



电力电子技术基础

主讲教师：谢川



个人简介

谢川 博士/副教授

- | | | | |
|--------------|------------|---------|------|
| ✓ 2019年8月-今 | 电子科技大学 | 自动化工程学院 | 副教授 |
| ✓ 2014-2015年 | (丹麦) 奥尔堡大学 | 能源系 | 访问学者 |
| ✓ 2012-2019年 | 电子科技大学 | 自动化工程学院 | 讲师 |
| ✓ 2007-2012年 | 浙江大学 | 电力电子专业 | 博士 |
| ✓ 2003-2007年 | 电子科技大学 | 自动化专业 | 学士 |

主讲本科生课程：《电机拖动》、《电力电子技术》、《自控原理实验》、综合课程设计等

✓ 主要研究方向：

- [电力电子装置及其数字控制技术](#)
- [电力电子系统仿真](#)
- [电力电子系统可靠性](#)
- [电力电子在电力系统中的应用](#)
- [新能源分布式发电变流器控制](#)



◆联系方式

- Email: c.xie@uestc.edu.cn
- Tel: 61830693/13683456237
- 地址: 电子科技大学（清水河校区）主教楼C2-114

◆课件下载:

- 地址: <http://faculty.uestc.edu.cn/cxi>

教学研究/教学资源



自动化研究所



数据来源：<http://www.auto.uestc.edu.cn/kxyj/kypt2/zdhyjs.htm>



电力电子技术





第1章 绪论

Chapter 1: Introduction

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 课程安排与考核



第1章 绪论

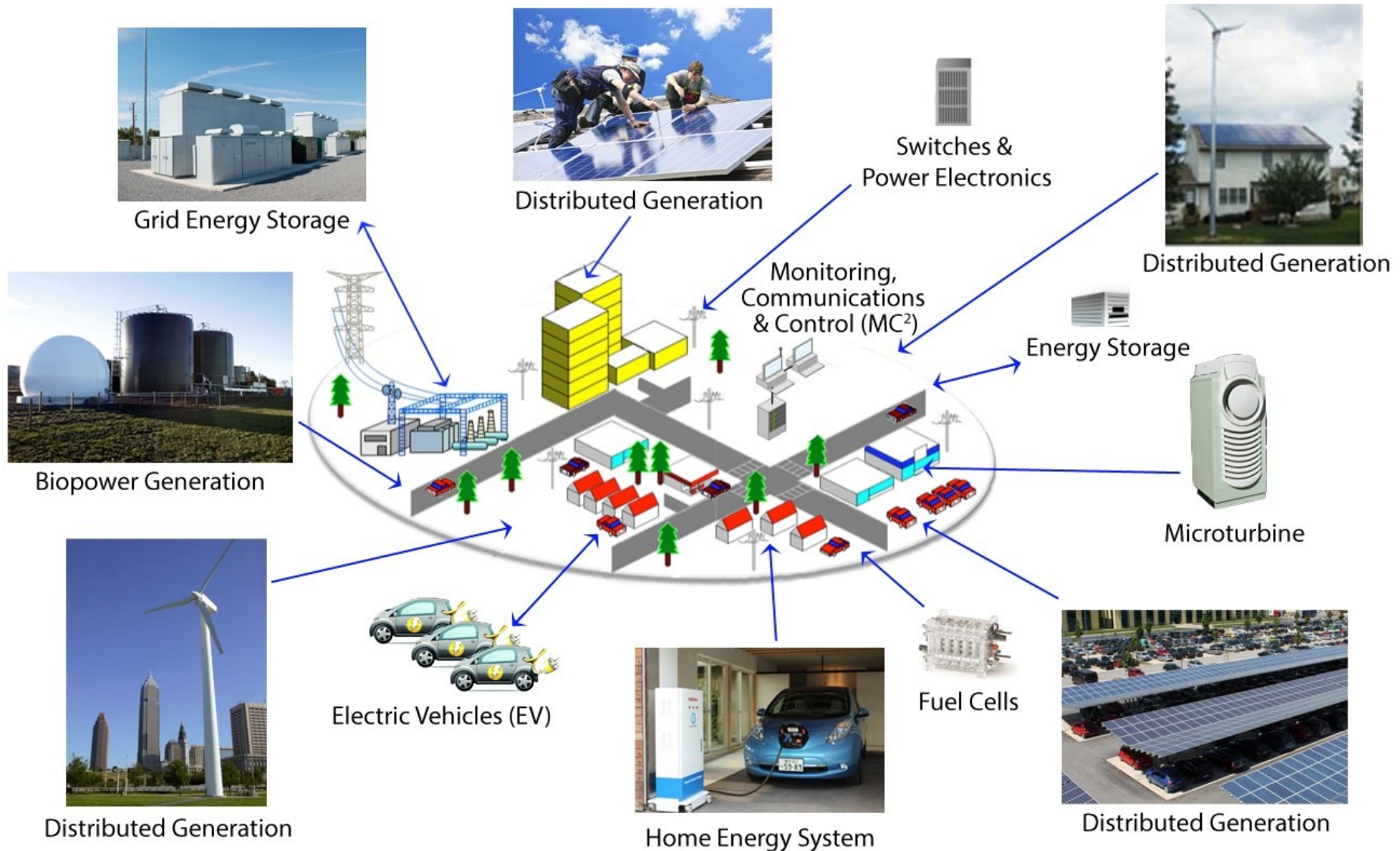
Chapter 1: Introduction

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

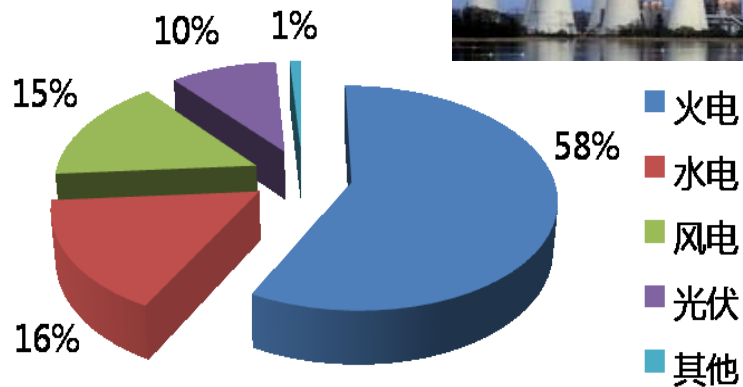
1.4 课程安排与考核



1.3 电力电子技术的应用



中国 北京



2015年 西北电网装机结构



北欧

根据Energinet.dk提供的数据，2017年底丹麦风电装机达到5.3吉瓦，全年发电量14.7TWh，占全国发电总量的**43.6%**。丹麦计划2020年**风电发电量**占总发电量的**50%**。

1.3 电力电子技术的应用

发电：清洁能源发电



风力发电变流器

- 水力发电
- 氢燃料电池发电变流器
- 压力发电变流器
- 温差发电变流器

光伏(PV)发电变流器



储能变流器

1.3 电力电子技术的应用

用电：电动汽车



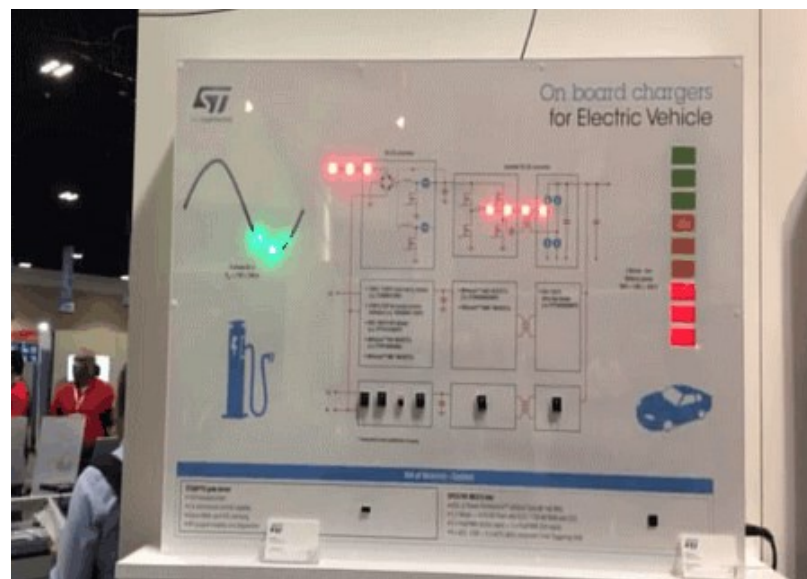
化石燃料汽车



电动汽车 (BYD E2)



电动汽车驱动变流器





1.3 电力电子技术的应用

用电：轨道交通



高铁



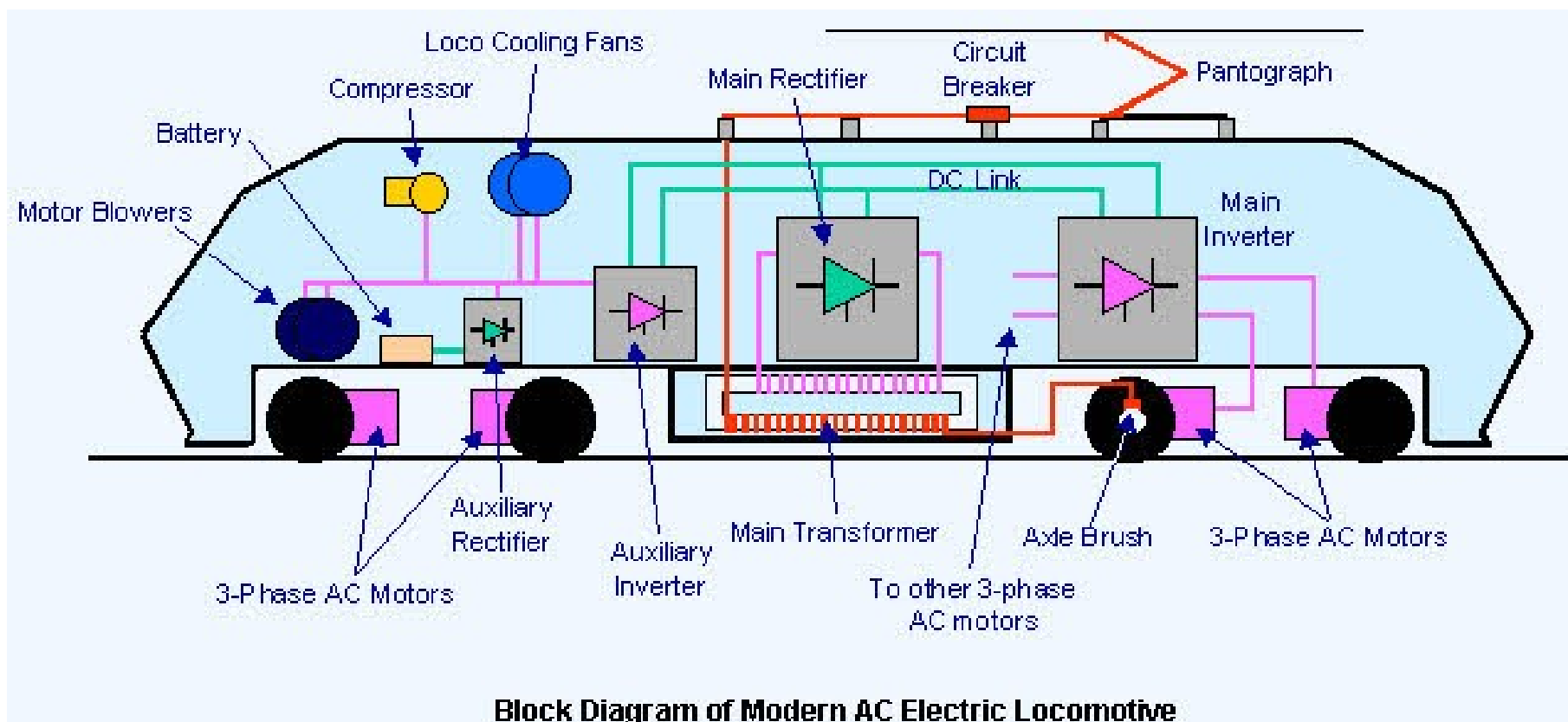
地铁/轻轨



磁悬浮

1.3 电力电子技术的应用

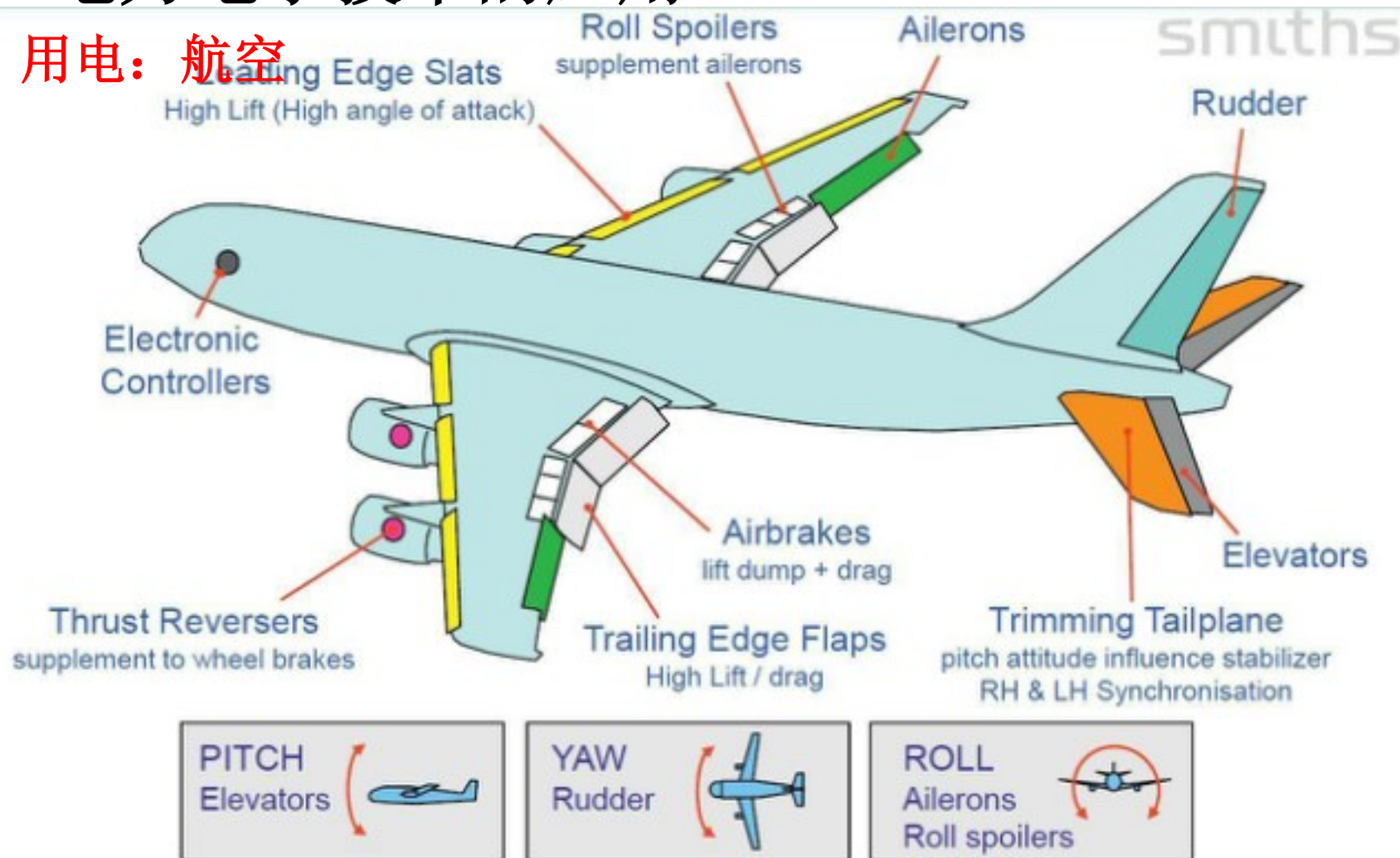
用电：轨道交通



数据来源: <https://www.elprocus.com/>

1.3 电力电子技术的应用

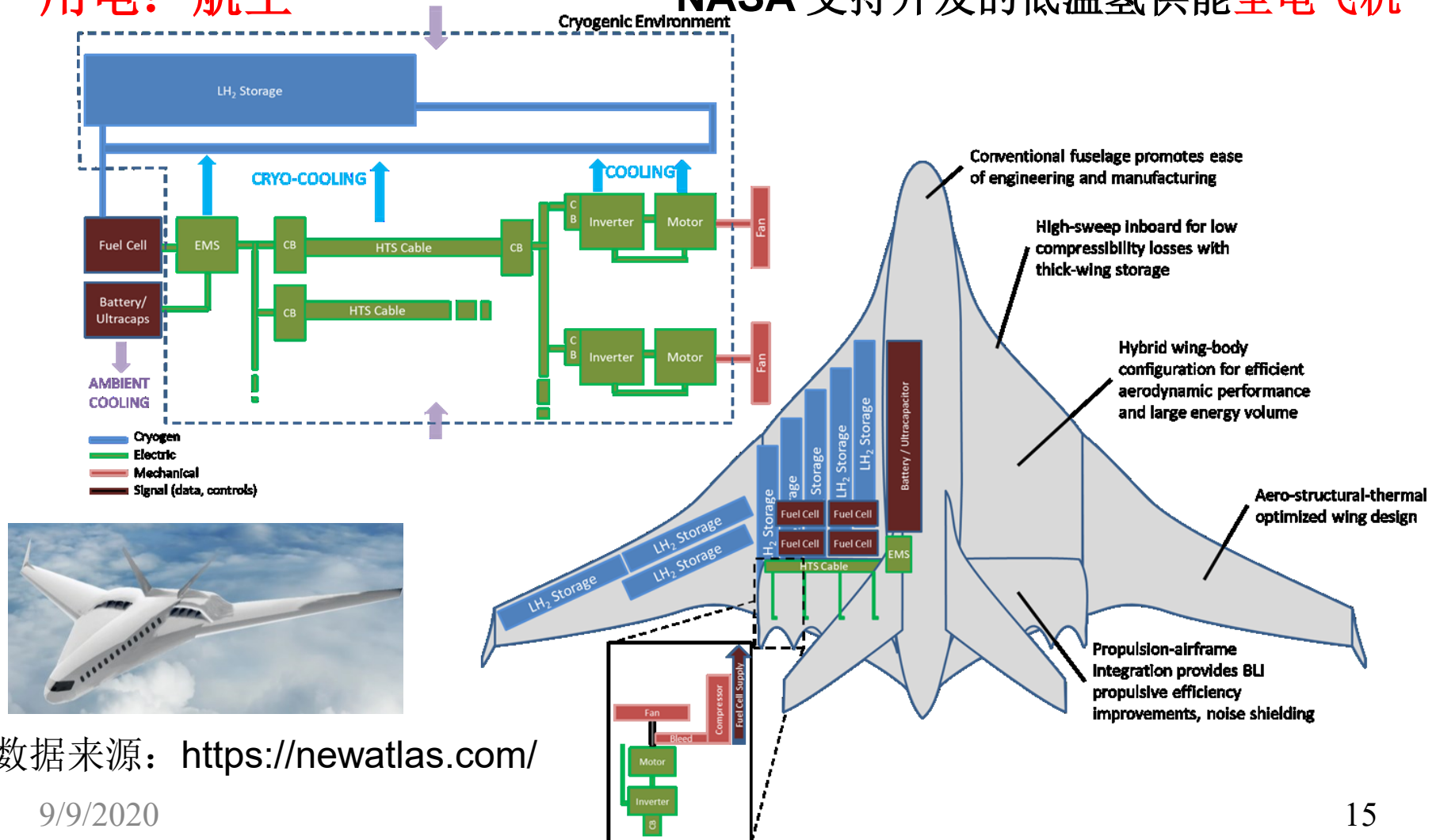
用电：航空



1.3 电力电子技术的应用

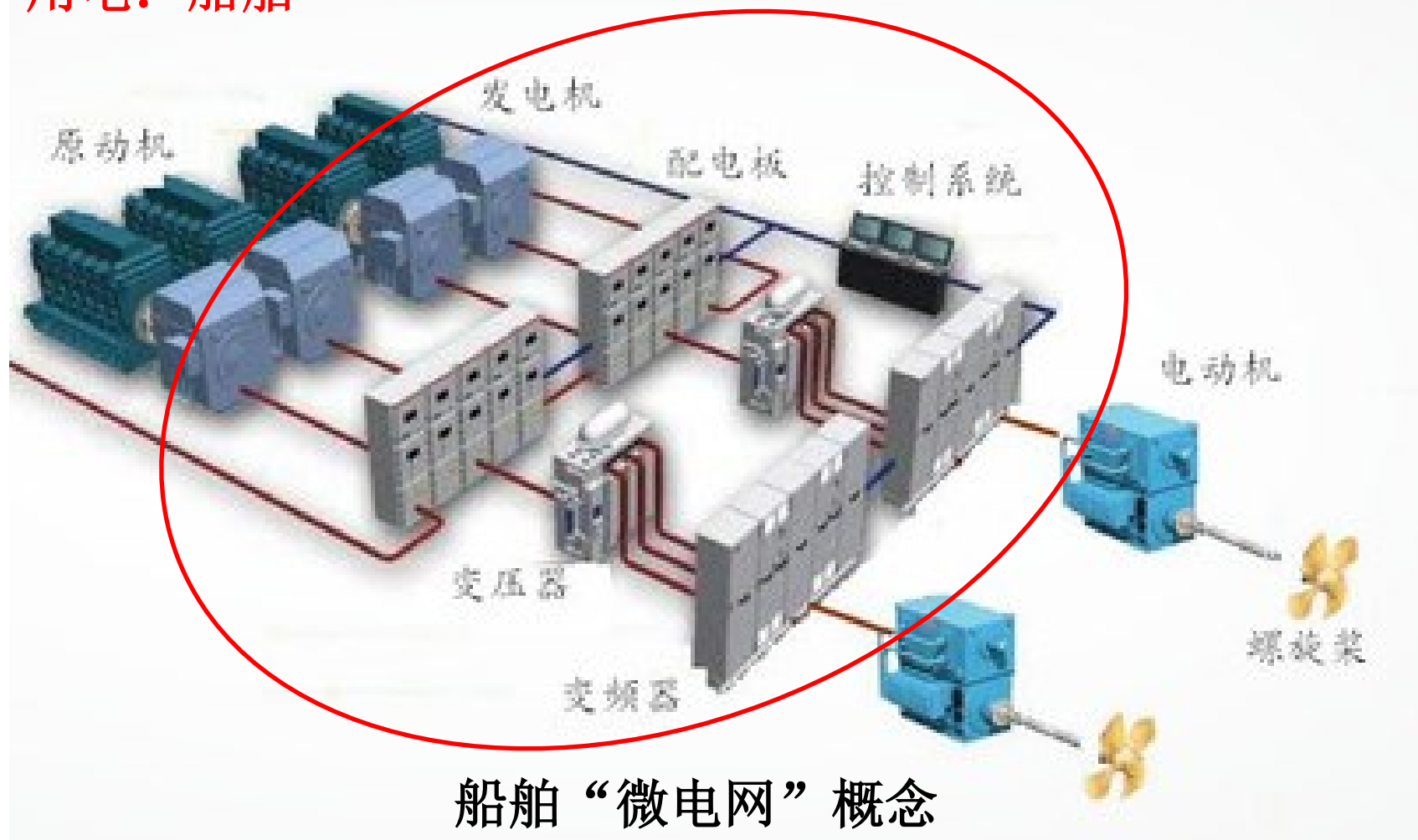
用电：航空

NASA 支持开发的低温氢供能全电飞机



1.3 电力电子技术的应用

用电：船舶



1.3 电力电子技术的应用

用电：家用电器

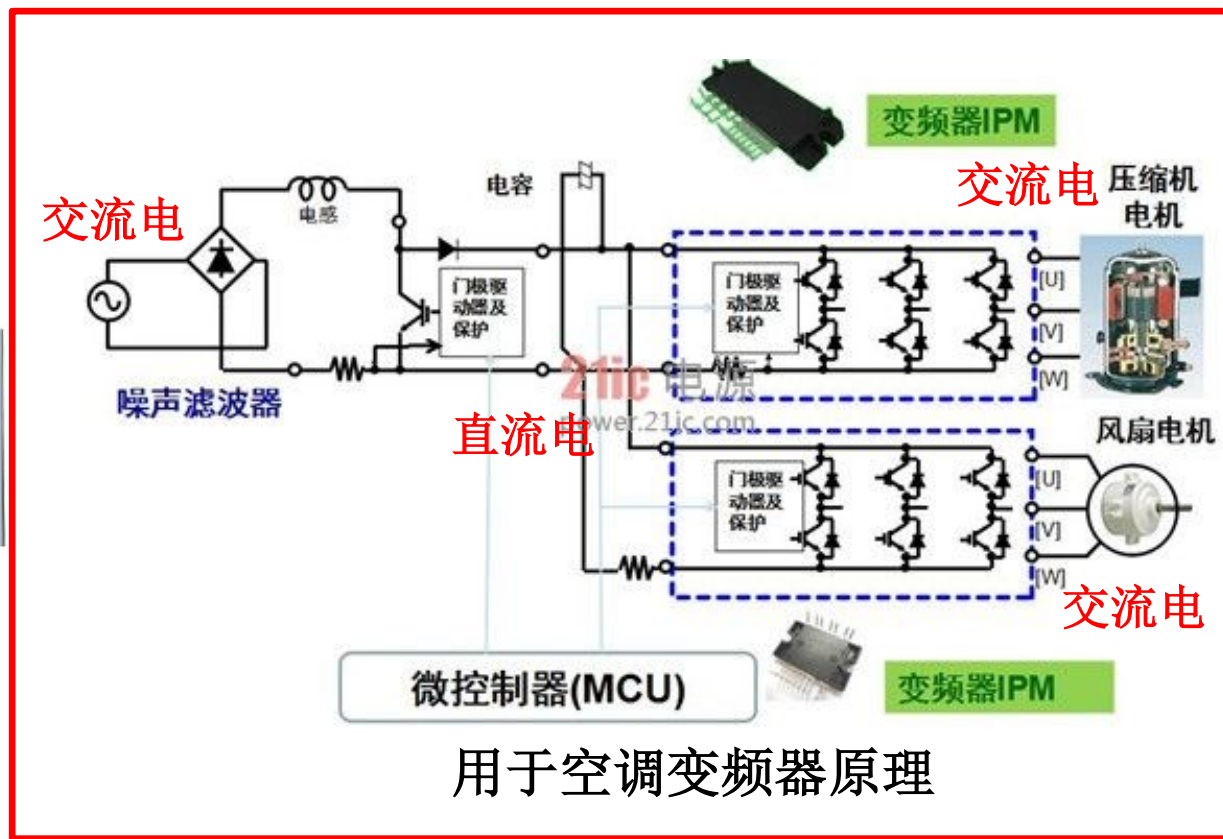


空调



电视机

洗衣机



用于空调变频器原理

1.3 电力电子技术的应用

输/配电：电力输电/变电/配电

柔性交流输电



TCSC
可控串补



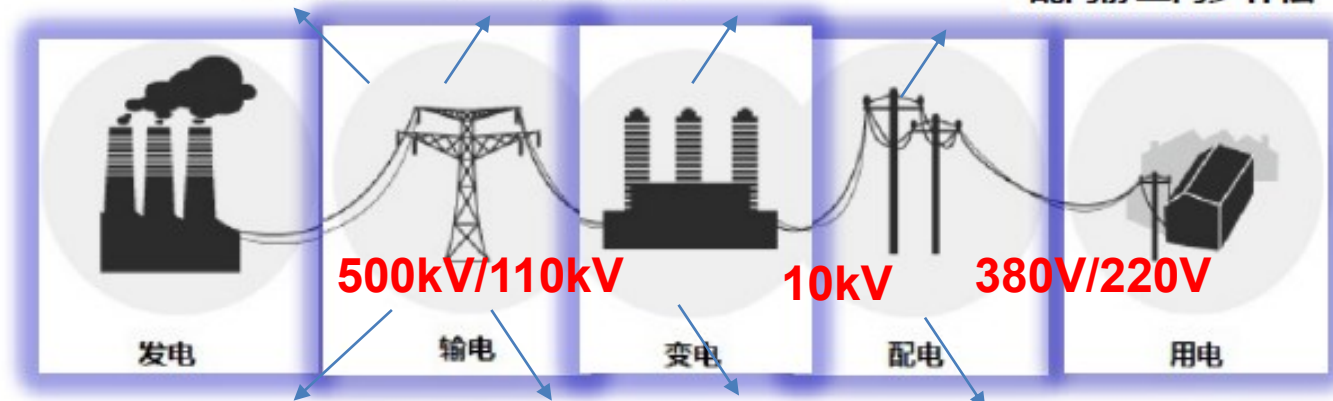
UPFC
统一潮流控制器



SVC
无功补偿



DSTATCOM
配网静止同步补偿



直流输电



传统高压直流



柔性直流



STATCOM
静止同步补偿



APF
有源电力滤波器

1.3 电力电子技术的应用

输/配电：电力输电/变电/配电

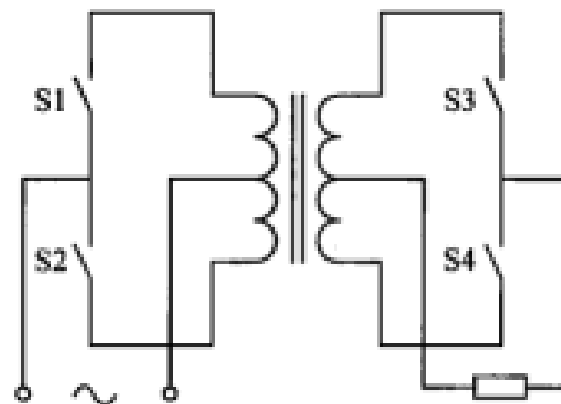


油浸式变压器

低频(50/60Hz)

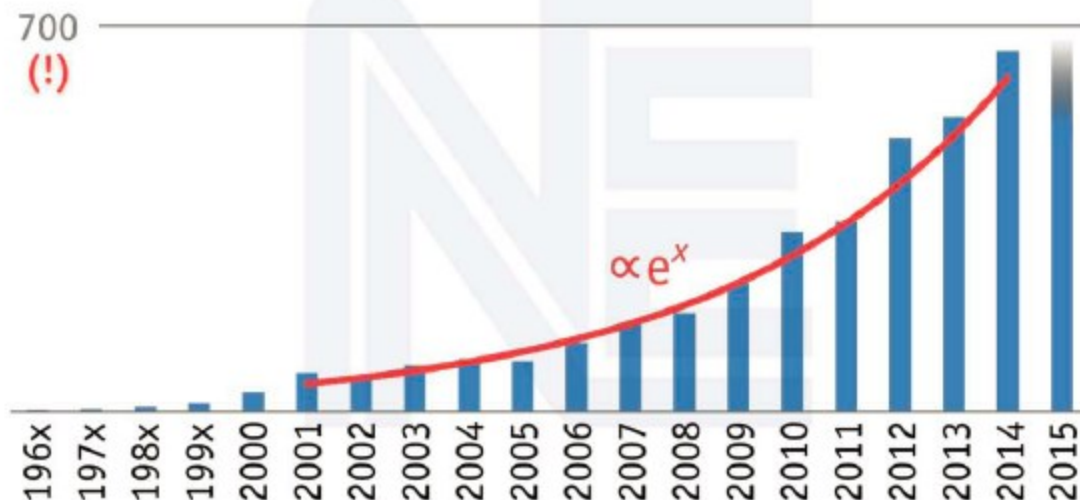


中/高频(1kHz~1MHz)



固态变压器美国GE公司的W.McMurray

■ Evolution of # of SST Publications Per Year:



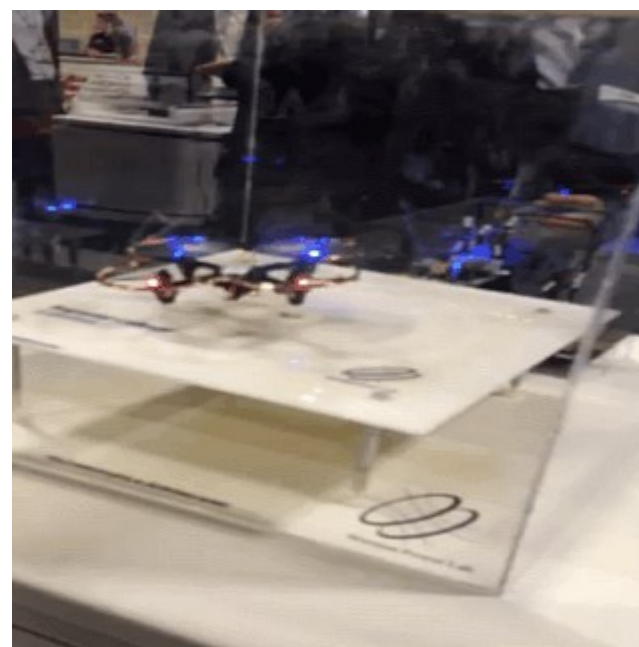
Google Scholar Hits for Query: ("solid-state transformer") OR ("electronic transformer") OR ("Intelligent Universal Transformer") OR ("Power Electronic Transformer") OR ("Power Electronics Transformer")

1.3 电力电子技术的应用

输/配电：无线电力传输



lphone 8，无线充电



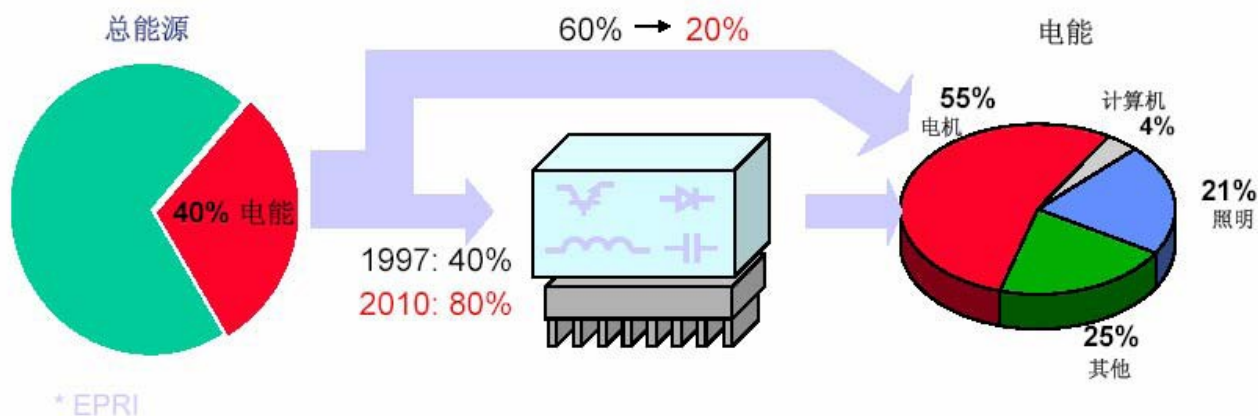
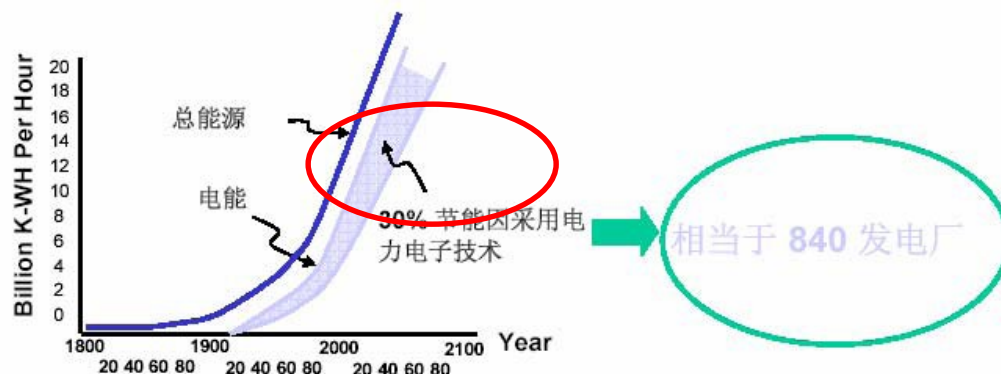
无人机，无线充电

1.3 电力电子技术的应用

● 电力电子技术应用领域

- 1、一般工业
- 2、交通运输
- 3、电力系统
- 4、电子装置
- 5、家用电器
- 6、其它

能源与电力电子技术



电力电子技术影响关系我们的生活!



第1章 绪论

Chapter 1: Introduction

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 课程安排与考核



1.1 什么是电力电子技术？

定义1：应用于**电力领域**的**电子技术**。

定义2：使用**电力电子器件**对**电能**进行**变换和控制**的技术。

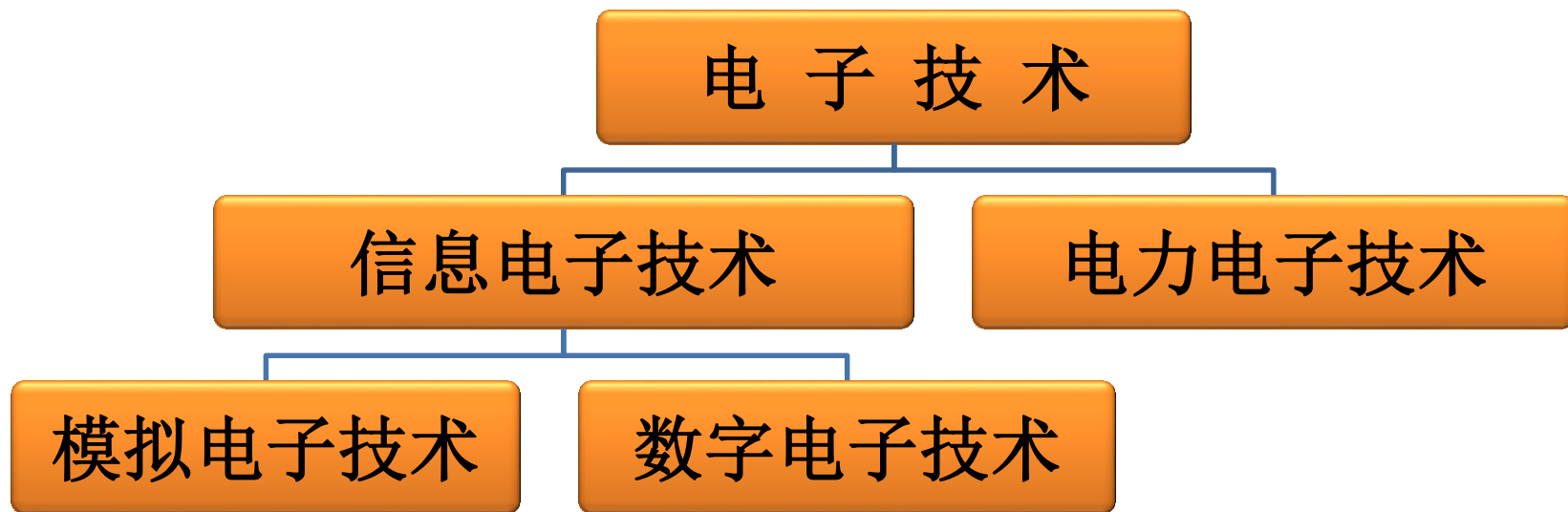
美国电气和电子工程师协会

(Institute Electrical and Electronics Engineers——IEEE)

有效地使用**电力半导体器件**，应用**电路和设计理论**以及分析开发工具，实现对**电能**的有效**变换和控制**的一门技术。



1.1 什么是电力电子技术？



信息电子技术——信息处理

电力电子技术——电力变换

电子技术一般即指信息电子技术，**广义而言**，也包括**电力电子技术**。



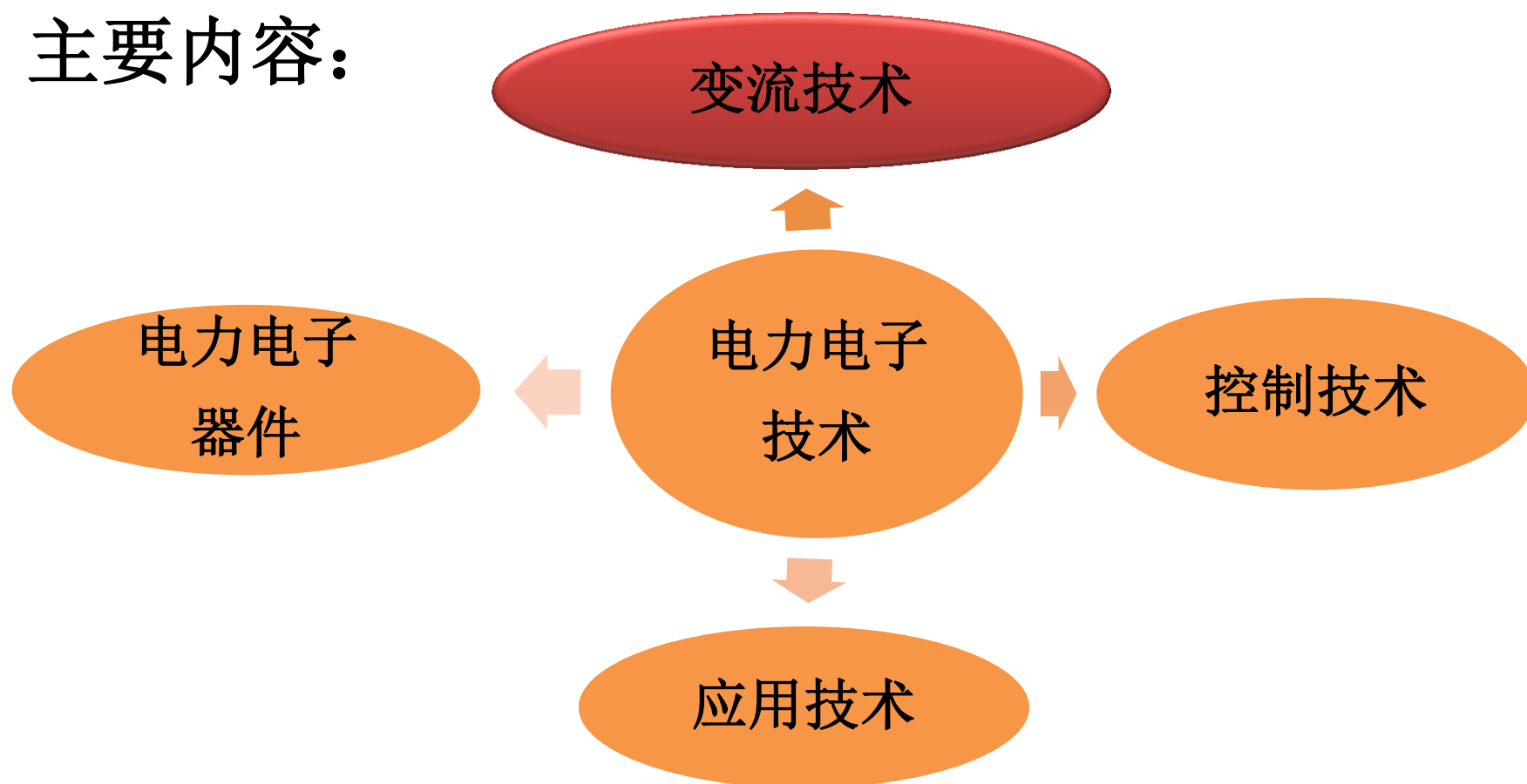
1.1 什么是电力电子技术？

- 电力电子技术——将电子技术和控制技术引入传统的电力技术领域，利用半导体电力开关器件组成各种电力变换电路，实现电能的变换和控制，被国际电工委员会命名为电力电子学 (Power Electronics) 或称为 电力电子技术 (Power Electronic Technology)。
- 目前电力电子器件 (Power Electronic Devices)均用半导体制成，故也称电力半导体器件 (Power Semiconductor Devices)。
- 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**。



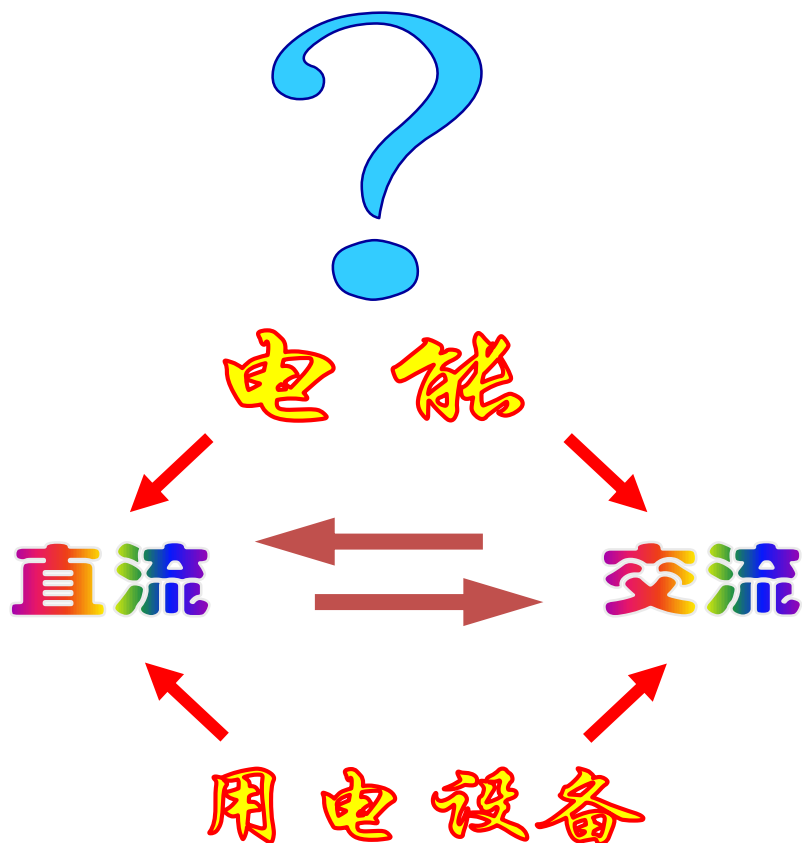
1.1 什么是电力电子技术？

主要内容：



1.1 什么是电力电子技术？

- 为什么要进行电力变换（变流）？





1.1 什么是电力电子技术？

● 电能变换方式

输入 输出	交流（AC）	直流（DC）
直流（DC）	<u>整流</u> （3）	<u>直流斩波</u> （5）
交流（AC）	<u>交交变换</u> （6）	<u>逆变</u> （4）

1.1 什么是电力电子技术？

◆整流：将交流电变换成可调的直流电。



工业：电炉的温度控制、直流电动机转速控制、同步发电机励磁调节、电镀电解等

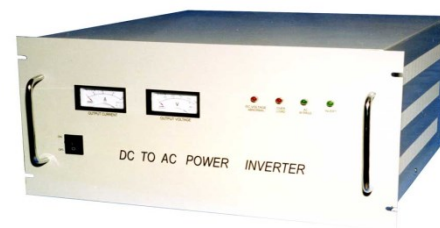
生活：各种电源、充电器……

1.1 什么是电力电子技术？

- 逆变：将**直流电**变换成可调的**交流电**。



有源逆变、无源逆变
变频电路、电动机制动、
不间断电源UPS



1.1 什么是电力电子技术？

◆ 直流斩波：将**直流电**变换为另一种固定电压或可调电压的**直流电**。



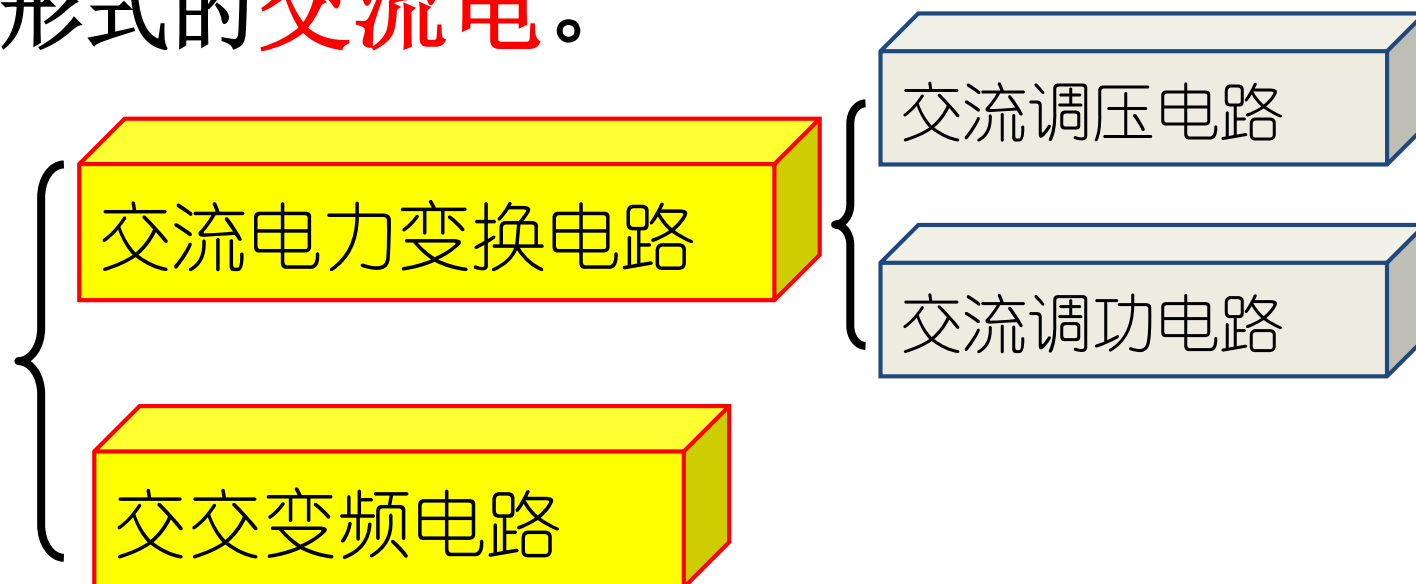
应用





1.1 什么是电力电子技术？

◆交交变换：将一种形式的**交流电**变换为另一种形式的**交流电**。



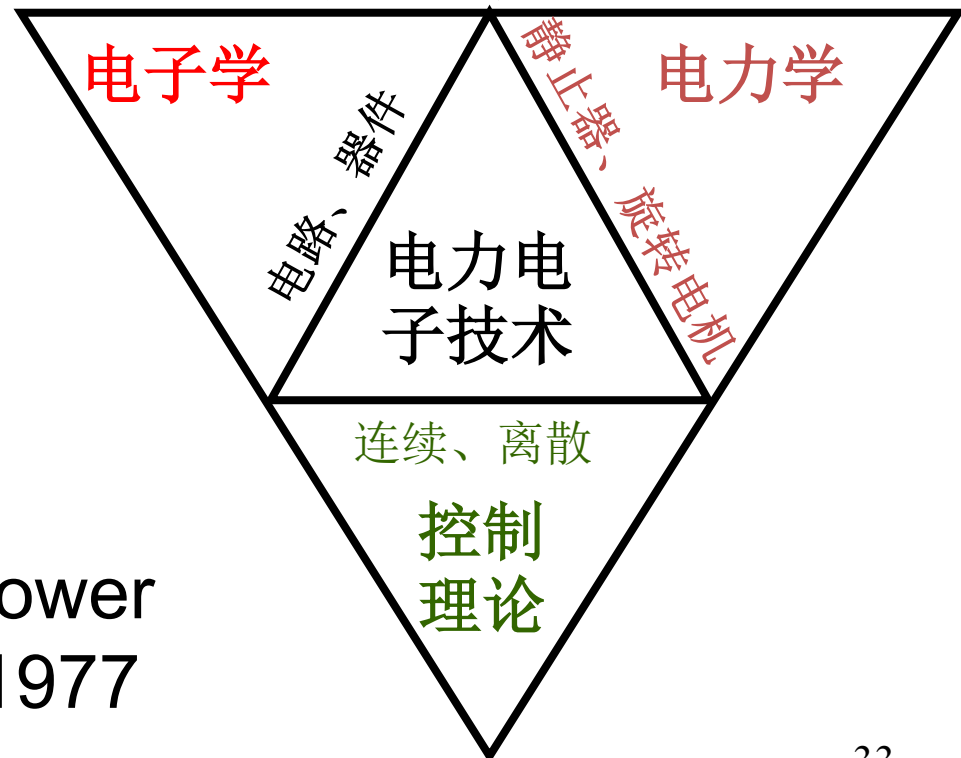
1.1 什么是电力电子技术？

■ 电力电子学

美国学者W. Newell, 1974年提出电力电子学是由**电力学**、**电子学**和**控制理论**三个学科交叉而形成。



William E. Newell Power
Electronics Award 1977



1.1 什么是电力电子技术？

◆ 电力电子技术和电子学

- 电力电子器件的制造技术和用于信息变换的电子器件制造技术的理论基础（都是基于半导体理论）是一样的，其大多数工艺也是相同的。



663A/4.5kV IGCT



4kA/4.5kV IGCT



- 电力电子电路和信息电子电路的许多分析方法也是一致的。



1.1 什么是电力电子技术？

◆ 电力电子技术和**电力学**

□ 电力电子技术**广泛用于****电气工程**中，这是电力电子学和电力学的主要关系。

- ✓ 高压直流输电 (High-Voltage DC Transmission)
- ✓ 静止无功补偿(Static VAR Compensate)
- ✓ 电力机车牵引 (Electrical Power Motorcycle Driving)
- ✓ 交直流电力传动(AC/DC Power Driving)
- ✓ 电解 (Electrolyze)
- ✓ 励磁 (Excitation) --发电机
- ✓ 电加热 (Electric Power Heating)
- ✓ 高性能交直流电源 (High-Performance AC/DC Power Supply)

□ 通常把电力电子技术归属于**电气工程学科**。



1.1 什么是电力电子技术？

◆ 电力电子技术和控制理论

- **控制理论** 广泛用于电力电子技术，使电力电子装置和系统的**性能满足**各种需求。
- 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**是实现该接口的强有力**纽带（软件算法）**。
- 控制理论和自动化技术密不可分，而**电力电子装置**是自动化技术的**基础元件和重要支撑技术**。



第1章 绪论

Chapter 1: Introduction

1.1 什么是电力电子技术?

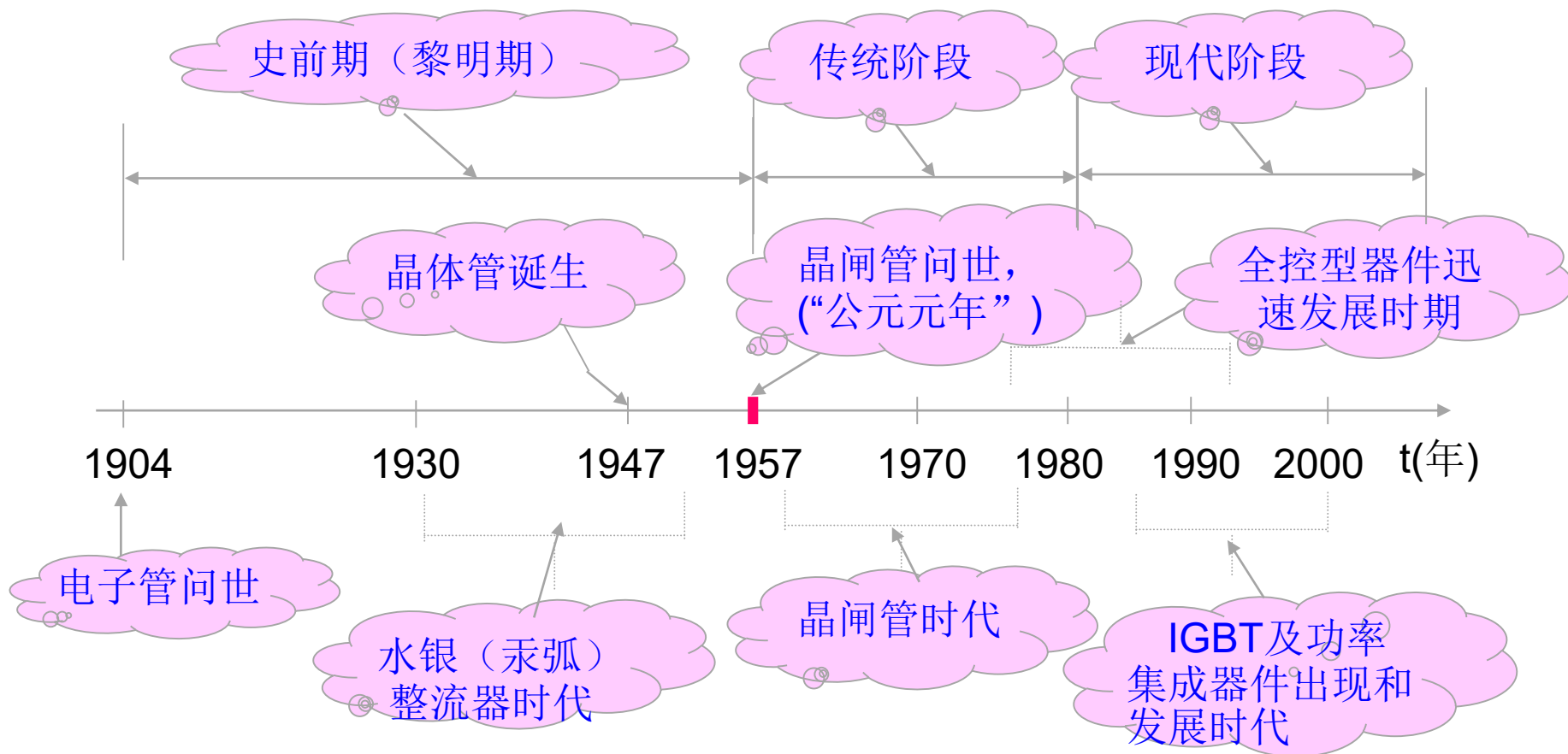
1.2 电力电子技术的发展史

1.3 电力电子技术的应用

1.4 课程安排与考核



1.2 电力电子技术的发展史





1.2 电力电子技术的发展史

□ 变流电路与控制的发展

传统电力电子技术以**整流为主导**，以移相触发、PID模拟控制方式为主。

80年代后，随着高频全控型器件的出现，使**逆变、斩波电路**的应用日益广泛。

变流电路的**优势**：

- (1)体积小、重量轻、无噪声即维护方便
- (2)控制性能好、响应快、控制灵活
- (3)效率高、节约能源

变流电路的**缺点**：

- (1)过载能力低
- (2)某些工作条件下功率因数低
- (3)对电网会有“公害”



1.2 电力电子技术的发展史

□ 变流电路与控制的发展

控制技术是改变变流电路的性能和效率所不可缺少
的关键技术之一。

相控技术

PWM控制技术

软开关技术



第1章 绪论

Chapter 1: Introduction

1.1 什么是电力电子技术？

1.2 电力电子技术的发展史

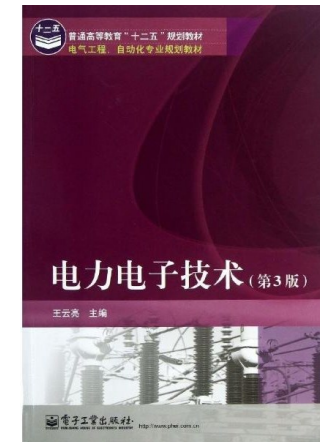
1.3 电力电子技术的应用

1.4 课程安排与考核

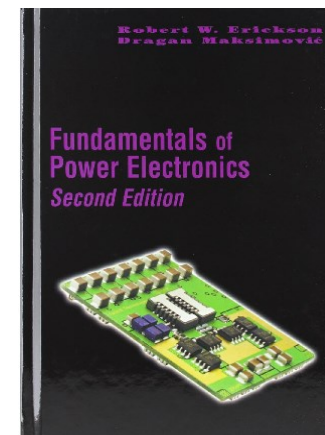
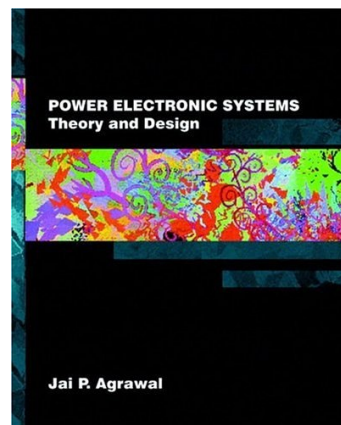
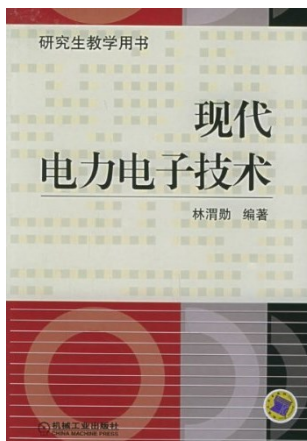


1.4 课程安排与考核

教材与参考书



本科
教材



研究生
教材



1.4 课程安排与考核

内 容		学时	第1到10周
第1章 绪论		2	
第2章 电力电子器件		6	
第3章 整流电路		8	
第4章 逆变电路		4	
第5章 直流-直流变流电路		4	
第6章 交流-交流变流电路		4	
第7章 PWM控制技术		2	
第8章 软开关技术		1	
第9章 电力电子器件应用的共性问题		自学	
习题课与总复习		1	第11到14周
仿真实验		8	
合计		40	

第一部分 全书的基础

第二部分 全书的主体

第三部分 全书的深入



1.4 课程安排与考核

课程的学习方法和要求

1、课程的性质

专业基础强、紧密联系实际应用

2、课程的地位

为后续**专业课程**提供技术基础，为学生毕业后从事电力传动、控制领域的管理和技术工作打下基础。



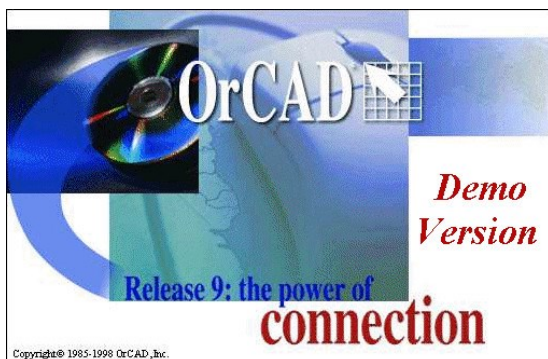
1.4 课程安排与考核

课程的学习方法和要求

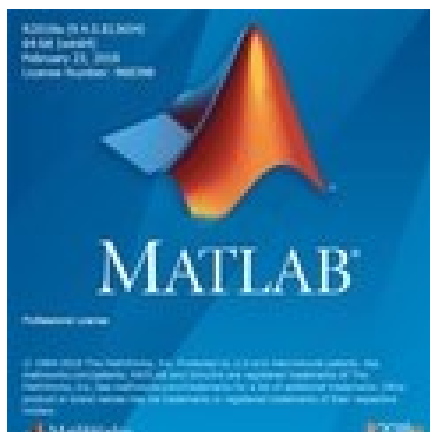
□课程的学习要求

- 熟悉和掌握晶闸管SCR、电力MOSFET、IGBT等电力电子器件的结构、原理、特性和使用方法；
- 熟悉和掌握各种基本的的整流电路、直流斩波电路、交流—交流电力变换电路和逆变电路结构、工作原理、波形分析和控制方法。
- 掌握PWM技术的工作原理和控制特性，了解软开关技术的基本原理。

□理论学习与电路原理仿真结合方法



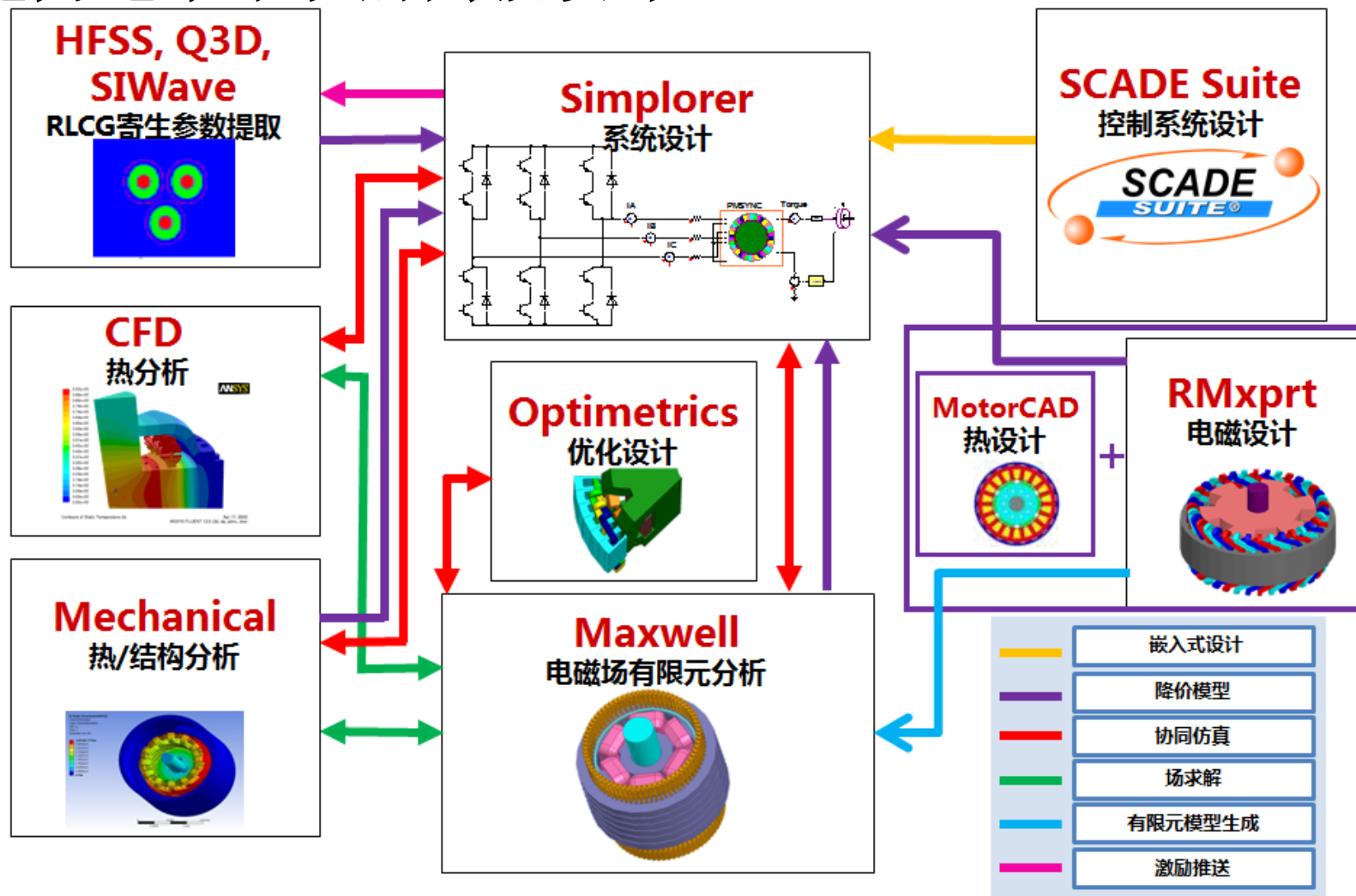
电路：器件级的很细致仿真（nS~uS）



控制与系统级仿真（uS~mS）

电力系统仿真(mS~S)

□ 电力电子系统的高级设计





1.4 课程安排与考核

考核形式

成绩构成:

平时成绩 (**20%**)

实验成绩 (**20%**)

期末成绩 (**60%**)

平时成绩 (**20%**) = 考勤 (**10%**) + 作业 (**10%**)



小结

一、电力电子技术的定义

定义、分支、与其它学科的关系

二、电力电子技术的发展史

三、电力电子技术的应用：

工业、交通、电力、电子装置、电器

五、课程的内容安排

六、学习要求



本章结束