

自动调节原理教学大纲

(参考草案)

高等工业学校本科五年制
热工仪表及自动装置专业适用

(100 学时)

一九六三年九月

**高等工业学校
热工仪表及自动装置专业
教学计划（参考草案）及专业课程教学大纲（参考草案）
（合 订 本）**

*

第一机械工业部教材编审委员会编辑（北京复兴门外三里河第一机械工业部）

中国工业出版社出版（北京佟麟阁路丙10号）

北京市书刊出版业营业许可证出字第110号

中国工业出版社第三印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行·各地新华书店经售

*

开本 $787 \times 1092^{1/16}$ ·印张 $7^{3/4}$ ·插页1·字数126,000

1964年9月北京第一版·1964年9月北京第一次印刷

印数0,001—1,210·定价（科六）1.00元

*

统一书号：K 15165·3032（一机-647）

本教学大纲系由清华大学、哈尔滨工业大学、上海机械学院、上海工学院、天津大学等五校的热工仪表及自动装置教研室提出初稿，并由天津大学热工仪表及自动装置教研室刘豹同志汇总，經一九六三年九月高等工业学校仪器仪表专业教材編审委员会第二次扩大会议审訂。

审 訂 人

委 員: 刘 豹 方崇智

約請代表: 张岫云 龔炳錚 韓建勳

目 录

一、热工仪表及自动装置专业教学计划（参考草案）	…代号10
二、热工测量仪表教学大纲（参考草案）	……代号165
三、电动调节器教学大纲（参考草案）	……代号166
四、生产过程自动化基础教学大纲（参考草案）	……代号167
五、自动调节原理教学大纲（参考草案）	……代号168
六、气动液动调节器教学大纲（参考草案）	……代号169
七、仪器仪表材料学教学大纲（参考草案）	……代号170
八、仪器制造工艺学教学大纲（参考草案）	……代号171
九、专业生产实习大纲（参考草案）	……代号172
十、毕业实习大纲（参考草案）	……代号173
十一、互换性原理与技术测量教学大纲（试行草案）	…代号145
十二、仪器零件及机构教学大纲（试行草案）	……代号146

一、課程內容

緒 論

自动調節的基本概念。自动調節系統的組成。自动調節系統的主要类型。

自动調節原理的任务和內容。

本課程的基本要求和學習方法。

(一) 自动調節系統及其元件的特性和运动方程式

自动調節系統的特性。系統及元件的靜态特性。运动方程式的列写方法，增量方程式，方程式的綫性化和无量綱化。

(二) 綫性系統过渡过程的数学基础

綫性系統的自由振盪和强制振盪。頻率特性。在任意周期函数輸入作用下的强制振盪，直綫頻譜。在任意非周期函数輸入作用下的强制振盪，富氏积分和富氏变换。

拉氏变换的基本概念，应用拉氏变换求解微分方程式。

传递函数，脉冲过渡函数和单位过渡函数。

系統在任意輸入下的过渡过程与脉冲过渡函数間的关系（杜哈滿积分）。

(三) 自动調節系統的組成环节及其耦合

綫性自动調節系統的基本环节（非周期环节、振盪环节、积分环节、放大环节、一阶微分环节、二阶微分环节和純滯后环节）。

各种基本环节的实例、微分方程、传递函数及其零极点、頻率特性及对数頻率特性、单位过渡函数。

环节的各种耦合形式（串联、并联、反饋）。由系統方程組成方块图的方法。耦合綫路等效变换法則，方块图轉換規則及举例。

自动調節系統各种通道的传递函数，系統对数頻率特性曲綫的繪制。

(四) 自动調節系統的稳定性

稳定性的基本概念。

分析稳定性的代数准則，米哈依洛夫准則，乃氏准則，对数頻率特性与稳定性的关系。D域划分的基本概念。

稳定裕量。

具有純滯后环节的自动調節系統的稳定性。

结构稳定性的基本概念。

(五) 自动调节系统的品质分析

品质指标及分析系统品质的方法。随动系统的无差度及误差系数。定值调节系统的稳态误差。

零极点分布与系统品质的关系。极轨迹法的基本概念。

频率特性与单位过渡函数的关系。实频圆图。系统品质与实频特性的关系。以实频圆图及以对数频率特性分析系统品质的方法。等幅值圆图的基本概念。按实频特性近似绘制过渡过程的方法。

积分法的基本概念。

(六) 自动调节系统的校正和综合

校正与综合的基本概念。串联和并联校正装置的应用。

校正装置综合的频率法：预期对数频率特性曲线的绘制，串联校正装置的综合，并联校正装置的综合。

(七) 统计动态学的初步基础

用统计学方法研究自动调节系统的意义。

概率论的基本概念，平稳随机过程的基本概念及数学基础。

按均方误差分析自动调节系统动态精度。

在随机作用下最佳随动系统综合的基本概念。

(八) 非线性自动调节系统

自动调节系统非线性特性的类型，研究非线性系统的方法。

相轨迹的基本概念，利用相平面研究非线性系统的方法。利用非线性特性改善系统品质的概念。

谐波平衡法的基本概念，应用谐波平衡法研究非线性系统。

(九) 交流载波系统和脉冲调节系统浅说

交流载波系统的基本概念。

脉冲调节系统概论。

二、习题与作业

(一) 习题与课堂讨论题举例

1. 反馈的基本概念，定值调节系统与随动系统之异同，自动调节系统输入输出信号与输入输出物料间之异同。
2. 列写自动调节系统运动方程式并组成系统方块图。
3. 传递函数和频率特性的特点、物理概念及其相互间之关系。

4. 无差度与误差系数的基本概念。
5. 各种稳定准则的评比及其应用。
6. 在实频圆图上分析随动系统的品质。
7. 应用对数频率特性进行串联校正装置的綜合。
8. 平稳随机过程相关理论的基本概念。
9. 相轨迹法和谐波平衡法的应用及比較。

(二) 作业 举 例

1. 系统方程式的列写及綫性化与无量纲化。
2. 拉氏变换求解微分方程式，推演传递函数，并繪制频率特性曲线。
3. 对数频率特性曲线的繪制。
4. 方块图的轉換及简化。
5. 稳定准则的应用。
6. 繪制系统过渡过程曲线。
7. 以实频圆图及对数频率特性分析系统的品质。
8. 应用对数频率特性进行串联校正装置的綜合。
9. 平稳随机过程统计特性的計算。
10. 繪制非綫性系统的相图并分析其品质。
11. 应用谐波平衡法分析非綫性系统的自振及其稳定性。

三、实 驗

实验举例

1. 测取系统或元件的频率特性及单位过渡函数。
2. 自动调节系统的稳定性、品质分析及校正装置的綜合。
3. 非綫性系统的实验。

四、推 荐 教 材

参考书：索洛多夫尼柯夫主編 王众托譯 自动調整原理 水利电力出版社。

附件：自动調節原理教学大綱說明书

一、本門課程的性质和任务

本門課程是一門密切結合专业的基礎技術課，它的任务是使學生获得自动調節系統的基本概念，掌握自动調節的基本理論和分析系統的基本方法，能够分析与綜合綫性自动調節系統，对于非綫性系統具有一定的分析能力，并为後續专业课程及毕业設計打下良好的理論基础。

二、本門課程的基本要求

學生在学完本課程后，应当达到下列基本要求：

1. 深入理解自动調節原理的基本概念：反饋；动态及动态特性；稳定性及調節系統品质等。

2. 掌握列写系統和元件运动方程式及其綫性化的方法，能写出簡單系統及元件的传递函数，并能熟练地繪出基本环节的各种頻率特性曲綫和单位过渡函数曲綫。

3. 能列出系統的方块图，掌握方块图的运算及其簡化法則，同时深入地了解随动系統与定值調節系統的異同。

4. 掌握分析系統稳定性的代数准則及乃氏准則，能較熟练地判別系統稳定性。

5. 掌握分析系統的頻率法：能应用列綫图进行頻率特性的換算，并按頻率特性分析系統品质；掌握繪制单位过渡函数曲綫的梯形法。

了解零极点与系統品质間的关系，根軌迹法和积分法的基本概念。

6. 掌握应用对数頻率特性綜合串联校正装置的方法。

7. 了解平稳随机过程相关函数与頻譜密度的基本概念以及分析系統动态精度的統計学方法。

8. 学会用相平面法及諧波平衡法分析非綫性系統的自振及其稳定性。

三、本門課程和其他課程的联系和分工

本課程与先修基礎課如高等数学、普通物理、理論力学、电路磁路基础、工业电子学、电机与电磁自动电器等均有联系，其中与高等数学关系最为密切，在高等数学中讲授的微分方程、复变函数、級数、富氏变换、拉氏变换等都是調節原理必备的数学工具和基础，要求学生对上述內容不仅概念清楚且能較熟练地掌握基本运算。

本課程为後續各专业課准备必要的理論基础，与热工測量仪表、气动液动調節器、电动調節器、生产过程自动化基础等課程关系极为密切。热工測量仪表及調節器的运动方程式及传递函数主要由相应課程讲授，本課程內提到的一些具体例子只是說明基本原理，加深学生理解基本概念的深度。关于頻率特性的实验測定及实验曲綫的換算，在生产过程自动化基础課程中讲授。

四、課程內容的重点、深度和广度

(一) 緒论部分

着重讲清自动調節的基本概念和反饋的作用。自动調節系統的主要类型只介紹按調節方法分类（按偏差調節、扰动調節、复合調節）和按輸入給定信号特性分类

(随动系統、定值調节系統、程序調节系統) 两种分类內容。在介紹系統組成和分类內容时, 最好通过实例, 簡化成方块图再进行說明, 并应将有关自动調节的基本術語交待清楚。

(二) 自动调节系統及其元件的特性和运动方程式

本部分首先应強調指出自动調节系統是一种动态系統, 讲清系統及元件靜态和动态特性的概念及其表示方法, 使学生了解其意义和它們之間的相互联系。在讲解运动方程式的列写方法时, 应誘导学生善于应用理論力学、电路磁路基础、流体力学、热工学等中所學过的知識来推演系統及元件的运动方程式。讲清增量的概念和方程式綫性化的条件及方法。

(三) 线性系統过渡过程的数学基础

本部分着重讲授数学在自动調节原理中的应用, 应多交待和数学相結合的物理概念, 而不应把重点放在数学推导及証明上。在讲解系統的自由振盪和强制振盪时要說明輸入信号的形式及初始条件的确定和它的影响。在讲解頻率特性和它的应用时, 应着重說明頻譜及訊号譜波組成的物理意义。配合課堂讲授內容应加强习题課、課外作业及实验等教学环节, 以加深学生对內容的理解。通过本章的学习, 务使学生能熟练应用拉氏变换求解微分方程和繪制頻率特性。

(四) 自动调节系統的组成环节及其耦合

本部分重点讲授基本环节的运动方程式、传递函数、頻率特性和单位过渡函数。讲清对数頻率特性的优点及其簡化繪制方法。通过实例讲解由系統方程組构成系統方块图的方法(包括非单向元件的处理办法)和方块图的各种轉換規律, 要求学生掌握方块图的轉換及簡化方法。在讲授系統各种通道的传递函数时应着重交待系統选定不同輸入和輸出量所形成的不同通道的概念及其传递函数的物理意义。讲解由环节串联和反饋耦合所构成的系統对数頻率特性曲綫的繪制方法。

(五) 自动调节系統的稳定性

本部分首先着重讲解系統稳定性的物理概念, 并在此基础上提出它在几何上及代数上的数学表达方式。只讲一种代数准則(侯維智准則)的具体应用及限制。要使学生理解稳定的几何概念基础上熟练掌握乃氏准則及在对数頻率特性上判別稳定性的方法, Π 域划分法只讲其基本概念。通过实例讲清結構稳定性的基本概念。

(六) 自动调节系統的品质分析

首先讲清系統的基本品质指标(单位过渡函数上以及頻率特性上的)。重点交待随动系統无差度及誤差系数和定值調节系統穩态誤差的物理概念。讲清系統品质与传递函数零、极点的关系以及极軌迹法的基本概念。本章重点是分析系統品质的頻率法(以实頻圓图法及对数頻率特性法为主)。关于等幅位圓图及其应用, 只介紹基本概念及其思路。最后簡單介紹品质分析的积分法的基本概念。

(七) 自动调节系統的校正和綜合

本部分基本内容是使学生深入了解串联校正（积分及微分校正）及并联校正对系统品质的影响及其优缺点，达到能应用这些校正方法的要求。在综合方面，重点讲授串联校正装置的综合问题，使学生能够应用对数频率特性综合系统，关于并联校正装置的综合只讲一般综合方法和步骤即可。最后还要交待定值调节系统综合的特点。

（八）统计动态学的初步基础

本部分重点在于讲解随机函数和平稳随机过程的基本概念，相关函数和频谱密度的物理概念及其计算方法。在按均方误差分析系统动态精度方面，主要讲清基本概念、思路和计算线性系统均方误差的方法。简单介绍在随机输入作用下系统综合的基本概念（如最佳滤波的概念）。

（九）非线性自动调节系统

讲透非线性系统的特点。交待相轨迹的基本概念，着重介绍具有一个典型非线性环节的相平面分析法，使学生能够以相平面法分析非线性系统的自振及过渡过程。通过举例在相平面上说明利用非线性特性能够改善系统的动态品质（如快速性等）。谐波平衡法要讲清基本概念并说明应用条件。关于典型非线性特性的演化传递函数的演化方法只举一例，其他各种类型的演化传递函数都可直接从图线查出。着重讲授应用谐波平衡法分析非线性系统自振及其稳定性的方法。

（十）交流载波系统和脉冲调节系统浅说

主要介绍基本概念，系统的特点。适当介绍处理方法。

五、习题及作业的要求

本课程的习题及作业旨在培养学生的思考分析和运算能力，巩固和加深学生在讲课中所学到的基本概念，基本理论和分析方法，使学生熟悉有关图表。在习题课中还应根据学生在答疑和课外作业中所出现的共同性问题提出讨论并加以总结说明。

习题课与课堂讨论要引导学生积极思考，踊跃发言和参加讨论，避免形成变相讲课。习题课及课堂讨论的安排基本上是隔章一次，但其内容并不限于有习题课的一章，可以适当照顾到前章内容。

课外作业中可以有一小部分思考题，有一部分可以配合实验进行，以收理论和实验互证之效。

六、实验的要求

1. 验证理论，将课堂中学到的计算、分析和综合系统的方法在实验中加以验证，并进一步巩固和深化理论知识。

2. 学会测定动态特性的方法。

3. 初步学会使用有关实验设备。

各实验最好和习题课相结合，以便相互比较以加深对课程基本内容的理解。

七、学时分配的建議

課 程 內 容	学 时 数
緒 論	2
特性和运动方程式	4
数学基础	9
組成环节及其耦合	9
穩 定 性	7
品质分析	12
校正和綜合	9
統計动态学初步基础	9
非綫性系統	13
交流載波及脉冲調节系統淺說	3
机 动	5
习 題 課	8
实 驗	
1. 測取頻率特性及单位过渡函数	3
2. 穩定性、品质分析及校正綜合	4
3. 非綫性系統实验	3
总学时数	100