

# “反向设计、正向施工”

## 构建“三·三”制应用型人才培养方案

### 一、问题的提出

随着经济发展进入新常态，人才供给与需求关系正发生深刻变化。作为高素质专门人才主要供给渠道的本科高校，如果按照传统的以学科为基础的人才培养模式，将很难培养出适应国家现代化建设需要、能够胜任生产服务一线工作的工程和技术应用型人才，毕业生就业难的问题也很难得到缓解。教育部本科教学工作合格评估也对新建本科院校提出了“两个突出”的要求：突出为区域经济和社会发展服务、突出应用型人才培养。以社会经济发展和产业技术进步驱动的“需求侧”变化正倒逼本科人才培养向应用型转变的“供给侧”改革。

对本科人才培养而言，培养方案是各专业教育教学指导性的纲领性文件，是教学实施的重要依据，也是贯彻学校办学理念、形成办学特色的基础。体现应用型人才培养定位的培养方案，其设计应该处理好大学专业-学科体系与社会市场专业-职业实际需要的关系，要开展广泛的调研，了解市场和相关产业对应用型本科人才的实际需求，分析毕业生就业的岗位（群）、从事的工作内容，梳理工作岗位中需要的工作知识、能力和素质。

另一方面，传统本科教育过于突出专业对应学科教育的系统性和完整性，而忽视了知识的实用性和应用能力的实践性；而职业教育又过于偏重职业技能的训练和专门知识的培训。为避免在应用型本科人才培养过程中出现毕业生基础理论和应用研究能力不如一流高水平大学，实践动手能力不如职业院校的尴尬情况，应用型本科高校需要结合和平衡专业教育和职业教育，要培养出既具备扎实理论基础又能够应用基本理论解决实际问题的上手快、后劲足的应用型人才，这也对应用型本科人才培养方案的设计和 implementation 提出了重要挑战。

### 二、国外大学的借鉴

国外发达国家的高等院校也面临着高层次应用型人才培养的迫切需要。大学教授仍然普遍希望将学生按研究型人才培养，但政府和社会却需要大学能培养服务经济社会发展的应用型人才。为解决这一矛盾，许多国家的高等院校都做出了回应。

美国麻省理工学院研究并提出了 CDIO（Conceive 构思、Design 设计、Implement 实现、Operate 运作）工程教育理念，它突破了以传统学科思路构建

的方式，按照真实工程逻辑，以产品研发到产品运行的生命周期为载体，让学生以主动的、实践的、可以将课程之间有机联系的方式学习。CDIO 培养大纲将工程师必须具备的工程基础知识、个人能力、人际团队能力和工程系统能力作为毕业生的能力要求，并通过逐级细化的方式表达出来。2016 年，麻省理工学院又启动了新工程教育变革计划（New Engineering Education Transformation, NEET），该计划进一步面向未来、面向世界，关注促进社会经济发展的“新机器和新体系”之需求，以设计性和创新性的教育方法、面向外部需求的灵活的课程体系，应对未来工程领域所面临的挑战。

筹建于 1997 年的美国欧林工程学院是美国最年轻的高校之一，它的培养方案和教育模式被认为是美国高等教育近几十年来最大胆的试验。该校将卓越工程师应具备的知识、能力和素质作为学生培养规格的指南，具体包括：（1）坚实的工程基础知识和专业知识；（2）对工程的社会作用有广泛的理解；（3）创造性地解决现实世界工程问题的新方法；（4）实现自身梦想的创业精神。欧林工程学院认为自己所培养的学生，首先应当掌握卓越的工程技术能力，能将所掌握的坚实的科学和工程学基本原理以及对工程系统的诊断能力运用到实际问题，开发具有创新性的设计方案，从而应对技术、经济和社会等发展变化和现实需求。其次，其毕业生也应当是积极有效的沟通者，能够在职业范围内准确地判断机会，对自身职业责任有清楚的认识。该校人才培养过程中做到了名副其实的跨学科教学，并依托开放型项目实施动手实践教学。欧林工程学院的培养方案可以分为三个阶段：基础知识、专业化知识和转化知识。在所有三个阶段的学习过程中，学生参与跨学科的工程项目，将理论付诸实践，在工程背景下发展团队协作能力、管理能力和实践动手能力。

美国斯坦福大学从建校之日起就以培养“有用的”人为教育宗旨，将目标确定为“使学生为个人的成功和生活中的实际工作做好准备”。该校以专业发展和职业生活为导向，重视培养学生专业能力，通过实践活动来发展学生专业技能。斯坦福大学设计了厚基础、宽口径的课程体系，注重拓宽基础课程的内容，减少专业课程课内时数，通过完善的实践活动体系来培养和发展学生的创造力。

澳大利亚应用型高等教育在国际也享有很高声誉。其应用型人才培养方案注重培养学生应用基本理论解决实际问题的能力，除了精简理论教学内容、减少课程设置、增加实务性的课程外，还注重根据理论课程在课程体系的地位突出其应用价值。

以上国际一流工程教育实践为应用型人才培养方案的设计和 implement 提供了理念和思路。在设计培养方案时，应该按照培养目标——教育目标——教学目标的逐级分解方式来构建：

1. 面向市场、围绕学生未来职业发展确定人才培养目标；
2. 围绕培养目标，确定在校培养期间需要达到的人才培养能力要求，即确立教育目标或毕业要求；

3. 从毕业生能力要求出发,进一步细化分解,再通过设计合适的教学环节及其教学目标来支撑每一项分解要求的达成。

在设计时,培养目标应关注学生坚实的理论基础及应用基础和专业知识解决实际问题的能力,同时应兼顾有效沟通、团队协作、人文素养等综合素质和能力。在设计教学环节时,应注意优化课程设置,精简理论内容,增加实践学时,注重基于项目或基于工作实践的学习,形成理论和实践的有机融合以及螺旋循环上升。

### 三、安徽信息工程学院人才培养方案的构建

#### (一)“三·三”制人才培养方案的整体框架

自2012年科大讯飞股份有限公司开始举办安徽信息工程学院以来,学校一直在不断优化人才培养方案。首次应用型人才培养方案的构建工作始于2014年,由吴敏校长牵头。学校依托科大讯飞人才、技术和资源优势,借鉴国内外最先进的教育理念和培养模式,结合国情、校情,围绕“宽基础、重实践、强应用”的教育理念,面向产业、行业、企业和职业(即“四业”)对人才能力的要求,以职业为导向重构专业方向(或专业方向,下同),优化实践类课程,探索构建了“三段式”、“三明治”和“三学期”的“三·三”制应用型人才培养方案。“三段式”即“学科基础和核心专业课程”+“专业实训和项目实践”+“企业实习和毕业设计(论文)”;“三明治”即将各类实验课程、课程设计、实践与实训、项目工作、企业实习和毕业设计等融入理论课程教学之中,形成理论与实践的螺旋上升;“三学期”即在秋、春季学期后增加第三个“夏季学期”,专门开设专业技能、实践训练和项目工作等实践类课程。目前,全校各专业实践类学时占总学时比例均达40%以上,其中工科和艺术设计类专业占比 $\geq 45\%$ ,经、管、文类专业占比40%。“三·三”制应用型人才培养方案的内涵通过其具体构建原则体现。

#### (二)“三·三”制人才培养方案的构建原则

各专业培养方案在制定时需充分分析毕业生主要就业对应的行业、职业和岗位所需的知识和能力体系,同时进一步聚焦专业对应的人才市场岗位要求,明确若干个专业方向,专业方向对应特定岗位所需人才的培养目标。例如,软件工程专业开设企业级软件开发、移动互联开发、Web前端开发、软件测试、软件开发与实施共计5个专业方向。在此基础上,培养方案的构建还遵循以下原则:

1. **培养方案的构建是一个系统工程。**必须从基础课到专业课、从理论课到实践课、从知识传授、能力培养到素质养成等全面综合设计,注重理论和实践的螺旋循环上升培养。同一专业类的培养方案在低年级时应按照大类培养的思路尽可能打通,在高年级时按照专业方向分流培养,增加学生的选择性。

2. **培养方案应遵循外向型思路。**有相关企业专家、人力资源主管和著名高校教授参与,充分了解人才市场需求,避免学校教育与人才市场需求脱节。例如,

新设置的人工智能专业,其培养方案的多轮讨论和论证都有科大讯飞及其关联企业人员、在企业从事人工智能工作的中科大校友和中科大等著名高校教授参与。

**3. 课程体系中应体现专业核心课程。**除夯实数理基础外,各专业要对七、八门专业核心课程高度重视,为学生打好坚实的专业理论基础,使学生未来具有一定的后劲和竞争潜力。

**4. 将课程设置及其教学内容一并考虑。**避免只管课程名称不管教学内容,导致所谓“先进的”课程名称,而实际是已经过时的教学内容。尤其是随着信息技术的发展,许多传统专业课程知识在工业界早已过时。

**5. 突破传统的课程间的平衡,强化重点课程的知识深度和一般课程的知识广度。**例如,计算机类专业将增加数学学时,减少物理等课程的学时和深度。机械类专业增加物理课学时,适当减少数学学时等。同时探索结合专业大类改革课程体系,避免出现不合理的重复。

**6. 能力培养和素质教育贯穿在所有课程教学之中。**培养方案应该有专门的综合素质与能力培养要求,具体包括(1)企业文化与职业素养;(2)交流与写作能力;(3)专业实践技能;(4)项目实践能力;(5)设计与开发能力。除设置专门的综合素质和能力培养要求及其相关课程外,必须在所有课程和教学环节中着重这两个方面的培养。

**7. 培养方案中部分课程教学的跨越。**部分课程能够应对某个特定学科和知识领域的超越,课程可以同时传授认知方法和特定技能,以及/或某一特定课题与更宽泛的跨学科课题之间的联系。

**8. 教学内容应该是动态调整的。**随着人才市场需求的变化和技术的进步,应不断的调整和更新教学内容。

**9. 课堂内外均是培养方案的组成部分。**培养方案的设计要结合课堂内外,而不只传统的课堂教学,这种结合为师生之间和课堂内外提供相互交流的机会,为学生提供超越课堂教学的培养模式。其内容和模式包括项目工作、小组学习、独立学习和科技竞赛的学分认定等。总之,应将课堂内和课堂外的所有教学任务和活动作为一个统一的培养体系加以考虑。

**10. 培养方案包含有对学生工程意识和系统观点的培养。**作为一所以工科为主的学校,其培养方案和课程设置设计的主要目标是:培养学生成为专业工程师,能解决技术和社会问题。工程与科学有所不同,它需要有许多专业和职业技能、具有工程意识和系统观点思考和解决实际问题,专业课教师自己就应该是工程师或设计师,他们面向具体的目标,培养学生怎样解决实际问题、做切实可行的设计。

## 四、案例研究——软件工程专业人才培养方案

基于安徽信息工程学院的举办者是科大讯飞这一背景优势,学校在2014版

培养方案制定时即选择软件工程专业作为试点，按照“三·三”制的模式以及构建原则制定人才培养方案。并以此专业为试点，逐步扩大推广到全校各学院和专业，目前全校所有专业的培养方案均遵循了这一框架和原则。现以软件工程专业人才培养方案作为案例，具体阐述“三·三”制应用型人才培养方案的设计与实施。

软件工程专业借鉴了美国计算机工程协会 ACM 和美国 IEEE 制定的软件工程专业本科生毕业要求，结合科大讯飞、文思海辉等国内知名软件企业对 IT 技术开发人才的需求，融合 IT 人才发展所需的素质和能力，提炼出软件工程专业培养目标。针对培养目标，分解出关键领域、关键单元及每个单元对应的知识、能力和素养。知识、能力和素养进一步映射到具体的课程体系中。同时制定完善的诊断性、形成性和终结性评测等教学质量评估体系贯穿整个培养过程，即时评测和诊断学生当前学习状态和学习成就与教学目标偏差情况，动态调整教学内容和教学安排，确保人才培养按预定目标进行。培养方案总体设计思路如图 1 所示。用于反向设计的需求具体来源于三个方面：

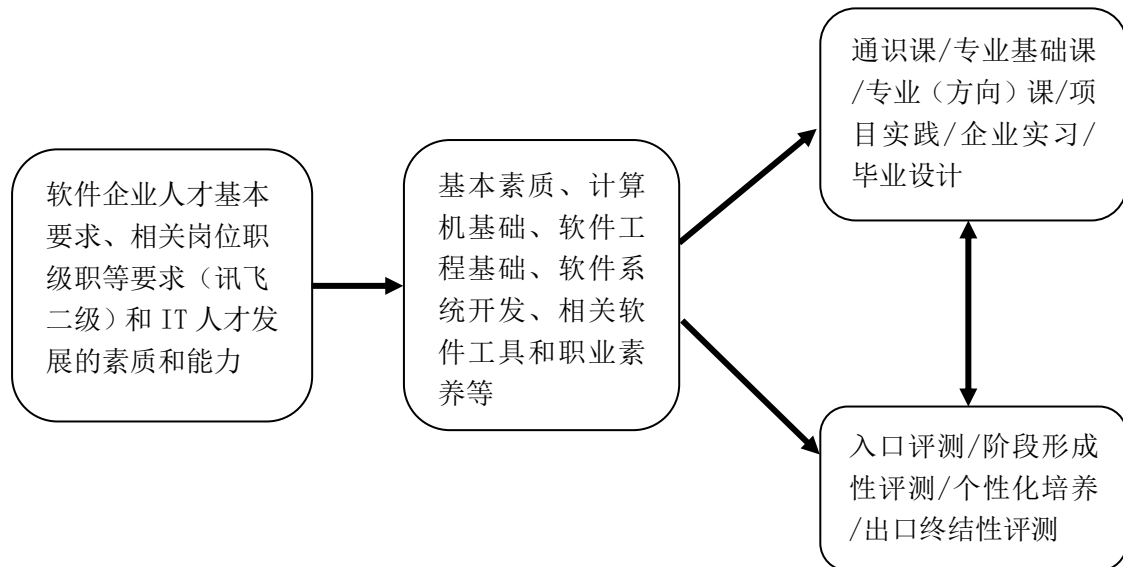


图 1 软件工程专业培养方案设计思路

（1）人才市场岗位（群）需求和能力要求；（2）软件企业技术人员职级职等要求（例如：对应科大讯飞软件开发人员二级职级职等要求）；（3）影响 IT 人才发展的关键要求。

### （一）按人才市场岗位需求和能力要求设计

从智联招聘和前程无忧等主流招聘网站对软件行业就业分析，从统计结果来看，IT 及软件企业招聘需求量最大的岗位是软件工程师，结合互联网上发布的

招聘需求,针对软件开发工程师岗位的需求及对应届毕业生的要求分析汇总如下:

### 1. 软件工程师岗位要求

对前程无忧和智联招聘发布的招聘软件工程师岗位需求进行统计,其中数据库开发工程师、Java 软件工程师、Linux 工程师、C/C++软件工程师以及.NET 软件工程师市场需求都很旺盛,而 Android 和嵌入式方向,市场需求逐渐增大。

### 2. 软件工程师岗位能力要求

根据科大讯飞人力资源部门和主流招聘网站发布的软件工程师招聘岗位职责和要求,提炼出一般软件工程师需具备以下岗位能力要求:

- 必要的专业理论基础;
- 一定的项目经历或经验;
- 一定的系统设计能力和文档编写能力;
- 问题分析、解决能力, 逻辑思维能力;
- 团队合作、自我学习、沟通能力;
- 抗压能力、责任感;
- 外包企业需适应出差。

根据以上对软件工程师的要求,结合大学生特点,分析得出软件工程专业毕业生需要达到以下要求:

**扎实的理论基础。**软件工程专业学生需掌握扎实的计算机专业基础,如数据结构、离散数学、数据库系统、程序设计和计算机网络等,这些科目是计算机类专业的专业基础,如不掌握,很难写出高水平的程序。

**至少精通某一领域。**软件工程专业学生在大学期间学习大量专业基础课程,但是一旦走上工作岗位,必须进行某一方向软件开发,所以,毕业生至少精通某一领域,能够胜任该领域相关开发工作。例如,Java 或 Web 开发、移动终端 App 开发等。

**良好的沟通和团队合作能力。**在真实的软件企业中,项目开发工作量巨大,一般都需要多人协同设计开发,有时甚至上百人协同完成,所以,团队合作显得尤为重要。一名优秀的软件工程师不仅要在技术上过硬,更应具备良好的团队沟通和适应团队合作的能力。

**较强的英语阅读和写作能力。**程序世界的主导语言是英文,编写程序的开发文档和开发工具的帮助文件均离不开英文。作为基础软件编程人员,扎实的英语基础对于提升自身的学习能力和工作能力大有帮助。而软件开发中需要经常撰写需求文档、设计文档,软件工程师需要具备一定的写作能力,尤其是符合行业规范的工程写作。

**具有软件工程的观念和工程意识。**现在的软件项目功能多且关系复杂,这就需要采用工程化方法对项目进行分解,化复杂为简单,然后由多人同时并行开发,既降低工作强度,又保证软件开发工作的质量和进度,所以软件工程师一定要建立工程化的概念。从项目需求分析开始到安装调试完毕,基础软件人员都必须能

清楚地理解和把握这些过程，并能胜任各种环节的具体工作。同时，软件作为一类产品，不只是实现特定的功能，更需要成为一个稳定、可靠、安全、经济和用户体验良好的软件产品，还包括对异常操作甚至突发事件的响应和处理，这需要软件工程师有良好的工程能力和产品意识，以保证软件产品有更好的性能。

**求知欲和进取心。**软件行业是一个技术不断变化和不断创新的行业，面对快速更新的技术和方法，软件人才的求知欲和进取心显得尤为重要，也是在这个激烈竞争的行业中立足的基本条件。

**一定的抗压能力和时间管理能力。**很多软件公司在产品交付或者上线时，特别是客户提出新需求需要快速实现时，软件工程师往往需要在较大压力下进行软件开发。考虑到软件行业工作方式，要求软件工程师应具备良好的抗压能力和时间管理能力。

## （二）按软件企业人才职级职等要求设计

软件工程专业以行业领军企业科大讯飞任职资格体系为参考，面向应用开发序列软件工程师和企业用人实际，确定所培养的毕业生至少需达到科大讯飞二级二等开发工程师水平，毕业生需要基本掌握自身工作领域所使用的开发、测试技术和工具，能够在无需指导或者较少指导的情况下，按照系统设计，完成独立模块的开发工作，以达到科大讯飞应用开发序列二级职级要求（如表 1 所示）。软件工程专业毕业生在毕业后往中级软件开发工程师和高级软件开发工程师方向发展，专业技术较强的，往架构师和项目管理方向发展。学生在 5 年后应可以胜任副高级软件开发工程师或助理架构师岗位工作，而这一培养目标必须通过达到二级职级要求来实现，因此其要求被作为毕业生毕业要求制定的参照。

表 1 科大讯飞应用开发序列职级角色定义

岗位 职级	企业 职称	角色定义	毕业生职业 发展路径
六级	资深 开发 工程 师	行业内资深的业务和技术专家。对行业各类技术发展动态有着清晰、深刻的认识，领导开展整个组织的技术工作，深刻理解所在业务领域关键价值，为组织的产品和应用确定独特价值定位和竞争优势，引导和影响客户业务系统长期发展规划决策。作为组织内的技术革新发起者，跟踪技术发展趋势，规划组织长期技术发展路线，为组织适时引入新的技术和工具，并规避技术风险。	7—10 年 工作经验
	资深 架构 师	资深架构师，可独立承担并领导其他架构师工作，是特定领域的权威专家；能够胜任多个跨行业 IT 解决方案架构工作，并成功影响组织范围内多个项目组的技术工作。	7—10 年 工作经验

续上表

五级	高级开发工程师	行业内高级业务和技术专家。对特定行业或区域内业务和技术发展动态有着清晰的认识，领导开展组织内多个应用或产品方向的技术工作。深刻的认识客户业务目标，为客户制定完整的业务系统技术解决方案，并通过技术能力影响客户决策。作为多个技术领域的专家，可以组织多个应用系统的架构设计、技术选型、技术评审等工作。通过其现有的技术积累，为部门的技术规划提供意见，从而间接影响到其他项目组的工作，或因为其技术影响力，经常被其他项目组邀请为技术专家直接影响他们。	5—8年 工作经验
	架构师	合格的架构师，可独立承担架构师工作，是某专业领域的专家；能够胜任某行业内多个 IT 解决方案的架构设计工作，并成功影响行业内多个项目组的技术工作。同时，因为其丰富的架构经验，经常指导助理架构师工作，或被其他业务领域的项目组邀请为专家提供意见。	5—8年 工作经验
四级	副高级开发工程师	精通应用软件/硬件类开发知识、技术与工具，能够领导较大规模的开发组协同工作。具有大量的软件设计与开发方面的最佳实践和经验总结，通过这些经验影响项目组的设计、开发、评审等工作。必要时也承担其核心模块的开发工作，通常能够在项目开发过程中解决大部分技术问题。	4—7年 工作经验
	助理架构师	对某专业领域具有较深入的认识，能够识别客户意图，分析并引导业务系统需求，开始探索业务领域的发展方向，并经常能够总结出该领域的技术和业务特点，或提供针对性的解决方案。作为架构师的入门级别，开始积累和锻炼架构师工作所需的各项基础技能；能够在少量指导下胜任某 IT 解决方案的架构设计工作，并成功影响该项目的技术工作。	3—4年 工作经验
三级	中级开发工程师	熟练的应用软件/硬件类开发人员，能够领导小规模的开发组协同工作。能够按照较明确的需求，完成复杂模块或者小型项目的设计、开发、评审等工作。能够独立研究开发过程中的技术问题，并时常通过总结与演练的方式，为团队成员提供技术指导。	2年 工作经验
二级	初级开发工程师	合格的应用软件/硬件类开发人员。基本掌握自身工作领域所使用的开发、测试技术和工具，能够在无需指导或者较少指导的情况下，按照系统设计，完成独立模块的开发工作。	安徽信息工程学院软件工程应届毕业生
一级	助理开发工程师	入门级员工。掌握基本的开发技术和工具，能够在一定的指导下，按照设计完成小模块、页面等基本代码片段的开发工作。	一般本科应届毕业生

数据来源：科大讯飞人力资源部。



### （三）按影响 IT 人才发展的关键要求设计

根据科大讯飞子公司讯飞教育对其学生入口评测与出口评测差异化分析及学生职业发展情况来看，就业者的竞争力主要体现在四个方面：（1）思维能力；（2）学习能力（有效的学习方法）；（3）学习主动性（较高的自觉性）；（4）自信心。为培养学生的就业竞争力，在培养方案中需针对四个方面展开设计：

**思维能力方面：**课程应注重引导学生独立思考，开设逻辑思维课程系统锻炼学生思维能力。

**学习能力方面：**在新生入学初，开设相应介绍学习方法课程。

**学习主动性方面：**开发智慧学习平台，对照培养方案建设线上课程资源，在线实现“教、学、练、管、评”，督促学生自主学习；同时撰写学习手册，安排高年级本科生担任低年级学生助教进行课程辅助和线下答疑。

**自信心方面：**开设职业素养课程帮助学生建立人生规划，养成良好的职业素养，建立起对生活、工作的积极认识，通过特定素质拓展课程和真实的企业项目实践经历，树立学生自信心。

### （四）软件工程专业培养方案

综合以上三个方面，软件工程专业最终明确了其培养目标、毕业要求和教学目标三级目标体系，并借鉴 SE2004 (Software Engineering 2004, Curriculum Guidelines for Undergraduate Degree Programs in Software Engineering) 等研究成果，构建了人才培养方案，后期又根据《普通高等学校本科专业类教学质量国家标准》和工程教育专业认证标准对培养方案进行了进一步优化。软件工程专业目前的人才培养目标为：

培养适应新经济发展需要，德、智、体、美、劳全面发展与健康个性和谐统一，具有职业伦理和社会责任感，具备数学与自然科学知识基础，掌握现代软件工程基本理论、专业知识，掌握软件分析、设计和开发方法，掌握当今主流软件开发平台和软件开发技术，能够熟练使用软件开发工具、先进的工程化方法和技术解决复杂工程问题，具有较强的软件开发实践能力和技术创新能力，具备良好的计算思维、数据思维以及基本工程素养、团队协作能力和良好职业素养，能够从事软件分析、设计、开发、应用和维护的应用型软件工程人才。

培养目标进一步被分解为 4 个子目标：

**目标 1：**适应新经济发展需要，爱国进取，全面发展与健康个性和谐统一，具有职业伦理和社会责任感。

**目标 2：**具有良好的数理基础，掌握现代软件工程基本理论、专业知识，掌握软件分析、设计和开发方法，掌握当今主流软件开发平台和软件开发技术，能够在计算机及软件领域独立从事软件系统设计和开发工作。

**目标 3：**具有较强的软件开发实践能力和技术创新能力，具备良好的计算思维、数据思维以及基本工程素养，能够在设计、生产中担任组织管理角色。

**目标 4:** 具有团队精神、组织沟通能力和国际视野, 具有继续学习、终身学习的能力。

支撑子目标的毕业要求共计 13 条, 包括工程基础、软件问题分析、软件方案设计、现代软件工具使用、科学思维与方法、职业规范、团队协作、沟通交流、项目管理、终身学习等。对于 5 个专业方向, 还分别确立了针对不同专业方向的知识、能力、素质补充要求。围绕毕业要求及补充要求, 进一步设计教学目标, 按照“三·三”制人才培养方案的框架, 设计了“2+1+1”的三段式培养模式, 即两年数理基础和专业核心课程培养, 一年专业方向课程学习及实训和项目开发培养, 一年为企业实习与毕业设计。课程设置中还包含了企业文化与职业素养 (CQD1007《职业能力与素养》)、交流与写作能力 (CSE1002《工程应用写作》)、创意创新能力 (CQD1006《创新与创意能力》)、逻辑思维培养 (CSE2002《逻辑思维》)、学习方法传授 (CSE2205《软件工程导论》) 的专门课程。

**前三年为校内集中培养,** 其中秋、春季学期主要安排课程学习并穿插实践项目; 夏季学期主要安排集中实践, 由企业工程师进行授课, 工程师充当项目经理角色, 学生以小组为单位, 每天在项目经理的管理下完成指定任务、跟进项目进度。夏季学期还采取分层教学模式, 工程师针对每个层次学生基础调整教学内容和项目设计。按培养阶段来说, 大一、大二为数理基础和专业核心课程学习。大三为专业方向学习, 大三秋季学期学生进入专业方向进行培养, 学习行业主流技术并要完成一个个人项目, 学会自主管理和把控项目的开发过程; 大三春季学期学生以团队的形式完成一个企业级项目, 培养企业级项目设计与开发能力, 强化团队协作与沟通表达。

**最后一年在企业培养,** 其中企业实习时间段为大三春季学期 (5 月以后) 至大四秋季学期 (不少于 6 个月), 毕业设计在实习过程中准备并延续至大四春季学期完成。企业实习实行准入机制, 未完成指定专业基础课程、专业方向课程及其任务的学生, 不得进入实习期。同时在大三春季学期 (5 月左右) 还会开展实习入口测评, 包括专业基础理论、专业技术能力和项目设计与开发能力三类考评, 均通过的方可开始实习。未通过的学生将进一步接受 2 个月左右的强化训练。学院提供双向选择的集中实习机会, 学生也可以在家长和学院同意下自主选择其他企业实习。对于有考研、创业等特殊需求的学生, 学校也统筹考虑了个性化培养计划。实习过程采用信息化手段建立了跟踪机制, 学生需要定期提交实习回顾、计划及反思, 同时实习期满后, 企业和学校共同对学生实习进行鉴定。毕业设计一般都与实习工作中的真实项目相关联, 在企业实习满 3 个月的学生可以结合工作项目提交毕业设计开题申请, 学院审核通过后开展毕业设计工作, 由校内导师和企业导师共同指导。

学生在四年内还须获得 2 个综合素质学分以及 4 个社会责任教育学分。综合素质学分主要通过丰富的学生主导的第二课堂活动或各类学科竞赛获得, 社会责任教育学分通过志愿服务和其他社会劳动获得。

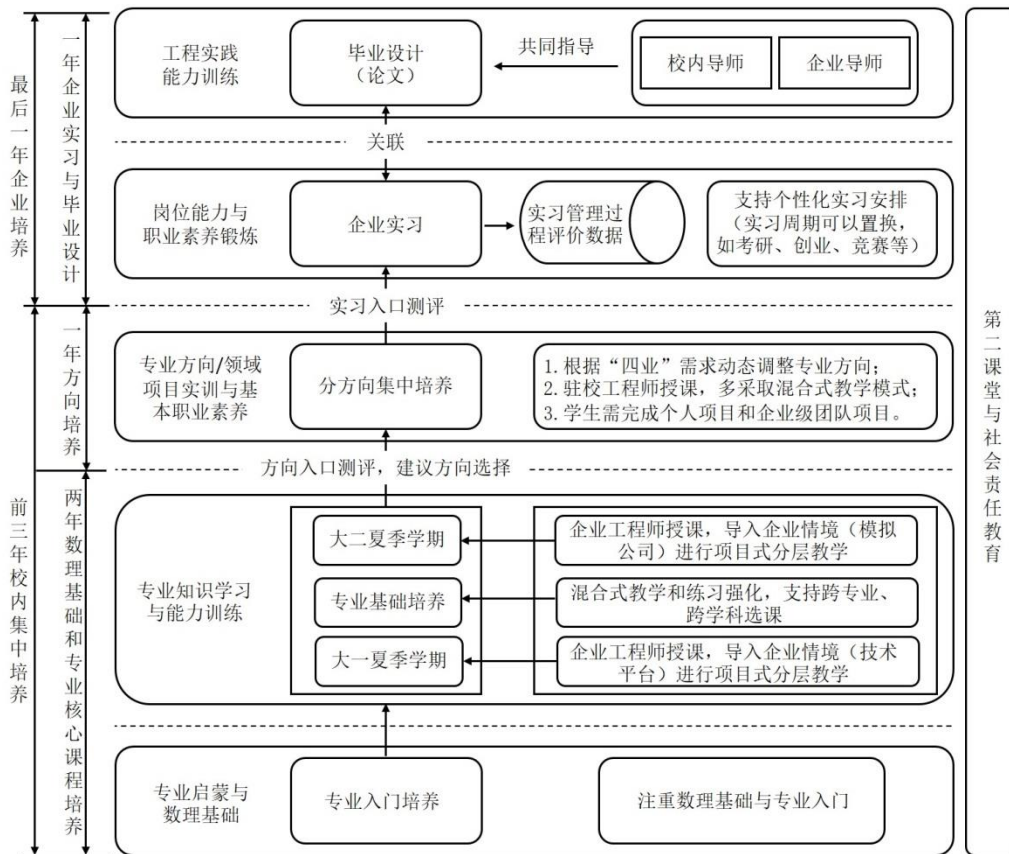


图2 软件工程专业“三·三”制应用型人才培养方案

软件工程专业“三·三”制培养方案的课程设置如图2所示。

在软件工程专业人才培养的实践中，还具体采取了三个方面的措施以支撑毕业生在毕业时达到毕业要求：

**依托自主开发的博思智慧学习平台开展混合式教学模式改革**，提升课程教学效果，塑造学生终身学习能力，主要包括“讲授+自主学习”、“讲授+自主学习+课程项目”、“项目式教学”、“研讨+自主学习”四种模式，具体课程和实施方式在《基于博思智慧学习平台的教育教学改革实践及其成效分析》一篇中进行详细的阐述；

**实施基于项目的实践教学体系**，通过“企业情景、项目主导”的方式提升学生实践能力和职业素养。分别针对逐层次递进的企业情境，包括技术平台、模拟公司、工作室和真实企业岗位，设置单元项目、模拟项目、真实项目和企业项目，项目的开放性不断扩大、复杂度不断增加，在培养学生能力方面，从基本技能训练逐步进阶到项目开发能力，最后到岗位能力素养，在整个过程中持续跟踪评价，以检验学生在毕业时是否达到科大讯飞二级软件开发工程师水平；

**参照企业质量管理体系构建基于过程的考核管理与质量评估体系**，并贯穿于学生专业培养的始终。专业课程均采用过程考核和期末考核相结合的方式。过

程考核包括平时考核和阶段考核，平时考核由教师组织，阶段考核由专业成立的第三方质量监督委员会组织，期末考核由学校组织。课程的教学大纲由课程组根据培养方案制定，明确教学目标和阶段考核里程碑节点及考核范围。课程组针对大纲中的各项教学目标开发多套课程考核资源，经学院评审后录入博思智慧学习平台。阶段考核时由第三方在平台中抽选考核题目并在考核后组织教师批阅。阶段考核结果出来后，课程组负责人召开阶段总结会议，听取课程组教师分析质量偏差产生的原因，并由第三方制定阶段考核报告予以持续跟踪改进。

## 五、软件工程专业人才培养成效

安徽信息工程学院软件工程专业于 2013 年招收了首届学生，2017 年首届学生毕业，目前虽仅有三届毕业生，但从就业质量<sup>1</sup>上来看，“三·三”制人才培养方案在软件工程人才的培养方面成效显著。

2017 届毕业生就业率为 99.7%（299 名毕业生，298 人就业或考取研究生），远高于麦可思《2018 年中国本科生就业报告》中全国 2017 届本科毕业生平均水平<sup>2</sup>91.6%；毕业生平均月薪约为 5821 元/月（毕业时的数据，下同），远高于全国 2017 届本科毕业生平均水平 4774 元/月（毕业生就业半年后的数据，下同）；学生就业与专业对口率 94.5%，远高于全国 2017 届本科毕业生对口率 71%。

2018 届毕业生就业率为 99.8%（509 名毕业生，508 人就业或考取研究生），远高于麦可思《2019 年中国本科生就业报告》中全国 2018 届本科毕业生平均水平 91.0%；毕业生平均月薪约为 5876 元/月，远高于全国 2018 届本科毕业生平均水平 5135 元/月；学生就业与专业对口率 90.1%，远高于全国 2018 届本科毕业生对口率 71%。

2019 届毕业生（统计截止时间为 2019 年 7 月 1 日）就业率为 98.4%（549 名毕业生，540 人就业或考取研究生）；毕业生平均月薪约为 6000 元/月；学生就业与专业对口率 89.6%。毕业生毕业半年后的就业率、就业起薪、专业对口率将继续保持在较高水平。

我校软件工程专业的人才培养成效得到了 IT 企业等用人单位的高度评价和学生及其家长的充分肯定。该专业“基于博思智慧学习平台的教学改革研究与实践”和“以需求为导向，校企协同的 IT 人才工程能力培养体系的构建与实践”获得两项安徽省教学成果一等奖，是安徽省同类院校中最年轻且获得教学成果奖最多的专业；其培养方案和自主研发的博思智慧学习平台已推广到重庆邮电大学、南宁学院等十余所高校；其创新的人才培养模式受到《中国教育报》、《光明日报》、新华网、凤凰网以及安徽教育网等新闻媒体的宣传报道，近两年已接待国内各类

<sup>1</sup> 就业质量数据来源于《安徽信息工程学院 2017 届毕业生就业质量报告》和《安徽信息工程学院 2018 届毕业生就业质量报告》。

<sup>2</sup> 文中后续所说的全国本科生平均水平均指麦可思中国本科生就业报告中同届本科生的结果。

院校交流和媒体采访 50 余次，在社会和教育界产生了广泛的影响。

## 六、问题与展望

目前全校所有专业均按照“三·三”制的要求，实施了“3+1”的应用型人才培养模式，即 3 年校内集中培养，1 年企业实习加毕业设计（论文）。各学院在具体实施过程中也各有特色，例如：电气与工程学院在校内集中培养阶段基于专业基础课程、实践性强的专业课程以及专业综合实训构建了三级伴随式项目化教学体系，依托项目载体分层次地逐渐培养学生的专业基本技能、综合实践能力和工程创新能力；机械工程学院在校内集中培养的最后一学期选拔学生进入与知名企业（如中联重机）合作的定向培养班，进一步将企业培养前置，由校企双方共同设计、开发和实施企业课程，学生经过校内的短期集中培养后进入合作企业开展实习并同步完成毕业设计，在毕业时可直接在合作企业就业；管理工程学院直接聘请企业高级管理人员按专业核心课程的知识模块进行案例教学并共同参与设计、实施课程的情境化项目；艺术设计学院依托艺术工作室（承担科大讯飞集团相关设计项目等）向学生提供开放项目，吸收有意愿、有能力的学生参加设计项目，学生直接在设计师的指导下参与企业真实项目的设计；通识教育与外国语学院为每名新生配备导师，实行四年一师制，学生的课程学习、第二课堂活动参与、企业实习、毕业论文等均由同一名教师跟踪指导。

虽然学校所有专业的培养方案都已经按照“三·三”制框架和原则制定，但是在“反向设计”的需求调研以及“正向施工”的人才培养实践中仍存在问题，主要包括：

**学科专业之间的壁垒仍然比较明显。**即使是软件工程专业，也仅在计算机类专业内部破除了专业壁垒，其专业方向允许跨专业的学生选择，项目工作由跨专业的学生团队完成，但其与机械、电子、自动化、管理等专业类的融合仍有欠缺，这不利于复合型、一专多能型人才的培养。

**学院间发展的不平衡。**由于“三·三”制人才培养方案的构建是以软件工程专业为试点的，所以学校相应的资源与机制都一定程度上向其倾斜，这也造成了非试点专业与试点专业间的差距逐步拉开，一定程度上个别专业的培养方案对照“三·三”制的内涵只做到了形似而未做到神似，并未落实用于“反向设计”的需求调研和毕业生跟踪，也未落实培养方案中部分实践教学环节的设计，另外部分专业培养方案的设计思路不够开阔，在“三·三”制的基础上创新设计不足，缺乏专业特色。

**学习场所不够灵活。**学校提供的灵活学习空间不足，难以支撑大规模的基于项目的学习体验，这是培养方案实施不可或缺的。场所的缺失很容易导致教师必须根据现有的教学场所来设置项目，而不是反过来根据人才培养所需的项目来提教学场所的需求。

**增加的工作量。**培养方案如果想得到有效实施，课程目标就必须制定的合理且要严格考核评价，学业考核的维度还要求更加多元、过程更加细化。如果不能做到有效整合课程，减少教学学时，则总体上一定会增加工作量。另外，为了增加跨学科合作，避免课程体系支离破碎、重复冗余，就要求教师不能仅仅只负责自己课程的教学，还需要深度参与到培养方案优化之中，顾及其他课程，对课程设置共同负责，这需要教师投入大量时间参与。

麻省理工学院 2018 年的《全球一流工程教育发展报告》中指出：在未来，“谱写全球工程教育新篇章的关键创新不太可能是新的教学技巧或新的培养方案的内容，而是**如何在实践中管理、组织和实施培养方案。**”未来的引领高校需要“在预算有限的情况下，能面向大规模学生群体成功实施系统综合的培养方案和课程体系，并将一流教育实践融入培养方案之中”。这就要求“通过贯穿一条设计项目主线来实现有序衔接的、高度整合的课程设置”。

如该报告中所研究的案例院校新加坡科技设计大学，其通过单一课程的 1D 项目、横跨多门课程的 2D 项目、跨学年逐步完成的 3D 项目、课程之外的 4D 项目的“4D”项目设计理念构建了系统、完整的培养方案，到毕业时，每个学生需要参加 20 到 30 个设计项目。

又如报告中所研究的案例院校伦敦大学学院工程学院，其实施的综合工程教育计划的培养方案在新生入学时即设置了 2 个挑战项目，第 1 个项目由系部设计实施，第 2 个项目由工程学院设计实施，旨在让新生了解基于项目的学习方式、工程学的作用和范围并熟悉跨学科合作。随后学生需要在二年级结束前完成一系列共计 6 个情境化项目，每个项目的完成都按 4 周课程、1 周集中实践的方式组织。在 2 年级结束前再通过全院的集中项目进一步强化培养学生跨学科团队合作解决真实问题的能力。

再如报告中所研究的案例院校澳大利亚查尔斯特大学，其培养方案为五年半制（本硕连读），仅前一年半为校内集中培养，后四年全部在企业进行实习。其通过在线学习平台将学生的基础知识学习时间从校内延伸到了校外，并且平台上所有的内容不以课程构建，而是按照知识的关联性以主题单元的方式组织，平台用可视化的方式给出了所有主题单元的映射图。除非需要现场教学的实验、讨论、项目工作等，学生的学习均在线上完成，学生可以随时、随地、随需的自主访问和学习，实现了一种灵活的“现学现用”的学习模式。为了培养学生自主学习的能力，该校还要求学生在学习期间定期设定学习目标、记录学习情况、回顾反思学习成效和工作成就，指导和帮助自己管理时间。

以上存在的问题以及世界先进工程教育的实践经验为我们进一步优化“三·三”制应用型人才培养方案带来了启发。

**增强培养方案中跨学科交叉融合的学习体验的设计。**通过跨学科教师团队（包括企业的高级技术人员和管理人员）合作开发新的课程、新的项目或者优化已有课程的教学目标及其教学内容。尤其是校企共同开发好面向新生的《工程导

论》课程，从一入学即培养学生工程概念、学习方法和团队协作，适应解决开放性、无标准答案的问题。

**加大师资培训力度和基础设施等条件建设。**与一流高水平大学建立点对点教师培训合作，提升教师的教学能力和教学研究水平；按照培养方案实施的实际需要予以灵活的教学场地的投入，尽可能按照项目团队的方式固定团队工作空间。

**完善培养方案项目体系的设计。**按照不同阶段的教学目标，以一条项目能力培养主线设计分层递进、有序衔接的项目体系，单独设置的实验以及集中实践环节应该是项目体系的一部分，课程内的实践学时应该是项目体系的有效支撑。学习伦敦大学学院和查尔斯特大学的经验，制定科学合理的项目管理和评价方法。

**培养学生的自主学习能力。**麦可思对 2006 届、2007 届大学毕业生进行了毕业十年后的跟踪评价，结果显示毕业生毕业十年后认为最重要的职业能力是持续学习能力（83%受访者选择），其次是资源掌握能力（62%受访者选择）。可见终身学习能力的培养是学生职业后劲最关键的支撑。这就需要在培养方案实施时注重对学生学习目标制定、学习结果反思的培养。

**优化混合式教学模式。**国内正在推进的线上、线下、线上线下混合式、虚拟仿真、社会实践五类“金课”建设也与国际一流经验不谋而合，都是在提倡实施混合式教学模式。在我校已有博思智慧学习平台的基础上，参照查尔斯特大学的经验，进一步优化在线学习资源的组织方式和展现形式，平台使用向其他专业类延伸，基于平台进一步对人才培养模式进行大胆的改革，将线下的时间充分用于面对面的师生交流、研讨和实践工作。

**促进学院间平衡发展和教师投入教学。**在培养方案的试点工作已显成效后，需要在体制机制上进一步创新，督促各学院进一步落实“三·三”制人才培养方案；优化现有教师晋升体系和薪酬体系，引导教师投入更多精力参与教学改革。