

國立虎尾科技大學
機械設計工程系
專題製作報告

Pyslvs-UI 平面多連桿機構套件 之合成與應用

Synthesis and Application of Pyslvs-UI Planar Multi-link Mechanism Package

指 導 教 授： 李 武 鉦

班 級： 四 設 計 三 甲

學 生： 林昱秀 40723102

林晏瑩 40723103

劉光智 40723145

吳佳穎 40723153

蔡育澧 40723245

中 華 民 國 一 一 零 年 四 月

國立虎尾科技大學 機械設計工程系
學生專題製作合格認可證明

專題製作修習學生：
四設三甲 40723102 林昱秀
四設三甲 40723103 林晏瑩
四設三甲 40723145 劉光智
四設三甲 40723153 吳佳穎
四設三乙 40723245 蔡育澧

專題製作題目： Pyslvs-UI 平面多連桿機構套件之合成與應用

經評量合格，特此證明

評 審 委 員： _____

指 導 老 師： _____
系 主 任： _____

中 華 民 國 一 一 零 年 四 月 二 十 九 日

摘要

生產自動化是現今工業界中最重要的一環，如何以更低的成本與縮短生產製程，來提高在國際上的競爭力，是大家所努力的目標，而身為未來二十一世紀的一員，更需了解其重要性。

關鍵字: 機構模擬、機構分析

目 錄

摘要	i
目錄	i
圖表目錄	ii
第一章 簡介	1
1.1 研究背景與動機	2
1.2 研究目的	2
1.3 研究方法	2
第二章 文獻探討	3
2.1 平面機構分析套件	3
2.2 平面機構合成套件	3
2.2.1 MeKin2D	3
2.2.2 MechDev	3
2.2.3 WinMecC	3
2.3 自行車避震機構研究	4
2.3.1 Single-pivot suspension(單軸懸架)	4
2.3.2 Linkage-driven Single-pivot Suspension(連桿驅動之單樞軸懸架)	4
2.3.3 High-Pivot Idler Suspension(高樞轉惰輪懸架)	5
2.3.4 Twin-link Suspension(雙連桿懸掛)	5
2.3.5 Horst-link Suspension(霍斯特鏈懸掛)	6
第三章 Pyslvs-UI 套件介紹	7
3.1 Pyslvs-UI 架構與原理	7
3.1.1 平面連桿機構模擬	7
3.1.2 機構合成	7
3.1.3 圖形化使用介面	7
3.2 Pyslvs-UI 編譯	8
3.3 Pyslvs-UI 範例	8
第四章 登山車避震機構	9
4.1 避震機構合成	9
4.2 避震機構評量	9
4.2.1 Anti-squat	9
4.2.2 Anti-rise	9
4.2.3 Leverage Ratio	9
4.3 避震機構分析範例	9
第五章 結論	10
第六章 未來研究建議	11
參考文獻	12
誌謝	13
作者簡介	14

圖 表 目 錄

圖 2.1	平面連桿之運動學模擬	3
圖 2.2	盤式凸輪機構之合成與分析	3
圖 2.3	單軸懸架	4
圖 2.4	連桿驅動之單軸懸架	4
圖 2.5	高樞轉惰輪懸架	5
圖 2.6	連桿懸掛	5
圖 2.7	霍斯特鏈懸掛	6
圖 2.8	霍斯特鏈懸掛	6
圖 6.1	後續研究	11

第一章 簡介

生產自動化是現今工業界中最重要的一環，如何以更低成本與縮短生產週期，來提高競爭力，是大家所努力的目標，而身為未來工程師，更需了解其重要性。目前於市面上一種運用在校所學之 CNC 相關課程，以完成一部具有高精度、體積小、故本組成（十萬元以下）的 PC-Based 三軸運動控制實驗台為研究目標，達成在教學上的需要，並增加系內的實驗設備。本專題主要目的在了解伺服馬達的控制原理、三軸運動控制卡的使用方式、人機介面程式的撰寫與增加機械實務加工的能力。

第 1.1 節 研究背景與動機

隨著科技越來越發達網路上有許多機構分析的套件，但是鮮少有機構合成功能的套件，且大多為收費或無公開原始碼。而本專題所使用的套件-Pyslvs-UI 為本研究室所開發的套件且有公開原始碼，因此此專題利用該套件來合成一登山車避震機構。

第 1.2 節 研究目的

第 1.3 節 研究方法

首先建立一現有登山車避震機構，再針對不影響現有自行車車架的尺寸但對於避震能力有較大影響的接頭利用遺傳演算法求解最佳位置以得到最佳連桿尺寸，接著將上述所得到的接頭位置和連桿長度利用 Inventor 自動產生對應連桿尺寸，後續利用 xml 格式匯入 CoppeliaSim 並利用 CoppeliaSim API 設定馬達讓該機構以一自由度進行運動模擬。上述流程如圖 XXXX 所示。

第二章 文獻探討

第 2.1 節 平面機構分析套件

第 2.2 節 平面機構合成套件

2.2.1 MeKin2D

MeKin2D 為一種用 Free Pascal 編寫的子程序包。主要功能使用模組化設計對平面連桿進行運動學模擬、盤式凸輪機構的合成與分析，如圖 2.1、圖 2.2。其中，MeKin2D 的套件包含 4 個子程式。分別有：

1. LibMec2D: 定義偏移點將複雜形狀附加到運動的鏈接上，並添加模擬線性和角度量度，作為向量的速度和加速度以及運動點的軌跡
2. LibMecIn: 定義基本輸入，例如曲柄或滑塊
3. LibAssur: 對被動模塊進行建模
4. LibCams: 用於運動學合成並分析盤式凸輪

圖 2.1: 平面連桿之運動學模擬

圖 2.2: 盤式凸輪機構之合成與分析

2.2.2 MechDev

MechDev 是一種機構設計軟件，專注於可用性和機構設計功能。基本功能為分析機構運動學、運動靜力學、帶有滾輪從動件或平面從動件的凸輪機構的合成與分析

2.2.3 WinMecC

WinMecC 為一種計算機軟件，用於平面機構具有一個自由度和任意數量鏈接。基本功能為將機構的運動學和動力學分析所獲得的大量結果，顯示成數值化或圖視化、可以優化分析創建的任何機構，並依據特定點所期望遵循之路徑，進行機構合成。

第 2.3 節 自行車避震機構研究

2.3.1 Single-pivot suspension(單軸懸架)

最簡單的懸架設計為單樞軸，使用搖臂連接後軸、主樞軸、避震器，特點在於後軸直接連接至主樞軸，避震器連接到搖臂上，搖桿環繞在主樞軸中心旋轉，槓桿比由避震器的位置決定，固定中心可在行駛過程預測懸架特性，但也意味著不同階段修改懸架特性能力有限，示意圖產品型號為 Orange Stage 的 STAGE 6 FACTORY，如圖 (2.1)。

圖 2.3: 單軸懸架

2.3.2 Linkage-driven Single-pivot Suspension(連桿驅動之單樞軸懸架)

如同單樞軸設計藉由後軸通過搖臂連接到主樞軸，增加聯動裝置在避震與搖臂間允許調整槓桿比率曲線，並在搖臂與避震器間建立連桿以改變槓桿比，搖臂圍繞在主軸旋轉且將中心固定於整個行程中，示意圖產品車架為 Orange Stage 的 Orange 2020 Alpine 6 Frame 27.5，如圖 (2.2)。

圖 2.4: 連桿驅動之單樞軸懸架

2.3.3 High-Pivot Idler Suspension(高樞轉惰輪懸架)

通常建構在單樞軸或鏈接驅動的單樞軸設計上，其樞軸位置位於鏈條上方，為使控制鏈條增長，鏈輪惰輪將鏈條從鏈輪佈置到主樞軸的頂部或非常靠近主樞軸的位置，主樞軸定位在鏈輪上方更高的位置，使用單樞軸同時中心在整個行程中是固定的。但是，在撞擊過程中，後搖臂在主樞軸下方以曲線向上和向後旋轉，而不是在低樞軸位置向上和向後旋轉，且後軸路徑可以幫助懸架在方形撞擊中保持平穩。鏈條繞到惰輪上，使鏈條與樞軸和後軸成一直線，大大減少了鏈增長的影響。惰輪的位置可以由設計人員用來增加或減少防下蹲的水平，但不會改變通常較高的防起落高度，如圖 (2.3)，產品來源為 Forbidden Druid 的 Druid Frame -2021。

圖 2.5: 高樞轉惰輪懸架

2.3.4 Twin-link Suspension(雙連桿懸掛)

搖臂通過兩個搖桿連桿安裝在框架上，從而將搖臂連接到主機樞軸，通過擺臂或搖臂連桿之一來驅動衝擊。雙連桿懸架將樞軸的數量從一增加到四個，可修改中心位置，進而改變行程不同點的懸架特性，參考產品為 Ibis' DW-link Suspension 的 Mojo HD5 Frame -2020，如圖 (2.4)。

圖 2.6: 雙連桿懸掛

2.3.5 Horst-link Suspension(霍斯特鏈懸掛)

特性在於樞軸底端的鏈條，後軸則安裝在腳撐上增加了樞軸，其修改後的軸距繞即時中心旋轉，改變行進路線的位置，可在行進的不同階段優化防下蹲與上抬。
雙連桿懸掛相比，霍斯特連桿系統的較長連桿通常會提供更平滑的曲線，產品支架為 RAAW Madonna 的 MADONNA V1 - FAST AND PREDICTABLE，如圖 (2.5)，產品為 Canyon Spectral 的 Izzo Pro Race 29，如圖 (2.6)。

圖 2.7: 霍斯特鏈懸掛

圖 2.8: 霍斯特鏈懸掛

第三章 Pyslvs-UI 套件介紹

第 3.1 節 Pyslvs-UI 架構與原理

Pyslvs-UI 是一套利用 Python3 與 PyQt5 建立的平面機構模擬與合成系統。機構模擬與合成的主要核心包括 Python-Solvespace 幾何約束求解程式庫、三角幾何函式程式庫 (tinycadlib)、演算程式庫 (ADesign)、幾何約束求解程式庫 (bgfs)、類型合成程式庫 (topologic)、數目合成程式庫 (number) 等。其中，ADesign 演算程式庫內包含 Real-coded Genetic Algorithm (RGA)、Differential Evolution(DE) 與 Firefly Algorithm (Firefly) 等三種，用於平面機構尺寸合成演算

3.1.1 平面連桿機構模擬

Python 的 Solvespace：Solvespace 的核心是與 Cython 綁定在一起。

Pyslvs：使用 Cython 解決 SketchSolve 的核心，其中包括平面機構的創新設計方法。SketchSolve 是一個可用於解決 CAD 軟件中發現的幾何約束問題的項目。Cython 是針對 python 編程語言和擴展的 Cython 編程語言（基於 Pyrex）的優化靜態編譯器。

3.1.2 機構合成

進行機構設計與合成主要流程分為尺寸合成、數目合成、構造合成與運動學模擬，而運動學模擬則是進行分析前面的合成項目。尺寸合成：通過隨機變量生成具有路徑限制的機構，生成結構參數來自變數設定，也有其它算法選擇，程式內共包含三種算法：實數編碼遺傳算法、螢火蟲算法與差分進化演算法。

實數編碼遺傳算法：在遺傳演算法的演算過程中，將設計變數以實數數值表示，稱為實數編碼遺傳演算法 (RGA)，其演算流程如圖 3.3(1)。

螢火蟲算法：其演算法是模擬螢火蟲離散的閃爍行為，算法將計算群體中螢火蟲的相對亮度和吸引度，並根據相對亮度決定螢火蟲的移動方向；更新螢火蟲的空間位置，對處在最佳位置的螢火蟲進行隨機移動；根據更新後螢火蟲位置，重新計算螢火蟲的亮度，最終輸出群體極值點和最優個體數值，演算流程如圖 3.3(2)。

差分進化演算法：是一種求解最佳化問題的進化演算法，其算法]]] 原理採用對個體進行方向擾動，以達到對個體的函式值進行下降的目的，同其他進化演算法一樣，差分進化演算法不利用函式的梯度資訊，因此對函式的可導性甚至連續性沒有要求，適用性很強，演算流程如圖 3.3(3)。

數目合成：構造合成：

3.1.3 圖形化使用介面

Qt 是一個 C++ 應用程式跨平台開發框架，被廣泛應用於開發圖形化介面程式。主要特色為以 Qt 開發的程式軟體，不須修改原始碼，使用相同的程式碼皆可在支援的平台上執行與編譯，自動依照平台的差異，展示該平台自有的圖形介面風格

第 3.2 節 Pyslvs-UI 編譯

第 3.3 節 Pyslvs-UI 範例

第四章 登山車避震機構

第 4.1 節 避震機構合成

機構合成設計需求為騎乘姿勢改變時或遇到顛頗不整的路時仍能保持整體的平衡，即 Anti-squat 及 Anti-rise 的數值能在 100

第 4.2 節 避震機構評量

4.2.1 Anti-squat

當加速時因不同騎乘姿勢導致的重心位置變化而產生的力量轉移會讓懸架受壓縮力，而 Anti-squat 即為抵抗此後沉的能力。

- $> 100\%$: 表示足以抵抗後沉的力量，而超過的力量將會變成拉伸力
- 100% : 表示完全平衡了負載，即懸吊沒受到壓縮力或拉伸力
- $0 \sim 100\%$: 表示部分後沉力量被抵抗
- $< 0\%$: 表示所有的後沉力量皆無被抵抗

4.2.2 Anti-rise

在剎車的時候因為力量轉移的關係導致後輪產生升起的情況，而 Anti-rise 即為抵抗此後升現象的能力。

- $> 100\%$: 表示足以抵抗後升的力量，而超過的力量將會變成壓縮力
- 100% : 表示完全抵抗了剎車產生的後升現象
- $0 \sim 100\%$: 表示部分後升力量被抵抗
- $< 0\%$: 表示所有的後升力量皆無被抵抗

4.2.3 Leverage Ratio

Leverage ratio 是避震器壓縮量和後輪行程的比值，當較大的槓桿比率會對避震器產生較大的衝擊，而在騎乘時對於地形變化的感受度較不敏感，相反地較小的槓桿比率對於地形的敏感度較高。

第 4.3 節 避震機構分析範例

第五章 結論

內文內文內文 123ABC

第六章 未來研究建議

本專題以已建立一流程從尺寸合成至動態模擬軟體進行運動模擬，後續可將運動系統改為動力系統並利用有限元素法對該避震機構進行受力情況的分析。

圖 6.1: 後續研究

參考文獻

生產自動化是現今工業界中最重要的一環，如何以更低的成本與縮短生產製程，來提高在國際上的競爭力，是大家所努力的目標，而身為未來二十一世紀的一員，更需了解其重要性。

誌謝

生產自動化是現今工業界中最重要的一環，如何以更低的成本與縮短生產製程，來提高在國際上的競爭力，是大家所努力的目標，而身為未來二十一世紀的一員，更需了解其重要性。

作者簡介

生產自動化是現今工業界中最重要的一環，如何以更低的成本與縮短生產製程，來提高在國際上的競爭力，是大家所努力的目標，而身為未來二十一世紀的一員，更需了解其重要性。