

基于威尔逊规则的电气工程专业教学策略研究 ——以《高电压技术》为例

王丛佼, 迟长春, 张 威, 李梦达, 周晓倩

上海电机学院电气学院, 上海

Email: wangcj@sdju.edu.cn

收稿日期: 2021年3月30日; 录用日期: 2021年4月20日; 发布日期: 2021年4月27日

摘 要

高电压技术是电气工程及自动化专业的重要专业课。文章阐述了揭示学习本质规律的威尔逊规则, 并基于此理论, 结合上海电机学院以培养复合型人才为目的的专业特色, 提出职业、科研双导向制的高电压技术教学改革的策略, 从教学内容、教学手段、考核方法和教学效果等方面对此课程的本科教学进行了初步探索, 即合理设计教学内容、综合运用多种教学方式、创新设计双导向考核方式验证教学的能效。

关键词

高电压技术, 心流, 威尔逊规则, 双导向

Research on Teaching Strategy of Electrical Engineering Major Based on Wilson Rule —Take “High Voltage Technology” as an Example

Congjiao Wang, Changchun Chi, Wei Zhang, Mengda Li, Xiaoqian Zhou

College of Electrical Engineering, Shanghai Dian Ji University, Shanghai

Email: wangcj@sdju.edu.cn

Received: Mar. 30th, 2021; accepted: Apr. 20th, 2021; published: Apr. 27th, 2021

Abstract

High voltage technology is an important professional course of electrical engineering and automation. This paper expounds Wilson's rule, which reveals the essential law of learning. Based on this theory, combined with the professional characteristics of Shanghai Institute of electrical engi-

neering for the purpose of cultivating interdisciplinary talents, this paper puts forward the teaching reform strategy of high voltage technology with dual guidance system of career and scientific research, and makes a preliminary exploration on the undergraduate teaching of this course from the aspects of teaching content, teaching means, assessment methods and teaching effect, that is reasonable design of teaching content, comprehensive use of a variety of teaching methods, innovative design of double oriented assessment method to verify the efficiency of teaching.

Keywords

High Voltage Technology, Heart Flow, Wilson Rule, Dual Guidance

Copyright © 2021 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

《高电压技术》是电气工程及其自动化专业的重要专业课,总学时为 32~48 学时(不同学校略有不同),主要介绍气液固三相电介质的绝缘性能、电力电气设备的高压试验和电力系统过电压及其防护等内容,理论性和实践性、学术性和职业性都很强,课程讲授难度较大,学生理解也比较困难。理论难度高、知识点跨度大、教学内容枯燥、教学方法单一,导致学生普遍缺乏学习兴趣,学习效率低下,难以在计划的课程时间里消化教学大纲所覆盖的知识点。大部分学生在修完课程后,无法熟练应用相关知识,更谈不上技术或科学创新能力的培养。构建新的《高电压技术》课程的教学体系,加强学生就业能力和科研能力的培养,是一项具有重要意义且十分紧迫的任务。

近些年许多教师一直致力于推进该课程的改革,以提高课堂教学效果和學生分析、解决问题的能力,达到提高《高电压技术》课程教学质量的目的。武汉大学的关伟民等人对《高电压技术》课程的内容特点和教学实际,充分利用学校现有教学资源,因地制宜地对其课堂教学模式、教学方式和教学方法进行一系列改革与实践,取得了良好的教学效果[1]。张琰等人倡导理实一体化教学,将工程项目引入《高电压技术》的理论教学,引导学生进行工程实践技能训练,提高了学生的工程实践能力[2]。西安交通大学的周利军等人细致分析了教学研一体化的教学理念,阐述了如何实现与国外高校合作开展课程教学工作和注重实践、课内外结合式教学手段,提出了采用多层次考核方法提高学生的学习兴趣和学习效率[3]。南京工业大学的邵如平等人从课程特点、教学内容、教学方法和实践环节等方面探索该课程的教学改革,以扩大学生知识面[4]。三峡大学的熊炜等人针对《高电压技术》课程教学内容理论性强、与实践结合紧密等特点,结合经济成本等问题,研究如何在教学中提高学生的学习兴趣,并且教授学生如何从现象得到结论[5]。这些教学改革成果为广大教师提供了宝贵的经验。本文从心理学中的“心流”概念出发,采用心理学界最新成果“威尔逊规则”,揭示学生的学习动力和效率的内在规律,并遵照威尔逊规则,深层挖掘《高电压技术》的课程教学方案设计潜力,提出“知识点摸底”、“一课多启”和“一卷多考”的创新型双导向教学模式。

2. 学习心理学中的威尔逊规则

2.1. 心流与“学习区”

心流是心理学中的重要概念,指人们在专注进行某项行为时所自发呈现的心理状态。通常在此状态

时，不愿被打扰，也称抗拒中断，是一种将个人精神力完全投注在某种活动上的感觉。心流的概念最早是米哈里·契克森米哈赖在《心流：最优体验心理学》里提出的。米哈里认为，要想在学习或工作中达到最优体验的心流状态，这项任务的挑战性须和任务执行者对任务的掌握程度形成某种恰当的平衡。如图 1 所示。

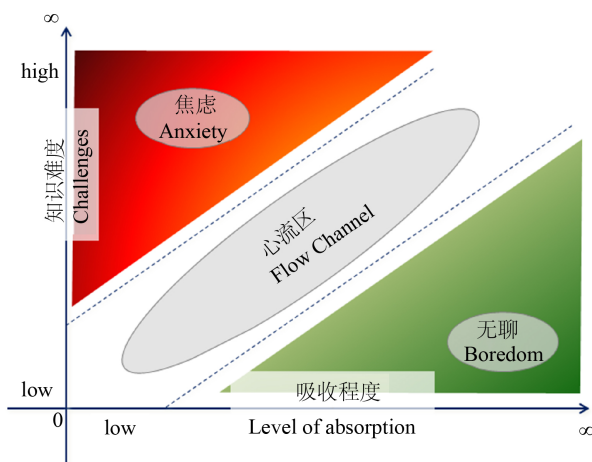


Figure 1. Heart flow channel in work and study
图 1. 工作和学习中的心流区示意

图 1 采用几何的方式形象地表述了如果任务的挑战显著低于执行者的水平段位，执行者便会感觉这项任务无聊；若挑战显著超出执行者的段位，执行者又会感到吃力焦虑。而如果任务的难度和执行者的段位恰好达到某种程度的匹配，即使执行者一开始不知道怎么做，但是集中调动自己的心力，便可以“够得着”问题的解决方案，便是心流的体验。沉浸在工作之中忘记了时间的流动，甚至可能忘记自身的存在。

依据心流区的表述思路，心理学家把具体学习者可能面对的新知识分入三个区域：舒适区、学习区和恐慌区。舒适区的内容对学习者的过于容易，是学习者熟悉程度较高或推导过程简易的知识，容易造成学习者“看不上”所要学习的知识而降低学习热情；恐慌区的知识点则过难，学习者会有明显陌生和吃力的感觉，容易造成学习者“追不上”所要学习的知识，同样也会降低学习热情。在二者中间存在一个狭窄而适当的学习区，这里的难度对学习者的而言是“中庸”的，使学习者在较为熟悉的氛围中能看到新鲜，在较为安全的环境中体验到挑战，一边“吃老本”，一边“尝鲜”，学习热情最高，成效也最佳。如图 2 所示。

图 2 定性的表述了给学习者提供的知识组成需要一个合理的搭配，可以最大程度提高知识的吸引力，使学习者能够成为孔子所讲的“乐知者”。

2.2. 威尔逊规则

当学习有了内在的驱动力后，成为一个“乐知者”，将自然而然提高效率。心流理论定性的表述了每位学习者的“学习区”的客观存在，但是没有给出定量的结论，对于具体的学习者，到底如何定量的确定知识的难易和新旧元素的搭配，才能达到最佳学习积极性和效果？亚利桑那大学的罗伯特·威尔逊等学者通过人工神经网络仿真，求解出这个问题的最优数值解：这个数值是 15.87% [6]。威尔逊首先依据心流理论，提出了一个关于学习和工作愉悦感的公式框架：

$$\text{愉悦体验} = \text{一部分熟悉} + \text{一部分意外}$$

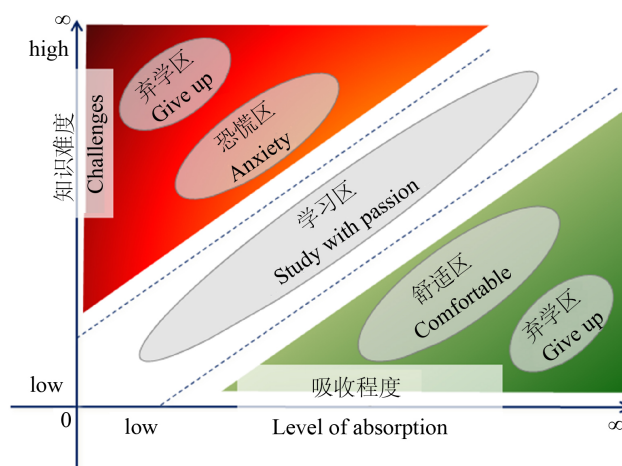


Figure 2. Learning area: The most suitable knowledge arrangement for learning

图 2. 学习区：最适宜学习的知识搭配

就是当要学习的对象中既存在学习者曾经熟知、能带给学习者亲切感的旧知识，也有学习者未曾见过的、能带给学习者新鲜感和挑战性的新知识时，学习者才有可能在学习过程中产生愉悦的体验。从信息论的角度来说，本质是新旧信息的配比。威尔逊等人搭建了一个人工神经网络，用大量数据去训练这个网络，让网络学会自己做判断。网络内部有大量参数随着训练不断变化调整，相当于人脑在不断学习中提高技艺。每一次训练，先让网络对数据做个自己的判断，然后数据再给它一个反馈。如果网络判断正确，它就会加深巩固现有的参数；如果判断错误，它就调整参数。这跟人脑的学习十分类似：只有当人判断错误的时候，才说明这个知识是新知识。研究者可以决定用什么难度的数据去“喂”这个网络。如果数据难度过低，网络每次都判断正确，显然无法提高判断水平；如果数据难度太高，网络总是判断错误，它的参数就会变来变去，无所适从。研究者通过这样的模拟实验，得出一个精确解：新知识占全部待认知内容的最佳比例为 15.87%。也就是说，当训练一个神经网络系统时，给它准备的内容中有约 85% 对它而言熟悉的，有 15% 对它而言是意外的，这时，神经网络可以以最少的训练次数实现准确的判断。威尔逊把这个结论称为“85%规则”，也可称作“威尔逊规则”。威尔逊推导的结果是，15.87% 的意外率能让训练时间相对于其他数值配比时以指数下降。当训练时间显著下降后，学习者能以最短的时间获得掌握知识的成就感，学习愉悦度会达到最大。

实际情况中，大多数的学科课程，每一个新知识点都是在以往知识的底座上进行累加，极少有孤立的“横空出世”的知识点，所以大多数课程都自然地呈现为新旧知识元素的某种配比。而最优的安排，是在一次讲课中有 85% 的“底座知识”是学习者本来就已掌握的，15% 是新的理论或技巧。但对于不同认知能力和程度的学习者，同样的知识所被划入的区域也不尽相同。对于进度快的学生而言是“舒适区”的知识，对于进度慢的学生则很可能是“恐慌区”。所以孔子提倡对学生各因其材而施教。从《论语》记录看，孔子对每一位学生都给出了明确而个性化的教导言辞。这是一种十分奢侈的私教模式，但对于现代化的大堂教学，依然有重要的参考价值。

当前，我国进入社会经济发展的新时期，对各类创新人才的需求较大，给我国高校人才的培养提出了新要求。同时，随着社会快速发展，高电压技术领域也出现了一些新问题，急需有较强分析能力、解决理论和实际问题的人才。在此背景下，如何通过《高电压技术》的课程教学，激发学生的兴趣，培养其创新创业能力和分析解决实际问题的能力，成为教师们关注探索的问题。

3. 基于威尔逊规则的双导向教学策略设计

3.1. 授课之前“知识点摸底”的教学设计思路的提出

基于威尔逊规则，对于学生，一堂课里有 85%的“底座知识”和 15%全新知识时，课堂效率的期望值最高。所以本文提出一种对学生程度的摸底方案：将近期课程要讲的知识点进行切分，编辑成一套测验题目，题目的表述尽可能采用学生之前已掌握的概念和术语进行表达，题目以电子问券的方式发给学生，安排学生在听课之前进行自测，回收问券，依据学生的平均正确率，对授课内容和讲课节奏进行适当调整。例如，教师计划在一堂课中讲授 3~5 个新知识点，经过分析，这 3~5 个知识点包涵了 5~6 个“底座知识”，而这 5~6 个“底座知识”又包涵了若干“底座的底座知识”。教师将所有 5 个新知识点和与之相关的若干知识点编辑成小测验 20 道测验题目，安排学生听课前自测。如果学生平均答对约 17 道题，那么就按照原定授课计划进行授课，如果学生平均答对显著少于 17 道题，比如 10 道题，那么则放慢讲课节奏，将一堂课的新知识点削减为 3 个，保留 2 个知识点顺延至下次课讲授，尽可能避免学生落入恐慌区。而如果学生普遍能接近满分，则说明教学方案中新知识点的分布过于稀疏，需要在未来的教学设计中加大教学密度。

3.2. “一课多路”的教学设计

基于心流理论和威尔逊规则，每个人都有适合自己的学习区，但每个人的知识组成和认知习惯都不尽相同，有的人习惯教师讲授，有的人则习惯自主阅读教材、文献或观看教学视频；有的人善于记忆操作步骤和经验数据，有的人则善于理论猜想和公式推导。有些基础扎实、思维活跃、自学能力强的学生，会感到教师的讲授进度过慢，课堂进度缓慢而有些无聊，他们希望教师能够提供更前沿的相关文献和视频；有些基础薄弱、先行知识点未牢固掌握、接收速度较慢的学生，会感到教师的讲授节奏过快，课堂进度太快而有些恐慌，他们希望教师能够放慢节奏，重点讲授基础等级的知识，减少引申；有些计划毕业后去科研院所进修深造的学生，希望教师能够偏重理论型教学，多讲一些公式推演，少讲一些实操经验；有些计划毕业后尽快应聘进入技术岗位的学生，希望教师能够偏重应用型教学，多讲一些实操经验，少讲一些公式推演。对于众口难调的实际情况，如果教师按照经典的授课方式，安排固定的教学内容，那么教学模式只会落入一部分甚至只是一小部分学生的学习区，对于另外其他学生而言，这门课的学习效率则会受到显著制约。

过去因为技术条件限制，教学手段不发达，只能采取单一的教师讲授、学生听讲的方式。现在技术条件允许教师做更加丰富的教学设计。教师无须局限于课堂讲授，可以充分运用多媒体技术，例如，对于同一个知识点，除课堂讲授外，教师为进度慢的同学准备了先行知识点的视频教学或文字阅读材料，供学生课前巩固或课后补习；为进度快的同学准备了后续知识点的视频教学或文字阅读材料，供学生额外学习；为擅长理论学习的同学准备相关知识点的前沿学术论文或专著节选；为擅长技术应用的同学准备相关的技艺指导视频文字阅读材料。学生可以根据自己的实际需求弹性调节学习的侧重点。

例如，在讲解特斯拉线圈时，教师主要进行了以下安排：

- (1) 教师在课堂中主要讲述特斯拉线圈的基本工作原理：升压，振荡，放电；
- (2) 教师收集了特斯拉线圈相关的网络教学和趣味视频，在课堂中选择性播放；
- (3) 教师准备了相关的课堂基础练习题，供学生在堂内讨论和完成；
- (4) 教师在实验室搭建了特斯拉线圈放电现象实验装置，演示放电实验并录像，在课堂播放[7]；
- (5) 实验室在固定的答疑时间对本课程学生开放观摩，感兴趣的学生可在教师的指导下操作实验，总结操作技巧和要领，通过实操加深印象；

(6) 教师收集了关于特斯拉线圈的前沿学术研究,如《基于特斯拉线圈的无线电力传输系统》[8]、《基于特斯拉线圈的无线充电模型设计》[9]、《基于特斯拉线圈的 LC 谐振电路能量传递探析》[10]等等,提供给对理论研究感兴趣的同学研读;

(7) 教师给学生布置可二选一完成的作业:a. 简述特斯拉线圈工作原理,完成教师布置的基础练习题,操作放电实验并总结实验要领,撰写实验报告和体会;b. 简述特斯拉线圈工作原理,完成教师布置的基础练习题,研读教师提供的学术期刊论文,并对论文内容给予评述;

(8) 教师提供了本课程的相关网课视频,可供学习进度慢的同学强化较早前讲授的知识,也可供学习进度快的同学预习之后将要讲授的内容。

以上各种教学安排中,第 1、2、3、4 项在堂内教学时间完成,第 5、6、7 项为学生二选一课后完成,第 8 项为学生自由选择是否完成。教学方案具备多向性和伸缩性,鼓励多数学生自行将知识结构调节至自己的学习区。

3.3. “一卷多考”的教学设计

经典的结课考试或考察,对同堂所有学生都采取完全相同的考核题目,用同一把尺度量学生的学习成效。本课程采用“一卷多考”的模式,从非单一的角度考察学生的学习效果。具体方式为:基础知识采用传统考题,更深入的知识点采用一题两考或一题多考方式,即一个题目有两个或多个不同分支题,考生可以选答。

以特斯拉线圈为例,基础知识考核——简要绘制特斯拉线圈升压电路图,并简析放电过程的三个步骤;深入知识考核为——请完成以下两问中的一问(两问都答则以平均成绩计入):a. 特斯拉线圈放电过程实验有哪些注意事项,对于操作过程你有什么心得;b. 特斯拉放电线圈目前有哪些前沿的学术讨论,你有什么想法。

考核方式为不同侧重点学习的学生提供了各自发挥的空间,擅长理论和擅长实操的学生各得其所。

4. 结语

4.1. 结论

《高电压技术》课程教学的双导向培养方式改革已在上海电机学院进行初步探索与实践,得到以下几点收获。

(1) 学生对新授课内容的熟悉程度很重要,做教学方案时应时刻注意融入多数学生已掌握的知识,为学生掌握新知识提供台阶。新信息重要,旧信息也很重要。在学习中遇到熟悉的东西,使学习者对知识产生亲切感和安全感,可以巩固学习者已有的知识,让学习者强化确认以前学的内容。

(2) 威尔逊的 15.87%是人工神经网络仿真的结果,仿真实验的过程,有其一些具体而特殊的条件限制,仅是对人类学习过程的一个简化模拟,所以不能确保精准适用于任何领域与学习场合,但核心重要的不是数值,而是这个新旧配比的理念,即大部分熟悉的内容配一小部分全新的内容。教师在指定教学计划、授课和考核时将威尔逊规则纳入考量,便可以从技术层面大概率的提高更多学生的学习积极性和学习成效。本课程教改过程中提出的“知识点摸底”的创新设计模式,是对威尔逊规则在教学中的—次具体的定量尝试,准确地了解听课学生的专业程度,可以更加高效的传授知识。

(3) 《高电压技术》难度较大,不同学生的理解能力和程度不同,大班教学从技术上无法确保所有学生都能跟上课程进度,但多重导向的教学与考核体系的建立,可以使擅长不同方向的学生能得以恰当且充分的发挥。不同思维方式的学生有各自熟悉和擅长的学习内容,让学生自助选取自己所倾向的领域,最大程度地在各自的“心流区”里学习与思考,相对而言,比单一导向的教学模式,能够激发更多的学

生。本课程教改过程中提出的“一课多启”、“一卷多考”的创新设计模式，是关于本科教学与考核灵活性的一次十分新鲜而有现实意义的探索与尝试，将学习与考核的一部分的主动权下放给学生，让学生自助餐式学习、自助餐式考核，提高了学生的主观能动性。

4.2. 展望

教育的目的，不是培养一样的学生，而是培养活泼的学生，点燃每位学生各自的兴趣，激发他们自主学习、自主发挥。职业与科研双导向合一的培养思路，不仅可以应用于《高电压技术》，也可以应用于电气工程的其他专业课，不仅可以应用于电气工程专业，也可以应用于其他工科专业。实现理论创新和实践创业的融合与分流，是高校教育模式更新的大势所趋，是培养多向性创新创业型人才的必然要求，无论是对国家、企业，还是对个人发展都有着重要意义。《高电压技术》是一个示范，电气工程专业是一个代表性专业，其本质是整个本科工程教育体系的思考与优化。本文做了一次具有一定成效的探索和尝试，关于教学的优化永远没有止境，未来还有更多、更长的路。

致 谢

感谢我所在的学院提供了宽阔的教学改革环境，使我有机会探索和实践新的教学理念；感谢我的领导和同事们一直以来的鼓励引导和技术支持，使我有信心持续进行专业课教学教改的研究；感谢我的爱人对本文的撰写提出的意见与建议。

参考文献

- [1] 关伟民, 蓝磊. “高电压技术”课程课堂教学改革与实践[J]. 中国电力教育, 2014(6): 50.
- [2] 张琰, 魏晓艳, 李秋. 基于“工程项目”的高电压技术课程改革[J]. 科技资讯, 2017, 15(18): 191-193.
- [3] 周利军, 吴广宁, 高波. 高电压技术国家精品课程教学方法的研讨[J]. 电气电子教学学报, 2006, 28(6): 113.
- [4] 邵如平, 方志, 郝丽丽. 高电压技术教学改革的探索[J]. 中国电力教育, 2008(110): 64.
- [5] 熊炜, 粟世玮. 基于“高电压技术”课程特点的教学方法研究[J]. 中国电力教育, 2012(27): 63.
- [6] Wilson, R.C., *et al.* (2019) The Eighty Five Percent Rule for Optimal Learning. *Nature Communications*, **10**, Article No. 4646. <https://doi.org/10.1038/s41467-019-12552-4>
- [7] 曹政钦, 尹泰, 魏钢, 等. 基于特斯拉线圈对高压电技术教学的项目研究[J]. 科技创新导报, 2020(12): 229-230.
- [8] 牟春阳, 李世中, 梁国强. 基于特斯拉线圈的无线电力传输系统[J]. 科学技术与工程, 2015, 15(13): 77-81.
- [9] 王毅伟, 郭颖. 基于特斯拉线圈的无线充电模型设计[J]. 国外电子测量技术, 2016, 35(9): 34-36.
- [10] 刘豪民, 朱云成. 基于特斯拉线圈的 LC 谐振电路能量传递探析[J]. 实验教学与仪器, 2011(S1): 114-115.