

## 應用刮地痕快速判斷兩部同向行駛機車碰撞前行向 之簡易方法

張超群<sup>1</sup>

### 摘要

碰撞時有碰撞前速度、碰撞速度變化與碰撞後速度三個向量，它們構成碰撞速度三角形簡稱速度三角形，可用來推估機車碰撞前的行駛方向。本文分析機車同向行駛時常發生碰撞行向，得出若兩部同向行駛的機車重量差異不大，車體碰撞且非輕微的擦撞，則通常直行機車刮地痕較左偏或右偏或轉彎機車刮地痕斜的結論。本文用許多行車事故鑑定會的實際案例驗證結論之正確性，這結論可快速的判斷機車碰撞前行向，對經常發生的同向擦撞型碰撞的機車交通事故鑑定，具有簡易和能快速應用的實用價值。

**關鍵字：**碰撞速度三角形、刮地痕、碰撞前行向、同向擦撞型碰撞

### 一、前言

兩部機車同向行駛於同一車道或不同車道，因某部機車左偏或右偏而發生碰撞，當事人常會堅稱前車突然偏過來或後車沒保持安全距離，造成各說各話。若無錄影畫面或畫面不清楚，碰撞接觸的地方也因照片不清楚，或因機車倒地後產生擦地痕，不容易判斷的初始的碰撞位置。此時若能從機車倒地刮地痕行向來推估機車碰撞前可能的行向(行駛方向)，對肇事責任之區分是很有參考價值的。

國內外利用機車刮地痕研究碰撞前行向的研究很少，本文是在已發表的論文(張超群，2018，2020)為基礎予以簡化，方便讀者更容易與快速了解與應用機車刮地痕快速判斷兩部同向行駛機車的碰撞前行向。機車碰撞過程包含機車碰撞前速度、碰撞速度變化與碰撞後速度，這三個速度構成一個碰撞速度三角形簡稱速度三角形，其中碰撞前速度的方向就是機車碰撞前行駛方向，碰撞速度變化的方向就是機車碰撞時所受的合碰撞力方向，而碰撞後速度的方向就是機車倒地刮地痕方向。因此畫出速度三角形就後可推估機車碰撞前的行駛行向。本文分析同向行駛之機車常見的碰撞行向，得出若兩部重量差異不大之機車同方向行駛時，因某部機車左偏行駛或右偏行駛，或低速轉彎而非大角度快速轉彎行駛，而發生車禍時，若兩車車體碰撞且非輕微的

---

<sup>1</sup> 南臺科技大學機械工程系副教授(聯絡地址：台南市永康區南台街1號，電話：06-2533131 轉 3511，E-Mail: ccchang@stust.edu.tw)。

擦撞，則通常直行機車的刮地痕比左偏或右偏或轉彎機車的刮地痕斜之簡單結論。這裡所謂的刮地痕較斜是指刮地痕與道路方向所成的角度較大。我們用實際案例來驗證簡單結論之正確性，這可讓鑑定相關人員不必了解力學原理與如何畫速度三角形，就可快速判斷那部機車直行，那部機車左偏或右偏或轉彎，對經常發生的同向擦撞型碰撞的機車交通事故鑑定具有簡易和能快速應用的實用價值。此外，我們也對當兩部機車同向平行行駛但太靠近，或並行時某側機車輕微左偏或右偏，而與速度較快的直行機車只是照後鏡或把手或騎士手肘接觸到而無車體碰撞，作轉向倒地刮地痕走向分析。

## 二、機車碰撞倒地刮地痕分析基本理論

研究機車碰撞時，將機車視為由前部與後部兩大部組成。機車靜止時轉動把手時會跟著動的零組件組成前部，包含前輪、前輪蓋、前叉、把手、照後鏡等；機車靜止時，轉動把手時不動的零組件組成後部，包含車架、車殼、引擎、傳動系統、後懸吊系統、排氣管與後輪等(張超群，2015、2016)。機車前部與後部之示意圖，如圖 1 所示。

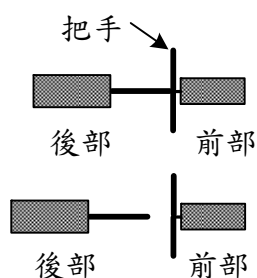


圖 1 機車前部與後部之示意圖

注意：本文以粗體符號代表向量，非粗體符號代表純量。

## 2.1 碰撞速度三角形

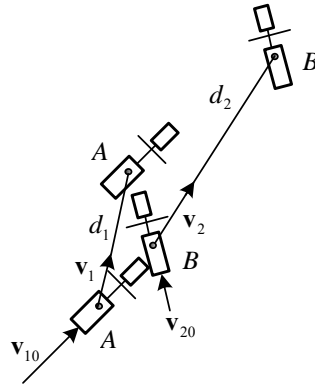


圖 2 機車 A 與機車 B 的碰撞示意圖

參考圖 2，機車 A 與機車 B 碰撞後的合碰撞力會造成機車的速度變化，即對 A 車可寫成

$$\mathbf{v}_{10} + \Delta\mathbf{v}_1 = \mathbf{v}_1 \quad (1)$$

其中  $\mathbf{v}_{10}$  為機車 A 碰撞前速度， $\mathbf{v}_{10}$  的方向為機車 A 碰撞前行駛方向， $\mathbf{v}_1$  為機車 A 碰撞後速度， $\mathbf{v}_1$  的方向為機車 A 碰撞後倒地刮地痕方向， $\Delta\mathbf{v}_1$  為機車 A 碰撞速度變化。同理對機車 B，我們有

$$\mathbf{v}_{20} + \Delta\mathbf{v}_2 = \mathbf{v}_2 \quad (2)$$

其中  $\mathbf{v}_{20}$  為機車 B 碰撞前速度， $\mathbf{v}_{20}$  的方向為機車 B 碰撞前行駛方向， $\mathbf{v}_2$  為機車 B 碰撞後速度， $\mathbf{v}_2$  的方向為機車 B 碰撞後倒地刮地痕方向，機車 B 碰撞速度變化  $\Delta\mathbf{v}_2$  的方向與  $\Delta\mathbf{v}_1$  的方向相反。 $\mathbf{v}_{10}$ 、 $\mathbf{v}_1$ 、 $\Delta\mathbf{v}_1$  構成 A 車的碰撞速度三角形； $\mathbf{v}_{20}$ 、 $\mathbf{v}_2$ 、 $\Delta\mathbf{v}_2$  構成 B 車的碰撞速度三角形，如圖 3 所示。本文中，碰撞速度三角形簡稱速度三角形(張超群，2020)。

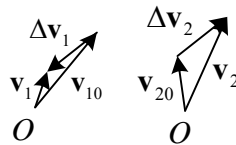


圖 3 機車 A 與機車 B 的碰撞速度三角形

## 2.2 兩部機車碰撞速度變化之關係

若不計機車車體的旋轉運動，則圖 2 之 A 車及 B 車可視為質點。畫 A、B 車的衝量與動量圖(Beer and Johnston, 1999；張超群、劉成群，2013)，如圖 4 所示。對 A 車使用衝量與動量原理，得

$$m_1 \mathbf{v}_{10} + (-\mathbf{I}) = m_1 \mathbf{v}_1 \quad (3)$$

對  $B$  車使用衝量與動量原理，得

$$m_2 \mathbf{v}_{20} + \mathbf{I} = m_2 \mathbf{v}_2 \quad (4)$$

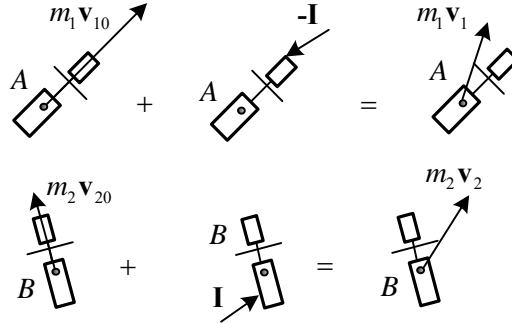


圖 4 機車 A 和機車 B 的衝量與動量圖

其中  $m_2$  為機車  $B$  與騎士的總質量。由方程式(3)和(4)，得

$$\Delta \mathbf{v}_1 = -\frac{m_2}{m_1} \Delta \mathbf{v}_2 \quad (5)$$

方程式(5)中的負號代表  $A$  車碰撞速度變化  $\Delta \mathbf{v}_1$  的方向與  $B$  車的碰撞速度變化  $\Delta \mathbf{v}_2$  的方向相反。 $A$  車的碰撞速度變化大小  $\Delta v_1$  與  $B$  車的碰撞速度變化大小  $\Delta v_2$  之關係為

$$\Delta v_1 = \frac{m_2}{m_1} \Delta v_2 \quad (6)$$

方程式(6)表明碰撞時質量(或重量)越小，碰撞速度變化越大；質量(或重量)越大，碰撞速度變化越小。通常台灣的輕型機車質量約 80kg。普通重型機車質量約 85kg 至 130kg，大部分介於 100kg 至 120kg 左右。騎士質量大都介於 50kg 到 80kg。因此，若兩部普通重型機車碰撞，機車質量差異不大，並設兩部機車騎士體重差不多，則(5)式可近似地寫成  $\Delta \mathbf{v}_1 \approx -\Delta \mathbf{v}_2$ ，畫碰撞速度三角形時可將  $\Delta \mathbf{v}_1$  畫成與  $\Delta \mathbf{v}_2$  大小相等，方向相反。若普通重型機車碰撞輕型機車，輕型機車速度變化  $\Delta \mathbf{v}_2$ ，則普通重型機車的速度變化  $\Delta \mathbf{v}_1$ ，可用(5)式近似地寫成  $\Delta \mathbf{v}_1 \approx -(4/5)\Delta \mathbf{v}_2$ ，畫碰撞速度三角形時可將  $\Delta \mathbf{v}_1$  畫成與  $\Delta \mathbf{v}_2$  方向相反，長度約五分之四(張超群，2020)。

## 2.3 碰撞速度變化之大小和方向

如圖 5 所示之直行機車  $A$  與左偏之機車  $B$  的碰撞示意圖。對機車的碰撞速度變化方向，我們可以得到簡單的結論(張超群，2020)：如圖 6 所示， $A$  車車頭與  $B$  車側面碰撞，若  $A$  車速度較快撞擊  $B$  車，則  $B$  車的碰撞速度變化方向(碰撞力)方向會沿  $B$  車碰撞處的斜前方；若  $B$  車速度較快撞擊  $A$  車，則

$B$  車的碰撞速度變化方向(碰撞力)方向會沿  $B$  車碰撞處的斜後方，如圖 7 所示。

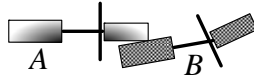


圖 5 碰撞示意圖

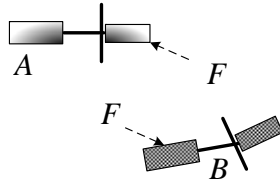


圖 6 直行機車  $A$  速度較左偏機車  $B$  速度快之受力分析

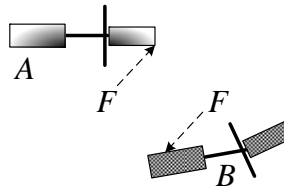


圖 7 左偏機車  $B$  速度較直行機車速度  $A$  快之受力分析

## 2.4 畫速度三角形之步驟

這裡所謂的直行是指機車沿車道方向行駛，所謂的左偏是指機車向左偏離車道方向。以圖 8 之直行機車  $B$  碰撞左偏機車  $A$  的現場圖為例，畫速度三角形之步驟通常如下：

1. 先畫碰撞示意圖，如圖 9 所示。
2. 在紙面上取兩點  $O$  作參考點，畫速度三角形時，先按比例從  $O$  點畫出  $A$ 、 $B$  車的刮地痕長度與方向，代表  $A$ 、 $B$  車碰撞後速度  $v_1$  和  $v_2$ ，如圖 10(a)所示。通常先畫直行車，再畫左偏或右偏車的速度三角形。
3. 對  $B$  車， $B$  車向右直行，從  $O$  點畫  $v_{20}$  朝右方， $B$  車速度較快撞擊  $A$  車，則  $B$  車的碰撞速度變化方向(碰撞力)方向會沿  $B$  車碰撞處的斜後方。因此， $B$  車的受到  $A$  車的碰撞力方向朝左上方，所以  $B$  車的碰撞速度變化  $\Delta v_2$  方向朝左上，因此可以從  $v_2$  箭頭對箭頭畫  $\Delta v_2$  朝左上方，調整  $v_{20}$  之大小與  $\Delta v_2$  之大小和方向，得機車  $B$  的速度三角形，如圖 10(a)所示。
4. 對  $A$  車，應用(5)式可較精確得到  $A$  車碰撞速度變化  $\Delta v_1$ 。若兩部機車都是速克達，且重量相差不大， $A$  車的碰撞速度變化  $\Delta v_1$  方向與  $B$  車的碰撞速度變化  $\Delta v_2$  方向相反，大小差不多，因此可以從  $v_1$  箭頭對箭頭畫  $\Delta v_1$  朝右下方，大小與  $\Delta v_2$  相同，方向相反。連接  $O$  點與  $\Delta v_1$  向量的起點就是  $v_{10}$ ，代

表機車 A 碰撞前的速度，這樣就完成了機車 A 的速度三角形，如圖 10(a) 所示。

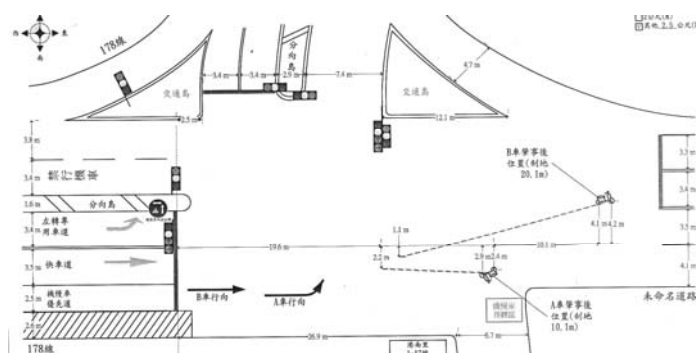


圖 8 直行機車碰撞左偏或左轉彎機車之現場圖

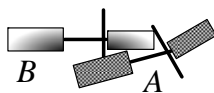


圖 9 直行機車碰撞左偏或左轉彎機車之碰撞示意圖

討論：我們不需要精確的求出 A、B 車碰撞前速度及左偏或左轉彎的角度。因此，在畫速度三角形時， $v_{10}$ 、 $\Delta v_1$ 、 $v_{20}$ 、 $\Delta v_2$  可調整大小或方向，所以可得到不同的速度三角形。例如圖 10(b) 所示之 A、B 車速度三角形也符合圖 8 之碰撞情況。從圖 10 中  $v_2$  較  $v_1$  斜代表直行 B 車的刮地痕較左偏或左轉彎的 A 車斜。這裡的斜是指刮地痕與道路方向的夾角較大。此外圖 10 中的  $v_{10}$  可遠大於  $v_{20}$ 、 $\Delta v_2$ ，這表示直行 B 車的速度高於左偏或左轉彎的 A 車之速度。

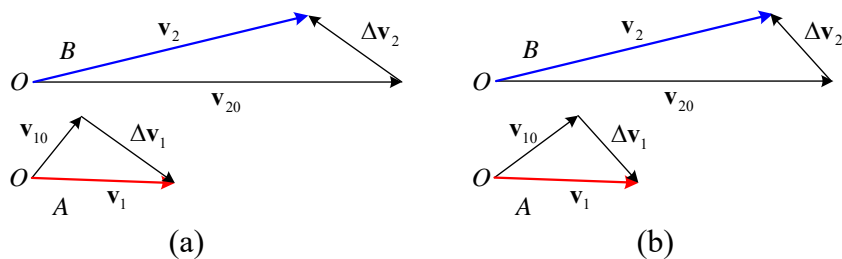


圖 10 圖 8 之速度三角形

### 三、兩部機車同向行駛常見的碰撞形式分析

本節分析常見的同方向行駛的兩部機車發生碰撞的形式，畫出速度三角形，分析刮地痕走向。

### 3.1 前車左偏或左轉彎，後車直行

圖 11 為前車左偏或左轉彎，後車直行之碰撞示意圖。圖 11(a)為機車 A 前部與機車 B 後部發生碰撞，圖 11(b)為機車 A 前後部與機車 B 前後部發生碰撞之碰撞示意圖。

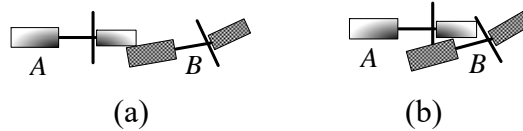


圖 11 前車左偏後車直行之碰撞示意圖

#### 3.1.1 直行機車速度較左偏或左轉彎機車快

圖 12 為直行 A 車速度較左偏或左轉彎 B 車快之速度三角形。圖 12(a)與圖 12(b)中 A 車刮地痕朝右偏上(即指向直行方向的左前方)，B 車刮地痕朝右偏下(即指向直行方向的右前方)，這是因為 B 車左偏或左轉彎角度小或撞擊力大。圖 12(c)和圖 12(d)中 A 車刮地痕朝右偏上，B 車刮地痕朝右偏上(即指向直行方向的左前方)，這是因為 B 車左偏或左轉彎角度大或撞擊力小。

圖 12(a)和圖 12(c)中直行 A 車之倒地速度  $v_1$  與 A 車刮地痕長度成正比，左偏 B 車倒地速度  $v_2$  與 B 車刮地痕長度成正比，這兩圖中  $v_1$  與  $v_2$  與長度差距較大，代表現場圖 A 車與 B 車刮地痕長度相差較大。再從圖 12(a)和圖 12(c)中觀察到 A 車與 B 車的碰撞前速度圖中  $v_{10}$  與  $v_{20}$  的長度也相差較大。因此，我們可得簡單結論：若現場圖中兩部機車的刮地痕長度相差較大，代表兩機車碰撞前車速差異較大。

同理，圖 12(b)和圖 12(d)中直行 A 車與左偏 B 車刮地痕長度差異較小，代表兩車碰撞時車速差距較小。

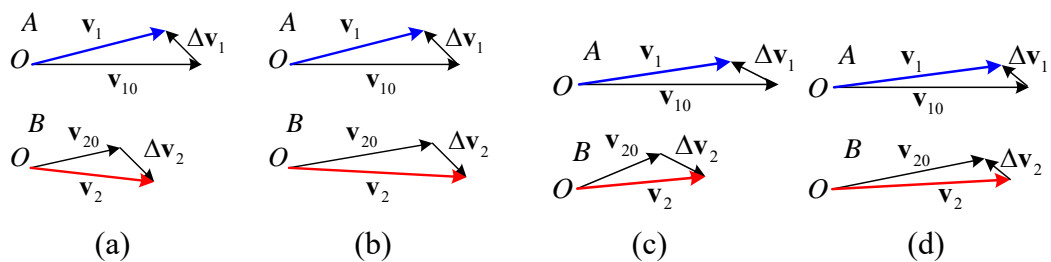
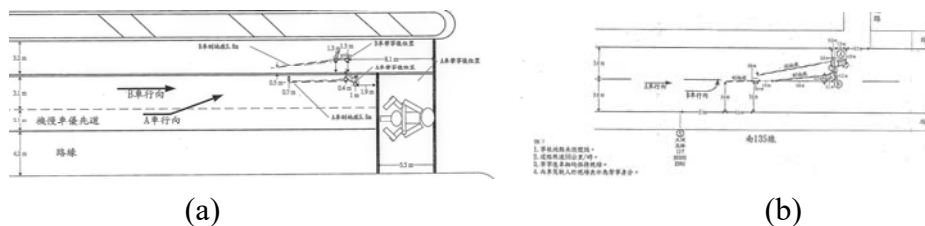
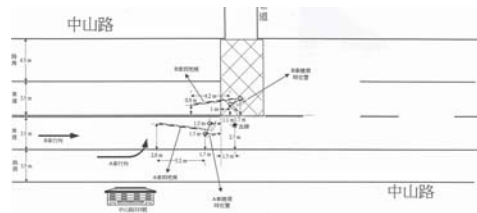


圖 12 直行機車 A 速度較左偏或左轉彎機車 B 快之速度三角形

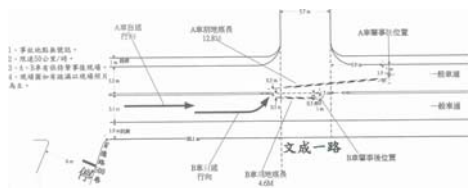




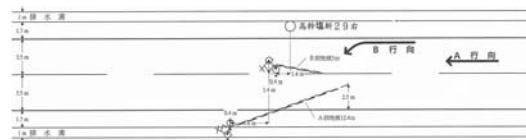
(c)

圖 13 兩車速度差較小，直行機車較左偏或左轉彎機車刮地痕斜之現場圖

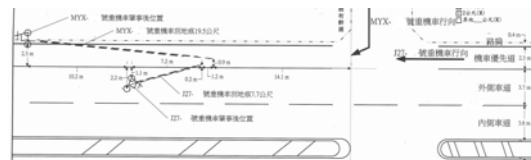
圖 13 中直行車刮地痕較左偏車或左轉彎機車刮地痕斜，但兩機車刮地痕長度差異不大，這代表兩機車碰撞時車速差距較小。



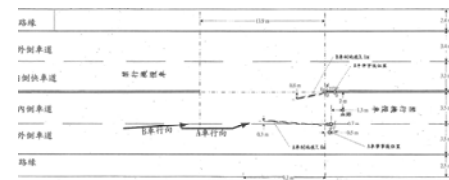
(a)



(b)



(c)



(d)

圖 14 兩車速度差較大，直行機車較左偏或左轉彎機車刮地痕斜之現場圖

圖 14 中直行機車刮地痕較左偏機車或左轉彎機車刮地痕斜，但兩機車刮地痕長度差異較大，這代表兩機車碰撞時車速差距較大。

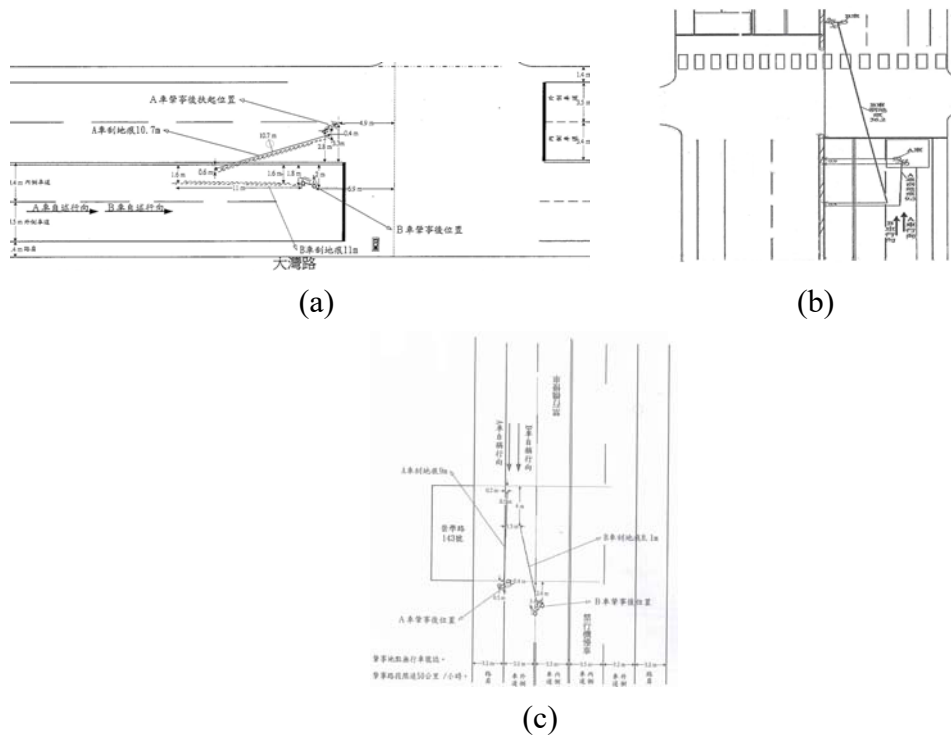


圖 15 利用刮地痕的斜度可快速判斷那部機車左偏或左轉彎之現場圖

圖 15 中利用直行車刮地痕較左偏車或左轉彎機車刮地痕斜，即可快速判斷圖 15(a)中  $B$  車左偏， $A$  車直行；圖 15(b)中  $A$  車左偏， $B$  車直行；圖 15(c)中  $A$  車左偏， $B$  車直行。

### 3.1.2 左偏機車或左轉彎機車速度較直行機車快

圖 16 為左偏車  $B$  車速度較直行車  $A$  車快之速度三角形。圖 16(a)與圖 16(b)中  $A$  車刮地痕朝右偏上， $B$  車刮地痕朝右偏下，這是因為  $B$  車左偏角度小或撞擊力大。圖 16(c)與圖 16(d)中  $A$  車刮地痕朝右偏上， $B$  車刮地痕朝右偏上，這是因為  $B$  車左偏角度大或撞擊力小。

圖 16(a)和圖 16(c)中直行  $A$  車與左偏  $B$  車刮地痕長度差異較小，代表兩車碰撞時車速差距較小。圖 16(b)和圖 16(d)中直行  $A$  車與左偏  $B$  車刮地痕長度差異較大，代表兩車碰撞時車速差距較大。

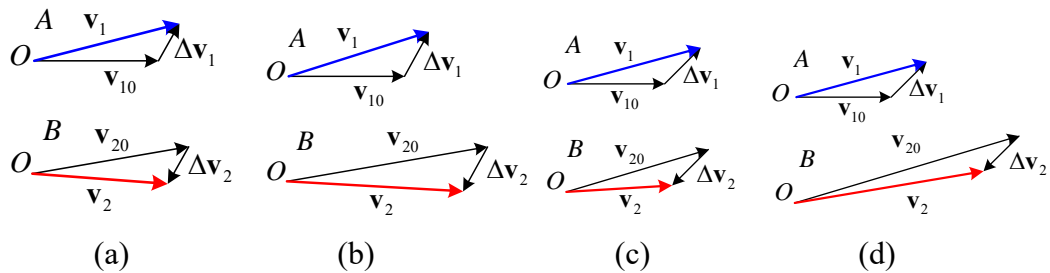


圖 16 左偏機車較直行機車快之速度三角形

根據車損照片，圖 17 為左偏機車 A 車速較快，其前車輪左側撞直行機車 B 排氣管後端的現場圖，圖中顯示直行機車 B 刮地痕較左偏機車 A 刮地痕斜。就算照片不易判斷碰撞位置，由 A 車刮地痕較直，B 車刮地痕較斜，可知 B 車直行，至於 A 車左偏或右偏，由 A 車刮地痕在行駛方向的右側，可知 A 車左偏。

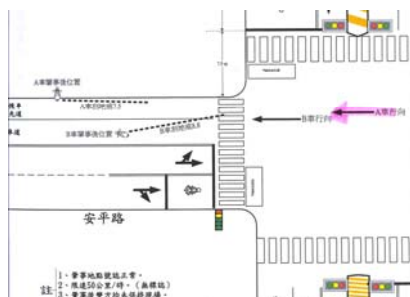


圖 17 左偏機車 A 車速較快碰撞直行機車 B 的現場圖

### 3.1.3 左轉彎速度快且轉彎角度大之機車後部與直行機車前部發生碰撞

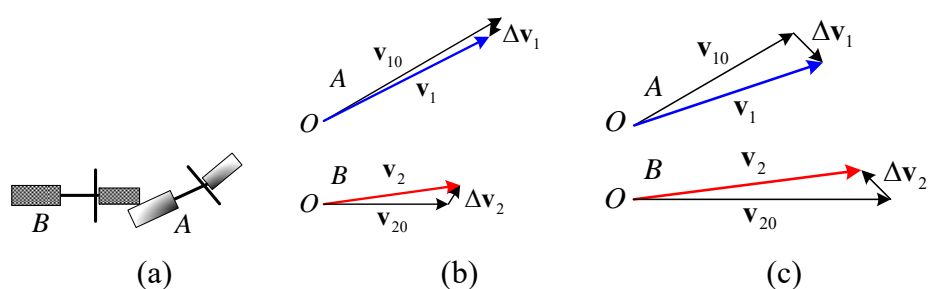


圖 18 大角度左轉彎速度快之機車左後部碰撞直行機車前部之示意圖與速度三角形

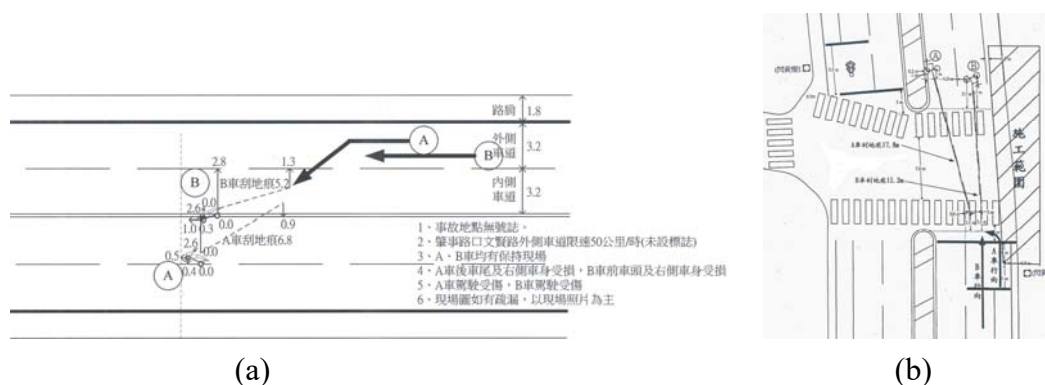


圖 19 大角度左轉彎速度快之機車左後部碰撞直行機車前部之現場圖

## 3.2 前車右偏後車直行

### 3.2.1 直行機車速度較右偏機車快

圖 20 為前車右偏或右轉彎，後車直行之碰撞示意圖。圖 20(a)為機車  $B$  前後部與機車  $A$  前後部發生碰撞，圖 20(b)為機車  $B$  前部與機車  $A$  後部發生碰撞之碰撞示意圖。圖 21 為其對應的速度三角形。圖 21(a)與圖 21(b)中  $A$  車刮地痕朝右偏上， $B$  車刮地痕朝右偏下，這是因為  $A$  車右偏角度小或撞擊力大。圖 21(c)與圖 21(d)中  $A$  車刮地痕朝右偏下， $B$  車刮地痕朝右偏下，這是因為  $A$  車右偏角度大或撞擊力小。

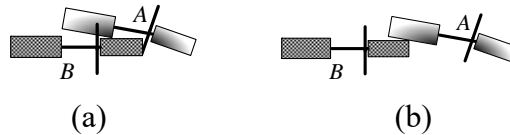


圖 20 前車右偏或右轉彎，後車直行之碰撞示意圖

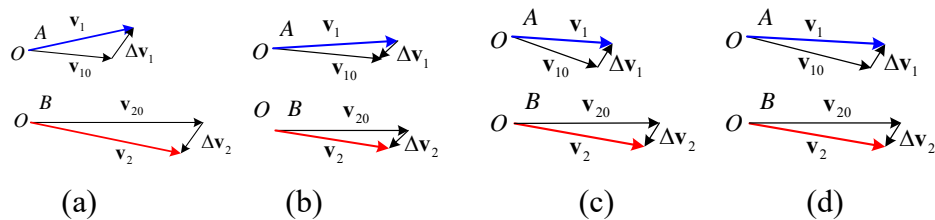


圖 21 直行機車  $B$  速度較右偏或右轉彎機車  $A$  快之速度三角形

圖 22 中之現場圖顯示了直行機車刮地痕較右偏或右轉彎機車刮地痕斜。應用在圖 23 中，我們可快速判斷圖 23(a)中  $A$  車右偏， $B$  車直行；圖 23(b)中  $A$  車右偏， $B$  車直行；圖 23(c)中  $B$  車右偏， $A$  車直行。

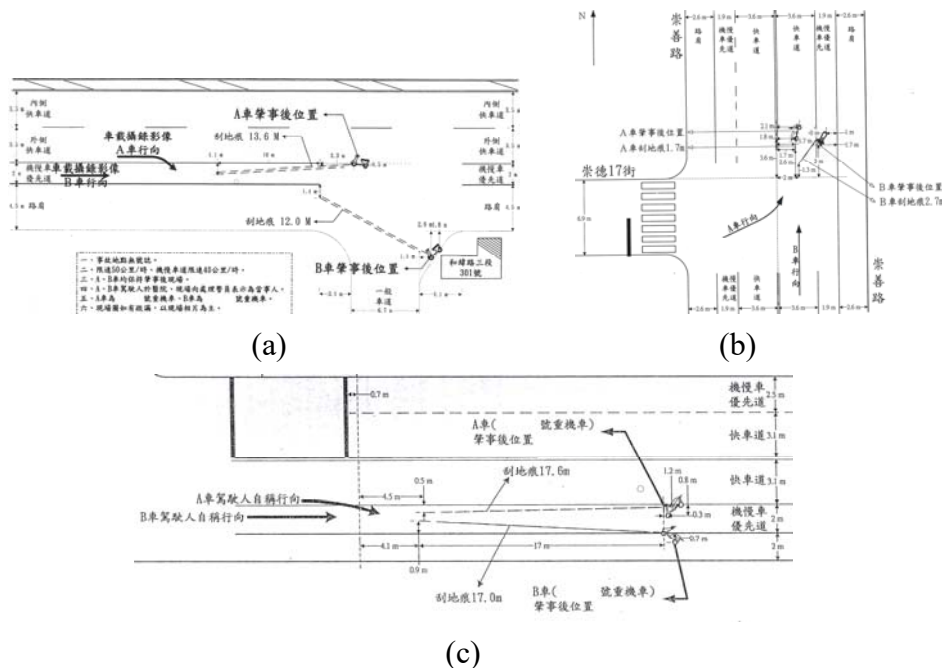


圖 22 直行機車  $B$  速度較右偏或右轉彎機車  $A$  快之現場圖

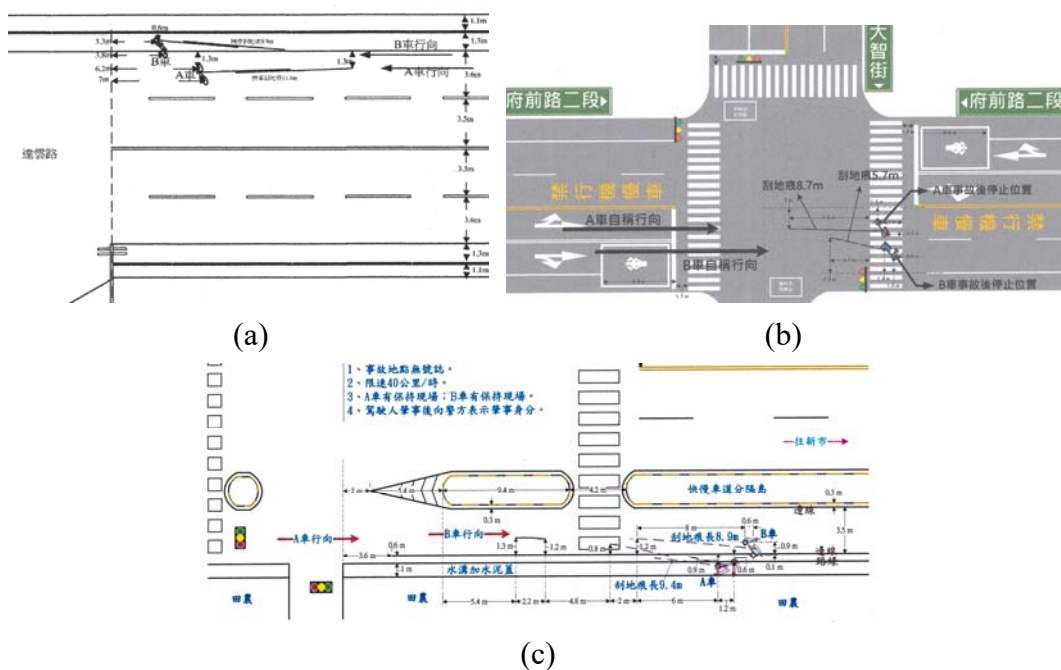


圖 23 直行機車刮地痕較右偏機車刮地痕斜之現場圖

### 3.2.2 右偏或右轉彎機車速度較直行機車快

圖 24 為右偏或右轉彎機車 A 車速度較直行機車 B 快之速度三角形。圖 24(a)中 A 車刮地痕朝右偏上，B 車刮地痕朝右偏下，這是因為 A 車右偏角度小或撞擊力大。圖 24(b)中 A 車刮地痕朝右偏下，B 車刮地痕朝右偏下，這是因為 A 車右偏角度大或撞擊力小。

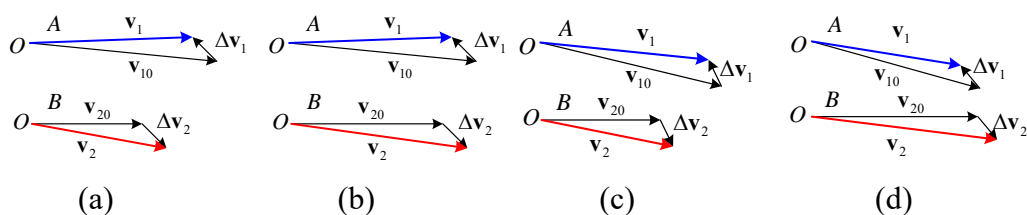


圖 24 右偏機車或右轉機車 A 較直行機車 B 速度快之速度三角形

圖 25 為右轉機車 A 與直行機車 B 碰撞之現場圖，此現場圖的刮地痕走向與長度類似圖 24(d)。這表示兩部機車碰撞時的速度差異不大。

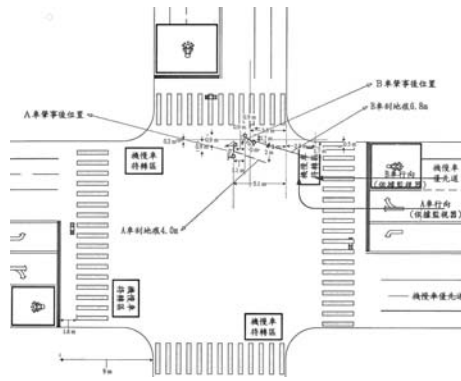


圖 25 右轉機車 A 與直行機車 B 碰撞之現場圖

### 3.2.3 右轉彎速度快且轉彎角度大之機車後部與直行機車前部發生碰撞

圖 26(a)為大角度右轉彎車速度快之機車 A 後部碰撞直行機車 B 前部之示意圖，其速度三角形如圖 26(b)和 26(c)所示。圖 26(b)中右轉車速度較直行車快，圖 26(c)中直行車速度較右轉車更快。此種碰撞行向因轉彎角度大，並且是右轉彎機車右後方與直行機車前部碰撞，所以轉彎車的刮地痕較斜。

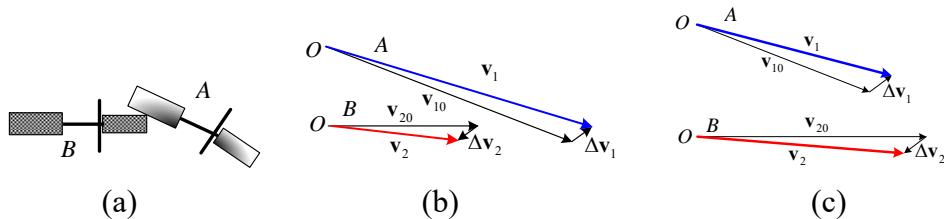


圖 26 大角度右轉彎車速度快之機車 A 後部碰撞直行機車 B 前部之示意圖與速度三角形

### 3.3 只有照後鏡、把手或騎士手肘碰撞而車體未碰撞

當兩部機車同向平行行駛但太靠近，或並行時右側機車輕微的左偏，而左邊的機車速度較快，兩部機車只是照後鏡或把手或騎士手肘接觸到，如圖 27(a)和 27(c)所示。這時的碰撞力  $F$ ，如圖 27(b)和 27(d)所示。因為沒有車體碰撞，前輪沒有完全滑動，這時研究機車刮地痕走向需要考慮把手碰撞後的前輪轉向效應。碰撞力  $F$  使兩部機車把手都向右轉動，因為兩部機車沒有車體碰撞只有接觸碰撞，產生的碰撞力很小，所以可以假設兩部機車接觸後瞬間的速度仍為機車碰撞前車速，即  $\mathbf{v}_1 \approx \mathbf{v}_{10}$  與  $\mathbf{v}_2 \approx \mathbf{v}_{20}$ 。機車 A 與 B 的前輪轉向到機車倒地之速度分析如圖 28(b)和 28(c)所示，圖中  $\Delta \mathbf{v}_1^*$  垂直  $\mathbf{v}_{10}$ ， $\Delta \mathbf{v}_2^*$  垂直  $\mathbf{v}_{20}$ ， $\Delta \mathbf{v}_1^*$  為 A 車前輪轉向而產生的速度變化， $\mathbf{v}_1^*$  為機車 A 倒地時的速度， $\mathbf{v}_2^*$  為機車 B 倒地時的速度， $\Delta \mathbf{v}_2^*$  為 B 車前輪轉向而產生的速度變化。 $\mathbf{v}_1^*$  與  $\mathbf{v}_2^*$  的方向為機車 A 與 B 倒地刮地痕方向， $\mathbf{v}_1^*$  與  $\mathbf{v}_2^*$  的大小與機車 A 與 B 倒地刮地痕長度成比例。這種情況的轉向倒地速度分析之向量方程式，對 A 車可寫成 (張超群，2020)

$$\mathbf{v}_{10} + \Delta \mathbf{v}_1^* = \mathbf{v}_1^* \quad (7)$$

對  $B$  車可寫成

$$\mathbf{v}_{20} + \Delta \mathbf{v}_2^* = \mathbf{v}_2^* \quad (8)$$

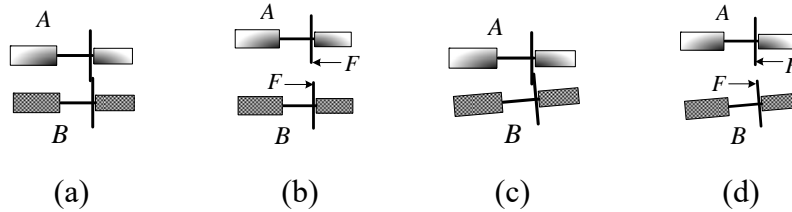


圖 27  $A$  車較快，兩部機車只有照後鏡或把手接觸到之碰撞示意圖與受力

因此，對圖 27(a)之兩機平行之碰撞，機車  $A$  與  $B$  的刮地痕走向為朝右偏下，如圖 28(b)與圖 28(c)所示。對圖 27(c)之碰撞，機車  $A$  與  $B$  的刮地痕走向通常為朝右偏下，如圖 28(b)所示。若前輪轉向產生的速度變化較小，則機車  $A$  的刮地痕走向則朝右很輕微的偏下，機車  $B$  的刮地痕走向則朝右接近水平直線，如圖 28(c)所示。

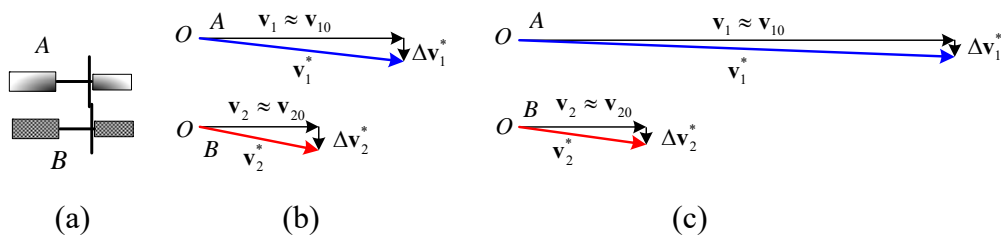


圖 28  $A$  車較快，兩部平行機車照後鏡或把手接觸之碰撞示意圖與轉向倒地速度分析

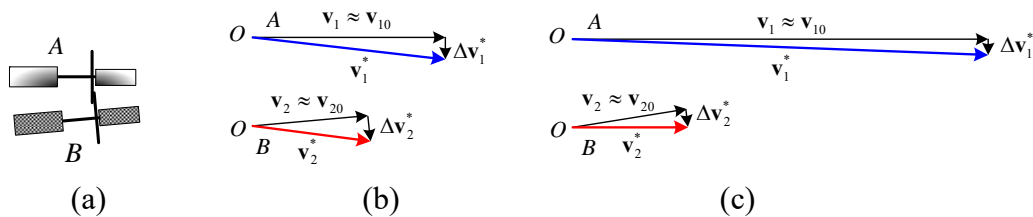


圖 29  $A$  車較快  $B$  車左偏，機車照後鏡或把手接觸之碰撞示意圖與轉向倒地速度分析

根據監視器影像，圖 30(a)為直行的機車  $A$  右側照後鏡與左偏機車  $B$  的左側照後鏡碰撞，圖 30(b)為直行的機車  $B$  右側手把與右轉出來左偏機車  $A$  的左把手碰撞，車體未碰撞兩圖中碰撞後  $A$ 、 $B$  車把手皆向右轉動，兩部機車都左倒(張超群，2015、2016)並且在前輪向右的轉向效應下，刮地痕朝右偏下，車速較慢的機車刮地痕較斜較短，這類似圖 28(b)之刮地痕走向。

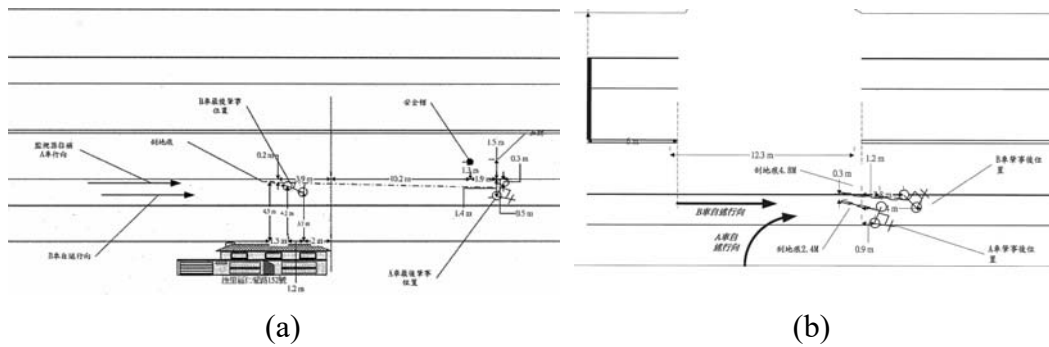


圖 30 直行機車右側照後鏡與左偏機車左側照後鏡碰撞之機車刮地痕

同理，若兩部機車平行行駛，右側的機車  $B$  較快，兩部機車只是照後鏡或把手接觸到，如圖 31(a) 所示，其對應的機車  $A$  與機車  $B$  的刮地痕走向皆朝右偏上，如圖 31(b) 和 31(c) 所示。

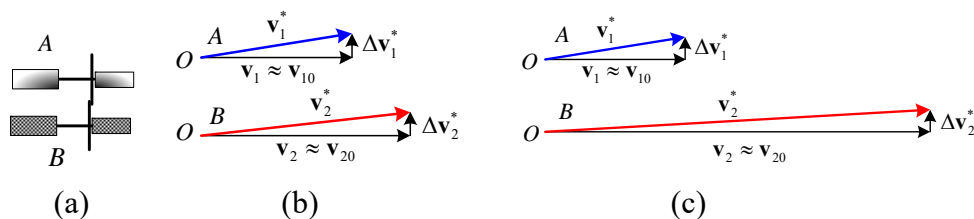


圖 31 B 車較快，兩部平行機車照後鏡或把手接觸碰撞示意圖與轉向倒地速度分析

若右側的機車  $B$  較快碰撞輕微右偏的機車  $A$ ，兩部機車只是照後鏡或把手接觸到，如圖 32(a)所示。其對應的機車  $A$  與機車  $B$  的刮地痕走向通常皆朝右偏上，如圖 32(b)所示。但若前輪向左轉向產生的速度變化較小，則機車  $B$  的刮地痕走向則朝右很輕微的偏上，機車  $A$  的刮地痕走向則朝右接近水平直線，如圖 32(c)所示。

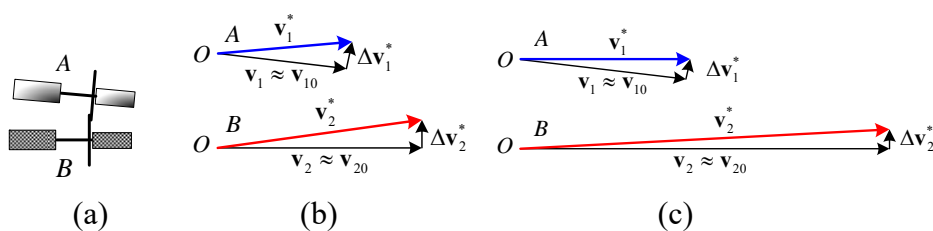


圖 32 直行  $B$  車較快  $A$  車右偏，機車照後鏡或把手接觸碰撞示意圖與轉向倒地速度分析

根據肇事雙方當事人的筆錄，圖 33 為直行的機車 A 左側照後鏡與右偏機車 B 的右側照後鏡碰撞，車體未接觸之現場圖，碰撞後 A、B 車把手皆向左轉動，兩部機車都右倒，但前輪向左轉向效應較小，因此機車 A 刮地痕朝左輕微偏下，機車 B 刮地痕接近水平線。圖 34(a)所示為碰撞示意圖，圖 34(b)所示為其速度三角形，圖中機車 A 倒地時的速度  $v_1^*$  的大小及走向與 A 車刮地痕長度及走向相符，機車 B 倒地時的速度  $v_2^*$  的大小及走向與 B 車刮地痕長度及走向相符。

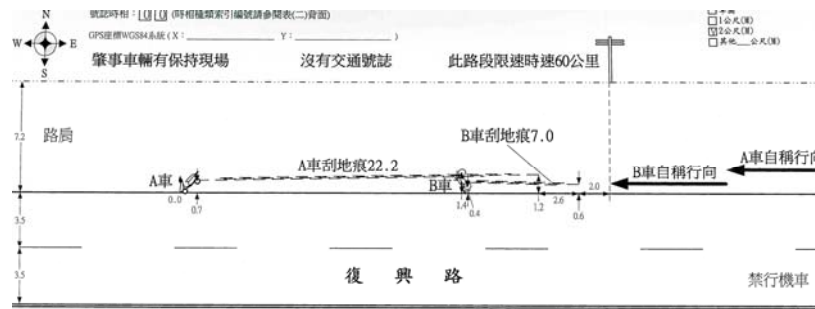


圖 33 直行 A 車較快 B 車右偏，機車照後鏡或把手接觸碰撞轉向倒地之刮地痕

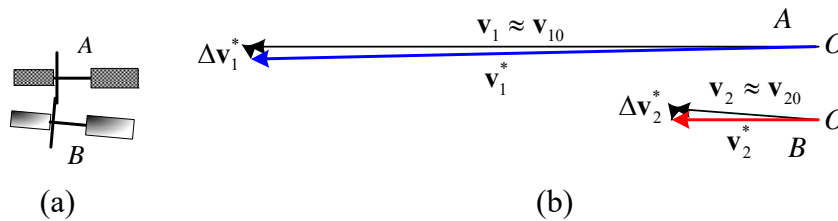


圖 34 直行 A 車較快 B 車右偏，機車照後鏡或把手接觸碰撞轉向倒地之示意圖與速度三角形

### 3.4 小結

從本節之分析，對同向行駛於同一車道或不同車道之兩部機車，因機車左偏或右偏或轉彎而發生同向擦撞型碰撞，可得下列之結論：

1. 若兩部機車重量差異不大，兩部機車同向行駛發生車體碰撞且非輕微的擦撞，則通常直行機車刮地痕較左偏或右偏機車的刮地痕斜。同理，直行機車碰撞低速轉彎機車也可得到相同的結論，即直行機車刮地痕較低速轉彎機車刮地痕斜。例外的是大角度左轉彎或右轉彎，車速較快之機車後部碰撞直行機車前部。此種碰撞行向因轉彎角度大，並且是轉彎機車後方碰撞到直行機車前部，所以轉彎車的刮地痕較斜，但這種駕駛行為較少發生。
2. 車體碰撞後兩部機車刮地痕長度相差較大，代表兩部機車碰撞時的速度差異較大；兩部機車刮地痕長度相差較小，代表兩部機車碰撞時的速度差異較小。
3. 當兩部機車同向平行行駛但太靠近，或並行時一側機車輕微的左偏或右偏，而另一側的機車速度較快，兩部機車只是照後鏡或把手或騎士手肘接觸到，車體沒碰撞。兩部機車皆在前輪轉向效應下，刮地痕通常朝同方向傾斜，倒地方向相同，車速較慢的機車刮地痕通常較斜較短，車速較快的機車刮地痕較長，如圖 30 所示。但若前輪轉向效應較小時，兩部機車的刮地痕會接近於兩條平行線，如圖 33 所示。

值得注意的是台灣的機車主要是速克達與輕型檔車，碰撞時兩部機車重量差異不大，上述之小結(1)是適用的。但是若兩部車重量相差很大，例如機車碰撞自行車、大型重型機車碰撞速克達，則上述之小結(1)之同向擦撞型碰

撞後直行機車刮地痕較左偏或右偏車或轉彎車之刮地痕斜之結論就不適用，這時就需要畫速度三角形作分析。

#### 四、結論

機車碰撞前速度、碰撞速度變化、碰撞後速度三個向量構成碰撞速度三角形(簡稱速度三角形)，其中碰撞前速度的方向就是機車碰撞前行駛方向，碰撞速度變化的方向就是機車碰撞時所受的合碰撞力方向，而碰撞後速度的方向就是機車倒地刮地痕方向。本文對兩部同向行駛的機車發生擦撞型碰撞的不同形式畫速度三角形作分析，其結果顯示在 3-4 小節內，我們用許多實際案例證明理論的正確性。當中最重要結論是：兩部重量差異不大之機車同方向行駛時，因某部機車左偏行駛或右偏行駛，或低速轉彎而非大角度快速轉彎行駛，而發生車禍時，若兩部機車有車體碰撞且非輕微的擦撞，則通常直行機車的刮地痕比左偏或右偏或轉彎機車的刮地痕斜。這結論可讓鑑定相關人員不必懂碰撞理論及如何畫速度三角形，也能快速地判斷那部機車直行，那部機車左偏或右偏或轉彎，這對經常發生的同向擦撞型碰撞的機車交通事故鑑定具有很大的實用價值。

#### 致謝

感謝臺南市車輛行車事故鑑定會提供會議案件作為本文之案例。

#### 參考文獻

- 張超群(2015)，「機車倒地方向的力學分析及其在行車事故鑑定之應用」，*交通學報*，第十五卷第二期，頁 191-224。
- 張超群(2016)，「機車碰撞倒地方向的簡易判斷方法和其在行車事故鑑定之應用」，*105 年道路交通安全與執法研討會*。
- 張超群(2018)，「利用機車刮地痕與倒地方向判斷可能的碰撞行向」，*107 年道路交通安全與執法研討會*。
- 張超群(2020)，「應用機車刮地痕輔以倒地方向推估可能的碰撞前行向」，*交通學報*，第二十卷，頁 1-38。
- 張超群、劉成群(2013)，*動力學*，臺北：新文京開發出版股份有限公司。
- 張超群、許哲嘉、黃國平、吳宗霖(2017)，*交通事故力學*，臺北：新文京開發出版股份有限公司。
- 臺南市車輛行車事故鑑定會會議案件。

Beer, F. P. & Johnston, E. R. (1999), *Vector Mechanics for Engineering: Dynamics*, 3<sup>rd</sup> SI Metric ed., McGraw-Hill.