

商用飞机旅客座椅产品的研发思路

Development Ideas of Passenger Seat for Civil Aircraft

于海燕 李海涛 / Yu Haiyan Li Haitao

(上海飞机设计研究院,上海 201210)

(Shanghai Aircraft Design and Research Institute, Shanghai 201210, China)

摘要:

一个新的飞机项目的研制活动,涉及数百万个零件,其中与乘客最直接相关的主要设备之一是座椅,为了提高该型号飞机的竞争力,研制一款既满足适航要求又具有很高舒适性的民机座椅非常重要。

关键词:飞机旅客座椅;舒适性;适航要求

中图分类号:V223+.2

文献标识码:A

[Abstract] Development activities for some new aircraft involves several millions of parts. Among them, one of the main equipments which have close contact with passengers is seats. In order to improve competitiveness of the aircraft, it is important to put efforts to develop aircraft seats which can meet both airworthiness and comfort.

[Key words] aircraft passenger seat; comfort; airworthiness

0 引言

一个新的飞机项目的研制活动,涉及上百个专业,上万人参与工作,数百万个零件,其中与乘客最直接相关的主要设备是座椅。出于安全考虑,乘客在旅行过程中大部分时间都是在座椅上度过,所以飞机旅客座椅的安全性和舒适性是乘客最关心的,当然也就是飞机生产企业的客户——航空公司最关心的一个方面。所以,投入一定精力研制一款既满足适航要求又具有很高舒适性和经济性的民机旅客座椅非常有意义。

1 适航要求

民机旅客座椅设计不同于普通座椅或机车类座椅,因为其首先要满足适航要求,其次才能考虑舒适性。根据运输类飞机适航标准第25部要求,座椅设计需要满足条款§25.785(座椅、卧铺、安全带和肩带)、§25.561(应急着陆情况)、§25.817(最大并排座椅数)、§25.853(座舱内部设施)和§25.562 应急着陆动力要求。

同时,座椅又属于机械设备,属于技术标准规定(TSO)项目,所以需要满足 TSO-C39b(航空座椅和卧铺)、TSO-C127(旋翼航空器和运输类飞机座

椅系统)和 TSO-C22g(安全带)等条款。为了符合以上适航条款,飞机旅客座椅设计时要重点考虑强度、阻燃和应急撤离的要求。

1.1 强度要求

座椅的强度主要考虑主结构的静力强度和座椅的动力强度。虽然座椅适航标准未对座椅次结构的静力强度及其疲劳强度提出强制要求,但为了提高座椅的耐久性、舒适性和维护性等性能,座舱公司的设计规范中通常包含该内容。

1.2 阻燃要求

座椅中的塑料装饰件、小餐桌和座椅垫需要符合适航标准第25部条款§25.853,上述部件需要按适航标准25部附录F第I部分进行燃烧试验,座椅垫还需要按适航标准25部附录F第II部分进行座椅垫的可燃性试验。

1.3 应急撤离要求

座椅的布置、设计、制造和安装在应急着陆后产生变形等状态下不能影响应急撤离,保证应急撤离的通路和过道能满足相关条款的要求。

2 功能要求

2.1 舒适性设计

座椅的舒适度是人的主观感受,受到座椅的材

料、几何尺寸和形状等多方面的影响。设计良好的飞机旅客座椅应当使乘客在乘机环境下具有合适的坐姿——脊柱保持正常的生理曲度,大腿和腹背肌肉处于松弛状态,从上体通向大腿的血管不受压迫,全身可以保持正常的血液循环。

测量座椅舒适度主要有两种方法:主观评价法和客观测试法。

2.1.1 主观评价法

主观评价法主要采用问卷调查的方式,请受试者凭自己的主观感觉对该型号旅客座椅的整体舒适程度或者针对局部设计如座椅的尺寸、坐垫和靠背材料等是否合适分别进行打分,座椅设计人员通过分值可以直观地看出受试者对舒适度的评价。

2.1.2 客观测试法

(1) 是否使脊柱保持正常的生理弯曲

在坐姿状态下,支持人体的主要结构是脊柱、骨盆、腿和脚等。脊柱由33块椎骨组成,相互间由肌腱和软骨组成,从图1中可以看出人的脊柱有4个生理弯曲,即颈曲、胸曲、腰区和骶曲。

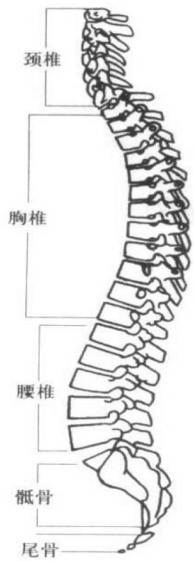


图1 脊柱结构图

与坐姿舒适性最直接相关的是腰曲,图2所示为不同姿势下所产生的腰椎曲度。人体正常的腰弧曲线是松弛状态下侧卧的曲线,如图中B所示,欲使坐姿形成几乎正常的腰弧曲线,躯干和腿之间必须有大于 90° 的角度,且在腰部有支撑,如图2C所示。

靠背与椅面的夹角大小对坐姿和脊柱、背肌的负荷程度有重要影响,靠背角及靠背形状对椎间盘压力及背肌肌电活动的影响研究表明,靠背角增大

时腰椎间盘压力降低,背肌放松;但靠背角增大到 110° 以后,再增大时两者并不会明显改善,所以旅客座椅靠背应该可以调节,调节范围要覆盖 $95^\circ \sim 110^\circ$,这样不同身材的乘客都能在此范围内找到自己脊柱正常生理弯曲的角度。

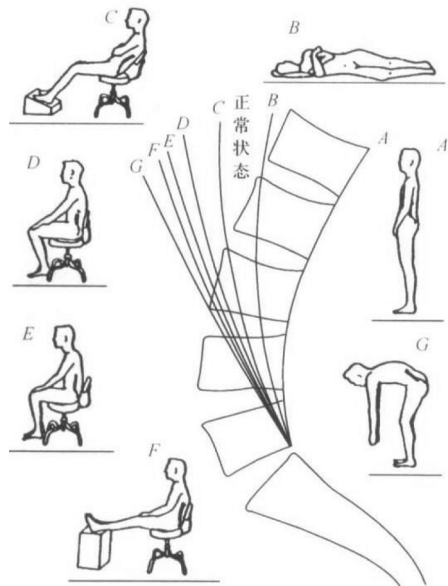


图2 不同姿势下腰椎曲线变化

坐姿状态下脊柱腰椎段是承受上体重量最关键的部位,为了达到舒适的坐姿,座椅设计应使坐姿下的腰弧曲线变形最小,所以应在旅客的腰部提供适宜的支撑,其位置相当于人体的第4~5腰椎之间的高度;另外,为减轻胸曲变形,需要给肩胛骨提供支撑,支撑点位于人体第5~6胸椎之间的高度比较合适。

(2) 体压分布

体压分布就是当人坐在座椅上时,人体的重量在座椅椅背和椅面上产生的压力的大小及其分布状态,可以通过在人体与座椅之间放置压力传感器来测量压力数值并绘制压力分布曲线图。根据人机工程学原理,较理想的体压分布模式应该是人体大部分质量以较大的支撑面积、较小的压强合理分布到坐垫和靠背上;压力分布应避免突然变化,需从小到大平滑过渡。

人就座时,与座椅面接触最紧密的是坐骨结节,身体重量的大部分(约75%)经过臀部坐骨结节及其附着肌肉压在座位面上,而臀部其他部分受到体重压力不大。若在座椅上设置软硬适中的坐垫,就可以改变体重压力在坐骨结节处过于集中的情形,而把一部分体重压力分散在臀部其他部分,这

样,体压在椅面上的分布就是坐骨结节处压力最大,由结节处向外压力逐渐减小,在座面前沿与大腿接触处压力最小。如图3所示。

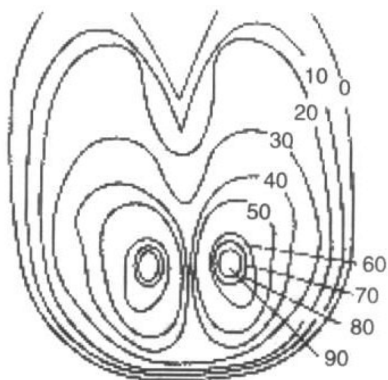


图3 理想体压分布曲线(单位: 10^2 Pa)

由于座椅椅背给乘客腰背部和肩胛骨处提供支撑,所以靠背上的体压分布以腰靠和肩靠部位的压力最高,肩靠向下压力逐渐减小。

为了防止飞机滑行中乘客臀部向前滑动,座面应与水平方向有约 $5^{\circ} \sim 10^{\circ}$ 的夹角,这样由于重力,躯干后移,背部抵靠椅背,还可以降低背肌静压,提高乘客的舒适度。

由于合理的体压分布可以使乘客全身肌肉放松并维持正常的血液循环,所以座椅设计人员可以用体压分布测试仪器获得人椅界面的体压数值并用计算机软件绘制出分布图形及其大小,以量化的指标衡量所设计座椅舒适度指数。

2.1.3 肌电测量法

飞机乘客在座椅上维持坐姿一段时间后通常会有腰酸背痛的感觉,这即是乘客的肌肉发生了疲劳。同一乘客乘坐不同款式的座椅上肌肉发生疲劳的时间和程度并不相同,为了验证一款座椅设计是否舒适合理,可以采用表面肌电图仪来测量不同时段人体腰背部、臀部和腿部等处肌肉的积分肌电(IEMG)和平均振幅(MA)等数值,将这些肌电信号作为时间的函数,绘制出变化曲线。由于积分肌电(IEMG)是评价疲劳的重要手段,当积分肌电(IEMG)值下降到低于初始值时就说明乘客此时出现疲劳,该值越低,表明乘客的肌肉疲劳程度越重,设计人员可通过曲线分析确定疲劳发生的时间和疲劳的程度,以此来判断该座椅设计是否合理。

在座椅设计早期设计人员可以使用客观衡量法进行模拟和分析,座椅样机完成可以开展工效试验,请受试者或机器人坐在可变座椅上测出座椅各

部分的受力情况,进而对座椅的形状及高度等进行改进,直到满足乘客的舒适性要求为止。

2.2 重量和经济性

所有座椅设计都需要考虑研发和制造成本,飞机乘客座椅的特殊性在于它的重量对航空公司的运营成本影响比较大。

民用飞机的使用费用是直接使用费用(DOC)与间接使用费用(IOC)之和,直接使用费用包括折旧费、保险费、空勤费、燃油费、维修费、起降与航路费、地面管理费和利息及其他。如果座椅重量增加,则燃油费会相应增加,也就是飞机运营成本增加,所以座椅重量的减轻可以明显增加运营收益。相关研究表明,以飞机使用寿命15年计算,机体重量减轻1kg航空公司增加的收益为5 520美元。以一架150座的单通道客机为例,1个座椅减轻500g重量,航空公司使用该型号飞机的15年里增加的收益就是414 000美元,所以,对飞机乘客座椅重量进行有效控制可以使航空公司有效降低运营成本,提高运营收入,也就提高了安装该型号座椅的客机的市场竞争力。

2.3 可靠性、维修性

高可靠性就是座椅有比较长的使用寿命,而且在正常使用情况下,座椅出现故障的频率低。可以通过采用成熟的技术、简化设计、标准化设计和冗余设计等方法提高座椅的可靠性。

座椅的维修性好是指座椅维修简便,维修时间短,维修费用低。座椅要考虑防错设计,避免在维修时造成人为差错。另外,座椅的拆装、连接、紧固形式等的设计应做到简易、快速和牢靠,互换性高,以缩短维修的拆装和工作时间,降低维修成本。

3 结论

研制一款舒适并有市场竞争力的飞机乘客座椅首先需要满足适航要求,同时要考虑舒适性、经济性、可靠性和维修性,还需要考虑特殊人群的使用需求,在满足成本控制要求的前提下增加座椅的多样性以满足不同乘客的需求。本文只是对飞机旅客座椅设计需要考虑的主要方面作一个简单阐述,在具体的座椅设计中还有很多细节需要考虑。

参考文献:

[1]《飞机设计手册》总编委会.飞机设计手册第11册:民用飞机内部设施[M].北京:航空工业出版社,1998.

- [2]中国民航总局. CCAR 25-R4 中国民用航空规章第 25 部:运输类飞机适航标准[S]. 北京:中国民用航空局,2011.
- [3]江国华. 浅谈运输类飞机座椅的适航性要求[J]. 民用飞机设计与研究,1996,4: 28-31.
- [4]李达,姜勇,徐淑芳. 人机工程学[M]. 北京:电子工业出版社,2014.
- [5]吴青. 人机环境工程[M]. 北京:国防工业出版社,2009.

- [6]石林,郁波. 工业设计人机工程学教程[M]. 广西:广西美术出版社,2009.
- [7]毕红哲,庄达. 航空人机工程计算机仿真[M]. 北京:电子工业出版社,2010.
- [8]袁修干,庄达民,张兴娟. 人机工程计算机仿真[M]. 北京:北京航空航天大学出版社,2005.

(上接第 22 页)

TCAS II 出现故障后,显示的信息为:ECAM 上出现红色的 TCAS II 字符。排故时可以在计算机的前部面板上按压测试按钮,如图 3 所示。对应的 LED 灯会点亮,如 TTR 红灯亮(或者 R/A;T/A 红灯亮),表明计算机内部电路出现故障,导致无法发送/接受无线电信号,需要更换计算机。

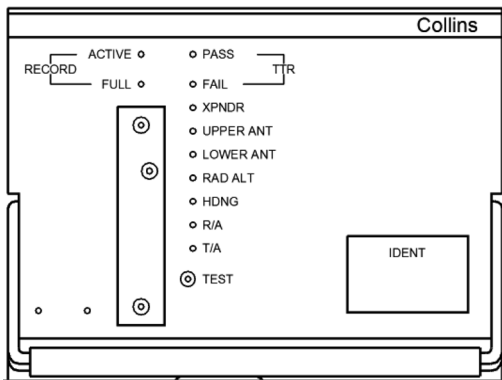


图 3 TCAS II 计算机前面板指示灯

4.2 天线故障

TCAS II 天线及其馈线故障在 TCAS II 系统的故障中也是比较多见的,TCAS II 天线工作在 L 波段。在电子设备中,频率越高,对天线及馈线的要求越高,天线的特性阻抗、馈线的输入电阻以及屏蔽性能都有很高的要求。因此对馈线长度、天线安装工艺都有严格的要求。但在实际安装过程中,有可能会因为安装的困难,对天线及馈线的部分造成损伤,随着使用时间的延长,损伤恶化,或者馈线与天线之间的接头老化松动等,就会造成系统出现故障。另一方面,天线也有可能遭到雷击或外来物损伤,以及天线四周密封胶老化,飞机蒙皮的轻微变形,水气渗透进天线内部,产生腐蚀,影响馈线的特性阻抗或绝缘电阻,造成故障现象。

对水气渗透进天线内部或底座的的天线,将其拆卸后去除水汽或更换新的天线,严格按工序重安装。

因此 TCAS II 系统故障时,对天线系统的细致

检查也显得非常重要。同时为了减少这类故障的发生一定要按维护工艺严格要求、把关。

4.3 电缆故障

目前,将电缆的损伤等级划分为 3 个类型。

(1)减少电缆长度对系统的操作没有影响,此类同轴电缆可以多次截短进行修理。

(2)电缆长度的减少将会影响系统的操作。所以,对于 2 型电缆的修理将限制截短的次数。

(3)电缆长度不能减短的,更换新电缆。

4.4 外部输入信号故障

当外围设施的输入参数出现故障后,TCAS II 也会报告出现故障。具体有以下几种情况:

(1)无线电高度表信号丢失;

(2)ADC 数据丢失;

(3)程序输入故障;

(4)IR 数据丢失。

总之,应根据故障情况对相应设备、分系统逐一排除故障。在排故中,要注意观察系统的工作情况,仔细排查存在的故障源。必要时采用测试仪,对 TCAS II 系统进行功能测试,确保 TCAS II 系统工作正常。

参考文献:

- [1] Airbus. Airplane Maintenance Manual[Z]. Airbus Industrie,2000.
- [2] Airbus. Trouble Shooting Manual[Z]. Airbus Industrie,2000.
- [3]何晓薇. 空中交通管制与防撞系统的主要技术特点[J]. 中国民航飞行学院学报,2001(9):40-42.
- [4]廉佳. TCAS 防撞系统空中故障分析[J]. 西安航空学院学报,2013,31(5):31-33.
- [5]马晓东. A320 交通管制及防撞系统(TCAS II)简介与故障简述[J]. 江苏航空,2009,4:20-22.
- [6]James K. Kuchar. Ann C. Drumm. The Traffic Alert and Collision Avoidance System[J]. Lincoln Laboratory Journal, 2007.