

# 社會

# 仿生論

中華書局

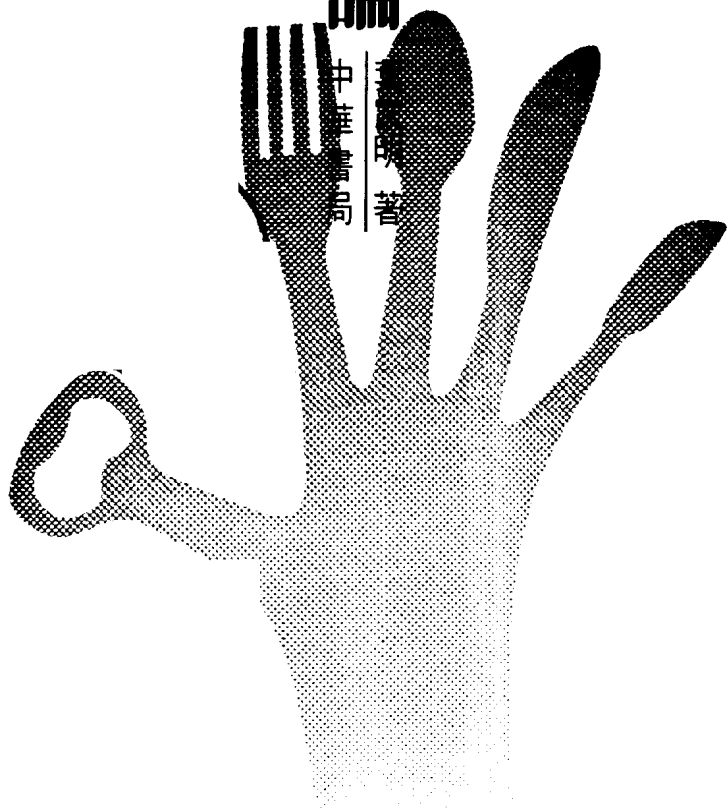
變革巨潮鋪天蓋地  
社會難題此消彼長  
歷盡劫波的人類在追尋新的出路  
向生命系統學習，探索文明與自然  
的共性規律，正是現代的  
天人合一境界

葉家明 著



# 社會仿生論

黃明著  
中華書局



# 社會仿生論

□

著者

葉家明

□

責任編輯

危丁明

□

出版／發行

中華書局（香港）有限公司

香港九龍馬坑涌道5B-5F 2樓

□

印刷

陽光印刷製本廠

香港葵青區葵業街10號

益高工業大廈12樓B座

□

版次

1992年8月初版

©1992 中華書局（香港）有限公司

□

國際書號：ISBN 962 231 155 5

獻 給

先 父葉公光球  
母樓氏文濤

在天之靈



葉家明，1932年生於浙江省東陽縣。1954年畢業於東北師範大學生物學系。長期從事生命科學教學和科學研究工作。現任浙江大學生物科學與技術系教授，中國生物物理學會理事。

# 目 錄

## 第一篇 生物學的啓迪

|                  |    |
|------------------|----|
| 1. 向生命系統學習·····  | 2  |
| 爲何仿生·····        | 2  |
| 仿生學·····         | 5  |
| 2. 探索研究·····     | 10 |
| 科技難題·····        | 10 |
| 社會難題·····        | 12 |
| 研究生命系統的意義·····   | 15 |
| 3. 社會科學與生物學····· | 19 |
| 人與生物·····        | 19 |
| 人口問題·····        | 22 |
| 社會生物學·····       | 28 |

## 第二篇 系統理論

|               |    |
|---------------|----|
| 1. 系統科學史····· | 37 |
| 系統科學的發生·····  | 37 |
| 一般系統論·····    | 38 |
| 系統的定義·····    | 41 |
| 2. 系統論原則····· | 44 |
| 整體性·····      | 44 |
| 有序性·····      | 46 |
| 熵·····        | 51 |
| 負熵輸入的意義·····  | 53 |
| “流”與“力”·····  | 55 |
| 耗散結構·····     | 57 |
| 3. 系統的分類····· | 59 |

### 第三篇 系統進化理論

|             |    |
|-------------|----|
| 1. 進化研究的意義  | 62 |
| 人類應當認識世界    | 62 |
| 不同學科的共性追求   | 63 |
| 進化研究的難處     | 65 |
| 客觀事物的不確定性   | 66 |
| 2. 廣義進化綜合理論 | 71 |
| 理論基礎        | 71 |
| 宇宙進化史       | 73 |
| 三大進化層次束     | 77 |
| 3. 系統進化論    | 79 |
| 定義          | 79 |
| 相似性理論       | 81 |
| 同元性與同源性     | 85 |
| 具體系統各有源     | 91 |
| 系統的發生及可變性   | 92 |

### 第四篇 系統進化史

|          |     |
|----------|-----|
| 1. 物質進化史 | 97  |
| 宇宙無限？有限？ | 97  |
| 何謂物質？    | 99  |
| 物質之基元    | 101 |
| 時空與客體    | 103 |
| “祖宇宙”    | 105 |
| 黑洞的發生    | 107 |
| 轉化與同元性   | 110 |
| 物質與能量    | 114 |
| 黑洞的前程    | 116 |

|                 |     |
|-----------------|-----|
| 2. 生命進化史·····   | 120 |
| 生命起源的物質基礎·····  | 120 |
| 化學進化·····       | 124 |
| 生命的發生·····      | 127 |
| 生物進化·····       | 130 |
| 變異的相對性·····     | 134 |
| 適應的相對性·····     | 135 |
| 漸變與突變·····      | 137 |
| 可塑性的意義·····     | 139 |
| 遺傳可塑性·····      | 141 |
| 行為可塑性·····      | 142 |
| 3. 文明進化史·····   | 145 |
| 社會行為的動物界基礎····· | 145 |
| 人類祖先的產生·····    | 148 |
| 體力勞動與腦力勞動·····  | 150 |
| 學習與社會進化·····    | 151 |
| 符號與進化·····      | 153 |

## **第五篇 系統整體主義**

|                    |     |
|--------------------|-----|
| 1. 三大進化層次的共性·····  | 157 |
| 2. 生命系統的特性·····    | 161 |
| 自動性和自創生性·····      | 161 |
| 何謂信息? ·····        | 164 |
| 信息與生命·····         | 167 |
| 生命系統的目的性·····      | 169 |
| 3. 人類的自知性和創造性····· | 172 |
| 4. 整體主義·····       | 174 |
| 生命系統的整體主義·····     | 174 |

|                  |     |
|------------------|-----|
| 自知性導致的非整體主義····· | 177 |
| 社會系統的會聚·····     | 179 |
| 中庸之道·····        | 182 |

## **第六篇 系統進化與改革**

|                |     |
|----------------|-----|
| 1. 生物進化論·····  | 189 |
| 生物進化與社會進化····· | 189 |
| 進化的定義·····     | 191 |
| 2. 遺傳性·····    | 194 |
| 遺傳信息的載體·····   | 194 |
| 傳統文化的價值·····   | 197 |
| 3. 變異性·····    | 200 |
| 變異的必然性·····    | 200 |
| 變異的價值·····     | 202 |
| 4. 變異的優劣·····  | 203 |
| 變異的隨機性·····    | 203 |
| 變異的多效性·····    | 205 |
| 變異的非普適性·····   | 206 |

## **第七篇 開放系統或系統的開放**

|                    |     |
|--------------------|-----|
| 1. 生命系統開放的選擇性····· | 209 |
| 生命系統的開放性·····      | 209 |
| 屏障·····            | 211 |
| 細胞膜的選擇功能·····      | 213 |
| 信息接收的選擇性·····      | 215 |
| 機體的選擇性·····        | 217 |
| 2. 人類社會開放的選擇性····· | 219 |
| 社會系統對自然界的開放·····   | 219 |
| 社會系統間的開放·····      | 220 |

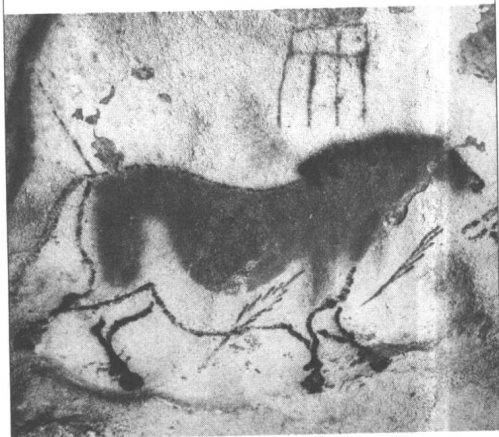
|                  |     |
|------------------|-----|
| 3. 生命系統的防禦性····· | 224 |
| 入侵與防禦·····       | 224 |
| 識別異體·····        | 225 |
| 非特異性免疫·····      | 228 |
| 特異性免疫·····       | 229 |
| 4. 社會免疫·····     | 232 |
| 社會也應免疫·····      | 232 |
| 莫忘往事·····        | 233 |

## **第八篇 系統的調控**

|                  |     |
|------------------|-----|
| 1. 韻頤性調控·····    | 236 |
| 調控的重要意義·····     | 236 |
| 代謝調控的韻頤性·····    | 237 |
| 興奮與抑制·····       | 239 |
| 韻頤性原則的普適性·····   | 241 |
| 社會調控莫忘韻頤性原則····· | 242 |
| 2. 前饋和反饋·····    | 244 |
| 調控系統·····        | 244 |
| 前饋·····          | 245 |
| 反饋·····          | 246 |
| 複合調控系統·····      | 248 |
| 調控程序·····        | 251 |
| 反饋裝置·····        | 255 |
| 負反饋的重要性·····     | 257 |
| 3. 分權分工·····     | 259 |
| 中樞神經系統的分部分工····· | 259 |
| 中樞的分級分權·····     | 261 |
| 分權分工的意義·····     | 262 |

|                     |     |
|---------------------|-----|
| 分工與合作·····          | 265 |
| 4. 監督制約·····        | 268 |
| 隨意運動之調控·····        | 268 |
| 錐體外系的監督制約作用·····    | 269 |
| 小腦的監督制約作用·····      | 271 |
| 監督制約的必要性·····       | 273 |
| <b>第九篇 分化的專業系統</b>  |     |
| 1. 細胞分化·····        | 278 |
| 細胞分化與進化·····        | 278 |
| 社會分工與進化·····        | 281 |
| 2. 流通部門·····        | 285 |
| 循環系統的控制·····        | 285 |
| 流通部門的控制·····        | 289 |
| 3. 信息系統·····        | 292 |
| 信息系統的重要性·····       | 292 |
| 神經系統的進化·····        | 294 |
| 社會“神經系統”的進化·····    | 297 |
| 信息系統的可塑性·····       | 300 |
| 神經系統的工作環境和生活條件····· | 301 |
| 社會“神經系統”的境遇·····    | 305 |

# 第一篇



## 迪 啟 的 學 物 生

---



## • 1 •

# 向生命系統學習

## 為何仿生

仿生學（Bionics）是一門新興的邊緣學科，雖然興起的時間還不長，但已經在工程技術、國防科技、醫療衛生等廣大領域內作出了很大的貢獻，引起了人們日益廣泛的關注和興趣。

1960年，在美國俄亥俄州召開了第一次仿生學討論會。這個時間已被人們認為是仿生學的正式誕生之日。這次討論會的口號是“人造系統的生命原型是新技術的鑰匙”，表明仿生學家們認為，仿生學是一門將生物學理論和方法運用於工程技術的學科，是“仿照生命系統的、或在某種意義上表現生命系統特徵的、或那些與生命系統相似之系統的科學”。

當然，向生命系統學習並非起始於二十世紀六十年代。兩千多年前魯國的公輸般製作的“木鵲”，四百多年前意大利人設計的“撲翼機”等，都是對飛鳥的仿效。在飛機的研創史上，不少人也曾模仿鳥翼。飛機發明以後，人們又從蜻蜓的翅痣研究中獲得啓迪，在機翼上設置了消減震

顫的結構。類此的例子不少，說明歷來就有不少才人注意到了生命系統有許多值得學習的內容。

科學技術的發展是人類文明歷史進程的重要因素之一。自古至今，無數卓越超羣的英才夙興夜繼、孜孜不倦地從事探索研究，創造發明了與日俱增的技術和裝置，推動了產業革命和社會的發展。

可是，有一事實却令人別有一番滋味在心頭。隨着生物科學的發展，人們對生命系統的了解日益深入，就不斷地發現有些費盡心血創造發明出來的技術，千百萬年前就已經被某些生命系統使用了。例如，燈光通訊技術在航海事業中曾起過不小的作用，燈塔和海輪通訊光燈等設備，現在也還在使用。螢火蟲（*Photinus*屬、*Photuris*屬等）的存在歷史已超億年，早就“使用”“光通訊技術”。到了交配季節，這些螢火蟲的雌蟲待夜幕降臨，就爬到草葉上，用腹部末端的發光器官發出閃光。若在雌蟲周圍有雄蟲在飛行並閃光，雌蟲就在雄蟲閃光之後隔一定的時間（例如 *Photinus pyralis* 種，在氣溫 25°C 的條件下為 2 秒）發出一閃光作為應答。雄蟲見到閃光，就回飛並再次閃光；雌蟲又以同樣的間隔時間作答。這樣經過六、七次信號交換，若雌蟲的應答無誤，雄蟲就降落與之交配；如果雌蟲的應答不符合本物種的“標準”，雄蟲就揚長而去，置雌蟲於不顧。不同種類的螢火蟲有不同的閃光信號和規定的應答時間，所以不會發生錯誤交配。不過，有的雌螢火蟲却很“狡猾”，在自己交配以後，就去模擬別種螢火蟲的光通訊信號，把別種的雄蟲引誘來作為食餌。誠然，螢火蟲“光通訊技術”傳輸的信息量或不及燈塔和海輪，然而，它們開始“使用”這種技術的時間却比人類早上億年，而且，

其生物發光器官的發光效率（化學能——光能轉換率）大於90%，比電燈高得多。

再舉一例。雷達、聲納技術在現代的定位導航、軍事領域中的意義是衆所周知的，其創造發明的艱難也不言而喻。此類技術的工作原理是定向發射電磁波或超聲波，接收和分析反射信號。蝙蝠、海豚、電魚等動物將這類“技術”用於定向導航、捕獵的時間已數以千萬年計了。超聲波有一特性：定向性強。蝙蝠在飛行時，向前方發送頻率為數萬至十幾萬赫芝（Hz）的超聲波脈衝，每秒發送數個脈衝，同時用它的耳朵接收由前方物體反射回來的超聲回波。脈衝式超聲波有其優越之處：一方面，分段短時發放使能量集中使用，有高效性；另一方面，非連續性的脈衝式回波更易於檢測分析。人工雷達設計也遵此原理的。蝙蝠根據回波發現前方有某種物體時，立即調整所發放的超聲波頻率，並提高單位時間脈衝數（可達每秒200脈衝以上），對目標進行高精度的檢測分析，能辨明判定蚊子之類的小蟲或直徑不到1毫米的細綫等目標，決定前去捕食或繞避障礙物。海豚則利用超聲波在水中判鑒物距、尋找獵物、檢測障礙。海豚的超聲系統非常精巧，近年來又發現海豚還可能用超聲波進行個體間通訊。電魚的種類不少，據統計，大約有五百多種魚類具有發、收電能的能力。例如，非洲熱帶地區的江河湖泊中有一種象鼻魚（吻部很長，也有人稱之為水象），其尾部兩側有發電器官，能向周圍環境發放電脈衝，背部則有電波接收裝置。象鼻魚常在水底泥漿中捕食，水渾光弱，它們就通過發放電脈衝和接收檢測電波反射信號來探查獵物、天敵或障礙物。有些電魚還能將這類“技術”用於個體間通訊。

諸如此類的大量實例，使越來越多的人們日益關注生命系統和重視向生命系統學習。本世紀生物學的迅速發展爲此展示了廣闊的前景。同時，在四、五十年代裏，電子學、自動學、計算技術發展加速，控制論、信息論、系統理論等綜合性科學理論勃然興起，不同學科間交叉、滲透、融合的綜合性觀念日益深入人心。這些學科的發展爲仿生學奠定了基礎。另一方面，現代化科學技術的發展，需要愈加複雜、精密的設備裝置，並要求這些裝置設備能連續運行、高度可靠，而生命系統在可靠性、靈敏性、連續性、精巧性、節約性等方面都具高度水平，欲發展現代科技，就有必要向生命系統學習。所以，到了六十年代初，仿生學誕生的充要條件已經具備。於是，作爲一個獨立的研究方向，一門系統的邊緣科學，一條前程無垠的科技道路，仿生學應運而生。

## 仿生學

仿生學是通過對生命系統之結構性質、能量轉換及信息過程的研究，了解和認識生命活動的本質和規律，建立科學的模型和理論，再將所獲得的知識用於改造現有的或創造新的工程技術系統（機械、儀器、工藝過程等等）。換言之，仿生學的研究過程一般包含三個階段。第一階段是生物學階段，此乃基礎研究階段，或根據工程技術系統的目標、任務而採用各種方法去研究生命系統中與此目標或任務相關的結構和／或功能，或在生物科學自身的基礎研究成果中選取富含對工程技術之啓迪的內容。第二階段爲理論研究階段，即通過對基礎階段所獲資料的分析、綜

合認識，建立數學模型，提出基礎理論，揭示特定規律。第三階段為應用研究階段，或稱技術階段，根據前二階段的研究成果，模擬、仿效生命系統，研究、設計、製造具體的、有效的物理模型。

仿生學的研究內容十分廣泛，已在許多方面取得了可喜的成果。一些仿生學家認為，仿生學的研究領域，大體上可分為信息仿生、控制仿生、力學仿生、化學仿生和醫學仿生等幾個方面。

信息仿生意為仿照生命系統的信息處理功能，包括感官仿生、細胞內、細胞間和個體間通訊仿生、智能仿生等方面。例如，蛙類的視覺系統自具特色，其視網膜的神經節細胞約50萬個，分成五大組。其中佔神經節細胞總數之一半左右的一組可稱為“蟲檢測器”，這組神經元只對相對於背景運動的、視角小於 $3\sim 5^\circ$ 的、光度低於背景的、向視野中心方向移動的對象產生高敏感度反應，目標若呈蟲狀，反應更強；對不運動的物體則不發生反應。這種功能特性顯然有利於蛙類捕食活蟲。仿照蛙眼“蟲檢測器”研製的“電子蛙眼”可以而且已經用於識別飛行的導彈或飛機。鴿眼的視網膜神經節細胞有六種檢測器，其中的“方向運動檢測器”特別引人注意。這種檢測器只對自上而下、由遠而近的運動物體發生反應，而對自下而上、由近而遠者則“視而不見”。應用這一原理改進了警戒雷達系統，設置在國境綫上或機場邊緣，即可對飛向保衛區的導彈、飛機進行監測，而對飛離保衛區者不發生反應，提高了發現目標的準確度，有利於國防事業。又如，仿照蒼蠅的嗅覺器官研製成的高靈敏度微型氣體分析儀，已用於宇宙飛船座艙、潛艇內氣體成分的檢測分析。