

中華民國第 51 屆中小學科學展覽會

作品說明書

高職組 機械科

第一名

090902

阿克曼轉向系統研究與改良

學校名稱：臺北市立南港高級工業職業學校

作者： 職二 葛少軒 職二 楊子謙 職二 黃書晨	指導老師： 陳年佑 洪順福
---	-----------------------------

關鍵詞：阿克曼、轉向、四連桿

得獎感言



灑下汗水與努力的艱辛歷程，我們終於成功了，當大會宣布我們得到全國第一名時，這一切都是值得的。

為了，參加這次的國民中小學全國科學展覽，我們從一年前就開始做準備，我們因為實驗失敗而不開心，也因實驗成功而開心。

利用放學時間及假日時間準備科展，回到家時，都已經接近晚上12點了，有次，回到家爸媽還問我，你是不是跑出去玩了，當下，覺得真是「冤枉啊~大人」，相信有參加參展的人，應該都有這經驗。

這次，我們能得獎最感謝的還是老師，做實驗時，老師很有耐心的教導我們，有次，我們不小心把一個很重要的部分弄壞，老師也沒罵我們，真的很感激再有機會，能再次參加參展，因為，這次的比賽讓我們開心、成長，再次謝謝老師給我機會，和兩位同學一起努力，才有這這次的好成績。

摘要

石油危機衝擊各國經濟，節能問題是全球的共通課題。而汽車是消耗石油的主要交通工具之一，因此，汽車的機械效率好壞，大大影響石油耗能。

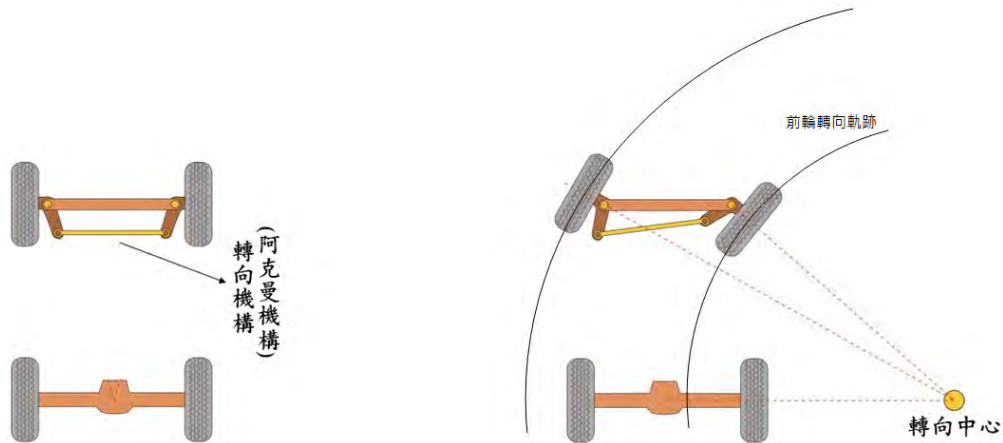
然而，您知道嗎？現行的車輛轉向系統(阿克曼轉向機構)並不完美，當汽車轉彎時，車輪會產生額外的滑動摩擦，徒增車輛行進阻力。使引擎動力損耗、車胎磨損。

本研究主題旨在研究與改善阿克曼轉向機構，減少車輛轉彎時的行進阻力。

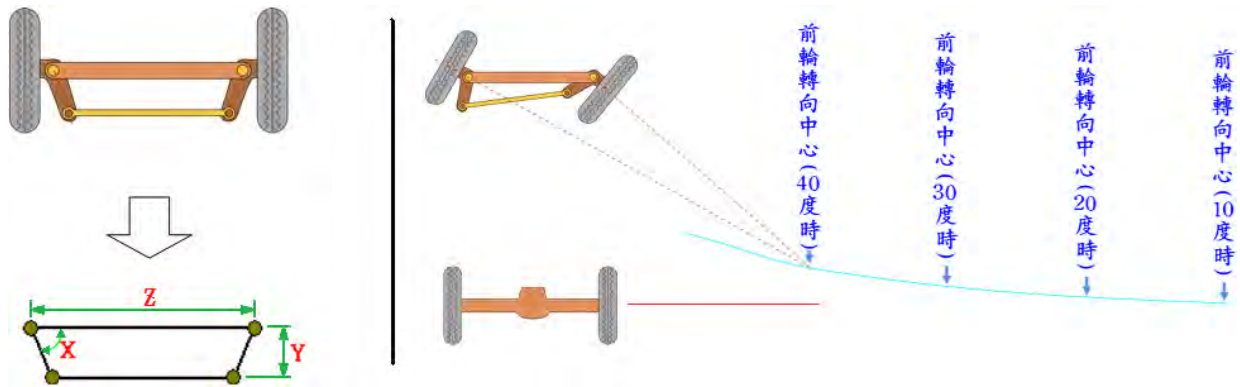
壹、研究動機

據統計，目前世界上汽車數量至少有 17 億輛。試想，若每輛車每年節省 1 公升汽油，就能節省多少能源？對環境保護影響有多大？然而，當我們研究車輛轉向系統時，卻發現到車輛的轉向系統其實還有改善空間。

如下圖，理想狀態下，車輛轉向時，轉向機構必需讓四個輪子繞同一點旋轉。



但實際情況下，隨著轉向角度的變化，轉向機構不一定會讓四輪交於同一點。如下圖左所示，阿克曼轉向機構由一個四連桿機構構成，其角度 X 及高度 Y 會決定前輪轉向交點的軌跡。下圖右可看出，前輪的轉向中心會隨轉向角度的增加而向上偏移。當前、後輪轉向中心不在同一點時，車輪就會產生側滑，浪費引擎動力。



然而，隨著電子與機械技術的進步，我們可以修正這個誤差值，讓車輛轉彎時的行進阻力更小。

貳、研究目的

本研究的根本目的是減少車輛轉彎時的行進阻力。爲了達到這個目的，我們分爲二個步驟研究：

- 一、研究傳統阿克曼機構，找出一套阿克曼轉向機構設計方法，使輪胎側滑達到最小。
- 二、在第 1 點的基礎下改良阿克曼轉向機構，使輪胎完全不產生側滑。

參、研究設備及器材

研究設備及器材列表如下：

設備列表	耗材列表
<ul style="list-style-type: none">· 89S51 燒錄器· 焊槍· 桌上型電腦· AutoCAD 軟體· 鑽床、銑床、車床· 虎鉗、銼刀· 數位相機· 游標卡尺· 角度規· 各種規格扳手· 三用電表· 示波器、信號產生器、電源供應器	<ul style="list-style-type: none">· IC 89S51、IC AN7805· 光耦合器· 發光二極體· 直線步進馬達· 12MHz 石英脈盪器· 電容、電阻· 按鈕開關· 鋁管、軸承、滾輪· 麵包板、導線· 電路板、焊錫

肆、研究過程及方法

一、資料蒐集

針對本研究的第一個目標「找出一套阿克曼轉向機構設計方法，使輪胎側滑達到最小」，為了設計出符合實際車輛使用的轉向系統，我們必需先瞭解：

- (一)、「法規規定的道路轉彎半徑」與「道路工程常用的轉彎半徑」
- (二)、「一般「車廠的車輛規格」

瞭解這二項規格之後，才能設計出實用的轉向系統。

1.【在道路轉彎半徑方面】：

依照內政部所頒布的「市區道路及附屬工程設計規範」，一般道路的最小曲線半徑（即最小轉彎半徑）為：

$$R_{min} = \frac{V_d^2}{127(e_{max} + f_s)}$$

式中：

R_{min} ：最小曲線半徑（公尺）

V_d ：設計速率（公里/小時）

e_{max} ：最大超高率（%）

f_s ：橫向摩擦係數

超高率：
車輛轉彎時，會產生離心力。因此，在道路施工時，常會提高彎道「外側」高度防止車輛翻車。此即道路之「超高率」。

其中，查詢下表可以求得摩擦係數 f_s ：

設計速率 V_d (Km / hr)	100	90	80	70	60	50	40	30	25	20
主線	0.12	0.13	0.14	0.146	0.152	0.158	0.164	0.17	0.173	0.18
匝環道	—	—	0.14	0.146	0.152	0.158	0.164	0.17	0.173	0.18

因此，計算之後可以得到一般道路的最小半徑，大致如下表：

設計速率 V_d (公里/小時)	平曲線最小半徑 R_{min} (公尺)		
	$e_{max}=4\%$	$e_{max}=6\%$	$e_{max}=8\%$
100	—	440	390
90	380	340	300
80	280	250	230
70	210	190	170
60	150	140	120
50	100	90	80
40	60	55	50
30	35	30	30
25	25	20	20
20	15	15	10

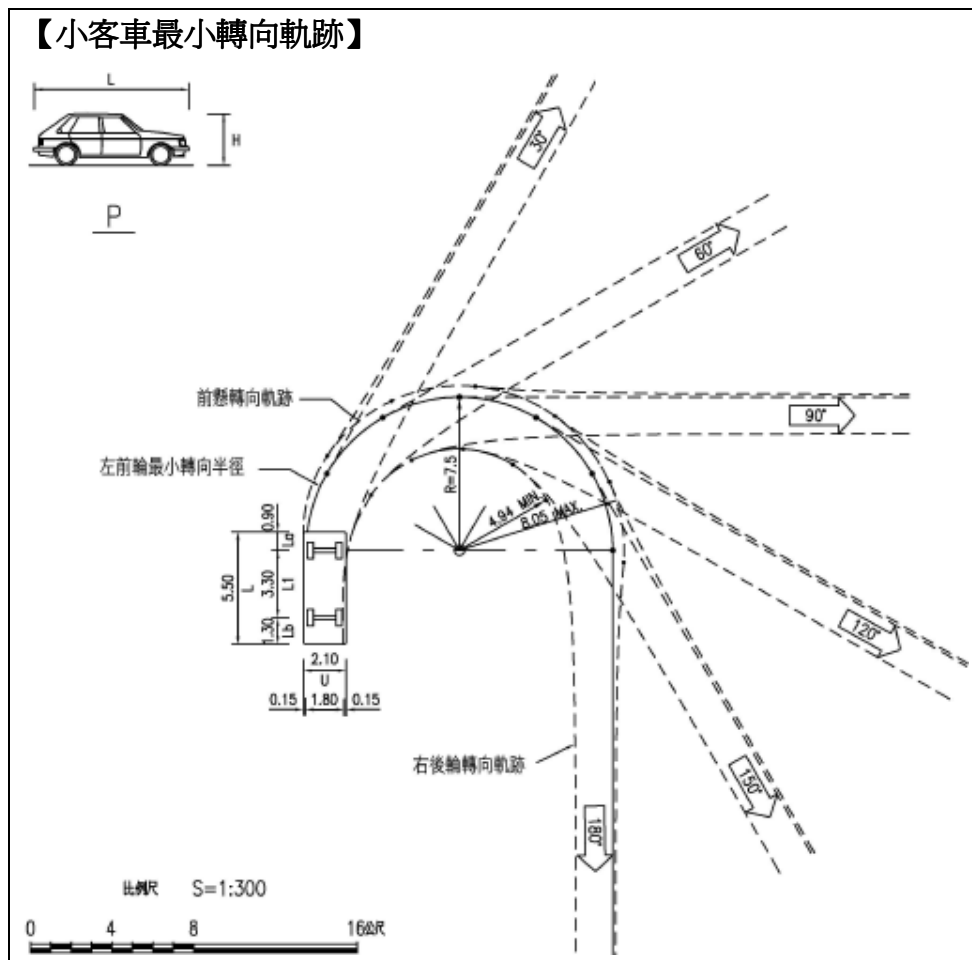
一般市區車輛轉彎時，駕駛人都會放慢車速，時速一般低於 25km/hr。所以一般市區道路轉彎半徑常在 25m 以下。由此可知，在設計車輛轉向系統時，需以轉向半徑 $R \leq 25$ 為設計重點，儘量減少此範圍的車輪側滑摩擦。

下表再進一步整理，列出道路常用的轉彎半徑：

道 路	轉 彎 半 徑
主幹道	20 米~30 米
次幹道	15 米~20 米
非主要道路	10 米~20 米
居住區道路紅線轉彎半徑	不得小於 6 米
工業區	不得小於 9 米
有消防功能的道路	不得小於 12 米

2. 【在實際車廠設計的車輛規格方面】：

車輛依中華民國「道路交通安全規則」區分，分為小客車、大客車、貨車、全拖車、半拖車、聯結車等。而一般車廠設計車輛時，必需參考「市區道路及附屬工程設計規範」所列出的各種車輛的最小轉向半徑規範。以下節錄小客車最小轉向軌跡圖：

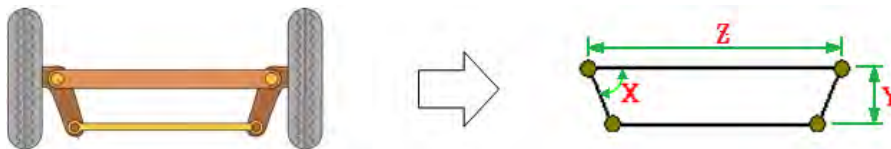


圖中標示：小客車的左前輪最小轉向半徑為 7.5 公尺、右前輪最小轉向半徑為 4.94 公尺。所以在設計小客車轉向系統時，需以轉向半徑 $R > 6$ 公尺為設計重點，儘量減少此範圍時的車輪側滑摩擦。

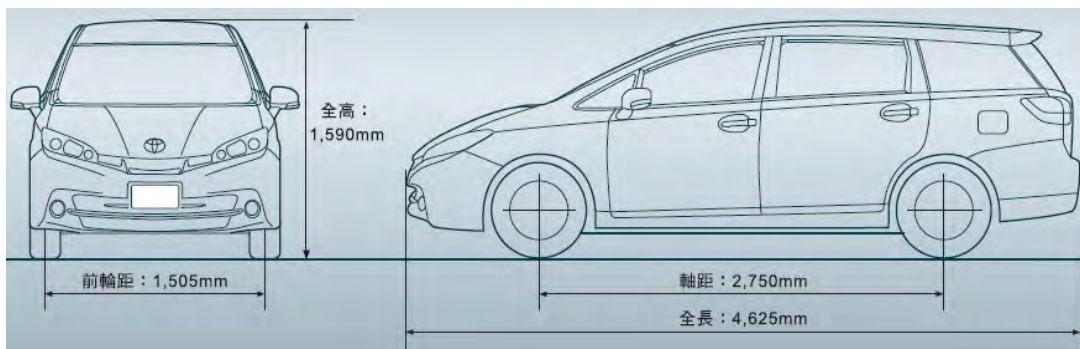
綜合第 1 點與第 2 點結論可知，在設計小客車的轉向系統時，必需以轉向半徑 $6 < R < 25$ 為設計重點，如果這個範圍的轉向阻力最小的話，那麼，車輛轉向時的動力損耗就會最小。

二、研究傳統阿克曼機構，並設計出轉向機構，使輪胎側滑達到最小

瞭解上述重點後，下一步就是要設計出轉向半徑 $6 < R < 25$ 阻力最小的轉向機構了。基本上，在設計阿克曼轉向機構前，必需先知道阿克曼轉向機構是一個「四連桿機構」(如下圖)。它有三個變數： X 角度、 Y 長度、 Z 桿長度。



由圖可知， Z 桿長度是由左、右輪的輪距決定。依照中華民國「道路交通安全規則」第 38 條規定：「汽車全寬不得超過二·五公尺」，例如以 TOYOTA 的 Wish 車款 (下圖) 為例，其左、右輪的輪距即為 1505 mm。一般小型車的輪距也大致以此為譜：



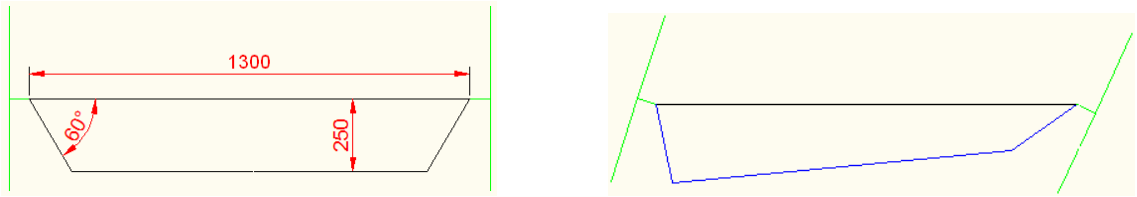
因此， Z 桿的長度可由下列公式決定：

$$Z = (\text{前輪距} - \text{前輪寬度})$$

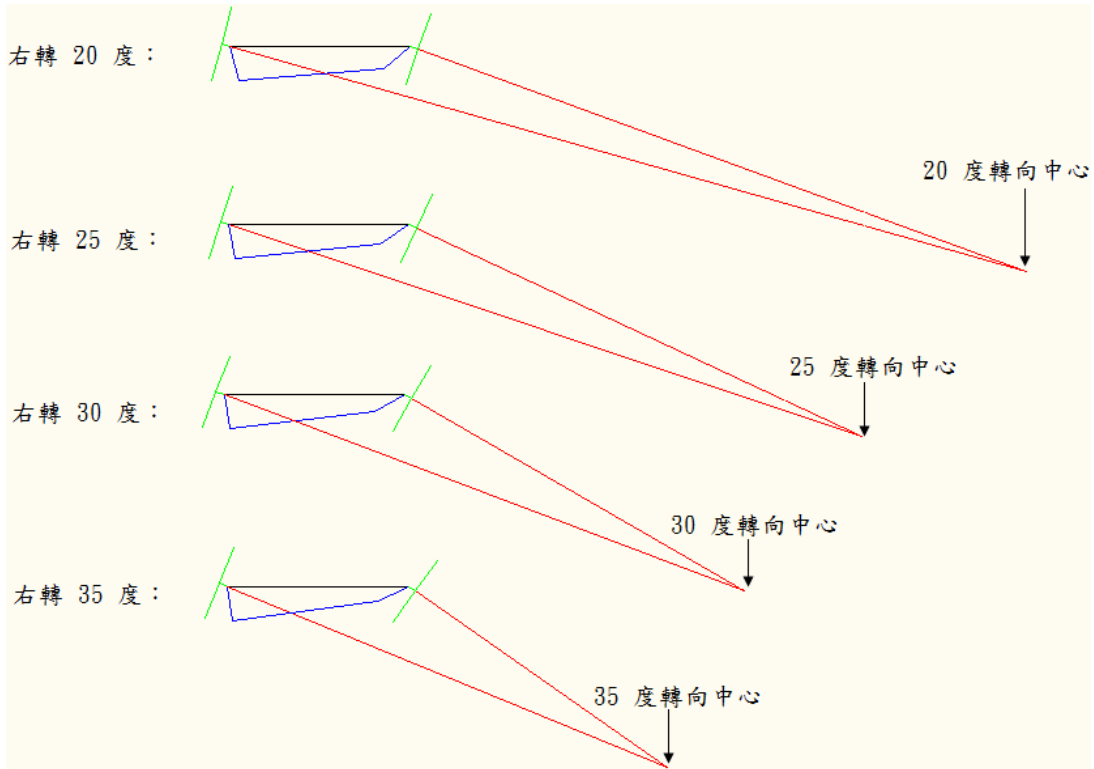
以小客車常用的輪胎規格 195 / 60R 16 計算，輪寬為 195 mm， Z 桿長即 1.3 公尺。因此在設計轉向四連桿時，只需要決定 X 角度及 Y 長度即可。接下來，我們再進一步瞭解 X 角度、 Y 長度對車輛轉向的影響。

【X 角度、Y 長度對車輛的影響】：

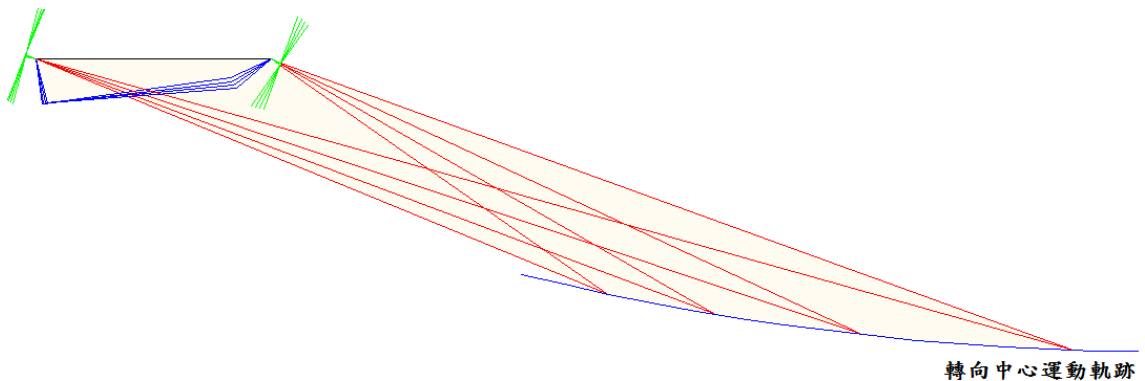
爲了瞭解 X、Y 值的影響，我們可利用 AutoCAD 來繪製「各種 X、Y 值下，前輪的轉向中心」。例如，當 X 爲 60 度、Y 爲 250 mm，則轉向四連桿可用下圖左的線條表示。當車輛要右轉時，下方三支連桿移動方式如下圖左：



此時左右輪會在右側形會一個「轉向中心」，車輛自然會繞這個轉向中心轉動

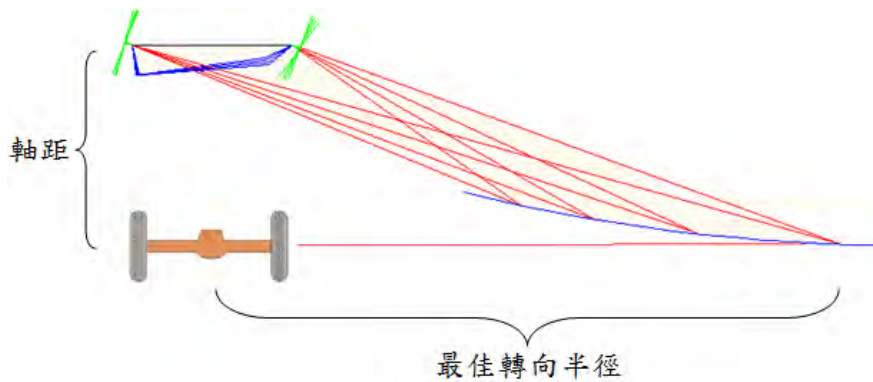


若我們將各角度轉向圖片「重疊」，即可得到「轉向中心運動軌跡」，如下：



從上圖，我們赫然看出，轉向中心運動軌跡，竟然隨轉向角度的增加而向上偏移。

若我們把後輪軸也放到圖上，就會發現前、後輪轉向中心只會在「某一特定角度」交於一點：



而後軸放置的位置會決定二個值，一是車輛的「軸距」；二是車輛的「最佳轉向半徑」(如上圖標示)。在實際狀況下，車輛轉彎時必順著「道路」轉彎，所以「最佳轉向半徑」最好設定為「一般道路最常出現的轉彎半徑」。從本研究前面整理的資料可以看出，一般道路較常出現的彎度約為 15~20 米。以此位置放置後軸，即可得到車輛的理想軸距。

在此，本小組利用 AutoCAD 求出了各種阿克曼機構的最佳軸距。如下表：

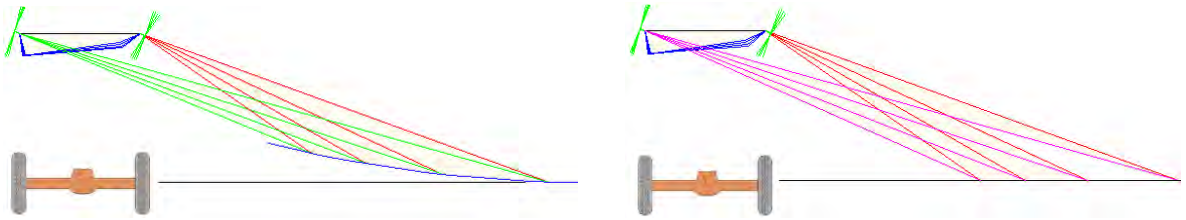
Y 長度 X 角度	100mm	130mm	160mm	190mm	220mm	250mm
55 度	1161	1100	1040	981	920	860
60 度	1451	1391	1331	1271	1211	1147
65 度	1809	1749	1696	1628	1568	1508
70 度	2376	2316	2256	2196	2136	2076
75 度	3305	3145	3085	3025	2965	2905
80 度	4781	4721	4661	4601	4540	4481
** 註 1：長度單位為 mm						
** 註 2：Z 桿長度為 960 mm。若輪距較寬，請將表格長度值等比例放大即可						

仔細查看上列表格可發現，當 X 角度增加，軸距也會增長；當 Y 長度增加，軸距則小幅減短。因此，當設計一部車輛時，只需訂出其軸距，就可依上述原則查表，反向推算適合的轉向機構 X 角度、Y 長度。

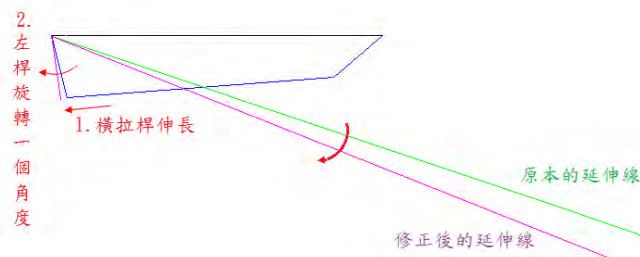
至此，小組已完成本研究的第一個目的：找出一套阿克曼轉向機構設計法則，使輪胎側滑最小。然而，我們從上述研究過程瞭解到，**傳統阿克曼有著無法避免的問題**：不論 X、Y 參數訂得多精確，轉向時一定只有一個角度可以達到無側滑。因此，本小組希望**進一步改良**阿克曼系統，使輪胎完全不產生側滑。

三、改良阿克曼轉向系統

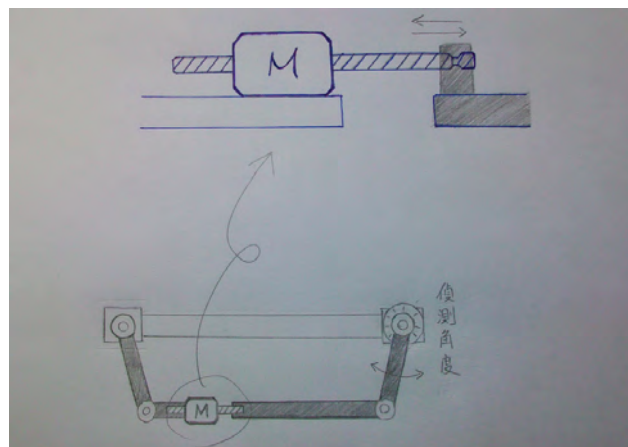
爲了改良目前轉向系統的缺點，我們再從傳統阿克曼所形成的轉向中心運動軌跡著手。仔細觀察下圖左，很明顯的，如果把綠色線（左前輪軸延伸線）向下移動，就可以讓交點落在後軸延伸線上，結果會如下圖右：



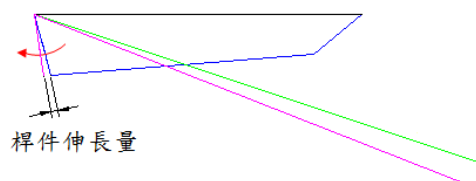
因此，只要我們能讓下方的桿件（俗稱爲橫拉桿）伸長，就可以使左桿旋轉一個角度，延伸線自然向下修正，如下圖所示：



讓橫拉桿動態調整長度的方法有很多種。例如，我們可以在桿件上加裝一個馬達，並用電子控制技術動態調整。如下圖，本小組先加裝一個角度偵測儀，偵測目前的轉向角度。然後將偵測到的角度信號送給中央控制器，由控制器依轉向角度動態調整馬達伸長量。



其中，馬達的伸長量則可以用幾何的方式求出：



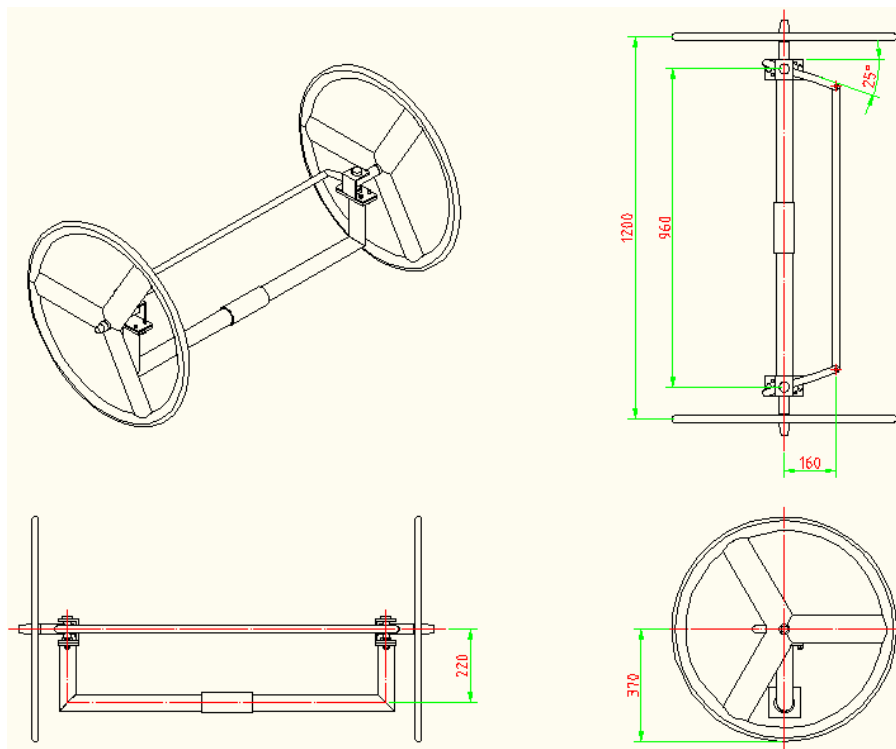
理論上，每個轉向角度的橫拉桿伸長量都不一樣。所以，本小組每隔 5 度轉向角度，求取一次橫拉桿長度，列表如下。

X 角度 Y 長度	55 度		60 度		65 度		70 度		75 度		80 度	
	130mm	轉 向 角 度 範 圍 0~10 度	777.95 777.95 778.02 778.33 779.08 780.46 782.64 785.77 789.98	轉 向 角 度 範 圍 0~10 度	809.89 809.89 809.89 810.18 810.76 811.84 813.59 816.15 819.63	轉 向 角 度 範 圍 0~35 度	838.76 838.75 838.76 838.89 839.28 840.07 841.40 843.41	轉 向 角 度 範 圍 0~35 度	865.37 865.36 865.37 865.47 865.76 866.37 867.41 869.00	轉 向 角 度 範 圍 0~10 度	890.33 890.31 890.41 890.33 890.52 890.94 891.70 892.89 894.60	轉 向 角 度 範 圍 0~10 度
160mm	轉 向 角 度 範 圍 0~10 度	735.93 735.93 736.03 736.46 737.48 739.33 742.25 746.42 752.00	轉 向 角 度 範 圍 0~10 度	775.25 775.25 775.32 775.63 776.40 777.84 780.14 783.50 788.06	轉 向 角 度 範 圍 0~35 度	810.78 810.77 810.79 810.98 811.51 812.55 814.30 816.92	轉 向 角 度 範 圍 0~35 度	843.53 843.52 843.53 843.66 844.04 844.82 846.16 848.20	轉 向 角 度 範 圍 0~10 度	874.26 874.24 874.21 874.26 874.47 874.97 875.88 877.33 879.44	轉 向 角 度 範 圍 0~10 度	903.58 903.56 903.55 903.49 903.58 903.84 904.38 905.30 906.67
190mm	轉 向 角 度 範 圍 0~10 度	693.92 693.92 694.06 694.62 695.96 698.38 702.17 707.55 714.70	轉 向 角 度 範 圍 0~10 度	740.61 740.61 740.70 741.11 742.10 743.94 746.88 751.14 756.91	轉 向 角 度 範 圍 0~35 度	782.80 782.79 782.80 783.03 783.67 784.97 787.15 790.41	轉 向 角 度 範 圍 0~35 度	821.69 821.68 821.69 821.85 822.33 823.30 824.96 827.49	轉 向 角 度 範 圍 0~10 度	858.18 858.16 858.13 858.18 858.44 859.05 860.17 861.95 864.53	轉 向 角 度 範 圍 0~10 度	893.00 892.97 892.92 892.90 893.00 893.32 893.98 895.09 896.76
220mm	轉 向 角 度 範 圍 0~10 度	651.91 651.91 652.09 652.82 654.55 657.65 662.48 669.28 678.24	轉 向 角 度 範 圍 0~10 度	705.97 705.97 706.09 706.60 707.85 710.16 713.83 719.13 726.27	轉 向 角 度 範 圍 0~35 度	754.82 754.80 754.82 755.10 755.90 757.51 760.18 764.18	轉 向 角 度 範 圍 0~35 度	799.85 799.84 799.85 800.05 800.63 801.81 803.82 806.88	轉 向 角 度 範 圍 0~10 度	842.10 842.08 842.27 842.10 842.41 843.15 844.49 846.62 849.70	轉 向 角 度 範 圍 0~10 度	882.42 882.39 882.38 882.30 882.42 882.80 883.58 884.89 886.86
** 註 1：上列表格長度單位為 mm。 ** 註 2：Z 長度固定為 960mm。若車輛輪距較寬，只需將表格中的長度值等比例放大即可。 ** 註 3：查表範例：若 X 角度為 65 度、Y 長度為 130mm、車輛轉向角度 5 度，則橫拉桿長度查表應為 838.75mm												

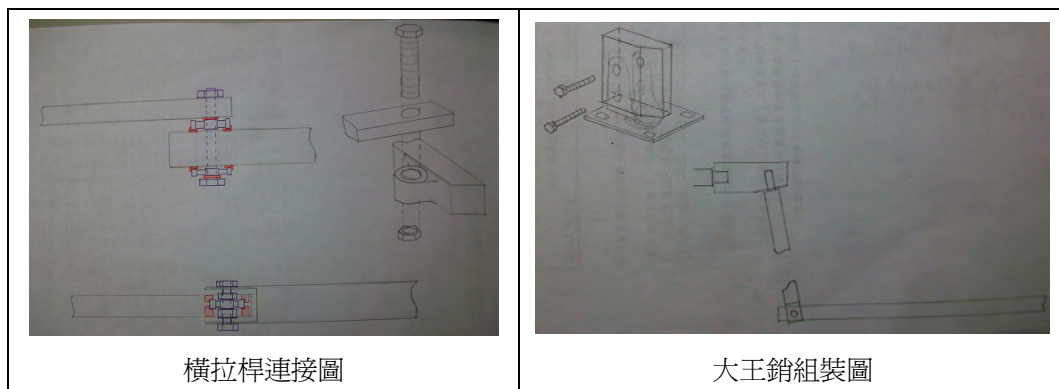
找出改良阿克曼系統的方法後，下一步就是製作系統模型了。

四、製作「可變阿克曼」轉向系統模型：

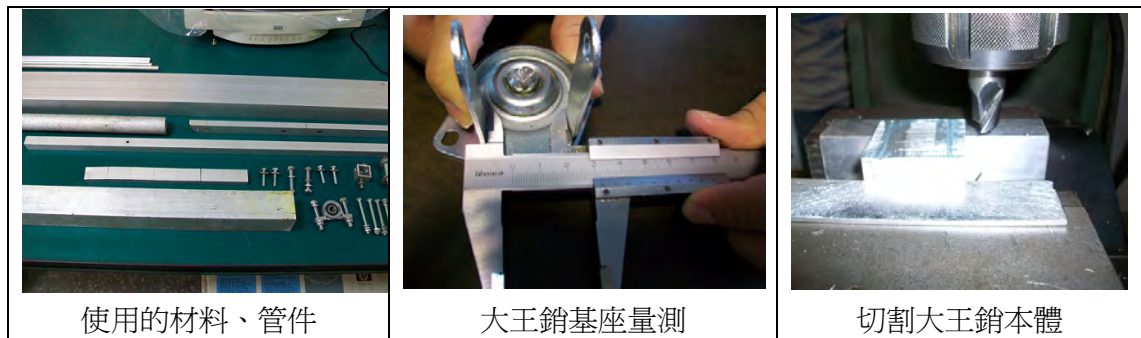
製作系統模型之前，我們先製圖畫出模型基本尺度。如下圖，此轉向系統模型 X 角度為 65 度、Y 長度為 160mm、Z 長度為 960mm，並實際裝上輪胎。圖中橫拉桿部份會再加裝一個馬達控制系統，以便動態控制橫拉桿長度。

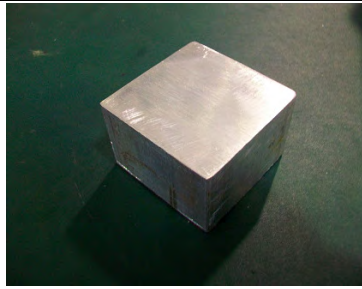



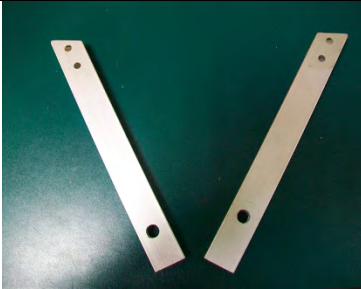

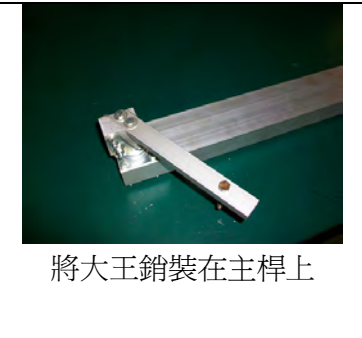
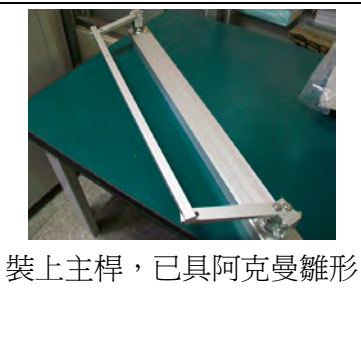


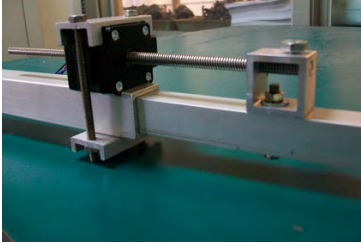



以下是機件組裝圖：



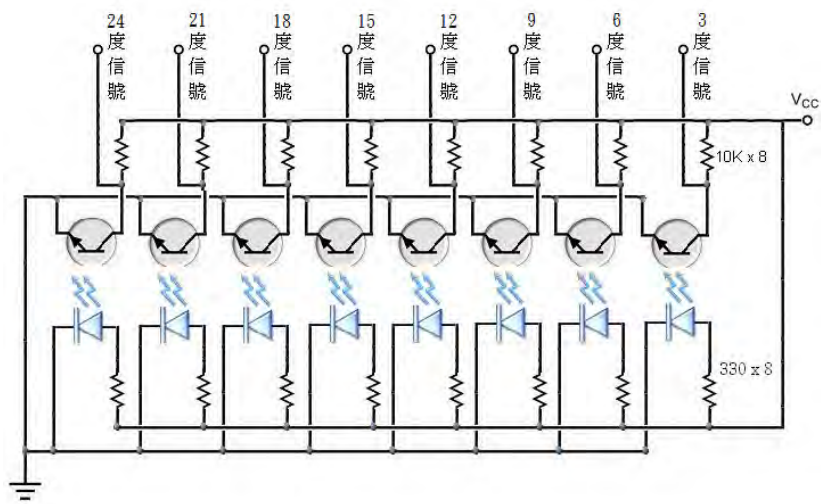
【製作轉向機構本體及組裝】：



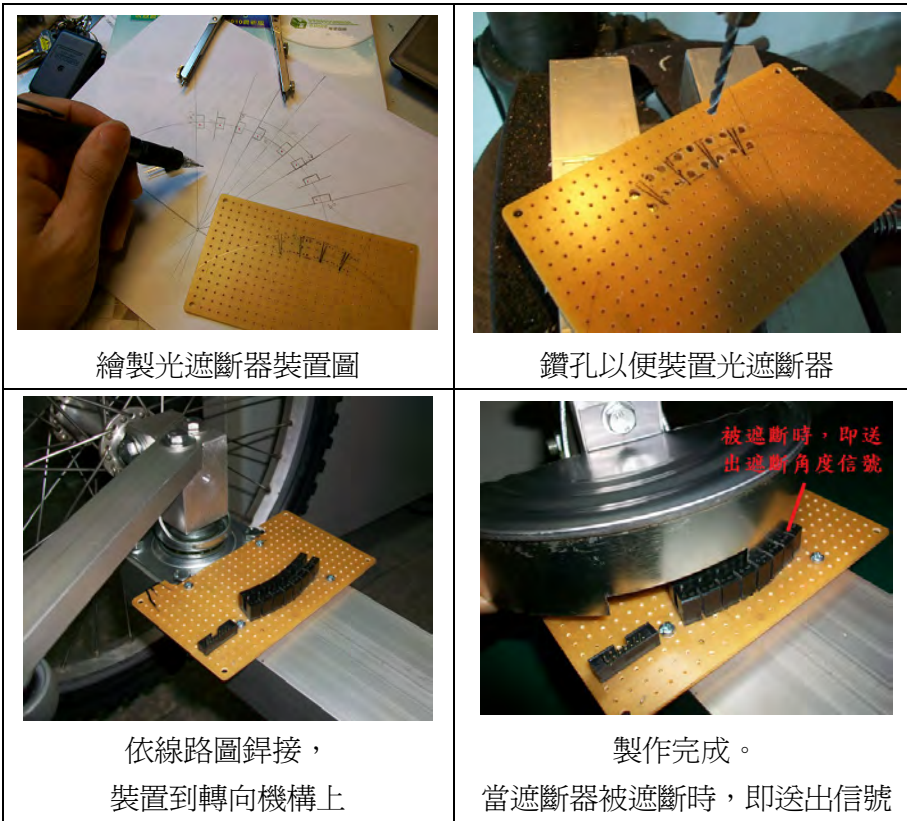
		
<p>大王銷基本雛形完成</p>	<p>量測轉向臂，準備鑽孔銑槽</p>	<p>絞內螺紋，以便裝置輪胎</p>
		
<p>大王銷銑槽、絞內螺紋後， 與基座結合</p>	<p>切割連桿的左右臂、並鑽孔</p>	<p>將左右臂裝在大王銷上</p>
		
<p>將大王銷裝在主桿上</p>	<p>裝上主桿，已具阿克曼雛形</p>	<p>橫拉桿由內外桿組成， 因此可伸縮</p>
		
<p>銑製馬達固定裝置</p>	<p>馬達本體固定於橫拉桿外 桿，螺桿則固定於內桿</p>	<p>組裝橫拉桿及輪胎， 完成機構本體</p>

【製作角度儀】：

角度儀部份，我們使用 8 個光遮斷器偵測角度信號。爲了提高角度儀精度，我們每隔 3 度取得一個信號，下面是角度儀線路圖：

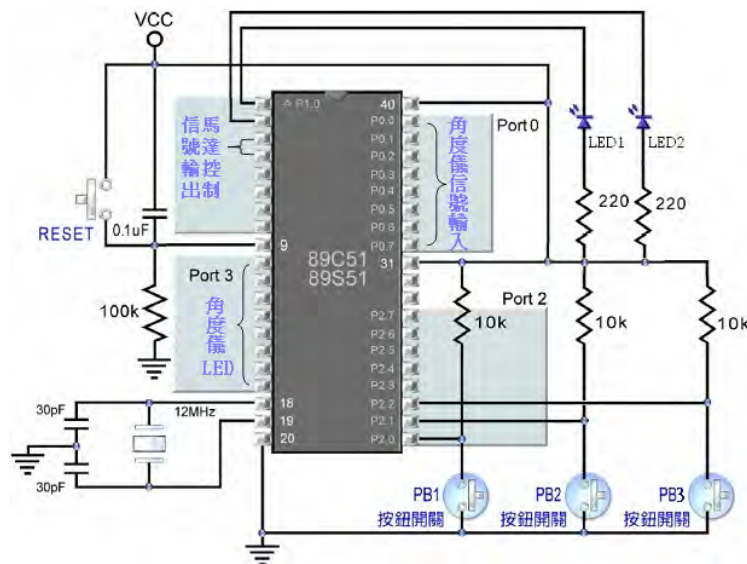


製作過程：



【製作馬達控制器】：

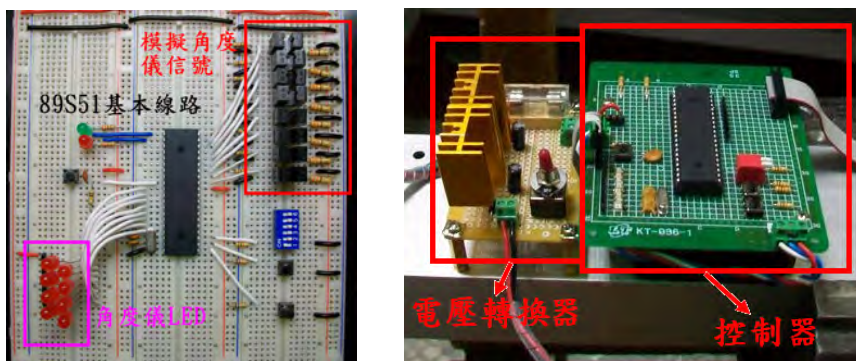
爲了讓馬達能依角度信號自動伸長/縮短，必需製作一個馬達控制器，本小組使用 89S51 搭配 C 語言撰寫控制程式。其中 89S51 線路圖如下：



各 I/O Port 功能如下表：

Port Number	功能
Port 0	接收角度儀送來的 8 個角度信號
Port 1.0	LED (馬達正轉時會亮)
Port 1.1	LED (馬達反轉時會亮)
Port 1.2	馬達控制信號 (Pulse)
Port 1.3	馬達控制信號 (Direction)
Port 2.0	強制馬達正轉 (For Test Mode)
Port 2.1	強制馬達反轉 (For Test Mode)
Port 2.2	操作模式 (可選擇 Test Mode)
Port 3	角度儀 LED

確定線路後先在麵包板上試接，再焊接電路板。另外，因為 89S51 的電壓源是 5V，而馬達使用 24V，所以再製作一個電壓轉換器將 24V 轉成 5V



完成控制線路之後，機構模型就完成了，接下來就是進行實驗，確認改良後比傳統阿克曼機構的轉向中心更加精準。

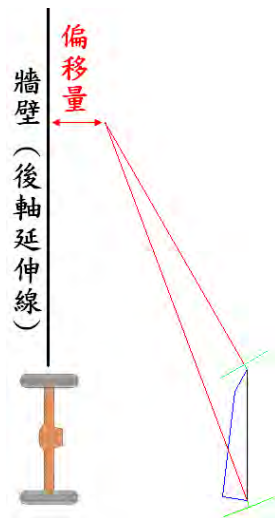
五、實驗與驗證：

1.【實驗方法】

首先，我們在轉向系統的左、右輪中心點加裝二支雷射光筆。從雷射光的投射點即可得知左、右輪轉向中心延伸線。



接下來，我們用一面直牆當成「後軸延伸線」(如左下示意圖)，轉向機構放在牆的右側。再看右下圖，「上方光點」是左輪的雷射光；「下方光點」是右輪的雷射光。

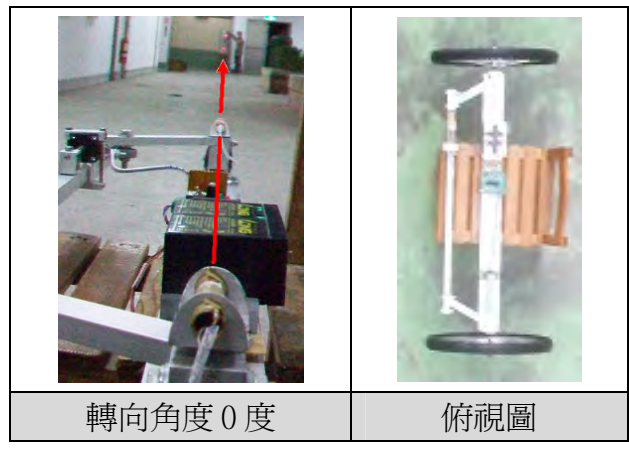


因此，當左右輪的光點在「同一垂直面」時，就表示其延伸線已交於同一點，此時「光點與牆壁的距離」即轉向中心的「偏移量」。以下則是其他實驗參數設定：

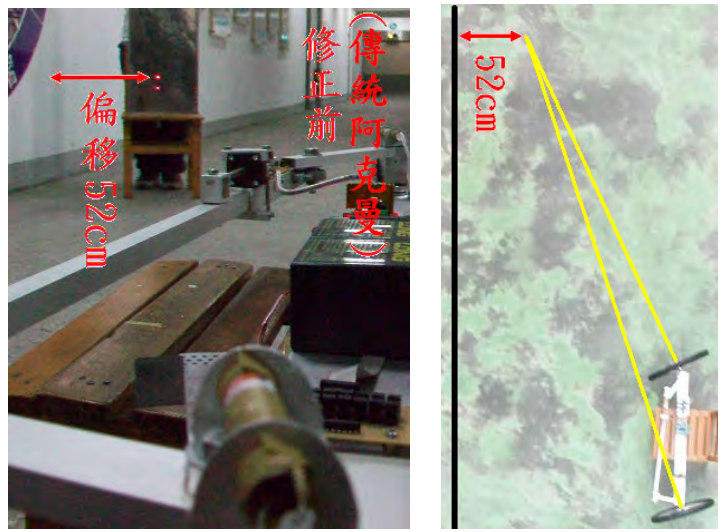
轉向機	<ul style="list-style-type: none"> · X 角度 = 65 度 · Y 長度 = 160 mm · Z 長度 = 960 mm 	
後軸與角度儀	<ul style="list-style-type: none"> · 軸距 = 1700 mm · 角度儀間隔：3 度 	

2.【進行實驗】

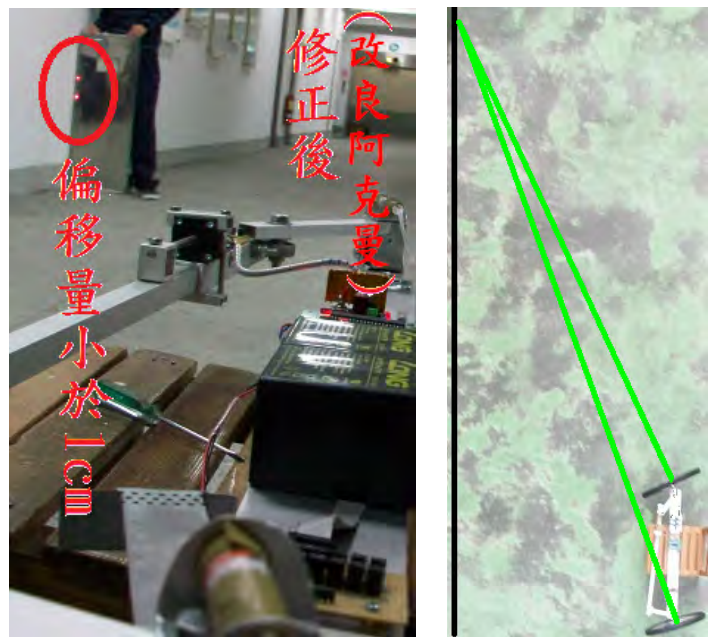
首先，先矯正「轉向角度 0 度」(未轉向) 時的交點，如下圖可看到二個光點在同一垂直面上，表示雷射光點已矯正：



接下來，將轉向機構轉向，並測量轉向系統修正前、修正後的交點位置：







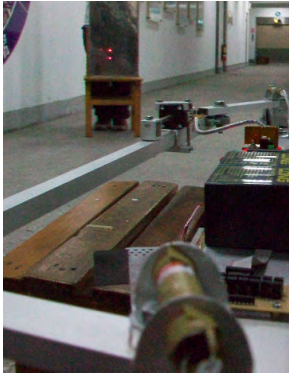




傳統轉向系統在 24 度轉向角時，轉向交點的偏移量為 52cm。



改良轉向系統在 24 度轉向角時，轉向交點的偏移量小於 1cm。

從上圖看出，傳統阿克曼轉向中心偏移量為 52cm；改良後的轉向中心則準確交於後軸延伸線上。以下再節錄其他實驗資料 (完整實驗資料請見附錄)：

轉向角度	修正前	修正後	俯視圖
12 度	 <p>偏移量：44 cm</p>	 <p>偏移量：小於 1 cm</p>	
18 度	 <p>偏移量：46.5 cm</p>	 <p>偏移量：0 cm</p>	
24 度	 <p>偏移量：52 cm</p>	 <p>偏移量：小於 1 cm</p>	

由實驗結果確實驗證，改良阿克曼的轉向交點，比傳統阿克曼更加準確落於後軸延伸線上。

伍、研究結果

本小組在此次研究中，有二大目的：

- 一、研究傳統阿克曼機構，找出一套阿克曼轉向機構設計方法，使輪胎側滑達到最小。
- 二、在第 1 點的基礎下改良阿克曼轉向機構，使輪胎完全不產生側滑。

針對第一個目的，本小組成果如下：

- 1.傳統阿克曼系統有著無法避免的問題：轉向中心的運動軌跡會偏移，導致輪胎磨耗。所以在設計傳統阿克曼轉向系統的重點是讓「車輛最常轉彎的角度」側滑最小。
- 2.為了讓研究結果更符合現實情況，我們參考市區道路工程設計規範與車輛最小轉向半徑規範，得知小客車最小轉彎半徑為 6 公尺，而市區道路的轉彎半徑則一般在 25 公尺以下。所以在設計小客車的轉向系統時，需以轉向半徑 $6 < R < 25$ 為設計重點，尤其是轉向半徑 15 米~20 米範圍。如果這個範圍的轉向阻力最小的話，那麼，車輛轉向時的動力損耗就會最小。
- 3.設計傳統阿克曼系統，基本上就是在設計一個四連桿機構。從「道路交通安全規則」及市售車規格可知，一般小客車的 Z 桿長度約為 1.3 公尺。而 X 角度、Y 桿長度可以用幾合求解的方法求出，求解過程如報告內文。

針對第二個目的，本小組成果如下：

- 1.從轉向中心運動軌跡可知，若動態改變橫拉桿長度，可免除傳統阿克曼的缺點。
- 2.再次利用幾合求解的方法，求出「最適合的橫拉桿長度」，研發出可變阿克曼轉向系統。並使用馬達控制系統進行控制。
- 3.另外，本小組實際製作出改良系統模型，實驗證明改良系統的轉向交點比傳統阿克曼準確。

陸、討論

在研究車輛轉向系統時，本小組發現：

- 一、 本研究報告的內容是以小客車為範例，進行設計。其他車輛只要依相同原則設計即可。
- 二、 設計傳統阿克曼四連桿時，除了要決定 X 角度與 Y、Z 長度外，還要一併決定「後軸位置」。後軸位置會決定車輛「軸距」及「最佳轉向半徑」。在實際狀況下，車輛轉彎時必需順著「道路」轉彎，所以最佳轉向半徑最好是設定為一般道路最常出現的轉彎半徑。
- 三、 設計傳統阿克曼四連桿時，若增加 X 角度，則軸距會跟著增長；當 Y 長度增加時，軸距則小幅減短。因此，設計一部車輛時可以依上述原則，反向推算出適合的 X 角度、Y 長度。
- 四、 在研發車輛系統時，必需考量的因素很多。例如，車輛的懸吊系統在崎嶇道路上行駛時彈簧會壓縮，轉向四連桿長度可能改變。而這類情況是屬於其他研究主題，必需另開研究項目。我們在進行研發時，必需針對「各別問題」逐一克服，不能把所有複雜問題混在一起討論。

柒、結論

在此次研究的二大目的之中，第一項「設計傳統阿克曼轉向」提供了一個實際車輛可用設計原則，如果能依此原則設計 X 角度、Y 長度、Z 桿長度，並決定適當的軸距的話，就可以使車輛轉彎時的輪胎側滑減到最小。此時，傳統阿克曼轉向機構的效能也發揮到最高。

而第二項「改良型轉向系統」是屬於「先端研究」。若要實際應用在車輛上，必需通過工業強度考驗，但它提供了一個不錯的思考方向給車輛相關研究人員。動態改變橫拉桿的長度，經本小組實驗證明確實可以讓轉向中心更精確，而改變橫拉桿長度的方法可以有很多種，(本小組使用馬達控制方式來證明之)。橫拉桿長度的修正量則可以用「幾何求解」的方法求出。

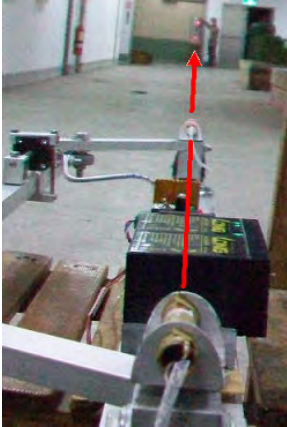

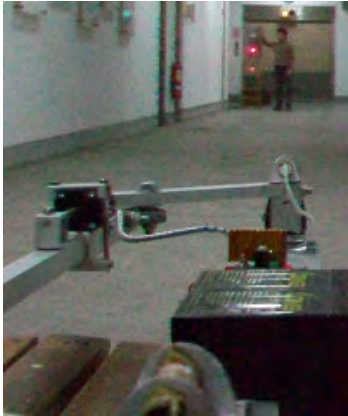


捌、參考資料及其他


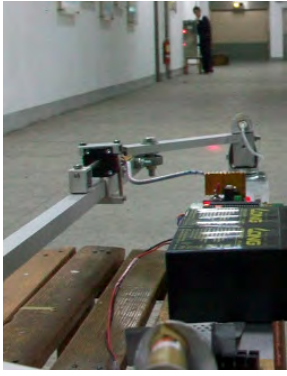


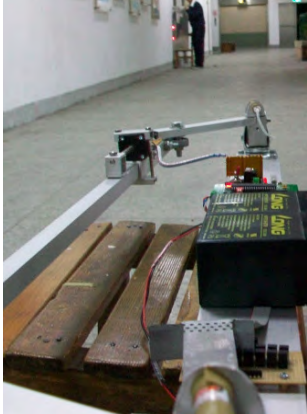







【參考資料】





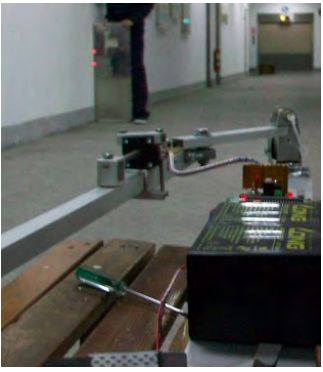




- [1] 維基百科：阿克曼轉向幾合
(<http://zh.wikipedia.org/zh/阿克曼轉向幾合>)
- [2] 全國法規資料庫，道路交通安全規則(<http://law.moj.gov.tw/lawclass/lawall.aspx?pccode=k0040013>)
- [3] 營建署，市區道路及附屬工程設計規範
(<http://www.cpami.gov.tw/chinese/filesys/file/chinese/dept/ep/0980803106>)
- [4] 四連桿機構
(<http://www.bime.ntu.edu.tw/~dsfon/Mechanism/chap5.htm>)
- [5] 機件、機構與機械
(<http://elearning.stut.edu.tw/teach/element/view.htm>)
- [6] 張議和、王敏男、許宏昌、余春長，「例說 89S51-C 語言」，新文京開發出版，頁 2-21

【附錄】

以下是修正前(傳統阿克曼)及修正後(改良阿克曼)，各轉向角度完整實驗資料。

轉向角度	修正前	修正後	俯視圖
0 度			
3 度	 <p>偏移量：31 cm</p>	 <p>偏移量：1 cm</p>	

6 度	 <p data-bbox="533 544 707 577">偏移量：39 cm</p>	 <p data-bbox="922 544 1083 577">偏移量：1 cm</p>	
9 度	 <p data-bbox="533 1021 707 1055">偏移量：43 cm</p>	 <p data-bbox="890 1021 1110 1055">偏移量：小於 1 cm</p>	
12 度	 <p data-bbox="533 1503 707 1536">偏移量：44 cm</p>	 <p data-bbox="890 1503 1110 1536">偏移量：小於 1 cm</p>	
15 度	 <p data-bbox="533 1984 707 2018">偏移量：45 cm</p>	 <p data-bbox="922 1984 1083 2018">偏移量：1 cm</p>	

18 度	 <p>偏移量：46.5 cm</p>	 <p>偏移量：0 cm</p>	
21 度	 <p>偏移量：48 cm</p>	 <p>偏移量：小於 1 cm</p>	
24 度	 <p>偏移量：52 cm</p>	 <p>偏移量：小於 1 cm</p>	

【評語】 090902

本作品主要係改良傳統車輛阿克曼轉向系統，達到接近完美轉向的功能。若實現於實際車輛上可減少轉彎時的側滑與行進阻力，達到節能的功效。作品的概念頗具創意，解決問題的方法，透過幾何分析找出傳統阿克曼轉向系統的轉向中心運動軌跡，並以改變四連桿中所謂橫拉桿的長度，而使得轉向中心可以維持完美的直線運動軌跡。分析方法與解決問題的方法在科學性方面均相當適切。本作品以步進馬達控制系統搭配單晶片撰寫控制程式，達成實踐整個轉向系統。實作的成果相當精良，展示的功能亦符合預期的目標。針對成品的功能驗證方面，團隊將雷射筆裝置於連桿節點上，以雷射光打點的方式確認傳統與改良後的阿克曼轉向系統在轉彎時的偏移量，驗證方法的構思頗具創意，實現的方式亦相當具科學性。比較可惜的是，在實際應用方面，團隊成員對於應用時可能會產生的問題，尚未有完整之考量。