

# 舱内环境集成送风装置研究与设计

张龙喜, 靳 捷, 邓昱晨, 王家胜, 蒲洪波

(中国航天系统科学与工程研究院, 北京 100048)

**摘要:**针对集成送风系统气流通效率低的问题,研究了集成送风系统的运行原理,进行了系统整体设计,从整体上优化了风道设计,并对设计的风路进行了仿真计算,确保风道满足各项设备的气流流量要求,且通过样机试验,证实了设计正确。

**关键词:**三防;通风;风道;仿真计算;集成送风系统

**本文引用格式:**张龙喜,靳捷,邓昱晨,等. 舱内环境集成送风装置研究与设计[J]. 兵器装备工程学报,2020,41(S1): 51-54,88.

**Citation format:**ZHANG Longxi, JIN Jie, DENG Yuchen, et al. Research and Design of Integrated Air Supply System in Cabin Environment[J]. Journal of Ordnance Equipment Engineering,2020,41(S1):51-54,88.

**中图分类号:**TJ811

**文献标识码:**A

**文章编号:**2096-2304(2020)S1-0051-04

## Research and Design of Integrated Air Supply System in Cabin Environment

ZHANG Longxi, JIN Jie, DENG Yuchen, WANG Jiasheng, PU Hongbo

(China Aerospace Academy of System Science and Engineering, Beijing 100048, China)

**Abstract:** The air duct structure caused by the integration of the NBC defense, ventilation, air conditioning, dust removal, purification and other air passages in the integrated air supply system is more complicated and difficult to be regularized. The filters, heat exchangers and other components disposed in the shared air duct were added to increase the airflow. We studied the operating principle of the integrated air supply system, carried out the overall structural design of the system, optimized the air duct design as a whole, and simulated the design of the wind path to ensure the air duct fulfill the airflow requirements of each device. And through the prototype test, the correctness of the theoretical design was verified.

**Key words:** NBC defense; ventilation; air passage; simulation calculation; integrated air supply system

舱内环境集成送风装置可以为舱内乘员提升安全舒适的舱内环境,避免舱内乘员受到外部核生化污染物、有害气体、高温高湿及烟/粉尘等恶劣环境的威胁。面向未来核生化战场、高原战场及沙漠战场等极端战场环境,有效提高装备的综合作战能力,急需研制具有三防、通风、空调、除尘、净化等功能的集成送风装置。因此,开展集成送风装置研究,提升装备舱内空间环境质量,对于全面提高武器装备的综合防护性能,高效利用装备舱内空间,保障在激烈作战条件下作战人员兼顾操作,充分发挥装备的作战效能具有重大

意义。

国外一贯比较重视作战车辆乘载员舱内的环境控制,通过在作战车辆上安装空调装置,为乘员保障良好的工作条件,同时也为车内精密的电子设备提供良好的运行环境。这方面英、美、德研究工作开展得比较早,目前已通过将空调装置与三防的滤毒通风装置的相互结合,形成一体化系统,从而保证了三防装置和空调装置的一致性和整体性。在美军的 M1A2 主战坦克和英国挑战者坦克上都完成了三防装置与空调装置的集成。由德尔格公司研发的三防与通风集成

系统在集成上实现了通过一个风机实现甩尘、通风以及三防过滤,该产品已经装备德国豹2主战坦克和PzH-2000自行榴弹炮车。

国外作战车辆已经普遍装备具有三防、通风、空调功能的集成化系统,对于装置的小型化方面研究也比较成熟。国内仅有滤毒通风装置的集成系统,与国外集成了空调、三防和滤毒通风功能的一体化装置相比,在小型化和集成化方面还有较大差距。

针对上述情况,本文研制了一种舱内环境集成送风装置,实现了三防、通风、空调等风道集成优化,对降低装备空间占有率,提升装备实战化能力,加强三防装备的防护能力具有重要意义。

## 1 设计目标

在尺寸、重量约束条件下,突破风道安全转向技术、除尘组件集成技术及风路共享技术,实现三防、通风、空调、除尘、

净化等功能于一体的舱内环境集成送风装置,装置能在防护状态下达到 $100\text{ m}^3/\text{h}$ 风量以及普通通风状态下 $300\text{ m}^3/\text{h}$ 风量。

## 2 集成送风装置设计

### 2.1 系统组成

舱内环境集成送风系统主要包括3个部分,分别是三防通风舱室、空调内机舱室、空调外机舱室。三防通风舱室内布置通风风机、旋风除尘、换向装置、过滤吸收器等装置,由进风口与外界环境相连通,主要实现通风、除尘、核生化防护功能,关闭机构可保证在必要时舱内与舱外环境快速隔绝;空调内机舱室内布置净化装置、蒸发器、膨胀阀、加热器、循环风机、制氧机装置,由进风口与乘员舱、三防通风舱室相连通,由排氮口与外界环境相连通;空调外机舱室内布置冷凝风机、冷凝器、压缩机等装置,外机舱室处于外界环境之中,系统整体组成如图1所示。

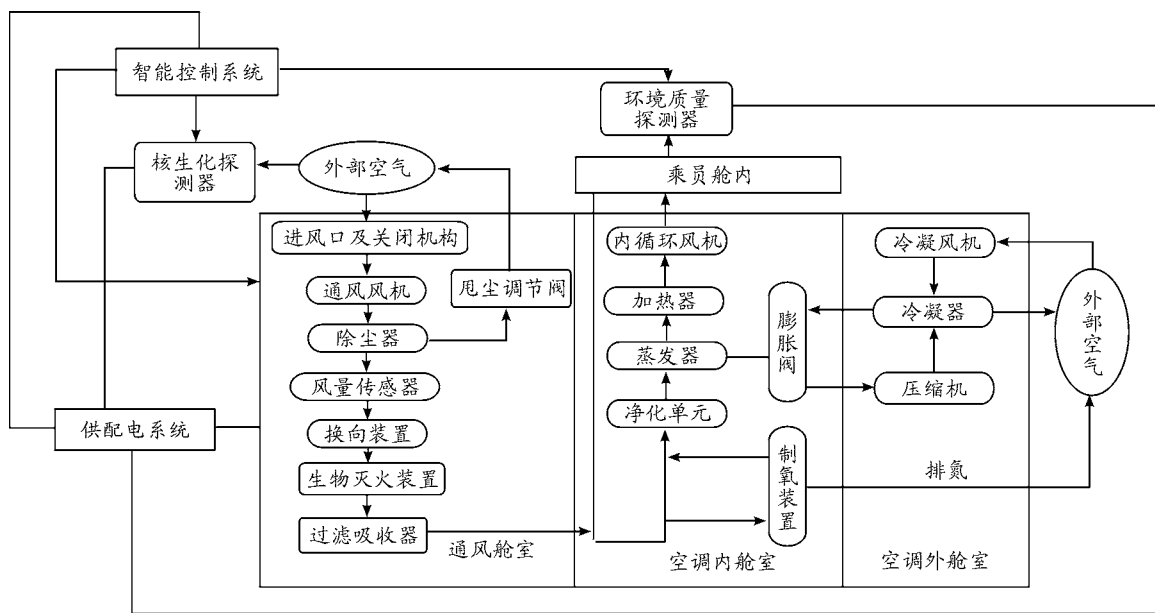


图1 舱内环境控制集成系统组成示意图

### 2.2 工作原理

舱内环境集成送风装置主要设计了4种运行模式,包括外循环模式(细分为普通通风模式、三防模式)、内循环模式、内外混合循环以及制氧模式,在不同模式下风路并不相同,下面以外循环模式(普通通风模式、三防模式)为例,描述系统运行原理。

#### 1) 普通通风模式

进风口位于装置左上角从外界引入新风,通过口盖下方的进口进入关闭机构舱,关闭机构舱与风机进风口相连,风机出风口与旋风除尘进风口相连,进风在旋风分离器内分为两股气流,一股含大量灰尘的含尘气流通过排尘口排出舱外,另一股过滤后的空气进入换向装置,通过换向装置的切

换。在通风模式下,换向装置直接将来自旋风除尘器的空气送入空调内机舱室,并通过空调内机舱送入乘员舱内,通风模式下的风路流向如图2所示。

#### 2) 三防模式

在三防模式下,从进风口到换向装置之间的风路流动与通风模式相同。在换向装置后,将旋风除尘器的空气引入三防滤毒组件的进风口舱,经过三防滤毒组件后,在三防滤毒组件的出风口舱进入换向装置的另一路,将滤毒后的空气送入空调内机舱室。三防模式下的风路流向如图3所示。

### 2.3 主要设备选型

通风风机依据仿真的风量阻力参数进行选型,整体阻力仿真情况如图,经仿真计算得到通风风机需要克服的阻力为

1 773.8 Pa(流量为 100 m<sup>3</sup>/h)和 1 696.7 Pa(流量为 300 m<sup>3</sup>/h),内循环风机需要克服的阻力为 403.0(流量为 500 m<sup>3</sup>/h)。依据仿真结果,通风风机电机选用 TK11 产品电机,环境适应性和电磁兼容性满足要求,电机性能满足风机转矩及转速要求,通风风机性能曲线如图 4 所示。

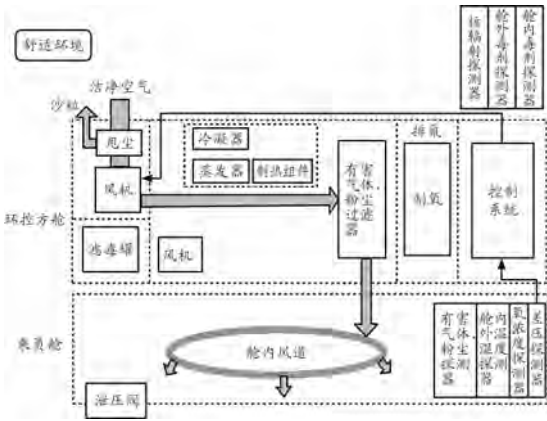


图 2 通风模式风路流向示意图

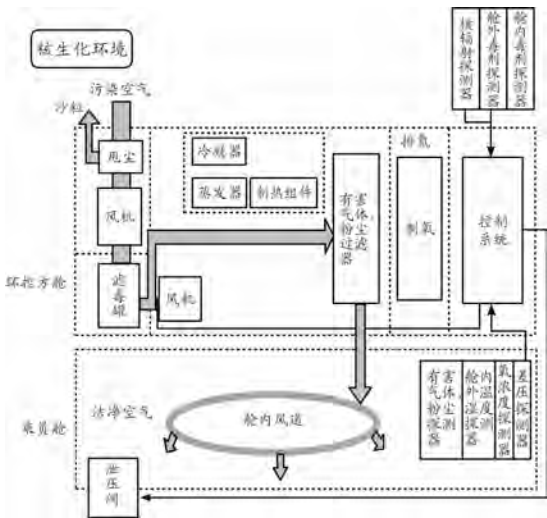


图 3 三防模式风路流向示意图

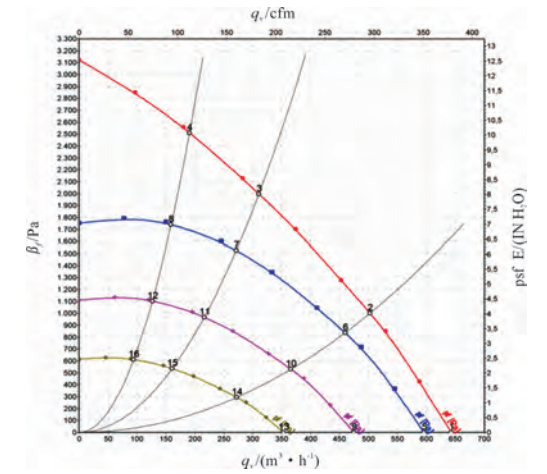
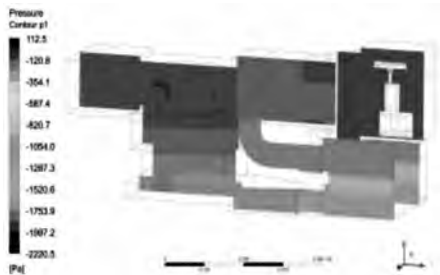


图 4 通风风机性能曲线

### 3 仿真验证

#### 3.1 仿真验证

根据整体风路设计,针对三防通风及普通通风两种模式建立了的仿真模型,模型如图 5 和图 6 所示。三防通风模式下设置新风进风量 100 m<sup>3</sup>/h,制冷制热组件回风口风量 400 m<sup>3</sup>/h;普通通风模式下设置新风进风量 300 m<sup>3</sup>/h,制冷制热组件回风口风量 200 m<sup>3</sup>/h。风路内主要阻力件阻力值设计如表 1 所示。



(a) 压力分布图



(b) 速度分布图

图 5 三防通风模式



(a) 压力分布图



(b) 速度分布图

图 6 普通通风模式

表1 阻力件阻力值设计表

阻力件	阻力	
旋风除尘	100 m <sup>3</sup> /h	160 Pa
	300 m <sup>3</sup> /h	1 120 Pa
三防滤毒组件	100 m <sup>3</sup> /h	1 300 Pa
蒸发器	500 m <sup>3</sup> /h	120 Pa
PTC 加热器	500 m <sup>3</sup> /h	80 Pa
有害气体与除尘组件	500 m <sup>3</sup> /h	120 Pa

使用 CFD 仿真分析软件 Fluent 对舱内环境控制集成系统的风路进行模拟仿真,确定了两种工作条件下的系统阻力,为通风风机及内循环风机的选型提供依据。

1) 三防模式下通风风机 100 m<sup>3</sup>/h 风量下压头为 2 850 Pa 左右,系统阻力仿真结果为 1 773.8 Pa;二者相差 1 100 Pa 左右,远大于 300 Pa 的超压值,且总体泄漏量不大于 30 m<sup>3</sup>/h,因此,乘员舱内可以建立 300 Pa 超压。

2) 普通通风模式下通风风机 300 m<sup>3</sup>/h 下压头为 2 050 Pa,系统阻力仿真结果为 1 696.7 Pa,二者相差 350 Pa 左右,大于 100 Pa 的超压值,且总体泄漏量不大于 30 m<sup>3</sup>/h,因此,乘员舱内可以建立 100 Pa 的微超压,且剩余 250 Pa 左右压头,满足总出风口 200 Pa 时,送风量大于 300 m<sup>3</sup>/h 指标要求。

系统压力分布及风速分布图如图 5 和图 6。从图中可以看出三防通风模式下,系统阻力主要是过滤吸收器的阻力(压力变化快);普通通风模式下,系统阻力主要集中在旋风除尘部分。蒸发器、PTC 加热器及有害气体与除尘组件中,压力主要沿流动方向均匀下降,说明经过蒸发器、PTC 加热器及有害气体与除尘组件的风速在截面内较均匀,有利于充分发挥蒸发器、PTC 加热器的换热能力及有害气体与除尘组件的除尘净化能力。从速度图可以看出,风速在旋风除尘器,三防滤毒组件,蒸发器、PTC 加热器及有害气体与除尘组件等阻力件中,风速比较均匀,说明风路设计是合理的。但是在连接的管路部分风速分布不均,这主要是因为受尺寸限制,风路布置困难,转弯较多造成的。同时,受尺寸限制,管道内风速偏高,使普通通风阻力偏大。

3.2 试验验证

在前期设计基础上,经优化风路设计,制造了一台舱内环境集成送风装置样机并进行了试验验证,集体超压防护试验装置如图 7 所示。

1) 系统设计要求:采用超压式集体防护时,车辆静止和行驶中乘员舱密闭超压值不低于 300 Pa。

试验测试结果:开启样机三防通风模式,设置通风风机 100 m<sup>3</sup>/h 风量,试验舱漏气量 30 m<sup>3</sup>/h 风量,10 min 后通过安装在密闭舱室的超压传感器测量值为 320 Pa,满足系统设计要求。

2) 系统设计要求:采用普通通风模式下,总出风口风压

200 Pa 时,送风量不小于 300 m<sup>3</sup>/h。

试验测试结果:开启样机普通通风模式,测量总出风口风压 200 Pa 时,通风风机送风量为 343 m<sup>3</sup>/h,满足系统设计要求。

按照 GJB5997—2007 规定的额定工况条件下,内循环风量 480 m<sup>3</sup>/h 条件下,经在中国家用电器研究院焓差测试实验室试验,空调各项指标满足系统设计要求,空调性能试验装置如图 8 所示。



图7 集体超压防护试验装置



图8 空调性能试验装置

4 结论

提出了一种舱内环境集成送风系统,实现三防、空调、通风、甩尘装置的一体化集成设计,突破集成送风技术,实现三防滤毒、空调、通风和甩尘风机的风路共享集成,有效减少系统的体积与重量,提升系统的一体化轻量化水平,保证了三防装置和空调装置的一致性和整体性。舱内环境集成送风装置的研制对提高机动平台三防性能,提升装备实战化能力具有重要意义。

参考文献:

[1] 熊新春,胡子进,刘爱华. 特种汽车的核生化防护设计[J]. 特种汽车,2002(3):8-10.  
[2] 曹贺全,张广明,孙素洁,等. 装甲车辆防护技术研究现状与发展[J]. 兵工学报,2012,33(12):1549-1554.