[1 量測/預估車輛之偏擺轉動貫量(Yaw Moment of Inertia) 1](#_Toc152844161)

[1.1 量測車輛之偏擺轉動貫量 1](#_Toc152844162)

[1.1.1 懸吊法Suspension Method 2](#_Toc152844163)

[1.1.2 扭擺法Torsion Pendulum 2](#_Toc152844164)

[1.2 預估車輛之偏擺轉動貫量 2](#_Toc152844165)

[1.2.1 雙重擴增卡爾曼濾波法 3](#_Toc152844166)

[1.2.2 最小平方法回歸 3](#_Toc152844167)

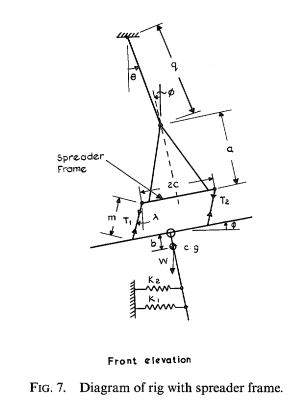
[1.2.3 經驗公式法 5](#_Toc152844168)

[2 Double lane change(ISO-3888-2 2011) 轉向角規劃 5](#_Toc152844169)

1. 量測/預估車輛之偏擺轉動貫量(Yaw Moment of Inertia)
   1. 量測車輛之偏擺轉動貫量

一般來說，想要獲得一個非均質物體的轉動貫量，需要先知道該物體的質心位置，然後積分每立方單位的重量乘以距離質心的平方，得到該物體正確的轉動貫量。或是準確量測各部件之轉動貫量，再依據各部件與質心的距離依平行軸定理，求得全體轉動貫量之和。然而，由於車輛有其複雜性與附載的變動性，難以透過上述之方法直接計算車體之轉動貫量。因此，車輛的偏擺轉動貫量精確值，通常需使用量測的方式逆推。在20世紀，就有論文提出使用鐘擺的原理量測飛機、車輛的轉動貫量。量測方法大致上可分為兩種，一種是懸吊法，另一種是扭擺法。基本上都是透過分析擺盪物體的動態，來回推轉動貫量。具體的公式會依機具的不同而有不的推導方式。但是量測法的成本通常都頗高，而且只能量測車輛在空負載或固定負載下的轉動貫量。如果車輛有了多餘的載重，需要另外求得該負載的轉動貫量與相對車輛質心的距離，才能透過平行軸定理獲得變動後的轉動貫量。

* + 1. 懸吊法Suspension Method[[1]](#endnote-1)



懸吊法的基本原理與公式:

* 將載具從單一點懸掛起來,前後兩側分別用彈簧作為約束,以獲得扭轉方向的約束條件。
* 扭轉慣性矩可以通過下式求得:

其中 是前後彈簧剛度和臂長的總和, 是扭轉振盪的固有頻率。

* + 1. 扭擺法Torsion Pendulum[[2]](#endnote-2)

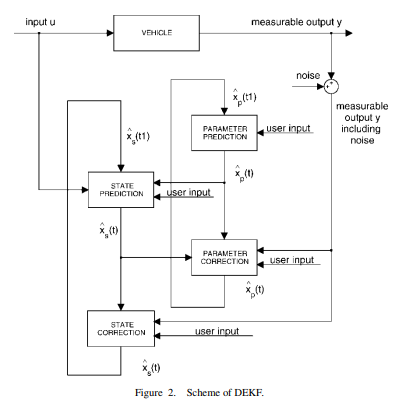
扭擺法的基本原理與公式:

* 將載具放在一個可以繞垂直軸轉動的測試平台上,利用螺旋彈簧提供復位扭矩。
* 扭矩慣性矩可以通過下式計算:

其中是測試平台載有載具時的擺動週期,是彈簧提供的扭轉剛度。

* 1. 預估車輛之偏擺轉動貫量

若無法藉由量測來獲得車輛的轉動貫量，便只能透過推估的方式來獲得大概的數值。這也是多數研究採用的方法。然而，雖然車輛轉得動貫量可以用很多方法去推估，但其中有些方法只能得到，能夠較準確預估「偏擺方向」的轉動貫量之方法仍然有限。

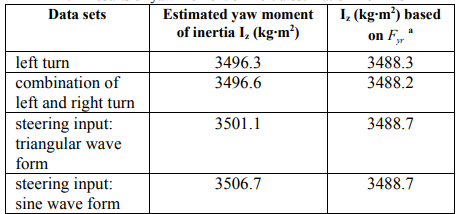
* + 1. 雙重擴增卡爾曼濾波法[[3]](#endnote-3)

雙重擴增卡爾曼濾波器法Dual extended Kalman filter，簡稱DEKF。卡爾曼濾波器是一種時域的濾波器。首先我們先假設我們能準確獲得車輛的各種動態數據，如: steer angle、四輪各自的轉速等等，再將欲量測的變數分為兩類，一類是車輛的狀態變數(會一直改變的)xp，有速度、加速度還有slip angles等等。另一類是車輛的常態變數(不會變的)xs，有質心位置、yaw moment of inertia等。然後針對這兩類的變數建立卡爾曼濾波器(EKF)，並偵測車輛跑動的數據，輸入給這兩個EKF，同時這兩個卡爾曼濾波器也會互相修正，最後xs的EKF會收斂，便可以關掉它，只剩下xp卡爾曼濾波器繼續獲得當下的車輛狀態。

文獻指出，一個車輛輪胎模型的準確性會大大的影響xs卡爾曼濾波器的結果，代表轉動貫量的預估結果可能高達20%，但也有可能僅4%。但是xp卡爾曼濾波器相對強韌，車輛的狀態變數不會因為模型的不準確而出現太大的誤差。

* + 1. 最小平方法回歸[[4]](#endnote-4)

LSR是另一種推估車輛的轉動貫量之方法，全名為最小平方回歸法。LSR就是將離散的數據取逼近的回歸線，以得到最小誤差的方法。這篇論文將車輛簡化為二輪的single-track vehicle model。輸入有側向加速度、轉向加速度、後輪側向力等。其中，轉向、側向的加速度由GPS和其他感測器獲得，但是因為會有誤差(車輛的朝向有可能偏左偏右)，所以需先透過LSR修正過bias angle。而後輪側向力則由輪胎的鬆弛長度推估，一樣，鬆弛長度也會通過LSR修正。最後，當獲得了修正過的動態車輛數據後，便可以再用最小平方法推估車輛的轉動貫量了。參考文獻的這篇論文說，用他的方法在CarSim裡跑過後，與CarSim自己推估的Izz相差僅1.5%，但是作者有提到，CarSim的Izz無法保證是準確的，所以並不能代表套用LSR法將可以準確的預測車輛轉動貫量。



CarSim Data

* + 1. 經驗公式法[[5]](#endnote-5) [[6]](#endnote-6)

1. Double lane change(ISO-3888-2 2011) 轉向角規劃

1. Woodfield, A. A. (1969). Measurement of the yawing moment and product of inertia of an aircraft by the single point suspension method: theory and rig design.

   Reports and memoranda (Aeronautical Research Council (Great Britain)), No. 3607. [↑](#endnote-ref-1)
2. HEJTMÁNEK, Petr, et al. Measuring the yaw moment of inertia of a vehicle. J. Middle Eur. Constr. Des. Cars, 2013, 11.1: 16-22. [↑](#endnote-ref-2)
3. Wenzel, Thomas A., et al. "Dual extended Kalman filter for vehicle state and parameter estimation." Vehicle system dynamics 44.2 (2006): 153-171. [↑](#endnote-ref-3)
4. Yu, Zitian, Xiaoyu Huang, and Junmin Wang. "A least-squares regression based method for vehicle yaw moment of inertia estimation." 2015 American Control Conference (ACC). IEEE, 2015. [↑](#endnote-ref-4)
5. Fundowicz, Piotr, and Hubert Sar. "Estimation of mass moments of inertia of automobile." 2018 XI International Science-Technical Conference Automotive Safety. IEEE, 2018. [↑](#endnote-ref-5)
6. Maclnnis, Duane D., et al. “A Comparison of Moment of Inertia Estimation Techniques for Vehicle Dynamics Simulation.” SAE Transactions, vol. 106, 1997, pp. 1557–75. JSTOR [↑](#endnote-ref-6)