

「在人們可以執行的最艱鉅任務中，有一項經常受到其他人的輕視，那就是創造出好的遊戲。而這是那些與自己的本能價值觀脫節的人無法做到的。」

—卡爾·榮格 (Carl Jung) (Van Der Post, 1977 年)

整合式的方法來學習遊戲設計

這本書是一個特殊的遊戲設計指南。你將在其中學習深入的理論、以遊戲設計原理為根基的實踐，以及經過驗證的行業實務。所有這些都是透過理解和應用系統思維 (systems thinking) 來獲得的。如同你將看到的，遊戲設計和系統思維以令人驚訝且豐富的方式互補。將這些整合在一起將幫助你成為一個更好的遊戲設計師，並以全新的方式看待世界。

這本書從何而來？

自從 1994 年我和我的兄弟成立我們的第一家公司 Archetype Interactive 後，我就一直是一位專業的遊戲設計師。但遠在那之前，我就一直把設計遊戲當做嗜好了，那是從 1972 年我第一次遇到一個關於亞述戰車戰爭的古老戰棋遊戲開始。在我的職業生涯中，我有機會領導了多項突破性的計畫，包括：*Meridian 59* (第一款 3D 大型多人線上遊戲)、*模擬市民 2*、*Dynemotion* (一種用於軍事訓練和遊戲的先進人工智慧套件)，以及其他許多大大小小的遊戲。

包括在學校、作為一位軟體工程師、使用者介面設計師、遊戲設計師的這些期間內，我著迷於系統 (systems)、湧現 (emergence) 及超越以往那些線性、集中控制模型的想法。在我看來，遊戲擁有獨特的能力來允許我們創建並和系統互動，真正了解什麼是系統以及它們是如何運作的。如果世界上有真的魔法存在，它應該就存在於系統如何運作中，從原子如何形成、到螢光蟲如何同步閃爍、到經濟內的市場價格，而那是沒有人告訴它們該如何做的。

採用系統方法進行遊戲設計並不容易——它很難理解及表達，更不用說專注到特定的設計上了。但我發現這種方法是有效的，非常適合創造出玩家可以沉浸在其中的——有生命的世界 (系統)。根據我作為遊戲設計師的經驗，很重要的是保持孩童般的敬畏和驚奇的感覺，並同時對於產品是如何被製造出來的擁有清晰的實際知識。將遊戲視為許多系統，並同時看到整體和個別部分 (構成元件)，使我能夠做到這一點。學習如何在遊戲設計中，表達和使用這種結合了驚奇和實用性的方法是這本書的起源。

本書涵蓋的內容

本書旨在成為進階遊戲設計的教科書。它可以作為大學課程的一部分或單獨閱讀。本書以系統思維為基礎，對遊戲設計提供了嚴謹、廣泛和深入的討論。它的目的是「深入討論基本原理」，而不是一本容易、輕型的入門書。如果你才剛開始接觸遊戲設計，這可能是一個艱鉅的旅程。但是，如果你想學習系統性的遊戲設計理論和根基於理論並經過行業驗證的設計實務，這就是適合你的書了。

更具體地說，這不是一本專注在關卡設計、謎題設計、修改既有遊戲、創造動畫精靈、製作對話樹或類似主題。相反的，它主要是專注在創造所有我們非正式地稱之為系統的東西——戰鬥系統、任務系統、公會系統、交易系統、聊天系統、魔法系統等等，這會透過更深入地了解系統到底是什麼以及設計系統性遊戲意味著什麼來達成。

為了達到更深層次的理解，我們將在此過程中接觸許多其他領域，包括天文學、粒子物理學、化學、心理學、社會學、歷史和經濟學。在一開始可能會覺得，這些似乎和學習系統及遊戲設計沒有什麼關連（甚至是阻礙）！但事實上，要成為一位成功的遊戲設計師的其中一個重要環節，就是要對從眾多學科中借用知識感到習慣。作為遊戲設計師，你需要學會擴大心智和學習的網絡，在廣泛的領域中找尋知識和原理來運用在或改進你的設計。

這本書也是關於成為一位專業遊戲設計師意味著什麼。透過閱讀本書，你將學習遊戲設計的原理和方式，你也會學到在一個充滿活力的行業中工作是什麼樣子。你也將學習到如何成為一個有效率、多元化且有創意的團隊中的一份子，以及設計和開發成功遊戲的過程。

本書目標

閱讀本書並應用其中的原理將使你能夠更加欣賞系統及遊戲是如何互相支持。最終，目標是讓你能夠打造出更好的遊戲和更好的遊戲系統，雖然這遠遠超出了實際的產業目標。

遊戲和系統可以看作是彼此相互照射的光線，或看作是互相幫助聚焦影像的透鏡。因此，在整個系統中，是由系統和遊戲構成了兩個部分（見圖 1.1）。如同你將看到的，遊戲和系統是密切相關的。在系統思維的語言中，它們在結構上

是耦合的（structurally coupled），形成了一個更大系統中的兩個部分（構成元件），就像騎馬和騎士或遊戲和玩家一樣。「遊戲+玩家」的系統是你在本書中會不斷看到的。

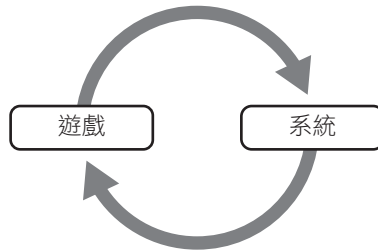


圖 I.1 遊戲和系統相互連通，共同組成一個更大的系統。

在原理和理論方面，本書的目標是幫助你更好地理解系統及了解使用系統來思考所代表的意義。這包括了使用情境思考（contextual thinking），並且能夠看出不同的元素間如何相互作用，並產生一些全新且時常令人驚訝的東西。系統思維是一個廣大的主題，但遊戲設計提供了一個獨特的觀點來理解它——反之亦然。

在更實務的方面，本書的第一個目標是幫助你利用系統思維的框架來學習分析既有的遊戲設計，並辨別出隱藏在其中的系統。你將了解遊戲中的系統間如何相互作用，以及它們彼此之間是否有效的運作：它們是否創造出一個架構來達成設計師想要提供的體驗？要回答這個問題，你要知道如何辨識出遊戲中的不同組織層次。作為一個遊戲設計師，你將學習如何看待整個遊戲、構成它的系統、個別的構成元件及它們彼此間的關係。如圖 I.2。在閱讀過程中你將看到有關此過程的更多詳細訊息，包括從系統層面（普遍性的）和遊戲層面（特定性的）來探討。

除了將遊戲識別為系統外，本書的下一個目標是幫助你將自己的遊戲設計，有意且明確的把想要創造的體驗與遊戲結構和流程聯繫起來。成為一位成功的遊戲設計師包括了，練習將腦海裡的遊戲構想從腦袋裡拉出來，並將其塑造成現實，讓其他人可以體驗。這通常感覺就像把一個從來沒有經過充分定義的遊戲想法，要從模糊的陰影中艱辛的拉入無情的光亮之中，而所有特定元件和行為在過程中都必需被徹底的編目和測試。這個過程並不容易，也不是一次性的實行而已：對每一個遊戲，你作為一位設計師都會和遊戲、玩家及由遊戲+玩家所組成的系統來互動，透過你所打造的互動循環來呈現出你想創造的遊戲體

驗。如圖 I.3。在第 4 章「互動性和樂趣」中，你將再次看到這張圖表以及更多類似它的系統循環圖。這張圖表和先前的 2 張圖表為你提供了本書的基本概念。

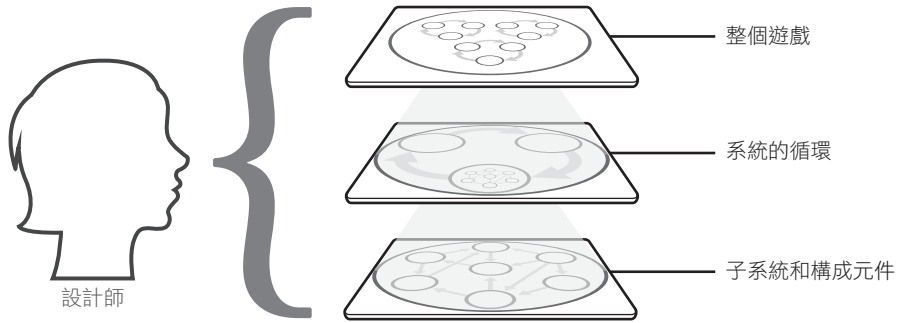


圖 I.2 遊戲設計師能夠在整體、循環和構成元件之間轉換視野和焦點。學習以這種方式觀察遊戲和遊戲設計是這本書的首要目標。

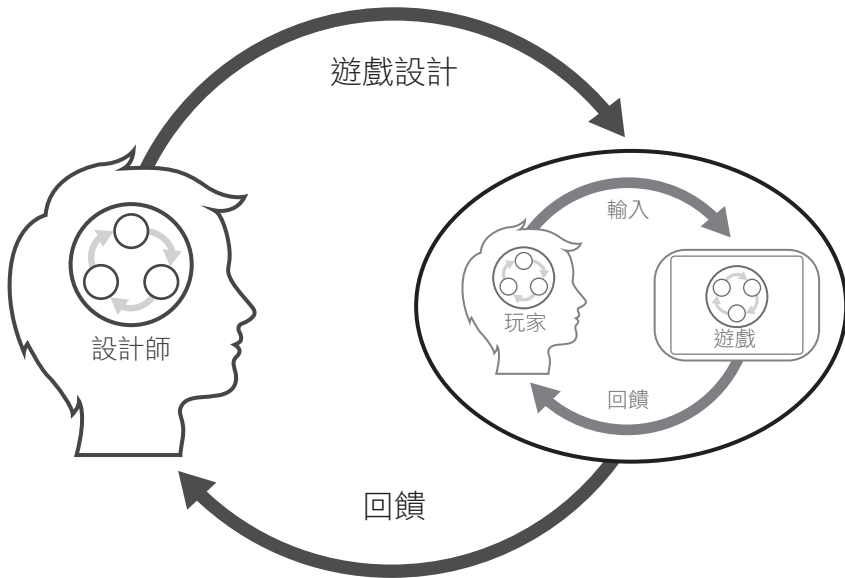


圖 I.3 設計師的循環，展示了設計師進行互動的主系統，以及玩家和遊戲互動的子系統。進一步說明請參見第 4 章「互動性和樂趣」和第 7 章「打造遊戲循環」。

定義和設計遊戲的一個重要部分是成為開發團隊中的一員。因此本書的下一個目標就是幫助你了解遊戲開發中涉及的成員角色和流程。這種知識並不是理想化的理論，而是基於數十年的實際遊戲開發團隊所獲得的經驗——並搭配上一些數據分析所獲得的洞察，來了解為什麼有些團隊和遊戲很成功、其他卻沒有。

讓我們拉回到最初的目標，同時也是最後一個目標，我寫這本書的最大願望是，你將不僅能夠有意識的創造出系統性的遊戲設計，而且你也能將這些知識貫通到日常生活中。我們身邊到處都有系統，正如你將看到的，了解它們也已變得越來越重要了。

為了將這些內容說明清楚，本書有 3 個核心假設：

- **遊戲設計就是系統設計。**遊戲和遊戲設計提供了獨特的觀點來理解系統思維。要將系統性思考內化，沒有比在遊戲中探索系統、並設計引人入勝的遊戲更好的方式了。了解系統讓你可以創造出更好的遊戲，而創造出更好的遊戲又幫助你加深對系統的理解。它們是互相影響的透鏡，分別都聚焦且增強了對另一個的了解。
- **掌握系統性的遊戲設計與你使用系統性思考的能力，兩者之間是相輔相成的。**現今的遊戲設計與成熟的理論相比，仍然是擁有較多探索和臨時實踐的成分。深入了解如何設計和打造系統性的遊戲，有助於明瞭設計遊戲時所需的基本設計原理，並可以延伸到遊戲以外的領域。這些原理將幫助你創造出更好、更具吸引力的遊戲，並將提高你對系統思維的整體理解。熟悉這兩者將會幫助你同時精通它們。
- **系統思維對 21 世紀而言，就像識字對 20 世紀而言一樣重要。**在 20 世紀的早期，人們即使不懂如何閱讀和寫字，也可以在西方世界的許多地方過活。隨著時間的推移，這種能力愈來愈成為理所當然，以至於文盲愈來愈難糊口。

同樣地，了解如何辨識、分析和創造系統已成為 21 世紀的關鍵能力。許多人即使現在沒有這項能力也能應付過去，但隨著時間推移，系統思維將變得像閱讀和寫字一樣：它對於你如何駕馭世界而言非常重要，自然而然的成為了一種思考方式，甚至自然到不再去想它了。那些繼續以有限的、線性的、簡化的方式來思考的人們將被拋在後面，無法有效地應對周圍世界發生的越來越快速的交互變化。你需要將世界視為許多系統，並將這種思維有意識的運用在遊戲設計中。隨著我們的世界變得愈來愈互相連接並交互影響，在你的遊戲設計技能庫中建立起這樣的能力也將對你有更多的幫助。

如何閱讀本書？

有幾種不同閱讀本書並從中學學習的方式。首先是按順序閱讀，首先關注基礎理論、然後是遊戲設計原理、最後是實踐要素。這樣做可能看起來有很長的路要走，但它將為遊戲設計的實踐層面提供最有效的基礎。閱讀本書偏重理論的第一部分就像向下挖掘一棟高層建物的地基：向下而不是向上移動，看起來像是搞錯了方向，但這樣做可以確保整棟建築物不會在後續倒塌。

同樣地，在把系統運用到遊戲之前，先對系統有更好的理解，有助於你之後創造出更好並更成功的遊戲。（你還可以在學習遊戲設計之後，再次閱讀書中有關系統的部分，並看看你可以透過遊戲設計中學到的觀點，增加多少對系統的理解。）

如果對你來說，覺得沒有必要在接觸實際的遊戲設計前就閱讀全部的那些理論，你可以在本書的理論、原理和實踐這三個部分中跳躍式的來回閱讀。我會建議了解一些系統方面的基礎及它們的運作，但你可能想要閱讀一些有關它們如何應用到遊戲設計中的章節，並來回的跳躍閱讀。在某些時候，你希望有足夠的理論並花更多時間將它們應用在實際設計上，來避免遺漏掉任何重要的東西。在此情況下，系統思維將有助於支持和增進你的設計工作，但話又說回來，在實務上事情其實已經被完成了。

本書的快速導覽

本書分為 3 個部分：第 1 部分「基礎」、第 2 部分「原理」、第 3 部分「實踐」。如同前述，每一部分都基於並參考了前面的章節內容。第 1 部分是最理論化的，檢視了系統、遊戲和互動性。第 2 部分根基於並應用了基礎元素，來設計遊戲系統（designing systems in games）和設計如同系統的遊戲（designing games as systems）。最後，第 3 部分討論了在現實世界中實際設計、建立和測試遊戲所需的內容。

這個由三部分組成的結構形成一個循環，第 3 個的實踐部分會增進你對第 1 部分中理論的理解。透過這種方式，本書形成了一個系統，如圖 1.4 所示。構構元件間互相影響、形成循環，並創造出一個連貫的整體，便是這本書的核心概念，也是你在閱讀本書過程中會愈來愈熟悉的內容。

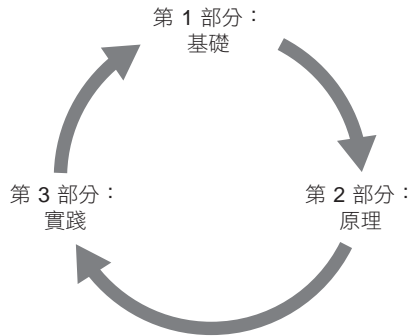


圖 1.4 基礎、原理和實踐是本書的構成元件，同時也是在遊戲設計這個更大系統內的元件。

章節概述

第 1 章「系統的基礎」是第 1 部分的起始。本章概述了看待世界的不同方式。它包括了過去幾個世紀以來系統思維如何演變的簡要歷史。它還探討了為什麼系統思維如此重要，並開啟了一個有些奇怪的閱讀旅程，從忒修斯之船（Theseus' ship）到原子的核心，藉以說明即使系統經常是隱藏的，但其實是非常普遍的存在。這聽起來可能很抽象，但它直接關係到了對系統、遊戲設計的深度理解，以及玩家如何以你不期望的方式來體驗遊戲。

第 2 章「定義系統」更詳細地介紹了系統本身，提供了本書後續部分所使用的結構和功能的定義。這是你首次看到所有系統共有的層次結構：構成元件、循環和整體，你也將在設計系統遊戲時使用它們。透過這些，你會開始對各式各樣的例子感到熟悉，例如眼鏡蛇的問題、雪球和平衡、事物之間如何形成界限、以及難以確定且有時令人費解的湧現（emergence）性質。這將引導我們探索意義，以及它在世界和遊戲中如何發生。那時，你可能開始會在任何地方看到系統，並準備從這個角度來看待遊戲。

第 3 章「遊戲和遊戲設計的基礎」回答了一些基本但重要的問題，例如什麼是遊戲？你會發現有時這些問題的答案並不是那麼明確，你將開始理解目前遊戲設計理論的侷限。你也將更好地了解遊戲設計在過去是如何完成的，以及它如何從默契、依賴經驗的臨時設計轉變為明確的、基於理論的系統設計。

第 4 章「互動性和樂趣」探討了重要但棘手的互動性（interactivity）主題，這將同時提升你在遊戲設計上的理論面和實踐面。這不僅包括不同類型的互動性，還包括玩家如何建構對遊戲的心智模型，以及你作為一位設計師如何與玩家和遊戲互動。在這個過程中，這個章節甚至會討論如何定義樂趣這個棘手的問題。作為一位設計師，你需要考慮樂趣代表了什麼，以及你為何將遊戲設計為它所呈現的形式。

第 5 章「作為一位系統性的遊戲設計師」是第 2 部分的起始。如果第 1 部分的理論讓你飄到了外太空中，這個部分則帶你回到堅實的地面。你在第 1 部分中學到關於系統的一切，現在都可以應用到遊戲設計中，並可以在遊戲中創造出相同類型的系統結構。透過其中，你將開始發現你作為設計師的優勢——以及其他那些你需要向他人尋求協助的地方。

第 6 章「設計整體的體驗」涵蓋了最高層級的系統性設計及遊戲概念的創造。這包含了進行藍天設計（blue-sky design）的流程，以及將想法呈現在單個句子和簡短的文件中。

第 7 章「打造遊戲循環」回到系統循環的思想並將其應用在遊戲設計上。我們會討論任何遊戲中固有的各種循環——遊戲的內部循環、玩家心智內的循環、前述二者間的交互循環，以及你作為設計師從外部觀看遊戲+玩家系統的循環。本章還詳細介紹了遊戲系統中一些常見的循環，以及設計和記錄它們的工具。

第 8 章「定義遊戲的構成元件」深入探討了創造任何遊戲系統的細節。你必須清楚且詳細地了解任何遊戲系統中的構成元件，包括深入到定義出它們的屬性和行為——以及如何使用它們來建構第 7 章中討論的遊戲循環。

第 9 章「遊戲平衡的方法」是第 3 部分的起始。這個本書的最後一部分著重於實務上設計和創造遊戲的所需的內容，而這是兩個討論遊戲平衡章節中的第一個。本章介紹了不同的方法，可用來平衡遊戲中的構成元件和循環，例如基於設計師、基於玩家、分析和數學模型等方法。本章還介紹了遞移（transitive）和非遞移（intransitive）系統的概念，以及它們如何最有效地平衡。

第 10 章「遊戲平衡的實踐」是討論遊戲平衡的下半部分。使用第 9 章中提到的方法，你學習如何平衡系統以實現有效的進展和經濟平衡，以及如何根據實際的玩家行為來平衡遊戲。

第 11 章「與團隊一同工作」把焦點從遊戲設計本身，轉移到成為成功開發團隊中的一員的過程。最優的實踐方法是存在的，無論它是出自量化研究、或從數十年經驗中得到的，都將幫助身為遊戲設計師的你。本章還概述了任何開發團隊所需要的不同成員角色，以使你可以更好的理解遊戲開發系統內的不同成員（構成元件）。

第 12 章「讓你的遊戲成真」匯集了所有的基礎、原理和實踐要點，並添加了實際製作遊戲時一些最重要的層面。要開發遊戲，你需要能夠有效地傳達你的想法。你還必需能夠快速建立原型並有效地測試遊戲，讓它更接近你嘗試為玩家所創造的體驗。理解這些開發時涉及的層面以及任何完整遊戲開發計畫會經歷的各個階段，將不僅能幫助你談論和設計你的遊戲，而且能夠實際的將它製造出來並看到其他人遊玩它。這是任何遊戲設計師的終極目標。

摘要

本書將基礎理論、系統原理及實踐過程結合起來作為遊戲設計的指引。透過詳細了解系統如何運作，你將在本書中學習如何應用系統思維的原理來製作更好的遊戲。你還將在世界上各個角落指出其中系統的運行，並運用這樣的理解來在你的遊戲設計中創造類似的系統。本書將賦予你運用這些原理及實務方法的能力，來創造出具有系統性、創造性和吸引人的遊戲。

系統是看待和思考事物的方式

大多數人很少去思考：我們是如何思考的。這個過程被稱為後設認知（metacognition）——思考關於思考——這對遊戲設計師來說很重要。你需要能夠思考，玩家如何思考及你自己的思考過程。作為遊戲設計師，你必需能夠理解人們看待和思考世界相關的習慣和限制。雖然本書主要不是關於知覺心理學或認知心理學，但它確實涵蓋了那些領域中的某些方面。

我們將討論幾種不同的思考方式。首先，我們將看看 Richard Nesbitt 博士和 Takahiko Masuda 博士與美國和日本學生共同完成的一項跨文化實驗（Nisbett, 2003 年），它被稱為「密西根魚測試」（Michigan Fish Test）。

快速看一下圖 1.1，不要超過幾秒鐘。你看到了什麼？遠離圖片一會兒，再快速寫下你所看到的，或閉上眼睛並大聲把它說出來。

現在回到圖片上並和你的描述做比較。你有沒有提到蝸牛或青蛙？有沒有提到 3 隻大魚或全部的 5 隻魚？還有植物和石頭？——你有沒有在你的描述中包含了那些？你覺得來自不同文化的人們會如何以不同的方式來描述這個場景？



圖 1.1 Nisbett 博士的密西根魚測試。（經授權使用）

在 Nisbett 和 Masuda 博士的研究中，學生們觀看這個水族箱場景圖片 5 秒，並被要求描述他們看到了什麼。大多數美國學生描述了 3 條大魚，而大多數日本學生則描述了一個更全面性的場景。然後圖片有了改變，學生被要求在原始圖片上指出有變化的地方。美國學生很快就認出了 3 條大魚（或是哪些魚消失了），但他們常常錯過了植物、青蛙、蝸牛和小魚。日本學生則更擅長注意整體場景的變化，但他們更常錯過 3 隻大魚的變化。換句話說，這些來自不同文化的學生看待和思考同一張圖片的方式並不相同。

透過這個和其他研究，Nesbitt 博士發現美國人（以及普遍來說，來自西方傳統思考的人）傾向於簡化：他們將場景縮減到個別部分、忽略它們之間的關係。相比之下，他們發現來自東亞文化的人更有可能看到整體影像，而較少專注在個別物件上。

密西根魚測試突顯了一個事實，即不同的人有不同的思考方式，而大多數人都認為「我們的」方式與每個人的思考方式相同——這很顯然不是事實。為了能夠使用系統有效地思考，並在遊戲設計中使用它們，我們需要了解人們思考的一些不同方式。

現象學的思考方式（Phenomenological Thinking）

幾千年來，尤其在西方傳統中，人們的思想中幾乎沒有統一的理論。世界就像它曾經歷的一樣，充滿了單獨、通常不可預測的現象，而被前人以神秘主義、哲學、亞里士多德邏輯或簡單觀察來解釋¹。即使在最後一種情況下，如果觀察結果使得任何模型將不同的現象結合在一起，沒有任何潛在在關係或驅動的原理；事情還是沒有任何進展。

這方面的一個主要例子是地心說，認為地球是靜止的位於宇宙中心，而恆星、行星、月球和太陽都環繞在周圍的軌道上運行。這種觀點至少從古巴比倫人開始就存在，並且在歷經觀察（天空確實經歷白天和黑夜）和哲學（當然我們處於一切的中心！）後仍然存活下來。隨著時間推移，天文學家製作了精心設計的模型，來解釋愈來愈精確且有時候令人困擾的觀測，例如當行星在其軌道上向後移動時，這被稱為逆行運動（retrograde motion）。我們現在知道逆行運動是發生在當移動速度較快的地球經過移動較慢的外圍行星的時候，但如果你的模型是所有東西都圍繞著地球轉時，這是一個非常難以解釋的觀察。

1 也因此在這裡所使用的詞彙是現象學的思考方式（*Phenomenological Thinking*），而不是像後來的哲學家，例如：康德、黑格爾或胡塞爾所使用的，關於對世界的理解以及感知的方面。

因為要解釋複雜的觀察結果是很困難的，也因此導向了更確定性、邏輯性和最終的系統思維——正如你將看到的。這裡的關鍵點是，數千年來，直到現今仍有一定程度，人們透過簡單的觀察和推理的混合來走近世界：因為太陽每天從頭頂經過，它必須圍繞地球運行；或者因為今天下雪，氣候一定不會變暖；或者因為我們公司去年賺錢，我們應該更努力地使用同樣的策略。這作為看待世界的一種方式，會使一個人的理解有限，並很有可能大幅地受到隱藏在其中的系統運行所影響。

比較看看以下想法，舉例而言，某一個人的想法是「潮水退卻的非常快速，我可以抓住這個機會去探索露出的海灘」對比上另一個了解系統原理的人，則會思考這樣快速退卻的潮水是災難性海嘯將至的指標。或是一個人會想說「哇，抵押貸款突然變得非常容易；我可以藉此機會獲得貸款並換成一個更大的房子」對比一個可以看出系統運行的人則知道那會導致信用受損及毀滅性的經濟危機。將世界視為通常是彼此無關的孤立事件或不存在任何更深層的系統——這種現象學的思考方式——對我們是不夠的。幸運的是，我們擁有更好的工具。

簡化論及牛頓的遺產

我們將簡略的探討牛頓在系統思維興起中的關鍵作用。他可以說是一位關鍵人物，讓思考方式從有限的觀察和現象學的思考，轉移到科學的、基於模型的、並以簡化論 / 簡化思維（**reductionist thinking**）來看待世界。

法國哲學家笛卡兒在他 1637 年的傑作**方法論**一書中提倡了這個觀點。他的核心思想是，宇宙及其中的一切都是看作是偉大的機器，可以拆分——簡化——到它們的構成元件，來弄清楚它們是如何運作的。在這個觀點中，任何現象，無論多麼複雜，原則上都可以看作是個別部分的總和，每一部分貢獻出它的功能到總體上。如同笛卡兒所說的「一個只由輪子和砝碼組成的時鐘，可以比我們所有的全部技能更能準確地測量時間。」

雖然牛頓的思想可以被笛卡兒和其他人所倡導的簡化論來發現和分析，但他是第一個把笛卡兒將宇宙視為發條運作的想法帶離哲學領域，並成為數學和科學領域的統一觀點的人。

科學方法

科學方法，簡要來說包含了二個主要部分：

- 首先，觀察一事物，提出假設（有根據的猜測）來推測在某些條件下可能發生的事情（根據觀察到的內容），然後測試假設來檢驗它是否正確。
- 然後利用觀察和假設一遍又一遍地做這件事情。

這些假設和觀察通常要求保持所有條件不變，除了其中一個之外，並判斷這個變化造成了什麼影響。這是一種分析的形式，將某些東西分解成更單純的成分，並依序檢視其中的各個部分或條件。笛卡兒的核心哲學原則之一就是使用這種方法來理解宇宙，也由此將科學思考和早期現象學的思考方式區隔開來。

科學方法的第二部分是利用這些累積的觀測結果來建立模型並描述事物（或其中的一小部分），這也是根基於觀測和經過驗證的假設上。如果建構的好，這些模型會引導出需要解答的新問題——更多可以透過新的觀察來驗證的假設。如果模型成立，它會獲得可信度；如果不是，它往往會被遺棄²。

經由假設所驅動的分析在本質上主要是簡化主義，並導致在我們當前的許多思想中廣泛應用了簡化論和決定論。正如簡化論觀點所堅持的那樣，我們傾向於認為我們可以分解任何看似複雜的問題，將其簡化到更簡單的問題，直到解決方案是顯而易見的為止。這種簡化主義思想的一部分是，與機器一樣，這個世界的運作是具有確然性 / 決定論的 (*deterministically*)：一旦發生過的事情將再次發生。事件不是隨機發生的，如果我們知曉了所有的相關條件，我們就可以完美地預測未來。這是愛因斯坦在給他的朋友暨同事 Max Born 的信件中表達的觀點，他們那時是在討論當時的新領域量子力學。在這些信件中，愛因斯坦多次表達了確定性的觀點，例如「你信仰擲骰子的上帝，而我信仰一個客觀存在的世界當中具有了完備的定律和秩序。」

使用這種詮釋世界的方式，問題可以被簡化，例如整個宇宙可以簡化為更簡單的部分，而那些部分是完全確定性並可預測的。因此，使用這種分析方法，我們可以找到問題的根源並應用分析中指出的修復方法。這種思維有很多優點和好處。它在幾個世紀以來，幫助我們在生活中各個面向都獲得科學性的進步，總的來說，它改善了我們塑造環境、避免危險，並帶來食物、住所、通訊和貿易等方面的全球性進步。

2 這無疑是對科學如何運作的理想主義觀點。科學家同樣具有人類會犯的傾向，常常堅持於自己喜歡的想法過久、而又太快放棄不喜歡的那些。有句存在已久的話說「科學最大的進步是發生在葬禮上的」，意思是具有老派思想的科學家有時需要退休或死亡，以便使新思想得到它們應得的關注。Thomas Kuhn 在 1962 年時首先提出「典範轉移」的思想，它對於理解科學如何運作至關重要。一般來說，了解思考方式是如何轉變的也很重要，但進一步的探討它會超出了本書所要討論的內容。

事實上，這種思考方式在商業和工程領域得到了廣泛的運用，通常效果很好。例如，在許多電腦科學課程中，學生被教導將複雜的問題或任務逐步分解為較單純的形式，直到他們到達一系列容易理解和執行的任務為止。或是像在處理材料時，工程師經常採取有限元素分析（finite element analysis），其中一個物體（如結構鋼樑）的每個部分被分解成離散的部分（元素）和指定的屬性，然後分析它的強度、壓力等等，整體的數值可以由個別部分加總來得出。當然，這些分析只是估計值，但已被證明可用於建構所有從建築物、飛機到太空梭等等的東西。

然而，整個社會經常過度使用這種邏輯的、分析性的、確定性的思考方式³。我們積極的尋求將情況簡化為最簡單、最確定元素的解決方案，即使這意味著忽略複雜的交互作用，並選擇了會導致我們出錯的單一解決方案。例如，我們經常將相關性（兩件事情一起發生）和因果關係混淆，認為其中一個引發了另一個。一種常見的說明方式是「隨著冰淇淋消費的增加，溺水也會增加，那麼必然是冰淇淋導致了溺水」。當然，這忽略了一個共同的潛在因素：人們在天氣熱的時候更頻繁的游泳、並吃更多的冰淇淋。冰淇淋和游泳只是具有相關性；一個並不會引發另一個。

這類想法有很多有趣的例子（如：隨著海盜數量減少，全球氣溫上升；因此，驅逐海盜導致了全球暖化！），當然也有一些真實存在的案例。例如，發表在著名期刊 *Nature* 雜誌上的一項研究指出，2歲以下的兒童睡覺時有燈亮著的話，後來長大時會產生近視（Quinn 等人，1999年）。但是，其他研究並沒有發現這項結果，反而發現近視與遺傳有很強的關係性（如果你的父母近視，你很有可能也是。），而近視的父母會「更有可能為孩子使用夜間照明輔助設備」（Gwiazda 等人，2000年）。儘管是專業和技術熟練的科學家，Quinn 和他的同事們也似乎陷入了相關性的陷阱中，誤認為亮著燈睡覺和近視是有因果關係的。

有一個類似的例子來自於經濟學的領域：過度的國債（超過國內生產毛額 [GDP] 的 90%）會減緩經濟增長，並讓該國人民陷入困境（Reinhart 和 Rogoff，2010年）。其他經濟學家後來發現，其實因果關係是相反的：經濟增長首先放緩，然後國家增加了債務負擔（Krugman，2013年）。當然，多年來

3 在文化上來說，美國人可能更常運用這種思考方式。許多年前，一位挪威記者告訴我，在他看來，美國人與眾不同的是「相信每個問題都有解決方法」。在當時，我對此感到困惑。我的想法是「與此相反的又是什麼？」（Sellers，2012年）。

不同的經濟學家們仍不斷在爭論，部分原因是他們在尋找根本原因——會導致特定、直接影響的條件，而在這個領域內這種清楚的原因是很少見的。

實際上，在許多情況中，並不存在簡單的邏輯解決方案，透過分析來嘗試把複雜問題簡化成更單純元素的這種努力，可能只會產生不完整或誤導的結果。例如，Dennett（1995）所稱的「貪婪的簡化論（greedy reductionism）」可能會推論成人體不過是一堆化學物質——大多數是氧、碳和氫——加起來價值約 160 美元（Berry，2011 年）。這裡似乎有些東西遺漏了：這些原子彼此結合和互動的方式應該是有所影響的？

另一個有關線性、簡化思想的著名例子是一個被稱為「眼鏡蛇效應」的軼事。（原始資料來源不明確，可以追溯到 2001 年由 Horst Siebert 所著的一本德國著作。）故事講述了在英國統治時期的印度，有毒的眼鏡蛇盛行並造成重大的問題——以至於政府付費且計量的收購蛇頭。這觸發了一波眼鏡蛇狩獵潮並產生可預見的結果：眼鏡蛇打擾和傷人事件數量急遽下降了。這毫無疑問是英國的目的：一個良好乾淨的線性結果，如果你付費收購蛇頭，人們就會帶來它，而眼鏡蛇也將從土地被移除！但不久之後政府官員開始注意到，雖然已經到處都看不到眼鏡蛇，但仍然不斷有人帶來蛇頭。顯然還有一些其他事情正在發生。

因為政府懷疑這些蛇頭的來源，就宣布不再收購眼鏡蛇頭。這所導致的結果，至少在回想起來時，是完全可以預測的：人們刻意的飼養眼鏡蛇，並殺死後交出蛇頭來賺錢。而當政府不再收購，農民們就不再需要這些爬蟲類了——所以他們將這些費心飼養的眼鏡蛇再放回到野外，回到牠們最初就在的地方！

有很多這類產生意料之外結果的例子，一個期望結果出現、並伴隨另一個意料之外（通常很糟糕）結果的共同出現。但偶爾這個預期外結果可能是好的。稍後我們將討論一個例子，關於美國在 1990 年代釋放少數的狼到野外所產生的意外影響。

為了結束這段關於線性、簡化、確定性思維的討論，我們看一看鐘擺的例子（圖 1.2）。一根桿子一端附著重物，另一端則被固定住，會以精確可預測的方式擺動。鐘擺的運動非常規律因此你可以使用它來展示地球在下方如何旋轉，如同法國物理學家 Léon Foucault 在 1851 年發現的那樣。這是一個很好的例子可以說明笛卡兒、牛頓和其他偉大思想家所使用的發條運作世界觀。

但是，如果你對這可靠的鐘擺進行一個簡單的改動，它就會完全變成其他東西。如果你在原先鐘擺的桿子中間加上一個關節，並允許關節自由移動，那

麼鐘擺的路徑就會突然從完全可預測轉變成完全不可預測。雙擺的移動路徑是混亂的 (*chaotic*)：不是隨機的，因為它保持在已知範圍內但不可預測，出於它對其起始條件非常敏感。即使是一個微小的落下位置變化，都會讓雙擺的移動路徑產生巨大的變化。圖 1.3 顯示了可自由運動的雙擺的移動路徑圖 (Ioannidis, 2008 年)。如果你從儘可能靠近前一次的地方，把一個雙擺拋下，它的路徑和前一次都會非常不同。起始條件上的微小差異，造成的是完全不同於先前的結果。

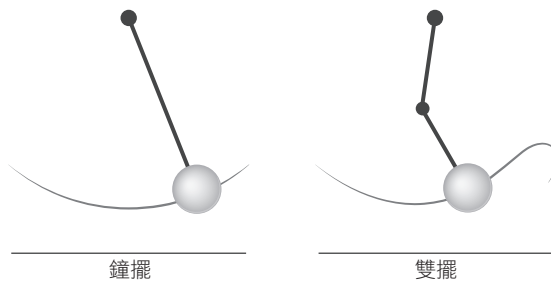


圖 1.2 鐘擺 (左)、雙擺 (右)



圖 1.3 雙擺混亂、獨特、不可預測的移動路徑 (Ioannidis, 2008 年)。

這種行為通常很難被我們理解，因為我們會看到的是構成元件而不是整體。我們可以了解鐘擺的運作方式、或多或少，因為它的構成元件會產生直接、看似線性的效果。增加一點點的變化，例如雙擺僅僅是多加了一個關節在其中，而結果表現卻發生了巨大的變化。我們經常很難掌握這種行為是如何產生的。

這回應了我們先前討論到的密西根魚測試：我們傾向看到場景中的魚，而不是周圍環境，而且我們將它們看作是靜態的獨立構成元件。看著雙擺，我們傾向把兩根桿子和關節視為靜態的元件，但我們看不到它們如何移動或相互作用。或者，如果我們確實看到關節如何移動，如果我們使用邏輯、簡化思維，我們通常無法理解這樣的裝置如何產生圖 1.3 的瘋狂、非線性曲線。那如果我們將整個場景視為一個整體呢？這引出了我們的下一種思維：整體論。

整體思維

整體論是簡化論的有效相反面。簡化論是關於分析，而整體論是關於綜合、尋找統一，以及將看似不同的東西集合在一起。在它更極端的哲學形式中，整體論的觀點認為一切事物都彼此有連結，因此一切事物可以看作是一個整體。因此，整體論的觀點在日常生活中並不常用，儘管對許多人來說，所有事物相關連的想法在美學或哲學層面來說是具有吸引力的。

與簡化論一樣，這種思考方式有其優點：透過整體性的思考，你不會迷失在細節中，並且可以觀察到在較高的層級（如群體、經濟、生態等）中運作的顯著宏觀效應和趨勢。整體論避免了 Dennett 提出的「貪婪的簡化論」的錯誤，例如，會將人視為個體而不是化學物質的集合。

然而，過分依賴集合和整體論可能會導致錯誤，就像過度依賴分析和簡化論一樣。如果一切都有關連，要找出任何重要的因果關係可能很困難。此外，很容易找到偽陽性，將兩個毫不相關的現象從整體論的觀點誤解成是相關的。除了前面討論過的像冰淇淋導致溺水這種錯誤的結論外，還有一些例子，例如：Vigen（2015）在他有關「偽相關（spurious correlations）」的研究中指出的，如圖 1.4 顯示了「獲選的美國小姐的年紀」和「被熱蒸氣謀殺的案件數」在 20 年間是非常緊密連結的。

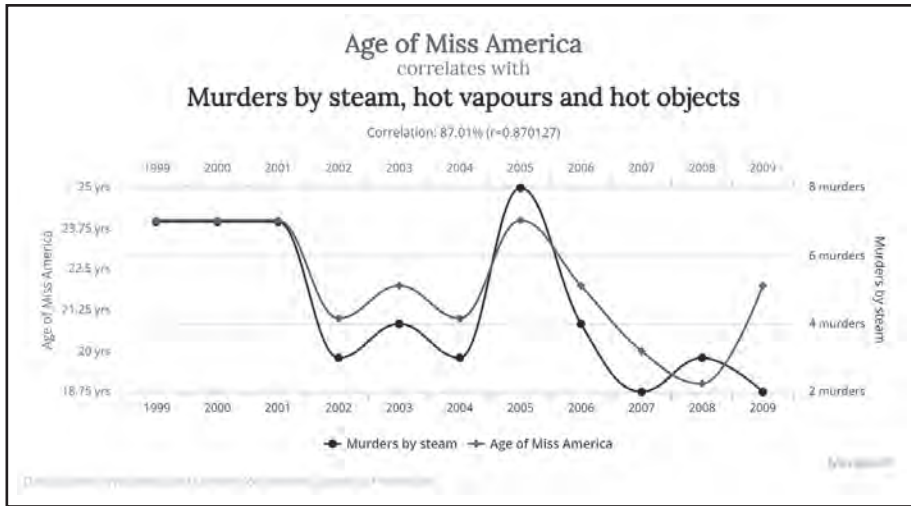


圖 1.4 許多偽相關的例子之一。(Vigen, 2015 年)

從整體的角度來看，我們可能會試圖說這兩種效應是相關的，即使沒有因果關係，但這將是一個明顯的錯誤。也許有可能存在一個隱藏的潛在因素，但在這個例子中，這似乎不太可能。這極可能只是數據的巧合，而沒有任何真正的實際連結存在，而整體、統整性的觀點就是會被誤用在類似這樣的案例中。

整體論確實為我們帶來了另一個重要的概念，我們將多次以不同的方式來討論它。那就是湧現（*emergence*）的概念：「整體大於個別的總和。」這是一個古老的觀念，顯然是亞里士多德首先闡述的，他說：「當事物擁有多個構成部分時，整體不只是各部分的堆疊，整體是部分以外的東西，並有其原因。」（亞里士多德，西元前 350 年）。同樣的，在完形（*Gestalt*）⁴ 心理學的早期，心理學家 Kurt Koffka 有一句名言：「整體不是各部分的總和」（Heider, 1977 年）。在 Koffka 的觀點中，整體（例如圖 1.5 中我們看到的白色三角形，即使它實際上並不存在）並不大於部分，但如同亞里士多里所說的，整體有其自行的存在，有別於組成它的各部分（Wertheimer, 1923 年）。幾年後，Jan Christian Smuts（1927 年）在整體性的演化生物學中呼應了這個想法，他寫道：「整體不僅僅是人為的思想結構；他們指出了宇宙中真實存在的東西。…把植物或動物看作是一個整體的一種形式時，我們注意到…各部分的緊密統合，並不僅僅是各部分的總和。」這些具有一致性的想法指出，整體是「宇宙中真實存在的東西」，

4 Gestalt 是一個德文，意思是「形式」或「形狀」。這個心理學分支研究知覺的整體觀點，即使在視覺上只看到部分形狀，我們的心智仍會補足並讓我們看到完整的形狀。

它們包含了簡化的各部分，但卻是獨立存在的，這是我們將再次看到的重要觀點。

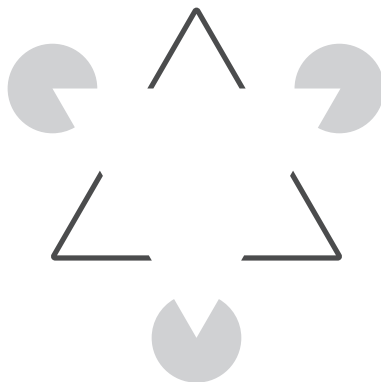


圖 1.5 「主觀的輪廓」，在知覺心理學和完形心理學的研究中被使用。即使形狀本身不存在，我們的心智也會自行依據周圍情況形塑出形狀。

系統思維

介於簡化和整體思維兩者之間，有一種看待世界的方式稱為系統思維。在許多方面，這是一種「金髮姑娘 (Goldilocks)」的思考方式，介於過於低層級的簡化論和太廣泛的整體思維之間，並同時利用了兩者所使用的方法。系統思維考慮了過程或事件的結構和功能脈絡，而不是將其視為待分解的機器或單一整體。正如你將看到的，學會系統性思考對於遊戲設計師來說是一項至關重要的技能。

系統思維的關鍵面向包括，分析、找到並定義系統的構成元件，與此同樣重要的是，在操作性的脈絡中，了解它們如何存在並以一個整體的方式協同運作：它們如何影響系統的其他部分，而系統的其他部分又如何影響它們。這進一步導向了尋找這些交互作用間形成的循環，及各個部分如何增加或減少其他部分的活化。稍後你將看到更多有關循環 (loops) 的討論，但就目前而言，「事物 A 影響 B，B 影響 C，C 影響 A」定義了一個系統循環。這個單一的想法對系統思維和系統性的遊戲設計來說至關重要。

值得注意的是，描述循環和系統如何一起運作很困難，部分原因是語言是線性的：我必需一行一行的寫，你必需一行一行的讀。這意味著對循環系統的描述會看起來很奇怪，直到你已經讀到最後並再回到開頭重讀為止，這個過程可能甚至不只一次。系統由循環組成，而我們的語言不能很好地處理循環。

讓我們從一個簡單的循環例子開始，看看當你加熱烤箱時會發生什麼。你有一個期望烤箱到達的溫度。因為當前溫度還未達到期望溫度，烤箱便不斷加熱。隨著加熱，烤箱溫度上昇，而當前溫度和期望溫度的差值縮小。最後烤箱會到達期望溫度，烤箱便不再加熱（見圖 1.6）。透過這種方式，烤箱形成了一個簡單的回饋循環（feedback loop）：溫度落差影響了施加的熱量，而加熱又降低了溫度的落差。

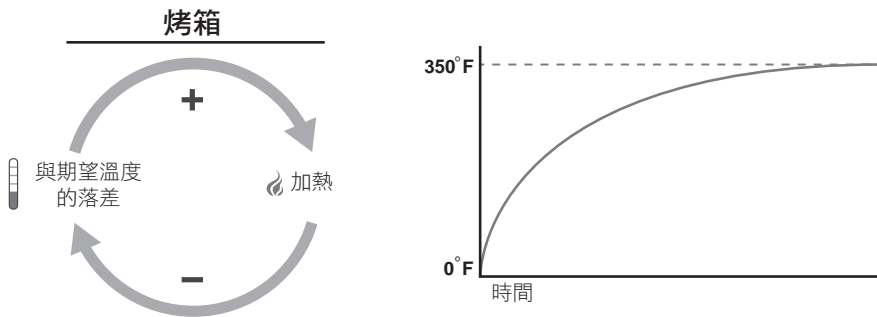


圖 1.6 烤箱加熱的回饋循環，且溫度隨著加熱而變化。

圖 1.7 顯示了一個同樣關於循環結構，但更複雜、卻很經典的物理範例（也很難被以線性的方式來描述）。除非你對引擎有所了解，否則只看一下圖片，你可能很難看出它的作用；因為你缺乏了它的運作情境。重要的部分包含了圖左側的兩個重物（A）、它們上方的連桿（C、D、E）和右側的閥門（F）。

這些構成元件都互相作用並形成一個操作循環，描述如下（操作是一步接著一步的執行）：當右側的閥門（F）打開時，它允許空氣進入，這會允許引擎（未顯示在圖片中）運行得更快。這使得左側的中央垂直主軸（B）旋轉得更快。這並導致重物（A）和它們所在的臂因為重量和離心力而展開；主軸的動量使它們想要向外飛。結果，它們連接所連接到的臂（C）向下拉，然後將上方水平桿（D）的左側向下拉。因為槓桿（D）依著中間轉動，所以會使它的右側向上移動——這會將連桿（E）向上拉，這會關閉節流閥（F）並使我們回到這個循環的起點。

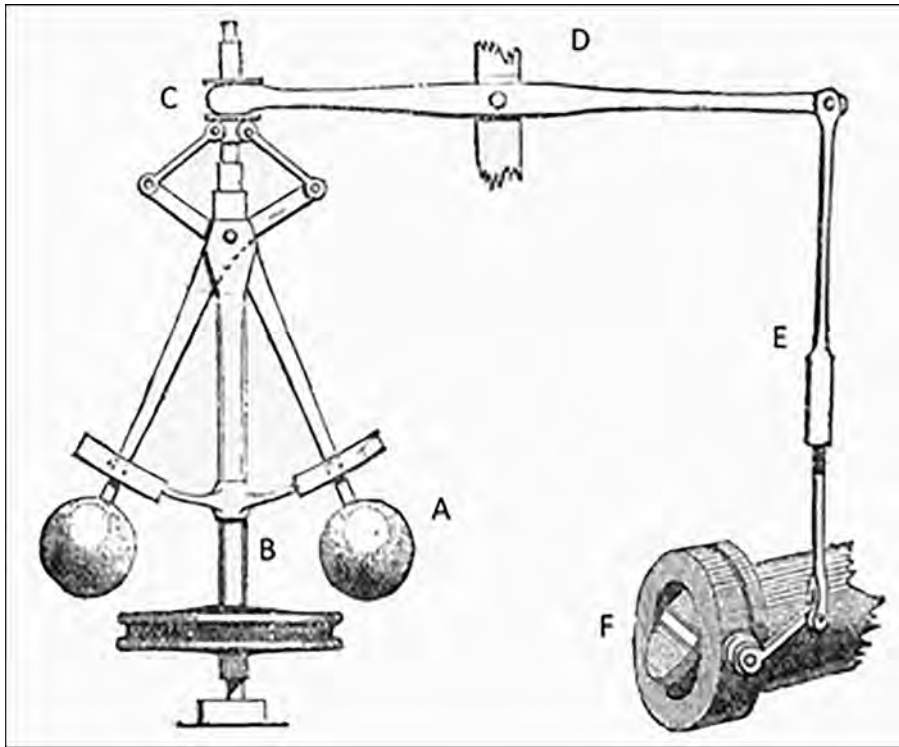


圖 1.7 離心式調速器（Routledge，1881 年）理解這個裝置的唯一方法是系統性的、透過它的運作流程和脈絡來了解。它形成了一個系統，並且也是更大系統的其中一部分。請將顯示在圖中的英文字母對照正文內容來了解。

當閥門打開時，引擎會獲得更多空間並因此旋轉得更快。這導致重物向外移出，水平桿傾斜，閥門開始關閉，並導致引擎減速。當它減速時，重物回到下降位置，水平桿左側向上、右側向下，閥門再度開啟，讓引擎再一次加速運作。

這個循環使得離心式調速器可以有效的運作：它讓引擎可以自我調節，保持在一定範圍內，永遠不過快或過慢。但要理解這一點，你必須能夠看到各個構成元件、它們連動的行為、以及對引擎的整體系統性影響。

以這種方式看待和思考機械（運作機制），使你能夠建構出理解系統的心智模型，並從心智上和物理上進行嘗試。能夠實際、系統性理解事物的其中一個關鍵，就是了解哪些構成元件在什麼情境下相互作用，而這些交互作用又對其他部分造成什麼影響。在像離心式調速器這種簡明的例子中，所有構成元件和交

互作用似乎都同樣重要。但是摩擦會起到什麼作用呢？如果某些關節太緊或太鬆怎麼辦？這對引擎的運行有顯著影響嗎？例如，如果在這些連結中沒有鬆動或間隙，則當閥門打開和關閉時引擎將不斷地上下振動，從而導致引擎不必要的磨損和不平均的整體性能。增加重物上的摩擦力，使它們上下移動得更慢，或者增加水平橫桿的一點間隙使其不會立即傾斜，在這個例子中可能是有用的，它會使重物和閥門變動得更慢，而使引擎運作地更加均衡。無論所考慮的系統是蒸汽引擎調速器、經濟體或奇幻遊戲的魔法系統，要創造出所需的循環和效果都需要對系統進行操作性地理解和建模，並將各個構成元件或它們的相互影響進行調整以達到最大效果。

系統思維要求將整個系統視為一個有組織性的整體，但不忽視對構成元件的基礎分析以及它們如何從簡化論的觀點來運作。因此，系統思維是「兩者兼具」而不是「其中一個」：它具有簡化論和整體思維的優勢，而不會陷入只透過其中一個鏡頭來看世界的陷阱。這種「兩者兼具」——能夠同時運用分析和統整觀點來理解系統的能力——可能很困難，但會隨著練習變得更容易，並且能讓我們更清楚地了解系統是什麼。

兔子和狼的系統

讓我們看看另外兩個例子，小小的變化就帶來了廣大的系統性影響。這些在一開始看起來可能和遊戲設計無關，但這個例子中的交互作用（也就是系統），正是你在設計任何複雜遊戲時需要考慮的類型。

第一個例子，在 19 世紀中期，Thomas Austin 在他位於澳洲東南部的地產內釋放了 24 隻兔子到野外。根據報導，他說「一些兔子的引入幾乎沒有什麼害處，反而可以提供一些家的感覺、還可以打獵。」（出處：The State Barrier Fence of Western Australia，日期未註明）。在野外釋放的幾年裡，這些兔子的數量仍然相對較少且穩定，但在十年之內，牠們的數量已經爆發。牠們被掠食的可能性相對較低、具有理想的穴居條件、能夠全年繁殖，並且可能因為兩種類型兔子同時釋放導致的雜交增加了牠們的耐寒性（出處：Animal Control Technologies，日期未註明）。

新物種快速入侵的結果是對原生植物和動物造成災難性的環境破壞（Cooke，1988 年）。越來越多的兔子啃平了地面，小樹因為靠近地面的外皮被啃咬而死，並使土地遭受嚴重的傾蝕，並破壞了其他動物生存所需的食物和空間。

對這種兔子災難的應變反應從 19 世紀後期就一直持續到現在。已經嘗試了各種方法——包括射擊、誘捕、毒害、煙燻和超過 2,000 英哩的圍籬，但沒有一個取得圓滿的成功。野兔因為打獵和「一點家的感覺」而被引入，改變了澳洲的地景和生物圈，這肯定是 Thomas Austin 當初無法想像的。

雖然有許多在意料之外引起生態浩劫的例子，但並不是全部都是負面的。這裡的第二個例子涉及了將狼重新引入美國的黃石國家公園。狼群在 19 世紀後期還普遍見於區內，但因被捕獵而到了 1920 年代時已經完全消失。在 10 年內，黃石公園的鹿和麋鹿族群急遽增加，也使得許多植物瀕臨死亡。到了 1960 年代，生物學家擔心整個地區的生態系統因為過量的麋鹿而失去平衡，並開始討論把狼群帶回來。有許多牧場主和其他人都反對這個想法，因為狼是一個狩獵的頂級捕食者，有人認為，這可能對該地區的自然生態系統和畜牧的牛羊群造成全新的破壞。

經過數十年的公眾輿論和法律爭論，在 1995 年 1 月，由 14 隻狼所組成的小型初始群體被重新引入黃石公園，隨後又在下一年增加了 52 隻。結果影響廣泛，遠遠超出了許多人的想像。現在，這已經成為了營養瀑布（*trophic cascade*）的經典案例，在其中高級捕食者的族群變化向下影響了整個生態系統，導致廣泛且通常令人意外的效應。

在這個例子中，狼群就像預期的那樣以無數的麋鹿為食。但因為有太多麋鹿卻只有少數的狼，無法期望只由捕食者就能限制住麋鹿的族群數量。狼群除了捕食一些麋鹿之外，造成的效應是讓麋鹿離開了在山谷中的舒適生活，而回到高地去生活，在那裡牠們更容易隱藏、但生活變得困難的多。這些麋鹿改變了牠們的習慣：牠們不再來到河岸吃多汁的食物和輕鬆的喝水。結果，牠們無法再像從前那樣大量繁殖，而族群量降低到更可持續的規模，同時仍為狼群提供了足夠的獵物。

在沒有麋鹿的情況下，低處山谷的樹木和草開始回復生長。草地不再被大群動物踩踏，且根據 George Monbiot（2013）的報導，谷底許多樹木的高度在短短幾年內增加了五倍。這允許了更多漿果生長，並提供更多熊的食物（牠們同時也吃了一些麋鹿）。茂盛的灌木、草和樹支持了更多的鳥類，而鳥類的活動更幫助散播種子、引發灌木和樹木的增長。

樹木和草的穩定性增加，減輕了生態學家從 1960 年代就擔心的土地侵蝕問題。這意味著河岸坍塌較少，河流變得更加清澈，使更多魚類生長。在河床生長的樹木支持了更多的海狸，這些海狸又透過建造水壩提供了更多動物所需的生態區位。

最後，侵蝕減少意味著黃石公園的河流也變得穩定。正如 Monbiot 指出的，將狼群重新引入黃石公園內，遠不僅止於消滅掉一些麋鹿而已，同時也改變了那裡的河流。做為廣義營養瀑布的一部分，土地的地理情況也被改變了。

作為一個令人難以置信的生態成功故事，它也是自然界中發生的各種交互作用和循環的一個很好的例子，只有將它們視為系統才能良好的理解。圖 1.8 以圖形形式顯示了黃石公園中狼群造成的影響。每個旁邊有「-」號的箭頭表示目標減少了——例如，狼群減少了鹿和麋鹿的數量；而每個旁邊有「+」號的箭頭表示目標增加了。這些也具有逆向的遞移關係：例如，因為鹿和麋鹿先前會吃（減少了）樹和草，當狼捕食麋鹿（並讓其數量減少），也會降低麋鹿對樹和草的影響，這些植物就可以回復良好的生長。透過仔細研究這個圖表，你可以更好地了解，釋放少量的狼回到黃石公園內所造成的系統性循環作用，以及這種釋放對整個生態系統產生的顯著影響。

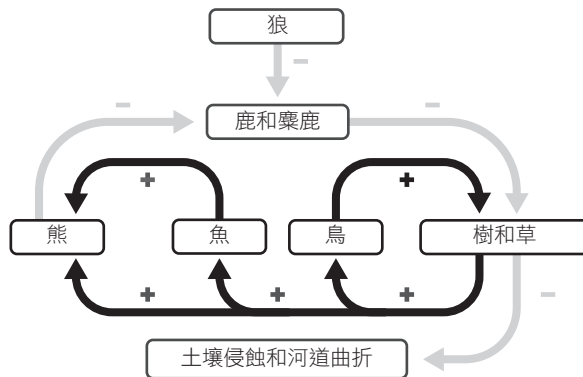


圖 1.8 將狼重新引入黃石國家公園的影響，以系統圖表示。

系統思維的簡要歷史

現在你已經了解了一些有系統思維及其他看待世界的方式，接下來這個章節簡要介紹了我們對系統和世界的理解是如何演進的。