

流體動力

毛伯羽

在1948年左右，人類已經能獲得音速以上的速度而不必藉重炸藥和炮管；音障被穿越，交通工具甚至也可有音速以至音速以上的速度。不久，火箭推進的洲際航具相繼問世，進而進軍太空進入大小軌道。同時，迫切地須要明瞭是否能對核子爆炸所產生的爆炸波（Blast waves）作有效的控制與使用。至於發生於大氣層中的各種現象，已經能藉高速的計算機而模擬及瞭解各種氣候狀況。

除了核反應及計算機外，許多研究流體動力的重要設計相繼完成，如超音速的風洞（Blow-down Wind Tunnel）以及震波管（Shock tube），前者可對以分鐘計的反應，後者對以流秒計的反應加以研究。

溫度與亂流（Temperature & Turbulance）
火箭愈改良，速度愈增，結果高溫的產生及其效應顯然變得不可避免。氣體在震波管中，先後用化學炸藥及電擊產生的震波衝擊達到幾萬度的高溫。常溫下含氮、氧分子的空氣，現在成了一些原子、離子、電子等的混合物。衝擊，壓縮它們的震波，就和超音速航具重返大氣層時所產生的震波一樣。這高溫的氣體可以以光能輻射及熱輻射（optical & infrared radiation）把內能傳給它的週界（Surroundings）。流體動力學者觀察其中綜合原子激發（atomic excitation），化學作用，輻射能吸放的種種反應。他們發現在實驗室中能進行若干原被認為只能存在星際的反應。

過去數十年中，在理論方面和實驗方面亂流（或稱渦流）的基礎統計理論都被研究過，一些理想的渦流模型，加上一些基本的流體力學方程式和假設，不同尺度的渦流間動能的傳遞可以歸納成理論。不論這些假設是否正誤，渦流的研究對流體動力學家們仍是一項挑戰。研究大氣中，洋流中及等離子氣體中的渦流時所遭遇的困難更激起對渦流現象的合理解釋的尋求。

太空及海洋科技的發展，對流體動力有無限的貢獻。如今這種需要仍然未減。可壓縮及不可壓縮的流體仍有問題。流體邊界的研究，有許多重要貢獻。如今許多對邊界層次的超小結構的廣泛研究正

進行中。

震波及爆波

音障不再存在，音爆却成一個大問題。音爆的震波被視為是一種數學上的不連續。這種震波的性質及作用，須待對它的結構的更進一步研究。至於劇烈氧化的爆波顯然是「化學反應線」（reaction front）上的不穩定以及隨後燃燒氣體的渦流造成。

離子氣體流及震波波前的觀察也是專家們感興趣的工作之一。帶著光的波前似乎只在星際星雲撞擊時才發生，同些震波被認為是在星的星源（origin）發生的。這類磁性流體的震波只是代表著磁力加諸於流動的導電介質所生的千萬現象中的一例而已。

邊界流體，震波管中的流體等構成目前的重要課題統計在流體動力。

利用統計力學對流體動力及其他傳遞（transport）現象列方程式曾有進展。如「相關函數法」（correlation-function method）就是一例。稀有氣體更引起興趣；許多專家致力於不同條件下這些氣體性質的研究，包括密度極高形成聯體以及密度極低無碰撞的兩極端及其間的許許多多狀態。

流體動力在地球物理。

古典流體動力以及運用高速計算儀的流體動力，對於氣象學家及海洋學家尤其重要。氣象學上許多問題脫不開流體動力，雖然前者也須要許多冗長的計算，故可視為一種借重已知物理定律卻須許多經驗的特殊學問。

流體的不穩定性，對流現象，以及旋轉流體等問題正是目前此一領域是廣泛探討的對象。

超流體

20年前，蘭道（Lev Landau）的液氦理論曾為懸案如今，這在4.2°K的奇特超流體的性質，已被證實。量子渦旋（quantized vortices）更證實當時被提議的無延滯無熱阻的特性。容器中的超流體的角動量不會有一串連續（continucus）的值。由在電場中運動的電子週圍的微小泡可以發現不連續的渦旋對電子運動的效應。另外由布氏統計也可以對超流體有相當滿意的描述。

由於流體是構成整個宇宙的主要物質形態，因此只有少數中的少數自然現象能逃離流體物理的環宇。由於其複雜且廣泛的運動性質，我們只能對其中的一小部分有系統化的了解與控制。雖然次核子，核子及原子粒子的定律一般咸認也能適用於這些粒子的集合體，然而這些具有流體性質的集合體卻有許多不能解釋的現象。

我們能藉著對週圍世界作巨觀的流體動力方面的了解而對它有更進一步的瞭解嗎？也許廿年後等計算儀對非線性的難題能有更好的解答時才能回答這問題；當然也可能在我們放棄對微觀現象的努力而對較大的組織系統下工夫之後。無論何種情形，這個問題都值得加以深究。

粒 子

翁上林譯

作者簡介：亞伯拉罕·派斯(Abraham Pais)

現任洛克斐勒(Rockefeller)大學教授。1941年得到荷蘭烏特勒克(Utrecht)大學的博士學位並在該校與李恩·洛森非共同研究，其後又在哥本哈根與波爾(Niele Bohr)共同在理論物理研究所研究。1946年加入普林斯頓高等研究所並在1963年至1930年間在該處擔任教授之職。

序 言

熱對冷；乾對濕；這些是在古代和中古世紀人們所臆測的「四種元素」中的性質成對的二種價值類型，一切的物體皆從其所產生：熱，乾火；熱，濕空氣；冷，濕水；冷，乾土。

電子，光子，質子和中子：這些是物質和輻射的四種基本原素，亦是在1930年初期一亦即在粒子物理開始發展之前一由實驗所證實的「早期的」粒子。微中子已被假設為第五種原素。質量，自轉和電荷也被公認為基本的性質。萬有引力，電磁力，核力和其他衰變力也顯現出來；後二者是否同一，仍存在著臆測。同時相對量子場論的某些主要的「病症」已被診斷出來，而且只有一部分的治療為人所發現。

粒子物理是由探究物質的構造所發展出來的。這門新學問是年輕又具活力的典型，其主要的努力乃是朝向正確觀念的建立。當然，沒有一個正確的答案可回答此一問題：粒子物理有多久了？然而，如果我必須說出某一事件以標明粒子物理開始發展的一刻的話，我會選擇此一事件：1947年 μ 介子的發現！

「早期的」粒子是被非常充分的(sufficiently

)用來描述分子、原子、核子構造和輻射的現象。因此探究自然的「最終完密性」就有一種即將來臨的意味，我們可以想像我們已經有了構成物質的最基本的建築材料。然而 μ 介子的發現卻給予這種美夢一個嚴重的打擊。我們現在確信「早期的」粒子僅僅代表瞭解物質的構造和基本力所必需的成分的一小部而已，許多新的粒子特性，或者我們現在所稱的量子數，已被發現是必須的。新的力的性質，特別是它們的轉換性質和對稱性卻一直未被發現。

這些在過去四十年間的發展主要是由實驗上所得到的。有關粒子的寶貴的知識不單是由於新的加速器的建成，同時更是由於檢查和資料處理的重要而新的技巧所得來的。我們不應忘記我們所欠給「宇宙線研究」的一筆大債，它給予粒子物理發展的第一個衝力。在1930年中期，宇宙射線首先供給我們正子(positron)，然後是荷電介子，大部分是 μ 介子(μ mesons)，這些並非在1935年所假設的核子力， π 介子的粒子乃是在1947年發現的宇宙線中 $\pi^+ \rightarrow \mu^+ + \nu$ 衰變的內容。這個事實，以及在1940年末發現宇宙線中的「V粒子」，超粒子(hyperons)和 Λ 介子，奠定了粒子物理發展的根基。很可能宇宙線的實驗研究將會導致基本上的變革。

四種力，二種微中子

基本力

現在我們知道有四種最原始的基本力，最古老的一種是萬有引力，關於它粒子物理到目前已沒什麼可說的了。雖然重力在物質間的作用佔有很重要的角色，然而在目前我們所研究的有關能量和距離的範圍內對於其他的粒子力來講，又顯得遜色多了。因此，我以下就不談它了。其次就是電磁力；強