

装备保障仿真应用研究系列丛书

军队“2110工程”项目资助

Effectiveness Evaluation of Equipment Support Based on Simulation

基于仿真的装备保障效能评估

杜晓明 古平 高鲁 等编著



国防工业出版社
National Defense Industry Press

装备保障仿真应用研究系列丛书
军队“2110 工程”项目资助

基于仿真的装备 保障效能评估

杜晓明 古 平 高 鲁 等编著

国防工业出版社

· 北京 ·

内 容 简 介

本书主要从装备保障效能评估的概念、内容和方法三个方面,对信息化条件下成建制部队如何开展基于仿真的装备保障效能评估作了较为详细的介绍。涉及装备保障及其效能评估的内涵与外延,基于仿真的装备保障效能评估流程与方法,装备保障静态效能和动态效能的指标体系,装备指挥、装备维修、弹药供应和器材供应等保障业务过程分析及其效能评估过程,装备保障效能评估数据处理方法及其系统优化方法。

本书可作为装备保障研究领域工程技术人员的参考用书,也可作为军队院校兵器科学与技术、军事装备学等学科的研究生辅助教材。

图书在版编目(CIP)数据

基于仿真的装备保障效能评估/杜晓明等编著.
—北京:国防工业出版社,2017.2
ISBN 978-7-118-11225-2

I. ①基… II. ①杜… III. ①武器装备—装备
保障—评估—中国 IV. ①E237

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2017)第 013020 号

※

国防工业出版社 出版发行

(北京市海淀区紫竹院南路 23 号 邮政编码 100048)

北京嘉恒彩色印刷有限责任公司

新华书店经售

*

开本 710×1000 1/16 印张 14½ 字数 248 千字

2017 年 2 月第 1 版第 1 次印刷 印数 1—2000 册 定价 56.00 元

(本书如有印装错误,我社负责调换)

国防书店:(010)88540777

发行邮购:(010)88540776

发行传真:(010)88540755

发行业务:(010)88540717

《装备保障仿真应用研究系列丛书》

编委会

主 任 杜晓明

副主任 柏彦奇 贾云献 古 平

委 员 (按姓氏笔划排序)

古 平	冯书兴	朱 宁	刘 洁	刘 彬
李三群	李 思	杜晓明	吴巍屹	赵德勇
柏彦奇	俞康伦	高 鲁	贾云献	徐雪峰
葛 涛	蔡纪伟			

序

装备保障是部队保持和恢复战斗力的重要支撑,随着我军机械化、信息化复合式发展取得重大进展,现代装备新技术密集,复杂程度迅速提高,对装备保障工作提出了更高要求。装备保障已成为事关军事斗争准备和军队建设的战略问题,它是军队建设的重要基础,直接影响部队全面建设的质量;它是装备建设的重要组成部分,贯穿于装备全寿命管理之中,直接影响装备建设的效能;它是部队战斗力的重要因素,贯穿于战斗力形成的全过程之中,直接影响作战的成败。部队装备保障是装备保障的出发点和落脚点,在信息化条件下,面对如何科学合理建设部队装备保障系统、优化设计部队装备保障力量、准确制定装备保障方案、高效实施装备保障指挥与行动等现实问题,迫切需要一种科学高效的工程方法来提供技术手段支撑。仿真技术作为继理论研究、科学实验之后第三种认识客观世界的手段,为全系统、全寿命研究部队装备保障问题提供了一种新的途径。在装备保障研究领域,扎实推广先进仿真建模理论与方法、仿真系统与技术以及仿真应用工程技术,深入开展装备保障仿真技术创新研究,必将深化装备保障在系统论证、试验、使用及人员训练等各个层次的研究工作,取得显著的军事经济效益和社会效益。

纵观外军几十年在装备保障仿真技术领域的研究与实践,在装备全寿命周期的不同阶段,建模与仿真技术在装备保障特性的论证、设计与验证,作战与保障方案验证与评估,装备保障系统全面建设以及装备维修保障训练中得到了广泛应用,充分发挥了它对装备保障技术研究的推动作用。我军在装备保障领域开展仿真研究起步较晚,直至20世纪90年代海湾战争后,才逐步认识到装备保障在部队战斗力生成与保持中的重要作用,由此开始科学开展装备保障仿真研究,现在正朝着系统化、体系化和标准化的方向发展。原总装仿真专业组针对我军装备保障领域对仿真技术应用的迫切需求,结合装备保障的专业特点及其技术内涵,系统构建了包括“应用仿真技术”“基础仿真技术”“使能技术仿真”和“系统与支撑技术”在内的装备保障仿真技术体系,规划了中长期装备保障仿真技术发展路线,为装备保障仿真的长远发展奠定了基础。

长期以来,部队装备保障仿真一直是军械工程学院军事装备学学科的重要研究领域,在效能评估、模拟训练、兵棋推演等装备保障应用方向,该学科承担了

多项全军重大科研任务,积累大量科研成果与实践经验。科研教学相长,围绕分布式建模与仿真技术,为本科生、硕士研究生和博士研究生开设了“复杂系统建模与仿真”、“现代作战仿真”等相关课程,有力提升了院校研究生的科研学识层次。依托多期军队“2110 工程”重点实验室建设,建成了“装备保障仿真实验室”,为更深入地开展部队装备保障仿真研究奠定了扎实的环境基础。为了更好地让仿真技术应用服务于部队装备保障,满足当前我军装备保障信息化、智能化、精确化的发展需要,结合多年教学与科研心得,我们完成了“装备保障仿真应用研究系列丛书”,旨在与大家分享、交流与提高。

丛书紧紧围绕部队装备保障工作,从基础、方法、应用三个层面,面向装备保障指挥、装备技术保障、供应保障等部队装备保障业务,对分布式仿真技术在部队装备保障中的应用展开了探索性研究。丛书分为三部分共八册,其中基础部分包括《装备保障仿真概论》,系统阐述了部队装备保障仿真的基本概念、内涵、分类及复杂系统建模理论与方法;方法部分包括《装备保障仿真概念模型理论与方法》《装备保障仿真智能指挥实体建模方法》、《基于 MDA 的联邦式装备保障建模仿真技术》、《装备保障仿真构件库技术研究》四册,主要采用分布式仿真技术,结合部队装备保障业务特点,对概念建模、智能体建模、模型重用、模型构件等关键仿真技术展开了深入探讨;应用部分包括《基于仿真的装备保障效能评估》、《陆军装备保障模拟训练》、《陆军装备保障兵棋推演》三册,对装备保障分布式仿真在装备保障效能评估、模拟训练、兵棋推演三个应用方向的应用过程及发展趋势展开了讨论。丛书研究对象针对性强,业务特点明显,三大应用方向也体现了当前我军部队装备保障应用研究热点,在部队装备保障实践与装备保障理论方法之间架起了桥梁。装备保障仿真研究领域交叉宽广,仿真技术也复杂多样,丛书所针对的部队装备保障分布式仿真应用研究只是装备保障仿真研究领域中的冰山一角,国内外关于作战仿真的著作较多,但专以部队装备保障为对象的研究书作不多。作者衷心希望此丛书的出版能对装备保障的仿真研究起到添砖加瓦作用,由于研究者水平有限,对部分有争议问题,大胆发表了一家之言,意在抛砖引玉。

本丛书部分得到了“2110 工程”专项经费资助,军械工程学院贾希胜教授、朱元昌教授、李荣盛大校、程中华教授和国防工业出版社对本丛书的编著与出版给予了极大的关心、支持和帮助,作者借鉴或引用了有关专家的论文和著作,在此一并表示衷心的感谢!

水平和时间所限,不妥之处难免存在,敬请批评指正。

《装备保障仿真应用研究系列丛书》编委会

2017 年 1 月

前 言

装备保障是部队战斗力的重要支撑,一定程度上直接影响着战争的胜负。现代信息化战争对装备保障提出了精确化、集约化、一体化等要求,传统的装备保障模式和手段将难以适应现代战争对装备保障提出的新挑战。随着新军事变革的逐步深入,世界各国军队都加快了部队信息化建设的步伐,建立与作战系统相适应的体系结构合理、运转灵活高效的保障系统也是整个部队信息化建设的重要内容。保障系统能不能建、能不能建好、建好之后能不能发挥应有的功能和作用,需要在整体上系统地对在建或拟建的装备保障系统进行客观评估,从而保证系统能够满足部队使用要求,能够适应未来信息化战争需求。保障系统效能评估既是部队保障系统质量建设的有效工具和手段,又是部队保障系统建设的重要组成部分。在保障系统建设的全过程中,将保障系统建设及其效能评估同步开展,已成为世界主要军事强国信息化部队保障系统建设的重要举措,也是现阶段我军装备保障领域的重要研究课题之一。装备保障效能作为装备系统作战效能的重要组成,通过分析装备保障系统组成、结构、运行等要素,科学评估装备保障分项及整体效能,对于保障资源的合理配置,保障系统的优化设计,保障能力的有效形成,部门机关的科学决策具有重要指导作用。

本书从效能基本概念出发,重点阐述了装备保障及其效能评估内涵与外延、装备保障效能评估的方法。在分析装备保障系统力量组成、任务方式等基础上,明确了装备保障效能评估的组成内容,区分了装备保障静态效能和动态效能的指标体系。论述了装备保障仿真评估的基本流程与技术框架,总体上解决了采用仿真方法,如何进行装备保障效能评估的问题;随后依据保障任务性质,分别从装备保障的不同侧面,详细论述了装备指挥、装备维修、弹药供应、器材供应的业务过程、静态和动态效能指标体系和评估过程,这是全书的主体部分;最后从结果利用的角度,总结了装备保障效能评估的数据处理方法及其系统优化方法。本书是作者在装备保障效能评估领域多年教学和科研的基础上,系统总结而写成,可为从事装备保障研究的工程技术人员提供合适的参考资料,也可作为军队院校在装备保障仿真方面的辅助教材。

全书由杜晓明策划,古平、高鲁、葛涛、刘彬、李思、朱宁、刘洁等参与了相关内容的撰写工作。由杜晓明、古平、高鲁统稿,贾云献主审,吴巍屹、蔡纪伟对书稿进行了修改和校对。军械工程学院贾希胜教授、李三群教授、程中华教授对本书的出版给予了极大的关心和支持,在此,对他们表示衷心的感谢。

装备保障效能评估研究在我军装备保障领域属前沿研究领域,我们只是进行了部分的理论与方法探讨,重在抛砖引玉,促使大家能深入思考装备保障效能评估的有关问题,为信息化条件下部队装备保障系统建设与发展提供决策支持。由于作者水平有限,书中难免有不妥之处,敬请批评指正。

编著者
2017年1月

目 录

第1章 绪论	1
1.1 引言	1
1.2 效能评估的基本概念	1
1.2.1 效能定义	1
1.2.2 效能指标	3
1.2.3 效能评估	4
1.3 装备保障及其效能评估	5
1.3.1 装备保障	5
1.3.2 装备保障效能	6
1.3.3 装备保障效能评估	9
1.4 装备保障效能仿真评估	11
1.4.1 装备保障效能评估方法	11
1.4.2 装备保障建模与仿真	12
1.4.3 装备保障仿真评估步骤	14
1.5 装备保障效能评估的意义	17
1.5.1 装备保障效能评估的作用	17
1.5.2 装备保障效能评估的意义	18
1.6 本书结构	19
第2章 装备保障效能评估内容	21
2.1 引言	21
2.2 装备保障系统分析	21
2.2.1 装备保障力量区分	21
2.2.2 装备保障主要任务	23
2.2.3 战时装备保障方式	24
2.3 装备保障效能构成	26

2.3.1	装备指挥效能	27
2.3.2	装备维修效能	27
2.3.3	器材供应效能	28
2.3.4	弹药供应效能	28
2.3.5	装备管理效能	28
2.3.6	装备机动效能	29
2.3.7	装备防卫效能	29
2.4	装备保障效能评估指标体系	29
2.4.1	指标体系建立的基本原则	30
2.4.2	指标体系建立的影响因素	31
2.4.3	指标体系建立的基本步骤	32
2.4.4	静态效能指标体系构成	34
2.4.5	动态效能指标体系构成	38
第3章	装备保障仿真评估方法	46
3.1	引言	46
3.2	装备保障仿真评估方法概述	46
3.2.1	分布交互仿真的概念及特点	46
3.2.2	基于HLA的分布式仿真	49
3.2.3	装备保障仿真评估基本流程	52
3.2.4	装备保障仿真评估技术框架	55
3.3	装备保障仿真模型体系	56
3.3.1	装备保障军事概念模型	56
3.3.2	装备保障实体模型	61
3.3.3	装备保障行为模型	63
3.3.4	装备保障环境模型	65
3.3.5	装备保障效能评估模型	66
3.4	装备保障仿真数据体系	67
3.4.1	装备保障仿真基础数据	67
3.4.2	装备保障仿真实定数据	69
3.4.3	装备保障仿真运行数据	70
3.4.4	装备保障仿真评估数据	71
3.5	装备保障仿真评估系统	71
3.5.1	装备保障仿真评估系统结构	71

3.5.2 装备保障仿真评估系统运行流程 73

3.5.3 装备保障需求生成模块 75

3.5.4 装备保障指挥仿真模块 76

3.5.5 装备保障行动仿真模块 78

3.5.6 装备保障效能评估模块 81

第4章 装备保障指挥效能评估 84

4.1 引言 84

4.2 装备保障指挥业务描述 84

4.2.1 装备指挥力量体系 84

4.2.2 装备指挥过程与内容 92

4.3 装备保障指挥模型构建 102

4.3.1 指挥实体模型 102

4.3.2 指挥行为模型 106

4.4 装备保障指挥效能评估数据需求 110

4.4.1 静态效能评估数据需求 110

4.4.2 动态效能评估数据需求 112

4.5 装备保障指挥效能评估计算与分析 114

4.5.1 单项效能指标计算分析 115

4.5.2 综合效能指标计算分析 116

第5章 装备维修保障效能评估 118

5.1 引言 118

5.2 装备维修保障业务描述 118

5.2.1 装备维修力量体系 118

5.2.2 装备维修方式 122

5.2.3 装备维修过程与内容 126

5.3 装备维修保障模型构建 128

5.3.1 装备维修实体模型 128

5.3.2 装备维修行动模型 134

5.4 装备维修效能评估数据需求 138

5.4.1 静态效能评估数据需求 138

5.4.2 动态效能评估数据需求 140

5.5 装备维修效能评估计算与分析 142

5.5.1	单项效能指标计算分析	143
5.5.2	综合效能指标计算分析	145
第6章	装备器材供应效能评估	149
6.1	引言	149
6.2	器材供应业务描述	149
6.2.1	器材供应力量体系	149
6.2.2	器材供应方式	152
6.2.3	器材供应过程与内容	154
6.3	器材供应模型构建	156
6.3.1	器材供应实体模型	156
6.3.2	器材供应行动模型	161
6.4	器材供应效能评估数据需求	167
6.4.1	静态效能评估数据需求	167
6.4.2	动态效能评估数据需求	168
6.5	装备维修效能评估计算与分析	169
6.5.1	单项效能指标计算分析	169
6.5.2	综合效能指标计算分析	170
第7章	弹药供应效能评估	173
7.1	引言	173
7.2	弹药供应业务描述	173
7.2.1	弹药供应力量体系	173
7.2.2	弹药供应方式	176
7.2.3	弹药供应过程与内容	177
7.3	弹药供应模型构建	180
7.3.1	弹药供应实体模型	180
7.3.2	弹药供应行为模型	183
7.4	弹药供应效能评估数据需求	188
7.4.1	静态效能评估数据需求	188
7.4.2	动态效能评估数据需求	191
7.5	弹药供应效能评估计算与分析	196
7.5.1	单项效能指标计算分析	196
7.5.2	综合效能指标计算分析	202

第 8 章 装备保障效能评估结果处理与应用 207

8.1 引言 207

8.2 装备保障效能评估结果处理 207

8.2.1 结果保存 207

8.2.2 结果处理 207

8.2.3 置信度设置 210

8.3 装备保障效能评估结果灵敏度分析 211

8.3.1 指标权重的灵敏度分析 211

8.3.2 指标值灵敏性分析 213

8.4 装备保障效能评估结果应用 214

8.4.1 装备性能优化 214

8.4.2 装备保障系统数量结构优化 214

参考文献 216

第1章 绪 论

1.1 引言

装备保障是部队战斗力的重要支撑,一定程度上直接影响着战争的胜负。现代信息化战争对装备保障提出了精确化、集约化、一体化等要求,传统的装备保障模式和手段将难以适应现代战争对装备保障提出的新挑战。近年来,各国军队围绕部队装备保障能力建设,加快了信息化条件下装备保障系统的论证与建设。如何从整体上系统地对所在建或拟建的装备保障系统进行认识评估,保证系统能够满足部队使用要求,适应未来信息化战争需求是现阶段我军装备保障领域的重要研究课题之一。作战效能可用来体现装备或系统所具有的使用价值,是军事装备研究中的重要概念。装备保障效能是装备系统作战效能的重要组成部分,通过分析装备保障系统组成、结构、运行等要素,科学评估装备保障分项及整体效能,对于保障资源的合理配置,保障系统的优化设计,保障能力的有效形成,部门机关的科学决策具有重要指导作用。

1.2 效能评估的基本概念

1.2.1 效能定义

同普通产品一样,军队在研制为满足某种作战需求的军事装备时,也要追求其最大效益。为了科学直观地反映这种效益的大小,最初引入了性能指标来对其进行评价。而伴随装备的日益复杂,性能指标越来越难以反映装备系统对作战需求的真实满足程度,为此人们对装备系统的性能追求逐步转化为对其效能的综合评估。

GJB1364-92《装备费用—效能分析》给出关于装备效能的定义:“在规定的条件下达到规定使用目标的能力。”该定义中装备的效能体现了装备的使用价值。这里的“规定条件”是指环境、时间、人员、使用方法等因素;“规定使用目标”指的是在使用条件下,装备所要达到的功能或性能要求;“能力”则是指达到目标的定量或定性程度,可用概率或其他指标度量。对于此定义的理解可从以

下几个方面把握。

1. 效能和能力

装备的效能和能力是两个既有区别又有联系的概念,是对同一装备系统在不同条件下的不同描述。有些文献对这两个概念经常混淆不清,把能力看作了效能,把效能当成了能力,这是由于没有把握住能力与效能的本质区别。一般讲,能力是指在装备系统研制过程中所规定的条件下达到任务目标的程度,而效能是装备系统在执行特定任务过程中达到任务目标的程度。能力是装备系统的固有属性,是个“静态”概念;而效能与特定任务过程有关,是个动态“概念”。例如,对作战装备来说,其作战能力和作战效能代表的含义就有较大差别。作战能力通常是作战装备的固有“本领”或潜在能力,指挥员依据其制定作战方案,部署作战力量;作战效能是在一定的作战环境态势下,作战装备在实际作战使用过程中所发挥的作战能力。装备的能力高不等于装备的效能高,由于实际环境条件限制,有些装备实际作战使用能力发挥可能就没有达到其固有水平。

2. 效能的主体

效能不会凭空产生,也不能独立存在,须有“执行主体”。上述定义中提及的装备,也称武器装备或武器系统,是效能发挥的主体。目前对于装备效能的研究已经由单台武器单项作战性能,如武器的射击效率、命中精度、毁伤概率等,发展到武器系统在对抗条件下的作战效能,再到装备体系对抗下的整体作战效能。因此,我们在理解该定义中的装备时,须以广义的角度视之,切不可把它简单地理解成单台装备或单套武器系统。

3. 效能的分类

按照效能规定的条件及其形成过程,装备效能可分为静态效能和动态效能。

(1) 静态效能:是指在装备论证、研制过程中确定的条件下,系统“内在”或“潜在”的效能,是系统自身所蕴藏的有利作用,是系统的“固有”属性。

(2) 动态效能:是指在实际作战使用条件下,系统实际使用过程中发挥的效能,是系统满足一组特定任务要求的实际表现,是系统的“使用”属性。

根据效能体现的层次高低,装备效能可分为:

(1) 单项效能:装备执行任务中,某项单一使用目标达到的程度。如防空装备的射击效能、探测效能等。单项指标效能对应的是效能主体单一的作战行动,如侦察、干扰等,只是从某一侧面度量了装备的效能。

(2) 综合效能:将装备多个指标效能组织起来,形成一个包含各个侧面的综合指标为装备的综合效能。综合效能汇集了效能主体的多项指标效能,其目的是反映了效能主体的全貌,从整体上衡量了效能主体在一定标准下的优劣状况。

装备技术的复杂性和执行任务的多样性,决定了其具有的效能也是多种多

样,很难于用某个单项效能来体现装备的整体效能,因此就有了综合效能的概念。它将效能主体的多个单项效能综合起来,得到一个综合效能,由此来反映效能主体的整体情况。

根据规定条件和任务目标的不同,装备综合效能可进一步分为:

(1) 系统效能:在规定条件下,武器系统满足一组特定任务要求的可能程度,是对武器效能的综合评价。

(2) 作战效能:在规定条件下,作战部队运用装备执行作战任务所能达到的程度。作战效能有时也称为兵力效能,是指在给定的作战环境条件下,作战部队运用某类装备系统的兵力执行特定作战任务时,所能达到的预期目标的程度。这里,作战任务应覆盖装备系统在实际作战中可能承担的各种主要作战任务,且涉及整个作战过程。因此,作战效能是指任何装备系统的最终效能和根本质量特征。

同样都是在规定的条件下,系统效能所对应的规定条件是装备使用的正常条件或是通常条件,而作战效能对应的规定条件包括了部队装备编成以及实际作战任务条件;系统效能的执行主体是装备本身,而作战效能的执行主体除了装备,还包括指挥、操作、保障等作业人员。两者最大区别在于作战效能与部队兵力和实际任务完成密切相关。

本书讨论的装备保障效能属于装备作战效能的重要组成部分,重点论述的是构成装备保障系统的装备在特定条件下执行规定任务时,所能达到预期目标的程度。如果从效能主体角度来看,它应属于装备体系的效能评估,涉及的装备类别包括了建制部队下的指挥装备、抢修装备、抢救装备、弹药供应装备、器材供应装备等,其效能由上述装备相互联系、协同作用而体现。

1.2.2 效能指标

效能可采用概率或相应的物理量度量其大小,这种定量尺度称为效能指标。例如,用单发毁伤概率度量导弹的射击效能,则效能指标是单发毁伤概率。由于作战情况的复杂性和作战任务要求的多重性,某项效能常常不可能是单个明确定义的效能指标,而是一组效能指标来体现。这些效能指标分别表示装备某项效能的各个重要属性(如毁伤能力、机动性、生存能力等)或作战行动的多重目的(如对敌毁伤数、推进距离、装备平均维修时间等)。装备任务的多样性决定了单项指标的多样性,也影响了综合指标的度量。这些单项指标相互聚合,共同作用,形成综合性指标,这些相互关联、相互影响的单项指标和综合指标则构成了效能的指标体系。

在效能指标体系建立时,应遵循以下的基本原则:

(1) 系统性原则。评估指标体系应能全面反映被评价对象的综合情况,从中应抓住主要因素,既能反映直接效果,又要反映间接效果,以保证综合评价的全面性和可信度。

(2) 简明性原则。在基本满足评估要求和给出决策所需信息的前提下,应尽量减少指标个数,突出主要指标,以免造成评估指标体系的过于庞大,给以后的评价工作造成困难;并且应避免各指标间的相互关联,使指标体系的选择做到既必要又充分。

(3) 客观性原则。评估指标的确定应避免加入个人的主观意愿,指标含义尽量明确,并注意参与指标确定的人员的权威性、广泛性和代表性,有时还需要广泛征集社会环境的意见。

但是以上原则在具体应用中可能会出现一定的矛盾,一般可作如下处理:

(1) 完备性与简明性的矛盾。指标的选取不是越多越好,关键要考虑指标所起作用的大小,在选取指标评估时不可能把全部指标都考虑进去,因为如果选取的指标过多,就会分散对主要指标因素的评估,反而适得其反。指标的确定是要在动态的过程中反复平衡,有些指标需要分解,另外一些指标需要综合或删减。

(2) 完备性与可测性的矛盾。指标体系必须要包括各有关方面的多种因素。但是,有些指标不易获得或不易测度,不能满足评估所需要的全部数据。在建立指标体系时,对若干与评估关系甚大的指标,虽然目前尚无法获得数据,仍要作为建议指标提出,以保证评估指标体系的完备和科学。对于这些指标值可以由领域专家根据经验做出定性的描述。

1.2.3 效能评估

效能评估即是计算效能指标的值。效能评估通常主要包括以下3个主要环节:①构建效能指标体系;②根据给定条件,计算效能指标的值;③由诸效能指标的值求出效能综合评估值。按不同的标准,效能的评估方法有以下两种分类方式。

按评估方法的性质,可将效能的评估方法分为三类:

(1) 主观评估法。主要有直觉法、专家调查法、Delphi法、层次分析法。

(2) 客观评估法。主要有加权分析法、理想点法、主成分分析法、因子分析法、乐观和悲观法、回归分析法。

(3) 定性与定量相结合的方法。主要有模糊综合评估法、灰色关联分析法、聚类分析法、物元分析法和人工神经网络法。

按评估所采用的数学方法,可把效能的评估方法另外分为三类: