Research on Multi-dimensional Teaching Platform of "Data Structure" Course

Hongli Chen, Li Zhang and Bo Liu*
Beijing University of Technology, Beijing, China
*Corresponding author

Keywords: Data structure, Multi-dimensional teaching platform, Innovation ability, Practical ability.

Abstract. As an important professional basic course, the data structure course affects the teaching effect of subsequent multiple courses. Because of the difficulty of the course, the students' teaching background is different and the individual differences, the problems existing in the present teaching and the new situation have put forward new requirements to the teaching. Based on the above problems, the multi-dimensional teaching mode is put forward. First, the teaching content is optimized and the innovation can be optimized under the premise of adopting the scientific teaching idea. The multi-dimensional practice teaching of force training, followed by the process assessment, the multi-dimensional assessment method of ability as the target, and finally build the platform of knowledge sharing, and build a multi-dimensional learning environment. In the past few years, this model has not only highlighted the necessary theoretical basis, but also strengthened the students' practical ability in engineering practice, stimulated the students' interest in learning and innovation, improved the quality of teaching, and achieved good teaching results.

“数据结构”课程多维教学平台研究

陈洪丽, 张丽, 刘博*
北京工业大学，北京，中国
*通讯作者

关键词：数据结构；多维教学平台；创新能力；实践能力

摘要：作为一门重要的专业基础课程，“数据结构”课程影响到后续多门课程的教学实施效果。由于课程自身有难度的特点，学生的教学背景不同和个体差异，目前教学中存在的一些问题，以及新形势对教学提出了新要求，基于以上问题，提出多维教学模式，首先在采用科学的教学理念的前提下，优化教学内容，创新能力培养的多维实践教学，其次注重过程性考核，能力为目标的多维考核方式，最后搭建知识共享平台，构建多维立学习环境。实践几年来，这种模式既突出必要的理论基础，又强化学生的工程实践能力，激发学生的学习兴趣和创新意识，教学质量进一步改善，取得了良好的教学效果。

1．研究背景

世界范围内新一轮的科技和产业革命正驱动着新经济的形成与发展，第四次工业革命的浪潮扑面而来，“中国制造2025”、“互联网+”、“一带一路”等国家重要战略对我国高等教育改革发展提出新的要求，工科专业面临新机遇、新挑战，使得“新工科”建设成为当务之急和长远之策，能否及时更新教学理念，培养具 有核心能力的新人才，是适应时代发展的需要[1-2]。

Copyright © 2019, the Authors. Published by Atlantis Press.
This is an open access article under the CC BY-NC license (http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/).

为了积极推进工程教育改革，探索工程人才培养新模式及适应新形势的需求，信息类专业以学生为中心，基于成果导向教育理念，以培养具有创新意识和解决复杂工程问题的能力[3]人才为目标，在教学体系重构，专业行业特色、工程实践教学、创新意识培养等环节展开积极的探索和改革。“数据结构”课程是计算机及许多相关专业的核心专业课程，是许多后续课程如“操作系统”、“数据库原理”及“算法设计与分析”等的先修课程。“数据结构”课程能够综合培养学生多方面的能力，如利用计算机解决实际问题的能力、抽象思维能力、逻辑推理能力和团结协作能力等。通过数据结构课程的学习能够使学生从程序设计语言的抽象语法的学习逐渐过渡到利用计算机去解决实际问题，能够进行复杂、大型的程序开发。学好该课程是计算机及相关专业人才有效利用计算机解决实际问题、创新实践思维的基础。

2．数据结构课程研究现状与问题

通过对北京、南京、浙江、河北等地的高校数据结构课程进行实地调研，鉴于数据结构的重要性，目前在课程教学过程中提出了很多教学方法。李燕等提出了基于目前工程教育领域兴起的CDIO理念，研究、探索以项目驱动的方式开展数据结构课程教学[4]。吴长伟等针对数据结构实践教学存在问题的基础上，提出基于校企合格，构建数据结构课程多维度实践体系模型[5]。赵锦元等提出任务驱动教学法应用于数据结构教学过程中[6]。赵庆聪提出在云计算教学平台上，进行翻转课堂教学实验模式，设计实验教学过程[7]。姚丽莎提出将项目驱动教学应用于数据结构课程教学中[8]。尽管这些方法取得了一些成绩，然而由于数据结构这门课程的特殊性，目前在教学过程中仍存在着一些问题。尽管各个高校都在进行该课程的教学改革，尤其是实践教学改革，希望通过实践深化学生对理论教学的理解，提高学生的实践能力，激发学生的学习兴趣和创新意识，但是教学改革的结果与既定目标相差甚远。在目前教师的教学和学生的学习中，还有许多需要迫切解决的问题。

2.1 数据结构课程特点决定了教学内容的难度

该课程是计算机及相关专业人才有效利用计算机解决实际问题、创新实践思维的基础，对学生将来工作和深造，今后从事理论研究、技术开发管理等都具有重要的影响。由于该课程知识抽象、理论庞杂，学生普遍感觉是该课程理解难度大，学生困难，在心理畏惧该课程的学习。同时该课程对实践环节要求较高，很多学生对上机实验力不从心，无法真正深入理解算法的本质，无法形成计算机思维，远远达不到实践教学的目的。

2.2 教学对象特点决定了教学方法的差别

“数据结构”课程一般是在大二第一学期开设，高等教育从“精英型”转变到“大众型”，同一年入学的学生学习能力和动手能力有较大差别。因为计算机基础参差不齐，前导课程掌握不情况不是很好，所以在数据结构课程实际教学过程中，学生之间也存在较大差异，大致分为两个层次：

第一层次是前导课程掌握较好，“数据结构”课程理论知识能够听懂，且动手编写过很多程序，对编程和数据结构与算法很感兴趣。对于该层次学生来说，根据教学内容安排的实验方案，学生得不到很好的提高学生的实践能力，激发学生的学习兴趣。

第二层次是学生先修课程掌握不够。“C语言程序设计”或“C++程序设计”课程是数据结构的前导课程，学生在学习过程中由于多种原因语言没有掌握和熟练掌握，学生感觉数据结构课程理论知识虽然能够听懂，但是不知道从何处下手实践。这部分学生需要从掌握基本知识点开始加以训练。

2.3 目前教学存在问题

目前的“数据结构”课程的教学基本包括理论教学、课内上机和课程设计。该课程的理论内容高度抽象，并且实践性很强，当学生在完成作业或解决实际问题时，往往表现出现理

论和实践相脱节的现象，最后缺乏学习的积极性。课内上机主要是就某一个知识点让学生进行上机练习，使得学生无法体会利用计算机去解决实际问题的乐趣，而且上机效果的好坏也取决于前导的程序设计语言课程的掌握程序，难以激发学生的创新能力和实践能力的培养。

另外，教师在教学中仍旧采用以“教”为主的教学方法，在课堂教学中大部分时间都“满堂灌”，课内上机自己练的模式。教师在教学时间内力求将每个知识点尽量清晰而详细的传授给每一位学生，却忽略了学生本身的反应，无法有效地激发学生学习的欲望与积极性，使得学生被动接受老师所教的知识，主观能动性差，自学能力和实践能力不能得到很好的培养。而且学生课外练习量严重不足，教师辅导力量不够，考核形式单一，这就导致学生在学完课程后虽然理论知识掌握较好，但还是不会编写程序，解决问题能力较弱，其它方面没有得到锻炼。

2.4 新形势对教学提出了新要求

随着我国高等工程教育认证的逐步推进，新形势下经济发展对应用型人才工程素养与能力提出了新的要求。文献[9]指出我们国家正式启动新工科研究与实践建设项目。文献[10]中指出制定《国标》遵循三大基本原则：一是突出学生中心；二是突出产出导向；三是突出持续改进。在新工科建设背景下，高等院校应依据《国际》加快传统工科专业的转型升级，对专业人才培养目标重新定位，对现有工程专业的培养方案、培养模式进行改革创新。未来新兴产业和新经济的发展对传统工程专业人才培养提出了严峻挑战，要求各高校培养出工程实践能力强、创新能力强、具备国际竞争力的高素质复合型人才[11-12]。

在国际国内大的背景下，随着MOOC、微课以及网络开放课程的发展应用，教学和学习形式发生了较大转变，对教学提出了新要求。因此我们需要更新教学观念，充分利用现代信息技术，对数据结构课程开展教学改革，以适应新形势下的课程教学要求。

3．数据结构课程教学改革与实践

教学方法和教学内容决定教学质量，针对数据结构课程教学过程中出现的上述问题，优化设置教学内容，改革传统的教学方法，创新实践教学环节，对于学生的应用创新能力培养有着重要的意义。本文以北京工业大学软件学院“数据结构”课程为依托，在新工科高等教育思想形势下，从教学内容、教学方法、教学实践、质量评价等方面开展“数据结构”课程教学改革与实践研究，提出一种新的多维教学方法，即更新教学理念，开展多维教学模式；创新能力培养的多维实践教学模式；以能力为目标的综合考核评价模式；搭建知识共享平台，从而在统计分析教学反馈数据的基础上优化课程设置和内容，最后对本专业工程教育实践教学体系进行重构。如下图1所示。

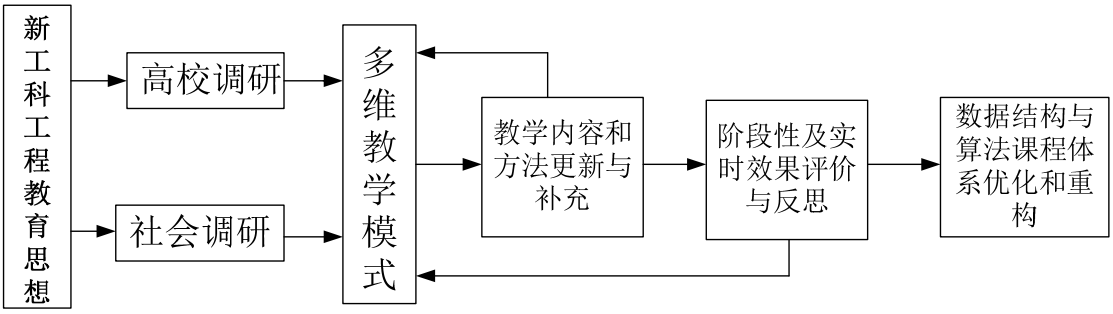

图1 教学改革技术路线

3.1 更新教学理念，开展多维教学模式

在新工科建设背景下，实践教学作为连接理论与应用的桥梁，是培养学生创新工程能力的切入点。只有将信息类相关专业的最新发展，行业对人才培养的最新要求引入实践教学过程中，更新教学内容和教学方法，才能真正达到所要求的培养目标。

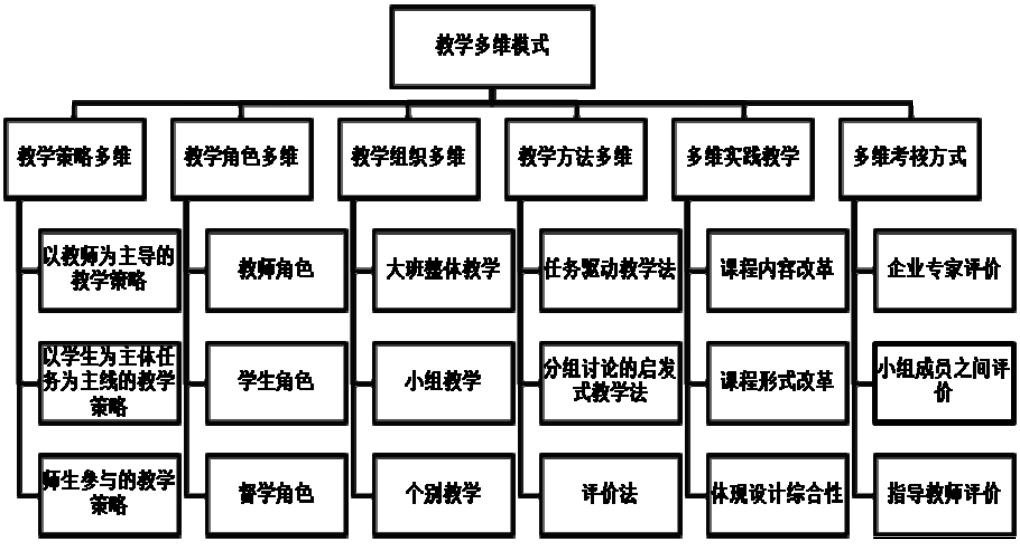

图2 多维教学模式示意图

在新工科建设背景下，教学理念应产生相应的转变。我们采用教学多维模式思想为教学理论指导，包括教学策略多维、教学角色多维、教学组织多维、教学方法多维，另外，教学多维还体现在校企合作方面。校企合作是高校教育的一种办学模式，企业参与可以将企业先进思想和先进技术引入高校，给实践教学注入新的血液。实践课程可以由校企双方共同承担。上述的教学策略多维又分为：以教师为主导的教学策略、以学生为主体，以任务为主线的教学策略、师生参与的教学策略；教学角色多维又分为：教师角色、学生角色、督学角色。教师除了扮演本职角色，还学习了解学生的创新思维以及个性化特点，以丰富教学思路和提高教学效果。教师还充当督学，成为教和学的监控者、评判者和研究者，他可根据课堂动态适时改换自己的角色。教学组织多维在是指充分利用实验教学的灵活性，在大班整体教学内部间以小组教学和个别教学，以在较大百分比上实现“因材施教”。创新能力的培养，并非是教师讲授的内容越难越好，而是体现在教学过程中是否融入了应用创新的理念，其关键在于增强学生对教学过程的参与。改革传统的教学模式，针对教学内容，凝练一些与实际问题结合紧密的、学生感兴趣的教学问题，让学生参与讨论。教师在讲解时，逐步的启发和引导，让学生互相探讨得出结论。体现在教学方法多维，可以采用任务驱动教学法、基于分组讨论的启发式教学法、评价法等方法。这样就会调动学生的积极性，启发学生去思考问题，培养了学生的应用创新思维，久而久之让学生养成了勇于思考、探索、发现问题和解决问题的习惯，这样可对学生应用创新能力的培养起到积极的作用。

3.2 优化教学内容，创新能力培养的多维实践教学

文献[3]指出学生能力的培养是一个逐渐形成、综合作用和螺旋上升的过程，不是简单的直线提升，而是要经历螺旋式上升的过程，包括从基本技能到动手能力、从动手能力到实践能力、再从实践能力到创新能力、最后从创新能力到综合能力。所以实践内容应该做的由浅入深、由点到面、由简单到复杂，以适应学生从掌握基本技能、具备动手能力和实践能力、拥有创新能力到最终形成解决复杂工程问题能力的过程。

在采用科学的教学理念指导下对数据结构课程采用多维实践教学模式。在该模式中，针对不同的学科，数据结构实践课程的侧重不同，计算机科学与技术专业、软件工程专业的实践课程更加系统，知识结构也更加全面；数字媒体技术专业和电子信息工程专业的实践课程更加侧重于算法和应用，即采用某种数据结构去解决实际问题，更加关注算法的比较分析和优化设计。基于此模式，首先进行任务驱动的实践课程内容改革，然后是实践课程形式改革。内容决定形式。明确落实到具体的实践环节上，首先增加实验内容，完善对理论课的辅助作用，其次转换实验题目，提升实验的应用性和趣味性，再次提升实验难度，体现实验的设计

性和综合性。按照循序渐进、由浅入深的规律，将实践题目按照题目难度从低到高的顺序分为验证型实验、设计型实验及综合型实验三个层次。最后，将各类学科竞赛试题的解决方案融入课程的实践教学中；以科研带动和促进教学，将最新技术的发展成果融入到教学内容之中。然后对课程目标进行修订补充，完成内容改革。根据前期研究和实践效果，进行理论课程和实践课程目标、内容、学时的优化，对数据结构课程进行体系优化与重构。

为了满足不同层次学生的需要，我们设计了四类实验，构建“验证性实验-设计性实验-综合性实验-课程设计”的递进式实验内容，在“理论-实践-再理论-再实践”的反复过程中，促进学生学习能力的提高。

3.2.1 实践分层次进行，因材施教

为了让每位学生都获得较好的体验，在实验教学中开展分层教学，根据不同层次制订不同的实验教学目标，完成不同的实验内容，将实验内容按照难易程度设置成验证型实验、设计型实验以及综合型实验三个层次。第1层次是基础较好的学生，可以选做验证性实验，要求必须完成设计型实验，鼓励选做综合型实验；第2层次为基础薄弱的学生，从验证性实验做起，必须完成验证性实验，鼓励选做部分设计型实验和综合型实验。在这里如何区分不同层次的学生呢？有两种情况：第一种情况学生可以根据自己的实际情况划分是属于哪一层次学生，然后选择合适的实验开始做；第二种情况是所有学生都可以先尝试从高层次开始即设计性实验开始，如果不顺利，那么再转入低层次学习，加入验证性实验。最后不同层次的学生根据实验完成情况综合考核评价时成绩会有所区别。

各层次学生对应的实验内容如下图3所示。

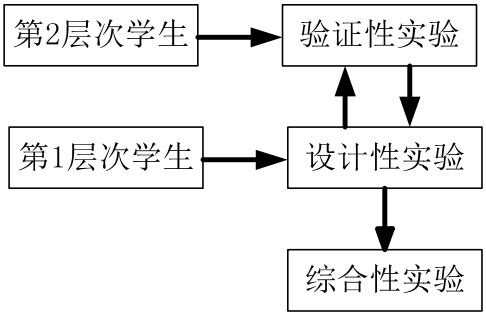

图3 各层次学生对应的实验内容设置

在进行综合性实验和课程设计时，邀请企业导师与校内导师共同参与，以加强学生实践能力和创新能力的培养。

3.2.2 实验分小组进行，培养团队协作

在进行综合性实验和后期的课程设计题时，我们将学生分组进行实验，3-5个人一组。实验小组由不同类型、不同层次的学生组成，使学生能够互帮互带。

要求小组成员分工明确，在实施的过程中，学生需要及时对出现的问题进行交流讨论，寻找解决问题的方案。这样，一方面培养了学生的沟通协作能力；另一方面，在设计开发过程中，激发了学生的潜能，培养了学生创新和自主学习的能力。

验证性实验和设计型实验可以由校内教师承担，综合型实验和课程设计可以由企业导师来承担。

3.2.3 工程课题或学科竞赛引入实验内容

推动教师将研究成果及时转化为教学内容，向学生介绍学科研究新进展、实践发展新经验，提高课程兴趣度。将教师的科研项目中涉及数据结构的知识讲给学生，感兴趣的学生可参与教师的项目中，这样提高了学生的学生兴趣，在项目实践中使学生掌握了数据结构的知识；将各种赛事试题的解决方案和数据结构课程进行融合，也可有效地提高学生的兴趣。

3.3 注重过程性考核，能力为目标的多维考核方式

一门课程或一个教学环节的考核评价方式的选择和确定要遵循三个原则：有效性、多样性和可行性[3]。对学生的学习过程进行多维考核方式，是改善教学效果、提高教学质量的关键。我们这里的评价主体包括企业专家评价、小组成员之间评价、学生自我评价和指导教师评价四种。对于数据结构课程的评价考核，指导教师可分为平时成绩、期末理论考试、实验考核三大部分，最终通过加权确定课程的成绩。平时成绩主要考核学生的上课和上机实验的到课情况；期末理论考试重点考核学生对课程重难点知识的掌握情况；而实验考核主要考核学生的实践能力和应用创新能力，可以通过学生对实验的完成情况，实验结果是否正确，算法是否可行，现场对实验过程的讲解等几方面进行考核。考核方式既强调了学生平时的学习过程，又测验了学生对课程知识点的领悟程度，更重要的是检验了学生对该课程的应用创新能力。

考虑到数据结构种的实践性，将本课程的考核重点放在实践教学过程中学生实践能力和创新能力上。我们邀请企业里工程能力强的工程师，参加授课和相关实践课程的考核评价，以使得学生解决实际能力的培养能够更好地达到行业企业的要求。为了避免学生消极怠工，对能力高的学生过分依赖现象，在实践课程考核方面加入小组成员互评，学生自我评价，使实践考评更加公正和客观。例如可将权值设成如下：实验考核成绩=验证型实验(20%)+设计型实验(50%)+综合型实验(30%)。课程设计的考核成绩包括综合报告(20%)、现场答辩(30%)、程序演示(30%)以及小组互评(20%)。另外针对不同层次的学生的实验完成情况进行考核评价时成绩会通过不同的权值有所区别。这样方式考核，既强调了学生平时的学习过程，又测验了学生对课程知识点的领悟程度，更重要的是检验了学生对该课程的应用创新能力。

3.4 搭建知识共享平台，构建多维立体学习环境

数据结构课程内容繁多，为了方便学生自主学习，培养学生实践能力和创新能力，通过“慕课”、网络云等多种手段，发布相应的电子教案、实践案例、实验指导、算法源码、重点难点视频、习题库及答案等丰富的教学资源，搭建知识共享平台。学生可在线学习感兴趣的更多内容，并将学习中的任何疑问和学习心得进行共享，教师协助答疑解惑，并可进行网络模拟测验，并与课堂教学结合起来，集课堂、实验、网络教学于一体形成多维立体的学习环境。这样，保证了“课外时间”最大化来完成教与学时间的延伸。学生能够在课外自主学习，又能随时随地在师生间、生生间进行良好的互动交流。教师需要通过信息技术构建学习支持系统来为学生提供个性化与协作化的学习环境。这个平台除了提供可以让学生自由交流的空间外，还需重点解决如何通过教师干预来引导学生自我组织和控制个性化学习和探究性学习，又如何通过此环境来记载和跟踪学生的学习过程和学习结果等关键问题。

4. 教学改革的实施效果

数据结构课程教学对软件工程专业和数字媒体专业两个专业毕业要求的达成提供了支持。通过本课程提供的程序设计语言、软件开发方法的训练，进一步提高了学生的数据抽象能力，提高了学生设计高质量程序的能力。近几年来，通过对数据结构课程进行实践教学改革，取得了良好的教学效果。学生们学习数据结构课程的兴趣和积极性有了进一步提高，以程序设计能力为主要考察目标的课程成绩同时稳步提升。下图4为近年来软件学院数据结构课程考试平均成绩成绩、考核难度、专家打分和学生评价表图。从图5所示的软件学院全国蓝桥杯软件设计大赛获奖可以看出，从2014年到2017年，获奖率从53%逐步到升到92%。另外，先后有200多名学生在全国电子设计大赛、机器人大赛、ACM大赛、计算机应用大赛等赛事中获奖。

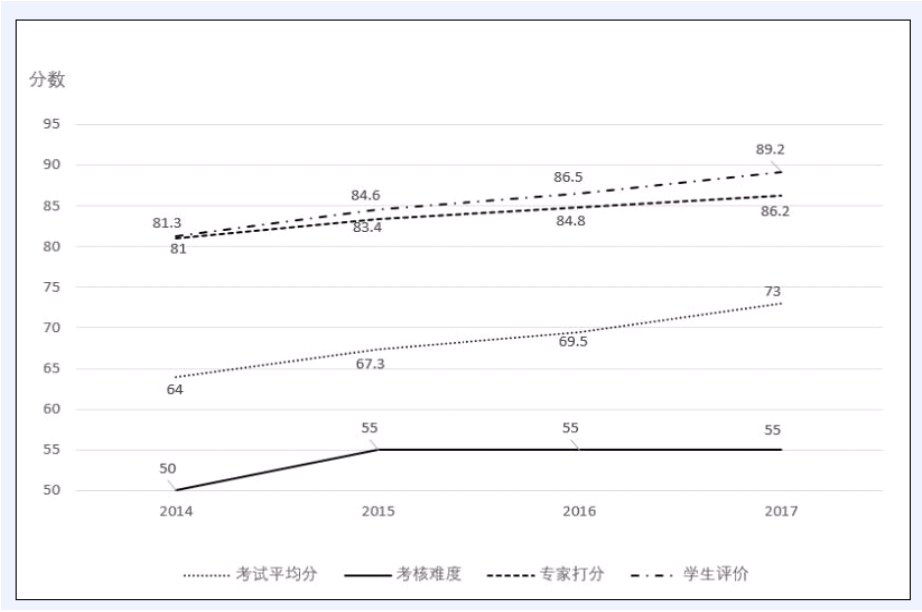

图4 数据结构课程考试平均成绩、考核难度、专家打分和学生评价表图

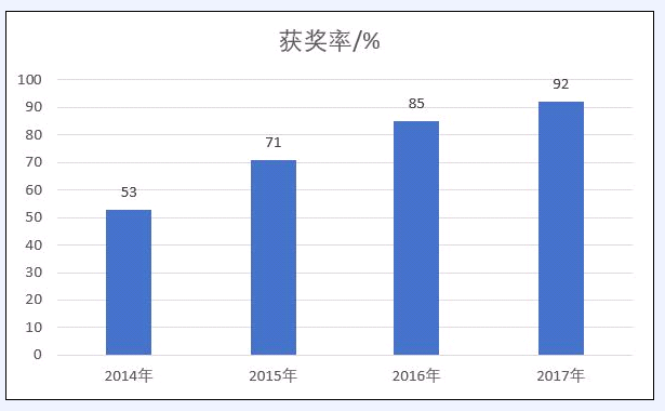

图5 学生竞赛获奖情况

5. 结束语

本文提出并实践的关于数据结构课程的多维教学模式，应用于软件工程专业和数字媒体技术专业的实践教学环节多年来，初步取得了一定效果，可为信息类复合人才培养提供创新模式参考和内容支持。实践是实现创新最重要的源泉，是知识到能力的催化剂。在实践教学过程中，关注学生创新能力的培养、探索实践教学体系建设是一个长期的过程，仍有许多问题值得研究，如整个课程在学习链中与后续课程的衔接问题等。下一步我们将继续挖掘实践教学中的问题，提出更多、更有效的解决方案。

References

[1] Fudan Consensus on the Construction of New Disciplines [J]. Higher Education Research, 2017.15.

[2] Action Line for the Construction of "New Subjects": Tianda Action [J]. Higher Education Research, 2017.2.

[3] Lin Jian. How to Understand and Solve Complex Engineering Problems - Based on the Definition and Requirements of the Washington Agreement. Research on Higher Engineering Education. 2016.5.

[4] Li Yan, Dai Shifang, Su Hangli. Teaching Exploration of Data Structure Course Integrating CDIO Concept. Computer Age. 2016.10.

[5] Wu Changwei, Zheng Xiaoxia and others. Reform of multi-dimensional practical teaching system of Applied Undergraduate data structure course. China Metallurgical Education. 2015.4.

[6] Zhao Jinyuan, Xiong Bing, Tang Zhihang. Application of Task-driven Teaching Method in Data Structure Teaching. Computer Science. 2015.2.

[7] Zhao Qingcong. Experimental Teaching Model of Data Structure Course Based on Flip Classroom. University Education. 2016.2.

[8] Yao Lisa, Yu Yun. Application of Project-driven Teaching in Data Structure Teaching. Journal of Chifeng University (Natural Science Edition). 2017.2.

[9] Circular of the Department of Higher Education of the Ministry of Education on the Development of New Research and Practice (Letter No. 2017]6 from the Department of Higher Education of the Ministry of Education) [Z].2017.2

[10] National Standard for Teaching Quality of Undergraduate Specialty in General Colleges and Universities [Z].2018.1.

[11] Jiang Zongli. Computer Specialty Reform under the Background of New Discipline Construction [J]. Teaching in Chinese Universities. 2017.8.

[12] Zhou Kai, Zeng Yuzhen. Exploration of the Core Competence and Teaching Model of New Subjects [J]. Chongqing Higher Education Research. 2017.1.