

战场时空一致性体系分析与研究

何佳洲

(江苏自动化研究所, 江苏连云港, 222061)

摘要: 本文从联合作战战场时间、空间、态势、时空一致性等基本概念入手, 分析了美国时空体系的构建由 CTR 到 NTP 的演化特点; 讨论了美军战场态势图的体系从 COP/CTP, 到 CROP/UDOP 转型的历程, 给出了对我国相关研究工作的启示和建议。

关键词: 时间空间态势; 时空一致性; 互操作性作战图族

0 引言

人类生活在同一的时空下, 低头看看脚下的土地, 我们的祖先也曾走过; 但 911 事件、互联网、移动电话、城市里摩天大楼等谁又能想到?

什么是时间? 罗马帝国基督教思想家奥古斯丁说: “时间是什么? 人不问我, 我很清楚; 一旦问起, 我便茫然。”今天的你我是否依就非常茫然。德国理论物理学家爱因斯坦认为: “空间和时间作为一个整体, 是弯曲的。”提出著名的“光速时间论”, 当人运动的速度无限接近光速时, 周围的时间就会放慢。根据该理论, 试想如果有人能够乘坐一架速度为光速的飞船, 飞行一光年距离后又回到地球, 他将看到如何光景?

无论是日常生产、生活, 或者是各种社会、政治活动, 包括战争, 人们关心的一项重要内容是时间和空间的准确度量问题, 甚至可以说, 很多事情的成败就取决于对时间、空间的度量的精确度。

1 基本概念

1.1 时间

国际电信联盟 (ITU-R) 关于时间的定义是: “时间一词说明在一个选定的时间尺度上的一个瞬间 (1 天当中的时刻); 在一种时间尺度中, 它指的是两个事件之间或者一个事件所持续时间的间隔的度量; 时间显然是一种不可逆的顺序事件的连续集。”包含了三层含义: 时刻、间隔和连续不可逆特性。

从哲学层面上说: 时间是物质存在和运动的一种形式, 是指自然界物质运动变化过程。因此, 离开自然界的物质运动就不存在时间。时间与质量、长度作为三大基本物理量, 后两者人们可以用“砝码”和“尺子”进行实实在在地计量, 且这些“计量标准”是恒定的、可保存的, 但时间却没有。为此, 人们只能选择某种物质运动过程进行度量, 这就是数千年来, 人们采用天体宏观运动周期计量时间缘由。

1.2 空间

空间定义为无界的三维延伸, 物体和事件在其中不断出现和发生, 具有相对的位置和方向。在数学上, 空间定义为满足特定的几何假设的一组几何元素和点的集合。在物理学上, 空时是某种数学模型, 是由空间和时间构成的一个单一连续统, 空时常常将空间理解为三个线性维, 而时间是不同于空间维的第四维。

根据牛顿的观点, 空间是绝对的, 从某种意义上是永恒存在的, 与发生在其中的任何事件和物体无关; 莱布尼茨认为, 空间是一组物体间关系的集合, 由相互间的距离和方向构成; 根据爱因斯坦的相对论, 19-20 世纪发明的非欧几何, 则提供了更好的空间模型。

信息化战场空间是指构成信息化战争作战行动的各种要素在陆、海、空、天、电磁和网络、信息空间上的广延性和流动性。信息化战场空间又可划分为有形的物理空间和无形的控域空间 (Cyberspace), 又称为网络电磁空间。

西方学者将战场空间 (Battle-Space) 抽象为^[2]: 物理域、信息域、认知域和社会域; 我国学者将其归纳为^[3]: 地理空间、信息空间和人文空间。

1.3 战场态势

战场态势系指战场上敌我双方力量及战场环境的当前状况和变化发展趋势。

战场态势由兵力部署、动态目标、战场环境、社会环境和对抗措施等五类要素组成,如图 9 所示。其中,兵力部署要素主要包括敌、我、友(盟军)方的兵力编成、武器装备、战场设施、固定部署、机动部署、士气、训练等要素。动态目标要素主要包括已在作战空间中展开或运动的动态兵力与目标,如空中目标、海上目标、空间目标、地面运动目标的当前位置、属性及对其意图的估计信息等要素。战场环境要素主要包括战场空间的天候、气象、地理信息、交通条件、河湖水系,以及电磁环境等要素。社会环境要素主要指国家/地区、宗教/党派、地缘政治、经济与文化状况等要素。对抗措施要素主要包括战场上面临的威胁与冲突,包括战略战术意图、作战计划方案、对抗行动等。

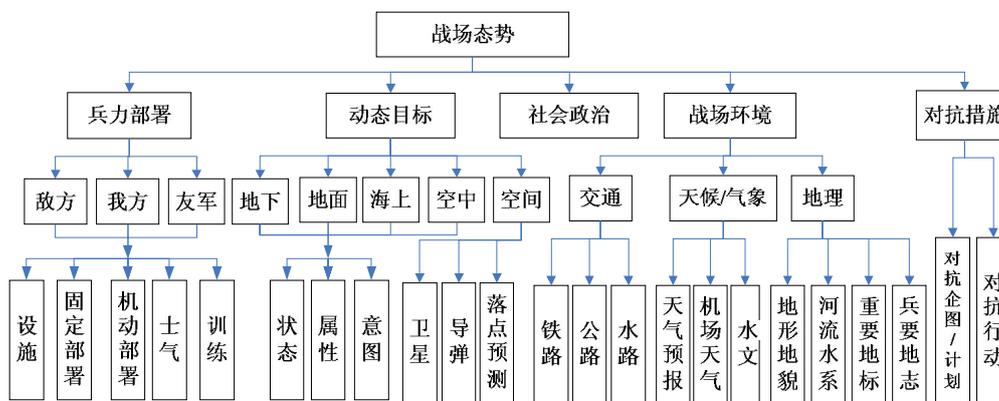


图 9 联合作战战场态势要素组成

1.4 态势一致性

战场态势一致性指作战单元获得的战场态势信息和真实战场状态的相符程度,以及不同作战单元获得的共同关注作战区域的态势信息的相符程度。前者是战场态势一致性绝对概念,后者是战场态势一致性相对概念。

战场态势一致性主要包含以下三个层面上的一致(社会域层面暂不考虑):

①在物理域和信息域层面上的一致性:主要指物理域的真实目标状态与信息域处理的目标航迹唯一对应的程度,以及其位置、运动参数、属性等主要特征符合的程度;

②在信息域和指挥员认知域层面上的一致性:主要指联合作战中各参战单元之间在任务范围内所获取的态势信息相同的程度,以及信息域中的辅助态势估计与指挥员自身对态势估计相符合的程度;

③认知和行动实际的统一:指挥员决策与部队行动和效果的统一,或操作员对于图像判读、解释与现场实体真实状态的统一,属于认知域与物理域层面上的一致性。

1.5 时空一致性

时空一致性:指联合作战战场各作战单元的时间基准与空间基准、时间传递与同步、空间转换与配准,以及战场参加各种作战活动的作战单元的关注信息的时间和空间的准确性,以及关联、协调、匹配等满足联合作战要求的程度。涉及从预警探测、战场通信、态势共享、指挥控制和精确打击等整个战场空间,包括各环节时空关联与匹配问题。

2 时空一致性体系

地球自转 24 小时完成 360°整圈,因此,全世界地球自转 1°经度,都对应 4 分钟的时间;但折合成距离,自转 1°经度会从赤道的 68 英里逐渐减少到两极处的 0 英里。因此,为了精确计算两地的经度变化,必须获得两个地方的精确时间。17-18 世纪,英国为了开辟新的疆域,越来越多的船只从英国启航,满载财富或士兵/冒险家的船只在海上飘来飘去,由于无法掌握自身的精确位置,各种疾病、恐惧、海难等几乎笼罩着每次远航。为此,英国国会在 1714 年通过一个著名的“经度法案”,设立了一笔丰厚程度相当于“国王赎金”的巨额奖金,以征求一种“切实可行的”经度测定方法^[4]。英国之所以在当时称霸世界,或多或少与此有关;从某种意义上说,时间和空间测量精度,体现着一个国家综合国力。

冷战时期,对精密时间要求最初是 NASA 建设全球卫星跟踪网时提出,他们的卫星跟踪和空间科学试验要求的时间精度大约每 10 年提高一个量级^[5],从 50 年代 1ms,到 80 年代初 1 μ s;之后 10 年, GPS 时间精度达到 1ns。现在,通过卫星人们可以将全球时间同步精度提高到 10-100 ns。

然而,卫星下行信号结构和低功率特性,使得它非常容易受到电子干扰,这也导致武器装备过分依赖于 GPS 进行定位和定时,将会变得异常脆弱。为此,美国海军提出了公共时间基准(Common Time Reference, CTR)的需求。

2.1 从 CTR 到 PNT

(1) 海军 CTR

美海军公共时间基准(CTR)体系结构由三部分构成^{[6][7]}:时间基准、时间分发和用户基础实施。CTR 希望能够确保:高准确性的连续的公共基准频率源;长期时间准确度的连续的时间基准;支持各种信号和编码格式的时间和频率分发能力;自动诊断评估能力,异常情况准确连续输出;优化时间资源;因链路故障时,鲁棒、持久时间和频率源。

为了增强 GPS 接收系统能力,确保在任何电磁环境下对 GPS 的增强能力,维持性能最优,应当采用一种具有独立或半自治的技术,即通过组合所有时间资源,独立于 GPS 建立一种公共的基准。通过时钟集成技术,能够整合同步不同时间构件,达到整体时间同步,从而提高 GPS 的抗毁损性能。

在此基础上,对于定位和导航,美军开展了 Link-16/GPS/INS 综合导航、定位技术研究,将 Link-16 所具有相对导航定位能力和较高的功率、较强抗干扰能力等牢固的通信链路特性,与 GPS 的高精度绝对导航定位能力,以及惯导系统的自主导航能力进行整合,构建起空间基准。

(2) PNT

稍后的 2004 年,由美国防部和运输部牵头,组建了国家 PNT(National Position, Navigation and Timing)执行委员会,下设国家天基定位、导航和授时协调办公室,作为执行委员会的参谋机构。PNT 的目的是确保美国天基定位、导航和授时服务,增强系统、后备支持及服务的拒绝与阻断能力。并计划到 2025 年形成成熟的 PNT。

PNT 当前的体系包括四部分:外部 PNT 提供者(如 GPS、塔康等);PNT 增强(如全国范围差分 GPS 系统、持续运行参照站、广域增强系统等);自动 PNT 提供者(如系统时钟、罗盘等);以及终端用户。通过携载的平台和通信网络,形成一个整体。

PNT 期望在定位、导航和时间信息的准确性、可用性、完整性、及时性、覆盖范围、连续性、精密度和安全性等方面,尽可能找到能力与需求的平衡点。

(3) 启示

从海军 CTR 到国家层面军民融合 PNT,美国在时间、定位和导航一体化发展思路逐渐清晰,这些公共的基础性资源不仅可以用于国防,同时对于金融、交通、电力等诸多行业发展均具有重要意义。主要启示如下:

①重视其它各种增强系统的应用和研发。作为卫星定位和授时系统的补充,惯性导航、随机信号导航、高精度时钟、数据链技术等,均能对时空体系提供良好的支持。英国 BAE 公司设计了 NAVSOP(随机信号导航)系统^[10],用户能利用充斥在自己周围成百上千种不同的信号来估算自己的位置,声称“这项技术是真正的游戏规则改变者”。

②发展北斗二代具有重大战略意义。当前处于边发射边应用阶段,建议尽快开放北斗市场,特别是民用市场,军民融合是促进技术发展成熟的最好方法和手段。这方面 GPS 成功的商业运作值得效仿。

③美国 PNT 有一个统管全局的办公室,目前我国导航定位产业管理部门多,职责分工不明,严重影响了行业健康有序地发展,应及时整合建立复合中国实际的组织管理体制。

2.2 从 COP/CTP 到 CROP、UDOP

美军的战场态势图由包含三个层次战场部队信息组成:公共作战图(Common Operational Picture, COP),公共战术图(Common Tactical Picture, CTP),和火力控制图(Fire control Picture, FCP),如图 2 所示^[11]。其中,COP 由用于任务规划和部队管理的非实时的战术信息组成,比如:蓝方和红方行动路线(Course of Actions,

COAs), 与敌方有关的先验知识, 以及文化、政治和地理特征信息等; CTP 由用于提示和管理战场兵力资源 (包括传感器、通信系统、和武器等); FCP 由实时的火控质量的数据/量测信息组成, 用来支持武器的发射, 同时对飞行过程进行控制。上述三个层次的信息互相之间协调关联, 目的是提高战场兵力资源的管理效率, 同时提高应对战场威胁和军事行动的效果。

这里 FCP 可以理解为单一合成图 (Single Integrated Picture, SIP): 由单一合成空情图 (SIAP)^[7]、单一合成陆情图 (SIGP)、单一合成海情图 (FnMP)、单一合成地下和地下水图 (SIUP)、单一合成太空图 (SISpP)、单一合成情报图 (SIIP) 等系列综合态势图构成。其中 FCP 主要是为了实现战场态势与武器系统之间的无缝交接, 这里分析从略。

对于美军而言, 其丰富的有线和无线通信资源, 以及通信链路高度智能化的管理是实现战场态势信息共享的基础和关键。以上述几类态势图为核心, 综合其它相关的 20 余项关键技术形成互操作性作战图家族 (Family of Interoperable Operational Pictures, FIOPI), 为美军战场态势处理提供了一揽子解决方案。

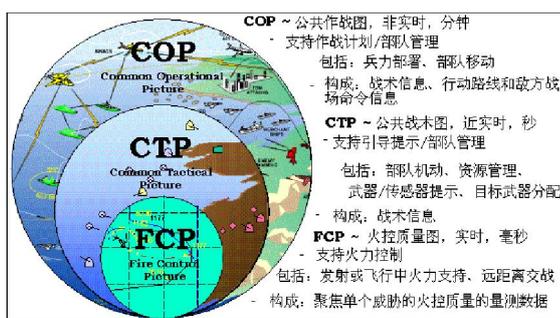


图 2 美军战场态势的三层结构

(1) COP/CTP

公共作战态势图 (COP) 提供某个作战区域战场空间的一个公共的图形化的描述, COP 就是采用统一的战区总司令方法去观察责任区域的一个融合态势图, 包括: 兵力的位置和状态; 计划的部署和调遣信息; 影响调遣的如天气、作战评估等信息; 形成的一些特征和规划 (作战计划、行动区域、飞机穿越区域情况等)。

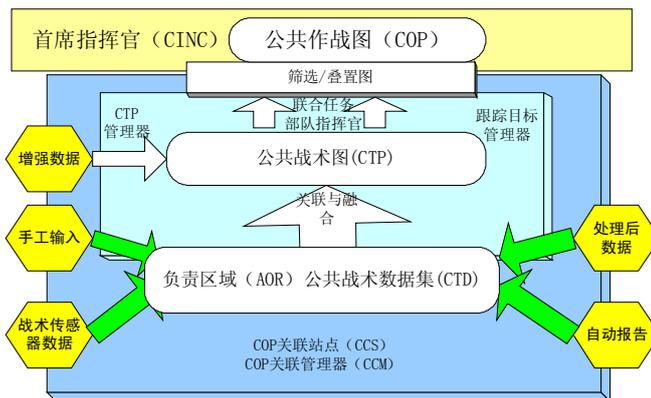


图 3 COP 创建/职责关系

美军认为, 在复杂的战场上, 从某种意义上说, COP 只是一个概念, 它不是指一个应用软件、或一台计算机、或某个站点、或某个人, COP 是指指挥员梦想获得的战场情况图, 它是由所有指挥员 (操作手) 一起建造出来的。一个维护良好的、满意的 COP 能够为作战指挥官, 始终掌控战场的重心, 提供控制战场优势动态变化需要的信息和知识。

COP 支持多维空间作战, 即: 地表之下 (洞穴和海底)、地面、大气空间、太空和计算机空间 (cyberspace)。未来 COP/CTP 将要由现在的服务的上传滚动、红方/蓝方人工选择输入、选择性下传分发; 向着面向服务上传、联合融合、联合任务部队 (Joint Task Force, JTF) CTP 广播分发的方向发展。图 3 描绘了 COP 创建和职责关系^[12]。

其中,难点是如何对全源信息的完整性和一致性的管理和同步控制,COP 中实现该项功能主要采用 COP 同步工具(COP Synchronization Tools, CST),包括:航迹数据的自动的传输和同步;采用 COP 同步工具中的任务数据交换网络(CST Mission Data Exchange Network, CSTMdxNet)界面完成近实时的站点间数据交换;以及每个节点能够发送或接收原始的或处理后的信息。另外一项重要工作就是全源情报的综合,美军提出一个全局 COP 融合中心(Global COP Fusion Center, GCFC),完成该项处理。

转型后的 COP 不仅能够融合所有频谱的信息:时间敏感目标(Time-Critical Targeting, TCT)、情报预警侦察(ISR)等实时信息流,而且能够成为 JTF 系统和体系结构的一部分,为作战指挥官提供近实时的辅助指挥决策。

随着美军 GIG 概念的提出,COP 这一系统又被移植到 GIG 框架下。COP 是 GIG 态势感知的窗口,显示融合的多源情报,几乎与所有 C4ISR 系统相联,COP 工作站是接收、存储、处理、分发多源信息的关键组成部分。

(2) CROP 和 UDOP

经历了一系列高科技战争的洗礼,美军的态势图体系的设计总体思路是基本成功的;但同时也应该看到,美军的态势图体系的构建也并非完美。比如 COP,如何挖掘出潜在信息优势,仍然面临很多困难。战场感知信息,一方面非常容易受实际环境的影响,另一方面又会很快失去与环境的相关性。具体难点包括:如何及时综合不断扩大的数据源;如何采用近实时方式,从任何地方或多个分布地点评估、规划和指导空、天军事行动;如何评估三军当前态势处理系统;等等。

为此,美军国防部提出了战场态势图升级思路,由 COP 向公共相关作战图(Common Relevant Operational Picture, CROP),以及用户定义作战图(User Defined Operational Picture, UDOP)转型设想。

在标准的数据资源(Data Asset, DA)基础上,形成规范化的信息交换产品(Information Exchange Products, IEP),由此生成 CROP。具体特点包括:

①灵巧的“推进”和“拉出”机制。发送者在网上发布信息,灵巧的“推进者”只发布那些有用户感兴趣的信息;灵巧的“拉出者”是一种中心需求的方法,接收者确定网络上有哪些信息。也就是说,如果没有用户需求,则信息将不会发布。

②为决策质量的信息(DQI)设定最高优先级。未来信息管理和处理应当为指挥员提供做出“恰当抉择”的“恰当输入”。这种“恰当的输入”称为“决策质量的信息(DQI)”。DQI 处在“信息链”的最高级,是它在驱动决策支持处理和系统。

③恰当的拆分和构建。空中任务规划命令被发送给所有相关小组,但对于有些用户来说,其中有用的信息只有 10 页左右,其余是无用的,未来数据的精选和订阅机制,将使得用户只接收的与它任务相关的信息。

④基于数据资源构建恰当的图像。不同的利益群体视之为针对战略和作战级利益(如:空中机动性、太空战、空中防御、信息战,等等)的态势剪裁,从而得到公共相关作战态势图(Common Relevant Operational Picture, CROP)。

在 CROP 的基础上,美军又提出建立 UDOP 设想:即在网络中心的企业级框架下,单个数据资源、IEPs、及已有的 CROP 产品均可以通过标准化的网络协议访问。UDOP 更加强调数据获取方式的持续改进:

①请求/应答:客户端发送一个详细的带参数的数据查询,然后接收到良好结构的应答信息;

②事件驱动(又称为发布/订阅):客户端指定所感兴趣的特定的数据类别,当这些数据产生后,就会被推进到网络上,或者当数据类别出现后,客户端就会接收的一个数据通知,然后可以通过请求/应答的方式获取信息。

(3) 启示

从 2003 年起,美军大刀阔斧执行一连串面向服务架构(SOA)计划,包括了 GIG-ES、NCES、横向融合(Horizontal Fusion)等,主要目的是将判读信息的权利下放,让周边用户能够享有最及时、贴切的信息,其发展历程所带给我们的启示主要是:

①指挥员对战场信息的需求与他们所承担的军事任务密切相关。从总司令到士兵,所关注的战场重心

涉及的时空范围随着任务变化而变化，其态势图也必定随之变化；

②为周边用户提供实时、基于需求的用户自定义作战视图，使终端用户能在关键时刻、做出最正确判断，通过战场自组织，控制战场态势朝着有利于己方的方向发展。

③美军 FIOP 的目的是为各级指挥员提供一个一致的战场视图，该视图实质是战场时空一致性在指挥控制系统中的一种重要描述和展示方式。

3 小结

科学技术发展赋予时空新的内涵，发达国家则是变本加厉地利用其科学技术优势获取丰厚的高端利润。随着网络技术、空间技术和计算机技术发展，各种潜在的威胁似乎也在离我们越来越近，发展所带来财富某种意义上并没有为全世界共享，利益分配严重失衡，激化了国与国之间、地区与地区之间的矛盾。

在可预见的很长一段时间内，战争作为最高级的政治手段，依然将具有其不可替代的作用，尽管其形式可能是多种多样。无论是传统战场的刀光剑影，还是网络电磁空间里的攻防，或者是太空战，时空一致性精度的掌控程度，某种意义上决定战争胜负。时空一致性也随着空间概念的发展和内涵丰富而不断发展。

作为时空和态势载体的武器装备，一如其它类型武器装备，所遵循的客观规律是相同：

①重视遗产系统利用。遗产系统不等于淘汰的系统，新系统从来不等于战斗力；

②重视持续改进。包括基础性装备的持续升级改造和体系流程再造。前者比如：北斗卫星定位系统、惯性导航系统、雷达系统、通信系统等，后者比如：信息处理的结构、流程、方式等；

③重视实战验证。任何系统的性能均是在使用过程中不断提升的，任何系统形成战斗力必须经历足够的实战的验证，没有例外。

④重视基础方法研究。真正推动体系发展一定是某种核心理论或方法的应用，时空一致性体系的发展也同样如此。

时空一致性是一个发展中的概念，从美军这几年的实践看，从 PNT 到 FIOP，着眼物理域和信息域，从核心系统和设备出发，致力于逐步完善体系的构建。比方：在其中起到核心作用的 GPS、数据链、惯性导航，或者是 COP/CTP/SIAP，及其相关的集成工具、综合模型和方法等，针对实际应用问题，特别重视独立遗产系统连续、持续改进，强调技术主导下的基础创新、螺旋式平衡发展。

参考文献：

- [1]中国人民解放军军事科学院，战争理论研究部《孙子》注释小组。孙子兵法新注，2005年1月，中华书局出版社。
- [2]Alberts D. S., Hayes R. E. Power to the Edge: Command and Control in the Information Age. CCRP publication series. June 2003.
- [3]杨学军、张望星主编，优势来自空间——论空间站战场和空间作战。国防工业出版社，北京，2006年7月
- [4]达娃·索贝尔著，肖明波译。经度：一个孤独的天才解决他所处时代最大难题的故事，上海人民出版社，2007年8月。
- [5]Cooper, R.S., Chi, A.R. 郑运广译。卫星时间传递技术——成就及未来的应用，Radio Science, Vol.14, No.4, P.605-619, 1969.
- [6]Beard, R.L., White, J.D., Detoma, A., Dupus, P. Common time reference for naval systems, Naval research laboratory, ADA427684.
- [7]何佳洲。战场态势图互操作性及其关键技术分析，指挥控制与仿真，2010年第1期。
- [8]BAE Systems, Innovative GPS-Based Methods for Extremely Precise Navigation and time Synchronization, Nov. 2004.
- [9]Dyke, K. V. National Position Navigation and Timing Architecture Overview, DOT/RITA/Volpe Center, CDR Ed Kneller, NSSO, Sept. 2006
- [10]科技信息与动态，中船重工第716所档案情报研究中心，2012年9月。
- [11]Berger T., Choate P., et al. Coalition FORCE-Net Implementation Analysis, Naval postgraduate school, Sept. 2006
- [12]Global command and control system common operational picture reporting requirements, Joint Staff, Washington, D.C. 20318 3151.01A, 19 January 2003, Current as of 19 January 2007.
- [13]Gouin, D., Bergeron-Guyard, A. (2005) Novel Concepts for the COP of the Future. In Visualization and the Common Operational Picture Meeting Proceedings RTO-MP-IST-043, <http://www.rto.nato.int/abstracts.asp>.