·述评·

融合、科技与韧性：院前急救与灾害医学应对能力的范式转变

陈康[1] 王旸[1] 谢婷[2] 吕传柱[1]
[1] 四川省医学科学院·四川省人民医院(电子科技大学附属医学院)急诊科，成都 610041；[2] 电子科技大学医学院，成都 610056
通信作者：吕传柱，Email：lvchuanzhu677@126.com
基金项目：深圳市“医疗卫生三名工程”（SZSM202402020）
DOI: 10.3760/cma.j.cn114656-20251031-00770

1 现状

全球气候变化与城市化进程交织演进，致使突发事件频发、强度攀升，对各国应急响应体系构成严峻挑战[1-3]。在此背景下，院前急救（pre-hospital emergency）作为灾害医学体系的“哨兵”与“第一道防线”，其运行效率与服务质量，直接决定了整体灾害医学响应的成效[4]。在实践中，院前急救与灾害医学并非彼此割裂，而是“平急一体”的有机整体[5-6]。灾害医学是院前急救在极端场景下的延伸与检验，而院前急救则是灾害医学能力的日常“练兵场”与“蓄能池”。二者的融合程度，直接决定了社会整体应对突发事件的容灾韧性水平。

在灾害医学体系框架下，院前急救已成为融合急诊医学、创伤学、公共卫生、应急管理等多学科的交叉实践领域，其核心使命是在突发事件中最大程度降低死亡与致残率[7]。它涵盖“呼救响应—现场救治—转运衔接”全流程，体系建设必须兼顾时效性与专业性、资源统筹与精准响应、传统经验与技术创新之间的多重平衡[8]。长期以来，我国传统院前急救体系面临着“响应滞后、资源分散、协同不足、技术分层模糊”等结构性痛点，这也促使行业持续探索体系化、融合化的发展新路[9]。这一挑战具有全球普遍性。一项针对2014—2023年东南亚地区突发灾害的系统性回顾研究指出，在印度尼西亚、菲律宾、缅甸等地发生的17起灾害事件中，“重症监护”与“手术”等关键医疗服务的提供情况普遍缺失，同时，该研究强调，灾后协调外部援助以覆盖核心灾区是一项重大挑战[10]。因此将核心救援能力深度整合并前置储备于日常体系之中的非常重要。

从汶川地震到泸定地震，再到新冠疫情防控，四川的实践表明，灾害医学的韧性绝非源于灾时动员，而在于日常院前急救体系中的持续“蓄能”。基于此，我们倡议构建以融合、科技与韧性为核心的新范式。简言之，以“融合”筑基、以“科技”赋能、以“韧性”铸目标，这三大支柱共同构成了实现“平急蓄能”的核心实践路径。

2 融合到韧性：通过科技赋能实现“平急蓄能”的三大路径

面对灾害不确定性，提升体系韧性的根本路径在于“平急蓄能”——即通过将专业化的人力、技术与物资深度整合并前置储备于日常院前急救网络，构建一种可在灾害发生时迅速平急转换的常态化运行体系[11-12]。2022年泸定地震[13]（46人遇难）与2023年土耳其地震[14]（遇难人数逾万）伤亡对比，虽存在地质、社会等背景差异，但深刻揭示了具备坚强有力的应急指挥体系与训练有素的常备救援力量，对于在巨灾中保护人民生命安全的极端重要性。尤为关键的是，2022年泸定地震实现“收治伤员零死亡”,与2008年汶川地震的“万计伤亡”形成鲜明对比[15-16],是“平急蓄能”范式的关键例证。该范式的成功实践，通过三大路径协同实现，以要素融合奠定平急一体的能力基础，以科技赋能构建精准高效的智能引擎，并最终将二者成果转化为系统韧性，使体系具备稳运行、抗冲击、自进化的根本属性。下文将沿此三大路径展开论述。

2.1 路径一：要素融合，奠定“平急蓄能”的基石

“平急蓄能”的实现，首要前提在于整合思想、模式与能力三大核心要素，确保急救体系在灾害发生时能做出迅速、有效的响应。

2.1.1 思想融合：“五个导向”“四个前移”与“平急蓄能”的融合

实践中，“五个导向”明确灾害医学与院前急救的价值准则，“四个前移”提供落地路径，与“平急蓄能”策略共同构成“日常筑基、灾时提效”的思想体系，契合《国家突发事件总体应急预案》“以

人为本、科学施救”的原则[17]。

作为构建现代化应急与急救体系的指导原则和核心价值观，“五个导向”明确平急融合的价值基准，具体而言，它强调以患者为中心导向，围绕患者救治需求设计急救流程、资源配置与服务模式，贯穿平急全场景；以流程为核心导向，通过标准化、规范化流程保障医疗质量与安全，实现平急流程无缝衔接；以时间为导向，优化全流程环节，最大限度缩短非必要耗时，抢占救治黄金时间；以质量为根本导向，坚守医疗服务安全底线，确保平急场景下质量标准统一；以数据为决策依据导向，依托全流程数据发现问题、评估效果、科学决策，驱动体系持续优化。

“四个前移”为体系价值落地提供具体行动方案，其核心在于通过将应急急救关口与资源前置，提升救治时效性。管理前移旨在实现现场管理的即时决策，提升应急响应灵活性；人才前移确保患者在救治黄金时间获得高水平诊疗；装备前移确保核心急救技术在现场及时可及；而救治与平台前移以赢得救治时机。

2.1.2　模式融合：构建“链式后送—立体干预”的平急融合的急救闭环

“链式后送—立体干预”是一种旨在“分级救治、立体支援”理念的工作模式。即通过“链式后送”的“现场—转运—收治”节点，确保患者分级连续救治，同时，通过“立体干预”的观念整合现代通讯联络和多维投送装备，突破时间空间和地理环境限制,实现知识技术和支援装备的及时获得性，从而形成“发起及处置”的快速响应模式。

一级转运为现场至区域医疗机构，日常由社区急救单元承担轻症患者转运，灾时依托急救支援队伍与社会力量协同，重点开展基础救护（气道开放、出血控制等基础生命支持），缩短现场滞留时间，核心覆盖损伤严重程度评分（injury severity score, ISS）<16 分的轻中度创伤患者[18-20]。二级转运为县（区）医疗机构至市级医疗机构，日常用于中度重症患者转运，灾时由配备呼吸机、监护仪等设备的监护型救护车执行，重点覆盖 ISS 16~25 分的重度创伤患者，确保损伤控制治疗的连续性。三级转运为市级医疗机构至省级创伤救治中心，日常用于危重症患者转运，灾时由省市级移动重症单元[搭载体外膜肺氧合（extracorporeal membrane oxygenation, ECMO）、便携式连续性肾脏替代治疗（continuous renal replacement therapy, CRRT）等高阶生命支持设备]完成，专门承接 ISS>25 分的极重度创伤患者，最大限度降低危重患者转运风险。县（区）医疗机构作为模式核心枢纽，配备“基础救治—病情评估—资源调度—通讯联动”四大模块，日常承担区域急救分中心职能，灾时可快速转化为“临时救护所”，实现平急功能无缝切换，这一架构在“9 · 5”泸定地震救援中得到充分验证，成为衔接现场救治与分级转运的关键节点。

针对单一地面急救难以应对复杂场景的局限，“立体干预”网络构建“多维投送＋通讯赋能”的双支撑体系，在多维投送层面，整合空中、地面与水上运输能力，实现“日常覆盖、灾时扩容”。空中干预作为地面急救的重要补充，日常用于偏远地区重症转运，灾时针对交通中断场景实施伤员“蛙跳式”后送，如泸定地震中直升机直接跨越损毁路段，将核心灾区伤员转运至后方高级别医院；地面干预构建网格化网络，以城市 5 km²、农村 10 km² 为单位，配置“1 个固定急救单元 +1 个机动单元”，日常承担常规急救，灾时联动消防、公安形成协同救援力量；水上干预则通过临水城镇配备的“急救冲锋舟”，填补涉水救援空白，日常开展演练、灾时直接参与涉水突发事件救援。在通讯赋能层面，依托 5G、卫星通讯等现代技术搭建全域协同指挥平台，实时共享伤员伤情、转运状态、资源分布等信息，实现远程技术咨询指导、现场需求动态研判与多通路协同调度，如泸定地震救援中通过跨部门通讯联动，同步协调地空水转运路径，确保救援力量与伤员转运高效匹配，真正打破“信息孤岛”，实现技术支援、装备投送与指挥决策的全域贯通。

2.1.3　能力融合：公众到专业的救援梯队

为实现“日常保基本、灾时保重症”的韧性目标，单一技术体系已难以应对复杂的伤情差异。我们需要构建基于执行者角色的能力协同策略，通过明确公众与专业的救援职能，实现从社会广泛响应到专业处置的有效衔接。

将社会公众转化为庞大、高效的初始预警与响应网络，这是“平急融合”体系中社会动员韧性的根本体现。推动全民普及防灾意识、避险自救知识以及止血包扎、心肺复苏、气道异物去除（海姆立克法）等技术和自动体外除颤器（automated external defibrillators, AED）使用。通过联合教育、卫健部门建立“学校—社区—企业”三级培训网络推进标准化培训，并编制图文与视频结合的简易教学材料，以降低操作难度。旨在确保在各类突发事件现场，第一目击者都能实施有效的初步生命支持措施，为后续专业救援赢得黄金抢救时间，从而将社会公众转化为灾害救援体系中可靠的初始响应力量。

专精技术是急危重症救治关键，其效能发挥依赖于掌握这些技术的专业化团队。为保障此类

专业救援力量的基数密度，需建立常态化的人力储备机制。例如，可依据服务人口（如按每 5 万常住人口标准储备多支专业化应急骨干团队）。这些团队需常态化掌握心肺复苏（cardiopulmonary resuscitation, CPR）、气道管理、致命性出血控制等核心急救技术，并通过定期的跨部门联合演练，确保其平急转换与协同处置的能力。

在此坚实的人才基础上，需进一步整合各类专业化团队构建“区域专精网络”，即掌握 ECMO、创伤控制性手术（damage control surgery, DCS）、便携式 CRRT 等高阶生命支持技术的专业化团队，通过调度机制和标准化流程构成区域性协作网络。在日常医疗中承担重症转运职能，灾时迅速转化为重症救治支撑。ECMO 作为重症生命支持核心技术，日常用于心衰、呼衰等重症患者转运，灾时可快速抵近灾害现场部署为危重症患者争取救治时间[21-23]。对于 DCS 主要适用于 ISS>25 分的严重创伤患者[24]。应推行“简化 DCS”，在具备基础手术设备的场所快速实施，在急救车场景下优先开展损伤控制性复苏（damage control resuscitation, DCR）[25]，日常可为腹部创伤等重症患者提供转运支持，在灾时承担现场严重创伤的初步处置任务[26-28]。CRRT 针对挤压综合征、严重感染合并急性肾损伤的患者[29]，应推动便携式 CRRT 设备的广泛应用。便携式 CRRT 日常可用于肾功能障碍患者的转运过程，灾时则可部署至灾害现场，实现对器官功能的早期支持与维护。如此，区域专精技术网络通过整合多种高阶生命支持技术与机动化部署能力，有效强化了专业救援力量在复杂环境中的高效处置水平，进而在整体灾害响应机制中发挥重要作用。

打破基础与专精技术的孤立状态，建立“双向支援”机制。基础支撑专精，现场人员通过基础技术维持患者生命体征，为专精救治团队抵达争取黄金时间；专精指导基础，专精团队通过远程视频指导现场人员操作，规避技术风险；技术信息衔接，基础团队实时记录患者伤情与处置信息，同步至专精团队，确保救治连续性。

2.2 路径二：科技赋能，构建“平急蓄能”的引擎

科技赋能是推动体系从经验驱动向数据驱动转型的核心动力。通过构建覆盖“调度—流程—操作—决策”全闭环链的智能系统，全面提升响应速度、执行规范与指挥效能，为“平急蓄能”提供持续技术驱动力。

2.2.1 调度赋能：基于 AI 与大数据的资源精准配置与调度

针对突发事件中资源“供需失衡”痛点，基于“供需匹配”理论，建立以 AI 与大数据为引擎的“精准调度—分级响应”机制，该机制通过全流程的智能化改造，旨在实现从被动响应到主动预判、从经验决策到数据决策的根本性转变，其核心架构由三个层面构成。

首先是资源动态感知和可视化，构建平急通用监控平台，即建立区域院前急救与灾害医学资源监控平台，整合三类资源实时信息。具体为急救单元监控，依托北斗卫星导航系统实时获取急救单元位置、运行状态（空闲 / 执行任务）及设备配置信息。日常优化调度效率，灾时支持跨区域力量调配。设备资源监控，应建立“急救设备库”，实时统计呼吸机、ECMO、急救背囊等设备数量与状态，日常保障设备备用率 100%，灾时实现快速调拨。最后是药品资源监控，通过急救车车载系统实时更新药品库存，低于阈值自动预警，日常规避药品过期风险，灾时优先保障止血药、包扎材料及呼吸循环支持器材供应。

在全面感知的基础上，进而实现精准预测与资源预置。构建“需求预测模型”，将 AI 与大数据的分析能力应用于平急场景的科学预判。如基于事件类型预测，该模型能根据灾害类型预判伤情谱，例如，地震灾害预判创伤患者占比约 80%，洪涝灾害预判溺水患者占比约 30%；日常则依据区域疾病谱，预判心脑血管患者占比，据此配置针对性器材设备。又如基于规模与时间预测，灾时按受灾人口（如 10~20 万预备 30~50 个急救单元，日常按每 5 万人 1 个急救单元）和灾害演进的不同阶段（如划分为 0~24 h 需求峰值期、24~72 h 需求下降期、72 h 后平稳期）动态调整资源储备与投放策略，日常则按早晚高峰动态调整资源分布。

最终通过 AI 辅助决策实现调度指令，摒弃“炫技式 AI”，聚焦于调度进行智能化赋能。日常 AI 能够综合实时需求、资源位置、路况信息、医院承载能力等多维数据，自动生成并优化调度方案，实现从“人找资源”到“方案匹配任务”的转变，从源头提升急救效率。在灾时复杂情况下，AI 能够为急救单元动态规划最优行进路线，并支持跨区域、跨层级的联合路径规划，确保救援力量以最快速度抵达现场。

2.2.2 流程赋能：构建“平急通用”的时间管控模型

科技赋能的效益最终需要通过优化的流程来落地。应突破传统院前急救仅关注“反应时间”的局限[30-31]，将全流程拆解为“呼救响应—现场救治—转运衔接”三大核心节点，构建了“平急通用”的时间精准控制模型，确保“时间—技术双控制”理念的实现。

首先是呼救响应节点，在日常运营中，要求急救中心在接警后 90 s 内下达调度指令（偏远地区 ≤ 3 min）[32]，需要 AI 调度系统的算力支撑；灾时则通过区域急救中心联动响应，进一步缩短指令传达耗时。随后对于现场救治节点，日常按伤情分级设定处置时长上限（如心搏骤停患者现场处置 ≤ 10 min），灾时则结合灾害类型动态调整（如地震创伤患者现场处置 ≤ 15 min），在保证生命支持的前提下避免在现场过度停留，这一决策有赖于智能手环、车载摄像等设备回传的实时数据支持。最后是转运衔接节点，日常通过信息系统，要求医院在急救车返回前完成接诊准备，灾时则通过“节点连续衔接”模式，提前将患者伤情同步至接收医院，实现“呼叫即抢救”。

这一时间管控模型的有效性在实战中得到验证。与 2008 年汶川地震因交通通信中断而造成的巨大伤亡相比，在 2022 年泸定地震救援中，依托上述体系，5 支国家级、省级救援队均在 24 h 内抵达灾区，通过水—陆—空“立体干预”通道，在 72 h 内成功转运伤员 195 名，并实现了收治的 249 名伤员零死亡。印证了日常的流程化节点管控，是灾时时间效率的基石[15-16]。

2.2.3 操作赋能：利用智能技术保障现场救治规范与质控

为将日常院前急救中高标准操作能力转化为灾害应急响应中的稳定效能，利用智能技术构建了覆盖“培训—执行—评估”全链条的赋能体系，其核心在于将经验依赖性的操作转化为可监控、可指导、可回溯、可优化的数据化闭环。

首先，在技术培训方面，笔者团队通过模拟真实场景与智能评估,实现从“会操作”到“能应变”的能力跃升。摒弃全技术覆盖与室内理论教学的传统模式，转而聚焦于平急通用的核心技术，包括基础生命支持（CPR、AED 使用、气道异物清除）、创伤救治（止血、骨折固定、伤口包扎）、特殊场景急救（溺水复苏、电击伤处置、低温保暖）等，并构建高度仿真的“地震废墟、洪涝积水、交通事故”等模拟场景进行实操培训。在此基础之上，引入智能感知与评估系统，通过部署于模拟现场的传感器与摄像头，系统能自动捕捉学员在实施 CPR、浑浊水域打捞等复杂任务时的操作轨迹、力度与时效，并结合 AI 算法进行实时分析与评分。这种数据驱动的情景模拟考核从技术规范度、时间控制精度与决策合理性等多维度进行客观评估，确保培训效果能直接转化为实战能力。2023 年泸定地震救援的实践表明，经受此模式培训的急救人员，其现场技术的适应性与稳定性均得到有效提升[16]。

在实战方面，可以通过构建“操作—数据—反馈”的实时质控闭环，确保现场救治的规范性。该闭环由三个关键部分组成，首先是操作过程的动态感知，急救人员佩戴的智能手环与急救单元搭载的多角度摄像系统，共同构成现场操作的数据采集网络，无感记录关键操作的执行过程与患者生命体征趋势。再是数据驱动实时干预，采集的数据与 AI 智能检伤系统及操作规范知识库实时比对。系统不仅能辅助提升伤情判断的准确性，更能对可预见的操作偏差（如按压深度不足、止血带位置错误）进行实时语音提示或告警，实现“边做边纠”。最后是关键事件自动溯源，如心搏骤停、严重创伤等关键救治事件，系统自动标记并整合与之相关的全部操作录像与生命体征数据，形成结构化案例包，为后续的精准复盘与责任追溯提供不可篡改的客观依据。

最终，在评估方面，通过深度数据挖掘而推动质量的持续改进。对所有记录的操作数据进行聚合分析，从宏观上识别特定团队、特定环节的共性技术薄弱点（如气道管理耗时过长、某类骨折固定合格率偏低），并将此分析结果反馈至培训体系，用以定制下一周期的强化培训课程,从而形成“实战—数据—分析—培训—再实战”的质控大循环，也就是“过程管理—结果督导”的实时质控闭环，即通过智能技术对操作过程的动态感知与数据驱动干预，实现了对现场救治的过程管理，同时通过对关键事件的自动溯源与结构化案例包的生成，实现了客观的结果督导。这确保了医疗救援的质量与安全，在任何压力环境下都能达成稳定的高水准输出，显著增强了急救体系在高压环境下的操作韧性。

2.2.4 决策赋能：通过信息联通与数据分析驱动科学指挥

智能决策作为“科技赋能”的集中体现，是打通平急融合壁垒、提升体系韧性的智慧中枢。它通过全流程数据联通与智能应用,确保在正确的时间、为正确的环节、提供正确的信息与决策支持，从而实现从“经验驱动”到“数据智能驱动”的根本转变。

决策的基础在于构建统一的全域数据池并打破信息孤岛，我们构建了统一的全域数据池，无缝汇聚“人—机—环—事”全要素信息。“人”即患者与急救人员信息;“机”即车辆、设备、药品状态；“环”即气象、路况等现场环境；“事”即呼救、处置、转运等关键节点。这不仅实现了患者伤情、急救资源、现场环境等数据的标准化记录，更通过自动化采集技术，极大减轻了一线人员的负担，为平急状态下的资源统一调度与指挥决策提供了可信的

数据来源，从底层支撑了体系的深度融合。针对应急响应中普遍的“信息孤岛”问题，致力于打通横向（急救、消防、气象、交通），使得各部门共享灾害预警信息、获取实时路况、同步搜救进展，提升协同效率，在纵向上，贯通“村—乡—县—市—省”五级急救网络的信息流。这一举措直接为“立体干预”网络提供了协同基础，也为资源调度模型提供了决策依据，使得指挥中心能够基于跨部门的全面数据感知态势，为提升系统协同韧性奠定了坚实的信息基础。

在融合数据的基础上，部署面向实战的 AI 辅助决策应用，其核心在于态势研判与方案优化。在宏观态势研判上，AI 辅助决策能基于实时汇集的全局数据，对灾害影响范围、伤员增长趋势、资源消耗速率进行预测模拟，为指挥层动态调整资源布局、启动分级响应预案提供前瞻性的数据支持。在救援方案优化上，AI 能为复杂救援场景提供基于生命体征、伤情数据、资源位置与历史案例的综合数据支持。例如，在交通中断情况下，系统能综合评估伤员情况、路况、医院承载能力等多重约束，辅助指挥者制定系统最优的后送路径与分流方案。这些应用共同将应急指挥体系塑造为掌控全局的智慧大脑，使其能够通观全局、科学决策，最终显著增强了整个急救体系在高压、复杂环境下的协同韧性。

2.3 路径三：系统韧性，达成“平急蓄能”的目标

系统韧性是“平急蓄能”的最终体现。通过构建可扩展的响应网络、稳定可靠的操作流程及具备自我进化能力的智慧体系，使急救系统在灾害冲击中不仅能保持功能完整,还能持续优化,实现从“被动响应”到“主动容灾”的根本转变。

2.3.1 规模韧性：日常储备到灾时调用的快速扩容

系统韧性的根基，在于其物理架构能够像生命体一样，在灾害来临时快速、平滑扩容。这种能力并非源于灾时的临时动员，而是内嵌于体系架构之中。首先是“技术单元的平急通用”，即体系中的每一个关键技术团队，如社区急救站、一辆监护型急救车小组、一个 ECMO 团队，在日常就是承担其本职工作的功能单元。其核心设计在于，它们都预设了一键切换的灾害模式。一旦灾害触发，社区急救站通过启用储备物资、启动应急预案，能立即转化为一个具备检伤、基础救治和指挥协调功能的“临时救护所”。监护救护车小组通过启用随车灾备物资包、切换通信频道，能转变为现场移动救治点。这种“一单元，两状态”的设计，使得体系的服务能力不是从零开始建设，而是在现有基础上瞬间倍增。其次是对于“通道多路互备”，即救援通道的韧性，体现在永远有“B 计划”。当地震将公路撕成碎片，预设的地面通道失效时，体系不会瘫痪。基于日常演练和协议，空中救援直升机立即起飞，执行“蛙跳式”转运，绕过损毁路段；在洪涝淹没道路时，临水地区预设的“急救冲锋舟”便成为生命通道。这种“地空水”三套并行的转运方案，确保了无论环境如何破坏,总有一条路能将伤员运出，将救援力量送抵。

如此，规模韧性通过“技术单元平急通用”与“通道多路互备”两大策略,将急救体系从一个静态、固定的“建筑”，重塑为一个能够随时变形、扩展的“生命体”。这确保了在面对任何灾害时，体系都能保持骨架不散、血脉畅通，实现从日常储备到灾时调用的有效切换与快速扩容。

2.3.2 功能韧性：复杂环境下的稳定救治能力

规模韧性解决了“够不够”的问题，那么功能韧性则是“行不行”的考验。它指的是在面对灾害带来的复杂伤情谱、激增的工作负荷与恶劣的现场环境等多重压力时，所展现出的高效、精准且稳定的处置能力。这种能力并非偶然，正是“要素融合”与“科技赋能”两大路径成果在实战中的集中体现。

两大核心机制体现功能韧性。一是“技术的现场适配”，即体系不要求在现场生硬执行医院内的标准流程，而是为每项核心技术制定了清晰的“现场操作指南”。例如，在狭窄的废墟缝隙中，标准站姿 CPR 无法实施，预案中明确的“跪姿 CPR”就成为标准操作的等效替代；当电力中断导致电动负压吸引器无法使用时，立即启用标配的“手动吸引器”完成气道清理。确保核心救治技术在极端条件下不仅能做,而且做对。二是“质量的实时守护”，在混乱的灾害现场，每一个操作都被科技手段默默守护。急救人员佩戴的智能设备与车载系统，能自动识别按压深度不足、止血带位置错误等关键偏差，并立即通过语音发出提示。每一次救援任务结束后，所有关键操作数据会自动生成一份质量报告，精准定位共性问题和薄弱环节,并直接反馈给培训部门，用于定制下一轮的强化训练课程。这形成了一个“发现问题—立即纠正—优化培训—提升能力”的完整循环。在这种操作韧性，将救治能力从高度依赖个体临场发挥的变量，转化为一个由体系保障的、可预测的恒定服务。它确保了医疗救援的质量与安全，在任何压力环境下都能达成稳定的高水准输出。

因此，功能韧性表现为在混乱的灾害现场，急救系统能像一位经验丰富的指挥官，沉着地调用融

合的要素，借助科技的“慧眼”与“巧手”，将复杂的救援任务分解为一系列有序、高效、精准的行动。

2.3.3 优化韧性：在实战复盘中提升的急救系统自进化

在规模和功能韧性解决“够不够”与“行不行”的基础上，优化韧性解决“好不好”的命题，即系统能否通过制度化的学习与改进，将实战经验转化为持续进步的驱动力。标志着系统从静态的“抗冲击”向动态的“自进化”跃迁，而这自进化能力，通过一个核心闭环与两大支撑系统来实现。

首先，核心闭环在于“经验—数据”双驱动的质控闭环，系统通过制度化的“实战—复盘—优化—培训”闭环，将每一次灾害救援中暴露出的协同问题、技术短板和决策盲区，转化为具体的优化措施。同时，“急诊急救大平台”记录的海量数据，为复盘与优化提供了客观依据[33]。这确保了上一次救援中遇到的每一个障碍，都成为下一次响应中得以解决的确定性方案，将分散的个体经验转化为驱动系统完善的公共资产。本质上，这构成了一个覆盖“过程管理—结果督导—持续改进”全环节的质控闭环，为系统的自进化提供了稳定的机制保障。

其次，该闭环的有效运转，依赖于两大支撑系统，一是标准化的“多部门协同培训”。通过构建“1+N”协作培训系统，将跨部门协同从临时磨合转化为标准化的“肌肉记忆”。在 2022 年湖南长沙自建房倒塌救援中，经受此系统训练的团队，其协作衔接时间显著缩短，证明了日常标准化协同训练对提升灾时整体响应效能的决定性作用。二是多维度的“质量督导评估”。建立覆盖“效率、效果、安全”的评估系统，并通过“季度区域督导、年度综合评估、灾后专项复盘”的组合机制落地。两大系统不仅驱动日常质量提升，更能通过灾后复盘精准诊断系统脆弱性，为优化提供实证方向。

最终，急救系统的自进化从“被动响应”迈向“主动预见”。基于对历史与实时数据的深度挖掘，系统能够前瞻性地识别资源布局的脆弱点、预测不同类型灾害的伤情规律，并据此主动调整储备策略、优化调度算法、开展针对性演练。这使得系统的优化不再局限于“事后补救”，更实现了“事前预演”与“精准预备”。优化韧性通过“经验—数据”双驱动质控闭环与“培训—评估”双支撑系统，构建了一个具备“免疫记忆”的生命体。每一次行动都成为其进化的养分，驱动整个体系在动态循环中不断变得更加强健、更具智慧。

2.4 核心载体：急诊急救大平台

“要素融合”奠定了“平急蓄能”的基石，“科技赋能”构建了其智能引擎，而“系统韧性”则明确了其建设目标。要实现这三者的有机统一与高效协同，必须依赖于一个强大的核心操作载体。基于四川省人民医院等单位的实践，“急诊急救大平台”正是这样一个承上启下的实体化体系枢纽，它作为中国急诊医学迈入 3.0 时代的核心载体[33]，是将“平急蓄能”策略从理念具象化为覆盖院前院内、贯通五级网络的实战能力的根本依托。

2.4.1 体系架构：“一横一纵一能力”

该平台构建了“一横一纵一能力”的体系架构[34]，是“融合、科技与韧性”三大路径的集中体现。“一横”指横向的资源整合，通过在医院急诊科内建立“零通道”、“大红区”、“大黄区”及“移动红区”，在物理空间上实现院前急救、院内急诊与专科救治资源的无缝衔接，为“链式后送—立体干预”模式提供了枢纽节点，是要素融合的实体化表现。“一纵”指纵向的网络贯通，依托信息化平台，将急救链条纵深延伸，贯通“村—乡—县—市—省”五级急救网络，构建覆盖全域的急救链，这为资源调度与指挥决策提供了贯穿上下、平急通用的结构性韧性通道。“一能力”则以大数据、人工智能、区块链等信息技术为支撑，全面提升急诊核心救治能力，实现“数据驱动、智能调度、全程质控”，这正是科技赋能在急救全流程中的具体应用，旨在实现操作韧性与演进韧性。

2.4.2 实践成果：“科技赋能救治”的典型范例

该平台已在全国多地试点推广，并衍生出包括心脏骤停中心、5G 急救车载系统、智能电子病历、AI 分诊系统、急诊急救信息区块链系统等在内的多项软硬件成果，形成了“科技赋能救治”的典型范例[33]。这些成果共同将前述路径中设想的 AI 调度、智能质控、数据决策等能力变为现实，使得“呼叫即抢救、上车即入院”的最高建设标准成为可能。急诊急救大平台并非一个孤立的技术系统，而是“平急蓄能”战略的集成中枢与能力放大器。它通过体系化的架构，将分散的要素、前沿的科技与韧性的目标熔于一炉，最终将日常的院前急救体系，锻造为一个能够在灾害发生时瞬间激活、高效响应、并持续进化的智慧生命体。

3 建设“平急融合”的中国式现代化急救体系

基于“融合、科技与韧性”的路径探索与“急诊急救大平台”的实践载体，已清晰呈现出从“被动响应”向“主动韧性”演进的路径。为最终实现“平急蓄能”的体系重构，我们提出以下三项核心倡议

3.1 升级平台智慧内核，从流程化到智能化的跃升

超越平台作为信息通道的初级功能，深度开发其基于全域数据的决策支持能力。目标是构建一个能够理解应急态势的“智慧内核”，实现从接收指令的“1+N”联动，到能主动预判、生成并推荐最优方案的“1×N”智能涌现。灾时，系统能基于 AI 模型对灾害影响、伤情谱和资源消耗进行预测，动态生成并执行资源调度与队伍派遣方案，将决策响应从“分钟级”提升至“秒级”。将平台的数据贯通能力从一项技术要求上升为一项制度性保障。强制推行全国统一的患者标识、伤情编码与设备接口标准，并建立跨部门（急救、消防、交通、气象）的数据共享协议。通过制度确保“村—省”五级网络数据与跨部门信息，能够在平台内实现无歧义、自动化地汇聚与融合，为智能指挥提供高质量、全维度的决策依据。推动平台的资源管理模块从管理“实体仓库”向调度“虚拟生态”转变。通过物联网标识与区块链存证技术，将官方的战略储备、商业市场的医药库存、以及社会面可征用的应急资源，整合为一幅可视、可调、可信的国家级资源动态地图。由此，平台调度将不再受限于物理仓库的位置与容量，而是能在全国范围内实现“资源随需而动”的精准按需调配，极大提升资源利用效率与体系韧性。

3.2 推行“训”、“战”、“评”数据闭环，实现体系能力从经验依赖到数字驱动

将每一次演练和救援都视为体系进化的宝贵数据源,构建覆盖全员的数字孪生训练与评估系统。在能力建设数字化方面，依托“急诊急救大平台”，开发沉浸式模拟演练系统，将典型案例与灾害模型数字化，实现低成本、高频次的全员沉浸式练兵。在绩效评估数据化方面，建立基于平台真实数据的多维度韧性评估指标体系。

3.3 全民急救，从“专业队伍”到“社会整体”的扩容

将急救体系的边界从专业机构延伸至社会每一个角落，构筑覆盖物理与心理的全民防线。首先公众急救智慧化，超越传统的技能培训，开发并推广集教学、考核、调度于一体的全民急救 APP，使每一位公民都可能成为被系统识别、定位、引导并赋能的“第一响应人”。再到心理干预制度化，将心理急救彻底纳入第一响应流程。在 120 调度系统中设立心理干预标准席位，开展覆盖伤员、家属及救援人员的全程化、分级式心理危机干预，铸就灾难后恢复的心理韧性，执行现场心理急救任务的人员需具备“国家二级心理咨询师”资质,同时持有“红十字救护员”或等同的急救培训合格证书。

4 结语

从汶川地震到泸定地震，从郑州暴雨到新冠抗疫，每一次重大灾害都是一次严峻的考验，也更是一次体系的淬炼。实践表明，必须从根本上实现从“被动响应、灾时动员、经验驱动”的旧模式，向以“融合筑基、科技赋能、韧性铸目标”为内核的新范式转变。这一转变是系统性的重构，是从追求“完全抗灾”转向建设“高效容灾”的韧性体系的理念转变；是通过“急诊急救大平台”，将跨部门协同从灾害发生时的“临时磨合”，沉淀为日常运行中的“标准化流程”的机制转变；是将资源配置从“静态储备”升级为“动态调度”的模式转变。

面向未来，极端气候与突发公共事件正呈现出更高频、更复杂、更不确定的新常态。唯有将日常的院前急救体系，打造成一个“永不落幕的实战演练平台”，方能在灾害来袭时，将复杂的医学救援行动，转化为体系“条件反射”的精准响应。愿中国院前急救与灾害医学体系，以“平急蓄能”为蓝图，以“科技赋能”为工笔，迈向高质量发展的新阶段，为守护人民生命健康、提升社会整体韧性贡献中国智慧与中国方案。

利益冲突 所有作者声明无利益冲突

参 考 文 献

[1] Barouki R, Kogevinas M, Audouze K, et al. The COVID-19 pandemic and global environmental change: Emerging research needs[J]. Environ Int, 2021, 146: 106272. DOI:10.1016/j.envint.2020.106272.

[2] Nova N, Athni TS, Childs ML, et al. Global Change and Emerging Infectious Diseases[J]. Annu Rev Resour Economics, 14:333-354. DOI: 10.1146/annurev-resource-111820-024214.

[3] Hess JJ, Heilpern KL, Davis TE, et al. Climate change and emergency medicine: impacts and opportunities[J]. Acad Emerg Med, 2009, 16(8): 782-794. DOI:10.1111/j.1553-2712.2009.00469.x.

[4] Sorani M, Tourani S, Khankeh HR, et al. Prehospital emergency medical services challenges in disaster; a qualitative study[J]. Emerg (Tehran), 2018, 6(1): e26.

[5] Belyea A, Jain T, Sibley A. Examining the disaster medicine curriculum in Canadian Emergency Medicine enhanced skills programs[J]. CJEM, 2023, 25(5): 382-386. DOI:10.1007/s43678-023-00478-2.

[6] 汤璐佳，潘曙明 . 院前急救，灾难第一救援 [J]. 中华急诊医学杂志 , 2016, 25(9): 1106-1110. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1671-0282.2016.09.002.

[7] Kearns RD, Ortiz-Pujols SM, Craig CK, et al. Advanced Burn Life Support for Day-to-Day Burn Injury Management and Disaster Preparedness: Stakeholder Experiences and Student Perceptions

Following 56 Advanced Burn Life Support Courses. J Burn Care Res. 2015 Jul-Aug;36(4):455-64.

[8] Ardalan A, Balikuddembe JK, Ingrassia PL, et al. Virtual disaster simulation: lesson learned from an international collaboration that can be leveraged for disaster education in Iran[J]. PLoS Curr, 2015,7: ecurrents.dis.7007c0a03c4660f258994d3e150a033c. DOI:10.1371/10.1371/currents.dis.7007c0a03c4660f258994d3e150a033c.

[9] Huang XY, Jiao YN, Deng ZH, et al. Research on the construction strategy of China’s rural emergency linkage system from the perspective of systems theory-based on the survey of six regions in China[J]. Front Public Health, 2025, 13: 1611273. DOI:10.3389/fpubh.2025.1611273.

[10] Sigua JA, Caymaz E, Castro-Delgado R. Emergency medical care provided by humanitarian organizations in response to sudden onset disasters in Southeast Asia: a scoping review[J]. Disaster Med Public Health Prep, 2025, 19: e196. DOI:10.1017/dmp.2025.10071.

[11] Phattharapornjaroen P, Carlström E, Khorram-Manesh A. Developing a conceptual framework for flexible surge capacity based on complexity and collaborative theoretical frameworks[J]. Public Health, 2022, 208:46-51. DOI: 10.1016/j.puhe.2022.04.012.

[12] Ely RM, Schwartz DS, Liu JM, et al. Role of EMS in disaster response–A position statement and resource document of NAEMSP[J]. Prehospital Emerg Care, 2025, 29(3): 315-321. DOI:10.1080/10903127.2025.2466754.

[13] Li DP, Tan QQ, Tong ZY, et al. Rapid determination of seismic influence field based on mobile communication big data-a case study of the Luding Ms 6.8 earthquake in Sichuan, China[J]. PLoS One, 2024, 19(5): e0298236. DOI:10.1371/journal.pone.0298236.

[14] Jabbour E, Mouawad Y, Abou Khater D, et al. Lessons from the February 2023 Turkish earthquake[J]. Cureus, 2024, 16(10): e71042. DOI:10.7759/cureus.71042.

[15] 欧阳凌志 , 田纪凯 . 基于灾害系统理论的“5 · 12”汶川地震灾害分析 [C]//2024 年度灭火与应急救援技术学术研讨会论文集 - 灾害事故应急救援 . 珠海 , 2024: 14-17.

[16] 游为 , 陈康 . 基于“9 · 5”泸定地震的四川紧急医疗救援体系研究 [J]. 中国急救复苏与灾害医学杂志 , 2025, 20(3): 304-308. DOI: 10.3969/j.issn.1673-6966.2025.03.006.

[17] 中共中央 , 国务院 . 国家突发事件总体应急预案 [EB/OL]. [2025-03-20] (2025-10-12). https://www.gov.cn/gongbao/2025/issue_11926/202503/content_7014002.html.

[18] Sutherland AG, Johnston AT, Hutchison JD. The new injury severity score: better prediction of functional recovery after musculoskeletal injury[J]. Value Health, 2006, 9(1): 24-27. DOI:10.1111/j.1524-4733.2006.00077.x.

[19] Tatić M, Komarcević A, Borisev V. Scoring systems for evaluating injury severity[J]. Med Pregl, 2000, 53(9/10): 521-525.

[20] 王迪 , 卢利 . 颌面损伤严重度评分的研究 [J]. 中华口腔医学杂志 , 2008, 43(11): 646-649. DOI: 10.3321/j.issn.1002-0098.2008.11.002.

[21] Maekawa K, Gando S. Extracorporeal membrane oxygenation for critically ill adults[J]. Nihon Rinsho, 2016, 74(2): 285-290. DOI:10.1002/14651858.CD010381.pub3.

[22] Victor K, Barrett NA, Gillon S, et al. CRITICAL CARE ECHO ROUNDS: Extracorporeal membrane oxygenation[J]. Echo Res Pract, 2015, 2(2): D1-D11. DOI:10.1530/ERP-14-0111.

[23] Forrest P, Ratchford J, Burns B, et al. Retrieval of critically ill adults using extracorporeal membrane oxygenation: an Australian experience[J]. Intensive Care Med, 2011, 37(5): 824-830. DOI:10.1007/s00134-011-2158-8.

[24] Rossaint R, Bouillon B, Cerny V, et al. The European guideline on management of major bleeding and coagulopathy following trauma: fourth edition[J]. Crit Care, 2016, 20: 100. DOI:10.1186/s13054-016-1265-x.

[25] Rotondo MF, Schwab CW, McGonigal MD, et al. 'Damage control': an approach for improved survival in exsanguinating penetrating abdominal injury. J Trauma. 1993 Sep;35(3):375-382; discussion 382-3.

[26] Sandadi S, Johannigman JA, Wong VL, et al. Recognition and management of major vessel injury during laparoscopy[J]. J Minim Invasive Gynecol, 2010, 17(6): 692-702. DOI:10.1016/j.jmig.2010.06.005.

[27] Geeraedts LMG, Kaasjager HAH, van Vugt AB, et al. Exsanguination in trauma: a review of diagnostics and treatment options[J]. Injury, 2009, 40(1): 11-20. DOI:10.1016/j.injury.2008.10.007.

[28] Akaraborworn O. Damage control resuscitation for massive hemorrhage[J]. Chin J Traumatol, 2014, 17(2): 108-111.

[29] Qin W, Su BH, Fu P, et al. Successful treatment of crush syndrome complicated with multiple organ dysfunction syndrome using hybrid continuous renal replacement therapy[J]. Blood Purif, 2009, 28(3): 175-180. DOI:10.1159/000227786.

[30] Murphy A, Wakai A, Walsh C, et al. Development of key performance indicators for prehospital emergency care[J]. Emerg Med J, 2016, 33(4): 286-292. DOI:10.1136/emermed-2015-204793.

[31] Howard I, Cameron P, Wallis L, et al. Identifying quality indicators for prehospital emergency care services in the low to middle income setting: The South African perspective[J]. Afr J Emerg Med, 2019, 9(4): 185-192. DOI:10.1016/j.afjem.2019.07.003.

[32] Adam Oostema J, Nickles A, Allen J, et al. Emergency medical services compliance with prehospital stroke quality metrics is associated with faster stroke evaluation and treatment[J]. Stroke, 2024, 55(1): 101-109. DOI:10.1161/STROKEAHA.123.043846.

[33] 吕传柱 , 罗善军 , 袁素平 , 等 . 急诊医学学科发展与急诊急救大平台建设 : 也谈对急危重症护理的启发 [J]. 中华急危重症护理杂志 , 2023, 4(1): 10-16. DOI: 10.3761/j.issn.2096-7446.2023.01.001.

[34] 罗之谦 , 姚津剑 , 陈松 , 等 .“大急诊、大急救、大平台”是“人民至上，生命至上”理念最直接的医学实践 [J]. 中国急救医学 , 2021, 41(7): 573-577. DOI: 10.3969/j.issn.1002-1949.2021.07.008.

(收稿日期 : 2025-10-31)

(本文编辑 : 张斯龙)