

HPR20^{PLUS}在线气体分析质谱仪低压测试性能观察

丁军平¹, 彭远开¹, 虞学军¹, 王 亮¹, 肇 海¹,
高郁晨¹, 马 婷¹, 孙 月²

(1.中国航天员科研训练中心, 北京 100193; 2.英国 Hiden Analytical Ltd.北京代表处, 北京 100089)

Performance Tests of HPR20^{PLUS} On-line Gas Analysis Mass Spectrometer in Low Pressure

DING Jun-ping¹, PENG Yuan-kai¹, YU Xue-jun¹, WANG Liang¹, ZHAO Hai¹,
GAO Yu-chen¹, MA Ting¹, SUN Yue²

(1. Astronaut Research and Training Center of China, Beijing 100193, China;

2. Hiden Analytical Ltd., Beijing 100089, China)

Abstract: To obtain data for experiments and applications of HPR20^{PLUS} on-line mass spectrometer in low pressure. The gas, standard gas, and breath gas of low pressure cabin were analyzed respectively in unman and manned experiments under different low pressure. The accuracy and stability of HPR20^{PLUS} On-line Mass Spectrometer in unman experiments under different low pressure were conformed to the requirements of HPR20^{PLUS} on-line mass spectrometer, and the changes of breath gas in manned experiments were accorded with the laws of human experiments. Performance tests of HPR20^{PLUS} on-line mass spectrometer in low pressure is excellent, and HPR20^{PLUS} on-line mass spectrometer can be used for human experiments under low pressure.

Key words: mass spectrometer; low pressure; performance test; human experiment

中图分类号: O 657.53

文献标识码: A

文章编号: 1004-2997 (2008) 增刊-65-02

大高度低压环境人体试验是航空、航天科研任务中必不可少的, 试验主要涉及到航空航天人体生理反应和医学防护研究, 飞行人员和航天员的选拔、训练等。由于低压人体试验存在缺氧、高空减压病等风险, 试验中通常实时监测人体口鼻区氧、氮和二氧化碳等气体成分浓度变化以保障试验安全^[1-2]。常规的氧、氮和二氧化碳分析仪器由于响应时间长, 气体采样困难等原因, 不能满足低压人体试验实时监测要求, 本实验室对引进的HPR20^{PLUS}在线气体分析质谱仪进行了低压条件的测试性能观察。

1 方法

1.1 试验对象

测试对象: HPR20^{PLUS}在线气体分析质谱仪 1 台 (简称质谱仪, 下同), 为四极质谱, 配有压力流量自动采样调节装置。受试对象: 1 名健康男性青年, 年龄 18 岁。

1.2 试验设备

试验设备包括: 低压舱、供氧系统、通话录相系统和心电监护仪等。

1.3 试验方法

1.3.1 低压舱(0~10) km 模拟高度舱内气体成分测量 把气体进样管置于低压舱内, 在高度上升和下降时, 测量舱内 O_2 、 CO_2 、 N_2 气体成分变化。

1.3.2 低压舱(0~10) km 模拟高度舱内标准气体成分测量 把气体进样管置于低压舱内的标准气体流出口内, 在高度上升和下降时, 测量标准气体成分变化。

1.3.3 人体在低压舱 4 km 模拟高度下吸舱内空气时的呼吸气体成分测量 受试者在低压舱取安静坐位, 戴面罩吸舱内空气, 质谱仪进样管置于面罩内, 在高度上升和下降时, 测量 O_2 、 CO_2 、 N_2 呼吸气体变化曲线。

1.3.4 人体在低压舱 (0~7) km 模拟高度下吸纯氧时的呼吸气体成分测量 受试者在低压舱取安静坐位, 戴面罩, 进样管进气端置于面罩内, 受试者吸氧排氮后, 在高度上升和下降时, 测量 O_2 、 CO_2 、 N_2 呼吸气体变化曲线。

2 结果

2.1 低压舱(0~10) km 模拟高度舱内气体成分变化

质谱仪测定各高度低压舱舱内大气中的氧、氮和二氧化碳气体, 测量值的总平均值为 N_2 : $(80.12 \pm 0.078)\%$, O_2 : $(19.74 \pm 0.078)\%$, CO_2 : $(0.064 \pm 0.01)\%$ 。

2.2 低压舱(0~10) km 模拟高度舱内标准气体成分变化

质谱仪测定各高度标准气体(被测标准气体 N_2 : 6% O_2 : 80%、 CO_2 : 14%) 成分含量值总平均值为 N_2 : $(6.25 \pm 0.485)\%$, O_2 : $(80.16 \pm 0.40)\%$, CO_2 : $(13.58 \pm 0.114)\%$ 。

2.3 人体在低压舱 4 km 模拟高度下吸舱内空气时面罩内气体成分变化

受试者面罩内呼吸气体的氧和二氧化碳变化明显, 出现明显的呼吸波形变化。

2.4 人体在低压舱(0~7) km 模拟高度下吸纯氧时面罩内气体成分变化

受试者戴面罩在舱内各高度吸纯氧时, 面罩内呼吸气的氧和氮气体成分变化明显。

3 讨论

试验结果显示, 质谱仪所测试的低压舱内大气成分含量在各高度上无明显变化, 不同高度下, 所测量的标准气体成分数值与标准气体标定值基本相同, 其误差在 $\pm 0.5\%$ (F.S) 范围内。这表明质谱仪在不同低压条件下测试的稳定性和准确性满足低压试验测量要求。

试验中, 受试者戴面罩在舱内 4 km 高度上呼吸舱内空气时, 面罩内氧和二氧化碳变化曲线明显, 出现明显的呼吸波形, 这表明质谱仪在低压环境条件下能快速测量人体呼吸的氧、氮和二氧化碳等气体成分变化。试验还显示人体呼吸医用纯氧时, 面罩内气体成分氮浓度大幅下降, 氧浓度大幅升高, 最后气体成分趋于稳定, 这种变化曲线符合人体吸氧排氮的呼吸气体成分变化规律。因此, HPR20^{PLUS} 在线气体分析质谱仪基本满足低压人体试验实时性测试要求。

4 结论

HPR20^{PLUS} 在线气体分析质谱仪在不同压力环境下测试的稳定性、准确性符合仪器性能指标规定要求, 其测试的实时性满足低压环境人体试验要求。

参考文献:

- [1] 贾司光. 航空航天缺氧与供氧[M].北京: 人民军医出版社, 1989: 417-418.
- [2] 张汝果, 徐国林. 航天生保医学[M]. 北京: 国防工业出版社, 1999: 182-183.
- [3] 马瑞山. 航空航天生理学[M]. 西安: 陕西科学技术出版社, 1999: 91-92.