

水槽训练航天服中性浮力配平方法

马爱军 张磊 刘巍 邓金辉

(中国航天员科研训练中心)

摘要 实现水槽训练航天服的中性浮力状态是在水槽中实施航天员出舱活动程序训练的前提条件。针对引进的俄罗斯水槽训练航天服配重分布特点,结合在俄罗斯受训体会及两次大型水下试验的摸索,提出水槽训练航天服中性浮力配平目标及实施方法。

关键词 水槽训练航天服 中性浮力 配平

1 引言

使用水槽训练航天服在水槽中实施航天员出舱活动程序训练时,首先要解决的是服装的中性浮力问题,只有实现了服装在水中的随遇平衡状态,才能使受试者获得一种类似在太空失重状态下的漂浮感,并在这种感觉状态下对其进行舱外作业方法和技巧的训练。

在俄罗斯水槽训练航天服被引进前,国内没有使用这种服装进行水下训练的经验,也没有人接受过服装水下配平方法的培训,唯一可借鉴的是国内相关人员在俄接受培训时的录像资料及被实施水下配平

时的体会。在分析俄水槽训练航天服的配重分布特点后,结合在俄受训体会提出了水槽训练航天服中性浮力配平的目标及初步配平方法,该方法经过两次大型水下试验的考核及修正已达到较为成熟的程度,可以用于指导水槽训练航天服的中性浮力配平工作。

2 理论分析

2.1 水槽训练航天服配重分布

为了对水槽训练航天服实施中性浮力配平,有必要对其配重分布情况进行分析。水槽训练航天服的配重分固定配重和活动配重两部分(以引进的俄水槽训练航天服为例),具体分布如图 1 所示。

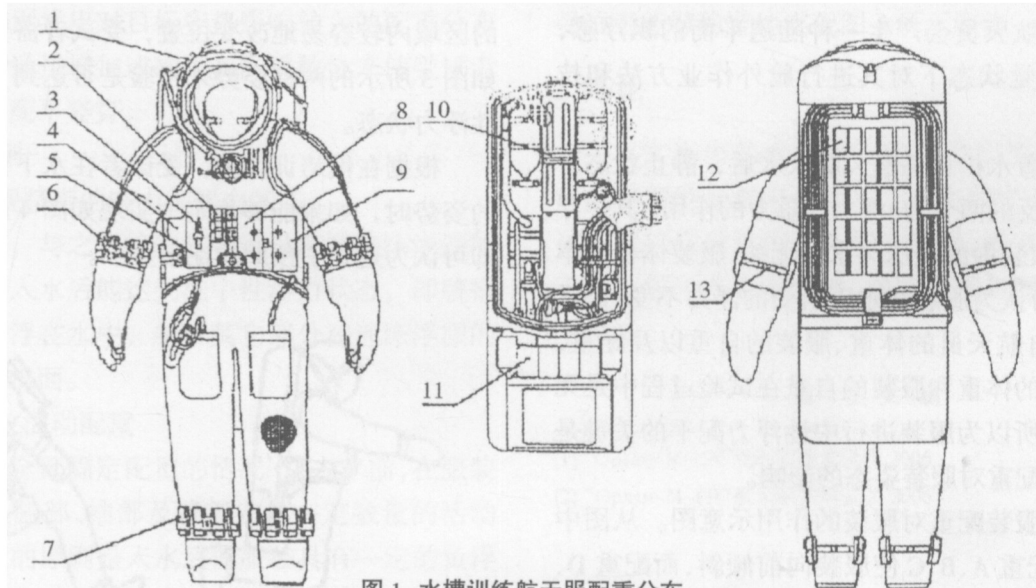


图 1 水槽训练航天服配重分布

1,2,6,7-活动配重,3-可拆卸配重的锁销,4-右侧配重,5-可拆卸配重,8-内部配重,9-侧面配重,10-背包内固定配重,11-背包下固定配重,12-背部活动配重,13-固定活动配重的锁扣

固定配重是指在试验中固定不变的配重,包括右侧配重、可拆卸配重、内部配重、侧面配重、背包内配重、背包下配重。其中,背包内配重数量可根据需要在试验前确定;活动配重是指在试验中为配平目的由潜水员自由调整的配重,即铅块,其安放位置分布在头部、胸部、腿部、袖部及背部(见表 1),其中腿部、袖部及背部活动配重是需要经常调整的。

表 1 水槽训练航天服活动配重分布

序号	位置	配重袋个数	袋内最大配重铅块数
1	头部	8	3
2	胸部	3	3
3	左腿	6	4
4	右腿	6	4
5	左袖	4	4
6	右袖	4	4
7	背部	25	3

2.2 力学分析及配平原理

使用中性浮力水槽模拟失重的基本原理是:将穿着水槽训练航天服的航天员全部浸没在水中,通过对人和服装组成的系统实施配重的方法,使其在水中受到的浮力和系统重力大小相等(重心略低于浮心),即使其达到能够保持一定姿态的中性浮力状态,这时航天员会产生一种随遇平衡的飘浮感,并在这种感觉状态下对其进行舱外作业方法和技巧的训练。

航天员着水槽训练航天服入水后,静止状态下受到方向相反的两个力:浮力和重力的作用。其中浮力:考虑到服装内的余压与水深无关,服装体积基本不变,因此可认为服装在水下所受的浮力不变;而重力:主要来自航天员的体重、服装的自重以及配重,其中航天员的体重和服装的自重在试验过程中是无法调解的,所以为服装进行中性浮力配平的关键是要分析清楚配重对服装姿态的影响。

图 2 为服装配重对服装的作用示意图。从图中可以看出,配重 A、B、C 使服装向前倾斜,而配重 D、E、F 使服装保持竖直。服装前后姿态的调整分析如下:B 处力臂最大,但力臂随胳膊的运动而变化显

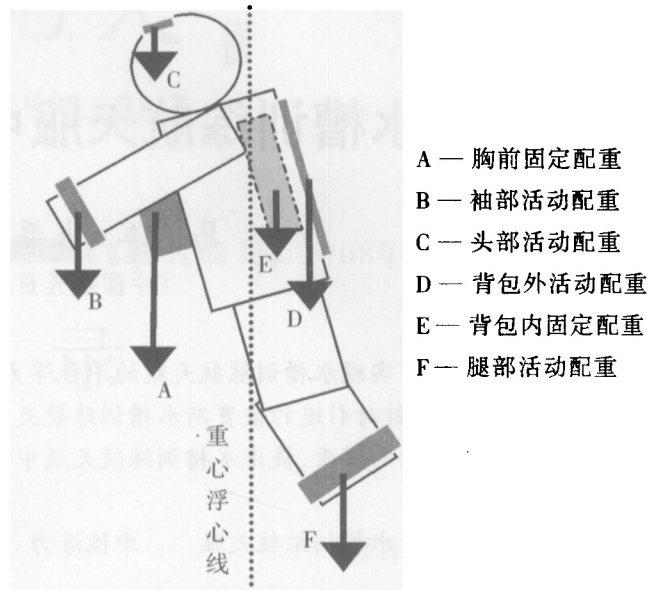


图 2 水槽训练航天服的配重作用示意图

著,因此对配平效果影响较大,配重不宜过多;F 处配重力臂短,但因配重多,实际可调力矩最大,是调整姿态的关键部位;身形胖的人会使服装更前倾,因此背包内固定配重应相对减少而增加 D 处配重,从而增大力矩;服装左右姿态的调整分析如下:由于服装、配重基本左右对称,一般调整 D、C 处配重即可,尽量不调整 B、F 处配重,以免影响航天员的平衡感觉。

3 配平目标

为使受试者能够借动手臂的动作在绕服装横轴的区域内容易地改变位置,受试者需要在水下做如图 3 所示的两种姿势来检验是否达到了要求的中性浮力状态。

根据在俄培训体验,受试者在水下做图 3 所示的姿势时,如果能够稳定地实现如图 4 所示的姿势即可认为达到了预期的配平要求。

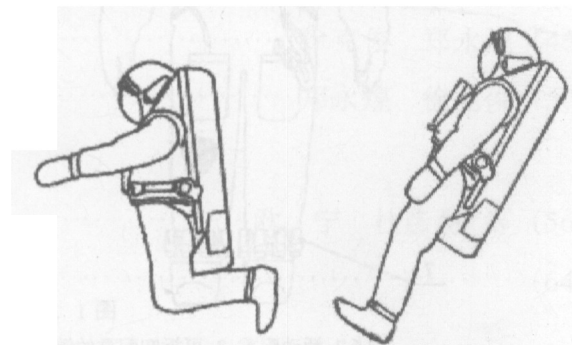


图 3 中性浮力配平目标姿势

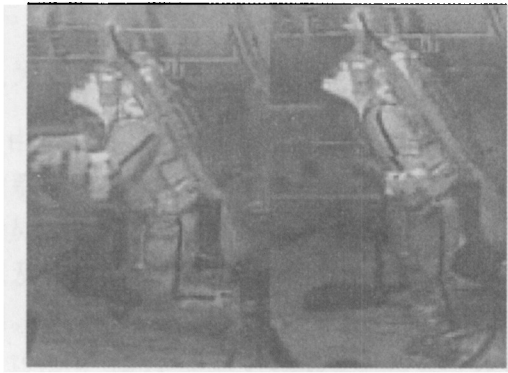


图 4 中性浮力配平后姿势

4 配平方法及实施细则

4.1 配平方法

根据服装的使用说明及在俄罗斯加加林航天员训练中心的培训经验,服装在安装全部固定配重的情况下,还需配置一定数量的活动配重才能使人和服装组成的系统受到的重力大于浮力,只有这样服装才能没入水中,进而通过在水下减少活动配重的数量使受试者和服装所受的重力等于其所受的浮力而达到中性浮力状态。

在服装达到基本的中性浮力状态后,为便于受试者使用双手进行各种水下操作,还需通过调整活动配重的分布使服装达到如图 4 所示的姿势。活动配重分布在头部、胸部、腿部、袖部及背部,这些配重在总重量不变的情况下,仅仅因为分布不同就会对图 3 的两种姿势有不同的影响,因此配平时遵循的总原则是分别找出对目标姿势影响较大的配重分布部位,然后通过增加或减少其配重数量来使受试者实现预期的配平姿势。

4.2 实施细则

(1) 实现脐带的准中性浮力状态

服装入水前,与之联接的脐带通过束缚泡沫浮漂的方式使脐带入水后能达到准中性浮力状态,即脐带入水部分悬浮在水中,脐带其它部分在泡沫浮漂的作用下浮于水面。

(2) 预放活动配重

服装在安装全部固定配重的情况下,入水前,在服装头部、胸部、腿部、袖部及背部安放一定数量的活动配重,安放的原则是入水后使服装具有一定的负浮

力,且对于体重轻的人员应多放配重,体重重的应少放配重。

(3) 粗略配平

受试者穿好服装被吊车缓缓放入水中后,首先进行粗略配平:若受试者头部不能完全没入水中,则应增加活动配重;若服装具有明显的下沉趋势则应减少活动配重。粗略配平的目标是使受试者基本达到中性浮力状态或重力略大于浮力,且受试者能够保持头朝上、脚朝下的自然姿势。

(4) 自然姿势的中性浮力

受试者沿导向绳缓慢下潜并在潜水员的协助下到达配平位置后,受试者首先保持手、脚的自然姿势,负责配平的潜水员通过增加或减少活动配重使受试者达到中性浮力。

(5) 校正左右倾斜

负责配平的潜水员正对受试者,观察服装左右倾斜情况,若服装向左倾斜,则将左侧活动配重移到服装右侧相应位置;反之亦然。

(6) 实现中性浮力配平目标姿势

首先引导受试者做图 3 所示左侧的姿势,并观察服装前后倾斜的情况,若服装向前倾斜,则可将袖部、胸部活动配重移到腿部;反之亦然。在服装能够实现如图 4 所示左侧姿势的前提下,引导受试者做图 3 所示右侧的姿势,并观察服装前后倾斜的情况,若服装向前倾斜,则可将头部、胸部活动配重移到腿部、及背部;反之亦然。这一过程需反复多次进行,直到受试者能够稳定地实现图 4 所示姿势。

5 结论

本文提出的水槽训练航天服中型浮力配平方法是在理论分析的指导下、在实践中逐步完善的,试验中较好地发挥了作用。当然,该方法还需随着工作的深入而不断完善,如可考虑与配浮结合的配平尝试。◇

参 考 文 献

- [1] “Орлан-М-ГН”航天服技术说明.2006
- [2] “Орлан-М-ГН”航天服使用说明.2006