国家出版基金项目
NATIONAL PUBLICATION FOUNDATION

“十三五”
国家重点出版物出版规划项目



国之重器出版工程
国防现代化建设

陆战装备科学与技术·坦克装甲车辆系统丛书

Aided Decision-Making Techniques for Armored Vehicles Collaborative Operations

装甲车辆协同作战辅助决策技术

刘勇 陈炜 陈旺 吴汉宝 著

中国工信出版集团
北京理工大学出版社
BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

需要全本请访问 www.ertongbook.com

国家出版基金项目
NATIONAL PUBLICATION FOUNDATION

“十三五”
国家重点出版物出版规划项目

陆战装备科学与技术 · 坦克装甲车辆系统丛书

装甲车辆协同作战辅助决策技术

Aided Decision-Making Techniques for Armored Vehicles Collaborative Operations

刘勇 陈炜 陈旺 吴汉宝 著

北京理工大学出版社
BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

内 容 简 介

本书共7章，针对装甲车辆多平台协同作战需求，围绕OODA作战流程，从任务规划、协同感知、威胁评估、打击防护决策、协同控制、人机交互等方面，对辅助决策技术进行系统介绍。本书既有作者多年来实际工程项目的研制经验，也有对深度学习等前沿技术在辅助决策技术中的应用探讨。

本书可作为军用车辆专业的本科生和研究生教材，也可作为相关技术领域科研人员进行总体设计和信息系统设计的参考用书。

版权专有　侵权必究

图书在版编目（CIP）数据

装甲车辆协同作战辅助决策技术/刘勇等著. —北京：北京理工大学出版社，2020.3

（陆战装备科学与技术·坦克装甲车辆系统丛书）

国家出版基金项目“十三五”国家重点出版物出版规划项目　国之重器出版工程

ISBN 978-7-5682-8328-1

Ⅰ.①装…　Ⅱ.①刘…　Ⅲ.①装甲车-协同作战-决策方法　Ⅳ.①TJ811

中国版本图书馆CIP数据核字（2020）第054297号

出　　版／北京理工大学出版社有限责任公司
社　　址／北京市海淀区中关村南大街5号
邮　　编／100081
电　　话／（010）68914775（总编室）
　　（010）82562903（教材售后服务热线）
　　（010）68948351（其他图书服务热线）
网　　址／http://www.bitpress.com.cn
经　　销／全国各地新华书店
印　　刷／北京捷迅佳彩印刷有限公司
开　　本／710毫米×1000毫米　1/16
印　　张／14　　责任编辑／武丽娟
字　　数／243千字　　文案编辑／武丽娟
版　　次／2020年3月第1版　2020年3月第1次印刷　　责任校对／周瑞红
定　　价／68.00元　　责任印制／李志强

图书出现印装质量问题，请拨打售后服务热线，本社负责调换

《国之重器出版工程》
编辑委员会

编辑委员会主任：苗　圩

编辑委员会副主任：刘利华　辛国斌

编辑委员会委员：

冯长辉	梁志峰	高东升	姜子琨	许科敏
陈　因	郑立新	马向晖	高云虎	金　鑫
李　巍	高延敏	何　琼	刁石京	谢少锋
闻　库	韩　夏	赵志国	谢远生	赵永红
韩占武	刘　多	尹丽波	赵　波	卢　山
徐惠彬	赵长禄	周　玉	姚　郁	张　炜
聂　宏	付梦印	季仲华		



专家委员会委员（按姓氏笔画排列）：

于　全　中国工程院院士
王　越　中国科学院院士、中国工程院院士
王小谟　中国工程院院士
王少萍　“长江学者奖励计划”特聘教授
王建民　清华大学软件学院院长
王哲荣　中国工程院院士
尤肖虎　“长江学者奖励计划”特聘教授
邓玉林　国际宇航科学院院士
邓宗全　中国工程院院士
甘晓华　中国工程院院士
叶培建　人民科学家、中国科学院院士
朱英富　中国工程院院士
朵英贤　中国工程院院士
邬贺铨　中国工程院院士
刘大响　中国工程院院士
刘辛军　“长江学者奖励计划”特聘教授
刘怡昕　中国工程院院士
刘韵洁　中国工程院院士
孙逢春　中国工程院院士
苏东林　中国工程院院士
苏彦庆　“长江学者奖励计划”特聘教授
苏哲子　中国工程院院士
李寿平　国际宇航科学院院士



李伯虎　中国工程院院士

李应红　中国科学院院士

李春明　中国兵器工业集团首席专家

李莹辉　国际宇航科学院院士

李得天　国际宇航科学院院士

李新亚　国家制造强国建设战略咨询委员会委员、中国机械工业联合会副会长

杨绍卿　中国工程院院士

杨德森　中国工程院院士

吴伟仁　中国工程院院士

宋爱国　国家杰出青年科学基金获得者

张　彦　电气电子工程师学会会士、英国工程技术学会会士

张宏科　北京交通大学下一代互联网互联设备国家工程实验室主任

陆　军　中国工程院院士

陆建勋　中国工程院院士

陆燕荪　国家制造强国建设战略咨询委员会委员、原机械工业部副部长

陈　谋　国家杰出青年科学基金获得者

陈一坚　中国工程院院士

陈懋章　中国工程院院士

金东寒　中国工程院院士

周立伟　中国工程院院士



郑纬民　中国工程院院士

郑建华　中国科学院院士

屈贤明　国家制造强国建设战略咨询委员会委员、工业和信息化部智能制造专家咨询委员会副主任

项昌乐　中国工程院院士

赵沁平　中国工程院院士

郝　跃　中国科学院院士

柳百成　中国工程院院士

段海滨　“长江学者奖励计划”特聘教授

侯增广　国家杰出青年科学基金获得者

闻雪友　中国工程院院士

姜会林　中国工程院院士

徐德民　中国工程院院士

唐长红　中国工程院院士

黄　维　中国科学院院士

黄卫东　“长江学者奖励计划”特聘教授

黄先祥　中国工程院院士

康　锐　“长江学者奖励计划”特聘教授

董景辰　工业和信息化部智能制造专家咨询委员会委员

焦宗夏　“长江学者奖励计划”特聘教授

谭春林　航天系统开发总师

《陆战装备科学与技术·坦克装甲车辆系统丛书》
编写委员会

名誉主编：王哲荣　苏哲子

主　　编：项昌乐　李春明　曹贺全　丛　华

执行主编：闫清东　刘　勇

编　　委：（按姓氏笔画排序）

马　越　王伟达　王英胜　王钦钊　冯辅周

兰小平　刘　城　刘树林　刘　辉　刘瑞林

孙葆森　李玉兰　李宏才　李和言　李党武

李雪原　李惠彬　宋克岭　张相炎　陈　旺

陈　炜　郑长松　赵晓凡　胡纪滨　胡建军

徐保荣　董明明　韩立金　樊新海　魏　巍



编者序

坦克装甲车辆作为联合作战中基本的要素和重要的力量，是一种最具临场感、最实时、最基本的信息节点和武器装备，其技术的先进性代表了陆军装备的现代化程度。

装甲车辆涉及的技术领域宽广，经过几十年的探索实践，我国坦克装甲车辆技术领域的专家积累了丰富的研究和开发经验，实现了我国坦克装甲车辆从引进到仿研仿制再到自主设计的一次又一次跨越。在车辆总体设计、综合电子系统设计、武器控制系统设计、新型防护技术、电子电气系统设计及嵌入式软件设计、数字化与虚拟仿真设计、环境适应性设计、故障预测与健康管理、新型工艺等方面取得了重要进展，有些理论与技术已经处于世界领先水平。随着我国陆战装备系统的理论与技术取得重要进展，亟需通过一套系统全面的图书来呈现这些成果，以适应坦克装甲车辆技术积淀与创新发展的需要，同时多年来我国坦克装甲车辆领域的研究人员一直缺乏一套具有系统性、学术性、先进性的丛书来指导科研实践。为了满足上述需求，《陆战装备科学与技术·坦克装甲车辆系统丛书》应运而生。

北京理工大学出版社联合中国北方车辆研究所、内蒙古金属材料研究所、北京理工大学、中国人民解放军陆军装甲兵学院、南京理工大学、中国人民解放军陆军军事交通学院和中国兵器科学研究院等单位一线的科研和工程领域专家及其团队，策划出版了本套反映坦克装甲车辆领域具有领先水平的学术著作。本套丛书结合国际坦克装甲车辆技术发展现状，凝聚了国内坦克装甲车辆技术领域的主要研究力量，立足于装甲车辆总体设计、底盘系统、火力系统、

防护系统、电气系统、电磁兼容、人机工程、质量与可靠性、仿真技术、协同作战辅助决策等方面，围绕装甲车辆“多功能、轻量化、网络化、信息化、全电化、智能化”的发展方向，剖析了装甲车辆的研究热点和技术难点，既体现了作者团队原创性科研成果，又面向未来、布局长远。为确保其科学性、准确性、权威性，丛书由我国装甲车辆领域的多位领军科学家、总设计师负责校审，最后形成了由24分册构成的《陆战装备科学与技术·坦克装甲车辆系统丛书》，具体名称如下：《装甲车辆概论》《装甲车辆构造与原理》《装甲车辆行驶原理》《装甲车辆设计》《新型坦克设计》《装甲车辆武器系统设计》《装甲车辆火控系统》《装甲防护技术研究》《装甲车辆机电复合传动系统模式切换控制理论与方法》《装甲车辆液力缓速制动技术》《装甲车辆悬挂系统设计》《坦克装甲车辆电气系统设计》《现代坦克装甲车辆电子综合系统》《装甲车辆嵌入式软件开发方法》《装甲车辆电磁兼容性设计与试验技术》《装甲车辆环境适应性研究》《装甲车辆人机工程》《装甲车辆制造工艺学》《坦克装甲车辆通用质量特性设计与评估技术》《装甲车辆仿真技术》《装甲车辆试验学》《装甲车辆动力传动系统试验技术》《装甲车辆故障诊断技术》《装甲车辆协同作战辅助决策技术》。

《陆战装备科学与技术·坦克装甲车辆系统丛书》内容涵盖多项装甲车辆领域关键技术工程应用成果，并入选“国家出版基金”项目、“‘十三五’国家重点出版物出版规划”项目和工信部“国之重器出版工程”项目。相信这套丛书的出版必将承载广大陆战装备技术工作者孜孜探索的累累硕果，帮助读者更加系统、全面地了解我国装甲车辆的发展现状和研究前沿，为推动我国陆战装备系统理论与技术的发展做出更大的贡献。

丛书编委会



前　言

随着人工智能、大数据、云计算等前沿技术的迅猛发展以及在军事领域的广泛应用，“作战要素无缝链接、作战平台自主协同”成为装甲车辆的重要发展方向。通过多平台协同作战，能够充分发挥装甲车辆在侦察、判断、理解、决策、打击、防护、机动等方面的能力，实现优势互补，有效提高装甲车辆的任务多样性、战术灵活性、复杂环境适应能力以及战场生存能力。

辅助决策技术是装甲车辆实现高效协同作战的核心，通过综合运用相关人工智能技术，提高装甲车辆在多源信息融合、战场态势理解、行动方案决策和多平台协同控制的智能化水平，为指挥员更加快速、正确的决策提供支撑，从而将信息优势快速转化为决策优势和行动优势，并实现装甲车辆协同作战中各作战单元和作战要素的自组织同步与协调。

全书共七章，以 OODA 为主线，旨在使读者能够系统的了解装甲车辆协同作战过程中辅助决策技术的概念、流程和方法。第一章对装甲车辆协同作战以及协同作战中的辅助决策技术进行了定义，描述了其内涵；第二章至第六章分别围绕装甲车辆作战协同过程中的任务规划、协同感知、目标威胁评估、打击防护决策、协同控制等 OODA 各环节中的辅助决策技术概念内涵、流程和方法等进行了描述；第七章对装甲车辆协同作战过程中的人机交互技术进行了探讨和分析。

本书第 1 章由刘勇、陈旺撰写，第 2 章由陈炜、刘勇撰写，第 3 章由吴汉宝、李伦、邓德位撰写，第 4 章由盛蕾、苏瑾、吴汉宝撰写，第 5 章由陈炜、胡忠辉撰写，第 6 章由陈旺撰写，第 7 章由陈旺、苏瑾、刘勇撰写。全书由刘

勇研究员起草撰写大纲、统稿和审定。

本书在撰写过程中得到了中国北方车辆研究所和武汉数字工程研究所很多工程技术人员的帮助，中国北方车辆研究所的范知友研究员、崔岩研究员、胡建军研究员，武汉数字工程研究所黄友澎研究员，北京理工大学的邱越教授、宫晓东教授，大连交通大学的郑晓军教授等提供了许多素材和资料；中国北方车辆研究所的苏瑾副研究员、李璞工程师、商曦文工程师，武汉数字工程研究所的赵亚丁、张克飞、熊紫倩、王川等工程师对全书的文字进行了校对。在此，一并表示衷心感谢。

本书出版发行旨在对国内装甲车辆工程技术人员有所启发和帮助，由于知识、经验和水平有限，书中难免有不妥和错漏之处，恳请读者批评指正。

作　者



目　录

第 1 章　概论 …… 001

1.1　装甲车辆 …… 002
1.1.1　装甲车辆定义及内涵 …… 002
1.1.2　装甲车辆技术发展趋势 …… 003
1.2　装甲车辆协同作战技术 …… 004
1.2.1　装甲车辆协同作战技术概念 …… 004
1.2.2　协同作战技术发展 …… 005
1.3　装甲车辆协同作战辅助决策技术 …… 008
1.4　小结 …… 010

第 2 章　任务规划技术 …… 011

2.1　概述 …… 012
2.1.1　定义 …… 012
2.1.2　分级 …… 013
2.2　战役战区级任务规划简介 …… 013
2.2.1　情况分析判断 …… 014
2.2.2　任务意图分析 …… 014
2.2.3　作战构想设计 …… 014

2.2.4 战术方案制定 …… 014
2.2.5 方案推演评估 …… 015
2.2.6 作战计划生成 …… 015
2.3 战术战斗级任务规划基本需求 …… 015
2.3.1 内涵 …… 015
2.3.2 应用环境 …… 016
2.3.3 指挥关系 …… 016
2.3.4 功能需求 …… 016
2.3.5 任务要素 …… 017
2.3.6 方案要素 …… 019
2.3.7 方案要求 …… 020
2.4 战斗行动计划组织 …… 020
2.4.1 认识任务情况 …… 021
2.4.2 敌我态势研判 …… 021
2.4.3 定下战斗决心 …… 022
2.4.4 制订战斗计划 …… 022
2.4.5 下达战斗命令 …… 023
2.4.6 组织协同战斗 …… 023
2.4.7 组织资源保障 …… 023
2.4.8 建立指挥系统 …… 023
2.4.9 部署战斗准备 …… 024
2.5 战斗行动方案制定 …… 024
2.5.1 作战样式 …… 024
2.5.2 指挥层级 …… 024
2.5.3 业务流程 …… 025
2.6 小结 …… 031

第 3 章 多平台协同感知技术 …… 033

3.1 概述 …… 034
3.2 多传感器协同管控技术 …… 035
3.2.1 传感器协同管控基本概念 …… 036
3.2.2 传感器协同管控功能 …… 036
3.2.3 传感器协同管控架构 …… 039



3.2.4　传感器协同管控方法 …… 042
3.3　信息融合技术 …… 044
3.3.1　信息融合的概念 …… 044
3.3.2　信息融合系统的典型结构 …… 045
3.3.3　信息融合的主要理论方法 …… 050
3.3.4　信息融合中的关键问题 …… 051
3.4　小结 …… 056

第 4 章　目标威胁评估技术 …… 057

4.1　概述 …… 058
4.2　国内外研究进展 …… 059
4.2.1　深度学习算法国内外研究进展 …… 059
4.2.2　态势评估技术国内外研究进展 …… 063
4.2.3　发展趋势分析 …… 069
4.3　目标威胁判断技术 …… 070
4.3.1　目标威胁评估原则 …… 071
4.3.2　装甲车辆来袭目标类型 …… 071
4.3.3　目标威胁等级划分 …… 072
4.3.4　目标威胁因素 …… 074
4.3.5　威胁评估算法 …… 080
4.4　深度学习框架下的多目标威胁评估技术 …… 086
4.4.1　深度学习框架下的知识表达技术与多目标特征提取 …… 087
4.4.2　基于深度信念网络（DBN）的敌方作战趋势预测 …… 092
4.4.3　基于深度 Q 网络的智能化战场威胁评估研究 …… 096
4.4.4　基于 Qt 的仿真验证原型系统 …… 100
4.5　小结 …… 116

第 5 章　打击防护辅助决策技术 …… 117

5.1　概述 …… 118
5.2　打击防护决策技术 …… 118
5.3　火力分配技术 …… 120
5.3.1　火力运用的基本原则 …… 120
5.3.2　武器运用与火力分配建模 …… 120

5.3.3 火力分配模型的求解 …… 124
5.4 毁伤效果评估技术 …… 129
5.4.1 毁伤评估的基本内容 …… 129
5.4.2 战场毁伤评估基本理论 …… 130
5.4.3 战场毁伤效果评估的方法 …… 130
5.4.4 基于动态贝叶斯网络的目标毁伤评估 …… 132
5.5 小结 …… 138

第6章 多平台分布式协同控制技术 …… 139

6.1 概述 …… 140
6.1.1 国外研究进展 …… 141
6.1.2 发展趋势分析 …… 145
6.2 一种多武器平台分层分布式协同控制体系结构 …… 147
6.3 基于知识图谱的多平台一体化协同控制技术 …… 153
6.3.1 军事知识图谱研究现状 …… 153
6.3.2 基于知识图谱的多平台一体化协同控制技术研究 …… 157
6.4 小结 …… 167

第7章 协同作战过程中的人机交互技术 …… 169

7.1 基于人机结合的地面机动平台综合集成技术 …… 170
7.1.1 装甲车辆是一个“开放的复杂巨系统” …… 170
7.1.2 基于综合集成的装甲车辆研讨厅 …… 171
7.1.3 地面机动平台人机结合技术研究 …… 173
7.2 信息智能呈现与操控技术 …… 177
7.2.1 用户交互行为特征与交互行为规律认知 …… 177
7.2.2 用户智能信息交互技术 …… 183
7.3 小结 …… 194

参考文献 …… 196

索引 …… 197



第 1 章

概　　论