

# 以螺絲起子探討不同類型手工工具對於 通用設計量表之影響研究

吳志富\* 林楷潔\*\* 楊朝陽\*\*\* 廖淑芬\*\*\*\*

大同大學工業設計學系

\* wcf@ttu.edu.tw

\*\*\* cyyang@ttu.edu.tw

\*\*\*\* nicizoo15@gmail.com

大同大學設計科學研究所

\*\* maggielin0717@gmail.com

## 摘 要

通用設計 (Universal Design, UD) 隨時代演進與產業轉變之際, UD 量表卻成為通用於各領域之通通可以用的量表, 且多屬事後評價, 導致 UD 以附加形式呈現, 難落實於實務。本研究以螺絲起子為例, 根據使用者經驗與文獻探討, 應用因素分析依產品類別建立適切 UD 評估工具, 結果獲得七項 UD 原則, 其中公平性仍為首要核心, 而功能性則為手工工具必要條件, 其次為符合使用者經驗, 說明心理層面的重要性, 且相較一般性評估, 產品設計特徵為評價重點, 量表評估項目應隨被評估物差異而不同, 而體驗與商業價值則反映社會發展型態, 重新檢視 UD 通用性與獨特性。並藉數量化一類將使用者評價轉換為設計要素, 依使用者偏好重新設計與驗證, 顯示通用螺絲起子在 UD 各原則評價均有明顯提升。

關鍵詞：通用設計、量表設計、產品設計與開發、設計流程

論文引用：吳志富、林楷潔、楊朝陽、廖淑芬 (2016)。以螺絲起子探討不同類型手工工具對於通用設計量表之影響研究。《設計學報》，21 (4)，25-43。

## 一、前言

「通用設計 (Universal Design, UD)」一詞於 1985 年由美國學者羅恩·梅斯 (Ronald L. Mace) 所提出 (Clarkson & Coleman, 2015)，強調設計「應適合所有人為用, 不應與性別、年齡以及能力等差異而有所不同」, 且 UD 的目標乃期許所有的使用者, 在無需調整的情況下, 皆可以有效地使用產品與環境 (Connell et al., 1997; Keates & Clarkson, 2003; Steinfeld & Mullick, 1990; Story, 1997)；其概念與設計原則不僅被廣泛地應用於各類型產品、建築與環境之評估 (Huang & Chiu, 2016; Mace, 1997; Mace, 1998;

Park, Morris, Stannard, & Hamilton, 2014), 甚至是教育(Hitchcock & Stahl, 2003; Meyer & Rose, 1998; Rose & Meyer, 2002)等多元領域, 近年來亦延伸至系統與服務等資訊提供層面(Mustaquim & Nyström, 2013), 顯示了 UD 的原則與意涵不僅會隨時代演進而發展, 同時會因產業需求與差異而有所不同。然而, 在面臨評估類別差異時, 其考慮與評估的面向理應有所不同, 但 UD 量表儼然成為了一「通通可以用的量表」? 不僅在量表設計與應用上有困難, 其量表的使用時機多屬於「事後評價」, 就產品開發而言, 似多木已成舟, 往往仍仰賴設計團隊的自身經驗與直覺推斷, 以進行決策(Akao, 2004), 儘管設計團隊經驗豐富且直覺準確, 但仍未能有辦法建立值得信賴的設計要素評估資訊(Haapalainen, Kivistö-Rahansto, & Mattila, 2000), 倘若未能在設計階段, 即將 UD 意涵及使用者評價有效地轉換為設計要素, 同時在無法辨別評估原則的影響與重要程度的情況下, 那 UD 一詞將形同空談, 對於未來產品也只能有所期許, 再再顯示了 UD 實務的應用上仍然過於抽象, 無法明確提供產品設計階段, 從使用者需求到操作分析上等細節及其具體流程(Huang & Chiu, 2016)。

倘若回歸到 UD 最初的意涵, 在關注包容性(inclusivity)的同時, 應該也要考量到個體間之差異性(individuality)(Park et al., 2014); Sangelkar 與 McAdams 曾在功能層面上, 比較了消費性產品及建築系統上之差異(2010), 並進一步分析 UD 於消費性產品之應用(Sangelkar & McAdams, 2012), Beecher 和 Paquet 試圖建構消費性產品之 UD 評估工具, 然由於產品類別差異甚大, 導致單一量表無法對各類別產品評估提供足夠鑑別度(2005), 而 Lin 和 Wu(2015)則進一步針對單一產品一尖嘴鉗, 建構對應之通用設計量表與產品設計開發方法論。有鑑於此, 當產品特徵差異甚大, 各產品類別間之設計要素的統整效益不大時, 為印證不同產品在評估原則、量表以及設計要素應會有所差異, 故本研究以不同類別之手工工具產品「螺絲起子」為例, 探討: 1. 通用設計評估工具之有效性與通用性; 2. 不同產品類別在通用原則與評估量表上之異同, 進一步檢視並探究其造成差異的可能原因, 最後進行 3. 設計驗證: 檢視 UD 概念導入產品設計與開發流程之演繹性; 此外, 除了產品設計本身, 若未能模擬實際使用情境, 其評價將無法真實反映, 在考量使用者(user)、產品(product)以及環境(environment)三者間之關係, 將使用時之操作型態與工作環境, 列為可能影響產品設計之因素。

## 二、研究目標與流程

通用設計為一門仍在發展中之學科, 本研究將探究時代的演進, 以及產業型態的轉變, 對於 UD 所帶來的影響與改變, 同時廣泛調查與蒐集目標產品, 以明確定義研究範圍及其產品特徵, 進一步依產品類別, 發展適切之 UD 量表設計方法與工具、原則及其影響程度, 進而探討不同產品設計策略、UD 評估原則與量表間之異同。本章節將就通用設計概念與演進, 以及現有相關通用設計量表發展與設計方法進行蒐集、討論與歸納, 以期提供通用化螺絲起子設計評估量表在設計上之參考依據。

### 2-1 通用設計概念與演進

通用設計為全球廣為接受與流行之設計趨勢, 其概念源於 1950 年代第二次世界大戰下之「無障礙設計(barrier-free design)」背景思量應運而生, 提供設計師設計時之參考依據(Afacan & Erbug, 2009; Kawauchi, 2001), 「通用設計」一詞自 1980 年代被提出至今, 在超過 30 年的演進與發展, 許多研究學者與業界實務團隊紛紛提出相關見解與方法論, 應用於各專業領域中; 其中由 North Carolina State University 成立的通用設計中心(Center of Universal Design, CUD)研究團隊制訂了 UD 七原則, 用以評價現有設計(Connell et al., 1997), 為現行最為廣為流傳與應用之通用設計原則; 而 Mace 最初所提之

通用概念 3B 原則：更好的設計 (better design)、更美觀的設計 (more beautiful) 與更高的商業價值 (good business) (Yu, 2008)，與 Nakagawa (中川聰) 考量商業、美感與環保等三個面向，另外增修的 3 附則 (Nakagawa, 2006) 相互比較，皆提出對於商業性與美觀性層面的關注，而日本人間工學會則以公平性為基本原則，歸納操作性、有用性以及魅力性等產品評估三面向 (Japan Ergonomics Society, 2007)，Moon 與 McAdams 則由設計實務觀點出發，考量市場性、經濟性以及可行性 (2009)，可看出經濟性、美觀性與環保議題等反應設計本質及實務需求之附加原則，使 UD 意涵更趨完整；而日本學者 Nippashi、Aoki、Otake、Kishi 與 Terauchi 為探索 UD 呈現的形式，整合了 UD 相關的概念與想法，發展一新領域—「為自己設計」(design for ourselves) (2006)，而 The Delta Centre (2013) 則指出 UD 概念與發展會隨不同專業背景、社會或是文化等因素而異，針對 UD 發展趨勢提出了：1. 從一般到創新 (from regulation to innovation)；2. 從可即性到創新性 (from accessibility to inclusion) 以及 3. 從障礙到永續 (from barriers to sustainability) 等論點；由此可知，通用設計思考的層面是相當廣泛且多元化的，且會隨著時代演進與實務的需求，而被賦予新的意涵，也顯示了通用設計為一仍在發展中之設計概念與方法，如何有效地將概念落實於實際應用中，將設計原則與使用者評價導入設計與開發流程中，為本研究一重要研究目標。

## 2-2 通用量表發展與設計方法

由於人口急速老化緣故，日本許多企業多嘗試將 UD 落實於實務中：TOYOTA 建立了主觀舒適性評價—ergo-index，以及客觀感知評價—situational suitability index 等兩種方法進行通用設計評估 (Atsumi, Kanamori, & Misugi, 2005)，而 Mitsubishi Electric 則強調 UD 概念在使用者、產品與環境三者間關係的重要性，建構一通用設計評價工具—UD-checker，用以評價其企業底下所設計與生產之消費性產品、公共設施以及工業設備等不同產品類別 (Kumiko, Sayuri, Eiko, & Makoto, 2006)，Sangelkar、Cowen 和 McAdams (2012) 則提供通用產品開發前期的設計準則，University of Cambridge 團隊針對通用產品設計研究，藉由模擬目標使用者，識別可用性問題點，進而建立產品評估方式：以人口統計資料為基礎，透過專家評估，排除行為能力受限之使用者，並預估未能預期之使用者行為與認知能力，藉此方法論架構將 UD 導入產品設計流程中 (Clarkson, 2008; Clarkson, Cardoso, & Hosking, 2007; Clarkson, Coleman, Keates, & Lebbon, 2003; Clarkson, Langdon, Goodman-Deane, & Robinson, 2008; Kates & Clarkson, 2003; Langdon, Clarkson, & Robinson, 2008a; Langdon, Persad, & Clarkson, 2008b; Waller, Goodman-Deane, Langdon, Johnson, & Clarkson, 2009; Waller, Langdon, Cardoso, & Clarkson, 2008; Waller, Langdon, & Clarkson, 2010)，但卻仍面臨難以界定邊界使用者以及定義評估專家等情形 (Goodman-Deane, Ward, Hosking, & Clarkson, 2014)，Kostovich、McAdams 和 Moon (2009) 發展一使用者行動—產品功能圖表 (Hirtz, Stone, McAdams, Szykman, & Wood, 2002; Otto & Wood, 2000)，藉由功能、型態與參數設置，將產品分為一般性以及通用性兩組，進一步分析其異同以落實 UD 於研究中 (McAdams & Kostovich, 2011)；綜觀量表的發展在實務應用上，由 Nakagawa 所提出之 PPP (Product Performance Program; Nakagawa, 2006) 量表，最被廣泛地應用於多元領域評估，然而，其問題點在於，當面臨產品類別差異時，其考慮與評估的面向，理應有所不同，這樣所謂的 UD 量表儼然成為了一「通通可以用的量表」？不僅是在量表的設計以及應用上產生困難，而現有 UD 原則雖提供產品系統性評估框架 (Story, 1997, 1998)，並針對原則建立設計規範 (Story, Mueller, Montoya-Weiss, & Ringholz, 2000)，但過於通用化的通用設計原則無法提供足夠證據證明產品通用設計達成度 (Beecher & Paquet, 2005)，且當評估時機仍多屬於「事後評價」時，導致通用設計常以附加特徵的形式呈現 (Liu, Lee, Kascak, & Sanford, 2015; Newell & Gregor, 2000)，使得 UD 評價難以準確地反映使用者需求與意見於設計流程中 (Abascal, 2002)，意即 UD 將無法有效地落實於產品設計與開發流程。此外，在面臨不同被評估對象時，其通用設計原則應

該具有差異，且原則影響程度及其排序亦會有所調整（Clarkson & Coleman, 2010）。故本研究以螺絲起子為例，依產品類別建構具體 UD 量表與原則評估工具，並根據評估工具進行設計決策以及設計解決方案展開。

### 三、研究方法與實驗步驟

為探究不同類別產品在通用設計落實於產品設計與開發模式之演繹性，本實驗研究分為：1.質性使用者經驗問卷調查；2.挑選代表性實驗樣本；3.通用化螺絲起子設計評估量表設計以及 UD 原則發展與比較，以及 4.設計驗證等四階段，以分析不同類別產品 UD 評估之差異，與設計原則之影響程度及其異同。

在實驗前測透過質性使用者經驗調查，問卷設計分為：A.受測者基本資料以及 B.使用者經驗調查兩部分，內容涵蓋目標產品之選購因素、操作任務與使用頻率，以及使用現況調查，作為實驗設計與規劃之參考依據。進一步廣泛蒐集市售目標產品，運用集群分析，依其設計特點挑選代表性實驗樣本；評估量表的設計係根據使用者調查以及文獻探討所彙整之 UD 詞彙，與螺絲起子操作型態以及設計特徵進行關聯性調查，作為通用化螺絲起子設計評估量表設計依據，並邀請受測者操作代表性實驗樣本進行評價，爾後藉由項目分析，刪減不適切評估項目，歸納一通用化螺絲起子設計評估量表，進一步採用主成分分析，將評估項目分群，以獲得影響螺絲起子之 UD 原則。然而，不論是 UD 或是其他研究領域，若僅依評估量表評價所獲得之分數做為評斷優劣的依據，是無法有效地將使用者意見明確轉換為設計要素，故本研究依前述所獲得之 UD 評估項目與產品造形設計要素進行數量化 I 類分析，以辨別造形設計要素與評估項目間之關聯性，藉由偏相關係數的高低，檢視其關聯性與重要影響程度，將使用者評價明確地轉換為設計要素，使設計師得以了解使用者評價之意涵，以作為設計驗證之規範，其研究方法與實驗流程圖，如圖 1 所示。



圖 1. 研究方法與實驗流程圖

#### 3-1 受測者

本著通用設計「適用於大多數人」的精神，考量實驗安全性與使用者經驗，受測族群年齡之設定為 18 歲以上之健康人，而 40 歲開始，人體生理機能逐漸退化，到了 65 歲感官開始退化，其分析能力、判斷力與計算能力會退化至原有的 75-80%（Morimoto et al., 2001），且隨著年齡增長，反應能力亦有降低的趨勢，當面臨複雜的情況時，認知機能衰退可能會影響高齡者進行決策（Craik & Salthouse, 2011），然而，在單一心智任務時，累積多年使用經驗累積的情況下，高齡者在操作行為上仍可能優於年輕人（Charness, 1981）；茲綜合以上分界點，目標族群從 18 歲至 65 歲，以 10 歲作為一年齡層族群分界，通盤考量族群間差異性，在此前提下進行年齡層分布，當其分布越廣泛，越能突顯其個體在社會上的重

要性與公平性；而性別則為另一主要考量因素，探究男女性別比例有落差的因素，可推因於大部分女性受訪者皆較缺乏手工工具使用經驗，所以受測者比例以男性較高；此外，研究指出 DIY 使用者與專業使用者在手工工具使用舒適性探討上無明顯差異，故可視為同一族群（Kuijt-Evers, Groenesteijn, Looze, & Vink, 2004），故本研究同時考量專業使用者以及一般家庭 DIY 使用者，並參考 Lin 和 Wu（2015）實驗受測者性別與年齡範圍之抽樣分配，進行代表性實驗樣本、通用化螺絲起子及其評估量表設計，以及設計驗證實驗。

表 1. 實驗受測者資訊

	男性	女性	年齡範圍	年齡平均數	年齡標準差
代表性實驗樣本	21	12	18 - 65	32.9	13.9
通用化螺絲起子設計評估量表	16	11	18 - 65	40.3	14.5
設計驗證	3	7	25 - 62	41.2	12.6

### 3-2 代表性實驗樣本與工作任務

根據 Lin 和 Wu（2015）之研究指出，倘若目標產品之設計要素定義不清，會導致在設計階段無法體現使用者評價、造成認知混淆，故在產品選定上，選擇一發展成熟之產品，以利於設計要素明確定義；此外，在面對發展階段、或新機能導入之產品，除了產品構成設計要素未明外，亦會面臨實驗樣本不足的情況發生，故本研究考慮操作型態之差異，選定螺絲起子做為本研究之目標產品。本研究實驗樣本之挑選標準，係根據外觀造形、功能、品牌以及產地等特徵差異，廣泛蒐集 30 支市售螺絲起子樣本；然考量當樣本數過大時，將影響受測者之心智負荷，故依據質性訪談結果顯示：「美感性」、「便利性」與「操作性」等三項影響「使用者購買因素」，以及手工工具設計與評估重點「舒適性」等四項準則作為問卷設計依據，而問卷設計上則採用五階李克特量表，以期評價得以明確歸分群組，並應用集群分析歸納其設計特徵，以使用者觀點探究其設計要素，進而挑選代表性實驗樣本。

為使受測者在評價階段，能夠明確辨別 30 支實體螺絲起子間之差異與特性，於實驗前，向受測者說明影響螺絲起子之設計特點以及實驗流程，說明其構成要素，係分為「握柄」與「操作型態」兩部分：握柄部分包含材質、咬花、防滑與造形變化程度等設計特徵，在操作型態上，長度會影響其使用情境、收納與攜帶情形，以及旋轉方式（順時針／逆時針）等因素，如圖 2 所示，以期每一受測者於樣本評價基準皆相同；然而，考量實驗樣本數眾多以及受測者心智負荷，本研究提供受測者足量螺絲以及鎖附板，供使用者依其需求進行簡易螺絲起子操作，爾後填寫代表性實驗樣本問卷。

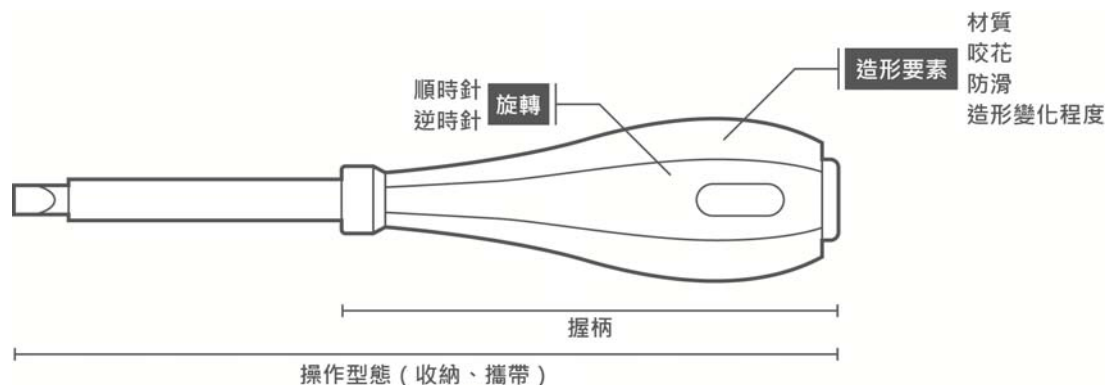


圖 2. 螺絲起子設計要素

本研究採用集群分析獲得代表性實驗樣本，為考量螺絲起子設計要素間差異性，故於集群結果分群中，依設計要素選擇代表性樣本，以確保所選樣本之設計要素具代表性；由集群分析樹狀圖的組間，同時考量後續實驗研究之心智負荷影響，將螺絲起子分為九群，並依亂數表從每一群組間進行隨機挑選，作為通用化螺絲起子設計評估量表與 UD 原則建立之代表性實驗樣本，如表 2 所示。

表 2. 代表性實驗樣本

編號	樣本A	樣本B	樣本C	樣本D	樣本E	樣本F	樣本G	樣本H	樣本I
實驗樣本									
握柄長度 (mm)	83.50	114.60	89.85	120.15	39.50	103.95	63.50	99.85	83.35
操作型態 (mm)	142.50	201.15	208.20	212.55	87.15	181.10	103.15	196.25	235.00

為讓受測者在進行產品評價時，可明確表達使用感受與意見，故預先透過質性問卷：使用者經驗調查中「螺絲起子執行工作任務」進行半開放式問答，訂立工作任務以利使用者進行操作並給予評價；在相同操作經驗標準下進行評價，多數人將螺絲起子用於執行「旋轉」以及「握持」，進一步考量握持姿勢差異，可分為垂直（抓握）以及水平（捏握）作業等兩項工作任務，如圖 3 所示；實驗開始前，向受測者說明實驗內容，且讓受試者預先練習，避免由於不熟悉所帶來可能之影響，實驗過程中，受測者採站立姿勢進行實驗，單一螺絲起子分別於垂直以及水平作業任務各鎖附 5 顆螺絲於木頭材質鎖附板，並於工作任務完成後，填寫 UD 評估問卷。

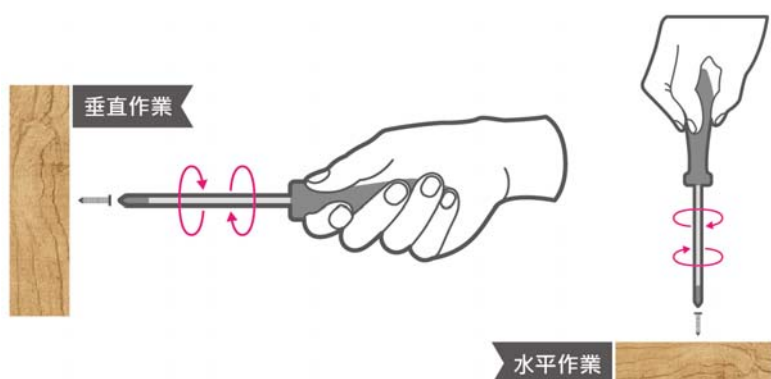


圖 3. 工作任務示意圖



此外，為將使用者意見轉換至設計中，本研究透過文獻探討與專家討論，明確定義螺絲起子之設計要素，以提供受測者相同之評價基準。螺絲起子的組成是由一個握持手把外加一可以鎖螺絲的鐵棒，將螺絲起子擁有特化形狀的端頭對準螺絲的頂部凹坑進行固定動作，進而轉動手柄，根據規格標準，順時針方向旋轉為嵌緊、逆時針方向旋轉則為鬆出，其設計特徵可分為起子頭與握柄兩部份進行定義，本研究所定義之螺絲起子設計要素，如表 3 所示。

表 3. 螺絲起子造形要素

螺絲起子造形要素		類型		
		level 1	level 2	level 3
握柄	止滑	有	無	—
	材質	單一	複合	—
	咬花設計	有	無	—
	造形變化程度	簡單	中等	複雜
	操作型態 (mm)	短 (未達 150)	中 (150-200)	長 (超過 200)

### 3-3 通用化螺絲起子設計評估量表

本研究係改編自新式通用設計量表 (Lin & Wu, 2015)，彙整 Nippashi 等人 (2006) 為 design for ourselves 概念所整合之 71 個 UD 詞彙，以及影響手工具使用績效與顧客購買意願之因素—舒適性 (comfort) (Kuijt-Evers, Bosch, Huysmans, Looze, & Vink, 2006; Vink, 2004)，同時根據手工具使用性評估所萃取之 40 個舒適性詞彙 (Kuijt-Evers et al., 2006)、高度影響舒適性詞彙：專業外觀、造形、色彩與實體設計等四個詞彙 (Zhang, Helander, & Drury, 1996)，以及使用者經驗調查結果所萃取詞彙等，共 118 個詞彙，將語意相近或意義重複等易造成認知混淆之詞彙彙整，且避免使用過於專精之專業用詞，使不同背景與領域的人皆能清楚了解其敘述語意，獲得初步 82 項評估項目；然而，本研究係以螺絲起子為目標研究產品，考量目標產品類別之其操作型態差異甚大，推斷不同類別手工具產品之評估項目應不盡相同，故針對量表進行各項考驗：首先以天花板與地板效應，以 20% 為判斷標準排除評價極端值，確認評估項目之解釋率及變異性 (Schwartz, 2003; Stucki, G., Stucki, S., Brühlmann, & Michel, 1995; Uttl, 2005; Van der Putten, Hobart, Freeman, & Thompson, 1999)，並以項目分析刪減與目標產品關聯性較低、不適切之評估項目，以及探索性因素分析進行量表收斂效度以及區別效度之建構效度檢驗，確認其解釋變異量為最大，且同一因素內的項目內容差異低，以利於因素之命名，其涵括項目應適切，以確立新 UD 原則之建構效度，進而透過信度分析檢驗量表的一致性，以「Cronbach  $\alpha$ 」係數值作為判斷標準 (Bryman & Cramer, 1997)，探求量表中每一原則之穩定度與可信度，確認此量表評估項目與原則的真實性；以建立符合產品特性之通用化螺絲起子設計評估量表，並進一步探討現有通用設計量表與原則間之通用性與其獨特性，其發展流程如圖 4 所示。



圖 4. 通用化螺絲起子設計評估量表發展流程圖

## 四、結果與討論

本研究以螺絲起子為目標產品，進行通用設計評估量表設計，並探討現有通用設計量表與原則之通用性以及獨特性，進一步分析其應用於不同類別產品之異同，探究其造成差異的可能原因，並透過設計驗證評估方法論之演繹性。

### 4-1 通用設計原則之異同與影響程度

通用化螺絲起子設計評估項目首先透過天花板與地板效應，排除評價極端值，進一步藉由主成分分析萃取，依照其加權後之重要程度，由各評估項目中抽離或重新排序，形成新成分構面及其影響重要程度(Ferketich & Muller, 1990)，為評估量表各構面之建構效度，依據因素負荷量 0.5(Field, 2013; Tabachnick & Fidell, 2001) 作為評估構面之收斂效度基準，並排除因素負荷量絕對值於兩個以上構面都高於 0.5 之情形，用以檢視量表區別效度，以驗證通用化螺絲起子設計評估量表之建構效度；結果可獲得七個新 UD 原則，依據其涵蓋之評估項目面向及其意涵進行原則命名，分別為 P1 公平性與功能性、P2 資訊感知與使用性、P3 體驗與商業價值、P4 耐久性與經濟性、P5 易操作性、P6 可調整性以及 P7 寬容性，共 40 個評估項目，詳如下頁表 4 所示。此外，為判斷量表構面內部一致性，藉由信度分析之 Cronbach's  $\alpha$  係數值作為判斷標準，結果顯示其問卷信度達 0.965，與優良量表信度係數基準值 0.70 相比較(Nunnally, 1978)，藉此推斷此量表具高度正確性與精確性。根據信度與效度指標作為量表檢驗依據，顯示 40 個評估項目以及七個原則具足夠可靠性和有效性，意即此量表為適用於螺絲起子評估之通用設計量表。

本研究所提出之七個通用螺絲起子設計評估原則，結果顯示「公平性」仍為 UD 首要考量，體現了 UD「適用於多數人」之初始精神(Sanford, 2012)，其次為「資訊感知與使用性」，強調使用者得以憑藉直覺使用產品，意即產品設計本身應提供足夠資訊，以及符合使用者經驗之操作模式，反映了當生活水平提升的同時，使用者對於產品的期望除了機能性的考量以外，設計師應該進一步思考如何滿足使用者在心理層面的需求，甚至達成使用者自我實現之理想(Maslow, 1943; Newstrom & Davis, 2002)，也證明了通用設計的發展會隨時代演進而改變；除此之外，相較於一般性(general)評估項目，量表的設計應該隨著被評估物(如產品、環境等)的差異而有所不同，就通用螺絲起子設計而言，研究結果顯示：此產品的握把很合手、此產品很容易維護與保養、此產品的材質設計良好，或是此產品的尺寸大小適中等與產品設計特徵相關之評估項目，為使用者在進行產品評估時所在意，同時可提供設計師在產品設計階段較明確的設計方針，以茲印證 UD 量表評估項目的設計應隨著被評估物而有所調整，而「體驗與商業價值」以及「耐久性與經濟性」的評估原則，在商業導向發展的社會型態中，量產乃產品開發最根本之目標，若產品在設計階段未考量商業價值與經濟利潤時，如開發成本或是製造程序等因素，導致商業競爭力與市場開拓性不若其他競爭品牌之同類別產品時，將會自然而然地在市場競爭環境中被淘汰，當商業價值的影響程度日益增加，且在使用者對於產品的期許不再僅止於價格或是功能性時，美觀與商業考量遂變得密不可分，對於產品設計與開發而言，已成為一不可忽略的趨勢，而其中：此產品不佔空間、以及可透過多種的感官瞭解此產品之使用方式等兩項評估項目，顯示陳列展示，或是使用者感知等條件皆反映現今以及未來商業行為須考量之範疇，商業價值的考量不再僅止於消費行為，進而提升至陳列展示以及服務體驗層次；其後如易操作性、可調整性以及寬容性等評估原則，皆反映了通用設計原則對於不同條件使用者之需求與考量。



表 4. 通用螺絲起子設計量表

	P1 公平性與 功能性	P2 資訊感知 與使用性	P3 體驗與 商業價值	P4 耐久性與 經濟性	P5 易操作性	P6 可調整性	P7 寬容性
此產品可適用各種體格的人	0.913						
左右撇子皆能正常使用	0.859						
使用此產品不會產生挫折感	0.784						
此產品的構造單純	0.725						
即使緊急狀況下也可以正確 使用此產品	0.716						
每個人可平等的使用此產品	0.673						
不論站姿或坐姿皆可舒適的 操作此產品	0.666						
使用此產品不會擔心被投以 異樣眼光	0.572						
此產品操作時很穩定	0.515						
不需使用過多力量即可完成 作業	0.508						
此產品有合乎平常慣用的使用 模式		0.913					
此產品的握把很合手		0.705					
此產品很容易維護與保養		0.667					
此產品富有機能性		0.658					
此產品使用起來很方便		0.634					
此產品的尺寸大小適中		0.587					
此產品憑直覺即可使用		0.553					
過去的使用經驗有助於操作 此產品		0.550					
此產品在商場販賣的形式很 合理		0.543					
此產品的材質設計良好		0.541					
此產品操作模式容易瞭解		0.533					
此產品不佔空間			0.882				
此產品具廣大市場價值			0.795				
可透過多種的感官瞭解此產 品之使用方式			0.766				
此產品具商業價值			0.534				
此產品很耐用				0.832			
此產品不易損壞				0.767			
此產品很堅固				0.665			
使用此產品時很安心				0.559			
使用此產品可滿足個人要求				0.556			

表 4. 通用螺絲起子設計量表 (續)

	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7
	公平性與 功能性	資訊感知 與使用性	體驗與 商業價值	耐久性與 經濟性	易操作性	可調整性	寬容性
此產品操作很容易					0.899		
此產品操作很簡單					0.762		
操作此產品很省力					0.537		
此產品不需學習即能使用					0.536		
此產品有助於完成作業						0.767	
操作此產品不會過度摩擦皮膚						0.758	
此產品可配合使用者的步調 做調整						0.603	
此產品即使操作失敗也能回 復原狀							0.819
此產品有多種使用方法 (其 他手工具輔助)							0.644
此產品適合各年齡層使用							0.531
累積解釋率	16.80%	31.18%	41.69%	51.04%	60.26%	68.01%	72.99%

通用設計中心以及日本通用設計專家中川聰所提出之 UD 原則 (Nakagawa, 2006)，為現行廣為應用之通用設計評估原則，然而，UD 評估原則會依據產品類別而有所差異，且其每一原則之影響程度亦會有不同 (Beecher & Paquet, 2005)，但過於通用化的原則卻無法提供不同類別產品評估應用明確的基準與說明。故本研究將與通用設計中心、中川聰 (Nakagawa, 2006)、消費性產品 UD 原則 (Beecher & Paquet, 2005) 以及尖嘴鉗 UD 原則 (Lin & Wu, 2015) 相互比較，如下頁表 5 所示。

進一步比較相關 UD 原則研究，相較於 CUD 以及中川聰之通用性 UD 原則，本研究所提出之螺絲起子 UD 原則，由公平性與功能性至寬容性，與消費性產品以及尖嘴鉗 UD 原則均得以辨識其重要性與影響程度，依排列順序「遞減」；本研究所提出之七個 UD 原則，部分與 CUD 以及中川聰所提出之 UD 原則相同，如：耐久與經濟性、易操作性以及寬容性等，然部分評估項目：操作此產品很省力分屬於易操作性，但在原有 UD 原則中則歸類於省能性，此類相對細節之差異，可推因於項目設計與使用者認知差異，由於原有 UD 原則所涵蓋範圍甚廣，往往單一原則可能包含了超過一個以上之設計概念所致；而其中公平性與功能性、資訊感知與使用性，以及體驗與商業價值等三項原則，則與原有 UD 原則相似，皆強調了 UD 應考量族群在使用、操作上的公平性以及其產品的易感性，但由於被評估對象不同，使得涵蓋面向產生差異，在 Beecher 與 Paquet (2005) 針對四項消費性產品進行 UD 評價，由於四種產品之操作型態差異甚大，導致與產品特徵設計相關之原則，如：易操作性、安全性或是產品尺寸等 UD 原則解釋性之影響力較低，且同一份 UD 量表與原則亦未能對各項產品提供足夠鑑別度，故本研究不單考量使用者需求，為能明確將 UD 導入產品設計實務中，同時顧及設計師觀點，與現有量表相比，增加了符合產品特性之評估項目，根據本研究以及 Lin 和 Wu (2015) 結果顯示，功能性為使用者在進行手工具產品 UD 評價上佔有一定重要性，且產品設計特徵將會直接影響使用者 UD 評價，其結果亦能提供設計師較明確設計方針；此外，商業價值已成為 UD 產品設計與開發不可忽略的一環，除了產品設計本身，設計師應進一步思考操作空間與環境、商業行為以及產品體驗等多元層面。當 UD 原則與量表面臨不同產

品類別評估時，量表設計的面向應有所差異，否則會由於被評估物間之差異，導致潛在的設計要素被忽略，即便是相似產品之評估，其評估原則與項目仍會有所不同，且所著重之設計原則排序亦可看出差異。

表 5. 通用設計原則比較表

CUD & Ron Mace 3B 原則	中川聰 (Nakagawa, 2006)	消費性產品 UD 原則 (Beecher & Paquet, 2005)	尖嘴鉗 UD 原則 (Lin & Wu, 2015)	本研究所提出之 螺絲起子 UD 原則
公平性	任何人都能公平地使用	省能性	達成使用者功能需求 (產品設計特徵)	公平性與功能性
靈活性	容許以各式各樣的方法 使用	易感性	心理、精神與社會 使用者自我實現需求	資訊感知與使用性 (產品設計特徵)
易操作性	使用方法簡單容易理解	靈活性	富有商業價值	體驗與商業價值
易感性	可透過多種感覺器官理 解訊息	可調整性	工作任務達成度	耐久與經濟性
寬容性	即使以錯誤的方法使用 也不會引起事故並能回 復原狀	直覺與使用性	空間與環境考量	易操作性
省能性	盡量減輕使用者之身體 負擔	可及性	寬容性	可調整性
空間性	確保容易使用的大小及 空間	易操作性	可調整性	寬容性
更好的設計	耐久與經濟性	公平性		
更美觀的設計	品質與美觀	安全性		
更高的商業價值	健康與環境	寬容性		
		產品尺寸		

#### 4-2 通用螺絲起子設計要素

本研究將 UD 概念導入產品開發之初，以螺絲起子為例，探究不同類別產品在通用設計落實於產品設計與開發模式之演繹性，進而提供通用螺絲起子設計整體建議；根據本研究所提出之通用化螺絲起子設計評估量表中，設計整體評價問項「你是否認為此產品符合通用設計概念」，其 UD 整體評價係根據此評價項目進行數量化 I 類分析，此為一辨別造形設計要素與評估項目間之關聯性的方法，藉由偏相關係數的高低，檢視其關聯性與重要影響程度，並依據類型得點分數判別設計要素類型，將使用者 UD 觀點直接轉化為通用螺絲起子設計要素，提供設計師或廠商在往後通用螺絲起子設計之建議與考量。由下頁表 6 之偏相關係數結果可知，「造形變化程度」為影響通用螺絲起子評價最主要之設計因素，其次為「操作型態」、「咬花設計」與「止滑」，並透過類型得點獲得「有止滑」、「複合材質」、「無咬花設計」、「造形變化複雜」，以及「型態短」為最佳設計要素。

表 6. 最佳造形設計要素

螺絲起子造形設計要素	類型	類型得點	偏相關係數
止滑	有	0.153	0.294
	無	-0.123	
材質	單一	-0.004	0.011
	複合	0.008	
握把 咬花設計	有	-0.105	0.295
	無	0.210	
造形變化程度	簡單	-0.389	0.487
	中等	0.148	
	複雜	0.426	
操作型態	短	0.218	0.299
	中	-0.123	
	長	0.132	

#### 4-3 設計驗證

經由專家意見回饋以及與使用者經驗訪談，考量實驗研究過程中僅進行簡易之工作任務操作，若非長時間使用，對於非專業之一般使用者而言，則較難以判斷起子頭在設計與材質選用之好壞，故本研究僅針對握柄部分進行重新設計，進而定義螺絲起子設計要素，依握柄可分為：1.止滑設計、2.材質、3.咬花、4.造形變化程度、5.操作型態等五大設計要素，並依據數量化 I 類結果所判別之最佳設計要素，作為設計規範，以進行通用螺絲起子設計驗證，旨在將使用者的 UD 評價，實際轉換至產品設計流程中。

根據使用者 UD 評估量表評價結果顯示，「造形變化程度」為影響螺絲起子設計上最主要之設計因素，其次為「操作型態」、「咬花設計」以及「止滑設計」所帶來之影響，故進行通用螺絲起子設計時，列為優先考量；同時依綜合評價「UD 達成度」以及「喜好度」之關聯性可知，上述幾項亦為影響通用螺絲起子設計最主要之設計要素，可推因於評價前，雖然皆向受測者解釋通用設計之概念，但一般使用者對於通用設計之概念理解不如預期，導致受測者對於 UD 達成度與喜好度評價之差異產生混淆，但仍可透過評估項目評價獲得使用者偏好之設計要素，作為設計驗證之重要依據。通用螺絲起子之設計要素選擇上，考量其握柄與操作型態設計之通用螺絲起子設計要素(止滑設計—有/材質—複合/咬花設計—無/造形變化程度—複雜/操作型態—短)，而其中咬花設計之目的除了美觀外，在功能性上可達到防刮、防塵與防滑等效果，但在使用者偏好之設計要素卻顯示，使用者期望產品具有防滑功能，卻不具咬花設計，兩者明顯相互矛盾，可推因於一般使用者對於咬花設計詞彙以及其定義與用途不甚了解，同時考量實務面在成形上的穩定性，故本研究在設計驗證之螺絲起子設計上增加咬花設計；本研究仍建議未來相關研究與實驗設計，在詞彙的選擇以及敘述上，應使受測者得以明確理解，以避免認知混淆的情形發生，進而可能影響其實驗結果。此外，操作型態—短與手工工具設計認知具有落差，一般建議其握柄長度至少為 10 公分 (Konz & Johnson, 1990; Putz-Anderson, 1988)，在針對螺絲起子握柄的設計上，由扭力以及手部接觸面積等不同觀點探討，然而，對於螺絲起子之長度尺寸，卻仍並無一致性之結論 (Imrhan & Farahmand, 1999; Wang, Lin, Shih, & Strasser, 2007)，故依研究範疇進行調整，且根據本研究篩選之代表性實驗樣本，其握柄長度範圍介於 8 至 12 公分不等，故通用化螺絲起子之操作型態設計，係依據獲得最佳評價之操作型態—短螺絲起子作為設計基準。進一步與獲最低評價之樣本 G，以及最高評價之樣

本 F，如表 7 所示，再次進行 UD 量表評價，以檢視設計方法之正確性與可行性，在實務應用上是否有所提升。

表 7. 造形設計要素驗證

螺絲起子設計要素	握柄				
	止滑	材質	咬花	造形變化程度	操作型態
 樣本 G (最低評價)	無	單一	無	簡單	短
 通用螺絲起子	有	複合	有	複雜	短
 樣本 F (最高評價)	有	複合	有	複雜	中

設計驗證階段實驗，同樣考量男女與年齡層差異，邀請 10 位受測者，操作通用螺絲起子、樣本 G 以及樣本 F，進行簡易工作任務操作，並以本研究所提出之通用化螺絲起子設計評估量表再次進行評價。三支實驗樣本在七大設計原則中，將使用者對每一評估項目之評價分數取平均值，進而獲得每一原則之使用者評價分數，結果顯示〔原則：平均數（標準差）〕，通用螺絲起子在本研究所提出之七大原則評價均有明顯提升〔P1: 4.13 (0.79)/P2: 4.18 (0.77)/P3: 4.10 (0.87)/P4: 4.22 (0.74)/P5: 4.40 (0.71)/P6: 4.00 (1.14)/P7: 4.00 (0.95)〕，相較於對照組之樣本 G〔P1: 3.65 (0.93)/P2: 3.65 (0.94)/P3: 3.26 (0.93)/P4: 3.58 (0.86)/P5: 3.62 (0.99)/P6: 3.11 (0.95)/P7: 2.99 (1.16)〕以及樣本 F〔P1: 3.86 (0.84)/P2: 3.82 (0.93)/P3: 3.54 (0.95)/P4: 3.80 (0.88)/P5: 4.00 (0.81)/P6: 3.64 (0.98)/P7: 3.25 (1.24)〕，顯示本研究所設計之通用螺絲起子獲得較佳之使用者評價。

探究可能影響該結果之原因，主要在於操作型態與造形變化程度上，其次則為複合材質以及防滑設計之差異；由於受測者性別因素差異，男性與女性手寬（不含大拇指）與手長的差異，根據統計資料顯示，18~64 歲男性與女性平均手寬(不含大拇指)差距約為 7~10 公厘，平均手長差距約為 10~15 公厘(Wang et al., 2002)，可推斷此兩項人體差異為可能影響螺絲起子握持評價之因素。此外，根據實驗結果顯示，具有複合材質設計之螺絲起子，無論是握把或拇指防滑設計，整體評價均明顯高，其中在拇指防滑部份，在施力時可減低滑脫的情況發生。進一步與先前實驗中獲得最高評價之樣本 F 相比較，驗證結果顯示通用螺絲起子在各原則評價中皆較優，故比對兩者之設計要素差異，僅在「操作型態」特徵上相異，可推因於在握把設計部分，由原先三角形設計轉換成六角形，增加握持的舒適性、提升旋轉的順暢度，且達到較佳之施力方式(Kluth, Chung, & Strasser, 2007; Strasser & Bullinger, 2007)，使得該樣本之整體評價皆被平均地提升。



## 五、結論與建議

通用設計的概念、原則與量表被廣泛地應用於不同專業領域評估中，然而，在面臨不同評估對象時，在符合 UD 精神的前提下，其需考量的範疇與面向應該隨被評估物而有所不同，避免通通可以用的量表由於鑑別度不足，使得潛在特徵被遺漏的情況發生，其使用時機也不該僅是事後評價，導致設計展開成為附加的設計特徵。本研究以螺絲起子為例，依產品類別建構具體 UD 原則與量表評估工具，顯示現有 UD 原則仍具有其通用性，但部分原則與評估項目仍會隨被評估物而產生差異，其中與產品特徵相關之評估項目，如：握把合手、維護與保養，或是尺寸大小等與產品設計特徵相關之評估項目，對於機能導向之螺絲起子而言為使用者所在意，與不同類別產品以及現有通用 UD 原則相比較，證實了 UD 原則與量表之通用性，但仍應該依被評估物差異而考量其獨特性；此外，在量表設計之初即考量使用者以及設計師觀點，將使用者 UD 評價明確地轉換為設計師可以理解之設計方針，建構產品設計特徵與通用設計概念間之橋梁，有效地根據評估工具提出設計解決方案進行設計展開，可知「造形變化程度」為影響評價之主要設計因素，其次「操作型態」、「咬花設計」與「止滑」等皆為與人因工程相關之評估項目，反之在材質的選擇，在螺絲起子的設計中則相對為非主要影響因素；同時藉由設計驗證證實此一方法論之有效性以及演繹性。根據本研究結果所提出之新 UD 原則顯示，通用設計乃一相當廣泛且多元化的整合概念，同時隨著時代演進與實務的需求，重新被賦予新的意涵。本研究以日常生活中多數人使用之產品—螺絲起子為例進行探討，其為一發展相當成熟、且設計要素明確之產品，亦可蒐集足夠數量之樣本，故可將使用者評價明確轉換成產品設計要素，並獲得設計要素對於產品設計之影響程度，然對於仍在發展階段、實驗樣本不足或是新機能導入等產品，則需考慮發展一套客觀的科學分析方式，以利通用設計導入產品開發流程，此外，未來相關研究也應依不同產品類別，訂定合適之使用族群，以符合適用於大多數人之通用設計精神。

## 誌謝

本研究由科計部研究計畫：建立通用設計應用於產品開發過程模式之研究（I）（計畫編號 NSC 100-2221-E-036 -031）補助支持，特此誌謝。

## 參考文獻

1. Abascal, J. (2002). Human-computer interaction in assistive technology: From Patchwork to Universal Design. In A. Kamel, K. Mellouli, & P. Borne (Eds.), *Proceeding of the 2002 IEEE International Conference on Systems, Man and Cybernetics III* (p. 6). Piscataway, NJ: Institute of Electrical and Electronics Engineers, Inc.
2. Afacan, Y., & Erbug, C. (2009). An interdisciplinary heuristic evaluation method for universal building design. *Applied Ergonomics*, 40(4), 731-744.
3. Akao, Y. (Ed.).(2004). QFD: Quality Function Deployment: integrating customer requirements into product design. In Y. Mitsufoji, & T. Uchida (Eds.), *Proceeding of Using and Promoting House of Qualities* (pp. 53-81). Cambridge, MA: Productivity Press.
4. Atsumi, B., Kanamori, H., & Misugi, K. (2005). Toyota's program for universal design in vehicle

- development. *International Journal on the Fundamental Aspects of Technology to Serve the Ageing Society*, 3(4), 228.
5. Beecher, V., & Paquet, V. (2005). Survey instrument for the universal design of consumer products. *Applied Ergonomics*, 36(3), 363-372.
  6. Bryman, A., & Cramer, D. (1997). *Quantitative data analysis with SPSS for windows*. London, England: Routledge.
  7. Charness, N. (1981). Aging and skilled problem solving. *Journal of Experimental Psychology: General*, 101(1), 21-38.
  8. Clarkson, J. (2008). Human capability and product design. In H. N. J. Schifferstein, & P. Hekkert (Eds.), *Proceeding of Product Experience* (pp. 165-198). San Diego, CA: Elsevier.
  9. Clarkson, J., Cardoso, C., & Hosking, I. (2007). Product evaluation: Practical approaches. In R. Coleman, J. Clarkson, H. Dong, & J. Cassim (Eds.), *Design for inclusivity* (pp. 181-196). Aldershot, England: Gower.
  10. Clarkson, J., Coleman, R., Keates, S., & Lebbon, C. (2003). *Inclusive design: Design for the whole population*. London, England: Springer.
  11. Clarkson, J., & Coleman, R. (2010). Inclusive design. *Journal of Engineering Design*, 21(2-3), 127-129.
  12. Clarkson, J., & Coleman, R. (2015). History of inclusive design in the UK. *Applied Ergonomics*, 46(B), 235-247.
  13. Clarkson, J., Langdon, P., Goodman-Deane, J., & Robinson, P. (2008, April). Universal access and assistive technology [monograph]. *Technical Report of Proceedings of 4th Cambridge Workshop on Universal Access and Assistive Technology (CWUAAT 2008)*. Cambridge, England: University of Cambridge.
  14. Connell et al. (1997). *The principles of universal design*. Retrieved from [https://www.ncsu.edu/ncsu/design/cud/about\\_ud/udprinciples.htm](https://www.ncsu.edu/ncsu/design/cud/about_ud/udprinciples.htm)
  15. Craik, F. I., & Salthouse, T. A. (Ed.).(2011). *The handbook of aging and cognition* (3rd ed.). Hove, England: Psychology Press.
  16. Ferketich, S., & Muller, M. (1990). Factor analysis revisited. *Nursing Research*, 39(1), 59.
  17. Field, A. (2013). *Discovering statistics using SPSS* (4th ed.). London, England: SAGE Publications Ltd.
  18. Goodman-Deane, J., Ward, J., Hosking, I., & Clarkson, J. (2014). A comparison of methods currently used in inclusive design. *Applied Ergonomics*, 45(4), 886-894.
  19. Haapalainen, M., Kivistö-Rahansto, J., & Mattila, M. (2000). Ergonomic design of non-powered hand tools: an application of quality function deployment (QFD). *Occupational Ergonomics*, 2(3), 179-189.
  20. Hirtz, J., Stone, R., McAdams, D., Szykman, S., & Wood, K. (2002). A functional basis for engineering design: Reconciling and evolving previous efforts. *Research in Engineering Design*, 13(2), 65-82.
  21. Hitchcock, C., & Stahl, S. (2003). Assistive technology, universal design, universal design for learning: Improved learning opportunities. *Journal of Special Education Technology*, 18(4), 45-52.
  22. Huang, P. H., & Chiu, M. C. (2016). Integrating user centered design, universal design and goal, operation, method and selection rules to improve the usability of DAISY player for persons with visual impairments. *Applied Ergonomics*, 52, 29-42.
  23. Imrhan, S. N., & Farahmand, K. (1999). Male torque strength in simulated oil rig tasks: The effects of

- grease-smearred gloves and handle length, diameter and orientation. *Applied Ergonomics*, 30(5), 455-462.
24. Japan Ergonomics Society. (2007). *The universal design practical guidelines*. Tokyo: Kyoritsu Shuppan.
  25. Kawauchi, Y. (2001). *Universal design- Questions for barrier free*. Kyoto: Gakugei Publishing.
  26. Keates, S., & Clarkson, J. (2003). *Countering design exclusion: An introduction to inclusive design*. London, England: Springer.
  27. Kluth, K., Chung, H. C., & Strasser, H. (2007). Ergonomic quality and design criteria of professional-grade screwdrivers. *Assessment of the Ergonomic Quality of Hand-Held Tools and Computer Input Devices*, 10(1), 153-172.
  28. Konz, S., & Johnson, S. (2000). *Work design: Industrial ergonomics*. London, England: Holcomb Hathaway Pubs.
  29. Kostovich, V., McAdams, D. A., & Moon, S. K. (2009). Representing user activity and product function for universal design. In *Proceedings of ASME 2009 Design Engineering Technical Conferences and Computers and Information in Engineering* (pp. 83-100). New York, NY: American Society of Mechanical Engineers.
  30. Kuijt-Evers, L. F. M., Groenesteijn, L., de Looze, M. P., & Vink, P. (2004). Identifying factors of comfort in using hand tools. *Applied Ergonomics*, 35(5), 453-458.
  31. Kuijt-Evers, L. F. M., Bosch, T., Huysmans, M. A., de Looze, M. P., & Vink, P. (2006). Association between objective and subjective measurements of comfort and discomfort in hand tools. *Applied Ergonomics*, 38(5), 643-654.
  32. Kumiko, S., Sayuri, F., Eiko, S., & Makoto, K. (2006, October). *Creation of a tool for universal design development evaluation UD-Checker creation and examples of use*. Paper presented at the 2nd International Conference for Universal Design in KYOTO 2006, Kyoto, Japan.
  33. Langdon, P., Clarkson, J., & Robinson, P. (2008a). *Designing inclusive futures*. London, England: Springer.
  34. Langdon, P., Persad, U., & Clarkson, J. (2008b). Operationalizing analytical inclusive design evaluation. In P. Bust (Eds.), *Contemporary Ergonomics 2008: Inclusive design* (pp. 279-284). Abingdon, England: Taylor & Francis.
  35. Lin, K. C., & Wu, C. F. (2015). Practicing universal design to actual hand tool design process. *Applied Ergonomics*, 50, 8-18.
  36. Liu, Y. E., Lee, S. T., Kascak, L. R., & Sanford, J. A. (2015). The bridge connecting theory to practice- A case study of universal design process. In M. Antona, & C. Stephanidis (Eds.), *Universal access in human-computer interaction. access to today's technologies: Vol. 9175. lecture notes in computer science* (pp. 64-73). Switzerland: Springer International Publishing.
  37. Mace, R. (1997). *About the center: Ronald L. Mace*. Retrieved from [https://www.ncsu.edu/ncsu/design/cud/about\\_us/usronmace.htm](https://www.ncsu.edu/ncsu/design/cud/about_us/usronmace.htm)
  38. Mace, R. (1998). Universal design in housing. *Assistive Technology*, 10(1), 21-28.
  39. Maslow, A. H. (1943). A theory of human motivation. *Psychological Review*, 50(4), 370.
  40. McAdams, D. A., & Kostovich, V. (2011). A framework and representation for universal product design. *International Journal of Design*, 5(1), 29-42.
  41. Meyer, A., & Rose, D. H. (1998). *Learning to read in the computer age*. Brookline, MA: Cambridge.

42. Moon, S. K., & McAdams, D. A. (2009). Universal design platform and family design for uncertain market. In *Proceedings of ICED 2009 International Conference on Engineering Design* (pp. 59-70). Palo Alto, CA: Design Society.
43. Morimoto, K., Kurokawa, T., Takemoto, K., Hori, T., Kushiro, N., & Inoue, M. (2001, October). *Protocol analysis on usability of remote controllers of household appliances for elderly people*. Paper presented at 5th Asian Design Conference, Korea.
44. Mustaquim, M. M., & Nyström, T. (2013). Universal access in human-computer interaction. Applications and services for quality of life. In C. Stephanidis, & M. Antona (Eds.), *Designing sustainable IT system – from the perspective of universal design principles* (pp. 77-86). Heidelberg: Springer-Verlag.
45. Nakagawa, S. (Ed.).(2006). *Textbook for universal design*. Taipei: Long Sea Int'l Book Co.
46. Newell, A.F., Gregor, P. (2000, November). *User sensitive inclusive design- In search of a new paradigm* Paper presented at CUU 2000 Conference on Universal Usability (pp. 39-44). Arlington, VA: ACM Digital Library.
47. Newstrom, J., & Davis, K. (2002). *Organizational behavior: HFkyuman behavior at work*. New York, NY: McGraw-Hill.
48. Nippashi, N., Aoki, M., Otake, S., Kishi, C., & Terauchi, F. (2006). *New concept and its methods of designing with ordinary citizens–design for OURSELVES*. Paper presented at the 2nd International Conference for Universal Design in KYOTO 2006, Kyoto, Japan.
49. Nunnally, J. C. (1978). *Psychometric theory* (2nd ed.). New York, NY: McGraw-Hill.
50. Otto, K. N., & Wood, K. L. (2000). *Product design: Techniques in reverse engineering and new product development* (1st ed.). Upper Saddle River, NJ: Pearson Education.
51. Park, J., Morris, K., Stannard, C., & Hamilton, W. (2014). Design for many, design for me: Universal design for apparel products. *The Design Journal: An International Journal for All Aspects of Design*, 17(2), 267-290.
52. Putz-Anderson, V. (Ed.).(1988). *Cumulative trauma disorders: A manual for musculoskeletal disease of the upper limbs*. Abingdon, England: Taylor & Francis.
53. Rose, D., & Meyer, A. (2002). *Teaching every student in the digital age: Universal Design for learning*. Alexandria, VA: Association for Supervision and Curriculum Development.
54. Sanford, J. A. (2012). *Universal design as a rehabilitation strategy: Design for the ages*. New York, NY: Springer.
55. Sangelkar, S., & McAdams, D. A. (2010). Adapting ADA architectural design knowledge to product design: groundwork for a function based approach. In *Proceedings of ASME 2010 International Design Engineering Technical Conferences and Computers and Information in Engineering Conference* (pp. 185-200). New York, NY: American Society of Mechanical Engineers.
56. Sangelkar, S., & McAdams, D. A. (2012). Adapting ADA architectural design knowledge for universal product design using association rule mining: A function based approach. *Journal of Mechanical Design*, 134(7), 071003-1-071003-15.
57. Schwartz, A. L. (2003). Schwartz cancer fatigue scale: Client outcomes and quality of care. *Measurement of Nursing Outcomes*, 2(2), 114.
58. Steinfeld, E., & Mullick, A. (1990). Universal design: The case of the hand. *Innovation*, 3(1), 27-30.

59. Story, M. F. (1997). 7 defining criteria: A set of seven principles developed by the Center for Universal Design can help designers make their designs universal. *Innovation*, 16(1), 29-32.
60. Story, M. F. (1998). Maximizing usability: The principles of universal design. *Assistive Technology*, 10(1), 4-12.
61. Story, M. F., Mueller, J. L., Montoya-Weiss, M., & Ringholz, D. (2000). Progress in the development of universal design performance measures. In *Proceedings of RESNA 2000 Technology for New Millennium Annual Conference* (pp. 132-134). Orlando, FL: RESNA Press.
62. Strasser, H., & Bullinger, H. J. (2007). A systematic approach for the analysis and ergonomic design of hand-held tools and control actuators- Visualized by some real-Life examples. *Assessment of the Ergonomic Quality of Hand-Held Tools and Computer Input Devices*, 1, 1-22.
63. Stucki, G., Stucki, S., Brühlmann, P., & Michel, B. A. (1995). Ceiling effects of the health assessment questionnaire and its modified version in some ambulatory rheumatoid arthritis patients. *Annals of the Rheumatic Diseases*, 54(6), 461-465.
64. Tabachnick, B. G., & Fidell, L. S. (2001). *Using multivariate statistics*. Needham Heights, MA: Allyn & Bacon.
65. The Delta Centre, Youth & Family Affairs, Norwegian Directorate for Children. (2013). Trend spotting at UD2012Oslo. In Å. K. Haugeto, (Ed.), *Trends in universal design* (pp. 6-9). Tønsberg: Norwegian Directorate for Children, Youth & Family Affairs, The Delta Centre.
66. Uttl, B. (2005). Measurement of individual differences: Lessons from memory assessment in research and clinical practice. *Psychological Science*, 16(6), 460-467.
67. Van der Putten, J. J. M. F., Hobart, J. C., Freeman, J. A., & Thompson, A. J. (1999). Measuring change in disability after inpatient rehabilitation: Comparison of the responsiveness of the Barthel Index and the Functional Independence Measure. *Journal of Neurology, Neurosurgery and Psychiatry*, 66(4), 480-484.
68. Vink, P. (2004). *Comfort and design: Principles and good practice*. Boca Raton, FL: CRC Press.
69. Waller, S. D., Goodman-Deane, J., Langdon, P., Johnson, D., & Clarkson, J. (2009). Developing a method for assessing product inclusivity. In *Proceedings of ICED 2009 International Conference on Engineering Design* (pp. 335-346). Palo Alto, CA: Design Society.
70. Waller, S. D., Langdon, P., Cardoso, C., & Clarkson, J. (2008). Calibrating capability loss simulators to population data. In *Proceedings of the International Conference on Contemporary Ergonomics* (pp. 291-296) Nottingham: The Ergonomics Society.
71. Waller, S. D., Langdon, P., & Clarkson, J. (2010). Using disability data to estimate design exclusion. *Universal Access in the Information Society*, 9(3), 195-207.
72. Wang, M. J., Lin, C. L., Shih, Y. C., & Strasser, H. (2007). The effect of screwdriver handle design and blade length on muscle activity and torque MVC. *Assessment of the Ergonomic Quality of Hand-Held Tools and Computer Input Devices*, 1, 191.
73. Wang, M. J., Wang, M. Y., & Lin, Y. C. (2002). *Anthropometric data book of the Chinese people in Taiwan*. Hsinchu: The Ergonomics Society of Taiwan.
74. Yu, H. Y. (2008). *Universal design: Design with love and care*. Taipei: Net and Books.
75. Zhang, L., Helander, M. G., & Drury, C. G. (1996). Identifying factors of comfort and discomfort in sitting. *Human Factors*, 38(3), 377-389.



# The Influence of Relationship between Distinct Hand Tools and Universal Design Scales with Screwdriver

Chih-Fu Wu\* Kai-Chieh Lin\*\* Chao-Yang Yang\*\*\* Shu-Fen Liao\*\*\*\*

Department of Industrial Design, Tatung University

\* wcf@ttu.edu.tw

\*\*\* cyyang@ttu.edu.tw

\*\*\*\* nicizoo15@gmail.com

The Graduate Institute of Design Science, Tatung University

\*\* maggielin0717@gmail.com

## Abstract

Universal Design (UD) evolves over time and with changes in industries. UD scales are utilized in different fields as universally universal scale and are generally utilized to post-event evaluations, which results in add-on features in practice. Screwdriver was chosen as an example by its category. According to user experience investigation and literature review, factor analysis was utilized to develop proper UD scale, and results indicated 7 principles which equitableness was still the primary. Functionality was essential for hand tools. Product operation conformed to user experience was the next which showed the importance of psychological concerns. UD evaluation items should be varied from one to another compared with general items. Product characters were critical in hand tools' evaluations. Experience and commercial value turned to be essential features in social development. The user evaluations were converted into design factors by Quantification Theory Type I for verification, and users' UD evaluations improved significantly.

**Keywords:** Universal Design, Questionnaire Design, Product Design and Development, Design Process.