

美国新重型直升机 CH-53K 接近形成初始作战能力

U.S Marine's New Heavy Lift Helicopter CH-53K Approaching IOC

■ 李明 / 中国航发研究院

9月30日，GE公司向美国海军航空司令部交付了首台生产型T408涡轴发动机，用于装配最新的重型运输直升机CH-53K“种马王”，这意味着该机离形成初始作战能力（IOC）更进了一步。

CH-53K基本情况及发展历程

美国当前主要有3种重型军用直升机，分别是陆军的CH-47支奴干、海军/海军陆战队的CH-53E“超级种马”和V-22“鱼鹰”。其中，CH-53E机队在伊拉克、阿富汗战争中损耗严重，后续将面临大批的停飞或退役，但海军陆战队却向舰上对陆地的机动运输能力提出了更高需求，新直升机相比CH-53E的运输能力要提高一倍以上。为不额外增加后勤保障压力，同时能适应舰载需求，美国海军分析中心和兰德公司分别进行了新直升机方案的评估。

美国海军分析中心在对海军陆战队兵力结构、各直升机数量及运输能力比较分析后发现，V-22与重型直升机协同作战更能发挥整体优势，若以CH-53K取代CH-53E会是最好的选择。兰德公司对CH-53K、单旋翼与纵列式旋翼两种新型常规构型、无尾桨的共轴“空中吊车”直升机、桨尖安装小型发动机的桨尖喷气直升机、带升力风扇的复合直升机、4旋翼倾转旋翼机等7



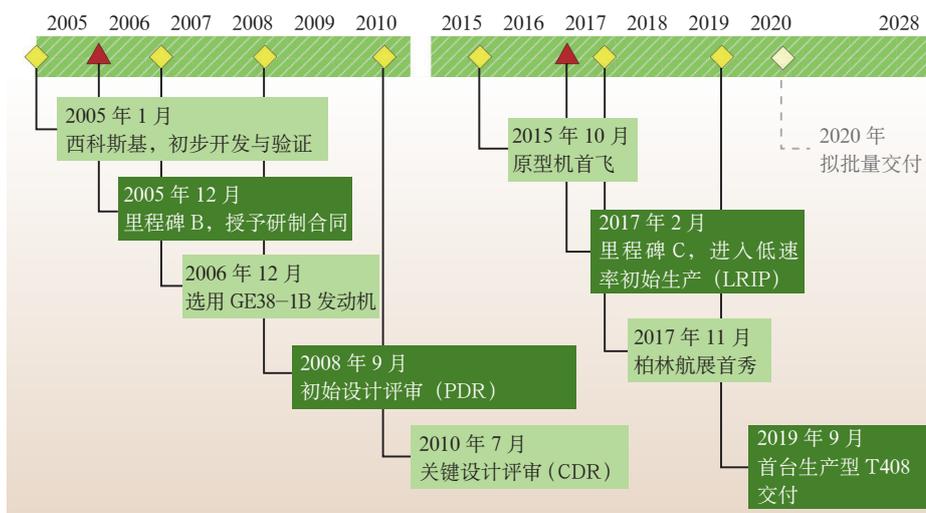
CH-53K重型直升机

种方案，进行了包括技术、生存性及可生产性等方面的全面、综合评估。评估发现所有方案的费用都很高，且需要多年的研发时间，而以CH-53E为基础改进改型的CH-53K是满足未来重型运输直升机需求的最佳选择。

美国海军陆战队于21世纪初启动了CH-53K的研发工作，原计划在2015年形成初始作战能力（IOC）被推迟到2019年12月，但受高温燃气

吸入、尾桁尾桨结构、主旋翼阻尼器过热、燃油系统异常等问题影响，该时间将继续被推迟。

CH-53K在2015年首飞，2018年首架交付美国海军陆战队。2017年进入低速率初始生产（LRIP），第一批次生产2架、第二批次生产6架，第三批次生产8架，第四批次生产13架。预计在2021年年初进行初始作战测试和评估（IOT&E），2023—2024年开始部署。按当前计划，CH-53K



CH-53K项目发展历程

订单总量200架，约277亿美元，于2020年开始批量交付，持续生产到2028年。

由于具有超强的环境适应能力、强大的运输能力及一定的抗损伤能力，CH-53K届时将担负起多种运输、突击支援等任务，对海军陆战队的作战能力形成跨越式提升。

CH-53K装备能力及技

术特点分析

CH-53K是美国最大最重的军用直升机，航程、有效载荷、生存能力、可靠性、成本等性能指标都较现役CH-53E有大幅提升。最大起飞质量高达39.9t，巡航速度为315km/h；单点挂钩的额定载荷为16.3t，双点挂钩最多可承载11.4t。特别是在海军高温/炎热环境下，能在204km的任务半径内，承担约12t的外部负载，



CH-53K技术特点

CH-53K性能及结构参数表

性能		
最大设计总质量	39900kg	
带内载最大总质量	33600kg	
最大连续功率速度	293km/h	
最大总质量，无地面效应	39900kg	
升限（ISA状态）	4880m	
升限（ISA+24℃状态）	4020m	
外载（204km活动半径内）	12200kg	
外载（中间单点挂钩）	16300kg	
外载（前后双点挂钩）	11400kg	
尺寸		
内部	底部负荷	1470kg/m ²
	标准木货盘	1100kg × 6
	全463L货盘	4500kg × 2
	半463L货盘	2300kg × 5
	燃油油箱	3030L × 3
机长（旋翼、尾桨未折叠）	30.2m	
机宽	5.3m	
机高（旋翼、尾桨未折叠）	8.6m	
货舱长	9.1m	
货舱宽	2.6m	
货舱高	2.0m	
耐坠座椅	34座 (2驾驶员、2队长、30士兵)	
内部油箱容量	8653L	
内部副油箱容量	9085L	

该项能力是CH-53E的3倍。

突出的运输能力，使其可执行以下多种任务：第一，重型运输任务，包括武器、装备、物资、人员等突击运输；第二，支撑前方弹药与燃料补给和快速地面加油；第三，对撤退和海军特殊军事活动的突击支援；第四，医疗后送；第五，坠机、装备及人员的回收；第六，突击支援的空中控制。

利用其强大的装载和吊运能力，CH-53K可以与高速、远航程的倾转旋翼机V-22形成优势互补；CH-53K还可以像CH-53E一样，改装成反潜、搜救、扫雷直升机及特种作战直升机，具备更大的控制范围和作战潜力。

这些突出能力的形成，一方面由于CH-53K延续了CH-53E的经典布局，设计之初就考虑了其使用需求及CH-53系列多年的使用经验；另一方面，除先进动力系统外，还综合集成旋翼系统、复合材料机体等多种先进技术，其中电子及飞控系统还考虑了未来的软件升级。

旋翼系统：第四代复合材料旋翼桨叶及先进的叶型、后掠的桨尖、加宽的桨叶等优化设计提高了悬停和前飞性能；可自动折叠，适应舰载需求；弹性、低维护需求的主旋翼桨毂；全新叶型尾桨。

力矩分流式减速器：3个功率输入模块，通过4个驱动轴分流后输出给主旋翼驱动齿轮，具备30min干运转能力。

电传飞控系统：光电系统取代复杂、笨重的液压机械系统，具有先进的增稳和飞行控制模式，降低飞行员负担。

综合飞行器健康监测系统：具

有诊断功能，可检测轴平衡、旋翼平衡、旋翼轨迹和平衡以及尾桨平衡。

复合材料机体：轻质、坚固，减轻质量，提高载重能力。

数字化座舱：具备联合交互操作功能，提高人机功效。

全数字化设计：降低研发成本，优化设计方案。

先进技术在提升CH-53K运载能力的同时，还将大大提高可靠性、维修性、协同作战能力，同时降低全生命周期成本，使之成为好用、用得起的先进装备。

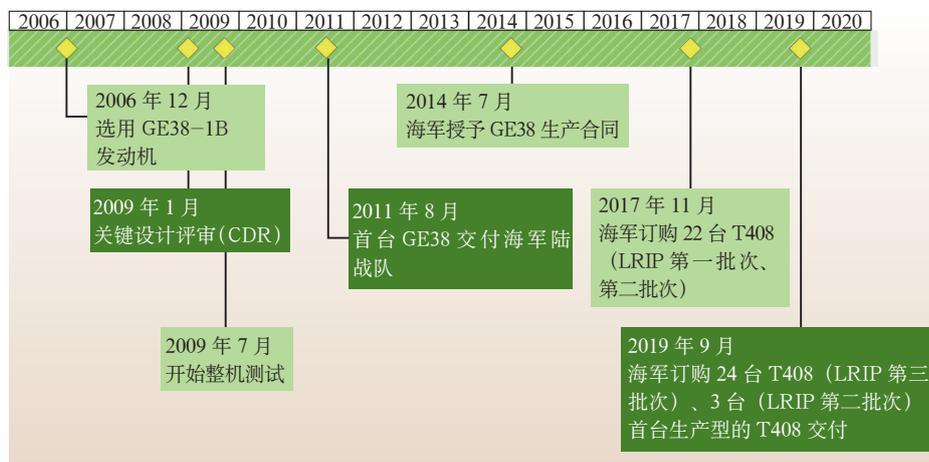
先进动力系统发展及特点分析

动力系统能力提升，是CH-53K性能发生飞跃的核心因素。2006年，针对CH-53K的需求，GE公司正式开始研发T408，内部编号GE38-1B。

CH-53K选用了3台T408涡轴发动机，单台额定功率为5600kW（地面测试最高达6200kW），相比CH-53E采用的T64发动机，其功率增加了57%，单位燃油效率提升了18%，但零件数减少了63%。

T408系统及性能参数表

系统	
长	1.46m
直径	0.69m
干重	501kg
压气机	5级轴流+1级离心
燃烧室	低排放、环形
燃气涡轮	2级、单晶
动力涡轮	3级
控制系统	双通道全权限数字式电子控制(FADEC)系统，并带先进诊断和健康管理功能
性能	
额定功率	5600kW
总压比	18.6
最大热效率	36.4%
功率质量比	11.2kW/kg
起飞单位耗油率	0.248kg/(kW·h)



T408发动机发展历程

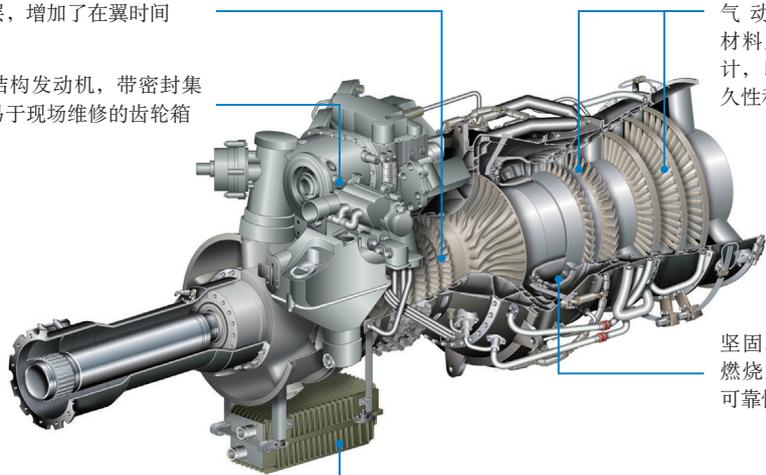
耐用的压气机，带有对分机匣、耐蚀涂层，增加了在翼时间

单元体结构发动机，带密封集油槽和易于现场维修的齿轮箱

带诊断和健康管理的全权限数字式电子控制 (FADEC) 系统，提高性能、降低维修成本

先进的涡轮空气动力学、材料及冷却设计，以提高耐久性和效率

坚固、高效的燃烧室，提高可靠性



T408发动机

T408是在GE27先进技术验证机、T407涡桨发动机的基础上发展而来，借鉴了GE27核心机的总体结构、单元体结构、高压比单转子压气机及其冷却方案、润滑系统和支承方案；还参考了T407的3级动力涡轮，其中气冷的第一级涡轮可提高耐久性和功率增长能力，并有一个独立的封闭模块以防止轴承和油槽受污染。

T408还融合了一系列新技术，包括新的三维气动设计、冷却方案和先进材料，与T407相比，同等进口气流和燃油消耗下，功率提高约45%。热端部件的冷却设计可防沙粒堵塞，并采用改进的材料和涂层，以防冲蚀和腐蚀。压气机叶片前缘设计得更坚固，以提高耐久性；同时采用T64发动机的抗蚀涂层。由于采用了整体叶盘压气机、无螺栓转子、低稠度/高功率涡轮及空心管路附件系统，从而减少了发动机零件数。

针对特定作战环境设计的T408，已完成超过6000h包括飞行试验在内的各种试验，验证了其出色抗风沙侵蚀和盐水腐蚀能力以及强耐久性，能够理想地在海军陆战队严酷的作战环境下使用。由于耗油率较低，T408还能显著降低CH-53K的使用成本。

结束语

CH-53新型重型直升机经过近15年的发展，性能超过预期。虽然发展中遇到不少技术问题，但这也是新机研发必经的坎坷。CH-53服役后，将大大提升海军陆战队的登陆作战和垂直突击能力，观其研发历程，有以下初步认识。

首先，需求明确是前提。根据长期的实战经验，经历了伊拉克战争的损耗，同时考虑美军未来会频繁介入局部战争、海军陆战队将承担大量地面战斗任务的特点，急需补充、加强重型运输直升机，以提高快速机动的运载能力；同时需要提高维修性、

可靠性，降低使用成本。发展之初，新型直升机的定位清楚、需求明确，为后续的方案选型、主要参数等关键决策的确定奠定了基础。

其次，融合新技术，继承性发展。根据任务需求，在对7种方案全面综合评估后，发现将CH-53E改型发展的CH-53K是最佳选择。一方面是由于CH-53系列直升机已服役50多年，其总体布局经历了实战的考验，延续改进了舰载兼容性；另一方面是改型的技术难度相对低，相应的费用和风险也较低，能够较迅速形成作战能力。在发展中，CH-53K融合了新设计、新材料等大量新技术，例如旋翼桨叶、复合材料机体等；或借鉴了已有的成熟先进技术，例如来自RAH-66科曼奇的分流减速器；这些新技术的融合，是CH-53K能力的重要保障。

最后，动力是核心能力。“一代动力、一代装备”，CH-53K区别于其他CH-53直升机的关键是前者采用了全新的动力，相比同量级的其他发动机，T408针对实战经验、严酷使用环境进行了优化设计，其功率更大、结构更简单、更省油、更能抗沙粒侵蚀、更耐用。5600kW的额定功率使T408成为美国功率最大的涡轴发动机，仅次于乌克兰的D-136涡轴发动机，强劲的动力使两者配装的米-26、CH-53K分别成为运载能力世界第一、第二的直升机。但米-26采用的D-136发动机为20世纪70年代研制，T408较其而言，最大热效率提高了7.4%，起飞耗油率降低了6.9%，综合性能更优。 **航空动力**

(李明，中国航发研究院，高级工程师，主要从事航空发动机发展战略与科技情报研究)