

呼吸机的日常保养及常见故障维修研究

莫为波

横州市人民医院设备科, 广西 南宁

收稿日期: 2023年7月17日; 录用日期: 2023年8月9日; 发布日期: 2023年8月21日

摘要

呼吸机是临床上一种常见的医疗设备, 确保其能正常运行是挽救患者生命及延长生存期的重要基础, 故而一定要认真做好呼吸机的日常保养、维护工作, 加大呼吸机各个部件及功能的检查频率, 确保其正常, 只有这样才能使呼吸机使用过程中充分发挥出自身的功能与价值。文章简单介绍呼吸机的结构构成及运行原理, 探讨呼吸机电池、流量传感器、呼气阀组件等的日常保养措施, 列举呼吸机运行过程中经常出现的故障问题, 分析故障成因, 探究相应的维修方法, 以供同行参考学习, 共同提升呼吸机的维保水平。

关键词

呼吸机, 日常保养, 故障分析, 维修方法

Research on Daily Maintenance and Common Fault Repair of Ventilators

Weibo Mo

Equipment Department, People's Hospital of Hengzhou, Nanning Guangxi

Received: Jul. 17th, 2023; accepted: Aug. 9th, 2023; published: Aug. 21st, 2023

Abstract

Ventilator is a common medical device in clinical practice. Ensuring its normal operation is an important foundation for saving patients' lives and extending survival. Therefore, it is necessary to carefully carry out daily maintenance and upkeep of the ventilator, increasing the frequency of inspection of various components and functions of the ventilator, and ensuring its normal operation. Only in this way can the ventilator fully exert its functions and value in operation. This article briefly introduces the structural composition and operating principle of a ventilator, explores the daily maintenance measures of the ventilator battery, flow sensor, exhalation valve components, etc., lists the common faults that occur during the operation of the ventilator, analyzes the causes

of the faults, and explores corresponding maintenance methods for peer reference and learning, and jointly improves the maintenance level of the ventilator.

Keywords

Ventilator, Daily Maintenance, Fault Analysis, Maintenance Methods

Copyright © 2023 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

呼吸机是各级医院必备的一类抢救装置，具有防控呼吸衰竭，减少相关并发症发生的风险等作用，进而挽救患者生命及延长生命时间。近些年，电子及机械化技术水平持续提升，呼吸机的使用性能明显提升，应用范畴也有很大的拓展，在重症监护病房(CCU)、急诊 IUC (EICU)、手术麻醉等领域均有广泛应用，在医院很多诊疗活动中占据着重要地位。提升呼吸机管理的科学性及规范化地执行各项日常检修、维护工作等，一方面确保疾病治疗活动顺利推进，另一方面也能延长呼吸机的使用寿命，帮助医院节约医疗设备的购置费用。国产呼吸机的使用寿命通常是 5~10 年，定期维修保养后能延长 2~5 年的使用寿命，帮助使用单位节约设备费用。

2. 呼吸机的结构及运行原理

- 1) 气源：基本上是选用空气压缩机或中心供气的高压空气及中心供氧输送的高压氧气。
- 2) 控制部分：运用微处理器进行调控，能够结合现实使用需求快捷地设置氧浓度、呼吸比、潮气量、呼吸模式切换等运行参数。
- 3) 测试报警仪：功能主要是测定气流量、呼吸频率、吸氧浓度等参数，以确保呼吸机能正常工作。测试报警仪的基站由氧浓度混合检测模块、静态检测模块和动态检测模块构成，能够校准追溯呼吸机测试仪的吸气氧浓度、静态流量及压力参数、动态流量及压力参数。
- 4) 供气与驱动装置：经常运用直接驱动形式为呼吸机供气，实质上就是采用调控空氧混合阀张开度的方式，直接把一定流量、浓度与压力的气体输送到病患体内。驱动装置的功能主要体现在提供吸气压力方面，多数驱动装置通过配备可调式减压阀的方式去降低气源压力，并将其作为驱动气体[1]。
- 5) 空氧混合阀：用于调控氧浓度大小。
- 6) 湿化与雾化装置：加温加热、加湿气流，通过这种方式提高气体的湿化成效或者药物雾化吸入效率。
- 7) 呼吸回路：使呼吸机把气体输给患者，及时排出患者治疗期间的呼出气体。
- 8) 呼气部分：该部分最大的功用代替人工达到自主换气，保证气体顺利地输送给患者。

3. 呼吸机的日常保养措施

3.1. 电池

现如今，为了更好地落实国家节能、环保政策，呼吸机设备生产制造时普遍应用的是镍氢电池，呼吸机使用期间加日常保护力度，有助于增加电池的使用年限：1) 理论上不可以使电池陷入完全放电的状

态,若出现这种情况时,则要第一时间对电池充电,并且将连续时间 > 8 h; 2) 电池长时间闲置不用时,每间隔一段时间为呼吸机充电,当电池状态指示器提示电量满载时,就可以断电; 3) 电池的更换周期设定为 10000 h。

3.2. 流量传感器

流量传感器的功能主要集中在测定气道流速大小方面,进而据此运算出潮气量,流量传感器监测的精准程度直接关系到呼吸机供气的精准性与实效性。例如,AFM3000 奥松电子呼吸机流量传感器的工作温度范围 0~+50℃,精度能达到±1.5%,重复性±0.5%。为了在呼吸机整个使用周期内始终将流量传感器检测的精准度维持在较高水平、降低故障发生及延长使用寿命,一般要落实好如下几项保养工作事宜: 1) 交替使用两个同型号呼气流量传感器,每日更换 1 次; 2) 使用过后的流量传感器用前期稀释好的多酶溶液(温度≤67℃)连续浸泡 5 min 以后,再用蒸馏水反复进行冲洗,然后使用柔软棉布擦拭干净或者通过自然风干以备用; 3) 如果存在需要进行消毒处理的必要性,则可以使用高压灭菌器进行。

3.3. 呼气阀组件

呼气阀组件包括呼气阀阀体、隔膜两种类型,其都和流量传感器相连,主要用于阻断与开启呼气通路方面,达到及时、精准切换呼气相和吸气相的目标,一般日常保养的内容有如下几部分[2]: 1) 每周均要拆下呼气阀体以及隔膜,严格按照说明书要求清洗 1 次(清洗操作方法和流量传感器之间保持一致),经清洗、消毒处理以后膜片之上不可有液体残留,如有局部存在残留,则要尽快予以风干或用软布擦拭处理; 2) 每次正式清洗呼气阀隔膜之前均要评估其完好度,及时发现局部过度磨损问题,若存在着过度磨损迹象,则要尽早更换全新的阀膜构造。

3.4. 人工检查

尽管当前大部分呼吸机有自检功能,能够智能化地排查相关故障问题,但依然不能完全代替医学设备工程师的重要作用,依然要组织他们定期开展人工检查活动,具体检查主要涉及如下几项内容[3]: 1) 报警系统: 通过模拟呼吸机的正常工作状态、更改预设参数、调整报警上下限、启闭总电源灯等办法去检测报警系统的使用性能; 2) 潮气量: 设置呼吸机的正常潮气量,可靠连接后模拟肺器官,若实测值和潮气量设定值大小相近,并且没有提示异常信号,则不必对其进行其他特殊处理操作; 否则要进一步开展相关测试试验,尽可能地消除所有隐匿故障; 3) 灵敏度: 适度增加预设触发灵敏度,挤压模拟肺器官,如果能够正常触发则代表呼吸机当前实现了正常运行,若触发反常则要综合多方面因素分析其具体成因,组织维修团队进行检修活动; 4) 气道压力与工作压力: 如果经检查发现气道压力过度则预示着外部管道气密性较差,局部存在着漏气问题; 而造成工作压力过低的原因主要有两个,一是内部管道局部漏气,二是实际供气压力达不到标准要求。

4. 呼吸机常见故障及维修

4.1. 气体循环故障

气体环路有吸气通路与呼气通路之分。如果吸气通路存在着较大的漏气问题或者呼气通路也存在着局部漏气情况时,于呼气阀未知利用机械能测出通气量明显低于设定值时,那么机会立即对外发出这种报警信号。从理论层面上分析,导致测试检验失败的原因主要是吸入与呼出管道种有泄露情况及压力传感器结构或功能受损。那么,这种故障的检修工作应从如下几方面做起[4]:

- 1) 认真检查各个接水杯、湿化器以及管道接合情况,及时发现与处理局部漏气问题。

2) 当检查发现气体模块喷嘴连接组件出现漏气或者破损情况时, 医疗设备工程师最先做的是断电, 随后逐一拿出空气与氧气模块, 分别将其和气源可靠相连。将适量肥皂水涂抹在接口位置, 便于技术人员后期更快速检查到漏气点, 并对其作出精准定位。

3) 稳妥地拆下安全阀膜片(safety valve membrane), 认真清洁掉其上吸附的杂物, 先将其浸泡在消毒酒精内进行消毒, 清洗处理, 随后置于蒸馏水内反复漂洗, 自然风干后安装。

4.2. 气体供应故障

1) 管道压力偏低

处理方法: 若经现场检测发现空氧两路气源压力不在 $2\sim 6.5 \text{ kPa} \times 100$ (29-94PSI) 范围中, 则要尽早通知有关部门前来检查供氧系统或管道设施当前的使用状态。

2) 在一些运营规模相对较小的基层医院内, 受经费及技术因素的限制, 长期没有创建中心供气。运用呼吸机本体自带的空气泵提供压缩空气, 当运行时间较长久时, 空压泵进气口的过滤海绵之上将会吸附很多灰尘, 降低透气性, 在这样的工况下压缩空气压力随之减少, 诱发这种报警信号。

排除办法: 清除海绵表面上的灰尘。

3) 进口的硅胶呼吸管道质量较优良, 但成本较高。一些医院发展过程中不仅追求将院感率降到最低, 也会充分考虑成本因素, 所以只能运用国产的普通塑料呼吸管道, 这类管道材质的弹性较差, 结合位置容易出现隐性漏气问题。如果漏气集中发生在吸气通路位置, 则会直接引起气体供应相关故障; 如果呼气部分也存在着漏气情况, 那么还会使气体环路对外发出故障报警信号。

排除办法: 认真检查各接合位置的状态, 或者当资金充足时尽早更换一套质量更好的管道设施。

4) 模块损坏

在执行压力传感器自检过程中, 工程师听到机器内存在着异常声音, 并且声音较响亮, 模拟肺试机时报 $\text{pressure transducer} > 5 \text{ cm H}_2\text{O}$ 并且显示屏之上肺部吸入量(V_{ti})是 500 ml, 肺呼出量(V_{te})数值在 120 ml~1100 ml 范围内波动。结合系统的运行原理, 初步判断气体模块工作异常。结合以上判断结果分别测试监测、关闭空气压缩机, 拔除空气压缩机和主机的快接头, 插入氧气插头, 开机以后跳过自检程序, 用模拟肺试机 V_{ti}、V_{te} 量值均趋近 500 ml; 拔除下氧气接头后单独测试检验空气模块, 发现故障依然存在, 据此可以断定空气模块损坏。因为新模块产品的购置费用较高, 故而考试阶段可以考虑自行维修[5]。具体是拆开旧呼吸模块, 经观察发现其出气喷嘴有一个环形金属变形受损, 用一个材质累死的金属片按原样制造一个, 安装试机后发现故障依旧, 历经屡次修整、试验检测后彻底排除了故障。维修成本没有超过 10 元, 帮助医院节约下了大量的设备维修基金。

4.3. Exchange Expiratory cassette “呼气盒技术错误”, 并有报警

既往大量的检修实践证实, 呼出盒之上粘有污垢是引起这种故障问题的主要原因。

解决方法: 使用尖嘴钳能顺利地取下呼出盒背面呼出阀膜片的扣环, 检查发现呼出阀膜片表面粘粘这部分病患呼出气体的结晶物, 进而造成膜片无法正常关闭而引起漏气问题。面对以上情况, 利用清水反复擦洗、自然晾干, 按照规程将其准确安装到指定位置, 基本上能解除问题。严禁使用酒精或其它溶剂进行擦洗, 其均有一定腐蚀性, 进而缩短阀膜片的使用寿命。部分呼出气体的结晶同样也会和呼出盒腔体内部相粘, 工程师可以把整个呼出盒安置于 $< 35^\circ\text{C}$ 热水环境内连续浸泡数小时, 随后再替换清水小心左右晃动漂洗数次, 能进一步增加呼出盒内结晶颗粒的去除效果, 在通风条件较好的场所内安置好呼出盒后自然晾干 12~24 h。无需配置高压气流进行干燥, 否则很可能会使其内部部分元器件的功能受损。此外, 将一个滤菌器加装在患者呼出管道与呼出盒之间, 不仅能延长呼出盒的使用年限, 也能减少或规

避免交叉感染事件。若采用以上方法后不能处理问题，则可以判断是呼气盒发生故障，需要对其进行系统化检修或更换新件。更换全新的呼出盒时投资较大，故而医院可以尝试自行检修。拆开呼出盒模块拆开，转头打掉盒背部六颗螺丝封头，拧下六颗螺丝，此时就顺利地拆开了呼出盒。随后就可以对呼出盒内各零部件进行清洁处理，去除粘附在 PC1786 电路板元器件上的污迹和水迹。

PC1786 电路板之上标称是 RS 的电阻，其自身是一个负温度系数传感器。RS 能实时监测呼出气体的温度，后级电路依照温度波动情况执行呼出流量值的补偿过程。在开机自检环节，Servo-i 系统会智能监测该电阻的阻值大小，若改电阻阻值超过范围则会有“呼气盒技术错误”的报警信号。

4.4. 显示器黑屏

造成显示屏黑屏的原因主要包括如下几点[6]：1) 如果 GUI 指示灯全亮。机器不能正常运作，则要通过试验检测以确定电源模块是否能正常给显示屏输出 15 V 电压，运用元件替换法确定故障发生情况；2) GUI 指示灯运行正常，手动按压显示屏按键，若有按键音则考虑高压板发生故障，替换法确定故障；3) 主机与屏幕之间的数据连接线有故障时也可能引起显示器黑屏问题，拆下数据线以后再安装以排除故障当电路板与数据线的接插件之间接触不平时也可能造成呼吸机使用过程中发生黑屏情况，针对这种情况的处理方法较简单，即重新焊接电路板上的焊脚后再次检测，确定故事是否彻底消除。

4.5. 潮气量异常，高低不定

当前，临床上配置的呼吸机通常设置的是容量控制模式，潮气量通常被设置为 500 ml，氧浓度 80%，多数患者的潮气量在 410~520 ml 范围内取值。在开展扩展自检活动时发现氧流量传感器测试失败，错误代码是 FE0101。工程师先逐一检查外部管路、积水杯以及湿化器运行状态，明确其气密性，判断局部是否发生漏气问题，并观测管路是否有破损状况，检查结果均提示正常。随后按照规程检查并判断外部气源、压缩机压力、中心供氧的正常与否，结果表明正常。开启呼吸机，检查了吸气模块部分，交换了空气流量传感器 Q2 与氧气流量传感器 Q1，随后进行扩展自检，结果提示故障依然存在。拆下呼气流量传感器 Q3 以后，经检查发现管道内部有异物滞留而造成堵塞情况，取出异物后再按照规程组装各类元器件，再次进行扩展自检试验后顺利通过。

5. 结束语

机械通气是当前临床上延续患者生命的一种常用的治疗办法，当前在各级医院内得到了广泛应用，呼吸机已经成为一种必需的急救设备，做好设备维护与保养工作具有很大现实意义。为此，医疗设备工程师后续应主动承担起自身职责，明确呼吸机日常保养工作要点，总结常见故障原因，实践中持续归纳经验等，最大限度地提升呼吸机的维保水平，使其用于临床诊疗实践中实现价值的最大化。

参考文献

- [1] 张红丽, 朱亚红, 康书境. 鸟牌 VELA 呼吸机的日常保养与常见故障维修[J]. 医疗装备, 2022, 35(7): 134-135.
- [2] 冯美燕, 张文亮, 王欢. 飞利浦 V60 呼吸机常见故障维修及保养[J]. 医疗装备, 2022, 35(1): 144-145.
- [3] 郝明扬. 无创呼吸机的故障维修与维护保养方法分析[J]. 中国医疗器械信息, 2021, 27(18): 183-185
- [4] 黄弘琛. 呼吸机的保养维护及故障维修探析[J]. 科学技术创新, 2021(9): 174-175.
- [5] 欧小红. 灵智呼吸机的故障维修与预防性维护保养[J]. 医疗装备, 2021, 34(2): 136.
- [6] 黄祺祥. 德尔格 Evita 4 Edition 呼吸机的常见故障维修与日常保养[J]. 医疗装备, 2020, 33(9): 139-140.