Retrieve from <https://covidactnow.org/>

8.莊人祥、王大為、劉宇倫(2009)。流感大流行疫情模擬介面建置。行政院衛生署疾病管制局98年度科技研究發展計畫研究報告。取自<https://www.cdc.gov.tw/uploads/files/1c354f2f-aa36-4efd-b6e7-a4cb38058e37.pdf>

9.The Guardian (May, 2019). Why the Guardian is changing the language it uses about the environment. Retrieve from <https://www.theguardian.com/environment/2019/may/17/why-the-guardian-is-changing-the-language-it-uses-about-the-environment>

10.臺灣大百科全書(2020)。熱島效應。取自<http://nrch.culture.tw/twpedia.aspx?id=3341>

第六章 其他災害

1.Center for Research on the Epidemiology of Disasters (2020). EM-DAT: The international disasters database. Retrieve from <https://www.emdat.be/explanatory-notes>

2.Center for Research on the Epidemiology of Disasters. EM-DAT: General Classification. Retrieve from <https://www.emdat.be/classification>

3.交通部中央氣象局(2019年01月19日)。迷茫之城—是霧，或是霾？。取自：<https://pweb.cwb.gov.tw/PopularScience/index.php/weather/277-%E8%BF%B7%E8%8C%AB%E4%B9%8B%E5%9F%8E%E2%94%80%E6%98%AF%E9%9C%A7%EF%BC%8C%E6%88%96%E6%98%AF%E9%9C%BE%EF%BC%9F>

4.衛生福利部(無日期)。細懸浮微粒(PM2.5)之健康自我保護專區。取自：<https://www.hpa.gov.tw/Pages/List.aspx?nodeid=441>

5.行政院環保署(2020)。空氣品質標準法規。取自：<https://airtw.epa.gov.tw/CHT/Information/Standard/Rules.aspx>

6.行政院環保署(2020)。空氣品質監測網。取自：<https://airtw.epa.gov.tw/CHT/Informa->

防災教育 教師參考手冊

共同



2022

出版機關 | 教育部

發行人 | 潘文忠

主編 | 葉欣誠

編輯 | 翁麗芳、唐永安、周淑卿、劉湘瑤

編輯小組 | 郭伯臣、劉文惠、邱仁杰、廖雙慶、高志瑋、李佳昕、魏柏倫

地址 | 臺北市中正區中山南路五號

網址 | <https://www.edu.tw>

電話 | (02) 7736-6666

製作 | 國立臺灣師範大學

製作小組 | 謝佳雯、鄭茵、陳珮萱、郭依萍、吳藹薇、卓宥阡、林珮萱、林欣蓉

美術設計 | 林品媛

版次 | 第一版

出版年月 | 民國111年01月

