

MAN 计划推出低压双燃料机型

MAN Energy Solutions 计划推出 ME-GA 低压发动机系列，包括 5 缸和 6 缸机，缸径 700 mm。该系列是 MAN 与其许可证技术购买方——现代重工发动机和机械事业部 (HHI-EMD) 联合开发的。ME-GA 低压发动机单缸功率为 2 830 kW，气体模式下无需后处理系统即可满足 IMO Tier III。

LNG 运输船 (LNGC) 板块对低压双燃料发动机的强烈需求是该项目的推力。双发动机的 LNGC 曾是 ME-GI 发动机的主要市场。而新开发的 ME-GA 系列降低了原气体燃料供给系统，包括高压压缩机 (当 ME-GI 发动机用于 LNGC 时，其可将蒸发气加压至 30 MPa 的喷射压力) 相对较高的价格。

Win GD 的低压 X-DF 系列机在双燃料二冲程推进发动机市场取得成功，MAN 此次推出 ME-GA 低压发动机，无疑是受其影响。

G70ME-C10.5-GA 发动机的 5 缸和 6 缸机，曲轴转速 78 r/min 时，L1 额定点，最大额定持续输出功率分别为 14 150 kW 和 16 980 kW。

灵活性和选择

该机可根据具体情况设计布置图，灵活度高。可根据合同要求，设计最大持续功率和转速。例如，在 L4 SMCR，66 r/min 时单缸功率输出为 1 920 kW。

首台 ME-GA 发动机将于 2021 年年底安装于 LNG 船。发动机的外部轮廓和底座设计和 G70ME-C10.5 发动机 (78 r/min 时功率为 3 100 kW) 一样。

保留原型发动机的外部轮廓和底座设计，可使发动机许可证制造商在推出新发动机时的难度降低。HHI-EMD 在项目启动初期，就向 MAN 提出将维持发动机尺寸不变作为选择标准。

2019 年下半年，开发试验在 MAN 位于哥本哈根的两台试验机上进行。MAN 表示，ME-GA 系列不会替代高压 ME-GI/ME-LGI 发动机，后者仍将在 MAN 发动机型谱中占据重要地位。截止到 2019 年 6 月，ME-GI 的销量累计达到 280 台，积累了 500 000 h 的运行时间。2019 年上半年，MAN 推出了 Mark 2，进一步证明了公司仍非常重视该机型的研发和更新。

MAN G70ME-C10.5-GA 发动机主要参数

机型	二冲程双燃料机
缸径 / mm	700
行程 / mm	3 256
行程 / 缸径比	4.65
单缸功率 (L1 额定工况, 78 r/min) /kW	2 830
单缸功率 (L2 额定工况, 78 r/min) /kW	2 260
单缸功率 (L3 额定工况, 66 r/min) /kW	2 400
单缸功率 (L4 额定工况, 66 r/min) /kW	1 920
平均有效压力 (L1 额定工况) /MPa	1.74
气缸数	5、6
功率范围 (SMCR, 5 缸) /kW	9 600~14 150
功率范围 (SMCR, 6 缸) /kW	11 520~16 980

(高荃 编译)

Win GD 聚焦下一代 X-DF 发动机的更低排放技术

在各种替代燃料及其潜在的解决方案的大战中,LNG 仍是最受瞩目的。LNG 可压缩运输、供应,基础设施发展迅速,积累了较丰富的运行数据,因

此技术相对成熟。
自 2013 年推出 X-DF 以来,到 2019 年 11 月,该系列发动机已经积累了 280 000 h 的运行时间,

在用发动机数量和已签合同的数量已达 265 台。

考虑到未来 GHG 排放法规将越来越严苛，潜在买家们会更加关注低压双燃料 Otto 循环发动机的甲烷排放。Win GD 非常关注如何降低其发动机的甲烷排放。和 Win GD 四冲程低压 Otto 循环发动机相比，X-DF 发动机可减少约 50% 的甲烷排放。而且，Win GD 将在近期宣布一项新的改进技术，该技术可进一步大大减少甲烷排放。

甲烷排放的改进工作

Win GD 针对 X-DF 发动机的燃烧过程进行技术开发，并在其试验机上成功通过测试。这些技术还在一定程度上优化双燃料发动机的燃料效率。

公司称与现有的 X-DF 发动机相比，新型 X-DF 发动机有望减少至少 40% 的甲烷排放。与柴油机相比，X-DF 发动机的 SO_x 和 NO_x 排放分别降低了 99% 和 90%，GHG 排放降低约 15%。Win GD 认为，LNG 无疑是现有的最能保证减排效果的方案。而新一代 X-DF 发动机与柴油机相比，GHG 减排量可达约 20%。

下一代 X-DF 发动机

Win GD 正在对 X-DF 概念（X-DF2.0）进行进一步的开发。原型机技术已成功通过试验台测

试，将在 2020 年上半年安装在气体燃料船上。最初的运行数据将在 2020 年晚些时候获取。新一代的 GHG 减排技术有望在 2021 年面市。

GHG 减排技术的应用只会稍稍增加发动机底座的尺寸，该技术或可应用于现有 X-DF 发动机的改装。Win GD 已经深层次地考虑了改装的可能性。

熄火是关键现象

虽然 Win GD 还没有透露更多的技术细节，但指出，该技术和燃烧室优化、发动机调谐优化、预燃烧室喷射优化等技术是公司目前最为关注的技术。

该技术的开发很大程度上是基于对 DF 发动机甲烷排放因素的分析。2019 年的 CIMAC 大会上，Win GD 做了相关内容的报告。

未燃碳氢化合物产生的主要原因是燃烧室表面火焰熄灭，以及燃烧室内缝隙处的熄火影响。

X-DF 发动机采用独特的进气方式，可形成两层空气，使燃气混合物与排气阀、气缸盖和活塞表面隔离。

发动机缸径尺寸也会影响未燃碳氢化合物，如甲烷的生成。较大的发动机在熄火层的燃气混合物较少，因此有助于减少 GHG 排放。

（高荃 编译）

零排放的“Energy Observer”号船预示燃料电池应用的未来

一艘 30.5 m 长的改造双体船看似可能不是船舶能源改革的最佳候选。但是，该船采用船载电解技术，通过能源回收的方式，成功制造了氢燃料。这艘名为“Energy Observer”的船证明了采用现有技术是可以开发零排放船的，从而吸引了集装箱船运营商的注意。

该船的主要驱动力来自 20 kW 的燃料电池产生的电能。该船还装有一套海水淡化装置，以及 62 kg 的压缩氢气（35 MPa）。这些氢气由质子交换膜（PEM）电解槽产生。该电解槽每小时能产生 4 Nm³ 的纯氢气。能量储存还来自两个锂离子电池组，总重 1.7 t，功率达 100 kW。

电动马达驱动该船，可使其达到 6 节左右的常规航速，每天约燃烧 5 kg 氢气。该船的最高航速

可达到 15 节，但是 6 节是最具燃料经济性的航速。

该项目的项目经理 Louis-Noel Vivies 称：“最近，该船又添加了两个帆，从而提高了该船的效率，并节约了 40% 的能耗。”

如何使该船的电解槽在整个寿命周期内应对高盐、高湿环境是项目研发中一个难点。而在项目开发初期，研发人员在开发压缩气体用的膜时也遭遇了多次失败。

该技术具有在更大功率要求下应用的可能，法国集装箱船东 CMA CGM 也与项目组开展了合作。该船东正在寻求集装箱船沿途靠港时，采用氢作为辅机用燃料的可能性。

零排放技术

零排放技术联盟（Zero Emissions Technology

Association, 创建于2018年, 旨在促进从石化燃料向新型燃料的转化)的Madadh MacLaine认为, 类似于“Energy Observer”号的新型环保船舶将改变船舶设计的方式。零排放船舶技术已经具备, 并可以立即带来改变。

“这是真正吸引我的东西。数十年前, 零排放船舶在设计方面就已经可行。唯一的绊脚石就是价格, 但是政策的调控作用可使价格问题得以解决, 这是一个非常简单的公式。如果我们为碳排放也标上价格, 则零排放技术的价格和必要的技术就显得具有竞争力了。”MacLaine补充道。

通过电解方式获取氢燃料的费用为3 500~8 300美元/t, 平均价格为5 300美元/t(相当于原油价格为1 170~2 770美元/t, 平均为1 770美元/t)。以上价格的估算基于行业研究, 并包含了制造、压缩、存贮和运输费用。而实际上石油的价格大约为530美元/t, 可以看出, 氢燃料的价格还是

远高于石油的。

Vivies认为, 氢的价格如果低于7欧元/kg, 与石化燃料相比就会具有竞争力。他称:“如今, 安装氢系统的费用比安装一台同功率的柴油机高3~4倍, 但是, 柴油机的总费用还包括维护费用。而以5 000 h运行时间计, 氢系统的使用费用低于柴油机, 前者涉及到的维护费用仅为每年更换一个空气滤清器。从石化燃料中提取“脏”氢的费用很低, 但是这会生成许多碳。清洁的氢制造价格约为4~8欧元/kg, 如果实现批量生产, 价格可降至3欧元/kg。”

Vivies还称:“‘Energy Observer’号船的动力设计将作为一系列项目推进系统设计的参考范例, 其中就包括15艘70 m长的客船, 每艘船可载90人。零排放船舶的技术已具备, 并将在一些项目中得以应用。预计5年内, 该技术可在集装箱船、油轮、散货船上等大型船舶上得到应用。”

(高荃 编译)

一种发动机监控策略

优化发动机性能已被视为减少温室气体排放, 降低远洋船舶运行费用的直接手段。DNV GL 船级社船队性能管理全球负责人Torsten Bussow博士表示, 2015年在一艘A-和B-级船舶上进行的名为“Fleet Performance Management”的案例研究中, 采用发动机性能监控技术后, 燃油消耗减少了190 t。Bussow博士当时就指出, 发动机性能监控技术表现出了很高的节能潜能, 因此不应被忽视。

气缸压力是决定内燃机运行状态的一个基本变量。气缸压力电控监测手持装置已经替代了之前使用的机械发动机压力指示器。

目前在柴油机上使用的大多数气缸压力传感器都是针对发动机平衡和监控较大型柴油机(通常有6缸或更多气缸)的。由于各缸状态会存在差异, 因此须定期进行再平衡及调整。一些船用发动机的定期再平衡工作每个月就要进行一次, 以确保发动机的运行和排放维持在正常水平。

一个好的柴油机性能分析装置可以确定任何气

缸位置的气缸压力, 包括实际喷射、点火时正时以及其他燃烧过程中的气缸压力。基于这些监测结果, 喷射得以优化, 油耗得到降低。除此以外, 该装置还可监控几乎所有的磨损过程, 使工作人员能据此制定维护计划。瑞士Kistler公司新开发的TEDS传感器是基于高可靠性设计的, 测量压力可达35 MPa。

CM Technologies GmbH的总经理Matthias Winkler表示:“许多柴油机真实的性能数据往往和出厂试验和海试的数据不一样, 这就是所谓的性能损耗。这也解释了发动机油耗为何会比额定值高, 从而增加了运行费用的问题。平衡性能不好的发动机, 通常会多消耗2%的燃料。”所以, 从经济角度而言, 定期监控发动机状况是非常有意义的。因为压力曲线不仅能反映柴油机的特定正时, 还能帮助工作人员确认运行中的发动机的性能表现是否合乎预期。配合Acoustic Emission Sensor一起使用, 能显示喷射正时和燃烧过程, 以

及气门是否存在泄漏。它不仅能提醒工作人员发动机存在一些问题，就像峰值压力仪一样，也可提示故障的根本原因，并提供改正办法。

动态压力测试还能于早期检测出漏气和喷油器磨损。采用 PREMET X 指示器（现已发展到第三代），可在测量时即对发动机进行调整。CM Technologies GmbH（简称 CMT）在 2016 年年底获得 PREMET 生产许可和品牌所有权后，已将多种特性引入该指示器。

简单的测试 + 结果评价

新型 PREMET X 指示器配备了创新的 PiezoSmart 压力传感器，可自动记录内燃机气缸内的压力曲线，测量可通过几个简单的步骤完成。在指示器上选择好须测量的发动机后，使用者无须再按任何按钮，只要连接 Thompson 转接头，启动气阀，指示器即测量压力，记录性能数据；完成后该装置将提醒操作人员关闭气阀，移至下一个气缸。

用户友好型的接触显示设计使所有的测量结果都能从该装置直接读取，并和设定值进行对比。这意味着，发动机设置的改变及其影响可立即得到检验。

最新一代的 PiezoSmart 传感器由瑞士 Kistler 公司提供。这种新的压电传感器由于在热冲击下依然能保持稳定，从而确保了很高的测量精度。为了满足现代发动机技术的高要求，该传感器能测量高于 35 MPa 的压力。MAN Energy Solutions 称，最新一代的中速发动机在指示器阀位置的压力将高于 30 MPa。Winkler 先生认为，如果准备入手新的指示器，其传感器的压力必须达到上述水平。

经验证的技术又更进一步

CM Technologies GmbH 已对新版的 PREMET 进行了全面升级，并增加了新的特性。Winkler 先生称：“其他设备在测量 NO_x 排放优化型发动机时，常常会遇到一个问题，就是燃烧压力低于压缩压力，而新型 PREMET 却能准确地对此类发动机进行测量。”

著名的船舶管理公司 REEDEREI NSB 完成了对 PREMET 装置的测试。该公司船舶性能中

心负责人 Melanie Blaschke 称：“我们在公司的一条船上进行了测试。新型 PREMET 装置使用方便，我们获得的关于船舶主机和辅机的信息是毋庸置疑的。”

新型 PREMET 装置的一大进步是对完整的燃烧过程都能精确测量，包括喷射和燃烧长度，以及可能的喷射或燃烧延迟的参数。精确的测量结果有助于及时诊断喷射阀的磨损，也有助于调整燃油泵正时。Blaschke 称：“尤其是新的声发射传感器被证明是一种非常有用的工具，可获得关于燃油泵的额外信息。”

数据可在任何时间，任何地点被任何相关人员获得

虽然有资质的总工程师有能力自己评价发动机的性能数据，并得出正确的结论。但是他们往往要承担许多其他工作职责，可能没有时间完成这样的工作。新的 PREMET 概念使船舶能够将数据上传到 PREMET 云。文件很小，每个文件大约仅为 150 kB。一旦数据成功上传，任何相关人员就可在任何时间、任何地点获取数据。

安全云对公司数据的获取设置了权限，只有指定人员才能读取。CMT 提供了一项可选评价服务，用户可以选择对单个数据组进行评估，也可选择自动对所有上传数据进行评估。该服务不仅仅是提供一份计算报告，一位富有经验的船舶工程师会评估复杂的数据，并将解决方案反馈到船上。

除了 CMT 开发的云解决方案，该系统还能连接到 DNV GL 的 ECO Insight Cloud，或是 TEKOMAR 云。这样就可将船队不同船舶的性能数据进行对比，使问题得以更快地诊断。

不同柴油机性能装置的独立试验

Winkler 先生称：“在推出新型 PREMET 后，我们想知道该装置到底多有效。因此，我们做了一个市场分析。”来自瑞典、德国和保加利亚三国的具有多年工作经验的船舶工程师组成的团队完成了这份市场分析报告，该报告可帮助其他船舶工程师在进行柴油机分析时找到更好的工具。对该报告感兴趣的读者可以登录以下网址获取报告：www.dieselperformance.eu。

（高荃 编译）