**基于C++编程的初中计算思维培养实证研究**

**摘要：**近年来，计算思维培养受到越来越多专家学者的重视。在我国，初中信息技术课程中关于计算思维培养的内容少，效果不显著。C++语言由于其兼具面向对象和面向过程且易于描述问题的优势，作为培养计算思维的有效载体，得到信息技术教师的青睐。结合初中学生特点，将C++编程引入课堂，并且采取基于计算思维培养的C++教学模型进行授课。通过实验、分析发现学生的计算思维水平得到显著提升。

**关键词**：计算思维； 信息技术； C++；

2017年中国人民教育出版社出版的普通高中信息技术教材及课程标准中将计算思维作为与信息意识、数字化学习与创新、信息社会责任作为信息技术学科四大核心素养，并在课标的解读中对计算思维从概念到实操等多方面做了描述。为基础教育计算思维的培养开辟了一条全新的道路。

C++作为一种面向对象的程序编写语言，兼具面向过程语言的特点，且在问题描述方面非常擅长，同时能够很好地承接学生在小学阶段学习过的图形化编程内容，更适宜在初中教学中用于开发学生的计算思维。但实际教学后的效果如何，基于什么样的模型、采取什么样的内容来进行教学才能真正取得思维培养的结果，需要我们通过实践来证明。

**一、关于计算思维**

2006年，周以真教授首次提出计算思维的概念。2011，她对计算思维进行了新的阐述，她认为计算思维是一种解决问题的思维过程，能够清晰、抽象地将问题和解决方案用信息处理代理所能执行的方式表述出来[1]。

分析周以真多年来对计算思维的阐述可以看出，她将“问题解决”视为计算思维非常重要的环节。2011年，国际教育技术协会（ISTE）和计算机科学教师协会（CSTA）联合制定了中小学计算思维的操作性定义，其中也明确将计算思维定义为解决问题的一种过程[2]。本文作者结合实际教学经验认为“问题解决说”对于中学生信息技术课程的操作及计算思维培养过程更有利，下文也将围绕“问题解决说”展开对计算思维培养的课程设计。

**二、研究设计**

（一）研究目标

通过基于计算思维培养的C++编程教学模型进行信息技术课程C++编程内容教学是否会显著地提升学生的计算思维水平。

（二）研究对象

天津外国语大学附属某外国语学校七年级两个班的学生为本次研究的对象。七年级A班为实验班，七年级B班为对照班。在实验班开展基于计算思维培养的C++教学模型指导下的编程教学，在对照班开展传统编程教学（教师讲，学生模仿）。实验时间为2018年9月至2019年1月中旬，共计17周。实验开始前，两班均进行计算思维能力前测，结果（各维度P值均大于0.05）无显著差异。

（三）教学方案设计

1.基于计算思维培养的C++编程教学模型设计

2013年南安普敦大学的Cynthia Selby博士和John woollard博士从五个方面提出了计算思维的要素，包括算法思维、评估、分解、抽象、概括[3]。

根据陈鹏、黄荣怀等人的统计与研究，关于计算思维概念、定义、特征和要素，学者们使用的词汇频率从高到低为：问题解决、抽象、过程、计算机……对于计算思维的主要构成元素学者们的意见还是趋于一致的，主要包括抽象、概况、分解、算法、调试等[4]。

在国际教育技术协会和计算机科学教师协会给出的计算思维的操作性定义中不仅将计算思维视为一种基于问题解决的过程，并对其关键环节给予了明确表述包括（但不限于）：制定问题，并能够利用计算机和其他工具来帮助解决该问题；逻辑化地组织和分析数据；通过抽象（例如模型和仿真）再现数据；通过算法思维（一系列有序的步骤）来支持自动化解决方案；识别、分析、实施可能的解决方案，同时结合上述步骤和资源，找到最有效的解决方案；将该问题的解决过程推广并迁移到更广泛的问题中。

在大量理论研究与一线编程教学实践的基础上，本研究从计算思维的“问题解决”观出发，以计算思维的分解、抽象、算法、评价与归纳五大特征为主线，基于皮亚杰建构主义中以学生为中心的观点，设计提出了基于C++编程的教学模型。

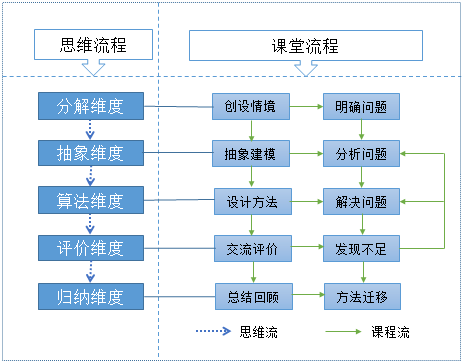


图1 基于计算思维培养的C++编程教学模型

基于计算思维培养的C++编程教学模型以问题解决为主要出发点，注重思维的引导和建设。这不仅体现在教学时间的分配上，还体现在教学内容和过程的设计中。在创设的情境上注重与学生的实际生活相联系，在抽象建模与设计方法的过程中注重流程图的多层次应用（情境流程—文字流程—符号流程）。交流评价环节要确实存在，发现不足后重新进行问题的分析和方法的设计。总结回顾环节要注重学生思维的回顾和思维的迁移引导。整个课堂流程要以学生的思维流程为主导。

2.计算思维培养的教学内容设计

根据结构主义观点，设计一个教学体系，需要建构相应的知识系统。这就是我们常说的知识结构，把需要讲授的知识体系分解为知识单元和知识点，每一个知识点内容、传授的方式、检验是否掌握的方式都要制定相应的要求和标准。甚至需要细到每一堂课讲什么，怎么讲。按照这样的思路进行计算思维培养教学体系设计我们似乎应该总结出计算思维的各个特征点（例如，分解、抽象、转化、递归、并行……）并将这些特征点进行清晰地归类和划分，然后通过一堂一堂课程教授给学生，并逐渐内化为学生的思维方法。这种结构主义教学体系培养模式适应于工业化人才培养需要，具有标准易掌握，培养速度快的优点，是当今世界通用本科人才培养模式。但如果将其生搬硬套到初中生的计算思维培养中来，却不是很适宜。因为从某种程度上来说这种讲授的培养模式是线性的，不利于学生思维的养成，更加不利于思维发散性和灵活性的培养。思维培养的主体是学生，关键是思维过程。思维的主体需要在通过对问题的分析、综合、概括、抽象、比较、具体化和系统化等一系列迭代过程中体验感悟思维的过程。因此，基于上文提到的教学模型，以“问题解决”为主线引导学生提升计算思维。例如，在How to change？问题中，教师首先给出的是背景情境：妈妈在姐姐和弟弟的水杯中倒入了不同的饮料，如何在不交换杯子的情况下交换对方的饮料呢？然后让学生自己思考进而明确问题是“互换”，分析问题后可将两个杯子抽象为计算机中的存储单元，饮料抽象为存储单元中的变量值。解决问题的方法是可以开辟一个新的存储单元，建立一个新的变量，通过第三个变量的传递将原来的两个变量进行交换。最终总结后可将这一方法迁移到解决类似问题中，例如解决系统中两个文件的名称互换问题。

当然我们也并非要放弃对计算思维特征的强化与量化过程。可以根据计算思维特征学习的难易程度不同，将其主要特征点与C++编程教学内容相融合，设计不同层次的任务。依据难易程度不同赋予不同的指代目标。将整体教学流程纵向上划分为知识准备阶段、经典练习阶段和提升能力阶段。让学生以问题为主线，解决任务。下表为部分教学架构表。

表1部分教学架构表

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **一、知识准备阶段** | | | | | |
| 活动名称 | | 知识目标 | 目标指代参数 | | 课时 |
| 我想对你说 | | 创建源文件、变量类型、赋值语句、数学表达式、输入和输出语句 | A | | 1 |
| 我会算鸡兔同笼 | | 定义变量、变量赋初值、顺序结构设计 | B | | 2 |
| 火车票票价计算 | | 关系表达式、逻辑表达式、条件表达式、选择结构设计 | C | | 2 |
| 投沙包 | | for循环结构设计、变量自增自减 | D | | 2 |
| 银行密码要牢记 | | While循环结构设计、变量自增自减 | E | | 2 |
| **二、经典练习阶段** | | | | | |
| 活动名称 | 知识目标 | | |  | 课时 |
| 水仙花数 | 一个三位数，每个位置上的数字的立方加和等于这个数本身。   1. for语句控制循环的次数，遍历所有要被检验的数据。 2. IF语句来检测该数据是否符合水仙花数的要求。 3. 将所有的水仙花数输出到屏幕。 | | | A+B+C+D+F(F:循环与选择结构的嵌套使用） | 2 |
| 回文日期 | 日期正序和反序都是这个日期。   1. 一位数组的定义和初始化。 2. 双层循环控制结构的使用。 3. 双层循环结构内嵌套选择结构语句，逻辑关系的归属问题。 | | | A+B+C+D+E+F+G(G:一维数组定义和初始化;H:多层循环结构） | 3 |
| 为我喜欢的歌手投票 | 学校推出10名歌手，学生会想知道这10名歌手受欢迎的程度。   1. 用函数给数组初始化的方法。 2. 活用数组下标。 3. 两种循环结构的灵活使用。 | | | A+B+C+D+E+G+I（I:数组下标的灵活使用） | 3 |

（四）研究工具

1.试卷测验量表

围绕计算思维的五个核心概念（分解、抽象、算法、归纳和评价）设计五个维度的测验量表，共25道测试题目，每维度5道题，每题4分，共计100分，得分越高，计算思维水平越高，反之，水平越低。实验开始前，进行量表预测试，将高分组和低分组做独立样本t检验，显示差异性显著(P<0.05)，由此证明该量表的区分度较高。同时，对量表的五个维度进行克朗巴哈信度系数计算，分解、抽象、算法、评价、归纳五个维度的信度系数分别为：0.864、0.789、0.643、0.616、0.540，量表的整体信度系数为0.882，表明该量表信度较高，可以用于实验测试。

2.计算思维自我效能感测试量表

参照Korkmaz 和 白雪梅关于计算思维测试的量表，本研究编制用于测试学生关于计算思维自我效能感的量表。量表共29题，采用likert5点记分法，强度由低到高程度逐渐增强。通过前测，量表信度为0.871，表明该量表可以成为正式问卷。

**三、研究结果分析**

（一）学生计算思维水平分析

1.前测两班结果分析

通过量表对各班进行测试后，各班的总分以及五个维度分析P值均大于0.05，显示各班的计算思维水平无明显差异。各班总分均值均未达到量表总分的60%，表明各班计算思维水平较低。

表2 计算思维前测结果分析

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 类别 | 班号 | 均值 | 标准差 | P |
| 分解 | A | 10.034 | 1.811 | .986 |
| B | 10.027 | 1.572 |
| 抽象 | A | 9.172 | 1.686 | .070 |
| B | 8.378 | 2.017 |
| 算法 | A | 10.068 | 1.880 | .510 |
| B | 9.780 | 1.847 |
| 评价 | A | 9.482 | 2.181 | .620 |
| B | 9.234 | 2.091 |
| 归纳 | A | 9.257 | 2.291 | .275 |
| B | 8.716 | 1.920 |
| 总分 | A | 48.012 | 5.993 | .233 |
| B | 46.136 | 7.350 |

2.后测两班结果分析

完成一个学期的程序设计教学后，进行后测。数据分析显示实验班与对照班在维度b、维度d、维度e及总分上差异性十分显著，在维度c上差异性显著，实验班的成绩明显高于对照班。而在维度a上差异性不显著，表明两班虽然使用的教学模型不同，但都进行了程序设计教学，因此在维度a这一基础性题目上的得分与实验班差异性不显著，这一结果也是符合客观规律的。从总分均值来看，实验班成绩提升到了86.528，超过量表总成绩的60%，说明在计算思维培养模型指导下的C++教学十分显著的提升了学生的计算思维水平。基于一般的C++模仿编写程序这一模式的教学，总分仅有54.722，学生成绩虽有所提高，但计算思维水平提升程度不显著。

表3 计算思维后测结果分析（注：\*\*p<0.001,\*\*\*p<0.0001,以下标注相同）

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 类别 | 班级 | 均值 | 标准差 | P |
| 分解 | A | 20.833 | 4.551 | 0.153\*\* |
| B | 19.444 | 3.541 |
| 抽象 | A | 19.444 | 7.817 | 0.000\*\*\* |
| B | 8.194 | 8.796 |
| 算法 | A | 11.389 | 8.419 | 0.030\*\* |
| B | 7.361 | 7.019 |
| 评价 | A | 15.833 | 7.512 | 0.000\*\*\* |
| B | 6.806 | 7.667 |
| 归纳 | A | 19.028 | 6.635 | 0.000\*\* |
| B | 12.917 | 7.500 |
| 总分 | A | 86.528 | 23.659 | 0.000\*\*\* |
| B | 54.722 | 20.352 |

（二）学生关于计算思维的自我效能感分析

通过自我效能感量表结果分析可以看出，在前测中两班学生对利用计算思维解决问题的自我效能感没有显著差异（p<0.05）。通过一个学期的计算思维培养，实验班学生相对对照班学生关于计算思维的自我效能感得到了显著提升。这说明，以问题为主线的计算思维培养模型指导下的C++编程教学能够更加显著地提升学生利用计算思维解决问题的自信心。

表4计算思维自我效能感分析

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 类别 | 班号 | 均值 | 标准差 | P |
| 前测 | A | 60.069 | 8.345 | 0.512 |
| B | 61.629 | 5.717 |
| 后测 | A | 72.514 | 6.724 | 0.000\*\*\* |
| B | 63.571 | 5.935 |

**四、研究结论及建议**

通过教学实验研究表明在初中开设C++程序设计课程可提高学生的计算思维水平。利用基于计算思维培养的C++编程教学模型培养的学生的计算思维水平较一般形式的C++编程教学的学生计算思维水平提升的更加显著。因此，在实际的教学中我们应注意以下几点：

第一，计算机课程不是培养计算思维唯一的课程，但却是最好的课程；编程不是计算思维培养的唯一内容，却是最直接的内容。这是从计算思维角度对于计算机课程重要性的新观点，是对信息技术课程基础性价值的重新定位。因此，在初中阶段开设程序编写课程十分必要。

第二，在以往传统的教学中，计算思维是隐藏的教学内容中得，要靠学生自己去领悟，现在要把这些明白的讲出来，让学生自己去学习，提高培养质量，缩短培养时间。计算思维教育的目的是依托一定的知识内容的教与学养成学生的一种思维模式。这些内容是计算思维区别于逻辑思维和实证思维的关键点。因此，计算思维的培养需要教师依据一些能够提升学生计算思维水平的教学模型，严格把控流程、精心设计内容，避免让学生陷入被动模仿的角色，以此提高课程的思维培养效果。

第三，目前，国外一些高校研究机构已经对计算思维教育进行了大量的教学实践，取得了很好的效果。而我们国内教育，尤其在中小学教育中还没有明显的推动，基于教学实践的计算思维教学体系还未成型。同时，缺乏实证研究的计算思维课程培养也是目前基础教育中的一大现状，基于教学实践的研究亟待开展。

参考文献：

[1]J M Wing. computational thinking and thinking about computing[EB/OL].2008

[2] Operational definition of computational thinking for k-12 education [EB/OL].[2012-04-15].http：//www.iste.org/Libraries/PDFs/Operational\_ Definition\_of\_Computational\_thinking.sflb.sahx.

[3]何钦铭，陆汉权，冯博琴.计算机基础教学的核心任务是计算思维能力的培养——《九校联盟(C9)计算机基础教学发展战略联合声明》解读[J].中国大学教学，2010

[4]陈鹏.黄荣怀.梁跃.张进宝.如何培养计算思维——基于2006——2016年研究文献及最新国际会议论文[J].现代教育远程研究,2018