

E

数字化地面突击分队 火力优化控制

Firepower Optimizing Control of
Digitized Ground Assault Force

徐克虎 黄大山 张志勇 著



国防工业出版社

National Defense Industry Press

数字化地面突击分队 火力优化控制

徐克虎 黄大山 张志勇 著

国防工业出版社

·北京·

内 容 简 介

本书的主要内容有：阐述了火力优化控制的基本内涵、发展历程、地位作用，提出了地面突击分队的火力优化控制体系结构；分析研究了地面突击分队战场信息采集、传输、处理及运用的流程，详细说明了信息量化与评估的方法；基于火力运用原则、火力打击能力、弹药消耗量、火力打击时机、火力打击准则等作战要素，建立了武器平台、地面突击分队的火力优化控制模型；为满足地面突击分队作战决策对实时性、科学性的要求，优化设计了多种求解地面突击分队火力优化控制模型的仿生智能算法，并提出了多种算法评价准则用以验证算法的优化解算能力。

本书适合从事指挥控制系统或战术互联网、特别是作战辅助决策系统研究与开发的人员使用，也适合相关专业的其他研究人员、高校教师、研究生和高年级本科生参考。

图书在版编目（CIP）数据

数字化地面突击分队火力优化控制 / 徐克虎，黄大山，张志勇著. — 北京：国防工业出版社，2016. 10

ISBN 978-7-118-10977-1

I. ①数… II. ①徐… ②黄… ③张… III. ①数字技术—应用—地面—突击—火控系统 IV. ①E92-39

中国版本图书馆 CIP 数据核字（2016）第 242136 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 880×1230 1/32 印张 7⁷/₈ 字数 234 千字

2016 年 10 月第 1 版第 1 次印刷 印数 1—2000 册 定价 79.00 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

前 言

现代战争已进入体系化、信息化对抗时代，以地面突击力量为主体、集多军兵种武器装备于一体的地面突击分队成为大多数局部战争的主角。信息化条件下的分队作战，不仅要充分发挥每一台武器装备的战术技术性能，更要注重所有参战武器装备的优势互补、充分协同，使得地面突击分队的整体作战效能有质的提升。这一目标愿望的实现需要借助于火力优化控制技术。

火力优化控制技术是依托指挥控制系统，综合运用计算机网络技术、通信技术、军事运筹理论和智能计算方法等先进技术，依据战场态势的变化，实时协调地面突击分队各作战单元，生成优化的火力运用方案，提高作战部（分）队作战效能的技术。火力优化控制技术是武器装备和战争形态发展到信息化阶段的必然产物，是火力运用技术的高级形式。火力优化控制技术在作战应用中，往往作为辅助决策的重要模块之一嵌入指挥控制系统中，在当前的信息化、一体化战争中是不可或缺的。信息化战争的指挥控制是综合运用现代通信技术、计算机技术和军事理论，实现自动的作战信息采集、传输、处理和作战方案的科学决策，而火力优化控制技术正是实现科学决策的关键。因此，研究地面突击分队火力优化控制技术对我军指挥控制系统的完善具有重要的理论指导意义和实际应用价值。

本书集作者多年从事地面突击分队作战仿真、火力优化控制工程的科学研究成果而成。全书共分9章：第1章阐述火力优化控制的发展历程、基本原则、地位作用，并提出地面突击分队火力优化控制体系结构；第2~4章分析影响火力优化控制的要素，如作战任务、作战环境、作战力量和作战对象等，以及要素信息的采集、传输、处理和运用过程，研究火力优化控制赖以实现的信息平台、信息技术和体系结构；第5、6章基于火力运用原则、火力打击能力、火力打击时机和火力打击准则等作战要素，结合目标威胁（价值）评估结果，

构建武器平台、地面突击分队的火力优化控制模型；第7章为满足地面突击分队作战决策对实时性、科学性的要求，优化设计求解地面突击分队火力优化控制模型的改进型智能算法，并提出多种算法评价准则用以验证算法的优化解算能力；第8章通过目标毁伤评估完成战场信息从采集、传输、处理及运用，到战场态势信息更新的循环，实现作战指挥行动全过程闭环控制；第9章通过作战仿真实例验证火力优化控制的科学性和时效性。

本书阐述实现火力优化控制的“信息处理、信息运用”等关键技术，揭示信息化战争火力优化控制的“信息主导、火力主战”本质，适合指挥控制系统特别是作战辅助决策系统的研究与开发人员使用，也供相关专业的其他研究人员、高校教师、研究生和高年级本科生参考。

本书在编写过程中，借鉴了一些专家的论著、研究成果，以及近年来作者所指导的研究生学位论文。装甲兵学院乔治义教授对本书的编写提供了很好的建议，研究生陈金玉、孔德鹏参与了校对与书中插图描绘工作。在本书的编辑出版过程中，得到了国防工业出版社的大力支持，在此一并表示衷心感谢。

由于作者水平有限，书中不妥之处，敬请读者批评指正。

目 录

第1章 绪论	1
1.1 火力的产生与发展	1
1.2 火力运用的产生与发展	3
1.3 火力优化控制的产生与发展	4
1.4 火力优化控制研究的目的和意义	6
1.4.1 研究对象	6
1.4.2 研究目的	7
1.4.3 研究意义	9
1.5 火力优化控制国内外研究现状	11
1.5.1 火力优化控制模型的建立	11
1.5.2 火力优化控制方案生成方法	12
1.6 本书主体内容	13
1.6.1 研究内容界定	13
1.6.2 研究内容	18
第2章 火力优化控制平台	20
2.1 武器平台火控系统	20
2.2 指挥控制系统	23
2.2.1 组成	24
2.2.2 功能	25
2.2.3 作用	26
2.3 火力优化控制系统	28
2.3.1 现代战场信息流	28
2.3.2 现代战场火力控制流程	30
2.3.3 地面突击分队火力优化控制系统	32

第3章 战场信息处理	36
3.1 战场信息采集	36
3.1.1 自身力量收集	37
3.1.2 其他途径获取	38
3.2 战场信息传输	39
3.3 战场信息处理	40
3.3.1 任务量化处理	41
3.3.2 环境量化处理	42
3.3.3 武器弹药量化处理	44
3.3.4 目标量化处理	45
3.4 战场信息运用	46
3.4.1 环境评估	46
3.4.2 武器弹药评估	48
3.4.3 目标威胁与价值评估	49
3.4.4 火力优化方案生成	50
3.4.5 目标毁伤评估	51
第4章 目标威胁评估	52
4.1 目标威胁评估原则	52
4.2 单目标威胁评估	53
4.2.1 目标威胁评估指标体系	53
4.2.2 目标威胁评估指标量化	61
4.2.3 目标威胁评估指标赋权	63
4.2.4 目标威胁评估算法	68
4.3 群目标整体威胁评估	81
第5章 武器平台火力优化控制	83
5.1 火力运用原则	83
5.2 火力打击能力	84
5.2.1 命中概率	84

5.2.2	有效射程	87
5.3	确定弹药消耗	88
5.3.1	弹药种类	89
5.3.2	弹药威力	90
5.3.3	毁伤概率	90
5.3.4	弹药消耗	91
5.4	明确打击时机	91
5.5	火力优化准则	93
5.5.1	打击单目标的火力优化准则	94
5.5.2	打击多目标的火力优化准则	95
5.6	火力优化控制模型	97
第6章	地面突击分队火力优化控制	99
6.1	火力运用原则	99
6.2	火力打击能力	101
6.3	火力打击时机	104
6.3.1	射击预留时间模型	104
6.3.2	战场紧迫程度模型	107
6.4	火力打击规模	110
6.4.1	确定打击规模	111
6.4.2	选定打击目标	112
6.4.3	选定参战武器	115
6.5	火力优化控制模型	116
6.5.1	最大毁伤目标数量模型	117
6.5.2	最大毁伤威胁度模型	118
6.5.3	最大毁伤价值模型	119
6.5.4	最少弹药消耗量模型	120
6.5.5	多指标目标函数模型	122
第7章	火力优化控制方案生成的智能算法	123
7.1	算法评价准则	123

7.1.1	算法收敛精度	124
7.1.2	算法鲁棒性	125
7.1.3	算法群活性	126
7.1.4	算法时间代价	127
7.2	标准测试模型	128
7.2.1	测试模型及参数设定	128
7.2.2	模型优化指标	130
7.3	遗传算法	131
7.3.1	标准遗传算法	131
7.3.2	改进的遗传算法设计	132
7.3.3	仿真测试	135
7.4	人工免疫算法	138
7.4.1	标准人工免疫算法	138
7.4.2	改进的人工免疫算法设计	139
7.4.3	仿真测试	146
7.5	改进算法对比	149
7.6	粒子群算法	155
7.6.1	标准粒子群算法	155
7.6.2	改进的粒子群算法设计	156
7.6.3	仿真测试	160
第8章	目标毁伤评估	162
8.1	目标毁伤评估原则	162
8.2	单目标毁伤评估	163
8.2.1	目标种类	163
8.2.2	目标属性	164
8.2.3	属性权重	166
8.2.4	目标价值	168
8.2.5	目标毁伤等级	172
8.2.6	单目标毁伤评估	178
8.3	群目标毁伤评估	179

8.3.1	群目标种类	180
8.3.2	群目标属性	181
8.3.3	群目标作战能力	189
8.3.4	作战能力评估	192
8.3.5	群目标毁伤评估	195
8.3.6	基于作战任务的群目标毁伤评估	198
第9章	应用实例	202
9.1	作战想定	202
9.1.1	作战任务	202
9.1.2	作战环境	203
9.1.3	作战力量	203
9.1.4	作战对象	204
9.2	战场数据变量	204
9.3	战场信息数据	221
9.3.1	战场运用信息数据	222
9.3.2	武器平台火力优化控制信息数据	223
9.3.3	地面突击分队火力优化控制信息数据	224
9.3.4	目标毁伤评估信息数据	225
9.4	战场信息运用	226
9.5	武器平台火力优化控制	229
9.6	地面突击分队火力优化控制	231
9.7	目标毁伤评估	234
9.8	二次分配	235
参考文献		240

第1章 绪 论

火力优化控制,是指在军事对抗活动中,指挥员或指挥机构依据作战任务、战场态势和战场环境等基本因素,基于指挥控制系统,采用先进的信息处理与运用技术,对火力单元进行科学调配,生成优化的动态火力打击方案,以使某一项或几项作战效能指标在一定约束条件下达到最优的过程。在信息化战争时代,火力优化控制的本质就是信息技术主导下的火力优化运用。因此,基于信息化战场的火力优化控制是现代战争作战形态、作战手段发展的历史必然。

随着目前各军事强国对所属作战部队(分)队的大规模编制体制调整、训练实战化改革,其中基数最庞大、任务最繁重的地面突击分队的数字化、信息化建设与合成化、智能化发展成了各国亟待解决的问题。面对信息化条件下地面突击分队可能遂行的新的作战任务、可能遵循的新的作战准则、可能实施的新的作战样式等一系列新要求,数字化地面突击分队的建设与发展应充分体现“信息主导、火力主战”这一新作战特点,并充分优化配置地面突击分队的兵力与火力。通过建立数字化地面突击分队的火力优化控制体系,完善分队信息化作战的硬件基础平台和软件优化程序,合理优化调整分队兵力火力等作战资源的编成配比,协调优化控制兵力火力、武器装备的战场运用,为数字化地面突击分队具备并加强信息化作战能力奠定坚实的基础,并提供有效的解决途径。

1.1 火力的产生与发展

火力是指弹药经发射、投掷或引爆后所产生的破坏力和杀伤力,它体现了单兵、单装备或武器平台在遂行作战任务时对目标的毁伤能力或对目标的杀伤效力。火药在战场上的出现,引发了军事史上一系列的大变革,它使得战场从冷兵器阶段过渡到火器阶段。随着热兵器

的产生，火器在战场中的运用逐渐增多，火器的形式、火力的大小及作用范围都有很大不同，火器所发挥的作用也逐渐增大。

火药是中国古代的四大发明之一，是改变中国甚至是世界人类发展进程的重要发明。我国在唐朝就发明了火药，最初是炼丹所得副产品，并没有把它应用于战场。直到10世纪宋朝时，中国开始把它作为战争工具使用，由于意识到了火药具有兵力无可比拟的杀伤力和杀伤效果，这一时期火药武器发展很快。

火药应用于武器的最初形式，主要是利用火药的燃烧性能。

据《宋史·兵记》记载：公元970年兵部令史冯继升发明了一种火箭法，这种方法是在箭杆前端缚火药筒，点燃后利用火焰燃烧向后喷出的气体的反作用力把箭镞射出，这是世界上最早的喷射火器。公元1000年，士兵出身的神卫队长唐福向宋朝廷献出了他制作的火箭、火球、火蒺藜等火器。

随着火药和火药武器的发展，逐步过渡到利用火药的爆炸性能。

公元1126年，李纲守开封时，用霹雳炮击退金兵的围攻。金与北宋的战争使火炮进一步得到改进，震天雷是一种铁火器，是铁壳类的爆炸性兵器。元军攻打金的南京（今河南开封）时，金兵守城就用了这种武器。《金史》对震天雷有这样的描述：“火药发作，声如雷震，热力达半亩之上，人与牛皮皆碎并无迹，甲铁皆透。”

南宋时出现了管状火器，公元1132年陈规发明了火枪。火枪是由长竹竿做成，先把火药装在竹竿内，作战时点燃火药喷向敌军。陈规守安德时就用了“长竹竿火枪二十余条”。公元1259年，寿春地区有人制成了突火枪，突火枪是用粗竹筒做的，这种管状火器与火枪不同，火枪只能喷射火焰烧人，而突火枪内装有“子巢”，火药点燃后产生强大的气体压力，把“子巢”射出去。“子巢”就是原始的子弹。突火枪开创了管状火器发射弹丸的先声。现代枪炮就是由管状火器逐步发展起来的。到了元明之际，这种用竹筒制造的原始管状火器改用铜或铁，铸成大炮，称为“火铳”。现存最古老的金属大炮约制造于1323年，1332年的铜火铳，是世界上现存最早的有铭文的管状火器实物。

在元朝之前的蒙古人使用过大炮来对抗当时的俄罗斯人，当时欧

洲的 Roger Bacon 于 1248 年在其著作中就有相关的记载。欧洲方面，最早的大炮记录则为 1313 年比利时根特市的大炮。在欧洲，火药兵器获得大量发展是在 15—17 世纪。因为冶金术的进步，使得手持的火药兵器（如火枪等）成为可能，并且火炮的技术也渐渐地超越了我国。这些火炮技术则在后来明末清初时期传回至我国。

这一时期的火力主要以单兵、单武器的作战运用为主，并且火力的运用形式极为简单。由于火力刚刚产生，还处在探索与研究阶段，在战场上的使用极为稀少，火力的种类及运用形式并无经验与规律可循。火力最主要的作用是与原始冷兵器时代的兵力构成鲜明的对比，充分体现火力的震慑效果，对敌方兵力作战意志摧毁与瓦解。

1.2 火力运用的产生与发展

随着火力的发展，火力的形式以及在战场上的运用方式得到了质的飞跃。火力从最初的火枪、火铳发展到极具毁伤效力的火炮、导弹。16 世纪后，金属管形火器进一步发展，火器手增加，开始采取集中突击的方式杀伤敌人。1631 年，瑞典军队在布赖腾费尔德之战中，把约 100 门火炮集中在一处使用，标志着火力运用的产生。第一次世界大战时期，随着坦克、飞机的使用，有了防坦克、防空等火力运用，火力运用方式逐渐复杂多样。当导弹、武装直升机出现后，火力运用又有了新的内容和方式。

当火力发展到在战场上火力发挥的毁伤作用可以与兵力匹敌的时候，如同具有一定规模的兵力群体需要讲求运用方式方法一样，成规模、成建制的火力也开始注重战场的运用形式与样式。

最初的火力运用形式非常简单，主要是将这种呈区域性毁伤、具有强大威慑性的火力集中在一处使用，以期迅速而有效地对敌方相对集中、具有较高战场价值的兵力火力造成毁灭性打击，从而达到作战目的。这种火力集中运用的形式在一定程度上能够起到事半功倍的效果，因为集中、猛烈而极具毁伤性的火力打击，能够对敌方作战兵力造成严重的心理威慑作用，降低其作战能力的发挥效力，甚至使其战斗能力及战斗意志完全丧失，瓦解敌方的士气与军心。火力集中运用

这种运用形式随着火力的不断发展在不同种类火力上均得到体现，并取得一定的作战毁伤效果。目前，这种火力运用形式在现代作战指挥过程中仍然普遍采用。

当火力的形式发展到空前广泛与全面的时候，多种新型的火力运用的形式也随之产生并得以发展。火力的形式由最初的地对地的在局部平面战场中的分火、集火打击，发展到具有空对地、空对空等在全面、立体的战场空间中各种火力的综合协调运用的火力运用形式。可以将具有战场毁伤、战场压制、战场威慑和战场伪装等不同战场作用的火力混合编排配置，也可依据具体的战场条件及作战任务选择相适应的火力，并明确各火力的运用形式。因此，在对火力合理的编配配属的同时，需要合理地运用这些火力，才可能得到理想的作战结果。在 20 世纪 80 年代初的英阿“马岛战争”中，处于绝对劣势的阿根廷军队，凭借合理的火力运用，给英国舰船造成了较大的毁伤效果。之后的海湾战争、伊拉克战争，以及近年来的其他几场局部战争，无不从正反两个方面印证着“不同的火力运用模式，会得到不同作战结果”的正确性。战争实践在引起人们对火力运用研究重视的同时，也促进了火力运用技术的发展。

遗憾的是，我国在这漫长的火力运用的发展过程中，人们基本上是把火力的运用当做一种计谋、权术，或者“指挥艺术”来研究或宣传，定性分析的多，定量研究的少。殊不知一些军事大国在量化武器性能指标的同时，也在量化着作战指挥和火力运用。在海湾战争中，美军就在火力运用、作战指挥方面应用了不同层次的基于逻辑推理和量化分析的辅助决策系统，大大提升了作战决策的速度和效能。

1.3 火力优化控制的产生与发展

随着火力形式的不断发展与推陈出新，针对同一个作战任务，作战分队可以采用多种不同的火力运用形式来达到作战目的。这种不同的火力及其运用形式，通过不同的作战途径消耗不同的作战资源，对我方作战分队甚至作战部队的战场规划等都具有一定的影响，需要对其进行优化选择以确定最佳的火力运用形式，由此产生了火力优化

控制。

英国工程师兰彻斯特（Lanchester）提出的兰彻斯特方程，开启了用数学方法描述战场态势演化、用定量方法研究作战过程的新时代，它为指挥员对作战火力的运用提供理论依据。可以认为这是最早从理论上对作战部队兵力火力优化控制进行定量分析的研究，并为火力优化控制体系的建立奠定了基础。

在二十世纪五六十年代，由于计算机技术水平的限制，当时火力优化控制问题的研究成果主要用于作战计划制定、指挥军官训练等方面，目的是提高指挥人员的作战指挥能力，或为武器的选择及新武器的研制与采购提供参考。

随着计算机技术的飞速发展及广泛的运用，火力优化控制的建模形式及其解算方法都有了新的有效的解决方式。这一时期火力优化控制的研究主要是集中于一些特定领域，如导弹防空领域中静态火力分配问题。随着作战要求的变化以及火力优化控制建模的精确性的提高，产生了动态火力优化分配问题。随着信息化建设的深入开展，数字化地面突击分队相关信息化设备的不断完善，以火力优化分配为基础的火力优化控制体系逐渐建立起来，并为作战分队的变革与发展提供了较好的参考模板。

火力优化控制充分体现了新的战场形势下作战分队火力运用的特点，是火力运用的高阶形式。火力优化控制体系的建立能够较好地体现信息化战场条件下地面突击分队作战运用的“信息主导、火力主战”指导思想，并在一定程度上将这个指导思想反映到作战分队建设中，为我军数字化地面突击分队的建设与发展提供了良好的平台依托以及力量牵引。

随着新形势下战场作战特点、样式的发展，火力优化理论与实践的不断完善，火力优化控制体系对当前地面突击分队作战的规划与战斗的实施均有极重要的贡献。火力优化控制形式已由最初的每批次火力打击的静态火力优化分配问题，拓展延伸至在整个作战进程中，在指挥控制系统的运行平台的基础上，通过对大量战场信息数据的处理与运用，对作战双方的兵力、火力实力评估，明确在特定战场环境下地面突击分队的形势态势，优化配置、部署、运用地面突击分队的兵

力火力，使其在最大限度内消灭敌方作战力量并保存自己的实力。这种全面数字化、信息化、网络化的作战形式样式是火力优化控制体系建立的必要与充分条件。因此，在当前形势下，对数字化地面突击分队火力优化控制的研究具有极高的军事价值。

1.4 火力优化控制研究的目的和意义

火力优化控制是伴随着火力运用的产生而产生，并随着火力运用的发展而发展的。火力运用是火力优化控制的初级形式，火力优化控制是火力运用发展到一定阶段的产物。目前，研究火力优化控制具有重要的现实需求和长远的历史意义。

1.4.1 研究对象

火力优化控制的根本目的是提高火力作战效能，而作战是在任务牵引下的基于一定环境的敌我双方作战对象的暴力对抗。因此，只有全面、准确地了解并科学描述作战任务、作战环境、作战力量和作战对象等这些与火力优化控制密切相关的基本要素及其相互关系，才能保证火力优化控制结果的科学有效。

作战任务是作战行动的牵引条件。作战任务的不同决定了地面突击分队作战重心的不同。例如：执行支援、防御任务时，地面突击分队应以打击对我地面部队行动构成威胁的目标为重心；当地面突击分队执行以火力打击直接达成战役、战斗目的的作战任务时，要着眼直接以火力毁伤敌人的进攻或者防御武器装备。作战任务决定了作战行动的基本模式，作战任务确定后，地面突击分队的指挥员及指挥机关才能够根据作战任务，领会上级意图，定下作战决心，组织作战力量，确定作战行动基本过程。例如，选择或尽量促成怎样的作战环境，配置什么样的作战力量，重点打击什么类型的敌方目标，如何分配火力，等等。

战场环境是指战场及其周围对作战活动有影响的除双方作战力量之外的各种外界情况和条件的总和。战场环境是双方作战力量展开部署和实施行动的依托，是作战行动赖以发生与发展的基本条件。战场

环境内容十分丰富，包括自然环境、电磁环境、社会环境、军事环境、政治环境、经济环境和科技环境等多个层面，也可以笼统地概括为自然环境和人为环境两个方面。本书着重考虑与地面突击分队作战密切相关的自然环境。自然环境是由地形、水文、气象等要素构成的自然综合体，而其中地形地貌、气象条件对地面突击分队作战影响最大。因此，在火力优化过程中，必须充分考虑地形环境、气象条件对我方作战力量的战场机动、阵地配置、火力发挥、战斗组织与协调等产生的影响，并努力将其转化为对我方完成战斗任务有利的条件。

作战对象是地面突击分队执行作战任务所指向的敌方目标，是构成敌我双方或者敌我友多方作战必不可缺的组成要素。地面突击分队的作战任务主要是对作战对象（即被打击目标，以下简称目标）实施火力打击。因此，科学评估目标的威胁度（价值）并排序，是火力优化控制的重要环节，是实现精准打击的前提和基础。

作战力量是地面突击分队可用于作战的各种武器装备和兵员的总和，是遂行作战任务、实施火力打击、取得作战胜利的物理基础。信息化条件下地面突击分队一体化联合作战的基本形式，决定了地面突击分队作战力量具有复杂的构成：包括主战装备、侦察装备、通信与指挥装备、保障装备及相关人员等。在火力优化的过程中，主要考虑坦克、步兵战车、自行火炮和反坦克武器等主战装备对敌目标的分配与优化部署。

此外，为实现火力优化控制，还需要掌握对上述作战要素及其相互关系的定性定量描述方法，特别是对目标的威胁度（价值）的科学评估与排序方法，以及对基于作战行动样式的火力单元对目标的分配关系模型等问题进行深入研究。这些问题将在本书后续章节给予详细论述。

1.4.2 研究目的

在信息化战争中，指挥员和参谋人员往往不再为决策时信息缺乏而发愁，转而为海量的信息数据而烦恼。一方面，战场态势变化加快，需要快速决策；另一方面，需要处理的数据越来越多，使得决策费时费力。解决这一矛盾的唯一途径是，利用计算