

投稿類別：工程技術類

篇名：

NITTAKU 乒乓球桌桌腳坍塌之改良

作者：

江劭聖。臺北市立松山高級工農職業學校。機械科二年仁班  
曹鈞崑。臺北市立松山高級工農職業學校。機械科二年仁班  
林冠成。臺北市立松山高級工農職業學校。機械科二年仁班

指導老師：

江元壽 老師

黃信學 老師

## 壹●前言

有一天，體育組長向江老師提起學校桌球室乒乓球桌的桌腳，常因上課的學生撐壓或運動時碰撞桌子，導致桌腳發生坍塌的情形。我們三個人到桌球教室仔細觀察乒乓球桌的桌腳後發現，桌腳的結構是由長方鐵管套入塑膠中間塊再鎖上高度調整螺栓底座而成。塑膠中間塊的上方得承受長方鐵管及桌子的重壓，下方得與高度調整螺栓密合而承受雙向壓力，因此，極易因不當的受力而產生變形、裂縫或斷裂現象。尤其，中間塊是由塑膠製成，也會因使用時間的增長產生脆化現象，更增破裂之機會。所以，當老師要我們想辦法解決此一問題時，我們提出了構想，想辦法能夠讓桌腳不要塌陷，又能夠達到原有調整高度的功能，因此我們考量以金屬材料替代塑膠，因為金屬硬度高，損耗程度較低，而且機械科實習工場又有好幾種不同的金屬材料可供我們使用，例如：低碳鋼、高速鋼、鋁合金、高碳鋼等。鋁合金具有容易加工、不易生鏽、強度大等特性，我們決定利用鋁合金材料替代塑膠來改善其脆化的問題；同時，原有塑膠中間塊的結構設計複雜且強度不足，無法長時間承受載重，因此，我們利用電腦輔助繪圖技術重新設計鋁合金中間塊的結構與外觀，務求強度與精密度均能提升，並能設計出符合需求之成品，將鋁合金中間塊裝入乒乓球桌的桌腳後，能大幅改善崩塌之現象。

## 貳●正文

### 一、參考文獻

為了改良乒乓球桌桌腳坍塌的問題，江老師在寒假期間教我們有關車床、銑床、鉗工及電腦數值控制銑床及車床來加工機件，同時，我們參考了高一的機械製圖實習(註一)、機械製造(註二)、機械基礎實習(註三)、電腦輔助機械設計製圖(註四)以及數值控制機械實習(註五)等課本，讓我們能夠獲得完整的資訊，而能設計出簡單實用且耐用的成品圖。

### 二、研究目的

市面上銷售的乒乓球桌(如圖一)，其桌腳的設計，常是由長方鐵管套入塑膠中間塊再鎖上高度調整螺栓底座而成，藉由調整螺栓可維持桌面的水平度。然而，塑膠中間塊的上方得承受長方鐵管及桌子的重壓，下方得與高度調整螺栓密合而承受雙向壓力，因此，極易因不當的受力而產生變形、裂縫或斷裂現象。尤其，中間塊是由塑膠製成，易因時間的增加產生脆化現象，更增破裂之機會。每次使用桌球教室，老師們最頭痛的事，就是同學們會坐上去或是撐壓乒乓球桌，造成塑膠中間塊破裂而使得球桌某桌腳坍塌之情形。因為塑膠成本低且容易購買，使得許多廠商沒有意識到產品品質，若有不當的受力，極易導致塑膠中間塊

的損壞。當向廠商請求維修時，常因沒有利潤而拖延甚久未見維修，浪費時間且無法解決問題，使得可用的乒乓球桌愈來愈少，影響課程進度。因此，我們決定運用我們所學的，以相似的外形，不同的材料，突破困難，為學校付出，並減少體育組的煩惱。我們考慮以金屬材料替代塑膠，因為金屬硬度高，損耗程度較低，例如：低碳鋼、高速鋼、鋁合金、高碳鋼等，鋁合金具有容易加工、不易生銹、強度大等特性，我們決定利用鋁合金材料替代塑膠來改善塑膠脆化的問題；同時，原有塑膠中間塊的結構設計複雜且強度不足，無法長時間承受載重，因此，我們重新設計鋁合金中間塊的結構與外觀，務求強度與配合度均能提升。

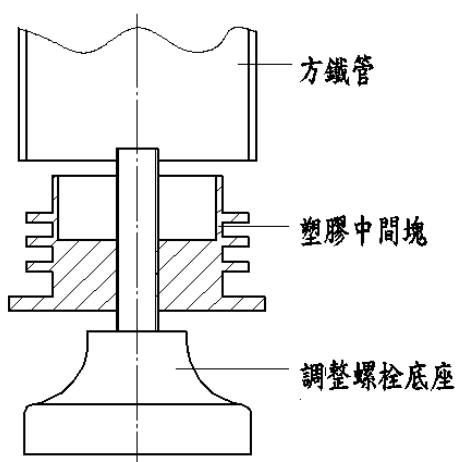


圖一 市售乒乓球桌桌腳之設計

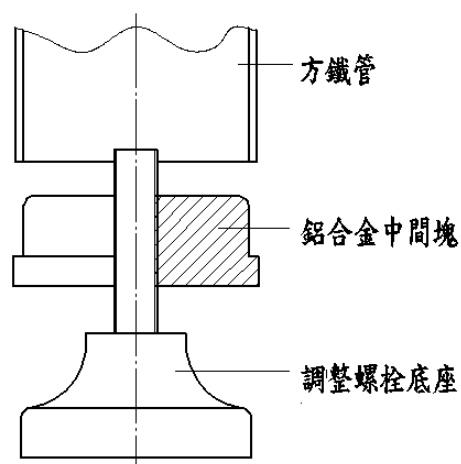
### 三、研究方法

我們採用比塑膠強度更高且比碳鋼硬度低的鋁合金充當中間塊材料。原先我們想採用塑鋼，因為它的強度高於塑膠，但與調整螺栓材質不同，易因反覆的使用後，內螺紋產生損耗而無法支撐載重；所以我們考慮了碳鋼，它的數量多於塑鋼，且硬度更高於塑鋼，不過因實習工廠的材料規格不符合要求，所以最終以數量與規格均符合需求的鋁合金來製作中間塊。

本校現有 NITTAKU 牌乒乓球桌 10 張，已有 1 張因桌腳坍塌而停用，其桌腳結構如圖二所示的 CAD(電腦輔助機械製圖)圖。由圖一中可知，球桌四個轉角處由四根長方鐵管予以支撐，長方鐵管套入下方的塑膠中間塊並停於中間塊的底層，中間塊的內螺紋部分再與調整螺栓底座上的外螺紋連結，可調整桌面的高低水平。然因塑膠中間塊底層易因不當施力及脆化現象而破裂，造成球桌崩塌而無法使用。因此，本組初期以鋁合金作為防脆化材料，並大幅修改塑膠中間塊的外形，以增加接觸面積及強度，並將鋁合金中間塊以干涉配合的方式壓入長方鐵管內，同時增加內螺紋的牙數，使之與調整螺栓配合的螺紋牙數增加，以增加螺紋接觸面積及強度，如圖三所示。



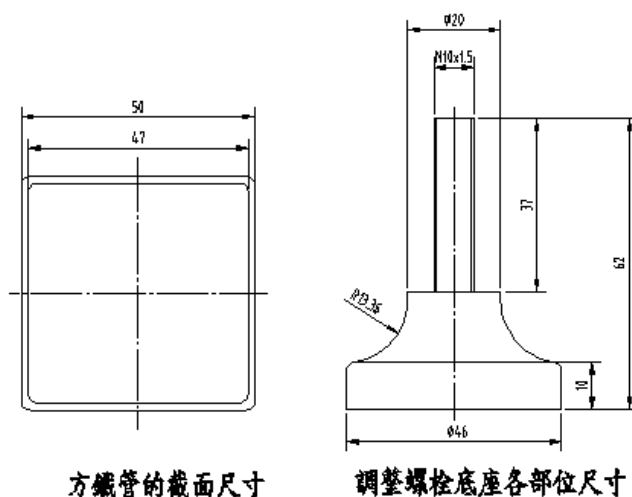
圖二 NITTAKU 乒乓球桌桌腳結構圖



圖三 自製鋁合金中間塊組合結構圖

#### 四、鋁合金中間塊製作過程

(一) 以游標卡尺量測長方鐵管的尺寸，方鐵管截面外側尺寸為 50×50mm，內側尺寸為 47×47mm；以游標卡尺及牙規量測調整螺栓的尺寸為 M10×1.5mm，如圖四所示。

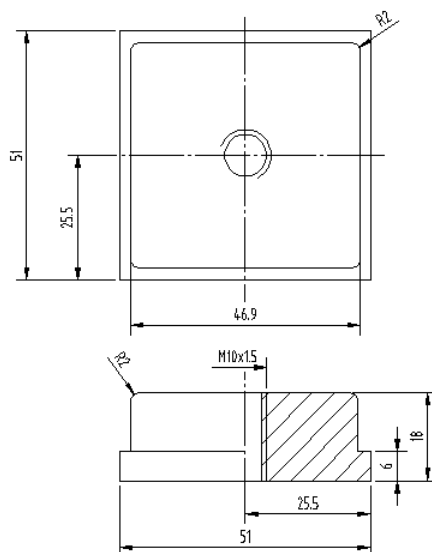


方鐵管的截面尺寸

調整螺栓底座各部位尺寸

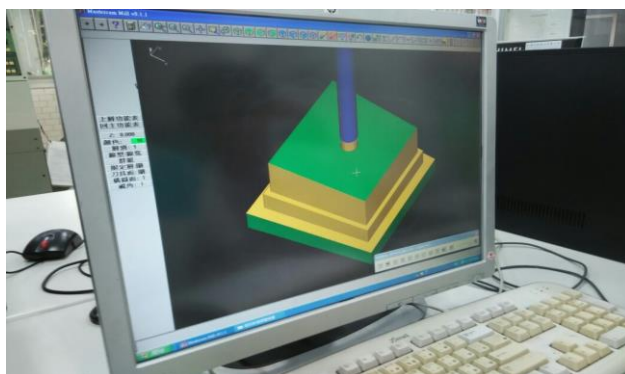
圖四 方鐵管及螺栓尺寸量測

(二) 依照所量測的尺寸，並考慮簡單、實用及提昇強度的原則下，本組設計出如圖五所示的鋁合金中間塊。



圖五 鋁合金中間塊尺寸圖

(三) 以 Mastercam Mill8.1 版 CNC 銑床模擬軟體模擬鋁合金中間塊的加工程序及加工後的成品示意圖如圖六所示。



圖六 鋁合金中間塊加工模擬後成品圖

(四) 將 Mill 8.1 模擬軟體所加工的零件圖轉為 NC 程式檔，經由 CimcoEdit 軟體傳至 CNC 銑床編輯器內，如圖七所示。



圖七 將模擬圖形轉換成 NC 程式並上傳至 CNC 銑床模擬器內

- (五) 以 AWEA 公司的 CNC 銑床進行鋁合金中間塊的加工，首先，以尋邊器進行 X、Y 軸向的校刀工作，再進行各加工刀具之 Z 軸校刀，以求得胚料的加工原點與 NC 城市中的原點相同，如圖七所示。



圖七 CNC 銑床上的校刀工作

- (六) 在 CNC 銑床上，模式換至 Auto 檔，KEY 轉至操作，DRN 亮，單節操作，切削劑打開等，進行自動銑削加工，剛開始以手動方式控制刀具的移動速度，當確認起削點無誤後，轉成自動，並於操作時隨時注意加工狀況，如圖八所示。



圖八 CNC 銑床自動加工情形

- (七) 完成工件並且修好毛邊後，以分厘卡量測成品尺寸，將工件拿去桌球教室進行配合工作後，發現由於成品沒有倒圓角以致於無法順利配合；再送入

CNC 銑床進行倒圓角工作後，以香檳槌將鋁合金中間塊以干涉配合方式壓入長方鐵管內，發現配合後穩定度極佳，如圖九所示。



圖九 鋁合金中間塊壓入長方鐵管

(八) 鋁合金中間塊與調整螺栓配合後的比較，如圖十、十一所示，由圖中可明顯看出改良後的鋁合金中間塊可以承受較大的力量，而且不會因時間而發生脆化與破裂的現象，與螺栓的接觸面積約為塑膠中間塊的 3~4 倍，受力較為均勻且分散。



圖十 塑膠中間塊與調整底座螺栓



圖十一 鋁合金中間塊與調整底座螺栓

## 參●結論

從這次的研究中，我們發現，雖然 NITTAKU 乒乓球桌是由日本公司所生產

的運動產品，也是中華民國桌球協會認可的比賽球桌，然而，經過長時間的使用之後，發生了桌腳坍塌的事件，說明了再好的公司也有可能疏忽了某些產品設計時的微細環節，以下為本論文於研究過程中所得到的具體結論。

- 一、NITTAKU 乒乓球桌的桌腳中間塊採用塑膠材質，且中間塊的中心處有一 M10x1.5mm 的螺紋孔為低碳鋼材質。當此一中間塊與長方鐵管的桌腳及調整螺栓底座進行配合時，塑膠中間塊底層塑膠片承受極大壓力，調整螺栓與中間塊約有 3~4 牙的螺紋面接觸，接觸面積小，單一螺紋面承受極大壓力。因此，當所承受外力過大時，首先產生變形者必為塑膠中間塊，其次為螺紋。另外，塑膠材質隨時間增加有脆化的現象，易因外力而破裂。
- 二、本研究以自行設計的鋁合金中間塊來取代塑膠中間塊，使用後穩定度及強度極佳，主要是因為鋁合金質輕好加工，容易壓入長方鐵管且因干涉配合，不易鬆脫，可完全支撐長方鐵管的整個截面及重量，不會滑脫或彎折。鋁合金中間塊高度為 18mm，其中心為一個 15 牙的螺紋孔，可有效的將外力平均分散，壽命提高。
- 三、以 CNC 銑床進行零件的加工，適合中量的生產，所生產的每一個零件尺寸差異極微，穩定性高，對於後續球桌桌腳中間塊的備品的準備，提供一個極佳的加工法。
- 四、在研究過程中，一定會經歷過許多失敗，檢討失敗的原因，並想辦法找出可行的替代方案，逐步修改，終致獲得較為滿意的成果，這是經歷這次小論文的研究之後，本組所獲得的寶貴經驗，未來我們將利用假期繼續研究相關實務的題目，解決生活上實際問題。

經過老師利用寒暑假教導我們三個人相關的技術諸如車床、鉗工、鑽床、銑床、CNC 銑床及車床之後，在加上一年級所學到得 CAD 繪圖技術，讓我們有能力在一年級課程結束後的暑假，開始進行小論文的研究與實作。在學期將結束前，聽體育組長說乒乓球桌坍塌的事情，江老師帶我們去桌球室實際了解球桌的結構，看了破裂的塑膠中間塊，以及未來我們要解決的問題。之後，本組研討對策後，開始進行量測尺寸及電腦繪圖工作，經再三修改後確認工作圖。緊接著利用 MASTERCAM8.1 之 CNC 銑床模擬軟體進行模擬加工，完成後，將 NC 程式轉出存檔並匯入 CNC 銑床控制器內。經過了材料選擇、刀具選擇、校刀、參數設

定後，開始進行鋁合金中間塊的銑削加工，歷時約 1.5 小時完成，在經過手動攻製 M10x1.5mm 之內螺紋孔及毛邊修正後，拿至桌球室進行壓入配合，效果極佳，繼續進行相同零件的重複加工，直到銑削數量達到所求。在研究期間組員討論



時，經常發生一些觀念上的差異，不過有了老師的指導，修正了我們原先錯誤的想法與觀念，也化解我們之間的衝突。

第一次做出成品的時候，心情既倉皇又害怕，畏懼著失敗的感受，拿去配合時，發現我們在稜角的部分沒有倒圓角，導致無法順利配合，經過修正後，為了要使強度增加，我們將其改為緊配合。從這次的小論文研究，我們深深體會到學以致用的重要性，課本上的知識終究是死的，我們要學會舉一反三，將課本各單元的知識運用在生活上。我們從無到有，學習到的東西與過程是任何人都無法取代的，失敗是成功的墊腳石，沒有經過這一次次的修正，我們沒辦法修正桌球桌現存的問題，更沒辦法為學校解決困擾。

#### 肆●引註資料

註一、吳清炎、李建億(2010)。製圖實習 I、II。台北市：華興文化事業有限公司。

註二、王千億、王俊傑(2010)。機械製造 I、II。台北市：全華圖書股份有限公司。

註三、陳順同、張弘智(2013)。機械基礎實習。台北市：全華圖書股份有限公司。

註四、華興編輯部(2013)。電腦輔助機械設計製圖。台北市：華興文化事業有限公司。

註五、施忠良、許世威(2009)。數值控制機械實習 I。台北市：台科大圖書股份有限公司。