

协同创新、合作共赢



# 动力系统健康管理若干应用



报告人：范世东

武汉理工大学  
能源与动力工程学院





- 1、概况
- 2、关联成果介绍
- 3、合作建议

# 1.1 学校概况

2000年5月，经国务院批准，三校合并组建**武汉理工大学**：

武汉工业大学（创建于**1948年**，隶属于教育部）

武汉交通科技大学（创建于**1946年**，隶属于原交通部）

武汉汽车工业大学（创建于**1958年**，隶属于原机械工业部）

- 教育部直属全国重点大学
- 国家“211工程”首批重点建设高校
- 国家“985工程”优势学科创新平台建设高校
- 学校现有马房山校区、余家头校区和南湖新校区共3个校区，占地面积**4000余亩**
- **60**多年来，学校共培养毕业生（含本科、硕士和博士）近**50万人**



# 1.1 学校概况





# 1.1 学校概况

学校设有23个学院（部）：



# 1.1 学校概况

现有教职工 **5393人**  
专任教师 **3069人**  
—— 教授 **793人**  
—— 副教授 **1396人**

院士 **7人**  
国家千人计划 **19人**  
国家杰青、长江学者 **19人**  
国家级教学名师 **3人**  
享受国家、省级津贴 **324人**



南湖校区体育馆与体育场



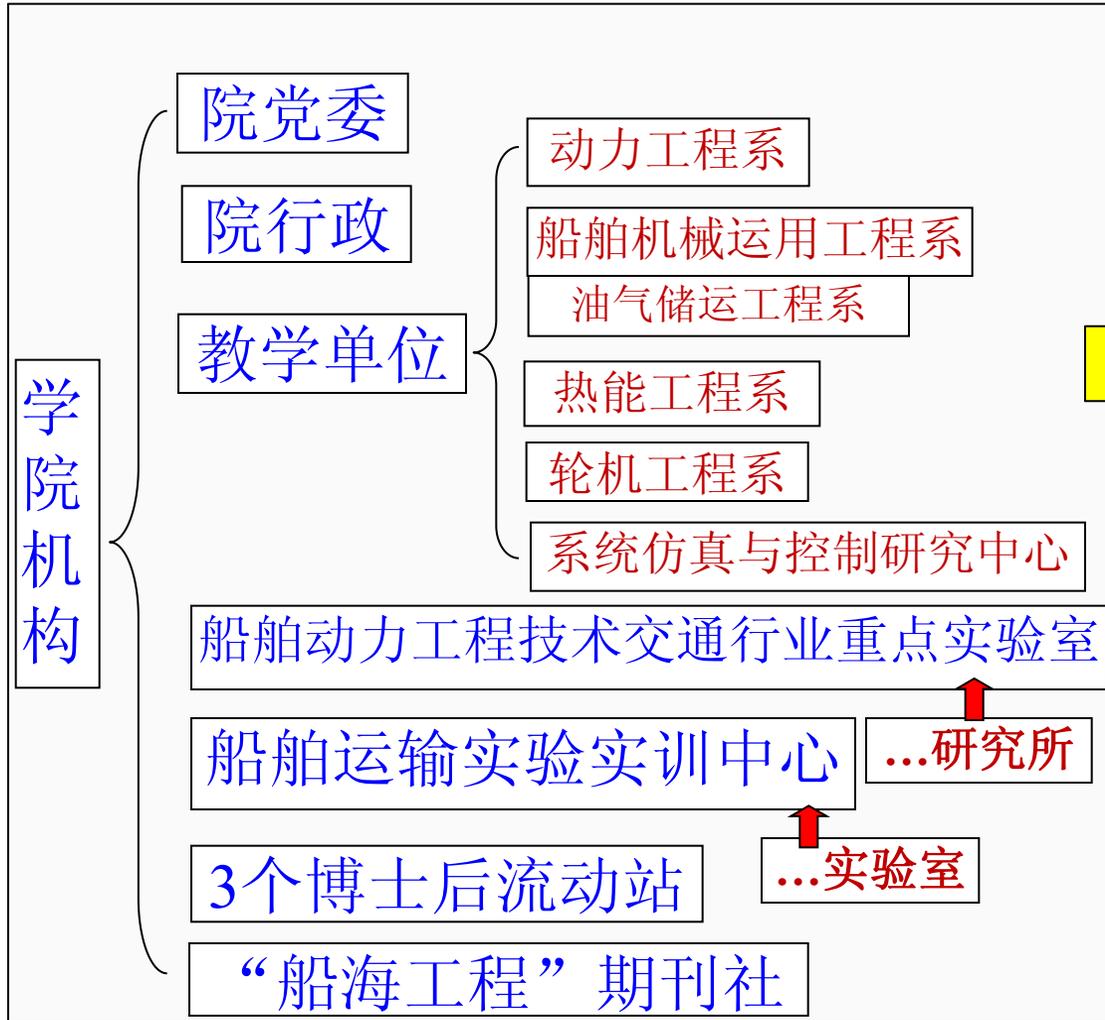
水运湖



教学楼

# 1.2 学院概况

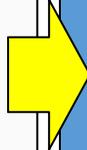
教职工： 学生： 科研总值：



**博士：**  
 轮机工程（船舶与海洋工程）  
 载运工具运用工程（交通运输工程）  
 动力机械及工程

**学术型硕士：**  
 轮机工程  
 载运工具运用工程  
**专业型硕士：**  
 船舶与海洋工程  
 动力工程  
 交通运输工程

**本科专业**  
 能源与动力工程专业  
 轮机工程专业  
 油气储运工程专业



## 1.2 学院概况

### 主要研究对象：

- (1) 发动机
- (2) 动力装置
- (3) 船舶机械
- (4) 其它

### 主要研究方向：

- (1) 监测、诊断与保障
- (2) 仿真与控制
- (3) 节能与环保
- (4) 轴系工程优化技术



**船舶动力系统的安全、可靠、高效、节能、环保**

# 1.2 学院概况

## 承担的国家自然科学基金项目(选列)

故障诊断	轴系工程	节能环保
船舶柴油机典型摩擦学系统状态辨识方法与模型研究	船舶推进轴系与尾轴承密封装置间耦合特性及试验研究	船舶主机能效与通航环境动态响应关系研究
结构声辐射特性表达及优化方法研究	大型船舶的推进系统-船体动力学耦合理论及方法研究	船用LNG柴油机双燃料燃烧反应动力学及其与发动机缸内流体动力学协同作用的基础研究
基于磁传感技术的船用柴油机活塞环监测方法研究	UHMWPE与橡胶共混胶料舰船尾轴承的摩擦学问题研究	绞吸式挖泥船加气输送机理及系统参数优化方法研究
船舶动力机械系统的可监测性研究	特殊工况下水下航行器水润滑尾轴承鸣音机理及试验研究	氨对一氧化氮催化还原反应的低温抑制机理研究
声发射法的船舶柴油机气阀故障诊断机理研究	船舶推进轴系回旋振动关键因素及机理研究	基于贝壳表面微结构仿生的船舶绿色防污方法研究
基于计算听觉场景分析的内燃机噪声源识别方法研究	基于表面织构的水润滑橡胶尾轴承摩擦振动抑制机理研究	小型海洋航行器波浪能随体发电技术研究

## 1.2 学院概况

# 承担企业项目 (选列)

节能减排	性能优化	培训教育
LNG燃料动力船标准研发及试验研究	船用柴油-LNG混合燃料发动机控制系统	轮机模拟器研制
太阳能在大型滚装船上的应用技	基于变电站一次性设备的状态检修系统开发	船舶电站和船舶空调系统实训装置
基于换热器模拟性能实验的计算机数值仿真	2000方 时吸盘挖泥船主要动力设备远程故障诊断系统	油船、化学品船及液化气船模拟实操系统
康明斯8.91机械泵柴油机排放升级方案研究	疏浚船舶吸扬系统的匹配研究	机舱资源管理 (ERM) 培训设备研制
	8000kW海洋救助船16#-18#主要动力设备监测诊断系统	数字化训练系统仿真

# 1.2 学院概况

## 学院学生社会奖助学金

奖助学金名称	设奖单位
招商局奖学金	招商局集团
中远奖学金	中远集团
中海工业奖学金	江苏中海工业有限公司
家兴奖学金	78级船机专业校友
NK奖学金	日本NK船级社
中国船级社奖学金	中国船级社
扬帆奖学金	扬帆集团



## 1.2 学院概况

### 1、船员培训基本情况

	培训对象	人数	三年总人数
2012	轮机长	69	4515
	大管轮	144	
	三管轮（2/1/1.5年制）	190	
	轮机补差培训	0	
	Z07/Z08	150	
	内河师资培训（第一期）	26	
2013	轮机长	117	
	大管轮	188	
	三管轮（2/1/1.5年制）	143	
	轮机补差培训	253	
	Z07/Z08	2204	
	内河师资培训（第二期）	29	
2014	轮机长	126	
	大管轮	221	
	三管轮（2/1/1.5年制）	139	
	轮机补差培训	155	
	Z07/Z08	361	
	内河师资培训（第二期）	29	

### 2、在职研究生培养

单位	人数
南京港集团公司	158
长江航道局	
广西玉柴股份公司	
中外运长航集团	
中国海洋石油合众 近海建设公司	
海事局	
船检局	
中交集团	

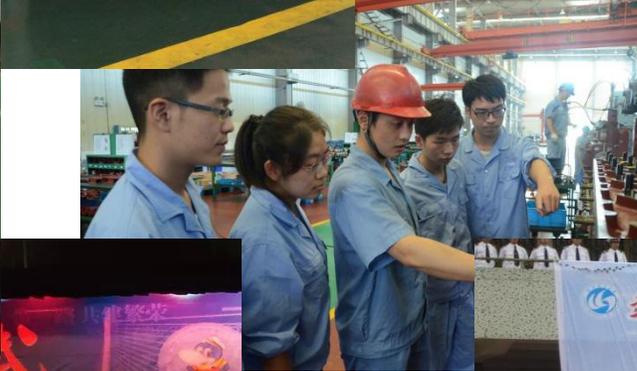
研究互动

### 3、专题培训

## 1.2 学院概况



# 1.2 学院概况



## 2 关联成果介绍



智能船桥系

航海技术的自动化和智能化



### 船岸信息一体化

船岸信息一体化技术是为船舶提供航行状态的实时监视、调度、管理、指挥的大型自动管理系统。

# 智能船舶

### 智能特点:

- 一是**感知能力**，即具有能够感知外部世界、获取外部信息的能力；
- 二是**记忆和思维能力**，即能够存储感知到的外部信息及由思维产生的知识，同时能够利用已有的知识对信息进行分析、计算、比较、判断、联想、决策；
- 三是**学习能力和自适应能力**，即通过与环境的相互作用，不断学习积累知识，使自己能够适应环境变化；
- 四是**行为决策能力**，即对外界的刺激作出反应，形成决策并传达相应的信息。



中国船级社

智能船舶规范

2015

2016年3月1日生效

地址 Add: 北京市东直门南大街9号船检大厦  
CCS Mansion, 9 Dongzhimen Nan Da Jie  
电话 Tel: 0086-010-58112288  
传真 Fax: 0086-010-58112811  
邮编 Postcode: 100007  
电子邮箱: ccs@ccs.org.cn

# 智能船舶

- 智能船舶之所以智能，关键就在于**分析、决策、以及成长**，即能在大量信息中，将相关的数据融会贯通，然后进行综合的评估与分析，这就需要船舶具备高水准的数据分析系统，进而做出最合适的决策并进行船上系统的操作以管理推进、导航及其他系统，且随着收集数据量的增加，系统功能会随之增强。除了自主航行、远程遥控等主要关键技术，自动靠泊、离岸，**自主维修**，自动清洗（如海底门滤器），自动更换设备部件，自我防护（针对海盗等），自动补给也会出现。

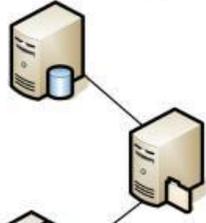
**阅读推荐：** *《中国制造2025》之海洋工程与高技术船舶主要产品*

## 2.1 船舶健康管理平台

# 智能船舶

智能船舶通常划分为四代

● 第一代的智能船舶将是船的监控系统，包括有覆盖船舶网络、有线与无线的通讯形式，可以实现对船舶远程系统监控和对后期运营数据进行处理等。



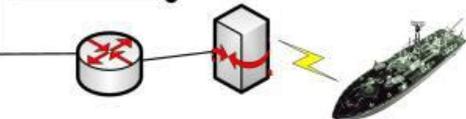
● 第二代的智能船舶在 2020 年可以看到，将是半自动化的系统，将与岸基的数据中心相连接。



● 第三代的智能船舶会在 2040 年以后看到，它将是混合能动性的船舶形式，具备超强的数据处理能力，可进行一系列数据分析。



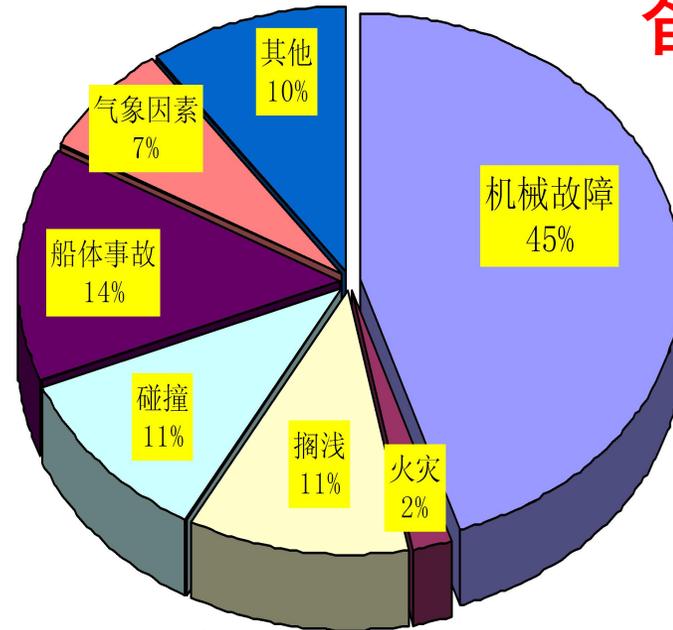
● 第四代的智能船舶将会在 2050 年之后逐步看到，它可以通过先进的材料进行船舶建造，并对船体及各个系统配备传感器，将达到无人操作的形式，并达到全自动化状态。



- 2015年10月10日，在“大数据与智能船舶发展”高峰论坛上，来自中国船舶工业系统工程研究院、美国国家科学基金会智能维护系统中心、英国劳氏船级社、中国远洋集团的代表提出的**智能船舶的发展路线图**。

- 由于船舶具有离岸、流动作业的特点，对船舶的安全性和可靠性要求特别高；

- 由于船舶航行的工作条件恶劣，船舶动力系统又不可避免的会产生故障。



瑞典保险公司对1988-2004年船舶理赔事故的统计

- **PHM:** 故障预测与健康管理技术，即根据各种先进的传感器采集设备的各种数据信息，融合神经网络、数据挖掘、模糊识别和专家系统等众多推理技术，分析评估设备的健康状态，预测设备故障发生的时间；根据设备的维修性要求和相关的维修理论，结合各种可利用的维修资源信息，制定系列的维修决策方案，采取相应的保障措施，以实现系统的视情维修



中国船级社

智能船舶规范

2015

2016年3月1日生效

## 2.1 船舶健康管理平台

以全寿命周期管理理论、故障分析预测与健康管理技术为基础，能发现船舶设备运行异常与故障，实时分析、诊断与预警，实现船舶设备综合管理与评价，提高船舶设备使用经济与安全。



系统拓扑图、系统界面及中国船级社检验证书。

**应用选例:** 疏浚船舶: 8000方大型耙吸挖泥船; 救捞船: 8000kW 同类型6艘; 海事船: 大型海事巡航救助船--海巡01; 远洋船: 45800吨远洋生产实习船。



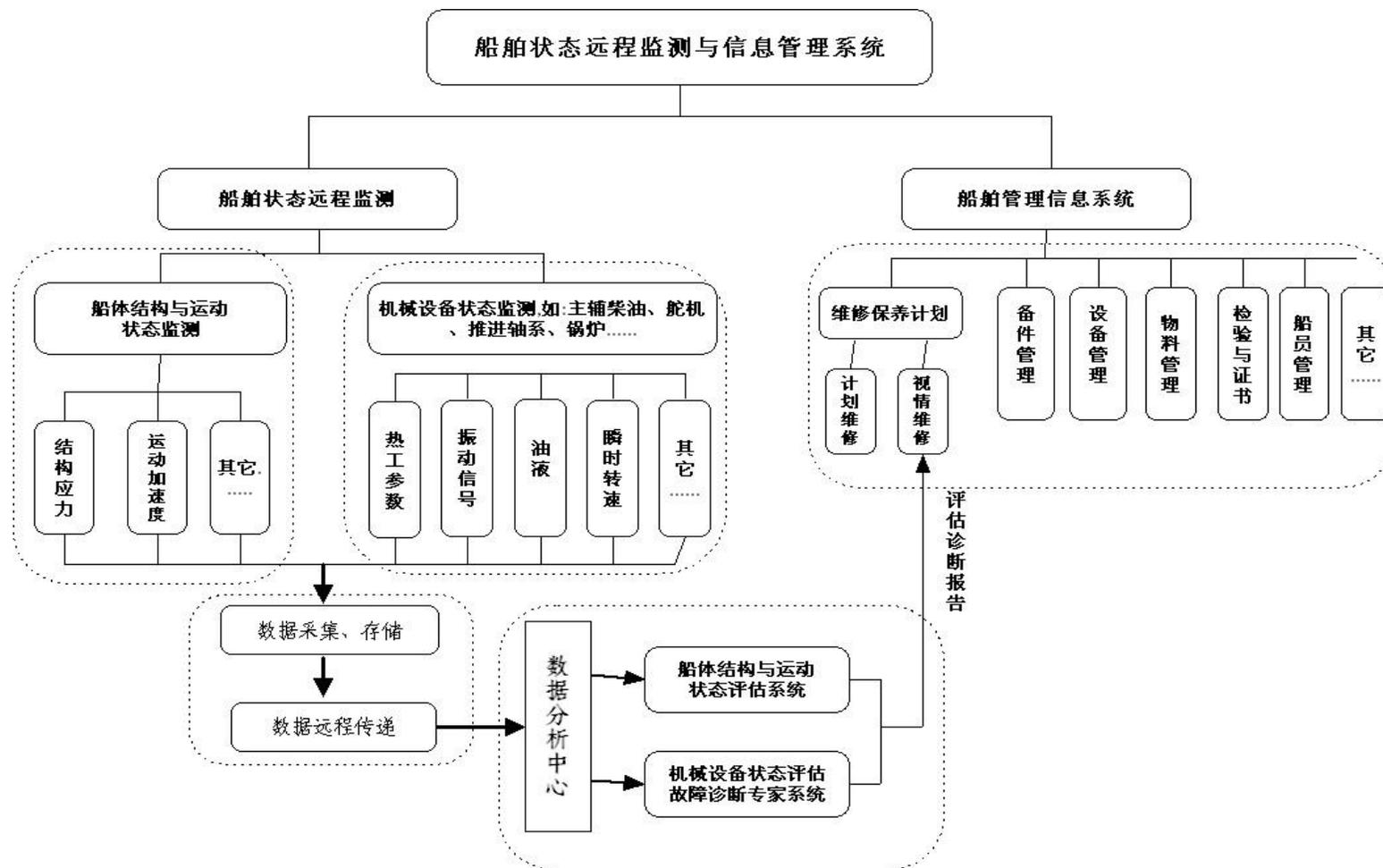
## 总体思路:

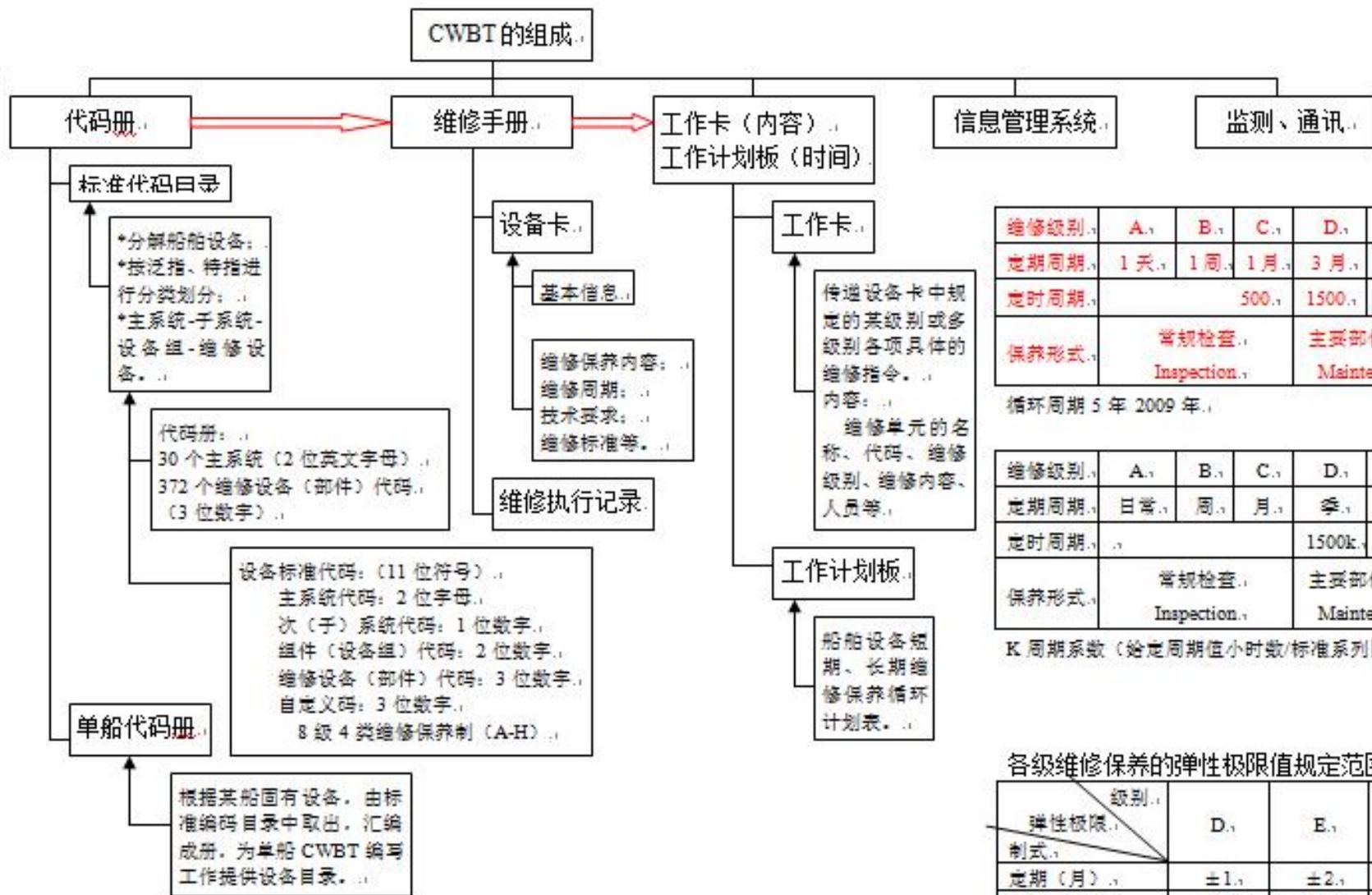
通过深入研究船舶动力机械运行保障的理论与方法，采用现代设计的模块化**新思想**，研制实验室环境下的船舶动力机械试验系统；应用多传感器集成与信息融合**新技术**，集成振动、油液、瞬时转速和性能参数等多种监测**新方法**，建立在役船舶、诊断中心和机务管理中心等有机结合的机务管理**新模式**，以保障船舶动力机械的可靠、安全、高效和环保地运行。

# 系统功能



## 总体框架





维修级别	A	B	C	D	E	F	G	H
定期周期	1天	1周	1月	3月	6月	12月	30月	60月
定时期	500		1500	3000	6000	15000	30000	
保养形式	常规检查 Inspection		主要部件维修 Maintenance		拆检 Overhall		特检 Survey	

循环周期 5年 2009年

维修级别	A	B	C	D	E	F	G	H
定期周期	日常	周	月	季	0.5年	1	2	4(5)
定时期				1500k	3000k	6000k	12000k	24000k
保养形式	常规检查 Inspection		主要部件维修 Maintenance		拆检 Overhall		特检 Survey	

K周期系数(给定周期值小时数/标准系列同级周期小时数) 1996年

各级维修保养的弹性极限值规定范围 1996年

弹性极限	级别	D	E	F	G	H
制式						
定期(月)		±1	±2	±3	±4	±5
定时期(小时)		±500	±1000	±1500	±2000	±3000

# 船舶动力设备状态监测与故障诊断

## 船舶状态远程监测有关的规范/标准

随着各种状态监测系统/设备的应用，各船级社相继开展了与状态监测技术有关的规范研究

CCS	<ul style="list-style-type: none"> <li>1、螺旋桨轴状态监控系统指南；</li> <li>2、柴油机滑油状态监控系统指南；</li> <li>3、船舶机械计划保养系统（PMS）指南；</li> <li>4、现有油船状态评估计划（CAS）检验指南。</li> </ul>
ABS	<ul style="list-style-type: none"> <li>1、船体结构状态监测指南；</li> <li>2、基于可靠性的机械设备保养指南；</li> <li>3、基于可靠性的检验指南。</li> </ul>
GL	机械设备状态监测指南
LR	<ul style="list-style-type: none"> <li>1、船体状态监测</li> <li>2、机械状态监测</li> <li>3、尾轴状态监测</li> </ul>
DNV	<ul style="list-style-type: none"> <li>1、船体监测系统</li> <li>2、机械设备状态监测系统</li> </ul>
NK	<ul style="list-style-type: none"> <li>1、船体监测系统</li> <li>2、预防性维护保养系统指南</li> </ul>

振动法、瞬时转速法、热工参数法、油液分析法等，目前，国内、外各种方法都有相应的产品应用。

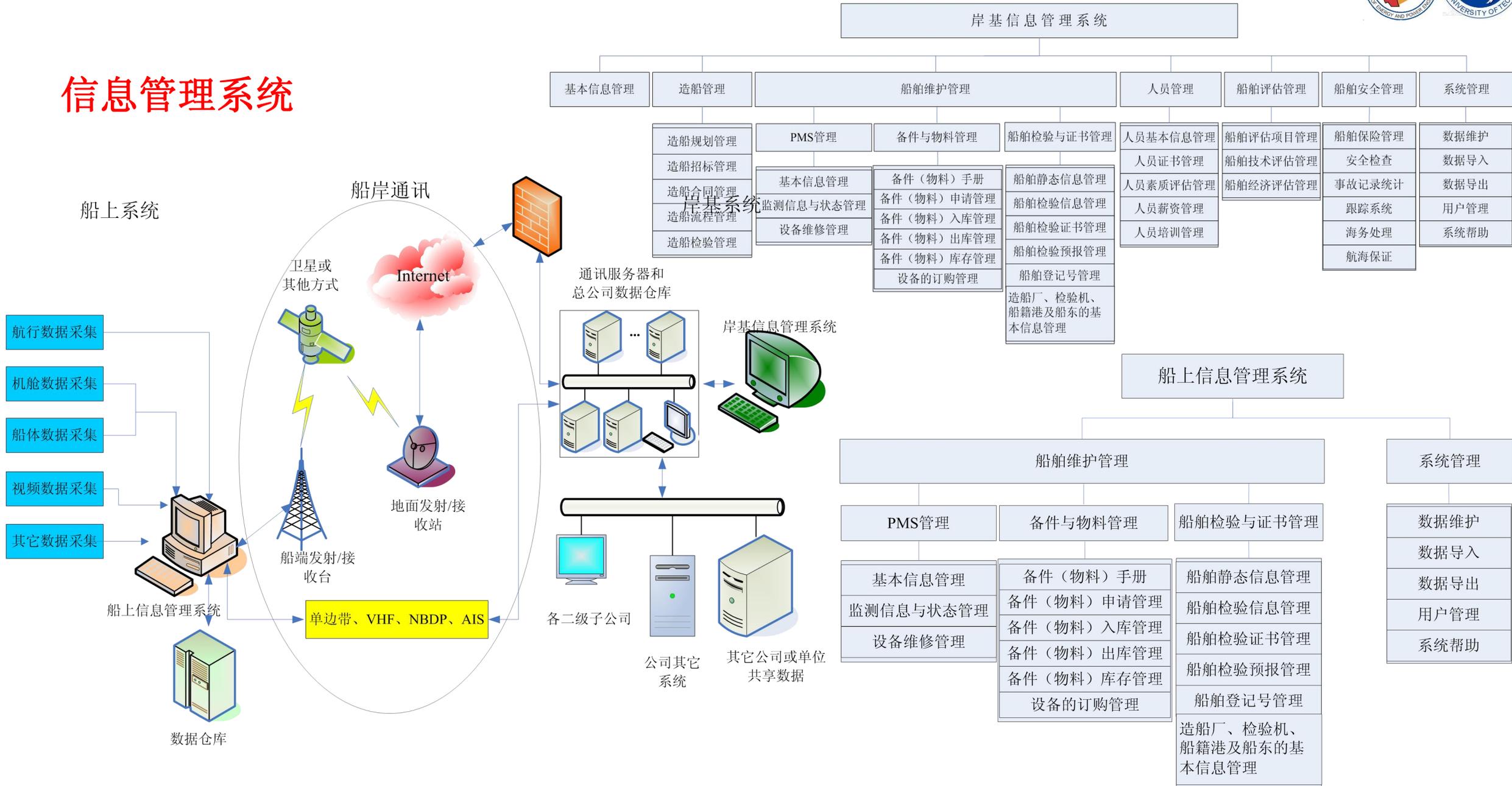
成果名称	成果所属	监测方法与手段						
		振动	油液	热力参数	示功图	瞬时转速	数据库管理	网络支持
MAN B&W COCOS-EDS	德国			○			○	
MAN B&W PMI	德国				○			
EUB CDS	德国	○			○	○		
Wartsila Mapex-CR	芬兰				○			
IMES Engine Analyzer EPM XS	德国				○			
On-line Oil Monitoring System	英国		○					
船舶动力机械远程诊断系统	理工大学	○	○	○	○	○	○	○

### 信息管理系统：

国外，国际上被船舶管理公司广泛采用的船舶设备管理信息化软件主要是ABS船级社新开发的NS 5和SPECTEC公司的AMOS船舶设备管理软件。

国内，也研制了适用于不同企业的船舶管理系统

# 信息管理系统



# ◆ 磨损表面和磨粒形貌的数字化描述方法

■ 将数学形态学引入到摩擦学系统的磨损表面和磨粒图象分析中，实现了基于光学显微镜的磨损表面和磨粒图像的有效分析。

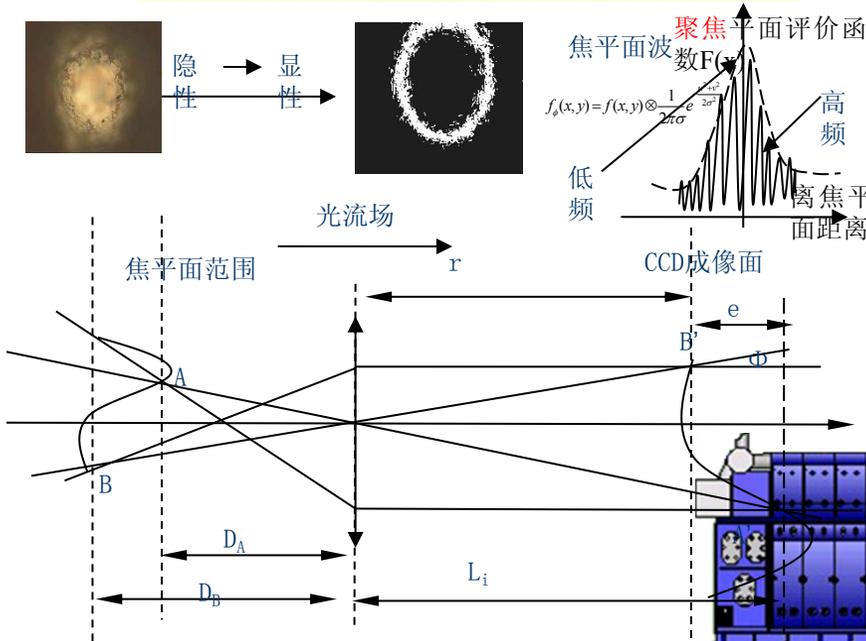
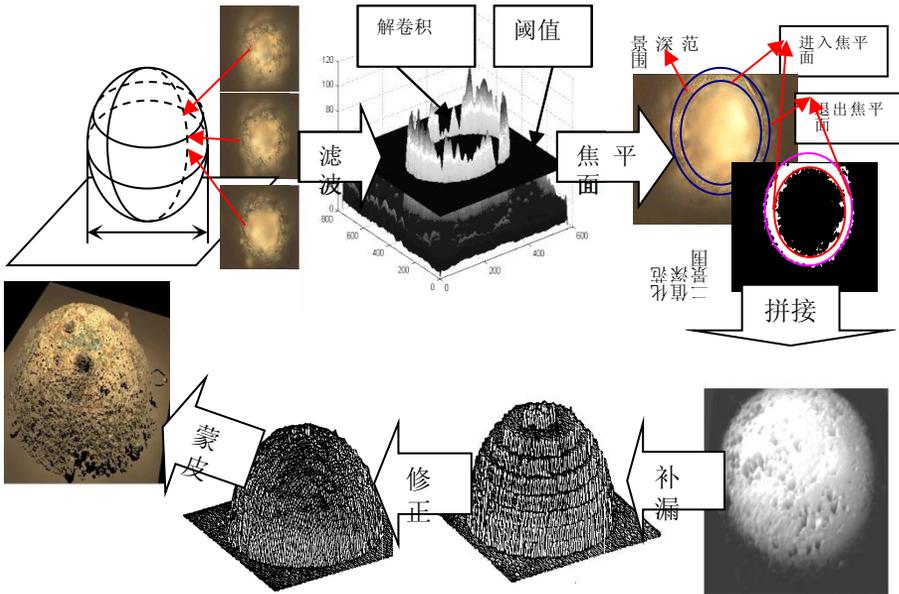
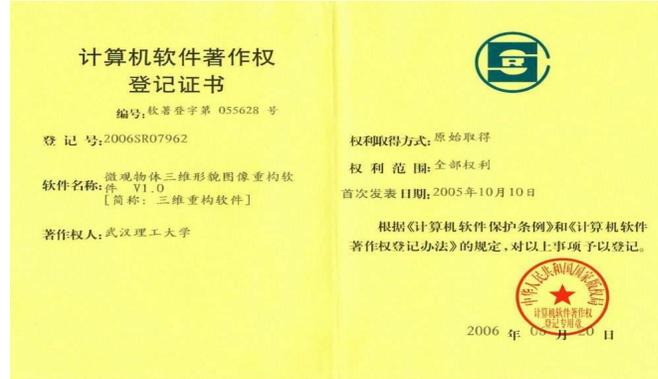


图8 焦平面与焦平面波之间的关系

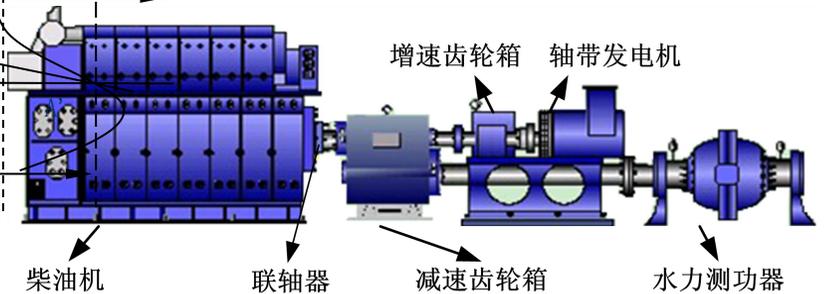
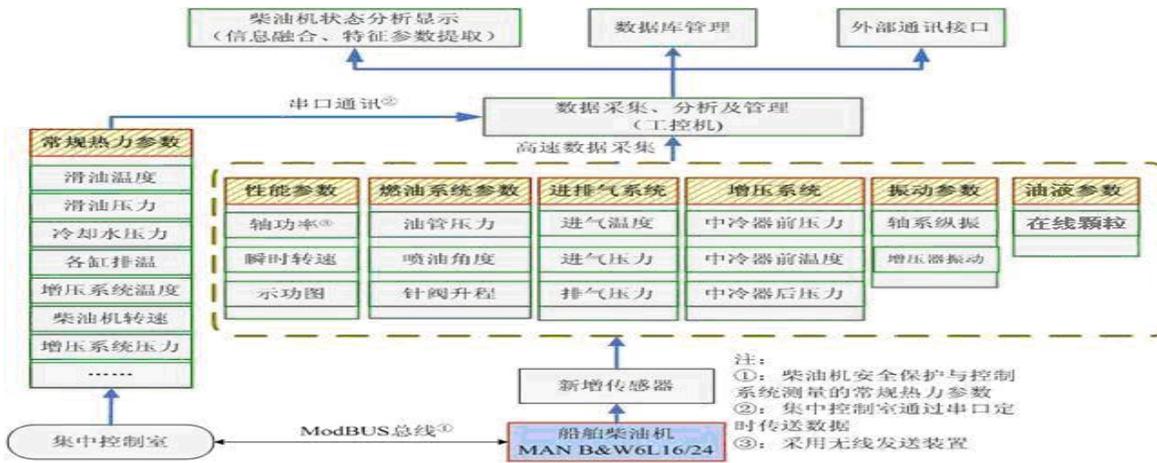


图 微观物体三维形貌图像重构软件测量过程示意图

# 实验室环境条件下的船舶动力系统（实际布置照片）



内部

HJB

中国人民解放军海军标准

FL6200

HJB322—2006

舰艇柴油机润滑油监测技术要求  
 Technical standard of oil analysis for naval diesel engines

ICS 17.160  
 J 04

**GB**

中华人民共和国国家标准

GB/T 19845—2005/ISO 10055:1996

机械振动 船舶设备和机械部件的  
 振动试验要求

Mechanical vibration—Vibration testing requirements for  
 shipboard equipment and machinery components

(ISO 10055:1996, IDT)

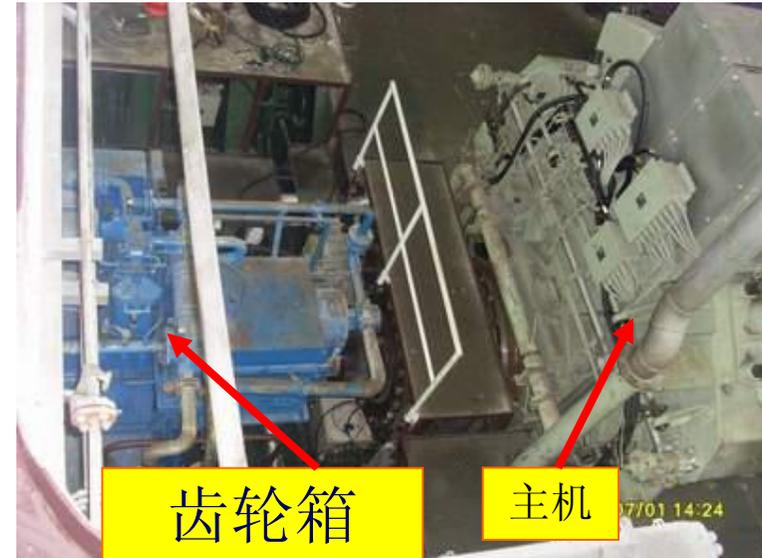
2005-07-11 发布

2006-01-01 实施

中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局  
 中国国家标准化管理委员会 发布

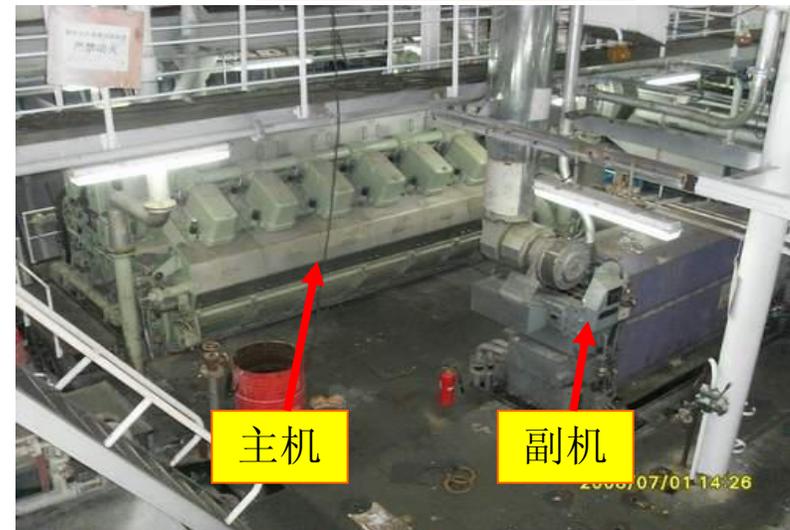
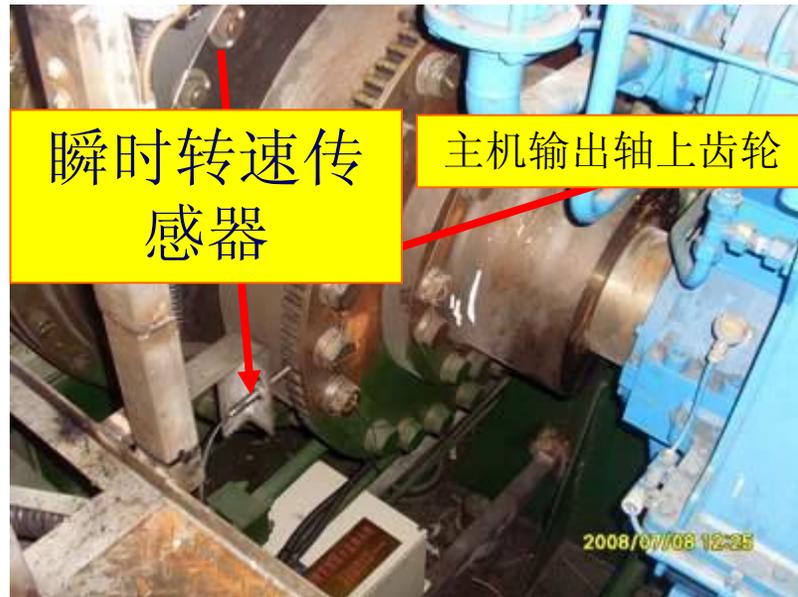
# 应用实例

齿轮箱振动传感器安装



# 应用实例

主、副机瞬时转速传感器安装



## 2.2 模拟器与培训教育

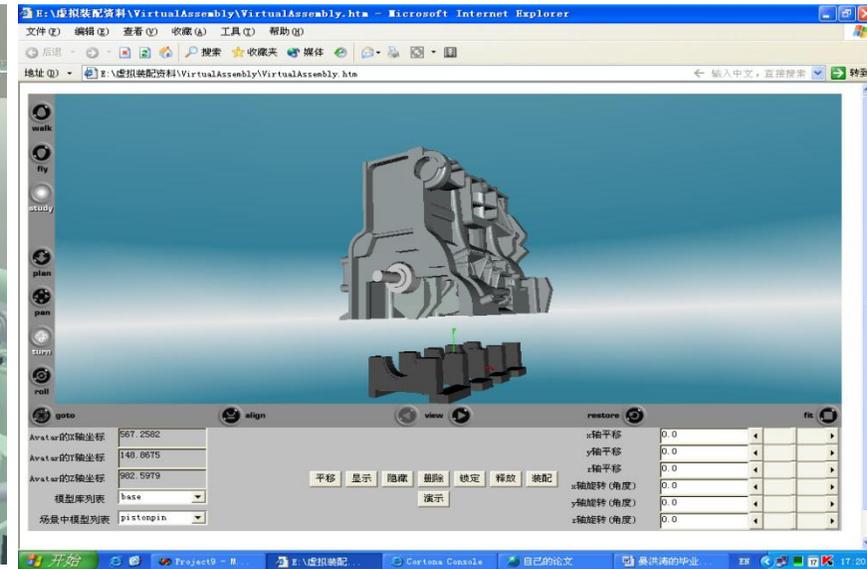
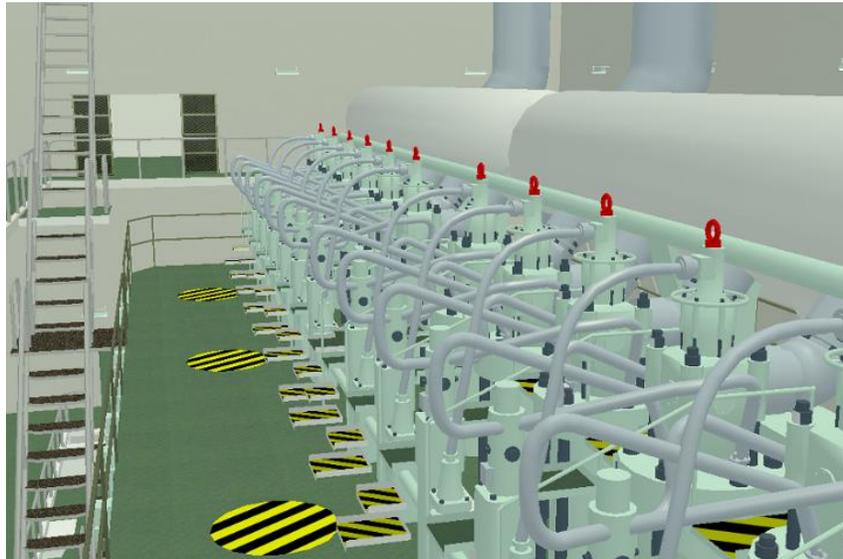


模拟器：

油轮、化学品、液化气船舶培训软件：  
特种模拟器及仿真系统。

重庆交通大学、香港国泰航空公司、长江海事局、中远金桥学院、武汉交通职业技术学院等单位40余套。

先后获获国家科技进步三等奖、湖北省科技成果推广二等奖、湖北省高等学校教育成果二等奖等。



## 2.2 模拟器与培训教育

# 轮机综合机舱研制

主机遥控系统  
船舶自动化电站  
机舱监控报警系统

- 主机遥控系统采用伺服调速技术
- 实现柴油机转速控制精确性、稳定性。



主机遥控系统

- 船舶电站控制系统采用PPU与PLC协调控制
- 上位机采用Fameview组态软件
- 实现电站运行的可靠性和安全性
- 实现友善的人机界面。



船舶自动化电站及其监控系统

## 2.2 模拟器与培训教育



机舱监控报警系统

- 机舱监控报警系统采用网络式监控
- 报警监控系统具有很高的实时性和可靠性。

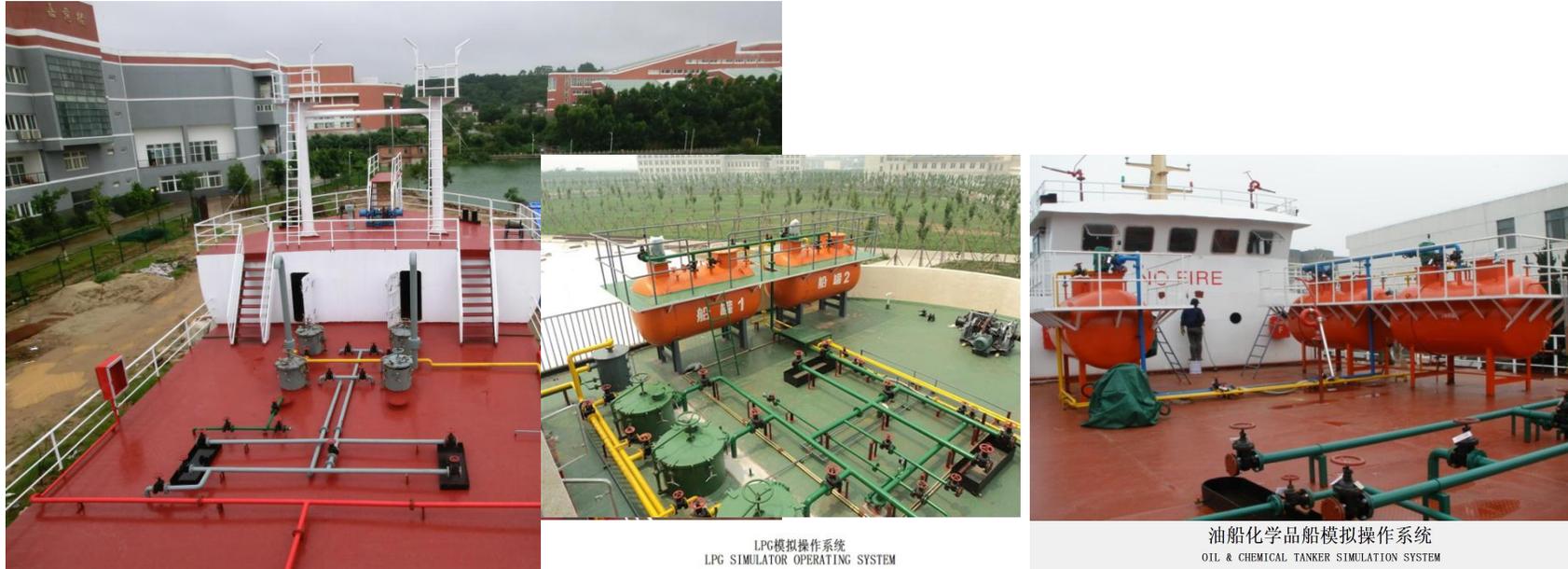
武汉理工大学能源与动力工程学院承接设计建造和服务的还有如下单位：

- ✓ 九江职业技术学院
- ✓ 滨州职业学院
- ✓ 武汉交通职业学院
- ✓ 湖北交通职业技术学院
- ✓ 江苏海事职业技术学院
- ✓ 四川交通职业技术学院
- ✓ 武汉海事学院等。

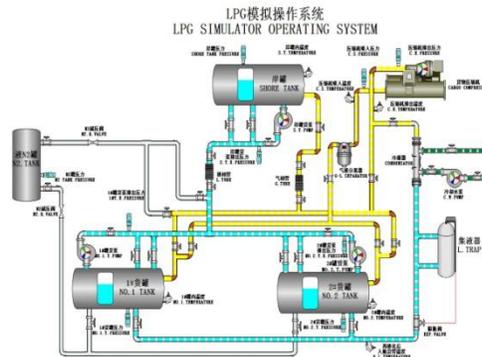
## 2.2 模拟器与培训教育

### 危险品船实操系统研制

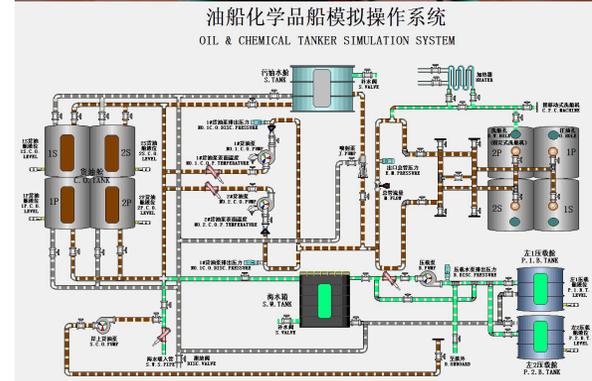
—油船化学品船实操系统、液化石油气（LPG）实操系统、惰性气体实操系统



泉州师范学院  
 宁波工程学院  
 四川交通职业技术学院  
 天津海运职业学院

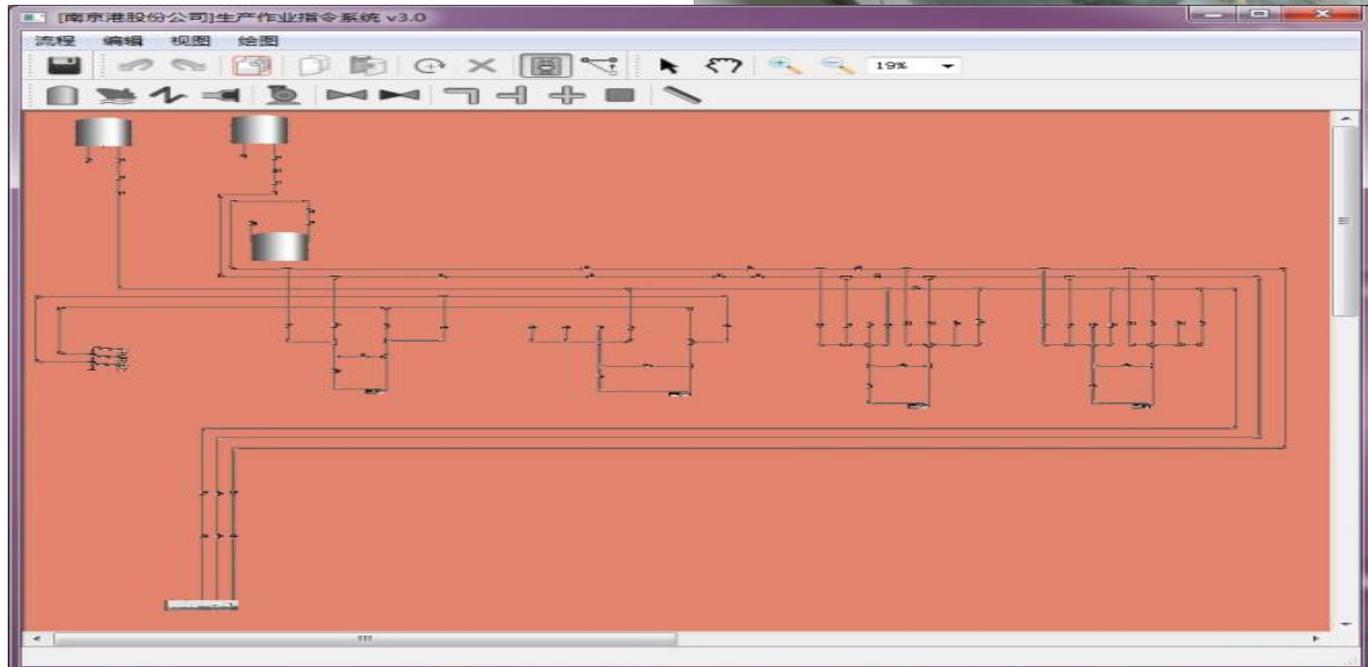


LPG模拟操作系统



油船化学品船操作系统

## 2.3 危化品储运调度与管理系统



## 2.4 船舶动力系统关键部件优化

大型轴系综合性能试验系统

轴功率测试系统

轴系校中计算分析软件等等



## 尾轴承综合试验系统

研制了



SF系列水润滑橡胶尾轴承

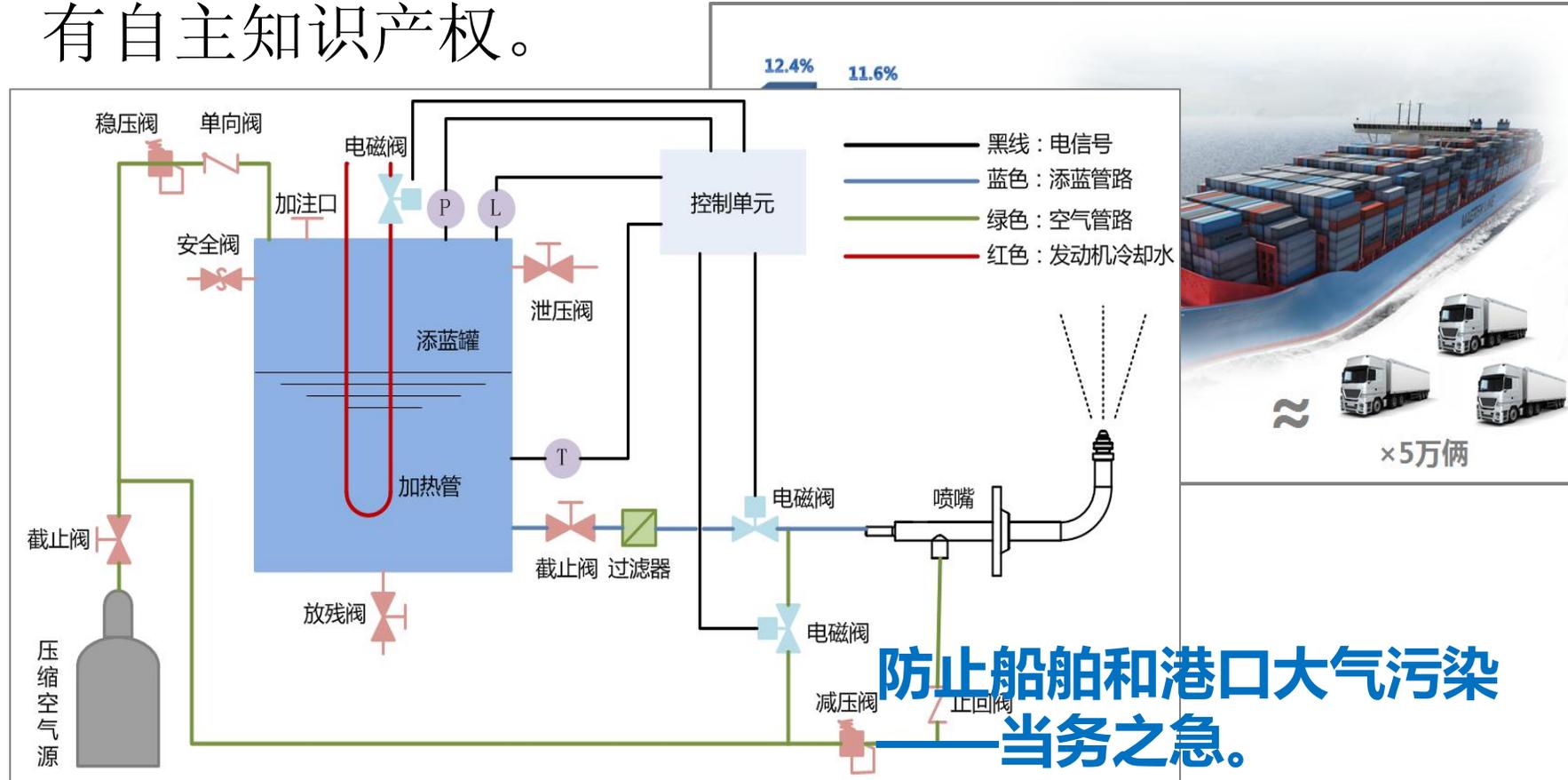


实船使用情况表明：SF系列水润滑橡胶尾轴承的摩擦系数低、振动噪声小、润滑性能好，已在我国沿海和长江水域航行的一百余艘万吨级以上船舶中推广应用

## 2.5 节能减排与能效管理

### 选择性催化净化系统SCR (Selective Catalytic Reduction)

开发了选择性催化净化系统，其中SCR控制系统拥有自主知识产权。



## 2.5 节能减排与能效管理

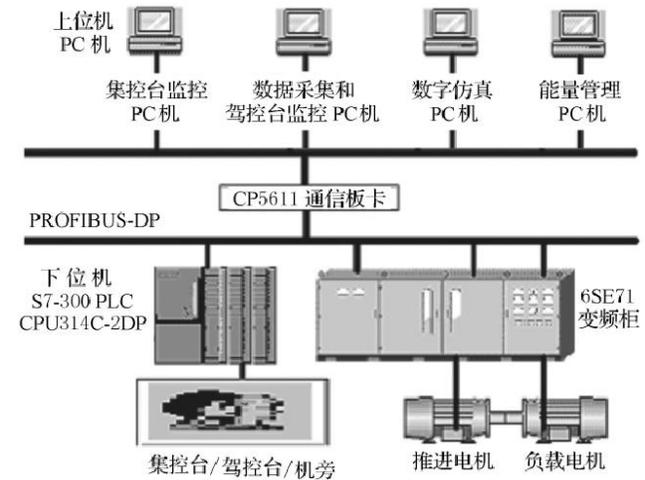
### • 采用蓄电池储能技术的太阳能在大型滚装船上的应用

- 开发了一种满足海洋环境和船舶使用要求的太阳能光-电应用技术。
- 攻克了太阳能与常规船舶电力系统并网测控和大容量锂电池储能系统运行管理等关键技术。
- 实现了总容量为**143.1kWp**的太阳能光伏系统在“中远腾飞”轮上的实船示范应用。



## 2.5 节能减排与能效管理

### 舰船电力推进仿真系统



# 3、合作建议

## 3.1 基地共建共享

船舶动力工程技术交通行业重点实验室

中国船检研究中心

武汉理工大学沪东重机股份有限公司轮机工程联合实验室等等.....

武汉南华工业设备工程股份有限公司？



## 3.2 人才培养与交流

《船海工程》是武汉造船工程学会的会刊，由武汉造船工程学会和武汉理工大学共同主办。双月刊，国内公开出版发行。入选“中国科技核心期刊”之后，今年7月又正式入选“北大核心期刊”，常设栏目为船舶工程、轮机工程、舰船专项技术、海洋工程和港航技术。



专业的船舶轴密封装置产品制造商

### 船舶艉轴水润滑密封装置

(中国发明专利: ZL 01 1 07055.2)

完全自主研发, 船舶艉轴水润滑密封解决方案

- ★ 完全适应在深澳咸合船舶轴防水润滑使用
- ★ 彻底解决因水质、杂质淤积及海水电化学腐蚀引起的密封件失效故障问题
- ★ 避免“磨道圈”, 避免轴内劣质反腐蚀
- ★ 免维护、全集成设计, 现场安装无需调试
- ★ 密封接口尺寸小, 能与同类密封装置直接替换使用

- (1) 适用轴径范围: D50-D350 mm
- (2) 适应轴转速: <math>< 10 \text{ m/s}</math>
- (3) 适应轴运转方式: 最高转速下的正、反转
- (4) 径向跳动量: 满足同规格轴轴颈限制标准
- (5) 适应轴内圆公差:  $\pm 2 \text{ mm}$
- (6) 总重量: “不可见”或折算重量  $< 50 \text{ ml/h}$
- (7) 工作温度  $< 55 \text{ }^\circ\text{C}$

时间, 验证品质!

四川明达船用密封有限公司

咨询电话: 028-85179778, 0830-2701922, 2701837

国内统一刊号: CN 42-1645/U 广告经营许可证号: 4201004001580 邮发代号: 38-500 定价: 20.00元

中文核心期刊 · 中国科技核心期刊

ISSN 1671-7953  
CODEN: CGHBC9

# SHIP & OCEAN ENGINEERING

## 船海工程

CHUANHAI GONGCHENG

第九届FPSO技术交流特辑

武汉造船工程学会  
湖北省科学技术协会

ISSN 1671-7953

5  
2015

第44卷 总第229期

## 3.2 人才培养与交流

• 武汉理工大学-代尔夫特理工大学智能船舶和运输联合研究中心



## 3.3 科研合作与成果转化

重点开展五大方向研发服务

### (1) 设备运行优化与维护保障（健康管理）

**重点方向：**动力系统运行保障与故障缓解，智能维修，运行优化、设备（机务）管理等。

### (2) 动力系统能效提升与排放控制

**重点方向：**多种新能源（LNG、太阳能、风能、燃料电池）综合利用，基于多种新能源利用的船舶电力推进技术，新能源船舶动力装置设计，船舶动力能效提升和排放控制等。

### (3) 船舶先进制造技术与装备

**重点方向：**关键工艺分析与实施，检验技术支持，虚拟评估技术等

### (4) 燃供安全技术与装备

**重点方向：**水路危险品储运安全与污染防治等

### (5) 动力系统性能优化与仿真

# 谢 谢!

请多提建议

Email: [sdfan@whut.edu.cn](mailto:sdfan@whut.edu.cn)

