



电力牵引传动与控制

第一章 绪论

苟 斌 副教授

Email: bingo@swjtu.edu.cn

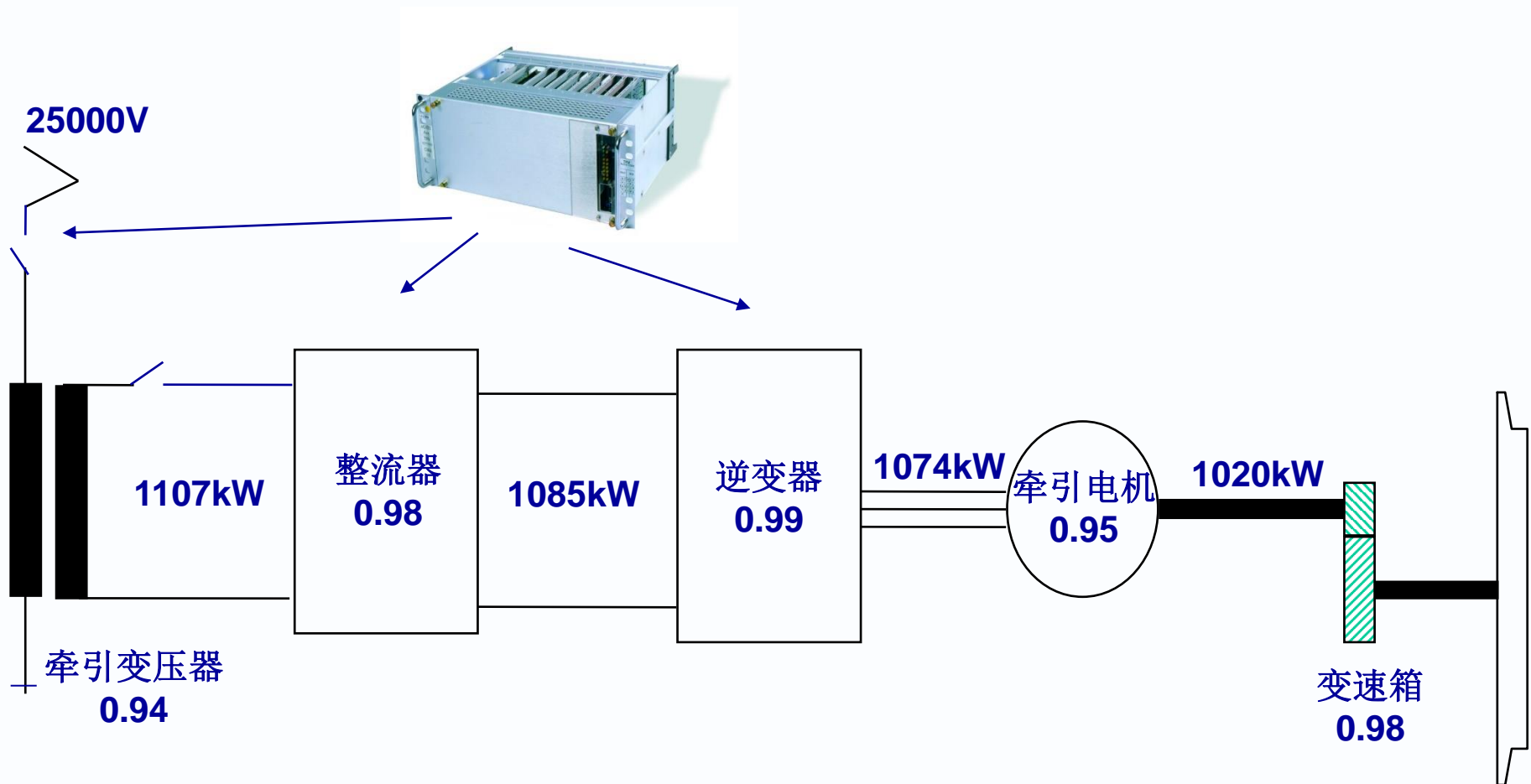
2022 年 3 月

西南交通大学电气工程学院





本课程主要内容



电力牵引传动系统的构成

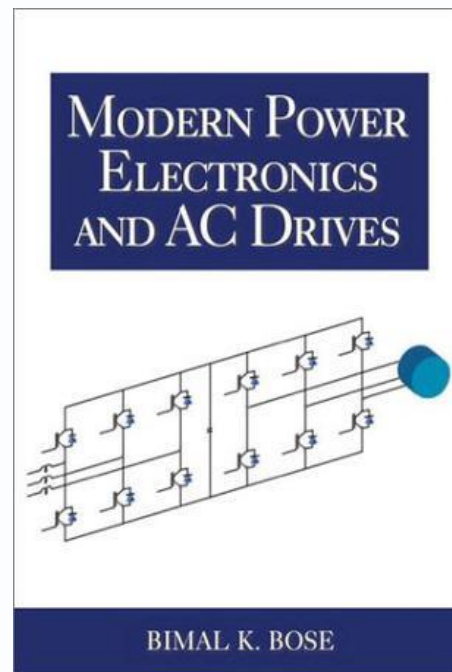
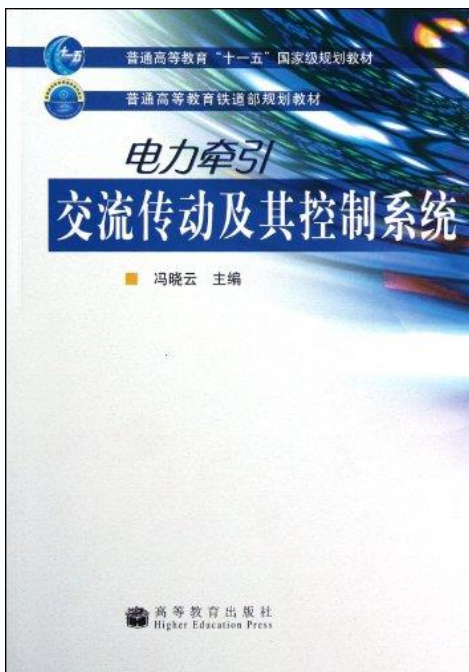


本课程主要内容

- 牵引传动系统的构成、各组成部分的工作原理、功能及与外部系统的接口等
- 列车牵引特性、变频调速异步电机的运行方式、控制方式等
- 牵引变流器的主电路及其工作原理
 - 脉冲整流器
 - 牵引逆变器
- 牵引传动控制策略与原理
 - 矢量控制原理及其控制系统
 - 直接转矩控制及其控制系统



本课程主要参考教材



参考教材



绪论内容

- 交流传动技术发展
- 交流传动系统应用领域
- 电力电子技术的发展及其应用
- 交流传动技术的发展方向



1. 交流传动技术发展

- 电力传动诞生于19世纪，20世纪初被广泛应用于工业、农业、交通运输和日常生活中。
- 执行机构由直流电动机驱动，则称为直流传动系统，由交流电动机驱动，则称为交流传动系统。
- 根据负载对象的运行要求，电气传动可分为恒速系统和调速系统。



1. 交流传动技术发展

- 在20世纪30年代，人们已经认识到变频调速是交流电动机一种最理想的调速方法。

为什么当时没有采用呢？



1. 交流传动技术发展

- 60年代，随着电力电子技术的发展和变频调速装置的研制成功，交流调速方法重新受到人们的重视，成为电动机调速的发展方向。
- 70年代中期，在世界范围内出现能源危机，节约能源成为人们关注的问题。



1. 交流传动技术发展

- 90年代以来，随着大功率电力电子器件和微电子技术的飞速发展，以及现代控制理论和控制技术的应用，交流传动调速技术取得了突破性的进展
- 目前，交流传动已经作为一种完全肯定的系统，正大举进入电气传动调速控制的各个领域



2. 交流传动系统应用领域

- 在工业传动领域中的应用
- 在电力牵引领域中的应用



2.1 在工业传动领域中的应用

- 在风机水泵机械中的节能应用
- 在高性能、高精度传动机械上的应用
- 在高速、宽调速传动机械上的应用
- 在快响应传动机械上的应用



2.1 在工业传动领域中的应用

● 在风机水泵机械中的节能应用

- 风机、泵类、压缩机和空调制冷的用电量分别占全国用电量的10.4%、20.9%、9.4%和6%，系统效率的提高，对节约电能意义十分重大。
- 风机、泵、压缩机产品效率比国外先进水平低2~4个百分点



2.1 在工业传动领域中的应用

● 在高性能、高精度传动机械上的应用

在钢铁、化纤、纺织等机械传动的调速系统中，要求控制系统有较高的调节精度。采用交流变频调速系统，能够使生产线协调运行。系统不仅能以快速响应来确保加减速或恒速运行时的稳定性，而且能以高精度的转矩控制来确保产品质量



2.1 在工业传动领域中的应用

● 在高速、宽调速传动机械上的应用

在机床类加工机械的传动系统中，保持恒线速度切削是最佳运行模式。在工件大直径部分转速较低，而在工件小直径部分则要求高转速运行。当工件直径按锥形变化时，传动轴的速度则要求连续平滑的变化。采用高速、宽调速范围传动系统的变频器，可以满足其要求



2.1 在工业传动领域中的应用

● 在快响应传动机械上的应用

所谓快响应系统，是指实际速度对于速度指令的变化跟踪得快，或者是从急剧负载变化引起的过渡性速度变化中恢复得快的系统，这类负载如轧机、冲孔机等。采用逆变器转差闭环的控制以后，系统能够达到快速响应的要求。



2.2 在电力牵引领域中的应用

1971年原西德研制了第一批DE2500型交流传动内燃机车

1980年，原西德又将第一批E120型交流传动干线电力机车投入运行

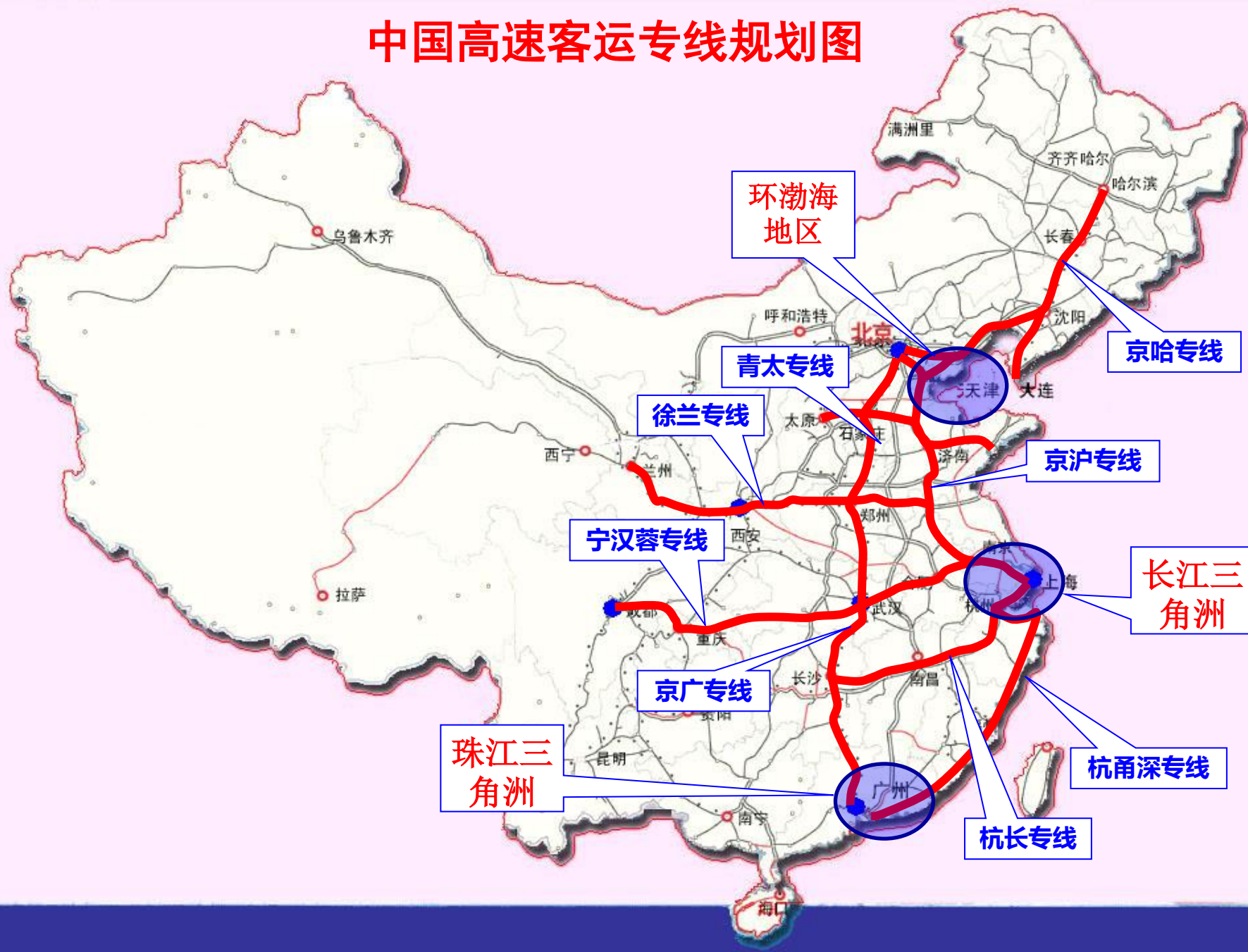
80年代~今：德国、法国、日本等各国家已研制出多种型号的三相交流电力机车、交流电传动内燃机车和高速电动车组



我国铁路规划一

- 2004年中长期铁路网规划
 - 全国铁路里程10万公里以上 (2020年)
 - 客运专线1.2万公里
 - 四纵四横快速通道
 - 三个城际客运系统

中国高速客运专线规划图





我国铁路规划二

- 2008年中长期铁路网调整规划
 - 全国铁路里程12万公里以上（2020）
 - 高速铁路里程1.8万公里（2020）
 - 高速铁路里程1.3万公里（2012）
 - 350公里速度等级8000公里
 - 250公里速度等级5000公里
 - 城际客运系统：环渤海、长江三角洲、珠江三角洲、长株潭、成渝以及中原城市群、武汉城市圈、关中城镇群、海峡西岸城镇群

中长期铁路网规划调整方案示意图





我国铁路规划三

- 2020年，铁路网规模15万公里，其中高速铁路3万公里
- 2025年，铁路网规模17.5万公里，其中高速铁路3.8万公里
- 远期（2030年后），铁路网规模20万公里，其中高速铁路4.5万公里

中国高速铁路网 中长期(2030年) 规划示意图

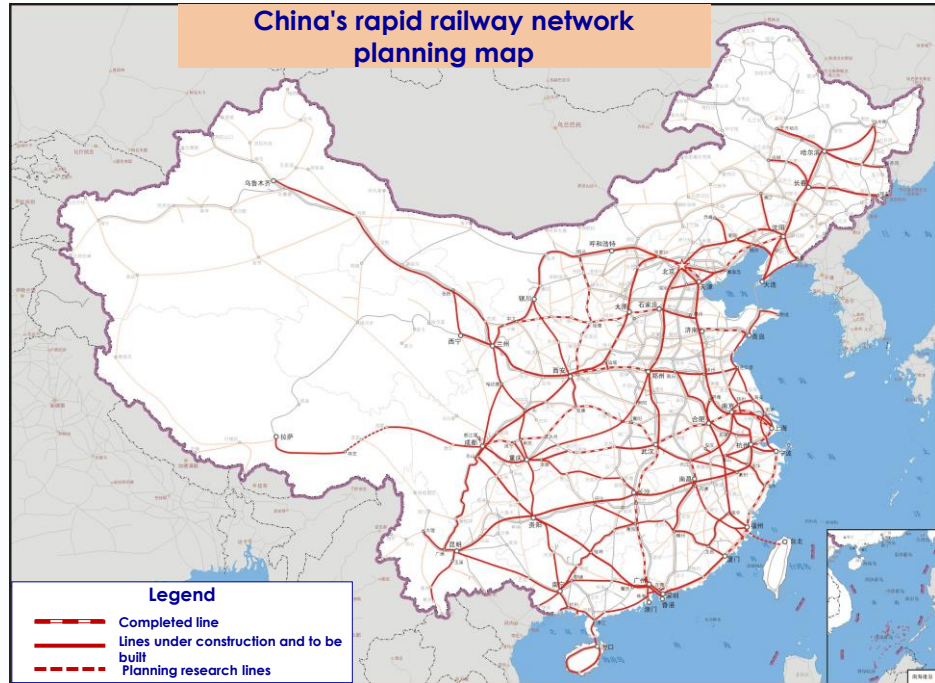




轨道交通概括

截至到2020年底，中国高铁已超3.79万公里。

截至到2021年底，中国高铁已超4万公里，初步统计4.1万公里。



CRH1



CRH2



CRH380AL



CR400AF



我国交流传动技术的动车组

● 高速动车组：

- 和谐号CRH1 （四方股份与庞巴迪合作）
- 和谐号CRH2 （四方与川崎公司合作）
- 和谐号CRH3 （唐山股份与西门子合作）
- 和谐号CRH5 （长客股份与阿尔斯通合作）



CRH1高速动车组



**CRH1型动车组主要用于
城际间的中短途运输**





CRH2 高速动车组

CRH2型动车组主要配属在北京以南地区





CRH3 高速动车组

CRH3型动车组主要配属在时速300公里城际铁路和客运专线





CRH5 高速动车组

CRH5型动车组主要配属在北方地区





CRH380 高速动车组

和谐号CRH380B高速动车组



和谐号CRH380A高速动车组





中国标准动车组





我国交流传动大功率机车

● 高速货运电力机车

- 和谐型HX_D1 (株洲厂与西门子)
- 和谐型HX_D2 (大同厂与阿尔斯通)
- 和谐型HX_D3 (大连厂与东芝、庞巴迪)
- 和谐型HX_N3 (大连厂与EMD)
- 和谐型HX_N5 (戚墅堰厂与GE)



和谐型HXD1电力机车



和谐型（HXD1）大功率交流传动货运电力机车



和谐型HXD2电力机车



和谐型（HXD2）大功率交流传动货运电力机车



和谐型HX_D3电力机车





和谐型HX_{N3}内燃机车



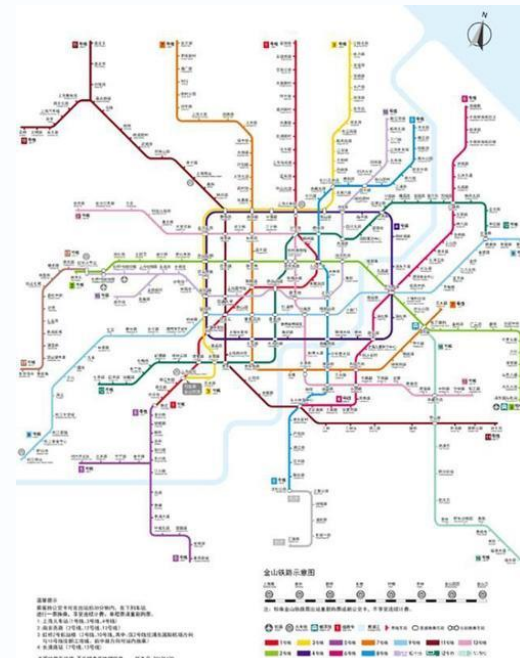


和谐型HX_N5内燃机车





成都：557.8公里——全国第四





2.2 在电力牵引领域中的应用

电力牵引采用交流传动具有如下优点

- 有良好的牵引性能
- 电网功率因数高、谐波干扰小
- 功率大、体积小、重量轻、运行可靠
- 动态性能和粘着利用好



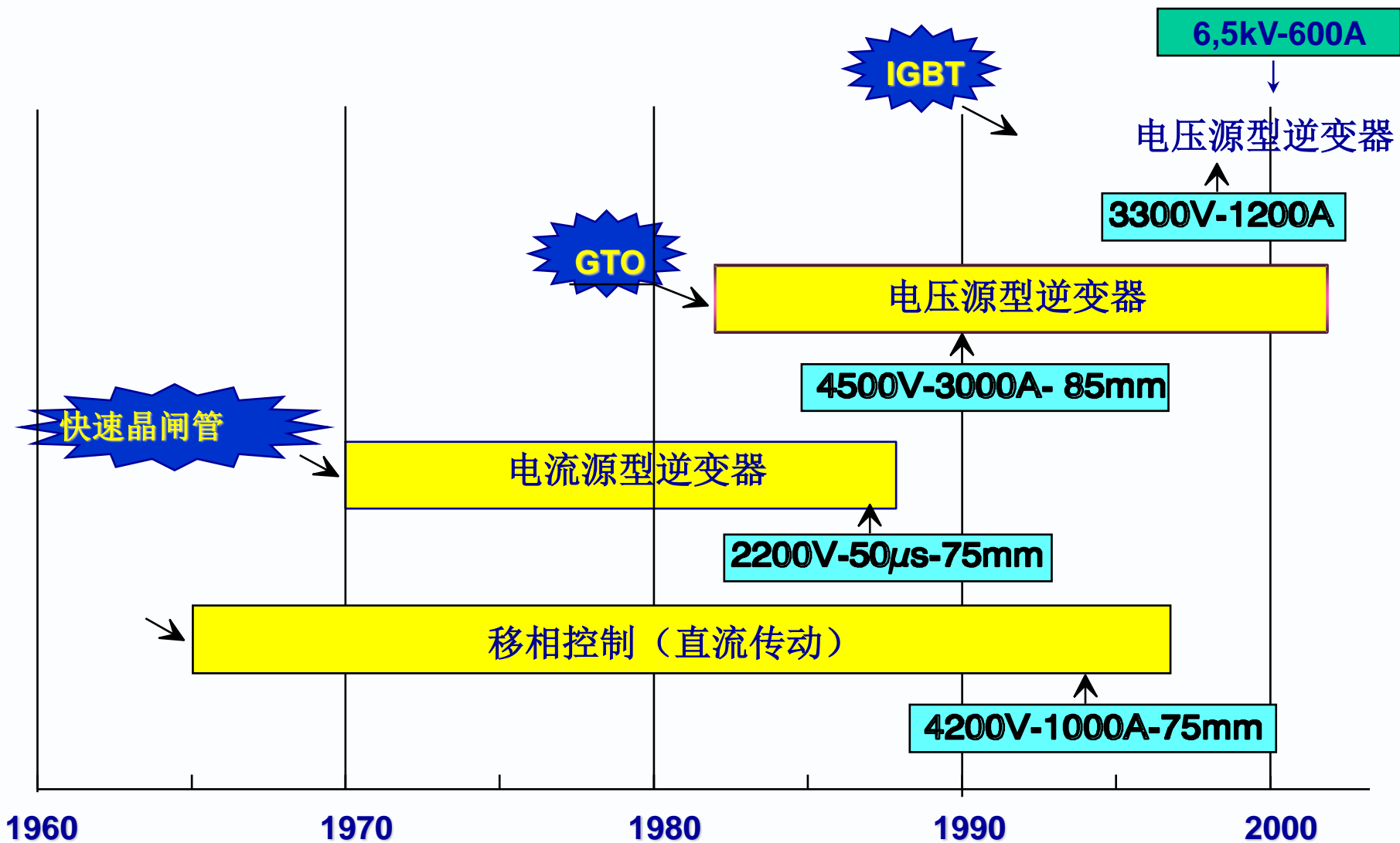
3. 电力电子技术的发展及其应用

- 电力电子器件分为三大类：

- 单极型
- 双极型
- 复合型



3. 电力电子技术的发展及其应用

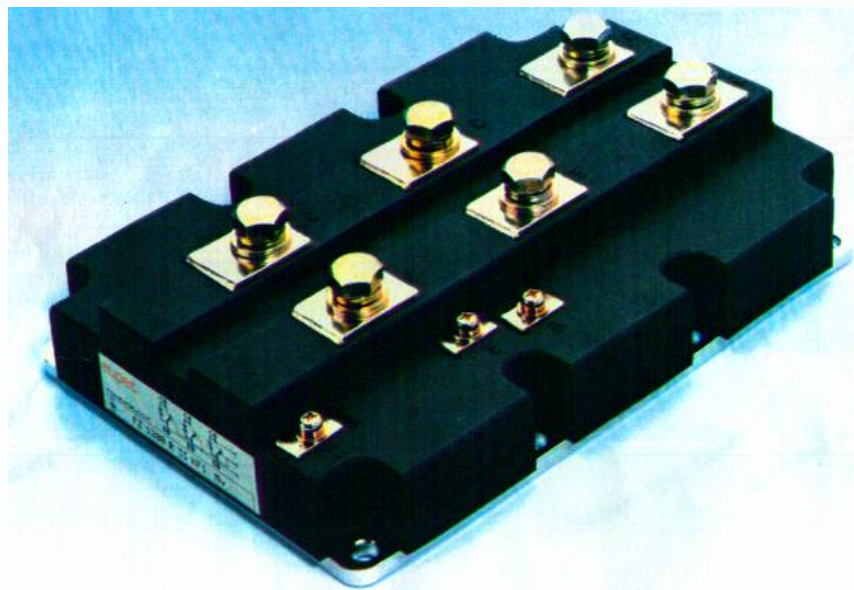




3. 电力电子技术的发展及其应用

● IGBT简介

- 可以取消缓冲电路
- 简单的门驱动电路
- 显著降低门控电路功耗
- 绝缘集成在模块中
- 安装方便, 不需要专用工具
- 尺寸、重量和费用低于GTO
- 容易实现大电流的并行控制
- 过流、过压保护由门电路控制实现





3. 电力电子技术的发展及其应用

● 电力电子技术的应用领域

- 在交通运输领域的应用
- 电子技术及装置在电力系统中的应用



3. 电力电子技术的发展及其应用

● 在交通运输领域的应用

- 电动汽车
- 高速列车
- 大功率重载机车
- 城轨地铁车辆
- 磁浮列车
- 全电船舶
- 全电飞机



3. 电力电子技术的发展及其应用

● 在电力系统中的应用

- 可再生资源发电
- 高压直流输电
- 传统交流电网改造
- 谐波治理
- 智能微网
- 储能



4. 交流传动技术的发展方向

● 电力电子器件

- 大功率、高电压、大电流
- 智能化
- 高频、快关断
- 低耗易驱动
- 复合化、模块化、智能化



4. 交流传动技术的发展方向

● 控制规则与控制原理

多变量、非线性、时变、强耦合系统，
系统模型相当复杂、不可能精确测量

- 矢量控制
- 直接转矩控制
- 变结构控制
- 自适应控制系统
- 预测控制



4. 交流传动技术的发展方向

● 变流器控制技术

- 控制器 → PID 或其它类型调节器
- 四象限整流器 → PWM控制
- 逆变器 → PWM控制



4. 交流传动技术的发展方向

● 变频电机

- 根据选用逆变器类型的不同，异步电动机参数有不同的设计方案
- 提高低速转矩特性和扩大高速恒功范围。
- 高速运转的技术问题
- 高动态响应的技术问题



4. 交流传动技术的发展方向

● 牵引传动新技术：

- 电力电子变压器技术
- 无速度传感器技术
- 无齿轮箱直接驱动控制技术
- SiC牵引变流器技术
- 其它新技术...



教学模式

- 1-17周上课，考试周考试
- 15周授课，1周实验课，1周现场专家授课
- 两个专题
 - 学生分组完成书面报告
 - 分组ppt汇报交流
 - 成绩互评



考试考核

● 平时成绩占比60%

- 出勤及作业提交表现10%
- 专题书面报告30%
- 汇报交流20%
- 实验10%
- MOOC学习30%

● 期末考试占比40%



● 慕课堂学习

- 加入MOOC
- 进入慕课堂
- 线上学习
- 参与讨论
- 完成作业及测试

《电力牵引传动与控制》第一章和第二章教学视频已发布，请大家在3月18日之前去完成第一章单元测试。