

C 语言程序设计在线教学案例展示

一、案例基本信息

所在学校：北京航空航天大学

课程名称：C 语言程序设计

课程负责人：宋友

课程组成员：李莹、荣欣、肖文磊、方宁、任磊、宋晓、陈高翔、樊江、李可、邓志诚、王君臣、刘禹、张勇、李辉勇、谢凤英、谭火彬

授课对象：本科生一年级（1800 余人）

授课平台：自主研发 Online Judge 编程平台+腾讯课堂+微信群

二、案例综述

《C 语言程序设计》课程作为涵盖面最广的大类核心课之一，在推进一流本科课程建设和大类人才培养的背景下，课程秉承北航打造“顶尖工科”的人才培养目标，结合“编程第一课”的课程特点和“大学第一年”的学生基本特点，明确了“以学生为中心、以成果为导向、以能力为本位、以项目为驱动、以平台为载体、以竞赛为手段”的一流本科课程建设目标。在教学中，融入抽象思维、计算思维、算法思维和工程思维等先进教学理念，根据不同学科特点和后续课程需求，突出航空航天专业特色，注重知识、能力和素质的融合互促，从“以知识传授为中心”转变为“以能力培养为中心”。

2020 年春季学期是高校教学活动开展的艰难时期。疫情来袭，校园关闭，如何确保“停课不停教”，是每一名教育工作者面临的现实问题。为取得最佳的教学效果，课程组综合分析并测试了直播、录播、MOOCs、SPOCs、在线学习资料发送等各种在线教学形式的利弊后，采用“录播课程为主导、在线直播为辅助、电子资源为支撑、网络答疑为补充”的立体式云教学方法，打造了一支有组织的云上教学团队。经过近 3 个月的筹备和完善，初步建立了“炼-教-学-验”线上线下混合式 SPOC 教学模式。“炼”即是锤炼团队，要建设一流的课程教学体系，离不开一支高水平高素质的教学团队支撑；“教”即是教学突破，从传统线下教学转为云上教学，需要根据云端特点，在课程内容上进行针对性的设计和改造；“学”即是学生学习，面对疫情影响，消除学生的焦虑，调动学生学习兴

趣，促进学生主动学习，是教学的目的；“验”即是效果检验，教学效果需要能够及时检验做出反馈并进行科学评价，才能让教学做到心中有数，方向正确。

以炼为基，教学互长，效果检验，构建立体式的云端教学体系。

1 “炼”：锤炼队伍

2019年，教育部提出要让“考核不合格”、“不专一”、“没有资格”的三类教师下岗，就是本着对学生负责的初心，着眼于打造一支高素质高水平的教师队伍。但是，要剔除这三类教师，却不是容易的事情。或者说，要把可能蜕化到这三类的教师进行提升，往高水平的教师退伍晋级，是更本质的初衷，但却是困难的事情。俗话说“百炼成钢”，疫情就是锻炼教学团队的“三昧真火”。从基础上看，C语言程序设计的教学团队从全校范围内选拔，通过层层考核上岗，课程群包括来自10个学院的共17名教师，每个人都有自己的专业特长，而且各个“身怀绝技”，有全校国际大学生程序设计竞赛的主教练、有教学经验丰富的老教师、有科研能力很强的年轻老师。同时，课程组还一支充满热情和活力且编程能力很强的助教团队（去年的本课程的期末考试成绩平均分超过95分）。这样的一个团队，在传统摸索的教学下，发挥了很强的团队作战教学优势。

在疫情模式的教学下，教学团队及其教师的作用该如何发挥，让原本优秀的队伍更加优秀？疫情战役下，每个人都是战士。减少疫情影响，努力取得教与学的成功，是教师和学生的战斗任务。教学团队对教师提出了更高的要求：教师的作用，除了教学知识传授外，更多的应该发挥“会诊专家”的引导作用，“临床医生”的纠偏作用以及“主管护师”的反馈作用，帮助学生成长为突破学习障碍的一线“抗疫医生”。



图 1 教学团队从现场备课到云上备课

过观看录播课程，学生可能很难体会到这一点，因此教学团队在设计上机实验题的时候，精心设计了位操作符的题目，让学生体会到位运算的学习精髓。

更多...

【3-1】求两个数的平均值: $(x + y) >> 1$

【3-2】计算2的n次方 $1 << n$

【3-3】从低位到高位，将n的第m位置1 $n | (1 << (m-1))$

【3-4】从低位到高位，将n的第m位置0 $n \& \sim(1 << (m-1))$

【3-5】计算最大、最小值
最大值: $x \wedge ((x \wedge y) \& -(x < y))$
最小值: $x \wedge ((x \wedge y) \& -(x > y))$

一生万物
从1出发，进行位运算，搞定所有复杂应用!

更多位运算应用: <http://graphics.stanford.edu/~seander/bithacks.html#BitReverseObvious>

图3 通过哲理来进行纠偏指导

1.3 主管护师的反馈作用

教学是一个教与学双向的活动，这种双向的反馈在线上教学模式下尤为重要，因此教学团队要求每个教师能够成为一名护师，精细掌握学生的学习状态。比如虽然是录播课程，但是每个教师在固定上课时间都在线答疑。在微信群里，有的同学因为内向的性格，不好意思提问，这可能导致老师失去很多重要信息，考虑到这个情况，团队在疫情期间上线了类“知乎”的问答平台，鼓励学生也可以匿名提问，另一方面也鼓励学生之间通过平台互答。分析学生的提问能了解很多重要教学信息，如某个学生经常提问，而且问题有深度，说明这个学生学习投入和思考较多；如果有的学生提问很少，结合上机实验成绩反馈，可以反映出这个学生是否对录播课的内容进行了有效学习。教师可以根据具体情况，对学生学习提出建议和反馈，促进学生主动学习。



图 4 通过类知乎平台的互动进行教学反思

通过以上“三个作用”的锻炼，课程团队大幅度提高了课程设计和教学管理水平，进一步提高了每个教师的业务素质 and 教学综合能力。

2 “教”：教学突破

面对疫情挑战，教学团队围绕在线教学怎么教这个问题，开展了多次研讨。线下教学时，教师可以通过在课堂上适当的关键节点提出思考题，由学生当堂回答，来启发学生对课堂内容进行回顾和巩固，达到举一反三的效果，同时也是学生对当堂教学效果的一个实时反馈。然而采用在线课堂的录播模式，课堂的教学进度把控从教师的手里转到了学生的手里，这就导致学生在学习过程中产生了三种不一致：①**学习进度不一致**，有的学生可能提前就看完了所有录播课程，而有的学生可能等到上课时间段再观看；②**节奏卡点不一致**，有的学生习惯一口气看完全部录播课程，再回头对重点难点进行思考，有可能破坏了原有教学设计的连贯性，结果反而是抓不住重点，而有的学生习惯一小节一小节看，有可能破坏了原有知识的整体性，导致知识点碎片化；③**思考深度不一致**，有的学生避重就轻，看完了录播课程，只是停留在对课程表面文字的“读懂”，似懂非懂，似是而非，而有的学生能够抓住重点深入思考，进而提出非常有挑战性的问题。

这三个“不一致”在线上教学模式下的表现更为明显，学习异化特点突出。我们认为，线上教学，宜疏不宜堵，简单的划定教学进度，统一学习步伐，缺

乏灵活性，反而让学生感到反感，应该允许学生适度探索适合自己的学习模式，依靠信息化手段实现精细化多粒度的教学。

2.1 教学资源重组

结合线上教学特点，首先从细节着手对 PPT 进行改造，形式与内容并举，从形式上，原有 ppt 是为了课堂教学设计的，页面为 4:3 的比例，字体、字号等也都是为了呼应课堂投影效果。而线上教学，学生在个人电脑或移动设备上观看，主流观看设备为 16:9 的比例，因此对全部 PPT 的形式进行了重新设计，包括 PPT 的比例大小、内容布局、色彩搭配等，以达到最佳的在线观看效果。

从内容上，对原有 PPT 中的关键知识点和难点，进行了逻辑上的再设计，力求深入浅出。比如关于补码的知识点中，-128 的补码对于学生来说比较难理解，教学团队巧妙地引入补数的概念，设计了一个生活中大家熟悉的时钟的补数的例子，从时间的补数讲到计算机的补码，从补码的来源讲到补码的优点，把补码的问题就说清楚讲透彻了，让学生不仅知其然，还知其所以然，达到豁然开朗的效果。比如在设计 PPT 时，针对录播课特点，在需要学生停下来思考的地方，插入专门的“思考页”，提示学生调整一下观看节奏，起到课程“节拍器”的作用。

补码

从“补数”说起

为了表示负数，我们在有限的计数系统中引入一个概念“补数”（即补码），先看时钟：
顺时针转9格和逆时针转3格是等价的。所以-3和9是关于12的补数。

以4位二进制数为例，共可以表示16个数

正数补数即为本身，
负数A的补数 = 模 - A的绝对值
如：-7的补数 = 16 - 7 = 9

-x是一个负数，其补数是 $16-x=15-x+1$
15-x则相当于在4位二进制下对各位取反，再加一，即“取反加一”

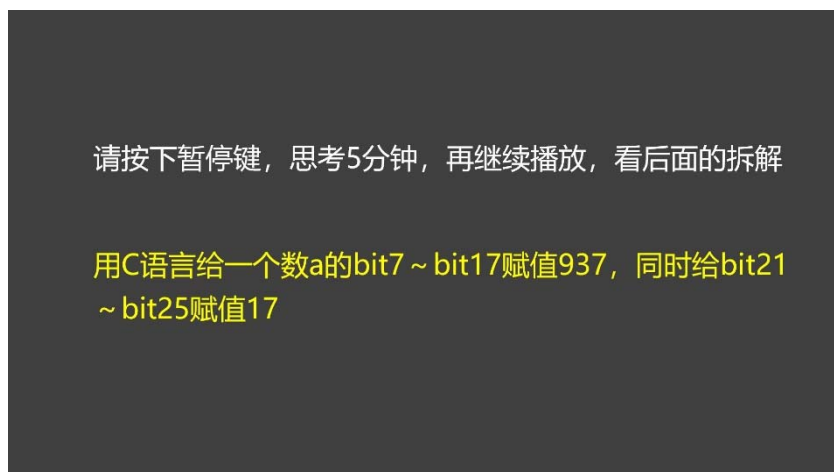


图 5 教学资源的重新设计

在课程录制上，教学团队高标准严要求，以线上金课的标准来制作录播视频。对视频的尺寸、分辨率、码率都采用统一的标准。在录制视频前，首先撰写讲课稿（录播脚本），课程组内部把之称为剧本，把录播当成拍电影，老师一起设计视频镜头语言，比如为第一讲编制的脚本就达到了1万6千字。为了让学生在观看视频的时候聚焦信息，设计了大量的动画效果，比如转场特效，动态高亮，动态加粗等等；对于需要板书的地方，利用手写板动态演示推演过程，并剪辑到录播视频中，达到了与课堂板书一致的效果。

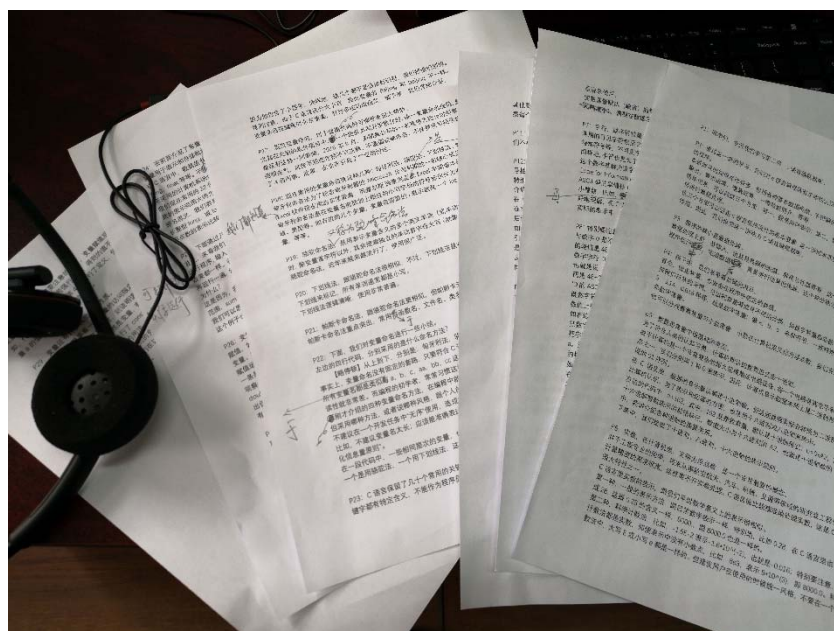


图 6 录播前的脚本设计

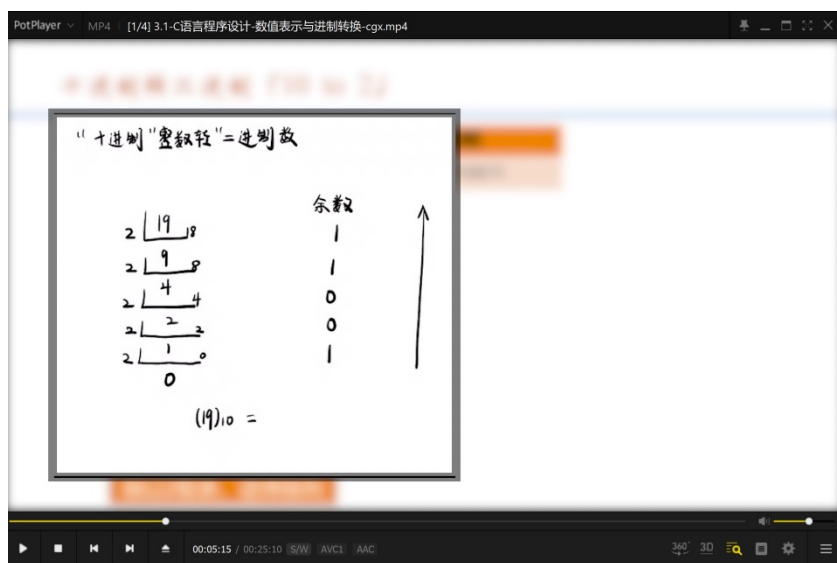


图 7 录播视频中板书效果

2.2 多模式的教学形式

采用录播的形式开展线上教学，可以避免直播形式下由于网络等外界因素导致的教学现场“翻车”，但如果单纯依靠录播，由于与学生缺乏现场互动，很难让学生产生对课程和任课教师的认同感，教师个人魅力和感染力在课程教学中的吸引作用是高质量课程非常重要的一环。因此，教学团队采用录播为主，直播为辅的教学形式，一方面制作高质量的录播视频，为学生提供一场知识盛宴；另一方面在课堂时间教师同步利用在线会议系统进行直播，与直接开展直播教学不同的是，直播的“播主”是不仅仅是教师，也是学生，学生在看完录播课程或者录播间隙，可以提问，可以对教师提意见，可以分享上机编程的“困境”，也可以“炫技”，甚至可以分享小才艺，让疫情期间的在线课程不再枯燥乏味。

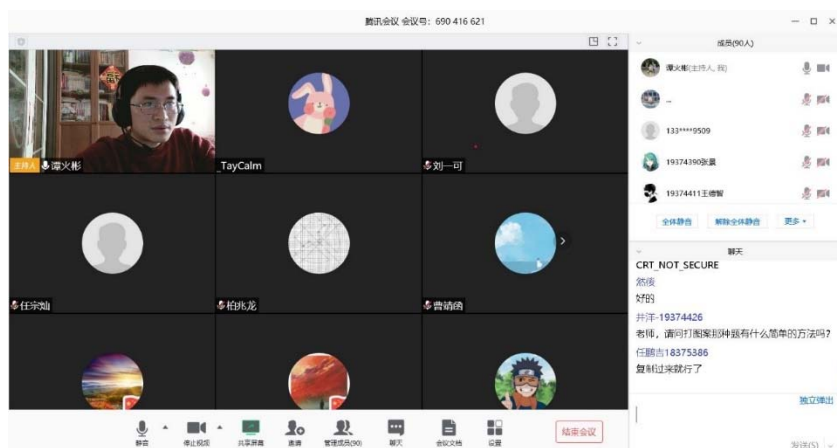


图 8 直播作为教学的重要补充

在上课时间，为了督促学生能够收看录播课，把握学生的学习进度，课程团队还采用了特殊的“签到”仪式，学生需要在有限的时间内完成若干道基本知识点的回答，才算完成了签到，查漏补缺，有效帮助学生复习和巩固了知识点，经过几次签到，这些知识点学生想不记住都难，小小签到，却起到了四两拨千金的效果。



图 9 问答式的线上签到

2.3 集体智慧组织教学

要完全发挥教学团队集体的力量，就需要瞄准目标，大家齐心协力，分工合作，各展所长，才能达到 $1+1>2$ 的效果。课程团队借助各种在线协作工具，发挥每个人的优势，科学分工，共同完成各项在线教学任务。比如在原有教案的基础上，“知识点范围再明确，知识点细节大讨论、知识点精华深总结”，瞄着这个目标，由 2-3 个教师组成一组，分章对各部分细节项目和内容进行研讨，力求打磨出一个程序设计的线上金课。

A	B	C	D	E	F	G
教师姓名	ppt修改	脚本撰写	视频录制	左侧deadline	上机题审题	上机题出题
方宁	c9	9.x	9.x	Apr 2	E4	
荣欣	c9	9.x	9.x	Apr 2具体和方宁协作	E3	
任磊	c9 c10	10.x	10.x	Mar 12, C9 ppt修改; Apr 6, C10和谭老师协作	Mid	
宋晓		6.1-6.3	6.1-6.3 7.x	Mar 25, C7 Mar 29, C8	E2	
陈高翔		3.x	3.x			
樊江	C3	3.x	3.x	Mar 9	E3	
邓志诚	C8		8.x	Mar 31	E8	
李可	C8		8.x	Mar 31	E8	
李辉勇	C6	6.4-6.5(6)	6.4-6.5(6)	Mar 21	E5	
李莹	c5	2.x,5.1-5.x	2.x,5.1-5.x	Mar 5, 2.x Mar 17, C5 and 5.x	E1	
刘禹	c4	4.2-4.3	4.2-4.3	Mar 13	E5	
王君臣	C4	4.1-4.2	0.a 4.1 4.2	←, 你有任务未填写	E7	
肖文磊	c5c11	c11	c11	Mar 17, C5 and 5.x Apr 10, C11	E6	
谢凤英	c7c8	7.x			E7	
张勇	c7c8	8.x	8.x	Mar 29, C8	E4	
宋友	C1, C2	1.1, 2.1	1.1, 2.1	已完成	Pre	
谭火彬	C10	1.2, 1.3, 10.x	0.1, 1.2, 1.3, 10.x	已完成1.2, 1.3 Apr 6, C10	E6	

图 10 课程组的教学资源创作分工

面对突如其来的疫情，要由原来的课堂教学转为线上教学，需要对原有教案和 PPT 进行大量修改，时间紧任务重，为了保证修改质量，做到精益求精，课程团队还发起了“大家来找茬”的活动，每个教师在完成自己的工作后，先在课程团队内部发布，邀请课程团队全体其他教师来“挑刺”！不管是为教学设计的示例代码存在隐蔽的瑕疵，还是 PPT 中的一个小标点符号不符合规范，都成为教学团队挑刺的对象。找出这些刺，对所有的教师来说，都是一个极大的收获。每个人抱着对教学瑕疵零容忍的目标，一轮轮对教案进行打磨，在这个过程中观点有冲突，思想有碰撞，只有这样，才能在短时间内，发挥出教学集体的无限潜力，为学生奉献一门精品线上课。



图 11 找“bug”的过程

三、“学”：以教促学

开展在线学习是学生的主要活动。线下的学习模式下由于学生相对集中，在教室、宿舍很容易受到其他人的感染影响，营造并投入到学习氛围中。而在在线教学模式下，学生脱离了学习环境，各个学生家庭所处环境不一样，学习氛围差异很大。比如录播课程，如果单纯枯燥的讲解，受环境影响，可能很难把学生牢牢抓在电脑屏幕前并专注到课程中。另外，编程实践对 C 语言至关重要，但对学生学习来说，也非常具有挑战性，如果不能给学生提供实践氛围，学生很可能因为有畏难心里而影响学习效果。教师在学生学习过程中应该起到一个学习助手的作用，因此课程团队针对线上理论和实验教学特点，学-赛并举，帮助学生提高学习乐趣和学习积极性。

3.1 让学习成为一种习惯

原来的编程实验课虽然也是在线进行，但学生是集中在机房同时开展，有老师和助教现场辅导，线下特征明显。现在是纯线上模式开展实验，为了鼓励学生利用在家业余时间多练习，课程团队对实验课开展三次评分，第一次是完全模拟考试环境，实验 2 小时后对所有上机学生的编程情况进行测评，以重点锻炼学生在有限时间内的编程水平和编程能力，对知识点掌握熟练度的要求也很高。第二次是开启实验 72 小时后再次评分，给予学生更多的时间去思考和练

习 2 小时内没有完成的题目，以练代考。第二次评分结束后发放题解，学生可以借助题解报告，吃透难题，并在接下来的 48 小时内完成全部题目的练习。每次评分成绩按照一定的权重比例纳入平时成绩，通过三次评分机制，一步步引导学生攻坚克难的信心和决心，树立积极的学习-练习-考核氛围。通知这种方式，让学生在持续一周的时间内，在家也能参加比赛，在家也能持续进行编程练习，一段时间下来，编程就成为了一种自然的行为，固化成了一个习惯。

(a) 本学期疫情环境下在家练习的热情更高

E3-2019级航类第3次正式上机		比赛排名 更新中, 上次更新于 2020-04-01 20:24:02					
排名	用户	得分	罚时	A	B	C	
				1275/1401	1400/1485	1120/1195	
701	许佳璐	855	585:12:15	40:38:36(+2)	41:08:25(+2)	41:54:02(+1)	
702	彭芮瑾	854.1667	211:07:59	6:56:54	0:44:00	7:28:46(+1)	
703	孙舟	852.5	648:22:27	1:43:12(+2)	1:47:22(+2)	22:44:14(+1)	
704	车奕羽	850	350:31:33	119:22:23(+5)	26:41:20(+1)	1:54:34(+1)	
705	赵辰越	850	650:52:45	25:37:46(+5)	1:36:11(+1)	26:58:46(+2)	
706	白岩	850	888:47:41	86:19:32(+1)	86:35:00	91:12:36(+1)	
707	苏白耶 阿	845.5556	895:45:34	115:34:38(+1)	6:00:07(+3)	119:02:55(+3)	
708	曲源	842.5	52:31:48	0:49:26	3:15:06(+7)	5:23:48	
709	王思宇	842.5	96:04:38	1:05:45(+2)	0:53:03	15:39:15(+1)	
710	莫昊	842.5	191:41:15	16:09:01(+4)	0:34:18(+2)	4:31:57(+2)	
711	招伟亮	840	145:56:25	2:35:16	0:07:11	3:44:52	

(b) 去年同期(上一届)在校模式的练习

2018级 航空航天类第三次练习赛		比赛排名 更新中, 上次更新于 2020-04-01 20:37:06					
排名	用户	得分	罚时	A	B	C	
				1065/1201	911/1010	979/1175	
701	马敏昂	600	45:25:59	5:29:44		9:14:02(+1)	
702	张云飞	600	167:49:34	25:40:30(+1)	29:50:18	26:16:47(+5)	
703	崔嘉琦	600	177:04:25	43:53:07(+4)	(+2)	46:56:55(+4)	
704	路浩楠	600	183:48:45	25:43:28(+3)	26:25:01(+4)	27:35:26(+1)	
705	李家茗	600	210:32:12	5:21:08	80:32:57(+7)	46:26:29(+1)	
706	王凌云	600	217:55:18	26:52:11(+4)		29:19:01(+5)	
707	荣瑞皓	600	234:17:28	9:57:55(+2)	(+4)	24:58:44(+3)	
708	薛瑞平	600	277:37:44	55:03:20(+1)	45:10:33	45:29:19(+3)	
709	吴杰浩	600	278:16:33	50:07:49(+2)	55:45:28	50:21:07(+2)	
710	熊梓梓	600	284:39:08	9:21:28(+2)	34:26:48(+1)	56:28:37(+10)	
711	侯家宝	600	288:46:44	43:45:32(+2)	51:19:39	44:27:51(+1)	

图 12 在家模式的练习 vs 在线模式的练习

3.2 学习是专业竞技也是全面运动

航空航天大类的学生来自全国各地，有的学生以前接触过程序训练，因此学科 C 语言这门课程如鱼得水；而有的学生以前可能没有接触过电脑，学习初期就比较困难一些。课程团队线上模式下特地在开课准备了一次“编程热身”，对所有学生的编程水平进行摸底，做到心中有数。根据不同学生的基础水平，制定不同的阶段性培养目标。对于编程基础较好的同学，以参加国际信息学竞赛为目标，在编程平台上机训练最后设置 2 道竞赛级别题目，让这些同学感觉到“吃不饱”，还需要跳一跳才能够得着；对于基础一般的同学，目标是能力训练，把题目按照难度由低到高进行排列，逐步牵引思维，重点训练这些学生的编程思想，以期达到举一反三的效果；对于基础薄弱的同学，目标则定位在夯实基础，熟练掌握 C 语言的基本语法，逐步培养他们的“编程入门”。因此老师在助学过程中，按照目标不同在起“纠偏”作用时的纠偏方向也因人而异，比如对于以竞赛为目标的学生，则多启发他们的奇思妙想，面对难题与学生一起“异想天开”；而对于基础薄弱的学生，则不鼓励他们在编程上刻意炫技，更多强调的是基本的编程规范，进行基本的编程训练。通过建造这样的学习环境，对即便是 1500 人的教学，也能照顾所有人，能力强的同学，在学习中就如参加专业竞技，学有所值；基础一般的同学，则犹如参加全民健身运动，也能达到良好的健身效果，学有所获。

四、“验”：效果检验

验是整个教学体系最重要的信号灯。一方面线上教学的措施必须经过检验，才能对教学模式进行客观评价；另一方面通过检验学生的学习水平，可以及时主动发现教学中的问题和薄弱环节，有针对性的进行强化训练。课程组有老师充分利用信息化技术手段，将大数据分析技术引入到课程教学中，从大类检验-小班检验-个人检验三个维度，发展不同粒度的横纵双向检验手段。疫情期间团队开发了C语言成绩分析系统，通过导入学生上机训练大数据，智能帮助教师检验教学效果，主动发现需要实施“精准扶贫”的学生。

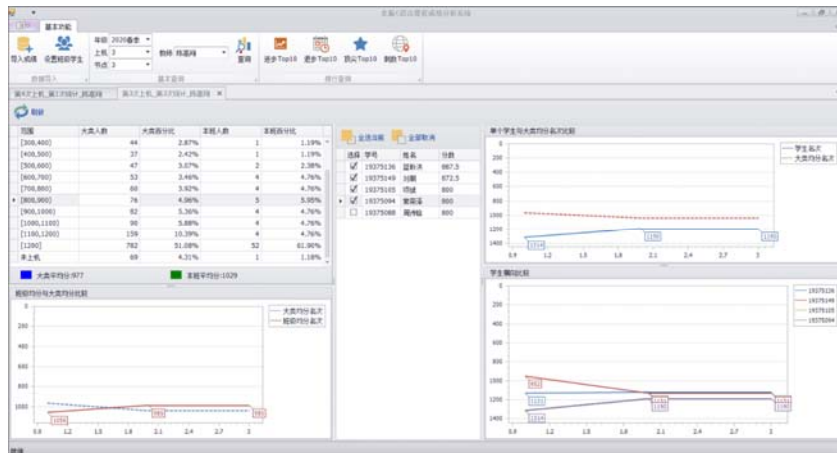


图 13 成绩分析系统

4.1 整体教学效果检验

航空航天大类班级群一共 17 个小班，1500 余人，每个小班教师的整体教学效果需要进行一个检验，一方面帮助教师改进教学方法，另一方面督促教师主动积极投入到教学中。因此将每次上机的 3 次成绩统计小班的平均分和整个大类的平均分进行对比，为了消除题目难度系数不同的影响，采用的相对比较的方法，即比较平均分在大类中的名次，这样可以对班级的整体教学质量进行一个客观评价。

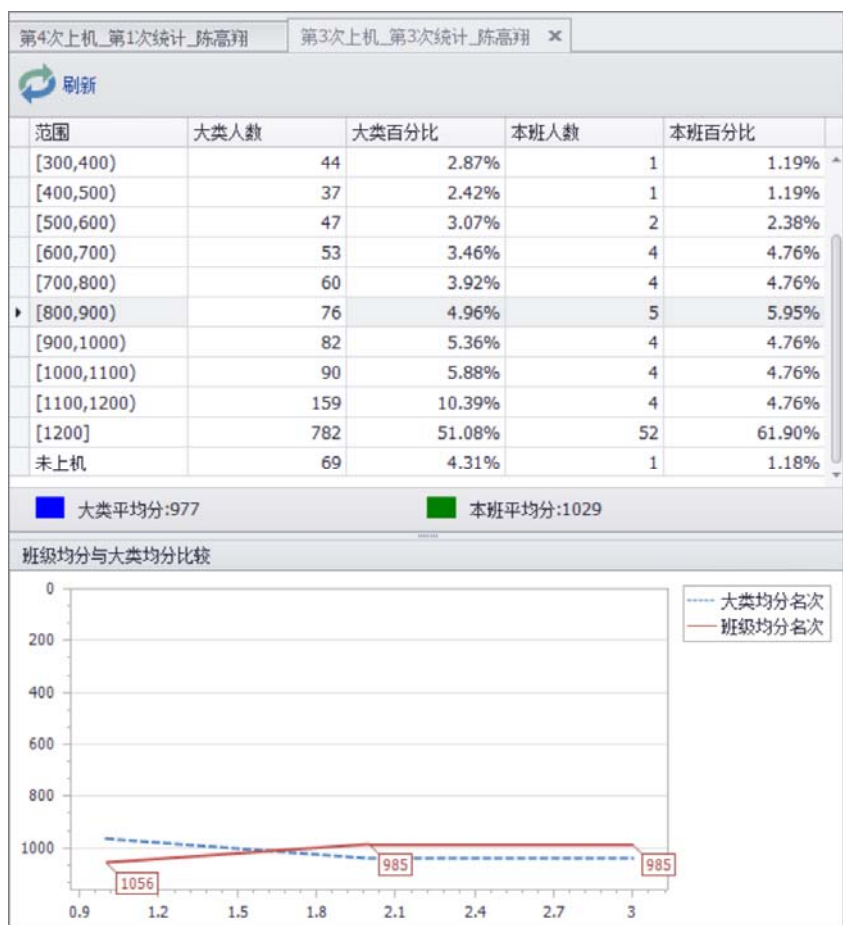


图 14 班级成绩的精准分析

4.2 单个学生精准发现

除了检验班级整体教学效果，更重要的是针对不同分数段的每个学生，对学生的学习动态进行掌握。类似的，消除题目难度系数影响，采用单个学生的每次上机编程评分名次与平均分名次的相对检验法，把学生的成绩历史直观统计出来。比如图 a，可以看到这名学生刚开始接触编程时，成绩远远低于平均分，经过几次训练后，成绩已经达到大类平均的水平，说明教学效果对这名学生的促进作用比较大。图 b 则说明当前同一水平段的若干名学生，他们的成绩历程是不一样的，有的退步了，有的则进步了，因此可以针对退步的学生进行重点调研，重点关注。另外，如图 c 所示，检验系统还自动列出当前的进步榜、退步榜、顶尖榜、倒数榜，帮助教师对这些学生实施精细化精准教学。



(a) 单个学生与大类均分名次比较



(b) 多个学生横向比较

查询

进步 Top10

退步 Top10

顶尖 Top10

倒数 Top10

排行查询

全选当前

全部取消

选择	学号	姓名	分数
<input type="checkbox"/>	18182722	李嘉骏	
<input type="checkbox"/>	19375088	周诗晗	
<input type="checkbox"/>	19375090	唐家琦	
<input type="checkbox"/>	19375091	宋秋宜	
<input type="checkbox"/>	19375094	常荣泽	
<input type="checkbox"/>	19375099	周子淳	
<input type="checkbox"/>	19375103	段忠毅	
<input type="checkbox"/>	19375105	项斌	
<input type="checkbox"/>	19375108	罗正军	
<input type="checkbox"/>	19375111	成立豪	

(c) 学习榜单

总结

在线教学对很多教师来说，还是一个比较新的模式。突如其来的疫情，让这种新教学模式得到了快速的发展和普及，作为一名承担高校校级核心课程的教师，如何能够迅速适应新教学模式带来的新的变化，妥善解决面临的新的问

题，是一个值得每个人深入思考和研究的课题。我们认为，除了熟练对各种在线工具的使用外，最重要的还是要发挥人的作用，保持高度的热情和积极的心态去迎接新事物、新变化。把个人的些许教学经验贡献给团队，往往能从团队获得更大收获。一方面，以传授知识、教书育人为本源和核心，把线下的先进理念、优秀模式，通过精心的设计、培育和改造，转化为宝贵的线上资源；另一方面充分利用和依托线上资源，拓展传统教学的时间和空间，把教学水平提升到一个新的高度。最后，由于线上模式相比于传统教学更加开放，这就要求我们秉承精益求精的理念，不忘初心，深入到学生中去，从广大学生中挖掘、发现教学闪光点，只要做到这些，就能够保持我们课程教学的先进性，体现时代特点，真正把课程打造成一门线上金课，打造成一门线上流量课，发挥育人、育才的重要作用。