

〈综述与评论〉

典型单兵作战场景与夜视镜

蔡毅

(中国兵器科学研究院, 北京 100089)

摘要: 本文分析了典型单兵作战场景, 包括战场观察、侦察与监视、目标定位与激光指示、轻武器精准射击、狙击作战、与隐蔽物后/堑壕中的目标交战、夜间跳伞和机降、夜间作战、从明亮环境进入黑/昏暗室内/地下空间作战、低能见度环境的观察/搜索/射击等。为满足上述作战需求, 单兵夜视镜正发展为与可见光、激光、卫星定位、数字罗盘、通信等功能模块组合或集成, 实现成像、测距、定位、计算、信息融合、火控解算、无线传输等复杂功能的单兵光电系统、轻武器光电火控系统和未来士兵系统, 使单兵具有更全面和更精确的作战能力。

关键词: 单兵; 单兵作战场景; 夜视镜

中图分类号: TN211

文献标识码: A

文章编号: 1001-8891(2022)04-0315-013

Typical Individual Combat Scenarios and Night Vision Goggles

CAI Yi

(China Research & Development Academy of Machinery Equipment, Beijing 100089, China)

Abstract: Typical individual combat scenarios were presented, which include battlefield observation, reconnaissance and surveillance, target positioning and laser designating, light weapon precise shooting, sniper warfare, fighting with targets hidden in trenches, parachuting and airlanding at night, night fighting, entering indoor or dark underground space from the bright environment, observing/searching/shooting in the low-visibility environment. To meet these battle requirements, individual soldier night vision goggles have been developed to integrate with visible light scope, laser rangefinder, satellite positioning system, digital compass, communication and other functional modules. Therefore, night vision goggles possess more complex and accurate combat capabilities, such as night vision imaging, range finding, positioning, calculating, information fusion, fire control computing and wireless transmission.

Key words: individual soldier, individual combat scenarios, night vision goggles

0 引言

单兵作战是最小规模的战斗, 也是解决战斗的最后手段。为提高单兵在昼夜和低能见度(烟、尘、雾、霾等)条件下的作战能力, 各国已经装备和正在发展多种形态(双筒、单筒、头盔/护目镜和集成式等)、多种技术路线(热成像、微光像增强、低照度电视等)、多功能(与可见光、热图像融合, 与定位、通信组合等)、高性能的单兵夜视镜。另外, 通过单兵信息系统与战术互联网或数据链, 单兵可实现与其他军、兵种和友邻部队的联合作战, 从而使单兵作战成为联合作战中不可或缺的组成部分。

为满足上述作战需求, 单兵作战装备从只包括功能和技术较简单的观察、测距、瞄准的夜视镜、头盔观察/瞄准镜, 发展成与可见光、激光、卫星定位、数字罗盘、通信等功能模块组合或集成为功能和技术复杂、作战效能大幅度提高的单兵光电系统、轻武器光电火控系统和未来士兵系统。

1 夜视镜的技术路线

夜视镜是通过光学和光电子技术与方法, 将黑夜和低能见度场景变成人眼直接可视图像或通过输出视频观察的、单兵携带使用或安装在头盔/单兵武器上使用的工程化成像装置。

收稿日期: 2021-11-06; 修订日期: 2022-01-20.

作者简介: 蔡毅(1959-), 男, 云南昆明人, 研究员, 主要从事红外技术、光电系统总体的研究。E-mail: caiy69@163.com.

夜视镜的技术路线主要有两类：微光成像^[1]和热成像^[2]，如图1所示。根据成像器件材料和机理的不同，微光成像夜视镜分为真空型和固体型两类，真空型主要是微光像增强器，固体型包括硅材料的低照度CMOS和电子倍增CCD（EMCCD）、InGaAs材料的短波红外探测器；热成像主要分为非制冷和制冷红外成像两大类。低照度CMOS夜视镜已有原型产品^[3](图2(a))，而EMCCD和InGaAs短波红外探测器还没有

大规模用于夜视镜。

微光像增强 CCD/CMOS 和低照度 CMOS 夜视镜可在大部分天时使用，热成像夜视镜可全天时使用且可用于烟、尘、雾、霾、小雨、小雪等低能见度条件。图2(b)是微光像增强器与热成像进行光学融合的 AN/PSQ-36 融合夜视镜系统（fusion goggle system, FGS）^[4]以及热成像通道关闭（图2(c)）和开启（图2(d)）时的成像效果^[5]。

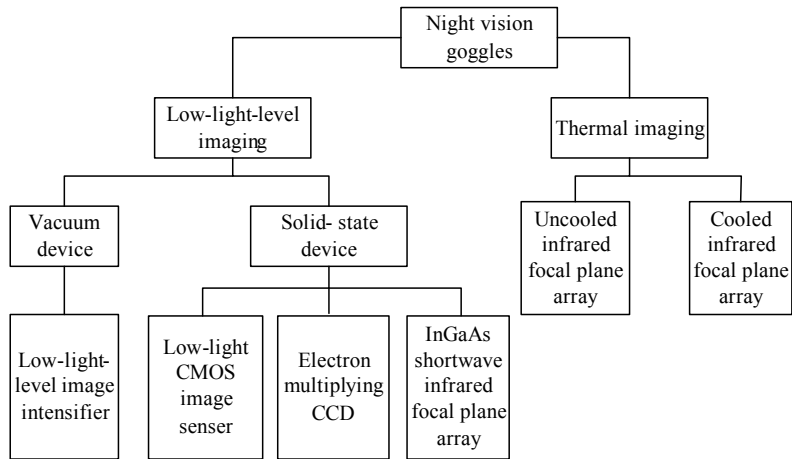


图1 夜视镜的技术路线

Fig. 1 Technology roadmap of night vision goggles

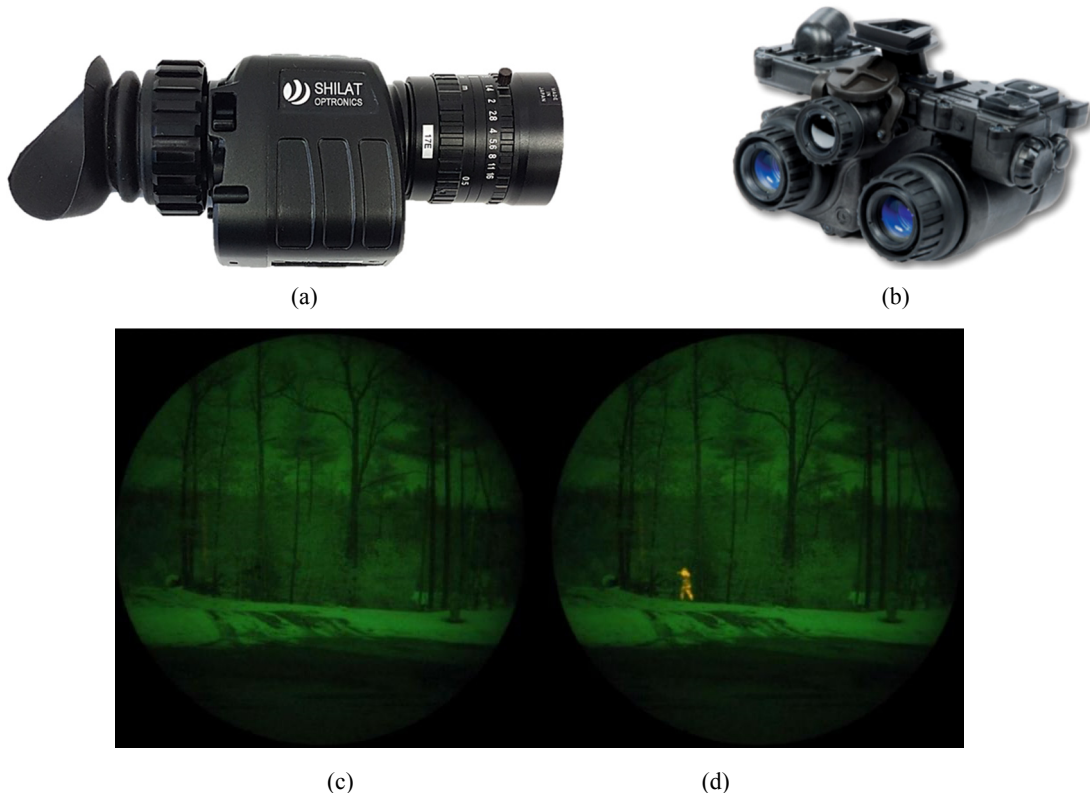


图2 低照度 CMOS 夜视镜 (a) 集成了微光像增强器与热成像的融合夜视镜系统 AN/PSQ-36^[3] (b) 以及热成像通道关闭 (开)^[4] (c) 和开启 (关) (d)^[5]时的成像效果

Fig. 2 Low-light-level CMOS night vision goggle (a) AN/PSQ-36 fusion goggle system that combines image intensified night vision with thermal imaging^[3] (b) and the imaging results with thermal imaging^[4] channel off^[5] (c) and on (d)

2 典型的单兵作战场景

典型单兵作战场景包括:在前沿或敌后实施战场观察,侦察与目标监视,目标定位,为我方空-地半主动激光制导炸弹/导弹、半主动激光制导炮弹/火箭弹提供目标激光指示,使用轻武器精准射击与狙击作战,与建筑物/隐蔽物后的目标交战,特战队/空中突击部队的夜间作战,从明亮环境突然进入黑暗室内/地下空间作战,在低照度环境(例如植被茂密的森林)作战等。

2.1 战场观察、侦察与目标监视

单兵在战场前沿或敌后方抵近(距离100~1000m级)目标,进行观察、侦察与监视,获得准确的目标信息,为规划作战行动、选择进攻路线、实施协同/联合作战等提供决策所需的信息,为将“单向透明”的信息优势转化为战斗优势创造条件。

2.2 目标定位与激光指示

单兵/特战队潜伏在战场前沿或潜入敌后抵近(100~1000m级)敌方目标(指挥所、通信站、雷达站、弹药库、后勤补给站、炮阵地、坦克/装甲车、停在地面的飞机、停泊在港口的舰船、工事、桥梁、隧道等);使用数字指北针、方向盘、卫星定位接收机等确定自身的位置(寻北、测量经度、纬度和高程等),据此测量和确定目标方位、距离、经度、纬度和高程等参数;使用望远镜、手持热像仪、微光夜视镜等监视、侦察和确认目标;使用激光测距机测量自身至目标的距离,使用激光为半主动激光制导武器进行目标指示,引导我方空中作战飞机、地面火炮或战术导弹系统等发射半主动激光精确制导武器。

第一种作战场景是“A看-B打”,如图3所示^[6],士兵A用激光标识器发射波长850nm的激光照射目标,士兵B用微光增强夜视镜看到目标反射的850nm激光,实现不同作战单元间的协同/联合作战,对目标

实施远程或超视距、1m级精度的打击。



图3 “A看-B打”作战场景^[6]

Fig.3 “A look-B shoot” combat scenario

第二种作战场景是使用精确杀伤武器系统^[7],如图4所示,美军“九头蛇-70”火箭弹在最大射程6000m处圆概率误差100m,为增加“九头蛇-70”火箭弹增加半主动激光制导模块,构成AGR-20A先进精确杀伤武器系统(advanced precision kill weapon system, APKWS),在5000m射程处圆概率误差0.75m,命中概率93%,由多型作战飞机携带和发射(图5)^[8],空军引导人员或地面部队(cooperative aircrew or ground forces)使用便携式目标定位与指示系统发射激光照射目标,空中作战飞机发射AGR-20A先进精确杀伤武器对其实施精确打击。

2.3 轻武器精准射击

单兵的基本作战模式是使用随身携带的轻武器直接打击敌方目标,其作战能力表现为火力威力、射程和射击精度,使用瞄准镜可提高单兵轻武器的射击精度。提高轻武器射击精度需看得更清楚,可见光瞄准镜的物镜孔径比人眼的大1个数量级,接收更多光子和并放大(典型值为 8^{\times})产生明亮的像供人眼观察,还需精确测量至目标的距离,用密位测距分划线可测量至目标的距离,进而较为准确地修正射表。在夜间和低能见度条件下,使用可见光瞄准镜进行瞄准和精准射击效果很差,但装备夜视瞄准镜后,能提高轻武器的射击精度进而提高作战效能,道理与可见光瞄准镜相同。

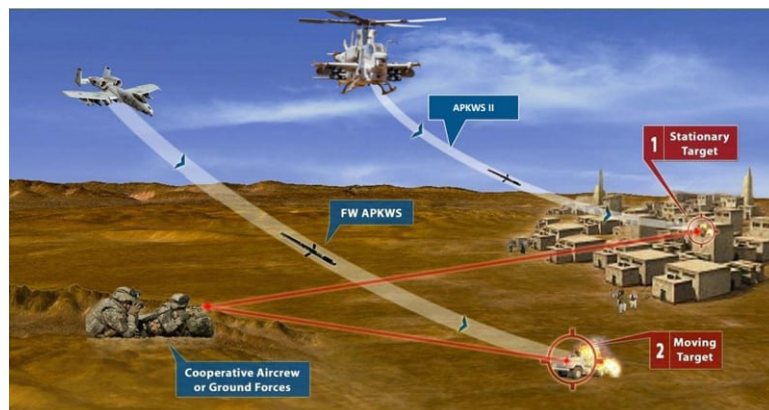


图4 先进精确杀伤武器系统^[7]

Fig.4 Advanced precision kill weapon system (APKWS)^[7]



图5 适配 APKWS 系统的 17 种发射平台^[8]

Fig.5 17 launch platforms qualified with APKWS^[8]

轻武器包括突击步枪、冲锋枪、轻机枪、狙击步枪、火箭筒、无后座力炮、便携式反坦克导弹和防空导弹武器系统等。不同轻武器的作战目标、射程不同，因此发展了可与轻武器配套的轻型、中型和重型武器热瞄镜。不同的轻武器其作战目标、射程、弹药等均有所不同。原则上，单兵夜视镜与轻武器的有效射程相等——“所见即可射”。

图 6 是美陆军步兵携带的 8 种支援武器组成一线火力支援体系（蓝色图示）^[9]，射程覆盖至 7240m，决定着所配单兵夜视镜的作用距离：射程 3750m 的“陶”（TOW）中型反坦克导弹，射程 2500m 的“标枪”（Javelin）轻型反坦克导弹，最远射程 7240m 的 120mm 重型迫击炮（Heavy Mortars），有效射程 1400m 的 40mm MK 19 榴弹发射器，有效射程 1800m 的 50（12.7mm）口径重机枪，有效射程 1800m 的 7.62mm 口径 M240 MG 轻机枪，有效射程 150m 的 M203 DPW 榴弹发射器，有效射程 300m 的 AT-4 火箭筒；

红色图示是俄罗斯有效射程 4500m 82mm B10 无后座力炮，有效射程 2500m 的 DShK 重机枪。

图 7(a)是陆军 3 人作战小组配置夜视镜的情况^[10]，1 名士兵装备对 800m 内目标进行精准点杀伤 FR-F2 型 7.62mm 口径狙击步枪，配“剑”（Sword）观察-火控型狙击步枪瞄准镜；1 名士兵装备对 1000m 内目标进行面杀伤和点杀伤“米尼米”轻机枪，配“剑”（Sword）热成像瞄准镜；图 7(b)为配“剑”（Sword）热成像瞄准镜的 M3 “卡尔古斯塔夫”（Carl Gustav）无后座力炮^[11]，图 7(c)为配可见光瞄准镜的 M3 “卡尔古斯塔夫”无后座力炮^[12]。

2.4 狙击作战

狙击作战是受过专门训练的单兵隐蔽在预设阵地上并很好伪装，使用狙击步枪对视界内、1000m 级距离的目标进行精准射击、一枪制敌的战斗方式。狙击作战的目标是敌方人员（特别是军官、武器操作人员、观察员、狙击手、机枪手等）和武器装备（特别

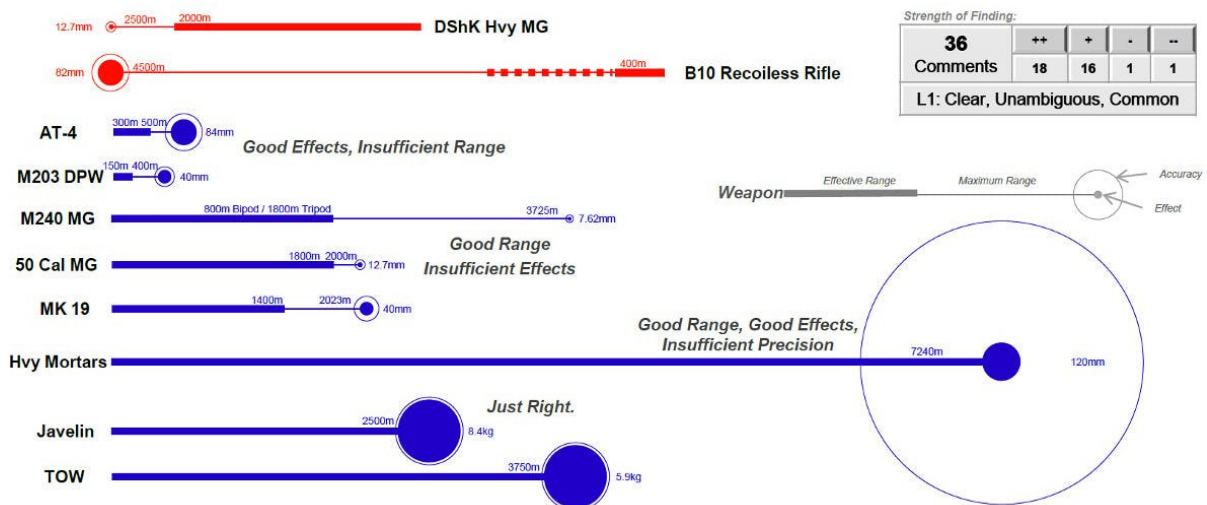


图6 美国陆军的火力体系^[9]

Fig.6 Munition system of America army^[9]



(a) 3人作战小组配置夜视镜

(b) 配“剑”(Sword)热成像瞄准镜的M3“卡尔古斯塔夫”

(c) 配可见光瞄准镜的M3“卡尔古斯塔夫”

(a) Group equipped with night vision goggles

(b) Carl Gustav with thermal sight

(c) Carl Gustav with visible sight

图7 陆军配置的夜视镜^[10-12]

Fig. 7 Night vision goggles deployed by army^[10-12]

是雷达、红外光电系统、通信电台、导弹发射器、弹药箱、油料桶等),在阵地防御、城市作战、特种作战和反恐作战中有特别重要的作用。一般来说,狙击距离600~1000m的目标使用7.62mm狙击步枪,狙击超过1000m距离的目标使用12.7mm的大口径狙击步枪。

在抗美援朝战争中,1952年1月29日中国人民志愿军总部命令:“在与敌对峙状态下,对敌之小群目标及一般目标,每日指定值班的特等射手专门寻求射击目标,这将给敌人甚大杀伤。”在整个三八线附近200多千米长的战线上,我志愿军投入上千个狙击小组形成战役规模的狙击作战,虽然我志愿军狙击手只用没有瞄准镜的普通步枪,但是却打出了令美军心寒的战果。以第15军防守的五圣山地区为例,仅第135团防守上甘岭北山,在9个月狙击作战中即给美军重大杀伤,美军称该阵地为“狙击兵岭”,以至于成为其在1952年10月14日发动上甘岭战役的缘由。从1952年开始至朝鲜停战,我志愿军狙击作战共毙伤联合国军5.2万人,这是战争史上规模最大的狙击作战。

迄今为止,世界上最远狙击作战记录是加拿大士兵在伊拉克创下的,从高处射击低处3450m的目标,在1个塔上封锁伊拉克的一个城区,使用TAC-50狙击步枪,口径12.7mm,全长1448mm,枪管长736mm,初速850m/s,有效射程2000m,配16×瞄准镜,从高处射击低处目标,子弹在空中飞行约10s后命中目标,飞行距离3450m。

2.5 与隐蔽物后/堑壕中的目标交战

在阵地防御、城市作战、特种作战和反恐作战中,敌方战斗人员通常利用岩石、墙角、矮墙等隐蔽物后或堑壕掩护进行攻击,以避免轻武器直射火力杀伤。一般我方士兵可投手榴弹消灭在隐蔽物后/堑壕中的目标,当目标距离超出士兵投弹距离后如何与之交

战?这就需要单兵轻武器发射榴弹准确飞到堑壕上空、或墙后再精确控制炸点爆炸,利用弹片消灭隐蔽的敌人。

在2020年阿塞拜疆-亚美尼亚战争早期的攻防战中,前线士兵依托堑壕作战,对阵地进行防守。图8(a)是亚美尼亚士兵在前线的堑壕中^[13],图8(b)是阿塞拜疆士兵在前线进入堑壕中^[14]。



(a)

(b)

图8 堑壕场景:(a)亚美尼亚士兵在前线的堑壕中^[13];(b)阿塞拜疆士兵在前线进入堑壕中^[14]

Fig. 8 Frontline trench scenarios: (a) Armenian soldiers stand guard in a front line trench^[13]; (b) Azerbaijani soldiers moved into a front line trench^[14]

2.6 夜间跳伞和机降作战

实施夜间跳伞和机降作战,既提高作战的突然性——是空降作战取胜的关键,又减小伞降和机降过程中遭敌火力杀伤的风险。因微光夜视镜的图像更接近人眼习惯,特别是彩色微光图像让士兵更容易认知和理解伞降或机降的场景,另外,为解放士兵的双手操作降落伞或使用武器等,夜间伞降和机降时通常使用微光型头盔/护目镜观察瞄准镜。在夜间跳伞时,伞兵使用头盔/护目镜观察瞄准镜观察空中避免与队友相撞,观察地面寻找预定着陆场并选择着陆点操作降落伞安全着陆,着陆后寻找上级和队友集结、呈战斗队形展开、向敌发起攻击等。在夜间直升机机降时,空中突击队员使用头盔/护目镜观察瞄准镜完成登机、下机、占领阵地、呈战斗队形展开、向敌发起攻击等战

斗动作。

图9(a)是美军第82空降师伞兵在夜间从C-17战略运输机尾舱门登机的场景^[15],图9(b)是到达北卡罗来纳州布拉格堡的西西里空降场时夜间伞降着陆的场景^[15]。

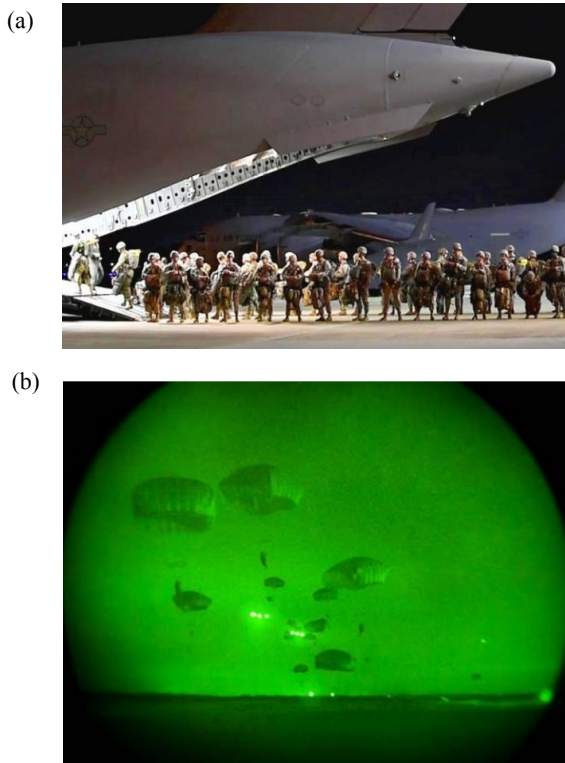


图9 美军第82空降师伞兵夜间跳伞训练,(a)从C-17战略运输机尾舱门登机的场景;(b)到达北卡罗来纳州布拉格堡西西里空降场夜间伞降着陆的场景^[15]

Fig. 9 Paratroopers from the 82nd airborne division training at night: (a) Load onto a U.S. Air Force C-17 Globemaster III (b) to conduct combat night jumps over Sicily Drop Zone on Fort Bragg, NC^[15]

2.7 在黑/昏暗的室内/地下空间作战与城市夜战

在城市作战中,士兵需要进入黑/昏暗的室内/地下空间,眼睛一时完全看不见其中的场景,即使后面适应了,也不能有效进行观察和搜索在黑暗中的目标,需使用微光夜视镜进行观察与搜索,才能形成“我能看见你,但你看不见我”的“单向透明”的优势作战能力。此外,在地形地貌和场景复杂的城市夜战时,作战的士兵之间需协同作战,士兵班/组每人装备微光夜视镜后,通过各自观察和搜索一个方向,形成对其周边无缝观察与搜索,能更好应对来自多方向的威胁。

图10是美军第504空降步兵团士兵在阿富汗Naray市挨家挨户地搜索疑似武装分子和武器时准备进入黑暗室内/地下的场景^[16]。



图10 美军第504空降步兵团士兵在Naray市挨家挨户地搜索疑似武装分子和武器^[16]

Fig.10 The U.S. 504th Parachute Infantry was conducting a house-to-house search for suspected army forces and weapons in the city of Naray^[16]

2.8 在低能见度环境作战

在低能见度如烟尘、薄雾等条件下作战时,烟尘和薄雾的散射将导致可见光和微光图像质量下降,目标有可能隐蔽在其中,因此,士兵要借助轻武器热瞄准镜进行观察和搜索,发现隐蔽的目标,一旦发现目标能立即开火射击。

图11(a)是美军士兵借助AN/PAS-13热瞄准镜在低能见度的烟雾中观察和搜索目标^[17]。图11(b)呈现了雾气中水分子的散射导致可见光图像质量下降,但热红外辐射能够穿透雾气,获得清晰的目标与背景热图像(图11(c))^[18]。

3 单兵夜视镜与系统

单兵夜视镜与系统主要有:手持夜视镜、便携式夜视镜、轻武器瞄准镜、头盔/护目镜观察瞄准镜、轻武器光电火控系统、“未来士兵”系统等,其结构形式有所不同,作用距离也不相同,需互相配合和协同使用。

3.1 手持夜视镜

手持夜视镜是单兵能双手或单手握持即可稳定、长时间操作和使用的夜视镜,包括微光、热成像、可见光、激光(测距)通道中的1个或2个以上,重量较轻(例如2kg),作用距离也较近,用于战场侦察、搜索目标、目标定位与监视、目标(激光)指示(可能有)、毁伤评估等。单物镜-单目镜的手持夜视镜也可作为夜视瞄准镜使用。

图12(a)是Coral Z轻型手持远距离热像仪^[19],采用微型斯特林制冷机将320×256钽化铟焦平面探测器组件制冷至80K,宽视场8.2°×6.6°,窄视场2.7°×2.2°,红外物镜直径50mm,窄视场探测和识别轻型越野车和士兵的距离分别为7.7km、2.2km和3.4km、1.7km,重量2.6kg(含电池)。图12(b)是Coral LS手持远距离热像仪^[20],单兵双手把持即可稳定的长时间操作使用,在白天使用可见光、红外和激光通道,在夜间使用红外和激光通道。

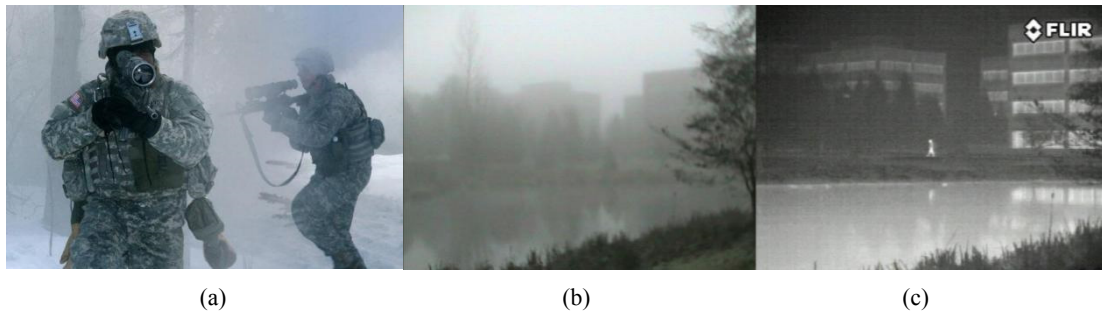


图 11 低能见度作战场景: 士兵借助 AN/PAS-13 热瞄镜雾气中观察和搜索目标(a)^[17]; 雾气引起可见光图像质量下降(b); 热红外辐射能够穿透雾气, 获得清晰的目标与背景热图像(c)^[18]

Fig. 11 Low visibility combat scenario (a) The soldiers use AN/PAS-13 thermal sight to observe and search targets in the fog^[17]; (b) Fog degrades the quality of the visible image; (c) Thermal radiation can penetrate through the fog, and achieve clear thermal image of the target and its background^[18]



(a) Coral Z 轻型手持远距离热像仪^[19]



(b) Coral LS 手持远距离热像仪及其使用方式^[20]

(a) Coral Z lightweight hand-held long range thermal imager (b) Coral LS hand-held long range thermal imager and its operational mode

图 12 2 种典型手持热像仪

Fig. 12 Two typical handheld thermal imagers

图 13 是法国“索菲”SOPHIE-XF/VGA 远距离手持热像仪和目标定位仪^[21], 与方向盘、卫星定位接收机、激光测距机、激光目标指示器、三脚架组合, 构成便携式目标定位与监视系统, 可引导半主动激光制导弹药对目标实施 1 m 级的精确打击。



图 13 法国“索菲”SOPHIE-XF/VGA 远距离手持热像仪和目标定位仪^[21]

Fig. 13 SOPHIE-XF/VGA long-range hand-held thermal imager and target locator^[21]

图 14 是卡夹式的远距离热瞄镜 ThermoSight®

HISS-XLR^[22], 可安装在狙击步枪上, 使狙击手探测和识别距离超过 2 km 的人形目标。



图 14 卡夹式的远距离热瞄镜 ThermoSight® HISS-XLR^[22]

Fig. 14 ThermoSight® HISS-XLR clip-on thermal weapon sight^[22]

3.2 便携式夜视镜

便携式夜视镜是物镜口径大、视场较小、观察距离较远、重量较大(例如 5 kg)、需要三角架支撑才能长时间使用的夜视镜, 通常装备于步兵小组, 用于在前沿阵地或敌后进行战场侦察、搜索目标、目标定位与监视、目标(激光)指示、毁伤评估等。

图 15 是美国 AN/PAS-21A (SeeSPOT III) 便携式热像仪^[23](黑色)安装在 AN/PED-1 激光测距机/目标指示器上, 用便携式三角架支撑长时间使用。

3.3 轻武器瞄准镜

为满足突击步枪、狙击步枪、轻机枪、重机枪、高射机枪、榴弹发射器、便携无后坐力炮、火箭筒、便携反坦克导弹和防空导弹等轻武器使用要求，发展了包括微光、热成像在内的夜视瞄准镜（图 16、17），其作用距离与狙击步枪射程匹配——“所见即可射”。一般来说，7.62mm 狙击步枪适合于狙击距离 600~1000m 的目标，对超过 1000m 距离的目标，需要 12.7mm 的大口径狙击步枪。对 7.62mm 狙击步枪配 7[×]夜视瞄准镜或热瞄准镜为宜（与大多数军用望远镜放大倍率相同），体积、重量可接受。对大口径狙击步枪，配倍率 14[×]左右的夜视瞄准镜或热瞄准镜为宜。

图 16 左图是 AN/PVS-10 狙击手夜视瞄准镜，采用第三代像增强器，是物镜和目镜光轴上下错开的、单目的远程昼夜瞄准镜，图 16 右图配 AN/PVS-10 狙击手夜视瞄准镜的 M107 12.7mm 大口径反器材步枪^[24]。

图 17(a)是美国 AN/PAS-13E(V)1 轻型武器热瞄准镜（light weapon thermal sight, LTWS）、AN/PAS-13E(V)2 中型武器热瞄准镜（medium weapon thermal sight, MTWS）、AN/PAS-13E(V)3 重型武器热瞄准镜（heavy weapon thermal sight, HTWS）^[25]，对人、车的探测距离分别为 800m 和 3100m，1400m 和 4800m，

2350m 和 7300m，与所配轻武器的射程相当，其热图像（图 17(b)左图为白热模式、右图为同一场景黑热模式）叠加了中间瞄准线和边缘测距分划线，左上角有 5 密位分划线，左下角有对 1.5m 高的人进行测距的分划线，右上角有对 3m 宽坦克测距分划线，分划线上距离刻度单位为 100m；图 17(c)是 M2A1 12.7mm 口径重机枪配 AN/PAS-13E(V)3 重型武器热瞄准镜(HTWS)，在昼夜和低能见度条件下具有对 2500m 内目标进行精度射击的能力，甚至可进行狙击作战^[26]。

步兵普遍装备便携式防空导弹。白天用可见光瞄准镜截获空中目标和发射导弹。夜间可见光瞄准镜失效，需要换成热成像瞄准镜。例如美国 FIM-92“毒刺”（Stinger）便携防空导弹武器系统的作战方式是“发射前锁定、发射后不管”，配备 AN/PAS-18“毒刺”热瞄准镜后，能在昼夜和低能见度条件下，引导导弹的红外导引头截获目标后发射。

独立的微光、热成像瞄准镜能与可见光瞄准镜组合成全天时瞄准镜，射击前完成可见光瞄准镜与狙击步枪校轴，使用夜视瞄准镜时只需将其安装在可见光瞄准镜前的皮卡丁尼导轨上即可，夜视瞄准镜的像即为可见光瞄准镜“物”，解决了在战场上不便于对枪、可见光瞄准镜与夜视瞄准镜校轴问题。



图 15 AN/PAS-21A (SeeSPOT III) 便携式热像仪^[23]

Fig. 15 AN/PAS-21A (SeeSPOT III) handheld thermal imager^[23]



图 16 AN/PVS-10 狙击手夜视镜（左）及其安装于 M107 狙击步枪（右）^[24]

Fig. 16 AN/PVS-10 Sniper night sight (left) and its deployment at M107 Sniper rifle (right) ^[24]

图 18 是独立的微光夜视瞄准镜（前）与可见光瞄准镜（后）组合使用^[27]，在夜间射击无需对枪、可见光瞄准镜与夜视瞄准镜校轴。

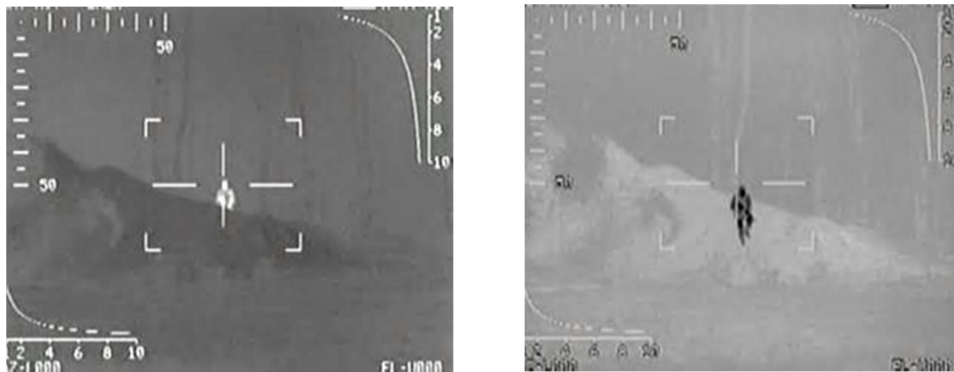
3.4 头盔/护目镜观察瞄准镜

头盔/护目镜夜视镜装备单兵，重量较轻（例如 500 g，应不大于 1000 g），可长时间戴在头上使用，解放士兵的双手操作武器、非直瞄射击、驾驶车辆等，

在昼夜和低能见度条件下用于观察、侦察、瞄准等。为提高射击反应速度和精度，在枪身上安装激光目标标识器，发射近红外激光（例如波长 808 nm），士兵从微光图像增强护目镜夜视镜看到激光目标标识器照射在目标上的激光光点，利用夜视镜图像瞄准线即可瞄准目标进行非直瞄射击。



(a) 轻型（左）、中型（中）、重型（右）武器热瞄准镜
(a) Light, medium, and heavy weapon thermal sight



(b) 白热模式（左），同一场景黑热模式（右图）
(b) White hot mode(left), black hot mode(right)



(c) AN/PAS-13E 武器热瞄准镜
(c) AN/PAS-13E thermal weapon sights

图 17 武器热瞄准镜及应用场景^[25-26]

Fig. 17 Weapon thermal sight and its scenarios^[25-26]



图 18 微光夜视瞄准镜（前）与可见光瞄准镜（后）组合使用^[27]

Fig. 18 Cascade of low-level-light night vision sight and riflescope^[27]

以美国 AN/PVS-20 增强型夜视镜为例,其包括微光图像增强和非制冷热成像两个通道,结合使用枪上集成的激光标识示器与微光图像/热图像瞄准线,无需进行“三点一线”瞄准即可非直瞄射击,适合城市、丛林等场景的遭遇战,不用时可整体翻转到头盔上方。图 19 是手持突击步枪的美军士兵^[28],通过 AN/PSQ-20 型增强型夜视镜看见目标反射其突击步枪上激光光点照射器的光点,可进行间接瞄准和射击,无需举枪进行“三点一线”瞄准。



图 19 AN/PSQ-20 型增强型夜视镜^[28]

Fig. 19 AN/PSQ-20 enhanced night vision goggle^[28]

3.5 轻武器光电火控系统

步兵的作战范围日益扩大,装备了射程越来越远

的轻武器。当射程超过一定距离(例如 2000 m)后,依靠人眼进行观察和瞄准的作战效能大幅度降低,需装备光电瞄准-激光测距-火控系统,既解决士兵在昼夜和不良气候/低能见度条件下的观察、精确测距等问题,又解决射击诸元计算和显示问题,大幅度提升单兵作战能力。

利用含“三光”(可见光、红外、激光)瞄准镜的轻武器火控系统、电控枪架和控制链路构成遥控武器站,不需要士兵直接操作,隐蔽在安全的地方即可作战。图 20 是架设在大口径机枪上的 TRAP-250D 遥控武器站^[29]。

2014 年,美国国防部高级研究计划局(DARPA)提出计算武器光学(computational weapon optic, CWO)计划,开发“超级智能瞄准镜”(super smart scope, 3S),配备先进热成像和夜视镜、弹道计算机及弹道计算软件、射频同步等,发展分置式光电瞄准-激光测距-火控系统,将 40 mm 榴弹发射器从最大射程 2200 m 的面杀伤武器,发展成具备精确射击能力的点杀伤武器,能通过精确测量至目标的距离控制弹道,使榴弹在预设炸点精确爆炸,用弹片杀伤隐蔽在战壕、凹坑、土坎、石头、墙角后、门后的目标。

美国还发展了 XM29“理想单兵战斗武器系统”(objective individual combat weapon system, OICW),由(可见光、红外和激光)“三光合一”瞄准镜构成轻武器火控系统,射手通过可见光、红外瞄准镜发现和识别目标,使用激光测距,测量数据经弹道计算机解算后形成射击诸元并在显示器上显示出瞄准点,使普通士兵能像专业狙击手一样使用突击步枪进行精度射击;或解算出射击诸元,发射榴弹并“精确控制炸点”爆炸,通过弹片杀伤障碍物后的目标。

美国在已放弃的 XM29“理想单兵战斗武器系统”基础上,发展了带“昼夜目标截获火控系统”(target acquisition day/night fire-control system, TAD/NFCS)

的 XM25 榴弹发射器,并投入阿富汗战争实战检验效果良好。在“昼夜目标截获火控系统”中,集成可见光瞄准镜、非制冷热成像模块、激光测距机/激光光点标示器、温度和气压传感器、弹道计算机、引信装订装置等,从外接 GPS 接收机获取位置信息,选择爆炸点距目标的距离、炸点坐标、自动进行榴弹引信射击诸元装订,发射后即可实现“精确控制炸点射击”。图 21 是 XM25 的实物图^[30]及其工作模式^[31]。

3.6 “未来士兵”系统

“未来士兵”系统是单兵信息化作战系统,一方面通过融合进入战术数据链,使单兵作为整个作战系统中的一个信息和作战节点,解决战场态势感知、作战计划制定、协同/联合作战实施、保障补给等问题;另一方面,融合单兵自身的传感器数据,从而使单兵作战效能发挥至最大。

在德国“短剑”(GLADIUS)未来士兵装置中,如图 22 所示^[32],核心系统(core system)有 1 个“带红外模块夜视双目镜”(night vision goggle with IR module),侦察装备(Recce equipment)有 3 型热像仪,6 型轻武器配置 7 型武器辅助装备(weapon accessory equipment)——热瞄镜。

法国的“未来士兵”系统称为“装备与通信一体化步兵”(FELIN)系统^[33],包括多个型号的“三光合一”瞄瞄准镜,既解决单兵间的协同/联合作战问题,也解决单兵与其他军、兵中的联合作战问题,包括对战场目标进行定位,引导空中火力或后方的炮兵对目标进行精确打击等。

在“未来士兵”系统中使用新型的双目增强夜视镜,如图 23 所示^[34],通过无线传输技术将武器上各类瞄准镜获取的信息传输给士兵佩戴的夜视镜,并通



图 20 架设在大口径机枪上的 TRAP-250D 遥控武器站^[29]

Fig. 20 Remotely operated weapons platform TRAP-250D with large-caliber mounted rifle^[29]

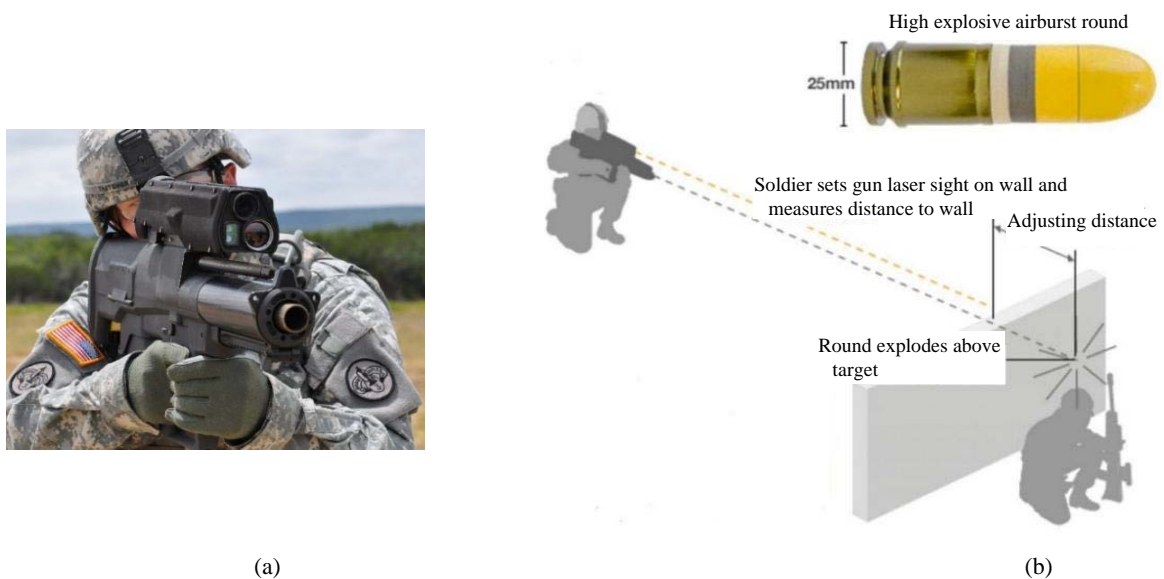


图 21 XM25 榴弹发射器 (a)瞄准目标和测距 (b)榴弹在目标上方爆炸^[30-31]

Fig. 21 XM25 grenade launcher (a) Aim and range (b)The grenade exploded over the target^[30-31]



图 22 德国“短剑”(GLADIUS)未来士兵装置^[32]

Fig. 22 Germany GLADIUS future soldier equipment^[32]

过增强现实技术在头盔显示器上呈现增强现实的可见光/微光/热成像视觉，一是将增强战场意识能力，二是实现“所见即所射”，即士兵看见目标后无需举枪瞄准即可射击。在城市和丛林中，或是视界不好，或是能见度低，往往看见目标时都近在咫尺，来不及举枪进行瞄准射击。

侦察与目标监视、目标定位与激光指示、轻武器“精确射击”、狙击作战、与隐蔽物后/堑壕中的目标交战、夜间跳伞和机降作战、夜间作战、在黑/昏暗的室内/地下空间作战、在低能见度环境作战等多样化任务。在上述需求的驱动下，原来只具备简单夜间观察和瞄准的单兵夜视镜，已经发展成集成了具有成像、测距、定位、计算、信息融合、火控解算、无线传输等复杂功能的微小型高性能光电系统，大幅度提高单兵在联合作战中的地位和作用。

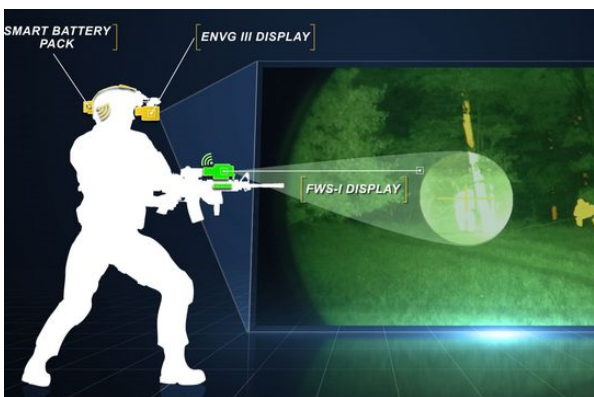


图 23 新型的双目增强夜视镜使用无线传输技术融合武器瞄准镜与士兵佩戴的夜视镜，给士兵呈现增强现实的可见光/微光/热成像视觉^[34]

Fig.23 New enhanced night vision goggles uses wireless technology to merge the weapon sight with day/night vision, thermal augmented reality to the soldier's view^[34]

4 结语

只要有占领和控制任务的地面作战就一定会出动地面部队，一定会有单兵作战，包括遂行战场观察、

参考文献:

- [1] Chrzanowski K. Review of night vision technology [J]. *Opto-Electronics Review*, 2013, 21(2): 153-181.
- [2] Rogalski A. Next decade in infrared detectors[C]//*Proc. of SPIE*, 2017, 10433: 104330L.
- [3] Shilat Optonics. Low light level imaging [EB/OL]. [2018-01-01][2022-04-01]. www.shilatop.com/low-light-level.
- [4] L3harris. Enhanced night vision goggle-Binocular (ENVG-B) [EB/OL]. [2021-08-01][2022-04-01]. www.l3harris.com/all-capabilities/enhanced-night-vision-goggle-binocular-envg-b.
- [5] Spartanat. Enforce TAC 2019: Fusion BEI IEA MIL-Optics [EB/OL]. [2019-05-03][2022-04-01]. www.spartanat.com/2019/03/enforce-tac-2019-fusion-bei-iea-mil-optics/.
- [6] Rianne Hill Soriano. Como hacer un visor infrarrojo nocturno [EB/OL]. [2021-11-20][2022-04-01]. www.ehowenespanol.com/como-hacer-un-visor-infrarrojo-nocturno_13183553/.
- [7] Mrityunjoy Mazumdar. Advanced precision kill weapon system II goes to

- war [EB/OL]. [2012-07-09] [2022-04-01]. www.defensemedianetwork.com/stories/advanced-precision-kill-weapon-system-ii-apkws-ii-goes-to-war/3/.
- [8] BAE Systems. APKWS® laser-guidance kit [EB/OL]. [2017-01-17][2022-04-01]. www.baesystems.com/en-us/product/apkws.
- [9] Jan Grohmann. Americká armáda kupuje pancéřovky Carl Gustav [EB/OL]. [2017-01-11][2022-04-01]. www.armadinoviny.cz/americka-armada-kupuje-pancerovky-carl-gustav.html.
- [10] Le Point. Avec Félin, les fantassins français combattent en reseau [EB/OL]. [2011-08-02][2022-04-01]. www.lepoint.fr/edits-du-point/jean-guisnel/avec-felin-les-fantassins-francais-combattent-en-reseau-08-02-2011-136844_53.php.
- [11] Tactical Birck. 美军采购新型 M3E1 无后座力火箭筒[EB/OL]. [2017-09-12][2022-04-01]. www.sohu.com/a/191407734_628857.
Tactical Birck. US military purchases new M3E1 recoilless rocket launcher [EB/OL]. [2017-09-12] [2022-04-01]. www.sohu.com/a/191407734_628857.
- [12] News Desk. SOCOM Orders Additional M3 Carl Gustafs [EB/OL]. [2012-06-19] [2022-04-01]. defense-update.com/20120619_socom-orders-additional-m3-carl-gustafs.html.
- [13] Alessandro Arduino. In Nagorno-Karabakh, drones rain death but won't bring quick end to war [EB/OL]. [2020-10-23][2022-04-01]. www.scmp.com/week-asia/politics/article/3106807/nagorno-karabakh-drones-rain-death-wont-bring-quick-end-war.
- [14] Carlotta Gall. Roots of war: when Armenia talked tough, Azerbaijan took action [EB/OL]. [2020-10-27][2022-04-01]. www.nytimes.com/2020/10/27/world/europe/armenia-azerbaijan-nagorno-karabakh.html.
- [15] Aiir Source. Paratroopers from the 82nd Airborne Division load onto a U.S. Air Force C-17 Globemaster III to conduct combat night jumps over Sicily Drop Zone on Fort Bragg, NC. [EB/OL]. [2016-02-20][2022-04-01]. www.aiirsource.com/army-paratroopers-night-jump-82nd-airborne-division/.
- [16] The U.S. National Archives. Soldiers of "C" Company, 1ST Battalion, 504th Parachute Infantry Regiment (PIR), armed with 5.56 mm M4 Carbines, conduct a house-to-house search for suspected Taliban and weapons in the city of Naray [EB/OL]. [2003-01-24][2022-04-01]. nara.getarchive.net/media/soldiers-of-c-company-1st-battalion-504th-parachute-infantry-regiment-pir-armed-ffac5f.
- [17] military.com. PAS-13 Thermal Weapon Sight [EB/OL]. [2018-12-19][2022-04-01]. www.military.com/equipment/pas-13-thermal-weapon-sight.
- [18] Teledyne FLIR. Can thermal imaging see through fog? [EB/OL]. [2019-10-04] [2022-04-01]. www.flir.com/discover/cores-components/can-thermal-imaging-see-through-walls/.
- [19] Defence Update. Coral / Long Range Thermal Imager (LRTI) [EB/OL]. [2005-12-12][2022-04-01]. defense-update.com/20051212_lrti.html.
- [20] Elbit Systems. Hand-Held Thermal Imagers [EB/OL]. [2020-01-01][2022-04-01]. elbitsystems.com/product/hand-held-thermal-imagers-2/.
- [21] Thales. SOPHIE-XF/VGA: Versatility and protection [EB/OL]. [2017-02-21][2022-04-01]. www.thalesgroup.com/en/worldwide/news/sophie-xfvga-versatility-and-protection0.
- [22] Teledyne FLIR. Long Range Cooled Thermal Sniper Sight ThermoSight® HISS-XLR [EB/OL]. [2017-01-01][2022-04-01]. www.flir.com/products/thermosight-hiss-xlr/.
- [23] Marines. Special operators team up for JTAC exercise [EB/OL]. [2008-01-08][2022-04-01]. www.marsoc.marines.mil/News/Article/Article/513648/special-operators-team-up-for-jtac-exercise/.
- [24] Gary W. Cooke. M107 .50 Caliber Long Range Sniper Rifle (LRSR) [EB/OL]. [2006-05-10][2022-04-01]. www.inetres.com/gp/military/infantry/rifle/M107.html.
- [25] KERIF Night Vision. Raytheon - AN/PAS-13E Thermal Weapon Sight TWS [EB/OL]. [2018-01-01][2022-04-01]. www.nitevis.com/ANPAS-13E.htm.
- [26] Defense Visual Information Distribution Service. U.S. Army Reserve Troop List Unit Soldiers complete [EB/OL]. [2018-03-08][2022-04-01]. nara.getarchive.net/media/us-army-reserve-troop-list-unit-soldiers-complete-6100e0.
- [27] Eric B. Accuracy International AXMC sniper rifles chosen by Lithuania [EB/OL]. [2016-11-04][2022-04-01]. <https://www.thefirearmblog.com/blog/2016/11/14/accuracy-international-axmc-sniper-rifles-chosen-lithuania/>.
- [28] PEO-Soldier. Army fielding Enhanced Night Vision Goggles [EB/OL]. [2009-03-30][2022-04-01]. www.army.mil/article/18980/army_fielding_enhanced_night_vision_goggles.
- [29] WeapoNews. Remote control facilities: automated fire points [EB/OL]. [2019-02-20][2022-04-01]. www.weaponews.com/weapons/65347177-remote-control-facilities-automated-fire-points.html.
- [30] Wikipedia. XM25 CDTE [EB/OL]. [2009-07-30][2022-04-01]. en.wikipedia.org/wiki/XM25_CDTE.
- [31] Dan Whitworth. US military unveils 'smart gun' [EB/OL]. [2010-11-30] [2022-04-01]. www.bbc.com/news/newsbeat-11876041.
- [32] Defence-and-security. Informed attack—German infantry upgrades to Gladius [EB/OL]. [2016-12-15] [2022-04-01]. <https://www.defence-and-security.com/features/featuregerman-infantry-technology-5711059/>.
- [33] FELIN Sagem (Fantassins Equipements Liaison Intégrés) French future infantry soldier system [EB/OL]. [2019-02-02][2022-04-01]. www.armyrecognition.com/france_french_army_military_equipment_uk/felin_sagem_future_soldier_infantry_equipment_soldier_gear_technical_data_sheet_specifications_uk.html.
- [34] Todd South. Army's all-in-one NVG will merge sighting, shooting, battlefield awareness [EB/OL]. [2018-03-22] [2022-04-01]. www.armytimes.com/news/your-army/2018/03/21/armys-all-in-one-nvg-will-merge-sighting-shooting-battlefield-awareness/.