

以企业需求为引擎的 计算机工程研究所创新人才培养体系 工作总结

孔令德 郭芸俊 王铮 杨慧炯 傅宏智

(太原工业学院)

随着信息社会的发展,计算机可视化应用已经深入到社会生活的各个领域。在我国游戏开发领域中,由于开发工具全部来自国外,“熟悉底层算法、能进行本地化游戏项目开发”的人才需求和供给呈现出严重的矛盾。随着“互联网+”新业态的发展以及新工科建设的推进,急需探索高校计算机专业人才理论与应用的接轨的培养方法。课题组从 2006 年创建计算机工程研究所至今,共培养了一百多名优秀的学生进入游戏开发领域。研究所基于“学生为本、成果导向、持续改进”的 OBE 理念,通过校企合作,以“企业需求为导向,学习对象为中心,能力培养为目的,就业效果为检验”为宗旨,总结出一套**四步教学方法:熟练掌握一门编程语言,培养一技之长;系统学习一套渲染算法,奠定专业基础;分析问题直至数学公式,面向几何问题;阅读经典原文深悟原理,把握学科前沿**。该方法简称为“工具—算法—数学—外语”教学法。经过多年的实践,研究所培养的游戏人才遍布国内计算机行业发达地区和城市。

一、研究内容、研究方法的研究措施

本课题组成员长期从事计算机专业本科一线教学工作,有着丰富的教学研究和改革经验,尤其是课题组负责人孔令德教授,一直致力于探索提高学生创新实践能力的教学方法和管理手段。在教学实践与研究过程中,课题组主要的研究方法及措施如下:

(1) 制定以企业需求为导向的人才培养方案

结合专业特色,与业内游戏开发企业合作,企业提出研究所的人才培养能力需求。基于 OBE 教育理念,课题组将企业需求贯穿于学生在研究所两年的学习中,并且通过企业定期分解实际项目任务,让学生了解行业最新动态。毕业时,研究所的学生基本能达到企业用人的规格。

(2) 培养学生使用编程工具的能力

课题组会在大一 C++ 程序设计语言课程结束之后, 选拔一批基础扎实、学习能力强的学生进入研究所做进一步培养。根据计算机图形图像处理领域的社会需求, 研究所为学生提供了计算机图形学算法的丰富案例, 指导学生编程绘制点、线、面、体等可视化图形, 帮助学生加强对编程语言和环境的掌握, 为以后的深入学习打下基础。

(3) 培养学生设计和实现算法的能力

在经过语言工具的强化训练之后, 研究所通过国外的经典英文译著《计算机图形学的算法基础》(Rogers 编著) 和《非均匀有理 B 样条》(Pigiel 编著) 等相关教材, 系统地培养学生编程实现算法的能力。经过多年来研究所师生的共同努力, 课题组自主开发了一套游戏引擎 BCGL, 该引擎由大量图形设计算法组成, 可以交互式绘制 1000 多种物体模型, 并且由历届学生进行持续扩充和完善, 曾获山西省教学成果奖一等奖。课题组将 BCGL 提供给学生之后, 指导学生由易到难逐步学习和实现其中的各种算法。经过大量的实践学习, 我们培养了学生阅读和实现算法的基本能力, 而通过学习过程中对引擎算法的进一步优化和改进, 学生的算法设计能力得到逐步提高。



图 1 学生作品获奖与著作权证书

表 1 部分 BCGL 引擎算法

序号	算法名称	序号	算法名称	序号	算法名称
1	双缓冲算法	7	边标志算法	13	透视投影算法
2	DDA 直线算法	8	有效边表算法	14	Bezier 曲线算法
3	Bresenham 算法	9	边填充算法	15	Utah 茶壶算法
4	中点画圆算法	10	直线裁剪算法	16	消隐算法
5	中点画椭圆算法	11	几何变换算法	17	明暗处理算法
6	反走样直线算法	12	正交投影算法	18	纹理映射算法

(4) 培养学生的数学能力

计算机本质上是求解数学问题。要解决复杂的点线面求交问题，要求学习者掌握大量的数学知识。课题组通过对实际问题进行分析，指出算法中所蕴含的数学问题，指导学生通过重温高等数学、离散数学、线性代数和黎曼几何等相关章节的内容来设计算法。通过学习数学知识理解计算机和程序设计的本质原理，培养了学生的逻辑思维能力。

表 2 计算机中的数学知识

序号	知识点	序号	知识点	序号	知识点
1	三角运算	7	曲面方程	13	概率论
2	矢量运算	8	极坐标	14	拓扑学
3	矩阵运算	9	球面坐标	15	微分方程
4	微积分	10	坐标系转换	16	级数运算
5	线性插值	11	数值方法	17	傅里叶变换
6	平面方程	12	抽样法理论	18	微分几何

(5) 培养学生的外语能力

为了培养学生学习计算机图形图像处理领域的先进技术，课题组从学生进入研究所就开始了对他们英文阅读能力的培养。游戏基本开发算法是由一系列国外研究者发表的原文组成，而新算法又多数发表在国外。要提高市场竞争力，就要定期搜集学习与计算机学科相关的英文文献。当阅读量积累到一定程度之后，课题组会建议学生开始阅

读英文原版教材和书籍，进行学术论文写作和软件著作权注册的训练。通过持续的英文学习，学生毕业时已经具备了一定的外文阅读能力，为他们持续学习国际先进技术提供了保障。

表 3 部分外文资料

序号	名称	作者	来源
1	The Fractal Geometry of Nature	Mandelbrot,B.B.	W.H. Freeman and Company
2	A Man-machine Graphical Communication	Sutherland,I.E.	AFIPS Conference Proceedings
3	The Ultimate Display [J].Proceedings of the Congress of the International Federation of Information Processing	Sutherland,I.E.	Proceedings of the Congress of the International Federation of Information Processing
4	A Head-mounted Three Dimensional Display	Sutherland,I.E.	FICC
5	Surfaces for Computer-aided Design of Space Figures	Coons,S.A.	Massachusetts Institute of Technology
6	Mathematical and Practical Possibilities of UNISURF	Bezier,P.	Computer Aided Geometric Design
7	Some Techniques for Shading Machine Rendering of Solids	Appel,A.	SJCC
8	A Procedure for Generation of Three-dimensional Half-toned Computer Graphics Presentations	Bouknight,W.J.	Communications of the ACM
9	Continuous Shading of Curved Surfaces	Gouraud,H.	IEEE trans
10	Illumination for Computer-generated Picture	Phong,B.T.	Communications of the ACM
11	Models of Light Reflection for Computer Synthesized Pictures	Blinn, J.F.	Computer Graphics
12	Simulation of Wrinkled Surfaces	Blinn,J.F.	Computer Graph
13	The Origins of the Teapot	Crow,F.	IEEE Computer Graph and Applications
14	An Improved Illumination Model for Shaded Display	Whitted,J.T.	ACM
15	A reflectance model for computer graphics	Cook,R.L.,Torrance, K.E.	ACM TOG
16	Modeling the Interaction of Light Between Diffuse Surfaces	Cornal,C.M.,Torrance ,K.E.,Greenberg,D.P. , Battaile, B.	SIGGRAPH'84 Proceedings ,Computer Graphics
17	Fitting Smooth Surfaces to Dense Polygon Meshes	Krishnamurthy,V., Levoy,M.	SIGGRAPH '96, Proceedings ,Computer Graphics

18	Hierarchical Geometric Models for Visible Surface Algorithms	Clark,J.H.	Communications of the ACM
19	Computer Graphics: Principles and Practice: Principles and Practices in C(Second Edition)	Foley,J.D.,Dam A.V.,Feiner S.K., Hughes,J.F.	Reading,MA,USA
20	Algorithm for Computer Control of a Digital Plotter	Bresenham,J.E.	IBM System journal
21	Algorithm for Drawing Ellipse or Hyperbolae with a Digital Plotter	Pitteway,M.L.V. , Watkinson, D.J.	Computer Journal
22	An Efficient Ellipse-Drawing Algorithm	Van Aken,J.R.	IEEE Computer Graph and Applications
23	A Linear Algorithm for Incremental Digital Display of Circular Arcs	Bresenham,J.E.	Communications of the ACM
24	The aliasing Problem in Computer-generated Shaded Images	Crow,F.C.	Communications of the ACM
25	A Comparison of Antialiasing Techniques	Crow, F. C.	Communications of the ACM
26	An Efficient Antialiasing Technique	Wu,X.	Computer Graphics
27	Computer Processing of Line-Drawing Images	Freeman,H.	Computer Surveys

总之，以企业需求为导向，通过四步教学法，按照工程认证要求培养学生的能力，计算机工程研究所形成了一套可持续发展的教学手段，使学生的实践动手能力、工程创新能力和综合利用学科知识解决实际复杂工程问题的能力大大提升，研究所在团队建设、培养模式和培养成果等方面受到了校内外专家和用人单位的高度认可，积累的经验也在校内外得到了广泛的推广和应用，取得了良好的实践效果和显著的辐射作用。

二、研究成果的创新点和应用情况

课题组在教学研究改革和成果建设方面有如下三个创新点：

（1）提出了“工具——算法——数学——外语”四步教学法

计算机工程研究所从熟练掌握编程工具入手，通过大量交互式、可视化的实践内容，逐步培养了学生设计实现算法的能力、数学分析能力、逻辑思维能力和学习英语原文知识的能力，激发了学生对计算机专业特别是对图形图像处理方向的热情和兴趣，帮助学生形成了持续自主学习的习惯，最终将他们培养成为优秀的高素质专业人才。这一过程极大地加强和巩固了计算机专业教育的培养能力，得到了行业

和社会的广泛认同。

(2) 自主开发了一套游戏引擎 BCGL 应用于教学实践

随着“工具——算法——数学——外语”四步教学法的应用，计算机工程研究所不断涌现出优秀的学生。通过师生的共同努力，课题组开发了一套内容丰富、功能强大、交互性极佳的可视化游戏引擎库 BCGL。通过研究所学生不断的学习和扩展，引擎的内容得到持续优化和完善，最终达到了与 OpenGL 相媲美的绘制效果。见查新报告“基于工程实践应用的计算机图形学课程一体化资源建设”，编号：201836000L420060。

报告编号：201836000L420060

科技查新报告

项目名称：基于工程实践应用的计算机图形学课程一体化资源建设

委托人：太原工业学院

委托日期：2018 年 4 月 19 日

查新机构：教育部科技查新工作站（L42）

完成日期：2018 年 4 月 24 日

查新项目 名称	中文：基于工程实践应用的计算机图形学课程一体化资源建设		
	英文：略		
名称	教育部科技查新工作站（L42）		
通信地址	太原市迎泽西大街 79 号	邮政编码	030024
查新机构	负责人	电话	0351-6014516
	联系人	电话	0351-6014510
	电子邮箱	libcx@tyut.edu.cn	
一、查新目的 申报国家级教学成果。			
二、项目的科学技术要点 新工科背景下，高等学校应用型转型过程中教学资源建设是支撑教学过程的重要环节。本项目根据虚拟现实(VR)/增强现实(AR)新工科人才行业需求，以工程化应用能力培养为目标，在计算机图形学课程教学改革中，提出了建设覆盖教学全过程的实践教学资源库的思想，并在计算机图形学课程中完成了“理论实践系列教材+电子资源及教学案例+实践教学平台”一体化建设。其中编写并出版理论实践一体化系列教材一套四本，建设了涵盖全部教学内容的电子资源。电子资源以开源代码的形式封装成类库，可以满足不同层次的教学需求。电子资源按照教学基本过程划分为“验证性资源”、“综合性资源”、“创新性资源”和“工程化资源”四个层次，分阶段对学生的实践能力进行训练和培养。所有教学资源学生的实践过程通过实践教学平台进行管理。可以从不同角度对学生的实践过程分析，从而达到实践教学过程的精准化指导和管理。该成果以 C++ 在计算机图形建模和光照渲染中的应用为突破方向，建设成了一整套涵盖理论、实验、实践的教学资源库与系列教材。			

该查新项目的查新点为：

以新工科为背景，提出建设覆盖教学全过程的“理论实践系列教材+电子资源及教学案例+实践教学平台”的计算机图形学一体化教学资源的思想。电子资源划分为“验证性资源”、“综合性资源”、“创新性资源”和“工程化资源”四个层次，分阶段、层次对学生的实践能力进行训练和培养。

经检索并对相关文献分析对比，上述国内相关中文文献报道分别涉及该查新项目部分研究内容，但国内未见与该项目查新点完全相符的中文文献报道。

查新员(签字)：张晓英 查新员职称：馆员

审核员(签字)：蔡喜年 审核员职称：副研究员

2018 年 4 月 24 日

图 2 查新报告（编号：201836000L420060）

(3) 建立了企业订单式培养模式

每一批学生在研究所培养两年。经过系统学习，研究所的学生基本掌握了图形图像处理的核心算法，训练了编程实践能力，在就业中体现出了很强的专业特色。随着培养成果的逐步体现，计算机工程研究所的培养模式在本院的应用型人才培养中得到了示范和推广，课题组负责人荣获一等奖。随着 BCGL 通过精品资源共享课的推广，越来越多的企业加入到与研究所校企合作的行列。如：计算机工程研究所和北京朗迪锋科技有限公司、北京像素软件公司等企业签订了人才合作战略合同。通过订单培养，企业专家参与到研究所学生培养的各个环节。企业为学生提供了带薪实习和高薪就业。截止目前，通过订单式培养，研究所为朗迪锋公司和像素软件公司输送了多名毕业生从事

引擎开发。经过多年的积累，企业订单式培养模式成果斐然。



图3 订单式培养报道



图4 订单式培养验收

研究成果及应用情况:

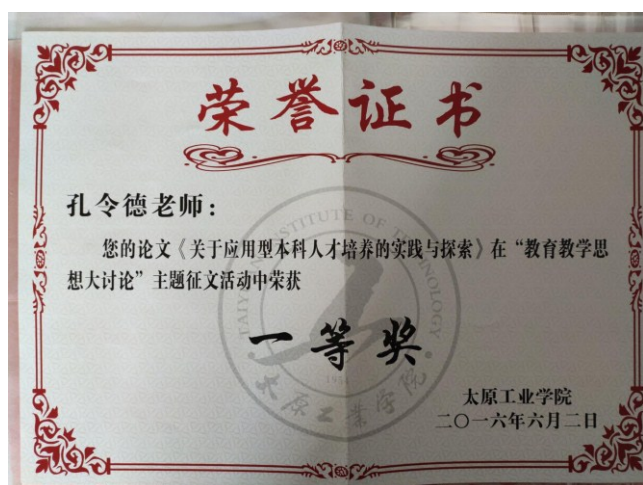
计算机工程研究所与北京朗迪锋、北京像素软件等VR/AR一线企

业进行人才定制,按照企业的要求,对研究所学生进行游戏开发方向的专项培训。使用 C++程序设计语言,按照游戏开发流程编写算法开发案例库。

一方面,有历届学生的开发,打造了研究所的游戏开发引擎 BCGL;另一方面,通过维护和扩充 BCGL,研究所的学生受到了游戏开发方向的专业训练。朗迪锋、像素软件企业为了获得更多适用的人才,一毕业就能上手项目,与计算机工程研究所进行了合作,这些企业为研究所大四的学生提供了带薪实习。根据企业与研究所的协议,优秀毕业生毕业后直接进入游戏开发企业高薪就业。

(1) 校内推广

2016 年在太原工业学院应用型大讨论总结大会上,课题组负责人孔令德教授提出的人才培养四部曲,获得征文一等奖,并做了现场报告,在学院得到了示范和推广。该文以“计算机专业应用型本科人才培养实践”发表在 2016 年的《计算机教育》杂志上。



第 12 期
2016 年 12 月 10 日

计算机教育
Computer Education

17

文章编号: 1672-5913(2016)12-0017-04

中图分类号: G642

计算机专业应用型本科人才培养实践

孔令德

(太原工业学院 计算机工程系, 山西 太原 030008)

摘要: 根据应用型院校办学定位, 提出以应用为主导的培养目标、以社会需求为导向的专业建设、以专业能力的培养为核心的课程体系与教学模式、以综合能力培养为目标的校企合作平台打造等教学改革思路, 力求推动计算机专业应用型人才培养的特色教学, 提高教育教学质量。

关键词: 应用型本科院校; 人才培养; 模式创新

图 5 “工具--算法--数学--外语四步教学法”理论研究成果

(2) 学生比赛获奖

计算机工程研究所提出的四部曲培养方法极大地提高了学生的动手能力,特别是 BCGL 引擎库的学习锻炼了学生的可视化表现能力,在学院的支持下,研究所学生代表计算机工程系获得了很多奖项,近三年共获得中国大学生互联网+创新创业大赛省赛一等奖 2 项、省赛二等奖 4 项,获得大学生计算机设计大赛国赛三等奖 2 项、省赛一等奖 3 项、省赛二等奖 4 项、省赛三等奖 1 项,获得首届工银山西创新

创业大赛优秀奖。

表 4 学生比赛获奖

序号	比赛名称	参赛学生	获奖等级	指导教师
1	第三届中国大学生互联网+创新创业大赛	石长盛	省赛一等奖	
2	第四届中国大学生互联网+创新创业大赛	张彦平、刘璞、刘毅博、李晋、刘炯灼、李阳阳、刘音	省赛一等奖	孔令德、于志奇、李鑫、张麟华
3	第十一届中国大学生计算机设计大赛、	张彦平、刘璞、刘毅博	省赛二等奖 国赛三等奖	孔令德、张麟华
4	首届工银山西创新创业大赛	刘毅博、王凤娇、张彦平、苏慧、李文佳、刘亚茹、刘音、杨文杰	优秀奖	刘杰、孔令德、于志奇、张麟华
5	中国大学生互联网+创新创业大赛	杨旭东、李泽奇、屈子杰、刘宁宁、刘璞、王文杰、高鹏	省赛二等奖	于志奇、孔令德、杜薇
6	中国大学生互联网+创新创业大赛	刘俊群、袁烨威、郭盛昌、高艳丽、马钰朝	省赛二等奖	张麟华、王铮、李瑞明
7	第十一届中国大学生计算机设计大赛	殷晓娜、冯卓、郭盛昌	省赛二等奖 国赛三等奖	刘杰、李瑞明
8	第十二届中国大学生计算机设计大赛	张彦平、刘璞、邢锦韬、麻成龙	省赛一等奖	孔令德、秦晓辉
9	第十二届中国大学生计算机设计大赛	张彦平、刘璞	省赛一等奖	孔令德、张麟华
10	第十二届中国大学生计算机设计大赛	王清平	省赛一等奖	王铮
11	第十二届中国大学生计算机设计大赛	屈雄杰、郭永康、李文波、王清平	省赛二等奖	孔令德

(3) 学生软件著作权

通过直接学习国外计算机图形学顶级杂志 TOG、SIGGRAPH 的原文知识，学生创新能力突出，近三年来共注册了软件著作权 4 项。

表 5 学生申请软著情况

软件名称	著作权人	登记号
Universal 3D Studio 软件	孔令德、张彦平、刘璞、石长盛	2018SR619268
井栏壶渲染系统 V1.0	刘璞、孔令德、张彦平、郭盛昌	2019SR0494781
西施壶渲染系统 V1.0	孔令德、张彦平、刘璞	2019SR0546658
掇球壶渲染系统 V1.0	张彦平、孔令德、刘璞	2019SR0547642

(4) 就业情况及社会评价

经统计，自 2012 年起，计算机工程研究所历届毕业生从事计算机图形图像处理相关岗位工作的比例有 96%，而我院计算机专业学生整体从事本专业工作的比例为 41.7%，研究所培养毕业生在本行业的就业率远远高于专业平均就业率。下表为部分毕业生的工作情况。

表 6 部分毕业生就业情况

学生姓名	就业单位	从事方向
甘文俊	北京朗迪锋科技有限公司	工业虚拟仿真
龙仕鸿	北京朗迪锋科技有限公司	游戏引擎开发
杨旭东	北京朗迪锋科技有限公司	游戏引擎开发
刘嘉	北京朗迪锋科技有限公司	游戏引擎开发
苗雨壮	北京像素软件科技股份有限公司	主管引擎开发
石长盛	北京像素软件科技股份有限公司	游戏引擎开发
陶作柠	北京像素软件科技股份有限公司	游戏系统开发
许鸿	北京像素软件科技股份有限公司	游戏系统开发
刘毅博	北京像素软件科技股份有限公司	游戏引擎开发
郭盛昌	北京像素软件科技股份有限公司	游戏引擎开发

从计算机工程研究所毕业的学生，不论是考研深造还是就业，对在研究所的经历感触颇深，研究所的培养效果也得到了一些企业的高度评价，如下图。

校企合作单位人才质量反馈

我司与太原工业学院计算机工程系签订了订单式人才培养协议，参与修订了人才培养方案。2017 年录用了石长盛，陶作柠两位同学，他们在工作期间就展示了扎实的理论基础和娴熟的实践技能，能够迅速融入团队、进入工作状态。

太原工业学院是我司在山西省的第一家合作院校，希望通过订单式人才培养模式能够提供更多符合我司技术需求的毕业生以解决人才储备的问题。

北京像素软件科技股份有限公司

2018 年 3 月 15 日

北京朗迪锋科技有限公司对太原工业学院 计算机工程研究所培养模式的评价

北京朗迪锋连续多年来与太原工业学院计算机工程研究所深度合作，为学生提供锻炼平台和接触社会的窗口，研究所为朗迪锋输送了大批精干人才。从实践经验来看，研究所培养出的学生对算法掌握扎实，也掌握了一定的开发工具，有自己钻研、独立解决问题的能力，在处理过程中也能体现出良好的外语和数学素养。

站在公司的角度上讲，计算机工程研究所所采用的“工具、算法、数学、外语”四部曲培养模式是成功的。不管毕业之后是否留在朗迪锋，还是到其他企业就业，研究所学生在行业内表现的都非常不错，可以说这种为企业人才定制的培养模式是非常成功的。



图6 订单式培养合作企业反馈

太原工业学院计算机工程研究所

毕业生调查表

姓名	学号	在校专业	照片
彭俊亮	031055/02	网络工程	
研究所学习时长	学习内容	毕业日期	
4年	程序设计	2007.6	
现在工作单位	从事工作	职务	
北京南讯软件有限公司	开发	高级软件工程师	

首先感谢孔老师在这四年研究所生涯中的培养和照顾。研究四年来的生活中使我从一个程序小白一步步成长，成为具有一定能力的开发者。期间，孔老师带领我们从图形学到计算机图形学的转变，通过编程实现图形图像，让我们认识到了图形图像的美妙，也使我对于程序开发更感兴趣，也让我能这么多年一直坚持程序开发的道路。现在能成为公司开发骨干力量也是孔老师坚持教导不开的。再次感谢研究所生活，再次感谢老师。

签名：彭俊亮

1581096214

2018年8月4日

太原工业学院计算机工程研究所

毕业生调查表

姓名	学号	在校专业	照片
罗皓楠	0920542	计算机科学与技术	
研究所学习时长	学习内容	毕业日期	
2年6个月	分形与图形学	2013.7	
现在工作单位	从事工作	职务	
南京理工大学	深度学习与视频理解	在读博士	

在研究所的两年半时间里，我学到许多在课堂和书本上学不到的专业知识和编程经验，孔老师的悉心指导让我对计算机专业知识的学习有了更多的信心，同时也对图形图像领域产生了浓厚的兴趣。在研究所的学习和研究经验为我之后硕士和博士的学习生活打下了坚实的基础，让我在与同龄人的竞争中总能脱颖而出。另外，我在研究所认识了许多勤奋并且聪明的同学，从他们身上我学到了很多。

目前我正在南京理工大学计算机学院攻读博士学位，方向为深度学习与视频理解，主要对公共安全视频监控画面进行智能化分析，同时为无人驾驶车辆提供环境感知方面的支持。本人已发表学术论文三篇，这些论文分别被SCI、EI和CPCI所检索。我所在的实验室与新加坡南洋理工大学有着深入交流合作，我本人也将于近期到南洋理工大学进行为期一年的交流访问。

预祝太原工业学院计算机工程研究所越办越好！

签名：罗皓楠

电话：18851195606

2018年4月1日

图 7 毕业生反馈

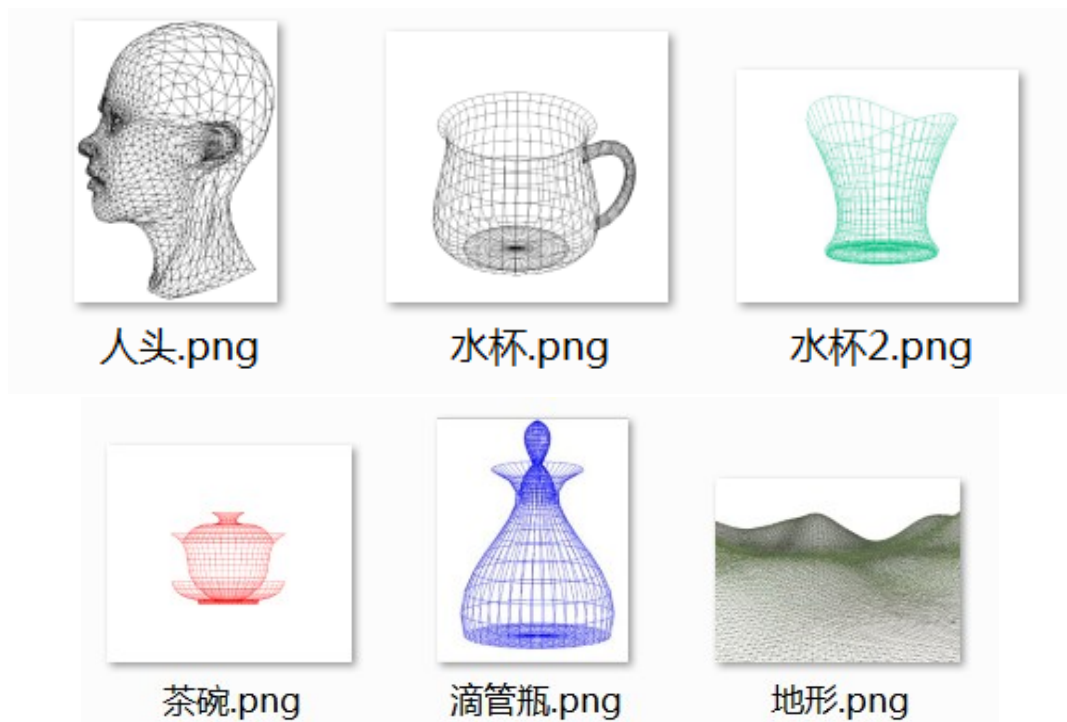


图 8 学生作品节选

通过多年探索与实践，“以研究所为平台、企业需求为导向、‘工具——算法——数学——外语’四步教学法”形成的培养机制在多方面取得了成果，计算机工程研究所不仅为社会和企业培养了更多高素质人才，也为本科教学的应用型建设工作提供了宝贵的经验。苏格拉底曾经说过：“教育不是灌输，而是点燃火焰”，今后，我们将继续努力探索高水平应用实践创新人才培养的途径和方法，为社会培养出更多具备应用创新能力的有用人才而燃烧。