

熱情的鐵花—輪圈花樣和散熱效果的研究

高小組物理科第一名

台北縣丹鳳國民小學

作者：周揚震、蘇囿儒、吳家瑋、吳慧盈
指導教師：林俊成、邱旭雯

一、研究動機

每次坐父親的車子，往窗外看去都是車子來來往往，不看廠牌都知道是什麼車子，但是我突然察覺到各種車子輪圈上的花樣變化很多，就連同廠牌的車子輪圈的花樣也不同，這個疑問我覺得很有趣，我很想了解那些花樣之間到底有什麼差別，是有功用呢？還是只爲了美觀呢？於是我請教老師，共同設計了幾個實驗來驗證它。

二、研究目的

- (一)想知道輪圈上的花樣有什麼用處？
- (二)想找出那種輪圈設計比較能散熱？
- (三)能找出挑選好輪圈的原則，以及改善散熱不良輪圈的方法。
- (四)從題材的發現、構思、實驗設計，得到結果的過程中，學習到仔細踏實的研究精神。

三、研究問題

- (一)旋轉中的輪圈能通風嗎？
- (二)通風口的數量會影響散熱效果嗎？
- (三)通風孔的形狀與散熱相關嗎？
- (四)通風孔的排列方式會影響散熱效果嗎？
- (五)導流式設計是否有助於通風散熱？
- (六)輪圈本身的凹凸程度會影響散熱嗎？
- (七)市面上常見的花樣孰好孰壞？
- (八)散熱不良的輪圈如何改善？

四、研究設備器材

①洋芋片鐵蓋②礦泉水罐③保特瓶④圓鋁片⑤木條⑥電鑽⑦鼓風機⑧吹風機⑨固體測溫儀 (TES-1320) ⑩打火機⑪螺絲起子⑫玩具零件⑬馬達⑭尖嘴鉗⑮鐵錘⑯風洞⑰⑱⑲ (自製) ⑲電池電池盒⑳電開關㉑膠布㉒雕刻刀

五、實驗過程方法與結果

問題(一)旋轉中的輪圈能通風嗎？

實驗(一)研究方法：把打有1~5個洞的輪圈放入風洞⑱ (T字型)、⑲ (直式) 中測試，用吹風機吹看輪圈模型正面和側面旋轉時能否通風結果用小風車旋轉速度表示。

結果(一)1.各種輪圈在風洞⑱⑲中之測試表：(非常快A，很快B，適中C，慢D，不動E)

| 風車轉速 風洞形式 | 輪圈 ① | 輪圈 ② | 輪圈 ③ | 輪圈 ④ | 輪圈 ⑤ |
|--------------|---------|---------|---------|---------|---------|
| 直式靜止 | B | B | B | B | B |
| 直式旋轉 | D | D | C | C | B |
| T型靜止 | D | D | D | D | D |
| T型旋轉 | D | D | D | D | D |

2.把沒裝輪圈時旋轉速度定為A，直式風洞靜止時均為B。

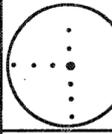
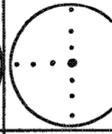
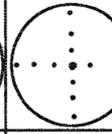
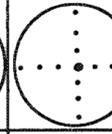
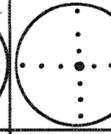
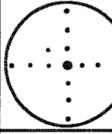
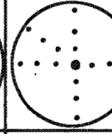
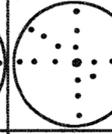
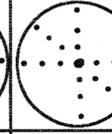
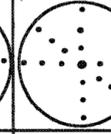
3.直式旋轉後①②為D，③④為C，⑤仍為B。

4.T型風洞測試時，風沒進入輪圈，反而把氣流吸出，速度為D。

問題(二)通風口的數量會影響散熱效果嗎？

實驗(二)研究方法：用2.9mm的鑽尾打造輪圈，洞數1~24個，洞與洞距6mm依「+」字型擴展為「*」字型，以鋁片代替煞車盤，把輪圈放入風洞⑳中，加熱鋁片到90℃，啟動裝置20秒後測溫。

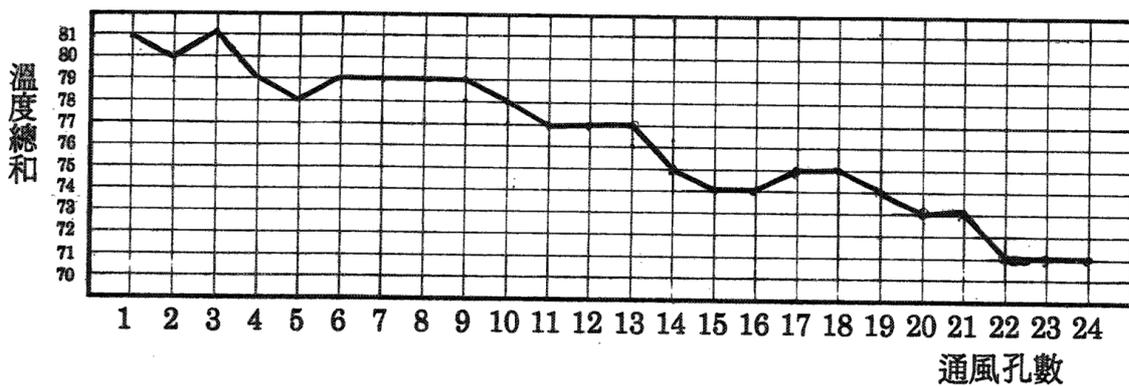
結果(二)1.通風孔面積不同之測試表：(1個孔面積約為4.91mm²)

| | | | | | | |
|--------|---|---|---|--|---|---|
| 輪圈的型式 | ①  | ②  | ③  | ④  | ⑤  | ⑥  |
| 通風孔的面積 | 4.91mm ² | 9.82 | 14.73 | 19.64 | 24.55 | 29.46 |
| 煞車盤溫度 | 51°C | 50°C | 51°C | 50°C | 50°C | 49°C |
| 輪圈溫度 | 30°C | 30°C | 30°C | 29°C | 28°C | 30°C |
| 溫度總和 | 81°C | 80°C | 81°C | 79°C | 78°C | 79°C |
| 輪圈的型式 | ⑦  | ⑧  | ⑨  | ⑩  | ⑪  | ⑫  |
| 通風孔的面積 | 34.37 | 39.28 | 44.19 | 49.10 | 54.01 | 58.92 |
| 煞車盤溫度 | 50°C | 50°C | 50°C | 49°C | 48°C | 49°C |
| 輪圈溫度 | 29°C | 29°C | 29°C | 29°C | 29°C | 28°C |
| 溫度總和 | 79°C | 79°C | 79°C | 78°C | 77°C | 77°C |
| 輪圈的型式 | ⑬  | ⑭  | ⑮  | ⑯  | ⑰  | ⑱  |
| 通風孔的面積 | 63.83 | 68.74 | 73.65 | 78.56 | 83.47 | 88.38 |
| 煞車盤溫度 | 49°C | 48°C | 47°C | 47°C | 49°C | 48°C |
| 輪圈溫度 | 28°C | 27°C | 27°C | 27°C | 26°C | 27°C |
| 溫度總和 | 77°C | 75°C | 74°C | 74°C | 75°C | 75°C |

| | | | | | | |
|--------|-------|------|--------|--------|--------|--------|
| 輪圈的型式 | ①9 | ②0 | ③1 | ④2 | ⑤3 | ⑥4 |
| 通風孔的面積 | 93.29 | 98.2 | 103.11 | 108.02 | 112.93 | 117.84 |
| 煞車盤溫度 | 47°C | 47°C | 46°C | 45°C | 45°C | 45°C |
| 輪圈溫度 | 27°C | 26°C | 27°C | 26°C | 26°C | 26°C |
| 溫度總和 | 74°C | 73°C | 73°C | 71°C | 71°C | 71°C |

2.在實驗中測試了煞車盤溫度，也測輪圈溫度，發現煞車盤隨通風孔數增加而降低溫度，輪圈也有相同之功效。

3.通風孔數與溫度總和關係折線圖：



問題(三)通風孔的形狀與散熱相關嗎？

實驗(三)研究方法：把洋芋片鐵蓋以錐子及起子切出各種形狀的洞，放入風洞③加熱鋁片並啓動20秒後測溫，控制孔數為4個，排列方式相同

結果(三)1.不同形狀的通風口與散熱效率關係表：

| | | | | | | |
|-------|------|------|------|------|------|------|
| 通風口形狀 | ① | ② | ③ | ④ | ⑤ | ⑥ |
| 煞車盤溫度 | 47°C | 46°C | 47°C | 47°C | 47°C | 48°C |
| 輪圈溫度 | 26°C | 25°C | 26°C | 27°C | 25°C | 26°C |
| 溫度總和 | 73°C | 71°C | 73°C | 74°C | 72°C | 74°C |

| | | | | | | |
|-------|---|---|---|--|---|---|
| 通風口形狀 |  |  |  |  |  |  |
| 煞車盤溫度 | 47°C | 48°C | 48°C | 48°C | 49°C | 48°C |
| 輪圈溫度 | 26°C | 26°C | 25°C | 23°C | 29°C | 25°C |
| 溫度總和 | 73°C | 74°C | 73°C | 71°C | 78°C | 73°C |

2.在實驗中發現②⑤⑩散熱效果較好，⑪較差。煞車盤溫度②46°C較低，⑪49°C較高，其他均在47~48°C，輪圈上降溫後變化就較多。

問題(四)通風孔的排列方式會影響散熱效果嗎？

實驗(四)研究方法：輪圈控制為24個洞，依不同位置排列，測試方法同實驗(三)。

結果(四) 1.通風孔排列不同位置散熱測試表：

| | | | | | | | |
|-------|---|---|---|--|---|---|---|
| 輪圈型式 |  |  |  |  |  |  |  |
| 煞車盤溫度 | 49°C | 49°C | 50°C | 50°C | 51°C | 50°C | 49°C |
| 輪圈溫度 | 25°C | 27°C | 27°C | 28°C | 28°C | 28°C | 27°C |
| 溫度總和 | 74°C | 76°C | 77°C | 78°C | 79°C | 78°C | 76°C |
| 輪圈型式 |  |  |  |  |  |  |  |
| 煞車盤溫度 | 50°C | 50°C | 50°C | 48°C | 51°C | 49°C | 46°C |
| 輪圈溫度 | 27°C | 27°C | 28°C | 23°C | 25°C | 26°C | 24°C |
| 溫度總和 | 77°C | 77°C | 78°C | 71°C | 76°C | 75°C | 70°C |

| | | | | | | |
|-------|------|------|------|------|------|------|
| 輪圈型式 | ⑮ | ⑯ | ⑰ | ⑱ | ⑲ | ⑳ |
| 煞車盤溫度 | 49°C | 46°C | 49°C | 47°C | 50°C | 49°C |
| 輪圈溫度 | 26°C | 25°C | 25°C | 25°C | 28°C | 26°C |
| 溫度總和 | 75°C | 71°C | 74°C | 72°C | 78°C | 75°C |
| 輪圈型式 | ㉑ | ㉒ | ㉓ | ㉔ | ㉕ | ㉖ |
| 煞車盤溫度 | 48°C | 49°C | 48°C | 49°C | 48°C | 49°C |
| 輪圈溫度 | 25°C | 27°C | 24°C | 27°C | 24°C | 27°C |
| 溫度總和 | 73°C | 76°C | 72°C | 76°C | 72°C | 76°C |

2. 在26種排列型式中以⑮⑱⑲⑳㉑㉓㉕散熱效率較佳，溫度總和在70°C~73°C之間。26種型式中較差的是②③④⑤⑥⑦⑧⑨⑩⑫⑬⑭⑯㉒㉔㉖散熱後溫度總和在76°C~79°C之間。

問題(五)導流式設計是否有助於通風散熱？

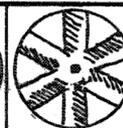
實驗(五)研究方法：

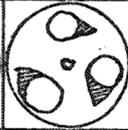
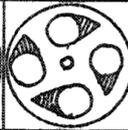
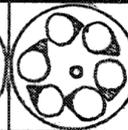
1. 把輪圈的通風孔設計成利於導引氣流的型式或模擬風扇的形狀，分為二種型式一為孔式，另一為扇葉式再把這二種型式細分為導入氣流式和排出式。

2. 把製成的輪圈放入風洞③中依實驗(二)之方法加熱後測溫。

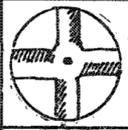
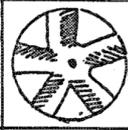
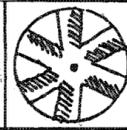
結果(五)1. 導流式設計的測試表：(斜線部份為壓下部份)。

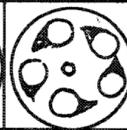
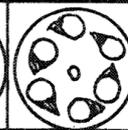
▲ 導入氣流式

| | | | | |
|-------|---|---|---|--|
| 葉片式輪圈 |  |  |  |  |
| 煞車盤溫度 | 46°C | 47°C | 47°C | 48°C |
| 輪圈溫度 | 30°C | 29°C | 30°C | 30°C |
| 溫度總和 | 76°C | 76°C | 77°C | 78°C |

| | | | | | |
|-------|---|---|--|---|---|
| 通風孔輪圈 |  |  |  |  |  |
| 煞車盤溫度 | 49°C | 48°C | 48°C | 48°C | 47°C |
| 輪圈溫度 | 28°C | 27°C | 27°C | 27°C | 27°C |
| 溫度總和 | 77°C | 75°C | 75°C | 75°C | 74°C |

▲▲排出氣流式

| | | | | |
|-------|---|---|--|---|
| 葉片式輪圈 |  |  |  |  |
| 煞車盤溫度 | 48°C | 46°C | 47°C | 46°C |
| 輪圈溫度 | 28°C | 28°C | 27°C | 27°C |
| 溫度總和 | 76°C | 74°C | 74°C | 73°C |

| | | | | | |
|-------|---|---|--|---|---|
| 通風孔輪圈 |  |  |  |  |  |
| 煞車盤溫度 | 52°C | 48°C | 48°C | 48°C | 48°C |
| 輪圈溫度 | 30°C | 27°C | 26°C | 25°C | 23°C |
| 溫度總和 | 82°C | 75°C | 74°C | 73°C | 71°C |

2. 導入式扇葉葉片少散熱效果佳；通風孔數越多，效果越好。
3. 排出式扇葉越多效果越好；通風孔數越多仍是效果好。
4. 扇葉式導入或排出其煞車片溫度呈相反情形，▲（導入式）葉片少溫度低，葉片多溫度高；▲（排出式）葉片少溫度高，葉片多溫度低。
5. 孔式中導入式和排出式之煞車片溫度，隨孔數之增加而降低。
6. 排出式比導入式散熱效果好。

問題(六)輪圈本身的凹凸程度會影響散熱嗎？

實驗(六)研究方法：把輪圈依凹、凸、綜合三組打造，不打通風孔，各組依凹凸的程度再細分。放入風洞③中，加熱煞車盤至90°C，啟動裝置20秒後測溫。

結果(六) 1.凹凸程度不同散熱測試表：

| | | | | | | | | |
|-----------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 凹凸程度不同的輪圈 | ① | ② | ③ | ① | ② | ③ | ① | ② |
| 煞車盤溫度 | 51°C | 54°C | 56°C | 51°C | 47°C | 47°C | 51°C | 48°C |
| 輪圈溫度 | 30°C | 34°C | 36°C | 30°C | 29°C | 28°C | 29°C | 28°C |
| 溫度總和 | 81°C | 88°C | 92°C | 81°C | 76°C | 75°C | 80°C | 76°C |

2.實驗中顯示凹的比凸的好，綜合式也有好表現，界於凹、凸之間。

問題(七)市面常見的花樣孰好孰壞？

實驗(七)研究方法：從汽車雜誌上找出32種輪圈花樣，加以模仿打造，放入風洞

③中加溫煞車片至90°C，啟動裝置20秒後測溫。

結果(七) 1.模仿市面常見輪圈測試表：

| | | | | | | | | |
|-------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 模仿的輪圈 | ① | ② | ③ | ④ | ⑤ | ⑥ | ⑦ | ⑧ |
| 煞車盤溫度 | 48°C | 51°C | 50°C | 49°C | 51°C | 49°C | 48°C | 50°C |
| 輪圈溫度 | 31°C | 31°C | 31°C | 31°C | 29°C | 29°C | 30°C | 30°C |
| 溫度總和 | 79°C | 82°C | 81°C | 80°C | 80°C | 78°C | 78°C | 80°C |
| 模仿的輪圈 | ⑨ | ⑩ | ⑪ | ⑫ | ⑬ | ⑭ | ⑮ | ⑯ |
| 煞車盤溫度 | 48°C | 50°C | 48°C | 49°C | 48°C | 48°C | 50°C | 50°C |
| 輪圈溫度 | 29°C | 32°C | 29°C | 31°C | 30°C | 31°C | 32°C | 29°C |
| 溫度總和 | 77°C | 82°C | 77°C | 80°C | 78°C | 79°C | 82°C | 79°C |
| 模仿的輪圈 | ⑰ | ⑱ | ⑲ | ⑳ | ㉑ | ㉒ | ㉓ | ㉔ |
| 煞車盤溫度 | 48°C | 49°C | 51°C | 50°C | 47°C | 48°C | 48°C | 48°C |
| 輪圈溫度 | 30°C | 29°C | 28°C | 29°C | 28°C | 30°C | 29°C | 29°C |
| 溫度總和 | 78°C | 78°C | 79°C | 79°C | 75°C | 78°C | 77°C | 77°C |

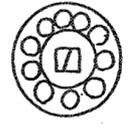
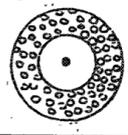
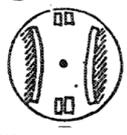
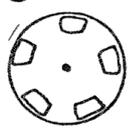
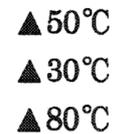
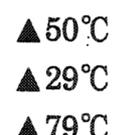
| | | | | | | | | |
|-----------|---|---|---|---|--|---|---|---|
| 模 仿 的 輪 圈 |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 煞 車 盤 溫 度 | 47°C | 51°C | 50°C | 51°C | 51°C | 48°C | 49°C | 48°C |
| 輪 圈 溫 度 | 28°C | 28°C | 30°C | 31°C | 30°C | 29°C | 31°C | 30°C |
| 溫 度 總 和 | 75°C | 79°C | 80°C | 82°C | 81°C | 77°C | 80°C | 78°C |

2.在32種花樣中⑨⑪⑫⑬⑭⑮⑯⑰⑱⑲⑳㉑㉒㉓㉔㉕㉖㉗㉘㉙㉚㉛㉜㉝㉞㉟㊱㊲㊳㊴㊵㊶㊷㊸㊹㊺表現佳，尤其是㉑㉕最好；②⑩⑮⑳是表現最差。

問題(八)散熱效果不良的輪圈如何改善？

實驗(八)研究方法：把實驗(七)中表現最差之輪圈②⑩⑮⑳找出，利用保特瓶底剪成圓形，依實驗(五)之導流型式切成膠圈，並與輪圈組合，鎖入風洞③中依前法測試。

結果(八) 1.加上膠圈的測試記錄表：

| ▲煞車盤 ▲輪圈 ▲總和溫度 | 輪圈 | 膠圈 | | | | | | |
|---|---|----------------------------|---|----------------------------|---|----------------------------|---|----------------------------|
| | | ② | ⑩ | ⑮ | ⑳ | | | |
|  |  | ▲ 49°C ▲ 30°C ▲ 79°C |  | ▲ 48°C ▲ 30°C ▲ 78°C |  | ▲ 46°C ▲ 27°C ▲ 73°C |  | ▲ 50°C ▲ 29°C ▲ 79°C |
|  |  | ▲ 45°C ▲ 28°C ▲ 73°C |  | ▲ 44°C ▲ 26°C ▲ 70°C |  | ▲ 44°C ▲ 28°C ▲ 72°C |  | ▲ 46°C ▲ 28°C ▲ 74°C |
|  |  | ▲ 47°C ▲ 28°C ▲ 75°C |  | ▲ 50°C ▲ 30°C ▲ 80°C |  | ▲ 44°C ▲ 27°C ▲ 71°C |  | ▲ 47°C ▲ 28°C ▲ 75°C |
|  |  | ▲ 47°C ▲ 27°C ▲ 74°C |  | ▲ 50°C ▲ 29°C ▲ 79°C |  | ▲ 45°C ▲ 26°C ▲ 71°C |  | ▲ 48°C ▲ 27°C ▲ 75°C |

2.四種散熱不良的輪圈加上膠圈後，溫度都明顯下降。且膠圈②號散熱效果最好，輪圈以⑮號，最能和其他膠圈配合，溫度下降最大。

3.測試用的膠圈①②③是由內排出型，④是導入型。

4.固定膠圈和輪圈是用2小片膠布，以便迅速拆下測溫。

六、討 論

- (一)由實驗(一)得知輪圈旋轉時會減少氣流通過。
- (二)T型風洞中，吹風機鼓動氣流，造成一股吸力，使風扇倒轉，若能配合排出型輪圈將有好的表現。
- (三)由實驗(二)得知通風孔面積越大能散去較多的熱，由折線圖中可看到溫度隨孔數增加而下降。
- (四)由實驗(三)中我們發現通風孔的形狀也會影響散熱，實驗輪圈我們盡可能讓面積相近。孔的形狀以②五角形⑤半圓形⑩V字形效果較好，但很難打造；①④⑦⑧⑫效果次之，但打造較順手。
- (五)挖好的輪圈為了使其不傷人，我們用螺絲起子中段，在孔的邊緣來回滑壓，使鐵片內彎，後來我們感覺輪圈好像更堅固了
- (六)由實驗(四)得知通風孔的排列越集中越好，刻意分散的空心圖案都不好。
- (七)由實驗(五)中發現排出型比導入型效果好，葉片式中導入式和排出式的煞車盤溫度和葉片數呈相反情形，導入式葉片少通風孔面積大，排出式葉片多能產生較大的吸力，把輪圈與煞車盤間的熱氣迅速排出，以達到較好的效果。
- (八)孔式設計排出和導入式，孔數和散熱效果成正比，但排出式比導入式好，孔式比葉片式好。
- (九)由實驗(六)得知凹的輪圈比凸的散熱效果好，但是為了美化或堅固著想，而把凹和凸綜合，效果也比凸的好。
- (十)為了驗證我們前面所實驗的原理，我們仿造了32種輪圈花樣，在實驗(七)中找出⑨⑪⑲⑳㉑㉒㉓㉔㉕㉖㉗㉘㉙㉚㉛㉜㉝㉞㉟㊱㊲㊳㊴㊵㊶㊷㊸㊹㊺表現較佳，⑨是凹型，⑪⑲⑳㉑㉒㉓㉔㉕㉖㉗㉘㉙㉚㉛㉜㉝㉞㉟㊱㊲㊳㊴㊵㊶㊷㊸㊹㊺是導流設計，㉑㉒㉓㉔㉕㉖㉗㉘㉙㉚㉛㉜㉝㉞㉟㊱㊲㊳㊴㊵㊶㊷㊸㊹㊺是通風孔面積大。表現較差的②⑩⑮⑳㉑㉒㉓㉔㉕㉖㉗㉘㉙㉚㉛㉜㉝㉞㉟㊱㊲㊳㊴㊵㊶㊷㊸㊹㊺中，②⑳㉑㉒㉓㉔㉕㉖㉗㉘㉙㉚㉛㉜㉝㉞㉟㊱㊲㊳㊴㊵㊶㊷㊸㊹㊺是通風孔較鎖碎不集中，好看但散熱不良，⑩⑮㉑㉒㉓㉔㉕㉖㉗㉘㉙㉚㉛㉜㉝㉞㉟㊱㊲㊳㊴㊵㊶㊷㊸㊹㊺是導流不佳。
- (十一)在實驗(八)中我們用膠圈改善散熱不良的輪圈，發現效果增加許多，但並非隨意安裝都好，如②↔②，⑩↔②，⑮↔③或④，㉑↔②得到最佳散熱效果。
- (十二)輪圈本身不會產生熱，它的熱是由煞車盤上，經由熱輻射熱傳導熱對流而得到，也有來自於引擎的熱和輪胎磨擦地面的熱量，我們主要探討的是煞車盤溫度和輪圈花樣的關係。
- (十三)我們做實驗時天氣較冷為12℃，可能使輪圈和煞車盤溫度降低較快；測量的溫度會隨氣溫變化而變化。
- (十四)所有實驗做完後，我們拿一個只打中心孔的鐵圈，不再加工，並加測試發現煞

車盤溫度為54℃，輪圈為32℃，溫度總和為86℃，偏高。

七、結 論

- (一)由實驗結果告訴我們輪圈必須挑選通風孔多的，且兼具有孔的位置集中排列，有導流式設計，最好是孔式，排出型等條件，其次再考慮花樣的優美。
- (二)現在市面上有鋁合金輪圈，質輕又堅固，但必須做得較厚，也因此可有導流的設計，所以價格昂貴，一般汽車仍是以鋼鐵為材料，因為鋼鐵容易壓製，所以較普及，但硬度不夠容易變形，因此使用適當的花樣，通風孔的內緣內彎以及輪圈本身的凹凸變化，產生較大抵抗變形的力量，這種道理在實驗(三)(四)(五)(六)(七)的模擬輪圈上可得到驗證。
- (三)但是已經散熱不良的輪圈，也有改善的方法，從實驗(八)的結果中，告訴我們可挑選合適的膠圈來增強散熱效果但市面上的膠圈花樣很多，在選用時仍應以孔多，有導流設計是排出型者為佳，更重要的是能和原有的通風孔配合，因為常見到車主一味的加裝膠圈反而把原有的孔堵死，效果更差，也許是久未調整膠圈的位置也會有這種情形，輪命關天，用心選輪圈和膠圈，才可行車平安。

八、參考資料

- 1.學生科學文庫—熱的傳播—胡練輝編著，民國61年10月初版—慧淵出版社。
- 2.汽車全書—讀者文摘—汽車構造（P104~124）。
- 3.汽車修護全書—譯者管達陞—圓山圖書公司（P113~134）。
- 4.汽車鑑賞雜誌。
- 5.汽車購買指南雜誌。

評 語

本件作品作者自行設計製作簡易風洞裝置及多種汽車輪圈模型，模擬汽車在行進中前，側方受風力的情形，測定不同輪圈的散熱效果，並探討通風口排列及形狀的散熱差別，實驗設計可行，內容完整，探討問題具有物理意義。