

# 高速电机系统的 研究与应用

沈建新

2016/6/23

浙江大学 电气工程学院 电机工程学系 航天电气与微特电机研究所  
地址：浙江省杭州市浙大路38号， 邮编：310027， 电话：0571-87953094



# 沈建新

手机：13516720885

邮箱：J\_X\_Shen@zju.edu.cn

网页：<http://mypage.zju.edu.cn/jxs>

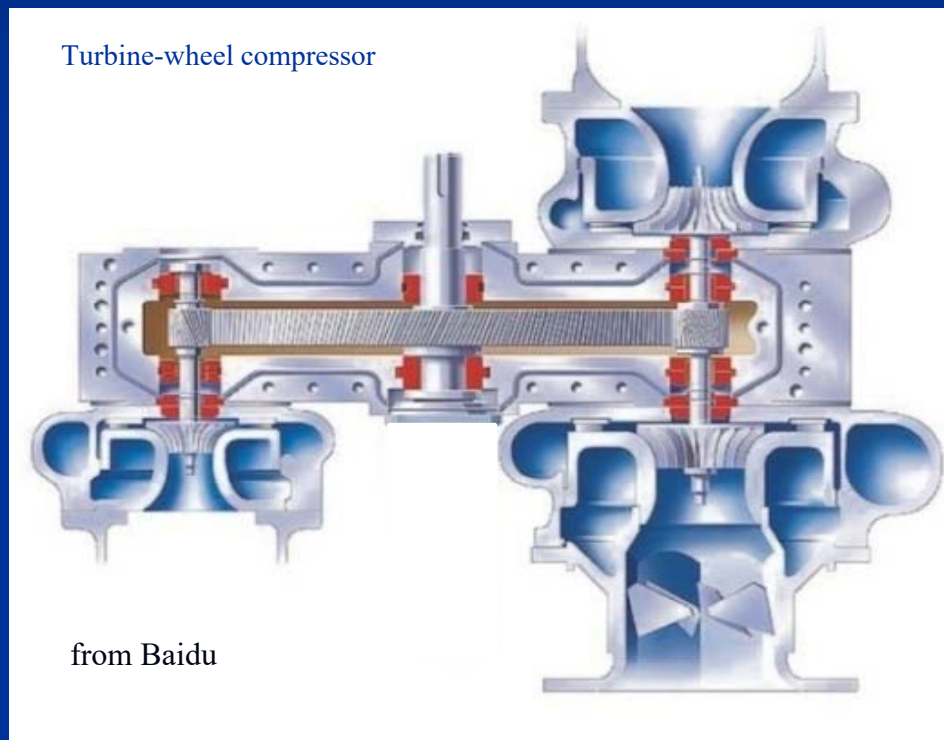
QQ/微信：1740559160

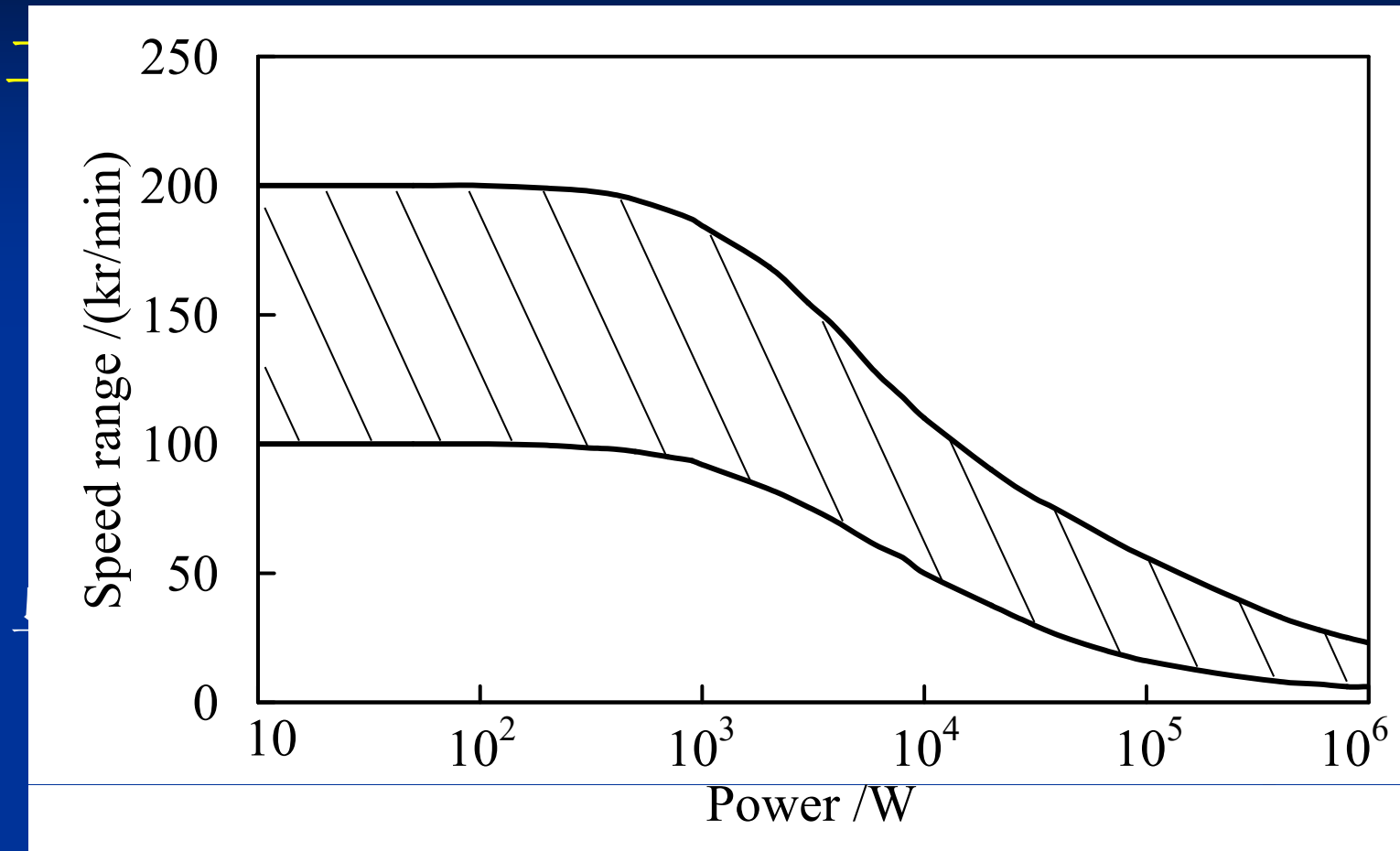
主要从事永磁电机研发

——设计、控制与应用



## 一、高速电机系统具有诸多优势！





### 三、高速电机应用广泛、潜力巨大!

- . 大型高速风机、高速空气压缩机
- . 大功率空调高速压缩机、航空空调高速压缩机
- . 航空起发电机、飞轮储能装置、燃气轮发电机
- . 余热能发电、发动机尾气发电
- . 医疗设备
- . 电主轴
- . 木工雕刻机、磨光机
- .....



## 高速空气压缩机 （浙江大学研制）

15kW, 88krpm 柴油机电动涡轮增压器，  
省油~5%，高动态响应。

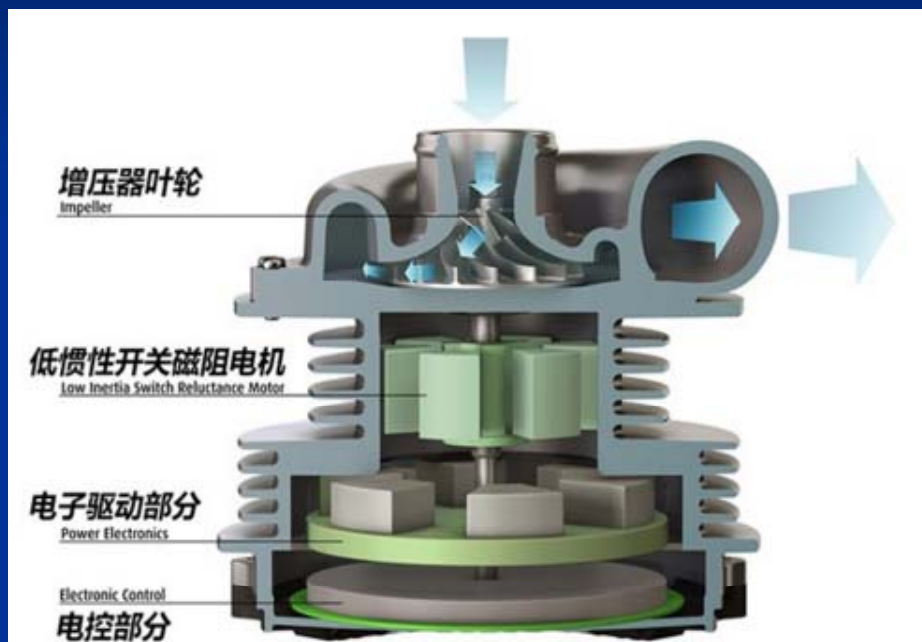


# 高速空气压缩机      （浙江大学研制）

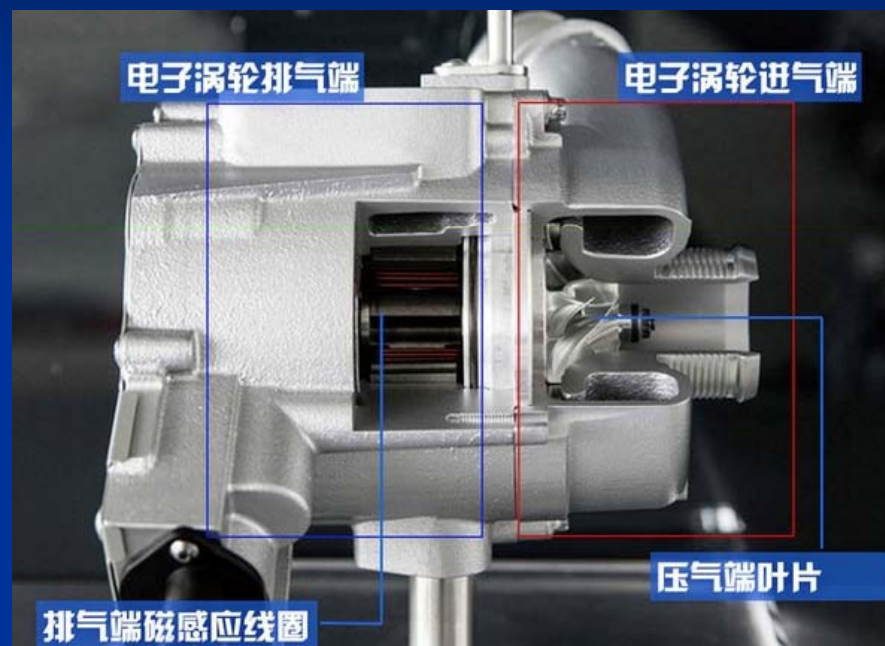
3kW, 120krpm电动涡轮增压器电机、燃料电池空气压缩机



# 高速空气压缩机



法雷奥电子涡轮增压器示意图  
(from Baidu)



奥迪电子涡轮增压器  
(from Baidu)



# 高速空调压缩机      （浙江大学研制）

20kW, 70krpm 高速空调压  
缩机电机，  
44kg → 14kg。



## 高速空气/空调压缩机电机典型产品

- 丹佛斯（应用于商业空调离心式冷水机组）
  - 转速0~48,000rpm
  - 电机功率范围45kW~130kW
  - 采用磁悬浮轴承作为支撑结构
  
- 韩国K-TURBO公司（应用于商业空调离心式冷水机组及高速离心式曝气机）
  - 转速35,000rpm~200,000rpm
  - 电机功率范围18kW~440kW
  - 采用空气轴承作为支撑结构
  - 采用sensorless 控制



## 高速空气/空调压缩机电机典型产品

- 国内南车株洲电机有限公司（应用于高速压缩机）
  - 转速18,000rpm
  - 电机功率165kW
  - 采用磁悬浮轴承作为支撑结构
- 江苏金通灵流体机械股份有限公司（应用于高速压缩机）
  - 转速16,800rpm
  - 电机功率330kW
  - 采用SKF磁悬浮轴承



# 电主轴高速电机 (浙江大学研制)



无刷直流电机  
350W, 60krpm  
高光机



感应电机  
3kW, 30krpm  
加工中心



永磁同步电机 12kW, 18krpm  
加工中心



永磁同步电机 4kW, 24krpm  
钻攻中心

## 电主轴高速电机



汉川机床-钻攻中心，永磁同步电机 4kW, 24krpm，替代进口

浙江大学 电气工程学院 电机工程学系 航天电气与微特电机研究所  
地址：浙江省杭州市浙大路38号， 邮编：310027， 电话：0571-87953094





## 电主轴高速电机



工业机器人高光机，  
永磁无刷直流电机  
350W, 60krpm

浙江大学 电气工程学院 电机工程学系 航天电气与微特电机研究所  
地址：浙江省杭州市浙大路38号， 邮编：310027， 电话：0571-87953094



## 电主轴电机常见规格

### ■ 高速磨削电主轴：

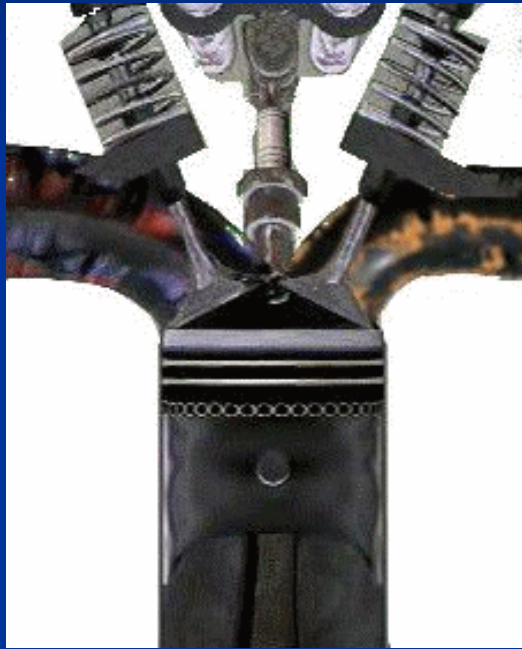
- 转速：3000rpm - 60000rpm
- 功率：0.35kW-4kW（按不同应用场合，所需功率不同）

### ■ 高速钻攻中心电主轴：

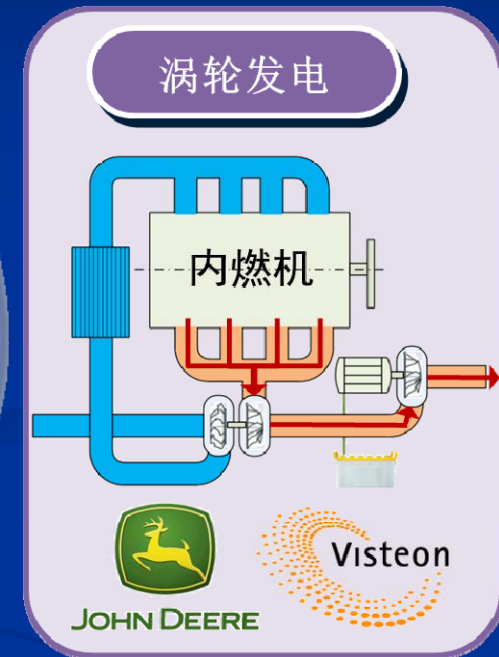
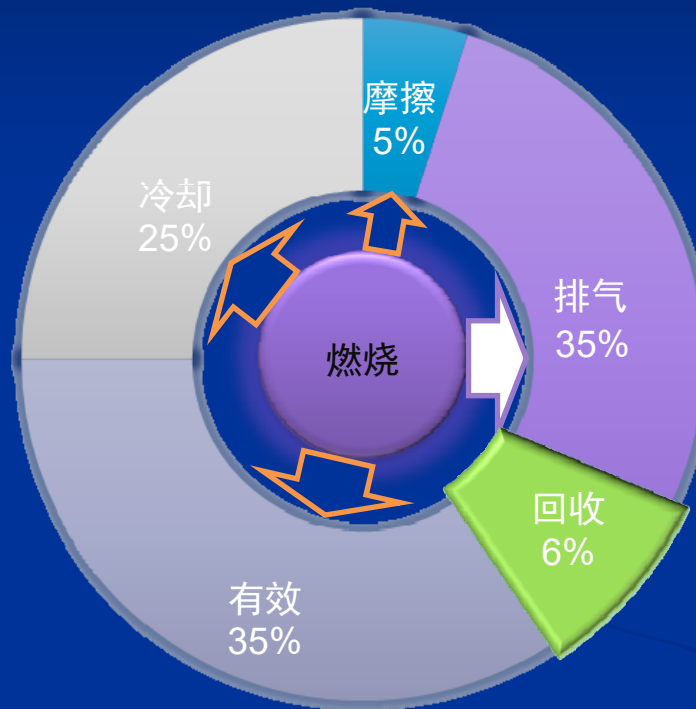
- 钻孔/攻丝：4000rpm - 80000rpm  
（ $\phi$ /M 2-12，适用钢、铸铁、铝、铜等多种材料）
- 低速开粗铣削：2000rpm-6000rpm
- 高速高光铣削：24000rpm-30000rpm
- 功率：4kW-12kW；



# 涡轮发电



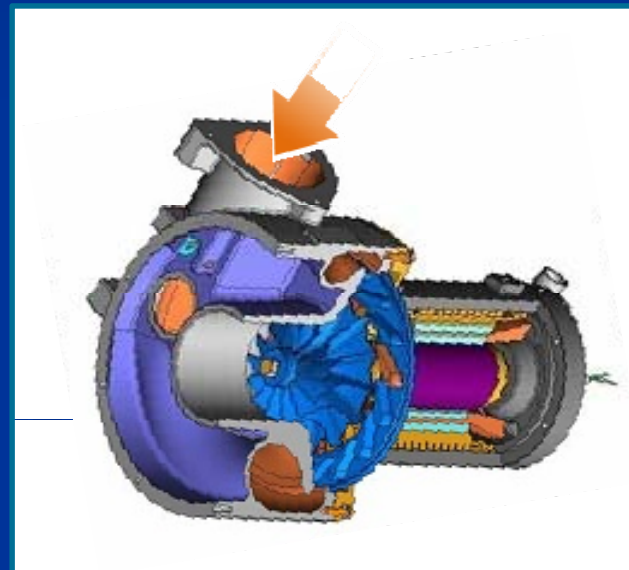
来自973项目(2011CB707204)申报材料



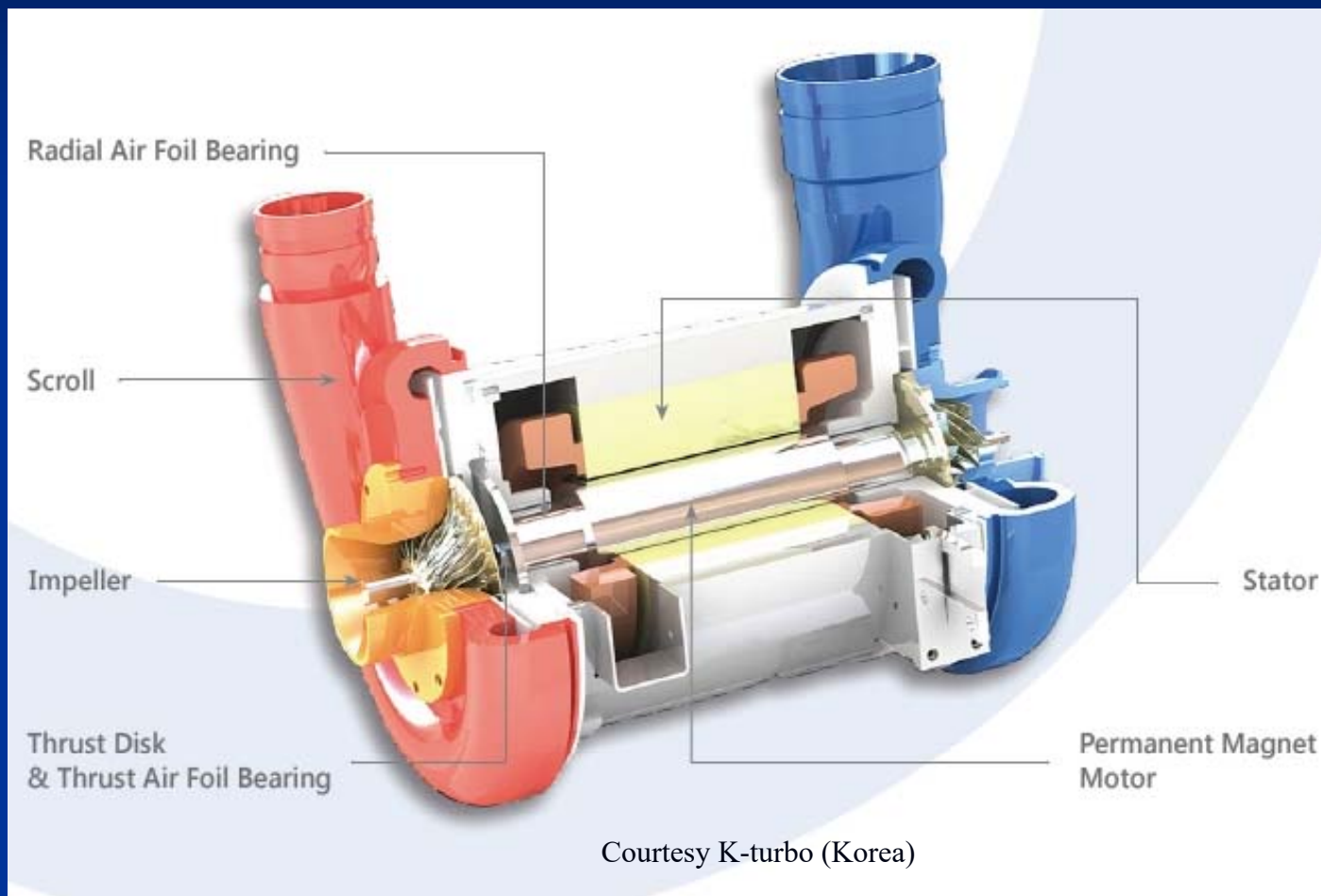


# 涡轮发电 (浙江大学研制)

3kW, 50krpm 高速发电机  
内燃机尾气能量回收



## 电辅助涡轮增压



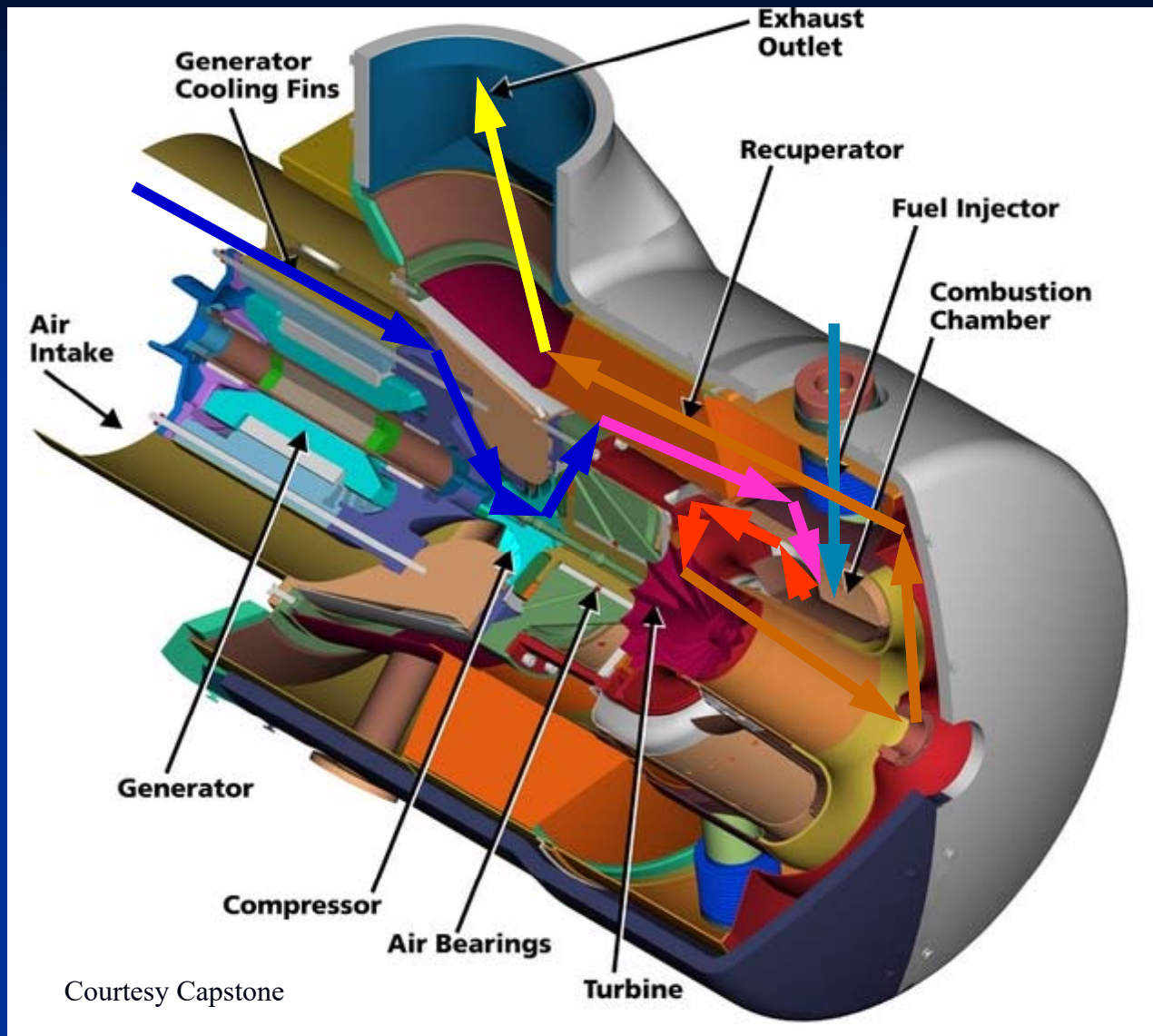
## 燃气轮发电系统



Courtesy Capstone

浙江大学 电气工程学院 电机工程学系 航天电气与微特电机研究所  
地址：浙江省杭州市浙大路38号， 邮编：310027， 电话：0571-87953094





## 浙江大学电机系完成/在研的相关项目:

- 小功率高速永磁电机的结构与控制, ZJNSF (Y104442)
- 中等功率高速永磁电机的结构与控制, NSFC (51077116)
- 发动机尾气能量回收用高速涡轮发电, 973 (2011CB707204)
- 高速永磁发电机及其稳压控制, NSFC (51577165)
- 航空高速空调压缩机电机系统
- 多种规格高速空气压缩机电机系统
- 多种规格燃气轮发电系统的高速电动机、发电机及起发一体机
- 多种规格电主轴电机系统



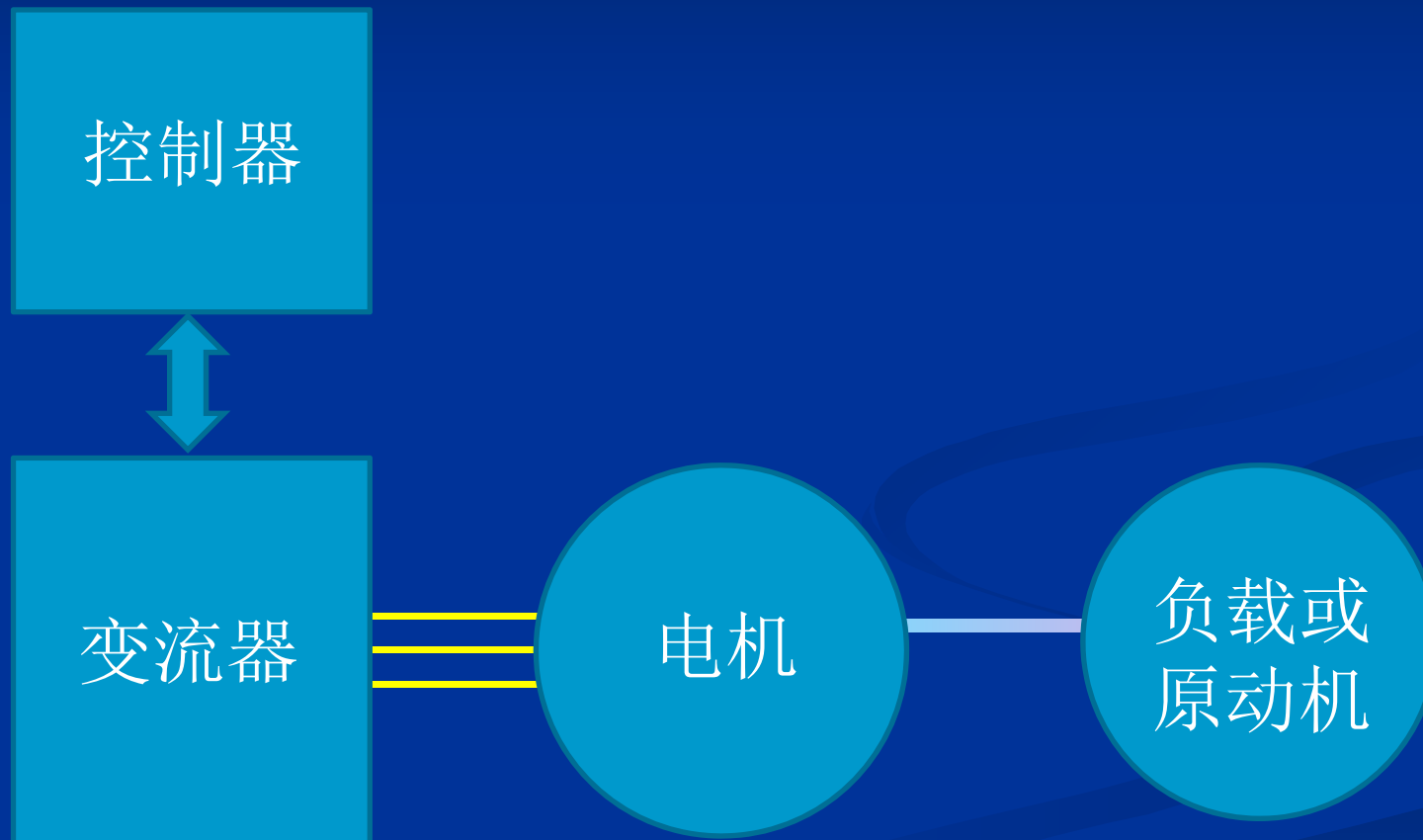
## 四、高速电机结构形式

高速电机一般采用无刷式结构

其中永磁无刷电机（交流永磁电机）是一种常见的形式。电机结构多样，效率较高，控制性较好.....



## 五、高速永磁无刷电机的设计与控制有其特殊性





## 高速永磁无刷电机的设计:

轴承的应用设计

轴系设计

转子力学强度设计

热设计

电磁设计:

普通转速电机中可以忽略的多种电磁损耗!

尤其要重视转子涡流损耗!





## 高速永磁无刷电机的设计:

轴承的应用设计

轴系设计

转子力学强度设计

热设计

电磁设计

多物理场耦合 →

针对高速运行特点，多因素综合优化设计！



## 高速永磁无刷电机的控制：

驱动方式：方波还是正弦？



## 高速永磁无刷电机的控制：

驱动方式

转子位置传感器：有还是无？



## 高速永磁无刷电机的控制:

驱动方式

转子位置传感器

磁场调制



## 高速永磁无刷电机系统:

### 电机本体与驱动控制的协同优化设计

### 基础研究与产业化研究相结合

- 新设计手段
- 新分析方法
- 新工程材料
- 新加工工艺
- 新电子器件
- 新控制策略

### 拓展应用面，以用带研。



# 结语

高速电机系统:

1. 研究 + 应用
2. 电机 + 控制



# 谢谢！



浙江大学 电气工程学院 电机工程学系 航天电气与微特电机研究所  
地址：浙江省杭州市浙大路38号， 邮编：310027， 电话：0571-87953094



2016'微电机前瞻技术与市场发展高峰论坛-深圳 - 20160623

 **VPPC 2016** OCT 17-20, 2016  
 **HANGZHOU**  
**The 13th IEEE Vehicle Power and Propulsion Conference**

[www.vppc2016.org](http://www.vppc2016.org)  
[vppc2016@zju.edu.cn](mailto:vppc2016@zju.edu.cn)

浙江大学 电气工程学院 电机工程学系 航天电气与微特电机研究所  
地址：浙江省杭州市浙大路38号， 邮编：310027， 电话：0571-87953094

