



国防科技图书出版基金

Methods for Conducting Efficiency Evaluation and Operational Analysis of Military Helicopter



Methods for Conducting Efficiency Evaluation and Operational Analysis of Military Helicopter

军用直升机作战效能评估 与运筹分析方法

张廷良 陈立新 著



国防工业出版社
National Defense Industry Press

EP26
1083



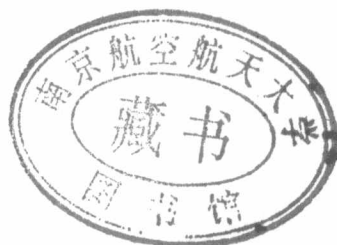
NUAA2013043260

E926
1083-1

军用直升机作战效能评估 与运筹分析方法

Methods for Conducting Efficiency Evaluation and
Operational Analysis of Military Helicopter

张廷良 陈立新 著



国防工业出版社

· 北京 ·

2013043260

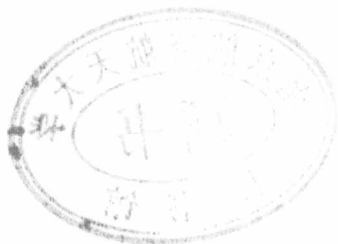
图书在版编目(CIP)数据

军用直升机作战效能评估与运筹分析方法/张廷良,
陈立新著. —北京:国防工业出版社,2013.4

ISBN 978-7-118-08633-1

I. ①军... II. ①张... ②陈... III. ①军用直升机-
作战效能-评估 IV. ①E926.396

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 051112 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 18 $\frac{3}{4}$ 字数 301 千字

2013 年 4 月第 1 版第 1 次印刷 印数 1—2000 册 定价 86.00 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

822105105

致 读 者

本书由国防科技图书出版基金资助出版。

国防科技图书出版工作是国防科技事业的一个重要方面。优秀的国防科技图书既是国防科技成果的一部分,又是国防科技水平的重要标志。为了促进国防科技和武器装备建设事业的发展,加强社会主义物质文明和精神文明建设,培养优秀科技人才,确保国防科技优秀图书的出版,原国防科工委于1988年初决定每年拨出专款,设立国防科技图书出版基金,成立评审委员会,扶持、审定出版国防科技优秀图书。

国防科技图书出版基金资助的对象是:

1. 在国防科学技术领域中,学术水平高,内容有创见,在学科上居领先地位的基础科学理论图书;在工程技术理论方面有突破的应用科学专著。
2. 学术思想新颖,内容具体、实用,对国防科技和武器装备发展具有较大推动作用的专著;密切结合国防现代化和武器装备现代化需要的高新技术内容的专著。
3. 有重要发展前景和有重大开拓使用价值,密切结合国防现代化和武器装备现代化需要的新工艺、新材料内容的专著。
4. 填补目前我国科技领域空白并具有军事应用前景的薄弱学科和边缘学科的科技图书。

国防科技图书出版基金评审委员会在总装备部的领导下开展工作,负责掌握出版基金的使用方向,评审受理的图书选题,决定资助的图书选题和资助金额,以及决定中断或取消资助等。经评审给予资助的图书,由总装备部国防工业出版社列选出版。

国防科技事业已经取得了举世瞩目的成就。国防科技图书承担着记载和弘扬这些成就,积累和传播科技知识的使命。在改革开放的新形势下,原国防科工委率先设立出版基金,扶持出版科技图书,这是一项具有深远意义的创举。此举势必促使国防科技图书的出版随着国防科技事业的发展

更加兴旺。

设立出版基金是一件新生事物,是对出版工作的一项改革。因而,评审工作需要不断地摸索、认真地总结和及时地改进,这样,才能使有限的基金发挥出巨大的效能。评审工作更需要国防科技和武器装备建设战线广大科技工作者、专家、教授,以及社会各界朋友的热情支持。

让我们携起手来,为祖国昌盛、科技腾飞、出版繁荣而共同奋斗!

国防科技图书出版基金
评审委员会

国防科技图书出版基金 第七届评审委员会组成人员

主任委员 王 峰

副主任委员 吴有生 蔡 镭 杨崇新

秘书长 杨崇新

副秘书长 邢海鹰 贺 明

委 员 才鸿年 马伟明 王小谟 王群书

(按姓氏笔画排序) 甘茂治 甘晓华 卢秉恒 巩水利

刘泽金 孙秀冬 陆 军 芮筱亭

李言荣 李德仁 李德毅 杨 伟

肖志力 吴宏鑫 张文栋 张信威

陈良惠 房建成 赵万生 赵凤起

郭云飞 唐志共 陶西平 韩祖南

傅惠民 魏炳波

前 言

军用直升机是近几十年来出现的具有强大威力的一种新式武器系统。当代世界上,只有装备了大量直升机并且依据新的军事思想和军事原则加以组织和整合的军队,才可能发挥和显现出空前巨大的威力。

直升机是现代作战中联合火力打击的重要实施单位和骨干力量,又是现代信息战和电子战的重要实施单位及无可替代的劲旅;直升机部队可以成为合成军兵种指挥员手中一支最有效的预备队;它又是作战支援和保障的最可靠最得力的工具;同时,在特种作战和人民战争中,直升机也是能够大量使用的武器系统。因此,直升机与其他新型武器一道,既是军事变革产生与发展的催化剂,又是推动军事变革不断前进的推进剂。

战争中充满了各种各样的不确定性,在军事领域一切运行过程及其结果以及一切事件的出现,都必然是不确定的。于是,就出现了对作战前景评估和对战争后果与结局评定的需要。军事变革的实施计划结构和操作实施中要求:在战争之前及之后,均应对武器或武器系统的效能进行定量估算和评价,通常称为“效能评估”。“效能”是用以评估或评定系统内蕴之特定功能及其运行中表现出效果的尺度。作战效能是对一种评估对象作战效力和能力的定量量度。

现代科技的高速发展,不确定性数学、计算数学、计算机技术的进步和逐渐成熟,给予效能评估以更加先进和可靠的手段,使效能评估技术建立在科学基础之上,其分辨率和置信度均大大提高。近若干年来的战争实践,证明了效能评估对于战争胜负的重要作用,它无可置疑地推动了军事科学的巨大变革和发展。而与此同时,军事变革又对作战效能评估提出了更高的要求。所以,二者的关系是密不可分的,这也就确立和奠定了现代作战效能评估的重要地位。

本书从陆战角度,论述直升机机载武器射击、突防、作战机动、火力运用等

方面的作战效能、效率的评估和评定原理以及方法问题。在绪论之后,本书首先简要介绍军用直升机的发展状况、装备分类与组成,以及作战运用等;然后,进行直升机所攻击目标的通用性特征分析,主要包括目标毁伤判据、目标毁伤律、目标的易毁性和易毁面积、目标被弹面缩减系数,以及对复杂结构目标单发或多发命中时毁伤的研究方法;研究机载武器外弹道建模,包括反坦克导弹、无控火箭外弹道,航炮、机枪等机载身管武器的外弹道等。书中给出简化了的武器外弹道的解析表达式,以及外弹道的数值计算方法,为下一步武器效能评估打下基础。本书论述了直升机机载武器的投射精度,首先介绍投射弹药落点偏差的概率分布,阐明武器投射偏差的理论分析方法,建立直升机机载武器射击精度评估模型;然后另辟章节,论述机载武器弹药的威力评估方法,包括机载武器弹药终点效应的分类和毁伤模型、毁伤作用场和弹药的威力半径、毁伤面积模型等。再次,把前几章加以综合,阐明机载武器的射击效能,其中有单发和多发导弹对分散的单个目标和集群目标的毁伤概率、机载无控火箭弹的毁伤概率、航空机关炮的射击毁伤概率、直升机用机枪攻击时的毁伤概率等效能模型的原理及建模方法等。本书还论述了直升机作战中的侦察与运输效能模型的原理及建模方法,讨论了直升机突击的战斗编组和火力运用,内容包括:直升机突击的战斗编组和任务区分,直升机梯队反坦克作战中的火力运用模型,直升机梯队压制敌防空配系时的火力运用模型,直升机梯队低空掩护作战的火力运用模型等。书中讨论直升机作战中的对抗与突防,给出了确定型火力对抗和电子对抗模型,以及随机型火力对抗模型,最后阐述我机群突防应采取的措施。然后,研究直升机实战效能,先列出武器系统的综合效能方程,再阐述直升机的理论突击效能和实际作战效能,分析支援与保障对直升机作战效能的影响并给出定量模型。最后,论述直升机兵力使用及其优化理论,计算直升机突击所需兵力,以及作战中实际所需出动兵力数量、预估战损率等,给出直升机梯队突击编组之优化、火力协同之优化等模型,还给出了直升机编队作战中的安全界计算方法。

本书主要以解析法进行分析和建模,尽可能以较少篇幅和精炼的语言,阐

明直升机单机和梯队在各作战阶段和各作战领域内的效能评估原理,给出了比较系统和全面的陆战场直升机作战效能评估数学模型集。本书所阐述的作战效能评估的特点,是把武器的理论投射精度计算与武器弹药的威力评估紧密结合,把武器的理想突击效能模型与实际作战效能模型紧密结合。作者希望,本书既可用于直升机武器的分析论证,又可直接应用于作战和训练的实践,以此迎接我国军事变革的曙光!

张廷良 陈立新

2013 年 1 月

目 录

第1章 绪论	1
1.1 现代化战争中直升机的地位与作用	1
1.1.1 联合火力打击的重要实施单位	2
1.1.2 信息战和电子战的重要实施单位	2
1.1.3 兵员机动和武器装备机动的运载工具	3
1.1.4 作战支援和保障的多面手	3
1.1.5 特种作战和人民战争的重要武器	3
1.2 现代化战争与作战效能评估	4
1.2.1 作战效能评估指标体系	5
1.2.2 作战效能评估的必要性	6
1.2.3 作战效能评估的方法	7
1.2.4 作战效能评估的应用	8
1.3 现代化战争与作战行动的优化	8
1.4 本书要点	9
第2章 军用直升机装备发展与作战运用	11
2.1 军用直升机发展状况	11
2.1.1 发展阶段	11
2.1.2 装备情况	12
2.1.3 发展趋势	14
2.2 军用直升机装备组成	16
2.2.1 分类与组成	16
2.2.2 武装直升机	20
2.2.3 运输直升机	21
2.2.4 战勤直升机	22
2.2.5 机载武器	23
2.2.6 直升机特性	25

2.3	军用直升机装备编配	25
2.3.1	美军直升机编配	25
2.3.2	俄军直升机编配	27
2.3.3	法军直升机编配	28
2.3.4	日本自卫队直升机编配	28
2.3.5	印军直升机编配	29
2.4	直升机空中机动作战	29
2.4.1	作战原则	30
2.4.2	作战任务	30
2.4.3	准备与实施	31
2.4.4	侦察与火力支援	32
2.5	军用直升机实战运用	34
2.5.1	火力突击	34
2.5.2	机降作战	35
2.5.3	战斗保障	36
2.5.4	后方勤务	37
2.5.5	特种作战	37
2.5.6	空中格斗	38
第3章	直升机攻击目标通用性特征分析	40
3.1	直升机攻击目标的分类	40
3.2	目标毁伤判据	41
3.2.1	目标丧失战斗力或功能的水平	42
3.2.2	目标丧失战斗力或功能的滞后时间	43
3.3	目标毁伤律	43
3.3.1	目标毁伤律的定义	43
3.3.2	目标毁伤律的范畴	44
3.3.3	毁伤律表达式	45
3.4	目标易毁性分析	50
3.4.1	目标易毁结构	50
3.4.2	目标的易毁性和易毁面积	51
3.4.3	纯易毁面积	51
3.4.4	目标等效和目标被弹面缩减系数	52
3.4.5	目标易毁性分析法举例	52

3.5	复杂结构目标毁伤概率	59
3.5.1	原理模型	59
3.5.2	实际应用模型	59
3.5.3	对复杂目标的多发毁伤概率	61
3.6	多发射击时毁伤一个目标所需弹药数的数学期望	62
3.6.1	用条件毁伤概率的倒数计算	62
3.6.2	用毁伤律计算	62
第4章	直升机机载武器外弹道模型	64
4.1	反坦克导弹的外弹道	64
4.2	无控火箭外弹道	64
4.2.1	无控火箭的主动段的外弹道模型	64
4.2.2	无控火箭的被动段外弹道模型	69
4.3	航炮、机枪等机载身管武器的外弹道	71
4.3.1	机载身管武器的外弹道解析表达式	71
4.3.2	身管武器外弹道的数值计算	72
4.4	阻力函数的函数逼近表达式	72
第5章	直升机机载武器投射精度分析	74
5.1	机载武器投射弹药落点的概率分布	74
5.1.1	正态分布	74
5.1.2	瑞利分布	75
5.1.3	均方差和圆概率偏差	76
5.2	机载武器投射偏差	76
5.2.1	制导武器投射偏差	77
5.2.2	非制导武器的偏差	77
5.2.3	武器平台机动和目标运动产生的射击偏差	78
5.3	武器投射偏差的理论分析方法	78
5.3.1	形成投射偏差的诸因素及其影响	78
5.3.2	武器投射的极限偏差	79
5.3.3	武器投射偏差概率分布的均方差和圆概率偏差	81
5.4	直升机机载武器射击精度	83
5.4.1	直升机机载空地制导武器的射击精度	83
5.4.2	直升机机载非制导武器的射击偏差	85

5.5	机载武器的命中概率	85
5.5.1	单发射击的命中概率	85
5.5.2	多发射击的命中概率	91
5.6	正态分布密度函数的伪原函数	100
5.6.1	误差函数	101
5.6.2	利用多项式函数的逼近函数	102
5.6.3	利用正弦函数的伪原函数	102
第6章	直升机机载武器弹药威力评估	104
6.1	机载武器弹药终点效应	104
6.1.1	机载武器的弹药种类	104
6.1.2	机载弹药终点效应分类	105
6.2	机载弹药终点毁伤效应模型	105
6.2.1	战斗部或弹丸的整体侵彻效应	105
6.2.2	战斗部及其他弹药产生的破片之终点效应	109
6.2.3	战斗部装药的爆轰效应	127
6.2.4	弹药的侵爆效应	135
6.2.5	聚能弹药的破甲效应	137
6.3	毁伤作用场	142
6.3.1	毁伤作用场的基本概念	142
6.3.2	毁伤作用场建模	145
6.4	弹药的威力半径	153
6.4.1	按冲量毁伤机制估算的弹药毁伤半径	153
6.4.2	按超压机制估算的弹药威力半径	154
6.4.3	弹药直接命中土木工事或钢筋混凝土工事及建筑物的威力计算	155
6.4.4	对于人员的致死半径	155
6.4.5	破片杀伤的威力半径	155
6.5	弹药威力的通用度量指标	156
6.5.1	弹药威力的概率指标	156
6.5.2	毁伤(杀伤)面积	157
第7章	直升机机载武器射击效能	159
7.1	机载导弹的射击效能	159

7.1.1	单发导弹对单个目标的毁伤概率	159
7.1.2	多发导弹对分布于战场上单个目标的毁伤概率模型	160
7.1.3	区分攻击地域时多发导弹的射击效能	161
7.1.4	多发导弹对集群目标的突击效能	163
7.2	机载无控火箭弹的毁伤效能	169
7.2.1	火箭对点目标的毁伤效能	169
7.2.2	火箭对集群目标的毁伤效能	171
7.3	航空机关炮的射击毁伤模型	175
7.3.1	航炮对点目标的毁伤效能	176
7.3.2	航炮对面目标的攻击效能	177
7.3.3	航炮对集群目标的攻击效能	177
7.4	直升机用机枪攻击时的毁伤效能	178
7.4.1	机枪弹的有效毁伤密度	178
7.4.2	机枪(炮)对面目标或集群目标漫射时的毁伤效能	180
7.4.3	直升机对纵列目标实施机枪(炮)扫射攻击的毁伤效能	183
第8章	直升机作战中的侦察与运输效能	186
8.1	直升机侦察	186
8.1.1	直升机侦察的种类	186
8.1.2	目标发现概率	187
8.1.3	战场随机搜索	198
8.1.4	侦察能力	203
8.2	直升机运输	205
8.2.1	空中运输诸要素	205
8.2.2	直升机运输的效能指标	205
第9章	直升机突击的战斗编组和火力运用	207
9.1	直升机突击的战斗编组和任务区分	207
9.1.1	直升机战斗编组	207
9.1.2	直升机编队和编波	208
9.1.3	直升机编队分析	208
9.2	直升机突击的火力运用	211
9.2.1	直升机火力运用的要点	212

9.2.2	直升机反坦克作战中的火力运用模型	213
9.2.3	直升机梯队突击压制敌防空配系时的火力运用	216
9.2.4	直升机梯队突击时低空掩护作战的火力运用	218
第 10 章	直升机作战中的对抗与突防	220
10.1	对抗概述	220
10.1.1	对抗与突击的指标	220
10.1.2	对抗与突防的手段	221
10.1.3	对抗与攻击的类型	221
10.1.4	敌方对我直升机可能采取的对抗手段	221
10.2	敌对我突击直升机的探测	222
10.2.1	敌之雷达探测	222
10.2.2	目视和光学仪器侦察	225
10.2.3	敌对我来袭直升机的综合发现概率	225
10.3	确定型火力对抗和电子对抗	225
10.3.1	确定型火力对抗	225
10.3.2	确定型电子对抗	226
10.3.3	确定型对抗时我机之突击效能	228
10.4	随机型火力对抗	229
10.4.1	敌防御系统承受的我直升机突击流	230
10.4.2	敌对抗系统的分类	230
10.4.3	敌实施对抗行动的时间 t_{sv}	230
10.4.4	敌对抗我直升机突击的效率	231
10.4.5	随机对抗条件下我机突防效能	232
10.4.6	多层防御体系的对抗效率	233
10.5	我机突防采取的措施	233
第 11 章	直升机实战效能研究	235
11.1	武器系统的综合效能方程	235
11.1.1	武器系统的可用度	236
11.1.2	武器系统的可信度	239
11.1.3	武器系统的能效度	242
11.1.4	武器系统完成射击任务的概率	243
11.1.5	A、D、C 矩阵的综合	245

11.2	直升机的射击效能和作战效能	246
11.3	直升机作战中战斗支援和勤务保障的效率	248
11.3.1	支援和保障的定义	248
11.3.2	战斗支援和勤务保障的范畴	248
11.3.3	战斗支援和勤务保障效率	249
11.3.4	支援与保障对作战效能的影响	251
第12章	直升机部队作战运用及其优化	253
12.1	直升机部队战役作战所需兵力	253
12.1.1	突击确定型目标所需兵力计算模型	253
12.1.2	突击非确定型目标所需兵力计算模型	254
12.2	直升机部队出动兵力计算模型	256
12.2.1	战役中直升机部队兵力出动能力	256
12.2.2	战役中直升机部队出动兵力累计数	256
12.2.3	战役中直升机部队累计出动批次	257
12.2.4	直升机损失率参数确定	257
12.3	直升机作战携行武器弹药优化模型	257
12.3.1	直升机武器(弹药)的分配方案	258
12.3.2	作战对象及任务	258
12.3.3	武器装备方案与效能的关系	260
12.3.4	直升机武器弹药配备的优化	261
12.4	直升机作战编组之优化	262
12.4.1	优化目的	262
12.4.2	优化模型	262
12.5	向战场各地域分配直升机部队兵力	264
12.5.1	已知条件	265
12.5.2	派遣模型之优化目标函数	266
12.5.3	分配作战地域的优化	267
12.6	火力协同的优化	268
12.6.1	动态兰彻斯特方程	268
12.6.2	火力协同优化模型	269
12.7	直升机编队作战中的安全界	270
12.7.1	时间安全界	270
12.7.2	空间安全界	271
参考文献		273

Contents

Chapter 1	Introduction	1
1.1	The Position and Role of Military Helicopter in Modern Warfare	1
1.1.1	The Important Unit of Implementating Joint Fire Strike	2
1.1.2	The Important Unit of Implementating Information Warfare and Electronic Warfare	2
1.1.3	The Transporter to Carry Soldiers and Weapon Equipment	3
1.1.4	The Generalist of Operational Support and Operational Guarantee	3
1.1.5	The Important Weapon of Special Operations and People's War	3
1.2	Modern Warfare and Operation Efficiency Evaluation	4
1.2.1	Index System for Operation Efficiency Evaluation	5
1.2.2	Necessity for Operation Efficiency Evaluation	6
1.2.3	Methods for Operation Efficiency Evaluation	7
1.2.4	Application of Operation Efficiency Evaluation	8
1.3	Modern Warfare and Optimization for Operation Course of Action	8
1.4	Brief	9
Chapter 2	Equipment Development and Application of Military Helicopter	11
2.1	Equipment Development of Military Helicopter	11
2.1.1	Development Stage	11
2.1.2	Equipment Status	12
2.1.3	Development Trend	14
2.2	Equipment Compositions of Military Helicopter	16
2.2.1	Category and Composition	16