

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

佳作

090906

一指神功清潔溜溜

學校名稱：國立草屯高級商工職業學校

作者： 職三 盧精汶 職三 楊承哲 職二 張啟沛	指導老師： 傅國樑 彭賢義
---	-----------------------------

關鍵詞：自動板擦機、凸輪機構、滑軌機構

作品名稱：「一指神功清潔溜溜」

摘要

目前市售白板與板擦，多為人工操作方式，老師教學於白板書寫完後，需由學生或教師清理白板，這種不便性影響教學情境。本裝置為一機電整合設計之設備，只要用按一下開關即可完成白板清理工作。此「自動板擦機」乃運用高職所學知識(機件原理、力學…)，團隊分工設計製造完成。

觀察教師擦白板動作，完成 2D 平面組合圖、零件圖與 3D 立體圖設計，進而將零件分成一般標準件與自製零件，標準件向外面廠商購置，自製零件由學生團隊依零件圖使用學校設備加工製作，最後完成作品組裝測試。

學生學習理論課程後，借由創作學習批判思考、發現問題、分析問題與解決問題之能力，進而對機械應用產生興趣，故發明創作可以提高學生內在的學習動機 Czaja & Cummings(2009)。

壹、 研究動機

在校園中清理黑板，一直是師生的困擾，在教學需求下，教室設備一定有黑板或白板等裝置，課堂中常常上到精彩處，因版面不夠，需清理白板而終斷，如有熱心主動的學生會上台清理白板，沒有時老師只有自行清理了，影響教學情境，此時如能按一下扭，白板清潔溜溜，就能解決教室師生共同問題，是研發本裝置最初的目的。基於此需求，本裝置將高職所學知識(機件原理、力學、製造、圖學…)，設計一台「活動式自動板擦機」，使用本校機具(車床、銑床…等)加工零件，組裝一台一指搞定之自動板擦機，解決板擦清理的問題，可說是老師教學一大福音。

藉由創作作品將高職所學知識技能，得以統整與應用，從日常生中發現問題、分析問題與解決問題之能力，在製作成品過程中可驗證課本的理論與實際應用的關係，例如為何材料斷面為何作成複雜形狀，對平面性質抽象問題較易於了解，使本研究團隊同學之機械知識與技能進一步提升。

貳、 研究目的

科技一日千里，雖有電子白板的出現，因價格昂貴與維護不易上，不是每間教室均能安置電子白板；即使目前單槍投影機在多媒體教學佔有重要角色，但教師仍會因課程需求使用白板作為輔助說明，故目前白板在教室或會議室仍是不可缺的教學器具。而一般白板均為人工操作，無達到全自動操作的目的，本裝置上課時只要老師版面需清理時，只要輕壓一下按鈕，白板即自動上下，藉由機構作用，白板即自動擦拭乾淨，因而形成本研究目的有下列三項：

- 一、 設計自動板擦機改善教學設施，提升教學成效。
- 二、 學習產品設計、製造、組裝、測試與修改，使理論與實務經驗相結合。
- 三、 藉由團隊創作，彼此腦力激盪，培養學生創造思考與問題解決之能力。

參、 研究設備及器材

本團隊成員分別有取得電腦機械製圖丙級與機械加工丙級證照，當將構思繪成 2D 工作圖(包含組合圖與零件圖)與 3D 立體圖（包含立體組合圖與立體系統圖）後，將零件分成標準件（例螺帽、軸承、馬達...等）與自製件，標準件已是市售成功商品，物美價廉，以外購為原則。自製需符合本裝置需求零件，為特有規格，由本團隊以學校現有設備加工製造，圓形工件使用車床加工；方形件工件使用銑床加工；鑽孔工件使用鑽床加工；S 形凸輪使用 CNC 銑床加工；其它輔助五金工具（例六角板手、螺絲攻...等）因加工需要調整使用，所需設備器材如下：

- 一、 筆記型電腦、桌上型電腦
- 二、 Autodesk Inventor Professional 2010 電腦立體繪圖軟體、AutoCAD 2006 Traditional chinese 電腦繪圖軟體
- 三、 傳統車床
- 四、 傳統銑床
- 五、 傳統鑽床
- 六、 CNC 銑床
- 七、 五金手工具

肆、研究過程或方法

一、研究步驟

本作品從構思、蒐集資料、繪製設計圖、製作零件、組裝、測試與修改，如圖

1.計畫流程圖所示。

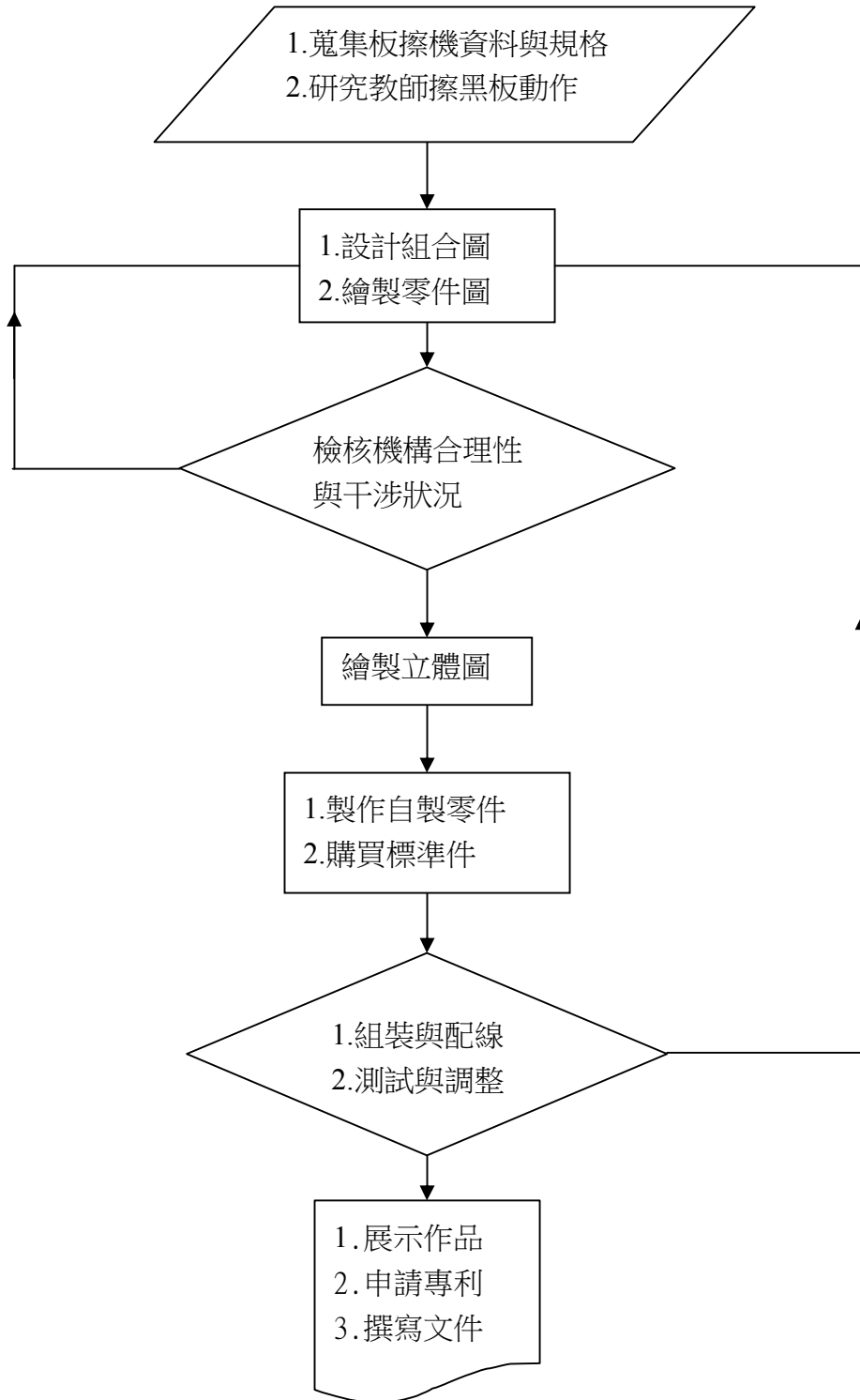


圖 1 計畫流程圖

二、清理白板動作分析

觀察教師在課堂授課，使用板擦清理白板的過程，其動作可分為上下動作、左右動作與複合動作，如圖 2.、圖 3，複合動作乃左右與上下同時運動的過程，一般人清理白板多為複合動作。

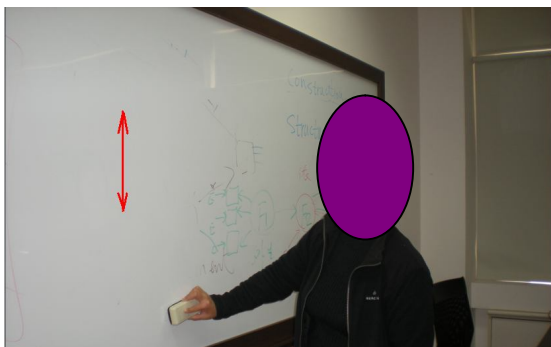


圖 2 清理白板—上下動作

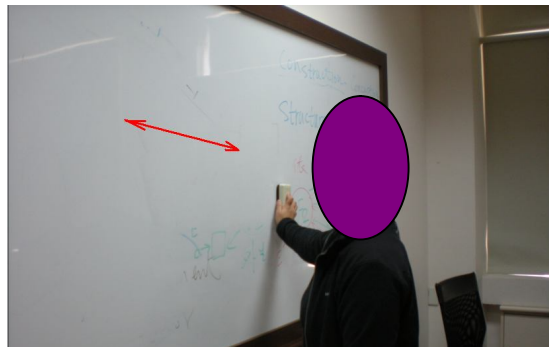


圖 3 清理白板—左右動作

三、市售白板分析

(一) 一般白板

目前市售白板的種類如圖 4.、圖 5.、圖 6.，以人工清理裝置為主，板擦使用直到損壞無擦拭功能，拋棄換新的使用方式，無法結合白板與板擦之自動裝置產生自動擦拭的功能。圖片來源，視學實業有限公司商品照片

(<http://www.writingboard.com.tw/>)。



圖 4 二層開閉式白板



圖 5 電動升降式黑板



圖 6 雙面活動式白板

(二) 電子白板

科技日新月異，電子白板的誕生對教學設備，提供了革命的服務，然而電子白板價格昂貴與維護不易的缺點，並非每間教室與會議室均安裝此項設備。目前教師上課會配合多媒體教學，大多數教室設有單槍投影機與電視機等設施，

老師使用多媒體時為了講解需求，會使用白板將課程精要書寫在白板上，除了能讓同學上課注意集中，活潑化的教學寫方式，才會較好的教學成效，這也就是目前教室、會議室仍需大量白板的原因。

四、設計自動板擦機

(一) 模擬人複合動作

如何將人清理白板之複合動作，以自動化機械取代，這是創新設計者一大挑戰，我們使用馬達與減速機產生旋轉運動，透過傳動系統帶動白板上下運動；白板上安裝一 S 形凸輪帶動板擦左右運動，以此同動裝置產生複合動作，即能完白板清理之功效，如圖 7 自動板擦機所示。

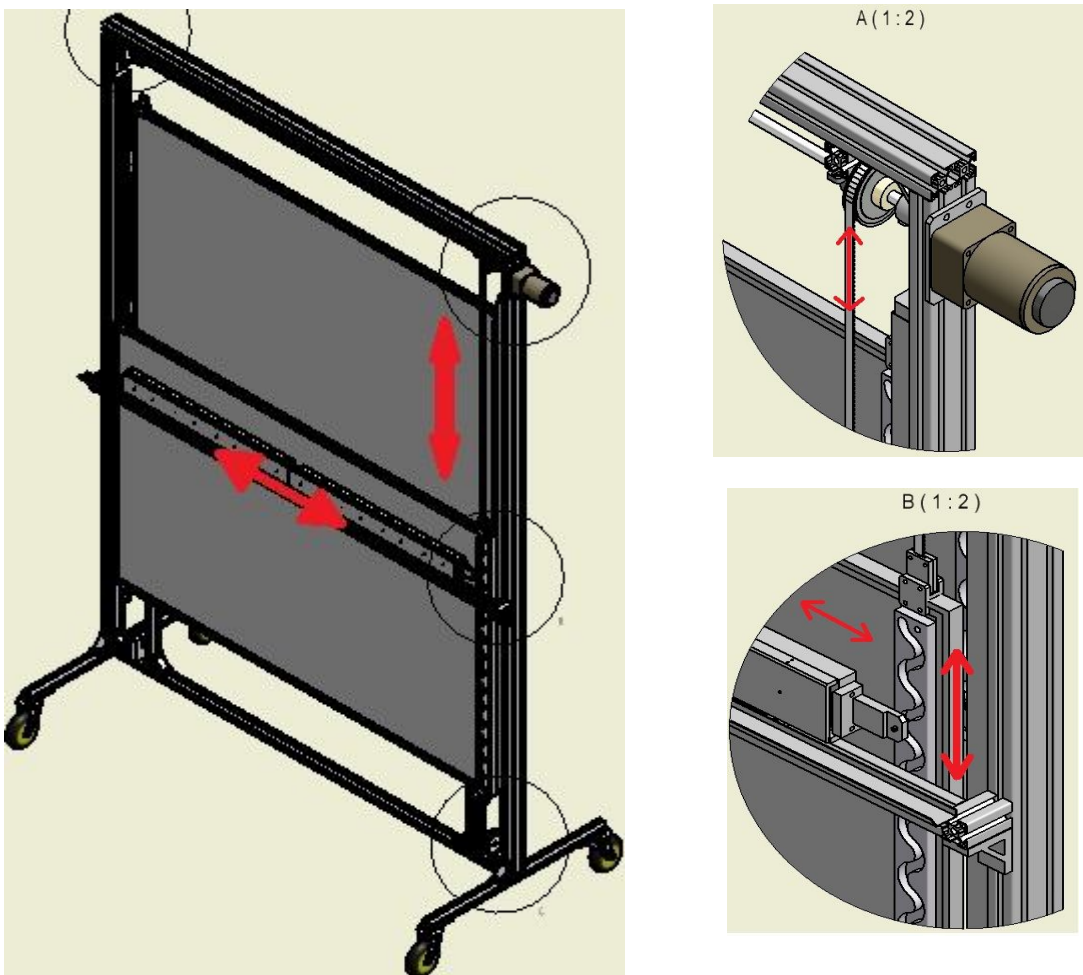


圖 7 本小組設計製作之自動板擦機

(二) 主要設計概念與方法

1. 一般凸輪分析：

凸輪為自動化機械不可缺少的重要元件，它能將旋轉運動產生上下左右動作之機構，如能適當運用即可設計出只有一個馬達帶動所有機械裝置的經典作品，經本小組研究分析蒐集能產生上下或左右運機構有如圖 8、圖 9、圖 10、圖 11、圖 12、圖 13 等機構（圖片來源，李榮華（2007）《機械原理 II》）。其特徵分析如表 1。

表 1 各式凸輪特徵分析表

機構名稱	主動件 運動方式	從動件 運動方式	主、從動件是否 需外力保持接觸	主、從動件 兩軸空間狀況
切線凸輪	平板凸輪作 迴轉運動	導桿作 上下運動	需要	互相垂直
反凸輪	導桿作 迴轉運動	凹槽凸輪作 上下運動	不需要	互相垂直
偏心凸輪	偏心輪作 迴轉運動	等寬凸輪作 上下運動	不需要	互相垂直
間歇小齒輪 反向運動機構	小齒輪作 迴轉運動	等寬直齒軛作 上下運動	不需要	互相垂直
面凸輪	面凸輪作 迴轉運動	面導桿作 上下運動	不需要	互相垂直
圓柱凸輪	圓柱凸輪作 迴轉運動	導桿作 上下運動	不需要	互相平行
S 型凸輪 (自製研發)	S 形凸輪作 上下運動	導桿作 左右運動	不需要	互相垂直

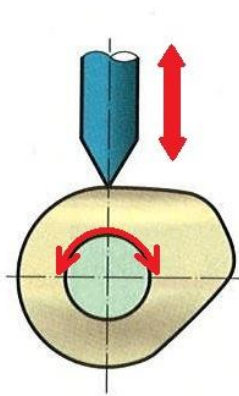


圖 8 切線凸輪

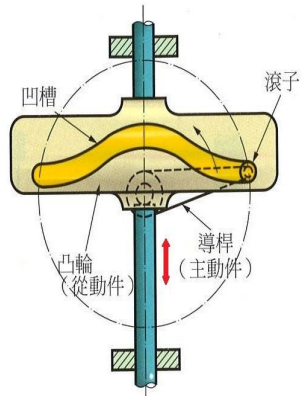


圖 9 反凸輪

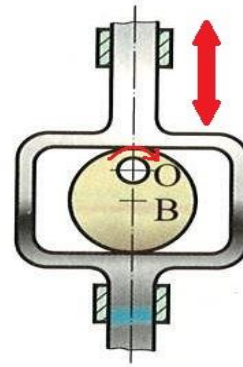


圖 10 偏心凸輪

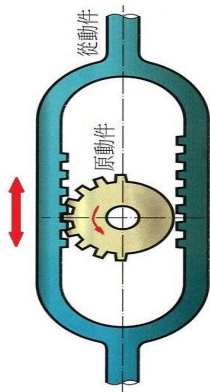


圖 11 間歇小齒輪
反向運動機構

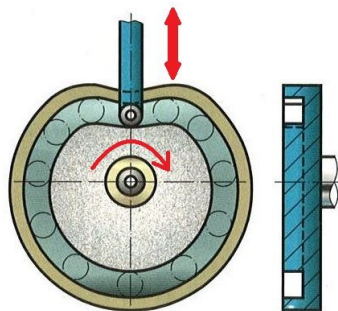


圖 12 面凸輪

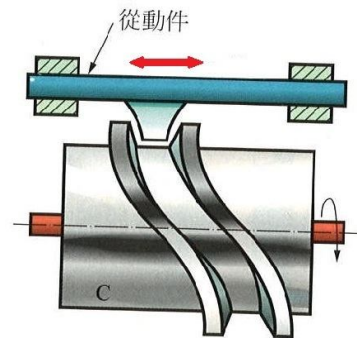


圖 13 圓柱凸輪

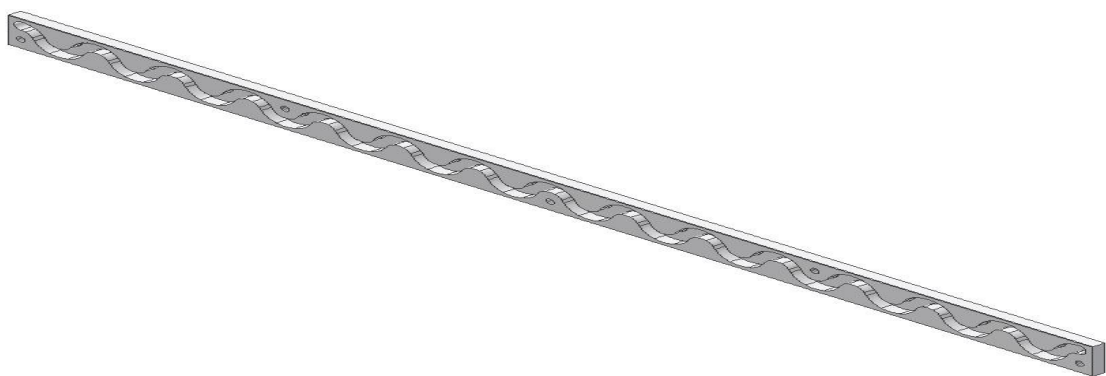


圖 14 本小組自製研發主動件 S 型凸輪

2. S 形凸輪設計：

由表 1 得知所有凸輪主動件均作迴轉運動，圖 14 為本小組自製研發主動件 S 型凸輪作上下運動，從動件導桿作左右運動，是一個非常特別的應

用。S 型凸輪乃面凸輪(face cam)應用的一種，其原理是在板之正面沿著凸輪之理論曲線刻出一凹槽，使從動件上之滾子嵌入槽中而帶動從動件確實左右運動之機件。本小組設計 S 型凸輪曲線是以不同大小圓弧組成 S 形，如圖 15 所示，此 S 形設計好後再由 CNC 銑床加工而成。

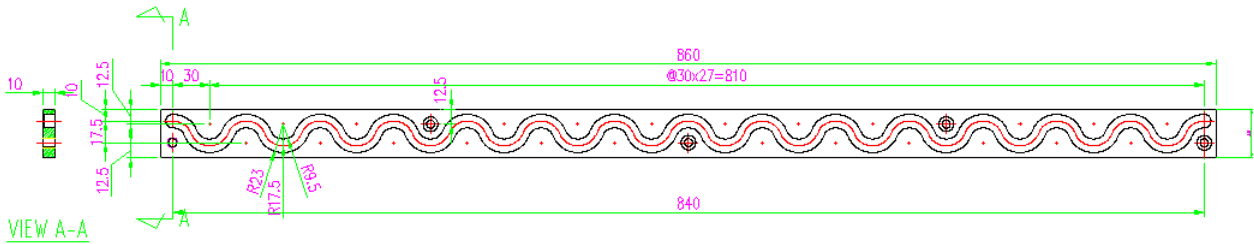


圖 15 S 形凸輪零件圖

3. 結構強度或慣性矩 I_x

陳海清（2006）《機械力學 II》說明慣性矩 I_x （Moment of Inertia）定義：將任一幾何面積細分成許多微小面積，而各微小面積與其至某軸距離平方之乘積的總和。公式為 $I_x = \sum_{i=1}^n A_i y_i^2$ ，長方形慣性矩公式 $I_x = bh^3/12$ ，

經計算查表得知圖 16 斷面積 $A=333 \text{ mm}^2$ 、圖 17 斷面積 $A=900 \text{ mm}^2$ 、圖 18 斷面積 $A=333 \text{ mm}^2$ ($\sqrt{333} = 18.248$)，由此可知在相同重量要求下，將圖 18 矩形做成圖 16 複雜鋁矩形，材料強度抵抗彎矩 M 的能力會提高 3.1 倍。

計算過程如下：

$$\text{圖 16 複雜鋁矩形慣性矩 } I_x = 28300 \text{ mm}^4$$

$$\text{圖 18 矩形慣性矩 } I_x = bh^3/12 = 9143 \text{ mm}^4 \quad (b: \text{寬度 } h: \text{高度})$$

$$\sigma = M \cdot y / I_x \quad M = \sigma \cdot I_x / y \quad (\sigma: \text{彎曲應力 } M: \text{抵抗彎矩})$$

$$M_{13} / M_{15} = 28300 / 9143 = 3.1 \text{ 倍}$$

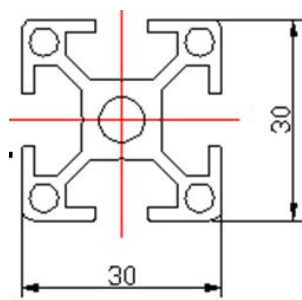


圖 16 斷面積 $A=333 \text{ mm}^2$

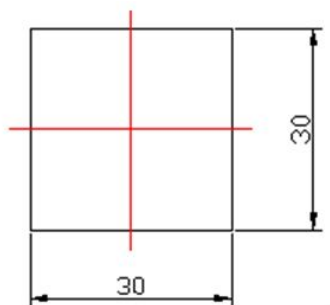


圖 17 斷面積 $A=900 \text{ mm}^2$

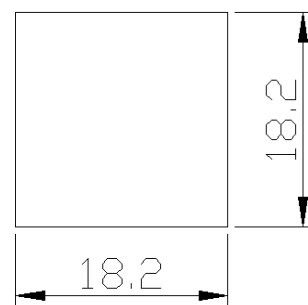


圖 18 斷面積 $A=333 \text{ mm}^2$

4. 滑軌設計：

劉晉甫（2003）表示一般滑軌的形式有平行、V形、鳩尾形等形式，如圖 19 所示，多用在傳統車床、銑床之滑軌設計，因體積太大，不符合輕巧、無切削力之板擦機軌道需求，目前流行輕之「線性滑軌」體積輕巧、精度高，但價格昂貴，使用在板擦機設計有點牛刀小試，且在未來商品化過程會陷入無法降低成本的困境。因此在板擦盒需左右運動，其與固定鋁矩形相對運動之滑軌，以圖 20 抽屜式滑軌可滿足輕巧、便宜、不佔空間需求。同樣的要求下，兩片白板相對運動所需滑軌，則以自行設計塑膠滑軌，將滑軌公件固定在白板上與塑膠導槽配合如圖 21 凹槽滑軌，即可獲得物美價廉的滑軌。

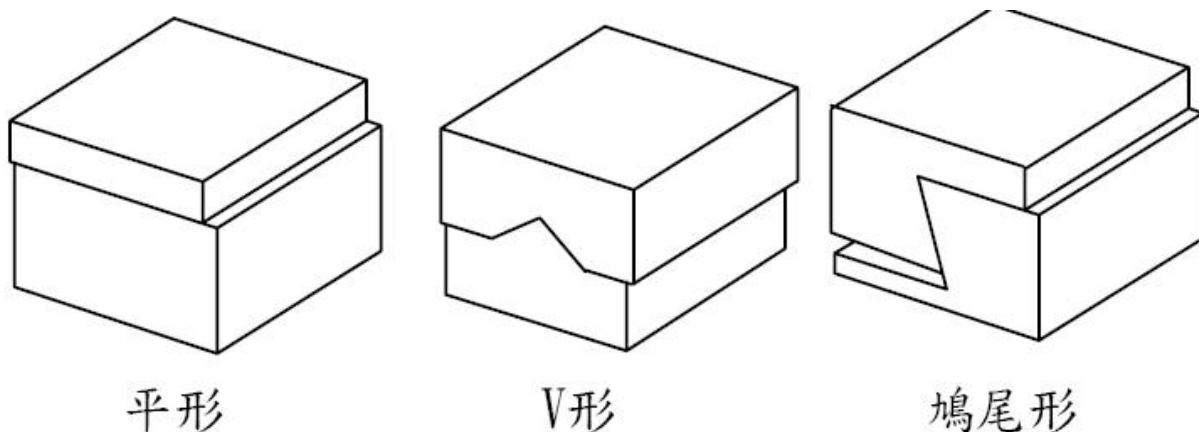
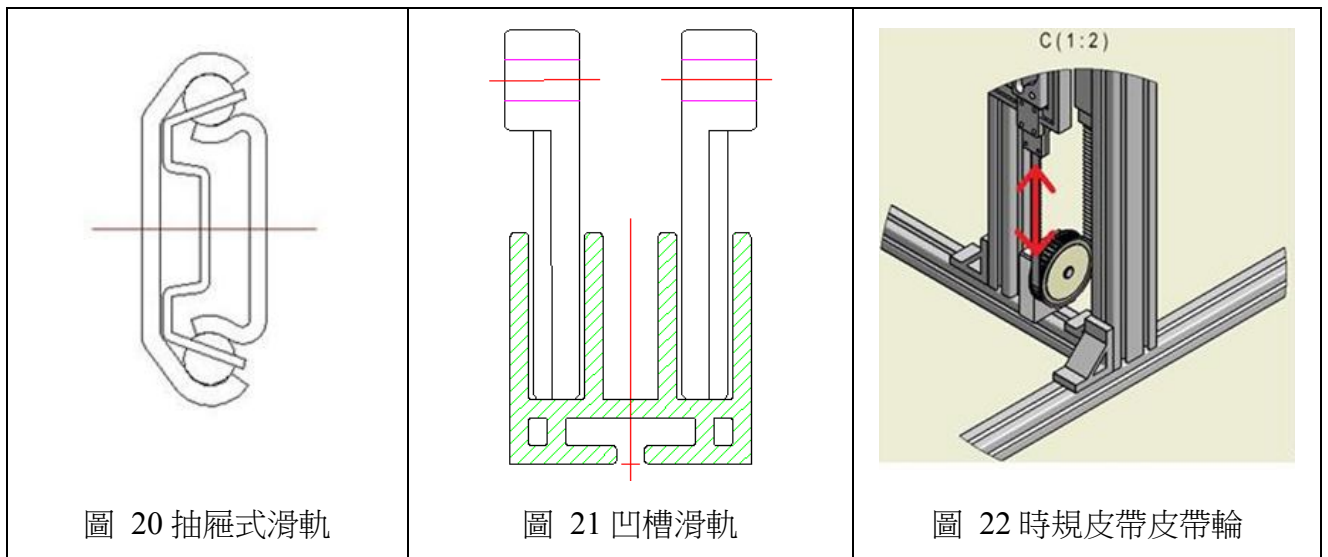


圖 19 軌道形式



5. 時規皮帶(time belts) 與皮帶輪：

本裝置使用 T5 規格時規皮帶與皮帶輪，其皮帶模壓製成齒狀，與相對應之齒面帶輪相嚙合而產生確動傳動，可得安靜平順動作，在傳達動力過程中，時規皮帶張力必需控制得宜，才不會有噪音問題；因此本裝置設計一小型螺紋張力調整裝置，如圖 22 時規皮帶皮帶輪所示，此調整裝置使時規皮帶與皮帶輪之間的可得適當張力。

6. 繞性聯結器(elastic material coupling)

馬達軸軸心與傳動軸軸心不易完全對正，兩軸之間的誤差存在是必然的現象，使用繞性聯結器可克服這種問題。繞性聯結器如圖 23 所示，允許兩軸有微量的軸向偏差及扭距變化，兩傳動軸之軸端各有一軸環（孔徑 $\phi 12$ 與 $\phi 10$ ），且用固定螺絲鎖緊，中間用彈性材料膠合。

7. 連座滾珠軸承（pillow ball bearing units）

本裝置兩軸承間距較長，孔中心不易對正，故使用 PT12 規格連座滾珠軸承，具有自動調心與安裝容易之功能，如圖 24 連座滾珠軸承所示。

8. 單片彈簧（simple plate spring）

彈簧可提供作用力與緩衝效果，本裝置可使用壓縮彈簧或單片彈簧，壓縮彈簧價格較高，如以金屬加工製成適當的形狀，且具有彈性作用，即成為單片彈簧，本裝置使用市售文件彈簧夾，如圖 25 所示，便宜又實用，

做為板擦與白板間有固定接觸力之元件，其固定與作動方式如圖 26 文件夾固定零件圖與圖 27 文件夾與板擦組合圖所示。

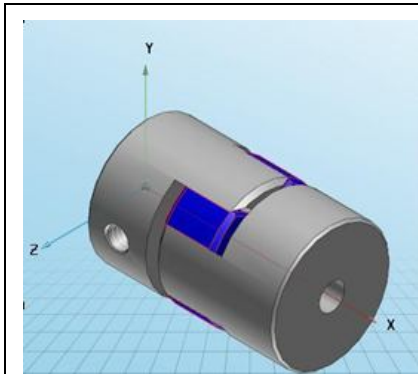


圖 23 繞性連結器

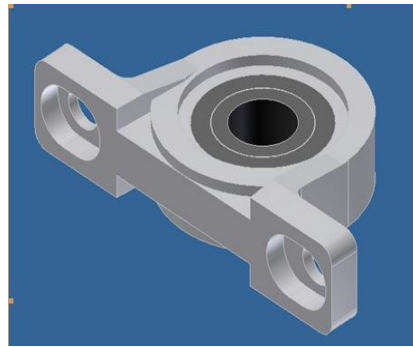


圖 24 連座滾珠軸承



圖 25 文件夾單片彈簧

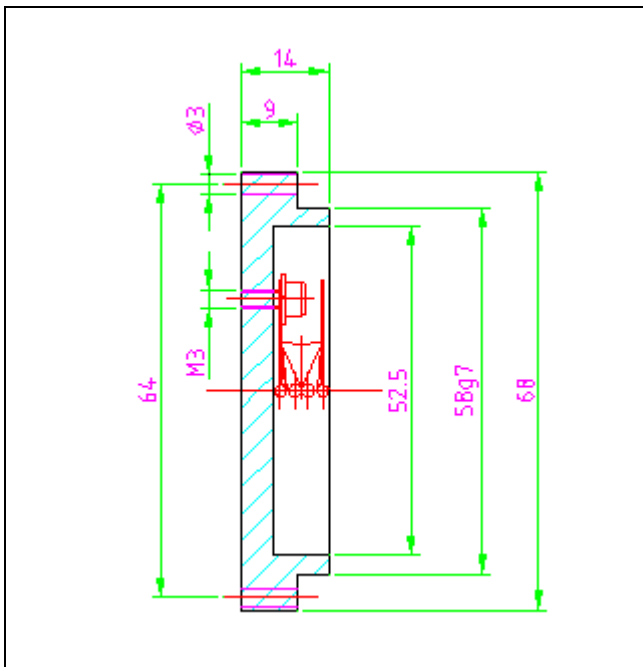


圖 26 文件夾固定零件圖

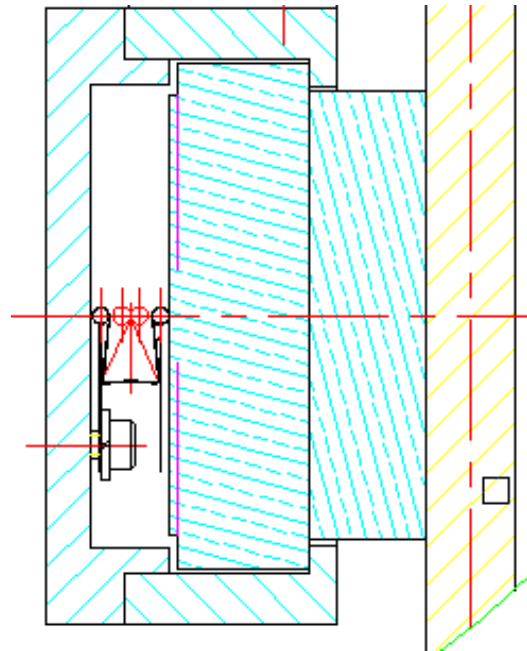


圖 27 文件夾與板擦組合圖

(三) 板擦機工作圖

工作圖包括組合圖與零件圖，本裝置依人體功學、主要設計概念與方法進行機構設計，各類組合圖有整體架構圖、滑軌與 s 形凸輪配置圖、傳動系統配置圖、板擦與白板作動構造圖、時規皮帶張力調整圖(如圖 28、圖 29、圖 30、圖 31、圖 32 所示)，再依組合圖繪製零件圖，接著依零件圖製作各式零件，

完成所有零件製作與購置時，再依組合圖進行板擦機組裝與測試工作。

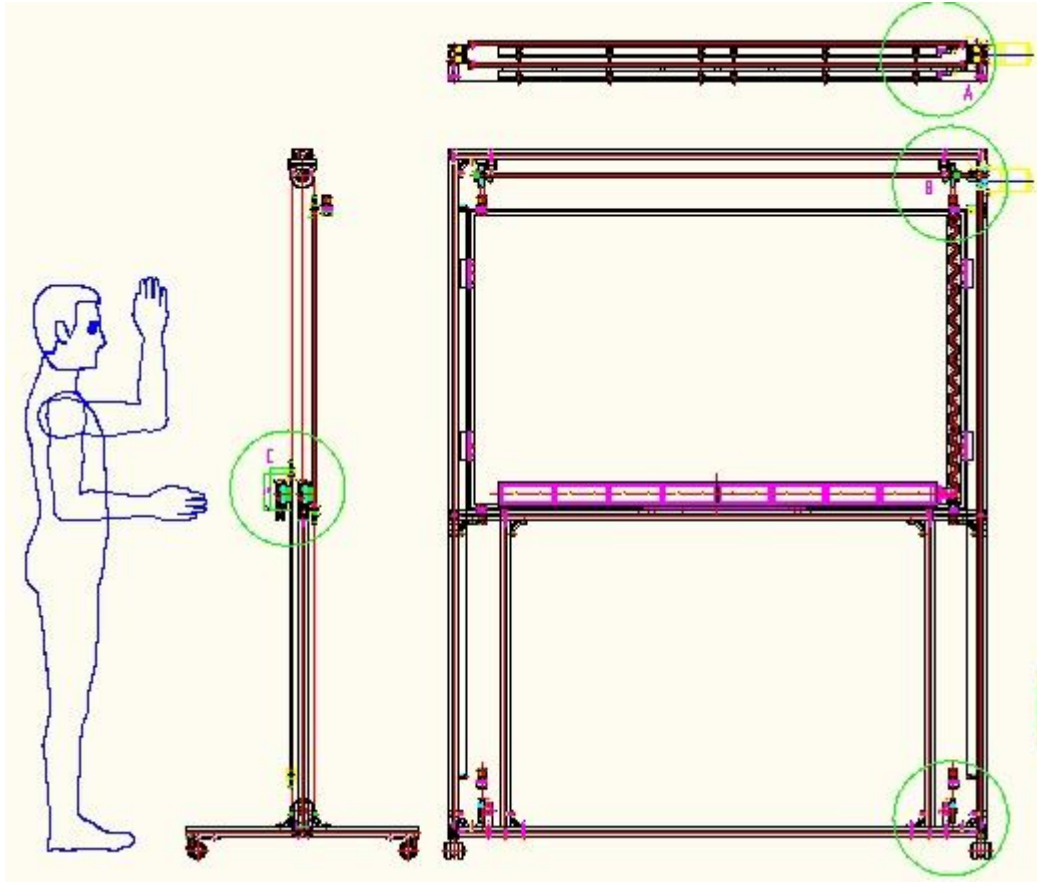


圖 28 整體架構圖

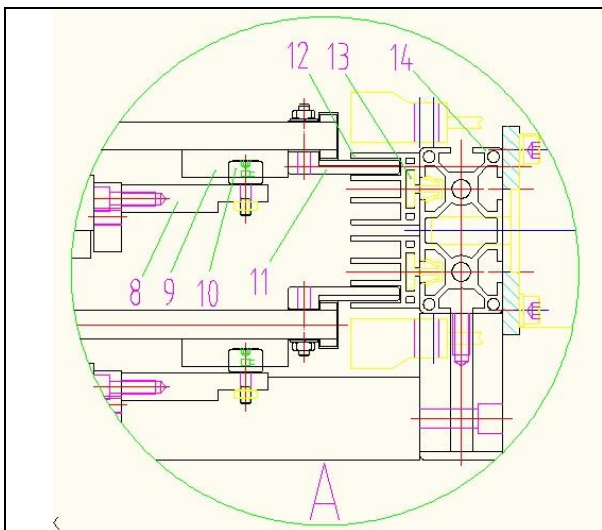


圖 29 滑軌與 S 形凸輪配置圖

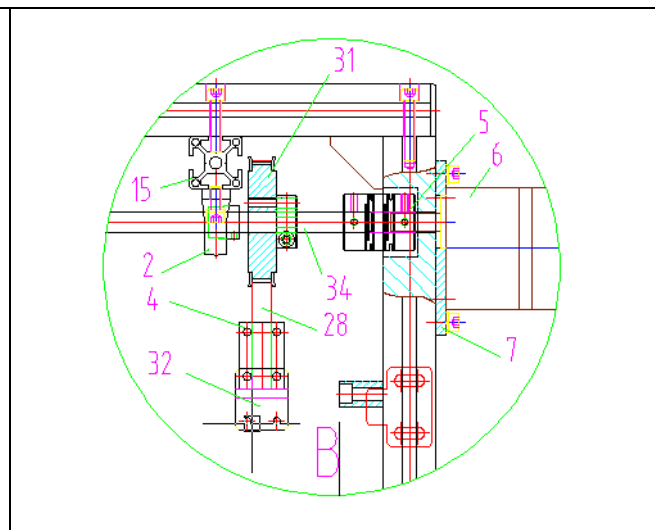


圖 30 傳動系統配置圖

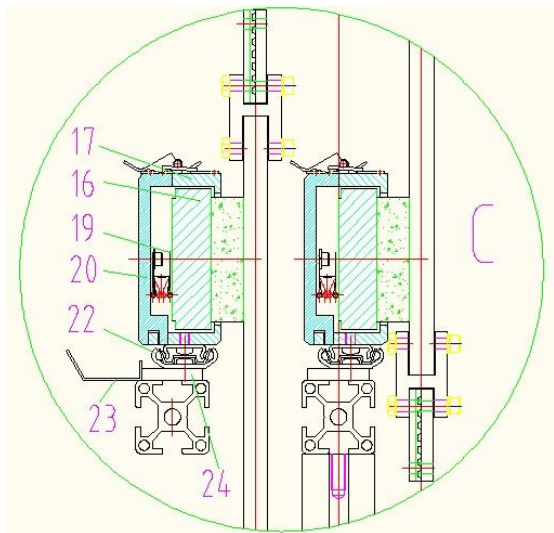


圖 31 板擦與白板作動構造圖

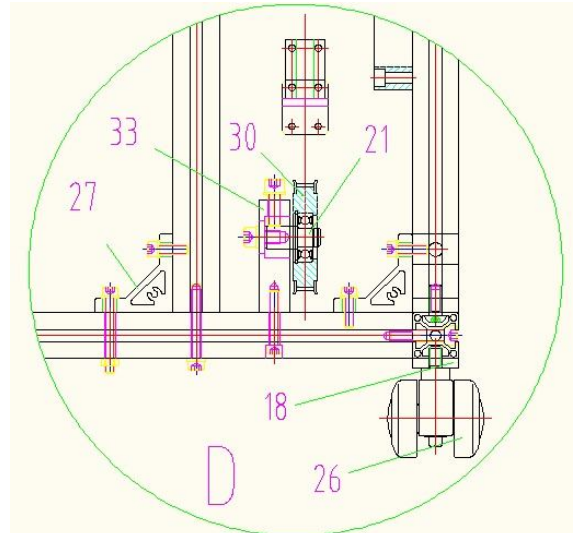


圖 32 時規皮帶張力調整圖

五、自動板擦機製作過程

本作品從設計、製造、組裝、測試與改裝等流程，完成一台實用自動板擦機，圖 33 電腦繪圖，係使用 AutoCAD 完成組合圖與零件圖之設計。

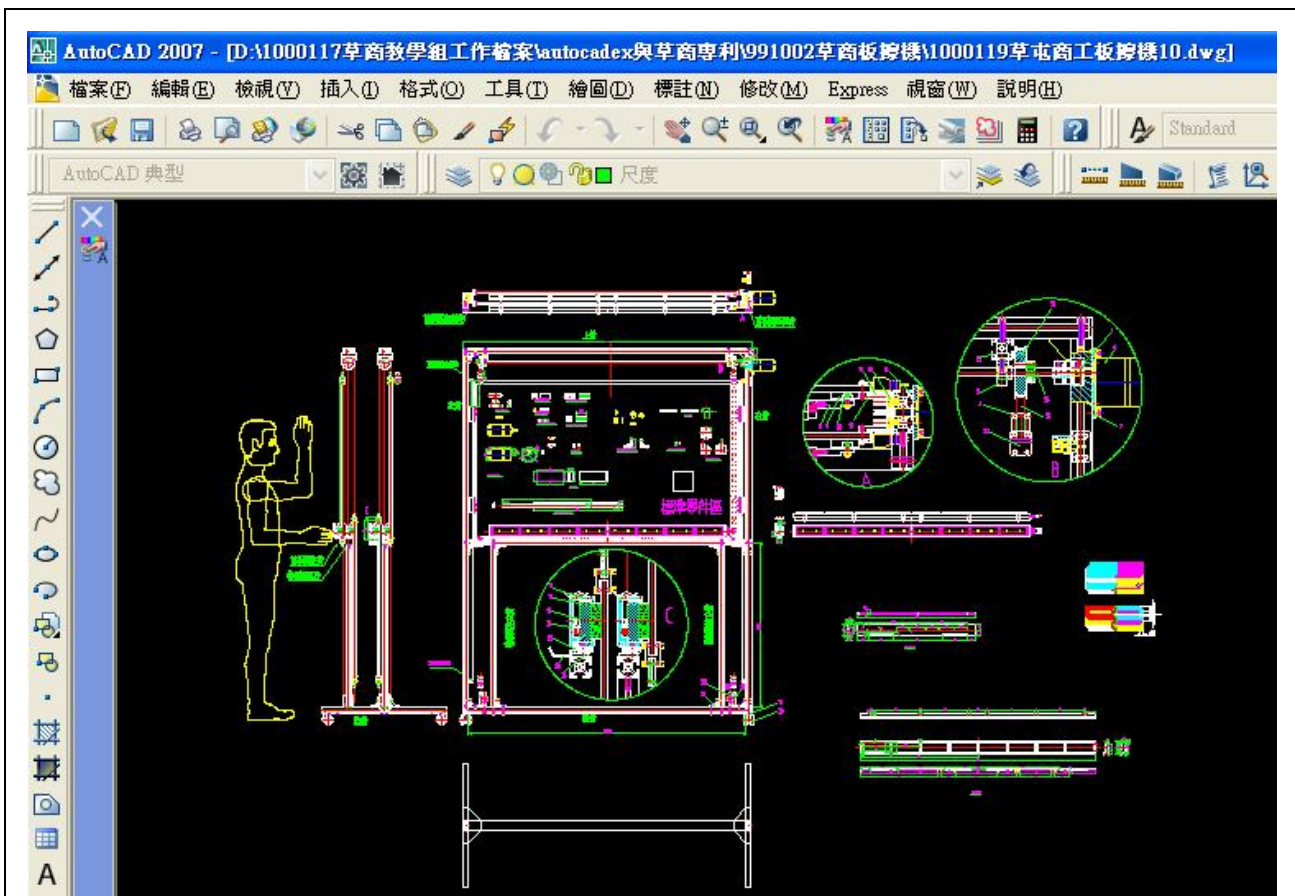


圖 33 電腦繪圖

其它製作過程如圖 34 零件材料、圖 35 自製零件、圖 36 外購標準零件、圖 37 裝配場景、圖 38.CNC 銑床加工 S 凸輪、圖 39 板擦機外觀。



圖 34 零件材料



圖 35 自製零件



圖 36 外購標準零件



圖 37 裝配場景



圖 38.CNC 銑床加工 S 凸輪



圖 39 板擦機外觀

伍、結論與討論

- 一、S 形凸輪製造需使用到 CNC 銑床，成本較高不符經濟效率，大量生產時可製作塑膠模型生產，以降低成本，同時塑膠機件可降低機件碰撞之噪音。
- 二、本作品「自動板擦機」為開發機種，所有設計盡量依市售標準件設計，其中板擦盒為配合市售板擦，致使機構設計複雜，如圖 40 板擦盒機構（現行），製作成本過高，如作品需商品化，可修改成專用白板擦盒，如圖 41 板擦盒機構（板擦自製），專用板擦當作一般耗材抽換使用。

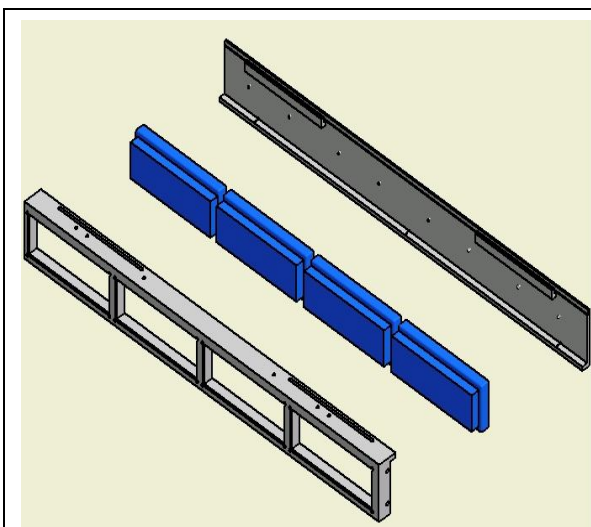


圖 40 板擦盒機構（現行）

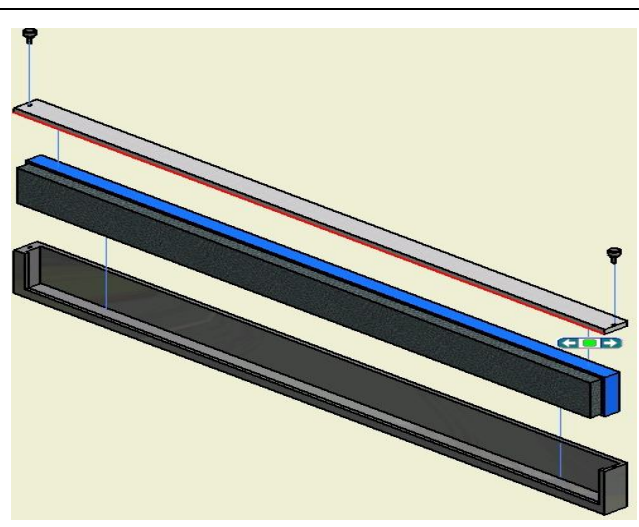


圖 41 板擦盒機構（板擦自製）

- 三、為了「自動板擦機」能將白板確實擦拭乾淨，必需調整板擦與白板之間的正壓力，因摩擦阻力增加，使的馬達扭矩不夠，必需更換較大的馬達，有關到底需多大的正壓力，值得後續繼續研究。
- 四、完成自動板擦機製作，教學設施得以改善，發現學生對課業的學習動機有提升的現象，如果能將學校功課與學生的經驗相連結，那學生的內在學習動機又再會提高 Andriessen, Phalet, & Lens, (2006)，有關此論點值得繼續探討研究。
- 五、本研究三項目的，在作品設計製作過程到作品完成，均已達成目標，並將成果申請新型專利中。

陸、參考文獻

小栗富士雄（1978）。臺隆書店編譯委員會編譯。機械設計圖表便覽。台北市：臺隆。

李榮華（2007）。機械原理Ⅱ。台北市：龍騰。

陳海清（2006）。機械力學Ⅱ。台北市：科友。

劉晉甫（2003）。低摩擦油壓伺服滑台之設計與控制。國立成功大學機械系碩士論文，未出版，台北市。

Andriessen, I. , Phalet, K. & Lens, W. （2006）.Future goal setting task motivation and learning of minority and non-minority students in Dutch school. *British Journal of Educational Psychology*, 76, 827-850

Czaja, Rita J. & Cummings, Richard G （2009）.Designing competition: how to maintain motivation for losers. *American Journal of Business Education*, 2(9), 91-98

Misumi（2008）。工廠自動化用機械標準零件。台北市：台灣三住。

【評語】 090906

本組隊員開發全自動板擦機，減免教師重複擦黑板辛勞工作，用意良善。本作品從概念、零件設計、機電整合和製作組裝皆具水準，為工程整合技術之佳作。本作品細心探討和實踐多項工程技術和自動化程序，同時也宜再增加科學性內容之探討。