

文/张鹏（中国国际航空公司）

机组资源管理与飞行安全

CRM and flight safety

自2001年以来，美国商用定期航班的事故率基本保持常数，约为每百万架次进离港中有三次事故（见图1）。民用航空运输总量快速增长之势已是不争的事实，全世界民航业正面临大幅度降低航空事故率的紧迫任务。如果保持现有的事故率不变，则随着交通总量的增加，发生事故的次数必然增加。根据预测，到2015年，全世界每年将发生多达50次民用航空事故。而根据航线运行安全审计（L O S A）合作数据库中统计的2001-2009年间在全球9165个正常运行航班上采集的驾驶舱观察数据，约25%接受L O S A的航班存在人工操纵差错现象，在这些航班中，调查委员会认为其中60%以上航班中的人工操纵差错是导致事故的因素之一。研究表明，在简单重复性任务的操纵过程中，人犯错误的频率大约为1/100-1/1000。也就是说，在单调、简单、重复性操纵活动中，每100-1000次操作中可能会发生一次或大或小的错误。这可以看成是人类固有的错误常数。训练有素的职业飞行员发生操作失误的概率或许会小一些，但却不能完全摆脱错误常数的阴影。因此，如何减少飞行中人为因素导致的隐患，保证飞行安全，已成为人类航空史上的重

要课题。机组资源管理(CRM)就是为此应运而生的一门学科。

员、飞行观察员、主客舱服务人员；但从广义上讲它还包括空中交通管制员、飞行签派员、地面维修人员以及运行控制人员等一切与飞行相关的人员和乘客。机组资源管理的基本技能如图2所示。

事故统计资料已经证实，大量事故和事件的主要原因是由于机组不能对飞机进行有效、恰当的管理。在整个飞行过程中，没有恰当的管理技能，机组就可能会很少进行任务分工，也就可能造成驾驶舱工作负荷不平衡，也就不会充分利用机组的智力资源以解决各种问题。下面将分别介绍与机组资源管理密切相关的几个因素：

一、交流和简述

在实际飞行活动中，如果机组的

年份	事故数		死亡人数		每十万飞行小时事故数		每百万英里飞行里程事故数		每十万架次事故数	
	总数	死亡事故	总数	机上	总数	死亡事故	总数	死亡事故	总数	死亡事故
2001	41	6	531	525	0.216	0.012	0.0053	0.0003	0.348	0.019
2002	34	0	0	0	0.203	—	0.0049	—	0.331	—
2003	51	2	22	21	0.302	0.012	0.0073	0.0003	0.499	0.020
2004	23	1	13	13	0.126	0.005	0.0030	0.0001	0.213	0.009
2005	34	3	22	20	0.182	0.016	0.0043	0.0004	0.312	0.027
2006	26	2	50	49	0.139	0.011	0.0033	0.0003	0.245	0.019
2007	26	0	0	0	0.137	—	0.0032	—	0.242	—
2008	20	0	0	0	0.108	—	0.0026	—	0.195	—
2009	26	1	50	49	0.149	0.006	0.0036	0.0001	0.255	0.010
2010	26	0	0	0	0.152	—	0.0036	—	0.276	—

FARs = 美国联邦航空条例
 注：2010年的数据为初步统计结果。
 飞行小时数、里程数和架次数由FAA收集。
 2001年的“911”恐怖袭击事件已被计入事故数和死亡人数中，但是未被计入事故率数据中。死亡人数中也只包括机上人员，该事件导致的其他人员死亡未统计在内。
 来源：美国国家运输安全委员会

图1

现代运输飞行对飞行员在获取信息及进行决断方面的能力要求越来越高，飞行员实质上已变成管理者，因此，机组要安全、顺利地完成任务，CRM能力就变得十分重要。

CRM是指充分、有效、合理地利用一切可以利用的资源来达到安全有效飞行运行的目的。CRM的对象包括软件、硬件、环境和人等四个方面及其相互关系。从狭义上讲，机组指飞行机组，包括机长、副驾驶、机械师、领航报务

交流是有效的，驾驶舱效率会得到很大的提高，高水平的处境意识才有可能达到和保持。而不良的驾驶舱交流则会削弱驾驶舱的表现，引起误解和错误，并导致处境意识的丧失，甚至引起重大事故。

驾驶舱内的交流涉及ATC、其他飞机、客舱乘务员、地面人员、乘客和飞机。为了避免交流双方可能存在的误解，应使用闭环式的交流方法（如图3）。

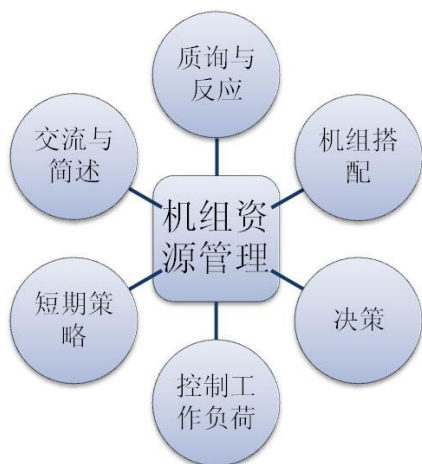


图2 机组资源管理的基本内容

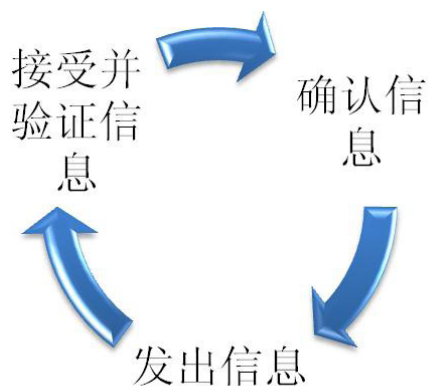


图3 闭环交流方法示意图

飞行前简述能够为全程飞行的良好交流和相互作用设置一个基调。好的简述应该是双向或者三向式的交流过程，而且应该针对当前飞行情境，同样简述应为闭环，简述除包含标准操作程序外，还应包括非正常的特殊飞行情境，如污染跑道、短跑道或湿跑道以及阵风侧风条件等对安全有影响的因素。通过飞行简述，完善机组成员之间的默契，加强预先准备。在每个人都有所准备和有明确目标的前提下，任务变得更加明确具体。飞行中经常使用的有“起飞简令”和“进近简令”。

二、质询与反应

飞行事故与事件的研究表明，质询与反应是现代驾驶舱交流中最薄弱的环节。

2008年7月，国内某公司航班飞经合肥区域，高度10400米保持，ATC指挥下降高度，负责通讯的副驾驶误将ATC

指令“下降9800米”听为“下降8900米”，机组复述指令后未得到管制员更正。开始下降后机长虽两次对下降8900米这个反向高度有所质疑，但副驾驶每次都肯定的回答说是8900米。机组也未就指令的疑问再向管制员核实。约2分钟后，该机与对头9500米保持的飞机触发TCAS告警，发生飞行冲突。

从以上案例来看，驾驶舱中的质询与反应都很微弱，即使有质询，也没有将其进行到底。其交流也不是闭环的。实际上，检查单就是一种正式的质询与反应形式，它有助于对正常与异常的情境做出良好的定义。从驾驶舱的实际情况出发，质询与反应可分为陈述观点、进行质询和进行反应。

支持、鼓励和建立有利于质询的环境或氛围是机长的职责。如果机长没有设置这样的环境，其他机组成员也应该采用一定的外交手段促使机组建立起这样的质询氛围。机组成员应该支持这种环境，并且必须具有提出质询的信心，每一个人都应该对自己的观念不断提出质询。

三、短期策略

2008年3月10日，印尼ADAM AIR一架B737飞机，在巴淡岛汉纳丁机场着陆时冲出跑道，起落架折断，机翼受损，5人受伤。当时机场被大雨覆盖，该机组在第一次降落没有成功的情况下，拒绝了塔台给出前往附近天气条件较好的机场备降的建议，飞机拉起后执意再次进近。机长与副驾驶在着陆前均把注意力放在目视寻找跑道上，忽略了对飞行参数的监视，导致进近速度大，接地点远，最终酿成惨剧。

综合分析，机长没有能够针对当前的具体情况制定相应的短期策略，甚至没有对机组成员进行比较详细的分工，由此在恶劣的天气条件下，进近着陆时使得许多飞行参数没有人监控，更没有人提出一种其他的方案或者策略。短期策略是机组资源管理的一项基本工具，

通过短期策略，飞行员或者机组不但可以对即将发生的驾驶舱变化做出有针对性的计划，同时也有利于提高整个机组的处境意识水平，从而使飞行员工作负荷得到合理的分配。短期策略包括五个步骤，即识别问题、建立计划、修正计划、总结简述、监控监视。古人云“凡事预则立，不预则废”。只要时间允许，机长就应该建立短期策略，这一短期策略应该覆盖标准操作程序所包含的飞行中可能遇到的每一个问题。如果条件发生变化，就应该修订和更新计划，以便与变化了的条件相吻合。起飞之前预想中断，着陆之前预想复飞，进近之前预想备降，正常飞行预想特殊情况处置。正常实施过程中，一旦真遇到事先想到过预演过的不正常情况时，其应变能力和处置能力才能得到正常发挥，否则容易措手不及，甚至惊慌失措，失误不断。

四、机组搭配

机组的合理搭配，有助于安全水平的大幅提高。在进行机组搭配时要充分考虑机长的权威性与副驾驶的直陈性，以及机长和副驾驶的管理风格、技术和经验水平。机长的权威性与其他机组成员直陈性之间的平衡将会给驾驶舱带来最安全的处境。机长应该协调驾驶舱活动，以便使机长的权威与机组成员的直陈之间达到一种较好的平衡；当机长的权威性和机组成员之间的平衡关系遭到破坏时，应该实施正确的管理行为以恢复平衡。机组其他成员应该寻找使直陈与权威之间达到较好平衡的途径：当机长的权威性水平太低，以至于影响到飞行安全时，机组成员就应该增加直陈的水平，以便完成必要的任务和做出必要的决策；如果机长的权威性水平太高，以致使机组成员感到紧张和工作负荷增大时，机组成员为了避免人际关系冲突，可以降低自己的直陈水平，但必须是在没有受到飞行安全威胁的前提下。

五、工作负荷控制

把飞行员所面临的飞行任务视为若干个组块,如飞行操纵任务、导航任务、无线电通话任务和执行检查单任务等。而任务的价值或者权重则是指任务的难易度以及它们的相对重要性。可用时间是指在当前的处境下容许机组做出判断和实施决策的可用时间,也就是机组完成特定的任务或者多个任务可以利用的时间。很显然,任务数越多,飞行员的工作负荷就越大。工作任务的难度越大或者越重要,那么它的价值和权重也就越高,给飞行员造成的压力也就越大,其工作负荷就越高。与此类似,在特定的处境下和特定的环境中飞行员能够用于完成任务的时间越短,飞行员的工作负荷也越高,所承受的压力也会越大。因此,我们可以把驾驶舱的工作负荷视为若干个任务组块乘上任务的价值或者权重后再除以可用的时间(见图4)。

对工作负荷进行平衡,以便使工作负荷在所有的飞行时间里和所有的机组成员之间得到较好的分配,不至于出现过高或者过低的工作负荷状况,既是机长的一项重要重要的管理职责,又是飞行安全的重要保障。每一个机组成员必须能够接受分配给自己的工作负荷,并使机长成为整个工作负荷的备份,使他能够有精力对驾驶舱内的工作负荷进行全面的平衡。

根据叶克斯道森的倒“U”型曲线(见图5),中等强度的工作负荷水平为正常工作负荷状态。在正常的工作负荷范围内,机组成员的觉醒或者激活水平处于适宜的状态,主要表现为思维清晰、反应敏捷以及情绪稳定,飞行工作的效率和准确性高,并且机组的驾驶舱

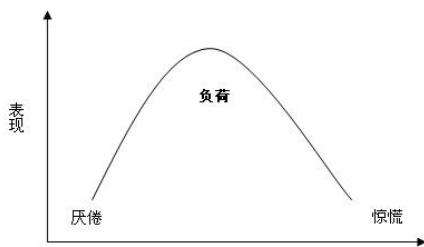


图5 叶克斯道森的倒“U”型曲线

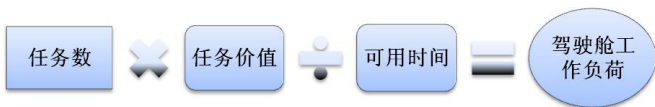


图4

氛围良好。

较低的工作负荷(图6)可以通过计划和检查降低这种状态的负面影响,提高机组警惕性,克服盲目乐观。而较高的工作负荷多出现在起飞和进近着陆阶段,尤其在恶劣的天气、执行紧急任务等条件下的飞行(图7),将自己的注意力固着在某些紧急任务上,却忽略对其他任务的监控,飞行员或者机组的首要任务是识别出这种状态的危险信号,在识别出自己或者机组已经处于这样的状态时,机组成员应该将注意力集中在重要的任务(如简述)上,停止无关的交谈,并对任务进行合理的分配和计划,由此降低工作负荷。飞行前简述和飞行自动化是对工作负荷进行合理分配的重要方法,也是将驾驶舱工作负荷状态控制在合适范围内的有效途径。通过飞行前简述,机组可以提前预料整个飞行活动中工作负荷的变化情况,并做出有针对性的计划。而利用驾驶舱内的自动化设备则有利于使机组将机器能够完成的工作交给机载设备,从而达到降低驾驶舱工作负荷的目的,使机组能够将主要的精力用于处理亟待处理的问题。



图6 较低的工作负荷



图7 较高的工作负荷

使用交流和简述、质询与反应以及短期策略等驾驶舱资源管理基本工具,也是使驾驶舱工作负荷保持在正常状态的有力措施。

六、机组决策

在飞行中,特别是在特殊情况下,需要机组及时做出决策,

如天气变坏时的改航、不稳定进近时的复飞、中断起飞、系统故障处置等等。由于现代驾驶舱中飞行员的任务已变成监控飞机系统状态,获取信息,评估信息以及对信息做出反应,决策的普遍性和重要性相应增加。对连续捕获的系统信息及其评估后所作的决策对飞行安全变得十分重要。

由飞行员的错误导致的飞行事故中,不良的决策占有相当大的比例。2004年11月21日,中国东方航空公司包头飞往上海的MU5210航班,在包头机场起飞后即坠毁,造成55人遇难,直接经济损失1.8亿元。事故调查显示,飞机在包头机场过夜时存在结霜的天气条件,机翼明显存在污染物——霜,而机组却判断霜对飞行没有影响,起飞前没有进行除霜(冰)。起飞过程中,由于机翼污染使机翼失速临界迎角减小。在飞机刚刚离地后,在没有出现警告的情况下飞机失速,导致飞机坠毁。

决策过程是一个非常复杂的过程,它受到很多因素的影响,诸如天气、备降场油量、签派、管制等等。航空公司应采取一些有力的措施保护机组,制定一些有利于机组做出良好决策的政策,为机组创造一个宽松的环境,以便机组可以从容做出合理的决策。

综上所述,人是飞行安全的主导。在影响飞行安全的人、机、环境三个要素中,“人”始终处于主导和支配的地位。导致飞行事故的原因是复杂的,但是几乎所有的飞行事故都与飞行机组的缺乏情景意识、疏忽、操作不当、技术水平差、蛮干以及机组资源管理水平低相关。因此,充分发挥作为管理者的人的积极性和主动性,合理利用机组资源管理,是进一步提高飞行安全水平的有效保证。 (编辑 肖静)