

文章编号: 1006-8309(2007)01-0043-03

人因工程技术及其在舰船设计中的应用

李玲¹, 解洪成², 陈圻¹

(1 南京航空航天大学 经济管理学院, 南京 210016)

(2 江苏科技大学 经济管理学院, 江苏 镇江 212003)

摘要: 分析了舰船的复杂人机系统特征和舰船设计需引入人因工程技术的必要性。并以舰船的推进控制系统为例, 应用人因工程分析技术对舰船推进控制系统的任务需求进行态势分析。结果表明, 分析过程详细描述系统完成任务的各个环节, 可拓展系统设计的需求和概念, 避免了传统舰船设计的不足, 有利于形成最优的系统总体性能和人员配备。

关键词: 人因工程; 舰船设计; 人机系统

中图分类号: TB18 **文献标识码:** C

现代舰船设计的目标之一就是在综合设计中实现最佳人机匹配。传统的舰船设计方法将舰船看作一个纯技术系统, 沿用自下而上的方式, 将各个独立、单项系统装进船体中, 设计人员只起着综合各个独立系统的作用。舰员在舰船系统中只是配合实现机器的功能, 而不是作为系统的一个有机部分和主体部分设计到全舰系统之中。人机协作只局限于传统人体工效领域, 未能充分考虑舰员的能力和局限性对舰船综合效能的影响, 因此不能从根本上解决人机合理分工问题。要解决这个问题, 改变传统舰船设计方法, 必须从顶层需求出发, 采用自上而下的方法进行舰船功能分析与综合设计。因此, 探索解决舰船总体设计中的功能分析与功能综合问题, 对进行合理的人机分工, 实现“人机共生”关系^[1], 从而使舰船设计从“以设备和技术为中心”转向“以人为中心”的人机综合设计^[2]有着极为重要的意义

1 舰船的系统特征——复杂人机系统

复杂人机系统由技术系统、人员系统和人机接口组成, 具有人机系统界面复杂性、信息复杂性、动态特性复杂性、环境不确定性复杂性、操作复杂性等基本特征^[3]。舰船是一个由众多设备、人员和人机接口组成的人机系统。根据复杂人机系统特征, 通过深入剖析舰船的系统结构, 提炼出

舰船的系统特征。

1.1 技术密集、结构及相互关系复杂

舰船设计包括船体、轮机、电气、武器等专业的设计, 且各专业内容所涉及知识的广泛性以及舰船完成使命任务必须具备的性能的多样性和复杂性, 致使每个专业所涉及的舰船结构设计都是一项复杂的工程。一艘典型的舰船有几千个功能完整的组成部件, 数万计台件的各种机器、仪表、装置、武器的工具和容器、管路、电缆布置装备其上, 同时还具有几十个专用系统, 且各系统之间相互关联。

1.2 信息时空密集化、人机界面及操作复杂

现代高新技术在舰船上的应用, 使得舰船的操控和指挥的自动化程度越来越高, 技术越来越密集, 设备越来越复杂, 从而导致舰员的工作由手工“操作”逐渐转向“监视-决策-控制”, 舰员与设备之间操控界面上的各种信息量成倍放大, 信息时空越来越密集化, 显示方式也越来越多样化。

1.3 人员及系统环境复杂

舰船将舰载设备和舰员紧密联系起来。由于舰船在每一次执行任务时, 都要在恶劣的海洋环境中作长时间的航行和逗留, 而人具有自然属性和社会属性的特性, 因此, 舰上的全体人员便构成了一个复杂的、具有一定组织结构的、独立的小社

基金项目: 船舶工业国防科技预研基金(02j1.55)

作者简介: 李玲(1964-), 女, 江苏徐州人, 副研究员, 博士研究生, 主要从事人因工程方面的研究, (电话) 05114401105(电子信箱) zwcbk@vahoo.com.cn。

会, 其中的每个成员都扮演着一个角色, 共同完成大量繁杂的工作。舰船的自动化、复杂化及其操作环境还会对舰员的生理和心理产生影响, 会降低舰员的可靠性, 产生人的失误。技术系统的复杂性、子系统之间及设备之间的相关性和耦合性会使系统故障更加复杂、多变和重叠, 从而影响舰船的总体性能。

舰船的这些特征表明, 舰船是一个典型的复杂人机系统。

2 舰船设计与因人工程分析技术

因人工程分析技术是一种自上而下的人机综合设计方法, 通过为系统设计提供人因素的分析、仿真、测试、设计、优化技术等工具, 将系统中的硬件和软件子系统集成起来, 使人因素的设计脱离了经验层次, 上升到方法论的高度^[4]。由于系统的总体效能依赖于人因素的计划、决策制定、管理、控制和维护技能, 而人力是一种有限性逐渐增加的昂贵资源, 必须用于最有效的可能范围, 因此, 从项目开始就要应用因人工程技术, 为系统设计提供一种将“非标准参数”诸如人的特征引入设计实践中的设计准则, 并在整个开发周期内如工程中其他要素一样不断更新。

舰船是一个全武器系统, 未来舰船所需要的瞬时反应、高火力品质、隐身性、互使用性较强的生存能力和费用可支持性, 都要求舰船具有较高的总体性能。而舰船的复杂人机系统特性表明, 舰船总体性能的提高和发挥, 不仅仅依赖于最佳的技术系统支持, 同时还依赖于有效的人员子系统和人机之间的最佳协作。设计这样的人机系统, 既要考虑人的因素、人和机器的特性, 还要考虑人的认知特点^[5]。为了实现舰船总体性能最优和最佳人机协作, 设计舰船时必须应用因人工程技术。

因人工程分析技术的步骤为: ①任务与态势分析; ②功能分析; ③功能分配; ④作业分析; ⑤性能分析; ⑥界面与工作空间设计^[6]。任务与态势分析定义了系统的总体需求, 即系统必须做什么和系统工作时的环境条件和状况。其分析技术有叙述式任务描述和图解式任务描述。图解式任务描述技术用于分析系统的任务或操作, 可描述相关系统行为以及根据时间或空间来绘制的重要任务事件。操作时间的顺序决定系统功能与性能需求的情况, 其中, 模糊不清的功能正是所需要的操作员的全部技能。

3 舰船推进控制系统任务与态势分析

复杂人机系统的设计问题实质上就是对人机任务的分配, 而对系统的任务需求分析是人机任务分配的基础。为了在设计工作开展前能完整地描述所有任务, 为设计最佳的人机界面打下牢固的基础, 必须对所设计系统的使命任务进行正确、细致的态势分析。本文以导弹驱逐舰的推进控制系统为例, 探讨因人工程技术在舰船设计中的应用方法。

3.1 驱逐舰的使命任务与态势分析

某导弹驱逐舰任务要求在中、近海单独或与海军其他兵力协同消灭敌水面舰船和登陆运输船舶, 参加反潜行动, 破坏和压制敌岸上目标。以导弹、火炮武器消灭敌水面舰艇和运输船舶; 担任基地和航渡舰船的防潜警戒, 协同导弹和鱼雷艇对敌舰船实施突击, 支援登陆和抗登陆作战, 对科学试验、科学考察和远洋船队进行护航, 保卫沿海经济区, 并能担负海上救援任务。其动力配置为: 主机采用柴—燃联合动力装置: $\times \times \times$ 型舰用燃气轮机 2台, $\times \times \times$ 型船用柴油机 2台^[7]。

为了完成舰船的航渡和作战使命任务, 推进控制系统必须为舰船提供机动性。根据驱逐舰的作战使用需求, 通过分析, 用图解式描述技术对驱逐舰的战备状态和过渡情况进行态势分析。态势由五个战备状态组成, 包括死船、进港、航渡、战时防御和战斗位置, 火灾等灾难另外作为一种状态加上, 并确定了有关状态的过渡(见图 1)。

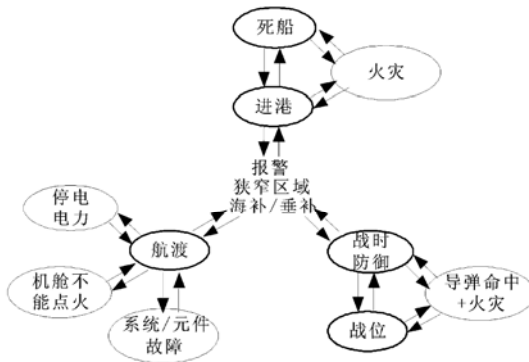


图 1 驱逐舰战备状态过渡图

3.2 推进控制系统的态势分析

现代舰船推进系统主要包括推进装置、辅助装置、动力管路系统和自动控制系统。推进装置由主机、传动设备、轴系、螺旋桨和遥控操纵台 5 部分组成。驱逐舰推进系统采用双轴双桨, 共有四台主机、两个定距螺旋桨以及两套轴系和齿轮箱(包括液压离合器)。每个螺旋桨由两台主机

通过轴系、传动设备等传递动力来驱动。考虑到机动性、隐蔽性、经济性和续航力等要求,通常把油耗较低的柴油机作为巡航装置,把单机功率大、重量轻、机动性好的燃气轮机作为加速装置,从而使舰艇能在短时间内发出最大功率达到全速。这样,既提高了战斗力,又能在长时间的巡航中减少燃料的消耗,增加续航力。这 4 台主机在不同任务要求下交替工作,以满足舰船动力需求。图 2 为驱逐舰推进系统基于时间的任务剖面态势分析

实例。在机动航行和低速巡航时采用柴油机驱动,在高速和全速航行时采用燃气轮机驱动。两种驱动模式交替工作,通过传动轴系、减速齿轮箱和液压离合器传输动力来驱动螺旋桨产生推力,并通过齿轮箱中液压离合器的填充与倒空实现主机与传动轴系联结的接通和脱开。图中横轴结点表明了整个过程中推进控制系统的全部行为,模式的转换取决于舰船使命和任务的要求。

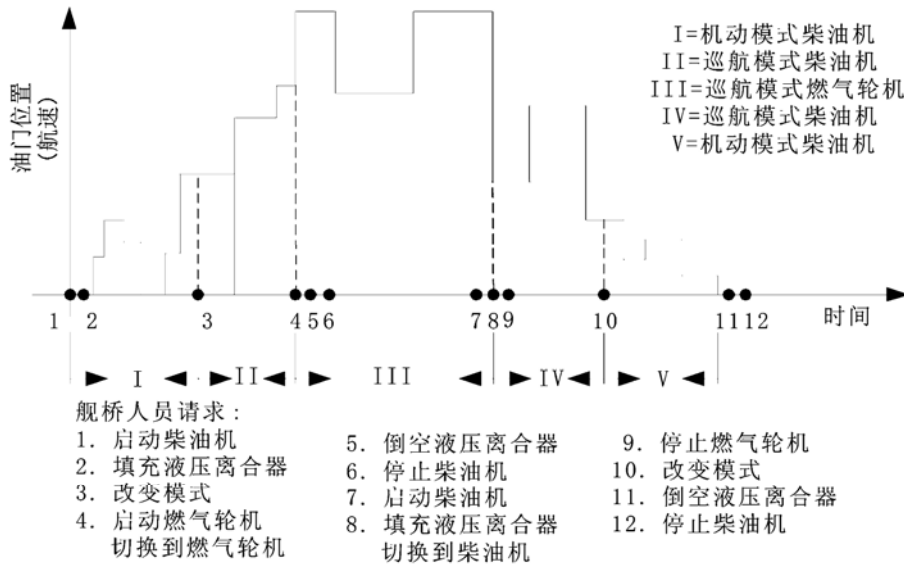


图 2 驱逐舰推进系统基于时间的任务剖面分析实例

4 结语

舰船的复杂人机系统特征表明,人的因素对舰船的使用寿命、效能、可靠性、武器系统的装备、以及总体性能的提高和发挥具有很大影响。有效的人员子系统的利用是通过人因工程的应用获得的,因此,从减少人力和人员成本的需求、实现人机最佳协作,以及提高系统总体效能考虑,从舰船设计开始就要应用人因工程技术。实例分析表明,应用人因工程技术对舰船推进系统的任务需求进行态势分析,可详细描述系统完成任务的各个阶段,任务完成过程直观明了,精确细致,易于发现疏漏之处,且图解任务剖面具有成本低、效率高的优点,特别适用于项目成员之间的交流。

参考文献:

[1] 杨子晨. 21 世纪的知识战——性能的拓展 [J]. 国

外舰船工程, 2003, 298(12): 1-4

[2] Thunderstone-EPI Inc Human Centered Design Environment [EB/OL]. (2002-10-09) [2005-08-03]. <http://www.manningaffordability.com/>

[3] 邹建军. 船舶机损事故分析 [D]. 上海: 上海海运学院, 2003

[4] Thunderstone-EPI Inc Human Engineering Process Top Level Overview [EB/OL]. (2002-10-09) [2005-08-03]. <http://www.manningaffordability.com/>

[5] 姚腾钢. 人因工程对舰船人员配备和工作能力的影响 [J]. 国外舰船工程. 1998, 238(9): 1-6

[6] Home R. Human Engineering Analysis Techniques [G/OL]. (2002-10-09) [2005-12-03]. <http://www.Manningaffordability.com/>

[7] 唐志拔. 水面舰船设计 [M]. 北京: 国防工业出版社, 1993

[收稿日期] 2005-12-22

[修回日期] 2006-04-06