

doi: 10.3969/j.issn.1674-1242.2023.01.010

急救转运呼吸机的研究进展

丁伟冬

(上海市医疗急救中心, 上海 200233)

【摘要】 随着近年来公共卫生事件的发生频次不断上升,急救转运呼吸机的市场需求量激增,新型急救转运呼吸机厂家和品牌不断涌现。根据急危症患者的临床情况选择合适的急救转运呼吸机,并对其通气模式和各项参数进行正确调节,成为急救人员关注的焦点。因此,该文就急救转运呼吸机的类型和气路基本原理进行了扼要的介绍,并对当前国内外市场上流行的急救转运呼吸机关键技术性能做了详细的对比,最后总结了急救转运呼吸机的几种高级通气模式,旨在为急救转运呼吸机的选购和临床使用提供有益的参考。

【关键词】 急救转运; 呼吸机; 分类; 通气模式; 技术指标

【中图分类号】 R197.39

【文献标志码】 A

文章编号: 1674-1242(2023)01-0089-07

Research Progress on Emergency and Transport Ventilators

DING Weidong

(Shanghai Medical Emergency Center, Shanghai 200233, China)

【Abstract】 With the increasing frequency of public health events in recent years, the market demand for emergency transport ventilators has soared which leads to the emergence of new manufacturers and brands. How to select a proper emergency and transport ventilator according to the clinical conditions of patients and adjust correctly ventilation modes and settings are becoming the focus of attention of first aid staff. Therefore, we briefly introduced the classification of emergency and transport ventilators and the basic principles of the air circuit, and then made a detailed comparison of the key technical specifications of the current emergency and transport ventilators popular in domestic and overseas markets. Finally, we summarized several advanced ventilation modes on emergency and transport ventilators, aiming to make a useful reference for the selection, purchase and clinical use of the emergency and transport ventilators.

【Key words】 Emergency and Transport; Ventilator; Classification; Ventilation Mode; Technical Specifications

0 引言

急救转运呼吸机常用于急危症患者院前院内抢救、监护和运送过程中的紧急通气抢救及机械通气^[1-3]。为适应急救转运突发性和紧急性、环境条件差及急救人员少、劳动强度高的特点^[4],要求急救转运呼吸机能

适应高温、低温、高海拔等恶劣环境,移动携带方便,操作简单,安全可靠^[5,6]。随着集成式高性能微涡轮技术、芯片技术和超精密机加工技术的日益进步,当前急救转运呼吸机正朝着超小型化、自动化和智能化方向发展^[7],具备丰富的通气模式和监测参数,同时提

收稿日期: 2023-02-23

作者简介: 丁伟冬(1978—),男,江苏南通人,本科学历,主要从事院前急救装备研究与临床应用等工作, E-mail: 13801863805@163.com。

供动态肺、CPR、肺复张和 P-V 工具等多种辅助功能，可实现集院前院内抢救、转运、治疗于一体的全场景应用^[8-10]。另外，在急救转运呼吸机的市场需求方面，据公开的招标数据统计，2021 年国内急救转运呼吸机的采购数量和总额分别为 883 件和 1.18 亿元^[11]。随着近年来公共卫生事件的发生频次逐渐上升，预计未来急救转运呼吸机的市场将继续保持在高位。本文就当前国内外市场上典型的急救转运呼吸机类型、气路原理、主要技术指标和高级通气模式进行了较为详细的介绍，期望为急救转运呼吸机的选择和临床使用提供有益的参考。

1 急救转运呼吸机分类

目前国内外市场上流行的急救转运呼吸机从控制驱动方式来看，主要分为气动气控型、气动电控型和电动电控型 3 类^[4,5]。气动气控型急救转运呼吸机不需要外接电源，整机轻便小巧，非常方便携带。但由于此类呼吸机精密度不高，模式功能单一，使用文丘里管射流装置实现空氧混合，无法提供非常精准的机械通气，因此仅适用于野外、矿井等条件非常简陋的救援场景。气动电控型急救转运呼吸机是目前转运呼吸机的主流，驱动方式和气动气控型急救转运呼吸机没有差别，氧气瓶必不可少，不同点在于内部气动元件升级成为电子元件，因此精密度得到了显著提升，可以更好地配合不同患者的呼吸需求，功能模式变得丰富，应用场景从单纯的院前急救拓展到短暂的院内治疗。但由于其内部使用机械式文丘里型空氧混合装置，无法提供精准的吸入氧浓度（FiO₂），加上患者触发方式仅有单一的压力触发，所以对于一些病情复杂的患者或长时间的院内治疗往往心有余而力不足。电动电控型急救转运呼吸机依靠内部的一款非常小巧的涡

轮提供气源，因此不依赖医院病房的中心供气或笨重的空压机，只要有电源，它就能正常工作。相比传统床旁治疗呼吸机，其体积大为减小，同时机器内部增加了电子式空氧混合装置，实现了 FiO₂ 的精准调节。此类呼吸机通气模式多样，监测参数丰富，兼具压力、流量等多种通气触发模式，其性能完全可以和传统床旁治疗呼吸机相媲美，正日益成为急救转运呼吸机发展的新方向。

2 电动电控型急救转运呼吸机气路原理

图 1 为某品牌电动电控型急救转运呼吸机气路原理。该气路系统按照结构组成及功能可以分为 6 个部分：氧气气源入口子系统、涡轮风机子系统、吸气阀子系统、压力监测子系统、呼气阀子系统和管路附件。其中，氧气气源入口子系统包括高压氧支路、低压氧支路及氧气流量传感器（③）。氧气流量传感器负责对进入整机的氧气流量进行监测。涡轮风机子系统包括空氧混合器和涡轮风机，将室内空气和外部接入的氧气混合并经过风机压缩后输出到吸气支路。吸气阀子系统包括总流量传感器（④）、氧浓度传感器（⑦）、吸气压力控制传感器采样口、呼气比例控制阀控制气输出支路和吸气接口。压力监测子系统由吸气压力控制传感器（⑤）、呼气阀压力传感器（⑥）、气道压力传感器（⑨）和压差式流量传感器（⑧）组成。呼气阀子系统主要包括 PEEP 阀、呼气阀和呼气接口，实现对患者呼气阶段的压力控制。管路附件主要包括呼吸管路、过滤器和湿化器（未在图 1 中画出）等。呼吸机控制系统综合吸气压力控制传感器、压差式流量传感器、气道压力传感器和呼气阀压力传感器的态势数据，调整涡轮风机的转速和呼气阀的开关程度，最终输出特定机械通气模式下预期的压力波形或流量波形。

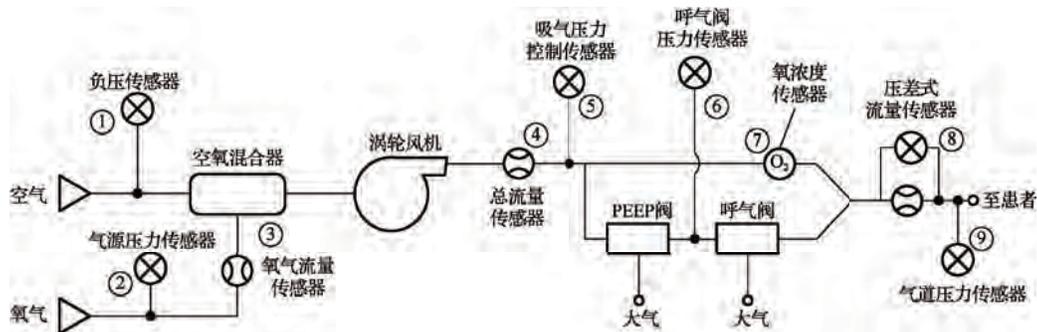


图 1 某品牌电动电控型急救转运呼吸机气路原理

Fig.1 Pneumatic design of an electrically-powered electronically-controlled emergency and transport ventilator

3 急救转运呼吸机主要技术指标比较

表 1 和表 2 从控制驱动方式、关键技术参数、适用人群和应用场景等方面对目前国内外主要品牌急救转运呼吸机进行了详细的对比^[12-17]。

从表 1 和表 2 可以看出,在基本性能参数上,国产品牌急救转运呼吸机与进口品牌急救转运呼吸机相差无几。但就通气模式的多样性和先进性来说,国产品牌急救转运呼吸机和世界一流品牌急救转运呼吸机依然存在一定的差距。例如,在电动电控

型急救转运呼吸机方面,顶尖品牌 Hamilton 的 Hamilton T1 具有适应性支持通气 (ASV) 的智能模式,飞利浦 (Philips) 公司的 Trilogy 202 也有其专利的平均容积保证压力支持通气模式 (AVSPS);在气动电控型急救转运呼吸机方面,世界知名品牌万曼 (Weinmann) 的 MEDUMAT Transport 拥有多达 8 种通气模式,相比之下,国内气动电控型急救转运呼吸机只有几种基本的通气模式,缺乏 BiLevel 类和 PRVC 类高级通气模式。

表 1 国外常见急救转运呼吸机技术性能对比

Tab.1 Comparison of technical performance of the popular imported emergency and transport ventilators

| 品牌 | Hamilton | ZOLL | Philips | Dräger | Weinmann |
|---|---------------------------------|-------------------|--|----------------------------|---|
| 对比项目 | T1 | Eagle II | Trilogy 202 | Oxylog 3000 | MEDUMAT Transport |
| 控制类型 | 电动电控型 | 电动电控型 | 电动电控型 | 气动电控型 | 气动电控型 |
| 基本通气模式 | CMV+ SIMV+ PCV+ PSIMV+ | AC、SIMV、 CPAP | AC、SIMV、 CV、PC-SIMV S、T、S/T、PC CPAP | VC-CMV、AC、 SIMV、SpnCPAP | PCV、aPCV、 IPPV、SIMV、 CPAP+ASB S-IPPV |
| 高级通气模式 | DuoPAP、APRV、ASV | Bilevel | AVAPS | PC-BiPAP | BiLevel+ASB、 PRVC+ASB |
| 肺保护功能 | P-V 工具环动态肺 | 无 | 无 | 无 | 无 |
| 通气触发方式 [流速/(L/min) 压力/cmH ₂ O] | 流速触发 0.1~20 | 压力触发 -6.0~-0.5 | 流速触发 1~9 | 流速触发 1~15 | 流速触发 1~15 |
| 吸气压力/cmH ₂ O | 0~60 | 10~80 | 0~50 | 3~55 | 3~60 |
| 潮气量/ml | 2~2 000 | 50~2 000 | 50~2 000 | 50~2 000 | 50~2 000 |
| 呼吸频率/bpm | 1~80 | 1~80 | 0~60 | 2~60 | 0~60 |
| 呼气末正压/cmH ₂ O | 0~35 | 0~30 | 4~25 | 0~20 | 0~30 |
| 氧浓度/% | 21~100 | 21~100 | 21~100 | 40~100 | 40~100 |
| 电池运行时间/h | 9 | 10 | 3 | 7.5 | 7.5 |
| 主机尺寸/mm | 310×270×298 | 203×318×114 | 211×285×235 | 290×184×175 | 345×163×149 |
| 主机质量/kg | 6.5 | 4.4 | 5.6 | 5.8 | 4.6 |
| 应用场景 | 院前院内转运、紧急抢救、重症治疗 | 急诊与 ICU 抢救、院内转运 | 院内转运与通气治疗 | 院前院内转运、急救治疗、ICU 通气 | 院前院内转运、紧急抢救、重症治疗 |
| 适用人群 | 成人、儿童和新生儿 | 成人、儿童和新生儿 | 成人和儿童 | 成人和儿童 | 成人、儿童和新生儿 |

表 2 国内常见急救转运呼吸机技术性能对比

Tab.2 Comparison of technical performance of the popular domestic emergency and transport ventilators

| 品牌 | 科曼 | 安保 | 迈瑞 | 谊安 | 普博 |
|--------|--------------------------|----------------------|----------------------|------------------------|------------------------|
| 对比项目 | V1 | T6 | SV300 | Shangrila510s | Boaray1000D |
| 控制类型 | 电动电控型 | 电动电控型 | 电动电控型 | 气动电控型 | 气动电控型 |
| 基本通气模式 | AC、SIMV、 CPAP/PSV | AC、SIMV、 CPAP/PSV | AC、SIMV、 CPAP/PSV | AC、SIMV、 SPONT/CPAP | AC、SIMV、 SPONT/CPAP |
| 高级通气模式 | DuoVent、APRV、 AMV、PPS | BiPPV、 APRV | DuoLevel、 APRV | 无 | 无 |

续表

| 对比项目 | 品牌 科曼 V1 | 安保 T6 | 迈瑞 SV300 | 谊安 Shangrila510s | 普博 Boaray1000D |
|--------------------------|--------------------|--------------------|--------------------|---------------------|-------------------|
| | P-V 工具环 | P-V 工具环 | | | |
| 肺保护功能 | 肺复张工具 动态肺 | 肺复张工具 动态肺 | P-V 工具环 | 无 | 无 |
| 通气触发方式 | 流速触发 | 流速触发 | 流速触发 | 流速触发 | 流速触发 |
| [流速/ (L/min) | 0.1 ~ 20 | 0.2 ~ 20 | 0.5 ~ 15 | 2 ~ 30 | 流速触发 |
| 压力/cmH ₂ O] | 压力触发 | 压力触发 | 压力触发 | 压力触发 | 0.5 ~ 20 |
| | -20 ~ -0.5 | -20 ~ -0.5 | -10 ~ -0.5 | -20 ~ 0 | |
| 吸气压力/cmH ₂ O | 1 ~ 65 | 1 ~ 90 | 5 ~ 80 | 0 ~ 50 | 5 ~ 60 |
| 潮气量/ml | 2 ~ 2 500 | 10 ~ 2 000 | 20 ~ 2 000 | 20 ~ 2 000 | 50 ~ 2 000 |
| 呼吸频率/bpm | 0 ~ 200 | 1 ~ 250 | 0 ~ 200 | 0 ~ 120 | 0 ~ 70 |
| 呼气末正压/cmH ₂ O | 0 ~ 40 | 0 ~ 40 | 0 ~ 45 | 0 ~ 30 | 0 ~ 20 |
| 氧浓度/% | 21 ~ 100 | 21 ~ 100 | 21 ~ 100 | 40 ~ 100 | 45 ~ 100 |
| 电池运行时间/h | 9 | 4 | 6 | 6 | 5 |
| 主机尺寸/mm | 330×247×215 | 305×210×300 | 354×315×249 | 300×156×168 | 542×385×295 |
| 主机质量/kg | 6.5 | 6 | 10 | 3.2 | 4 |
| 应用场景 | 紧急抢救、院内转运 与重症治疗 | 紧急抢救、院内转运与 重症治疗 | 重症治疗、急诊救治 和院内转运 | 急诊救治、院内转运 和野外行军 | 紧急抢救与转运、急 诊救治 |
| 适用人群 | 成人、儿童和新生儿 | 成人、儿童和新生儿 | 成人和儿童 | 成人和儿童 | 成人和儿童 |

模块化、小型化、功能多样化是当前急救转运呼吸机发展的新方向。国内外六成以上的品牌急救转运呼吸机均为电动电控型，这得益于集成式高性能微涡轮技术的出现，使呼吸机脱离了对压缩气源的依赖，向模块化和小型化的方向发展。再加上电动电控型急救转运呼吸机相比气动电控型急救转运呼吸机具有控制精度高、通气模式丰富的特点，因此当前市场上大多数急救转运呼吸机除了具备紧急抢救和院前院内转运功能，还具有床旁治疗型呼吸机的通气与治疗功能。功能多样性还体现在当前高端急救转运呼吸机的监测参数上，不仅能显示各呼吸参数数值及压力流量波形，还具有压力流量环工具、动态肺显示及肺复张工具等高级肺保护功能。

4 急救转运呼吸机高级通气模式

本节主要介绍国外知名品牌急救转运呼吸机的 3 种专利高级通气模式的基本工作原理和优点，包括智能适应性支持通气模式、比例辅助通气模式和平均容量保证压力支持通气模式，有利于急救人员根据急危重症患者的临床情况选择适合的通气模式，同时为工程技术人员开发等同的高级通气模式提供有益的借鉴。

4.1 智能适应性支持通气模式

智能适应性支持通气模式 (INTELLiVENT-ASV) 是哈美顿医疗公司 (Hamilton Medical AG, Bonaduz, Switzerland) 于 2011 年提出的一种高级通气模式^[7,18,19]。在该通气模式下，临床医生输入患者的性别、身高 (用于计算理想体重) 及临床状况，确定合适的呼末二氧化碳分压 (PetCO₂) 和血氧饱和度 (SpO₂) 目标值，之后呼吸机自动调整通气频率、目标潮气量、分钟通气量和呼气末正压与吸入氧浓度的组合值。这些呼吸参数自动调节的原理是：①呼吸机通过自带的压力和流量传感器实时采集患者的气道压力与流量数据并动态存储在计算机内，计算单元实时计算患者的呼吸力学参数并判断患者的呼吸状态，INTELLiVENT-ASV 智能调节逻辑基于 Otis 公式为患者计算最小呼吸做功下的最佳通气频率 (f) 和目标潮气量 (V_T)，以实现呼吸频率和潮气量的自动调整；②分钟通气量目标值根据被动呼吸患者的 PetCO₂ 或自主呼吸患者的呼吸频率 f_{Spont} 调整，以实现 CO₂ 清除的自动调节；③呼气末正压 (PEEP) 和吸入氧浓度根据脉搏血氧仪监测到的 SpO₂ 调整，INTELLiVENT-ASV 算法基于 ARDSnet 指南推荐的 PEEP 和 FiO₂ 组合设定所需的 PEEP 与

FiO₂。相比传统通气模式，INTELLiVENT-ASV 方案能根据患者的肺力学变化情况及时地调整呼吸机参数，实施肺保护性通气，缩短了机械通气的时程，有效降低了误报警的发生率和医护人员的工作强度。

4.2 比例辅助通气模式

比例辅助通气模式 (Proportional Assist Ventilation, PAV) 又称比例压力支持通气模式，指呼吸机按照患者吸气努力的大小成比例地提供压力支持，患者能获得由自己任意支配的呼吸形式和通气水平^[17,20,21]。在该通气模式下，呼吸机连续监测患者力学参数，如气道阻力 R 和呼吸系统顺应性 C ，并将这些参数输入支持压力跟踪模块，据此确定患者气道压力的容积辅助分量和流量辅助分量比例系数，进而确定呼吸机施加到患者气道的压力 P_{aw} ：

$$P_{aw} = K_1V + K_2Q$$

式中，气道压力 P_{aw} 是两个分量的总和，第一个分量是容积辅助分量，为所支持的弹性载荷量 (K_1 乘以通气量 V)；第二个分量是流量辅助分量，为所支持的阻性负载量 (K_2 乘以流速 Q)。容量和流量都用作反馈信号，代表患者努力和呼吸机支持的综合结果。有文献推荐将 K_1 设置为 $80\% \times 1/C$ ，将 K_2 设置为 $80\% \times R$ 。PAV 与传统的通气模式相比，患者通气所需的驱动压力和呼吸功减少，有利于缓解呼吸肌疲劳，有效地实现人机同步，从而缩短呼吸机使用时程。

4.3 平均容量保证压力支持通气模式

平均容量保证压力支持通气模式 (Average Volume Assured Pressure Support, AVAPS) 为飞利浦伟康呼吸机研发的专利通气技术。在 AVAPS 模式下，呼吸机自动调节压力支持水平，保证患者获得足够的潮气量^[22-24]。其工作原理是：临床医生根据患者的理想体重设定目标潮气量 V_t ，呼吸机针对患者的每次呼吸，测量呼出潮气量 V_{te} 和压力支持水平 PS，并据此计算当前呼吸系统的平均弹性 $E_{rs} = PS/V_{te}$ 和上一次

呼出潮气量与目标潮气量的差值 ΔV_{te} ，则实现目标潮气量所需支持压力的调整量为 $\Delta PS = E_{rs} \times \Delta V_{te}$ 。相应地，实现目标潮气量 V_t 所需的支持压力 PS_{target} 为 ΔPS 与上一次支持压力 PS 之和。若患者的呼吸稳定，则每 1 分钟支持压力 PS 上升 1cmH₂O；若患者呼吸不稳定，则每 2 分钟支持压力上升 1cmH₂O，直至达到最终的支持压力 PS_{target} 。AVAPS 根据患者不断变化的治疗需求，智能调节压力支持水平，提高治疗效果，简化压力设定过程。AVAPS 适用于慢性阻塞性肺病、肌萎缩侧索硬化症和重症肌无力等引起的呼吸衰竭及各种类型的睡眠呼吸疾病。

5 急救转运呼吸机应用选择

选择合适的急救转运呼吸机对急危重症患者实施抢救和转运，第一个需要考虑的因素是环境。例如，野外环境、易燃易爆环境（诸如矿井或高压氧舱等）及核磁共振检查环境，这些环境或是没有外接电源，或是限制电源使用，或是对电磁干扰控制严格，此类环境下可选用无须外接电源的气动气控型急救转运呼吸机。其他环境下可优先使用气动电控型急救转运呼吸机或电动电控型急救转运呼吸机。第二个需要考虑的因素是患者的临床情况。例如，待抢救或转运患者患有何种类型的疾病？有无自主呼吸？肺部有无损伤？这些问题直接关系到急救转运呼吸机通气模式的选择，进而影响急救转运时患者的舒适度。进一步地，对于有自主呼吸的患者，在通气模式的选择上，除了要保证潮气量、吸气压力和吸入氧浓度等基本参数满足需求，还要考虑机械通气与患者自主呼吸的同步性，避免出现人机对抗导致患者烦躁和生理指标的波动；对于有肺损伤的患者，应实施小潮气量的保护性通气，限制气道平台压在 30 ~ 35cmH₂O 以下，防止继发呼吸机相关性肺损伤。表 3 简要总结了临床常见的急救转运病例类型、患者呼吸的临床特征及推荐使用的急救转运呼吸机与通气模式。

表 3 急救转运呼吸机的临床选用建议

Tab.3 Suggestions for clinical selection of emergency and transport ventilators

| 急救转运场景 | 患者呼吸临床特点 | 推荐的急救转运呼吸机类型 | 推荐的通气模式 |
|-----------|------------------------------------|-------------------|----------------------------|
| 昏迷 | 呼气道梗阻，呼吸加快、减慢或暂停 ^[25] | 气动气控型、气动电控型、电动电控型 | AC、PCV、VCV CPAP、SIMV |
| 急性呼吸窘迫综合征 | 进行性加重的呼吸困难，难治性低氧血症 ^[26] | 气动电控型、电动电控型 | VCV、PCV、ASV、PAV、PSIMV、APRV |

续表

| 急救转运场景 | 患者呼吸临床特点 | 推荐的急救转运呼吸机类型 | 推荐的通气模式 |
|-----------|--|--------------|-------------------------------------|
| COPD 急性发作 | 呼吸困难, 吸气流速较低, 痰量增加或变浓 ^[27] | 气动电控型、电动电控型 | CPAP、PCV、VCV、PAV、PSV+PEEP、AVAPS、S/T |
| 哮喘急性发作 | 喘息、气促、咳嗽; 呼吸困难, 呼气流量降低 ^[28] | 气动电控型、电动电控型 | VCV、SIMV、ASV、PEEP、SIMV/PSV |

6 结论与展望

自 2020 年 1 月新冠病毒疫情成为国际关注的重大突发公共卫生事件以来, 急救转运呼吸机的市场需求量激增, 新型急救转运呼吸机厂家和品牌不断涌现。根据急危症患者的临床情况选择合适的急救转运呼吸机, 并对其通气模式和各项参数进行正确调节, 不仅能够显著提高抢救的成功率, 而且能够提高患者在急救转运过程中的通气质量和舒适度^[1,3, 29,30]。本文就当前市场上主流的急救转运呼吸机关键技术指标和应用场景进行了系统的综述。从关键技术参数看, 国产急救转运呼吸机和进口品牌急救转运呼吸机相差无几, 除了能监测潮气量、吸气压力、呼气末正压和吸入氧浓度等基本的呼吸参数, 还能显示动态肺, P-V 环, 提供 CPR 和肺复张功能等; 从应用场景看, 适用于新生儿、儿童、成人全年龄段人群院前院内转运、紧急抢救和重症治疗的全场景应用。

在自动化通气方面, 某些应用于当前治疗呼吸机的生理闭环控制技术正逐渐运用于急救转运呼吸机, 如 Puritan Bennett 呼吸机的比例辅助通气技术及 Hamilton 呼吸机的 INTELLiVENT-ASV。这些技术不仅能自动选择潮气量 V_t 和呼吸频率 RR, 还能同时监测 V_t 、RR、 $P_{et}CO_2$ 和 SpO_2 参数, 自动滴定分钟通气量、PEEP 和 FiO_2 , 执行自主呼吸 (SBT) 试验等。从这一点来说, 国产急救转运呼吸机和世界一流品牌急救转运呼吸机依然存在一定的差距。同时, 压力或流量传感器和微涡轮等核心零部件的国产化是未来急救转运呼吸机产业发展面临的关键问题。值得注意的是, 近年来以杭州贝丰科技为代表的极少数国产高性能微型涡轮风机生产厂商的出现, 正在日益弥补医用呼吸机行业重要零部件难以国产化的短板。

7 致谢

作者衷心感谢上海健康医学院医疗器械学院孙丽萍教授和陈正龙副教授在本文写作过程中给予的支持与帮助, 感谢深圳市科曼医疗设备有限公司邹栋高级工程师提供电动电控型急救转运呼吸机相关技术资

料, 感谢上海市医疗器械检验研究院、国家药品监督管理局呼吸麻醉设备重点实验室王伟高级工程师的建设性建议与讨论, 感谢复旦大学附属中山医院呼吸科与危重医学科宋元林教授专业的临床指导。

参考文献

- [1] 陈淑琴, 卓梅娟, 陈秋燕. 便携式呼吸机与简易呼吸器在危重患者院内转运中的应用[J]. 医疗装备, 2021, 34 (3): 174-176. CHEN Shuqin, ZHUO Meijuan, CHEN Qiuyan. Application of portable ventilators and bag respirators for in-hospital transport of critically ill patients[J]. *Medical Equipment*, 2021, 34(3): 174-176.
- [2] 杜丽凤. 便携式呼吸机在急诊危重患者院内转运中的应用[J]. 医疗装备, 2021, 34 (2): 181-182. DU Lifeng. Application of portable ventilators for in-hospital transport of critically ill patients in the emergency department[J]. *Medical Equipment*, 2021, 34(2): 181-182.
- [3] 许媛, 侯静, 彭晓蕾, 等. 转运呼吸机联合急救转运护理在脑梗死患者中的应用效果[J]. 实用临床医学, 2020, 21 (6): 71-72 + 82. XU Yuan, HOU Jing, PENG Xiaolei, et al. Effect of transport ventilators combined with emergency transport nursing on patients with cerebral infarction[J]. *Practical Clinical Medicine*, 2020, 21(6): 71-72 + 82.
- [4] 吴耀宇, 王中. 急救转运呼吸机分类、特点与选择[J]. 医疗卫生装备, 2009, 30 (8): 32-34. WU Yaoyu, WANG Zhong. Classification, Features and Selection of Emergency Transporting Ventilators[J]. *Chinese Medical Equipment Journal*, 2009, 30(8): 32-34.
- [5] 徐世宁, 董灿, 李文喆, 等. 急救呼吸机质量控制快速检测技术研究[J]. 中国医疗器械杂志, 2022, 46 (3): 336-341. XU Shining, DONG Can, LI Wenzhe, et al. Research on Rapid Detection Technology for Quality Control of Emergency Ventilator[J]. *Chinese Journal of Medical Instrumentation*, 2022, 46(3): 336-341.
- [6] 周忠喜, 王长松. 浅谈急救呼吸机设计理念[J]. 医疗装备, 2013, 26 (8): 18-19. ZHOU Zhongxi, WANG Changsong. A discussion on the design concept of emergency transport ventilator[J]. *Medical Equipment*,

- 2013, 26(8): 18-19.
- [7] BUITEMAN-KRUIZINGA L A, SERPA NETO A, SCHULTZ M J. Automation to improve lung protection[J]. **Intensive Care Medicine**, 2022, 48(7): 943-946.
- [8] HOLETS S R, DAVIES J D. Should a Portable Ventilator Be Used in All In-Hospital Transports?[J]. **Respiratory Care**, 2016, 61(6): 839.
- [9] RAZWANUL HAQUE S, *et al.* Cost-effective and power-efficient portable turbine-based emergency ventilator[J]. **HardwareX**, 2022, 12: e00350.
- [10] SZLOSAREK R, *et al.* Design and construction of a simplified, gas-driven, pressure-controlled emergency ventilator[J]. **African Journal of Emergency Medicine**, 2021, 11(1): 175-181.
- [11] JOINCHAIN 众成数科. 2021 年急救、转运呼吸机招投标市场报告 [EB / OL]. (2022-06-27) [2023-01-30]. <https://www.cn-healthcare.com/articlewm/20220627/content-1390568.html>.
- [12] COMEM. V1 急救转运呼吸机 [EB / OL]. (2023-01-30) [2023-01-30]. <https://www.comen.com/products/V1>.
- [13] MINDRAY. 呼吸机 SV300 [EB / OL]. (2023-01-30) [2023-01-30]. <https://www.mindray.com/cn/products/ventilators/sv300>.
- [14] MEDICAL H. HAMILTONTOUCAN 通气[EB / OL]. (2022-06-15) [2023-01-30]. https://www.hamilton-medical.com/zh_CN/Products/HAMILTON-T1.html.
- [15] PHILIPS. 伟康 Triloby 202 呼吸机[EB / OL]. (2023-01-30) [2023-01-30]. <https://www.philips.com.cn/healthcare/product/HC989805621001/triloby-202>.
- [16] WEINMANN. MEDUMAT Transport-Emergency and Transport Ventilator [EB/OL]. (2023-01-30) [2023-01-30]. <https://www.weinmann-emergency.com/products/medical-ventilators/medumat-transport/>.
- [17] Dräger. Oxylog 3000 plus [EB/OL]. (2023-01-30) [2023-01-30]. https://www.draeger.com/zh_cn/Products/Oxylog-3000-plus.
- [18] 薛昊轩, 陈正龙, 李宛龙, 等. 呼吸机闭环控制技术的研究进展及应用[J]. **生物医学工程与临床**, 2022, 26 (1): 123-128.
- XUE Haoxuan, CHEN Zhenglong, LI Xianlong, *et al.* Research progress of physiological closed loop control technology of ventilator[J]. **Biomedical Engineering and Clinical Medicine**, 2022, 26(1): 123-128.
- [19] BAEDORF KASSIS E N, *et al.* Adaptive Support Ventilation and Lung-Protective Ventilation in ARDS[J]. **Respir Care**, 2022, 67(12): 1542-1550.
- [20] SAUNDERS R. DAVIS J A, BOSMA K J. Proportional-assist ventilation with load-adjustable gain factors for mechanical ventilation: a cost-utility analysis[J]. **CMAJ Open**, 2022, 10(1): e126-e135.
- [21] PANTAZOPOULOS I, *et al.* Proportional assist ventilation versus pressure support ventilation for weaning from mechanical ventilation in adults: weaning success and mortality[J]. **Crit Care**, 2021, 25(1): 200.
- [22] GÖREN N Z, *et al.* Comparison of BPAP S/T and Average Volume-Assured Pressure Support Modes for Hypercapnic Respiratory Failure in the Emergency Department: A Randomized Controlled Trial[J]. **Balkan Med J**, 2021, 38(5): 265-271.
- [23] YARRARAPU S N S, SAUNDERS H, SANGHAVI D. Average Volume-Assured Pressure Support, in StatPearls. 2022, StatPearls Publishing Copyright © 2022, StatPearls Publishing LLC.: Treasure Island (FL).
- [24] STAGNARA A, *et al.* Reliability of Tidal Volume in Average Volume Assured Pressure Support Mode[J]. **Respir Care**, 2018, 63(9): 1139-1146.
- [25] 刘富强, 师聪红, 张桂琴, 等. 急诊昏迷患者的迅速分诊与急救方法研究[J]. **中国全科医学**, 2012, 15 (11): 1281-1282.
- LIU Fuqiang, SHI Conghong, ZHANG Guiqin, *et al.* Research of Rapid Triage and First Aid for Emergency Patients under Coma[J]. **Chinese General Practice**, 2012, 15(11): 1281-1282.
- [26] 段均. 急性呼吸窘迫综合征患者机械通气指南(试行)解读[J]. **重庆医科大学学报**, 2017, 42 (1): 76-78.
- DUAN Jun. Understanding of the guideline of mechanical ventilation in patients with acute respiratory distress syndrome(trial)[J]. **Journal of Chongqing Medical University**, 2017, 42(1): 76-78.
- [27] 蔡柏蔷. 慢性阻塞性肺疾病急性加重诊治中国专家共识(草案)[J]. **中国呼吸与危重监护杂志**, 2013, 12 (6): 541-551.
- CAI Boqiang. Consensus of Chinese experts on diagnosis and treatment of acute exacerbations of COPD(draft) [J]. **Chinese Journal of Respiratory and Critical Care Medicine**, 2013, 12(6): 541-551.
- [28] 《临床医学研究与实践》编辑部. 支气管哮喘急性发作评估及处理中国专家共识[J]. **临床医学研究与实践**, 2018, 3 (6): 201.
- Editorial Department of Clinical Research and Practice. Consensus Chinese experts on assessment and management of acute attack of bronchial asthma[J]. **Clinical Research and Practice**, 2018, 3(6): 201.
- [29] 朱俊. 转运呼吸机在急诊急救转运过程中的运用[J]. **中国社区医师**, 2021, 37(16): 73-74.
- ZHU Jun. Application of transfer ventilator in the process of emergency transport[J]. **Chinese Community Doctors**, 2021, 37(16): 73-74.
- [30] 梁姚鑫, 孙嘉增, 卢裕超, 等. 风险管理在急救呼吸机维护与维修中的应用效果[J]. **医疗装备**, 2020. 33 (23): 36-37.
- LIANG Yaoxin, SUN Jiazeng, LU Yuchao, *et al.* The Application Effect of Risk Management in the Maintenance and Repair of Emergency Ventilator[J]. **Medical Equipment**, 2020, 33(23): 36-37.