



军队“2110工程”建设项目 军事航天学

数字战场可视化 技术及应用

SHUZI ZHANCHANG KESHIHUA JISHU JI YINGYONG

廖学军 汪荣峰 等编著



国防工业出版社

National Defense Industry Press

军队“2110 工程”建设项目 军事航天学

数字战场可视化技术及应用

廖学军 汪荣峰 等编著

国防工业出版社

· 北京 ·

内 容 简 介

本书从战场可视化基本理论、战场可视化关键技术、战场可视化典型应用系统三个层次,系统地阐述了数字化战场可视化概述、战场可视化软硬件平台、战场可视化的图形学基础、战场二维可视化、战场地形可视化、战场实体可视化、战场特效可视化、战场电磁环境可视化、航天飞行任务可视化系统等内容,并配合了大量航天飞行场景可视化方面的实例。

本书是作者多年教学科研和工程开发经验积累的基础上提炼完成的学术成果。本书可以作为军队院校指挥信息系统专业、军事航天专业、仿真专业的教材,也可以作为相关工程技术人员的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

数字战场可视化技术及应用 / 廖学军等编著. —北京:
国防工业出版社, 2010. 10

军队“2110 工程”建设项目. 军事航天学
ISBN 978 - 7 - 118 - 07240 - 2

I. ①数… II. ①廖… III. ①数字技术 - 应用 - 军事 - 研究 IV. ①E919

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2010) 第 252930 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 × 960 1/16 印张 19 1/4 字数 363 千字
2010 年 10 月第 1 版第 1 次印刷 印数 1—3000 册 定价 45.00 元

(本书如有印装错误,我社负责调换)

国防书店:(010)68428422

发行邮购:(010)68414474

发行传真:(010)68411535

发行业务:(010)68472764

装备指挥技术学院“2110 工程”教材(著作)

编审委员会

主 任 曲 炜

副主任 冯书兴 张 炜 蔡远文 潘 清

委 员 (按姓氏笔画排序)

于小红 王 宇 白海威 由凤宇

李希民 沈怀荣 张宝玲 陈庆华

陈向宁 陈新华 郑绍钰 赵伟峰

赵继广 郭世贞 耿艳栋 贾 鑫

桑爱群 阎 慧 谢文秀 熊龙飞

装备指挥技术学院军事航天学教材(著作)

编 委 会

主 编 蔡远文

副主编 廖学军

编 委 赵新国 于小红 耿艳栋 张海波

廖兴禾 陈浩光 鲜思德 秦大国

李 智 刘党辉 李晓波

序

空间技术及装备的发展,促进了信息化战争形态的形成,丰富了信息化战争的内容,给未来战争形式、作战力量建设、指挥控制等带来了深刻的影响。军事航天技术发展、空间力量建设、空间力量应用是军事航天学学科的主要研究内容。因此,军事航天学学科建设成为我军军事斗争准备的重要任务。

装备指挥技术学院军事航天学学科是军队“2110 工程”重点建设学科,其作战指挥学学科是国家重点(培育)学科。为了总结梳理军事航天学学科建设成果,提升学科建设水平和军事航天人才培养质量,在学院“2110 工程”教材(著作)编审委员会统一组织指导下,军事航天学学科领域的专家学者编著了一套适应军事航天指挥技术人才培养需求,对我军空间力量建设具有引领作用的系列丛书,将分别以学术专著和专业教材的形式陆续出版。

编辑这套丛书是军事航天学学科建设的重要内容,是军事航天人才培养的重要基础,也是体现军事航天学学科建设水平的重要标志。旨在通过系统、全面的梳理,总结军事航天学学科建设和军事航天人才培养理论研究与实践探索的重要成果和宝贵经验,促进军事航天学学科发展;围绕我军空间力量建设和军事斗争准备需要,以空间力量建设、空间力量应用、航天指挥控制为主要内容,培养高素质军事航天指挥技术人才,推动军事航天发展。

本套丛书的编著出版对于系统深入总结军事航天学学科建设和军事航天人才培养的重要成果,推进军事航天学学科建设,提高军事航天人才的培养质量,加快军队信息化建设和军事斗争准备具有重要的理论意义和现实意义。

装备指挥技术学院
军事航天学教材(著作)编委会

前 言

现代战争是陆、海、空、天、电、网一体化的联合作战,是基于信息系统的体系对抗作战。战场可视化是为便于军事人员认识、分析、理解战场环境和态势情况,采取信息技术手段对战场以可视化形式进行表达的一种方式。当前,战场可视化已成为军事信息系统的重要组成部分,是作战回路中的重要一环,是指挥员驾驭现代信息化战争的理想界面,在作战指挥、模拟训练、作战理论研究等领域都有广泛的应用前景。

本书共分9章,从战场可视化基本理论、战场可视化关键技术、战场可视化典型应用系统三个层次展开阐述,并配合了大量航天飞行场景可视化方面的实例。

第1章 数字化战场可视化概述。分析了战场的物理空间和组成要素属性,明确了战场可视化的研究对象和内容;介绍了国内外数字化战场的建设情况,为战场可视化的实现奠定了数据基础;重点研究了战场可视化系统的概念、体系结构、功能设计及国内外应用发展情况;探讨了战场视景仿真等相关术语的概念以及与战场可视化的区别与联系。

第2章 战场可视化软硬件平台。战场可视化软硬件平台是支持战场可视化系统设计、开发、运行的物理环境和信息环境。分别阐述了软硬件平台的构成、要素和基本原理;以一个典型运行环境示例说明了战场可视化系统软硬件平台组成。

第3章 战场可视化的图形学基础。对战场可视化而言,实时性是最重要的技术指标要求。介绍了图形学的数学基础知识和基本原理;着重探讨了满足战场可视化实时性要求的一些基础技术,包括图形绘制流水线、空间数据结构和层次细节技术。

第4章 战场二维可视化。针对传统的二维平面态势表现方式,系统梳理了地图的军事应用;分析了战场二维态势的组成与军标系统,并简要介绍了军事航天军标;详细阐述了战场二维可视化的数据模型及实现算法。

第5章 战场地形可视化。介绍了地形的数据模型和几类地形模拟技术;根据地形分类,介绍了地形绘制的基本技术和传统算法;详细阐述了几种地形实时连续绘制的算法;

第6章 战场实体可视化。分析了战场实体的分类;介绍了战场实体的几何建模和行为建模技术;详细阐述了实体的增强真实感技术和碰撞检测技术;简要介绍了网络环境下的战场实体可视化技术。

第7章 战场特效可视化。分析了战场视觉特效技术的基本方法;针对战场视觉特效采用的主要方法,重点阐述了粒子系统的原理;分别介绍了战场云、雨雪、爆炸、火焰、烟雾、通信链路等特效的构建技术。

第8章 战场电磁环境可视化。概述了战场复杂电磁环境情况;分析了战场电磁环境可视化的需求与技术;讨论了战场电磁环境建模与仿真;结合雷达作用范围可视化等专题介绍了战场电磁环境可视化的应用。

第9章 航天飞行任务可视化系统。以航天飞行任务可视化系统为例介绍了一个典型的战场可视化应用系统,内容包括系统结构和功能设计,以及多源多类型海量空间数据管理、空间数据层次细节构建、图形实时显示等关键技术。

本书是作者在总结多年来承担国防预研和试验技术研究等相关课题研究成果、从事空间信息处理与战场可视化教学、指导作战指挥学研究生开展学位论文研究的基础上,提炼形成的学术研究成果。廖学军和汪荣峰负责全书的总体框架设计和统稿。各章的编写工作分工如下:第1章,廖学军负责撰写;第2、7章,张赢负责编写;第3、4、5章,汪荣峰负责编写;第6章,王鹏负责编写;第8章,汪洲负责编写;第9章,唐立文负责编写。

本书是军队“2110工程”二期“军事航天学科专业领域”重点建设的教材专著建设项目。在本书的编撰过程中,得到了装备指挥技术学院训练部的大力支持,得到了李学军、谢剑薇、王林旭、邹红霞等课题组同仁的大力帮助,还参考了大量国内外专家学者的专著与论文。在此,作者一并致以衷心感谢。

由于作者水平有限,书中难免出现疏漏之处,敬请读者批评指正。

作者

2010年12月

目 录

第 1 章 数字化战场可视化概述	1
1.1 战场	1
1.1.1 战场的物理空间	1
1.1.2 战场的组成要素	2
1.2 数字化战场及建设	5
1.2.1 概念	5
1.2.2 数字化战场建设的任务	6
1.2.3 数字化战场建设的关键技术	9
1.2.4 国内外数字化战场建设概况	9
1.3 数字化战场可视化	10
1.3.1 概念	10
1.3.2 系统体系结构	12
1.3.3 战场环境可视化	12
1.3.4 战场态势可视化	14
1.3.5 意义及应用领域	17
1.4 战场视景仿真	18
1.4.1 战场视景仿真相关概念	18
1.4.2 与战场可视化间的关系	21
参考文献	22
第 2 章 战场可视化软硬件平台	23
2.1 战场可视化硬件平台	23
2.1.1 图形加速卡	23
2.1.2 图形显示设备	28
2.2 战场可视化软件平台	39
2.2.1 图形绘制 API	39
2.2.2 战场可视化系统开发引擎	42
2.2.3 战场可视化软件平台	44
2.3 战场可视化系统典型运行环境	48
2.3.1 硬件环境	49

2.3.2 软件使用环境	50
参考文献	52
第3章 战场可视化的图形学基础	53
3.1 坐标系、矢量与矩阵	53
3.2 二维图形生成与变换	56
3.2.1 二维图形生成	56
3.2.2 二维图形几何变换	58
3.3 图形绘制流水线	59
3.3.1 流水线体系结构	59
3.3.2 应用程序阶段	60
3.3.3 几何阶段	63
3.3.4 光栅化阶段	68
3.3.5 DirectX 中的绘制流水线	69
3.3.6 可编程着色器	71
3.3.7 流水线优化	74
3.4 三维图形变换与坐标系变换	76
3.4.1 几何变换	76
3.4.2 OpenGL 中的几何变换	77
3.4.3 OpenGL 中的观察变换	79
3.4.4 投影变换	80
3.4.5 Camera 类的设计	83
3.5 空间数据结构	84
3.5.1 包围体层次	85
3.5.2 场景图	85
3.5.3 基于绘制状态的场景管理	86
3.5.4 空间二分树	87
3.5.5 八叉树	89
3.6 层次细节技术	89
3.6.1 LOD 的生成	90
3.6.2 LOD 的选取	90
3.6.3 LOD 的切换	91
参考文献	92
第4章 战场二维可视化	93
4.1 地图及其军事应用	93
4.1.1 地图的定义及特点	93
4.1.2 地图的军事应用	96

4.2	战场二维态势	99
4.2.1	电子地图	100
4.2.2	作战标图	104
4.2.3	军标系统	107
4.2.4	军事航天军标	109
4.3	二维可视化数据模型	110
4.3.1	矢量数据模型	110
4.3.2	栅格数据模型	112
4.3.3	矢量栅格一体化结构	113
4.4	二维可视化算法	114
4.4.1	地图符号化方法概述	114
4.4.2	点状符号库系统设计	116
4.4.3	线状符号绘制方法	123
4.4.4	面状符号绘制方法	129
	参考文献	131
第5章	战场地形可视化	132
5.1	地形模型	132
5.1.1	数字地形的表达	132
5.1.2	数字地面模型	132
5.1.3	数字高程模型基本概念	133
5.1.4	数字高程模型的表达方法	135
5.2	地形模拟技术	142
5.2.1	地形模拟技术概述	142
5.2.2	断层构造技术	143
5.2.3	粒子沉积技术	145
5.2.4	Diamond-Square 算法	145
5.3	地形绘制技术	148
5.3.1	传统地形可视化方法	148
5.3.2	地形可视化方法分类	149
5.3.3	基于等高线的地形绘制技术	150
5.3.4	基于 RSG 的地形直接绘制技术	151
5.3.5	地形绘制的 semi - CLOD 算法	157
5.4	地形实时连续绘制方法	162
5.4.1	地形实时连续层次细节模型概述	162
5.4.2	高度场的实时连续层次细节绘制	166
5.4.3	实时最优自适应网格	174

5.4.4	Chunked LOD 算法	183
	参考文献	186
第 6 章	战场实体可视化	189
6.1	战场实体	189
6.1.1	地球战场实体	189
6.1.2	空间战场实体	190
6.2	战场实体建模技术	195
6.2.1	几何建模	195
6.2.2	行为建模	213
6.3	战场实体可视化的增强真实感技术	218
6.3.1	实体模型简化技术	219
6.3.2	光照明模型与明暗效应处理	220
6.4	碰撞检测技术	221
6.4.1	AABB 包围盒	222
6.4.2	包围球	223
6.5	网络环境下战场实体的可视化技术	223
6.5.1	网络三维可视化技术	223
6.5.2	三维实体模型的 VRML 表示	227
6.5.3	部分试验及应用成果	228
	参考文献	229
第 7 章	战场特效可视化	231
7.1	战场特效可视化基本方法	231
7.1.1	概述	231
7.1.2	战场特效技术比较	237
7.2	粒子系统技术的原理	238
7.2.1	粒子系统的数学描述	238
7.2.2	粒子系统的实现步骤	240
7.3	战场自然环境特效的粒子系统	240
7.3.1	云的粒子系统	240
7.3.2	雨雪效果的粒子系统	241
7.4	战争场景特效的粒子系统	242
7.4.1	爆炸特效的粒子系统	243
7.4.2	火焰特效的粒子系统	243
7.4.3	烟雾特效的粒子系统	244
7.4.4	通信链路特效的粒子系统	246
	参考文献	248

第 8 章 战场电磁环境可视化	250
8.1 战场电磁环境概述	250
8.1.1 电磁场与电磁波	250
8.1.2 战场电磁环境	251
8.1.3 战场电磁环境的复杂性	252
8.1.4 战场电磁环境的建设	253
8.1.5 战场电磁环境的利用	254
8.2 战场电磁环境可视化的研究途径	255
8.2.1 研究现状	256
8.2.2 研究思路	257
8.3 战场电磁环境可视化技术	259
8.3.1 可视化的研究目标	259
8.3.2 可视化的表现要素	259
8.3.3 可视化的表现形式	260
8.3.4 可视化的技术手段	261
8.4 战场电磁环境建模仿真	263
8.4.1 战场电磁环境仿真	264
8.4.2 电磁侦察数据的获取	266
8.4.3 自然环境对电磁环境的影响	266
8.4.4 战场辐射源信息显示	267
8.4.5 电子战模拟应用	269
8.5 基于 GIS 的战场电磁环境可视化研究	271
8.5.1 关键技术点	271
8.5.2 电磁环境仿真软件框架	272
8.5.3 雷达作用范围可视化	272
8.5.4 电磁辐射环境可视化	277
参考文献	279
第 9 章 航天飞行可视化系统	280
9.1 系统设计	280
9.1.1 基于 IP 网络的分布式存储结构	280
9.1.2 系统功能	281
9.2 系统关键技术	284
9.2.1 多源、多类型空间数据管理	284
9.2.2 空间数据层次细节技术	290
9.2.3 图形显示技术	292
参考文献	295

第1章 数字化战场可视化概述

明确战场可视化的相关概念、研究内容、数据基础、技术领域及应用前景,是进行数字化战场可视化研究的前提和基础。本章首先分析了战场的物理空间和组成要素属性,明确了战场可视化的研究对象和内容;其次介绍了国内外数字化战场的建设情况,为战场可视化的实现奠定了数据基础;然后重点研究了战场可视化系统的概念、体系结构、功能设计及国内外应用发展情况;最后探讨了战场视景仿真等相关术语的概念以及与战场可视化的区别与联系。

1.1 战 场

对战场(Battlefield)的研究是一切军事行动永恒的主题。随着战争的发展,人们对战场的认识呈现出一个不断深入的过程,初期主要对战场的物理空间属性进行了界定,随着作战研究的精准化发展又对战场的组成要素属性进行了界定和发展。只有全面掌握了战场的物理空间和组成要素特点,才能完整地认识、理解和表达战场,最终达到利用和控制战场的目的。

1.1.1 战场的物理空间

早期对战场物理空间属性的定义往往等同于对战场的定义,而且随着对战场研究的深入,不同的历史时期、不同的国家或学者对战场有不同的定义和表述形式,下面予以部分摘录:

战场是实施战斗行动的地域(地带、地幅)(苏联元帅 H. B. 奥加尔科夫,《军事百科全书》,1985 年)。

战场是敌对双方作战活动的空间,一般分为陆战场、海战场、空战场和太空战场。大规模战争常有若干个按地区划分的相对独立的战场,如第二次世界大战中有欧洲战场、北非战场、太平洋战场等;中国人民解放战争中有东北、华北、西北、华中、华东等战场(军事科学院,《中国人民解放军军语》,1997 年)。

战场是交战双方为进行战争而实施武装行动的区域。随着武器装备的发展和战争规模的扩大,战场范围也随之扩大,包括陆战场、海战场、空战场。未来战争还可能在外层空间开辟新的战场(熊武一,《军事大辞海》,2000 年)。

联合作战战场,是敌对双方进行作战活动的空间,是双方力量体系进行对抗的

“舞台”。它通常由自然环境、社会环境和电磁环境等多种基本因素组成(中国人民解放军总参谋部军训和兵种部,《联合作战概论》,2008年)。

1.1.2 战场的组成要素

战场的组成要素包括战场环境和战场态势两大类。但关于“战场环境(Battlefield Environment)”和“战场态势(Battlefield Situation)”这两个术语,国内外、不同学者对其定义不统一,内涵上存在混淆,外延上存在交叉重叠,为下一步深入研究战场可视化奠定基础,需要对这些术语进行准确和完整的界定,并理清相互间的关系。

1. 战场环境

“环境”一词在《高级汉语大词典》中的解释为“周围的地方;周围的情况、影响或势力”,这是一个多意词。“战场环境”术语中的“环境”采用的是第二个词意,即战场环境为“占据战场空间的、对作战行动有制约和影响作用的客观要素”。

对战场环境包含“占据战场空间的”、“对作战行动有制约和影响作用的”和“客观的”这三层约束,国内外的认识基本一致,但在这三层约束下战场环境具体包括哪些组成要素却存在分歧。共同点是都认为战场环境包括战场地理环境和战场气象环境,分歧点主要表现在以下四个方面:

(1) 战场环境是否包括战场中的人文社会环境。人文社会环境是人类在自然地理环境的基础上,通过政治、经济、军事、社会文化等活动所形成的人文事物和社会条件,是对自然地理环境的改造和发展,对作战有重大的制约和影响作用。从战场环境的内涵看,这类要素显然属于战场环境的研究内容。自然地理环境与人文社会环境是地理环境的两个主要组成部分,虽然两者密切相关但对战争的影响又各有不同点,其描述表达技术方法也不同,为了研究方便,战场可视化领域又将战场地理环境进一步区分为战场自然地理环境和战场人文社会环境。

(2) 战场环境是否包括战场中不可见的物理场。战场物理场包括复杂电磁环境、核生化威胁危害区域等适合用物理学中“场”描述的内容。随着高信息化武器的发展应用,战场电子对抗作战加剧,战场复杂电磁环境越来越成为信息化条件下作战关注的焦点;核生化武器的威胁和危害对作战行动的影响历来占据非常重要的地位,没有丝毫减弱的迹象。因此,对战场环境的研究理应包括战场电磁和核生化等这些肉眼不可见但对作战有重要影响的物理场环境。

(3) 战场环境是否包括武装人员和武器装备等实体。这是对战场环境理解上有最大出入的地方,国内外文献上讲到战场环境时,有的包含人员和装备,有的则未包含。从内涵上看,作战双方的武装人员和武器装备是战场中存在的客观要素,而且对作战行动有着最重要的制约和影响作用,依据战场环境定义它们应当包含在战场环境中。但是,部队和武器装备随着不同时期的战争或战争推进阶段动态

变化很大,为了分类清晰和方便研究,战场环境中不应当包含这部分内容,将其独立出来,列入战场态势的研究内容。

(4) 战场声、光、烟火等特效要素是否应包括在战场环境中。这类要素是战场上实体动作或实体间交互产生的效果,根据上述分析,同样应当将其独立出来,与武器装备一起纳入到战场态势的研究内容中。在战术对抗模拟中,这类要素对增加虚拟战场的逼真度和沉浸感具有重要影响。

综合上述分析,可给战场环境下一个较完整的定义:战场环境,是指占据战场空间的、对作战行动有制约和影响作用的客观要素。通常包括战场自然地理环境、战场人文社会环境、战场气象环境、战场电磁环境、战场核生化环境等要素。而且,随着新概念武器的作战使用,战场环境的外延还将进一步扩大,如战场网络环境将可能成为战场环境的一个重要组成内容。

2. 战场态势

战场态势,亦称作战态势,指交战敌、我、友各方部队部署和行动的状态,它随着战争的不同形式或不同推进阶段而动态变化。战场态势是战场组成要素中最重要的内容,指挥员对战场态势信息的快速获取、准确判断、科学处置并定下作战决心,直接决定战争的胜负。

战场态势的描述具体包括交战各方的部队和武器装备等实体的部署、实体的行动以及实体间的交互等内容,往往需要地理环境要素(如纸质地图、二三维电子地图)的支持。在军事指挥信息系统中,通常将战场态势要素作为单独的分量(图层)动态叠加到战场环境要素上进行表示。

3. 战场组成要素间的关系

战争中,战场环境和战场态势两类战场组成要素之间及其内部各要素间具有相互依存、相互影响的关系,如图 1-1 所示。

(1) 战场环境与战场态势间。任何作战都在一定的战场环境中展开,战场环境是敌我双方一切军事行动的依托和共同基础,制约和影响战场态势的变化发展;相反,战场态势变化也在一定程度上改变着战场环境,如雷达装备的部署将改变战场的电磁环境。

(2) 战场环境内部。自然地理环境是其他环境的物理依托,可以进行空间定位和加载其他各种环境要素;气象环境与自然地理环境互有影响,气象环境具有地缘特点,如不同的地理位置具有热带、亚热带、温带、寒带等气候特征,而气象环境会影响自然地理环境,如流水侵蚀地貌、冰川地貌的形成,雨天和晴天对地面土质有影响,进而影响行军速度等;自然地理环境和气象环境都对物理场环境有重大影响,不仅决定了电子装备及核生化设施的分布,还决定着电磁波及核生化污染区域的传递范围和受气象干扰的程度;自然地理环境和气象环境对人文社会环境的形成发展也有重大影响和反作用,自然地理环境的富庶与否及气候的好坏对人口密

度和文化程度起相当大的制约和影响作用,反之,人类的繁衍对自然地理环境及气候的改变也起着决定性的作用。

(3) 战场态势内部。武装人员、武器装备等实体的部署及其行动决定了战场态势,而实体间的交互产生了战场的声、光、烟火等特殊效果。

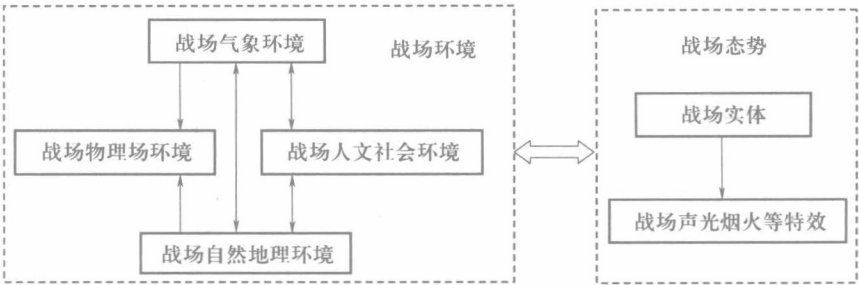


图 1-1 战场组成要素间的关系

总之,战场是交战各方作战活动的空间,它具有物理空间和组成要素两方面的属性。根据交战的物理空间不同,战场分为陆战场、海战场、空战场和天战场,而每类战场又由战场环境和战场态势两类要素组成。与此概念类似,美军采用“作战空间(Battle Space)”术语,美国国防部《军事及相关术语词典》中将作战空间定义为:成功地运用战斗力保护部队或完成任务所必须了解的环境、要素及情况。包括作战区以及关注区内的空中、陆地、海洋以及太空;敌、友部队;设施;气象;地形;电磁波频谱以及信息环境等。

战场具有三个基本特征:客观性、多维性和发展性。战场的客观性,指战场是作战对抗行动的载体和舞台,是敌对双方都要面对的共同基础,对作战行动有极大的影响作用;战场的多维性,指现代战争是诸军兵种联合作战,战场是由陆、海、空、天多维空间构成的立体战场;战场的发展性,指随着武器装备、作战规模和作战方式的发展变化,战场的物理空间不断扩大,战场的组成要素也不断丰富。现代战役战场空间不仅横向伸展而且上下延伸。横向伸展,表现为随远程作战武器的应用使作战空间扩大到纵横数百千米甚至几千千米。向上往空中和太空延伸,表现为不仅空战空域升高(突破 20000m),而且随着航天装备的作战应用使外层空间成为了战场的重要组成部分。向下往水下或地下延伸,表现为潜艇下潜深度更深(500m~1000m)及地下人防工程和深入地下破坏武器的对抗加强。战场的组成要素由最初有形的战场自然地理环境、战场人文地理环境和战场气象环境要素,发展到关注无形的战场电磁环境、战场核生化环境、战场网络环境、心理战场环境等要素。

特别需要注意的是,在作战应用中对战场进行具体描述和可视化表达时,要根据不同战场物理空间或应用场合,战场环境要素的选择或描述重点要有所不同和