

舱内失压情况下航天员穿着舱内航天服时的热舒适度仿真研究*

方明元, 武 越, 张 洋, 许忠旭

(北京卫星环境工程研究所, 北京 100094)

摘 要: 舱内航天服是航天员在舱内失压情况下维持生命的重要保障。在长时间的失压状态下, 航天员的热舒适度问题是需要重点考虑的因素之一。本文基于集总参数法建立了舱内航天服热模型, 联合 Fiala 模型建立了人-舱内航天服热模型, 并使用国内试验数据验证了模型仿真的正确性。通过人-舱内航天服仿真计算, 得到了不同舱内失压条件下航天员穿着舱内航天服时的热舒适度和通风气体湿度等指标的变化规律, 提出了系统优化方案, 为我国应急舱内压力防护系统的设计和生保方案的制定提供了参考。

关 键 词: 人体热模型; 航天服热模型; 数值仿真; 热舒适度; 舱内失压

中图分类号: V445.1

文献标识码: B

文章编号: 1002-0322(2022)04-0080-06

doi: 10.13385/j.cnki.vacuum.2022.04.15

Simulation on Thermal Comfort of Astronaut Wearing Space Suit Under the Condition of Cabin Pressure Loss

FANG Ming-yuan, WU Yue, ZHANG Yang, XU Zhong-xu

(Beijing Institute of Spacecraft Environment Engineering, Beijing 100094, China)

Abstract: The intravehicular activity space suit is an important guarantee for astronauts to sustain life in the case of pressure loss in the cabin. The thermal comfort of astronauts is one of the important factors to be considered in the long time pressure loss condition. Based on the lumped parameter method, the thermal model of the spacesuit in the cabin is established, and the human-spacesuit thermal model is established with the Fiala model. The correctness of the simulation is verified by the domestic experimental data. Based on the simulation, the change rules of thermal comfort and humidity of ventilation gas under different pressure loss conditions were obtained, and the system optimization scheme was put forward, which provided reference for the design of emergency cabin pressure protection system and the formulation of life protection scheme in China.

Key words: human thermal model; space suit thermal model; numerical simulation; thermal comfort; cabin pressure loss

在载人航天任务中, 舱内失压是非常严重的故障, 工艺缺陷、系统故障和微流星撞击均有可能导致舱内失压^[1]。由于飞船发射和返回阶段风险高, 容易出现事故, 因此这两个阶段航天员均需穿着舱内航天服(也称应急压力服)。同理, 在飞船、空间站等有人航天器发生失压故障时, 航天员也需要穿上舱内航天服, 来保障自身的压力环境和氧气需求^[2]。在阿波罗计划中, 舱内航天服能够与舱外航天服共用生命保障系统, 来满足舱内失压时航天员的生命保障需求^[3]。Artemis 计划

中, 舱内航天服使用了新的内循环设计, 能够满足 6 天的应急生保需求^[4]。我国目前的舱内航天服还无法满足如此长时间的生命保障需要, 所以需要探讨关于未来使用舱内航天服进行长时间生保的可行性。目前比较可行的方法是用舱内航天服维持航天员生存所需的压力环境, 并用舱内生命保障系统来维持航天服内的通风循环, 其工作模式如图 1 所示。通风循环用于为航天员提供氧气, 去除二氧化碳和水蒸气, 并为航天员散热。

收稿日期: 2021-10-11

作者简介: 方明元(1995-), 男, 江西省赣州市人, 硕士。

通讯作者: 武越, 高级工程师。

* 基金项目: 载人航天领域预先研究项目(编号: 020102)。