



多相系統之非線性波動力學 與波動技術問題的建立根據及特性

作者：加尼耶夫（R. F. Ganiev） / 俄羅斯科學院機械工程研究所所長

翻譯：黃怡瑛 / 俄羅斯國際工程院台灣分會秘書
校稿：黃崧任 / 國立中正大學機械工程學系副教授

關於非線性波動力學的原則 ——波動技術的學術基礎

非線性波動力學的出現，不論是以創造新技術過程為目的，或是對於保障現代技術工程項目的可靠性與無噪音方面，都滿足許多技術領域的需求。俄羅斯科學院非線性波動力學及技術中心的研究團隊長久以來密切地與許多俄羅斯及國外不同產業（如：採油、能源、材料學、建築、食品工業、生態等）共同進行基礎與工業實驗，以闡明在多相介質中使用振動與波動程序（以下簡稱波動過程）的新可能。於此，在一些獨特的機台及西方公司的工業條件下已完成一系列的實驗。

多相介質指的是懸浮體、乳狀液、氣體懸浮體、懸浮大氣微粒、液體與氣泡（蒸氣）等的混合物。它們廣泛存在於各種領域中，包括：大自然與科技的製程，現代化技術的工程項目，許多石油、天然氣和化工的反應爐與加工設備，食品工業，生態，油氣層，與材料學等等，甚至是核能及暖氣系統。

在許多情況下，技術程序（製程）是透過多相介質的運動或平衡狀態的力學形式來決定。其中包括相對於分散相位（載波相位）而言的分散物質（液體滴狀物、氣泡、固體微粒等）的特定運動。於此，

舉凡相的轉換、化學反應、熱質交換、粉碎、或質點的集聚等大多數的物理—化學過程，在重要的程度上，是取決於多相介質的力學運動。

因此，在消耗最少能源及維持最大生產率的情況下，要建立或強化技術程序，其決定性因素之一即為形成多相介質運動的必要法則。

根據研究結果，若在多相系統中（這裡指的是帶有多相介質之力學結構的統稱，類似反應爐或設備及管路等）以波動及共振的效果為基礎的話，那麼，在很多情況下，這類型的運動可以更加有效率地建立。

在非線性共振相互作用的條件下，多相系統中的波動過程可以徹底改變其（工作）運動，因此，依靠波動過程以完成多相系統所需要之最佳化運動的想法，是完全自然合理的。

其中一個關鍵點在於，靠著控制（被動或主動）極小的（實際上是在符合低耗能及在非線性共振交互作用條件下，稍微看得見的）振動或波性運動是改變多相系統之動力學特性本質的任務。亦即，建立強大非具振動特性的附加運動，例如：相對於液體或多孔介質而言的分散物質定向單一運動，或是同

類及均勻乳液、懸浮體的取得，以致相的分離（分選）或加速混合，或是在多孔介質中額外滲流的出現等諸如此類的多相系統階段性運動。

要注意，這裡指的是，在完成自然頻率與干擾力頻率之間特定整比例時的非線性共振，它們與廣為普羅大眾所接受的振動工程理論相較，涵意較廣。

在非線性多相系統中可以是大量的非線性共振，而且，它們的引力區（Область притяжений）比一般（線性）共振來得寬廣。

在這方面的典型例子：即使振動是千篇一律，但不論是分散物質穩定的定位（穩定的平衡狀態），或間歇性、前進運動，或者類似龐加萊（Jules Henri Poincaré）所開啟的同宿結構（гомеклиническая структура）的混沌運動（хаотическое движение）等，亦即完全相異的狀態，不同的運動形式或穩定平衡等，它們在階段性交互作用下的多相介質中皆具一席之地。為了瞭解並推薦使用多相系統中非線性振動與波動這類的各種現象，就必須研究相關的科學基礎。於此同時，這種觀點曾被認為是提出多相系統非線性波動力學問題（非線性振動理論）的基礎，也是波動技術的科學基礎。

非線性波動力學問題依據的提出，主要是來自各技術領域的技術分析，以得到關於強化或建立技術標



準程序的結論，其中包括：

- ⊙ 混合、均質化、分散作用、研磨、活化
- ⊙ 分離及分選、分類
- ⊙ 多相介質的運輸及在多孔介質中的過濾
- ⊙ 多相介質中的熱質交換及力學化學過程。

到目前為止，在許多如化工、食品工業及材料學等工程領域中，為了混合及均質化的目的，會使用各種在許多方面已到達極限的混合形式。

同樣的情況也出現在分離及分選過程：對於較精細的分離過程，沒有經濟型的分選器及分離器。過濾過程的本質改善，例如提高石油天然氣層開採量，多孔介質滲透，包括奈米油孔，皆須要原理性地研究新方法以多次提高其效率。

這個分析可以依據最不同的方向來進行，以及與其他相較之下早為人知的傳統方法，如振動技術及超音波技術等，但主要結論在於，還存在一連串與多相系統研究相關的標準程序與技術，如研究及工業實驗所示，說明非線性波動力學及波動技術研究的合理性。

因此，在多相系統中，將振動及波動能源有效地轉換為非振動運動的其他形式的能源成了任務，其結果就是，對於實現相關技術所必需的各種物理化學過程。亦即，在特定條件下，出現將振動及波動能



源有效地轉換為完成技術過程所必要之運動的其他形式的能源的可能性。

因此，從上述可以提出下列多相系統之非線性波動力學問題。

在減少耗能的非線性共振交互作用條件下，建立多相系統中非具振動特性運動的根本形式（радикальные формы）（亦即，那些速度大大超越原始運動階段速度，而讓有效的技術應用成為可能）（圖 1.1.1）。

這種問題的提出反映了看待非線性振動及其在技術上的應用的非傳統觀點，並得以研發新式前瞻性波動技術的技術方向。

非線性共振關係：

$$\lambda_1 m_1 + \lambda_2 m_2 + \dots + \lambda_n m_n + \omega_1 p_1 + \omega_2 p_2 + \dots + \omega_k p_k \approx 0$$

m_i, p_j — 小的整數； λ_i — 自然頻率； ω_j — 驅動頻率（частоты вынуждающие силы）。

例如： $\lambda_i + \lambda_j = \omega_k$, $\lambda_i = \omega_k / n$, $n = 1, 2, \dots, 1/2, 1/3$,

這只是非線性波動力學問題的典型方案之一。非線性波動力學問題方案的提出相當多元化，其完全取決於在現代技術條件中描述各種技術或必要之力學過程的多相系統力學模式。

列舉幾個典型的類型情況：

◎建立分散物質（水滴、固體及氣體或其他內含物）的定向運動，這些分散物質相對於振動承載液體而言，可以用在多相系統物質分離及分選的過程中。

◎確立相較於振動液體而言的內含物，其密集間歇性及非間歇性（混沌）運動，且這些內含物可以促進多相介質系統的混合及均質化，其結果可能是物理化學轉化、熱質交換的密集過程，以及同類型穩定的乳狀液、懸浮體，包括奈米材料等的取得。

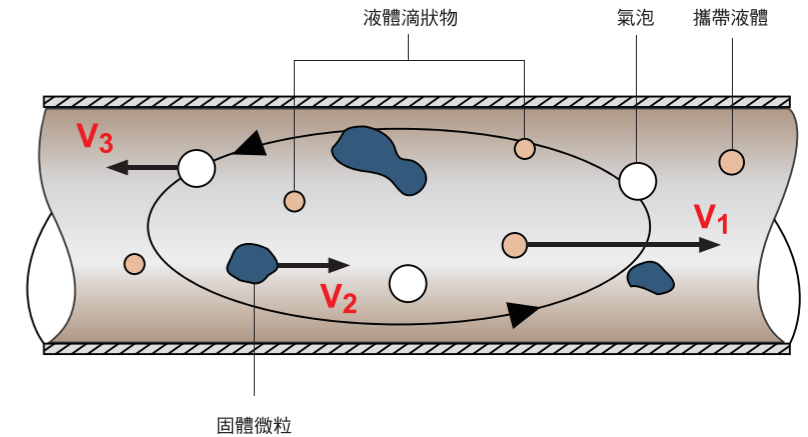
◎取得穩定的多相系統動力結構，並可建議作為氣液流（газожидкостный поток）、散粒介質等的最佳運輸方式。

◎確立相對於振動液體而言之各種內含物的運動（水滴、固體及氣體），其在取決於許多系統參數，包括從密度及內含物尺寸而來的參數的情況下，會導致在有限空間區域流動局部化，或是離開這些區域。

◎不論是在受限的容量，或是在流動系統中，在保障高產量的情況下，建立由波共振所控制之多相系統的紊流化過程。

◎在流動系統及間歇作用原則中顯現強大的真空

圖 1.1.1
依賴共振條件下之非線性振動及波動的交互作用，建立多相系統中分散物質運動（非振動特性）的根本形式。（譯注：原文圖中針對V1, V2, V3並無說明）



（кавитационный）及真空渦流（кавитационно-вихревой）狀態，以建立與化工、食品工業、材料學、建築、奈米科技之各種材料在精選、研磨、活化、及均質化相關之各種工藝過程的類型。

◎以在食品工業、材料學、建築中運用分類散粒介質尺寸的有效方法為目標，在散粒介質中找出與活化、混合（包括微小添加物在大量物質中的均勻分佈）相關的波共振運動方式。

◎在液氣體飽和的多孔環境中製造附加的濾過性滲流，以及製造無法以傳統方法辦到的，使壓力異常額外下降。這些結果皆可被用來提昇油層的開採量，加強多孔環境的滲透技術過程，加強薄膜技術、過濾的清潔及自潔，奈米細孔的填充等。

◎透過消極穩定器及振動消除器的建立，以研究有效提高振動可靠度及無噪音的方法，達到穩定效率，消除振動噪音以及管內水聲的目的。

◎不論是在帶有液體及氣體的結構中或是建物中，透過被動結構元件及改變水流衝擊的方式產生新的無噪音原則來被動管理邊界層，讓管道、渠道及邊界層中水流產生層化與穩定。在研究多相系統的分離及分選裝置時，層化效益也可用來提昇分離液體與鄰近密度的效率。

在這裡，可能有許多不同的方案。上述只是列舉幾種類型。

因此，非線性波動力學是波動技術的科學基礎。同時，在研究波動技術應用至具體的技術領域時必須進行一系列新的應用學術研究。這會引導在非線性波動力學領域中出現新的學術建立。非線性波動力學及波動技術兩者之間彼此互依互存，缺一不可。