基于 MATLAB 的伯德图分层教学研究
——以“3+2”机电一体化技术专业为例

朱海棠
无锡城市职业技术学院　江苏无锡　214000

【摘　要】针对“3+2”机电一体化专业伯德图教学中，学生数理基础薄弱、发展目标分化（就业、升学两类）等痛点，本文重构教学内容，采用分层教学模式。以工业电机、机器人现场故障等案例作为课堂导入，简化繁杂公式推导，改变学生盲目调试的习惯，依托MATLAB仿真，直观展示参数变化对控制系统特性的影响。将案例分析、分层任务、仿真实操纳入过程评价，有效化解伯德图抽象难懂、理论实操脱节等难题，符合“3+2”分段培养中“技能保底、理论衔接”的育人要求。

【关键词】“3+2”分段培养；伯德图；MATLAB仿真；分层教学

Research on Differentiated Teaching of Bode Plot Based on MATLAB——A Case Study of the "3+2" Mechatronic Technology Program

Zhu Haitang
WuXi City College of Vocational Technology, Wuxi, Jiangsu　214000

【Abstract】Aiming at the pain points in Bode-plot teaching for the “3+2” mechatronics program,such as students’ weak mathematical and physical foundations and divergent development goals(employment-oriented and further-study-oriented students), this paper restructures teaching content and adopts a differentiated teaching model. Practical cases of industrial motors and on-site robot faults serve as the lesson lead-in. Cumbersome formula derivations are simplified to change students’ habit of blind debugging. Supported by MATLAB simulation, the influence of parameter variations on control-system characteristics is visualized. Case analysis, differentiated tasks and simulation practices are incorporated into process-oriented assessment. This approach effectively addresses challenges such as the abstract nature of Bode plots and the disconnection between theory and practice, and satisfies the educational requirement of “ensuring basic vocational skills while achieving theoretical articulation” for the “3+2” segmented training program.

【Key words】"3+2" segmented training,Bode plot, MATLAB simulation, differentiated teaching

随着智能制造产业的快速升级，现代职教体系人才培养方式不断更新迭代，江苏省“3+2”高职本科分段培养本着“高职强技能、本科强理论”的育人定位，即三年高职和两年本科，重点培养复合型技术人才。对于“3+2”机电一体化技术专业学生来说，《自动控制原理》这门课，既衔接高职阶段的实操与本科阶段的系统设计，也是“3+2”学生统考和过程性综合评价的重要内容。下面以《自动控制原理》中典型章节——频域法中的伯德图为例，从现状分析、内容重构、仿真辅助等方面，阐述对数频率特性曲线即伯德图分层教学思路。

1、现状分析

“3+2”机电一体化技术专业的学生，经过多门实训课

的学习，多数学生具备较扎实的实操能力，能熟练掌握不同品牌的 PLC 编程（如信捷、三菱和西门子等）、变频器参数整定、电机调试、工业机器人现场编程与调试等技能，对工业设备的动态变化过程（包括超调现象、系统振荡等）和稳定状态（如稳态误差）具有更加直观的了解。但学生普遍存在数理基础薄弱、抽象问题的分析能力不足等问题，对于频域法中的对数幅值与相位计算、绘制伯德图和稳定性判断等容易产生畏难心理。同时，班级学生未来目标差异明显，一部分学生以就业为导向，更重视实践能力，需要更多的实操环节来提升自己；而另一部分则以继续升学为目标，需要较多的理论来夯实基础。因此，传统的重理论推导、轻实践的授课模式难以满足分层教学需求。

2、内容重构

针对学生“重实操、弱理论、目标分层”的特点，重构伯德图的授课逻辑，摒弃传统教学中偏理论讲解，重数学推导的方式，构建利用工程导入、简化原理讲解、分层递进的适配性教学体系。在课堂导入环节，不再直接介绍定义、原理等，而是结合智能制造行业真实案例，以伺服电机故障、六轴搬运机器人抖动、步进电机失步、变频器过流等常见故障为切入点，引导学生思考。学生依据以往经验，通过多次调节修正，虽然能够改善设备运行状态，排查故障点，但调节过程盲目，多以经验为主，无法从本质上判断系统的运行趋势、稳定性和高频运行所带来的隐患。因此伯德图分析，可以从理论角度说明其有用性，打破学生固有认知。在原理讲授环节，立足高职阶段学会应用，弱化大量繁杂公式的推导，将抽象的频域特性进行具象化，包括幅频特性对应系统的响应快慢与信号衰减能力，相频特性对应设备运行的滞后程度与稳定状态。对于控制系统中比例、积分、微分、惯性和振荡等典型环节，明确各环节的转折频率、幅频和相频曲线的斜率、系统性能影响等。在分层教学方面，基础层学生以就业为目标，重点掌握系统稳定性判断，对数幅频特性和相频特性的计算，伯德图的绘制步骤和设备故障分析能力；提升层学生以升学为目标，重点掌握幅值裕度和相位裕度的计算、动态性能分析、稳态误差分析和系统校正设计等，有效解决学情两极分化、理论接受不均衡问题。

3、仿真辅助

采用 MATLAB 软件进行系统仿真是破解理论教学抽象、落实分层教学的核心手段，能够有效弥补高职学生抽象思维短板，构建“绘图+仿真验证+工程探究”的理实一体教学闭环。传统伯德图的学习，学生只会机械临摹幅频和相频特性曲线，无法直观理解参数变化对系统特性的影响，理论与实操严重脱节。在学习过程中，学生普遍采用“试凑法”调试控制系统的 PID 参数，只能观察设备故障表象，无法解释参数影响系统性能的底层机理。当比例系数 P 设置过大，设备快速出现超调与持续振荡，本质是系统的相位裕度严重不足；积分系数 I 设置过大，系统低频增益异常升高，在消除稳态误差的同时，容易引发设备低频漂移、转速波动；微分系数 D 设置过大，会放大工业现场的高频噪声，导致设备运行抖动、工况不稳定。依托工程案例，结合 MATLAB 仿真软件，课堂设置分层仿真任务，学生可以精准理解 PID 参数对幅频和相频特性曲线的改造规律，实现从“盲目调试”向“理论指导调试”的思维转变。以就业为目标的基础层学生完成 PID 控制系统模型搭建后，生成标准伯德图，通过调试 PID 参数，观察相位裕度、幅值和高频特性的动态变化。

已知某自动控制系统框图如图 1 所示，要求绘制开环系统的对数频率特性曲线（即伯德图）。经过理论分析与计算，画出开环系统的伯德图，包括幅频特性和相频特性曲线，如图 2 所示。

采用 MATLAB 软件，根据图 1 所示框图，输入为典型阶跃信号，在软件界面上分别放置比较器、传递函数，输出显示为示波器，搭建自动控制系统的仿真模型。图 3 为自动控制系统仿真模型。图 4 为仿真输出结果显示。

通过图 2 理论绘制伯德图和图 4 系统仿真曲线，学生建立“参数—曲线—设备工况”的对应认知，满足课程考核与基础岗位的调试需求。以升学为目标的提升层学生，则开展探究性仿真，通过优化控制系统的阻尼比、时间常数与 PID 组合参数，分析转折频率、谐振峰值、相位裕度的变化规律，探究频域下系统稳定性优化策略，初步掌握控制系统校正思路，为后续的进一步学习做准备。



图 1 自动控制系统框图

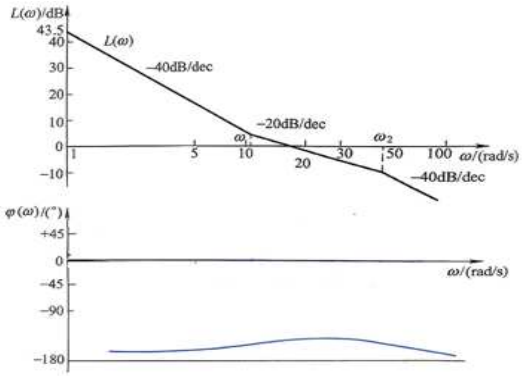


图 2 开环系统的伯德图



图 3 自动控制系统仿真模型

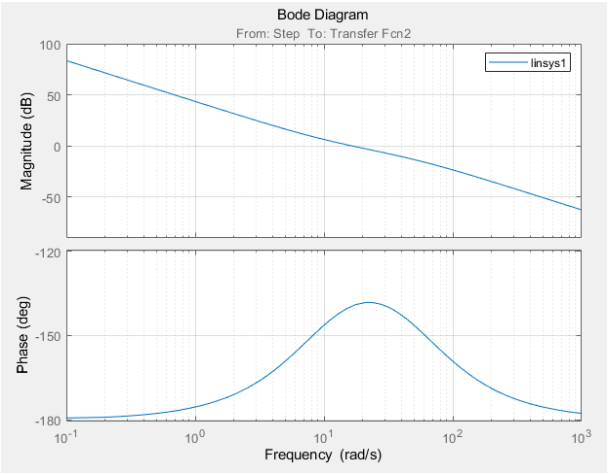


图 4 仿真输出结果显示

综上所述：兼顾差异化发展需求，就业为目标的学生重点掌握基于频域法的设备故障排查、PID 参数优化，夯实智能制造岗位核心技能；升学为目标的学生，则重点掌握伯德图的分析逻辑和核心考点，补齐理论短板。同时，案例分析、课堂分层任务和仿真实操等全部纳入过程性评价体系，完善课程的考核评价机制。因此，基于 MATLAB 仿真的分层教学模式，符合江苏省“3+2”分段培养中所提到的“技能保底、理论衔接、过程育人”，可以有效解决伯德图教学难、理解困难、应用难的痛点，为教学改革提供了思路。

参考文献

[1]潘妩，立体互动式自动控制原理课程教学改革设计[J]，江西电力职业技术学院学报，2023 年 2 月（第 36 卷 第 2 期）

[2]芈婉，数字化转型背景下课程思政教学改革研究——以电气自动化类专业核心课程“自动控制原理”为例[J]，江西电力职业技术学院学报，2025 年 3 月（第 38 卷 第 1 期）

[3]蔡晓燕，基于群智能优化算法与 MATLAB 仿真的高温炉模糊 PID 温度控制系统设计[J]，自动化与仪器仪表，2024 年 4 月

[4]武雅琴、邓林强、吕嘉等，基于新工科的 Matlab 仿真课程教学实践[J]，集成电路应用，2024 年 7 月

作者简介：朱海棠，1982 年 7 月，女，江苏盐城，无锡城市职业技术学院讲师，硕士，研究方向：机电一体化，电气自动化。