

第1章 绪论

肖嵩 副教授

xiaosong@home.swjtu.edu.cn

西南交通大学 电气工程学院

- 1.1 什么是电力电子技术?
- 1.2 电力电子技术的发展简史
- 1.3 电力电子技术的应用
- 1.4 课程内容简介

1.1 什么是电力电子技术？



■ 电力电子技术（power electronics）定义：

——利用**电力电子器件对电能进行变换和处理**，把从电网获取的“粗电”变换成负载所需要的“精电”的技术。

◆ **要点：**

- 半导体器件应用于电力领域的电子技术；
- 高效率、高品质使用电能的技术；
- 提供满足负载用电需求的电能变换技术；

1.1 什么是电力电子技术？



■ 电力电子技术 (power electronics) 其他定义：

(1) 2000年，IEEE fellow for life，美国电力电子学会前主席**Thomas G.Wilson**：电力电子技术是通过静止的手段对电能进行有效的变换、控制和调节，从而把可利用的输入电能形式变成所希望的输出电能形式的技术。

(2) **IEEE**电力电子学会网站 (<http://www.pels.org>) 曾定义：电力电子技术是把电子电路应用到电能变换中的技术。它包括电子器件的使用、电路理论的研究和设计技术的应用，以及为提高变换效果所需各种分析工具的开发。

1.1 什么是电力电子技术?



■ 电力变换的类型

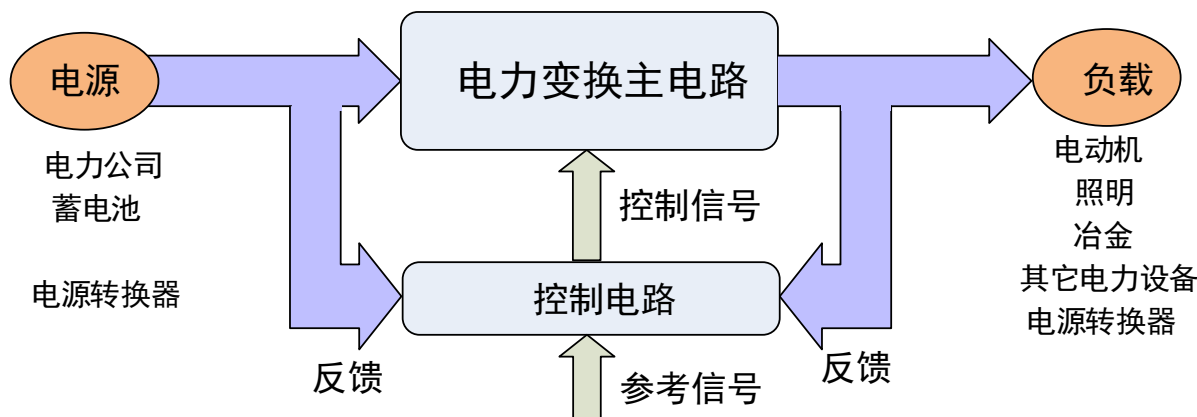
电力的两种类型	转换器中的可变参数
DC (直流)	幅值
AC (交流)	频率、幅值、相位, 相数

输出 \ 输入	交流（AC）	直流（DC）
直流（DC）	整流	直流斩波
交流（AC）	交流电力控制 变频、变相	逆变

1.1 什么是电力电子技术?



■ 典型电力电子系统的结构



◆ 要点:

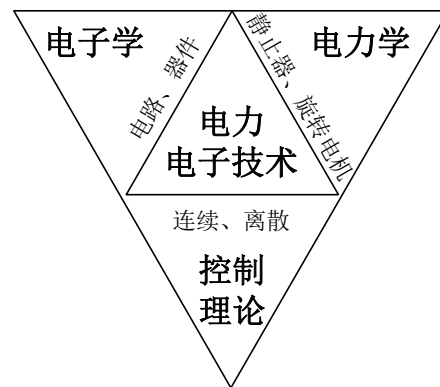
- 电力变换主电路是电能变换的**能量通道**、控制电路是电能变换的**思想枢纽**;
- “**弱电控制强电**”的闭环系统, 解决主电路与控制电路之间: 反
馈及控制的电气隔离。
- 器件+电路+系统

1.1 什么是电力电子技术?



■ 电力电子系统的学科特性

- 电力电子技术可以认为是**电力学(Power)**、**电子学(Electronics)**、**和控制(Control)**技术完全融合的交叉学科，其理论涉及控制理论、材料科学、 计算机科学等。
- 电力电子技术可看成 “**弱电控制强电**” 的技术，是 “弱电和强电的接口”， 控制理论是实现该接口的有力纽带。



1974, W.E. Newell
描述电力电子学的倒三角形



1.1 什么是电力电子技术？



■ 电力电子技术的研究方向与特点

● 研究方向:

◆ 电力电子器件 (element) 技术、变流技术 (power conversion) 和控制技术 (Control) 三个分支。

● 特点:

◆ 电力电子器件是整个电力电子技术的基础，决定了电力电子技术的发展，器件一般均工作在开关状态，这是重要特征；

◆ 变流技术（电路）是电力电子技术的主体，控制技术是电力电力电子技术的灵魂。

1.1 什么是电力电子技术？

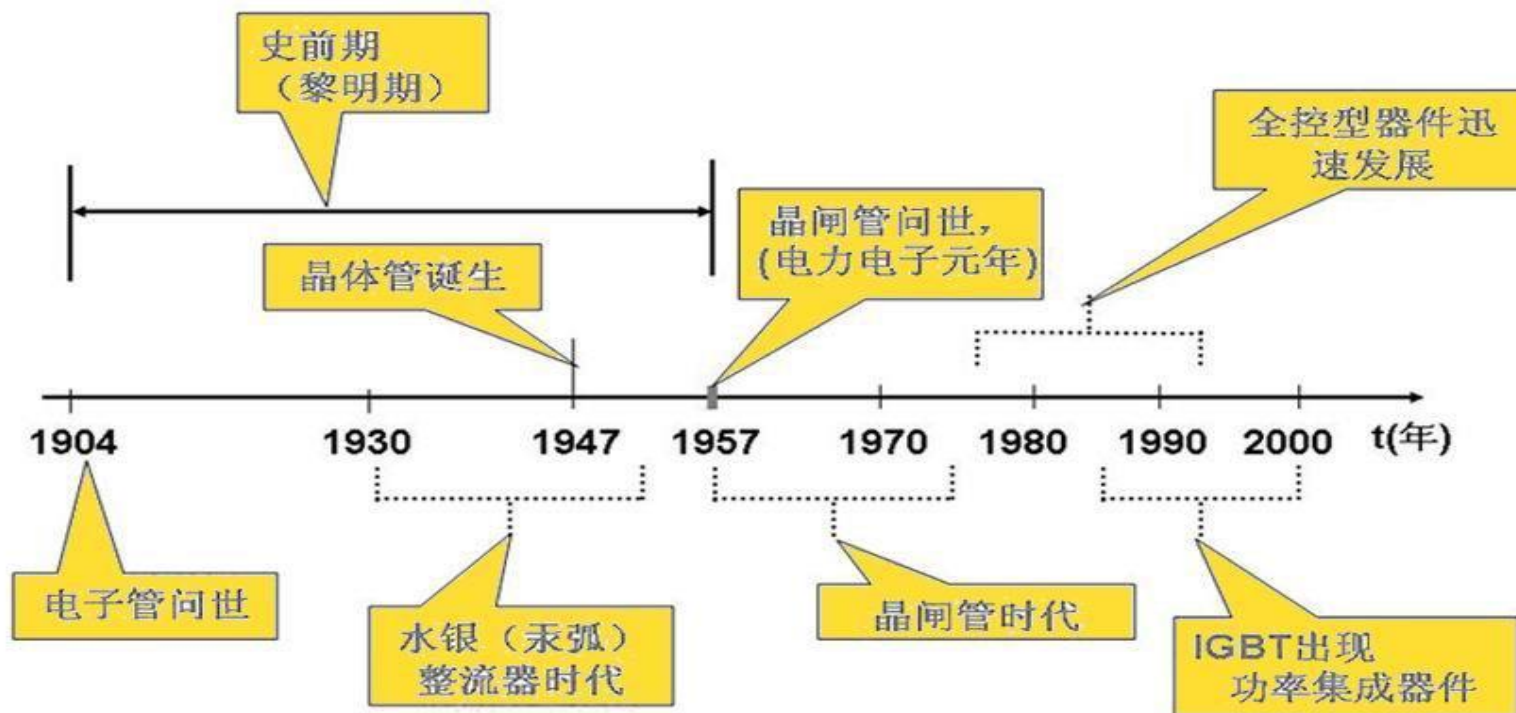


■ 电力电子技术在人类社会中的意义

- 电力几乎应用于现代人类社会的各个领域。
- 电力是现代人类社会的主要能源形式。
- 电力电子的目标是如何使用电力，如何有效和高效地使用电力，以及如何提高电力的质量和利用率。
- 电力电子技术和计算机技术共同成为未来科学技术的两大支柱。
- 电气工程领域最为活跃的研究分支。

- 1.1 什么是电力电子技术?
- 1.2 电力电子技术的发展简史
- 1.3 电力电子技术的应用
- 1.4 课程内容简介

1.2 电力电子技术的发展简史



- **电力电子器件**的发展决定电力电子技术的发展历史。
- 以**1957年**美国通用电气公司研制出第一只**晶闸管**标志现代电力电子技术的诞生。

1.2 电力电子技术的发展简史



西南交通大学
Southwest Jiaotong University



目前电力电子技术发展处于：三代器件发展应用时代

注：第二代半导体材料（砷化镓、磷化铟）器件用于高频微波通信领域

1.2 电力电子技术的发展简史



■ 1957年以前可称为电力电子技术**史前期**，但变流技术已出现。

- 电子管（1904）

- ◆ 主要应用于通讯和无线电，开启**电子技术**之先河。

- 水银整流器（1930s-1950s）

- ◆ 应用于电化学工业、电气化铁道直流变电所、轧钢用直流电机的驱动，甚至直流输电。
 - ◆ 这一时期，各种整流电路、逆变电路以及周波变流电路的理论已发展成熟并广为应用。
 - ◆ 应用直流发电机组(旋转变流机组)来变流。

- 晶体管（1947），贝尔实验室

- ◆ 最先用于电力领域的半导体器件是**硅二极管**。



1.2 电力电子技术的发展简史

■晶闸管时代 (1957-1970s)

- 电气性能优越，控制简单，可靠
 - ◆ 迅速取代水银整流器和旋转机组
- 属于半控型器件
 - ◆ 只能控制开通，不能控制关断
- 电力电子技术的概念和基础就是由于晶闸管及晶闸管变流技术的发展而确立

■全控型器件逐渐占据主导地位 (1970s-1990s)

- GTO, BJT, MOSFET
- 80年代后期，IGBT异军突起
- 新的器件仍在不断出现 (SiC, GaN)

■电力电子集成电路 (PIC)

- 将控制、驱动、保护、功率器件集成在一个芯片上

■ 电力电子技术的发展前景

- 电力电子器件发展的目标是：**高频率、大容量、易驱动、低损耗、小体积（高芯片利用率）**。
- 电力电子装置及系统：向着**高效率、高功率密度和数字化**的方向发展。
- 设计制造：向着**集成化、模块化**方向发展。
- 无电网污染、无辐射的**绿色化**发展。

高频化：提高开关频率，降低设备体积，节约资源

模块化：功率部分、控制、驱动、保护集成一体

数字化：数字控制技术广泛应用，实现智能化

绿色化：谐波污染小、功率因数高、电磁辐射小

- 1.1 什么是电力电子技术?
- 1.2 电力电子技术的发展简史
- 1.3 电力电子技术的应用
- 1.4 课程内容简介

■ 电力电子技术的应用范围

- 一般工业

交直流电机、电化学、冶金工业

- 电力系统

高压直流输电、柔性交流输电、无功补偿、新能源发电

- 交通运输

轨道交通、电动汽车、航空、航海、电梯

- 信息装置供电电源

信息电子装置提供供电电源

- 家用电器

“节能灯”、变频空调

- 新能源开发及应用

新能源发电、储能装置能量管理

经过至少一次电力电子装置处理以后所使用电能的比例不断提高

1.3 电力电子技术的应用



西南交通大学
Southwest Jiaotong University

■ 一般工业

- 交直流电机驱动变流装置
- 电化学工业（电解、电镀）大量使用直流电源。
- 冶金工业：高频或中频感应加热电源、淬火电源、电镀电源等。



1.3 电力电子技术的应用



■ 交通运输

- 轨道交通车辆：牵引变流装置和辅助供电装置
- 电动汽车：电机驱动变流装置、储能单元充电变流装置
- 飞机船舶：中频电源系统、电机驱动装置等
- 电梯：电力电子装置提供驱动管理，应急电源EPS



1.3 电力电子技术的应用



■ 电力系统

— “电力电子化” 的电力系统

- **高压直流输电 (HVDC)**：大容量、长距离输电，适用独立交流电网之间互联
- **柔性交流输电 (FACTS)**：采用静止无功补偿器 (SVC)、静止无功发生器 (SVG)、统一潮流控制器 (UPFC) 和可控串联电容补偿器 (TCSC) 等) 提高电网输电能力和稳定性。
- **有源滤波器 (APF)**：用户端的无功补偿和谐波抑制。



HVDC输电装置



FACTS



SVG



APF

1.3 电力电子技术的应用



■ 电子及信息装置供电电源

- 数据中心、通信设备供电电源：整流电源、二次电源、负载点电源、UPS电源等
- 数字终端设备供电电源：笔记本电脑及手机充电适配器、台式电脑开关电源等
- 便携式电子设备电池电源管理系统
- 电子仪器仪表供电电源等



1.3 电力电子技术的应用



■ 家用电器

- 照明：节能灯驱动电源、LED驱动电源
- 电视机：内置工作电源
- 空调：变频技术
- 冰箱
- 微波炉
- 音响设备



1.3 电力电子技术的应用



西南交通大学
Southwest Jiaotong University

■ 新能源开发及利用

- 新能源发电：太阳能发电、风力发电及并网
- 燃料电池发电：能量变换及控制装置
- 储能装置能量管理系统：电池储能、飞轮储能、压缩空气储能、超导储能装置电能变换及控制



■ 应用总结如下:

- 电力电子技术**应用范围拓展迅速**
- 电力电子技术研究的是**电源技术**
- 电力电子技术实现的是**节能技术**

- 1.1 什么是电力电子技术?
- 1.2 电力电子技术的发展简史
- 1.3 电力电子技术的应用
- 1.4 课程内容简介

■ 第一部分：电力电子器件

- 常用电力电子器件结构与工作原理、特性与参数，以及驱动、缓冲、保护、串并联等应用技术。

■ 第二部分：电力变换电路

- 不同类型电力变换电路的基本结构、工作原理、波形绘制及参数计算等。

■ 第三部分：控制技术

- 重点理解脉宽调制技术的原理及实现，以及在整流和逆变电路中的应用。

■教材及仿真软件

- 《电力电子技术(第2版)》，郭世明主编，西南交通大学出版社，2008年
- 仿真软件：**Matlab**、**PSIM**、LTSpice、Saber

■参考书籍

- 《电力电子技术(第5版)》，王兆安、刘进军主编，机械工业出版社，2009年
- "Fundamentals of Power Electronics" --by R. W. Erickson and D. Maksimovic, 2001

■与其它课程的关系

- **基础课程**：电路，模拟、数字电子学、自动控制原理、电机学，电机与拖动
- **后续相关专业课程**：电力拖动自动控制系统

■教学安排（线上+线下模式）

- **线下学时**：56学时
- **实验学时**：8 学时

■成绩考核及要求

- **成绩构成**：55%(期末考试)+15%(MOOC慕课)+10%(期中考试)+10% (实验) +5%(作业及2个仿真)+5%(出勤)
- **要求**：缺勤3次以上取消考试资格