

新型冠状病毒肺炎病员的隔离转运

衣颖,吴金辉*,张宗兴,郝丽梅,祁建城*

(军事科学院系统工程研究院卫勤保障技术研究所,国家生物防护装备工程技术研究中心,
天津 300161)

[摘要] 介绍了适用于转运新型冠状病毒感染的肺炎患者的隔离转运装备,分析了不同型式隔离转运装备的主要技术参数及其特点,并结合疫情防控需要及装备特点提出了新型冠状病毒肺炎病员的隔离转运方案。指出了新型冠状病毒感染的肺炎疫情防控中应加大装备投入的品种和数量,并加以灵活运用,切实降低病员隔离转运时病原微生物扩散的风险。

[关键词] 新型冠状病毒;呼吸道传染;感染病员;负压隔离;转运装备

[中国图书资料分类号] R318;R181.9 **[文献标志码]** A **[文章编号]** 1003-8868(2020)02-0006-06

DOI: 10.19745/j.1003-8868.2020027

Isolated transfer of patients infected by COVID-19

YI Ying, WU Jin-hui*, ZHANG Zong-xing, HAO Li-mei, QI Jian-cheng*

(Institute of Medical Support Technology, Academy of System Engineering of Academy of Military Science of Chinese PLA,
National Bio-Protection Engineering Center, Tianjin 300161, China)

Abstract The isolated transfer equipment suitable for evacuating the COVID-19 patients was introduced. The main technical parameters and characteristics of various types of isolated transfer equipment were analyzed. An isolated transfer scheme for the COVID-19 patient was proposed in combination with the requirements of the epidemic prevention and control as well as the equipment characteristics. It's pointed out the varieties and quantities of the equipment for the epidemic prevention and control emphasized to avoid spreading contamination during the patient isolated transfer. [Chinese Medical Equipment Journal, 2020, 41(2): 6-10, 25]

Key words SARS-CoV-2; respiratory infection; infectious patient; negative pressure isolation; transfer equipment

0 引言

2019年12月我国武汉市开始出现新型冠状病毒感染的肺炎患者,并逐步演变为全国疫情。新型冠状病毒可通过呼吸道飞沫传播感染^[1],人咳嗽可产生数千个粒子,打喷嚏时可产生数十万个粒子^[2],感染或处于感染潜伏期的人将导致大量病原微生物向外界环境扩散,极易引起周围人员感染。因此,在将疑似或确诊新型冠状病毒感染病员转运至定点救治医院的过程中,需要特殊的隔离措施以保证环境和人员的安全,防止病原微生物继续扩散。物理隔离是烈性呼吸道传染病员隔离转运的基本原则,一般分为常

压隔离和负压隔离2种。常压隔离装备包括口罩、隔离服等。近年来,负压隔离转运越来越受到各国重视,并已被证实是行之有效的控制传染病扩散的手段。2003年中国严重急性呼吸综合征(severe acute respiratory syndrome, SARS)疫情和2014年西非埃博拉疫情中负压隔离转运舱被广泛使用。2020年1月28日,国家卫生健康委办公厅发布了《新型冠状病毒感染的肺炎病例转运工作方案(试行)》(以下简称《试行转运方案》),要求转运救护车应具备转运呼吸道传染病患者的基本条件,尽可能使用负压救护车进行转运^[3]。本文分析国内外烈性呼吸道传染病员隔离转运装备的技术型式、装备特点和适用范围,提出我国在新型冠状病毒肺炎疫情防控中感染病员的隔离转运方案。

1 烈性呼吸道传染病员常压隔离转运装备

烈性呼吸道传染病员常压隔离转运装备指仅通过物理隔离和自吸过滤的方式阻断病原微生物由病

基金项目:国家科技重大专项(2017ZX10304403)

作者简介:衣颖(1981—),男,博士,工程师,主要从事生物防护技术与工程方面的研究工作, E-mail: yiy@npec.org.cn.

通信作者:吴金辉, E-mail: wujh@npec.org.cn; 祁建城, E-mail: qijch@npec.org.cn

员向环境扩散的装备,口罩(不带呼气阀)和隔离服是目前传染病疫情防控中最常用的常压隔离装备,可通过救护车、担架等载具实现病员的安全转运。口罩对咳嗽和喷嚏等形成的飞沫有较好的阻断效果,对呼出生物气溶胶也有较高的过滤效率,而且口罩和隔离服价格便宜,适合大量人员的快速隔离。但口罩和隔离服常压隔离也存在较大风险,病员在佩戴口罩时往往难以保证口罩与面部良好的密合度,呼气尤其是喷嚏时气溶胶泄漏风险较大。因此,口罩和隔离服等常压隔离转运装备应与负压救护车等负压隔离装备配合使用,以降低病原微生物扩散风险。

2 烈性呼吸道传染病员负压隔离转运装备

烈性呼吸道传染病员负压隔离转运装备可分为自穿戴式和载具式两大类。自穿戴式负压隔离转运装备主要是负压隔离头罩,载具式负压隔离转运装备种类繁多,包括负压隔离转运担架、负压隔离转运间、负压隔离转运轮椅、负压救护车等。负压隔离的基本原理如图1所示,通过对隔离装备的送排风控制,在物理屏障内形成相对负压,使得空气只能由屏障外部高压侧流向屏障内低压侧,有效防止病员产生的病原微生物向外部环境扩散,而屏障内部病员呼出的污染空气经过高效空气过滤器过滤后,形成无污染的洁净空气排放到外部环境中。

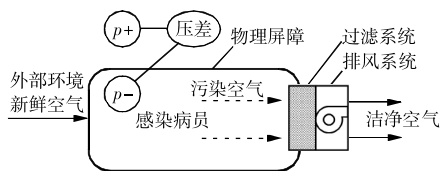


图1 负压隔离基本原理图

2.1 穿戴式负压隔离头罩

针对烈性呼吸道传染病员传染源主要来自呼吸系统的特点,负压隔离头罩采取头罩局部负压隔离的方式,达到有效防止病原微生物扩散,实现病员安全转运的目的。军事科学院系统工程研究院卫勤保障技术研究所研制了一种烈性传染病员负压隔离头罩^[4-5],用于隔离转运疑似或确诊呼吸道传染病员。如图2、3所示,负压隔离头罩由罩体和排风过滤系统组成,罩体主要包括透明头罩和半身式罩衣,排风过滤系统主要包括高效空气过滤器和电动排风系统。透

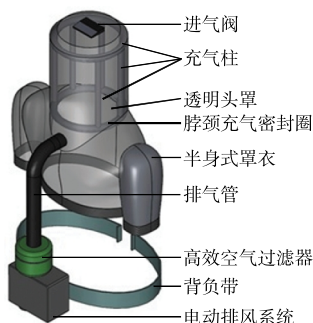


图2 负压隔离头罩示意图^[4]



图3 负压隔离头罩穿戴效果

明头罩采用充气柱加强支撑强度,底部脖颈处采用充气结构使头罩固定于头部。头罩与排风过滤系统通过软管连接,在电动排风系统的作用下,头罩内污染气体通过高效空气过滤器过滤后排至外部环境,外部新鲜空气通过头罩顶部进气阀送入头罩,在头罩内形成一个相对封闭的负压空间,达到隔离防护目的。经测试,该型负压隔离头罩的高效过滤器过滤效率 $>99.99\%$ @ $0.3\ \mu\text{m}$,排风量 $\geq 200\ \text{L}/\text{min}$,静态压差 $< 40\ \text{Pa}$,人员静止站立、行走、均匀呼吸、深呼吸等情况下均能保持 $15\ \text{Pa}$ 左右的负压,可确保内部病原微生物不泄漏。

穿戴式负压隔离头罩适用于能够自主行走的综合症状较轻的呼吸道传染病员。采用负压隔离头罩转运病员时,穿戴者的行动基本不受影响,可站、走、坐、躺,有效避免负压隔离转运担架对病员动作的限制,可显著降低病员心理负担,并可方便地进行体温、脉搏、血氧的测量。佩戴负压隔离头罩的病员与普通病员所需载运空间基本相当,因此在相同运力情况下同时转运的病员数量远高于采用负压隔离舱等卧姿转运方式。病员佩戴负压隔离头罩后行动基本不受限,便于通过电梯、楼梯等狭小空间。另外,负压隔离头罩成本远低于其他类型的负压隔离装备,且储运空间要求小,适合大规模战略储备,利于在传染病疫情暴发初期迅速对大规模确诊和疑似人员隔离,为疫情防控抢得先机。负压隔离头罩单独使用的风险在于病员的唾液、痰液等分泌物可能黏附在病员头部以外的部位,造成接触传播,因此在使用负压隔离头罩转运病员时,医护人员应穿戴个人防护装备,并及时对头罩外表面消毒,及时观察是否有病员的分泌物流到头罩外部。

2.2 载具式负压隔离转运装备

2.2.1 负压隔离转运担架

负压隔离转运担架也称为担架式负压隔离转运

舱,是一种转运卧姿烈性传染病员的负压隔离转运装备,适用于重症或行走不便传染病员的隔离转运。负压隔离转运担架一般由可平躺一名病员的隔离舱、使隔离舱形成持续负压的负压排风过滤系统以及与之适配的各类担架组成。作为一种较为成熟的负压隔离转运装备,中国、美国、以色列、捷克等国家均有多型产品在近年来的疫情防控中发挥了作用^[6-9]。特别是2014年西非埃博拉疫情暴发后,美国[如图4(a)所示]^[6]和法国[如图4(b)所示]^[7]均采用负压隔离转运担架短途转运埃博拉病员。西班牙[如图4(c)所示]甚至将担架式负压隔离转运舱搬上飞机^[8],将埃博拉病员长距离安全转运回国。中国曾在2003年SARS疫情防控中应急开发了负压隔离担架[如图4(d)所示],在隔离转运病员时发挥了作用^[9]。

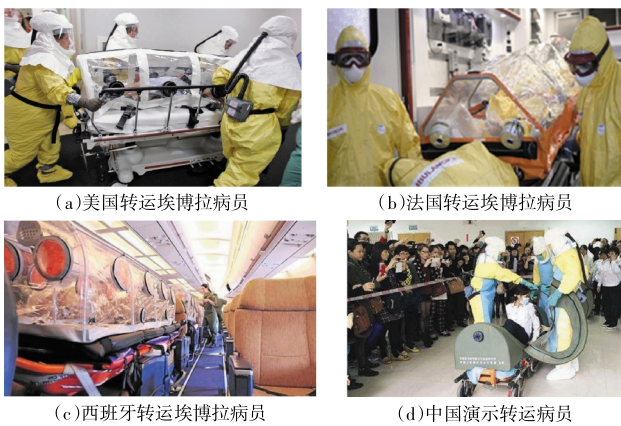


图4 负压隔离转运担架及其应用^[6-9]

2014年西非埃博拉疫情暴发后,胡名玺等^[10]研发了一种负压隔离转运舱,如图5所示,采用柔性可折叠透明舱体(热塑性聚氨酯等材料),利用铝合金支杆或充气柱支撑舱体,舱体两侧设置手套操作口和药品、食物传递口,电池供电的排风过滤系统可实时监测舱内外压差且具有低压差报警和低电量报警功能,舱内压差 $<15\text{ Pa}$,可固定于担架上以便于搬运^[11],也可安置于车、船、飞机上实现长距离转运。



图5 国产负压隔离转运舱^[10]

负压隔离转运担架可提供烈性呼吸道传染病员全身的隔离防护,特别适用于中短距离重症烈性传染病员的安全隔离转运。负压隔离转运担架整体隔离病员,其隔离效果优于负压隔离头罩,但也带来一些其他问题:被隔离病员处于狭小空间内,活动自由度小,可能造成较大的生理和心理负担;给询问、观察、简单处理等转运伴随诊疗带来不便;尺寸较大,不便通过民用电梯甚至楼梯间;另外,长时间转运时病员呕吐、排泄物的处理也是一个棘手的问题。

2.2.2 移动式负压隔离转运间

移动式负压隔离转运间一般作为一种摆渡式隔离转运装备,适合在出入境口岸、机场、车站等场合使用,可将感染或疑似病员从飞机、火车等运输工具上安全隔离并摆渡至负压救护车等其他转运装备,从而实现病员隔离转运的无缝衔接。北京克力爱尔生物实验室工程有限公司研制了一种生物安全型可移动式负压隔离间,如图6(a)所示^[12],采用带透明窗的硬质箱体作为隔离主体,且装有脚轮,可人力推动。移动式负压隔离间可供2名卧姿或4名坐姿病员隔离使用,设计了生物安全型传递窗向内传递物品,内部设置摄像及对讲系统,且支持电池供电,高效空气过滤排风系统确保箱内压力 $<25\text{ Pa}$ 。2020年1月23日,移动式负压隔离间在国内某机场进行了发热病员的隔离摆渡[如图6(b)所示]^[13]。



(a)FU-221B型负压隔离间 (b)机场使用负压隔离间转运发热病员

图6 移动式负压隔离间^[12-13]

2.2.3 负压隔离转运轮椅

负压隔离转运轮椅是一种隔离坐姿病员的转运装备。张小京^[14]研发的ST-120A生物安全型负压隔离轮椅如图7所示,以轮椅为载体,上装坐姿柔性透明负压舱、高效过滤装置和负压生成器^[15],舱内压力 $<25\text{ Pa}$ 。其中负压舱、高效过滤装置和负压生成器总质量约9 kg,可快速安装于轮椅或其他类型座椅



(a)ST-120A 生物安全型负压隔离轮椅

(b)人员坐入效果

图 7 负压隔离转运轮椅^[14-15]

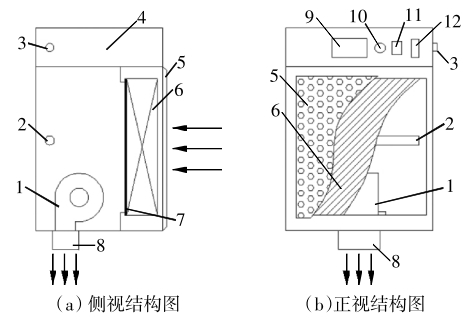
上,实现传染病员的应急隔离。负压隔离转运轮椅是一种不常见的隔离转运装备,与移动式负压隔离转运类似,定位为摆渡装备,也可作为负压隔离转运担架和移动式负压隔离转运间的应急替代,使用时应考虑与负压救护车等运载工具的适配性。

2.2.4 负压救护车

负压救护车是指利用技术手段,使救护车病员室内气压低于外界大气压,空气在自由流动时只能由外部环境流向病员室内,同时将病员室内的污染空气进行高效过滤处理后排出,避免病原微生物向环境扩散,在救治和转运传染病员时可以最大限度地减少转运途中外部环境被污染的概率。必要时,负压救护车上还可配备呼吸机、除颤仪、心电监护仪等抢救设备,安装紫外线消毒灯、中心供氧接口等,实现隔离转运的同时进行必要的救护。负压救护车机动性强,是区域疫情防控时隔离转运的核心装备。2003年SARS疫情及2010年甲型H1N1流感疫情期间,负压救护车在转运传染病员时均发挥了重要作用。负压救护车核心部件为排风净化装置,通过在救护车病员室内加装排风净化装置(如图8所示)^[16-17]并进行密封处理,可使病员室内气压低于外界大气压形成负压隔离。在使用负压救护车转运烈性传染病员时,病员与医护人员共处于病员室内,需要医护人员佩戴个人防护装备。负压救护车与负压隔离担架、负压隔离头罩等个人防护防护装备配套使用(如图9所示)^[18],可有效避免交叉感染。

2.2.5 长距离负压隔离转运装备

在烈性传染病防控全球化形势下,出现了以飞机为搭载平台的烈性传染病员负压隔离装备,实现长距离快速转运。2014年西非埃博拉疫情期间,美国在湾流飞机上加装负压隔离系统,成功将西非埃



(a) 侧视结构图

(b) 正视结构图

1.风机;2.紫外灭菌灯;3.电源接口;4.电气控制夹层;5.防护罩;6.高效过滤器;7.密封胶条;8.排风口;9.数字仪表;10.声光报警器;11.紫外灯开关;12.电源开关

图 8 负压救护车排风净化装置结构示意图^[16-17]

(a)负压隔离转运舱置于车载担架

(b)负压隔离转运舱置于救护车车内气流组织示意

图 9 负压救护车搭载负压隔离转运舱^[18]

博拉病员运回本土治疗,如图10所示^[19]。该系统采用可快速搭建的支架,支架内连接隔离篷布形成相对密闭空间,通过排风高效过滤装置产生比机舱环境小20Pa的压差,同时配置必要的救护仪器,可容纳1名传染病病员和2名医护人员。



(a)湾流飞机与负压隔离转运装置

(b)负压隔离转运装置内部示意

图 10 美国湾流飞机加装负压隔离系统转运埃博拉病员^[19]

2014年西非埃博拉疫情暴发后,我国研制了具有两级负压梯度的机载式负压隔离转运间(如图11所示),显著降低了航空运输时由于起飞和降落导致的压差剧烈波动带来的病原微生物外泄风险,其2015年取得中国民航适航证书。

3 讨论

控制传染源、切断传播途径、保护易感人群是打赢新型冠状病毒肺炎疫情的关键因素,本文基于对现有呼吸道传染病员负压隔离转运技术与装备特点的分析,认为目前新型冠状病毒肺炎疫情影响病员隔离转运应把握如下几个要点。



图 11 中国机载式传染病员负压转运间

3.1 区分病员症状轻重,选择隔离转运装备

轻症且可自主行走的病员采用口罩配套隔离服的方式,并用负压救护车进行转运,同时应密切关注进入负压救护车和从负压救护车转出这 2 个时间段的病原微生物扩散风险。更为稳妥的方式是采用负压隔离头罩,这种方式非常适合大批感染或疑似感染人员的快速转移,并可采用普通救护车等载具进行接转,可大幅缓解疫情暴发时对大量负压救护车的依赖。采用负压隔离头罩转运,可以使病员保持较大的行动自由度,减轻病员及医护人员心理负担,并且一辆救护车可同时转运多名穿戴负压隔离头罩的坐姿病员,提高转运效率。较重症病员采用负压隔离转运担架配合负压救护车的方式,可在转运途中持续为病员给药和监护,防止病员在转运过程中病情进一步恶化。负压隔离担架转运病员时,需考虑电梯、楼梯等通道的尺寸,确保能够顺利通过。

3.2 区分转运区段及距离,选择隔离转运装备

利用负压救护车转运疑似或确诊感染病员时,在进入救护车前和出救护车后的 2 个区段,尤其是从社区、机场、车站等人员聚集地为起点转运时,如果将病员及时隔离,将可进一步减小病原扩散概率;可使用负压隔离头罩、负压隔离转运担架、移动式负压隔离转运间或负压隔离转运轮椅等隔离装备摆渡与负压救护车对接,其中负压隔离头罩或负压隔离转运担架还可作为伴随隔离装备在短距离转运时全程使用。当进行长距离转运时,应使用负压救护车转运,如果跨省甚至跨国远距离转运,应采用机载式负压隔离转运装备。

3.3 多种隔离转运装备联合使用,增强防护效果

联合使用负压救护车和负压隔离头罩或担架式负压隔离转运舱,一方面可保护转运过程全区段的外部环境及健康人群,另一方面可提升负压救护车病员室内随行医护人员的安全性。但也存在一定不便,如果在救护车内使用担架式负压隔离转运舱转

运重症病员,当出现急症需要进行紧急救治时,需要将隔离舱打开,增加了救治措施实施难度。负压隔离头罩则基本不存在上述问题,因此更建议负压救护车与负压隔离头罩联合使用。

3.4 重视隔离转运装备使用后消毒

烈性呼吸道传染病员隔离转运装备使用后均应进行严格消毒处理,以便下次使用。《试行转运方案》要求救护车返回后需严格消毒方可再转运下一例患者,推荐使用过氧化氢喷雾或含氯消毒剂擦拭消毒车厢及其他物体表面。上述消毒方式对于由飞沫或气溶胶传播的病原而言存在一定的风险,因为喷雾或擦拭难以触及设备的底面、背面、缝隙等位置。因此,气(汽)态熏蒸消毒方法更为适用,如气体二氧化氯^[20]、汽化过氧化氢^[21]等,可以实现车厢内更彻底的消毒。而负压隔离头罩可放置于密封舱内进行气(汽)态熏蒸消毒^[22]。

4 结语

进入 21 世纪以来,根据 SARS、甲型 H1N1 流感、西非埃博拉等国内国际疫情防控的需要,借鉴发达国家在西非埃博拉疫情防控中的经验,我国已创新研发出灵活多样、适用性强的烈性传染病员隔离转运装备,在此次新型冠状病毒肺炎疫情防控中应加大装备投入的品种和数量,并加以灵活运用,切实降低病员隔离转运时病原微生物扩散的风险。

[参考文献]

- [1] 关于印发新型冠状病毒肺炎诊疗方案(试行第五版 修正版)的通知(国卫办医函[2020]117 号)[EB/OL]. (2020-02-09)[2020-02-10]. http://www.gov.cn/zhengce/zhengceku/2020-02/09/content_5476407.htm.
- [2] 嵇贇喆. 传染性隔离病房的气流组织与负压控制数值研究[D]. 天津:天津大学, 2005.
- [3] 国家卫生健康委办公厅. 国家卫生健康委办公厅关于印发新型冠状病毒感染的肺炎病例转运工作方案(试行)的通知[EB/OL]. (2020-01-28)[2020-01-29]. <http://www.nhc.gov.cn/xcs/zhengcwj/202001/ccee6ec0942a42a18df8e5ce6329b6f5.shtml>.
- [4] HAO L M, WU J H, ZHANG J M, *et al.* Development of a negative pressure hood for isolation and transportation of individual patient with respiratory infectious disease[J]. *Biosafety and Health*, 2019, 1(3): 144-149.
- [5] 郝丽梅, 吴金辉, 张金明, 等. 一种负压隔离头罩: 201810240616.4[P]. 2018-08-28.
- [6] ELLIS J. This is the first time Ebola has spread among people in the U.S.[EB/OL]. [2020-01-29]. <https://mashable.com/2014/>

(▶▶ 下转第 25 页 ▶▶)

- 展[J]. 生物医学工程杂志, 2015, 32(1):229-234.
- [3] SO W K Y, WONG S W H, MAK J N, *et al.* An evaluation of mental workload with frontal EEG[J]. PLoS One, 2017, 12(4): e0174949.
- [4] 姜劲,焦学军,潘津津,等. 利用 fNIRS 研究情绪状态下的脑力负荷评估[J]. 光学学报, 2016, 36(5): 175-187.
- [5] LOKANAVAR S, LAHANE P, GANGURDE A, *et al.* Emotion recognition using EEG signals[J]. Emotion, 2015, 4(5): 54-56.
- [6] AL ZOUBI O, AWAD M, KASABOV N K. Anytime multi-purpose emotion recognition from EEG data using a Liquid State Machine based framework[J]. Artif Intellig Med, 2018, 86: 1-8.
- [7] TORRES-VALENCIA C A, GARCIA-ARIAS H F, ALVAREZ LOPEZ M A, *et al.* Comparative analysis of physiological signals and electroencephalogram (EEG) for multimodal emotion recognition using generative models[C]//Symposium on Image, Signal Processing and Artificial Vision, September 17-19, 2014, Armenia, Quindío, Colombia. New York: IEEE, 2014: 1-5.
- [8] EBERSOLE J S, PEDLEY T A. Current practice of clinical electroencephalography[M]. 3rd ed. New York: Lippincott Williams & Wilkins, 2002.
- [9] ZHANG J, CHEN M, HU S, *et al.* PNN for EEG-based emotion recognition[C]//IEEE International Conference on Systems, Man, and Cybernetics (SMC), October 9-12, 2016, Budapest, Hungary. New York: IEEE, 2016: 002319-002323.
- [10] ALI M, MOSA A H, MACHOT F A, *et al.* EEG-based emotion recognition approach for e-healthcare applications[C]//Eighth IEEE International Conference on Ubiquitous & Future Networks (ICUFN), July 5-8, 2016, Vienna, Austria. New York: IEEE, 2016: 946-950.
- [11] LIU W, ZHENG W L, LU B L. Emotion recognition using multimodal deep learning[C]//International conference on neural information processing (ICONIP), October 16-21, 2016, Kyoto, Japan. Cham: Springer, 2016: 521-529.
- [12] KOELSTRA S, MUHL C, SOLEYMANI M, *et al.* DEAP: a database for emotion analysis using physiological signals[J]. IEEE Trans Affect Comput, 2011, 3(1): 18-31.
- [13] 崔鸿雁,徐帅,张利锋,等. 机器学习中的特征选择方法研究及展望[J]. 北京邮电大学学报, 2018, 41(1): 1-12.
- [14] HARRINGTON P. Machine learning in action[M]. New York: Manning Publications Co., 2012.
- [15] PETRANTONAKIS P, HADJILEONTIADIS L. A novel emotion elicitation index using frontal brain asymmetry for enhanced EEG-based emotion recognition[J]. IEEE Trans Inf Technol Biomed, 2011, 15(5): 737-746.
- (收稿:2019-07-06 修回:2019-10-15)
-
- (◀◀上接第 10 页◀◀)
- 10/12/first-ebola-cases-in-us/.
- [7] FRANCEINFO. Une malade d'Ebola a été transférée en France pour recevoir des soins[EB/OL]. (2014-02-11) [2020-01-29]. https://www.francetvinfo.fr/sante/maladie/ebola/une-malade-d-ebola-a-ete-transferee-en-france-pour-recevoir-des-soins_734301.html.
- [8] 西班牙两名埃博拉患者搭乘空军专机回国(图)[EB/OL]. [2020-01-19]. <http://news.cri.cn/gb/42071/2014/08/07/7651s4645302.htm>.
- [9] 李金年,宋东. 负压隔离舱在 SARS 转运中的应用[C]//中华医学会. 2003 全国 SARS 防治学术交流会议论文集. 北京:中华医学会, 2003: 30-31.
- [10] 胡名玺,孙秋明,刘圣军,等. 折叠式传染病员负压隔离转运舱研究[J]. 医疗卫生装备, 2014, 35(12): 97-100.
- [11] 赵志超,李国洪,孙秋明,等. 负压隔离舱空中转运过程的舱体气压变化研究[J]. 医疗卫生装备, 2017, 38(5): 1-3.
- [12] 北京克力爱尔生物实验室工程有限公司. FU-221B 生物安全型可移动式负压隔离间[EB/OL]. [2020-01-29]. <http://www.bjcleanair.com/product-de.php?id=123>.
- [13] 新京报. 福建长乐机场发现 1 名疑似肺炎患者用隔离箱运上救护车[EB/OL]. (2020-01-23) [2020-01-29]. <http://www.bjnews.com.cn/wevideo/2020/01/23/678460.html>.
- [14] 张小京. 负压隔离轮椅:201420749755.7[P]. 2015-04-22.
- [15] 北京克力爱尔生物实验室工程有限公司. ST-120A 生物安全型负压隔离轮椅[EB/OL]. [2020-01-29]. <http://www.bjcleanair.com/product-de.php?id=126>.
- [16] 衣颖,赵明,李艳菊,等. 负压救护车排风净化装置的研制与应用[J]. 中国卫生工程学, 2012, 11(2): 89-91.
- [17] 祁建城,赵明,衣颖,等. 负压排风净化装置:200820075020.5[P]. 2009-06-03.
- [18] 董籽驿. 不是普通救护车! 抗疫专用负压救护车解析[EB/OL]. (2020-02-01) [2020-02-02]. <http://auto.163.com/20/0201/09/F49PV7NJ0008856S.html>.
- [19] CBS Interactive Inc. Plane leaves Liberia with second American infected with Ebola[EB/OL]. [2020-01-29]. <https://www.cbsnews.com/news/nancy-writebol-american-missionary-with-ebola-readying-return-home/>.
- [20] 衣颖,吴金辉,郝丽梅,等. 气体二氧化氯应用技术的研发进展与趋势[J]. 中国消毒学杂志, 2017, 34(4): 360-366.
- [21] 郝丽梅,衣颖,林松,等. 汽化过氧化氢在消毒领域中的应用研究[J]. 医疗卫生装备, 2018, 39(2): 92-95.
- [22] 吴金辉,祁建城,郝丽梅,等. 一种用于防护器材的熏蒸消毒舱:201810934314.7[P]. 2018-11-06.
- (收稿:2020-02-06 修回:2020-02-12)