

基于“决策驱动”的自动控制原理课程教学^①

孙 健

西南大学 电子信息工程学院, 重庆 400715

摘要: 决策能力是在重大问题面前, 经过综合缜密思考, 做出果断而准确判断的能力, 是现代社会衡量人才素养的一个重要标准. 在自动控制原理教学中引入决策教学对于培养学生自主解决实际问题有重要的意义. 基于“决策驱动”的教学基本步骤是: 确定实际问题, 定义问题边界, 形成解决方案集合, 分析评价解决方案形成决策依据, 执行方案并评价决策效果. 通过此教学方法, 让学生形成正确的工程以及科学意识, 能在各种现实环境局限下给出问题最合适且高效的解决办法, 养成正确的价值取向.

关键词: 决策驱动; 价值取向; 科学意识

中图分类号: G420

文献标志码: A

文章编号: 1000-5471(2017)04-0172-06

目前自动控制技术被广泛应用于国民经济、军事工业中, 大多数高校电子、电气、机械及其相关专业均开设了自动控制原理课程, 但自动控制原理的课程理论性较强、内容抽象、难于理解, 对课程本身所介绍的内容缺乏感性的认识^[1-2]. 学生在学习完这门课程后, 对于课程的使用价值与应用场景难以获得充分的认识, 造成对这门课程缺乏兴趣.

另一方面, 学校对人才的培养主要是技能型培养, 即通过一段时间的学习, 掌握技术本身, 以及培养学生学习如何解决问题, 即基于“问题导向”的专业素质培养, 而对决策能力的培养较少. 具备决策能力要求学生不仅能解决各类实际问题, 而且能主动综合各类因素, 在解决问题时做出最优决策, 更好地达到目的. 在现代社会日趋竞争激烈的今天, 对具有决策能力的工程应用人才的需求越来越大^[3]. 因此本文将探讨如何在自动控制原理课程中运用基于“决策驱动”的教学方法, 在培养学生决策能力的同时使本门课程的教学更为形象生动, 通俗易懂, 帮助学生应用课程知识更好地解决实际问题.

1 决策教学

决策教学^[4]是雪莉(Shirley H. Engle)于 1960 年在论文《决策, 社会科教学的核心》(Decision Making: The Heart of Social Studies Instruction)明确提出的理论. 决策教学分为两种: 一种是为了决策而教学, 以决策为目的或称为直接决策教学, 直接传授用于决策所需的知识技能, 包括决策所涉及的对象(如自动控制原理课程里所学到用于支撑决策的定理, 性能指标等). 此外还直接教授决策过程方法, 为决策进行教学的目标是教会学生如何做决策. 另一种是用决策进行教学, 以决策作为工具和手段, 也称为间接的决策教学, 这类方法虽然不直接培养学生的决策能力, 但将整个决策过程融入其它知识的教学过程中, 调动学生的主观能动性, 使学生能够更容易理解抽象的知识, 增强其在实际环境下运用知识解决问题的能力^[5-6]. 由于自动控制原理课程不以直接培养学生决策技巧为目的, 而是通过决策过程使学生具备灵活运用所学知识解决问题的能力, 因此本文将着重探讨间接决策教学在自动控制原理课程教学上的运用.

① 收稿日期: 2016-11-08

基金项目: 重庆市基础与前沿技术研究项目(cstc2016jcyjA1122); 重庆市中央高校专项基金(XDJK2015C074).

作者简介: 孙 健(1987-), 男, 重庆江津人, 讲师, 博士, 主要从事自动控制原理教学、控制理论研究.

2 “决策驱动”在自动控制原理教学中的重要性

人类社会的发展就是人类获得自由和解放的过程，在有更多的权利和自由的情况下，要求人们做出更多的取舍和选择、更多的决策，如果人们有了这种权利而没有决策的能力，必然导致权利的误用，因此决策能力也是成为人的发展的内在需求^[7]。

对于教学中的自动控制原理这门课程，也有决策能力的需求。虽然这门课程本身是作为一门学习工科技能并贴切实际的课程，但从本科教学目标上是培养学生在这方面的工程基本素质。面对实际工程问题，没有最优解，只有最适合的求解方法，往往需要在解决问题的成本、性能、可靠性等目标上作取舍^[8]。面对困难往往需要学生自己拿主意解决问题，要求其具有自主主动能力，因此自主决策能力显得尤为重要。

教育心理学研究结果表明，作为教育内容，决策是可以教授的^[9]，而且国外教学的发展也告诉我们学生在解决工程问题上的决策能力是可以培养的。决策教学的关键在于给予学生更多的时间机会，而自动控制原理虽然是一门理论课程，但和实践紧密相连，在实践过程中给学生提供了决策机会，这恰恰存在于间接的决策教学之中，间接的决策教学就是将决策当作学习方法来促进学生的学习，在促进学生增加专业知识的同时提高专业素养，培养决策能力。

3 “决策驱动”的自动控制原理教学实施步骤

“决策驱动”的自动控制原理教学实施步骤可以分为确定问题、定义问题、提出方案、分析方案、执行方案 5 个步骤，具体如下。

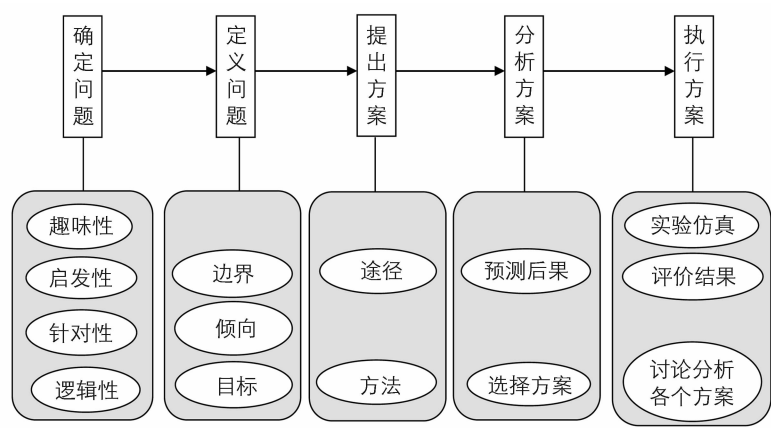


图 1 实施步骤

3.1 确定问题

根据教学内容确定一个有价值的问题。问题是思维活动的产物，学生因为自身学识水平、思维能力和需求的不同产生的问题也不同，提出的有些问题和教学内容密切相关，有的离教学目标甚远或古怪。但提出的问题主要分为 3 类：一类是有价值的问题，这类问题和教学目标相符合，学生能通过探究这类问题掌握教学内容，对教学内容有深刻的理解；第二类是有研究价值，但由于外在或内在的各种因素制约，无法探究；最后一类是没有研究价值，或是学生已经知晓答案的问题。

如何定义有价值的问题可以从 4 个方面考察：首先，问题需要具有一定的趣味性。因为具有趣味性的问题才会让学生感兴趣，容易引起共鸣，使学生积极主动地投入到问题的研究中去。其次，问题应该具有启发性。不是以一个简单的问题结束，而是应该使学生在探究过程中联想到更多的知识内容，引导学生进一步广泛地思考，问题没有唯一答案，让探究过程更丰富精彩。再且，问题应该具有针对性。针对学生的认知水平、涉及的教学内容、教学目标、教学条件设计合适的问题。最后，问题应该具有逻辑性，不应该仅仅是一些感性的认识，学生能通过理性认识，层层推理，得到相应的答案，从而提高学生的逻辑思维能力。

3.2 定义问题

定义问题的讨论边界，确定价值倾向、目标。在教学中的讨论都需要确定范围，教师应该引导学生的

讨论围绕关于教学内容展开. 如在自动控制原理中的讨论应该在数学、工程性能等范围内, 只有明确讨论边界才能使学生能详细地探究问题的本质, 将选择明确到某几个提出方案上, 而又不会过于复杂, 超出学生的理解范围, 将问题引导到学生已知和将要学习的内容边界范围内.

行为具有目的性, 需要确定目标, 不同目标下提出的方案可能大相径庭, 而目标又与价值倾向有关. 一件事对错的判断标准是凭我们人的主观意识来判断的, 也就是我们人的价值倾向^[10], 明确课程教学的价值倾向和目标能够增强学生反省意识, 提高其自觉性、自主性. 比如在学习控制器的设计时牵涉到很多性能指标, 其中最重要的指标是稳定性, 因此我们应该在课程中明确实现系统的稳定性是首要的目标.

3.3 提出方案

提出可能达到这些目标的方案和途径. 在明确问题边界, 价值倾向和目标后, 需要学生以小组的形式讨论, 根据所学知识提出可能达到这些目标的方案和途径. 但在这过程中常常会因为学生知识不足引发很多相关的子问题, 这将调动学生积极性查阅相关资料, 通过自主学习相关资料或查阅主文献^[11]解决专业问题. 同时, 提出的方案可能很难实现, 因此还需要考虑其实现途径的问题. 如在讨论系统稳定性的时候, 如何选择合适的参数, 一种方法是通过尝试参数取不同的数值, 再使用计算机求解特征根. 但如果系统的阶次较高, 使用计算机求解不同系统参数下的特征的计算代价则太大, 因此可以考虑采用根轨迹的方法, 通过绘制近似的根轨迹即可快速确定不同参数下控制系统的性能. 学生根据确定的价值倾向、目标, 通过学习课程相关知识, 提出和筛选出几种可行的方案和实现途径.

3.4 分析方案

分析预测这些方案带来的结果, 接受或拒绝一些行动方案. 在提出多个方案后, 学生运用他们已获得的知识预测各方案的结果及其影响, 同时查阅相关资料补充自己所需的知识以实现更准确更完善的方案评估. 在决定接受或拒绝某一行动方案的时候通过辩论和说服使意见达成一致, 这既能培养学生的交流技巧, 运用所获得的知识评估他们以前的选择, 又能强化其对知识的深入理解.

3.5 执行方案

执行行动方案, 对比结果, 进行讨论. 学生将集体通过的几个方案付诸行动, 采用实验或计算机仿真的办法实现控制器和被控对象, 每个小组负责一种方案的实施. 然后, 各个小组通过数据采集器采集实验数据或导出计算机仿真的结果查看动态系统各个变量的变化及其关系. 各个小组将实验数据结果使用图形的方式呈现出来, 再针对每一种方案的结果展开讨论, 分析其中的原因和本质, 并探讨各种方案的优点和缺点, 以及如何在实际应用中针对各种环境做选择.

4 “决策驱动”的自动控制原理教学案例

基于“决策驱动”方法, 在自动控制原理教学中可以生成许多决策教学例子. 比如, 以胡寿松主编的《自动控制原理基础教程》第三版为教材, 在学习完第六章控制系统的校正方法后, 需要加强学生对所学知识理解时, 我们可以采用以下决策教学方式: 首先确定决策分析的问题, 然后定义问题的讨论边界, 确定价值倾向、目标; 再组织学生分组合作搜集资料, 交流讨论, 提出可行的解决方案和途径; 最后执行方案, 评价决策成果, 具体过程为:

4.1 确定决策分析问题: 跷跷板存在可控转矩支点下, 如何控制可自由滚动球在板上的位置?

问题如图 2 所示. 首先, 提出的问题与教学的内容密切相关, 解决这个问题牵涉到控制系统被控对象的建模、稳定性分析、系统综合这三大块. 其次, 这是一实际且带有趣味性的问题, 能激发学生的学习兴趣. 再者, 问题具有一定的挑战性, 尤其在时域和频域建模上, 不能直接套用书本上的公式直接解决, 但在学生力所能及范围之内, 通过查阅动力学系统建模与分析的相关资料, 深入思考和利用已学到的数学知识, 结合系统综合技术能解决这个问题, 同时问题还具有启发性和逻辑性. 自动控制原理课本前面章节主要讲解线性系统, 若需要更好地解决此问题还涉及非线性系统的建模和控制问题, 因此在此问题的基础上还能引出新的

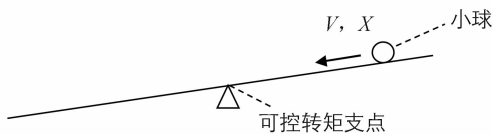


图 2 教学案例问题

问题，且新问题是教材后面章节所学习的内容。

4.2 定义问题的讨论边界，确定价值倾向、目标

在这里假设学生目前学习了线性系统的建模和校正的知识，则此处需要将问题的讨论边界定义在线性系统的范围内，考虑理想情况下的支点可控转矩，即忽略其滞后特性、死区特性以及控制输出的局限范围，并假设没有外界干扰，以简化问题的讨论并在有限的课堂时间内让学生理解所学的知识。在考虑价值倾向和目标上着重从以下几方面考虑：

- 1) 保证系统的稳定性；
- 2) 提高控制系统的准确性；
- 3) 增加控制系统的快速性；
- 4) 减小控制系统的超调；
- 5) 节省实现控制的代价成本；

其中第一个目标是必须实现的目标，因为在控制理论中首要的研究问题是系统的稳定性问题，稳定性是一切控制目标之首，也是控制理论中探讨得最多的问题。其次是准确性，在控制中尽量保证控制没有偏差，除了第一个目标是必须实现以外，其它几个目标可以侧重选择，且目标之间可能存在矛盾冲突。例如要提高系统的快速性就必然会加大控制输出，而这又可能会导致系统超调增大且控制成本的增加，具体的选择和侧重可以由同学们自由讨论决策。

4.3 分组合作搜集资料，交流讨论，提出可行的解决方案和途径

学生可自由组合分成 4 个小组，通过不同的途径如网上搜索、图书馆查询、询问学长等方式搜集资料。每个小组由一位同学负责整理搜集到的信息，再针对提出的问题和目标，依据搜集到的资料，每个小组在课堂上进行充分地交流讨论，并由小组长作为代表陈述解决问题的思路及选择的解决方案，在此过程中老师进行巡视和适时引导。

小组 1 代表认为：应将被控对象经过关键工作点上的线性化，把系统看作是一近似线性系统，再利用线性微分方程理论建立控制系统模型，采用劳斯判据分析系统稳定性，并最后通过求解微分方程的方法分析系统的综合性能。在跷跷板控制当中应该着重解决稳定性问题和超调问题，因为超调过大会导致球滚出跷跷板。

小组 2 代表认为：应该着重考虑系统的稳定性和实现控制的成本，因此选择从定性的角度分析控制系统，采用拟人的方式直接控制球在跷跷板上的位置。如当球处于某一特定位置或某一特定速度时，控制器输出一恒定的校正转矩，采用最简单的方式实现控制目的。

小组 3 代表认为：在偏向考虑系统稳定性和准确性上，考虑使用高阶线性化的方法对跷跷板控制系统进行较为精确的建模，并采用根轨迹法分析校正系统的稳定性以及确保系统精确控制。

小组 4 代表认为：应着重考虑系统的稳定性和快速性。在建模上将系统假设为一线性系统，再依据现行利率采用实验的方法测定系统在各频率下的响应，构建系统频域模型。使用奈奎斯特判据分析系统稳定性，在增大反馈增益尽量提高快速性下保留系统一定的稳定裕度。

4.4 执行方案，评价决策成果

利用 MATLAB 仿真软件构建各小组提出方案中的模型，在仿真环境下实现控制器，模拟控制过程，观察控制结果，不断调试后再将控制算法写入跷跷板平衡控制教学装置中进行实验，观察记录结果。从实验过程和结果来看，4 个小组的方案各有侧重，都具有一定的合理性。

小组 1 采用线性化的方法对系统建模，使用劳斯判据保证控制下系统的稳定性，且考虑了超调。但使用求解微分方程的方法从理论上保证了系统的性能，因此带来了较多的分析计算量。小组 2 从定性的角度对系统进行建模和分析控制，采用最简单的办法解决系统的控制问题，具有较强的实用价值，在实际中较易实现，但控制准确度不高，容易出现抖动现象，而且没有严格理论上的稳定性保证。小组 3 侧重准确性，使用高阶模型有助于提高系统控制精度，但缺点在于在线计算量大，对于处理能力较低或计算资源较为紧张的应用环境不太适用。最后，第 4 组侧重快速性，使用较大的增益实现快速目标，并且存有一定的稳定裕度，保证了系统受小扰动后不会发散。但实现小组 4 的方案需要较大转矩的执行器，超调可能较大，而

且在跷跷板较短的情况下容易造成由于超调带来的掉落出跷跷板外的情况。

从以上 4 种方案可以看出,学生提出的各种方法各有优缺点,关键在于讨论各方案适宜的场合,清晰认识各种方法的局限性,这样才能培养学生在具体的应用场合提出合理的方案,提高决策能力,同时深化理解所学的知识。

5 自动控制原理决策教学与问题驱动式教学的比较和难点

在自动控制原理的教学实践中大多老师会采用问题导向式的方法进行教学,而基于“决策驱动”的教学与问题导向式的教学有一些相似之处,如都会提出问题,学生解答。但仅将问题导向式的教学经验应用到决策教学中难免会遇到一些问题。通过对实施决策教学后的总结,笔者认为开展决策教学和常规问题驱动教学的区别和难点主要有以下几个方面:

5.1 教学内容的可决策空间

决策教学是一种能提高学生学习效果、效率和自主能动性的教学方法,教学方法必然会以教学内容为载体。与问题驱动式的教学方法不同,运用决策教学的内容应该具有一定的可决策空间和价值,这是决策教学的难点之一。可决策空间较小的内容不宜用于决策教学,一些非常确定、无异议的或单一的知识内容运用到教学中决策空间太窄,学生解决问题的途径选择太少,对于培养学生提高解决问题和决策能力没有太大帮助,不宜采用。例如拉普拉斯变换,属于自动控制原理中理论层面的基础数学知识,是一种时域到频域的方法,具有严格的数学推导和定义,因此在理论上可变动空间较小,若用于决策教学难免会造成学生的回答千篇一律,不能深入挖掘学生的思维能力。又例如在频域法下的稳定性判定的问题,非常确定需使用奈氏判据数学原理才能解决,因此也不适用于决策教学。问题驱动式教学更注重探究问题本身,常常寻求最优答案,而决策教学注重学生的自主选择,往往不存在绝对的最优答案,可以通过多种方式解决问题,各有优缺点,不仅能培养学生解决问题的能力,也能培养学生的决策能力。

5.2 注重决策教学的过程

包括问题驱动在内的常规教学往往是静态的、个人主义的,并且假设在确定的情形下,有时过于理想化导致与实际不符,过于注重结果而忘了学生专业素质的培养^[3]。决策教学注重学生之间的交流、表现、和价值观的培养,将关注点由结果转移到决策的过程中,而为了注重决策结果忽视决策过程只会使决策教学流于形式,如何促进学生的参与和交流也是决策教学的难点之一。在决策教学中教师注意学生的参与度,采用多个方式了解学生的参与程度,如发言频率、提出想法的次数等等,可以通过由这些标准汇总的参与度考核表对学生进行定量的考核并记入学生总成绩中,但与问题驱动教学相比较,决策教学更能培养学生之间的协作能力,沟通能力。

5.3 决策教学中引导学生的价值取向

与问题驱动教学的不同,决策教学注重引导学生价值观的取向,价值观决定了决策导向,价值观的问题不能回避,现实生活中的决策最后都是价值决策。价值观不仅对人文社科类的教学中的学生很重要,而且对于理工科学生也尤为重要,正确的价值观能避免学生在日后的学习生活中迷失自我和不负责任。因为工作中的决策不再是书本中的理想明确的情况,常常无法寻求标准答案,因此需要由正确的价值观才能使决策对自己、对社会、对单位负责,避免不必要的损失或负面影响。如在涉及到安全领域的汽车控制系统设计中,应当更注重考虑系统的稳定性和准确性,把控制系统的成本或销售汽车的利润放在相对次要的位置。试想学生在今后的工作中,设计此类牵涉到人身安全的系统时毫不犹豫地选择“不关我事,赚钱第一,让其自生自灭”的价值观,不惜牺牲安全性将产品成本最小化和利润最大化,这样的决策不禁让我们悚然。因此,在进行决策教学中教师必须要对学生的价值观念进行正确引导。

参考文献:

- [1] 周武能,石红瑞.自动控制原理教学改革与实践[J].教学研究,2010,33(1):63-66.
- [2] 张瑞成,王福斌,陈至坤.“自动控制原理”课程立体化教学体系研究与实践[J].实验技术与管理,2013,30(9):181-184.

- [3] 李晓荣. 深化医学生物化学教学改革, 促进医学创新拔尖人才培养 [J]. 西南师范大学学报(自然科学版), 2015, 40(1): 140—143.
- [4] ENGLE S H. Decision Making: The Heart of Social Studies Instruction [J]. Education Digest, 2003, 94(1): 7—10.
- [5] 聂书鹏. 决策教学研究——以美国社会科为例 [D]. 上海: 华东师范大学, 2007.
- [6] 王春芬. 运用决策教学方法 优化人文地理教学 [J]. 内蒙古师范大学学报(教育科学版), 2010, 23(8): 109—111.
- [7] 刘 魁. 创新意识与大学生决策能力培养 [J]. 湖北经济学院学报(人文社会科学版), 2006, 3(7): 142—143.
- [8] DERLER P, LEE E, VINCENTELLI A S. Modeling Cyber - Physical Systems [J]. Proceedings of the IEEE, 2012, 100(1): 13—28.
- [9] GODBOUT P. The Teaching and Learning of Decision Making in Team Sports [J]. Quest, 2001, 53(1): 59—76.
- [10] 郭冲辰, 陈 凡, 樊春华. 论技术的价值形态与价值负荷 [J]. 自然辩证法研究, 2002, 18(5): 37—39, 57.
- [11] 钟金锋, 覃小丽, 张甫生, 等. 食品专业博士研究生文献资源库的建设探讨 [J]. 西南师范大学学报(自然科学版), 2016, 41(8): 169—173.

On Application of “Decision Making Driven” in Teaching “Principal of Automatic Control”

SUN Jian

School of the Electronic and Information Engineering, Southwest University, Chongqing 400715, China

Abstract: Decision making is the capability of making correct choice after carefully thinking when people face crucial problem. It is a key criterion of being a talent person. The induced decision making driven approach in teaching principal of automatic control helps student understand how to solve practical problems, it make much sense. The procedure of decision making driven approach is: select a problem, collect information, generate solution set, assess solutions and estimate the decision. By employing this teaching approach, students can learn scientific and engineering skills, enhancing their efficiency in dealing with practical problem with many constraints, and form good value orientation.

Key words: decision making driven; value orientation; scientific consciousness

责任编辑 汤振金