

面向并行工程的冲突管理决策支持系统构建

王德鲁, 宋学锋

中国矿业大学管理学院, 江苏徐州 221008

[摘要] 由于并行环境下诸多约束条件的制约, 冲突的产生难以避免。为消除冲突、提高产品开发效率, 本文按照预防性、例外性和自我强化原则, 综合运用控制论、模糊理论等方法, 构建了产品并行开发中的冲突管理决策支持系统; 分析了前馈控制系统、监控系统、推理决策系统和模糊决策系统 4 个子系统的内在运行机制。该系统可实现冲突的规避、识别和解决, 有助于降低资源尤其是智力资源的内耗。

[关键词] 并行工程; 冲突管理; 决策支持系统

[中图分类号] TP339

[文献标识码] A

[文章编号] 1000-7857(2007)11-0063-06

Conflict Management Decision Support System for Concurrent Engineering

WANG Delu, SONG Xuefeng

School of Management, China University of Mining and Technology, Xuzhou 221008, Jiangsu Province, China

Abstract: In concurrent engineering, it is difficult to avoid the conflict. This paper presents a conflict management decision support system to eliminate the conflict and increase the product development efficiency using cybernetics and fuzzy theory. The operation mechanism of its four subsystems, that is, the forward feed control system, the monitoring system, the deductive decision-making system and the fuzzy decision-making system, is analyzed. The support system can avoid, identify and handle the conflict effectively, which help to reduce the resource collision, especially, the intellectual resource collision.

Key Words: concurrent engineering; conflict management; decision support system

CLC Number: TP339

Document Code: A

Article ID: 1000-7857(2007)11-0063-06

0 引言

在技术进步加速的背景下, 缩短产品研发周期已成为企业提高竞争力的重要手段。继计算机辅助设计工程(MCAE)、计算机集成制造系统(CIMS)等技术之后, 并行工程(CE)已经成为一种有效的设计方法。并行工程在取得了明显效果的同时, 也暴露出现有管理手段与之不适应等问题, 尤其是网络环境下各种与产品并行开发过程相关的因素的耦合程度不断增强, 冲突的产生也日趋频繁。为了提高多学科小组协同工作的效率, 必须有一个行之有效的冲突管理决策支持系统,

以保证在并行工程下沟通的有效性, 减少资源尤其是智力资源的内耗^[1]。

1 冲突管理决策支持系统的设计原则

1.1 预防性原则

一个有效的冲突管理决策支持系统不仅要准确识别和有效解决产品并行设计中所发生的各种冲突, 更要在冲突发生之前, 针对冲突的来源和发生的原因, 通过应用一定的管理方法和技术手段, 避免部分潜在冲突的发生, 提高多学科小组之间以及小组内部协作的

收稿日期: 2007-03-30

作者简介: 王德鲁, 男, 江苏省徐州市中国矿业大学管理学院, 博士研究生, 研究方向为复杂性与战略管理; E-mail: wdlzf7881@126.com

宋学锋(通讯作者), 男, 中国矿业大学管理学院, 教授, 研究方向为复杂性理论与方法; E-mail: xfeng@cumt.edu.cn

效率。

1.2 例外性原则

由于冲突的形式和类型多种多样,某些冲突没有明确的实例或数学模型作为参考,某些冲突甚至还具有不可预测性。这就要求冲突管理系统应具有一定的柔性和可扩展性,既能够高效率地解决常规的、程序化的冲突,又能够对某些偶发或突发冲突及时、准确地识别和解决。

1.3 自我强化原则

从某种程度上而言,并行设计过程也是一个动态决策过程,可按时间序列分解成若干相互联系阶段,

并且每一阶段的约束条件可能会因企业外部环境或内部条件的改变而有所不同,冲突的产生也呈现出一定的不规律性。因此,冲突管理系统应能在产品开发过程中进行动态的调整和完善,强化自身功能,使之适应于并行工程开放的产品开发环境。

2 冲突管理决策支持系统的框架及运行机制

依据预防性、例外性和自我强化的设计原则,基于对冲突内涵及其成因的理解,借鉴控制论和模糊决策理论方法,构建基于并行工程的冲突管理决策支持系统(图1),以此为基础提高冲突管理的质量和效率。

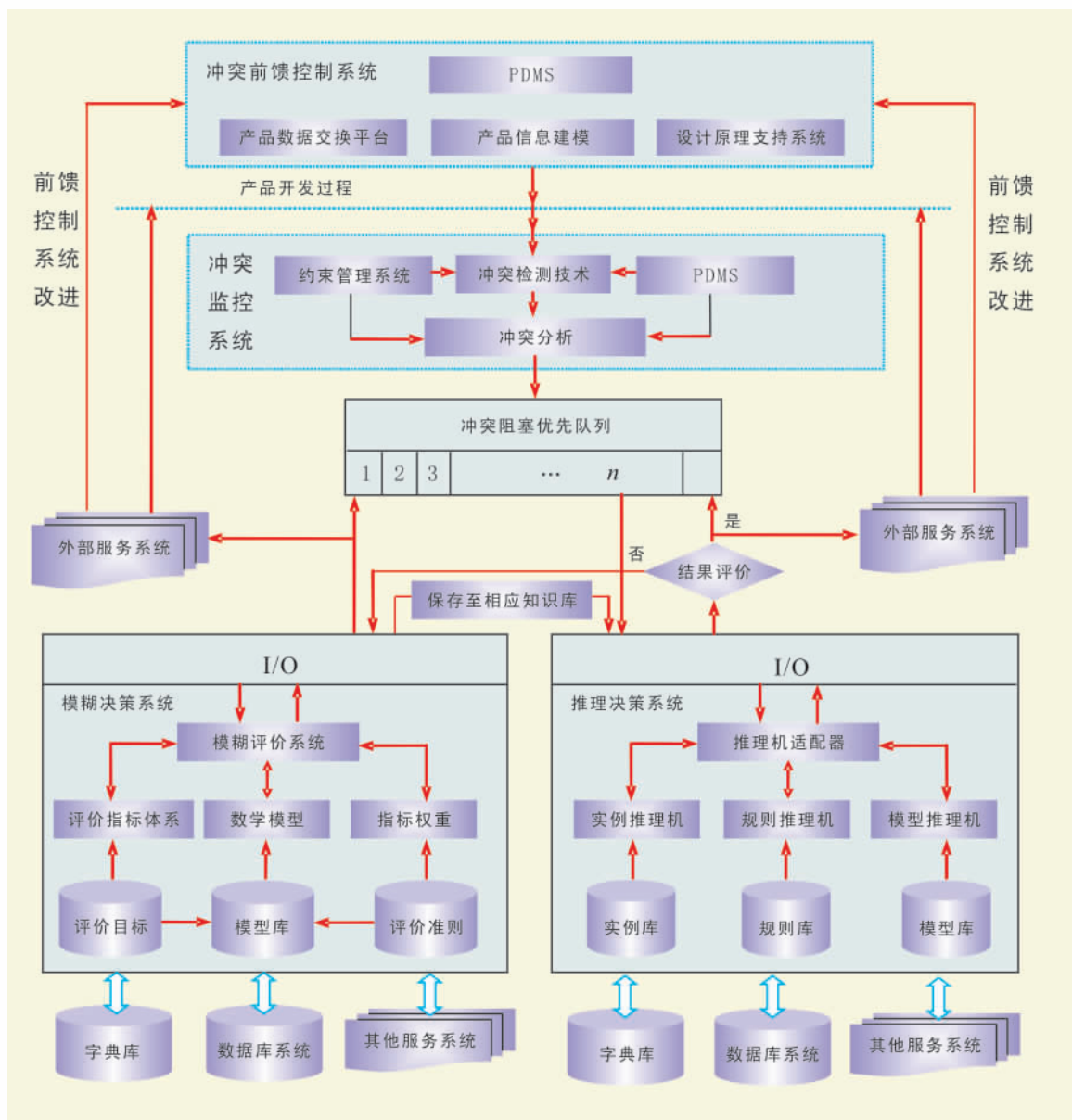


图1 冲突管理决策支持系统框架

Fig. 1 Framework of conflict management design support system

由图 1 可知, 冲突管理决策支持系统主要由前馈控制系统、监控系统、推理决策系统和模糊决策系统 4 个子系统构成。在产品的设计之前, 首先结合产品特性, 针对冲突产生的可能原因, 通过构建产品数据交换平台, 设计原理支持系统, 以及产品信息建模等措施, 降低冲突发生的可能性。在设计过程中, 基于约束管理系统和产品数据管理系统(PDMS), 利用一定的冲突检测技术对设计中发生的冲突进行识别与分析, 并按照一定的优先权将各冲突以栈的形式保存到冲突阻塞队列中。在此基础上, 外部服务系统首先将队列中优先权最高的冲突信息传递给推理决策系统, 由推理机适配器对其进行控制, 并选择合适的推理机寻求冲突解决方案; 如果结果满意, 则将解决方案传递给产品开发小组, 并将该冲突从阻塞队列中删除; 同时, 将相关信息反馈给前馈控制系统对其进行调整和完善, 以增强其防范功能。如果根据现有知识库未能找到一个各方一致接受的冲突解决方案, 则将该项冲突的信息传递给模糊决策系统, 根据冲突要素选择适宜的评价指标体系, 并以此为基础形成不同的产品设计方案; 然后按照一定评价准则, 调用相应的数学模型及指标权重向量对各方案进行评价, 并将评价结果反馈给产品开发小组和冲突前馈控制系统; 同时将最优方案作为新的案例、规则或者模型扩充推理决策系统现有的知识库。

3 冲突前馈控制系统

3.1 基于特征的产品信息建模

在并行环境下需要提供一个领域知识共享的环境, 以便各领域的专家能够精确地表达其专业知识, 正确地理解其他领域专家的知识 and 想法, 避免因领域知识的误解而产生不必要的冲突。设计对象的领域知识共享可以通过产品信息建模实现。特征作为信息的载体, 不仅包含产品或零件的几何信息, 而且包含非几何功能信息、工艺信息及其他工程知识, 是设计表达和知识推理的单元, 能够起到信息集成的桥梁作用。

例如在模具塑性成形工程中, 产品的功能需求与形状特征、形状特征与模具结构设计、模具结构与制造工艺都有着密切的对应关系。因此, 通过分析塑性成形的工艺条件、工艺过程和材料性能等, 揭示出产品的功能需求与形状特征、形状特征与模具结构特征参数和合理成形工艺参数的映射关系, 基于参数化的特征造型系统即可实现由产品特征到模具特征、由设计特征到分析特征和制造特征的映射, 实现产品及模具开发各过程间的信息集成与共享^[2]。

3.2 产品数据交换平台

网络环境下的产品开发系统需要调用分布在不同设计中心的信息资源, 而各设计中心可能采用不同的 CAD(计算机辅助设计)系统。异构 CAD 系统的不足之

处是, 由于不同 CAD 系统所采用的完全不同的产品数据结构、计算方法、三维引擎而导致的产品模型表达与实现上的差异。为实现产品数据的顺利交换, 必须克服异构 CAD 系统之间的差异, 建立有效的产品数据模型^[3]。为此, 可以采用如图 2 所示的产品数据交换方法, 即建立一个通用的产品数据交换平台, 在这个平台内部采用基于特征关系的产品特征模型以保证产品数据信息的完整性, 同时在平台上建立与不同 CAD 系统一一对应的产品数据转换接口, 其本质是在产品信息表达的高层次上进行异构信息的集成, 避开具体 CAD 系统之间的差异。



图 2 基于特征关系的产品数据交换平台模型

Fig.2 Model of product data exchange platform based on characteristic relationship

3.3 设计原理支持系统

在缺乏设计原理和设计过程说明的情况下, 设计本身难以被他人所理解, 协作者也难以根据设计原理提出有效的协同设计建议, 将会引发一些不必要的冲突。因此, 一个支持设计原理捕获并能清晰地表述和操作设计原理的支持系统, 能辅助协同工作中的设计者理解他人的设计, 了解设计过程的进展, 从而有效地避免协作过程中的冲突。

4 冲突监控系统

各种避免技术的采用只能在一定程度上避免一定数量和一定类型的冲突。为了尽量把冲突解决在初级阶段, 必须在冲突已经潜在但还没有进一步传播时进行相应的处理。

4.1 约束管理系统

在产品开发过程中存在许多固有的相互制约、相互依赖关系, 包括设计规范、设计对象的基本规律、各种一致性要求、当前技术水平和资源限制以及用户需求等, 约束就是这些关系的一种集中表达形式。产品开发过程中的各种约束交织在一起, 共同构成并行工程环境中的约束网络。产品开发过程中, 大量的冲突都是由于约束违反引起的。因此, 构建约束管理系统是实现冲突识别的一个重要保障。

4.2 冲突检测

目前, 对于冲突检测技术的研究主要是基于并行工程系统关系模型进行的, 例如连续值域多元约束网

络中的冲突检测技术^[4]和时间约束网络中的冲突检测技术^[5]。本文在此采用基于约束的一致性检查实现冲突的检测。冲突捕获模块从 PDMS 中获得全局产品信息和过程信息,在约束管理系统的支持下,基于并行工程约束网络模型,一方面检查设计结果是否满足它对应的约束,另一方面检测设计活动的约束违反情况。通过及时发现各种约束违反情况,捕获系统中存在的冲突。冲突可表达为冲突对象和违反的约束的集合的形式,即 $\{O_1, O_2, \dots; C_{s1}, C_{s2}, \dots\}$,其中 C_s 为违反的约束, O 为约束所对应的对象,包括设计对象、过程对象等。

4.3 冲突层次分析

在协同设计环境下,各种冲突之间往往存在一定的相互关联。为了提高冲突的处理效率,需要在约束网络和冲突表达的基础上分析冲突之间的关系,确定冲突的类型与关键冲突,对每一个冲突做出不同的处理策略,即当前解决还是暂时搁置等。为此,根据冲突的轻重程度,建立冲突解决层次,并用树状图表达层次过程,如图 3 所示。

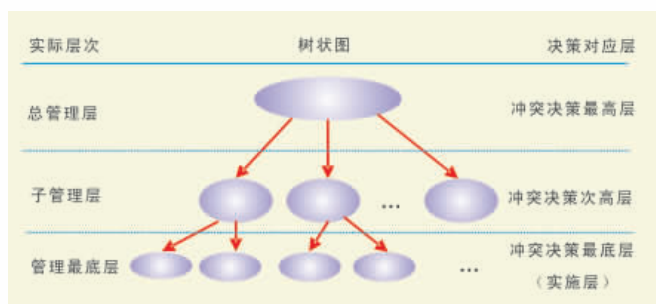


图 3 冲突层次树状图

Fig. 3 Conflict hierarchical tree

从图 3 可以清晰地看到冲突解决的层次性及各个环节的对应关系。系统内的关键冲突就是处在冲突的起源处的一个或一组冲突,它的解决对解决系统内其他冲突有着重要的影响。

5 基于推理决策与模糊决策的冲突处理

5.1 推理决策系统

目前,对于冲突的解决主要有基于模型推理、基于实例推理和基于规则推理 3 种方法^[6]。为了丰富冲突协商策略的选择,充分发挥这 3 种推理方法在解决冲突中的优势,在文献^[7]的基础上,构建了多层混合推理决策系统。该系统主要由推理机适配器、实例推理机、规则推理机、模型推理机及相应的知识库组成。系统接收到冲突信息后,交由推理机适配器对其进行控制。推理机适配器对冲突信息进行评价,选择合适的推理机寻求冲突解决方案。如果选择的推理机未能找到冲突解决方案,则由推理机适配器选择其他推理机直至找到最终冲突解决方案。同样,在推理过程中,如果请求推理机需要调用其他推理机进行协同求解,则可以向推理机适配器发出请求,推理机适配器保存中间结果,调用应答推理机进行求解,然后将应答推理机的推理结果返回给请求推理机。如果根据现有知识库进行协商未能找到一个各方一致接受的冲突解决方案,则应将该项冲突的信息传递给模糊决策系统,并对其进行最终处理。

冲突的产生折射出各方不同的产品设计取向,因此冲突的处理过程也就是最优设计方案的求解过程。产品方案作为一个具有先验偏好的离散决策问题,采用模糊评价方法较为适宜。

5.2 模糊决策系统

5.2.1 方案生成

当接收到冲突信息后,首先根据冲突要素选择相应的评价指标体系,然后对各项指标赋值(即冲突双方各种可能的设计参数),并通过排列组合形成一系列的设计预案。其中,评价指标体系的构建最为关键,为此本文采用 AHP(层次分析法)分层构造原理,按决策过程将各种要素进行分解形成层次化分析模型,包括目标层、准则层、方案层等,如图 4 所示。

此外,对于既定的指标体系,还应根据不同的目标

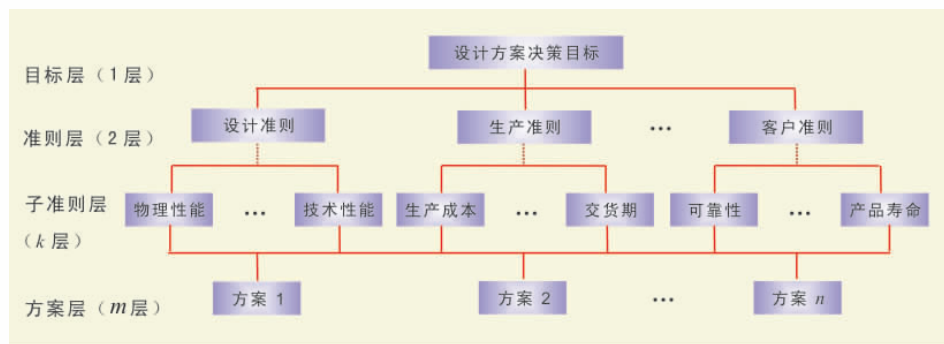


图 4 评价指标体系的层次结构

Fig. 4 Hierarchical structure of evaluation index system

取向设计一系列权重向量与之对应,在具体应用中结合实际情况选择相应的权重向量。例如,若企业采用的是技术领先战略,则应选择设计准则指标权重较大的权重向量;若企业采用的是总成本领先战略,则应选择成本类指标权重较大的权重向量;若企业采用的是市场聚集战略,则应选择客户准则指标权重较大的权重向量。

5.2.2 方案评价

对于设定的方案,可调用模型库中适宜的模型进行评价。模型库由基本模型 $M(\wedge, V)$ 、主因素突出型模型 $M(\cdot, V)$ 、主因素突出型模型 $M(\wedge, \oplus)$ 、加权平均型模型 $M(\cdot, +)$ 、多层多维模型等数学模型构成。单层次评价模型算法简洁,可操作性强,但有时会因评判信息未得到充分利用而导致评价结果不易分辨^[8]。为此,对于复杂性方案的评价和选择,本文构建了多目标系统模糊优选模型。该方法的数据处理步骤相对复杂,但评价结果离散性较大,更便于做出决策和选择。

设所有决策方案构成决策集 $D=\{d_1, d_2, \dots, d_n\}$, n 为决策方案的数目。设决策系统中共有 m 个决策目标,组成对决策集 D 的评价目标集 $P=\{p_1, p_2, \dots, p_m\}$ 。 m 个目标对 n 个决策方案的评价,用目标特征矩阵表示为 $X=(x_{ij})$,通过求解各目标特征值对于优的相对隶属度,把目标特征值矩阵变换为对优的相对隶属度矩阵 $R=(r_{ij})$ 。参考连续的中介过渡的两极具有最大相对优隶属度 $g=(g_1, g_2, \dots, g_m)^T=(1, 1, \dots, 1)^T$,以及最小的相对优隶属度 $b=(b_1, b_2, \dots, b_m)^T=(0, 0, \dots, 0)^T$ 。设决策 j 在多目标系统对优的相对隶属度用 μ_j 表示,对劣的相对隶属度用 μ_j^c 表示,根据模糊集合性质,有 $\mu_j^c=1-\mu_j$ 。设各个决策目标的权重为 $w=(w_1, w_2, \dots, w_m)^T, \sum_{i=1}^m w_i=1$ 。决策 j 用向量表示为

$$r=(r_{1j}, r_{2j}, \dots, r_{mj})^T$$

它与优等决策的差异用欧式距离

$$d_{jg}=\sqrt{\sum_{i=1}^m [(g_i-r_{ij})\cdot w_i]^2}$$

表示。为了完善地表达决策 j 与优等决策的距离,距优距离用以决策 j 对优的相对隶属度为权重形成的加权距离 $D_{jg}=\mu_j \cdot d_{jg}$ 表示。同理,决策 j 的加权距劣距离可以表示为

$$D_{jb}=\mu_j^c \cdot d_{jb}=\mu_j^c \cdot \sqrt{\sum_{i=1}^m [(b_i-r_{ij})\cdot w_i]^2},$$

采用决策准则 $\min\{F(\mu_j)=D_{jg}^2+D_{jb}^2\}$, 寻求决策 j 的相对优隶属度 μ_j , 解得 $\mu_j=\frac{1}{1+d_{jg}^2/d_{jb}^2}$ 。

计算出的决策 j 相对优隶属度即为第 j 个决策在决

策集 D 中的评价,据其可形成不同决策方案的优劣排序。该模型可用于多层次评价,即先对各子目标进行评价,得出各决策方案对各子目标的评价值;然后由各子目标的评价值构成各决策方案对上级目标的特征矩阵,再采用同样的模型计算各决策方案对上级目标的评价,逐级处理直至对总目标进行评价。

本文运用该方法对文献[9]提出的 3 种产品设计方案进行评价。假设该企业采用的是以顾客为中心的低成本战略,其一、二级指标权重分别为:设计准则 0.306 (承载能力 0.335、重量 0.246、轴承寿命 0.419),生产准则 0.289 (生产周期 0.326、生产成本 0.412、锻件采购期 0.262),客户准则 0.405 (可靠性 0.5、产品寿命 0.5),则各方案的评价结果分别为 61.26, 75.52, 24.48。因此,第 2 种方案为最优方案,产品开发时应首先满足其设计参数和资源要求。

6 结论

冲突是协同设计过程中的普遍和本质现象。为了提高多学科小组协同工作的效果和效率,使产品开发过程顺利进行,本文按照预防性、例外性和自我强化原则,构建了产品并行开发中的冲突管理决策支持系统,并对前馈控制系统、监控系统、推理决策系统和模糊决策系统 4 个子系统的构成及其作用机理进行了分析。该系统可有效地实现冲突的规避、识别和解决。尤其是基于模糊理论的冲突处理系统,能够高效、准确地解决突发、偶发性冲突,有助于避免因强势群体的存在而导致非最优方案被选中的可能性,提高了冲突协商的客观性。

参考文献 (References)

- [1] SEO K K, et al. Approximate estimation of the product life cycle cost using artificial neural networks in conceptual design [J]. The International Journal of Advanced Manufacturing Technology, 2002(19):2.
- [2] 周雄辉, 彭颖红. 现代模具设计制造理论与技术[M]. 上海: 上海交通大学出版社, 2000.
ZHOU Xionghui, PENG Yinghong. The theory and technology of modern mould design and manufacture [M]. Shanghai: Shanghai Jiaotong University Press, 2000.
- [3] 常天庆, 熊光楞, 李敬逸. 一种面向并行工程的产品开发过程关系模型[J]. 系统仿真学报, 1996, 8(3): 19-26.
CHANG Tianqing, XIONG Guangleng, LI Jingyi. A concurrent engineering oriented relationship model of product development process[J]. Acta Simulata Systematica Sinica. 1996, 8(3): 19-26.
- [4] KARNOPP D C, MARGOLIS D L. System dynamics: A unified approach[M]. Chichester: Wiley, 1990.
- [5] CHANG Tianqing, LI Jingyi, XU Wensheng. Consistent algorithm for multi-value constraint with continuous vari-

- ables [J]. Tisinghua Science and Technology, 1999, 2: 1392-1396.
- [6] SYCARA K P. Cooperative negotiation in concurrent engineering design [C]// SRIRAM D, LOGCHER R eds. Computer-aided cooperative product development. Berlin: Springer-Verlag Publications, 1990.
- [7] 蹇崇军, 王润孝, 秦现升, 等. 并行工程中的冲突协商模型研究[J]. 机械科学与技术, 2003, 22(5): 508-510.
JIAN Chongjun, WANG Runxiao, QIN Xiansheng, et al. Research on conflict negotiation model for concurrent engineering [J]. Mechanical Science and Technology, 2003, 22(5): 508-510.
- [8] 陈守煜. 系统模糊决策理论与应用[M]. 大连: 大连理工大学出版社, 1994.
CHEN Shouyu. Theory and appliance of system fuzzy decision[M]. Dalian: Dalian University of Technology Press, 1994.
- [9] 叶文华, 戴勇. 基于模糊判断的产品方案综合决策方法研究[J]. 南京航空航天大学学报, 2002, 24(4): 134-138.
YE Wenhua, DAI Yong. Fuzzy judgment based product scheme integrated decision-making [J]. Journal of Nanjing University of Aeronautics and Astronautics, 2002, 24(4): 134-138.

(责任编辑 岳臣)

·科技智力游戏·

如果将本栏目正确答案寄至本刊编辑部,您将有获得自下期至 2008 年底的《科技导报》一套。

轻松一刻——填空补白

本游戏供读者读刊闲暇之余自娱自乐,并获得一些小知识。读者可根据下面“横”行、“纵”列的文字提示,分别填上相应的文字。答案见下期。

纵:

1. 20 世纪 70 年代初竣工,位于河南省安阳林县的水渠,因其地势险峻,工程宏伟而被誉为“人工天河”。

2. 小说人物名,出自明代冯梦龙的白话小说《警世通言》中的名篇,该人物看尽世间炎凉、饱尝人情冷暖,万念俱灰“怒沉百宝箱”的故事广为流传。

3. 明代伟大的中草药物学家,著有医学名著《本草纲目》。

4. 毛泽东主席为革命烈士刘胡兰的题词。

5. 近体诗绝句的一种,因其 7 字成一句而命名。

6. 学科名称,是一门研究化学物质对生物体的毒性反应、严重程度、发生频率和毒性作用机制的科学,也是对毒性作用进行定性和定量评价的科学。

7. 仿冒原作的书画及伪造的文物的通称。

横:

一、典故成语,出自古乐府诗《鸡

鸣》。原比喻兄弟互相爱护互相帮助,后用来比喻互相顶替或代人受过。

二、伟大的马克思主义者,杰出的无产阶级革命家、政治家和组织家,是以毛泽东为核心的中国共产党第一代领导集体的成员。原名任培国,湖南湘阴人。

三、由国家禁毒委员会面向社会征集的禁毒口号之一,共 8 字。

四、中华人民共和国培养的第一代航天员,我国第一位太空人,被授予“航天英雄”荣誉称号。

五、当代电影导演,作品有著名演员葛优主演的《卡拉是条狗》等。

六、宋代苏轼《江城子·乙卯正月二十日夜记梦》的一句,下句是“不思量,自难忘。”

七、元代王实甫的作品《西厢记》中的人物,被塑造为男女主角的“月下老人”。

八、中国科协所属某学会名,于 1979 年 12 月批准成立,王大珩院士担任该学会首届理事长。

九、人名,京剧《智取威虎山》中只身打入虎穴,里应外合,活捉国民党保安旅长、牡丹江一带匪首“座山雕”的英雄人物。

(供稿 李建才 责任编辑 赵佳)

		— 3						
二						5		7
		三		4			6	
		四				五		
	2							
	六							
七 1								
				八				
		九						

上期答案

罗	贯	中						
成		华	南	虎		吉	他	
		医		贵		样		捕
		理	学		中	国	物	理
			杂		郎			菜
三	国	志		将	军	令		名
人						箭		
成	吉	思	汗			荷	兰	豆
虎			血			花		瓣
			马					酱