



# 燃料电池控制技术介绍



2019年7月18日



# 大纲

1. 燃料电池系统基本原理
2. 空气供应系统控制技术
3. 氢气供应系统控制技术
4. 水热管理系统控制技术
5. 电堆内部状态诊断技术



# 个人介绍

陈凤祥，男，1978年，同济大学/汽车学院 博士生导师/副教授

2008年1月毕业于上海交通大学/自动控制专业，获博士学位

研究方向：氢燃料电池发动机的建模/控制/集成技术

基础领域：控制理论与控制工程、人工智能

发表论文：近100篇，其中SCI 论文20篇

发明专利：授权发明专利11项

承担项目：国家自然科学基金/国家863/科技部重大仪器专项/国家科技支撑计划等项目/十三五重大专项

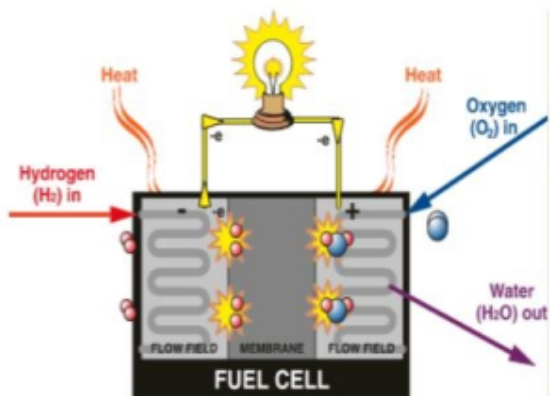
邮箱：fxchen@tongji.edu.cn

手机：13918413603



# 1. 燃料电池系统基本原理

## ■ 电催化反应原理



特点:

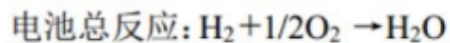
- 1) 效率高(60%)
- 2) 零排放(仅生成水)
- 3) 噪声小
- 4) 温度低(80度左右)
- 5) 启动快



$E_a^0 = 0.00 \text{ V (vs.NHE)}$

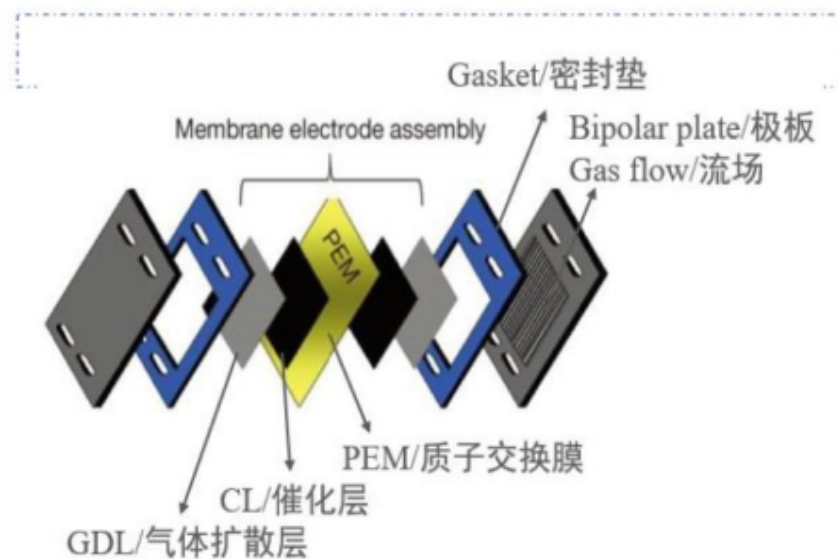


$E_a^0 = 1.229 \text{ V (vs.NHE)}$



$E_{\text{cell}}^0 = 1.229 \text{ V}$

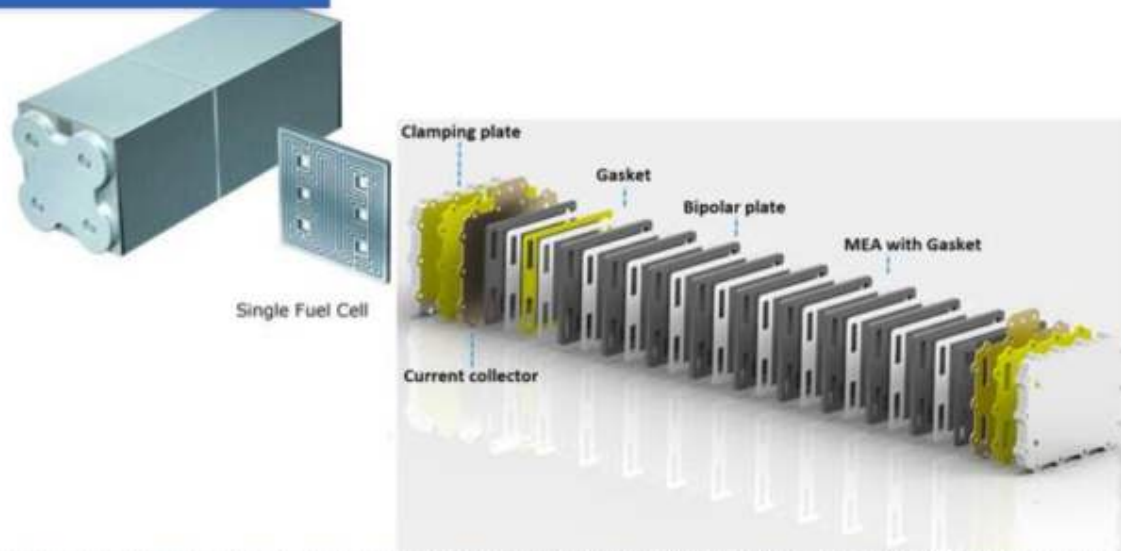
## ■ 单电池结构组成



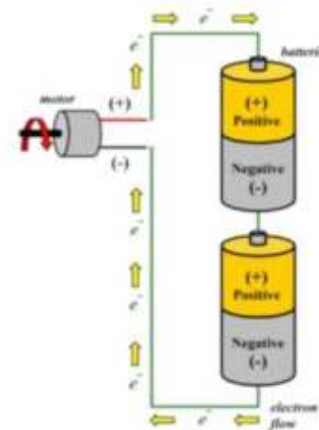


# 1. 燃料电池系统基本原理

## ■ 电堆



类似于电池干电池串联

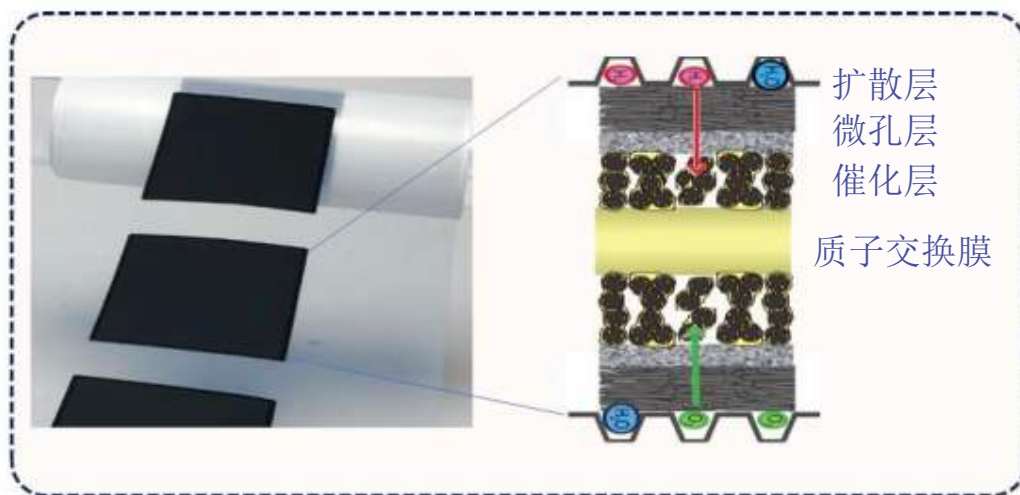


通常情况下，单节燃料电池的工作电压在  $0.6 \sim 0.7 \text{ V}$ 。为达到应用所需的电压和功率要求，需将多个单电池串连在一起组成电堆，如上图所示：一定数量的MEA、双极板和密封件交替重复叠放在一起，两端再分别加装集流板、绝缘板和端板，在一定的压力下组装即可。



# 1. 燃料电池系统基本原理

## ■ 膜电极 (MEA)



膜电极 membrane electrode assembly (MEA)

由电解质膜 (PEM) 和分别位于其两侧的气体扩散层电极 (GDE) 或催化剂涂覆膜 (CCM) 和分别置于其两侧的气体扩散层 (GDL) 通过一定的工艺组合而成。





# 1. 燃料电池系统基本原理

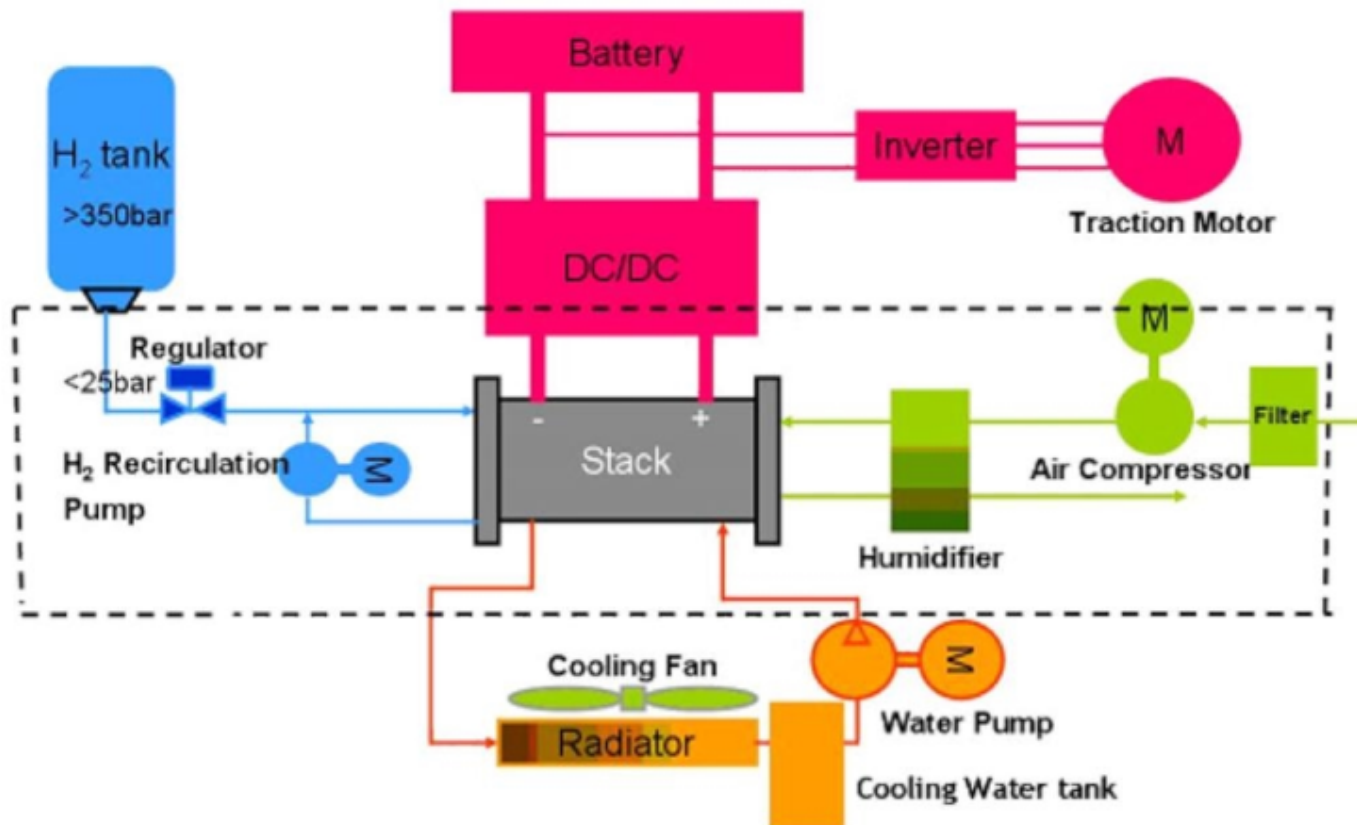
典型FCV 动力系统拓扑结构图



(混合型燃料电池汽车，FC作主动力源，电池为辅助电源)



# 1. 燃料电池系统基本原理



温度

压力

流量

湿度

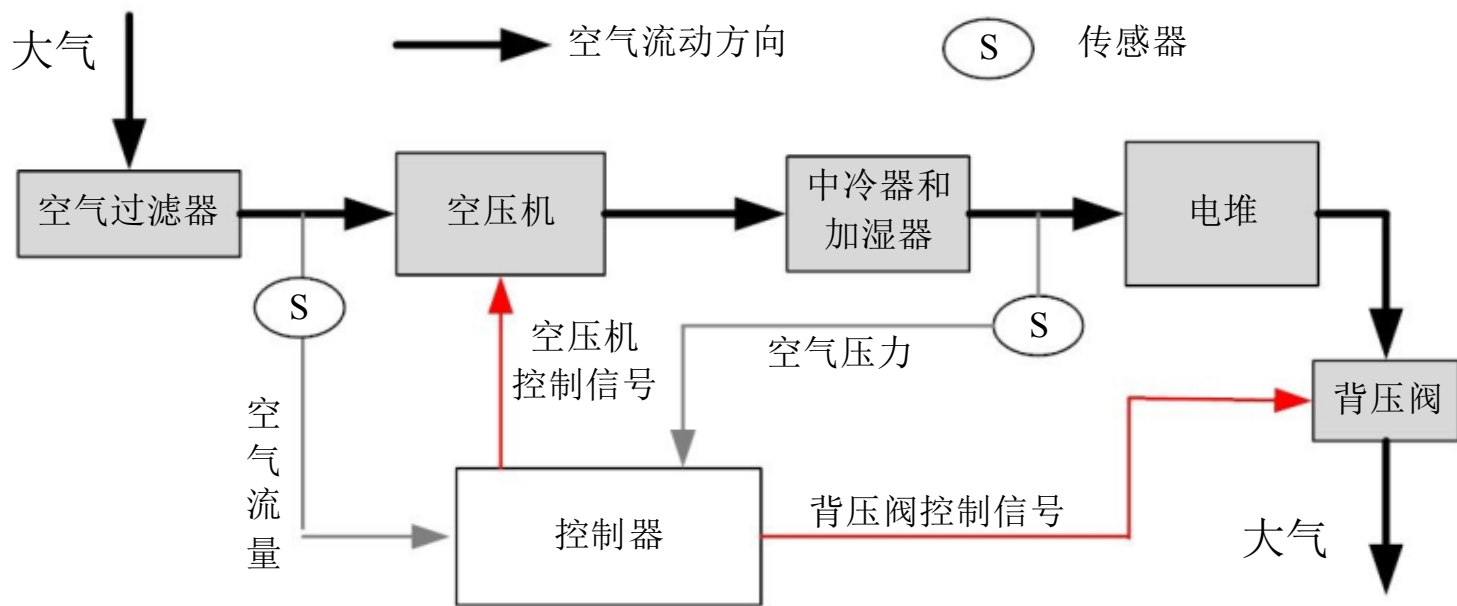




## 2. 空气供应系统控制技术



# 空气供应系统拓扑结构





## 关键问题1：空气供应背压和流量的相对独立控制

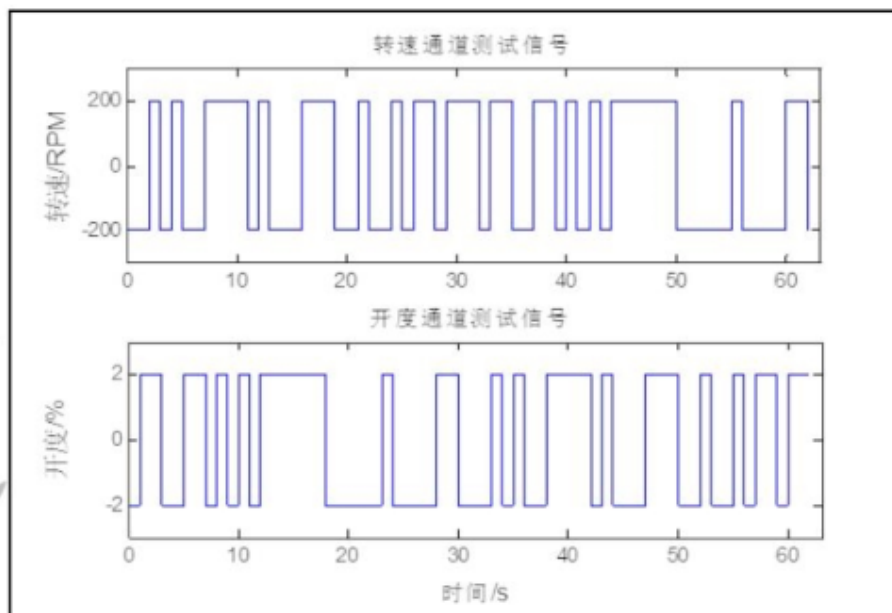
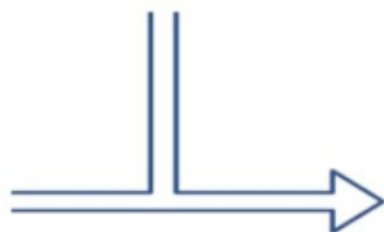
**对策：**全工况范围内（高海拔，高功率，低功率）的空气背压和流量的自适应鲁棒解耦控制技术



# 系统辨识

伪随机二进制序列

系统带宽

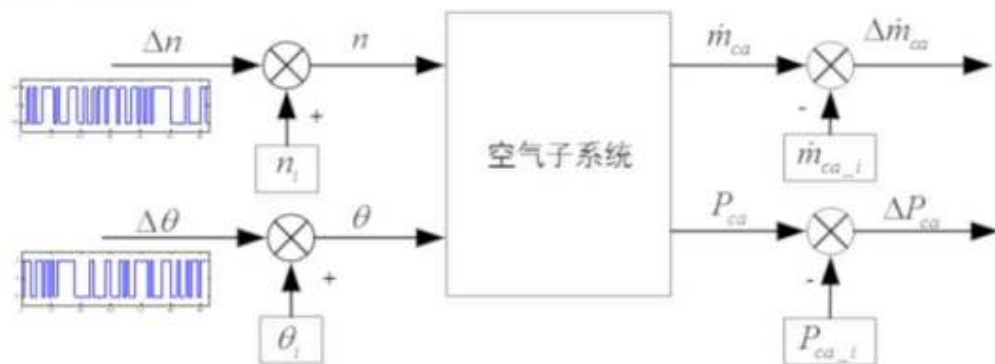


- ✓ 信号长度: 63
- ✓ 码元宽度: 1s
- ✓ 信号幅值: ( $\pm 200\text{RPM}$ ,  $\pm 2\%$ )



# 系统辨识

辨识原理:



辨识点:

序号	1	2	3	4	5	6	7
$n_i$	3000	4000	5000	6000	7000	8000	9000
$\theta_i$	35	40	45	50	55	60	65

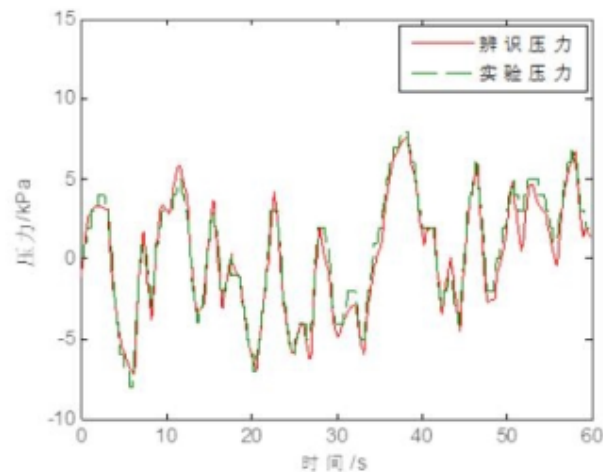
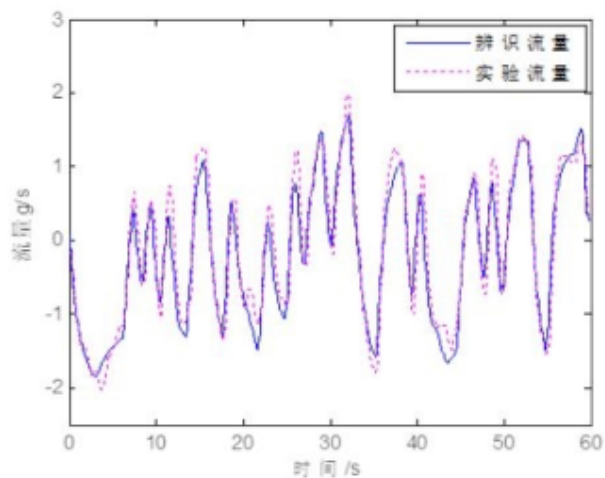


# 控制器设计

单点模型:

$$\begin{bmatrix} \dot{m}_{ca} \\ P_{ca} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{k_{11}^i}{T_{11}^i s + 1} & \frac{k_{12}^i}{T_{12}^i s + 1} \\ \frac{k_{21}^i}{T_{21}^i s + 1} & \frac{k_{22}^i}{T_{22}^i s + 1} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \Delta n \\ \Delta \theta \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \dot{m}_{ca\_t} \\ P_{ca\_t} \end{bmatrix}$$

辨识效果:



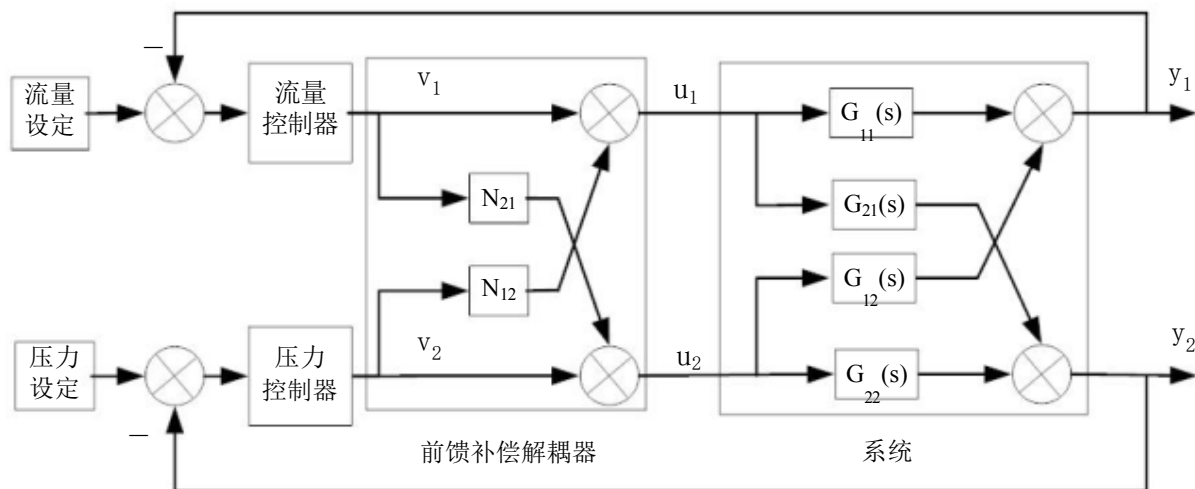




# 控制器设计

## 空气系统控制:

- 传统的PID控制难以有效解决压力与流量环路间的相互影响，需进行解耦



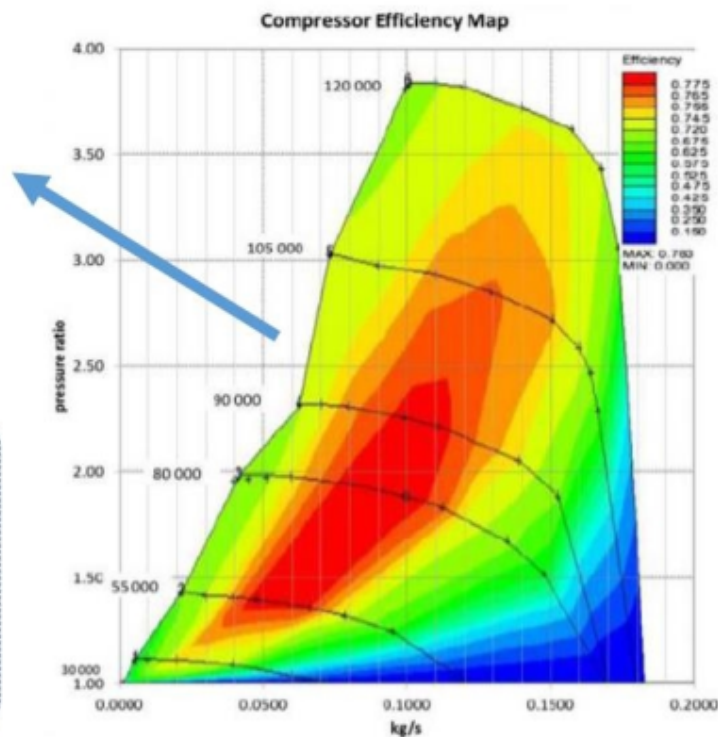


# 离心式空压机喘振



喘振线

空压机的实际工作点在喘振线附近。一旦工作点落入喘振区，空气供气流量和压力会大幅波动，从而可能导致电堆缺氧，阴阳极压差过大致使膜破裂，空压机损坏等后果。





### 3. 氢气供应系统控制技术

以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要下载或阅读全文，请访问：<https://d.book118.com/656210042012010141>