

如何評量科技素養—以動物凸輪玩具為例

How to Assess Technological Literacy – An Exemplar of Animal Cam Toy

丁翊修

國立臺灣師範大學科技應用與人力資源發展學系碩士班

I-Hsiu Ding

Department of Technology Application and Human Resource Development

National Taiwan Normal University

摘要

近年來升學方式的變動，除了一般的紙筆測驗還需要其他的方式來評量學生的能力，多元評量應該逐漸地受到重視，而多元評量在生活科技課程的實作課程中尤為重要，除了最終作品之外，生活科技課程更應注重於學生運用工具、使用技術的合理性以及問題解決能力等科技素養。因此本文旨在探究科技素養要如何來評量，依據美國國家工程院(National Academy of Engineering, NAE)和國家研究委員會(National Research Council, NRC)於2002年所提出的科技素養，將其內容分成三個大面向，分別是知識(Knowledge)、批判思考與決策(Critical thinking and decision making)以及能力(Capabilities)等的面向，再透過教師教學目標的設立並依照目標所選用的評量的類型，來達成適切的評量科技素養。本文也將以製作凸輪玩具為例子，來進行評量科技素養之教學分享。

關鍵字：評量、科技素養、凸輪玩具

壹、前言

長期以來，我國的教育多以智育掛帥，著重知識堆積式的升學導向型教育，使得我們的教育一直被綑綁於狹隘的升學測驗中。但隨著時代變化與觀念的變遷，改革的風潮盛起，在民國 90 年起實施的「九年一貫課程」以及現階段推展的「十二年國民基本教育」，除了升學方式的變動，更讓學校課程與教師教學有所作為。在此時，不只是課程面向的調整，評量的思維也應該隨著變動，傳統倚賴紙筆測驗的評量模式無法涵蓋現今所需要評量的能力（張玉山、游光昭、蕭佩如，2010），應改以多元的評量方式，才能確使教學是否能讓學生所理解。

而多元評量的觀念也需要應用在生活科技課上。生活科技課程的性質屬於實作性課程，與升學導性的知識性課程不同，其評量方式也不會同於升學學科，但是因每天忙碌較教學活動，消耗教師太多的時間和精力，也因此快速的紙筆測驗，才能受到歡迎，而耗費人力、時間的實作評量無法與之抗衡（陳學淵、王國華，2005）。但是「科技」依其字根原意為講求技術的合理與實用（李隆盛，2005），因此生活課技課程的評量也應回歸到關注學生在製作作品過程中，所使用的技術的合理與實用的科技素養。科技素養（technological literacy）也包括人類善用其知識、技術能力、價值判斷能力及相關資源，以便適應社會變遷、改善現在生活、解決相關問題及規劃其生涯的基本能力（朱益賢，2006）。為了奠定學生如此的基本能力，教師們更應多花心思在於評量上，藉由學生在學習成果的展現，以提供更為適切的科技教育訓練。而我國自從民國十一年實施新學制以來，在教育方面的諸多主張，常以美國之想法為本（余鑑，2003），因此本文將結合國內學者所提出的評量方式與美國國家工程院（National Academy of Engineering, NAE）和國家研究委員會（National Research Council, NRC）所提出的科技素養，並以動物凸輪玩具為例，來說明如何評量科技素養。

貳、科技素養的評量

Gamire 和 Pearson（2006）建議在評量科技素養之前，必須先定義出科技素養，亦即教師在評量學生的能力時，必須清楚了解課程目標以及所欲教導學生之科技素養，並以此為依據進行評量。美國國家工程院（NAE）和國家研究委員會（NRC）（2002）將科技素養內容分成三個大面向，分別是知識（Knowledge）、批判思考與決策（Critical thinking and decision making）

以及能力(Capabilities)，如下表所呈現：

表 1 科技素養之三大面向

<p>知識</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 了解在日常生活中普及的科技。 2. 理解基本的工程概念和術語，如系統、限制級權衡。 3. 熟悉工程設計過程的本質與限制。 4. 知道科技塑造人類歷史以及人們如何塑造科技的方式。 5. 知道所有科技都有風險，只有一些可以預期。 6. 了解科技的發展與使用所相關的利害關係和成本效益。 7. 理解科技所反映的社會價值與文化。 <p>批判思考與決策</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 能提出與自身和他人有相關的科技利益與風險的問題。 2. 以系統的方式去衡量資訊的利益、花費、成本及權衡。 3. 能在適當的時候去參與對科技的發展與適用的決策。 <p>能力</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 具備有動手做的能力，如修理各種家用和辦公設備、使用電腦進行文書處理以及上網。 2. 能在工作或家中辨認及修理簡單的機械或科技問題。 3. 能運用簡單的數學概念去分析科技帶來的利益與風險。 4. 能運用設計思考能力去解決生活上所遇到的問題。 5. 能從多方面獲得科技相關的資訊。

資料來源：NAE 及 NRC, 2002

科技素養中的知識面向，包含實際知識以及概念理解，如科技的本質、科技與社會相互影響或者是權衡、成本與利益的平衡等；批判思考與決策面向則是一個人面對問題的方式，如遇到新科技要能討論它的風險與利益而參與討論；而能力面向則是知道並使用家中或是辦

公室中的機器，如可以基本的了解機器故障的原因並且解決這些機器所發生的問題。

綜合以上所說，教師在生活科技課上所訂定的教學目標可分為三個面向，而選用合適的評量方式來評量學生是否達成教師所預期的教學目標，正是老師必須完成的工作。

參、評量的定義與類型

生活科技科的評量方式與傳統教育所使用紙筆測驗的評量方式有所不同，科技教育旨在培養學生帶著走的能力，以養成學生利用科技創意解決問題、批判思考科技的影響與衝擊等統整的能力為目標(周家卉, 2008)，所以，除了作品之外，還需評量學生解決問題、批判思考及動手做等能力。因此，評量不應該只是評量作品本身，學生在製作過程、問題解決或者是與同學及教師之間的互動，都應該被包含在評量之中。因此，教師應該先對評量的定義以及類型有所了解，才能選定適合的評量方式來評定學生的表現。而對於評量定義，張玉山、游光昭、蕭佩如(2010)曾統整歸納出幾個共通的概念：

- 一、評量應具有引發學生反省思考的功能。
- 二、評量促進教學、學習的參考。
- 三、伴隨教學活動進行，以課程目標為依據。
- 四、評量的層面應包括認知、技能與情意。
- 五、評量時機應兼顧形成性評量與總結性評量。
- 六、學習評量不宜侷限於同一種方式，除教師外，得輔以學生自評及互評來完成。
- 七、評量型式可運用如觀察、口頭詢問、實驗報告、成品展示、專案報告、紙筆測驗、操作、設計實驗及學習歷程檔案等多種方式，以了解學生的學習情況來調整教學為目的。

因此，為了求促進教學與學習或瞭解學生的學習情況等相關資訊，教師應根據教學目標與評量目的，採取多種適切的方法進行評量(李秀卿, 2005)。若要將多元評量落實於實務上，除了上述所提可以使用的方法有很多，並且依學者張玉山、游光昭、蕭佩如(2010)的研究，可以有下列的幾種類型：

一、紙筆測驗(Paper-and-pencil test)

即以書面呈現測驗題目，紙筆測驗實施方式較簡單，施測對象亦較為廣泛，故廣

泛的被使用。紙筆測驗最大的優點是能夠檢測學生的認知程度，利用知識性的題目，或將實驗、操作程序等以紙筆測驗的方式呈現，能夠得知學生是否知曉相關知識背景。

二、真實評量(Authentic assessment)

指確實的瞭解實際具備某種能力的程度，以作為教育的改進方向，絕非型式的評量。教師在評量的過程中必須仔細觀察學生表現狀況，來瞭解學生真正學習的實況，才能根據學生的學習結果，改進課程及教學，促進學生學習。

三、實作評量(Performance assessment)

指教師根據學生實際完成工作任務或表現所做的評量，可透過直接觀察學生的學習表現或間接從學生的作品來評量。依照評量的重點不同，實作評量可分為兩大類型，其一為過程評量，要求學生完成任務或是作品，評量重點在於學生執行任務的歷程；其二為作品評量，根據所要求學生創作或製作的成品，觀察其作品或加以評分。除了學生學習成效，實作評量亦重視學生的學習歷程，每位學生成長歷程都有所差異，觀察每位學生操作過程，並依其作品整合給予評分，教師不僅可瞭解學生最後的學習階段，亦可了解每位學生學習特性及成長過程。

四、動態評量(Dynamic Assessment)

評量者以及被評量者間是互動的，除了著重學生學習歷程的改變，教師在評量中應該導入教學，可提升學生的學習效果。在訓練或教學前必須對學生進行測驗，以了解學生的需求，根據學生的狀況提供適合的課程內容用以提升其學習成效，整個教與學的過程皆是由一連串的「測驗→教學→測驗」所組成，瞭解學生確切的需求，給予協助進而提升其學習、發展，就是一種動態評量。

五、檔案評量(Portfolio Assessment)

又稱為卷宗評量。指教師有目的的收集學生學習表現的作品或訊息，如月考考卷、學習單、筆記或作品等，根據全班共同意見將所蒐集的資料置入資料夾，教師藉由意見將所蒐集的資料來瞭解學生努力、進步情形及達成目標的狀況。檔案評量紀錄了每位學生的學習歷程，重視個別差異；藉由檔案評量的過程，評分者可瞭解學習者的起始行為到最後的學習成果；其評分對象包含教師、學生自評、互評等多元的評分人員，同學間可互相激勵、促進成長。

綜合以上，評量應是教師依照課程的教學目標為依歸，進而得知學生在其課程中學習成效如何，並且依據所需學生資訊的不同，選擇不同的評量類型。因此對於生活科技的評量，筆者認為在評量時應該採取實作評量來判定學生的實際操作、學習態度是否有達到教師的目標，並使用檔案評量來依照學生的設計與製作歷程來做學生成果的判定，而在有關知識方面的評量，則以傳統的紙筆測驗來評量會達到最佳的效果。

肆、評量動物凸輪玩具之範例

本文以動物凸輪玩具教案為評量的範例，動物凸輪玩具是依照凸輪(或稱偏心輪)所產生的高低落差的帶動來產生動物凸輪玩具的動作，藉由此動物凸輪教案，可以讓學生學習到偏心輪原理以及機具(手線鋸、線鋸機、鑽床)的操作使用。此一教學活動的設計如下：

- 一、教學對象：國中一年級
- 二、教學時間：225 分鐘，5 節課
- 三、教學目標：

本活動的採用 NAE 及 NRC 的三個大面向：知識、批判思考與決策以及能力來訂定教學目標(如表 2)，配合前述所提的實作評量、檔案評量以及紙筆測驗的評量類型，來示範如何選用適合的評量方式來評量學生的學習成效是否達到所規劃的教學目標。

表 2 教學目標

	知識	批判思考與決策	能力
內容	<ol style="list-style-type: none"> 1. 了解凸輪在日常生活中的應用。 2. 了解凸輪的種類、結構和運作方式。 3. 了解凸輪的適用範圍與其限制。 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 利用創造思考方式來設計並決定動物造型 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 能擁有動手做的能力，可以使用手線鋸、線鋸機和鑽床等機具。 2. 能清楚機具的使用方法以及安全注意事項。

四、教學內容：

教學內容分為五節課：第一節課主要為介紹活動任務、凸輪機械機構以及零件等知識性面向的教學內容，以達到教導科技素養中知識面向的部分；第二、四節課主要為讓學生創意思考出設計的動物並且能夠順利產出，以達到教導科技素養中批判思考與決策的部分；第二、三節課主要為示範手線鋸、線鋸機以及鑽床等機具使用的正確性以及第五節課主要為教師對作品的精細度和完整性的評分，以達到教導科技素養中能力面向的部分。(如下表3)

表3 教學內容

節次	教學目標	教學重點
1	知識面向	1. 介紹活動任務：設計與製作會動的動物造型機構 2. 介紹凸輪機械結構 3. 介紹玩具的主要的零件(凸輪(偏心輪)與槓桿、支點)與基本組裝 4. 介紹玩具的基本造型
2	批判思考與決策面向 能力面向	1. 設計凸輪玩具外觀 2. 示範手線鋸的使用 3. 示範線鋸機的使用 4. 學生操作並製作作品
3	能力面向	1. 示範鑽床的使用 2. 示範與製作玩具的基本結構 3. 學生操作並製作作品
4	批判思考與決策面向	1. 動物凸輪玩具製作與測試 2. 排除錯誤
5	能力面向	1. 上色或裝飾

		2. 作品評分
--	--	---------

五、教學評量實施的方式與工具

以下為筆者根據前述所提張玉山、游光昭、蕭佩如在 2010 年所統整歸納的多元評量類型，選擇其中三種適合使用在動物凸輪玩具教案中，去評量筆者所規劃的教學目標。

- (一) 紙筆測驗：紙筆測驗最大的優點是能夠檢測學生的認知程度，因此將凸輪的種類、結構、限制或者是生活中的應用以及操作機具的基本操作順序和安全事項等知識性問題以紙筆測驗的方式呈現，並且發放學習單(附錄一：凸輪的定義與類型、附錄二：機具正確使用方法)等的方法來掌握學生是否有記住其中概念及要領，以此評量科技素養中的知識面向。

表 4 紙筆測驗內容

紙筆測驗(學習單) 20%
1. 瞭解凸輪在日常生活的應用
2. 瞭解凸輪的種類、結構和運作方式
3. 瞭解凸輪的適用範圍與其限制
4. 能清楚機具的使用方法以及安全注意事項

- (二) 檔案評量：教師有目的的收集學生學習表現的作品或訊息，藉由所蒐集的資料來瞭解學生努力、進步情形及達成目標的狀況。檔案評量紀錄了每位學生的學習歷程，重視個別差異；教師所蒐集的資料其中分為創意改造已及作品兩個部份。創意改造部分讓學生們繪製設計圖(附錄三：屬於自己的小動物學習單)，讓學生從選定動物→改造動物→繪製設計圖→實測→除錯到完成的步驟，讓學生記錄設計的流程；作品部分除了作品本身的成績，還有讓學生回答製作的步驟以及發現問題以及問題解決的過程，以此評量科技素養中的批判思考與決策的面向。

表 5 檔案評量內容

檔案評量 50 %	
1. 創意設計	• 設計圖
	• 修正與除錯
2. 作品	• 動物凸輪玩具
	• 問題解決過程

(三) 實作評量：教師根據學生實際完成工作任務或表現所做的評量，可透過直接觀察學生的學習表現或間接從學生的作品來評量。依照評量的重點不同，實作評量可分為兩大類型，其一為過程評量，依照學生的實際操作及解決問題的行為能力來考查，評量知識、理解化為行動的能力，也可以利用檢核表讓教師根據學生操作情形勾選評定精熟度(如下表)；其二為作品評量，根據所要求學生創作或製作的成品，觀察其作品的精細度及完整度等加以評分。教師可依此學生學習歷程以及最終作品呈現，以此評量科技素養中的能力面向。

表 6 教師檢核表

機具精熟度 30%	項目	精熟	普通	非精熟	備註
手線鋸的使用	固定材料				
	保持垂直				
	V 型板使用				
	轉彎處理				
線鋸機的使用	固定材料				
	進刀速度				
	轉彎處理				
鑽床的使用	固定材料				
	進刀速度				

表 6 教師檢核表(續)

砂紙的使用	利用輔具				
	砂磨方式				
安全護具的使用					

總結以上各項成績，動物凸輪玩具作業的評量可分為：1.知識：凸輪知識為 10%、機具安全使用知識 10%；2.批判思考與決策：創意設計 20%；3.機具操作精熟度檢核表 30%以及成果作品 30%而其餘部分，則可由教師自行斟酌列入評分項目。

六、小結

評量最終的目的就是要評量出學生是否有達到教師最初所訂定的教學目標，所以教師須從多元的評量方式之中，選擇能確實的評量到最初訂定的教學目標的評量方式，因此從本活動的評量範例來看，知識面向的凸輪與機具安全使用的知識是學生在製作凸輪玩具時必須具備的知識，因此學生必須熟知凸輪特性、限制和操作機具的方法與安全注意事項等，所以使用能檢測學生認知程度的紙筆測驗；批判思考與決策面向主要是讓學生在設計動物凸輪玩具時不能天馬行空的設計而是必須根據凸輪的特性、材料性質等去設計出合理的造型，而學生在過程中所遇到的問題是如何進行分析並且解決，因此使用可以收集學生學習經歷的檔案評量；能力面向是要了解學生在機具操作上是否熟練，因此選用了可以檢視學生操作機具時熟練度的檢核表並且可以檢視學生最終作品的精細度等的實作評量來實施。

伍、結論

在近幾次的教育改革下，升學管道從最初的聯考而發展出多元入學的入學方式，評量的方式也由原本的紙筆測驗逐漸地發展出多元評量方式。多元評量在生活科技課程之中尤為重要，有別於一般知識性的學科，生活科技課程除了最終的作品成績之外，更為重要的是學生在製作作品的過程中所展現出的科技素養、所操作的技術是否達到合理性和實用性以及其在遇到問題所思考出的問題解決能力等，這些能力只靠紙筆測驗以及最終作品是無法完整呈現出的。正因為生活科技課程不僅僅是知識的傳遞，評量除了可以檢視學生各面向的學習成

效，更須讓教師省思課程目標與設計等教學內容是否合適，因此生活科技教師在訂定課程的教學目標以及選用評量方式的時候，更應確實的選用合適的評量類型來獲取學生學習的成效，進而隨時調整自己的教學。因此，筆者提供了 NAE 及 NRC 所列出的科技素養三個面向，規劃出初步的評量方式供教師參考，如以紙筆測驗來測驗學生的知識面，以檔案評量來評量學生的創意與實作的歷程與能力，以檢核表來評量學生的態度及操作機具的精熟度。教師要能訂定自己的教學目標與評量方式，才能使學校、家長與學生接受老師評量的結果。本文以動物凸輪玩具的評量為例，希望可以吸引更多的生活科技教師對教學目標及評量的注意，為生活科技以及學生帶來更大的助益。

參考文獻

朱益賢(2006)。從科技素養到科技創造力。生活科技教育月刊，39(8)，1-2。

余鑑(2003)。工藝教育思想的流變。生活科技教育，36(8)，3-11。

李秀卿(2005)。多元評量在國中歷史教學上的應用之研究。國立臺灣師範大學歷史研究所碩士論文。未出版，台北市。

李坤崇(2002)。多元化教學評量理念與推動策略。教學研究月刊，98，27-33。

李隆盛主編(2005)。生活科技概論。台北市：心理。

周家卉(2008)。實作評量在生活科技課程實施之探討。生活科技教育月刊，41(7)，51-83。

張玉山、游光昭、蕭佩如(2010)。科技教學評量策略之規畫研究-以水陸兩用車活動為例。

工

業科技教育學刊，3，53-60。

陳學淵、王國華(2005)。國中教師發展實作評量之探討-以自然與生活科技領域教師為例。科學教育，14，165-180。

National Research Council (2006). *Tech tally: Approaches to assessing technology literacy*. Washington, DC: National Academy Press.

National Academy of Engineering and National Research Council(2002). *Technically speaking: Why all Americans need to know more about technology*. Washington, D.C.: National Academy Press.

附錄一：凸輪定義與種類

凸輪定義與種類

班級：

組別：

座號：

姓名：

凸輪機構基本定義

1. 凸輪機構裡包含了哪三個基本結構：(1 格 8 分，共 24 分)

(1) 凸輪 (2) 從動件 (3) 機架

2. 想要改變從動件的運動規律，可以如何在結構上做調整？(14 分)

1. 改變從動件的形狀

2. 改變凸輪的形狀

3. 在日常生活中，請舉出三個物品的運作方式是凸輪運動？(1 格 8 分，共 24 分)

(1) 削鉛筆機 (2) 電風扇 (3) 汽車引擎

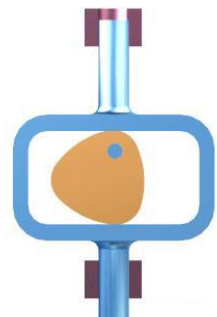
4. 凸輪的運動方式會有哪些的限制？(14 分)

1. 從動件的重量太重會導致凸輪轉動不順利

2. 從動件與凸輪的接觸面太小會導致凸輪轉動不順

3. 凸輪轉動易磨損需定期更換

凸輪機構種類(1 格 8 分，共 24 分)



(圖片來源:中正高中 莊孟蓉老師教案)

凸輪名稱：雙平板凸輪機構

凸輪名稱：平面從動件平板凸輪機構

凸輪名稱：確動凸輪

(三角凸輪)

附錄二：機具正確使用方法

機具正確使用方法

班級：

組別：

座號：

姓名：

選擇題 一題 5 分 共 30 分

- (B) 1. 在安裝手線鋸的時候，鋸條的鋸齒應該朝哪一個方向？(A) 向外向上 (B) 向外向下 (C) 向內向上 (D) 向內向下
- (A) 2. 在使用手線鋸的時候，應該在甚麼時候出力？(A) 向下時出力 (B) 向上時出力 (C) 向上向下時都要出力 (D) 向上向下時都不需要出力
- (A) 3. 在使用手線鋸的時候，鋸條應該與材料保持幾度才能較少產生誤差？(A) 90 度 (垂直) (B) 180 度(水平) (C) 45 度 (D) 不限制
- (D) 4. 在使用手線鋸的時候，應該充分的利用鋸條的哪一個部分？(A) 上段 (B) 中段 (C) 下段 (D) 整條鋸條
- (B) 5. 在使用線鋸機的時候，鋸條的鋸齒應該朝哪一個方向？(A) 向外向上 (B) 向外向下 (C) 向內向上 (D) 向內向下
- (C) 6. 下列哪一種機具使用時，不可以帶手套進行加工？(A) 手線鋸 (B) 線鋸機 (C) 鑽床 (D) 以上皆可以帶手套

問答題 5 題 共 70 分

1. 在使用手線鋸的時候，可以使用哪種工具輔助，讓鋸切更順利？(5) (V 型板)
2. 在使用手線鋸和線鋸機鋸切時，遇到直角或是銳角時，應該如何進行鋸切？(15 分)
(依圓弧狀繞過直角或是銳角，物件鋸下來之後再把多出的圓弧鋸掉)
3. 在使用手線鋸和線鋸機鋸切結束，要進行退刀時，應該要如何進行退刀？(15 分)
(應保持上下鋸切動作向後退刀)
4. 在使用鑽床時，遇到要鑽比較深的孔時，應該如何進行來避免擠壓鑽頭而斷裂？(15 分)
(應分多次鑽孔，鑽到一定深度時，須把內部的木屑清除，避免鑽頭擠壓)
5. 當使用線鋸機及鑽床時，如果遇到鋸條和鑽頭斷裂，或者是加工物體彈飛，應該如何做緊急的應對？(20 分)
(應立即關閉機具電源，再進行檢查受傷以及更換鋸條或鑽頭等後續動作)

附錄三：屬於自己的小動物學習單

屬於自己的小動物學習單

1. 請隨意思一些你喜歡的動物，再把它和機械造型聯想在一起，當作是一個構想。請寫出最少 3 個(越多越好)，很特別的設計構想，

(1). _____ (2). _____

(3). _____ (4). _____

(5). _____ (6). _____

1. 請從上面的構想中，選一個準備設計的構想，它是

2. 畫出小動物機械的造形草稿

請說明那些構想是比較特別的地方??

凸輪玩具做出來之後有發生什麼問題?

你如何處理所遇到的問題?