

DOI:10.13718/j.cnki.xsxb.2020.12.012

TRIZ 理论在数控装调实训台设计中的应用^①

郭 课^{1,2}

1. 南京航空航天大学 机电学院, 南京 210016; 2. 河南工学院 机械工程学院, 河南 新乡 453003

摘要: 在高等职业院校数控人才培养工作中, 数控装调实训台是必不可少的实训设备, 但是由于数控装调实训台单机造价过高, 导致无法采购充足的实训台来满足学生的实训要求. 为此, 采用 TRIZ 理论进行数控装调实训台设计, 在满足学生实训基本要求的前提下, 将实训台进行优化, 成功地设计出一套基于 FANUC 数控系统的数控装调实训台, 通过实验教学, 起到了良好的效果^[1].

关键词: FANUC; TRIZ; 数控装调; 实训台

中图分类号: TH39

文献标志码: A

文章编号: 1000-5471(2020)12-0072-06

日本发那科和德国西门子数控系统占据着我国数控系统市场非常高的市场份额, 在全国开设有机电类和数控类专业的高校中, 采用发那科数控系统的数控设备仍然扮演着主要角色. 而在我们机电类特别是数控类人才的培养上, 为了满足日益增长的制造业对数控机床操作、维护、维修类人才源源不断的需求, 数控类实验和实训设备的数量和质量是一个重要环节, 这关系到整个人才培养的质量和对社会需求的构成^[2].

在国内的市场上, 数控装调实训台品种繁多, 价格区间大, 因此, 对于能够找到一种满足学校实验实训要求, 满足人才培养理念的实训台是非常困难的一件事^[3]. 基于此, 在原有的数控类设备的基础上, 通过自主创新找寻另外一种途径是一种合理有效的选择, 但是在自主创新的过程中, 又很难处理好制造成本和功能齐全、操作实用这对矛盾. 故此, 基于 TRIZ 理论的矛盾解决方案成为最佳选择.

1 TRIZ 理论

TRIZ, 就是“发明问题解决理论”的俄文首字母对应转换为拉丁字母的缩写, 早在 1946 年, TRIZ 就被苏联发明家 Altshuller 创立.

TRIZ 理论解决问题的流程如下. 首先, 利用 TRIZ 理论将准备设计的产品转化为 TRIZ 问题, 随后, 将 TRIZ 理论中的工具包融入到等势原理和同化原理等, 得到该问题的模拟解, 最终要得到特解. 下图表征了 TRIZ 理论一般的求解流程^[4].

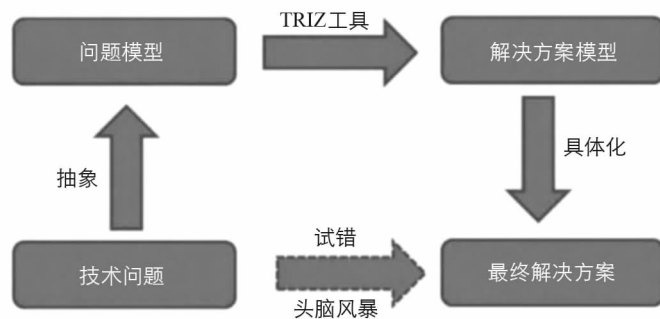


图 1 TRIZ 理论应用一般方法图解

① 收稿日期: 2019-09-12

基金项目: 国家自然科学基金项目 (51875283).

作者简介: 郭 课(1983—), 男, 博士研究生, 讲师, 主要从事装备自动化、数控技术、机电一体化等方面的研究.

2 TRIZ 理论在数控装调实训台设计中的应用

数控装调实训台在数控技术专业办学水平中担负着重要的角色, 为了提升实验实训条件, 提升学院教师实践经验和动手能力, 充分结合河南省特色专业建设要求, 学校拟投资 100 余万元自主研发数控装调实训台。

根据实际划拨经费的情况, 如果采购天煌或亚龙数控装调实训台, 最多可采购 10 余台设备, 根本无法满足数控专业及数控设备维修与维护专业学生的实训要求, 因此要以最低的成本来满足学生们实验实训的要求。

2.1 提出问题

首先数控装调实训台要满足学生们实验实训的要求, 至少要满足一个班 60 位同学的实验实训。其次, 数控装调实训台所配置的数控系统应当与用于实验实训的实际的数控机床数控系统相一致, 具备跟实际加工条件相一致的安装调试等功能。

2.2 分析问题

针对所提出的具体问题, 制定相应的规划方案。首先, 数控装调实训台的功能设计要以满足实际教学要求为基础, 能够理论联系实际地进行试验和实训教学任务; 其次, 要同时满足一次性 60 人的上课需求; 最后, 不能超出经费数额的限制。

通过以上的问题描述可以看出, 为了做到不超支, 首先要对数控装调实训台的功能进行减少, 其次要对数控实训台的数量进行削减, 但若采用以上的措施, 势必会影响整体的教学质量, 这对矛盾便是 TRIZ 理论要解决的问题^[5]。

2.3 解决问题

1) 将以上的数控装调实训台设计问题矛盾按照 TRIZ 理论标准问题转变为 39 个通用工程参数中的若干项, 用来描述技术矛盾, 也就是将一般的矛盾问题转化为 TRIZ 标准问题。

上述存在的问题矛盾, 将其割裂看来, 分别是实训台的可靠性结构和实训台可制造性之间的矛盾, 实训台的可操作性和可维修性之间的矛盾, 将文字表述为 39 个工程参数中的 4 个, 分别为 27, 32, 33, 34^[6]。

工程参数 27: 物质或事物的可靠性, 是指机构、构件、零件等的可靠性, 它们的可靠性和耐用性会影响到整个子系统的性能表现。

工程参数 32: 装置的可制造性, 是指物体或系统制造的难易程度, 如结构、尺寸、功能性等是否满足设计的需求。

工程参数 33: 装置的可操作性, 是指整个系统上手的难易程度, 如界面的友好程度, 人机工程学的合理性等因素, 掌握系统操作的难易程度也是装置复杂性的一种表现形式。

工程参数 34: 装置的可维修性, 是指整个系统损坏后更换零部件或排除故障的难易程度, 如备件更换的方便性, 故障排除的高效性等因素。

工程参数 27, 33, 34 是希望改善的工程参数, 工程参数 32 是恶化的工程参数, 因此本数控装调实训台的技术矛盾是装置的可制造性与事物的可靠性、装置的可操作性、装置的可维修性之间的矛盾^[7]。

2) 利用矛盾冲突矩阵, 确定最终选用的发明原理。

根据工程参数 27, 32, 33, 34 所组成的冲突问题, 经过查找 TRIZ 技术矛盾矩阵表, 得到如表 1 所示的冲突解决问题矩阵。

根据创新原理 1 和创新原理 5 的有效提示(表 2), 最终的组织设计方案根据学校的实际教学情况而定: 将机床电气控制部分和数控系统分开放置, 伺服变压器和数控系统放置在一起。其中数控系统 6 台, 机床电气控制实训台 15 台, 通过航空插头将系统各部分之间进行有效连接。因为在学生实训过程中, 机床电气控制元器件之间的接线和配线需要花费大量的时间, 占据了整个实训过程中的大部分时间, 因此 15 台机床电气控制实训台可以满足 100 名学生同时进行接线和配线的机床电气安装实训要求, 而占用时间较短的数控系统参数设定、数控系统故障点设置、程序的输入和备份、工件坐标系的设定等环节学生操作速度快, 6 台数控系统基本满足了学生的使用要求。具体的数控装调实训台设计三维效果图如图 2 和图 3 所示^[8]。

表 1 冲突解决问题矩阵

恶化参数	改善参数	装置的可制造性 32
...
物质或事物的可靠性 27
...
装置的可操作性 33	...	2, 5, 12
...
装置的可维修性 34	...	1, 35, 11, 10
...

表 2 创新原理分析

创新原则	有用的提示	注解
2	分隔的原则: a. 将影响系统正常功能的部件或功能挑出并隔离; b. 将系统中惟一有用或必要的功能或属性挑出并隔离	不做参考
5	合并的原则: a. 将相同或相似的物体结合或合并, 将相同或相似的部件集合起来执行并行的操作; b. 使操作相邻或并行, 并及时相结合	把数控实训台分为数控系统、电气控制元件、机械执行元件三部分, 彼此通过航空插头连接
12	均衡的原则: 在潜在的场中限制物体的位置改变(如, 在重力场中改变物体的操作环境, 以避免升降物体带来的矛盾)	不做参考
1	分割的原则: a. 将系统划分为多个彼此独立的部件; b. 使系统可分解; c. 提高系统被分割的程度	把数控装调实训台按照各部分的功能分开
35	改变参数的原则: 改变物体的物理状态(如变为气态、液态或固态), 改变浓度或密度, 改变柔性, 改变温度	不做参考
11	提前作铺垫: 为补偿物体相对低的可靠性, 提前准备应对措施。	不做参考
10	优先的原则: a. 将所要求的行动全部或至少部分地预先进行; b. 将物体组织起来, 使物体运作时从最方便的位置出发, 运作过程中避免因等待而浪费时间	不做参考

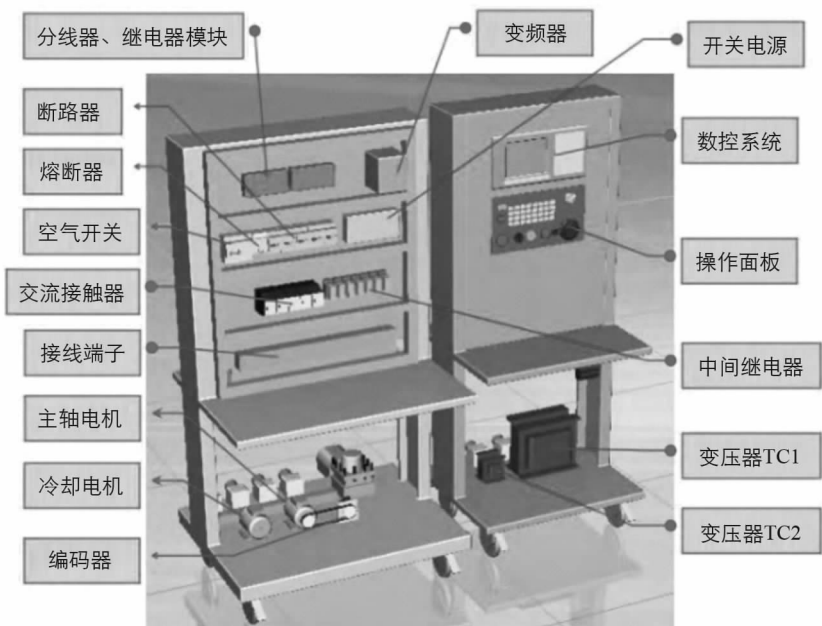


图 2 数控维修实训台设计效果图(正面)

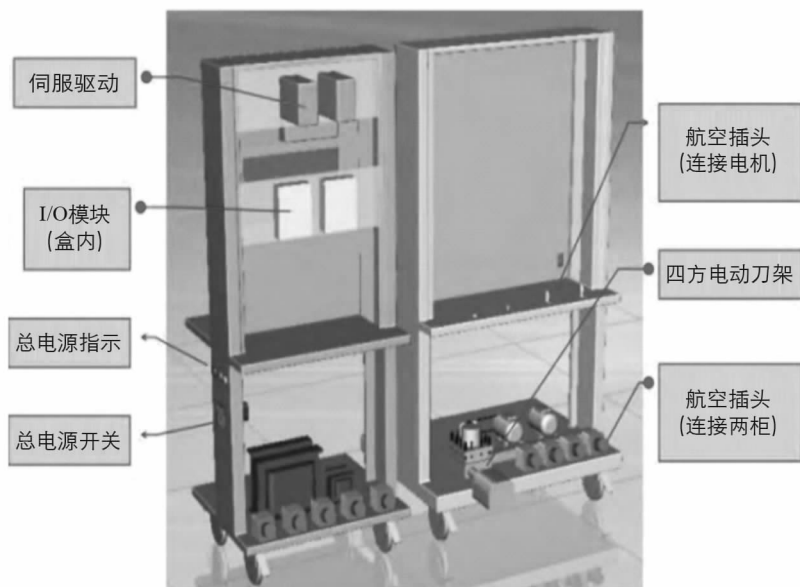


图 3 数控维修实训台设计效果图(背面)

2.4 数控维修实训台零部件的选型

2.4.1 实训台数控系统的选型

发那科数控系统在质量、性能和功能上都具有很强的优越性,在数控机床和机器人领域得到了广泛的应用,FANUC 数控系统的市场占有率也远超同级对手,其主要优点集中在以下几个方面:

①模块化结构在系统设计中得到广泛应用.模块化的结构装卸方便,系统高度集成了各个控制板,大大提高了系统的可靠性,提高了更换维修的便利性.②能够在恶劣的工况下进行工作.其工作温度适应性广泛,工作湿度高,可操作性强.③系统保护措施相对完善.发那科数控系统的过载保护电路对自身具有良好的保护作用.④发那科数控系统具有功能丰富、操作界面齐全的系统软件,对于数控装调实训台或者数控机床,都能满足操作的基本需求.⑤具有 DNC 传输功能.系统所提供的通讯接口 RS232,在安装有 DNC 传输软件的 PC 机上,可以实现自动编程序与机床的直接传输,提高了生产效率,减少了劳动强度.⑥有良好的故障诊断功能.发那科自带的维修手册中提供了大量机床常见的报警信息,为实际操作中机床的故障排除带来了便捷性.因此,结合学校的实际情况,选择 FANUC Oi Mate-Td 系统作为实训台的数控系统.

2.4.2 伺服驱动器的选择

由于本数控实训台选择 FANUC Oi Mate-Td 系统,为了确保整套系统的稳定性,伺服驱动器也采用发那科的比较合理,发那科伺服驱动系统具备以下优点:采用三相交流宽幅可调节电压供电、自适应电源管理模式、具备可靠的过载和保护功能、信号抗干扰能力强、伺服电机编码器串行输入功能.具体配置模块如图 4 所示^[9].

2.4.3 主轴变频器的选择

变频器是数控机床电气控制中十分重要的一种设备,它的主要功能是通过改变交流电的频率来间接地调节交流电机的转速,实现主轴的无级变速.本数控装调实训台选用三菱系列的变频器最为合理.三菱变频器具有低速高扭的特点.转速精度很高、价格便宜、品种齐全、具有很好的断电保护功能和速度延迟复位功能,使得整个数控系统在运转中实现高效性,保证伺服电机良好的运转状态,因此选用三菱变频器来实现主轴的无级变速,是最合理的选择.

2.5 数控装调实训台的故障点设定

数控装调实训课程的主要任务是培养学生们对数控系统安装调试全过程的参与训练,包括绘制电气原理图、PLC 梯形图、按照电气原理图接线、上电和最后完成调试.其实调试过程是最为繁琐的过程,特别涉及到故障诊断和排除的环节,需要设定真实机床的故障情景,让学生们学会分析、查找、排除故障,提高

学生解决实际问题的能力. 因此, 对于一台数控装调实训台来说, 人为的设定故障点是学生学习过程中必不可少的一项关键环节, 为了和实际情况有完全良好的贴合度, 研制高效的故障诊断装置势在必行.

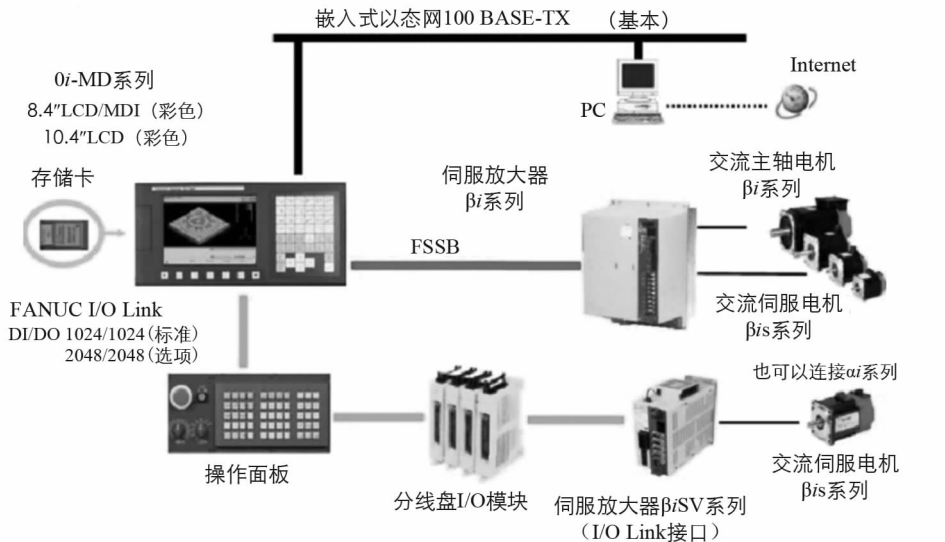


图 4 数控系统整体配置方案

本数控装调实训台的故障点设置功能丰富, 灵活可变, 开放性强, 兼容性好, 可满足诸多的故障问题, 对数控装调实训中的常见故障点的发生有真实的模拟作用.

2.5.1 故障点装置的组成

数控装调实训台的故障点设置装置由可编程控制器、变压器、断路器、时间继电器、电控柜、信号灯、操作按键、接头等组成. 详见图 5 和图 6.

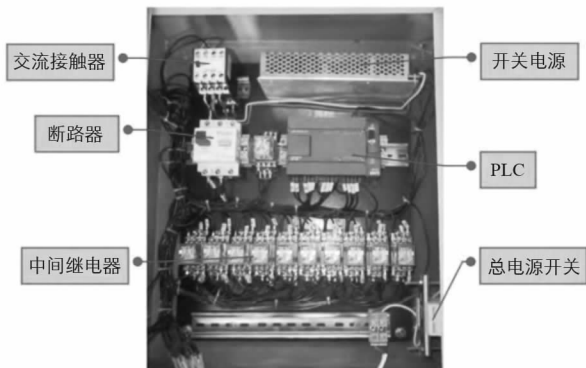


图 5 故障点设置装置的内部结构

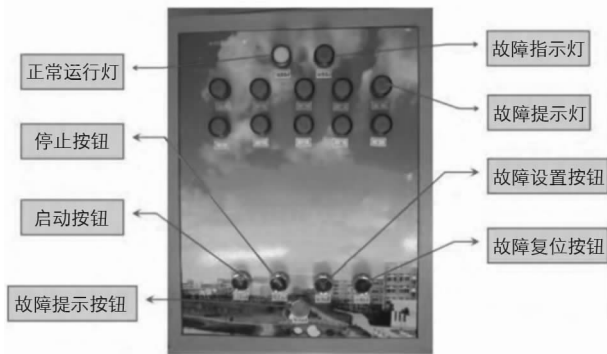


图 6 故障点装置面板的结构

2.5.2 故障点设置装置的功能

①首先通过故障开关设定故障, 之后故障指示灯闪烁, 当确定故障的原因后, 进行故障诊断和维修时, 按动故障复位按钮消除故障. ②在实践教学过程中, 教师可以随机设置故障情况, 随后故障提示按钮闪烁; ③通过故障点提示按钮可以迅速找到故障发生的位置; ④故障点设置按钮的延伸性很强, 通过节点线路的位置可以获取更多的故障点资源; ⑤依托故障点设置装置, 通过看中学, 学中练, 练中做, 做中悟, 提高同学们理论和实践结合的能力^[10].

2.5.3 故障点的设置

数控装调实训台一共设置了 20 个典型的常见故障, 每一个中间继电器控制一个故障点的发生, 所有故障点的设置装置独立安放于专用的电控柜里, 同时, 在无人操作时, 将电控柜门上锁, 以便保护人员安全.

3 结 论

本文基于 TRIZ 理论设计的数控装调实训台采用功能区分离结构, 在满足学生实训的基础上, 做到了

成本最优,具备完善的功能,通过在实际教学中的检验,性能良好,基本满足了实验实训需求,获得了良好的使用效果,与此同时也存在某些不足之处,比如故障点设置较为固定,故障点设置数量跟实际还有差距,需要在今后不断改进和完善。

参考文献:

- [1] 张 浩,王宗彦,吴淑芳,等. 用于化工专业生产实习教学的虚拟实训系统 [J]. 西南师范大学学报(自然科学版), 2018, 43(3): 156-160.
- [2] 腾晓旭,时建伟,徐建华,等. “理、实、仿、产、证”一体化教学模式在化工工艺类课程中的研究与探索 [J]. 西南师范大学学报(自然科学版), 2018, 43(9): 156-160.
- [3] 张彩丽,杨 帆,任工昌. 关于数控机床维修技术的探讨 [J]. 机械设计与制造, 2013(11): 260-261.
- [4] 刘训涛,曹 贺,陈国晶. TRIZ 理论及应用 [M]. 北京:北京大学出版社, 2011.
- [5] 朱秀娟,李克天. TRIZ 理论和功能分析在小家电设计中的应用研究 [J]. 现代制造工程, 2016(8): 95-100.
- [6] 陶 义,王宗彦,吴淑芳,等. 基于 TRIZ 矛盾分析法的重型卡车弹簧支架轻量化设计研究 [J]. 机械设计与制造, 2015(3): 188-191.
- [7] 沈洪雷,王立宇,王 坤,等. 基于 TRIZ 理论的交互升降式储物柜的创新设计 [J]. 现代制造工程, 2016(4): 161-164, 127.
- [8] 夏盛来,何景武. TRIZ 理论在飞机结构设计中的应用研究 [J]. 机械设计与制造, 2008(12): 57-59.
- [9] 孙永伟,谢尔盖·伊克万科,等. 国际 TRIZ 协会一级认证培训教材 [M]. 北京:科学出版社, 2015.
- [10] 董双阳,冉红锋,刘祖耀,等. TRIZ 理论在硬盘铝基片去应力退火中的应用 [J]. 现代制造工程, 2019(2): 82-86.

Application of TRIZ Theory in NC Assembly and Adjustment Training Platform

GUO Ke^{1,2}

1. College of Mechanical and Electrical Engineering, Nanjing University of Aeronautics and Astronautics, Nanjing 210016, China;

2. School of mechanical engineering, Henan Institute of Technology, Xinxiang Henan 453003, China

Abstract: Numerical control installation and adjustment training platform is an indispensable training equipment in the training of numerical control talents in higher vocational colleges. However, due to the high cost of CNC installation and adjustment training platform, it is impossible to purchase enough training platforms to meet the practical training requirements of students. Therefore, TRIZ theory is adopted to design the CNC installation and adjustment training platform. On the premise of meeting students' basic training requirements, the training platform is optimized. Successfully designed a set of numerical control installation and adjustment training platform based on FANUC numerical control system.

Key words: FANUC; TRIZ; CNC setting and adjustment; training platform

责任编辑 汤振全