



西南交通大学  
Southwest Jiaotong University

# 电力电子技术 Power Electronics



主讲教师：杨平  
电气工程学院

# 电力电子技术





## 学习目的：

1

了解什么是电力电子技术

2

了解电力电子技术的发展史

3

了解电力电子技术的应用

4

了解主要内容和参考书籍

# 1.1 电力电子技术概述



## 1、电力电子技术的定义

电力电子技术就是使用**电力电子器件**对**电能**进行**变换**和**控制**的技术，把从电网获取的“粗电”变换成负载所需要的“精电”的技术。

- 电力电子技术中所变换的“**电力**”有区别于“电力系统”所指的“电力”，后者特指电力网的“电力”，前者则更一般些。



# 1.1 电力电子技术概述



- 电子技术包括信息电子技术和电力电子技术两大分支。  
通常所说的模拟电子技术和数字电子技术都属于信息电子技术。

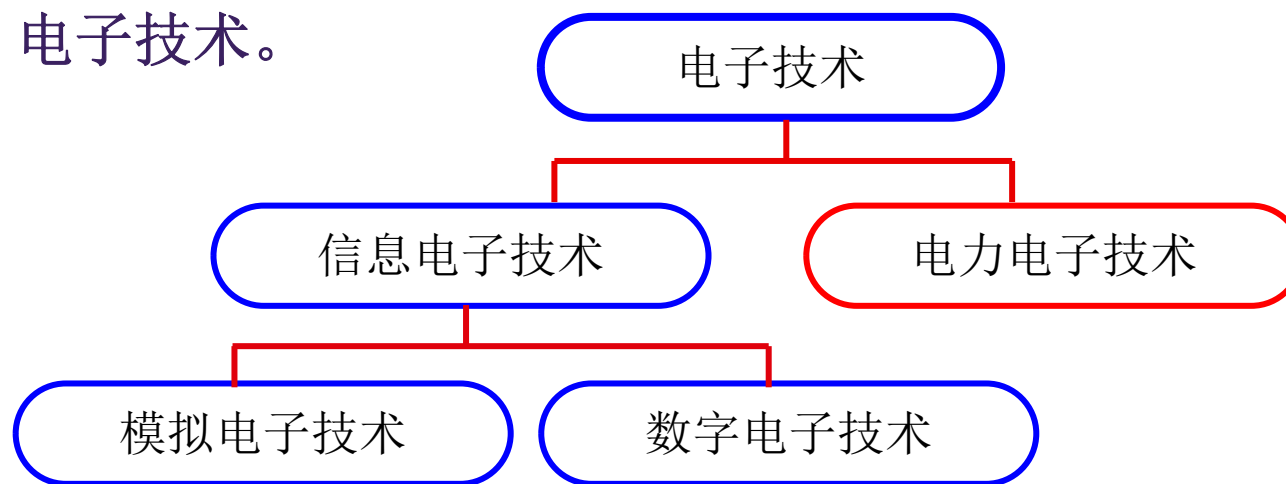


图1-1 电子技术分支图

- ➡ 目前电力电子器件均用半导体制成，故也称电力半导体器件。
- ➡ 电力电子技术变换的“电力”，可大到数百MW甚至GW，也可小到数W甚至mW级。

# 1.1 电力电子技术概述



## 2、电力电子技术与其他学科的关系网

电力电子技术实际上是一门交叉学科，1974年，美国的W. E.Newell用图1-2的倒三角形对电力电子学进行了描述，被全世界普遍接受。

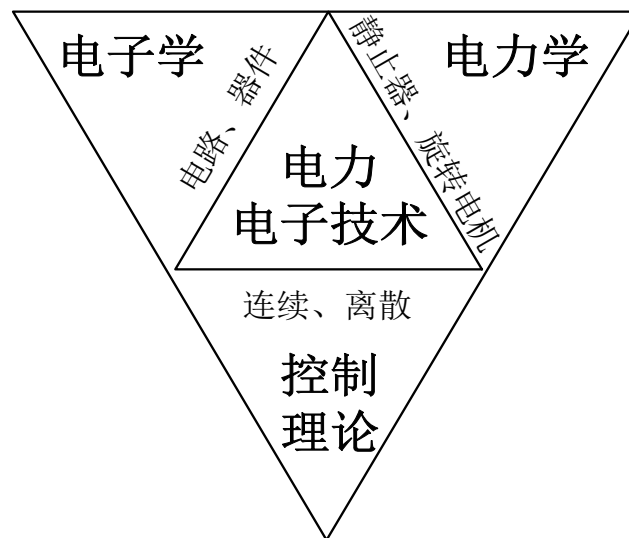


图1-2 描述电力电子学的倒三角形

# 1.1 电力电子技术概述



## 3、电能（电力）变换的组成

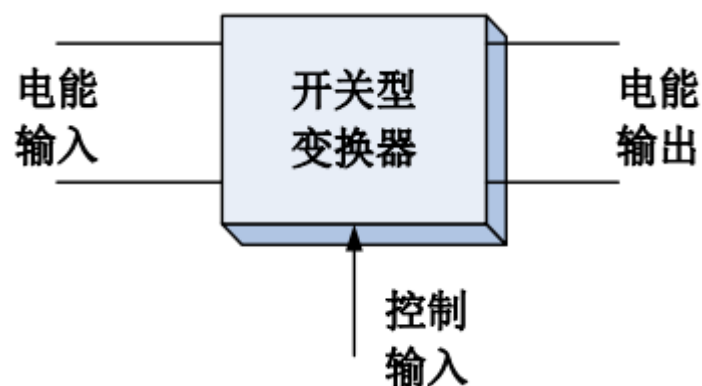


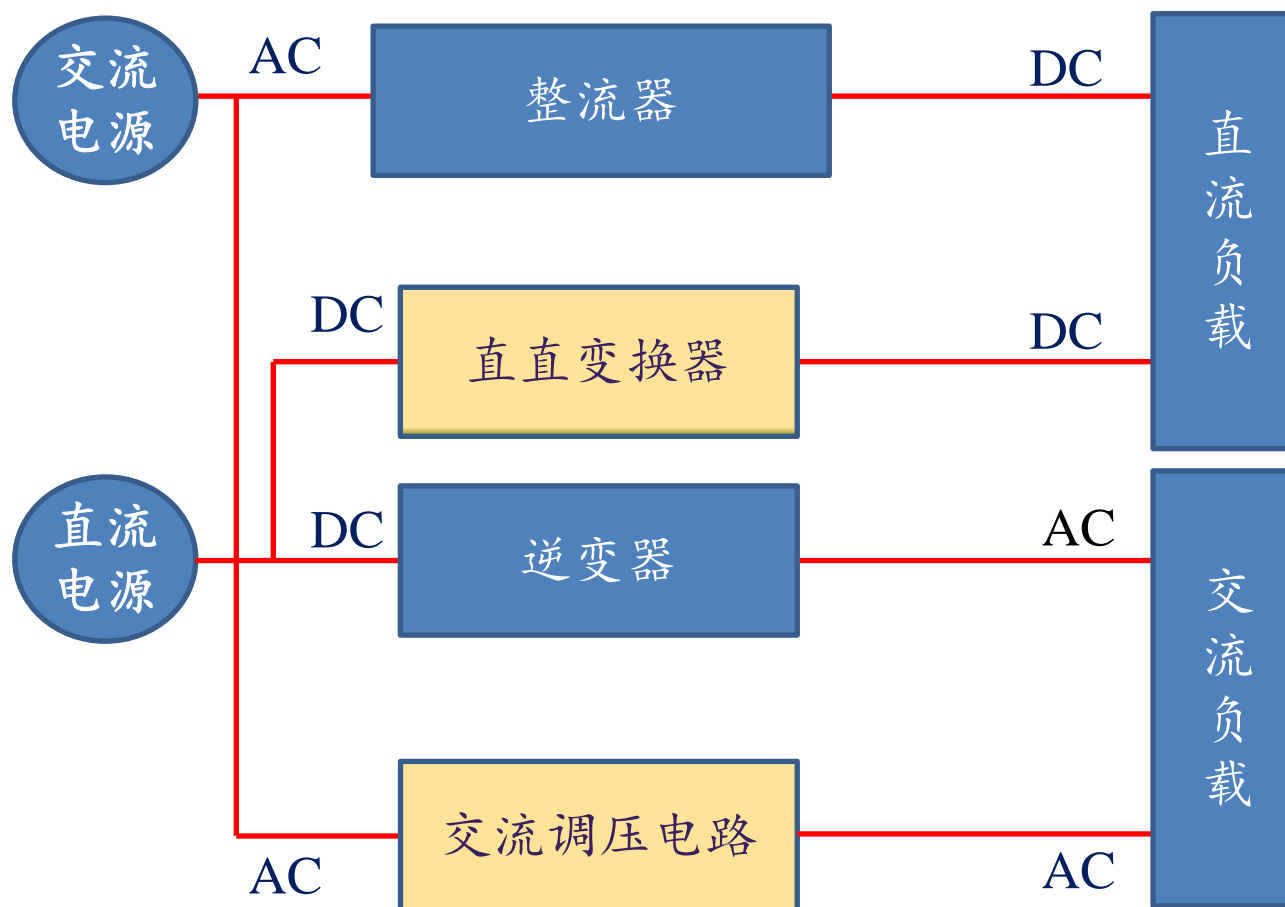
图1-3 开关变换器的组成

**电能变换：**在输入与输出之间，将电压、电流、频率、相位、相数中的一项以上加以改变。

# 1.1 电力电子技术概述



## 4、电力变换的种类





## 1.2 电力电子技术的发展轨迹

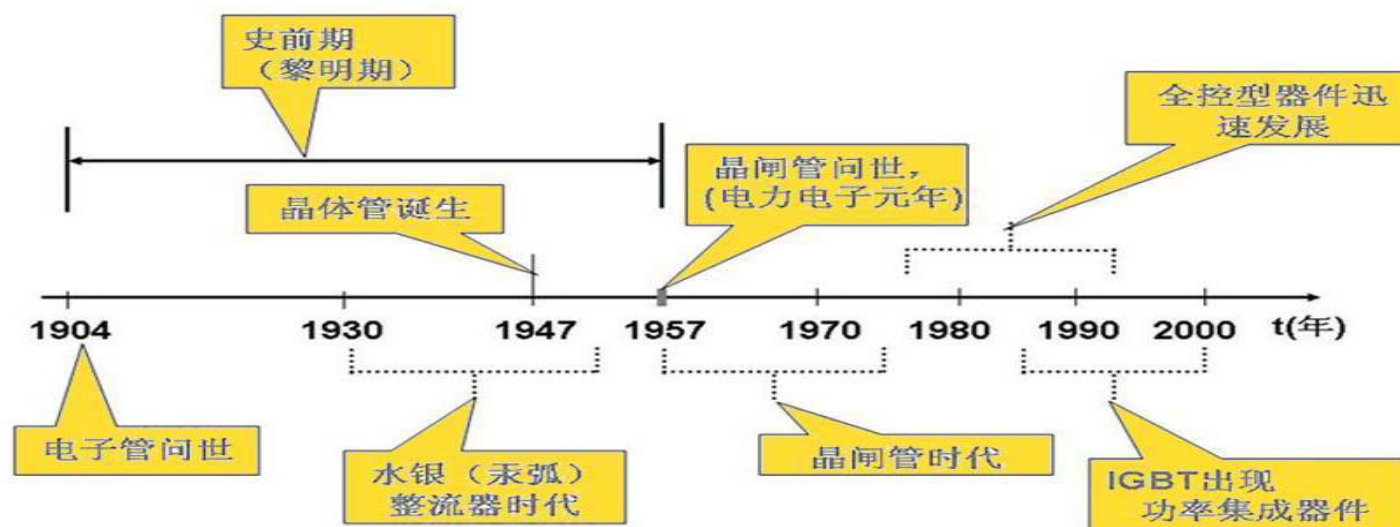


图1-4 电力电子技术的发展史

☞ 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。

## 1.2 电力电子技术的发展轨迹



### 1、晶闸管出现前的时期可称为电力电子技术的史前期或黎明期。

- 1904年出现了**电子管**，它能在真空中对电子流进行控制，并应用于通信和无线电，从而开启了电子技术用于电力领域的先河。
- 20世纪30年代到50年代，**水银整流器**广泛用于电化学工业、电气铁道直流变电所以及轧钢用直流电动机的传动，甚至用于直流输电。这一时期，各种整流电路、逆变电路、周波变流电路的理论已经发展成熟并广为应用。在这一时期，也应用直流发电机组来变流。
- 1947年美国著名的贝尔实验室发明了**晶体管**，引发了电子技术的一场革命。

## 1.2 电力电子技术的发展轨迹



### 2、晶闸管时代



- ❑ 晶闸管由于其优越的电气性能和控制性能，使之很快就取代了水银整流器和旋转变流机组，并且其应用范围也迅速扩大。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的。
- ❑ 晶闸管是通过对门极的控制能够使其导通而不能使其关断的器件，属于半控型器件。对晶闸管电路的控制方式主要是相位控制方式，简称相控方式。晶闸管的关断通常依靠电网电压等外部条件来实现。这就使得晶闸管的应用受到了很大的局限。

## 1.2 电力电子技术的发展轨迹



### 3、全控型器件和电力电子集成电路（PIC）

- 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（基极、栅极）的控制既可使其开通又可使其关断。
- 采用全控型器件的电路的主要控制方式为脉冲宽度调制（PWM）方式。相对于相位控制方式，可称之为斩波控制方式，简称斩控方式。
- 在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）复合了MOSFET和GTO。

## 1.2 电力电子技术的发展轨迹



### 4、全控型器件和电力电子集成电路（PIC）

- ❑ 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。
- ❑ 随着全控型电力电子器件的不断进步，电力电子电路的工作频率也不断提高。与此同时，软开关技术的应用在理论上可以使电力电子器件的开关损耗降为零，从而提高了电力电子装置的**功率密度**。

**IGBT模块**



## 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，在照明、空调等家用电器及其他领域中也有着广泛的应用。

### 1、一般工业



矿产业/水泥



化学工业



冶金工业



造纸工业

图1-5 一般工业

## 1.3 电力电子技术的应用



- 工业中大量应用各种交直流电动机，都是用电力电子装置进行调速的。

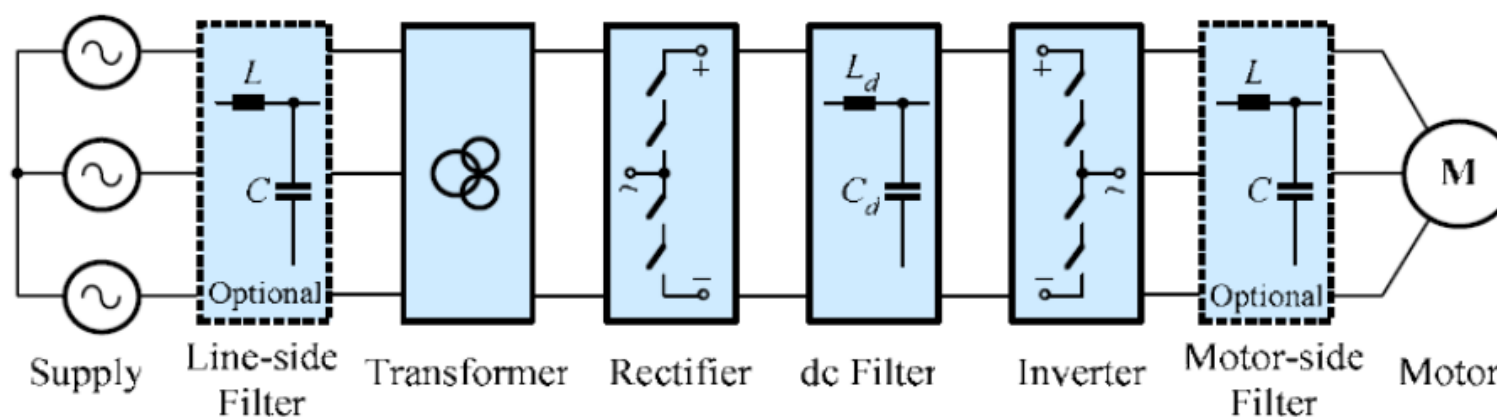


图1-6 电机传动

## 1.3 电力电子技术的应用



□ 一些对调速性能要求不高的大型鼓风机等近年来也采用了变频装置，以达到节能的目的。



AB变频器-美国



ABB变频器-瑞士

图1-7 变频器



## 1.3 电力电子技术的应用



- 有些并不特别要求调速的电机为了避免起动时的电流冲击而采用了**软起动装置**，这种软起动装置也是电力电子装置。
- 电化学工业大量使用**直流电源**，电解铝、电解食盐水等都需要大容量整流电源。电镀装置也需要整流电源。
- 电力电子技术还大量用于冶金工业中的高频或**中频感应加热电源**、**淬火电源**及**直流电弧炉电源**等场合。

☞ **感应加热**是通过交变电流在电感线圈中产生电流漩涡，也就是涡流，使处于线圈中的导磁性物体内的电子空穴运动从而产生热量。



图1-8 感应加热电源

# 1.3 电力电子技术的应用



## 2、交通运输



## 1.3 电力电子技术的应用



### 3、电子装置用电源



大型计算机的UPS



电子装置



微型计算机

## 1.3 电力电子技术的应用



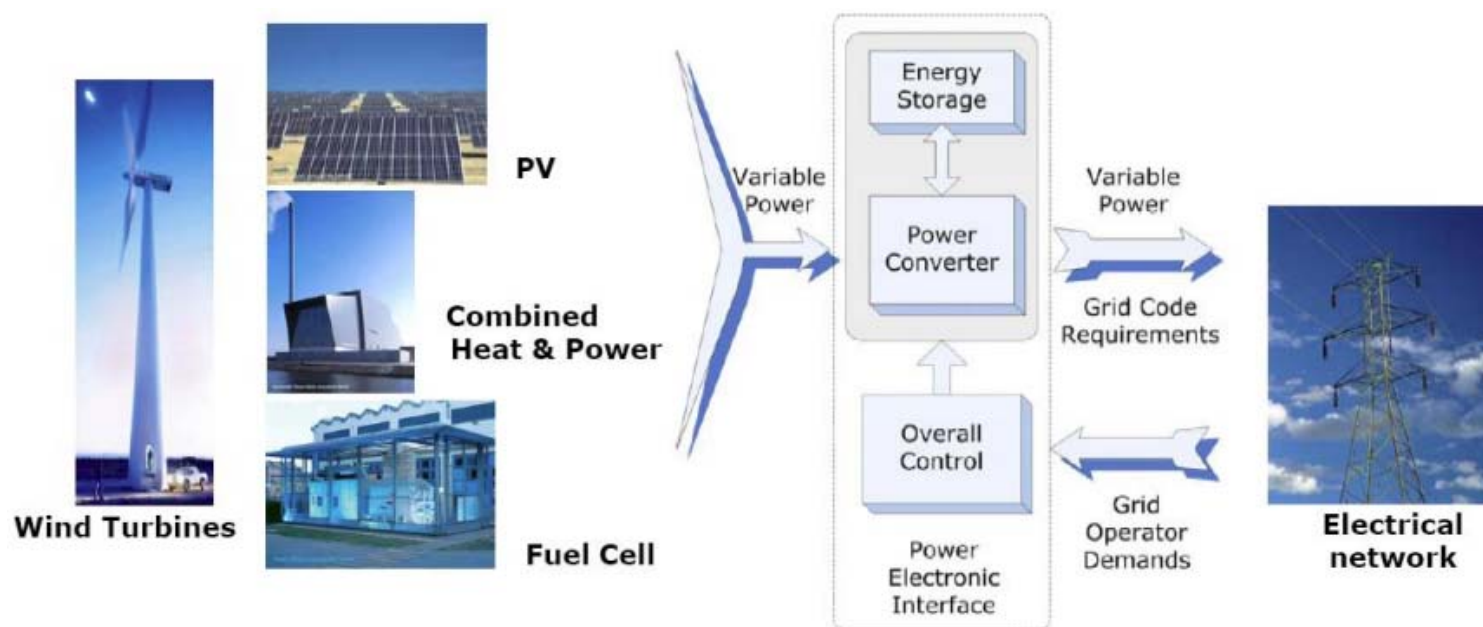
### 4、家用电器



## 1.4 电力电子技术的新领域



### 1、新能源发电





## 1.4 电力电子技术的新领域



### 2、柔性交流输电技术 (FACTS)



高压直流装置HVDC



SVC

静止无功补偿器

## 1.4 电力电子技术的新领域



### 3、定质电力技术



STATCOM  
静止无功发生器



DVR  
动态电压恢复器

## 1.5 电力电子技术的发展趋势



- 高频化：体积
- 模块化：集成、可靠
- 数字化：便于控制
- 绿色化：节电、电网污染



## 1.6 教学内容和参考书籍



### 1、教学内容



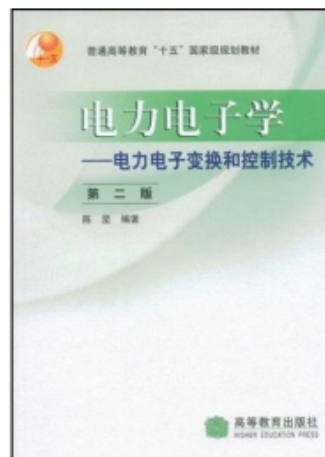
## 1.6 教学内容和参考书籍



### 2、参考书籍

#### 1) 国内教材 (普通高等教育国家级规划教材)

- 王兆安. 电力电子技术(第5版). 机械工业出版社, 2009 (十一五规划教材)
- 陈坚. 电力电子学—电力电子变换和控制技术 (第2版). 高等教育出版社, 2004 (十五)
- 徐德鸿. 电力电子技术. 科学出版社, 2006年 (十一五)



## 1.6 教学内容和参考书籍



### 2、参考书籍

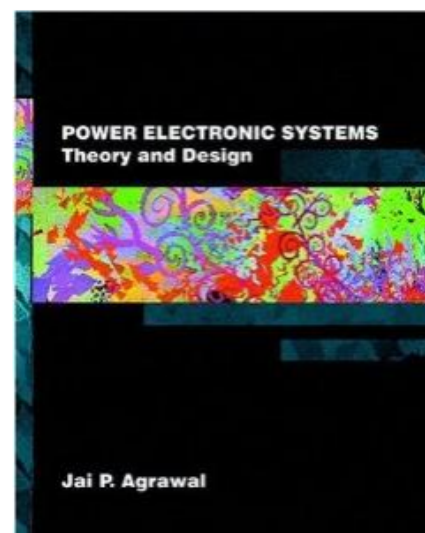
#### 2) 国外教材 (引进版英文教材)

➤ **Agrawal. Power Electronic Systems-Theory and design, 2nd, ed. Prentice Hall, 2001**

(电力电子系统——理论和设计, 清华大学出版社引进)



(引进版教材)



(英文原版教材)

## 1.6 教学内容和参考书籍

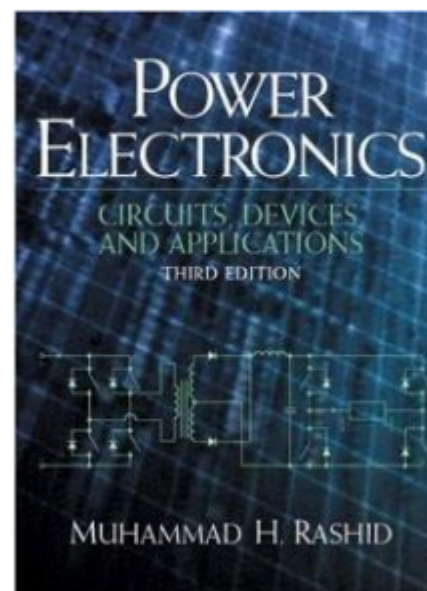


### 2、参考书籍

- **Rashid. Power Electronic-Circuit, Devices, and Applications, 3rd ed. Prentice Hall, 2004,**  
(电力电子学——电路、器件及应用，人民邮电出版社引进)



(引进版教材)



(英文原版教材)

# 考核方式



□ 期末试卷+平时考试

□ 成绩比例：

    期末考试成绩：60%

    平时成绩：40%

（包括：作业10%、半期考试10%，实验  
10%、出勤考核10%）



## 本章重点:

1. 电力电子技术的定义;
2. 电能变换（电力电子变换电路）的种类。