

# 民用飞机乘客使用 PED 的适航要求分析

## Analysis of the Airworthiness Requirements for the Passenger PED Usage on the Commercial Aircraft

陆 曦 / LU Xi

(上海飞机设计研究院, 上海 201210)

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

### 摘 要:

2013 年欧美适航当局陆续宣布允许乘客在全飞行阶段使用便携式电子设备 (Portable Electronic Device, 简称 PED), 包括处于飞行模式的手机、平板电脑、笔记本电脑等。与 PED 使用有关的适航条款经过半个多世纪的不不断发展已日趋成熟。为了表明飞机在 PED 辐射的环境下仍然是适航的, 飞机制造商需要向局方表明飞机对 PED 前门耦合和后门耦合干扰的符合性。

**关键词:** 便携式电子设备; 适航; 前门耦合; 后门耦合

**中图分类号:** V221+.91

**文献标识码:** A

[Abstract] In 2013, the airworthiness authorities of US and Europe announced to allow passengers to use portable electronic devices (PED) including cell phones in flight mode, tablets, laptops and etc during all flight phases. The airworthiness requirements relevant to PED usage tends to be mature over more than 50 years. The aircraft manufacture is required to demonstrate the aircraft compliance to PED front door and back door coupling to the airworthiness authorities so as to prove the aircraft airworthiness in the circumstances of PED radiation.

[Keywords] portable electronic device; airworthiness; front door coupling; back door coupling

## 0 引言

众所周知, 乘客在乘坐国内的民航班机时只有在巡航阶段可以使用不具备射频发射功能的便携式电子设备 (Portable Electronic Device, 简称 PED), 而手机必须全程关闭。其实在欧美, 适航当局已经放宽了这一限制。2013 年 10 月 31 日, 美国联邦航空局 (FAA) 发布通告 N8900.240, 宣布美航空公司可允许旅客在整个飞行过程中安全使用处于“飞行模式”下的便携式电子设备<sup>[1]</sup>。随后的 11 月 26 日, 欧洲航空安全局 (EASA) 也发出指南, 在原有非关键飞行阶段允许乘客使用 PED 的基础上, 进一步扩展到在滑行、起飞和着陆阶段也允许乘客使用处于“飞行模式”的 PED<sup>[2]</sup>。鉴于国内对民用飞机上乘客使用 PED 的相关适航要求研究才刚开始, 本文试

图对乘客在民用飞机上使用 PED 的适航要求以及相对应的对飞机设计的影响进行初步分析和探究。

## 1 机上使用 PED 的背景

随着电子和通信技术的快速发展, PED 在人们的日常生活中得到了广泛应用。美国航空政策制定委员会 (Aviation Rulemaking Committee, 简称 ARC) 对 PED 的定义是: 轻便的、用电的设备, 特指用于通信、数据处理的消费类电子设备; 而带有射频发射装置的 PED 又称作 T-PED (Transmitting PED)。由于担心 PED 的电磁辐射对民用航空器产生的潜在安全威胁, 在很长一段时间内各国民航当局都不允许乘客在飞行过程中使用 PED。但是, 乘客对于在飞行中使用 PED 的需求却与日俱增。根据 APEX 和 CEA 进行的一项调查<sup>[3]</sup>显示, 有超过 6

成的个人旅客和超过4成的商务旅客认为在飞行中使用 PED 是必要的,如图 1 所示。

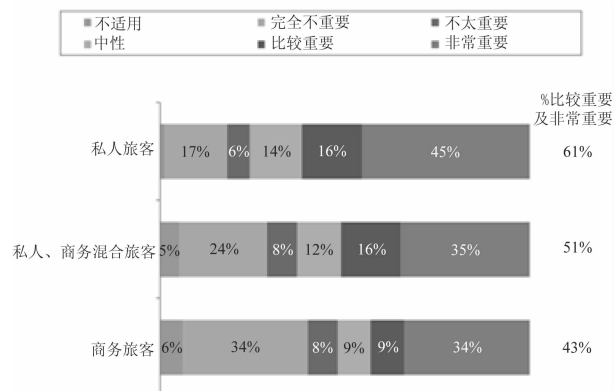


图 1 飞行中使用 PED 重要性调查

调查显示,尽管有 94% 的被调查者知道在飞行过程中禁止使用 PED,但其中仍有 7% 的乘客不会关闭 PED 电源,有 21% 的乘客习惯将 PED 设置为飞行模式,如图 2 所示。也就是说,无论政策法规如何对机上 PED 的使用进行限制,现代民用飞机都将面对来自乘客 PED 电磁辐射的影响。因此,在飞机的前期设计中就将 PED 的影响纳入适航要求中至关重要,也直接影响到民用飞机的安全性。

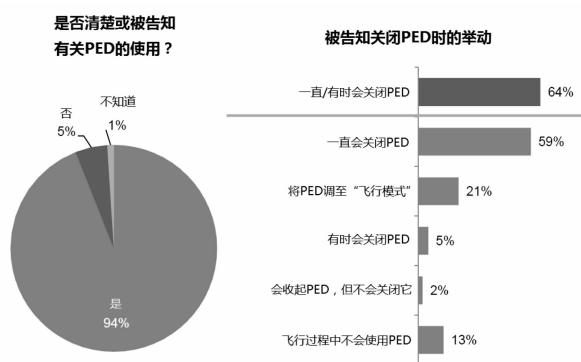


图 2 飞行中使用 PED 比例调查

## 2 民航机上使用 PED 适航要求的演变

### 2.1 FAA 适航要求

早在 1961 年,FAA 就发布了关于机上使用 PED 的第一条适航规章条款 91.19,该条款随后被 91.21、121.306、125.204 和 135.144 代替。在二十世纪五六十年代,美国就有研究表明晶体管调频收音机中本地振荡器的辐射泄漏会对机载 VOR 导航系统造成干扰<sup>[4]</sup>。因此人们也一直相信 PED 的使

用会对机载通信导航系统造成潜在干扰。当电传飞控和数字显示技术成为民用飞机的主流配置后,PED 对这类设备的潜在影响也成为了人们的担心。

1991 年,美国联邦通信委员会(Federal Communication Committee,简称 FCC)发布规章条款 22.925,禁止乘客在民航班机上使用 800MHz 的手机,原因是怀疑机上的手机会因接入地面的移动蜂窝网络而对地面电信网络造成影响。2007 年,FCC 又因缺乏充分的证据而撤销了这一禁令。

2006 年 8 月 25 日,FAA 发布咨询通告 AC91.21.1B,向航空公司和飞机制造商就开放使用 PED 提出了操作建议和先决条件<sup>[5]</sup>。2010 年 3 月 15 日,FAA 发布咨询通告 AC20-164,认可 DO-307 作为局方可接受的证明民用飞机 PED 干扰耦合符合性的标准方法之一<sup>[6]</sup>。2013 年 10 月 31 日,FAA 发布通告 N8900.240,在所有飞行阶段有条件解禁 PED 的使用。2015 年 7 月 5 日,FAA 更新咨询通告 AC91.21.1C,正式发布了所有飞行阶段解禁 PED 使用的条件<sup>[7]</sup>。

### 2.2 EASA 适航要求

2013 年 11 月 26 日,EASA 发布决定宣布在所有飞行阶段均可以使用处于“飞行模式”的 PED。

### 2.3 CAAC 适航要求

中国民用航空局对在中国境内民航班机上使用 PED 的适航要求比欧美局方更为严格,目前尚还没有解禁 PED 使用的计划。与 FAR 91.21、121.306、125.204 和 135.144 相对应的条款分别是:

#### 1) 91.23 便携式电子设备<sup>[8]</sup>

(a)除本条(b)款规定外,在中华人民共和国国籍登记的下列民用航空器上,所有乘员不得开启和使用,该航空器的运营人或机长也不得允许其开启和使用便携式电子设备:

- (1)正在实施公共航空运输运行的航空器;
- (2)正在按照仪表飞行规则运行的航空器。

(b)在民用航空器上可以使用下列便携式电子设备:

- (1)便携式录音机;
- (2)助听器;
- (3)心脏起搏器;
- (4)电动剃须刀;

(5)由该航空器的运营人确定,认为不会干扰航空器的航行或通信系统的其他便携式电子设备。

(c)按照公共航空运输运行规章实施运行的航空器应当满足相应的规定,本条(b)(5)项所要求的决定必须由航空器的运营人作出;对于其他航空器,该决定也可以由航空器的机长作出。

#### 2)121.573 便携式电子设备的禁用和限制<sup>[9]</sup>

(a)从飞机为开始飞行而关闭舱门时刻起,至结束飞行打开舱门时刻止,飞机上的乘员不得开启和使用,合格证持有人也不得允许其开启和使用与航空器正常飞行无关的主动发射无线电信号的便携式电子设备,这些电子设备包括:

- (1)移动电话;
- (2)对讲机;
- (3)遥控玩具和其他带遥控装置的电子设备;
- (4)局方或者合格证持有人认定干扰飞机安全运行的其他无线电发射装置。

(b)飞机上的乘员可以使用 CCAR-91 部第 91.23 条(b)款规定的便携式电子设备。但是,在起飞、爬升、下降、进近、着陆等飞行关键阶段,合格证持有人应当限制旅客使用便携式计算机、收音机、CD 播放机、电子游戏机、视频录放机等便携式电子设备。

(c)在飞行期间,当机长发现存在电子干扰并怀疑该干扰来自机上乘员使用的便携式电子设备时,机长和机长授权人员应当要求其关闭这些便携式电子设备;情节严重的应当在飞机降落后移交地面公安机关依法处置,并在事后向局方报告。

此外,对于民用飞机设计人员所关心的 CCAR-25 部《运输类飞机适航标准》,虽没有直接限定 PED 使用的条款,但也有间接影响的条款,分别是 25.1309 和 25.1431<sup>[10]</sup>。

### 3 PED 对航电系统的安全性影响分析

根据 AC91.21.1C,如果某型民用飞机没有进行 PED 相关的 EMI 测试,那么须按照航电系统(主要是无线电收发机)对 PED 电磁辐射不同的敏感性进行安全性分析。根据安全性分析的要求,将可能引发的失效模式分为三类,分别是:

- a)拒绝服务(Denial of Service),即完全丧失某项功能;
- b)服务降级(Degradation of Service),即部分丧失某项功能或性能发生下降;
- c)误导信息(Misleading Information),即系统向

机组人员提供引起误导的信息。

#### 3.1 不受 PED 电磁辐射影响的系统

不受 PED 电磁辐射影响的系统分为三类,第一类是工作在 30MHz 以下频段的收发机,如自动定向仪 ADF(200~600kHz)、高频通信和 3~30MHz 高频数据链。因为要使 PED 发射 30MHz 以下的无线电信号,那么 PED 需要数米长的发射天线,这在现实中是不可行的。第二类是灵敏度阈值远高于 PED 的平均发射水平的机载收发机,如 ILS 中的指点信标。第三类是工作在 4GHz 以上的收发机,包括 4GHz 无线电高度表、5GHz 或 9GHz 气象雷达。这些系统都使用了定向天线,限制了 PED 发射与接收机间的耦合。而且,虽然 PED 发射增加了接收机内的本地噪声,但只在非常有限的范围内影响接收机的输出,对接收机的正常工作影响非常小。一些系统的关键功能,如风切变探测或确定高度,只会在接收信号远大于 PED 引起的本地噪声的情况下进行。

#### 3.2 仪表着陆系统 ILS

ILS 是一种用于飞机进近和着陆的辅助装置,包含提供横向引导的航向信标(Localizer)、提供垂直引导的下滑信标(Glide Slope)和提供距离引导的指点信标(Marker Beacon)。其中指点信标不受 PED 电磁辐射影响。航向信标天线工作在 108MHz~112MHz 内的 40 个工作通道。下滑信标天线工作在 329MHz~335MHz 内的 40 个工作通道。

受 PED 影响可能会导致 ILS 拒绝服务、服务降级或误导信息。特别当飞机在进行 CAT II 或 III 类进近而 ILS 又提供了误导的导引信息时,可能会使飞行员以错误的飞行姿态进行进近着陆,直至能够目视跑道。而此时飞行员只有有限的时间进行复飞,因此机组工作量极大增加,飞机安全裕度极大减少,会导致灾难性的影响。

#### 3.3 甚高频全向信标 VOR

VOR 的工作频率是 108MHz~117.95MHz。地面站以 30r/min 的速度发射心形方向图,在飞机接收机上产生一个 30Hz 的调制。地面站同时也发射一个用 30Hz 基准信号进行频率调制的全向信号。通过两个信号的相位差为飞机提供方位导引。

受 PED 影响可能会导致 VOR 拒绝服务、服务降级或误导信息。飞行员将无法获得来自 VOR 的飞机位置和路径信息。若 VOR 不作为飞机的主要



导航方式,则 PED 对 VOR 的安全影响可以控制在严重(Major)或以下。

### 3.4 甚高频语音通信 VHF 和甚高频数据链 VDL

甚高频通信 VHF 和 VDL 是民用航空领域最常见的语音和数据通信方式。VHF 和 VDL 频段工作于 118MHz ~ 135.975MHz 之间,通道间隔 25kHz,或更窄的 8.33kHz。

受 PED 影响可能会导致 VHF 和 VDL 拒绝服务或服务降级,但不太可能导致误导信息。因为 VHF 和 VDL 传输的是声音信息和数字信息,原有信号很难在受到 PED 辐射信号的干扰后又恰好被解码成另一个有效的声音或数字信号。假设最严重的失效状态,即所有甚高频通信功能全部丧失,飞行员虽然工作量较大增加,但仍可以遵循一定的程序进行着陆,因此 PED 对 VHF 和 VDL 的安全影响可以控制在严重(Major)或以下。

### 3.5 测距仪 DME

DME 是工作在 960MHz ~ 1215MHz、以脉冲测距的方法向飞机提供距离信息的设备。机载设备首先向地面站发送一个询问脉冲对,地面站在接收到询问脉冲对后间隔固定的时间再发送一个应答脉冲对。飞机通过计算两个脉冲对的时间差得到飞机距地面站的距离。由于来自 PED 的辐射信号叠加原有信号产生另一个相同波形、频率和间隔的脉冲对的概率极低,因此受 PED 影响可能会导致 DME 拒绝服务或服务降级,但不可能导致误导信息,安全影响为轻微(Minor)。

### 3.6 空中交通管制 ATC 应答机

ATC 应答机通过与二次雷达监视在 1 030MHz 和 1 090MHz 进行应答,向空管员提供飞机的标识和飞行高度信息。ATC 应答机又从 A/C 模式发展到 S 模式以及 ADS-B。由于应答机也是通过脉冲序列进行应答,而来自 PED 的辐射信号叠加原有信号产生另一个相同波形、频率和间隔的脉冲对的概率极低,因此受 PED 影响可能会导致 ATC 应答机拒绝服务或服务降级,但不可能导致误导信息。也就是说,PED 的干扰所产生的最严重情况是 ATC 应答机完全丧失功能,此时空管员将无法得到飞机的标识、高度及其他相关信息。在这种情况下,飞机可能无法在 A 类、B 类、C 类空域中飞行,机组的工作负荷将较大地增加,飞机安全裕度将较大地降低。

### 3.7 空中交通告警和防撞系统 TCAS

TCAS 是基于 ATC 应答机和 TCAS 收发机的监

视和防撞系统,用于帮助飞机避免空中相撞。TCAS 的无线电发射部分工作原理与 ATC 应答机类似。因此受 PED 影响可能会导致 TCAS 拒绝服务或服务降级,但不太可能导致误导信息。由于 TCAS 并不能完全代替飞行员来确保空中交通的安全,且 TCAS 本身也无法识别其他不具备应答机功能的飞机,因此若 TCAS 功能完全丧失,飞行员将依据目视飞行规则或仪表飞行规则操纵飞机,工作负荷有轻微的增加。

### 3.8 全球导航卫星系统 GNSS

GNSS 是指通过卫星在全球范围内向用户提供连续、高精度的位置、速度及时间信息。美国的卫星导航系统即众所周知的全球定位系统 GPS。除此之外,还有欧洲的伽利略系统 GALLILEO、俄罗斯的格洛纳斯系统 GLONASS 和中国的北斗系统。目前在民用飞机上广泛使用的是美国的 GPS。GPS 工作在 1 559MHz ~ 1 610MHz 的 L1 频段和 1 164MHz ~ 1 215MHz 的 L5 频段。由于 GPS 信号采用二进制编码信号,因此 PED 的辐射信号不太可能同时干扰来自不同卫星的多路信号并产生另一个相同的信号,因此可认为受 PED 影响可能会导致 GNSS 系统拒绝服务或服务降级,但不可能导致误导信息。在这种情况下,飞行员将无法获取 GNSS 提供的导航信息,飞行负担将较大地增加。

### 3.9 卫星通信系统 SATCOM

SATCOM 是通过卫星向机组提供语音和数据信息。常见的卫星通信频段有 L 波段、KU 波段、KA 波段。机组一般在飞机巡航阶段使用 SATCOM,并非关键的飞行阶段,因此无需分析 PED 辐射信号对 SATCOM 的影响。

## 4 民用飞机 PED 适航符合性分析

机上 PED 信号的传播主要依靠空间中的辐射,因此电磁辐射可能会通过设备上的孔隙耦合进入机载系统,或是引起传输导线上非正常的电流,或直接通过机载天线进入无线电接收机,从而对机载设备产生电磁干扰。在 EUROCAE(欧洲民用航空设备组织)ED-118 规范中,对耦合路径进行了如下分类:

1) 后门耦合(Back door coupling),即 PED 的辐射能量耦合进入机载电子电气设备,或进入与设备相连的电线中。

2)前门耦合(Front door coupling),即 PED 的辐射能量耦合进入机载无线电接收机天线。

结合 PED 辐射的耦合路径和发射类型(有意发射或杂散发射),机上 PED 可能产生电磁干扰的原因主要有以下几方面:

#### 1)杂散发射的前门耦合

无线电接收机为了能在其调谐频段内能够检测到信号,因此即便是对非常低幅度的信号也非常敏感。如果在接收机的调谐频段内恰恰有 PED 杂散发射的信号,那么这些无用的信号有可能被接收机认为是有用的信号而导致错误的响应。而且,一般 PED 的杂散信号与白噪声类似,具有非常宽的频谱,这也大大增加了杂散发射信号进入接收机调谐频段的可能性。

#### 2)有意发射的前门耦合

乘客携带的 PED 的工作频段和机载无线电设备(如 CNS 系统等)的工作频段一般都通过法律法规进行了严格的限定和区分,目的就是为了使乘客所携带的电子设备工作频段不会与飞机无线电工作频段产生重叠而发生干扰。因此,这种情况的电磁干扰可以不被重点关注。

前门耦合的情况如图 3 所示。

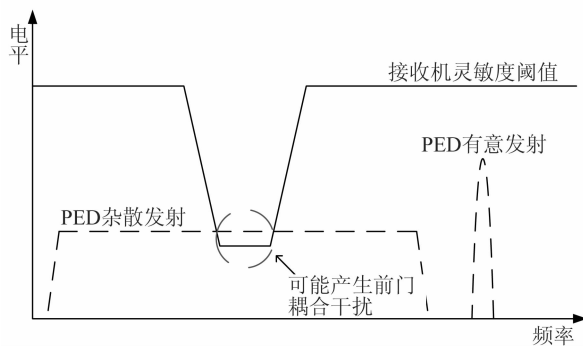


图 3 前门耦合情况

#### 3)有意发射的后门耦合

机上 PED 的有意发射可能会通过耦合进入天线或进入电子电气系统。当耦合进入的有意发射信号高于机载系统或设备本身可接受的信号强度阈值时,就有可能产生干扰。因为在靠近 PED 的区域,电场强度可能达到几十 V/m,因此该后门耦合干扰必须在评估飞机 PED 容限时加以考虑。

#### 4)杂散发射的后门耦合

PED 杂散发射产生非常低的辐射场,一般在距 PED1m 处场强为 0.1V/m。来自手机的杂散发射的

强度比手机建立通信的发射信号强度要低一千多倍。因此来自 PED 杂散辐射发射的后门耦合干扰可能性不大,不需要作为飞机 PED 容限问题加以解决。

#### 5)传导发射的干扰

由于飞机数据网络安全网络本身具备隔离功能,且具有滤波器能够滤除可能来自 PED 的传导发射,因此可以认为和飞机电源或数据线缆物理连接的 PED 产生传导杂散信号干扰的可能性不大。这种情况的干扰也不是本文所关注的重点。

对于后门耦合的情况,主要考虑 PED 有意的发射。一般来说,通过后门耦合对机载设备或系统产生干扰的因素有:

- 1) PED 的发射功率;
- 2) PED 与潜在受干扰系统间的路径损耗;
- 3) 潜在受干扰系统对 PED 辐射的敏感性。

也就是说,从理论上讲通过控制以上三个方面能够有效抑制 PED 的后门耦合。但是,从工程实现上来说,以上三个方面却具有不同的可行性。首先,通过控制 PED 的发射功率来限制后门耦合干扰就非常难实现。因为乘客携带的电子设备来自不同的通信设备厂商,按照不同的工业标准,这已经超出了航空业能够控制的范围。其次,控制 PED 与潜在受干扰系统间的路径损耗看似在飞机主制造商的控制范围内,但必须考虑到乘客携带的 PED 在飞机内的分布可能非常广泛,可能在客舱内,也可能在货舱(托运的行李中),有些部位可能离飞机的机载系统或线束非常近。在这种情况下,路径损耗将非常小,也难有提高的空间。第三种选择是增加系统的 RF 敏感性阈值。如果系统提供了合适的 RF 敏感性阈值,那么系统的安装就能适应周围的 T-PED。这是飞机主制造商能够直接控制的方面。因此对于机上 PED 后门耦合,通常采用提高机载设备 RF 敏感性阈值来控制。

为了满足后门耦合符合性的要求<sup>[11]</sup>,根据 DO-307 第 3 章的要求,机载设备根据不同的功能危险性分析(FHA)结果,满足 DO-160 第 20 章射频敏感性试验的不同试验电平的要求,如表 1 所示。同时,根据不同地区适航当局的要求,还可能需要进行全机级的机上 T-PED 试验,即在机上设置模拟不同 T-PED 的干扰源,测试机载关键设备是否能够正常工作。通过上述设备级和飞机级的试验,可以保证后门耦合适航符合性要求的满足。

表 1 后门耦合符合性要求

系统功能失效状态分类	T-PED 与 LRU 距离大于等于 20cm	T-PED 与 LRU 距离小于 20cm
灾难性	RTCA DO-160E/EUROCAE ED-14E 第 20 章 XR	RTCA DO-160E/EUROCAE ED-14E 第 20 章 XW (8GHz 内)
危害性	RTCA DO-160E/EUROCAE ED-14E 第 20 章 XR	RTCA DO-160E/EUROCAE ED-14E 第 20 章 XR
严重	RTCA DO-160E/EUROCAE ED-14E 第 20 章 XR	RTCA DO-160E/EUROCAE ED-14E 第 20 章 XR
以上未覆盖但仍被规章所要求的	RTCA DO-160E/EUROCAE ED-14E 第 20 章 XR	RTCA DO-160E/EUROCAE ED-14E 第 20 章 XR
轻微的、无安全影响的以及不被规章所要求的	无要求	无要求

对于杂散发射前门耦合的情况,也有三条路径可以加以控制。一是降低机载接收机的灵敏度。这样做的弊端是降低了接收机的性能,因此不建议采纳。二是降低 PED 的杂散发射水平。但是民用电子设备厂商繁多,不同国家之间的标准也有所差异,因此控制 PED 的发射水平缺乏可行性。三是控制飞机内部 PED 到飞机无线电接收机的路径损耗。飞机制造商可以设计并测试飞机使其 PED 经过接收机天线到接收机的路径损耗足够大。如果路径损耗足够大,那么机载接收机就可以适应 PED 的杂散发射。这也是作为飞机制造商唯一能够控制的方法。

实际的干扰路径损耗 (Interference Path Loss, 以下简称 IPL) 通过机上 IPL 测试获得。根据 DO-307 的要求,简单来说,就是在飞机内部架设天线发射一定量的射频信号来模拟 PED 的发射,同时测量机载接收机端接收到的信号水平,两者相减从而获得实际 IPL 值,如图 4 所示。若飞机实际的

IPL 值满足或超过 DO-294B 表 6-2<sup>[12]</sup>或 DO-307 表 4-7<sup>[11]</sup>中定义的 IPL 目标值,则可以认为机载接收机满足前门耦合符合性的要求。

## 5 结论

随着美国、欧盟的适航当局陆续开放民用航空对 PED 使用的限制,在该领域我国民航界也势必逐步与国际接轨。因此,国产的民用飞机在设计研发的过程中就应将 PED 相关的适航要求纳入考虑,并明晰相应的符合性验证方法。在我国现行的民用客机适航规章体系下,25 部、91 部、121 部均对 PED 的使用提出了直接或间接的适航要求。同时,对于由 PED 产生的杂散发射产生的前门耦合和有意发射产生的后门耦合干扰,通过进行飞机级的 IPL/T-PED 试验和机载设备射频敏感性试验可以验证其符合性。

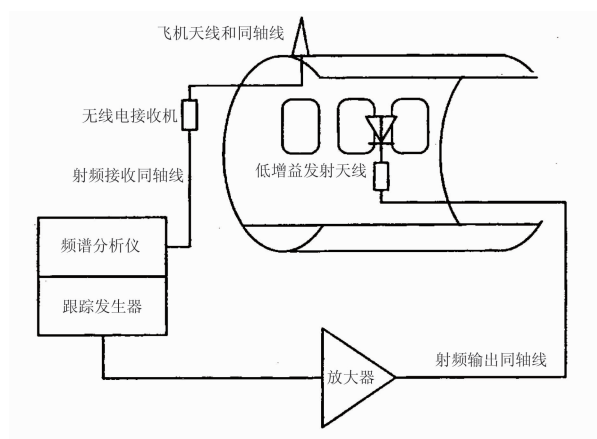


图 4 机上 IPL 测试示意图

## 参考文献:

- [1] FAA. N8900. 240 Expanded Use of Passenger Portable Electronic Devices (PED) [S]. U. S. A: FAA, 2013.
- [2] EASA. Explanatory Note to Decision 2013/028/R [S]. Europe: EASA, 2013.
- [3] APEX&CEA. Portable Electronic Devices on Aircraft Study [Z]. U. S. A: APEX&CEA, 2013.
- [4] RTCA. DO-199 Potential Interference to Aircraft Electronic Equipment From Devices Carried Aboard [S]. U. S. A: RTCA, 1988.
- [5] FAA. AC91. 21. 1B Use of Portable Electronic Devices Aboard Aircraft [S]. U. S. A: FAA, 2006.

(下转第 99 页)

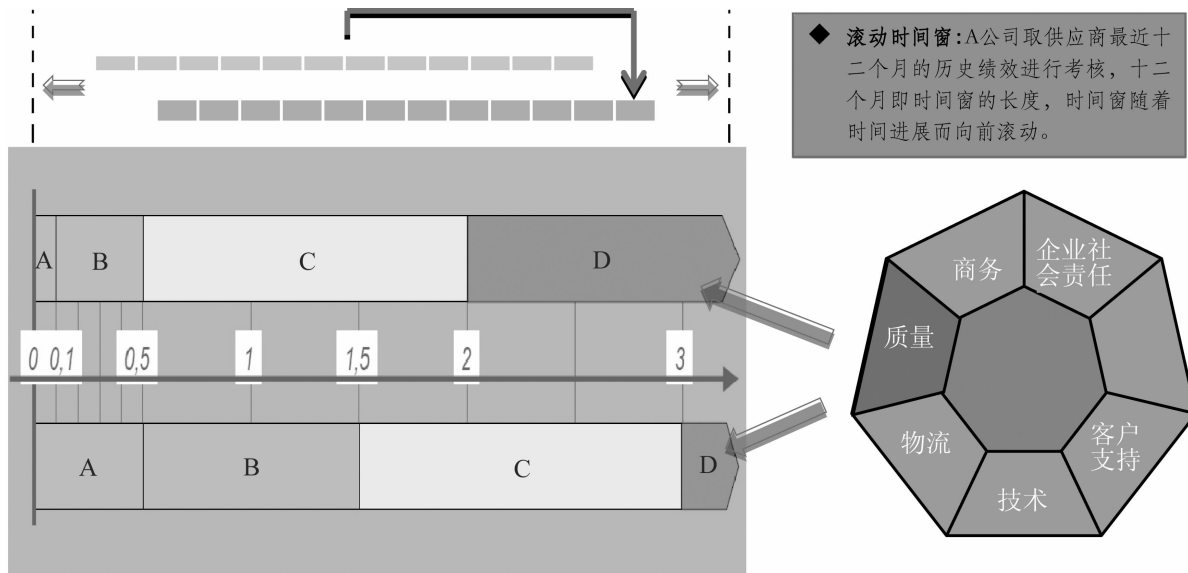


图4 A公司的动态分级管理图示

其三,供应商动态管理。由于供应商在业绩上有着不同的表现,所以在对其进行管理的过程中,应该有合理的管理措施,才能使供应商的质量不断提升。对于每个等级的供应商应该有不同待遇,一级供应商可以维持100%的订货,并且与其进行强强联合,最终达到双赢的目的。二级供应商也应该维持100%的订货,但是企业应该继续寻找其他供应商。对于三级、四级供应商应该尽快淘汰,并与其他供应商合作。

#### 4 结论

本文主要从对供应商的选择,分析与控制三方面来阐述对供应商质量管理的战略性方法。并举例了当今世界先进飞机制造商的质量管理的有效方法,结合民机研制的生命周期长的特点,从供应

商战略的确定、基本情况的调查、审核、生产质量的控制和动态分级管理等方面分析了有效的供应商质量管理方法。

#### 参考文献:

- [1] 挥伶俐. 论我国供应商关系的演变[J]. 商业时代, 2005,12.
- [2] 张鹏,云庆夏. 供应商合作伙伴的博弈分析与评价选择[J]. 情报杂志,2005,02.
- [3] 刘书红. 过程方法与供应商质量控制[J]. 中国质量, 2005,01.
- [4] 常广庶. 供应链中的质量管理[J]. 世界标准化与质量管理,2004,10.

(上接第43页)

- [6] FAA. AC20-164 Designing and Demonstrating Aircraft Tolerance to Portable Electronic Devices [S]. U. S. A; FAA, 2010.
- [7] FAA. AC91. 21. 1C Use of Portable Electronic Devices Aboard Aircraft [S]. U. S. A; FAA, 2015.
- [8] 中国民用航空局. CCAR-91 一般运行和飞行规则[S]. 中国: 中国民用航空局, 2007.
- [9] 中国民用航空局. CCAR-121 大型飞机公共航空运输承运人运行合格审定规则[S]. 中国: 中国民用航空

局, 2010.

- [10] 中国民用航空局. CCAR-25-R4 运输类飞机适航标准[S]. 中国: 中国民用航空局, 2011.
- [11] RTCA. DO-307 Aircraft Design and Certification for Portable Electronic Device (PED) Tolerance [S]. U. S. A; RTCA, 2007.
- [12] RTCA. DO-294B Guidance on Allowing Transmitting Portable Electronic Devices (T-PEDs) on Aircraft [S]. U. S. A; RTCA, 2006.