

# 美国机械类辅修专业的培养模式及其启示

## ——以奥本大学摩擦学辅修专业为例

王宪章, 尹凝霞, 马敬东, 俞国燕\*

广东海洋大学机械与动力工程学院, 广东 湛江

收稿日期: 2022年2月21日; 录用日期: 2022年3月18日; 发布日期: 2022年3月25日

### 摘要

辅修专业是主修专业的一个必要的有益补充, 是培养跨学科创新型复合人才的有效途径之一。我国的辅修专业进行了多年的探索, 取得了很大的成效, 但仍然存在着一些问题。本文以美国奥本大学摩擦学与润滑科学(简称摩擦学)辅修专业为例, 从培养目标、培养模式、科研实践活动、质量评估反馈等方面进行了探讨, 并提出几点建议。根据国家新工科建设的时代背景, 结合各高校的特点对摩擦学辅修专业的培养模式进行改进和推广, 有望为我国辅修专业教育的进一步发展提供参考。

### 关键词

辅修专业, 培养方式, 摩擦学, 学科交叉融合

# The Talents Training Mode and Enlightenment of the Minor in Mechanical Engineering in USA

## —Taking Tribology Minor at Auburn University as an Example

Xianzhang Wang, Ningxia Yin, Jingdong Ma, Guoyan Yu\*

School of Mechanical and Power Engineering, Guangdong Ocean University, Zhanjiang Guangdong

Received: Feb. 21<sup>st</sup>, 2022; accepted: Mar. 18<sup>th</sup>, 2022; published: Mar. 25<sup>th</sup>, 2022

### Abstract

The minor is a necessary and beneficial supplement to a major, and it is one of the effective ways

\*通讯作者。

to cultivate interdisciplinary and innovative talents. Minor majors in China have been explored for many years and have achieved great achievements, but there are still some problems. Taking the minor of Tribology and Lubrication Science (Tribology for short) at Auburn University as an example, this paper discusses the training objectives, training modes, scientific research practice activities, quality assessment feedback, etc., and puts forward some suggestions. According to the background of the national new engineering construction, combined with the characteristics of different colleges and universities, the improvement and promotion of the training mode of the Tribology minor are expected to provide a reference for the further development of the minor professional education in my country.

## Keywords

Minor Program, Training Mode, Tribology, Interdisciplinary Integration

Copyright © 2022 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

## 1. 引言

2019 年,《教育部关于深化本科教育教学改革全面提高人才培养质量的意见》第 12 条中明确指出:“促进复合型人才培养,逐步推行辅修专业制度”。辅修教育制度是深化教育改革,调整专业结构的一项重要举措,通过学科交叉、融合和汇聚,来解决目前科学与工程中遇到的问题,是施行“学科交叉”的典型代表。辅修专业作为高校学科交叉培养的传统环节,在本科教育改革创新规划中重新占据一席之地。辅修专业是高等教育中发展较快的部分,很多大学/学院都设有辅修专业。其设置的目标是培养个性化、高素质的复合型人才。在主修专业“厚基础”的保证下,辅修专业“宽口径”的理论补充和实践发散与其相辅相成,相得益彰。通过对辅修专业的学习,学生可以加深对主修专业的理解,拓展学术视野,改善知识结构,提高综合素质。为培养跨学科创新性复合人才,我国一些高校对跨学科多专业融合的新工科人才培养模式进行了探索与实践[1]。但目前我国的辅修专业在培养模式、制度规范、质量评估反馈、资源配置等方面仍存在一些问题[2][3][4][5]。一流本科教育要支持学生拓宽专业面向横向或交叉学科发展,就要改革现行的辅修专业制度[6]。然而,目前仍然缺乏一套行之有效的科学合理的辅修专业人才培养模式,以期助力国家辅修专业改革的推进。

## 2. 摩擦学辅修专业的培养方式介绍

辅修专业是高等教育中发展较快的部分,很多大学(学院)都设有辅修专业。本科学生出于探索兴趣、补充专业知识、增加知识领域、拓宽职业道路、为将来研究做准备、扩大社交和丰富简历等方面考虑,来选择和本专业相关领域的辅修。辅修专业已经逐渐成为本科教育的一个重要内容,是主修专业的实用补充。例如,笔者曾就读的奥本大学塞缪尔·吉尔工程学院共有主修专业 17 个,辅修专业 8 个。下面就其中的摩擦学辅修专业的培养模式进行介绍:

### 2.1. 基本情况

奥本大学拥有北美唯一的摩擦学辅修专业“Tribology and lubrication science minor”即摩擦学与润滑科学辅修专业(下文简称摩擦学辅修专业)。指导教师为美国奥本大学机械工程系的终身讲习教授 Robert L.

Jackson, 在摩擦学领域有近 20 年的研究经验, 依托于机械工程系多尺度摩擦实验室[7]。摩擦学辅修专业旨在为来自不同自然科学和工程学背景的学生提供摩擦, 磨损和润滑等相关领域的知识背景。

## 2.2. 培养目标

摩擦学辅修专业的培养目标是为工业界培养摩擦学家和润滑工程师。使命是通过教育、研究和实践来引领训练有素的学生的发展。参加这门辅修专业的学生将获得对摩擦学领域(尤其是工程, 化学和商业学科)的多学科的广泛理解, 并将为准备从事工程师提供满足行业需求的渠道。通过促进工业界和学术界之间的合作关系, 将提供摩擦学辅修专业学生的就业机会。摩擦学辅修专业为学生实现摩擦学相关科学的价值和利用做出贡献而做准备。

**Table 1.** The curriculum of Tribology minor

**表 1.** 摩擦学辅修专业的课程设置

	学分	课程名称	所在院系
	3	摩擦、磨损和润滑(Friction, Wear and Lubrication)	机械工程系
		边界和油膜润滑(Boundary and Full-Film Lubrication)	机械工程系
限选课程	3	或流变学(Rheology)	聚合物纤维工程系
		或宏观分子科学与工程(Macromolecular Science and Engineering)	化学工程系
	3	有机化学 II (Organic Chemistry II) 或有机化学调查(Survey of Organic Chemistry) 或物理化学 I (Physical Chemistry I)	化学系
	3	化学工程的商业角度(Business Aspects of Chemical Engineering)	化学工程系
	3	腐蚀(Corrosion)	材料工程系
	3	Engines (发动机)	机械工程系
	3	金属加工与制造摩擦学(Metalworking and Manufacturing Tribology)	机械工程系
	3	纳米材料的宏观组装及应用 (Macroscale Assembly and Applications of Nanomaterials)	化学工程系
	3	机械课程专题: 先进加工 (Intermediate Special Topics in Mechanical Engineering-Advanced Manufacturing)	机械工程系
选修课程	3	商业工程的理论与实践 (Integrating Business and Engineering Theory with Practice)	工程学院
	2	材料特性(Materials Characterization)	材料工程系
	3	生物质与生物燃料工程(Biomass and Biofuels Engineering)	生物系统工程系
	3	表面与胶体科学(Surface and Colloid Science)	化学工程系
	3	多尺度接触力学(Multiscale Contact Mechanics)	机械工程系
	3	商业和工程介绍(Introduction to Business and Engineering)	工程学院
	3	聚合物化学工程(Polymer Chemical Engineering)	化学工程系
	3	液压控制系统设计(Hydraulic Control Systems Design)	生物系统工程系

### 2.3. 课程设置

摩擦学是对表面的接触，摩擦，磨损和润滑的多学科研究，所涉及的领域广泛，包括物理学、化学、生物学、纳米技术、测试技术等。摩擦学研究对于具有摩擦学背景的毕业生行业需求很高，需要有广泛的行业知识和能力。从科研角度，摩擦也需要从跨学科的来进行深入研究揭示其内在机理。对于摩擦学研究来说需要学习不同领域的知识，做到学科之间的交叉融合。因此，摩擦学辅修专业的课程设置所要求的课程来自不同的院系(包括机械工程系，聚合物纤维系，材料工程系，化学工程系，化学系，生物系统工程系)，如表1所示[7]。摩擦学辅修课程设置为不少于15个学分，包括3门必修课，都是摩擦学基础理论的重要组成部分，其他还要选修不少于2门的课程，课程与摩擦学关系紧密。摩擦学辅修专业学生通过不同领域专业课程的学习，可以加深对摩擦学理论知识的理解。

除了上述确定的理论课程，学生还会在教师的指导下参加各种科研活动。鼓励学生参加本科生水平的科研，可以把课堂上所学的知识应用到实践中来。学生有机会参与本行业专家的客座讲座和研讨会。学生还被鼓励加入摩擦学家和润滑工程师协会等专业学会，并每年参加该学会举办的国际学术会议。与参会的企业代表和高校的研究人员交流，获得行业内大型公司的实习机会。这些实习机会提供了宝贵的工作经验，并为以后的职业发展和升学深造奠定基础。

## 3. 奥本大学摩擦学辅助专业启示

### 3.1. 培养目标

摩擦学辅修专业旨在为来自不同自然科学和工程学背景的学生提供摩擦，磨损和润滑等相关领域的知识背景，为其将来从事摩擦学相关职业打好基础，为更深入的研究增加丰富的知识，开拓视野，提升个人综合能力。并通过促进工业界和学术界之间的合作关系，将提供摩擦学辅修专业学生的就业机会。除此之外，辅修专业可在从本科生到研究生的平稳过渡发挥到积极作用。

### 3.2. 培养模式

培养方式为以指导教师为理论指导主，团队内的博士、硕士研究生指导实验为辅。除了本教师团队之外，还设立摩擦学辅修专业的工业咨询委员会，委员会成员来自“RSC Bio Solutions”、“Tiarco Chemical”、“Chemical Solutions”、“Dubois Chemical”、“King Industries”、“Palo Verde Nuclear Generating Station”、“Afton Chemical”、“Lubrication Engineers”、“Koehler Instruments”和“Tesla”等企业及 STLE (摩擦学家和润滑工程师协会)。摩擦学辅修专业指导教师会在每学期开学时在课堂上、网站上、以及校园板报的形式对该辅修专业进行宣传。使在报名之前对辅修专业特点、课程设置、培养目标、知识结构等方面有一个全面的了解和认识。摩擦学辅修专业的课程设置所要求的课程来自不同的院系(包括机械工程系，聚合物纤维系，材料工程系，化学工程系，化学系，生物系统工程系)。在摩擦学辅修专业课程设置方面，经过指导教师与任课教师沟通，确定该门课程讲授内容与辅修专业的相关性和融合性等；在学生选课方面，指导教师会根据其专业基础、兴趣以及职业目标等对所修的课程给予建议，并且所选的课程可以不是在一个系里，可以实现更多学科的交叉融合。摩擦学辅修课程设置了3门摩擦学基础理论课程(包括1门必修课，6门限选课程中任选2门)，和2门与摩擦学关系紧密任选专业课程(共13门)。学生可以通过不同领域专业课程的学习，可以加深对摩擦学理论知识的理解。摩擦学辅修专业的学生选择的课程，与所在院系的主修专业学生执行的统一标准，即相同的授课时间和考核要求，这就能保证教学质量。通过学习，扎实的掌握课程的基础知识；通过辅修课程的实验室部分，学生有机会获得有关行业标准测试设备的实践经验。并且，课程的考核在某种程度上对于报名辅修专业的学生起到了一个遴选的效果。除此

之外，摩擦学辅修专业还会定期邀请来本行业专家进行客座讲座和参与在线研讨会课程。包括来自上述咨询委员会的企业技术人员，以及其他相关的企业、高校，例如“National Center for Asphalt Technology”、“TestOil”、“莱斯大学”、“智利大学等”，演讲主题关于“工业 4.0”、“摩擦磨损调控”、“润滑油选择”、“增材制造”，“国际空间站摩擦学”等，对课堂所学的理论知识进行补充，解决了学科交叉过程中的专业衔接断层等问题。

### 3.3. 科研实践活动

鼓励学生参加奥本大学摩擦学实验室的研究的科研，可以把课堂上所学的知识应用到实践中来。每年举办一届的摩擦学座谈会，邀请来自于“AMRRI”、“Bruker”、“Ralph Beard”基金、“RSC”等摩擦学企业和 STLE (摩擦学家和润滑工程师协会)、ILMA (独立润滑剂制造商协会)等研究学会的代表来学校进行实地交流。机构通过设立学生奖学金，捐赠设备和提供学生实习基金等方式来支持摩擦学辅修专业。摩擦学辅修专业鼓励辅修专业学生加入行业内的学会，并资助学生参加 STLE 举办的国际学术会议，参与设立宣传展位、做出展览海报或口头报告等活动。与参会的企业代表和高校的研究人员交流，获得行业内大型公司的实习机会。这些实习机会不仅为学生提供了宝贵的工作经验，还为以后的职业发展和升学深造奠定基础。

### 3.4. 跟踪反馈

摩擦学辅修专业对学生在学校和毕业后的情况都进行统计，笔者仅对接触到的辅修学生进行介绍。实践证明，摩擦学辅修专业对于学生的培养取得了很好的效果。在学术方面：学生 Hannah Neuffer、Chris T. Jaudon 和 Zoe R. Tucker 曾分别获得了 STLE 学会提供的 E. Richard Booser 奖学金；PooriyaNezhadfar 获得 Dube 摩擦学奖学金；Aman Sharma 在辅修阶段已发表了 2 篇 SCI 论文，Ross Bonner 依靠辅修专业时的经历成功申请了麻省理工学院的研究生项目。2014 年的专业为聚合物纤维工程专业的 Hannah Neuffer，在获得摩擦学辅修专业学位之后就职于航空公司成为制造工程师，随后进入一家火箭公司任项目经理。机械工程专业的 Tim Hall 在就读辅修专业期间在世界 500 强企业 Goodyear 轮胎公司和美国包装公司实习，毕业后就职于佐治亚太平洋实业公司(公司规模在美国排名 30 左右)。这两位同学也加入了辅修的工业咨询委员会，为之后的辅修学生介绍经验。这些毕业生并将工业界所需的知识和技能反馈给指导教师，指导教师再根据反馈对课程设置和一些科研活动进行调整。

## 4. 开设辅修专业探索与实践

根据奥本大学摩擦学辅修专业的启示，提出办好辅修专业的几点建议：

1) 明确培养目标。培养解决实际工程的跨学科复合型人才。为研究生的学习和研究拓宽思路和打下良好的基础。实现从本科到研究生的一个过渡，为研究生的奠定了一定的理论基础，也提供了很多的研究经验，使学生能更快地进入和适应研究生的科研。

2) 优化培养方式。从专业设置角度，相比起文科专业，工科的辅修专业相对较少，然而往往在实际工程问题上，需要更多的跨学科、跨领域的知识。因此，就需要探索更多的辅修专业来满足新工科的对学生的培养要求。保证专业覆盖的全面性。从专业设置角度，增加辅修宣传的途径，通过应用张贴海报、课堂宣讲、学生宣传、公众号文章等方式对辅修专业进行宣传，让不同专业的学生对其有个直观的了解。设立专门的顾问团队，对有兴趣的学生对课程设置、授课方法等方面的问题进行答疑。从课程设置角度，增强系统性和针对性，课程体系进行改进。课程设置要求增加与主修课程融合度，并且需要体现跨学科特色。把握工科学生学习特点和需求，在不同专业或学院设立辅修的选修课程。每门辅修专业还应设定

至少一名导师，根据学生的兴趣和特点对学生指定具有针对性的辅修培养计划。从授课方式角度，突破传统的上课方式，采用直接插班学习，对辅修学生与专业学生相同的要求，提高学生对辅修专业学习重视程度，保证教学质量。亦可采用线上和线下结合的方式，保证充足的课程学时，避免了在周末或假期密集授课，提高学生的学习效率。

3) 拓展科研实践活动。学生除了辅修专业设置的课程之外，还要参与导师的一些本科生水平的科学的研究。实践活动是辅修专业建设的重要环节，与理论教学知识的衔接和互补，鼓励学生参加大学生创新设计大赛，节能减排项目等，充分调动学生的积极性，激发学生的想象力和创造力。

4) 完善质量评估反馈机制。加强对于辅修专业毕业生的实时跟踪，了解辅修专业学习学生的学习状态与质量，同时也需定期对辅修专业的毕业生进行调查，根据工业界所需要的人才需求，并据此调整课程设置以及内容。

5) 加强校际联合培养。目前，一些高校通过校际合作为提高教育质量服务，例如“武汉七校联合办学”，“上海市西南片联合办学”、湖北“十校联合办学”等组织为高校学生提供跨校辅修专业的机会，这种教育方式效果显著。但这种辅修的校际组织还不太多，推广区域高校联合培养模式，搭建沟通和交流的平台，加强校际合作，实现资源共享，培养更多跨学科复合型人才。

## 5. 结束语

辅修专业既可为本科生将来的职业发展奠定坚实的基础，又可为就读研究生提供丰富的科研经验。通过参考奥本大学摩擦学辅修专业的实践经验，对新工科背景下普通高等院校工科专业开设辅修专业提出了几点建议。通过不断探索和实践，改进自身不足，根据自身学校学生特点，量身定制适合自己的切实可行的辅修教育教学模式，并推广开来，有望为实现培养更多的全面发展的、高素质复合型人才，为我国的高等教育改革做出贡献。

## 基金项目

2020 年广东省高等教育教学改革项目“新工科背景下机制专业创新创业教育与专业教育深度融合的培养模式研究”；广东省研究生教育创新计划项目，海洋特色机械工程专业学位研究生培养创新模式研究(2019JGXM60)。

## 参考文献

- [1] 李丽娟, 杨文斌, 肖明, 章云. 跨学科多专业融合的新工科人才培养模式探索与实践[J]. 高等工程教育研究, 2020(1): 25-30.
- [2] 崔玉荻. 关于辅修专业及双学位培养改革发展的反思、分析与展望[J]. 大学, 2021(22): 26-28.
- [3] 何军. 浅谈大学辅修专业存在的问题与应用[J]. 就业与保障, 2020(23): 147-148.
- [4] 程萍, 李晶. 本科教育的双学位、辅修第二专业培养模式研究[J]. 科教文汇(上旬刊), 2019(12): 5-7.
- [5] 么娆, 刘军. 应用型本科高校辅修学位教育模式探究[J]. 岭南师范学院学报, 2020, 41(6): 1-8+17.
- [6] 段笑晔, 毋育新. 跨学科复合型人才培养模式与管理路径探究——基于一流专业建设背景[J]. 教育教学论坛, 2021(9): 83-86.
- [7] Auburn University. Tribology and Lubrication Science Minor.  
<http://www.eng.auburn.edu/programs/tribology/index.html>