

## 第五章 結論與後續研究建議

### 5-2 結論

可調整擺錘之倒單擺，在平衡定位控制方面的模擬，直覺上，擺錘越靠滑車則系統越穩定，振盪較小，而且誤差收斂時間也較短，反之則相反。致於擺錘的質量越大，則系統的振盪比較小，但收斂時間也是否較短則不一定，可能需要更多次的模擬和實驗的觀察。

用極點配置法所設計的控制器，極點的選定對系統的穩定和誤差收斂的狀態有相對的影響。這在本研究的模擬中，可充份看出。

在平衡追蹤控制方面的模擬，本研究的 ANFIS 在學習的過程中，有運用 LQR 產生最佳化的模糊控制法則。其中 LQR 參數選擇對閉迴路系統動態性能及最佳化的影響重大，對位置跟蹤速度和角度變化範圍也有相互的關聯，並且 LQR 各個參數( $Q$ 、 $R$ 、 $N$ )與輸入波形訊號的頻率速度、波形振幅大小的關係是有互相影響的，應當通盤考慮後再選取。在一般情況下， $R$  增加，控制力減小，角度變化變小，跟蹤速度變慢。矩陣  $Q$  中某元素相對增加，其對應的狀態變量的響應速度增加，其它狀態變量的響應速度相對減慢。利用 ANFIS 訓練模糊推論控制器，其輸入模糊狀態空間的分割點的選取可以根據選取採樣點的數目和系統偏離線性的程度來選取分割點的數目及位置，本研究對於每個狀態空間方向選取兩個模糊歸屬函數就可以達到控制的要求。

### 5-2 後續研究建議

經由模擬結果的探討與研究，可知經由 ANFIS 所訓練出的模糊控制器，

運用於倒單擺系統，其對各種波形的平衡追蹤控制模擬，有某些程度的穩定性及動態追蹤能力。其性能的最佳化，端看 LQR 各參數的設定，輸入糊模狀態空間的分割方式和對輸入波形訊號振幅、頻率大小之選取。因此對於本研究之最佳化控制性能設計方面的研究，在未來應該加強。此外在本研究中，所運用的最佳化線性控制理論，除了 LQR 方法以外，未來也可嘗試運用極點配置或其它方法來達成。

由於所研究的可調整擺錘之倒單擺系統，所推導的數學模型，其動力微分方程式的參數相當多，以致於式子過於龐大，要寫入模擬模組子系統內，並非易事，因此可以事先將各參數值先行代入式中，化為常數係數，以簡化式子大小。模擬的結果是可行的，雖然對波形訊號的追蹤響應圖形不完美，LQR 控制參數設定的最佳化有待商榷，然而平衡追蹤控制的目的仍然可達成。由於 ANFIS 設計的控制方法是可行的，也因此更加確信此設計方法可以實現，所研究的可調整擺錘之倒單擺系統的平衡追蹤控制。

此外關於利用極點配置法設計，運用於可調整擺錘之倒單擺系統的平衡定位控制。因響應的曲線有不連續的漸增或漸減的軌跡返回現象，所以控制性能也不盡完美，在未來有關於這方面的研究，應做深入的探討。