

doi:10.13582/j.cnki.1674-5884.2017.10.019

# 生产实习教学环节的设计、组织、 实施与毕业要求的达成

——以无机非金属材料工程专业为例

刘清泉,尹喜云,肖秋国,陈丽娟,张欣

(湖南科技大学材料科学与工程学院,湖南湘潭411201)

**摘要:**针对毕业要求和生产实习中存在的普遍问题,以无机非金属材料工程专业为例,对生产实习教学环节进行设计、组织和实施。生产实习被分解成实习准备、企业介绍、工艺实习、车间实习、专题设计和实习报告等6个环节,每个教学环节均针对毕业要求进行组织与实施,并从8个方面对生产实习进行达成评价,以达到提高生产实习效率、培养学生解决复杂工程问题能力的目的。

**关键词:**生产实习;专业认证;毕业要求;复杂工程问题

**中图分类号:**G642.44

**文献标志码:**A

**文章编号:**1674-5884(2017)10-0073-06

自2016年正式成为《华盛顿协议》缔约成员国以来,我国越来越多的高校按照中国工程教育专业认证协会工程教育认证标准和各专业补充标准,开始积极推进工程教育本科专业认证的申报和自评工作。《华盛顿协议》以培养专业工程师为目标,是国际工程师互认体系的六个协议中最具权威性、国际化程度较高、体系较为完整的协议,其工程教育专业认证具有三大核心理念:一是学生中心,把全体学生的学习效果作为关注的焦点;二是结果导向,教学设计和实施目标是保证学生取得特定学习效果;三是质量持续改进,建立“评价-反馈-改进”闭环,形成持续改进机制。

中国工程教育专业认证协会制定的工程教育认证标准中,要求工程专业本科生毕业时必须具备12项能力要求,值得注意的是,其中8项要求直接与解决复杂工程问题相关,如表1所示。由此可见,解决复杂工程问题能力是毕业要求中的核心内容。

表1 工程教育本科专业认证毕业要求<sup>[1]</sup>

序号	属性	毕业要求
GR1	工程知识	能够将数学、自然科学、工程基础和专业知识用于解决复杂工程问题
GR2	问题分析	能够应用数学、自然科学和工程科学的基本原理,识别、表达、并通过文献研究分析复杂工程问题,以获得有效结论
GR3	设计/开发解决方案	能够设计针对复杂工程问题的解决方案,设计满足特定需求的系统、单元(部件)或工艺流程,并能够在设计环节中体现创新意识,考虑社会、健康、安全、法律、文化以及环境等因素
GR4	研究	能够基于科学原理并采用科学方法对复杂工程问题进行研究,包括设计实验、分析与解释数据,并通过信息综合得到合理有效的结论

收稿日期:20170820

基金项目:2016年湖南省教育厅普通高校教学改革研究项目(湘教通[2016]400号)

作者简介:刘清泉(1974-),男,湖南邵阳人,教授,主要从事材料科学教学与科研工作。

表1(续)

序号	属性	毕业要求
GR5	使用现代工具	能够针对复杂工程问题,开发、选择与使用恰当的技术、资源、现代工程工具和信息技术工具,包括对复杂工程问题的预测与模拟,并能够理解其局限性
GR6	工程与社会	能够基于工程相关背景知识进行合理分析,评价专业工程实践和复杂工程问题解决方案对社会、健康、安全、法律以及文化的影响,并理解应承担的责任
GR7	环境和可持续发展	能够理解和评价针对复杂工程问题的专业工程实践对环境、社会可持续发展的影响
GR8	职业规范	具有人文社会科学素养、社会责任感,能够在工程实践中理解并遵守工程职业道德和规范,履行责任
GR9	个人和团队	能够在多学科背景下的团队中承担个体、团队成员以及负责人的角色
GR10	沟通	能够就复杂工程问题与业界同行及社会公众进行有效沟通和交流,包括撰写报告和设计文稿、陈述发言、清晰表达或回应指令。并具备一定的国际视野,能够在跨文化背景下进行沟通和交流
GR11	项目管理	理解并掌握工程管理原理与经济决策方法,并能在多学科环境中应用
GR12	终身学习	具有自主学习和终身学习的意识,有不断学习和适应发展的能力

复杂工程问题中的复杂往往是指该问题可能是超越现有解决方法和标准、超越单一学科知识领域甚至超越技术范畴的问题,当该问题涉及更多纷杂的因素和利益方时,就会不可避免地存在冲突,而专业工程师需要在这种纷繁复杂的问题中找到平衡的解决方案,这是其复杂所在<sup>[2,3]</sup>。复杂工程问题从根本上是一类工程问题,是以应用为目的的问题,解决工程问题则需考虑到可用性、稳定性、整体性、团队合作、成本与经济效益等因素<sup>[4]</sup>。

培养学生解决复杂工程问题的能力是一项系统性、全局性的工作,它需要专业负责人和全体专业教师的共同努力,在本科教育的四年或五年内,通过多门甚至数十门相互联系的课程和教学环节的科学设计、组织实施以及合理评价,才能实现学生解决复杂工程问题的能力培养<sup>[5]</sup>。

## 1 生产实习的现状及其存在的问题

生产实习是学生深入专业相关生产企业时间最长的教学环节,对培养学生实事求是的科学态度、理论联系实际的能力、巩固深化已学的专业理论知识发挥着不可替代的作用<sup>[6]</sup>。其重要性主要表现在以下4个方面:1)生产实习为学生提供了一个将已学专业知识与实习企业的生产工艺紧密联系的平台,进一步巩固、深化和应用专业知识与技能,并加以融会贯通。2)生产实习可培养学生尊重生产实际的思想作风、实事求是的科学态度、严肃认真的工作作风。3)生产实习可使学生了解将来要从事的工作性质、工作环境、薪资水平和职业发展空间,培养学生的社会责任感和职业道德,并明确与专业相关的行业企业对社会经济发展的重要性。4)企业生产工艺中往往涉及诸多错综复杂的工程问题,在实习过程中认识并理解这些错综复杂的工程问题,有利于学生解决复杂工程问题能力的培养与提高。

因此,抓好生产实习教学环节不仅可提高学生理论联系实际的能力和社会责任感,还可加强学生对复杂工程问题的认识和理解,从而培养与提高学生解决复杂工程问题的能力。然而,目前生产实习存在以下问题<sup>[7]</sup>:1)教学目的性不强,重视程度不够。生产实习的教学目标和教学内容往往不明确,或者大纲明确了教学目标和教学内容,但实际操作中难以有效执行;同时缺乏具有针对性和系统性的生产实习指导书,指导教师往往存在工程实践经验不足的问题。2)实习经费紧张,实习时间偏短,效率偏低。生产实习过程中在企业停留时间往往只有两周左右,学生很难真正融入企业生产,往往被动接收信息,缺乏主动思考,实习效果不佳。3)实习报告内容不全面,实习考核方式单一。实习报告的内容缺乏明确要求,最后形成的实习报告内容不够全面,且学生学习主动性不高,过程监控和现场考核难以落实,考核方式也仅凭实习报告。

基于以上问题,本文以无机非金属材料工程专业为例,对生产实习教学环节进行设计,讨论其组织和实施方式,对学生实习效果的达成做出综合评价。在工程教育专业认证的背景下,我们将专业毕业要求和复杂工程问题融入生产实习教学环节中,进一步明确教学目标、教学内容、实习任务和考核指标,提高学生学习的主动性,以达到提高实习效率和实习效果的目的。同时,激励学生主动思考,将数学、自然科学、工程基础和专业用于分析企业涉及的错综复杂的工程问题,培养学生解决复杂工程问题能力。

## 2 生产实习教学环节设计

无机非金属材料工程专业的生产实习通常在玻璃厂、水泥厂、耐火材料厂或陶瓷厂进行,本文以株洲醴陵旗滨玻璃有限公司为例设计生产实习教学环节。由实习带队教师提前1~2个月与旗滨玻璃公司联系实习事宜,确定实习时间和岗位,并联合旗滨玻璃公司负责人一起制定生产实习计划,该计划主要包括以下内容:1)实习准备,了解浮法玻璃工艺的发展历程、基本特点、以及国内浮法玻璃生产的基本情况,熟悉旗滨玻璃的基本情况。2)企业介绍,旗滨玻璃相关负责人介绍企业基本情况:包括产品种类与应用、生产工艺、主要设备、关键技术指标、技术经济以及安全知识等。3)工艺实习,由旗滨玻璃工程师带领学生参观考察浮法玻璃生产线,从原料进厂、混合配料、熔化成型、退火裁切到包装运输等。4)车间实习,在企业工程师的指导下,学生分成4组深入原料车间、熔制车间、成型车间和退火车间进行实习,在实习现场与企业工程师以及工作人员深入交流,学习了解原料来源、规格与要求;生产工艺流程与工艺参数;主要机械设备的型号、尺寸、生产能力及其布局;窑炉的规格、结构、耐火材料种类及其温度和压力制度;产品规格和关键技术指标等。5)专题设计,根据带队教师布置的专题设计题目,进行车间生产工艺、热工设备结构与尺寸、热量平衡、耐火材料选择、车间平面布置图和立面布置图等专题设计。6)实习报告,根据指导教师提出的具体要求,详细撰写生产实习报告。

## 3 组织实施

### 3.1 实习准备

浮法玻璃生产工艺本身就是一个相当复杂的工程问题,涉及高等数学、自然科学、工程原理、材料科学、环境保护等多个学科,具有较高的综合性,包含多个相互关联的子问题。该工艺起源于20世纪60年代,我国于1981年在洛阳建立了第一条浮法玻璃生产线。浮法玻璃具有比机械磨光玻璃更优良的表面,得到了快速发展和广泛应用,逐步取代了其它平板玻璃的生产方法。有关浮法玻璃生产工艺与技术在《无机材料工厂设计概论》中略有提及,但并未详细介绍。因此学生在实习前有必要对浮法玻璃生产工艺和特点进行充分的了解,具体可从以下几个方面进行:1)浮法玻璃原料工艺及设备,熟悉浮法玻璃主要原料和辅助原料的质量要求、均化、配料等工艺,原料破粉碎、筛分与输送所需的机械设备,粉尘处理等;2)玻璃熔窑的结构、设计、尺寸和耐火材料,玻璃熔制过程中的燃料、能效和燃烧技术,废气的脱硫处理与排放标准等;3)玻璃成型原理、成型工艺、成型作业制度、锡槽及锡槽所需的附属设备;4)玻璃退火工艺、传动装置、温度分布、温控措施和温度检测设备;5)浮法玻璃缺陷的种类、成因与处理措施。

实习准备可达成的毕业要求:问题分析 GR2,通过文献资料的查阅,学生能够应用数学、自然科学、工程基础和材料科学的基本原理,识别、表达、并通过文献研究分析浮法玻璃生产工艺问题;工程与社会 GR6,能够基于浮法玻璃工程相关背景知识进行合理分析,评价浮法玻璃工程实践对社会、健康、安全、法律以及文化的影响;环境和可持续发展 GR7,能够理解和评价浮法玻璃工程实践对环境、社会可持续发展的影响。

### 3.2 实习介绍

制定实习计划时,可建议企业负责人和技术负责人从以下几方面介绍实习企业:1)旗滨玻璃的企业品牌、发展战略、企业文化、社会责任、价值观、企业概况与管理制度;2)旗滨玻璃的产品规格、产量产

值、市场定位、经营理念、营销体系、未来5~10年内平板玻璃发展预期;3)旗滨玻璃的产品研发体系、质量标准体系、产品制造体系、安全生产监督体系以及环境保护措施等。

实习介绍可达到的毕业要求:工程与社会 GR6,学生能够基于旗滨玻璃生产和经营状况,评价浮法玻璃工程实践对社会、健康、安全、法律以及文化的影响;项目管理 GR11,理解并掌握浮法玻璃工程相关的管理原理与经济决策方法。

### 3.3 现场实习

现场实习分为3个阶段:一是工艺实习,参观考察旗滨玻璃的生产组织与过程;二是车间实习,分组深入各个车间实习;三是专题设计,根据专题设计题目进行工艺、设备或车间设计。

#### 3.3.1 工艺实习

在企业工程师的带领下,所有实习学生参观考察平板玻璃的整个生产工艺流程,各车间参观考察内容如下:

原料车间:了解原料堆场、原料提升与输送、原料破粉碎与筛分、原料均化、配料混合与称量、除尘工艺与设备等。

熔制车间:了解熔窑的窑龄、熔化量、熔化部面积、冷却部面积、熔化率、小炉对数、火焰覆盖面积、重油消耗量和能耗等主要技术指标,了解熔窑结构特点、温度与压力检测系统、熔窑主要尺寸、主体耐火材料等。

成型车间:了解拉引量、原板宽度范围、产品厚度范围、锡槽总长度、宽段尺寸、窄段尺寸、容锡量、保护气体组成与用量等主要技术指标,了解锡槽结构、温度制度、压力制度、加热与冷却系统等。

退火车间:了解退火窑的进退火窑玻璃带温度、出退火窑玻璃带温度、退火窑内宽、退火窑外宽、退火窑各分区长度及总长、辊道线速度等主要技术指标,了解各区温度分布、在线应力分析与温度检测系统、退火工艺的原理与目的等。

工艺实习可达到的毕业要求:研究 GR4,使学生能够基于专业知识与工程原理,采用科学方法对平板玻璃制备工艺中涉及的复杂工程问题进行研究,并理解在原料到获得平板玻璃的复杂工程问题中包含多个相互关联的子问题。

#### 3.3.2 车间实习

学生分为4组分别深入原料车间、熔制车间、成型车间和退火车间进行实习,在实习现场,与企业工程师或工作人员充分沟通与交流,在熟悉生产工艺的同时,明白现代工程师所需的知识、能力、素质、职业道德和社会责任感等,并在此基础上,培养自主学习和终身学习的意识,为制定职业规划做好准备。各车间实习组主要考察以下内容:

原料车间:进一步熟悉原料的产地、粒度、成份、存储期和进厂质量要求;原料仓库或堆场的尺寸与存放容量;所有设备的功率、生产能力与占地尺寸;配料计算相关参数、配料计算方法;原料混合工艺、料仓尺寸、称量方法及称量设备;碎玻璃来源、用量与加入方法等。

熔制车间:进一步熟悉熔窑的投料口、熔化部、卡脖、冷却部、小炉和蓄热室的尺寸;原料的投料方式、投料设备及其开动频率;原料熔化过程中发生的化学反应及反应产物;重油的发热量、重油用量与熔制玻璃量之间的关系;小炉和蓄热室结构与计算方法;卡脖的结构与功能;熔化部、卡脖池底、冷却部池底、投料池和熔化区池壁、澄清区和卡脖池壁、冷却部池壁、胸墙、喷火口碓和蓄热室的耐火材料要求与种类;烟气的脱硫处理工艺与排放标准等。

成型车间:进一步熟悉锡槽入口、槽底、边封、顶盖结构、胸墙、挡墙、过渡辊台的结构与材料;加热系统、冷却风系统、冷却水系统和保护气体导流装置;玻璃成型原料、成型过程中的粘度、抛光时间、拉薄方法与设备;锡液温度、厚度与流动;锡槽的温度与压力分布;成型过程中对玻璃质量产生影响的因素及控制;锡槽的设计与计算。

退火车间:进一步熟悉浮法玻璃热应力形成原因与消除办法;退火分区尺寸的计算方法;退火各分区的结构与材料;辊道的作用、结构、尺寸、间距、材料、运行速度、转速范围及其传动装置;厚、薄平板玻

璃退火工艺的区别;过渡辊台和密封渣箱的用途、规格性能和工作原理;在线分析与检测方法、技术与设备;退火窑常见问题及解决方法;退火窑的设计与计算。

现场实习可达到的毕业要求:工程知识 GR1,经过现场实习以及与工程师沟通交流,使学生能将自然科学和工程专业知识用于解决浮法玻璃工程涉及的复杂工程问题;问题分析 GR2,能够运用玻璃成份与热工设备相关专业知识,分析玻璃的熔制、成型与退火工艺;设计/开发解决方案 GR3,认识与理解浮法玻璃涉及的复杂工程问题,并能就这些问题提出初步解决方案;沟通 GR10,能够就浮法玻璃工程问题与企业工程师或工作人员进行有效沟通和交流;职业规范 GR8,理解工程师具备的科学素养、社会责任感,并能在工程实习中理解并遵守职业道德,遵守厂规厂纪。

### 3.3.3 专题设计

旗滨玻璃基于安全与正常生产的考虑,不允许学生顶岗实习,导致学生在车间工艺实习过程中无所适从。为进一步强化现场实习效果,培养学生理解和解决复杂工程问题的能力,并为后续的毕业设计奠定良好的基础,在分组实习达到目标要求后,将上述每组实习学生再次分成4个小组,每个小组3~5人,进行专题设计。

以熔制车间为例,专题设计的题目、内容与要求如表2所示。每个小组成员需要相互协作,明确分工,共同完成专题设计任务;与此同时,由于4个专题设计题目相互关联。如第一小组的熔炉尺寸计算结果,需及时共享给第二小组和第四小组,第二小组在尺寸计算结果的基础上,进行耐火材料的设计与选择,而第四小组也需在熔炉尺寸计算结果的基础上,设计并绘制熔制车间的0.000平面图和立面图。因此,熔制车间的4个小组之间同样需要相互配合、沟通、信息共享,才能顺利完成各小组的任务。

表2 熔制车间专题设计题目、内容和要求一览表

分组	专题设计题目	内容与要求
第一小组	900t/d 浮法玻璃生产厂熔炉结构尺寸设计与计算	计算窑炉各部分主要尺寸,包括熔化区、池深、投料池、火焰空间、澄清区、卡脖和冷却部
第二小组	900t/d 浮法玻璃生产厂熔窑所需耐火材料的设计与计算	包括熔化部池底和池壁、卡脖池底和池壁、冷却部池底和池壁、投料池、澄清区、胸墙、喷火口碓和蓄热室等材料的设计、匹配与用量计算
第三小组	900t/d 浮法玻璃生产厂玻璃形成过程热平衡计算	一是玻璃形成耗热量计算,如硅酸盐生成热、玻璃形成热、溶化耗热、分解耗热和蒸发水分耗热;二是设计燃料种类,并计算燃料发热值、理论和实际空气需要量、理论和实际烟气产生量、燃料消耗量
第四小组	900t/d 浮法玻璃生产厂熔制车间的设计	包括熔制车间的平面0.000布置图、至少一个立面图,图纸规格均为A1

其余3个车间的实习组均可参照表2分成4个小组,同一车间的小组各有单独的专题设计题目,但4个题目之间又相互关联,需要小组之间共同合作,方可完成专题设计任务,达到目标要求。

专题设计可达到的毕业要求:问题分析 GR2,使学生能够运用高等数学、热工设备、材料科学以及工程设计与制图等相关专业知识,进行生产工艺、热平衡和结构尺寸计算,并设计浮法玻璃生产厂车间的平面布置图和立面图;使用现代工具 GR5,能够针对浮法玻璃涉及的复杂工程问题,选择并使用合适的技术、资源、现代工程工具和信息技术工具;个人和团队 GR9,能够在小组团队中承担团队成员或负责人的角色;终身学习 G12,培养学生自主学习和终身学习的意识,具备不断学习和适应发展的能力。

## 4 实习报告

目前无机非金属材料工程专业生产实习报告要求如下:1)编写6000~8000字的毕业实习报告,内容要求包括实习任务、实习目的、实习内容、实习结论和实习体会;2)绘制生产工艺流程图;3)要求内容明确,论证严格,层次分明,文字顺畅,表达确切,图表清晰。

显然上述要求太过笼统,内容与目标均不具体,评分较随意,学生实习成绩难以反映其实习真实情况。在工程专业认证的标准下,实习报告应该体现更多内容,以满足工程认证的毕业要求。建议生产实

习报告应包括以下内容:1)介绍旗滨玻璃概况,包括企业品牌、企业文化、发展战略、社会责任与管理制度等;2)介绍旗滨玻璃的产品种类与规格、价格与营销、产值与利润、质量控制、安全防范、环境保护等;3)介绍平板玻璃生产的工艺流程,从原料进厂、混合配料、融化成型、退火裁切到包装运输等生产过程;4)介绍分组实习内容,包括车间的机械设备型号、规格、占地面积与布置,热工设备的组织结构、主体材料、尺寸面积、控制与检测、温度和压力制度,以及生产工艺中的主要技术指标等;5)介绍专题设计内容,包括工艺计算、热平衡计算、材料的选择、匹配与计算、车间设备布置图和立面图等;6)讨论浮法玻璃工程对社会、健康、安全、法律及文化的影响,对环境和社会可持续发展的影响;7)讨论企业工程师的科学素养、职业道德、社会责任感等;8)讨论团队合作与厂规厂纪的遵守。

## 5 生产实习达成评价

为全面综合考察学生的实习效果,力争评价的科学性与合理性,我们拟从8个指标共21项对生产实习的达成进行评价,如表3所示。表3中的分数均为该项可以给出的最高分,评价的来源分别是实习日志、实习报告和企业评价共3项。如第一个指标“对实习企业概况的了解”,实习日志、实习报告和企业评价最高可分别给2分、4分和2分,即学生在第一个指标中最高可得8分,依次类推。最终8个指标的分数之和即为学生的生产实习百分制成绩。根据百分制成绩,分成优( $\geq 90$ 分)、良(80~89分)、中(70~79分)、及格(60~69分)和不及格( $\leq 59$ 分)五个等级作为生产实习的最终成绩。

表3 生产实习达成评价

评价内容	实习日志	实习报告	企业评价	小计
对实习企业概况的了解	2	4	2	8
对企业的产品价格、产值利润、质量控制、安全防范、环境保护的了解	2	4	2	8
对企业生产工艺流程的了解	4	8	3	15
对实习车间的生产工艺和设备了解	4	8	3	15
专题设计内容完成情况	—	20	10	30
企业工程对社会、健康、安全、环境和社会可持续发展影响的分析	2	6	—	8
工程师的社会科学素养、职业道德和社会责任感的剖析	2	4	2	8
团队合作与厂规厂纪的遵守	—	2	6	8
小计	16	56	28	100

## 6 结语

本文参照工程教育专业认证中的毕业要求,以无机非金属材料工程专业生产实习为例,针对现在生产实习中存在的问题,设计了生产实习教学环节。生产实习环节共包括实习准备、实习介绍、现场实习、专题设计和撰写实习报告等五个环节,最后从8个方面对学生在旗滨玻璃的生产实习做达成评价,较为合理地解决了目前生产实习中存在的问题,且满足了生产实习教学环节中应达成的毕业要求。

### 参考文献:

- [1] 中国工程教育认证协会. 工程教育认证通用标准(2015版)[S].
- [2] 林健. 工程教育认证与工程教育改革与发展[J]. 高等工程教育研究, 2015(2): 10-19.
- [3] 林健. 如何理解和解决复杂工程问题[J]. 高等工程教育研究, 2016(5): 17-26.
- [4] 林健. 运用研究性学习培养复杂工程问题解决能力[J]. 高等工程教育研究, 2017(2): 79-89.
- [5] 杨毅刚, 孟斌, 王伟楠. 如何破解工程教育中有关“复杂工程问题”的难点[J]. 高等工程教育研究, 2017(2): 72-78.
- [6] 宋强, 胡亚茹, 李兆锋, 等. 适应工程教育专业认证的材料类生产实习模式构建[J]. 实验室研究与探索, 2016(12): 219-223.
- [7] 艾宁, 阮慧敏, 刘会君, 等. 创新生产实习教学模式强化工程实践能力[J]. 实验室研究与探索, 2012(11): 150-153.