



# 滑铁卢大学的合作教育与计算机专业培养方案

汤克明 周向华/文



汤克明在滑铁卢大学

始建于 1957 年的滑铁卢大学位于加拿大安大略省滑铁卢市的西北部,面积 1000 英亩。设有应用保健学院、人文学院、环境学院、理学院、工学院、数学学院等 6 个学院,还有 4 个学院与滑大建立了联校制或附属于滑铁卢大学管理,它们是圣杰罗姆大学学院、瑞尼森学院、圣保罗联合学院以及康拉德格雷尔学院。现有全日制本科生 21726 人,全日制研究生 2500 人,教师 963

人。滑铁卢大学以其创新教学法和锐意发展新科技的办学思想吸引着世界一流的人才,拥有众多世界著名的科学家,许多研究成果世界领先,是一所以理工类学科领先而知名的综合性大学。根据《加拿大大学入学指南》一书,滑铁卢已位居综合性大学之首。过去的 15 年中,滑铁卢大学在加拿大高校综合排名中 13 年位居榜首,还获得“教学质量第一”、“未来的领导者”、“最具创新性大学”三项殊荣。

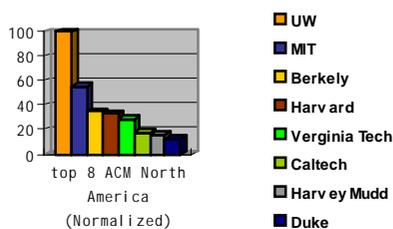
滑铁卢大学设有加拿大唯一一所数学学院。数学学院现有全日制学生 5300 人,教授 200 人;设有计算机科学、应用数学、纯数学、统计以及精算等五个系;它是全世界最大的数学学院,也是北美洲最早采用计算机教学的学府。滑铁卢大学数学学院是一个在数学和计算机科学方面充满灵感和思想的强队,在计算机及其相关学科里的科学研究具有特色。滑铁卢大学作为加拿大计算机软件设计与开发的领导者,设

计并开发了 OPEN、TEXT、WATFOR、WATFIV、WATBOL、SPARSPARK 和 MAPLE 等广泛应用的知名软件。2005 年 10 月 13 日,比尔·盖茨访问滑铁卢大学时,用“Waterloo has contributed an amazing amount to Microsoft”作为演讲的开场白,以此认可滑铁卢大学的学生和毕业生为微软作出的贡献。比尔·盖茨因为学生的素质和跨学科研究称赞数学学院:“我认为,好的计算机软件人员是喜欢数学的人,数学完全告诉我们如何理解可以做什么。滑铁卢大学认为数学和计算机科学是紧密联系的学科,这是很了不起的。”微软雇佣的滑铁卢大学的学生,不论是全职的还是合作培养的,比世界上其他任何一所大学的学生都多。数学学院的学生近年来在全北美 Putnam 数学竞赛与 ACM 程序设计竞赛中总是位居前 10 名,图 1 所示的“从 1995 年以来参加 Putnam 和 ACM 比赛的总分排名”表明,滑铁卢大学参赛团队在麻省理工、哈佛大学

以及世界知名大学中处于领先地位,滑铁卢大学的学生已经步入全世界最优秀的人才之列。

对于建校刚满 50 年的滑铁卢大学和建院不足 50 年的数学学院,成绩之显著,发展速度之快,社会声誉之好,实在耐人寻味。为学习国外一流大学的计算机教学以及学科建设方面的经验,笔者参加了学校组织的加拿大考察团,于 2007 年暑假对滑铁卢大学进行了短期的访问学习,重点考察了滑铁卢大学数学学院的计算机教学情况,包括培养方案、课程设置以及教学管理等内容。此次考察总的感觉是,滑铁卢大学教学有特色、科研有活力、创新意识强、学校生机勃勃。合作教育体制的完善与成功应用给我留下深刻印象,已经成为滑铁卢大学的特色与亮点。在计算机人才培养方面,充分体现了突出个性、注重能力、面向应用、服务社会的特点。本文就“合作教育体制与计算机科学专业培养方案”等方面进行介绍,最后给出几点体会。

ACM Competitions Since 1995



Putnam & ACM Since 1995

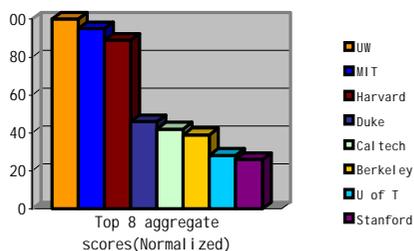


图 1 从 1995 年以来参加 Putnam 和 ACM 比赛的总分排名

## 1 合作教育体制

合作教育体制的完善与成功实践是滑铁卢大学最大的特色与亮点。“合作教育(Cooperative Education)”是一种将课堂上的理论学习与真实的工作经历结合起来的模式。加拿大合作教育联合会定义合作教育为:正式将学术性学习和有用人单位参与的工作经历结合起来的项目。采用合作教育体制的出发点是适应社会经济发展需要,培养符合雇主需要的人才,使毕业生在人才市场上具有更大的竞争优势,能直接进入工作市场。滑铁卢大学数学学院的蔡军教授介绍说:“合作教育能使学生把课堂上学到的知识转化到实践中,把生产实践中的东西反馈到课堂上,有利于培养学生的敬业精神、团队意识和业务能力,有利于学生成才”。合作教育中的雇佣过程具有高度的竞争性,它涉及学生的学业成绩、工作动机、成熟程度、态度、专业表现、灵活性以及是否具有潜在能力,等,它对学生既是激励又是挑战,能够促进学生的自我管理、自我成长。

### 1.1 完善的合作教育体制

滑铁卢大学的合作教育具有应用的特征:

- (1) 每一个工作环境都由合作教育机构建立或批准,适合作为学生学习的环境;
- (2) 学生致力于多目的性的工作,而不是单纯为了钱;
- (3) 学生完成工作任务并获得报酬;
- (4) 教育机构监控学生在工作上的进步;
- (5) 学生在工作中的成绩由用人

单位进行管理和评价;

(6) 学生工作学期的时间不低于学制时间的 30%。

滑铁卢大学的合作教育具有基本的原则:学术学期与工作学期的结合在各学期轮流进行,既结合个人的愿望,又需要有效的学术准备。工作学期职位在不同部门、不同地区进行调整,让学生在他们的职业兴趣的范围内获得较为丰富的阅历,学术学期主要是基础和理论的学习,实践经历和学术学习互为补充、互相促进。

滑铁卢大学的合作教育有规范化的管理与周到的职业服务机构,即合作教育与职业服务部(CECS),且具有明确的职责:监控劳动力市场和人口统计学趋势;鉴别符合要求的工作岗位;帮助学生准备工作学期的相关事项;保持和加强与现有用人单位的联系;发展新的工作机会;为学生建立工作档案;促进学生与用人单位的匹配;在工作学期内为学生和用人单位服务;分析用人单位对学生的成绩评价。

滑铁卢大学对参与合作教育计划的学院、用人单位以及学生有明确的要求:

- (1) 对学院的要求是,准备相关的挑战性课程;参与学生对工作的评价;把学习经历与课程联系起来;参与评价学生工作学期的经历;培养与现有用人单位的关系,并寻找新的用人单位。
- (2) 对用人单位的要求是,提供与滑铁卢大学教学领域相关的校方认可的职位;支持学校工作,为学生提供综合的实践性和理论性教育;确保在工作学期内对学生监管,在采取纪律措施或解雇学生之前,征求相关领域协调者的意见;在学生工作学期内,提供适当的

工作条件、训练、评价和报酬；参与对学生工作学期成绩的评价；为课程修改提供内容和建议。

(3) 对学生的要求是，从第一个到最后最后一个学术学期，学生必须全日制注册，按照计划安排参加学习和工作，获得应有的学术水平，并及时更新学习档案，参加与职业发展有关的会议；提供完整而准确的履历，申请符合要求的工作职位，参加面试直到选好适合的工作；在工作学期内批判性地反省学术性学习的经历；工作学期内，在做出任何会影响用人单位的决定前，先征求该领域协调者的意见，使 CECS 及时了解他们的工作状况；在工作中专业地表现，遵守学校和工作单位的各种制度和程序，为用人单位提供有价值的服务，帮助用人单位实现预定目标；工作学期结束后，请用人单位填写工作成绩表，并按学院要求提交工作报告等材料。

## 1.2 合作教育体制的成功实践

滑铁卢大学在 1957 年建校初期，就把发展合作教育作为重要的办学策略。经过五十年时间的不断探索、建设、改革与总结，滑铁卢大学在合作教育办学方面，已经建立了完善的合作教育体制；建立了遍布世界各地的 3000 多个合作教育用人单位网络；学校的 6 个学院均构建合作教育与非合作教育并存的人才培养方案，共建立了 100 多个合作教育项目；目前，在 21726 名本科生中，有 1.2 万名参加了合作教育项目。滑铁卢大学拥有世界上规模最大的、综合性最强的合作教育项目，已经成为世界高等教育界合作教育领域当之无愧的领导者。

滑铁卢大学的合作教育实践是成功的，具有明显的优势与特点，表现在如下方面：

(1) 学生在 16 个月或 24 个月的工作期间能够有 2 万-8 万加元的收入，基本上可以支付本科阶段的全部学费。

(2) 学生在工作学期内尝试不同的工作经历，并建立毕业后求职的联系，在选择实际职业时，能够以有价值的实践阅历作为参考。

(3) 使学生将课堂上获得的理论知识能够在现实世界里得到立即实践和检验。

(4) 滑铁卢大学合作教育深受企业界和政府的好评，许多用人单位与滑铁卢大学保持了长期的良好的联系，即使在经济不景气时也同样雇佣滑铁卢大学合作教育的学生。

(5) 合作教育的学生就业率较高，即使就业市场疲软，其合作教育毕业生的就业率也能保持在 96% 以上，并且合作教育毕业生的工作岗位比较稳定持久。

## 2 计算机科学专业培养方案

滑铁卢大学的本科学制为四年，全年三学期制。数学学院承担计算机科学专业的办学任务，设有计算机科学学士学位(BCS)，提供合作教育与非合作教育两种培养计划。对于合作教育，采用交替式合作教育模式，即全日制学术学期与全日制工作学期交替进行。为了方

便用人单位雇佣学生不断线，滑铁卢大学采用 Stream 4 与 Stream 8 两种工作学期安排方式，即同年级学生分两批轮流进行工作学期。学术学期与工作学期的时间顺序如表 1 所示。

表 1 学术学期与工作学期的时间顺序

	X	X	X	X	X
	Y	Y	Y	Y	Y
	Z	Z	Z	Z	
Stream 4	1A	W2	2B	W5	4A
	W1	2A	W4	3B	4B
	1B	W3	3A	W6	
Stream 8	1A	2A	W3	3B	W6
	1B	W2	3A	W5	4B
	W1	2B	W4	4A	

X=Sept.-Dec. Y=Jan.-April

Z=May-Aug.

数学学院给出的计算机科学学士学位授予条件如表 2 所示。

表 2 计算机科学学士学位授予条件

项 目	合作教育计划	非合作教育计划
累计工作学期最小学分	2.5	0
累计学术学期最小学分	20	20
累计数学课程最小学分	9	9
累计非数学课程最小学分	5	5
平均所修课程成绩最小位置	60%	60%
平均主修课程成绩最小位置	65%	65%
累计不合格课程最大学分	3	3
累计全日学期的最小数目	8	7
英语写作技巧	申请学位的学生必须满足英语写作要求	

表 2 中的工作学期学分由工作学期课程(从 COOP1 到 COOP6)学分以及工作学期报告(从 WKRPT100 到 WKRPT400)学分构成。合作教育工作学期 COOP(Operative Work Term)课程成绩是由用人单位根据学生的工作表现给出,每门 COOP 课程学分是 0.5。工作学期报告 WKRPT(Work-term Report)成绩是由学校根据学生所提交的工作报告给出,每门 WKRPT 学分是 0.13。表 2 中的数学课程定义为课程代码具有前缀“ACRST(Actuarial Science)、AMATH(Applied Mathematics)、CO(Combinatorics and Optimization)、CM(Computational Mathematics)、CS(Computer Science)、MATH(nondepartmental Faculty courses)、PMATH(Pure Mathematics)、STAT(Statistics)”的课程。表 2 中的非数学课程定义为具有前缀“MTH(EL(Mathematics Elective))”的课程以及排除掉与数学课程列表交差的由其他学院提供的课程。另外,工作学期课程(从 COOP1 到 COOP6)以及职业发展课程(PD)均不计入数学课程与非数学课程。

在计算机专业培养方案的课程设置上,提供基础类课程与方向类课程两大系列。基础类课程包括英语基础课程组、数学基础课程组、专业基础课程组以及职业基础课程组,具体基础类课程设置如表 3 所示。

针对合作教育的学生,必须重视基本职业能力的训练。除了完成表 2 所指定的要求外,必须在工作学期期间完成

表 3 计算机专业培养方案中的基础类课程

类别	课程名称	学分	备注
英语基础	英语熟练测试(ELPE); 学术写作导论(ENGL 109); 写作英语入门(ENGL 129R); 技术交流类型(ENGL 210E); 商业交流类型(ENGL 210F); 写作改错入门(ESL 102R)	0.5	至少有 1 门课程成绩达到 60%
数学基础	代数学(MATH 135); 线性代数 1(MATH 136); 微积分 1(MATH 137); 微积分 2(MATH 138); 组合数学导论(MATH 239); 概率(STAT 230); 统计学(STAT 231)	3.5	限选全部 7 门课程
专业基础	程序设计原理导论(CS125); 计算机科学原理(CS134); 算法(CS 341); 数据结构和数据管理(CS 240); 串行程序设计基础(CS 241); 逻辑和计算(CS 245); 软件抽象和规格说明(CS 246); 计算机组织与设计(CS 251); 操作系统(CS 350)	4.5	限选全部 9 门课程
职业基础	合作教育基础(PD1); 批判性反馈与报告写作(PD2); 交流(PD3); 职业发展—概述(PDENG15); 职业发展—批判性分析(PDENG15); 职业发展—职责(PDENG15); 职业发展—领导能力(PDENG15); 职业发展—综合(PDENG15)	2.5	限选 PD1、PD2、PD3

5 门职业发展(PD)课程的学习,而且对何时至少取得多少学分有要求,每门职业发展课程学分是 0.5,具体时间要求如表 4 所示。

专业方向课程组包括商业方向课程组、数字硬件方向课程组以及软件方向课程组,具体方向类课程设置如表 5 所示,其中每门课程的学分是 0.5。

表 4 职业发展课程完成时间要求

在某学期开始前	2B	3A	3B	4A
完成的 PD 课程数	2	3	4	5

除了以上的课程设置外,计算机专业培养方案还给出了课程选择上的 3.0 学分的广度需求(Breadth Requirements)。具体分布是:

表 5 计算机专业培养方案中的方向类课程

类别	课程名称	学分	备注
商业方向	数据库管理导论(CS 348); 分布式系统(CS 454); 信息系统管理(CS 490)	1.0	至少选2门
	计算的社会意义(CS 492); 学术写作导论(ENGL 109); 在数学与计算机科学方面的交流(ENGL 119); 写作策略(ENGL 209); 公开演讲(SPCOM 223)	1.0	至少选2门
	金融数学(ACTST 231); 公司金融(ACTST371); 会计学的核心概念(AFM 101); 管理会计学导论(AFM 102); 商业组织导论(BUS 111W); 组织的功能领域(BUS 121W); 产品、服务以及商标的建立与管理(BUS 362W); 商业政策 1(BUS 481W); 商业政策 2(BUS 491W); 微观经济学导论(ECON 101); 宏观经济学导论(ECON 102); 市场(ECON 344); 基本的人力资源管理(HRM 200); 组织行为 (MSCI 211); 组织的设计与技术(MSCI 311)	3.0	至少6门
数字硬件方向	实时程序设计(CS 452); 分布式系统(CS 454); 计算机网络(CS 456); 系统性能评价(CS 457)	1.0	至少选2门
	电子工程(GENE 123); 数字电路与逻辑(ECE 223); 电路分析与设计(ECE 241); 微处理器系统与接口(ECE 324); 数字系统工程(ECE 327); 计算机结构(ECE 429)	3.0	限选6门
软件方向	数据库管理导论(CS 348)	0.5	限选1门
	软件需求规格说明(CS 445); 软件设计与体系结构(CS 446); 软件测试、质量保证与维护(CS 447)	2.0	限选4门
	并发与并行程序设计(CS 343); 用户接口(CS 349); 编译器构造(CS 444); 数据库系统实现(CS 448); 计算机体系结构(CS 450); 实时程序设计(CS 452); 分布式系统(CS 454); 计算机网络(CS 456); 系统性能评价(CS 457); 人工智能导论(CS 486); 计算机图形学导论(CS 488)	1.0	至少选2门
	计算的社会意义(CS 492); 工程法律与道德规范(GENE 411); 针对职业工程师的法律(ME 401); 职业与商业道德规范(PHIL 215); 道德规范与工程专业(PHIL 315); 社会、技术以及价值导论(STV 100); 设计与社会(STV 202); 信息技术与社会(STV 302)	0.5	至少选1门
	商业组织导论(BUS 111W); 组织的功能领域(BUS 121W); 技术方面的企业家(GENE 452); 基本的人力资源管理(HRM 200); 组织行为(MSCI 211); 组织的设计与技术(MSCI 311); 企业家、技术、兴起的信息经济(MTHEL 400)	0.5	至少选1门
	学术交流(ENGL 109); 在数学与计算机科学方面的交流(ENGL 119); 英语的使用 1(ENGL 140R); 写作策略(ENGL 209); 技术交流的类型(ENGL 210E); 商业交流的类型(ENGL 210F); 当代写作惯用法(ENGL 219); 演讲写作(ENGL 309E); 应用英语语法 1(ENGL 376R); 信息设计(ENGL 392A); 文本与图像修饰(ENGL 392B); 批判性的思考(PHIL 145); 国际逻辑(PHIL 200J); 创新思想、问题解决与决策(PHIL 243); 人际交流(SPON 100); 公开演讲(SPON 223); 面试(SPON 225); 小组织交流(SPON 324)		推理方法学类或者交流类课程, 无限制性选择

(1) 其中 1.0 学分来自 Arts 组 A 或者来自 EASIA、HUMSC、ITALST、JS、NATST、PACS、SPD 以及 WS;

(2) 其中 1.0 学分来自 Arts 组 B 或者来自 AFM、BUS、HRM、INTTS、ISS、LS、MSCI、SMF、SOCWK 以及 STV;

(3) 其中 0.5 学分来自理学院;

(4) 其中 0.5 学分来自理学院、应用保健学院以及环境学院。

### 3 几点体会

(1) 人才培养目标是计算机学科建设的出发点和落脚点。学校培养出来的学生能否适应市场需求, 是检验一个专业建设成败的重要标准。尽管滑铁卢大学计算机科学系师资力量雄厚、科研成果突出、有多年的办学经验, 但它并

不把本科培养目标定位在培养研究型人才上, 而是确立培养社会广泛需求的工程技术型人才。滑铁卢大学在招收研究生时, 除考察学生的专业基础以及对学科的理解外, 更看重学生是否有工作经历、是否有对应用领域问题的思考等内容。滑铁卢大学希望本科生通过工作实践, 带着问题参与到教师的课题研究

中来。多年来,滑铁卢大学一直根据社会与地方经济发展需求来调整专业设置,动态确定社会需求的专业素质与专业能力,加强合作教育体系的不断改革与完善,保证培养的人才质量得到社会的广泛认可。高度重视计算机人才的现状,提出适应社会需求的计算机专业结构与人才培养模式。我国有 740 多个计算机系(或院),有近 50 万在校生,每年毕业 10 多万人,大约 90% 进入就业市场,除了在研究机构或者系统软件开发机构,计算机专业毕业生优势不明显。计算机专业毕业生不能适应社会发展要求,毕业生缺乏一个专业人士必备的独立解决问题的能力,甚至出现计算机专业毕业生的动手能力远不及非计算机专业的毕业生强。究其根源在于我国的计算机专业结构与人才培养模式出现问题。我们不能站在传统计算机学科的立场来考虑专业的设置与内涵,而要从社会对计算机人才需求的角度来考查。技术学科发展的根本动力是社会需求,就业状况是社会需求的一种度量,学科发展的内涵应该反映社会的需要。对我国绝大多数高校来说,应该借鉴滑铁卢的办学理念,结合学校实际,合理定位,对国家教育指导委员会所提出的计算机科学与技术专业(研究型、工程型以及应用型)评估标准进行剖析与裁剪,提出适合社会需求的人才培养目标。

(2) 制定与人才培养目标相适应的人才培养方案至关重要。滑铁卢大学的人才培养方案,既体现专业教育,又体现素质教育,着眼于学生的素质与能

力的培养。在课程体系,既有专业基础课程,又有专业方向课程;既考虑到通用素质要素、专业素质要素,又考虑到职业素质要素以及创新素质要素。按素质与能力的关系确定课程教学要求。提供多模式课程体系以利于学生的个性发展。学科的相互渗透和交叉是当代科学技术发展的一个重要特征,也是重大创新的动力与源泉。在计算机学科的基础层面上,其内容的学术深度可与数学学科相比,它们有着相似甚至相同的思维方式、研究方法和表述形式。设立数学基础课程是有价值的。如果学生有良好的数学基础,能够解决简单的数学问题,日后他们就可以解决更多的应用问题。在计算机学科的应用层面上,它与许多工程科学技术相联系。通过方向课程拓宽专业领域,通过广度课程强调学生对非计算机学科知识的融会贯通,可以造就社会急需的各类专业人才。以学生为中心,设立职业基础课程与职业发展课程,引入合作教育模式,引入竞争进入工作岗位机制,提前培养学生的职业素质和职业能力,在实践中提高解决问题的能力,有效地解决用人单位的再培养问题。在课程教学方面,根据课程特点,结合素质与能力的培养,提供多种类型的教学形式。课程教学效果的考核形式也是多样的、注重实效的。对语言类课程,采取课程设计与答辩的方式进行考核。许多专业课程考核并没有我国广泛采用的选择题、填空题以及判断题,等,而是精心设计一些自主分析问题与解决问题的题目,既考核学生理论知识掌握的程度,也考核学生应用知识解决实际问题的能力。我认为,我国

绝大多数大学在确定人才培养方案时应该借鉴上述一些理念与做法。值得注意的是,对专业教育与素质教育,两者应该兼顾而对前者有所侧重。那种认为培养的学生有很高的全面素质,可以适应各种岗位的要求的想法过于理想化了。在培养方案中,应该有明确的专业方向;在教学实施上,要破除以知识传授为主的方式,通过实践活动、团队活动等教学方式实现素质教育的目标。一些条件许可的高校,可以引入合作教育机制进行实践。

(3) 滑铁卢大学数学学院明确提出以有趣的理论和应用问题为动力,鼓励教师与学生将他们特定的背景和特有的兴趣带入到科学研究之中,在数学和计算机科学学科内部以及在产业中找到驱动创新的答案,找出促进数学和产业的新关系、新问题和新方法。滑铁卢大学为其能将学术成就与社会效益相结合而自豪,它不仅通过优异的教学与科研不断实现着对知识的追求,而且通过对外教学、科技转化和专业培训等方式服务于社会。学科建设既“顶天”又“立地”,既瞄准学科前沿,又不离开实际应用问题,持续保证学科建设的源动力至关重要。这种理念已经开始在我国生根,但要开花,还要从国外的成功经验中吸收营养,并进行实践与总结。■

#### 作者简介:

汤克明,南京航空航天大学信息科学与技术学院博士生;盐城师范学院计算机系,副教授,分管教学的副主任;研究方向:并行与分布计算,对等计算。

周向华,南京航空航天大学民航学院,硕士生;盐城师范学院计算机系,讲师;研究方向:信息安全技术。