

微重力锻炼平台造型设计探析

苗龙龙, 任家骏, 秦有年, 亓秀梅
(太原理工大学 机械工程学院, 太原 030024)

摘要: **目的** 在研发设计空间站跑步机时, 需要时刻利用微重力环境对样机进行实验验证。由此, 工程师提出了微重力锻炼平台机械原理方案。微重力运动锻炼平台是一个在地面重力环境下模拟微重力环境的系统, 可分别模拟航天员空间站微重力走跑训练和月球表面行走技能。为了让机械方案变成可供锻炼者使用的器材, 就需要对其进行造型研究, 以得出微重力运动锻炼平台竖直跑带长度、宽度以及显示屏距跑带的水平距离的人机工程尺寸, 同时还要得出符合锻炼者审美的外观造型与配色方案。**方法** 通过对空间站跑步机原理样机的研究分析, 以人机工程学理论为指导, 进行了平台的相关人机工程数据设计。通过对固定脚、立柱的形态与尺寸设计, 对跑台的装饰设计, 对肢体悬挂系统支架的包装设计, 使得微重力锻炼平台的形态结构更加安全、稳定、均衡。**结论** 锻炼平台的造型设计必须严格按照人机工程学原理进行, 才能保证其安全性与合理性。

关键词: 空间站; 微重力锻炼平台; 人机工程; 造型设计

中图分类号: TB472 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2017)12-0174-03

Exploration of Microgravity Exercise Platform Form Design

MIAO Long-long, REN Jia-jun, QIN You-nian, QI Xiu-mei

(School of Mechanical Engineering, Taiyuan University of Technology, Taiyuan 030024, China)

ABSTRACT: When space station treadmill was researched, microgravity environment was necessary in the experiment and verification all the process. Therefore, a platform for microgravity exercise program is proposed. Microgravity exercise platform is a system of microgravity environment simulation on the ground in gravity environment. It is able to simulate astronauts' running skills and walking skills on the moon. Through the research and analysis of Prototype, considering ergonomically theory, a research on Ergonomics data related is did. By the shape and size redesign of fixed foot and column decoration redesign of the treadmill, package redesign of body suspension system support is made. The morphology of microgravity exercise platform is made more secure, more stable, more balanced. The design of exercise platform must be in strict accordance with ergonomic principles to ensure its safety and rationality.

KEY WORDS: space station; microgravity exercise platform; ergonomics; form design

太空充满魅力, 人类探索不断。中国虽然经济发展起步较晚, 但做为世界大国, 凭借着独立自主的探索精神, 在航空航天事业中仍旧取得了令人骄傲的成果^[1]。目前, 空间站的建设是中国航天事业中的重中之重。空间站系统多而复杂, 主要为主体结构设施, 实验设施, 生活设施。空间站生活设施中, 健身器材对航天员的生理心理都有着不可替代的重要作用与意义^[2]。在空间站健身器材的研发设计过程中, 由于

地球表面的重力环境与太空中微重力环境的不同, 使得初步研发的健身器材很难进行真实场景的实验, 因此, 开发一些模拟空间站环境的设备就很有必要。这里就太空跑步机地面模拟训练平台进行了工业设计方面的初步探索设计。

1 空间站跑步机研发的意义

人类在地球表面长期进化, 形成了适应地球表面

收稿日期: 2017-04-01

基金项目: 太原理工大学健身器材的结构分析及造型设计 (153060079-J)

作者简介: 苗龙龙 (1989—), 男, 山西人, 太原理工大学硕士生, 主攻健身器材造型设计。

通讯作者: 任家骏 (1958—), 男, 山西人, 硕士, 太原理工大学教授, 主要研究方向为机械优化设计及 CAD、机械传动、人机工程及造型设计。

重力环境的生理结构和功能特征。置身太空空间站内部时,地球重力作用相当于完全消失。长期处于微重力环境的空间站内会引发宇航员多种病理现象。主要出现的症状为骨丢失、肌肉萎缩、心血管功能异常、免疫力下降等。为了减轻这微重力环境对人体危害,需要通过相应健身器材来供宇航员锻炼,骨骼,肌肉以及血液循环^[3-5]。因跑步机简单易操作,能起到综合锻炼的特点,成为了空间站健身器材首选设备。

2 空间站特殊环境

空间站进入轨道后,空间站及其内部的物体的重力全部充当了向心力,空间站与内部物体均呈现失重状态。同时,空间站受到地球引力以外多种干扰力的影响,并未达到完全失重,而是出于一种“微重力”状态^[6]。微重力环境对空间站健身器材的研发设计影响相当明显。空间站健身器材研发设计时,必须时刻考虑微重力这个特殊环境因素,并且尽可能在相同或者相似环境中进行方案验证,以达到设计方案的科学性,可行性,合理性。

3 微重力锻炼平台原理样机结构

在对空间站跑步机研究设计时,需要时刻利用微重力环境对样机进行实验验证,因此,提出了微重力锻炼平台方案。微重力锻炼平台是一个在地面重力环境下模拟微重力环境的系统。该系统能够在地面重力环境中,实现航天员人体纵轴方向的微重力模拟和任意加载。通过调整加载可分别模拟航天员空间站微重力走跑训练和月球表面行走技能。该系统也能给空间站跑步机的研发提供较为有效的数据与信息反馈。微重力锻炼平台的主要功能结构见图 1。

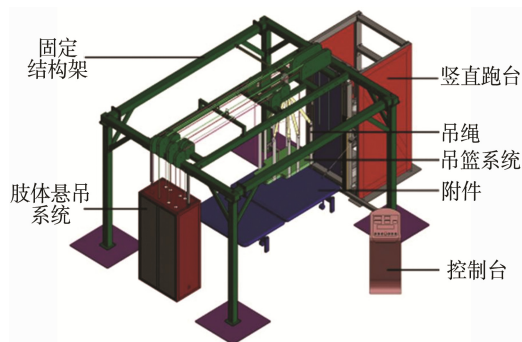


图 1 微重力锻炼平台功能结构

Fig.1 Functional block diagram of the microgravity treadmill

工作原理:肢体悬吊系统通过吊绳连接吊篮系统。训练者受吊篮系统与腿部吊篮支撑。训练者与竖直跑台通过任意加载装置连接。在训练过程中,通过调节任意加载装置,来获得训练者与竖直跑台不同的作用力从而达到航天员微重力环境走跑或者月球行走的相似情境。

4 微重力锻炼平台工业设计方案

在研究分析微重力锻炼平台的功能,结构,形态的基础上,从人机工程学与美学角度出发,对其进行外观造型设计。微重力锻炼平台外观 I 见图 2。



图 2 微重力锻炼平台外观 I

Fig.2 Appearance of the microgravity exercise platform I

4.1 人机工程相关数据初步设计

按照 GB 17498.6《固定式健身器材第 6 部分:跑步机附加的特殊安全要求和试验方法》S 类(商用),精度等级为 A 级进行设计。

1) 竖直跑台跑带宽度设计。跑带宽度设计时,考虑到其特殊使用场景,应以男性肩宽作为基本尺寸进行设计。同时根据其使用环境的特殊性和精度要求较高的特点,应选用男性肩宽 99 百分位进行设计^[7]。查阅人机工程学人体测量数据可知,99 百分位男性肩宽为 415 mm。衣着修正量为 30 mm,因此跑台跑带宽度理论值应为:415 mm+30 mm=445 mm。

2) 竖直跑台跑长宽度设计。跑带的长度设计应以训练者步幅与足长之和为基本尺寸进行设计。身高越高步幅越大。鉴于航天员身高不超过 172 cm 与太空跑台高精度的要求。跑带长度设计时选取普通人体跑步步幅测量数据的第 90 百分位最合理。查阅相关数据可得其值为 1250 mm。查阅资料可知穿运动鞋修正量为 40 mm。在训练时,训练者每次的脚步落点会有一定的差别,因此应该有一定的误差余量,但太空舱有限的空间,因此前后分别取 100 mm 脚步落点误差余量。训练过程中,跑带前端太少会是训练者心理感到不适,因此前端还应有 50 mm 心理余量。综上,跑带理论长度应该为:1250 mm+40 mm+2×100 mm+50 mm=1540 mm。

3) 显示屏中心与跑带平面的垂直距离。航天员选拔时要求的身高 160 ~ 172 cm,因此取其中间值为 166 cm。在后期完善设计过程中,考虑到人体颈部的静态施力带来的影响,显示屏在此数据基础上,应设计为可调整位置与角度。

4.2 造型设计

在工程结构形态的基础上,将锻炼平台主要造型结构划分为单元结构:肢体悬挂系统支架、立柱、竖

直跑台、肢体悬挂系统和固定脚(微重力锻炼平台外观Ⅱ见图3)。

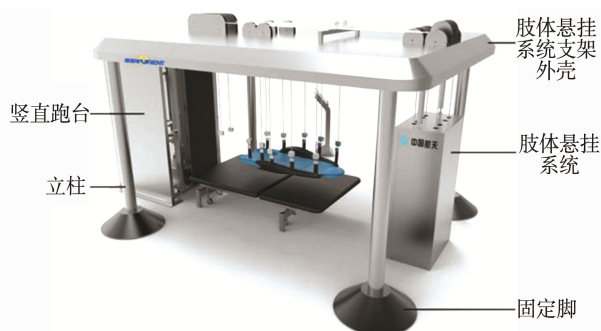


图3 微重力锻炼平台外观Ⅱ

Fig.3 Appearance of the microgravity exercise platform II

1) 整体造型设计。以圆形为基本造型元素,以正锥形为基本形态元素。圆形能给人简洁美、空间美、和谐美的感受。能让训练者处于一种视觉心理舒适的状态。正锥形形态设计给人厚重、稳定、可靠的感觉^[8]。根据强度需求的不同,主体结构材料主要选择为碳素钢,部分结构壳体采用铝合金。整体配色主要为亚光银,配有蓝色 logo 进行点缀。无色系的银灰色不会对使用者产生强烈刺激的色彩反应,不会让人产生不适感,也不会使人产生审美疲劳。锻炼平台表面的亚光银灰色也会对人的心理产生“内有精密器材”的暗示。从而对平台起到保护作用。

2) 单元结构造型设计。肢体悬挂系统支架外壳设计。对初期工程样机实验者反馈信息研究分析可知,训练者在使用平台过程中,双目正对的是纵横交错的肢体悬挂系统结构架与水平移动的吊绳。裸露的结构系统没有视觉美感,垂直交错的运动与禁止结构会使人产生视觉错误,出现结构框架移动、倒塌的幻觉^[9],因此对其进行单独的壳体设计,以达到视觉稳定性与阻挡尘埃掉入眼睛的作用。造型呈锥形态,在恰好满足支架厚度的基础上削弱了边缘的厚重感,降低了使用者的心理顾虑。壳体边缘进行了余量设计,使人从视觉上明显感受到壳体被支撑的状态,以增加心里的安全感。

3) 立柱与固定脚的重新设计。在对工程样机结构形态与实验者反馈信息的研究分析中发现,样机中立柱与固定脚尖锐的棱角容易给使用者带来意外伤害,锋利的棱角也会让使用者有心里恐惧,进而对锻炼平台产生疏远感。将立柱设计为空心圆柱形态,直径为肢体悬挂系统支架壳体圆角直径的一半。固定脚设计采用正锥形态。这样即达到了实际的安全要求,也通过造型达到了视觉上的稳定性。相比于工程结构样机,工业设计造型方案通过对固定脚、立柱的形态与尺寸设计,对跑台的装饰设计,对肢体悬挂系统支架的包装设计,使得微重力锻炼平台的形态结构显得更加安全、稳定、均衡^[10]。

5 结语

微重力锻炼平台是太空跑台地面实验的环境模拟方案。本文对其使用者进行生理、心理分析,对平台进行功能结构分析。再通过对平台尺寸设计、材质色彩设计、造型设计,使得锻炼平台人—机关系达到协调、合理的状态。

参考文献:

- [1] 周建平. 中国空间站工程总体方案构想[J]. 太空探索, 2013(12): 6—11.
ZHOU Jian-ping. Chinese Space Station Project Overall Plan[J]. Space Exploration, 2013(12): 6—11.
- [2] 陈善广, 陈金盾, 姜国华, 等. 我国载人航天成就与空间站建设[J]. 航天医学与医学工程, 2012, 25(6): 391—396.
CHEN Shan-guang, CHEN Jin-dun, JIANG Guo-hua, et al. Achievements of Manned Space Program and Construction of Space Station in China[J]. Space Medicine & Medical Engineering, 2012, 25(6): 391—396.
- [3] 郑志新, 瓮长水, 王军. 太空飞行对宇航员心血管与骨骼肌肉系统影响的研究[J]. 航空航天医药, 2009(10): 45—47.
ZHENG Zhi-xin, WENG Chang-shui, WANG Jun. Study on the Astronauts Cardiovascular and Musculoskeletal System Effects from Space Flight[J]. Aerospace Medicine, 2009(10): 45—47.
- [4] KEVIN F. Life in Space: an Introduction to Space Life Sciences and the International Space Station[J]. Earth, Moon, and Planets, 1999(3): 873.
- [5] MACIAS B R, GROppo E R, EASTLACK R K, et al. Space Exercise and Earth Benefits[J]. Current Pharmaceutical Biotechnology, 2005(3): 64.
- [6] 杨彪, 胡添元. 空间站微重力环境研究与分析[J]. 载人航天, 2014(2): 178—183.
YANG Biao, HU Tian-yuan. Space Station microgravity Environment Research and Analysis[J]. Manned Spaceflight, 2014(2): 178—183.
- [7] 张磊, 张芳燕, 刘洋铭. 自行车鞍座设计的人机工程学分析及测评方法研究[J]. 包装工程, 2012, 33(6): 118—120.
ZHANG Lei, ZHANG Fang-yan, LIU Yang-ming. Research on Ergonomic Analysis and Evaluation Methods of Bicycle Saddle Design[J]. Packaging Engineering, 2012, 33(6): 118—120.
- [8] 宋正华. 仿生设计在家用健身器材中的应用研究[J]. 包装工程, 2016, 37(4): 148—151.
SONG Zheng-hua. Applications of Bionics Design in Home Fitness Equipment[J]. Packaging Engineering, 2016, 37(4): 148—151.
- [9] 王晓晨, 王时英. 基于跨界设计的产品设计方法研究[J]. 包装工程, 2016, 37(4): 148—151.
WANG Xiao-chen, WANG Shi-ying. The Methods of Product Design Based on the Crossover Design[J]. Packaging Engineering, 2016, 37(4): 148—151.
- [10] 孟闯. 产品概念设计中的可持续设计策略研究[J]. 包装工程, 2014, 35(2): 81—83.
MENG Chuang. The Sustainable Design Strategy in Product Conceptual Design[J]. Packaging Engineering, 2014, 35(2): 81—83.