

doi: 10.7690/bgzd.2023.05.002

电击非致命武器装备技术体系研究

杨力帆, 刘加凯

(武警工程大学装备管理与保障学院, 西安 710086)

摘要: 针对电击非致命武器研究现状、发展趋势及存在的不足, 提出目前急需构建电击非致命武器装备技术体系的需求。对电击非致命武器装备进行层级分解, 以装备结构为基础进一步明确装备技术需求, 通过基于技术分解结构方法(technology breakdown structure, TBS)技术要素得到的装备技术体系方案, 依据装备技术项目阶段划分与技术要素成熟度的关系, 结合技术要素的发展趋势和技术成熟度, 描绘出电击非致命武器装备技术体系设计方案。结果表明, 该研究可为电击非致命武器装备发展提供技术参考。

关键词: 电击武器; 非致命武器; 装备技术; 技术体系

中图分类号: TJ99 **文献标志码:** A

Research on Technical System of Electric Shock Non-lethal Weapon Equipment

Yang Lifan, Liu Jiakai

(College of Equipment Management and Guarantee, Engineering University of PAP, Xi'an 710086, China)

Abstract: In view of the research status, development trend and shortcomings of non-lethal electric shock weapons, the urgent need to build a technical system of non-lethal electric shock weapons equipment is put forward. The Non-lethal weapon equipment is decomposed hierarchically, and the technical requirements of the equipment are further defined based on the equipment structure, and the technical system scheme of the equipment is obtained based on the technical elements of the technology breakdown structure (TBS) method. According to the relationship between the stage division of equipment technology project and the maturity of technology elements, combined with the development trend of technology elements and technology maturity, the design scheme of electric shock non-lethal weapon equipment technology system is described. The results show that the research can provide technical reference for the development of electric shock non-lethal weapons.

Keywords: electric shock weapon; non-lethal weapon; equipment technology; technical system

0 引言

电击武器是非致命武器的重要组成部分, 其作用原理是通过发射高压脉冲电流, 造成目标肌肉功能暂时失能, 或者引起目标疼痛影响行动从而控制目标, 非致命性体现在不会造成不可逆的伤害^[1]。对有效打击违法行为, 维护社会治安方面具有重要作用。电击武器的种类一般分为电击枪、电击装置、电警棍、电击弹(包括远程电击弹)、电激光枪、等离子体电击枪等^[2]。笔者通过对国内外电击非致命武器装备发展现状和发展趋势的资料调研, 分析并构建该型装备技术体系, 以支撑该装备相关科学技术的发展和规划。

1 电击非致命武器发展现状分析

1.1 研究现状分析

运用信息可视化方法, 实现学科知识的可视化, 可通过搜集文献数据并绘制出科学知识图谱, 科学

地把握研究的前沿热点及其演变趋势^[3]。选择2000~2021年这一区间, 以“电击非致命武器”“电击武器”“电击枪”“电击弹”为主题获取中文期刊全文数据库(CNKI)相关研究数据(图1)进行统计分析, 通过数据可清晰了解到目前学术界对电击武器的研究现状。

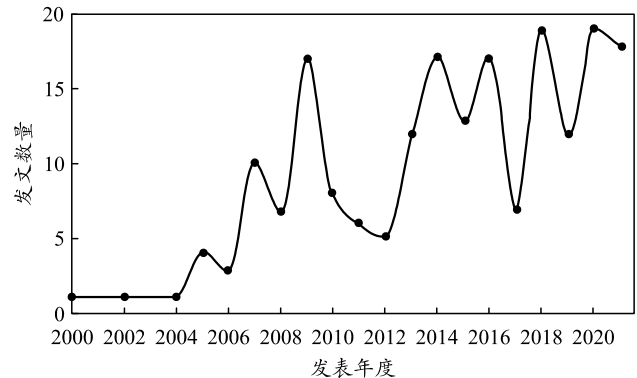


图1 论文发表年度分布

文献分析结果表明:近20年来电击非致命武器

收稿日期: 2023-01-05; 修回日期: 2023-02-05

基金项目: 武警装备军内科研项目(WJ20182A070060; WJ20191A020008)

作者简介: 杨力帆(1991—), 男, 陕西人, 硕士, 从事非致命武器研究。E-mail: 371587333@qq.com。

领域研究成果主要以期刊杂志形式发表，且发文量随着年份增加呈显著增长趋势；国内学者研究成果分布比较分散，海外学者对该课题研究深入，文献分布以外文期刊占比较大，国内研究机构较为集中，以武警工程大学、公安部第一研究所和四川警察学院为主；通过对关键词进行共现网络分析，发现“电击器”“非致命武器”“失能”“警用”“安全性”等主题词是该领域的热点研究方向。

1.2 电击非致命武器发展趋势

根据国内外电击非致命武器装备研究现状和学术前沿态势分析，未来电击武器的发展具有以下趋势：

1) 向小型化、便携化发展。

从电击非致命武器在军事行动中发挥的实际效能来看，现有的很多电击非致命武器体积较大，耗能也较大，给保障补给带来了诸多问题。为了提高电击非致命武器的机动性和作战效能，小型化将是未来发展的重点^[4]。目前很多电击武器小型化从原理上都是可行的，随着技术理论尤其是纳米技术的发展以及新材料在具体制造方面的应用，电击非致命武器小型化将成为现实。

2) 向可控化、精确化发展。

未来战场战况复杂，各种突发事件层出不穷，针对不同作战目标、性质，要求得到的作战效果也不尽相同；因此，未来电击非致命武器的发展方向是打击能量可调节、打击目标精确可控，操作者可根据不同的作战需求，来调节电击能量的大小，极大地提高了战场灵活性^[5]。目前正在研究的可依托防暴枪发射的远距离电击弹，发射动力还停留在火药击发阶段，未来将向电磁发射等无惯性设计技术发展，可在射击时减小后坐力，操作者只需瞄准目标发射，不需要考虑攻击运动目标提前量的问题，提高了命中精度^[6]。

3) 向安全化、人性化发展。

电击非致命武器的作用是使目标丧失战斗能力，但是不应对人体产生不可逆的生理伤害或心理伤害，所以安全性、人性化是电击非致命武器应用的最基本要求。人体效应涉及医学、生命科学、环境保护等许多问题，必须注重非致命武器设计的安全性^[7]，电击非致命武器正朝着对人的伤害程度越来越小，对环境的污染逐渐降低的方向发展。

1.3 研究目的

研究和设计构造电击非致命武器技术体系是对

电击非致命武器装备体系发展的补充和完善，主要目的在于发现目前电击非致命武器技术发展存在的薄弱环节，弥补非致命武器技术体系发展空白，为电击非致命武器装备发展提供依据，为完成各种任务提供支撑。

电击武器装备技术体系研究是非致命武器装备技术体系相关研究的重要组成部分，其设计构造在武警部队装备技术体系的建设中具有重要地位。研究成果可以为决策者提供更加综合全面的决策信息，服务于非致命武器装备体系规划计划论证，对国防预研项目的设置具有辅助决策作用^[8]；是对军队武器装备体系的重要补充和完善，是体系工程相关理论向技术层面的重要拓展和延伸。

2 技术结构分解

按照装备技术结构分解的主要步骤，从装备结构分解、分系统到技术映射、技术体系设计的流程进行电击非致命武器装备技术体系的设计^[9]。

2.1 电击武器装备结构分解

根据武器装备体系的 5 种常见任务能力要素，即打击力、保障力、机动力、信息力和控制力，建立电击非致命武器装备的任务能力与各分系统之间的对应关系^[10]。

电击非致命武器装备指由射击平台、能源系统、控制模块、电路系统、瞄准单元等分系统组成的装备系统。对照装备体系的装备结构层级要素，电击非致命武器装备的装备结构层级可定为单元级。通过对电击非致命武器装备的任务能力分解，应用基于功能的工作分解结构方法 (work breakdown structure, WBS)，将电击非致命武器装备从单元级到单元装备结构进行二级分解，得到单元装备结构任务能力到单元装备结构的分解结构，如表 1 所示。

表 1 电击非致命武器任务能力到单元级装备的分解

任务能力	具体功能	对应的分系统	单元级装备
保障力	射击平台功能	平台与辅助	机械枪体
			充电接口 子弹发射
机动力	便携性与集成性	动力与能量 装置	空间布局
			储能电池
控制力	定向打击	射击控制系统	飞行控制
			射击瞄准系统 飞镖抓取
打击力	对敌方人员的身体和 精神等方面的杀伤、 干扰、影响程度	电能释放系统	震荡升压电路
			高压脉冲发射器 输出电路
信息力		暂不考虑	

通过对电击非致命武器系统的装备体系结构分解，梳理出 4 类装备分系统和 11 项单元级装备，得到电击非致命武器结构体系如图 2 所示。

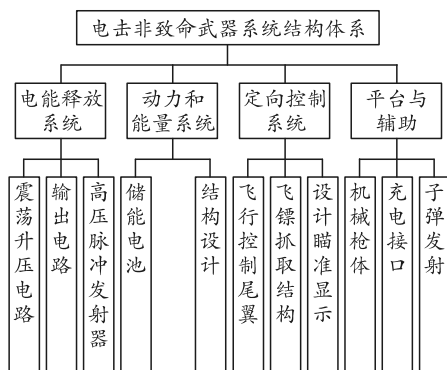


图 2 电击非致命武器装备分解结构

2.2 电击非致命武器装备技术体系结构分解

本文中技术体系结构的设计强调突出电击武器系统特有的专业技术，电击武器系统所需但不为其特有的技术则考虑充分借鉴其他系统的共用技术，因此共用技术不列在本技术体系中，这种体系结构设计既保证了技术体系对于电击武器系统技术发展的支撑，又充分体现了电击武器系统的技术特点。参考电击非致命武器装备分解体系，考虑电击非致命武器系统的特点，基于技术分解结构方法(TBS)实现系统到关键技术的逐一分解。电击非致命武器技术体系结构如图 3 所示。

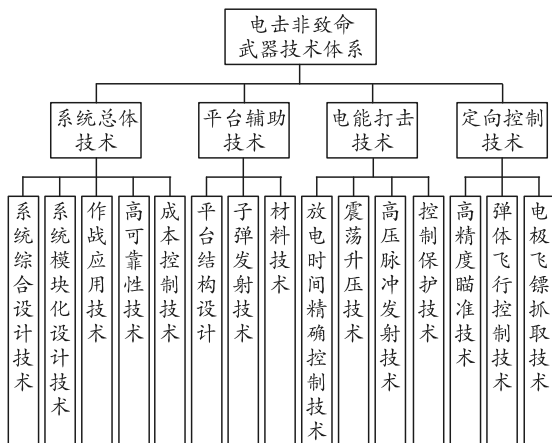


图 3 电击非致命武器技术体系结构

2.3 装备技术体系设计方案

通过基于 TBS 技术要素得到的装备技术体系方案，与装备发展趋势研究比较，进行筛选和补充，对技术发展趋势进行规划设计，可以得到表 2 所示的优化后的电击非致命武器装备技术体系设计方案，包括平台辅助技术、无线电击技术、电能打击技术、人体效应评估技术等的预见和选择。

表 2 电击非致命武器装备技术体系设计方案

领域	技术	规划设计(发展趋势)
平台辅助技术	1.平台结构设计技术	2025 年, 电路小型化、弹丸轻量化技术(TRL5 级)、小型紧凑高效集成系统开发(TRL5 级)、电击弹电磁发射技术(TRL5 级), 2030 年(TRL6 级)(TRL6 级)(TRL6 级)
	2.子弹发射技术	
	3.子弹飞行稳定技术	
无线电击技术	4.电击弹小型化技术	2025 年, 电路小型化技术(TRL4 级), 高效率能源供给技术(TRL4 级), 材料轻量化技术(TRL4 级)。2030 年(TRL6 级)(TRL6 级)
	5.高可靠触发控制技术	(TRL6 级)(TRL6 级)
电能打击技术	6.放电时间精确控制技术	2025 年, 高功率脉冲发射材料技术(TRL4 级), 高功率脉冲发射结构设计(TRL5 级)。2030 年(TRL6 级)(TRL7 级)
	7.震荡升压技术	
	8.高压脉冲发射技术	
人体效应评估技术	9.作用生物体器官及神经损伤研究	2025 年, 电击武器生物体行为干扰效应作用机制(TRL4 级), 电击武器作用生物体器官及神经损伤机制(TRL4 级), 电击作用生物体损伤阈值研究(TRL4 级)。
	10.电击作用生物体损伤阈值研究	
	11.生物体行为干扰效应作用研究	2030 年(TRL6 级)(TRL6 级)(TRL6 级)
备注	基础研究(TRL1~2); 应用基础(TRL2~4); 关键技术(TRL4~5); 开发与验证(TRL5~6); 运行与评估(TRL7~9)	

1) 平台辅助技术。

——平台结构设计技术。

开展电击武器研究，需要利用系统工程思路，统筹各技术模块设计，分析各模块技术突破途径，在小体积下实现较高的作用效能。采用人体适配外形、轻质材料等技术，满足执勤人员长时间佩戴的要求。

——子弹发射技术。

电能发射技术相比于传统火药发射、可燃气体燃烧发射和压缩气体发射，能够有效解决目前防暴枪射击时存在的后坐力影响和能量不可控容易致命等问题。该技术作用原理是弹丸通过脉冲电容器，产生得到磁场将弹丸磁化，弹丸在电磁力的作用下进行加速，经过连续加速使得弹丸达到预期初速，最终用于打击目标。

——子弹飞行稳定技术。

电击武器的功能要求决定了电击弹的初速不能太高，动能不能对人体造成不可逆的创伤，在此基础上需精准地击中人体，所以要考虑电击弹在空气中飞行的稳定性。采用加装尾翼的方法，子弹出膛后，尾翼展开，确保弹丸飞行稳定。另一方面，通过计算弹丸质心和阻心的相对位置，提高电击弹的飞行稳定性。

2) 无线电击技术。

——电击弹小型化技术。

电击弹上自带电源模块、高压脉冲模块、触发控制模块和电极针等,这些模块需要内嵌到弹丸中,为达到通用枪械发射要求,弹丸要符合轻量化、小型化设计,重点发展电路小型化技术、高效率能源供给技术、材料轻量化技术,使弹体结构设计优化内部获得更多的空间,增加更多功能。

——高可靠触发控制技术。

当电击子弹撞击目标时,触发部前端安装的子弹帽能顺利可靠地缩进,触发若干电极针迅速弹出,倒刺锁定目标,同时触发电击部放出高压脉冲电流完成对目标电击。在压力作用下,子弹帽将与电极针倒刺形成弹力闭锁状态。目标企图拔掉电击子弹,需要将子弹帽压向电击子弹内部,此操作将二次触发电击子弹放电,达到防止目标逃脱的目的。

3) 电能打击技术。

——放电时间精确控制技术。

如果电击武器不能自动控制目标失能的放电时间,使用者可能因为放电时间太长对目标造成致命伤害,或者是放电时间太短不能让目标彻底失能。实验得出电压 30~50 kV 的电击类武器,每次放电时间在 50~200 μs 时可以使目标完全失能而不会产生永久性伤害,脉冲控制回路设计要合理控制高压脉冲作用时间,高效安全地使人丧失反抗能力。

——震荡升压技术。

电击武器硬件电路是能够输出符合要求的高压脉冲电路,拟通过二级或若干级升压电路来实现。电路的输入稳定的直流电压,而输出一定要求的脉冲电压,同时电感线圈具有隔离直流作用,这样就需要在中间加振荡电路;振荡电路产生振荡的方法,是通过在电路的放大器中引入正反馈,并在某一特定频率下使其满足自激振荡条件而形成振荡,电路起振后,振幅不断增大,受到晶体管特性曲线非线性限制稳定下来,在振荡回路中产生等幅振荡,反馈电压刚好等于维持等幅振荡所需的基极输入电压,从而产生电击武器电路的振荡。

——高压脉冲发射技术。

高压脉冲发射技术可以通过变压器产生瞬时高压脉冲来制服目标。这种利用电池电源通过高压发生器产生的高压低流的强电击,理论上不会造成致命伤害。新型高压脉冲组合获取技术,其工作原理简单地概括为“电容器并联充电,串联放电”。高压脉冲发射技术通过发射结构设计,发射材料技术

攻关,可以提高输出功率、效率,促进电能转化效率进一步提高。

4) 人体效应评估技术。

——作用生物体器官及神经损伤研究。

电压会引起器官生物电节律紊乱,电压越高,损伤越重。实验证明:当电流通过人体,人体内部组织将受到一定损伤,根据电流大小强度增加会造成全身发热发麻,引起肌肉组织抽搐和神经中枢麻痹,继而引起心脏室颤和昏迷,最终引起目标窒息,心跳停止死亡。

——电击作用生物体损伤阈值研究。

人体对电击电流的刺激十分敏感,人体电阻值在不同情况下差异很大。由实验结果可知:当目标电阻越小,通过的电流越大,则目标受伤越重。人体组织各部分的电阻值本身不同并且根据环境不同人体电阻是变化不定的,如目标皮肤越薄,所处环境潮湿,电阻就越小;目标接触带电体的皮肤面积越大,距离越近,电阻就越小。

——生物体行为干扰效应作用研究。

电击武器作用于人体时,向人体肌肉发射的信号频率不同于大脑发出的信号频率,这使得大脑发出的信号和电击武器发出的信号相互冲突,影响控制肌肉活动的神经组织功能,使得目标无法控制身体正常行动和身体功能。

3 结论

笔者构建电击非致命武器装备技术体系,得到了筛选补充优化后的装备技术体系设计方案,并重点分析了平台辅助技术、无线电击技术、电能打击技术、人体效应评估技术。在技术体系发展规划中,描绘出电击非致命武器装备技术体系设计方案。该研究结果可为电击非致命武器装备发展提供依据,为完成各种任务提供支撑。

参考文献:

- [1] 战仁军,汪送,马永忠.非致命武器装备[M].北京:国防工业出版社,2017:104-106.
- [2] 刘恒之.警用电击武器简介[J].现代世界警察,2019(3):36-51.
- [3] 王勇超,罗胜文,杨英宝.知识图谱可视化综述[J].计算机辅助设计与图形学学报,2019,31(10):1666-1676.
- [4] 熊远波.电击武器若干关键问题的研究[D].南京:南京理工大学,2007.