

經由結合適應性滑動模式控制理論及可逆動態方法之鋼性機械手臂控制*

徐國鎧 朱鵬憲 尚立人**

針對鋼性機械手臂 (rigid robot manipulators) 控制提出新的控制器，經由結合適應性滑動模式控制 (adaptive sliding mode control) 理論與可逆動態補償方法。利用可逆動態補償方法應用於機械手臂系統可不須估測系統慣性矩陣 (inertia matrix)，避免時變性慣性矩陣之反矩陣計算。適應性滑動模式控制方法用於控制系統未知不確定參數 (parametric uncertainty) 及外部雜訊 (external disturbance) 但大小有限界。最後、利用模擬驗證控制器的性能。

關鍵詞：鋼性機械手臂，適應性滑動模式，可逆動態方法，強健穩定。

一、緒論

早期設計鋼性機械手臂控制器必須對系統做線性化及解耦非線性處理，然後再設計迴授控制器，因而使得閉迴路有很好的響應，然而如此僅能使系統穩定，卻不保證系統輸出誤差趨近於零。近來，對於鋼性機械手臂控制器的發展雖已克服先前控制器之缺點，但仍須先設定系統未知不確定參數與外部雜訊之大小上界。可變結構控制理論 (VSS) 應用於機械手臂控制為一很有效的方法，因為在滑動模式 (sliding mode) 下機械臂系統有維持不變的特性。在滑動模式控制設計中，無論如何，未知不確定參數值與外部雜訊大小的限界都假設有效的。

在實際系統中，未知不確定參數的限界可能不易得到，因為機械臂系統的結構很複雜，因此如何得到未知參數的限界值是一重要課題。在另一方面可逆矩陣控制方法對於機械手臂控制效果很好，但此方法須要詳細的機械臂系統描述而且系統參數未知值不易得知，增加控制器設計上的複雜度。無論如何，應用可逆動態方法設計控制器確實有一些限定條件如：1. 慣性矩陣估測值是有界的，2. 慣性矩陣為非奇異 (nonsingular) 矩陣，3. 控制系統無外部雜訊干擾。

二、新的控制方法

本論文提出新的控制方法，針對鋼性機械手臂在內外雜訊干擾下，經由結合適應性滑動模式控制理論與改善可逆動態方法設計補償器。根據適應性控制理論設計適應性法則 (adaptive law) 直接分別對系統參數及雜訊大小之上界做估測，應用可逆動態方法使得控制器不需要估測系統的慣性矩陣，避免時變性慣性矩陣之反矩陣計算並且可以容忍外部雜訊干擾，放寬控制上嚴格假設使控制器較不保守，並保證系統具有在滑動面之優點。最後，以二軸之鋼性機械手臂做機械臂位移追蹤模擬。

三、討 論

從模擬結果得知系統輸出在滑動面下無抖動現象存在且系統參數及外部雜訊之估測值收斂於一限界，軌跡追蹤誤差趨近於零，對於雜訊干擾也能保持良好的強健性。因而驗證此控制器不但無須估測系統的慣性矩陣且可以容忍外部雜訊干擾，強健性佳。

* 曾刊載於：IEE Proc.-Control Theory Appl., Vol. 143, No. 3, p. 283-288,
May 1996

** 徐國鎧：國立中央大學電機研究所教授，朱鵬憲：國立中央大學碩士，尙立人：
四海工商專校電子科助教