

磚窯業原物料耗用通常水準

第一章 前言：

本報告內容包括常用建築紅磚、耐火磚及空心磚等 3 項。

一、紅磚

紅磚一般包括普通磚、清水磚及火頭磚；但依據用途又可概分為鋪面磚、飾面磚及水土保持與景觀用磚三大類，按形狀又可分為實心及空心磚。實際上，商業分類繁雜，甚至各家自創名稱，非必要時，本文將不提及及其他各種分類名稱。建築用紅磚之規格係以中華民國國家標準 CNS-382 建築用普通磚之規格為依據，其尺寸為 23 公分×11 公分×6 公分（長×寬×厚）。依該標準，以製作成品偏離之許可差，分為三等：一等磚：不超過正負 1.5%，二等磚：不超過正負 2.0%，三等磚：不超過正負 3.0%。但臺灣目前生產之紅磚極少符合此一規格，因此紅磚已無等級可言，其製作尺寸偏離 CNS 規格，商品一般尺寸多為 20 公分×10 公分×5 公分。每塊磚之重量約在 1.7~1.8 公斤/塊。

二、耐火磚

耐火磚種類亦多，目前在學術上或商業上依出廠前是否成形概分為兩大類，即定形耐火材（磚）與不定形耐火材；或依化學組成分為 3 大類：酸性、鹼性與中性耐火材。定形耐火材包括高鋁磚、黏土磚、臘石磚、鋯磚、鹼性磚、尖晶石磚、鎂碳磚、鋁碳磚、碳化矽磚、保溫磚及斷熱磚等。不定形耐火材包括可鑄性耐火材、可塑性耐火材、搗固性耐火材、耐火泥及吹付材。本文僅論及定形耐火材，即耐火磚。但近年來定形耐火磚僅佔耐火材市場之 30%，其餘 70% 為不定形耐火

材。

三、空心磚

空心磚依材料與製程之不同一般分為：空心紅磚(或燒結空心磚)、混凝土空心磚及較少被使用之玻璃空心磚與保麗龍空心磚。因空心紅磚與一般紅磚在材料及製程上幾乎相同，只是在擠出成形時之模具不同，且國內僅一家磚廠(大合順)生產空心紅磚，建築業所使用者部分為進口，故本文主要討論混凝土空心磚。混凝土空心磚的應用，在國外早已取代紅磚成為牆體的主要材料，不僅應用在隔間，甚至經過精細之設計與施工也可作為結構牆之材料。近幾年，國內建築業在混凝土空心磚的使用上也有逐漸增加的趨勢。相較於一般紅磚，其主要的優勢在於重量輕、原料消耗較少、隔音、隔熱、製程簡單、不需高溫燒製、施工效率高、省工省時省料等。空心磚尺寸一般規格為：長(L)×寬(W)×高(H)=39公分×19公分×19公分，其中因高度不同，分別有9、11.5、14、19公分等多種尺寸。孔數有單孔、雙孔、三孔及多孔，孔形有方孔及圓孔。依據粗骨材種類又有一般天然砂石及人工陶粒，甚至添加天然多孔材料如浮石及保麗龍球。添加輕質骨材，如人工陶粒、天然多孔材料及保麗龍球之目的多在減輕重量、隔音及隔熱。細骨材除一般河川細砂外，亦有基於環保而添加底灰及水庫淤泥者。主要黏結劑多為水泥及具環保概念之飛灰(fly ash)與高爐爐渣(slag)。

第二章 紅磚

一、概況：

臺灣紅磚製造業的發展可以磚窯之演進及種類加以概分之。最早為明鄭時代至日據時代之包仔窯，日據時代至1950年代則為登(目仔)窯，1950年代至1970年代則以八卦窯為生產主力。1970年代至今日則全以隧道窯為主，其在生產效率上逐漸增加，品質亦提升，生產成本也降低。

近年來，主要建築以高層大樓為主，隔間建材多樣化，可取代紅磚之替代品，如混凝土空心磚、輕質磚及各式輕質隔間建材使用日增，加上人工與能源單價攀升、環保觀念提升與環保法規之訂定，使得多數磚廠歇業。根據磚窯業同業公會之統計，目前僅餘31家磚廠及33條隧道窯。

二、紅磚製程

紅磚為基礎建材，銷售成本中，運費佔相當高之比率，因此磚廠大多為僅供小地區銷售、機械化與自動化程度較低之較小型磚廠。一般而言，各廠之磚塊製程差別不大。

國內目前的紅磚塊製程，均採用所謂之硬泥法(擠出成形)，其含水量低於15%，介於12%至15%之間；就其含水量及成形方式而言，相當於陶瓷製程之濕式成形法或塑性成形法。紅磚製程首先將粘土、細砂及各種回收再利用原料以適當配比混合，粉碎、研磨後(圖一)，經真空練土機攪拌混勻，並以擠出機擠出胚條成形(圖二)，再經裁切，即可疊胚(圖三)、上架(台車)，在室溫經陰乾4至5天後再進入烘乾室預熱，以燒窯餘熱烘7至10天，最後推台車入窯燒結約24小時(圖四)。隧道窯斷面之高×寬一般均在2.5公尺×2.5公尺，長約150公尺。生產速度快，產量大，成本低。紅磚製程之流程示於(圖五)。

由於胚體燒成磚塊時會有尺寸變化，在加熱溫度900°C至1,100°C時呈現最大收縮量，因此在採用950°C至1,100°C間不同溫度燒成，即可得不同尺寸及不同機械強度之磚塊成品。

在原料方面，過去多採用黏土與泥岩或頁岩為主要原料，為配合政府政策及降低成本，目前則添加營建剩餘土方、水庫及河川疏濬淤泥、灰渣、稻殼等作為主、副原料。由於原料來源之多樣性及含水量之變異性，使業主在配方及製程上都遭遇不少之困擾，產品良率也因之降低。

在燃料方面，大部分磚廠以屑煤為主，其燃料成本約占總成本之40%。僅1家(大合順)以生產清水磚及客製化為主之磚廠，除燃煤外，另以燃料油為輔，甚至準備引進電熱式窯爐。

三、原物料耗用情形

(一)原料：

早期紅磚係以含粉沙及細砂之黏土加水成形，經烘乾再燒製成紅磚。使用之黏土主要來自：地表風化黏土、頁岩及泥岩。前者以北臺灣，特別是林口、桃園為主。後者則分佈於中、南臺灣。每萬塊紅磚（規格：20公分×10公分×5公分）約使用20立方公尺黏土（1立方公尺乾土=1.8公噸；1立方公尺濕土=1.9~2.0公噸；1塊普通磚成形後約2.2~2.5公斤/塊（不含細砂及各種回收再利用原料），燒成後約1.7~1.8公斤/塊）。黏土原料之進廠成本約新臺幣（下同）80~320元/公噸，此價格受品質、產地之遠近及運費而有變化，且由於黏土原料在磚廠當地受“土頭”把持，故業主為降低成本，常從外地遠處買進黏土原料。北部價格在80~210元/公噸間浮動（以水庫淤

泥為主)，南部則為250~320元/公噸。此外，為降低原料成本，大部分磚廠多已使用營建剩餘土方、水庫及河川疏濬淤泥、灰渣(底灰)、稻殼等作為副原料，甚至成為主原料。但此來源仍受產地土頭控制。因營建剩餘土方、水庫及河川疏濬淤泥之含水量有極大之變異性，其含砂量也較高，其1立方公尺大約僅重1.6公噸(即飽和單位重為1.6公克/立方公分)。參考國內各水庫淤泥之土壤一般物理性質資料及製磚廠所提供進料數據，估計其含水量至少為30%以上，表示其磚塊從原料到燒結完成後，至少損失30%的重量。如以每塊磚重1.75公斤，每1萬塊磚重17.5公噸，則需要原料為： $17.5 \text{公噸} / 0.7 = 25 \text{公噸}$ 。黏土原料成本約佔總成本之40%。

(二)燃料：

國內燒製紅磚使用燃料情形，一般而言，國內效率遠較西方國家為低，表一為臺灣、日本、歐洲紅磚 1,150°C 下燒成能源消耗比較。以往使用之爐體若非粗糙與破舊，則其燃料與磚料比多在 750~800 公斤煤/1 萬塊磚左右，相當於重油 55~65 公秉。近幾年來，雖採用較低溫度燒製磚塊，並未達成減少燃料使用量的效果，其燃料與磚料比反升不降，多在 1,500~1,700 公斤煤/1 萬塊磚。此方面之資料雖無正式測定報告可引用，但依據現場觀察及業者談話中可證實，此乃因所使用之爐體多較為粗糙與破舊，其絕熱效果及餘熱利用均有待提升。此外，近幾年因大量使用營建廢土及水庫淤泥，其含砂量及含水量較高，不論是乾燥及燒結，其所需溫度加高，時間也加長。經訪談之磚廠反映其燃料與磚料比在 1,400 公斤~1,750 公斤煤/1 萬塊磚(用量與煤之熱量值成反比)，

大部分磚廠可接受 1,500 公斤煤/1 萬塊磚之使用量（其燃料煤之熱量值約在 5,000~6,400 千卡/公斤）。一般而言，天然氣之發熱量(甲烷及乙烷)約在 8,000 千卡/立方公尺，液化石油氣之發熱量(丙烷 50%及丁烷 50%)約在 27,500 千卡/立方公尺，重油為 10,400 千卡/公升，其比重為 0.9725 公斤/公升。極少數磚廠有以煤與油混合燃燒者，其情況大抵視產品之附加價值及煤價與油價成本而定。通常燃煤因其熱效率較差，約為實際值之 70~80%，其計算法為： $\text{煤油} \times \text{煤熱量值} \times 0.75 = \text{油量} \times \text{油熱量值}$ 。此外，燃料效率因涉及燃燒設備及技術問題，故其混合或取代利用亦非單純之市場價格為依據。燃料煤價格約為 2,000~4,000 元/公噸，但近幾年受頁岩氣開發影響，價格仍有下跌空間。燃料油價格約 20,000~23,000 元/公秉。

(三) 產品良率：

國內一般磚廠多為數十年之老廠，其隧道窯也多為 20 年以上之老舊設備，爐體較為粗糙。加上使用之黏土原料來源的多樣化，其石英砂、鹽類(Na、Ca)含量不一，變異性大，原料顆粒亦較粗，加上品管不嚴，燒結溫度不均，製程中磚塊難免變形、破損及過燒或燒結不足，其良率常低於 90%。常於廠內見其廢品堆積如山，部分廢品尚可以火頭磚售與園藝等業者加以使用，減少拋棄費用；或經碎磨後交農藥製造業者使用。

(四) 成本概算：

每 1 萬塊磚重 17.5 公噸，考慮燒失的 30%含水量約需 25 公噸原料，再考慮 90%的良率約需 28 公噸原料。每 1 萬塊磚需燃煤 1,500 公斤。假設原料及燃料成本各佔 40%，其餘為人事

支出，佔 20%。若不計其折舊、維修及固定支出(水、電、不動產稅、空污稅等等)，則其成本約：【(28 公噸×200 元/公噸原料) + (1.5 公噸×3,000 元/公噸煤)】÷0.8 = 12,625 元/1 萬塊磚。

四、副產品及下腳料之一般處置情形

紅磚製造過程無副產品。至於損耗或燒結不佳之紅磚廢品，處理方法大致上以改變用途為主，而丟棄則為少數。再利用之磚塊如過燒變形、變色與尺寸相差過大者，稱火頭磚，可售與建造圍牆及園藝業者，或轉供農藥廠經磨粉後做為藥劑之載(擔)體，或運動場跑道鋪面處理之用。不能利用者則拖運至廠外供填土，後者所獲利益有限。

第三章、耐火磚

一、概況

(一)耐火磚(refractory bricks)為耐火材(refractories)中的一種。其特徵係因耐火材經陶瓷製程將其製成磚塊外形，再售予下游業者使用，分類上即所謂之定形耐火材。所謂耐火材則除廣義的包括防火材料(fireproof materials)外，一般需具備耐火能力，需能處於某特定溫度以上(1,580°C，測溫錐編號為 SK26)不會變形、軟化的特性。而且在某些場合及某一溫度條件下具有特定的機械強度與化學穩定性質。這類耐火材在工業上有不以磚塊型態出售者，即所謂之不定形耐火材，如耐火泥(mortar)，可鑄式耐火材、可塑性耐火材、搗固性耐火材、噴付耐火材、塗覆耐火材及拋射修補耐火材，

這些分類主要依據含水量、現場成形方式及功能，多以粉體形式出售，主要用於連結及修補耐火磚或一體成形者(例如使用於煉鋼廠之盛鋼桶及魚雷車)。

本報告主要針對以磚塊形式售予使用者之耐火材。目前其最主要用途為建造鋼鐵業、金屬業、水泥業、陶瓷業及玻璃業所需之各種窯爐。主要依其製作原料不同及習慣用法予以分類。此外，一般稱為”磚”是對形狀而言，與其是否經過燒結無關，部分耐火磚僅添加樹脂黏結劑予已膠結成形。

(二)國內目前耐火磚可略分為高鋁質、黏土質、臘石質、鋳英質、鎂質、鎂鉻質、鉻質、矽質、碳質及耐酸材磚等多種(詳表二)。此外，尚有所謂保溫磚、斷熱磚及絕緣磚作為窯爐外層使用材料。近年來，國內耐火磚市場因受鋼鐵工業發展(中鋼、中龍等一貫作業大鋼廠)影響，特殊磚如碳化矽(SiC)磚、鎂碳磚、鎂鉻磚及鋁矽碳磚用量顯著增加；不定形耐火材更佔據市場70%的使用量。

(三)臺灣耐火磚以往受日本工業技術影響最大。早期耐火磚來源，除部分火黏土磚由台灣工礦公司供應外，原料幾乎全由日本輸入。其後因應各地方陶瓷業、水泥業及玻璃業工廠維修及擴充需要，耐火磚工業逐漸興起。1975年，因應中國鋼鐵公司及下游加工廠建廠之需要，耐火磚工業首次突破10萬公噸以上之產量。且因鋼鐵業對耐火材的規格要求嚴苛，使得臺灣耐火磚工業之製造生態改變，除產量增加外，也注重研究開發新產品，導致技術與產品品質均大幅提升。1990年產量已超過20萬公噸。但近幾年，隨著耐火材料品質提升及製程的大幅進步，耐火材消耗及耗損率亦大幅降低，各廠

維修時之替換率及使用量亦隨之降低，加上部分陶瓷業與水泥業之出走，目前全國耐火材年產量已低於10萬公噸以下。

二、耐火磚製程

耐火磚的製程，依所用之原料、成品形狀、大小及所需之數量與使用條件而定。一般之製作過程如圖五所示，可分為三個主要步驟：(1)原料處理，含粉碎、篩選、秤重及混合；(2)成形，含機械加壓成形及可塑性擠出成形部分；及(3)燒結，含乾燥、脫脂與燒結。三個步驟中變化較大者為成形法。因方法不同，材料所含水分也不同，成形上採用之設備亦有極大差異。耐火磚所用之燒結爐可略分為方窯(四角窯)、梭窯(圖六)、隧道窯(圖七)及鐘罩窯(圖八)。為達成耐火磚之燒結，所用築爐材料也有差異。其耐溫條件可由攝氏1,300度至2,800度。所使用熱源有電、天然氣、液化石油氣、油及煤。有關製程詳述如下：

(一) 原料處理

原料處理一般包含粉碎、篩選、秤重及混合，但近年之原料多為經過初步處理之袋裝原料，因此粉碎、過篩等步驟多已省略。通常直接依據配方秤重(調配)及混合。混合目的在使所有原料均勻混合，以便於成形後得到最佳生坯密度。混合作業使用之設備包括：磅秤、輸送帶、固粒混合設備(種類繁多)、練泥機等，完成後再轉送成形作業。

(二) 成形

成形作業在國內目前主要採用三種不同之成形法，包括(1)鑄形法(slip casting)：鑄形法所用原料含水量有達30%

者。目前以高鋁、黏土及矽藻土等之耐火材料的注入及壓縮噴霧塗層等應用為主。(2)擠出法(extrusion)：本法為國內耐火磚成型的主要方法。所用原料經調配混合後，其含水量在15%以下，因此其稠度常在可塑性限度之上，需以較大動力之擠製成型機擠出成型。(3)衝壓法(die pressing)：衝壓法製造耐火磚所用之調合原料，常僅為一濕潤之粉體。其含水量約1.5~8.0%。以百噸以上動力單軸壓機成型。本法最常應用於大型的耐火磚成型，也為國內主要成型法。

(三)乾燥與燒結

生坯經烘乾(含天候自然陰乾及烘乾室烘乾)後再入爐燒成。所使用燒結爐體在近20年，因受燃燒加熱及熱使用效率技術演進的影響，有相當變化。先是大量使用隧道室，在最近10年則是梭窯與鐘罩窯的加入。目前國內兩種窯體所占比例(個數)可能不相上下。燒結溫度愈高則方窯使用比例愈多。燒結爐殘留熱量均經回收轉用於烘乾生坯作業及其他(如原料)烘乾作業上。

三、原物料耗用情形：

(一)原料：

目前臺灣製造耐火磚所使用的原料包括天然礦物原料及人工精鍊的合成材料。在天然礦物原料方面，除極少量火黏土及矽石自產外，其他原料幾乎全為國外進口，主要以中國大陸為主，佔耐火材料廠之70~80%。以火黏土為例，2011年進口噸數約12萬8千噸(包含膨土，亦為陶瓷原料)。人工精鍊的合成材料幾乎全部由日本及歐美進口。進口之原料有塊料及粉

料兩類。塊料必須加以粉碎、研磨及過篩處理，使其粒徑符合配方所需，完成此原料處理過程後始進入配方處理。但這幾年幾無塊料進口或因上游原料業分工所致，耐火磚廠多無因粉碎、研磨及過篩而造成的損耗問題。主要的損耗來自儲存不當、搬運、配料、成形及燒結製程，但損耗多在3%以下。但耐火泥之損耗估計應在2%以下。

各原料依使用功能加以分類如表二所示，為一不得已之分類法，其優點為易歸類及可為未來原料互相取代之參考，缺點為價格上差異較大，惟對價格而言，同一名稱原料也有數種不同價格來源之情形。

各耐火磚廠均有再利用廢磚之情形，其數量因耐火等級之升高，及該廠製作技術之提升，品管重視程度而異，但不一定變少。耐火磚的品質越高，其廢磚的回收比例越高，且混入舊料的比例也較少。

(二)燃料：

耐火磚界所使用的燃料以重油及天然氣為主，天然氣在便宜時廠方才願意使用。近年來因耐火材料所耗燃料費用較高，因此各廠在燃燒技術上的改進不遺餘力，對爐體的投資及燃燒器具的更新工作漸與先進國家並駕齊驅。

燃料水準係以燃料用油為依據。目前有數家較具規模與歷史之工廠，偶有使用天然氣為燃料者，主要也是受燃料市場價格之影響。其換算為：

天然氣體積立方公尺/1.3=燃料油量(單位為公升或公斤)

液化石油氣體積立方公尺/0.38=燃料油量(單位為公升或公斤)。

茲將各類耐火磚之燃料耗用情形，列於表二最後一欄。因廠方多無針對各產品之燃料耗用資料，本文仍參考舊版之數據。

四、副產品及下腳料之一般處理情形

耐火磚在未進爐燒結前，如有製作上之缺陷，因係原料狀態，故可重新加以處理製成生坯，對整體耐火磚之製作成本應無影響，可認為無耗損發生。至於進爐燒結後而發現缺陷之磚體，目前均以熟料(燒粉)方式再利用，但各廠使用比例不盡相同，端視磚體種類及製作技術上可容忍程度而定。一般而言，使用缺陷料(含舊料或廢爐拆除後之耐火磚)之比例可能在全部使用原料之 3%以下。

第四章、混凝土空心磚

一、概況

混凝土空心磚只是眾多水泥製品之一種。商業上混凝土空心磚之分類可依據用途、形狀、尺寸、孔數、孔形、使用之骨材及重量而加以分類，部分已在前言中加以說明。若依據中華民國國家標準 CNS 檢驗標準，則其分類如表三所示，分類依據包括形狀、尺寸、品質(全淨斷面抗壓強度)、水密性及比重。表四為依據尺寸及形狀之分類。表五則為節錄中華民國國家標準 CNS-8905A1237 混凝土空心磚及 CNS-1178A3042 混凝土空心磚 A、B、C 不同等級磚種之檢驗標準。依據用途分類則種類繁多，各製磚廠及使用者皆有不同之命名。例如透水空心磚、隔音空心磚、環保空心磚、景觀用空心磚、鋪面空心磚、植草磚、圍牆磚、花台磚及樹穴磚

等等。因其使用材料與製程大同小異，本文不再個別討論。

二、空心磚製程

混凝土空心磚製程一般分為：配料、混合攪拌、灌模、成形(振動、加壓)、脫模、養護。配料係依據規格將特定比例之水、水泥、細骨材與粗骨材加以調配後即進行混合，加入適當之水量以調成適當稠度，水泥漿與骨材之體積比多為2:8至3:7。若以一般常規結構用混凝土拌合為例，所需材料舉例於后。

假設製備1立方公尺、單位重為2,400公斤/立方公尺之混凝土，所需之拌合材料：水為178公斤，粗骨材為0.72立方公尺；若水灰比為0.59，已知粗骨材比重為2.68，粗骨材的乾燥鬆比重為1,600公斤/立方公尺，含氣量為1%。則配方如后：
水=178公斤/立方公尺混凝土，粗骨材=1,152公斤/立方公尺混凝土，水泥=302公斤/立方公尺混凝土，砂=768公斤/立方公尺混凝土。其計算過程如表六所示。配料的計算有重量法與體積法，因體積法計算涉及水泥砂漿縮減率及砂石之孔隙率等問題，故本文主要以重量法來計算。此外，混凝土空心磚有多種規格與強度，且強度多低於一般常規結構用混凝土強度；而在材料配比上含有較少之水及水泥與較高之含氣量與孔隙率。

主要的原料有以水泥為主之膠結劑，飛灰及爐石也已廣泛使用於水泥製品，不但環保也節省原料成本，甚至可以提高磚塊之抗壓強度並提升防水性。骨材多為河川砂石為主，但常為達到輕質目的而添加輕質骨材，如陶粒及保麗龍球，

或以發泡劑及輸氣方式製成多孔及輕質之空心磚。此外，營建剩餘土石方、污泥、水庫淤泥、無害性之無機性廢料如廢陶瓷、廢玻璃、石質下腳料等再生材料皆已經環保署之核可，可以作為混凝土空心磚之骨材，其規定如表七所示。

三、原物料耗用情形

若以前節所計算每拌合 1 立方公尺，單位重 2,400 公斤/立方公尺之混凝土所需原料為依據。假設通用型式空心磚(規格:L×W×H=39 公分×19 公分×19 公分)，其外形及規格如圖九所示，重量為 17.6 公斤/個，則 1 立方公尺混凝土可以製造空心磚之數量為： $2,400 \div 17.6 = 136$ 個。目前各類原料價格大約為水泥 1 包 200 元/50 公斤，散裝則約 2,000 元/公噸，取平均值 3 元/公斤水泥。粗骨材每立方公尺北部約 478 元，南部 543 元，東部 395 元，取平均值約 500 元/立方公尺，鬆石方重約 1.6 公噸/立方公尺。砂價(細骨材)每立方公尺 708 元，機製砂價格為 640 元，平均價格 674 元/立方公尺，細砂鬆方約 1.6 公噸/立方公尺。假設其材料成本占全部成本之 60%，其餘為人力成本及包括水電、維護等固定支出。故其成本約 $(2.5 \text{ 元/公斤水泥} \times 302 \text{ 公斤} + 500 \text{ 元} \times (1.152 \text{ 公噸} \div 1.6 \text{ 公噸/立方公尺碎石})) + 674 \text{ 元} \times (0.768 \text{ 公噸} \div 1.6 \text{ 公噸/立方公尺細砂}) \div 0.6 = (755 \text{ 元} + 360 \text{ 元} + 323 \text{ 元}) \div 0.6 = 2,397 \text{ 元/立方公尺}$ ，此值與預拌混凝土之目前價格 2,400 元/立方公尺接近。故每塊空心磚成本約： $2,397 \text{ 元} \div 136 \text{ 個} = 17.6 \text{ 元/個}$ ，目前零售市價約 45~60 元/個。本單價是根據一般常規結構用混凝土之成本計算所得，但實際上，混凝土空心磚所

用之混凝土配料使用較少之水及水泥且孔隙率較大，成本應更低。此外，若為添加輕質骨材之輕質混凝土，其成本略高，因陶粒成本較高，陶粒單價約 1,800 元/立方公尺。輕質混凝土之單價則高出一般常規結構混凝土約 30~50%，如果常規結構混凝土單價 1,500 元/立方公尺，則輕質混凝土之單價約 2,000~2,250 元/立方公尺。

一般混凝土空心磚製程耗損率低於 5%，其耗損主要源自於成形、脫模及搬運時之碰撞破損，但經簡單破碎及過篩整粒後，幾乎可以完全回收，再回到製程作為骨材原料。回收原料之添加量，去除水泥後，可容許 20% 以上的添加（參考表七）。但若為添加陶粒等輕質骨材之輕質混凝土空心磚，則其毀損之下腳料幾乎完全無法回收，其搬運處理費用往往成為水泥製品廠之沉重支出。

表一、臺灣、日本、歐洲紅磚燒成能源消耗比較(1,150°C)，單位：千卡/公斤紅磚成品(千卡/公斤)

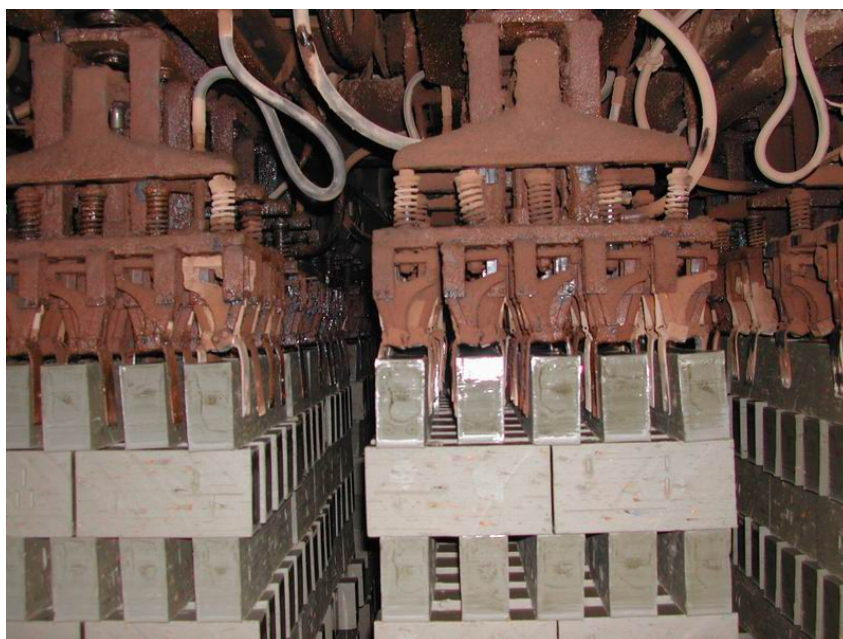
地區	窯爐型式	能源消耗(千卡/公斤)
臺灣	台車隧道式	1,150~1,500
日本	台車隧道式	450~600
歐洲	一般隧道窯	450~500
	滾軸隧道窯	280~320



圖一、碎土機、鋼網式碎粉機：粉碎原土、磚坯
(不良品)及燃料(煤炭)



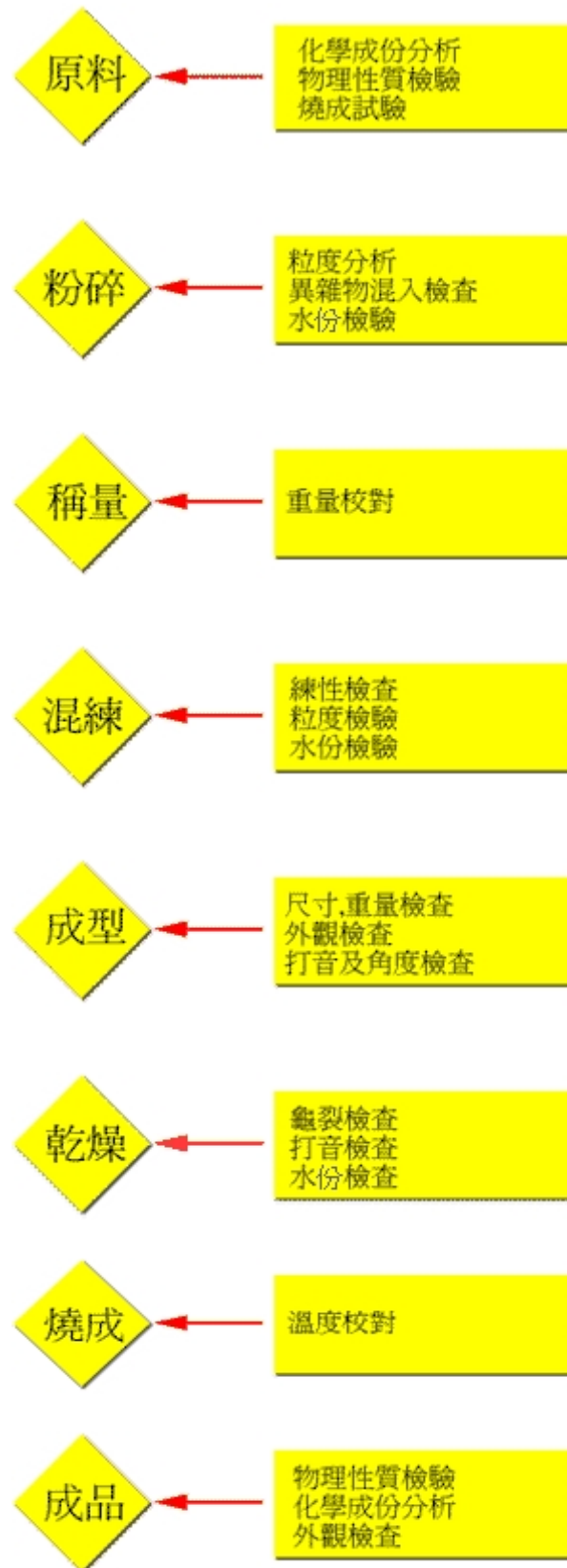
圖二、供料機、攪拌機、製磚機：將碎土機處理過之
原土，製成磚坯



圖三、疊胚機：堆疊磚坯至台車上



圖四、隧道窯：磚坯經烘乾後送入隧道窯燒製磚塊



圖五、紅磚及耐火磚之流程圖(取自光和耐火網站)

表二、耐火磚種類、成分、原料、用途與燃料耗用量

種類	成分%	原料	用途	燃料耗用量 公斤/公噸
高鋁磚 鋼玉系	Al_2O_3 80~99	燒結氧化鋁 電融鋼玉 活性氧化鋁	水泥旋窯、高爐、 流鋼嘴	220~230
謨萊石系	Al_2O_3 50~85	鋼玉謨萊石黏 土	水泥旋窯、高爐 爐腹、流鋼嘴、 魚雷車	230
黏土質磚 硬質磚 一般磚	Al_2O_3 30~45 Al_2O_3 26~42	火黏土熟料、 黏土 火黏土熟料	一般高溫爐、熱 風爐	190~230
臘石磚	Al_2O_3 20 $SiO_2 > 70$	臘石	盛鋼桶、分鋼槽	380
鈳磚	ZrO_2 40~60 SiO_2 35~50	鈳英石 黏土	盛鋼桶	250
鹼性磚 鎂磚 鎂鉻磚 鉻鎂磚 鉻磚 非燒成 鎂鉻磚	$MgO > 94$ MgO 65~94 $MgO < 37$ $MgO < 20$	氧化鎂、菱苦 土、鉻鐵礦、 黏土或有機黏 結劑	水泥旋窯、轉爐 高爐	390

種類	成分%	原料	用途	燃料耗用量 公斤/公噸
矽磚 矽磚 耐酸磚	$\text{SiO}_2 > 93$ $\text{SiO}_2 > 65$	矽砂、CaO、 Fe_2O_3 矽砂、黏土	熱風爐、煉焦爐 玻璃窯	380
不燒結 鎂碳磚	$\text{MgO} + \text{C} >$ 10~25	氧化鎂 石墨	盛鋼桶、魚雷車	0 (不需燒結)
鋁矽碳磚	Al_2O_3 SiO_2 $\text{SiC} + \text{C}$	碳化矽(SiC)、 石墨、樹脂、 電融氧化鋁、 水鋁石	盛鋼桶、魚雷車、 出鋼槽流道	0 (不需燒結， 以樹脂黏 結)



圖六、梭窯



圖七、隧道窯



圖八、鐘罩窯

表三、混凝土空心磚依據中華民國國家標準 CNS 檢驗標準之分類

項次	形狀與尺度	品質 (抗壓強度)	水密性	比重(密度) 公斤/立方公分
1	基本磚	A 種磚	普通磚	重質磚 (> 2.002)
2	異形磚	B 種磚	防水磚	中量質磚 (> 682 至 ≤ 2.002)
3		C 種磚		輕質磚 (> 1.362 至 ≤ 1.682)

註：異形磚為半塊磚、角磚、橫筋磚及與基本磚不同用途、不同形狀之混凝土空心磚之總稱

表四、混凝土空心磚依據中華民國國家標準 CNS-8905 之分類

形狀	尺寸(公釐)			誤差值
	長度	高度	厚度	長度、厚度及高度
基本磚	390	190	190	± 2
			140	
			115	
			90	
異形磚	與基本磚尺寸相同之橫筋磚、半磚、角磚及收邊磚，其尺寸及許可差比照基本磚。			

表五、節錄中華民國國家標準 CNS-8905A1237 混凝土空心磚
及 CNS-1178A3042 混凝土空心磚檢驗法

種類	氣乾容積比重	全淨斷面抗壓強度 公斤/平方公分 (牛頓/平方公分)	吸水量 (公克/立方公分)	透水性 (公分) (防水磚)	最大吸水率 之含濕率 %
A 種磚	<1.7	40(397.27)	0.45 以下	10 以下	40 以下
B 種磚	<1.9	60(588.40)	0.35 以下	10 以下	40 以下
C 種磚	--	80(784.53)	0.2 以下	10 以下	40 以下

外觀狀態：外觀不得有明顯之不一致，變形，有害之龜裂，傷痕等情形。

表六、混凝土配比計算方法

方法	材料名稱	計算式	結果
重量法	粗骨材	$0.72 \times 1,600$ (公斤/立方公尺)	1,152 公斤/立方公尺
	水	已知	178 公斤/立方公尺
	水泥	$178 / 0.59$ (水灰比)	302 公斤/立方公尺
	砂	$2,400 - 1,152 - 178 - 302$	768 公斤/立方公尺
絕對體積法	粗骨材	$0.72 \times 1,600 \div (2.68 \times 1,000)$	0.430 立方公尺
	水	178×0.001	0.178 立方公尺
	水泥	$302 / 3,150$ (公斤/立方公尺)	0.096 立方公尺
	含氣量	1%	0.01
	砂體積	$1 - 0.43 - 0.178 - 0.096 - 0.01$	0.286 立方公尺

表七、混凝土空心磚可使用之再生材料及規定

<p>名 稱</p>	<p>混凝土空心磚 (hollow concrete blocks)</p>
<p>可使用之再生材料</p>	<p>營建剩餘土石方、污泥、水庫淤泥、無害性之無機性廢料如廢陶瓷、廢玻璃、石質下腳料等。</p>
<p>再生材料使用比率 (重量百分比)</p>	<p>回收材料除水泥外之比率如下：A 級：20 %以上 B 級：30 %以上 C 級：50%以上</p>
<p>品質試驗項目及方法</p>	<p>參照 CNS8905 對產品種類之說明，所有品質試驗項目皆應符合所對照國家標準之規定。</p>
<p>特殊要求或分級規定</p>	<p>依全斷面抗壓強度分級： A 級磚：8 牛頓/平方毫米以上。 B 級磚：6 牛頓/平方毫米以上。 C 級磚：4 牛頓/平方毫米以上。</p>
<p>參考標準或規範及備註</p>	<p>CNS 8905</p>



通用型式空心磚

規格:39×19×19 公分

重量:17.56 kg 公斤



雙平空心磚

規格:39×19×19 公分

重量:17.56 公斤



條紋空心磚

規格: 39×19×19 公分

重量:18 公斤



通用型式口字磚

規格: 19×19×19 公分

重量:8.5 公斤



條紋口字磚

規格:19×19×14 公分

重量:6.3 公斤



橫筋口字磚

規格:19×19×10cm 公分

重量 :4.68 公斤

圖九、常見混凝土空心磚之外形與規格(參考伍通企業網頁)