

doi: 10.3969/j.issn.1007-7162.2013.01.003

# 基于可拓创新方法的项目式教学研究

张晓伟<sup>1</sup>, 李苏洋<sup>1</sup>, 唐文艳<sup>1</sup>, 成思源<sup>1</sup>, 杨春燕<sup>2</sup>

(广东工业大学 1. 机电工程学院 2. 可拓学与创新方法研究所 广东 广州 510006)

**摘要:** 探讨了在项目式教学中引入可拓学,以提高学生的创新能力. 根据产品设计的流程,结合一个机械传动方案的设计,给出了应用可拓学进行不相容矛盾问题求解的步骤. 实践表明该方法对于提高学生分析问题、解决问题的能力,培养学生的创新能力是切实可行的,可为高校其他教学领域与环节提供一定的参考价值.

**关键词:** 可拓学; 项目式教学; 创新能力; 不相容问题

中图分类号: TH122; G420

文献标志码: A

文章编号: 1007-7162(2013)01-0013-05

## Research on Project-based Learning Based on the Extension Innovation Method

Zhang Xiao-wei<sup>1</sup>, Li Su-yang<sup>1</sup>, Tang Wen-yan, Cheng Si-yuan<sup>1</sup>, Yang Chun-yan<sup>2</sup>

(1. School of Electromechanical Engineering, 2. Research Institute of  
Extenics and Innovation Methods, Guangdong University of Technology, Guangzhou 510006, China)

**Abstract:** It proposes the introduction of extenics into the project-based learning to improve students' innovation ability. According to the process of product design, it presented the ways of applying extenics in solving non-compatible problems via the design of a mechanical transmission device. The results show that the method is feasible to improve students' ability of analyzing and solving problems and to train their innovation ability, thus providing reference for teaching in other universities.

**Key words:** extenics; project-based learning; innovation ability; non-compatible problems

随着科学与技术的飞速发展,社会对创新人才的需求不断加大,培养具有工程与创新能力的大学毕业生已经成为高校当前紧要的任务<sup>[1]</sup>. 实践教学是将理论与实践相结合的教学环节,是培养学生工程能力与创新能力的关键环节. 项目式教学法将要讲授的知识集结在一个或多个项目中,学生完成项目,从而掌握所学知识<sup>[2-5]</sup>. 与传统教学方法相比,项目式教学用创新教育的理念贯穿教学,使学生直接参与体验,调动了学生学习的积极性和主动性,培养学生分析问题、解决问题的能力,培养学生的工程能力和创新意识. 该教学法对老师提出了更高的要求,即不仅要全面掌握本学科知识还要具有分析问题解决问题的能力,同时又需要学生的主动配合,积极投入. 而学生在校学习期间通常实践知识不足,即使有热

情,但由于经验不足,设计内容缺乏创新,特别是在概念设计阶段. 如果能让打破思维惯性和传统的思考问题的方法,学会拓展思维,掌握创新的方法,将加速问题的解决,提升问题解决的创新性,进而提升学生的创新能力.

### 1 将可拓创新方法引入项目式教学

项目式教学法是一种以项目为基础,以学生为中心,以小组讨论为形式,在辅导老师带领下,学生进行学习的教学模式. 完成一个项目通常是根据一定条件来实现一个或多个目标,有时根据现有条件可以直接达到预期目标,但多数情况是根据现有条件不能直接实现预定目标,这就需要寻求并采取某种策略来解决现有条件与预期目标之间矛盾的问

收稿日期: 2012-10-26

基金项目: 国家科技部创新方法工作专项资助项目(2011HM020300); 2011年度广东省创新方法工作专项资助项目(2011B061100001); 广东省省部产学研结合项目专项资金资助(2011A091000040)

作者简介: 张晓伟(1977-),女,讲师,博士,主要研究方向为创新理论、现代模型设计.

题. 而一个项目通常又可划分成多个相对独立而又密切联系的子项目, 完成子项目同样也可能需要解决若干矛盾问题. 这样, 一个项目实际上可以看作一个由若干矛盾问题组成的系统. 例如图1所示为产品设计项目的工作流程. 而学生在校学习期间通常经验不足, 在解决矛盾问题时常按照传统的思考问题的方法进行, 如试错法、头脑风暴法等, 但这些传统方法往往费时费力, 具有很大的随机性和偶然性, 且问题解决的创新效果很难保证. 为此, 可以让学生打破思维惯性和传统的思考问题的方法, 学会拓展思维, 掌握创新的方法, 进而提升学生的创新能力.

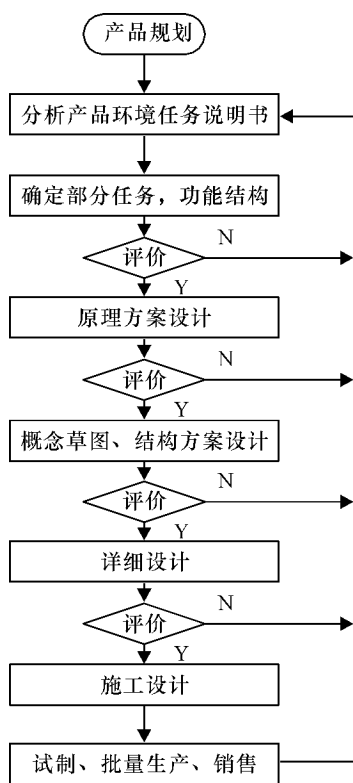


图1 产品设计流程

Fig.1 Work flow of the product design project

“可拓学”是以广东工业大学蔡文教授为首的我国学者创立的新学科<sup>[6-44]</sup>, 它用形式化的模型研究事物拓展的可能性和开拓创新的规律、方法, 并用于处理矛盾问题. 在可拓学中, 把矛盾问题分为3类: 第1类是主观和客观矛盾的问题, 简称为不相容问题; 第2类是主观和主观矛盾的问题, 简称为对立问题; 第3类是自然存在的、没有人为干涉的客观矛盾问题. 可拓学主要研究第1类和第2类矛盾问题. 可拓论认为, 处理矛盾问题要从传统的等量思维转向“拓展”思维, 拓展出一批对象, 再从中找到适合于解决问题的对象. 可拓学的逻辑细胞是基元, 包括物元、事元和关系元. 可拓创新方法是可拓学特有的

方法, 包括发散树、分合链、相关网、蕴含系、共轭对、可拓变换、优度评价、菱形思维及转换桥等方法. 利用可拓创新方法处理矛盾问题包括4个基本步骤, 分别是: 形式化表示、拓展、变换、评价, 最终寻求较优的解决方案. 下面结合一个机械传动装置的设计, 给出在项目式教学中应用可拓创新方法进行不相容问题求解的详细步骤.

## 2 案例分析

某输送带E的设计要求为: 工作功率为5 kW, 转速为 $80 \times (1 \pm 5\%)$  r/min, 现只有一个满载转速为960 r/min, 功率为11 kW的电动机F来驱动. 下面用可拓创新方法为该输送带设计合理的传动装置.

### 2.1 形式化表示

该问题的可拓模型为

$$p = g \times l = \begin{bmatrix} \text{供给, 支配对象 } A \\ \text{施动对象, 电动机 } F \\ \text{接受对象, 输送带 } E \end{bmatrix} \times (\text{电动机 } F \text{ 功能 } ( \text{提供, 支配对象 } B )) ,$$

其中:

$A = ( \text{运动 } A_1, \text{速度}, \langle 76, 84 \rangle \text{ r/min} )$ ,  $B = ( \text{运动 } B_1, \text{速度 } 960 \text{ r/min} )$ .

该问题的核问题的可拓模型为

$$p_0 = g_0 \times l_0 = ( \text{运动 } A_1, \text{所需输入转速}, \langle 76, 84 \rangle \text{ r/min} ) \times ( \text{运动 } B_1, \text{输出转速 } 960 \text{ r/min} ) = ( A_1, \epsilon_{0s}, \langle 76, 84 \rangle \text{ r/min} ) \times ( B_1, \epsilon_{0t}, 960 \text{ r/min} ) .$$

以  $X = \langle 76, 84 \rangle$  为正域, 最优点为  $x_0 = 80$ , 建立简单相容度函数为

$$K(l) = k(x) = \begin{cases} \frac{x-76}{80-76}, & x \leq 80, \\ \frac{84-x}{84-80}, & x \geq 80, \end{cases}$$

则当  $x = 960$  r/min 时,

$$K(l_0) = k(960) = \frac{84-960}{84-80} = -219,$$

即问题  $p = g \times l$  为不相容问题.

### 2.2 拓展

不相容问题求解的途径有3种: 目标不变, 通过条件的变换使矛盾问题化解; 条件不变, 通过对目标的变换使矛盾问题化解; 目标和条件同时改变, 使矛盾问题化解. 由于输送带设计要求不变, 因此, 必须利用条件的变换来解决矛盾问题. 此问题的条件是一个确定的电动机, 因此, 只能从外部寻找可用资源. 根据可拓分析原理, 物、事和关系具有可以组合、分解及扩缩的可能性. 根据可组合性, 一个事物可以

与其他事物结合起来生成新的事物,从而提供解决矛盾问题的可能性.该问题中电动机的输出转速远高于工作机所需输入转速,若能找到某个物元具有降速功能,其与条件物元组合,使输出转速降低<sup>[15-17]</sup>,则矛盾问题有可能解决.

根据发散分析:

(电动机 F 功能 { 提供, 支配对象 B )

- (渐开线圆柱齿轮 P<sub>1</sub>, 功能 { 传递, 支配对象 N<sub>1</sub> )
- (渐开线直齿圆锥齿轮 P<sub>2</sub>, 功能 { 传递, 支配对象 N<sub>2</sub> )
- (普通圆柱蜗杆 P<sub>3</sub>, 功能 { 传递, 支配对象 N<sub>3</sub> ) ,
- (普通 V 带 P<sub>4</sub>, 功能 { 传递, 支配对象 N<sub>4</sub> )
- (滚子链 P<sub>5</sub>, 功能 { 传递, 支配对象 N<sub>5</sub> )

其中:

- N<sub>1</sub> = ( 运动 O<sub>1</sub> 速度, <135 960> r/min ) ,
- N<sub>2</sub> = ( 运动 O<sub>2</sub> 速度, <120 960> r/min ) ,
- N<sub>3</sub> = ( 运动 O<sub>3</sub> 速度, <12 960> r/min ) ,
- N<sub>4</sub> = ( 运动 O<sub>4</sub> 速度, <96 960> r/min ) ,
- N<sub>5</sub> = ( 运动 O<sub>5</sub> 速度, <120 960> r/min ) .

由以上拓展分析,可以得出原条件基元的一些可组合基元,每一个可组合基元还可以根据拓展分析原理进一步扩展,从而得到解决不相容问题的更多途径.

### 2.3 变换

根据以上拓展分析,至少可以选择做如下 5 种条件的变换:

$$(1) T_1 l_0 = ( B_1 \quad O_1, c_{01} \langle 135 \ 960 \rangle ) = l_1 \text{ 且 } k(135) = -12.75 \quad k(960) = -219, \\ K(l_1) \in \langle -219, -12.75 \rangle \text{ 则 } K(l_1) < 0.$$

T<sub>1</sub> 即电动机 F 与最大传动比为 7.1 的渐开线圆柱齿轮 P<sub>1</sub> 相连接后驱动执行部分.

$$(2) T_2 l_0 = ( B_1 \quad O_2, c_{02} \langle 120 \ 960 \rangle ) = l_2 \text{ 且 } k(120) = -9 \quad k(960) = -219, \\ K(l_2) \in \langle -219, -9 \rangle \text{ 则 } K(l_2) < 0.$$

T<sub>2</sub> 即电动机 F 与最大传动比为 8 的渐开线直齿圆锥齿轮 P<sub>2</sub> 相连接后驱动执行部分.

$$(3) T_3 l_0 = ( B_1 \quad O_3, c_{03} \langle 12 \ 960 \rangle ) = l_3 \text{ 且 } k(12) = -16 \quad k(960) = -219, \quad k(80) = 1, \\ K(l_3) \in \langle -219, 1 \rangle.$$

T<sub>3</sub> 即电动机 F 与最大传动比为 80 的普通圆柱蜗杆 P<sub>3</sub> 相连接后驱动执行部分.

$$(4) T_4 l_0 = ( B_1 \quad O_4, c_{04} \langle 96 \ 960 \rangle ) = l_4 \text{ 且 } k(96) = -3 \quad k(960) = -219, \\ K(l_4) \in \langle -219, -3 \rangle \text{ 则 } K(l_4) < 0.$$

T<sub>4</sub> 即电动机 F 与最大传动比为 10 的普通 V 带

P<sub>4</sub> 相连接后驱动执行部分.

$$(5) T_5 l_0 = ( B_1 \quad O_5, c_{05} \langle 120 \ 960 \rangle ) = l_5 \text{ 且 } k(120) = -9 \quad k(960) = -219, \\ K(l_5) \in \langle -219, -9 \rangle \text{ 则 } K(l_5) < 0.$$

T<sub>5</sub> 即电动机 F 与最大传动比为 8 的滚子链 P<sub>5</sub> 相连接后驱动执行部分.

上述 5 个变换,只有 T<sub>3</sub> 可使 k(x) ≥ 0,即 T<sub>3</sub> 可使不相容问题转化为相容问题.而其他 4 个变换都不能解决该不相容问题.但若令

$$T'_1 = T_1 \wedge T_2 \text{ 则}$$

$$T'_1 l_0 = ( B_1 \quad O_1 \quad O_2, c_{01}, \langle 17 \ 960 \rangle ) = l'_1 \text{ 且 } k(17) = -14.75 \quad k(960) = -219, \quad k(80) = 1, \\ K(l'_1) \in \langle -219, 1 \rangle.$$

T'<sub>1</sub> 的含义是:同时采取增加渐开线圆柱齿轮与增加渐开线直齿圆锥齿轮这两个变换(即变换的与运算)去解决该不相容问题.同理令 T'<sub>2</sub> = T<sub>1</sub> ∧ T<sub>4</sub>, T'<sub>3</sub> = T<sub>1</sub> ∧ T<sub>5</sub>, T'<sub>4</sub> = T<sub>2</sub> ∧ T<sub>4</sub>, T'<sub>5</sub> = T<sub>2</sub> ∧ T<sub>5</sub>, T'<sub>6</sub> = T<sub>4</sub> ∧ T<sub>5</sub>,对条件基元进行变换分别得到 l'<sub>2</sub>, l'<sub>3</sub>, l'<sub>4</sub>, l'<sub>5</sub>, l'<sub>6</sub>,也可以解决该不相容问题.当然还有其他的组合形式,这里从略.

### 2.4 评价

上述变换 T<sub>3</sub> 和 T'<sub>1</sub>…T'<sub>6</sub> 形成解决不相容问题的多个不同策略,以下对各个策略进行优度评价,以选取较优方案.

#### (1) 确定衡量指标

为简化计算,选取效率、易加工性、运动平稳性 3 个指标为评价指标.即

$$SI = \{ SI_1, SI_2, SI_3 \} \quad SI_1 = ( c_1, V_1 ) = ( \text{效率}, V_1 ) , \\ SI_2 = ( c_2, V_2 ) = ( \text{易加工性}, V_2 ) \quad SI_3 = ( c_3, V_3 ) = ( \text{运动平稳性}, V_3 ) .$$

效率范围为  $\hat{X} = \langle 0, 1 \rangle$ ; 易加工性分 5 个等级,最大为 5,最小为 1; 运动平稳性分 5 个等级,最大为 5,最小为 1.

待评对象物元为

$$Z_1 = \begin{bmatrix} l'_1, & c_1, & 0.960 \ 4 \\ & c_2, & 1 \\ & c_3, & 3 \end{bmatrix},$$

$$Z_2 = \begin{bmatrix} l'_2, & c_1, & 0.882 \\ & c_2, & 4 \\ & c_3, & 5 \end{bmatrix},$$

$$Z_3 = \begin{bmatrix} l'_3, & c_1, & 0.931 \\ & c_2, & 4 \\ & c_3, & 1 \end{bmatrix},$$

$$Z_4 = \begin{bmatrix} l'_4, & c_1, & 0.882 \\ & c_2, & 2 \\ & c_3, & 5 \end{bmatrix},$$

$$Z_5 = \begin{bmatrix} l'_5, & c_1, & 0.931 \\ & c_2, & 2 \\ & c_3, & 1 \end{bmatrix},$$

$$Z_6 = \begin{bmatrix} l'_6, & c_1, & 0.855 \\ & c_2, & 5 \\ & c_3, & 2 \end{bmatrix},$$

$$Z_7 = \begin{bmatrix} l'_7, & c_1, & 0.8 \\ & c_2, & 3 \\ & c_3, & 4 \end{bmatrix}.$$

(2) 确定权系数

由专家经验打分得到各评价指标的权重为  $\alpha =$

$$(\alpha_1 \alpha_2 \alpha_3) = (0.4 \ 0.3 \ 0.3)$$

(3) 初步筛选

3个评价指标中没有非满足不可的指标,故经过初步筛选,待评对象均不能删除。

(4) 确定关联函数,计算关联度

考虑机器功率较大,为防止能量损失太多,传动装置效率不能太低,可接受范围为  $X = \langle a, b \rangle = \langle 0.9, 1 \rangle$ ,最优点在1;易加工性大于等于3满足要求;运动平稳性大于等于3满足要求。

效率、易加工性、运动平稳性的关联函数分别为

$$k_1(x_1) = \begin{cases} \frac{x_1 - a}{b - a}, & x_1 < b \\ \frac{b - x_1}{b - a}, & x_1 > b \\ k(b) = 0 \vee 1, & x_1 = b \end{cases}$$

$$k_2(x_2) = \begin{cases} \frac{x_1 - 0.9}{0.1}, & x_1 < 1, \\ \frac{1 - x_1}{0.1}, & x_1 > 1, \\ k(1) = 0 \vee 1, & x_1 = 1, \end{cases} \quad \begin{cases} 1, & x_2 = 5, \\ 0.5, & x_2 = 4, \\ 0, & x_2 = 3, \\ -0.5, & x_2 = 2, \\ -1, & x_2 = 1, \end{cases}$$

$$k_3(x_3) = \begin{cases} 1, & x_3 = 5, \\ 0.5, & x_3 = 4, \\ 0, & x_3 = 3, \\ -0.5, & x_3 = 2, \\ -1, & x_3 = 1. \end{cases}$$

(5) 计算规范关联度

设待评对象  $Z_j$  关于  $SI_i$  的关联度为  $K_i(Z_j)$ , 则

$$k_i(Z_j) = \frac{K_i(Z_j)}{\max_{x \in V} |K(x)|}.$$

(6) 计算优度

$$C(Z_j) = \sum_{i=1}^n \alpha_i k_i(Z_j).$$

评价对象优度计算结果如表1所示。

表1 优度评价结果

Tab.1 The results of optimal degree

| 方案    | $K_1$ | $K_2$ | $K_3$ | $k_1$ | $k_2$ | $k_3$ | $C$      | 最优    |
|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|----------|-------|
| $Z_1$ | 0.604 | -1    | 0     | 0.604 | -1    | 0     | -0.058 4 |       |
| $Z_2$ | -0.18 | 0.5   | 1     | -0.18 | 0.5   | 1     | 0.378    | 0.378 |
| $Z_3$ | 0.31  | 0.5   | -1    | 0.31  | 0.5   | -1    | -0.026   |       |
| $Z_4$ | -0.18 | -0.5  | 1     | -0.18 | -0.5  | 1     | 0.078    |       |
| $Z_5$ | 0.31  | -0.5  | -1    | 0.31  | -0.5  | -1    | -0.326   |       |
| $Z_6$ | -0.45 | 1     | -0.5  | -0.45 | 1     | -0.5  | -0.03    |       |
| $Z_7$ | -1    | 0     | 0.5   | -1    | 0     | 0.5   | -0.25    |       |

即最优传动方案为

电动机 F 齿轮传动  $P_1$  带传动  $P_4$ 。

### 3 结语

在项目式教学中应用可拓学进行不相容矛盾问题求解的步骤。该教学模式能使学生摆脱惯性思维定式和传统的思考问题的方法,拓展了学生的思维模式,对于提高当代大学生的创新能力和创新思维,培养创新型人才是切实可行的,对其他教学领域与

教学环节有供一定的参考价值。

参考文献:

[1] Dong Jian-li, Hu Wen-bin, Hou Ming-liang. Current problems analysis and solving approaches for Chinese undergraduate practice innovative talents training [J]. Applied Mechanics and Materials 2012, 121-126: 1972-1976.  
 [2] Zhou C F, Kolmos A, Nielsen J D. A problem and project-based learning (PBL) approach to motivate group creativity

- in engineering education [J]. International Journal of Engineering Education 2012 28(1): 3-16.
- [3] Hren Alenka ,Milanovic Miro , Mihalic Franc. Teaching magnetic component design in power electronics course using project based learning approach [J]. Journal of Power Electronics ,2012 ,12(1): 201-207.
- [4] Fernando Martínez , Luis Carlos Herrero , Santiago de Pablo. Project-based learning and rubrics in the teaching of power supplies and photovoltaic electricity [J]. IEEE Transactions on Education 2011 54: 87-96.
- [5] Uvais Qidwai. Fun to learn: Project-based learning in robotics for computer engineers [J]. ACM Inroads 2011 2(1): 42-45.
- [6] 蔡文. 可拓集合和不相容问题[J]. 科学探索学报 ,1983 (1): 83-97.  
Cai Wen. Extension set and non-compatible problems [J]. Science Exploration ,1983 (1): 83 - 97.
- [7] 蔡文. 可拓论及其应用[J]. 科学通报 ,1999 44(7): 673-682.  
Cai Wen. Extension theory and its application [J]. Chinese Science Bulletin ,1999 44(7): 673-682.
- [8] 杨春燕 蔡文. 可拓工程[M]. 北京: 科学出版社 2010.
- [9] 蔡文 杨春燕 何斌. 可拓逻辑初步[M]. 北京: 科学出版社 2004.
- [10] 杨春燕 蔡文. 可拓集中关联函数的研究进展[J]. 广东工业大学学报 2012 29(2): 7-14.  
Yang Chun-yan ,Cai Wen. Recent research progress in dependent functions in extension sets [J]. Journal of Guangdong University of Technology 2012 ,29(2): 7-14.
- [11] 李卫华 黎又彰 陈洪强. 基于可拓方法的服装筛选系统的设计与实现[J]. 广东工业大学学报 2011 28(4): 12-17 21.  
Li Wei-hua ,Li You-zhang ,Chen Hong-qiang. Design and implementation of a clothes sifting system based on extension methods [J]. Journal of Guangdong University of Technology ,2011 28(4): 12-17 21.
- [12] 姜跃. 基于可拓理论的不相容问题的求解初探[J]. 云南民族大学学报: 自然科学版 2011 20(2): 129-131.  
Jiang Yue. Theory based on extension of the incompatibility problem solving [J]. Journal of Yunnan University of Nationalities: Natural Sciences Edition 2011 20(2): 129-131.
- [13] 仇成 冯俊文 郭春明. 发明问题解决理论与可拓学的比较研究[J]. 技术经济 2008 27(3): 70-73.  
Qiu Cheng , Feng Jun-wen , Guo Chun-ming. Study on comparison of TRIZ and extenics theory [J]. Technology Economics 2008 27(3): 70-73.
- [14] 赵燕伟. 机械产品可拓概念设计研究[J]. 中国工程科学 2001 3(5): 67-71.  
Zhao Yan-wei. Study of conceptual design of extension for mechanical products [J]. Engineering Science ,2001 ,3(5): 67-71.
- [15] 濮良贵 纪名刚. 机械设计[M]. 北京: 高等教育出版社 2009.
- [16] 杨可桢 程光蕴 李仲生. 机械设计基础 [M]. 北京: 高等教育出版社 2010.
- [17] 林怡青 谢宋良 王文涛. 机械设计基础课程设计指导书[M]. 北京: 清华大学出版社 2008.