# 探討動態表徵結合即時回饋系統對診斷學生電流迷思概念之影響

吳育倫、林靜雯*
台北市立教育大學自然科學系
jwlin@tmue.edu.tw*

## 摘　要

本研究以一般紙筆測驗及動態表徵結合即時回饋系統兩種表徵，分別對 238 位五年級與七年級學生進行電流診斷式測驗。研究目的除診斷學生電流迷思概念外，並希冀探討動態表徵結合即時回饋系統對診斷學生電流迷思概念的影響。研究發現五年級與七年級學生在兩種不同表徵的影響下，其所持有的電流迷思概念之分佈比例並不一樣，且動態表徵結合即時回饋系統有助於提升答題正確率，在七年級學生的試題總分上，甚至達顯著差異。此外，學生普遍認為運用動態表徵結合即時回饋系統能提升其對題目的理解及參與感。

關鍵詞：即時回饋系統、動態表徵、電流迷思概念

## 一、緒論

電學對中小學生而言，是屬於比較複雜與抽象的領域。由於電學概念無法透過直接觀察來理解，因此學生在學習電學課程時，往往產生許多學習困難，即便已學習過電學課程，學生仍普遍存在不同程度的迷思概念。根據 Pfundt 和 Duit (2007)學生概念文獻資料庫整理發現：有關電學的研究約近 15%，是僅次於力與運動一主題外，最多研究者關注的焦點，而 Tsai、Chen、Chou 與 Lain (2007)針對台灣八至十一年級學生進行關於電流與電壓概念的調查，則發現電流是學生理解電路的關鍵概念。

科技的進步與發展使得電腦多媒體應用於教育上已成趨勢，透過整合多重表徵的教學媒體來協助學生建立知識概念，在許多研究上都獲致豐碩的成果 (ChanLin, 1997; Mayer & Anderson, 1992; Rieber, 1990; Sanger & Greenbowe, 2000)。其中具備動態視覺表徵性質的動畫投影片，不僅製作簡單，具備多樣化的視覺與聽覺效果，且可呈現動態概念的特質，因此適合協助學生理解抽象且具動態特質的的電流概念，而被廣泛應用於相關教學活動中 (Park & Gittelman, 1992; 蔡嘉興、周進洋、連坤德，2005)。然，教學目標與評量目標兩者應該一致，如果教學過程中運用動態表徵來呈現電流的動態特質，那麼評量時也應該運用與教學時一致的表徵。另一方面，即時回饋系統（Instance Response System, IRS）已被廣泛運用在教室中的形成性評量，以協助教師快速獲得學

生的先備概念或教學後的情形 (Liu, Liang, Wang, & Chan, 2003; Kay & LeSage, 2009)。因此，本研究以 IRS 作為答題工具，一方面探究學生的電學迷思概念，一方面初探動態表徵結合 IRS 於診斷學生電流迷思概念答題類型及態度的影響。本研究希望研究結果能作為後續編制形成性評量以協助教師設計電流教學與形成性評量之參考。

## 二、文獻探討

### （一）動態表徵

動態表徵可以提供學生視覺刺激，形成動態連結的內在表徵，使抽象概念具有知覺基礎，有助於學生困難概念之學習。Park 與 Gittelman (1992) 曾指出動態表徵具備三個主要的教學特色：1.能引起注意與學習動機的維持；2.能詳盡呈現動態性質的知識；3.有助於解釋複雜知識或現象。尤其是面對抽象難以直接觀察的電流概念，Park 與 Gittelman (1992) 認為此類具備動態性質的學習內容，使用動畫呈現比靜態圖片有更佳之學習效果。Sanger 和 Greenbowe (2000) 曾使用電腦動畫作為電化學概念改變的教學策略，結果顯示電腦動畫對學生概念改變具有明顯地效果。蔡嘉興、周進洋與連坤德（2005）的研究也指出電腦動畫教學有助於學生的電流概念學習。有關動態表徵協助學生學習成功的例子不勝枚舉，但有關動態表徵運用於評量的研究則仍處於起步階段。目前，有關表徵與評量之間的關係，仍多著重於不同的外在表徵對學生推理的影響（例如：Skopeliti & Vosniadou, 2007），或評量學生如何針對相同概念但不同表徵的概念加以詮釋（例如：Waldrip & Prain, 2009）。本研究認為教學與評量所使用的表徵兩者應一致，若教學過程中運用動態表徵來呈現概念的動態特質，那麼評量時亦會運用到類似的表徵來詮釋相同的概念，因此有必要瞭解動態表徵對評量學生的影響。

### （二）即時回饋系統（IRS）

中央大學學習科技實驗室於 2000 年發展「按按按」評量系統（EduClick），利用紅外線接受器與電腦相連接，接收學生遙控器之訊號，是一套可以即時回饋的系統。IRS 系統的特色在於具備展示動態投影片的環境與立即同步回饋的功能。將其應用至評量上，除了節省紙筆測驗作答與批閱的時間，亦可即時了解學生當下認知狀態，使教師能立即進行概念澄清 (Liu, Liang, Wang, & Chan, 2003; Kay & LeSage, 2009)，提升形成性評量之效率。此外，過去評量方式多為紙筆測驗，即時回饋系統可融入動態多媒體題目，使評量朝多元化發展。台北市立師院實小曾於 2000 年進行「按按按系統在班班有電腦教學上的應用」之研究案。該研究針對參與研究之教師進行問卷調查，結果顯示「按按按」系統導入教室後，除了可以增加班級電腦使用率外，亦可提升學生的學習興趣和學習注意力（王緒溢、梁仁楷、劉子鍵、柯華葳、陳德懷、黃智偉，2001）。

### （三）電學相關概念

學生在直流電路中，關於電流概念最常見的迷思概念為 Osborne 與 Freyberg (1985) 提出的四種電流模式：1.單極 (Unipolar) 模式、2.撞擊 (Clashing Current) 模式、3.消耗 (Current Consumed) 模式、4.科學 (Scientist) 模式。而 Magnusson、Boyle 與 Templin (1997) 更進一步將其擴充為 1.單極、2.撞擊、3.交叉撞擊、4.衰減、5.共享、6.科學等六種模式（林靜雯，2008）。此外，Chiu 和 Lin 則延續過去研究針對電流心智模式作一系列的研究（邱美虹、林靜雯，2002；Chiu & Lin, 2005），指出學生在串聯時所表

現的心智模式可分為六大類與十二種子類型，分別為 1.單極、2.雙極、3.電流消耗、4.電流不變的科學模式、5.燈泡本身有電及 6.不會發亮等，其中不同年齡層的頻率互有消長。其他關於簡單電路的研究，Çepni 與 Keleş (2006) 曾針對土耳其學生進行研究，發現五年級學生之迷思概念在單極模式上分布最廣，而超過半數的九年級學生則為消耗模式；林靜雯（2008）研究則發現五年級學生以共享電流模式為最多，而七年級學生則以一般衰減模式為最多。

## 三、研究方法

### （一）研究對象與流程

本研究採準實驗研究法，分為實驗組與對照組，實驗組使用動態表徵結合 IRS 系統之電學診斷式測驗；而對照組則如同一般紙筆試卷所使用的表徵。本研究以台北市某國小五年級學生三班（100 人），與台北市某國中七年級學生四班（138 人）為研究對象。國小部份隨機將其中一班（35 人）分派至對照組，其餘兩班（65 人）為實驗組；國中部分則隨機分派兩個班級為對照組（69 人），另兩個班級為實驗組（69 人）。測驗結束後一週內，研究者篩選五年級與七年級實驗組內診斷測驗最高與最低分之學生各兩名，共八名學生進行晤談，以蒐集學生對動態表徵結合 IRS 系統用於評量之看法。

### （二）研究工具

本研究之研究工具主要在診斷學生對電學的迷思概念。測驗卷之內容主要修改自林靜雯（2008）所設計的電學診斷式測驗。測驗卷共分為四大部分，每小題 2 分，共計 50 分。此測驗卷有兩種形式，其一為一般紙筆測驗之表徵，另一則為動態表徵結合 IRS 系統。兩形式之文字、圖片及所測概念完全一致，唯一不同的地方在於動態表徵結合 IRS 系統的形式中，研究者嘗試將試題中電流流動與燈泡亮度的動態特質改以動態投影片呈現、錄製聲音逐字唸出題目，並讓學生以 IRS 系統作答。

本研究主要針對測驗第四部份最具動態特質的部分進行探討。此部份為二階層診斷式試題（two-tier test），第一階層主要測驗現象，第二階層則測驗理由。題目分布如下：串聯電流模式一題、串聯通路概念一題、電壓與電流一題，電流消耗概念一題，共有四題。該部分計分方式則為現象與理由皆答對得 4 分，現象與理由答對其一得 2 分，現象與理由皆錯得 0 分，總計 16 分。

整份電學診斷式測驗卷經三位物理系教授進行專家審查，另經台北市某國小五年級與某國中七年級共 238 位學生預試並進行信度分析，其 Cronbach $\alpha$ 係數為 0.682。

### （三）資料分析

量化資料先以描述性統計（平均值、標準差、百分比）呈現學生在二階層診斷式試題上之得分情形。接著，由於兩校皆採常態分班，且測驗前由兩校自然科教師先行挑選自然成績相近之班級隨機分派為實驗組與對照組，因此本研究假設實驗組與對照組學生於測驗前，其電學概念程度相當，故採 t-test 檢定兩個年級實驗組與對照組學生在該測驗上是否有顯著差異，其中關於「串聯通路電流」的分析，則如文獻探討處所探討，以 Chiu 和 Lin 一系列研究之分類，將串聯通路的電流模式分為 A 單極、B 雙極（分為 B2 雙極、B3 雙極與 B4 交叉撞擊）、C 消耗（分為 C1 一般衰減、C2 共享電流）、D 科學、E 燈泡本身有電；質性資料之整理則將學生之晤談內容歸納分類後進行類別

的百分比統計，藉此歸納學生對動態表徵融入即時回饋系統作為評量方式的看法。

## 四、研究結果

### （一）學生在二階層診斷式試題上之答題分布情形

1.學生對串聯通路電流之迷思概念

對五年級和七年級學生來說，有無動態表徵作為輔助使各實驗組別學生在電流模式上呈現不同的分布(見表 1)。五年級對照組學生在「交叉撞擊」的比例最高(28.6%)，認為電流會輪流由電池正極與負極出發，各自再回到電池之負極和正極，在這過程裡，燈泡會因為電流通過撞擊而產生亮光，而實驗組學生則在「燈泡本身有電」模式比例最高（27.7%)，認為燈泡本身有電，電流由燈泡發出，經過電池才能繼續發光。在林靜雯（2008）研究指出五年級持「燈泡本身有電」概念的學生僅 1.09%，本研究五年級對照組學生持此概念亦僅 8.6%，其中差異可能在於有無動態表徵介入影響學生推理；七年級學生部分，對照組學生在「衰減模式」上比例最高（30.4%)，認為電流會因通過燈泡而消耗減少，因此燈泡亮度會有差異，而實驗組學生則在「科學模式」上比例最高（20.3%)，持有正確的通路概念，認為電流維持等量，不會因燈泡而有所消耗減少；其次則為「交叉撞擊」(15.9%)。由上述電流模式分布可知，同年級學生在動態表徵影響下，其對電流模式所持之想法亦會有所差異。

表 1 五年級與七年級學生在二階層診斷式試題各題選項之答題比例

| (%) | | 五年級 | | 七年級 | |
|---|---|---|---|---|---|
| 題號 | 第二層選項涉及之迷思概念 | 對照組(35) | 實驗組(65) | 對照組(69) | 實驗組(69) |
| 1 串聯電流模式 | 衰減模式 | 11.5 | 24.6 | 30.4# | 14.4 |
| | 燈泡本身有電 | 8.6 | 27.7# | 10.1 | 8.6 |
| | 雙極 B3 | 2.9 | 6.2 | 4.3 | 13.0 |
| | 雙極 B2 | 20.0 | 4.6 | 14.5 | 5.8 |
| | 科學模式 | 2.9* | 12.3* | 5.8* | 20.3*# |
| | 共享模式 | 22.9 | 3.1 | 11.6 | 10.1 |
| | 交叉撞擊 | 28.6# | 16.9 | 18.8 | 15.9 |
| | 不會亮 | 2.9 | 4.6 | 4.3 | 11.6 |
| 2 通路與斷路 | 部分斷路*有電流*單極 | 0.0 | 10.8 | 5.8 | 5.8 |
| | 通路*有電流*雙極 | 2.9 | 10.8 | 5.8 | 7.2 |
| | 斷路*無電流 | 54.3* | 58.5* | 46.4* | 60.9* |
| | 斷路*有電流*科學 | 22.9 | 4.6 | 11.6 | 5.8 |
| | 斷路*有電流*交叉撞擊 | 20.0 | 15.4 | 30.4 | 20.3 |
| 3 電壓與電流 | 電池體積大小影響電流多寡與燈泡亮度 | 17.1 | 10.8 | 23.2 | 7.2 |
| | 電池體積大小影響電流多寡與使用時間，但不影響燈泡亮度 | 25.7 | 47.7 | 14.5 | 31.9 |
| | 電線粗細會影響電流傳送量 | 17.1 | 13.8 | 14.5 | 7.2 |
| | 電壓大小影響電流大小與燈泡亮度 | 40.0* | 27.7* | 47.8* | 53.6* |

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| 4 | 電線長短影響電流大小 | 20.0 | 27.7 | 17.3 | 8.6 |
| 電流 | 燈泡會消耗電流 | 34.3 | 21.6 | 39.1 | 18.8 |
| 消耗 | 電流會平分給燈泡 | 14.3 | 23.1 | 10.1 | 11.6 |
| | 燈泡個數與電流大小成反比 | 2.9* | 10.8* | 5.8* | 17.4* |
| | 電線數量影響電流大小 | 28.6 | 16.9 | 27.5 | 43.5 |

*表正確答案；#表該選項比例最高

2.學生在各題目之答題正確率比較

在「串聯電流模式」上，由表 1 可知五年級與七年級實驗組學生的正確答題率皆明顯高於對照組學生，顯示動態表徵對學生的答對率有一定程度的正面影響，尤其對七年級學生而言，更將正確率提升至 20.3%，同時也是所有電流模式裡所佔比例最高。

在「通路與斷路」部分，主要在診斷學生在斷路的電路裡，對通路、斷路與電流間關係之概念。五年級和七年級學生皆一致在「斷路則無電流」選項上比例最高，顯示大多數學生具備正確通路概念，認為在斷路的電路裡電流是不存在的；就動態表徵影響來看，五年級和七年級實驗組學生之正確通路概念比例高於對照組。

在「電壓與電流」部分，僅在五年級實驗組裡，有較多學生（47.7%）認為電池體積大小會影響電流多寡與使用時間；而五年級對照組與七年級對照組、實驗組學生則超過 40%以上持有「不論電池體積大小，電壓相同則電流也相同」的正確概念；此外，在第四題「電流消耗概念」部分，答錯人數明顯比答對人數多，顯示學生對於電流消耗概念仍具備相當程度之另有概念，即便如此，五年級（10.8%）和七年級（17.4%）實驗組答對比例仍高於對照組，認為同一條電線上，電流量大小與燈泡個數成反比。

（二）動態表徵影響學生在二階層診斷式試題上之表現情形

1.各組學生在二階層診斷式試題之得分結果

五年級對照組學生在二階層診斷式試題的整體平均值為 8.11，而實驗組學生之整體平均值為 7.48；而七年級對照組學生的整體平均值為 7.16；而實驗組學生之整體平均值為 8.67。其中五年級學生僅在第四題「電流消耗概念」的表現上，對照組（M=1.03）略低於實驗組（M=1.08），其餘題目上皆高於實驗組學生；而七年級學生則不論在各題或是整體總分上，實驗組學生的得分皆高於對照組學生。

2.動態表徵結合 IRS 對學生得分情形之影響

本研究進一步採用獨立樣本 t 檢定，考驗各組學生在二階層診斷式試題上，是否因動態投影片之影響而有差異表現。結果顯示動態投影片能協助七年級實驗組學生獲得較高的分數，尤其在第一題（t=-2.405）、第三題（t=-0.733）與整體總分（t=-3.031）上，兩組相較皆達到顯著差異($p$<.05)，但對五年級學生則未有差異影響。

表 2 五年級與七年級學生在二階層診斷式測驗卷之表現

| | 五年級 | | | | | 七年級 | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 對照組(35) | | 實驗組(65) | | | 對照組(69) | | 實驗組(69) | | |
| 題號 | M | SD | M | SD | t-test | M | SD | M | SD | t-test |
| 1 | 1.60 | 0.95 | 1.23 | 1.36 | 1.592 | 1.22 | 1.20 | 1.77 | 1.48 | -2.405* |
| 2 | 3.03 | 1.12 | 2.89 | 1.46 | 0.519 | 2.70 | 1.36 | 2.96 | 1.36 | -1.127 |

| | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 3 | 2.46 | 1.46 | 2.28 | 1.27 | 0.642 | 2.41 | 1.59 | 2.93 | 1.26 | -2.131* |
| 4 | 1.03 | 1.12 | 1.08 | 1.33 | -0.183 | 0.84 | 1.21 | 1.01 | 1.56 | -0.733 |
| 總計 | 8.11 | 2.17 | 7.48 | 2.56 | 1.252 | 7.16 | 2.69 | 8.67 | 3.14 | -3.031** |

* $p<.05$、** $p<.01$

（三）學生對動態表徵與即時回饋系統之觀感

1.動態表徵協助學生了解題目

8 位學生經過晤談後發現，有 75%（6 位）學生明顯指出透過動態投影片與語音來呈現題目上所指的抽象電流概念，可以幫助測驗時對困難題目意思的了解，相較於單純文字敘述來得更為具體；但有 1 位學生反應動態投影片的幫助僅在於了解題目，對抽象電流的敘述，還是無法協助其選出正確答案。此外，關於動態投影片裡，各動畫的呈現是否與學生心中所想像之表徵一致，63%（5 位）學生認為僅有部份內容相符，其中 1 位學生指出不一致的表徵衝突反而可以刺激思考而找出正確答案。

2.即時回饋系統有助於提升學生答題興趣並集中學生注意力

本研究採取 IRS 進行施測主要在於該系統之相關功能可提升形成性評量的效率，經學生實際操作後，普遍獲得正向回饋。其中有 63%（5 位）學生認同 IRS 系統操作之便利性，且能帶來前所未有的新奇感。此外，有 63%（5 位）學生表明施測時會跟著投影片的速度作答，顯示使用遙控器作答確實可以達到某種程度上統一學生答題的速度，並確保每位學生都能看完動畫投影片，進而達到集中學生注意力的目的。

## 五、結論與討論

（一）學生之電流迷思概念呈現多元化

根據測驗結果分析可知，動態表徵的介入與否，使同年級學生對於抽象電流概念的作答更為多元。與過去研究 (Çepni & Keleş, 2006; 林靜雯，2008) 相較，同樣年級的學生所持電流迷思概念的比例並不相符，顯示相同年段的學生，除了因個人認知發展程度不一影響外，也會受認知表徵形式的影響而在電流迷思概念上有所差異，因此教師在教學前，應先適當評量學生電流概念理解情形，以作為規畫教學活動的依據。

（二）高年級學生較能從動態表徵結合 IRS 中推理出科學答案

同樣經過具有動態表徵提示的 IRS 系統介入，五年級學生並未因動畫的介入而提高答對率，但七年級實驗組學生的答對率卻能顯著優於對照組。由於五年級與七年級學生同樣僅於國小四年級時接受電學相關之課程，雖然七年級學生於六年級時上過電動機相關課程，但此部分與電池概念幾乎無關，因此，研究者推測此差異可能來自於五年級學生認知發展未臻成熟，不易從動態投影片中思考與推測，因此動態投影片對其影響程度不如七年級深；另一可能原因則為年紀愈小之學生，愈無法長時間集中注意力，而動態表徵結合 IRS 的系統在施測時為配合不同程度學生，在播放速度上較慢，相對在施測時間上就比對照組單實施紙本拉長許多，因此容易影響年幼學生的注意力與耐心，因而影響測驗結果。

（三）學生對 IRS 系統作為測驗之答題工具持正向態度

由於大多數學生為第一次使用 IRS 遙控器作答，對於此種有別於傳統紙筆測驗之形式產生濃厚興趣，因此能吸引學生於測驗時，將注意力放在動態投影片上，但值得

注意的是，這樣新奇且輕鬆之作答方式，是否會降低學生對測驗之嚴謹度，則是實施前必須抉擇與考量之處。

## 主要參考文獻

Çepni, S., & Keleş, E. (2006). Turkish Students' Conceptions about the Simple Electric Circuits. *International Journal of Science and Mathematics Education, 4*(2), 269-291.

Kay, R. H., & LeSage, A. (2009). A strategic assessment of audience response systems used in higher education. Australasian Journal of Educational Technology, 25(2), 235-249.

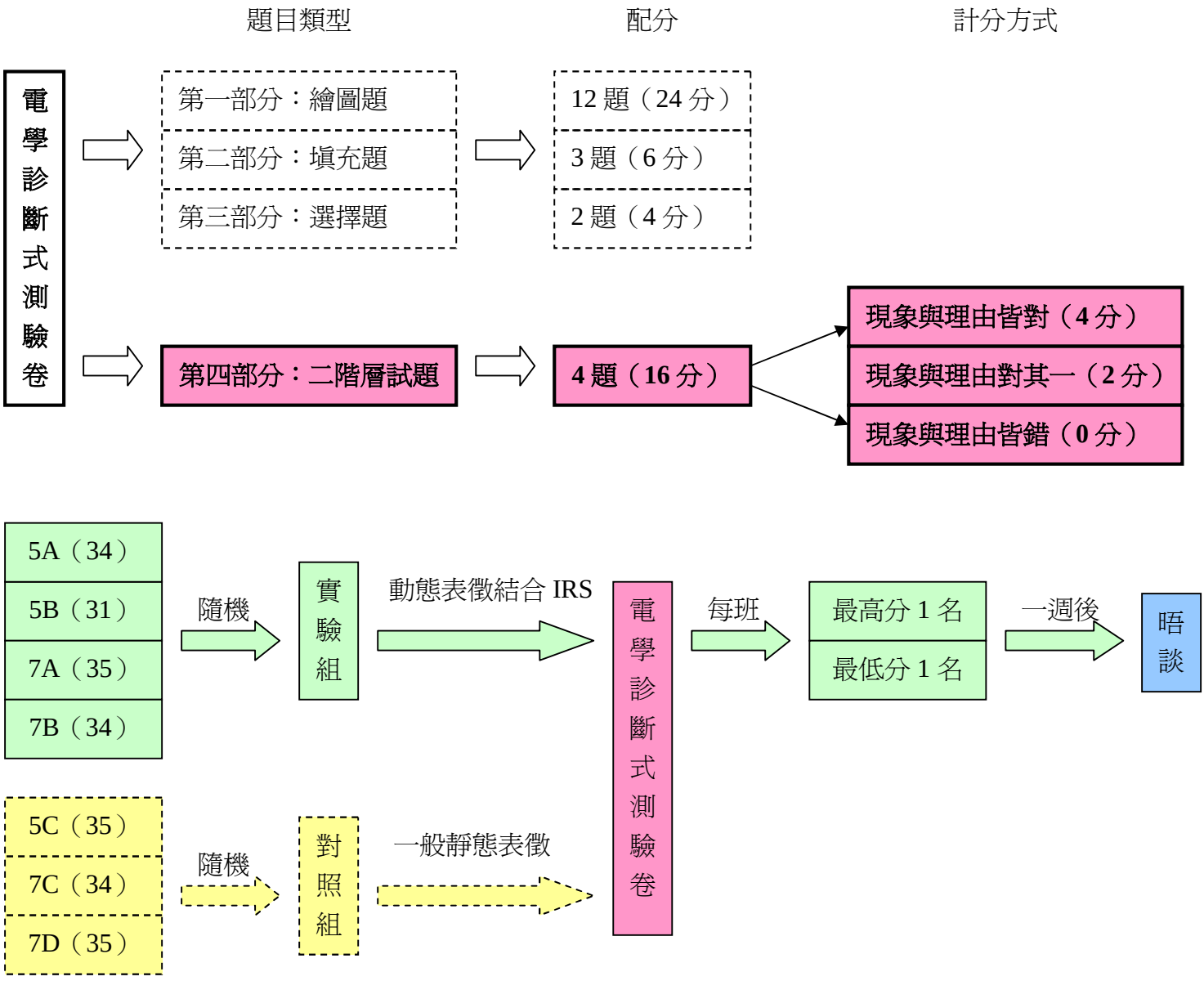
Liu, T. C., Liang, J. K., Wang, H. Y., & Chan, T. W. (2003). *The features and potential of interactive response system*. Proceedings of International Conference on Computers in Education. Hong Kong.

Park, O., & Gittelman, S. S. (1992). Selective use of animation and feedback in computer-based instruction. *Educational Technology Research and Development, 40*(4), 27-38.

Skopeliti, I. & Vosniadou, S., (2007). *Reasoning with External Representations in Elementary Astronomy*. In S. Vosniadou, D. Kayser, & A. Protopapas (Eds.) Proceedings of EuroCogSci07, the European Cognitive Science Conference, pp. 244-249, Delphi, Greece.

林靜雯（2008）。跨年級學生電學心智模式一致性與課程進程之比較研究。**教育與心理研究，31**（3），53-79。

蔡嘉興、周進洋、連坤德（2005）。以 Flash 電腦動畫輔助教學促進國三學生電流概念改變。**物理教育，6**（1），24-42。


題目類型
配分
計分方式
電學診斷式測驗卷
第一部分：繪圖題
第二部分：填充題
第三部分：選擇題
12 題（24 分）
3 題（6 分）
2 題（4 分）
第四部分：二階層試題
4 題（16 分）
現象與理由皆對（4 分）
現象與理由對其一（2 分）
現象與理由皆錯（0 分）
5A（34）
5B（31）
7A（35）
7B（34）
隨機
實驗組
動態表徵結合 IRS
電學診斷式測驗卷
每班
最高分 1 名
最低分 1 名
一週後
晤談
5C（35）
7C（34）
7D（35）
隨機
對照組
一般靜態表徵