

2. 項目簡介

(項目所屬科學技術領域、主要研究內容、發現點、科學價值、同行引用及評價等內容。)

項目研究所屬科學技術領域：非線性振動力學（1302020）；隨機振動力學（1302040）；拋物型偏微分方程（1104730）。

項目研究的目的：提出新思路新方法以精確有效地求解非線性隨機動力系統在隨機激勵下響應的概率密度函數，或精確有效地求解非線性隨機動力系統所對應的高維 Fokker-Plank- Kolmogorov (FPK) 方程。

研究內容包括：首先提出指數多項式閉合(exponential-polynomial closure)法，簡稱 EPC 法，以求解單自由度或二自由度非線性隨機動力系統所對應的二維或四維 Fokker-Plank- Kolmogorov (FPK) 方程。然後再提出狀態空間分裂(state-space-split)法，簡稱 SSS 法，將多自由度非線性隨機動力系統所對應的高維 FPK 方程降維，使這些降維的 FPK 方程可以用 EPC 法求解。整個過程簡稱為 SSS-EPC 法。將 SSS-EPC 法應用於解決各種實際應用問題並驗證其有效性。

發現點：經過研究發現指數多項式閉合法可以精確有效地求解帶多項式形式非線性或（和）帶參數激勵的單自由度或二自由度非線性隨機動力系統所對應的二維或四維 FPK 方程。大量的數值研究結果發現，SSS 法可以有效地將帶多項式形式非線性或（和）帶參數激勵的多自由度非線性隨機動力系統所對應的高維 FPK 方程降維。特別是 SSS 法可以將高維 FPK 方程降到二維或四維 FPK 方程，然後這些二維或四維 FPK 方程可以用 EPC 法求解。

科學價值：科學和工程中的很多實際問題要用非線性隨機動力系統描述，例如建築物在風或地面運動作用下的振動問題，車輛在凸凹不平的地面上運行的振動問題，海洋平臺或船隻在風浪作用下的振動問題，飛行器在紊流作用下的振動問題，以及一些統計物理、生物物理和金融經濟等領域中的很多問題要用非線性隨機動力系統描述。精確有效地分析隨機動力系統響應的概率解對於深入研究系統特性和可靠度分析具有重要意義，但精確有效地求解非線性隨機動力系統在隨機激勵下響應的概率密度函數問題已困擾了學術界近一個世紀。EPC 法將過去針對單自由度非線性隨機動力系統的研究擴展到了二自由度非線性隨機動力系統的研究，或將求解二維 FPK 方程的研究擴展到了求解四維 FPK 方程的研究。SSS 法將求解低維 FPK 方程的研究擴展到了求解高維 FPK 方程的研究，且不受系統或 FPK 方程維數的限制，從而使非線性隨機振動理論和 FPK 方程向實際應用跨出了重要一步。

同行引用和評價：經過 Web of Science 和 Google Scholar 搜索，申請人所提供的 16 篇論文被他人引用的次數是 230 次。同行的評價都是正面的，參見第三方評價。這裡要指出的是，非線性隨機振動理論和方法的研究是一個極具挑戰性的課題，國際上從事這一課題研究的學者屈指可數。相對其它熱門課題，該課題的論文他引率都不高。就是在非線性隨機振動領域的一些著名學者包括國內外院士們在

內的相關論文他引率也不高。從 Web of Science 和 Google Scholar 搜索可以看出，一些著名學者發表已久的單篇論文的總引率能達到 100 以上已經算很高了。同時要用 SSS-EPC 法解決問題除了需要掌握 SSS-EPC 方法外，也需要具備深厚的非線性隨機振動理論基礎、寬廣的計算力學及計算數學知識、和極強的科技電腦程式編寫能力。雖然申請人基於 SSS-EPC 法開發出了電腦軟件，但目前尚未公開。這些都是導致申請人發表的論文他引率不高的原因。

(字數不超過 1200 字)