



---

# 电力电子技术

- 开课单位：电气工程系
- 主讲教师：张俊民
- 办公室/实验室：新主楼**F210**
- email: **jmzhang@buaa.edu.cn**



# 《电力电子技术》课程简介

---

**电力电子技术（电力电子学）**是使用电力电子器件对电能进行变换和控制的技术，是一门迅速发展新兴交叉学科，具有广泛的应用。也是非常热门的一门技术。

面向**自动化专业**学生的该课程，主要讲授电力电子技术的基础知识。使学生熟悉各种电力电子器件的特性和使用方法；掌握现代电力电子电路的结构和控制原理，以及分析、设计电力电子电路的基本技能；对电力电子装置及控制系统的技术要求、性能特点及应用领域有较深入的了解；为从事相关的科研和应用打下坚实的基础。

## 教材:

王兆安，刘进军主编

《电力电子技术》第5版  
机械工业出版社



## 参考书（例如以下书籍，但不限于此）

- 丁道宏主编《电力电子技术》，航空工业出版社
- 林辉，王辉主编《电力电子技术》，武汉工业大学出版社
- Agrawal Jai P. Agrawal. 《Power electronic systems》，清华大学出版社



## 英文期刊：

- **IEEE Transactions on Power Electronics.**（美国电气与电子工程师协会电力电子学会会刊）
- **IEE Proceedings Electric Power Applications.**（英国电气工程师学会主办的电力应用学报）

## 中文期刊：

- 中国电机工程学报（中国电机工程学会主办）
- 电工技术学报（中国电工技术学会主办）
- 电力电子技术（中国电工技术学会电力电子学会主办）



# 第1章 绪论

---

1.1 什么是电力电子技术

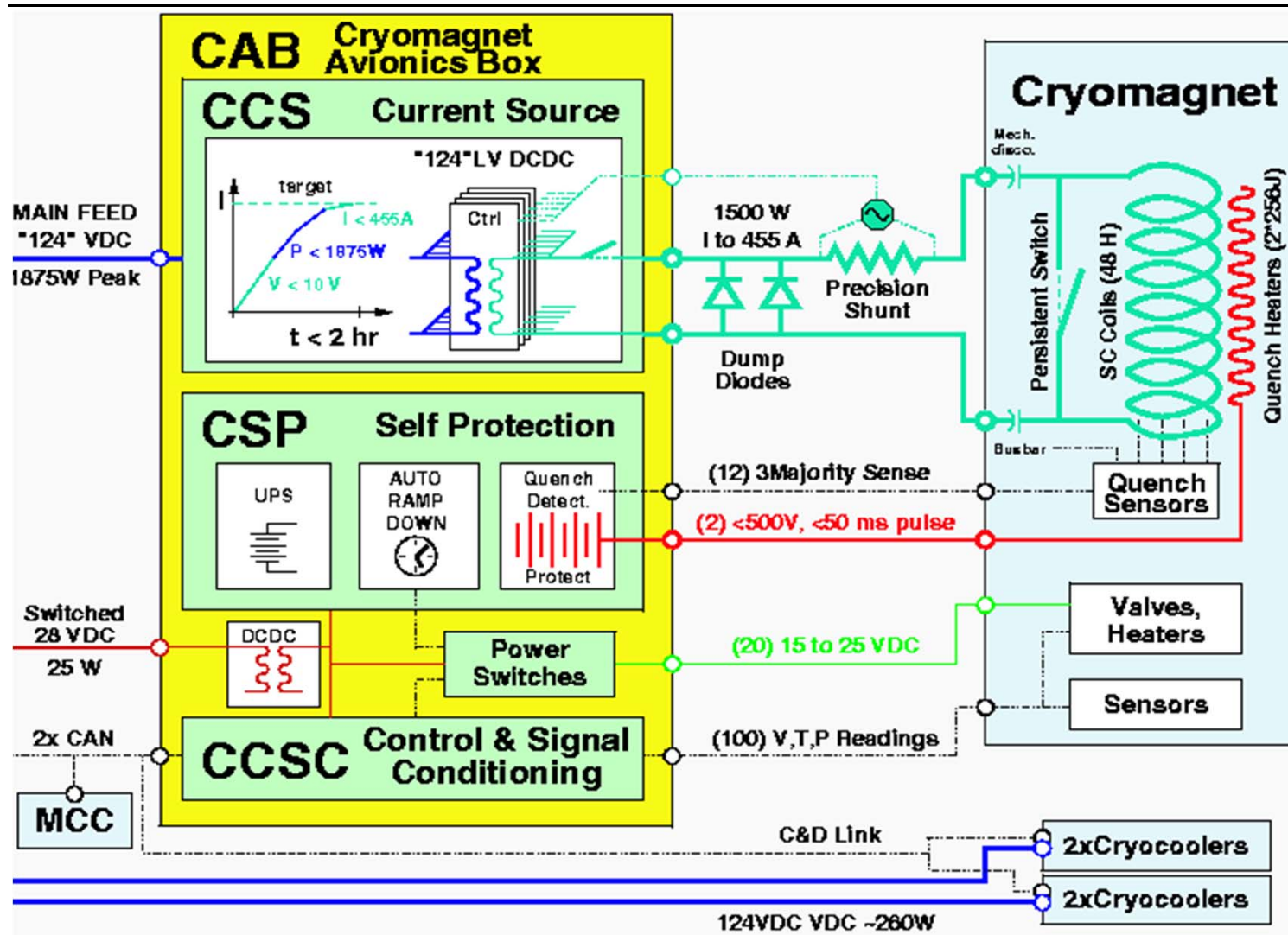
1.2 电力电子技术的发展史

1.3 电力电子技术的应用

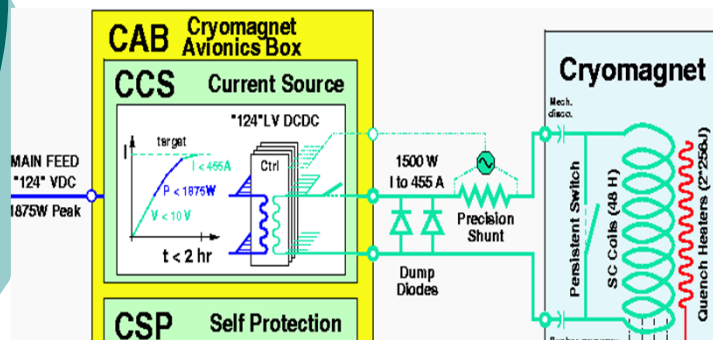
1.4 本课程学习的主要内容与要求

## 1.1 什么是电力电子技术

### 实例： 装置



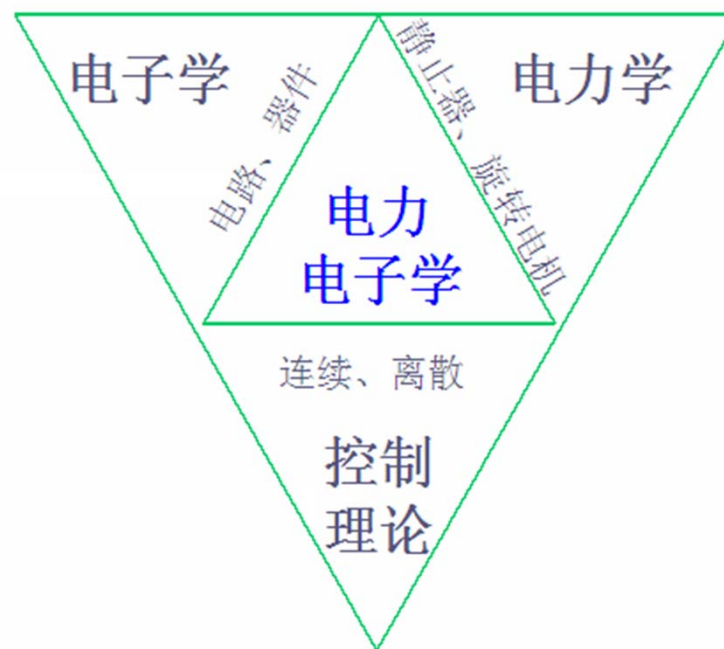
# 电力电子学的构成:



装置由三个主要部分构成:

- 1, **电源和负载**, 决定最终的需求 (电气工程范围)
- 2, **器件与电路**, 构成电能变换方式 (电子学范围)
- 3, **控制技术**, 控制电路工作满足负载要求 (控制理论范围)

美国学者W. Newell认为**电力电子学**是由**电力学**、**电子学**和**控制理论**三个学科交叉而形成的。用倒三角表示。被全世界普遍接受。





## 电力电子技术定义：

---

是使用**电力电子器件**对**电能**进行**变换**和**控制**的技术。也可以认为是应用于**电力**领域的**电子**技术。

### IEEE给出的定义：

有效地使用电力电子器件、应用电路和设计理论以及开发工具，实现电能的高效能变换和控制的一门技术。包括电压、电流、频率和波形方面的控制。





# 电力电子技术与各学科之间的关系

---

## ■ 与电子学（信息电子学）的关系


- 器件的材料、工艺基本相同，采用微电子制造技术。
- 应用的理论基础、分析方法等基本相同。但二者应用各有侧重（电力变换和控制；信息处理）。
- 器件的工作状态不同（开关状态；放大和开关状态）。

## ■ 与电力学（电气工程）的关系

- 其广泛用于电气工程中（许多应用实例）。
- 归为电气工程的一个分支，成为最为活跃的一个分支。

## ■ 与控制理论（自动化技术）的关系

- 通过控制理论完成对器件的控制，实现弱电对强电的控制。
- 电力电子装置是自动化技术的基础元件和重要支撑技术。



---

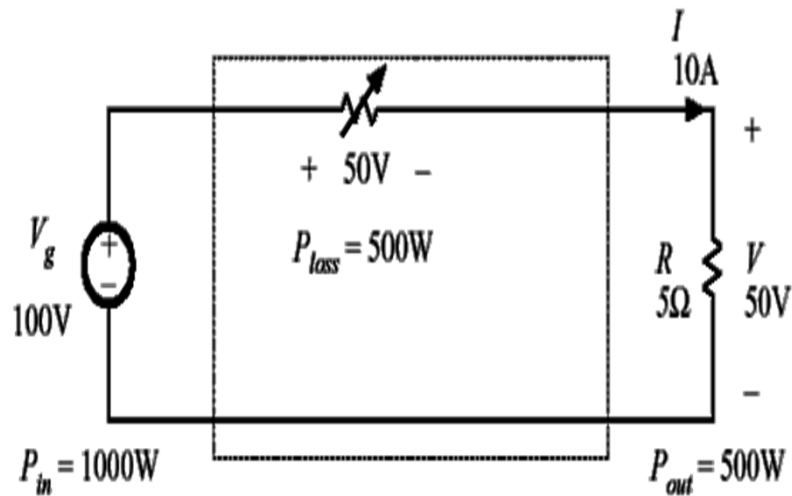
基于前面的定义，可知电力电子技术研究内容包括三个方面：

- 1) 电力电子器件的应用
- 2) 电力变换电路
- 3) 控制技术

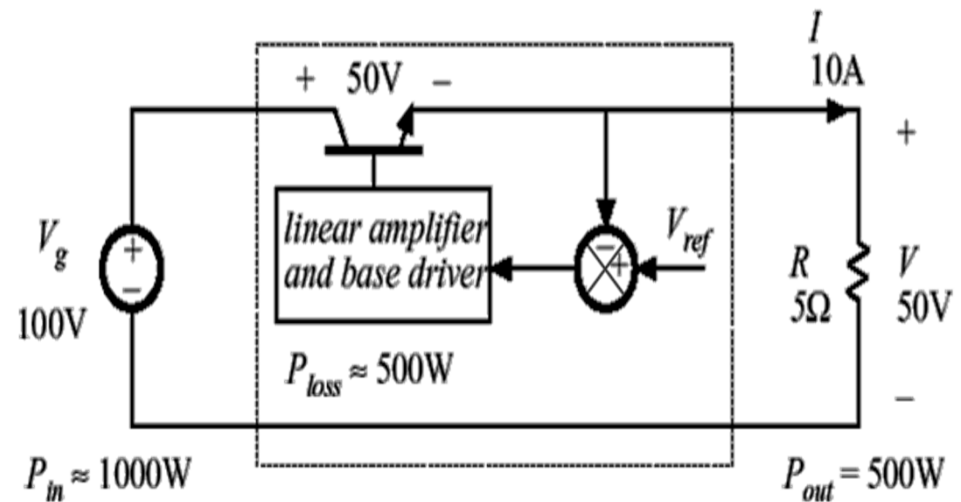
# 1) 电力电子器件的应用

举一个简单的例子：输入电源：**100V**，输出：电压**50V**，  
电流**10A**，功率**500W**，电路上如何设计？

1) 电阻分压电路；

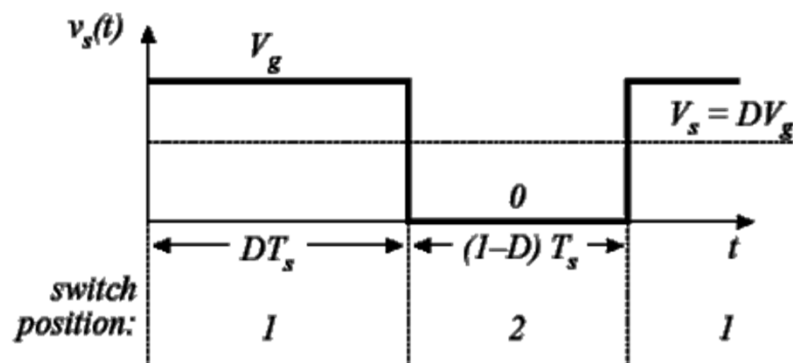
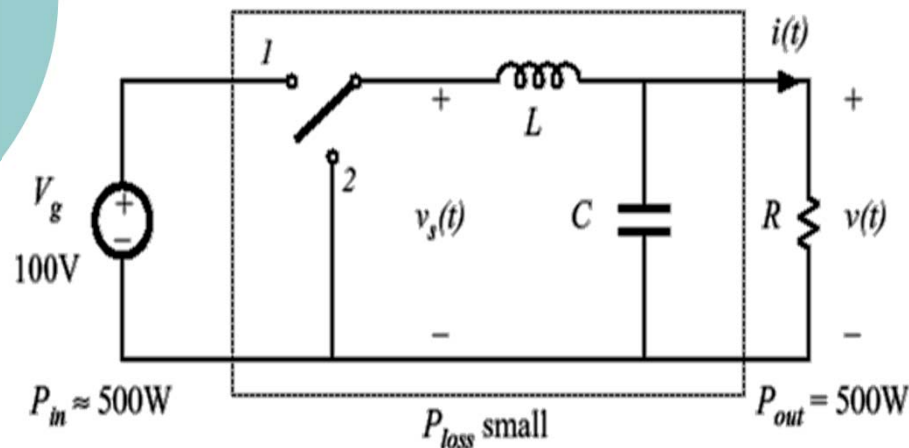


2) 串联稳压电路（三极管工作在放大区）



# 1) 电力电子器件的应用

## 3) 单刀双掷开关+LC滤波电路



周期性的控制单刀双掷开关供电，得到方波电压  $V_s$ ；然后通过滤波得到直流电压，在周期恒定时，控制供电时间可控制输出电压。

假定开关是理想开关，则损耗为零。

电力电子技术中，**开关为电力电子器件，并控制在开关工作模式**。即工作于饱和导通和截止两种工作状态，避免工作于放大状态，这也是和模电、数电电路的本质区别。

## 2)电力变换电路

- 电力——交流和直流两种，从公用电网直接得到的是交流，从蓄电池和干电池得到的是直流。

- 电力变换四大类电路

交流变直流、交流变交流、直流变交流、直流变直流

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

- 进行电力变换的技术称为变流技术



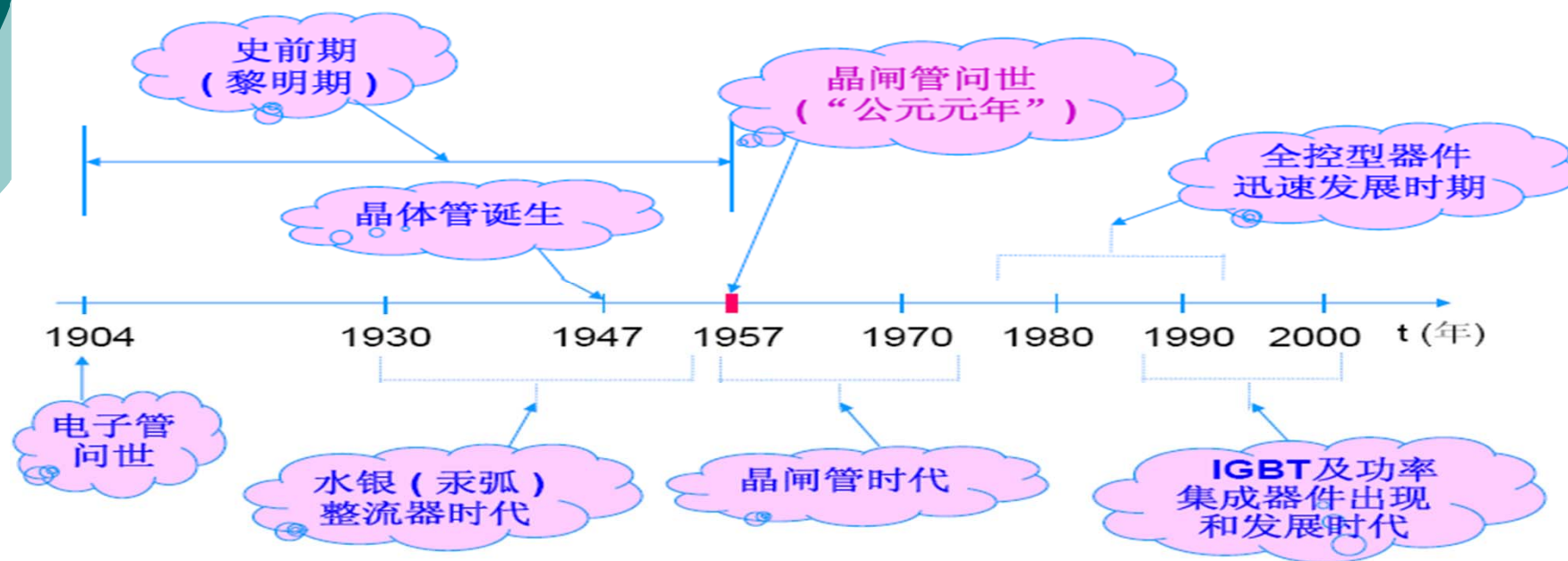
### 3)控制技术

---

- **相控式**：基于电力电子器件承受电压的相位，控制电力电子器件导通时刻。
- **频控式**：控制电力电子器件在一定时间内的导通和截止（开关）的频率。
- **斩控式**：控制电力电子器件在一个周期内的导通和截止的时间比例。

## 1.2 电力电子技术的发展史

电力电子技术的发展史是以电力电子器件的发展史为纲的。

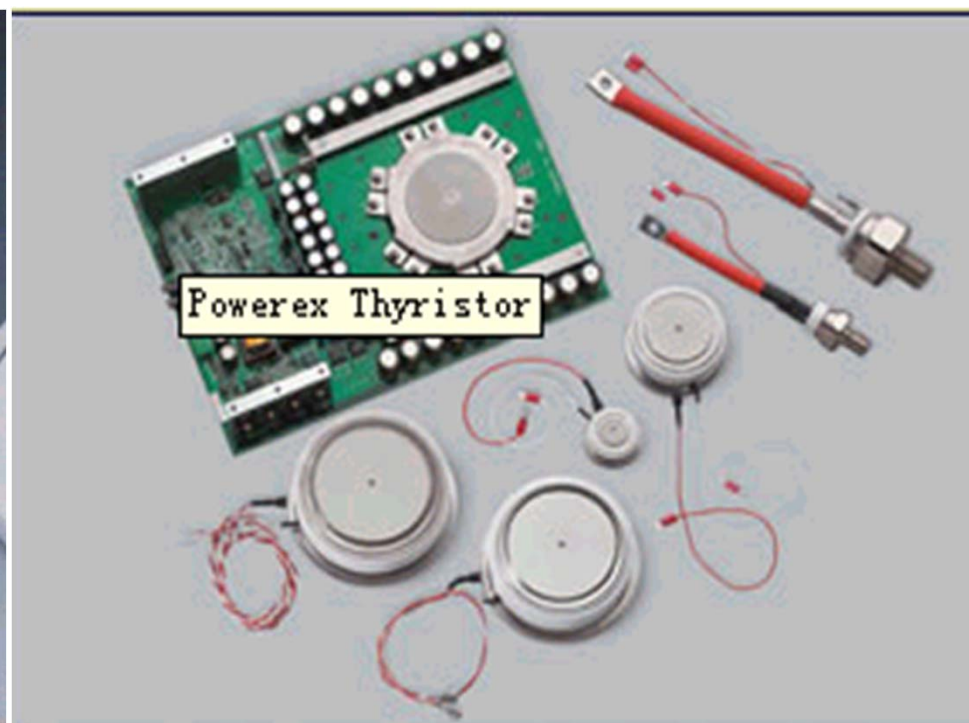
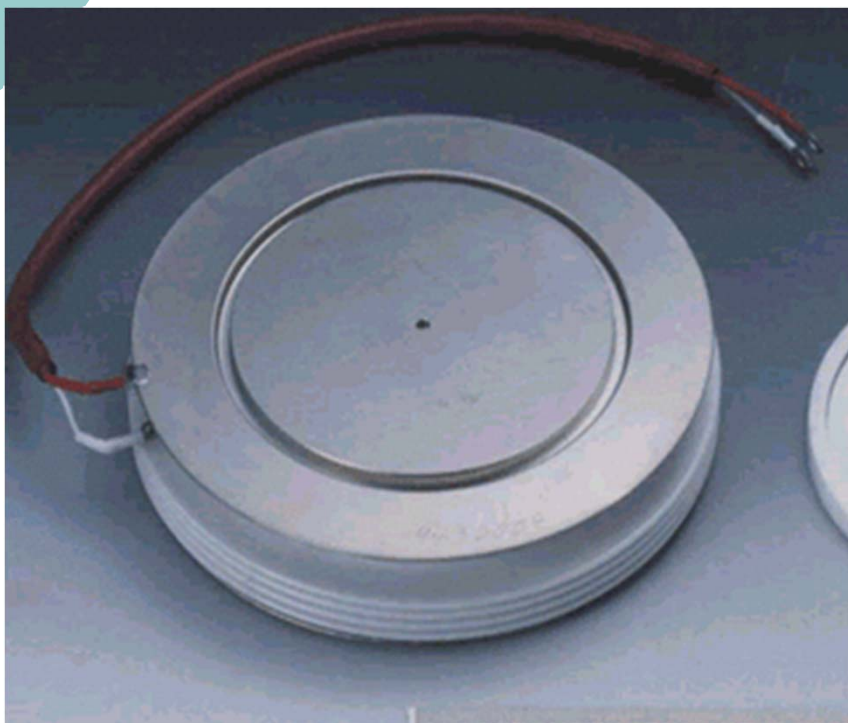


- 晶闸管阶段
- 全控型器件阶段
- 复合型器件和功率集成器件阶段



## ➤ 晶闸管阶段:

一般认为，电力电子技术的诞生是以  
**1957年**美国通用电气公司研制出第一个  
**晶闸管**为标志的。





## ➤ 全控型器件阶段

由于晶闸管有不能关断的缺点，应用受到一定的限制。上世纪70年代后期，以门极可关断晶闸管（GTO）、电力双极型晶体管（BJT）和电力场效应晶体管（Power-MOSFET）为代表的**全控型器件**迅速发展。全控型器件的特点是，通过对门极的控制既可使其**开通**又可使其**关断**。



## ➤ 复合型器件和功率集成器件阶段

在上世纪80年代后期，以**绝缘栅极双极型晶体管（IGBT）**为代表的**复合型器件**异军突起。它是**MOSFET**和**BJT**的复合，综合了两者的优点。与此相对，**MOS控制晶闸管（MCT）**和**集成门极换流晶闸管（IGCT）**是**MOSFET**和**GTO**的复合。



把**驱动、控制、保护电路**和**电力电子器件**集成在一起，构成**电力电子集成电路（PIC）**，这代表了电力电子技术发展的一个重要方向。电力电子集成技术包括以**PIC**为代表的**单片集成技术**、**混合集成技术**以及**系统集成技术**。





## 电力电子器件的研制水平

---

器件名称	国外	国内
普通整流管	8kV/5kA	6kV/3.5kA
普通SCR	12kV/1.5kA; 8kV/6kA	5.5kV/3kA
GTO	9kV/2.5kA	4.5kV/2.5kA
电力MOSFET	1kV/50A	1kV/35A
GTR	1.8kV/1kA	1.2kV/400A
IGBT	4.5kV/1.5kA	1kV/50A



## 1.3 电力电子技术的应用

---

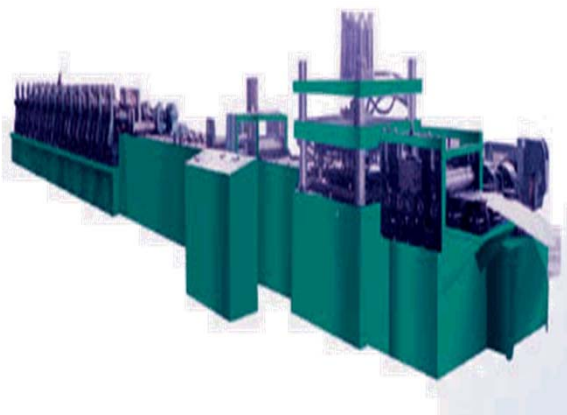
电力电子技术的应用范围十分广泛。它不仅用于一般工业，也广泛用于交通运输、电力系统、通信系统、计算机系统、新能源系统等，军工、航空航天系统，在照明、空调等家用电器及其他领域中也有着广泛的应用。

电力电子技术变换的“电力”，功率变换范围：可大到数百**MW** 甚至**GW**，也可小到数**W** 甚至**mW** 级。

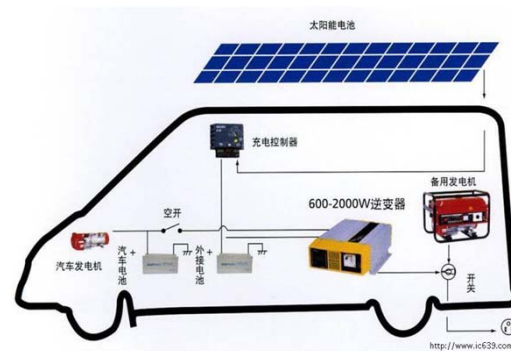
概况起来讲，应用范围分为下面几个方面：



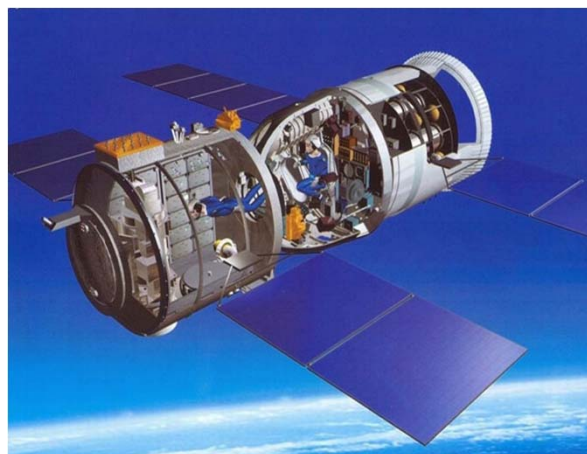
# 1) 电机的调速与驱动控制



- 电气机车
- 地铁
- 电动汽车
- 扎钢机
- 数控机床
- 电梯
- 变频空调
- 洗衣机
- 各类变频器



## 2) 各种电源



- 飞行器
- 舰船
- 卫星
- 通讯电源
- 计算机
- 各种家电
- 节能灯
- UPS
- 导弹
- 车载电源

### 3) 电力系统



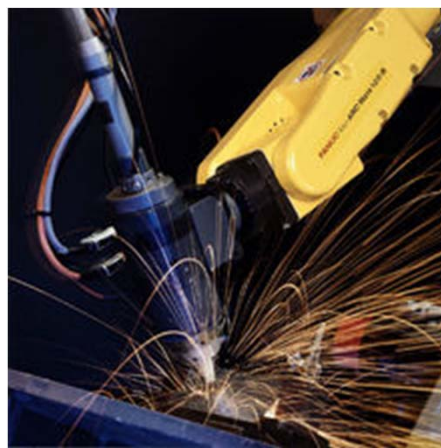
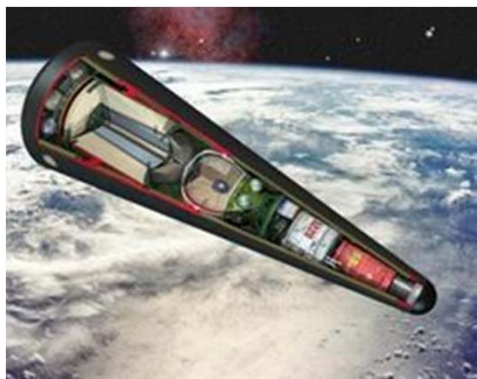
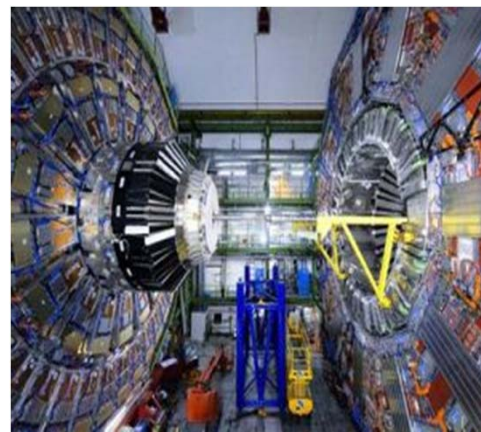
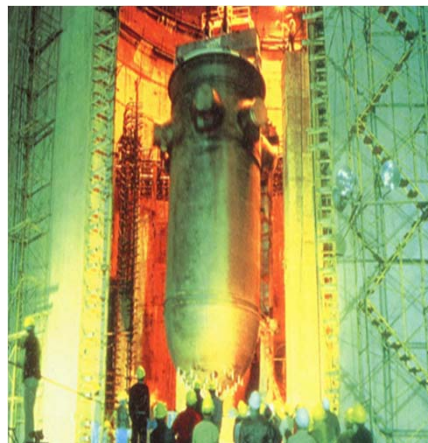
- 直流输电
- 柔性交流输电
- 无功补偿
- 有源滤波器
- 电能质量控制
- 新能源
- 储能
- 固态断路器





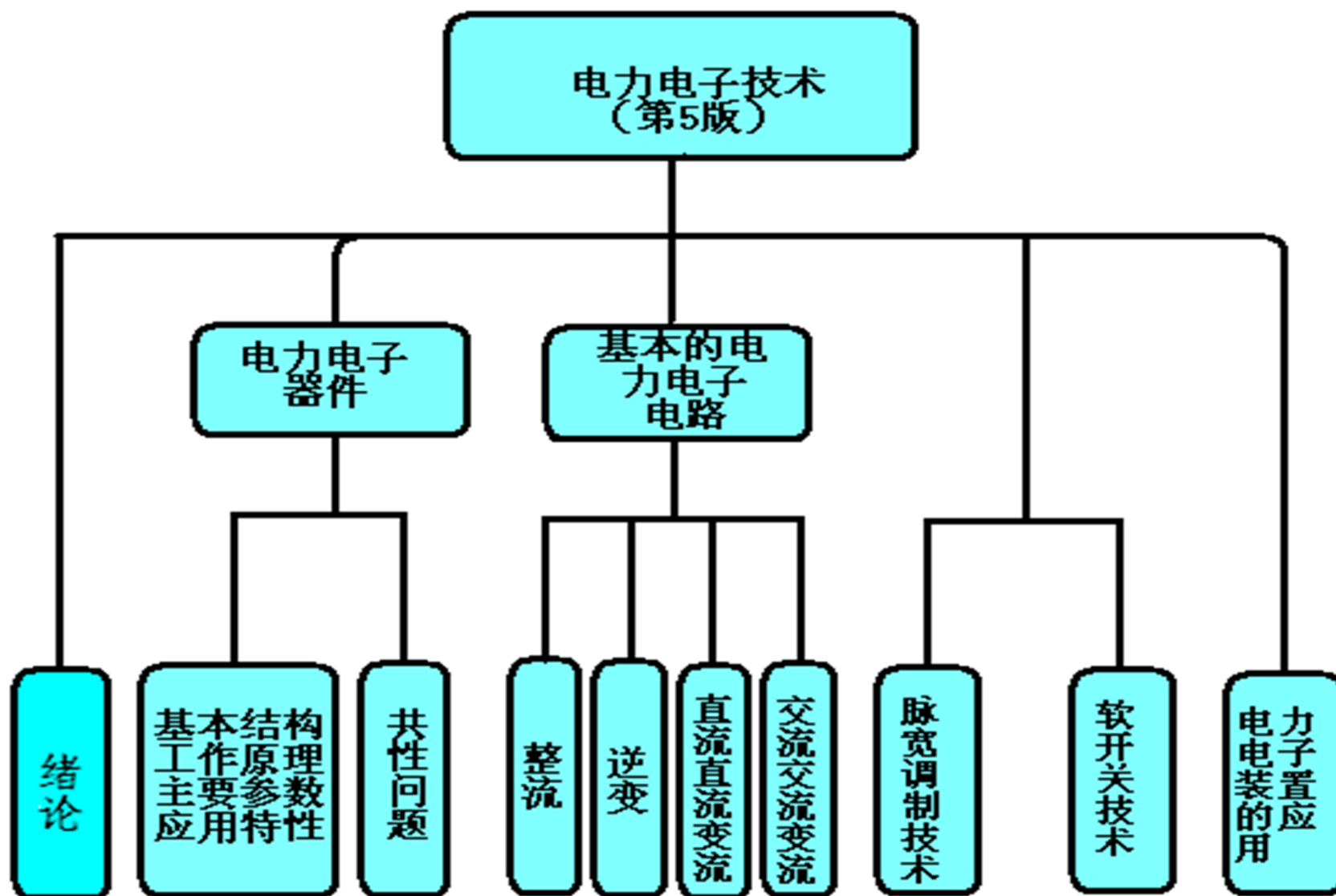
## 4) 其它

- 核反应堆的控制
- 粒子加速器
- 化工（电解电镀）
- 焊接
- 电磁武器
- 激光武器





## 1.4 本课程学习的主要内容和要求





## 1.4 本课程学习的主要内容和要求

---

- 掌握6种电力电子器件（**D**、**SCR**、**GTO**、**MOSFET**、**IGBT**）的工作原理、基本特性、技术参数和使用方法。
- 掌握4种基本电力变换电路的构成、工作原理与应用条件和分析方法。
- 掌握控制技术的控制原理及方法（相控、频控、**PWM**）。
- 熟悉电力电子器件的驱动和保护等措施。
- 熟悉软开关技术。
- 初步具备根据技术要求对一般电力电子电路或装置进行分析设计的能力。
- 了解电力电子技术的应用现状和领域及其发展趋势。



## 考核方法及要求

---

- **总成绩100**=期末闭卷考试**70%**+作业成绩**15%**+平时成绩**15%**
- **平时成绩包括**：随堂测验成绩、课堂回答问题和课堂纪律。
- **作业成绩包含**：平时作业成绩、最后**全部装订成册**期末考试前**上交**的所有作业。
- 交作业的地点及时间：新主楼**F210**，**一**周内。