

飞机火警信号异常与处置时机^{*}

孙明,魏思东,谭麒瑞

(空军航空大学一系,长春 130022)

摘要:分析了运输机货舱和民用航空发动机火警探测系统的工作原理,指出其存在的缺陷及可能产生的火警信号异常情况,提出了相应的改进措施.进一步提出了“火警信号异常”这种空中特殊情况对于飞行员心理的影响,并从危险性和人的因素2个方面对空中特殊情况的最佳处置时机进行了分析,给出了选择最佳处置时机的基本原则和控制过高应激的简单有效措施,这将大大提高飞行人员处置空中特殊情况的成功概率.

关键词:空中特殊情况;火警信号异常;处置时机;应激

中图分类号:TP277

文献标识码:A

文章编号:1006-0707(2009)09-0084-04

自飞机问世以来,在民用领域很大程度上改变了人们的出行方式,客机快速便捷的运输受到人们的肯定,运输机的发展加速了世界物流,促进经济全球化的发展,不断改变着世界.在军事领域,先进和强大的运输能力也成为军事强国的重要标志.

同时,飞行事故伴随着航空业的发展.空中失火是导致飞行事故的重要因素^[1-2].除空中失火本身会带来的危险之外,更多的事故是由于操作人员在极大的心理压力下错误处置造成的.在发生空中火情时,不适当的处置会使情况更加复杂.根据统计,以往曾发生多起飞机火警系统告警,操作人员误操作,致使情况恶化,事故发生.火警信号异常会为操作人员带来很大的心理压力.尽管现代飞机的火警信号系统已经有了较大改进,但火警信号异常现象仍然经常发生,严重影响操作人员的操作,对飞行安全造成隐患.分析飞机火警系统火警信号异常的产生原因可以改进火警探测系统以降低虚警率.对处置空中特情的原则加以研究有利于操作人员选择最佳处置时机以提高处置成功率.

1 飞机失火特点和飞机火警信号的表现形式^[3-4]

1.1 飞机失火特点

1) 火势发展速度相当快

飞机在飞行时装载大量的航空煤油、航空汽油以及滑油,这些都是易燃液体.一架飞机就是一个小型油罐,所以一旦飞机失火,或是将会十分迅速地发展.对于油箱来讲问题更加严峻.飞机空中失火情况下一般1~2分钟就会形成熊熊大火.将飞机烧毁造成人员伤亡.火灾不仅会使飞机上的可燃物燃烧,也会使部分不燃的合金材料发生猛烈

地燃烧.飞机的机身是金属合金结构,具有良好的导电导热能力,局部起火就会迅速将热量传到机身其它部位.

2) 舱内烟雾弥漫迅速

飞机在飞行期间,机舱都是密封的,如果机舱内起火,机身内的空气就会被大量消耗,在氧气不足的情况下,燃烧不充分产生的大量有毒气体(一氧化碳以及烟尘等)会对人体造成巨大的威胁.

3) 火灾扑救困难

如果飞机在飞行中起火,操作系统将失去控制,飞机随时都有可能坠机,坠落地点难以预料,这将会给火灾的扑救工作带来很大的不便.另外由于飞机合金材料相当坚硬,飞机坠机后机体变形导致舱门无法打开,也给火灾的扑救工作带来很大的障碍.

4) 火灾的突发性强

飞机火灾一般是瞬时发生的、瞬间扩大的.如输油系统、电气系统或起落架系统出现险情,一般都是没有预兆的,也是意识不到的.

1.2 飞机火警信号的表现形式

现代飞机的火警探测系统均装备了语音告警和灯光告警.这样在探测系统探测到火警信号时,能第一时间吸引操作人员的注意力,利于及时处置.部分飞机火警探测系统采用感温或感烟探测器,当探测到相应信号时,语音系统告警,失火部位相应的红色信号灯亮.有些飞机火警探测系统同时采用感温和感烟探测器.当烟雾探测器探测到信号时,该部位黄色信号灯亮.若感温探测器也探测到信号,则红色告警灯亮,语音告警系统告警.值得注意的是飞机失火必将产生烟雾,可以和地面协调注意观察飞机尾部是否有烟带;发动机失火时各项参数将发生变化,因此发动机的工作状态可以作为判断发动机是否失火的一个依据.

* 收稿日期:2009-07-09

作者简介:孙明(1983—),男,桦甸人,硕士研究生,主要从事航空装备保障研究;魏思东(1965—),男,长春人,硕士,副教授,主要从事空中机械控制研究.

2 飞机主要部位火警信号异常产生原因^[5]

就运输机而言,失火信号异常较多的部位主要是货舱与发动机。

2.1 货舱火警信号异常原因

运输机货舱是产生假火警信号较多的部位,根据 FAA 的调查资料表明,货舱失火的“虚警”率非常高,大约是 200 1。

货舱火警探测系统的原理与货舱的特殊环境使货舱烟雾信号的异常成为可能。烟雾是火灾的前兆,并且火灾的发生必然伴随烟雾。20 世纪 70 年代光电感烟方法问世以来,光电烟雾探测器在探测货舱失火方面发挥了重要的作用。但是较高的“虚警”率表明货舱火警探测系统仍然存在较大的缺陷。

货舱火警烟雾探测系统是由光电式烟雾探测器、处理火警探测器信号的逻辑电路以及告警系统等部件构成。抽风机将货舱空气通过空气进口抽入烟雾室,再从空气出口流出,这样烟雾室就可以对货舱空气进行采样分析。烟雾室中有测试灯、信号灯、光电管等元件。其中进行烟雾探测的核心部件是光电管,光电管利用光电效应进行光—电转换。当没有光照射到光电管时,输出电流几乎为零,不会触发报警电路;当一定水平以上的光线照射光电管时,使其产生一定强度的电流输出,此电流信号经过放大后触发报警电路。在烟雾室中光电管的安装位置与信号灯光束成 90°,而烟雾室是一个不透光且内部不能对光有反射的组件,所以当货舱没有发生火灾,采样空气不含有烟雾小颗粒,信号灯发出的光线不能直接或通过反射和折射的方式照射到光电管,光电管中电流很小,不能触发报警电路;当货舱内存在烟雾颗粒时,由于小颗粒对信号灯的光线进行反射,使光电管受到光照,产生电流输出,此电流的大小随烟雾量的增加而增加,经过放大电路放大后,触发告警电路,火警灯亮和火警铃响通知机组成员货舱失火。

从以上分析可知,只要空气中浮质颗粒浓度达到一定程度,光电烟雾探测器都会触发火警信号。这样货舱烟雾探测系统实质就变成了货舱空气浮质颗粒浓度探测系统,而货舱是飞机上容易受外界环境影响的地方,所装货物千差万别,货舱空气中容易产生对火警信号具有干扰作用的浮质小颗粒,比如货舱的空气中可能存在因开舱门所引入的灰尘,以及来自发动机或 APU 引气中滑油泄漏的小油滴,货舱运输货物产生的颗粒,比如花粉颗粒、动物绒毛等。正是由于货舱空气中可能对烟雾探测系统工作状态产生干扰的因素太多,使飞机的货舱火警探测系统产生假火警的概率非常高。

2.2 货舱火警探测系统改进建议

- 1) 对探测器采取防电磁干扰的措施。
- 2) 加装过滤网。滤网加装在光电烟雾探测器的空气入口处,滤出产生假火警信号中直径较大的绒毛、灰尘等颗粒。但为了避免因脏物堵塞烟雾室的空气入口,必须对滤网进行定期清洗。
- 3) 适当增加烟雾探测器的数量。在货舱的不同位置加

装光电烟雾探测器,且探测器之间的输出逻辑采用“与”逻辑。通过前面分析可以看出是否采用“与”逻辑与“或”逻辑其实是火警探测及时性与准确性的矛盾。适当的增加探测器数量,在火警探测及时性与准确性中寻找一个平衡点,会减少“虚警”的产生。

4) 增加货物包装的密封性。对容易产生悬浮状小颗粒的货物要特殊包装,以免因为货物的小颗粒被烟雾探测器误认为是失火产生的烟雾小颗粒。

另外,实际货舱发生火灾时,除产生烟雾之外,还会释放 CO、CO₂、CH₄ 等特殊气体,同时温度也会升高。所以设计一种复合型货舱火警探测系统可以有效降低货舱虚警率,它应该同时具有感烟、感气、感温的功能,在探测到烟雾的同时,再检测是否还具有火灾另一些特征,这样既可满足货舱火警探测的及时报警要求,又可避免发出干扰正常飞行的假火警信号。

值得注意的是,包括现代较为先进的货舱火警探测系统在内,其报警逻辑电路都比较简单,例如采用 2 个烟雾探测器的探测系统,若采用“与”逻辑,则火警反应较慢,不利于在第一时间发现火灾;如果采用“或”逻辑,则虚警率大大增加。所以设计一种具有一定容错能力的智能逻辑系统也不失为降低虚警率的一条有效途径。

2.3 现代民用发动机火警探测系统基本原理

随着探测器设计技术的发展和电子技术的进步,现代发动机火警探测系统的设计有了很大的改进,火警探测的及时性和可靠性得到提高,减小了虚假火警和漏报火警的可能性。现代飞机的发动机火警探测系统主要由 3 部分组成:火警探测器、处理火警探测器信号的逻辑电路和告警系统。

火警探测器用于探测火警,向火警探测组件提供火警信号。火警探测器布置在发动机的风扇机匣,燃烧室机匣(核心机匣)和发动机与飞机相接的吊舱上,基本可以保证发动机在任何位置发生火情,都可以及时被探测到。为了保证火警探测系统的可靠性,每个位置上均有 2 个相同但彼此独立的火警探测器,这些探测器组成 2 个独立的探测环路 A 和 B,各自探测发动机的火警,每个环路的 3 个火警探测器的输出端采用并联相连,只要其中 1 个探测器发出火警信号,环路就输出火警信号,当然其中有 1 个故障,环路也相应发出故障信号。现代飞机的发动机火警探测器广泛采用气动式火警探测器。气动式的火警探测器具有抗干扰能力好,抗震能力强,容易自身检测等优点。

火警探测组件根据火警探测器环路的信号判断发动机火警的真伪,然后向告警系统输出告警信号。火警探测组件设计了 2 个独立的逻辑判断电路通道,可以避免因逻辑处理部分发生故障而无法处理火警信号。对 2 个探测环路信号的逻辑判断可以减少“虚警”的发生,在逻辑判断中还加入了对多种失火极端情况的判断,例如加入了对探测环路故障时间的检测,如果 2 个探测环路在 5 秒之内相继损坏,则会输出失火信号。通过多余度和严密完善的逻辑设计减少了发生“虚警”的可能,保证了对火警的可靠报告。

2.4 发动机火警探测系统异常的可能原因及相应改进措施

- 1) 执行机构故障或性能下降,导致输出电压门限值降

低或错误送出火警信号,使没有达到火警温度的信号也被发送出去,产生“虚警”。

2) 系统绝缘性能下降.由于火警信号系统灵敏度较高,对各部件特别是热敏传感器的绝缘性有较高要求,故在热敏传感器和接线点都必须涂有密封胶保护层,以提高火警信号系统的可靠性.工作中如有不慎破坏了密封胶,必将破坏其绝缘性能,造成漏电或电磁干扰,使系统出现“虚警”信号。

3) 火警传感器线路故障或撞坏变形.由于火警传感器和导线都安装在飞机上振动较剧烈的位置,且线路裸露,易被划伤、碰撞,接线柱和接线盒内易接触不良,导致“虚警”的产生。

4) 天气多雨、潮湿也是导致“虚警”的重要原因.实际工作中,火警“虚警”主要发生在天气潮湿、多雨的季节.此时火警信号系统电子设备的绝缘性能下降,开关电门容易霉变,导致接触不良.高温潮湿地区,对电子元器件的工作性能影响较大,工作点会发生漂移,导致执行机构故障率较高。

可以采取的措施:

1) 利用平时打开发动机舱盖的时机,认真检查系统传感器的安装固定情况,查看传感器壳体有无撞坏或变形、热敏电偶是否与壳体接触或断开、传感器接线柱是否牢固、绝缘胶密封是否良好等。

2) 更换发动机时,加强对传感器和连接导线的检查,看导线是否有磨损、接线盒内的连接是否牢固及绝缘胶的密封是否完好。

3) 更换火警传感器时,一定要注意检查传感器的牌号是否正确,若更换的传感器牌号不匹配,即可能造成“虚警”。

4) 在天气潮湿或多雨季节,应经常对发动机舱进行通风,必要时可用空调车除湿或地面开车除潮,且应尽量避免淋雨受潮。

3 空中特殊情况处置时机研究^[6]

根据国际民航组织的统计,因特殊情况造成的飞行事故中,80%~85%的飞行事故并不是因操作人员处置太慢造成的,而是由于盲目处置错误造成的.当然处置得快又准确,这是最好的结果,但是对每名操作人员都达到这样的要求是不可能的,它与人的生理、心理与技术状况有关.在有效的时间内,用较多的时间对火警信号做出认真的判断,用较短的时间做出准确迅速的操作,才是努力追求的目标.这里所说的有效时间,是指火情的发展还没有造成重大的危害或火情的性质没有发生质的变化的最长时间,它与火情发生的部位,飞机的可靠性等因素有直接关系.对于空中失火,操作人员应加强对“虚警”的判断,不能仓促做出处置.在有效时间内认真的判断有利于下一步做出迅速准确的处置,避免误操作可能带来的严重后果。

3.1 处置时机选择

空中失火会对飞行安全产生严重威胁,处置不好会导致机毁人亡.操作人员在正常操纵飞机时已经承受着一定

程度的心理压力,遭遇类似空中失火的空中特殊情况时,操作人员的压力骤然增大,慌乱中极易产生误操作。

从人的因素考虑,较长的处置时间会使操作人员更加完整的把握特情信息.但是某些空中特殊情况的危险性随时间发展较为迅速,二者构成了尖锐的矛盾,要解决这个矛盾,必须寻找一个最佳处置时机,使操作人员的处置成功概率最大.如图1中所示,曲线 C_1 表示人员的处置能力随时间的变化; C_2 表示危险程度随时间的变化曲线,2条曲线相交于C点,C点附近错误处置概率已下降到很小,而危险性增长的幅度也不大,因此选择C点附近作为处置时机是较为科学的.因此,C点被称为“黄金点”,C点之前的时间段被称为“黄金时间段”。

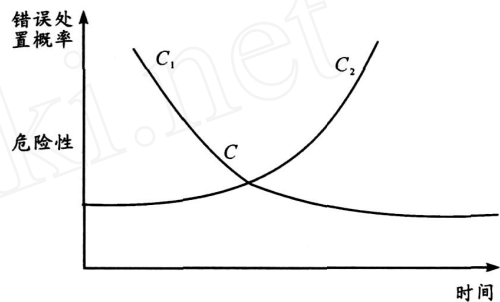


图1 错误处置概率与危险性随时间的变化

对于黄金点C,更应该从概念上去理解,综合操作人员个体素质与火灾情况等多因素去把握,对于空中特殊情况的千差万别是没有办法也没有意义去确定一个精确的时间点的.在处置空中特殊情况时,最重要的是操作人员对于危险情况的准确把握和解决问题的熟练程度,对于最佳时机的把握只起到辅助的作用。

3.2 控制过高应激

按照应激水平可将应激划分为高应激和低应激.适宜的应激水平有助于激发人的生理和心理能量去应付当前的应激情况,有利于解决问题,提高工作效率.只有过高或过低的应激才会使人的操作效率遭到破坏.如图2所示,左侧曲线表示低应激,曲线右侧表示高应激,旁边的文字表示相应应激水平下的心理或生理表现。

在过低与过高应激两端之间,存在着一个最佳的唤醒激活区域,一般而言是指中等强度的应激水平.在这一区域里,操作人员的感觉敏锐、注意力集中,思维活跃且清晰、动作准确、反应迅速,飞行技能常可超水平的发挥,人的整个心理达到其最佳状态,故能使飞行操作效率达到最佳.我们可以把这一状态视为应激控制所要达到的目标.对于操作人员来说,需要有意识控制的主要是过高水平应激。

操作人员对于过高水平应激的控制:

1) 空中失火会增加工作负荷和与之相应的应激,从而产生过高应激.最有效的办法是平时多对特情进行模拟训练,熟练操作流程;

2) 遇到空中特殊情况时,操作人员应加深呼吸以便使自己恢复平静,适当放松身体,消除僵硬感,然后调整心理,以便迅速回复处置能力。

3) 在遭遇空中特情时,不要总是顾虑危险情境的后

果,而应尽快地将注意力转向寻找解决问题的方案或途径,深思熟虑后应立刻付诸行动。

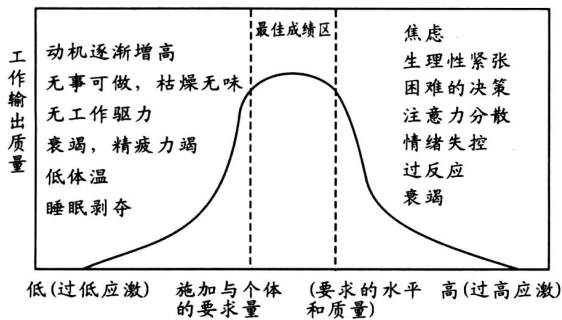


图2 最佳唤醒促使成绩达到最佳

4 结束语

通过分析现代飞机的货舱与发动机火警探测系统的基本原理,对这2个部位可能产生的火警信号异常情况进行了较为深入的分析,同时给出了具有一定可操作性的解决方案。然后从飞机空中特殊情况的危险性和人的因素2个方面探讨了处置飞机空中特殊情况的最佳时机。给出了选择处置时机的基本原则,而没有给出相对具体的时间,这是因为不同的空中特情与飞机种类、失火位置以及操作

人员的个体差异关系很大,强行给出时间范围是没有意义的。介绍了控制过高水平应激的几种方法,这有助于操作人员尽快达到理想的处置能力水平。无论是火警信号异常还是选择最佳处置时机涉及到的因素都很多,本文中只是根据较为简单的模型进行了分析,距离真正的解决实践中存在的众多复杂问题这一目标还有相当大的距离,仍需要艰巨的努力。

参考文献:

- [1] 赵廷渝. 飞行员航空理论教程[M]. 西南交通大学出版社,2004.
- [2] 中国航空工业总公司. 货运飞机专用技术设计指南[M]. 航空工业出版社,1996.
- [3] 向淑兰,付尧明. 现代飞机货舱火警探测系统研究[J]. 中国测试技术,2004,30(5):18-20.
- [4] 向淑兰,付尧明. 民用飞机的发动机火警探测系统分析[J]. 西安航空技术高等专科学校学报,2003,21(3):3-5.
- [5] 赵廷渝. 航空燃气涡轮动力装置[M]. 中国民航飞行学院,1998.
- [6] 杰瑞 A·艾肯伯格. 处置飞行中紧急情况[M]. 国防工业出版社,2002.

(上接第75页)

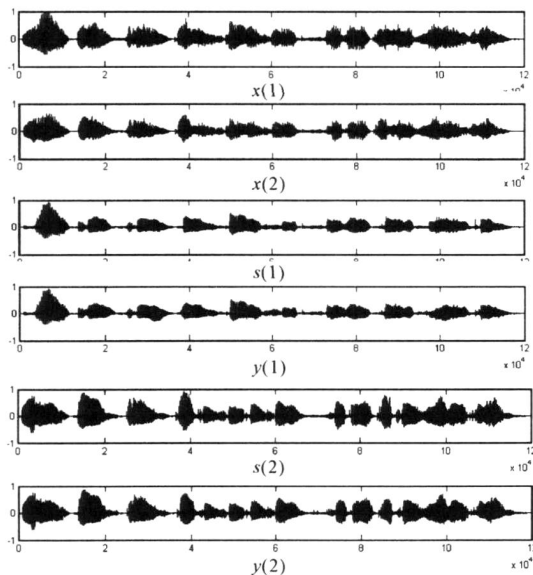


图4 两个语音信号混合时的盲信号分离效果

3 结束语

本文中应用盲信号分离的方法解决多传感器信息融合的问题,初步研究了如何将盲信号分离嵌入信息融合的结构模型,给出的语音识别的实例显示了盲信号分离在多传感器信息融合中的巨大应用潜力。本文中所做的只是探

索性的工作,还有很多方面需要完善。后续研究要着眼于把该方法推广到普遍的信息融合情形,同时利用信息融合的方法研究盲信号分离也可能是个有意义的探索。

参考文献:

- [1] Hovanesian SA. Introduction to Sensor System[M]. New York: Artech House, INC. 1988.
- [2] Waltz E, Linas J. Multisensor Data Fusion[M]. Boston: Artech House, 1990.
- [3] Comon P. Independent component analysis, a new concept[J]. Signal Processing, 1994(36):287-314.
- [4] Cardoso J F. Blind signal separation: Statistical principles[J]. Proc. IEEE, 1998, 86(10):2009-2025.
- [5] He Y, Guan X, Wang G H. Survey on the progress and prospect of multisensor information fusion[J]. Journal of Astronautics, 2005, 26(4):524-529.
- [6] Zhang X D, Bao Z. Blind signal separation[J]. Acta Electronica Sinica, 2001, 29(12A):1767-1771.
- [7] He Y, Peng YL, Lu DJ. Survey of multisensor data fusion models[J]. Journal of Tsinghua University (Sci&Tech), 1996, 36(9):14-20.
- [8] Lee T W. Speech signals [EB/OL]. [2006-11-10]. <http://www.cnl.salk.edu/~tewon>.
- [9] Bell A J, Sejnowski T J. An information-maximization approach to blind separation and blind deconvolution[J]. Neural Computation, 1995(7):1129-1159.