

应用 TRIZ 理论改进作业实验的研究^{*}

张建荣, 王 凡, 党 晶, 郝 亮

(中北大学 机械工程与自动化学院, 山西 太原 030051)

摘 要: 针对现代生产制造系统中作业人员作业技能研究的问题, 结合实际生产作业中各种因素的限制情况, 设计了模拟生产环境及作业过程的研究作业者作业技能的实验。通过分析实验设计过程中出现的影响及所要研究问题的正反因素, 应用 TRIZ 理论, 选择其恰当的发明原理对实验步骤进行了优化和改进。最后对比实验改进前后不同的结果, 表明改进后的实验更适合精确分析研究不确定性强的模拟实验问题, 显示出 TRIZ 理论在模拟实验设计中的适用性与合理性。

关键词: TRIZ; 技术冲突; 作业技能; 作业疲劳

中图分类号: TB18

文献标志码: A

文章编号: 1007-4414(2013)01-0007-03

Study on improving the operating experiments with application of the TRIZ

Zhang Jian-rong, Wang Fan, Dang Jing, Hao Liang

(School of mechanical engineering and automation, North university of China, Taiyuan Shanxi 030051, China)

Abstract: Aiming at the problem of studying on workers' operating skills in the modern manufacture system and considering some limited condition in the actual production, an experiment of simulated environment and production is designed. Through analysing technical conflict in the design of the experiment, selecting the appropriate method principle from the TRIZ to optimize and the experimental procedure is improved. Improved experiment is more suitable for studying uncertainty and simulated problems via comparing the results of different experimental methods, TRIZ is showed applicability and rationality in the design of the simulated experiment.

Key words: TRIZ; technical conflict; operating skill; operating fatigue

1 引 言

现代生产制造系统中作业者的作业技能很大程度上制约着制造企业生产率的提高, 因而对作业者作业技能的研究就显得十分必要。由于实际生产中的各种制约因素, 使得在生产现场对作业者的技能研究受到限制, 然而模拟作业实验能很好地解决这一问题。实验设计的合理性直接影响实验研究的有效性。因此, 在设计模拟实验时出现的正反影响因素问题, 需要一种有效的方法加以指导。TRIZ 理论对研发和解决问题的思路有明确的指导性, 能够在分析问题之初, 确定“解”的方法和位置, 有效避免设计中反复进行探索的工作^[1-2]。所以, 应用 TRIZ 理论进行模拟实验设计, 可有效分析处理实验设计方法及其中的问题, 从而设计出所需要的实验。

2 TRIZ 理论

发明问题解决理论(简称 TRIZ 理论)是由前苏联的根里奇·斯拉维奇·阿齐舒勒及其研究同伴们通过对 250 万份专利的分析研究后于 20 世纪 40 年代后期提出的。TRIZ 是基于知识的、面向人的发明问题解决系统化的方法学, 主要研究技术冲突和物理

冲突^[3]。技术冲突是在引入有用作用或消除有害作用时而导致构成系统的某方面变坏, 主要表现为一个系统中两个子系统之间的相互矛盾冲突。物理冲突指为实现某种功能, 系统在具有一种特性的同时, 却出现了与此特性相反的特性。

对此, 阿齐舒勒等人提出了 39 条标准冲突和 40 条原理。具体问题中运用 TRIZ 理论步骤: 首先, 分析具体问题并确定一对技术冲突, 对其用特定术语进行描述。其次, 将所特定描述转换为标准冲突描述参数。然后, 在冲突解决矩阵中选取解决原理, 根据特定问题选定恰当的原理, 应用所选原理对具体问题加以分析改进^[4-6]。

3 模拟实验设计

3.1 实验的初步设计

此次实验设计的目的是模拟车床工人手工加工复杂曲面的作业, 分析在作业次数不断增加的情况下, 作业者作业技能的变化规律。实验选取 6 名参与人员, 男性, 健康状况良好, 年龄在 20 ~ 24 岁之间。设计步骤如下。

(1) 作业现场的模拟 模拟作业现场, 需对其生

* 收稿日期: 2012-12-05

作者简介: 张建荣(1983-) 男, 甘肃武山人, 硕士, 研究方向: 机械制造及其自动化。

产作业环境进行界定。实验中使用到的仪器有数字式照度计、N962C 温湿度计、AWA5633A 型声级计。模拟实验作业宜采用 600lx 的照度^[6]；模拟实验作业温度在 20℃ ~ 25℃ 之间，湿度在 25% RH 左右^[7]；由于是手工操作，不考虑大的噪声，并控制噪声在 70 ~ 80dB 之间^[8]。

(2) 作业过程的模拟 加工复杂曲面的手工作业，因工件旋转的不变性，可通过二维的平面运动加以实现。实验中采用 BD-II-302 型双手调节器，模拟手工作业过程。即通过双手操作 2 个摇把使运动触头在相应的轨迹中运动，在轨迹中往复一回记一次作业，触头偏离轨迹记为失误，要求尽快完成作业。

(3) 作业疲劳的确定 作业疲劳是人在工作中由于经受的活动力度较大或时间较长而产生的工作能力减退的状态^[7]。实验中利用 BD-II-118 型亮点闪烁仪测量作业者的闪烁临界频率，临界频率反映了眼睛对光刺激在时间上变化的分辨能力^[8-10]。作业者不同程度的疲劳状态可通过临界频率的变化来反应，随着作业疲劳的加重，这种辨别能力就会下降，从而临界频率的值就会降低。

(4) 作业技能的确定 在规定的作业时间里，通过出现的失误数来测定作业者的熟练程度。在作业次数增多，失误数内控的情况下，作业时间的变化反映出协调能力的程度。随着作业时间的降低，作业者的协调程度越好，从而技能水平就越高。

3.2 实验的冲突分析

由于存在多种因素影响实验设计所研究的目标，故应用 TRIZ 理论对所设计的实验加以改进。而 TRIZ 理论的应用，首先应当明确研究问题中各因素及其相互之间的影响^[11]。

在作业过程中，因作业次数增加使得作业者操作熟练程度提高的同时，伴随着疲劳状况加剧。本次设计的模拟实验中，作业次数与作业者产生的疲劳状况是影响作业者技能的因素，所以只通过作业次数的增加，并不能确定作业者作业技能的程度。因此，需考虑作业者疲劳状况的情况下，用作业次数的变化测定作业者的技能程度。作业次数增多与作业者的疲劳状况对其作业技能影响程度的测定就构成技术冲突。根据所描述的技术冲突，在 TRIZ 冲突矩阵表中查得相应的标准工程参数和特性^[12]，如表 1 所示。

表 1 冲突解决矩阵

	时间损失	适应性及多用性	装置复杂性	监控复杂性
运动物体作用时间	20 ,10 ,28 ,18	1 ,35 ,13	10 ,4 ,29 ,15	19 ,29 ,39 ,35
测量精度	24 ,34 ,28 ,32	13 ,35 ,2	27 ,35 ,10 ,34	26 ,24 ,32 ,28
可操作性	4 ,28 ,10 ,34	15 ,34 ,1 ,16	32 ,26 ,12 ,17	—

由于设计的实验是模拟车床工人手工加工复杂曲面的作业，研究分析随作业次数不断增加体现作业者作业技能的变化规律情况。对于作业次数增多与作业者的疲劳状况对其作业技能影响程度的测定，选定恰当的发明原理对实验加以改进。所选的发明原理有：10 预处理，39 惰性环境，20 有效动作的连续性，13 反过来做，23 反馈，34 抛弃和再生部件。

3.3 实验过程的改进

结合选定的发明原理，对设计的模拟实验进行优化和改进。

(1) 实验准备 在生产制造企业中，新老员工的工作技能存在明显差别。实验中，随着实验次数的增加，实验作业人员的熟练操作程度不断提高，但同时也伴随着疲劳状况的加剧，这时作业次数的变化并不能精确反应出实验者的熟练操作水平。因此，在进行所设计的实验之前，需要参与人员熟知实验作业过程，通过多次操作练习熟练掌握操作流程。同时，在实验过程中，适当安排好合理的修息时间，这样间隔进行实验时，尽管疲劳的影响依然存在，但其影响程

度的有限。

(2) 实验环境 实际生产现场的环境不是确定的，对于光明度、温湿度、噪声等不确定值，在实验过程中很难精确模拟。为此，设计实验采取在比较接近实际生产的情况下，使这些不确定的因素处于合理的稳定范围内，能够进行所设的模拟实验。

(3) 实验过程连续性 每一次实验作业过程需连续完成，只有这样实验测量分析才能正确反应各项参数随作业次数的增加的变化规律情况。为此，在实验中，要求参与人员每次实验作业时不休息，连续完整作业过程。

(4) 实验研究的不同角度 作业次数的增加能够使作业者的作业熟练程度提高，同时也使疲劳加剧。为进一步准确界定作业次数变化对作业技能的影响，选择从不同疲劳程度研究作业次数变化对作业技能的影响。

(5) 实验过程的监控 当作业者的疲劳状况已明显影响到作业过程，继续进行实验时，作业次数的增加对作业技能的影响呈负加速时，须停止实验。具

体情况要参与人员及时反馈, 疲劳程度分为五级^[12], 参与人员在达到中度疲劳时, 可要求停止实验。

(6) 实验结果的处理 在实验初期和末期, 由于参与作业人员的情绪变化影响作业结果, 表现在所测数据偏离正常值过大。为此, 在对实验数据处理分析时, 针对设计实验研究的内容, 应舍弃这些初末数据。

3.4 实验的检测分析

分别对改进前后的实验进行检测, 选择作业失误数低于 6 回的连续 10 次作业, 计算 6 名被试人员每次作业的平均时间及临界频率值。实验数据经整理后如图 1、2 所示。

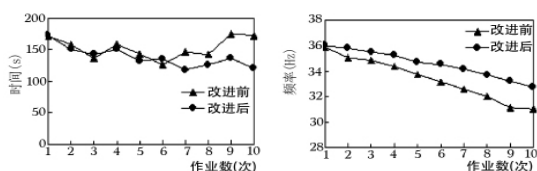


图 1 作业时间变化曲线

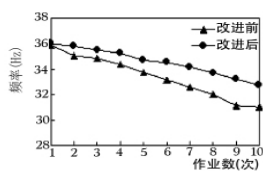


图 2 临界频率变化曲线

图 1 反应的是作业时间随作业次数的变化情况, 可以看出随着作业次数的增加作业时间在降低, 作业者的协调能力不断提高, 作业技能越好; 图 2 反应了临界频率变化情况, 由于临界频率是间接反应作业者的疲劳程度, 从图中变化情况可知, 随作业次数的增加临界频率随之降低, 即作业者的疲劳程度增加。对比实验改进前后图中的变化曲线, 可以得到: 实验改进后, 作业时间随作业次数趋于平稳变化, 无较大反弹, 而这正是实验设计时所预期的结果; 反应疲劳程度的临界频率随作业次数降低缓慢, 从而确保了疲劳程度对作业技能影响处于适当的范围。

4 结 论

该模拟实验设计中应用 TRIZ 理论, 主要改进效果如下: ①分析了作业次数增加过程中, 作业者操作熟练程度提高的同时出现的疲劳程度及其对作业技

能的影响, 通过对实验步骤适当的处理, 确保在有限疲劳程度的情况下, 进行精确研究作业次数变化对作业者作业技能的影响规律; ②提出实验中被忽略的合理步骤的设定; ③主要考虑最能反应作业者作业技能的时间段, 忽略实验初期及末期作业者情绪变化的影响, 对分析和处理实验数据的有很好的指导意义。

结合实验改进前后的变化情况, 可得出对实验设计中研究相互制约因素影响的情况。应用 TRIZ 理论能很好地解决实验设计中的冲突, 不仅缩短了设计所需时间, 而且对精确分析研究某一因素的作用有着重要的指导意义。

参考文献:

- [1] Frank Wallhoff, Jürgen Blume, Alexander Bannat, et al. A skill-based approach towards hybrid assembly [J]. Advanced engineering Informatics 2010(24): 329-339.
- [2] 刘凤山, 李梅, 杨泰. TRIZ 理论在人机工效学实验设计中的应用 [J]. 中北大学学报(自然科学版) 2012, 33(2): 145-148.
- [3] 檀润华. 发明问题解决理论 [M]. 北京: 科学出版社, 2004.
- [4] 徐格宁, 陆凤仪, 林晓磊. 技术冲突与发明问题解决理论的进展与应用 [J]. 中国工程机械学报 2004, 2(2): 130-135.
- [5] 李恩田. 基于 TRIZ 的机械产品创新设计模式研究 [J]. 机械, 2006(8): 18-20.
- [6] Johannes Fresner, Jürgen Jantschgi, Stefan Birkel, et al. The theory of inventive problem solving (TRIZ) as option generation tool within cleaner production projects [J]. Journal of cleaner production, 2010(18): 128-136.
- [7] GB 50034-92. 工业企业照明设计标准 [S].
- [8] 张广鹏. 工效学原理与应用 [M]. 北京: 机械工业出版社, 2008.
- [9] GB 12348-2008. 工业企业厂界环境噪声排放标准 [S].
- [10] 杨博民. 心理实验纲要 [M]. 北京: 北京大学出版社, 1989.
- [11] He Cong, Loh Han Tong. Grouping of TRIZ inventive principles to facilitate automatic patent classification [J]. Expert systems with applications 2008, 34(1): 788-795.
- [12] 根里奇·阿奇舒勒. 创新算法 [M]. 谭培波, 茹海燕(译). 武汉: 华中科技大学出版社, 2008.
- [13] 朱祖祥. 工业心理学 [M]. 杭州: 浙江教育出版社, 2001.

(上接第 6 页)

4 结 语

对设计的差力差速器进行运动仿真, 发现所设计的装载机没有出现干涉现象, 结构合理, 可装配性良好; 通过对时间与位移、时间与速度的关系分析验证了运动结果与设计初衷相一致; 同时通过虚拟的差力差速器装配过程, 更加直观地从视觉、听觉和触觉上感受到装配过程和效果, 真正做到虚拟实际; 根据计算得到的优化数据, 利用 Pro/E 软件对差力差速器的各个部件虚拟建模, 然后进行虚拟装配和运

动仿真, 因而可以方便地设计出不同的产品。

参考文献:

- [1] 郭平辉. 差速器对装载机工作性能的影响及差力差速器的研制 [J]. 工程机械, 1999(4): 15-17.
- [2] 林国湘. 一种新型差力差速器的研制 [J]. 金属矿山, 2005(11): 46-47.
- [3] 林清安. Pro/ENGINEER 野火 3.0 中文版动态机构设计与仿真 [M]. 北京: 电子工业出版社, 2007.
- [4] 孙传祝. 轴向滑块凸轮式差速器的设计与分析 [J]. 机械设计与研究 2007, 23(3): 32-36.