

舰船装备

系统综合评估的 理论与方法

◎ 吴晓平 汪 玉 著



科学出版社

www.sciencep.com

舰船装备系统综合评估的 理论与方法

吴晓平 汪玉 著

I. 舰... II. ①吴... ②汪... III. 船舶装备系统综合评估 IV. U664.8

中国版本图书馆CIP数据核字(2000)第162109号

- 参 考 文 献
- [1] 吴晓平, 汪玉. 舰船装备系统综合评估理论与方法. 运筹与管理, 2000, 20(4): 121-125.
- [2] 吴晓平, 汪玉. 舰船装备系统综合评估理论与方法. 中国机械工程, 1999, 7(3): 33-36.

科学出版社

北京

内 容 简 介

本书是关于舰船装备系统优化设计与论证中有关系统综合评价理论、方法与应用的专著。全书内容包括：舰船装备系统优化设计的理论与方法；系统综合评价过程中评价专家选择、评价指标体系建立、评价指标量化与标准化处理、评价指标权重确定及系统综合评价的常用方法；基于多属性决策理论、模糊数学、灰色理论与粗糙集理论的系统综合评价方法及应用；在舰船装备系统效能、可靠性和安全性分析与综合评价中的应用；系统分析与综合评价理论在舰船装备系统论证中的具体应用。

本书注重理论联系实际，适于从事武器装备论证与优化设计、武器系统分析与效能评估、舰船装备全寿命保障等领域研究的科技人员学习和参考，也适用于系统工程、管理工程、武器系统运用工程、军事运筹学等学科或专业的教师与研究生等阅读和使用。

图书在版编目(CIP)数据

舰船装备系统综合评估的理论与方法/吴晓平,汪玉著. —北京:科学出版社, 2007

ISBN 978-7-03-020483-7

I. 舰… II. ①吴…②汪… III. 船舶系统—综合评价 IV. U664.8

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2007) 第 165109 号

责任编辑: 王雨舸 / 责任校对: 梅莹

责任印制: 吴代文 / 封面设计: 苏波

科学出版社出版

北京东黄城根北街 16 号

邮政编码: 100717

<http://www.sciencep.com>

武汉中远印务有限公司印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2007 年 6 月第 一 版 开本: B5 (720×1000)

2007 年 6 月第一次印刷 印张: 22 1/4

印数: 1—1 200 字数: 450 000

定价: 58.00 元

(如有印装质量问题, 我社负责调换)

作者简介



吴晓平 1961年5月生，山西新绛人，海军工程大学信息安全系主任、教授、博士生导师，大校军衔。1989年在国防科技大学获理学硕士学位，2001年在海军工程大学获工学博士学位，全军优秀教师，获军队院校育才银奖，长期从事系统分析与决策、装备优化设计等方向的研究，有10余项成果获军队科技进步奖励，发表学术论文90余篇，有20余篇论文被SCI、EI收录。



汪王 1964年1月生，湖北枝江人，海军装备研究院舰船论证研究所副所长兼总工程师，海军舰艇抗冲击研究试验中心主任，研究员，专业技术少将军衔，博士生导师。先后承担国家和军队重大型号论证和关键技术攻关项目50余项，获第六届中国青年科技奖、求是杰出青年实用工程奖、全军优秀博士毕业生。获国家、军队科技进步奖10余项，国家发明专利6项，发表论文一百余篇。

内容简介

本书是关于舰船装备系统优化设计与论证中有关系统综合评价理论、方法与应用专著。全书内容包括：舰船装备系统优化设计的理论与方法；系统综合评价过程中评价专家选择、评价指标体系建立、评价指标量化与标准化处理、评价指标权重确定及系统综合评价的常用方法；基于多属性决策理论、模糊数学、灰色理论与粗糙集理论的系统综合评价方法及应用；在舰船装备系统效能、可靠性和安全性分析与综合评价中的应用；系统分析与综合评价理论在舰船装备系统论证中的具体应用。

本书注重理论联系实际，适于从事武器装备论证与优化设计、武器系统分析与效能评估、舰船装备全寿命保障等领域研究的科技人员学习和参考，也适用于系统工程、管理工程、武器系统运用工程、军事运筹学等学科或专业的教师与研究生等阅读和使用。

前 言

进入 21 世纪,随着科学技术的飞速发展,特别是高新技术的不断涌现,军事装备研究领域不断推陈出新,舰船装备从设计制造到使用维护都发生了根本性变化。20 世纪末到 21 世纪初的几场高技术战争,均体现了军事对抗已从武器装备的对抗转变为装备体系的对抗。要使海军舰船装备发展和装备体系建设能适应新军事变革的需要,必须进一步提高舰船装备系统综合评价工作的科学性。

舰船装备的研制作为一项系统复杂、意义深远、投资风险高的国防基本建设工作,是海军装备迅速迈向现代化的关键;而研制过程中的论证、设计、试验等工作作为其必要环节亦越来越受到业务机关和科研单位的重视。舰船装备的系统优化设计与系统综合评价,是一种能使得所设计的舰船装备兼有性能指标先进、技术风险低、开发和研制周期短、研制费用经济而合理的科学方法,并已在舰船装备的论证、设计、试验等子过程中得以应用。由于它关系到舰船装备研制的投资强度与效果、研制周期与时限、装备的综合性能及部队战斗力的形成等要素,因而受到国内外军事装备管理与设计者们普遍的关注。特别是近几年来,随着军事高科技的不断涌现,它在现代战争中的作用日益明显。在当前新军事变革成效初现端倪、我国周边环境日趋复杂及海军军事战略思想已发生重大转变的特定环境下,做好舰船装备的研制工作,尤其是做好舰船装备的系统优化设计和系统综合评价理论与方法的基础性科学研究工作,显得尤为重要。

本书旨在以舰船装备的系统优化设计为目标,运用系统工程中整体性、综合性、相关性、满意性等基本观点,提出一整套指导思想明确、方法体系完整,且能科学合理地运用于舰船装备系统优化设计全过程的系统综合评价的理论与方法。本书涉及系统工程、决策科学、管理科学、模糊数学、灰色系统、智能计算等交叉学科的前沿研究领域,期望给出系统综合评价理论与方法,能促使舰船装备系统优化设计工作更为系统规范,也更加科学合理;也期望理论与方法的应用不仅仅局限于舰船装备的系统优化设计领域,亦可应用于现役舰船装备战技术性能的系统综合评价、舰船退役论证及军事技术评价等诸多领域中。

本书分为 15 章。前 3 章在引出舰船装备系统综合评价目的与任务、现状与发展、过程与应用的基础上,考虑到全书的完整性,简述了系统工程的基本理论与方法,着重讨论了舰船装备系统优化设计的理论与方法;第 4 章至第 7 章讨论了作为系统综合评价过程中基本内容评价专家选择、评价指标体系建立、评价指标量化与标准化处理、评价指标权重确定及常用的系统综合评价的方法;第 8 章至第 11 章则着重介绍了基于多属性决策理论、模糊数学、灰色理论与粗糙集理论的系统综合

评价方法及应用;第12章至第14章分别讨论了在舰船装备系统效能、可靠性安全性分析与综合评价中的应用;最后一章则讨论了系统分析与综合评价理论在舰船装备系统优化设计过程中的具体应用。本书的读者对象为从事武器装备论证与优化设计、武器系统分析与效能评估、装备全寿命保障等领域的理论与应用研究的科技人员,高等院校、装备研究院所和国防工业科研院所从事系统工程、管理工程、武器系统运用工程、军事运筹学等学科或专业的教师、研究生等。

作者长期从事舰船装备论证、维修、可靠性分析、系统分析等方面的教学与科研工作,积累了较丰富的理论和实践经验,所成书稿正是20多年来装备科研、学术研究及研究生指导工作的总结。在本书理论研究成果的完成及写作过程中,得到了作者的同事——海军工程大学教授宋业新博士的大力支持,还得到了作者所指导的博士研究生杨广、付钰、叶清、张文波、刘玲艳、白春杰及安卫博士、陈迎春博士、程华斌博士、潘春光博士的大力帮助,尤其是杨广、付钰两位博士研究生在书稿的文字修改中付出了辛勤的劳动,在此表示深深的谢意。

本书反映的部分研究成果还分别得到国家自然科学基金、总装备部和海军装备部军内科研与维修改革项目的资助;海军工程大学科研部和科学出版社对书稿的出版也提供了很多便利,在这里一并表示感谢。

书稿从立意到成稿历经多年,支撑本书的许多研究成果虽已获军队科技进步奖奖励,学术研究成果已在相关刊物发表或被检索,但随着现代科技的快速发展,舰船装备论证与技术评估方法也在不断创新。因此,本书的观点和方法难免有一定的局限性,诚望读者不吝指教。

作者

2007年1月30日

目 录

第 1 章 绪论	1
1.1 引言	1
1.2 舰船装备系统综合评价的目的与任务	2
1.3 舰船装备系统综合评价发展简史	2
1.3.1 现代工程设计的理论	2
1.3.2 现代工程设计的综合评价方法	6
1.3.3 舰船装备系统综合评价方法的形成与发展	7
1.4 舰船装备系统综合评价理论与方法的应用	9
1.4.1 评价指标体系的建立	10
1.4.2 评价指标的量化	10
1.4.3 指标权重的确定	11
1.4.4 综合评价方法的选择	11
1.4.5 评价的实施及要点	11
1.5 本书结构	12
参考文献	12
第 2 章 系统工程的基本理论与方法	13
2.1 系统工程概论	13
2.2 系统工程基本理论	14
2.2.1 系统原理	14
2.2.2 信息原理	18
2.2.3 控制原理	21
2.3 系统工程基本方法论	23
2.3.1 系统工程的思想体系	23
2.3.2 系统工程的步骤体系	26
2.3.3 系统工程的方法体系	27
2.4 系统综合评价的一般方法论	28
2.4.1 系统分析与系统综合	28
2.4.2 系统综合评价	29
参考文献	33
第 3 章 舰船装备系统优化设计理论与方法	34
3.1 舰船装备系统设计的基本概念与模型	34

3.1.1 基于对象的装备系统设计的基本理论模型	35
3.1.2 基于对象的装备系统设计方法学	37
3.2 舰船装备系统设计的思想、内容与策略	42
3.2.1 舰船装备的工程设计与发展	42
3.2.2 舰船装备系统设计的思想	43
3.2.3 舰船装备的系统设计策略	45
3.3 舰船装备系统设计的方法	47
3.3.1 舰船装备的系统概念设计方法	47
3.3.2 舰船装备的系统技术设计方法	48
3.3.3 舰船装备的系统详细设计方法	49
3.4 舰船装备系统优化设计理论	50
3.4.1 舰船装备的系统工程设计	50
3.4.2 舰船装备的系统优化设计	50
3.5 舰船装备系统优化设计的发展趋势	52
3.5.1 系统集成优化设计	52
3.5.2 系统智能优化设计	54
3.5.3 面向环境与生态的绿色设计	55
参考文献	56
第4章 系统综合评价专家的选择及评价指标体系的建立	58
4.1 系统综合评价中专家的选择	58
4.1.1 专家的概念	58
4.1.2 专家选择的原则	59
4.1.3 专家选择的方法	59
4.2 系统综合评价指标体系的建立	67
4.2.1 评价指标的选取原则	67
4.2.2 评价指标的选取方法	69
4.2.3 评价指标的选取步骤	75
参考文献	77
第5章 系统综合评价指标的处理方法	78
5.1 定性指标的量化处理方法	78
5.1.1 等级法	78
5.1.2 标度法	78
5.1.3 模糊数法或灰数法	79
5.1.4 “专家”调查表法	80
5.1.5 特征向量法	81
5.1.6 顺序指标量化方法	82

5.2 定量指标的标准化处理方法	82
5.2.1 效益型和成本型指标的标准化方法	83
5.2.2 固定型指标的标准化方法	85
5.2.3 区间型指标的标准化方法	86
5.2.4 偏离型指标的标准化方法	87
5.2.5 偏离区间型指标的标准化方法	87
参考文献	88
第6章 系统综合评价指标权重的确定方法	90
6.1 指标权重的作用	90
6.2 指标权重确定的基本原则	91
6.3 指标权重的确定方法	91
6.3.1 常用的客观赋权法——熵值法	92
6.3.2 常用的主观赋权法	93
6.3.3 综合赋权法	98
参考文献	103
第7章 舰船装备系统综合评价的常用方法	105
7.1 加权算术平均法	105
7.2 加权几何平均法	106
7.3 主成分分析方法	107
7.4 功效系数法	108
7.5 综合排序的理想解法	109
7.6 改进的理想解法	110
7.7 层次分析法(AHP)	112
7.7.1 层次分析模型及层次排序计算	113
7.7.2 判断矩阵及其一致性检验	114
参考文献	118
第8章 基于多属性决策理论的系统综合评价方法	120
8.1 面向装备系统优化设计过程的群组决策理论	120
8.1.1 面向装备系统优化设计的群组决策的特点	120
8.1.2 面向装备系统优化设计的群组决策过程与要素	121
8.1.3 应用于群组决策过程的偏好与效用	124
8.1.4 多属性群组决策问题的数学模型及解的概念	125
8.2 模糊多属性决策模型及求解方法	127
8.3 模糊排序法	128
8.3.1 区域度量法	128
8.3.2 左、右打分法	129

8.3.3	概率分布法	130
8.3.4	λ -截集法	131
8.3.5	基于模糊权数的方案排序法	131
8.4	模糊多属性决策方法	134
8.4.1	模糊简单加性加权法	134
8.4.2	最大最小法	135
8.4.3	模糊连接/分离法	136
8.4.4	基于理想点和负理想点概念的模糊多属性决策法	137
8.5	模糊多属性群体决策的综合评价方法	141
8.5.1	群体权重向量的形成与集结	141
8.5.2	群体对方案集的排序	144
	参考文献	146
第9章	基于模糊数学的系统综合评价方法	148
9.1	系统模糊综合评价方法	149
9.1.1	一级系统模糊综合评价	149
9.1.2	二级系统模糊综合评价	152
9.1.3	带置信因子的系统模糊综合评判	152
9.1.4	变权重系统模糊综合评判模型	155
9.1.5	一种改进的多目标系统综合模糊决策方法	155
9.1.6	区间数模糊综合评价方法	158
9.2	定性指标的系统模糊综合评价方法	163
9.2.1	定性指标的模糊综合评价方法	163
9.2.2	基于集值统计的模糊综合评价方法	166
9.3	系统模糊层次分析法	169
9.3.1	模糊 AHP 法	170
9.3.2	模糊动态 AHP 法	173
9.3.3	基于熵权的模糊 AHP 法	175
9.3.4	模糊推理/AHP 法	178
	参考文献	182
第10章	基于灰色理论的系统综合评价方法	185
10.1	灰色系统基本理论	185
10.1.1	基本概念	185
10.1.2	灰数的白化与白化权函数	186
10.1.3	灰色关联度	188
10.1.4	灰色聚类原理	189
10.2	灰色决策及评价	193

10.2.1	灰色统计决策	193
10.2.2	灰色聚类决策	193
10.2.3	基于三角白化权函数的灰色聚类评估	195
10.2.4	实例分析	196
10.3	基于灰白化权和模糊数学的系统综合评价	202
10.3.1	DHGF 算法分析	202
10.3.2	实例分析	205
	参考文献	208
第 11 章	基于专家权重和粗糙集的系统综合评价方法	210
11.1	基于专家权重的系统综合评价方法	210
11.1.1	改进的专家权重确定方法	210
11.1.2	基于专家的改进的综合评价方法	212
11.1.3	实例分析	213
11.2	多级模糊模式识别法	215
11.2.1	多级模糊模式识别模型量化方案的定量评价意见	215
11.2.2	系统综合评价	217
11.3	一种基于粗糙集理论的系统综合加权排序法	217
11.3.1	粗糙集的基础理论	217
11.3.2	决策表中属性的简化	218
11.3.3	基于粗糙集理论的加权排序法	219
	参考文献	220
第 12 章	舰船装备系统效能分析与综合评价	222
12.1	系统效能评估方法的分类	223
12.2	系统效能评估的数学模型	229
12.2.1	ADC 模型	229
12.2.2	PAU 模型	235
12.2.3	ARINC 模型	235
12.2.4	效能模型的比较	236
12.3	舰船系统效能综合评估方法	237
12.3.1	水面舰船效能评估层次指标体系的建立	237
12.3.2	效能指标的标准化及权重的确定	238
12.3.3	方案筛选	239
12.3.4	系统效能综合评价方法	240
	参考文献	242
第 13 章	舰船装备系统可靠性分析与评价	244
13.1	舰船装备系统可靠性预计与分配	244

13.1.1	舰船装备系统可靠性常用指标与参数	244
13.1.2	舰船装备的系统可靠性分析	245
13.1.3	舰船装备的系统可靠性分配	249
13.2	舰船装备系统模糊可靠性预计与分配	252
13.2.1	舰船装备系统模糊可靠性分析	252
13.2.2	舰船装备系统模糊可靠性预计	255
13.2.3	基于模糊决策的系统模糊可靠性分配	258
13.2.4	基于遗传算法的系统模糊可靠性优化分配	260
13.2.5	基于加权模型的舰船装备系统模糊可靠性优化分配	266
13.2.6	复杂系统的系统模糊可靠性优化分配	268
13.3	舰船装备系统神经网络可靠性预计与分配	271
13.3.1	系统神经网络可靠性预计	271
13.3.2	系统神经网络可靠性分配	276
	参考文献	281
第 14 章	舰船装备系统安全性分析与综合评价	283
14.1	舰船装备系统安全性的因素分析	283
14.1.1	舰船装备系统安全性的定义与评价的一般模型	283
14.1.2	舰船装备系统安全性评价对象的选定及等级划分	284
14.1.3	舰船装备系统安全性评价指标的选取	286
14.2	舰船装备系统安全性综合评价方法	286
14.2.1	基于 AHP 的舰船装备系统安全性评价	286
14.2.2	基于模糊综合评判的舰船装备系统安全性评价	290
14.2.3	基于 D-S 证据理论的舰船装备系统安全性评价	295
	参考文献	304
第 15 章	系统分析与综合评价理论在舰船装备论证中的应用	306
15.1	舰船装备可制造性系统分析与综合评价	306
15.1.1	舰船装备可制造性评价指标体系的建立与系统分析	307
15.1.2	舰船装备可制造性的综合评价过程	308
15.1.3	舰船装备可制造性的综合评价方法	309
15.2	舰船主动力系统选型的系统分析与综合评价	312
15.2.1	舰船主动力系统选型的因素分析	313
15.2.2	舰船主动力系统选型的综合评价体系	317
15.2.3	舰船主动力装置选型的综合评价方法	317
15.2.4	舰船主动力系统选型应用实例	319
15.3	研究用潜艇 AIP 选型的系统分析与综合评价	324
15.3.1	潜艇 AIP 系统研究的现状分析	324

15.3.2	常规潜艇 AIP 性能的系统分析	327
15.3.3	研究用潜艇 AIP 选型的系统综合评价	329
15.4	基于人工神经网络的舰船供电系统负荷估算研究	333
15.4.1	人工神经网络及模糊神经网络理论简述	333
15.4.2	基于模糊 SOFM 网络的电力负荷分类方法	335
15.4.3	舰船电力系统负荷分类随机估算模型	339
15.4.4	舰船动力系统电力负荷估算应用实例	341
参考文献		343

第 1 章 绪 论

1.1 引 言

21 世纪海军舰船装备的竞争,主要是舰船装备的设计与建造质量、速度、可靠性、维修保障性 & 全寿命周期费效比等方面的竞争。影响竞争的因素很多,但最关键的因素则是舰船装备的设计质量。而装备的设计质量又取决于在设计过程中能否自始至终地以全新的设计思想为指导,并全面运用系统优化设计理论、系统综合评价方法和先进的计算机技术。

随着军事高科技的迅猛发展,舰船装备设计也进入了一个崭新的时代。舰船装备的系统优化设计和系统综合评价作为舰船设计的主要内容,对舰船任务使命的完成并确保满足其战技术性能发挥等起着关键的作用。因此,舰船装备的系统优化设计构成了国防工业创新的核心环节,也是一个国家国防科技水平和创新竞争能力的重要体现。由于舰船装备是由数量与型号众多、用途不同的子系统和设备构成的复杂统一体,因而它的系统优化设计就是要依据舰船战技术性能对各分系统提出的要求,制定出一整套既能满足此要求又切实可行,并能直接依据它进行制造的工程设计。要使组成舰船系统的各子系统与设备,既能体现整体的最佳性能又能发挥各自的最优功能,必须将系统优化设计理论与系统综合评价方法贯穿于舰船装备系统设计的全过程,这也构成了当今舰船装备系统优化设计的方向^[1]。

舰船装备系统综合评价工作,在一般意义下包含:系统综合评价项目的提出、系统综合评价项目要达到的目标及约束条件分析、系统综合评价项目可能的备选方案的提出、各备选方案的系统分析、项目系统综合评价的结论及实施建议等方面的内容。这些体现了舰船装备从拟研制项目的提出、分析综合及提出结论的工作过程,也是一个决策研究的过程。

舰船装备的系统综合评价工作是装备研制阶段的重要环节,其方法论、科学性、适用性研究有着重要的理论与实际意义。做好舰船装备系统综合评价的方法论及科学性的研究工作,可提高舰船装备及各系统的质量,进而可提高装备建设的军事经济效益;可最大限度地减少装备研制需求与实现装备跨越式发展所产生的矛盾,加快舰船装备体系建设与发展步伐;可使舰船装备研究、制造及列装的决策更规范化,从而提高舰船装备建设的科学管理水平。

1.2 舰船装备系统综合评价的目的与任务

海军舰船是一种建造复杂、投资大、使用周期长的海上作战平台,其研制受到作战对象、作战环境、使用年限等因素限制。在设计建造一艘新型舰船时,应首先根据作战对象提出舰船及装备的作战使用要求、舰船装备的主要战术技术性能指标、装备部队的时间要求与采购数量、技术实现的可能性、国外同类舰船与装备的现有水平和发展概况等,在总结现有可借鉴的舰船设计经验的基础上,提出不同的舰船装备设计方案。再通过系统论证与技术评估,进而选择技术上先进、系统综合作战效能高、建造及服役期投入经费合理的舰船装备,以促进海军舰船整体作战能力的提高,这构成了海军舰船装备系统综合评价的主要目的。本书就是要以舰船装备的系统优化设计为目标,运用系统工程中整体性、综合性、相关性、满意性等基本观点,提出一整套指导思想明确、理论依据充分、方法体系完整、能合理地运用于舰船装备系统优化设计全过程的舰船装备系统综合评价的理论与方法。

在同样的使用条件下,为完成既定的任务可采用不同的舰船装备设计方案,进而会产生不同的军事效能。舰船装备系统综合评价就是要对各种可能的方案,开展舰船装备的主要战技术性能实现的可能性分析和舰船装备的系统效能分析。要通过建立系统、科学、合理的综合评价模型,系统分析各备选方案的优劣,综合多方面的因素给出科学、明确的结论,进而为制定舰船装备发展规划、拟制舰船装备设计任务书、制定舰船装备的作战使用要求及综合保障要求等提供科学的依据。这个面向舰船装备设计的诸多系统分析与综合的研究过程也构成了舰船装备系统综合评价的主要任务。

1.3 舰船装备系统综合评价发展简史

各种科学方法均是随着社会实践和科学研究的深入而产生与发展的。舰船装备系统综合评价理论和方法的形成与发展也是如此,同样经历了由初期的自然产生,到自觉的应用扩展,进而不断地向深层次发展的三个阶段。可以说,舰船装备系统综合评价方法的形成与发展,与运筹学、系统工程、决策分析等理论和方法的实践有着密不可分的关系。

1.3.1 现代工程设计的理论

设计是将人们的各种设想和要求变为现实并力图以当前尽可能好的方式满足使用者提出的需求,因而设计是按给定的目标和存在一定量的相互矛盾的条件下的寻优过程。传统的舰船装备的工程设计大都以顺序的任务方式进行,它主要凭借设计者及群体的智能,凭借人类的直觉、经验或逻辑思维功能,反复利用直接寻

优的方法来实现。随着数学科学与数学技术,特别是最优化技术与数学建模方法的应用,对复杂装备进行工程优化设计在理论上成为可能。近些年来,伴随着计算机和网络技术的飞速发展,针对运用数学、最优化技术解决工程设计问题中存在的局限性和环境条件的制约,工程设计者相继提出了一些实用的工程优化方法,这些方法虽然缺乏系统、严格的数学论证,但却能解决不少传统工程设计与经典数学方法不能解决的实际问题。在处理相关问题,尤其是处理多目标工程优化问题中,基于设计者经验与直觉、利用先进的构模方法与数据处理及模型求解技术的过程得到了更多的应用。设计过程优化与设计方法学的研究得到了人们的重视,从而也开辟了提高工程设计与工程优化效率的新途径。20 世纪末期,由于人工智能技术与数据库技术的迅速发展,使基于知识的智能优化成为可能。智能寻优策略的不断提出,使得工程设计过程中计算机辅助设计方案的智能优化、设计工程中寻优策略的自动选择和工程设计优化过程的智能控制等得以实现。结合深入发展的系统工程理论与不断完善的系统分析技术,使得局限于功能的传统工程设计概念得以拓展。这些都为新的设计思想与设计理论的提出奠定了基础^[2]。

装备的工程设计作为有步骤的分析与综合,实际上是不断地从定性研究到定量分析的问题求解过程。G. Pahl 与 W. Beitz 等于 20 世纪 70 年代提出的设计方法学是该时期最具有代表性和权威性的装备(产品)工程设计学说,至今在传统的设计与制造领域中仍具有重要影响。它把整个设计过程划分为:明确设计任务、概念设计、具体化设计和详细设计等四个串行的主要阶段,下一阶段的启动往往需要以上一个阶段的结束为前提,阶段与阶段之间常常具有较明显的停顿与交接,整个设计过程中的信息与设计者间的意见交流常局限于相邻的两个阶段,从而也促成了工程设计者常常会站在相对狭隘的角度看待装备的设计与开发,一般只考虑采用本专业领域的知识与工具来寻求解决问题的方法。而对诸如装备的可制造性、可维修性及设计制造的成本等考虑较少。传统的舰船装备工程设计中,设计过程也往往只被视为完成装备设计与制造的步骤,很少考虑到设计过程对装备的列装时间、装备的质量、装备的研制成本和装备的可维修性等指标也具有决定性的影响。由此,人们更加注意消除传统的装备串行设计的不足与弊端,结合先进的装备制造模式对装备的工程设计提出新要求,不断地研讨装备工程设计的新思想与新理论。

自 20 世纪 80 年代以来,国际工程设计与制造界便着重开始了对新的设计理论研究,由于国际市场的竞争和经济全球化进程的加快,装备设计与开发、装备生产过程与需求等成为装备设计与制造部门的系统整体过程和全球化进程中相互联系的重要组成部分。装备设计更成为一种系统行为,设计理论也需要考虑在更为广泛的范畴内研究装备的创新性设计等问题。1998 年 5 月在德国举行了国际上第一次通用设计理论研讨会,比较一致的观点是:设计应从装备发展需求出发,不断寻求问题的设计解(即可制造和使用的装备)。设计理论是研究设计人员在设计过程中的思维及行为规律,研究设计理论的目的是为发展新一代计算机辅助设计