

3. 研究設計與研究架構

本章主要說明本研究的設計歷程、研究架構、資料蒐集與來源研究對象與背景、資料分析方式，並依據相關文獻分析與探討，再彙整研究團隊之建議，定出以下之研究架構與研究設計。

3.1 研究設計

本研究首先透過問卷測試不同族群的樣本，問卷設計內容則著重在物理性質與變化、化學性質與變化、質量守恆、結構與組成等四種和物質性質與變化相關的概念上。問卷的設計為與教學過程中熟悉的情境和衝突的情境，藉以讓個體在面對問題時，能透過個人價值判斷，形成真正的想法來回答問題。其次將各個族群在問卷上的表現，以頻率(百分比)之量化表現來顯示出各族群的特色，而後從中尋找出各族群對這些概念的認知以及概念上的迷思，進一步做出初步的推論，並形成第二階段工作的方向。

在完成第一階段工作之後，再採用質性的半結構性訪談，並利用錄音的方式進行資料的收集整理，加以分析、歸納、統整及編碼，以期對該族群的概念作深入瞭解與探討，而能釐清在第一階段中待解的問題。本研究的研究歷程，如圖 3.1 所示：

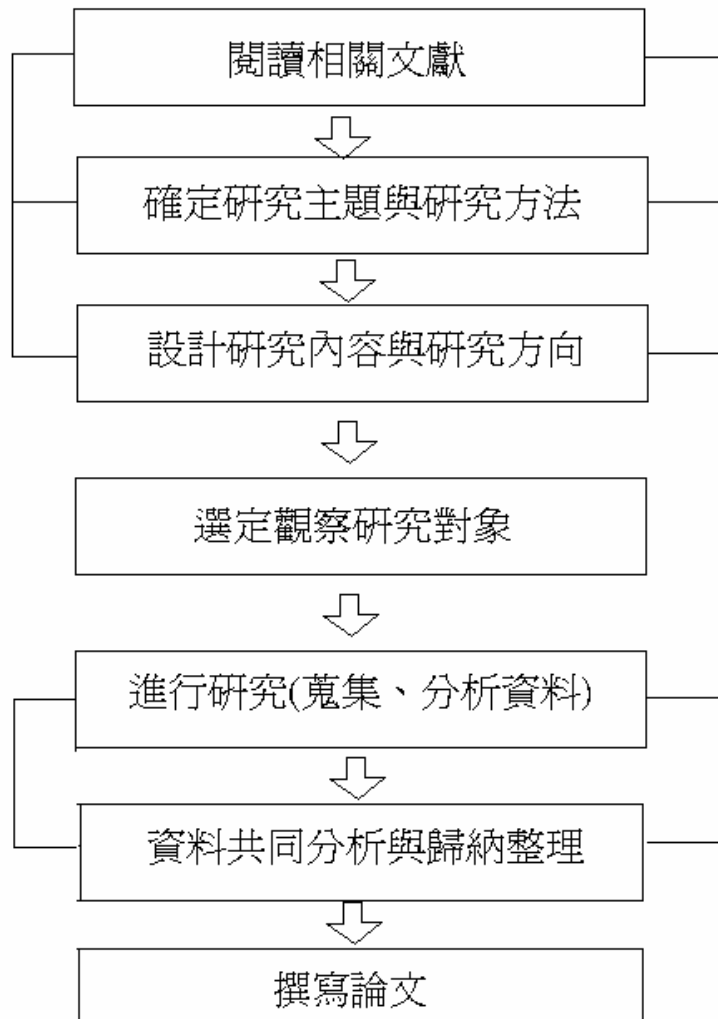


圖 3.1 研究流程圖

3.1.1 準備工作

研究前的準備工作包括閱讀尋找有興趣的研究主題、培養個人建立進行研究的能力(如指導教授的指導、與研究室成員間的相互切磋、相關研究器材的準備)以及相關文獻研究等，並藉由與指導教授的討論及溝通，形成初步的研究構想及研究主題。

3.1.2 設計問卷內容與研究方法

在進入研究之前，研究者首先進行國中教材的審視，並以南一版為主要依據，希冀能從中尋找出研究目標。在經過不斷的與研究團隊的相互檢驗，雖從中發現不少的研究題目，但由於我國目前正面臨新舊教育政策的轉換，教材不再是單一標準，因此便與研究團隊經過一段時間的討論，一致認為有關物理性質與變化、化學性質與變化、質量守恆和結構與組成等四種和物質性質與變化相關的概念是值得研究的題材，因此便開始著手設計問卷內容，問卷設計完成後，經過國中理化教師(理化教學知識專家)審訂並做修改，修正回來後再經過研究團隊討論，再進行少量初測後，經過最後的修改，直到研究目的達成，最後的問卷則呈現在附錄 A 中。

在完成此份問卷資料收集後，進行分析、討論，期望能從中發現值得研究的現象，並從中挑選出第二階段的研究對象，以進行更深入的質性訪談，在此階段進行的是半結構式的事例晤談，晤談的問題先進行過研究團隊討論後，從七、八、九年級中各挑選一位學生出來進行初測，再修改，最後的訪談引導問題呈現在附錄 B 中。

一、第一階段

在此階段所採用的方法為橫斷式調查法(cross-section survey)，在一定的時間內對不同的樣本實施一次調查，樣本層次包括七、八、九年級的國中學生。在獲得物質性質與變化概念的問卷資料後，經由內容分析研究(content analysis research)以質的分析與量化的技巧，對於問卷內容進行有系統的分析《葉重新，2001》。經檢討後，得到初步的結論。在完成此階段後，因所得的結論乃屬推論之結果，因此尚需再挑選出合適的對象以進行質性訪談，以獲得更進一步的佐證。

問卷內容包括 10 題選擇題和 5 題問答題，其中 10 題選擇題包含了物理性質

與變化和化學性質與變化兩種概念。另外，由於物理變化和化學變化有時在同一情況下會同時發生，較難將以完全二分。因此在選擇題中，主要是要分析與探討七、八、九年級的學生在碰到不同狀況時，在物理變化和化學變化上的概念分佈情形，因此在選擇題中並不會有正確答案，而是要看學生在物理變化和化學變化上的判斷而已。

二、第二階段

由第一階段問卷施測得到初步的推論後，確定出第二階段的研究對象。第二階段訪談的擬定被設計為引起學生在這四種不同科學方面的概念：分別為物理性質與變化，化學性質與變化，質量守恆以及結構和組成。七、八、九年級的所有訪談都伴隨著相同的半結構式問題，並且被引導到“實例的訪談”和“事件的訪談”。

訪談作業參考 Kelly(2004)所使用的三種材料為水、醋和蘇打粉，並且將訪談問題專注在這三種材料的概念以及物理和化學變化。在決定好訪談的問題後，先從七、八、九年級中各挑選一位學生進行施測，在經過這個階段的施測後，將訪談問題做一些修正。第二階段的所有談訪皆由研究者進行，最後的訪談指導方針被呈現在附錄 B。

訪談主要由兩個部分組成：第一、訪談學生有關他們對物質組成和結果的概念；第二、要求他們對於物質的合併做預測和解釋。問題故意半開放式的引導學生理解可觀察到的性質和現象，漸進式的探查學生如何理解物質的結構或是解釋合併的現象。因為我們對學生起始的自發概念有興趣，所以我們使用學生較熟悉的物質。因此，所有的學生都會提出一些他們對於這些物質的想法。

在第一部份爲了了解學生對於物質的性質，結構和組成的概念。因此使用水、醋和蘇打粉這三種樣本，我們要求學生對樣本做第一次的描寫並解釋他們認爲樣本是由什麼製成的。如果學生給予一個巨觀的描寫，他們將會再被詢問樣本

是由什麼製成的，以便他們去理解樣本的微觀結構。如果他們提到科學的名詞，像是原子或分子，他們將會再被要求去解釋他們所理解的名詞。只要他們提到跟樣本有關的事情，他們都會被再次的要求去詳細地說明(例如提到蒸發或是溶解時，他們會被再次要求去解釋何謂蒸發或溶解)。

在第二部份爲了解學生對物理和化學變化的概念，並更進一步理解他們對守恆的概念。在這個部分中，我們要求學生去預測如果將水，醋和蘇打粉，這一系列的東西合併在一起後會發生什麼事情，並且在他們親眼看過實際合併後所發生的現象後解釋他們爲什麼會這樣認爲。最初，學生觀察水和醋的混合，接著是蘇打粉溶解在水中。最後，則是將蘇打粉和醋混合在一起。這項作業的順序是將較熟悉和較簡單的反應擺在較不熟悉的合併之前。

和先前一樣，我們對於理解學生最初的自發預測感興趣，像是他們對物質合併後的現象的先備知識。學生被求要去詳細描述和說明他們提到與現象有關的過程。除此之外，學生被要求解釋在最後兩種合併中，蘇打粉很明顯的消失的原因，以決定他們對守恆概念的理解程度。最後，隨著訪談的進行，很明顯的從學生對於溶解和反應這兩種之間是屬於物理變化還是化學變化上感到有問題，因此再詳細要求學生解釋他們所認知的物理變化和化學變化的意義爲何。

3.1.3 研究結束後

進行每次訪談與觀察後，研究者須將所收集資料(錄音)編碼存檔。

一、資料轉錄建檔

將觀察與訪談後所收集到的資料轉錄建檔，以建立完整的個案資料檔案，並作爲研究資料分析時的依據。

二、三角校正法

本研究資料分析與解釋，採用三角校正法(triangulation)來檢驗資料的正確性(Lincoln & Guba, 1995)，利用多種面向所蒐集到的資料(訪談、紙筆測驗等)並透過不同理論架構分析及研究室研究團隊的共同參與討論，才確定整個意義。

三、歸納結果

藉由資料分析與解釋，歸納出研究的結果，綜合所有資料的整理，並將其轉化成學術論文的報告，而開始著手撰寫論文。

四、撰寫論文

3.2 研究架構

本研究主要在探討國中學生在四種物質性質與變化概念上的進展模型，所以本研究的研究架構如圖 3.2 所示：

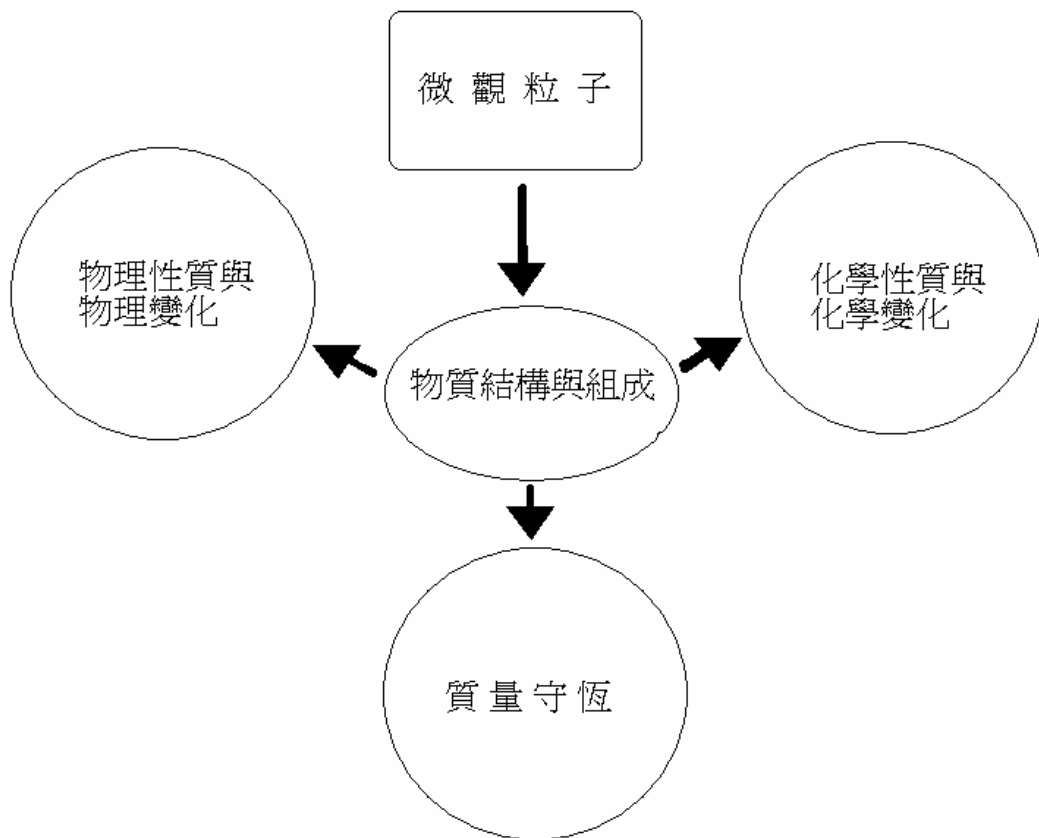


圖 3.2 本研究的基本架構

3.3 資料蒐集與來源

第一階段之問卷資料，在西元 2006 年 4~5 月間對 9 個班級(二所台北縣市的國民中學)進行第一階段的施測問卷。之後，在西元 2006 年 10~12 月間進行第二階段的質性訪談。研究的對象採自願樣本施測，輔以多面向評量模式與蒐集資料，其包括：現場紀錄、訪談、錄音等等資料，作為探討學生在物質性質與變化概念上的理解進展程度(Hartley, 1994; Bryman & Burgess, 1999)。在區域方面中，選定台北縣市兩塊區域，年齡層則選定七、八、九年級的國中學生。

施測的問卷是以紙筆測驗為主。紙筆測驗是一種常被使用來診斷概念的工具，它可以包含各種不同形式的命題方式，它可以涵蓋記憶、理解、應用等不同的學習層次，也可以包括對事實、概念及原理等科學知識與觀察、測量等科學過程的評量。因此，若經由設計良好的測驗，也是一種有效探究學生科學概念的好方法(郭重吉, 1990; 姚錦棟, 2002)。

3.3.1 第一階段

由於研究對象來自兩所國中，其中台北縣的甲國中一個年級有 15 個班，台北市的乙國中一個年級有 4 個班，所以樣本的選取是用抽測的方式進行。甲國中一個年級挑 2 個班級，共 6 個班級；乙國中一個年級挑 1 個班級，共 3 個班級；合計共有 9 個班(N=306)參與第一階段的問卷施測。而為了在分析資料與數據的呈現上更容易分辨，將研究對象所呈現的資料做編碼系統的歸類，每筆資料均給予一組編碼，每一組的編碼由三個部分所形成。在第一部份是從學校所在的縣市上做區別，之後將所在縣市學校的年級做區分，例如：本研究在台北縣市內各挑一所學校進行施測，故區分為台北縣甲國中，台北市乙國中，接著是不同的年級，則會以阿拉伯數字 7、8、9 來代表不同的年級。最後則是班級，分成 A 和 B 兩

個班，如此便好做區別，其歸類如下：

- | | |
|-------------------|-------------------|
| (1) 台北縣甲國中七年級 A 班 | (7) 台北市乙國中七年級 A 班 |
| (2) 台北縣甲國中七年級 B 班 | (8) 台北市乙國中八年級 A 班 |
| (3) 台北縣甲國中八年級 A 班 | (9) 台北市乙國中九年級 A 班 |
| (4) 台北縣甲國中八年級 B 班 | |
| (5) 台北縣甲國中九年級 A 班 | |
| (6) 台北縣甲國中九年級 B 班 | |

之後所分析的資料，便按照上述的編碼系統作區分。舉例如下：「甲 8-A12」便是代表此資料呈現是由台北縣甲國中八年級 A 班的 12 號同學所提供。

問卷施測的時間如下所示：

- 1.位於台北縣甲國中七、八、九年級六個班共 216 人，研究者於 2006 年 4~5 月間，請班級導師於開始上課時，將問卷發給學生進行施測(20 分鐘)。
- 2.位於台北市乙國中七、八、九年級三個班共 90 人，研究者於 2006 年 4~5 月間，請班級導師於開始上課時，將問卷發給學生進行施測(20 分鐘)。

3.3.2 第二階段

第二階段的研究對象，是從第一階段的問卷施測中，挑出合適的學生來做更深入的訪談。學生的挑選主要是以第一階段問卷中的問答題回應資料來做為挑選的考量，因為從問答題的回應中較能看出學生的想法以及口語表達能力，每間學校每個年級會各自挑選出 10 位合適的學生，再經過導師同意且認為合適，而從中挑出 5 位學生，因此在第二階段共有 30 位學生參與訪談。該階段的資料來源共有現場紀錄、訪談、錄音等三種方式。研究過程中，研究者為瞭解研究對象當時的想法而使用訪談作為重要依據；面對不同年級的學生一律使用半結構式的問

題，所有的訪談皆徵得學生同意而錄音。半結構式的訪談是研究者先進一步從想瞭解之部分擬好訪談主題，在訪談過後，將根據受訪者的回答內容而形成新的議題，但不偏離先前所擬定主題方向進行，且非漫無目的之談話，亦非訪談者問一題，受訪者回答一題的結構式訪談。在錄音資料的編碼方面則跟第一階段一樣。

訪談的時間如下所示：

在 2006 年 9~10 月分別到甲、乙兩間國中進行學生的訪談，訪談的時間是在中午午休時間進行，訪談時間大約為 25 分鐘左右。

3.4 研究對象背景分析

本研究在選定研究對象時，必需將研究情境與脈絡考慮進去，最後選定適合的研究對象，以提高研究的信度及效度。

(一)台北縣甲國中

位於台北縣的一所公立國中，其當地人口相較於都市而言是相對較少的。學校的班級規模屬於中班，學校內學生人數屬中等，屬於中型班級的類型，並且教學制度是屬常態編班。學校周邊的生活圈相對較純樸，並且沒有所為的複雜商業生活，整體環境算是相當單純。在學校內，教師與學生互動良好，教師較能照顧得到學生。在教學上，教師希望學生主動探索發現問題，並能獨立思考與自動學習，另外學校也積極推動補救教學系統，徹底貫徹教學目標，帶好每一位學生。除了智育以外，學校的風氣也希望學生往多元化發展，達到五育均衡發展的終極目標。其次，在行政方面，各處室的組長教師之間的做事風格比較有制度化，不隨便了事，並且將事情運用人性化、系統化的方式來處理，整體學校對未來的發展極具有信心。

(二)台北市乙國中

本校是位於台北市之偏南方的一所公立國中，由於位於人煙相較於都市而言是相對稀少的，所以周邊的環境也比較單純。學校內的班級規模屬於小型的，所以在教師的人數上並非很多，但學校內的教師對待學生非常好，會主動關心學生日常課業以及生活，在這所學校之學生的家長對本校很有信心，所以很放心將學生交給學校的老師來管理，學校的教學制度是屬常態編班，故班與班的素質彼此的落差並不會太大，學生平日非常活潑，很有朝氣，並且很有自己的想法，師生之間的互動也非常良好。在行政方面，各處室的組長和教師相互幫忙，所以相處非常融洽。

表 3.1 各學校年級的人數資料表 (N=306)

學校 \ 資料	年級	班級數	人數	男生 人數	女生 人數
台北縣甲國中	七年級	2	66	42	24
台北縣甲國中	八年級	2	72	42	30
台北縣甲國中	九年級	2	78	44	34
台北市乙國中	七年級	1	34	26	8
台北市乙國中	八年級	1	25	17	8
台北市乙國中	九年級	1	31	21	10
合 計		9	306	192	114

3.5 資料分析與評量工具

在分析第一階段的問卷時，將以 Perry(1970)的「認知與道德發展階段論」所發展出來的 Perry 基模(Perry Scheme)做為分析、評量的工具。而在分析第二階段的訪談時，將以 neo-Piagetian 的理論做為分析、評量的工具。

3.5.1 評量工具

本研究分為兩個階段，第一階段為問卷施測階段，在問卷試題中，分為單一選擇題與問答題兩類，單一選擇題以頻率之量化表現；在問答題中，則依據施測對象回答的內容，來進行內容分析。內容分析是以 Perry(1997)的「認知與道德發展階段論」所發展出來的 Perry 基模(Perry Scheme)做為評量工具(陳秋瑛，1992)回答的內容，在不考慮知識使用正確與否的情形下進行分類(黃芳裕，1994；林懿萱，2001；廖國智，2001；陳建宏、黃芳裕，2000；陳建宏，2001；黃芳裕、羅弘志，2002；唐韶鈺，2002；劉佳育，2002)。以下將詳述 Perry 基模(Perry Scheme)的特性及本研究沿用的重心：

Perry 基模是美國者 Perry 經 25 年長時間研究，以約 500 位大學生為樣本，進行長時間訪談，進而形成 Perry Scheme；其以生物成熟為出發點，其後主張個體在成長強調：(一)由絕對到相對。(二)由簡單到複雜。(三)由具體表徵到抽象思維。Perry(1970)認為成熟人格成長階段，應有九個階段。其九個階段分述如下：

一、絕對二元論(basic duality)：

此階段對於知識的主張是絕對存在的，並以善、惡，對、錯區分，且由外界權威確定，也就是絕對服從外在權威。

二、多重前規範(multiplicity prelegitime)：

此階段對權威的力量產生分化，認為不是所有權威都是好的，有些權威是不

好的。

三、多重主僕附屬關係(multiplicity subordinate)：

隨著對知識瞭解的分化，權威產生崩潰，個體發現自我的方向，而對權威的立場加以選擇。此時個體視權威僅是一種理念或引導的方向。

四、多重相關或主僕附屬關係(multiplicity correlate or relativism subordinate)：

在此階段裏，知識的絕對性被自我所分化出的個體間之能力打破，使知識進入相對性的情境並加以組合。在成長的方向，個體必須從相互的個體間去協調、判斷，以取得「相對的知識」。

五、相對關係、競爭或擴散(relativism correlate, competing or diffuse)：

個體的成長，使自我與其他人的自我產生作用。在調整與重組的功能裏，個體人格欲維持完整，個體對知識及代表知識權威產生懷疑，而企圖從不同的權威裏，建構出完整的理論。

六、參與見解的初現(commitments foreseen)：

個體在外界知識或外界知識的代表權威裏，對著自我與其他人的自我和權威間的矛盾、衝突，在情境因素四產生的共識不斷的崩潰，個體被迫在知識的元素或知識元素之關係進行重新構成，在知識內關係的變化，產生自主性的功能，必須對知識進行批判或辯證，而形成自我的認知及價值等。

七、早期的參與見解(initial commitments)：

八、參與見解的啓示及擴充(orientation in implication of commitments)：

九、參與見解的發展(commitments)：

在七、八、九這三個階段，個體以其自主性達成其自我實現的需求，整個過程便是在自由作用下的產物能夠有完整的理論結構和最好的平衡狀況。

國內研究者陳秋瑾《1992》將 Perry Scheme 引入研究中，探討美勞科教師特質表現，其將 Perry Scheme 九個階段轉換為五個層次：

一、絕對二元論：教學過程的重心是「該學些什麼？」，只重視單一實體(知識)的取得

二、多重實體論：重心為「如何學？」，重視如何有效的去取得實體(知識)

三、重視教學目標，重視「教些什麼？或學些什麼？」

四、重視教學和活動，「整個活動的內容和方向的取向」是其重心

五、重視教學活動的過程，在過程裏的重心是「如何選擇和批判？」

並以學生立場、教師立場、教學互動、教學評量和知識價值等面向探究；由其結果發現教師在此面向上的表現，多以第二層次展現為最多。

第一階段的研究分析為依研究的需要並強調 Perry Scheme 在後三個階段所注重的個體自我價值參與的部分，將其根據 Kloss(1994)並作修正，分成以下五個層次(level)(Kloss, 1994)〈林懿萱, 2001; 唐韶鈴, 2002; 黃芳裕, 1994; 廖國智, 2001; 劉佳育, 2002〉：

一、絕對論(dualism)：

個人將知識視為可追求的真理，可分好與壞、對與錯、我們與他們以及成功與失敗，認為所有問題皆有標準答案，階可分出對錯、是非，並且相信現存的理論，服從權威正確的理論，並只有權威知道答案。

二、多重實體論(multiplicity)：

個人認為知識是對事件的看法，當正確答案仍未知時，各種不同的看法、意見存在是合理的，並認為知識沒有單一標準，握有權威的專家並不一定正確，個人可以做出判斷並決定價值所在，沒有錯誤的意見存在。

三、相對論(relativism)：

個人對於不同的意見、價值觀與判斷，懂得衡量證據、區分強與弱的支持。故其認為知識是動態的，沒有固定不變的知識，會因情境的不同而有所變動。

四、個人建構論(commitment in relativism)：

個人除有相對論所主張的廣度外，並懂得提擇、判斷，加入個人的建構觀點同時可將各種不同的觀點經互動的過程內化至個人的心智模型中，從個人內在產生行動力，進行持續的行動、實踐。

五、表現優異，超出預期：

此時個人不僅將各種觀點內化至個人的心智中，產生行動力進行持續的行動、實踐，更可以在不同理想情境中完全不受情意反應影響，理性客觀判斷，呈現出完美、超出預期之表現。

3.5.2 資料分析向度

本研究由於分為兩個階段，因此以下將分成兩階段一一詳敘資料分析的方式。

第一階段：

問卷內容中關於選擇題的部份，是以頻率比的方式來呈現。關於問答題的部份，乃以修正後的 Perry Scheme 所區分的五個層次，作為分析的依據。在此階段的層次將以 A 表示階層一，B 表示階層二，C 表示階層三，D 表示階層四，E 表示階層五。表 3.2 為本研究第一階段的資料評量分析表。

表 3.2 第一階段資料分析表

Perry Scheme 區分層次	
絕對論 (階層 A)	沒有回答或答非所問
多重實體論 (階層 B)	僅就現象的客觀描述，而不加以論斷或單純記錄現象而未解釋
相對論 (階層 C)	以直觀的方式，配合經驗以作為回答的依據或只以單一理論作為□答的依據，然並未充分解釋或完全正確
個人建構論 (階層 D)	依题目的提示，能得到正確的推論或是能自己提出合理的方式而得到正確的結果

表現優異，超出預期 (階層 E)	能考慮到理論與情境的限制，進而擺脫 侷限，得到最完美的狀態
---------------------	----------------------------------

第二階段：

所有的訪談用錄音筆和逐字抄寫紀錄下來。資料經由最初的抄寫後再將每個年級的學生所回答的資料有組織地製成圖表。表格共有六張分別是：

- (1)學生對於物質的最初描述
- (2)學生對於物質組成的概念
- (3)學生對於醋和水混合的概念
- (4)學生對於蘇打粉溶於水中的概念
- (5)學生對於蘇打粉和醋反應的概念
- (6)學生對於物理變化和化學變化的比較

根據先前文獻，我們預期學生在訪談作業中，不但會給予知覺的或巨觀的描寫解釋而且還有潛在的微觀描寫(例如：原子，分子)(Nakhleh & Samarepungavan, 1999)。從這個要點，我們使用一定比較方法在反覆的過程中分析資料。我們試著將學生對於問題的各種概念去發展質的不同類項，分類的過程中會經過指導教授與實驗室研究團隊相互討論直到形成共識。然後再根據那些資料類項將學生的回應逐一做分類。在這些表格中，每個資料類項列成一行，每個年級列成一區以方便對照相同年級的學生所表達的所有意見，並將表格呈現在附錄 C。

3.6 研究之信度、效度

在進行研究準備工作時，經查閱相關文獻，發現兩難式的問題，能獲得受測者在處理問題上的真實表現（陳建宏、黃芳裕，2000；陳建宏，2001；黃芳裕，1994），因而參考此種模式而設計出有關物理性質與變化、化學性質與變化、質量守恒、結構與組成等四種和物質性質與變化相關概念的問卷。經過試測與修改後，在第一階段採取問卷施測的方式以獲得研究資料，並以內容分析的方法，獲得初步的推論。在分析的過程中，我們發現不同的受測群，在這份問卷的表現上，具有一定程度的再現性。但是這個階段所獲得的資料有限，因此將所得的結果列為推論，尚需做進一步的探討。

第二階段則以質的研究方法，進行個別訪談，採取以下方法以提高信度 (Goetz & LeCompte, 1984; Perakyla, 1997)：

1. 研究者須詳細對所處研究情境做記載與說明。
2. 資料的呈現盡量使用原始錄音或觀察記錄資料，少用推論所得的資料。
3. 研究過程中使用錄音機等機械作為記錄資料的工具。
4. 本研究需詳細載明資料蒐集來源、分析方式與構念。
5. 將所得原始資料與具相似研究背景的研究者共同分析，經過評估、討論及分析後，達成相當接近的共同見解，才予以採用。(本研究則與黃教授研究室團隊共同檢證研究結果)

在效度方面則採以下之方法以提高效度 (Goetz & LeCompte, 1984; Perakyla, 1997)：

1. 對研究個案所在學校背景、群體特色加以詳細說明。(以保護個案隱私為原則)
2. 研究者自身立場盡可能保持價值中立，避免個人情緒加入。訪談與資料分析時，並常注意自己是否涉入偏見或不當的情緒，以剛影響研究結果客觀性、正確性。

3.使用三角校正法(triangulation)來檢驗資料的正確性(Lincoln & Guba, 1985)；採用多面向所收集到的資料(問卷資料、現場記錄、深度訪談等)，透過不同理論架構分析及研究團隊的共同參與討論，在達成極相似見解之後，方能確定整個意義。