

国小学生「设计与制作」素养之模块教学实践~ 以「车」模块为例

张政义¹、熊召弟²、甘汉銑³、许金发⁴、施秋梅⁵、石敏嘉⁵

¹国立花莲师范学院国民教育研究所博士班肄业（现任北县兴南国小教师）

²国立台北师范学院数理教育研究所教授兼所长

³台北市立师范学院数理教育研究所教授

⁴国立台北师范学院数理教育研究所硕士班研究生（现任北市明湖国小教师）

⁵国立台北师范学院数理教育研究所硕士班研究生

联络地址：国立台北师范学院数理教育研究所

联络电话：886-02-27321104~3305

电邮：hsjung@tea.ntptc.edu.tw

收稿日期：二零零三年十月三十一日(于二零零四年三月二十三日再修定)

内容

摘要

壹、前言

一、研究背景

二、研究动机与目的

贰、文献探讨

一、「设计与制作」素养与 STS (Science, Technology, and Society) 理念

二、模块的设计思考

三、「车」模块之回路设计程序 (The design loop)

参、研究方法

肆、研究结果

一、回路设计思考表征「设计与制作」科技实践的教学特色

二、回路设计思考构筑最佳化网式回路「设计制作」学习

五、结论

参考文献



摘要

「设计与制作」是台湾九年一贯课程中「自然与生活科技领域」纲要的科学素养之一。本研究是由大学教授、研究生及小学教师共组的研究团队，藉理论与实务的对话，合作发展一套涵育小学生「设计与制作」素养的教学模块。本模块提供设计回路、鹰架式教学思考、五项创思元素之学习连结等的模块栋梁，并以激发儿童创意发明的教学活动「车」为例，说明实践科学与科技相互辉映的教学可能性。

壹、前言

一、研究背景

设计与制作」是我国国民中小学九年一贯课程纲要《自然与生活科技》学习领域中科学与科技素养位阶列序最高之一项。本研究乃以「设计与制作」为核心，由两位师院科学教育教授、两位小学自然科专家教师及两位研究生，拟于三年的时间，发展适合三至六年级学生学习的教学材料之一（熊召弟，民 91；计划编号：NSC91-2511-S- NSC91-2511-S-152-010），并希望在规划及实际教学的多次测试循环下，提供实验经验及以成功智能观点为导向的成效评估。本研究在观视「人」的向度上，透过教室的两大主角--教师及学生的想法、作法，诠释出设计与制作活动的教育意涵。

因此，「设计与制作」模块不只是提供静态的模块课程示例而已，更积极的在研发及实施此课程模块历程时，探究模块发展社群及教室中「教」与「学」主体对设计与制作认知的互动行为，以及附带展现出个人、群体的价值观等，用来探掘课程改革的真义。

二、研究动机与目的

本研究植基于建构主义理念，采用概念、视觉、组织、时空、辅助等五大元素为连结点的架构，做为进行设计与制作教学时鹰架选择的思考基点，同时应用含具九大步骤的设计回路，构筑本教学模块之基本内容，包括生活机械、光声世界、空中竞技、电磁动力及测量工具等五个模块。

研究中之「车」模块属于生活机械模块的中心教学活动，研究团队希望透过「车」的科技设计来满足学生需求以及解决问题（许学全等编译，民 85；徐业良，民 90；吴嘉祥等译，民 91），经由「车」模块的科学探究（scientific inquiry）历程，连结学科、学生及社会（生活）三个基点作为筑建课程开发决策之基础（王斌华，民 89，pp.31-37），使科学（Science）和科技（Technology）得以并列成为学校的



课程之一 (Fensham, 1992; 教育部, 民 92)。

贰、文献探讨

程树德 (民 89) 指出「设计与制作」是日常生活以及科学探究历程不可或缺的一环。学生的设计构思及制作活动的学习, 因此成为现今学校自然科学不可忽视的学习内容。本研究在「设计与制作」素养的关切中, 就 STS 理念、模块的设计思考、「车」模块回路设计程序 (The design loop) 加以探究。

一、「设计与制作」素养与 STS (Science, Technology, and Society) 理念

STS 理论认为「科学不仅是知识, 它亦是过程方法、态度、创造力以及应用等五个领域的综合体」(Yager, 1994)。因此, STS 之教学让学生探索、分析并把概念与方法运用到真实的情境中 (王美芬、熊召弟, 民 85)。「设计与制作」素养根植 STS 之理念, 呼应 Roy (2000) 所说的以「人的关怀」为主的科学知识形成历程, 以及 Roth (1998) 的设计及设计活动 (Design and Designing) 的特征, 呈现建构主义认知同化及调适作用相互交替使用之两个原理 (王美芬、熊召弟, 民 85)。

学生经由融入 STS 教学理念的「设计与制作」学习历程, 自我建立可以被认同的科学概念体系, 成为主动的学习者 (王美芬 熊召弟, 民 85)。学生透过讨论、脑力激荡, 发展提出问题、可能的解决方法、收集相关信息、进行实验的活动, 由知识的使用者跃升为问题的解决者, 足以激化教室社群的认知互动行为 (王美芬、熊召弟, 民 85), 而呈现个人与群体学习的价值观。

二、模块的设计思考

(一) 「模块」(instructional module) 的理念

「教学模块」之名称, 近年来在我国自然科学教育上用得非常普通, 它可说是一种「主题式」的教学 (陈嘉成, 民 91), 而这标榜的主题, 可以是「解决问题」、「社会争论议题」、「科学、科技生活」、「概念核心」等为主的模块 (杨荣祥, 民 84; 黄茂在、陈文典, 民 89; 陈文典, 民 90)。教学模块由观察情境、察觉问题、引导讨论、确定问题、分工合作、进行探究、分享经验、整合成果、综合评鉴、推广应用的模块发展流程, 架构主题式教学的基本形态 (教育部, 民 91), 透过层级、连结与方式等三个面向与课程规划内涵的转化 (陈文典, 民 89; 陈嘉成, 民 91), 呈现有效度的「设计与制作」模块转化模板, 以有助教师与学生能够因时、因地制宜, 选择适当模块来教学, 落实九年一贯课程之课程统整及教材乡土化的目标。

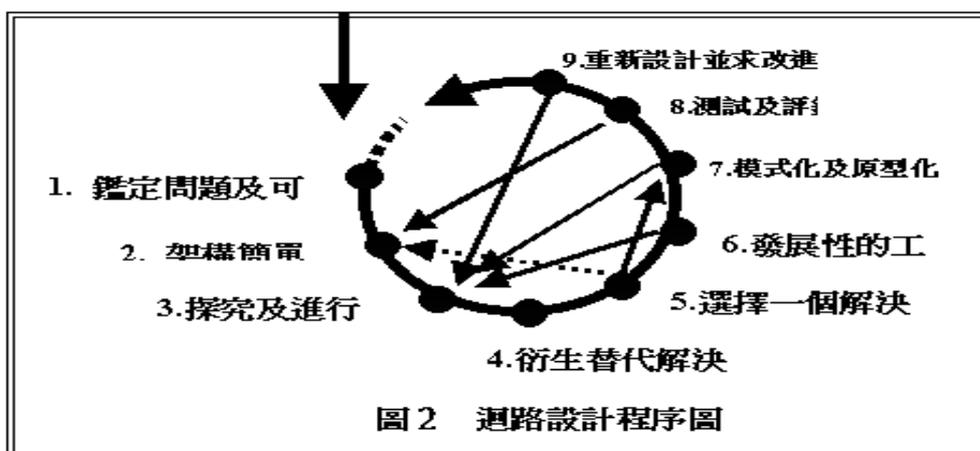
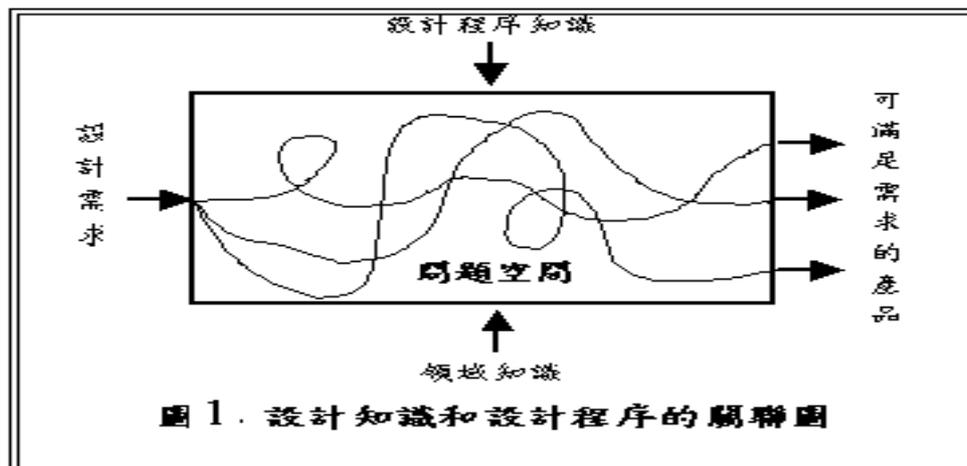
(二) 模块的发展指针



本研究是以「车」模块为「设计与制作」之中心教学活动示例，学生有宜达成之学习目标及学生在「设计与制作」历程表现。针对这些具体的行动目标，发展能够评鉴模块规划以及评量学生学习能力的指标；同时这也可成为发展该模块的教学目标。

三、「车」模块之回路设计程序 (The design loop)

Ullman (1992) 认为设计工作性质不同、设计计划规模的大小，其所需的「领域知识 (domain knowledge)」(各种专业知识) 与「程序知识 (process knowledge)」都有所不同。当人面对一项问题时，从问题解决开始，到获得解决方案间的所有可能性成为「问题空间」(problem space) (王昭仁译，民 88)，「问题空间」中各项可能解决方案使设计知识和设计程序相互关联 (图 1)。Hutchinson 和 Karsnitz (1997) 提出九个程序步骤 (图 2)，依回路循环思考做为深化「设计与制作」教学发展的进路。



本研究从众多问题求解的设计思考体系中 (Cross,1994; 许政和, 民 91; 吴嘉祥

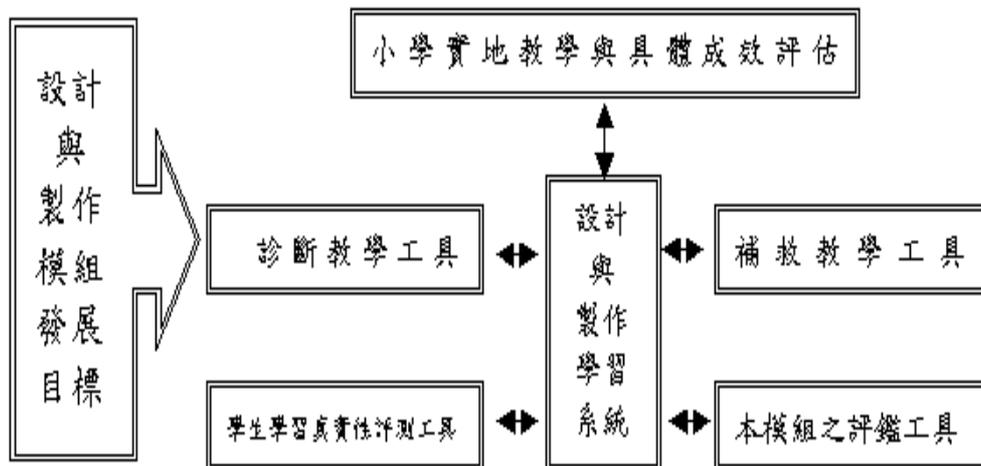


等译，民 91)，以回路设计程序为本思考与指导架构，在设计知识和设计程序的关联建构中，循环内化「问题解决」思维形式，做为「设计与制作」中「车」模块教学发展参考。

Ullman (1992) 认为设计工作性质不同、设计计划规模的大小，其所需的「领域知识 (domain knowledge)」(各种专业知识) 与「程序知识 (process knowledge)」都有所不同。当人面对一项问题时，从问题解决开始，到获得解决方案间的所有可能性成为「问题空间」(problem space) (王昭仁译，民 88)，「问题空间」中各项可能解决方案使设计知识和设计程序相互关联 (图 1)。Hutchinson 和 Karsnitz (1997) 提出九个程序步骤 (图 2)，依回路循环思考做为深化「设计与制作」教学发展的进路。

参、研究方法

本研究群由定期开会、分析文献与相关档案数据，构筑模块架构与理论基础，完成初步模块课程规划，并透过实际教学的循环测试，获得「设计与制作」教学活动中教师及学生的想法、作法，来诠释现象及待增强的焦点。本研究同时依「设计与制作」模块发展目标与内涵，结合领域主题、次主题及核心科学概念，在模块架构下，先期以「生活机械之车模块」为主轴，参考九年一贯课程之「设计与制作」能力指标，形成研究暨教学转换基础，其构想及发展流程如下图 (图 3)：



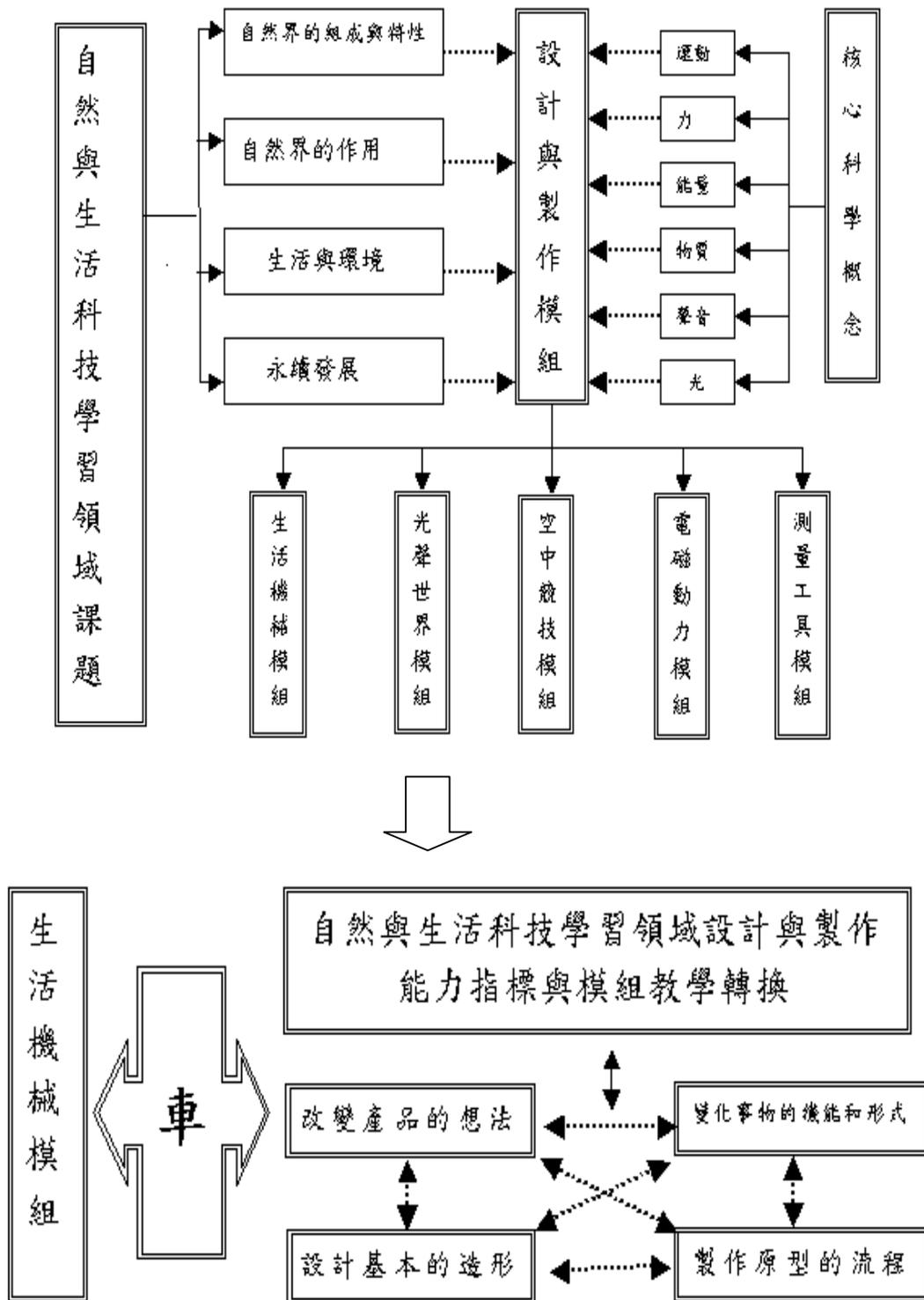


图3 设计与制作之「车」模块研究暨教学转换构想图

本研究从众多问题求解的设计思考体系中 (Cross,1994; 许政和, 民 91; 吴嘉祥等译, 民 91), 以回路设计程序为本思考与指导架构, 在设计知识和设计程序的关联建构中, 循环内化「问题解决」思维形式, 做为「设计与制作」中「车」模块教学发展参考。



肆、研究结果

「车」模块针对学生认知发展过程与兴趣能力，由设计回路程序提供多样化且与日常真实生活情境相关的设计与制作之学习内容（教育部，民 92）。使学生可以在有趣的情境中，以渐进的方式学习科学，而有如下的发展结果：

一、回路设计思考表征「设计与制作」科技实践的教学特色

模块教学活动设计融入五种组合元素连结回路设计教学思考，在两次试教「生活机械模块」-「车」 「动力车」主题设计活动中，教师思考「学生中心」之需求，以学生关切（concern）的「生活议题（车） 科技需求 应用科学 基础科学」为核心，转换九年一贯课程「设计与制作」能力指针，让技术系统的构思落实在教学实践中，透过培育学生「设计与制作素养」，呈现有效度的三期教学转化思考（如图 4）。

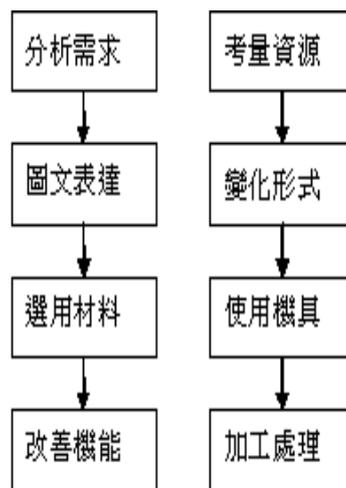


圖 4-1 培養設計與製作素養教學活動教師初期構思圖



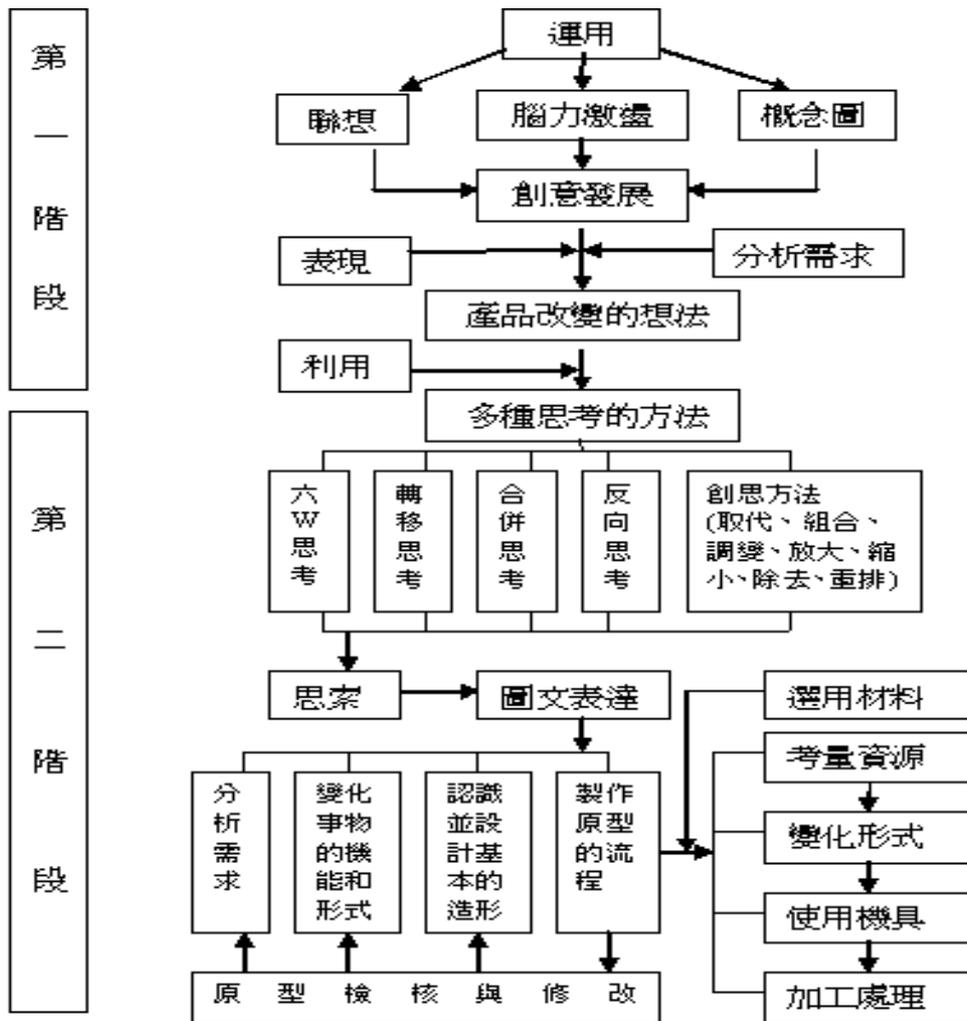


圖 4-2 培養設計與製作素養教學活動教師中期構思



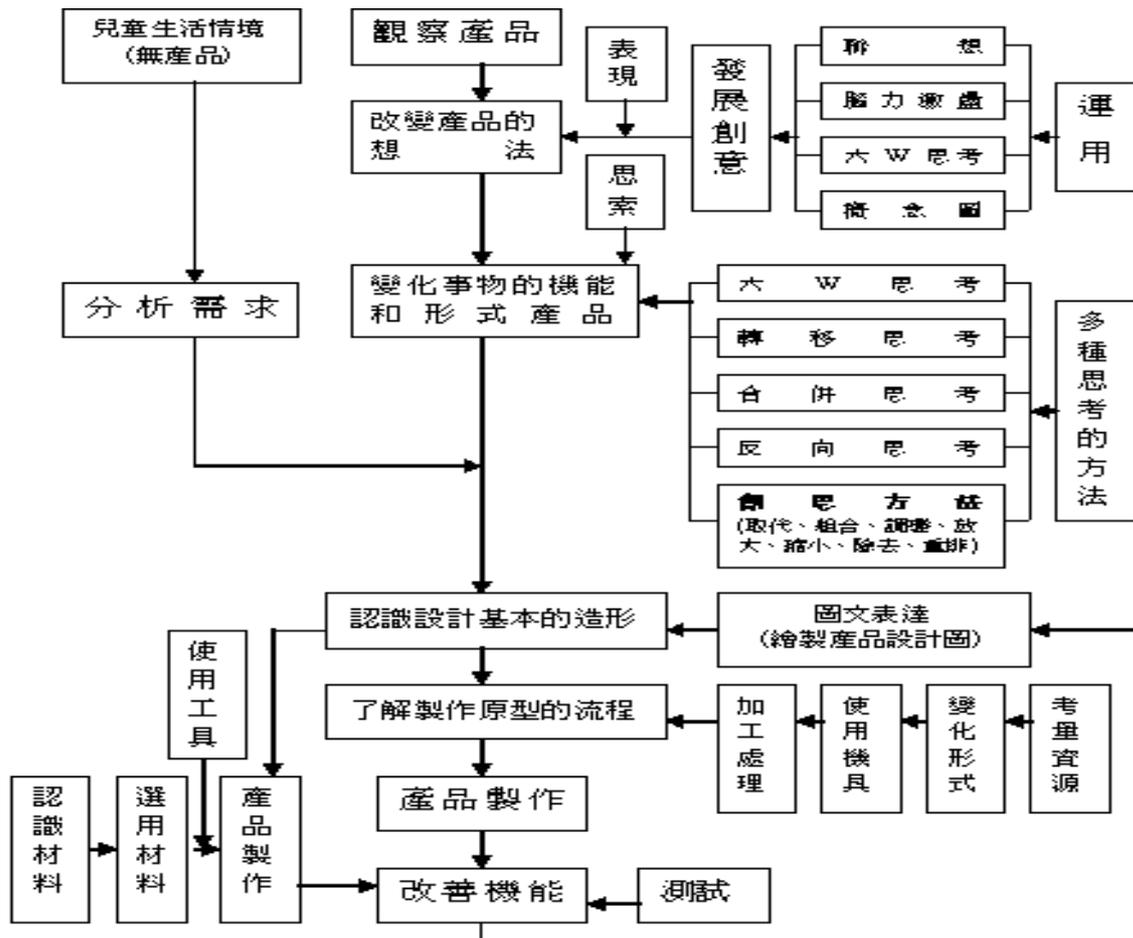


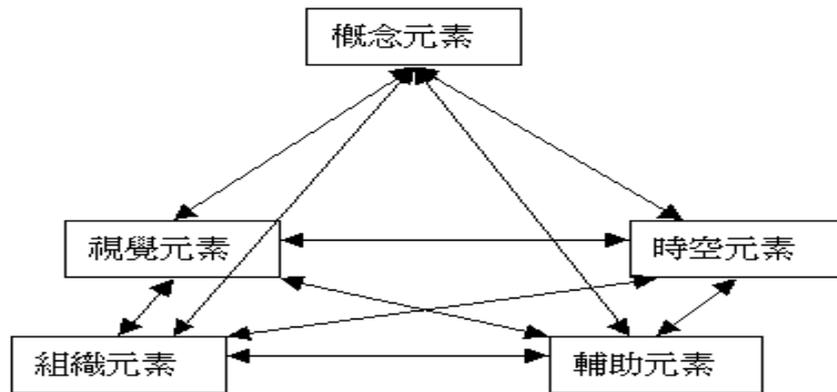
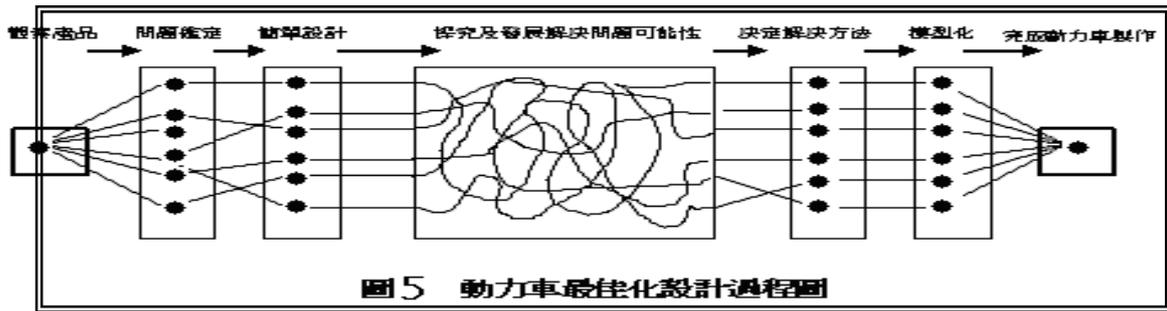
圖 4-3 培養設計與製作素養教學活動教師後期構思圖

图 4 教师之「车」模块教学转化思考过程图

本研究从众多问题求解的设计思考体系中（Cross,1994；许政和，民 91；吴嘉祥等译，民 91），以回路设计程序为本思考与指导架构，在设计知识和设计程序的关联建构中，循环内化「问题解决」思维形式，做为「设计与制作」中「车」模块教学发展参考。

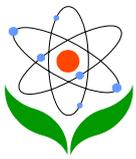
二、回路设计思考构筑最佳化网式回路「设计制作」学习

学生在教学活动中进行问题探索，能想办法「设计制作」并透过概念中心之「元素组合结构」互动连结（图 6），完成与改良自制的玩具车。学生发想「一辆玩具车可能包括哪些构造」、「怎样才能自己设计与制作玩具车」、「玩具车靠什么力量移动」、「玩具车移动的力量可以分成哪两类」、「为什么这样？」（学生学习心得-S4920816, S4920825），在「改变产品的想法」、「设计基本的造形」、「变化事物的机能和形式」、「制作原型的流程」的网状回路学习思考间构筑最佳化「车」[动力车]的设计制作（图 5, 图 7）。



五、结论

本研究之「设计与制作-车」教学模块，是根据台湾九年一贯课程纲要内容及相关科学教育课程设计理论，建构具发展性的教学模块。由于模块教学呈现科技实



践与最佳化「设计制作」学习的有效建构「模块」教学转化。因此「设计与制作」能力的深入发展,可依照(1)五大元素连结点及(2)设计回路的概念,由静态的模块课程发展社群及教室中教与学主体对设计与制作认知的互动行为,来增加教师及学生的科学与科技素养 (Cajas, 2001)。在自然与人造 (designed world) 的两个世界中,人们会透过「设计」来反应人类在物质文化以及人类活动交织的关心目标与经验 (Roth, 1998, p.16),并在设计历程活动中实践人类的期望,因此「设计与制作」素养的培育显然是当代基础科学教育应重视的学习。

参考文献

一、中文部分

王美芬、熊召弟 (民 85)。国民小学自然科教材教法。台北:心理。

王斌华 (民 89)。校本课程论。中国:上海教育出版社。

王昭仁译 (民 88)。设计思考。台北:建筑情报。

吴嘉祥等译 (民 91)。机械组件设计。原著: M.F.Spotts T.E.Shoup. 台北:高立。

徐业良 (民 90)。机械设计。台北:全华。

许政和 (民 91)。机构构造设计学。台北:高立。

教育部 (民 91)。自然与生活科技学习领域课程教学示例。第 1235 期九年一贯课程深根计划种子教师研习。自然与生活科技学习领域教学研究辅导小组。

教育部 (民 92)。九年一贯课程纲要。教育部印。

陈嘉成 (民 91)。自然与生活科技领域配合基本能力与科学素养之单元模块发展模式之探究。Available (2002/10/25):

<http://www.nknu.edu.tw/~edu/item/item7-article.file/item7-article1.htm>

杨荣祥 (民 84)。教育部委办国中数学及自然科学生活化实验设计学习模块的研究开发与推广计划 (生物、化学、地球科学、物理)。国立台湾师范大学科教中心。

黄茂在、陈文典 (民 89)。由教学模块看一「自然与生活科技」学习领域之教学。九年一贯课程的教与学, 75-85。教育部台湾省国民校教师研习会编印。

陈文典 (民 90)。国民中小学自然的教学与教材。国民中小学九年一贯课程政策



与执行整合研讨会—生活课程、自然与生活科技, 76-92。教育部台湾省国民学校教师研习会。

程树德译 (民 89)。研究科学的第一步—给年轻探索者的建议。台北市: 究竟。

熊召弟 (民 91)。国民小学生活化之自然与生活科技课程发展与评鉴「设计与制作」研究。行政院国家科学委员会专题研究计划, 未发表。

熊召弟等译 (民 91)。科学学习心理学。原著: S.M. Glynn, R.H. Yeany & B.K. Britton. 台北: 心理。

许学全等编译 (民 85)。物理。原著者, Paul G. Hewitt。台北: 文京。

二、英文部分

Cross, N. (1994). *Engineering Design Methods*, 2nd ed. John Wiley & Sons.

Fernando Cajas (2001). The Science/Technology Interaction: Implications for Science Literacy. *Journal of Research in Science Teaching*, VOL.38, NO.7, pp.715-729.

Fensham, P.J. (1992). Science and Technology. In Jackson, P.W. (1992). *Handbook of Research on Curriculum*: New York, MacMillan Publishing Company.

Hutchinson & Karsnitz (1997). *Design and Problem Solving in Technology*. Glencoe/McGraw-Hill.

National Research Council (1996). *National Science Education Standards*. Washington, DC: National Academy Press.

Roth, W-M. (1998). *Designing communities*. London: Kluwer Academic Publisher.

Roy, R. (2000). Real science education: replacing “PCB” with Science through STS throughout all levels of K-12 “materials” as one approach. In Kumar, D.D., & Chubin, D.E. (2000). *Science, Technology, and Society: A Sourcebook on Research and Practice*. New York: Kluwer academic/Plenum Publishers. PP.9-19.

Ullman, D. G. (1992). *The Mechanical Design Process*. McGraw-Hill.

Yager, R. E. (1994). *Workshop on Science/ Technology/ Society (STS) Approach in Science Education*. Science Education Center, NTNU, Taipei, Taiwan, R.O.C.