

流动血库在血液应急保障中的应用价值研究

——郭瑾¹ 陈牧郁¹ 王鸿捷^{1,2}

【摘要】 通过系统性回顾国内外相关文献,梳理了流动血库的发展历程、发展现状、实际应用成效等。流动血库显著提升了血液应急保障能力。其作为一种应急血液供应机制,还需加强跨部门协作,通过技术研发实现流动血库在应急场景中的高效、安全应用。

【关键词】 流动血库;血液应急保障;院前输血;院前复苏

中图分类号:R331.1

文献标识码:A

Research on the Application Value of Walking Blood Banks in Emergency Blood Supply Assurance/GUO Jin, CHEN Muyu, WANG Hongjie. //Chinese Health Quality Management, 2026, 33(1):71-75

Abstract By conducting a systematic review of relevant literature both domestically and internationally, this study has summarized the developmental trajectory, current status, and practical effectiveness of walking blood banks. Walking blood banks have markedly enhanced the capacity for emergency blood supply assurance. As an emergency blood supply mechanism, walking blood banks require strengthened cross-departmental collaboration and the advancement of technological research and development to achieve efficient and safe applications in emergency scenarios.

Key words Walking Blood Bank; Emergency Blood Supply Assurance; Prehospital Blood Transfusion; Prehospital Resuscitation

First-author's address Beijing Red Cross Blood Center, Beijing, 100088, China

失血性休克是战场上可预防性死亡的主要原因^[1],输血和控制出血对于降低患者死亡率至关重要^[2]。流动血库是一种灵活、快速的血液供应机制,主要用于在紧急情况下快速提供新鲜全血,在紧急医疗救援中具有重要价值。其核心概念是通过预先筛选健康志愿献血者(通常是士兵、急救人员或特定群体),在需要时快速提供血液或血液成分^[3-4]。本研究通过文献回顾,对流动血库的发展历程和运行机制进行分析,并对我国血液应急保障中流动血库的价值进行探讨。

1 资料与方法

检索中国知网数据库、万方数据

学术论文总库、维普中文科技期刊数据库、中国生物医学文献数据库、百度学术、PubMed、Web of Science、Google Scholar以及相关学术组织网站中有关流动血库的文献、技术报告、指南等。使用主题词和关键词进行检索,中文检索词包括“血液应急保障”“流动血库”“步行血库”“活血库”“院前输血”等,英文检索词包括“walking blood bank”“blood preparedness”“prehospital blood transfusion”“prehospital resuscitation”“low titer group O whole blood”“blood emergency release”等。检索时间为2010年1月1日—2025年3月31日。

文献纳入标准:研究主题为流动血库的运行和管理机制;研究内容涉及流动血库和院前复苏输血,包括但不限于流动血库的设置规划、构建程

序、实施方法和法规建设等。文献排除标准:仅提及血液应急保障或流动血库但并未以流动血库的运行和管理为主题;新闻类、报道类和会议类文献。共检索得到1225篇文献,其中英文文献1213篇、中文文献12篇。经阅读标题和摘要,初步筛选出136篇与流动血库相关的文献,根据文献纳排标准,最终纳入36篇文献进行研究。

2 流动血库的发展现状与实际应用

2.1 流动血库的发展历程

流动血库的起源可以追溯到第一次世界大战期间,当时为了满足战场上的紧急需求,军医Oswald

Hope Robertson 首次将柠檬酸钠用于血液抗凝,保证了伤员能够获得血液^[3]。在第二次世界大战至越南战争期间,由于战场环境的特殊性,常规血库难以满足大量伤员的输血需求。由此,军队开始采用流动血库模式,即预先对士兵进行血型鉴定,需要时直接从志愿献血士兵中采集血液。随着时间的推移,流动血库不仅在军事领域得到了广泛应用,还在自然灾害、全球大流行病等紧急情况下发挥了重要作用^[4]。

为了更高效地利用血液资源,科学家们从 1927 年开始探索血液成分分离技术。1940 年,美国红十字会建立了第一个血库机构“Blood for Britain”,为二战中的伤员提供血液成分,这使成分输血技术得到了较快发展^[5]。1959 年, Gibson 首先提出成分输血概念^[1]。1963 年,原美国血库协会正式推荐成分输血,使全血使用率迅速降低至 18%^[6]。20 世纪 70 年代,成分输血技术逐渐成熟并被全面应用于医疗救治领域,其在全球范围内被广泛应用是现代输血技术的一个重要标志^[7]。由此,创伤急救的输血从全血输注转向成分输血。但随后 HIV 的流行降低了业内对流动血库的热情^[8]。

在严峻的军事环境(战场)中,血浆和血小板的可用性严重限制了失血性休克伤员的大量输血^[9]。伊拉克和阿富汗战争的战伤救治数据显示,低效价 O 型全血与成分输血相比,将失血性休克患者 24 h 存活率从 68% 提升至 81%^[10],这重新引起了人们对流动血库的兴趣。同时,循证输血研究也为真实世界的输血实践提供了证据支持。2020 年的一项系统评估证实,新鲜全血输注并未增加输血后感染风险{RR = 0.92, 95%CI 为(0.84, 1.01)}^[11]。

也有学者认为,流动血库的历史不应追溯到一战期间,因为流动血库是对应传统血站运行模式而产生的,而传统血站公认创立时间是 1936 年,所以流动血库的历史演进过程也可以划分为表 1 所示阶段。

2.2 流动血库的发展现状

来自美国、加拿大、挪威、荷兰、法国、波兰和瑞典等国家的军队曾报道过流动血库在前线的实施情况^[12]。阿富汗军事冲突期间,曾有文献报道过一种更大规模的协作式多国流动血库模式,包括来自 10 个国家(比利时、捷克共和国、英国、法国、意大利、蒙古、罗马尼亚、西班牙、土耳其和美国)的参与者^[8]。

挪威海军特别行动突击队与挪威卑尔根豪克兰大学医院免疫学和输血医学系于 2010 年建立了结构化的军民流动血库^[13-14]。卑尔根模型改编自军事流动血库,目标是在发生大规模伤亡事件时为平民建立流动血库,该流动血库能够提供全血和冻干血浆^[8]。

在军事行动中,流动血库的实施已被证明是安全且有效的。例如,在伊拉克和阿富汗军事行动中,早期接受血液输注的伤员生存率显著提高^[14]。研究还表明,频繁献血并不会对士兵的表现产生负面影响^[15],即使在战斗环境中,献血者在捐献 450 mL 血液后,其身体表现也并未受到显著影响^[16]。

随着在创伤救治中输注全血的

相关研究和实践在民用医疗系统中获得关注,流动血库模式在非军事环境中也越来越受到关注^[12],甚至有学者提出在太空任务中建立基于宇宙飞船乘员的“船上血库”^[17]。流动血库正经历从一种单纯的战时应急方案向民用韧性医疗体系核心组成部分的战略性转变。然而,这一转变并非简单照搬军事模式,而是基于民用环境需求进行创新与适配的结果。首先是模式创新与标准化流程的建立。已有研究系统地将军事经验应用于民用医疗,为农村医院、急救服务提供新鲜全血,证明了民用流动血库的可行性,并尝试建立了全过程的标准化操作规程^[12]。其次是非军事环境下应用场景的拓宽。在偏远与资源匮乏地区、特殊行业与特定环境、应对突发事件等情况下,创建民用流动血库可以挽救更多患者生命。目前,美国医院和血站开展了按需采集血液活动,以满足短缺期间对血液产品的需求^[18-19]。最后是信息化管理系统的应用促进了民用流动血库的智能化转型。美国血站目前应用的信息系统可以正式开发为流动血库程序,以便在血液需求增加时及时做出反应。

2.3 流动血库的实际应用

流动血库的核心优势在于其灵活性和快速响应能力,而这主要依赖于其高效的组织架构和应急流程的优化。

表 1 流动血库的发展阶段

阶段	时间段	标志性事件	所依赖技术突破
雏形期	1936—1945 年	西班牙内战首次实施战地即时采输	柠檬酸葡萄糖抗凝剂的发明延长了血液保存时间
军事化发展期	1950—1975 年	朝鲜战争期间,美军建立首个流动献血者登记系统	低温离心技术实现了血液成分分离
民用扩展期	1980—2000 年	世界卫生组织将流动血库纳入灾害医学指南	ELISA 检测技术将 HIV 窗口期缩短至 22 d
智能化转型期	2010 年至今	俄乌冲突中区块链献血者数据库投入实战	纳米血液过滤器实现了即时病原体清除

注:ELISA 即 enzyme linked immunosorbent assay,酶联免疫吸附试验。

2.3.1 流动血库的核心要素

不同于传统血站的采供血运行模式,流动血库的建立和运行必须凸显其对供血环境的适应性和灵活性,以及其对血液需求的快速响应能力。因此,在建立流动血库前,需要回答以下问题:第一,是否有建立流动血库的需求。通过需求分析,权衡本国或本地区出现大规模伤亡事件的可能性、储存全血的充分性和可用性,明确是否需要建立流动血库。第二,采用什么方案建立流动血库。包括流动献血者的来源和招募群体范围,为保证运行质量采用的监控方法,拟达到的绩效指标等。第三,采取何种紧急输血救治策略,即是使用低效价的O型Rh阳性全血输注,还是针对伤员或患者特定血型输注。有学者主张在可用的情况下,优先考虑输注特定血型的血液^[20]。第四,启动流动血库需要监管部门的批准以保证运行合规,需要有足够数量的流动献血者,还需要工作人员就必要性和实施方案达成一致,以便顺利创建流动血库。表2列举了军用流动血库和民用流动血库的核心要素。

2.3.2 流动献血者的预筛选

流动血库的核心是预先筛选合格的献血者。理想情况下,在潜在献血者实际献血前,应进行ABO和Rh血型鉴定、效价水平测定和输血相关病原体筛查,这一环节可以在实验室中进行;在常规环境中还需检测血液样本的人免疫缺陷病毒、乙型肝炎病毒、丙型肝炎病毒、人类嗜T淋巴细胞病毒、梅毒螺旋体、巨细胞病毒等,以降低血源性病原体传播的可能性。军队在部署流动血库前会对所有成员进行检测。然而,即使实施了预筛选,仍然需要在献血救治现场进行确认检测,特别是对于ABO血型的检测。为避免人们自我报告血型错误可能导致的潜在的严重(可能致死)溶血反应,流动血库成员均应使用便

携式血型鉴定卡或其他分型检测试剂进行血型确认测试。

同时,还需要搭建信息化的智能调配系统,建立献血者信息数据库。例如:美国得克萨斯州采用DonorUA系统可定位处于300 m范围内的某种特定血型的献血者,当对某种血型血液有需求时,可以精准招募^[21];挪威奥斯陆大学医院研发的TracHem系统,采用区块链溯源,可在12 s内定位特定血型人群^[22]。一般情况下,使用计算机信息系统进行匹配;特殊环境下,可用一个记录有献血者数据的活页夹或文件夹,按血型排列,以便使用。

2.3.3 组织架构与指挥体系

流动血库的快速响应依赖于高效的组织架构。以大型水面舰艇为例,应急采供血组织架构包括舰指挥组、战救中心指挥组、应急采供血组和手术组,当需要启动应急响应时,各小组分工明确,迅速开展工作^[23]。其中:舰指挥组负责下达应急采供血命令,协调全舰人员;战救中心指挥组负责现场组织协调,管理献血者和伤病员;应急采供血组负责血液采集、检测、储存和运输;手术组负责伤员救治和提出用血需求。

2.3.4 快速响应流程

流动血库的应急采供血流程经过优化,能够在短时间内完成血液采集和供应:(1)启动响应,当出现伤员且库存血液不足时,手术组提出用血需求,输血科向上级申请,启动应急采供血流程;(2)通知献血人员,通过广播通知预选供血者前往采血点,同时各小组迅速就位;(3)血液采集与检测,献血者到达后,检

验组进行快速血型鉴定和交叉配血,采血组负责血液采集;(4)血液供应,采集的血液经过简单处理后,迅速送往手术室或ICU。

2.3.5 技术支持

流动血库采用快速筛查技术,能够在短时间内完成血液检测。例如,美国得克萨斯州的流动血库使用快速病毒检测卡,确保血液在输注前无传染性疾病风险^[21]。这一技术的应用大大缩短了血液从采集到使用的等待时间。

2.3.6 信息管理

流动血库的快速响应还依赖于高效的信息管理系统,通过实时信息传递和协调,各小组能够快速响应并完成任务。在应急情况下,需要血站信息管理系统快速收集、处理和传递相关信息,兼顾常规血液供应与应急血液保障需求,确保血液供应的及时性^[24]。

2.3.7 实战演练

为确保流动血库在紧急情况下的运行,通常会进行实战演练。例如,在大型水面舰艇的演练中,从通知采血人员到完成全血采集仅用时35 min^[23]。通过演练,可以发现并优化流程中的问题,进一步提高响应速度。

3 关于我国流动血库建设的思考

目前,我国流动血库建设尚处于军事医学环境下的探索阶段,民用流动血库仅在稀有血型保障、重大活动血液保障等应用场景有初步尝试,但

表2 军用流动血库和民用流动血库的核心要素

项目	军用流动血库	民用流动血库
启动情境	战场环境(军事医疗机构治疗点)	市政急救站、偏远医院
献血者来源	现役军人(预筛率>90%)	公务员、企业员工
质量管控	HBsAg/HIV快速检测	在符合CLIA标准的实验室进行预检
时效指标	(41.4±13.2)min(美中央司令部标准)	2 h完成采集到输注流程

注:CLIA即clinical laboratory improvement amendments,是基于美国临床实验室质量管理体系《临床实验室改进修正案》的一套质量标准。

建设要素不全,系统架构不完善,缺乏常规运行的成熟案例。

3.1 流动血库的发展驱动力

从国家政策层面,《全国血站服务体系建设发展规划(2021—2025年)》(以下简称《规划》)明确提出,将血液应急保障纳入国家应急体系建设范畴,这为流动血库的发展提供了明确的政策依据和发展方向。同时,《规划》还鼓励建立国家特殊血型血液信息查询平台和扩大应急献血者队伍,这些都与流动血库建设理念高度契合。从应对特殊环境下的医疗需求角度,在远海岛礁等特殊地域,传统的血液供应链面临运输时间长、受天气影响大等挑战。为此,我国探索建立了结合舰船前送血液与由驻岛军民组成流动血库的应急保障机制。这种模式虽然缓解了备血需求,但也暴露出采血至输血过程耗时长、环节多等问题,凸显了进一步优化流动血库运行流程的必要性。此外,流动血库的高效运转离不开信息技术的支撑。物联网、人工智能技术的应用,为未来实现流动血库全流程可追溯的智能化管理提供了可能。

3.2 流动血库的建设路径

针对Rh阴性等稀有血型需求,华北地区稀有血型流动库通过协调多省市的血液中心,建立快速供血通道和稀有血型献血者队伍联盟。这种模式实现了稀有血型资源的跨区域共享和应急调配。在此基础上,可以探索在应对稀有血型应急供血的场景下,建立全要素、全流程的民用流动血库。从军民融合与平战结合机制出发,探索军民融合的血液保障机制,这有助于将军事医学中成熟的流动血库经验应用到民用应急体系中,实现“平时服务、急时应急、战时应变”的目标。同时,目前部分血站

已开始应用“远端储血—供血”模式,即在用血量大的医疗机构通过远端智能储血冰箱,建立类似的小型血液储存点,应急情况下能够为该医院或辐射周边医院紧急供血,从而缩短血液运输时间,为危重患者抢救赢得宝贵时间。这可以作为流动血库建设的辅助模式。

4 小结

流动血库作为一种应急血液供应系统,已经在前线军事哨所、游轮、小型乡村医院及院前环境中成功建立,甚至可能在太空中使用,在军事和民用领域都具有重要的应用价值。其快速响应能力和提供新鲜全血的优势,使其在紧急情况下能够显著提高伤员或患者生存率。流动血库的民用化不仅是辅助性血液储备手段,而且是构建韧性医疗网络的核心节点,其价值已超越单纯技术革新,正在重塑社会组织对公共危机的响应范式。

尽管流动血库在应急情况下表现出色,但其大规模应用仍面临挑战。例如,在大规模军事行动或重大自然灾害中,仅依靠流动血库可能难以满足血液需求,未来需要进一步发展血液制造和血液替代品等技术,以补充流动血库的不足^[25]。为了充分发挥其潜力,还需进一步研究和优化实施策略,包括:需要更多的前瞻性研究,以优化其应用并确保献血者安全;需要更多的政策支持和技术创新,以促进流动血库模式的推广;需在高效性与伦理间取得平衡,使流动血库更好地服务于公共卫生。

作者贡献:郭瑾负责资料分析、论文撰写;陈牧郁负责资料收集、数据核对;王鸿捷负责论文修改、研究选题及思路指导。

利益冲突:所有作者声明本文无实际或潜在的利益冲突。

参考文献

- [1] SPINELLA PC, CAP AP. Prehospital hemostatic resuscitation to achieve zero preventable deaths after traumatic injury[J]. *Curr Opin Hematol*, 2017, 24(6): 529—535.
- [2] KOTWAL RS, SCOTT LLF, JANAK JC, et al. The effect of prehospital transport time, injury severity, and blood transfusion on survival of US military casualties in Iraq[J]. *J Trauma Acute Care Surg*, 2018, 85(Suppl 2): S112—S121.
- [3] BRIGMON EP, CIRONE J, HARRELL K, et al. Walking blood bank: a plan to ensure self-sufficiency in an era of blood shortage[J]. *Trauma Surg Acute Care Open*, 2024, 9(Suppl 1): e001151.
- [4] DEGUELDRE J, DESSY E, TSAS F, et al. A systematic review of indications when and how a military walking blood bank could bridge blood product unavailability[J]. *Blood Transfus*, 2024, 22(5): 395—404.
- [5] LEFRÈRE JJ. Transfusion medicine history illustrated. Arming for war: the donor's arm[J]. *Transfusion*, 2011, 51(10): 2064—2065.
- [6] APELSETH TO, KRISTOFERSEN EK, STRANDENES G, et al. Training of medical students in the use of emergency whole blood collection and transfusion in the framework of a civilian walking blood bank[J]. *Transfusion*, 2023, 63(Suppl 3): S60—S66.
- [7] 杨成民, 刘进, 赵桐茂. 中华输血学(第二版)[M]. 北京: 人民卫生出版社, 2021: 737—749.
- [8] KAADA SH, APELSETH TO, HAGEN KG, et al. How do I get an emergency civilian walking blood bank running[J]. *Transfusion*, 2019, 59(S2): 1446—1452.
- [9] JOHNSON VV, SWIATKOWSKI SA. Scientific aspects of supplying blood to distant military theaters[J]. *Curr Opin Hematol*, 2007, 14(6): 694—699.
- [10] BERSÉUS O, HERVIG T, SEG-HATCHIAN J. Military walking blood bank and the civilian blood service[J]. *Transfus Apher Sci*, 2012, 46(3): 341—342.
- [11] NAUMANN DN, BOULTON AJ, SANDHU A, et al. Fresh whole blood from walking blood banks for patients with traumatic

hemorrhagic shock; a systematic review and meta-analysis[J]. J Trauma Acute Care Surg, 2020, 89(4): 792-800.

[12] BERSÉUS O, HERVIG T, SEG-HATCHIAN J. Military walking blood bank and the civilian blood service[J]. Transfus Apher Sci, 2012, 46(3): 341-342.

[13] DOUGHTY H, GLASGOW S, KRISTOFFERSEN E. Mass casualty events; blood transfusion emergency preparedness across the continuum of care[J]. Transfusion, 2016, 56(Suppl 2): S208-S216.

[14] WHEELER AR, CUENCA C, FISHER AD, et al. Development of prehospital assessment findings associated with massive transfusion[J]. Transfusion, 2020, 60(Suppl S3): S70-S76.

[15] STRANDEENES G, SKOGRAND H, SPINELLA PC, et al. Donor performance of combat readiness skills of special forces soldiers are maintained immediately after whole blood donation; a study to support the development of a prehospital fresh whole blood transfusion program[J]. Transfusion, 2012, 53(3): 526-530.

[16] DEGUELDRE J, DESSY E, T'SAS F, et al. Minimal tactical impact and maximal donor safety after a buddy trans-

fusion; a study on elite soldier performances in both laboratory and field environments[J]. Transfusion, 2021, 61(Suppl S1): S32-S42.

[17] NOWAK ES, REYES DP, BRYANT BJ, et al. Blood transfusion for deep space exploration[J]. Transfusion, 2019, 59(10): 3077-3083.

[18] SCHMIDT PJ. Blood and disaster - supply and demand[J]. N Engl J Med, 2002, 8(346): 617-620.

[19] STEELE WR, SCHREIBER GB, GUILTINAN A, et al. Role of altruistic behavior, empathetic concern, and social responsibility motivation in blood donation behavior[J]. Transfusion, 2007, 48(1): 43-54.

[20] CAP AP, BECKETT A, BENOVA, et al. Whole blood transfusion[J]. Mil Med, 2018, 183(Suppl2): 44-51.

[21] Wilderness Medicine Society. Creating your own walking blood bank[R/OL]. Wilderness Medicine Magazine. (2021-03-24) [2025-07-03]. <https://wms.org/magazine/1300/walking-blood-bank.html/default.aspx>.

[22] AABB. The potential benefits of civilian walking blood banks[R/OL]. AABB NewsMagazine. (2023-10-01) [2025-07-

-03]. https://www.aabb.org/docs/default-source/member-protected-files/news/aabb-news-magazine/news2310.pdf?sfvrsn=89f7e193_4.

[23] 蔡维乐, 贺治青, 黄开开, 等. 流动血库在大型水面舰艇血液保障中的运用与思考[J]. 海军军医大学学报, 2023, 44(5): 631-635.

[24] DA SOUZA AT, FLORES J, MILLENDEZ L, et al. Radiofrequency identification tracking system (RFID) significantly improves blood bank inventory management and decreases staff work effort[J]. Transfusion, 2024, 64(4): 578-584.

[25] ESTRADA A, FURMANSKI O, KLARMANN GJ, et al. Progress in development of functional biological and synthetic blood products to augment transfusable blood supply in operational medicine[J]. Bioengineering (Basel), 2025, 12(3): 256.

通信作者:

郭瑾: 北京市红十字血液中心业务科科长
E-mail: vivi_guojin@163.com

收稿日期: 2025-05-09

修回日期: 2025-09-29

本文编辑: 吴小红

(上接第63页)

ning-of-innovative-medicines-devices-diagnostics-and-digital-technologies-for-stakeholders-in-England_Fina.pdf.

[20] SADEK J, INSKIP A, WOLTMANN J, et al. ScanMedicine: an online search system for medical innovation[J]. Contemp Clin Trials, 2023, 125: 107042.

[21] NIHR Innovation Observatory. ScanMedicine: an online search system for medical innovation[EB/OL]. (2023-02-14) [2025-03-25]. <https://io.nihr.ac.uk/resources/journal-articles/scanmedicine-an-online-search-system-for-medical-innovation/>.

[22] NIHR Innovation Observatory. A horizon scan of emerging generative AI-enabled technologies for use in healthcare[EB/OL]. (2025-05-20) [2025-08-

25]. <https://io.nihr.ac.uk/resources/reports/a-horizon-scan-of-emerging-generative-ai-enabled-technologies-for-use-in-healthcare/>.

[23] NIHR Innovation Observatory. Artificial intelligence healthcare technologies[EB/OL]. (2023-11-22) [2025-08-25]. <https://io.nihr.ac.uk/visual-report/ai-healthcare-technologies/>.

[24] NIHR Innovation Observatory. Abilify MyCite (aripiprazole with sensor) for bipolar disorder and schizophrenia[EB/OL]. (2020-11-11) [2025-08-25]. <https://io.nihr.ac.uk/techbriefings/abilify-mycite-aripiprazole-with-sensor-for-bipolar-disorder-and-schizophrenia/>.

[25] NICE Guidance. Digital therapy for chronic tic disorders and Tourette syn-

drome: early value assessment[EB/OL]. (2025-05-07) [2025-08-25]. <https://www.nice.org.uk/guidance/hte25>.

[26] 符雨嫣, 何达, 罗雅双, 等. 可穿戴医疗设备的卫生技术评估方法学研究[J]. 中国卫生质量管理, 2024, 31(10): 86-90, 106.

[27] 贾香平, 关瑜山, 茹楠, 等. 基于移动健康的慢性病护理随访经济学研究的系统评价[J]. 中国卫生质量管理, 2025, 32(3): 64-68.

通信作者:

王海银: 上海市卫生和健康发展研究中心(上海市医学科学技术情报研究所)研究员
E-mail: wanghaiyin@shdrc.org

收稿日期: 2025-03-28

修回日期: 2025-09-28

本文编辑: 黄海凤