

# 切实做到一体化 尽量避免两张皮

## ——对我国工程教育未来发展的若干建议

杨毅刚

**【摘要】** 文章根据大唐电信集团在技术创新方面的发展经验,分析了技术创新人才培养的重要性,以及我国高等工程教育的现状和面临的挑战,并通过探讨企业技术创新的内涵和模式,从做到一体化、避免两张皮的角度,对我国工程教育的未来发展提出了若干建议。

**【关键词】** 技术创新 一体化 高等工程教育

**【收稿日期】** 2011年12月

**【作者简介】** 杨毅刚,大唐电信科技产业集团副总裁。

大唐电信科技产业集团(简称为大唐电信集团)是隶属于国资委管理的中央企业;大唐电信集团的主业方向是信息通信、集成电路产业领域,是集研发、制造、销售、服务于一体大型的高新技术企业。大唐电信集团现有员工2万余人,其中80%以上都为工程技术人员。大唐电信集团总部设在北京,上海、天津、西安、成都等地都有所属的公司、研究所。本文拟根据大唐电信集团在技术创新方面的发展经验,谈谈技术创新人才培养的重要性,以及我国高等工程教育的现状和面临的挑战,并通过剖析企业技术创新的内涵和模式,从做到一体化、避免两张皮的角度,对我国工程教育的未来发展提出若干建议。

### 一、大唐电信科技产业集团是一个技术创新型企业

移动通信系统、终端、芯片及应用是大唐电信集团的主要技术创新领域之一。作为近十年来技术进步最快、发展规模最大的通信产业,移动通信已从第一代(1G)的模拟移动通信,发展到第二代(2G)数字移动通信,现已开始规模发展第三代(3G)宽带数字移动通信,第四代(4G)移动通信的试商用系统已开始在我国六个城市进行试验性布局。在这一进程中,大唐电信集团始终走在技术创新的前列。

第一代、第二代移动通信技术,我国一直采用的是欧、美标准。1998年,大唐电信集团作为技术标准的主要贡献者提出了第三代移动通信国际

标准TD-SCDMA,该标准于2000年被国际电信联盟(ITU)接纳为国际3G标准;2008年,大唐电信集团又作为主要贡献者提出3.9G移动通信国际标准TD-LTE,也被国际标准化组织接纳为3.9G国际移动通信标准;2009年,大唐电信集团作为主要贡献者提出4G移动通信国际标准TD-LTE-A,已通过国际标准化组织的全部评估,形成标准建议,国际标准化组织将于2012年初正式发布。

1998~2010年间,大唐电信集团向国际标准化组织提交移动通信技术标准文稿共计6259件,现已通过3145件。迄今为止,大唐电信集团已申请的国际、国内专利数已超过1.1万件,其中90%为发明专利。

凡此种种,无不表明大唐电信集团将技术创新作为引领企业产业发展的源动力,确立了“坚持技术创新,走新型发展之路”的发展模式。

大唐电信集团所确立的技术创新发展模式,需要大量的技术创新人才,需要大量的工程技术人员,这些新补充的人员中,有一部分就来自国内外各高等学校的毕业生。当前,教育部提出并正在实施“卓越工程师教育培养计划”,它必将有力地推动我国高等工程教育的改革和创新,因而深受广大企业的欢迎,也理所当然地受到大唐电信集团的拥护、支持和参与。

### 二、我国高等工程教育的现状和面临的挑战

2010年教育部提出“卓越工程师教育培养计

划”以来,工程教育的改革和创新已被绝大多数学校的管理层、教师、学生及企业所高度认同,申报“卓越工程师教育培养计划”的高校及专业数量越来越多,参加工程教育专业认证的高校及专业数量也在不断增加。现在许多高校都在积极探索高等工程教育的改革、创新模式,显然,这不是简单的调整几门课程就可实现的,而是要采取“一体化”的培养理念,即:将培养目标、培养理念与课程体系,进行一体化设计;将课程体系、教学方法、学习方法、考核方式和持续改进方法,进行一体化设计;将知识、能力和素质培养进行一体化实施。“一体化”的培养理念其实就是工程教育改革的“顶层设计”。“一体化”思想贯穿到高等工程教育的方方面面,将有效地指导高等工程教育改革,推进高等工程教育创新的实施。

通过实施“一体化”设计理念,将提高学生的动手能力和自主创新能力;而通过校内学习与校外企业实习相结合的方式,也将提高学生对企业的感悟和认识。

目前高教界和企业界的许多有识之士都在问,高校专业课设置和专业课试验环境能满足社会的需求吗?以移动通信技术为例。答案似乎不那么令人满意。

我国从1994年开始建设第二代数字移动通信无线网络,用了17年的时间累积建设的无线基站的总数量,已被建网不到3年的第三代宽带数字移动通信追上。我国2009年初才发放3G的运营牌照,而真正开始建设3G无线网络的时间已是2009年下半年,在不到3年的时间内,3G已建和在建的无线基站的数量已接近2G用17年时间所累积建设的无线基站总数,现在3G建设的高峰期已过,以后的建设将以优化城区无线覆盖和扩大农村无线覆盖为主。这就意味着,3G的技术、产品的研发工作已到尾声,且3G大规模生产的高峰阶段也已过去,3G已进入到大规模的实用阶段,成为中国广大消费者日常使用的普通通信工具。换言之,3G的技术创新的主体区间已经过去,以进入到社会普遍应用阶段。现在我国的通信技术企业都在全力以赴地开发4G的移动通信产品,目前也是企业对4G移动通信技术创新人才的社会需求最为迫切的时候。我国已开始在上海、杭州、南京、广州、深圳、厦门进行4G的规模技术试验。预计两年后,4G也将开始规模商用。

新技术的进步和普及应用,亟需大量的、能满足社会需求的各类工程技术人才,但我国绝大多数具有通信工程专业的高校,其专业课的设置都难以跟上社会发展的速度,许多专业课的教师自身就没有接触过3G、3.9G、4G的技术及产品开发,其中的先行者也只能靠自学的方式来学习日益进步的专业技术。现在大多数设有通信工程专业的高校,还在讲授2G的专业课程;至于高校专业实验室的实验条件,就更难以满足学生对现代通信专业知识、实践的学习要求了。

因此,技术的突飞猛进,对高校的工程教育提出了严峻的挑战。加强基础课的学习,提升学生自主学习的能力,当然是应对技术高速进步的有效措施,但如果等学生毕业到工作单位后,再去从头自学现代社会已大规模应用的技术,再用半年到一年的时间,才达到工作岗位的工作需求,用人企业能认同这种教育方式吗?笔者认为,加强基础知识、专业基础知识的学习的确是非常重要的,让学生通过自主学习来跟上技术的进步,也不失为一种非常正确的方式,但这种自我完善、自我更新的方式,更主要的是为了面对后4G、5G这类现在还难以预见的未来技术,而不是面对现实工程应用需求的方式。

问题在于,高等工程教育的培养目标,与企业的现实需求而不仅仅是长远需求是否必须保持一致?

各高校都对工程教育进行了很大力度的改革,通过“一体化”设计,提高了学生的动手能力、创新能力,提高了学生对企业的认识度,这些都是必需的,都是高等工程教育的重要内容,但这样就能达到企业对工程技术人才的要求吗?企业进行的“技术创新”与高校的“技术创新”是一回事吗?

实事求是地说,站在企业的角度,两者的差距是客观存在的。笔者在高新技术企业工作了近30年,这两年又作为高校工程教育专业认证的评审专家,去了若干高校,对其工程教育的现状也做了较为深入的了解和分析。总的来说,高校在高等工程教育改革和创新方面做了大量的工作,但这些改革和创新,在很大程度上是高校单方面进行的,对企业的切身需求的了解还不够深入,这样就可能形成“二次工程教育”的局面,即学生在校进行一次工程教育,待他们到企业工作后,可能还要再进行一次工程教育,才能满足企业对工程人才的基本要求,这就是“两张皮”问题。

本文仅以“技术创新”的内涵和模式来说明一下企业“技术创新”与高校“技术创新”的差别所在,进而探索怎样解决工程教育中的两张皮问题。

### 三、企业技术创新的内涵和模式

高校培养学生的技术创新能力,或多或少与学术型研究是有关联的。学校希望通过技术创新启发学生的聪明才智,用类似“头脑风暴”的方式,启发学生提出一些创造性的想法,以此来刷新一下历史,填补一些空白,还希望在此基础上,通过动手能力的培养,使这些创造性的思想能成为有实用价值的产品。

但在高新技术企业,仅有创新意识的远远是不够的。企业进行技术创新的内涵与模式,与高校的技术创新差别是很大的。企业进行技术创新的目的,不是只看技术创新水平的高低,不是单纯以新技术填补空白为目的。企业技术创新的目的是为了获得差异化的核心竞争优势,是为了获取投资的高额回报。由于目的性的差异,两者在“技术创新”的内涵和模式上就会有较大的差别。

#### 1. 企业技术创新的内涵。

在企业内部,技术创新的内涵就是 R&D, R 的内涵是技术研究, D 的内涵是产品开发。技术研究在企业内也称为技术预研,即便是在高新技术企业,技术预研在企业技术创新的资源投入中所占比例也是较低的,而且技术预研是产品开发的技术先导,是为产品开发服务的;产品开发才是企业技术创新的主体形式。产品开发的目的是竞争优势的获取和高额投资回报的获得,其开发过程要严格遵循一整套开发模式、流程的约束。在产品开发的过程中要满足企业的各项关注要求。在企业内,技术预研与产品开发要严格分离,以避免将不成熟、不确定的技术用于产品开发之中,从这一点就可看到学术型技术创新与工程型技术创新的差别。下面通过企业对产品开发模式的要求和企业在产品开发中的关注点来说明企业技术创新的本质特征之所在。

#### 2. 企业产品开发模式。

目前,国内外大、中型信息通信企业的产品开发模式,大多都采用集成产品开发(Integrated Product Development, IPD)模式。IPD 模式有两个核心内容:

一是分产品线。由来自市场、开发、测试、生产、技术支持、财务、采购等部门的人员共同组成跨部门的产品开发团队 PDT,每一条产品线组建

一个跨部门的产品开发团队 PDT,而不是传统的开发模式。传统的产品开发模式中,产品的开发就是研发部门的事情,研发工程师以自我创造的思想来开发产品,其结果往往是为了技术创新而技术创新,虽创新思路层出不穷,但没人去考虑企业内的下游,如中试部、生产部、销售部、技术服务部的感受,没人去考虑最终客户的感受,这种与下游、客户脱节的技术创新模式是不可能开发出有竞争力的产品的。

二是建立一个条理化的、关注真实业务的产品开发流程体系。产品的开发过程不只是一个“头脑风暴”的过程,它要遵循一套严格的开发流程。IPD 模式流程如图 1 所示。

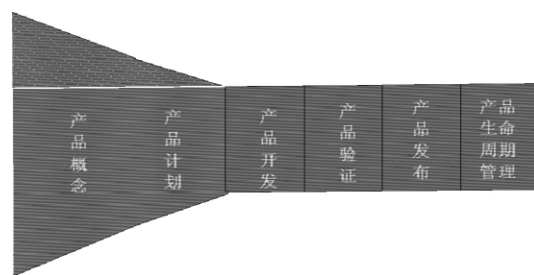


图 1 IPD 模式流程图

如图 1 所示,产品的开发过程分为六个阶段,即,产品概念、产品计划、产品开发、产品验证、产品发布及产品生命周期管理;这六个阶段中,几乎所有阶段的工作都不只是企业研发部门单独能完成的事情,所以必须建立跨部门的研发团队。下文谈及企业产品开发的关注点时,将更加能凸显到建立跨部门团队的必要性。从图 1 还能看出,图的左侧宽度是大于右侧的,严格来说,右侧的四个阶段也都应是左宽右窄、逐层递减的,其含义是,每个阶段转入下一阶段时,都要经过严格的评审,特别是要经过市场变化而带来的是否中止开发的评审;没有通过转段评审的产品开发项目,就进入不了下一阶段,就会被淘汰掉,所以流程越往右侧越窄,获得通过的项目也会越来越少。

#### 3. 企业产品开发的关注点。

##### (1) 模块、部件、平台的重用度。

任何新设计的产品,在商用定型前都要做大量的测试验证,其原因是,全新设计的产品,在实现技术创新的同时,也会带来大量的隐性技术故障因素,这些技术故障因素都是来自于设计的缺

陷和疏忽。在移动通信领域,一个全新设计的下一代移动通信基站产品,在产品研发完成后进行外场测试时,发现并排除掉一两千个大小技术故障是非常常见的事情。一个全新产品在完成了漫长的场内、场外测试后,要排除掉大量的由新设计带来的隐性技术故障问题,所以说经过大规模商用后被验证合格的产品是来之不易的。在企业内部,经大规模商用验证过的产品,还要分解成若干合格的模块、部件、平台,以此来构成公共基础模块技术库,待以后再开发同类产品时,优先在这些经验验证合格的模块、部件、平台技术库中选择合适的单元用于新产品的开发。企业强调在一个新产品中经过验证的模块、部件、平台的重用度比例,重用度高的新产品,隐性的技术故障就会低得多,这意味着,产品的稳定性、竞争性就会很高,产品成本就会很低,产品的研发周期也就会越来越短。在产品开发中要尽力避免随意的技术创新,没有任何继承性的随意技术创新的结果是:一轮轮的技术创新,一茬茬的排除技术故障,这种技术创新模式是研发不出优秀产品的。实际上,只有当公共基础模块技术库中合格的模块、部件、平台不能满足设计要求时,企业才会去开发全新的产品。这是常识。

## (2) 产品的可生产性。

在进行产品设计时,就要考虑新产品的可生产性,考虑规模生产的需要。不能因为设计了一个自认为高水平、高指标的产品,就必须由资深的高级工程师才能调试、生产出来。实际上,只有技艺高超的专家才能生产的技术创新成果,不能称为产品,只能称为艺术品。产品可生产性的要求是,无论含有多尖端技术的产品,都要能够实现自动化生产。企业要求用贴装机自动贴装、焊接出来的产品,能一次通过全部的自动测试,达到全部的技术指标,达到合格品要求的比率要超过98%。只有这样的产品,才可能在流水线上生产出来,换言之,只有打工妹、打工仔都能生产出的高水平的高科技产品,才是有市场价值的产品。要想达到可生产性的要求,对产品设计者的要求是非常高的:设计者在进行产品设计时,就要考虑到产品的可测性;进行大量的可测性设计,就要考虑到自动测试装置的设计,考虑到生产线上的流水作业的要求。不考虑大规模生产要求的新产品技术创新,是不合格的、极可能会被淘汰的技术创新。

## (3) 产品的可安装性。

高新技术产品为满足规模化的市场需求,在进行产品开发设计时,就要考虑今后产品的可安装性。所谓可安装性,就是尽可能地降低安装时的劳动强度,使其易于操作、易于安装;同时,新产品应具备安装性能的自检功能,以尽可能地降低对安装人员的技术要求和降低对安装仪表的依赖。不考虑安装要求的新产品技术创新,也是不合要求的技术创新。

## (4) 产品的可维护性。

由于通信网络产品的复杂性,产品在正常使用过程中,一旦发生技术故障,对其技术故障点的定位、对技术故障性质的判断也是一件很专业、很复杂的事情,不可能要求产品的使用者都是技术专家,也不能要求上门服务的设备维护人员都是技术专家。在进行产品开发时,就要设计技术故障的自动诊断、自动定位、自动报警功能,以降低产品维护的工作量,降低对产品维护人员的技术素质要求。不考虑维护要求的新产品技术创新,也是不合要求的技术创新。

## (5) 产品的可靠性。

产品的可靠性是设计出来的,在进行产品设计时,就要考虑到产品元器件标称值的离散性及精度偏差范围;就应考虑到产品使用环境的变化,如温度、湿度、雷击、静电、电源、电压波动范围等等例行情况的发生;就应考虑到产品内的部件自然损坏后,产品应能进行无损的自动倒换等可靠性设计。不考虑可靠性要求的新产品技术创新,也是不合格的技术创新。

## (6) 新产品的低成本要求。

21世纪,全世界技术创新的环境氛围越来越浓,特别是在通信领域,技术创新的企业越来越多,技术创新产品的竞争也越来越激烈,这就要求技术创新的产品要有很强的市场竞争能力。人们往往误以为“高技术的产品就应卖高价”,但市场不仅早就拒绝简单地接受这个逻辑,而且反过来要求高技术性能的产品仍能保持传统产品的价格,甚至低于传统产品的价格。只有实现技术性能提升、产品价格下降的双突破,高新技术产品才能快速获得推广,才能得到规模应用,才能有效替换传统产品的市场。这样的案例在信息通信领域这个战略性新兴产业中,真是不胜枚举。如:第一代的模拟移动通信手机,名曰“大哥大”,只有打电话这一单一的功能,售价为3万多元人民币一台。

而在第二代数字移动通信年代,一部数字移动手机的功能、性能远远超过第一代的“大哥大”,但其售价不仅没有高过“大哥大”,其平均售价反而仅为“大哥大”的十分之一左右。第二代移动通信以极高的产品性能和极低的销售价格,迅速取代第一代移动通信“大哥大”,成为市场的宠儿。第三代移动通信智能手机的数据传输能力是第二代手机的近百倍,还具有可视电话、手机导航、高速移动互联网等功能,其性能已远远超过第二代的高端手机,但第三代移动通信智能手机的价格已降到 1000 元人民币左右,远远低于第二代移动通信高端手机的价格。

也就是说,高新技术产品必须在低成本(与传统产品相比)的前提下,才有可能获得大规模的应用,才有可能“高回报”,在信息通信行业的高新技术企业尤其如此。

因此,高新技术企业除了要继续投入、进行技术创新外,还必须有一套严谨、规范、细致的降低产品成本的管理体系,否则,即使技术、产品创新获得突破,仍不可能获取高额回报。新产品的价格是由市场竞争所决定的,如果某高新技术企业的产品成本明显高于竞争对手,在规模应用时,就必然会导致该高新技术企业的巨额亏损,使企业加速走向消亡。

产品的设计决定了产品的材料成本,决定了产品的生产作业过程成本,决定了产品的质量损耗成本,决定了产品的盈利能力。所以在进行新产品开发时,就要对新产品的的设计提出严格的、甚至是苛刻的低成本要求,新产品的低成本性与新产品的优良性能同等重要;不考虑低成本竞争优势的技术创新,是没有生命力的技术创新。

#### (7) 新产品必须有可盈利的商业模式。

技术创新的“高风险”是可想而知的,因为技术创新既然是在创造前所未有的新产品,就会存在诸多的未知数。特别是原始创新,以失败而告终的事例不在少数。即便创新在技术层面获得了成功,也不等于创新产品就一定具有市场竞争力。也就是说,创新产品做不出来,技术创新就宣告失败,所有的技术开发投资都会付之东流;即便创新产品做出来了,但如果新产品不如竞争对手的产品,或新产品不被市场所接受,等着它的将仍然是失败的结局,而且在应用阶段的失败,往往更为惨烈,投资损失更大,这就是高新技术产品没有可盈利的商业模式而产生的“高风险”。以美国“铱星”

公司为例。“铱星”公司做了一件 20 世纪通信领域最伟大的技术创新工程,用十多年的时间,持续投资近百亿美金,用于移动卫星系统的开发,并发射了 66 颗移动卫星,以此来构建覆盖全地球表面的天空移动基站网络,想以天空移动基站网络来取代数以千万计的地面移动通信无线信号发射基站。这个震惊世界的技术创新计划,于 2000 年发射最后一颗卫星后正式交付使用。但仅时隔一年,到 2001 年,“铱星”公司就宣告破产,其原因不是创新的技术、产品没有开发成功,而是因为“铱星”的手机成本和通信资费太高,没有正确的商业模式,无法与当时第二代地面移动通信中的 GSM 系统竞争;“铱星”系统,这个 20 世纪最伟大的技术创新工程像流星一样陨落了,巨额的技术创新投资也随之消亡。可以设想,假若“铱星”公司在技术创新过程中失败,即在技术上无法实现当初的设想,可能就不会发射 66 颗卫星,损失可能就没有后来这么惨重。也就是说,不被市场接受的技术创新失败和技术创新商业模式的失败,风险是最大的。

#### (8) 知识产权的创造、保护、应用。

技术创新的成果是企业用累积投入的资金换取来的,如何将技术创新成果转换为受法律有效保护的专利权,如何将知识产权这个无形资产转换为有形资产,如何将技术创新过程与知识产权创造过程同步发展,如何使知识产权充分起到保护、应用的作用,这是进行技术创新时必须考虑的事情,技术创新战略与知识产权战略不可分离。技术专利化、专利标准化、标准产业化、产业市场化是高新技术企业常用的知识产权策略。

企业技术创新是一个系统工程,需多部门协同。作为一个系统工程,技术创新要考虑的远远不止技术、功能、性能这些技术类指标,本文中所介绍的企业在产品开发中的关注点,几乎涵盖了企业中的各个部门;产品开发、技术创新能否成功,其最终检验标准是市场的竞争能力和盈利回报能力。所以,企业内的产品开发要用 IPD 模式来组织多部门协同开发,要建立完整的产品开发业务流程,这也就是为什么大、中型企业都要采用集成产品开发(IPD)模式的原因所在。企业内广泛使用的 IPD 开发模式、企业在产品开发中的各项关注点及其相应的管理流程和管理制度,都是企业要对新入职员工的工程教育内容,也是企业内部对员工培训教育的内容。

#### 四、切实做到“一体化”,尽力避免“两张皮”

如前所述,高校在工程教育中,对学生技术创新能力的培养方向是正确的,但高校与企业进行的技术创新仍存在较大的差别,因而就会出现“两张皮”。所谓“两张皮”,就是“二次工程教育”现象:学生在高校期间已进行了工程教育,就业后,在企业又要接受一次企业版的工程教育。显然,“两张皮”的存在会导致资源的浪费。但要完整按企业产品开发的要求在高校进行工程教育,许多高校限于条件也难以解决这个难题。

笔者认为,在绝大多数情况下,不可能、也没有必要在高校内部建立与企业一样的产品开发环境和专业技术试验环境,而是用转换思想、创新改革的方法来跨越这个鸿沟。为此,笔者对我国高等工程教育改革提出如下建议:

##### 1. “一体化”要延伸到企业。

不仅要在高校内做到培养目标、培养理念与课程体系的“一体化”,更重要的是,应采用开放办学的模式,将“一体化”延伸到企业,以企业对工程技术人才的要求作为真正的培养目标,由高校、企业共同确立培养目标、培养理念及课程体系。

##### 2. 企业核心培训课程反向延伸到学校。

企业每年对新入职员工都要进行入职培训,企业对老员工也要定期进行各种流程、制度、管理模式的再教育培训,学校可根据学生的主流分配去向,分类确定部分典型企业;这些企业的优势在于:一是具备行业代表性;二是企业管理很规范,是先进管理模式的代表者;三是有规范的工程教育培训的教材、师资、经验。在典型企业中提炼一些企业内部培训内容,组织成工程教育的教材,在高校讲授,使学生的技术创新积极性与企业的技术创新模式接轨,化“两张皮”为“一体化”。重申一遍,这里所说的“一体化”,是校企工程教育的“一体化”。

笔者认为,高校与企业工程教育“两张皮”现象的本质,不仅是仪器仪表、专业设备等“硬件”环境的差别,最主要的是在技术创新模式及理念、产品意识、竞争意识、市场意识、客户意识等“软件”基础的差别,这种差别完全可以用开放式的“一体化”来解决。

##### 3. 请进来,走出去。

可以请有经验的大、中型企业的资深专家到高校系统讲授工程教育,而不只是一两次讲座。讲座只能开拓视野,但不能系统地传授先进的管理知识。在此基础上,再组织学生有目的、有针对性地去企业去实习、参观,才能收到心领神会、潜移默化的效果。高校应有计划地组织中、青年教师到企业去参加重大项目的产品开发,在实践中,也可以聘请一些有资深经验的企业高级工程师到高校去工作。由此而达到培养中、青年教师工程能力的目的——既可使他们的工程背景得到增强,完全掌握企业技术创新的模式;又可使他们能在重大科研项目中学习专业知识,提高最前沿的专业研发能力。

##### 4. 尽快成立一批国家级的工程实践教育中心。

尽快成立一批国家级的工程实践教育中心,将中心作为校企合作的桥梁,使开放式的校企联合工程教育能够规范化、常态化。对于承办中心的企业,国家应给予明确的政策激励,鼓励企业积极支持高校的工程教育。

目前,大唐电信集团正在构建校企合作平台,积极探索、实践校企合作的工程教育模式。集团也正在申请筹建“国家级工程实践教育中心”,与高校联合进行工程教育,联合培养工程人才。

为了把企业的技术创新模式、先进的管理模式拿出来与高校共享,集团正在编写高新技术企业工程教育教材,为化“两张皮”为“一体化”做出企业的贡献。目前正在编写的教材有《高新技术企业产品开发管理》、《高新技术企业产品成本控制与管理》、《高新技术企业知识产权管理》、《高新技术企业产品质量管理》等。

我们也呼吁更多的企业积极投身到高等工程教育的行列中来,通过开放式的校企联合的高等工程教育模式,既可帮助高校培养出更符合企业需求的工程人才,又可使企业成为凝聚高端技术人才的平台,加速推动企业技术创新的进程。

笔者相信,校企合作的开放式高等工程教育模式一定能够产生双赢、多赢的结果,并得到更大的发展。

(下转第 52 页)

- and Entrepreneurship(PRIME). <http://www.engin.brown.edu/graduate/PRIME.htm>.
- [7][10] Dartmouth(2011). Dartmouth's Engineering Entrepreneurship Program (DEEP). <http://engineering.dartmouth.edu/about/dartmouth-difference/DEEP/>
- [8] [美]德鲁克:《创新与企业家精神》,机械工业出版社 2007 年版。
- [9] Raposo, M. & Paco, A. (2011). Entrepreneurship education: Relationship between education and entrepreneurial activity. *Psicothema*, 2011, 23(3): 453—457.
- [11][24] Pennsylvania(2011). Engineering Entrepreneurship. <http://www.seas.upenn.edu/entrepreneurship/index.php>.
- [13] European Commission(2008). Entrepreneurship in higher education, especially within non-business studies. <http://ec.europa.eu/enterprise/policies/sme/files/support-measures/training-education/entr-highed-en.pdf>.
- [15][16][18][21] Princeton(2011). Entrepreneur in Residence. <http://commons.princeton.edu/kellercenter/entrepreneurship/entrepreneur-in-residence.html>.
- [17][20][23] Columbia(2011). Engaged Entrepreneurship. <http://ctice.columbia.edu/content/engaged-entrepreneurship>.
- [19] 梅伟惠:《美国高校创业教育》,浙江教育出版社 2010 年版。
- [22] Harvard(2011). Technology and Entrepreneurship Center at Harvard (TECH). <http://www.tech.seas.harvard.edu/home>.

## An Inquiry into the Mode of Fostering Entrepreneurial Ability for the Ivy League Engineering Personnel

*Fan Huiming, Zou Xiaodong, Wu Wei*

The ascendant entrepreneurial education is infiltrating into the fostering of engineering personnel, which is a new trend of higher engineering education in America. By right of the abundant comprehensive strength and obvious advantages of interdisciplinary training, the members of Ivy League have provided programs for the engineering entrepreneurial education, aiming at shaping new engineering entrepreneurs and leaders. Ivy League is characterized by the abundant comprehensive strength and obvious advantages of interdisciplinary training, which model of engineering entrepreneurial education provides a reference for China Research Universities. Through analyzing the vision, main features and guarantee conditions of those programs, this paper concludes that Chinese comprehensive universities should develop the similar programs by building a good entrepreneurial education atmosphere, improving training modes and teaching methodologies, training entrepreneurial faculty and establishing networks with industry and so on.

(上接第 45 页)

## Striving for Integration and Avoiding Two Peels' Phenomenon

*Yang Yigang*

This paper analyses the importance of cultivating innovative technological personnel and the current situation and challenge of China's higher engineering education based on the development experience of Datang telecommunication cooperation. It also puts forward some suggestions to the future development of engineering education from the perspective of integration and avoiding two peels' phenomenon.