

## 第三章 研究方法

本章分為研究對象、研究流程以及研究工具三個部份，各部份的內容分述如下。

### 第一節 研究對象

本研究的研究對象如下：

#### 一、預試對象

預試對象共 94 人，皆為化學系學士班與碩、博士班學生，具有穩定而純熟的實驗操作技巧，其實驗操作能力和受過訓練的施測對象相近。

學術委員會依目的分別選擇不同年級的學生作為五次預試對象，各次預試目的與預試對象資料依序描述如下。

1. 預試一目的為進行試題實驗步驟連續與非連續測試，預試對象為 26 位選修有機實驗 A 班之大二學生，模擬具備基本有機合成實驗能力的參賽選手之實作過程與結果；
2. 預試二目的為測試試題與施測流程可行性，並取得詳盡實驗與軼事記錄，預試對象為 26 位選修有機實驗 B 班之大二學生，模擬具備基本有機合成實驗能力的參賽選手之實作過程與結果；
3. 預試三 ~ 五目的為建立對照團體效標，預試對象分別為 15 位有機化學組研究生 15 位大四學生，以及 12 位有機化學組研究生，模擬具有較優異且穩定有機合成實驗能力的參賽選手之實作過程與結果。

## 二、施測對象

第 37 屆 IChO 參賽選手共 225 人，分別來自 59 個國家，是經過選拔和訓練的高中化學資優生。

## 三、分析對象

研究者分析對象為第 37 屆 IChO 競賽之理論和實作考試的施測結果。

## 第二節 研究流程

本研究配合試題編製與 IChO 競賽章程，持續進行文獻研讀，依序進行之研究流程如圖 3-1 所示。

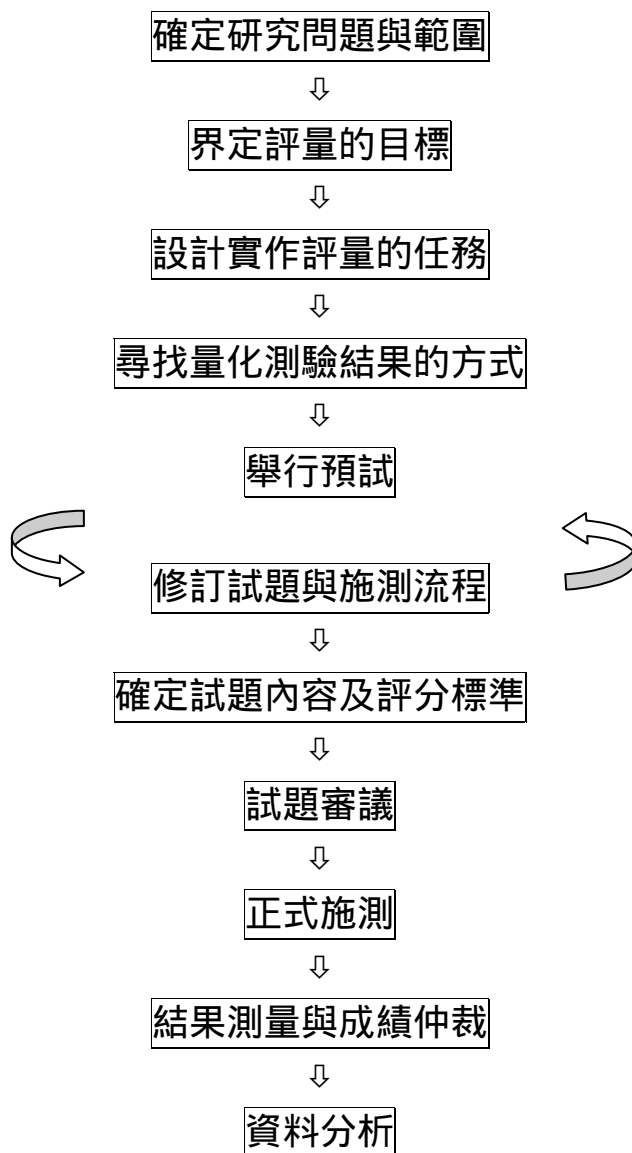


圖 3-1 研究流程圖

研究者根據圖 3-1 之流程進行研究，部分相鄰各階段的研究時程互有重疊之處。茲將內容分述如下：

## 一、確定研究問題與範圍

本研究為我國主辦第 37 屆 IChO 之競賽試題命題研究，旨在找尋具有代表臺灣特色的試題內容，並設計適合參賽選手程度的實作試題。在試題編製過程中，將有許多問題面臨取捨與抉擇，例如：如何將主辦國特色融入試題，並兼顧原創性和趣味性？如何在試題中給予足夠資訊，而又不致過於限制參賽選手的創意與思考？如何確定大多數選手有足夠時間完成競賽試題，而又能從中分出優劣？如何決定實作考試的評分標準，才能公平又準確地呈現選手的實驗操作能力？相關問題的答案或解決方案，可透過研究過程的努力，以及學術委員會的討論而獲得確認。

## 二、界定評量的目標

IChO 競賽是透過實作與理論考試的方式，來促進世界各地高中資優生對化學的喜愛與交流，並激發更為獨立且具創造力的思考模式；評量內容應新穎具挑戰性，可鑑別出參賽選手專業能力之高低，於競賽閉幕時擇優給予獎項。

## 三、設計實作評量的任務

實作評量的任務即為參賽選手應完成的工作內容。設計評量時應參考 IChO 實作課程綱要，以使用綱要中的操作技巧可完成的實驗為主，要求選手在競賽規定時間中完成實作考試；選手應完成的工作內容以及相關安全規定，在試題中使用指導語詳細描述。

#### 四、尋找量化測驗結果的方式

實作考試屬於非客觀測驗，應尋求更為公平而簡便的方法，用以衡量選手的測驗成果。對於進行實驗的實作考試而言，可由數字量化呈現的結果較為客觀且容易相互比較；學術委員會採用儀器鑑定產物純度，並根據選手製備的產物產率與純度來評分，。

#### 五、舉行預試

在確認研究競賽試題、界定目標、完成任務設計，以及決定量化測驗結果的方式之後，即可以此初步試題進行預試。預試對象需和參賽選手的實驗能力相近，並能夠兼顧競賽試題的保密性；研究者應於預試過程中紀錄施測所需的時間、預試對象對於指導語的疑問，觀察實驗室的動線規劃應改善之處，解決或預防可能干擾實作考試進行的因素，並於預試後晤談預試對象，將蒐集的資料作為學術委員會修改試題和施測流程的參考。此外，預試對象的實驗結果分布情形，可作為訂定評分標準的依據。

#### 六、修訂試題與施測流程

研究者彙整預試時發現的問題與結果，向學術委員提出報告，由學術委員對試題內容和施測流程進行修改，力求試題指導語清晰無爭議，描述方式應能廣為不同文化背景的參賽選手所接受，在實作考試中協助選手了解應完成的工作與步驟。以修訂後的試題進行第二次預試，再根據第二次預試所得資料進行試題修訂，如此重複「預試-修訂試題」步驟數次，以確保試題明確無爭議，並具有良好的穩定性。

## 七、確定試題內容及評分標準

經過數次預試和修訂試題後，學術委員會可確定以英文撰寫的試題內容，並參考數次預試對象的實驗成果分布情形，訂定評分標準。與試題準備相關的工作尚有試題內容與實作課程綱要之核對，以及在準備題中提示屬於層級 3 的實驗技巧。

## 八、試題審議

完成競賽的事前準備工作後，學術委員會在第 37 屆 IChO 賽程中的第一次國際評審團會議（1<sup>st</sup> Jury Meeting）中提出實驗試題，由各參賽國教練和 SC 成員共同進行試題審議，內容包括指導語、解答與評分標準，對於疑問之處提出討論和表決修改；通過 IJ 審議的試題為正式施測版本，交付各國教練進行試題翻譯。

## 九、正式施測

實作考試施測時間為五個小時，參賽選手使用翻譯成各國語言的試題，另備有英文正式試題，供選手核對該母語翻譯的正確性；各項安全規定和注意事項，皆詳列於試題本中，並應避免於考試進行時宣布任何事項，減少因語言隔閡造成的誤解或不公平情形發生；此外，監考人員不可於考試期間對選手有所幫助或干擾。

## 十、結果測量與成績仲裁

實作考試完成後，研究者與 IChO 工作人員使用儀器測量選手實驗結果，將實驗結果以實驗數據呈現，再進一步換算為成績，而選手的答案卷由兩位學術委員共同批改，綜合兩個部份的分數即為參賽選手的實作考試成績。各國教練於成績仲裁會上核對主辦國的評

分結果，進行對照、討論與修改，取得雙方共識的成績為選手最後的成績。

## 十一、資料分析

IChO 競賽落幕後，研究者進行試題分析，並將選手的兩個部份實作成績，以及實作和理論考試成績進行分析比較。

### 第三節 研究工具

本節分為研究與競賽使用的儀器和試題分析方法兩部分：

#### 一、儀器設備

1. **核磁共振儀** ( Nuclear Magnetic Resonance Spectroscopy, NMR ) :  
主要使用 JNM-EX400 NMR( 400 MHz ), 另有備用儀器 BRUKER AVANCE 500 NMR( 500 MHz )及 Varian Gemini-200( 200 MHz )
2. **旋光儀**: 使用 Japan JASCO Co. DIP-1010 Digital polarimeter 自動旋光光度計。

#### 二、試題分析方法

##### 1. 鑑別力與難易度指數

研究者參考學者整理之分析公式與方法 ( 林清山, 民 81 ; 簡茂發, 民 91 ; 郭生玉, 民 93 ), 使用 Microsoft Office Excel 應用程式進行試題分析, 列出 225 名參賽選手之實驗一總分與各小題成績, 依實驗一總分由高至低排序, 前後各取 27% 作為高分組和低分組, 兩組人數均為 60 人; 分別求得計算所需的各項參數, 代入公式計算各小題以及總分的鑑別力與難易度指數。

鑑別力指數 (D) 與難易度指數 (P) 分別可由式 3-1 與式 3-2 計算，公式如下所示：

$$D = \frac{S_H - S_L}{N(X_{\max.} - X_{\min.})} \quad (\text{式 3-1})$$

$$P = \frac{S_H + S_L - (2N \times X_{\min.})}{2N(X_{\max.} - X_{\min.})} \quad (\text{式 3-2})$$

公式中各項資料為高分組分數之總和 (S<sub>H</sub>)、低分組分數之總和 (S<sub>L</sub>)、依百分比所得的人數 (N)、本題得分的最高分數 (X<sub>max.</sub>)、本題得分的最低分數 (X<sub>min.</sub>)。

若將式 3-1 與式 3-2 的分子與分母分別除以 N，可解讀鑑別力指數等於高分組平均分數與低分組平均分數之差，再除以分數分布的範圍；而難易度指數則為高分組平均分數與本題最低分的差，以及低分組平均分數與本題最低分的差，求得這兩項差值之平均，再除以分數分布的範圍。求得 D 後，可對照由學者整理的鑑別力評鑑標準，衡量試題的評鑑力優劣，評鑑標準如表 3-1 所示。

表 3-1

*鑑別力的評鑑標準*

鑑別指數	試題評鑑
.40 或以上	非常優良
.30 - .39	優良
.10 - .29	尚可
.01 - .10	不佳
負的	錯誤解答或題目曖昧

資料來源：「教育測驗與評量」，郭生玉，民 93，頁 278。



## 2. 皮爾遜積差相關 (Pearson's product-moment correlation)

運算公式如式 3-3 所示：

$$r_{XY} = \frac{\sum XY - \frac{\sum X \sum Y}{N}}{\sqrt{\sum X^2 - \frac{(\sum X)^2}{N}} \sqrt{\sum Y^2 - \frac{(\sum Y)^2}{N}}} \quad (\text{式 3-3})$$

式 3-3 中  $r_{XY}$  代表相關係數，X、Y 分別代表兩個變數，N 代表樣本數。解讀相關係數時，需考慮樣本大小這項變數的影響，以求得之  $r_{XY}$  對照積差相關係數顯著性臨界值，檢驗相關之顯著性。

## 3. Cronbach's $\alpha$ 係數

Cronbach's  $\alpha$  為其中一種內部一致信度的計算方式，如式 3-4 所示：

$$\alpha = \frac{n}{n-1} \left[ 1 - \frac{\sum S_i^2}{S_x^2} \right] \quad (\text{式 3-4})$$

式 3-4 中  $\alpha$  為估計的信度，n 代表題數， $S_i^2$  代表每一題目的分數變易量， $S_x^2$  代表測驗總分的變異量。

## 4. 斯布公式 (Spearman-Brown formula)

斯布公式可用於校正測驗加長或減短對測驗信度的影響，計算方式如式 3-5 所示：

$$r_{xx} = \frac{nr}{1 + (n-1)r} \quad (\text{式 3-5})$$

式 3-5 中  $r_{xx}$  為估計的信度，r 代表原測驗的信度，n 是測驗加長或減短的倍數。