

ENGINEERING  
TOMORROW

*Danfoss*

知识文章

# 混合动力推进



燃料消耗量降低可达

**30%**

[marine.danfoss.com](http://marine.danfoss.com)

**VACON**<sup>®</sup>

# 目录

小结	3
<b>1. 简介</b>	3
<b>2. 了解发动机和发电</b>	4
2.1 燃料的动态性能	4
<b>3. 混合动力推进</b>	5
3.1 混合动力船舶	5
3.2 混合动力系统的优势	5
3.3 削峰 - 降低发电机上的动态负载!	6
3.4 负荷分配	7
3.5 保护设备和确保船舶控制	8
<b>4. 结论</b>	9

## 小结

对船舶使用混合动力驱动，可针对需要完成的任务来使用最优能量来源，从而提供多种益处，比如：减少环境排放，降低噪声以及减少维护工作。

实质上，电力用于驱动连接到船舶推进螺旋桨轴的大型电机。采用此方案，燃料驱动的发电机在运行中更接近于设计点，从而节省燃料。多余的电能可存储在电池中供以后使用，确保燃料驱动的发动机获得平滑的运行曲线。

## 1. 简介

造船厂和船东在船舶混合动力系统方面的投资越来越大，以提升设计和安装灵活性，优化运行性能（在能源和功率消耗方面），减少环境污染。

过去十年来，对于效率和排放控制方面的严格要求极大改进了新造船舶，改装将进一步改进现有船队，确保实现设定的业界目标<sup>1</sup>。

在本文中，我们将介绍混合动力推进，以及混合动力系统为何对于过渡到更具可持续性的船队至关重要。

---

<sup>1</sup> <http://www.imo.org/en/MediaCentre/HotTopics/GHG/Pages/default.aspx>

## 2. 了解发动机和发电

简而言之，柴油机的效率是指将燃料转换为机械能的能力。图 1 示出了发动机特征的一般描述。

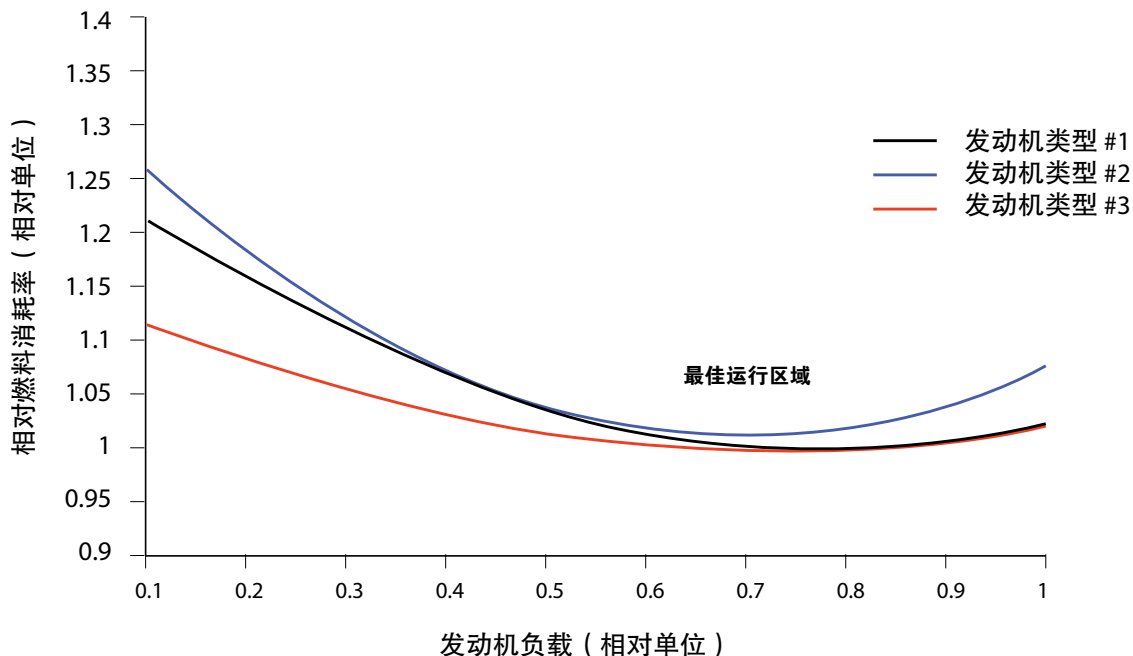


图 1 随相对发动机负载变化的相对燃油消耗率。

如图中所示，该消耗率是发动机负载的非线性函数，此函数的最小值为某个特定负载时的值。该比率介于 65-80% 之间，具体取决于品牌。因此，要最大限度地降低燃料消耗，发动机负载应为最大容量的 2/3 左右<sup>2</sup>。

但是，至少更小船舶的典型运行时间中包括大量低速巡航时间。以拖船为例。在服役期内，拖船的大部分时间都处于空转状态，主（超大）发动机在运行并时刻准备好响应。真的很浪费能源！

如图 1 所示，低速运行相当于推进系统效率低，因为发动机的运行偏离设计。

### 2.1 燃料的动态性能

纯柴油和船舶油气具有相当高的动态性能（2 MW 发电机为 100 kW/秒）。

但是，《巴黎协定》要求增加排放控制区域，且 IMO 承诺于 2050 年将排放量减少一半，这就需要在船舶燃料消耗和排放水平方面取得显著改进<sup>3</sup>。采用新型燃料以及使用洗涤塔来清洁废气将会越来越普遍。

诸如液化天然气 (LNG) 和其他生物燃料等环境污染更低的燃料不会排放任何硫氧化物气体或颗粒。使用 LNG，可将氮氧化物排放量减少达 85%，二氧化碳排放量至少减少 20%<sup>4</sup>。但是，这些燃料类型的特征是对变化的响应速度更慢。它们不是非常适合负载突变情况。因此，这就需要在发动机上保持均衡负载。例如，直接启动的推进器或船上压缩机可能会要求在数秒内提供巨量负载。

处理这种情况的传统方法是保持大量发电机运行，作为旋转备用以准备好应对高峰负载。这些发电机保持运行，准备好应付可能的扩展功率需求。不过，还可通过更好的方法来解决高峰需求，从而实际应用这些低排放燃料。

<sup>2</sup> [https://www.researchgate.net/figure/The-relative-specific-fuel-oil-consumption-SFOC-as-a-function-of-the-relative-engine\\_fig2\\_252392578](https://www.researchgate.net/figure/The-relative-specific-fuel-oil-consumption-SFOC-as-a-function-of-the-relative-engine_fig2_252392578)

<sup>3</sup> <http://www.imo.org/en/MediaCentre/HotTopics/GHG/Pages/default.aspx>

<sup>4</sup> <https://www.skangas.com/lng/lng-for-marine/>



### 3. 混合动力推进

如上所示，燃料驱动的发动机在静态负载约为容量的 65-80% 时可实现最高性能，具体取决于品牌。但船舶上总是会出现功率波动。影响推进的风和海浪、船上机械装置的打开关闭以及需要立即施加的推力来转动或停止的要求都会对系统施加动态负载。

电子元件对于动态变化无感。电子元件是瞬时型，可在几毫秒而不是几秒内作出响应，可满足对于功率要求快速变化的需求。

此外，在系统中采用电池储能还意味着可利用以下事实：只要负载一减轻，即可对蓄电池充电来模拟负载。这样，就能够确保燃料驱动的发动机在稳定、静态条件下工作。在系统中引入电池也称为混合动力化。

#### 3.1 混合动力船舶

采用混合动力推进的船舶使用两种或两种以上的能源。

主发动机和发电机通常与电池或超级电容器这样的集成式储能器结合使用。其目的是混合能源生产，确保发电机优化（如上所述）或对消耗能源的机器进行混合动力化来优化其行为。

#### 3.2 混合动力系统的优势

使用混合动力解决方案，可协同使用电池和小型柴油发电机来为处于空闲、运输、转弯、启动或停止状态的船舶提供能量。可停止主发动机。

保持燃料驱动的发动机以最佳状态运行，并通过电子元件处理高峰需求，意味着不再需要使用基于发动机的旋转容量。采用此方案时，可从发电机获得更多电能，因为这些发电机以最佳功率点运行，需要的发电机数更少。这样，就减少了安装、操作和维护所处理的重量以及相关成本和工作量。船舶电源管理系统自动持续计算最佳发动机转数，并确定用于整个系统的电源的最佳组合。由于使用的发动机和发电机的数量减少，噪音水平降至最低，并减少了燃料消耗。最重要的是，发动机/发电机上的磨损也减少，从而最长可将维护间隔延长 50%。

#### 可提供以下优势：

- 提高船舶性能
- 减少排放
- 减少燃料消耗，降低运行成本
- 降低发动机维护成本
- 降低船上噪音水平和振动 - 同时降低水中噪音
- 提高供电系统的长期运行效率
- 提高冗余性

这是船用交流电网的示例，包括并网变流器、直流储能器和岸电：

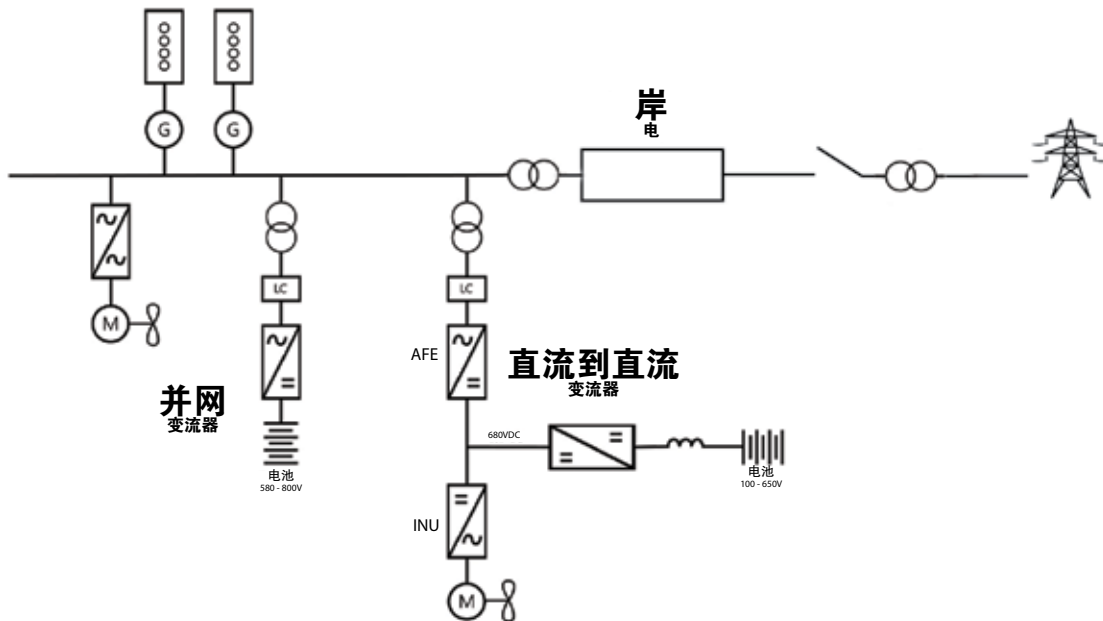


图2 船用交流电网示例，包括直流储能器和岸电。

### 3.3 削峰 - 降低发电机上的动态负载！

船上交流电网的储能系统是双向的，如图2所示。这种双向性可确保在负载减轻时，由燃料驱动的发动机所产生的过多电能将用于给电池充电，因此，发电机看不到任何突变。

例如，如果对柴油发电机施加过多需求，则存在发电机保护装置将其关闭来保护自身的风险。这将会随之对其他发电机施加过多负载，产生脉动效应，最坏情况下会使电源系统失效，这意味着完全停电不可避免。

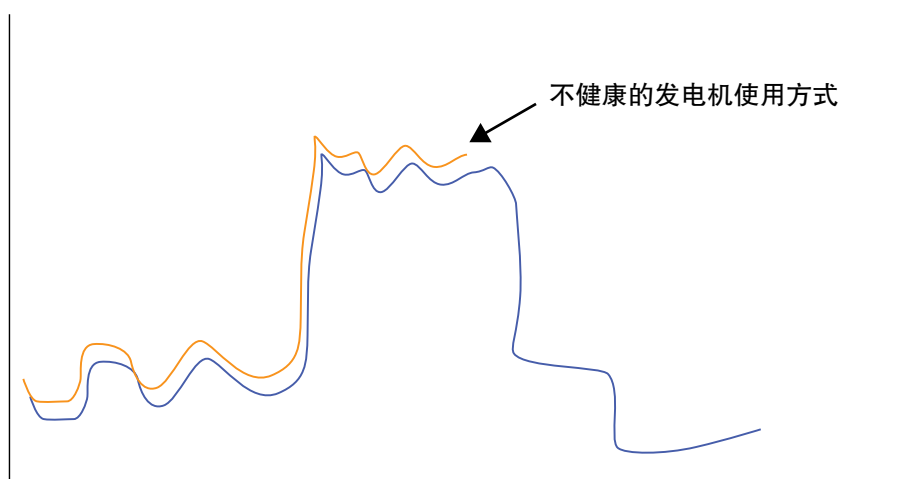


图3 发动机/发电机突变是不需要的现象，会导致船舶停电。

反之，如果使用储能系统来应对这些快速变化，则发动机和发电机将会经历电能需求的平滑上升和下降。船上管理系统可确保以适合特定发动机的变化特征的受控方式逐渐减少负载。

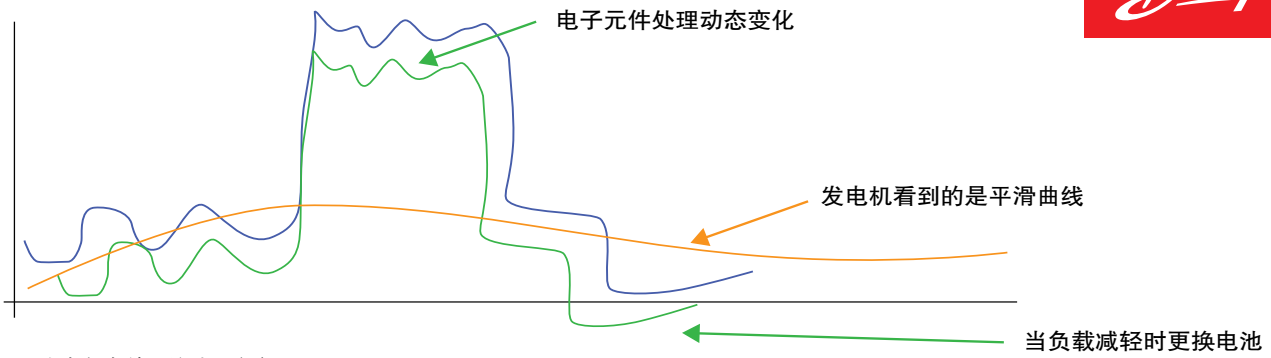


图4 由电气存储系统处理突变。

为此，要应对快速负载变化，储能系统（交流变频器）的功率控制或基波电流参考是需要的。

### 3.4 负荷分配

为确保以最佳方式使用设备，需要在柴油发电机和储能系统之间实现负荷分配。

可通过频率和电压的下垂功能或使用等同步模式进行负荷分配<sup>5</sup>。

在所有电源之间均匀共享有效负载时，设置应与系统中的其他电源等同。

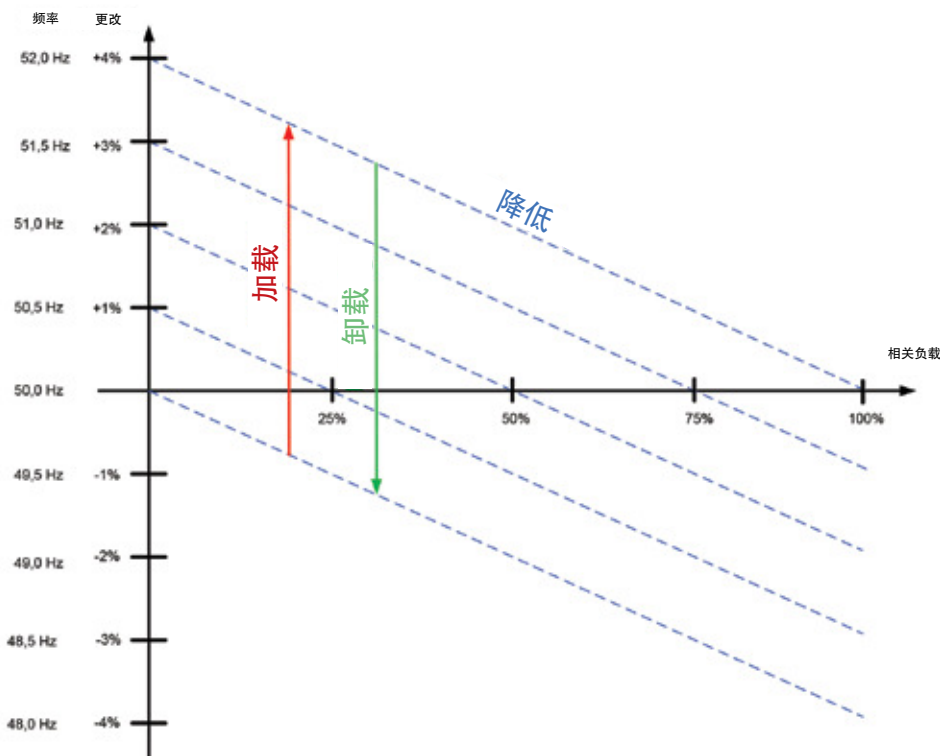


图5 负载共享。

<sup>5</sup> VACON® NXP 并网变频器 - 设置消峰，  
[https://www.youtube.com/watch?v=DJ1B4C8PLHl&index=8&list=PLEpz8AOKe-rWlWVCNUx\\_GNREZIQB\\_1Q58](https://www.youtube.com/watch?v=DJ1B4C8PLHl&index=8&list=PLEpz8AOKe-rWlWVCNUx_GNREZIQB_1Q58)

### 3.5 保护设备和确保船舶控制

像任何电气系统一样，可能会出现短路。如果出现短路，您可能想隔离故障区域，而不是损坏变频器而使整个系统失效。

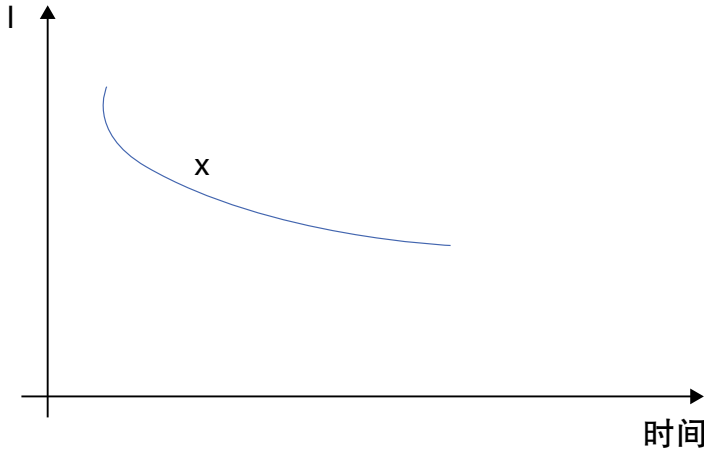


图6 可持续的电流。

要使熔断器熔断或跳闸，需要保持足够高的电流足够长时间以便熔断器熔断（用 x 标记）。要容纳熔断器的此特征，需对变频器进行相应设置以确保满足这些阈值。

出现故障时，短路电流将快速升高。如果电流达到变频器的硬件跳闸级别（过电流跳闸极限），则为保护硬件，变频器将停止，此时，完全停电将不可避免。这是不想要的结果。

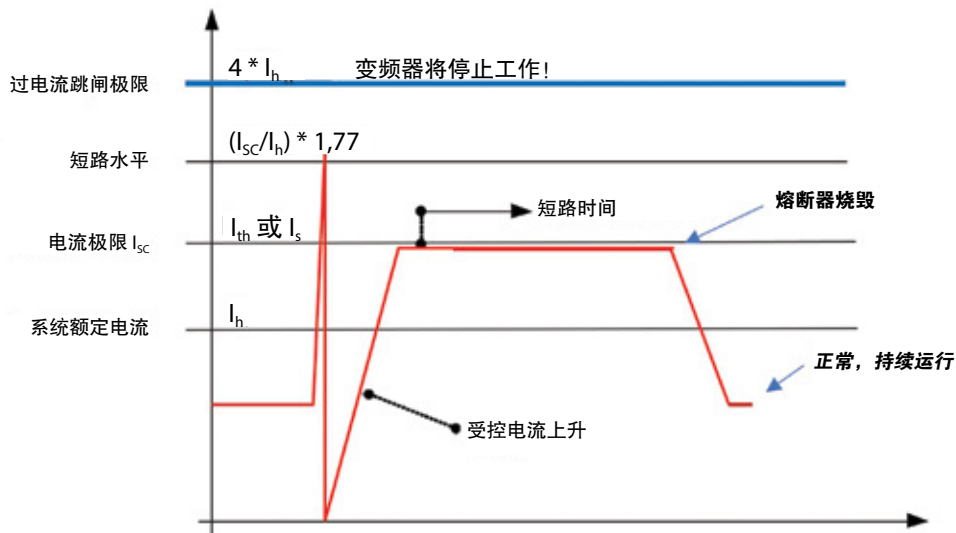


图7 短路方案。

使用变频器管理电流时，可检测到上升电流并在预定义的短路水平断开。此水平是可调整的，应设置为硬件跳闸水平的安全宽限。

电流降至 0。接着，电流控制器将电流提升至短路电流极限（同时是可根据熔断器特征进行调整的参数）。短路时间还可根据熔断器特征进行设置。由此实现了已知电流持续已知长度的时间。

现在，所有配置均已完成，可以只熔断出现故障的电路的熔断器，而不是让整个系统停电。



## 4. 结论

在船上引入储能系统可显著降低燃料消耗和生命周期成本。同时，它还能够极大降低排放水平，确保实现国际社会设定的目标。

使用电池储能，能够根据发动机或发电机的规格以最佳方式利用它们，而无需过多的旋转容量和放大选型。

电池储能作为备用的功能可确保在主发动机出现故障时具有替代电源可用。例如，在您的私营船上，当厨师在船长要求进一步节能时打开了烧水壶、炉子和烤箱，则只有厨房的熔断器被熔断。

---

有关更多信息，请阅读混合动力化手册：

<http://danfoss.ipapercms.dk/Drives/DD/Global/SalesPromotion/Factsheets/MiscFactsheets/uk/hybridization/>

有关丹佛斯船舶解决方案，请访问：

<https://www.danfoss.com/zh-cn/markets/marine-and-offshore/>

请与当地的丹佛斯办事处联系以了解更多信息：

<https://www.danfoss.com/en/contact-us/contacts-list/?filter=type%3Adanfoss-sales-service-center>