

战场数字化条件下的单兵数字化系统*

——“数字化战场与单兵数字化系统”系列论文之二

邹逢兴 李国川 吴作顺

(国防科技大学自动控制系 长沙 410073)

摘要 本文首先讨论了战场数字化条件下单兵数字化系统的概念和内涵,用 Lanchester 模型分析了单兵系统的作战效能,然后以此为基础研究了单兵系统的基本功能单元和实现其整体功能的组成结构。

关键词 单兵系统, 数字化, C^4I , 系统功能, 系统结构

分类号 TN92

Individual-Soldier Digitization System under the Condition of Digitized Battlefield

——The Second of the Series of Papers on Digitized Battlefield and Individual-Soldier Digitization System

Zou Fengxing Li Guochuan Wu Zuoshun

(Department of Automatic Control, NUDT, Changsha, 410073)

Abstract This paper presents some notion and connotation of the Individual Soldier Digitization System under the condition of Digitized Battlefield. The efficiency of the Individual Soldier System is analyzed by using Lanchester model. Then the basic functional unit and the whole architecture are discussed.

Key words individual soldier system, digitization, C^4I , system function, system construction

1 单兵数字化系统的概念

单兵数字化系统是作为战场数字化系统的一个组成部分而提出的新概念。美军在对他们 80 年代以来所实施的一些局部信息战进行研究和分析后认为,即使在将来以信息战为主要特征的数字化战场上,士兵的战斗力仍然是决定部队综合作战能力强弱和能否赢得战争最后胜利的关键因素,必须把士兵和其他武器平台一样,作为一个系统而且是最基本最重要的系统来进行建设和管理。就是说,在未来数字化战场条件下,士兵将不再是一个孤立的人,而是战场信息网中的一个节点,一个终端,一个单兵数字化系统或单兵 C^4I 系统。

所谓单兵数字化系统就是从提高单兵综合作战能力出发,将人-机-环境统筹考虑,对士兵从头到脚的所有穿戴和装备进行整体设计,将信息探测、信息融合、计算机处理、数字通信、数字控制、多媒体和人体防护等多种先进技术应用于单兵武器装备上,为单兵配备系统、便携、高效的数字化信息装备和武器,并使士兵、武器及装备间形成一个有机的综合作战系统。

单兵数字化系统不仅是构成完整、高效的一体化、数字化战场的有机组成部分,而且是实现战场数字化的基础和突破口。实现单兵数字化、系统化有利于实现情报侦察、传手段的全方位和实时化,每个单兵就如同是数字化战场中枢的传感器和触角,在作战中伸向战场的各个角落,既可以将情报快

* 原国防科工委试验技术研究计划资助项目
1998年6月1日收稿
第一作者: 邹逢兴, 男, 1945年生, 教授

速准确地发回给指挥官和向战友提供，又可以借助公共数据库及时地获得纵向、横向的命令，情报信息和救治指导。其结果，不仅使士兵在各种条件下都能赢得战场优势，而且有助于指挥官根据任务、敌情、军队和地形-时间可用性等因素的变化，实时、正确地制定、实施或调整作战计划，包括调整士兵任务及工作量，以适应特定的威胁和战场态势变化，满足作战任务要求。

单兵数字化系统的建设目标是提高士兵的综合作战能力，增大其在首战中取胜的概率，即使在首战中未能取胜，也能顽强地生存下来，并重新投入战斗，在必要时赢得战争的最后胜利。

2 数字化战场条件下单兵作战效能分析

在数字化战场条件下，敌我双方的作战实际上是高技术的抗衡。在这种条件下，如何提高单兵作战效能，达到以最小代价赢得战争胜利的目标，是进行单兵数字化系统设计必须考虑的核心问题。

谨借用常规作战模型研究中常用的兰切斯特 (Lanchester) 方程法对数字化战场的高技术条件下单兵作战效能作一定分析，然后得出有意义的结论。

2.1 假设条件

- (1) 交战双方均可使用包括高技术火控武器、信息武器在内的多种武器；
- (2) 交战双方初始投入以满足战争需要为限；
- (3) 交战双方均可使用一切辅助作战手段，如侦察、情报、通信等；
- (4) 定义作战效能为：

$$e = \frac{m}{n}$$

其中： m 为某方已损伤战斗力（如作战人员或作战单位等）；

n 为该方投入总战斗力（作战人员或作战单位等）。

2.2 Lanchester 数学模型

$$\frac{dR}{dT} = -\beta BR / [R_0 - e_B(R_0 - R)] \quad (1)$$

$$\frac{dB}{dT} = -\alpha BR / [B_0 - e_R(B_0 - B)] \quad (2)$$

其中：

dR/dT ——我方战斗力损耗率；

dB/dT ——敌方战斗力损耗率；

R 和 B ——我方和敌方任一时刻的兵力；

α 和 β ——我方和敌方每个战斗单位杀伤对方的速率；

R_0 和 B_0 ——我方和敌方初始投入的战斗力；

e_B 和 e_R ——敌方和我方作战效能。

该数学模型表明，某方的战斗损耗率与对方单位时间内杀伤该方数、对方兵力和对方作战效能有关。为进一步说明，

$$\text{由 (1) 式, } [R_0 - e_B(R_0 - R)] dR = -\beta BR dT \quad (3)$$

$$\text{由 (2) 式, } [B_0 - e_R(B_0 - B)] dB = -\alpha BR dT \quad (4)$$

由 (3)、(4) 可得

$$R_0 dR - e_B(R_0 - R) dR = \beta / \alpha [B_0 - e_R(B_0 - B)] dB \quad (5)$$

积分得：

$$R_0 R - R_0^2 + e_B(R_0 - R)^2 / 2 = \beta / \alpha [B_0 B - B_0^2 + e_R(B_0 - B)^2 / 2] \quad (6)$$

若将敌方歼灭（这是我方作战的目标），则 $B = 0$ ，于是有：

$$\alpha e_B(R_0 - R)^2 - 2\alpha R_0(R_0 - R) + \beta(2 - e_R)B_0^2 = 0 \quad (7)$$

令 $R_c = R_0 - R$ 为任意时刻我方损失的战斗力，则：

$$\alpha e_B R_C^2 - 2\alpha R_0 R_C + \beta B_0^2(2 - e_R) = 0 \tag{8}$$

解之可得:

$$R_C = R_0 \left[1 - \sqrt{1 - \frac{e_B \beta B_0^2 (2 - e_R)}{\alpha R_0^2}} \right] / e_B \tag{9}$$

2.3 模型价值分析

(1) 从 (9) 式可看出, $\alpha \propto R_C \propto \alpha$, 即增大我方对敌方的杀伤速率, 则我方损失的战斗力减少。因此, 增大 α 不失为一种提高战斗力的良策, 而 α 值与武器装备性能、人员素质、天时地利等条件有关。可见, 要打赢未来高技术战争, 必须注重发展高技术武器装备 (如精密制导武器等) 和提高使用高技术武器装备人员的综合素质。

(2) R_0 增大, 按常规可以从数量上形成优势, 从集中优势兵力的角度考虑, 同样可提高我方的战斗力。但从 (9) 式可以看出, R_0 增大, R_C 也随之增大, 即初始投入的兵力越多, 带来的损失亦越大。另外, 在战场上, 由于地域的限制, 投入兵力越多, 势必增大兵力密度, 从某种意义上讲也就增大了敌方对我方的杀伤速率 β , 从而也会引起 R_C 增大。可见, 通过增大 R_0 来提高战斗力的途径, 其效果很容易被 R_C 的增大所削弱, 甚至抵消, 尤其是在高技术条件下, 高技术武器的杀伤力巨大, 使这一特征更加明显。因此, 在高技术条件下作战, 过分强调数量上的绝对优势是不可取的, 主要应在质量上、精兵上下功夫。

(3) 从 (9) 式还可以看出, $e_R \propto R_C$, 就是说, 在保证达成作战目的的前提下, 若使战斗力损失 (R_C) 达到最小作为基本准则, 且 β 值一定、 B_0 最小 (相对于我方兵力 R_0), 则可通过提高作战效能来提高战斗力。

3 单兵数字化系统的基本功能单元

综合上节的分析可以看出, 在数字化战场的高技术条件下, 单兵数量上的优势已不再是追求的主要目标, 主要追求的应是士兵质量上的优势; 而获得士兵质量优势的根本途径是提高单兵的综合作战能力, 即单兵作战效能。

为了提高单兵综合作战能力, 主要应从增强单兵情报获取能力、实时决策能力、多种作战能力、全面防护能力和战场生存能力来体现。据此, 单兵系统应由五个基本功能单元所组成, 如图 1 所示。

3.1 指挥与控制单元

单兵系统可以认为是数字化战场中最底层的指挥自动化系统, 除了具有一般指挥自动化系统所具有的横向和纵向的信息采集、传送、处理、显示和决策功能外, 还必须有战场信息敏感探测和武器控制 (精确制导/自动寻的) 等功能。所以, 从某种意义上说, 单兵系统比一般指挥自动化系统功能更强、结构更复杂, 只是其辅助决策、指挥控制功能不必像后者要求那么高。

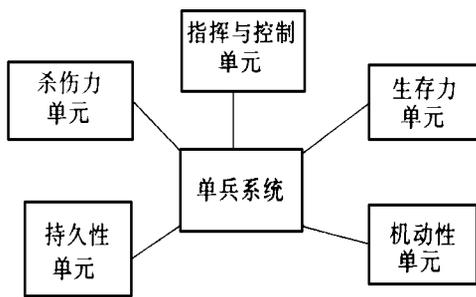


图 1 单兵系统的基本组成功能单元

为了完成指挥控制单元的功能, 涉及的基本配置有:

- 单兵个人计算机及战场数据库。这是单兵系统的信息处理与辅助决策中心。
- 全球定位与网络通信装置。
- 数字地图和叠加图。
- 与战区指挥控制网互连、互通的数据接口。

3.2 杀伤力单元

单兵系统的杀伤力主要表现在士兵的主观感觉与所持单兵武器和所配瞄准装置的密切配合上。所以, 为了提高杀伤力, 本单元涉及的主要配置是:

- 单兵武器瞄准具。
- 精确制导武器。

- 彩色头盔显示器。它是一个集通信、增强听力、夜视、传感器监视、高分辨率彩色显示和头部防护等功能于一体的综合装置。把它和单兵武器及瞄准具连接起来后，将允许士兵用武器扫描战场，大大缩短反应时间，还能以和直瞄相同的精度在工事周围隐蔽射击或把枪举过头顶射击。

3.3 持久性单元

本单元的作用是使士兵在恶劣战场环境中能够长时间地保持足够的体力和精力，以有效地完成作战任务。为此，涉及的主要配置是：

- 带有微型空调器的服装。通过它使士兵具有对环境温度的自适应调整功能。
- 单兵自身状况监视器。利用它可以随时了解士兵的体能、体力、疲劳程度和健康状况，合理调整其战斗任务和工作量。

3.4 机动性单元

为了增强单兵的机动能力，本单元涉及的主要配置有：

- 全球定位/引路装置、数字地图和叠加图。利用它们可以增进单兵对战场情况的了解，改善单兵选择道路的能力。
- 装在头盔上的探测器。它有利于提高士兵在夜间或不良天气下的机动能力。
- 便携式、模块化、一体化的全系统设计和先进的承载器械。它们将减轻士兵的总有效负荷，提高机动速度。

3.5 生存力单元

保存自己、消灭敌人一直是作战的最高原则之一。为了提高士兵在战场上的生存力，本单元涉及的配置主要有：

- 带保护面罩的头盔。
- 模块式轻武器射弹防护和核生化防护装置。
- 战斗识别询问/应答装置。利用它可以增强对敌我友和中立方识别能力，减少以至避免误伤和自相残杀。
- 单兵自身状况监测器。利用它可以对伤势严重和疲劳过度的士兵提供战场自治自救的个别指导。
- 多威胁源探测与告警装置。对地雷、核辐射、生化武器等多种威胁的探测和告警，可避免不必要的伤亡，大大提高士兵的生存能力。

从以上分析可看出，五个功能单元是相互联系、相辅相成的，实现各单元功能的基本配置并非截然分开的，而是有分有合、相互交叉的，它们紧密结合，构成一个高度紧凑、集成便携的整体系统。

4 单兵数字化系统的组成结构

根据单兵数字化系统的功能和实现它们所应该具有的装备情况，单兵系统从组成结构上可以分为4个子系统：C⁴I子系统、综合头盔子系统、武器子系统、防护服装与设备子系统。各子系统通过嵌入式计算机及接口互连为一体。

4.1 C⁴I子系统

它是整个单兵数字化系统的中枢，正是通过它将所有单兵装备形成一个整体，完成战场信息的采集、传输、处理、显示和决策、控制功能。所以从信息流角度看，单兵数字化系统也就是一个C⁴I系统。其它几个子系统的工作均是“信息流”控制下的“能量流”和“物质流”。

从硬件组成上看，C⁴I子系统实质上就是一个计算机及通信接口系统，指挥、控制、通信与情报功能是在计算机与通信设备（如数据电台）的硬件支持下主要靠计算机软件来体现的。

C⁴I子系统的核心是建立在嵌入式计算机系统战场信息数据库。为了更好地实现指挥、控制、通信与情报功能，除了设计相应的功能软件外，关键还要设计一个友好的士兵信息界面和提供适应战争特定环境的便携、高效、容错的人机交互手段。

4.2 综合头盔子系统

该子系统除了具有普通头盔的头部保护功能外,还具有对战场信息的敏感、探测和态势显示、瞄准等多种综合功能。它的主要组成部分有:

- 防弹头盔;
- 通信装置;
- 听力增强器;
- 视频图象增强器;
- 夜视仪和夜间机动探测器;
- 光学/红外观察—瞄准仪;
- 高分辨率平板显示器。

4.3 武器子系统

包括单兵目标作战武器或单兵目标作战/自卫组合式武器,以及能够对敌实施火力压制的班组武器,还包括与武器联为一体的火控装置和爆炸弹药等。武器子系统配有热成像瞄准具,从中捕获目标信息,在综合头盔子系统的显示器上显示出瞄准分划线。士兵据此可对目标提供多种火力杀伤。利用武器上的探测器还能探测到地面和埋在地下的地雷。

4.4 防护服装与设备子系统

本子系统主要起提高士兵存活率和持久作战能力的作用。它由两部分组成:

(1) 防护服装,包括军服、避弹衣、背囊、弹袋、手套和战靴等。它们应能防弹头/弹片杀伤,防火焰烧伤,防生化武器侵害,防热核辐射,防红外侦察,防地雷爆炸。

(2) 微气温调节装置。这是一种轻型制冷系统,用于自动调节服装内部温度,改善单兵局部生存环境,实现体内外热平衡。

5 结束语

把士兵作为一个系统来对待、装备和管理,这是在战场数字化的高技术条件下出现的新军事概念,是军事思想的一次重大突破。美陆军将士兵系统作为其目前军用高技术开发的五大重点技术领域之一来研究和开发,可见其重要性非同小可。我们也应该对此引起高度重视。在研究和开发单兵系统时,起码应遵循两条设计原则:一是综合的系统设计,将系统各部分的功能作为一个整体综合考虑。这样既可以提高单兵的技术装备水平,增强其综合战斗力,又可以降低成本,最终提高费比。二是单兵设备采用模块化、标准化设计。这样有利于根据不同单兵的不同作战任务,灵活地装备不同的设备,使单兵系统具有良好的通用性和可扩展性。

参考文献

- 1 Hasenauer H. The 21st Century Soldier. Soldier, 1995: 37~39
- 2 BG Henry T. Glisson. Army's Newest Command and Focuses on Soldier as a System. Army RD&A, May-June 1995: 18~20
- 3 Robin Russell St. Pere. Combat Identification for the Dismounted Soldier. Army RD&A, May-June 1995: 21~22
- 4 Gouriey S R. U. S. Army Warriors: 21st Century Equipment for 21st Century Missions. Defense Electronics, January 1995: 13~16
- 5 MG Wallace C. Aenold, Killion T H. The Soldier Information Interface. Army RD&A, January-February 1995: 7~9