

1.5 科研成果——代表性成果

代表性成果四：

(1) 研究背景

海洋工程结构极端动力作用与减振控制

(2) 学术贡献

(3) 学术成果

(4) 同行评价

(5) 工程应用

46/111

1.5 代表性成果四 海洋工程结构极端动力作用与减振控制

(1) 研究背景：海洋平台结构型式

近浅海海域 固定式海洋平台结构（钢质导管架式、自升式、混凝土重力式）

深远海海域 漂浮式海洋平台结构（张力腿、立柱式、半潜式、浮式生产储油系统）



海洋平台结构是海洋油气资源开发的基础性设施是海上生产作业和生活的重要基地

47/111

1.5 代表性成果四 海洋工程结构极端动力作用与减振控制

(1) 研究背景：极端环境特征



渤海海域（浅海域）

固定钢质导管架式平台

动冰作用、兼有地震

南海海域（深水海域）

固定式和漂浮式平台

风、浪、流联合作用

恶劣环境及风、浪、流、冰、地震等极端作用给平台结构系统服役寿命和安全形成巨大的挑战和威胁

48/111

1.5 代表性成果四 海洋工程结构极端动力作用与减振控制

(1) 研究背景：深海平台的极端动力作用

- **灾害作用**：风、浪、流极端海洋环境因素不同时空变化尺度
- **结构特点**：浮式平台主体与细长柔性系泊和立管系统
- **响应特征**：低频大幅度慢漂、持续高频振荡
- **研究难点**：强非线性、多系统耦合



现行水动力耦合分析理论存在不完备性

49/111

1.5 代表性成果四 海洋工程结构极端动力作用与减振控制

(1) 研究背景：海洋平台的减振控制

- **灾害作用**：风、浪、流、海冰、地震海洋环境联合
- **结构特点**：钢质导管架（浅海）/浮式平台（深海）
- **响应特征**：冰激振动、船体纵横摇摆等线性或非线性强烈振动
- **研究难点**：振动控制策略区别于机械振动、航天飞行器控制



对海洋平台结构振动控制的加力装置、设计方法提出了严峻的挑战

50/111

1.5 代表性成果四 海洋工程结构极端动力作用与减振控制

(1) 研究背景：国家重大项目支撑

- **海洋工程领域首个973计划项目**：深海工程结构的极端环境作用与全寿命服役安全
- **海洋工程领域首个国家基金委创新研究群体项目**：海洋环境灾害作用与结构安全防护
- **国家自然科学基金委重大项目课题（2项）**：非线性波浪对大幅漂移结构作用的分析方法
复杂形状结构的波浪近场干涉作用机理和分析方法
- **国家科技支撑计划项目**：城市基础设施安全监测控制物联网技术研究及应用示范
- **国家重大研究计划集成项目课题**：大型结构非线性灾变过程控制理论与方法

51/111

1.5 代表性成果四 海洋工程结构极端动力作用与减振控制

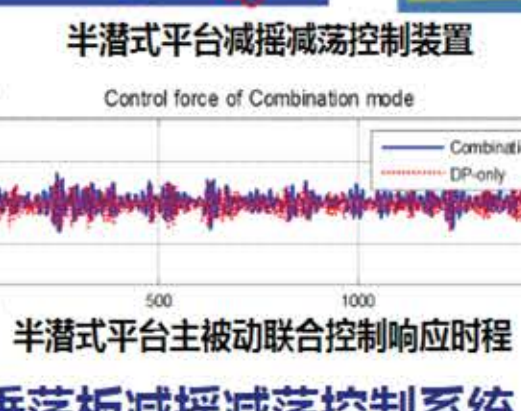
(2) 学术贡献：极端海洋环境对深海大幅运动平台作用及耦合分析

瓶颈问题

深海平台在强非线性波浪作用下易诱发大幅慢漂运动，行业主流商业软件无法考虑物体运动对波浪作用力影响这一国际难题。

方法创新

- (1) 构建了海洋平台运动响应完整的二阶时域分析理论
- (2) 提出了深海平台大幅慢漂运动两次展开分析方法
- (3) 建立了无边界完全非线性数值波浪水池



计算程序被美国船级社邀请加入ABS-OSAP分析软件

52/111

1.5 代表性成果四 海洋工程结构极端动力作用与减振控制

(2) 学术贡献：内波与浮式平台耦合的非线性实时动力分析

瓶颈问题

内波是我国南海频发的环境荷载，但内波力的计算方法、平台在分层流体中的运动机理仍不明确。

方法创新

- (1) 建立了内波绕射模型和细长体的Morison型内波力模型
- (2) 提出了内孤立波与系泊海洋结构的耦合分析方法



首次从动力学角度揭示了内波引起深海系泊平台大幅漂移运动的响应机制

53/111

1.5 代表性成果四 海洋工程结构极端动力作用与减振控制

(2) 学术贡献：半潜式平台主被动联合定位和减摇减荡控制

瓶颈问题

- 仅依靠动力定位无法控制平台垂直面内自由度的运动
- 联合定位系统的传统控制策略无法充分发挥系泊定位能力



技术创新

- (1) 构建了动力定位半潜式平台活动调谐垂荡板减摇减荡控制系统
- (2) 提出了动力定位系统的触发-决策机制及主被动联合定位控制策略

平台垂荡响应峰值减小30%，纵横摇峰值减小20%

54/111

1.5 代表性成果四 海洋工程结构极端动力作用与减振控制

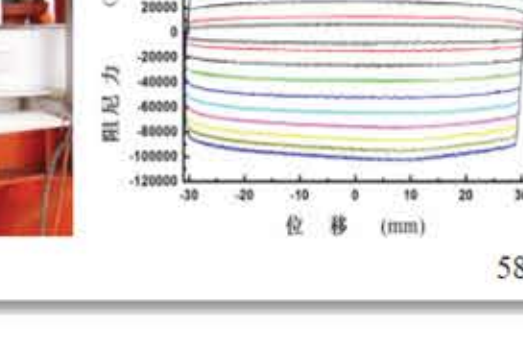
(2) 学术贡献：海洋平台结构智能阻尼减振控制

工程问题

在地震、强风、波浪、流冰等具有动力作用特性荷载作用下，海洋平台结构强烈振动导致结构疲劳损伤、局部破坏或整体倒塌。

技术创新

- (1) 提出了海洋平台结构振动智能控制理论和设计方法，完成了阻尼器产品研发及工程示范
- (2) 建立了结构非线性振动智能控制算法与模拟系统



研制的磁流变液阻尼器性能超过美国Lord公司结构阻尼比提高2倍，控制效果优于TMD和TLD

55/111

1.5 代表性成果四 海洋工程结构极端动力作用与减振控制

(3) 学术成果

● 2013年 **国家科技进步二等奖** 结构振动控制与应用

● 2015年 **海洋工程科学技术一等奖** 海洋工程结构水动力特性的分析研究

● 学术论文97篇：SCI收录 60 篇

● 知识产权12件：发明专利7、软件著作权5

● 大会报告：应邀在国内外知名学术会议上做大会报告10多次

56/111

1.5 代表性成果四 海洋工程结构极端动力作用与减振控制

(4) 同行评价

英国皇家学会院士 **Swan教授**

赞扬了我们在非线性波浪理论上的研究成果

结构振动控制领域国际著名专家 **Fabio Casciati教授**

实际工程应用半主动控制磁流变阻尼器十分有效

57/111

1.5 代表性成果四 海洋工程结构极端动力作用与减振控制

(5) 工程应用

- **我国首座深海平台（HYSY981）水动力设计和分析**

获得国家科技进步特等奖

- **世界首项海洋平台（中海油JZ20-2NW）磁流变智能阻尼抗冰振工程**

58/111