

國立交通大學

工業工程與管理學系

博士論文

科學與科技研究的知識探索技能之差異性研究

A study on the differences between science and technology
in knowledge inquiry skills

研究生：呂柏輝

指導教授：洪瑞雲 教授

中華民國一〇三年八月

科學與科技研究的知識探索技能之差異性研究
A study on the differences between science and technology
in knowledge inquiry skills

研究生：呂柏輝

Student：Po-Hui Lu

指導教授：洪瑞雲

Advisor：Ruey-Yun Horng



August 2014

Hsinchu, Taiwan, Republic of China

中華民國一〇三年八月

科學與科技研究的知識探索技能之差異性研究

學生：呂柏輝

指導教授：洪瑞雲 博士

國立交通大學工業工程與管理學系博士班

摘要

本研究的目的是探討在科學與科技研究上，人的知識探究行為是否有差異，以及主修知識領域與專業訓練時間對科學與科技知識探究行為的影響。研究中以議題（科學議題、科技議題）、主修領域（科學領域、科技領域）、專業程度（大學生、研究生）三個方式來檢視人們在科學與科技研究上知識探究行為的差異。94名主修科學與科技背景的大學生與研究生被要求審查一個科學和一個科技研究計劃書。知識探索技能是由評論內容中所反應的論證結構（研究價值、解釋、證據、研究方法、反駁方式、異例的偵測）來衡量。結果發現，大學程度以上的學生對科學與科技研究的知識探究行為在論證結構上差異不大，但論證的重點不同，在科學研究，他們較著重學術價值、解釋的完整性、解釋是否存在另有主張、證據的有效性、研究方法的內在效度與外在效度等，且會以另有主張來質疑研究中主張，也會由證據中是否存在異例來探索是否有其他可能的原因。在科技研究，他們著重的是新技術相對於舊技術的實務價值、成本效益、技術可行性，並以主張的解釋品質進行評論。但接受科技教育的參與者，對於證據的要求會因訓練的時間加長而下降。對異例的偵測方面，參與者對科學議題中異例的偵測高於科技議題，但科技背景的研究生偵測到異例的比例偏低；不過他們批評科學議題中未對異例加以解釋的比例卻是最高的，但此批評並不全然正確，顯示隨著科技教育訓練時間增加，學生對證據中的異例的敏感度下降。整體而言，科技研究在對知識正確性的驗證要求上較科學研究低。

關鍵字：科學、科技、知識探索技能、知識論、教育訓練

A study on the differences between science and technology in knowledge inquiry skills

Student : Po-Hui Lu

Advisor : Ruey-Yun Horng

Department of Industrial Engineering and Management

National Chiao Tung University

Abstract

The purpose of the study was to investigate the differences between science and technology in knowledge inquiry skills. Ninety-four undergraduate and graduate students majoring in science or technology were asked to review and comment on two research proposals, one in science and one in technology. Their responses were content-analyzed in terms of argument structure (value, explanation, evidence, research method), method of refutation, and anomaly detection. Results showed that participants adopted similar argument structures when examining science and technology. But compared to the technological issue, they would demand more academic contribution, thorough explanation, evidence, and internal and external validity of research methodology when reviewing the scientific issue. Further, they tended to search for alternative explanations as a method of refutation, and detected more anomaly in data. In contrast, participants would demand more practical contribution, technical feasibility, and cost and benefit analysis when reviewing technology research. The assertion-based refutation was the most common way to refute a technological issue. In addition, the sensitivity to evidence and anomaly seemed to diminish for engineering students as their level of training increased. The results suggest that there are epistemological differences in people's conception of knowledge construction and validation in science and technology, and this difference may be more evident for those with more engineering training.

Keywords : science, technology, knowledge inquiry skills, epistemology, education.

誌 謝

能順利完成學業與這本論文，首先要感謝指導教授洪瑞雲老師的指導。除了在實驗設計、資料整理與分析以及論文寫作等專業方面的指導外，老師的身教更讓我明白一個好的學者對學術研究應有的態度與堅持，以及對社會應有的關懷。老師在平日的討論中，除了為我釐清學問上的疑惑之外，在討論之餘的閒聊，也不吝於分享自己的人生經驗，每一次的討論都讓我有所學習與成長。對我而言，洪老師不只是論文的指導教授，也是人生的益友。

同時也要感謝方聖平老師、王精文老師、林珊如老師、唐麗英老師、以及蔡今中老師於百忙之中審閱論文，並於口試中基於心理學、教育學、實驗設計等專業所提供的諸多寶貴建議，使得本論文的內容得以更加完善。

感謝在輔仁大學任教的倩秀的協助，除了提供實驗場地，更幫忙招募參與者，還要感謝參與實驗的各位輔大同學，因為有你們的參與，才能成就這本論文，謹在此致上最真摯的謝意，謝謝！

感謝人因實驗室的夥伴：世環學姊、家寧學姊、承儀、孟杰、靜云、瑋聖、柔喻、愷伶，在這段求學過程中，除了學問上的彼此討論讓我獲益匪淺外，在實驗資料的分析以及日常生活上也得到大家諸多協助，謝謝你們！

最後要謝謝我的家人。因為你們的支持和包容，我才能全心投入在學業上，並完成這本論文，謝謝你們！

一個研究的完成絕非只靠個人的努力，而是在得到許多大大小小的協助下完成的。謝謝你們！謝謝在這段過程中指導、協助、鼓勵、支持我的師長、同學、家人們！

呂柏輝 謹識

2014年8月19日於交通大學

目 錄

中文摘要.....	i
英文摘要.....	ii
誌謝.....	iii
目錄.....	iv
表目錄.....	vii
圖目錄.....	xiii
一、導論.....	1
1.1 研究背景與動機.....	1
1.2 研究問題與假設.....	5
1.3 變項定義.....	5
二、文獻探討.....	9
2.1 科學與科技的相依關係.....	9
2.2 人對知識的見解的差異.....	10
2.3 科學與科技活動在知識探索上的差異.....	15
2.4 總結.....	24
2.5 知識探究技能的衡量.....	24

三、方法.....	26
3.1 參與者.....	26
3.2 實驗材料.....	27
3.3 自變項操弄.....	28
3.4 應變項的衡量.....	29
3.5 實驗程序.....	39
3.6 實驗設計.....	39
四、結果.....	40
4.1 科學與科技議題的反應總數.....	40
4.2 科學與科技議題的支持意見總數.....	42
4.3 科學與科技議題的反對意見總數.....	42
4.4 支持意見的論證結構.....	45
4.5 反對意見的論證結構.....	51
4.6 論證結構的內容分析.....	58
4.7 論證中的反駁方式.....	90
4.8 對於異例的偵測.....	96
4.9 科學與科技議題的問卷分析.....	102
4.10 科學與科技議題的同意補助程度.....	106
4.11 對科學與科技研究表示同意補助的理由總數.....	108
4.12 對科學與科技研究表示不同意補助的理由總數.....	110
4.13 對科學與科技研究同意或不同意補助理由的內容分析.....	111

五、討論與結論.....	125
5.1 科學與科技知識在知識探究行為上的影響.....	127
5.2 科學與科技教育訓練對知識探究行為的影響.....	133
5.3 總結.....	135
5.4 研究限制與未來研究方向.....	137
參考文獻.....	139
附錄一 科學研究計劃書.....	143
附錄二 科學研究計劃書的論證結構.....	146
附錄三 科技研究計劃書.....	149
附錄四 科技研究計劃書的論證結構.....	152
附錄五 科學研究計劃評論表格.....	155
附錄六 科技研究計劃評論表格.....	161
附錄七 內容分析結果彙整.....	167

表 目 錄

表 2-1	科學與科技活動的常見差異.....	10
表 3-1	科學、科技背景的大學生與研究生的性別人數資料整理.....	26
表 3-2	科學、科技背景的大學生與研究生的年齡資料整理.....	26
表 4-1	議題、領域背景、專業程度對反應總數之敘述統計.....	40
表 4-2	議題、領域背景、專業程度對反應總數影響之變異數分析表.....	41
表 4-3	參與者在科學與科技議題提出的支持、反對意見占反應總數的比例.....	41
表 4-4	議題、領域背景、專業程度對支持意見總數之敘述統計.....	42
表 4-5	議題、領域背景、專業程度對支持意見總數影響之變異數分析表.....	43
表 4-6	議題、領域背景、專業程度對反對意見總數之敘述統計.....	44
表 4-7	議題、領域背景、專業程度對反對意見總數影響之變異數分析表.....	44
表 4-8	議題、領域背景、專業程度對研究價值支持意見數之敘述統計.....	45
表 4-9	議題、領域背景、專業程度對研究價值支持意見數影響之變異數分析表.....	46
表 4-10	議題、領域背景、專業程度對解釋支持意見數之敘述統計.....	47
表 4-11	議題、領域背景、專業程度對解釋支持意見數比較之變異數分析表.....	47
表 4-12	議題、領域背景、專業程度對證據支持意見命題數之敘述統計.....	49
表 4-13	議題、領域背景、專業程度對證據支持意見命題數影響之變異數分析表.....	49
表 4-14	議題、領域背景、專業程度對研究方法支持意見數之敘述統計.....	50
表 4-15	議題、領域背景、專業程度對研究方法支持意見數影響之變異數分析表.....	51
表 4-16	議題、領域背景、專業程度對研究價值反對意見數之敘述統計.....	52
表 4-17	議題、領域背景、專業程度對研究價值反對意見數影響之變異數分析表.....	52

表 4-18	議題、領域背景、專業程度對解釋反對意見數之敘述統計.....	53
表 4-19	議題、領域背景、專業程度對解釋反對意見數影響之變異數分析表.....	53
表 4-20	議題、領域背景、專業程度對證據反對意見數之敘述統計.....	55
表 4-21	議題、領域背景、專業程度對證據反對意見數影響之變異數分析表.....	55
表 4-22	議題、領域背景、專業程度對研究方法反對意見數之敘述統計.....	56
表 4-23	議題、領域背景、專業程度對研究方法反對意見數影響之變異數分析表.....	57
表 4-24	參與者在科學與科技議題的論證結構在支持與反對意見中的分布比例.....	58
表 4-25	參與者對科學與科技議題研究價值的支持意見內容分析彙整.....	59
表 4-26	領域背景、專業程度對學術價值支持意見數之敘述統計.....	60
表 4-27	領域背景、專業程度對實務價值支持意見數之敘述統計.....	60
表 4-28	領域背景、專業程度對研究的原創性及延伸性支持意見數之敘述統計.....	61
表 4-29	領域背景、專業程度於科技議題中對新技術相對上的優點之敘述統計.....	61
表 4-30	參與者對科學與科技議題解釋的支持意見內容分析彙整.....	62
表 4-31	領域背景、專業程度對研究問題的說明清楚反應數之敘述統計.....	63
表 4-32	領域背景、專業程度對科學議題中文獻充分之敘述統計.....	64
表 4-33	領域背景、專業程度對科技議題提出的解釋支持意見項目之敘述統計.....	65
表 4-34	參與者對科學與科技議題證據的支持意見內容分析彙整.....	66
表 4-35	領域背景、專業程度對因存在異例而認為應深入研究之敘述統計.....	67
表 4-36	領域背景、專業程度特有的科學議題的證據支持意見項目之敘述統計.....	67
表 4-37	領域背景、專業程度特有的科技議題提出的證據支持意見項目之敘述統計.....	68
表 4-38	參與者對科學與科技議題研究方法的支持意見內容分析彙整.....	69

表 4-39	領域背景、專業程度對科學議題提出的研究方法支持意見項目之敘述統計.....	70
表 4-40	領域背景、專業程度對科技議題提出的研究方法支持意見項目之敘述統計...	71
表 4-41	參與者對科學與科技議題研究價值的反對意見內容分析彙整.....	72
表 4-42	領域背景、專業程度對學術價值低的質疑之敘述統計.....	73
表 4-43	領域背景、專業程度對實務價值低的質疑之敘述統計.....	74
表 4-44	議題、領域背景、專業程度對道德議題上的質疑之敘述統計.....	75
表 4-45	領域背景、專業程度於科學議題中時間成本的反對意見之敘述統計.....	75
表 4-46	領域背景、專業程度對科技議題提出的研究價值反對意見項目之敘述統計...	75
表 4-47	參與者對科學與科技議題解釋的反對意見內容分析彙整.....	77
表 4-48	領域背景、專業程度對引用文獻問題之敘述統計.....	78
表 4-49	領域背景、專業程度對質疑研究者對異例未提出解釋之敘述統計.....	78
表 4-50	議題、領域背景、專業程度對研究方向的問題與建議的反應數之敘述統計.....	79
表 4-51	領域背景、專業程度對科學議題提出的解釋反對意見項目之敘述統計.....	80
表 4-52	領域背景、專業程度對科技議題提出的解釋反對意見項目之敘述統計.....	81
表 4-53	參與者對科學與科技議題證據的反對意見內容分析彙整.....	82
表 4-54	領域背景、專業程度對證據的有效性之敘述統計.....	83
表 4-55	議題、領域背景、專業程度對偵測到證據存在異例之敘述統計.....	83
表 4-56	議題、領域背景、專業程度對應變項測量的問題之敘述統計.....	84
表 4-57	領域背景、專業程度對過去研究樣本的問題之敘述統計.....	84
表 4-58	參與者對科學與科技議題研究方法的反對意見內容分析彙整.....	86
表 4-59	議題、領域背景、專業程度對質疑樣本之敘述統計.....	87

表 4-60	議題、領域背景、專業程度對質疑應變項衡量方式之敘述統計.....	87
表 4-61	議題、領域背景、專業程度對質疑研究方法的說明不詳細之敘述統計.....	88
表 4-62	領域背景、專業程度對科學議題提出的研究方法反對意見項目之敘述統計....	88
表 4-63	領域背景、專業程度對科技議題提出的研究方法反對意見項目之敘述統計....	89
表 4-64	議題、領域背景、專業程度對主張解釋有缺陷的反對意見數之敘述統計.....	90
表 4-65	議題、領域背景、專業程度對主張解釋有缺陷的反對意見數之變異數分析表.	91
表 4-66	議題、領域背景、專業程度對證據的缺陷反對意見數之敘述統計.....	91
表 4-67	議題、領域背景、專業程度對證據的缺陷反對意見數之變異數分析表.....	92
表 4-68	議題、領域背景、專業程度對邏輯上的錯誤反對意見數之敘述統計.....	92
表 4-69	議題、領域背景、專業程度對邏輯上的錯誤反對意見數之變異數分析表.....	93
表 4-70	議題、領域背景、專業程度對另有主張數之敘述統計.....	94
表 4-71	議題、領域背景、專業程度對另有主張數之變異數分析表.....	94
表 4-72	參與者在科學與科技議題的反對方式在反對意見中的分布比例.....	95
表 4-73	議題、領域背景、專業程度對異例反應總數之敘述統計.....	96
表 4-74	議題、領域背景、專業程度對異例反應總數之變異數分析表.....	97
表 4-75	議題、領域背景、專業程度對偵測到證據中存在異例之敘述統計.....	97
表 4-76	議題、領域背景、專業程度對偵測到證據中存在異例之變異數分析表.....	98
表 4-77	議題、領域背景、專業程度對批評研究者對異例未提出解釋之敘述統計.....	99
表 4-78	議題、領域背景、專業程度對批評研究者對異例未提出解釋之變異數分.....	100
表 4-79	議題、領域背景、專業程度對參與者於計劃書內容評論之敘述統計.....	102
表 4-80	議題、領域背景、專業程度對參與者於計劃書內容評論之變異數分析表.....	103

表 4-81	議題、領域背景、專業程度對參與者認為證據存在另有解釋之敘述統計.....	105
表 4-82	議題、領域背景、專業程度對參與者認為證據存在另有解釋之變異數分析..	105
表 4-83	議題、領域背景、專業程度對同意補助程度之敘述統計.....	107
表 4-84	議題、領域背景、專業程度對同意補助程度之變異數分析表.....	107
表 4-85	議題、領域背景、專業程度對同意補助理由總數之敘述統計.....	108
表 4-86	議題、領域背景、專業程度對同意補助理由總數之變異數分析表.....	109
表 4-87	議題、領域背景、專業程度對不同意補助理由總數之敘述統計.....	110
表 4-88	議題、領域背景、專業程度對不同意補助理由總數之變異數分析表.....	111
表 4-89	參與者同意對科學與科技議題提供補助理由的內容分析彙整.....	112
表 4-90	領域背景、專業程度對研究具學術價值意見之敘述統計.....	113
表 4-91	領域背景、專業程度對研究具實務價值之敘述統計.....	113
表 4-92	領域背景、專業程度對同意意見中研究可行性之敘述統計.....	114
表 4-93	領域背景、專業程度對同意意見中研究值得嘗試之敘述統計.....	114
表 4-94	領域背景、專業程度對科學議題計劃書內容完整之敘述統計.....	115
表 4-95	領域背景、專業程度對科技議題同意意見中研發效益之敘述統計.....	115
表 4-96	參與者不補助科學與科技研究的理由的內容分析彙整.....	117
表 4-97	議題、領域背景、專業程度對反對意見中提及研究計劃內容不完整之敘述..	118
表 4-98	議題、領域背景、專業程度對反對意見中提及實務價值低之敘述統計.....	119
表 4-99	議題、領域背景、專業程度因研究方法有缺陷而不補助之敘述統計.....	119
表 4-100	議題、領域背景、專業程度對反對意見中證據中存在異例之敘述統計.....	120
表 4-101	議題、領域背景、專業程度對反對意見中提出另有主張之敘述統計.....	120

表 4-102 領域背景、專業程度對科學議題提出的反對意見項目之敘述統計.....122

表 4-103 領域背景、專業程度對科技議題提出的反對意見項目之敘述統計.....123

表 5-1 議題、領域背景、專業程度對知識探究技能之顯著差異結果彙整.....126



圖 目 錄

圖 4-1	議題與專業程度對支持意見總數之交互作用圖.....	43
圖 4-2	議題與專業程度對對研究價值的支持意見數之交互作用圖.....	46
圖 4-3	領域背景與專業程度對解釋支持意見數之交互作用圖.....	48
圖 4-4	議題與專業程度對解釋反對意見之交互作用圖.....	54
圖 4-5	議題與專業程度對證據反對意見之交互作用圖.....	56
圖 4-6	議題與專業程度對另有主張之交互作用圖.....	95
圖 4-7	領域背景與專業程度對偵測到證據中存在異例之交互作用圖.....	99
圖 4-8	議題與領域背景對批評研究者對異例未提出解釋之交互作用圖.....	101
圖 4-9	議題與專業程度對批評研究者對異例未提出解釋之交互作用圖.....	101
圖 4-10	議題與專業程度對計劃書內容評論之交互作用.....	104
圖 4-11	領域背景與專業程度對同意補助程度之交互作用圖.....	108
圖 4-12	議題、領域背景與專業程度對同意補助理由總數之交互作用圖.....	110

一、導論

1.1 研究背景與動機

科學活動或科技活動是人類建構知識的兩個重要方式。科學知識的探究活動是以系統化方法找出日常生活中發生的現象背後的因果關係，其目的在於建立形成現象背後的相關法則。例如牛頓因為看到落下的蘋果，好奇為何蘋果會向下掉，而非往上飛，因而進行一系列的研究，發現蘋果會向下掉落是因為受到地心引力的影響。科技的知識探究活動則是著重於在當前環境下，如何運用既有知識（主要為科學知識）來解決日常生活當中的問題。例如愛迪生利用鎢的高熔點特性，將其作為燈絲，進而提升燈泡的使用壽命。由於科學活動與科技活動所得到的成果皆對人類文明發展有相當大的貢獻，因此科學知識與科技知識皆成為人類教育中相當重要的內容。然而科學與科技在日常生活中常被視為是相同的知識，除了在語言上混為一談外，在教育上也沒有明顯區隔。但就科學與科技活動所建構出的知識形式來看就有很大的不同，科學所建立的知識為抽象的法則，科技所建立的知識則是具體的成品或技術。從創造的觀點來看，科學的創造被稱為發現，如：牛頓「發現」地心引力，科技的創造則稱為發明，如：愛迪生「發明」電燈，可見科學與科技之間仍存在一些不同之處。不過科技活動中應用的知識主要為科學知識，顯示這兩種知識建構活動之間亦存在相依關係。本研究的目的即在探討科學與科技知識在知識探究過程上的相同與相異之處，期能對科學與科技的教育有所貢獻。

科學與科技活動都是屬於知識建構的活動，但由於重視的目標不同，進行知識探究的方式不同，使得建構出的知識性質亦存在差異。對於長期從事科學與科技活動的從業人員而言，其對於知識的認識很可能因為科學與科技活動的差異而存在不同。人對於知識的認識屬於知識論（epistemology）的探討內容，知識論涉及人對於知識本質的信念以及人如何知道（Hofer & Pintrich, 1997），也就是人對於所謂有效知識的信念。

由於人對於知識的信念是由經驗及教育訓練所發展出來，因此個人的知識領域不同，很可能使其個人知識論發展造成差異，例如 Jehng, Johnson, & Anderson (1993)曾根據參與者所屬的科系，將工程、企管、社會科學、藝術、人文出身的大學生及研究生的

主修領域分為硬領域 (hard field) 和軟領域 (soft field) 兩組，硬領域包含工程及企管，軟領域則包含社會科學、藝術、人文，他們要求兩組參與者填寫 Schommer (1990) 的知識論評量問卷，比較學生主修的知識領域對於個人知識論的關聯，結果發現軟領域的學生比硬領域的學生更傾向相信知識具不確定性，他們較依靠獨立推論能力以獲得知識，並不認為知識可以快速習得。Paulsen & Wells (1998) 的研究則將工程、企管、社會科學、自然科學、藝術、人文出身的大學生的主修領域分為純理論 (pure) 及應用 (applied) 兩類，其中純理論包含自然科學、社會科學、人文、藝術，應用包含工程及企管，他們要求參與者填寫 Schommer (1990) 的知識論評量問卷，探討學生主修的領域是否會影響其個人知識論發展。結果發現，純理論領域的學生比應用領域的學生更傾向相信知識是具有關聯性、抽象的形式，他們也認為知識存在不確定性，是暫時性的存在，而且知識的學習並非一蹴可及。由 Jehng, Johnson, & Anderson (1993) 及 Paulsen & Wells (1998) 研究可知個人的知識領域與知識論發展之間存在關聯。由於科學活動與科技活動建構出的知識性質不同，科學知識是抽象的法則，科技知識則是具體的產品。因此科學與科技的從業者對於知識的認識存在差異，科學領域的工作者較相信知識彼此之間具有關聯性，是抽象的形式，且為暫時性的存在，科技領域的工作者則相信知識是確定、片段且容易理解的形式。本研究把參與者的主修領域分為科學和科技來探討不同知識領域的差異對知識探究行為的影響。

一個人對於知識的信念與理解主要是經由個人經驗、教育發展而成，Perry (1970) 曾利用十年的時間，追蹤訪問 112 位哈佛大學學生，探討他們在大學四年間對於自己的知識看法所抱持的信念，以及這些信念在接受大學教育過程中的變化。他發現人的個人知識論的發展可分為三個階段，在大學一年級時期，學生對於知識的信念屬於二元論 (dualistic)，這時的學生認為知識不是對的就是錯的，只相信一些簡單的知識，並相信專家或權威者傳授的知識內容。在大學一年級至三年級的求學過程中，學生對於知識的信念逐漸由二元論轉變為多元論 (multiplistic)，學生在此時開始發覺知識並非是絕對的對錯，任何論點可由不同的角度解釋，且認為任何人都能有自己的想法，並能開始質疑專家或權威者傳授的知識，而在大學三年級至四年級的求學階段，學生對於知識的信念

則逐傳由多元論轉變為相對論 (relativism)，此時學生已明白事情的是非對錯是基於某個特定的背景條件下所成立，也明白所有的知識皆需透過一套合理的法則進行驗證，以確認其真偽。因此除了主修領域外，本研究也透過參與者所接受的專業訓練長短來探討不同知識領域的大學生與研究生在知識探究行為上的差異。

從問題解決的角度觀之，科學與科技活動在知識探究的過程上存在明顯的差別 (Schauble, Klopfer, & Raghavan, 1991; Zimmermen, 2000)。例如，Schauble, Klopfer, & Raghavan (1991)曾針對科學活動和科技活動在處理問題的差異進行比較，她們認為科學活動的目的是建立形成現象背後的相關法則，因此當科學家面對一個未知現象時，他必須對現象進行充分的觀察後，再根據個人經驗與既有知識推論觀察所得的資料背後之間是否存在共同特性，提出初始假設。接著設計實驗以確認假設能否被客觀的證據支持。在進行實驗前，科學家需預測當假設為真時，可能出現的實驗觀察值為何，並在嚴謹的控制條件下進行實驗以獲取觀察值。獲得觀察值後，科學家除了確認觀察值與預期結果是否一致外，也必須對實驗結果提出解釋，若實驗結果與假設不一致時，必須整合既有的觀察資料與實驗所得的資料，進行修正或建立新的假設，之後再針對新的假設提出預期結果並進行實驗以驗證其是否正確。科學活動成果是一些抽象的法則，可用來解釋、預測現象。為了獲得有效的科學法則，科學家在研究的過程中會盡可能排除不可能的解釋，透過實驗檢驗各種可能的變項組合並進行測試，逐一排除無關聯的變項，並需對在資料搜尋的過程中發現的與當前假設不一致的各種異例提出解釋及驗證，以確保最終結論能正確解釋現象的發生原因。只有當科學家判定資料中所有可能的疑點皆排除後，方能停止探究的活動，並歸納實驗結果提出結論。相對的，科技的目的則是利用現有知識解決當前存在的問題。當工程師面對問題時，他會先確認問題中的功能需求，再找出影響此功能需求影響較大的變項，之後從這些變項的組合中搜尋可行解，並進行測試，若找到最符合需求的變項組合時，眼前的問題得以解決，即可停止解答的搜尋。由此可知，科學活動在問題解決過程中著重於確認變項之間的關聯性，透過排除無關變項的方式，以逐步確立變項間關係的存在與否，以提供所觀察到各種已知現象的合理解釋，科學活動的最終目的在找出解釋現象背後的共同法則。而科技活動在問題解決過程中著重於滿

足當前功能需求，若變項組合可以符合預期效果時，便視為已經找到一個解答，即可停止搜尋解答。由於科學與科技研究的目的以及解決問題時所使用的方式皆存在不同，因本研究預期，當人們在評論科學與科技研究時，對於二種研究的研究價值、解釋、證據及研究方法時，也會有不同的著重方向。

由科學與科技知識探究歷程可知，科學與科技知識探究的主要差異在於異例的偵測以及另有主張的關注。所謂異例是指與預期結果不一致的案例，科學家必須重視異例的發現，因為異例的存在可以證偽（falsify）當前的假設之外，也顯示科學家個人的相關既有知識可能存在不完整或錯誤之處。因此為了得到合理且完整的解釋，科學家就所有可能的變項組合進行測試，逐一排除無關聯的變項的同時，必須盡可能找出與當前假設不一致的各種異例，並針對這些異例提出解釋及驗證，以確保最終結論能充分解釋現象的發生原因。但是科技活動屬於目標導向，僅著重於可以滿足目標需求的變項，只要變項組合符合預期，便視問題已經得到解決。由於在可行解的搜尋過程中只著重於與目標相關的變項，因此搜尋到的變項組合與科學活動相比便較有限，而且在驗證上也僅確認變項組合能否產生預期的功能，也就是相關性的確認以及證真的測試（confirmation），並未確認變項與產生的功能之間是否存在因果關係，因此偵測到異例的機會也較科學活動低。此外從科學活動與科技活動的問題解決過程可知，科學活動為了確保最終提出的法則可以合理說明現象發生的原因，因此科學家必須盡可能找出所有可能的變項組合逐一測試，所以相當注重是否存在另有主張。但是科技活動考慮的是變項組合是否能滿足問題需求，因此工程師僅針對與問題需求相關的變項組合進行測試，不需要像科學家一樣重視另有主張。因此本研究預期參與者對於科學與科技研究進行知識探究活動時，他們對於科學議題提出的另有主張數將明顯高於科技議題，而且在評論科學議題時偵測到異例的次數也將明顯高於科技議題。

然而截至目前為止，直接對科學與科技間在知識探究技能上的探討還非常有限。因此本研究以主修科學與科技領域的大學生及研究生做為參與者，請他們針對一個科學研究議題及一個科技研究議題提出評論，以此比較科學與科技的在知識探究技能上的差異。根據 Jehng, Johnson, & Anderson (1993)、Paulsen & Wells (1998)、Perry (1970)及

Schauble, Klopfer, & Raghavan (1991)的研究，本研究預期主修科學與科技領域的大學生與研究生，他們在對研究計劃提出評論時，其知識探究技能可能將因議題、主修領域、專業訓練時間不同而出現明顯差異。

1.2 研究問題與假設

本研究的目的是探討人們對於科學與科技研究的知識探究行為的差異，以及人們的主修知識領域與專業訓練時間對其從事知識探究行為的影響。研究中以議題（科學議題、科技議題）、領域背景（科學主修、科技主修）、專業程度（大學生、研究生）做為操弄知識領域差異的方式。研究問題及對應的假設如下：

問題一：面對科學與科技二種不同研究議題時，人的知識探究行為是否存在差異？

對應假設：人對科學與科技二種不同的研究議題的知識探究行為明顯不同。

問題二：受過科學與科技領域背景訓練的人的知識探究活動是否存在差異？

對應假設：科學與科技領域的人的知識探究活動存在明顯差異。

問題三：專業程度高、低者在知識探究活動上是否存在差異？

對應假設：專業程度高、低者在知識探究活動的表現上存在明顯差異。

1.3 變項定義

1.3.1 自變項：

議題。分為科學研究及科技研究兩種議題。科學活動是在探討變項之間的因果關係，研究中科學研究計劃探討的議題為除草劑是否會影響青蛙的性別發育。科技活動則是應用既有知識完成特定目標，根據科技活動的定義，研究中科技議題探討的研究計劃是應用甲蟲的身體結構知識與電子控制技術開發結合機器的生化甲蟲。每位參與者皆須完成這兩份研究計劃的評論作業，評論的順序以隨機方式決定。

學術領域背景。分為科學及科技兩種教育背景。主修科學領域的參與者主要來自同一所大學的物理系、化學系、公共衛生系、心理系等自然科學或社會科學相關學系的學生，科技領域的參與者則為來自同一所大學的電機系、資工系、資管系等工程相關學系

的學生。

專業程度。分為大學生組及研究生組兩種。大學生組主要為大學一年級及二年級的學生。這些學生對自己主修領域內的相關知識及方法只有初步的涉獵，擁有書本上的抽象知識，較缺乏實際研究的經驗。研究生組則為已就讀研究所一年級下學期與二年級的研究生，以及就讀博士班的博士生。這些學生都已接受過初步的專業研究訓練。

1.3.2 應變項

本研究的應變項是知識探究技能。知識探究技能是指人面對一資訊時所產生的內在知識搜尋、關聯、及整合的認知活動。本研究透過參與者評論科學與科技研究計劃時的文字反應資料來衡量參與者在知識探究行為上的差異。知識探究行為是由參與者的文字反應資料中所顯示出來的論證結構、反駁方式、及對於異例的偵測等三個向度來衡量，除了文字反應資料外，這些變項也由參與者完成評論後所填寫的問卷，以及對科學與科技研究計劃所提出的同意補助程度、同意補助理由數及不同意補助理由數等加以衡量，依序說明如下。

1、論證結構

論證結構是構成良好論證的條件，對一個主張的論證必須包含解釋、證據以及證據取得方式是否恰當等 (Toulmin, 1958)。本研究據此將評論的項目分為研究價值、解釋、證據、研究方法四個向度，參與者在評論科學或科技議題時，皆須對這四個項目提出支持意見與反對意見，之後以內容分析抽取相關變項分別計算各類反應的次數。

研究價值。指參與者對於科學及科技研究對人類所能做的貢獻所提出的評論數，分為肯定研究貢獻以及質疑研究貢獻的意見。

解釋。指參與者對於科學研究計劃書中對於問題與假設的推導是否可以成立，推導過程中引用的文獻是否充分所提出的支持意見數與反對意見數。

證據。為參與者對於科學研究計劃書中引用的實證資料是否能回答研究問題與假設所提出的支持意見數與反對意見數。

研究方法。指參與者對科學與科技研究計劃書中所提出的研究方法能否達成目的所

提出的支持與反對意見數。

2、反駁方式

證偽是知識探究的核心技巧 (Popper, 1959; Kuhn, 2000)，證偽在行為上顯性的方式是對一個意見的反駁，不論是對一主張提出反對意見或駁斥，都是對一個意見成立的有效性提出質疑，此質疑必須有所依據。本研究參考 Shaw (1996)的研究，將反駁的方式分類為主張解釋存在缺陷、證據存在缺陷、論證邏輯錯誤以及另有主張的反駁等四類，並根據這四類計算參與者在科學與科技議題中所提出的反對意見的反應次數。其中主張解釋有缺陷是指參與者對於研究者提出的主張的前提、結論或解釋是否恰當提出質疑的反應數；證據的缺陷是指參與者質疑研究者引用的證據的正確性的反應數；論證邏輯上的錯誤是指參與者偵測到研究者的推論出現前後不一致或結論與證據不一致而提出的質疑的反應數；另有主張是指參與者對於研究計劃書中的因果關係，提出其他的可能性的反應數，例如農業區的除草劑不會只有草脫淨，可能是其他藥劑和草脫淨產生作用，影響青蛙的性別發展。

3、對於異例的偵測

異例是指與研究者的主張不一致的證據。在科學與科技研究計劃書中，皆包含異例。而參與者的文字反應中提及這些異例的反應比例。

4、問卷評分

參與者在完成研究計劃的評論作業後，需填寫一份問卷，對研究內容以 6 點量表的方式進行評分。問卷共包含 8 個評分項目，依序為：(1) 研究問題具有學術或實務價值，(2) 計劃主持人對於該研究問題的研究文獻有足夠掌握，(3) 研究問題推導無誤，(4) 研究假設所依據的理由充分，(5) 研究問題的推導根據有效的證據，(6) 計劃主持人所提出的假設有充分證據為基礎，(7) 引用的證據存在其他不同的解釋，(8) 研究方法可以有效地回答計劃主持人所提出的問題。

參與者對於科學研究的問卷反應資料經因素分析後萃取出兩個因子，因子 1 的內容包含第 7 題以外的所有項目，因這 7 題均在詢問參與者對於計劃書內容的看法，故命名為「對計劃書內容的評論」，因子 2 的內容僅包含第 7 題，故依據該題題目命名為「證

據存在另有解釋」。科技研究的問卷反應資料的因素分析結果與科學研究相同。本研究根據因素分析的結果，計算參與者對於科學與科技議題的計劃書內容的評論（因素 1）以及引用的證據存在其他不同的解釋（因素 2）的分數。

5、同意補助意願及理由

參與者在完成研究計劃的評論後，須以 0~100% 的形式，提出自己願意對該研究計劃提供補助的程度。之後需說明同意補助或不同意提供補助的理由。參與者對科學議題及科技議題所提出的同意補助以及不同意補助理由經內容分析後，分別計算其同意補助及不同意補助理由的反應次數。



二、文獻探討

知識是指人對於外在事物的認識。哲學家一般認為構成有效知識的基本要件有合理 (justified)、合乎事實 (true)、與可相信 (belief) 等三個要素，人需透過知識探究活動建構出符合這三個要素的知識。所謂知識探究是指人面對一資訊時所產生的內在知識搜尋、關聯、及整合的認知活動。科學與科技是人類建構知識的兩種主要活動。科學知識著重於由日常生活中經歷的現象去反推現象背後的法則，建立的知識為抽象的法則，例如法拉第於市場看到肉販將腐壞的臭肉丟掉，因此好奇為何肉放久會發出臭味，而進行一系列的實驗，結果發現肉會發臭、腐壞與其本身含水量有關，肉的含水量愈高，愈不容易保存，導致臭味的產生，而含水量本身便是現實生活中無法直接看到的抽象法則。科技知識則是應用已知的知識解決日常生活中的問題，建立的知識為實體的產品。例如法拉第為了協助蛋農測量雞蛋的新鮮程度，他利用雞蛋不新鮮時會釋放出硫化氫的特性，設計出硫化氫測定器，使蛋農能在不需要打破雞蛋的狀況下得知雞蛋的新鮮程度，而硫化氫測定器本身便是一個真實生活中可以直接看到的產品。

在日常生活中可觀察到科學與科技活動存在一些不同之處，網站 Diffen 整理科學與科技活動常見的差異，列於表 2-1。由表 2-1 可知，雖然科學與科技的出發點皆為探索並建立可靠且有用的知識，然而這兩種知識建構活動著重的重點不同，產生的知識形式也存在不同，因此從事科學活動與科技活動的科學家及工程師對於知識的認識可能存在不同，而且他們從事知識探究的歷程也可能不同。以下將說明科學與科技知識彼此之間的相依關係，接著針對主修科學與科技的人對於知識的可能看法以及他們從事知識探究歷程的差異進行探討：

2.1 科學與科技的相依關係

科學與科技並非是完全獨立的兩個知識領域，二者之間其實存在著極大的關聯，我們解決一個實務上的問題所需的知識也不都全是科學知識或科技知識。例如在解決科學問題時，必須針對現象進行觀察，但是有些現象的觀察（如天文觀測、觀察深海地層變

化等)需要藉助特殊設備如天文望遠鏡、深海攝影機、顯微鏡等,而這些相關設備的開發即屬於科技問題的範疇。此外在實驗設備與實驗環境的建置上同樣會面臨同樣的情形,如無塵室、溫度與濕度的控制。而在科技問題中,參數的定義更是來自科學問題中得到的知識,例如若要發展一個針對駕駛疲勞的偵測與警告系統前,則必須先了解人會疲勞的背後原因為何?當人感到疲勞時會出現哪些生理現象?車內環境與駕駛人的疲勞是否存在什麼關係?這些問題都屬於科學問題的範疇,若沒有這些科學知識,就無法決定疲勞訊息的偵測指標,更無法定義應該發出警告的閾值為何。由此可知不論任何問題,都需要同時應用科學或科技知識,二者之間對於問題解決存在著相輔相成的關係。

表 2-1 科學與科技活動的常見差異

	科學	科技
目的	求知 (knowing)	製作 (doing)
任務	搜尋現象背後的因果關係	開發新的工具 (技術)
結果形式	提出價值中立 (value-free) 的陳述	具高度價值 (value-laden) 的活動
建立 (開發) 方法	透過實驗以進行探索	設計、發明、生產
對品質好壞的看法	基於合理的理論與正確的資料	基於不完整的資料與類似的情境下做出好的決策
提出結論	提出結論	提出結論
所需技能	實驗的方法論與邏輯技能	設計、建構、測試、規劃、品質管理、問題解決、決策以及人與人之間的溝通能力

資料來源：http://www.diffen.com/difference/Science_vs_Technology

2.2 人對知識的見解的差異

在哲學的領域中,認識論是在探討構成有效的知識的要件為何。在認識論的探討上,哲學家一般同意,構成有效知識的基本要件有三:合理(justified)、合乎事實(true)、

與可相信 (belief)，也就是一個可靠、有效的知識必須能為當事人所相信、有實證的資料可證明其存在、與已知各種事理不相違背。這三個條件是人們用來檢驗人類建構出來的各種新知的有效性的要件，不論是科學或科技活動所建構出來的知識都必須符合這三個條件。

知識論(epistemology)涉及人對於知識本質的信念以及人如何知道(Hofer & Pintrich, 1997)，也就是人對於所謂有效知識的信念。一個人對於知識所抱持的看法，可能會影響他求知的方式或對於問題的理解，Schommer (1990)在研究中以五個構面來定義個人知識論，分別是：知識結構性、知識確定性、知識的來源、獲得知識的控制及獲得知識的速度。其中知識結構性是指個人對於知識本身架構的看法，有人將知識結構視為是片段、具體且易為人所知的形式；或是認為知識結構是具有關聯性、抽象的形式。知識確定性是指個人對於知識本身可靠性的看法，有人相信知識是固定且不會改變的；或是相信知識存在不確定性，是暫時的存在。知識的來源是指獲得知識的方式，有人相信知識是由外部（如專家）獲得；或是相信知識是由個人基於自己的經驗和推理能力建構出來的。獲得知識的控制此一構面是指個人對於自己能力的看法，有人相信獲得知識的能力是天生注定；或是相信能力是可以透過後天訓練改善。而獲得知識的速度是指個人對於學習的信念，有人相信知識可以快速取得；或相信知識的習得需要循序漸進。Schommer 以 149 個大學生與 117 位專科學生對於個人知識論的看法進行因素分析後，僅得到相信天生能力、簡單知識、快速學習與確定知識四個個人知識論的向度。她的研究也發現這四個個人知識論向度的差異可預測學生們對於科學議題進行評論的表現差異。若學生相信知識是確定的存在且可以快速習得，他們會做出偏向絕對論且過度簡化的結論，且對自己的結論有過高的信心。

Schommer 為了進一步探討人對不同知識的知識論是否存在差異，將參與過先前實驗的 86 位專科學生分為兩組，其中 41 位參與者閱讀一篇心理學相關文章（探討關於人的攻擊行為的四個理論），45 位參與者閱讀一篇營養學相關文章（探討維他命 B-6 每日的建議攝取量及最近研究發現維他命 B-6 可能對鐮刀型貧血、氣喘、經前症候群等患者有幫助等議題），兩篇文章都沒有包含結論。當參與者閱讀完文章後，首先須針對個人

信心，以參與者對於文章的理解程度進行評分。並須告知個人曾經修過與該篇文章所屬學門相關的課程，以確認其既有知識，接著參與者針對先前閱讀文章的論點，以手寫方式提出個人結論。提出結論後，參與者接著進行學科知識的熟練度測驗，測驗內容由 10 題複選題組成，題目內容主要為課堂上常見的問題，完成後即結束實驗。結果發現，若參與者修過的相關課程越多，他們會做出較多暫時性的結論。但是參與者對心理學與營養學的看法並未存在顯著差異。

Schommer & Walker (1995) 為了再次確認人對不同的知識領域的影響是否存在差異，將 95 位大學生分為兩組，39 位大學生閱讀一篇社會科學相關文章，文章內容主要探討語言發展的基本概念，如單字階段、樞紐字、過度類化等；56 位大學生閱讀一篇數學相關文章，文章內容主要探討基本統計概念，如集中趨勢測量數及變異數等。當參與者閱讀文章前，他們需填寫一份個人知識論評量問卷，問卷內容延用自 Schommer (1990) 的研究中所使用的問卷，根據被分配到的學門，參與者會被要求以數學或社會科學的觀點回答問卷的問題，填寫完問卷後，才開始閱讀文章，閱讀完成後可休息 10 分鐘，休息結束後，參與者需進行填空測驗以調查其既有知識，之後再進行閱讀文章的相關測驗，測驗結束後，參與者需再填寫一次個人知識論問卷。結果並未發現參與者對社會科學與數學的看法存在顯著差異。

Hofer (2000) 為了確認人對不同學門的知識論是否存在差異，要求 326 位修讀過心理學的大學一年級學生填寫兩份個人知識論問卷，這兩份問卷是針對心理學與科學所設計，問卷內容包含知識的確定性／簡單性、知識的確認、知識的來源、對獲得真知的理解等四個項目。其中知識的確定性／結構性是指參與者是否認為知識是確定且容易為人理解；知識的確認是指參與者是否認為知識是經由個人知識與第一手經驗來判斷是否為真；知識的來源是指參與者是否認為知識的獲得方式主要來自於權威者（如：老師、專家）；對獲得真知的理解是指參與者是否同意該領域的專家（心理學家、科學家）最終可以獲得真知。結果發現參與者對心理學與科學的知識論存在顯著差異，他們認為科學比心理學知識更為確定且容易理解；心理學比科學更傾向經由個人知識與第一手經驗來判斷是否為真；相對於心理學，科學知識主要來自於科學家的發現；科學家比心理學家

更能夠獲得真知。但是 Hofer 認為這可能是因為參與者在實驗前已修讀過心理學課程，但尚未修讀科學相關課程，因此造成他們對心理學與科學的認識存在顯著差異，並非這兩種知識本身存在差異。

Muis & Gierus (2014)為了了解不同知識的形式是否會影響人們對知識的看法，將物理學的知識形式分為概念知識與程序知識兩種。其中概念知識為牛頓力學的基本概念問題，程序知識則是應用牛頓定律的公式計算力學問題。共有 45 位女性與 36 位男性中學生參與實驗，概念知識或程序知識的測驗是以隨機方式在兩個星期中完成。當參與者完成任一項測驗時，須填寫他個人對概念或是程序知識的知識論的評量問卷，問卷內容包含他們對該知識的架構、本質、日常生活的應用、確定性以及學習該知識的能力等五個項目。其中知識的架構的是要了解人們認為該類知識是簡單易懂的形式還是複雜的形式；知識的本質是指該類知識是來自於權威者還是來自個人自行建立的知識；知識的確定性反映的是人們認為該類知識是固定不變的還是僅為暫時性的；學習知識的能力則是指個人認為習得該類知識須具備的能力是天生的還是透過後天習得。結果發現，知識的類型間並無差異，但不論對概念知識或程序性知識，女性比男性更傾向認為知識是人所建構出來的。然而在研究上，性別是否影響個人知識論的發展至今一直沒有明確的定論，例如 Tsai & Liu (2005)的研究中由 301 位高中男生與 312 位高中女生的個人知識論問卷資料上發現，男性比女性更傾向認為科學知識是由人所建構出來的；但是 Liu & Tsai (2008)的研究以同樣的實驗材料，自 89 位男性與 130 位女性大學一年級學生個人知識論問卷資料中，卻未發現性別有顯著差異。因此本研究中並不打算就性別的影響進行探討。

過去的研究並未明確發現人對於不同類型的知識有不同的認識論。然而這些研究是以不同科學學門的知識來比較人對於不同類型知識形式的看法，例如心理學與營養學 (Schommer, 1990)、社會科學與數學 (Schommer & Walker, 1995)、心理學與科學 (Hofer, 2000) 間的比較。雖然這些知識雖然分屬不同學門，但是皆屬於科學知識，本研究因此擴大知識類別間的差異，比較人對科學與科技這兩種建構知識的知識探索行為是否有差異。

由於人對於知識的信念是由個人的經驗及教育訓練所發展出來，因此個人的主修知

識領域不同，可能使其個人知識論發展存在差異，例如 Jehng, Johnson, & Anderson (1993) 的研究中，他們根據參與者所屬的科系，將工程、企管、社會科學、藝術、人文出身的大學生及研究生的主修領域分為硬領域 (hard field) 和軟領域 (soft field) 兩組，硬領域包含工程及企管，軟領域則包含社會科學、藝術、人文，他們要求兩組參與者填寫 Schommer (1990) 的知識論評量問卷，比較學生主修的知識領域對於個人知識論的關連，結果發現軟領域的學生比硬領域的學生更傾向相信知識具不確定性，他們較依靠獨立推論能力以獲得知識，並不認為知識可以快速習得。

Paulsen & Wells (1998) 的研究則將工程、企管、社會科學、自然科學、藝術、人文出身的大學生的主修領域分為純理論 (pure) 及應用 (applied) 兩類，其中純理論包含自然科學、社會科學、人文、藝術，應用包含工程及企管，他們要求參與者填寫 Schommer (1990) 的知識論評量問卷，探討學生主修的領域是否會影響其個人知識論發展。結果發現，純理論領域的學生比應用領域的學生更傾向相信知識是具有關聯性、抽象的形式，他們也認為知識存在不確定性，是暫時性的存在，而且知識的學習並非一蹴可及。

由以上研究可知個人的知識領域與知識論發展之間存在關聯。由於科學活動與科技活動建構出的知識性質不同，科學知識是抽象的法則，科技知識則是具體的產品，本研究認為接受科學或科技教育的人對於知識的認識將可能不同，科學與科技工作者因知識領域不同，科學工作者可能比較相信知識間具有關聯性，是抽象的形式，且為暫時性的存在，科技工作者則可能比較相信知識是確定的、片段、容易理解的形式。本研究把參與者的主修領域背景分為科學和科技領域，來探討不同知識領域的差異對於知識探究行為的影響。

此外，一個人對於知識的信念與理解主要是隨著時間與教育經驗逐步發展。如 Perry (1970) 曾利用十年的時間，追蹤訪問 112 位哈佛大學學生，探討他們在大學四年間對於自己的知識看法所抱持的信念，以及這些信念在接受大學教育過程中的變化。他發現人的個人知識論的發展可分為三個階段，在大學一年級時期，學生對於知識的信念屬於二元論 (dualistic)，這時的學生認為知識不是對的就是錯的，只相信一些簡單的知識，並相信專家或權威者傳授的知識內容。在大學一年級至三年級的求學過程中，學生對於知

識的信念逐漸由二元論轉變為多元論 (multiplistic)，學生在此時開始發覺知識並非是絕對的對錯，任何論點可由不同的角度解釋，且認為任何人都能有自己的想法，並能開始質疑專家或權威者傳授的知識，而在大學三年級至四年級的求學階段，學生對於知識的信念則逐漸由多元論轉變為相對論 (relativism)，此時學生已明白事情的是非對錯是基於某個特定的背景條件下所成立，也明白所有的知識皆需透過一套合理的法則進行驗證，以確認其真偽。除了 Perry (1970) 的研究外，Schommer (1990) 與 Hofer (2000) 也發現若參與者修讀的課程越多，他們越會傾向提出暫時性的看法。因此除了主修領域背景外，本研究也會以參與者所接受的專業訓練長短來探討他們在知識探究行為上的差異。

2.3 科學與科技活動在知識探究上的差異

科學活動與科技活動皆為知識建構的活動，但由於所要建構的知識性質不同，因此二者的知識探究歷程存在本質上的差異。科學活動著重於由經歷的具體現象去反推現象背後的抽象法則，其目的在於建立形成現象背後的因果關係或相關法則，而科技活動則著重於在當前環境下，如何運用已知的知識來解決日常生活當中的問題。此二種知識探究活動中所面對的問題之結構性及複雜性不同，問題解決方式也存在不同。

2.3.1 科學與科技問題結構性的差異

科學與科技知識探究活動中所面對的問題結構存在差異。Jonassen(2007)將問題的構成要素分為初始參數、目標及限制條件，而問題結構性指描述問題的構成要素之間的關係是否得到明確定義。當問題出現時，構成問題的要素之間的關係是否可以被明確描述，往往是無法完全確定的，此類問題稱為結構性不清楚 (ill-structured) 的問題。此類問題包含一個或一個以上未知或定義不明確的參數，因此在解決此類問題時需設法釐清這些不明確的參數，人們在發現及確認這些變項的過程中，需要對外部環境進行大量的觀察以蒐集相關資訊，以確立這些變項與已知系統變項之間的關係為何，相對的，結構性完整 (well-structured) 的問題具有明確的參數定義，因此在問題求解的難度上低結構性的問題會較結構性完整的問題為難。

科學問題多屬於低結構性問題 (Klahr & Simon, 1999; Klahr & Simon, 2001)，因為科學活動的目的在於找出存在於一個或多個現象背後共同法則，而這些現象皆與外部環境存在密切互動，且具有一個或多個不明因素，為了釐清這些不明因素，必須與外部環境互動（如觀察、問卷、訪談等）以找出所有可能的變項，進而提出假設並設計實驗進行驗證，以逐步釐清這些不明因素的原因。科技的問題大多屬於高結構性問題，此類問題大多具有明確的問題參數及目標 (Schauble, Klopfer, & Raghavan, 1991)，且多因某個個案而發生，例如 IC 設計廠的每一筆訂單，代表著不同客戶的要求，而每一張 IC 設計訂單都具有明確的目標及相關參數與限制條件，IC 設計者的工作目的在於如何應用已有的知識解決客戶要求的特定規格，例如，IC 設計者可參考先進廠商設計的晶片電路，並在不侵犯智慧財產權的前提下設計出具有相同功能的晶片，此即為一個典型的科技問題的例子，該問題的目標是設計出具有某種特定功能的晶片，限制條件為避免智慧財產權爭議，而相關參數則為先進廠商設計的晶片電路中的各個元件。結構性完整的問題雖然具體且處理簡單，然而呈現形式卻較為抽象，例如 IC 晶片中的運算處理模式，雖然具有完整的基本定義和使用限制，但這些數學模型中定義的參數是抽象的形式，在實際應用上必須換成由實體情境中萃取出會影響系統運作相關的變項，因此若沒有配合實際的處理個案進行呈現，人們便難以理解這些數學模型與其中的參數的意義。

2.3.2 科學與科技問題複雜性的差異

問題的複雜性是指為了解決問題，人需要與外部環境的互動情形 (Jonassen, 2007)。Jonassen (2007)認為複雜度的高低可由互動的困難性、重要性及迫切性等三個要素來區分，困難性是指問題解決所需的相關背景知識的多寡，此要素與解題者本身的既有知識有關，若解題者擁有問題解決關鍵的相關知識，自然會覺得問題本身並不困難，相反的，若沒有問題解決關鍵的相關知識，則需要先行投入心力去設法獲取相關知識，因而會覺得問題難以解決。重要性則是指解決或不解決此問題對當解題者所產生的後果。若問題無法解決（如生病）對當事人有舉足輕重的後果（如死亡或傷殘），則問題是重要的。若問題解決能為解題者帶來良好的後果（如得獎、晉升等），則此問題也會變得較為重

要。而迫切性則與時間有關，問題解決的所需時間，若在一定的時間內問題無法解決會對解題者產生重大的後果，則此問題的迫切性將使解題者面臨極大的壓力，因此迫切性可說是問題的困難度與重要性二者所衍伸出來的另一複雜度的面向。

科學問題和科技問題各有其重要性與迫切性。一般而言，科技的研究為應用科學研究所發現的新知與處理科學發現的新現象，是以科學問題的困難性較科技問題為高。由於科學問題在於找出存在於一個或多個現象背後共同法則，而這些現象背後包含了複數以上的知識，例如閃電的成因即涵蓋了氣象學及電學的知識，科學家須具有多種不同領域的知識，方能對問題的現象進行觀察、提出假設、設計實驗及解釋結果。此外，從 Schauble, Klopfer, & Raghavan (1991) 的文獻可知，為了得到普遍且合理的法則，科學家必須逐一測試所有可能的變項組合，在過程中逐一釐清與假設不一致的異例背後的原因，因此處理上需要較長的時間。而科技問題主要為當前問題的解決，而這些問題大多為某種知識的應用，例如如何在不侵犯智慧財產權的前提下設計出與先進廠商開發的晶片具有相同功能的晶片，其相關知識即包含電學的知識。此外科技問題著重於當前問題的解決，只要找到符合目標的可行解即算是一種解答，因此困難性較科學問題低，解決問題所需時間也可能比解決科學問題所需時間為短。但科技問題涉及到當前困境的解決（例如溫室效應的降低），通常會被主觀的認為有較高的迫切性，其後果與效益也較容易被肯定。

2.3.3 科學與科技活動的問題解決方式差異

科學與科技的問題解決過程皆可視為一種解答的搜索歷程（Newell & Simon, 1972），然而因目的不同，搜索的歷程不同，結果也可能不同。就目的而言，科學活動的目的是找出存在於某個現象背後法則，例如為什麼肉放久了會發出臭味。當面對一個不明的現象時，科學家需對現象進行充分的觀察，如比較不同種類的臭肉所發出的臭味強度，搜集足夠的證據，再根據個人經驗及既有知識推論資料背後是否存在共同特性，提出初始假設。例如，因為不同種類的臭肉發出的味道強度不同，由此推論，這些肉發出的氣體的組成成份可能是不同的。由於假設本身是科學家基於個人既有知識及經

驗做出的主觀推論，因此必須對此假設進行測試，以確認此假設是否可被客觀的證據所支持。實驗的方式是預測當假設為真時，可能出現的實驗觀察值，並在嚴謹的控制條件下進行實驗以獲取觀察值。科學家除了確認實驗所得觀察值是否與預期一致外，也需就實驗結果提出解釋，若實驗發現與假設不一致，則需整合新舊資料，進行修正或建立新的假設，之後再針對新的假設提出預期結果並進行實驗以驗證其是否正確。為了得到普遍且合理的解釋，科學家在實驗的過程中會盡可能找出所有可能的變項組合並進行測試，逐一排除無關聯的變項，並對在搜尋解答的過程中發現與當前假設不一致的各種異例提出解釋及驗證，以確保最終結論能充分解釋現象的發生原因。當科學家判定研究中所有可能的變項組合皆完成確認後，方停止解答的搜尋，並歸納所有的實驗結果提出結論 (Schauble, Klopfer, & Raghavan, 1991; Zimmermen, 2000)。由此可知，科學活動的問題處理歷程著重於確認變項之間的關聯性，透過排除無關變項的方式，以逐步獲得對於當前各種已知現象的合理解釋，進而找出存在於這些現象背後共同法則 (Schauble, Klopfer, & Raghavan, 1991)。

科技活動的目的則是利用現有知識解決當前存在的問題，例如如何利用太陽能產生電力。當工程師面對問題時，需先確認問題中的功能需求，如發電量的大小，再找出影響此功能需求影響較大的變項，如地理位置、光源，之後從這些變項的組合中搜尋可行解，並進行測試，若找到最符合需求的變項組合時，即可停止搜尋 (Schauble, Klopfer, & Raghavan, 1991; Zimmermen, 2000)。以在不侵犯智慧財產權的前提下設計出與先進廠商開發的晶片具有相同功能晶片為例，設計者會先從先進廠商開發的晶片的電路圖中導出運算模式，其後從現有相關技術文獻中找尋是否有更好的替代解，即可在不侵犯智慧財產權的情形下開發出具有相同功能或是效能更好的晶片。若是該運算模式在當時已是最佳解，在設計晶片時則會考慮如何做出區別，以避免智慧財產權爭議，例如簡化運算模式、增加新的功能等。由此推論，科技著重於功能，在問題解決時僅著重於當前較可以滿足功能需求的變項，只要變項組合符合預期效果時 (設計出來的晶片的功能與先進廠商開發的晶片相同且不受智慧財產權影響)，便視為問題已經獲得解決，即可停止搜尋可行解，因此不須做詳盡的搜尋。

科學問題與科技問題在問題解決過程中皆重視團隊合作，但合作方式卻有所不同。解決科學問題的過程中，為了得到可以充分解釋各種現象的結論，科學家在問題解決的過程中必須重視與假設不一致的異例（Dunbar, 1997; Dunbar, 2000; Zimmermen, 2000）。異例的存在表示當前的假設對於現象的解釋仍不夠完整，所以科學家在合作過程中相當重視對於實驗取得觀察值與理論說明間的落差的批判，此外由於解決科學問題需要多種不同的知識，因此需要不同知識領域的學者之間的合作，從討論過程中透過不同知識的觀點以確認異例的存在，並提出各種可能解釋，以強化假設資料結論的正確性（Dunbar, 1997; Dunbar, 2000）。相對的，由於科技問題屬於當前的問題，大多是某種已知知識的應用，而且在問題解決的過程中只要可行解符合需求便可視為已解決問題，就困難性而言較科學問題低。若工程師擁有該問題的相關知識，即可自行搜尋可行解，因此在合作過程中著重於分工。當面對需要多種知識的科技問題時，工程師們會將問題依照所需的知識逐一切割以進行簡化，再將切割後的問題交由具有該知識專長的人解決，在所有個別的問題都獲得解決後，最後再將之整合成完整的可行解（Bhandari, Erickson, Steichen, & Jacoby, 2007）。以企業資訊系統的建置為例，當系統分析師確認各部門需求後，系統建構團隊會根據成員的專長指定負責的部門系統，例如生產管理專長的人負責生產管理系統的建構，財務專長的人負責財務管理系統的建構，當所有部門的系統完成後，再將這些系統進行整合，以完成資訊系統的建構，接著針對整合後的系統進行測試以確認是否有任何需要修正的問題，當測試完成後即可正式啟用，系統啟用後需定期維護，以確保系統的穩定。

2.3.4 小結

綜合以上討論，本研究認為對異例的偵測及對另有主張的重視是科學與科技知識探究技能主要的差異所在。所謂異例是指與預期不一致的案例，科學家必須重視異例的發現，因為異例的存在可以證偽當前的假設之外，也顯示科學家個人的相關既有知識可能存在不完整或錯誤之處。因此為了得到合理且完整的解釋，科學家就所有可能的變項組合進行測試，逐一排除無關聯的變項的同時，必須盡可能找出與當前假設不一致的各種

異例，並針對這些異例提出解釋及驗證，以確保最終結論能充分解釋現象的發生原因。但是科技活動屬於目標導向，著重於可以滿足目標需求的變項，只要變項組合符合預期，便視問題已經得到解決。由於在可行解的搜尋過程中只著重於與目標有關的變項，因此搜尋到的變項組合與科學活動相比便較為有限，而且在驗證上也僅確認變項組合能否產生預期的功能，也就是相關性的確認及證真的測試，並不需確認變項與產生的功能之間是否存在因果關係，因此偵測到異例的機會也較科學活動低。

此外，從科學活動與科技活動的問題解決過程可知，科學活動為了確保最終提出的法則可以合理說明現象發生的原因，因此科學家必須盡可能找出所有可能的變項組合逐一測試，因此相當注意另有主張的存在，但是科技活動考慮的是變項組合是否能滿足問題需求，因此工程師僅針對與問題需求相關的變項組合進行測試，不需要像科學家一樣，必須找出所有的變項組合（亦即，著重於是否存在另有主張）。因此本研究預期參與者對於科學與科技研究進行知識探究活動時，他們對於科學議題提出的另有主張數將明顯高於科技議題，而且在評論科學議題時偵測到異例的次數也將明顯高於科技議題。

2.3.5 科學與科技知識探究活動的相關研究

由先前敘述可知，科學活動與科技活動在知識的探索過程中存在差異。科學活動的目的在於找出可以充分解釋日常生活中出現的現象背後法則，著重於相關變項之間因果關係的建立。當科學家欲釐清一個未知現象的背後形成原因時，首先需對現象進行充分的觀察並搜集當前可以獲得的相關資料，接著根據個人經驗及既有知識推論這些資料背後是否存在共同特性，提出初始假設，並透過實驗方式以確認此假設是否為真。確認方式為當實驗進行前，先預測當假設為真時可能出現的實驗觀察值，並在嚴謹的控制條件下進行實驗以取得觀察值，之後比較實驗觀察值與實驗前所做的預期結果是否一致，以驗證假設是否為真。除了確認實驗所得觀察值是否與預期一致外，也必需針對實驗結果提出解釋，若實驗結果與假設不一致，則需整合新舊資料，進行修正或建立新的假設，之後再針對新的假設提出預期結果並再次進行實驗以驗證其是否為真。此外為了得到普遍且合理的解釋，科學家在實驗的過程中會盡可能找出所有可能的變項組合並進行實驗

以做測試，逐一排除無關聯的變項，並針對在搜尋法則的過程中所發現與當前假設不一致的各種異例提出解釋及驗證，以確保最終結論能充分解釋現象的發生原因。當科學家判定研究中所有可能的變項組合皆完成確認後，方停止法則的搜尋，並歸納所有的實驗結果提出結論。

另一方面，科技活動的目的則著重於某特定需求的滿足。當人員面對問題時，需先確認問題中的功能需求，如發電量的大小，再找出影響此功能需求影響較大的變項，之後從這些變項的組合中搜尋可行解，並進行測試，若找到最符合需求的變項組合時，即可停止搜尋。

然而，直接對科學活動與科技活動在知識探究活動上進行實證研究的情形還不多，Simon & Lea (1974) 與 Klahr & Dunbar (1988) 以兩空間搜尋理論 (dual search) 來說明並驗證科學家在從事科學法則的發現的歷程，此兩空間搜尋理論包含假設空間 (hypothesis space) 及實驗空間 (experiment space) 兩個部份，假設空間主要功能在於產生假設，假設的產生包含兩種形式，第一種是指人們利用問題所屬情境或個人既有知識作為限制條件搜尋假設空間而產生假設，另一種則是人們透過歸納實驗證據 (即搜尋實驗空間) 以產生假設；實驗空間的主要功能則是設計出能驗證假設的實驗，另外也會產生現象觀察的結果以做為假設空間產生假設的依據。他們認為科學知識的發現主要依靠兩種方式：第一種方式著重於假設空間的搜尋，即依據既有知識設想所有可能的法則，之後在這些可能的法則中找出合理且能解釋當前已知現象的法則。另一種方式則著重於實驗空間的搜尋，即透過實驗產生新的觀察案例，從中累積新的經驗，做為法則搜尋的助力以及驗證假設的依據。亦即，科學發現工作有賴兩個認知空間的相輔相成：(1) 理論知識與推理能力，(2) 實驗以獲取有效證據以檢驗理論的技巧。

Klahr 與 Dunbar 在他們的研究中要求 20 位大學生自一個機器人中找出被隱藏的功能鍵的啟動規則為何，參與者在搜尋啟動規則的過程中必須大聲說出他們的思考歷程及按下那個按鍵。根據實驗過程的語文資料發現在搜尋法則的過程中確實包含兩空間搜尋理論中假設空間及實驗空間的搜尋歷程，但是使用的搜尋策略卻有所不同。其中 7 位參與者先根據個人既有知識提出假設後再進行實驗以驗證假設並增加新的觀察結果，他們

將此策略稱為理論者 (theorist)。另外 13 位參與者則直接進行許多實驗以產生線索，以做為建立假設的依據，他們將此策略稱為實驗者 (experimenter)。比較此二策略在法則搜尋的績效發現，理論者比實驗者更快找出功能鍵的啟動規則 (11.4 分鐘 vs. 24.46 分鐘)，此外理論者在法則搜尋過程中所進行的實驗數明顯比實驗者少 (9.29 vs. 18.38)，進一步比較實驗內容發現理論者進行不具明確目的的實驗數明顯比實驗者少 (0.76 vs. 6.08)。由此研究可知假設產生對於科學發現過程的重要性。假設產生是科學家基於個人的既有知識與個人對現象所觀察到的證據之間的一致性所提出的解釋，雖然現象本身是客觀的存在，但是科學家能否發現各種不同現象之間的一致性，並對此提出對應的解釋，則是取決於自身的既有知識中是否有對應的經驗或案例。因此科學家在進行科學探索的同時，也在檢視自己對於現象的相關既有知識是否完整。由 Klahr 與 Dunbar 的實驗中可知，以理論者策略對法則發現的重要性，首先根據既有知識產生初始假設後，開始設計實驗逐一測試各種變項組合，以產生各種案例，藉由案例的觀察推論功能鍵背後的啟動規則，實驗的核心工作之一則是逐一消除無關的變項。亦即，證偽的活動。然而，當所有變項組合測試完成後，參與者根據資料所提出的結論也只是其個人當前對該功能鍵的了解，而不是最終的真理。

由 Klahr 與 Dunbar 研究中的理論者的行為特徵可知，科學的目的是要了解問題中所有變項之間的因果關係，在尋找可行解的過程中強調建立變項之間的關聯，並以排除 (exclusion) 的方式逐一排除無關的變項，直到測試完所有可能的變項組合後才停止可行解的搜尋。Schauble, Klopfer, & Raghavan (1991) 則推論科技的目的是為了得到滿足當前需求的可行解，在尋找可行解的過程中著重於感興趣或較顯著的變項組合，並以納入 (inclusion) 的方式逐步加入相關變項，一旦得到符合預期的結果後便停止可行解的搜尋。Schauble, Klopfer, & Raghavan (1991) 以實驗方式比較科學與科技的問題解決策略的差異。她們以彈力實驗呈現科學模式情境，另外以水道實驗呈現工程模式情境。其中彈力實驗中放置一個裝水的水盆，水面上方懸掛一條可懸掛重物的彈簧，要求參與者將不同質量 (大、中、小)、體積 (大、中、小) 的物體懸掛於彈簧，並將之沉入不同的水面位置 (水面下方、水面至盆底中央、盆底)，由彈簧拉伸長度的變化找出物體的重量

及質量對浮力的影響。而水道實驗則要求參與者在一長方形水槽中進行船速測試，目標為找出在不同水深（深、淺）、船體大小（大船、小船）、船體外形（菱形、圓形、正方形）、船體重量（重、輕）中，能使船速為最快的組合。該研究共有 16 位小學五、六年級學生參與，每位參與者皆需進行彈力實驗和水槽實驗。實驗結果發現參與者在科學模式所使用的變項組合比例明顯比工程模式多（18.5% vs. 8.4%），她們推論其原因主要是因為科學活動在推論過程中著重於變項之間因果關係的確立，即邏輯上「若 A 則 B」，「若非 A 則非 B」的充分與必要關係的確認，以排除的方式逐一消去無關的變項，因此在實驗中參與者需對質量、體積、水面位置三個變項組合（ $3 \times 3 \times 3$ ）都必須透過實驗驗證其相關性，以一次刪除一個變項的方式將無關的變項逐一消去，逐步找到具有相關性的變項。但是工程推理在推論過程中著重於特定目標的滿足，即邏輯上「若 A 則 B」的充分關係的確認，以納入的方式逐步加入相關變項，不用確認「若非 A 則非 B」的必要關係是否存在，因此在實驗中使用的變項組合比例自然較科學活動少（8.4% vs. 18.5%），而且找到的變項之間也不能確認是否存在因果關係。

此外 Schauble 等人的研究中也發現參與者在科學與科技問題中，對和預期不同的實驗結果的處理方式不同。在每個實驗剛開始前，參與者會先被詢問對該實驗的了解程度，其中有 12 位參與者在彈力實驗（科學情境）中不相信懸掛物的體積會影響彈簧拉伸長度，而這些人在水道實驗（工程情境）中則不相信船體大小會影響船速。然而在實驗過程中，有 2 位進行科學的彈力實驗的參與者改變了他們的想法，實驗結束後檢視參與者在推論過程中記錄的語文資料發現，在彈力實驗中，有 22.6% 的參與者推論內容會注意到懸掛物大小對彈簧拉伸長度有影響（與假設不符的異例），然而在船速實驗中，僅有 7% 的參與者推論內容曾注意到船體大小對船速的有影響。由此現象顯示，即使是同一人，在從事科學或工程推理時對異例所投注的注意力並不相同。

2.4 總結

從問題解決的觀點來看，科學與科技的知識探究方式確實存在差異。由於科學重視由所觀察到的現象（後果）去推論造成此現象的成因，在由後果反推原因的過程中，要

確定前因與後果變項之間關係，需逐一測試所有其他可能影響後果的變項，以排除的方式逐一刪除沒有關聯的變項，直到所有的變項組合都完成測試後，才停止可行解的搜尋。但是科技是在種種限制條件下應用已知的科學知識去求得所想要的功能性效益，以滿足事先設定的目標的可行解，因此在處理問題時是以搜尋感興趣或與目標明顯相關的變項組合，以納入的方式逐一將與目標相關的變項逐一放入變項組合，一旦找到符合目標的可行解，即可停止可行解的搜尋。然而截至目前為止，對科學與科技間在知識探究技能上的探討還非常少。因此本研究以主修科學與科技領域的大學生及研究生做為參與者，請他們針對一個科學研究議題及一個科技研究議題提出評論，以此比較科學與科技的在知識探究技能上的差異。

2.5 知識探究技能的衡量

論辯是科學知識探究的方法之一 (Bricker & Bell, 2008)。論辯可做為一個知識探究的方式是因為論辯的進行需要滿足以下的架構 (Toulmin, 1958)：

主張。明確表達個人對一個議題的立場，此立場是他對該議題所抱持的信念或猜測。

解釋。說明主張可以成立的理由。

證據。指出可用來支持其主張成立的客觀實證資料。

反駁。除了自己的主張外，須思考與自己的立場不同者的見解。其目的在於對自己的主張提出批判與質疑，以確保自己主張的因果關係的正確性。

駁斥。針對上述反駁意見一一提出辯護，說明其無法成立的理由與證據，其目的在於維護自己的主張的有效性。

反駁與駁斥均是對一個主張進行證偽的工作，Shaw (1996) 的研究發現人對一個主張可能採取的反駁方式包含以下三種：

1. 主張的反駁 (Assertion-based refutation)：人們對一個主張的前提、結論或解釋是否恰當提出質疑。

2. 論證的反駁 (Argument-based refutation)：人們對一個主張的論證邏輯是否前後不一致或結論與證據不一致而提出的質疑。

3. 另有主張的反駁 (Alternative-based refutation)：人們對一個議題提出其他同樣可以成立的主張以質疑自己所提出的主張。

Khishfe (2014)認為科學的本質包含三個觀點：(1) 科學的知識是暫時性的存在，會隨著新證據的出現而改變；(2) 科學知識是根據經驗與觀察到的實證資料為依據；(3) 科學知識是主觀的，多少受到科學家的背景知識、經驗及偏差所影響。由於科學研究的目的是在釐清未知現象的因果關係，建立新知識。經過一系列觀察後所得到的結論只是一時的結果，一旦出現與結論不一致的新證據時，便須重新審視當時的結論，根據新的證據重新提出解釋，此一過程即為證偽。因此科學研究過程中必須不斷在審視證據，進行證偽，以確保建立的知識的正確性。但是，科學研究的結論往往會受到科學家的主觀意識所影響，因此需要一個能讓科學家理性審視證據的環境。而論辯是讓立場不同的兩人可以理性對話的平台，進而促成證偽的發生，因此論辯能提升學生認識科學知識的建構活動 (Horng et al., 2013; Erduran & Jimenez-Aleixandre, 2008)。

由於論辯對知識探究的功用，本研究將以論辯的結構性要求來分析參與者對科學與科技議題所做的評論的內容，了解人們面對科學與科技研究議題時，所採取的知識探究行為是否存在差異，他們的主修領域背景與專業程度是否也會對他們的知識探究行為造成影響。

三、方法

3.1 參與者

參與者的主修領域背景及專業程度為本研究的自變項。若科學與科技背景的大學生及研究生係來自不同的學校，學生的同質性無法控制，可能會帶來干擾。本研究的參與者因此皆來自同一所大學。參與者主要透過社群網站（臉書、PTT）及輔仁大學的教師介紹的方式招募。共有 94 位輔仁大學的學生參加實驗（男性 55 位，女性 39 位），根據其主修領域（科學背景、科技背景）及專業程度（大學生、研究生）分為四組，分別為 31 位主修科學領域的大學一年級與二年級學生，22 位主修科技領域的大學生，20 位主修科學領域的研究生，21 位主修科技領域的研究生。其中科學領域的參與者主要來自物理系、化學系、公共衛生系、心理系等自然科學或社會科學相關領域的學生；科技領域的參與者主要來自電機系、資工系、資管系等工程領域相關系所的學生。整體大學生的平均年齡為 19.302 歲 ($SD = 0.952$)，研究生的平均年齡為 24.634 歲 ($SD = 2.517$)，各組參與者的性別人數與平均年齡資料列於表 3-1 與表 3-2。

表 3-1 科學、科技背景的大學生與研究生的性別人數資料整理

	科學背景		科技背景	
	大學生	研究生	大學生	研究生
男	11	14	16	14
女	20	6	6	7

表 3-2 科學、科技背景的大學生與研究生的年齡資料整理

	科學背景		科技背景	
	大學生	研究生	大學生	研究生
<i>M</i>	19.520	24.600	19.000	24.670
<i>SD</i>	1.151	2.062	0.436	2.938

3.2 實驗材料

本研究的目的是在探討科學與科技領域中的工作者在知識探究技能上的差異。為了觀察參與者的知識探究歷程，參與者在實驗中被要求扮演研究計劃審核者的角色，分別審核一篇科學研究計劃及一篇科技研究計劃，研究中使用的科學與科技議題的研究計劃書皆改寫自發表於期刊上的科學或科技研究。其中科學研究計劃書（附錄一）改寫自 Hayes et al.(2010)的研究，該研究討論美國廣為使用的除草劑—草脫淨（Atrazine）是否會影響青蛙的性別發育。科技研究計劃書（附錄二）則改寫自 Sato & Maharbiz (2010)的研究，該研究是應用甲蟲的身體結構知識與電子控制技術開發出結合甲蟲與機械的生化甲蟲。這兩篇文章皆改寫成一般人可以理解的研究計劃書型式，兩份計劃書均包含研究背景、研究問題、研究目的、研究方法、假設及欲申請的補助金額數，內容長度控制於 1500 字以內。當參與者閱讀完研究計劃後，需對計劃內容的研究價值、解釋、證據、研究方法提出評論，評論內容須包含支持意見與反對意見，評論項目依序如下（附錄三）：

- 1、研究計劃是否具有學術或實務價值？
- 2、計劃主持人所引用的文獻是否可提供足夠的解釋來證明他所提出的研究問題與假設是正確的？
- 3、計劃主持人是否有提供足夠證據來支持該研究的研究問題與假設的正確性？
- 4、計劃中所提出的研究方法是否可以達成研究目的？

參與者在完成評論後，需填寫一份問卷，對研究計劃的內容逐項進行評分。評分分數最高為 5 分，最低 0 分，評分項目依序如下：

- 1、研究問題具有學術或實務價值
- 2、計劃主持人對於該研究問題的研究文獻有足夠掌握
- 3、研究問題推導無誤
- 4、研究假設所依據的理由充分
- 5、研究問題的推導根據有效的證據
- 6、計劃主持人所提出的假設有充分證據為基礎
- 7、引用的證據存在其他不同的解釋

8、研究方法可以有效地回答計劃主持人所提出的問題。

參與者填寫完問卷後，最後以 0 ~ 100% 的方式決定對該研究計畫的補助意願，並說明同意或不同意補助研究計畫的理由。

3.3 自變項操弄

本研究的自變項為科學與科技知識的領域差異。由於領域的知識是透過專業訓練來傳遞的，不同領域的人對知識建構活動的認識上的差異可能隨著專業訓練時間加長而變大。研究中，科學與科技知識探究行為的差異因此分別由議題（科學議題、科技議題）、教育背景（科學領域、科技領域）、專業程度（大學生、研究生）等三個變項來觀察。自變項的操作定義如下：

議題。議題指的是參與者所需處理的研究計劃內容所歸屬的領域知識，分為科學研究及科技研究兩類。科學活動是在探討自然界中萬物之間的相互影響的關係，本研究中科學研究計劃的議題為除草劑是否會影響青蛙的性別發育。科技活動則是應用已知的科學知識去開發出可供人類使用的新產品或新技術。研究中採用的科技研究計劃的議題是應用人對甲蟲的身體結構的知識與電子控制技術去開發可供人類操控的生化甲蟲。兩篇研究計劃書的內容架構皆包含研究背景、研究問題、研究目的、研究方法、假設及欲申請的補助金額數。每位參與者皆須對這兩份研究計劃進行評論。比較評論順序對參與者的評論反應總數的影響發現，若參與者的評論順序是先科技議題再科學議題，他們對科技議題的評論反應量 ($M = 15.354$, $SE = 0.737$) 顯著高於對科學議題的評論反應量 ($M = 12.000$, $SE = 0.500$)，相對的，若參與者的評論順序是先科學議題再科技議題，他們對科學議題 ($M = 12.913$, $SE = 0.511$) 與科技議題 ($M = 13.500$, $SE = 0.753$) 所提出的評論反應量則是相當接近。在研究中，議題是組內變項，評論順序是以隨機方式決定，並不會對結果造成影響。

教育背景。分為科學及科技兩種教育背景。主修科學領域的參與者主要來自同一大學的物理系、化學系、公共衛生系、心理系等自然科學或社會科學相關學系的學生，科技領域的參與者則為來自同一大學的電機系、資工系、資管系等工程相關學系的學生。

由於研究生的教育訓練過程有可能出現大學與研究所主修領域不同的情形，因此研究生的領域的分類是根據其大學時的主修領域來分類，例如：公共衛生系的研究生，若大學就讀的是環境工程系，該研究生會被歸屬於科技背景的學生。就讀科學相關系所的研究生中，共有 4 位研究生在大學時是就讀科技相關的系所，其中 2 位公共衛生系研究生在大學時就讀環境工程系、1 位公共衛生系研究生在大學時就讀職業安全與衛生系、1 位心理系研究生在大學時就讀化學材料系，因此這 4 位研究生被歸屬於科技背景。他們的資料與大學及研究所均就讀科技相關系所的科技背景的研究生的資料進行比較後，在各應變項並未發現顯著差異。

專業程度。專業能力的培養需要相當長的時間，新手與專家對領域中的知識探究技能的認識可能存在差異。專業程度變項根據學生在專業領域的受教育時間，分為大學生組及研究生組兩種。大學生組主要為大學一年級及二年級的學生。這些學生對自己主修領域內的相關知識及方法只有初步的涉獵，擁有書本上的抽象知識，較缺乏實際研究的經驗。研究生組則為已就讀研究所一年級下學期與二年級的研究生，以及就讀博士班的博士生。這些學生都已接受過初步的專業研究訓練。

3.4 應變項的衡量

本研究的應變項是知識探究技能。知識探索是指參與者面對一資訊時所產生的內在知識搜尋、關聯、及整合等的認知活動。各個學術領域都會運用一些技能或工具協助其從事知識探究的活動，如變項操弄的策略、證據的使用方式以及統計、數學的分析等。研究中係透過參與者評論科學與科技研究計劃時的文字反應資料來衡量參與者在知識探究技能上的差異。其中參與者的文字反應資料的分析分別由論證結構、反駁方式、對於異例的偵測等三個向度構成，除了文字反應資料外，研究中還分析參與者完成評論後所填寫的問卷評分資料，以及對科學與科技研究計劃所提出的同意補助程度、同意補助理由數及不同意補助理由數等，依序說明如下。

3.4.1 論證結構的分析

論證結構是構成良好論證的條件，對一個主張的論證必須包含解釋、證據以及證據取得方式是否恰當等。本研究據此將評論的項目分為研究價值、解釋、證據、研究方法四個向度，參與者在評論科學或科技議題時，皆須對這四個項目提出支持意見與反對意見。

參與者在科學議題及科技議題的評論資料經內容分析後得到以下變項，內容分析的評分者間信度，研究中自科學議題與科技議題隨機各抽出 5 份評論資料，由兩位評分者獨立評量後，科學議題的平均信度為 0.983（在 0.791 ~ 1.000 之間），科技議題的平均信度為 0.989（在 0.919 ~ 1.000 之間），詳細資料列於附錄五（若變項為評論資料中並沒有提到的內容，則不列出）：

1、研究價值

指參與者對於科學及科技研究對人類所能做的貢獻所提出的評論，分為肯定研究貢獻以及質疑研究貢獻的意見。這些反應經內容分析後所萃取出來的變項，並計算每位參與者在各類中反應的次數，各類反應的次數的和即為總反應量，研究價值的反應的分類方式說明如下：

(1) 對研究價值的支持意見

學術價值。指出研究對於學術發展上具有貢獻的反應數目。

實務價值。指出該研究對於實務應用上具有貢獻的反應數目。

研究的原創性及延伸性。指出研究與過去相比，具有獨創之處，也可以衍伸出更多值得探討的議題的反應數目。

新技術的相對優點。指出新技術（生化甲蟲）相較於現有技術（一般飛行器）所具備的優勢（如：體積小不易被察覺）的反應數目。

(2) 對研究價值的反對意見

動物實驗的道德議題。參與者的反應中指出研究涉及動物實驗，因此有道德上的疑慮的反應數目。

實務價值低。參與者指出研究對日常生活的貢獻不大，如研究目的只是因果關係的

確認，或研究對象是兩棲類等的反應數目。

學術價值低。參與者指出研究對於學術上的貢獻不大的反應數目。

時間與社會成本的疑慮。參與者對研究所需要花費的時間，以及研究成果是否對產業發展造成負面影響提出質疑的反應數目。

成本效益的疑慮。參與者對研發新技術所需付出的成本代價以及研發成功後獲得的效益的疑慮之反應數目。

新技術於軍事應用上的風險。參與者指出，新技術投入軍事使用後可能存在風險（如：綠金龜體型大，易被敵人發現），或出現社會問題（如：引發國際糾紛）之反應數目。

2、解釋

指參與者對於科學研究計劃書中對於問題與假設的推導是否可以成立，推導過程中引用的文獻是否充分所提出的支持意見與反對意見。參與者的反應經內容分析後所得到的分類如下，每位參與者在支持或反對意見數係各類反應次數的加總。

(1) 對解釋的支持意見

研究問題的說明。參與者對計劃書中對研究問題（草脫淨對性徵引發化學作用的機制、生化甲蟲的運作機制），與過去研究的相關性及不同之處等說明所提出的肯定意見次數。

文獻充分。參與者指出研究者有提供足夠的文獻來支持其提出的問題及假設之反應次數。

新舊技術的相對優點。參與者對於開發新技術（生化甲蟲）相對於舊技術（仿生微型飛行器）的優勢比較表示贊同之反應次數。

開發新技術尚待解決的問題。參與者同意計劃書中對新技術（生化甲蟲）開發所遭遇的困難的說明之反應次數。

(2) 對解釋的反對意見

引用文獻的問題。參與者指出計劃書引用的文獻太少，或引用文獻的說明不清楚之反應次數。

對研究方向的問題與建議。參與者對計劃書的研究方向提出質疑或改善建議之反應次數。

對異例並未加以解釋。參與者指出，研究者的計劃書中有陳述與其主張不一致的實證案例，但並未進一步說明造成結果不一致的原因的反應次數。

因果關係的解釋不詳細。參與者指出，研究者在計劃書中並未詳細說明自變項對應變項（草脫淨影響青蛙性別發展及生殖能力）之間的因果關係的反應次數。

存在其他因素的可能性。參與者指出，自變項（草脫淨）之外尚存在其他影響因素的反應次數。

對於探討另一應變項（生殖能力）有疑慮。參與者指出，研究者要進一步探討自變項（草脫淨）對另一應變項（青蛙生殖能力）的影響加以質疑的反應次數。

新技術（綠金龜）的相關知識有缺陷。參與者指出目前對於新技術所需要件（綠金龜的習性、身體結構以及控制方式）的了解尚有不足的反應次數。

混淆變項的干擾。參與者指出，有些因素會干擾新技術（生化甲蟲）控制效果，如：惡劣天候環境、微處理器是否會因過熱而影響綠金龜的反應次數。

新舊技術的比較方式不週延。參與者指出新技術（生化甲蟲）與舊技術（仿生微型飛行器）的比較方式不當的反應次數，如：仿生微型飛行器雖耗電，但綠金龜也需要水和食物提供熱量。

對異例的駁斥方式不當。參與者指出，研究者對於異例提出的駁斥有欠妥當的反應次數，如：雖然人類過去對動物的訓練有成果，但生化甲蟲是控制，並不適當。

以真實生物作為載具的疑慮。參與者質疑研究中以真實生物做為載具的恰當性的反應次數。

3、證據

為參與者對於科學研究計劃書中引用的實證資料是否能回答研究問題與假設所提出的支持意見與反對意見，參與者的反應經內容分析後的分類如下，參與者的支持或反對意見係這些類別中的反應次數的總和。

(1) 對證據的支持意見

證據不一致，需進一步研究。參與者指出目前的證據中存在異例，有進一步確認的必要性的反應次數。

證據顯示自變項（草脫淨）會影響應變項（生態）。參與者同意計劃書中有提供相關證據證實自變項（草脫淨）已對應變項（周邊生態的發展）產生影響的反應次數。

自變項（草脫淨使用現況）的證據。參與者指出，計劃書中提供的與自變項（草脫淨使用情形）相關的實證資料的反應次數。

證據支持技術的可行性。參與者指出，計劃書中有提供相關實證資料顯示新技術（生化甲蟲）的相關技術條件已經具備的反應次數。

證據顯示現有技術（仿生微型飛行器）有技術瓶頸。參與者指出，研究者有提供相關實證資料顯示當前技術（仿生微型飛行器）在開發上已遭遇瓶頸的反應次數。

（2）對證據的反對意見

證據的有效性。參與者對引用證據的質疑之反應次數，如：證據太少以及證據正確性的問題。

證據中存在異例。參與者指出，計劃書中所引用的證據中，存在與其它研究結果不一致的案例的反應次數。

過去研究樣本的問題。參與者對過去研究對象的質疑之反應次數，如：性別、物種以及樣本大小等。

過去研究所使用的應變項的問題。參與者對過去研究的衡量應變項的方式所提出的質疑之反應次數。

4、研究方法

指參與者對科學與科技研究計劃書中所提出的研究方法能否達成目的所提出的支持與反對意見。參與者的反應經內容後所得反應類別如下，參與者在這些類別中的反應次數的總和即為支持意見數與反對意見數。

（1）對研究方法的支持意見

限制實驗用的樣本為某一類別。如：參與者指出，實驗中將樣本限定為帶 ZZ 染色體的雄蛙，以此確定實驗所得到的雌雄同體蛙或雌蛙是由雄蛙變性而來的做法表示贊同

等反應的次數。

以不同實驗處理水準（草脫淨濃度）來確認自變項（草脫淨）對應變項（非洲瓜蟾）的影響。如：參與者贊成計劃書中以含 2.5ppb 草脫淨的暴露環境和無草脫淨的暴露環境做為對照等反應的次數。

使用的應變項可行。參與者贊成在實驗中使用的應變項測量方式，如：以雄蛙喉部大小、性激素濃度、性器官大小判定是否變性、透過雌蛙產卵數判定雄蛙的生殖能力等反應的次數。

將其他可能影響結果的變項加以控制。參與者肯定研究者在實驗中對混淆變項的控制方式，如：相同的飼養環境、觀察時間為三年等的反應次數。

研究方法內容的說明清楚。參與者指出研究者對於研究方法與過去研究的相關性以及相關實驗細節皆清楚說明的反應次數。

使用新的儀器技術來進行新技術（生化甲蟲）的開發。參與者對於研究中將使用到的相關設備與技術有助於新技術開發的反應次數。

研究方法清楚，可行性高。參與者指出研究者對研究方法有清楚交代各階段研究之間的關連，成功達成目的的可能性相當大的反應次數。

以過去研究成果為基礎進一步發展新的技術（控制生化甲蟲）。參與者指出該研究是基於過去研究的成果再進一步強化探討的做法表示同意的反應次數（如：生化甲蟲的開發）。

（2）對研究方法的反對意見

樣本的問題。參與者對樣本大小、樣本的性別、物種以及個體差異所提出的質疑的反應次數。

應變項的衡量方式有疑慮。參與者對應變項的量測方式所提出的質疑的反應次數，如：產卵數是否能代表生殖能力的高低、飛行方向很多，單憑拍翅聲去分析飛行方向會有誤差等。

研究方法的說明不詳細。參與者指出研究者提出的研究方法對於實驗細節未說明清楚的反應次數。

處理水準的問題。參與者質疑實驗水準的操弄方式的反應次數，如：過去研究在濃度的操弄上，Hayes et al. (2009)的研究有 0ppb、0.01ppb、0.1ppb、1ppb、10ppb 及 25ppb 等 6 種情境，Klose(2009)的研究則是 0ppb、0.01ppb、0.1ppb、1ppb、25ppb 及 100ppb 等 6 種情境，而計劃書中只有 0ppb 和 2.5ppb 兩種情境，明顯比過去研究少，且為何定於 2.5ppb 而不是更高的濃度。

對實驗（養殖）環境的效度有疑慮。如：參與者認為該研究是實驗室研究，與真實環境仍有差異，因此質疑實驗結果的外在效度等反應。

外在環境因素會影響研究結果。參與者指出，研究者在研究中並未考慮到外在環境因素的干擾（如：溫度、濕度、風向、風速、氣候）的反應次數。

研究方法是否能達成目的。參與者質疑研究者的方法無法達成目的的反應次數，如：只利用對肌肉的脈衝控制無法達成有效控制綠金龜以按照指定的路線完成複雜飛行任務的目標。

設備儀器的問題。參與者對研究中的設備儀器所提出的技術問題的反應次數，如：實驗中使用 2009 年的控制設備可能太舊、若要精密控制需增加線路，可能造成負重增加等。

樣本（生物）的特性會影響實驗結果。如：控制系統雖然能控制綠金龜的動作，但是綠金龜的生物特性（如：飢餓、遭遇天敵、健康狀況、棲息習慣）也可能影響控制效果等反應。

3.4.2 反駁方式

證偽是知識探究的核心技巧（Popper, 1959; Kuhn, 2000），證偽在行為上顯性的方式是對一個意見的反駁，不論是對一主張提出反對意見或駁斥，都是對一個意見成立的有效性提出質疑，此質疑必須有所依據。本研究參考 Shaw (1996)的研究，將反駁的方式分類為主張解釋存在缺陷、證據存在缺陷、論證邏輯錯誤以及另有主張的反駁等四類，並根據這四類計算參與者在科學與科技議題中所提出的反對意見的反應次數。其中主張解釋有缺陷是指參與者對於研究者提出的主張的前提、結論或解釋是否恰當提出質疑；

證據的缺陷是指參與者質疑研究者引用的證據的正確性；論證邏輯上的錯誤是指參與者偵測到研究者的推論出現前後不一致或結論與證據不一致而提出的質疑；另有主張是指參與者對於研究計劃書中的因果關係，提出其他的可能性，例如農業區的除草劑不會只有草脫淨，可能是其他藥劑和草脫淨產生作用，影響青蛙的性別發展。

3.4.3 異例的偵測

異例的偵測是參與者指出，有證據與研究者的主張不一致。在科學與科技研究計劃書中，皆包含異例。由於科學與科技研究計劃書中提供的異例數不同，科學研究的異例僅一個（草脫淨並未影響青蛙變性的案例），科技研究的異例則有四個（生化甲蟲的問題：綠金龜壽命太短、綠金龜進入交配期便無法控制、系統可靠度低、無法進行複雜控制動作），因此以偵測到異例的反應數 ÷ 文中異例的總數的方式計算參與者對異例的反應比例。參與者在對科學與科技議題提出的解釋提出質疑時，指出研究者未對異例加以解釋的反應比例，以及參與者在對科學與科技議題的證據提出質疑時，指出證據中存在異例的反應比例，這兩種反應比例的總數即為參與者在科學與科技議題中偵測到異例的反應比例。

3.4.4 問卷評分

參與者在完成研究計劃的評論作業後，需填寫一份 8 題的問卷，對研究內容進行評分，每個項目評分分數最高為 5 分，最低 0 分。評分項目依序為：(1) 研究問題具有學術或實務價值，(2) 計劃主持人對於該研究問題的研究文獻有足夠掌握，(3) 研究問題推導無誤，(4) 研究假設所依據的理由充分，(5) 研究問題的推導根據有效的證據，(6) 計劃主持人所提出的假設有充分證據為基礎，(7) 引用的證據存在其他不同的解釋，(8) 研究方法可以有效地回答計劃主持人所提出的問題。

科學議題評分問卷的 Cronbach's α 為 0.831，經因素分析後，自評分問卷中萃取出 2 個因子，共解釋 63.965% 的整體變異量。其中因子 1 解釋 50.819% 的整體變異量，內容包含第 7 題以外的 6 個項目，因這 7 題均在詢問參與者對於計劃書內容的看法，故命

名為「對計劃書內容的評論」。因子 2 解釋 13.146%的整體變異量，內容僅含第 7 題，故依據該題題目命名為「證據存在另有解釋」。科技議題評分問卷的 Cronbach's α 為 0.857，經因素分析後，亦萃取出 2 個與科學議題相同的因素，共解釋 65.9%的整體變異量。其中因素 1（對計劃書內容的評論）解釋 50.362%的整體變異量，因素 2（證據存在另有解釋）解釋 15.538%的整體變異量。參與者對於科學與科技議題所得的計劃書內容的評論分數為 6 個題目的總分，與引用的證據存在其他不同解釋的評論分數則為參與者在該題的評分。

3.4.5 同意補助意願及理由

參與者在完成研究計劃的評論後，須以 0~100%的形式，提出自己願意對該研究計劃提供補助的程度。之後需說明同意補助或不同意提供補助的理由。參與者對科學議題及科技議題所提出的同意補助以及不同意補助理由經內容分析後，所得反應的類別如下：

1、同意補助理由數

參與者對科學與科技議題所提出的同意理由的類別包含如下，參與者在下列各類中反應的次數的總和即為同意補助理由數。

研究具學術價值。參與者同意研究具有學術貢獻的反應次數。

研究具實務價值。參與者同意研究具有實務貢獻的反應次數。

研究方法可行。參與者同意該研究能被執行，可以達成目的反應次數。

研究值得嘗試。參與者認為研究工作需要金錢投資，而且不管成敗如何都應該嘗試的反應次數。

計劃書內容完整。參與者認為研究計劃書中對於研究問題的描述、引用的文獻與證據的說明、假設的推導過程以及研究方法的說明皆相當清楚的反應次數。

研究具研發效益。參與者認為相對於繼續研究如何突破舊技術的瓶頸（仿生微型飛行器的電力與重量問題），開發新技術（生化甲蟲）反而可以節省研發成本（不用開發電池與重量，直接研究控制系統即可）的反應次數。

2、不同意補助理由數

參與者對於科學與科技議題所提出的不同意補助理由的類別包含如下，參與者在下列各類中反應的次數的總和即為不同意補助理由數。

*學術價值低。*參與者認為研究的學術貢獻有限的反應次數。

*實務價值低。*參與者認為研究成果對日常生活的貢獻有限的反應次數。

*研究本身具有道德上的爭議。*參與者認為研究涉及道德議題而提出質疑的反應次數。

*時間成本高。*參與者認為研究需要花費三年時間太久的反應次數。

*成本效益低。*參與者認為開發新技術所需花費的成本以及開發成功後獲得的效益有疑慮之反應數目。

*研究計劃內容不完整。*參與者認為研究計劃書對於研究問題的描述、引用的文獻與證據的說明、假設的推導過程並不詳細的反應次數。

*存在另有主張。*參與者認為研究問題（草脫淨影響青蛙性別發展與生殖能力）可能是其他因素所造成的反應次數。

*問題定義不清楚。*參與者認為作者對於研究問題並未詳細說明的反應次數。

*存在異例。*參與者注意到證據中存在與研究者主張不一致的案例的反應次數。

*研究方法有缺陷。*參與者質疑計劃書中的研究方法能否達成目的的反應次數。

*外在效度不佳。*參與者認為實驗室的實驗環境無法具體呈現青蛙的棲息環境的反應次數。

*新技術（生化甲蟲）的採用可能產生的副作用。*參與者對於新技術被採用後可能引發的各種負面影響（如：軍事情蒐引發的社會問題）之反應次數。

*當前技術能力有限。*參與者認為目前的技術條件並不能完成新技術（生化甲蟲）的開發的反應次數。

*新技術（生化甲蟲控制）的不確定性。*參與者認為生物有自主性，因此在控制過程中可能發生無法預期的狀況的反應次數。

3.5 實驗程序

本研究採一對一個別實驗，實驗地點於輔仁大學職能治療系的實驗室。實驗材料以 Word 文件或書面方式呈現，二種方式的內容與呈現方式均相同，皆為每頁僅呈現一個問題。四組參與者可自行選擇以電腦輸入或紙筆方式完成科學研究計畫審查及科技研究計畫審查，審查順序以隨機方式決定。

實驗開始前，參與者會被告知將要進行研究計畫審核作業，請參與者扮演審查者的角色，對研究計畫的內容逐步進行評估，並決定是否同意提供補助。參與者了解作業要求後，閱讀科學或科技的研究計畫書後，以打字或紙筆方式，依序對研究價值、解釋、證據及研究方法進行評論。完成評論作業後，進行研究計畫的問卷評分工作，最後並以 0 ~ 100% 的方式填寫願意提供研究補助的程度，並說明同意或不同意提供研究補助理由。接著再以相同程序進行第二份研究計畫審查作業，完成第二份研究計畫審查作業後即完成實驗，每位受試者在完成實驗後可得到新台幣 200 元的報酬。整體時間約 90 分鐘~120 分鐘。

3.6 實驗設計

本研究為 2 (議題：科學研究計畫、科技研究計畫) × 2 (學術領域背景：科學領域、科技領域) × 2 (專業程度：專業程度低、專業程度高) 的混合型實驗設計。其中領域與訓練時間皆為參與者間因子，議題為參與者內因子。在統計分析係以 2 (議題：科學研究計畫、科技研究計畫) × 2 (學術領域背景：科學領域、科技領域) × 2 (專業程度：專業程度低、專業程度高) 的三因子數變異數分析進行資料分析。如未違反變異數同質性，將以 LSD 法來進行平均數間的多重比較。若違反變異數同質性，則以 Bonferroni 法來進行多重比較，顯著水準為 $\alpha = 0.05$ 。

四、結果

本研究將由參與者在實驗中對於科學議題與科技議題中提出的內容探討議題、領域背景、專業程度對於知識探究的影響。我們首先將分析參與者評論科學議題與科技議題時提出的反應總數後，將這些整體評論應區分為支持意見與反對意見加以比較後，進一步分析比較參與者在評論支持與反對意見的論證時使用的研究價值、解釋、證據、研究方法，並透過內容分析了解科學與科技領域的大學生與研究生在評論科學與科技兩個議題時，其強調的重點會在何處？接著將參與者的反對方式分為主張解釋有缺陷、證據有缺陷、邏輯上的錯誤及另有主張四類加以比較，最後分析參與者對於異例的整體反應以及最終同意補助程度，以了解議題、領域背景、專業程度的影響情形。

表 4-1 議題、領域背景、專業程度對反應總數之敘述統計

		科學背景		科技背景	
		大學生	研究生	大學生	研究生
科學議題	<i>M</i>	13.100	13.250	11.550	11.670
	<i>SD</i>	3.562	3.796	3.051	3.307
科技議題	<i>M</i>	15.900	14.650	13.450	14.900
	<i>SD</i>	5.394	5.194	3.687	7.014

4.1 科學與科技議題的反應總數

參與者閱讀完科學議題或科技議題的研究計劃書後，對研究計劃書的內容所提出的反應總數的平均數列於表 4-1，以 2（學術領域背景：科學領域、科技領域）× 2（專業程度：專業程度低、專業程度高）× 2（議題：科學議題、科技議題）的三因子重複測量變異數分析進行檢定，其中學術領域背景與專業程度為受試者間變項，議題為受試者內變項，結果（表 4-2）發現議題的主效果顯著差異，參與者在科技議題提出的反應總數（ $M = 14.450$ ， $SD = 5.161$ ）顯著高於科學議題（ $M = 12.450$ ， $SD = 3.478$ ）。科學領域

背景的參與者所提出的整體意見數 ($M = 14.120$, $SD = 4.567$) 略高於科技背景的參與者 ($M = 12.650$, $SD = 4.316$)，但僅呈現接近顯著。議題、領域背景、專業程度之間並無顯著交互作用。

表 4-2 議題、領域背景、專業程度對反應總數影響之變異數分析表

Source	df	SS	MS	F	p	η^2
組間變項						
截距	1	32516.643	32516.643	1256.604	0.000	0.933
領域背景 (M)	1	87.237	87.237	3.371	0.070	0.036
專業程度 (E)	1	0.889	0.889	0.034	0.853	0.000
M × E	1	15.812	15.812	0.611	0.436	0.007
誤差 1	90	2328.895	25.877			
組內變項						
議題 (D)	1	167.511	167.511	13.289	0.000	0.129
D × M	1	1.555	1.555	0.123	0.726	0.001
D × E	1	3.495	3.495	0.277	0.600	0.003
D × M × E	1	16.684	16.684	1.324	0.253	0.014
誤差 2	90	1134.456	12.605			

表 4-3 參與者在科學與科技議題提出的支持、反對意見占反應總數的比例

	科學議題	科技議題
支持意見	57%	52%
反對意見	43%	48%

由於反應總數分為支持與反對意見兩大類，由表 4-3 中可看出，參與者在科學、科技議題中提出的支持意見比例皆高於反對意見，推測是因為要對一個研究提出質疑並不

是相當容易的事，需要有一定程度的背景知識與專業經驗，才能找出問題並提出質疑，而且不同知識體系的的議題可能也會影響參與者對其提出的反對意見數。以下將逐一分析議題、領域背景、專業程度等因素在支持意見總數與反對意見總數上的差異。

表 4-4 議題、領域背景、專業程度對支持意見總數之敘述統計

		科學背景		科技背景	
		大學生	研究生	大學生	研究生
科學議題	<i>M</i>	7.480	7.600	6.320	6.670
	<i>SD</i>	2.839	2.604	2.255	2.373
科技議題	<i>M</i>	8.900	6.900	7.410	7.100
	<i>SD</i>	4.085	3.291	3.157	2.663

4.2 科學與科技議題的支持意見總數

主修科學或科技領域的大學生與研究生對科學和科技兩個議題提出的支持意見總數的平均數列於表 4-4，結果（表 4-5）發現領域背景、專業程度、議題的主效果皆不顯著。但議題與專業程度的交互作用接近顯著。以 LSD 法進行平均數間的多重比較，發現並無任何平均數間的差異達到顯著程度。但由圖 4-1 可看出，大學生（ $M = 6.901$ ， $SE = 0.357$ ）與研究生（ $M = 7.133$ ， $SE = 0.400$ ）對科學議題提出的支持意見總數較為接近，但是在科技議題中，大學生提出的支持意見總數（ $M = 8.156$ ， $SE = 0.478$ ）略高於研究生（ $M = 6.998$ ， $SE = 0.536$ ）。

4.3 科學與科技議題的反對意見總數

主修科學或科技領域的大學生與研究生對科學和科技兩個議題提出的科學議題、科技議題提出的反對意見總數的平均數列於表 4-6，結果（表 4-7）發現議題的主效果顯著，其他效果皆不顯著。參與者對科技議題提出的反對意見數（ $M = 6.720$ ， $SD = 2.807$ ）明顯高於科學議題（ $M = 5.390$ ， $SD = 2.201$ ）。

表 4-5 議題、領域背景、專業程度對支持意見總數影響之變異數分析表

Source	df	SS	MS	F	p	η^2
組間變項						
截距	1	9718.123	9718.123	784.237	0.000	0.897
領域背景 (M)	1	32.926	32.926	2.657	0.107	0.029
專業程度 (E)	1	9.786	9.786	0.790	0.377	0.009
M × E	1	10.532	10.532	0.850	0.359	0.009
誤差 1	90	1115.264	12.392			
組內變項						
議題 (D)	1	14.294	14.294	2.417	0.124	0.026
D × M	1	1.826	1.826	0.309	0.580	0.003
D × E	1	22.066	22.066	3.731	0.057	0.040
D × M × E	1	6.054	6.054	1.023	0.314	0.011
誤差 2	90	532.355	5.915			

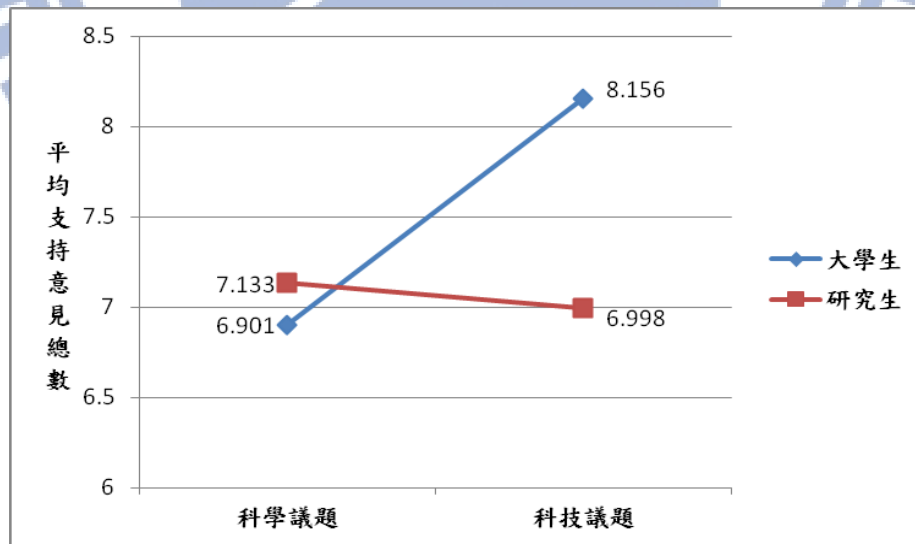


圖 4-1 議題與專業程度對支持意見總數之交互作用圖

表 4-6 議題、領域背景、專業程度對反對意見總數之敘述統計

		科學背景		科技背景	
		大學生	研究生	大學生	研究生
科學議題	<i>M</i>	5.610	5.650	5.230	5.000
	<i>SD</i>	2.246	2.134	1.343	2.898
科技議題	<i>M</i>	6.810	7.200	5.910	7.000
	<i>SD</i>	2.315	2.505	1.900	4.219

表 4-7 議題、領域背景、專業程度對反對意見總數影響之變異數分析表

<i>Source</i>	<i>df</i>	<i>SS</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>p</i>	η^2
組間變項						
截距	1	5897.176	5897.176	770.017	0.000	0.895
領域背景 (M)	1	10.327	10.327	1.348	0.249	0.015
專業程度 (E)	1	1.811	1.811	0.237	0.628	0.003
M × E	1	1.710	1.710	0.223	0.638	0.002
誤差 1	90	689.265	7.658			
組內變項						
議題 (D)	1	83.940	83.940	17.316	0.000	0.161
D × M	1	0.011	0.011	0.002	0.962	0.000
D × E	1	7.997	7.997	1.650	0.202	0.018
D × M × E	1	2.638	2.638	0.544	0.463	0.006
誤差 2	90	436.281	4.848			

綜合言之，就總反應量而言，參與者在科技議題上所出現的評論意見較科學議題高，但若將全部評論區分成支持與反對意見時，此差異主要是來自他們對科技議題有較多的反對意見。

由上面分析可知，參與者對科學與科技議題的評論雖然對支持意見數無明顯差異，但是對反對意見數存在顯著差異，而這些反應皆與教育背景及訓練長度無關。但是不同領域背景、專業程度的參與者在評論的內容上所強調的重點並不一定相同，下面分別就參與者在支持意見中論證時所使用的研究價值、解釋、證據、研究方法觀點數進行分析。

表 4-8 議題、領域背景、專業程度對研究價值支持意見數之敘述統計

		科學背景		科技背景	
		大學生	研究生	大學生	研究生
科學議題	<i>M</i>	1.810	2.250	1.770	1.810
	<i>SD</i>	1.138	1.164	0.752	1.401
科技議題	<i>M</i>	2.480	1.750	2.500	1.810
	<i>SD</i>	1.235	0.967	1.535	1.167

4.4 支持意見的論證結構

4.4.1 對計劃的研究價值所提出的支持意見

研究價值是指該研究能產生的效益。主修科學或科技領域的大學生與研究生對科學議題、科技議題的研究價值提出的平均支持意見數列於表 4-8，結果（見表 4-9）發現領域背景、專業程度、議題的主效果皆不顯著。但是議題與專業程度之間存在顯著的交互作用。以 LSD 法進行平均數間的多重比較後，發現並無任何平均數間的差異達到顯著程度。但由圖 4-2 可知，雖然大學生（ $M = 1.790$ ， $SE = 0.158$ ）與研究生（ $M = 2.030$ ， $SE = 0.177$ ）對科學議題研究價值提出的支持意見數差異不大，但大學生對科技議題研究價值提出的支持意見數（ $M = 2.492$ ， $SE = 0.174$ ）略高於研究生（ $M = 1.780$ ， $SE = 0.195$ ）。顯示大學生對於科技議題的研究價值較不懷疑，而研究生對科技議題的研究價值則略有較多質疑。

表 4-9 議題、領域背景、專業程度對研究價值支持意見數影響之變異數分析表

Source	df	SS	MS	F	p	η^2
組間變項						
截距	1	746.757	746.757	388.820	0.000	0.812
領域背景 (M)	1	0.453	0.453	0.236	0.628	0.003
專業程度 (E)	1	2.541	2.541	1.323	0.253	0.014
M × E	1	0.377	0.377	0.196	0.659	0.002
誤差 1	90	172.852	1.921			
組內變項						
議題 (D)	1	2.334	2.334	2.529	0.115	0.027
D × M	1	0.862	0.862	0.934	0.336	0.010
D × E	1	10.346	10.346	11.209	0.001	0.111
D × M × E	1	0.578	0.578	0.626	0.431	0.007
誤差 2	90	83.069	0.923			

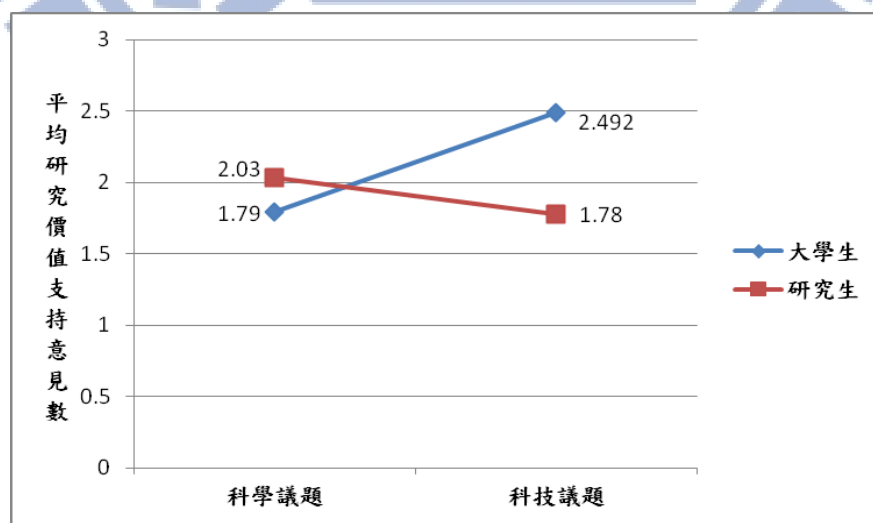


圖 4-2 議題與專業程度對對研究價值的支持意見數之交互作用圖

表 4-10 議題、領域背景、專業程度對解釋支持意見數之敘述統計

		科學背景		科技背景	
		大學生	研究生	大學生	研究生
科學議題	<i>M</i>	0.870	1.000	0.500	1.330
	<i>SD</i>	1.024	1.026	0.673	1.278
科技議題	<i>M</i>	2.160	1.500	1.180	1.810
	<i>SD</i>	1.715	1.318	0.853	1.537

表 4-11 議題、領域背景、專業程度對解釋支持意見數比較之變異數分析表

<i>Source</i>	<i>df</i>	<i>SS</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>p</i>	η^2
組間變項						
截距	1	305.895	305.895	195.730	0.000	0.685
領域背景 (M)	1	1.428	1.428	0.914	0.342	0.010
專業程度 (E)	1	2.460	2.460	1.574	0.213	0.017
M × E	1	11.331	11.331	7.250	0.008	0.075
誤差 1	90	140.656	1.563			
組內變項						
議題 (D)	1	24.789	24.789	16.321	0.000	0.154
D × M	1	1.140	1.140	0.751	0.389	0.008
D × E	1	2.829	2.829	1.862	0.176	0.020
D × M × E	1	0.975	0.975	0.642	0.425	0.007
誤差 2	90	136.699	1.519			

4.4.2 對計劃的解釋所提出的支持意見

解釋是指作者在研究計劃書中對於文中引用的各種文獻與其提出的主張之間的相

關性的說明。主修科學或科技領域的大學生與研究生對科學議題、科技議題的作者引用的文獻能否支持其提出的主張解釋所提出的平均支持意見數列於表 4-10，結果(表 4-11)發現科學議題與科技議題所得到的支持性解釋數有顯著差異，參與者對科技議題的主張提出的支持性解釋數 ($M = 1.710$, $SD = 1.456$) 顯著高於科學議題 ($M = 0.910$, $SD = 1.044$)。領域背景與專業程度之間的交互作用為顯著。以 LSD 法進行平均數間的多重比較後，發現並無任何平均數間的差異達到顯著程度。但由圖 4-3 可知，科學背景出身的大學生 ($M = 1.516$, $SE = 0.159$) 與研究生 ($M = 1.250$, $SE = 0.198$) 對議題的主張提出的支持性解釋數十分接近，科技背景的大學生論證時，對議題所提出的支持性解釋數是四組中最低的 ($M = 0.841$, $SE = 0.188$)，而科技背景的研究生在議題中所提出的支持性解釋數則是四組中最高的 ($M = 1.571$, $SE = 0.193$)。顯示科技背景的學生在研究所前的專業程度在評論一個主題時，針對議題提出支持性論點的能力較為薄弱。

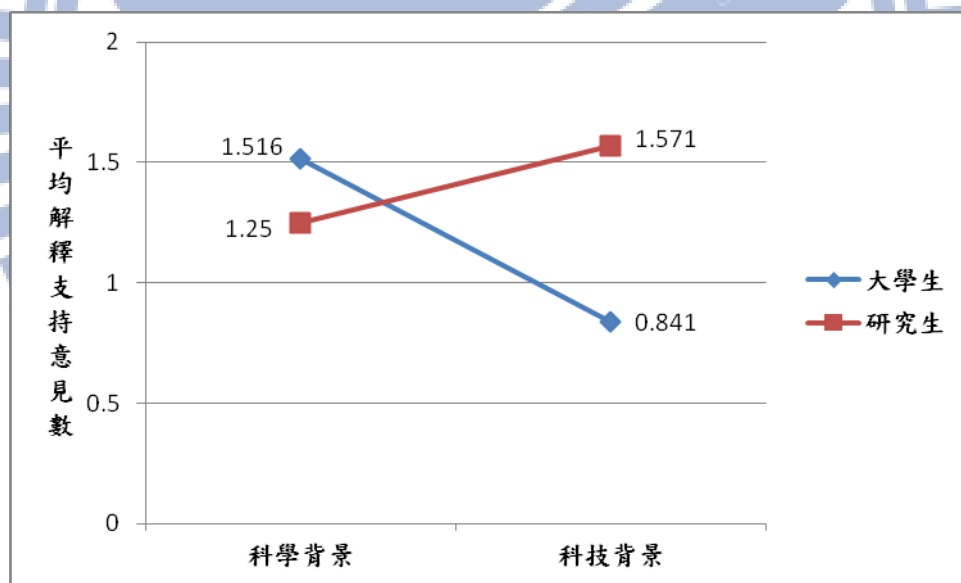


圖 4-3 領域背景與專業程度對解釋支持意見數之交互作用圖

4.4.3 對計劃的證據所提出的支持意見

證據是指作者在研究計劃書中為了強化自己所提出的主張正確性所提出的實證資料。主修科學或科技領域的大學生與研究生對科學議題、科技議題的作者引用的證據能否支持問題和假設的正確性所提出的平均支持意見數列於表 4-12，結果(表 4-13)發現

議題、領域背景及專業程度的主效果並未顯著，其他交互作用皆不顯著。

表 4-12 議題、領域背景、專業程度對證據支持意見命題數之敘述統計

		科學背景		科技背景	
		大學生	研究生	大學生	研究生
科學議題	<i>M</i>	2.970	2.200	2.550	2.290
	<i>SD</i>	1.853	1.824	1.792	1.554
科技議題	<i>M</i>	2.450	2.100	2.180	2.100
	<i>SD</i>	2.030	1.586	1.790	1.921

表 4-13 議題、領域背景、專業程度對證據支持意見命題數影響之變異數分析表

<i>Source</i>	<i>df</i>	<i>SS</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>p</i>	η^2
組間變項						
截距	1	1010.878	1010.878	278.622	0.000	0.756
領域背景 (M)	1	1.065	1.065	0.294	0.589	0.003
專業程度 (E)	1	6.126	6.126	1.689	0.197	0.018
M × E	1	1.704	1.704	0.470	0.495	0.005
誤差 1	90	326.532	3.628			
組內變項						
議題 (D)	1	3.905	3.905	1.312	0.255	0.014
D × M	1	0.011	0.011	0.004	0.952	0.000
D × E	1	0.990	0.990	0.333	0.566	0.004
D × M × E	1	0.168	0.168	0.057	0.813	0.001
誤差 2	90	267.935	2.977			

4.4.4 研究方法支持意見數

研究方法是作者在研究計劃書中為了確認自己所提出的假設正確所提出的驗證手段。主修科學或科技領域的大學生與研究生對科學議題、科技議題的作者提出的研究方法是否能達成研究目的所提出的平均支持性意見數列於表 4-14，結果（4-15）發現領域背景主效果顯著，其他效果皆不顯著。科學背景出身的參與者在兩個議題的研究方法所提出的支持意見數（ $M = 1.830$ ， $SD = 1.283$ ）皆高於科技背景出身的參與者（ $M = 1.420$ ， $SD = 0.874$ ）。

表 4-14 議題、領域背景、專業程度對研究方法支持意見數之敘述統計

	科學背景		科技背景		
	大學生	研究生	大學生	研究生	
科學議題	<i>M</i>	1.840	2.150	1.500	1.240
	<i>SD</i>	1.186	1.424	0.740	0.768
科技議題	<i>M</i>	1.810	1.550	1.550	1.380
	<i>SD</i>	1.400	1.099	1.011	0.973

整體而言，議題、領域背景、專業程度三個因素對參與者所提出的評論架構中的證據及研究方法大多並未有顯著的影響，僅在解釋與研究方法的評論上，參與者對科技議題的理論性解釋的支持意見比科學議題提出高，而科學背景的學生比科技背景的學生對兩篇研究計劃的方法有較多的肯定。推測其原因可能是因為科學研究的成果屬於理論性知識，本身較為抽象且不易理解，但是科技研究的成果往往是具體的成品，容易與日常生活連結且容易理解，因此較容易得到認同。此外科學研究的目的是建立新的知識，為了確保建立的新知識正確且能為人所用，因此十分重視知識建立歷程的方法嚴謹性與正確性，但是科技的目的是應用科學知識製作出符合需求的工具，著重的是製作出的工具是否可行，而應用的科學知識是否正確並不是其著重重點，也因此造成科技背景的參與者對研究方法較無反應。

表 4-15 議題、領域背景、專業程度對研究方法支持意見數影響之變異數分析表

<i>Source</i>	<i>df</i>	<i>SS</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>p</i>	η^2
組間變項						
截距	1	482.661	482.661	315.689	0.000	0.778
領域背景 (M)	1	8.055	8.055	5.269	0.024	0.055
專業程度 (E)	1	0.394	0.394	0.258	0.613	0.003
M × E	1	0.660	0.660	0.432	0.513	0.005
誤差 1	90	137.602	1.529			
組內變項						
議題 (D)	1	0.562	0.562	0.571	0.452	0.006
D × M	1	1.920	1.920	1.949	0.166	0.021
D × E	1	0.631	0.631	0.640	0.426	0.007
D × M × E	1	1.262	1.262	1.281	0.261	0.014
誤差 2	90	88.647	0.985			

對研究計劃書的審查，除了找出計劃書的優點外，更重要的是要指出研究中尚未達到理想的部分，以作為審查經費核發的依據與改善的建議。下面分別就參與者在反對意見中論證時所使用的研究價值、解釋、證據、研究方法等四個方向逐一進行分析。

4.5 反對意見的論證結構

在比較參與者對科學與科技議題的研究計劃所提出的質疑總數中，已知參與者對科技議題提出的反對意見數 ($M = 6.720$, $SD = 2.807$) 明顯高於科學議題 ($M = 5.390$, $SD = 2.201$)。下面將進一步對這些質疑內容的論證結構加以分析。

4.5.1 對計劃的研究價值所提出的反對意見

主修科學或科技領域的大學生與研究生對科學議題、科技議題的研究價值有疑慮而提出的平均反對意見數列於表 4-16，結果(表 4-17)發現議題與專業程度的主效果顯著，

其他效果皆不顯著。參與者對科技議題的研究價值所提出的反對意見數 ($M = 1.350$, $SD = 1.259$) 顯著高於科學議題 ($M = 0.790$, $SD = 0.802$)。大學生對兩個議題的研究價值提出的反對意見數 ($M = 1.260$, $SD = 1.174$) 高於研究生 ($M = 0.820$, $SD = 0.918$)。

表 4-16 議題、領域背景、專業程度對研究價值反對意見數之敘述統計

		科學背景		科技背景	
		大學生	研究生	大學生	研究生
科學議題	<i>M</i>	0.870	0.650	0.860	0.710
	<i>SD</i>	0.846	0.875	0.774	0.717
科技議題	<i>M</i>	1.870	0.900	1.360	1.000
	<i>SD</i>	1.544	0.912	0.953	1.140

表 4-17 議題、領域背景、專業程度對研究價值反對意見數影響之變異數分析表

<i>Source</i>	<i>df</i>	<i>SS</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>p</i>	η^2
組間變項						
截距	1	193.321	193.321	171.388	0.000	0.656
領域背景 (M)	1	0.350	0.350	0.310	0.579	0.003
專業程度 (E)	1	8.289	8.289	7.349	0.008	0.075
M × E	1	1.315	1.315	1.165	0.283	0.013
誤差 1	90	101.517	1.128			
組內變項						
議題 (D)	1	11.818	11.818	11.849	0.001	0.116
D × M	1	0.615	0.615	0.616	0.434	0.007
D × E	1	2.652	2.652	2.659	0.106	0.029
D × M × E	1	0.818	0.818	0.821	0.367	0.009
誤差 2	90	89.768	0.997			

表 4-18 議題、領域背景、專業程度對解釋反對意見數之敘述統計

		科學背景		科技背景	
		大學生	研究生	大學生	研究生
科學議題	<i>M</i>	1.970	1.950	1.680	1.760
	<i>SD</i>	1.560	1.572	1.323	1.338
科技議題	<i>M</i>	2.060	3.350	2.140	2.810
	<i>SD</i>	1.413	1.814	1.207	2.089

表 4-19 議題、領域背景、專業程度對解釋反對意見數影響之變異數分析表

<i>Source</i>	<i>df</i>	<i>SS</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>p</i>	η^2
組間變項						
截距	1	895.630	895.630	363.434	0.000	0.802
領域背景 (M)	1	2.534	2.534	1.028	0.313	0.011
專業程度 (E)	1	11.648	11.648	4.726	0.032	0.050
M × E	1	0.755	0.755	0.306	0.581	0.003
誤差 1	90	221.792	2.464			
組內變項						
議題 (D)	1	25.647	25.647	10.942	0.001	0.108
D × M	1	0.000	0.000	0.000	0.995	0.000
D × E	1	10.255	10.255	4.375	0.039	0.046
D × M × E	1	1.438	1.438	0.614	0.436	0.007
誤差 2	90	210.958	2.344			

4.5.2 對計劃的解釋所提出的反對意見

主修科學或科技領域的大學生與研究生對科學議題、科技議題的作者引用的文獻及其提出的主張解釋有疑慮而提出的平均反對意見數列於表 4-18，結果（表 4-19）發現議

題與專業程度的主效果顯著。參與者對科技議題的解釋所提出的反對意見數 ($M = 2.520$, $SD = 1.689$) 顯著高於科學議題 ($M = 1.850$, $SD = 1.444$)。研究生對兩個議題提出的解釋反對意見數 ($M = 2.460$, $SD = 1.813$) 高於大學生 ($M = 1.970$, $SD = 1.390$)。由於議題與專業程度的交互作用也顯著，以 LSD 法進行平均數間的多重比較後 (圖 4-4)，發現主要的差異來源是研究生對科技議題的解釋有較多的反對意見數 ($M = 3.080$, $SE = 0.255$)，與大學生 ($M = 2.100$, $SE = 0.228$) 間的差異顯著，相對上，參與者對科學議題的解釋的反對意見數較少，研究生 ($M = 1.856$, $SE = 0.228$) 和大學生 ($M = 1.825$, $SE = 0.204$) 間無顯著差異。可能是相對於科學問題，研究生注意到科技議題的解釋或引用文獻存在問題，因而提出較多質疑意見。

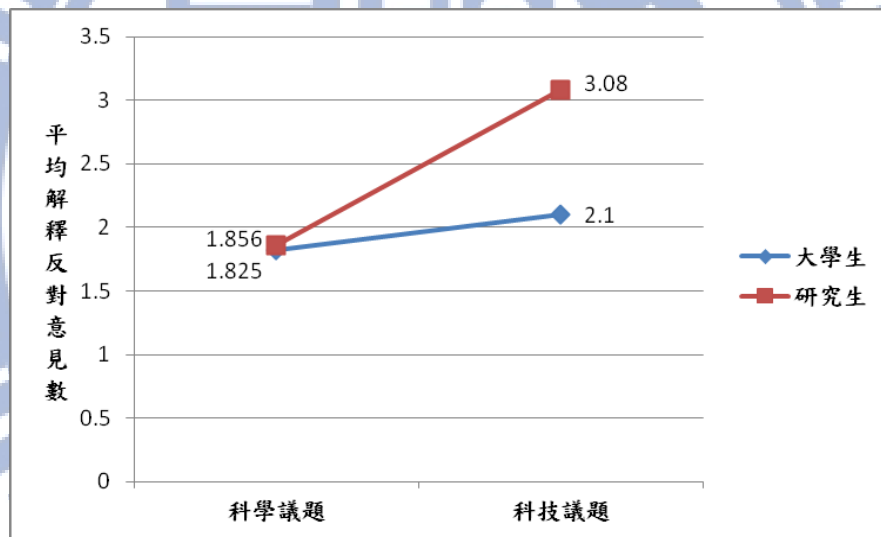


圖 4-4 議題與專業程度對解釋反對意見之交互作用圖

4.5.3 對計劃的證據所提出的反對意見

主修科學或科技領域的大學生與研究生對科學議題、科技議題的作者引用的證據正確性有疑慮而提出的平均反對意見數列於表 4-20，由於同質性檢定結果顯示並未符合變異數分析的同質性原則，因此以 Geisser 法進行 F 檢定，結果 (表 4-21) 發現議題、領域背景及專業程度的主效果均不顯著。但議題與專業程度之間存在顯著的交互作用 (圖 4-5)，以 Bonferroni 法進行平均數間的多重比較後，發現並無任何平均數間的差異達到

表 4-20 議題、領域背景、專業程度對證據反對意見數之敘述統計

		科學背景		科技背景	
		大學生	研究生	大學生	研究生
科學議題	<i>M</i>	1.320	1.300	1.320	0.710
	<i>SD</i>	1.107	0.979	0.945	0.845
科技議題	<i>M</i>	1.230	1.550	1.140	1.480
	<i>SD</i>	0.990	1.395	0.889	1.692

表 4-21 議題、領域背景、專業程度對證據反對意見數影響之變異數分析表

<i>Source</i>	<i>df</i>	<i>SS</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>p</i>	η^2
組間變項						
截距	1	287.655	287.655	184.315	0.000	0.672
領域背景 (M)	1	1.619	1.619	1.037	0.311	0.011
專業程度 (E)	1	0.004	0.004	0.003	0.960	0.000
M × E	1	0.913	0.913	0.585	0.446	0.006
誤差 1	90	140.460	1.561			
組內變項						
議題 (D)	1	1.534	1.534	1.572	0.213	0.017
D × M	1	0.520	0.520	0.533	0.467	0.006
D × E	1	4.749	4.749	4.870	0.030	0.051
D × M × E	1	1.016	1.016	1.042	0.310	0.011
誤差 2	90	87.771	0.975			

顯著程度，但由圖 4-6 可看出在評論時，研究生對科學議題引用的證據反駁數 ($M = 1.007$, $SE = 0.155$) 是四組中最少的，但他們對科技議題的證據可以提出的反對意見數 ($M = 1.513$, $SE = 0.195$) 則是四組中最高的。相反的，大學生對科學議題中的證據提

出較多的質疑 ($M = 1.320$, $SE = 0.138$), 對科技議題中證據的質疑數則較少 ($M = 1.181$, $SE = 0.174$)。顯示大學生與研究生對於科學與科技議題的證據可能存在不同的看法。

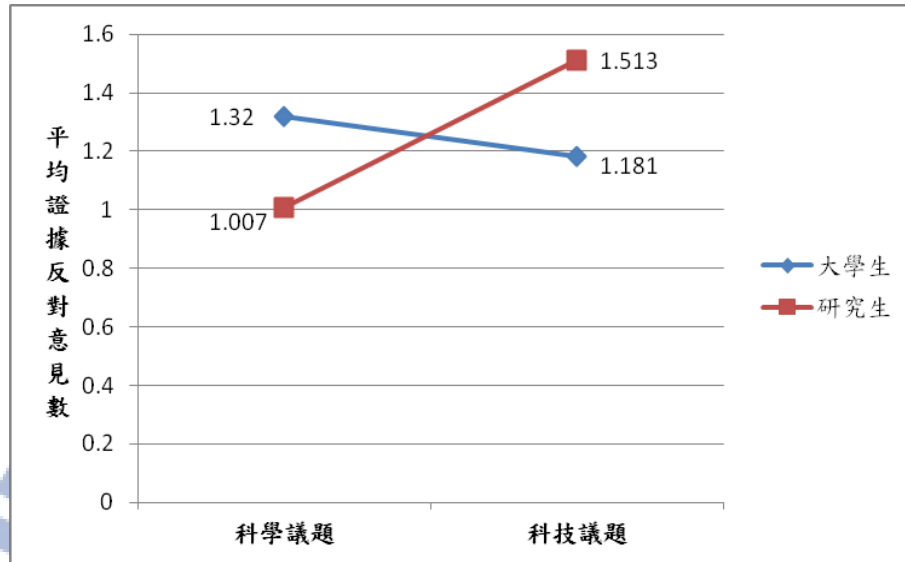


圖 4-5 議題與專業程度對證據反對意見之交互作用圖

4.5.4 對計劃的研究方法所提出的反對意見

主修科學或科技領域的大學生與研究生對科學議題、科技議題的研究方法有疑慮而提出的平均反對意見數列於表 4-22，結果 (表 4-23) 發現所有的效果皆不顯著。

表 4-22 議題、領域背景、專業程度對研究方法反對意見數之敘述統計

		科學背景		科技背景	
		大學生	研究生	大學生	研究生
科學議題	<i>M</i>	1.450	1.750	1.360	1.810
	<i>SD</i>	1.060	0.910	1.002	1.209
科技議題	<i>M</i>	1.650	1.400	1.270	1.710
	<i>SD</i>	1.664	0.681	1.077	1.419

綜合這部分的資料分析可發現，在對研究計劃的缺點提出質疑的論證結構上，參與者對科技研究議題的研究價值提出的疑慮顯著高於科學研究。大學生對學術研究的價值

表 4-23 議題、領域背景、專業程度對研究方法反對意見數影響之變異數分析表

<i>Source</i>	<i>df</i>	<i>SS</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>p</i>	η^2
組間變項						
截距	1	438.975	438.975	258.568	0.000	0.742
領域背景 (M)	1	0.021	0.021	0.013	0.911	0.000
專業程度 (E)	1	2.523	2.523	1.486	0.226	0.016
M × E	1	1.985	1.985	1.169	0.283	0.013
誤差 1	90	152.794	1.698			
組內變項						
議題 (D)	1	0.335	0.335	0.291	0.591	0.003
D × M	1	0.003	0.003	0.002	0.963	0.000
D × E	1	0.856	0.856	0.744	0.391	0.008
D × M × E	1	0.829	0.829	0.721	0.398	0.008
誤差 2	90	103.508	1.150			

的懷疑程度也顯著高於研究生，顯示研究所的教育可幫助學生了解科學或科技研究的價值。就對計劃中的解釋所提出的認同度而言，研究生對科技議題中的解釋或引用的證據不服的程度，均高於對科學議題的不服。顯示不論主修為何，研究生對科技議題的解釋或證據均較有能力評論，對科學則否。大學生則比較不易由科技議題中看出解釋或證據上的缺失。

論證結構是構成良好論證的條件，一個好的論證必須包含說理、證據以及證據取得方法是否妥當，由這些不同的角度來檢驗一個主張的有效性。參與者在科學與科技兩個議題提出的支持意見與反對意見中，論證結構的比例整理於表 4-24。不論是科學或科技議題，參與者在提出支持意見時皆著重於證據與研究價值上的意義，顯示很容易被文中的證據說服。在評論反對意見時，參與者在兩個議題中的反應集中於解釋上的漏洞，還會著重於找出研究方法上的缺陷，顯示參與者知道科學資料取得方法是否恰當是很重要

表 4-24 參與者在科學與科技議題的論證結構在支持與反對意見中的分布比例

議題	反應方式	研究價值	解釋	證據	研究方法
科學 (46%)	支持 (57%)	15%	7%	21%	14%
	反對 (43%)	6%	15%	9%	13%
	整體	21%	22%	30%	27%
科技 (54%)	支持 (53%)	15%	12%	15%	11%
	反對 (47%)	9%	18%	9%	11%
	整體	24%	30%	24%	22%

的，但參與者對引用資料中的缺陷則較少著墨。整體而言，顯示參與者在閱讀科學或科技研究議題時，容易被引用的證據所引導，很難對證據的有效性提出質疑。

4.6 論證結構的內容分析

上面的分析是就參與者在評論科學與科技議題時的反應量所進行的量化分析，下面將對評論反應的內容進行質的分析，以了解科學與科技背景的大學生與研究生在評論科學與科技議題時，其重視的項目有什麼相同或相異之處。

4.6.1 對研究價值的支持意見

在參與者對科學與科技議題的研究價值所提出的支持意見的數量的比較中發現，大學生對科技議題研究價值提出的支持意見數 ($M = 2.492$, $SE = 0.174$) 略高於研究生 ($M = 1.780$, $SE = 0.195$)。由質的比較來看，參與者在評論科學與科技研究計劃的價值時提出的支持性意見大致相同，不論是科學或科技議題，都涵蓋學術價值、實務價值、研究原創性等三個項目，此外對科技議題參與者還會考慮生化甲蟲相對的優點 (表 4-25)。但是參與者對科學與科技的研究價值所重視的項目卻是全然不同。就科學研究議題，參與者重視的項目依序為學術價值 (75%)、實務價值 (21%)、研究的原創性及延伸性 (4%)，在科技研究議題，參與者重視的項目依序則為實務價值 (59%)、學術價值

(24%)、新技術(生化甲蟲)的相對優點(11%)、研究的原創性及延伸性(6%)。顯示參與者在評論科學研究的研究價值首重學術價值，而在評論科技議題研究價值時則著重實務價值。推測其原因可能在於科學研究的目的是找出現象背後的因果關係，如得到驗證即為新知識的建立，對學術研究具有一定程度的貢獻，因此參與者在評論科學議題時較注意學術價值。而科技研究的目的則是應用現有知識去製造出對生活有幫助的工具，因此參與者在評估科技議題時較偏重實務價值。由於參與者的主修領域背景與專業程度也可能會影響其對科學與科技研究價值的評論，以下將逐一探討評論項目，進一步了解領域背景及專業程度的影響。

表 4-25 參與者對科學與科技議題研究價值的支持意見內容分析彙整

	科學議題	科技議題
相同意見 (94%)	學術價值 (75%) 實務價值 (21%) 研究的原創性及延伸性 (4%)	學術價值 (24%) 實務價值 (59%) 研究的原創性及延伸性 (6%)
相異意見 (6%)		新技術的相對優點 (11%)

學術價值。主要指該研究對於學術上具有貢獻。這些貢獻包含新知識的獲得(如：能確認草脫淨對於生態造成的威脅及影響，以確保其永續發展、將對綠金龜的身體構造有更深入了解)、探討該議題可能產生的影響(如：草脫淨使用量大，有必要確認、草脫淨可能會影響人類健康，有必要研究)。由表 4-26 可知，參與者在科學議題提出較多學術價值的支持性意見，其中科學背景研究生在評論科學議題時，對學術價值表示肯定的意見數為四組最高，但是在評論科技議題時，其對學術價值表示肯定的意見數則是四組最低。

表 4-26 領域背景、專業程度對學術價值支持意見數之敘述統計

		科學背景		科技背景	
		大學生	研究生	大學生	研究生
科學議題	<i>M</i>	1.290	1.650	1.320	1.520
	<i>SD</i>	1.039	1.089	0.780	1.030
科技議題	<i>M</i>	0.650	0.350	0.550	0.520
	<i>SD</i>	0.798	0.587	0.671	0.928

表 4-27 領域背景、專業程度對實務價值支持意見數之敘述統計

		科學背景		科技背景	
		大學生	研究生	大學生	研究生
科學議題	<i>M</i>	0.480	0.550	0.410	0.140
	<i>SD</i>	0.570	0.759	0.666	0.359
科技議題	<i>M</i>	1.390	1.000	1.550	1.100
	<i>SD</i>	1.256	0.795	1.057	0.831

實務價值。主要是指出該研究對於日常生活上的實際應用具有貢獻。科學議題上的實務價值如：草脫淨是人類造成的危害，如能應用發展生物性別控制技術、如確認草脫淨確實有害，能進一步加以禁用或設法改善成分，在科技議題上的實務價值如：昆蟲體積小，能有效應用在軍事偵察。參與者所提出的實務價值的平均反應數列於表 4-27，與學術價值的情形相反，參與者在科技議題的評論提出較多實務價值的肯定意見，此外科技背景研究生在評論科學議題時提到實務價值的支持意見數為四組最低，而科技背景大學生對科技議題的支持意見則是最高。綜合學術與實務價值的分析可看出科學和科技訓練的學生在評論事物時一著重學術價值，一著重實務價值。

研究的原創性及延伸性。主要指該研究與過去研究相比，具有獨創之處及透過此研究可以衍伸出更多值得探討的議題。如在草脫淨的研究中指出，過去研究僅探討性別的影響，該研究則進一步探討涉及到生殖能力、可延伸探討其他除草劑是否也會促進芳香酶生成、若證實草脫淨會影響青蛙的性別發展，可進一步探討是否會影響其他生物或人類，在生物載具的議題上則指出採用真實生物做為載具的想法很有創意。但由表 4-28 可知，參與者對科學與科技研究的原創性及延伸性所提出的支持意見皆很少。

表 4-28 領域背景、專業程度對研究的原創性及延伸性支持意見數之敘述統計

		科學背景		科技背景	
		大學生	研究生	大學生	研究生
科學議題	<i>M</i>	0.030	0.050	0.050	0.140
	<i>SD</i>	0.180	0.224	0.213	0.478
科技議題	<i>M</i>	0.190	0.050	0.140	0.100
	<i>SD</i>	0.402	0.224	0.351	0.301

表 4-29 領域背景、專業程度於科技議題中對新技術相對上的優點之敘述統計

		科學背景		科技背景	
		大學生	研究生	大學生	研究生
	<i>M</i>	0.260	0.350	0.270	0.100
	<i>SD</i>	0.514	0.813	0.550	0.301

新技術的相對優點。此項目僅出現於科技議題，主要指生化甲蟲相較於一般飛行器，所具備的優勢。例如體積小不易被察覺、可對應難以偵查的地形區域。由 4-29 可知，科學背景研究生對生化甲蟲相對上的優點提出的意見數為四組最高，科技背景研究生則是四組最低，顯示二組對甲蟲的生物學知識隨教育而差距擴大。

對照參與者在科學與科技議題的研究價值的支持意見數量的比較中，大學生對科技議題研究價值提出的支持意見數高於研究生，由質的結果來看，主要原因應來自於大學生對科技議題的實務價值提出較多肯定意見。此外，就參與者在研究價值的支持性意見的反應來看，雖然在評論科學議題時較著重於學術價值，而在評論科技議題時則著重於實務價值，但科技背景的大學生在評論科技議題時較重視實務價值，且科技背景的研究生也不看好科學研究的實務價值。而另一方面，科學背景的研究生在評論科學議題時則重視學術價值，顯示隨著教育，科學與科技背景的人對科學和科技研究的價值的差距愈加明顯。

表 4-30 參與者對科學與科技議題解釋的支持意見內容分析彙整

科學議題		科技議題
相同意見 (46%)	研究問題的說明 (51%)	研究問題的說明 (44%)
相異意見 (54%)	文獻充分 (49%)	新舊技術的相對優點 (52%) 開發新技術尚待解決的問題 (4%)

4.6.2 對解釋的支持意見

參與者對科學與科技研究計劃的解釋所提出的支持意見數量上即存在顯著差異，參與者對科技議題所提出的支持意見數 ($M = 1.710$, $SD = 1.456$) 顯著高於科學議題 ($M = 0.910$, $SD = 1.044$)。此外，領域背景與專業程度的交互作用顯著，科技背景的研究生對科學與科技議題的解釋所提出的支持意見數 ($M = 1.571$, $SE = 0.193$) 高於科技背景的大學生 ($M = 0.841$, $SE = 0.188$)。由質的分析來看，參與者對科學與科技議題的解釋所提出的支持意見內容相似性不高 (表 4-30)，相同的項目僅有研究問題的說明。對科學議題，參與者還會評估文獻是否充分、為何要進行此研究，對科技議題則還會評估新舊

技術(生化甲蟲 vs. 仿生微型飛行器)的相對優點、開發新技術尚待解決的問題(4%)。

除了相似性不高,參與者對科學與科技議題著重的重點亦是差異極大,對於科學議題,參與者重視的項目依序為研究問題的說明清楚(51%)、文獻是否充分(49%),對於科技議題,參與者重視的項目則依序為生化甲蟲 vs. 仿生微型飛行器的相對優點(52%)、研究問題的說明(44%)、目前開發生化甲蟲尚待解決的問題(4%)。顯示參與者評論科學議題的解釋時著重於研究問題的說明清楚以及作者引用的文獻是否足夠,而在評論科技議題時則著重於生化甲蟲相對於仿生微型飛行器的優勢所在。推測是因為科學是在建立新知識,但是新知識的建立需要經過嚴謹的推論及驗證過程加以確認,因此會著重解釋的完整性,也包含作者引用的文獻是否足夠等。而科技研究則是應用現有知識去製造出對生活有幫助的工具,著重的是製造出的工具是否對人有用,因此參與者在評估時首重效益,如:生化甲蟲 vs. 仿生微型飛行器的相對優點。由於參與者的主修領域背景與專業程度也可能會影響其對科學與科技解釋的評論,以下將逐一探討評論項目,進一步了解領域背景及專業程度的影響。

表 4-31 領域背景、專業程度對研究問題的說明清楚反應數之敘述統計

		科學背景		科技背景	
		大學生	研究生	大學生	研究生
科學議題	<i>M</i>	0.520	0.550	0.230	0.570
	<i>SD</i>	0.811	0.605	0.528	0.811
科技議題	<i>M</i>	0.940	0.650	0.680	0.620
	<i>SD</i>	1.093	0.813	0.716	0.590

研究問題的說明清楚。參與者認為科學議題對研究問題有清楚的說明主要包含草脫淨對性徵引發化學作用的機制(如:草脫淨會促成芳香酶生成,促使雌性動情素產生,導致雄性生殖腺變成卵巢)、研究生殖能力的重要性(如:生殖能力是影響繁殖的重要原因,因此研究生殖能力可行)、該研究與過去研究的相關性及不同之處(如:探討生

殖能力，結合過去研究，足以證明草脫淨對青蛙的影響）、研究問題本身的敘述（如：草脫淨可能影響青蛙的性別發展及生殖能力，可透過實驗確認）等與研究問題相關事物的解釋。對科技議題研究問題的說明則包含說明昆蟲特性及為何以綠金龜取代蒼蠅（如：以 Tu & Dickinson (1994) 的研究說明蒼蠅為何有優秀的飛行能力、因蒼蠅體積太小，以飛行方式及肌肉形式、位置相當的綠金龜取代）、說明控制系統的物理機制（如：於綠金龜身上搭載微處理器，當微處理器收到指令時會發出電壓，由植入的銀線刺激腦部或肌肉以控制飛行）。對於研究問題說明的平均反應數列於表 4-31。由表 4-31 可知，參與者對科技議題的研究問題說明清楚的同意意見高於科學研究議題，這可能也是量的結果中參與者對科技議題所提出的支持意見會顯著高於科學議題的主要原因。推測原因可能是因為科學研究是建立在理論上（theory-leader），較抽象也較不容易了解，但科技在於是否對人有用，相對於科學，科技問題更容易與日常生活連結，因此較容易使人理解或產生興趣，所以整體上參與者對科技議題研究問題的認同高於科學議題。尤其是科學背景大學生的反應數高於其他三組，可能是相對上對科學研究（甲蟲）在工程上的應用感到興奮，而有較多的肯定意見。相對的，科技背景的大學生對研究問題的敘述是否清楚較不關心，可能反映其對於科學研究的內在效度（解釋的正確性）認識尚有不足。

表 4-32 領域背景、專業程度對科學議題中文獻充分之敘述統計

		科學背景		科技背景	
		大學生	研究生	大學生	研究生
科學議題	<i>M</i>	0.350	0.450	0.270	0.760
	<i>SD</i>	0.551	0.686	0.550	0.889

參與者支持科學研究所提出的解釋的意見中，與支持科技研究的解釋不同的項目（表 4-30）為文獻充分（49%）。由表 4-32 可知，科技背景的研究生對研究者有提供足夠的文獻來支持其提出的問題及假設（如：草脫淨的相關文獻都有提出，明確說明草脫淨對青蛙的性別影響）這部分的反應是四組中最多的，其他三組差異不大。可能是因為

了解到科學研究中解釋的正確性需要充分相關文獻支援，因此給予較多肯定意見。

相對於參與者對科學研究在文獻是否充分的要求，參與者支持科技研究的解釋的項目則偏重所提技術是否具有相對優勢（新舊技術的相對優點，52%）與技術開發上的問題（如：開發新技術尚待解決的問題，4%）等兩個項目（表 4-30）。但表 4-33 顯示，科技背景的大學生對新舊技術（生化甲蟲 vs. 仿生微型飛行器）的相對優點（如：以昆蟲做為載具可不需考慮電池，只需專注於飛行控制系統的研發）反應數是四組中最低的，與科學背景的大學生及研究生有不小的落差，顯示科技背景的大學生對科技研究的本質的認識仍有些不足，而科學背景的學生對科技研究的特徵則有一定的認識。四組參與者對於目前生化甲蟲技術開發上的困難之處（如：目前對昆蟲腦部傳遞訊息的了解尚未透徹）的反應皆很少，差距不大。

表 4-33 領域背景、專業程度對科技議題提出的解釋支持意見項目之敘述統計

		科學背景		科技背景	
		大學生	研究生	大學生	研究生
新舊技術的相對優點	<i>M</i>	1.160	0.800	0.410	1.100
	<i>SD</i>	1.293	0.894	0.666	1.136
開發新技術尚待解決的問題	<i>M</i>	0.060	0.050	0.090	0.100
	<i>SD</i>	0.250	0.224	0.294	0.301

前面提到，參與者對科學與科技研究計劃的解釋所提出的支持意見數量上存在不少差異。對照質的分析結果，主要為參與者認為科技議題對研究問題的說明較科學議題清楚。而科技背景的研究生對於科學議題中引用的文獻充份性以及科技議題中新舊技術的相對的優勢比較皆比大學生有較多肯定意見。對照在研究價值中大學生偏重於實務價值的結果，顯示科技背景的學生須接受過研究所訓練後，方能由單純實務價值的觀點轉變為從理論性及方法論的觀點去考量一個研究問題。

表 4-34 參與者對科學與科技議題證據的支持意見內容分析彙整

科學議題	科技議題
相同意見 (8%) 證據不一致，需進一步研究 (12%)	證據不一致，需進一步研究 (5%)
相異意見 (92%) 證據顯示自變項 (草脫淨) 會影響應變項 (生態) (79%)	
自變項 (草脫淨使用現況) 的證據 (9%)	證據支持技術的可行性 (90%)
	證據顯示現有技術 (仿生微型飛行器) 有技術瓶頸 (5%)

4.6.3 對證據的支持意見

參與者對於科學與科技研究的證據提出的支持意見差異極大 (表 4-34)，唯一相同之處是認為目前的研究還存在異例，因此需進一步改善，顯示科學與科技的知識都建立在證據的一致性上，對異例十分敏感。但參與者對科學與科技研究的證據重視的項目並不同，對科學研究著重的項目依序為證據顯示自變項 (草脫淨) 會影響應變項 (生態) (79%)、目前證據不一致，需進一步研究 (12%)、自變項 (草脫淨使用現況) 的證據 (9%)。而科技研究著重的證據項目則依序為證據顯示此研究具可行性 (90%)、此技術 (生化甲蟲) 目前仍有問題，需要進一步研究改善 (5%)、過去研究證據顯示 (仿生微型飛行器) 目前技術有瓶頸 (5%)，顯示參與者在評估科學議題著重在問題的推導是有提供證據，有效也一致的結論，而在評估科技議題時則著重證據所顯示的技術可行性。以下將逐一探討評論項目，進一步了解領域背景及專業程度的影響。

證據不一致，需進一步研究。指目前的證據中存在異例，因此有進一步確認的必要性 (如：多數證據皆顯示草脫淨有影響，但少數相反，因此值得探討、生化甲蟲無法進行複雜動作，須深入研究)。由表 4-35 可知，雖然四組參與者的反應量差異不大，但科

表 4-35 領域背景、專業程度對因存在異例而認為應深入研究之敘述統計

		科學背景		科技背景	
		大學生	研究生	大學生	研究生
科學議題	<i>M</i>	0.390	0.150	0.270	0.330
	<i>SD</i>	0.495	0.366	0.456	0.483
科技議題	<i>M</i>	0.190	0.050	0.090	0.050
	<i>SD</i>	0.601	0.224	0.294	0.218

表 4-36 領域背景、專業程度特有的科學議題的證據支持意見項目之敘述統計

		科學背景		科技背景	
		大學生	研究生	大學生	研究生
證據顯示自變項（草脫淨）會影響應變項（生態）	<i>M</i>	2.320	1.850	2.090	1.670
	<i>SD</i>	1.887	1.599	1.571	1.354
自變項（草脫淨使用現況）的證據	<i>M</i>	0.260	0.200	0.180	0.290
	<i>SD</i>	0.445	0.410	0.395	0.463

學背景的研究生對於科學研究的證據中存在異例反而不是那麼在意，顯示科學背景的研究生已認識到科學研究要取得完全一致的資料上的困難度。

參與者對科學研究的證據所提出的支持性意見中，與考量科技研究不同的項目為證據說明草脫淨對生態有影響（79%）與草脫淨使用現況的證據（9%）等（表 4-34）。由表 4-36 可知，四組學生皆注意到計劃書中草脫淨已經影響周邊生態發展的證據（如：Hayes et al.(2002)發現高於 1ppb 的草脫淨下成長的青蛙，其性徵弱化、Ingraham (2008) 發現草脫淨影響魚類的內分泌），且反應數量皆不少。參與者對於與草脫淨使用現況的調查資料（57% 河流驗出草脫淨、性別異常的青蛙皆棲息在大量使用草脫淨的農業區）的反應皆很少，且四組差異也不大。

表 4-37 領域背景、專業程度特有的科技議題提出的證據支持意見項目之敘述統計

		科學背景		科技背景	
		大學生	研究生	大學生	研究生
證據支持技術的可行性	<i>M</i>	2.160	1.950	2.050	1.810
	<i>SD</i>	2.018	1.669	1.759	1.806
證據顯示現有技術（仿生微型飛行器）有技術瓶頸	<i>M</i>	0.100	0.100	0.050	0.240
	<i>SD</i>	0.301	0.308	0.213	0.625

參與者支持科技研究所提出的支持性的證據的項目則包含證據，顯示此技術具可行性（90%）與研究證據顯示現有技術（仿生微型飛行器）有技術開發有瓶頸（5%）等兩個項目（表 4-34）。由表 4-37 可知，四組學生皆關心技術可行性的證據上，且差異不大。參與者對於證據顯示仿生微型飛行器的技術瓶頸（如：哈佛實驗室研發出的機器人比蒼蠅重 4 倍，且升空後便無法控制）反應皆相當少，但科技背景的研究生的反應量是四組中最高的，顯示科技研究的本質在突破現有技術的瓶頸，只有到研究所的學生才開始對技術瓶頸有興趣。

綜而言之，科學和科技研究的價值一在學術貢獻，一在實務上的貢獻。其目的不同，對研究中證據所顯示出來的意義重視的角度便不同。科學研究強調問題所產生的可能影響（草脫淨可能影響青蛙的性別發展及生殖能力，進而影響生態），以及證據上的不一致。科技研究強調的是技術的可行性與現有瓶頸的突破。

4.6.4 對研究方法的支持意見

參與者對科學與科技研究計劃的研究方法所提出的支持意見數量上即存在顯著差異，科學背景的參與者對研究方法所提出的支持意見數（ $M = 1.830$ ， $SD = 1.283$ ）明顯高於科技背景的參與者（ $M = 1.420$ ， $SD = 0.874$ ）。由質的比較來看，參與者對科學與科技研究的方法的支持意見完全沒有任何相同之處（表 4-38），對科學研究著重的項目依序為使用的應變項可行（32%）、限制實驗用的樣本為某一類別（27%）、將其他可能

表 4-38 參與者對科學與科技議題研究方法的支持意見內容分析彙整

	科學議題	科技議題
相異意見(100%)	使用的應變項可行 (32%)	
	限制實驗用的樣本為某一類別 (27%)	
	將其他可能影響結果的變項加以控制 (22%)	
	以不同實驗處理水準 (草脫淨濃度) 來確認自變項 (草脫淨) 對應變項 (非洲瓜蟾) 的影響 (11%)	
	研究方法內容的說明清楚 (8%)	
		使用新的儀器技術來進行新技術 (生化甲蟲) 的開發 (50%) 研究方法清楚, 可行性高 (27%) 以過去研究成果為基礎進一步發展新的技術 (控制生化甲蟲) (23%)

影響結果的變項加以控制 (22%)、以不同實驗處理水準 (草脫淨濃度) 來確認自變項 (草脫淨) 對應變項 (非洲瓜蟾) 的影響 (11%) 研究方法內容的說明清楚 (8%)。對科技研究著重的項目依序則是使用使用新的儀器技術來進行新技術 (生化甲蟲) 的開發 (50%)、研究方法清楚, 可行性高 (27%)、以過去研究成果為基礎進一步發展新的技術 (控制生化甲蟲) (23%)。顯示參與者對科學研究的方法偏重於於研究本身的內在效度, 包含應變項的量測方式能否達到目的、自變項的操弄, 干擾變項的控制。對科技議

題的方法則偏重於技術可行性，包含新的儀器設備、方法的可行性、基於過去成果進一步發展新技術等。由於參與者的主修領域背景與專業程度也可能會影響其對科學與科技的研究方法的評論，以下將逐一探討評論項目，進一步了解領域背景及專業程度的影響。

表 4-39 領域背景、專業程度對科學議題提出的研究方法支持意見項目之敘述統計

		科學背景		科技背景	
		大學生	研究生	大學生	研究生
使用的應變項可行	<i>M</i>	0.520	0.950	0.550	0.190
	<i>SD</i>	0.926	1.146	0.858	0.512
限制實驗用的樣本為某一類別	<i>M</i>	0.520	0.500	0.410	0.330
	<i>SD</i>	0.508	0.513	0.503	0.483
將其他可能影響結果的變項加以控制	<i>M</i>	0.390	0.550	0.270	0.290
	<i>SD</i>	0.558	0.686	0.631	0.561
以不同處理水準（草脫淨濃度）來確認自變項（草脫淨）對應變項（非洲瓜蟾）的影響	<i>M</i>	0.320	0.100	0.140	0.140
	<i>SD</i>	0.475	0.308	0.351	0.359
研究方法內容的說明清楚	<i>M</i>	0.100	0.050	0.140	0.290
	<i>SD</i>	0.301	0.224	0.351	0.561

由表 4-39 可知，科學背景的研究生相當關注科學實驗中應變項的測量方式（包含以雄蛙喉部大小、性激素濃度、性器官大小判定是否變性、以雌蛙產卵數判定雄蛙的生殖能力）及實驗中對於混淆變項的控制（包含相同的飼養環境、觀察時間為三年等是否可行），相對上，科技背景的研究生對測量方式的反應量偏低。科學背景的大學生還關注自變項（濃度）操弄的水準（如：以含 2.5ppb 草脫淨的暴露環境和無草脫淨的暴露環境做為對照，藉此確認草脫淨對青蛙的影響）。而相對上科技背景的研究生在研究方法能否測試假設是否成立，以及研究方法與過去研究相關性的說明（如：與過去性別發展所做的研究類似，應可對應生殖能力、Hayes et al. (2002)的實驗中，草脫淨濃度為 1ppb

以上即造成青蛙喉部變小，因此暴露濃度設為 2.5ppb 可行) 則有較其他三組高的反應。

由這些現象顯示，對科學議題，科學背景的大學生與研究生對研究方法的批判力均較科技背景的學生高。科技背景的研究生對科學方法中的測量或干擾變項的控制則是敏感度偏低。因此在研究方法的支持意見數的比較中，科學背景的參與者比科技背景的參與者較能提出的支持意見。

對於科技議題的研究方法 (表 4-40)，科學背景的大學生對研究將使用到的相關新技術 (如：以核磁共振深入分析控制翅膀的肌肉、以微型麥克風記錄翅膀拍翅聲) 則相對上較有反應，其他意見上四組之間差異不大。

表 4-40 領域背景、專業程度對科技議題提出的研究方法支持意見項目之敘述統計

		科學背景		科技背景	
		大學生	研究生	大學生	研究生
使用新的儀器技術來進行新技術 (生化甲蟲) 的開發	<i>M</i>	0.970	0.850	0.730	0.620
	<i>SD</i>	1.140	1.040	0.827	0.865
研究方法清楚，可行性高	<i>M</i>	0.520	0.300	0.410	0.430
	<i>SD</i>	0.769	0.470	0.666	0.598
以過去研究成果為基礎進一步發展新的技術 (控制生化甲蟲)	<i>M</i>	0.320	0.400	0.410	0.330
	<i>SD</i>	0.475	0.503	0.590	0.483

上述分析顯示，科學與科技背景的研究生對科學與科技研究的方法的關注層面似乎有所不同，科技背景的研究生對於科學研究的內在效度的評估 (如應變項、干擾變項的控制) 的反應低於科學背景的研究生，這可能是因為領域訓練的不同，科學的目的是建立新知識，為確保建立的新知識的正確性，需要嚴謹的驗證方式以排除其他的可能性，相對上科技是應用科學知識以製作能滿足人類需求的工具，重視的是研發成果的相對效用，對研究中是否要排除其他可能性相對上較不敏感。

綜合參與者在評論科學與科技研究計劃時所提出的支持意見的量與質的分析可以

看出，雖然參與者對科學與科技的支持性評論的總量相似，但質的分析則顯示，參與者對科學與科技的評論重點差異甚大。在科學方面，參與者關心的是科學研究的學術價值、解釋的完整性、證據對於問題的推導是否提供有效且一致的結論、研究方法中對於應變項的測量方式以及實驗中對於混淆變項的控制，對科技研究而言，則關心其實務價值、對於效益的解釋說明、證據所呈現的技術可行性以及研究方法的技術可行性等，顯示一般人對於科學與科技的本質差異皆有一定程度的了解。

表 4-41 參與者對科學與科技議題研究價值的反對意見內容分析彙整

	科學議題	科技議題
相同理由 (68%)	學術價值低 (64%) 實務價值低 (15%) 道德議題 (5%)	學術價值低 (4%) 實務價值有限 (17%) 道德議題 (37%)
相異理由 (32%)	時間與社會成本的疑慮 (16%)	成本效益的疑慮 (22%) 新技術 (綠金龜) 於軍事應用上的 風險 (20%)

4.6.5 對研究價值的反對意見

對研究計劃書內容的評論，除了找出計劃書的優點外，也須指出計劃書中尚有疑慮的部分，以作為決定是否補助的依據。下面分別就參與者的反對意見內容進行質的分析，以了解參與者在質疑科學與科技研究時，其著重的項目有什麼相同或相異之處。

參與者對科學與科技研究的研究價值的反對意見在數量上就有不少差異，他們對科技議題的研究價值所提出的反對意見數 ($M = 1.350, SD = 1.259$) 明顯高於科學議題 ($M = 0.790, SD = 0.802$)，此外大學生對研究價值提出的反對意見數 ($M = 1.260, SD = 1.174$) 明顯高於研究生 ($M = 0.820, SD = 0.918$)。而就質的分析來看，參與者研究價值提出的反對意見，經內容分析發現，結果與支持性意見的論述十分接近 (表 4-41)，對科學與

科技研究提出的反駁意見皆包含學術價值、實務價值、道德議題的考量，此外，參與者還會質疑科學研究的時間成本以及研究成果對相關產業可能造成的衝擊。對科技議題則還會質疑研究的成本效益、新技術（綠金龜）於軍事應用上的風險。

參與者對科學與科技研究的研究價值質疑的重點差異極大，對科學研究質疑的重點依序為學術價值低（64%）、時間與社會成本的疑慮（16%）、實務價值低（15%）、道德議題（5%），對科技研究質疑的項目則依序為道德議題（37%）、成本效益的疑慮（22%）、新技術（綠金龜）於軍事應用上的風險（20%）、實務價值有限（17%）、學術價值低（4%）。亦即，與他們對研究價值的支持意見時相同，評量科學研究時，參與者首重學術價值，對科技研究則著重科技應用時的道德評量與相關技術上的風險、技術可行性及成本效益。由於參與者的主修領域背景與專業程度也可能會影響其對科學與科技的研究價值的質疑，以下將逐一探討評論項目，進一步了解領域背景及專業程度的影響。

表 4-42 領域背景、專業程度對學術價值低的質疑之敘述統計

		科學背景		科技背景	
		大學生	研究生	大學生	研究生
科學議題	<i>M</i>	0.450	0.300	0.550	0.710
	<i>SD</i>	0.624	0.571	0.800	0.717
科技議題	<i>M</i>	0.060	0.000	0.050	0.100
	<i>SD</i>	0.250	0.000	0.213	0.301

學術價值低。參與者在評論科學議題的研究價值時主要包含三個方面，1、在學術價值不夠上主要的批評是已經有許多類似研究，結果已可預期，是否還有必要從事相關研究，研究對象並非保育類，與人類也無關連，研究意義不大。2、研究變項（草脫淨）所造成的影響真有如此之大？3、研究結果的推廣上的限制（草脫淨若確實影響兩棲類性別發展及生殖能力，此一結果是否能推論至人類甚至生態？），對科技議題的批評則首重技術所可能帶來的負面影響和副作用，也會質疑與過去研究相似度太高及該研究所

能獲得的新知識有限而提出質疑（如：學術價值不高，因為目前已對昆蟲結構有相當了解，僅結合微型電路這部分有意義）。由表 4-42 可知，科技背景的研究生對科學研究的學術價值抱持疑慮的反應量最高，科學背景的研究生相對上對科學研究的學術價值較不擔心。四組參與者對科技研究的學術價值所提的批評都很少。

實務價值低。參與者在評論科學與科技研究的價值時，均會考慮研究的的實務貢獻是否足夠。如，在科學議題方面認為研究對象是兩棲類，對於生活上的貢獻不大。研究結果能否促使廠商改良產品、能否促成大眾環保意識。在科技議題方面，則是認為技術（生化甲蟲）的應用範圍有限，除軍事以外幾乎難以運用。由表 4-43 可知，對科學及科技議題的實務價值科技背景的學生幾乎沒有什麼負面的評語，科學背景的參與者對科學議題的實務價值的質疑數量也不多，但對科技研究的實務價值則有較多的批評。

表 4-43 領域背景、專業程度對實務價值低的質疑之敘述統計

		科學背景		科技背景	
		大學生	研究生	大學生	研究生
科學議題	<i>M</i>	0.160	0.200	0.090	0.000
	<i>SD</i>	0.374	0.523	0.294	0.000
科技議題	<i>M</i>	0.290	0.350	0.090	0.190
	<i>SD</i>	0.643	0.489	0.294	0.402

道德議題。由於科學研究中包含動物實驗，因此有少數參與者會就動物實驗的相關道德議題（如虐待動物、動物倫理）提出質疑。相對的，參與者在科技研究中對生物加以改造的技術所提出道德質疑（如：侵犯隱私權、虐待動物、破壞生態、技術遭到惡用）的數量則相當高。由表 4-44 可知，科學與科技背景的大學生對科技研究的道德議題提出的質疑意見數較高，但是研究生對科技研究的道德議題較不敏感。

參與者對科學研究的價值的反對意見中，有少數反應是針對時間與社會成本的疑慮（16%）（如：實驗時間需要三年太過耗時的疑慮、若停用草脫淨，可能對相關產業造

表 4-44 議題、領域背景、專業程度對道德議題上的質疑之敘述統計

		科學背景		科技背景	
		大學生	研究生	大學生	研究生
科學議題	<i>M</i>	0.100	0.050	0.000	0.000
	<i>SD</i>	0.301	0.224	0.000	0.000
科技議題	<i>M</i>	0.840	0.200	0.640	0.140
	<i>SD</i>	1.319	0.523	0.658	0.478

表 4-45 領域背景、專業程度於科學議題中時間成本的反對意見之敘述統計

		科學背景		科技背景	
		大學生	研究生	大學生	研究生
<i>M</i>		0.160	0.100	0.230	0.000
<i>SD</i>		0.454	0.308	0.429	0.000

表 4-46 領域背景、專業程度對科技議題提出的研究價值反對意見項目之敘述統計

		科學背景		科技背景	
		大學生	研究生	大學生	研究生
成本效益的疑慮	<i>M</i>	0.390	0.150	0.320	0.290
	<i>SD</i>	0.558	0.366	0.477	0.463
新技術（綠金龜）於軍事應用上的風險	<i>M</i>	0.290	0.200	0.270	0.280
	<i>SD</i>	0.588	0.410	0.550	0.568

成衝擊的疑慮)。由表 4-45 可知，這些反應主要來自大學生，研究生的反應相當少，科技背景的研究生則是毫無反應。

參與者對科技研究價值的質疑還包含成本效益的疑慮（22%）與新技術（綠金龜）於軍事應用上的風險（20%）兩項（表 4-41），由表 4-46 可知，主修科學的研究生對科

技研究的成本效益的質疑量（如：研發需要金錢、時間及人力，且不一定有效果，不如把這些花在一些具成熟度的科技上）是四組中最低的。四組參與者對新技術（生化甲蟲）在軍事應用上的風險（如：綠金龜體型大，易被敵人發現、建築物出現綠金龜反而不合理，探索範圍有限）及若新技術（生化甲蟲）運用於軍事行動可能出現的社會問題（如：可能引發國際糾紛、社會會以為目的是引發戰爭，破壞和平）的反應量相近。

前面提到，參與者對科學與科技研究的研究價值的反對意見數量的比較中，他們對科技議題的研究價值所提出的反對意見數明顯高於科學議題，且大學生對研究價值所提出的反對意見數明顯高於研究生。對照質的結果來看，其主要原因可能是參與者對科技議題的實務價值與道德議題的質疑皆高於科學議題，其中大學生對道德議題所提出的質疑高於研究生。對於此一現象將於探討解釋的反對意見時再一併說明。

4.6.6 對解釋的反對意見

參與者對科學與科技研究的解釋的反對意見在數量上存在不少差異，他們對科技議題的解釋所提出的反對意見數（ $M = 2.520$, $SD = 1.689$ ）顯著高於科學議題（ $M = 1.850$, $SD = 1.444$ ），此外研究生對兩個議題的解釋所提出的反對意見數（ $M = 2.460$, $SD = 1.813$ ）明顯高於大學生（ $M = 1.970$, $SD = 1.390$ ）。此外，議題與專業程度的交互作用顯著，研究生對科技議題的解釋所提出的反對意見數（ $M = 3.080$, $SE = 0.255$ ）明顯高於大學生（ $M = 2.100$, $SE = 0.228$ ）。

經內容分析發現，參與者對科學與科技研究的解釋提出了三種相同的質疑意見，但不同的意見相當多（表 4-47）。對科學與科技研究提出的反對意見含文獻引用的問題、研究方向的問題與建議、及在研究計劃書中研究者對異例未提出解釋。對科學議題獨有的評論另含：參與者還會質疑可能存在其他因素、因果關係的解釋不詳細、對於探討另一應變項（生殖能力）有疑慮。科技議題獨有的評論則含：新技術（綠金龜）的相關知識有缺陷、混淆變項的干擾、新舊技術的比較方式不週延、對異例的駁斥方式不當、以及以真實生物作為載具的疑慮。

表 4-47 參與者對科學與科技議題解釋的反對意見內容分析彙整

科學議題	科技議題
相同理由(34%)	相同理由(34%)
引用文獻的問題 (17%)	引用文獻的問題 (20%)
對研究方向的問題與建議 (11%)	對研究方向的問題與建議 (4%)
對異例並未加以解釋 (9%)	對異例並未加以解釋 (9%)
相異理由(66%)	相異理由(66%)
存在其他因素的可能性 (53%)	存在其他因素的可能性 (53%)
因果關係的解釋不詳細 (6%)	因果關係的解釋不詳細 (6%)
對探討另一應變項(生殖能力)有疑慮 (4%)	對探討另一應變項(生殖能力)有疑慮 (4%)
	新技術(綠金龜)的相關知識有缺陷 (40%)
	混淆變項的干擾 (17%)
	新舊技術的比較方式不週延(6%)
	對異例的駁斥方式不當 (2%)
	以真實生物作為載具的疑慮(2%)

參與者對於科學與科技研究的解釋質疑的重點差異也極大，對科學研究的反對意見依序為：存在其他因素的可能性 ((53%)、引用文獻的問題 (17%)、研究方向的問題與建議 (11%)、研究者對異例並未加以解釋 (9%)、因果關係的解釋不詳細 (6%)、對探討另一應變項(生殖能力)有疑慮 (4%)。對科技研究的反對意見則依序為：新技術(綠金龜)的相關知識有缺陷 (40%)、引用文獻的問題 (20%)、混淆變項的干擾 (17%)、研究者對異例並未加以解釋 (9%)、新舊技術的比較方式不週延 (6%)、對研究方向的問題與建議 (4%)、對異例的駁斥方式不當 (2%)、以真實生物作為載具的疑慮 (2%)。由這些意見上的差異，顯示參與者在質疑科學研究的解釋時首重另有主張(即存在其他因素的可能性)，而在審查科技研究的解釋時則著重技術實現所需的條件是否具備，和

表 4-48 領域背景、專業程度對引用文獻問題之敘述統計

		科學背景		科技背景	
		大學生	研究生	大學生	研究生
科學議題	<i>M</i>	0.290	0.400	0.230	0.330
	<i>SD</i>	0.529	0.754	0.429	0.577
科技議題	<i>M</i>	0.350	0.700	0.270	0.760
	<i>SD</i>	0.985	0.801	0.550	0.889

表 4-49 領域背景、專業程度對質疑研究者對異例未提出解釋之敘述統計

		科學背景		科技背景	
		大學生	研究生	大學生	研究生
科學議題	<i>M</i>	0.030	0.150	0.140	0.430
	<i>SD</i>	0.180	0.366	0.351	0.507
科技議題	<i>M</i>	0.190	0.250	0.230	0.240
	<i>SD</i>	0.477	0.550	0.528	0.436

支持性意見的發現相呼應。由於參與者的主修領域背景與專業程度也可能會影響其對科學與科技研究的解釋的質疑，以下將逐一探討評論項目，進一步了解領域背景及專業程度的影響。

引用文獻的問題。參與者在評論科學與科技議題的解釋時，皆有對引用文獻提出質疑，包括：文獻太少、文獻引用不當（如：鳥、魚、人非兩棲類，文獻引用失當）、文獻的說明不清楚（如：引用的文獻只說結論，應多做說明）。由表 4-48 可知，整體而言，研究生較大學生更在意科學及科技研究的引用的文獻內容是否充分、恰當，這現象在評論科技研究時更為明顯。顯示研究所的訓練有助對研究文獻內容的判斷。

對異例並未加以解釋。雖然研究者在計劃書中皆有對異例提出駁斥，但參與者在評論科學與科技研究時，皆有人批評研究者並未對異例提出解釋，如：未明確說明為何

Hayes et al. (2002)和 Klose(2009)的結果為何不同、尚停留在只能控制飛行方向及高度，未提出解決方法等。由表 4-49 可知，參與者對科學與科技研究未對過去研究發現的異例提出解釋的反應數均不多，但特殊的是，科技背景的研究生對科學研究未對異例提出解釋的反應數為四組最高，由於此評論是對計劃書內容的誤解，顯示科技背景的研究生對科學研究的理解似乎會隨著教育訓練時間加長而下降。

對研究方向的問題與建議。指對作者的研究方向有疑慮而提出新的研究方向。如：若已知草脫淨會促進芳香酶產生，希望改為探討如何改善或避免、文章中提到刺激大腦的電脈衝對昆蟲的影響，為何研究方向卻是針對肌肉、可研究將控制設備模組化，控制其他昆蟲，不單單只針對綠金龜等。由表 4-50 可知，參與者整體上對科技研究所提出的新的研究方向數較少，在科學議題上，科學背景的大學生及研究生較科技背景的學生提出較多的新研究方向的建議。

表 4-50 議題、領域背景、專業程度對研究方向的問題與建議的反應數之敘述統計

		科學背景		科技背景	
		大學生	研究生	大學生	研究生
科學議題	<i>M</i>	0.260	0.250	0.140	0.140
	<i>SD</i>	0.514	0.550	0.351	0.359
科技議題	<i>M</i>	0.060	0.150	0.050	0.140
	<i>SD</i>	0.250	0.366	0.213	0.359

參與者對科學研究的解釋的反對意見中，特有的反應含：存在其他因素的可能性（53%）、因果關係的解釋不詳細（6%）、對探討另一應變項（生殖能力）有疑慮（4%）等（表 4-47）。由表 4-51 可知，所有的參與者都會考量科學研究的理論中是否已排除其他的解釋因素，如：因環境導致青蛙本身的突變、是否為草脫淨以外除草劑或其他藥物引發的化學作用、地區差異的影響、氣候的影響、是否與食物鏈有關、可能只是青蛙先天上的差異、暴露時間長短等。但相對上，有少數參與者對於科學研究計劃書中草脫淨

表 4-51 領域背景、專業程度對科學議題提出的解釋反對意見項目之敘述統計

		科學背景		科技背景	
		大學生	研究生	大學生	研究生
其他因素存在的可能性	<i>M</i>	1.160	1.050	1.000	0.620
	<i>SD</i>	1.369	1.050	1.195	0.805
因果關係的解釋不詳細	<i>M</i>	0.190	0.050	0.090	0.100
	<i>SD</i>	0.477	0.224	0.294	0.301
對探討另一應變項（生殖能力）有疑慮	<i>M</i>	0.030	0.050	0.090	0.140
	<i>SD</i>	0.180	0.224	0.294	0.478

與青蛙性別發展及生殖能力之間的因果關係，認為解釋不夠詳細。也有少數人探討另一應變項（生殖能力）提出質疑（如：影響物種生存的要素不只生殖能力、性別發展不良不一定對生殖能力造成影響）。

參與者對科技研究的解釋所獨有的反對意見則包含：新技術（綠金龜）的相關知識有缺陷（40%）、混淆變項的干擾（17%）、新舊技術的比較方式不週延（6%）、對異例的駁斥方式不當（2%）、以真實生物作為載具的疑慮（2%）等（表 4-47）。由表 4-52 可知，四組參與者皆認為目前對於綠金龜的習性及身體結構，以及控制方式（如：不能做到複雜控制動作可能與腦部接收刺激有關）的了解尚有不足之處、只因綠金龜與蒼蠅身體結構相似就選擇使用，很可能在實驗上出錯、以綠金龜為載具需考慮掠食動物的干擾、綠金龜的飛行過程存在未知風險及狀況，反而增加成本、雖然目前結果不會影響綠金龜，但出任務時，持續性的不斷刺激真的沒影響嗎。

反對意見中也考量了會干擾生化甲蟲控制效果的因素，如：惡劣天候環境、微處理器是否會因過熱而影響綠金龜、若綠金龜進入有電磁波干擾地區，是否會有影響等。也批評研究者對新技術（生化甲蟲）與舊技術（仿生微型飛行器）的相對優缺點比較不週延（如：生化甲蟲開發成本雖然較微型機器人低，但利用價值是否有高於開發成本、仿生微型飛行器雖耗電，但綠金龜也需要水和食物提供熱量），在這兩類評論中，研究生

表 4-52 領域背景、專業程度對科技議題提出的解釋反對意見項目之敘述統計

		科學背景		科技背景	
		大學生	研究生	大學生	研究生
新技術（綠金龜）的相關知識有缺陷	<i>M</i>	1.060	1.000	1.180	0.710
	<i>SD</i>	1.153	1.124	0.733	0.956
混淆變項的干擾	<i>M</i>	0.320	0.700	0.230	0.570
	<i>SD</i>	0.653	1.031	0.429	1.207
新舊技術的比較方式不週延	<i>M</i>	0.060	0.250	0.090	0.290
	<i>SD</i>	0.250	0.550	0.294	0.784
對異例的駁斥方式不當	<i>M</i>	0.000	0.150	0.090	0.000
	<i>SD</i>	0.000	0.489	0.294	0.000
以真實生物作為載具的疑慮	<i>M</i>	0.000	0.150	0.000	0.100
	<i>SD</i>	0.000	0.366	0.000	0.301

的反應都略高於大學生。此外，四組參與者注意到研究者對於異例的駁斥方式不當以及以真實生物作為載具的反對意見數皆甚少或沒有反應。

由於參與者對科學與科技的解釋所提出的反對意見在數量上存在不少差異，對照質的分析結果，主要是因為研究生對科技研究所引用的文獻、混淆變項的干擾效果以及新舊技術的比較方式所提出的質疑意見數皆高於大學生。相對於大學生較偏重於實務價值與道德議題的質疑，研究生較能從理論性、方法論的觀點考量科技研究。

4.6.7 對證據的反對意見

參與者對科學與科技的證據所提出的反對意見在量的分析上，研究生對科學議題的證據的反對意見數（ $M = 1.007$ ， $SE = 0.155$ ）是四組中最少，但他們對科技議題的證據所提出的反對意見數（ $M = 1.513$ ， $SE = 0.195$ ）則是四組中最高的。相反的，大學生對科學議題的證據提出較多的反對意見數（ $M = 1.320$ ， $SE = 0.138$ ），對科技議題中證據的

表 4-53 參與者對科學與科技議題證據的反對意見內容分析彙整

科學議題	科技議題
相同理由 (100%) 證據的有效性 (43%)	證據的有效性 (4%)
證據中存在異例 (29%)	證據中存在異例 (37%)
過去研究所使用的應變項的問題 (15%)	過去研究所使用的應變項的問題 (17%)
過去研究樣本的問題 (13%)	過去研究樣本的問題 (22%)

反對意見數則較少 ($M = 1.181, SE = 0.174$)。

內容分析顯示，參與者對於科學與科技研究的證據所提出支持性意見的內容完全不同，但他們對證據的質疑完全相似 (表 4-53)，皆包含證據的有效性、證據中存在異例、過去研究所使用的應變項的問題、過去研究樣本的問題等，顯示不論科學或科技研究的評論，證據都是重要的一環。但是參與者對科學及科技研究質疑的重點卻完全不同，對科學研究著重的項目依序為：證據的有效性 (43%)、證據中存在異例 (29%)、過去研究所使用的應變項的問題 (15%)、過去研究樣本的問題 (13%)；科技研究著重的項目則依序為：證據中存在異例 (37%)、過去研究樣本的問題 (22%)、過去研究所使用的應變項的問題 (17%)、證據的有效性 (4%)。顯示對科學研究的證據著重於證據的有效性以及證據是否存在異例，而科技研究則著重於證據是否存在異例。但這可能是計劃書中所提到的科技研究中的異例是攸關生化甲蟲是否可以運作 (綠金龜的壽命太短、綠金龜進入交配期便難以控制、控制系統的可靠度低、無法進行複雜的控制動作) 的反對意見，故基本上是著重於科技研究的可行性。由於參與者的主修領域背景與專業程度也可能會影響其對科學與科技研究的證據的質疑，以下將逐一探討評論項目，進一步了解領域背景及專業程度的影響。

表 4-54 領域背景、專業程度對證據的有效性之敘述統計

		科學背景		科技背景	
		大學生	研究生	大學生	研究生
科學議題	<i>M</i>	0.550	0.500	0.590	0.380
	<i>SD</i>	0.768	0.827	0.666	0.669
科技議題	<i>M</i>	0.190	0.550	0.140	0.810
	<i>SD</i>	0.477	0.945	0.351	1.167

表 4-55 議題、領域背景、專業程度對偵測到證據存在異例之敘述統計

		科學背景		科技背景	
		大學生	研究生	大學生	研究生
科學議題	<i>M</i>	0.320	0.450	0.450	0.140
	<i>SD</i>	0.475	0.510	0.510	0.359
科技議題	<i>M</i>	0.840	0.650	0.770	0.480
	<i>SD</i>	1.003	0.933	0.685	0.814

證據的有效性。指證據的證據力不足，包含證據太少、證據正確性的問題（如：大多是作者自己曾做過的研究、缺少一套標竿來判斷收集到的資料是否正確）、證據取得方式的問題（如：濃度依據為何、野外氣候環境可能與實驗室不同）以及混淆變項的相關參數未說明清楚（如：草脫淨對鳥類或動物內分泌影響的實驗地點不明、未說明暴露時間、過去研究未提及飛行時間及飛行距離、人為控制下的控制距離有多遠）。由表 4-54 可知，科技背景的研究生對科學研究的證據有效性的反應數是四組中最低，而四組參與者對科技研究的證據有效性，研究生的反應數則高於大學生。

證據中存在異例。指偵測到證據中存在與主張不同的異例。由表 4-55 可知科技背景的參與者在評論科學與科技研究時，對於證據中存有異例的反應皆不高。相較之下，參與者對科技研究中的證據存在的異例的反應數高於科學研究，但在四組中，科技背景

表 4-56 議題、領域背景、專業程度對應變項測量的問題之敘述統計

		科學背景		科技背景	
		大學生	研究生	大學生	研究生
科學議題	<i>M</i>	0.260	0.150	0.140	0.140
	<i>SD</i>	0.514	0.366	0.351	0.359
科技議題	<i>M</i>	0.060	0.200	0.230	0.100
	<i>SD</i>	0.359	0.523	0.685	0.436

表 4-57 領域背景、專業程度對過去研究樣本的問題之敘述統計

		科學背景		科技背景	
		大學生	研究生	大學生	研究生
科學議題	<i>M</i>	0.190	0.200	0.140	0.050
	<i>SD</i>	0.477	0.410	0.351	0.218
科技議題	<i>M</i>	0.130	0.150	0.000	0.100
	<i>SD</i>	0.341	0.366	0.000	0.301

的研究生對證據中存在異例的敏感度相對上較低。

過去研究所使用的應變項的問題。指對過去研究所使用的測量應變項的方式提出質疑，如：喉部大小的縮減不一定代表變性、綠金龜翅膀的共振頻率能否量測，是否正好 100Hz、如何觀察昆蟲在植入機械後的生態、兩個實驗使用的應變項不同，直接將結果拿來比較不恰當等。由表 4-56 可知，科學背景的大學生對科技研究中的應變項的測量方式較不敏感。相反的，科技背景的研究生對科學研究中的應變項的衡量問題較科技研究不敏感，顯示領域背景所造成的差異。

過去研究樣本的問題。指過去實證資料的樣本的恰當性，包含過去研究對象的性別（如：只著重於雄蛙）、物種（如：文獻皆以非洲瓜蟾做實驗，無法確認對其他物種的影響是否相同）、樣本大小、及樣本來源（如：2009 年的研究樣本是否有篩選依據）。由

表 4-57 可知，參與者對樣本所提出的質疑數量並不多，但相較於科學背景的學生，科技背景的學生對於文獻中的樣本的反應更少。

在質的分析上，雖然參與者對科學和科技研究中的證據的批判內容大致相同，但批判重點卻是不同。與參與者對科學與科技研究的證據提出的支持意見相同，在質疑科學研究的證據時著重在證據的有效性，在質疑科技研究時則是著重在證據中是否有異例顯示此技術的可行性有疑慮。

此外前面提到，研究生對科技研究中的證據所提出的反對意見數高於大學生，由質的分析結果來看，主要是因為研究生比大學生對於科技研究的證據有效性所提出較多反對意見數。對照前面大學生與研究生在研究價值與解釋的評論反應，顯示隨著專業程度提升，參與者能夠對科技研究從事較為深入的知識探究活動。不過研究生對科學研究中的證據所提出的反對意見數低於大學生，對照質的分析結果，主要是因科技背景的研究生對於科學研究的證據的質疑以及偵測到證據中存在異例的反應量均極少，為四組中最低。顯示隨著科技的教育程度的上升，研究生對科學研究中的證據的認識反而下降。

4.6.8 對研究方法的反對意見

參與者對科學與科技研究的研究方法所提出的反對意見部分相同（表 4-58）。不論是科學或科技研究，皆會考量樣本的問題、應變項的衡量方式以及研究方法的說明。在科學研究中還會質疑處理水準與實驗（養殖）環境的效度；在科技研究中則還會質疑外在環境因素的干擾、設備儀器的問題以及生物特性對實驗結果的影響。

然而，參與者對科學與科技研究的方法質疑的重點卻是大相逕庭，對科學研究著重的項目依序為樣本的問題（45%）、應變項的衡量方式有疑慮（21%）、處理水準的問題（15%）、研究方法的說明不詳細（10%）、對實驗（養殖）環境的效度有疑慮（9%）。對科技研究著重的項目則依序為應變項的衡量方式有疑慮（28%）、研究方法的說明不詳細（13%）、外在環境因素會影響研究結果（13%）、研究方法是否能達成目的（13%）、設備儀器的問題（13%）、樣本的問題（10%）、樣本（生物）的特性會影響實驗結果（10%）。二者的差異顯示參與者評論科學研究時著重於內在效度（實驗樣本、應變項），以及外

表 4-58 參與者對科學與科技議題研究方法的反對意見內容分析彙整

科學議題	科技議題
<p>相同理由(64%) 樣本的問題 (45%)</p> <p>應變項的衡量方式有疑慮 (21%)</p> <p>研究方法的說明不詳細 (10%)</p>	<p>樣本的問題 (10%)</p> <p>應變項的衡量方式有疑慮 (28%)</p> <p>研究方法的說明不詳細 (13%)</p>
<p>相異理由(36%) 處理水準的問題 (15%)</p> <p>對實驗 (養殖) 環境的效度有疑慮 (9%)</p>	<p>外在環境因素會影響研究結果 (13%)</p> <p>研究方法是否能達成目的 (13%)</p> <p>設備儀器的問題 (13%)</p> <p>樣本 (生物) 的特性會影響實驗結果 (10%)</p>

在效度 (養殖環境與野外環境是否相同)。而在評論科技研究時除了著重內在效度外，也會考量可行性的問題 (如：研究方法的可行性以及設備儀器的技術問題)。由於參與者的主修領域背景與專業程度也可能會影響其對科學與科技研究的研究方法的質疑，以下將逐一探討評論項目，進一步了解領域背景及專業程度的影響。

樣本的問題。由表 4-59 可知，參與者對科學研究中使用的樣本提出了較科技研究多的質疑，這些包含不同研究中的樣本大小不同、樣本的性別 (草脫淨或許也會影響雌蛙，為何僅針對雄蛙做實驗？)、樣本的物種 (為何使用非洲瓜蟾做實驗？非洲瓜蟾具有代表性嗎？而且研究對象只有兩棲類是否太少？)、樣本的個體差異是否會影響實驗結果等。對科技研究的質疑則僅包含樣本大小 (只有 10 隻綠金龜太少) 以及樣本的個體差異是否干擾控制效果的疑慮兩項，但數量相當少。

表 4-59 議題、領域背景、專業程度對質疑樣本之敘述統計

		科學背景		科技背景	
		大學生	研究生	大學生	研究生
科學議題	<i>M</i>	0.810	0.550	0.640	0.810
	<i>SD</i>	0.792	0.686	0.790	0.680
科技議題	<i>M</i>	0.230	0.100	0.180	0.100
	<i>SD</i>	0.435	0.308	0.395	0.436

表 4-60 議題、領域背景、專業程度對質疑應變項衡量方式之敘述統計

		科學背景		科技背景	
		大學生	研究生	大學生	研究生
科學議題	<i>M</i>	0.260	0.550	0.360	0.190
	<i>SD</i>	0.514	0.759	0.581	0.512
科技議題	<i>M</i>	0.520	0.500	0.320	0.330
	<i>SD</i>	0.724	0.827	0.568	0.577

應變項的衡量方式存在疑慮。對應變項的質疑包含應變項的測量方式（如：觀察時間為何定於三年、產卵數是否能代表生殖能力的高低、飛行次數 50 次似乎有點過多、飛行方向很多，單憑拍翅聲去分析飛行方向會有誤差）、建議不同的測量方式（如：除了產卵數之外應加入孵化率、應檢查受精卵的染色體、應針對孵化後的青蛙做生殖能力的比較、應先分析操控翅膀的肌肉後，再以微型麥克風測量翅膀拍擊音量、除拍擊翅膀外，也應研究其他部位是否有變化）、以及測量工具的可靠度（如：單以微型麥克風不能有效記錄，聲音容易受外在環境干擾，若外在環境聲音大過拍翅聲，便無法有效記錄）等。測量是一個複雜的議題，包含專業的知識，由表 4-60 可知，科學背景的參與者較科技背景的參與者關心應變項的測量。

表 4-61 議題、領域背景、專業程度對質疑研究方法的說明不詳細之敘述統計

		科學背景		科技背景	
		大學生	研究生	大學生	研究生
科學議題	<i>M</i>	0.060	0.250	0.050	0.330
	<i>SD</i>	0.250	0.716	0.213	0.730
科技議題	<i>M</i>	0.100	0.250	0.180	0.290
	<i>SD</i>	0.301	0.550	0.395	0.644

表 4-62 領域背景、專業程度對科學議題提出的研究方法反對意見項目之敘述統計

		科學背景		科技背景	
		大學生	研究生	大學生	研究生
處理水準的問題	<i>M</i>	0.230	0.350	0.090	0.290
	<i>SD</i>	0.425	0.489	0.294	0.463
對實驗（養殖）環境的效度有疑慮	<i>M</i>	0.100	0.050	0.230	0.190
	<i>SD</i>	0.301	0.224	0.429	0.402

研究方法的說明不詳細。指參與者認為作者對於實驗的細節未說明清楚，而提出質疑（如：雌蛙的選擇標準為何、養殖容器大小不明，無法確認單位區域蝌蚪數、未詳述如何控制綠金龜避開障礙物或鑽入煙囪、未說明如何分析自綠金龜身上獲得的資料）。由表 4-61 可知研究生對於科學與科技研究的方法的相關細節內容的關心較大學生高。

研究方法的反對意見中，科學研究所獨有的反應為實驗處理水準的問題（15%）、實驗（養殖）環境的效度有疑慮（9%）等兩個項目（表 4-58）。由表 4-62 可知，科技背景的大學生對研究中自變項的操弄的水準（草脫淨的濃度定為 0ppb、0.01ppb、0.1ppb、1ppb、10ppb 及 25ppb 或 0ppb、0.01ppb、0.1ppb、1ppb、25ppb 等 6 種情境）的敏感度最低，顯示其目前對於處理水準的相關認識相當貧乏。四組參與者對實驗（養殖）環境的效度的質疑數量不多，但科技背景的參與者的反應量略高於科學背景的參與者，這可

表 4-63 領域背景、專業程度對科技議題提出的研究方法反對意見項目之敘述統計

		科學背景		科技背景	
		大學生	研究生	大學生	研究生
外在環境因素會影響研究結果	<i>M</i>	0.290	0.100	0.050	0.290
	<i>SD</i>	0.973	0.308	0.213	0.644
研究方法是否能達成目的	<i>M</i>	0.230	0.250	0.180	0.140
	<i>SD</i>	0.560	0.444	0.395	0.359
設備儀器的問題	<i>M</i>	0.190	0.200	0.050	0.380
	<i>SD</i>	0.402	0.523	0.213	0.740
樣本（生物）的特性會影響實驗結果	<i>M</i>	0.100	0.000	0.320	0.190
	<i>SD</i>	0.301	0.000	0.568	0.512

能是因為環境的效度屬於外在效度的問題，而科學研究首重內在效度，以確認變項間關係，在內在效度確立後，可透過交叉驗證（cross-validation）的方式擴大外在效度。

在科技研究的研究方法上被特別質疑的項目包含外在環境因素會影響研究結果（13%）、研究方法是否能達成目的（13%）、設備儀器的問題（13%）、樣本（生物）的特性會影響實驗結果（10%）等（表 4-58）。由表 4-63 可知，科學背景的大學生與科技背景的研究生較會質疑外在環境因素會干擾研究結果（如：溫度、濕度、風向、風速、氣候），科學背景的參與者對研究方法是否能達成研究目的（如：目前還無法做到複雜的動作，也許最後仍然無法完整控制，研究方法中只利用對肌肉的脈衝控制無法有效地控制綠金龜以按照指定的路線完成複雜飛行任務）的質疑略高於科技背景的參與者。科技背景的研究生和大學生在研究中使用的控制系統設備及測量儀器的技術問題（如：若要精密控制需增加線路，可能造成負重增加、控制器的控制範圍是否足以操控甲蟲、實驗中使用 2009 年的控制設備可能太舊等）的反應有差異。科技背景的大學生對於綠金龜在飛行過程中可能受到生物本能（飢餓、遭遇天敵）、棲息習慣、壽命、健康狀況（生病、基因突變）等因素而干擾控制效果的問題有較多的意見，科學背景的參與者的反應

量則甚少或沒有反應。

從質的分析來看，參與者對於科學議題與科技議題的研究方法的質疑重點與他們在支持意見中著重的方向相同。顯示參與者對科學與科技研究的研究方法著重的方向不同，對科學研究著重於觀察到的證據的有效性，即研究方法的內在效度及外在效度；對科技研究則著重於技術的可行性，即新工具的開發條件是否已經具備。

4.7 論證中的反駁方式

論證中的反對意見是對論證中的命題主張的有效性的一種反證，根據 Shaw (1996) 的分類，人提出反證的方式可分成主張解釋的反駁、論證邏輯的反駁以及另有主張的反駁等三類。本研究仿照 Shaw (1996) 的分類，修訂為主張解釋有缺陷、證據的缺陷、邏輯上的錯誤、另有主張等四類，對反對意見的依據進行分類及分析。

表 4-64 議題、領域背景、專業程度對主張解釋有缺陷的反對意見數之敘述統計

		科學背景		科技背景	
		大學生	研究生	大學生	研究生
科學議題	<i>M</i>	1.550	1.900	1.500	2.100
	<i>SD</i>	1.234	1.334	1.185	2.166
科技議題	<i>M</i>	4.320	4.500	3.590	4.240
	<i>SD</i>	2.072	2.306	1.894	2.427

4.7.1 主張解釋有缺陷

主張解釋有缺陷是指參與者對於作者提出的主張的前提、結論或解釋是否為真提出的質疑。主修科學或科技領域的大學生與研究生認為科學議題、科技議題中，作者提出的主張有解釋上的缺陷而提出的平均反對意見數列於表 4-64，結果（表 4-65）發現議題的主效果顯著，其他效果則皆不顯著。參與者在科技議題中因主張解釋有缺陷而提出的反對意見數（ $M = 4.140$ ， $SD = 2.158$ ）顯著高於科學議題（ $M = 1.730$ ， $SD = 1.497$ ）。

表 4-65 議題、領域背景、專業程度對主張解釋有缺陷的反對意見數之變異數分析表

<i>Source</i>	<i>df</i>	<i>SS</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>p</i>	η^2
組間變項						
截距	1	1601.145	1601.145	419.655	0.000	0.823
領域背景 (M)	1	2.045	2.045	0.536	0.466	0.006
專業程度 (E)	1	8.949	8.949	2.345	0.129	0.025
M × E	1	1.451	1.451	0.380	0.539	0.004
誤差 1	90	343.384	3.815			
組內變項						
議題 (D)	1	263.252	263.252	83.926	0.000	0.483
D × M	1	3.709	3.709	1.182	0.280	0.013
D × E	1	0.043	0.043	0.014	0.907	0.000
D × M × E	1	0.146	0.146	0.046	0.830	0.001
誤差 2	90	282.304	3.137			

表 4-66 議題、領域背景、專業程度對證據的缺陷反對意見數之敘述統計

		科學背景		科技背景	
		大學生	研究生	大學生	研究生
科學議題	<i>M</i>	2.260	2.200	2.230	1.860
	<i>SD</i>	1.316	1.240	1.020	1.276
科技議題	<i>M</i>	1.810	1.950	1.820	1.710
	<i>SD</i>	1.327	2.012	1.368	2.101

4.7.2 證據的缺陷

證據的缺陷是指參與者對於作者引用的證據的正確性有疑慮，以此質疑作者的主張。主修科學或科技領域的大學生與研究生認為科學議題、科技議題中引用的證據有缺

表 4-67 議題、領域背景、專業程度對證據的缺陷反對意見數之變異數分析表

Source	df	SS	MS	F	p	η^2
組間變項						
截距	1	714.740	714.740	253.995	0.000	0.738
領域背景 (M)	1	1.019	1.019	0.362	0.549	0.004
專業程度 (E)	1	0.431	0.431	0.153	0.697	0.002
M × E	1	0.893	0.893	0.317	0.575	0.004
誤差 1	90	253.259	2.814			
組內變項						
議題 (D)	1	4.481	4.481	2.888	0.093	0.031
D × M	1	0.064	0.064	0.041	0.840	0.000
D × E	1	0.624	0.624	0.402	0.528	0.004
D × M × E	1	0.012	0.012	0.008	0.930	0.000
誤差 2	90	139.659	1.552			

表 4-68 議題、領域背景、專業程度對邏輯上的錯誤反對意見數之敘述統計

		科學背景		科技背景	
		大學生	研究生	大學生	研究生
科學議題	M	0.100	0.100	0.090	0.100
	SD	0.396	0.308	0.294	0.301
科技議題	M	0.000	0.050	0.090	0.000
	SD	0.000	0.224	0.294	0.000

陷而提出的平均反對意見數列於表 4-66，結果(表 4-67)僅發現議題的主效果接近顯著，其他效果則皆不顯著。參與者在科學議題中因主張解釋有缺陷而提出的反對意見數 ($M = 2.150$, $SD = 1.218$) 略高於科技議題 ($M = 1.820$, $SD = 1.665$)。

表 4-69 議題、領域背景、專業程度對邏輯上的錯誤反對意見數之變異數分析表

<i>Source</i>	<i>df</i>	<i>SS</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>p</i>	η^2
組間變項						
截距	1	0.783	0.783	9.821	0.002	0.098
領域背景 (M)	1	0.003	0.003	0.033	0.857	0.000
專業程度 (E)	1	0.003	0.003	0.040	0.842	0.000
M × E	1	0.056	0.056	0.700	0.405	0.008
誤差 1	90	7.171	0.080			
組內變項						
議題 (D)	1	0.167	0.167	2.621	0.109	0.028
D × M	1	0.008	0.008	0.119	0.731	0.001
D × E	1	0.007	0.007	0.105	0.747	0.001
D × M × E	1	0.058	0.058	0.903	0.345	0.010
誤差 2	90	5.735	0.064			

4.7.3 論證邏輯上的錯誤

論證邏輯上的錯誤是指參與者偵測到作者的推論出現前後不一致或結論與證據不一致而提出質疑，例如「Hayes et al. (2002)和 Klose(2009)的研究使用的應變項不同，不能直接比較」。主修科學或科技領域的大學生與研究生認為科學議題、科技議題的推論有邏輯上的錯誤而提出的平均反對意見數列於表 4-68，由表 4-68 可看出，參與者偵測到邏輯上的錯誤的情形相當低。由於同質性檢定結果並未符合變異數分析的同質性原則，因此以 Geisser 法進行 *F* 檢定，結果（表 4-69）發現議題、領域背景及專業程度的主效果及交互作用皆不顯著。

4.7.4 另有主張

另有主張是指參與者對於研究計劃書中的因果關係，提出另一個可能得到相同結果

表 4-70 議題、領域背景、專業程度對另有主張數之敘述統計

		科學背景		科技背景	
		大學生	研究生	大學生	研究生
科學議題	<i>M</i>	1.710	1.450	1.410	0.950
	<i>SD</i>	1.596	1.504	1.260	0.973
科技議題	<i>M</i>	0.680	0.700	0.410	1.050
	<i>SD</i>	0.979	0.865	0.734	1.627

表 4-71 議題、領域背景、專業程度對另有主張數之變異數分析表

<i>Source</i>	<i>df</i>	<i>SS</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>p</i>	η^2
組間變項						
截距	1	199.082	199.082	123.919	0.000	0.579
領域背景 (M)	1	1.474	1.474	0.917	0.341	0.010
專業程度 (E)	1	0.009	0.009	0.005	0.941	0.000
M × E	1	0.500	0.500	0.312	0.578	0.003
誤差 1	90	144.589	1.607			
組內變項						
議題 (D)	1	20.590	20.590	13.802	0.000	0.133
D × M	1	2.196	2.196	1.472	0.228	0.016
D × E	1	5.411	5.411	3.627	0.060	0.039
D × M × E	1	1.885	1.885	1.263	0.264	0.014
誤差 2	90	134.264	1.492			

的其他自變項，以此駁斥作者的主張。主修科學或科技領域的大學生與研究生對科學議題、科技議題提出另有主張以反駁作者的主張的平均數列於表 4-70，結果（表 4-71）發現議題的主效果顯著，參與者在科學議題中提出的另有主張數（ $M = 1.410$ ， $SD = 1.387$ ）

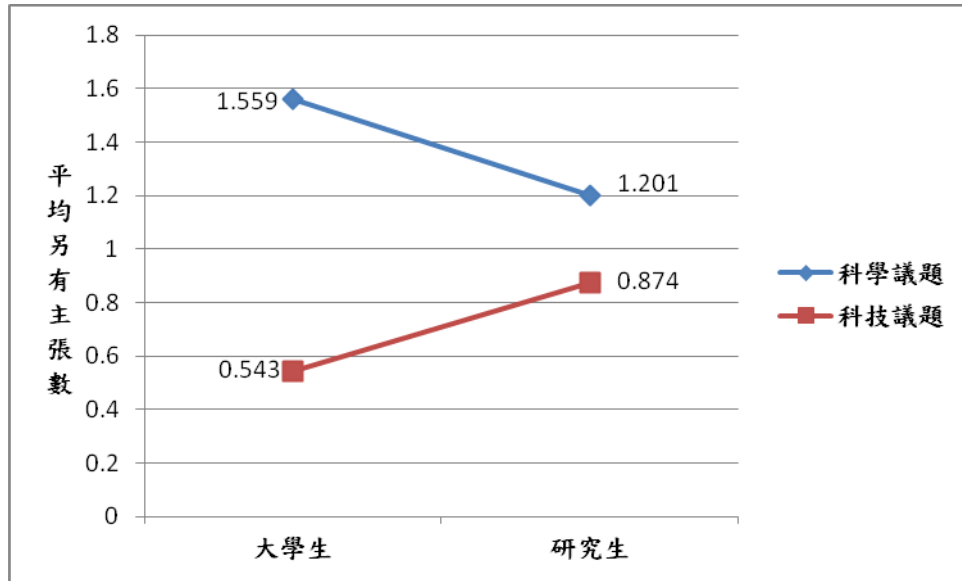


圖 4-6 議題與專業程度對另有主張之交互作用圖

表 4-72 參與者在科學與科技議題的反對方式在反對意見中的分布比例

	主張解釋有缺陷	證據的缺陷	邏輯上的錯誤	另有主張
科學議題	32%	40%	2%	26%
科技議題	62%	27%	1%	10%

顯著高於科技議題 ($M = 0.700$, $SD = 1.096$)。議題與專業程度的交互作用接近顯著 ($p = 0.06$)，以 LSD 法進行平均數間的多重比較後 (圖 4-6)，發現大學生在科學議題中提出的另有主張數 ($M = 1.559$, $SE = 0.192$) 略高於科技議題 ($M = 0.543$, $SE = 0.152$)，研究生在科學議題 ($M = 1.201$, $SE = 0.216$) 與科技議題 ($M = 0.874$, $SE = 0.171$) 中所提出的另有主張數則較相近。

總而言之，在對研究計劃的提出質疑的反對方式中，議題的效果在主張解釋有缺陷、另有主張兩種方式顯著，參與者在科技議題中因主張解釋有缺陷而提出的反對意見數顯著高於科學議題。但是參與者在科學議題中提出的另有主張數顯著高於科技議題。在證據的缺陷及邏輯上的錯誤部分，則是議題、領域背景、專業程度皆不會產生影響，此外不論在那個議題，參與者均很少偵測到邏輯上的錯誤。

參與者對科學與科技兩個議題提出的反對意見中，其所使用的反對方式的比例列於表 4-72，就整體分布比例來看，參與者在對科學議題提出反對意見時，最常以證據的缺陷提出反駁，但是在對科技議題提出反對意見時，則是最常就主張解釋存在缺陷來提出反駁。此外參與者也較常在科學議題使用另有主張提出駁斥。

4.8 對於異例的偵測

在科學與科技議題的研究計劃書中，皆含有一些與作者的研究立場不一致的證據或理由，且研究者也都對這些異例加以駁斥，參與者在評論這兩個研究計劃時，是否會偵測到這些異例？以及是否會對這些異例加以質疑？內容分析的結果發現與異例相關的反應含：1、指出證據中存在異例以及 2、指出研究者對異例未加以駁斥。由於科學與科技研究計劃書中提供的異例數不同，科學研究的異例僅一個（草脫淨並未影響青蛙變性的案例），科技研究的異例則有四個（生化甲蟲的問題：綠金龜壽命太短、綠金龜進入交配期便無法控制、系統可靠度低、無法進行複雜控制動作），因此以偵測到異例的反應數 ÷ 文中異例的總數的方式計算參與者對異例的反應比例。將這兩個項目的反應比例加總後，以比較議題、領域背景、專業程度對於異例的總反應比例的影響。

表 4-73 議題、領域背景、專業程度對異例反應總反應比例之敘述統計

		科學背景		科技背景	
		大學生	研究生	大學生	研究生
科學議題	<i>M</i>	0.350	0.600	0.590	0.570
	<i>SD</i>	0.486	0.598	0.590	0.676
科技議題	<i>M</i>	0.258	0.225	0.250	0.179
	<i>SD</i>	0.269	0.313	0.244	0.211

主修科學或科技領域的大學生與研究生在評論對科學議題、科技議題時，注意到異例的平均反應比例總和列於表 4-73，結果（表 4-74）發現議題的主效果顯著，其他效果皆不顯著。參與者在科學議題中偵測到異例的總反應比例（ $M = 0.510$ ， $SD = 0.582$ ）顯

表 4-74 議題、領域背景、專業程度對異例反應總反應比例之變異數分析表

Source	df	SS	MS	F	p	η^2
組間變項						
截距	1	26.161	26.161	146.307	0.000	0.619
領域背景 (M)	1	0.067	0.067	0.373	0.543	0.004
專業程度 (E)	1	0.042	0.042	0.234	0.630	0.003
M × E	1	0.262	0.262	1.464	0.229	0.016
誤差 1	90	16.093	0.179			
組內變項						
議題 (D)	1	4.415	4.415	18.235	0.000	0.168
D × M	1	0.196	0.196	0.861	0.356	0.009
D × E	1	0.311	0.311	1.368	0.245	0.015
D × M × E	1	0.146	0.146	0.642	0.425	0.007
誤差 2	90	20.456	0.227			

表 4-75 議題、領域背景、專業程度對偵測到證據中存在異例之敘述統計

		科學背景		科技背景	
		大學生	研究生	大學生	研究生
科學議題	M	0.320	0.450	0.450	0.140
	SD	0.475	0.510	0.510	0.359
科技議題	M	0.209	0.163	0.193	0.119
	SD	0.251	0.233	0.171	0.203

著高於科技議題 ($M = 0.231$, $SD = 0.259$)。由於異例的偵測為為指出證據中存在異例以及指出研究者對異例未加以駁斥的反應比例之總和，故下面分別對這兩個項目加以分析。

表 4-76 議題、領域背景、專業程度對偵測到證據中存在異例之變異數分析表

Source	df	SS	MS	F	p	η^2
組間變項						
截距	1	12.036	12.036	94.526	0.000	0.512
領域背景 (M)	1	0.158	0.158	1.238	0.269	0.014
專業程度 (E)	1	0.266	0.266	2.091	0.152	0.023
M × E	1	0.619	0.619	4.865	0.030	0.051
誤差 1	90	11.460	0.127			
組內變項						
議題 (D)	1	1.340	1.340	9.532	0.003	0.096
D × M	1	0.038	0.038	0.269	0.605	0.003
D × E	1	0.011	0.011	0.080	0.777	0.001
D × M × E	1	0.484	0.484	3.445	0.067	0.037
誤差 2	90	12.656	0.141			

4.8.1 偵測到證據中存在異例

主修科學或科技領域的大學生與研究生在質疑科學議題、科技議題的證據時，皆有人指出證據中存在異例，平均的反應比例列於表 4-75，同質性檢定結果並未顯示符合變異數分析的同質性原則，結果（表 4-76）發現議題的主效果顯著，參與者在科學議題中偵測到證據中存在異例的反應比例（ $M = 0.34$ ， $SD = 0.476$ ）顯著高於科技議題（ $M = 0.176$ ， $SD = 0.219$ ）。領域背景與專業程度的交互作用也顯著（ $p = 0.03$ ），以 Bonferroni 法進行平均數間的多重比較後，並無任何平均數間的差異達到顯著程度。但由圖 4-7 可知，發現科技背景的研究生偵測到證據中存在異例的反應比例（ $M = 0.131$ ， $SE = 0.055$ ）是四組中最低的，其他三組（ $M = 0.266$ ， $SE = 0.045$ ； $M = 0.306$ ， $SE = 0.056$ ； $M = 0.324$ ， $SE = 0.054$ ）偵測到證據中存在異例的反應比例則相近。

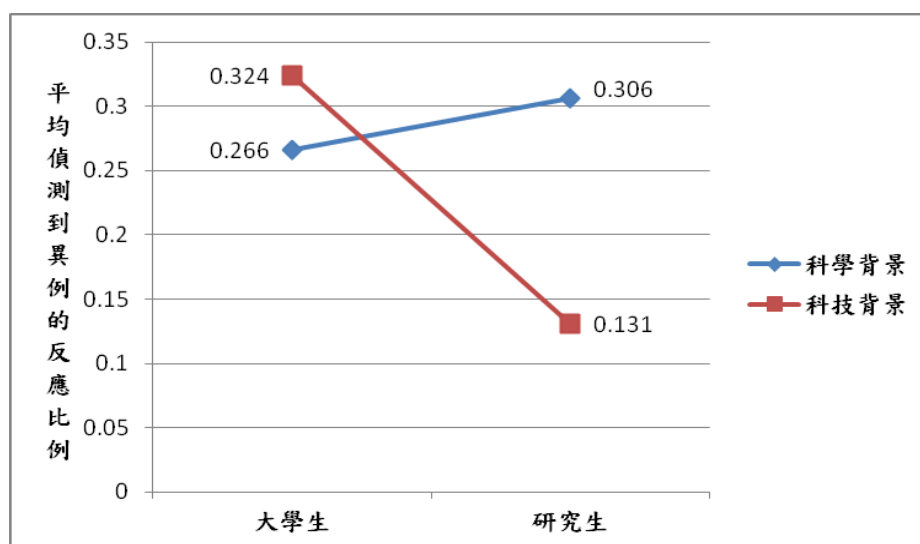


圖 4-7 領域背景與專業程度對偵測到證據中存在異例之交互作用圖

表 4-77 議題、領域背景、專業程度對批評研究者對異例未提出解釋之敘述統計

		科學背景		科技背景	
		大學生	研究生	大學生	研究生
科學議題	<i>M</i>	0.030	0.150	0.140	0.430
	<i>SD</i>	0.180	0.366	0.351	0.507
科技議題	<i>M</i>	0.050	0.060	0.060	0.060
	<i>SD</i>	0.119	0.138	0.132	0.109

4.8.2 批評研究者對異例未提出解釋

雖然計劃書中研究者對異例均有加以駁斥，但主修科學或科技領域的大學生與研究生在質疑科學議題、科技議題的解釋時，皆有人批評研究者未對異例提出解釋，其反應比例列於表 4-77，同質性檢定結果並未符合變異數分析的同質性原則，結果（表 4-78）議題、領域背景、專業程度的主效果皆顯著，參與者在評論科學議題時批評研究者未對異例提出解釋的反應比例（ $M = 0.170$ ， $SD = 0.378$ ）明顯高於科技議題（ $M = 0.060$ ， $SD = 0.122$ ）；科技背景的參與者在評論兩個議題時批評研究者未對異例提出解釋的反應比例（ $M = 0.170$ ， $SD = 0.348$ ）明顯高於科學背景的參與者（ $M = 0.070$ ， $SD = 0.211$ ）；研

表 4-78 議題、領域背景、專業程度對批評研究者對異例未提出解釋之變異數分析表

Source	df	SS	MS	F	p	η^2
組間變項						
截距	1	2.708	2.708	39.758	0.000	0.306
領域背景 (M)	1	0.430	0.430	6.308	0.014	0.065
專業程度 (E)	1	0.519	0.519	7.626	0.007	0.078
M × E	1	0.076	0.076	1.113	0.294	0.012
誤差 1	90	6.129	0.068			
組內變項						
議題 (D)	1	0.771	0.771	10.653	0.002	0.106
D × M	1	0.406	0.406	5.607	0.020	0.059
D × E	1	0.441	0.441	6.090	0.015	0.063
D × M × E	1	0.099	0.099	1.361	0.246	0.015
誤差 2	90	6.513	0.072			

究生在評論兩個議題時批評研究者未對異例提出解釋而提出質疑的反應數 ($M = 0.180$, $SD = 0.355$) 顯著高於大學生 ($M = 0.060$, $SD = 0.207$)。但議題與領域背景的交互作用也顯著，以 Bonferroni 法進行平均數間的多重比較後 (圖 4-8)，發現主要的批評係來自科技背景的參與者在評論科學議題時，他們批評科學研究者未對異例提出解釋的反應比例 ($M = 0.282$, $SE = 0.054$) 最高，明顯高於他們對科技議題 ($M = 0.058$, $SE = 0.019$) 的批評。科學背景的參與者在評論科學議題 ($M = 0.091$, $SE = 0.051$) 與科技議題 ($M = 0.055$, $SE = 0.018$) 時批評研究者未對異例提出解釋的反應比例相近且均偏低。議題與專業程度的交互作用也顯著，以 Bonferroni 法進行平均數間的多重比較後 (圖 4-9)，發現研究生在評論科學議題時批評研究者未對異例提出解釋的反應比例 ($M = 0.289$, $SE = 0.055$) 最高，明顯高於他們對科技議題 ($M = 0.061$, $SE = 0.019$) 的批評，而大學生在評論科學議題 ($M = 0.084$, $SE = 0.049$) 與科技議題 ($M = 0.053$, $SE = 0.017$) 時批評研

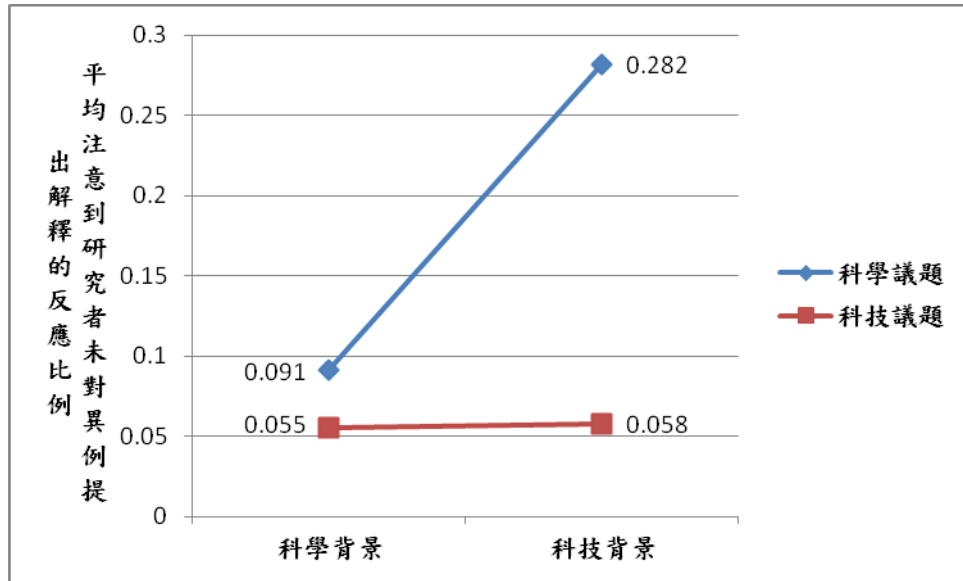


圖 4-8 議題與領域背景對批評研究者對異例未提出解釋之交互作用圖

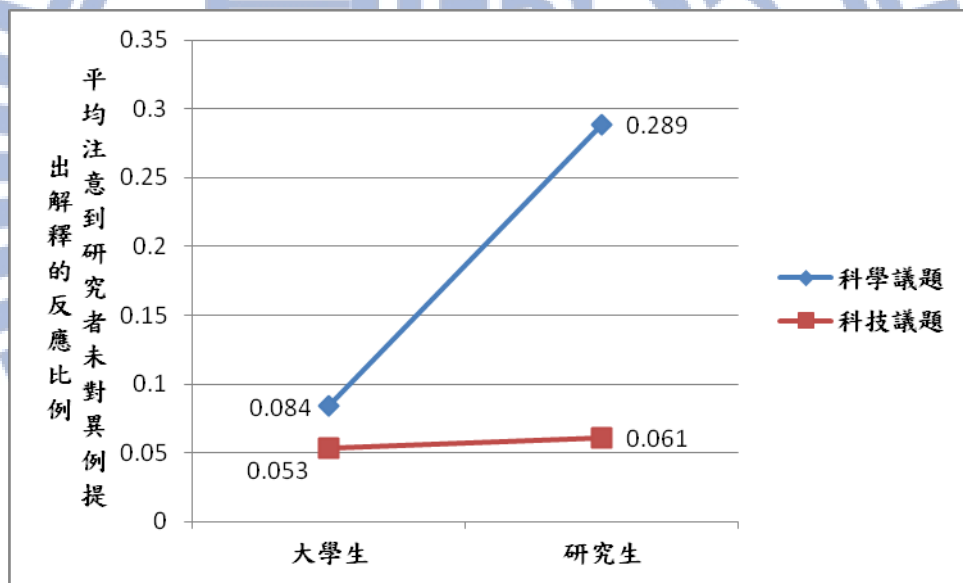


圖 4-9 議題與專業程度對批評研究者對異例未提出解釋之交互作用圖

究者未對異例提出解釋的反應比例則較相近且均偏低。雖然三因子交互作用不顯著，但由表 4-77 的平均數可以看出，對這類評論主要來自科技背景的研究生對科學議題的批評 ($M = 0.430$)，其他組的參與者的反應均偏低，且科技背景的研究生對科技議題所作的批評比例十分低 ($M = 0.060$)。由於此評論是對計劃書內容的誤解，此結果顯示隨著教育訓練時間增加，科技背景的學生對科學研究的理解似乎會下降。

4.9 科學與科技議題的問卷分析

參與者在完成研究計劃的評論後，需填寫一份問卷，對整體研究內容進行評分，問卷包含 8 個評分項目，依序為：(1) 研究問題具有學術或實務價值，(2) 計劃主持人對於該研究問題的研究文獻有足夠掌握，(3) 研究問題推導無誤，(4) 研究假設所依據的理由充分，(5) 研究問題的推導根據有效的證據，(6) 計劃主持人所提出的假設有充分證據為基礎，(7) 引用的證據存在其他不同的解釋，(8) 研究方法可以有效地回答計劃主持人所提出的問題。

科學議題評分問卷的 Cronbach's α 為 0.831，經因素分析後，自評分問卷中萃取出 2 個因子，共解釋 63.965% 的整體變異量。其中因子 1 解釋 50.819% 的整體變異量，內容包含第 7 題以外的所有項目，因這 7 題均在詢問參與者對於計劃書內容的看法，故命名為「對計劃書內容的評論」，因子 2 解釋 13.146% 的整體變異量，內容僅包含第 7 題，故依據該題題目命名為「證據存在另有解釋」。科技議題評分問卷的 Cronbach's α 為 0.857，經因素分析後，自評分問卷中亦萃取出 2 個因素，共解釋 65.9% 的整體變異量。其中因素 1 解釋 50.362% 的整體變異量，因素 2 解釋 15.538% 的整體變異量，由於因素 1 和因素 2 包含的項目與科學議題評分問卷的因素分析結果相同，因此直接沿用其命名。下面以變異數分析比較議題、領域背景、專業程度三個變項對參與者在因子 1「對計劃書內容的評論」、因素 2「引用的證據存在其他不同的解釋」的影響。

表 4-79 議題、領域背景、專業程度對參與者於計劃書內容評論之敘述統計

		科學背景		科技背景	
		大學生	研究生	大學生	研究生
科學議題	<i>M</i>	24.130	24.850	24.090	26.290
	<i>SD</i>	5.110	4.487	4.242	6.222
科技議題	<i>M</i>	23.900	22.900	25.050	23.290
	<i>SD</i>	4.592	4.529	5.349	6.043

表 4-80 議題、領域背景、專業程度對參與者於計劃書內容評論之變異數分析表

<i>Source</i>	<i>df</i>	<i>SS</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>p</i>	η^2
組間變項						
截距	1	107870.935	107870.935	3043.165	0.000	0.971
領域背景 (M)	1	24.407	24.407	0.689	0.409	0.008
專業程度 (E)	1	0.067	0.067	0.002	0.966	0.000
M × E	1	1.467	1.467	0.041	0.839	0.000
誤差 1	90	3190.226	35.447			
組內變項						
議題 (D)	1	50.815	50.815	3.087	0.082	0.033
D × M	1	0.048	0.048	0.003	0.957	0.000
D × E	1	91.963	91.963	5.586	0.020	0.058
D × M × E	1	14.186	14.186	0.862	0.356	0.009
誤差 2	90	1481.662	16.463			

4.9.1 對計劃內容的評論

主修科學或科技領域的大學生與研究生對於科學議題、科技議題研究計劃書內容評論提出的平均分數列於表 4-79，同質性檢定結果顯示符合變異數分析的同質性原則，結果（表 4-80）發現議題的主效果接近顯著，議題與專業程度的交互作用也顯著，其他效果皆不顯著。參與者對科學議題的整體評價（ $M = 24.760$ ， $SD = 5.069$ ）略高於科技議題（ $M = 23.820$ ， $SD = 5.090$ ）。議題與專業程度的交互作用（圖 4-10）以 LSD 法進行平均數間的多重比較後，發現並無任何平均數間的差異達到顯著程度，但由圖 4-10 可知研究生對科技議題計劃內容給的評分是四組最低（ $M = 23.093$ ， $SE = 0.799$ ），對科學議題計劃內容給的評分則是最高（ $M = 25.568$ ， $SE = 0.793$ ），大學生給科學議題（ $M = 24.110$ ， $SE = 0.707$ ）與科技議題（ $M = 24.474$ ， $SE = 0.713$ ）計劃內容的評分幾乎相似。這可能是因為問卷內容主要是在探討研究的內在效度，引用的文獻是否完整、證據是否足夠、

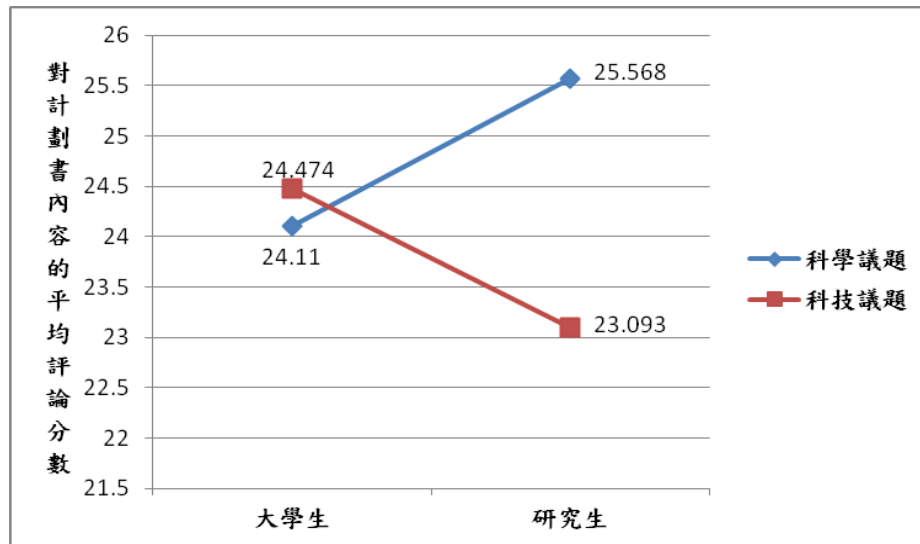


圖 4-10 議題與專業程度對計畫書內容評論之交互作用圖

證據是否有其他解釋、假設的推導是否合理，若要區分這些好或不好需要足夠的研究方法論訓練，所以經過長時間專業訓練的研究生較大學生有能力分辨兩個研究計劃內容的優劣之處，所以給科學與科技議題的總分才會出現顯著差異。

4.9.2 證據存在另有解釋

主修科學或科技領域的大學生與研究生在評論對科學議題、科技議題時，對於引用的證據存在其他不同的解釋的平均同意程度列於表 4-81，由於同質性檢定結果並未符合變異數分析的同質性原則，故以 Geisser 法進行分析，結果（表 4-82）發現議題與專業程度的主效果顯著，其他效果則皆不顯著。參與者認為科學研究計劃的作者所引用的證據存在另有解釋的同意程度（ $M = 3.600$ ， $SD = 1.009$ ）顯著高於科技議題（ $M = 2.880$ ， $SD = 0.949$ ）。意外的是大學生認為作者引用的證據存在另有解釋的程度（ $M = 3.380$ ， $SD = 0.941$ ）顯著高於研究生（ $M = 3.060$ ， $SD = 1.137$ ）。由於科學研究為了了解現象背後的因果關係，必須設法找出所有可能的變項組合，若證據存在另有解釋，表示當前假設仍有不完整之處，但是科技研究著重於能否做出符合需求的工具，只要當前提出的變項組合能滿足目的即可，使工具運作的因果關係反而不是考量重點，因此相對上較不會去注意證據是否存在另有解釋，所以參與者在評論科學議題時會比在科技議題時更注意另有

表 4-81 議題、領域背景、專業程度對參與者認為證據存在另有解釋之敘述統計

		科學背景		科技背景	
		大學生	研究生	大學生	研究生
科學議題	<i>M</i>	3.550	3.450	3.860	3.520
	<i>SD</i>	1.028	1.099	0.834	1.078
科技議題	<i>M</i>	3.000	2.550	3.180	2.710
	<i>SD</i>	0.730	0.887	0.958	1.189

表 4-82 議題、領域背景、專業程度對參與者認為證據存在另有解釋之變異數分析表

<i>Source</i>	<i>df</i>	<i>SS</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>p</i>	η^2
組間變項						
截距	1	1902.933	1902.933	1612.341	0.002	0.947
領域背景 (M)	1	1.541	1.541	1.306	0.256	0.014
專業程度 (E)	1	5.242	5.242	4.441	0.038	0.047
M × E	1	0.191	0.191	0.162	0.688	0.002
誤差 1	90	106.221	1.180			
組內變項						
議題 (D)	1	24.645	24.645	34.258	0.000	0.276
D × M	1	0.005	0.005	0.007	0.932	0.000
D × E	1	0.655	0.655	0.911	0.342	0.010
D × M × E	1	0.143	0.143	0.199	0.657	0.002
誤差 2	90	67.744	0.719			

解釋是否存在。但與預期相反的是，大學生比研究生更認為證據中存在另有解釋，此發現與在先前論證結構的內容分析以及反駁方式的結果中皆未曾出現，且由於參與者的反應僅來自於對問卷中的一個題目的反應，故本研究對此持保留態度，期待未來能對此做

進一步的研究。

整體而言，參與者給予科學議題的整體評價顯著高於科技議題，毫不意外的，參與者對科學議題研究計劃書內容的評論也顯著高於科技議題，也認為與科技計劃相較之下，科學研究計劃中所引用的證據存在不同解釋。就教學訓練的效果而言，研究生對科學議題的評分總分顯著高於科技議題。但與假設不符的是，對科學研究中引用的證據存在不同解釋的評量中，大學生顯著高於研究生。參與者對科學議題與科技議題的評價是否會影響他們提供補助的意願呢？以下將對參與者在評論科學與科技議題結束時給予的同意補助程度進行分析。

4.10 科學與科技議題的同意補助程度

不論是科學議題或是科技議題，參與者在完成研究計劃的評論後，皆須以 0~100% 的形式，提出自己願意對該研究計劃提供補助的程度。主修科學或科技領域的大學生與研究生在評論科學議題、科技議題時，對於研究計劃的平均同意補助程度列於表 4-83，結果（表 4-84）發現議題、領域背景及專業程度的主效果均不顯著。但領域背景與專業程度之間存在顯著的交互作用（圖 4-8），因為違反變異數同質性檢定的關係，故以 Bonferroni 法進行平均數間的多重比較後，發現並無任何平均數間的差異達到顯著程度，但圖 4-11 可看出，科學背景的研究生願意提供研究計劃補助的程度（ $M = 0.730$ ， $SE = 0.041$ ）為四組中最高，科技背景的大學生願意提供補助的程度其次（ $M = 0.727$ ， $SE = 0.039$ ），科學背景的大學生又次之（ $M = 0.665$ ， $SE = 0.033$ ），科技背景的研究生對研究計劃的支持程度則是最低（ $M = 0.639$ ， $SE = 0.040$ ）。可能是因為科學的目的是找出造成現象背後的因果關係，因此著重學術價值，而科技的目的是應用已知的知識製作出生活中所需的工具，因此著重實務價值。經過長時間的訓練，科學與科技重視的價值觀已分別內化成科學背景研究生及科技背景研究生的個人知識論。所以科學背景研究生在決定是否要提供補助時，是以該研究對學術發展的貢獻程度做考量，由於學術價值的貢獻相當長遠，尤其科技所製作出的工具更是應用自科學知識，但是需要投資才可能得到結果，因此會較傾向提供補助。而科技背景研究生在決定是否提供補助時則是以實務上

表 4-83 議題、領域背景、專業程度對同意補助程度之敘述統計

		科學議題		科技議題	
		科學背景	科技背景	科學背景	科技背景
大學生	<i>M</i>	0.6871	0.7332	0.6439	0.7200
	<i>SD</i>	0.2117	0.2094	0.2690	0.2191
研究生	<i>M</i>	0.7390	0.6810	0.7205	0.5976
	<i>SD</i>	0.1822	0.2600	0.1824	0.3223

表 4-84 議題、領域背景、專業程度對同意補助程度之變異數分析表

<i>Source</i>	<i>df</i>	<i>SS</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>p</i>	η^2
組間變項						
截距	1	86.964	86.964	1314.807	0.000	0.936
領域背景 (M)	1	0.010	0.010	0.149	0.701	0.002
專業程度 (E)	1	0.006	0.006	0.092	0.763	0.001
M × E	1	0.262	0.262	3.962	0.050	0.042
誤差 1	90	5.953	0.066			
組內變項						
議題 (D)	1	0.071	0.071	1.536	0.218	0.017
D × M	1	0.003	0.003	0.074	0.786	0.001
D × E	1	0.006	0.006	0.127	0.723	0.001
D × M × E	1	0.026	0.026	0.552	0.459	0.006
誤差 2	90	4.185	0.046			

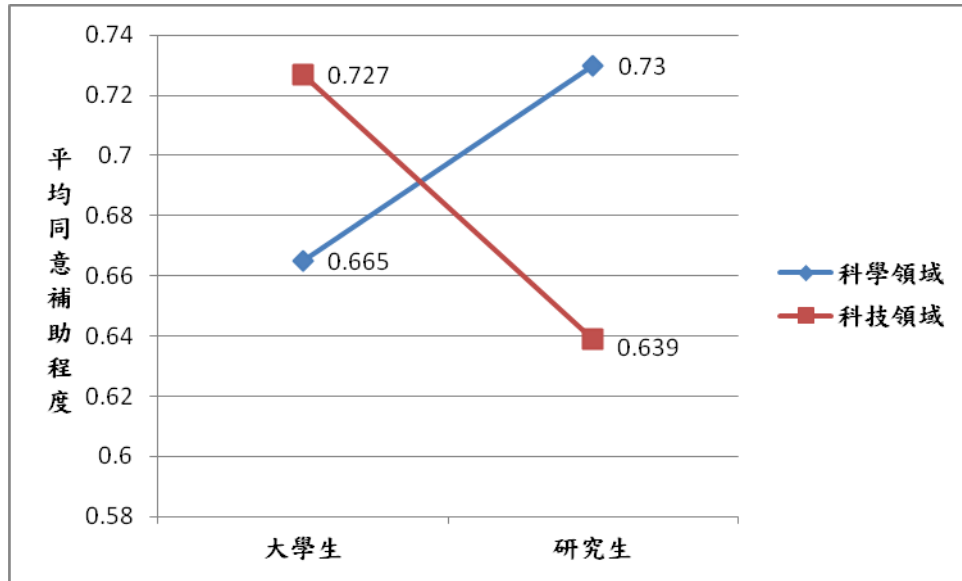


圖 4-11 領域背景與專業程度對同意補助程度之交互作用圖

表 4-85 議題、領域背景、專業程度對同意補助理由總數之敘述統計

		科學背景		科技背景	
		大學生	研究生	大學生	研究生
科學議題	<i>M</i>	1.390	0.900	0.950	1.290
	<i>SD</i>	0.989	0.718	0.722	0.902
科技議題	<i>M</i>	0.840	1.050	1.090	0.950
	<i>SD</i>	0.820	0.394	0.811	0.921

的效益來做判斷，著重於投資報酬率，因此較不會輕易提供補助。

4.11 對科學與科技研究表示同意補助的理由總數

主修科學或科技領域的大學生與研究生對科學議題、科技研究計劃提出的平均同意或不同意補助理由總數列於表 4-85，結果（表 4-86）發現議題、領域背景及專業程度的主效果均不顯著。但議題、領域背景與專業程度之間存在顯著的交互作用，因為違反同質性檢定的關係，故以 Bonferroni 法進行平均數間的多重比較後，發現並無任何平均數間的差異達到顯著程度，但圖 4-12 可知科學背景的大學生於評論科學議題時，提出的

表 4-86 議題、領域背景、專業程度對同意補助理由總數之變異數分析表

Source	df	SS	MS	F	p	η^2
組間變項						
截距	1	204.072	204.072	298.319	0.000	0.768
領域背景 (M)	1	0.033	0.033	0.048	0.826	0.001
專業程度 (E)	1	0.020	0.020	0.029	0.866	0.000
M × E	1	0.626	0.626	0.915	0.341	0.010
誤差 1	90	61.567	0.684			
組內變項						
議題 (D)	1	1.011	1.011	1.549	0.217	0.017
D × M	1	0.116	0.116	0.177	0.675	0.002
D × E	1	0.149	0.149	0.229	0.634	0.003
D × M × E	1	3.891	3.891	5.961	0.017	0.062
誤差 2	90	58.742	0.653			

支持補助理由數 ($M = 1.387$, $SE = 0.154$) 略高於科技議題 ($M = 0.839$, $SE = 0.139$)，科學背景的研究生在評論科學議題 ($M = 0.9$, $SE = 0.192$) 與科技議題 ($M = 1.05$, $SE = 0.173$) 時，提出的支持補助理由數相當接近。而科技背景的研究生於評論科學議題時，提出的支持補助理由數 ($M = 1.286$, $SE = 0.187$) 略高於科技議題 ($M = 0.952$, $SE = 0.169$)，科技背景的大學生在評論科學議題 ($M = 0.955$, $SE = 0.183$) 與科技議題 ($M = 1.091$, $SE = 0.165$) 時，提出的支持補助理由數則相當接近。顯示科學背景的大學生可能因為剛學習科學相關基本知識，對科學研究的重要性有初步理解，因此在評論科學議題時提出較多同意理由，然而在研究所專業程度，接觸科學研究的經驗已有相當程度，因此較能以一般態度評論科學與科技研究。而科技背景的大學生因為主修領域不同，對科學相關知識較少接觸，因此對科學研究提出的支持補助理由略少於科學背景的研究生，但是到研究所專業程度後，已經開始有接觸科學研究，也知道科學研究的重要

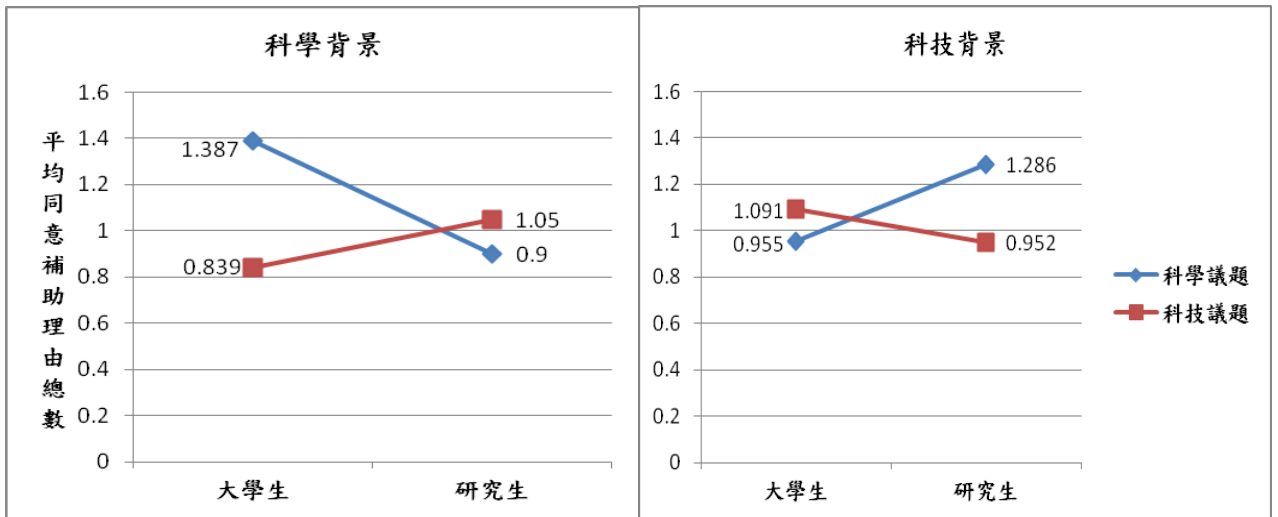


圖 4-12 議題、領域背景與專業程度對同意補助理由總數之交互作用圖

性，因此評論科學研究時則會提出較多支持補助意見。

4.12 對科學與科技研究表示不同意補助的理由總數

主修科學或科技領域的大學生與研究生對科學議題、科技研究計劃提出的平均不同意補助理由總數列於表 4-87，同質性檢定結果並未顯示符合變異數分析的同質性原則，結果（表 4-88）發現領域的主效果顯著。科學背景的參與者對於研究計劃提出反對補助的理由數（ $M = 1.11$ ， $SD = 0.974$ ）顯著高於科技背景的參與者（ $M = 0.7$ ， $SD = 0.869$ ）。

表 4-87 議題、領域背景、專業程度對不同意補助理由總數之敘述統計

	科學背景		科技背景		
	大學生	研究生	大學生	研究生	
科學議題	<i>M</i>	0.940	1.250	0.640	0.520
	<i>SD</i>	1.093	1.020	0.848	0.873
科技議題	<i>M</i>	1.230	1.050	0.730	0.900
	<i>SD</i>	0.956	0.759	0.935	0.831

表 4-88 議題、領域背景、專業程度對不同意補助理由總數之變異數分析表

<i>Source</i>	<i>df</i>	<i>SS</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>p</i>	η^2
組間變項						
截距	1	150.039	150.039	166.067	0.000	0.649
領域背景 (M)	1	7.944	7.944	8.793	0.004	0.089
專業程度 (E)	1	0.118	0.118	0.131	0.718	0.001
M × E	1	0.016	0.016	0.017	0.896	0.000
誤差 1	90	81.314	0.903			
組內變項						
議題 (D)	1	0.901	0.901	1.079	0.302	0.012
D × M	1	0.415	0.415	0.497	0.483	0.005
D × E	1	0.114	0.114	0.137	0.712	0.002
D × M × E	1	1.737	1.737	2.079	0.153	0.023
誤差 2	90	75.179	0.835			

4.13 對科學與科技研究同意或不同意補助理由的內容分析

從參與者對科學與科技研究的同意或不同意補助的理由在數量上並沒有顯著的差異，但是參與者的領域背景主效果顯著，科學背景的參與者對於研究計劃提出同意或不同意補助的理由數顯著高於科技背景的參與者。但是反應量相同不表示參與者提出的同意或不同意補助理由相同，下面將對參與者對科學與科技議題所提出的同意與不同意補助的理由進行內容分析，以了解參與者判斷是否補助科學與科技研究時，其考量的因素有什麼相同或相異之處。

4.13.1 對科學與科技研究表示同意補助的理由

參與者對科學與科技議題提出的支持補助理由數量上，科學背景的大學生對科學議

題所提出的支持補助理由數 ($M = 1.387$, $SE = 0.154$) 高於科技議題 ($M = 0.839$, $SE = 0.139$)，而科技背景的研究生對科學議題時所提出的支持補助理由數 ($M = 1.286$, $SE = 0.187$) 也高於科技議題 ($M = 0.952$, $SE = 0.169$)。

表 4-89 參與者同意對科學與科技議題提供補助理由的內容分析彙整

	科學議題	科技議題
相同理由 (94.5%)	研究具學術價值 (65%)	研究具學術價值 (23%)
	研究具實務價值 (23%)	研究具實務價值 (53%)
	研究方法可行 (5%)	研究具可行性 (12%)
	研究值得嘗試 (1%)	研究值得嘗試 (8%)
相異理由 (5.5%)	計劃書內容完整 (6%)	
		研究具研發效益 (4%)

參與者對科學與科技議題提出的支持補助理由項目彙整於表 4-89。由表 4-89 可看出，參與者對科學與科技議題提出的支持理由雖然大致相同，包括學術價值、實務價值、研究方法可行、研究值得嘗試等四個項目。但是參與者對科學與科技研究重視的項目卻不同。參與者在科學議題中較著重學術價值 (65%)，其次才是實務價值 (23%)，在科技議題首重的則是實務價值 (53%)，其次才是學術價值 (23%)。此外參與者在科學議題中會注意研究計劃書的完整性，而在科技議題則是注意到研究效益。推測其原因在於科學研究的目的是找出現象背後的因果關係，如得到驗證即為新知識的建立，對學術研究具有一定程度的貢獻，但是新知識的建立需要經過嚴謹的推論及驗證過程加以確認，因此參與者在評論科學議題時較注意學術價值，也會著重計劃書內容的完整性，如作者提出的假設是否基於合理的推論，引用的文獻是否足夠等。而科技研究的目的則是應用現有知識去製造出對生活有幫助的工具，因此參與者在評估科技議題時較偏重實務價值及研發效益。由於參與者的主修領域背景與專業程度也可能會影響其對科學與科技的評

表 4-90 領域背景、專業程度對研究具學術價值意見之敘述統計

		科學背景		科技背景	
		大學生	研究生	大學生	研究生
科學議題	<i>M</i>	0.870	0.500	0.590	1.000
	<i>SD</i>	0.846	0.513	0.734	0.775
科技議題	<i>M</i>	0.160	0.250	0.270	0.240
	<i>SD</i>	0.374	0.444	0.456	0.436

表 4-91 領域背景、專業程度對研究具實務價值之敘述統計

		科學背景		科技背景	
		大學生	研究生	大學生	研究生
科學議題	<i>M</i>	0.320	0.250	0.320	0.140
	<i>SD</i>	0.541	0.444	0.646	0.359
科技議題	<i>M</i>	0.420	0.700	0.550	0.430
	<i>SD</i>	0.502	0.470	0.510	0.507

論，以下將逐一探討評論項目，進一步了解領域背景及專業程度的影響。

研究具學術價值。指研究本身具原創性，對於學術研究上具有貢獻，如：草脫淨的議題可確認草脫淨對生態的影響、對其他生物及後代的影響，在生化甲蟲的議題上可增加對綠金龜的了解、有助於大腦研究、生物力學的發展等。科學與科技背景的大學生及研究生在同意補助科學與科技議題時，提出的理由皆包含對學術價值的肯定意見。由表 4-90 可知，對科學議題的學術價值的肯定意見中，科技背景的研究生最高，其次為科學背景的大學生。

研究具實務價值。指研究本身對於人類生活的應用上具有貢獻，如：草脫淨可能會危害人體，須思考是否有必要繼續使用、生化甲蟲控制技術可應用於義肢等。科學與科

表 4-92 領域背景、專業程度對同意意見中研究可行性之敘述統計

		科學背景		科技背景	
		大學生	研究生	大學生	研究生
科學議題	<i>M</i>	0.100	0.100	0.000	0.000
	<i>SD</i>	0.301	0.308	0.000	0.000
科技議題	<i>M</i>	0.130	0.100	0.090	0.140
	<i>SD</i>	0.341	0.308	0.294	0.359

表 4-93 領域背景、專業程度對同意意見中研究值得嘗試之敘述統計

		科學背景		科技背景	
		大學生	研究生	大學生	研究生
科學議題	<i>M</i>	0.030	0.000	0.000	0.000
	<i>SD</i>	0.180	0.000	0.000	0.000
科技議題	<i>M</i>	0.100	0.000	0.140	0.050
	<i>SD</i>	0.301	0.000	0.351	0.218

科技背景的大學生及研究生提出對實務價值的肯定意見的平均反應數列於表 4-91。由表 4-91 可知，科學背景的研究生認為科技研究具有實務價值的意見數為四組中最高，而科技背景的研究生對科學研究的實務價值的肯定意見數則是四組中最低。綜合表 4-90 及表 4-91 可知，不同學術訓練是有效果的，但卻和預期不相同，科學人對科技的實務價值有較高肯定，科技人對科學的學術價值有較高肯定，但二者對自己的本行卻沒有特別高的肯定。

研究具可行性。指研究是否可以被執行且能達到目的，如：由全部 ZZ 染色體的青蛙做研究，並探討其精子卵子與性徵變化的問題，可以非常明顯的看出是否因草脫淨的關係而導致、利用 MRI 和高速攝影掌握肌肉的控制位置，提升控制精確度是可行的。

表 4-94 領域背景、專業程度對科學議題計劃書內容完整之敘述統計

	科學背景		科技背景	
	大學生	研究生	大學生	研究生
<i>M</i>	0.060	0.050	0.050	0.140
<i>SD</i>	0.250	0.224	0.213	0.359

表 4-95 領域背景、專業程度對科技議題同意意見中研發效益之敘述統計

	科學背景		科技背景	
	大學生	研究生	大學生	研究生
<i>M</i>	0.030	0.000	0.050	0.100
<i>SD</i>	0.180	0.000	0.213	0.301

科學背景的大學生及研究生對科學與科技議題的評論，但數量極少（表 4-92），科技背景的大學生及研究生在評論科學議題時則皆未考慮可行性，顯示科技背景的人對科學研究的可行性的相關知識相對上較缺乏。

研究值得嘗試。指參與者認為研究工作需要金錢投資，而且不管成敗都應該嘗試，因此支持補助，如：有了補助才能多方面的嘗試、即使失敗了也有金錢做後盾而持續研究、飛行控制操作技術能應用在非常多的領域中，儘管研究中還有一些疑慮尚未確認，不過我認為這樣的小風險值得一冒。科學與科技背景的大學生及研究生支持補助科學與科技研究時，認為研究值得嘗試的肯定意見數目不多（表 4-93）。且科技背景的參與者只在評論科技議題時有考慮到研究值得嘗試，而科學背景的大學生在評論科學與科技議題時則是皆會考慮研究值得嘗試。

計劃書內容完整。這項評論只出現在科學議題中，指作者的研究計劃書對於研究問題的描述、引用的文獻與證據的說明、假設的推導過程以及研究方法的說明皆十分清楚，如：文中提供的文獻和研究方法及假設完整度很高，在實驗上會有一個比較可靠的

依據。由表 4-94 可知，四組參與者對科學研究計劃書內容完整程度的意見數相近。

研究具研發效益。這項評論只出現在科技議題中，主要指科技研究中，由於仿生微型飛行器目前重量太重、電力不足、難以控制等問題，研究生化甲蟲可以直接省去重量與電力的問題，只需專助於控制系統的開發即可，相對上可以減少研發成本。如：全世界在軍事科技的研發金費占很大的比例，如果可以降低這類成本，可以將部分資金移作他用、如果實驗結果可行，對於其開發微型機器人的成本也能節省許多。由表 4-95 可知，即使這類評論僅出現在科技研究議題中，參與者的反應量仍相當低，科學背景的研究生的反應量甚至為零。

前面提到，科學背景的大學生與科技背景的研究生皆對科學議題所提出的同意補助理由數高於科技議題。對照質的分析結果，主要因為科學背景的大學生與科技背景的研究生均對科學議題的學術價值提出的肯定意見多於科技議題。顯示科學背景的大學生可能因為對科學研究有興趣，因此在評論上會就學術意義給予較多支持意見，而科技背景的研究生很可能因為科技是建立在科學的基礎上，因而給予較多支持意見。不同組參與者對科技議題所提出的學術價值意見數均較少，且差異不大。

4.13.2 對科學與科技研究表示不同意補助的理由

科學與科技背景的參與者對科學與科技議題所提出的不同意補助理由數量存在差異，科學與科學背景的參與者對科學與科技議題所提出的不同意補助理由數 ($M = 1.11$, $SD = 0.974$) 顯著高於科技背景的參與者 ($M = 0.7$, $SD = 0.869$)。

參與者不補助研究計劃的理由經內容分析發現 (表 4-96)，不支持科學與科技議題的理由項目有半數以上相同，包含計劃書內容不完整、實務價值低、研究方法有缺陷、存在自變項 (科學議題：草脫淨、科技議題：綠金龜) 以外的影響因素、存在異例等五個項目。除此之外，對科學議題參與者還會質疑研究的學術價值低、時間成本、外在效度不佳、問題定義不清楚。對科技議題則還會質疑研究中的生化甲蟲可能帶來副作用、成本效益低、當前技術能力有限、生化甲蟲存在控制的不確定性、研究本身具有道德爭

表 4-96 參與者不補助科學與科技研究的理由的內容分析彙整

	科學議題	科技議題
相同理由	研究計劃內容不完整 (24%)	研究計劃內容不詳細 (14%)
(52%)	研究方法有缺陷 (14%)	研究方法的問題 (6%)
	實務價值低 (6%)	實務價值低 (19%)
	另有主張 (6%)	另有主張 (4%)
	存在異例 (3%)	存在異例 (7%)
相異理由	學術價值低 (15%)	
(48%)	時間成本高 (15%)	
	外在效度不佳 (13%)	
	問題定義不清楚 (4%)	
		新技術 (生化甲蟲) 的採用可能產生的副作用 (17%)
		當前技術能力有限 (11%)
		生化甲蟲存在控制的不確定性 (10%)
		成本效益低 (6%)
		研究本身具有道德上的爭議 (5%)

議。

對科學與科技研究議題，參與者質疑的重點差異甚大，就科學研究議題而言，重視的項目依序為研究計劃內容不完整(24%)、學術價值低(15%)、時間成本的疑慮(15%)、研究方法有缺陷(14%)、外在效度不佳(13%)，在科技研究議題重視的項目則依序為實務價值低(19%)，其餘為研究計劃內容不詳細(14%)、使用生化甲蟲可能產生的副作用(17%)、當前技術能力有限(11%)、生化甲蟲存在控制的不確定性(10%)。亦即，

參與者對科學研究議題的質疑偏重於於研究本身的內在效度，包含計劃書的完整性、研究方法的缺陷，以及對外在效度（實驗室的結果能否代表真實環境）與時間成本（研究時間需要三年）的疑慮，對科技議題的質疑則偏重於可行性的質疑，包含實務價值低、對當前技術能力的質疑、對綠金龜控制的不確定性、使用生化甲蟲引發的副作用（生態、社會問題）等。由於參與者的主修領域背景與專業程度同樣也可能會影響其對科學與科技的評論，以下針對科學與科技均有相同反應的評論項目加以分析，以了解領域背景及專業程度的影響。

研究計劃內容不完整。指作者的研究計劃書對於研究問題的描述、引用的文獻與證據的說明、假設的推導過程並不詳細，如：缺少生殖能力的相關文獻、探討性別發展的證據薄弱、過去生化甲蟲的實驗並未交代承重量為何。由表 4-97 可知，科學背景的大學生對於科學議題研究計劃內容完整性的質疑數最高，但是在科技議題研究計劃內容方面，則是科技背景研究生最高。可能是因為科學背景的大學生對科學較有興趣，除了前面所述較傾向同意補助科學議題外，也會認真評論計劃書內容，因而提出較多質疑意見。而科技背景的研究生，則是因為領域背景相同且具有足夠專業訓練，因此能對科技研究計劃書內容提出較多質疑。

表 4-97 議題、領域背景、專業程度對反對意見中提及研究計劃內容不完整之敘述統計

		科學背景		科技背景	
		大學生	研究生	大學生	研究生
科學議題	<i>M</i>	0.320	0.200	0.140	0.100
	<i>SD</i>	0.541	0.410	0.351	0.301
科技議題	<i>M</i>	0.030	0.200	0.050	0.330
	<i>SD</i>	0.180	0.410	0.213	0.483

表 4-98 議題、領域背景、專業程度對反對意見中提及實務價值低之敘述統計

		科學背景		科技背景	
		大學生	研究生	大學生	研究生
科學議題	<i>M</i>	0.030	0.150	0.050	0.000
	<i>SD</i>	0.180	0.366	0.213	0.000
科技議題	<i>M</i>	0.260	0.200	0.140	0.140
	<i>SD</i>	0.445	0.410	0.351	0.359

表 4-99 議題、領域背景、專業程度因研究方法有缺陷而不補助之敘述統計

		科學背景		科技背景	
		大學生	研究生	大學生	研究生
科學議題	<i>M</i>	0.130	0.150	0.140	0.050
	<i>SD</i>	0.341	0.366	0.351	0.218
科技議題	<i>M</i>	0.130	0.050	0.050	0.000
	<i>SD</i>	0.341	0.224	0.213	0.000

實務價值低。指參與者對該研究的成果對於日常生活的相關性或應用廣度有疑慮。

由表 4-98 可知，科學背景的大學生及研究生均有較多對科技議題的實務價值的質疑，而科技背景研究生對科學議題實務價值是否有問題則是全未提及。

研究方法有缺陷。指參與者對作者在研究計劃中提出的研究方法能否達成目的有疑慮而提出質疑。如：樣本太少、樣本的個體差異可能干擾結果、研究方法不夠詳細、研究缺乏控制組、實驗的可行性太低、研究方法缺少突發狀況的配套、麥克風實驗可以不用做，會增加重量，且不準確，或許可以考慮做光譜或熱相分析等。科學與科技背景的大學生及研究生拒絕補助科學與科技研究的理由為研究方法有缺陷的反應數皆很少，且

表 4-100 議題、領域背景、專業程度對反對意見中證據中存在異例之敘述統計

		科學背景		科技背景	
		大學生	研究生	大學生	研究生
科學議題	<i>M</i>	0.030	0.050	0.000	0.000
	<i>SD</i>	0.180	0.224	0.000	0.000
科技議題	<i>M</i>	0.030	0.150	0.140	0.000
	<i>SD</i>	0.180	0.489	0.468	0.000

表 4-101 議題、領域背景、專業程度對反對意見中提出另有主張之敘述統計

		科學背景		科技背景	
		大學生	研究生	大學生	研究生
科學議題	<i>M</i>	0.060	0.100	0.000	0.050
	<i>SD</i>	0.250	0.308	0.000	0.218
科技議題	<i>M</i>	0.060	0.050	0.000	0.050
	<i>SD</i>	0.250	0.224	0.000	0.218

差異不大(表 4-99)。其中科技背景的研究生對科學研究的方法的質疑數為四組中最低，對科技議題的研究方法則沒有任何質疑意見。

證據中存在異例。參與者不補助科學或科技研究的理由中，有一部分是因計劃書中存在與作者的研究立場不一致的證據。科學與科技背景的大學生及研究生對科學與科技研究證據中存在異例的反應反應皆極少，且差異不大(表 4-100)。然而科技背景的研究生對兩個議題的評論皆未提及異例，科技背景的大學生對科學研究中的異例也均沒有反應。

另有主張。參與者對研究計劃所提出的自變項(科學議題：草脫淨、科技議題：綠金龜)抱持疑慮，自行提出新的可能變項，如：影響蛙類的可能因素不只草脫淨、雌蛙，

實驗對象的蛙卵都有可能遭受到某些程度的污染、僅對於一種生物做研究，可同時進行不同的生物來多加比較其操控性，機動性等。科學與科技背景的大學生及研究生對科學與科技研究拒絕補助的理由中，所舉出的另有主張的反應數皆相當少（表 4-101）。比較特殊的是科技背景的大學生對科學與科技研究皆完全沒有任何另有假設。

綜上所述，參與者不補助科學與科技研究的意見中，同樣都會考慮研究計劃內容不完整、實務價值低、研究方法有缺陷、證據中存在異例、另有主張，但是科技背景的研究生對科學研究的實務價值沒有反應，也對科技研究的研究方法的缺陷沒有反應，科技背景的研究生對科學或科技研究中所引用的證據中存在異例也未有反應，科技背景的大學生則對科學及科技研究中可能存在另有假設也沒有任何反應。他們和科學背景學生的差異可能是來自這兩個領域的知識養成上的差異，從研究的目的來看，科學研究是為了找出現象背後的原因，必須周延的找出所有可能影響的變項，並逐一測試，方能排除沒有相關的變項，以找出真正造成該現象的原因。科學研究的成果是新知識（新的因果律）的建立，這些知識將為人所用，因此其知識建立的方法嚴謹與正確程度便成了判斷此知識是否有效的最主要依據。科技研究的目的則是應用各種已知的科學知識以解決人類生活上的問題，問題的解往往有許多的可能，任一研究只要提出新的可以達成目的的方法即算是問題解決。因此科技研究著重的是評估研究的技術可行性、實用性與成本效益，相對上對其所依據的科學知識的正確性則很少質疑。科學與科技知識因為存在這樣的差異，可能使科技背景研究生在評論科學研究時，對計劃書內容、實務價值、研究方法較少反應。此外因為科學研究的目的是找出現象背後的因果關係，科學家所假設的因果關係必須要有充分的證據支持才能夠不被推翻，在假設檢驗過程中要注意是否存在異例，因為若存在異例，則表示當前的證據仍無法完全支持自己提出的假設，因此須根據異例提出解釋，修正假設，方能有機會發現正確的法則。相對的，而科技研究著重的是找出能達成目標的可行解，也不排除其他的可行解，因此異例的存在不會威脅到研究本身的內在效度，科技背景的研究生因此對證據中是否存在異例完全沒有反應。科學和科技訓練的差異可進一步由參與者不補助的理由中，參與者給科學與科技研究的特有的反應來

分析。

全體參與者不支持補助科學研究的理由中，與不補助科技研究不同的項目包含學術價值低(15%)、時間成本的疑慮(15%)、外在效度不佳(13%)及問題定義不清楚(4%)等(表 4-96)。由表 4-102 可知，科學或科技背景的大學生對科學研究的學術價值的反應數相近，科技背景學生則還關心科學研究所需的時間成本是否太高(實驗需要花費三年的時間)，特殊的是科技背景的大學生對科學研究的問題完全沒有質疑(如實驗室的實驗環境無法具體呈現青蛙的棲息環境)。可能反映的是科技背景的大學生對科學研究的外在效度的問題尚未有足夠的認識。

表 4-102 領域背景、專業程度對科學議題提出的反對意見項目之敘述統計

		科學背景		科技背景	
		大學生	研究生	大學生	研究生
學術價值低	<i>M</i>	0.190	0.050	0.140	0.100
	<i>SD</i>	0.477	0.224	0.468	0.301
時間成本的疑慮	<i>M</i>	0.060	0.250	0.140	0.100
	<i>SD</i>	0.250	0.444	0.351	0.301
外在效度不佳	<i>M</i>	0.060	0.300	0.000	0.100
	<i>SD</i>	0.250	0.470	0.000	0.301
問題定義不清楚	<i>M</i>	0.030	0.000	0.050	0.050
	<i>SD</i>	0.180	0.000	0.213	0.218

相對於參與者對科學研究在學術價值與外在效度(研究發現可推廣的程度)上的要求，參與者於不補助科技研究的獨特理由包含使用生化甲蟲可能有的副作用(17%)、當前技術能力有限(11%)、生化甲蟲存在控制的不確定性(10%)、成本效益低(6%)及研究本身具有道德上的爭議(5%)等(表 4-96)，亦即偏向技術是否可以成功、成本太高、技術可能帶來的不良後果及道德爭議等面向的評估。由科學與科技背景的大學生

及研究生在這五個項目的平均反應數（表 4-103）已知，科學背景的大學生對使用生化甲蟲可能產生的副作用，如軍事情蒐引發的社會問題、大量飼養綠金龜可能造成生態問題等的反應相對上較高。科學背景的研究生則相對上比較不擔心當前技術能力不足以完成生化甲蟲的開發，但他們卻有較多的反應在懷疑生化甲蟲存在控制的不確定性。如，他們認為綠金龜畢竟是生物，存在自我意識，且每隻綠金龜之間具有個體差異，能否完全控制仍是未知數。相較之下，科技背景的研究生則是完全忽視了這類潛在的問題。而科技背景的大學生則對科技研發與使用上有關的道德上的爭議如生化甲蟲的研究可能侵犯動物權、生化甲蟲的運用可能侵犯個人隱私的爭議等完全忽視。

表 4-103 領域背景、專業程度對科技議題提出的反對意見項目之敘述統計

		科學背景		科技背景	
		大學生	研究生	大學生	研究生
新技術（生化甲蟲）的採用可能產生的副作用	<i>M</i>	0.290	0.050	0.140	0.140
	<i>SD</i>	0.588	0.224	0.351	0.359
當前技術能力有限	<i>M</i>	0.130	0.050	0.140	0.100
	<i>SD</i>	0.341	0.224	0.351	0.301
新技術（生化甲蟲控制）的不確定性	<i>M</i>	0.130	0.200	0.050	0.000
	<i>SD</i>	0.341	0.410	0.213	0.000
成本效益低	<i>M</i>	0.100	0.050	0.050	0.050
	<i>SD</i>	0.301	0.224	0.213	0.218
研究本身具有道德上的爭議	<i>M</i>	0.060	0.050	0.000	0.100
	<i>SD</i>	0.250	0.224	0.000	0.301

綜而言之，科學背景的研究生對科技研發所需要的知識具有較高的信心，但也會憂慮生物的特性會產生不可預期的控制上的問題。但科學背景的大學生會憂慮科技的誤用可能帶來不可預期的副作用。相對上，科技背景的學生對科技研發與應用可能帶來的隱憂則似乎很難預見。

此外前面提到，科學背景的參與者對科學與科技議題所提出的不同意補助理由數高於科技背景的參與者，對照內容分析的結果，主要是科學背景的參與者對於科學與科技議題的研究計劃完整性所提出的質疑數皆高於科技背景的參與者，顯示科學背景的參與者即使不願提供研究補助，其理由也大多是希望看到的研究架構能夠更為完整。



五、討論與結論

本研究的目的是探討科學與科技議題、領域背景、專業程度對知識探究的影響。知識探索是指參與者面對一資訊時所產生的內在知識搜尋、關聯、及整合的認知活動，科學與科技是不同但重要的知識體系。科學研究的目的是找出現象背後的因果關係，建立新知識。在處理科學的問題的過程中，研究工作者須盡可能找出所有可能與現象有關的變項組合，並對此提出假設，設計實驗加以驗證，逐一排除無關的變項，直到找出造成現象的變項組合 (Schauble, Klopfer, & Raghavan, 1991; Zimmermen, 2000)。科學的知識探究過程中相當重視異例的存在，若存在異例，表示當前的假設仍有不完整之處，須針對異例提出解釋，並據此修正現有假設或提出新的假設 (Dunbar, 1997; Dunbar, 2000)。而科技研究的目的則是應用已知的科學知識，製作出符合特定需求的工具，科技研究處理問題的方式是逐一納入與需求相關的變項，若能找到能滿足需求的變項組合，問題便視為已經解決 (Schauble, Klopfer, & Raghavan, 1991; Zimmermen, 2000)。科學與科技領域這兩種知識在本質上的差異，對何謂有效的知識的認識可能有影響，進而影響人們所採取的知識探究方式。本研究因此假設人們對科學與科技研究的知識探究行為上的要求存在差異。此外，在不同領域的知識探究過程中，主修科學與科技領域知識的學生在接受過專業領域的教育後，對知識構成的要件的認識可能不同，且訓練時間越久，影響可能愈不同，本研究因此推測，主修科學與科技領域的大學生與研究生在知識探究行為上有所不同。

94 位主修科學與科技的大學生及研究生參與本次實驗，他們在實驗中皆須完成一份科學研究計劃與一份科技研究計劃的評論，研究中是以他們對此二份計劃書的評論品質來衡量參與者的知識探究行為，包含論證結構、反駁方式、對異例的偵測，另外輔以計劃書的評分、同意補助程度、同意或不同意補助理由等。其中論證結構指評論一個研究時，對其主體（研究問題）的研究價值、解釋、證據、研究方法所提出的支持及反對意見的量與質上的差異。並將提出反對意見的方式分為指出主張解釋中的缺陷、證據的缺

表 5-1 議題、領域背景、專業程度對知識探究技能之顯著差異結果彙整

	議題	領域背景	專業程度	交互作用
整體反應總數	科技 > 科學			
反對意見總數	科技 > 科學			
論證結構				
研究價值(支持)				科技研究：大 > 研
解釋(支持)	科技 > 科學			科技背景：研 > 大
研究方法(支持)		科學 > 科技		
研究價值(反對)	科技 > 科學		大 > 研	
解釋(反對)	科技 > 科學		研 > 大	科技研究：研 > 大
證據(反對)				科學研究：大 > 研 科技研究：研 > 大
反對意見分類				
主張解釋有缺陷	科技 > 科學			
另有主張	科學 > 科技			
對異例的偵測	科技 > 科學			
問卷評分				
計劃內容評論				研：科學研究 > 科技研究
證據另有解釋	科學 > 科技		大 > 研	
同意補助程度				科研 > 技大 > 科大 > 技研*
同意補助理由				科大：科學研究 > 科技研究 技研：科學研究 > 科技研究
不同意補助理由		科學 > 科技		

*科大：科學背景大學生，科研：科學背景研究生，技大：科技背景大學生，技研：科技背景研究生

陷、邏輯上的錯誤、另有主張等四類。

科學和科技議題對知識探究行為的影響，由參與者所提供的論證結構：研究價值、解釋、證據、研究方法等四個向度來看是有差異的。表 5-1 顯示，就量而言，參與者在科技研究上所提出的整體評論量大於科學研究的評論量，但若將反應量分成支持意見與反對意見時，參與者對於科技研究提出的反對意見數明顯高於科學研究，顯示一般受過大學以上教育的人對科技研究的評論能力似乎較高，但其評論又大多是針對研究中的解釋不足。相對上，他們對科學研究背後的理由所能提出的反對意見較少。

論證結構是構成良好論證的條件，對一個議題的論證必須包含說理、證據以及證據取得方法是否妥當。下面將依序就參與者對科學與科技議題所提出的研究價值、解釋、證據、研究方法的支持與反對意見的量與質的分析的結果進行討論，以了解一般人對於科學與科技議題的知識探究的認識上的差異。

5.1 科學與科技知識在知識探究行為上的影響

5.1.1 科學與科技研究在知識探究的目的上的差異

科學與科技研究都是主要的知識探究活動，其研究價值在於研究本身能產生的效益。科學研究的目的是對未知的現象背後的成因加以確認，目的在建立新的可描述這客觀世界的有效知識。科技研究的目的是應用科學研究所建立出來的知識，以製作出符合大眾需求的工具，改善人類的生活。二者目的不同，重視的價值可能會有差異。在參與者對科學與科技研究的研究價值所提出的支持意見部分，量的分析顯示領域的差異不顯著，質的分析也顯示，參與者對科學與科技研究皆重視其學術價值、實務價值、研究的原創性。此外，對科技研究則還會重視其研發內容是否為新技術（生化甲蟲相對於一般飛行器所具備的優勢）。參與者對科學與科技研究的價值評量的向度雖然相似，但各自著重的價值並不同。對於科學研究，他們著重於學術價值，而對科技研究則著重於實務價值。

在反對意見的評論上，參與者對科技研究的研究價值所提出的反對意見數顯著高於

科學研究。參與者對科學與科技研究所提出的質疑除了學術價值、實務價值外，還包含道德的考量。此外，他們還會質疑科學研究的時間成本以及研究結果對相關產業可能造成的衝擊，對科技研究則會質疑研究的成本效益以及新技術的風險。參與者對科學研究的研究價值所提出的質疑首重於學術價值，而對科技研究則著重於道德考量、研究的成本效益以及新技術的風險。

綜合來看，參與者在評論科學與科技研究的價值時有不同考量，不論是支持意見或是反對意見，科學研究的價值首重於學術價值，而科技研究則首重於實務價值，並考量其成本效益。推測其原因是一般大學以上程度的人對這兩個領域的知識差異具有基本的認識，他們知道科學研究的目的是在建立新的知識，以增加人類對未知事物的認識。而科技研究的目的則是應用現有知識去開發出對生活有幫助的工具，以付出的成本與可能獲得的效益間的差異是影響是否值得開發的重要因素。

5.1.2 科學與科技研究在解釋的差異

知識建構的過程中，所欲探究的問題是否可以成立，有賴研究者對於該問題可以成立的理由提出理論性的解釋與實證上的證據的佐證。本研究中，解釋是指參與者對於主張與證據或主張與理論之間的因果關係可以成立的理論性說明。參與者被要求在評論科學與科技研究計劃時，需說明研究計劃書中對於問題與假設可以成立的理由是否充分。若參與者對知識的認識論中，包含科學研究為了確保建立的知識與過去的知識之間是一致的，須對研究問題與過去研究的相同性要有妥善的解釋，而科技研究著重的是新工具、技術的成本效益及技術可行性的見解，本研究預期參與者對科學與科技研究所須提供的解釋的內容會有差異。

就量而言，參與者對科技研究的解釋所提出的支持意見數與反對意見數皆顯著高於科學研究，由對評論內容所做的質的分析發現，在支持意見部分，主要是因為參與者認為科技研究的問題說明較科學研究清楚，推測可能是因為科學研究問題的推導較為抽象不易理解，而科技研究的問題與日常生活經驗相關較高，故容易讓人理解。質的分析也

指出，參與者對科學與科技研究中的解釋僅皆會考慮研究問題是否有說明清楚。但在科學研究，參與者還會考慮作者引用的文獻是否充分，而對於科技研究，參與者則還會評估不同技術（生化甲蟲 vs. 仿生微型飛行器）的相對優點以及開發新技術（生化甲蟲）尚待解決的問題。就相對的重要性而言，參與者對科學研究所提供的解釋首重研究問題是否有說明清楚，其次是作者引用的文獻是否充分，而對科技研究則首重不同技術的相對優點的說明，其次才是研究問題是否有說明清楚。

而在反對意見部分，參與者在評論科學與科技研究中的解釋時，反對意見皆是指出文獻引用的問題、研究方向的問題與建議、計劃書作者未對異例提出解釋。科學與科技研究的主要差異在參與者對於科技研究引用的文獻提出較多的質疑。科學和科技研究的解釋的反對意見不同之處在於科學研究還會考慮可能存在其他影響因素、批評因果關係解釋不詳細、質疑此問題（探討草脫淨對生殖能力影響）的必要性，而科技研究則還會質疑新技術（綠金龜）的相關知識有缺陷、混淆變項的干擾、對新舊技術（仿生微型飛行器與生化甲蟲）的比較方式有疑慮、計劃書作者對異例所提出的駁斥不當、以真實生物做為載具有疑慮。整體而言，對科學研究，參與者著重於是否存在另有主張（即存在草脫淨以外影響因素的可能性），而對於科技研究，則著重於實現技術所需的條件是否已經具備（包含綠金龜的相關知識有缺陷、混淆變項的干擾）。

綜合來看，參與者對於科學與科技研究問題所需的解釋確實有不同的看法。對於科學問題著重於解釋的完整性，如研究問題說明是否清楚以及引用文獻是否充分、是否存在其他可能解釋。而對於科技研究問題則著重於新技術的成本效益與技術可行性、是否已經具備開發新技術（生化甲蟲）所需的相關技術條件。顯示參與者對構成有效科學知識與科技知識的條件是有所掌握的，而在知識探究時會因議題不同而著重不同面向的解釋與說明。

5.1.3 科學與科技研究在證據的差異

證據是指研究者為了支持自己的主張的正確性所提出的可直接觀察的實證資料。科

學研究的目的在對現象提出理論性解釋，此理論是否有證據的支持以及證據中是否存在異例是決定理論是否可以保留的主要條件。相對上，而科技研究的重點則是新技術與舊技術的相對優點，對於證據的要求與科學研究不同，因此本研究預測議題會影響參與者對證據的評論，但此假設並未得到支持，參與者對科學研究與科技研究的證據所提出的支持意見數與反對意見數差異皆不顯著。

但是質的分析發現，在支持性的評論方面，參與者對科學與科技研究的證據評論相同之處僅在對證據仍存在異例提出評論。二者不同之處是，在科學研究上，參與者關心的是能推測因果關係存在的證據（如：顯示草脫淨對生態有影響的證據）以及現象的普遍性的證據（如：草脫淨使用現況的證據），而對科技研究，參與者關心的是新技術（生化甲蟲）具可行性的證據以及目前的技術（仿生微型飛行器）存在瓶頸的證據，顯示參與者對於科學與科技研究所要檢視的證據並不相同，科學研究要求的是因果推論確性的證據，科技研究要求的是新舊技術相對優缺點的證據。

參與者對於科學與科技研究的證據所提出的質疑意見內容完全相同，皆是質疑證據的有效性、證據中存在異例、過去研究使用的應變項以及過去研究使用的樣本，顯示科學與科技知識的建構過程中對證據的要求是相似的。但是著重的地方卻大為不同，科學研究著重於證據的有效性以及證據是否存在異例，而科技研究則著重於證據所呈現出的技術可行性以及當前瓶頸的突破，雖然也會檢視證據是否存在異例，但因為計劃書中提供的異例是對新技術（生化甲蟲）可否運作的質疑（如：控制系統的可靠度低、無法進行複雜的控制動作），本質上仍是在檢視技術可行性的證據。

綜合來看，參與者對於科學與科技研究對證據的重視相當，對證據的考量的項目也無差異，只是考量的重點不同。科學研究著重於所得證據的正確性以及異例的存在與否，若是證據中有異例，需進一步解釋出現異例的原因，並修正或提出可以解釋異例的假設。科技研究的證據則在於評估技術的可行性與現有瓶頸的突破，以確定是否能開發出所提出的新工具或新技術。顯示大學生和研究生都知道科學與科技的論述都需要有證據的支持，但由於二者研究目的的不同，二者所著重的證據面向也不同。

5.1.4 科學與科技研究在研究方法的差異

證據的取得是來自研究者所使用的研究方法。研究方法是指研究者為了確認自己所提出的假設是否正確所提出的實證方式，透過這些方法以搜集到可觀察的證據以檢驗假設是否得到支持，唯有驗證的方法沒有問題，所得到的證據才是有效的。科學研究所假設的因果關係是抽象的法則，為了檢定其假設的因果推論的正確性，需要蒐集可觀察的證據來驗證假設，如何去觀察到相關的現象本身，牽涉到如何透過人為的設計在實驗室內或實驗室外複製出可能的現象。這個觀察證據的過程涉及研究的限制及內、外在效度。而科技研究則為了能開發出新工具或新技術，會著重於如何將技術開發出來的程序，故本研究預期議題會影響參與者對研究方法的評論內容。

參與者對科學研究與科技研究的研究方法所提出的支持與反對意見數皆沒有差異，但是相對於科技背景的參與者，科學背景的參與者對研究計劃中的研究方法會提出較多支持性的意見，如使用的應變項可行、控制其他可能影響結果的變項，顯示科學的訓練會讓人對研究方法付出較多的注意。科學與科技議題在研究方法部分的反應中，質的分析結果發現，在支持意見的評論方面，參與者對於科學研究的研究方法的評論偏重於內在效度，亦即確認資料的正確性，包含使用的應變項可行、實驗樣本的控制（非洲爪蟾皆限定為帶 ZZ 染色體的雄蛙）、控制其他可能影響結果的變項、自變項的操弄方式（以不同濃度的草脫淨來確認草脫淨對非洲爪蟾的影響）、研究方法內容的說明等。對科技研究的研究方法的評論則偏重於技術可行性，包含運用新設備來進行新技術（生化甲蟲）的開發、研究方法的可行性高、以過去研究為基礎來達成新技術（生化甲蟲）的開發。

在反對意見方面，參與者對科學與科技研究皆會質疑研究中樣本的問題（如：樣本大小、樣本的個體差異）、應變項的衡量方式以及研究方法說明不詳細。不同的是，對科學研究還會對實驗中的細節，如對處理水準及實驗（養殖）環境的效度提出質疑，而對科技研究的質疑則包含外在環境因素會影響新技術的運用、研究方法能否達成目的、設備儀器的問題、生物特性會影響實驗結果等。

綜合來看，參與者對於科學研究主要著重於評估實驗的內在效度與外在效度，亦即所觀察到的證據是否有效，而對科技研究則著重在技術是否真的可行，是否能順利開發。顯示參與者對科學與科技研究的研究方法的要求不同，對科學研究著重於證據的效度，對科技研究則著重於新技術（工具）能否開發出來。

5.1.5 科學與科技知識在反駁方式上的差異

證偽是知識探究的核心能力，對一個主張的有效性提出反對意見是最常見的證偽方式，本研究參考 Shaw (1996)的研究，將反對意見內容分類為主張的解釋存在缺陷、證據存在缺陷、論證邏輯錯誤以及另有主張的反駁等四類。實驗結果發現參與者根據論證邏輯錯誤提出質疑的反應量極少，顯示人們較難偵測到研究說明中的推論邏輯的錯誤。其他反駁方式方面，參與者在評論科技研究時主要是由主張的解釋存在缺陷的角度提出質疑意見，相對上，較少使用另有假設或證據上的問題來質疑一個研究，推測其原因是科技研究著重於新技術的成本效益評估與技術可行性的評估，而這部分大多偏屬解釋性論述，因此在評論時偏向根據主張的解釋所存在的缺陷提出質疑。相較之下，在質疑一個科學研究時則明顯傾向於提出所觀察到的現象可能有另有主張的方式。推測是因為科學研究的目的是釐清未知現象的發生原因，可以解釋一個現象發生的原因的可能解釋往往不只一個，因此會著重於另有主張，科學研究中排除另有假設也因此是個重要的工作。

5.1.6 科學與科技知識在異例偵測上的差異

異例（反例）的出現會讓一個主張失效，這是證偽一個理論假設的主要方法，知識建構的活動中因此要格外注意證據中是否有異例存在。實驗結果符合本研究的預期，參與者在評論科學研究時，對於異例的反應明顯高於科技議題，顯示人們對於科學研究皆會注意是否存在異例。此外研究中也發現，在科學與科技研究的解釋的評論中，科技背景的研究生偵測到證據中異例的比例偏低，不過他們也會批評科學議題中未對異例加以解釋的比例卻是最高的，由於後者是不正確的反應，顯示顯示科技研究對知識的正確性的驗證要求相對上較低，因此隨著教育訓練時間增加，學生對證據中的異例的敏感度反

而下降。

5.1.7 參與者對科學與科技研究的問卷評分

研究中，參與者在完成研究計劃的評論後，需填寫一份問卷，對整體研究內容進行評分，問卷內容可分為對計劃書內容的評論以及證據存在另有解釋兩個部分。議題與專業程度的交互作用顯著，大學生對科學與科技研究的計畫書內容的評分相似，研究生則是對於科學研究計畫書內容的評價高於科技研究，顯示科學研究計畫書的論證結構（研究價值、解釋、證據、研究方法）比較符合研究生對知識建構活動的認識。在證據存在另有解釋方面，整體而言，參與者較認為科學研究的證據存在另有解釋的可能性比科技研究高。但令人意外的是，大學生比研究生更認為科學與科技研究的證據存在另有解釋，此發現與在先前論證結構的內容分析以及反駁方式的結果中皆沒有出現，由於參與者的反應僅來自於對問卷中的一個題目的反應，故本研究對此持保留態度，期待未來能對此做進一步的研究。

5.1.8 小結

綜合來看，參與者對科學與科技研究的知識的本質及採取的知識探究方法有相當的認識。科學研究的目的是在建立知識，增進人類對於未知領域的了解，故著重於學術價值，且為了確保建立的知識正確，相當著重解釋的完整性、證據的正確性以及研究方法的嚴謹程度，而科技研究的目的則是開發出滿足需求的新工具或新技術，故著重於實務價值以及新技術相關的成本效益，故在解釋中著重於新技術的優勢所在以及技術可行性，在證據及研究方法皆以技術可行性為重心。這些對科學和科技知識及知識探究方法的認識基本上是由經驗與教育獲得的，下面將進一步探討領域背景及專業程度對知識探究行為的認識的影響。

5.2 科學與科技教育訓練對知識探究行為的影響

前面的討論可知，一般受過大學與研究所教育的人對科學與科技知識構成的要件的不同相異處是有其認識的。人們對科學與科技知識構成要素的認識主要是透過教育與經

驗形塑的。本研究因此預測，隨著專業教育時間加長，不同領域的學生對科學與科技知識的看法差異也會擴大。

就領域的差異而言，科學與科技背景的學生，在評論的反應量上只在研究方法上有顯著差異，主要是科學背景的參與者對研究方法提出了較多的肯定意見，推測是因為科學的假設是一個抽象的因果關係的確立，此關係是否真的成立須要嚴謹的研究方法去蒐集證據來加以驗證，在科學教育訓練上也就相當重視學生對研究方法的認識，因此科學背景的參與者較能注意到研究方法中值得肯定之處。相反的，科技的目的是應用已知的科學知識去開發出符合需求的新工具（技術），著重的是成本效益及技術可行性，研究方法反而成為次要，因此在科技教育訓練中較不會著重在學生對於研究方法的認識。

就教育訓練的影響方面，主效果僅出現在與研究價值及解釋相關的反對意見數上，大學生對研究價值所提出的反對意見數顯著高於研究生，包含對科學研究所花費的時間成本的質疑，以及對科技研究所涉及的道德議題、成本效益的質疑等。顯示大學生對研發的學術價值的重要性的認識比研究生少，在研究的價值上，大學生也比研究生較會因研究的成本而不支持一個研究的學術活動。而研究生對解釋所提出的反對意見數則顯著高於大學生，主要是研究生對於引用文獻提出較多質疑意見，顯示隨著研究所的訓練，研究生對一個研究議題的質疑並不在其成本效益，而是此研究問題是否有充分的理論支持。成本效益或道德的研究價值的考量是對一個研究所做的較為宏觀、入世的看法，理論性解釋的評論則是較深入討論一個研究問題是否成立的推論過程，透過檢視引用文獻是否充分、問題的推導是否嚴謹、是否存在其他可能造成影響的變項等，可以對研究的內在效度是否足夠加以檢驗，不過這需要有足夠的專業訓練，才有能力做出判斷，所以受過專業訓練的研究生能夠對解釋提出較多質疑意見，而大學生受限於當前專業能力有限，只能偏重於研究價值的評論。

針對領域與教育訓練對科學與科技的知識探究的交互作用，主要的發現是隨著教育訓練的增加，參與者對科技研究的認識會有所改變。科技背景的研究生比科技背景的大學生對研究計劃中的解釋有較多的支持性評論，內容分析顯示科技背景的研究生對於科

學研究中的文獻以及科技研究中新舊技術的相對的優勢比較皆比大學生有較多肯定意見。這個發現顯示，學生所接受的科技教育愈多，對科技知識建構活動的認識會由單純實務價值的考量轉變為較理論性與方法論上的考量。大學生則是比研究生對科技研究的實務價值有較多支持性評論，顯示大學生對科技的價值認識仍侷限在解決人類生活上的問題，而對其學術價值（亦即知識建構上）的認識可能還不足。

此外，全體研究生對科技研究的解釋所提出的質疑反應量也高於大學生，質的分析顯示，研究生對科技研究所引用的文獻、混淆變項的干擾效果以及新舊技術的比較方式所提出的質疑意見數皆高於大學生。研究生對於科技研究的證據有效性所提出的反對意見數也高於大學生，顯示隨著教育程度提高，參與者對科技研究的知識探究行為的水準也隨之上升。在對科學研究的認識上，雖然大學生對證據所提出的反對意見數高於研究生，但仔細檢查資料後發現，這主要是因科技背景的研究生對於科學研究的證據的質疑以及偵測到證據中存在異例的反應量均極少，為四組中最低，顯示隨著科技的教育程度的上升，研究生對科學研究中的證據的認識反而下降，推測可能是因為科學與科技研究對於證據的重視程度不同。科學研究著重的是知識的正確性，除了需要證明因果關係確實存在外，也需盡可能排除其他可能性，因此十分重視證據的有效性以及證據中是否存在異例。相對上，科技研究所著重的是新技術的成本效益與技術可行性，亦即只需證明新技術符合效益，且可以被開發出來即可，不需考慮是否存在其他可能性，因此接受的科技教育愈多，對於證據的要求反而下降。

科學與科技背景的大學生與研究生對於科學與科技研究的研究價值的不同看法也反映在最終他們決定對研究提供經費補助的程度。科學背景的研究生比科技背景的研究生更願意提供研究計劃的資金補助，科學背景的參與者即使不願提供研究補助，其理由也大多是希望看到的研究架構能夠更為完整。

5.3 總結

整體而言，本研究在科學與科技的知識探究行為的發現與過去研究（如：Schauble,

Klopper, & Raghavan, 1991) 相比存在相同與相異之處。相同之處在於，本研究發現大學以上的人們對科學與科技研究的知識建構活動皆有一定程度的認識，且他們在評論科學研究時十分重視是否存在異例與另有主張，其反駁方式也較著重於另有主張的反駁。

與過去研究的相異之處是，雖然大學以上的人們對科學與科技研究的知識探究雖然皆可由研究價值、解釋、證據、研究方法去加以評論，但是因為科學與科技研究的目的不同，因此對於研究價值、解釋、證據、研究方法的評論有不同的著重面向。科學研究的目的在於釐清未知現象的發生原因，建立新的因果關係（知識），因此較為著重學術價值，且為了確保建立的新知識的正確性，故十分重視內在效度，包含主張的解釋是否完整、證據是否有效、研究方法是否嚴謹等。此外科學研究為了確保建立出來的新知識可以完整解釋現象的發生原因，會盡可能找出存在的其他可能性（變項）並逐一排除，因此十分重視是否存在另有主張與異例，其反駁方式也較著重於另有主張的反駁。而科技研究的目的在於開發出符合人類生活需求的新工具（技術），因此較著重於實務價值，且為了確保新工具（技術）能符合需求，且能被開發出來，因此十分重視成本效益及技術可行性。由於此二者皆屬於解釋論述的範疇，因此科技研究較科學研究著重於解釋的評論，也較傾向以主張的解釋存在缺陷的方式提出反駁。

參與者的主修領域背景及專業程度也影響他們對於科學與科技的研究價值、解釋、證據、研究方法的知識探究行為。在領域背景的影響方面，科學背景的參與者較科技背景的參與者對科學與科技的研究方法提出更多肯定意見。由於科學研究相當重視證據的有效性，故十分重視研究方法是否嚴謹，所以科學的教育訓練相當重視學生對研究方法的認識，因此科學背景的參與者較科技背景的參與者更能看出研究方法的優點所在。在專業程度的影響方面，大學生較研究生著重在研究價值的評論，而研究生則比大學生更著重於解釋的評論。主要是因為隨著專業訓練時間增加，研究生對研究的考量重點已由研究價值的考量深化至研究是否有足夠的理論支持。顯示研究所的訓練能幫助學生更深入的評論研究的內容。

此外，有別於過去研究，本研究發現，隨著教育訓練時間的增加，研究生對科技知

識建構活動的認識會由單純實務價值上的考量轉變為較具理論性與方法論上的考量，而對於科學知識建構活動的認識則一直維持在理論性與方法論上的考量，且會注意科學研究中是否有對異例提出解釋。值得注意的是，科技研究對於證據偏重在成本效益及滿足技術可行性的考量，對知識的正確性的驗證要求相對上較低，因此相對於科學背景的研究生，科技背景的研究生隨著教育訓練時間增加，對於科學證據的認識反而下降之外，偵測到證據中存在異例的比例也偏低，而且較無法理解科學議題的研究者對異例提出的駁斥，因而提出錯誤的批評。顯示科技背景的研究生對於證據的方法論的認識與科學背景的研究生相比仍尚有不足。而且，相對於科學背景的研究生，科技背景的研究生對於是否提供研究補助的意願亦較為保留，顯示科技背景的研究生對於研究價值的認識較傾向以成本效益為考量。然而，許多研究並不是當下就能看出其價值所在，需要一段時間才會展現其價值，除了科學與科技研究外，日常生活中的政策或法令的規劃、企業的發展計劃皆是如此。這些都是科技教育在日後的訓練規劃上都是應加以注意之處，且對科技背景的研究生而言，當他們在日後在評論與科學知識相關的研究時也應加以注意。

5.4 研究限制與未來研究方向

本研究最主要的限制在於，雖然資料顯示參與者在評論科學與科技研究時的論證結構相似，皆會從研究價值、解釋、證據、研究方法等方向來提出評論，但是這些評論項目是在實驗時由實驗者提供的論證架構，參與者被要求就這四個方向進行評論。若沒有這個論證架構的提示，直接要求參與者做開放式的評論，他們對於科學與科技研究會做出怎樣的評論仍是未知之數。

本研究的另一個限制是材料的設計。現實生活中科學與科技的研究可謂不勝枚舉，研究中所採用的科學與科技研究計劃僅是符合科學與科技研究特性的其中一種研究，因此部分參與者在評論時，可能會因為對研究計劃的相關知識所知有限而難以提出批判，也可能因為研究計劃的相關知識正好是參與者十分熟悉的議題而提出較多評論意見。此外在異例的設計方面，研究中科學與科技研究計劃書中之異例數量並不相同，科學研究

計劃書提供的異例是 Kloas (2009)的實證資料，科技研究計劃書的異例則是綠金龜的壽命太短、綠金龜進入交配期便難以控制、控制系統的可靠度低、控制系統難以進行複雜操作等四個與涉及技術本身能否運作的問題，因此僅能就反應比例的方式進行比較。

最後，研究中的資料分析包含量與質的分析，但是許多發現皆來自於質的結果，如參與者在評論科學研究的研究價值時較著重學術價值，對科技研究則著重於實務價值，此一發現即來自於質的分析，量的分析並未反映這樣的差異，僅能發現參與者對科技研究的研究價值所提出的反對意見數高於科學研究，大學生對研究價值所提出的反對意見數高於研究生，如要進一步確認造成這些差異的原因，須進一步對照質的分析的結果。因此本研究認為，未來如要進一步觀察科學與科技研究的知識探究行為的差異，質與量的研究應同時並行，以作相互對照。



參考文獻

- Bhandari, A., Erickson, L. E., Steichen, E. M. & Jacoby, W. A. (2007). Preparing students to work effectively as members of interdisciplinary design teams. In D. H. Jonassen (Ed.), *Learning to Solve Complex Scientific Problems* (pp-299-319). NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Bricker, L. A., & Bell, P. (2008). Conceptualizations of argumentation from science studies and the learning sciences and their implications for the practices of science education. *Science Education*, 92, 473-498.
- Dunbar, K. (1997). How scientists think: Online creativity and conceptual change in science. In T. B. Ward, S. M. Smith, & S. Vaid (Eds.), *Conceptual structures and processes: Emergence, discovery, and change* (pp. 461-493). Washington, DC: APA Press.
- Dunbar, K. (2000). How Scientists think in the real world: implications for science education. *Journal of Applied Developmental Psychology*, 21, 49-58.
- Erduran, S., & Jimenez-Alexandre, M. P. (2008). *Argumentation in science education*. New York: Springer.
- Hayes, T. L., Khoury, V., Narayan, A., Nazir, M., Park, A., Brown, T., Adame, L., Chan, E., Buchholz, D., Stueve, T., & Gallipeau, S. (2010). Atrazine induces complete feminization and chemical castration in male African clawed frogs (*Xenopus laevis*). *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 107, 4612-4617.
- Jonassen, D. H.(2007). What makes scientific problems difficult? In D. H. Jonassen (Ed.), *Learning to Solve Complex Scientific Problems* (pp-3-23). NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Hofer, B. K., & Pintrich, P. R. (1997). The development of epistemological theories: Beliefs about knowledge and knowing and their relation to learning. *Review of Educational*

Research, 67, 88-140.

Hofer, B. K. (2000). Dimensionality and disciplinary differences in personal epistemology.

Contemporary Educational Psychology, 25, 378-405.

Hornig, R-Y., Lu, P-H., Chen, P-H., & Hou, S-H. (2013), The effects of argument stance on scientific knowledge inquiry skills, *International Journal of Science Education* , 35, 2784-2800.

Jehng, J.-C., Johnson, S. D., & Anderson, R. C. (1993). Schooling and students' epistemological beliefs about learning. *Contemporary Educational Psychology*. 18, 23–35.

Khishfe, R. (2014). Explicit nature of science and argumentation instruction in the context of socioscientific issue: an effect on student learning and transfer. *International Journal of Science Education* , 36, 974-1016.

Klahr, D., & Dunbar, K. (1988). Dual search space during scientific reasoning, *Cognitive Science*, 12, 1-48.

Klahr, D., & Simon, H. A. (1999). Studies of scientific discovery: Complementary approaches and convergent findings. *Psychological Bulletin*. 125, 524-543.

Klahr, D., & Simon, H. A. (2001). What have psychologists (and others) discovered about the process of scientific discovery? *Current Directions in Psychological Science*. 10, 75-79.

Kuhn, D. (1993). Science as argument: Implications for teaching and learning scientific thinking. *Science Education*, 77, 319–337.

Kuhn, D., & Pearsall, S. (2000). Developmental origins of scientific thinking. *Journal of Cognition and Development*, 1, 113-129.

Liu, S.-Y., & Tsai, C.-C. (2008). Differences in the scientific epistemological views of undergraduate students. *International Journal of Science Education*, 30, 1055-1073.

Muis, K. R., & Gierus, B. (2014). Beliefs about knowledge, knowing, and learning:

- Differences across knowledge types in physics. *Journal of Experimental Education*, 82, 408-430.
- Newell, A., & Simon, H. A. (1972). *Human Problem Solving*. Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall.
- Paulsen, M. B., & Wells, C. T. (1998). Domain differences in the epistemological beliefs of college students. *Research in Higher Education*, 39, 365–384.
- Perry, W. G. (1970). *Forms of intellectual and ethical development in the college years: A scheme*. New York: Holt, Rinehart & Winston.
- Popper, K. R. (1959). *The logic of scientific discovery*. London: Hutchinson.
- Sato, H., & Maharbiz, M. M. (2010). Recent developments in the remote radio control of insect flight. *Frontiers in Neuroscience*, 4:199, doi: 10.3389/fnins.2010.00199.
- Schauble, L., Klopfer, L. E., Raghavan, K. (1991). Students' transition from an engineering model to a science model of experimentation. *Journal of Research in Science Teaching*, 28, 859-882.
- Schommer, M. (1990). Effects of beliefs about the nature of knowledge on comprehension. *Journal of Educational Psychology*, 82, 498-504.
- Schommer, M., & Walker, K. (1995). Are epistemological beliefs similar across domains? *Journal of Educational Psychology*, 87, 424-432.
- Shaw, V. F. (1996). The cognitive processes in informal reasoning. *Thinking & Reasoning*, 2, 51-80.
- Simon, H. A., & Lea, G. (1974). Problem solving and rule induction: A unified view. In L. W. Gregg (Ed.) *Knowledge and cognition* (pp. 105-128), Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Toulmin, S. (1958). *The uses of argument*. New York, Cambridge University Press.
- Tsai, C.-C., & Liu, S.-Y. (2005). Developing a multi-dimensional instrument for assessing students' epistemological views toward science. *International Journal of Science*

Education, 27, 1621-1638.

Zimmerman, C. (2000). The development of scientific reasoning skills. *Developmental Review*, 20, 99-149.



附錄一 科學研究計劃書

導致青蛙變性的背後原因

計劃主持人：Tyrone Hayes

研究問題

草脫淨 (atrazine) 是一種可控制雜草生長的除草劑，這種無臭的白色粉末在美國一年的消耗量約 3600 萬公斤。每年約有 22 萬五千公斤的除草劑飄散在空中，再隨著雨水落下，範圍可從噴灑處延伸到一千公里外之遠。草脫淨可能會影響動物的性別發育，其原因是草脫淨可能會促進芳香酶的生成。芳香酶是一種蛋白質，可促進雌激素動情素的產生，導致原本的雄性生殖腺轉變成卵巢。本研究的目的是希望透過實驗方式，確認草脫淨是否會影響兩棲類生物的性別發育與生殖能力。

文獻回顧

1990 年代，製造草脫淨的先正達公司開始出資針對除草劑可能會干擾動物（包括人類）激素分泌進行研究。之後，Matsushita (2006) 發現草脫淨會影響鳥類的性別發展，Suzawa & Ingraham (2008) 則發現草脫淨會影響魚類的內分泌功能，Fan et al. (2007) 也發現草脫淨會干擾人類的內分泌功能。根據美國地質調查所在 2001 年發表的調查資料顯示，美國有 57% 的河流已檢測出草脫淨和其他除草劑。

在研究中 (Hayes et al., 2002)，我們讓非洲爪蟾 (*Xenopus laevis*) 的蝌蚪持續暴露在含 0ppb、0.01ppb、0.1ppb、1ppb、10ppb 及 25ppb 草脫淨的水裡，每種情境有 90 隻蝌蚪。待蝌蚪蛻變成青蛙後，再比較各種情境的青蛙的喉部大小，喉部大小是青蛙的性徵之一。實驗發現，暴露於含 0.1ppb 以下草脫淨的水中長大的雄蛙，其喉部大小沒有明顯差異，(m = 0.086mm²)，但是在含 1ppb 以上草脫淨的水中長大的雄蛙，其喉部大小會縮小 (m = 0.074mm²)。而在不同濃度的草脫淨水中的雌蛙，其喉部大小並無顯著差異。由此推論，草脫淨會影響青蛙的性別發展。

然而 Kloas (2009) 分別在美國的 Wildlife International, Ltd. 實驗室及德國的

Leibniz-Institute of Freshwater Ecology and Inland Fisheries 實驗室進行實驗，他將非洲爪蟾的蝌蚪持續暴露在含 0ppb、0.01ppb、0.1ppb、1ppb、25ppb 及 100ppb 草脫淨的水裡，0ppb 情境的蝌蚪有 400 隻，其餘每個情境的蝌蚪皆為 200 隻，待蝌蚪蛻變成青蛙後，他解剖檢視每隻青蛙的生殖腺，以判定性別。結果美國的實驗室的發現為：0 ~ 100ppb 濃度的草脫淨下的蝌蚪變成青蛙後，雄性的比例依序為 49%、53%、46%、44%、49%、45%。在德國的實驗室則依序為：47%、46%、45%、50%、48%、52%。由於草脫淨的濃度上升並沒有增加蝌蚪變成雌蛙的比例，因此 Kloas 推論，草脫淨並不會影響青蛙的性別發展。

然而，大多研究證據皆指出草脫淨會影響兩棲類的性別發展，如：草脫淨會降低非洲爪蟾的精子及塞爾托利氏細胞（其功能是哺育成長中的精子）的產生數量（Tavera-Mendoza et al., 2002），也會減少雄蛙的睪酮濃度（Hayes et al., 2002）進而造成雄蛙的睪丸產生卵子的現象（Orton, Carr, & Handy, 2006）或出現雌雄同體蛙（Hayes et al., 2002; Hayes et al., 2006），這些性別異常的兩棲類生物皆棲息於大量使用草脫淨的農業區（Du, et al., 2005）。

由於過去的研究僅在探討草脫淨對蝌蚪長成青蛙此階段的性徵的影響，並未深入了解草脫淨對青蛙的生殖能力的影響，而生殖能力才是影響物種生存的元素。本研究的目的是希望以長期觀察的方式，探討草脫淨對於青蛙的性別發展與生殖能力的影響。

研究方法

本研究將以 80 隻雄性非洲爪蟾的蝌蚪做為實驗對象。由於蛙類的性別是以性染色體 ZZ（雄蛙）和 ZW（雌蛙）來決定，研究中我們將只使用帶有 ZZ 染色體的雄蛙，這是因為若同時使用雄蛙和雌蛙的話，假如研究發現雌雄同體的青蛙，將無法判定牠們原來是有卵巢的雄蛙，還是有睪丸的雌蛙。使用染色體全部都是 ZZ 的雄蛙，才能確定實驗所得到的雌雄同體蛙或雌蛙是因雄蛙轉性而來。

實驗中，80 隻雄性非洲爪蟾的蝌蚪中，40 隻將養殖於含 2.5ppb 草脫淨的水中，另

40 隻則養殖於未加入草脫淨的水中。兩組蝌蚪的飼養環境完全相同。養殖時間共三年，本研究將於這段期間觀察兩組雄蛙在求偶期的行為，另將隨機選出 10 隻暴露於草脫淨的雄蛙及 10 隻未暴露於草脫淨的雄蛙，每隻青蛙各自放置於內有 1 隻 ZW 雌蛙的容器中，使其與雄蛙交配產卵，並以雌蛙的產卵數評估兩組雄蛙的生殖能力。三年後，將比較兩組雄蛙血液中的雄性激素濃度，並解剖兩組雄蛙的性器官看是否有差異。

研究假設

若草脫淨會影響青蛙的性別發展，我們預測暴露於草脫淨下長大的雄蛙，其雄性激素的濃度與生殖能力將明顯低於未暴露於草脫淨下長大的雄蛙。本研究將申請每年 50 萬美元研究補助共三年。如果研究結果與我們的預測相符，則顯示草脫淨的使用會對於生態造成相當嚴重的威脅。



附錄二 科學研究計劃書的論證結構

命題 1、草脫淨 (atrazine) 是一種除草劑，在美國一年的消耗量約 3600 萬公斤。每年約有 22 萬五千公斤的除草劑飄散在空中，再隨雨水落下，範圍可從噴灑處延伸到一千公里外之遠

命題 2、草脫淨可能會影響動物的性別發育，因為草脫淨可能會促進芳香酶的生成。芳香酶是一種蛋白質，可促進雌激素動情素的產生，導致原本的雄性生殖腺轉變成卵巢。

命題 3、草脫淨會影響動物激素分泌的相關文獻：

- a. 始於 1990 年代，製造草脫淨的先正達公司出資針對除草劑可能會干擾動物(包括人類) 激素分泌進行研究
- b. Matsushita (2006)發現草脫淨會影響鳥類的性別發展
- c. Suzawa & Ingraham (2008)發現草脫淨會影響魚類的內分泌功能
- d. Fan et al. (2007)發現草脫淨會干擾人類的內分泌功能
- e. 美國地質調查所在 2001 年發表的調查資料顯示，美國有 57%的河流已檢測出草脫淨和其他除草劑

命題 4、支持草脫淨會影響青蛙性別發展的實驗證據：

Hayes et al. (2002)讓非洲爪蟾 (*Xenopus laevis*) 的蝌蚪持續暴露在含 0ppb、0.01ppb、0.1ppb、1ppb、10ppb 及 25ppb 草脫淨的水裡，每種情境有 90 隻蝌蚪。待蝌蚪蛻變成青蛙後，再比較各種情境的青蛙的喉部大小。實驗發現，暴露於含 0.1ppb 以下草脫淨的水中長大的雄蛙，其喉部大小沒有明顯差異，($m = 0.086\text{mm}^2$)，但是在含 1ppb 以上草脫淨的水中長大的雄蛙，其喉部大小會縮小 ($m = 0.074\text{mm}^2$)。而在不同濃度的草脫淨水中的雌蛙，其喉部大小並無顯著差異。由此推論，草脫淨會影響青蛙的性別發展。

命題 5、反對草脫淨會影響青蛙性別發展的實驗證據：

Kloas (2009) 分別在美國的 Wildlife International, Ltd. 實驗室及德國的 Leibniz-Institute of Freshwater Ecology and Inland Fisheries 實驗室進行實驗，他將非洲爪蟾的蝌蚪持續暴露在含 0ppb、0.01ppb、0.1ppb、1ppb、25ppb 及 100ppb 草脫淨的水裡，0ppb 情境的蝌蚪有 400 隻，其餘每個情境的蝌蚪皆為 200 隻，待蝌蚪蛻變成青蛙後，他解剖檢視每隻青蛙的生殖腺，以判定性別。結果美國的實驗室的發現為：0 ~ 100ppb 濃度的草脫淨下的蝌蚪變成青蛙後，雄性的比例依序為 49%、53%、46%、44%、49%、45%。在德國的實驗室則依序為：47%、46%、45%、50%、48%、52%。由於草脫淨的濃度上升並沒有增加蝌蚪變成雌蛙的比例，由此推論，草脫淨並不會影響青蛙的性別發展。

命題 6、研究者引用其他支持草脫淨會影響青蛙性別發展的相關研究證據駁斥 Kloas 的結果：

- a. Tavera-Mendoza et al. (2002) 發現草脫淨會降低非洲爪蟾的精子及塞爾托利氏細胞（其功能是哺育成長中的精子）的產生數量
- b. Hayes et al. (2002) 發現草脫淨會減少雄蛙的睪酮濃度
- c. Orton, Carr, & Handy (2006) 發現草脫淨會造成雄蛙的睪丸產生卵子
- d. Hayes et al. (2002)、Hayes et al. (2006) 發現草脫淨會造成雌雄同體蛙的出現
- e. Du, et al. (2005) 發現性別異常的兩棲類生物皆棲息於大量使用草脫淨的農業區

命題 7、本研究的原創性：過去的研究僅在探討草脫淨對蝌蚪長成青蛙此階段的性徵的影響，並未深入了解草脫淨對青蛙生殖能力的影響，而生殖能力才是影響物種生存的要素

命題 8、研究問題：以長期觀察的方式，探討草脫淨對於青蛙的性別發展與生殖能力的影響

命題 9、研究方法

- a. 樣本數：80 隻雄性非洲爪蟾
- b. 限定非洲爪蟾性別為雄性的原因：若樣本同時使用雄蛙和雌蛙，當實驗結果發現雌雄同體的青蛙，將無法判定牠們原來是有卵巢的雄蛙，還是有睪丸的雌蛙。因此使用染色體全部都是 ZZ 的雄蛙，才能確定實驗所得到的雌雄同體蛙或雌蛙是因雄蛙轉性而來
- c. 實驗環境：80 隻雄性非洲爪蟾的蝌蚪中，40 隻將養殖於含 2.5ppb 草脫淨的水中，另 40 隻則養殖於未加入草脫淨的水中。兩組蝌蚪的飼養環境完全相同。
- d. 實驗程序
 - 養殖時間共三年
 - 這三年間，觀察兩組雄蛙在求偶期的行為，另將隨機選出 10 隻暴露於草脫淨的雄蛙及 10 隻未暴露於草脫淨的雄蛙，每隻青蛙各自放置於內有 1 隻 ZW 雌蛙的容器中，使其與雄蛙交配產卵，並以雌蛙的產卵數評估兩組雄蛙的生殖能力。
 - 三年後，比較兩組雄蛙血液中的雄性激素濃度，並解剖兩組雄蛙的性器官觀察是否有差異

命題 10、預期結果：若草脫淨會影響青蛙的性別發展，則暴露於草脫淨下長大的雄蛙，其雄性激素的濃度與生殖能力將明顯低於未暴露於草脫淨下長大的雄蛙。

命題 11、預算：每年 50 萬美元研究補助，共三年

命題 12、本研究的重要性：如果研究結果與預期結果相符，則顯示草脫淨的使用會對於生態造成相當嚴重的威脅

附錄三 科技研究計劃書

機械與昆蟲合體的微型飛行器研發計劃

計劃主持人：Michel M. Maharbiz

研究問題

仿生微型飛行器是參考昆蟲的身體結構所開發的微型飛行機器人。仿生微型飛行器在軍事應用的潛力極大，如它因為體型小，可潛入敵方所在地蒐集敵方資料。但仿生微型飛行器的開發目前仍有許多瓶頸，如飛行能力不及真實昆蟲、飛行所需的能量補給困難等。故本研究計劃改以真實昆蟲做為飛行載具，開發結合昆蟲與機械的微型飛行器，目前將以綠金龜為實驗對象，透過無線控制技術，控制其完成飛行任務。

文獻回顧

仿生微型飛行器的開發是以微小昆蟲的身體結構作為參考。以蒼蠅為例，Tu & Dickinson (1994)的研究指出，蒼蠅的優秀飛行能力來自於牠拍動翅膀的方式。蒼蠅的翅膀並非直接連接胸部的肌肉，而是利用胸部的變形使翅膀產生共振，以達到高速飛行。但微型飛行器的開發遭遇到許多瓶頸。如美國哈佛微型機器人實驗室發展的仿生飛行器雖只有 0.06 公克，但仍比蒼蠅重四倍，且升空後，其路徑便無法控制 (Wood, 2008)。機械昆蟲的最大弱點是飛行所消耗的能量，目前微型電池還無法提供夠讓機械昆蟲飛行數分鐘以上的能量。本研究認為與其從無到有製作機械昆蟲，不如利用真的昆蟲作為飛行載具，可不需開發電池與機器人，只須專注在飛行控制系統的研發。

在昆蟲的選擇上，雖然蒼蠅有優秀的飛行能力，且生物學家對蒼蠅的身體結構已經有充分的理解，包含蒼蠅須在何時、何處收縮哪一條肌肉，才能產生升力或轉向，但就工程的觀點而言，蒼蠅的體型太小，不易將線路植入蒼蠅體內。因此我們選擇屬於甲蟲類的綠金龜為實驗對象。綠金龜體型較蒼蠅大，其飛行方式、肌肉形式與位置也與蒼蠅相似，可直接應用蒼蠅方面的研究發現。

2009 年我們以 10 隻綠金龜進行飛行控制研究。每隻綠金龜的搭載物含內建無線電

的微處理器、電池及數根直徑 125 微米的細銀線，這些細銀線植入綠金龜的腦部與飛行肌肉中。當微處理器接收到指令時，會發出電壓刺激綠金龜的腦部或飛行肌肉，以控制其行動。實驗發現，以 100 赫茲的快速電脈衝刺激綠金龜左右視葉之間的腦部，97% 的綠金龜會拍動翅膀起飛。若使用較長的脈衝刺激綠金龜左右視葉之間的腦部，會使翅膀完全停止振動。此外，當綠金龜飛行時，重複快速交替施加拍動翅膀起飛與停止飛行的脈衝訊號，能調節其翅膀振動速度，改變其飛行高度。若要綠金龜轉向，可由植入左右前上側肌的細銀線施加訊號達成，如施加 10 毫秒的脈衝到右側肌肉，會增加右側翅膀拍動頻率，可讓綠金龜左轉。實驗中綠金龜皆未受傷，它們的壽命與普通綠金龜相同，其飛行、進食及交配也無異常。

然而，生化甲蟲的控制系統目前僅能做到開始/停止飛行、轉彎、飛行高度調整等動作，不能進行複雜的控制動作，如讓生化甲蟲依照預定路線飛行，此外控制系統的可靠性也還不夠。另外，綠金龜的生命週期分為卵、幼蟲、蛹、成蟲四個階段，成蟲的壽命約一個月。它們一旦進入交配期時，其行為是否可以控制，這些都是不確定因素。

雖然生化甲蟲的技術尚在起步，我們認為過去人類在訓練其他生物為人所用的成果斐然，這些技術上的困難將可逐步解決。且相對於仿生微型飛行器，開發生化甲蟲所需的知識和成本相對上較少。

研究方法

本研究的目的是在開發綠金龜按指定路線進行複雜飛行的控制技術。我們計畫以 10 隻綠金龜做為研究對象，除了沿用 2009 年的研究裝備外，第一年的研究將在綠金龜身上加入微型麥克風，以記錄它飛行時的翅膀拍擊聲。我們將分析綠金龜的翅膀拍擊聲的音量，以探討翅膀拍擊的力量與方向的關係，據此以此施加精確的脈衝刺激，使綠金龜能適時地轉向。研究中，每隻綠金龜需進行 50 次飛行任務，飛行路線包含繞過障礙物、鑽入煙囪、穿過水管。飛行時由電腦記錄飛行軌跡，並分析每一次的飛行軌跡偏移預定飛行路線的程度，以做為控制飛行精確度的評估。第二年的研究中將利用核磁共振造影

技術，配合解剖學調查與高速攝影，測繪綠金龜身上其他可操控翅膀的肌肉，及其 3D 結構與功能。透過這些資料的分析，將於第三年探討如何針對不同肌肉發出刺激訊號，以控制綠金龜在飛行時的偏轉與翻滾動作。

研究假設

根據 2009 年的研究成果，我們預期透過深入的身體結構分析，將能有效提升對綠金龜的控制能力，使其能進行複雜的飛行任務。本研究將分三年進行，每年 50 萬美元設備補助。



附錄四 科技研究計劃書的論證結構

命題 1、仿生微型飛行器有很大的軍事應用價值，例如體型小，有利於潛入蒐集敵方情資。

命題 2、仿生微型飛行器是參考昆蟲的身體結構所開發的微型飛行機器人。例如蒼蠅。Tu & Dickinson (1994)的研究指出，蒼蠅的優秀飛行能力為其拍動翅膀的方式。蒼蠅的翅膀並非直接連接胸部的肌肉，而是利用胸部的變形使翅膀產生共振，以達到高速飛行。

命題 3、微型飛行器的開發仍存在瓶頸：

- a. 重量：美國哈佛微型機器人實驗室發展的仿生飛行器雖然只有 0.06 公克，但仍比蒼蠅重四倍，且升空後，其路徑便無法控制 (Wood, 2008)。
- b. 能源：目前微型電池還無法提供夠讓機械昆蟲飛行數分鐘以上的能量。

命題 4、基於開發瓶頸的問題，研究者認為不如以真實昆蟲做為飛行載具，可節省開發機械昆蟲與電池的時間，只需考慮控制系統即可

命題 5、雖然生物學家對蒼蠅的身體結構已經有充分的理解，但是蒼蠅的身體太小，不易植入線路，而綠金龜的體積比蒼蠅大，其飛行方式、肌肉形式與位置也與蒼蠅相同，因此以綠金龜做為實驗對象。

命題 6、Maharbiz 於 2009 年以 10 隻綠金龜進行飛行控制研究：

- a. 設備：每隻綠金龜的搭載物含內建無線電的微處理器、電池及數根直徑 125 微米的細銀線，這些細銀線植入綠金龜的腦部與飛行肌肉中。
- b. 系統運作方式：當微處理器接收到指令時，會發出電壓刺激綠金龜的腦部或飛行肌肉，以控制其行動。

c. 結果：

- 起飛：以 100 赫茲的快速電脈衝刺激綠金龜左右視葉之間的腦部，97%的綠金龜會拍動翅膀起飛
- 停止飛行：使用較長的脈衝刺激綠金龜左右視葉之間的腦部，會使翅膀完全停止振動
- 飛行高度控制：當綠金龜飛行時，重複快速交替施加拍動翅膀起飛與停止飛行的脈衝訊號，能調節其翅膀振動速度，改變飛行高度
- 轉彎：由植入左右前上側肌的細銀線施加訊號來達成。例如施加 10 毫秒的脈衝到右側肌肉，會增加右側翅膀拍動頻率，可讓綠金龜左轉
- 實驗中綠金龜皆未受傷，它們的壽命與普通綠金龜相同，其飛行、進食及交配也無異常

命題 7、生化甲蟲的當前問題：

- a. 控制系統目前僅能做到開始/停止飛行、轉彎、飛行高度調整等動作，不能進行複雜的控制動作，如讓生化甲蟲依照預定路線飛行，此外系統的可靠度也還不夠
- b. 綠金龜的壽命限制：綠金龜的生命週期分為卵、幼蟲、蛹、成蟲四個階段，成蟲的壽命約一個月
- c. 綠金龜的生理限制：無法確定綠金龜進入交配期時，其行為是否可以控制

命題 8、研究者對於生化甲蟲當前問題的反駁：

- a. 雖然生化甲蟲的技術尚在起步，但是過去人類在訓練其他生物為人所用的成果斐然，這些技術上的困難將可逐步解決。
- b. 與仿生微型機器人相比，開發生化甲蟲所需的知識以及成本相對較少

命題 9、研究問題：開發綠金龜按指定路線進行複雜飛行的控制技術

命題 10、研究方法：

a. 樣本數：10 隻綠金龜

b. 第一年研究：

■ 設備：沿用 2009 年的研究裝備，另外於綠金龜身上加入微型麥克風，以記錄它飛行時的翅膀拍擊聲。

■ 任務：每隻綠金龜進行 50 次飛行任務，飛行路線包含繞過障礙物、鑽入煙囪、穿過水管。

■ 依變項：

翅膀拍擊的音量。從音量大小來探討翅膀拍擊的力量與方向的關係，以此施加精確的脈衝刺激，使綠金龜能適時轉向。

飛行軌跡偏移量。飛行時由電腦記錄飛行軌跡，並分析每一次的飛行軌跡偏移預定飛行路線的程度，以做為控制飛行精確度的評估。

c. 第二年研究：利用核磁共振造影技術，配合解剖學調查與高速攝影，測繪綠金龜身上其他可操控翅膀的肌肉，及其 3D 結構與功能。


d. 第三年研究：透過第二年研究獲得的資料，探討如何針對不同肌肉發出刺激訊號，以控制綠金龜在飛行時的偏轉與翻滾動作。

命題 11、預期結果：根據 2009 年的研究成果，預期透過深入的身體結構分析，將能有效提升對綠金龜的控制能力，使其能進行複雜的飛行任務。

命題 12、預算：分三年進行，每年 50 萬美元設備補助

附錄五 科學研究計劃評論表格

1、 「導致青蛙變性的背後原因」 這個研究計劃是否具有學術或實務價值？

請列舉理由說明你認為該計劃具有學術或實務價值的地方	請列舉理由說明你對該計劃的學術或實務價值有疑慮的地方
	


2、 「導致青蛙變性的背後原因」這個計劃書中，主持人所引用的文獻是否可提供足夠的解釋來證明他所提出的研究問題與假設是正確的？

<p>請列舉理由說明計劃主持人所引用的文獻對他所提出的問題與假設提供了充分的解釋</p>	<p>請列舉理由說明你認為計劃主持人所引用的文獻對問題與假設的解釋不夠充份之處</p>
	

3、主持人在「導致青蛙變性的背後原因」的計劃書中是否有提供了足夠證據來支持該研究的研究問題與假設的正確性？

<p>請列舉理由說明你認為主持人有提供足夠證據支持該研究的研究問題與假設的正確性</p>	<p>請列舉理由說明你認為主持人所提出的證據不足以支持他所提出的研究問題與假設，或證據本身尚有疑慮的地方</p>
	

4、 「導致青蛙變性的背後原因」這個研究計劃的目的在「有效地確認草脫淨對青蛙的性別發展及生殖能力的影響」，請說明該計劃中所提出的研究方法是否可以達成此目的？

<p>該計劃的目的是為了確認草脫淨對於青蛙的性別發展及生殖能力的影響，請列舉理由說明為什麼你認為該計劃提出的研究方法能有效地達成此目的</p>	<p>該計劃的目的是為了確認草脫淨對於青蛙的性別發展及生殖能力的影響，請列舉理由說明主持人所提出的研究方法在達成此目的上尚存有疑慮的地方</p>
	

請你對「導致青蛙變性的背後原因」這份研究計劃書的整體內容，以 0 ~ 5 分的

方式，在下表右側評分欄中填入你的評分

問題	完全不同意	很不同意	不同意	同意	很同意	完全同意	你的評分
	0	1	2	3	4	5	
1. 研究問題具有學術或實務價值。	0	1	2	3	4	5	_____
2. 計劃主持人對於該研究問題的研究文獻有足夠掌握。	0	1	2	3	4	5	_____
3. 研究問題推導無誤。	0	1	2	3	4	5	_____
4. 研究假設所依據的理由充分。	0	1	2	3	4	5	_____
5. 研究問題的推導根據有效的證據。	0	1	2	3	4	5	_____
6. 計劃主持人所提出的假設有充分證據為基礎。	0	1	2	3	4	5	_____
7. 引用的證據存在其他不同的解釋。	0	1	2	3	4	5	_____
8. 研究方法可以有效地回答計劃主持人所提出的問題。	0	1	2	3	4	5	_____

請以 0（完全不補助）～100%（完全補助）的方式評估你同意補助「導致青蛙變性的背後原因」這個研究計劃的經費的程度？


_____ %

請說明你補助或不補助「導致青蛙變性的背後原因」研究補助的原因為何？



附錄六 科技研究計劃評論表格

- 1、 「機械與昆蟲合體的微型飛行器研發計劃」這個研究計劃是否具有學術或實務價值？

請列舉理由說明你認為該計劃具有學術或實務價值的地方	請列舉理由說明你對該計劃的學術或實務價值有疑慮的地方
	

2、 「機械與昆蟲合體的微型飛行器研發計劃」這個計劃書中，主持人所引用的文獻是否可提供足夠的解釋來證明他所提出的研究問題與假設是正確的？

<p>請列舉理由說明計劃主持人所引用的文獻對他所提出的問題與假設提供了充分的解釋</p>	<p>請列舉理由說明你認為計劃主持人所引用的文獻對問題與假設的解釋不夠充份之處</p>
	

3、主持人在「機械與昆蟲合體的微型飛行器研發計劃」的計劃書中是否有提供了足夠證據來支持該研究的可行性

請列舉理由說明你認為主持人有提供足夠證據支持該研究的可行性	請列舉理由說明你認為主持人所提出的證據不足以支持該研究的可行性，或證據本身尚有疑慮的地方
	

4、 「機械與昆蟲合體的微型飛行器研發計劃」這個研究計劃的目的在「有效地控制綠金龜以按照指定的路線完成複雜飛行任務」，請說明該計劃中所提出的研究方法是否可以達成此目的？

<p>該計劃的目的是為了能「有效地控制綠金龜以按照指定的路線完成複雜飛行任務」，請列舉理由說明為什麼你認為該計劃提出的研究方法能有效地達成此目的</p>	<p>該計劃的目的是為了能「有效地控制綠金龜以按照指定的路線完成複雜飛行任務」，請列舉理由說明你認為主持人所提出的研究方法在達成此目的上尚存有疑慮的地方</p>
	

請你對「機械與昆蟲合體的微型飛行器研發計劃」這份研究計劃書的整體內容，以

0 ~ 5 分的方式，在下表右側評分欄中填入你的評分

問題	完全不同意	很不同意	不同意	同意	很同意	完全同意	你的評分
	0	1	2	3	4	5	
9. 研究問題具有學術或實務價值。	0	1	2	3	4	5	_____
10. 計劃主持人對於該研究問題的研究文獻有足夠掌握。	0	1	2	3	4	5	_____
11. 研究問題推導無誤。	0	1	2	3	4	5	_____
12. 研究假設所依據的理由充分。	0	1	2	3	4	5	_____
13. 研究問題的推導根據有效的證據。	0	1	2	3	4	5	_____
14. 計劃主持人所提出的假設有充分證據為基礎。	0	1	2	3	4	5	_____
15. 引用的證據存在其他不同的解釋。	0	1	2	3	4	5	_____
16. 研究方法可以有效地回答計劃主持人所提出的問題。	0	1	2	3	4	5	_____

請以 0（完全不補助）～100%（完全補助）的方式評估你同意補助「機械與昆蟲合體的微型飛行器研發計劃」這個研究計劃的經費的程度？

_____ %

請說明你補助或不補助「機械與昆蟲合體的微型飛行器研發計劃」研究補助的原因為何？



附錄七 內容分析結果彙整

一、科學研究

1、論證結構

(1) 研究價值

支持意見	相關係數	反對意見	相關係數
學術價值	0.976	實務價值低	1.000
實務價值	0.791	學術價值低	1.000
研究的原創性及延伸性	1.000	時間與社會成本的疑慮	1.000

(2) 解釋

支持意見	相關係數	反對意見	相關係數
研究問題的說明	1.000	對異例並未加以解釋	1.000
文獻充分	1.000	存在其他因素的可能性	1.000

(3) 證據

支持意見	相關係數	反對意見	相關係數
證據不一致，需進一步研究	1.000	證據的有效性	1.000
證據顯示自變項（草脫淨）會 影響應變項（生態）	1.000	過去研究所使用的應變項的問 題	1.000
自變項（草脫淨使用現況）的 證據	1.000	證據中存在異例	1.000

(4) 研究方法

支持意見	相關係數	反對意見	相關係數
使用的應變項可行	1.000	樣本的問題	0.873
限制實驗用的樣本為某一類別	1.000	應變項的衡量方式有疑慮	0.919
將其他可能影響結果的變項加以控制	1.000	研究方法的說明不詳細	1.000
以不同實驗處理水準（草脫淨濃度）來確認自變項（草脫淨）對應變項（非洲瓜蟾）的影響	1.000	處理水準的問題	1.000
研究方法內容的說明清楚	1.000	對實驗（養殖）環境的效度有疑慮	1.000

2、反駁方式

反駁方式	相關係數
主張解釋存在缺陷	0.896
證據存在缺陷	0.957
另有主張	1.000

3、同意與不同意補助理由

同意補助理由	相關係數	不同意補助理由	相關係數
研究具學術價值	1.000	實務價值低	1.000
研究具實務價值	1.000	時間成本高	1.000
計劃書內容完整	1.000	研究計劃內容不完整	1.000
		問題定義不清楚	1.000

二、科技研究

1、論證結構

(1) 研究價值

支持意見	相關係數	反對意見	相關係數
學術價值	1.000	動物實驗的道德議題	1.000
實務價值	1.000	實務價值低	0.943
研究的原創性及延伸性	1.000	學術價值低	1.000
		成本效益的疑慮	0.919

(2) 解釋

支持意見	相關係數	反對意見	相關係數
研究問題的說明	1.000	引用文獻的問題	1.000
新舊技術的相對優點	0.959	研究方向的問題與建議	1.000
		對異例並未加以解釋	1.000
		新技術（綠金龜）的相關知識	1.000
		有缺陷	
		混淆變項的干擾	1.000

(3) 證據

支持意見	相關係數	反對意見	相關係數
證據支持技術的可行性	1.000	證據的有效性	1.000
證據顯示現有技術（仿生微型飛行器）有技術瓶頸	0.919	過去研究樣本的問題	1.000
		證據中存在異例	1.000

(4) 研究方法

支持意見	相關係數	反對意見	相關係數
使用新的儀器技術來進行新技術(生化甲蟲)的開發	1.000	樣本的問題	1.000
研究方法清楚,可行性高	1.000	應變項的衡量方式有疑慮	1.000
以過去研究成果為基礎進一步發展新的技術(控制生化甲蟲)	1.000	設備儀器的問題(13%)	1.000

2、反駁方式

反駁方式	相關係數
主張解釋存在缺陷	0.980
證據存在缺陷	0.953
另有主張	1.000

3、同意與不同意補助理由

同意補助理由	相關係數	不同意補助理由	相關係數
研究具實務價值	1.000	實務價值低	1.000
研究值得嘗試	1.000	研究計劃內容不完整	1.000