

突出工程实训，构建“1631”工程培养模式

项目研究报告

太原工业学院工程训练中心

2017 年 7 月

学院深入贯彻落实《国家中长期教育改革和发展规划纲要（2010—2020 年）》、《引导部分地方普通本科高校向应用型转变的指导意见》（教发[2015]7 号）和《国务院办公厅关于深化高等学校创新创业教育改革的实施意见》（国办发【2015】36 号）等文件精神,按照“以实践教学模块化,能力提升层次化”的建设思路,大力推进工程训练中心创新实践模式改革,逐步形成“一条主线、六大模块、三个层级、一个引领”的特色鲜明的工程训练“1631 模式”,取得一定成效。

一、项目背景

上世纪 90 年代上半叶开始,英美工程教育界发出了“教育回归工程”和“关注工科大学生工程实践能力培养”的呼声, 在全球引起积极响应。基于中国的国情,我国政府和高校也逐步认识到:“工科学生应该对典型工业产品的结构、设计、制造有一个基本的、完整的体验和认识。这种基础在发展中国家高中阶段不可能自然获得,在中国、在大学低年级也不可能通过校外认识实习获得,需要通过校内工程训练中心的教学获得。所以从 2006 年开始,工程训练中心在国家质量工程项目的支持下得到快速发展。在这样的应用转型背景下,我院于 2009 年开始工程训练中心建设,提出通过校企合作为学生创造提供真实的产品设计制造过程体验,使工程训练中心成为校企一体、产学研一体的对接基地。

工程训练中心的发展也面临诸多问题。原清华大学工程训练中心主任傅水根教授在《我国高等工程教育的历史回顾与展望》一文中就

曾提到“我国工程实践的实习时间不断紧缩,工业实践难以到位”的实际情况。在我院工程训练中心发展过程中也的确面临着实践教学中的的一些具体的问题:

1. 原有实习设备老旧,仅能完成车铣刨磨钳焊铸等传统工艺实习,不能紧跟现代加工制造的发展步伐。而且工程实训内容不成体系,还不能完全发挥其应有的作用。

2. 工程训练中心多为金工实习基地或实习工厂转换而来。主要承担课程为面向大一新生的“金工实习”,实习内容以初步建立工程概念,对传统加工设备进行简单的操作使用为主。无论从学习的深度,和学习的时间上都不能满足对工科本科学生进行工程实践能力培养的要求。

3. 工程训练中心主要完成基础实训工作,没有渠道,没有师资对学生课外实践活动产生支持。

4. 学生对工程训练中心认同度低,不能有效激发学生参与工程实践能力培养的热情。

为更好的为学生提供工程实践能力培养的条件,工程训练中心在建设过程中,需要考虑工程实践能力培养的先进性,中心设备、空间利用的有效性和合理性,对学生的吸引力。为此需统筹规划中心的各项资源,开拓学生工程实践培养的方式方法,形成有效激发学生兴趣,真实而持续的锻炼学生工程实践能力的实践教学体系。

二、建设思路

太原工业学院工程训练中心经过多年的探索实践,逐步构建起工

工程训练“1631 模式”，即以“工程实践能力培养”为主线，以“工业系统认知、基础/现代工程训练、综合能力实训项目、创新团队培训、学科竞赛、综合项目实践”六大模块为核心内容，以“培育工程素养、训练工程能力、强化工程应用”为培养目标，以“学科竞赛为引领”的工程训练新体系。如图 1 所示为工程训练“1631 模式”构架图。

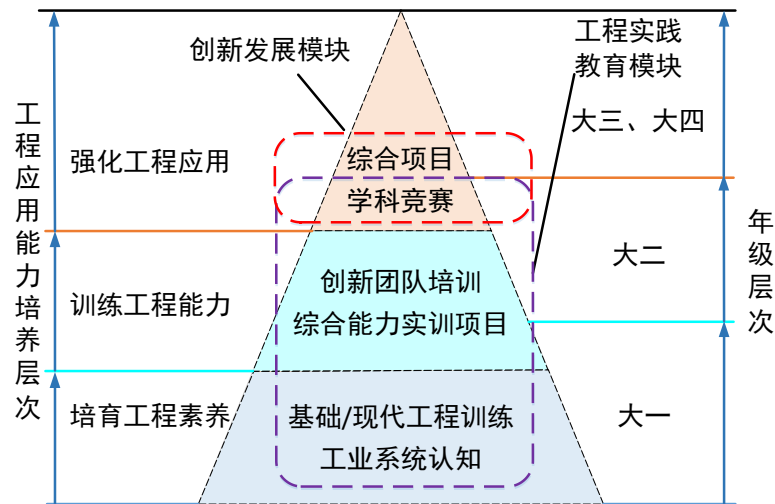


图 1 工程训练“1631 模式”构架图

在建设过程中工程训练中心始终坚持以下思路：

1. 建设中始终贯彻以工程实践能力培养这一主线，围绕主线，按照循序渐进的原则将工程实践能力分为三个层次的目标，即培育工程素养-训练工程能力-强化工程应用。三个层次依次递进，逐级深入，贯穿本科学生四年的学习生活中，做到工程实践能力培养不断线。
2. 按照“培育工程素养——训练工程能力——强化工程应用”三个层次目标的要求，结合工程训练中心现有条件，逐步建立了工业系统认知、基础/现代工程训练、综合能力实训项目、创新团队培训、学科竞赛、综合项目实践六大教学实践模块。
3. 课内和课外两条培养路线并重。工业系统认知、基础/现代工

程训练、综合能力实训项目三个模块属于课内部分，由指导教师为主导进行工程能力培养。创新团队培训、学科竞赛、综合项目实践属于课外部分，由创新团队为主导，指导教师为辅助进行工程能力培养。课内和课外两条培养路线充分利用工程训练中心空间、时间和先进设备，实现协调发展。

4. 充分利用学科竞赛的引领作用，建设好创新团队这一重要平台，通过竞赛吸引广大同学积极参与到工程实践能力培养的各环节中，提高技术水平，提升工程能力和工程意识。

三、 建设内容

1. 加强工业系统认知及基础/现代工程训练模块建设

中心建立了以 130 余块工业发展展板、10 余个工业模型展柜为主的工业认知长廊，展示科学与技术原理、工程背景知识和设备及工艺装备知识。建立初步的工程概念，了解现代制造业的生产方式和工艺过程。建设包括车铣刨磨钳焊铸等传统加工项目和数控加工、电火

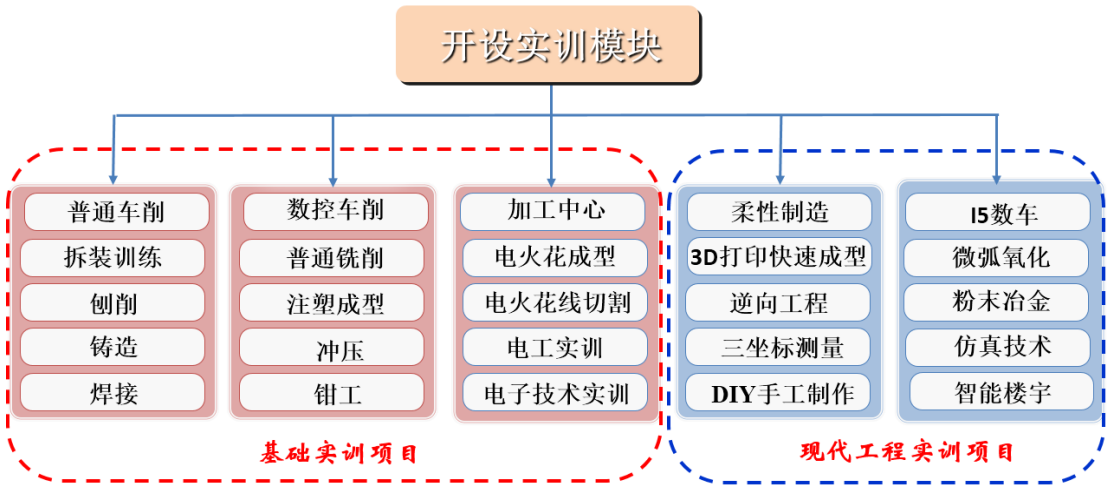


图 2 工程训练中心可开展实训项目

花成型为核心的基础实训项目和三坐标测量、逆向工程、3D 打印、i5 数控加工、柔性制造等在内的现代工程实训项目。如图 2 所示为工程

训练中心可开展实训项目。

2. 综合能力实训课程建设

面向大二学生开展综合能力实训项目课程，课程全部采用项目驱动教学方法让学生经历创意、设计、成本核算、团队合作、制作作品的全过程，为学生建立工程设计理念，培养创新意识、体验创新过程、获得创新乐趣。初步建立了课程大纲，教学方法，评价指标等。每学期参加课程人数均在 300 余人以上。如图 3 所示为综合能力实训课程每学期招生人数。

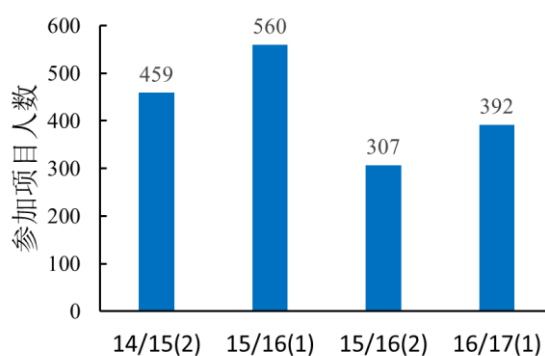


图 3 综合能力实训课程各学期招生人数

3. 以竞赛为引领的创新团队建设

工程训练中心以竞赛为引领，综合项目实践为延伸，以工作室带动创新团队建设，通过建立了工程训练综合能力工作室、ROBOCUP 工作室、慧鱼创新工作室、飞思卡尔智能车工作室、航模工作室、大学生创新创业项目工作室，推进建立 6 个创新团队，并建立了“创新培训，学科竞赛，综合项目实践”三级课外教学实践模块，依托工程训练中心基础设备和教师团队，利用课外时间开展创新活动，极大的拓展了学生参与工程训练的空间与时间。

（1）创新培训

针对大一学生进行为期一年的机械和电子基础培训，培养学生基础工程能力，建立学生团队意识。所有学员平时在周末上课，暑期进行集中培训，通过校内竞赛的举办，以项目实践的形式检验所有学员的成果。创新培训学生人数逐年增加，专业覆盖面逐步加大。创新培训情况如图 4 所示。

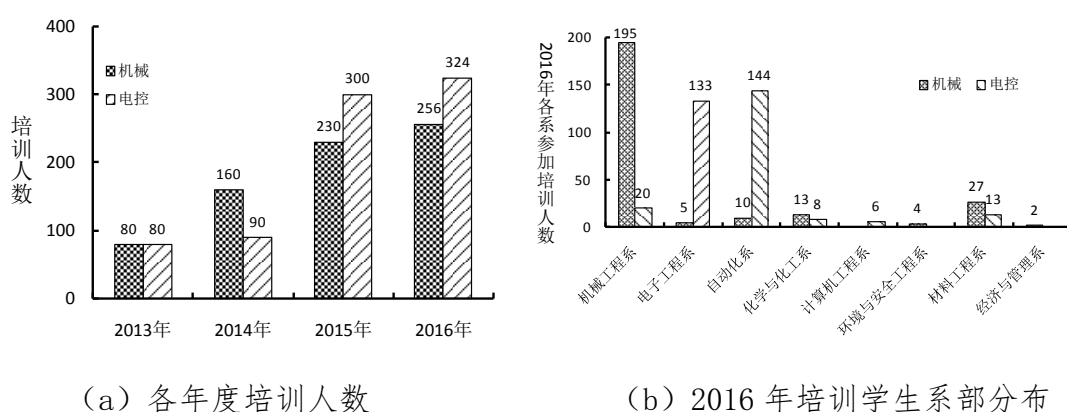


图 4 创新培训情况

（2）积极参与学科竞赛

学科竞赛是工程训练中心培养学生综合实践能力的重要平台，是整合课内外实践教学的重要环节，是培养学生创新精神和动手能力的有效载体，通过学科竞赛，激发大学生的兴趣和潜能，培养大学生的团体协作意识和创新精神。

经过近年的发展，工程训练中心工程学科竞赛成绩突出，特别是 2015 年后，国家级奖项有了较大的突破，学生认同度和参与热情越来越高。2013-2016 年学科竞赛获奖情况如表 1 所示。

在 2017 年第五届全国大学生工程训练综合能力竞赛中，太原工业学院两个代表队分别以总分第一名和第五名的成绩在全国 79 所高

校脱颖而出，获得一等奖。该项获奖凸显了我院学生较强的数控加工能力和娴熟的调试能力，显示了工程训练中心近几年在机械加工能力训练方面的突出成果。

表 1 2013-2016 年学科竞赛获奖情况一览表

年度	国家级奖项			省级奖项		
	一等奖	二等奖	三等奖	一等奖	二等奖	三等奖
2013 年	0	1	0	3	3	0
2014 年	2	1	0	3	5	0
2015 年	6	0	3	15	17	4
2016 年	8	5	0	17	10	2
合计	16	7	3	38	35	6

(3) 通过学科竞赛延伸综合项目实践链条

在经过学科竞赛的培养后，创新团队成员的组织能力、建模能力、加工能力、电子设计能力、综合调试能力有了大幅度的提高，进一步的学生可依托大学生创新创业项目、校企合作项目、自拟创新项目等进行自主创新实践。

近年来，工程训练中心共申报大学生创新创业项目 29 项，其中国家级项目 2 项，省级项目 4 项。自制 3D 打印机、小型数控雕铣机、玻璃磨边机等实验设备 3 种。2016 年申报实用新型专利 5 项。2017 年 6 月，郭润程等同学申报的大学生创新创业项目“太原工业学院 3D 打印沙盘模型”基本完成，吸引了媒体的目光，太原电视台和山西晚报的记者均对该项目进行了采访报道。

4. 校企合作项目有序推进

除完成各教学实践模块的建设外，工程训练中心还加强与企业的

联系沟通，积极引入企业进行合作，将学校实践和企业需求进行了良好对接。2016 年工程训练中心与八九八创业投资有限公司合作成立太原工业学院大学创客工场，建立了学院第一个创客基地；与湖北嘉一三维高科股份有限公司签署校企合作 3D 打印项目框架协议；与山西江凌科技有限公司合作进行嵌入式系统培训。初步建立了与企业的合作机制。

四、 建设成果

1. 学科竞赛获奖

2013 年至 2016 年，中心组织参加国家级竞赛共获得国家级一等奖 16 项，国家级二等奖 7 项，国家级三等奖 3 项，省级一等奖 38 项，省级二等奖 35 项，省级三等奖 6 项。

序号	竞赛名称	获奖情况	年度
1	第三届全国大学生工程训练综合能力竞赛	国家级二等奖 1 项	2013
2	第三届全国大学生工程训练综合能力竞赛（省赛）	省级一等奖 3 项， 二等奖 3 项	2013
3	2014 年中国机器人大赛暨 RobCup 公开赛(武术擂台赛)	国家级一等奖 2 项	2014
4	第六届全国大学生机械创新设计大赛总决赛	国家级二等奖 1 项	2014
5	2014 年山西省大学生机器人大赛	省级一等奖 1 项	2014
6	第六届全国大学生机械设计大赛（慧鱼组分赛）	省级一等奖 2 项， 二等奖 2 项	2014
7	第六届全国大学生机械设计大赛山西赛区	省级二等奖 2 项	2014
8	华北五省大学生机器人大赛	省级二等奖 1 项	2014

9	第四届大学生工程训练综合能力竞赛	国家级一等奖 2 项	2015
10	2015 中国机器人大赛暨 RoboCup 公开赛总决赛	国家级一等奖 4 项	2015
11	中国国际飞行器设计挑战赛暨科研类全国航空航天模型锦标赛	国家级三等奖 3 项	2015
12	2015 中国机器人大赛暨 RoboCup 公开赛分项选拔赛	省级一等奖 7 项， 二等奖 3 项	2015
13	全国大学生工程训练综合能力竞赛（山西赛区）	省级一等奖 6 项	2015
14	2015 年华北五省大学生机器人大赛（山西赛区）	省级一等奖 2 项， 二等奖 1 项， 三等奖 3 项	2015
15	全国大学生工程训练综合能力竞赛（山西赛区）	省级二等奖 4 项	2015
16	第十届全国大学生“飞思卡尔杯”智能车竞赛	省级二等奖 6 项	2015
17	2015 华北五省大学生机器人大赛	省级二等奖 3 项， 三等奖 1 项	2015
18	第七届全国大学生机械创新设计大赛决赛	国家级一等奖 2 项， 二等奖 3 项	2016
19	2016 年华北五省（市、自治区）大学生机器人大赛总决赛	国家级一等奖 2 项， 二等奖 2 项	2016
20	2016 年中国机器人大赛	国家级一等奖 4 项	2016
21	第十一届全国大学生“恩智浦杯”智能车竞赛华北赛区	省级一等奖 4 项， 二等奖 2 项	2016
22	2016 年华北五省（市，自治区）大学生机器人大赛（山西赛区）	省级一等奖 2 项 二等奖 4 项	2016
23	第五届全国大学生工程训练综合能力竞赛山西赛区	省级一等奖 7 项， 二等奖 4 项	2016
24	2016 年中国国际飞行器设计挑战赛暨科研类全国航空航天模型锦标赛（河北站）	省级三等奖 1 项	2016
25	第七届全国大学生机械创新设计大赛慧鱼赛区竞赛	省级一等奖 4 项 三等奖 1 项	2016

2. 大学生创新创业项目立项

从 2014 年开始，工程训练中心共推荐大学生创新创业项目 29 项，其中国家级项目 2 项，省级项目 4 项，校级项目 23 项。

序号	项目名称	项目负责人	指导教师	立项年度	等级
1	桌面雕刻机	孙 越	于松章	2014	省级
2	新型可调参数齿轮范成仪的设计与开发	韩灏渊	刘 彬	2014	省级
3	车辆超载动态检测报警系统的设计	张瑞强	赵永强	2014	院级
4	基于路径规划算法的巡游机器人的设计与研究	黄李全	刘 彬	2014	院级
5	智能机械手	贾 永	于松章	2014	院级
6	底盘技术的自主识别、决策系统研究	董九柱	左义海	2014	院级
7	爬楼梯清扫机器人	贾飞飞	左义海	2014	院级
8	伸缩四杆之 “寻迹探踪 ”	李 锋	刘 彬	2014	院级
9	微阻力动力组的研制	陈春阳	于松章	2015	国家级
10	在三轴雕铣机的基础上对五轴雕铣机的研究与开发	刘泽	于松章	2015	院级
11	环保机械无尘黑板擦	杜威	左义海	2015	院级
12	三轴雕铣机的研究新应用	李坚	张 娟	2015	院级
13	多功能口香糖清洁机器人	成飞	纪刚强	2015	院级
14	基于傅里叶变换的光立方制作	徐伟成	左义海	2015	院级
15	回收水上垃圾机器人	刘建华	刘 彬	2015	院级
16	智能门窗定位器	崔泽	纪刚强	2015	院级
17	超轻短距载重固定翼飞行器	王晓源	左义海	2016	院级
18	可移动式关节机械手臂	马雄伟	王建国	2016	院级
19	多功能 3D 打印激光雕刻机	牛广硕	董媛瑞	2016	院级
20	新型多功能健身跑车	高宏宇	黄利	2016	院级
21	遥控投鱼饵船	李强	左义海	2016	院级

22	新型 FPV 穿越模型机材料结构优化	刘建军	刘彬	2017	国家级
23	家居智能医疗药箱	王永坤	左义海	2017	省级
24	手自一体盖章机	张 森	王建国	2017	省级
25	雨伞收纳架	郑鑫	王国俊	2016	院级
26	远程传输 3D 打印机	王越	王姝	2017	院级
27	多功能智能电风扇	王露	张娟	2017	院级
28	四轴联动雕刻机	闫宗庆	王姝	2017	院级
29	多功能电子门禁	王岩	纪刚强	2017	院级

3. 自制实验设备项目 3 项

- (1) 实验室建设项目---桌面雕铣机
- (2) 实验室建设项目---3D 打印机
- (3) 实验室建设项目——玻璃磨边机

4. 申请专利 6 项

序号	专利名称	审批时间	专利类别
1	一种快递装车装置	2017 年 5 月 17 日	实用新型专利
2	钱币兑换系统	2017 年 4 月 19 日	实用新型专利
3	一种硬币分类装置	2016 年 12 月 7 日	实用新型专利
4	一种智能公交投币机	2016 年 12 月 7 日	实用新型专利
5	一种弧形撑杆越障小车	2016 年 7 月 27 日	实用新型专利
6	防水震源药柱	2016 年 6 月 15 日	实用新型专利

5. 发表论文 6 篇

- (1) 刘彬,周敏,佟春生.OBE 视角下的 PLC 纵向课程群建设[J]. 实验技术与管理,2016. 3. (核心)
- (2) 张娟. 浅谈新形势下工程训练中心建设-以太原工业学院为例

[J]. 工程实践和创新教学, 2016. 07.

(3) 纪刚强. 项目驱动教学法对培养学生工程实践能力的探讨[J].

工程实践和创新教学, 2016. 07.

(4) 左义海, 王建国, 董媛瑞, 刘彬. 基于 OBE 模式的柔性制造

系统实验室建设[J], 机械工程与自动化, 2017. 03

(5) 于松章, 刘彬, 王国俊等. 开放式金工实习课程体系初探[J].

工程实践和创新教学, 2014. 07.

(6) 于松章, 王国俊. 关于我院工业发展与培训中心建设的思考

[J]. 工程教育实践教学研究与实践, 2010. 07

6. 实训实验教材

1) 教材编写

(1) 刘彬副主编,《可编程自动化控制器(PAC)技术及应用——提高篇》机械工业出版社 2010 年

(2) 王国俊参编,《金工实训教程》,国防工业出版社,2011 年

(3) 左义海参编,出版教材《创客从 0 到 1 基于 Arduino 设计》,北京航空航天大学出版社,2016 年

2) 讲义编写

(1)《电子实训指导书》董媛瑞 王建国 刘彬编写

(2)《电工实训指导书》苗丽丽 王建国 刘彬编写

(3)《电控类培训教程》董九柱编写

(4)《机械类培训教程》张瑞强编写

7. 签订校企合作协议书 3 项

- (1)与山西疆凌电子科技有限公司签订《嵌入式系统培训合作协议》。
- (2)与八九八创业投资有限公司签署《大学创客工场战略合作协议》。
- (3)与湖北嘉一三维高科股份有限公司签订《3D 实验室共建协议》。

五、 成果的创新点

工程训练中心作为学生工程实践能力培养的重要平台,以项目为核心,以竞赛为引领,以团队为抓手,在不断的探索实践中,始终坚持基础实训与创新工作一体化发展,专心致力于学生工程实践能力和创新思维的培养,逐步构建起工程训练“1631 模式”,创新点如下:

(1) 构建起工程训练“1631 模式”

即以“工程实践能力培养”为主线,以“工业系统认知、基础/现代工程训练、综合能力实训项目、创新团队培训、学科竞赛、综合项目实践”六大模块为核心,以“培育工程素养、训练工程能力、强化工程应用”为培养目标,以“学科竞赛为引领”的工程训练新体系。

(2) 实现了工程训练“四年不断线”

针对大一新生进行基础实训,大二学生通过综合能力实训项目选修课程和由创新团队主导的创新培训加强工程能力训练,大三、大四学生通过参与学科竞赛,积累经验提升能力,后续进行综合创新项目的开发,得到工程能力的强化锻炼。

(3) 实现了基础实训与创新工作一体化发展

工程训练中心以项目为核心,以竞赛为引领,以团队为抓手,将基础实训与创新工作有机结合,通过创新工作室激发了学生的参与热情,以学科竞赛为引领,从课内实训延伸到了课外项目实践,拓展工

程实训内容和效果，提升了工程训练中心的运行效率。

六、 成果推广应用

通过建立工程训练“1631 模式”，工程训练中心实训体系进一步完善，指导教师、机器设备、实践场地有机结合，拓展了工程训练的空间和时间，极大提高了工程训练中心设备、场地的利用效率，每年承担基础实训教学任务 3000 余人，1000 余人的创新实践培训，选拔 120 余人进入创新工作室，学生实践能力取得长足进步。表 2 为各学年中心培训人数。

表 2 各学年中心各项目培训人数

学年	基础实训人数	综合能力实训项目课程	创新培训	合计
2014/2015 学年	2840	439	250	3529
2015/2016 学年	3160	746	530	4436
2016/2017 学年	3440	665	680	4785

(1) 学生竞赛成绩屡创佳绩。2013 年至 2016 年，中心五大国家级竞赛共获得国家级一等奖 16 项，国家级二等奖 7 项，国家级三等奖 3 项，省级一等奖 38 项，省级二等奖 35 项，省级三等奖 6 项。在刚刚结束的 2017 年第五届全国大学生工程训练综合能力竞赛中，学院两个代表队分别以总分第一名和第五名的成绩在全国 79 所高校脱颖而出，获得一等奖。该项获奖凸显了我院学生较强的数控加工能力和娴熟的调试能力，显示了工程训练中心近几年在机械加工能力训练方面的突出成果。

(2) 综合项目实践不断发展。自 2014 年以来，工程训练中心共申报大学生创新创业项目 29 项，其中省级项目 4 项，国家级项目 2

项；申报自制 3D 打印机、小型数控雕铣机、玻璃磨边机等实验设备 3 项；2016 年申报实用新型专利 6 项；2017 年 6 月，郭润程等同学申报的大学生创新创业项目“太原工业学院 3D 打印沙盘模型”基本完成，吸引了媒体的目光，太原电视台和山西晚报的记者对该项目进行采访报道。

（3）2016 年以来工程训练中心与八九八创业投资有限公司、湖北嘉一三维高科股份有限公司、山西江凌科技有限公司等签订了合作协议，引进企业加强了学生培训实践的先进性和规范性。逐步形成与企业的良好互动。

（4）对外服务能力、社会声誉显著加强，2016 年以来，服务地方院校，为包括太原大学，太原水利学院在内的 500 余名学生进行了工程基础实训。无论毕业的学生还是来中心参观的同行都对工程训练中心工作有较高的评价。